

방사선 조사 건고사리의 수화 복원성, 색상 및 조직감 특성

성태화¹ · 허옥순² · 김미리^{1*}

충남대학교 식품영양학과

Rehydration Rate, Color and Texture of Soaked Fernbraken Prepared with Gamma-irradiation

Tae-Hwa Seung¹, Ok-Soon Heo² and Mee-Ree Kim^{1*}

¹Dept. of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Daejeon Regional Food & Drug Administration, Daejeon 302-713, Korea

Abstract

The gamma irradiation effect of dried fernbraken was investigated on the physical and sensory qualities during and after soaking process. Dried fernbraken packaged in vacuum was irradiated up to 7 kGy with γ -ray produced by ¹³²Cs at 0°C. Moisture content and rehydration rate of gamma-irradiated fernbraken after soaking increased significantly depending on the irradiation doses ($p < 0.05$). Lightness(L), redness(a) and yellowness(b) values of Hunter color system increased significantly in the gamma-irradiated fernbraken after soaking, compared with control, while the hardness and chewiness by the texture analyser decreased significantly in irradiated ones. Sensory evaluation results showed that the mean scores of flavor, appearance, taste, texture and over-all acceptability in soaked fernbraken irradiated were not significantly different from those in control, except higher preference score of texture in irradiated ones. From these results, it might be concluded that the irradiation does not affect the physical and sensory qualities of dried fernbraken during and after soaking, especially in texture.

Key words : Dried fernbraken, gamma irradiation, rehydration, color, texture.

서론

고사리(*Pteridium aquilinum*)는 참고사리과에 속하는 다년 생 양치식물로서 온대 지방과 열대 지방에 널리 분포되어 있으며 이른 봄부터 늦가을까지 산야에 자생한다. 고사리는 봄철에 나오는 어린 싹을 식용으로 하고 있으나, 우리의 일상 식생활에서 즐겨 애용되고 있으므로 사계절 공급 가능하도록 봄철의 어린 싹을 건조시켜 저장해서 이용하는 산채류 중의 하나이다(조재선 2000).

건조 채소류는 원료 대부분을 특정 시기에 다량 구매하거나 반제품 형태의 것을 장기 보존하면서 가공에 사용하고 있기 때문에, 보관 중 해충과 미생물에 의한 오염이 문제시되고 있으며, 이를 예방하기 위하여 여러 식품처리 방법들이 이용되어 왔다(Robert & Unnevehr 1994, Nam & Yang 2001). 최근, 세계 각국에서 식품에 사용되는 보존제나 훈증처리가 유해성분의 생성 및 잔류로 발암성 등 건강장해를 일으킬 수

있기 때문에 그 사용이 금지되거나 제한되고 있다(Marcotte 1994, Robert & Unnevehr 1994). 또한, 열에 의한 살균은 채소의 성분이나 물성이 파괴되는 경우가 많기 때문에 건조 채소류의 품질 및 위생적 안전성을 확보하기 위하여 품질의 변화에 크게 영향을 주지 않는 방법으로 방사선 조사 처리 방법을 이용하고 있다(Loaharanu P 1994, Robert & Unnevehr 1994, Byun MW 1994, Diehl JF 1995, 변명우 1997). 국내에서는 가공 식품 제조 원료용 건조 채소류에 살균·살충을 목적으로 7 kGy 이하의 선량을 이용하고 있으며, 미국, 영국, 프랑스 등을 포함한 18 여 개국에서는 살충 또는 미생물 관리를 목적으로 1 kGy 또는 10 kGy의 방사선 조사를 허용하고 있다(Kiss *et al* 1974, ICGFI 1994, WHO 1981, 1992a, 1992b, IAEA 1993, 보건복지부 1995, 변명우 1997, Nam & Yang 2001). 그러나 국내에서 방사선 조사에 관한 연구는 매우 제한적으로 이루어져 왔다(Kim *et al* 1987, Kwon *et al* 1996, Min 1998, 1999, Yook 1999, Nam & Yang 2001, Kim JH 2001, Lee *et al* 2001, Sin *et al* 2003).

