J. Fd Hyg. Safety 13(4), 406 - 411(1998)

시판 식육제품 중 N-Nitrosamine의 생성
제2보. 조리방법이 햄 및 소시지의 N-Nitrosamine 생성에 미치는 영향

박계란 · 신정혜 · 이수정 · 임상선 · 성낙주†
경상대학교 식품영양학과 · 농어촌개발연구소

The Formation of N-Nitrosamine in Commercial Cured Products
2. The Effect of Cooking Methods on N-nitrosamine Formation in Commercial Ham and Sausages

Kye-Ran Park, Jung-Hye Shin, Soo-Jung Lee, Sang-Sun Lim and Nak-Ju Sung†
Dept. of Food and Nutrition, and The Institute of Agriculture and Fishery Development, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT — Representive cured products such as ham and sausage produced in Korea were purchased at retail and cooked using heating tools such as a gas range (GR), an electric range (ER) and electric range after boiled (BE). Changes of N-nitrosamine (NA), nitrate and nitrite in the cured meats containing < 2.0 μg/kg of N-nitrosodimethylamine (NDMA) were checked and analyzed during their cooking process. Contents of nitrate and nitrite in ham products prior to cooking were 2.0 and 1.8 mg/kg, respectively; their contents in regular hams were slightly increased, but those of nitrate in press hams were decreased while those of nitrite were increased during its cooking process. Their contents in sausage products were 1.8 and 0.9 mg/kg; those of nitrate were decreased, while nitrite were slightly increased during its cooking process. NDMA detected only NA in all the collected cured products. Changes of NDMA, regardless of cooking methods, tend to drastically increase in all samples after their cooking; Its contents were increased by average 6.0~70.7 times in the GR samples, by average 2.4~39.2 times in the ER samples and by average 7.0~56.3 times in the BE samples. Virtually, the fact that all of this nitrosamine appeared to arise by the action of precursor such as NO_x was produced during the cooking of cured products.

Key words □ Ham and Sausage, NDMA, Nitrite, Nitrate

우리나라에서는 식육제품 중 햄 및 소시지를 식육가공품으로 정의하고 있으며 혼합소시지의 경우 가열처리를 하도록 규정되어 있다.[1] 요즈음 젊은 세대들은 기존 세대와는 달리 기호가 다양하여 인스턴트 식품의 소비가 증가되고 있는데, 특히 햄이나 소시지는 가정에서 간단한 열처리 만으로 먹을 수 있는 식품으로 인식되어 있어 그 소비가 조장되고 있다. 그러나 이들 식육가공품의 섭취가 식품위생상 문제가 되는 것은 질산염 및 아질산염을 인위적으로 첨가하기 때문에 가공중 발암성 N-nitrosamine(NA)을 생성할 가능성이 높다는 것이다. 질산염 및 아질산염은 육색소인 myoglobin 및 hemoglobin과 반응하여 nitrosomyoglobin과 nitrosohemoglobin을 생성하여 육제품의 색깔을 선홍색으로 고정시킬 뿐만 아니라 제품의 풍미도 향상시키고[2] 또 식중독의 원인균인 *Clostridium botulinum*의 성장 억제, 지방의 산패 방지등에도 효과가 있어 식품의 가공 및 저장중에 널리 사용되고 있다.[3,4] 아질산염은 그 자체가 독성을 지니고 있어 일정농도 이상 섭취하게 되면 혈액 중의 헤모글로빈이 산화되어 메트헤모글로빈을 형성하므로 메트헤모글로빈 혈증 등의 중독증상을 일으킨다고 하며[5] Tanimura 등[6]은 아질산염이 식품첨가물로서 각국에서 사용되고 있는 외에도 자연계 식품중에 널리 분포되어 있으며 타액중에도 함유되어 있어 위산이 감소할 경우 장내세균에 의해 질산염이 환원되어 위내에서도 아질산염을 생성할 수 있다고 보고한 바 있다.

† Author to whom correspondence should be addressed.

