

# 방사선 조사가 닭고기의 물리화학적 특성에 미치는 영향

## Physico-chemical Properties of Irradiated Chicken

이경애 · 김미정

순천향대학교 식품영양학과 · 대전대학교 식품영양학과

Lee, Kyong-Ae , Kim, Mee-Jeong

Dept. of Food Science & Nutrition, Soonchunhyang University

Dept. of Food & Nutrition, Daejin University

### Abstract

Effects of irradiation on physical and chemical properties of chicken were investigated. Chicken was irradiated at dose levels of 0, 0.5, 1, 3 and 5 kGy using Co60 source. Irradiation increased drip loss and TBA value. Irradiation decreased L value, and increased a value and b value, indicating that irradiation made chicken darker, more reddish and more yellowish. Irradiation induced the degradation in salt-soluble protein, not water-soluble protein. Any differences in color, odor and tenderness between irradiated and non-irradiated chicken were not perceived by sensory panels.

**Key words** : irradiation, chicken, color, salt-soluble protein, sensory evaluation

### I. 서 론

닭고기는 단백질 함량이 높고 콜레스테롤 함량이 적은 대표적 식품으로 닭고기의 소비는 매년 증가하고 있다. 국민 1인당 닭고기 소비량은 1980년 2.4 kg에서 1999년 6.0 kg으로 연평균 5.1%씩 증가된 것으로 나타났으며, 2005년에는 7.9 kg이 소비될 것으로 예상되고 있다 (Oh 등, 2001). 출하된 닭고기의 40% 정도가 *Salmonella*에 의해 오염되어 있으므로 닭고기는 도계 후 바로 냉장 보관하여도 *Salmonella*와 같은 병원성 미생물에 의한 오염 가능성이 높아 닭고기의 위생적 취급이 매우 중요하다 (Lee, 등, 1985).

식품조사는 주로 발아 및 발근의 억제, 속도지연 등을 통한 저장성 향상을 목적으로 이용되어 왔다. 방사선 조사는 육류나 가공류에 존재하는 미생물의 감소 또는 파괴에 효과적인 방법으로 알려지면서 (FAO/WHO, 1984), 이들 식품에 방사선의 이용이 확대될 것으로 생각되고 있다. 조사식품의 안전성과 영양학적 타당성은 코덱스 표준규격에 의해 인정되었으며 FAO/IAEA/WHO 합동위원회에서도 조사식품의 안전성을 보고하였다(WHO, 1981).

1999년 IAEA보고에 의하면 선진국과 개발도상국을 포함한 40여 개국에서 230여종의 식품군에 대한 상업적 방사선 조사가 허용되어 있다. 국내에서도 감자, 양파, 마늘과 같은 신선 식품류, 건조 식육, 어패류 분말 등 총 13개 식품 또는 식품군에 대한 상업적 조사가 허가되어 있다 (변명우, 1997; Locharanu, 1998). 국내에서는 아직 닭고기를 비롯한 가공류에 대한 방사선 조사가 허용되어 있지 않으나, 1990년 FDA는 *Salmonella*, *Yersinia*, *Campylobacter*와 같은 미생물에 의한 식중독을 막기 위해 방사선 조사를 허용하고 있으며 최대허용량은 3 kGy이다 (Nanke, 1998).

닭고기에 방사선을 조사하면 닭고기 중의 수분이 이온화되어 자유 라디칼이 생성되고, 이 자유 라디칼들은 닭고기 성분과 반응하여 닭고기의 물리화학적 특성에 영향을 주어 닭고기의 품질 특성이 변화된다 (Lacroix 등, 2000). Coleby (1956)는 0.5 kGy의 방사선 조사가 닭고기의 냄새에 영향을 주었으나 조리 후에는 냄새 변화를 느낄 수 없었다고 하였고, Hanson 등 (1964)은 1 kGy의 방사선을 조사한 닭고기와 방사선을 조사하지 않은 닭고기의 향미 차이가 관능검사에 의해 인식되었다고 보고하였다. 따라서 본 연구는 방사선 조사가 닭고기의 특성에 미치는 영향을 알아보기로 0.5-5 kGy의 저선량 방사선을 조사한 후 닭고기의 물리화학적 특성과 관능적 특성의 변화를 검토하였다.