본 연구에서는 방사선 조사가 건고사리의 조리 전 필수 조작인 불림 조작시의 물리적·관능적 품질에 미치는 영향을

*Corresponding author : Mee-Ree Kim, Tel: +82-42-821-6837, Fax: +82-42-822-8283, E-mail : mrkim@cnu.ac.kr

살펴보았다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용한 건고사리는 대전 노은 농수산물 시장에서 2002년도에 구입하여 사용하였다.

2. 감마선 조사

시료는 감마선 조사를 위하여 110 g씩 Nylon film(2 mL O² m⁻² 24h⁻¹ at 0°C, Sunkung Co Ltd, Korea, Seoul) 포장재를 이용 혼합가스치환포장(CO₂ 25%, N₂ 75%)하여 감마선을 조사하였다. 감마선 조사는 Co-60 감마선 조사 시설(Point source, AECL, IR-79, Nordion International Co. Ltd., Owatta, Canada, Ontario)을 이용하여 실온에서 시간당 5 kGy의 선량율로 각각 0, 3, 5, 7 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며 흡수선량의 확인은 alanine dosimeter(Bruker Instrument, Germany, Rheinstetten)를 사용하였고 총 흡수선량의 오차는 0.2 kGy이었다. 이때 조사실 온도 10±0.5°C였다.

3. 불림조작

건고사리 100 g을 칭량하여 건고사리 중량의 20 배의 증류수를 넣고 20°C에서 18 시간 방치한 후 물기를 빼고 중량을 잰 후 중량의 8 배의 증류수를 넣고 100°C에서 18분간 끓인 후 찬물에 3번 행군 다음 체에 받쳐 10 분간 물기를 뺀 후 실험에 사용하였다(한복진 등 2002).

4. 수분 함량 및 부피

AOAC법(1996)에 의거 상압가열건조법 및 적외선 수분 측정법(Thermo Control, YTC 01L, Satorius)을 병행하여 측정하였으며 부피는 종자 치환법을 이용하였다.

5. 수화 복원성(Rehydration Test)

건고사리의 수화 복원성은 다음의 공식에 의거하여 복원율을 측정하였다.

$$\text{복원율(\%)} = \frac{\text{복원 후 시료 무게} - \text{복원 전 시료 무게}}{\text{복원 전 시료 무게}} \times 100$$

6. 수분 흡수량

일정시간 재수화 후의 시료 무게에서 건조 후 무게를 뺀 값을 g당 흡수량으로 환산하여 표시하였다.

7. 색 상

시료 25 g을 곱게 마쇄한 후 패트리디쉬에 담아 색차계(Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Kogyo Co. Ltd., Japan)을 사용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하여 평균값으로 나타내었다.

8. 기계적 조직감(Texture)

고사리의 기계적 질감특성은 Texture Analyser(TA XT2, Micro Stable System, England)를 사용하여 2회 연속적으로 압착시켰을 때 얻어지는 힘-거리 곡선으로부터 각각의 springness, hardness, chewiness를 측정하였으며, 10회 반복 측정 후 평균치를 계산하였으며. Texture Analyser기기의 측정 조건은 Table 1과 같다.

9. 관능검사

불린 고사리의 관능평가를 위하여 충남대학교 식품영양학과 대학원생 및 학부생으로 구성된 20명의 평가요원에게 불린 고사리의 기호도를 검사하였다. 평가항목은 전체적인 외형, 이취, 고사리 향, 맛, 질감 및 전반적인 기호도에 대하여 9 점 척도법(hedonic scale)으로 평가하였다.

