

Wpływ kwasu mlekowego na przeżywalność pałeczek *Salmonella* na powierzchni tuszki kurcząt

MIECZYŚLAW RADKOWSKI, BARBARA ZDRODOWSKA,
MAŁGORZATA GOMÓŁKA-PAWLICKA

Katedra Weterynaryjnej Ochrony Zdrowia Publicznego, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Oczapowskiego 14, 10-718 Olsztyn

Otrzymano 09.03.2017

Zaakceptowano 05.04.2017

Radkowski M., Zdrodowska B., Gomółka-Pawlicka M.

Influence of lactic acid on the survival of *Salmonella* on poultry carcass surfaces

Summary

The aim of this study was to determine the influence of different lactic acid concentrations on *Salmonella* bacilli in microbiological media and on the surfaces of chicken carcasses. For the contamination of samples the following strains were used: *Salmonella* Enteritidis, *Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Hadar, *Salmonella* Infantis and *Salmonella* Virchow. Each strain from each dilution was placed on nutrient agar without the addition of chemical substances (the control), and on nutrient agar with various amounts of substances were added 0.02%, 0.05%, 0.1%, 0.25%, 0.5%, 1%, 2% solutions of lactic acid. A concentration of up to 0.02% of lactic acid did not have a significant effect on the quantitative growth of *Salmonella* spp. Starting from the concentration of 0.1%, lactic acid completely inhibits the growth of all the studied strains of *Salmonella*. 150 samples from broiler chicken breasts were immersed for 2 minutes in 80 ml of *Salmonella* suspension containing 10^7 CFU. The samples were then transferred to sterile beakers with 250 ml of 2% and 5% solutions of lactic acid for a period of 5 minutes. Compared to the control, at a lactic acid concentration of 2% the number of *Salmonella* reductions ranged from 0.18 to 1.21 log. At the lactic acid concentration of 5%, the number of *Salmonella*, compared to the control, reductions ranged from 2.69 log to 3.67 log. From the conducted tests it can be concluded that it is possible to reduce the number of *Salmonella* bacilli on the surfaces of chicken carcasses through lactic acid concentrations of at least 2%.

Keywords: poultry, survival of *Salmonella*, lactic acid, carcass surfaces

W Polsce i poza jej granicami przeprowadzono w ostatnich latach badania na temat zanieczyszczenia pałeczkami *Salmonella* mięsa drobiu. Wykazano różny procent dodatnich wyników – od bardzo niskiego do wysokiego (1). Obecność pałeczek *Salmonella* na tuszkach brojlerów wskazuje, że metody stosowane do wyeliminowania tego drobnoustroju nie są w pełni skuteczne. Badania dotyczące unieszkodliwiania pałeczek *Salmonella* były prowadzone przy użyciu wielu metod z użyciem rozmaitych związków chemicznych, m.in. kwasów organicznych (11). Nie wszystkie z tych metod okazały się skuteczne. Liczba chemicznych dodatków stosowanych w przetwórstwie żywności jest ograniczona z powodu ich negatywnego oddziaływania na ludzki organizm oraz ze względu na trudności z rozpuszczalnością i możliwością bezpośredniego zastosowania. Poza tym proekologiczny styl życia konsumentów zmusza do stosowania w technologii żywności jedynie takich środków chemicznych, które występują w przyrodzie. Wśród preferowanych

dodatków niszczących florę bakteryjną na tuszkach, oddzielną grupę stanowią kwasy organiczne i ich sole. Kwasy organiczne powszechnie uważa się za bezpieczne. Należy do nich kwas mlekowy, dopuszczony do stosowania w polskim przemyśle spożywczym (E 270) (17).

