J. Fd Hyg. Safety 15(2), 95–100 (2000)

천연식물성분이 N-Nitrosodimethylamine 생성억제에 미치는 영향

이수정 · 신정혜 · 정미자 · 성낙주†
경상대학교 식품영양학과 · 농어촌개발연구소

Effect of Natural Foods on the Inhibition of N-Nitrosodimethylamine Formation

Soo-Jung Lee, Jung-Hye Shin, Mi-Ja Chung and Nak-Ju Sung†
Dept. of Food and Nutrition, The Institute of Agriculture and Fishery Development, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT – The effect of natural foods, utilizing the extracts or juices of teas(Green tea; *Camellia sinesis*, Du' chung; *Eucommia ulmoides* Oliver), medicinal plants(Eu sung cho; *Houttuynia cordata* Thunb, Sam back cho; *Saurus Chinensis*, Baek hwa sa seal cho; *Oldenladia diffusa* Roxb.) seaweeds(Laver; *Porphyra tenera*, Sea mustard; *Undaria pinnatifida*, Sea staghorn; *Condium fragile*) and vegetables(Sweet pepper; *Capsicum annuum* var. angulosum, Kale; *Brassia oleracea* var. acephala, Cucumber; *Cucumis sativus*, Onion; *Allium cepa*) and fruits(Tomato; *Lycopericon esculentum*, Maesil; *Prunus mume*, Plum; *Prunus salicina* and Grape; *Vitis* spp.)on the inhibition of N-Nitrosodimethylamine(NDMA) formation was investigated from the various conditions. The inhibition effect was observed *in vitro* using the reaction fluids of pH 1.2, 4.2 and 6.0. From the teas and medicinal plants, there was a positive response of NDMA formation; however, from the seaweed extracts, there was a negative response of the inhibition effect of NDMA formation, and as the pH of reaction fluids and the amount of materials increase, the inhibition of NDMA formation was strengthened. The inhibition ratios by the level of pH are as follows: under pH 1.2 vegetable juice were 57.6~99.7% and fruits were 35.9 ~99.7%; under pH 4.2 vegetable juice were 55.0~97.5% and fruits were 21.3~96.8%. All of the materials observed has been proved and shown the inhibition effect of NDMA formation.

Key word □ NDMA, Tea, Medicinal plant, Seaweed, Vegetable, Fruit

식품 중에 존재하는 N-nitrosodimethylamine(NDMA)은 발암성을 나타낼 뿐만 아니라,[1-6] 질산염이나 아질산염을 첨가한 식육가공품을 비롯하여 여러 가지 식품 중에 널리 분포한다는 것이 밝혀짐에 따라 식품의 가공중 이 물질의 생성을 최소화하기 위한 일련의 연구가 이루어지고 있다. 이와 관련된 연구로써 Mirvish 등[7]이 ascorbic acid첨가로 NA 생성을 억제시킬 수 있다는 것을 최초로 지적한 이래 Fiddler 등[8]은 ascorbic acid, sodium ascorbate 및 sodium isoascorbate가 아질산과의 반응에서 니트로소화 반응을 차단시킬 수 있다고 보고하였다. 즉 ascorbic acid와 그 음이온은 수용액 상태에서 아질산을 급속히 환원시켜 산화질소(NO)를 생성하고, 동시에 자신은 dehydroascorbic acid로 되어 NA의 생성을 억제시킨다고 하였다. Helser와 Hotchkiss[9]는 토마토 추출물 중 ascorbic acid와 페놀 획분이 N-nitrosomorpholine(NMOR)의 생성을 억제시키며, 페놀화합물 중 주된 물질은 *p*-coumaric acid라고 보고하였다. 그 외에 polyphenol 화합물의 NA 생성억제에 관한 보고[10]와 페놀화합물이 니트로소화 반응에 미치는 영향에 대한 연구 결과[11] phenol, guaiacol 및 resorcinol은 니트로소화 반응을 촉진시키나 hydroquinone과 catechol은 이 반응을 강력히 억제시킨다고 하였으며, Pignatelli 등[12]은 resorcinol, catechin 및 *p*-nitrophenol은 니트로소화 반응을 촉진하는 반면 chlorogenic acid는 억제시킨다고 보고하였다. 이와 같이 NA 생성억제제의 기본원리는 전구물질인 아질산염의 소거능력에 의해 좌우된다는 것이 밝혀지게 되었다.

