

## 감마線 照射에 의한 닭고기의 理化學的 特性變化

邊明宇 · 權重浩 · 趙漢玉 · 李美京\* · 金鍾君\*

韓國에너지研究所 食品照射研究室 · \*世宗大學 家政學科

### Physicochemical Changes of Gamma-Irradiated Chicken

Myung-Woo Byun, Joong-Ho Kwon, Han-Ok Cho,  
Me-Kyung Lee\* and Jong-Gun Kim\*

Division of Food Irradiation, Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul

\*Department of Home Economics, King Sejong University, Seoul

#### Abstract

The effect of gamma irradiation on the physicochemical properties of chicken meat and its sensory quality were investigated during 41 days of storage at 3 to 4°C following irradiation of 5 to 10 kGy. Immediately after irradiation, the water holding capacity of chicken meat decreased slightly with the increase of irradiation dose, whereas during storage, the water holding capacity of irradiated groups was superior to that of the nonirradiated ones. With increasing the irradiation dose and storage time, the TBA values of irradiated groups were higher than those of nonirradiated ones. The volatile basic nitrogen content of nonirradiated group markedly increased over 20mg% by microbial spoilage from the 10th day of storage, however, the irradiated groups of over 8 kGy showed only the 16 to 18 mg% until 41 days of storage. The irradiated groups had a slight irradiation-odour that dissipated during up to 3 days of storage, and also they showed a slight pink discoloration in the carcasses and this tendency was much more pronounced with increasing irradiation dose. The nonirradiated group gave off an off-odour due to the spoilage around 5 to 7 days of storage and showed a change in meat appearance, while the irradiated groups of over 5 kGy maintained a fresh state during the 25 to 30 days of storage.

#### 서 론

닭고기의 위생적이며 경제적인 저장법 개발을 위하여 放射線 照射에 의한 닭고기의 저장성 연구는 여러 나라에서 수행되었고, 이미 네덜란드, 소련 및 캐나다에서는 3, 6, 7.5 kGy의 線量으로 照射된 냉장 및 냉동 가금류의 저장에 따른 市場性 검토를 시도한바 있으며<sup>(1)</sup>, WHO에서는 이에 대하여 최대 線量으로 7 kGy까지의 照射는 無條件 健全하다고 발표하였다<sup>(2)</sup>. 또한 완전살균된 照射 닭고기의 건전성에 관한 검토는 1976년부터 시작되었는데 毒性的 研究는 생쥐의 4세대와 개를 이용하여 4년간 수행되었고, 기타 실험으로서 變異原性, 奇形性, 단백질 효율 및 영양학적 물질등이 전반적으로 연구된 결과 건전성에 대한 악영향은 발견되지 않았다고 하였다. 이러한 결과를 바탕으로 FDA에서는 放射線 照射에 의하여 완전살균된 닭고기의 건전성 승인을 검토중에 있다<sup>(3,4)</sup>.

따라서 본 실험은 국내에서 처음 시도된 연구로서 前報<sup>(5)</sup>에 이어 닭고기에 오염된 미생물의 효과적인 살

균과 이에 따른 저장기간의 연장울 가져올 수 있는 적정선량 범위의 감마線 照射가 닭고기의 품질에 관련된 이화학적 특성에는 어떠한 영향을 미치는지를 검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험에 사용된 닭고기는 서울시 지정 도계장에서 1984년 6월 2일에 암수 구별없이 체중이 1.2~1.3 kg의 Fryer(생후 3.5~4개월) 80마리를 도살 직후에 구입하여 내장, 머리 및 다리를 제거하고 pouch(20μ nylon6/60μ polyethylene, 삼모물산제조)를 이용하여 한마리씩 공기포장한 후 放射線 照射 試料로 사용하였다.

