

연구노트

포장방법과 감마선 조사에 의한 소시지의 잔류 아질산염 감소효과

조철훈 · 안현주 · 김재현 · 송인환<sup>1</sup> · 김우정<sup>2</sup> · 변명우\*

한국원자력연구소 방사선식품 · 생명공학기술개발팀

<sup>1</sup>한국식품의약품안전청 <sup>2</sup>세종대학교 식품공학과

Reduction of Residual Nitrite Level in Cooked Pork Sausage with Different Packaging and Gamma Irradiation

Cheorun Jo, Hyun-Joo Ahn, Jae-Hyun Kim, Inn-Hwan Song<sup>1</sup>,  
Woo-Jung Kim<sup>2</sup> and Myung-Woo Byun\*

Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute

<sup>1</sup>Korea Food and Drug Administration

<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Sejong University

Effect of gamma irradiation on inhibition of microbial growth and reduction of residual nitrite level in cooked pork sausage were studied during 4 weeks of storage at 4°C. Irradiation at 5 and 10 kGy significantly reduced the number of total aerobic bacteria and almost eliminated coliform bacteria. Irradiation reduced the content of residual nitrite in cooked pork sausage in a dose-dependent manner, and among packaging methods, the sausage with CO<sub>2</sub> (100%) packaging was the lowest level of residual nitrite. Results indicate that the irradiation combined with packaging is a useful technology to reduce the residual nitrite in cooked pork sausage.

Key words: sausage, gamma irradiation, CO<sub>2</sub> packaging, residual nitrite

서 론

아질산염은 염지육제품 제조시 바람직한 풍미와 육색, 조직감을 부여하고 또한 지방산패와 대표적인 병원성 미생물인 *Clostridium botulinum*의 생육을 억제하는데 매우 중요한 역할을 한다<sup>(1)</sup>. 그러나 아질산염을 육제품 제조시 다량 첨가할 경우 최종 제품에 많이 잔류하게 되는데, 이러한 잔류 아질산염 함량은 이후 가열처리 중 생성될 수 있는 강력한 발암물질인 nitrosamines의 생성을 유도할 수 있다. 이러한 잔류 아질산염의 양은 저장 및 유통 후 최종 소비자가 소비할 때까지 지속적으로 감소한다. 1970년대에 많은 논란이 있은 후 염지육제품의 잔류 아질산염 함량에 대한 논란은 사라졌으나 최근 아질산염과 분해 및 생성산물이 부정적 또는 긍정적인 효과를 갖는다는 상반된 연구결과가 발표된 후 새로운 논란이 시작되고 있다. 부정적인 영향으로는 소아암과 핫도그 소비가 인구통계학적으로 관련이 깊다는 발표이고<sup>(2)</sup>,

긍정적인 영향으로는 nitric oxide가 생체내에서 합성되어 몇 가지 중요한 생리적인 기능을 한다는 것이다<sup>(3)</sup>. 암발생과 관련하여 현재까지 잔류 아질산염에 의해 생성될 수 있는 발암물질인 N-nitrosamines 생성억제에 관한 연구로 아스콜빈산 및 토코페롤 등의 산화환원 화합물<sup>(4-6)</sup> 또는 polyphenol류 등<sup>(7,8)</sup>을 첨가하여 아질산염을 nitric oxide 형태로 환원시켜 N-nitrosamines의 형성반응을 제어하는 방향으로 진행되고 있는데, 화학적으로 아질산염은 N-nitrosamines 생성 반응에 직접 작용하지 않고 산성조건에서 여러 반응을 거쳐서 활성화된 dinitrogen trioxide 및 dinitrogen tetraoxide로 전환될 때 2급 amine과 반응하여 N-nitrosamines를 형성하기 때문이다<sup>(9)</sup>.