10. 통계처리

고사리의 물리적 및 관능적 특성치는 ANOVA를 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 각 시료 간의 유의적인 차이를 검증하였으며(Steel % Torrie, 1960), 모든 자료는 SPSS Package를 이용하여 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

1. 수분흡수량, 수화복원성 및 부피

방사선 조사한 건고사리의 수분함량은 Fig. 1에서와 같이

Table 1. Conditions of texture analyser for texture profile analysis of Fernbraken

Probe	φ3 mm
Force threshold	20 g
Distance threshold	0.5 mm
Contact area	7.07 mm ²
Contact force	5 g
Pre test speed	5 mm/s
Post test speed	5 mm/s
Test speed	5 mm/s
Strain	70%
Time	0.5 sec
Trigger type	Auto @ 5g

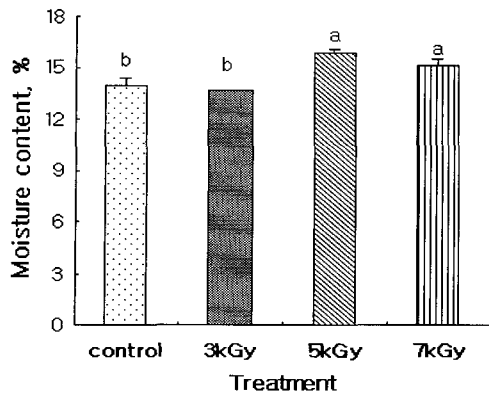


Fig. 1. Moisture content of dried fernbraken gamma irradiated.

13.66~15.86%로 대조군과 방사선 조사한 고사리군 간에 유의적인 차이가 없었다. 고사리를 20℃에서 18시간 방치 후 100℃에서 18분간 끓인 후 찬물에 3번 헹군 다음 체에 받쳐 10분간 물기를 뺀 후 수분 흡수량, 수화 복원성 및 부피를 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. 불림조작을 거친 건고사리의 수화 복원율은 대조군 589%, 방사선 조사군 3, 5 및 7 kGy군은 680%, 684%, 761%로 조사선량이 증가함에 따라 수화 복원성이 증가하였으며($p < 0.05$), 이 같은 결과는 Fig. 3에서와 같이 수분 흡수량의 증가에 기인된 것이었다. 불린 고사리의 부피 또한 대조군에 비하여 방사선 조사군에서 유의적으로 부피가 증가하였는데, 대조군에 비하여 3 kGy 조사군은 1.12배, 5 kGy 조사군은 1.28배, 7 kGy군은 1.31배로 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 이 같은 결과는 건조 콩에 방사선 조사 시와 유사한 결과(Byun et al 1999)로서, 이는 건조 채소인 고사리에 방사선을 조사하면 물리적 작용으로 인해 고사리의 세포조직에 영향을 미쳐 수분 흡수를 용이(Kim et al 1987)하게 한 것으로 수화 복원성 및 수분 흡수량, 부피가 증가된

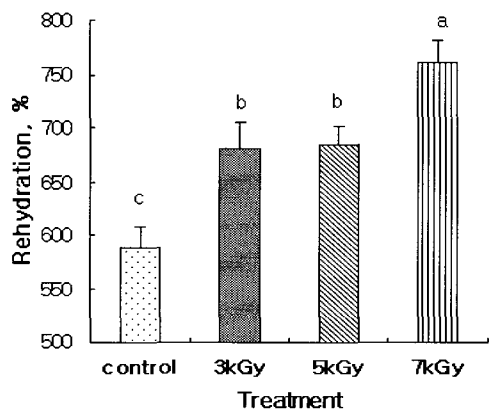


Fig. 2. Rehydration rate of soaked fernbraken prepared with gamma-irradiation.

