J. Fd Hyg. Safety 13(4), 400 - 405(1998)

시판 식육제품 중 N-Nitrosamine의 생성
제1보. 시판햄 및 소시지 중 N-Nitrosamine의 검출

박계란 · 이수정 · 신정혜 · 김정균* · 성낙주†
*경상대학교 식품영양학과 · 농어촌개발연구소, *경상대학교 수산가공학과*

The formation of N-Nitrosamine in Commercial Cured Products
1. Occurrence of N-Nitrosamine in Commercial Ham and Sausage

Kye-Ran Park, Soo-Jung Lee, Jung-Hye Shin, Jeong-Gyun Kim* and Nak-Ju Sung†
Dept. of Food and Nutrition, and The Institute of Agriculture and Fishery Development, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea
**Dept. of Marine Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea*

ABSTRACT — This experiment was conducted to study occurrence of N-nitrosamine (NA) and its precursors such as nitrate and nitrite. For the experimental samples, 26 kinds of commercial hams and 30 kinds of sausages produced in Korea were purchased. The nitrate and nitrite were positive in all of the collected samples; nitrate levels were by average 4.4~9.2 mg/kg and nitrite ones were by average 1.3~3.6 mg/kg. The contents of nitrate and nitrite were detected higher in sausage than in ham. Especially, nitrate contents were contained higher in lyoner sausage prepared with the mixture of meat and fish, while nitrite contents were contained higher in the meat only mixture. N-nitrosodimethylamine (NDMA) among the analyzed 7 kinds of NA was detected only in ham and sausage; its contents were outstanding in lyoner sausage which was prepared with only meat and pork sausage, and then regular ham was the next one in its order, but its contants were detected by average <0.5 μg/kg in press hams added vegetable.

Key words □ N-nitrosamine, Nitrite, Nitrate, Ham, Sausage

1957년 노르웨이에서 발생한 산양과 밍크 등의 가축이 아질산나트륨을 첨가한 어분을 먹은 후 몰사한 대규모 중독사건이 계기가 되어 식품중에도 N-nitrosamine(NA)이 미량 존재하리라는 추측을 하게 되었다.

식육제품은 보존 및 발색제로써 질산염 및 아질산염이 첨가되므로 NA가 생성될 가능성이 높으며, 아질산염의 첨가량,[1] 어육의 혼합비율,[2] 제조방법[3] 및 조리방법[4] 등에 따라 NA의 종류나 생성량이 다르며, 지금까지 연구된 바에 의하면 식육제품에서 주로 발견되는 NA는 N-nitrosopyrrolidine(NPYR), N-nitrosothiazolidine(NTHZ)이며 그 외에도 N-nitrosodimethylamine(NDMA), N-nitrosopiperidine (NPIP), N-nitrosomorpholine(NMOR) 등도 미량으로 존재한다고 알려져 있다.[5]

† Author to whom correspondence should be addressed.

식육가공품이란 한가지 이상의 가공절차를 거쳐서 원료육의 성질을 변형시킨 것으로 정의되고 있으며, 영양, 맛, 기호성 및 저장성 등을 고려하여 제조되는 것으로서 햄, 베이컨 및 소시지가 대표적인 제품이다. 우리나라는 경제적인 생활수준의 향상과 서구 식품문화의 유입으로 육식위주의 식생활로 변화하고 최근에는 햄, 소시지를 비롯한 식육 인스턴트 식품이 범람하는 추세에 있다. 또한 NA는 식육의 가공, 저장 및 조리과정 중 쉽게 발생되는 발암물질로서 육제품을 열처리하는 경우 더 많은 양이 생성되는 것으로 알려져 있다.[6,7] 따라서 식육위주의 식생활은 각종 성인병의 유발이나 발암물질에 노출될 가능성이 높다는 것이 큰 문제점으로 대두되고 있다.

