

## 장기저장이 가능한 김치제조를 위한 감마선 조사와 동결건조법의 품질비교

박진규<sup>1,2</sup> · 박재남<sup>1</sup> · 한인준<sup>1</sup> · 송범석<sup>1</sup> · 김제훈<sup>1</sup> · 이주운<sup>1</sup> · 황한준<sup>2</sup> · 김영덕<sup>3</sup> · 변명우<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>한국원자력연구소 방사선연구원 방사선식품생명공학기술개발, <sup>2</sup>고려대학교 식품생명공학과  
<sup>3</sup>CJ(주) 식품연구소

### Quality Comparison between Gamma Irradiation and Freeze Drying Methods in Preparing *Kimchi* for the Long-term Storage

Jin-Gyu Park<sup>1,2</sup>, Jae-Nam Park<sup>1</sup>, In-Jun Han<sup>1</sup>, Beom-Seok Song<sup>1</sup>, Jae-Hun Kim<sup>1</sup>,  
Ju-Woon Lee<sup>1</sup>, Han-Joon Hwang<sup>2</sup>, Young-Duk Kim<sup>3</sup> and Myung-Woo Byun<sup>1\*</sup>

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

<sup>2</sup>Department of Food & Biotechnology, Korea University, Chungnam 339-700, Korea

<sup>3</sup>Food Research Institute, CJ, Seoul 152-050, Korea

#### Abstract

This study compared microbial load, texture, histological properties, and sensory characteristics of gamma-irradiated (20 kGy) *Kimchi* and freeze-dried *Kimchi* under conditions of long-term storage. Immediately after irradiation, no aerobic bacteria were detected, but microbial load of freeze-dried *Kimchi* decreased by only 1 log cycle in comparison with the nonirradiated control sample. The firmness of irradiated *Kimchi* was significantly higher than that of rehydrated freeze-dried *Kimchi* ( $p < 0.05$ ). Scanning electron microscopy showed collapse of the microstructure in epidermis tissues of rehydrated *Kimchi*. The sensory scores for color, texture, and taste of irradiated *Kimchi* were higher than those for rehydrated freeze-dried *Kimchi*.

**Key words :** *Kimchi*,  $\gamma$ -irradiation, freeze dried, sensory, texture

#### 서 론

전통발효식품 중 한국의 주요 식문화를 대표하는 식품인 김치는 저장 기간 중 조직의 연화 현상 및 산 생성으로 보존기간이 제한되어 상품으로서의 가치가 저하된다(1). 주로 저장 중 젖산균 또는 부패 미생물의 증식에 의해 젖산을 비롯한 각종 유기산이 대량 생성되어 신맛이 강해지며 (2), 이와 같은 김치 저장 중 발생하는 품질변화를 방지하기 위해 미생물의 증식속도를 지연시키려는 연구들이 수행되어 왔다. 즉, 가열처리(3-5), 고염처리(6), 저온유통(7), 천연항균제 첨가(8,9) 등에 관한 연구들이 수행되어 왔으나 김치의 신선한 맛과 조직감 저하, 경제성 저하 등의 문제점으로

인해 산업적으로 크게 실용화되지 못하고 있다.

한편, 방사선 기술은 포장된 식품의 살균에 적합한 냉온 살균방법으로 식품에 존재하는 미생물 제어에 효과적인 것으로 입증되었으며, 특히 질소치환포장, 가열 등 다른 식품가공 및 저장기술과의 병용처리 시 한 가지 방법에 의존한 제품에 비해 식품 고유의 관능적 품질에 큰 영향을 주지 않으면서 미생물학적으로 안전한 식품의 제조가 가능한 방법이다(10-12). 이러한 특성을 이용하여 김치에 약 3-5 kGy 정도의 방사선을 조사한 후 4-10°C 정도의 저온 저장 시 품질유지에 효과적임을 입증한 바 있고(13-15), 김치의 장기 저장을 위해 20 kGy 이상의 고선량 감마선 조사와 가열(16) 또는 질소치환포장 후 가열하여 고선량 감마선 조사(17)를 병용처리한 연구들이 수행된 바 있다.

