

## 간장, 된장 및 맥주의 인공소화시 N-nitrosamine의 생성

김경란 · 이수정 · 신정혜 · 서종권 · 손미예 · 성낙주<sup>†</sup>

경상대학교 식품영양학과, 농업생명과학연구원

### The Formation of N-nitrosamine in Soy Sauce, Soybean Paste and Beer under Simulated Gastric Digestion

Kyung-Ran Kim, Soo-Jung Lee, Jung-Hye Shin, Jong-Kwon Seo,  
Mi-Yae Shon and Nak-Ju Sung<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Institute of Agriculture & Life Science,  
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

#### Abstract

The aim of the study was to analyze N-nitrosamine (NA) and its precursors in several fermented foods which were treated with nitrite, thiocyanate and ascorbic acid under simulated gastric digestion. Every analyzed sample contained nitrate, with levels ranging from 0.3 to 1.3 mg/kg, but nitrite was present at very low levels of less than 0.3 mg/kg. And other precursors of amines such as dimethylamine and trimethylamine were detected less than 0.5 mg/kg in every samples. N-nitrosodimethylamine (NDMA) was detected in the levels of <0.5~2.7 µg/kg in soy sauce, 1.5~3.1 µg/kg in soybean paste and <0.5~1.8 µg/kg in beer, while NDMA levels increased by 1.1~4.5 times in the fermented foods which were digested under simulated gastric conditions.

**Key words:** simulated gastric digestion, NDMA, nitrite, thiocyanate, ascorbic acid

#### 서 론

식품 중 N-nitrosamine(NA)의 생성에 관하여 thiocyanate는 니트로소화를 촉진시키는 대표적인 인자이며(1), 그의 요오드, 브롬, 염소, 아세테이트 및 약산의 음이온도 촉매 효과가 있다고 보고되어 있다(2). Thiocyanate는 사람의 타액에서 정상적으로 분비되며(3), 흡연자의 타액에서는 비흡연자보다 3~4배 정도 더 높으며(4) 산성 영역에서는 2급 아민의 니트로소화를 수백배나 촉진시킨다(1). 일반적으로 니트로소화의 최적 pH는 3.4인 것으로 밝혀져 있으나(5), 실제 식품에서는 가공 및 조리 중에 행하는 가열조작, 식품 중에 존재하는 미생물 및 공존 화합물의 특성 등에 따라 약산성이나 약알칼리성에서도 생성될 수 있다. 예로써 formaldehyde나 장내 세균과 같은 적당한 촉매가 존재할 경우 중성이나 알칼리 영역에서도 dimethylamine(DMA) 및 diethylamine(DEA) 등과 같은 제 2급 아민의 니트로소화가 촉진되어 NA를 생성한다는 보고가 있다(6). 이와같이 NA의 생성은 pH, 환원미생물 및 전구물질의 농도 등에 의해 영향을 받으나 주로 전구물질의 농도에 따라 생성량이 결정되며 아민보다는 질산염 및 아질산염의 농도에 더 큰 영향을 받는다(5). 반면에 니트로소화 반응의 억제제로써 ascorbic acid와 그 염을 들 수 있으며 이들은 수용액 상태에서 아질산을 급속히 환원시켜 산화질

소를 생성하는데, Fiddler 등(7)은 ascorbic acid, sodium ascorbate 및 sodium isoascorbate가 아질산과의 반응에서 니트로소화 반응을 억제할 수 있다고 보고한 바 있다.

간장 및 된장은 우리나라 식생활에서 가장 기본이 되는 조미료로 상용되고 있으며, 맥주는 현대인의 대표적인 알코올 음료로 애용되고 있다. Sung 등(8)은 간장담금용 용수 및 시판 식염으로부터 유래된 아질산염이 간장 숙성 중 간장덧으로부터 용출된 DMA와 반응하여 NA를 생성할 가능성이 있다고 보고하였으며, 맥주는 맥아의 건조 중에 오염된 산화질소와 발아 부산물인 녹맥아내의 hordenine 및 gramine 등과 같은 아민류가 반응하여 NA를 생성한다고 밝혀져 있다(9).

