

한방약재의 오염 미생물 살균, 추출율 및 생리효능에 대한 감마선 조사의 영향

육홍선 · 차보숙* · 조성기 · 변명우

한국원자력연구소 방사선식품공학연구팀, *수원여자전문대학 식품영양과

Effects of Gamma Irradiation on Microbial Decontamination, Extraction Yields and Physiological Effectiveness of Korean Medicinal Plants

Hong-Sun Yook, Bo-Sook Cha*, Sung-Kee Jo and Myung-Woo Byun

Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute

*Department of Food Nutrition, Su Won Women's Junior College

Abstract

Effects of gamma irradiation on hygienic quality, extraction yields and physiological effectiveness in twenty-one kinds of Korean medicinal plants were investigated. Gamma irradiation at 5~10 kGy eliminated the microorganisms contaminated in Korean medicinal plants. The total extraction yield in fifteen kinds of Korean medicinal plants increased by 5~25% at 10 kGy gamma irradiation. The physiological effectiveness such as antioxidation, anticomplement functions, nitrite scavenging and electron donating abilities of medicinal plants exposed to 10 kGy gamma irradiation were not different from that of the nonirradiated control.

Key words: Korean medicinal plants, gamma irradiation, hygienic quality, extraction yields, physiological effectiveness

서 론

최근 한방약재로부터 생리활성 물질을 탐색하는 연구가 활발하며, 이를 이용한 식품 및 제약 산업의 고도화 시대를 맞이하여 원료의 안전공급, 위생적 제품생산, 효율적 제조공정, 안전한 저장 유통기술 등이 확보되어야 한다. 식품가공 및 저장에 있어서 지금까지 이용되어온 온열처리, 냉장, 화학약품처리 등은 처리효과, 비용, 안전성 등에 문제점이 지적되면서 그 사용이 점차 제한을 받게 되고, 특히 위생적인 식품 및 제약의 생산기반 확립이 한약관련 산업계로부터 요구되고 있다⁽¹⁾. 또한 식품 및 제약 원료로 사용되고 있는 국내의 유통 한방약재는 주로 수입품에 의존하는 실정으로 이들 수입한방약재는 국내의 법적 세균오염기준치 초과 및 중금속 과다검출, 위생화를 위한 화학약품처리 등 국민보건 차원에서 사회적 문제로 대두되고 있다. 나아가 원료자체의 저장·유통 중 오염유기체의 생육에 의한 품질열화로 식품 및 제약원료로 사용하기 위해

추출된 엑스분의 미생물학적 품질안전성과 가공공정상에 많은 문제점을 야기시키기도 한다. 따라서 식품의 위생화와 물성개선의 수단으로 이용되는 감마선 조사기법을 이용하여⁽²⁻⁴⁾ 이들 한방약재에 오염된 유기체의 위생적 구제는 물론 오염유기체 구제선량에서의 이들 유효성분의 추출율 향상 등 방사선을 이용한 천연 생리활성물질의 이용성 증대방안을 마련하기 위하여 20여종의 주요 한방약재에서 오염 유기체의 위생적 살균·살충뿐만 아니라 용매에 따른 유효성분의 추출율 및 생리효능시험을 수행하였다.

재료 및 방법

시료 및 방사선 조사

본 시험에 사용된 시료는 현재 국내에서 널리 사용되는 한방약재 20여종을 대상으로 서울 경동시장 한약재상에서 구입하였으며 그 종류는 Table 1과 같다.

시료의 포장은 접합포장재(nylon 15 μm /polyethylene 100 μm : 투습도, 4.7 g/m²·24 hr: 산소투과도, 22.5 cc/m²·24 hr)를 이용하여 약 500 g 단위로 합기포장한 후 감마선을 조사하였다. 포장된 시료의 감마선 조사는

Corresponding author: Myung-Woo Byun, Department of Food Irradiation, Korea Atomic Energy Research Institute, 150 Dukjin-dong, Yusung-gu, Taejon 305-354, Korea

Table 1. List of Korean medicinal plants used for experiments

Scientific name	Korean name	Plant part
<i>Aconitum carmichaeli debeaux</i>	부자	root
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	초오	root
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	선학초	whole plant
<i>Alisma plantago Linne vor. paruiiflorum</i> Torr	택사	root
<i>Angelica gigas</i> Nakai	당귀	root
<i>Astragalus membranaceus</i> Bunge	황기	root
<i>Atractylodes japonica (Koidz)</i> Kitag	백출	root & stem
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	봉출	root & stem
<i>Curcuma longa</i> Linne	울금	root & stem
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	마황	whole plant
<i>Ganoderma lucidum</i>	영지	whole plant
<i>Gingko biloda</i> Linne	은행잎	leaves
<i>Gynura japonica</i> Makino	삼칠근	root
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitag	천궁	root
<i>Paeonia japonica</i>	작약	root
<i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer	홍삼세미	tail root
<i>Poria cocos</i> Wolf	백봉령	mycelium grew at dead pine root
<i>Rehmannia glutinosa</i>	건지황	root
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	삼능	root
<i>Scrophularia oldhami</i>	현삼	root
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	황금	root

선원 10만 Ci의 Co-60 조사시설을 이용하여 시간당 300 Gy의 선량률로 5 및 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였으며, 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter에 의하였다. 비조사 및 감마선 조사된 시료는 실온에서 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 생육시험

각 시료 5 g에 멸균수 95 mL를 가하여 30분간 shaking 한 뒤 0.2 mL를 취하여 미생물 생육검사를 실시하였다. 호기성 전세균은 APHA 표준방법⁽⁵⁾에 따라 plate count agar (Difco, Lab.)를 사용하여 30°C에서 1~2일간 배양한 후 집락을 계수하였으며, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar (Difco, Lab.)를 사용하여 멸균된 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조절한 후 평판법으로 25°C에서 5~6일간 배양한 후 계수하였다⁽⁶⁾. 대장균군은 desoxycholate agar (Difco, Lab.)를 사용하여 pour plate method로 37°C에서 1~2일간 배양한 후 적색의 집락을 계수하였다⁽⁶⁾. 모든 미생물 검사는 3회 반복 실시하였으며, 단위는 시료 g당 colony forming unit (CFU)로 나타내었다.

