

닭고기에 汚染된 微生物의 伽馬線 殺菌

趙漢玉 · 李美京* · 邊明宇 · 權重浩 · 金鍾君*

韓國에너지研究所 食品照射研究室 · *世宗大學 家政學科

Radurization of the Microorganisms Contaminated in Chicken

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

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

*Department of Home Economics, King Sejong University, Seoul

Abstract

This study was intended to develop a sanitary and economic storage method using gamma irradiation for chicken. The samples, which were irradiated with doses of 0, 5, 8 and 10 kGy and stored at 3 to 4°C for 41 days, were subjected to an investigation of the sterilizing effect on microorganisms. In the number of microorganisms contaminated, psychrotrophiles, mesophiles and thermophiles were 7.8×10^5 , 3.6×10^5 and 1.1×10^3 per gram of the samples, respectively, and yeast & mold and coliform group were 3.0×10^3 and 2.1×10^3 per gram of the samples, respectively. Also, other enteric bacilli were isolated up to 90% out of total test groups on a selective medium(S-S agar). The number of total bacteria was reduced by over 2 to 4 log cycles with an irradiation of 5 kGy to 10 kGy, and an irradiation treatment of over 5 kGy was shown to be effective for the radurization of yeast & mold, coliform group and other enteric bacilli. Thus, it was possible to extend the microbiological self-life of chicken for about 2 to 4 weeks compared with the control.

서 론

국민 생활수준의 향상과 영양학적 관심도가 높아짐에 따라 肉類는 우수한 단백질 영양원으로서 食生活의 필수적 존재가 되었고, 따라서 그 수요가 급증하고 있다. 닭고기의 생산은 종래의 採卵 위주의 양계가 최근에는 broiler(鬚鷄)의 생산 및 소비가 늘어나고 있는 실정으로 1981년에 91,000톤에서 82년에는 99,000톤, 83년에는 120,000톤으로 생산이 매년 증가되고 있다.⁽¹⁾

닭고기는 도계후 시중에 출하될때까지 自體의 미생물군 및 2次汚染으로 미생물의 높은 오염도를 보이며 이들 매생물은 대개 호기적 세균, 곰팡이 및 효모로서^(2,3)부패의 직접적인 원인이 될 수 있고 특히 *Salmonella*와 같은 食中毒 細菌의 오염 가능성이 매우 높다. 캐나다에서 보고된 바에 의하면 출하 닭고기는 40%가 *Salmonella*로 오염되고 있고,⁽³⁾ 그 오염 정도는 소비자에 이르기까지 유통되는 동안 비위생적 조건이나 주방의 기구등에 의해 다른 식품에 再汚染되므로 公衆衛生상 많은 문제점을 내포하고 있다고 한다. 이와같이 닭고기는 높은 미생물 오염도를 나타내

어 냉장상태에서도 低溫性 細菌이 계속 증식되므로 몇 일 정도밖에 저장성을 갖지 못하며 현재 저장성의 연장을 위한 필수적인 방법으로서 냉동법이 대부분 이용되고 있으나 전력소비의 과다, 저장 용량부족 및 닭고기의 肉質變化등 경제적, 기술적 측면에서 그 이용이 한정되어 있다.

따라서 이미 전정성이 공인되어 캐나다, 네덜란드를 비롯한 선진 여러나라에서 실용화되고 있는 放射線 照射에 의한 닭고기 저장기술,⁽⁴⁾ 즉 저장성 연장과 *Salmonella*와 같은 食中毒 細菌의 제거로 위생적이고 경제적인 식품생산을 도모하기 위하여 닭고기에 여러 선량의 伽馬선을 照射하고 저온에 저장하면서 오염된 미생물의 살균효과와 저장중 생육상태를 調査하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 닭고기는 서울시 지정 도계장에서 1984년 6월 2일에 암수 구별없이 체중이 1.2~1.3kg의 Fryer(생후 3.5~4개월) 80마리를 도살직후에 구입하여 내장, 머리 및 다리를 제거하고 pouch(20

μ nylon 6/60 μ polyethylene, 삼교물산 제조)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℃)에 담아 한국에너지연구소內 大單位 放射線 照射 施設(線源 10 만ci의 60Co 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℃ 냉장고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 검사

미생물 검사는 닭고기의 항문 및 날개 부위의 껍질 및 근육을 이용하였으며 3반복으로 실험하였다.