최근 식품과 건강에 대한 지식수준의 향상으로 인해 식

†Author to whom correspondence should be addressed.

품의 안전성에 대한 관심도가 증대되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 차류, 약용식물류, 해조류 및 과실류 등 총 16종의 천연식물류를 이용하여 *in vitro*에서 NDMA의 생성에 미치는 영향을 실험하였다.

재료 및 방법

재료

천연식물류는 차류(녹차; *Camellia sinesis*, 두충; *Eucommia ulmoides* Oliver), 약용식물류(어성초; *Houttuynia cordata* Thunb, 삼백초; *Saurus Chinensis*, 백화사설초; *Oldenladia diffusa* Roxb.), 해조류(김; *Porphyra tenera*, 미역; *Undaria pinnatifida*, 청각; *Condium fragile*), 채소류(피망; *Capsicum annuum* var. angulosum, 케일; *Brassia oleracea* var. acephala, 오이; *Cucumis sativus*, 양파; *Allium cepa*) 및 과실류(토마토; *Lycopericon esculentum*, 매실; *Prunus mume*, 자두; *Prunus salicin*, 포도; *Vitis* spp.) 등으로 녹차는 화개농협제다, 두충 및 약용식물류는 고담물산주식회사, 매실은 하동농협에서 기증받았고 해조류, 채소 및 과실류는 진주 중앙시장에서 구입하였다.

차류, 약용식물류 및 해조류 추출물의 조제

균질화 된 건조시료 20 g을 취하여 60℃로 가온한 증류수를 200 ml가하여 차류는 6시간, 약용식물류는 12시간, 해조류는 3시간씩 각각 교반 추출하였다. 교반 후 여과하여 다시 동량의 온수를 가해서 반복 추출한 후 이를 모아 여과한 후 농축하여 수용성획분을 얻었다. 그리고 잔사에 75% 메탄올 200 ml를 가하여 상기와 같은 조작으로 2회에 걸쳐 얻은 추출액을 메탄올 가용성획분으로 하였다.

채소 및 과실류쥬스의 조제

채소 및 과실류는 깨끗이 씻어 물기를 제거한 후 쥬스기(LG사제, GLM-551P)로 착즙하여 원심분리한 것을 "쥬스"로 하여 실험재료로 사용하였다.

천연식물류의 NDMA 생성억제 효과

0.15M $NaNO_2$용액 3 ml와 소정농도의 시료를 첨가한 후 0.1N HCl용액(pH 1.2) 및 0.2M 구연산 완충용액(pH 4.2 및 6.0)으로 각각 조제된 0.3M dimethylamine용액을 각각 1.5 ml가하여 상기 완충용액으로 총 부피를 70 ml로 한 후 37℃에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 ammonium sulfamate 500 mg을 가하고, 이어서 dichloromethane 50 ml를 이용하여 NDMA를 추출하였다. 추출 후 dichloromethane층을 모아서 무수황산나트륨으로 탈수시킨 다음 Gas Chromatography(GC) - Thermal Energy Analyzer(TEA)로 NDMA를 분석하였고, 대조구는 시료대신 완충용액을 사용하여 상기와 동일한 방법으로 하였다. NDMA 생성억제 효과는 시료의 첨가 전·후에 나타나는 peak의 백분율(%)로써 나타내었다. GC-TEA의 분석조건은 10% carbowax 20M/80~100 chromosorb WHP로 충전한 칼럼을 이용하였고, He가스의 유속은 25 ml/min, injection port의 온도는 180℃, pyrolizer온도는 550℃, interface온도는 200℃, 압력은 1.9 torr로 하였다.

결과 및 고찰

차류 및 약용식물류 추출물의 NDMA 생성억제 효과

Table 1 및 2는 차류(녹차, 두충) 및 약용식물류(어성초, 삼백초, 백화사설초) 추출물의 pH 및 농도변화가 NDMA 생성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 시료를 첨가하지 않은 대조구의 NDMA 생성량을 100%로 하였을때, 차류 및 약용식물류 추출물 모두 NDMA 생성을 촉진시켰으며, 특히 pH 6.0에서 NDMA 생성이 가장 높았다.