##### 放射線 照射 및 저장

放射線 照射는 포장직후 ice box(5~6°C)에 담아 한국에너지연구소내 大單位 放射線 照射 施設(線源 10

만 ci의 <sup>60</sup>Co 감마線)을 이용하여 시간당 0.34 kGy의 線量率로 5, 8, 10 kGy를 각각 照射시켰으며, 照射된 시료는 非照射區와 함께 3~4℃의 냉장고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

**理化學的 特性 試驗**

**가. 일반성분 및 pH**

일반성분 및 pH는 닭고기의 다리와 가슴육을 이용하였으며 水分은 102±1℃에서 16~18 시간 건조하였고,<sup>(6)</sup> 조단백은 분산에 의한 암모니아 흡수법<sup>(7)</sup>으로, 조지방은 시료를 해사와 섞어 건조시킨후 Soxhlet 추출법에 의하였으며,<sup>(7)</sup> 조회분은 525℃에서 灰化하여 정량하였다.<sup>(6)</sup> 시료의 pH는 마쇄한 시료 10g에 증류수 50 ml를 가하여 pHmeter(Coring Model 5)를 이용하여 측정하였다.<sup>(8)</sup>

**나. 保水力 측정**

보수력은 닭고기의 다리 및 가슴육을 이용하여 잘 마쇄 혼합한 후 25g을 취하여 원심분리법에 따라 측정하였다.<sup>(6)</sup>

**다. TBA價 측정**

Turner등<sup>(9)</sup>의 방법에 준하여 다리 및 가슴육을 잘 마쇄 혼합하여 2.5g을 50 ml 원심분리관에 칭량하고 2 M-phosphoric acid에 용해한 20%TCA(trichloroacetic acid)와 0.01 M-TBA(2-thiobarbituric acid)를 10 ml 가하여 열탕조에서 가끔 흔들며 주면서 30분간 가열하였다. Ice bath에서 10분간 냉각시켜 solid fat층을 제거하고 isoamyl alcohol-pyridin (2 : 1 v/v) 용액을 15 ml 가하여 강하게 2분간 흔들며 상온에서 15분간 원심분리(2,400 rpm)하고 emulsin을 파괴시킨 뒤 상등액을 spectrophotometer(Bausch & Lomb Spectronic 710)의 538 nm에서 isoamyl alcohol-pyridine(2 : 1 v/v)을 blank로 하여 흡광도를 측정하였다.

**라. 휘발성 염기질소 정량**

닭고기의 다리 및 가슴육을 잘 마쇄 혼합한 후 10g을 취하여 감압법(Weber-Wilson 개량법)에 따라 정량하였다.<sup>(10)</sup>

**外觀 및 냄새 관찰**

41일간 저장하면서 주기적으로 냄새와 肉色의 변화를 관능적으로 관찰하였는데 냄새 변화는 닭고기 냄새를 혼련시킨 8명의 검사원에 의해 가장 좋다(excellent)를 6점, 대단히 나쁘다(very poor)를 1점으로 하여 채점시험을 수행하였으며,<sup>(11)</sup> 肉色은 육안적 관찰로 나타내었다.

**결과 및 고찰**

**理化學的 特性變化**

**가. 일반성분 및 pH**

肉성분은 性別, 年齡, 體部別, 營養狀態등에 따라 다르며, 일반적으로 肉의 각종 성분중에서 그 함량의 변동이 많은 것과 그다지 변동하지 않는 것이 있는데, 기초물질인 무기성분과 단백질은 고정되어 있고 저장 물질인 지방과 glycogen은 변동한다.<sup>(12)</sup> 본 실험에서 사용된 닭고기는 月齡이 3.5~4個月된 fryer로 水分이 75.83%, 肉中の 지방함량은 2.87%정도였으며 피하지방이 약간 존재하였고, 肉의 주성분인 단백질은 20.17%로 舍肉形物의 약 83%를 차지하고 있었다. 또한 회분은 1.02%, 가용성 무질소물은 0.11%였다.

