

## 이온화에너지 이용 최소가공 과채류의 저장유통 중 위생화

변 명 우 · 안 현 주

한국원자력연구소 방사선식품·생명공학기술개발팀

### 서 론

현대사회의 소비자들은 식품의 안전성, 편이성과 가치를 중요시하며 이들 요소는 식품의 선택기준과 직결되고 있고, 국제적으로 이러한 소비동향에 편승하여 즉석편의식품(ready-to-eat/cook foods)의 개발과 소비가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 즉석편의식품의 시장은 다양한 형태의 농수축산물을 원료로 발달하고 있으며, 최근에는 신선한 상태의 과일, 채소류까지 편의식품으로 가공, 유통되고 있다. 편이성을 가진 신선 과채류의 소비시장은 선진국을 중심으로 확대되고 있으며, 최소가공 과채류(minimally processed fruits/vegetables)로 분류, 명명되고 있다. 이와 같이 최소가공 과채류는 농산물의 수확 후 정선, 세척, 다듬기, 절단, 포장 등의 공정을 거쳐 냉장 유통되는 식품이며, 편이성과 신선도를 유지할 수 있도록 가공처리 된 식품이다. 유럽 및 미국시장에서는 이미 1990년대 초반부터 최소가공식품의 생산 및 유통망이 체계화되어 급속히 발전되어 왔다. 미국 내 최소가공식품 시장규모는 1999년 190억 달러로 5년 전 시작단계 대비 3배 이상의 증가율을 보였으며, 해마다 30% 이상 증가하고 있다. 국내에서는 아직까지 체계적이고 전문화된 생산이 미비한 형편으로 소규모 혹은 재래적인 방법으로 세척, 박피, 절단된 채소가 유통되고 있으며, 최근에는 지역농가 및 기업을 중심으로 최소가공식품에 대한 관심이 높아지면서

상품화가 모색되고 있다.

최소가공 과채류는 fresh-cut, lightly processed, fresh processed, partially processed, pre-prepared 라는 명칭으로 불릴 만큼 제품 고유의 품질특성과 신선도를 유지시킬 수 있는 가공기술이 요구된다. 하지만 과채류는 절단, 박피 등의 처리과정에 의해 조직 내의 상처로 인한 호흡율 및 효소활성의 변화가 초래되며, 가공 및 유통과정을 거치면서 병원성 미생물에 대한 오염 가능성을 내재하고 있다. 이러한 문제점을 수반하기 때문에 최소가공식품에 대한 소비자의 관심과 요구는 증가하고 있지만 상업적으로 성공을 거둔 사례는 적다. 이는 최소가공식품의 미생물학적, 이화학적 품질확보에 대한 기술적 어려움이 따르기 때문인데, 특히 선진국에서도 병원성 미생물에 의한 위험성으로 인해 새로운 가공기술에 대한 활발한 연구개발이 진행되고 있는 상태이다. 최소가공식품과 관련된 주요 병원성 미생물은 냉장 저장 하에 성장할 수 있는 저온성/중온성 균으로서 *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*와 *Bacillus cereus* 등이 있다. 또한 미국농무성(USDA)은 양상치, 파슬리, 메론 등의 최소가공 과채류에서 *E. coli* O157:H7, *Salmonella* 및 *Shigella* 등에 의한 식중독 사고의 역학조사 결과를 발표하여 미생물학적 안전성 확보에 대한 필요성을 보고하고 있다. 최소가공식품의 미생물 오염의 가능요인으로는 제품원료의 초기미생물 수준, 작업자, 기기 및 작업환경의 위생

