

Electron Beam 조사가 인삼분말의 사포닌 및 생리화학적 특성에 미치는 영향

이미경 · 이종원* · 도재호* · 권중호
경북대학교 식품공학과, *KT&G중앙연구원

Effects of Electron-Beam Irradiation on Saponins and Physio-chemical Properties of Ginseng Powders

Mi-Kyung Lee, Jong-Won Lee*, Jae-Ho Do* and Joong-Ho Kwon

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
*KT&G Central Research Institute, Daejeon 305-805, Korea

Abstract

Comparative effects of electron beam and gamma-ray irradiation (2.5~15 kGy) were investigated on saponin stability and some physiological and chemical properties of white and red ginseng powders. Saponin components were found stable upon irradiation of both energies when determined by TLC and HPLC, after 4 months of storage at room temperature as well as immediately after treatment. The contents of total phenolics and acidic polysaccharides of the samples were higher in red ginseng than in white. Polysaccharide contents increased with irradiation doses. Amylase activity of white ginseng was stimulated by irradiation but decreased with the lapse of storage time. There were no apparent differences in electrophoresis patterns of extracted proteins depending on irradiation doses and energy sources.

Key words : ginseng powder, electron beam, gamma ray, saponins, protein pattern

서 론

고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 오랜 역사를 지닌 생약재로서 다양한 효능의 입증과 더불어 약용 및 건강식품으로 널리 활용되고 있다. 인삼제품은 크게 수삼, 백삼, 홍삼과 이들의 가공제품으로 구분된다. 수삼과 홍삼은 인삼근의 원형을 유지하면서 건조나 증삼의 공정을 거친 제품들이다. 그러나 그 밖의 인삼제품은 분말, 액상, 타블렛 등 여러 종류의 형태로 가공되고 있으며, 특히 제품의 생산과 유통에는 위생적인 품질관리가 상품경쟁력의 기본요건이 되고 있다(1).

고품질 인삼제품의 생산에는 다양한 가공기술이 필요하며, 분말제품의 경우에는 효과적인 살균기술이 요구되고 있다. 지금까지 인삼 등 건조식품(재료)의 살균·살충에는 여러 가지 훈증방법이 이용되어 왔으나(2,3) 인체에 대한 안전성 및 환경공해에 대한 잠재성으로 인하여 점차 사용이 금지되면서 대체 방안이 필요하게 되었다(4).

인삼은 한국을 포함 일부 국가에서 그 제품들이 생산되고 있으며, 우리나라는 인삼제품의 미생물학적 품질개선을 위하여 1995년부터 감마선(7 kGy 이하) 조사를 허가하고 있다(5). 국제식품규격(Codex)에서는 식품에 이용될 수 있는 방사선 에너지원으로서 감마선, 전자선(electron beam) 및 X-선을 허용하고 있다(6). 그러나 국내에서는 전자선과 X-선에 대한 사용이 허가되어 있지 않은 실정이므로(5) 방사선 조사기술의 이용 확대를 위해서는 에너지원의 확대 연구가 필요하다(7).

따라서 본 실험에서는 전자선 에너지를 이용하여 인삼분말의 살균법(8,9)을 연구할 목적으로, 백삼과 홍삼분말에 electron beam과 비교구로써 감마선을 각각 조사시켜 살균선량 범위의 에너지가 시료의 사포닌 및 몇 가지 생리화학적 특성에 미치는 영향을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 시료로서 백삼분말은 유통되고 있는 K

Corresponding author : Prof. Joong-Ho Kwon, Dept. Food Sci. & Technol. Kyungpook National University, Daegu 702-701
E-mail : jhkwon@knu.ac.kr

社 제품, 홍삼분말은 한국담배인삼공사의 제품이었다. 이들 분말의 수분함량은 백삼분말 9.7%, 홍삼분말 3.8% 수준이었으며, 살균 실험용 시료와 동일하게 제조하여 사용하였다.