유효성분 추출시험

분쇄한 비조사 및 감마선 조사시료의 유효성분 추출은 수직으로 환류냉각관을 부착한 500 mL용 둥근 플라스크에 시료중량의 3배의 물(증류수) 또는 70% 에탄올을 가해 물추출물은 95±1°C, 70% 알코올 추출은 80±1°C의 수욕상에서 2시간동안 추출하고 여과(Whatman No. 44)한 후 rotary evaporator로 감압농축하였다. 각 시료의 추출 수율은 시료의 건물량에 대한 추출물의 총 soluble solid 함량의 백분율로 나타내었다.

감마선 조사 한방약재의 생리효능 시험

감마선 조사 및 비조사 한방약재 추출물의 생리활성 측정시, 물추출물은 50% methanol로, 에탄올추출물은 99.5% methanol로 용해하여 실험에 사용하였다. 항산화 효과를 검토하기 위한 과산화물가(peroxide value, POV) 시험은 linoleic acid methyl ester (Nacalai INC. Japan)를 기질로 사용하여 Ando 등의 방법⁽⁷⁾에 따라 측정하였고, 전자공여능(electron donating ability)은 최 등의 방법⁽⁸⁾을 변형하여 측정하였다. 또한, 아질산염 소거작용(nitrite-scavenging ability)은 Gray 등의 방법⁽⁹⁾에 의하여 측정하였고 항보체 활성(anti-complementary activity)은 Mayer법⁽¹⁰⁾에 의하여 측정하였다.

결과 및 고찰

한방약재의 위생적 장기 안전저장

부자를 포함한 20여종의 한방약재에 대한 위생적 오염도와 감마선 조사에 따른 이들의 살균효과를 나타내었다(Table 2). 초기 미생물 오염도는 호기성전세균이 모든 시료에서 10²~10⁵ CFU/g 범위, 효모 및 곰팡이가 영지, 홍삼세미를 비롯한 11종에서 10²~10³ CFU/g 범위, 대장균군이 울금, 황기, 당귀, 홍삼세미에서 10²~10⁴ CFU/g 범위로 오염되어 있었으며, 전반적으로 미생물오염도가 낮았는데 이는 본 실험전 이미 화학약품 처리로서 어느정도 살균·살충처리가 행하여진 것으로 생각된다. 감마선 조사에 의한 이들 오염 미생물의 살균효과를 보면 울금과 홍삼세미를 제외한 19종의 한방약재는 5 kGy 조사로서 검출한계 이하로 사멸시킬 수 있었다. 또한 감마선 조사된 이들 한방약재는 실온에서 6개월 저장후에도 모든 미생물의 생육은 전혀 없었다. 따라서 이들 한방약재에 대한 감마선 조사는 저장유통중 오염유기체의 생육에 의한 품질열화의 방지와 최종 가공제품의 미생물학적 품질 안전성을 가져올 수 있고, 또한 식품위생상 크게 문제되는 화학약품처리 대체방법으로 활용될 수 있을 것이다.

Table 2. Effects of gamma irradiation on the growth of microorganisms in Korean medicinal plants (CFU/g sample)

Korean name	Total aerobic bacteria			Yeasts & Molds			Coliforms		
	0 kGy	5 kGy	10 kGy	0 kGy	5 kGy	10 kGy	0 kGy	5 kGy	10 kGy
부자	2.8×10 ⁵	-	-	-	-	-	-	-	-
작약	1.0×10 ⁴	-	-	2×10 ²	-	-	-	-	-
황기	2.5×10 ⁴	-	-	-	-	-	1×10 ²	-	-
삼칠근	5.5×10 ³	-	-	3×10 ²	-	-	-	-	-
봉출	2.5×10 ³	-	-	-	-	-	-	-	-
백령	7.5×10 ³	-	-	-	-	-	-	-	-
백령	2.5×10 ²	-	-	5×10 ²	-	-	-	-	-
울금	1.2×10 ⁵	1.5×10 ³	-	5×10 ²	-	-	1×10 ⁴	-	-
홍삼세미	4.8×10 ⁵	7.2×10 ²	-	4×10 ²	-	-	1×10 ²	-	-
삼능	3.6×10 ⁴	-	-	-	-	-	-	-	-
천궁	8.8×10 ³	-	-	-	-	-	-	-	-
황금	1.8×10 ⁴	-	-	1×10 ²	-	-	-	-	-
초오	7.5×10 ³	-	-	-	-	-	-	-	-
선학초	7.5×10 ²	-	-	3×10 ²	-	-	-	-	-
마황	5.5×10 ³	-	-	-	-	-	-	-	-
백출	1.8×10 ³	-	-	5×10 ²	-	-	-	-	-
건지황	4.3×10 ³	-	-	3×10 ²	-	-	-	-	-
현삼	2.5×10 ²	-	-	-	-	-	-	-	-
영지	1.2×10 ³	-	-	1×10 ³	-	-	-	-	-
당귀	1.0×10 ⁴	-	-	3×10 ²	-	-	1×10 ²	-	-