동결건조는 역시 식품 고유의 품질변화를 최소화 하면서 장기보관이 가능한 저장방법이며, 복원성이 우수한 것이

\*Corresponding author. E-mail : sjwlee@kaeri.re.kr,  
Phone : 82-63-570-3204, Fax : 82-63-570-3207

장점이므로 김치의 품질변화를 최소화하면서 저장성을 연장시킬 수 있는 방법으로 고려될 수 있다(18,19). 동결 건조된 김치를 저장하면서 미생물, 관능적 품질 변화에 관한 연구가 수행되었고(20), 동결건조 시간이 동결건조김치의 품질에 미치는 영향(21), 동결건조에 의한 김치의 휘발성냄새 성분 변화(22)를 알아본 연구들이 수행된 바 있다. 그러나 상온에서의 장기저장을 위해 사용되는 상기의 동결건조와 방사선조사에 의한 김치의 품질에 대한 비교는 보고된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 김치를 장기저장하기 위한 최적의 식품가공조건을 알아보기 위해 고선량 감마선 처리를 한 김치와 동결 건조된 김치의 미생물학적, 조직학적 및 관능적 품질을 비교하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

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

### 방사선 조사

김치를 300 g씩 Aluminium-laminated low-density polyethylene 포장지에 담아 포장한 후 방사선을 조사하였다. 방사선 조사는 선원 10만 Ci, Co-60 감마선 조사시설 (IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Ontario, Canada)을 이용하여 실온에서 분당 70 Gy의 선량율로 흡수선량이 20 kGy가 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter (Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다.

### 김치의 동결건조 및 복원

김치의 동결건조 및 복원은 Ko와 Lee의 방법(23)에 준하여 수행되었다. 김치를 500 mL 비이커에 50 g씩 넣고 랩으로 덮은 다음, -70°C의 냉동고(Model 917, Forma Scientific, Inc., Ohio, USA)에서 1시간 동안 냉동시켰다. 냉동된 시료를 동결건조기(Model FD-5505P, Ilshinlab Co., Seoul, Korea) chamber에 넣고 실온(25~29°C)에서 응축기 온도 -50°C, 압력 10 mmTorr의 조건하에서 24시간 동결 건조시켰다. 동결 건조된 시료의 복원을 위하여 30°C의 멸균증류수를 가하고 1시간 동안 수분을 흡수시킨 후 분석의 시료로 사용하였다. 즉, 복원을 위하여 첨가된 살균수의 양 = (동결 건조 전의 비이커 및 김치시료의 중량) - (동결 건조 후의 비이커 및 건조시료의 중량).

### 미생물 생육 시험

김치내의 미생물 생육정도를 분석하기 위해 김치 무게의 10배에 해당하는 멸균 펩톤수(Difco Co., Detroit, USA)를 멸균 bag에 넣고, Stomacher Lab Blender (Model W, Interscience Co., Nom, France)에서 2분간 균질화 하였다. 총균수와 젖산균수는 단계별로 희석된 용액을 Plate Count Agar와 MRS Agar (Difco Co., Detroit, USA) 배지에 각각 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.

### 경도와 수분함량 측정

경도는 Texture Analyzer (TA.XT2i, Stable Microsystems Co., 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. 수분함량 측정은 AOAC 수분 측정법(24)을 이용하여 수행되었다.

### 조직의 미세구조 관찰

배추 하단의 표피부분을 1×1 cm 크기로 벗겨낸 후 Carbon Coater (108-CA, Jeol Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 gold 코팅 하였다. 표피조직의 현미경적 구조는 15 kV, 10μ Å Scanning Electron Microscope (JSM-6335F, Jeol Co., Tokyo, Japan)을 사용하여 관찰하였다.

### 관능적 특성 평가

김치시료의 관능평가는 Kim 등(17)의 방법을 이용하여 실시하였다. 즉, 시료 100 g을 일정크기로 잘라 흰 용기에 제시하였다. 무작위로 추출한 세 자리 숫자를 용기에 표시했으며 서로 다른 시료를 평가하기 전 입안을 가릴 수 있도록 생수와 식빵을 함께 제공하였다. 관능검사 방법은 김치의 색(color), 조직감(texture), 맛(taste), 향(flavor), 종합적 기호도(overall acceptability)에 대하여 식별능력이 우수한 패널 20명을 대상으로 7점 척도법으로 실시하였다.

