

## 감마선 조사가 재구성 돈육포의 이화학적 및 관능적 품질에 미치는 영향

오종숙<sup>1</sup> · 한인준<sup>1,2</sup> · 박진규<sup>2</sup> · 박재남<sup>2</sup> · 송범석<sup>2</sup> · 김재훈<sup>2</sup> · 변명우<sup>2</sup> · 전순실<sup>1</sup> · 이주운<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>순천대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소 방사선식품생명공학팀

### Effect of Gamma Irradiation on Physicochemical and Sensory Properties of Restructured Pork Jerky

Jong-Suk Oh<sup>1</sup>, In-Jun Han<sup>1,2</sup>, Jin-Gyu Park<sup>2</sup>, Jae-Nam Park<sup>2</sup>, Beom-Seok Song<sup>2</sup>,  
Jae-Hun Kim<sup>2</sup>, Myung-Woo Byun<sup>2</sup>, Soon-Sil Chun<sup>1</sup>, and Ju-Woon Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food and Nutrition, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

<sup>2</sup>Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute,  
Korea Atomic Energy Research Institute, Jeonbuk 580-185, Korea

#### Abstract

This study was carried to investigate effects of gamma irradiation on the moisture, crude protein, crude lipid, 2-thiobarbituric acid (TBA) values, color stability, texture, and sensory properties of restructured pork jerky. Restructured pork jerky was irradiated at dose levels of 0, 3, 5, 7 and 10 kGy with a use Co-60 source. There were no significant differences in the moisture, crude protein, crude lipid contents, and TBA values. However, as doses of gamma irradiation increased, the redness (a-value) of restructure pork jerky increased whereas shear force of restructure pork jerky was decreased by gamma irradiation. Sensory evaluation showed that sensory scores were reduced by gamma irradiation. Therefore, gamma irradiation could be an effective means to improve color and texture of restructured pork jerky, but only with proper consideration for sensory quality.

**Key words:** pork jerky, gamma irradiation, physicochemical quality, texture, color

#### 서 론

육포는 얇게 썰어낸 고기를 염지하고 이를 건조한 식품으로(1) 높은 단백질 함량과 낮은 지방 함량을 가지며 상온에서 저장이 가능한 식품으로 알려져 있다(2). 특히 비선호 돈육 부위의 소비 확대를 위해 이를 분쇄하여 일정한 모양으로 가공한 재구성 육포가 개발 및 생산되고 있다(3,4). 이러한 재구성 육포는 스틱형태(stick type)나 너겟형태(nugget type) 등과 같이 다양한 형태로 가공이 가능하며(5) 제품의 크기 및 모양을 조절할 수 있어 규격화된 제품의 대량생산이 이루어지고 있다(6). 그러나 그 제조과정 중 발색을 위해 첨가되는 아질산나트륨은 발암물질로 알려진 N-nitrosamine으로 전환될 수 있는 가능성이 있을 뿐 아니라 질긴 조직감에 따른 연식성의 문제는 육포의 대중화에 있어 해결해야 할 과제로 남아있다(7,8). 재구성 육포와 관련된 연구로는 유향물 첨가가 재구성된 돼지고기 육포의 결착성 및 저장성에 미치는 영향(9), 인산염의 종류와 첨가수준이 재구성 돈육포의 결착성, 미세조직 및 저장성에 미치는 영향(4) 및 육

포와 제조 방식이 비슷한 재구성 우육 스테이크에 대한 연구(10-12) 등으로 발색제 대체 또는 조직감의 개선을 위한 연구는 아직까지 없는 실정이다.

한편, 방사선 중 감마선은 투과력이 강하여 제품을 포장한 상태로 연속 처리할 수 있어 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염을 방지할 수 있으며, 성분의 파괴를 최소화하고 냉장, 냉동상태에서도 살균이 가능한 특징이 있어 식품의 위생화를 위한 다양한 연구가 진행되어 있다(13). 또한 식품에 적절한 선량의 감마선 조사를 할 경우 구조를 이루는 성분들에 직접적인 영향을 주거나 수분이 이온화되어 자유 라디칼이 생성되고, 이 자유 라디칼들은 식품의 성분과 반응하여 물리화학적 특성에 영향을 주게 된다(14).

