

Wpływ wędzenia i wybranych dodatków funkcjonalnych na zawartość nitrozoamin w mięsie wieprzowym

RYSZARD RYWOTYCKI

Katedra Mikrobiologii AR, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

Środowiskowe Laboratorium Analiz Fizykochemicznych i Badań Strukturalnych UJ, ul. R. Ingardena 3, 30-060 Kraków

Rywotycki R.

The effect of smoking and selected functional additives on nitrozamine contents in pork

Summary

The study aimed at determining the influence of the smoking process and most frequently used additives such as: sodium chloride, nitrite, polyphosphates and sodium ascorbate on nitrozamine content in pork. Nitrozamines (dimethyl-nitrozamine DMNA, diethyl-nitrozamine DENA) were extracted and distilled from raw material, then concentrated in a vacuum and determined by gas chromatography using Pancholye's method. The investigations revealed a clear relationship between the smoking process and a subsequent increase in nitrozamine content in smoked pork. The addition of sodium chloride as brine to the meat caused a decrease in nitrozamine contents as compared to meat without additives. Meat curing with the use of nitrate considerably increases its level of short-chained nitrozamines, i.e. DMNA and DENA. Nitrozamine contents in cured meat may be decreased considerably by adding sodium ascorbate to the brine.

Keywords: nitrozamine, smoking, functional, additives, pork.

W latach sześćdziesiątych stwierdzono, że w żywności mogą powstawać w reakcji z azotynami toksyczne związki N-nitrozowe zwane nitrozoaminami. Wśród ok. 300 tych związków blisko 90% wykazywało działanie rakotwórcze w stosunku do zwierząt doświadczalnych. Rakotwórcza aktywność nitrozoamin zależy od ich budowy. Najsilniejszym działaniem rakotwórczym odznaczają się dimetylonitrozoamina (DMNA) i dietylonitrozoamina (DENA). Tworzą się one w środowisku słabo kwaśnym w reakcji pomiędzy azotynem sodu i tlenkiem azotu a prekursorami obecnymi w środkach spożywczych, takich jak: białka, peptydy, aminokwasy, aminy (8).

Pośrednie działanie azotynów polega na wiązaniu hemoglobiny we krwi człowieka czyniąc ją nieaktywną czy też możliwości powstawania w żołądku rakotwórczych N-nitrozozwiązków. Z kolei azotyny bezpośrednio mogą powodować zmiany w metabolizmie czy też wpływać na wchłanianie się jonów z przewodu pokarmowego. Stanowią one zagrożenie dla zdrowia.

Niektórzy autorzy (20), aby lepiej zaobserwować wpływ dawki azotynu na tworzenie się lotnych nitrozoamin w peklowanym mięsie przeprowadzili modelowe badania przy wyższych stężeniach azotynu, niż

stosuje się w praktyce przemysłowej podczas peklowania mięsa. Stwierdzono znaczny wpływ stężenia azotynu sodu na zawartość lotnych nitrozoamin w peklowanym mięsie. Ilość nitrozoamin rosła mianowicie wraz ze zwiększaniem się ilości azotynu użytego do peklowania. Inni autorzy (6, 7, 9), prześledzili wpływ stężenia azotynu sodu na szybkość reakcji nitrozowania.

Wpływ temperatury procesu produkcyjnego, jak i dodatków funkcjonalnych zostały już omówione w poprzednim opracowaniu (12, 13). Natomiast na temat wpływu azotynów na tworzenie się nitrozoamin w mięsie i produktach mięsnych istnieje wiele publikacji (2, 3, 5-7). Wskazują one jednoznacznie, że azotany i azotyny mogą być prekursorami kancerogennych nitrozozwiązków w żywności.

