

김치의 저장성 연장을 위한 Gamma선 조사

차보숙* · 김우정* · 변명우 · 권중호 · 조한옥

한국에너지연구소 식품조사연구실, *세종대학교 식품공학과

Evaluation of Gamma Irradiation for Extending the Shelf Life of Kimchi

Bo-Sook Cha*, Woo-Jung Kim*, Myung-Woo Byun,
Joong-Ho Kwon and Han-Ok Cho

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

*Department of Food Science, King Sejong University, Seoul

Abstract

To improve the storage method of *Kimchi*, optimum ripening *Kimchi* for an irradiation treatment(the time of around 0.3% in total acidity of *Kimchi*) was irradiated by doses of 1, 2, 3 kGy with Co-60 γ -radiation and stored at 10°C. Total aerobic bacteria increased in the beginning of storage and then decrease slowly as the number of total lactic acid bacteria increased. Total lactic acid bacteria initially loaded by 10^8 cells/ml in *Kimchi* shortly after irradiation reduced to 10^4 - 10^6 cells/ml with 1-3 kGy doses and decreased gradually through the whole storage period. The initial load of yeast, 10^3 cells/ml, increased steadily during *Kimchi* storage and led to more than 10^4 cells/ml after 30 days of storage. While it maintained the load in 2-3 kGy irradiated groups after 30 days of storage was less than that at the beginning of storage. pH, acidity and volatile acid in the nonirradiated group were 4.0, 0.7% and 0.06%, respectively at the 15th day after storage, but at the 30th day after storage, 2-3 kGy irradiated groups showed different values, 4.1, 0.58-0.63%, and 0.04-0.05%, respectively. The texture(firmness) of *Kimchi* reduced along with storage time, and 2 kGy irradiated group proved most favourable in its texture during storage. In the sensory evaluation of *Kimchi*, nonirradiated group was inedible after 15 days of storage, whereas 2-3 kGy irradiated groups could prolong the storage-life of *Kimchi* over 2 times compared with the nonirradiated *Kimchi*, showing the good sensory quality even after 30 days of storage.

Key words: Shelf life of *Kimchi*, Co-60 γ -radiation, total lactic acid bacteria, acidity, sensory evaluation

서 론

고유식품인 김치는 최근 수출시장과 주거의 아파트화에 따라 공업적 생산이 증가되고 있다. 김치의 독특한 품질을 유지하기 위해서는 김치의 숙성과정 중에 일어나는 산패나 이상발효 등에 의한 품질저하를 방지하는 것이 중요한데, 현행 보존방법으로는 냉장, 열처리, 식품첨가제 등을 이용하고 있으나 품질적, 위생적 측면에서 효과적인 방법이 개발되어 있지 못한 실정이다. 따라서 김치의 고유한 맛을 지니면서 장기간 저장할 수 있는 새로운 방법

의 개발이 요구된다.

최근 새로운 식품 보존방법으로 대두되고 있는 방사선 조사 기술은 국제기구(FAO/IAEA/WHO, FDA 등)와 선진 여러나라에서 이미 그 건전성과 경제성이 공인되어 1988년 현재 35개국에서 40여개 식품군이 법적 허가되어 실용화 되고 있으며^(1,2), 국내에서도 1987년 10월에 6개 품목(감자, 양파, 마늘, 밥, 생버섯류, 건조버섯류)에 이어 1988년 9월에 6개 품목(향신료류)에 대한 건전성이 보건사회로부터 허가된 바 있다. 따라서 새로운 식품 보존방법인 방사선 가공기술중 방사선의 부분 살균(radurization) 효과를 김치에 활용하여 김치의 장기 안전저장 시험을 수행하였다.

Corresponding author: Myung-Woo Byun, Division of Food Irradiation, Korea Advanced Energy Research Institute, P.O. Box 7, Cheong Ryang, Seoul 130-650

재료 및 방법

김치의 제조

김장김치 제조방법에 따라 담구었다. 즉, 1.5kg 정도의 결구배추를 4등분하고 5-6% 염농도의 절임용 물에서 12시간 침지한 후 수도물로 수세하고 표 1과 같은 배합비로 담금하여 0.1mm polyethylene 봉지에 넣어 밀봉한 다음 플라스틱통에 담아 10°C에서 숙성시켰다.

Table 1. Combination of raw materials for the Kimchi preparation

Raw material	Weight%
Korean cabbage	86.0
Radish roots	5.0
Green onion	3.0
Salt	2.0
Red pepper powder	2.5
Garlic	1.0
Ginger	0.5

김치의 포장

김치담금 후 숙성동안 적정산도, pH, 환원당 및 관능 검사 등의 실험에 근거하여 숙성도를 결정하였는데 본 실험에서는 방사선 조사시 서서히 일어나는 발효의 진행을 고려하여 다소 미숙성 상태인 적정산도 0.3%일 때를 김치 살균을 위한 포장 적기로 선택하였다. 현재 일반 슈퍼나 시중에서는 20 μ nylon 6/60 μ polyethylene 접합봉지가 주로 유통되고 있으나, 판매중 수일내에 발효에 의한 가스생성으로 포장이 부풀고 이상 발효에서 오는 김치의 맛과 상품의 외관적 가치를 저하시킨다. 따라서 본 실험에서는 상기의 봉지와 원통형 PVC 용기를 사용하여 김치를 1/4 포기씩 넣고 즙액이 상부까지 올라와 공기와 접촉을 피하도록 유리판으로 눌러놓은 상태로 저장하면서 비교시험을 수행하였다.

방사선 조사에 의한 살균처리

포장직후 10,000 Ci의 Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 실온에서 시간당 400 kGy의 선량율로 1, 2, 3 kGy를 각각 조사시켰으며, 조사 직후 비조사구와 함께 10°C에 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 생육시험

모든 미생물 시험은 내부 김치액 10ml을 취하여 3회

반복으로 수행하였다.

호기성 전세균: Pederson 등⁽³⁾의 방법에 따라 TGY agar(Difco Lab.)에 김치액 20ml/l을 첨가한 평판법으로 30 \pm 1°C에서 1-2일간 배양한 후 계수하였다.

전 젖산균: Lactobacillus Selection(LBS) agar (BBL Lab.)를 이용한 pour plate method로 30 \pm 1°C에서 2-3일간 배양한 후 계수하였다⁽⁴⁾.

효모 및 곰팡이: Yeast extract-malt extract (YM) agar에 1N-HCl을 배양기 전량에 0.7%(v/v) 첨가하여 pH를 3.7-3.8로 조절한 후 평판법으로 25 \pm 1°C에서 7-10일간 배양한 후 계수하였다⁽⁵⁾.