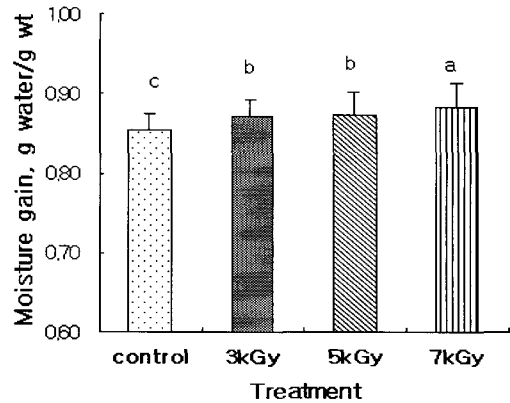


Fig. 3. Moisture gain of soaked fernbraken prepared with gamma-irradiation.

것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 건조 채소류에 적정 선량의 방사선을 조사할 경우 조리 시 재 수화에 필요한 시간 및 에너지를 단축시킬 수 있다는 Schroeder(Schroeder CW 1962) 및 Kiss 등(Kiss et al 1974)의 보고에 비추어 고사리의 전 처리 조작 중 필수단계인 불림 조작 시에 적용할 수 있는 것으로 생각된다.

2. 색 상

방사선 조사된 건고사리의 색을 색차계로 측정하여 Hunter color system으로 표현한 결과는 Table 2와 같다. 명도를 나타내는 L값과 황색도를 나타내는 b값은 대조군에 비하여 방사선 조사 처리군이 높게 나타난 반면, 적색도를 나타내는 a값은 방사선 조사 처리군이 낮게 나타났다($p < 0.05$). 방사선 조사한 건고사리를 불림조작을 거친 후에 측정 한 불린 고사리의 색도는 대조군과 비교시 3 kGy 및 5 kGy 조사 처리군에서 낮았고, 7 kGy 조사 처리군에서는 높았다. 그러나 적색도와

Table 2. Hunter color values of dried fernbraken gamma irradiated and soaked one

Treatment		L value	a value	b value
Dried	Control	36.4±0.8 ^b	3.9±0.4 ^b	13.5±0.3 ^b
	3 kGy	35.5±0.7 ^b	4.6±0.2 ^b	13.4±0.2 ^b
	5 kGy	35.8±0.9 ^b	4.0±0.3 ^b	13.5±0.2 ^b
	7 kGy	38.1±0.9 ^a	5.0±0.5 ^a	14.0±0.1 ^a
Swelled	Control	41.0±0.4 ^b	4.9±0.1 ^{N.S.}	14.4±0.1 ^{N.S.}
	3 kGy	42.4±0.8 ^b	5.1±0.1	14.9±0.1
	5 kGy	41.7±0.9 ^b	4.9±0.4	14.3±0.1
	7 kGy	44.5±0.8 ^a	5.4±0.6	14.9±0.1

^a: Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

^{N.S.}: Not significant at $p < 0.05$.

황색도는 대조군과 비교 시 조사선량이 증가할수록 높게 나타났다.

3. 기계적 조직감 특성

방사선 조사된 건고사리의 조직감 특성을 Texture analyser 를 이용하여 TPA(texture profile analysis)를 분석하여 Fig. 4~6에 나타내었다. 불린 고사리의 경도는 Fig. 4에서와 같이 대조군의 경우 569 g이었으며, 3 kGy 조사처리군은 501 g, 5 kGy 조사처리군은 367 g, 7 kGy 조사처리군은 354 g으로 방사선 조사 처리군이 조사선량에 따라 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 씹힘성(chewiness)은 대조군이 126이었으며, 3 kGy 조사처리군은 123, 5 kGy 조사처리군은 106, 7 kGy 조사처리군은 99로 방사선 조사 처리군이 조사선량에 따라 유의적으로 감소하여($p<0.05$), 건조 콩에 방사선 조사 시와 유사한 결과(Byun et al 1999)를 나타내었다. 그러나 탄력성은 Fig. 6에서와 같이 방사선 조사 처리군과 대조군간의 유의적인 차이가 없었다. 건조 나물은 조리 전에 불림 조작을 통하여 연화시켜야 조리에 이용할 수 있다. 건고사리에 방사선을 조사한 경우 대조군에 비하여 경도나 씹힘성이 낮게 나타났으므로 바람직한 것으로 나타났다. 이는 방사선 조사로 인해 건조 고사리 세포조직에 영향을 주어 고사리 불림 조작 시 물에

