

Zanieczyszczenia nitrozoaminami mięsa zwierząt łownych

RYSZARD RYWOTYCKI

Katedra Mikrobiologii AR, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
Środowiskowe Laboratorium Analiz Fizykochemicznych i Badań Strukturalnych UJ, Kraków

Rywotycki R.

Nitrosamine contamination in game meat

Summary

The aim of the study was to determine the influence that the species and sex of wild game, their feed, and living conditions and season of the year have on nitrosamine content: both dimethylnitrosamines (DMNA) and diethylnitrosamines (DENA) in raw meat and meat that has been frozen and subsequently thawed. The study was conducted on meat from three types and eight species of game, killed–culled at various different periods during the hunting season. Average nitrosamine content between DMNA 6.46 to 8.60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ and DENA 6.73 to 8.37 $\mu\text{g}/\text{kg}$ was determined in the investigated meat samples.

The results of the study indicate the occurrence of nitrosamine contamination and considerable variations in its levels (DMNA) and (DENA) in raw game meat of particular species, as well as the influence of freezing and thawing processes on diminishing the value of its content.

Keywords: dimethylnitrosamine (DMNA), diethylnitrosamine (DENA), game animals

Wiele produktów żywnościowych zanieczyszczonych jest związkami nitrozowymi, z których najszerzej są znane nitrozoaminy. Są to substancje reprezentujące liczną grupę związków chemicznych o dużej aktywności toksycznej i różnokierunkowym oddziaływaniu na mikro- i makroorganizmy. Odznaczają się one wyraźnym działaniem mutagennym, neuro- i nefrotoksycznym, teratogennym i rakotwórczym w stosunku do ludzi i zwierząt, powstają głównie w środowiskach glebowych, ekosystemach polowych i trawiaszych, z amin I-, II- i III-rzędowych oraz amidów, a także z produktów biotransformacji niektórych pestycydów i innych prekursorów. Stanowią one potencjalne zagrożenie dla środowisk przyrodniczych, paszy i żywności.

W biochemicznych i chemicznych procesach powstawania nitrozoamin uczestniczą autotroficzne (chemoheterotroficzne, chemoautotroficzne i fotoautotroficzne) bakterie i liczne mikroorganizmy heterotroficzne, czynne w biochemicznych procesach nitryfikacji i denitryfikacji oraz liczne bakterie z rodzaju: *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Nocardia* i *Streptomyces* oraz grzyby (*Micromycetes*) z następujących rodzajów: *Aspergillus*, *Penicilium*, *Cephalosporium*, *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus* i wiele innych.

Mając na względzie potencjalne zagrożenia zdrowia ludzi przez nitrozoaminy, podjęto badania nad

kształtowaniem się poziomów zanieczyszczeń nitrozoaminami w surowym, mrożonym i rozmrożonym mięsie zwierząt łownych. Celem badań było określenie poziomu występowania nitrozoamin w mięsie zwierząt łownych w zależności od gatunku i płci zwierząt oraz wpływu procesu mrożenia i rozmrażania mięsa na poziom tych substancji w tkance mięsniowej.

Materiał i metody

Do badań użyto próbek mięsa od następujących zwierząt łownych odstrzelonych w dozwolonych okresach łowieckich: łosi, jeleni szlachetnych, jeleni sika, saren, danieli, dzików, zajęcy szaraków i dzikich królików. Pozyskane tusze dostarczano do odpowiednich zakładów mięsnych, przeprowadzając obróbkę poubojową. Uzyskane tusze poddawano chłodzeniu w odpowiednim dla tego celu magazynie chłodniczym, gdzie temperatura powietrza wynosiła 0°C, wilgotność 90%, a szybkość powietrza 2 m/s, na okres dwudziestu czterech godzin osiągając temperaturę wewnątrz partii mięśnia 4°C. Następnie dokonywano rozbioru tusz i wykrawania mięsa od kości – odkostniania elementów i klasyfikowania poszczególnych mięśni tego mięsa. Do badania pobierano próbki z udźca od 8 gatunków obojga płci, tworząc 16 grup po 21 sztuk, stanowiących materiał doświadczalny, a każdą z nich dla poszczególnego wariantu: I – mięso surowe, II – mięso mrożone, III – mięso rozmrożone; mięso pozbawiano okrywy tłuszczowej i tłuszczu międzymięśniowego. Następnie pobierano prób-

