Korean J. Food Preserv.
Vol. 16, No. 2. pp. 186-191, April 2009

사단법인 한국식품저장유통학회
THE KOREAN SOCIETY OF FOOD PRESERVATION

전자빔과 감마선 조사된 무순 및 적양배추 종자의 발아 중 미생물학적 및 생리적 품질특성

박주환 · 김귀란 · 권중호†
경북대학교 식품공학과

Microbiological and Physiological Qualities of Electron-beam and Gamma-ray Irradiated Sprout Seeds (Radish, Red cabbage) during Germination

Ju-Hwan Park, Gui-Ran Kim and Joong-Ho Kwon†
Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

An electron beam or gamma-rays (0-5 kGy) were applied to two popular commercial sprout seeds, those of radish and red cabbage, and both physiological and microbiological qualities during germination were examined. Total bacterial counts of radish and red cabbage seeds were 5.02 and 2.86 log CFU/g, respectively, and were reduced by 2-3 logs after irradiation, but nonirradiated and irradiated samples showed similar microbial populations on day 5 after germination, although day 3 levels of irradiated samples were 23±2% lower. Coliforms were absent in both seed types. However, they were detected from the first day of germination, and rose to 4-5 log CFU/g on the fifth day. Coliforms were reduced by about 1-2 log CFU/g in 1 kGy-irradiated samples and were absent in the samples irradiated at 3 kGy. Irradiation at 1 and 3 kGy decreased germination by about 7% and 18%, respectively. Sprout yield and length were also significantly affected by irradiation, with no apparent difference between samples treated with the electron beam and gamma-rays.

Key words : sprout seeds, electron-beam, gamma-ray, microbiological quality, germination

서 론

최근 생활수준의 향상으로 건강에 대한 관심이 증대되고 전반적으로 육식보다는 채식, 가공식품보다는 자연식품을 선호하는 추세이다(1). 새싹채소는 종자에서 싹이 트는 시기에 자신의 성장을 위해서 영양소 등을 생합성하므로 단백질, 비타민, 효소, 바이오 플라보노이드 등의 영양소가 완전히 성장한 채소나 종자에 비해 3~4배가 높다(2).

그러나 신선편이 식품으로 소비되고 있는 새싹채소는 원료종자 및 재배과정 중 병원성미생물(*Salmonella, E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes, Bacillus cereus* 등)의 오염이 용이함에 따라 식중독 사고의 원인식품으로 주목받게 되었다(3). 새싹채소는 미국, 일본 시장에서의 생산량이 매년 증가하고 있으며 이는 대부분 샐러드 등으로 생으로 섭취됨으로써 식중독 사고를 일으킨바 있다(4,5). 따라서 미국의 FDA는 발아채소를 생식하는 것은 위험하다고 경고하고 모든 종자는 발아 전 20,000 ppm Ca hypochlorite 용액으로 살균할 것을 권고하였다(4,5)

새싹채소의 병원성 미생물 오염은 원료종자의 표면 뿐 아니라 재배 중 내부로 침투된 미생물이 주요 원인이므로 염소계 약제(hypochlorites 등)의 처리로써 완전한 제균(decontamination)이 불가능하므로 미국 FDA 및 USDA는 씨앗의 내부 살균이 가능한 방법으로 최고 8 kGy의 방사선 조사를 허가하였다(6-8).

†Corresponding author. E-mail : jhkwon@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-5775, Fax : 82-53-950-6772

식품의 방사선조사는 기존에 사용되던 식품보존기술에 비해 에너지 소요량이 적고 가열살균법과는 달리 처리 시 품온의 상승이 거의 없어 영양성분의 파괴나 외관의 변화가 적다. 또한 방사선 조사기술은 방부제나 훈증제제는 달리 처리 후 잔류성분이 남지 않고 강력한 투과력으로 연속처리 공정이 가능한 장점을 지니고 있다(9-12).

새싹채소는 미생물이 오염되었을 경우 식중독 발생의 위험성은 물론, 저장일수가 감소될 가능성이 있으므로 상품의 외형과 영양학적 가치를 유지시키기 위해서는 종자 및 새싹채소에 혼입된 미생물 농도의 감소는 매우 중요하다(13,14).