방사선 조사 및 저장

분말 시료는 살균 실험용과 동일하게 전보(8)와 같이 실시하였다. 전자선 조사는 electron-beam processing facility (model ELV-4, 1 MeV)를 이용하여, 감마선 조사는 ^{60}Co 조사시설에서 각각 2.5~15 kGy의 총 흡수선량(오차 범위 5% 이하)을 얻도록 실시하였다. 이상의 방사선 조사 시료는 비조사 대조시료와 함께 폴리에틸렌 용기에 밀봉하여 4개월간 실온에 보관하면서 실험에 사용하였다.

Saponin 안정성 시험

Saponin의 추출은 인삼분말 5 g을 둥근 플라스크에 취하고 70% methanol 100 mL를 가하여 80°C water bath 상에서 2시간씩 3회 반복 추출하였다. 추출액은 여과(Whatman No.41)한 다음, 8,000 rpm에서 20분간 원심분리하고 상층액을 감압 농축한 다음 60 mL의 증류수에 용해한 후 분액 깔대기에 넣어 diethyl ether 가용성 성분들을 제거하였다. 남은 수층에는 수포화 부탄올을 가해 (50 mL씩 3회) n-butanol 층으로 이행된 saponin을 분리 농축시켜 crude saponin으로 하였다(10,11). Saponin 성분의 분리는 saponin의 구성성분 패턴을 비교하기 위하여 thin layer chromatography (TLC)를 수행하였다. 상기 crude saponin을 10% methanol 용액(w/v)으로 만들어 silica gel TLC 판에 점적하여 chloroform : methanol : water (65:35:10, v/v/v, lower phase)로 전개한 후 30%-H₂SO₄에 분무하여 110°C에서 5분간 발색시켜 암적색의 saponin spot이 나타난 chromatogram을 얻었다(9). Saponin의 HPLC 분석은 상기와 같이 추출·농축된 crude saponin을 10% methanol 용액(w/v)으로 만들어서 high performance liquid chromatograph(HPLC)에 의해 ginsenoside를 분리, 정량하였다. 이때 사용된 분석조건은 HPLC/ALC-244 (Water Associates Inc.), Waters Microbondpack NH₂(10 μ m) column, mobile phase (ACCN/H₂O/n-BuOH = 80:20:10), flow rate (1.1 mL/min, detector (RI, attenuation 8X) 등이었다(9,10).

총페놀 함량 측정

분말인삼을 대상으로 하여 페놀성 화합물을 비색 정량하고자 Folin-Denis 법을 일부 변경하여 사용하였다(12). 인삼분말에 10배 량의 60% ethanol을 가하고 80°C에서 1시간 동안 추출한 시료추출액 1 mL와 Folin 시약 1 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 정치한 뒤 10% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가하고 혼합하여 실온에서 1시간 정치한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 방법에 따라 caffeic acid를 1~50 μ g/mL의

농도로 조제하여 표준곡선을 작성하였다.

산성다당체 정량

인삼의 산성다당체 정량은 도 등(13)의 방법에 준하여 Carbazole-sulfuric acid 방법으로 실행하였다. 즉, 시료 추출액 0.5 mL에 carbazole 0.25 mL와 c-H₂SO₄ 3 mL를 넣은 후 80°C에서 5분간 반응시키고 실온에서 15분간 냉각시켜 525 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Amylase activity 측정

인삼 시료 1 g에 10 mL의 증류수를 가하고 현탁시켜 4°C에서 24시간 추출한 다음 4°C에서 원심분리(10,000 rpm, 30 min)하였다. 상층액에 -20°C에서 보관한 methanol을 가하여 단백질을 침전시키고 10,000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 침전물에 1/15 M phosphate 완충용액 1 mL를 가하여 녹인 것을 조효소액으로 사용하였다. Soluble starch 1 mL(2%)와 1/15 M phosphate 완충용액 0.5 mL에 조효소액 0.25 mL (대조구는 효소액 대신 H₂O를 가함)을 넣고 40°C에서 5분간 반응시킨 후 DNS 용액을 가해 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. Amylase 활성은 방사선을 조사하지 않은 인삼의 흡광도를 100으로 하여 조사선량에 따른 흡광도 변화를 상대적인 값으로 표시하였다(14).

