

명태의 건조중 N-nitrosamine의 생성

성낙주 · 이수정 · 신정혜 · 김정균*

경상대학교 식품영양학과 · 농어촌개발연구소, *수산가공학과

The Formation of N-nitrosamine in Alaska Pollack during its Drying

Nak-Ju SUNG, Soo-Jung LEE, Jung-Hye SHIN and Jeong-Gyun KIM*

Dept. of Food and Nutrition, The Institute of Agriculture and Fishery Development,

*Dept. of Marine Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Chungmu 650-160, Korea

Dried alaska pollack is one of the representatives among dried marine fish and shellfish products in our country. This study was performed to obtain the basic data about the effect of drying method on the formation of N-nitrosamine and its precursor to ensure the safety of dried alaska pollack.

The contents of nitrate and nitrite were detected 1.5 and <1.0 mg/kg in raw samples, and 3.0~4.2, 1.4~2.7 mg/kg in dried products, respectively. There was no significant change of betaine contents during drying while TMAO decreased, TMA and DMA increased in alaska pollack during drying. N-nitrosodimethylamine (NDMA) was only detected in alaska pollack and its dried products, and recovery from above samples spiked with 10 µg/kg for N-nitrosodipropylamine was 87.2~107.4%. The levels of NDMA were found to be 2.8 µg/kg on an average in raw samples, but the levels of NDMA increased remarkably during drying of alaska pollack and its content in dried products was 8.7~51.4 µg/kg. Regardless of drying methods, NDMA tend to increased in dried products, and its contents were 15.5 times higher in hot-air dried than raw samples, 9.0 times in sun dried and 4.4 times in freeze dried products. Less NDMA was produced in the freeze dried products, so it is believed that freeze drying method is effective to decrease the NDMA levels in the dried products of alaska pollack.

Key words : NDMA, amine, nitrate, nitrite, alaska pollack

서 론

자연계에 N-nitrosamine (NA)의 존재가 유기화학자들에 의해 최초로 발견된 것은 백여년전의 일이며 (Nation Research Council,1981), 이에 대한 연구는 1950년 이후부터 본격적으로 이루어졌으나 (Magee and Barnes,1956; Hotchkiss, 1989a; Hotchkiss,1989b), 정량적 개념없이 각종 NA의 존재를 확인하는데 불과하였다. 근간에 Thermal Energy Analyzer (TEA)라는 특수분석기를 이용하여 µg/kg의 수준까지 정량할 수 있는 기술이 개발되었으나 우리나라의 경우 외국 선진국에 비해 이에 대한 연구가 미비한 상태이다. 이같은 이유는 NA의 분석이 어려울 뿐만 아니라 취급에 위험성이 높고, 또 과거 수십년동안 우리나라에서는 식품의 안전성보다는 가공이나 생산에 역점을 둔 결과라 생각된다.

NA에 관한 국내 연구로는 것갈류중 NA의 생성에 관한 연구 (Sung et al., 1982; Lee,1982; Kim et al.,1990), 맥주 등 알코올 음료중의 NA (Sung et al.,1996; Chung,1996), 수산가공품중 NA (성 등, 1994) 및 김치류중 NA의 생성 (Shin et al.,1996; Kim et al.,1984; Park and Choi.,1992)에 관한 연구 등이 있다.

본 실험에서는 NA의 생성요인을 밝히고, 아울러 명태의 안전성 평가를 위한 기초자료를 얻고져 신선한 명태를 천일건조, 열풍건조 및 동결건조한 제품의 질산염, 아질산염, betaine, TMAO (trimethylamine oxide), TMA (trimethylamine) 및 DMA (dimethylamine)을 정량하였으며, Gas Chromatography-TEA를 이용하여 NA를 분석·동정하였다.

