Journal of Radiation Industry 5 (3) : 267~272 (2011)

동결건조 비빔밥을 이용한 방사선 멸균 우주식품 개발

이주연 · 송범석[1] · 박재남[2] · 김재훈[1] · 최종일[1]
박종흠[1] · 김재경[1] · 이주운[1,*]

전북대학교 농업생명과학대학원 원예학과
[1]한국원자력연구원 정읍방사선과학연구소 방사선식품생명공학연구실
[2]코오롱인더스트리 (주) 신사업팀

Development of Freeze-dried *Bibimbap*, Korean Cooked Rice with Red Pepper Paste, as a Space Food Sterilized by Irradiation

Ju-Yeon Lee, Beom-Seok Song[1], Jae-Nam Park[2], Jae-Hun Kim[1], Jong-Il Choi[1], Jong-Heum Park[1], Jae-Kyung Kim[1] and Ju-Woon Lee[1,*]

Department of Horticultural Science, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea
[1]Team for Radiation Food Science and Biotechnology, Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea
[2]New Business BU, Kolon Industries Co., Gyeonggi 427-040, Korea

Abstract - This study evaluated the microbial population (total aerobic count, fungi) and organoleptic quality of freeze-dried *bibimbap* sterilized by gamma irradiation to develop the space food. An irradiation dose above 30 kGy was needed to sterilize the freeze-dried *bibimbap*, while organoleptic quality of the sample was significantly decreased by irradiation ($p < 0.05$). However, it was observed that scores on overall acceptance of rehydrated *bibimbap* after irradiation were the highest, when vitamin C and paprika extract were added at 0.1%, respectively. Therefore, it was considered that the freeze-dried *bibimbap* could be developed as a space food, which meet microbial requirements and organoleptic quality through addition of vitamin C 0.1% and paprika extract 0.1% before gamma irradiation at 30 kGy.

Key words : *Bibimbap*, Irradiation, Space food, Quality

서 론

우주식품이란 우주환경에서 섭취하는 식품으로 위생학적 안전성이 확보되어 우주비행선 내에서 장기간 보관이 가능하고 무중력 상태에서도 섭취가 간편하도록 제조된 식품이라 말할 수 있다. 1960년대 이래 우주 개발 선진국들은 자국 우주비행사를 위해 자국의 다양한 식품들을 개발하고 개선해 왔다 (Bourland *et al*. 1989). 또한 우주식품은 온도 변화가 심한 우주선 내에서 장기간 보관과 운송비용 등의 특성상 가벼운 식품이 유리하여 대부분 건조된 형태로 개발되어 왔다 (Heighdelbaugh 1966).

비빔밥은 여러 가지 나물을 비벼먹는 것으로 각 지방마다 특산 농산물의 사용을 바탕으로 발전되어 왔으며 특히 전주에서 향토명물 음식으로 발전하였으며 불고기, 김치와 더불어 한국을 대표하는 전통식품으로 자리매김

* Corresponding author: Ju-Woon Lee, Tel. +82-63-570-3204, Fax. +82-63-570-3207, E-mail. sjwlee@kaeri.re.kr

하고 있다(Kim *et al*. 2004). 우리의 대표적 전통음식인 비빔밥에 대한 연구는 국제화 흐름과 같이하여 맛과 재료의 다양성을 향상시켜 비빔밥을 편의식으로 개발하는 연구(Ju *et al*. 1998; Han *et al*. 2008), 비빔밥의 위생학적 안전성 연구(Han *et al*. 2001) 및 비빔밥의 여러 가지 채소로부터 pytochemical한 성분들의 기능성 입증연구가 대부분이다(Mun *et al*. 1994; Kang *et al*. 2004). 한국 전통한 그릇 음식인 비빔밥은 식사하기에 매우 간편하고 맛과 영양적인 면에서 매우 우수함에도 불구하고 이를 우주환경에서도 취식이 가능하도록 개발하고자 하는 연구는 미비한 실정이다.

우주와 같은 극한환경에서 미생물학적 안전성이 보장되지 못한다면 식품에 오염된 병원성 미생물 및 수화 후 잘못된 보관으로 인한 미생물 생육으로 인해 치명적인 결과를 초래할 수 있다. 이에 미국우주항공국(NASA)은 1960년대 우주식품을 개발하면서 방사선 조사기술을 도입하여 우주인에게 제공하는 식품의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있었다(Song *et al*. 2009). 방사선 조사는 비열처리 살균방법으로 제품의 품질에 크게 영향을 주지 않으면서도 효과적으로 식품의 미생물학적 안전성을 확보하는 기술로 평가되고 있다(FAO/IAEA/WHO 1999). 특히, 가열처리가 불가능한 건조식품의 미생물학적 안전성을 확보하는 데 있어 유용한 기술로 여겨지고 있다(Farkas 1998).