베이컨의 경우 보통 온도에서 조리할 경우 NA가 미량으로 검출되나 170°C 이상으로 가열조리한 시료에서는 약 10 mg/kg의 NDMA가 검출되며[7] 생시료에 미량으로 존재한 N-nitrosothiazolidine(NTHZ)은 훈연처리 직후 급증한다고 보고되어 있다.[8] Wassermann 등[9]은 동일한 시료의 베이컨을 일반가정에서 조리케 한 후 NA를 분석한 결과 한가지 시료를 제외한 모든 시료에서 N-nitrosodimethylamine (NDMA) 및 N-nitrosopyrrolidine(NPYR)이 검출되었고, 조리방법에 따라 큰 함량차를 보여 NDMA는 3~39 μg/kg, NPYR은 3~14 μg/kg의 범위였는데 일반적으로 가열시간이 길어질수록 온도가 높을수록 NA가 증가한다고 보고하였다. Kawabata 등[10]은 어패류를 조리하는 과정 중 천연가스나 프로판가스가 연소할 때 생성된 NO_x가 어패류 중에 존재하는 아민과의 반응으로 NA가 생성된다고 하였다.

이처럼 식육제품은 아질산염의 첨가량,[11] 조리방법,[12] 가열온도 및 시간[13] 등이 NA 생성의 주된 요인인 바 본 실험에서는 우리나라에서 생산되고 있는 햄 및 소시지를 이용하여 가스레인지 및 전자레인지로 조리할 경우 질산염 및 아질산염의 변화와 더불어 NA 생성에 미치는 영향을 분석·검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 햄 및 소시지는 진주 및 마산시내 슈퍼마켓에서 각각 구입 하였으며, NDMA의 함량이 2.0 μg/kg 이하로 검출된 시료만을 선별하여 햄 13종과 소시지 7종을 조리용 시료로 사용하였다. 조리용 시료의 제조는 햄 및 소시지를 가로×세로×높이(3.5×3.5×0.5 cm)로 자른 후, 가스로 구운 시료는 프라이팬을 미리 1분동안 예열시킨 후 40초, 전자레인지로 구울 경우는 30초, 데친 후 전자레인지로 구울 경우는 끓는 물속에서 30초간 데친 후 다시 전자레인지에서 30초간 가열조리하였으며, 이것을 균질화하여 즉시 실험에 사용하였다.

질산염 및 아질산염질소의 정량

질산염 및 아질산염질소는 Len Kamm 등[14]의 방법에 따라 정량하였다. 혼합 마쇄한 시료 5 g을 취하여 완충용액 5 ml, alumina cream 50 ml, 증류수 50 ml을 가하여 균질화한 후 증류수를 가해 200 ml로 만들어 여과한 여액을 시료용액으로 하고, 아질산염질소의 정량은 여액 20 ml에 1-naphthylamine 용액 2 ml를 가하여 일정량으로 한 후 냉암소에서 방치시키고 질산염 질소의 정량은 cd-column에 통과시켜 환원시킨 후 1-naphthylamine 용액을 가하여 냉암소에 방치한 다음 chloroform으로 추출하고 methanol-HCl 용액을 가한 후 555 nm에서 흡광도를 측정하여 표준곡선으로부터 정량하였다.

NA의 정량

NA는 Sung 등[15]의 개량방법으로 추출·정량하였다. 즉 시료 25 g에 N-nitrosodipropylamine(NDPA)을 내부표준액으로 가한 후 수증기발생장치를 이용하여 증류물이 150 ml가 될 때까지 추출한 후 dichloromethane(DCM, 60 ml×3)으로 이행시켜 망초로 탈수시킨 다음 DCM 추출물을 Kuderna-Danish 장치에 모두 합하여 4 ml까지 농축시킨 후 N_2 가스를 흘리면서 1ml로 농축하여 GC-TEA로 분석하였으며 이때 GC-TEA 분석조건은 10% Carbowax 20 M/80~100 chromosorb WHP로 충전한 칼럼을 사용하였고, He 가스의 유속은 분당 25 ml, 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