이에 본 연구에서는 수요가 많은 새싹채소 중 무순과 적양배추의 종자를 선택하여 국제적으로 사용이 허가된 전자선과 감마선을 처리하여 새싹채소의 발아과정 중 미생물의 제어효과와 발아 등 생리적 품질특성을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용된 새싹채소 종자는 2008년 D사에서 구입한 것으로 무순은 국산, 적양배추는 수입산(이탈리아)이었다. 이들 시료의 평균 발아율은 90% 이상이었으며, 손상이 없고 양호한 외관을 지닌 종자를 선별하여 사용하였다.

방사선 조사

새싹채소 종자의 방사선 조사를 위하여 시료를 polyethylene terephthalate pack 접합포장지에 약 50 g씩 포장하였다. 전자선 조사는 대전에 소재한 EB-Tech(주)의 electron accelerator(ELV-4, 2.5 MeV, Fujifilm, Tokyo, Japan)를, 감마선 조사는 정읍방사선과학연구소의 ^{60}Co 감마선 조사시설(100 kCi point source, AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, Canada)을 각각 이용하여 0, 1, 3, 5 kGy의 총 흡수설량을 얻도록 하였다. 흡수선량의 확인은 ceric/cerous dosimeter (Harwell, UK)와 CTA dosimeter를 사용하였으며, 방사선 조사된 시료는 비조사 시료와 함께 저온(4±2℃)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

미생물 농도 측정

전자선 및 감마선이 조사된 시료의 미생물농도 검사는 총균수(total plate count)와 대장균군(coliforms count)으로 구분하여 살균된 peptone water에 10배 희석하여 3회 반복 측정하고 CFU(colony forming unit)/g으로 계수하였다. 시료에 혼입된 호기성 총균수(total plate count)는 APHA 표준방법(15)에 따라 plate count agar(Difco, Maryland, USA)를 사용하여 30℃에서 72시간 배양한 후 CFU/g으로 계수하였다. 시료에 혼입된 대장균군(coliforms count)은 desoxycholate agar(Difco, Maryland, USA)를 사용하여 pour plate method (15)에 의하여 30℃에서 72시간 배양한 후 적색의 집락을 CFU/g으로 계수하였다.

발아율 측정

방사선 조사된 새싹종자의 발아율 측정은 외부 손상이 없고 양호한 외관을 지닌 종자시료 100개를 취해 여지를 바닥에 깐 petri dish에 담고, 증류수 10 mL를 넣어 25±1℃로 유지되는 항온기에서 72~96 시간 배양 후 싹의 발아율을 측정하였다. 이 때 발아는 싹이 튼 눈의 길이가 0.1 cm 이상인 것을 발아로 간주하여 백분율로 나타내었다(5,16).

수율 측정

방사선 조사된 새싹 종자의 수율을 측정하기 위하여 종자시료 1 g을 여지를 바닥에 깐 petri dish에 담고 증류수 10 mL를 넣어 25±1℃로 유지되는 항온기에서 96 시간 후 초기 종자무게 대비 최종 발아된 새싹채소 무게비(%)로 나타내었다.

길이 측정

방사선 조사된 새싹 종자의 생육변화를 알아보기 위해 종자시료 100개를 여지를 바닥에 깐 petri dish에 담고 증류수 10 mL를 넣어 25±1℃로 유지되는 항온기에서 96 시간 재배 후 digimatic caliper(Mitutoyo Corp., Kawasaki, Japan)을 사용하여 길이 측정에 따른 방사선조사 선원별 및 선량에 따른 차이를 비교분석하였다.

새싹채소의 재배

방사선 조사된 새싹종자의 재배는 새싹채소 재배기(EasyGreen Automatic Sprouter System, Seed & Grain Tech, Inc., Nevada, USA)를 이용하여 약 20 g의 종자를 평판 cartridge에 담아 매일 3시간 간격으로 15분 동안 수분을 공급해주면서 23±2℃에서 5일 동안 재배하였다.