재료 및 방법

1. 재 료

1995년 9월 20일 통영 어시장에서 선도 좋은 명태 (*Theragra chalcogramma*, 평균체장 32~38 cm, 평균체중 44.8~78.4 g)를 구입하여 빙장한 상태로 실험실로 운반하여 실험재료로 사용하였다. 생시료는 운반 즉시 내장 및 껍질을 제거한 후 균질화하여 폴리에틸렌 비닐로 이중포장하여 -40℃ 냉동고에 저장하여 두고 일정량씩 취하여 실험에 사용하였다. 건조시료는 상기 시료의 내장을 제거한 후 철제 그물위에 널어서 4일간 통풍이 잘되는 곳 (15~18℃)에서 일광에 노출시켜 천일건조하였으며, 열풍건조의 경우는 시료육을 나일론 그물을 깐 tray위에

없이 cabinet형 열풍건조기를 사용하여 50°C에서 7시간 건조시켰고, 동결건조는 시료육을 주간에는 통풍이 잘되는 곳에서 일광에 노출시켜 건조시켰고, 야간에는 동결고(-20°C)에서 15일간 건조하였다.

2. 수분, 질산염 및 아질산염의 정량

수분은 상압가열 건조법으로 정량하였고, 질산염 및 아질산염은 Len Kamm et al. (1965)의 방법에 따라 정량하였다.

3. Trimethylamine (TMA) 및 trimethylamine oxide (TMAO)의 정량

엑스분의 조제는 혼합마쇄한 시료 5~10 g에 20% 삼염화초산 40 ml를 가하여 homogenizer로 15분간 교반 추출한 후 다시 10% 삼염화초산 40 ml를 가하여 상기와 같은 방법으로 재추출한 다음 증류수로써 100 ml로 만들어 원심분리하여 얻어진 상층액 60 ml를 취하여 분액 깔때기에 넣고 동량의 에테르를 가하여 진탕하는 조작을 4회 반복한 후 감압농축하여 증류수로써 25 ml로 만들어 TMA, TMAO 및 betaine정량용 시료로 하였으며, TMA 및 TMAO의 정량은 Dyer법 (1945)으로 행하였다.

4. Betaine 및 dimethylamine (DMA)의 정량

Betaine정량은 TMA 및 TMAO정량용 시료와 동일하게 처리한 엑스분을 취하여 Konosu와 Kasai (1961)의 방법 및 Focht et al. (1956)의 방법에 따라 정량하였으며, DMA는 Kawabata et al. (1973)에 의한 개량 Cu-dithiocarbamate 법으로 정량하였다.

5. N-Nitrosamine (NA)의 분석 및 동정

시료의 추출은 Hotchkiss et al. (1980)의 방법을 개량한 Sung et al. (1991)의 방법으로 수증기 증류법에 따라 추출하였다. 즉 25 g의 시료에 N-Nitrosodipropylamine (NDPA)을 내부 표준액으로 10 µg/kg을 가한 후 증기발생장치를 이용하여 증류물이 150 ml가 될 때까지 추출하여 pH 1로 조절한 후, dichloromethane (DCM, 50 ml × 3)으로 추출하여 망초로 탈수시켰다.

DCM추출물을 모두 합하여 Kuderna-Danish장치에서 N₂가스를 흘리면서 1 ml로 농축하여 Gas Chromatography (GC, Model 5890A, Hewlett Packard)-Thermal Energy Analyzer (TEA, Model 543, Thermo Electron Corp.)로 NA를 분석하였으며, GC-TEA의 조건은 10% Carbowax 20M/80~100 chromosorb WHP로 충전한 칼럼을 이용하였고, He 가스의 유속은 25 ml/min, injection port의

온도는 110°C, pyrolyzer 온도는 550°C, interface 온도는 200°C, 압력은 1.9 torr로 하였다.

상기 GC-TEA의 조건하에서 7종의 표준물질 (NDMA; 12.5 µg/ml, NDEA; 11.4 µg/ml, NDPA; 6.22 µg/ml, NDPA; 7.16 µg/ml, NPIP; 8.25 µg/ml, NPYR; 6.83 µg/ml, NMOR; 10.3 µg/ml)의 분리여부를 시험하였고, NDMA의 동정은 co-injection, UV조사 및 nitramine의 생성 유무로 확인하였다. 즉 GC-TEA의 chromatogram에서 머무름 시간이 표준물질의 NDMA와 동일한 peak를 co-injection하였고, 상기 Kuderna-Danish장치에서 농축한 시료액을 3시간 30분간 UV조사한 후 시료 분석시와 동일하게 GC-TEA에 주입시켰고, 또 상기의 농축액을 Althorpe et al. (1970)의 방법에 따라 nitramine의 생성유무를 시험하였다.