대장균군: Desoxycholate agar(Difco Lab.)를 사용한 pour plate method로 37°C에서 1-2일간 배양한 후 적색의 집락을 계수하였다⁽⁶⁾.

이화학적 특성시험

김치의 살균처리 및 저장기간에 따른 이화학적 특성 변화의 모든 시험은 3회 반복으로 수행되었다.

pH 측정: pH는 김치액 일정량을 취하여 pH meter(Corning pH meter, Model 5)를 이용하여 실온에서 측정하였다.

적정산도: 김치 100g을 정확히 취하여 waring blender로 마쇄하고 일정량의 증류수를 가해 여과후, phenolphthalein 지시약을 사용하여 여액 일정량을 0.1N-NaOH로 적정하여 lactic acid의 함량 %로 나타냈다.

휘발성 유기산: 김치 100g을 잘 마쇄한 후 일정량의 증류수를 가해 수증기 증류법으로 증류하고 증류액 200ml을 받아 phenolphthalein 지시약을 사용, 0.1N-NaOH로 적정하여 acetic acid의 함량으로 산출하였다.

환원당 및 ascorbic acid 정량: 환원당은 Somogyi 변법⁽⁷⁾을 이용 glucose 함량으로 환산하였으며, ascorbic acid는 2, 4-dinitrophenylhydrazine 방법⁽⁷⁾으로 정량한 후 시료 100g 당 total ascorbic acid의 량을 mg%로 나타냈다.

김치의 조직측정: 김치의 밀동치로부터 5cm 부위를 일정하게 절단하고 Rheometer(I&T Co., Japan)를 이용하여, Rheometer probe #5, clearance 0.5mm, chart speed 120mm/min, table speed 33mm/min, measuring load 4kg의 조건으로 penetrating 시험을 수행하였다.

관능적 품질평가

10명의 panel로 김치 교유의 풍미와 조직등 전반적 기호성을 5점 기호 척도시험법으로 실시하였다. 관능 평점은 "5, 매우 좋다; 4, 좋다; 3, 양호하다; 2, 나쁘다; 1, 아주 나쁘다"로 평가하고 분산분석으로 통계처리 하여 유의성을 검정하였다⁽⁸⁾.

결과 및 고찰

김치 미생물 생육시험

호기성 전세균의 변화: 김치류의 주 발효에 관여하는 세균은 혐기성 세균인 젖산균이지만 숙성 초기에는 *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas* 및 *Bacillus sp.*가 존재한다고 하며, *Pseudomonas sp.*에 속하는 균주들은 모두 Vitamin B₁₂ 생성능력이 있고, *Bacillus mesentericus*는 특유한 향기와 당분을 생성한다. 또한 김치 발효중 호기성 세균에 의하여 생성된 섬유소 분해효소의 촉매적 작용으로 이루어진 당은 젖산균의 생육에 이용된다^(3,9-12).

방사선 조사에 의한 김치 숙성과정에서 호기성 세균의 생육 변화는 그림 1과 같다. 김치담금 후 3일 즉, 방사선 조사 직전의 호기성 전세균의 수는 1.2×10^5 cells/ml 정도였던 것이 저장 초기에 급격한 증가를 보여 저장후 2 일에는 비조사구에 있어서 포장 I (PE/Nylon 6 접합

pouch 사용)은 2.4×10^7 cells/ml, 포장 II(원통형 PVC 용기 사용)는 3.7×10^7 cells/ml 로 최대치를 보였고, 1, 2, 3 kGy 선량의 방사선 조사구의 경우 포장 I 은 각각 8.1×10^6 cells/ml, 9.8×10^5 cells/ml, 5.0×10^5 cells/ml 였으며, 포장 II는 5.4×10^6 cells/ml, 6.1×10^5 cells/ml, 1.3×10^5 cells/ml 로 비조사구에 비해 1-2 log cycles 정도 생육이 억제되었으며, 포장 II가 포장 I보다 호기성 세균의 증식이 다소 낮았다. 호기성 전세균은 모든 시험구에서 담금 후 5일째 즉, 적숙기에 최대로 증가되었다가 그 이후부터는 서서히 감소하였는데, 이는 김치의 젖산발효 초기에 많이 생육하는 *Leuconostoc mesenteroides* 등에 의한 젖산발효로 젖산과 CO₂를 생성하여 김치 내용을 산성화 및 혐기상태로 하여 주므로 호기성 세균의 생육을 억제하는 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다. 포장 I의 경우 호기성 세균의 감소가 저장 19일째에 모든 시험구에서 최소치를 보였고, 포장 II에서는 비조사구와 1 kGy 조사구는 저장 19일째, 2 kGy 및 3 kGy 조사구는 저장 15일째에 최소치를 나타냈다. 그 이후부터는 모든 시험구에서 다시 증가하는 경향으로 특히 포장 I이 포장 II보다 심했고, 이와 같은 경향은 저장 말기에 있어서 피막형성 효모의 증가가 그 원인으로 생각되며 이러한 결과는 김치 숙성시의 온도에 따라 다소의 차이는 있으나 김 등⁽⁹⁾과 민 등⁽¹⁰⁾의 보고와 동일한 경향을 나타내었다.

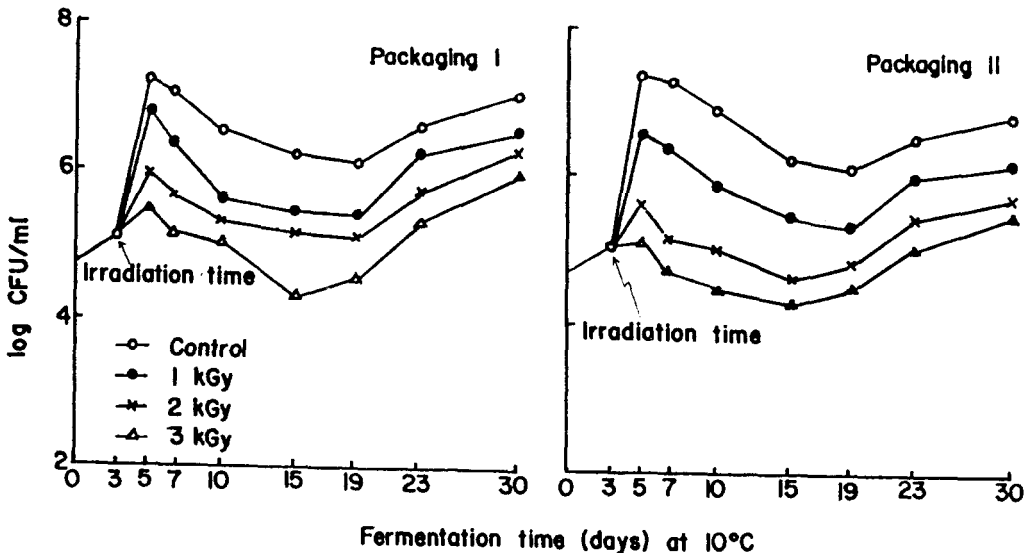


Fig. 1. Effect of gamma irradiation on the total aerobic bacteria during Kimchi fermentation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch. Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