따라서 본 연구에서는 감마선 조사된 재구성 돈육포의 일반성분, 지방산패도, 색도 및 전단력 측정을 실시하여 재구성 돈육포에 감마선 조사 시 일어나는 이화학적 변화를 측정하였다. 이를 통해 방사선 조사를 이용한 재구성 돈육포의 품질 개선 가능성과 방사선 조사 기술의 활용 범위 확대와 상업적 이용 가치를 높이고자 하였다.

\*Corresponding author. E-mail: sjwlee@kaeri.re.kr  
Phone: 82-63-570-3204, Fax: 82-63-570-3207

## 재료 및 방법

### 재구성 돈육포의 제조 및 감마선 조사

도축 후 1주가 경과된 국내산 냉동 돈육의 후지(*M. semitendinosus*) 부위를 사용하여 Choi와 An(4)의 제조 방법을 변형하여 시료를 제조하였다. 즉, 과도한 지방과 결체조직을 제거한 후 3.0 cm 두께로 잘라 잘 섞은 후 -20°C에서 2시간 동안 냉동시켰다. 2 kg의 분쇄육에 2 kg의 냉수, 3% NaCl, 0.2% 인산염(sodium tripolyphosphate)을 비율에 맞게 섞어 bowl cutter(MSK 760-II, MADDO Co., Koeln, Germany)에서 2분간 유화 혼합 후 유화물을 첨가하여 4°C에서 10분간 meat mixer(RM-90, MANICA Co., Avila, Spain)에서 혼합시켰다. 여기에 300 g의 육포 향신료(Griffith seasoning)를 첨가하여 10분간 재혼합시켜 충전기(OSCA 20, FREY Co., Hamburg, Germany)로 fibrous casing(직경 10 cm)에 충전하였다. 이 후 -20°C에서 4시간 동안 냉동시켜 -4°C에서 1시간 동안 tempering하고 fibrous casing을 제거 후 0.5 cm로 절단하여 60°C의 smokehouse(Pilot smoke house, HYUPJIN MACHINAERY, Ansan, Korea)에서 6시간 동안 건조하였다.

제조된 시료는 150 g 단위로 알루미늄과 PE가 증착된 멸균 복합필름 포장지에 담은 후 감마선 조사를 하였다. 감마선 조사는 선원 490 kCi, Co-60 감마선 조사시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Ottawa, Canada)을 이용하여 실온(20±1°C)에서 분당 70 Gy의 선량율로 흡수선량이 3, 5, 7, 10 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 dosimeter(Ceric Cerous Dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다.

### 일반성분

감마선 조사된 재구성 육포의 수분함량은 시료 2 g을 자동수분측정기(SMO01, SCALTEC, Koeln, Germany)를 이용하여 측정하였으며, AOAC 방법(15)를 이용하여 조단백질 함량은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 분석하였다.

### 지방산패도

지방산패도는 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)법으로 측정하였다. 즉, 시료 5 g에 50 µL의 BHA(butyl hydroxy anisole, 7.2% in ethanol)와 멸균증류수 15 mL을 넣은 후 homogenizer(DIAX 900, Heidolph Co., Schwabach, Germany)로 균질화 시켰다. 균질물 1 mL에 TBA(2-thiobarbituric acid)/ TCA(trichloroacetic acid) 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 2 mL을 넣은 후 끓는 물에서 15분간 가열하였다. 냉각 후 원심분리기(UNION 5KR, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)를 이용하여 원심분리(2,000 rpm, 15 min) 후, 상층액 1 mL을 취하여 532 nm에

서 흡광도를 측정한 후 검량선을 이용하여 malondialdehyde의 농도를 구하였다. 이 때 얻어진 결과는 µg malondialdehyde/g sample(wet basis)로 표시하였다.