식육제품중의 NA는 주로 발색제 및 보존제로 첨가되는 아질산염으로부터 유래되는데 아질산염은 일정 농도 이상 섭취하게되면 헤모글로빈이 산화되어 메트헤모글로빈을

형성하여 여러가지 중독 상태를 일으키는 것으로 알려져 있다.[8,9] 그럼에도 불구하고 육색소의 고정,[10] 식감의 증진,[11] *Clostridium botulinum* 포자의 생육억제 및 지방의 산패 방지[12,13] 등을 위해 치즈, 어육가공품 및 육가공품에 식품첨가제로서 사용이 허용되고 있다. 또 이들 첨가제의 허용량은 식품이나 나라에 따라 다르나 보통 Na nitrite는 10~20 ppm, Na nitrate는 50~100 ppm이며 우리나라에서는 아질산근으로서 식육 및 경육제품에는 0.07 g/kg 이하, 어육소시지 및 어육햄에는 0.05 g/kg 이하로 사용기준이 설정되어 있다.

현재 식품중에 존재하는 아질산과 아민류가 상호반응하여 NA가 생성된다는 것은 자명한 사실이므로 식품첨가제로서 질산염 및 아질산염의 사용은 심각한 비평을 받고 있고 많은 나라에서는 국민보건을 이유로 현행법규를 수정하거나 개정하려고 노력하고 있는 실정이다.

본 연구는 우리나라에서 생산되고 있는 식육제품인 햄 및 소시지를 대상으로하여 NA 전구물질인 질산염 및 아질산염을 분석하였고, 또 Gas Chromatography-Thermal Energy Analyzer(GC-TEA)를 이용하여 NA를 분석 · 동정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 시판 햄은 단일햄 7종, 혼합햄 19종, 소시지는 단일소시지 4종, 혼합소시지 26종을 진주 및 마산시내 슈퍼마켓에서 유통기간 이내의 제품을 구입하여 실험실로 운반한 후 즉시 균질화하여 -40°C 냉동고에 저장해 두고 실험재료로 사용하였다.

질산염 및 아질산염질소의 정량

질산염 및 아질산염질소의 정량은 Len Kamm 등[14]의 방법에 따라 혼합 마쇄한 시료 5 g을 취하여 완충용액 5 m*l*, alumina cream 50 m*l*, 증류수 50 m*l*을 가하여 균질화한 후 증류수로서 200 m*l*로 만들어 여과한 여액 20 m*l*를 취한 후, 아질산염질소의 정량은 여액 20 m*l*에 1-naphthylamine 용액 2 m*l*를 첨가한 후 냉암소에서 방치시키고, 질산염 질소의 정량은 cd-column에 통과시켜 아질산염으로 환원시킨 후 1-naphthylamine 용액을 가하여 냉암소에 방치한 다음 chloroform으로 추출하고 methanol-HCl 용액을 가한 후 555 nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선으로부터 정량하였다.

NA의 분석 및 동정

NA는 Sung 등[15]의 개량방법으로 수증기증류법에 따라 추출하였다. 즉 시료 25 g에 N-nitrosodipropylamine(NDPA, 10 μg/kg)을 내부표준액으로 가한 후 증기발생장치를 이용하여 증류물이 150 m*l*가 될 때까지 추출한 후 dichloromethane (DCM, 60 m*l*×3)으로 이행시켜 망초로 탈수시킨 다음 DCM 추출물을 모두 합하여 Kuderna-Danish 장치에서 N_2 가스를 흘리면서 1 m*l*로 농축하여 GC-TEA로 분석하였다. 이때 GC-TEA 분석조건은 10% Carbowax 20M/80~100 chromosorb WHP로 충전한 칼럼을 사용하였고, He 가스의 유속은 분당 25 m*l*, injection port의 온도는 110°C, pyrolizer 온도는 550°C, interface 온도는 200°C, 압력은 1.9 torr로 하였다. 분석된 NA는 표준품첨가법, UV 조사법 및 nitramine 생성유무 등으로 동정 · 확인하였다.