전 젖산균의 변화: 김치 발효과정에서 방사선 조사가 젖산균의 생육에 미치는 영향은 그림 2와 같다. 김치 담금 직후의 젖산균 수는 8.0×10^3 cells/ml 정도였고, 방사선 조사 직전 즉, 숙성 3일에는 젖산균의 방사선 조사에 의한 생육 억제효과는 포장 I과 포장 II에서 방사선 조사후 1일(담금 후 5일째)에 1, 2, 3 kGy 조사구는 각각 5.8×10^6 - 8.0×10^6 cells/ml, 1.8×10^8 - 5.6×10^8 cells/ml, 4.5×10^4 - 8.0×10^4 cells/ml로 비조사구의 2.5×10^8 - 3.4×10^8 cells/ml 보다 2-4 log cycles 정도 증식이 억제되었다. 이는 앞의 호기성 세균보다 젖산균이 방사선 감수성이 높음을 알 수 있고, 일반적으로 방사선 살균에 있어서 식염의 첨가와⁽¹³⁾ 유기산 첨가 및 가열처리⁽¹⁴⁾ 방사선 살균효과를 증대시킬 수 있다는 보고와 산성식품인 김치에서 아포형성균이 발육할 수 없다는 점⁽¹⁵⁾과 pH가 산성인 상태에서 방사선의 살균효과가 증대한다는 보고⁽¹⁶⁾ 등은, 김치가 여러가지 유기산발효 특히 젖산발효를 거쳐 이루어진 유기산 용액이며, 또 식염이 첨가되어 있음을 감안할 때 김치의 방사선 살균효과가 현저한 것을 알 수 있다. 저장중에 있어서 젖산균의 변화는 포장 I과 II 모두 비조사구에서는 저장 7일째에 8.0×10^8 cells/ml로 최대의 증식을 나타냈으며, 그 이후부터 완만하게 감소하여 저장 말기인 30일째에는 6.8×10^7 cells/ml였다. 방사선 조사구에 있어서 포장 I의 경우에는 1 kGy와 2 kGy는 저장 7일째 10^8 cells/ml, 3 kGy 조사구는 저장 19일째 8.1×10^7 cells/ml로 최

대를 보였고, 그 이후부터는 비조사구와 동일한 경향으로 감소되었다. 포장 II에 있어서는 1, 2, 3 kGy의 방사선 조사구는 모두 저장 10일째 까지 포장 I과 같은 경향으로 급격한 증가를 보였으며 그 이후 완만하게 증식하여 저장 말기인 30일째에 5.2×10^7 - 9.5×10^7 cells/ml로 최대로 증식되었으며, 이 때의 젖산균 수는 비조사구의 저장 5일째의 3.4×10^8 cells/ml 보다도 낮았다.

또한 상기와 같은 김치숙성중 포장 I과 포장 II에서 젖산균의 생육양상의 변화는 포장 I의 경우 사용한 포장지가 진공포장용으로서 저장 10일 이후부터는 숙성중 생성된 CO₂ 등의 gas가 방출되지 않아 용기가 부풀어 있는 상태이거나 접합 부위가 터져 외부 공기와 접촉 및 포장 상부의 김치는 김치 즙액에 잠기지 않은 상태이므로 이상발효가 일어났지만, 포장 II에서는 포장시 김치를 담고 상부를 유리판으로 눌러서 김치가 즙액에 잠겼으며 또한 어느 정도의 gas 방출도 가능하여 정상 발효가 일어났음이 그 원인으로 생각된다. 따라서 본 실험에서 포장 II와 같은 방법으로 김치를 포장하고 2-3 kGy의 방사선 조사는 이상적인 젖산균의 생육억제 효과를 가져올 수 있다고 사료된다.

효모 및 곰팡이: 식물성 산성식품(pH 4.5 이하)에서 일반 세균에 대한 규격은 없으나 효모 및 곰팡이 오염한계는 명시되고 있는데 이는 산성식품을 저온 살균하면 세균 아포가 잔존하여도 발아하지 못하기 때문이며, 효모와 곰팡이의 오염을 규제하는 이유는 가스를 생성하여 팽

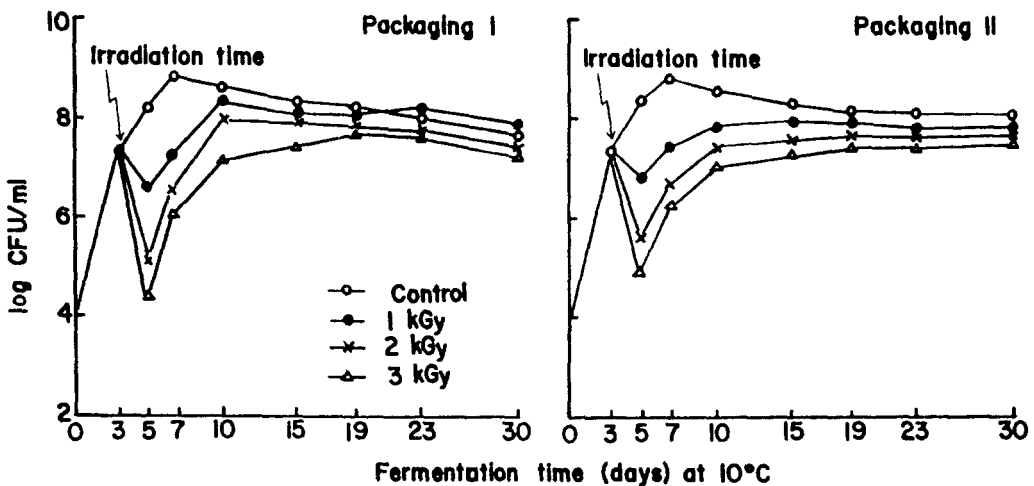


Fig. 2. Effects of gamma irradiation on the total lactobacilli during Kimchi fermentation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

창 원인이 되기 때문이다⁽¹⁷⁾. 김치에서도 특히 저장 말기에 있어서 효모 및 곰팡이 증식은 김치의 품질에 큰 영향을 준다.