조리 중 질산염 및 아질산염질소의 변화

조리방법에 따른 햄, 소시지의 질산염 및 아질산염질소의 함량변화는 Table 1, 2, 3과 같다. 대조군에서 단일햄은 질산염이 1.7~2.0 mg/kg(평균 1.8 mg/kg) 아질산염이 0.3~0.7 mg/kg(평균 0.5 mg/kg), 혼합햄은 질산염이 1.5~3.0 mg/kg (평균 2.0 mg/kg) 아질산염이 0.2~1.2 mg/kg(평균 0.7 mg/kg), 혼합소시지는 각각 1.2~2.5 mg/kg(평균 1.8 mg/kg), 0.2~1.4 mg/kg(평균 0.9 mg/kg)으로 단일햄보다 혼합햄 및 소시지에서 다소 높은 함량으로 검출되었다. 혼합 햄 및 소시지는 몇종류의 식육 또는 야채 등의 부재료가 복합되는 경우가 대부분이므로 이로 인해 육질 및 부재료간의 결합이나 품질 및 기호도 향상을 목적으로 사용된 조미료, 보존료, 향신료의 첨가량이 더 높았기 때문이라 추정된다.

이들 시료를 가스레인지(GR) 및 전자레인지로 조리(ER)한 시료와 끓는물에 데친 후 전자레인지로 조리(BE)한 시료에 대하여 질산염 질소를 분석한 결과의 평균 함량은 단일햄에서 각각 1.4, 1.2 및 1.2 mg/kg, 혼합햄에서 각각 1.4, 0.8 및 1.0 mg/kg, 혼합소시지에서 1.7, 0.8 및 1.4 mg/kg으로 가스레인지로 조리한 시료에서 그 함량이 가장 높았고, 다음으로 데친 후 전자레인지로 조리한 시료, 전자레인지만으로 조리한 경우의 순이었다. 조리 후 아질산염질소의 평균 함량은 단일햄에서 각각 3.0, 1.5 및 1.8 mg/kg, 혼합햄에서 3.1, 1.8 및 2.1 mg/kg, 혼합소시지에서 2.2, 1.3 및 1.6

Table 1. The effect of cooking methods on the contents of nitrate and nitrite nitrogen in regular ham products (mg/kg)

Regular hams		Cooking methods			
		CN	GR	ER	BE
R-1	NO_3-N	1.7	2.9	2.3	2.0
	NO_2-N	0.3	1.5	0.6	0.7
R-2	NO_3-N	2.0	2.5	2.2	2.4
	NO_2-N	0.7	1.5	0.9	1.0
R-3	NO_3-N	1.8	2.2	1.9	2.0
	NO_2-N	0.5	1.0	0.6	0.8
Average	NO_3-N	0.8	1.4	1.2	1.2
	NO_2-N	0.5	3.0	1.5	1.8

CN; Uncooked GR; Gas range ER; Electric range BE; Electric range after boiled.
Each value represents the mean of 3 experiments.

Table 2. The effect of cooking methods on the contents of nitrate and nitrite nitrogen in press ham products (mg/kg)

Press hams		Cooking methods			
		CN	GR	ER	BE
P-1	NO_3-N	3.0	3.0	2.9	2.9
	NO_2-N	0.7	2.4	2.3	1.9
P-2	NO_3-N	2.7	2.9	2.7	2.8
	NO_2-N	1.0	2.0	1.4	1.6
P-3	NO_3-N	2.0	2.8	2.0	2.1
	NO_2-N	0.5	0.7	0.6	0.6
P-4	NO_3-N	1.7	2.5	2.2	2.2
	NO_2-N	0.4	1.2	1.2	0.9
P-5	NO_3-N	1.6	2.7	1.6	2.4
	NO_2-N	1.0	1.6	0.7	1.2
P-6	NO_3-N	2.0	2.4	1.6	1.3
	NO_2-N	1.2	1.6	1.1	0.6
P-7	NO_3-N	1.6	2.0	0.6	1.7
	NO_2-N	1.0	1.4	1.6	1.3
P-8	NO_3-N	1.9	2.9	2.0	2.1
	NO_2-N	0.2	0.9	0.5	0.6
P-9	NO_3-N	1.5	2.4	2.0	2.2
	NO_2-N	0.3	1.4	0.7	0.9
P-10	NO_3-N	1.7	2.5	2.0	2.2
	NO_2-N	0.1	0.8	0.3	0.5
Average	NO_3-N	2.0	1.4	0.8	1.0
	NO_2-N	0.6	3.1	1.8	2.1