녹차 추출물은 시료의 첨가량이 증가할수록 NDMA 생성이 약간 촉진되었으나 두충추출물은 시료의 첨가량에 비례하여 NDMA 생성이 촉진되었으며, 추출용매에 따른 차이는 거의 없었다. 약용식물류 추출물도 차류 추출물과 비슷한 경향으로 NDMA 생성을 촉진시켰는데, 어성초의 메탄올추출물은 pH 1.2에서 10~30 mg첨가시 2.5~5.1%, 백화사설초 물추출물은 50 mg첨가시 모든 pH영역에서

Table 1. Effect of water and methanol-soluble extracts obtained from Green tea and Du'chung on NDMA formation

Teas	Extracting solvent	Adding amount of extracts(mg)	NDMA formation (%)[1] pH 1.2	pH 4.2	pH 6.0
Green tea (*Camellia sinesis*)	water	10	258.3	375.0	870.0
		30	216.7	325.0	660.0
		50	208.3	300.0	460.0
	methanol	10	266.7	375.0	226.0
		30	208.3	325.0	182.0
		50	158.3	275.0	132.0
Du'chung (*Eucommia ulmoides* Oliver)	water	10	115.1	117.9	271.4
		30	102.3	129.3	314.3
		50	104.7	128.6	371.4
	methanol	10	115.1	135.7	157.1
		30	102.3	151.8	214.3
		50	118.6	150.0	242.9

[1] Percentage was calculated from levels of NDMA formed in control samples.

Table 2. Effect of water and methanol-soluble extracts obtained from Medical plants on NDMA formation

Medical plants	Extracting solvent	Adding amount of extracts(mg)	NDMA formation (%)[1] pH 1.2	pH 4.2	pH 6.0
Eu sung cho (*Houttuynia cordata* Thunb)	water	10	127.7	104.5	133.3
		30	169.2	114.5	155.6
		50	180.0	127.3	222.2
	methanol	10	94.9	147.4	150.0
		30	97.5	138.0	245.5
		50	107.0	157.7	290.0
Sam baek cho (*Saurus Chinensis*)	water	10	103.2	110.6	140.0
		30	146.0	115.9	160.0
		50	184.1	137.2	240.0
	methanol	10	108.6	120.8	170.8
		30	167.1	129.7	212.5
		50	185.7	151.6	266.7
Baek hwa sa seul cho (*Oldenladia diffusa* Roxb)	water	10	102.4	104.6	110.2
		30	106.0	96.6	110.2
		50	96.4	96.2	98.3
	methanol	10	105.0	91.7	181.8
		30	101.7	97.2	200.0
		50	115.0	106.9	209.1

[1] Percentage was calculated from levels of NDMA formed in control samples.

1.7~3.8%의 억제를 보였을 뿐 기타 시료에서는 추출물의 농도가 증가함에 따라 NDMA 생성도 크게 촉진되었다.

Tannin은 아질산염과 경쟁적으로 반응하여 NA 생성을 억제시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다.[13] 일본 녹차의 주성분인 catechin류는 NDMA, N-nitrosodiethylamine (NDEA), N-nitrosopiperidine(NPIP), N-nitrosopyrrolidine (NPYR)의 생성을 촉진시키나, flavonoid류는 NA 생성과 억제에 뚜렷한 영향을 주지 못하며 catecol류, pyrogallol, gallic acid는 NA 생성억제 효과가 뛰어난 것으로 보고되어 있다.[14]