Fig. 1은 저장에 따른 pH의 변화를 나타낸 것으로 모든 시험구의 pH는 6.1~6.5 사이였으며, 照射區는 非照射區에 비해 저장 10일 이후부터는 다소 높은 pH를 유지하였다. 일반적으로 신선한 牛肉이나 豚肉의 pH는 5.8~6.0으로 알려지고 있으나 본 실험에서 닭고기는 다소 높은 pH를 유지하였는데 이러한 경향은 Takaaki<sup>(13)</sup>의 실험결과와 거의 비슷하였다.

**나. 보수력**

보수력은 근육단백의 수화성을 말하는 것으로서 Fig. 2는 非照射區와 照射區와의 저장기간에 따른 보수력의 변화를 나타낸 것으로 저장초기에는 非照射區에 비해 照射區는 線量의 증가와 더불어 다소 저하되었으나 저장기간이 경과함에 따라 非照射區는 부패가 활발히 진행되던 저장 20일 이후부터 급격히 보수력에 저하되어 저장말기에는 88.78% 정도였고, 照射區에서는 線量간에 큰 차이없이 저장초기에 비해 1%내외의 낮은 감소를 보였다. 일반적으로 肉의 보수력 향상과 drip생성 방지를 위해 sodium tripolyphosphate(T.P.P)나 sodium phosphate(P.P.)가 처리되는데, 放射線 照射와의 병용처리로서 肉의 보수력 향상과 또한

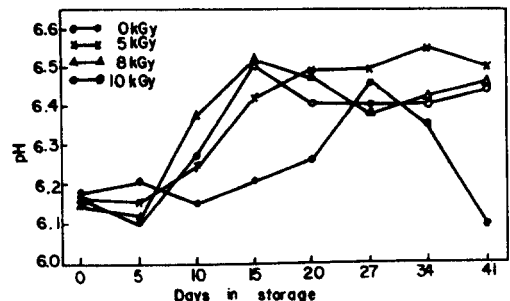


Fig.1 pH Changes of irradiated chicken meat during storage at 3 to 4°C

調理하는 동안 natural juices의 상실을 감소시키는 방법도 알려지고 있다<sup>(14)</sup>

다. TBA價

저장중 닭고기의 TBA價 변화는 Fig.3 과 같다. 照射區는 일반적으로 線量의 증가와 더불어 非照射區에 비해 높은 수치를 나타냈으며 저장기간이 경과함에 따

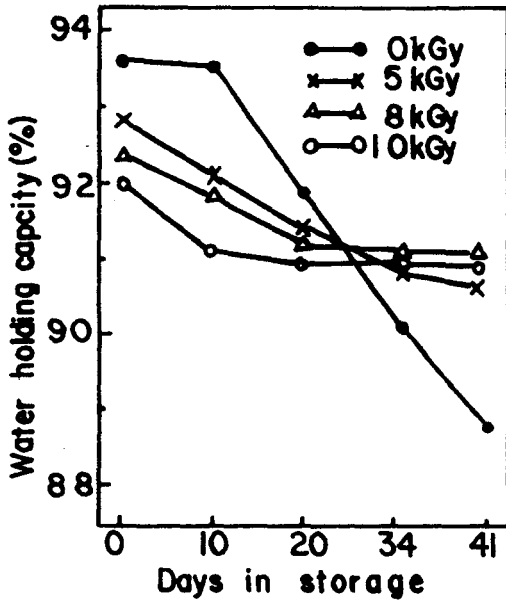


Fig.2 Changes in water holding capacity of irradiated chicken meat during storage at 3 to 4°C