결과 및 고찰

1. 수분, 질산염 및 아질산염의 함량변화

수분, 질산염 및 아질산염의 함량변화는 Table 1과 같다. 수분은 생시료 78.6%에 비해 건제품에서는 14.1~15.9% 범위였다. 질산염은 생시료에서는 1.5 mg/kg으로 정량되었으나 건제품에서는 3.0~4.2 mg/kg의 범위로 약 1.5~2.7 mg/kg의 증가를 보였고, 아질산염은 생시료에서는 1.0 mg/kg 이하로 미량이었으나 건제품에서는 1.4~2.7 mg/kg의 범위였다. 건제품에서 질산염이나 아질산염의 증가는 건조중 수분의 탈수에 의한 증가로 해석되나 유독 열풍건조한 제품에서 질산염이나 아질산염이 높게 검출된 것은 열풍건조시 공기 오염으로 인한 결과라 해석된다.

이같은 결과를 뒷받침할 수 있는 연구로 Sung et al. (1994)은 수산건제품중의 질산염 및 아질산염을 분석한 결과 건조오징어의 경우 질산염 질소가 2.2~12.4 mg/kg, 아질산염 질소가 <1.0~2.7 mg/kg, 건조새우중 자건품은 질산염 및 아질산염 질소가 1.0 mg/kg미만이었으나 소건품 시료에서는 질산염 질소가 3.3 mg/kg이상으로 검출되어 동일 어종간에도 함량차가 심한데, 이같은 현상은

Table 1. Changes of moisture, nitrate and nitrite contents in alaska pollack during its drying

	Raw	Drying method		
		Sun	Hot-air	Freeze
moisture (%)	78.6	14.7	14.1	15.9
Nitrate (mg/kg)	1.5	3.7	4.2	3.0
Nitrite (mg/kg)	<1.0	1.8	2.7	1.4

Datas were the average of three independent experiments

건조시 건조장의 오염이나 열풍건조시 공기의 오염으로 인한 결과로 고찰하였다. 또 Matsui et al. (1980)은 시판 수산건제품중 NA를 분석한 결과 오징어에서 특히 높은 양의 N-nitrosodimethylamine (NDMA)이 검출되었는데, 이는 건조시 질산염이나 아질산염이 건조실내의 공기를 오염시켰기 때문이라고 하였다.

본 실험결과와 상기의 보고들로 추정컨데 명태의 열풍건제품중 질산염이나 아질산염 질소의 농도가 높게 검출되었다는 것은 NDMA 형성에 중요한 인자로 지목된다.

2. 아민류의 변화

명태 건조중 betaine, TMAO, TMA 및 DMA질소의 변화는 Table 2와 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 betaine 질소는 생시료와 건제품간에 비슷한 함량을 보였으나, TMAO 질소는 생시료 (15.7 mg%)에 비해 건제품 (8.6~11.9 mg%)에서 상당히 감소한 반면에 TMA질소는 생시료 2.3 mg%에 비해 건제품에서 약 4.2~5.4배, DMA 질소는 생시료 3.7 mg/kg에 비해 건제품에서 약 1.4~2.2 배 증가하였다.

아민류중 betaine 질소가 타 아민에 비해 그 함량이 많았고, 다음으로 TMAO 및 TMA질소였으며 DMA 질소는 몇 mg/kg의 수준에 불과하였다. 건제품중 betaine 질소의 함량이 높은 것은 TMAO나 TMA 질소에 비해 비교적 안정한 화합물이기 때문에 건조중 대부분이 농축된 결과이고, TMAO의 감소와 TMA 및 DMA 질소의 증가는 건조중 원료육에 존재한 환원계 효소에 의해 TMAO가 환원되어 TMA와 DMA를 생성하기 때문이라 생각된다 (Sung et al.,1997). 천일건제품이나 열풍건제품에 비해 동결건제품에서 TMAO질소가 높고, 반면에 TMA 및 DMA질소의 함량이 낮은 것도 상기와 같은 이유라 판단된다.