따라서 본 연구는 우주와 같은 극한환경에서 안전하게 취식할 수 있는 건조비빔밥을 제조하고자 방사선 조사기술을 이용하여 동결건조비빔밥의 미생물학적 안전성을 확보하고 품질을 개선하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

비빔밥에 사용된 쌀, 콩나물, 미나리, 애호박, 무, 표고버섯, 쇠고기, 오이, 당근 등의 주재료와 고춧가루, 참기름, 식용유, 참깨, 마늘, 소금 등의 양념재료는 정읍소재 마트에서 구입하였으며 고추장 양념은 전북 전주시 덕진구에 위치한 비빔밥 전문 음식점에서 시판하는 제품을 구입하여 실험에 사용하였다. 비타민 C (98%＜purity, food grade)는 덕산약품공업(Ahnsan, Korea)으로부터, 파프리카 추출액은 MSC사(Yangsan, Korea)로부터 구입하여 사용하였다.

2. 비빔밥 제조

비빔밥은 Han *et al*. (2008)의 방법을 비롯한 문헌조사와 예비실험을 기초로 식재료와 조리시간과 온도 등을 설정하였다. 쌀 200 g을 5배 물로 가볍게 4회 수세하고 증류수 260 ml를 가하여 실온에서 1시간 수침시킨 후 전기압력밥솥(Model RJ-0570, LG Co., Seoul, Korea)에 취반하여 미리 준비하였다. 콩나물은 끓는 물에 NaCl 0.1%을 넣은 후 10분 동안 데치고 미나리는 끓는 물에 3분 동안 데친 후 각각 흐르는 물에 헹구어 준비하였다. 오이, 당근, 애호박 및 무는 4～5 cm로 채 썰고 표고버섯은 미지근한 물에 불린 다음 채 썰어 간장, 설탕, 참기름으로 양념하고 식용유와 참기름을 첨가하여 볶은 후 소금으로 간을 하였다. 다진 쇠고기는 간장, 마늘, 참기름, 깨소금으로 양념한 후 프라이팬에 익혀 고명으로 사용하였다. 준비된 밥 100 g에 콩나물 20 g, 미나리 15 g, 쇠고기 10 g과 표고버섯, 오이, 당근, 애호박, 무 각 5 g을 얹고 30 g의 고추장을 첨가한 후 비빔밥을 제조하였다. 한편, 비타민 C 및 파프리카 추출액이 첨가된 비빔밥의 관능평가 샘플제조를 위해서는 상기 레시피에 비타민 C와 파프리카 추출액을 각각 0.05～1%로 양을 달리하여 첨가한 후 비빔밥을 제조하였다.

3. 비빔밥의 동결건조

제조된 비빔밥을 200±5 g씩 용기에 담은 후 −70°C의 냉동고(Model 917, Forma Scientific Inc., Ohio, USA)에 5시간 동안 동결시킨 후 동결건조기(Model FD-5505P, Ilshinlab Co., Seoul, Korea)를 이용하여 수분함량이 9.0±1.0% 이하까지 건조시켜 실험에 사용하였다.

4. 감마선 조사

건조비빔밥의 감마선 조사는 Co-60 감마선 조사시설(IR-79 gamma irradiator, MDS Nordion, Canada)을 이용하여 Co-60 선원을 이용하여 분당 70 Gy의 선량율로 흡수선량이 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 및 40 kGy이 되도록 조사하였으며, 흡수선량의 확인은 Alanine dosimeter (5 mm, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하여 총 흡수선량의 오차를 계산하였다. 감마선 조사된 비빔밥은 조사 직후 미생물 및 관능적 품질변화 시험을 실시하였다.

