

오징어의 건조방법이 N-Nitrosamine의 생성에 미치는 영향

성낙주[†] · 이수정 · 신정혜 · 김정균*

경상대학교 식품영양학과 및 농어촌개발연구소
*경상대학교 수산가공학과 및 해양과학대학 부설 해양산업연구소

Effects of Drying Method on N-Nitrosamine Formation in Squid 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,
Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

*Dept. of Marine Food Science and Technology, The Institute of Marine Industry,
Gyeongsang National University, Tongyoung 650-160, Korea

Abstract

To examine effects of drying methods on the formation of N-nitrosamine(NA) in squid during its drying. Three different types of dried products, which were made by sun, hot-air and traditional drying of squid after removal of intestines, were utilized. NA was analyzed by a gas chromatography-thermal energy analyzer. The contents of nitrate and nitrite nitrogen in dried products were in the range of 0 to 5.2mg/kg and 0 to 2.7mg/kg, respectively. The contents of TMAO and betain nitrogen in squid during its drying decreased, while those of TMA and DMA nitrogen increased. The contents in dried products were 27.8~29.2mg% and 10.4~12.3mg/kg, respectively. N-Nitrosodimethylamine (NDMA) was only detected in squid during its drying, recovery from raw sample and its dried products spiked with 10µg/kg for NDPA was 81.0~100.0%. NDMA in raw samples was found to be below 0.05µg/kg. The levels of NDMA in squid increased remarkably during its drying and those in dried products were ranged from 2.7 to 42.7µg/kg. The effects of drying methods in squid were found to be quite different: the levels of NDMA in traditionally dried products were 11~16 and 3~4 times higher than those in sun dried and hot-air dried products, respectively. It is believed that high levels of NDMA were detected in traditionally dried products because NDMA was formed from reaction between various amines and nitrogen oxide produced by combustion of briquet during drying of squid.

Key words: squid, NDMA, N-nitrosamine, amines

서론

Magee와 Barmes(1)가 N-nitrosodimethylamine(NDMA)이 강력한 발암성 물질이라는 것을 지적한 이래 N-nitrosamine(NA)에 대한 동물 실험 결과 300여종의 N-nitroso화합물 중 약 90% 이상이 암을 유발시킨다는 것이 밝혀지게 되었다(2).

수산식품 중에는 NA의 주요 전구물질인 dimethylamine(DMA)을 비롯하여 trimethylamine(TMA), trimethylamine oxide(TMAO) 및 betaine 등이 풍부하며 질산염이나 아질산염 등 니트로화 물질이 존재할

경우 NA를 생성할 가능성은 매우 높다(3,4). 수산가공품 중 NA에 관심을 갖게된 동기는 Fong과 Walsh(5)의 연건품 중에 NDMA가 12mg/kg이나 존재한다는 보고가 직접적인 동기가 되었고, 그 뒤 Fong과 Chan(6), Huang 등(7)에 의해 상기와 유사한 연건어 중 NDMA가 1~35mg/kg 검출된다는 보고가 있었다. 이어서 Fine 등(8)과 Sen 등(9)에 의해 체계적으로 연구한 결과 수산가공품 중에는 어종, 생산지 및 가공조건 등에 따라 NA의 함량차가 심하여 불검출에서 38µg/kg으로 다양하게 정량된다고 보고하였다. 수산식품 중 NA에 관한 국내 연구로는 성 등(10)과 이(11)의 시판 젓갈, 김 등

[†]To whom all correspondence should be addressed

(12)의 시판 자리젓, 성 등(13)의 수산건제품 중 NA에 관한 연구 등이 있다.

마른 오징어는 저장성이 뛰어난 뿐만 아니라 쫄깃 쫄깃한 특유의 맛으로 인하여 옛부터 우리나라 사람들이 즐겨 먹어온 대표적인 수산건제품 중의 하나이다. 그래서인지 마른 오징어에 관한 식품학적인 연구는 비교적 많은 편이다. 오징어의 가공 중 향미성분에 관한 연구(14-17), 오징어젓의 정미성분에 관한 이와 성(18), 오징어의 가공과 품질에 관한 이 등(19)과 유와 이(20)의 보고 등이 있다. 그러나 오징어에 대한 위생학적인 연구는 의외로 적다. 본 연구에서는 이러한 견지에서 마른 오징어의 안전성 확보를 위한 기초자료를 얻기 위하여 오징어 건조 중 NA의 전구물질을 분석하였고, 동시에 NA분석에 이용되는 특수 기기인 TEA(Thermal Energy Analyzer)를 GC(Gas Chromatography)에 결합시켜 NA를 분석하였다.