Na terenie UE od stycznia 2006 r. przepisy Rozporządzenia 853 (15) dopuszczają możliwość stosowania substancji przeciwdrobnoustrojowych zatwierdzonych przez Stały Komitet ds. Łańcucha Żywnościowego i Zdrowia Zwierząt (SCoFCAH) w celu usuwania zanieczyszczeń powierzchniowych z tuszek drobiowych. Na podstawie ekspertyz naukowych, zawierających opinie w sprawie używania niektórych substancji chemicznych do wyeliminowania pałeczek *Salmonella* z tuszek drobiowych Komisja Europejska w 2008 r. (7) przedstawiła Stałemu Komitetowi ds. Łańcucha Żywnościowego i Zdrowia Zwierząt (SCoFCAH) wniosek określający ściśle warunki przeciwdrobnoustrojowej obróbki mięsa drobiowego. Następnie powołując

się na pozytywne opinie Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności wskazała, że substancje chemiczne do odkażenia mięsa drobiowego zostaną zatwierdzone (5, 6). W 2013 r. zezwoliła na stosowanie kwasu mlekowego do odkażania tusz wołowych (16), jednak nie może on być stosowany do żywności nieprzetworzonej, w tym drobiu (14).

W przemyśle drobiarskim największe zanieczyszczenie, zwłaszcza niebezpieczne z punktu widzenia zdrowia konsumenta mikroflorą patogenną dotyczy zarówno zewnętrznej powierzchni tuszek (skóry), jak i wewnętrznej (jam ciała).

Pomimo wielu prób podejmowanych w celu uniknięcia zanieczyszczeń wtórnych pałeczkami rodzaju *Salmonella* na linii ubojowej i w trakcie produkcji ciągle poszukuje się skutecznych metod unieszkodliwiania tych bakterii. Zastosowanie roztworu kwasu mlekowego do powierzchniowej dezynfekcji tuszek wydaje się uzasadnione. Zanurzenie tuszek w roztworze lub rozpylenie na powierzchni może być najskuteczniejszą metodą.

Celem badań było określenie wpływu wybranych stężeń kwasu mlekowego na przeżywalność pałeczek *Salmonella* na podłożach mikrobiologicznych i na powierzchni mięsa kurcząt brojlerów.

Materiał i metody

Wpływ kwasu mlekowego na przeżywalność pałeczek *Salmonella* w podłożach mikrobiologicznych. Ustalono następujące stężenia: 0,02%, 0,05%, 0,1%, 0,25%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2% kwasu mlekowego w agarze odżywcym. *Salmonella* Enteritidis nr ATCC 13076, *Salmonella* Typhimurium nr KOS 24/2011, *Salmonella* Hadar nr KOS 1966 otrzymano z Muzeum szczepów bakteryjnych Państwowego Instytutu Weterynarii w Puławach. *Salmonella* Infantis i *Salmonella* Virchow zostały wyizolowane z mięsa kurcząt. Użyty w badaniach kwas mlekowy wyjaławiano przy użyciu filtra strzykawkowego PTFE Syringe Filter (0,22 μ m), następnie dodawano je w odpowiednich stężeniach do podłoża agar odżywczy o temperaturze 50°C. Badane szczepy wsiewano do bulionu tryptonowo-sojowego (TSB) i po 24-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C uzyskiwano hodowlę wyjściową do dalszych badań. Z hodowli wykonywano dziesięciokrotne rozcieńczenia i każdy szczep z każdego rozcieńczenia wysiewano na agar odżywczy bez substancji chemicznych (kontrola) oraz na agar odżywczy z dodatkiem różnych ich ilości. Stosowano posiew powierzchniowy. Płytki inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 do 48 godzin. Badania dla każdego szczepu powtórzono dziesięciokrotnie.

Szczepy przechowywano na skosach agarowych w lodówce w temperaturze 4°C. Dla każdej serii badań poszczególne szczepy hodowano w bulionie odżywcym w temperaturze 37°C przez 24 godziny.

Wpływ kwasu mlekowego na przeżywalność pałeczek *Salmonella* na powierzchni tuszki kurcząt. Badania przeprowadzono na 150 próbkach z piersi brojlerów kurcząt zakupionych w zakładach drobiarskich. Po dostarczeniu piersi brojlerów do laboratorium, każdą oznakowaną prób-

kę przetrzymywano w temperaturze 4°C. Każdą próbkę dzielono na dwie części. Jedna część była sprawdzana na obecność pałeczek *Salmonella* (13).

