

## 홍삼의 품질안정성 향상을 위한 감마선의 이용

권중호·변명우\*·장석도\*\*·이광승\*\*

경북대학교 식품공학과, \*한국원자력연구소, \*\*인삼협동조합중앙회 고려인삼창

### Improvement of Quality Stability of Red Ginseng by Gamma Irradiation

Joong-Ho Kwon, Myung-Woo Byun\*, Suk-Do Chang\*\*, and Kwang-Seung Lee\*\*

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

\*Korea Atomic Energy Research Institute

\*\*Korea Ginseng Processing Plant, Korea Ginseng Cooperative Federation

#### Abstract

Commercial red ginseng, which was manufactured for the past 6 years, showed a microbial level of  $2.0 \times 10^1$  to  $7.2 \times 10^1$  CFU/g of total aerobic bacteria and molds. The moisture content of commercial products was ranged from 13.54 to 17.26%, which were higher than that of the product standard, 14%. Irradiation of red ginseng at 2.5 kGy resulted in the reduction of microorganisms contaminated to below the detectable level. Irradiation prevented mold growth on red ginseng during storage at RH 90% and 25°C; molds were found at the 72nd day after storage in 2.5 kGy-irradiated sample, while 41st day in the nonirradiated control. At this point of time, irradiated samples showed an increased level of moisture content required for mold growth, 22.2% in 2.5 kGy group and 21.5% in control group. Based on the above results, microbiological qualities of red ginseng could be effectively improved by the optimum dose of irradiation, which was expected to secure the quality stability of red ginseng during distribution under the high-moistured conditions.

**Key words :** red ginseng, moisture, microbiological quality, irradiation

#### 서 론

수출전략품목의 하나인 고려인삼은 크게 수삼, 백삼, 홍삼 및 그 제품들로 구별된다. 인삼의 가공은 원형을 유지하는 1차가공(본삼류)과 1차 가공된 인삼을 원료로 하여 복용편의 위주로 가공하는 2차가공제품류로 나누고 있다(1). 특히 인삼의 원형이 거의 그대로 유지되는 1차가공제품류인 홍삼, 백삼, 태극삼, 당삼, 봉밀삼 등은 외관적 품질이 가장 우선적으로

평가되고 있다. 특히 '96. 7. 1 홍삼전매법의 폐지와 더불어 정부 주도로 제조되어 온 6년근 홍삼도 제조 시설을 갖추면 누구나 제조할 수 있게됨에 따라 4~6년근 홍삼시대를 맞이하게 되었으며, 이에 따라 제품의 품질관리가 그 어느때 보다 중요시 되고 있다 (2). 그 동안 홍삼은 6년근 수삼을 원료로 하여 수세증삼(蒸蔘)-건조 과정을 거친뒤 정형(整形)-선별-포장 등의 공정으로 제조되어 왔으며 (3), 그 결과 홍삼 및 그 제품들은 해외시장에서 가장 우수한 품질의 제품으로 인정되어 왔다. 그러나 제조 가공 중 일부 오염된 미생물에 의하여 저장 유통 중 품질저하를 초래할 수도 있다(4,5). 따라서 안전한 장기저장 및 유통

Corresponding author : Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Tague 702-701, Korea.

을 위해서는 미생물학적 품질관리가 무엇보다 중요한 요소가 되고 있다. 제품의 품질이 균일하였다고 볼 수 있다. 그러나 원료삼의 저장이나 인삼제품의 장기 유통과정에서는 흡습이나 해충, 미생물 등에 의한 생물학적 품질변화가 야기될 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 수분함량의 조절이나 화학훈증제 등에 의한 방법이 사용될 수 있을 것이다(6,7).

식품 중의 수분은 퍼센트(%) 함량으로 표시하는 것이 일반적이나 이는 식품저장 조건에 따라 변화되므로 식품의 수분함량을 대기중의 상대습도 (relative humidity, RH)를 고려한 수분활성도 (water activity,  $a_w$ )로 나타내기도 한다(8,9). 식품의 품질안정성은 여러 요인에 의해 영향을 받으나 특히, 저장 온·습도에 따른 수분활성의 변화와 (미)생물학적인 요인에 의해 크게 영향을 받게 된다(10-12).