따라서 본 실험에서는 발효식품 중 우리나라 고유의 조미료인 간장 및 된장과 대표적인 알코올 음료인 시판 맥주를 대상으로 NA의 생성요인을 검토하고, 또 이들 식품의 섭취 시 생체내에서 일어날 수 있는 니트로소화 반응의 제인자를 밝히고자 *in vitro*에서 아질산염, thiocyanate 및 ascorbic acid가 인공소화시 NA 생성에 미치는 영향을 분석하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

간장, 된장 및 맥주의 시판품은 진주시내 시장 및 수퍼마켓

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: snakju@gsnu.ac.kr  
Phone: 82-55-751-5975, Fax: 82-55-751-5971

에서 구입하였으며, 재래식 간장 및 된장은 진주시역의 각 가정에서 만든 것을 실험재료로 사용하였다.

**인공소화용 시료의 조제**

인공소화용 시료는 Weng(10)의 방법에 따라 25 g의 시료에 인공타액 10 mL를 가한 다음 37°C에서 5분간 정치시키고, 여기에 인공위액 40 mL를 첨가하여 3 N HCl로 pH를 2.5로 조정한다. 다음 다시 37°C에서 2시간 유지시킨 것을 소화용 시료로 하였으며, 이때 사용한 인공타액 및 위액의 조성은 Table 1과 같다.

**아질산염, thiocyanate 및 ascorbic acid가 첨가된 소화용 시료의 조제**

시료 25 g에 대하여 아질산염을 각각 1, 4 및 8 mM의 농도로 첨가한 다음 상기의 방법대로 인공타액 및 인공위액을 혼합하여 37°C에서 2시간 동안 인공소화시켰다. Thiocyanate를 함유하는 소화용 시료는 아질산염을 8 mM로 동일하게 가한 후 thiocyanate를 1.6, 3.2 및 6.4 mM 농도로 첨가하였으며, ascorbic acid를 함유하는 소화용 시료는 아질산염 8 mM과 thiocyanate 6.4 mM을 가한 후 ascorbic acid를 3.2, 6.4 및 12.8 mM의 농도로 각각 첨가하여 인공소화시킨 것을 NA 분석용 시료로 사용하였다.

**pH, 질산염·아질산염, DMA 및 trimethylamine(TMA)의 정량**

pH는 pH meter로, 질산염 및 아질산염은 Len Kamn 등(11)의 방법에 따라 정량하였다. DMA 및 TMA는 시료 5 g에 약 50 mL의 isopropanol을 가하여 균질화하여 30분간 정치한 다음 isopropanol로써 100 mL로 정용하여 여과한 여액을 gas chromatography(GC)로 분석하였으며, 칼럼은 chromosorb 103을 충전한  $\varnothing$  2 mm×3 m glass column, injection port 온도는 180°C, oven 온도는 130°C, FID 검출기의 온도는 250°C로 하였다. 시료 중의 DMA 및 TMA의 함량은 표준물질을 농도별로 주입하여 동일조건으로부터 얻은 검량선에 의해 산출하였다.

**N-nitrosamine의 분석**

Sung 등(12)의 방법에 따라 약 25 g의 시료를 정평하여 내부표준물질로 1.0 mL의 N-nitrosodipropylamine(NDPA, 1.54 µg/kg)을 가하여 수증기 발생장치에서 증류물이 150 mL가 될 때까지 추출한 다음 dichloromethane(DCM, 60 mL×3)으로 이행시켜 망초로 탈수시키고, Kuderna-Danish 장치에서 질소가스로 1 mL까지 농축하여 GC-thermal energy anal-

**Table 1. Composition of simulated saliva and gastric juice**

Ingredient	Contents
<b>Saliva</b>	
Calcium (mEq/L)	3.1
Chloride (mEq/L)	15.5
Phosphate, inorganic (mEq/L)	4.8
Potassium (mEq/L)	14.1
Sodium (mEq/L)	17.4
Ammonia (mM)	3.5
Glucose (mg/L)	196.0
Urea (mg/L)	88.0
$\alpha$ -Amylase (units/mL)	100.0
Lysozyme (units/L)	670.0
pH	6.7
<b>Gastric juice</b>	
Calcium (mEq/L)	3.6
Potassium (mEq/L)	11.6
Sodium (mEq/L)	49.0
Free HCl (mEq/L)	57.5
Total chloride (mEq/L)	119.0
Pepsin (units/mL)	36.4
pH	2.0

alyzer(TEA)로 NA를 분석하였다. GC-TEA의 조건은 10% Carbowax 20M/80-100 chromosorb WHP로 충전한 칼럼을 이용하였고, injection port 온도는 180°C, oven 온도는 130~170°C(5°C/min), pyrolyzer 온도는 550°C, interface 온도는 200°C, 압력은 1 mmHg, He가스의 유속은 25 mL/min으로 하였다.