한편 방사선 조사는 식품의 병원성 미생물을 제어하는데 가장 효과적인 처리기술이며<sup>(10)</sup>, Fildler 등<sup>(11)</sup>은 감마선 조사에 의해 베이컨의 잔류 아질산염 함량이 감소하였으며, 이에 따라 베이컨을 가열 처리한 후의 nitrosamines의 함량 또한 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. Ahn 등<sup>(12)</sup>의 연구에서도 이러한 감마선의 효과를 *in vitro* 모델시스템을 통하여 입증하였는데, 추가적으로 인체 위액의 조건하에서도 감마선에 의해 분해된 조사분해산물이 재축합되지 않는다고 결론지었다. Ahn 등<sup>(13)</sup>은 또한 아스콜빈산을 첨가하지 않은 모델 소시지에의 적용연구에서도 바람직한 결과를 얻었는데 이때 잔류 아질산염 함량과 nitrosodimethylamine(NDMA), nitros-

\*Corresponding author : Myung-Woo Byun, Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Korea Atomic Energy Research Institute, P.O. Box 105, Yuseong, Daejeon 305-600, Korea  
Tel: 82-42-868-8065  
Fax: 82-42-868-8043  
E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr

opyrrolidine(NPYR) 등 휘발성 nitrosamine의 함량이 5 kGy의 감마선 조사수준에서 유의적으로 감소함을 관찰하였다. Jo 등<sup>(14)</sup>은 또한 포장방법과 감마선 조사에 의한 잔류 아질산염 함량의 감소효과가 매우 밀접하게 관계가 있는 것을 발견하였으며, 따라서 본 연구에서는 아스콜빈산을 첨가한 상업적 소시지 제조시 감마선과 포장방법에 의한 잔류 아질산염의 함량변화와 저장기간 동안 미생물의 변화를 관찰하였다.

## 재료 및 방법

### 소시지의 제조

도축 후 48시간이 지난 냉장 돈육과 냉동된 등지방을 구입하여 9 mm와 3 mm로 두 번 세절하였다. 세절된 돈육에 소금(1.5%), 얼음물(20%), 등지방(20%), trisodium phosphate (0.3%), sodium nitrite(150 ppm), sodium ascorbate(0.02%), spicemix(0.5%) 등을 첨가하여 소시지를 제조하였다.

돈육, 소금, phosphate를 silent cutter(C-75, Fatos, Barcelona, Spain)에 넣고 1분간 혼합, 세절한 후 50%의 얼음물을 넣고 고속으로 세절하였다. 혼합물의 온도가 1~2°C 정도 증가하였을 때 세절된 등지방을 첨가하고, 혼합한 후 온도가 10°C가 되었을 때 나머지 50%의 얼음물과 다른 향신료를 넣고 혼합물의 온도가 13°C가 될 때까지 혼합하였다. 이렇게 전체 유회에 걸린 시간은 10분이었으며 가공실의 온도는 12°C였다. 고기유화물은 콜라젠케이싱(diameter 2.5 cm, Woosung Co. Ltd., Seoul, Korea)에 충전한 후 건조(45°C에서 30분), 훈연(55°C에서 40분)을 거쳐 소시지 심부온도가 70°C가 되도록 훈연기(Fracomat 1200, Franke Gm bH & Co., Germany)를 이용하여 가열하였다. 가열된 소시지는 냉수로 5분간 분무한 후 실온에서 30분간 냉각시킨 다음 약 100 g 정도의 무게가 되도록 절단하였다. 절단된 소시지는 각각 진공, 합기 그리고 CO<sub>2</sub>(100%)로 산소 불투과성 폴리에틸렌 포장지(2 mL O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/24 h at 0°C; 20 cm×30 cm; Sunkyoung Co. Ltd, Korea)를 이용하여 포장한 후 4°C의 냉장고에 보관하였다.

### 감마선 조사

제조된 소시지는 한국원자력연구소의 선원 100,000 Ci, Co-60 감마선 조사시설 (AECL, IR-79, Nordion International Co. Ltd., Canada)을 이용하여 조사하였다. 감마선 조사는 실온에서 분당 83 Gy의 선량률로 각각 0, 5, 그리고 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter를 사용하였다. 비조사구는 감마선 조사구와 같은 온도효과를 얻기 위하여 조사시간 동안 감마선 조사시설 외부에 보관하였다가 감마선 조사가 끝난 후 조사구와 비조사구 모두 4°C의 냉장고로 옮겨 3시간 후에 실험을 시작하였다.