Corresponding author : Lee, Kyong-Ae

Tel : 041-530-1262

E-mail : kaelee@sch.ac.kr

## II. 재료 및 방법

### 1. 방사선 조사

체중 1.2-1.3 kg의 닭고기를 구입하여 내장, 머리, 다리를 제거한 후 폴리에틸렌 필름으로 한 마리씩 포장한 다음 한국원자력연구소의 10만 Ci Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 흡수선량 0.5 kGy, 1 kGy, 2 kGy, 3 kGy, 5 kGy가 되도록 일정한 선량률로 방사선을 조사하였다. 방사선 조사를 실시한 닭고기는 4℃에 저장하면서 실험에 사용하였다.

### 2. 수용성 단백질과 염용성 단백질의 분리

수용성 단백질과 염용성 단백질은 Choi 등 (1987)의 방법에 따라 분리하였다. 닭고기에 10배의 0.03M 인산나트륨을 넣고 혼합한 다음 원심분리하여 상등액 1을 분리하였다. 침전물에 다시 10배의 3% NaCl을 넣고 잘 혼합하여 균질화한 다음 원심분리하여 상등액 2를 분리하였다. 상등액 1과 상등액 2를 투석한 다음 동결건조하여 각각 수용성 단백질과 염용성 단백질로 이용하였다.

### 3. 드립손실

방사선 조사 닭고기의 드립손실은 조사 전, 후의 무게를 측정하여 방사선 조사에 의한 각 시료의 무게 감량을 산출하여 조사 전 무게에 대한 백분율로 나타내었다.

### 4. pH

닭고기의 pH는 Hunt 등의 방법 (1999)에 따라 다음과 같이 측정하였다. 닭고기 3 g을 곱게 마쇄한 다음 증류수 15 ml와 혼합하여 균질기 (ESGE, M133/1282-0, Switzerland)로 1분간 균질화하여 pH 미터로 pH를 측정하였다.

### 5. TBA

마쇄한 닭고기 4 g과 20% TCA 용액 10 ml를 혼합하여 균질화한 다음 증류수를 첨가하여 총 부피를 20 ml가 되도록 정용하였다. 이 용액을 여과하여 얻은 여액 5 ml와 TBA (5mM 2-thiobarbituric acid) 용액 5 ml를 혼합

하여 15시간 동안 냉암소에 방치한 후 530 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 6. 색도

방사선 조사 닭고기의 색도는 분광색차계 (color techno system, Tokyo, Japan)을 이용하여 L, a, b, ΔE를 측정하였다.

### 7. SDS-PAGE

SDS-PAGE는 Weber와 Osborn의 방법 (1969)에 따라 10-20% acrylamide gel(Bio-Rad)을 사용해서 실시하였다. 전기영동 후, 0.01% (w/v) Coomassie brilliant blue R-250으로 염색했으며 10% (v/v) 초산용액으로 탈색하였다. Broad range molecular weight marker (Bio-Rad, m.w.=7,200-20,800)를 이용하여 분자량을 측정하였다.

### 8. 관능검사

닭고기는 물 6L와 함께 냄비에 넣고 강한 불에서 30분 끓인 후 중간 불에서 20분 가열하여 백숙을 제조하였고 이를 관능검사에 이용하였다. 관능검사는 본 대학교 식품영양학과 재학생 중 10명의 관능검사원을 선정하여 닭고기의 색깔, 냄새, 부드러운 정도에 대하여 3점 비교법에 의해 평가하도록 하였다.