본 실험에서 검출된 아민류는 아질산염 질소나 기타 니트로화 물질이 공존할 경우 발암성 NA를 생성한다는 측면에서 볼 때 중요한 의미를 갖는다. 특히 NDMA의

Table 2. Changes of amines contents in alaska pollack during its drying (mg%, dry base)

	Raw	Drying method		
		Sun	Hot-air	Freeze
Betaine	23.5	21.9	24.4	22.7
TMAO-N	15.7	8.6	9.2	11.9
TMA-N	2.3	12.4	11.8	9.6
DMA-N*	3.7	7.7	8.1	5.2

* mg/kg
 Datas were the average of three independent experiments

직접적인 전구물질인 DMA가 생시료에 비해 최고 2.2배 까지 증가하였다는 결과는 DMA가 NDMA의 생성에 주된 전구물질로 작용하는 것으로 사료된다.

3. N-nitrosamine의 검출

시료에 10 µg/kg의 N-nitrosodipropylamine (NDPA)을 첨가하여 회수율을 시험한 결과 87.2~107.4% (평균 92.0%)였다. 표준물질과 건제품의 chromatogram은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 휘발성 NA중 NDMA만 검출되었다. 이것을 co-injection시킨 결과 NDMA의 용출위치가 동일하였고, UV조사 후의 chromatogram은 Fig. 2와 같이 시료에서 용출된 NDMA의 peak가 소실되어 흔적만 남았으며, nitramine의 생성유무를 실험한 결과 Fig. 3과 같이 NDMA의 일부가 분해되어 nitramine을 생성하였다. 이상과 같은 결과로 시료에서 용출된 peak가 NDMA라고 동정하였다.

명태 건조중 건조방법이 NA생성에 미치는 영향을 실험한 결과는 Table 3과 같다. 생시료중 NDMA는 2.1~3.5 µg/kg (평균 2.8 µg/kg)였으나 건제품에서는 8.7~51.4 µg/kg (평균 26.9 µg/kg)으로서 약 9.6배 증가하였다. 건조방법에 따른 증가비율을 보면 천일건제품은 생시료에 비해 약 9.0배, 열풍건제품은 약 15.5배, 동결건제품에서는 약 4.4배로 열풍건제품에서 월등히 높게 검출되었고, 다음으로 천일건제품 및 동결건제품의 순이었다. 신선한 상태의 해산어패류에서 NA가 검출되었다는 보고는 거

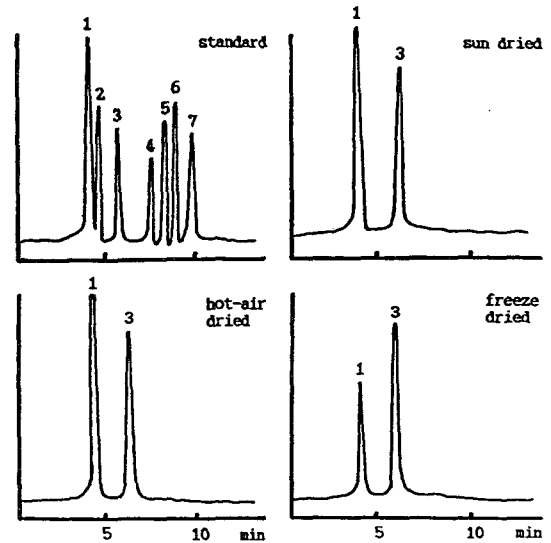


Fig. 1. GC-TEA chromatograms of dried products of alaska pollack and standard N-nitrosamine. (1.NDMA 2.NDEA 3.NDPA 4.NDBA 5.NPIP 6.NPYR 7.NMOR).