유효성분의 추출을 증대

비조사 및 감마선 조사(10 kGy: 오염유기체의 완전 구제선량)된 각 시료를 95±1°C 수조에서 2시간동안 증류수로 유효성분을 추출한 결과는 Table 3과 같다. 부자, 삼능, 황기가 비조사군에 비해 약 30% 정도의 추출을 증대효과를 보였고, 초오, 당귀, 삼칠근, 백령, 황금이 약 20% 정도, 작약 등 8종이 약 5~10% 정도 추출을 증대효과를 나타내었으며, 영지, 은행잎, 건지황은 물추출에서 엑스분의 수율 증대효과가 나타나지 않았다.

비조사 및 10 kGy 조사된 각 시료의 70% 에탄올 추출물에 있어서는 물추출에서 높은 수율을 보인 삼능, 당귀, 황금, 작약, 천궁, 봉출이 약 10~15% 정도, 선학초, 은행잎, 울금, 홍삼세미, 건지황, 마황이 약 5~10% 정도의 추출을 증대를 나타내었다(Table 4).

10 kGy 조사된 각 시료의 유효성분 총 수율(물추출물+70% 에탄올 추출물)에 있어서 비조사군에 비해 10% 이상 추출율이 증가된 시료가 삼능, 부자, 초오, 당귀, 황기, 봉출, 삼칠근, 작약, 황금, 천궁이며, 5% 정도 추출율이 증가된 것이 선학초, 홍삼세미, 현삼, 백령, 건지황, 백출 등으로 총 21종의 시료에서 16종이 5~10% 정도 유효성분 추출을 증대효과를 나타내었다(Table 5). 이러한 결과는 방사선 조사가 건조 식품의 물성을 개선시키는 작용 즉, 고선량 조사로 원료 중의 배당체를 개질시켜 가용성 물질의 추출을 촉

Table 3. Effects of gamma irradiation on the water extraction yield of Korean medicinal plants

Scientific name	Extraction yield (% w/w dry basis)	
	0 kGy	10 kGy
<i>Acontium carmichaeli</i> debeaux	18.6(100)	12.8(149)
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	23.4(100)	28.3(121)
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	19.8(100)	21.2(107)
<i>Alisma plantago</i> Linne vor. <i>parviflorum</i> Torr	30.3(100)	32.0(106)
<i>Angelica gigas</i> Nakai	43.0(100)	49.9(116)
<i>Astragalus membranaceus</i> Bunge	28.4(100)	36.1(127)
<i>Atractylodes japonica</i> (Koidz) Kitag	52.4(100)	55.9(107)
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	7.7(100)	8.8(114)
<i>Curcuma longa</i> Linne	10.9(100)	11.3(104)
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	13.7(100)	14.0(103)
<i>Ganoderma lucidum</i>	4.6(100)	4.6(100)
<i>Gingko biloda</i> Linne	29.5(100)	29.0(98)
<i>Gynura japonica</i> Makino	22.2(100)	26.7(121)
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitag	36.9(100)	40.5(110)
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	19.7(100)	22.4(114)
<i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer	32.9(100)	34.4(104)
<i>Poria cocos</i> Walf	1.0(100)	1.2(120)
<i>Rehmannia glutinosa</i>	28.2(100)	28.4(101)
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	9.5(100)	12.6(133)
<i>Scrophularia oldhami</i>	64.4(100)	71.1(111)
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	43.9(100)	51.5(117)

진시키고 그 수량을 향상시킬 수 있다는 보고⁽¹¹⁾와 일치하였다. 따라서 천연생리활성물질에 10 kGy 범위의

Table 4. Effects of gamma irradiation on the 70% ethanol extraction yield of Korean medicinal plants

Scientific name	Extraction yield (%, w/w dry basis)	
	0 kGy	10 kGy
<i>Acontium carmichaeli debeaux</i>	12.0(100)	11.1(93)
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	14.4(100)	14.4(100)
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	20.2(100)	21.7(107)
<i>Alisma plantago Linne vor.</i> <i>paruiflorum</i> Torr	26.2(100)	26.1(99)
<i>Angelica gigas</i> Nakai	45.3(100)	50.2(111)
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	27.3(100)	27.3(100)
<i>Attractylodes japonica</i> (Koidz) Kitag	35.5(100)	35.8(101)
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	4.7(100)	5.4(116)
<i>Curcuma longa</i> Linne	13.2(100)	14.0(106)
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	13.8(100)	14.4(104)
<i>Ganoderma lucidum</i>	2.0(100)	2.2(110)
<i>Ginkgo biloda</i> Linne	28.7(100)	30.6(107)
<i>Gynura japonica</i> Makino	14.8(100)	15.2(102)
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitag	30.1(100)	32.7(109)
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	13.1(100)	14.3(109)
<i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer	20.4(100)	21.5(105)
<i>Poria cocos</i> Wolf	1.7(100)	1.6(94)
<i>Rehmannia glutinosa</i>	40.8(100)	43.0(105)
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	6.1(100)	6.9(113)
<i>Scrophularia oldhami</i>	55.9(100)	55.8(99)
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	29.1(100)	32.0(110)