### 7. 통계처리

실험은 3회 반복 실시하여 그 결과를 SPSS 통계프로그램을 사용하여 분석하였다. 유의성은 분산분석, Duncan의 다중범위검정법 (Duncan's multiple range test)으로 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 드립손실, pH 및 TBA 값

방사선을 조사한 닭고기의 드립손실과 pH를 Table 1에 나타내었다. 방사선 조사 닭고기의 드립손실은 0.62-1.4%로 비조사 닭고기의 드립손실 0.42%에 비해 유의적

으로 높았다 ( $p < .05$ ). 닭고기의 드립손실은 조사선량 의 존적으로 증가하여 5 kGy의 방사선을 조사한 닭고기의 드립손실이 가장 많았는데 드립손실량은 비조사 닭고기의 3배 정도이었다. 식품에 방사선을 조사하면 탈아미노화, 황화수소기의 산화, 이황화기의 환원, 펩타이드 결합의 분해 등으로 단백질의 구조 변화가 일어난다 (Lacroix 등, 2000). 이러한 단백질의 구조 변화가 단백질의 수화력을 감소시켜 방사선 조사 닭고기의 드립손실이 증가된 것으로 생각된다.

한편 방사선 조사는 닭고기의 pH에 큰 영향을 주지 않았다. Min 등(1999)은 닭고기의 가슴살을 방사선 조사했을 때 pH 변화가 없었다고 보고하였는데 이는 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 1. Drip losses and pH of irradiated chicken with different doses

dose (kGy)	drip loss (%)	pH
0	0.42 <sup>f</sup>	6.77 <sup>a</sup>
0.5	0.62 <sup>c</sup>	6.70 <sup>a</sup>
1	0.75 <sup>d</sup>	6.80 <sup>a</sup>
2	0.92 <sup>c</sup>	6.68 <sup>a</sup>
3	1.02 <sup>b</sup>	6.81 <sup>a</sup>
5	1.44 <sup>a</sup>	6.71 <sup>a</sup>

a-f Means in the same column followed by different letters represent significant differences ( $p < .05$ ).

1 kGy 이상을 조사한 닭고기의 TBA값은 비조사 닭고기에 비해 유의적으로 높았다 ( $p < .05$ ). 조사선량이 높아짐에 따라 TBA값이 증가되어 5 kGy의 방사선을 조사한 닭고기의 TBA값은 0.21 mg MA/kg로 비조사 닭고기에 비해 3배 정도 높은 TBA값을 나타내었다 (Table 2). 조사 전 닭고기의 TBA값은 0.07 mg MA/kg이었으며 방사선을 조사한 닭고기의 TBA값은 0.08-0.21 mg MA/kg이었다. 닭고기에 방사선을 조사하면 근육조직 내에 존재하는 물분자에서 생성된 하이드록시 라디칼에 의해 지방산화가 유도된다 (Thakur & Singh, 1994). Lambert 등 (1992)은 산소 농도가 높을수록 조사 돼지고기의 TBA값이 증가되었다고 하였다. Lebepe 등(1990)에 의하면 진공 포장된 돼지고기의 TBA값은 방사선 조사의 영향을 받지 않았다. 본 연구에 사용된 포장재는 산소 투과성으로 산소에 의해 지방 산화가 촉진된 것으로 생각된다.

Table 2. TBA values of irradiated chicken with different doses

dose (kGy)	TBA (mg MA/kg)
0	0.07 <sup>d</sup>
0.5	0.08 <sup>d</sup>
1	0.12 <sup>c</sup>
2	0.13 <sup>c</sup>
3	0.14 <sup>b</sup>
5	0.21 <sup>a</sup>

a-d Means in the same column followed by different letters represent significant differences ( $p < .05$ ).