상태 등을 들 수 있는데, 2000년도 IFT(Institute of Food Technologist) annual meeting에서는 최소가공식품의 미생물학적 안전성을 확보하기 위한 여러 가지 가공기술이 권고되었다. 제품의 shelf-life는 물론 안전성을 확보하기 위해서는 특별한 기술이 요구되며, 한가지 이상의 기술로서 원료의 변화를 최소화할 수 있는 mild preservation 기술을 병용처리 할 것을 권장하고 있다. 제안기술로는 항미생물제제(antibacterial chemicals), 가스치환 포장법(modified atmosphere packaging)과 방사선 조사 등이 있는데, 항미생물제의 사용은 화학약품의 잔류가능성, 가스치환 포장의 경우 혐기적 병원성 미생물 생육 등의 잠재적 위험요소를 내포하는 문제점을 갖고 있으며, 미생물학적 안전성의 확실한 보장기술로 사용하기 어렵다. 따라서 식품자체의 영양학적 가치와 건전성을 보장하고 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 기술이 요구되고 있는데, 이러한 점을 고려할 때 방사선 조사가 가장 효과적인 기술로 권고되고 있다(1). 식품의 새로운 저장기술로서 그 사용이 확대되고 있는 방사선 조사는 세계보건기구(WHO)에서 이미 건전성과 안전성이 승인되어 있으며, 식품을 완포장한 상태로 연속처리가 가능하여 살균처리 후 재포장에 따른 2차 오염의 방지, 에너지의 효율 증진 및 냉온살균방법으로 유해성분의 생성이나 잔류성분이 남지 않는다는 장점을 갖고 있다. 미국 식품의약품안전청(FDA)에서는 1995년부터 신선 과채류의 수급안정화 및 미생물학적 안전성 확보를 위해 1 kGy의 방사선 조사를 허용하고 있으며(2), 최근 FAO/IAEA coordinate research program에서는 각 국가를 대상으로 방사선을 이용한 최소가공 과채류의 미생물학적, 이화학적 평가를 수행할 것을 권고하고 있다.

본 본문에서는 일련의 연구결과를 토대로 방사선 기술을 이용한 최소가공 과채류의 미생물학적, 이화학적, 관능적 평가를 통한 기술적용 가능성을 제시하고, 더불어 타 방법과의 병용처리 효과를 검토

하여 최소가공식품 개발기술로서 방사선 조사의 효용성 및 유용성을 제안하고자 한다.

## 본 론

### 1. 미생물학적 품질특성

일반적으로 수확 직후의 과일 및 채소류에는  $10^4$ - $10^6$  cfu/g 수준의 미생물이 생존하고 있으며, 최소가공된 신선 과채류에도 저장과 유통과정을 거치면서  $10^4$ - $10^8$  수준의 미생물이 존재하는 것으로 알려져 있다. Hagenmaier와 Baker(3)는 0.5kGy의 감마선 조사시 양상치(cut iceberg lettuce)의 호기성 세균, 효모, 대장균 군을 70% 이상 감소시킬 수 있었으며, 냉장상태로 10일 이상의 저장 시에도 양호한 품질을 보여 저장성이 크게 향상되었다고 보고한 바 있다. Prakash 등(4)은 최소가공 토마토(diced tomato)의 경우 3.7 kGy의 감마선 조사시 호기성 세균, 효모, 곰팡이를 효과적으로 사멸시킬 수 있었으며, 15일 정도의 저장성을 가진다고 보고하였다. 또한 *E. coli*와 *Listeria monocytogenes*를 접종시킨 셀러리의 경우 1 kGy의 감마선 조사로 병원성 세균을 제거시킬 수 있으며, 저장기간을 1주일 이상 연장할 수 있는 것으로 나타났다(5). Fan 등(6)은 2-3kGy의 감마선 조사시 절단 파의 미생물을 완전히 제거할 수 있으며, 15일 이상의 품질안정성을 갖는다고 보고하였다.

본 연구팀에서는 김치제조용 절단배추(cut Chinese Cabbage)의 최소가공식품 개발을 목적으로 2kGy 까지 감마선 조사한 후 저장기간 동안의 호기성 전세균, 대장균 군, 젖산균의 분포를 관찰하였다.

