J. Fd Hyg. Safety 9(3), 151-161(1994)

홍삼의 품질개선을 위한 감마선 이용

변명우† · 조성기 · 조한옥 · 육홍선* · 김성애* · 최강주**
한국원자력연구소, *충남대학교 식품영양학과, **한국인삼연초연구원

Application of Gamma Irradiation for Quality Improvement of Red Ginseng

Myung-Woo Byun, Sung-Kee Jo, Han-Ok Cho, Hong-Sun Youk, Seong-Ai Kim* and Kang-Ju Choi**
Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, Taejon
**Department of Food Science & Nutrition, Chungnam National University, Taejon*
***Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon*

ABSTRACT—Gamma irradiation was applied to red ginseng for improving its quality. Irradiation at 5~7 kGy was effective for sterilizing all contaminated microorganisms of red ginseng. At the dose levels, no significant changes in physicochemical properties (color, saponin, lipid rancidity and fatty acids etc.) were observed even after 6 months storage. Gamma irradiation was also effective for the improving hygienic quality of packed red ginseng with high moisture content (up to 20%), without any quality deterioration.

Key words □ Red ginseng, Gamma irradiation, Hygienic quality, Physicochemical properties

수출전략품목인 홍삼제품은 최근 70여개국에서 그 효능의 우수성이 인정되어 수요가 확대되고 있다.[1,2] 홍삼 및 그 제품은 전매품으로 민간업체에 의해 제조되는 백삼 및 그 제품과는 달리 한국담배인삼공사에 의해 엄격한 제조공정과 품질관리 하에 생산되므로 제품의 품질이 균일하다고 볼 수 있다. 그러나, 원료 홍삼의 저장이나 제품의 장기유통과정에서 해충, 미생물 등에 의한 생물학적 품질변화가 발생될 수 있으며 이를 방지하기 위하여 화학훈증제 등이 사용되고 있는 실정이다. 가공식품의 미생물적 품질관리를 위하여 사용되고 있는 화학보존제나 훈증제는 인체에 대한 잠재적 유해성과 환경공해 우려때문에 세계적으로 그 사용이 중지되고 있는 추세이다. 특히 홍삼의 수분함량은 저장, 유통 중 미생물증식 우려 때문에 홍삼제품의 주요 품질규격으로 13±0.5%로 제한하고 있다.[3,4] 홍삼제품을 완포장 상태에서 살균이 가능하여 이차오염될 우려가 없으면 현행 홍삼제품의 수분함량 제한을 상향 조정하여 그 제품의 물성을 개선시킬 수 있을 뿐 아니라 중량 증가에 따른 경제적 효과를 기대할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 최근 식품의 저장과 위생화에 그 안전성이 국제적으로 공인된 감마선 조사기술을 이용하여[5-7] 인삼제품 중 고가의 주요 수출품목인 홍삼에 대하여 안전저장, 물성개선 및 고부가성 제품 개발에 기여할 수 있는 기본자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

홍삼시료 및 시료의 수분함량 조절

본 실험에 사용한 홍삼은 한국담배인삼공사 고려인삼창에서 1991년도 제조된 시판 제품(천삼 60지, 300 g)을 시료로 사용하였다. 시료 구입시 홍삼의 수분함량은 약 14% 수준이었다. 시료 수분함량의 인위적 조절을 위해 25℃ 항온에서 NaCl 포화용액 (RH 75%)의 데시케이터내에 3일간 보관 후 수분함량이

† To whom correspondence should be addressed.

16%, 16일 후에 18%의 시료를 얻었으며, KCl 포화용액 (RH 86%)의 데시케이터에 10일간 보관 후 20% 수분함량의 시료를 각각 얻었다.

시료의 포장, 감마선 조사 및 저장

수분함량을 14%, 16%, 18% 및 20%로 각각 조절한 시료를 nylon 15 μm/polyethylene 75 μm 접합 포장재를 이용하여 6~7뿌리씩 진공포장하였다. 감마선 조사는 Co-60 감마선 조사시설 (50만 Ci 상업적 조사시설, 그린피아 주식회사)을 이용하여 실온에서 0, 5, 7.5 kGy 및 10 kGy의 총흡수선량을 얻도록 하였으며, 이때 흡수선량의 확인을 위해 free radical dosimeter와 ceric cerous dosimeter가 사용되었다. 조사된 시료는 연구기간의 제한으로 가속조건 (40± 1℃, RH 90%)과 상온조건 (20± 2℃, RH 70%)에서 각각 저장하면서 시험 재료로 사용하였다.

미생물 생육검사

무균적으로 마쇄된 시료 200 g에 100 ml의 살균된 0.1%-peptone 수를 가하고 30분간 진탕시킨 후 무균거즈로 여과하여 시험액으로 하였다. 각 미생물검사는 이 시험액을 사용하여 3회 반복 실시하고 미생물수는 시료 g당 colony forming unit (CFU)로 나타내었다. 먼저 호기성 전세균은 APHA 표준방법[8]에 따라 plate count agar (Difco, Lab.)를 사용하여 30℃에서 1~2일 배양 후 집락을 계수하였다. 총 곰팡이는 potato dextrose agar (PDA, Difco, Lab.)를 사용하여 멸균된 10%-tartaric acid를 사용하여 pH를 3.5로 조절하고 평판법으로 25℃에서 5~6일간 배양한 후 포자형성 집락을 계수하였다.[8] 대장균군은 desoxycholate agar (Difco, Lab.)를 이용한 pour plate method[9]로 37℃에서 1~2일간 배양한 후 적색 집락의 형성을 조사하였다.

이화학적 특성시험

산패도 측정－홍삼시료의 감마선처리, 수분함량 및 저장조건에 따른 지질산패의 변화를 알아보기 위한 TBA 값은 Turner 등[10]의 방법에 따라 시료 중의 malonaldehyde 함량을 spectrophotometer (Bausch & Lomb, spectronic 710)를 이용, 538 nm에서 최대흡광치를 측정하였다.