### 통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과의 통계분석은 Statistical Package for Social Sciences (SPSS, 10.0) (25)를 이용하여 One Way ANOVA 분석을 하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 p < 0.05 수준에서 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 미생물의 생육특성 비교

숙성된 포장 김치를 감마선 조사 또는 동결건조 한 후 총균수와 젖산균의 살균정도를 Table 1에 나타냈다. 감마선 단독 처리 후 포장 김치의 총미생물수와 젖산균수는 20 kGy 선량에 의해 공통적으로 검출한계 이하로 나타났고, 동결건조에 의해서는 총균수와 젖산균 모두 약 1 log cycle 정도의 균수가 감소되었다.

일반적으로 최적 숙성 김치에 존재하는 미생물수는 약 8 log CFU/g 정도로 보고된 바 있다(26). 본 연구결과에서도 비조사 대조구의 미생물수가 8.27 log CFU/g으로 나타나 숙성이 잘 진행된 것으로 판단되었다. 건조식품의 경우 부적절한 환경에서 저장 시 미생물이 생육할 수 있는 가능성이 있으며 따라서 식품의 초기 미생물을 제어하는 것은 식품의 위생안전성 및 저장성을 확보하는데 있어 매우 중요하다(27, 28). 특히 사막이나 우주 환경과 같은 식품 저장 조건에서의 극한 환경은 식품의 변질에 있어 최적 조건을 부여하기 때문에 3년 이상의 장기간 저장을 위해서는 완전 멸균 기술의 도입이 필수적이다(29). 따라서 김치의 상온에서의 장기저장을 위해서는 비열 처리 살균법(cold pasteurization)으로 인정받고 있는 방사선 조사 기술의 적용이 고려되어야 할 것으로 판단되었다(30).

**Table 1. Comparison of microbial loads in gamma-irradiated Kimchi at 20 kGy and freeze-dried Kimchi**

	(Unit: Log CFU/g sample)		
	Control	Irradiated	Freeze-dried
Total microbes	8.27	ND <sup>1)</sup>	7.41
Lactic acid bacteria	8.13	ND	7.25

<sup>1)</sup>Not detected ( $< 10^2$  CFU/g).

### 경도와 수분함량

숙성된 김치를 포장한 후 20 kGy의 선량으로 감마선 조사한 것과 동결건조 후 복원한 김치의 경도와 수분함량을 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 감마선 조사에 의해 김치의 경도가 감소되는 현상이 관찰되었으나 동결건조 후 복원한 김치의 경도는 비조사 대조구에 비해 매우 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 방사선에 의한 김치조직의 경도 감소는 이온화 방사선의 주된 부작용으로 많은 연구 결과에서 보고된 바 있다(31-33). 또한 동결 건조된 김치의 조직감은 동결건조 과정에서 승화된 수분이 복원과정에서 완전히 흡수되지 않기 때문에 건조 전 김치의 조직감에는 이르지 못한다고 보고된 바 있어(34), 이로 인해 동결건조 후 재수화된 김치의 경도 감소 정도가 감마선 조사된 김치의 경우보다 더 큰 것으로 판단되었다. 한편, 경도측정에 사용된 비조사 대조구와 감마선조사 김치의

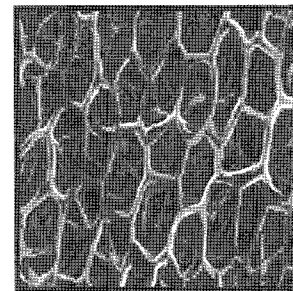
수분함량은 89 - 90%으로 나타났으나 동결 건조 후 복원된 김치의 수분함량은 79%로 나타났다. 김치 내 수분함량(김치 시료에 물기가 알맞게 있는가 여부)은 김치의 관능적 품질 및 조직 특성을 결정하는 중요한 인자의 하나라고 하였는데(35), 본 연구에서 동결 건조된 김치는 완벽하게 복원이 되지 않아 비조사 대조구와 감마선 조사 김치에 비해 매우 낮은 수분 함량을 보이는 것으로 나타났다.