단백질 패턴 비교

Laemmli법(15)에 따라 시료 분말로부터 정제한 단백질을 7.5% polyacrylamide gel에 well당 2 mA의 전류를 통하여 vertical slab gel 영동을 실시한 후 0.125% coomassie brilliant blue R-250으로 30분간 염색하고 탈색액 I 및 II로 탈색시켜 밴드를 확인하였다.

결과 및 고찰

Saponin 안정성

인삼의 유효성분인 사포닌은 4환식 triterpenoid의 dammarane 구조를 가진 중성배당체로서, 당이 C-3 위치 및 C-20 위치 (protopanaxadiol saponin)와 C-6 위치 및 C-20 위치 (protopanaxatriol saponin)에 glycoside linkage를 하고 있는 bisdesmosides이다. 사포닌은 수용액 상태에서는 열이나 산에 불안정하며, ginsenoside-Rd는 비교적 안정하고 -Re, -Rc, -Rb 및 -Rb₂는 대체로 비내열성인 것으로 알려져 있다(16).

본 실험에서는 홍삼 및 백삼 분말의 미생물학적 품질개선(8)을 위한 전자선 및 감마선 처리가 사포닌성분에 미치는 영향을 조사해 보았다. 먼저 전자선 및 감마선 처리 후 시료의 사포닌 패턴을 TLC에 의해 표준물질과 비교해 보았을

Table 1. Comparative effects of electron-beam (EB) and gamma-ray (GR) on saponin components of white and red ginseng powders during storage at room temperature

(unit : %, d.b.)

Storage period (month)	Saponin	White ginseng						Red ginseng					
		Control		5 kGy		10 kGy		Control		5 kGy		10 kGy	
		EB	GR	EB	GR	EB	GR	EB	GR	EB	GR	EB	GR
0	Rg ₁	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10
	Re	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.13	0.13
	Rd	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Rc	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.20	0.26	0.26	0.26	0.27	0.25	0.26
	Rb ₂	0.22	0.21	0.22	0.22	0.21	0.20	0.31	0.30	0.30	0.32	0.30	0.30
	Rb ₁	0.33	0.34	0.33	0.34	0.33	0.31	0.41	0.41	0.43	0.45	0.41	0.41
	Total	1.12	1.12	1.12	1.13	1.10	1.05	1.30	1.29	1.32	1.38	1.27	1.28
4	Rg ₁	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11
	Re	0.15	0.16	0.16	0.16	0.14	0.13	0.16	0.17	0.17	0.17	0.15	0.15
	Rd	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09
	Rc	0.19	0.20	0.21	0.22	0.17	0.16	0.26	0.26	0.25	0.26	0.26	0.26
	Rb ₂	0.22	0.22	0.23	0.23	0.20	0.19	0.30	0.29	0.28	0.32	0.29	0.29
	Rb ₁	0.34	0.35	0.35	0.35	0.31	0.29	0.40	0.40	0.41	0.42	0.40	0.40
	Total	1.09	1.11	1.14	1.14	1.00	0.93	1.29	1.29	1.30	1.36	1.29	1.30

때 Fig. 1과 같이 처리구간에 매우 유사하게 거의 차이가 없었다. 또한 백삼 및 홍삼 분말의 구성 ginsenoside의 함량을 HPLC에 의해 분석해 본 결과, Fig. 2, 3 및 Table 1과 같이 처리구간에 거의 차이가 없었고, 일정 선량의 방사선 조사는 사포닌 성분의 부분적인 증가현상을 가져왔다. 이는 에너지의 전리작용 등에 의해 유효성분의 추출이 용이하게 된 것으로 보여진다(17). 각 시험구의 ginsenoside를 HPLC로 정량 분석한 결과, ginsenoside Rg₁, -Re, -Rd, -Rc, -Rb₂, Rb₁ 등 6가지의 주요 성분 함량은 1.05~1.38 사이로 비조사구와 조사구간에 차이가 없었다. 각 ginsenoside의 함량은 -Rb₁이 가장 높은 함량을 보였고, 그 다음으로 -Rb₂, -Rc, -Re, -Rg₁ 및 -Rd의 순이었다. 전자선 조사에 따른 각 ginsenoside 함량 변화는 선량간에 유의적인 차이를 나타내지 않았는데, 이러한 결과는 권 등(11), 성 등(18), 변 등(19)의 인삼 사포닌에 대한 감마선 조사의 영향에 관한 연구에서 인삼 사포닌은 감마선에 매우 안정하였다는 보고와 잘 일치하였으며, 본 실험에서 전자선 조사에서도 사포닌 성분은 매우 안정하였다. 또한 시료를 실온에서 4개월 간 저장 후 동일한 방법으로 사포닌 함량을 분석해 본 결과 Table 1에서와 같이 매우 안정한 결과를 보여 주었다.

