방사선에 의한 김치저장 연구

강세식·김중만·변명우*
원광대학교 농과대학, *한국에너지연구소 식품조사연구실

Preservation of *Kimchi* by Ionizing Radiation

Se-Sik Kang, Joong-Man Kim and Myung-Woo Byun*
Dept. of Agricultural Chemistry, Wonkwang University, Iri, 570-180, Korea
**Dept. of Food Irradiation, Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul, 139-240, Korea*

ABSTRACT—To improve the storage method for *Kimchi*, optimal ripening *Kimchi* was irradiated with doses of 1,3,5 kGy Co-60 gamma radiation, followed by the microbiological, physicochemical and sensory evaluations during storage at 5°C.

1. **Total aerobic count increased in the beginning of storage and then decreased slowly as the number of total lactobacilli (anaerobe) increased. The above total aerobic and lactobacilli were reduced by 1 to 3 log cycles with irradiation and at the 90th day after storage the number of total lactobacilli remained 1.30×10^8 per m*l* in 3 kGy irradiated group. Irradiation treatment at 3 kGy sterilized coliforms and molds contaminating the sample as the level of 2.0×10^4 per m*l* and 5.4×10^2 per m*l*, respectively and no apparent growth was observed in both control and 1 kGy irradiated groups after 20 days of storage. The population of yeast, 3.5×10^3 per m*l* initially, increased steadily during *Kimchi* storage and at 90 days of storage the number was shown to be 5.6×10^4 per m*l* and 6.5×10^2 per m*l* in control and 3 kGy irradiated groups, respectively.**
2. **In the physicochemical changes during *Kimchi* storage, pH, acidity and volatile acid of non-irradiated control at the 45th day after storage were 4.0, 0.7% and 0.066%, while those of 3 kGy irradiated group were 4.2, 0.59 and 0.06% at the 90th day of storage, respectively. The reducing sugar content of all stored samples changed inversely total acidity content, indicating irradiation delayed the changes of them. The amount of ascorbic acid decreased gradually with the storage time and irradiation dose increase. Textural parameters of 3 kGy irradiated group were superior to those of other groups at the latter stage of storage.**
3. **Sensory evaluations showed that 3 kGy irradiation was the optimum dose level to extend the shelf-life of *Kimchi* more than two months as compared to control.**

Keywords□*Kimchi* fermentation, Microbiological, Sensory evaluation, Ionizing radiation.

김치는 우리 식생활에 있어서 불가결의 전통식품으로, 최근 국민생활 수준의 향상과 주거의 아파트화에 따른 식생활 습관의 변천으로 김치의 공업적 생산이 증가되고 수출 또한 계속 신장되고 있는 실정이다. 그러나, 김치는 저장중 산패 현상으로 인해 장기 보존이 곤란하여 김치의 공업적 생산에 큰 문제점으로 대두되고 있다. 김치의 저장중 산패 방지를 위해서 여러 저장방법들이 연구되었는데 그 방법들로서는 냉장법 또는 냉동법[1,2], 가열살균방법(통조림 포함) 방부제 처리방법[3-6], 방부제와 냉장 및 가열과의 병용 처리방법, pH 조정제의 사용[7] 등으로 나누어 볼 수 있다. 김치의 냉장 또는 냉동하는 방법은 저온저장 시설에 소요

Received for publication 14 October, 1988
Reprint request; Dr. M.W. Byun at the above address

되는 경비가 많이 들고, 가열 처리시에는 김치의 물성에 큰 변화를 가져오며, 방부제를 사용할 경우 김치의 이취와 변색을 유발하거나 유해물질을 남기는 등 아직까지 산패 방지를 위한 효과적인 방법이 개발되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 실험은 국제적으로 이미 그 건전성과 경제성이 인정된 방사선 조사 기술을 응용하여[8-10] 김치의 고유한 맛을 보존하면서 장시간 저장할 수 있는 방법의 개발에 대한 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

김치의 제조—김장김치(C-Ration용)을 대상으로 3kg 정도의 결구배추를 4등분하고 15%의 염농도에서 4시간동안 침지하면서 30분마다 교반하여 주었는데 이때의 pack out ratio는 약 kg/3*l*였다.

기본적인 원료 배합은 Table 1에서와 같으며, 김치의 제조는 먼저 절임배추를 2회 수도물로 수세한 후 탈수하고, 부원료인 마늘, 생강을 잘 마쇄한 후, 3-4cm 정도로 세절한 쪽파와 고추가루, 소금을 첨가하여 잘 섞어서 절임배추에 골고루 버무려서 외부 공기와의 접촉을 피하기 위해 0.1 mm polyethylene pouch에 넣어 밀봉한 후 plastic통에 담아 10℃에서 숙성시켰다.