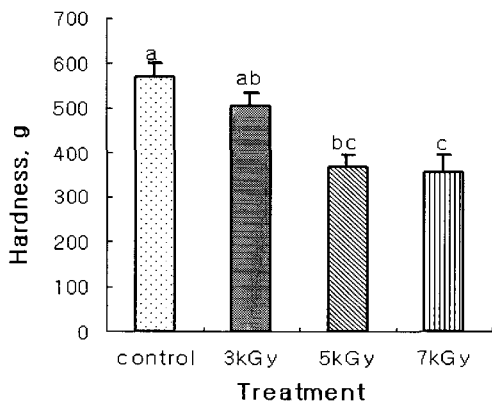


Fig. 4. Hardness of soaked fernbraken prepared with gamma-irradiation.

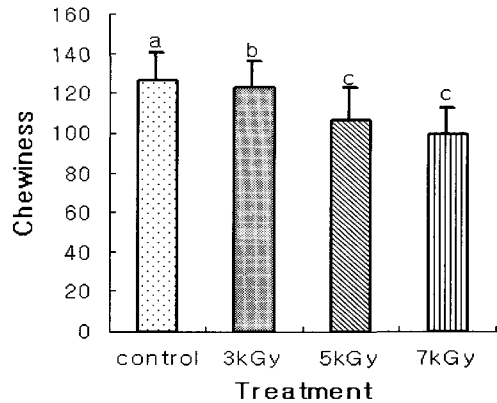


Fig. 5. Chewiness of soaked fernbraken prepared with gamma-irradiation.

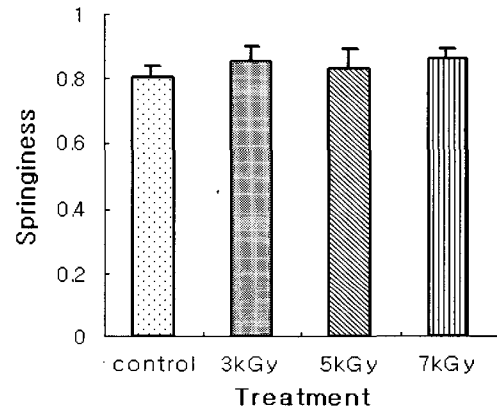


Fig. 6. Springiness of soaked fernbraken prepared with gamma-irradiation.

서 끓이는 동안 열에너지가 고사리 조직으로 용이하게 침투 되도록 하여 조직이 연화된 것으로 생각된다. 방사선 조사는 독특한 방사선의 절리작용에 의해 식품의 물리적 특성을 변화시켜 가공적성을 향상시킬 수 있다. 그 예로는 건조채소의 texture 개량, 재수화성 향상, 조리가 어려운 두류나 곡류의 조리 시간 단축, 생약재의 유효성분의 추출률 증대 및 추출 시간 단축 등이다(Yook HS 1999).

Table 3. Sensory characteristics of soaked fernbraken prepared with gamma-irradiation

Treatment	Appearance	Taste	Texture	Off-flavor	Flavor	Over-all preference
0 kGy	5.8±2.0 ^{N.S.}	4.7±2.2 ^{N.S.}	4.0±1.9 ^b	2.3±1.6 ^{N.S.}	6.1±1.3 ^{N.S.}	4.9±2.5 ^{N.S.}
3 kGy	5.4±2.8	5.9±2.1	5.6±2.3 ^{ab}	2.5±2.2	6.3±2.1	5.5±2.3
5 kGy	6.6±1.2	5.2±2.3	5.5±1.9 ^{ab}	2.9±2.6	6.6±1.4	5.7±1.7
7 kGy	6.1±2.0	6.3±2.4	6.4±2.1 ^a	2.5±2.5	6.6±1.7	6.1±2.0

^a : Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

^{N.S.}: Not significant at $p<0.05$.