재료 및 방법

재료

통영 어시장에서 선도 좋은 오징어(*Todarodes pacificus*, 평균 체장 30~36cm, 평균 체중 36.3~40.4g)를 구입하여 빙장한 상태로 실험실로 운반하여 실험재료로 사용하였다. 생시료는 운반 즉시 내장을 제거한 후 균질화하여 폴리에틸렌 비닐로 이중포장하여 -40°C 냉동고에 저장하여 두고 일정량씩 취하여 실험에 사용하였다.

천일건조시료는 상기 시료를 철제 그물위에 널어서 4일간 통풍이 잘되는 곳(15~18°C)에서 일광에 노출시켜 건조시켰으며, 열풍건조시료는 시료육을 나일론 그물을 간 tray위에 얹어 cabinet형 열풍건조기를 사용하여 50°C에서 7시간 건조하였다. 재래식 건조는 천일건조시료와 동일한 조건에서 3일간 건조시킨 후 연탄불을 피워 놓은 실내 건조실(20~25°C)에서 5시간 건조시켜 재래식 건제품 시료로 하였다.

수분 및 dimethylamine(DMA)의 정량

수분은 상압가열 건조법으로 정량하였고, DMA는 Kawabata 등(21)에 의한 개량 Cu-dithiocarbamate법으로 정량하였다.

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

엑스분의 조제는 혼합마쇄한 시료 5~10g에 20%

삼염화초산 40ml를 가하여 homogenizer로 15분간 교반 추출한 후 다시 10% 삼염화초산 40ml를 가하여 상기와 같은 방법으로 재추출한 다음 증류수로써 100ml로 만들어 원심분리하여 얻어진 상층액 60ml를 취하여 분액깔때기에 넣고 동량의 에테르를 가하여 진탕하는 조작을 4회 반복한 후 감압농축하여 증류수로써 25ml로 만들어 TMA, TMAO 및 betaine정량용 시료로 하였으며, TMA 및 TMAO의 정량은 Dyer법(22)으로 행하였다.

Betaine의 정량

TMA 및 TMAO정량용 시료와 동일하게 처리한 엑스분을 취하여 Konosu와 Kasai(23)의 방법 및 Focht 등(24)의 방법에 따라 정량하였다.

질산염 및 아질산염의 정량

질산염 및 아질산염은 Len Kamm 등(25)의 방법에 따라 정량하였다.

N-Nitrosamine(NA)의 분석 및 동정

시료의 추출은 Hotchkiss 등(26)의 방법을 개량한 Sung 등(27)의 방법으로 수증기 증류법에 따라 추출하였다. 즉 25g의 시료에 N-nitrosodipropylamine(NDPA)을 내부 표준액으로 10µg/kg을 가한 후 증기발생장치를 이용하여 증류물이 150ml가 될 때까지 추출하여 pH 1로 조절한 후, dichloromethane(DCM, 50ml×3)으로 추출하여 망초로 탈수시켰다.

DCM추출물을 모두 합하여 Kuderna-Danish장치에서 N₂가스를 흘리면서 1ml로 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, He가스의 유속은 25ml/min, injection port의 온도는 130°C, pyrolyzer 온도는 550°C, interface 온도는 200°C, 압력은 1.9torr로 하였다.

상기 GC-TEA의 조건하에서 7종의 표준물질(NDMA: 12.5µg/ml, NDEA: 11.4µg/ml, NDPA: 6.22µg/ml, NDBA: 7.16µg/ml, NPIP: 8.25µg/ml, NPYR: 6.83µg/ml, NMOR: 10.3µg/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 시료

액을 3시간 30분간 UV조사한 후 시료 분석시와 동일하게 GC-TEA에 주입시켰고, 또 상기의 농축액을 Althorpe 등(28)의 방법에 따라 nitramine의 생성 유무를 시험하였다.

결과 및 고찰

수분 및 아민류의 변화

오징어 건조 중 수분, DMA, TMA, TMAO 및 betaine 질소의 함량은 Table 1과 같다. 수분 함량은 생시료에 79.2%였으나, 건제품은 12.5~12.8%의 범위였다.

