

## Electron Beam 조사가 인삼분말의 지방질 안정성에 미치는 영향

이미경 · 최강주\* · 김정숙\*\* · 권중호#

경북대학교 식품공학과, \*KT&G중앙연구원, \*\*계명문화대학 식품영양조리과  
(2004년 9월 20일 접수, 2005년 2월 28일 수리)

### Effects of Electron-Beam Irradiation on Lipid Stability of Ginseng

Mi-Kyung Lee, Kang-Ju Choi\*, Jeong-Sook Kim\*\* and Joong-Ho Kwon#

Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

\*KT&G Central Research Institute, Daejeon 305-805, Korea

\*\*Department of Food Nutrition and Culinary, Keimyung College, Daegu 704-703, Korea

(Received September 20, 2004, Accepted February 28, 2005)

**Abstract :** Electron beam (EB), electrically produced from an electron accelerator, was compared with gamma ray (GR) in terms of its influence at doses from 0 to 15 kGy on the lipid stability of white and red ginseng powders. Irradiation (EB or GR) less than 10 kGy showed negligible effects on the composition of fatty acids in white and red ginseng powders. The thiobarbituric acid (TBA) value, however, increased with irradiation doses and storage time in both samples, which was more significant in red ginseng than white ginseng. Red ginseng revealed higher electron donating ability than white ginseng, even though there was insignificant difference between non-irradiated and irradiated samples irrespective of the post-irradiation storage for 4 months under room temperature as well as energy sources applied.

**Key words :** White and red ginseng powder, electron beam, gamma irradiation, lipid

## 서 론

고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 2000년 이상의 오랜 약용역사를 지니고 있는 우리나라의 대표적인 생약재로 알려져 왔다. 인삼은 다양한 효능이 점차 과학적으로 입증됨에 따라 세계적으로 건강기능성 식품소재로 널리 활용되고 있다. 인삼제품은 크게 수삼, 백삼, 홍삼과 이들 가공제품으로 구분된다. 백삼과 홍삼은 인삼근의 원형을 그대로 유지하면서 건조나 증삼 공정을 거친 제품들이다. 그리고 기타 인삼제품은 분말, 액상, 정제 등 여러 형태로 가공되고 있으며, 특히 최근에는 제품의 고품질 생산이 강조되고 있으므로 위생적 품질관리가 상품경쟁력의 중요한 요소가 되고 있다<sup>1)</sup>.

인삼제품의 생산에는 다양한 고품질 가공기술이 요구되는데, 특히 분말제품의 경우에는 효과적인 살균기술이 요구되고

있다. 지금까지 인삼 등 건조식품재료의 살균·살충에는 훈증방법이 이용되고 있다. 그러나 인체에 대한 위해성과 환경공해 등으로 사용이 점차 금지되는 추세이며, 이에 따라 보다 안전한 대체방안이 필요하게 되었다<sup>2-4)</sup>.

인삼제품은 한국, 중국 등 일부 국가에서 생산되고 있으며, 국내에서는 제품의 살균, 살충 등 위생화 처리를 위하여 1995년부터 감마선(7 kGy 이하) 조사를 허가하고 있다<sup>5)</sup>. Codex식품규격에는 식품에 이용될 수 있는 방사선 에너지원으로서 감마선( $\gamma$ ), 전자빔(electron beam) 및 X-선을 허용하고 있으나<sup>6)</sup> 국내에서는 전자빔과 X-선에 대한 사용이 허가되지 않은 실정이므로 위생화 기술의 이용확대를 위해서는 에너지원의 연구가 요구되고 있다<sup>5,7,8)</sup>. 따라서 본 실험은 전자빔 에너지를 이용하여 인삼분말의 살균법<sup>9-11)</sup>을 연구할 목적으로, 백삼과 홍삼분말에 전자빔과 비교구로써 감마선을 각각 조사시킨 다음 살균선량 범위의 에너지가 시료의 지방질 관련 성분에 미치는 영향을 검토하였다.

#본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로  
(전화) 053-950-5775; (팩스) 053-950-6772  
(E-mail) jhkwon@knu.ac.kr

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 백삼분말제품은 유통되고 있는 K社 제품 이었고 홍삼분말은 한국담배인삼공사의 실험용 제품이었다. 시료의 수분함량은 백삼분말 9.7%, 홍삼분말 3.8% 수준이었으며, 일련의 살균시험에 사용된 동일제품의 시료를 사용하였다.