Table 5. Effects of gamma irradiation on the total extraction yield of Korean medicinal plants

Scientific name	Extraction yield (%, w/w dry basis)	
	0 kGy	10 kGy
<i>Acontium carmichaeli debeaux</i>	20.6(100)	23.9(116)
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	37.8(100)	42.7(113)
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	40.0(100)	42.9(107)
<i>Alisma plantago Linne vor.</i> <i>paruiflorum</i> Torr	56.5(100)	58.1(103)
<i>Angelica gigas</i> Nakai	88.3(100)	100.1(113)
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	55.7(100)	63.4(114)
<i>Attractylodes japonica</i> (Koidz) Kitag	87.9(100)	91.7(104)
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	12.4(100)	14.2(115)
<i>Curcuma longa</i> Linne	24.1(100)	25.3(105)
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	27.5(100)	28.4(103)
<i>Ganoderma lucidum</i>	6.6(100)	6.8(103)
<i>Ginkgo biloda</i> Linne	58.2(100)	59.6(102)
<i>Gynura japonica</i> Makino	37.0(100)	41.9(113)
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitag	67.0(100)	73.3(109)
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	32.8(100)	36.7(112)
<i>Panax ginseng</i> C.A. Meyer	53.3(100)	55.9(105)
<i>Poria cocos</i> Wolf	2.7(100)	2.8(104)
<i>Rehmannia glutinosa</i>	69.0(100)	71.4(104)
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	15.6(100)	19.5(125)
<i>Scrophularia oldhami</i>	120.3(100)	126.9(106)
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	73.0(100)	83.5(114)

Table 6. Antioxidative activity of extract obtained from Korean medicinal plants against linoleic acid methyl ester

Scientific name	Antioxidative index ¹⁾					
	Water extract		70% ethanol extract		Mixture extract ²⁾	
	0 kGy	10 kGy	0 kGy	10 kGy	0 kGy	10 kGy
Control	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	1.73	1.87	2.87	2.80	2.34	2.33
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20
<i>Alisma plantago Linne vor. paruiiflorum</i> Torr	1.33	1.20	2.17	2.16	1.72	1.75
<i>Angelica gigas</i> Nakai	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	1.06	1.01	1.66	1.75	1.14	1.14
<i>Atrotylodes japonica</i> (koidz) Kitag	2.53	2.49	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	1.10	1.08	2.17	2.13	1.69	1.69
<i>Curcuma longa</i> Linne	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20
<i>Gynura japonica</i> Makino	0.63	0.69	1.00	1.02	0.84	0.95
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	2.31	2.32	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	0.82	0.79	1.31	1.30	1.15	1.15
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	1.63	1.65	2.40	2.35	2.13	2.15
<i>Scrophularia oldhami</i>	1.24	1.27	2.94	2.90	2.24	2.27
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20	> 3.20

¹⁾Antioxidative index was expressed as induction period of linoleic acid methyl ester containing various medicinal plant extracts/induction period of control linoleic acid methyl ester.

²⁾70% ethanol extract+water extract (1:1, v/v).

감마선 조사는 이들의 추출율을 증대시킬 뿐만아니라 추출시간 단축효과와 원료자체의 저장·유통중 오염

유기체의 생육에 의한 품질열화를 방지하는데 효과적임을 알 수 있었다.

감마선 조사 한방약재의 생리효능 변화

항산화력: 감마선 조사(10 kGy) 및 비조사 한방약재 16종의 물 추출물, 70% 에탄올 추출물, 물 추출물과 70% 에탄올 추출물을 1:1 (v/v)으로 혼합한 추출물들의 linoleic acid methyl ester 기질에 대한 과산화물 생

성억제 효과를 조사하였다. 전반적으로 모든 시료에서 에탄올 추출물이 물 추출물보다 다소 기질에 대한 과산화물 생성억제효과가 높았다. 16종의 한방약재 중 선학초, 당귀, 울금, 백출, 마황, 천궁, 작약, 황금 등이 높은 항산화력을 보였고, 한방약재의 위생화를 위해

Table 7. Electron donating abilities (EDA) of water-extract obtained from Korean medicinal plants

Scientific name	Electron donating ability (%)					
	0 kGy			10 kGy		
	0.5 min	5 min	10 min	0.5 min	5 min	10 min
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	20.4±2.8	62.2±7.9	73.4±8.8	21.3±3.0	59.7±9.0	70.9±7.9
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	1341.6±91.3	2556.0±86.1	2818.0±87.3	1499.2±77.3	2604.8±53.9	2786.8±89.3
<i>Alisma plantago Linne vor. parviflorum</i> Torr	26.2±1.8	52.8±3.5	61.5±3.7	26.0±1.3	57.7±2.8	60.9±3.2
<i>Angelica gigas</i> Nakai	147.5±7.3	420.0±19.2	540.2±21.3	148.8±6.3	450.3±23.1	529.2±29.4
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	7.9±0.6	29.5±1.2	38.3±2.3	7.6±0.5	28.4±1.4	38.8±2.1
<i>Atrocytodes japonica (koidz)</i> Kitag	65.6±7.3	129.7±11.5	149.6±18.3	70.6±5.2	136.7±12.3	155.0±17.4
<i>Curcuma ledoaria</i> Roscoe	8.2±1.0	26.0±1.3	33.1±1.7	8.2±0.7	26.5±1.5	33.9±1.6
<i>Curcuma longa</i> Linne	20.0±2.0	52.3±3.8	59.2±4.1	18.4±1.9	49.1±4.0	58.8±4.3
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	259.6±11.6	587.4±21.4	713.6±23.5	255.4±10.5	601.0±24.5	730.2±19.7
<i>Gynura japonica</i> Makino	10.3±1.7	26.3±2.3	28.7±2.0	10.4±1.5	26.9±2.1	28.4±2.2
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	63.4±9.9	205.9±21.0	267.0±19.7	71.8±8.7	224.1±19.5	278.2±21.3
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	726.8±21.3	1483.6±37.1	1553.6±51.3	690.8±23.1	1433.0±35.4	1501.3±59.6
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	15.1±1.7	48.3±2.8	61.6±3.5	14.7±1.3	50.4±3.0	63.0±3.7
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	10.1±0.2	36.5±0.2	47.5±0.5	10.5±0.3	36.4±0.1	47.1±0.4
<i>Scrophularia oldhami</i>	21.7±0.5	31.3±0.7	31.7±0.3	22.8±0.1	32.4±0.3	32.8±0.2
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	4047.0±73.3	5898.0±99.2	6522.0±87.3	4287.0±63.1	6038.0±73.5	6644.0±90.2