* Refer to the comment in Table 1.
Each value represents the mean of 3 experiments.

mg/kg으로 가스레인지로 조리한 경우에 가장 높은 함량의 아질산염질소가 검출되어 질산염질소의 함량과 비슷한 경향을 보였다. 또한 대조구에 비해 조리 후 질산염질소는 다소 감소하는 경향을 보였으나 아질산염질소의 함량은 증가

Table 3. The effect of cooking methods on the contents of nitrate and nitrite nitrogen in lyoner sausage products (mg/kg)

Lyoner sausages		Cooking methods			
		CN	GR	ER	BE
L-1	NO_3-N	1.4	3.4	1.6	2.6
	NO_2-N	0.2	0.7	0.3	0.4
L-2	NO_3-N	2.3	3.2	2.8	3.0
	NO_2-N	1.4	2.0	1.6	1.7
L-3	NO_3-N	2.0	2.8	2.2	2.5
	NO_2-N	1.2	1.9	1.3	1.4
L-4	NO_3-N	1.5	2.4	1.7	1.5
	NO_2-N	0.5	1.6	1.0	1.2
L-5	NO_3-N	2.5	4.9	1.7	3.9
	NO_2-N	1.7	2.9	1.9	2.0
L-6	NO_3-N	1.2	2.4	1.7	1.6
	NO_2-N	0.7	1.5	0.8	1.2
L-7	NO_3-N	1.5	2.0	1.3	1.7
	NO_2-N	0.8	1.6	1.0	1.4
Average	NO_3-N	1.8	1.7	0.8	1.4
	NO_2-N	0.9	1.6	1.3	1.6

* Refer to the comment in Table 1.
Each value represents the mean of 3 experiments.

하는 현상을 보였는데 특히 간접적 열원인 전자레인지만을 사용한 조리보다 가스레인지로 조리 또는 가스불에서 끓는 물에 데친 후 전자레인지로 조리한 경우가 질산염 및 아질산염질소의 함량이 다소 높게 생성된 것으로 나타났다. 이는 "조리"라고 하는 열처리 과정 중에 질산염이 아질산염으로 환원되어졌거나 직화가열시 시료의 급속한 탈수현상과 가스불의 연소에 의해 생성된 산화질소유도체의 오염가능성 때문이라 생각된다. 반면에 혼합햄은 혼합소시지보다 아질산염질소의 함량이 낮았는데 조리 후 아질산염의 증가폭은 훨씬 큰 것으로 보아 아질산염의 주된 오염은 질산염이 전환되었다기 보다는 가스불을 이용하는 직화조리방법이 주된 요인이라 판단되며, 또 혼합 소시지에서 아질산염이 조리전·후 증가폭이 적었던 것은 생성된 아질산염이 식육중의 아민류와 반응하여 NA를 생성했기 때문이라 추정된다.

본 실험의 결과를 뒷받침할 수 있는 연구로 Matsui 등[16]은 도시가스레인지로 유도된 산화질소유도체는 가스 1 *l*당 14.0 μg인 반면에 간접적으로 가열한 공기에는 0.82 μg인 점으로 미루어보아 조리시 사용된 연료로부터 생성된 산화질소유도체가 NA 생성에 주된 요인이라고 하였고, 또 건조오징어 시료에서 굽기 이전에 NDMA가 전혀 검출되지 않았으나 가스레인지로 배소할 경우 1.16 ppm, 알루미늄박으로 포장한 후에는 전혀 검출되지 않았다는 보고[17]가 있다.