Z drugiej części pobierano element skóry piersi kurcząt o masie 10 g (4), w celu przeprowadzenia dalszych badań. Do zanieczyszczenia próbek użyto szczepów: *Salmonella* Enteritidis nr ATCC 13076, *Salmonella* Typhimurium nr KOS 24/2011, *Salmonella* Hadar nr KOS 1966, *Salmonella* Infantis i *Salmonella* Virchow. Szczepy wsiewano do bulionu tryptonowo-sojowego (TSB) i inkubowano w temperaturze 37°C przez 24 godziny. Po inkubacji 8 ml bulionu przesiewano do 72 ml płynu do rozcieńczeń. Liczba pałeczek *Salmonella* w 1 ml zawiesiny badanej na podłożu agarowym wynosiła 10^7 jtk/ml. Każdą próbkę zanurzano przez 2 minuty w 80 ml zawiesiny bakteryjnej, oddzielnie z wyżej wymienionymi patogenami. Określano wyjściowe zanieczyszczenie próbek kontrolnych w każdej serii badań. Po wyjęciu osuszano próbki przez 20 minut w komorze laminarnej. Następnie próbki przenoszono do jałowych zlewek z 250 ml roztworu 2% i 5% kwasu mlekowego na okres 5 minut. Kontrolę doświadczenia stanowiły próbki piersi brojlerów zanieczyszczone pałeczkami *Salmonella* i zanurzane w wodzie jałowej przez 5 minut (liczba przyjmowana za *inoculum*). Każdą próbkę przenoszono do jałowej zlewki, zalewano 90 ml płynu fizjologicznego, homogenizowano w stomacherze Lab-Blender 400 przez 2 minuty otrzymując rozcieńczenie wyjściowe. Następnie wykonywano dziesięciokrotne rozcieńczenia w zbuforowanej wodzie peptonowej (ZWP) do 10^{-6} . Z każdego rozcieńczenia przenoszono 0,1 ml na agar z ksylozą, lizyną, dezoksychohanem (XLD). Kolonie typowe lub podejrzane o przynależność do rodzaju *Salmonella* były identyfikowane serologicznie i biochemicznie. Badania powtórzono dziesięciokrotnie dla każdego wariantu doświadczenia. Do analizy statystycznej wykorzystano wyniki z badań 150 próbek z piersi, które nie były naturalnie zanieczyszczone pałeczkami *Salmonella*.

Analiza statystyczna. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie opierając się na wartościach logarytmowanych. Analizę statystyczną wyników badań wykonano za pomocą programu Statistica 9 PL. Testem Shapiro-Wilka zbadano rozkład zmiennych, testem Levene'a określono jednorodność ich wariancji. Do porównania zmiennych ilościowych o rozkładzie normalnym (i jednorodnych wariancjach) użyto jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). Jako test post-hoc zastosowano test Tukey'a w celu określenia różnic między liczbą salmonel a stężeniem kwasu mlekowego w porównaniu z grupą kontrolną. Zależność liczby pałeczek *Salmonella* od stężenia kwasu mlekowego oceniono wykorzystując korelację liniową. Do weryfikacji stawianych hipotez (o braku zależności) zastosowano statystyczny test F (Fishera). W tabelach podano współczynniki korelacji oraz odpowiadające im poziomy istotności (p). Za poziom istotności statystycznej przyjęto $p \leq 0,05$.

Wyniki i omówienie

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1 i 2. Wpływ kwasu mlekowego na pałeczki *Salmonella* w podłożach mikrobiologicznych podano w tab. 1.

Dane w tabeli 1 wskazują, że średnia liczba bakterii w próbkach kontrolnych bez dodatku kwasu mlekowego w podłożu agarowym wynosiła dla *S. Enteritidis* 8,92 log, dla *S. Typhimurium* 8,90 log, dla *S. Hadar* 8,97 log, dla *S. Infantis* 8,97 log i dla *S. Virchow* 8,95 log. Kwas mlekowy w podłożu agarowym w stężeniu

