

# 전자선조사와 포장방법이 발효소시지의 냉장 저장 중 품질 특성에 미치는 영향

임동균 · 이무하

서울대학교 동물생명공학전공

## Combination Effect of Packaging and Electron Beam Irradiation on Quality Traits of Fermented Sausages During Storage

D. G. Lim and M. Lee

Department of Animal Science and Biotechnology, Seoul National University

### ABSTRACT

The study was carried out to examine combined effects of packaging and electron-beam irradiation on lipid oxidation and meat color of fermented sausages during storage. Fermented and aged sausages were exposed to electron-beam at 2 kGy. The samples were vacuum or aerobic-packaged with the non-irradiated samples at 4±1℃. Regardless of irradiation, the pH values of vacuum-packaged samples was lower than those of aerobic-packaged ones at 14 day (p<0.05). Total microbes and lactic acid bacteria counts significantly decreased during the storage period (p<0.05). And counts of non-irradiated samples were significantly higher than those of irradiated (2 kGy) samples with aerobic packaging. The TBARS values of 2 kGy-irradiated samples were significantly higher than those of non-irradiated samples. The TBARS values of vacuum packaged samples had lower than those of aerobic-packaged ones (p<0.05). Colors (parameters L\*, a\* and b\* values) tended to decrease as the storage period increased. Redness(a\*) and yellowness (b\*) of 2 kGy irradiated samples were higher than those of non-irradiated ones (p<0.05). In sensory analysis, irradiated (2 kGy) samples with aerobic packaging had higher off-flavor than non-irradiated ones (p<0.05). Therefore, results indicated that irradiation coupled with vacuum packaging may minimize TBARS values of irradiated sausages during storage.

(Key words : Fermented sausages, Electron beam irradiation, Packaging, TBA, Color)

### I. 서 론

축산 식품은 영양 및 관능적 품질이 우수한 반면, 부패성 미생물이나 병원성 미생물의 성장에 적합한 조건을 갖추고 있는 단점을 갖고 있다 (김 등, 1998). 식육제품이 생산농가에서 소비자에 이르기까지 food chain 시스템이나

HACCP 도입을 통해 그와 같은 문제점들이 많이 개선되고는 있지만 유해미생물에 의한 유행성 질병발생은 여전히 존재한다. 식육의 안전성을 확보하고 저장기간을 증가시킬 수 있는 새로운 방법으로서 식육에 방사선 조사의 적용에 대한 연구가 최근 들어 많이 수행되고 있는데 지난 40여 년간 국제기구(FAO/IAEA/WHO)

Corresponding author : M. Lee, San 56-1, Sillim-Dong, Gwanak-Gu, Animal science and biotechnology, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea  
Tel : 02-880-4804, Fax : 02-873-4804, E-mail : moohalee@snu.ac.kr

의 주도로 조사된 식품의 안전성에 관한 연구에 의하면 10 kGy 이하의 조사 처리는 독성학적, 미생물학적, 영양학적으로 안전하다고 공인되어 현재 40여개국에서 최소 1개 품목 이상의 방사선 처리가 허용되고 있고 28개국에서 방사선 처리된 식품이 유통 중에 있으며 18개국에서 한 종류 이상의 육에 방사선조사를 허용하고 있다(FAO, WHO, 1988; Murano, 1995; 이나영 등, 2004). 특히 육가공 제품의 경우 그 특성상 식인성 병원균의 성장으로 식품의 안전성이 위협받을 수 있기 때문에(Passos와 Kuaye, 2002), 미생물적 안전성을 확보하기 위한 가공법으로 방사선 조사기술이 연구되고 있으며(Farkas, 1998; Thayer 등, 1994), 미생물 제어로 인한 위생 증진 효과뿐만 아니라 그 건전성도 입증되었다(Kang 등, 1988). 특히 40-50 kGy의 고선량 조사를 통해 멸균 즉석 육가공품 제조 등에 이용되고 있다(De Brun, 2001; Minnaar, 1998). 미국 FDA (1997)에서는 적색육에서 냉장육(fresh meat)의 경우 4.5 kGy, 냉동육(frozen meat)의 경우 7.5 kGy까지 조사선량을 허용하고 있다. 하지만 국내에서는 식육에 대한 조사선량의 어떠한 허용 기준도 가지고 있지 않다. 전자선조사는 같은 흡수선량으로 처리하기 위해 드는 시간이 감마선 조사보다 훨씬 짧아 처리 후 식품의 온도변화가 거의 없으며 처리 효과가 높은 매우 환경친화적인 수단이다(Johnson과 Marcott, 1999; Thayer와 Rajkowski, 1999).

포장은 방사선 조사된 식육의 품질에 영향을 미치는 중요한 요인으로서 조사육의 품질저하를 최소화하기 위해 적절한 포장방법을 활용해야 한다(Nam과 Ahn, 2003). 식품 내 방사선 조사는 식육 특히, 돈육의 육색, 지방산화 및 풍미에 영향을 미친다고 보고되고 있으며, 통기성 포장보다는 진공포장 후 조사한 돈육이 가장 붉고, 지방산화에 의한 산패정도가 적은 것으로 보고되었다(Ahn 등, 1998).