색도측정－Color/color difference meter (Model ND-1001 NP)에 의해 시료의 백색도 (L, lightness), 적색도 (a, redness) 및 황색도 (b, yellowness)를 10회 반복측정하여 평균값으로 나타내었고, 이 때 사용된 표준백판의 L, a, b값은 90.6, 0.4 및 3.3이었다.

갈변도－분말로 조제된 홍삼시료 2 g에 50% ethanol 10배량을 가하여 실온에서 24시간 추출한 뒤 10,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 시료로 440 nm에서 최대흡광치를 측정하였다.[11]

DPPH에 의한 수소공여능 측정－갈변도 측정을 위해 준비된 50% ethanol 추출액을 시료용액으로 사용하였으며 수소공여능은 α,α′-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH)을 이용한 방법으로 측정하였다.[12] 즉, DPPH 시약 10 mg을 100 ml ethanol에 용해한 후 증류수 100 ml를 가하고 50% ethanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0 정도로 조정하였다. 이 용액 5 ml와 시료용액 0.5 ml를 가하여 혼합한 후 30초 뒤에 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 수소공여활성은 대조군과의 흡광도 차이가 0.01일 때를 1 unit로 하였다.

Saponin 분석－시료 일정량을 둥근 플라스크에 취하고 10배량의 80% ethanol을 가하여 75~80℃의 water bath에서 4시간씩 4회 반복 추출하였다. Saponin 정성 및 정량에 사용된 시약류로서 TLC plate는 precoated silica gel 60 F254 plate (Merck Co., Art 5554 aluminum sheet, layer thickness 0.25 mm)을 사용하였고 발색시약인 sulfuric acid는 특급 시약을, 전개용매류는 일급시약을 사용하였으며, HPLC 분석에 사용한 acetonitrile, n-butanol, 증류수는 Merck 회사의 HPLC용 용매류를 사용하였다. 인삼 사포닌인 ginsenoside 표준 성분은 한국인삼연초연구소에서 분리한 표준품을 TLC 확인 및 HPLC 정량용 표준품으로 사용하였다. 실험은 상기추출액을 사용하여 최 등[13-16]의 방법에 따라 수포화 n-부탄올 추출법으로 추출분획 후 농축된 조사포닌을 5% 메탄올 용액(V/W)이 되도록 메탄올에 용해시켜 검액으로 하였으며 silica gel TLC 판에 5 μl씩 점적하여 chloroform/methanol/water (65 : 35 : 10, lower phase)로 전개한 후 30%-황산시액을 분무하여 110℃에서 5분간 발색시켜 확인하였다. HPLC 분석은 Lichrosorb-NH_2 column (Merck, 10 μm, ID 0.46 cm×25 cm)에 acetonitrile/water/n-butanol (80 : 20 : 0.25)을 이동상으로 하여 differential refractometer (RI 401) 검출기로 검출정량하였다.

지방산의 GLC 분석－지방질 추출은 상법에 준하여 분쇄된 시료를 원통여지 (Whatman Cat. No. 28002 60)에 넣고 에틸에텔을 가하여 Soxhlet 추출법으로

약 16시간 추출한 다음 추출물을 감압 농축시켜 중량법으로 조지방질 함량을 조사하였다. 지방산 분석은 분쇄된 시료에 내부표준물로 nonadecanoic acid (C 19 : 0)를 일정량씩 (5 mg/인삼 5 g) 첨가한 다음 상기와 같이 추출하여 얻은 조지방질을 취하여 Metcalf[17] 등의 방법에 준하여 0.5 N-NaOH/methanol로 가수분해시킨 후 boron trifluoride-methanol을 가하여 methyl ester화 시킨 다음 GLC로 분석하였다. 지방산 표준품은 Sigma Chemical Co.의 fatty acid methyl ester 표준품을 사용하였다. 분석용 장비는 Hewlett packard 5890 series II GC와 Hewlett packard 3396 series II integrator를 각각 사용하였다. GLC 컬럼은 SP-2340 (30 m×0.25 mm ID) fused silica capillary column을 사용하였고 oven 온도는 160℃ 에서 3분간 유지 후 3℃ /min씩 승온시킨 다음 220℃ 에서 10분간 유지시켜 분석하였다. GLC의 주입구 및 검출기 (FID)의 온도는 240℃ 및 250℃ 로 하였고 운반기체는 질소가스를 0.8 ml/min로 하여 split mode (split ratio=60 : 1)로 주입하였다.

홍삼의 수분흡수—각 시료를 정확히 칭량하여 25℃ 증류수에 넣고 120분 동안 침지하면서 일정시간별로 홍삼을 꺼내어 여과지로 표면수를 제거한 후 무게변화를 측정하여 시료의 수분흡수량으로 나타내었다.

결과 및 고찰

홍삼의 수분함량별 미생물적 품질안전성

홍삼은 전매품으로 엄격한 제조공정과 품질관리하에서 생산되고 있으나 저장/유통조건의 변화에 따라 품질저하를 초래할 수 있으므로 장기 저장시에는 미생물학적 품질관리가 무엇보다도 중요한 요소가 되고 있다. 특히 홍삼의 수분함량은 저장 유통 중 곰팡이 발생과 관련하여 홍삼제품의 주요 품질규격으로 13.0 ± 0.5%로 제한하고 있다. 홍삼의 초기 미생물 오염도는 호기성 전세균의 경우 10 CFU/g 이하로 낮은 수준을 보였고, 대장균군은 검출되지 않았으며 곰팡이의 경우 10 CFU/g 내외로 낮은 오염도를 보였으나 유통 및 장기저장 중 적당한 환경조건만 주어진다면 이들의 발육으로 품질의 변화가 일어날 수 있다. 감마선조사에 의한 이들 혼입 미생물의 살균효과를 보면 5 kGy의 낮은 조사선량에서도 모든 미생물을 검출한계 이하로 제거시킬 수 있었다. 앞선 연구인[20] 홍삼의 미생물적 안전성실험 결과에서 D_{10} 값으로 나타낸 오염 곰팡이의 감마선 감수성을 보면 *Pen. commune*이 0.37 kGy, *Asp. unguis*가 0.28 kGy, *Asp. versicolor*가 0.25 kGy 및 *Asp. niger*가 0.24 kGy였고, 이들의 완전살균 선량, 즉 12 D_{10} 값은 3.14~4.49 kGy 범위였다. 따라서 5 kGy 정도의 감마선 조사선량으로도 특히 저장유통 중에 문제시되는 미생물적 변패를 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