그림 3은 김치발효 과정과 방사선 조사에 의한 효모 및 곰팡이의 생육양상을 나타낸 것으로서, 김치 담금 직후의 효모 및 곰팡이의 오염은 3.52×10^3 cells/ml 정도였으며, 비조사구는 포장 I 과 포장 II 모두 저장 15일까지 다소 감소하다가 저장 19일째 부터 다시 증가 현상을 보여 저장 말기 30일째에는 1.6×10^4 - 3.1×10^4 cells/ml 로 거의 1 log cycle 정도 급증하였는데 이는 저장 말기에 피막형성 효모의 증식에 기인한 것으로 생각된다.

방사선 조사구에 있어서는 두 포장구 모두 1 kGy, 2 kGy 조사직후 0.5-1 log cycles 정도 감소되었고, 저장 중 생육 경향은 비조사구와 동일하였으나 그 증가폭은 낮아서 저장 30일에 1.1×10^3 - 5.3×10^3 cells/ml 로 김치 담금 직후의 오염 정도와 거의 비슷하였다. 한편 3 kGy 조사구에서는 포장 I 은 저장 10일째, 포장 II 는 저장 15일째 부터 효모 및 곰팡이의 생육이 발견되어 저장 말기인 30일에 6.0×10^2 - 1.5×10^3 cells/ml 정도까지 증식되었으나 모든 시험구중 그 농도가 가장 낮았다. 이와 같이 방사선 조사는 김치의 발효중 효모와 곰팡이의 생육억제에도 효과가 있음을 알 수 있었다.

대장균군: 방사선 조사와 김치 숙성과정 중의 대장

균군의 생육 양상은 그림 3과 같다. 김치담금 직후 대장균군의 오염은 2.8×10^3 cells/ml 이었으며, 비조사구에서는 두 포장시험구 모두 저장기간이 경과함에 따라 감소하여 저장 10일째 부터는 검출되지 않았다. 방사선 조사에 의한 살균효과에 있어서는 일반적으로 대장균군은 방사선 감수성이 높아⁽¹⁸⁾ 3 kGy 정도의 조사로서도 사멸되는데, 본 실험에서도 3 kGy 조사구는 완전 사멸되었고, 두 포장시험구 모두 1 kGy, 2 kGy 방사선 조사구는 각각 7일과 10일째에 검출되지 않았다. 본 연구의 이와 같은 결과는 정 등⁽¹⁹⁾의 김치발효중 대장균군의 사멸에 관한 보고에서 대장균군은 5%의 염농도 하에서도 30°C에서 48시간 후, 20°C에서는 72시간 후에 사멸함으로써 김치가 충분히 숙성되면 대장균의 오염은 문제시 되지 않는다는 보고와 일치한다.

이화학적 특성시험

pH의 변화: 김치의 숙성중 감마선조사 및 포장방법에 따른 pH의 변화를 조사해 본 결과는 그림 4와 같다. 김치의 담금 직후 pH는 5.7 정도였으며, 실온에서 3일간 숙성시켜 그 pH가 5.3 정도였을 때 1/4 포기씩 각각 포장하여 방사선을 조사하였다. 발효가 진행됨에 따라 모든 시험구의 pH는 전반적으로 감소되었는데, 특히 비

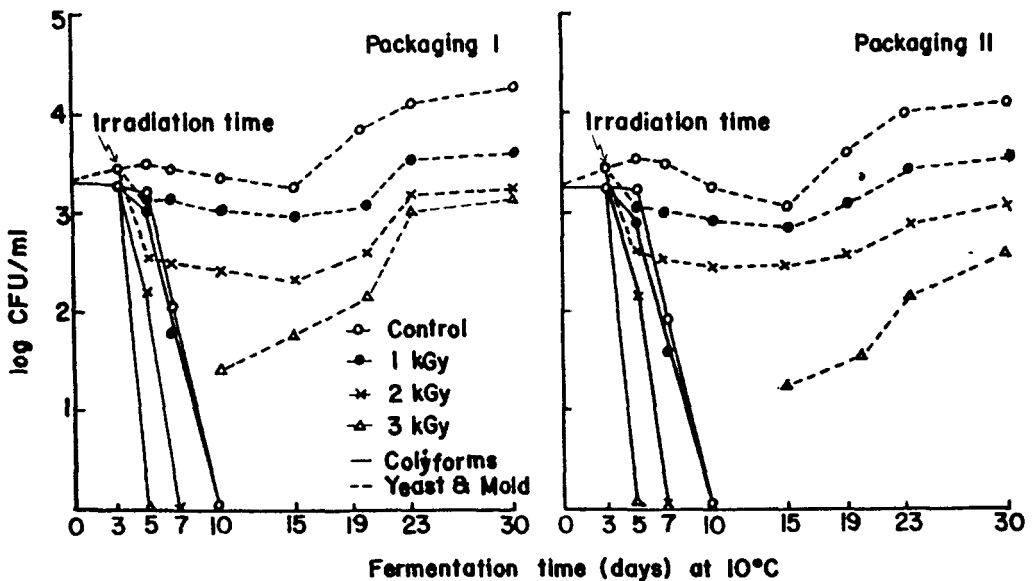


Fig. 3. Effects of gamma irradiation on the coliforms, yeast and mold during Kimchi fermentation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

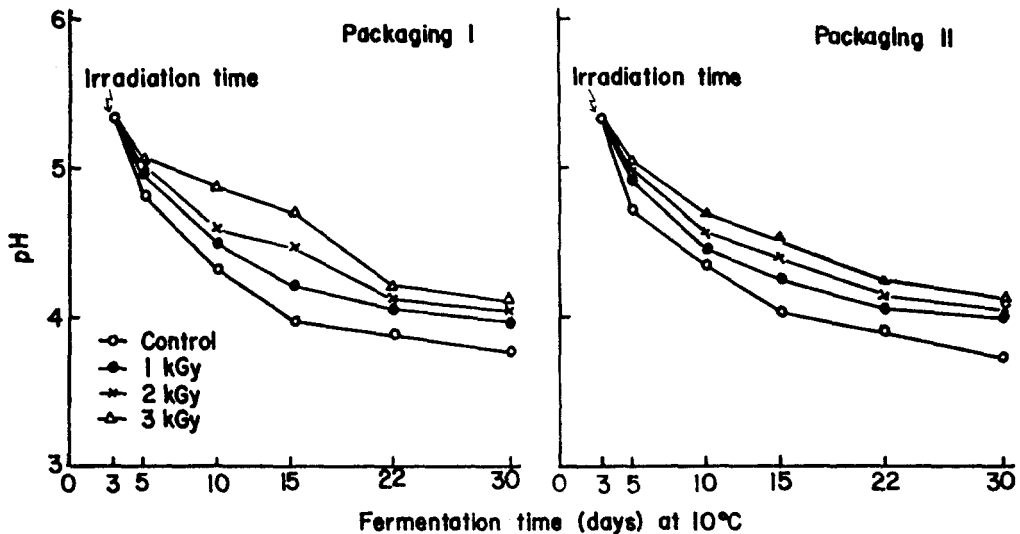


Fig. 4. Changes in pH during Kimchi fermentation by gamma irradiation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