따라서 본 연구에서는 홍삼의 저장유통 중 품질안정성 향상을 위한 기초자료를 마련하고자, 홍삼의 제조년도 별 미생물의 수준과 수분함량을 확인하고 여러 상대습도에서 흡습특성과 홍삼의 발미(發微)현상에 미치는 감마선 조사의 영향을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험의 홍삼시료는 한국담배인삼공사 고려인삼장에서 1986년부터 1991년까지 각 년도별로 제조된 시판제품(양삼 30지)으로서, 실온에 보관하면서 미생물학적 안정성 및 흡습특성 실험에 사용하였다.

### 미생물 수 측정

홍삼의 제조년도별 미생물 분포 및 농도를 조사하기 위하여 무균적으로 마쇄된 시료 20 g에 100ml의 살균된 0.1% - peptone 수를 가하고 30분간 진탕시킨 후 무균켜트로 여과하여 시험액으로 하였다. 각 미생물검사는 이 시험액을 사용하여 3회 반복 실시하고 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit (CFU)로 나타내었다. 먼저 호기성 총세균은 APHA 표준방법(13)에 따라 plate count agar (Difco, Lab.)를 사용하여 30°C에서 1~2일간 배양 후 집락을 계수하였다. 총곰팡이는 potato dextrose agar (PDA, Difco, Lab.)를 사용하여 멸균된 10%-tartaric acid를 사용하여 pH를 3.5로 조절하고 평판법으로 25°C에서 5~6일간 배양한 후 포자형성 집락을 계수하였다(13). 대장균군은 desoxycholate agar(Difco, Lab.)를 이용한 pour plate method(14)로 37°C에서 1~2일간 배양한 후 적색 집락의 형성을 조사하였다.

### 수분함량 측정

홍삼 시료의 수분함량은 105°C 상압건조법(15)에 따라 3회 반복으로 측정하였다.

### 감마선 조사

한국원자력연구소에 소재하는 Co-60 감마선 조사 시설 (800 Ci; 30 TBq)을 이용하여 실온에서 홍삼 및 분리된 곰팡이에 대하여 0~10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 이 때 흡수선량의 확인을 위하여 free radical dosimeter와 ceric cerous dosimeter가 사용되었다. 감마선 조사시 시료의 포장은 시험의 목적에다.

### 흡습특성 조사

홍삼의 흡습특성은 테시케이타법을 이용하였다. 포화염용액으로 조제된(16) 여러 상대습도 조건(11%~97%) 하에서 (Table 1) 시료의 탈습 및 흡습특성을 조사함으로써 등온흡습곡선을 구하고, Brunauer-Emmet-Teller theory(17)에서 유도된 아래 BET 변형식에 의해 시료의 단분자층 수분함량을 산출하여 이론적인 안전수분활성 범위를 확인하였다.

$$\frac{1}{m(1-a)} = \frac{1}{m_1 C} + \frac{C-1}{m_1 C} a$$

여기서 a = 수분활성도, % ERH/100

m = 평형수분함량 (dry basis, %)

c = 상수

$m_1$  = 단분자층 수분함량 (dry basis, %)

Table. 1. Relative humidities of saturated salt solutions at 25°C

Salts	Relative humidity (%)
Lithium chloride (LiCl)	11
Potassium acetate (CH <sub>3</sub> COOK)	23
Magnesium chloride (MgCl <sub>2</sub> )	33
Potassium carbonate (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	43
Sodium bromide (NaBr)	57
Cupric chloride (CuCl <sub>2</sub> )	67
Sodium chloride (NaCl)	75
Potassium chloride (KCl)	86
Potassium sulfate (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	97

### 발미현상과 한계수분함량 측정

살균처리된 홍삼을 시험관에 2~3뿌리씩 넣고 전보(4)에서 분리된 곰팡이를 10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup> CFU/ml 정도 인위적으로 접종한 다음 감마선을 2.5, 5, 7.5 및 10 kGy 조사한 후 비조사군과 함께 25°C, RH 57%, 75% 및 90%가 유지되는 chamber에 저장하였다. 이 때 비

조사군 및 조사군의 조사선량에 따른 곰팡이의 발생 양상을 육안적으로 관찰하고 곰팡이 발생시점에서의 홍삼 수분함량을 상기와 같이 105℃ 상압건조법(15)으로 정량하여 각 시료별 미생물학적 한계수분범위를 알아 보았다. 또한 감마선 조사시 홍삼의 살균에 따른 제품의 수분함량 증가 가능성 확인으로 고수분 제품에 대한 품질 및 저장안정성 시험에 필요한 몇 가지 자료를 마련코자 하였다.