절단배추(4cm × 5cm)를 3%의 염농도로 제조한 후 합기포장하여 감마선 조사한 결과 미생물의 분포를 3-4 log cycle 감소시킬 수 있는 것으로 나타났으며, 냉장저장시 저장기간을 3주 이상 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 감마선을 조사하지 않

<표 1> 감마선 조사한 김치제조용 절단배추(cut Chinese cabbage)의 냉장저장 중 미생물 분포변화<sup>1</sup>  
(단위: log<sub>10</sub> cfu/g)

저장 (주)	호기성 전세균				대장균군				젖산균			
	0 kGy	0.5 kGy	1 kGy	2 kGy	0 kGy	0.5 kGy	1 kGy	2 kGy	0 kGy	0.5 kGy	1 kGy	2 kGy
0	7.3	5.8	5.3	4.5	6.4	5.7	3.9	2.7	6.7	6.0	5.4	3.3
1	7.0	6.7	4.7	4.0	6.2	4.9	4.9	3.3	6.4	6.1	4.4	3.0
2	8.2	8.0	7.1	4.7	6.8	6.0	5.6	3.9	7.2	6.0	5.1	4.2
3	6.2	5.0	3.8	-2	4.0	3.3	2.4	-	6.1	6.0	4.5	-

<sup>1</sup> 참조: Ahn 등의 결과(7,8). <sup>2</sup> 검출되지 않음.

은 대조구의 경우에는 저장기간 동안 log<sub>10</sub> 7-8 cfu/g 의 분포를 보여 식품부패 및 위해수준의 미생물이 존재하는 것으로 나타나, 최소가공식품 제조시 미생물학적 안전성 확보를 위해서는 반드시 미생물 제어기술이 요구되는 것으로 사료되었다(7,8).

따라서 각 과실 및 채소류의 특성, 품질상태에 따라 감마선 조사선량의 적용 정도는 차이를 보이지만 2kGy 이하의 저선량으로 신선 과채류의 가공시 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

## 2. 생리학적, 이화학적 품질특성

최소가공식품 제조시 과채류는 절단(cutting) 공정을 거치면서 조직의 상처에 의한 호흡의 변화가 일

어나게 된다. 특히 절단 과채류의 경우 감마선 조사 직후 급격한 호흡율의 증가를 관찰하게 되는데, Hagenmaier와 Baker(3)는 감마선 조사된 절단 양상치는 급격하게 O<sub>2</sub>를 소모하고 CO<sub>2</sub>를 배출하여 포장환경내의 가스조성의 변화를 초래한다고 보고하였다.

하지만 이러한 호흡율의 변화는 극히 일시적인 현상으로 저장 2일 이상이 되면 비조사 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않으며 저장기간이 경과할수록 감마선 조사구의 호흡율이 비조사구에 비해 낮은 것으로 나타났다(9). 최소가공된 당근(shredded carrot)의 경우에도 과실의 후숙에 영향을 미치는 ethylene 가스 조성은 감마선 조사구 및 비조사구간의 유의성을 나타내지 않았으며, 저장기간 동안의

<표 2> 감마선 조사한 당근(shredded carrot)과 양상치(cut iceberg lettuce)의 냉장저장 중 호흡율, ethylene 가스생성 및 ethanol 생성량 변화<sup>1</sup>