조사 대조구의 pH는 두 포장구 모두 저장 15일까지 pH 4 부근으로 급격히 감소되었고 그 이후에는 점차 완만한 변화를 보여 저장 30일에는 pH 3.7 부근에 이르렀으며 두 포장구간에는 거의 차이가 없었다. 발효중 김치액의 pH 감소현상은 발효가 진행됨에 따라 생성되는 여러가지 유기산에 기인되며, 또한 김치발효가 계속 진행되어 산의 생성량이 증가되어도 pH 4.0 이하에서 부터는 pH의 변화가 완만한 변화를 나타내었는데 이는 김치액중의 유리 아미노산이나 생성된 산이 주로 젖산이기 때문에, H⁺의 증가와는 끝까지 평행이 되지 않는 것이 주된 원인으로 판단되며, 이러한 pH 변화의 경향은 이 등⁽²⁰⁾과 정 등⁽²¹⁾의 실험 결과와 일치하였다. 이에 반해 방사선 조사구에 있어서의 pH 변화는 선량의 증가와 더불어 완만한 경향을 나타내었는데, 1 kGy 조사구의 경우는 저장후 30일 경에 pH 4.0(포장법 II) 또는 그 이하(포장법 I)로 감소되었고 2 kGy와 3 kGy 조사구는 저장 30일에 포장법 I과 II가 유사하게 pH 4.1 부근으로 유지되었다. 이와 같이 방사선 조사는 김치의 pH 변화를 지연시켰으며 이는 미생물 살균효과에서와 같이 젖산 생성균의 부분적인 사멸과 생육억제에 따라 김치의 발효가 지연되었음을 나타내는 것이다.

산도의 변화: 김치의 발효과정중 산도의 변화와 저장기간 연장을 위해 이용된 방사선조사 및 포장방법이 이들 함량에 미치는 영향을 조사해 본 결과는 그림 5와 같

다. 김치 숙성중 산도가 약 0.3% 정도로 되었을 때 감마선 조사를 실시하였고, 감마선 조사후 대조 시료와 함께 10°C에 저장중 산도의 변화는 모든 시험구에서 계속적인 증가현상을 나타내었으며, 비조사구에서는 저장 후부터 급격히 산도가 증가되어 관능적으로 식용이 부적당했던 저장 15일경 이후에는 0.7 이상으로 증가되어 산패현상을 나타내었다.

그러나 방사선 조사구에서는 선량의 증가에 따라 산도의 증가현상이 완만하여 저장 15일에 포장법 I의 경우 1 kGy 조사구는 0.66%, 2 kGy 조사구는 0.59%, 3 kGy 조사구는 0.42%였고, 포장법 II는 1 kGy가 0.58%, 2 kGy가 0.51%, 3 kGy가 0.46%로서 포장방법에 따라 다소 차이를 나타내었으며, 2 및 3 kGy 조사구는 저장후 30일 경에도 산도가 0.58-0.63 범위로서 관능적으로 식용에 적합한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 김치 발효중 산 생성세균 및 김치발효에 관여하는 미생물들의 활성변화가 그 원인으로 생각되며, 이 등⁽²⁰⁾의 연구보고와 비슷한 경향이었다. 또한 김치발효중 산도변화에서 이 등⁽²⁰⁾은 식용 가능한 범위를 0.40-0.75%라 하였으나 이 등⁽²²⁾은 산도가 0.5% 이상은 심한 산패현상을 일으켜 식용이 불가하다고 보고한 바 있다. 본 실험에서 0.6% 범위까지는 관능시험 결과 식용이 가능한 것으로 나타났는데, 이와 같이 식용범위의 산도가 연구자들 간에 차이를 보이는 것은 김치발효 과정에서 발효조건 즉, 배합원료,

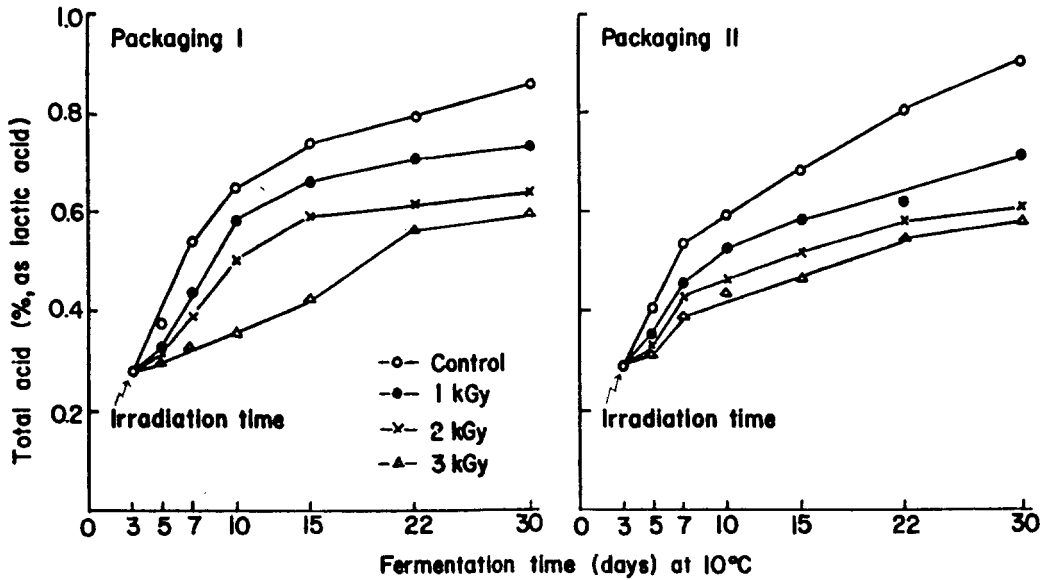


Fig. 5. Changes in total acid content during Kimchi fermentation by gamma irradiation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

발효온도와 염농도 등에 따라 생육하는 미생물의 종류와 농도가 다르고, 영양분의 소모상태 및 생성된 유기산 종류와 량도 달라짐이 그 원인으로 생각된다.