아민류는 생시료의 경우 betaine질소와 TMAO질소가 월등히 높은 반면 TMA 및 DMA질소는 낮은 함량으로 정량되었다. 건조 중 TMAO 및 betaine질소는 감소하였으나 TMA 및 DMA질소는 계속해서 증가하는 경향을 보여 TMA질소는 생시료에 비해 약 9배, DMA질소는 약 15~22배의 증가를 보였다. 그러나 건조방법이 아민류의 증감에는 큰 영향을 미치지 않았다.

성 등(13)은 수산건제품 중 아민류를 분석한 결과 betaine질소가 다른 아민류에 비하여 월등히 높았고, 다음으로 TMA 및 TMAO질소였으며, DMA질소는 mg/kg의 범위로 정량되었다고 하였다. 본 실험의 결과에서는 TMAO가 환원되어 TMA를 생성하고 동시에 DMA가 계속해서 증가된다는 사실에 주목하고 있다. 왜냐하면 이것은 아질산염이나 그외 니트로화 시약이 공존할 경우 NDMA를 생성할 수 있는 아민이기 때문이다.

질산염 및 아질산염

오징어 건조 중 질산염 및 아질산염의 함량 변화는 Table 2와 같다. Table에서 보는 바와 같이 생시료의 질산염 질소는 불검출에서 0.3mg/kg으로 미량 검출되었으나 건조시료에서는 상당량 증가하는 경향을 보여 천일건제품에서는 최고 1.9mg/kg, 열풍건제품에서는 2.3mg/kg, 그리고 재래식 건제품에서는 5.2mg/kg이 검출되었다. 아질산염 질소는 생시료에서 전혀 검출되

Table 1. Changes in the contents of moisture and amines in squid during its drying (mg%, dry base)

Compositions	Raw	Dried products		
		Sun dried	Hot-air dried	Traditionally dried
Moisture(%)	79.2	12.6	12.8	12.5
TMAO-N	227.4	192.5	202.3	186.4
TMA-N	3.1	28.6	27.8	29.2
Betaine-N	284.6	257.2	264.9	248.8
DMA-N(mg/kg)	0.7	10.4	12.3	11.6

Table 2. Effects of drying method on the levels of nitrate and nitrite nitrogen in squid during its drying (mg/kg)

Compositions	Raw	Dried squid		
		Sun dried	Hot-air dried	Traditionally dried
NO ₃ -N	ND~0.3	ND~1.9	ND~2.3	2.3~5.2
NO ₂ -N	ND	ND~0.5	ND~1.4	0.5~2.7

ND: Not detected

지 않았으나 건조 후에는 최고 2.7mg/kg(재래식 건제품)였으며, 증가 양상은 질산염 질소와 비슷하여 재래식 건제품에서 가장 높았고, 천일건제품에서 가장 적게 정량되었다.

성 등(13)은 수산건제품 중 질산염 및 아질산염의 함량을 조사한 결과 질산염 질소는 건조 해삼, 마른 김 및 마른 미역에서는 전혀 검출되지 않는 반면에 건조 가오리에서는 16.8mg/kg의 높은 함량을 나타내었으며, 그외 10mg/kg 이상으로 비교적 높게 정량된 시료는 건조 오징어 및 마른 명태 등이며, 아질산염 질소 역시 질산염 질소와 비슷한 경향을 보여 건조 해삼, 마른 김, 마른 미역에서는 전혀 검출되지 않았으나 건조 가오리 및 건조 오징어 등에서 높게 정량된다고 보고하였다. 이 등(29)에 의하면 시판 젓갈류 중 질산염 및 아질산염의 함량을 분석한 결과 자리돔것은 각각 4.60~6.84mg/kg, 불검출~0.08mg/kg, 새우젓은 3.48~9.44mg/kg, 0.06~1.50mg/kg, 멸치젓은 0.74~21.13mg/kg, 0.32~4.87mg/kg으로서 검체에 따라 차이가 심하며 실험에 분석된 젓갈의 경우 질산염 질소는 0.74~21.81mg/kg, 아질산염 질소는 불검출~4.87mg/kg 범위라 하였다.

상기의 결과로 추정컨데 본 실험에 사용한 오징어 생시료 중의 질산염 및 아질산염은 어류의 서식 해변의 오염과 밀접한 관계가 있는 것으로 생각되며, 또 건제품 중 이들의 함량이 증가되는 이유는 건조 중 수분이 탈수되어 농축되는 경우와 건조 중의 오염을 생각할 수 있는데, 재래식 방법이나 열풍으로 건조할 경우 질산염이나 아질산염의 함량이 높은 것으로 추정컨데 열풍건제품은 열풍건조시 공기의 오염을 들 수 있고, 재래식 건조는 연탄이 연소되면서 생성된 산화질소 유도체에 기인된 것으로 추정된다.