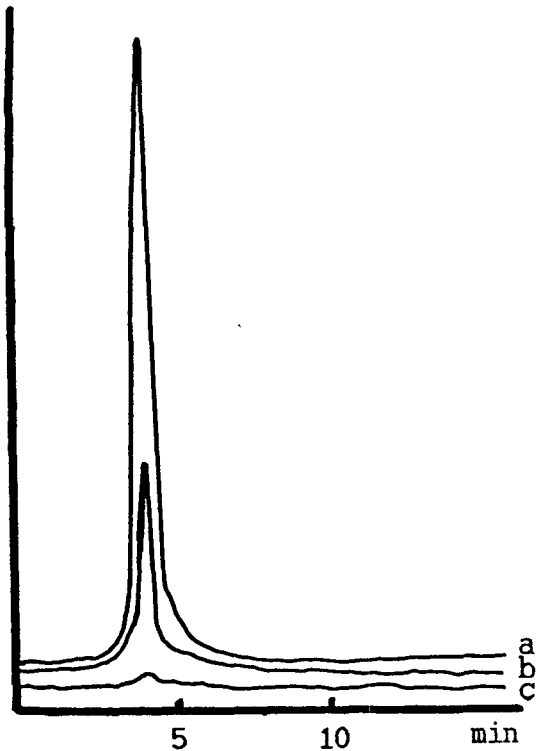


Fig. 2 GC-TEA analysis of hot-air dried alaska pollack.
 a. NDMA standard 12.5µg/ml.
 b. hot-air dried alaska pollack
 c. UV light irradiated for 3.5 hr from b.

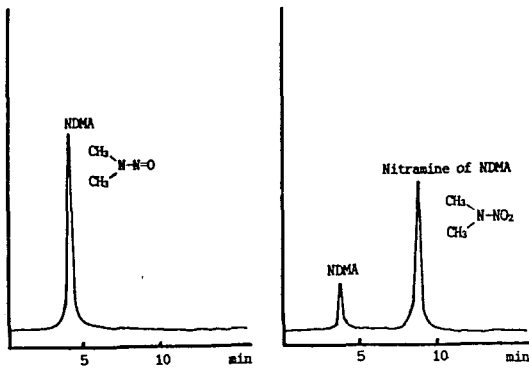


Fig. 3 GC-TEA chromatogram of NDMA in hot-air dried alaska pollack and its nitramine.

의 없는데 본 실험에 사용한 명태 배육에서 NDMA의 검출은 의외의 결과라고 생각되는 바, 그 원인을 추정컨데, 과거 수십년간 다수확을 위하여 농작물에 질소비료를 과다 사용하는 것과 산업에 이용되는 화학약품 등이 해수중 질산성 및 아질산성 질소의 농도와 밀접한 관계가 있는 것으로 생각된다. 즉 잔류한 질소비료와 공업용수

Table 3. Effects of drying method on the formation of N-nitrosamine in alaska pollack during its drying (NDMA, µg/kg)

Sample NO.	Raw	Drying method		
		Sun	Hot-air	Freeze
I	2.9	24.3	46.4	10.5
II	2.1	20.4	32.7	8.7
III	3.5	30.7	51.4	17.4
Average	2.8	25.1	43.5	12.2

Recovery from samples spiked with 10 µg/kg for NDPA was 87.2~107.4%

중의 질소 유도체가 하천으로 유입되어 결국 해수의 질산성 및 아질산성 질소의 농도를 높이고, 이러한 환경에서 서식한 어패류의 내장이나 근육중에 질산염 및 아질산염의 존재는 불가피한 실정이며, 이 전구물질이 명태 배육중에 풍부하게 있는 아민류와 반응하여 NDMA를 생성한 것이라 생각된다.

동결건제품에 비하여 천일건제품이나 열풍건제품에 NDMA의 함량이 높은 이유는 열풍건제품의 경우 건조과정중 오염된 공기로 인해 질산염 및 아질산염의 농도가 높아졌기 때문이며, 동결건조에 비해 천일건조는 효소의 작용이 비교적 원활하여 질산염 및 TMAO의 환원을 촉진시켜 아질산염과 DMA의 농도를 증가시킨 결과가 주된 요인이라 생각된다.