ki mięsa po 1 kg, każdą od innej sztuki danego gatunku i płci, czyniono to 21-krotnie w danej grupie i wariantie. Mięso poddawano następnie rozdrobnieniu w wilku o średnicy oczek siatki 2 mm, homogenizowano i pobierano próbkę 50 g. W ten sam sposób pobierano jednocześnie próbki: II – mięsa mrożonego oraz III – mięsa rozmrożonego. Próbki surowego mięsa schłodzonego, stanowiące materiał doświadczalny, poddano w magazynie zamrażalniczym fazie mrożenia, gdzie optymalna temperatura powietrza wynosiła minus 30°C, szybkość obiegu 2 m/s przez 48 godzin, do osiągnięcia wewnątrz masy II – mięsa mrożonego minus 18°C. Po tym czasie mrożenia i w takim stanie próbki II – mięsa mrożonego stanowiły materiał do badań. Z kolei próbki te poddano w magazynie chłodniczym fazie rozmrożenia, w temperaturze 5°C, przy szybkości i obiegu powietrza 2 m/s i wilgotności 90%, przez 64 godziny do osiągnięcia wewnątrz masy III – mięsa rozmrożonego 4°C. Po ich rozmrożeniu stanowiły materiał do badań. Pobrana próbka z każdego materiału doświadczalnego w danym wariantie poddawana była trzykrotnej analizie badawczej a uzyskane wyniki uśredniano. Następnie uśredniano wszystkie uzyskane wyniki z materiałów doświadczalnych 21 próbek zawartości zanieczyszczeń nitrozoaminami (DMNA i DENA) w danym zastosowanym wariantie poszczególnej grupy. Oznaczenie nitrozoamin przeprowadzono metodą Pancholy'ego dostosowaną do oznaczeń w mięsie i przetworach mięsnych przez Scanlana i Ryesa. Do identyfikacji próbek zastosowano chromatograf gazowy Varian 3400 sprzężony ze spektrometrem masowym Finnigan MAT ITD 800. Do rozdzielania próbek użyto kolumny kapilarnej (Hewlett-Packard 0,2 µm, długość 25 m). Badane próbki rozpuszczono w chloroformie, a następnie nastrzyknięto 0,5 µl roztworu do chromatografu gazowego i do rozdzielania chromatograficznego stosowano gradient temperatury (50°C-150°C, 10°C/min.) i hel jako gaz nośny. Temperaturę iniektora ustalono na 180°C, a ciśnienie gazu nośnego na 10 psi. Identyfikacji substancji dokonano na podstawie analizy widm masowych i ich porównania z widmami masowymi standardów, a także przez porównanie czasów retencji badanych próbek z wzorcami. Ilościową i jakościową analizę chromatogramów wykonywano przez porównanie z chromatogramami roztworów wzorcowych N-nitrozoamin.

W badaniach analitycznych mięsa i przetworów mięsnych zastosowano standardy nitrozoamin produkcji SIGMA, Chemical

Tab. 1. Zawartość nitrozoamin (µg/kg) (średnia \bar{x} , odchylenie standardowe $\pm s$, współczynnik zmienności (Z%) w mięsie: I – surowym, II – mrożonym, III – rozmrożonym, pochodzącym od zwierząt łownych (n = 21)