김치의 포장—김치의 살균 처리를 위한 포장 최적시기 결정은 김치 담금 후 숙성동안 적정산도, pH, 환원당 및 관능검사 등의 실험에 연관하여 숙성도를 결정하는데, 본 실험에서는 적정산도가 0.32%일 때를 최적기로 선정하였다. 포장 재료로서는 20n nylon 6/60n polyetheylene으로 접합된 pouch를 사용하여 1/4포기씩 함기포장하였다.

Table 1. Combination of raw materials for *Kimchi* preparation

Raw material	% by fresh weight
Korean cabbage	85.0
Radish roots	5.0
Green onion	3.0
Salt	3.0
Red pepper powder	2.5
Garlic	1.0
Ginger	0.5

방사선 조사에 의한 살균처리 및 저장—방사선 조사는 포장직후 선원 1만 Ci의 CO-60 감마선 조사시설을 이용하여 실온에서(5~7℃) 시간당 400Gy의 선량율로 1, 3, 5kGy를 각각 조사시켰으며, 조사된 시료는 비조사구와 함께 5±1℃의 대형 냉장고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 생육 시험—모든 미생물 시험은 내부 김치액 10m*l*를 취하여 3반복으로 수행하였다. 김치저장중 호기성 전세균의 변화는 Pederson 등[11]의 방법에 따라 tryptone-glucose-yeast extract (TYG) agar를 이용한 평판법으로 30±1℃에서 1-2일간 배양한 후 계수하였고, 젖산균은 lactobacillus selection(LBS) agar(BBL Lab.)를 이용한 pour plate method로 30±1℃에서 1-2일간 배양한 후 계수하였다.

효모 및 곰팡이는[12] yeast extract-malt extract(YM) agar를 이용하여 1N-HCl을 배양기 전량에 대한 0.7%(v/v)을 첨가하여 pH를 3.7-3.8로 조정한 후 평판법으로 25±1℃에서 7-10일간 배양한 후 계수하였으며, 대장균군은 desoxycholate agar(Difco Lab.)를 사용한 pour plate method로 37℃에서 1-2일간 배양한 후 적색의 집락을 계수하였다.

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

적정산도 측정은 김치 시료 각각을 100g씩 정확히 취하여 waring blender로 잘 마쇄하고 일정량의 증류수를 가하여 여과한 후, 여액 일정량을 phenolphtalein 지시약을 사용 0.1N-NaOH로 적정하여 lactic acid의 함량 %로 나타내었고, 휘발성 유기산은 김치 100g을 잘 마쇄한 후 일정량의 증류수를 가하여 증기 증류법으로 증류하고 증류액 200m*l*를 받아 phenolphtalein 지시약을 사용, 0.1N-NaOH로 적정하여 acetic acid의 함량 %로 산출하였다.

pH측정은 김치액 일정량을 취하여 pH meter (corning, model 5)를 이용하여 측정하였고, 환원당 정량은 Somogyi 변법으로[13] 정량하고 glucose 함량으로 환산하였으며, Ascorbic acid의 정량은 2,4-dinitrophyenylhydrazin(2,4

-DNP) 방법에[13] 따라서 정량하고, 시료 100g당 total ascorbic acid의 량을 mg%로 나타내었다.

김치조직의 변화 정도를 측정하기 위하여 김치의 밑둥치로부터 5cm 부위를 일정하게 절단하고 Rheometer(I & T Co., Japen)를 사용하여 penetrating 시험을 수행하였다.

관능검사—김치의 관능검사는 3점 시험법으로 10명의 관능검사 요원을 선정하고 김치 고유의 풍미와 조직을 5점 기호 척도 시험을 실시하였다. 이때의 관능 평점은 "5, 매우 좋다 ; 4, 좋다 ; 3, 하다 ; 2, 나쁘다 ; 1, 아주 나쁘다"로 평가하였다[14].