Matsui et al. (1980)의 연구에 의하면, 20종의 시판 수산건제품중 NA를 분석한 결과 15종의 시료에서 NDMA가 2.4~9.4 µg/kg범위였으나, 건조오징어에서는 15.4~84.0 µg/kg으로서 함량이 월등히 높았는데, 그 원인으로 오징어를 건조시킬 때 건조실내에 기름버어너를 피워놓고 건조시킨 결과 기름이 연소되면서 생성된 산화질소 유도체에 의해 공기가 오염되고, 이것이 오징어육으로 이행되어 육중에 존재하는 아민류와 반응하여 NDMA를 생성한다고 하였고, 또 이것을 가스볼로 구울 경우 최고 130.2 µg/kg의 NDMA가 생성될 뿐만 아니라 건조시료에서 검출되지 않았던 N-nitrosodipyrrolidine (NPNR)도 상당량 검출되는데, 이것 역시 가스가 연소되면서 생성한 산화질소 유도체가 주된 요인이라고 하였다.

Sung et al. (1994)은 우리나라 수산 건제품중의 NA생성 요인을 규명키 위하여 시판 소건품 10종, 조미건제품 1종, 자건품 3종, 염건품 1종, 동건품 1종 및 해조류 2종에 대하여 실험한 결과 NDMA 만 검출되었고, 그 농도는 시료간에 큰 대차를 보여 건조 해조류 및 건조해삼에서는 전혀 검출되지 않았으나, 건조가오리, 건조명태, 건조오징어, 굴비 및 소건새우 등에서는 2.8~86.0 µg/kg, 그외 시료에서는 10 µg/kg미만의 범위로 검출되어 어중에

따른 차이 뿐만 아니라 동일어종간에도 함량에 큰 차이를 보인 것으로 보아 건조조건이 NDMA의 주된 인자라고 보고하였다.

본 실험결과와 상기 보고 등으로 미루어 볼 때 명태의 경우도 건조방법이 NDMA의 형성에 가장 중요한 요인이며, 발암성 NDMA의 생성을 줄이기 위해서는 동결건조법이 바람직하다고 사료된다.

요 약

우리나라의 대표적인 건제품종의 하나인 건조명태의 안전성 평가를 위한 기초자료를 얻고자, 명태 건조중 건조방법이 발암성 N-nitrosamine 및 그 전구물질의 생성에 미치는 영향을 조사하였다.

명태의 생시료중 질산염 및 아질산염 질소는 각각 1.5, <1.0 mg/kg이었으나 건제품에서는 각각 3.0~4.2, 1.4~2.7 mg/kg의 범위였으며, 대체로 열풍건제품에서 그 함량이 높았다. 명태 건조중 아민류의 함량변화를 보면 betaine은 건조중 별다른 양적 변화를 보이지 않았고, TMAO는 건조중 감소하는 반면에 TMA 및 DMA는 계속 증가하는 경향을 보였다. 검출된 NA는 N-nitrosodimethylamine (NDMA)뿐이었고, 10 µg/kg의 N-nitrosodipropylamine (NDPA)을 시료에 첨가하여 회수율을 시험한 결과 87.2~107.4%였다. 명태의 생시료중 NDMA는 평균 2.8 µg/kg이었으나 건제품에서는 8.7~51.4 µg/kg으로서 건조방법에 따라 상당한 함량차를 보여 천일건제품은 생시료에 비해 평균 9.0배, 열풍건제품은 평균 15.5배 그리고 동결건제품은 평균 4.4배였다. 일반적으로 NDMA의 생성을 최소화시키기 위해서는 동결건조법이 효과적이었다.

사 사

이 논문은 1993년도 한국학술진흥재단의 대학부설 연구소 연구과제의 연구비 지원에 의한 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Althorpe, J., D. A. Goddard, D. J. Sisson and G. M. Telling. 1970. The gas chromatographic determination of nitrosamines at the picogram level by conversion to their corresponding nitrosamines. *J. Chromatogr.*, 53, 373~374.

Dyer, W. J. 1945. Amines in fish muscle I. Colorimetric de-

termination of TMA as the picrate salt. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 6 (5), 351~358.

Focht, R. L, F. H. Schmidt and B. B. D. Dowling. 1956. Colorimetric determination of betaine in glutamate process and liquor. *J. Agric. Food Chem.*, 4, 546~548.