### 미생물 검사

포장방법 및 감마선 조사선량에 따른 소시지의 저장 중 미생물변화에 미치는 영향을 Dymysa 등의 방법<sup>(15)</sup>을 이용하여 검사하였다. 시료 10 g에 90 mL의 멸균 증류수를 가하여 Stomacher Lab Blender(Model 400, Tekmar Co., USA)로 균질화 시킨 뒤 다시 10배씩 단계별로 희석한 용액을 배지

에 도말하였다. 총균수는 plate count agar(Difco Lab., MI, USA)에서 그리고 대장균군(coliforms)은 eosin methylene blue agar(Difco)에서 배양 후 녹색형광 집락을 계수하여 측정하였다. 상기 배지는 37°C에서 48~72시간 배양 후 집락을 계수하고 시료 1 g당 colony forming unit(CFU)로 나타냈으며, 검출을 위한 최소 계수 한계치는 10<sup>2</sup> CFU/g이었다.

### 잔류 아질산염 함량

제조된 소시지의 잔류 아질산염 함량은 AOAC no. 973.31<sup>(16)</sup>의 방법으로 4주간의 저장기간 동안 포장방법 및 감마선 조사선량에 따른 변화를 조사하였다.

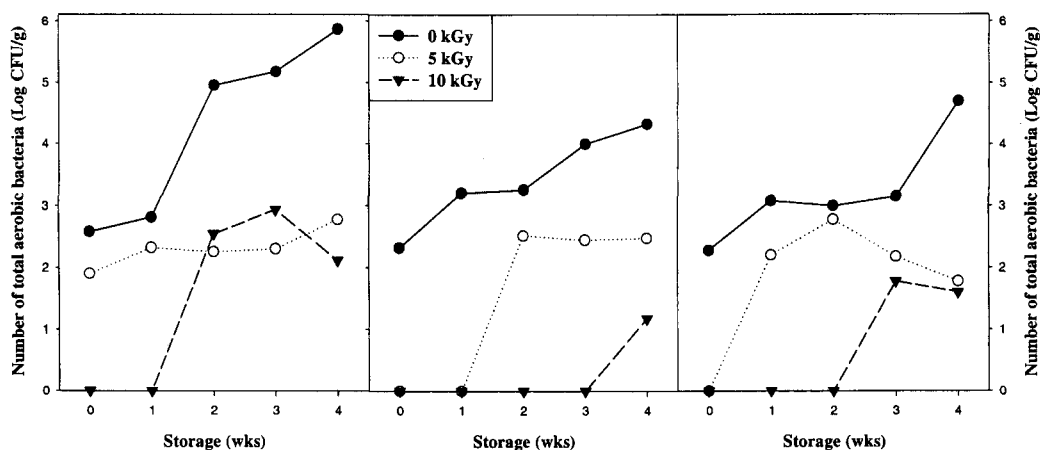
### 통계분석

실험설계는 우선적으로 아질산염 함량이 각 포장방법에 따른 감마선 조사의 효과를 보도록 설계되었다. 2회의 반복실험을 하였으며 2-way Analysis of Variance(ANOVA)를 SAS software<sup>(17)</sup>를 이용하여 유의성을 검증한 후 유의성이 있는 경우 Student-Newman-Keul's(SNK) 다중검정법을 이용하여 각 평균값에 대한 유의차를 조사하였고 유의수준은 5% 이내로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물 농도변화