결과 및 고찰

미생물 생육 시험—(1) 호기성 전세균의 변화 : 방사선 조사와 김치 발효과정에서 호기성 세균의 변화는 Fig. 1과 같다. 담금 직후에 호기성 세균의 수는 4.5×10^4/m*l* 정도였던 것이 발효 초기에는 급격한 증가를 보여 방사선 조사 직전은 1.2×10^7/m*l*로 거의 3log cycles 증가하였다. 1, 3, 5 kGy의 방사선 조사로서 6.5×10^6/m*l*, 5.4×10^5/m*l*, 1.1×10^4/m*l*로 각각 1-3log cycles 정도 살균되었으며, 숙성 10일까지는 비조사구와 조사구 모두 호기성 세균의 증가를 보였다. 숙성 10일 이후부터는 모든 시험구에서 발효가 점차 진행됨에 따라 호기성 세균의 생장이 억제되어 저장 60일에는 10^3-10^4/m*l*로 감소되었으며, 그 이후부터는 다시 증가하는 경향으로 비조사구와 5kGy 조사구가

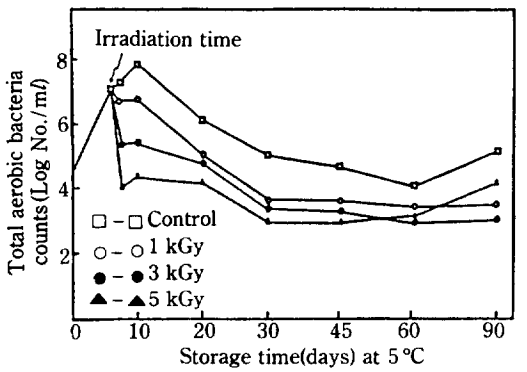

Fig. 1. Effect of gamma irradiation on the total aerobic bacteria during *Kimchi* storage.

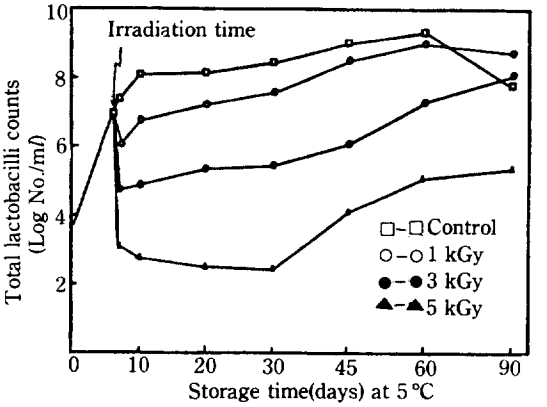

Fig. 2. Effect of gamma irradiation on the total lactobacilli during *Kimchi* storage.

다소 그 경향이 심하였다. 이는 저장 말기의 피막형성효소의 증가가 그 원인으로 생각되며 이와같은 결과는 김 등[15]과 민 등[16]의 보고와 일치한다.

(2) 젖산균의 변화 : Fig. 2와 같이, 김치 담금 직후의 젖산균 수는 3.6×10^3/m*l* 정도였으며 숙성 6일동안 젖산균의 계속적인 증가를 보여 방사선 조사 직전의 젖산균 수는 8.8×10^6/m*l*이었다. 젖산균의 방사선 조사에 의한 살균효과는 1, 3, 5 kGy의 선량 조사로서 1.2×10^6/m*l*, 7.8×10^4/m*l*, 2.0×10^3/m*l*로 각각 격감되었다. 발효진행 기간중, 젖산균의 변화를 보면 비조사구는 숙성 10일까지 급격한 증가를 보여 젖산균 수가 1.5×10^8/m*l* 정도였고 그 이후 완만하게 점진적으로 증가하여 저장 60일에 3.5×10^9/m*l*로 최대치를 나타내었다가 점차 감소하여 저장 90일에는 8.0×10^7/m*l* 정도였다. 한편, 저선량인 1KGy 조사구는 비조사구와 비슷한 경향을 보였으나, 3kGy 조사구는 저장 30일경부터 젖산균의 증가가 뚜렷하여 저장 60일에 3.0×10^7/m*l*, 90일에 1.3×10^8/m*l* 정도였다. 또한 5kGy 조사구는 저장 30일까지는 젖산균의 생육이 거의 없다가 그 이후부터 증가하기 시작하여 저장 60일에 1.4×10^5/m*l*, 저장 90일에도 4.7×10^5/m*l*로 매우 낮은 수준을 보였는데 이는 고선량 조사에 의해 김치 발효에 관하여는 젖산균의 생육이 억제되기 때문으로 생각되며, 뒤 항목에서 언급하는 관능검사 결과와도 잘 일치한다. 따라서 본 실험에서는 3kGy 정도의 방사선 조사가 이상적인 젖산균 생장억제효과를 가져올 수 있었다.