### 색도

시료 표면을 color/color colorimeter(CM-3500d, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a) 및 황색도(yellowness, b)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L값이 90.5, a값이 0.4, b값이 11.0인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

### Texture

재구성 돈육포의 조직감은 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Systems Co., London, UK)를 이용하여 50 mm×50 mm로 자른 시료를 blade set(with knife)에서 절단 후 얻어진 strength(N/mm)-time(s) 그래프로부터 최대 전단력(maximum peak)과 총 전단력(total area)을 계산하였다. 이 때 측정 조건은 Table 1과 같다.

### 관능검사

재구성 돈육포의 관능검사는 한국원자력연구원 정읍 방사선과학연구소의 연구원 중 훈련된 panel 30인을 대상으로 하였으며, 이때의 평가항목은 색(color), 향미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 전체적인 기호도(overall acceptability)로, 매우 좋아한다(강하다), 7점; 좋지도 싫지도 않다, 4점; 매우 싫어한다(약하다), 1점이었다. Panel은 관능검사 중 나이·성별 등을 기록하고 각 시료는 물컵, 시료를 뺀 컵, 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였으며, 검사 중의 영향을 최소화하기 위해 total session은 15~20분으로 정하였다.

### 통계처리

실험 결과는 mean±SD로 나타내었으며, SPSS(Windows ver. 10.0, SPSS Inc., Chicago, USA)를 이용하여 각 시료간의 유의성을 검증한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후검정을 실시하였다.

**Table 1. Operation condition of texture analyzer for re-structured pork jerky by gamma irradiation**

Items	Conditions
Mode	Measure force in compression
Option	Return to start
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	2.0 mm/s
Post-test speed	10.0 mm/s
Distance	20 mm
Force	100 g
Trigger type	Auto-10 g
Data acquisition rate	400 pps
Accessory	HDP/BS (Blade set with knife)

**Table 2. Effect of gamma irradiation on moisture, crude protein and crude lipid content of restructured pork jerky (%)**

	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
Moisture	21.6±0.2	20.9±0.2	21.1±0.1	22.3±0.2	21.5±0.2
Crude protein	50.9±0.1	52.6±0.2	51.5±0.2	52.1±0.3	52.7±0.1
Crude lipid	7.5±0.3	8.1±0.1	7.7±0.2	7.9±0.3	7.5±0.2

Values are mean±standard deviation (n=5).

## 결과 및 고찰

### 일반성분 분석

감마선 조사한 재구성 돈육포의 일반성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 감마선 조사에 따른 수분, 조단백질, 조지방 함량의 변화는 나타나지 않았다. 일반적으로 시판 중인 돈육포의 수분 함량은 22.25%, 단백질 함량은 53.22%, 조지방 함량은 7.06%이며(16), Han 등(1)의 연구에서도 수분(19.22%), 단백질(56.81%), 지방(8.19%)의 함량과 비슷한 수치를 나타내었다. 또한 식품에 있어서 방사선 조사가 주된 영양 성분의 함량에 영향을 미치지 않는다는 기존의 연구 결과와도 일치하였다(17).

### 지방산패도

재구성 돈육포의 감마선 조사에 의한 TBARS 실험 결과는 Table 3과 같다. 대조구와 조사구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다( $p<0.05$ ). 이를 통해 재구성 육포에 있어서 10 kGy 이하의 감마선 조사는 지방산패도에 영향을 주지 않는 것으로 파악되었다. 이는 감마선 조사 돼지고기에 있어 비조사구와 조사구간의 지방산패도의 차이가 없었다는 보고(18)와 유사하였다.

육류에서의 TBA값은 0.46 mg/kg 이하까지가 가식권으로 인정되며 1.2 mg/kg 이상일 경우 산패한 것으로(19), 4.0 mg/kg 이상은 완전 산패되는 것으로 알려져 있다(20). 이를 통해 본 실험에서 감마선 조사에 의한 지방산패도의 변화는

**Table 3. Effect of gamma irradiation on TBARS<sup>1)</sup> of restructured pork jerky (MA  $\mu$ mol/g)**

	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
	0.29±0.01	0.26±0.01	0.28±0.01	0.29±0.02	0.27±0.01

Values are mean±standard deviation (n=30).