**Table 2. Comparison of the hardness and moisture content of gamma-irradiated Kimchi at 20 kGy and rehydrated Kimchi after freeze drying**

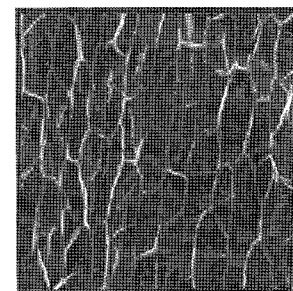
	Control	Irradiated	Rehydrated
Hardness (g)	3085±86 <sup>1)a</sup>	2207±64 <sup>b</sup>	1063±59 <sup>c</sup>
Moisture (%)	90.2±1.7 <sup>a</sup>	89.1±1.4 <sup>a</sup>	79.6±0.9 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Mean±S.D (n=20).

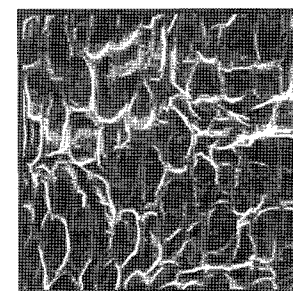
<sup>a-c)</sup>Values with different letters within a row differ significantly (p < 0.05).



(A)



(B)



(C)

**Fig. 1. Scanning microscopic photographs on epidermis tissues of non-treated Kimchi (A), and gamma-irradiated Kimchi at 20 kGy (B), rehydrated Kimchi after freeze drying (C).**

**조직의 미세구조**

오이 등과 같은 식물의 세포벽은 "egg box" gel structure를 가지고 있는데, 김치의 세포벽 역시 이와 동일한 구조를 가지고 있으며, 주로 pectin 질 성분으로 구성되어 있다(16). Fig. 1은 무처리 대조구, 감마선 조사 김치, 동결건조 후 재수화된 김치의 표피에 존재하는 세포벽 관찰을 통한 조직 변화 정도를 나타내었다. 비조사 대조구의 세포벽은 용적이 매우 크고 세포내 조직의 구조가 선명하게 관찰되었고, 감마선 조사된 김치의 세포벽 역시 두껍고, 세포벽 파괴가 거의 없이 원형으로 잘 보존되어 있었다. 그러나 동결건조 및 복원에 의해 김치의 세포벽 조직은 수축되어 용적이 현저하게 감소되고 세포내 구조를 제대로 관찰할 수가 없었다. 일반적으로 동결건조는 시료의 품질과 복원성이 우수하다고 알려져 있으나(36) 김치의 조직학적 특성 변화를 최소화 하면서 장기간 보관하기 위해서는 감마선 조사기술이 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

**관능적 품질**

최적 숙성된 김치를 포장하여 20 kGy로 감마선 조사한 것과 동결건조 후 복원시킨 김치의 관능적 품질을 비교한 결과는 Table 3에 나타내었다. 감마선 조사에 의해 색, 조직, 맛, 향 및 종합적 기호도는 전반적으로 감소하였고 조직, 맛의 감소가 두드러지게 나타났다. 그러나 동결건조 후 복원된 김치의 경우 감마선 조사된 김치에 비해 색깔이 더 연해지고, 김치의 조직감이 많이 저하되었으며 맛과 향의 강도 역시 매우 떨어져 종합적인 기호도 면에서 최저 평점을 얻었다. 동결건조된 김치의 색깔이 연해진 이유는 고춧가루의 붉은 색상이 공기 중의 산소에 의한 탈색 반응으로 인해 흐려졌고, 배추의 잎사귀 부분을 자세히 관찰하면 초록색이 탈색되어 연두색을 띠고 있는 것이 원인이다(20). 또한 조직, 맛, 향 기호도가 감마선 조사된 김치에 비해 현저히 감소하였는데 이것은 김치 내 수분함량과 밀접한 관련이 있다(21). 즉, 경도와 수분함량, 김치 조직의 미세구조 관찰을 통해 확인할 수 있듯이 김치시료의 동결건조 과정에서 승화된 수분(유리수의 대부분과 결합수의 일부라고 추정됨)이 복원과정에서 완전히 흡수되지 않았기 때문에 동결건조 전의 김치(무처리구)와 감마선 조사된 김치에는 김치 국물이 알맞게 존재하지만 동결건조 후 복원된 김치는 조직 내에 수분이 부족하게 되어 맛과 향의 강도를 떨어뜨렸고, 조직의 수축 및 파손을 야기 시켰기 때문인 것으로 판단하였다(23). 그러므로 동결건조에 의한 김치의 장기저장효과를 극대화하기 위해서는 복원에 의한 경도 감소 및 관능적 품질 저하 문제 개선에 관한 연구를 지속적으로 수행하여야 할 것으로 판단되었다. Ko (35)등은 공기 중의 산소에 의한 탈색 반응으로 인해 동결 건조된 김치의 색이 연해진다고 하였고, 동결건조 후 복원된 시료의 향은 말린 산나물을 물로 복원시켰을 때 나는 냄새를 띄었다고