## 2. 색도

방사선을 조사한 닭고기의 색도는 Table 3에 나타내었다. 3 kGy 이상의 방사선을 조사한 닭고기의 명도는 방사선을 조사하지 않은 닭고기에 비해 유의적으로 낮았다 ( $p < .05$ ). 2 kGy 이상의 방사선을 조사한 닭고기의 적색도는 비조사 닭고기에 비해 유의적으로 높았으며, 조사선량이 높아지면 적색도도 증가하였는데 3 kGy와 5 kGy의 방사선을 조사한 닭고기 간에는 유의적 차이가 없었다 ( $p < .05$ ). 황색도는 방사선을 조사한 닭고기가 방사선을 조사하지 않은 닭고기에 비해 유의적으로 높았고, 조사선량이 높아짐에 따라 황색도가 증가하여 조사선량이 3 kGy 이상인 닭고기의 황색도가 가장 높게 나타났다 ( $p < .05$ ). 따라서 닭고기에 3 kGy 이상의 방사선을 조사했을 때는 색깔이 어두워졌고 2 kGy 이상의 방사선을 조사했을 때는 더 진한 붉은색을 나타내었으며, 0.5 kGy 이상을 조사했을 때는 더 진한 노란색을 보였다. 한편 방사선을 조사한 닭고기의 총 색도는 비조사 닭고기에 비해 유의적으로 크게 나타났으며 조사선량은 총 색도에 영향을 주지 않았다 ( $p < .05$ ).

방사선 조사육의 색도는 조사육의 종류, 조사선량, 조사조건 등의 영향을 받는다. 칠면조 고기를 산소 투과 필름으로 포장하여 방사선을 조사하면 명도에는 변화가 없고 적색도와 황색도는 증가되었으며 (Nanke 등, 1999), 칠면조 고기를 진공 포장하여 방사선을 조사하면 명도는 낮아지고 적색도와 황색도는 증가되었다 (Nanke 등, 1998). Millar 등 (1995)은 닭 가슴살에 5 kGy 이상의 방사선을 조사했을 때 적색도가 증가되었다고 보고하였다. Nanke 등 (1998)에 의하면 조사육의 색도는 조사선량 의존적으로 변화되고 방사선 조사에 의해 옥시미오글로빈과 메트

미오글로빈이 유도되기 때문에 색도에 차이를 보인다고 하였다.

Table 3. Color values of irradiated chicken with different doses

dose (kGy)	L <sup>1)</sup>	a <sup>2)</sup>	b <sup>3)</sup>	ΔE <sup>4)</sup>
0	47.5 <sup>a</sup>	8.7 <sup>d</sup>	11.8 <sup>d</sup>	54.4 <sup>b</sup>
0.5	47.5 <sup>a</sup>	9.3 <sup>cd</sup>	12.7 <sup>c</sup>	55.4 <sup>a</sup>
1	46.8 <sup>b</sup>	9.5 <sup>c</sup>	14.6 <sup>b</sup>	55.8 <sup>a</sup>
2	46.6 <sup>b</sup>	10.8 <sup>b</sup>	14.5 <sup>b</sup>	55.7 <sup>a</sup>
3	45.4 <sup>c</sup>	11.9 <sup>a</sup>	15.4 <sup>a</sup>	55.6 <sup>a</sup>
5	44.1 <sup>d</sup>	12.1 <sup>a</sup>	15.7 <sup>a</sup>	56.1 <sup>a</sup>

a-d Means in the same column followed by different letters represent significant differences (p<0.05).