4. 관능적 특성

방사선 조사된 건고사리를 불림조작 후 기호도 검사를 수행한 결과를 Table 3에 나타내었다. 불린 고사리의 관능적 특성으로는 전체적인 외관, 질감, 고사리 향, 이취, 맛, 전반적인 기호도에 대하여 9점 만점으로 평가하였다. 평가 결과, 전체적인 외관, 이취, 고사리 향, 씹힘성은 대조군과 방사선 조사군 간의 유의적인 차이는 없었다. 그러나, 질감은 대조군보다 방사선 조사 처리군에서 유의적으로 높은 점수를 나타내었다($p < 0.05$).

요약 및 결론

방사선 조사된 건고사리의 불림조작시의 물리적·관능적 특성을 살펴본 결과는 다음과 같다. 건고사리의 수분함량은 13.66~15.86%로 차이가 없었으며, 불림 조작 후 수화 복원성 및 수분 흡수량, 부피 팽창율은 감마선 조사선량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 색상은 불림 전 처리시의 경우, 투명도(L값)와 황색도(b값)는 대조군에 비하여 방사선 조사 처리군이 높게 나타난 반면 적색도(a값)는 낮게 나타났다($p < 0.05$). 기계적 조직감 특성으로 hardness와 chewiness는 대조군에 비하여 방사선 조사 처리군에서 유의적으로 낮게 나타났으며($p < 0.05$), springiness는 대조군과 방사선 조사 처리군 간의 유의적인 차이가 없었다. 관능적 특성으로 전체적인 외관, 씹힘성, 전체적인 질감, 고사리 냄새, 이취, 전체적인 맛은 대조군과 방사선 조사 처리군간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이상의 결과로부터 방사선조사는 불린 고사리의 물리적 특성을 향상시키는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학기술기획평가원의 지원을 받아 2003년도 원자력연구개발사업을 통해 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

문헌

- 보건복지부 (1995) 방사선조사기준 및 규격개정. 보건복지부 고시 제 1995-34 (95. 5. 19).
- 변명우 (1997) 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망. *Korean Soc Food Sci & Technol, Science and Industry* 30: 89-95.
- 조재선 (2000) 식품재료학. 문운당, 서울. p 268.
- 한복진, 한복려, 황혜성 (2002) 한국의 전통음식. 교문사, 서울. p 40.
- AOAC (1984) Association of Official Chemists, Official Methods of Analysis. 14th ed. Washington, DC.
- Byun MW (1994) Application of irradiation techniques to food industry. *Radioisotope News* 9: 32-37.
- Byun MW, Yook HS, Lee KH, Kim JO, Cha BS, Kim WJ(1999) Effects of gamma irradiation for improvement of physical, chemical and processing properties of soybeans. *Korea Soybean Digest* 16: 11-35.
- Byun MW (1997) The future prospect and utilization of food irradiation technology in the food industry. *Food Sci Ind* 30: 89-100.
- IAEA (1995) Concentration with irradiation dose in clearance of item by country. *Food Irradiation Newsletter* 19: 2.
- Codex Alimentarius Commission (1984) Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. CAC/VOL. XV, FAO, Rome.
- Diehl JF (1995) Safety of irradiated foods. New York, NY: Marcel Dekker, Inc.
- Hwang KT, Rhim JW (1994) Effect of various pretreatments and drying methods on the quality of dried vegetables. *Korean J Food Sci & Technol* 26: 805-813.
- ICGFI (1994) Summary report, Eleventh Meeting of the International Consultative Group on Food Irradiation. 24 Nov, FAO/IAEA/WHO.
- IAEA (1993) Use of irradiation to control infectivity of food-borne parasites. STI/PUB/933. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- Karel M (1975) Radiation preservation of foods. In : Principle of Food Science II. Marcel Dekker Inc, New York, USA.
- Kampelmacher EA (1989) Food irradiation and its contribution to public health, In : Acceptance, Control of and Trade in Irradiated Food, IAEA, Vienna, Austria, p 47.
- Kiss I et al (1974) Effects of irradiation on the technological and hygienic qualities of several food products, Improve Food Qual. Irradiat. Vienna, International Atomic Energy Agency.
- Kim JH (2001) Sterilization and preservation technology of salted and fermented anchovy sauce by gamma irradiation as non-thermal process. *Master thesis*, Kongju University.
- Kim YJ, Kim JG, Cho HO, Byung MW, Kwon JH (1987) Storage and cooking property of dried oak mushroom treated with ethylene oxide and gamma radiation. *Korean J Food Hygiene* 2: 29-34.
- Kwon JH, Byun MW, Kim JS (1996) Microbiological and