보고하여 동결건조에 의한 김치의 저장성 개선은 획기적인 방법이라고 할 수는 없다고 하였다. 따라서 김치를 장기저장 하기 위해서는 처리 과정중 제품의 품질변화를 최소화 할 수 있는 감마선 조사기술이 효과적인 적으로 판단되었다.

**Table 3. Comparison of Sensory scores of gamma-irradiated Kimchi at 20 kGy and rehydrated freeze-dried Kimchi**

Sample	Color	Texture	Taste	Flavor	Overall Acceptance
Control	6.8±0.7 <sup>1a</sup>	6.7±0.6 <sup>a</sup>	6.8±0.8 <sup>a</sup>	6.7±0.6 <sup>a</sup>	6.7±0.6 <sup>a</sup>
Irradiated	6.5±0.6 <sup>a</sup>	6.1±0.5 <sup>a</sup>	6.3±0.7 <sup>a</sup>	6.2±0.5 <sup>ab</sup>	6.1±0.5 <sup>a</sup>
Rehydrated	6.1±0.5 <sup>a</sup>	4.4±0.3 <sup>b</sup>	4.9±0.6 <sup>b</sup>	5.9±0.4 <sup>b</sup>	4.8±0.3 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Mean±S.D (n=100).

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

**요 약**

본 연구는 장기저장이 가능한 김치제조를 위해 사용된 20 kGy의 선량으로 감마선 조사된 김치와 동결건조된 김치의 미생물학적, 조직학적 및 관능적 품질특성을 비교하였다. 김치의 총균수는 감마선조사 후 검출한계 이하로 나타났으나 동결 건조된 김치는 비조사 대조구에 비해 1 log 수준의 미생물 감소를 나타내었다. 감마선조사 김치의 경도는 동결건조 후 재수화된 김치에 비해 유의적으로 높았다. 전자현미경을 통한 김치 조직 관찰 결과 동결건조 후 복원된 김치에서만 표피세포의 미세구조가 심하게 변형된 것이 관찰되었다. 또한 관능평가 결과 색, 조직감, 맛 기호도는 감마선 조사된 김치가 동결건조 후 재수화된 김치보다 유의적으로 높았다.

**감사의 글**

본 연구는 과학기술부 및 과학재단의 지원을 받아 2007년도 원자력연구개발사업과 Top Brand Project사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

**참고문헌**

1. Cheigh, H.S. (1995) Critical review on biochemical characteristics of Kimchi(Korean fermented vegetable products). J. East Asian Soc. Diet Life, 5, 89-101
2. Lee, I.S., Park, W.S., Koo, Y.J. and Kang, K.H. (1994) Changes in some characteristics of brined Chinese

