Korean J. Food Preserv.
Vol. 15, No. 3. pp. 411-420, June 2008

사단법인 한국식품저장유통학회
THE KOREAN SOCIETY OF FOOD PRESERVATION

방사선 조사에 의한 어성초의 휘발성 유기성분 변화

류근영[1] · 심성례[1] · 정민석[1] · 전삼녀[1] · 조철훈[2] · 송현파[2] · 김경수[1] · 김연순†
조선대학교 가정교육과, [1]조선대학교 식품영양학과, [2]충남대학교 동물자원생명공학과

Effect of γ-Irradiation of Volatile Organic Compounds of *Houttuynia cordata* Thunb.

Keun-Young Ryu[1], Sung-Lye Shim[1], Min-seok Jung[1], Sam-Nyeo Jun[1], Cheor-Un Jo[2], Hyun-Pa Song[2], Kyong-Su Kim[1] and Youn-Soon Kim†
Department of Home Economics Education, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea
[1]Department of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea
[2]Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

This study was performed to examine the effect of γ-irradiation on the volatile organic compounds in *Houttuynia cordata* Thunb.(*H. cordata*). The volatile compounds of non-irradiated and 10 kGy γ-irradiated *H. cordata* were isolated using SDE apparatus and analyzed by GC/MS. For each treatment the number of volatile compounds were detected at 83 and 85, respectively. The predominant functional groups of volatile organic compounds from *H. cordata* were identified as alcohols and ketones. *H. cordata* was mainly composed of hexahydrofarnesyl acetone (12.81%), phytol, decanoic acid, dodecanoic acid, octadecanol, caryophyllene oxide, 2-undecanone and menthol. Houttuynum which is characteristic compound of *H. cordata* was found in all samples and there was no significant difference with irradiation doses. Consequently, γ-irradiation of *H. cordata* would be an effective process for sanitation and to increase extraction efficiency.

Key words : *Houttuynia cordata* Thunb., irradiation, houttuynum, volatile organic compounds, GC/MS

서 론

최근 국민들의 건강에 대한 관심의 증가와 사회적 환경 등을 반영할 때 한약재는 약으로써 뿐만 아니라 식품으로써 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 이러한 작금의 상황을 반영하듯 한약재의 소비량은 점점 증가하고 있다. 한약재는 그 성분의 대부분이 유기물이고 수분을 비롯하여 영양분을 풍부하게 함유하고 있기 때문에 미생물의 발생과 성장에 아주 유리한 조건을 가지고 있다. 그러나 이러한 위생상의 불리한 조건에도 불구하고 아직까지 한약재는 특별한 포장 없이 polypropylene 그물망이나 간단한 비닐 포장 등에 포장되어 유통되고 있으며(1), 해충 구제를 목적으로 methyl bromide, ethylene dibromide, ethylene oxide 등과 같은 위험한 화학 약품들에 노출되어 있다(2).

화학 약품들을 이용한 화학적 훈증제로는 주로 아황산염류들이 사용되고 있으며, 이러한 아황산염류는 이산화황(10 ppm이하)으로서 그 잔류량을 규정하고 있다(3,4). 그러나 아황산염은 생체 내에서 빠르게 산화되어 황산염으로 되어 아황산을 유리하는데 이는 위장을 쉽게 자극하므로 건강상 좋지 않은 영향을 미치고, 특히 아황산은 사망을 비롯하여 기관지 수축, 두통, 복통, 구토, 현기증, 발진 등 6가지 증상이 보고되고 있다(5).

따라서 한약재의 유통과정 중에 발생 할 수 있는 여러 가지 위생학적 문제점을 보완하기 위한 목적으로 화학물질을 이용하지 않고 충해방지, 항 미생물 그리고 여러 가지 위해 요소를 방지하기 위한 방법이 필요하다. 다양한 위생화 기술로는 electromagnetic radiation, photo-dynamic

†Corresponding author. E-mail : ysdkim@chosun.ac.kr,
Phone : 82-62-230-7393, Fax : 82-62-224-8880

pulsing, ultrahigh pressure, and CO_2 등의 처리가 제안되었고(6) 그 중 가장 설득력 있게 받아들여지는 기술은 방사선 조사이다. 방사선 조사기술은 식품의 질, 다양성, 안전성을 높여주는 기술일 뿐만 아니라 농수산물의 저장 및 유통과정의 미생물적 변질 방지나 해충구제의 목적을 가진 위생화 기술로 대두되고 있다(7). JECFI (WHO/FAO/IAEA Joint Expert Committee on the Wholesomeness of Food Irradiation), 국제식품규격위원회(CODEX) 등의 국제 방사선조사 합의 기준에 따르면 병원성 미생물 제거와 저장성 연장을 목적으로 최대 10 kGy까지의 감마선 조사를 상용화하고 있다(8). 특히 프랑스, 벨기에, 덴마크 그리고 네덜란드를 포함한 8개국에서는 살충과 위생을 목적으로 허브류에 대한 방사선 조사가 허가되어 있다(9).