휘발성 유기산 함량의 변화: 감마선 조사에 의한 김치발효중 휘발성 유기산 함량의 변화는 그림 6과 같다. 조사 직전의 acetic acid 로 나타낸 시료의 휘발성 유기산 함량은 0.012% 였고, 방사선조사 후 비조사 시료와 10°C에 저장중 유기산의 함량은 모든 시험구에서 저장기간의 경과와 더불어 산도의 증가와 비례적으로 계속 증가되는 경향이였다. 비조사구의 포장법 I의 경우는 저장후 15일 경에 0.06% 이상의 함량을 나타내었고 포장법 II에서는 0.046%로 상당히 낮은 값을 보였으나 그 이후에는 급격한 증가현상이 나타나 저장 30일에는 0.075%에 이르렀다.

한편 방사선 조사구에서는 전반적으로 대조 시료에 비해 낮은 함량의 변화를 나타내어 포장법 II의 1-3 kGy 조사구는 저장후 10일 경에 0.028-0.034%, 저장후 20일 경에는 0.040-0.046%로 유사한 경향으로 증가된 반면, 포장법 I의 경우에는 저장 15일 경까지 3 kGy 조사구에서 유기산의 함량이 매우 낮게 나타났는데 이는 앞서 pH와 산도의 변화에서 언급된 바와 같이 방사선 조사에 따른 미생물의 생육 저해와 포장방법의 영향 등과 연관된 것으로 생각된다.

환원당 함량의 변화: 방사선 조사에 의한 김치의 발효중 환원당 함량의 변화는 그림 7과 같다. 방사선 조사시 환원당 함량은 3.95% 정도였던 것이 저장기간의 경과로 모든 시험구에서 계속 감소되는 경향이였으며, 이 중 특히 비조사구에서 있어서는 감소현상이 급격하여 두 포장구에서 저장 15일에 1.4-1.4%, 저장 30일에 0.9-1.0% 내외로 그 함량이 크게 저하되였다. 이에 반해 방사선 조사구에서는 선량의 증가에 따라 환원당 함량의 변화가 완만하여 2 kGy 조사구의 경우 포장 I과 II에서 저장 15일에 2.4-2.5%, 저장 30일에 약 2.0% 정도의 함량을 나타내었다. 이와 같이 비조사구에서 환원당 함량의 감소가 심한 것은 김치발효중 생육하는 미생물들이 당 성분을 대사가질로서 이용하기 때문으로 생각되며, 이와 관련하여 방사선 조사구에서는 발효에 관여하는 미생물들의 감소이나 생육억제에 따른 당 성분의 소모가 적었던 것으로 볼 수 있다. 이와 같은 실험결과는 이 등⁽²⁰⁾과 이 등⁽²²⁾의 연구보고와 일치되였다.

Ascorbic acid의 함량변화: 그림 8과 같이 방사선 조사시 대조 시료의 ascorbic acid 함량은 15.8mg%로 비교적 높은 함량이었으나 1 kGy 조사구는 6-11%, 2 kGy는 14-16%, 3 kGy는 16-17% 정도 각각 감소되였고 포장방법에 따라 약간의 차이를 나타내었다. 그리고 저장중 모든 시험구는 점차 그 함량이 감소되였으며, 기

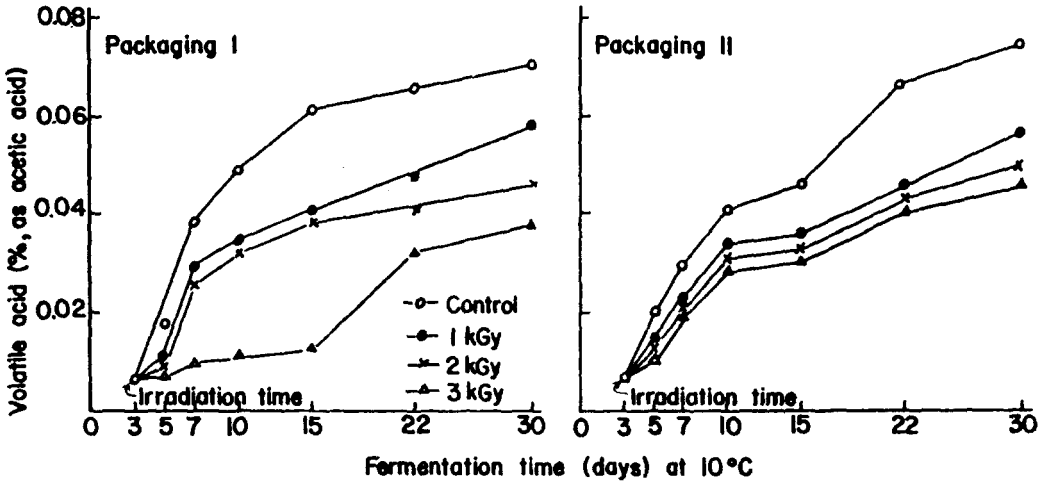


Fig. 6. Changes in volatile acid content during Kimchi fermentation by gamma irradiation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

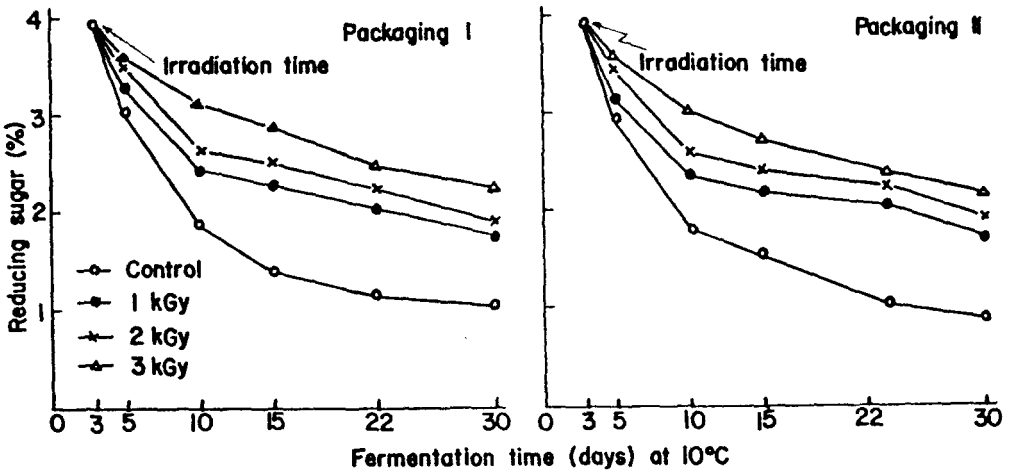


Fig. 7. Changes in reducing sugar content during Kimchi fermentation by gamma irradiation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

간의 경과로 처리구간의 차이는 점차 감소하여 저장후 22 일경에 포장법 I은 11.3-9.6%, 포장법 II는 11.3-10.5% 범위로 큰 차이가 없었다. 일반적으로 ascorbic acid는 방사선 조사에 민감한 것으로 알려져 있으며⁽²³⁾, 본 실험의 결과는 조 등^(24,25)의 방사선에 의한 과채류의 저장시험에서 나타난 결과와 유사하였다.