Hotchkiss, J. H., J. F. Barbour and R. A. Scanlan. 1980. Analysis of malted barley for N-nitrosodimethylamine. *J. Agric. Food Chem.*, 28 (3), 678~681.

Hotchkiss, J. H. 1989a. Preformed N-nitroso compounds in foods and beverage. *Cancer Survey*, 8 (2), 296~321.

Hotchkiss, J. H. 1989b. A review of current literature on N-nitroso compounds in Foods. *Advances in Food Research*, 31, 54~113.

Kawabata, T., T. Ishibashi and M. Nakamura. 1973. Studies on secondary amines in foods (I). Modified Cu-dithiocarbamate colorimetric method for determination of secondary amines. *J. Food Hyg. Soc. Japan.*, 14 (1), 31~44.

Kim, S. H., E. H. Lee, T. Kawabata, T. Ishibashi, T. Endo and M. Matsui. 1984. Possibility of N-nitrosamine formation during fermentation of Kimchi. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 13 (3), 291~306. (in Korean)

Kim, S. H., S. B. Kang and E. H. Lee. 1990. Studies on the formation of N-nitrosamine in the salt-fermented Damsel Fish, *Chromis notatus*. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 19 (1), 19 (1), 65~72. (in Korean)

Konosu, S. and E. Kasai. 1961. Muscle extracts of aquatic animals. On the method for determination of betaine and its content of the muscle of some marine animals. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 27 (2), 194~198.

Lee, J. S. 1982. Determination of volatile Nitrosamine from fermented anchovy sauce. *Korean J. Food Sci. Technol.* 14 (2), 184~186. (in Korean)

Len Kamm, G. G. Makeown and D. M. Smith. 1965. New colorimetric method for the determination of the nitrate and nitrite content of baby foods. *J.A.O.A.C.*, 48 (5), 892~897.

Magée, P. N. and J. M. Barnes. 1956. The production of malignant primary hepatic tumors in the rat by feeding dimethylnitrosamine. *Br. J. Cancer*, 10, 114~122.

Matsui, M., H. Ohshima and T. Kawabata. 1980. Increase in the Nitrosamine content of several fish products upon broiling. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.*, 46 (5), 587~590.

National Research Council. 1981. The health effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds, Part 1. National Academy press, Washington, D.C., Chapter 7, 320~359.

Park, K. Y. and H. S. Choi. 1992. Jimchi and Nitrosamine. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 21 (1), 109~116. (in Korean)

Shin, J. H., 1996. The formation of N-nitrosamine in marketing Kimchi. *J. Inst. Agri. & Fishery Develop. Gyeong-*

- sang Nat'l. Univ., 15, 101~106 (in Korean).
- Sung, N. J., A. K. Kevin and J. H. Hotchkiss. 1991. Influence of nitrate, ascorbic acid, and nitrate reductase microorganisms on N-nitrosamine formation during Korean-style soysauce fermentation. *Food Additives and Contaminants*, 8 (3), 291~298.
- Sung, N. J., H. C. Yang and J. H. Lee. 1982. Studies on N-nitrosamine in the fermented foods. 1. N-nitrosamine in the fermented fish. *J. of Gyeongsang Nat. Univ.*, 21 (21), 145~150 (in Korean).
- Sung, N. J., J. H. Shin and S. J. Lee. 1996. N-nitrosamine in Korean Beer. *J. Food Sci., Nutr.*, 1 (1), 6~9 (in Korean).
- Sung, N. J., S. J. Lee, J. H. Shin and J. K. Kim. The effects of drying method on N-nitrosamine formation in squid during its drying. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* (in press)
- Sung, N. J., S. K. Kang, S. J. Lee and S. H. Kim. 1994. The factors for the formation of carcinogenic N-nitrosamine from dried marine food products. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 27 (3), 247~258 (in Korean).
- Chung, M. J. 1996. Detection of N-nitrosamine in alcoholic beverage. A thesis of the requirements for Master of Science, Gangsang National University, Korea (in Korean).

1997년 5월 6일 접수

1997년 9월 2일 수리