조리 중 NDMA의 함량 변화

조리방법에 따른 시판 햄 및 소시지의 NDMA 함량 변화는 Table 4, 5, 6에 나타낸 바와 같이 모든 시료에서 NDMA만 검출되었으며 대조구는 시료 중 NDMA의 함량이 2.0 μg/kg 미만인 시료를 선별하였기 때문에 햄 및 소시지의 NDMA 함량은 <0.5~1.9 μg/kg의 범위로 평균 0.6 μg/kg이었다.

단일햄의 경우 가스레인지(GR), 전자레인지(ER), 끓는물로 데친 후 전자레인지로 조리(BE)한 시료 중 NDMA의 함량변화는 각각 3.0, 1.2 및 3.5 μg/kg으로 조리 후 2.4~7.0배의 증가를 보였다. 혼합햄은 대조구에서 평균 NDMA 함량이 0.7 μg/kg이었는데 가스레인지로 조리한 경우 13.8 μg/kg, 전자레인지로 조리한 경우 10.4 μg/kg, 데친 후 전자레인지로 조리한 경우 10.9 μg/kg으로 14.9~19.7배의 증가를 보였다. 혼합소시지의 대조시료에서는 NDMA의 평균치가 0.7 μg/kg였으나 조리 후에는 각각 42.4, 23.5 및 33.8 μg/kg으로 약 33.6~60.6배의 급격한 증가를 보였다. 조리 후 시료간에 NDMA 생성은 단일햄, 혼합햄 및 혼합소시지의 순으로 높았으며 조리방법에 따른 영향은 가스레인지로 조리한 시료에서 가장 높은 양의 NDMA가 생성되었으며 다음으로 데친 후 전자레인지로 조리, 전자레인지만으로 조리한 시료의 순이었다. 전자레인지로 조리할 경우보다 가스레인지로 조리할 경우 NDMA 생성량이 높은 이유는 조리에 사용된 연료의 연소과정 중 산화질소 유도체(NOx)가 시료중에 혼입되어 이것이 시료중의 아민류와 반응하였기 때문이라 생각되며 소시지가 햄에 비해 NDMA 생성량이 많은 것은 생시료 중의 아질산염 함량이 햄에 비해 높은 것이 그 원인중의 하나라고 판단된다.

Table 4. The effect of cooking methods on the formation of NDMA in regular ham products (μg/kg)

Regular hams	Cooking methods*			
	CN	GR	ER	BE
R-1	<0.5	3.9	<0.5	2.3
R-2	<0.5	3.8	2.5	3.5
R-3	<0.5	1.3	<0.5	4.7
Average	<0.5	3.0	1.2	3.5

* Refer to the comment in Table 1.
Each value represents the mean of 3 experiments.

Table 5. The effect of cooking methods on the formation of NDMA in press ham products (μg/kg)

Press hams	Cooking methods*			
	CN	GR	ER	BE
P-1	<0.5	20.6	20.2	9.5
P-2	<0.5	19.3	9.5	9.5
P-3	<0.5	11.2	11.7	5.1
P-4	<0.5	5.1	6.6	27.8
P-5	<0.5	40.0	34.8	28.5
P-6	<0.5	14.7	9.2	1.8
P-7	<0.5	12.6	6.8	11.4
P-8	<0.5	7.9	<0.5	10.5
P-9	0.8	3.9	3.9	1.2
P-10	1.9	2.7	1.2	3.9
Average	0.7	13.8	10.4	10.9

* Refer to the comment in Table 1.
Each value represents the mean of 3 experiments.