Gatunek zwierzęcia	Płeć	DMNA			DENA		
		\bar{x}	$\pm s$	Z %	\bar{x}	$\pm s$	Z %
Łoś	Byk	I – 6,90	2,23	35,10	I – 7,10	2,42	37,30
		II – 6,36	1,62	29,40	II – 6,55	1,66	31,15
		III – 5,59	1,33	20,20	III – 5,77	1,35	21,28
	Kłępa	I – 6,02	2,05	32,35	I – 6,35	2,28	36,80
		II – 5,51	1,51	26,65	II – 5,84	1,63	30,75
		III – 4,85	1,24	17,30	III – 5,14	1,34	19,10
Jeleń szlachetny	Byk	I – 8,74	2,68	57,45	I – 8,26	2,95	56,10
		II – 8,04	1,97	36,95	II – 7,60	2,19	35,45
		III – 7,07	1,46	19,45	III – 6,71	1,55	22,90
	Łania	I – 7,63	2,44	51,80	I – 7,13	2,78	52,45
		II – 7,02	1,84	32,30	II – 6,56	1,98	33,90
		III – 6,17	1,41	19,25	III – 5,77	1,47	19,05
Jeleń sika	Byk	I – 8,92	2,57	52,35	I – 8,57	2,89	59,49
		II – 8,20	1,93	33,10	II – 7,89	2,16	38,70
		III – 7,22	1,44	18,95	III – 6,94	1,53	20,15
	Łania	I – 7,96	2,31	48,09	I – 8,05	2,78	56,15
		II – 7,22	1,77	30,15	II – 7,39	2,05	35,25
		III – 6,33	1,38	17,35	III – 6,51	1,49	26,80
Sarna	Kozioł	I – 7,69	2,12	38,75	I – 8,30	2,92	57,25
		II – 7,08	1,53	31,35	II – 7,64	2,21	38,60
		III – 6,23	1,22	19,60	III – 6,63	1,58	21,45
	Kozia	I – 6,85	2,05	35,90	I – 7,37	2,72	54,80
		II – 6,29	1,48	29,80	II – 6,78	2,02	34,10
		III – 5,53	1,17	17,65	III – 6,08	1,48	18,95
Daniel	Byk	I – 8,06	2,74	45,60	I – 8,49	2,42	39,15
		II – 7,32	2,03	28,55	II – 7,81	1,85	32,45
		III – 6,47	1,49	16,70	III – 6,87	1,42	17,95
	Łania	I – 6,94	2,58	41,90	I – 7,70	2,24	37,50
		II – 6,38	1,94	32,30	II – 7,08	1,63	32,25
		III – 5,51	1,46	19,35	III – 6,32	1,32	18,60
Dzik	Dzik	I – 9,11	2,79	49,20	I – 8,83	1,92	29,70
		II – 8,38	2,06	34,15	II – 8,12	1,49	22,35
		III – 7,46	1,43	19,90	III – 7,33	1,20	15,70
	Locha	I – 8,09	2,64	47,31	I – 7,90	1,80	26,10
		II – 7,43	1,98	29,95	II – 7,26	1,42	19,05
		III – 6,58	1,49	19,10	III – 6,46	1,16	14,55
Zając szarak	Samiec	I – 7,91	2,90	66,25	I – 7,30	2,48	34,85
		II – 7,27	2,20	43,35	II – 6,72	1,88	22,40
		III – 6,23	1,53	25,65	III – 5,84	1,40	13,86
	Samica	I – 7,12	2,71	62,47	I – 6,86	2,32	31,60
		II – 6,55	2,00	36,15	II – 6,31	1,67	19,85
		III – 5,73	1,56	23,45	III – 5,51	1,29	11,30
Dziki królik	Samiec	I – 8,89	2,82	59,48	I – 7,82	2,92	47,90
		II – 8,18	2,11	37,20	II – 7,20	2,19	29,55
		III – 7,12	1,49	22,90	III – 6,26	1,58	18,35
	Samica	I – 7,75	2,56	56,35	I – 6,97	2,84	43,76
		II – 7,12	1,92	39,90	II – 6,41	2,17	28,40
		III – 6,21	1,41	23,10	III – 5,52	1,48	17,85

Comp., St. Louis Mo., USA, w tym: dimetylonitrozoamina (DMNA) – N-Nitrosodimethylamine No N-7756 oraz dietylonitrozoamina (DENA) – N-Nitrosodiethylamine No-N-0756.

Uzyskane wyniki zostały poddane analizie uwzględniającej wartości średnie arytmetyczne (\bar{x}) i ich odchylenia standardowe ($\pm s$) oraz współczynniki zmienności (Z%) dla wszystkich grup i wykonanych czynności w danych wariantach badań doświadczalnych o kształtowaniu się ilościowym zanieczyszczenia toksycznymi związkami nitrozoamin.

Wyniki i omówienie

Zadaniem badawczym było określenie zawartości rakotwórczych nitrozoamin – dimetylonitrozoaminy (DMNA) i dietylonitrozoaminy (DENA) w surowym mięsie zwierząt łownych oraz stwierdzenie zmian poziomu tych związków w wyniku mrożenia i rozmrażania.