일반세균은 APHA Standard method⁽⁵⁾에 따라 plate count agar(Difco Lab.)를 사용하여 低溫性菌은 5℃에서 5~6日, 中溫性菌은 30℃에서 1-2日, 高溫性菌은 55℃에서 3日간 배양한 후 계수하였다.

효모 및 곰팡이는 potato dextrose ager(Difco Lab.)를 사용하였는데 살균후 멸균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 보정 하여으며 30℃에서 2~3日간 배양한 후 계수하였다.

대장균군은 desoxycholate agar(Difco Lab.)를 사용한 표준평판법으로 37℃에서 1~2日간 배양하여 적색의 집락을 계수하였으며, 또한 선택성이 강한 감별 분리 배지인 salmonella-shigella agar(BBL Lab.)을 이용하여 37℃에서 1~2日간 배양한 후 계수하였다.

결과 및 고찰

미생물 생육시험

가. 일반세균

닭고기에 오염된 中溫性 細菌의 감마線 照射시 살균 효과는 Fig. 1과 같다. 非照射區에서는 $7.8 \times 10^5/g$ 가 검출되었으나 照射直後 5 및 8 kGy 照射區에서는 $1.3 \times 10^3/g$ 과 $4.0 \times 10^2/g$ 으로 각각 격감되었고, 10 kGy 照射區에서는 細菌이 검출되지 않았다. 또한 3~4℃ 저장중 증식성 세균의 경시적 변화에서 非照射區는 계속 증식되어 저장 10일에 $5.1 \times 10^6/g$ 으로 부패가 시작되었으나, 5 kGy 및 8 kGy 照射區는 저장 27일에 $1.6 \times 10^5/g$ 과 $8.2 \times 10^2/g$ 으로 닭고기의 외관적 품질에 있어서 照射直後나 변화가 없었고, 저장 34일에 5 kGy照射區는 $6.9 \times 10^5/g$ 으로 照射直前의 세균수와 비

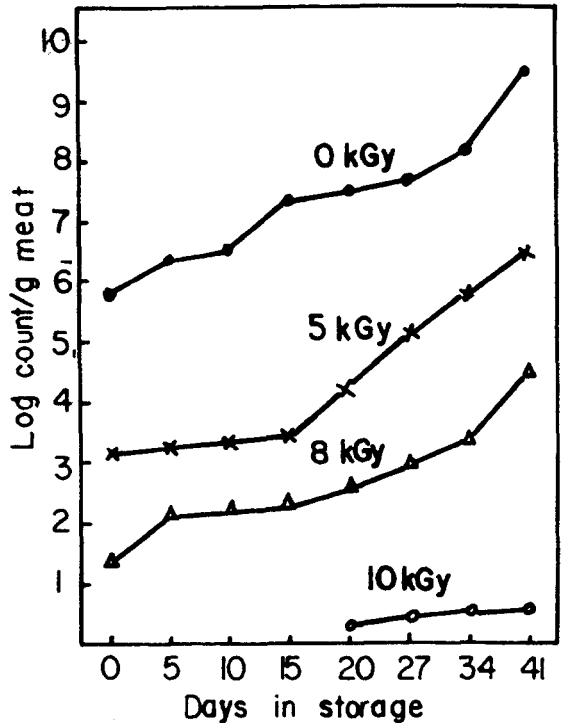


Fig.1 Effect of gamma irradiation on the mesophilic bacteria of chicken meat during storage at 3 to 4℃