어성초는 삼백초과(Saururaceae)의 다년생 초본으로 약모밀(*Houttuynia cordata* Thunberg)로 불리우며, 주로 한국과 중국, 일본, 히말라야, 북미 그리고 자바에 분포되어 있다. 한국에 자생하는 것은 2종이 있으며, *Saururus chinensis* Baill.(삼백초)는 제주도 서쪽 습지에서, *Houttuynia cordata* Thunb.(어성초 또는 약모밀)는 울릉도 및 중부지방에서 자라고 있는 것으로 보고된 바 있다(10).

어성초는 약모밀의 개화기의 지상부를 채취하여 건조시킨 것으로 물고기냄새(생선 비린내)가 특징으로 해독 및 이뇨에 효과가 있으며 백일해, 기관지염, 간염, 폐렴 등의 증상 완화에 효과가 있다고 알려져 있다. 특히 어성초는 아토피, 항 알레르기 등 피부질환의 개선 목적으로 많이 사용되어 왔으며, 최근에는 건강 보조식품으로써 그 사용이 증가하고 있다.

어성초의 성분 연구로는 정유성분(11,12), steroid(13), alkaloid(14), flavonoid(15,16) 등이 보고되어 있으며, 약리작용으로는 항산화성(17,18), 항균성(19), 항종양(19,20), 항 백혈병(21), 고지혈 억제효과(22), 카드뮴에 대한 독성억제효과(23) 등이 보고되고 있다. 또한 최근에 항 anaphylaxis, 암 그리고 바이러스성 감염 등의 치료에 효과적이라는 결과들뿐만 아니라(24) 적조 억제적 측면에서도 연구된 바 있다(25).

지금까지 어성초에 대한 연구는 주로 어성초의 일반성분, 어성초 추출물의 임상학적 효능 그리고 주요 생리활성물질과 휘발성 정유성분의 항균활성 등을 주로 다루고 있다. 또한 한약재 측면에서 본다면 기존의 유통과정에서 사용되었던 보존제에 많은 문제점들이 있는 것으로 연구가 진행되어졌고 다른 효과적인 보완점이 제시되지 않은 실정이다. 그래서 본 연구에서는 어성초의 유통과정 중 해충이나 다른 미생물들의 번식에 의한 피해를 최소화 하고 안전하게 유통되어 위생적으로 섭취할 수 있는 방법으로 방사선 조사기술을 이용하였다. 또한 어성초의 주요 휘발성 정유성분을 GC/MS를 이용하여 동정하였고, 이를 10 kGy의 선량으로 방사선을 조사한 후 그 휘발성 정유성분을 확인하여 방사선 조사에 의한 변화를 확인하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에서 사용한 어성초는 전남 화순군의 생약협회에서 구입하였으며, 방사선 조사는 정읍방사선연구원의 선원 10만 Ci의 ^{60}Co 감마선 조사시설을 이용하여 실온에서 시간당 2.5 kGy 선량율로 10 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 조사하였다.

휘발성 유기성분의 추출

미리 건조된 어성초 30 g과 증류수 1 L를 혼합하여 Waring blender(MR 350CA, Braun, Spain)로 분쇄하여 유기성분 추출용 시료로 사용하였으며, 분쇄한 시료는 pH 6.5로 보정하였다. 정량분석을 위해 내부표준물질로 buthylbenzene 1 μL를 시료에 첨가하였다. 휘발성 유기성분의 추출은 Schultz 등(26)의 방법에 따라 계량된 연속증기증류추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distilltion and extraction apparatus; SDE)(27)로 상압에서 2시간 동안 추출하였다. 이때 휘발성 유기성분의 추출용매는 재증류한 n-pentane과 diethylether 혼합용매에 미리 탈수시킨 Na_2SO_4을 첨가하여 하룻밤 동안 암소에 방치하여 수분을 제거하였고, 다시 vigreux column을 이용하여 1 mL까지 농축하였다. 최종적으로 농축된 시료를 GC/MS를 이용한 휘발성 유기성분 분석에 사용하였다.

휘발성 유기화합물의 분석과 동정

SDE 방법으로 추출하여 농축된 시료를 GC/MS에 의해 분석하였다. GC/MS는 Shimadzu GC/MS QP-5000(Kyoto, Japan)을 사용하였고, 시료의 이온화는 electron impact ionization(EI) 방법으로 행하였다. Column은 DB-WAX capillary column(60 m × 0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness, J&W, USA)을 사용하였고, temperature program은 40℃에서 3분간 유지한 후, 100℃까지 2℃/min 속도로 승온 시킨 다음, 다시 150℃까지 3℃/min로 승온시킨 후 10분간 유지시키고, 마지막으로 210℃까지 4℃/min승온시켜 5분간 유지하였다. Injector와 detector의 온도는 각각 250℃와 300℃였고, carrier gas는 helium을 사용하여 유속은 1.0 mL/min으로 하였으며, 시료주입은 1 μL를 split ratio 1:10으로 하였다. Ion source temperature는 250℃, ionization voltage는 70 eV, 그리고 분석할 분자량의 범위는 40-350(m/z)으로 하여 분석하였다. GC/MS의 분석에 의해 total ion chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(WILEY 139, NIST 62, NIST 12)와 mass spectral data book의 spectrum(28,29)과의 일치, 문헌상의 retention index(30,31)와의 일치 및 본 실험실에서 구축된 RI data와의 일치 그리고 표준물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다.