발효소시지란 분쇄한 고기와 돼지 등지방을 소금, 설탕 및 여러 향신료와 혼합한 후 케이싱에 충전하여, 적절한 온도와 상대습도로 증

분한 시간에 걸쳐 발효, 숙성 그리고 건조시킨 소시지이다(Kunz와 이주연, 2003). 유럽지역에서 전통적으로 제조되고 있는 발효 소시지는 본래 제조과정 중에 원료육에 존재하거나, 발효과정 중 자연적으로 오염된 미생물에 의해 자연발효되어 훌륭한 풍미를 만들어 내는 소시지이다(Dickson and Maxcy, 1985). 방사선 조사는 발효소시지를 생산하는데 이용될 수 있는데 방사선 조사를 통해 병원성미생물 성장을 억제하고 발효소시지 생성 중 인간의 건강에 유익한 젖산균은 증식하게 되어 풍미형성에 도움이 된다(Smith와 Palumbo, 1983). 기존의 식육을 이용한 방사선조사는 감마선 조사에 집중되어 연구되어져 왔으며(안현주 등, 2003; 이나영 등, 2004; 이주운 등, 2001), 국내에서의 발효소시지를 이용한 전자선 조사효과를 수행한 연구는 전무하고 국외에서도 전자선 조사를 발효소시지제조에 활용한 경우도 극히 드문 실정이며 대부분 전자선의 활용에 관한 연구는 돈육(Du 등, 2001; Nam 등, 2001; Ahn 등, 2000), 우육(Kim 등, 1998), 칠면조육(Ahn 등, 1997, Nanke 등, 1999), 계육(Hansen 등, 1987; Heath 등, 1990)과 같은 근육식품에 국한되어 있다. 또한 국내의 경우 발효소시지의 전자선 조사와 포장방법에 관한 연구도 극히 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 포장방법을 달리하여 전자선 조사한 발효소시지의 저장기간에 따른 미생물의 변화와 지질산화 그리고 육색에 미치는 영향을 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 실험에 사용된 주재료인 돼지고기 뒷다리 부위와 등지방을 육가공업체로부터 진공포장상태로 구입하여 -18℃에서 냉동 보관하였다가 제조하기 하루 전 0℃에서 1시간 해동하여 사용하였다. 이 외에 미생물을 위한 탄소원이 될 당분(glucose), 소금(Salt), 아질산염(NaNO<sub>2</sub>), 생강(Ginger)과 후추(Black pepper) 등도 식품첨가물회사로부터 구입하여 사용하였다. Casing

(Yong Jin Co., Korea)은 직경 1.6cm cellulose casing을 사용하였고 혼합 스타터는 Rosellac (Abiase, Canada)을 100ml에 수화시켜 사용하였다.

## 2. 발효소시지 제조

제조는 육가공 공장 시설을 완비하고 있는 서울대학교 식품가공공장에서 제조하였는데 해당시킨 후지와, 등지방 그리고 모든 재료들을 Table 1과 같은 배합으로 silent cutter (meat chopper, MGB-32, 한국후지공업주식회사, Korea)에서 세절, Mixer (HFS-MIX60, 한국후지공업주식회사, Korea)에서 첨가물과 혼합한 뒤 stuffer (F. Dick, Germany)를 이용하여 casing에 충전하여 서울대 식품가공공장에 위치한 chamber (Bastra, Germany)에서 25℃, 습도 80~94%의 조건으로 21일간 숙성 및 건조를 실시하여 반건조(semi-dry) 소시지를 제조하였다.

## 3. 조사

발효 및 숙성을 완료한 발효소시지를 전자선 조사를 수행하기 위해 casing에 충전한 시료를 폴리에틸렌필름으로 진공포장(WFV-530, Watanabe, Japan)한 후 아이스박스에 4±1℃ 냉장상태로 유지하며 한국원자력연구소내의 양성자기반공학

기술개발사업단내에 종합엔지니어링실험실에서 전자선가속기를 이용하여 실온에서 조사에너지는 2 MeV(투과력은 단면시 7 mm, 양면시 15 mm)로 양면조사하고 전류는 10 mA, 조사선량은 2 kGy로 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 전자선 조사 처리구는 비조사 대조구와 함께 통기 포장과 진공 포장으로 나누어 포장한 뒤 4±1℃에 냉장보관 한 후 14일간 저장하면서 0, 7, 14일마다 이화학적 특성과 미생물분석을 실시하였다.

## 4. 분석방법

### (1) pH

pH는 10g의 시료와 증류수 100ml을 homogenizing하여 pH meter(Model IQ 150, 랩사이언스, USA)를 사용하여 4반복을 수행하였다.