**결과 및 고찰**

**제조년도 별 홍삼의 미생물농도 및 수분함량**

본 실험에 사용된 제조년도 별 (1986~1991) 홍삼의 미생물 오염도는 Table 2와 같다. 호기성 전세균의 경우 모든 시료에서  $3.8 \times 10^1 \sim 7.2 \times 10^1$  CFU/g의 낮은 수준을 보였고, 대장균군은 '89년도에 제조된 제품에서만 양성반응을 나타내었다. 곰팡이의 경우에는 모든 시료에서  $2.0 \times 10^1 \sim 3.1 \times 10^1$  CFU/g 범위의 혼입도를 나타내어 유통 및 장기저장 중 적당한 환경조건만 주어진다면 이들의 발생으로 품질의 변화가 초래될 수 있다고 하겠다 (Fig. 1). 또한 제조년도 별 시료의 수분함량은 Table 2에서와 같이 13.54~17.26% 범위로 홍삼의 제품규격 기준인 14% 보다는 훨씬 높은 수준이었고, 이는 저장 유통 중 제품의 수분함량이 변화될 수 있음을 보여 주고 있다. 그리고 오염미생물에 대한 감마선 조사의 살균효과는 2.5 kGy의 낮은 조사선량에서도 모든 미생물을 검출한계 이하로 제거시킬 수 있었다. 일반적으로 미생물의 방사선 감수선은 미생물의 종류와 농도, 매개체의 화학적 조성 및 물리적 상태, 방사선조사 전후의 환경조건 등에 따라 살균선량이 달라지는데(18), 본 실험에서 살균에 요구된 낮은 조사선량은 홍삼의 낮은 미생물 오염이 그 원인으로 생각된다.

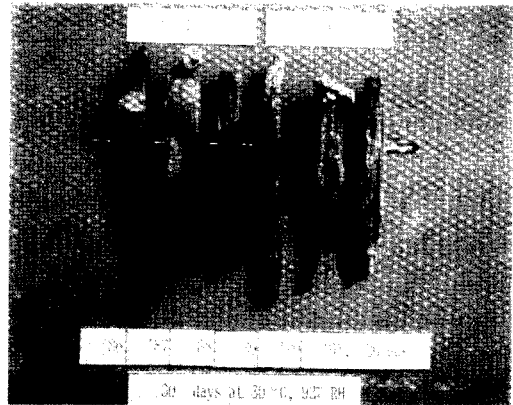


Fig. 1. Mold growth in commercial red ginseng.

**홍삼의 발미현상에 대한 감마선조사의 영향**

홍삼에서 분리된 곰팡이를 살균된 홍삼에 인위적으로 접종하고 일정기간 배양한 다음 0~10 kGy 범위의 감마선을 조사하여 여러 상대습도(25℃)에서 배양하면서 곰팡이의 발생 유무를 관찰한 결과, 비조사군의 경우는 저장 41일째에, 2.5 kGy 조사군에서는 저장 72일째에 곰팡이 포자의 발생이 육안적으로 관찰되었다(Fig. 2). 이 등(15)도 홍삼을 25℃, RH 80% chamber에 무포장으로 저장했을 때 저장 3개월부터 곰팡이의 발생이 확인되었다고 한다. 그러나 5 kGy 이상의 감마선 조사군에서는 저장 4개월까지도 발미현상을 보이지 않아 곰팡이의 발생시점이 크게 연장될 것으로 예상된다. 또한 곰팡이포자의 발생이 확인된 시점에서 저장홍삼의 수분함량을 측정해 본 결과, 비조사 대조군은 약 21.5%, 2.5 kGy 조사군은 22.2%로 감마선 조사선량의 증가에 따라 홍삼의 미생물학적 품질에 관련된 한계수분을 높일 수 있는 가능성이 나타났다 (Table 3).

