

## 가열 및 감마선 조사 병용처리가 가속저장 포장 김치의 저장안정성 및 품질에 미치는 영향

김미정 · 박진규<sup>1</sup> · 김재훈<sup>1</sup> · 박재남<sup>1</sup> · 이현주<sup>2</sup> · 김왕근<sup>3</sup> · 이주운<sup>1</sup> · 변명우<sup>1†</sup>  
안양대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>한국원자력연구소 방사선연구원 방사선식품생명공학기술개발실,  
<sup>2</sup>한경대학교 영양조리학과, <sup>3</sup>조선대학교 일반대학원 응용과학과

### Combined Effect of Heat Treatment and Gamma Irradiation on the Shelf-Stability and Quality of Packaged *Kimchi* during Accelerated Storage Condition

Mi-Jung Kim, Jin-Gyu Park<sup>1</sup>, Jae-Hun Kim<sup>1</sup>, Jae-Nam Park<sup>1</sup>,  
Hyun-Joo Lee<sup>2</sup>, Wang-Geun Kim<sup>3</sup>, Ju-Woon Lee<sup>1</sup> and Myung-Woo Byun<sup>1†</sup>

Department of Food Science & Nutrition, Anyang University, Suwon 430-714, Korea

<sup>1</sup>Department of Radiation Food Science & Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongseup 580-185, Korea

<sup>2</sup>Department of Nutrition & Culinary Science, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea

<sup>3</sup>Department of Application Science & Technology, Chosun University, Gwangju, 501-759, Korea

#### Abstract

This study was conducted to evaluate the combined effect of heating and gamma irradiation on the shelf-stability and quality of *kimchi* during storage at 35°C. The optimum condition for heat treatment of *kimchi* was considered at 60°C for 30 min. Irradiation after heat treatment was effective to inhibit the growth of microorganisms and prevent the quality change of *kimchi* during storage. In particular, microorganisms of *kimchi* co-treated with heat and 20 kGy-irradiation were not detected and sensory scores of that were the highest after storage at 35°C for 14 days. Therefore, combination treatment of heat and irradiation was considered as the effective method to improve the shelf-stability of *kimchi* in the accelerated condition.

**Key words :** *kimchi*, gamma irradiation, heat sterilization, combination treatment, shelf-stability

#### 서 론

김치는 우리나라의 대표적인 전통 발효식품으로 김치의 수출신장과 주거환경변화에 따라 산업적 대량생산이 증가하고 있으나, 저장 및 유통 중 김치의 독특한 품질을 유지하기가 어려워 문제가 되고 있다(1). 김치는 주로 저장 중 젖산균 또는 부패 미생물의 증식에 의해 젖산을 비롯한 각종 유기산이 대량 생성되어 신맛이 강해진다(2). 이와

같은 김치 저장 중 발생하는 품질변화를 방지하기 위해서는 미생물의 증식속도를 지연시키는 것이 가장 중요하며 이러한 문제를 해결하기 위해 지금까지 가열처리(3-6), 고염처리(7), 저온유통(8), 완충제 첨가(9), 천연항균제 첨가(10,11) 등에 관한 연구들이 수행되어 왔으나 산업적 활용은 미흡한 실정이다.

한편, 방사선 조사 기술은 완전 포장된 식품의 살균에 적합한 냉온살균방법으로 여러 종류의 식품에 오염된 미생물 제어에 효과적이며 특히 가열, 진공포장 방법 등 다른 식품가공 및 저장기술과의 병용처리 할 때 한 가지 방법에 의존한 제품에 비해 식품고유의 관능적 품질에 큰 영향을

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : mwbyun@kaeri.re.kr,  
Phone : 82-63-570-3200, Fax : 82-63-570-3202

주지 않으면서 미생물학적으로 안전한 식품의 제조가 가능한 방법이다(12-14). 이러한 특성을 이용하여 몇몇 연구(15-17)에서는 김치에 약 3-5 kGy 정도의 방사선을 조사한 후 4-10°C 정도의 저온 저장할 때 품질유지에 효과적임을 입증한 바 있으나 김치의 산업화를 위해서는 실온에서 유통할 때에도 품질이 유지되어야 한다. 한편, 변 등(18)은 김치로부터 젖산균을 분리하여 가열과 방사선 병용처리가 김치 미생물의 사멸에 효과적임을 확인한 바 있으나, 실제 김치를 모델로 하여 가열과 방사선 병용처리가 김치의 저장성 및 품질에 미치는 영향을 연구하려는 시도는 없었다.