### 방사선 조사 및 저장

인삼분말의 전자빔 조사는 전자빔 가속기(electron accelerator, model ELV-4, 1 MeV, Samsung)를 이용하여 시료 두께 4 mm 이하, 가속전류 3.13~9.40 mA, beam dimension 98 cm(길이)×7.5 cm(폭), table speed 10~20 m/min로 하여 실온에서 일정한 선량률(0.63 Gy/sec)로 총 흡수선량이 2.5~15 kGy(±3.4%)가 되도록 하였다. 또한 감마선 조사는 <sup>60</sup>Co 조사시설(100 kCi, Nordion, Ontario, Canada)을 이용하여 실온에서 일정한 선량률로 2.5~15 kGy(±0.5%)의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량은 ceric cerous dosimeter(Harwell, UK)로 확인하였다. 이상의 방사선 조사 시료는 비조사 대조시료와 함께 밀폐 용기에 포장하여 실온에 4개월 간 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 지방산 조성 분석

시료로부터 지방질 성분의 추출은 Soxhlet 방법에 의하여 16시간 동안 추출한 다음 감압농축하였다. 추출된 조지방질을 Metcalf 등<sup>12)</sup>의 방법에 준하여 0.5 N-NaOH/methanol로 가수분해 시킨 후 BF<sub>3</sub>-메탄올을 가하여 methyl ester화시킨 다음 기체 크로마토그래프(GC)로 지방산 조성을 분석하여 상대적 면적비로 나타내었다. 이때 사용된 GC는 Hewlett Packard 5890 series II, 검출기는 FID, 컬럼은 용융실리카모세관 Supelcowax 10(60 m×0.25 mm i.d.), 컬럼 온도는 180°C/min, 주입 온도는 240°C, 검출기 온도는 250°C이었다. 또한 이동상기체는 질소(유속: 0.8 mL/min, 분리비 : 1 : 30)이었다.

### 지방질 산패도 측정

시료의 방사선조사에 따른 지방질성분의 산패정도를 살펴보기 위하여 2-thiobarbituric acid(TBA)를 Turner 등<sup>13)</sup>의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 g을 원심분리관에 칭량하고 2 M-phosphoric acid에 용해한 20% trichloroacetic acid (TCA) 용액 5 ml와 0.01 M-TBA 용액 10 ml를 가하여 수욕조에서 때때로 흔들어 주면서 30분간 가열하였다. 가열 후 ice bath에서 10분간 냉각시키고 isoamyl alcohol-pyridine (2:1, v/v) 용액 15 ml를 가한 뒤 2분간 강하게 흔

들어 유상액을 파괴시킨 후, isoamyl alcohol-pyridine (2:1, v/v) 용액을 blank로 하여 상층액의 흡광도를 538 nm에서 측정하였다.

### 전자공여능 측정

인삼분말의 50% ethanol 추출액을 시료 용액으로 하여 전자공여능은 α, α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH)을 사용한 방법으로 측정하였다<sup>14)</sup>. 즉, DPPH 시약 10 mg을 100 ml 에탄올에 용해한 후 증류수 100 ml를 가하고 50% ethanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정하였다. 이 용액 5 ml와 시료용액 0.5 ml를 가하여 혼합한 후 1분 뒤 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시험구와 대조구의 흡광도를 이용하여 백분율로 나타내었다.

$$EDA (\%) = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A : 시험구의 흡광도  
B : 대조구의 흡광도

### 결과분석

이상의 지방질 관련 성분의 측정은 3회 반복으로 실시하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, Origin 6.0(Microcal Software Inc, Northampton, Mass., USA)<sup>15)</sup>을 이용하여 유의성을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 지방산 조성