결과 및 고찰

비 조사 어성초의 휘발성 유기성분 분석

어성초의 휘발성 유기성분의 total ion chromatogram은 Fig. 1에 나타냈으며, 확인된 각 화합물들의 조성과 함량을 Table 1에 나타내었다. 비 조사 어성초의 휘발성 유기성분은 총 83종(330.12 mg/kg)이 검출되었으며, 관능기별로 보면 acid류는 5종(15.17%), alcohol류 21종(26.59%), aldehyde류 12종(8.03%), ester류 7종(8.44%), ether류 3종(0.86%), hydrocarbon류 18종(13.53%), ketone류 10종(21.03%), 질소화합물 2종(1.16%) 그리고 기타 화합물 5종(5.19%)으로 확인되었다(Table 2).

확인된 어성초의 휘발성 유기성분들 중 hexahydrofarnesyl acetone이 12.81%(42.28 mg/kg)로 가장 많은 함량을 차지하였으며, 그 다음으로 phytol 8.91%(29.42 mg/kg), dodecanoic acid(8.10%; 26.74; mg/kg), decanoic acid(5.46%; 18.02 mg/kg), caryophyllene oxide(4.58%; 15.13 mg/kg), octadecanol(4.55%; 15.01 mg/kg), ethyl acetate(4.41%; 14.56 mg/kg), menthol(4.17%; 13.75 mg/kg) 그리고 2-undecanone (3.80%; 12.54 mg/kg)순으로 높은 함량을 나타내어 어성초의 주요 휘발성 유기성분으로 이들 9종의 총량은 52.99%(189.45 mg/kg)를 차지하였다. 이 뿐만 아니라 (E)-β-caryophyllene, β-pinene, β-myrcene, bonyl acetate, nonanol, α-pinene, ρ-menthone, 4-terpineol, undecanol, α-copaene 등도 비 조사 어성초의 중요한 휘발성 물질로 확인되었다.

본 실험에서 어성초의 주요 휘발성 유기성분으로 확인된 hexahydrofarnesyl acetone (6,10,14-trimethyl-2- pentadecanone)은 건조 홍고추에서 검출된 terpenoid의 하나로 보고하였으며(32), 붉은 토끼풀의 주요 화합물이고 phytol의 분해산물로서 chlorophyll에서 phytol의 분해지표로 보고된 바 있다(33). Mau 등(34)은 *Terminalia catappa* 잎에 관한 연구에서 세 번째로 많은 함량을 가지는 ketone류 이지만 약한 자스민 향이 나고 GC 분석에서 무의미한 향으로 확인되어 잎의 향기성분에 크게 영향을 미치지 않는다고 보고하였다. 본 연구에서도 hexahydrofarnesyl acetone의 함량(12.81%)이 상대적으로 높게 확인되었으나 어성초의 특징적인 물고기 냄새는 houttuynum에서 유래(35)되는 것으로써 어성초의 향적 특성에 크게 관여하지 않는 것으로 사료된다.

두 번째로 큰 함량을 차지하는 화합물은 phytol으로 확인되었다. Phytol은 식물조직에서 녹색의 색소성분인 chlorophyll 구성성분으로 존재하며 식물 조직이 파괴될 때 가수분해 되어 나온다. 또한, phytol은 식물세포조직에서 chlorophyll의 ester side-chain의 alcohol 부분으로써 여러 식물 조직에 존재하며, vitamin E를 만드는데 사용되는 식물성 alcohol 성분이다(36).

그 다음으로 많은 함량을 차지하는 화합물들로 dodecanoic acid와 decanoinc acid가 확인되었다. Cho 등(37)의 연구에서 decanoic acid가 어성초의 주요 휘발성 유기성분으로 확인되었고, 2-tridecanone, decanal, dodecanoic acid가 그 다음으로 많은 함량을 가지는 화합물로 이들 대부분이 decanoic acid의 유도체였다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다.

Shim(38)은 houttuynum(decanoyl acetaldehyde), methyl-n-nonylketone, myrcene, lauric aldehyde 그리고 capric aldehyde가 어성초의 주요 정유성분이라고 보고하였으며, 유 등(39)은 β-myrcene, 3,7-dimethyl-1,3,6-octatriene, 2-ethyl-1-hexanol, decanol, 2-undecanone, β-caryophyllene 및 nonanol 등을 보고하였다. 또한 Liang 등(35)과 Qi 등(40)은 2-undecanone과 houttuynum을 주요 휘발성 화합물로 보고하였다. 본 실험에서도 2-undecanone과 어성초의 향적 특성을 부여해주는 houttuynum(decanoyl acetaldehyde)의 함량이 각각 20.88, 2.36 mg/kg으로 확인되었다. Houttuynum은 sulfamine계 항생제의 40,000배의 역가를 지녀 어성초의 천연 항생제로 어성초의 특징적인 냄새는 비린내를 나게 하는 주성분으로(35,38,39), 산화와 탈탄산반응에 의해서 2-undecanone으로 변환되며, 각각의 mass spectrum은 Fig. 2와 같다.