Table 2. Distribution of microorganisms in red ginseng according to the production year

Microorganisms	Production year					
	1986	1987	1988	1989	1990	1991
Total aerobic bacteria	$7.2 \times 10^1$	$3.8 \times 10^1$	$5.0 \times 10^1$	$6.7 \times 10^1$	$7.0 \times 10^1$	$5.9 \times 10^1$
Molds	$2.1 \times 10^1$	$2.6 \times 10^1$	$2.8 \times 10^1$	$2.6 \times 10^1$	$3.1 \times 10^1$	$2.0 \times 10^1$
Coliforms	-	-	-	+) )	-	-
Moisture content (%)	14.54	14.13	17.26	16.25	14.55	13.54

) positive.

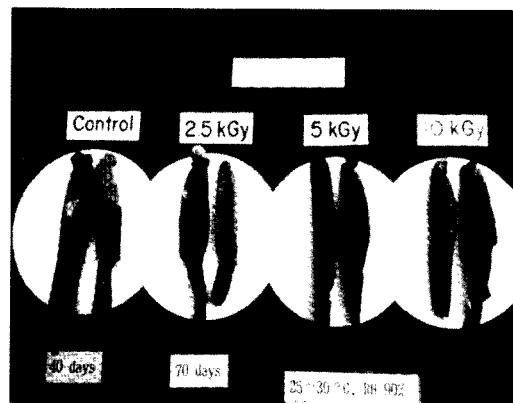


Fig. 2. Irradiation effects on mold growth of red ginseng.

Table 3. Shelf-life and critical moisture content of gamma-irradiated red ginseng under different relative humidities at 25°C<sup>1)</sup>

Irradiation dose(kGy)	RH 57%		RH 75%		RH 90%	
	Days	Moisture (%)	Days	Moisture (%)	Days	Moisture (%)
Control	- <sup>2)</sup>	-	-	-	41	21.46
2.5 kGy	-	-	-	-	72	22.21
5 kGy	-	-	-	-	-	-
10 kGy	-	-	-	-	-	-

1) Shelf-life was expressed as the visual point of mold growth.  
2) Mold growth was not observed.

### 홍삼의 흡습특성과 미생물학적 품질안정성

홍삼시료에 대한 흡습특성시험 결과에서 볼 때 (Fig. 3.) 각각 다른 상대습도에서의 평형수분 함량은 RH 11~33%에서 6.25~8.81%였고, RH 43~57%에서는 10.23~13.49%로 수분함량이 평형에 도달하는 시간이 가장 빨랐다. RH 67~97%는 17.24~29.76%로 상대습도가 높아짐에 따라 평형에 도달하는 시간과 수분함량이 증가됨을 알 수 있었다. 이 결과로부터 얻어진 홍삼의 등온흡습곡선은 다른 건조식품의 경우와 같이 전형적인 sigmoid 곡선을 나타내었다.

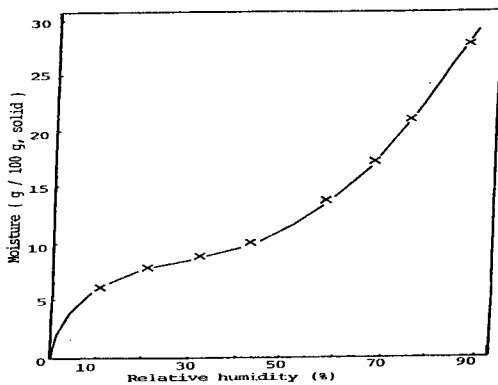


Fig. 3. Adsorption isotherm for red ginseng at 25°C.

미생물의 생육과 관계되는 수분활성도 ( $a_w$ )는 일정한 온도에서 식품의 수증기압 ( $P_s$ )에 대한 순수한 물의 수증기압 ( $P_o$ )의 비율, 즉  $a_w = P_s/P_o$  이고 이를 백분율로 나타낸 것이 평형상대습도 (% ERH)이므로, 등온흡습곡선에서 x축의 평형상대습도는  $a_w$ 로 대체될 수 있다. 일반적으로 곰팡이의 생육한계  $a_w$ 는 0.64 즉 RH 64%인데(9,10), 본 실험에 사용된 홍삼시료의 이에 상응하는 평형수분 함량은 25°C에서  $a_w$  0.64는 15.7%,  $a_w$  0.75~0.85는 21.0~26.3% 범위로 측정되었