Stwierdzono, że mięso surowe pochodzące od odstrzelonych zwierząt łownych zawierało nitrozoaminy (DMNA i DENA). Stężenia DMNA i DENA w badanych próbkach mięsa dziczyzny różnych gatunków wskazują na ewentualność zagrożenia zdrowia konsumenta. Prowadzone badania mięsa w tym zakresie są niezwykle trudne i nieporównywalne z typowym doświadczeniem, bowiem gromadzenie odpowiedniej ilości materiału doświadczalnego wymaga relatywnie długiego czasu i przypadkowości w celu uzyskania reprezentatywnych próbek. Stąd też potrzeba było aż 6 lat gromadzenia danych, aby uzyskać stałą liczbę zwierząt, tj. 21 sztuk w każdym gatunku zgodnie z założeniami badań. Przedmiotem badań nie była analiza różnic pomiędzy latami, lecz wykazanie stanu skażenia nitrozoaminami uzyskanego mięsa od zwierząt łownych. Uzyskane wyniki ($\mu\text{g}/\text{kg}$) z przeprowadzonych badań poziomu nitrozoamin w mięsie różnych gatunków zwierząt łownych stanowiące średnie wartości z okresu 6 lat, z dozwolonych sezonów odstrzału i z innych przypadków losowych pozbawienia życia, przedstawiono w tab. 1. Natomiast w tab. 2 przedstawiono, po przeliczeniu matematycznym, udziały procentowe zanieczyszczeń tymi nitrozoaminami, które wskazują na zmienny poziom ich kształtowania w mięsie uzyskanym od wym. zwierząt.

Jak wynika z danych w tab. 1 i 2, wartości średnie nitrozoamin (DMNA) i (DENA) w mięsie poszczególnych gatunków zwierzyny łownej stwierdzono na relatywnie zbliżonym poziomie. Wśród badanych próbek mięsa pochodzącego ze zwierzyny łownej wyka-

Tab. 2. Zmiany średnich zawartości nitrozoamin ($\mu\text{g}/\text{kg}$), wyrażone w %, w mięsie: I – surowym, II – mrożonym, III – rozmrożonym, pochodzącym od zwierząt łownych (n = 21)

Gatunek zwierzęcia	Płeć	Wariant I Mięso surowe		Wariant II Mięso mrożone		Wariant III Mięso rozmrożone	
		DMNA \bar{x}	DENA %	DMNA %	DENA %	DMNA %	DENA %
Łoś	Byk	6,90 = 100	7,10 = 100	92,17	92,25	81,01	81,27
	Kłępa	6,02 = 100	6,35 = 100	91,53	91,97	80,56	80,94
Jeleń szlachetny	Byk	8,74 = 100	8,26 = 100	91,99	92,01	80,89	81,23
	Łania	7,63 = 100	7,13 = 100	92,00	92,01	80,86	80,93
Jeleń sika	Byk	8,92 = 100	8,57 = 100	91,93	92,06	80,94	80,98
	Łania	7,96 = 100	8,05 = 100	90,70	91,80	79,52	80,87
Sarna	Kozioł	7,69 = 100	8,30 = 100	92,07	92,05	81,01	79,88
	Koza	6,85 = 100	7,37 = 100	91,82	91,99	80,73	82,50
Daniel	Byk	8,06 = 100	8,49 = 100	90,82	91,99	80,27	80,92
	Łania	6,94 = 100	7,70 = 100	91,93	91,95	79,39	82,08
Dzik	Dzik	9,11 = 100	8,83 = 100	91,99	91,96	81,89	83,01
	Locha	8,09 = 100	7,90 = 100	91,84	91,90	81,33	81,77
Zając szarak	Samiec	7,91 = 100	7,30 = 100	91,91	92,05	78,76	80,00
	Samica	7,12 = 100	6,86 = 100	91,99	91,98	80,48	80,32
Dziki królik	Samiec	8,89 = 100	7,82 = 100	92,01	92,07	80,09	80,05
	Samica	7,75 = 100	6,97 = 100	91,87	91,96	80,13	79,20

zano średnie zawartości nitrozoamin w granicach DMNA 6,46 do 8,60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i DENA 6,73 do 8,37 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Najmniejsze zawartości stwierdzono w mięsie łosi, natomiast największe w mięsie dzików i w mięsie jeleni.