선행 연구에서 확인된 terpene류 화합물로는 (E)-β-caryophyllene, β-myrcene, β-ocimene, decanol, caryophyllene oxide, α-humulene, α-pinene, β-pinene, limonene, linalool, geraniol, decanal, dodecanal, borneol, perillen 그리고 bonyl acetate 등(10,35,36,41)이 있다.

본 실험에서는 비 조사한 어성초의 성분들 중 위 화합물을 포함한 terpene류가 총 46종 확인되었으며, 이 화합물의 총량은 193.35 mg/kg(58.57%)이었다. Terpene 화합물들은 mono-, sesqui-, deterpene류 그리고 그 유도체들로 확인되었다. 확인된 terpene류를 분류해보면 monoterpene류는 32종으로 α-pinene, β-pinene, β-myrcene, limonene, (Z)-β-ocimene, r-terpinene, ρ-cymene, 3,4-dimethyl-2,4,6-octatriene, perillen, p-menthone, decanal, linalool, (Z)-p-2-menthen-1-ol, menthyl acetate, bonyl acetate, 4-terpineol, β-cyclocitral, menthol, pulegone, terpinyl acetate, estragole, α-terpineol, borneol, piperitone, geranyl acetate, decanol, houttuynum, β-damascenone, (E)-geraniol, safrole, perilla alcohol, myristicin, sesquiterpene류로는 13종 α-humulene, α-copaene, γ-elemene, (E)-β-caryophyllene, α-guaiene, δ-cadinene, α-curcumene, calamenene, citronellyl valerate, caryophyllene oxide, nerolidol, hexahydrofarnesyl acetone, patchouli alcohol 그리고 diterpene류는 1종으로 phytol이 확인되었다.

Terpentine에서 유래된 terpene 화합물들을 terpenoid라고 하며, 식물계에 존재하는 terpene은 식물이 광합성으로 합성한 당에서 시작되는 물질이다. 이 당이 glycolysis 과정을 거쳐서 acetyl-Co A가 도입되어 mevalonic acid가 합성된다. 이 mevalonic acid에 3ATP가 들어가고 CO_2가 방출되면서

Table 1. Comparison of volatile organic compounds identified in unirradiated and irradiated *H. cordatas* at 10 kGy

No.	R.T.[1]	R.I.[2]	Compound name	M.F.[3]	M.W.[4]	Control		10 kGy	
						Con.[5]	Area[6]	Con.	Area
1	7.745	878	Ethyl acetate	$C_4H_8O_2$	88	14.56	4.41	12.46	3.31
2	11.664	1021	α-Pinene	$C_{10}H_{16}$	136	4.83	1.46	5.01	1.33
3	13.417	1065	Camphene	$C_{10}H_{16}$	136	-	-	0.99	0.26
4	14.083	1080	Hexanal	$C_6H_{12}O$	100	-	-	0.60	0.16
5	15.256	1105	β-Pinene	$C_{10}H_{16}$	136	8.44	2.56	8.18	2.17
6	17.815	1162	β-Myrcene	$C_{10}H_{16}$	136	7.22	2.19	4.59	1.22
7	19.53	1195	Limonene	$C_{10}H_{16}$	136	1.34	0.41	1.19	0.32
8	20.472	1215	(E)-2-Hexenal	$C_6H_{10}O$	98	2.37	0.72	1.22	0.32
9	21.042	1227	2-Pentylfuran	$C_9H_{14}O$	138	0.35	0.11	0.39	0.10
10	21.21	1231	(Z)-β-Ocimene	$C_{10}H_{16}$	136	0.89	0.27	0.81	0.21
11	21.83	1244	r-Terpinene	$C_{10}H_{16}$	136	0.79	0.24	0.53	0.14
12	22.367	1255	2,6-Dimethylpyridine	C_7H_9N	107	1.20	0.36	0.43	0.11
13	23.008	1268	ρ-Cymene	$C_{10}H_{14}$	134	0.79	0.24	0.45	0.12
14	23.942	1286	Octanal	$C_8H_{16}O$	128	0.18	0.05	0.22	0.06
15	24.497	1296	5-Butylnonane	$C_{13}H_{28}$	184	0.63	0.19	0.55	0.15
I.S	25.231	1311	Butyl benzen	$C_{10}H_{14}$	134	-	-	-	-
16	28.135	1368	3,4-Dimethyl-2,4,6-octatriene	$C_{10}H_{16}$	136	0.51	0.15	0.26	0.07
17	29.1	1386	2-Nonanone	$C_9H_{18}O$	142	0.25	0.08	0.19	0.05
18	29.322	1390	Nonanal	$C_9H_{18}O$	142	1.70	0.52	1.99	0.53
19	29.6	1395	5-Butyldecane	$C_{14}H_{30}$	198	0.88	0.27	0.76	0.20
20	29.906	1401	2-Butoxyethanol	$C_6H_{14}O_2$	118	0.25	0.07	0.32	0.08
21	30.563	1414	Perillen	$C_{10}H_{14}O$	150	0.52	0.16	0.44	0.12
22	31.706	1438	4,8-Dimethylundecane	$C_{13}H_{28}$	184	-	-	0.31	0.08
23	32.096	1445	Acetic acid	$C_2H_4O_2$	60	1.95	0.59	2.81	0.75
24	32.325	1450	1-Octen-3-ol	$C_8H_{16}O$	128	0.20	0.06	0.14	0.04
25	32.724	1457	(E)-2-Octenal	$C_8H_{14}O$	126	0.32	0.10	0.17	0.04
26	32.912	1461	Furfural	$C_5H_4O_2$	96	2.45	0.74	1.30	0.35
27	33.366	1470	p-Menthone	$C_{10}H_{18}O$	154	4.99	1.51	4.27	1.13
28	34.89	1498	α-Copaene	$C_{15}H_{24}$	204	3.36	1.02	2.60	0.69
29	35.069	1501	Decanal	$C_{10}H_{20}O$	156	6.51	1.97	7.99	2.12
30	36.363	1524	Benzaldehyde	C_7H_{6O}	106	3.66	1.11	2.96	0.79
31	37.643	1547	Linalool	$C_{10}H_{18}O$	154	0.82	0.25	0.34	0.09
32	38.028	1553	(Z)-p-2-Menthen-1-ol	$C_{10}H_{18}O$	154	0.37	0.11	0.41	0.11
33	38.711	1565	Menthyl acetate	$C_6H_6O_2$	110	0.49	0.15	0.81	0.21
34	39.084	1571	5-Methylfurfural	$C_6H_6O_2$	110	0.46	0.14	0.49	0.13
35	39.81	1583	Bornyl acetate	$C_{12}H_{20}O_2$	196	7.23	2.19	9.24	2.45
36	40.71	1597	2-Undecanone	$C_{11}H_{22}O$	170	12.54	3.80	19.21	5.10
37	40.804	1598	(E)-β-Caryophyllene	$C_{15}H_{24}$	204	5.03	1.52	2.25	0.60
38	41.006	1602	4-Terpineol	$C_{10}H_{18}O$	154	3.40	1.03	3.78	1.00
39	42.029	1621	β-Cyclocitral	$C_{10}H_{16}O$	152	0.61	0.19	0.41	0.11
40	42.882	1637	γ-Elemene	$C_{15}H_{24}$	204	3.12	0.94	3.06	0.81
41	43.136	1641	Menthol	$C_{10}H_{20}O$	156	13.75	4.17	15.96	4.23
42	43.595	1649	Pulegone	$C_{10}H_{16}O$	152	2.97	0.90	3.90	1.04
43	44.128	1659	Nonanol	$C_9H_{20}O$	144	7.22	2.19	8.17	2.17
44	44.365	1663	Terpinyl acetate	$C_{12}H_{20}O_2$	196	0.32	0.10	0.76	0.20
45	44.515	1666	Estragole	$C_{10}H_{12}O$	148	0.39	0.12	0.32	0.08