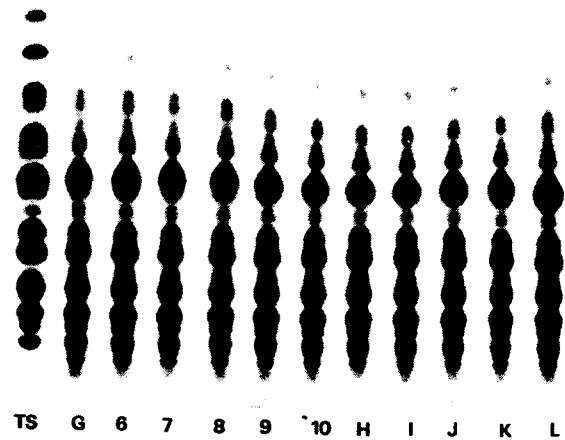


Fig. 1. TLC chromatogram of saponin components from electron-beam (EB) and gamma-ray (GR) irradiated white ginseng powder

(G: Control, 6: 2.5 kGy-GR, 7: 5 kGy-GR, 8: 7.5 kGy-GR, 9: 10 kGy-GR, 10: 15 kGy-GR, H: 2.5 kGy-EB, I: 5 kGy-EB, J: 7.5 kGy-EB, K: 10 kGy-EB, L: 15 kGy-EB. Developing solvents : chloroform/ methanol/water = 65/35/10, v/v/v).

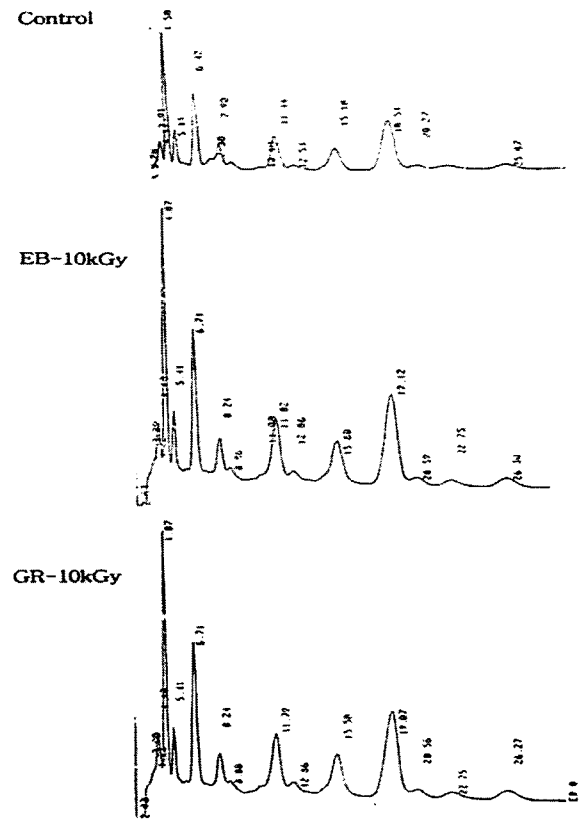


Fig. 2. HPLC chromatogram of saponin components in white ginseng powder irradiated with electron-beam (EB) and gamma-ray (GR).