따라서 본 연구에서는 가열 및 감마선 병용 처리한 김치의 장기저장성을 단시간에 평가하기 위해 최적 조건으로 숙성된 김치를 감마선 및 가열 처리한 후 35°C의 가속저장 조건에 저장하면서 김치의 저장 안정성과 이화학적 및 관능적 품질변화를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용된 김치는 CJ(주) 식품연구소로부터 제공 받았으며, 김치냉장고 (Model No. R-D303SJ, LG, Korea)에서 pH 4.5 및 산도 0.33%가 되도록 숙성시킨 후 실험에 사용하였다.

### 가열처리 및 감마선 조사

김치를 300 g씩 Aluminium-laminated low-density polyethylene (Al-LDPE) 포장지에 담아 포장한 후 항온수조에서 각각 50, 60, 70, 80°C(±0.2°C) 온도로 30분간 가열처리 한 후 냉각하여 방사선을 조사하였다. 감마선 조사는 한국원자력 연구소(Daejeon, Korea) 내 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사 시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Canada)을 이용하여 실온(20±1°C)에서 분당 70 Gy의 선량율로 흡수선량이 5, 10, 20 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 Ceric cerous dosimeter (Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다. 감마선 조사된 시료는 35°C의 가속저장 조건에서 14일 동안 저장하면서 실험을 진행하였다.

### 미생물 생육 시험

김치내의 미생물 생육정도를 측정하기 위하여 김치 무게의 10배에 해당하는 멸균 펌프수(Difco Co., Detroit, USA)를 멸균 bag에 넣고, Stomacher Lab Blender (Model W, Interscience Co., Nom, France)에서 2분간 균질화 하였다. 총균수는 단계별로 희석된 용액을 Plate Count Agar (Difco Co., Detroit, USA) 배지에 접종하고 37°C에서 48-72시간 배양한 후 30~300개의 집락을 형성한 배지만 계수하여

시료 1 g당 Colony Forming Unit (CFU)로 나타냈으며, 미생물 검출을 위한 최소 한계치는 10<sup>2</sup> CFU/g 이었다.

### 이화학적 특성

시료의 pH는 김치 100 g을 정확히 취하여 warning blender (DIAX 900, Heidolph, Co., Ltd., Germany)로 마쇄하고 4점의 거즈로 여과한 후 pH meter(Model No. 5, Corning, USA)를 이용하여 실온에서 측정하였다. 산도는 pH 측정에 사용한 여액을 20배 희석한 후 0.1 N NaOH용액으로 pH가 8.4가 될 때까지 적정하여 소비된 0.1 N NaOH 양을 구한 후 젖산(%)으로 환산하였다(15). 색도는 김치 여액을 지름 50 mm의 용기에 5 ml씩 넣은 후 color/color colorimeter (Model CM-3500d, Minolta Co., Japan)를 이용하여 명도(lightness, L\*), 적색도(redness, a\*) 및 황색도(yellowness, b\*)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L\*값이 90.5, a\*값이 0.4, b\*값이 11.0인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

### 조직감 측정

조직감은 Texture Analyzer (TA.XT2i, Stable Microsystems LTD, Godalming, U.K.)를 사용하였고, 배추 하단으로부터 5cm 부위를 일정하게 절단한 후 측정하였다. 중심부를 지름 5 mm인 stainless probe로 시료 두께의 65%까지 관통하면서 받는 최대 힘으로 표시하였다. 이 때 Probe는 P2 5 mm cylinder probe를 사용하였고, test speed는 1.0 mm/sec, travel distance는 65%, load cell은 5 kg 조건으로 경도를 측정하였다.

### 관능적 특성 평가

저장 전 또는 35°C에서 14일간 가속저장 시킨 시료 100 g을 일정크기로 잘라 흰 용기에 제시하였다. 무작위로 추출한 세 자리 숫자를 용기에 표시했으며 서로 다른 시료를 평가하기 전 입안을 가실 수 있도록 생수와 식빵을 함께 제공하였다. 관능검사 방법은 김치의 색(color), 조직감(texture), 맛(taste), 향(flavor), 이취(off-flavor), 종합적 기호도(overall acceptability)에 대하여 식별능력이 우수한 패널 20명을 대상으로 7점 척도법으로 실시하였다.