[1]Retention time, [2]Retention index, [3]Molecular formular, [4]Molecular weight, [5]Relative content (mg/kg), [6]Peak area (%).

Table 1. Continued

Peak No.	R.T.[1)]	R.I.[2)]	Compound name	M.F.[3)]	M.W.[4)]	Control		10 kGy	
						Con.[5)]	Area[6)]	Con.	Area
46	44.797	1671	α-Humulene	$C_{15}H_{24}$	204	0.96	0.29	1.18	0.31
47	46.255	1695	α-Terpineol	$C_{10}H1_8O$	154	0.44	0.13	0.48	0.13
48	46.593	1701	Borneol	$C_{10}H_{18}O$	154	2.09	0.63	2.54	0.68
49	46.845	1706	Dodecanal	$C_{12}H_{24}O$	184	2.40	0.73	3.67	0.97
50	47.844	1723	α-Guaiene	$C_{15}H_{24}$	204	1.46	0.44	1.38	0.37
51	48.107	1727	Piperitone	$C_{10}H_{16}O$	152	2.34	0.71	2.94	0.78
52	49.365	1749	Geranyl acetate	$C_{12}H_{20}O_2$	196	2.14	0.65	2.73	0.73
53	49.583	1752	δ-Cadinene	$C_{15}H_{24}$	204	2.12	0.64	1.67	0.44
54	49.858	1757	Decanol	$C_{10}H_{22}O$	158	1.44	0.44	1.73	0.46
55	50.412	1766	α-Curcumene	$C_{15}H_{22}$	202	0.64	0.19	0.62	0.16
56	51.915	1790	Butyrophenone	$C_{10}H_{12}O$	148	0.77	0.23	1.08	0.29
57	52.839	1804	Houttuynum	$C_{12}H_{22}O_2$	198	2.36	0.72	3.57	0.95
58	53.758	1817	β-Damascenone	$C_{13}H_{18}O$	190	1.10	0.33	1.34	0.36
59	54.529	1827	Calamenene	$C_{15}H_{22}$	202	1.68	0.51	1.38	0.37
60	55.574	1841	(E)-Geraniol	$C_{10}H_{18}O$	154	1.11	0.34	1.23	0.33
61	57.047	1861	Undecanol	$C_{11}H_{24}O$	172	3.65	1.11	4.84	1.29
62	57.438	1866	Safrole	$C_{10}H_{10}O2$	162	0.53	0.16	0.47	0.13
63	57.755	1870	Benzyl alcohol	C_7H_8O	108	0.82	0.25	0.80	0.21
64	60.541	1906	Phenethyl alcohol	$C_8H_{10}O$	122	1.78	0.54	1.96	0.52
65	61.469	1921	Citronellyl valerate	$C_{15}H_{28}O_2$	240	2.26	0.69	2.23	0.59
66	65.629	1986	Caryophyllene oxide	$C_{15}H_{24}O$	220	15.13	4.58	20.18	5.36
67	66.76	2003	Perilla alcohol	$C_{10}H_{16}O$	152	0.77	0.23	0.90	0.24
68	66.949	2006	Methyleugenol	$C_{11}H_{14}O_2$	178	1.30	0.39	1.66	0.44
69	67.955	2023	ɣ-Nonalacton	$C_9H_{16}O_2$	156	0.51	0.16	1.08	0.29
70	68.411	2030	Cinnamaldehyde	C_9H_8O	132	3.50	1.06	3.94	1.05
71	68.625	2034	Nerolidol	$C_{15}H_{26}O$	222	0.48	0.15	0.76	0.20
72	70.326	2062	Tridecanol	$C_{13}H_{28}O$	200	0.80	0.24	1.65	0.44
73	73.183	2112	Hexahydrofarnesyl acetone	$C_{18}H_{36}O$	268	42.28	12.81	41.85	11.11
74	73.437	2119	1,2-Epoxyoctadecane	$C_{18}H_{36}O$	268	0.62	0.19	0.76	0.20
75	73.853	2131	ɣ-Decalactone	$C_{10}H_{18}O_2$	170	1.67	0.51	2.22	0.59
76	75.622	2179	Patchouli alcohol	$C_{15}H_{26}O$	222	2.79	0.85	4.03	1.07
77	76.997	2214	Methyl hexadecanoate	$C_{17}H_{34}O_2$	270	0.86	0.26	1.67	0.44
78	78.845	2257	Myristicin	$C_{11}H_{12}O_3$	192	1.13	0.34	1.11	0.29
79	79.213	2265	Decanoic acid	$C_{10}H_{20}O_2$	172	18.02	5.46	19.43	5.16
80	79.443	2271	Pentadecanol	$C_{15}H_{32}O$	228	1.15	0.35	1.80	0.48
81	83.948	2362	Undecanoic acid	$C_{11}H_{22}O_2$	186	3.21	0.97	4.35	1.15
82	87.01	2425	1H-Indole	C_8H_7N	117	2.62	0.79	3.61	0.96
83	88.788	2465	Dodecanoic acid	$C_{12}H_{24}O_2$	200	26.74	8.10	32.67	8.67
84	93.327	2569	Octadecanol	$C_{18}H_{38}O$	270	15.01	4.55	21.39	5.68
85	93.458	2572	Tridecanoic acid	$C_{13}H_{26}O_2$	214	0.18	0.05	-	-
86	94.615	2598	Phytol	$C_{20}H_{40}O$	296	29.42	8.91	40.68	10.80
Total						330.12	100	376.80	100

[1)]Retention time, [2)]Retention index, [3)]Molecular formular, [4)]Molecular weight, [5)]Relative content (mg/kg), [6)]Peak area (%).