통계처리

본 실험의 결과는 3회 이상 반복하여 평균±표준편차로 나타내었고, 실험군 간의 유의성을 검정하기 위하여 SAS(Statistical Analysis System)에 의한 분산분석(ANOVA) (17)과 Duncan's multiple range test에 의해 유의차를 검증하였다.

결과 및 고찰

종자 및 새싹채소의 총세균

새싹종자의 초기 미생물 오염도와 새싹종자로부터 발아시킨 새싹채소의 재배과정 중 미생물의 농도에 대한 방사선 조사의 살균효과를 확인하고자 총 세균과 대장균군의 농도를 측정하였다. Fig. 1과 2는 전자선 및 감마선 조사된 새싹채소 종자 및 발아과정 중 총세균의 농도에 대한 조사선원 및 조사선량 별 영향을 나타내었다. 방사선 조사된 무순과 적양배추 종자의 총세균의 농도는 비조사 시료에서는 각각 5.02와 2.86 log CFU/g이었으나, 방사선 조사 시료에서는 무순 3.12~4.85 log CFU/g, 적양배추 1.37~1.86 log CFU/g으로 각각 나타나 비조사 시료에 비해 미생물 사멸효과를 확인할 수 있었고, 조사선량이 증가할수록 미생물 농도는 크게 감소하였다.

또한 방사선 조사 된 새싹채소종자로부터 발아시킨 무순과 적양배추 새싹채소의 재배기간에 따른 총세균의 농도를 측정한 결과는 Fig. 1 및 2와 같다. 즉, 재배 1일째에 무순과 적양배추의 비조사 시료에서는 각각 5.46과 2.95 log CFU/g 수준이었으나, 방사선 조사구에서는 4.35~1.49 log CFU/g로써 비조사 시료와 조사시료 간의 사멸효과를 확인 할 수 있었으며 조사선량이 증가할수록 미생물의 성장속도는 감소하였다. 그러나 재배 3일째부터는 비조사 시료와 조사시료 간의 총세균의 농도 차이는 크지 않았으며, 재배기간 5일째에는 방사선 조사시료와 비조사 시료가 유사한 값을 나타내었다.

종자 및 새싹채소의 대장균군

전자선 및 감마선 조사된 새싹채소 종자 및 발아과정 중 대장균군의 농도에 대한 조사선원 및 조사선량 별 영향을 Fig. 3 및 4에 나타내었다. 본 실험에 사용된 무순과 적양배추 종자시료에는 대장균군이 검출되지 않았다. 그러나 재배기간이 경과함에 따라 비조사 시료에서는 대장균군의 농도가 1일째에 1.25~1.32 log CFU/g이었고 재배 5일째에는 4.32~5.38 log CFU/g으로 급격히 증가하였다. 반면, 방사선 조사시료에서는 재배 1일째까지는 발견되지 않았으나 재배 3일째부터는 매우 낮은 농도로 확인되었으며, 재배 5일째의 1 kGy 조사된 시료의 경우 무순은 1 log CFU/g 수준을 보였으나 적양배추는 2 log CFU/g 수준을 보이면서 시료에 따라 차이를 나타내었다. 그리고 조사선량 3 kGy에서는 대장균군의 농도가 매우 낮은 수준을 보였으며, 5 kGy 선량에서는 5일간 재배하는 동안 대장균군이 검출되지 않

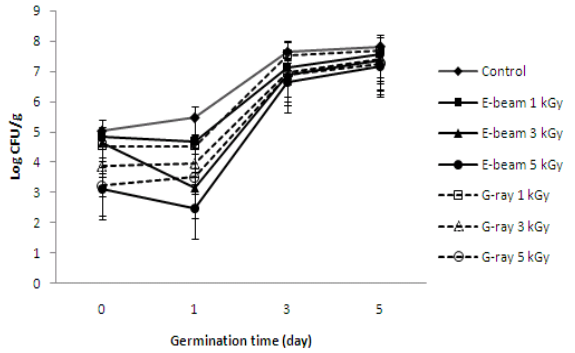

Fig. 1. Total plate count of radish sprouts grown from irradiated seeds during germination at 23±2℃.