포장방법을 달리하여 감마선을 0, 5, 그리고 10 kGy로 조사한 후 냉장저장 하면서 호기성 총균수를 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 감마선을 조사하지 않은 합기포장된 호기성 총균수는 4주간의 저장기간동안 7.4×10<sup>5</sup> CFU/g으로 매우 높은 수준이었다. 뿐만아니라 대장균군도 4주후 8.1×10<sup>3</sup>의 수준으로 조사되었다(Table 1). 반면 감마선을 5와 10 kGy로 조사한 합기포장된 소시지의 경우 4주의 저장기간 후에도 10<sup>3</sup>의 총균수를 넘지 않았으며 대장균군은 전혀 검출되지 않았다. 진공 또는 CO<sub>2</sub> 포장을 한 후 감마선을 조사한 소시지의 경우 4주의 저장기간 후 2.1×10<sup>4</sup>과 5×10<sup>4</sup> CFU/g을 나타내었으며 대장균군도 검출한계치인 10<sup>2</sup> 이내의 수준으로 나타났다. 한편 감마선 조사는 육제품의 지방산패 등을 촉진시킬 수 있기 때문에<sup>(18)</sup>, 식육원료 보다는 미생물 오염도가 비교적 높은 부원료에 대한 감마선 조사가 최종제품의 저장성 향상에 더욱 크게 도움이 될 것이라는 가설하에 Lee 등<sup>(19)</sup>은 육가공 부재료인 향신료 등에 대한 감마선 조사로 육제품의 저장성을 향상시킨 보고가 있었고, 또한 Byun 등<sup>(20)</sup>은 가열처리 전 염치육에 대한 감마선 조사가 육제품의 미생물학적 안전성의 확보와 아질산염 첨가량을 줄이는데 매우 효과적이라고 보고하였다. Jo 등<sup>(14)</sup>은 합기, 진공, 및 CO<sub>2</sub> 포장한 후 감마선을 0과 5 kGy로 조사한 소시지의 지방산패도가 합기 포장구에서 감마선 조사에 의해 유의적으로 증가하였고, 진공포장의 경우 유의적인 차이를 보지 못했으며, CO<sub>2</sub> 포장구는 저장 3주와 4주에 지방산패도가 조사구에서 유의적으로 높게 나타났다고 보고하였다. 감마선을 10 kGy로 조사한 경우 진공포장구가 합기 또는 CO<sub>2</sub> 포장구보다 감균효과가 더욱 높게 나타났으나(Fig. 1) 합기포장구에 비하여는 진공, CO<sub>2</sub> 모두 높은 감균효과를 나타내어 감마선을 조사한 후에도 포



**Fig. 1. Growth of total aerobic bacteria in irradiated sausage with different packaging during storage at 4°C.** (A, aerobic packaging; B, vacuum packaging; C, CO<sub>2</sub> packaging).

장방법에 의해 미생물의 2차오염을 최소화하여야만 위생적이고 안전한 식품을 공급할 수 있다고 사료된다.

**잔류 아질산염의 함량**

포장방법을 달리하여 감마선을 조사한 후 4주간 저장하면서 잔류 아질산염 함량의 감소효과를 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 감마선 조사된 소시지의 잔류 아질산염 함량은 포장방법에 관계없이 0주차에서 통계적으로 유의하게 감소하였다(p<0.05). 진공과 CO<sub>2</sub> 포장된 소시지의 잔류 아질산염 함량은 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 두 가지 포장방법 모두 합기포장된 소시지의 잔류 아질산염 함량의 감소보다 그 폭이 더욱 커서 감마선 조사가 합기포장보다는 진공과 CO<sub>2</sub>(100%) 포장에서 더욱 현저한 효과를 나타내었다.

4주간의 저장기간 동안 세 가지 포장방법에서 모두 감마선 조사효과 이외에도 저장기간에 따라 잔류 아질산염 함량이 감소함을 볼 수 있었다(p<0.05). 저장 1주 후부터는 CO<sub>2</sub> 포장하여 감마선 조사한 소시지가 진공 또는 합기포장한 소시지에서보다 잔류 아질산염 함량이 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.05). 저장 초기 비조사구의 잔류 아질산염 함량을 기초로 계산하여 본다면 4주간의 저장기간동안 합기, 진공, 그리고 CO<sub>2</sub> 포장되어 10 kGy로 감마선 조사된 소시지의 아질산염 함량 감소율이 각각 31.4, 40.0, 그리고 62.0%였다.