5. 미생물 평가

미생물 분석을 위해 동결건조기에서 꺼낸 건조 시료 무게(65±5 g)의 10배에 해당하는 멸균 펩톤수(0.1%, Difco Co., Detroit, USA)를 멸균 bag에 넣고, stomacher lab blender (Mark II Lab Blender, Tekmar Teledyne Tech-

nologies Inc., Mason, Ohio, USA)에서 1분간 균질화하였다. 각 미생물군의 선택배지 배양온도 및 측정은 다음과 같다. 총균수는 PCA배지(Plate Count Agar, Difco Co., Detroit, USA)를 사용하여 35°C, 48시간 배양 후 30~300개의 집락을 형성한 배지만 선택하여 계수하였다. 곰팡이 및 효모는 PDA배지(Potato Dextrose Agar, Difco Co., Detroit, USA)를 사용하여 25°C, 48~72시간 배양 후 계수하였다. 시료 1 g당 colony forming unit (CFU)로 나타냈으며, 총균수, 곰팡이 및 효모의 검출을 위한 최소 한계치는 10^2 CFUg^{-1}이었다.

6. 관능 평가

시료의 관능평가는 조사된 건조비빔밥에 70°C 물 100 ml을 첨가하여 20분간 재수화한 후 관능적 품질을 평가를 실시하였다. 건조비빔밥의 관능적 품질을 평가하기 위한 panel은 미리 훈련된 10인을 대상으로 하였고 나이·성별 등을 기록하고 각 시료는 물컵, 시료를 뱉는 컵, 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였으며, 검사 중의 영향을 최소화하기 위해 total session은 15~20분으로 정하였다. 이때의 평가항목은 외관(Appearance), 조직감(Texture), 맛(Taste), 향(Flavor), 종합적인 기호도(Overall acceptability)에 대하여 7점 척도법으로 평가하였다. 이때 매우 좋아한다(강하다): 7점, 좋지도 싫지도 않다: 3점, 매우 싫어한다(약하다): 1점이었다.

7. 통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과는 SPSS software (version 10, 1970)를 이용하여 One Way ANOVA 분석을 하였으며, 시료 간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $p<0.05$ 수준에서 비교하였다.

결과 및 논의

1. 감마선 조사에 따른 건조비빔밥의 미생물평가

감마선 조사에 의한 건조비빔밥의 미생물 오염도 측정 결과를 Table 1에 나타내었다. 비조사 시료의 경우 6.11±0.85 log CFUg^{-1}의 일반호기성미생물 및 3.99±0.57 log CFUg^{-1}의 곰팡이/효모가 검출되었으나, 각각 30 kGy와 5 kGy 이상 감마선 조사 처리 시 검출한계 이하로 나타났다. 비빔밥의 주재료인 고추장 양념은 일반적으로 높은 수준의 미생물 오염도를 보이며, 이들 미생물들은 대부분이 내열성의 포자형성세균으로 알려져 있다(Lee *et al*. 1997; Choi *et al*. 2000). 또한 김 등(2002)은 고추장에 오염된 미생물을 제어하기 위해서는 20 kGy 이상의 높은 조사선량이 필요하다고 하였다. 이처럼 고추장 양념에 오염된 미생물을 제어하는 데 높은 수준의 방사선 에너지가 필요한 이유는 식품 내 존재하는 미생물들의 방사선 감수성은 서식하고 있는 환경에 영향을 받는데 고추장 양념의 경우 수분활성이 낮고 고염환경이며 화학적 조성이 복잡하여 내성포자의 방사선 저항성이 크게 나타난 것으로 사료되었다(Key *et al*. 1995; Placek *et al*. 2004).

일반적으로 우주환경이나 멸균식이 요구되는 환자에게 안전한 식품을 공급하기 위해서는 가능한 한 미생물이 없는(zero tolerance) 상태를 유지하는 것이 바람직하며, 특히 건조비빔밥의 특성상 물로 수화시켜 섭취해야 하기 때문에 미생물학적 안전성이 반드시 고려되어야 한다(Kilcast *et al*. 2000). 이러한 관점에서 볼 때 건조비빔밥을 곧바로 우주식이나 환자식으로 사용하는 것은 적합하지 않는 것으로 사료되었으며, 미생물학적 안전성을 확보하기 위해서는 30 kGy의 감마선 조사가 필요한 것으로 나타나 건조비빔밥의 멸균을 위한 최소 감마선 조사선량은 30 kGy인 것으로 판단되었다.