### 통계분석

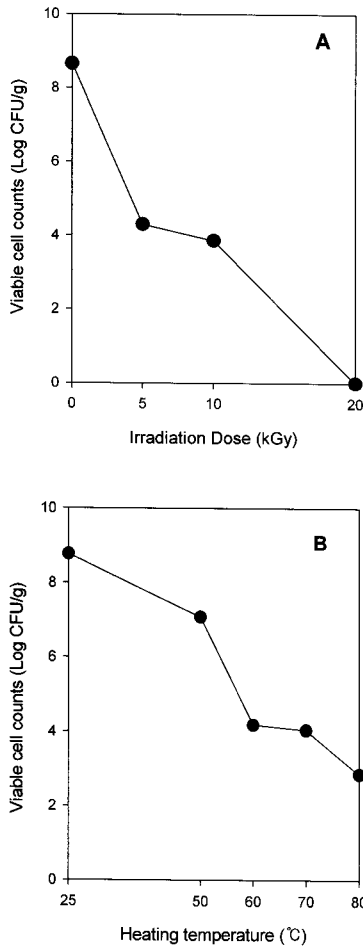
이상의 실험에서 얻어진 결과는 Statistical Package for Social Sciences (SPSS, 10.0) (19)를 이용하여 One Way ANOVA 분석을 하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 감마선 조사 포장 김치의 미생물 생육 및 관능적 품질

숙성된 포장 김치에 감마선을 조사한 후 총균수를 Fig.

1에 나타났다. 감마선 단독 처리 후 포장 김치의 총미생물 수는 조사선량이 증가할수록 감소하였으며, 특히 20 kGy



**Fig. 1.** Viable cell count of *kimchi* after gamma irradiation or heat treatment.

A, gamma-irradiated *kimchi*; B, heat treated *kimchi*.

이상 조사 시 검출한계 이하로 나타났다.

일반적으로 최적 숙성 김치에 존재하는 미생물수는 약  $10^8$  CFU/g 정도로 보고되고 있는데(20), 본 연구결과에서도 비조사 대조구의 미생물수가  $4.5 \times 10^8$  CFU/g으로 나타나 숙성이 잘 진행된 것으로 판단되었다. 식품 내에 있는 초기 미생물을 제어하는 것은 식품의 위생성, 안전성 및 품질 변화 억제에 의한 저장성 확보에 있어 매우 중요한데(21), 본 연구에서도 숙성된 김치에 감마선을 조사할 경우 초기 미생물 수를 상당히 감소시킬 수 있는 것으로 나타나 저장성 증진에 매우 효과적인 것으로 사료되었다. 한편 차 등(15)과 강 등(16)도 최적숙성 김치에 방사선을 5 kGy로 조사했을 때 조사 직후  $10^4$  CFU/g으로 감소하였다고 보고하여 본 결과와 일치하였다.

감마선 조사가 숙성된 김치의 관능적 품질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 관능평가를 실시한 결과(Table 1)

색, 조직, 맛, 향 및 종합적 기호도는 조사선량이 증가할수록 점차적으로 감소하는 경향으로 20 kGy 조사구의 경우 이취 및 이미의 발생으로 인해 acceptable(4점기준) 수준 이하로 나타났다. 송 등(17)은 10 kGy 이상 방사선을 조사하면 색, 풍미, 조직에 대한 만족감이 낮아진다고 하였고, 강 등(16)도 방사선에 의한 김치저장 연구에서 조사선량이 높아질수록 저장성은 증가되었지만, 관능적 품질이 낮아진다고 보고한 바 있어 본 실험결과와 일치하였다. 이상의 결과로부터 감마선을 단독으로 처리할 경우 김치의 완전멸균을 위해서는 20 kGy 이상의 선량이 필요한 것으로 나타났으나, 관능적 품질저하를 방지하기 위한 기타 식품가공 및 저장기술과의 병용처리 방법의 개발이 필요한 것으로 사료된다.

**Table 1.** Evaluation of viable cell count and sensorial qualities of *kimchi* immediately after gamma-irradiation

Irradiation dose (kGy)	Sensory scores					Overall acceptability
	Color	Texture	Taste	Flavor	Off-flavor	
0	5.8 <sup>a1)</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	1.2 <sup>d</sup>	6.8 <sup>a</sup>
5	6.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	2.2 <sup>c</sup>	5.5 <sup>b</sup>
10	6.5 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>b</sup>	4.4 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>
20	3.8 <sup>b</sup>	3.4 <sup>b</sup>	3.2 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>	4.8 <sup>a</sup>	3.4 <sup>c</sup>
SEM <sup>3)</sup>	0.51	0.62	0.54	0.55	0.47	0.58

<sup>1)</sup>Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Not detectable.