Table 8. Electron donating abilities (EDA) of 70% ethanol-extract obtained from Korean medicinal plants

Scientific name	Electron donating ability (%)					
	0 kGy			10 kGy		
	0.5 min	5 min	10 min	0.5 min	5 min	10 min
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	23.6±1.7	65.6±3.0	77.5±2.8	24.6±2.0	65.9±2.9	77.9±3.1
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	1792.0±73.2	3208.8±60.1	3310.8±75.3	1922.0±55.1	3094.0±97.1	3221.2±83.5
<i>Alisma plantago Linne vor. parviflorum</i> Torr	34.8±3.7	68.4±9.3	76.7±7.3	35.4±2.3	71.3±4.7	78.2±3.5
<i>Angelica gigas</i> Nakai	293.5±21.3	436.7±33.1	529.9±35.7	277.8±25.8	460.6±40.3	555.4±21.3
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	12.7±0.9	36.4±4.3	47.1±3.5	13.5±1.2	39.5±3.5	49.5±4.2
<i>Atrocytodes japonica (koidz)</i> Kitag	76.8±3.5	147.7±5.5	161.4±7.2	81.9±3.2	156.9±6.1	163.1±4.9
<i>Curcuma ledoaria</i> Roscoe	20.9±0.5	50.5±1.7	60.4±3.4	21.3±0.7	52.1±1.5	62.1±3.0
<i>Curcuma longa</i> Linne	485.2±19.3	1284.0±30.1	1550.4±51.3	511.2±20.1	1319.6±27.7	1614.4±53.6
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	1121.4±31.5	1653.2±40.5	1656.6±19.3	1101.6±27.6	1648.8±39.8	1652.4±23.5
<i>Gynura japonica</i> Makino	14.6±0.9	44.3±2.7	56.5±3.0	13.8±0.7	41.9±3.5	54.7±4.1
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	184.7±18.9	361.1±21.3	469.6±31.6	212.6±13.1	398.2±21.4	481.2±19.9
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	1292.7±81.7	2422.5±90.1	2490.9±87.9	1218.9±79.6	2352.9±88.8	2459.4±53.2
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	16.9±1.2	47.0±1.0	58.5±1.7	17.8±0.9	48.6±0.8	60.6±2.3
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	14.8±0.8	48.6±3.1	60.8±3.7	13.5±1.1	44.2±3.9	58.9±3.6
<i>Scrophularia oldhami</i>	49.2±3.8	143.7±11.2	158.7±8.3	44.1±4.7	139.3±10.3	151.1±10.7
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	743.0±21.0	1597.4±67.3	1644.6±83.5	832.2±39.1	1660.4±10.8	1696.6±77.7

적용된 10 kGy 감마선 조사된 시료는 비조사 대조시
료와 항산화력에서 아무런 차이를 나타내지 않았다.
Table 6은 시험에 사용된 16종의 감마선 조사 및 비조
사 한방약재 추출물의 항산화 효과를 쉽게 비교하기
위하여 linoleic acid methylester 기질에 추출물을 첨가
하지 않은 무처리구의 유효기간을 기준으로 한 AI

(antioxidant index; 각 시료추출물 첨가구의 유효기
간을 무첨가구의 유효기간으로 나눈값)로 비교해 본
결과이다. AI가 3을 초과하는 시료는 앞의 과산화물
생성억제 효과에서 언급된 한방약재 8종임이 확인되
었고, 감마선 조사에 따른 AI의 변화는 관찰되지 않아
한방약재의 위생화를 위한 감마선 조사는 이들 시료의

Table 9. Electron donating abilities (EDA) of mixture extract (70% ethanol-extract and distilled water-extract, 1:1 v/v) obtained from Korean medicinal plants