Proces wędzenia może mieć również duży wpływ na tworzenie nitrozoamin w wyrobach mięsnych. Walker i wsp. (23) uważają, że wynika to z możliwości nitrozowania amin pod wpływem tlenków azotu znajdujących się w dymie wędzarniczym. Dym wędzarniczy powstaje podczas pyrolizy drewna w wyniku wymieszania się z powietrzem gazowych, ciekłych i bardzo rozdrobnionych stałych produktów częściowego spalania drewna. Mimo dotychczasowych badań nie

jest sprecyzowany dokładnie skład jakości i ilościowy dymu. Jest on zresztą bardzo zmienny i uzależniony od wielu czynników. Do najważniejszych z nich należą: sposób wytwarzania dymu, gatunek i rodzaj drewna, szybkość przepływu powietrza w strefie żaru, wilgotność zrębków lub kłoca. Stężenie ilościowe i jakościowe gazu surowego w dymie wędzarniczym zależy m.in. od sposobów wytwarzania dymu. Wędzenie gorące prowadzone jest w temperaturze 45 do 80°C, zaś wędzenie zimne w temperaturze 16 do 22°C. Wędzenie ciepłe stanowi najczęściej alternatywę do wędzenia zimnego i przebiega w temperaturze 23 do 40°C. Zasada tych procesów technologicznych polega na poddaniu przetworów, o uprzednio osuszonej powierzchni, działaniu dymem przez pożądany czas. Efektem chemicznym dymu wędzarniczego jest wnikanie licznych jego składników w warstwę wędzonego wyrobu i odkładanie się barwnych cząstek dymu (sadza, smółka). Związki występujące w dymie można ogólnie podzielić na następujące grupy: kwasy organiczne (nienasycone, keto- i hydrokwasy, heterocykliczne), związki karbonylowe (nasycone i nienasycone), aromatyczne, z grupą fenolową i karboksylową, związki fenolowe (siringol, gwajakol, krezol), zasady organiczne (pirydyna) i związki obojętne (nasycone i nienasycone alkohole, węglowodory aromatyczne i policykliczne, estry i etery) (14, 15, 22). Wędzenie powoduje też występowanie efektów niekorzystnych, jak zmniejszenie zawartości aminokwasów, białek mięsa oraz kontaminację substancjami o działaniu toksykologicznym i rakotwórczym. Na przykład ok. 10% tlenków azotu znajdujących się w dymie jest absorbowanych przez ryby w czasie wędzenia. Duże ilości dietylnitrozoaminy wykryto w wędzonym mięsie (4, 11). W szynce wędzonej i gotowanej stwierdzono średnio 0,4 mg/kg DMNA i 0,6 mg/kg DENA (19). W rybach wędzonych oznaczono DMNA w zakresie od 0,1 do 10,5 µg/kg, a DENA – 0,2 µg/kg. Inni autorzy (21) uważają, że dym wędzarniczy może być źródłem nitrozotiazolidyny oraz wykazali, że obróbka bekonu płynnym preparatem dymu wędzarniczego powodowała obniżenie zawartości nitrozopirolidyny w smażonym bekonie. Według Sikorskiego (18) produkty żywnościowe peklowane i wędzone mogą zawierać w 1 g od kilku do kilkudziesięciu nanogramów związków N-nitrozowych. Dzisiaj żywność jest nie tylko źródłem białka, tłuszczu, węglowodanów, soli mineralnych i witamin, ale również zawiera substancje obce wpływające znacząco na utratę zdrowia człowieka. Obecnie następuje między tymi kategoriami ogromny rozróżnienie i często pożywienie nie ma nic wspólnego ze zdrową żywnością, ponieważ straciło wszelkie walory naturalności, a ponadto zawiera wiele ksenobiotyków. Dopuszczalne są metody i środki produkcji, które powodują wysokie wydajności, skrócenie cykli produkcyjnych oraz wysoką efektywność produkcji. Wartość biologiczna produktów spożywczych – konsumpcyjnych schodzi na drugi plan, choć stróżem mają być normy prawne i służby kontroli, w tym również sani-

tarne. Etyka zawodowa producenta żywności odpowiedzialnego za jakość zdrowotną produktów, zanika w gąszczu nowości i nowinek. Równocześnie w rolnictwie i przetwórstwie spożywczym coraz większą rolę odgrywa ekonomia, której celem jest uzyskiwanie coraz większego zysku, podniesienie efektywności produkcji i wzrostu wydajności dochodu. Bardzo dobry producent żywności dzisiaj to ten, który uzyskuje wysokie wyniki produkcyjne, a jeszcze lepsze wyniki ekonomiczne, ponieważ zmusza go do tego rynek i niczym nie okiełzana gospodarka liberalna. Aktualnie producentem żywności może zostać każdy, przynajmniej ten co ma pieniądze i chce robić interes, niekoniecznie posiadający odpowiednie kwalifikacje. Rynek i konkurencja o klienta sprawiają, że rację bytu mają towary coraz tańsze i z wyglądu ładne. Dawno już wiadomo, że zdrowie człowieka zależy od wielu czynników, ale na pewno najbardziej od składu i stanu żywności oraz od wartości biologicznej pokarmu, który przychodzi mu spożywać (1).