그러므로 CO<sub>2</sub> 포장된 소시지의 잔류 아질산염 함량이 전체 저장기간을 통해 가장 낮게 나타났다(Table 2). 본 연구의 결과를 본다면 5 kGy 또는 그 이상의 감마선 조사는 포장방법에 관계없이 소시지의 잔류 아질산염 함량을 유의적으로 줄여줄 수 있다는 결론을 얻을 수 있다(p<0.05). 그러나 CO<sub>2</sub> 포장을 한 경우 잔류 아질산염 함량이 다른 포장방법에 비해 현저하게 감소한다는 사실로 미루어 본 결과를 산업체에서 응용할 수 있을 것으로 판단된다. Jo 등<sup>(14)</sup>에 의하면 진공과 CO<sub>2</sub> 포장간에는 저장기간 동안 5 kGy의 감마선 조사수준에서 지방산화나 육색 등 품질의 변화가 거의 없었으며, 육제품의 품질에 있어서도 합기포장보다는 진공이나 CO<sub>2</sub> 포장이 더욱 좋았다는 결과를 보고하였다. Cassens<sup>(1)</sup>는 1970년대 중반의 경우 상업용 염지육제품의 잔류 nitrite 함량이 52.5 ppm이었으나 최근 대략 10 ppm 이하로 줄었다고 보고한 반면 Sen과 Baddoo<sup>(21)</sup>은 캐나다에서 1970년대부터 1990년대까지 생산된 염지육제품을 조사한 결과 잔류 아질산염 함량이 평균 약 43.6 ppm이었으며 그 범위는 0에서 206 ppm까지 검출되었다고 보고하였다. Cassens<sup>(1)</sup>는 상기 잔류 아질산염 함량의 현저한 감소는 아질산염 첨가량의 감소, 환원제인 아스콜빈산의 사용 증가, 가공공정과 배합비의 개선에 따른 것으로 결론지었다. 본 실험에서 사용된 아스콜빈산의 함량은 200 ppm으로 상업적 허용량인 550 ppm보다는 절반 이

**Table 1. Growth of coliform bacteria in irradiated sausage with different packaging during storage at 4°C**

Packaging	Irradiation dose	Storage (week)				
		0	1	2	3	4
Aerobic	0	NG <sup>1)</sup>	NG	NG	2.0×10 <sup>2</sup>	8.1×10 <sup>3</sup>
	5	NG	NG	NG	NG	NG
	10	NG	NG	NG	NG	NG
Vacuum	0	NG	NG	NG	NG	5.2×10 <sup>2</sup>
	5	NG	NG	NG	NG	NG
	10	NG	NG	NG	NG	NG
CO <sub>2</sub>	0	NG	NG	NG	NG	7.3×10 <sup>2</sup>
	5	NG	NG	NG	NG	NG
	10	NG	NG	NG	NG	NG

<sup>1)</sup>Not growth, Detection limit at less than 10<sup>2</sup>.

**Table 2. Residual nitrite content of irradiated cooked pork sausage made with 150 ppm of sodium nitrite in different packaging<sup>1,2)</sup>**