수분함량을 14, 16, 18% 및 20%로 조절한 조사홍삼을 가속조건 (40℃, 90% RH) 및 상온조건 (20℃, 70% RH)에 저장하면서 미생물 생육시험을 한 결과 비조사군에서는 18% 이상의 수분함량 보유시료에서 다소의 미생물 증식을 보였으나, 5 kGy 조사군에서는 두 저장조건 시험군 모두 미생물의 생육이 없었다 (Table 1). 따라서 홍삼의 저장유통 중 미생물적 안전성 확보를 위해서는 제품의 완전살균과 재오염 및 흡습방지를 위한 포장방법의 선택이 요구되며, 살균방법으로는 본 실험에서 시도된 완포장 후 살균처리가 가능한 감마선 조사기법이 가장 적당할 것으로 사료된다. 또한 본 기술의 활용시에는 혼입 미생물의 완전살균이 가능하므로 현행 제품의 한계수분 (13± 0.5%)을 높일 수 있을 것으로 기대되어 홍삼의 물성개선과 경제적 부가가치를 향상시킬 것으로 사료된다.

홍삼의 수분함량별 이화학적 품질특성

산패도—홍삼의 수분함량을 달리한 가속 및 상온조건하의 저장 중, 화학성분의 변화에 있어서 지질의 산화는 모든 시험군에서 저장기간의 경과에 따라 TBA가가 다소 증가하는 경향을 보였고, 수분함량에 따른 변화는 낮은 수분함량 (14%)의 시료가 더 높은 수분함량의 시료에 비해 지방의 산패현상이 유의적으로 증가됨을 알 수 있었다. 또한 감마선 조사의 영향으로 비조사군에 비해 조사군이 다소 높은 TBA가를 보였으나, 수분함량과 감마선 조사의 영향은 저장 3개월 이후부터는 모든 감마선 조사군에서 18% 수분함량의 시험군이 가장 낮은 수치를 나타내어 18% 정도의 수분함량은 지방산패의 억제효과가 뚜렷함을 알 수 있었다(Table 2).

홍삼의 색도—홍삼의 장기저장유통 중 외관적 품질저하의 주원인은 갈변 현상이다. 홍삼의 갈변현상은 먼저 20℃, 70% RH 저장군에서 기계적 측정결과 감마선 조사군은 조사선량의 증가에 따라 조사직 후 적색도와 황색도가 다소 증가되었고, 모든 시험군이 저장기간이 경과함에 따라 명도의 저하와 적색도 및 황색도의 증가를 보였다. 수분함량을 달리한 시험군에서는 저장초기에는 수분함량이 높은 시험군에서

Table 1. Changes in microbial growth as a function of different moisture contents of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation (unit : CFU/g)

Moisture contents (%)	Microbial organisms[1)]	Irradiation dose (kGy)							
		0		5		7.5		10	
		0[2)]	6[2)]	0	6	0	6	0	6
20℃, 17% RH									
14	TB	65	65	–	–	–	–	–	–
	YM	8	7	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–
16	TB	80	68	–	–	–	–	–	–
	YM	7	7	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–
18	TB	70	1.0×10^2	–	–	–	–	–	–
	YM	8	10	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–
20	TB	76	1.2×10^2	–	–	–	–	–	–
	YM	8	10	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–
40℃, 90% RH									
14	TB	65	60	–	–	–	–	–	–
	YM	8	5	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–
16	TB	80	70	–	–	–	–	–	–
	YM	7	7	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–
18	TB	70	60	–	–	–	–	–	–
	YM	8	7	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–
20	TB	76	65	–	–	–	–	–	–
	YM	8	6	–	–	–	–	–	–
	C	–	–	–	–	–	–	–	–

[1)] TB: Total bacteria, YM: Yeast and molds, C: Coliforms. [2)] O: Immediately after irradiation, 6: 6 months storage after irradiation.

다소 갈변이 일어났으나, 저장기간이 경과함에 따라서 비조사군과 조사군의 선량간에는 유의적인 차이가 없었다. 또한, 가속조건 (40℃, 90% RH)의 경우 저장기간의 경과에 따라서 실온조건 (20℃, 70% RH)에 비하여 명도의 저하와 황색도의 증가현상이 뚜렷하였으나, 비조사 대조군과 조사군의 선량 간에는 유의적인 차이가 없었다(Table 3, 4, 5). 일반적으로 고선량의 감마선 조사는 식품의 변색을 초래하며[18,19,21] 다른 가공저장 방법 역시 식품의 외관적 품질에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다.[21,22] 이러한 결과로 볼 때 홍삼의 저장 중 색도변화는 고온다습 조건이 색도유지에 악영향을 주는 가장 큰 원인이 되며, 살균, 살충선량 (5 kGy)의 감마선 조사는 홍삼의 변색에 영향을 주지 않는 것으로 생각된다.