Celem badań było określenie wpływu procesu wędzenia i wybranych dodatków funkcjonalnych na ilość nitrozoamin w mięsie wieprzowym.

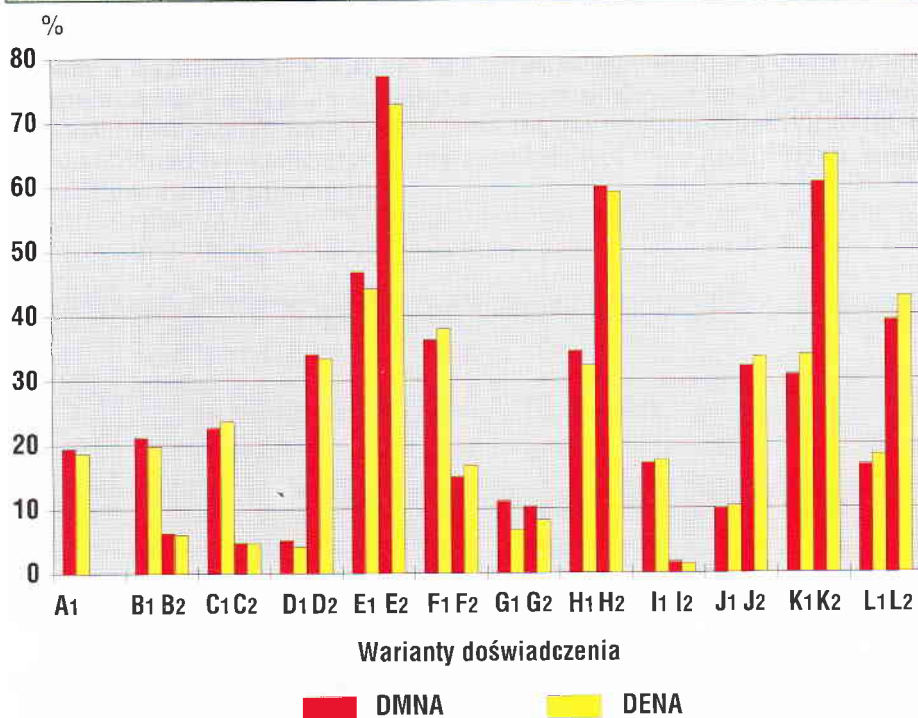
Materiał i metody

Badania przeprowadzono na mięśniach świń przeznaczonych do produkcji szynek. Mięśnie dzielono na dwanaście grup, które oznaczono literami od A do L. Z każdej z grup pobierano reprezentatywną próbkę (ok. 1 kg), rozdrabniano w wilku przez siatkę o średnicy oczek 2 mm i homogenizowano oraz oznaczano ilość nitrozoamin. Stanowiły one próby kontrolne. W każdej z grup wykonywano różne warianty doświadczeń, przy czym w wariantach A₁ badano mięso surowe wędzone, w B₁ i B₂ – mięso solone i wędzone, w C₁ i C₂ – mięso z dodatkiem askorbinianu sodu i wędzone, w D₁ i D₂ – mięso z dodatkiem wielofosforanów i wędzone, w E₁ i E₂ – mięso z dodatkiem azotynu sodu i wędzone, F₁ i F₂ – mięso solone z dodatkiem askorbinianu sodu i wędzone, w G₁ i G₂ – mięso solone z dodatkiem wielofosforanów i wędzone, w H₁ i H₂ – mięso solone z dodatkiem azotynu sodu i wędzone, w I₁ i I₂ – mięso solone z dodatkiem askorbinianu sodu i wielofosforanów oraz wędzone, w J₁ i J₂ – mięso solone z dodatkiem askorbinianu sodu i azotynu sodu oraz wędzone, w K₁ i K₂ – mięso solone z dodatkiem wielofosforanów i azotynu sodu oraz wędzone, w L₁ i L₂ – mięso solone z dodatkiem askorbinianu sodu, wielofosforanów i azotynu sodu oraz wędzone.