(3) 효모 및 곰팡이 : 효모 및 곰팡이의 생육 변화는 Fig. 3과 같다. 김치 담금 직후의 효모와 곰팡이의 오염은 8.5×10^2/m*l*과 5.4×10^2/m*l*이었으며, 숙성 6일에 효모는 3.5×10^3/m*l*로 증가되었고 비조사구는 전 숙성기간을 통해 증가되어 저장 90일에는 5.6×10^4/m*l* 정도였다. 한편 1, 3 kGy의 방사선 조사구는 저장 45일 이후부터 증가현상을 보였으나 저장 90일에도 각각 6.0×10^3/m*l*와 6.5×10^2/m*l*로 그들의 생육이 억제되었으며, 5 kGy 조사구는 저장 45일경부터 효모의 생육이 발견되어 급격한 증식으로 저장 90일에는 1.1×10^3/m*l*를 나타내었다. 5 kGy 조사구의 효모의 이상 출현은 앞의 호기성 전세균에서의 결과와 잘 일치되는 것이다.

곰팡이는 숙성 초기에 모든 시험구에서 감소되는 경향을 보였으며, 비조사구는 저장 30일 이후부터는 곰팡이의 생육이 없었다. 한편 3 kGy 이상의 방사선 조사구는 완전 사멸되어 전 저장기간동안 그들의 생육이 없었고, 1 kGy 조사구는 조사직후 7.5×10/m*l* 정도로 감소되어 저장 20일 이후부터는 생육이 없었다. 본 실험의 이와같은 결과는 민 등[16]의 실험에서와 거의 동일한 경향을 나타내었다.

(4) 대장균군 : Fig. 3에서 대장균군의 생육변화는 담금 직후에는 2.0×10^4/m*l* 정도로 높게 오염되었으나 숙성이 진행됨에 따라 감소되어 비조사구는 저장 10일 이후부터는 검출되지 않았으며, 대장균은 일반적으로 방사선감수성이 높아 3 kGy 이상 조사로서 완전 사멸되었고 1 kGy 조사로 1.5×10^3/m*l*로 감소되었으며 저장 10일 이후부터는 역시 검출되지 않았다. 본 실험에서 이와같은 결과는 정 등[17]의 김치 발효중 대장균의 사멸에 관한 연구에서, 대장균은 5%의 염농도하에서는 30℃에서 48시간후, 20℃에서는 72시간후에 사멸함으로써 김치가 충분히 숙성되면 대장균의 오염은 문제되지 않는다는 보고와 일치한다.

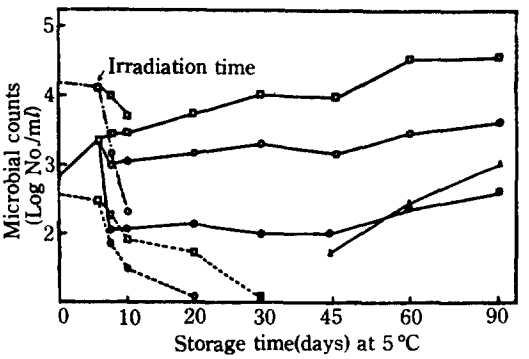

Fig. 3. Effect of gamma irradiation on the coliforms, yeast and molds during *Kimchi* storage.

이화학적 특성 변화 — (1) pH의 변화 : Fig. 4와 같이 김치의 담금 직후의 pH는 5.75 정도였으며, 10℃에서 6일간 숙성한 pH 5.5 정도에서 방사선을 조사하였다. 발효가 진행됨에 따라 모든 시험구에서 pH는 감소하였는데, 특히 비조사구는 저장 20일 정도까지 급격한 감소를 보여 pH 4.25 정도였고 저장 30일 이후부터는 pH 4.0 이하로 완만한 변화를 보였다. 발효중 김치액의 pH감소 현상은 발효가 진행됨에 따라 생성되는 여러 종류의 유기산의 증가에 기인되는 것으로 보며 또한 김치 발효가 계속 진행되어 산의 생성량이 증가하여도 pH 4.0 이하에서부터는 pH의 변화가 완만한 경향을 보였는데 이는 김치액중에 있는 유리 아미노산과 무기 ion들의 완충 작용이 그 원인으로 생각되는데, 이러한 결과는 이 등[1]과 정 등[18]의 실험결과와 일치한다. 이에 반해 저선량인 1 kGy 조사구는 저장 45일 이후부터 pH 4.0 이하로 감소되었으며, 3 kGy와 5 kGy 조사구는 저장 30일에 pH 4.5와 4.7이였고 저장 90일까지도 pH 4.0 이상이었

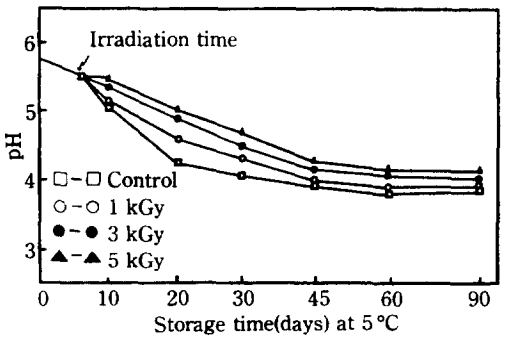

Fig. 4. Changes of pH during *Kimchi* storage by gamma irradiation.