슷하였으며 8 kGy照射區는 41일간 저장후에도 $4.3 \times 10^4/g$ 으로 시료의 照射前 세균수보다 낮았으나 닭고기는 부패의 초기현상을 보였는데 이는 5 kGy 이상의 照射로서 40일 정도의 냉장은 닭고기의 “微生物的 貯藏性”(microbiological shelf-life)을 연장시킨다 하더라도 25日 이후에는 효소적으로는 불안정하다는 Rhocles의 보고⁽⁶⁾와 거의 일치하였다. 또한 10 kGy 照射區에서는 저장 20일경부터 약간의 세균이 검출되었으나 저장 41일까지도 그들의 생육은 미미하였으며 부패 초기현상은 인지되지 않았는데, 이와같은 현상은 미생물적 저장성 뿐만아니라 低線量 照射보다 더 많은 효소의 불활성에 기인한 것으로 생각된다. Ayres등⁽⁷⁾은 닭고기에 오염된 주요 세균은 50~60%가 chromogenic세균으로 그중 *Pseudomonas*나 colorless cocci와 관련된 것이 20~25%이며 나머지 20~25%는 기타 세균이라 하였으며, Takaaki⁽⁸⁾의 닭고기의 부위별 및 포장방법에 따른 저장성 연구에서도 $4.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 에 저장하는 동안 주요 미생물은 *Pseudomonas*와 *Moraxella*가 분리되었다고 하였다.

닭고기는 냉장중 낮은 온도에서도 低溫性 細菌이 생존할수 있고 계속적으로 증식하여 부패의 원인이 된다. Fig. 2는 低溫性 細菌의 감마線 照射시 殺菌 및

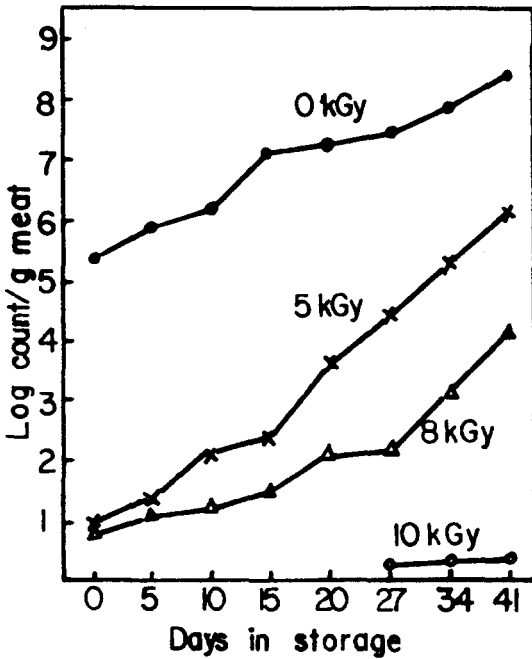


Fig.2 Effect of gamma irradiation on the psychrotrophs bacteria of chicken meat during storage at 3 to 4°C

냉장중의 생육상태를 나타낸 것으로서 저장초기에 非照射區는 $3.6 \times 10^5/g$ 이었으나 5 및 8 kGy照射로서 2.0×10^4 과 $1.0 \times 10^4/g$ 으로 각각 4 log cycle이나 격감되었고 10 kGy照射區는 완전사멸되었으며, 저장기간에 따른 생육양상은 앞의 中溫性 細菌과 비슷한 경향을 보였다. Thornley⁽⁹⁾의 보고에 의하면 非照射 닭고기의 저온저장 및 호기적 조건에서 변패는 주로 *Pseudomonas*에 의한 것이 가장 크며, 적은 수의 *Achromobacter*와 coliform도 검출되었고, 이러한 세균은 보편적으로 지방과 단백질을 강하게 분해시켜 풍미변화에 원인이 된다고 한다.⁽¹⁰⁾ Kahan등⁽¹¹⁾도 非照射 닭고기의 주된 미생물은 *Pseudomonas*로 약 2.5 kGy照射로서 거의 제거되며, 照射後 저장된 닭고기의 생존세균은 주로 *Achromobacter*로 냉장중에도 계속 증식하여 변패를 일으킨다고 하였다.