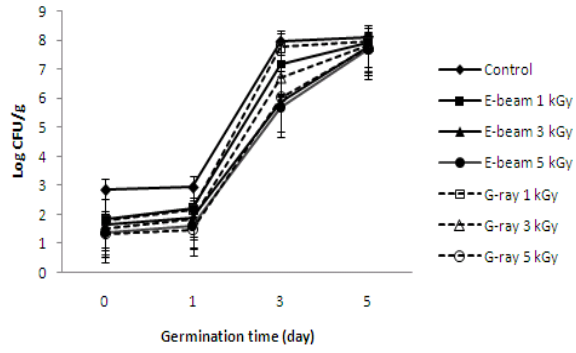

Fig. 2. Total plate count of red cabbage sprouts grown from irradiated seeds during germination at 23±2℃.

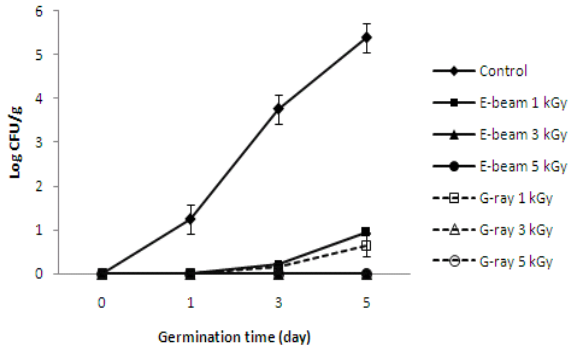

Fig. 3. Total coliform count of radish sprouts grown from irradiated seeds during germination at 23±2℃.

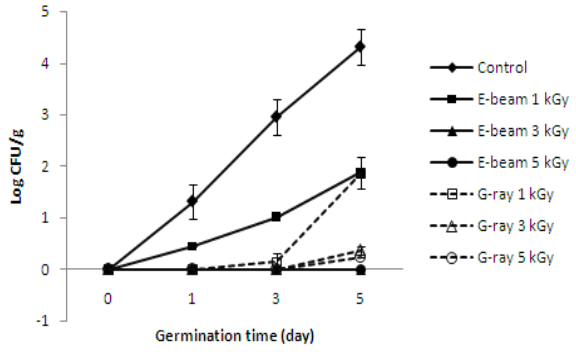

Fig. 4. Total coliform count of red cabbage sprouts grown from irradiated seeds during germination at 23±2℃.

았다. 이로써 방사선 조사는 조사선원에 관계없이 대장균군의 높은 사멸효과를 나타내었으나 총세균의 경우는 재배최종 단계에서는 비조사구와 유사한 값을 나타내어 종자에 대한 방사선 조사의 목적은 총세균의 저감화 보다는 특정 미생물 즉, 병원성 미생물의 사멸을 위한 목적으로의 이용이 타당할 것으로 사료된다(6-8).

수분함량

새싹채소의 수분함량은 상품의 품질 및 미생물의 성장에 영향을 준다. 따라서 새싹채소의 재배기간 동안 미생물의 성장에 영향을 주는 수분함량을 조사하였으며, 그 결과는 Table 1과 2에 나타내었다. 무순 및 적양배추 새싹채소는 재배기간이 길어질수록 발아율 및 길이의 증가와 더불어 수분함량이 증가하였으나, 조사선량이 높아질수록 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 방사선 조사 종자의 생장이 저해됨으로써 새싹의 수율이 줄어들고 이에 따라 수분함량이 낮은 것으로 판단된다. 또한 수분함량이 높은 비조사 시료에서는 조사구에 비해 미생물의 성장이 상대적으로 왕성하였던 것으로 사료되었다.

Table 3. % Germination of irradiated seeds

Dose (kGy)	Electron beam		Gamma ray	
	Radish	Red cabbage	Radish	Red cabbage
0	95±1.2[1)a]	96±0.6[a]	95±1.2[a]	96±0.6[a]
1	88±1.5[b]	90±0.6[b]	86±2.1[b]	89±1.5[b]
3	73±1.0[c]	83±2.1[c]	72±1.5[c]	84±4.7[b]
5	51±4.9[d]	48±2.5[d]	51±4.2[d]	47±2.1[c]

[1)]Values are means±standard deviation (n=3).
[a-d]Means followed by different letters within the column are significantly different ($p<0.05$).