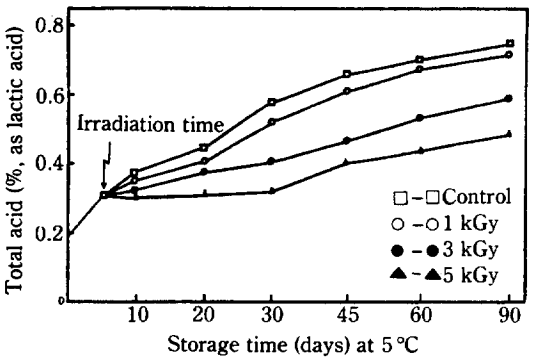

Fig. 5. Changes of total acid during *Kimchi* storage by gamma irradiation.

다. 이와같이 방사선 조사구의 pH 감소가 서서히 변화되는 것은 앞의 젖산균의 방사선 조사에 의한 살균작용에서와 같이 젖산 생성세균의 일부 사멸과 생육이 억제되어 김치 발효가 지연됨을 나타내는 것이다.

(2) 산도의 변화 : 김치의 발효 및 방사선 조사에 의한 저장중 lactic acid %로 나타낸 산도의 변화는 Fig. 5와 같다. 담금 직후의 산도는 0.19% 정도였고, 발효동안 모든 시험구에서 pH의 감소와 반비례적으로 계속적인 증가를 나타내었으며, 본 실험에서 0.32%일 때 방사선 조사를 실시하였다. 비조사구에서는 발효 10일 이후부터 급격한 증가를 보여 20일에 0.45%, 30일에 0.58%에 달하였으며, 관능시험 결과 식용이 불가능한 45일 이후에는 0.6-0.9% 이상의 높은 증가를 보여 산패 현상을 나타내었다. 반면 방사선 조사구에서는 저선량인 1 kGy 조사구는 비조사구에 비해서 약간의 낮은 수치를 보였으나 거의 동일한 경향을 나타냈고, 관능시험 결과 가장 우수한 결과를 보인 3 kGy 조사구는 저장 45일에 0.46%, 저장 60일에 0.53%, 저장 90일후에도 0.59% 정도로서, 비조사구의 저장 30일에 0.58%와 비교할 때, 2개월 이상 발효가 지연되었음을 알 수 있다. 이와같은 결과는 앞의 pH에서 밝힌 바와 같이 김치 발효중 산생성세균 및 김치 발효에 관여하는 미생물들의 활성변화가 그 원인으로 생각되며 이 등[1]의 결과와 비슷한 경향을 나타냈다. 또한 이 등[1]은 식용 가능한 김치의 숙성 정도에 부합하는 산도의 범위가 0.4%-0.75%라 하였으나, 이 등[19]의 실험에서는 0.5% 이상은 심한 산패를 일으켜 먹을 수 없어 0.5% 이하이어야 한다고 하였다. 본 실험에서는 0.6%까지는 식용 가능한 범위로 나타냈는데, 이와같은 식용 범위의 산도가 연구자들간에 차이를 보이는 것은 김치 발효과정에서 발효조건즉 배합원료의 종류 발효온도와 시기 및 염농도 등에 따라서 발효중에 번식하는 균의 종류와 농도가 다르고, 영양분의 소모상태 및 생성된 유기산의 종류와 량도 달라짐이 그 원으로 생각된다.

(3) 휘발성유기산 함량의 변화 : Fig. 6과 같이 조사직전의 휘발성유기산 함량은 0.012% 정도였고, 모든 시험구에서 저장기간의 경과와 더불어 산도 증가와 비례하여 계속 증가되는 경향이었다. 비조사구에서는 저장 10일경부터 급격한 증가를 보여 저장 45일에 0.066%, 저장 60일에는 0.082%였고, 저선량인 1 kGy 조사구는 저장 20일경부터 비조사구와 거이 동일한 경향으로 증가되었다. 한편 3 및 5 kGy 조사구는 저장 30일까지 완만한 증가를 보여 0.019%와 0.014% 정도였고, 그 이후 현저하게 증가되었는데, 저장 90일후에도 0.06-0.07%로 비조사구에 비해 상당히 낮았다. 이와같은 휘발성유기산 함량의 변화는 앞의 산도변화와 연관되는 것으로 생각된다.