- cabbage of fall cultivars during storage. Korean J. Soc. Food Sci. Technol., 26, 239-245
3. 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
  4. Lee, N.J. and Chun, J.K. (1982) Studies on the *Kimchi* pasteurization. J. Korean Agric. Chem. Soc., 25, 197-200
  5. 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
  6. Park, W.P. and Kim, Z.U. (1991) The effect of salt concentration on *Kimchi* fermentation. J. Korean Agric. Chem. Soc., 34, 295-297
  7. 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
  8. 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
  9. 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
  10. Byun, M.W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci. Ind., 30, 89-100
  11. Food Irradiation Newsletter (1987) IAEA, Vienna, Sept.
  12. Department of Health and Human Services (1986) Irradiation in the production, processing, and handling of food, FDA 21 CFR part 179, Federal Register, 51, 13376, Apr, 18
  13. 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
  14. Kang, S.S., Kim, J.M. and Byun, M.W. (1988) Preservation of *Kimchi* by ionizing radiation. Kor. J. Food Hygiene, 3, 225-232
  15. 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. Radiation Phys. Chem., 71, 55-58
  16. Kim, M.J., Park, J.G., Kim, J.H., Park, J.N., Lee, H.J., Kim, W.G., Lee, J.W. and Byun, M.W. (2006) Combined effect of heat treatment and gamma irradiation on the shelf-stability and quality of packaged *Kimchi* during accelerated storage condition. Korean J. Food Preserv., 13, 531-537
  17. Kim, J.H., Park, J.G., Lee, J.W., Kim, W.G., Chung, Y.J. and Byun, M.W. (2008) The combined effects of N<sub>2</sub>-packaging, heating and gamma irradiation on the shelf-stability of *Kimchi*, Korean fermented vegetable. Food Control, 19, 56-61
  18. George, J.P. and Datta, A.K. (2002) Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. J. Food Eng., 52, 89-93
  19. Venir, E., Torre, M.D., Stecchini, M.L., Maltini, E. and Nardo, P.D. (2007) Preparation of freeze-dried yoghurt as a space food. Journal of Food Engineering, 80, 402-407
  20. Ko, Y.T., Kang, J.H. and Kim, T.E. (2001) Quality of freeze dried *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol., 33, 100-106
  21. Ko, Y.T. and Kang, J.H. (2002) Effects of freeze-drying time on quality of freeze-dried *Kimchi*. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 91-95
  22. Ko, Y.T. and Kang, J.H. (2002) Changes of volatile odor components in *Kimchi* by freeze-drying. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 559-564
  23. Ko, Y.T. and Lee, J.Y. (2004) Quality characteristics of *Kimchi* prepared with different part of chinese cabbage and its quality change by freeze-drying. Korean J. Food Sci. Technol., 36, 784-789
  24. AOAC Official Methods of Analysis, 15th ed., 934.06, (1990) Moisture in dried fruits, Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA
  25. SPSS. (1999) SPSS for Windows. Rel. 10.05. SPSS Inc. Chicago, IL
  26. Choi, Y.M., Whang, J.H., Kim, J.M. and Suh, H.J. (2006) The effect of oyster shell powder on the extension of the shelf-life of *Kimchi*. Food Control, 17, 695-699
  27. Kilcast, D. and Subramaniam, P. (2000) The stability and shelf-life of food, CRC Press, NY, pp. 63-85
  28. Kyzlink, V. (1990) Principles of food preservation. Dev. Food Sci., 22, 337-355
  29. Heighdelbaugh, N.D. (1996) Space flight feeding concepts: characteristics, concepts for improvement, and public health implications. J.A.V.M.A., 149, 1662-1671
  30. Byun, M.W. (1997) Application and aspect of irradiation technology in food industry. Food Sci. Ind., 30, 89-100
  31. 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
32. 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). Radiation Phys. Chem., 69, 85-90
33. 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. Radiation Phys. Chem., 71, 55-58
34. Ko, Y.T. and Lee, J.Y. (2003) Quality characteristics of *Kimchi* prepared with chinese radish and its quality change by freeze-drying. Korean J. Food Sci. Technol., 35, 937-942
35. Ko, Y.T. and Kang, J.H. (2001) Effects of ripening on the quality of *Kimchi* or freeze-dried/rehydrated *Kimchi*. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 17, 483-489
36. King, C.J. (1970) Freeze-drying of foodstuffs. CRC Critical Review Food Technology, 1-379
- 
- (접수 2007년 10월 5일, 채택 2007년 12월 28일)