**결과 및 고찰**

**pH, 질산염·아질산염, DMA 및 TMA의 함량**

6점의 간장, 5점의 된장 및 6점의 맥주시료로부터 pH, 질산염·아질산염 및 DMA·TMA의 함량을 분석한 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같다. pH는 간장에서 pH 4.4~6.6, 된장에서 pH 4.7~5.1이었고, 맥주는 pH 3.9~4.4의 범위로 모두 산성~약산성인 것으로 나타났는데, Sung 등(8)은 숙성된 간장 중 pH는 4.4~5.4의 범위라고 보고하였는데, 이는 본 실험과 유사한 결과였다. 이와 같이 간장, 된장 및 맥주와 같은 발효식품의 pH가 약산성으로 나타났는데, 이는 니트로소화의 최적 pH가 3.4라는 점(5)을 고려해 볼 때 발효식품에서 pH는 NA 생성에 중요한 인자로 지목된다.

질산염은 간장에서 0.3~0.9 mg/kg, 된장에서 0.5~1.0 mg/kg, 맥주에서는 0.5~1.3 mg/kg의 범위였으며, 아질산염은 모든 시료에서 평균 0.3 mg/kg으로 나타났다. DMA 및 TMA

**Table 2. The contents of pH, nitrate, nitrite, DMA and TMA in soy sauce, soybean paste and beer (mg/kg)**

Sample	No. of samples	pH	Nitrate		Nitrite		DMA		TMA	
			Range	Average	Range	Average	Range	Average	Range	Average
Soy sauce	6	4.4~6.6	0.3~0.9	0.5	0.3	0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Soybean paste	5	4.7~5.1	0.5~1.0	0.7	0.2~0.4	0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Beer	6	3.9~4.4	0.5~1.3	0.9	0.2~0.3	0.3	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

의 함량은 분석된 시료 모두 0.5 mg/kg 이하였다. 숙성된 간장에서 질산염의 함량은 감소하고 아질산염의 함량이 증가하는 이유로 간장 중에 존재하는 질산염 환원균이 생성한 효소에 의해 질산염이 환원되었기 때문이라고 한 보고도 있다(8). 또한 간장 담금용 용수 중 질산염의 함량이 평균 20.26 mg/kg이라고 한 보고(13)와 우리나라에서 시판되는 친일염의 질산염 및 아질산염의 함량이 각각 1.5~1.8 mg/kg 및 0.4~0.5 mg/kg이라고 한 보고(14)로 볼 때 간장 중 질산염의 함량은 간장 담금용 용수가 주된 원인이라고 생각된다.

Kwon(13)은 10종의 재래식 간장 중 trimethylamine oxide (TMAO)는 평균 0.42 mg/kg, TMA는 5.15 mg/kg 및 DMA 함량은 3.75~11.99 mg/kg의 범위라 하였고, Sung 등(8)은 100일 동안 숙성된 간장에서 DMA의 함량이 4.45 mg/kg으로 숙성 전보다 증가되기는 하였으나, 이는 식염의 종류와는 무관하며 오히려 간장 중의 DMA는 메주로부터 유래되거나 숙성 중 이상발효 등으로 pH의 변화가 생길 경우 생성된다고 하였다.

#### 간장, 된장 및 맥주 중의 NA 함량

간장(시판품 3점, 재래식 3점), 된장(시판품 3점, 재래식 2점) 및 시판 맥주 6점을 대상으로 NA를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 총 17점의 시료 중 NA는 NDMA만이 검출되었으며, NDPA의 회수율은 82.4~100.2%(평균 95.0%)였다. 간장 중 NDMA의 함량은 시판 간장에서 1.1~2.7 µg/kg, 재래식 간장에서 <0.5~2.7 µg/kg이었고, 된장은 시판 된장에서 1.6~2.4 µg/kg, 재래식 된장에서 1.5~3.1 µg/kg로 검출되었다. 맥주에서는 <0.5~1.8 µg/kg의 범위로 평균 1.0 µg/kg의 NDMA가 검출되었다.