인삼분말의 조지방 함량은 백삼분말의 경우 0.92%, 홍삼분말은 약 1.02% 수준이지만 식품화학적 측면에서 변화되기 쉬운 성분이므로 방사선 조사의 영향을 살펴보았다. 백삼 및 홍삼분말의 지방산 조성을 GC에 의해 분석한 결과, Table 1과 같이 각 시료에서 15종의 구성지방산이 확인되었으며, 모든 시험군에서 동일한 지방산 패턴을 보여주었다. 본 시료의 주요 지방산은 리놀레산(C<sub>18:2</sub>, 홍삼 약 70%, 백삼 약 60%), 팔미트산(C<sub>16:0</sub>, 홍삼 약 10%, 백삼 약 18%) 및 리놀렌산(C<sub>18:3</sub>, 홍삼, 백삼 각 5%) 등의 순으로 전체 지방산의 약 75~85%를 차지하였으며, 이는 다른 인삼 관련 제품의 지방산 조성 보고와<sup>16-18)</sup>와도 잘 일치하였으나, 인삼엽록차의 지방산 조성과는 다른 패턴을 보여주었다<sup>19)</sup>.

특히 인삼의 주요 지방산으로 불포화도가 각기 다른 올레산, 리놀레산 및 리놀렌산은 자동산화가 가장 용이하므로 이들의 함량조사는 인삼 지방질 성분의 안정성 평가에 주요한 척도가 될 수 있다. Table 1에서와 같이 올레산을 포함한 총 불포화 지방산(TUFA) 조성 비율은 홍삼은 약 88%, 백삼은

**Table 1.** Comparative effects of electron-beam (EB) and gamma-ray (GR) irradiation on fatty acid composition of white and red ginseng powders

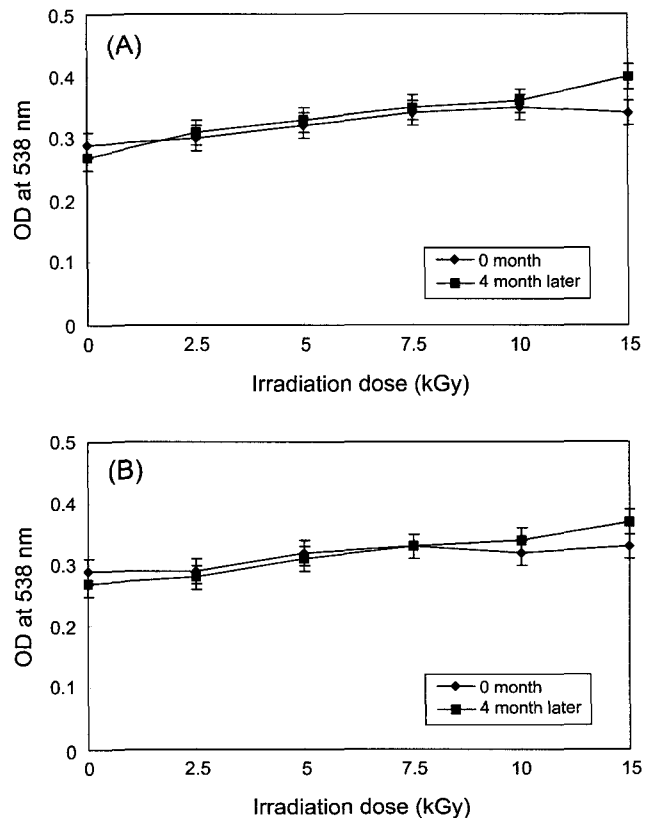
Fatty acid	White ginseng (rel. %)					Red ginseng (rel. %)				
	Control	5 kGy		10 kGy		Control	5 kGy		10 kGy	
		EB	GR	EB	GR		EB	GR	EB	GR
14:0	0.22	0.19	0.19	0.19	0.21	0.18	0.16	0.16	0.16	0.17
15:0	0.51	0.58	0.56	0.58	0.60	0.58	0.57	0.57	0.59	0.57
16:0	18.13	18.88	18.24	18.79	18.03	9.35	9.91	9.66	10.03	9.84
16:1	1.0	0.97	1.01	0.97	1.00	1.51	1.52	1.51	1.47	1.51
17:0	0.55	0.51	0.50	0.52	0.51	0.35	0.36	0.36	0.37	0.37
18:0	1.52	1.49	1.52	1.49	1.47	0.87	0.89	0.86	0.92	0.90
18:1	7.91	7.90	8.13	7.68	7.94	7.23	7.28	7.31	7.19	7.13
18:2	61.56	60.60	60.69	61.42	61.79	70.97	70.62	70.60	70.07	70.78
18:3	4.87	4.87	5.16	4.84	4.89	5.57	5.43	5.46	5.41	5.45
20:0	0.45	0.52	1.01	0.40	0.49	0.38	0.43	0.37	0.50	0.31
20:1	0.52	0.56	0.67	0.48	0.58	0.59	0.48	0.53	0.58	0.51
22:0	0.75	0.80	0.80	0.78	0.76	0.44	0.53	0.49	0.63	0.53
22:1	0.80	0.94	0.78	0.82	0.78	1.22	1.09	1.28	1.31	1.12
24:0	0.75	0.75	0.54	0.61	0.61	0.38	0.31	0.37	0.33	0.36
24:1	0.44	0.43	0.22	0.42	0.32	0.37	0.51	0.47	0.43	0.46
SFA <sup>a)</sup>	22.89	23.83	23.34	23.37	23.53	12.54	13.07	12.84	13.54	13.04
MUFA <sup>b)</sup>	10.68	10.80	10.81	10.37	10.62	10.92	10.88	11.1	10.98	10.73
PUFA <sup>c)</sup>	66.43	65.37	65.85	66.26	65.85	76.54	76.05	76.06	75.48	76.23