선 조사처리가 새싹채소의 발아율을 감소시킴을 확인하였으며, 조사선원에 따른 유의적인 차이는 없었다. Kawamura 등(18)은 방사선 조사가 곡류 및 과일의 뿌리의 성장에 영향을 미쳐 길이 성장을 지연시켜 0.3 kGy 이상의 조사선량에서는 방사선 조사시료와 비조사 시료간의 구분이 가능하다고 보고하였다. 또한 Oh 등(19)은 1 kGy 이하의 방사선 조사된 콩류 시료에서 발아율 및 길이 성장에 대한 조사구와 비조사구와의 차이를 보고하면서, 방사선 조사가 시료

Table 1. Moisture content (%) of radish sprout grown from irradiated seeds during germination

Stage	Control	Electron beam (kGy)			Gamma ray (kGy)		
		1	3	5	1	3	5
Seed / Day 0	5.70 ± 0.32[1)]	-	-	-	-	-	-
Germination / Day 3	85.78 ± 0.45[ay]	83.24 ± 0.75[by]	80.14 ± 1.07[dy]	75.04 ± 0.71[ey]	83.95 ± 0.60[by]	81.49 ± 0.58[cy]	79.81 ± 0.24[dy]
Germination / Day 5	93.10 ± 1.05[ax]	91.84 ± 0.46[abx]	90.09 ± 0.84[cdx]	86.90 ± 0.33[ex]	91.79 ± 0.70[abx]	90.60 ± 0.39[bcx]	89.06 ± 0.57[dx]

[1)]Values are means±standard deviation (n=3).
[a-e]Means followed by different letters within the row are significantly different ($p<0.05$).
[x-y]Means followed by different letters within the column are significantly different ($p<0.05$).

Table 2. Moisture content (%) of red cabbage sprout grown from irradiated seeds during germination

Stage	Control	Electron beam (kGy)			Gamma ray (kGy)		
		1	3	5	1	3	5
Seed / Day 0	4.21 ± 0.02[1)]	-	-	-	-	-	-
Germination / Day 3	85.79 ± 3.63[ax]	81.65 ± 0.18[by]	78.04 ± 0.11[cy]	73.37 ± 0.13[dy]	79.43 ± 0.17[bcy]	76.95 ± 0.20[cy]	74.38 ± 0.16[dy]
Germination / Day 5	91.35 ± 1.04[ax]	91.02 ± 1.05[ax]	85.95 ± 0.94[dx]	87.00 ± 0.9[cdx]	88.84 ± 0.18[bx]	89.18 ± 0.18[bx]	87.71 ± 0.15[bcx]

[1)]Values are means±standard deviation (n=3).
[a-d]Means followed by different letter within the row are significantly different ($p<0.05$).
[x,y]Means followed by the different letters within the column are significantly different ($p<0.05$).

발아율

방사선 조사처리에 따른 새싹종자의 발아율 변화를 조사한 결과는 Table 3에 나타내었다. 방사선 처리에 따른 새싹종자의 발아율은 비조사구는 시료 2종 모두 95% 수준이었으며 1 kGy의 방사선 조사처리에서는 87~89%의 수준으로 대조구와 큰 차이는 없었다. 그러나 3 kGy에서는 약 78%, 5 kGy에서는 40~45%로 급격히 감소하였다. 이로써 방사의 발아율 및 길이 성장을 저하시킴을 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다.

새싹수율

방사선 조사처리에 따른 새싹채소 종자의 수율을 측정한 결과는 Table 4에 나타내었다. 비조사 시료에서는 6.41~6.49 범위를 나타내었고 1 kGy의 조사선량에서는 5.56~

6.48의 수율을 보여주면서 비조사 시료와 큰 차이가 나타나지 않았다. 그러나, 3 kGy 조사선량에서는 5.16~5.95로써 다소 감소하였으며 5 kGy에서는 급격히 낮은 수율을 나타내었다. Rajkowski와 Thayer(5)는 알팔파 종자에 1~5 kGy의 감마선을 조사한 다음 발아율과 수율을 측정한 결과 조사선량이 증가할수록 수율과 발아율이 유의적으로 감소하였다고 보고하여 본 연구의 결과를 잘 뒷받침해 주었다.