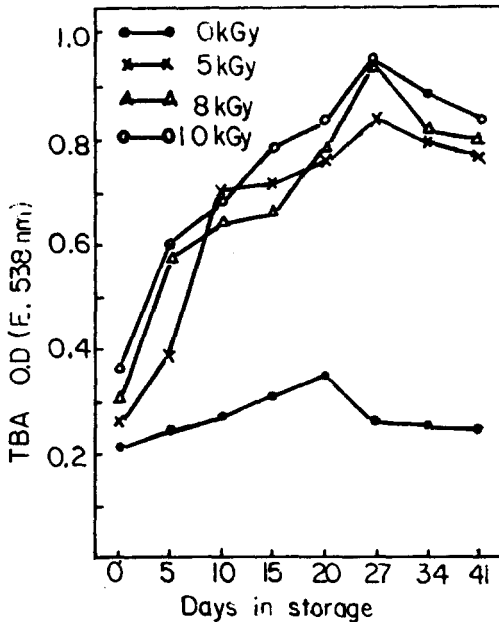


Fig.3 Effect of gamma irradiation on the TBA value of chicken meat during storage at 3 to 4°C

라 모든 시험구에서는 증가되었다. 이러한 결과는 El-Wakeil 등<sup>(15)</sup>의 닭고기에 5, 10, 15 kGy의 감마線 照射로 TBA價가 照射區는 非照射區에 비해 線量의 증가와 저장기간의 경과에 따라 증가했다는 보고와, 放射線 照射가 지방산패를 촉진하여 malonaldehyde와 glyoxal등을 생성, TBA와 적색복합체를 많이 형성 한다는 결과<sup>(16)</sup> 및 Chipault 등<sup>(17)</sup>의 산소 존재하에서 高線量의 放射線 照射로 상당량의 peroxide와 carbonyl化合物이 생성된다는 것과 이러한 생성물의 鹹은 風味나 기타 理化學的 變化들과 관련지을 수 없다고한 결과와 일치한다. 이는 放射線 照射가 지방의 정상적인 자동산화의 경우보다 더 큰 농도의 유리기를 형성하며 이들 관능기들은 정상적인 자동산화 과정의 경우와 다른 더 짧은 연쇄반응을 일으키는 듯하다. 따라서 본 실험에서는 照射區의 높은 TBA價는 시료의 공기포장의 원인이 크며, 照射와 저장동안 산소의 제거로 높은 TBA價를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

라. 휘발성 염기 질소함량 변화

저장중 휘발성 염기 질소함량을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 저장초기에는 모든 시험구에서 11~13 mg%로 별다른 차이가 없었으나 非照射區는 저장 10일경부터 照射區에 비해 급격히 상승하여 18 mg%이상 이었으며, 이때 중농성 세균수는  $5.1 \times 10^6/g$ 으로 부패취가 발생되었고 저장기간이 경과함에 따라 계속 증가하여 저장말기에는 약 50 mg%의 휘발성 염기 질

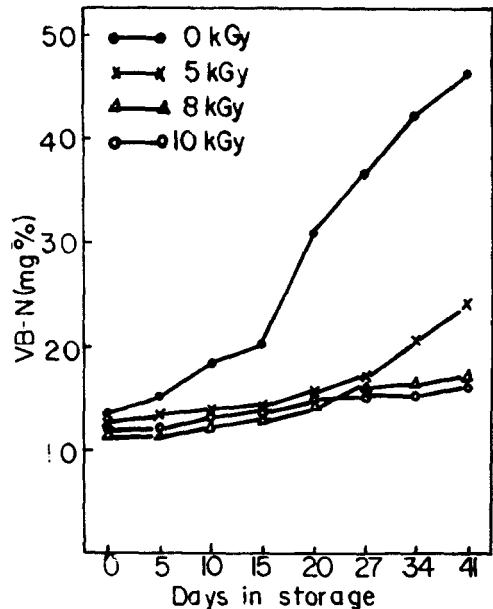


Fig. 4 Effect of gamma irradiation on the volatile basic nitrogen content of chicken meat during storage at 3 to 4°C