<sup>1)</sup>TBARS: thiobarbituric acid reactive substances.

**Table 4. Effect of gamma irradiation on Hunter's color value of restructured pork jerky**

	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
L	28.06±0.23 <sup>a</sup>	27.18±0.14 <sup>ab</sup>	27.11±0.26 <sup>ab</sup>	26.74±0.12 <sup>ab</sup>	25.69±0.21 <sup>b</sup>
a	3.18±0.01 <sup>e</sup>	4.19±0.02 <sup>d</sup>	5.07±0.03 <sup>c</sup>	6.13±0.03 <sup>b</sup>	7.02±0.02 <sup>a</sup>
b	3.54±0.04 <sup>b</sup>	4.54±0.08 <sup>a</sup>	4.40±0.04 <sup>a</sup>	3.96±0.07 <sup>ab</sup>	3.84±0.05 <sup>ab</sup>

Values are mean±standard deviation (n=30).

<sup>a-e</sup>Mean values within a row followed by the different letter are significantly different ( $p<0.05$ ).

미미한 수준이며 추후 더 높은 선량으로 조사할 경우에도 가식권 내의 재구성 돈육포를 제조할 수 있으리라 사료되었다.

### 색도

감마선 조사에 의한 재구성 돈육포의 색도 측정 결과는 Table 4와 같다. 명도(L)는 조사선량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다( $p<0.05$ ). 적색도(a)는 조사선량이 증가할수록 유의적인 증가를 보였다( $p<0.05$ ). 황색도(b)에서는 조사선량의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였으나 대조구보다 높은 값을 나타내었다( $p<0.05$ ). 일반적으로 돈육에 감마선을 조사할 경우 적색도가 증가하게 되는데(14,21), 이는 식육의 myoglobin이 산화하여 oxymyoglobin을 형성하게 되고 지속적인 산화 과정에 따라 metmyoglobin을 형성하게 되나, 감마선 조사 식육은 이온화 에너지의 흡수에 의해 Fe<sup>2+</sup>의 산화가 발생되어 Fe<sup>3+</sup>의 생성과 함께 감마선 자체에 의한 metmyoglobin의 파괴가 일어나므로(22), 결과적으로 oxymyoglobin에 의해 선홍색을 띠게 된다(23)는 것으로 알려져 있다.

### Texture

감마선 조사선량에 따른 재구성 돈육포의 조직감 중 전단력의 측정 결과는 Table 5와 같다. 감마선 조사된 재구성 육포의 전단 시 요구되는 힘을 측정한 결과, 최대 전단력( $p<0.05$ )과 총 전단력은 모두 감소하는 경향을 보였으며, 이는 Yook 등(24)의 보고와 일치하는 경향을 나타내었다. 식육에 있어 감마선 조사 시 근육 내 collagen 단백질들인 titin과 nebulin의 파괴와 perimysium과 endomysium의 파괴 속도가 비조사근육보다 빠르게 진행되고 이로 인해 식육의 연도가 개선되었다고 보고된 바 있다(23).

### 관능검사

재구성 육포의 감마선 조사에 의한 관능적 변화는 Table 6에 나타내었다. 감마선의 조사선량이 증가할수록 색과 조

**Table 5. Effect of gamma irradiation on texture of restructured pork jerky**

Shear force	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
Maximum (g)	21.55±1.92 <sup>a</sup>	20.47±1.08 <sup>ab</sup>	19.72±1.95 <sup>b</sup>	19.66±2.01 <sup>b</sup>	18.90±1.02 <sup>c</sup>
Total (g · s)	71.54±6.98	71.52±8.11	70.99±7.58	67.69±6.54	66.86±7.33

Values are mean±standard deviation (n=20).