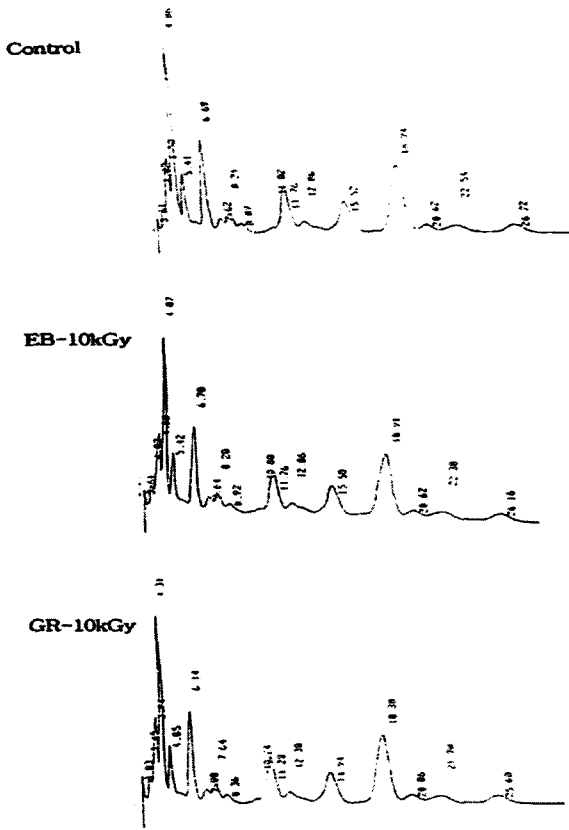
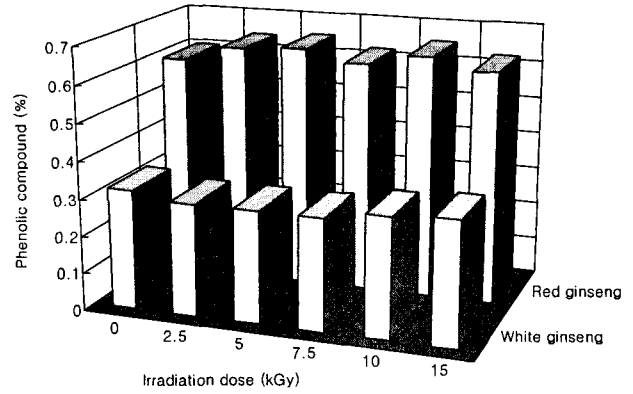


Fig. 3. HPLC chromatogram of saponin components in red ginseng powder irradiated with electron-beam (EB) and gamma-ray (GR).

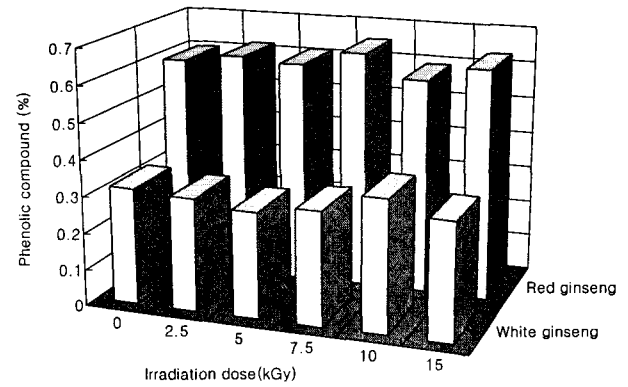
총 페놀 함량

페놀성 물질이란 일반적으로 한 개 또는 두 개 이상의 수산기로 치환된 방향족 환을 가지고 있는 식물성분을 말한다. 페놀성 물질은 당과 결합하여 배당체로 존재하는 경우가 많으므로 보통 수용성이다. 자연계에 존재하는 페놀성 물질의 구조는 1000종 이상 밝혀져 있는데, 이들은 플라보노이드가 주종을 이루고 있으나 단순한 페놀류, 페놀산류, 페닐프로파노이드류, 페놀성 퀴논류 등도 상당수 알려져 있다(20). 인삼에서 발견된 페놀성 물질은 대부분 페놀산류로서, 지금까지 caffeic acid 외 6종이 분리되었으며, 이 밖에 홍삼 특유의 maltol과 분자량 578의 폴리페놀 1종이 최근 보고(21)된 바 있다.

인삼분말에서 총 페놀의 함량은 Fig. 4와 같이 조사구과 비 조사구 간에 차이가 나타나지 않았고, 전자선 조사구와 감마선 조사구간에도 차이가 없었다. 그러나 홍삼분말의 경우는 백삼분말보다 그 함량이 높게 나타났다. 이것은 홍삼 제조과정에서 생성되는 갈변물질에 기인한 것으로 사료된다(22).