추출 색소－홍삼의 수분함량과 저장조건에 따른 갈변물질을 50% ethanol 용액으로 추출하여 경시적인

Table 2. Changes in TBA value as a function of different moisture contents of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[1]

(unit : O.D. at 538 nm)

Moisture content (%)	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy) 0	5	7.5	10
20℃, 70% RH					
14	0	0.435	0.465	0.470	0.533
	3	0.494	0.520	0.534	0.603
	6	0.487	0.489	0.510	0.516
16	0	0.496	0.510	0.471	0.563
	3	0.502	0.528	0.508	0.543
	6	0.480	0.484	0.507	0.505
18	0	0.465	0.483	0.503	0.538
	3	0.489	0.508	0.525	0.536
	6	0.521	0.521	0.497	0.530
20	0	0.465	0.470	0.533	0.495
	3	0.509	0.538	0.506	0.547
	6	0.527	0.500	0.510	0.532
40℃, 90% RH					
14	0	0.435	0.465	0.470	0.533
	3	0.477	0.482	0.468	0.536
	6	0.459	0.478	0.507	0.504
16	0	0.496	0.510	0.471	0.563
	3	0.535	0.517	0.537	0.530
	6	0.510	0.548	0.528	0.548
18	0	0.465	0.483	0.503	0.538
	3	0.488	0.507	0.514	0.515
	6	0.519	0.514	0.511	0.523
20	0	0.465	0.470	0.533	0.495
	3	0.527	0.530	0.530	0.535
	6	0.528	0.528	0.538	0.553

[1] Each value is the average of triplicate determinations.

Table 3. Changes in Hunter's color "L" value[1] as a function of different moisture contents of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[2]

Moisture content (%)	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy) 0	5	7.5	10
20℃, 70% RH					
14	0	78.6	78.4	78.2	78.7
	3	78.3	78.4	78.5	78.0
	6	77.0	77.8	77.0	77.6
16	0	78.3	78.8	79.2	78.8
	3	78.3	78.5	78.7	79.6
	6	77.4	77.6	78.6	78.5
18	0	78.4	78.6	78.2	79.1
	3	77.7	77.2	76.8	75.6
	6	76.1	76.4	76.0	76.1
20	0	76.4	79.3	78.5	76.9
	3	76.0	77.2	78.2	79.2
	6	75.5	76.1	76.5	76.8
40℃, 90% RH					
14	0	78.6	78.4	78.2	78.7
	3	75.0	76.0	74.5	73.9
	6	73.0	70.6	68.9	69.1
16	0	71.3	78.8	79.2	78.8
	3	73.0	71.0	72.6	73.0
	6	68.9	67.5	66.7	65.9
18	0	78.4	78.6	78.2	79.1
	3	72.9	71.3	70.1	69.6
	6	65.7	64.2	65.3	65.4
20	0	76.4	79.3	78.5	76.9
	3	71.0	71.7	71.0	70.5
	6	66.8	67.2	66.9	65.9

[1] L: Degree of lightness (White+100←→0 black).

[2] Each value is the average of triplicate determinations.

변화를 조사하였다. 감마선 조사직 후 5 kGy 선량까지 홍삼의 색상에 영향을 미치지 않았으며, 5 kGy 이상의 선량에서는 다소 증가하는 경향을 보였다. 실온 저장조건 및 가속저장조건 모두 저장기간의 경과에 따라 점차 갈변도가 증가되었다. 홍삼의 수분함량별로 저장기간의 경과에 따른 갈변도 변화를 살펴보면, 실온 및 가속조건에서 14% 및 16% 수분함량 시료에서 조사군이나 비조사군 모두에 있어 갈변도의 증가율이 다소 낮았으며, 18% 수분함량 시료에서 갈변도의 증가율이 가장 높았다(Table 6). 저장 중 홍삼의 갈변현상은 2가지 요인에 기인하는 것으로 보고되고 있다. 하나는 비효소적 갈변이 마이얄 반응에 의한 melanoidin계 색소형성과 다른 하나는 지질의 산화에 의한 갈변물질 생성이다.[23,24] Salwin[25]에 의하면 일반 건조식품에서 가장 좋은 저장성을 나타내는

Table 4. Changes in Hunter's color "a" value[1] as a function of different moisture contents of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[2]

Moisture content (%)	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy) 0	5	7.5	10
20℃, 70% RH					
	0	4.8	4.3	4.6	4.9
14	3	5.4	4.5	4.5	5.3
	6	5.4	5.4	5.4	5.0
	0	5.3	4.6	4.2	4.9
16	3	5.3	5.0	4.9	4.5
	6	4.7	5.4	4.8	4.8
	0	5.0	4.9	5.3	5.2
18	3	5.0	5.8	5.5	6.3
	6	6.1	6.2	5.4	5.6
	0	4.5	4.5	5.0	5.5
20	3	6.3	5.8	5.3	4.9
	6	5.4	6.2	5.3	5.7
40℃, 90% RH					
	0	4.8	4.0	4.6	4.9
14	3	6.0	5.9	6.4	6.5
	6	6.7	6.6	7.3	6.8
	0	5.0	4.6	4.2	4.9
16	3	7.0	6.6	7.0	6.6
	6	6.8	8.2	7.9	8.0
	0	5.0	4.9	5.3	5.2
18	3	6.6	7.2	7.4	7.4
	6	8.0	8.6	8.1	8.0
	0	4.5	4.5	5.0	5.5
20	3	7.2	7.1	6.5	7.3
	6	7.4	7.4	7.8	7.1

[1] a: Degree of redness (red+100←→0←→−80 green).
[2] Each value is the average of triplicate determinations.