<sup>a-c</sup>Mean values within a row followed by the different letter are significantly different (p<0.05).

**Table 6. Effect of gamma irradiation on sensory properties of restructured pork jerky**

	Irradiation dose (kGy)				
	0	3	5	7	10
Color	4.09±0.62 <sup>b</sup>	4.57±0.53 <sup>b</sup>	4.95±0.48 <sup>b</sup>	5.21±0.51 <sup>ab</sup>	5.81±0.67 <sup>a</sup>
Flavor	4.35±0.58 <sup>a</sup>	4.14±0.49 <sup>a</sup>	4.26±0.59 <sup>a</sup>	3.86±0.41 <sup>ab</sup>	3.43±0.49 <sup>b</sup>
Taste	4.37±0.55 <sup>a</sup>	4.21±0.47 <sup>a</sup>	4.25±0.55 <sup>a</sup>	3.90±0.41 <sup>ab</sup>	3.57±0.54 <sup>ab</sup>
Texture	4.00±0.47 <sup>b</sup>	4.59±0.48 <sup>b</sup>	4.43±0.47 <sup>b</sup>	4.88±0.41 <sup>b</sup>	5.52±0.48 <sup>a</sup>
Overall acceptability	4.35±0.61 <sup>a</sup>	4.42±0.57 <sup>a</sup>	4.35±0.67 <sup>a</sup>	3.86±0.59 <sup>ab</sup>	3.43±0.64 <sup>b</sup>

Values are mean±standard deviation (n=30).

<sup>a,b</sup>Mean values within a row followed by the different letter are significantly different (p<0.05).

직감은 기호도가 유의적으로 증가하였으나 향미, 맛 및 전체적인 기호도에서 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(p<0.05).

원료육의 신선도 판정에 있어 색은 매우 중요한 지표이다. 특히 돈육에 있어 선홍색은 높은 등급으로 판정하며(25), 또한 소비자는 선홍색인 원료육 및 육가공품을 선호하기 때문에 육제품은 질산염 또는 아질산염 등과 같은 화학 발색제를 이용하여 신선한 원료육과 비슷한 색으로 발색시킨다(26). 이러한 화학 발색제의 첨가는 dimethylamine과 nitrous acid의 반응에 의해 발암물질인 dimethylnitrosamine을 생성할 수 있어 독성성분으로 분류되어 있다(27). 재구성 돈육포에 선량을 달리하여 감마선 조사 후 색도를 측정할 결과, 감마선의 조사선량이 증가할수록 적색도(a)가 증가하였는데 (Table 4), 관능검사 결과에서 조사선량이 증가할수록 색에 대한 기호도 역시 증가하였다. 이를 통해 선홍색인 돈육포의 선호도가 높음을 알 수 있었으며, 감마선 조사가 돈육포의 색을 선홍색으로 변색시킴으로써 화학 발색제를 첨가하지 않고도 기호도가 확보된 재구성 돈육포의 제조가 가능하리라 사료된다.

조직감의 경우 감마선 조사선량이 증가할수록 점수는 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05). 육포는 저장성이 높으나, 단단한 질감을 가지고 있어, 그 소비층이 다양하지 못하다. 그러나 감마선 조사를 통해 연도개선이 된 육포는 보다 부드러운 질감을 갖게 되기 때문에 조직감에 대한 기호도가 높아진 것으로 사료되었다. 향미 및 맛의 경우 감마선 조사선량에 따라 유의적인 감소를 보였는데(p<0.05), 이는 감마선 조사에 의해 발생하는 이취에 의한 것으로 판단되었다. 일반적으로 방사선 조사된 식품은 고유의 방향성분이 감소되며 불쾌취가 발생한다고 하였는데(28,29), 특히 육류에 있어서 Lefevre 등(30)과 Lynch 등(31)은 방사선 조사한 육류에서 이취가 발생했으며, 이러한 조사취로 인해 향미에 대한 선호