<sup>3)</sup>Standard error of the means (n=80).

**가열처리 포장 김치의 미생물 생육 및 관능적 품질**

숙성된 포장 김치를 각각 50, 60, 70, 80°C에서 30분간 가열한 후 총균수를 Fig. 1에 나타냈다. 가열 처리 직후 포장 김치의 총미생물 수는 가열온도가 높아질수록 감소하는 것으로 나타났다. 50°C 가열처리구의 경우 약  $10^7$  CFU/g의 미생물 수를 보여 무처리 대조구에 비해 약간 감소한 것으로 나타났으나, 80°C 가열처리구의 경우 약  $10^2$  CFU/g까지 감소하여 미생물 감소효과가 가장 좋았다. 한편, 60°C와 70°C 가열처리구에서는 미생물 수가 약  $10^4$  CFU/g으로 온도에 따른 효과에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 황 등(22)은 숙성된 김치를 65°C, 75°C로 가열했을 경우 총균수가 약  $10^4$  CFU/g을 보였다고 하여 본 연구결과와 유사하였다.

한편, 가열처리 후 포장 김치의 전반적인 관능적 품질은 가열온도가 높을수록 감소하는 것으로 나타났다(Table 2). 50°C 및 60°C 가열처리구의 경우 무처리 대조구에 비해 종합적 기호도가 약간 감소하였으나 두 처리구간의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편, 70°C와 80°C 가열처리구의 경우 김치의 조직 연화 및 이취 발생으로 본 연구에서 신선한 숙성 김치를 만들기 위한 조건으로 부적합한

것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 미생물 살균 효과 및 관능적 품질면에서 가장 적합한 가열온도는 60°C로 확인되었으며, 감마선과의 병용처리에서 가열처리 조건으로 이용하였다.

**Table 2. Evaluation of viable cell count and sensorial qualities of kimchi immediately after heat treatment for 30 min**

Temperature (°C)	Sensory scores					Overall acceptability
	Color	Texture	Taste	Flavor	Off-flavor	
25	6.8 <sup>a1)</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	1.2 <sup>d</sup>	6.4 <sup>a</sup>
50	6.3 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b</sup>	5.8 <sup>b</sup>	2.0 <sup>e</sup>	6.0 <sup>b</sup>
60	6.0 <sup>b</sup>	5.8 <sup>ac</sup>	5.8 <sup>bc</sup>	5.0 <sup>b</sup>	2.2 <sup>e</sup>	5.6 <sup>b</sup>
70	5.4 <sup>b</sup>	5.3 <sup>cd</sup>	5.2 <sup>c</sup>	4.4 <sup>c</sup>	3.1 <sup>b</sup>	4.4 <sup>c</sup>
80	5.3 <sup>c</sup>	4.2 <sup>d</sup>	4.8 <sup>d</sup>	4.0 <sup>d</sup>	3.8 <sup>a</sup>	3.8 <sup>d</sup>
SEM <sup>2)</sup>	0.53	0.62	0.54	0.57	0.21	0.39

<sup>1)</sup>Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=100).

#### 가열-감마선 병용처리 포장 김치의 미생물 생육

감마선과 기타 살균방법의 병용처리는 허들효과(hurdle effect)에 의해 미생물 살균에 상승효과를 가져온다(23). 식품에 가열이나 약품처리 및 감마선 조사를 병용하면 비교적 낮은 온도, 낮은 농도 및 저선량의 감마선 조사로써 살균효과를 기대할 수 있으며, 이러한 견지에서 방사선 조사와 다른 물리적 방법과의 병용처리 연구가 많이 시도되어 왔다(24,25).