(A)



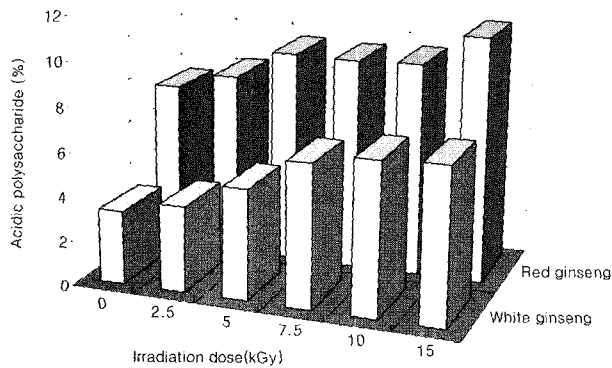
(B)

Fig. 4. Comparison of phenolic compounds of ginseng powders irradiated with electron-beam (A) and gamma-ray (B).

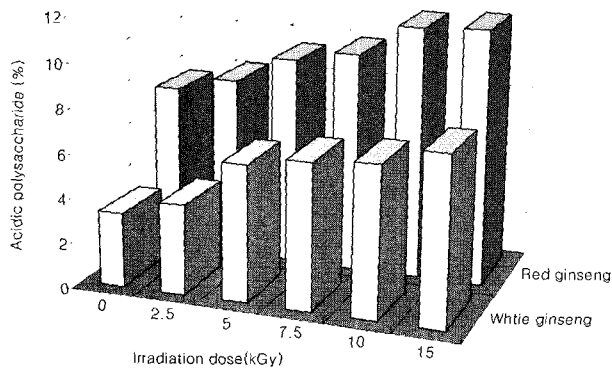
산성다당체 함량

Okuda 등(23)은 간암 또는 난소암 환자의 복수나 악성 임파선 종양환자의 늑막액이 쥐의 지방조직에서의 지방분해를 촉진한다는 사실을 알아내고 이 지방분해인자를 "toxohormone-L"이라고 명명하였다. 이 toxohormone-L은 분자량이 70,000 정도의 단백질로서 지방분해를 촉진하는 작용 외에 이 물질을 쥐의 lateral ventricle에 주사하면 사료와 물의 섭취량을 감소시켜 식욕증추에도 관여하는 것으로 나타났다. 이러한 toxohormone-L의 지방분해 촉진작용에 대한 저해물질을 홍삼성분으로부터 찾은 결과, ginsenoside-Rb₂와 산성다당체였으며, ginsenoside-Rb₂보다 산성다당체가 그 활성이 훨씬 큰 것으로 보고되었다(24). 이 산성다당체는 분자량이 34,600의 pectin 유사물질로서 주성분은 galacturonic acid이며, 그 외 rhamnose, glucose, arabinose 등으로 구성된 hetero polysaccharide 이다(25). 인삼의 다당체는 약 20~30%를 차지하는 전분 외에 혈당강화 성분인 Panaxan A~U 등의 21종이 알려져 있고, 생체방어기능 활성화 물질인 열수추출물로부터 분리된 분획 PG-51(단백질 함유 다당체)이 있으며, 그 밖에 항보체 활성화 다당체 등이 있다.

살균 처리된 인삼분말의 산성다당체 함량을 측정해 본 결과, Fig. 5과 같이 조사구와 비조사구 간에 큰 차이가 있었다. 즉, 조사 선량이 증가할수록 산성다당체 함량이 증가하여 백삼과 홍삼 모두에서 비조사구에 비해 15 kGy이 고선을 조사했을 때의 함량이 약 2배나 증가되었고, 전자선과 감마선 조사구 간에는 차이가 거의 없었다. 변 등(26)은 옥수수 전분 추출에 관한 보고에서 방사선 조사는 고분자물질의 추출을 용이하게 하였다고 하여 본 실험의 결과를 잘 뒷받침하였다. 따라서 방사선 조사시 산성다당체 함량의 급격한 증가가 일어난 것을 고려해 본다면, 추출물의 특성확인 과 다당체의 기존 추출방법에 대한 검토가 요망된다.