도가 낮은 값을 나타낸 것으로 보고하였다. 또한 조사취는 wet dog odor와 같은 냄새(32)로 인식되기도 한다. 이러한 조사취에 의해 향미와 맛에 있어 기호도가 낮게 나타난 것으로 사료된다. 지금까지의 결과는 재구성 돈육포의 육색 및 조직감 개선을 위한 감마선의 이용 가능성을 시사하고 있으며, 향후 방사선 조사에 의해 저하된 관능적 품질 개선을 위한 추가 실험이 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

## 요 약

본 연구는 감마선 조사가 재구성 돈육포의 이화학적 및 관능적 품질에 미치는 영향을 파악하고자 0, 3, 5, 7, 10 kGy 선량으로 조사된 재구성 돈육포의 일반성분, 지방산패도, 색도, 전단력 및 관능검사를 실시하였다. 일반성분 분석 결과에서 감마선 조사에 따른 수분, 조단백, 조지방의 함량 및 TBA값의 변화는 없었다. 그러나 색도 측정 결과 적색도인 a값이 유의적으로 증가함을 확인할 수 있었다(p<0.05). 전단력 측정 결과 조사선량이 증가할수록 전단력은 낮아졌으며, 관능검사 결과 모든 조사구에서 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 관능평가에서 기호도는 감마선 조사에 의해 낮아졌다. 따라서 재구성 돈육포에 있어 감마선의 조사는 육색 및 조직감을 개선시킬 수 있는 좋은 수단이나 관능적 개선을 위한 추가적인 연구가 필요하였다.

## 문 헌

- Han DJ, Jeong JY, Choi JH, Choi YS, Kim HY, Lee MA, Lee ES, Paik HD, Kim CJ. 2007. Effects of drying condition on quality properties of pork jerky. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 29-34.
- Ryu KL, Kim TH. 1992. The historical study of beef cooking-II. cookery of dried beef based on beef. *Korean J Dietary*