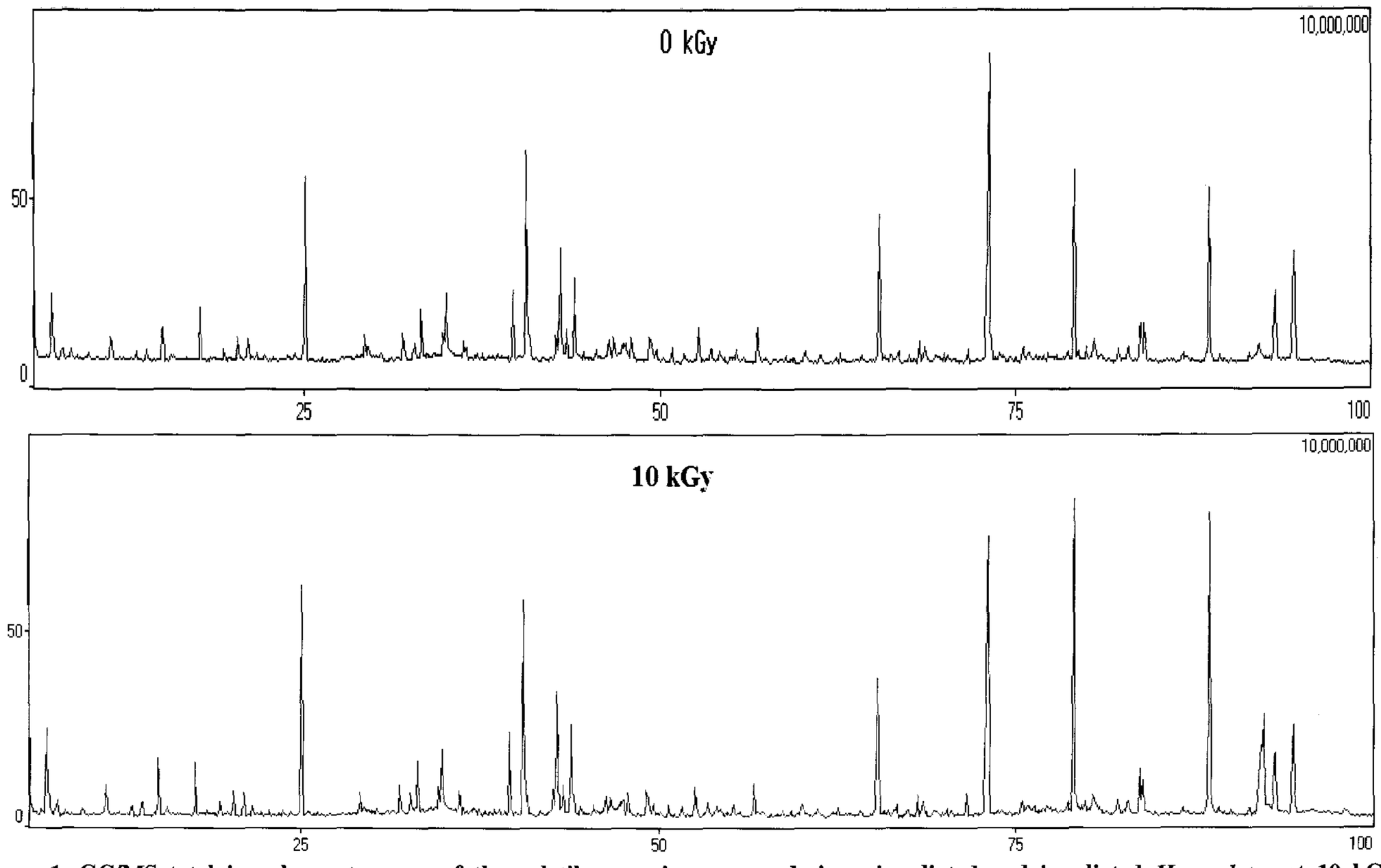

Figure 1. GC/MS total ion chromatograms of the volatile organic compounds in unirradiated and irradiated *H. cordatas* at 10 kGy.