저장 (일)	당근			양상치		
	0 kGy	0.19 kGy	0.45 kGy	0 kGy	0.25 kGy	0.5 kGy
호흡율(mg CO <sub>2</sub> /kg hr)						
0	26 <sup>b2</sup>	29 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	19 <sup>c</sup>	21 <sup>b</sup>	24 <sup>a</sup>
9	31 <sup>a</sup>	25 <sup>b</sup>	26 <sup>b</sup>	23	20	22
14	36 <sup>a</sup>	28 <sup>b</sup>	24 <sup>c</sup>	25 <sup>a</sup>	21 <sup>b</sup>	22 <sup>b</sup>
Ethylene 가스생성량(ppm)						
0	0.1	0.2	0.2	0.6	0.7	0.7
9	0.3	0.2	0.3	1.0	0.8	0.9
14	0.3	0.2	0.2	1.8	1.5	1.6
Ethanol 생성량(ppm)						
0	440 <sup>b</sup>	770 <sup>a</sup>	690 <sup>a</sup>	1120 <sup>b</sup>	1321 <sup>a</sup>	1286 <sup>b</sup>
9	3640	3430	3360	4535 <sup>a</sup>	4010 <sup>b</sup>	3972 <sup>b</sup>
14	4910 <sup>a</sup>	4560 <sup>b</sup>	4390 <sup>b</sup>	6235 <sup>a</sup>	5283 <sup>b</sup>	5011 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> 참조: Hagenmaier와 Baker의 결과(3,9).

<sup>2</sup> 각 줄(row)의 평균값에 대하여 서로 다른 알파벳(a-c)으로 표현한 것은 통계적으로 유의성을 갖는다(P<0.05).

ethanol 생성량도 저장직후에는 다소 대조구에 비해 증가하였지만 이후에는 전체적으로 낮은 함량을 보이는 것으로 나타났다.

특히 몇몇 연구결과들은 과채류에 감마선 조사시 조직연화(softening) 현상을 우려한 바 있다. Gunes 등(10)은 최소화공된 사과조각(apple slice)을 감마선 조사한 결과 0.45kGy의 선량 이상일 때 견고도(firmness)가 감소하는 것을 관찰하였는데, 이는 과실에 존재하는 수용성 펙틴 및 수산성(oxalate-soluble) 펙틴 함량과 상관관계를 갖는다고 보고하였다. 즉, 감마선 조사시 수용성 펙틴 함량이 높거나 혹은 수산성 펙틴 함량이 낮을수록 연화현상이 증가한다고 보고하였다. 따라서 감마선 조사에 의한 연화현상을 방지하기 위해서는 과실 조직 내 펙틴과 가교결합을 할 수 있는 칼슘을 보완하는 방법(CaCl<sub>2</sub> 침지법) 등을 제안하고 있다. 하지만 감마선에 의한 연화현상은 모든 과실 및 채소류에서 관찰되는 것은 아니다. Ahn 등(8)은 감마선 조사한 절단배추의 물성특성을 puncturing test를 통해 측정한 결과 감마선 조사에 의한 조직의 연화현상이 나타나지 않음을 관찰하였다

<표 3> 감마선 조사한 김치제조용 절단배추(cut Chinese cabbage)의 냉장저장 중 물성변화<sup>1</sup> (단위: N/mm)

저장 (주)	조사선량			
	0 kGy	0.5 kGy	1 kGy	2 kGy
0	0.34 <sup>b2</sup>	0.40 <sup>a</sup>	0.33 <sup>b</sup>	0.38 <sup>a</sup>
1	0.33	0.31	0.35	0.34
2	0.35 <sup>b</sup>	0.43 <sup>a</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.37 <sup>ab</sup>
3	0.36	0.31	0.32	0.29

<sup>1</sup> 참조: Ahn 등의 결과(7,8).

<sup>2</sup> 각 줄(row)의 평균값에 대하여 서로 다른 알파벳(a,b)으로 표현한 것은 통계적으로 유의성을 갖는다(P<0.05).