본 연구에서도 숙성된 김치를 포장한 후 가열 최적온도인 60°C에서 30분간 처리하여 감마선을 연속적으로 처리한 후 35°C에서 가속저장을 하면서 가열과 감마선 병용처리가 김치의 저장성과 품질에 미치는 영향을 평가하였으며, 미생물 생육변화를 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 그 결과 가열처리 후 감마선 조사한 포장 김치의 총미생물수는

**Table 3. Evaluation of viable cell count of kimchi during storage at 35°C after combination treatment of heat at 60°C for 30 min and gamma irradiation at different doses**

Heat treatment (60°C, 30 min)	Irradiation dose (kGy)	Storage at 35°C (day)	
		0	14
-	0	1.9×10 <sup>8</sup>	9.0×10 <sup>8</sup>
+	0	3.2×10 <sup>4</sup>	2.5×10 <sup>5</sup>
+	5	6.8×10 <sup>3</sup>	4.8×10 <sup>4</sup>
+	10	ND <sup>1)</sup>	5.0×10 <sup>2</sup>
+	20	ND	ND

<sup>1)</sup>Not detectable

조사선량이 증가할수록 초기 생균수가 감소하여 10 kGy 이상의 선량에서는 미생물이 검출한계 이하로 나타나, 방사선 단독 처리된 포장 김치와 비교하였을 때에 비해 동일한 선량에서 미생물 수가 낮게 나타남을 알 수 있었다(Table 1). 이러한 결과는 변 등(18)이 김치에서 분리한 주요젖산균을 대상으로 한 연구에서와 같이 가열과 방사선 병용처리가 단독처리에 비해 미생물 생육에 미치는 영향이 더 크다는 보고 및 Kim과 Thayer (26)의 *Salmonella*를 대상으로 한 연구결과를 통해 뒷받침 될 수 있다.

한편, 35°C에서 14일간 저장한 후 총균수는 무처리구의 경우 최대 증식 한계인 10<sup>8</sup> CFU/g을 이상으로 증가하였으며, 가열 단독처리구의 경우 약 10<sup>5</sup> CFU/g을 보여 저장 초기보다 약간 증가한 것으로 나타났다. 그러나, 10 kGy 감마선-가열 병용처리구의 경우 저장 14일째 약 2 log cycle 수준의 미생물이 생육한 것으로 나타났으며, 20 kGy 감마선-가열 병용처리구의 경우 여전히 미생물이 검출되지 않은 것으로 확인되었다.

변 등(18)은 김치의 저장기간 연장을 위한 감마선-가열 병용처리에 있어서 방사선 조사전의 가열처리가 더 보다 효과적일 것이라 보고한 바 있으며, 본 연구에서도 가열을 통해 초기균수를 상당수 줄여준 다음 2차적으로 감마선을 조사할 경우 김치의 저장성 증진에 매우 효과적인 것으로 나타났다.

#### 가열-감마선 병용처리 포장 김치의 관능적 품질

숙성된 김치를 포장한 후 가열 최적온도인 60°C에서 30분간 처리하여 감마선을 연속적으로 처리한 후 35°C에서 가속저장을 하면서 관능적 품질을 평가한 결과를 Table 4에

**Table 4. Evaluation of sensorial qualities of kimchi during storage at 35°C after combination treatment of heat at 60°C for 30 min and gamma irradiation at different doses**

Storage (days)	Heat treatment (60°C, 30 min)	Irradiation dose (kGy)	Sensory scores					Overall acceptability
			Color	Texture	Taste	Flavor	Off-flavor	
0	-	0	6.5 <sup>a1)</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	1.1 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a</sup>
	+	0	4.8 <sup>b</sup>	5.4 <sup>b</sup>	5.5 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>	1.3 <sup>b</sup>	5.6 <sup>b</sup>
	+	5	3.8 <sup>c</sup>	4.7 <sup>bc</sup>	4.4 <sup>c</sup>	4.1 <sup>c</sup>	1.8 <sup>ab</sup>	4.4 <sup>c</sup>
	+	10	4.5 <sup>bc</sup>	3.3 <sup>c</sup>	3.0 <sup>d</sup>	3.0 <sup>d</sup>	2.4 <sup>a</sup>	3.4 <sup>d</sup>
	+	20	5.2 <sup>b</sup>	3.0 <sup>c</sup>	3.2 <sup>d</sup>	2.8 <sup>d</sup>	2.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>d</sup>
	SEM <sup>2)</sup>		0.41	0.6 <sup>2</sup>	0.55	0.57	0.33	0.47
14	-	0	4.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	1.2 <sup>b</sup>	2.6 <sup>b</sup>
	+	0	3.6 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	3.4 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>a</sup>	1.4 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>
	+	5	3.8 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>	3.9 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>	2.0 <sup>ab</sup>	4.2 <sup>a</sup>
	+	10	3.2 <sup>c</sup>	2.8 <sup>b</sup>	4.5 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>
	+	20	3.3 <sup>c</sup>	2.5 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
	SEM		0.58	0.34	0.71	0.70	0.45	0.46

<sup>1)</sup>Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

<sup>2)</sup>Standard error of the means (n=100).