Mięśnie nastrzykiwano solanką o następującym składzie: sól kuchenna – 16 kg, azotyn sodu – 0,08 kg, askorbinian sodu – 0,225 kg, almina – 1,5 kg, woda – 82,195 kg. W zależności od wariantu doświadczenia z solanki eliminowano dany składnik i uzupełniano jej skład do 100 kg wodą. Stosowano 20% nastrzyk do mięśni. Po nastrzyku mięśnie poddawano masowaniu w cyklu 40/20 min. Łączny czas masowania wynosił 8 godz. Po masowaniu z każdego wariantu doświadczenia pobierano reprezentatywne próby do badań i dalej postępowano podobnie jak w przypadku prób kontrolnych.

W procesie wędzenia zastosowano dym ciepły o temp. 40°C.

Grupa	Wariant 1		Wariant 2	
	DMNA	DENA	DMNA	DENA
A	19,4	18,7		
B	21,1	19,8	6,3	6,1
C	22,6	23,6	4,8	4,7
D	5,2	4,2	34	33,4
E	46,8	44,2	77,2	72,8
F	36,3	38	15	16,7
G	11,2	6,7	10,3	8,2
H	34,5	32,2	60	59
I	17	17,4	1,7	1,4
J	10	10,3	32,1	33,5
K	30,7	33,8	60,5	64,8
L	16,7	18,1	39,2	42,9



Ryc. 1. Procentowe zmiany ilości nitrozoamin w mięsie wieprzowym w porównaniu do próby zerowej w zależności od wariantu doświadczenia

Zawartość nitrozoamin (dimetylonitrozoaminy – DMNA i dietylonitrozoaminy – DENA) w mięsie oznaczano metodą Pancholy'ego (10) dostosowaną do oznaczania nitrozoamin w mięsie i przetworach mięsnych przez Scanlana i Ryesa (16, 17). Do oznaczeń zastosowano chromatograf gazowy firmy Perkin-Elmer, F-21, który był wyposażony w detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID), kolumnę metalową od długości 2 m i przekroju wewnętrznym 4 mm, wypełnioną 5% Carbowaxem 1500 na chromosorbie G 60/

/80 mesh. Analizowano próbki materiału o zawartości 5 μ l zagęszczonego destylatu w następujących temperaturach: kolumny 110°C i komory wtryskowej 250°C. Gazem nośnym był azot o przepływie 40 ml/min. Granica wykrywalności dla DMNA i DENA wynosiła 0,2 μ g/kg próbki. Ilościową i jakościową interpretację chromatogramów dokonywano przez porównanie z chromatogramami roztworów wzorcowych N-nitrozoamin.

Wyniki i omówienie

Średnią zawartość nitrozoamin w badanym materiale podano w tab. 1. Natomiast na ryc. 1 przedstawiono procentowe zmiany ilości nitrozoamin w mięsie wieprzowym, w porównaniu do prób kontrolnych przyjętych za sto procent, w zależności od wariantu doświadczenia.

Wędzenie surowego mięsa wieprzowego spowodowało zwiększenie ilości nitrozoamin, w stosunku do próby kontrolnej o: DMNA 19,4% i DENA 18,7% (wariant A₁).

W mięsie poddanym 20% nastrzykowi solanką zawierającą tylko NaCl, oprócz zmniejszenia stężenia nitrozoamin w wyniku samego nastrzyku o ok. 16%, zaobserwowano także wpływ na poziom nitrozoamin samej soli. Łączny spadek nitrozoamin, w porównaniu do próby kontrolnej, wyniósł: DMNA 21,1% i DENA 19,8%. Natomiast w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa stwierdzono zmniejszenie ilości nitrozoamin tylko: DMNA o 6,3% i DENA o 6,1% (warianty B₁ i B₂). Biorąc więc pod uwagę rozcieńczenie nitrozoamin w wyniku nastrzyku solanki, wędzenie spowodowało wzrost ilości nitrozoamin.