Table 5. Changes in Hunter's color "b" value[1] as a function of different moisture contents of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[2]

Moisture content (%)	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy) 0	5	7.5	10
20℃, 70% RH					
	0	17.6	17.7	17.2	18.0
14	3	18.2	17.8	17.2	18.2
	6	18.8	18.2	18.1	17.0
	0	18.5	17.9	17.8	18.1
16	3	17.8	18.0	18.0	17.8
	6	16.7	22.6	20.8	20.7
	0	18.4	17.6	17.9	18.0
18	3	17.9	18.6	18.3	19.7
	6	22.0	22.1	21.3	20.8
	0	18.4	17.7	18.3	18.7
20	3	19.2	18.8	18.4	18.3
	6	20.6	22.3	20.6	21.8
40℃, 90% RH					
	0	19.6	17.7	17.2	18.0
14	3	18.9	19.0	19.1	19.2
	6	22.8	23.0	23.0	22.7
	0	18.5	17.9	17.8	18.1
16	3	19.3	19.1	18.9	18.5
	6	22.5	24.7	24.8	24.4
	0	18.4	17.7	18.3	18.7
18	3	19.8	19.9	19.6	19.7
	6	24.1	24.3	24.1	23.9
	0	18.4	17.7	18.3	18.7
20	3	19.5	19.3	18.9	19.0
	6	23.9	23.3	23.0	23.0

[1] b: Degree of yellowness (yellow+70←→0←→−80 blue).
[2] Each value is the average of triplicate determinations.

수분함량은 물분자가 식품속에서 단일분자막을 형성한다고 생각하는 수분함량과 일치될 때라고 보고하였고, 도 등[26]은 홍삼의 단일분자등의 수분함량은 3.52/100 g으로 그때의 수분활성도는 0.14라고 하였다. 또한 건조식품에서는 단일 분자막 형성 이상의 어떤 한계 수분함량에서도 지질의 산패나 갈변 등을 억제할 수 있다는 보고가 있다. 따라서 본 실험에서 14%와 16% 시험군에서 추출색소 측정에 의한 갈변도 증가율이 낮은 것도 이와 관련된 것으로 생각된다.

DPPH에 의한 수소공여능－DPPH법에 의한 수소공여능의 측정에 있어서 항산화물질의 가장 특징적인 역할은 oxidative free radical과 반응하는 것으로써 본 실험에서는 안전한 free radical인 α,α′-diphenyl-β-picrydrazyl (DPPH)을 이용하여 수소공여능을 조

Table 6. Changes in browning development as a function of different mosture contents of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[1)]

Moisture content (%)	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy) 0	5	7.5	10
20℃, 70% RH					
	0	0.690	0.790	0.785	0.727
14	3	0.835	0.850	0.810	0.884
	6	0.999	0.964	0.997	0.997
	0	0.829	0.806	0.831	0.871
16	3	0.914	0.767	0.757	0.973
	6	1.024	1.019	0.995	1.010
	0	0.697	0.708	0.880	0.855
18	3	0.879	0.954	0.970	1.012
	6	1.109	1.060	1.080	1.060
	0	0.751	0.804	0.791	0.896
20	3	0.910	0.902	0.897	0.913
	6	1.005	0.962	0.977	0.982
40℃, 90% RH					
	0	0.690	0.790	0.785	0.727
14	3	0.956	0.935	1.001	1.070
	6	1.320	1.228	1.380	1.394
	0	0.829	0.806	0.831	0.871
16	3	1.110	1.123	1.197	1.140
	6	1.414	1.513	1.160	1.689
	0	0.697	0.708	0.880	0.855
18	3	1.012	1.039	1.295	1.256
	6	1.645	1.712	1.602	1.549
	0	0.751	0.804	0.791	0.896
20	3	1.115	1.099	1.093	1.164
	6	1.532	1.458	1.540	1.590

[1)] Each value is the average of triplicate determinations.

Table 7. Changes in hydrogen donating activity as a function of different mosture contents of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[1)]

(Hydrogen donating activity : U/m*l*.min)

Moisture content (%)	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy) 0	5	7.5	10
20℃, 70% RH					
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
14	3	38.7	38.3	38.1	38.7
	6	40.3	40.5	40.6	40.4
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
16	3	38.8	38.0	39.7	39.1
	6	40.5	41.3	40.9	40.7
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
18	3	39.7	39.8	39.7	39.9
	6	40.9	41.3	40.9	41.5
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
20	3	39.8	39.7	39.9	40.1
	6	40.6	41.2	41.2	41.7
40℃, 90% RH					
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
14	3	45.7	46.3	45.9	46.0
	6	56.3	55.9	55.8	56.2
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
16	3	44.9	56.0	46.9	46.3
	6	56.5	47.5	58.7	59.6
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
18	3	47.0	46.9	46.9	47.9
	6	58.8	58.7	58.7	58.5
	0	38.5	37.9	38.2	38.8
20	3	46.1	47.0	47.0	47.4
	6	57.5	58.0	58.0	58.3

[1)] Each value is the average of triplicate determinations.

사한 결과 홍삼추출액은 강한 수소공여능을 보였고, 상온저장조건에서 저장 6개월까지 조사군이나 비조사군 간에 수소공여능의 변화가 거의 없었으나, 가속저장조건에서는 저장기간의 경과와 더불어 수소공여능이 상당히 증가되었고 낮은 수분함량의 시험군보다 높은 수분함량의 시험군이 저장 3개월까지 유의적으로 높게 나타났다. 식품의 갈변물질은 항산화작용과 관계가 있는 것으로 보고되고 있다.[27)] 도 등[26,28)]과 中林 등[27)]도 백삼과 홍삼추출물의 수소공여능은 갈변도의 증가와 비례한다고 밝힌 바 있어 본 실험에서도 저장 중 홍삼의 갈변현상과 수소공여능의 증가는 서로 상관관계가 있음을 알 수 있었다(Table 7).

사포닌 성분의 조성패턴 및 변화—홍삼의 감마선 처리 선량별 및 수분함량에 따른 사포닌 성분의 조성패턴은 Fig. 1에서와 같이 조사선량 및 수분함량과

Fig. 1. Thin layer chromatograms of saponin components from nonirradiated and irradiated red ginseng. Sample were as follows: 1~3, 0 time 14% control, 5 kGy and 10 kGy; 4~6, 0 time 18% control, 5 kGy and 10 kGy; 7~9, 20℃ 6 month 14% control, 5 kGy and 10 kGy; 10~12, 20℃ 6 month 18% control, 5 kGy and 10 kGy; 13~15, 40℃ 6 month 14% control, 5 kGy and 10 kGy; 16~18, 40℃ 6 month 18% control, 5 kGy and 10 kGy, respectively.