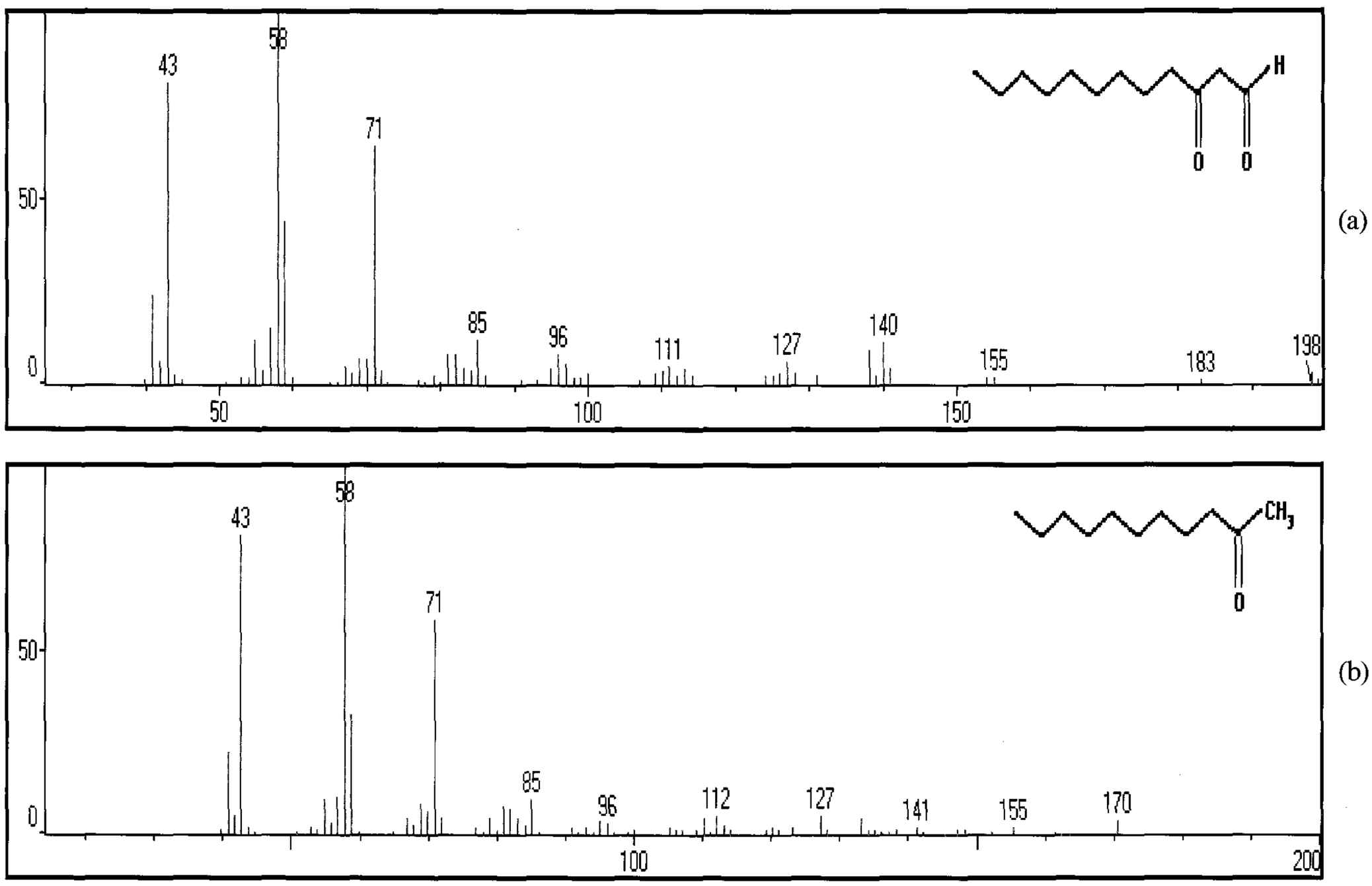

Figure 2. Mass spectrum of (a) houttuynum and (b) 2-undecanone.

isopentenylpyrophosphate(IPPP)와 dimethylallylpyrophosphate (DMAPP)가 생성되어 서로 상호작용을 받아 isoprene이 합성되며 isoprene이 여러 단계를 거쳐서 고분자의 terpene을 합성한다(42).

Terpenoid류의 생리활성 측면에서 보았을 때 monoterpene류는 동물과 미생물에서 처음 확인이 되었으나 주로 식물의 휘발성 유기성분으로서 향료로 사용되는 이외에도 피부자극, 소염, 진정, 거담, 건위, 구풍, 이뇨, 방부 및 살충 등의 작용을 가지고 있고, sesquiterpene은 항 진균, 항 종양, 항균, 항 염증 그리고 항 천식작용 등을 하기 때문에 의약품 등의 용도로 널리 사용된다. 그리고 diterpene은 수지의 주성분을 이루고 고미건위, 보 발암, 곤충섭식저해, 감미, 피부자극 그리고 식물 hormone등의 작용을 가진다(43,44).

Table 2. Relative content of functional groups in identified volatile organic compounds in unirradiated and irradiated *H. cordata* at 10 kGy

Functional groups	Control			10 kGy		
	C[1)]	mg/kg	Area%	C	mg/kg	Area%
Acids	5	50.09	15.17	4	59.26	15.73
Alcohols	21	87.77	26.59	21	113.92	30.23
Aldehydes	12	26.52	8.03	13	28.52	7.57
Esters	7	27.86	8.44	7	29.91	7.94
Ethers	3	2.82	0.86	3	3.09	0.82
Hydrocarbons	18	44.68	13.53	20	37.76	10.02
Ketones	10	69.42	21.03	10	78.07	20.72
N-Compounds	2	3.82	1.16	2	4.04	1.07
Miscellaneous	5	17.14	5.19	5	22.24	5.90
Total	83	330.12	100	85	376.80	100

[1)]Number of compounds.

방사선 조사한 어성초의 휘발성 유기성분 분석