결과 및 고찰

시판햄 및 소시지의 질산염 및 아질산염질소 함량

시판 햄 및 소시지의 질산염, 아질산염질소의 함량은 Table 1과 같다. 질산염질소는 햄 및 소시지가 각각 1.2~16.6 mg/kg, 0.1~21.1 mg/kg이었고 아질산염질소는 각각 0.6~2.3 mg/kg, 0.1~7.8 mg/kg의 범위였다. 질산염 및 아질산염질소는 모두 단일햄과 단일소시지보다 혼합햄과 혼합소시지에서 높은 함량으로 정량되었다. 특히 혼합소시지에서 질산염질소의 함량은 6.2~9.2 mg/kg으로 단일소시지에 비해 1.4~2.1배 높았고 아질산염 질소 역시 3.0~3.6 mg/kg으로 단일소시지에 비해 1.7~2.0배 높은 함량으로 검출되어 혼합소시지에서 질산염질소보다 아질산염질소의 함량이 다소 높게 정량되었다. 이와 같이 1종류의 육류 만으로 제조된 제품보다 여러종류의 육류 및 기타 부재료가 첨가된 혼합제품이 질산염 및 아질산염질소의 함량이 높게 검출된 것은 혼합햄이나 혼합소시지는 각각의 상이한 원료를 혼합하는 제조공정을 거치게 되므로 혼합과정시 발생할 수 있는 미생물의 증식, 지방질의 산화 특히 제품의 관능적 기호도를 높이고 저장수명을 연장하기 위해서 보존제로서

Table 1. The contents of nitrate, nitrite nitrogen in commercial ham and sausage products (mg/kg)

Products	Kind of samples	NO_3-N		NO_2-N	
		Average	Range	Average	Range
Regular hams	7	4.5	2.6~ 5.9	1.3	0.7~1.7
Press hams	19	5.8	1.2~16.6	1.4	0.6~2.3
Pork sausages	4	4.4	3.6~ 6.1	1.8	1.3~2.0
Lyoner sausages					
I (meats)	11	8.1	4.1~14.0	3.6	1.8~7.8
II (meat+vegetable)	6	6.2	3.8~ 8.3	3.0	0.7~5.6
III (meat+fish)	9	9.2	0.1~21.1	3.0	0.1~7.5

첨가되는 질산염이나 아질산염의 함량이 단일제품의 경우보다 다소 많은 양이 첨가되기 때문이라 사료된다. Walker[16]는 가공육제품 중 질산염 및 아질산염질소의 함량이 $NaNO_3$ 및 $NaNO_2$로 계산할 경우 햄에서 204~470 mg/kg, 21~31 mg/kg, 소시지에서 19~670 mg/kg, 0~96 mg/kg라 하였다. 영국에서 시판되고 있는 햄은 질산염질소가 3~410 mg/kg (평균 22 mg/kg), 아질산염질소가 <0.5~110 mg/kg(평균 26 mg/kg) 검출되며 이러한 육가공품 중의 질산염, 아질산염 농도는 가공과정 중 보존제로 첨가되는 함량과 비례한다고 보고되어 있다.[17]

Rubin[18]은 자연계에 분포되어 있는 질산염 및 아질산염을 사람이 직접 또는 간접으로 섭취하며 질산염의 주된 공급원은 양배추, 상추, 무 등과 같은 채소류이며 곡류와 과일은 소량의 질산염만을 함유하고 있다고 하였다. White[19]는 미국인 1인당 1일 질산염 및 아질산염 섭취량 중 염지육으로부터 섭취되는 양이 각각 2.1 및 0.72 mg/kg이라고 보고하였다. 한편 John[20]은 아질산염의 공급원은 대부분이 타액과 육제품인데 전자가 전체량의 4/5를, 후자가 약 1/5을 차지한다고 하였다. 한편 성인이 1일 섭취하는 식품중 질산염 함량은 142.1 mg이며[21] 일본인이 1일 섭취하는 질산염은 267~422 mg/kg으로서 WHO/FAO가 정한 ADI보다 훨씬 높은 수치라고 알려져 있으며,[22] 고[23]는 한국인의 식습관과 타액의 아질산염 함량에 관한 보고에서 한국인은 일본인보다 타액 중 아질산염 함량이 높다고 하였다. 또한 질산염 함유 음용수와 위암과의 관계에서도 질산염의 농도가 높을수록 위암환자가 많다는 보고도 있다.[24]

시판 햄 및 소시지의 NA 분석 및 동정

시판 햄 및 소시지에서 NA는 NDMA만이 검출되었으며, 그 chromatogram은 Fig. 1과 같이 표준물질의 retention time과 잘 일치하였다. 또한 검출된 NDMA에 3시간 30분 동안 UV를 조사한 결과 NDMA가 파괴되어 흔적만 보였는데, 이러한 현상으로 NDMA는 UV에 불안정하여 파괴되었음을 알 수 있었다(Fig. 2). Fig. 3은 NDMA를 H_2O_2로 환원시킬 경우 NDMA의 일부가 환원되어 nitramine으로 전환되었음을 나타내고 있다. 따라서 GC-TEA chromatogram상에 NDMA로 추정되는 물질을 3가지 방법으로 동정한 결과, 햄 및 소시지에서 용출된 것은 모두 NDMA임을 확인할 수 있었다.