녹차추출물은 아질산염 소거작용이 우수한 것으로 보고되어져 있는데[15] 본 실험에서 NDMA 생성억제 효과가 나타나지 않은 것은 DMA 공존하에서 아질산염과 DMA와의 반응으로 인한 NA의 생성속도가 시료성분에 의한 아질산염의 분해속도보다 빠르기 때문에[16] DMA가 첨가된 경우 아질산염 소거작용이 다소 낮아졌거나, 시료 중에 존재하는 페놀화합물 중 아질산염과 반응하여 C-nitroso 유도체를 형성한 후 quinone monoxime tautomer로 되어 N_2O_3와 반응하여 니트로소화 인자를 생성하기 때문에[17] NA를 생성하는 반응에서 촉매제로 작용할 수 있으며, 천연 페놀류는 알칼리의 반응조건에서 NDEA의 생성을 촉진시킨다는 보고[18]와 아질산 존재시 페놀류는 급속하게 *p*-nitrosophenol로 전환되어 니트로소화를 촉진시킨다는 보고[19]로 미루어 볼 때, 차류 및 약용식물류 중에 함유된 페놀화합물은 니트로소화를 촉진시키는 물질이 많기 때문에 NDMA 생성을 촉진시키는 것으로 사료된다. 반면에 Nakamura와 Kawabata의 보고[14]에 따르면 DMA와 아질산나트륨의 반응용액에 녹차추출물을 1~8 ml의 범위로 첨가한 후 37℃에서 30분간 배양한 결과 추출물을 1~2 ml첨가할 경우 NA 생성량이 가장 높았고, 7~8 ml첨가시에는 NA 생성이 급격히 감소되었다고 보고하였는데, 본 실험에서 녹차추출물의 첨가시 NA 생성을 촉진시켰으나 추출물의 농도증가에 따라서는 NA 생성이 서서히 감소되는 경향을 보여 상기 보고와는 반응속도에 다소간의 차이가 있는 것으로 사료된다.

해조류추출물의 NDMA 생성억제 효과

Table 3은 해조류(김, 미역, 청각) 추출물이 NDMA 생성에 미치는 영향을 나타낸 것이다. Table 3에서 보는 바와 같이 해조류 추출물의 대부분은 추출용매에 관계없이 NDMA의 생성에 상당한 억제효과를 보여 김 추출물의 경우는 최고 61.0%, 미역 47.0% 및 청각 38.5%의 억제효과를 보였다. 해조류 추출물의 NDMA 생성억제 효과는 아질산염 소거작용과 상관관계가 있으며, 본 실험에 사용된 시

Table 3. Effect of water and methanol-soluble extracts obtained from seaweed on NDMA formation

Seaweeds	Extracting solvent	Adding amount of extracts(mg)	NDMA formation (%)[1] pH 1.2	pH 4.2	pH 6.0
Laver(*Porphyra tenera*)	water	10	77.8	42.7	62.5
		30	71.8	42.7	75.0
		50	51.3	42.7	112.5
	methanol	10	87.2	42.7	150.0
		30	67.4	41.5	250.0
		50	58.9	39.0	287.5
Sea mustard (*Undaria pinnatifida*)	water	10	92.8	90.0	69.8
		30	84.5	81.3	53.8
		50	73.8	80.9	53.0
	methanol	10	78.3	78.2	99.8
		30	75.1	77.4	86.7
		50	64.5	72.7	62.8
Sea staghorn (*Condium fragile*)	water	10	77.6	77.3	88.4
		30	70.4	76.9	61.5
		50	69.2	78.2	81.4
	methanol	10	83.6	75.5	67.4
		30	65.7	66.1	80.0
		50	65.8	75.5	79.8

[1] Percentage was calculated from levels of NDMA formed in control samples.

료 추출물의 농도가 아질산염 농도에 비해 비교적 낮았기 때문에 아질산염이 nitric oxide로 분해된 후 다시 아질산으로 되어 재차 니트로소화 반응에 참여하기 때문이라 생각된다.[20]

안 등[21]은 해조추출물의 pH 및 농도변화에 따른 NDMA 생성억제에 관한 보고에서 김 및 파래는 약 40~50%, 미역 및 청각은 약 25%의 억제효과를 나타낸다고 하였는데, 이는 본 실험 결과와 비슷한 경향이었다.

채소류 및 과실류쥬스의 NDMA 생성억제 효과

채소류 및 과실류쥬스의 pH와 농도에 따른 NDMA의 생성억제 효과는 Table 4및 5에 나타내었다. pH 1.2에서 채소류쥬스는 57.6~99.7%, 과실류쥬스는 35.9~99.7%, pH 4.2에서는 각각 55.0~97.5% 및 21.3~96.8%의 범위로 NDMA 생성억제 효과를 보여 측정한 시료 모두에서 그 억제효과가 입증되었으나, pH 6.0의 경우 오이쥬스 첨가구는 3~10 ml첨가시 50.0~86.7%, 토마토쥬스는 1~10 ml첨가시 7.7~53.8%, 매실쥬스는 10 ml첨가시 28.6%의 억제효과만 있었을 뿐 그 외 시료에서는 NDMA 생성억제 효과가 없었다. 특히 케일쥬스 첨가구는 반응용액의 pH가 1.2인 경우 3 ml의 쥬스 첨가시 NDMA 생성억제 효과가 90%, 5 ml 및 10 ml첨가시에는 각각 98.8% 및 99.7%로서 이 같은 현상은 케일에는 상기 시료에 비해 훨씬 효과적으로