또한 Fig. 3은 高溫性 細菌의 감마線 殺菌效果和 냉장중 생육 상태를 나타낸 것으로서 非照射區에서는 $1.1 \times 10^3/g$ 였던것이 저장기간의 경과와 더불어 다소 감소하는 경향이었고, 5 kGy이상 照射로서 저장말기까지 전혀 검출되지 않았다. 따라서 닭고기에 오염된 미생물은 주로 中溫性 및 低溫性 細菌으로 나타났다.

나. 효모 및 곰팡이

효모와 곰팡이도 저장닭고기의 변패를 일으키는 원인菌으로서 Fig. 4는 이들의 감마線 殺菌效果和 저장

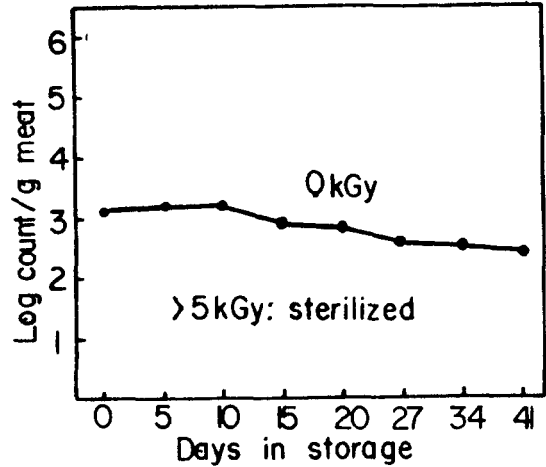


Fig.3 Effect of gamma irradiation on the thermophilic bacteria of chicken meat during storage at 3 to 4°C

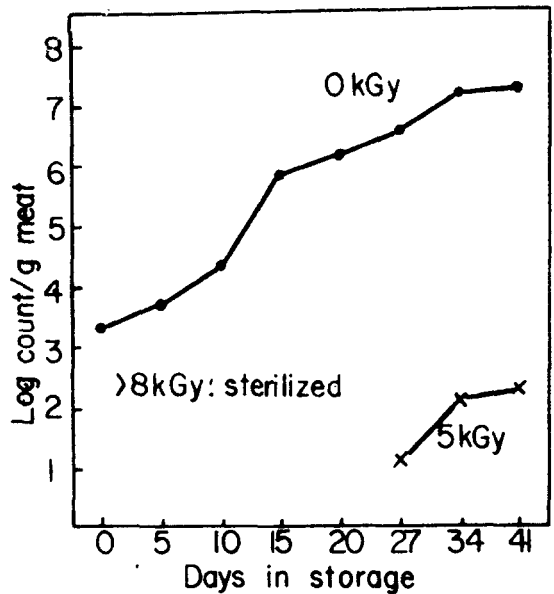


Fig.4 Effect of gamma irradiation on the yeast and mold of chicken meat during storage at 3 to 4°C

중 생육정도를 나타낸 것으로 非照射區에서는 $3.0 \times 10^3/g$ 정도 오염되었던 것이 저장기간의 경과로 점차 증식되어 저장 10일에 거의 1 log cycle정도 증식되었고 저장 41일에는 $1.8 \times 10^7/g$ 으로 4 log cycles이나 증식되었다. 감마線 照射區에서는 단지 5 kGy照射區에서만 저장 27일경에 $1.0 \times 10^4/g$ 수준이 저장 41일에 $2.0 \times 10^2/g$ 으로 다소 증가 하였으나 8 kGy이상 照射區에서는 완전사멸되었다. 이 같은 결과는 Kazanas등⁽¹²⁾의 닭고기에 1 kGy정도의 감마線 照射는 효모, 곰팡이 및 無孢子細菌의 수를 감소 시키는데

효과가 있었다는 보고와 Mercuri등⁽¹³⁾의 5 kGy照射後에도 저장중 효모의 생장이 다소 감지 되었다는 연구내용과 유사한 경향을 나타내었다.