시판 햄 및 소시지에서 검출된 NDMA의 함량은 Table 2와 같다. 분석된 햄 26종과 소시지 30종 모두에서 NDMA가 검출되었으며 단일육 제품의 경우 <0.5~61.5 μg/kg의 범위로 평균 13.2 μg/kg, 혼합햄은 여러종류의 육류가 혼합된 시료(I)에서 평균 6.7 μg/kg으로 가장 높았고 다음으로 육류+어류(III), 육류+채소류(II) 혼합햄의 순으로 특히 채소류가 혼합된 햄에서 NDMA 함량은 <0.5 μg/kg 이하로 나타났다. 소시지는 단일소시지에서 18.4 μg/kg이었고, 혼합소시지 중 육류혼합(I) 소시지에서 평균 124.8 μg/kg으로 가장 높은 함량이 검출되었으나 그외 채소류(II) 및 어육혼합(III) 소시지는 1.6 μg/kg 이하의 수준에 불과하였다. 채소

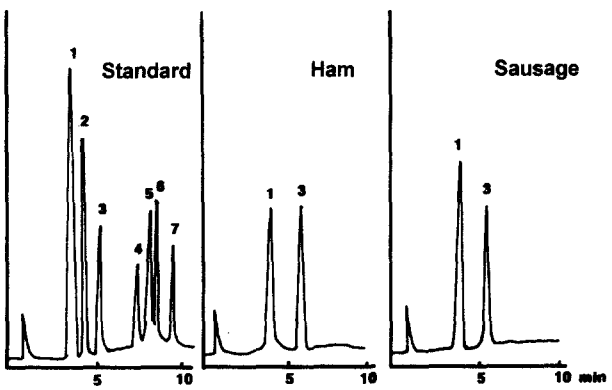

Fig. 1. GC-TEA chromatograms of NA (1. NDMA, 2. NDEA, 3. NDPA, 4. NDBA, 5. NPIP, 6. NPYR, 7. NMOR).

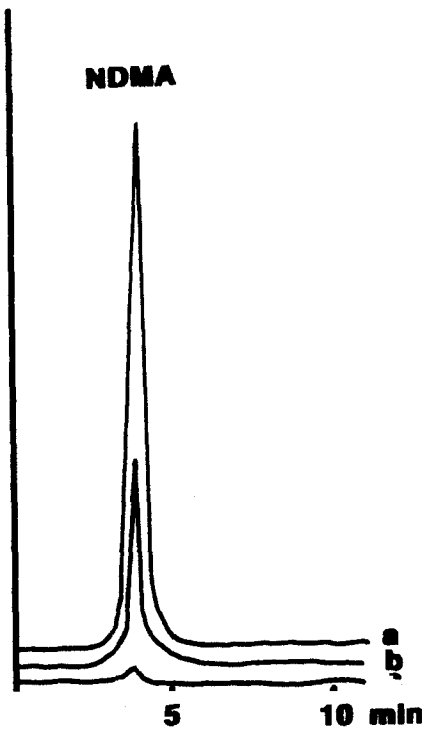

Fig. 2. GC-TEA chromatograms. a. NDMA standard 12.5 μg/ml, b. sausage, c. UV light irradiated for 3.5 hr. from b.