나타내었다. 그 결과 감마선-가열 병용처리 직후의 관능적 품질은 조사선량이 증가할수록 색, 조직, 맛, 향, 종합적 기호도가 감소하여 10 kGy 감마선-가열 병용처리구의 경우 acceptable(4점 기준) 수준 이하로 나타나 감마선-가열 병용처리가 감마선 단독 처리에 비해 관능적 품질을 감소시키는 것으로 나타났다(Table 1).

한편, 35°C에서 14일간 저장한 후 관능적 품질은 대조구 및 가열처리구의 경우 미생물의 증식으로 인해 관능적 품질이 크게 감소한 것으로 나타났다. 그러나, 가열 및 감마선 병용처리구의 경우 색과 조직감은 약간 감소하였으나, 맛과 향이 증가하고 이취가 감소한 것으로 나타났다. 특히 20 kGy 감마선-가열 병용처리구의 경우 관능적 품질이 우수하면서도 미생물이 생육하지 않는 것으로 나타나 김치의 안전멸균을 위한 최적 조건인 것으로 확인되었다.

**가열-감마선 병용처리 포장 김치의 이화학적 품질**

숙성된 김치를 포장한 후 60°C에서 30분간 가열처리하고 감마선을 조사한 후 35°C에서 가속저장을 하면서 산도, pH 및 경도의 변화를 측정된 결과를 Table 5에 나타내었다.

**Table 5. Evaluation of physicochemical properties of kimchi during storage at 35°C after combination treatment of heat at 60°C for 30 min and gamma irradiation at different doses**

Items	Heat treatment (60°C, 30 min)	Irradiation dose (kGy)	Storage at 35°C (day)		SEM <sup>5)</sup>
			0	14	
Acidity (%)	-	0	0.33 <sup>a</sup> <sub>1)B2)</sub>	1.01 <sup>AA</sup>	0.017
	+	0	0.32 <sup>AB</sup>	0.79 <sup>BA</sup>	0.012
	+	5	0.32 <sup>AB</sup>	0.39 <sup>CA</sup>	0.023
	+	10	0.35 <sup>AA</sup>	0.36 <sup>DA</sup>	0.013
	+	20	0.33 <sup>AA</sup>	0.34 <sup>CA</sup>	0.016
		SEM <sup>3)</sup>		0.015	0.019
pH	-	0	4.51 <sup>DA</sup>	3.81 <sup>CB</sup>	0.027
	+	0	4.69 <sup>BA</sup>	3.90 <sup>DB</sup>	0.014
	+	5	4.75 <sup>AA</sup>	4.60 <sup>CB</sup>	0.018
	+	10	4.65 <sup>CA</sup>	4.67 <sup>AA</sup>	0.022
	+	20	4.68 <sup>BA</sup>	4.64 <sup>BA</sup>	0.029
		SEM <sup>3)</sup>		0.017	0.018
Hardness (dyne/cm <sup>2</sup> )	-	0	2698 <sup>AA</sup>	1900 <sup>AB</sup>	149.0
	+	0	1886 <sup>BA</sup>	1576 <sup>BB</sup>	126.3
	+	5	1278 <sup>BA</sup>	920 <sup>BB</sup>	105.2
	+	10	552 <sup>CA</sup>	472 <sup>DA</sup>	87.6
	+	20	435 <sup>CA</sup>	351 <sup>DA</sup>	95.6
		SEM <sup>4)</sup>		305.6	99.8

<sup>1)</sup>Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).  
<sup>2)</sup>Values with different letters within a row differ significantly (p<0.05).  
<sup>3)</sup>Standard error of the means (n=15).  
<sup>4)</sup>Standard error of the means (n=25).  
<sup>5)</sup>Standard error of the means (n=6).