0,1% całkowicie hamował wzrost wszystkich badanych szczepów pałeczek *Salmonella*. Przy stężeniu 0,05% liczba bakterii w porównaniu z kontrolą, zmniejszyła się o 2,04 log w przypadku *S. Virchow*, o 2,42 log w przypadku *S. Hadar*, o 2,26 log w przypadku *S. Infantis*, a o 2,06 log w przypadku *S. Typhimurium* i o 1,94 log w przypadku *S. Enteritidis*. Bakterie te rosły natomiast w obecności 0,02% kwasu mlekowego w liczbach mieszczących się w tym samym przedziale logarytmicznym. Dla wszystkich serowarów *Salmonella* użytych w badaniach obserwowano tendencję spadkową wyników (ujemne współczynniki korelacji). Analiza statystyczna wykazała istotną zależność liniową liczby bakterii od stężenia kwasu mlekowego w podłożu mikrobiologicznym dla wszystkich badanych serowarów ($p = 0,000$).

Wpływ kwasu mlekowego na wzrost salmonelli na powierzchni tuszki kurcząt przedstawiono w tab. 2. Średnie wyjściowe zanieczyszczenie pałeczkami *Salmonella* elementów tuszek kurcząt bezpośrednio po zanieczyszczeniu wynosiło 4,3 log jtk/g. Po zanurzeniu w wodzie, średnia liczba bakterii w próbkach kontrolnych bez dodatku kwasu mlekowego na elementach tuszek brojlerów kurcząt wynosiła dla *S. Enteritidis* 4,00 log, *S. Hadar* 4,99 log, *S. Typhimurium*, *S. Virchow*, *S. Infantis* 5,00 log. Przy stężeniu 2% kwasu mlekowego liczba pałeczek *Salmonella*, w porównaniu z kontrolą, zmniejszyła się w przypadku *S. Enteritidis* o 0,18 log, *S. Typhimurium* o 1,21 log, *S. Hadar* o 1,08 log, *S. Infantis* o 1,16 log oraz *S. Virchow* o 1,18 log. Przy stężeniu 5% kwasu mlekowego liczba pałeczek *Salmonella*, w porównaniu z kontrolą, zmniejszyła się w przypadku *S. Enteritidis* o 2,68 log, *S. Typhimurium* o 3,67 log, *S. Hadar* o 3,60 log, *S. Infantis* o 3,65 log oraz *S. Virchow* o 3,62 log. Analiza statystyczna wykazała najsilniejszą istotną korelację liniową liczby bakterii ze stężeniem kwasu mlekowego na powierzchni tuszki kurcząt w przypadku szczepu *S. Typhimurium* ($r = -0,977$, $p = 0,000$).

Na podstawie uzyskanych wyników, stwierdzono hamujący wpływ kwasu mlekowego na pałeczki *Salmonella* w podłożach bakteryjnych. Działanie na salmonelle było silniejsze w podłożach bakteryjnych niż na tuszkach kurcząt. Po zanurzeniu elementów tuszek kurcząt w roztworze kwasu mlekowego stwier-

Tab. 1. Wzrost pałeczek *Salmonella* na podłożach agarowych z dodatkiem kwasu mlekowego ($n = 10$; log jtk/ml)

Serowar	Stężenie kwasu mlekowego (%)									Ocena zależności liniowej	
	0	0,02	0,05	0,1	0,25	0,5	1	1,5	2	r	p
	Liczba kolonii log jtk/ml										
<i>S. Enteritidis</i>	8,92	8,91	6,97	0	0	0	0	0	0	-0,865	0,000
<i>S. Typhimurium</i>	8,90	7,99	6,84	0	0	0	0	0	0	-0,992	0,000
<i>S. Hadar</i>	8,97	8,77	6,55	0	0	0	0	0	0	-0,898	0,000
<i>S. Infantis</i>	8,97	8,77	6,71	0	0	0	0	0	0	-0,901	0,000
<i>S. Virchow</i>	8,95	8,94	6,91	0	0	0	0	0	0	-0,865	0,000

Objaśnienia: r – współczynnik korelacji liniowej; p – poziom istotności statystycznej

Tab. 2. Wzrost pałeczek *Salmonella* na mięsie kurcząt brojlerów z dodatkiem kwasu mlekowego ($n = 10$; log jtk/g)