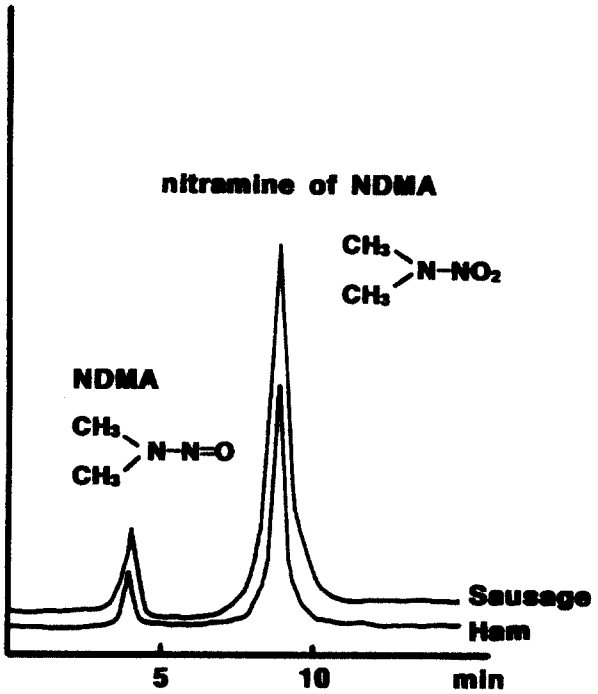

Fig. 3. GC-TEA chromatogram of NDMA and its nitramine.

Table 2. The levels of NDMA in commercial ham and sausage products (μg/kg)

Products	Kind of samples	NDMA level	
		Average	Range
Regular hams	7	13.2	<0.5~ 61.5
Press hams			
I (meats)	5	6.7	<0.5~ 12.5
II (meat+vegetable)	11	<0.5	<0.5~ 1.0
III (meat+fish)	3	1.5	<0.5~ 1.9
Pork sausages	4	18.4	<0.5~ 36.8
Lyoner sausages			
I (meats)	13	124.8	<0.5~545.2
II (meat+vegetable)	5	1.6	<0.5~ 4.1
III (meat+fish)	8	0.9	<0.5~ 3.6

The average recovery from ham and sausage for NDPA was 98.7 and 98.7%, respectively.

류에는 통상성분으로 존재하는 NA 전구물질인 질산염이나 아질산염의 함량이 높은데 채소류가 혼합된 햄 및 소시지에서 NDMA 함량이 낮게 검출된 것은 채소류 성분 중 NA 생성억제에 관여하는 ascorbic acid,[25] phenol 화합물[26] 등이 함유되어 있기 때문이라 사료된다. 또한 어류가 혼합된 햄이나 소시지에서도 NDMA가 다소 낮게 정량되었는데 이는 의외의 결과라 생각된다. 왜냐하면 어류는 신선한 상태일 경우에도 아민류가 풍부하며, 특히 어육이 다른 제품에 부재료로서 혼합되어 어류의 형태를 완전히 바꾼 새로운 형태로 가공되는 경우에는 신선한 상태보다 선도가 저하되어 선어로 소비하기 곤란한 저급어종이나 소형어종의 이용이 빈번하기 때문에[27] 이때 아질산염의 존재시 NA 생성이 불가피하기 때문이다. 본 실험결과 어육소시지에서 NDMA의 함량이 0~5.2 μg/kg의 범위로 평균 2.1 μg/kg이라고 한 성 등[28]의 보고와 유사하나, Fiddler 등[29]은 명태육과 surimi를 50% 및 15% 첨가하여 제조된 frankfurter의 NDMA 함량을 분석한 결과 명태육을 15% 첨가한 것에서는 2.5 μg/kg, 50% 첨가한 것에서는 10.5 μg/kg이 검출되었고 surimi를 15%, 50% 첨가한 시료에서는 NDMA가 각각 0.5 μg/kg, 1.3 μg/kg이 검출되어 frankfurter 제조시 어육을 부분적으로 대체한 경우에 NA의 함량이 다소 증가된다고 하였는데 이는 본 실험결과와 상이한 결과를 보였다.

우리나라 식품공전에 의하면 소시지는 식육(육함량 10% 미만의 고래육 또는 계란을 혼합한 것도 포함)에 조미료 및 향신료 등을 첨가한 후 훈연하거나 열처리한 것으로 정의되고 있다.[30] 따라서 소시지의 원료육은 돼지고기가 주종을 이루고 있으나 소, 말 및 양고기를 비롯한 토끼, 닭, 고래 및 기타어육 등도 상당량이 사용되고 있다.[31] 본 실험의 결과로 생각해 보건데 육류복합 소시지에서 월등히 높은 함량의 NDMA가 검출된 것은 소시지 가공시 수입 쇠고기 및 말이나 양고기를 기준치 이상 첨가하여 제조하거나 이로 인해 제품의 풍미를 유지하기 위해서 향신료, 조미료 및 보존제의 다량 사용으로 인한 것으로 추정된다.