그 결과 김치의 산도 및 pH는 가열 및 감마선 조사에 의한 영향이 없는 것으로 나타났으나, 경도의 경우 가열처리 및 감마선 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 가열 및 감마선 조사에 의해 김치의 pectin질 구조가 변화하였기 때문으로 사료되며, 변 등(18)과 송 등(27)의 연구에서도 이와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

한편, 35°C에서 14일간 저장한 후의 산도와 pH는 미생물 생육결과와 일치하는 경향이였다. 즉, 무처리 대조구 및 가열 단독처리구의 경우 저장기간 중 미생물의 생육으로 인해 산도가 크게 증가하고 pH는 감소하는 것으로 나타났으나, 감마선-가열 병용처리구의 경우 저장기간 중에도 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 특히, 10 및 20 kGy 감마선-가열 병용처리구의 경우 저장기간에 따른 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 미생물 생육결과를 뒷받침하였다. 경도의 경우 마찬가지로 미생물 생육에 의해 경도가 감소되는 현상이 관찰되었으나 미생물 생육이 관찰되지 않았던 10 및 20 kGy 감마선-가열 처리구의 경도가 저장기간 중 약간 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 저장 중 김치의 조직변화는 pectin 질 성분이 미생물이 분비하는 효소나 김치 원료 자체의 효소작용에 의해 가용성 물질로 변화하여 발생하는데 특히 pectin 분해효소인 polygalacturonase의 경우 약 65°C 정도의 온도에서 최대활성을 나타낸다(28-30). 또한, 대부분의 효소도 미생물에 비해 방사선에 대한 저항성이 높은 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서 10 및 20 kGy 감마선-가열 처리구의 경도가 감소한 이유는 가열 및 감마선 조사 후에도 pectin 분해 효소가 완전히 불활성화되지 않고 작용하였기 때문으로 사료되며, 향후 김치의 저장성 증진을 위해 가열 및 감마선을 이용할 경우 김치의 조직연화를 방지하기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

결과적으로 가열과 방사선의 병용처리는 김치의 저장성 증진에 매우 효과적이며, 특히 60°C에서 30분간 가열처리 후 20 kGy의 감마선 조사는 가속저장 조건에서도 김치를 안전하게 저장할 수 있는 조건임이 확인되었다. 그러나 가열 및 감마선 조사에 의해 발생할 수 있는 김치의 관능적 품질저하를 방지할 수 있는 방법에 대한 많은 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

**요 약**

본 연구는 가열 및 감마선조사 또는 가열-감마선 병용처리가 김치의 저장성 및 품질에 미치는 영향을 평가하였다. 김치의 가열처리를 위한 온도는 60°C에서 30분이 최적 조건으로 확인되었다. 한편 60°C에서 30분간 가열처리된 김치에 감마선을 병용처리 할 경우 미생물감소 효과가 증가되어

20 kGy의 감마선-가열 병용처리군은 35°C에서 14일간 가속 저장 후에도 미생물이 검출한계 이하로 나타났으며, 관능적 품질 또한 다른 처리군에 비해 높은 평점을 나타내어 김치의 장기안전저장을 위한 최적조건으로 확인되었다. 그러나 가열 및 감마선 조사에 의한 변색 및 경도 감소 등의 품질저하가 발생되어 이를 방지하기 위한 연구가 요구되었다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 과학재단의 지원을 받아 2006년도 원자력연구개발사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