Serowar	Stężenie kwasu mlekowego (%)			Ocena zależności liniowej	
	0	2	5	r	p
	Liczba kolonii log jtk/g				
<i>S. Enteritidis</i>	4,00	3,82	1,32	-0,889	0,000
<i>S. Typhimurium</i>	5,00	3,79	1,33	-0,977	0,000
<i>S. Hadar</i>	4,99	3,91	1,39	-0,970	0,000
<i>S. Infantis</i>	5,00	3,84	1,35	-0,974	0,000
<i>S. Virchow</i>	5,00	3,82	1,38	-0,975	0,000

Objaśnienia: jak w tab. 1

dono, że przy zastosowaniu 2% roztworu kwasu mlekowego uzyskano redukcję liczby pałeczek *Salmonella* sp. z powierzchni piersi kurcząt od 0,18 do 1,21 log. W wyniku zastosowania 5% roztworu kwasu mlekowego redukcja ta wynosiła od 2,69 do 3,67 log.

Stosowanie substancji przeciwdrobnoustrojowych do usuwania zanieczyszczeń z tuszek drobiowych jest normalnym zabiegiem w zakładach drobiarskich USA, Australii i Nowej Zelandii (10, 12). Wiele z nich jest zatwierdzonych przez Agencję do Spraw Żywności i Leków (FDA – Food and Drug Administration), jako związki powszechnie uznane za bezpieczne (2, 12).

W piśmiennictwie jest niewiele danych dotyczących wpływu kwasu mlekowego na wzrost pałeczek *Salmonella* na tuszkach kurcząt (3, 8, 9). Uzyskane wyniki badań własnych, potwierdzają rezultaty badań innych autorów, którzy stosując spryskiwanie 2% kwasem mlekowym przez 17 do 180 sekund uzyskali redukcję zanieczyszczenia od 0,73 do 2,2 log (9, 19-21). Anang i wsp. (3) wykazali redukcję salmonelli o 1,17 log, stosując na powierzchni piersi kurcząt 2% roztwór kwasu mlekowego przez 10 minut, po ich uprzednim poddaniu w laboratorium procesom zmierzającym do zlikwidowania mikroflory towarzyszącej. Killinger i wsp. (8) uzyskali obniżenie zanieczyszczenia salmonellami na poziomie 0,39 log po zanurzeniu skrzydełek kurcząt w 2% roztworze kwasu mlekowego przez 180 sekund.

Stosowanie wysokich stężeń roztworów antybakteryjnych może powodować w tuszkach kurcząt zmiany

organoleptyczne (18). Przeciwbakteryjny efekt stosowania kwasu mlekowego do odkażania elementów tuszek kurcząt uzależniony jest od rodzaju kwasu, jego koncentracji, i wartości pH. Przeciwdrobnoustrojowe działanie kwasu mlekowego spowodowane jest obecnością zdysocjowanych cząsteczek oraz niskim pH kwasów. Przypuszcza się, że stosowanie kwasu mlekowego hamuje rozwój drobnoustrojów poprzez zmniejszenie pH środowiska, zakłócenie transportu błonowego i/lub przepuszczalności błony komórkowej, akumulację anionów lub zmniejszenie wewnątrzkomórkowego pH poprzez dysocjację jonów wodoru z kwasu (11). Jednak mechanizm działania kwasu mlekowego na bakterie nie jest w pełni poznany. Z przeprowadzonych badań wynika, że istnieje możliwość redukcji liczby pałeczek *Salmonella* na tuskach brojlerów kurcząt poprzez naniesienie na ich powierzchnię przynajmniej 2% roztworu kwasu mlekowego.