저장조건에 따라서 거의 변화가 없었으며, 주종 사포닌 성분은 ginsenoside -Rb1, -Rb2, -Rc, -Rd, -Re 및 -Rg이고, 그 함량은 Table 8과 같이 거의 변화가 없음을 알 수 있었다. 따라서 인삼의 가장 주된 유효성분인 동시에 인삼속 식물에만 함유된 사포닌 성분 역시 감마선 처리선량별, 수분함량에 따라 저장기간 중 변화나 감소가 없었음을 확인할 수 있었다. 인삼의 사포닌 4환식 triterpenoid의 dammarane 구조를 가진 중성 배당체로서 당이 C-3 위치 및 C-20 위치 (diol saponin)와 C-6 위치 및 C-20 위치 (triol saponin)에 glycoside linkage를 하고 있는 bisdesmosides이므로 수용액 상태에서는 열이나 산에 의해 불안정한 것으로 알려져 있다.[16,28] 그러나, 10 kGy 이하의 감마선[30,31] 처리는 인삼 saponin에 영향을 미치지 않는 것으로 보고되어 본 실험의 결과와 일치하였다. 백삼저장 중 saponin의 안정성에 관한 연구에서 최 등[32]은 실온저장된 백삼은 1년 후에 약 15%의 saponin 함량이 감소되었다고 하였고, 노 등[33]은 20℃, 상대습도 11~57% 범위에서는 저장 2개월까지 saponin의 변화가 거의 없었으나 상대습도가 높고 저장기간이 길수록 saponin의 분해율이 증가되고 그 중

Table 8. Change in contents of crude saponin and major ginsenoside of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[1)]

Storage Period (month)	Irradiation dose (kGy)	Crude saponin		Major ginsenoside (mg/g)													
				Rb_1		Rb_2		Rc		Rd		Re		Rg_1		Total	
		14%	18%	14%	18%	14%	18%	14%	18%	14%	18%	14%	18%	14%	18%	14%	18%
20℃, 70% RH																	
0	0	3.13	3.27	3.47	3.01	1.40	1.67	1.37	1.68	0.61	0.55	1.34	1.40	2.40	2.76	10.59	11.07
	5	2.67	3.00	2.64	3.04	1.06	1.40	1.11	1.52	0.57	0.55	1.06	1.28	2.61	2.76	9.05	10.55
	10	3.63	3.32	3.04	3.07	1.41	1.59	1.44	1.56	0.81	0.41	1.42	1.41	2.93	2.81	11.05	10.85
6	0	3.19	3.14	2.46	3.13	1.30	1.61	1.32	1.64	0.37	0.46	1.34	1.61	2.21	2.81	9.00	11.26
	5	2.94	2.78	2.56	2.56	1.24	1.27	1.31	1.42	0.40	0.50	1.33	1.55	2.49	2.45	9.33	9.75
	10	3.21	3.51	2.57	2.80	1.28	1.55	1.36	1.57	0.45	0.41	1.47	1.37	2.39	2.73	9.52	10.43
40℃, 90% RH																	
0	0	3.13	3.27	3.47	3.01	1.40	1.67	1.37	1.68	0.61	0.55	1.34	1.40	2.40	2.76	10.59	11.07
	5	2.67	3.00	2.64	3.04	1.06	1.40	1.11	1.52	0.57	0.55	1.06	1.28	2.61	2.76	9.05	10.55
	10	3.63	3.32	3.04	3.07	1.41	1.59	1.44	1.56	0.81	0.41	1.42	1.41	2.93	2.81	11.05	10.85
6	0	3.49	3.36	2.95	3.07	1.50	1.39	1.52	1.45	0.49	0.42	1.40	1.49	2.74	2.54	10.60	10.39
	5	3.34	3.13	3.09	3.05	1.56	1.40	1.56	1.52	0.41	0.48	1.37	1.34	2.72	2.56	10.71	10.35
	10	3.52	3.09	3.24	3.01	1.32	1.49	1.40	1.49	0.47	0.38	1.61	1.43	3.04	2.57	11.08	10.37

[1)] Each value is the average of triplicate determinations.

Table 9. Changes in contents of crude lipids and major fatty acids composition of red ginseng stored for 6 months under the conditions of 20°C, 70% RH and 40°C, 90% RH after gamma irradiation[1)]

Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)	Crude lipid		Major fatty acids (mg/g)							
		Palmitic		Oleic		Linoleic		Linolenic			
		14%	18%	14%	18%	14%	18%	14%	18%	14%	18%
20℃, 70% RH											
0	0	1.27	1.19	0.18	0.19	0.07	0.08	1.35	1.17	0.10	0.09
	5	1.28	1.12	0.23	0.17	0.06	0.07	1.28	1.20	0.01	0.07
	10	1.13	1.23	0.21	0.13	0.08	0.06	1.31	1.77	0.11	0.09
6	0	1.17	1.04	0.15	0.13	0.07	0.08	1.55	1.38	0.08	0.09
	5	1.21	1.12	0.14	0.11	0.06	0.06	1.74	1.24	0.09	0.07
	10	1.03	1.13	0.13	0.12	0.06	0.07	1.49	1.45	0.08	0.08
40℃, 90% RH											
0	0	1.29	1.19	0.18	0.19	0.07	0.08	1.35	1.17	0.10	0.09
	5	1.28	1.12	0.23	0.17	0.06	0.07	1.28	1.20	0.01	0.07
	10	1.13	1.23	0.21	0.13	0.08	0.06	1.31	1.77	0.11	0.09
6	0	1.14	1.18	0.13	0.12	0.07	0.06	1.67	1.65	0.09	0.10
	5	1.21	1.31	0.12	0.13	0.06	0.07	1.38	1.83	0.08	0.12
	10	1.27	1.24	0.14	0.11	0.08	0.06	1.73	1.14	0.11	0.10

[1)] Each value is the average of triplicate determinations.