2. 감마선 조사에 따른 건조비빔밥의 관능적 품질 변화

건조비빔밥에 감마선을 조사하고 재수화한 후 색, 조직감, 맛, 향 및 종합적 기호도에 대한 관능평가 결과를 Table 2에 나타내었다. 10명의 패널을 대상으로 관능평가를 실시한 결과, 감마선을 5 kGy까지 조사한 건조비빔밥은 모든 평가항목에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 감마선 조사선량이 증가할수록 관능적 품질

Table 1. Total aerobic bacterial and fungal populations in gamma-irradiated *Bibimbap*

Microorganisms	Irradiation dose (kGy)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Total bacterial population	6.11±0.85[1)]	4.36±0.72	3.40±0.27	2.80±0.22	1.30±0.18	1.20±0.39	ND[2)]	ND	ND
Fungi	3.99±0.57	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

[1)]Mean±Standard deviation (n=3).
[2)]Not Detected within the detection limit < 2 log CFUg^{-1}.

Table 2. Sensory properties of rehydrated *bibimbap* after gamma irradiation

Dose (kGy)	Color	Texture	Taste	Flavor	Overall acceptance
0	6.66±0.34$^{a1)}$	6.00±0.28^{a}	5.66±0.21^{a}	6.34±0.57^{a}	6.53±0.26^{a}
5	6.43±0.66^{a}	5.30±0.41^{ab}	5.26±0.32^{ab}	6.00±0.29^{a}	6.31±0.42^{a}
10	5.33±0.43^{b}	5.19±0.37^{ab}	4.33±0.53^{bc}	5.01±0.58^{b}	5.29±0.25^{b}
15	5.02±0.57^{b}	4.09±0.33^{bc}	4.00±0.43^{bc}	4.65±0.39^{b}	4.33±0.47^{c}
20	4.74±0.67^{b}	4.04±0.59^{bc}	3.67±0.30^{c}	4.23±0.52^{b}	3.36±0.38^{d}
25	3.33±0.53^{c}	3.34±0.57^{cd}	3.74±0.41^{c}	3.00±0.17^{c}	2.74±0.35^{de}
30	2.76±0.60^{c}	2.67±0.29^{de}	2.33±0.47^{d}	1.59±0.36^{d}	2.00±0.39^{ef}
35	1.33±0.39^{d}	1.67±0.35^{ef}	1.48±0.42^{e}	1.00±0.42^{d}	1.79±0.55^{f}
40	1.55±0.30^{d}	1.33±0.55^{f}	1.00±0.58^{e}	1.02±0.26^{d}	1.23±0.50^{f}

$^{1)a-f}$ Values with different letters within a column differ significantly ($p<0.05$).

Table 3. Effect of vitamin C on the sensory properties of gamma-irradiated *bibimbap* at 30 kGy

Dose (kGy)	Vitamin C (%)	Color	Texture	Taste	Flavor	Overall acceptance
0	0	6.4±0.4$^{a1)}$	6.1±0.4^{a}	6.6±0.3^{a}	6.2±0.5^{a}	6.3±0.4^{a}
30	0	3.6±0.6^{b}	5.9±0.4^{a}	3.4±0.3^{c}	2.9±0.3^{d}	2.7±0.7^{c}
	0.05	4.0±0.4^{b}	6.2±0.4^{a}	3.9±0.5^{b}	3.9±0.6^{c}	4.1±0.3^{b}
	0.1	4.0±0.6^{b}	6.1±0.5^{a}	4.4±0.4^{b}	4.6±0.4^{b}	4.5±0.5^{b}
	0.3	4.2±0.7^{b}	6.0±0.6^{a}	4.1±0.3^{b}	4.8±0.5^{b}	4.0±0.4^{b}
	0.5	4.1±0.5^{b}	6.1±0.6^{a}	2.6±0.4^{d}	4.8±0.5^{b}	2.3±0.4^{cd}
	1	4.2±0.3^{b}	6.0±0.4^{a}	1.9±0.7^{e}	4.9±0.8^{b}	2.0±0.8^{d}

Mean±Standard deviation (n=10)

$^{1)a-d}$ Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Effect of paprika extract on the sensory properties of gamma-irradiated *bibimbap* at 30 kGy