### (2) 미생물분석

젖산균과 총균수 측정은 시료 10 g과 90 mL의 멸균 Peptone 수 (Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 넣고 stomacher (Interscience Bag-Mixer®, France)에서 2분간 균질시킨 다음 10배 희석법으로 희석하였다. 희석한 시료 1 mL을 MRS agar (Difco Lab., USA)와 Plate counter agar (Difco Lab., USA)에 혼합하여 평판으로 조제한 후, 37℃에서 48시간 배양한 다음 나타난

Table 1. Raw materials used for production of fermented sausage

Groups	Raw materials	Content (%)	Amount (kg)
Meat and Fat	Pork Lean Meat	74.73	9
	Pork Fat	18.27	2.2
Curing agents	Salt	2.33	0.28
	NaNO <sub>2</sub>	0.008	0.001
Carbohydrates	Glucose	1	0.12
Spices	Black pepper	0.29	0.04
	Ginger	0.06	0.01
Starter culture		3.32	0.003

colony 수를 colony counter (IPI Inc., Micro-count 1008, CA, USA)를 이용하여 계수하였다. 미생물 수는 시료 1 g 당 colony forming unit (CFU)로 나타내었다.

### (3) Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)

시료의 저장 중 지방산패도를 조사하기 위해 Witte (1970)의 방법을 이용하여 TBARS를 측정하였다. 10 g의 sample과 50 $\mu$ l의 BHA, 2 M의 Phosphoric acid (including 20 % TCA) 용액을 50 ml falcon tube에 넣은 후 homogenizing 한 후 15 ml을 더 넣어주면서 다시 균질화 하였다. 균질이 끝나면 증류수로 채워 총 볼륨을 50 ml로 맞춰 뚜껑을 닫고 강하게 흔든 다음, Watman No.1 여과지로 걸러냈다. 여과액 중 5 ml을 취하여 test tube에 넣고 5 mM의 TBA용액(2-thiobarbituric acid)을 5ml 첨가하였다. Blank sample을 위해 5 ml의 증류수와 5 ml의 TBA 용액을 넣고 섞어서 어두운 곳, 실온에서 15시간 반응시킨 후 spectrophotometer (UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 530 nm로 흡광도를 측정하였다.

### (4) 육색

시료를 세절하여 petri dish에 처리구별로 각각 담아 색차계(Model CR-210, Minolta Co., LTD., Japan)를 사용하여 측정부위를 달리하여 4반복씩 CIE system의 L\* a\* b\* 값을 측정하였다. 이때 표준백색관의 값은 L (Lightness) = 97.74, a (redness) = -0.06, b (yellowness) = 1.76 이었다.

### (5) 관능평가

관능평가는 전자선 조사 후 포장방법을 달리하여 포장한 후 저장 14일째에 척도묘사분석법 (descriptive analysis with scaling)을 이용하여 측정하였으며, 시료를 준비한 날 10명의 훈련된 관능요원에 의하여 수행하였다. 패널들이 주어진 시료를 오감을 통해 느껴지는 감각을 향기

(aroma), 불쾌취(off-flavor), 육색(color) 그리고 기호성(acceptability)으로 구분하여 측정하였다. 가산점은 하 1~3점, 중 4~6점, 상 7~9점으로 가산하도록 하여 계산하였다.

## 5. 통계분석

통계분석은 SAS (2003) 프로그램을 이용하여 분산분석을 수행하였다. 평균간 유의성 검정은 Duncan의 Multiple range test로 처리간의 유의성을 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. pH의 변화

본 실험에서는 소시지 발효에 사용되는 스타터를 이용하였기 때문에 초기 pH의 경우 젖산균의 증식으로 인하여 저장 전 모든 시료에서 5.1-5.2 정도로 낮은 수치를 나타내었다. 이 수치는 발효, 숙성과정을 통해 얻어진 결과로서 이와 같이 낮아진 pH(4.6-5.9)는 소시지 발색을 돕고, 건조를 촉진하는 효과를 가져와 숙성에 걸리는 시간을 줄여줌과 동시에 부패미생물의 성장을 억제시켜 제품의 저장 안정성을 증가시키는 역할을 한다 (Leistner, 1995). 발효소시지 생산에 관여하는 젖산균은 다른 병원성 미생물과는 달리 방사선 조사에 저항성이 매우 강한 것으로 알려져 있다 (Dickson과 Maxcy, 1985). 전자선 조사 후 포장방법을 달리하며 발효소시지의 저장기간에 따른 pH 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 저장 초기의 pH는 포장방법에 상관없이 대조구에서 5.18-5.19 이었고 조사처리구 (2 kGy)에서 5.11로 나타나 포장방법에 따른 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 저장 7일차에는 모든 시료에서 증가하는 경향을 보이다 저장 14일째 pH의 경우 진공포장의 경우 0 kGy에서 5.18, 2 kGy에서 5.11, 합기포장의 경우 0 kGy에서 5.29, 2 kGy에서 5.28로 진공포장처리구보다 합기포장처리구에서 유의적으로

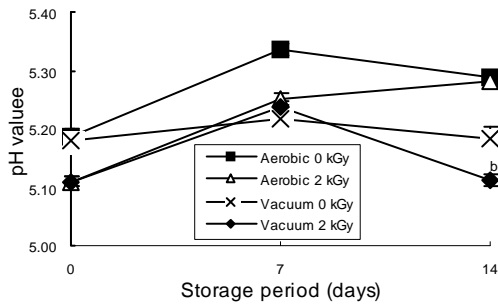


Fig. 1. Changes in pH of irradiated sausages with different packaging during storage at 4°C (n=4).