에서 ginsenoside Rb1, Rc, Re 및 Rg1의 변화가 심하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 저장기간이 6개월이었으므로 이상의 보고내용과 정확한 비교는 어려우나 본 실험의 저장조건이 20℃/70% RH와 40℃/90% RH였으므로 saponin 함량의 감소가 예상되었지만 saponin 함량의 유의적인 변화는 없었다.

지방산 함량 변화—홍삼의 감마선 처리선량 및 수분 함량에 따른 조지방질 함량과 주종 지방산의 함량은 Table 9와 같다. 수삼이나 인삼의 경우와 같이 홍삼의 경우도 18종의 지방산이 분석 보고되었으며,[34,35] 그 중 linoleic acid, palmitic acid, oleic acid, 및 linolenic acid가 전체 지방산의 약 80% 함유비율을 나타낸다고 하였다. 한편 linolenic acid (C18 : 3), linoleic acid (C18 : 2), oleic acid (C18 : 1) 및 stearic acid (C18 : 0)의 methyl esters를 100℃에서 자동산화시킬 때 각각의 지방산의 methyl esters의 산화속도의 크기의 비율은 179 : 114 : 11 : 1의 비율로 표시될 수 있다고 하였다.[36] 본 실험에서는 이와 같은 보고 내용과 인삼 지방산의 특성을 고려하여 홍삼의 감마선 처리선량 및 수분함량과 저장조건에 따른 지방산의 변화는 인삼의 주종 지방산으로 불포화도가 각기 다

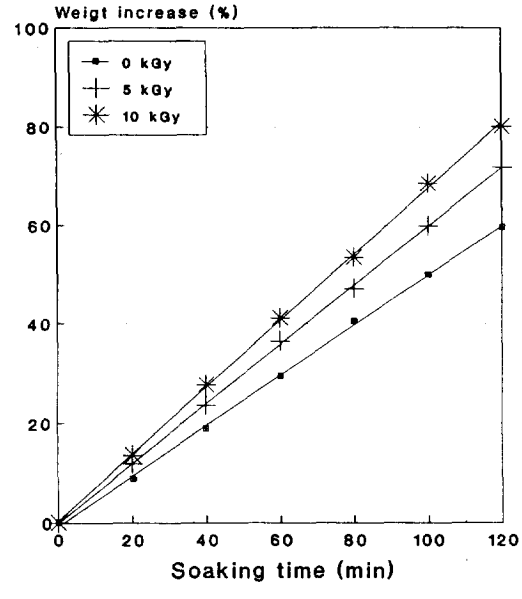

Fig. 2. Changes in weight of nonirradiated and gamma-irradiated red ginseng during soaking in distilled water at 25°C.

른 linolenic acid (C18 : 3), linoleic acid (C18 : 2), oleic acid (C18 : 1) 및 palmitic acid (C16 : 0)을 지표성분으로하여 그 함량변화를 조사하였다. Table 9에서와 같이 불포화도가 높아 자동산화가 용이한 linolenic acid와 linoleic acid의 경우도 함량 감소가 없는점으로 미루어 보아, 처리선량이나 수분함량 및 저장조건의 범위내에서는 홍삼의 지방산은 안정하였음을 알 수 있었다. 특히 가속 조건이라고 볼 수 있는 40℃ 저장조건과 유통 완제품의 홍삼 수분함량 (약 13% 정도)보다 높은 수분함량에서 6개월간 저장 후에도 불포화지방산의 감소나 변화가 없었다. 이와 같이 홍삼에 함유된 지방산은 그 조성면에서 자동산화되기 용이한 조성을 가졌음에도 매우 안정한 것은 홍삼에 함유된 maltol, ferulic acid, vanilic acid, p-coumaric acid 등 12종의 페놀계 성분[29,37]의 항산화 효과 외에도, 특히 홍삼의 증삼 가열제조과정 중에 인삼에 함유된 효소들이 가열에 의하여 불활성화되고 비효소적 갈색화 반응이 촉진됨에 따라 갈색화 반응 생성물들의 항산화작용이 증대됨에 따라 홍삼은 장기저장기간 중 지방산의 산화가 거의 없고 안정한 것으로 생각된다.[34]

홍삼의 수분 흡수 특성－홍삼의 장기 안전유통, 저장을 위해 제품규격상 수분함량을 13± 0.5%로 제한함으로서 시판 홍삼의 물성측면에서 소비자의 이용에 제한이 있다. 본 연구에서 홍삼의 감마선조사에 따른 수분흡수 양상을 보면 비조사군에 비해 감마선 조사군은 흡수 속도가 상당히 증가됨을 알 수가 있었는데, 이는 감마선 조사로서 저장 중 미생물적 안전성 뿐만 아니라 소비자의 홍삼이용 측면에서도 가공시간 및 에너지 절감효과가 클 것으로 예상된다(Fig. 2).