소가 검출되었다. 照射區에서는 저장 27일까지도 線發問에 큰 차이없이 15~16 mg%를 나타냈으며 5 kGy 照射區는 저장 27일 이후부터 10<sup>6</sup>/g 이상의 세균 증식으로 20 mg%정도의 휘발성 염기 질소가 검출되어 부패초기 양상을 보였다. 그러나 8 kGy이상 照射區는 41日間 저장후에도 16~18 mg%정도로 그 함량이 낮음을 보여주고 있으며 본 실험에서는 휘발성 염기 질소함량이 18 mg% 이상에서 외관 및 냄새의 관찰로 관능적 부패가 인정되었다. 이러한 결과는 Takaaki<sup>(13)</sup>의 실험에서 4.5°C 저장시 저장 6일부터 암모니아태 질소가 급격히 증가하여 18 mg% 이상이었고, 저장 9일부터는 부패취가 발생되었다는 보고와 또한 저장 온도에 따른 다소의 차이를 고려해 볼때 김등<sup>(18)</sup>의 牛肉의 放射線 照射 貯藏실험에서도 20°C 저장시 15 mg% 이상에서 부패로 인정되었다는 결과와 거의 일치하였다.

외관 및 냄새변화

Table. 1. Appearance of unirradiated and irradiated chicken during storage at 3 to 4°C

Days in storage	Dose(kGy)			
	0	5	8	10
0	No discoloration	Breast meat slight pink	Breast & thigh meat slight pink	Breast & thigh meat slight pink
3	No discoloration	Breast meat slight pink	Breast & thigh meat slight pink	Breast & thigh meat slight pink
5	No discoloration	Breast meat slight pink	Breast & thigh meat slight pink	Breast meat salmon pink
8	Whole skin salmon pink	Whole carcass skin white	Whole carcass skin white	Whole skin slight pink
10	Breast meat dull	Whole carcass skin white	Whole carcass skin white	Whole skin slight pink
15	Breast meat dull	Whole carcass skin white	Whole carcass skin white	Whole skin slight pink
20	Carcass dull greyish	Whole carcass skin white	Whole carcass skin white	Breast meat salmon pink
27	Flesh decomposed	Whole carcass skin white	Whole carcass skin white	Breast meat, whole skin slight pink
34	Flesh decomposed	Breast meat dull	Whole carcass skin white	Breast meat, whole skin slight pink
41	Flesh decomposed	Breast meat dull	Breast meat dull	Breast meat, whole skin slight pink

감마線 照射後 3~4°C에서 41일간 저장하면서 냄새 및 외관을 관능적으로 調査한 결과는 Fig. 5 및 Table 1 과 같다.

먼저 Fig. 5에서 非照射區는 저장 3일까지 신선한 닭고기 냄새가 유지되었으나 5일부터는 냄새가 없어

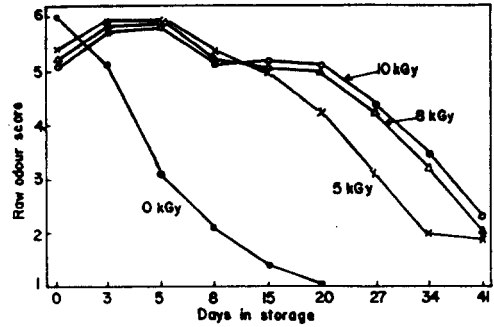


Fig. 5 Effect of gamma irradiation on the raw odour score of chicken meat during storage at 3 to 4°C

6:excellent, 5:very good, 4:good, 3:fair, 2:poor, 1:very poor.