- organoleptic qualities of boiled-dried anchovies during post-irradiation period. *J Korean Soc Food Sci & Nutr* 25: 283-287.
- Kowr: JH, Kim KS (1996) The future prospect of utilization of gamma-ray energy for storage and quality improvement of foods. *Food Ind Nutr* 1: 37-48.
- Lebepe S, Molins RA, Acroen SP, Farrar IV, H. Skowronski RP (1990) Changes in microflora and other characteristics of vacuum packaged pork loins irradiated at 3.0 kGy. *J Food Sci* 55: 918-921.
- Lee YC, Kim SH, Oh SS (2001) Effect of gamma irradiation on the quality of Bulgogi sauce. *Korean J Food Sci & Technol* 33: 327-332.
- Loaharanu P (1994) Status and prospects of food irradiation. *Food Technol* 48: 124-130.
- Marcotte M (1994) Commercial food irradiation, market tests and consumer attitude research. Prepared as a discussion document for the United Nations environment programme methyl bromide technical options Committee, January.
- Min JS, Shin DK, Lee SO, Lee JI, Kim IS, Lee M (1998) Animal products and processing : The effect of γ -irradiation on chicken breast quality. *Korean J Animal Sci* 40: 661-670.
- Min JS, Lee M, Kim IS, Jung MS (1999) Animal products and processing : changes in microflora, physicochemical and sensory characteristics of Korean fresh pork loins with gamma radiation. *Korean J Animal Sci* 41: 663-670.
- Nam HS, Yang JS (2001) Changes of free radical concentration with irradiation dose and time in gamma irradiated dried vegetables. *J Korean Soc Food Sci & Nutr* 30: 854-857.
- Roberts T, Unnevehr L (1994) New approaches to regulating food safety. *Food Rev* 17: 2-8.
- Schroeder CW (1962) Dehydrating Vegetables, US Patent, 3, 025, 171.
- Sin JA, Kwon JH, Lee GT (2003) Aroma analysis by the electronic nose on red ginseng powder treated with gamma radiation, methyl bromide and phosphine. *Korean J Food Sci & Technol* 35: 825-829.
- Steel RGD, Torrie JH (1960) Analysis of variance I: The one-way classification. p 99-132 In: Principles and Procedures of Statistics, New York, McGraw-Hill.
- WHO(1981) Wholesomeness of irradiated food. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Tech. Rep. 651. World Health Org, Geneva.
- WHO(1992) Global health situation and projections estimates. World Health Organization, Geneva.
- WHO(1992) Review of the safety and nutritional adequacy of irradiated food, WHO/HPP/FOS/92.2
- Yook HS(1999) Effect of gamma irradiation on the microbiological, biochemical, morphological, nutritional, toxicological and food processing characteristics of beef. *PhD. Thesis*, Chungnam National University.

(2004년 12월 29일 접수, 2005년 1월 31일 채택)