Wprowadzenie do mięsa askorbinianu rozpuszczonego w wodzie, spowodowało obniżenie ilości nitrozoamin w mięsie, w porównaniu do próby kontrolnej o: DMNA 22,6% i DENA 23,6%. Szynka wędzona wyprodukowana z tego mięsa, zawierała mniej: DMNA o 4,8% i DENA o 4,7% (warianty C₁ i C₂). Również i w tym przypadku wędzenie wpłynęło na zwiększenie ilości nitrozoamin. Inaczej na poziom nitrozoamin w mięsie wpłynął dodatek wielofosforanów. W mięsie zawierającym wielofosforany stwierdzono wzrost ilości nitrozoamin w stosunku do próby kontrolnej: DMNA o 5,2% i DENA o 4,2%, a w szynce

Tab. 1. Średnie zawartości nitrozoamin w mięsie wieprzowym ($\mu\text{g}/\text{kg}$): surowym, peklowanym z użyciem solanki nastrzykowej o różnym udziale dodatków funkcjonalnych i wędzonym ($n = 21$)

Wariant doświadczenia	DMNA			DENA		
	\bar{x}	$\pm s$	Z%	\bar{x}	$\pm s$	Z%
A – mięso wieprzowe	11,95	2,24	18,7	12,42	1,31	10,5
A ₁ – mięso wieprzowe wędzone	14,27	2,74	19,2	14,74	1,55	10,5
B – mięso wieprzowe	14,67	1,03	7,0	14,41	0,47	3,2
B ₁ – mięso wieprzowe solone	11,58	0,61	5,3	11,55	0,49	4,3
B ₂ – szynka wieprzowa wędzona	13,74	0,58	4,2	13,53	0,62	4,6
C – mięso wieprzowe	14,22	1,17	8,2	13,74	0,55	4,0
C ₁ – mięso wieprzowe z dodatkiem askorbinianu sodu	11,00	0,87	7,9	10,49	0,51	4,9
C ₂ – szynka wieprzowa wędzona	13,54	1,09	8,1	13,10	0,53	4,0
D – mięso wieprzowe	13,03	2,13	16,4	12,98	1,21	9,3
D ₁ – mięso wieprzowe z dodatkiem wielofosforanów	13,71	2,05	15,0	13,52	1,59	11,8
D ₂ – szynka wieprzowa wędzona	17,46	2,07	11,8	17,32	1,74	10,0
E – mięso wieprzowe	13,54	1,74	12,8	13,92	2,34	16,8
E ₁ – mięso wieprzowe z dodatkiem azotynu sodu	19,88	2,28	11,5	20,08	2,62	13,0
E ₂ – szynka wieprzowa wędzona	24,00	2,50	10,4	24,06	2,53	10,5
F – mięso wieprzowe	12,99	1,46	11,3	13,45	2,28	16,9
F ₁ – mięso wieprzowe solone z dodatkiem askorbinianu sodu	8,28	1,31	15,8	8,35	1,49	17,9
F ₂ – szynka wieprzowa wędzona	11,04	1,39	12,6	11,20	1,59	14,2
G – mięso wieprzowe	14,02	3,48	24,8	13,23	1,35	10,2
G ₁ – mięso wieprzowe solone z dodatkiem wielofosforanów	12,45	2,97	23,9	12,35	1,22	9,8
G ₂ – szynka wieprzowa wędzona	15,47	3,97	25,6	14,32	1,58	11,0
H – mięso wieprzowe	13,83	1,68	12,1	13,97	1,67	11,9
H ₁ – mięso wieprzowe solone z dodatkiem azotynu sodu	18,60	2,08	11,1	18,47	1,96	10,6
H ₂ – szynka wieprzowa wędzona	22,13	1,96	8,8	22,22	1,97	8,9
I – mięso wieprzowe	15,44	2,05	13,3	14,44	1,53	10,6
I ₁ – mięso wieprzowe solone z dodatkiem askorbinianu sodu i wielofosforanów	12,81	1,83	14,3	12,09	1,02	8,5
I ₂ – szynka wieprzowa wędzona	15,18	1,92	12,7	14,64	1,53	10,5
J – mięso wieprzowe	14,60	1,97	13,5	14,50	0,75	5,1
J ₁ – mięso wieprzowe solone z dodatkiem askorbinianu sodu i azotynu sodu	16,06	1,95	12,1	15,99	0,79	4,9
J ₂ – szynka wieprzowa wędzona	19,29	2,37	12,3	19,36	0,61	3,1
K – mięso wieprzowe	14,61	1,97	13,5	13,70	2,01	14,7
K ₁ – mięso wieprzowe solone z dodatkiem wielofosforanów i azotynu sodu	19,09	1,97	10,3	18,33	2,11	11,5
K ₂ – szynka wieprzowa wędzona	23,45	2,04	8,7	22,58	1,97	8,7
L – mięso wieprzowe	14,96	2,07	13,8	13,50	1,80	13,3
L ₁ – mięso wieprzowe solone z dodatkiem askorbinianu sodu, wielofosforanów i azotynu sodu	17,46	2,11	12,1	15,95	1,81	11,3
L ₂ – szynka wieprzowa wędzona	20,83	2,18	10,5	19,29	1,88	9,8

wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa: DMNA o 34,0% a DENA o 33,4% (warianty D_1 i D_2).

Największy wzrost ilości nitrozoamin w mięsie spowodował dodatek samych azotynów. Stężenie nitrozoamin w mięsie, w porównaniu do próby kontrolnej, zwiększyło się: DMNA o 46,8% i DENA o 44,2%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa stwierdzono wzrost: DMNA o 77,2% i DENA o 72,8% (warianty E_1 i E_2).

Nastryk mięsa solanką z askorbinianem sodu, w porównaniu do samej solanki, zwiększył destrukcyjne działanie na nitrozoaminy. Ilość nitrozoamin w mięsie, w odniesieniu do próby kontrolnej, zmniejszyła się: DMNA o 36,3% i DENA o 38%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa: DMNA o 15% i DENA o 16,7% (warianty F_1 i F_2).

Wprowadzenie do mięsa solanki z dodatkiem wielofosforanów, w porównaniu do próby kontrolnej, spowodowało obniżenie poziomu nitrozoamin w mięsie: DMNA o 11,2% i DENA o 6,7%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa podwyższenie stężenia nitrozoamin: DMNA o 10,3% i DENA o 8,2% (warianty G_1 i G_2).

Nastryknięcie mięsa solanką zawierającą NaCl i azotyn sodu zwiększyło ilość nitrozoamin w mięsie, w porównaniu do próby kontrolnej o: DMNA 34,5% i DENA 32,2%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa: DMNA o 60% i DENA o 59% (warianty H_1 i H_2).

Dodanie askorbinianu sodu do solanki zawierającej NaCl i wielofosforany wpłynęło, w stosunku do próby kontrolnej, na zmniejszenie ilości nitrozoamin w mięsie: DMNA o 17% i DENA o 17,4%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa: DMNA o 1,7% i DENA o 1,4% (warianty I_1 i I_2). Nastryknięcie mięsa solanką zawierającą askorbinian sodu i azotyn sodu spowodowało, w odniesieniu do próby kontrolnej, zwiększenie ilości nitrozoamin w mięsie: DMNA o 10% i DENA o 10,3%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa: DMNA o 32,1% i DENA o 33,5% (warianty J_1 i J_2).

Wprowadzenie do mięsa solanki z dodatkiem wielofosforanów i azotynu sodu wpłynęło, w porównaniu do próby kontrolnej, na zwiększenie ilości nitrozoamin w mięsie: DMNA o 30,7% i DENA o 33,8%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa: DMNA o 60,5% i DENA o 64,8% (warianty K_1 i K_2). Dodanie do wyżej podanego składu solanki askorbinianu sodu spowodowało, w odniesieniu do próby kontrolnej, wzrost poziomu nitrozoamin w mięsie: DMNA o 16,7% i DENA o 18,1%, a w szynce wędzonej wyprodukowanej z tego mięsa: DMNA o 39,2% i DENA o 42,9% (warianty L_1 i L_2).

Wyniki badań wskazują wyraźnie na hamujące działanie NaCl na tworzenie lotnych nitrozoamin (DMNA i DENA) w solonym mięsie wieprzowym.