a) Saturated fatty acid.  
 b) Monounsaturated fatty acid.  
 c) Polyunsaturated fatty acid.

약 73%로 비조사군이나 전자빔 및 감마선 조사군 간에 뚜렷한 변화가 없었으며, 특히 불포화도가 높아 자동산화가 용이한 고도불포화 지방산의 경우에도 홍삼에서는 약 76%, 백삼에서는 약 66%로 처리군 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 살균선량의 방사선 조사는 인삼분말의 지방산 성분에 거의 영향을 미치지 않음을 알 수 있었고, 이러한 결과들은 권 등<sup>17)</sup>, 변 등<sup>18)</sup>의 보고와도 잘 일치하였다.

**지방질 산패도**

식품 중에 함유된 지방질, 특히 불포화지방산은 산패가 진행됨에 따라 과산화물과 carbonyl 화합물을 생성하며, TBA가는 이 때 생성된 malonaldehyde와 TBA와의 적색복합체를 생성하는 정색반응으로 과산화물과 함께 지방질의 산패도를 알아보는 방법이다. 본 실험에서 인삼분말의 방사선 조사와 저장기간에 따른 TBA의 변화는 Fig. 1 및 2와 같다. 처리 직후 방사선 조사군은 비조사군에 비해 조사선량의 증가와 더불어 TBA가 증가현상이 다소 나타났으며, 7 kGy 이상에서는 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 또한 실온 저장 4개월 후에는 저장 초기에 비해 백삼시료는 유의적인 차이가 없었으나, 홍삼시료는 유의적인 증가현상을 보였다(p<0.01). 이는 조사 시 두 에너지원간에 선량율의 차이에 기인된 것으로 보이지만, 이에 대한 보다 구체적인 연구가 필요하다고 본다. 이상의 결과는 권 등<sup>17)</sup>, 변 등<sup>18)</sup>, Cho 등<sup>20)</sup>의 인삼제



**Fig. 1.** Changes in TBA of electron-beam (A) and gamma-ray (B) irradiated white ginseng powder during storage at room temperature.