N-Nitrosamine의 변화

시료 추출시 N-nitrosodipropylamine(NDPA)을 내부 표준액으로 10μg/kg 첨가하여 회수율을 시험한 결과 81.0~100.0%로서 평균 91.3%였다. 7종의 표준물질과 건제품의 chromatogram은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에

서 보는 바와 같이 건제품 중 NA는 유일하게 NDMA만 검출되었다. 이것을 co-injection시킨 결과 NDMA의 용출 위치가 동일하였고, UV를 조사한 후의 chromatogram은 Fig. 2와 같이 NDMA의 peak가 소실되어 흔적만 남았으며, nitrosamine의 생성 유무를 시험한 결과는 Fig. 3과 같이 NDMA가 분해되어 nitramine을 생성하였다. 상기 3가지 방법으로 동정한 결과 건조 오징어 시료에서 검출된 peak가 NDMA라는 것을 동정할 수 있었다.

오징어 건조 중 NA의 변화는 Table 3과 같다. 생시료에서는 흔적량 내지는 불검출이었던 NDMA가 건조 시료에서는 2.7~42.7µg/kg으로 높게 정량되었다. 천일 건조시료에서는 NDMA가 2.7~3.1µg/kg(평균 2.9µg/kg), 열풍건조에서는 9.2~11.2µg/kg(평균 10.2µg/kg), 재래식 건조시료에서는 32.6~42.7µg/kg(평균 27.8µg/kg) 범위로서 건조방법에 따라 NDMA 함량에 대차를 보였다. 즉, 재래식 방법으로 건조할 경우 천일 건조 시료에 비해 약 11~16배, 열풍건조시료에 비해 약 3~4배나 높은 함량치를 보여 건조방법이 NDMA의 생성에 주된 인자로 판단되었다.

상기 결과에서 NA 생성의 경로를 추적할 수 있는 정보는 Table 2에서 언급한 것처럼 질산염이나 아질산염의 함량에 의해 좌우됨을 알 수 있다. 즉 동일한 생시료를 건조하였음에도 불구하고 질산염이나 아질산염의 함량이 열풍건조나 천일건조시료에 비해 재래식 건조

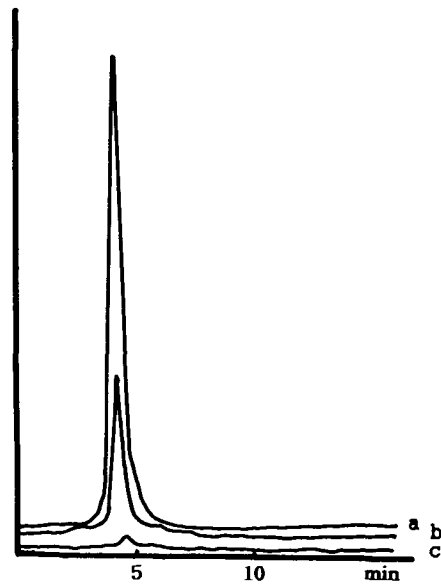


Fig. 2. GC-TEA analysis of hot-air dried squid.
a. NDMA standard 12.5µg/ml
b. Hot-air dried squid
c. UV light irradiated for 3.5hr from b

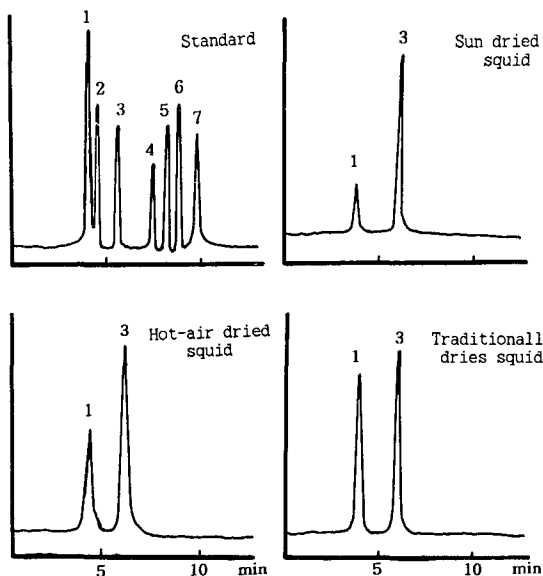


Fig. 1. GC-TEA chromatograms of N-nitrosamine in dried squid products.
1. NDMA, 2. NDEA, 3. NDPA, 4. NDBA, 5. NPIP, 6. NPYR, 7. NMOR