1) Lightness, 2) redness, 3) yellowness, 4) total color difference

3. 단백질의 분리

방사선을 조사한 후 닭고기에서 수용성 단백질과 염용성 단백질의 변화를 알아보기 위하여 SDS-PAGE를 실시하였다. 수용성 단백질의 SDS-PAGE 패턴은 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 분자량에 큰 변화가 나타나지 않아 방사선 조사가 수용성 단백질에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 생각된다. 염용성 단백질의 SDS-PAGE 패턴은 Fig. 2에 나타내었다. 염용성 단백질은 방사선을 조사하면 주 밴드인 220 kDa와 60kDa의 밀도가 낮아지는 현상을 보였다. SDS-PAGE에 이용된 각 시료의 단백질 양이 동일 하였으므로 이는 방사선 조사에 의해 단백질이 분해되기 때문이며 염용성 단백질은 조사선량이 높아지면 더 많은 분해가 일어나는 것으로 생각된다. 식품에 저선량의

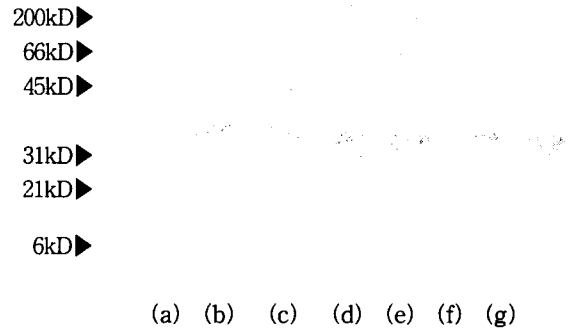


Fig. 1. SDS-PAGE patterns of water-soluble proteins of irradiated chicken at 0-5 kGy. (a) marker (b) 0 kGy (c) 1 kGy (d) 2 kGy (e) 3 kGy (f) 5 kGy

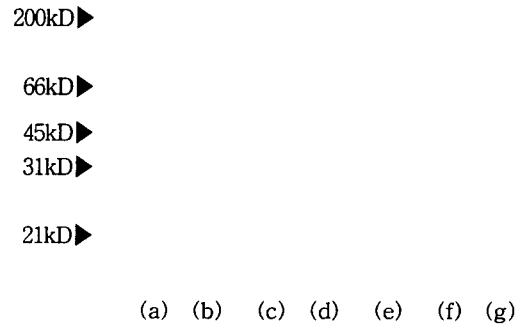


Fig. 2. SDS-PAGE patterns of salt-soluble proteins of irradiated chicken at 0-5 kGy. (a) marker (b) 0 kGy (c) 1 kGy (d) 2 kGy (e) 3 kGy (f) 5 kGy

Table 4. Difference test of cooked irradiated chicken

	0 and 0.5 kGy		0 and 1 kGy		0 and 2 kGy		0 and 3 kGy		0 and 5 kGy	
	correct	difference	correct	difference	correct	difference	correct	difference	correct	difference
color	7 <sup>1)</sup>	n.d. <sup>2)</sup>	6	n.d.	6	n.d.	5	n.d.	7	n.d.
odor	3	n.d.	7	n.d.	7	n.d.	7	n.d.	8	n.d.
tenderness	3	n.d.	9	n.d.	9	n.d.	12	*	9	n.d.

\* p<.05

1) Number of panels that correctly identified the odd sample. 20-member panels performed difference test.

2) no significant difference between two samples

방사선을 조사하면 단백질의 분해가 일어나는데 (Lee 등, 2000), 본 실험에 사용된 조사량도 비교적 저선량이므로 염용성 단백질의 분해가 유도된 것으로 생각된다. 염용성 단백질은 근섬유를 구성하는 단백질로 닭고기에 방사선을 조사하면 근섬유의 일부가 분해되어 텍스처에 변화를 일으킬 것으로 생각된다.

### 3. 관능검사

닭고기로 백숙을 제조하여 조리 후의 관능적 특성에 방사선 조사가 영향을 주는지 알아보하고자 3점 비교법을 실시하였으며 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

방사선을 조사하지 않은 닭고기로 제조한 백숙을 대조군으로 0.5 kGy, 1 kGy, 2 kGy, 3 kGy, 5 kGy를 조사한 각 닭고기로 만든 백숙을 비교군으로 이용하였다. 조리한 비교군 닭고기와 대조군 닭고기 사이의 색깔 차이는 인식되지 않았다. 색도 측정 결과에 의하면 조사 닭고기와 비조사 닭고기는 총 색도에서 유의적 차이를 나타냈으나 (Table 3 참조), 관능검사에 의해 색깔의 차이는 인식되지 않았다.