졌고 8일부터는 약간의 불래취(off-odour)가 발생되기 시작하여 점수가 3이하로 하락되어 食用이 불가능하였다. 照射區에서는 照射後 3일까지 약간의 照射臭(irradiation odour)가 발생되어 非照射區에 비해 다소 낮은 점수를 보였으나 저장 3일 이후부터는 사라져 8일 정도까지는 신선한 닭고기 냄새를 유지하였고, 신선함이 다소 못한 닭고기 냄새가 5 kGy照射區는 저장 27일, 8 kGy이상 照射區는 저장 34일까지 유지되었으며, 그 이후부터는 좋지 못한 냄새를 발생하였는데, 이때의 8 kGy照射區의 미생물수는 前報<sup>(19)</sup>에서 밝힌바와 같이 10<sup>2</sup>/g정도이며 10 kGy照射區는 10<sup>2</sup>/g 이하로 미생물적 부패라기 보다는 肉 자체내의 酵素的 분해가 그 원인으로 생각된다. 이는 닭고기에 5 kGy照射後 40일 이상 냉장으로 미생물적 저장성(microbiological shelf-life)이 연장된다 하더라도 25일 저장 이후부터는 효소적으로 불안정하다는 Rhodes<sup>(19)</sup>의 보고와 거의 일치한다. 한편 放射線 照射直後의 약간의 照射臭 發生은 고기를 구성하는 여러 화합물이 放射線 照射에 의해 직접결합이 절단되어 많은 다른 화합물로 분리되기 때문으로, 즉 지방은 *n*-alkanes, *n*-alkenes, *n*-alkynes으로, sterols은 normal과 iso-alkanes을 생성하며 단백질과 peptide는 peptide결합에서 분열되지 않고 측쇄가 분열되어 다시 *n*-alkanes, benzene 및 toluene과 같은 hydrocarbon을 생성하며, 함유황단백질은 sulphides, disulphides 및 mercapton을 생성한다고 한다.<sup>(20)</sup> Sudarmadji등<sup>(21)</sup>은 5~10°C 온도에서 닭고기에 放射線 照射했을 때 照射臭가 발생하는 線量을 2.5 kGy정도라고 하였으며, Angelini등<sup>(22)</sup>은 非照射區와 照射된 닭고기의 휘발성 유기화합물은 質적으로 같은 휘발성 물질이나 照射된 것에서는 非照射區보다 상당량 더 생성되었으며 주요 휘발성 물질은 hydrogen 및 hydrocarbon 이었다고 한다.

Table 1은 외관변화를 나타낸 것으로 非照射區는 저장 7일까지는 肉色의 변화가 없었으나 약간의 off-odour가 생성되던 저장 8일에 全肉色이 salmon pink색을 나타내다가 10일부터 가슴부위가 어두운색으로 변하여 저장 20일 이후부터는 全體적으로 어두운 靑灰色으로 부패됨을 보여주었다. 照射區에 있어서 5 및 8 kGy區는 照射後 저장 7일 정도까지 内部肉質이 약간의 pink色을 나타냈으나 그 이후부터는 사라져 저장 31일까지 거의 신선한 유백색을 보였으며, 5 kGy照射區는 저장 34일, 8 kGy照射區는 저장 41일에 가슴살이 어두운 색으로 변해 이때의 off-odour의 생성과 함께 부패초기현상을 나타냈다.

10 kGy照射區에서의 肉色은 저장말기까지도 照射初期의 pink色이 다소 존재하였으며 이러한 결과는 Kahan등<sup>(23)</sup>의 연구결과와 거의 일치하였다. 따라서 냄새와 외관을 관찰한 결과 非照射區는 약 5~7일, 5 kGy照射區는 약 25일, 8 및 10 kGy照射區는 약 30일 정도 신선함을 유지할 수 있었다.