증가하였다 (p<0.05). 일반적으로 저장 중 산패 정도가 높아질수록 식육의 pH 는 높아지는 경향이 있으며 (Holley 등, 1994), 민과 이 (1999)는 1-2 kGy로 조사한 시료에서 저장기간 7일에 급격히 높은 수준의 pH를 보인 후 다소 감소하는 경향을 보인다고 보고하였는데 본 연구도

이와 유사한 결과를 나타내었다.

## 2. 미생물분석

발효소시지의 저장 기간 동안의 미생물 수의 변화를 Table 2와 Table 3에 나타내었는데 저장 기간 중 총균수의 경우 진공포장과 합기포장구 모두 비조사구보다 조사구(2 kGy)의 미생물 성장이 조금 감소하였으며(p<0.05), 저장 14일차의 진공포장된 조사구(2 kGy)의 미생물수가 7.49±0.2 log<sub>10</sub>CFU/g로 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한, 합기포장의 경우 저장 7일차의 비조사구가 조사구(2 kGy)보다 미생물수가 유의적으로 더 높았다(p<0.05). 젖산균수의 경우도 합기포장과 진공포장구 모두 저장기간에 따라 미생물수가 유의적으로 조금 감소하였고(p<0.05), 저장 14일차의 진공포장된 조사구(2 kGy)의 미생물수가 7.50±0.4 log<sub>10</sub>CFU/g로 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한, 저장 7일차의 합기포장구

Table 2. Changes of total plate counts (log CFU/g) of irradiated sausages with different packaging during storage 4°C (n=4)

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Storage period (days)		
		0	7	14
Aerobic	0	8.72 ± 0.31 <sup>A</sup>	8.60 ± 0.33 <sup>Aa</sup>	7.97 ± 0.13 <sup>B</sup>
	2	8.64 ± 0.12 <sup>A</sup>	7.94 ± 0.14 <sup>Bb</sup>	7.91 ± 0.13 <sup>B</sup>
Vacuum	0	8.70 ± 0.21 <sup>A</sup>	7.88 ± 0.15 <sup>B</sup>	7.90 ± 0.35 <sup>B</sup>
	2	8.58 ± 0.23 <sup>A</sup>	7.83 ± 0.43 <sup>B</sup>	7.49 ± 0.24 <sup>B</sup>

<sup>a,b</sup> Mean±S.D with different superscripts within a column with same packaging differ significantly (p<0.05).

<sup>A,B</sup> Mean±S.D with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05).

Table 3. Changes of lactic acid bacteria (log CFU/g) of irradiated sausages with different packaging during storage 4°C (n=4)

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Storage period (days)		
		0	7	14
Aerobic	0	8.53 ± 0.23 <sup>A</sup>	8.50 ± 0.14 <sup>Aa</sup>	7.97 ± 0.23 <sup>B</sup>
	2	8.57 ± 0.12 <sup>A</sup>	8.10 ± 0.14 <sup>Ab</sup>	7.94 ± 0.13 <sup>B</sup>
Vacuum	0	8.62 ± 0.22 <sup>A</sup>	7.99 ± 0.15 <sup>B</sup>	7.76 ± 0.13 <sup>B</sup>
	2	8.57 ± 0.41 <sup>A</sup>	8.00 ± 0.16 <sup>B</sup>	7.50 ± 0.44 <sup>C</sup>

<sup>a,b</sup> Mean±S.D with different superscripts within a column with same packaging differ significantly (p<0.05).

<sup>A,B</sup> Mean±S.D with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05).

의 비조사구가 조사구(2 kGy)보다 미생물수가 유의적으로 더 높았다(p<0.05). 선행연구결과 통기포장 보다는 진공포장 후 조사한 돈육이 가장 붉고, 지방산화에 의한 산패정도가 적은 것으로 보고되고 있다(Ahn 등, 1998).