Kwon(13)은 5종의 재래식 간장 중 NA를 분석한 결과 NDMA, N-nitrosodiethylamine(NDEA), N-nitrosopiperidine

(NPIP) 및 N-nitrosopyrrolidine(NPYR)이 검출되었고, 함량이 가장 많은 NA는 NDMA로써 혼적량~59 µg/kg의 범위였다고 보고하였다. 간장의 숙성 중 NDMA 함량의 변화는 숙성 30일에 2.7 µg/kg, 숙성 60일에 8.5 µg/kg로 숙성 30일에 비해 NDMA의 함량이 약 3.7배 증가되었다고 하였는데, 이러한 결과의 이유로, Sung 등(8)은 간장 중 NDMA는 간장 담금용 용수 및 시판 식염으로부터 유래된 아질산염과 간장 숙성 중 간장덧으로부터 용출된 DMA와 반응하여 생성되며, 숙성 중 NDMA가 증가되는 것은 전구물질의 함량이 간장의 숙성과 함께 증가할 뿐만 아니라 NA의 생성에 강력한 촉매작용을 하는 물질들이 생성되기 때문이라고 하였다. 본 실험에서는 간장 및 된장에서 3.1 µg/kg이하의 NDMA만이 검출되어 상기의 연구와 비교해 볼 때 NDMA의 함량이 다소 적은 것으로 나타났다. 그러나 간장 및 된장에서 검출된 NDMA의 함량이 비록 적은 함량이라는 하나 우리나라 사람들이 조미료로써 간장과 된장을 상용한다는 것을 고려해 볼 때 우리의 식생활에 있어서 매우 중요한 의미를 갖는다고 생각된다.

Scanlan 등(15)은 25점의 미국산 맥주 중 NA를 분석한 결과 NDMA만이 검출되었고 23점에서 NDMA는 0~14.0 µg/kg으로 평균 5.9 µg/kg으로 검출되었다고 하였다. 다른 연구자들(16)은 166점의 미국산 및 브라질산 맥주로부터 NA를 분석한 결과 약 54%에서 0.05~0.66 µg/kg의 범위로 NDMA가 검출되었으며 미국 및 브라질에서 1인 1일 평균 맥주의 섭취량으로 볼 때 각각 0.02 µg/kg, 0.01 µg/kg의 NDMA를 섭취하게 된다고 보고되어 있다. Chung(17)은 국내산 맥주에서 29점 중 23점, 수입산 맥주에서 11점 중 5점에서 NDMA가 검출되었으며, 그 함량은 각각 평균 0.8 µg/kg, 3.5 µg/kg이라고 보고하였다. Sung 등(18)은 국내산 맥주 47점 중 NA를 분석한 결과 병제품에서 평균 2.8 µg/kg, 캔제품에서 평균 0.9 µg/kg의 NDMA를 정량하였다.

맥아의 건조공정에 따른 NDMA의 함량을 보면 건조보리 및 녹맥아에서 0.3 µg/kg에 불과하였으나 건조맥아에서는 54.0 µg/kg의 NDMA가 검출되었는데, 이는 맥아의 건조 중에 생성된 산화질소 유도체와 맥아중의 hordenine, gramine 및 DMA와 같은 아민류와 반응함으로써 많은 양의 NDMA가 생성된다는 것이 Spiegelhalter와 Eisenbrand에 의해 밝혀져 있다(19). 1980년대 중반기 이후로 맥주 중 NDMA의 함량이 현저하게 감소되었는데, 이는 맥아 공정의 기술혁신에 의해 맥아를 간접적으로 가열하여 건조시킴으로써 연료의 연소시 생성되는 산화질소의 생성을 차단시켰기 때문이다(20).