Dose (kGy)	Paprika extract (%)	Color	Texture	Taste	Flavor	Overall acceptance
0	0	6.4±0.4$^{a1)}$	6.1±0.4^{a}	6.6±0.3^{a}	6.2±0.5^{a}	6.3±0.4^{a}
30	0	3.4±0.7^{c}	6.0±0.4^{a}	3.9±0.5^{b}	3.0±0.9^{b}	3.9±0.6^{b}
	0.05	3.7±0.4^{c}	5.8±0.6^{a}	4.0±0.4^{b}	3.3±0.6^{b}	4.0±0.4^{b}
	0.1	4.7±0.5^{b}	6.2±0.6^{a}	4.3±0.5^{b}	3.3±0.5^{b}	4.1±0.3^{b}
	0.3	4.3±0.6^{bc}	6.0±0.4^{a}	4.1±0.5^{b}	3.0±0.6^{b}	3.5±0.4^{c}
	0.5	2.0±0.6^{d}	6.1±0.4^{a}	2.1±0.5^{c}	2.0±0.5^{c}	2.5±0.7^{d}
	1	1.2±0.5^{e}	5.9±0.6^{a}	1.7±0.4^{d}	1.3±0.8^{d}	1.3±0.4^{e}

Mean±Standard deviation (n=10)

$^{1)a-d}$ Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).

이 감소하였고, 특히 20 kGy 이상의 선량에서는 종합적 기호도가 4.0 이하로 나타났으며, 25 kGy 조사 시 모든 평가항목에서 관능적 품질이 현저하게 저하되었다. 현재까지 건조비빔밥의 감마선 조사에 관한 연구는 보고되지 않았지만, 일반적으로 식품에 일정 선량 이상으로 감마선을 조사할 경우 식품의 관능적 품질을 저하시킬 수 있으며, 이러한 현상은 감마선 조사선량이 증가할수록 더욱 커지는 것으로 보고되고 있다(Maxie and Abdel-Kader 1996). 따라서 건조비빔밥의 미생물 제어를 위한 최소 선량인 30 kGy의 감마선 조사 처리 시 나타나는 관능적 품질저하를 적절히 억제할 수 있는 방법이 고려되어야 할 것으로 판단하였다.

3. 비타민 C 첨가에 따른 관능적 품질 영향

동결건조비빔밥의 품질 개선을 위하여 동결건조 전 비타민 C를 0.05~1% 첨가한 후 이전의 제조과정에 따라 동결건조 및 방사선 조사처리를 수행하였으며, 재수화 후 관능품질 평가를 수행한 결과를 Table 3에 나타내었다. 건조비빔밥에 비타민 C의 최적 첨가량을 분석한 결과 0.1%로 첨가할 경우 종합적 기호도에서 가장 높은

점수를 보였다. 비타민 C는 감마선 조사 시 생성되는 라디컬에 의한 산화를 저해하는 효과 때문인 것으로 판단하였다(Fan *et al*. 2005). 반면 0.3% 이상 첨가 시 첨가량이 증가할수록 신맛에 의해 종합적 기호도가 낮아지는 결과를 보였다. 따라서, 방사선 조사에 의한 건조비빔밥의 품질저하 방지를 위한 비타민 C 최적첨가량은 0.1%인 것으로 판단하였다.

4. 파프리카 추출액 첨가에 따른 관능적 품질 영향

파프리카 추출액 0.05～1% 첨가에 따른 건조비빔밥의 품질개선 효과 결과를 Table 4에 나타내었다. 일반적으로 감마선 조사에 의한 색소의 파괴 및 산화 등으로 인한 식품의 색(외관) 품질이 저하되는 것으로 알려져 있다(Lee *et al*. 1997). 본 연구에서도 감마선 조사에 의한 건조비빔밥의 색이 옅어지는 현상이 나타나 색에 대한 관능적 품질이 저하되었다(Table 2). 따라서 본 연구에서 감마선 조사된 건조비빔밥에 파프리카 추출액을 0.05～1.0%까지 첨가한 후 관능품질을 비교평가한 결과 0.1%를 첨가한 실험구의 색이 가장 높은 점수를 보였다. 반면 0.3% 이상 첨가할 경우 첨가량이 증가할수록 붉은색이 강해져 오히려 낮은 점수를 보였다.

결 론

본 연구는 비빔밥을 위생학적 안전성이 확보된 우주식품으로 개발하기 위하여 감마선 처리된 동결건조비빔밥의 품질변화 및 비타민 C와 파프리카 추출액 첨가에 따른 관능품질 평가를 실시하였다. 동결건조비빔밥의 멸균을 위하여 30 kGy 이상의 조사선량이 요구되었으며, 이때 모든 평가항목에서 관능적 품질이 현저하게 저하되었다($p < 0.05$). 품질개선을 위해 비타민 C와 파프리카 추출액이 사용되었으며 각각 0.1%로 첨가하였을 경우 관능적 품질이 가장 높게 나타났다. 따라서 비빔밥에 비타민 C와 파프리카 추출액을 각각 0.1% 첨가 후 30 kGy의 흡수선량으로 감마선 조사 처리함으로써 우주식품의 미생물 기준을 만족하는 위생학적 품질과 관능적 품질의 동결건조 비빔밥을 제조할 수 있었다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부 및 과학재단의 지원을 받아 2011년도 한국원자력연구원 원자력연구개발사업을 통해 수행되었으며 그 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Bourland C, Fohey MF, Kloeris VL and Rapp RM. 1989. Designing a food system for space station freedom. *Food Technol.* **43**:76-77.