Storage (wk)	Packaging	Irradiation dose (kGy)			SEM <sup>3)</sup>
		0	5	10	
0	Aerobic	81.2 <sup>ax</sup>	73.2 <sup>bx</sup>	64.5 <sup>cx</sup>	1.35
	Vacuum	66.8 <sup>ay</sup>	64.0 <sup>ay</sup>	57.6 <sup>by</sup>	0.72
	CO <sub>2</sub>	73.7 <sup>axy</sup>	62.1 <sup>by</sup>	57.7 <sup>by</sup>	2.43
	SEM <sup>4)</sup>	2.32	1.76	0.52	
1	Aerobic	80.5 <sup>ax</sup>	73.4 <sup>bx</sup>	65.5 <sup>cx</sup>	0.63
	Vacuum	74.8 <sup>ay</sup>	63.2 <sup>axy</sup>	57.6 <sup>ax</sup>	4.69
	CO <sub>2</sub>	47.9 <sup>az</sup>	50.7 <sup>ay</sup>	41.8 <sup>by</sup>	1.29
	SEM <sup>4)</sup>	0.80	3.66	2.79	
2	Aerobic	85.8 <sup>ax</sup>	77.7 <sup>bx</sup>	71.8 <sup>cx</sup>	1.10
	Vacuum	79.3 <sup>ax</sup>	69.9 <sup>aby</sup>	66.7 <sup>bx</sup>	2.39
	CO <sub>2</sub>	48.9 <sup>ay</sup>	48.3 <sup>az</sup>	40.8 <sup>by</sup>	1.70
	SEM <sup>4)</sup>	2.83	1.10	1.24	
3	Aerobic	77.5 <sup>ax</sup>	73.4 <sup>bx</sup>	74.3 <sup>cx</sup>	1.23
	Vacuum	66.9 <sup>ay</sup>	56.0 <sup>by</sup>	46.5 <sup>cy</sup>	1.57
	CO <sub>2</sub>	45.6 <sup>az</sup>	39.2 <sup>bz</sup>	31.3 <sup>cz</sup>	0.79
	SEM <sup>4)</sup>	1.89	0.97	0.70	
4	Aerobic	55.7 <sup>ax</sup>	48.0 <sup>bx</sup>	44.3 <sup>cx</sup>	0.80
	Vacuum	40.1 <sup>ay</sup>	34.4 <sup>by</sup>	32.2 <sup>by</sup>	1.09
	CO <sub>2</sub>	28.0 <sup>az</sup>	24.1 <sup>az</sup>	18.6 <sup>bz</sup>	2.48
	SEM <sup>4)</sup>	0.70	1.83	2.12	

<sup>1)</sup>Different letters a-c within the same row differ significantly ( $p < 0.05$ ).

<sup>2)</sup>Different letters x-z within a column with the same packaging and NaNO<sub>2</sub> addition differ significantly ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup>Pooled standard errors of the mean ( $n=6$ ). <sup>4)</sup>SEM: ( $n=6$ ).

상 적은 양이며 현재 상업적으로 제조되는 소시지는 대부분 550 ppm의 아스콜빈산을 첨가하고 있다. 감마선 조사가 본 고에서 제시한 잔류 아질산염 함량 감소효과 뿐만 아니라 기 생성된 nitrosamines의 파괴에도 영향을 준다는 연구결과<sup>(13)</sup>는 감마선 조사가 최종 육제품 제조 후 병원성 미생물의 제어 뿐만 아니라 화학적으로 생성될 수 있는 독성물질의 제거에도 매우 좋은 효과를 얻을 수 있는 기술이라는 결론을 내릴 수 있다. 이러한 잔류 아질산염의 함량이 CO<sub>2</sub> 포장에서 감소하는 정확한 이유에 관하여는 본 연구실에서 라디칼의 종류 및 생성기전, 감마선 조사분해산물의 정성, 그리고 포장된 소시지 내의 기체환경의 변화 등을 이용하여 계속적인 실험이 진행되고 있다.

## 요 약

소시지 제조시 미생물을 제어함과 동시에 잔류 아질산염 함량을 감소시키기 위하여 감마선을 이용하였다. 제조된 소시지는 함기, 진공, 그리고 CO<sub>2</sub>(100%) 포장하여 감마선을 0, 5, 10 kGy로 조사한 후 4주 동안 냉장저장(4°C)하면서 총균수, 대장균군수, 그리고 잔류 아질산염 함량을 조사하였다. 감마선 조사시 총균수와 대장균군의 수를 유의적으로 감소시켰으며 비조사구에서는 진공과 CO<sub>2</sub> 포장이 함기포장보다 미생물 생육제어에 효과적이었으며, 잔류 아질산염의 함량은

감마선 조사에 의해 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 또한 CO<sub>2</sub> 포장구가 잔류 아질산염 함량 감소효과에 가장 뛰어난 결과를 얻어 감마선과 CO<sub>2</sub> 포장을 병용처리한다면 소시지 제조시 미생물 제어 및 잔류 아질산염의 함량을 효과적으로 감소시켜 소비자에게 더욱 안전한 식품을 공급하게 될 수 있으리라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