비교군과 대조군간의 냄새 차이도 인식되지 않았다. 생고기의 TBA값이 1.11-1.30 mg MA/kg 정도가 되면 산패취를 느낄 수 있는데 (Mattison 등, 1986), 본 실험에 사용된 조사 닭고기의 조리 전 TBA 값은 0.08-0.21 mg MA/kg이었다 (Table 2 참조). Hanis 등 (1989)은 방사선 조사가 닭고기의 향미에 영향을 주지 않았다고 하였으며 한편 부드러운 정도는 3 kGy를 조사한 닭고기로 만든 백숙과 대조군간의 차이만 인식되었고 다른 실험군과 대조군간 차이는 없었다. Murano 등 (1998)은 2 kGy를 조사한 쇠고기의 텍스처는 비조사 쇠고기와 차이가 없었다고 하였다. 염용성 단백질의 분해가 관찰되어 (Fig. 2) 일부 근섬유의 분해로 부드러운 정도에 영향을 줄 것으로 생각되었으나 5 kGy 정도의 저선량 조사는 관능검사에 의해 인식될 정도의 큰 변화를 일으키지 않은 것으로 생각된다. 따라서 5 kGy 이하의 방사선을 조사한 닭고기로 만든 백숙의 색깔, 냄새, 부드러운 정도는 방사선을 조사하지 않은 닭고기로 만든 백숙과 큰 차이가 없었다.

## IV. 요약

닭고기에 0.5 kGy, 1 kGy, 3 kGy, 5 kGy의 방사선을 조사하여 방사선이 닭고기의 물리화학적 특성에 미치는 영

향을 검토하였다.

닭고기에 방사선을 조사하면 드립손실과 TBA값이 증가되었다. 드립손실과 TBA값은 조사선량 의존적으로 증가되어 5 kGy를 조사한 닭고기의 드립손실과 TBA값은 비조사 닭고기의 3배 정도이었다.

닭고기에 3 kGy 이상의 방사선을 조사하면 색깔이 어두워지고 2 kGy 이상을 조사하면 더 강한 붉은색을 띠었으며, 조사 닭고기는 비조사 닭고기에 비해 더 진한 노란색을 보였다 ( $p < .05$ ). 방사선을 조사한 닭고기의 총 색도는 비조사 닭고기에 비해 유의적으로 크게 나타났으며 조사선량은 총 색도에 영향을 주지 않았다 ( $p < .05$ ).

방사선 조사는 닭고기의 수용성 단백질에는 큰 영향을 주지 않았으나 염용성 단백질의 분해를 유도하였다.

조사 및 비조사 닭고기로 백숙을 제조하여 백숙의 색깔, 냄새, 부드러운 정도에 대한 차이유무를 3점 비교법으로 검토한 결과 조사 닭고기로 만든 백숙과 비조사 닭고기로 만든 백숙 간에 유의적 차이가 없었다 ( $p < .05$ ).

**주제어** : 방사선 조사, 닭고기, 색깔, 염용성단백질, 관능검사

## 참고 문헌

- 변명우 (1997) 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망, *식품과학과 산업*, 30(1), 91-96
- Coleby, R. (1959) The effects of irradiation on the quality of meat and poultry, *International Journal of Applied Radiation Isotopes*, 6, 115-121
- Choi, Y.I., Kastner, C.L., & Kropf, D.H. (1987) Effect of hot boning and various levels of salt and phosphate on protein solubility, functionality and storage characteristics of preblended pork used in frankfurters, *Journal of Food Protection*, 50(12), 1025-1036,
- Hansen, H.L., Brushway, M.J., Pool, M.P. & Lineweaver, H. (1964) Factor causing color and texture differences in radiation-sterilized chicken, *Food Technology*, 18(9), 1188-1191
- Hunt, M.C., Sorheim, O. & Slinde, E. (1999) Color and heat denaturation of myoglobin forms in ground beef, *Journal of Food Science*, 64(5), 837-851
- FAO/WHO (1984) Codex general standard for irradiated foods, Codex alimentarius commission, vol.15,