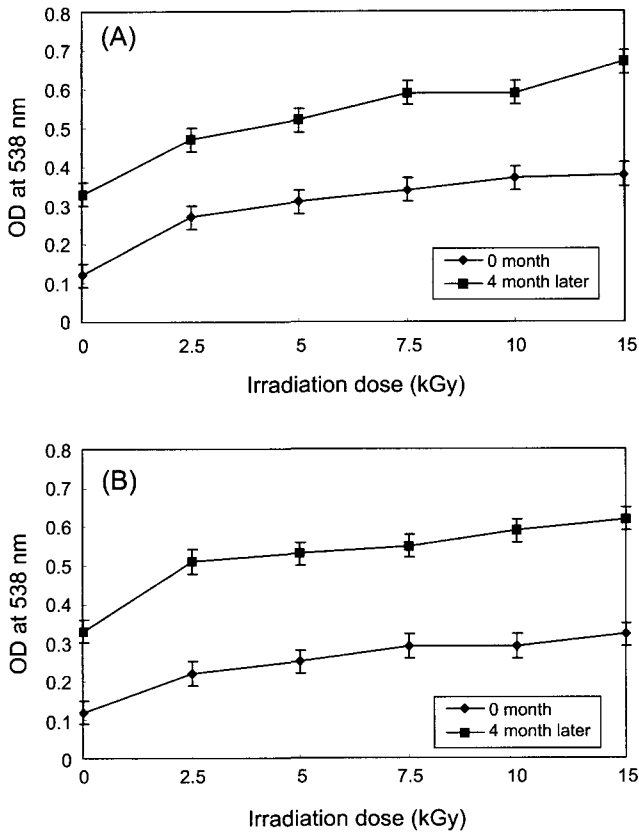


Fig. 2. Changes in TBA of electron-beam (A) and gamma-ray (B) irradiated red ginseng powder during storage at room temperature.

품에 대한 감마선 조사 연구보고와 일치하며, Kwon 등<sup>21)</sup>의 건어류에 5 kGy의 감마선 조사로 TBA가 조사선량의 증가와 저장기간의 경과에 따라 증가했다는 보고와 유사한 경향이었다. 또한 방사선 조사가 지방산패를 촉진하여 malonaldehyde 및 glyoxal 등을 생성해 TBA와 적색중합체를 많이 형성한다는 보고<sup>7)</sup>는 본 실험의 결과를 잘 뒷받침해 주었다. 따라서 고선량의 방사선 조사는 정상적인 자동산화의 경우보다 더 많은 유리기를 형성하며, 이 작용기들은 정상적인 자동산화와는 다른 더 짧은 연쇄반응을 일으키는 듯 하다<sup>7)</sup>. 그러나 인삼분말에서 지방 함량이 1% 정도의 미량이므로 산패도의 증가는 인삼제품의 품질에 큰 영향은 미치지 않을 것으로 사료된다<sup>22,23)</sup>.

#### 전자공여능 변화

항산화성 물질의 가장 특이적인 반응은 oxidative free radical reaction이다. 본 실험에서 인삼분말의 방사선 조사와

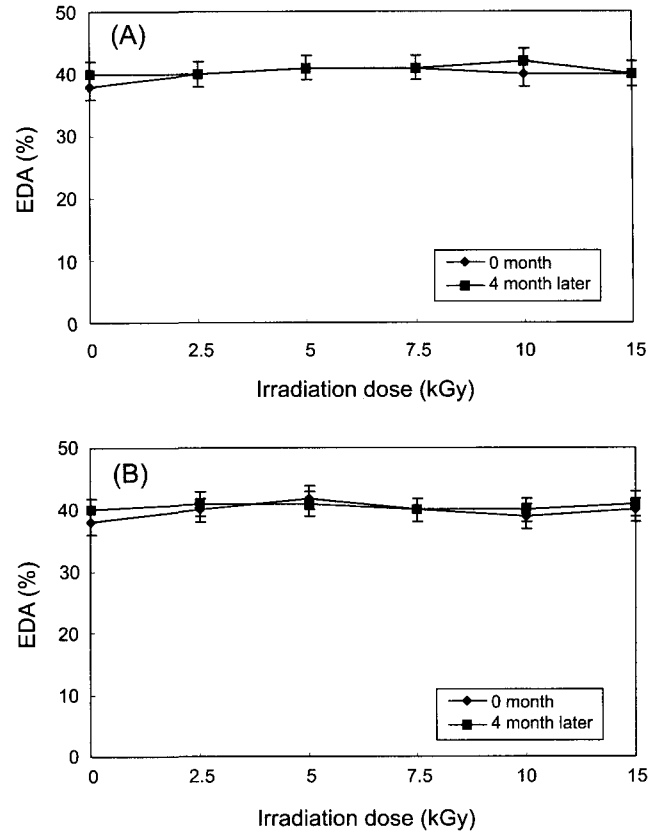


Fig. 3. Changes in electron donating ability of electron-beam (A) and gamma-ray (B) irradiated white ginseng.