#### 간장, 된장 및 맥주의 인공소화시 NA의 생성

간장, 된장 및 맥주 시료를 인공타액 및 위액을 첨가하여 인공소화 전·후의 NA 생성에 관한 결과는 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 인공소화 후에 NA는 NDMA만이 검출되었으며, 인공소화 전과 비교하여 모든 시료에서 증가되었다. 특히 된장의 경우 인공소화 전의 NDMA의 함량이 2.3 µg/kg이었는데, 인공타액 및 위액으로 소화시킨 후에 10.4 µg/kg으로 인공

**Table 3. The levels of N-nitrosamine in soy sauce, soybean paste and beer**

Sample	Sample source	Detected NDMA (µg/kg)	Recovery of NDPA (%)
Soy sauce	A Home-made	<0.5	82.4
	B Home-made	1.5	96.3
	C Home-made	2.7	92.6
	D Marketing	2.1	96.8
	E Marketing	2.7	97.9
	F Marketing	1.1	86.0
Soybean paste	A Home-made	3.1	97.8
	B Home-made	1.5	97.2
	C Home-made	2.8	91.7
	D Marketing	1.6	100.2
	E Marketing	2.4	97.8
Beer	A Marketing	<0.5	93.3
	B Marketing	0.6	84.4
	C Marketing	0.7	89.7
	D Marketing	1.2	96.3
	E Marketing	1.8	98.3
	F Marketing	1.3	97.8

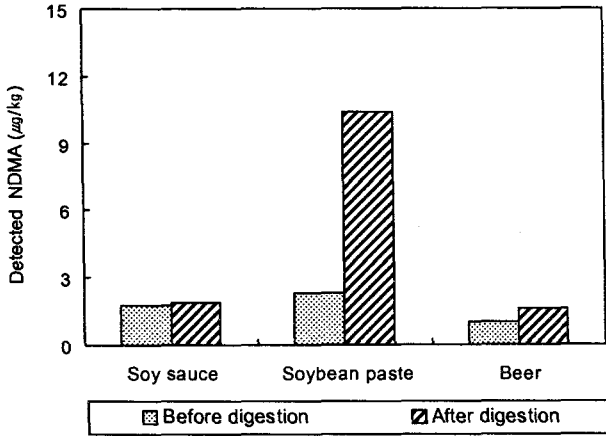


Fig. 1. N-nitrosamine formation in soy sauce, soybean paste and beer under simulated gastric digestion.

소화 후에 약 4.5배 증가되었으며, 간장과 맥주는 각각 1.1배, 1.5배의 증가를 보였다. 이는 인공소화 동안 인공타액이나 위액, 배양온도 및 pH 조건에 의해 니트로소화가 촉진된 것으로 추정된다.

아질산염, thiocyanate 및 ascorbic acid의 첨가가 NA 생성에 미치는 영향

간장, 된장 및 맥주 시료 25 g에 대하여 아질산염을 1, 4 및 8 mM의 농도로 첨가하여 인공소화시킨 결과는 Fig. 2와 같다. 아질산염을 첨가하여 인공소화시킨 모든 시료에서 NA는 NDMA만이 정량되었다. 아질산염의 농도가 증가됨에 따라 간장, 된장 및 맥주 시료에서 NDMA의 생성은 증가되어 아질산염을 처리하지 않은 대조구에 비해 각각 2.2배, 6.7배 및 7.2배 증가하였다.

Lee 등(21)은 굴비육과 아질산염의 함량을 달리하여 인공소화시킨 후 NDMA를 분석한 결과 굴비육 2 g에 0.5 mM의 아질산염을 첨가한 실험구에 비해 굴비육 10 g에 8 mM의 아질산염을 첨가할 경우 무려 203.4배나 높은 NDMA가 생성되었는데, 이같은 현상은 아질산염의 농도가 NA 생성에 주된

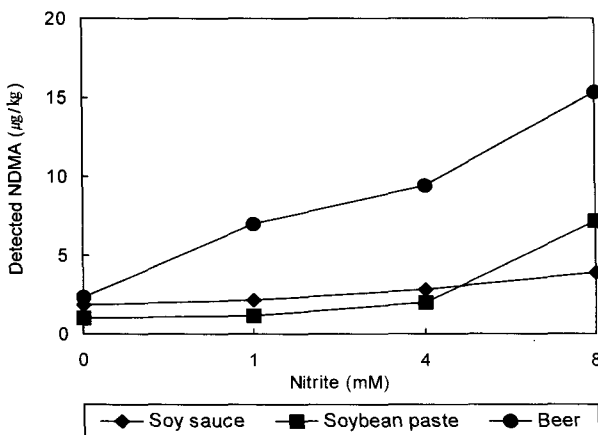


Fig. 2. Effect of nitrite on N-nitrosamine formation in soy sauce, soybean paste and beer under simulated gastric digestion.