- Rome, Italy
- Lacroix, M., Smoragiewicz, M., Jobin, M., Latreille, B. & Kryzstyniak, K. (2000) Protein quality and microbial changes in aerobically- or vacuum-packaged, irradiated fresh pork loins, *Meat Science*, 56, 31-39
- Lambert, A.D., Smith, J.P. & Dodds, K.L. (1992) Physical, chemical and sensory changes in irradiated fresh pork packaged in modified atmosphere, *Journal of Food Science*, 57(6), 1294-1299
- Lebepe, S., Molins, R.A., Charoen, S.P. Farrar, H. & Skowronski, R.P. (1990) Changes in microflora and other characteristics of vacuum-packaged pork loins irradiated at 3.0 kGy, *Journal of Food Science*, 55, 918-924
- Lee, K.A., Choi, Y.J. & Yang, J.S. (2000) Enzyme-linked immunosorbent assay for irradiated eggs. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*, 29(6), 1030-1034
- Lee, M.K., Kim, J.G., Byun, M.W., Kwon, J.H. & Cho, H.O. (1985) Cooking quality in gamma-irradiated chicken, *Journal of Korean Society of Food and Nutrition*, 14(2), 151-156
- Loecharanu, P. (1998) Acceptance and trading on irradiated foods-international developments of food irradiation and consumer acceptance of irradiated food, paper presentation at the 4th CAFST seminar, Korea University, Seoul, Korea
- Mattison, M.L., Kraft, A.A., Olson, D.G., Walker, H.W., Rust, R.E. & James, D.B. (1986) Effect of low dose irradiation of pork loins on the microflora, sensory characteristics and fat solubility, *Journal of Food Science*, 51(2), 284-287
- Millar, S.J., Moss, B.W., Macdougall, D.B. and Stevenson, M.H. (1995) The effect of ionizing radiation on the CIELAB colour co-ordinates of chicken breast meat as measured by different instruments, *International Journal of Food Science and Technology*, 30, 663-674
- Min, I. S., Shin, D.K, Lee, S.O., Kim, I.S., Lee, J.I. & Lee, M. (1999), Effect of  $\gamma$ -irradiation on the physicochemical and sensory characteristics of chicken thigh meat, *Korean Journal of Animal Science*, 41(6), 669-675
- Nanke, K.E, Sebranek, J.G.. & Olson, D.G. (1998) Color characteristics of irradiated vacuum-packaged pork, beef and turkey, *Journal of Food Science*, 63(6), 1001-1006
- Nanke, K.E, Sebranek, J.G.. & Olson, D.G. (1999) Color characteristics of irradiated aerobically packaged pork, beef and turkey, *Journal of Food Science*, 64(2), 272-278
- Oh, S.Y. & Yoo, I.J. (2001) Comparative analysis of Korean consumption behavior in chicken, *Korean Journal of Food Science and Animal Resources*, 21(2), 110-115
- Thakur, B.R. & Singh, R.K. (1994) Food irradiation chemistry and application. *Food Research International*, 10, 437-473
- Weber, K. & Osborn, M. (1969) The reliability of molecular weight determined by dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis, *Journal of Biological Chemistry*, 244, 4406-4412
- WHO (1981) Wholesomeness of irradiated food report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee, Geneva, 1980 world health organization technical report series, No.659. Geneva, Switzerland

(2003. 12. 28 접수; 2004. 02. 12 채택)