(4) 환원당 함량의 변화 : Fig. 7의 환원당 함량의 변화는 조사직전 3.75% 정도였던 것이 저장기간의 경과로 모든 시험구에서 산도의 증가와 반비례적으로 계속 감소되는 경향이었다. 비조사구 및 저선량인 1 kGy 조사구는 조사직후부터 급격한 감소를 보여 저장 30일에는 1.15-1.35%였고 저장

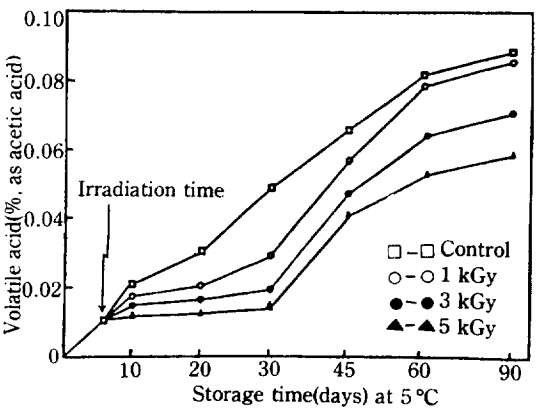

Fig. 6. Changes of volatile acid during *Kimchi* storage by gamma irradiation.

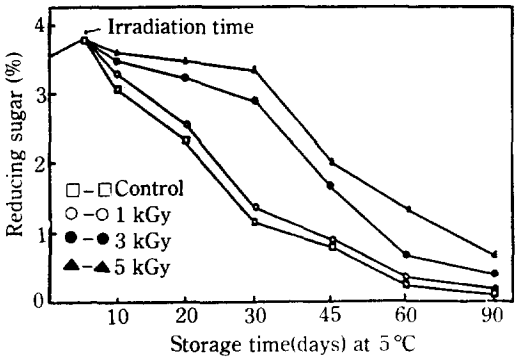

Fig. 7. Changes of reducing sugar during *Kimchi* storage by gamma irradiation.

60일에는 0.20-0.30% 정도였다. 이에 반해 3 및 5 kGy 조사구는 저장 30일까지 완만한 감소를 보인다. 그 이후부터 감소가 심하여 저장 45일에는 1.74-2.0% 정도였으며, 저장 90일에는 0.40-0.70%였다. 비조사구 및 저선량 조사구에서 환원당 함량의 감소는 김치 발효중 미생물이 탄수화물을 주요한 대사 기질로 사용하였기 때문으로 생각된다. 3 및 5 kGy 조사구의 경우는 김치 발효에 관여하는 미생물들의 생육이 억제되어 탄수화물의 이용이 적었던 것으로 볼 수 있고, 본 실험의 이같은 결과는 이 등[1]과 이 등[19]의 보고와 일치한다.

(5) Ascorbic acid 함량의 변화 : Fig. 8에서 방사선 조사 직전의 ascorbic acid 함량은 14.8 mg%로 높은 함량을 보였고, 모든 시험구에서 발효 10일까지는 감소하였으며, 방사선 조사에 의해서는 조사선량의 증가와 더불어 비조사구에 비하여 다소 감소하는 경향이었다. 이는 일반적으로 ascorbic acid는 방사선 조사에 민감한 것으로 알려져 있으며, 조 등[20]의 방사선 조사에 의한 과채류의 저장시험에서도 본 실험에서와 같은 경향을 보였다. 그 이후 모든 시험구에서는 저장 20일까지는 ascorbic acid 함량이 약간 증가하다가 전 저장기간을 통해 상당한 감소를 가져왔는데, 저장 45일에는 7.5-8.3 mg%범위로서 발효 초기에 비하여 약 50% 이상 감소되었고, 저장 90일에는 3.7-5.0 mg%로 약 70% 정도의 감소를 나타냈다.

(6) 김치조직의 변화 : Table 2와 같이 방사선 조사 직후 방사선 조사구는 비조사구에 비해 조사선량의 증가와 더불어 다소 낮은 수치를 나타내어 방사선 조사에 의한 조직의 변화가 인정되었다. 이러한 결과는 조 등[20,21]의 송이버섯과 수삼의 방사선조사가 저장중 조직의 변화 실험에서와 거의 비슷한 경향임을 알 수 있었다. 그러나 저장기간의 경과에 따라서 저장 30일후부터는 5 kGy의 고선량 조사구를 제외하고, 1 및 3 kGy 조사구는 비조사구에 비해 조직의 경도저하가 적었음을 알 수 있으며, 저장 60일후에는 3 kGy 조사구의 조직의 경도가 가장 높았다. 이는 앞의 미생물 생육시험에서나 산도 등의 시험과 연관된 것으로 본다. 저장중 김치 조직의 변화는 pectin 물질이 미생물이 분비하는 pectin 분해효소들이나 원료 자체에 존재하는 효소의 작용에 기인된 것으로 알려지고 있다[22]. 따라서 3 kGy 조사구에서의 조직의 변화가 억제된 것은 방사선 조사에 의한 미생물들의 생육억제효과와 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다.