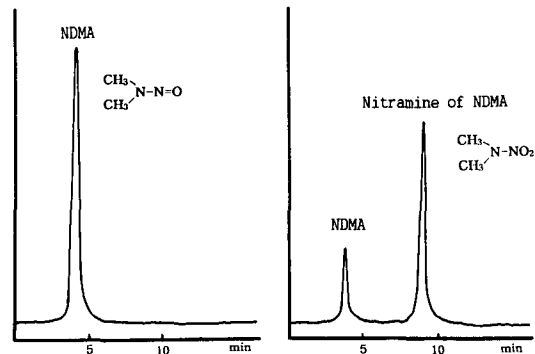


Fig. 3. GC-TEA chromatogram of NDMA in traditionally dried squid and its nitramine.

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

TriPLICATE samples	Raw	Dried squids		
		Sun dried	Hot-air dried	Traditionally dried
I	<0.05	3.1	9.2	38.2
II	<0.05	2.7	10.3	42.7
III	ND	2.9	11.2	32.6
Average	<0.05	2.9	10.2	27.8

ND: Not detected
Recovery for NDPA was 81.0~100.0%

시료에서 많은 함량이 검출되었다는 것은 건조과정 중 이들이 오염되었다는 증거이다. 오염 경로는 열풍건조의 경우 가열된 공기에 의한 것으로 추정되며, 재래식 건조는 연탄이 연소되면서 생성된 산화질소 유도체에 의한 오염이라 판단된다.

Sen 등(9)은 해산식품과 그 가공품 중 NA화합물을 분석한 결과 신선어에서는 NA가 검출되지 않았으나 통조림에서는 16종의 시료에서 4종, 동건품에서는 3종 중 1종, 훈제품에서는 16종에서 11종, 염장어에서는 18종 중 16종의 시료에서 NDMA가 검출되었는데 비교적 훈제품과 염장어에서 높게 검출된다고 보고하였다. Matsui 등(30)은 시판 건제품 중 15종의 시료에서 NDMA가 2.4~9.4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었으나 이것을 가스블로 구울 경우 평균 6.4~26.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 증가하였는데 특히 건조 오징어의 경우 굵기 전 시료에서 평균 46.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 이었으나 가스블로 구울 경우 130.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 으로 약 3배의 증가를 보였는데, 이같은 현상은 가스가 연소되면서 생성된 산화질소 유도체가 어육 중의 아민류와 반응하여 NDMA를 생성한 결과라고 하였다.

식품 중 NA생성의 주된 요인은 3가지로 분류할 수 있다. 즉, 조리과정 중의 오염, 식품첨가물 및 가공 공정 중의 오염을 들 수 있다. 조리과정 중 NA생성의 대표적인 예로는 Lintas 등(31)의 연구에 의하면 새우와 오징어의 경우 스투(stew)식으로 조리할 경우 NDMA의 생성률이 가장 높았고, 새우는 튀길 때, 오징어는 구울 때 그 생성률이 낮았으며, 생선외에 아민을 많이 함유한 식품 역시 비슷한 결과를 보인다고 보고하였다. 식품첨가물에 의한 NA생성은 잘 알려진 바와 같이 아질산염이나 질산염을 함유한 염지액으로 가공한 햄이나 소시지 등을 들 수 있다(32).

식품 중 NA생성에 미치는 또 다른 인자는 가공방법이다. 식품을 가공하는 중 가열된 공기에 노출시키거나 노출된 상태로 열을 가할 경우 NA생성은 배제할 수 없다. 예를 들면 오징어를 천일건조시킬 경우 NDMA가 미량 검출되었으나 밀폐된 공간에서 인공적으로 가열하여 건조시킬 경우 15.4~84.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 의 NDMA가 검출되며(30), 또 맥주 중 NA생성의 주된 요인도 맥아의 건조 방법에 따라서 큰 차이를 보인다고 보고되어 있다. 즉 맥아를 간접적인 열을 이용하여 건조시킬 경우에는 NDMA가 미량 검출되나 직화로 건조시킬 경우 상당량의 NDMA가 검출되는데 이는 건조시 연료의 연소로부터 생성된 질소 유도체 때문이라는 것이 밝혀져 있다(33).