Scientific name	Electron donating ability (%)					
	0 kGy			10 kGy		
	0.5 min	5 min	10 min	0.5 min	5 min	10 min
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	23.2±1.4	65.0±2.9	76.9±3.2	22.3±1.9	65.3±3.2	77.1±3.6
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	1712.8±68.4	3139.2±101.0	3194.8±70.5	1756.3±57.5	3084.2±87.5	3148.4±73.9
<i>Alisma plantago Linne vor. paruiiflorum</i> Torr	27.8±2.3	66.2±3.1	72.0±7.5	30.9±3.0	68.8±4.6	72.1±6.8
<i>Angelica gigas</i> Nakai	242.7±13.5	422.8±27.9	472.7±33.1	235.9±18.0	419.7±31.2	480.3±39.5
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	10.3±0.6	32.0±1.8	40.8±3.1	9.7±0.5	30.9±2.0	39.3±2.9
<i>Atrocyloides japonica (koidz)</i> Kitag	74.5±4.1	147.4±9.7	158.4±8.8	78.3±2.1	148.9±8.9	160.6±10.1
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	11.4±0.8	33.9±3.0	42.8±4.2	12.6±0.2	37.1±2.5	46.2±3.9
<i>Curcuma longa</i> Linne	57.0±6.3	180.0±10.2	235.2±11.3	60.6±3.8	178.6±9.7	230.0±10.1
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	876.0±21.5	1584.0±56.3	1625.8±53.1	867.2±29.5	1578.2±63.4	1645.6±49.8
<i>Gynura japonica</i> Makino	13.1±0.7	41.9±2.9	53.1±3.3	12.8±0.6	38.6±2.7	50.7±3.8
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	130.2±10.4	301.5±15.1	398.7±19.3	143.4±11.4	326.6±19.9	416.9±20.5
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	1157.1±57.5	2328.0±53.6	2469.6±90.2	1140.9±48.2	2278.0±63.1	2455.2±87.3
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	16.3±0.7	43.0±1.9	53.2±2.7	16.9±0.5	45.2±1.6	55.7±3.3
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	12.0±0.3	41.2±1.5	53.4±1.9	12.2±0.2	40.6±1.2	52.4±1.7
<i>Scrophularia oldhami</i>	26.1±1.8	32.4±1.3	32.8±0.9	24.6±1.1	33.1±1.5	33.4±1.4
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	1573.5±36.0	2297.7±57.2	2330.4±39.4	1507.9±28.9	2371.3±40.5	2396.4±68.6

Table 10. Nitrite-scavenging abilities of water-extract obtained from Korean medicinal plants

Scientific name	Nitrite-scavenging ability (%)			
	pH 1.2		pH 4.2	
	0 kGy	10 kGy	0 kGy	10 kGy
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	17.6±0.9	18.1±0.7	11.2±0.6	11.8±0.6
<i>Agrimonia pilosa ledebour japonica</i> Nakai	74.9±2.0	73.8±2.7	23.1±1.5	22.7±1.7
<i>Alisma plantago Linne vor. paruiiflorum</i> Torr	19.7±0.6	20.1±0.5	13.0±0.3	13.4±0.4
<i>Angelica gigas</i> Nakai	35.5±0.2	35.6±0.4	15.2±0.3	14.9±0.2
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	27.3±0.7	28.0±0.3	15.0±0.5	15.8±0.2
<i>Atrocyloides japonica (koidz)</i> Kitag	26.4±1.3	27.2±0.9	17.2±0.7	18.5±0.3
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	17.8±0.3	18.2±0.4	11.0±0.2	9.5±0.4
<i>Curcuma longa</i> Linne	29.8±1.7	28.0±2.0	17.2±1.1	16.6±0.9
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	45.7±2.1	43.8±2.6	12.9±1.1	13.8±1.4
<i>Gynura japonica</i> Makino	52.5±0.1	52.1±0.3	10.8±0.4	10.3±0.5
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	35.9±1.8	37.0±2.1	18.9±1.0	19.5±0.8
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	43.2±0.2	43.2±0.1	11.1±1.0	12.6±0.3
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	45.4±2.3	46.9±0.7	15.8±1.1	16.6±0.9
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	15.9±0.3	15.6±0.2	10.8±0.1	10.5±0.3
<i>Scrophularia oldhami</i>	28.9±0.7	28.6±0.4	17.2±0.5	16.7±0.7
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	91.3±1.2	91.7±0.9	32.6±0.2	30.8±0.3

항산화효과에 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

전자공여능: 항산화 물질의 가장 특징적인 역할은 oxidative free radicals과 반응하는 것으로서 전자공여 작용은 활성 radical에 전자를 공여하여 식품 중의 지질 산화 억제나 인체내에서 노화를 억제하는 작용의 척도 로도 이용되고 있다. 따라서 본 시험에서 환원성 물질 의 분석시약으로 안정한 free radical인 α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH)를 이용하여 감마선 조사 및 비조

사 시료 전자공여능을 조사한 결과는 Table 7-9와 같 다. 모든 시료에서 DPPH에 의한 흡광도의 감소현상이 반응 5분 이내에 강하게 일어났으며, 전자공여능의 크 기를 보면 황금, 선학초, 작약, 마황, 당귀가 물 추출물 과 에탄올 추출물 모두에서 높았다. 일반적으로는 에탄 올 추출물이 물 추출물 보다 다소 높았으며, 특히 울금 과 천궁의 경우에는 물 추출물보다 에탄올 추출물에서 매우 높은 전자공여능을 보였고, 황금의 경우에는 이와

Table 11. Nitrite-scavenging abilities of 70% ethanol-extract obtained from Korean medicinal plants