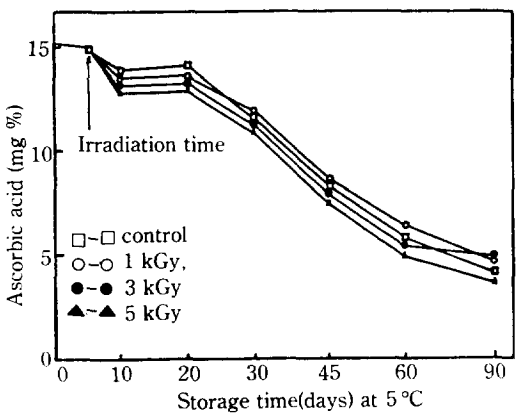

Fig. 8. Changes of ascorbic acid during *Kimchi* storage by gramma irradiation.

Table 2. Change of firmness during *Kimchi* storage by gamma irradiation[a]

(unit: kg)

Irradiation dose (kGy)	Storage time (days)		
	0[b]	30	60
Control	1.605	1.405	1.128
1	1.300	1.426	1.203
3	1.527	1.419	1.215
5	1.483	1.387	1.124

[a] Fermentation at 5℃

[b] Immediately after gamma irradiation

관능적 품질 평가—방사선 조사와 저장중 김치의 전반적 기호성(외관, 풍미, 조직)을 관능시험한 결과는 Fig. 9와 같다. 김치의 풍미는 아미노산에 의한 감칠 맛과 당분에 의한 단맛, 낮은 온도의 김치국 속에 많이 녹아있는 CO_2에 의한 독특한 탄산미와 산미 등에 의한 것으로 알려지고 있는데, 본 실험에서 방사선 조사후 저장 10일까지는 방사선 조사구가 선량의 증가와 함께 비조사구에 비해 다소 떨어진 풍미를 나타냈으나, 그 이후 저장기간의 경과와 더불어 5 kGy의 선량 조사구를 제외하고는 비조사구에 비해 김치의 전반적 기호성에 대한 관능검사치가 완만하게 감소하였다. 비조사구에서는 앞의 젖산균과 산도 및 pH의 급격한 변화가 시작되는 저장 10일경 이후부터 관능적 품질평가시험에서도 기호도가 급격히 저하됨을 알 수 있었으며, 본 실험에서 김치의 품질로서 가치가 없을 때를 3점 이하로 인정할 때, 비조사구 및 5 kGy 조사구는 저장 45일 이후부터였으며, 1 kGy 조사구는 저장 70일, 3 kGy 조사구는 저장 말기인 100일까지도 양호한 품질을 나타내었다. 따라서 김치에 적정 선량이라고 생각되는 3 kGy 정도의 방사선 조사는 비조사구에 비해 5℃ 냉장으로 2개월 이상 김치 식용기간을 연장할 수 있다고 생각된다.

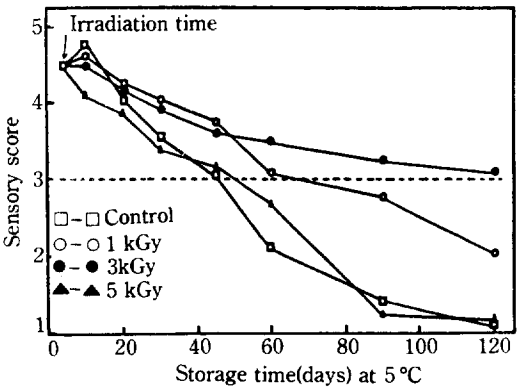

Fig. 9. The result of sensory evaluation for the overall acceptability during *Kimchi* storage by gamma irradiation.
Sensory scores are rated using a scale of 1 to 5; where 5, excellent; 4, good; 3, fair; 2, poor; 1, unacceptable

국문요약

김치 저장기간 연장 목적으로 숙성된 김치에 1, 3, 5 kGy의 감마선을 조사하고 5℃에 저장하면서 미생물 생육, 이화학적 특성, 관능적 기호성 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 미생물 생육시험에서 호기성 세균은 저장 초기에 증가하나 젖산균의 증식과 함께 감소하는 경향이며, 방사선 조사에 의해 호기성 세균과 젖산균이 1~3 log cycles 정도 감균되었다. 3 kGy 조사구는 저장 90일에도 젖산균 수가 1.3×10^8/m*l* 정도로 낮았다. 대장균군과 곰팡이는 2.0×10^4/m*l*과 5.4×10^2/m*l* 정도 오염되었으나 3 kGy 이상 조사로서 완전 사멸되었고, 비조사구와 1 kGy 조사구도 저장 20일 이후부터는 생육이 없었다. 효모는 3.5×10^3/m*l*이든 것이 비조사구는 저장 90일에 5.6×10^4/m*l*로 증식되었고, 3 kGy 조사구는 저장 90일에도 6.5×10^2/m*l*로 낮았다.