Table 6. The effect of cooking methods on the formation of NDMA in lyoner ham products (μg/kg)

Lyoner sausages	Cooking methods*			
	CN	GR	ER	BE
L-1	<0.5	28.5	15.3	25.8
L-2	<0.5	2.7	1.2	1.4
L-3	<0.5	1.4	1.5	<0.5
L-4	<0.5	106.5	41.8	74.8
L-5	1.2	62.6	52.7	57.8
L-6	1.3	54.2	31.9	54.2
L-7	<0.5	40.9	19.8	22.2
Average	0.6	42.4	23.5	33.8

* Refer to the comment in Table 1.
Each value represents the mean of 3 experiments.

동일 종류의 시료간에도 조리 후 NDMA 생성량에는 상당한 함량차를 보였는데, 특히 혼합소시지의 경우 대조구에서 NDMA가 0.5 μg/kg 미만이었는데 가스레인지로 조리한 직후 106.5 μg/kg이 생성된 시료가 있는 반면에 불과 1.4 μg/kg으로 소량 생성된 것도 있다. 이는 원료육 중에 NA 전구물질로 작용하는 2급 아민류나 질산염 및 아질산염의 함량이나 NA 생성의 촉매 및 억제에 관여하는 제인자,[18] 육질과 지방질의 비율,[19] 염지액 중의 NA 생성억제제의 존재유무[20] 등이 상이하기 때문이라 판단된다.

Ostordahl[12]은 동일한 시료의 베이컨을 전통적인 방법에 의해 프라이팬과 전자레인지로 조리한 후 NA를 분석한 결과 3종류의 NA가 검출되며 조리방법에 따라 큰 함량차를 나타내어 프라이팬 및 전자레인지로 조리할 경우 각각 NDMA는 1.2 μg/kg 및 0.3 μg/kg, N-nitrosopiperidine(NPIP)은 0.2 μg/kg 및 0.04 μg/kg, N-nitrosopyrrolidine(NPYR)은 4.5 μg/kg 및 0.1 μg/kg으로 프라이팬으로 조리한 시료가 전자레인지로 조리한 시료보다 NA가 더 많이 생성된다고 하였다. 또 저온에서 열에 노출되는 시간이 짧을수록 NA의 생성량이 감소된다고 한 보고도 있다.[21] John[22]은 식육제품 중 N-nitroso 화합물에 대한 연구를 통해서 NTHZ는 생시

료에 존재하는데도 불구하고 가열조리에 의해서 이 물질이 전혀 검출되지 않았다고 하였으나 일반적으로 훈연처리 중의 훈연성분이나, 훈연공정 그리고 육제품의 종류와 밀접한 관련이 있어 보통 1~2종 이상의 NA가 생성된다고 하였다. 특히 식육제품 중의 NA는 가열온도와 시간[13] 및 식육의 두께[23]에 따라 NDMA 생성량이 상이한 것으로 알려져 있으며 NPYR은 미리 예열된 프라이팬에서 3~4 min/side로 가열조리할 때 최대의 양이 검출된다고 한 연구보고도 있다.[12]

본 실험 결과 식육가공품인 햄 및 소시지의 조리시 NDMA 생성을 최소화시키기 위해서는 직화를 이용한 조리법보다는 간접적인 열원을 이용하는 조리법이 효과적이라는 결론을 얻었다.

국문요약

조리방법이 시판 햄 및 소시지의 NA생성에 미치는 영향을 조사하기 위해 가스레인지(GR), 전자레인지(ER) 및 데친 후 전자레인지(BE)로 조리하였을때 생성되는 NA를 GC-TEA로 분석하였고, 동시에 NA 생성에 영향을 미칠 것으로 판단된 질산염 및 아질산염도 분석하였다. 조리전 햄의 질산염 및 아질산염질소의 함량은 각각 2.0, 1.8 mg/kg이었으나 조리과정 중 단일햄에서는 미량 증가하였고, 혼합햄에서 질산염질소는 감소하였으나 아질산염질소는 증가하였다. 소시지의 질산염 및 아질산염질소는 각각 1.8, 0.9 mg/kg이었으며 조리과정 중 질산염질소는 감소한 반면 아질산염질소는 미량 증가하였다. 햄과 소시지 모두에서 NA는 NDMA만이 검출되었는데 조리방법에 관계없이 모든 조리과정 중 증가하는 경향을 보였고 가스레인지로 조리한 경우는 평균 6.0~70.7배, 전자레인지 및 데친 후 전자레인지로 조리한 경우는 각각 평균 2.4~39.2, 7.0~56.3배 증가하였다.