저장기간에 따른 추출액의 전자공여능의 변화를 안정한 free radical인  $\alpha, \alpha'$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyl (DPPH)에 의한 흡광도의 감소현상으로 측정하였다. Fig. 3 및 4와 같이 인삼추출액은 반응 1분 범위에서 강한 전자공여능을 보였고, 백삼보다는 홍삼에서 더욱 강한 전자공여능을 나타내었다. 그리고 조사군과 비조사군 사이에서도 유의적인 차이가 없었으며, 전자빔과 감마선 조사군 사이에도 유의적인 차이가 없었다. 또한 실은 저장 4개월 후 홍삼 및 백삼분말의 전자공여능의 변화는 유의적이지 않았다. 이러한 결과는 권 등<sup>17)</sup>, 변 등<sup>18)</sup>, Cho 등<sup>20)</sup>의 보고와도 일치하였다. 인삼 갈변물질의 항산화효과에 대해서는 많은 보고가 있는데 model system, 즉 glucose와 glycine을 수용액 중에서 가열해서 생성된 melanoidin 분자 중에는 비교적 안정한 유리기가 존재하며, 산화방지제의 항산화능은 이러한 유리기에 의해서 발휘되기 때문에 melanoidin의 유리기는 항산화능과 관계가 있다고 보고하고 있다<sup>24)</sup>. 이상과 같은 보고 내용은 본 실험에서 홍삼이 백삼에 비해 항산화능이 높게 나타나고 있음을 잘 뒷받침해 주고 있다.

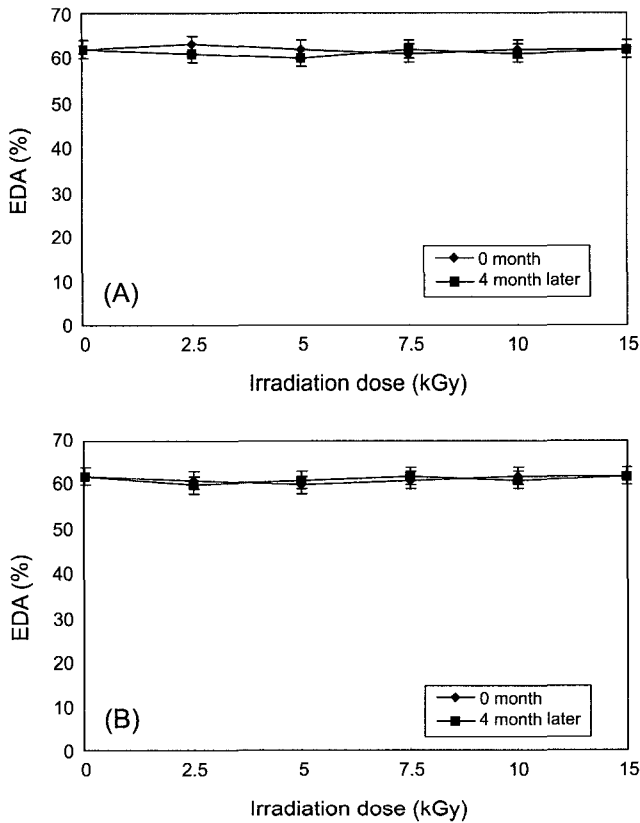


Fig. 4. Changes in electron donating ability of electron-beam (A) and gamma-ray (B) irradiated red ginseng powder.

요 약

인삼분말의 새로운 살균법을 연구할 목적으로 백삼과 홍삼 분말을 대상으로 전자빔과 비교구로써 감마선을 각각 0~15 kGy 범위로 조사시킨 다음, 시료의 지방질 관련 성분에 미치는 영향을 검토하였다. 살균효과가 인정되는 10 kGy 이하의 전자빔 및 감마선 조사는 백삼 및 홍삼 분말의 지방산 패턴 및 조성에 영향을 미치지 않았다. 방사선 조사는 시료의 TBA 값을 증가시켰으며, 저장기간이 경과함에 따라 모든 시험군에서 다소 증가됨을 보였다. 특히 홍삼분말이 백삼분말보다 높은 TBA를 나타내었다. 백삼보다 홍삼 시료에서 강한 전자공여 능을 나타내었고, 방사선 조사 여부 뿐만 아니라 전자빔과 감마선 사이에도 유의적인 차이가 없었다. 한편 저장 4개월 후에도 인삼분말의 전자공여능은 유의적인 변화를 보이지 않았다.