다. 腸內細菌

대장균군은 일반적으로 放射線 感受性이 높아 低線量 照射에 의해서도 사멸이 가능하다.⁽¹⁴⁾ Fig. 5는 닭고기에 오염된 대장균군의 殺菌 殺菌 효과와 저장중 생육 정도를 나타낸 것으로서 저장초기 非照射區는 $2.1 \times 10^3/g$ 이었던 것이 냉장기간중 계속 생육하여 저장 10 일에는 $1.0 \times 10^4/g$, 저장 41 일에는 $1.1 \times 10^7/g$ 를 나타내었다. 또한 5 kGy照射區에서는 照射直後 양성으로 나타났으나 저장 10 일경부터는 음성으로서 대장균군의 생육은 없었고, 8 kGy이상 照射區에서는 저장 전기간을 통해 음성으로 나타났다. 이러한 결과는 El-Wakeil등⁽³⁾의 닭고기에 5, 10 및 15 kGy의 殺菌 殺菌을 照射하여 저장성 실험을 수행한 결과 非照射區는 coliform과 streptococci가 검출되었으나 殺菌 殺菌 照射區에서는 완전사멸 되었다는 보고 및 coliform과 streptococci는 2, 2.5 및 5 kGy의 線量에서도 실제적으로 제거되었다는 Kahan⁽¹¹⁾의 결과와 거의 일치하였다. 한편 닭고기는 *Salmonella*와 같은 식중독 세균의 중요한 매개체의 하나로서 대개의 *Salmonella*는 닭고기가 調理될 때 사멸되며, 가금류에서 발견된 *Salmonella* spp.는 *Home sapiens*에 비해 독성이 없으나 식품의 cross-infection의 원인이 되며 가정에서 調理에 앞서 주방기구등에 2 차오염이 될 수도 있다.⁽¹⁷⁾

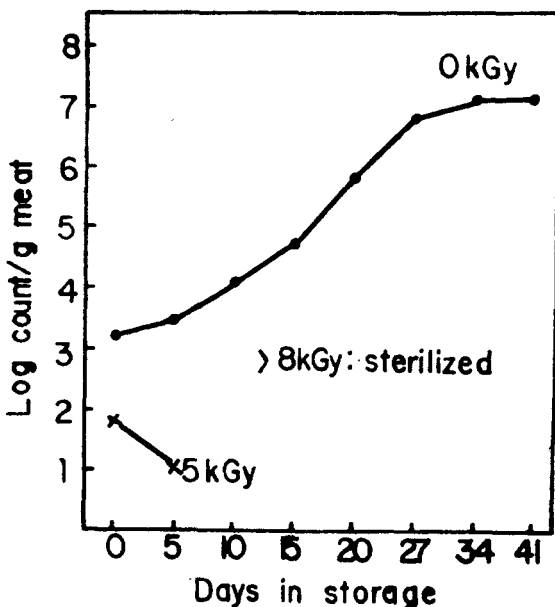


Fig.5 Effect of gamma irradiation on the coliform group of chicken meat during storage at 3 to 4°C