Table 4. Influence of vegetable juice on NDMA formation in reaction systems of different pH

Vegetables	Adding amount of juice (ml)	Inhibition of NDMA formation(%)[1] pH 1.2	pH 4.2	pH 6.0
Sweet pepper(green) (*Capsicum annuum* var.angulosum)	1	60.1	64.3	-[2]
	3	89.3	78.3	-
	5	95.8	89.9	-
	10	97.0	96.9	-
Kale(*Brassia oleracea* var. acephala)	1	64.6	55.0	-
	3	90.0	76.0	-
	5	98.8	95.0	-
	10	99.7	95.3	-
Cucumber (*Cucumis sativus*)	1	57.6	55.7	-
	3	70.3	59.1	50.0
	5	96.9	92.8	66.7
	10	95.9	95.5	86.7
Onion (*Allium cepa*)	1	69.2	62.7	-
	3	70.9	67.8	-
	5	99.4	97.5	-
	10	98.8	97.0	-

[1] Percentage was calculated from levels of NDMA formed in control samples.
[2] Inhibition of NDMA formation was not observed.

Table 5. Influence of fruit juice on NDMA formation in reaction systems of different pH

Fruits	Adding amount of juice(ml)	Inhibition of NDMA formation(%)[1] pH 1.2	pH 4.2	pH 6.0
Tomato (*Lycopericon esculentum*)	1	36.9	32.8	7.7
	3	60.7	56.6	10.2
	5	72.6	68.9	29.1
	10	96.4	91.0	53.8
Maesil (*Prunus mume*)	1	56.0	35.0	-[2]
	3	78.0	37.4	-
	5	99.0	94.4	-
	10	99.7	96.8	28.6
Plum (*Prunus salicin*)	1	66.7	28.9	-
	3	67.2	34.7	-
	5	99.5	93.4	-
	10	99.3	90.0	-
Grape(*Vitis* spp.)	1	35.9	21.3	-
	3	51.5	38.5	-
	5	98.8	95.7	-
	10	98.5	92.7	-

[1] Percentage was calculated from levels of NDMA formed in control samples.
[2] Inhibition of NDMA formation was not observed.

NDMA의 생성을 억제시킬 수 있는 물질이 존재하기 때문이라 추정된다.

NA 생성은 pH의 의존성이 높기 때문에 산성영역일수록 반응이 명확하게 나타나는데 본 실험의 결과로 볼 때 산성영역에서 NA 생성억제 효과가 높은 것은 산성영역에서 NA 전구물질인 아질산의 분해작용이 크기 때문이라 판단된다. 또 채소 및 과실류쥬스에는 ascorbic acid외에 페놀화합물[22] 및 SH화합물[23]과 같이 환원력이 강한 성분이 함유되어 있으므로 이들 성분에 의해 아질산염의 소거가 촉진되어 NA생성억제 효과가 두드러지게 나타난 것으로 생각된다.

Dion 등[24]은 마늘 및 양파의 황화합물 중 마늘의 물추출물로부터 얻은 S-allyl cysteine은 아질산나트륨과 morpholine이 함유된 반응용액에서 NMOR의 생성을 43%까지 억제시키며, 비allyl계인 S-propyl cysteine도 NMOR 생성억제에 효과가 있다고 보고하였다. Achiwa 등[25]은 42종의 야채류 및 11종의 과실류쥬스가 NDMA생성에 미치는 영향을 조사한 결과 대부분의 시료에서 20%미만의 억제작용을 보였으나 레몬쥬스에서만 유독 50%의 억제효과를 보였는데, 이는 레몬쥬스에 함유된 ascorbic acid가 NDMA의 생성을 겨우 0.6%밖에 억제시키지 못하는 것으로 보아 주된 억제제는 ascorbic acid가 아닌 다른 물질이라고 추정하였다. 한편 Sato 등[26]은 채소나 과실류가 diethylamine과 아

질산염과의 반응계에 어떤 영향을 미치는가를 실험한 결과 NDEA 생성억제 효과는 시금치에서 10~49%, 피망이 15~75%, 오렌지에서 52~58%였으나, 오이, 자두 및 사과쥬스의 경우 오히려 NDEA 생성을 촉진시킨다고 하였는데 이는 채소나 과실류의 종류에 따라 함유된 성분조성이 상이하기 때문이라고 고찰하였다.