김치조직의 변화: 김치의 저장에 있어서 방사선 조

사가 김치조직에 미치는 영향은 표 2와 같다. 방사선 조사 직후 선량의 증가에 따라 김치조직의 단단함(firmness)은 다소 감소되었으나 저장 기간의 경과로 비조사구의 조직이 더 쉽게 연화되었음을 알 수 있다. 저장후 10일경 부터는 1 또는 2 kGy 조사구는 비조사구와 유사한 수치를 보이다가 저장 20일경 부터는 2 kGy 조사구가 가장 양호한 조직을 유지하였다. 이와 같은 결과는 조

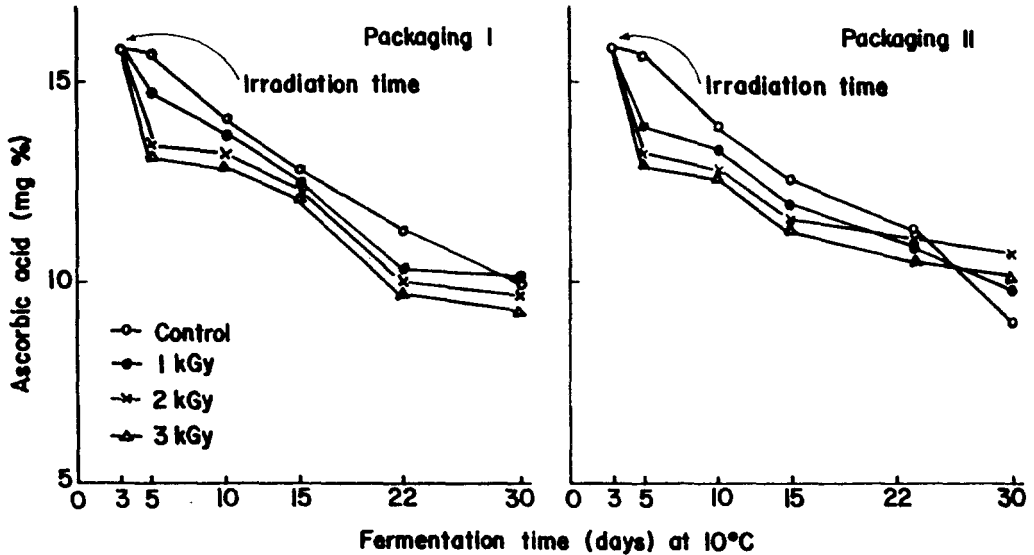


Fig. 8. Changes in ascorbic acid content during Kimchi fermentation by gamma irradiation. Packaging I: PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II: PVC(plasticized cylindrical container).

Table 2. Effect of irradiation on the changes of Kimchi firmness during fermentation^{a)}

Irradiation dose (kGy)	Fermentation period (days) at 10°C			
	0	10	20	30
0	1.59	1.42	1.15	0.97
1	1.59	1.43	1.21	1.09
2	1.54	1.42	1.24	1.14
3	1.51	1.40	1.19	1.03

a) The firmness was measured periodically at room temperature and expressed as kg unit.

등(24,26)의 송이버섯과 수삼에 대한 방사선 조사와 저장중 조직의 변화와 유사한 경향으로서, 저장중 김치의 조직변화는 pectin 질 성분이 미생물이 분비하는 효소나 김치원료 자체의 효소작용에 의해 가용성 물질로 변화되기 때문이며, 따라서 방사선 조사구의 조직이 저장기간의 경과로 비조사 시료의 조직보다 양호하게 유지되는 것은 방사선의 미생물 생육억제 효과가 그 원인으로 생각된다.

관능적 품질평가

김치의 저장법 개선을 위한 방사선 조사가 저장중 김치의 관능적 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시료의 외관, 풍미, 조직을 중심으로 한 전반적 기호성을 평가한 결과는 그림 9와 같다. 김치의 독특한 풍미는 아미노산에

의한 감칠맛과 당분에 의한 단맛, 낮은 온도의 김치국물 속에 녹아있는 CO₂에 의한 탄산미와 산미 등에 의한 것으로 알려지고 있는데(19), 본 실험에서는 10°C에 저장후 4일까지는 비조사구가 조사구 보다 다소 높은 기호성을 보였으나 그 이후부터는 2 kGy, 3 kGy, 1 kGy의 순으로 높은 기호성을 나타내었다. 관능평점에서 3점을 식용한계선으로 하였을 때 비조사 시료의 경우는 앞의 젖산균의 생육 상태나 산도, pH의 급격한 변화에서 알 수 있듯이 담금후 7일 이후부터는 기호도가 크게 저하되어 15일 경에는 이미 식용이 어려운 상태에 도달하였다. 그러나 1 kGy 조사구에서는 비조사구와 유사한 경향의 기호도 변화를 보였으나 식용가능 기간이 7일 정도 연장되었고, 2 kGy와 3 kGy 조사구는 담금후 7일경 부터 기호도의 변화가 매우 완만하여 10°C에서 30일간 저장 후에도 양호한 관능적 품질을 유지하였다(P<0.001). 그리고 포장방법 간의 비교에서는 포장 II가 포장 I 보다 다소 우수한 경향을 나타내었다.