## 요 약

放射線 照射가 닭고기의 저장성과 품질에 미치는 영향을 검토하기 위해 시료에 5~8 kGy의 감마線을 照射하고 3~4°C에서 41일간 저장하면서 이화학적 특성변화 및 냄새와 외관변화의 관능실험을 수행 결과는 다음과 같다. 보수력은 照射直後 線量의 증가와 더불어 다소 감소하였으나 저장기간이 경과함에 따라 照射區가 우수하였고, TBA價는 照射線量의 증가와 저장기간의 경과에 따라 증가하였으며, 휘발성 염기 질소량에 있어서는 非照射區는 저장 10일경부터 미생물적 부패로 급증하였으나 8 kGy이상 照射區에서는 저장 40일까지도 16~18 mg% 정도였다. 냄새 및 외관에 있어서는 照射區에서는 약간의 照射臭가 발생되었으나 저장 3일정도에서 사라졌으며 肉色은 線量의 증가와 더불어 다소 진한 pink색을 보였고, 非照射區는 저장 후 약 5~7일 정도에서 부패로 인한 off-odour와 肉色이 변화되기 시작한데 반해 5 kGy 이상 照射區는 저장 25~30일 동안 신선도를 유지할 수 있었다.

## 문 헌

1. Vas, K.: Joint FAO/IAEA/WHO Advis. Group Internat. Acceptance Irradiated Food, GA-143/INF/2, IAEA, Vienna (1977)
2. WHO: Wholesomeness of Irradiated Food, WHO Technical Report Series 604, Geneva (1981)
3. Harlan, J.W.: Preprint of a Paper Delivered of the Seminar on Food Irradiation for Developing Countries in Asia and Pacific, Tokyo, IAEA-SK-60/19, November 9-13 (1981)
4. DOE/USDA/AIBS Workshop on Low-Dose Irradiation Treatment of Agricultural Commodities: Food Irradiation Technology in the United States, Washington, D.C., April 19-21 (1982)
5. 조한옥, 이미경, 변명우, 권중호, 김종균: 한국식품과학회지, 17, 170(1985)
6. 이유방, 성삼경: 식육과 육제품의 분석실험, 선진

- 문화사, p.34-129 (1984)
7. 小原哲三郎, 鈴木隆雄, 岩尾裕之: 食品分析ハンドブック, 第二版, 建帛社, 東京, p.127 (1977)
  8. AOAC: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Washington, D.C. (1980)
  9. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bes-sert, M.W., Struck, G.M. and Olson, F.C.: *Food Technol.*, 8, 326 (1954)
  10. 일본식품위생협회: 식품위생검사지침(상), 동경, p.26 (1973)
  11. 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상: 식품공업품질관리론, 유림문화사(1982)
  12. 황철성: 식육가공학, 선진문화사, p.34 (1972)
  13. 森高明: 日本食品工業學會誌, 27, 43 (1980)
  14. Wierbicki, E.: *Combination Process in Food Irradiation*, IAEA-SM-250/24, Vienna, p.181 (1981)
  15. EI-Wakil, F.A., Salwa, B.M., EI-Magdi. and Nadia, A.M. Salma.: *Preservation by Irradiation*, Vienna, IAEA/SM-221/10, p.467 (1978)
  16. Smith, N.L., Tinsley, I.J. and Bubl, C.E.: *Food Technol.*, 14, 317 (1960)
  17. Chipault, J.R., Mizuno, G.R. and Lundberg, W.O.: *Food Technol.*, 10, 209 (1956)
  18. 김년진, 박용근, 공운영: 한국식품과학회지, 4, 95 (1972)
  19. Rhodes, D.N.: *Food Manufacture*, Proc. Int. Food Congr. London, p.26 (1964)
  20. Technical Reports Series No.114: *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*, Second Edition, IAEA, Vienna, p.43 (1982)
  21. Sudarmadji, S. and Urbain, W.M.: *J. Food Sci.*, 37, 671 (1972)
  22. Angelini, P., Merritt, C., Bileski, D.J. and Kahan, R.S.: *Pioneering Res. Lab. Ann. Rep.*, p.33 (1969)
  23. Kahan, R.S. and Howker, J.J.: *Food Preservation by Irradiation*, Vienna, IAEA-SM-221/36, p. 221 (1978)

---

1985년 2월 14일 접수