Piśmiennictwo

1. Alali W. Q., Gaydashov R., Petrova E., Panin A., Tugarinov O., Kulikovskii A., Mamleeva D., Walls I., Doyle M. P.: Prevalence of Salmonella on retail chicken meat in Russian Federation. *J. Food Prot.* 2012, 75, 1469-1473.
2. Alonso-Hernando A., Guevara-Franco J. A., Alonso-Calleja C., Capita R.: Effect of the temperature of the dipping solution on the antimicrobial effectiveness of various chemical decontaminants against pathogenic and spoilage bacteria on poultry. *J. Food Prot.* 2013, 76, 833-842.
3. Anang D. M., Rusul G., Bakar J., Ling H. F.: Effects of lactic acid and lauricidic acid on the survival of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Enteritidis* and *Escherichia coli* O157: H7 in chicken breast stored at 4°C. *Food Control* 2007, 18, 961-969.
4. Del Rio E., Muriente R., Prieto M., Alonso-Calleja C., Capita R.: Effectiveness of trisodium phosphate, acidified sodium chlorite, citric acid and peroxyacids against pathogenic bacteria on poultry during refrigerated storage. *J. Food Prot.* 2007, 70, 2063-2071.
5. EFSA (European Food Safety Authority): Opinion of the Scientific Panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request from the Commission related to Treatment of poultry carcasses with chlorine dioxide, acidified sodium chlorite, trisodium phosphate and peroxyacids. *EFSA Journal* 2005, 297, 1-27.
6. EFSA (European Food Safety Authority): Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) Guidance on Revision of the joint AFC/BIOHAZ guidance document on the submission of data for the evaluation of the safety and efficacy of substances for the removal of microbial surface contamination of foods of animal origin intended for human consumption. *EFSA Journal* 2010, 8, 1544.
7. European Commission. 29 October 2008. Proposal for a Council Regulation implementing Regulation (EC) No 853/2004 of the European Parliament and of the Council as regards the use of antimicrobial substances to remove surface contamination from poultry carcasses. COM 0430 final.
8. Killinger K. M., Kannan A., Bary A. I., Cogger C. G.: Validation of 2 percent lactic acid antimicrobial rinse for mobile poultry slaughter operations. *J. Food Prot.* 2010, 73, 2079-2083.
9. Li Y. M., Slavik M. F., Walker J. T., Xiong H.: Pre-chill spray of chicken carcasses to reduce Salmonella Typhimurium. *J. Food Sci.* 1997, 62, 605-607.
10. Loretz M., Stephan R., Zweifel C.: Antimicrobial activity of decontamination treatments for poultry carcasses: A literature survey. *Food Control* 2010, 221, 791-804.
11. Mani-López E., García H. S., López-Malo A.: Organic acids as antimicrobials to control Salmonella in meat and poultry products. *Food Res. Int.* 2011, 45, 713-721.
12. Oyarzabal O. A.: Reduction of *Campylobacter* spp. by commercial antimicrobials applied during the processing of broiler chickens: a review from the United States perspective. *J. Food Prot.* 2005, 68, 1752-1760.
13. PN-EN ISO 6579:2003.: Mikrobiologia żywności i pasz – Horyzontalna metoda wykrywania *Salmonella* spp.
14. Rozporządzenie 1333/2008 Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności Dz. U. UE L 354, 16-32.
15. Rozporządzenie 853/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. ustanawiające szczegółowe przepisy dotyczące higieny w odniesieniu do żywności pochodzenia zwierzęcego. Dz. U. UE L 139, 55, 1-78.
16. Rozporządzenie Komisji (UE) NR 101/2013 z dnia 4 lutego 2013 r. dotyczące stosowania kwasu mlekowego do zmniejszania powierzchniowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego tusz wołowych. Dz. U. UE L 2013, 34, 1.
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. W sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Dz. U. 2010 nr 232 poz. 1525.
18. Tamblin K., Conner D. E.: Bactericidal activity of organic acids against *Salmonella typhimurium* attached to broiler chicken skin. *J. Food Prot.* 1997, 60, 629-633.
19. Xiong H., Li Y., Slavik M. F., Walker J. T.: Chemical spray conditions for reducing bacteria on chicken skins. *J. Food Sci.* 1998, 63, 699-701.
20. Xiong H., Li Y., Slavik M. F., Walker J. T.: Spraying chicken skin with selected chemicals to reduce attached *Salmonella typhimurium*. *J. Food Prot.* 1998, 61, 272-275.
21. Yang Z., Li Y., Slavik M. F.: Use of antimicrobial spray applied with an inside-outside bird washer to reduce bacterial contamination on prechilled chicken carcasses. *J. Food Prot.* 1998, 61, 829-832.

Adres autora: prof. zw. dr hab. Mieczysław Radkowski, ul. Oczapowskiego 14, 10-718 Olsztyn; e-mail: rad@moskit.uwm.edu.pl