### 3. 지방의 산패도 측정(TBARS)

육류의 지질 산화가 진행되면 malonaldehyde의 유리량이 증가하게 되는데 여기에 TBA를 반응시켜 비색정량한 TBARS value는 육류의 지질 산패도 측정법으로 자주 이용된다(강호진 등, 2004). 전자선 조사 후 포장방법을 달리하며 발효소시지의 저장 기간 동안의 TBA value의 변화를 Table 4에 나타내었다. 합기포장의 경우 저장 0일차보다 7, 14일차에서 TBA value가 유의적으로 더 높은 것을 알 수 있었으며(p<0.05), 비조사구(0 kGy)보다 조사구(2 kGy)가 유의적으로 더 높은 TBA value를 나타내었다(p<0.05). 진공포장의 경우 저장기간에 따라 TBA value가 소폭 증가 혹은 감소하는 경향을 나타내었으며, 합기포장과 마찬가지로 비조사구(0 kGy)보다 조사구(2 kGy)에서 유의적으로 더 높은 TBA value를 나타내었다(p<0.05). 이는 조사구가 비조사구보다 TBA value가 더 높고 합기포장이 진공포장보다 TBA value가 더 높다는 Ahn 등(2000)과 Yook 등(1998)의 연구결과와도 일치하였다. 저장기간에 따라 식육의 TBA value가 증가하는 것은 지방분해 효소 및 미생물 대사 등에 의해 지방이 분해됨으로써

형성되는 분해물질에 의한 것이다(Brewer 등, 1992). Nam 등(2001)은 조사나 포장조건이 지방산화에 많은 영향을 미치고, 진공포장 보다 합기포장의 경우 지방산화 정도가 심하다고 보고하였다. 일반적으로 방사선 조사는 지질의 산화를 촉진시키는 것으로 알려져 있는데(Thayer 등, 1994) 이는 지방에 전자선을 조사하면 화학 반응인 지방산화가 더 촉진되기 때문이며 본 연구도 이와 일치하였다. 또한 방사선 조사는 일반적으로 산소가 존재하는 환경에서 지방의 산패는 촉진되지만, 진공포장의 경우는 지방산화를 일으키지 않는다는 본 연구결과와도 일치하고 있다(Jo 등, 2002). 결국 저장기간동안 비조사구보다 조사구(2 kGy)에서 훨씬 높은 산패도를 보이고 있음을 알 수 있었고, 조사처리구의 경우 저장기간동안 합기포장보다 진공포장시 지방산패도가 더 낮음을 확인하였다.

### 4. 육색의 변화

신선육 및 육제품의 색은 품질과 미각을 좌우하는 주요인자로서 소비자의 기호도 측면에서 중요한 선택요인이 된다(안현주 등, 2003). 전자선 조사 후 포장방법을 달리하며 발효소시지의 저장 기간 동안의 육색의 변화를 Table 5, 6, 7에 나타내었다. Table 3과 같이 L\*(백색도) 값에서 포장방법별 비교의 경우 저장 0일차에서 합기포장과 진공포장에서 비조사구(0 kGy)가 조사구(2 kGy)보다 유의적으로 더 높은 값을 나타내었다(p<0.05). 저장기간별 비교의 경

Table 4. TBARS values of irradiated sausages with different packaging during storage at 4°C (n=4) (unit: mg MDA/kg meat)

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Storage period (days)		
		0	7	14
Aerobic	0	0.05 ± 0.04 <sup>bB</sup>	0.08 ± 0.00 <sup>bAB</sup>	0.09 ± 0.00 <sup>bA</sup>
	2	0.15 ± 0.01 <sup>aB</sup>	0.30 ± 0.03 <sup>aA</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>aA</sup>
Vacuum	0	0.05 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>b</sup>
	2	0.15 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.14 ± 0.03 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Mean±S.D with different superscripts within a column with same packaging differ significantly (p<0.05).

<sup>A,B</sup> Mean±S.D with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05).

Table 5. CIE L\* values of irradiated sausages with different packaging during storage at 4°C (n=4)

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Storage period (days)		
		0	7	14
Aerobic	0	49.47 ± 0.27 <sup>aA</sup>	47.05 ± 0.60 <sup>B</sup>	47.52 ± 0.50 <sup>B</sup>
	2	48.58 ± 0.24 <sup>bA</sup>	47.46 ± 0.93 <sup>B</sup>	46.96 ± 0.25 <sup>B</sup>
Vacuum	0	49.47 ± 0.27 <sup>aA</sup>	47.22 ± 0.46 <sup>B</sup>	46.44 ± 0.39 <sup>C</sup>
	2	48.58 ± 0.24 <sup>bA</sup>	47.13 ± 0.12 <sup>B</sup>	46.85 ± 0.59 <sup>B</sup>

<sup>a,b</sup> Mean±S.D with different superscripts within a column with same packaging differ significantly (p<0.05).

<sup>A,B</sup> Mean±S.D with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05).

Table 6. CIE a\* values of irradiated sausages with different packaging during storage at 4°C (n=4)

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Storage period (days)		
		0	7	14
Aerobic	0	6.13 ± 0.16 <sup>bA</sup>	5.00 ± 0.18 <sup>bB</sup>	3.73 ± 0.10 <sup>bC</sup>
	2	7.11 ± 0.09 <sup>aA</sup>	5.59 ± 0.16 <sup>aB</sup>	4.88 ± 0.07 <sup>aC</sup>
Vacuum	0	6.13 ± 0.16 <sup>bA</sup>	5.04 ± 0.36 <sup>bC</sup>	5.44 ± 0.09 <sup>bB</sup>
	2	7.11 ± 0.09 <sup>aA</sup>	6.88 ± 0.13 <sup>aB</sup>	5.92 ± 0.16 <sup>aC</sup>

<sup>a,b</sup> Mean±S.D with different superscripts within a column with same packaging differ significantly (p<0.05).