상기 보고와 본 실험 결과를 종합해 볼 때 생시료에 NDMA가 거의 검출되지 않았음에도 불구하고, 건조

오징어 중 특히 천일건조에 비해 재래식 건조나 열풍건조한 오징어에서 NDMA가 많이 검출된 요인은 건조 중 수분이 탈수되면서 아민류의 농도가 상대적으로 높아지고 동시에 건조실의 공기가 산화질소 유도체로 오염되어 상당량의 NDMA가 생성된다는 결론을 얻었다.

요 약

건조 오징어 중 N-nitrosamine(NA)의 생성 경로를 밝히고자 오징어의 건조방법을 달리하여 NA의 주요 전구물질인 질산염과 아질산염, DMA, TMA, TMAO 및 betaine질소 등을 정량하였고, Thermal Energy Analyzer(TEA)를 Gas Chromatography(GC)와 결합시켜 NA를 분석하였다. 오징어 건조 중 질산염 질소는 생시료에서 불검출~0.3mg/kg이었으나 천일건제품에서는 최고 1.9mg/kg, 열풍건제품은 2.3mg/kg, 재래식으로 건조한 시료에서는 5.2mg/kg 검출되었다. 그리고 아질산염 질소 역시 질산염 질소와 비슷한 증가 양상을 보여 생시료에서는 전혀 검출되지 않았으나 재래식 건제품에서는 최고 2.7mg/kg으로 정량되었다. 오징어 건조 중 TMAO 및 betaine질소는 감소하였으나 TMA 및 DMA질소는 증가하는 경향을 보여 건제품에서 각각 27.8~29.2mg%, 10.4~12.3mg/kg였다. 건조 오징어 중 휘발성 NA는 N-nitrosodimethylamine(NDMA)만이 검출되었고, NDPA를 이용하여 회수율을 검토한 결과는 81.0~100.0%였다. 생시료 중에는 NDMA가 불검출 내지 흔적량에 불과하였으나 건조시료에서는 2.7~42.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 였다. 건조방법에 따라 NDMA의 함량에 대차를 보여 재래식 방법으로 건조할 경우 천일건조에 비해 11~16배, 열풍건조에 비해 3~4배나 높게 정량되었다. 이처럼 재래식 방법으로 건조한 시료에서 NDMA가 높게 검출된 것은 건조시 사용한 연탄불로 부터 생성된 산화질소 유도체가 오징어육에 존재하는 아민류와의 상호반응으로 인한 것이 주된 인자로 추정된다.

감사의 글

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

문 헌

1. Magee, P. N. and Barnes, J. M. : The production of malignant primary hepatic tumors in the rat by feeding dimethylnitrosamine. *Br. J. Cancer*, **10**, 114(1956)