Salmonella spp.를 비롯한 장내 병원성세균은 일반적으로 放射線 抵抗性이 약하여 種에 따라 차이는 있지만 D_{10} 값이 1 kGy 정도로 알려지고 있다.⁽¹⁵⁾ Fig. 6은 선택성이 강한 분리 배지인 *Salmonella-Shigella* agar에서 장내세균의 오염 정도를 나타낸 것으로 80 마리의 닭고기 시험구중 91%인 74 마리에서 분리되었고, 非照射區는 照射直前に 평균 $8.0 \times 10^3/g$ 정도였던 것이 저장 15 일에 $4.2 \times 10^5/g$ 로 거의 3 log cycles 정도 증식되었으나 5 kGy 이상 照射區에서는 완전사멸되었다. 이러한 결과는 Kahan등⁽¹¹⁾의 닭고기에 2.5 kGy의 殺菌 殺菌 照射는 *Salmonella*나 다른 병원성 장내세균을 제거할 수 있었다는 연구내용과 2~5 kGy의 殺菌 殺菌 照射는 시료 저장중 *Salmonella*의 생육억제와⁽¹¹⁾ 냉장이나 냉동조류肉에 오염된 *Salmonella*를 3 log cycles 이상 殺菌 殺菌시키는데 효과가 매우 높았다고 한 연구보고와 일치하고 있다.^(16,17) Josephon등⁽¹⁸⁾도 무포자 세균과 가금류 및 사료의 *Salmonella* 제거를 위해 사용된 방사선 殺菌 殺菌 線量은 1~8 kGy였다는 결과와 냉동가금류에서 *Salmonella*의 불활성은 4~5 kGy의 線量이 적용된다는 최근의 연구보고⁽¹⁹⁾등과 거의 일치한다.

미생물에 대한 放射線의 살균작용은 미생물의 종류와 농도, 매개체의 화학적조성 및 물리적 상태, 照射後의 저장조건등에 영향을 받게 되는데⁽¹⁵⁾, 특히 닭고기의 미생물에 의한 변패는 放射線 照射 線量과 저장 온도에 따라 크게 영향을 받으며, 일반적으로 낮은 온도에서 저장성이 크게 연장되고 Mcgil등⁽²⁰⁾에 의하면 높은 온도(14.4°C)에서는 4.15 kGy의 높은 線量 照射

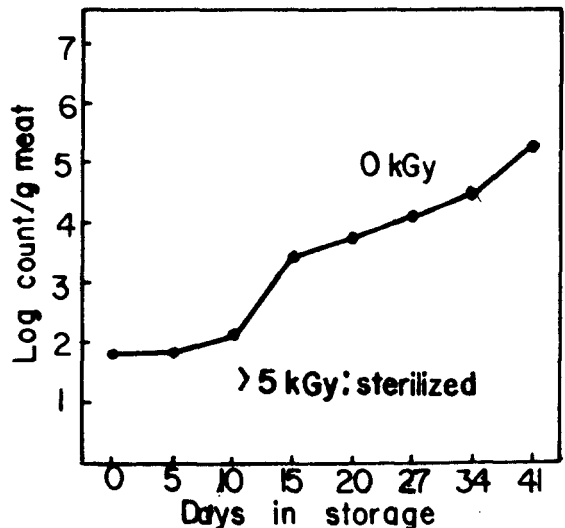


Fig.6 Effect of gamma irradiation on enteric bacilli cultured on S-S agar of chicken meat during storage at 3 to 4°C

로는 저장성이 연장될수 없었다고 한다. 이는 放射線照射後에도 냉장조건에서 産物의 취급이 중요함을 시사하고, 또한 병원성 세균의 재생에 따른 위험의 가능성을 피하기 위해서는 냉장조건은 절대적으로 필요하다. 예를들면 *C.botulinum*이나 *C.perfringens* 와 같은 포자형성 세균은 이러한 放射線量에서도 완전사멸되지 않기 때문에 높은 온도에서 저장되는 동안 여러가지 독소의 생성을 많이 가져오며 이러한 경향은 닭고기의 10°C 이상의 저장온도에서도 유사하게 일어난다고 한다. (21)

이상에서의 같이 닭고기의 放射線照射는 오염미생물의 살균 및 감균으로 저장성 연장과 *Salmonella*와 같은 병원성 세균의 제거에 있다고 볼수 있는데, 본실험에서는 국내 출하 닭고기의 미생물 오염정도와 放射線照射에 따른 미생물의 살균선량을 구명하였다.