Ascorbic aicd가 NA 생성을 저해하는 것은 이미 잘 알려진 사실이나 본 실험에 사용된 채소 및 과실류에서 NDMA 생성억제 작용이 높게 나타난 것은 단순히 시료중에 함유된 ascorbic acid만의 효과라고는 생각되지 않는다. Polyphenol류는 그 수산기의 위치와 수에 의해 니트로소화를 촉진시키거나 억제시키는데 즉, 페놀성 물질의 니트로소화 반응억제는 아민류와 반응할 수 있는 아질산염을 nitric oxide로 전환시키며 페놀화합물 또한 니트로소화 인자에 의해 자신이 산화되어 quinone으로 되는 항산화제로 작용하므로 페놀 중 유리 수산기의 수에 기인된다고 볼 수 있다.[27] 이런 작용은 반응용액의 pH와 아질산염과의 몰비에 따라서도 상당히 달라질 수 있다. 따라서 니트로소화의 반응에 있어서 천연식물류의 작용은 여러 성분의 혼합물로써 존재하기 때문에 더욱 복잡한 것으로 판단되며, 결론적으로 채소 및 과실류 중에 함유되어 있는 여러가지 환원성 물질들이 아질산염의 소거작용 및 NA의 생성억제 효과에 크게 관여한다는 사실은 생체 내 특히 사람의 위내에서도 NA의 생성과 억제에 큰 변수로 작용하리라고 기대된다.

감사의 말

본 연구는 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 수행되었기에 이에 감사드립니다.

국문요약

천연식물류인 차류(녹차, 두충), 약용식물(어성초, 백화사설초, 삼백초) 및 해조류(미역, 청각, 김) 추출물, 채소류(피망, 케일, 오이, 양파) 및 과실류(토마토, 매실, 자두, 포도)쥬스 등을 이용하여 NDMA 생성억제작용을 pH 1.2, 4.2 및 6.0의 반응용액을 이용하여 *in vitro*에서 확인하였다. 차류 및 약용식물류에서는 NDMA 생성을 촉진시키는 경향을 보였으나, 해조류 추출물은 차류 및 약용식물류 추출물과는 달리 NDMA의 생성을 다소간 억제시켰으며, 반응용액의 pH가 산성일수록, 추출물의 농도를 높일수록 NDMA 생성에 대한 억제효과가 컸다. pH 1.2에서 채소류쥬스는 57.6~99.7%, 과실류쥬스는 35.9~99.7%, pH 4.2에서 채소류쥬스는 55.0~97.5%, 과실류쥬스는 21.3~96.8%의 억제효과를 보였다.

참고문헌

1. Fazio, T., Damico, J.N., Howard, J.W., White, R.H. and Watts, J.: Gas chromatographic determination and mass spectrometric confirmation of N- nitrosodimethylamine in smoked-processed marine fish. *J. Agric. Food Chem.*, **19**, 250 (1971).
2. Crosby, N.T., Foreman, J.K., Palframan, J.F. and Sawyer, R.: Estimation of steam-volatile N-nitrosamines in food at the 1μg/kg level. *Nature*, **238**, 342 (1972).
3. Panalaks, T., Iyengar, J.R., Donaldson, B.A., Miles, W.F. and Sen, N.P.: Further survey of cured meat products for volatile N-nitrosamines. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **57**, 806 (1974).
4. Goff, E.U. and Fine, D.H.: Analysis of volatile N-nitrosamines in alcoholic beverages. *Fd. Cosmet. Toxicol.*, **17**, 569 (1979).
5. Hildrum, K.I., Williams, J.L. and Scanlan, R.A.: Effect of sodiumconcentration on the nitration of proline at different pH levels. *J. Agric. Food Chem.*, **23**, 439 (1976).
6. Fong, Y.Y. and Walsh, E.O'F.: Carcinogenic nitrosamine in Cantonese salt-dried fish. *Lancet*, **6**, 1032 (1971).
7. Mirvish, S.S., Wallcave, L., Eagen, M. and Shubik, P.: Ascorbate-nitrite reaction : Possible means of blocking the formation of cacinogenic N-nitroso compounds. *Science*, **177**, 65 (1972).
8. Fiddler, W., Piotrowski, E.G., Pensabean, J.W., Doerr, R.C. andWassermann, A.E.: Effect of sodium nitrite concentration on N-nitrosodimethylamine formation in frankfurters. *J. Food Sci.*, **37**, 668 (1972).
9. Helser, M.A. and Hotchkiss, J.H.: Comparison of tomato phenolic acid and ascorbic acid fractions on the inhibition of N-nitroso compound formation. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 129-132 (1984).
10. 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 (1980).
11. Cooney R.V. and Ross, P.D.: N-nitrosation and N-