참고문헌

1. 보건복지부: 식품공전, pp. 197~205 (1994).
2. 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).
3. Duncan, C.L. and Foster, E.M.: Effect of sodium chloride and sodium nitrate on germination and out growth of anaerobic spores. *Appl. Microbiol.*, **16**, 406 (1968).
4. Roberts, T.A.: The microbiological role of nitrite and nitrate. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 1735 (1975).
5. Wolff, I.A. and Wasserman, A.: Nitrate, nitrite and nitrosamines. *Scinece,* **177**, 15-19 (1972).
6. Tanimura, A.: Reaction of food additive with foods components in relation to nitrite. *J. Food Hyg. Soc.*, **12**, 277 (1971).
7. Birdsall, J.: American Meat Institute. Report-10 plant Commercial Bacon study. presented to Expert panel (1976).
8. Pensabene, J.W. and Fiddler. W.: Factorsaffecting the N-nitrosothizolidine content of bacon. *J. Food Sci.*, **48**, 1425 (1983).
9. Wasserman, A.E., Pensabene, J.W. and Piotrowski, E.J.: Nitrosamine formation in home-cooked bacon. *J. Food Sci.*, **43**, 276 (1978).
10. Kawabata, T., Uibu, J., Oshma, J., Matsui, M., Hamano, M. and Tokiwa, H.: Occurrence, formation and precursors of N-nitroso compounds in Japanes diet. "N-nitroso compound", IARC Sci. Pub,. Lyon, No. 31, p. 481 (1980).
11. 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).
12. Osterdahl. B.G. and Alriksson, E.: Volatile nitrosamines in microwave-cooked bacon. *Food Additives and contaminats.* **7**, 51-54 (1990).
13. 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).
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 Con-*

taminants, **8**, 291 (1991).

16. Matsui, M, Ishibashi, T. and Kawabata, T.: Precursors of N-nitrosodimethylamine formed dried squid upon boiling. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish,* **50**, 155 (1984).
17. Matsui, M., Ishibashi, T. and Kawabata, T.: Effect of boiling temperatures on the formation of N-nitrosodimethylamine from dried squide products. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish,* **50**, 151-154 (1984).
18. Willians, D.L.H.: S-Nitrosation of thiourea and thiocyanate ion. Nitrosyl thiocanate and the S-nitroso-adduct of thourea as nitrosation agents. *J. Chem. Soc. Perkin Trans,* **2**, 128 (1977).
19. Fiddler, W., Pensabene, J.W., Fagan, J.C., Thorne, E.J., Piotrowski, E.G. and Wasserman, E.A.: The role of lean and adipose tissue on the formation of nitrosopyrrolidine in fried bacon. *J. Food Sci.,* **39**, 1070 (1974).
20. Reddy, S.K., Gray. J.I. Price, J.F. and Wilkens, W.F.: Inhibition of N-nitrosopyrrolidine in dry cured bacon by α-tocoperol-coated saltsystems. *J. Food Sci.,* **47**, 1598-1602 (1982).
21. Mirvish, S.S.: Kinetic of DMA nitrosation in relatation to nitrosamine carcinogenesis. *J. Nat. Cancer Inst.,* **44**, 633 (1970).
22. John. W. Pensabene and W. fiddler. : Factors affeting he N-Nitrosothiazolidine content of Bacon. *J. Food Sci.,* **48**, 1452-1454 (1983).
23. Theiler, R.F., Asperland, T.G., Sato, K., and Miller, A.F.: Model system studies on N-nitrosamine formation in cured meats : The effect of slice thickness. *J. Food Sci.,* **46**, 691-693 (1981).