김 등[32]은 시판 식육제품 중 햄 2종, 소시지 3종, 베이컨 1종, 쇠고기 및 돼지고기에서 NA를 분석한 결과 NDMA는 검출되지 않았으나 햄 1종 및 소시지 1종에서 NPYR이 각각 5.6~15.6 μg/kg, 3.7~5.1 μg/kg으로 검출되었다고 하였고, 쇠고기 및 돼지고기에서도 NPYR이 각각 2.8 μg/kg, 4.8~9.4 μg/kg으로 돼지고기에서 NA가 높게 정량되었다고 하였다. 반면에 시판 소갈비와 돼지갈비에서 NA는 NDMA와 NDEA가 검출되었으며 소갈비에서는 각각 26.7 μg/kg, 3.3 μg/kg 돼지갈비에서는 20.2 μg/kg, 3.4 μg/kg으로 돼지고기보다 쇠고기에서 NDMA 함량이 높게 정량되었다는 상반된 보고[33]도 있다.

Rubin 등[18]은 NA 생성량이 아질산염의 농도에 비례한다고 하였고, Pensabene 등[4]은 미국산 햄 및 소시지에서 NPYR이 19~149 μg/kg 검출된다고 보고하였는데 본 실험에서 NPYR이 검출되지 않았던 것은 아질산염의 함량이 낮았고 NDMA의 반응속도가 컸기 때문이라 생각되며, 특히 가공육제품에서 발암성 NDMA의 생성을 줄이기 위해서는 원료육의 선택 및 위생적인 처리와 아질산염을 대체할 수 있는 식품첨가물의 개발이 중요한 요인이라 사료된다.

국문요약

본 실험은 우리나라에서 생산되고 있는 시판 햄 26종과 소시지 30종을 구입하여 NA 함량을 GC-TEA로 분석하였고, 동시에 NA 생성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 질산염 및 아질산염도 분석하였다. 시판햄의 질산염 및 아질산염질소는 각각 1.2~16.6 mg/kg 및 0.6~2.3 mg/kg의 범위였으며, 소시지는 각각 0.1~21.1 mg/kg 및 0.1~7.8 mg/kg으로 아질산염질소가 질산염질소에 비해 낮게 정량되었다. 대부분의 시판햄 및 소시지에서 NDMA가 검출되었으며, 햄의 경우 단일햄 및 혼합햄이 각각 <0.5~61.5 μg/kg 및 <0.5~12.5 μg/kg이었고, 단일소시지 및 혼합소시지가 각각 <0.5~36.8 μg/kg 및 <0.5~545.2 μg/kg이었다. 햄보다 소시지에서 질산염 및 아질산염 함량이 높게 정량되었고 NDMA 함량은 혼합소시지에서 가장 높게 검출되었다.