역할을 하기 때문이라고 고찰하였다. Sung 등(18)은 25 mL의 맥주에 0.2 g의 아질산염을 가하여 27°C에서 3시간 정치시킨 후 NA를 분석한 결과 NDMA, NPYR 및 N-nitrosomorphorine(NMOR)이 검출되었으며, 대조구에서 NDMA의 함량은 1.0 µg/kg 이하였는데 니트로소화시킨 후에는 816~857 µg/kg으로 증가되었으며, NPYR 및 NMOR은 대조구에서 전혀 검출되지 않았으나 처리구에서 각각 42~47 µg/kg, 3~5 µg/kg이 검출되었다고 보고하였다.

Fig. 3은 간장, 된장 및 맥주 시료에 8 mM의 아질산염과 thiocyanate를 1.6, 3.2 및 6.4 mM의 농도로 첨가하여 인공소화시킨 결과를 나타낸 것이다. Thiocyanate를 첨가하지 않은 대조구에 비해 NDMA 생성은 모두 증가되었으며, 특히 thiocyanate의 농도가 3.2 mM에서 6.4 mM로 증가되었을 때 NDMA의 생성은 크게 증가되었는데, 맥주는 3.2 mM의 thiocyanate가 함유된 경우에 11.0 µg/kg이었는데, 6.4 mM의 thiocyanate가 첨가되었을 경우 23.9 µg/kg으로 2.2배의 증가를 보였다. Yamamoto 등(22)은 NA 생성에 미치는 thiocyanate의 영향을 조사하기 위해 5 mM의 sarcosine과 10 mM의 아질산나트륨 수용액에 sodium thiocyanate를 100 mM 첨가하여 니트로소화시킬 경우 대조구에 비해 약 2.6배의 NDMA가 생성된다고 하였는데 본 실험에서도 비슷한 결과로 나타났다.

8 mM의 아질산염과 6.4 mM의 thiocyanate를 첨가한 간장, 된장 및 맥주 시료에 ascorbic acid를 3.2, 6.4 및 12.8 mM 농도로 가하여 인공소화시킨 후 NA 생성을 분석한 결과 ascorbic acid의 농도가 증가될수록 NDMA 생성은 억제되었다(Fig. 4). 12.8 mM의 ascorbic acid를 첨가할 경우 무첨가구(25.8 µg/kg)에 비해 맥주는 32.6%, 간장은 74.3%가 억제되었으며, 된장은 92.3%나 억제되었다.

Sung 등(12)은 70일간 숙성시킨 재래식 간장에 300 µg/kg의 ascorbic acid를 첨가시켜 상온에서 80시간 정치시킨 후 NDMA를 분석한 결과 대조구에 비해 약 63.8%의 억제효과

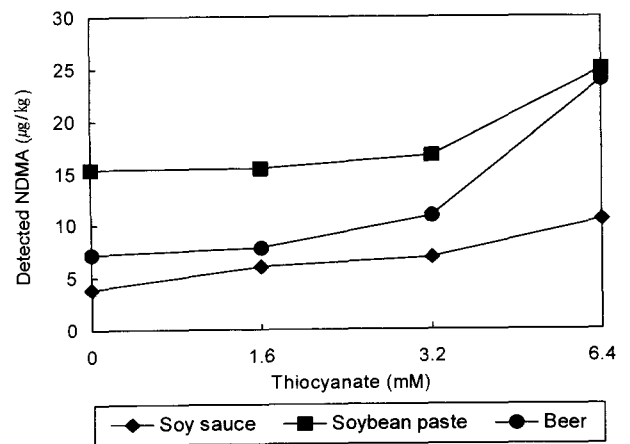


Fig. 3. Effect of thiocyanate on N-nitrosamine formation in soy sauce, soybean paste and beer containing 8 mM nitrite under simulated gastric digestion.