Scientific name	Nitrite-scavenging ability (%)			
	pH 1.2		pH 4.2	
	0 kGy	10 kGy	0 kGy	10 kGy
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	38.5±1.3	39.2±2.0	9.7±0.5	10.5±0.6
<i>Agrimonia pilosa leadebour japonica</i> Nakai	93.3±2.5	92.9±2.7	30.9±0.5	30.3±0.6
<i>Alisma plantago Linne vor. paruiiflorum</i> Torr	43.5±1.2	41.6±1.0	9.7±0.2	9.6±0.4
<i>Angelica gigas</i> Nakai	49.0±1.5	49.3±0.9	10.2±0.3	10.8±0.5
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	43.7±1.0	43.9±0.7	9.5±0.3	10.3±0.3
<i>Atrocytodes japonica (koidz)</i> Kitag	70.2±2.9	71.9±1.8	6.9±0.6	6.0±0.5
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	64.8±1.9	65.1±1.1	6.9±0.5	6.8±0.2
<i>Curcuma longa</i> Linne	81.3±2.3	79.6±2.1	31.5±1.3	29.3±0.9
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	91.2±2.1	90.8±2.5	29.2±2.0	26.8±1.1
<i>Gynura japonica</i> Makino	65.7±1.4	64.7±1.6	13.9±1.0	12.2±0.7
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	53.9±0.9	54.2±0.7	11.8±0.8	11.6±1.1
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	75.0±1.6	76±1.3	16.2±0.7	16.6±1.2
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	57.1±1.0	56.4±0.9	7.6±0.3	7.4±0.2
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	37.8±0.8	38.8±0.5	9.5±0.5	10.5±0.4
<i>Scrophularia oldhami</i>	38.5±0.7	38.2±0.6	5.3±0.3	6.0±0.2
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	36.6±0.5	37.4±0.7	6.5±0.3	7.0±0.4

Table 12. Nitrite-scavenging abilities of mixture extract (70% ethanol-extract and distilled water-extract, 1:1 v/v) obtained from Korean medicinal plants

Scientific name	Nitrite-scavenging ability (%)			
	pH 1.2		pH 4.2	
	0 kGy	10 kGy	0 kGy	10 kGy
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	31.7±1.8	32.0±1.6	12.3±0.6	11.5±0.5
<i>Agrimonia pilosa leadebour japonica</i> Nakai	94.2±2.0	93.7±1.5	33.0±1.0	32.4±1.2
<i>Alisma plantago Linne vor. paruiiflorum</i> Torr	32.4±0.9	33.1±1.1	8.8±0.5	8.1±0.4
<i>Angelica gigas</i> Nakai	47.0±1.8	46.6±1.7	13.6±0.2	13.8±0.3
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	35.7±0.7	37.5±1.2	12.5±0.3	11.9±0.6
<i>Atrocytodes japonica (koidz)</i> Kitag	39.5±1.0	38.3±0.8	16.9±0.7	16.3±0.2
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	39.5±1.1	41.5±1.3	12.3±0.2	12.5±0.2
<i>Curcuma longa</i> Linne	52.4±2.2	54.3±2.5	14.0±0.8	13.0±0.5
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	74.3±2.7	72.9±1.8	22.6±1.0	21.7±1.0
<i>Gynura japonica</i> Makino	71.0±1.9	70.8±1.6	8.6±0.9	7.9±0.8
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	47.6±1.3	46.8±0.7	15.9±0.7	16.2±0.8
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	70.2±1.5	71.4±2.1	19.8±1.3	18.6±1.6
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	56.2±1.6	55.2±1.4	11.1±0.8	12.0±0.7
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	30.7±0.9	29.6±0.7	13.6±1.1	12.7±1.2
<i>Scrophularia oldhami</i>	40.7±1.4	41.3±1.1	14.6±0.7	15.2±0.9
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	67.9±1.8	68.1±2.0	20.7±0.3	20.9±0.2

Table 13. Anti-complementary activity of water and 70% ethanol-extract obtained from Korean medicinal plants

Scientific name	Inhibition of TCH50 (%)			
	Water extract		70% ethanol extract	
	0 kGy	10 kGy	0 kGy	10 kGy
<i>Aconitum jaluense</i> Komarov	7	8	39	40
<i>Agrimonia pilosa leadebour japonica</i> Nakai	56	55	35	36
<i>Alisma plantago</i> Linne vor. <i>parviflorum</i> Torr	35	36	40	42
<i>Angelica gigas</i> Nakai	37	37	16	20
<i>Astragalus membronaceus</i> Bunge	35	34	40	39
<i>Atrotylodes japonica (koidz)</i> Kitag	32	31	22	23
<i>Curcuma Iedoaria</i> Roscoe	55	56	23	21
<i>Curcuma longa</i> Linne	20	21	8	10
<i>Ephedra sinica</i> Stapf	56	56	36	38
<i>Gynura japonica</i> Makino	26	25	30	31
<i>Ligusticum jeholense</i> Kitog	13	15	44	43
<i>Paeonia japonica</i> Miyabe	29	30	56	56
<i>Panax ginseng</i> C. A. Meyer	38	39	34	32
<i>Scirpus maritimus</i> Linne	30	30	30	29
<i>Scrophularia oldhami</i>	13	15	40	41
<i>Scutellaria baikalensis</i> George	28	29	30	32

반대로 물 추출물이 에탄올 추출물에 비해 5배이상 높게 나타났다. 이는 앞의 지질에 대한 과산화물 생성억제 효과에서 보여준 결과와 거의 일치함을 알수 있었고, 감마선 조사(10 kGy)와 비조사 시료의 추출물간의 전자공여능은 아무런 차이를 보이지 않아 변 등⁽¹²⁾의 감마선 조사된 홍삼의 시험결과와 일치하였다.