(A)



(B)

Fig. 5. Comparison of acidic polysaccharide of ginseng powders irradiated with electron-beam (A) and gamma-ray (B).

Amylase activity 및 단백질 패턴

백삼분말에서 amylase activity를 측정해 본 결과, Table 2과 같이 방사선 조사 직후에는 비조사구보다 조사구에서

amylase의 활성이 높게 나타났으며, 5 kGy 이상에서는 다시 감소하였다. 그러나 저장 4개월 후에는 전반적으로 활성이 감소되어 대조구보다 다소 낮은 수준으로 나타났다. 그리고 조사선원 간에는 큰 차이가 없었으나 감마선 조사시료에서 활성의 변화가 다소 심하였다. 방사선조사에 의한 효소활성의 증가는 효소단백질의 분자구조가 기질과 반응하기 쉬운, 즉 친화성이 높아지는 구조로 일부 변형되었기 때문이라고 사료된다(7). 또한 방사선 조사된 백삼분말로부터 단백질을 추출하고 정제한 단백질을 전기영동 하여 본 결과, Fig. 6과 같이 전자선과 감마선 조사된 시료 모두에서 최고선량 15 kGy까지도 단백질 패턴에서 뚜렷한 변화가 나타나지 않았다.

Table 2. Comparison of amylase activity of white ginseng powder irradiated with electron-beam (EB) and gamma-ray (GR) during storage at room temperature

Energy type	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)					
		0	2.5	5	7.5	10	15
EB	0	100.0 ^{b)}	124.7	129.7	127.6	118.1	108.1
GR		100.0	128.1	131.8	132.6	109.1	114.5
EB	4	100.0	90.7	95.2	96.9	95.9	96.7
GR		100.0	90.5	91.3	94.2	90.7	88.9

^{b)} Relative activity

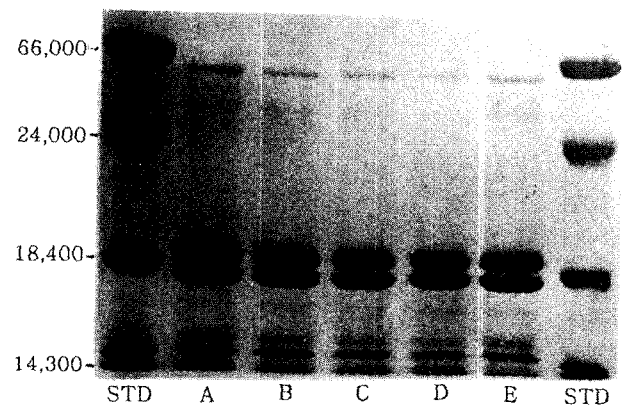


Fig. 6. Polyacrylamide gel electrophoretic pattern of total proteins of electron-beam and gamma-ray irradiated white ginseng

(A: Control, B: 5 kGy-EB, C: 10 kGy-EB, D: 5 kGy-GR, E: 10 kGy-GR).