Foley 등(11)도 양상치(shredded iceberg lettuce)에 0.53kGy의 감마선 조사시 물성의 저하 없이 *E. coli*

O157:H7을 효과적으로 제거할 수 있었다고 보고하였다. 또한 감마선 조사는 최소화공 사과, 당근, 양상치, 셀러리, 배추 등의 색 변화에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

감마선 조사된 최소화공 과채류의 화학적성분 및 생리활성 특성은 각 과채류의 성분특성, 미생물 분포에 따라 다르게 나타난다. 대부분의 감마선 조사된 과실 및 채소류는 pH, 적정산도 등의 변화를 보이지 않는 것으로 보고되고 있다. 최소화공된 절단배추의 경우 감마선 조사시 효과적으로 젖산균을 제어할 수 있어 저장기간 동안 젖산, 초산 생성에 의한 pH 저하 혹은 산도 증가를 억제할 수 있는 것으로 나타났다(7,8). Fan 등(12)은 양상치(cut iceberg lettuce)에 감마선을 조사한 결과 vitamin C 함량은 비조사구와의 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 항산화능은 증가하였다고 보고하였다. 이는 감마선 조사시 이온화에 의한 조사분해(radiolysis) 및 hydroxylation 반응이 일어나는데, 이때 채소에 존재하는 phenolic 성분의 함량이 증가하여 상대적으로 항산화능이 증가한다고 보고하였다. 감마선 조사된 절단배추의 경우 조사직후에는 라디칼 소거능이 1 kGy 이상의 선량에서 다소 감소하였으나, 저장 3주째에는 조사구의 라디칼 소거능이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

<표 4> 감마선 조사한 김치제조용 절단배추(cut Chinese cabbage)의 냉장저장 중 DPPH 라디칼 소거능 변화<sup>1</sup> (단위: %)

저장 (주)	조사선량			
	0 kGy	0.5 kGy	1 kGy	2 kGy
0	45.9 <sup>a2</sup>	47.9 <sup>a</sup>	36.8 <sup>b</sup>	37.4 <sup>b</sup>
1	40.9	42.3	39.7	43.1
2	38.4 <sup>a</sup>	36.5 <sup>b</sup>	37.1 <sup>b</sup>	39.3 <sup>a</sup>
3	41.6 <sup>b</sup>	44.2 <sup>a</sup>	42.2 <sup>a</sup>	45.9 <sup>a</sup>

<sup>1</sup> 참조: Ahn 등의 결과(7,8).

<sup>2</sup> 각 줄(row)의 평균값에 대하여 서로 다른 알파벳(a,b)으로 표현한 것은 통계적으로 유의성을 갖는다(P<0.05).

이러한 경향은 항산화제의 환원능력을 평가하는 FRAP(ferric reducing/ antioxidant power) 측정결과에서도 알 수 있었는데, 감마선 조사 후 절단배추의 FRAP가는 저장기간 동안 비조사구에 비해 다소 증가하는 것으로 나타나 항산화능력의 증가를 관찰할 수 있었다. 과채류의 식품학적 의의를 살펴볼 때 비타민과 무기질의 섭취 및 다양한 항산화성 성분의 섭취에 의한 기능성을 간과할 수 없다. 이러한 영양학적 가치의 범주에서 감마선 조사한 과채류의 항산화/항라디칼 능력의 상승효과는 매우 중요한 이점으로 포함시킬 수 있을 것이다.

### 3. 관능적 품질특성

식품의 관능적 요소는 매우 중요한 선택기준으로 작용한다. Prakash 등(4)은 0.5-3.7kGy의 선량으로 감마선 조사된 토마토의 관능적 품질특성을 조사한 결과 0.5kGy 조사구는 비조사구와 비교할 때 관능적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 그 이상의 선량으로 조사시에는 기호도가 감소하는 것으로 보고하였다. 하지만 Fan 등(6)은 감마선 조사된 파(cut green onion leaves)의 경우 3kGy의 조사구와 비조사구가 관능적으로 유의적인 차이를 보이지 않는다고 보고하였다.