다. 이는 앞에서 언급된 홍삼에서 분리 동정된 곰팡이를 인위적으로 홍삼에 접종하고 RH 90%, 25~30°C 조건에 배양하면서 곰팡이 발생시점에서의 수분함량을 측정해 본 결과 21~22% 범위로 나타나 홍삼의 흡습특성에 대한 시험결과와 잘 일치함을 알 수 있었다. 따라서 홍삼의 일반 곰팡이 발생에 요구되는 수분함량은 약 20% 범위로 예상할 수 있겠다. 그리고 일반적으로 건조식품의 경우 가장 좋은 보존성을 유지할 수 있는 수분함량은 물분자가 식품 내에서 단일분자막을 형성할 때라고 알려져 있으나(19), 등온흡습곡선과 BET 변형식에 의해 홍삼의 단분자층 수분함량을 구한 결과는 6.06g/100g이었으며, 이러한 단분자층 수분함량을 유지하기 위한 수분활성도는 0.102 범위로 매우 낮게 나타났다 (Fig. 4). 도 등(20)은 홍삼 및 홍삼분말에 대한 저장성 연구에서 홍삼의 단분자층 수분함량은 3.52g/100g ( $a_w = 0.14$ )이고, 홍삼분말은 6.37 g/100 g ( $a_w = 0.16$ ) 이라 보고하였는데 이는 본 실험에서 보다 다소 낮은 값이었다.

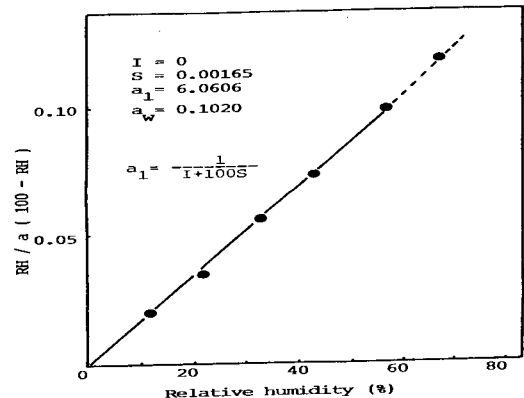


Fig. 4. Modified BET moisture-sorption isotherm for red ginseng at 25°C.

이상의 결과에서 볼 때 현행 제조되고 있는 홍삼에는 낮은 농도이지만 곰팡이의 혼입이 확인되어 장기간 저장 유통시에는 흡습 등으로 미생물에 의한 변질이 일어날 수 있다고 판단된다. 따라서 미생물학적 안정성 확보를 위해서는 제품의 완전살균과 재오염 및 흡습방지를 위한 포장방법의 선택이 요구되며, 살균방법으로는 본 실험에서 시도된 밀봉포장후 살균처리가 가능한 감마선 조사기법이 가장 적당할 것으로 예상된다(21,22). 또한 본 기술의 활용시에는 혼입 미생물의 완전살균이 가능하므로 현행 제품의 한계수분(14%)를 높일 수 있을 것으로 기대되어 홍삼의 물성개선과 생산성 증대효과를 가져올 수 있다고 사료된다(23).

이상의 결과에서 볼 때 홍삼에 혼입된 곰팡이를 위시한 미생물은 감마선에 의해 쉽게 사멸될 수 있는 것으로 나타났다. 특히 감마선은 강력한 투과력을 지니고 있어 완전포장된 상태에서도 내부 살균이 가능하므로 홍삼 저장중 미생물학적 품질안정성 확보와 제조시 건조공정과 관련된 홍삼의 기준 수분함량을 높일 수 있는 가능성이 인정되었다.