감사의 말씀

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. KGTRI : Korean ginseng. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Cheonil Press, Daejeon, Korea, p. 43-51 (1994).
2. Kwon, J.H., Cho, H.O., Byun, M.W., Kim, S.W. and Yang, J.S. : Development of irradiation techniques for quality improvement of ginseng products. KAERI/RR-1018/90, p. 1-88 (1990).
3. Vajdi, M. and Pereira, R.R. : Comparative effects of ethylene oxide,  $\gamma$ -irradiation and microwave treatments on selected spices. *J. Food Sci.* 38, 893-895 (1973).
4. UNEP : Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee, United Nations of Environment Program, p. 1-294 (1995).
5. KFDA : Food standard code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, p. 126 (2002).
6. Codex Alimentarius Commission : 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 (1984).
7. Josephson, E.S. and Peterson, M.S. : Preservation of food by ionizing radiation, Vol. I-III, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, U.S.A. (1983).
8. Kwon, J.H., Chung, H.W., Byun, M.W. and Kang, I.J. : Thermoluminescence detection of Korean traditional foods exposed to gamma and electron-beam. *Radiat. Phys. Chem.* 52, 151-156 (1998).
9. Kwon J.H., Lee M.K. and Lee M.H. : Sterilizing effect of electron beam on ginseng powders. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30, 1362-1366 (1998).
10. Lee, M.K., Kwon, J.H. and Do, J.H. : Effects of electron-beam irradiation on color and organoleptic qualities of ginseng powders. *J. Ginseng Res.* 22, 252-259 (1998).
11. Lee, M.K., Lee, J.W., Do, J.H. and Kwon, J.H. : Effects of electron-beam irradiation on saponins and physio-chemical properties of ginseng powders. *Korean J. Food Preserv.* 10, 206-212 (2003).
12. Metcalf, L.D., Schmitz, A.A. and Pelka, J.R. : Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* 38, 514-515 (1966).
13. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M. and Olson, F.C. : Use of 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J. Agric. Food Chem.* 8, 326-330 (1954).
14. Blois, M.S. : Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 181, 1199-1202 (1958).
15. Origin. : Origin tutorial manual. Version 6.0, Microcal Soft-

- ware Inc., Northampton, MA, U.S.A., p. 20-45. (1999).
16. Choi, K.J. and Kim, D.H. : Study on lipid components of fresh ginseng, red ginseng and white Ginseng. *Kor. J. Pharmacogn.* **15**, 141-150 (1985).
  17. Kwon, J.H., Lee, J.E., Jung, S.W. and Choi, K.J. : Comparative effects of gamma irradiation and phosphine fumigation on lipid-related components of white ginseng during post-treatment period. *Korean J. Food Sci. Technol.* **31**, 1447-1452 (1999).
  18. Byun, M.W., Jo, S.K., Jo, H.O., Youk, H.S., Kim, S.A. and Choi, K.J. : Application of gamma irradiation for quality improvement of red ginseng. *J. Fd. Hyg. Safety.* **9**, 151-163 (1994).
  19. Kwon, J.H., Byun, M.W., Choi, K.J. Kwon, D.W. and Cho, H.O. : Effects of decontamination treatments on chemical componets of *Panax* ginseng-leaf tea. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**, 65-69 (1992).
  20. Cho, H.O., Byun, M.W., Kang, I.J., Youk, H.S. and Kwon, J.H. : Improvement of hygienic quality of white ginseng powders by gamma irradiation. *Radioisotopes.* **43**, 750-759 (1994).
  21. Kwon, J.H., Kausar, T., Noh, J.E., Warriar, S.B., Venugopal, V., Karani, M., Artik, A., Bhushan, B., Byun, M.W., Kim, S.J., Kim K.H. and Kim, K.S. : Inter-country transportation of irradiated dried Korean fish to prove its quality and identity. *Radiat. Phys. Chem.* **71**, 81-85 (2004).
  22. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R. and Pare, J.R.J. : Effects of ionizing energy treatment on the quality of ginseng products. *Radiat. Phys. Chem.* **34**, 963-967 (1989).
  23. Kwon, J.H., Belanger, J. M. R., Sigouin, M., Lanthier, J., Willemot, C. and Pare, J.R.J. : Chemical constituents of *Panax* ginseng exposed to g-irradiation. *J. Agric. Food Chem.* **38**, 830-834 (1990).
  24. Kim, D.Y. : Studies on the browning of red ginseng. *J. Korean Agri. Chem. Soc.* **16**, 60-77 (1973).