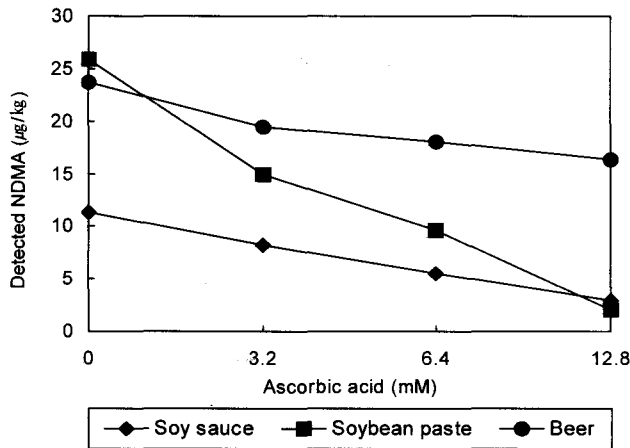


Fig. 4. Effect of ascorbic acid on N-nitrosamine formation in soy sauce, soybean paste and beer containing 8 mM nitrite and 6.4 mM thiocyanate under simulated gastric digestion.

를 보인다고 하였다. Fiddler 등(23)은 반응용액 중 ascorbic acid의 농도가 0.2 mM일 때 아질산염의 함량에 아무런 영향을 주지 않았으나, 4 mM의 ascorbic acid를 첨가할 경우 약 44%의 아질산염이 소거되었고 그 이유로 니트로소화 억제기 작 중 아질산염의 소거에 ascorbic acid가 관여하기 때문이라고 하였는데 이는 본 실험에서 얻은 결과와도 잘 일치하였다.

## 요 약

우리나라 고유의 조미료인 간장 및 된장, 대중적인 알코올 음료인 맥주를 대상으로 하여 발암성 N-nitrosamine(NA)을 분석하였고, 또 인공타액 및 위액을 혼합하여 *in vitro*에서 인공소화시킴으로써 섭취 후 생체내에서 생성 가능한 NA를 예측하고자 하였다. 대상시료 중 질산염은 간장에서 0.3~0.9 mg/kg, 된장에서 0.5~1.0 mg/kg, 맥주에서 0.5~1.3 mg/kg, 아질산염은 모든 시료에서 평균 0.3 mg/kg이었으며, DMA 및 TMA는 0.5 mg/kg 이하로 정량되었다. NA를 분석한 결과, 모든 시료에서 NDMA만이 검출되었으며, 간장에서 <0.5~2.7 µg/kg, 된장에서는 1.5~3.1 µg/kg, 맥주에서는 <0.5~1.8 µg/kg으로 정량되었고, 인공소화 후에는 각각 1.1배, 4.5배 및 1.6배 증가되었다. 아질산염을 농도별로 첨가하여 인공소화시킬 때 모든 시료에서 대조구에 비하여 아질산염의 농도가 높아질수록 NDMA가 증가되었고, 인공소화시 6.4 mM의 thiocyanate를 맥주에 첨가할 때 대조구에 비해 NDMA가 무려 3.3배로 가장 많이 증가하였다. Ascorbic acid를 첨가하여 인공소화시킨 결과 전 시료에서 NDMA의 생성이 억제되었으며 특히 12.8 mM의 ascorbic acid를 첨가한 된장에서 NDMA 생성은 약 92.3%나 억제되었다.

## 감사의 글

이 논문은 보건의료기술 연구개발사업(관리번호 : HMP-

99-F-06-001, 식품 중 각종 위해요인의 위해성평가와 관리 방안 수립에 관한 연구)의 연구비 지원에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사하는 바입니다.