Table 4. Yield ratio of sprouts grown from irradiated seeds

Dose (kGy)	Electron beam		Gamma ray	
	Radish	Red cabbage	Radish	Red cabbage
0	6.41±0.63[1)a]	6.49±0.17[a]	6.41±0.63[a]	6.49±0.17[a]
1	6.08±0.11[a]	6.48±0.25[a]	6.35±0.4[a]	5.56±0.80[b]
3	5.81±0.12[a]	5.95±0.19[b]	5.33±0.3[b]	5.16±0.13[b]
5	3.33±0.46[b]	2.74±0.21[c]	3.38±0.3[c]	2.95±0.06[c]

[1)]Values are means±standard deviation (n=3).
[a-d]Means followed by the different within the column are significantly different ($p<0.05$).

새싹길이

방사선 조사된 새싹종자의 생장률을 알아보기 위해 항온기에서 96 시간 재배 후 길이변화를 측정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 그 결과, 무순 및 적양배추의 비조사 시료에서는 각각 약 3.87 cm와 2.74 cm이었으나 조사선량이 증가할수록 새싹채소의 길이변화는 점차 감소하였으며, 5 kGy 이상의 조사시료에서는 급격히 감소하였다. 이에 방사선 조사가 시료의 길이성장을 지연시킴을 확인할 수 있었다. 이상의 결과는 Kang 등(20)이 과일류의 방사선 조사여부 확인 실험에서 방사선 조사는 씨앗의 순의 생장을 억제하였다는 보고와 유사한 경향을 보여주었다.

Table 5. Length of sprouts grown from irradiated seeds

Dose (kGy)	Electron beam		Gamma ray	
	Radish	Red cabbage	Radish	Red cabbage
0	3.87±0.3[1)a]	2.74±0.23[a]	3.87±0.3[a]	2.74±0.23[a]
1	2.50±0.5[b]	2.65±0.22[b]	2.79±0.2[b]	2.60±0.19[b]
3	2.33±0.4[c]	2.02±0.13[c]	2.45±0.4[c]	1.90±0.20[c]
5	1.46±0.4[d]	1.51±0.20[d]	1.48±0.4[d]	1.44±0.18[d]

[1)]Values are means±standard deviation (n=100).
[a-d]Means followed by different letters within the column are significantly different ($p<0.05$).

요 약

다수요 새싹채소 중 무순과 적양배추의 종자를 선택하여 전자선과 감마선(0, 1, 3, 5 kGy)을 처리한 다음 생리적 특성과 발아과정 중 미생물 제어효과를 비교하였다. 무순과 적양배추 종자의 총세균 농도는 각각 5.02와 2.86 log CFU/g이었으나 3 kGy 이상의 방사선 조사에 의해 2~3 log cycle 정도 감소하였다. 새싹의 재배과정 중 총세균의 농도는 점차 증가하는 경향이었으나, 재배 3일까지는 조사구와 비조사구의 차이가 크게 나타났으나 5일 재배 후에는 비조사구와 조사구 간에 유사한 수준을 보였다. 새싹종자에는 대장균군이 검출되지 않았으나 새싹재배 중 농도가 증가하여 재배 말기에는 4~5 log CFU/g 수준을 나타내었다. 그러나 방사선 조사시료에서는 재배 1일까지는 발견되지 않다가 3일부터는 아주 낮은 농도를, 재배 5일째의 1 kGy 조사 무순은 1 log CFU/g 수준을, 적양배추는 2 log CFU/g 수준을 각각 보이면서 시료에 따른 차이를 나타내었다. 그리고, 3 kGy 이상 조사구에서는 대장균군이 매우 낮은 수준을 보이거나 검출되지 않았다. 방사선 조사는 선원에 관계없이 새싹의 수분함량을 유의적으로 감소시켰으며, 발아율은 1 kGy에서는 7%, 3 kGy에서는 18% 정도 감소되었다. 새싹의 수율은 1 kGy에서는 큰 차이가 나타나지 않았으나 3 kGy이상의 조사선량에서 약 10~50%감소하였으며 길이변화 또한 새싹의 수율과 유사한 경향을 나타내어 선량이 높을수록 감소하였다. 양배추 새싹의 수율과 길이는 감마선에 비해 전자선 조사(1, 3 kGy) 시료에서 양호하게 나타났다.