<sup>A,B</sup> Mean±S.D with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05).

Table 7. CIE b\* values of irradiated sausages with different packaging during storage at 4°C (n=4)

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Storage period (days)		
		0	7	14
Aerobic	0	4.41 ± 0.16 <sup>bA</sup>	3.34 ± 0.33 <sup>B</sup>	3.34 ± 0.26 <sup>bB</sup>
	2	4.76 ± 0.13 <sup>aA</sup>	3.29 ± 0.14 <sup>B</sup>	3.67 ± 0.05 <sup>aC</sup>
Vacuum	0	4.41 ± 0.16 <sup>bA</sup>	3.39 ± 0.08 <sup>bB</sup>	2.97 ± 0.19 <sup>bC</sup>
	2	4.76 ± 0.13 <sup>aA</sup>	3.81 ± 0.12 <sup>aB</sup>	3.03 ± 0.27 <sup>aC</sup>

<sup>a,b</sup> Mean±S.D with different superscripts within a column with same packaging differ significantly (p<0.05).

<sup>A,B</sup> Mean±S.D with different superscripts within a row differ significantly (p<0.05).

우 저장 0일차보다 저장 7, 14일차에서 유의적으로 감소하였다(p<0.05). Table 4와 같이 적색도를 나타내는 지수인 a\*(적색도)의 경우 저장기간에 따라 함기포장과 진공포장에서 조사구(2 kGy)가 비조사구(0 kGy)보다 유의적으로 더 높은 값을 나타내었다(p<0.05). 저장기간별 비교의 경우 저장 0일차보다 저장 7, 14일차에서 유의적으로 감소하였다(p<0.05). b\*(황색도)는

Table 5에서 나타낸 것과 같이 저장 7일차의 함기포장 시료를 제외하고 저장기간에 따라 함기포장과 진공포장에서 조사구(2 kGy)가 비조사구(0 kGy)보다 유의적으로 더 높은 값을 나타내었으며(p<0.05), 저장 0일차보다 저장 7, 14일차에서 b\*(황색도) 값이 유의적으로 감소하였다(p<0.05). Luchsinger 등(1996)은 저장기간에 따라서 전자선을 조사하여 진공포장한 시료가

Table 8. Descriptive analysis with scaling of irradiated sausages with different packaging at 14 day storage (n=10)

Packaging	Irradiation dose (kGy)	Aroma	Off-flavor	Color	Acceptability
Aerobic	0	4.35 ± 1.79 <sup>b</sup>	4.55 ± 2.44 <sup>b</sup>	5.30 ± 1.17	4.85 ± 1.42
	2	5.95 ± 1.82 <sup>a</sup>	6.15 ± 1.93 <sup>a</sup>	5.10 ± 1.02	4.15 ± 1.79
Vacuum	0	4.35 ± 1.79 <sup>b</sup>	4.55 ± 2.44	5.00 ± 1.34	4.80 ± 1.40
	2	5.95 ± 1.82 <sup>a</sup>	5.90 ± 2.25	5.95 ± 1.90	4.15 ± 1.79

<sup>a,b</sup> Mean±S.D with different superscripts within a column with same packaging differ significantly (p<0.05).

합기성 포장시료보다 적색도가 더 높은 것을 관찰하였다. 결과적으로 포장방법에 상관없이 저장기간에 따라 L\*, a\* 그리고 b\* 값이 감소하는 경향을 나타내었고, 조사구(2 kGy)가 비조사구(0 kGy)보다 a\*와 b\* 값이 더 높게 나타났다(p<0.05).

#### 5. 관능검사(척도묘사분석법)

전자선 조사한 시료를 진공 및 합기포장하여 저장기간에 따른 관능검사의 경우 향기, 불쾌취, 육색, 기호성에 미치는 영향을 조사한 결과를 Table 8에 나타내었다. 향기에 있어 합기포장과 진공포장 시료에서 조사구(2 kGy)가 비조사구보다 유의적으로 더 높은 수치를 나타내었다(p<0.05). 불쾌취의 경우 합기포장 시료에서만 조사구(2 kGy)가 비조사구보다 유의적으로 더 높은 수치를 나타내었고(p<0.05), 기호도의 경우는 불쾌취로 인한 조사취 발생으로 비조사구가 조사구(2 kGy) 보다 더 높은 선호도를 나타내었지만 유의적인 차이는 발견되지 않았다. Nam 등(2001)은 방사선 조사에 의한 조사취 발생은 황을 함유하고 있는 휘발성 물질이 원인이 되고 그 냄새는 관능평가에 의해 확인되는데 barbecued-corn like odor(구운 옥수수 냄새)를 지닌다고 보고하였고 발효소시지를 비롯한 식육의 전자선 조사에 의한 조사취 억제기술을 위한 좀 더 많은 연구가 이루어져야 한다. 본 연구를 통해 국내 식육제품의 안전성을 향상시

키기 위한 방사선 조사기술의 조사선량에 대한 허용기준 설정을 위한 기초자료로서 이용이 가능할 것으로 기대된다.