## 문 헌

1. Boyland E, Walker SA. 1974. Effect of thiocyanate on nitrosation of amines. *Nature* 248: 601-602.
2. Fan TY, Tannenbaum SR. 1973. Factors influencing the rate of formation of nitrosomorpholine from morpholine and nitrite: acceleration by thiocyanate and other ions. *J Agric Food Chem* 21: 237-240.
3. Tannenbaum SR, Sinskey AJ, Weisman M, Bishop W. 1974. Nitrite in human saliva: Its possible relationship to nitrosamine formation. *J Nat Cancer Inst* 53: 79-84.
4. Luepker RV, Pechacek TE, Murray DM, Johnson CA, Hund F, Jacobs DR. 1981. Saliva thiocyanate: A chemical indicator of cigarette smoking in adolescents. *Am J Publ Hlth* 71: 1320-1324.
5. Mirvish SS. 1975. Formation of N-nitroso compounds: Chemistry, kinetics and *in vivo* occurrence. *Toxi Appl Pharmacol* 31: 325-351.
6. Oshima H, Kawabata T. 1977. Mechanism of the N-nitrosodimethylamine formation from trimethylamine. *Bull Japan Soc Fish* 44: 77-81.
7. Fiddler W, Piotrowski EG, Pensabean JW, Doerr RC, Wassermann AE. 1972. Effect of sodium nitrite concentration on N-nitrosodimethylamine formation in frankfurters. *J Food Sci* 37: 668.
8. Sung NJ, Hwang OJ, Lee EH. 1988. Studies on N-nitrosamine of Korean ordinary soysauce. *J Korean Soc Food Nutr* 17: 125-135.
9. O'Brien TJ, Lukes BK, Scanlan RA. 1980. Control of N-nitrosodimethylamine in malt through the use of liquid/gaseous sulfur dioxide. *Master Brew Assoc Am Tech Q* 17: 196-200.
10. Weng YM. 1989. Nitrosamine formation and mutagenicity of Chinese-style salted fish treated with nitrite under simulated gastric digestion. *MS thesis*. Cornell Univ.
11. Len Kamn G, Mckeown G, Smith DM. 1965. New colorimetric method for the determination of the nitrate and nitrite content of baby foods. *J A O A C Food Chem* 48: 892-897.
12. Sung NJ, Klausner KA, Hotchkiss JH. 1991. Influence of nitrate, ascorbic acid, and nitrate reductase microorganisms on N-nitrosamine formation during Korean-style soysauce fermentation. *Food Addit Contam* 8: 291-298.
13. Kwon TY. 1983. Studies on nitrosamine and related substances in Korean native soysauce. *PhD Dissertation*. Chonbuk National Univ.
14. Lee SJ, Shin JH, Kim JG, Sung NJ. 1998. The effect of processing conditions of the salted and dried yellow corvenia (Gulbi) on N-nitrosamine (NA) formation during its processing: 1. Changes of amines, nitrite in the salted dried yellow corvenia during its processing and storage. *Korean J Food Nutr* 11: 444-451.
15. Scanlan RA, Barbour JF, Hotchkiss JH, Libbey LM. 1980. N-nitrosodimethylamine in beer. *Food Cosmet Toxicol* 18: 27-29.
16. Gloria MBA, Barbour JF, Scanlan RA. 1997. N-nitrosodimethylamine in Brazilian, U.S. domestic and U.S. imported beers. *J Agric Food Chem* 45: 814-816.
17. Chung MJ. 1996. Detection of N-nitrosamine in alcoholic

- beverage. *MS thesis*. Gyeongsang National Univ.
18. Sung NJ, Shin JH, Lee SJ. 1996. N-nitrosamine in Korean beer. *J Food Sci Nutr* 1: 6-9.
  19. Spiegelhalter BG, Eisenbrand R. 1980. N-nitroso compounds. *International Agency for Research on Cancer* 31: 467.
  20. Mangino MM, Scanlan RA, O'Brien TJ. 1981. N-nitrosamines in beer. In N-nitroso compounds. ACS Symposium Series 174, Am Chem Soc. Washington, DC. p 229-245.
  21. Lee SJ, Shin JH, Kim JG, Sung NJ. 2000. Effect of nitrite, thiocyanate and ascorbic acid on N-nitrosamine formation in salted and dried yellow corvenia under simulated gastric digestion. *J Fd Hyg Safety* 15: 101-107.
  22. Yamamoto M, Yamada T, Tanimura A. 1976. Studies on the formation of nitrosamines (V). The effects of citrate, tartrate and thiocyanate on the rates of nitrosation. *J Food Hyg Soc Japan* 17: 363.
  23. Fiddler W, Pensabene JW, Piotrowski EG, Doerr RC, Waserman AE. 1973. Use of sodium ascorbate or erythorbate to inhibit formation of N-nitrosodimethylamine in frankfurters. *J Food Sci* 38: 1084.

(2002년 3월 28일 접수; 2002년 6월 3일 채택)