Uzyskane w badaniach rezultaty zgodne są z obserwacjami innych autorów (9, 20) odnośnie do zwią-

szania się ilości nitrozoamin w mięsie przy dodatku azotynu podczas peklowania oraz znacznego działania hamującego askorbinianu sodu na nitrozoaminy (20). Polega ono prawdopodobnie na wiązaniu N_2O i usuwaniu czynnika nitrozującego, poprzez redukowanie go do tlenku azotu (8, 9). Stwierdzono także wyraźny wpływ wędzenia na wzrost ilości nitrozoamin w mięsie surowym wędzonym, a szczególnie peklowanym i wędzonym oraz peklowanym z dodatkiem wielofosforanów i wędzonym.

Wnioski

1. Wędzenie powoduje wzrost ilości nitrozoamin w mięsie wieprzowym.

2. Dodatek do mięsa chlorku sodu w postaci solanki, powoduje obniżenie ilości nitrozoamin w porównaniu z mięsem surowym niesolonym.

3. Peklowanie mięsa z udziałem azotynu znacznie zwiększa w nim poziom nitrozoamin o krótkich łańcuchach, tj. takich jak: DMNA i DENA; w procesie peklowania z użyciem azotynu tworzą się prawdopodobnie korzystne warunki do syntezy *in vitro* związków N-nitrozowych z naturalnie występującymi w mięsie aminami.

4. Ilość nitrozoamin w peklowanym mięsie można zmniejszyć przez wprowadzenie do solanek nastrykowych askorbinianu sodu; powoduje on bowiem szybkie przemiany azotynów i tym samym zmniejsza ilość grup nitrozowych mogących wchodzić w reakcje z aminami.

5. Wprowadzenie do mięsa wielofosforanów w postaci wodnego roztworu powoduje niewielki wzrost ilości nitrozoamin w mięsie.

Piśmiennictwo

1. Babicz E.: *Aura* 9, 12, 1998.
2. Ender F., Ceh L.: *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 145, 133, 1971.
3. Gray J., Bussey D., Dawson L., Price J., Stevenson K., Owens J., Robach M.: *J. Food Sci.* 46, 1817, 1981.
4. Havery D., Fazio T., Howard J.: *J. Ass. Off. Anal. Chem.* 61, 1379, 1978.
5. Lowy R.: *Ann. Nutr. Alimim.* 30, 6, 1976.
6. Mirvish S. S.: *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 31, 325, 1975.
7. Mirvish S. S.: *J. Toxicol.* 3, 1267, 1977.
8. Miśkiewicz W.: *Bromatol.* 10, 1, 1977.
9. Möhler K., Mayrhofer O.: *Proc. 15-th Europ. Meet. Meat Res. Workers, Helsinki*, 1969, s. 17.
10. Pancholy S. K.: *Soil Biol.* 8, 75, 1976.
11. Patterson R., Mottram D.: *J. Food Agric.* 25, 1429, 1974.
12. Rywotycki R.: *Przem. spoż.* 52, 37, 1998.
13. Rywotycki R.: *Przem. spoż.* 52, 44, 1998.
14. Potthast K., Eigner G.: *Feischwirtschaft* 68, 651, 1988.
15. Potthast K., Eigner G., Fischer K.: *Fleischwirtschaft* 68, 991, 1988.
16. Scanlan R. A.: *CRC Crit. Rev. Food Technol.* 5, 357, 1973.
17. Scanlan R. A., Ryes F. G.: *Food Technol.* 30, 95, 1985.
18. Sikorski Z.: *Smoking of fish and carcinogens*. Elsevier Applied Science, London, 1988, s. 78.
19. Stephanv R., Elgersma R., Schuller P.: *Neth. Milk Dairy J.* 32, 143, 1978.
20. Szumilak K., Gudaszewski T.: *Bromatol.* 18, 21, 1985.
21. Theiler R. F., Sato K., Aspelund T. G., Miller F.: *J. Food Sci.* 46, 996, 1981.
22. Toth L.: *Chemie der Raucherung*. Verlag Chemie GmBH, Weinheim 1982.
23. Walker E., Bogowski P., Griciute L.: *IARC Sci. Publ. No. 14*, Inter. Agency Research Cancer, Lyon, 1976.