- Culture* 7: 237-244.
3. Park JH, Lee KH. 2005. Quality characteristics of beef jerky made with beef meat of various places of origin. *Korean J Food Cookery Sci* 2: 528-535.
  4. Choi YI, An KY. 1996. Effects of phosphated type and addition level on binding ability, microstructure and storage characteristics of restructured pork jerky. *Korean Soc Anim Sci Technol* 38: 159-170.
  5. Thomas R, Anjaneyulu ASR, Gadekar YP, Pragati H, Kondaiah N. 2007. Effect of commutation temperature on the quality and shelf life of buffalo meat nuggets. *Food Chemistry* 103: 787-794.
  6. Choi YS, Jeong JY, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Paik HD, Kim CJ. 2007. Effect of packaging methods on the quality properties of stick type restructured jerky. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 290-298.
  7. Park KR, Shin JH, Lee SJ, Lim SS, Sung NJ. 1998. The formation of N-nitrosamine in commercial cured products - 2. the effect of cooking methods on n-nitrosamine formation in commercial ham and sausages. *J Fd Hyg Safety* 13: 406-411.
  8. Judge MD, Aberle ED, Forrest JC, Hedrick HB, Merkel RA. 1989. Public health aspects of nitrite usage. In *Principles of Meat Science*. 2nd ed. Kendall/Hunt publishing company, Iowa, USA. p 145.
  9. Choi YI, An YS, Hong SK. 1993. Effect of emulsion addition on binding ability and storage characteristic of restructured pork jerky. *Korean J Anim Sci* 35: 223-229.
  10. Penfield MP, Swanson RB, Mitchell DS, Riemann MJ, Dorko CL. 1992. Restructured reindeer steaks: Effects of flake size, phosphate, and salt on sensory properties. *J Food Sci* 57: 252-253.
  11. Farouk MM, Zhang SX, Cummings T. 2005. Effect of muscle-fiber/fiber alignment on physical and sensory properties of restructured beef steak. *J Muscle Food* 16: 256-273.
  12. Raharjo S, Dexter DR, Worfel RC, Sofos JN, Solomon MB, Shults GW, Schmidt GR. 1995. Quality characteristics of restructured beef steaks manufactured by various techniques. *J Food Sci* 60: 68-71.
  13. Byun MW, Lee JW. 2003. Application of irradiation technology for food safety and security. *Food Science and Industry* 36: 25-41.
  14. Lee KA, Lee YJ. 2004. Physico-chemical change in irradiated beef and pork loins. *J Korean Living Sci* 13: 1031-1036.
  15. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C, USA
  16. Yang CY, Lee SH. 2002. Evaluation of quality of the marketing jerky in domestic. I. Investigation of outward appearance, food additives, nutrient content and sanitary state. *Korean J Food and Nutr* 15: 197-202.
  17. Raica N Jr, Scott J, Nielsen W. 1972. The nutritional quality of irradiated foods. *Radiat Res Rev* 3: 447-457.
  18. Mattison ML, Krft AA, Olson DG, Walker MW, Rust RE, James DD. Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora sensory characteristics and fat stability. *J Food Sci* 51: 284-287.
  19. Turnet EW, Paynter WD, Montie EJ, Bessert MW, Struck GM, Olson FC. 1954. Use of 2-thio-barbituric acid reagent to measure rancidity on frozen pork. *Food Technol* 8: 326-330.
  20. Brewer MS, Ikins WG, Harbers CAZ. 1992. TBA values, sensory characteristics, and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effects of packaging. *J Food Sci* 57: 558-563.
  21. Nam KC, Ko KY, Min BR, Ismail H, Lee EJ, Cordray J, Ahn DU. 2006. Influence of rosemary-tocopherol/packaging combination on meat quality and the survival of pathogens in restructured irradiated pork loins. *Meat Sci* 74: 380-387.
  22. Clarke R, Richards JF. 1971. Effect of  $\gamma$ -irradiation on beef myoglobin. *J Agr Food Chem* 19: 170-174.
  23. Lee JW, Yook HS, Kim SA, Sohn CB, Byun MW. 1999. Effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of pork loin. *Korean J Food Sci Technol* 31: 705-711.
  24. Yook HS, Lee JW, Lee HJ, Kim JG, Kim KP, Byun MW. 1999. Effect of gamma irradiation on the protein solubility purge loss and shear force of beef. *Korean J Food Sci Technol* 31: 665-671.
  25. Kauffman RG, Sybesma W, Smulders FJM, Eikelenboom G, Engel B, van Laack RLJM, Hoving-Bolink AH, Sterrenberg P, Nordheim EV, Walstra P, van der Wal PG. 1993. The effectiveness of examining early postmortem musculature to predict ultimate pork quality. *Meat Sci* 34: 283-300.
  26. Kang JO, Lee GH. 2003. Effects of pigment of red beet and chitosan on reduced nitrite sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 215-220.
  27. Woo SJ, Lee HJ. 1982. Residual nitrite and nitrate in home-processed dry sausage and ham. *Korean J Nut Soc* 15: 186-193.
  28. Ree KS, Anderson LM, Sams AR. 1996. Lipid oxidation potential of beef, chicken, and pork. *J Food Sci* 61: 8-12.
  29. Love JD, Pearson AM. 1971. Lipid oxidation in meat and meat products. *J Am Oil Chem Soc* 48: 547-550.
  30. Lefevre N, Thivault C, Charbonneau R. 1992. Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation. 2. Chemical analysis and sensory evaluation. *Meat Sci* 36: 371-380.
  31. Lynch JA, MacFie HJ, Mead GC. 1991. Effect of irradiation and packaging type on sensory quality of chilled-stored turkey breast fillets. *J Food Sci Technol* 26: 653-668.
  32. Koleva II, Beek TA, Linsen JPH, Groot A, Exstatieva LN. 2002. Screening of plant extracts for antioxidant activity: a comparative study on three testing methods. *Phytochem Ana* 13: 8-17.

(2008년 1월 14일 접수; 2008년 1월 31일 채택)