요 약

김장김치 제조방법에 따라 김치를 담금후 10°C에서 저장하였다. 김치의 방사선 살균을 위한 최적 숙성기는 적정 산도가 0.3% 내외 일 때였고, 포장은 PE/Nylon 접합봉지 사용구 보다 PVC 원통형 용기에 상부를 유리관

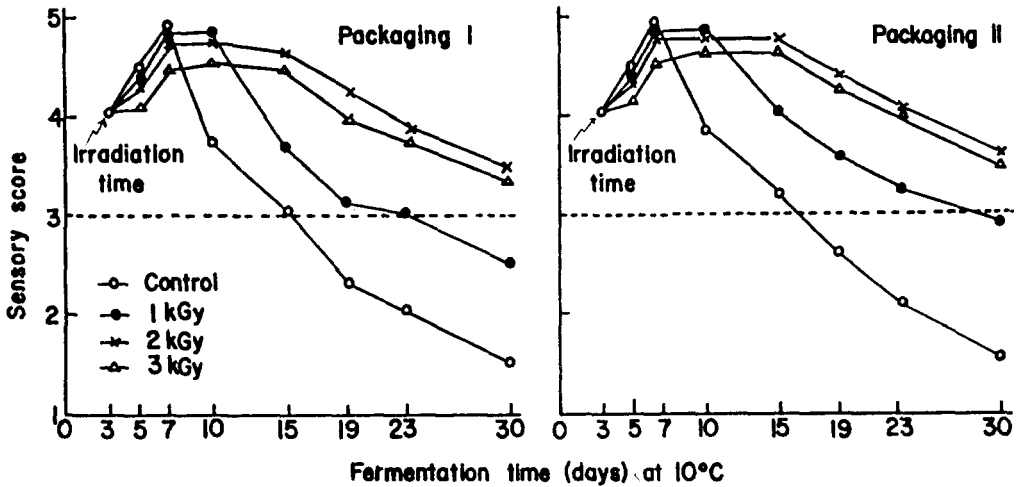


Fig. 9. The result of sensory evaluation for the overall acceptability during Kimchi fermentation by gamma irradiation. Packaging I : PE-laminated Nylon 6 pouch, Packaging II : PVC(plasticized cylindrical container). Sensory scores are rated using a scale of 1 to 5; where 5: excellent, 4: good, 3: fair, 2: poor, 1: unacceptable.

으로 눌러놓은 상태의 것이 품질면에서 우수하였다. 미생물 생육시험에서 전 젓산균은 방사선조사 직후 비조사구는 10^8 cells/ml 이었으나 1-3 kGy 조사로서 2-4 log cycles 감소되었고 전 저장기간을 통해 생육이 억제되었다. 효모 및 곰팡이도 2-3 kGy 조사구는 저장 30일 후에도 저장 초보다 낮았다. 이화학적 특성 시험에서 특히 산도는 비조사구가 저장 15일에 0.7-0.8% 정도였으나, 2-3 kGy 조사구는 저장 30일에도 0.5-0.6%로 낮았다. 김치조직 변화도 저장기간의 경과와 함께 2 kGy 조사구가 가장 우수하였다. 관능검사에 의한 종합적 품질평가에서는 비조사구는 저장 15일 이후부터 식용 부적합 하였으나, 2-3 kGy 조사구는 저장 30일 이후에도 양호한 품질을 보여 비조사구에 비해 2배 이상의 저장성을 연장할 수 있었다.

문 헌

1. Food Irradiation Newsletter : IAEA, Vienna, September(1987)
2. Department of Health and Human Services : Irradiation in the production, processing, and handling of food, FDA 21 CFR part-179 Federal Register, 51, 13376, April 18(1986)
3. Pederson, C.S. and Albury, M.N. : The influence of salt and temperature on the microflora of

- sauerkraut fermentation, *Food Tech.*, 8(1), 1(1954)
4. Frazier, W.C. and Foster, E.M. : *Laboratory Manual for Food Microbiology*, 3rd. ed., Burgess Publishing Company, U.S.A.(1961)
5. Kreger-van Rij, N.J.W. : *The yeasts a taxonomic study*, Elsevier Science Publishers B.W., Amsterdam, p.45(1984)
6. 서울특별시 보건연구소 : 병원 미생물검사용원 교재, p. 18(1976)
7. Kohara : *Handbook of food analysis*, Kempakusha, Japan, p.211, 330(1982)
8. Larmond, E. : *Method for sensory evaluation of food*, Canada Dept. of Agriculture, Publication 1284(1973)
9. 김호식·전재근 : 김치발효중의 세균의 동적 변화에 관한 연구, 원자력논문집, 6, 112(1966)
10. 민태익·권태환 : 김치발효에 미치는 온도 및 식염 농도의 영향, 한국식품과학회지, 16(4), 443(1984)
11. 김호식·황규찬 : 김치의 미생물학적 연구(제 1보), 혐기성 세균의 분리와 동정, 과연취보, 4(1), 56(1959)
12. 황규찬·정윤수·김호식 : 김치의 미생물학적 연구(제 2보) 호기성 세균의 분리와 동정, 과연취보, 5(1), 51(1960)
13. Matsuyama, A. Dkazawa, Y., Namiki, M., and Sumiki, Y., Enhancement of radiation lethal effect on microorganisms by sodium chloride treatment during irradiation, *Rdiat. Res.*, 1-2(1), 98(1960)
14. 이근배·김종협 : 방사선을 이용한 한국식품저장연구(III), 미

- 생물의 분리동정 및 소장에 관하여, 원자력연구소 연구연보, 6, 229(1966)
15. 일본 후생성 : 식품 위생검사지침 (I)(1960)
 16. 김종협 : Lactobacillus의 방사선 감수성에 미치는 물리화학적 환경에 관한 연구, 원자력연구소 연구연보, 7, 221(1967)
 17. Frazier, W.C. : *Food Microbiology*, McGraw Hillco., p.248, 449(1958)
 18. IAEA: Microbiological specifications and testing methods for irradiated food, Technical Reports Series No. 104, IAEA, Vienna, p.3-10(1970)
 19. 정윤수·박근창·유상억·김정훈 : 식품의 세균학적 표면연구 (제 5 보), 김치의 숙성도와 관련된 coliform group의 사멸성에 관하여, 육군기술연구보고, 6, 5(1967)
 20. 이양희·양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장법에 관한 연구, 한국농화학회지, 13(3), 207(1970)
 21. 정하숙·고영태·임숙자 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정도에 미치는 영향, 한국영양학회지, 18(1), 36(1985)
 22. 이희성·이근배 : 방사선을 이용한 한국식품 저장연구(II), 원자력논문집, 5, 185(1965)
 23. Grahan, H.D. : *Safety on wholesomeness of irradiated foods*, 2nd. ed., US, AUI Pub., p.546(1979)
 24. 조한옥·변명우·권중호 : 방사선 조사와 자연 저온에 의한 승이저장, 한국식품과학회지, 16(2), 182(1984)
 25. 조한옥·변명우·권중호·양호숙·이철호 : 방사선 조사와 자연 저온에 의한 발아식품의 batch scale 저장에 관한 연구, 한국식품과학회지, 14(4), 355(1982)
 26. 조한옥·변명우·권중호·이재원 : 방사선 조사에 의한 수삼의 저장, 한국농화학회지, 29(4), 288(1986)
- (1988년 10월 8일 접수)