2. 이화학적 특성변화에서 비조사구는 저장 45일에 pH, 산도, 휘발성 산이 각각 4.0, 0.7%와 0.066%였으나, 3 kGy 조사구는 저장 90일에도 pH가 4.2, 산도가 0.59%, 휘발성 산이 0.06% 정도로 낮았다. 환원당을 모든 시험구에서 전 저장기간을 통해 산도의 증가와 반비례적으로 감소하였으나 방사선 조사구는 그 변화가 적었다. 조직변화에서는 저장기간의 경과와 함께 3 kGy 조사구가 가장 우수하였다.

3. 관능검사에 의한 김치의 종합적 품질평가에서 3 kGy 조사구는 비조사구에 비해 2개월 이상의 저장기간을 연장할 수 있었다.

참고문헌

1. 이양희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장법에 관한 연구, 한국농화학회지, **13**, 207(1970).
2. 신동화, 김기성 : 기업적 생산을 위한 김치제조에 관한 연구, 농어촌개발공사식품연구소 보고서, p. 201(1975).

3. 송석훈, 조재선, 박근창 : 김치 보존에 관한 연구 (제 2보), 가열 김치의 효소작용억제에 관하여, 육군기술연구소 보고, **6,** 1(1967).
4. 김병기, 손득병, 정용, 윤명조 : 하절 김치의 위생적 사전 처리가 그 장기 저장성에 미치는 영향, 현대의학, **5,** 441(1966).
5. 김창식, 김정호, 정병호 : 김치 통조림 제조법, 특허공보 135호(1966).
6. 전재근, 이남진 : 김치의 순간 살균방법, 제 1보, 배추김치의 순간살균방법과 살균효과, 한국농화학회지, **24,** 4(1981).
7. 김순동 : 김치 숙성에 미치는 pH조정제의 영향, 한국영양식량학회지, **14,** 259(1985).
8. Christine, M.B., Howard, G.S. and Robert, S.: Attitude change toward food irradiation among conventional and alternative consumers, *Food Technol.*, **40,** 86 (1986).
9. Fod Irradiation Newsletter: IAEA, Vienna, Sept. (1987).
10. Department of Health and Human Services: Irradiation in the production, processing, and handling of food, FDA 21 CFR part 179, *Federal Register,* **51,** 13376, Apr, 18 (1986).
11. Pederson, C.S. and Albury, M.N.: The influence of salt and temperature on the microflora of sauerkraut fermentation, *Food Tech.,* **8,** 1 (1954).
12. Kreger-Van Rij, N.J.W.: The yeasts a taxonomic study, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, p. 45 (1984).
13. Kohara: Handbook of food analysis, Kenpakusha, Japan, p. 211, 330 (1982).
14. Larmond, E.: Method for sensory evaluation of food, Canada Dept. of Agriculture, Publication 1284 (1973).
15. 김호식, 전재근 : 김치 발효중의 세균의 동적변화에 관한 연구, 원자력논문집, **6,** 112(1966).
16. 민태익, 권태완 : 김치 발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향, 한국식품과학회지, **16,** 443(1984).
17. 정윤수, 박근창, 유상열, 김정훈 : 식품의 세균학적 표준연구(제 5보), 김치 숙성도와 관련된 coliform group의 사멸성에 관하여, 육군기술연구보고, **6,** 5(1967).
18. 정하숙, 고영태, 임숙자 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정도에 미치는 영향, 한국영양학회지, **18,** 36(1985).
19. 이희성, 이근배 : 방사선을 이용한 한국식품·저장연구(II), 원자력논문집, **5,** 185(1965).
20. 조한옥, 변명우, 권중호 : 방사선 조사와 자연저온에 의한 송이저장, 한국식품과학회지, **16,** 182(1984).
21. 조한옥, 변명우, 권중호, 이재원 : 방사선 조사에 의한 수세된 수삼의 저장, 한국농화학회지, **29,** 288(1986).
22. 육철, 장금, 박관화, 안승효 : 예비 열처리에 의한 무우김치의 연화작용, 한국식품과학회지, **17,** 447(1985).