2. Preussman, R. and Eisenbrand, G. : N-nitroso carcinogens in the environment. In "Chemical carcinogens" Searle, C. E.(ed.), 2nd ed., American Chemical Society, Washington, D.C., p.829(1984)
3. Castell, C. H., Smith, B. and Neal, W. : Production of dimethylamine in muscle of several species of Gadoid fish during frozen storage, especially in relation to presence of dark muscle. *J. Fishery Res. Board. Canada*, **28**, 1(1971)
4. Maga, J. A. : Simple phenol and phenolic compounds in food flavor. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **18**, 323(1978)
5. Fong, Y. Y. and Walsh, E. O. F. : Carcinogenic nitrosamines in Cantonese salt-dried fish. *Lancet*, **6**, 1032(1971)
6. Fong, Y. Y. and Chan, W. C. : Dimethylamine in Chinese marine salt fish. *Fd Cosmet. Toxicol.*, **11**, 841(1973)
7. Huang, D. P., Ho, J. H. C., Gough, T. A. and Webb, K. S. : Volatile nitrosamines in some traditional Southern Chinese food products. *J. Food Safety*, **1**, 1(1977)
8. Fine, D. H., Ruffe, F., Lieb, D. and Rounbehler, D. P. : Description of the thermal energy analyzer(TEA) for trace determination of volatile N-nitroso compounds. *Anal. Chem.*, **47**, 1188(1975)
9. Sen, N. P., Tessier, L., Seaman, S. W. and Baddon, P. A. : Volatile and nonvolatile nitrosamines in fish and effect of deliberate nitrosation under simulated gastric conditions. *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 264(1985)
10. 성낙주, 양한철, 이주희 : 발효식품중의 N-nitrosamine에 관한 연구, 제1보: 시판 젓갈 중의 N-nitrosamine. *경상대학교 논문집*, **21**, 145(1982)
11. 이재성 : 멸치젓의 질산염, 아질산염 및 질산아민의 분석. *한국식품과학회지*, **14**, 184(1982)
12. 김수현, 강순배, 이용호 : 자리젓중 N-nitrosamine의 생성에 관한 연구. *한국영양식량학회지*, **19**, 65(1990)
13. 성낙주, 강신권, 이수정, 김성희 : 수산건제품중 발암성 N-nitrosamine의 생성요인. *한국수산학회지*, **27**, 247(1994)
14. 李應昊 : 水産乾燥食品の組織學的知見. *新韓學報*, **13**, 225(1966)
15. Lee, E. H. : A study on taste compounds in certain dehydrated sea foods. *Bull. Pusan Fish. Coll.*, **8**, 63(1968)
16. 李應昊, 小泉千秋, 野中順三九 : 피등어꼴뚜기의 煮熟臭에 관한 연구. *한국수산학회지*, **11**, 183(1978)
17. 이종호, 최병대, 이강호, 류홍수 : 오징어 가공중의 향기 성분. *한국수산학회지*, **22**, 370(1989)
18. 이용호, 성낙주 : 꼴뚜기젓의 향미성분. *한국식품과학회지*, **9**, 225(1977)
19. 이용호, 박향숙, 오광수, 차용준 : 훈액처리에 의한 조미 오징어 훈제품의 가공 및 품질안전성. *한국수산학회지*, **18**, 316(1985)
20. 윤병진, 이강호 : 마른오징어의 품질평가 및 보존기간. *한국수산학회지*, **21**, 169(1988)
21. Kawabata, T., Ishibashi, T. and Nakamura, M. : Studies on secondary amines in foods(I). Modified Cu-dithiocarbamate colorimetric method for determination of secondary amines. *J. Food Hyg. Soc. Jpn.*, **14**, 31(1973)
22. Dyer, W. J. : Amines in fish muscle I. Colorimetric determination of TMA as the picrate salt. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **6**, 351(1945)
23. Konosu, S. and Kasai, E. : Muscle extracts of aquatic animals. On the method for determination of betaine and its content of the muscle of some marine animals. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **27**, 194(1961)
24. Focht, R. L., Schmidt, F. H. and Dowling, B. B. D. : Colorimetric determination of betaine in glutamate process and liquor. *J. Agric. Food Chem.*, **4**, 546(1956)
25. Len Kamm, G., Makeown, G. 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)
26. Hotchkiss, J. H., Barbour, J. F. and Scanlan, R. A. : Analysis of malted barley for N-nitrosodimethylamine. *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 678(1980)
27. Sung, N. J., Kevin, A. K. 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)
28. Althorpe, J., Goddard, D. A., Sisson, D. J. and Telling, G. M. : The gas chromatographic determination of nitrosamines at the picogram level by conversion to their corresponding nitrosamines. *J. Chromatogr.*, **53**, 373(1970)
29. 이용호, 김세린, 전중균, 정숙현, 차용준, 김수현, 김경삼 : 시판 젓갈류와 채소류중의 질산염 및 아질산염 함량. *한국수산학회지*, **15**, 147(1982)
30. Matsui, M., Ohshima, H. and Kawabata, T. : Increase in the nitrosamine content of several fish products upon broiling. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **46**, 587(1980)
31. Lintas, C., Lombardi-Boccia, G. and Nicole, S. : Effect of cooking on availability and in nitroso compounds *in vitro* nitrosation of precursors of volatile N-nitroso compounds in sea food. *Food Additives and Contaminants*, **7**, 37(1990)
32. Sen, N. P., Iyengar, J. R., Donaldson, B. A. and Panalaks, T. : Effect of sodium nitrite concentration on the formation of nitrosopyrrolidine and dimethylnitrosamine in fried bacon. *J. Agric. Food Chem.*, **22**, 540(1974)
33. Sung, N. J., Shin, J. H. and Lee, S. J. : N-nitrosamine in Korean Beer. *J. Food Sci. Nutr.*, **1**, 6(1996)

(1997년 5월 3일 접수)