요 약

닭고기의 위생적이고 경제적인 저장법 개발을 위하여 0, 5, 8 및 10 kGy의 감마線을 照射하고 3~4°C에서 41일간 냉장하면서 오염된 미생물의 살균 효과를 調査하였다.

닭고기의 일반세균의 오염은 증온균이 $7.8 \times 10^5/g$, 저온균이 $3.6 \times 10^6/g$, 고온균이 $1.1 \times 10^3/g$ 으로 나타났다. 효모 및 곰팡이는 $3.0 \times 10^3/g$ 마리, 장내세균 중 대장균군은 $2.1 \times 10^3/g$, 또한 선택성이 강한 S-S agar 배지에서 80마리의 시험구중 91%인 74마리가 분리되었고 $8.0 \times 10^3/g$ 정도였다. 감마線 살균효과에서 일반세균은 5~10 kGy의 照射로 2~4 log cycles 이상 멸균되었고, 또한 5 kGy이상의 照射는 효모 및 곰팡이, 대장균군과 다른 장내세균의 殺菌에 매우 효과적이며, 미생물학적 측면에 있어서 2~4주간 저장기간의 연장이 가능하였다.

문 헌

- 농수산부 : 농림통계연보(1981-1983)
- 玄己順, 李惠秀, 牟壽美 : 調理學, 敎文社, p.70(1981)
- 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)
- Vas, K: Joint FAO/IAEA/WHO Advis. Group Internat. Acceptance Irradiated Food, GA-143/INF/2, IAEA, Vienna(1977)
- APHA : *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*, 14th ed., American Public Health Association, New York(1978)
- Rhodes, D.N.: *Food Manufacture*, Proc. Int. Food Congr., London, p.26(1964)
- Ayres, J.C.: *J.Appl. Bact.*, **23**, 471(1960)
- 森高明 : 日本食品工業學會, **27**, 43(1980)
- Barnes, E.M. and Thornley, M.J.: *J.Food Technol.*, **1**, 113(1966)
- Rey, C.R. and Kraft, A.A.: *J.Food Sci.*, **36**, 454(1971)
- Kahan, R.S. and Howker, J.J.: *Food Preservation by Irradiation*, Vienna, IAEA-SM-221/36, p. 221(1978)
- Kazanas, N., Enerson, T.A., Seogran, H.L. and Kampe, L.L.: *Appl.Microbiol.*, **14**, 261(1966)
- Mercuri, A.J., Kotula, A.W. and Steinberg, D.H.: *Poultry Sci.*, **45**, 105(1966)
- 변명우, 권중호, 조한욱 : 한국식품과학회지, **15**, 359(1983)
- Technical Reports Series No.114: *Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques*, Second Edition, IAEA, Vienna, p. 43(1982)
- Mossel, D.A.A., Schothorst, M.Van. and Kampelmacher, E.H.: *Elimination of Harmful Organisms from Food and Feed by Irradiation*, IAEA, Vienna, p.43(1985)
- Kampelmacher, E.H.: *Combination Processes in Food Irradiation*, IAEA-SM-250/29, Vienna, p. 265(1981)
- Josephson, E.S., Brynjolfsson, A., Wierkickl, E., Rowley, D.B., Merritt, C., Baker, R.W., Killoran, J.J. and Thomas, M.H.: *Radiation Preservation of Food*, IAEA, Vienna, p.471(1973)
- Elliott, R.P. and Michener, H.D.: *Appl.Microbiol.*, **9**, 452(1961)
- McGill, N.J., Nelson, A.J., Steinberg, M.I. and Kempe, L.L.: *Food Technol.*, **13**, 75(1959)
- Thornley, M.J.: *Food Irradiation*, IAEA-SM-73/63, Vienna, p.427(1966)

1985년 2월 8일 접수