아질산염 소거능: 발암물질인 N-nitroso 화합물의 전구체의 하나인 아질산염은 미량이지만 하나 야채, 곡류를 비롯한 각종 농산물에 널리 함유되어 있고, 육제품이나 기타 식품의 보존과 발색 안정성을 위해 식품첨가물로도 사용된다. 식품의 안전성 측면에서 nitrosoamine은 식품 성분간의 상호반응으로 식품내에서 뿐만 아니라 nitroso화 반응조건이 인체의 위내 pH 조건(산성조건)과 유사하여, 위내에서도 쉽게 생성될 수 있다^(9,13,14). 감마선 조사 및 비조사 시료 추출물의 아질산염 소거능을 조사한 결과는 Table 10~12와 같다. 일반적으로 아질산염 제거능은 pH 1.2가 pH 4.2보다 높게 나타났으며, 황금 시료추출물을 제외하고는 물 추출물 보다 에탄올 추출물이 더높은 아질산염 소거능을 보였다. 특히 아질산염의 소거능이 높았던 시료는 선학초, 마황, 삼칠근, 작약, 황금 등이며 홍삼, 천궁, 울금, 당귀도 높은 제거능을 보였고, 감마선 조사와 비조사 시료 추출물간에는 아질산염 소거능의 차이를 보이지 않았다.

항보체 활성: 감마선 조사 및 비조사 시료 추출물의 면역체계와 관련된 항보체 활성을 조사한 결과는 Table 13과 같다. 물 추출물에서 50% 이상의 항보체

활성을 보인 시료는 선학초, 마황, 봉출이었고 에탄올 추출물에서는 작약이었다. 일반적으로 현삼, 작약, 천궁, 초오를 제외하고는 물 추출물이 에탄올 추출물 보다 다소 높은 항보체 활성을 보였다. 한편, 한방약재의 오염미생물 사멸을 위해 감마선 조사된(10 kGy) 시료는 비조사 시료와 항보체 활성에 차이를 보이지 않았다.

요 약

5~10 kGy 범위의 감마선 조사는 한방약재에 오염된 유기체를 완전사멸 시켜 저장중 미생물학적 품질 안전성을 가져왔으며, 한방약재의 유효성분 추출율을 약 5~25% 증대시킬 뿐만 아니라 추출시간의 단축효과도 나타냈다. 또한 살균 및 유효성분의 추출율이 증대된 조사선량에서 한방약재의 몇 가지 생리적 활성(항산화력, 항보체능력, 아질산염 소거능, 전자공여능)은 비조사군과 차이를 보이지 않았다.

감사의 글

이 논문은 1997년도 과학기술부 원자력연구개발과제의 연구비에 의해 수행된 연구결과의 일부로, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. 변명우: 식품산업에서 방사선 조사기술의 이용과 전망.

- 식품과학과 산업, **30**, 89-100 (1997)
2. WHO: *Food Irradiation - A Technique for Preserving and Improving the Safety of Food*. WHO, Geneva. (1988)
 3. WHO Surveillance Programme for Control of Food-borne Infections and Intoxications in Europe: Fifth Report 1985-1989. Institute of Veterinary Medicine - Robert von Ostertag Institute (FAO/WHO Collaboration Centre for Research and Training in Food Hygiene and Zoonosis). Berlin (1992)
 4. 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)
 5. APHA: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*, M. Speck (ed.), American Public Health Association, Washington, D.C. (1976)
 6. Harrigan, W.F. and McCance, M.E.: *Laboratory Methods in Food and Dairy Microbiology*, Academic Press, London (1976)
 7. Ando, T., Tanaka, O. and Shibata, S.: Chemical studies on the oriental plant drugs. XXV, comparative studies on the saponins and sapogenins of ginseng and related crude drugs. *Syoyakugaku Zasshi*, **25**, 28-29 (1971)
 8. Choi, J.H. and Oh, S.K.: Studies on the anti-aging action of Korean ginseng (in Korean). *Korean J. of Food Sci. Technol.*, **17**, 506-515 (1985)
 9. Gray, J.I. and Dugan Jr. L.R.: Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J. Food Sci.*, **40**, 981-984 (1975)
 10. Mayer, M.M., Shin, H.S. and Miller, J.A.: Chemotactic and anaphylatoxic fragment cleaved from the fifth component of guinea pig complement. *Science*, **162**, 361-363 (1967)
 11. Sung, H.S., Park, M.H. and Yang, C.B.: Studies on the preservation of Korean ginseng by irradiation (in Korean). *Korean J. Food Sci. and Technol.*, **14**, 136-140 (1982)
 12. Byun, M.W., Jo, S.K., Cho, H.O., Yook, H.S., Kim, S. A and Choi, K.J.: Application of gamma irradiation for quality improvement of red ginseng (in Korean). *J. Fd. Hyg. Safety*, **9**, 151-161 (1994)
 13. Yamaguchi, N., Yokoo, Y. and Fufimaki, M.: Studies on antioxidative activities of amino compounds on fats and oils. Part III. antioxidative activities of soybean protein hydrolyzates and synergistic effect of hydrolyzate on tocopherol. *Nippon shokuhin kogyo gakkaiishi*, **22**, 431-435 (1974)
 14. Walker, R.: Naturally occurring nitrate/nitrite in foods. *J. Sci. Fd. Agric.*, **26**, 1735-1740 (1975)

(1998년 2월 20일 접수)