감사의 말씀

본 연구는 1993년도 과학기술처 특정연구개발과제로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

국문요약

홍삼은 엄격한 제조공정과 품질관리하에 생산되고 있으나 일부 혼입된 미생물이 저장, 유통환경의 변화에 따라 증식되어 품질저하를 일으킬 수 있으므로, 장기저장이나 고온다습한 기후에서 유통시킬 때는 미생물적 품질관리가 중요하다. 홍삼에 혼입된 미생물은 비교적 낮은 선량의 감마선 조사 (5～7 kGy)로 멸균시킬 수 있으며, 살균선량은 홍삼의 이화학적 특성에 영향을 주지 않았다. 또한 감마선 조사기술은 홍삼제품을 완전포장상태로 살균, 살충할 수 있으므로 저장, 유통 중 미생물의 증식이 우려되어 한계 수분함량을 설정한 현행 홍삼 수분함량 규격 (13± 0.5%)보다 5～7% 정도 상향조정할 수 있고, 이에 따라서 제조공정 및 홍삼의 물성개선과 경제성 향상에 따른 수출경쟁력 제고 및 소비자 이용성 향상에도 기여할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 권대원: 인삼제품의 품질관리현황. '91 고려인삼학회 하계심포지움 요지집, 서울 9월 12일 (1991).
2. 이인수: 인삼제품의 당면과제. '89 춘계 고려인삼학회 특별강연 자료, 서울, 12월 8일 (1989).
3. 한국전매공사 고려인삼창: 홍삼 제품 제조 GMP 기준서 (1987).
4. 성현순, 김상달, 도재호, 유순자: 홍백삼 보존성 연구. 한국인삼연초연구소보고, p. 82 (1982).
5. IAEA: To the reader. *Food Irradiation Newsletter.* **17**, 7 (1993).
6. WHO: Wholesomeness of irradiated food. A report of joint FAO/IAEA/WHO expert committee. Technical Report Series-659, p. 7 (1981).
7. Ahmed, M.: Food irradiation. "Up-to-date status". *Joint* FAO/IAEA *Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture*, IAEA 6626F, Vienna, 27 Nov. (1991).
8. APHA: Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. M. Speck(ed.), American Public Health Association, Washington, D.C., (1976).

9. Harrigan, W.F. and McCance, M.C.: Laboratory Methods is Food and Dairy Microbiology. Academic Press, London (1976).
10. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M., and Olson, F.C.: *J. Agric. Food Chem.*, **8**, 326 (1954).
11. 이광승: 1990년도 인삼연구보고서 (제품분야). 한국인삼연초연구소 (1990).
12. Blois, M.S.: Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 1199 (1958).
13. 최진호, 김우정, 박길동, 성현순: 열처리가 홍삼엑기스의 색상변화에 미치는 영향. 고려인삼학회지, **4**, 165 (1980).
14. 최진호, 김우정, 양재원, 성현순: 열처리에 의한 홍삼엑기스의 성분변화. 한국농화학회지, **24**, 50 (1981).
15. 최진호, 장진규, 박길동, 오성기: 고속액체 크로마토그래피에 의한 인삼 및 인삼제품 중의 유리당의 정량. 한국식품과학회지, **13**, 107 (1981).
16. 최진호, 김두하, 성현순, 김우정, 오성기: Ginsenosides의 처리온도 및 시간에 따른 반응속도론적 연구. 한국식품과학회지, **14**, 197 (1982).
17. 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 (1966).
18. Larmond, E.: Methods for Sensory Evaluation of Food. Canada Department of Agriculture, Publication 1284 (1970).
19. 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 (1989).
20. 권중호, 조한옥, 변명우, 김석원, 양재승: 인삼제품의 품질개선을 위한 방사선 이용기술 개발. 한국원자력연구소 보고서, KAERI/RR-1136/92 (1992).
21. 권중호, 조한옥, 변명우, 김석원, 양재승, 유영수, 진준하, 이영근, 박순철: 인삼제품의 품질 개선을 위한 방사선 이용 기술 개발. 과학기술처 특정연구보고서, KAERI/RR-905, p. 34 (1990).
22. Vajdi, M. and Pereira, R.R.: Comparative effects of ethylene oxide, γ-irradiation and microwave treatments on selected spices, *J. Food Sci.*, **38**, 893 (1973).
23. Schoebel, T., Tannenbaum, S.K., and Labuza, T.P.: *J. Food Sci.*, **34**, 324 (1969).
24. Fujimoto, K. and Maruyama, M.: *Bull. T. Soc. Sci. Fish*, **34**, 519 (1962).
25. Salwin, H.: *Food Technol.*, **13**, 594 (1959).
26. 도재호, 노혜원, 김상달, 오훈일: 수분 활성도가 홍삼저장성에 미치는 영향, 고려인삼학회지, **5**, 108 (1981).
27. 中林敏限, 木村 進, 加藤博通: 食品の變色とその化學, 光琳書院, 東京, p. 223-289 (1967).
28. 도재호, 김경희, 장진규, 양재원, 이광승: 백삼 추출물의 갈변반응 중 갈색도 및 성분의 변화. 한국식품과학회지, **21** 480 (1989).
29. Han, B.H., Park, M.H., Han, Y.N., Woo, L.K., Sankawa, U., Yahara, S., and Tanaka, O.: Degradation of ginseng saponins under mild acidic conditions. *J. Med. Plant Res.*, **44**, 146 (1982).
30. 성현순, 박명환, 이광승, 조한옥: 방사선조사에 의한 인삼저장에 관한 연구. 한국식품과학회지, **14**, 136 (1982).
31. Do. J.H., Jang, J.G., Lee, K.S., and Sung, H.S.: Effect on stability of ginseng saponins by various physical and chemical treatments. *Korean J. Ginseng Sci.*, **10**, 193 (1986).
32. 최진호, 변대석, 박길동: 홍삼과 백삼의 저장기간에 따른 안정성 비교 연구. 한국식품과학회지, **12**, 350 (1983).
33. 노혜원, 도재호, 김상달, 오훈일: 저장 상대습도가 백삼품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **15**, 32 (1983).
34. 최강주: 홍삼 및 백삼의 지방질 성분의 항산화 성분에 관한 연구. 고려대학교 대학원 박사학위 논문 (1983).
35. 최강주, 김만욱, 김동훈: 인삼의 부의별 지방산 조성. 한국영양식량학회지, **14**, 357 (1983).
36. 김동훈: 식품화학, 탐구당, 서울, p. 557 (1988).
37. 김찬호, 김만욱, 손현주, 위재준, 허정남: 인삼연구보고서 (효능분야), p. 1, 157-196 (1990).