참고문헌

1. Sen, N.P., Iyengar, J.F., Donaldson, B.A. and Panalaks, T.J.: The effect of sodium nitrite concentration on the formation of nitrosopyrollidine and dimethylnitrosamine in fried bacon. *J. Agric. Food Chem.*, **22**, 540-541 (1974).
2. Fiddler, W., Pensabene, J.W., Gates, R.A., Hale, M. and Jahncke, M.: N-nitrosodimethylamine formation in cooked frankfurters containing Alaska pollock mince and Surimi. *J. Food Sci.*, **57**, 569-571 (1992).
3. Fiddler, W., Pensabene, J.W., Gates, R.A. and Foster, J. M.: Investigations on nitrosopyrrolidine in dry cured bacon. *J. A.O.A.C.*, **72**, 19-22 (1989).
4. Pensabene, J.W., Fiddler, W., Gates, R.A., Fagan, J.C. and Wassrman, A.E.: Effect of frying and other cooking conditions on nitrosopyrrolidine formation in bacon. *J. Food Sci.*, **39**, 314 (1974).
5. Alex, J.V., Joseph, H.H. and Carole, A.B.: N-nitrosamine ingestion from consumer-cooked bacon. *J. Food Sci.*, **51**, 754-756 (1986).
6. Panalaks, T., Jyengar, J.R. Donaldson, B.A., Miles, W.F. and Sen, N.P.: Further survey of cured meat products for volatile N-nitrosamines. *J. A.O.A.C.*, **57**, 806-812 (1974).
7. Gough, T.A., McPhail, M.F., Wedd, K.S., Wood, B.J. and Coleman, R.F.: An examination of some foodstuffs for the presence of volatile nitrosamines. *J. Sci. Fd Agric.*, **28**, 345-351 (1977).
8. Bodansky, O.: Methemoglobinemia and methemoglobin producing compounds. *Pharm. Rev.*, **3**, 144 (1951).
9. Peter, F.S.: The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 1761 (1975).
10. Fox, J.B.: The chemistry of meat pigments. *J. Agric. Food Chem.*, **14**, 207 (1966).
11. Macdougall, D.B., Mottran, D.S. and Rhodes, D.N.: Contribution of nitrite and nitrate to the colour and flavor of cured meats. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 1743 (1975).
12. Jhonston, M.A., Pivnick, H. and Samson, J.M.: Inhibition of Clostridium botulinum by sodium nitrite in a bacteriological medium and in meat. *Can. Inst. Food Tech. J.*, **2**, 52 (1969).
13. Roberts, T.A.: The microbiological role of nitrite and nitrate. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 1755 (1975).
14. Len Kamm, G., McKeown, G. and Smith, D.M.: New colorimetric method for the determination of the nitrate and nitrite content of baby foods. *J. A.O.A.C.* **48**, 892 (1965).
15. Sung, N.J., Klausner, K.A. and Hotchkiss, J.H.: Influence of nitrate, ascorbic acid and nitrate reductase microorganisms on N-nitrosamine formation during Korean-style soysauce fermentation. *Food Additives and Contaminants*, **8**, 291 (1991).
16. Walker, R.: Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds; a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Add. Contam.*, **5**, 717-768 (1990).
17. MAFF: Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds in food. Second Report, Food Surveillance Paper no. 32 (1992).
18. Rubin, L.J.: Nitrities and nitrosamines in perspective. *Can. Inst. J. Food Sci. Tech.*, **10** (1977).
19. White, J.W.: Relative significance of dietary sources of nitrate and nitrite. *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 886 (1975).
20. John, B.: American Meat Institute Report-10 plant Commercial Bacon Study. Presented to Expert Panel (1976).
21. White, J.W.: Relative significance of dietary sources of nitrate and nitrite. *J. Agric. Food Chem.*, **24**, 202 (1976).
22. 石館守三: 生活環境と發癌. -大氣, 水, 食品-. 朝倉書店, 東京, 49-51 (1979).
23. 고영수: 한국식품과 인타액 중 질산염 및 아질산염의 함량관계에 관한 연구. 한국식품과학회지, **11**, 147 (1979).
24. Juhasz, L., Hill, M.J. and Nagy, G.: Possible relationship

between nitrate in drinking water and incidence of stomach cancer. IARC 6th International meeting on N-nitroso compounds, 619-623 (1980).
25. Mirvish, S.S., Walcave, L., Eagen, M. and Shubik, P.: Ascorbate-nitrite reaction, possible means of blocking the formation of carcinogenic N-nitroso compounds. *Science,* **177**, 65-68 (1972).
26. 守康削, 三谷璋子: ポリフェノルと 亞硝酸鹽との 反應について. 營養と食糧, **33**, 81-86 (1980).
27. 김병순, 이응호: 잉어어묵 제조에 관한 연구. 한국수산학회지, **5**, 801-807 (1972).
28. 성낙주, 김경란, 박선영, 박상동: 시판 어육연제품 중의 N-nitrosamine. 경상대 농어촌개발연구소보, **16**, 73-78 (1997).
29. Fiddler, W., Pensabene, J.W., Gates, R.A., Hale, M., Jahncke, M. and Babbitt, J.K.: Alaska Pollock (Theragra chalcogramma) Mince and Surimi as partial meat substitutes in Frankfurters, N-nitrosamine Formation, *J. Food Sci.,* **58**, 62-70 (1993).
30. 한국식품공업협회: 식품공전, pp. 128-136 (1991).
31. 박형기 외 15인: 식육의 과학과 이용. 선진문화사, pp. 423-455 (1991).
32. 김준환, 신효선: 가열에 의한 식육 및 식육제품 중 니트로사민의 생성량 변화. 한국식품위생 · 안전성학회지, **11**, 1-5 (1996).
33. 김수현, 오명철, 오창경: 육류의 배소방법에 따른 N-nitrosamine 함량에 관한 연구. 제주대학교산업기술연구소 논문집, **6**, 21-26 (1995).