<표 5> 감마선 조사한 토마토(diced tomato)의 냉장저장 중 관능적 선호도<sup>1,2</sup>

저장 (일)	조사선량			
	0 kGy	0.5 kGy	1.24 kGy	3.7 kGy
0	6.98 <sup>a3</sup>	5.70 <sup>a</sup>	3.52 <sup>b</sup>	2.95 <sup>b</sup>
4	6.89 <sup>a</sup>	6.97 <sup>a</sup>	5.04 <sup>b</sup>	2.73 <sup>c</sup>
6	6.31 <sup>a</sup>	6.40 <sup>a</sup>	4.28 <sup>b</sup>	3.73 <sup>b</sup>
8	5.51 <sup>b</sup>	5.42 <sup>a</sup>	3.77 <sup>b</sup>	2.99 <sup>c</sup>

<sup>1</sup> 참조: Prakash 등의 결과(4).

<sup>2</sup> 1점(매우 싫다) - 7점(매우 좋다).

<sup>3</sup> 각 줄(row)의 평균값에 대하여 서로 다른 알파벳(a-c)으로 표현한 것은 통계적으로 유의성을 갖는다(P<0.05).

따라서 관능적 품질 또한 각 과채류의 특성에 따라 적용선량이 다양하게 나타남을 예측할 수 있었으며, 과채류에 대한 감마선 조사는 관능적 품질의 저하 없이 저선량으로 충분히 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

### 4. 타 가공법과의 병용처리 효과

앞에서 언급한 바와 같이 최소가공 과채류의 제조시 저선량의 감마선 조사와 가스치환포장, 염소세척/침지 등을 병용처리시 더욱 효과적으로 저장성을 향상하고, 품질을 개선할 수 있는 것으로 보고되고 있다. 미국, 유럽 등지에서 산업적 규모로 생산된 최소가공식품의 초기 위생화 기술은 샐러드 재료용 신선 과채류 형태로서 대부분 염소세척/침지(chlorination)법에 국한되어 있었다. 하지만 염소침지법의 표면세척은 병원성 미생물에 대한 안전성 확보수단으로는 매우 미약하며, 또한 최소가공식품 섭취에 따른 병원성 세균에 의한 식중독 사고의 발병보고는 대체기술의 모색을 가속화하였다. 최소가공식품에 이용되는 대체기술의 조건은 반드시 미생물학적 안전성을 확보할 수 있고, 영양학적, 관능적 품질에 영향을 미치지 않으며 전전성이 인정된 기술이어야 할 것이다. 이에 따라 비가열 살균기술로서 방사선 조사, 초고압, 고전압 펄스 자기장, 광펄스 등을 이용한 최소가공 과채류의 살균기술이 연구되었으며, 세계보건기구와 식품의약품안전청 등은 효용성과 실용적 측면에서 방사선 조사 기술의 사용을 권장하고 있다. 최소가공 과채류에 이용되는 가스치환 포장법(modified atmosphere packaging)은 과채류의 생리적인 연화, 부패를 방지하여 shelf-life를 연장시키는 것으로 알려져 있는데, 유효가스조성은 2% 이하의 산소, 10% 이상의 탄산가스를 함유할 때 효과적인 것으로 보고되고 있다. 하지만 가스치환 포장은 미생물의 확실한 제어 수단으로 이용될 수 없으며, 반드시 또 다른 살균기술이

병행되어야 한다. 따라서 최근의 연구동향은 방사선 조사와 가스치환 포장을 병용처리하여 최소가공 식품의 미생물학적 안전성과 저장성을 확보하는데 이용하고 있다.