#### IV. 요약

본 실험은 전자선 조사와 포장방법을 병행하여 저장기간에 따른 발효소시지의 지질산화와 육색에 미치는 영향을 조사하였다. 발효, 숙성 과정을 통해 얻어진 발효소시지를 총흡수선량이 2 kGy가 되도록 전자선 조사한 후 진공포장과 합기포장으로 나누어 4±1℃에서 저장하면서 실험을 수행하였다. 조사유무와 상관없이 저장 14일째 pH의 경우 진공포장처리구가 합기포장처리구보다 유의적으로 더 높은 수치를 보였다(p<0.05). 총균수와 젖산균수의 경우 저장기간에 따라 미생물수가 감소하였고, 합기포장의 경우 저장 7일차의 비조사구가 조사구(2 kGy)보다 미생물수가 유의적으로 더 높았다(p<0.05). 저장 TBA 값의 경우 조사구(2 kGy)가 비조사구보다 더 높았고, 진공포장한 시료의 TBA 값이 합기포장한 시료보다 더 낮았다(p<0.05). 저장기간에 따라 L\*, a\* 그리고 b\* 값이 감소하는 경향을 나타내었고, 조사구(2 kGy)가 비조사구보다 a\*와 b\* 값이 더 높게 나타났다(p<0.05). 관능평가의 경우는 향기와 불쾌취에 있어 합기포장시료에서 조사구(2 kGy)가 비조사구보다 유의적으로 더 높은 수치를 나타내었다(p<0.05). 따라서 저장기간동안 비조사구보



다 조사처리구(2 kGy)에서 훨씬 높은 산패도를 나타냈으며, 조사처리구(2kGy)의 경우 합기포장보다 진공포장시 지방산패도가 더 낮음을 확인하였다.

## V. 사 사

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발 사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## VI. 인 용 문 헌

- Ahn, D. U., Sell, J. L., Jeffery, C., Chen, X., Wu, C. and Lee, J. I. 1997. Dietary vitamin E affects lipid oxidation and total volatiles of irradiated rae turkey meat. *J. Food Sci.* 62:954-958.
- Ahn, D. U., Olson, D. G., Jo, C., Chen, X., Wu, C. and Lee, J. I. 1998. Effect of muscle type, packaging and irradiation on lipid oxidation, volatile production and color in raw pork patties. *Meat Sci.* 49(1):27.
- Ahn, D. U., Jo, C. and Olson, D. G. 2000. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Sci.* 54:209-215.
- Brewer, M. S., Ikins, W. G. and Harbers, C. A. Z. 1992. TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground pork during long-term forzen storage: Effects of packaging. *J. Food Sci.* 57:558.
- Dickson, J. S. and Maxcy, R. B. 1985. Irradiation of meat for the production of fermented sausage. *J. Food Sci.* 50:1007-1009.
- De Brun. 2001. Prospects of radiation sterilization of shelf-stable food. In: *Irradiation for food safety and quality. Proceed. FAO/WHO International conference on ensuring the safety and quality of food through radiation processing.* Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster. pp. 206-216.
- Du, M., Nam, K. C. and Ahn, D. U. 2001. Cholesterol and lipid oxidation products in cooked meat as affected by raw-meat packaging and irradiation by cooked meat packaging and storage time. *J. Food Sci.* 66(9):1396-1401.
- FAO, WHO. 1988. Food irradiation. a technique for preserving and improving the safety of food. WHO, Geneva, p. 23.
- Farkas, J. 1998. Irradiation as method for decontaminating food: A review. *Int. J. Food. Microbiol.* 44:189-204.
- FDA. 1997. Irradiation in the production, processing and handling of food: Final rule, Fed. Register. 62:64107-64121.
- Hansen, T. J. Chen, G. and Shieh, J. J. 1987. Volatile in skin of low-dose irradiated fresh chicken. *J. Food Sci.* 52(5):1180-1182.
- Heath, J. L., Owens, S. L., Tesch, S. and Hannah, K. W. 1990. Effect of high-energy electron irradiation of chicken on thiobarbituric acid values, shear forces, odor and cook yield. *Poult. Sci.*, 69:313-319.
- Jo, C., Ahn, D. U. and Byun, M. W. 2002. Irradiation-induced oxidative changes and production of volatile compounds in sausages prepared with vitamin E- enriched commercial soybean oil. *Food Chem.* 76:299-305.
- Johnson, J. and Marcott, M. 1999. Irradiation control of insect pests of dried fruits and walnuts. *Food Technol.*, 53(6):46-51.
- Kang, I. J., Kwak, H. J., Lee, B. H., Kim, K. H., Byun, M. W. and Yook, H. S. 1988. Genotoxicological and acute toxicological safeties of gamma irradiated beef. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30:775-780.
- Kim, W. S., Chung, M. S. and Ko, Y. T. 1998. Effector of low dose gamma ray and electron beam irradiation on the growth of microorganism in beef during the refrigerated storage. *Kor. J. Food Sci.*, 18(3):232-239.
- Kunz, B., 이주연. 2003. 발효소시지의 생산과 미생물적 특성. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 23(4):361-375.