- Cassens, R.G. Composition and safety of cured meats in the USA. *Food Chem.* 59: 561-566 (1996)
- Maugh, T.H. II. Study links hot dogs, cancer. *The Washington Post*, Washington, DC, June 3 (1994)
- Culotta, E. and Koshland, D.E. NO news is good news. *Science* 258: 1362 (1992)
- Vermeer, I.T.M., Moonen, E.J.C., Dallinga, J.W., Kleinjans, J.C.S., and Maanen, M.S. Effects of ascorbic acid and green tea on endogenous formation of N-nitrosodimethylamine and N-nitrosopiperidine in humans. *Mutat. Res.* 428: 353-361 (1999)
- Mirvish, S.S., Wallcave, L., Eugen, M., and Shubik, P. Ascorbate-nitrite reaction: possible means of blocking the formation of carcinogenic N-nitroso compounds. *Science* 177: 65-69 (1972)
- Eisenbrand, G., Spiegelhalter, B., Janzowski, C., Kann, J., and Preussmann, R. Volatile and non-volatile N-nitroso compounds in foods and other environmental media. pp. 311-324. In: *Environmental Aspects of N-nitroso Compounds* (IARC Scientific Publications No. 19). Walker, E.A., Castegnaro, M., Griecute, L., Lyle, R.E. (eds.). Lyon: International Agency for Research on Cancer. (1978)
- Yang, C.S. and Wang, Z.Y. Tea and cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 85: 1038-1049 (1993)
- Bartsch, H., Ohshima, H., and Pignatelli, B.: Inhibitors of endogenous nitrosation; mechanisms and implications in human cancer preservation. *Mutat. Res.* 202: 307-324 (1988)
- Francis, J.F. Nitrosamines. Vol. 2. pp. 1707-1715. In: *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd ed., Francis, J.F. (eds). John Wiley & Sons, Inc. New York, USA (2000)
- Byun, M.W. Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.* 30: 89-100 (1997)
- Fiddler, W., Gates, R., Pensabene, J.W., Phillips, J.G. and Wierbicki, E. Investigation on nitrosamines in irradiation-sterilized bacon. *J. Agric. Food Chem.* 29: 551-554 (1981)
- Ahn, H.J., Yook, H.S., Rhee, M.S., Lee, C.H., Cho, Y.J. and Byun, M.W. Application of gamma irradiation on breakdown of hazardous volatile N-nitrosamine. *J. Food Sci.* 67: 596-599 (2002)
- Ahn, H.J., Kim, J.H., Jo, C., Lee, C.H. and Byun, M.W. Reduction of N-nitrosamines and nitrite in model system sausage by irradiation. *J. Food Sci.* 67: 1370-1373 (2002)
- Jo, C., Ahn, H.J., Son, J.H., Lee, J.W. and Byun, M.W. Packaging effect on residual nitrite content and nitrosamine formation in irradiated cooked pork sausage. *Food Control* In press (2002)
- Dymsza, H.A., Lee, C.M., Saibu, L.O., Haun, J., Silverman, G.L. and Josephson, E.S. Gamma irradiation effects on shelf life and gel forming properties of washed red hake (*Urophycis chuss*) fish mince. *J. Food Sci.* 55: 1745-1748 (1990)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. AOAC International Virginia, USA. AOAC Vols II (1995)
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. SAS Institute, Inc., Cary,

- NC, USA (1989)
18. Byun, M.W. Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.* 30: 89-100 (1997)
19. Lee, J.W., Yook, H.S., Kim, S.A., Lee, K.H. and Byun, M.W. Effects of antioxidants and gamma irradiation on the shelf life of beef patties. *J. Food Prot.* 62: 619-624 (1999)
20. Byun, M.W., Lee, J.W., Yook, H.S., Lee, K.H. and Kim, K.P. The improvement of color and shelf life of ham by gamma irradiation. *J. Food Prot.* 62: 1162-1166 (1999)
21. Sen, N.P. and Baddoo, P.A. Trends in the levels of residual nitrite in Canadian cured meat products over the past 25 years. *J. Agric. Food Chem.* 45: 4714-4718 (1997)
- 
- (2002년 1월 14일 접수; 2002년 7월 4일 채택)