- No, H.K., Park, I.K. and Kim, S.D. (1995) Extension of shelf-life of *Kimchi* by addition of chitosan during salting. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24, 932-936
- Seo, J.S., Bang, B.H. and Jeong, E.J. (2004) Studies on the prolonging of *Kimchi* fermentation by adding chitosan. *Korean J. Food & Nutr.*, 17, 60-65
- Pyun, Y.R., Shin, S.K., Kim, J.B. and Cho, E.K. (1983) Studies on the heat penetration and pasteurization conditions of retort pouch *Kimchi*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 15, 414-420
- Ko, Y.T. and Baik, I.H. (2002) Changes in pH, sensory properties and volatile odor components of *Kimchi* by heating. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 34, 1123-1126
- Gil, G.H., Kim, K.H. and Chun, J.K. (1984) Thermal process evaluation and simulation in a pilot scale *Kimchi* pasteurizer. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 27, 55-63
- Lee, N.J. and Chun, J.K. (1982) Studies on the *Kimchi* pasteurization. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 25, 197-200
- Park, W.P. and Kim, Z.U. (1991) The effect of salt concentration on *Kimchi* fermentation. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 34, 295-297
- Ko, Y.D., Kim, H.J., Chun, S.S. and Sung, N.K. (1994) Development of control system for *Kimchi* fermentation and storage using refrigerator. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 199-203
- Kim, S.D. and Lee, S.H. (1988) Effect of Sodium Malate Buffer as pH Adjuster on the Fermentation of *Kimchi*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 17, 358-364
- Moon, K.D., Byun, J.A., Kim, S.J. and Han, D.S. (1995) Screening of natural preservatives to inhibit *Kimchi* fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 27, 257-263
- Chung, D.K. and Yu, R.N. (1995) Antimicrobial activity of Bamboo leaves extract on microorganisms related to *Kimchi* fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 27, 1035-1038
- FAO/IAEA/WHO Study Group. (1999) High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. In WHO technical report series 890. World Health Organization, Geneva. p.49-77
- Byun, M.W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.*, 30, 89-100
- Grant, I.R. and Patterson, M.F. (1992) Sensitivity of foodborne pathogens to irradiation in the components of a chilled ready meal. *Food Microbiology*, 9, 95-103
- Cha, B.S., Kim, W.J., Byun, M.W., Kwon, J.H. and Cho, H.O. (1989) Evaluation of gamma irradiation for extending the shelf life of *Kimchi*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 109-119
- Kang, S.S., Kim, J.M. and Byun, M.W. (1988) Preservation of *Kimchi* by ionizing radiation. *Kor. J. Food Hygiene*, 3, 225-232
- Song, H.P., Kim, D.H., Yook, H.S., Kim, K.S., Kwon, J.H. and Byun, M.W. (2004) Application of gamma irradiation for aging control and improvement of shelf-life of *Kimchi*, korean salted and fermented vegetables. *Radiat. Phys. Chem.*, 71, 55-58
- Byun, M.W., Cha, B.S., Kwon J.H., Cho, H.O. and Kim, W.J. (1989) The combined effect of heat treatment and irradiation on the inactivation of major lactic acid bacteria associated with *Kimchi* fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 185-191
- SPSS. (1999) SPSS for Windows. Rel. 10.05. SPSS Inc. Chicago, IL.
- Kim, M.K. and Kim, S.H. (2003) Fermentation characteristics of *Kimchi* treated with different methods of green tea water extracts. *Korean J. Food Preservation*, 10, 354-359
- Park, K.J., Jung, S.W., Park, B.I., Kim, Y.H. and Jeong, J.W. (1996) Initial control of microorganism in *Kimchi* by the modified preparation method of seasoning mixture and the pretreatment of electrolyzed acid-water. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 1104-1110
- Hwang, J.H., Yu, K.W. and Lee, K.H. (2004) Studies on the pasteurization conditions for long-term storage of *Kimchi*. *Food Engineering Progress*, 8, 30-39
- IAEA. (1981) Combination processes in food

- irradiation(Proc. Symp., Colombo, 24-28 Nov. 1980, IAEA/FAO), IAEA, Vienna, p.3-335
24. Ben-Arie, R. and Barkai-Golan, R. (1969) Combined heat-radiation treatments to control storage rots of Spadona pears. The International Journal of applied radiation and isotopes, 20, 687-690
  25. Leistner, L., Rodel, W. and Krispien, K. (1981) Microbiology of meat and meat products in high- and intermediate-moisture ranges, in water activity: Influences on food quality. Rockland, L. B. and Stewart, G. F. (eds), Academic Press, Orlando, FL, pp. 855-916
  26. Kim, A.Y. and Thaye, D.W. (1996) Mechanism by which gamma irradiation increases the heat sensitivity of *Salmonella* Typhimurium ATCC 14028 to heat. Appl. Environ. Microbiol., 62, 1759-1763
  27. Song, H.P., Kim, D.H., Yook, H.S., Kim, M.R., Kim, K.S. and Byun, M.W. (2004) Nutritional, physiological, physicochemical and sensory stability of gamma irradiated *Kimchi*(Korean fermented vegetables). Radiat. Phys. Chem., 69, 85-90
  28. Park, H.O., Kim, K.H. and Yoon, S. (1990) A study of characteristics of pectinesterase, polygalacturonase and peroxidase in *Kimchi* materials. Korean J. Dietary Culture, 5, 443-448
  29. Baek, H.H., Lee, C.H., Woo, D.H., Park, K.H., Pek, U.H., Lee, K.S. and Nam, S.H. (1989) Prevention of pectinolytic softening of *Kimchi* tissue. Korean J. Food Sci. Technol., 21, 149-153
  30. Kim, H.J., Lee, J.J., Chung, K.S. and Choi, S.Y. (1999) Pectin-degrading enzymes of *Kimchi* ingredients. Korean J. Food Sci. Technol., 31, 263-266

---

(접수 2006년 6월 30일, 채택 2006년 9월 28일)