감사의 글

본 논문은 농림기술개발사업에 의해 수행된 연구의 결과이며, 시료를 공급해 주신 대농바이오영농조합법인, 방사선 조사실험을 지원해 주신 한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소와 이비테크(주)에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. Choi, J.W., Park, S.Y., Yeon, J.H., Lee, M.J., Chung, D.H., Lee, K.H., Kim, M.G., Lee, D.H., Kim, K.S. and Ha, S.D. (2005) Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. J. Food Hyg. Safety, 20, 43-47
2. Kurtzweil, P. (1999) Questions keep sprouting about sprouts. FDA Consumer Magazine, 7, 1-2
3. Waje, C.K. and Kwon, J.H. (2007) Improving the food safety of seed sprouts through irradiation treatment. Food Sci. Biotechnol., 16, 171-176
4. U.S. (2000) Consumers advised of risks associated with raw sprouts. Department of Health and Human Services,

Washington, D.C., 9, 99-113
5. Rajkowski, K.T. and Thayer, D.W. (2001) Alfalfa seed germination and yield ratio and alfalfa sprout microbial keeping quality following irradiation of seeds and sprouts. J. Food Prot., 64, 1988-1995
6. Weissinger, W.R., Chantarapanont, W. and Beuchat, L.R. (2002) Survival and growth of *Salmonella baildon* in shredded lettuce and diced tomatoes and effectiveness of chlorinated water as a sanitizer. Int. J. Food Microbiol., 62, 123-131
7. IAEA hompage (http://nucleus.iaea.org)
8. US FDA & USDA (http://www.fda.gov, http://www.usda.gov)
9. Cramwinckel, A. and Mazijk Bokslag, P.V. (1989) Dutch consumer attitudes toward food irradiation. Food Technol., 3, 109-110
10. Schutz, H.C., Bruhn, T. and Diaz-Knauf, K. (1989) Consumer attitude toward irradiated foods: Effect of labeling and benefits of information. Food Technol., 43, 80-86
11. Kwon, J.H. (2007) Current status of food irradiation in Korea. Food Irradiation, 42, 35-42
12. Byun, M.W. (1997) Application and prospect of irradiation technology in the food industries. Food Sci. Ind., 30, 89-100
13. Smooth, L.A. and Pierson, M.D. (1979) Effect of oxidation-reduction potential on the growth and chemical inhibition of *Clostridium botulinum* 10755A spores. J. Food Sci., 44, 700-707
14. Jung, S.W., Park, K.J., Park B,I. and Kim, Y.H. (1996) Surface sterilization effect of electrolyzed acid-water on vegetable. Korean J. Food Sci. Technol., 28, 1045-1051
15. Harrigan, W.F. and Mccane, M.E. (1976) Laboratory Method in Food and Dairy Microbiology. Academic press, London, p.25-146
16. Oh, K.N., Kang, E.K., Park, C.R. and Yang. J.S. (2002) Identification of germination properties for the screening of gamma irradiated beans. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 1002-1006
17. SAS (1998) SAS User's Guide Statistics, 3rd ed., Statistical Analysis System Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.
18. Kawamura, Y., Murayama, M., Uchiyama, S. and Saito, Y. (1996) Development of half-embyro test and germination test for detection of irradiated fruits and grains. Detection Method for Irradiated Foods-Current Status, p.383-391
19. Oh, K.M., Kang, E.K., Park, C.R. and Yang, J.S. (2002) Identification of germination properties for the screening of gamma-irradiated beans. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 1002-1006
20. Kang, E.K., Oh, K.N. and Yang, J.S. (2003) Identification gamma-irradiated fruits by using germination test. J. Food Hyg. Safety, 18, 51-55

(접수 2009년 1월 19일, 채택 2009년 3월 27일)