nitration of morpholine by nitrogen dioxide in aqueous solution ; Effect of vanillin and related phenols. *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 789-793 (1987).
12. Pignatelli, B., Bereziat, J.C., Descotes, G. and Bartsch, H.: Catalysis of nitrosation in vitro and in vivo in rats by catechin and resorcinol and inhibition by chlorogenic acid. *Carcinogenesis*, **3**, 1045-1049 (1982).
13. Bogovski, P., Castegnaro, M., Pignatelli, B. and Walker, E.A.: The inhibitory effect of tannins on the formation of nitrosamine. In "N-Nitroso- compounds, Analysis and Formation." (Ed. Bogovski, P., Preussman, P. and Walker, E. A.) IARC Scientific Publication No. 3, p. 127 (1972).
14. Nakamura, M. and Kawabata, T.: Effect of Japanese green tea on Nitrosamine formation in vitro. *J. Food Sci.*, **46**, 306-307 (1981).
15. 이수정: 천연성분의 첨가가 염건조기의 인공소화시 N-nitrosamine의 생성과 돌연변이원성에 미치는 영향. 경상대학교 박사학위논문 (1999).
16. 여생규, 염동민, 이동호, 안철우, 김선봉, 박영호 : 녹차추출물의 아질산염분해작용. 한국영양식량학회지, **23**, 287-292 (1994).
17. Davies, R., Massey, R.C. and McWeeny, D.J.: The catalysis of the N-nitrosation of secondary amines by nitrosophenols. *J. Food Chem.*, **6**, 115 (1980).
18. Walker, E.A., Pignatelli, B. and Friesen, M.: The role of phenols in catalysis of nitrosamine formation. *J. Sci. Food Agric.*, **33**, 81-88 (1982).
19. Challis, B.C.: Rapid nitrosation of phenols and its implication for health hazards from dietary nitrites. *Nature*, **244**, 466 (1973).
20. Fan, T.Y. and Tannenbaum, S.R.: Natural inhibitors of nitrosation reaction; The concept of available nitrite. *J. Food Sci.*, **38**, 1067-1069 (1973).
21. 안방원, 이동호, 여생규, 강진훈, 도정룡, 김선봉, 박영호 : 천연식품성분에 의한 발암성 니트로사민의 생성억제작용. 한국수산학회지, **26**, 289-295 (1993).
22. Kurechi, T., Kikugawa, K. and Fukuda, S.: Nitrite-reacting substances in Japanese radich juice and their inhibition of nitrosamine formation. *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 1265-1269 (1980).
23. 湯上進, 木村雄吉, 薺 浩: 香辛料化學(2): 香辛料の 抗酸化性に ついてる 食品工業, **14**, 57-659 (1971).
24. Dion, M.E., Alger, M. and Milner, J.A.: S-allyl cysteine inhibits nitrosomorpholine formation and bioactivation. *Nutrition and Cancer*, **28**, 1-6 (1997).
25. 阿知弓子, 桶廻博重, 賀田恒夫, 小宮孝志 : 青果物ジュスのニトロソジメチルアミン生成抑制. 日本食品料學工學會誌, **44**, 50-54 (1997).
26. 佐藤恭子, 山田隆, 義平邦利, 谷村頭雄: ニトロソジエチルアミン生成に對する野菜汁, 果實汁の影響. 日本食品衛生學會誌, **27**, 619-623 (1986).
27. 강윤한, 박용곤, 이기동: 페놀성 화합물의 아질산염 소거 및 전자공여작용. 한국식품과학회지, **28**, 232 (1996).