### 결 론

향후 국내의 최소가공식품 시장은 급격히 확대될 것으로 예상되며, 더불어 이러한 분야의 시장확대는 부가가치 증대에 따른 지역사회의 경제적 발전 제고에도 기여할 수 있을 것이다. 세계적으로 소비자의 식품 소비 경향은 신선, 편이, 건강지향 등의 선호에 의하여 농산물에서도 최소가공 식품산업이 식품에 대한 소비자들의 요구에 부합되는 중요한 산업분야로 부각되고 있다. 따라서 저장수명이 짧은 최소가공 과채류의 특징을 고려할 때 신선도, 편이성, 안전성의 유지는 매우 중요한 가공요건이다. 최근들어 소비자는 품질변화 억제를 위해 사용되는 화학약품에 대한 제한을 인식하고 있고, 이러한 소비자의 위생적 품질에 대한 욕구를 충족시키기 위해서는 반드시 최소가공식품의 생산 및 유통에 있어 품질향상과 안전성 증진에 관한 노력이 필요할 것이다. 따라서 방사선 기술의 효율적 이용은 최소가공식품의 미생물학적 안전성 확보는 물론 본 기술 보유에 대한 세계시장에서의 국가적 경쟁력 제고에도 이바지할 것으로 기대된다. 그러나 방사선 조사기술을 이용하여 미생물학적, 화학적, 영양학적 으로 안전한 식품을 확보하여도 방사선 조사식품에 대한 국민적 이해도와 수용성이 미약하다면 가치창출은 매우 어려운 문제이다. 그러므로 방사선 조사 식품에 대한 정확한 정보제공 및 올바른 이해를 위한 노력과 이 분야에 대한 지속적인 연구수행과 실용화를 위한 노력이 이루어져야 할 것이다.

### 참고 문헌

1. R.T. Ross, D. Engeljohn. 2000. Food irradiation in the United States. *Radiation Phys. Chem.*, 57, 211-214.
2. J.S. Novak, G.M. Sapers, V.K. Juneja. 2002. *Microbial safety of minimally processed foods*. CRC Press, New York.
3. R.D. Hagenmaier, R.A. Baker. 1997. Low-dose irradiation of cut iceberg lettuce in modified atmosphere packaging. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2864-2868.
4. A. Prakash, J. Manley, S. DeCosta, F. Caporaso, D. Foley. 2002. The effects of gamma irradiation on the microbiological, physical and sensory qualities of diced tomatoes. *Radiation Phys. Chem.*, 63, 387-390.
5. D.W. Thayer, K.T. Rajkowski. 1999. Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. *Food Technol.*, 53, 62-65.
6. X. Fan, B.A. Niemira, K.J.B. Sokorai. 2003. Use of ionizing radiation to improve sensory and microbial quality of fresh-cut green onion leaves. *J. Food Sci.*, 68, 1478-1483.
7. H.J. Ahn, J.K. Kim, J.H. Kim, D.H. Kim, J.W. Lee, Y.S. Lee, M.W. Byun. 2003. Use of irradiation on extending shelf-life of minimally processed Chinese cabbage. The 23th proceeding of the Korean Society of Food Preservation. p. 185.
8. H.J. Ahn, J.H. Kim, J.K. Kim, C. Jo, J.H. Kim, H.S. Yook, M.W. Byun. Combined effects of modified atmosphere packaging and irradiation on minimally processed Chinese cabbage. The 23th proceeding of the Korean Society of Food Preservation. p. 186.
9. R.D. Hagenmaier, R.A. Baker. 1998. Microbial

- population of shredded carrot in modified atmosphere packaging as related to irradiation treatment. *J. Food Sci.*, 63, 162-164.
10. G. Gunes, J.H. Hotchkiss, C.B. Watkins. 2001. Effects of gamma irradiation on the texture of minimally processed apple slices. *J. Food Sci.*, 66, 63-67.
11. D.M. Foley, A. Dufour, L. Rodiriguez, F. Caporaso, A. Prakash. 2002. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 in shredded iceberg lettuce by chlorination and gamma irradiation. *Radiation Phys. Chem.*, 63, 391-396.
12. X. Fan, P.M.A. Toivonen, K.T. Rajkowski, K.J.B. Sokorai. 2003. Warm water treatment in combination with modified atmosphere packaging reduces undesirable effects of irradiation on the quality of fresh-cut iceberg lettuce. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 1231-1236.