Stwierdzono istotny wpływ pory roku na kształtowanie poziomu nitrozoamin w mięsie zwierząt łownych, gdzie wykazano wyższe wartości w okresie letnim i jesiennym, a fakt ten wskazuje na dużą kumulację nitrozoamin w czasie wegetacji roślin. Natomiast w okresie zimowym stwierdzono znaczną redukcję tych związków. Zaobserwowano znacznie niższy poziom nitrozoamin w okresie zimowym w porównaniu do okresu letniego. Na uwagę zasługują wysokie wartości odchylenia standardowego we wszystkich wariantach doświadczalnych, co świadczy o dużych rozrzutach pod względem poziomu nitrozoamin w mięsie dziczyzny. Przedmiotowe wyniki badań pośrednio wskazują na znaczące zanieczyszczenia środowiska bytowania i żywienia się zwierzyny łownej, tym samym podkreślają relatywnie wysoki poziom skażeń obszarów leśnych nitrozoaminami, co jest sygnałem penetracji substancji toksycznych do środowisk leśnych. Oddychanie powietrzem zawierającym m.in. NO, NO₂, N₂O₃, halogenki nitrozyłu oraz wiele innych czynników nitrozujących i odżywanie się prekursorami pochodzenia roślinnego, pijąc zanieczyszczoną przez zwierzęta wodę z rzek, zbiorników, stawów, rozlewisk, ścieków jest wykładnikiem bilansu stwierdzonych w badaniach nitrozoamin.

Wydaje się, że w procesie monitorowania łańcucha żywnościowego nitrozoaminy mogą być ważnym elementem identyfikacyjnym generalny stan środowiska i wytwarzanych tam surowców żywnościowych.

Tabela 1 przedstawia wyniki zawartości nitrozoamin, które są wartościami średnimi 21 próbek: I – mięsa surowego, II – mięsa mrożonego i III – mięsa rozmrożonego. Z kolei w tab. 2 przedstawiono wyniki procentowych zmian zawartości nitrozoamin, które są wartościami średnimi 21 próbek w takim samym układzie.

Analiza wyników badań świadczy, że działanie temperatur -30°C mięsa zawierającego nitrozoaminy nieznacznie zmniejsza ich zawartość, która kształtuje się w granicach od 7,75% do 9,70% w stosunku do stwierdzonych zawartości nitrozoamin przed jego mrożeniem. Natomiast w rozmrożonym mięsie poziom nitrozoamin był znacznie niższy od zamrożonego mięsa i kształtował się w granicach od 16,99% do 22,24%. Można stąd wnioskować, że na obniżenie zawartości nitrozoamin wpływa proces mrożenia, a najlepszy efekt zmniejszenia zawartości DMNA i DENA uzyskano w mięsie rozmrożonym.

Wnioski

Schłodzone surowe mięso zwierząt łownych pochodzące od zróżnicowanych rodzajowo i gatunkowo zwierząt łownych obojga płci, zawierało średnio DMNA 6,46-8,60 $\mu\text{g}/\text{kg}$ i DENA 6,73-8,37 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Proces mrożenia zmniejsza poziom nitrozoamin o 7,75% do 9,70% w porównaniu z oznaczoną przed jego mrożeniem; w stanie rozmrożonym zawartość DMNA i DENA zmniejszyła się aż o 16,99% do 22,24% w porównaniu do mięsa surowego.

Należy sądzić o istotnym wpływie pory roku na kształtowanie zawartości oznaczanych nitrozoamin w mięsie zwierząt łownych. Wykazano wyższe ich zawartości w okresie jesiennym, natomiast w zimowym znaczną redukcję tych związków.

Piśmiennictwo

1. Havery D. C., Fazio T.: Human exposure to nitrosamines from foods. Food Technol. 1985, 80-83.
2. Pancholy S. K.: Gas chromatographic analysis of carcinogenic nitrosamines in soil. Soil Biol. Biochem. 1976, 8, 75-76.
3. Rywotycki R.: Występowanie nitrozoamin w mięsie. Medycyna Wet. 1997, 53, 726-729.
4. Rywotycki R.: Wpływ dodatków funkcjonalnych na ilość nitrozoamin w mięsie wieprzowym i wołowym. Przem. Spoż. 1998, 52, 37-42.
5. Rywotycki R.: Dodatki funkcjonalne oraz obróbka termiczna a ilość nitrozoamin w szynce wieprzowej pasteryzowanej. Przem. Spoż. 1998, 52, 44-46.
6. Rywotycki R.: Wpływ wybranych dodatków funkcjonalnych oraz obróbki termicznej na ilość nitrozoamin w szynce wołowej pasteryzowanej. Medycyna Wet. 1998, 54, 554-558.
7. Rywotycki R.: Wpływ mrożenia i dodatków funkcjonalnych na zawartość nitrozoamin w peklowanym mięsie wieprzowym i wołowym. Medycyna Wet. 1998, 54, 841-846.
8. Rywotycki R.: Oddziaływanie dodatków funkcjonalnych na zawartość nitrozoamin w szynce wieprzowej. Przem. Spoż. 1998, 52, 54-56.
9. Rywotycki R.: Wpływ wędzenia i wybranych dodatków funkcjonalnych na zawartość nitrozoamin w mięsie wieprzowym. Medycyna Wet. 1999, 55, 199-203.
10. Rywotycki R.: Wpływ udziału różnych zestawów dodatków funkcjonalnych i procesów: peklowania, pasteryzacji oraz wędzenia i pasteryzacji na ilość nitrozoamin w szynce wołowej. Medycyna Wet. 1999, 55, 550-555.