18. Leistner, L. 1995. Stable and safe fermented sausages world-wide. In *Fermented meats*, Campbell-Platt, G., and Cook, P. E. (eds.), Blackie Academic & Professional, 160-175.
  19. Luchsinger, S. E., Kropf, D. H. Garcia, Zepeda, C. M., Hunt, M. C., Marsden, J. L., Rubio Canas, E. J., Kastner, C. L., Kuecker, W. G. and Mata. T. 1996. Color and oxidative rancidity of gamma and electron beam irradiated boneless pork chops. *J. Food. Sci.* 61(5):1000.
  20. Minnaar, A. 1998. Development of shelf stable, processed, low acid food products using heat-irradiation combination treatment. In *combination processes for food irradiation*. IAEA Panel processing series. Vienna, pp 223-241.
  21. Murano, E. A. 1995. Irradiation of fresh meats. *Food Technol.*, 49(12):52-54.
  22. Nam, K. C., Ahn, D. U. and Jo. C. 2001. Lipid oxidation, color volatile and sensory characteristics of aerobically packaged and irradiated pork with different ultimate pH. *J. Food Sci.*, 66(8):1225-1229.
  23. Nam, K. C., Du, M., Jo, C. and Ahn, D. U. 2001. Cholesterol oxidation products in irradiated raw meat with different packaging and storage time. *Meat Sci*, 58:431-435.
  24. Nam, K. C. and Ahn, D. U. 2003. Combination of aerobic and vacuum packaging to control lipid oxidation and off-odor volatiles of irradiated raw turkey breast.
  25. Nanke, K. E., Sebranek, J. G. and Olsen, D. G. 1999. Color characteristics of irradiated, aerobically packaged pork, beef and turkey. *J. Food Sci.*, 64(2):272-278.
  26. Passos, M. H. C. R. and Kuaye, A. Y. 2002. Influence of the formulation, cooking time and final internal temperature of beef hamburger on the destruction of *Listeria monocytogenes*. *Food Cont.* 13:33-40.
  27. SAS. 2003. SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
  28. Smith, J. L. and Palumbo, S. A. 1983. Use of starter cultures in meats. *J. Food Prot.* 46:997.
  29. Thayer, D. W., Boyd, G., Fox, J. B., Lakritz, L. and Hampson, J. W. 1994. Variations in irradiation sensitivity of foodborne pathogens associated with the suspending meat. *J. Food Sci.*, 60:63-67.
  30. Thayer, D. W. and Rajkowski, K. T. 1999. Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.*, 53(11):44-50.
  31. Witte, V. C., Krause, G. F. and Bailey, M. E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* 35:582.
  32. Yook, H. S., Lee, K. H., Lee, J. W., Kang, K. O. and Byun, M. W. 1998. Effect of gamma irradiation on lipid oxidation of Korean beef. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 30:1179-1183.
  33. 강호진, 조철훈, 이나영, 김정옥, 변명우. 2004. 포장방법에 따른 양념갈비의 저장 중 총균수, 전자공여능 및 지방산화의 감마선 조사효과. *한국식품영양과학회지* 33(5):888-893.
  34. 김우선, 정명섭, 고영태. 1998. 저선량 감마선과 전자선 조사가 우육의 저장중 미생물 생육에 미치는 효과. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* 18(3):232-239.
  35. 민중석, 이무하. 1999. 전자선 조사에 의한 신선 돈육의 냉장 저장 중 이화학적 특성 변화. *한국동물자원과학회지* 41(1):45-50.
  36. 안현주, 김재현, 조철훈, 이주운, 육홍선, 변명우. 2003. 가스치환 포장 및 감마선 조사된 소소지의 NO-MB 함량과 색 특성. *한국식품과학회지* 35(2):320-324.
  37. 이나영, 조철훈, 강호진, 김동수, 변명우. 2004. 시판 양념갈비에 오염된 병원성 미생물의 감마선 감수성 및 감마선 조사된 갈비의 관능적 품질특성. *한국식품과학회지* 36(1):168-173.
  38. 이주운, 조철훈, 육홍선, 임한중, 변명우. 2001. 감마선 조사된 천연케이싱으로 제조한 소세지의 저장안전성. 2001. *한국식품영양과학회지* 30(2):364-367.
- (접수일자 : 2007. 7. 9. / 채택일자 : 2007. 8. 21.)