Choi HD, Kim SS, Kim KT, Lee JY and Park WM. 2000. Effect of presoaking treatments on growth and rot of soybean sprouts. *Korean J. Food Sci. Technol*. **32**:584-589.

Fan X, Niemira BA, Mattheis JP, Zhuang H and Olson DW. 2005. Quality of fresh-cut apple slices as affected by low dose ionizing radiation and calcium ascorbate treatment. *J. Food Sci.* **70**:143-148.

FAO/IAEA/WHO Study Group. 1999. High-dose irradiation In wholesomeness of food irradiated with doses above 10 kGy. pp 49-77. *In*: WHO Technical Report Series 890. World Health Organization, Geneva.

Farkas J. 1998. Irradiation as method for decontaminating food: A review. *Food Microbiol.* **44**:189-204.

Han KS, Pyo SH, Lee EJ and Lee HA. 2008. Standardization of the recipe for the large-scale production of korean cooked rice varieties - Bibimbap, bean sprout bab, and fried rice. *Korean Soc. Food and Cookery Sci*. **24**:580-592.

Han YS and Park JY. 2001. The microbiological and sensorial properties of frozen bibimbap namul during storage. *Korean J. Soc. Food and Cookery Sci*. **17**:149-155.

Heighdelbaugh ND. 1966. Space flight feeding concepts: Characteristics, concepts for improvement and public health implications. *JAVMA* **149**:1662-1671.

Ju JJ, Shin MG, Kwon GS and Yoon GS. 1998. Recipe standardization and nutrient analysis of local foods of cheollabuk-do province (The first report). *Korean J. Community Nutr.* **3**: 630-641.

Kang MY, Kim S, Yun HJ and Nam SH. 2004. Antioxidative activity of the extracts from Oak mushroom (Lentinus edodes) with unmarketable quality. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**:648-652.

Key SH, Moon HK, Yun CA, Song TH and Lee SH. 1995. Standardization of the preparation methods of korean foods (III) - for the focus on pibimbab (mixed rice). *Korean J. Soc Food Sci.* **11**:557-564.

Kilcast D and Subramaniam P. 2000. The stability and shelf-life of food. pp. 63-85. CRC Press, New York.

Kim HY, Kim JY and Ko SH. 2002. A study on the quality depending on preparing of food in high school contract food service. *Korean J. Food Cookery Sci.* **18**:495-504.

Kim US, Yoon HK and Koo SJ. 2004. Electron donation ability and nitrite scavenging activity of materials in a traditional one-dish meal (*bibimbap*). *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* **20**:677-683.

Lee KY, Kim HS, Lee HG, Han O and Chang UJ. 1997. Studies on the prediction of the shelf-life of *Kochujang* through the physicochemical and sensory analyses during storage. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **26**:595-600.

Lee SH, Lee HJ and Byun MW. 1997. Effects of ozone treatment and gamma irradiation on the microbial decontamination and physicochemical properties of red pepper powder. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **26**:462-467.

Maxie EC and Abdel-Kader A. 1996. Food irradiation physiology of fruits as related to feasibility of the technology. *Adv. Food Res.* **15**:105-138.

Mun SI, Ryu HS, Lee HJ and Choi JS. 1994. Further screening for antioxidant activity of vegetable plants and its active principles from zatho-xylum schinifolium. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **23**:466-471.

Placek V, Svobodova V, Bartoncek B, Rosmus J and Camra M. 2004. Shelf-stable food through high dose irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* **71**:513-516.

Song BS, Park JG, Park JN, Han IJ, Jong JI, Kim JH, Byun MW, Kang SW, Choi GH and Lee JW. 2009. High-dose processing and application to korean space foods. *Radiat. Phys. Chem.* **78**: 671-674.

Manuscript Received: September 5, 2011
Revised: September 9, 2011
Revision Accepted: September 14, 2011