11. Rywotycki R.: Wpływ procesów technologicznych i dodatków funkcjonalnych na poziom nitrozoamin w mięsie. Medycyna Wet. 2000, 56, 267-272.
12. Rywotycki R.: Nitrosamine concentration in beef ham. 1. Influence of smoking and diversified combinations of functional additives. Fleischwirtschaft Internat. 2001, 2, 77-80.
13. Rywotycki R.: The effect selected functional additives and heat treatment on nitrosamine content in pasteurized pork ham. Meat Science 2002a, 60, 335-339.
14. Rywotycki R.: Nitrosamine concentrations in beef ham. 2. Influence of selected functional additives and heat treatment. Fleischwirtschaft Internat. 2002b, 2, 50-54.
15. Rywotycki R.: Meat nitrosamine contamination level depending on animal breeding factors. Meat Science 2003a, 65, 669-676.
16. Rywotycki R.: The influence of environment, mode of nutrition and animal species on level of nitrosamine contamination in venison. Meat Science 2003b, 65, 1045-1053.
17. Rywotycki R.: Kształtowanie się zawartości zanieczyszczeń nitrozoaminami mięsa zróżnicowanych gatunkowo ryb surowych, solonych, z askorbinianem sodu, mrożonych i rozmrożonych. Chłodnictwo 2004, 5, 42-48.
18. Rywotycki R.: Wpływ mrożenia, solenia i mrożenia oraz rozmrażania na poziom zanieczyszczeń nitrozoaminami w zróżnicowanym gatunkowo mięsie. Chłodnictwo 2004, 10, 34-40.
19. Scallan R. A., Ryes F. G.: An update of analytical techniques for N-nitrosamines. Food Technol. 1985, 30, 95-99.
20. Skrypec D. J., Gray J. I., Mandagere A. K., Booren A. M., Pearson A. M., Cuppet S. L.: Effects of bacon composition and processing of N-nitrosamine formation. Food Technol. 1985, 39, 74-79.
21. Smyk B., Różycki E., Barabasz W.: Nitrosamines-biological effects on the application of mineral nitrogen fertilization in agriculture. Geodesy and Environm. PAN 1990, 35, 131-144.
22. Smyk B., Różycki E., Dobrowolski J.: Environmental risk factors of cancer and their primary prevention. J. Environm. Pathology, Toxicology and Oncology 1993, 12 (1), 55-57.
23. Smyk B., Rywotycki R.: Nitrozoaminy – nowy problem toksykologii ekologicznej czy może aktualne zagrożenie zdrowia? AURA 1984, 5, 12-15.
24. Steinka I., Przybyłowski P.: Wpływ czynników biogenicznych na tworzenie N-nitrozoamin. Roczniki PZH 1992, 42, 239-245.
25. Szymański T.: Obraz mikrobiologiczny mięsa zwierząt łownych składowanego w tuszach i elementów z uwzględnieniem procesu dwukrotnego rozmrażania. Zeszyty Naukowe AR Wrocław 1979, 12, 107-116.
26. Szymański T.: Wpływ przechowania w stanie zamrożonym szynki wieprzowej na wybrane parametry fizykochemiczne, obraz histologiczny oraz na poziom lotnych N-nitrozoamin. Zeszyty Naukowe AR Wrocław 1984, 149, 24-41.

Adres autora: dr inż. Ryszard Rywotycki, Zarzyce Małe nr 31, 34-142 Leńcze k. Krakowa