요 약

인삼분말에 대한 전자선(electron beam)의 이용가능성을 연구하고자, 방사선 살균처리(2.5~15 kGy)가 백삼 및 홍삼분

말의 사포닌 함량 및 패턴, 페놀함량, 산성다당체 함량, amylase activity, 단백질 패턴 등에 미치는 영향을 감마선 조사와 비교하였다. 사포닌 함량과 패턴을 TLC 및 HPLC로 분석해 본 결과, 조사선량과 에너지원에 따른 변화는 확인되지 않았으며, 실온 저장 4개월 이후에도 안정된 경향을 보였다. 총페놀성분 및 산성다당체 함량은 홍삼이 백삼보다 높은 함량을 보였으며, 산성다당체 함량은 조사선량의 증가로 높은 추출량을 보였다. 백삼분말의 amylase activity는 방사선조사 직후 증가하였으나, 4개월 이후에는 대조구 보다 낮은 값을 보였으며, 추출단백질의 전기영동 패턴은 15 kGy의 전자선 및 감마선구에서도 대조구와 차이가 없었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 한국인삼연초연구원 : (1994) 고려인삼, 천일인쇄사, 대전, p.43-51
2. Kwon, J.H., Cho, H.O., Byun, M.W., Kim, S.W. and Yang, J.S. : (1990) Development of Irradiation Techniques for Quality Improvement of Ginseng Products. KAERI/RR-1018/90, p. 1-88
3. Vajdi, M. and Pereira, R.R. (1973) Comparative effects of ethylene oxide, γ -irradiation and microwave treatments on selected spices. J. Food Sci., 38, 893-895
4. UNEP (1995) 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
5. The Ministry of Health and Welfare in Korea (1997) Food Standard Code, Seoul, p. 511
6. 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
7. Josephson, E.S. and Peterson, M.S. (1983) Preservation of Food by Ionizing Radiation, Vol. I-III, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida
8. 권중호, 이미경, 이무하 (1998) Electron beam 조사에 의한 인삼분말의 살균. 한국식품과학회지, 30(6), 1362-1366
9. 이미경, 권중호, 도재호, 1998, Electron beam 조사가 인삼분말의 색도 및 관능적 품질에 미치는 영향. J. Ginseng Res., 22(4), 252-259
10. Ko, S.R. (1994) Comparative study on chemical components and biological activities of Panax species (in Korean). Ph. D. Thesis, Chonbuk National University, Korea, p. 10-14
11. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R., Sigouin, M., Lanthier, J., Willemot, C., and Pare, J.R.J. (1990) Chemical constituents of panax ginseng exposed to γ -irradiation. J. Agric. Food Chem., 38(3), 830-834
12. Amerine, M.A. and Ough, C.S. (1980) Methods for Analysis of Musts and Wine. Wiley & Sons, New York, p.176-180
13. 도재호, 이형욱, 이성계, 장진규, 이성동, 성현순 (1993) 인삼산성다당체의 비색정량법과 그 추출조건 및 안정성. 고려인삼학회지, 17, 139-144
14. Do J.H., Kim S.D. and Sung H.S. (1985) Biochemical and historical characteristics of inferior red ginseng. Korean J. Ginseng Sci., 9, 253-263
15. Laemmli U.K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T₄. Nature, 227, 680 (1970)
16. 한국인삼연초연구원 (1994) 고려인삼, 천일인쇄사, 대전, p.63-82
17. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R. and Pare, J.R.J. (1989) Effects of ionizing energy treatment on the quality of ginseng products. Radiat. Phys. Chem., 34, 963-967
18. 성현순, 박명환, 이광승, 조한옥 (1982) 방사선에 의한 인삼저장에 관한 연구. 한국식품과학회지, 14, 136-140
19. 변명우, 조성기, 조한옥, 육홍선, 김성애, 최강주 (1994) 홍삼의 품질개선을 위한 감마선 이용. 한국식품위생학회지, 9, -
20. Shahidi, F. and Naczki, M. (1995) Food Phenolics. Technomic Pub. Co. Inc., Pennsylvania, USA, p.235-237
21. 한국인삼연초연구원 (1996) 최신고려인삼(성분 및 효능편), 천일인쇄사, 대전, p.1-256
22. 도재호, 김경희, 장진규, 양재원, 이광승 (1989) 백삼 추출물의 갈변반응중 갈색도 및 성분의 변화. 한국식품과학회지, 21(4), 480-484
23. Okuda, H., Masuno, H. and Lee, S.J. (198) Proceedings of the 4th International Ginseng symposium, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Korea
24. Okuda, H., Lee, S.D., Matsuura, Y., Zheng, Y., Sekiya, K., Kakaku T., Kameda K., Hirose, K., Ohtani K., Tanaka O. and Sakata T. (1990) Proceedings of 6th International Symposium of Korean Ginseng. The Society for Korean Ginseng

25. 이성동, 오후다 히로미찌 (1990) 고려인삼의 산성다당체
성분이 암독소 호르몬-L의 지방질 분해작용에 미치는
영향. 고려인삼학회지, 14(1), 1-5
26. 변명우, 강일준, 권중호, 이수정, 김성곤 (1995) 옥수수
전분 추출 공정개선을 위한 감마선 이용. 한국식품과학회지,
27(1), 30-35
-
- (접수 2003년 3월 18일, 채택 2003년 4월 18일)