### 요 약

유통되고 있는 홍삼에는 낮은 수준이지만 호기성 총세균과 곰팡이가  $2.0 \times 10^1 \sim 7.2 \times 10^1$  CFU/g 수준으로 혼입되어 있었으며, 제품의 수분함량은 13.54~17.26% 범위로 수분규격인 14%를 상회하였다. 홍삼에 혼입된 미생물은 낮은 농도이므로 2.5 kGy의 감마선 조사에 의해 검출한계 이하로 감소되었다. 살균된 홍삼에 곰팡이를 접종하고 일정기간 배양한 뒤 0~10 kGy의 감마선을 조사하여 RH 90%, 25℃에 저장하였을 때 비조사 대조군은 41일째, 2.5 kGy 조사는 72일째에 각각 곰팡이 포자의 발생이 확인되었다. 이 시점에서 시료의 수분함량은 각각 21.5%와 22.2%로 나타나다나 미생물학적 품질개선이 가능한 적정선량의 감마선 조사는 홍삼의 유통안정성을 높혀 줄 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구 결과는 과학기술부 원자력연구개발 과제 의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 박명규 (1994) 고려인삼, 한국인삼연구원, 대전, p. 44
2. 강신수 (1998) 한국식품연감, 농수축산신문, 서울, p. 620
3. 한국담배인삼공사 (1987) 홍삼제품제조 GMP기준서
4. 육홍선, 김성애, 변명우, 권중호 (1996) 감마선 조사를 이용한 홍삼분말의 오염미생물 제거. 한국식품과학회지, 28(2) 366-370
5. 이광승, 도재호, 장진규, 노길봉, 이성계, 한중순, 임순빈 (1990) 홍삼제품제조가공기술개발 연구보고서, 한국인삼연구소, p. 260-264
6. 성현순, 김상달, 도재호, 유순자 (1982) 홍백삼 보존성 연구. 한국인삼연구소 연구보고서, p. 77-91
7. 권중호, 변명우, 이수정 (1994) 백삼분말의 흡습특성 및 미생물학적 품질안정성에 대한 감마선 및 에틸렌옥시드 처리의 영향. 한국식품과학회지, 26(3), 272-277
8. Salwin, H. (1962) The role of moisture content in deteriorative reactions of dehydrated foods. In Freeze Drying of Foods, Fisher, F.R. ed., Natl. Acad. Sci. Natl. Res. Council., Washington, D.C., p. 58
9. Rockland, L.B. and Beuchat, L.R. (1987) Water Activity: Theory and Application to Food. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, p. 101-133
10. Fennema, O.R. (1996) Food Chemistry. 3rd ed., Marcel Dekker Inc., New York, p. 42-86
11. Rockland, L.B. and Nishi, S.K. (1980) Influence of water activity on food product quality and stability. *Food Technol.*, 34, 42-59
12. 박길동, 김우정, 최진호, 양재원, 성현순 (1981) 홍삼제품의 저장온도와 흡습속도와와의 관계. 고려인삼학회지, 5(1), 1-7
13. APHA (1976) Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. M. Speck (ed.), American Public Health Association, Washington, D.C.
14. Harrigan, W.F. and Mccance, M.C. (1976) Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London.
15. AOAC (1980) Methods of Analysis. 13rd ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
16. Rockland, L.B. (1960) Saturated salt solutions for static control of relative humidity 5℃ and 40℃. *Anal. Chem.*, 32(10), 1375-1376
17. Brunauer, S., Emmet, P.H., and Teller, E. (1938) Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 309-319
18. IAEA (1982) Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques. Technical Reports Series No. 114, Second Edition, Vienna, p. 43-60
19. Labuza, T.P., Tannenbaum, S.R. and Karel, M. (1970) Water content and stability of low-moisture and intermediate-moisture foods. *Food Technol.*, 24, 543-550
20. 도재호, 노혜원, 김상달, 오훈일 (1981) 수분활성도가 홍삼저장성에 미치는 영향. 고려인삼학회지, 5(2), 108-113
21. 권중호, 조한옥, 변명우, 김석원, 양재승, 이수정 (1991) 인삼제품의 품질개선을 위한 방사선 이용 기술 개발. 과학기술처 특정연구과제 보고서, p. 1-88

22. Cho, H.O., Byun, M.W., Kang, I.J., Youk, H.S. and Kwon, J.H. (1994) Improvement of hygienic quality of white ginseng powder by gamma irradiation. *Radioisotopes*, **43**, 750-759
23. 변명우, 조성기, 조한옥, 육홍선, 김성애, 최강주 (1994) 홍삼의 품질개선을 위한 감마선 이용. *한국식품위생안전성학회지*, **9(3)**, 151-161

---

(1998년 11월 28일 접수)