10 kGy로 조사한 어성초의 total ion chromatogram은 Fig. 1에 나타냈고, 그 함량은 Tables 1과 같다. 10 kGy로 조사한 어성초의 휘발성 유기성분은 비조사한 어성초의 휘발성 유기성분과 비슷하였고, 방사선 처리에 따라 그 농도는 차이가 있었다. 10 kGy로 조사한 어성초에서 총 85종(376.80 mg/kg)의 휘발성 유기성분이 확인되었으며, 이는 비 조사한 어성초와 비슷하였으나 그 함량에는 약간의 차이가 있었다. 주요 휘발성 유기성분으로 hexahydrofarnesyl acetone (41.84 mg/kg), phytol(40.68 mg/kg), dodecanoic acid(32.67 mg/kg), octadecanol(21.39 mg/kg) 그리고 caryophyllene oxide(20.18 mg/kg)이 확인되었다. 조사한 어성초에서 확인된 화합물들은 비 조사 어성초와 약간의 차이가 있었으나, 이것은 휘발성 유기성분을 추출하는 과정에서의 오차인 것으로 생각되며, 이러한 약간의 차이 이외의 특정 화합물에 대한 뚜렷한 변화는 나타나지 않았다. 특히 어성초의 특징적인 물고기 냄새를 내는 houttuynum은 3.57 mg/kg으로 확인되었다(Table 3). 어성초에서 생리활성 특성을 가지는 terpene류는 총 47종으로 그 함량은 213.52(56.67%) mg/kg으로 확인되었으며, 조사에 의한 특별한 변화는 나타나지 않았다(Table 4).

Table 3. Relative content and area percent of 2-undecanone and houttuynum in identified volatile organic compounds in unirradiated and irradiated *H. cordata* at 10 kGy

Compound	Control		10 kGy	
	mg/kg	Area%	mg/kg	Area%
2-Undecanone	12.54	3.80%	19.21	5.10%
Houttuynum	2.36	0.72%	3.57	0.95%

10 kGy로 조사한 어성초의 주요 관능기별 함량으로는 alcohol류와 ketone류가 가장 많이 확인되었으며, alcohol류 중에서는 주로 phytol, octadecanol 그리고 nonanol이 많은 함량을 차지하였고, ketone류에서는 hexahydrofanesyl acetone 그리고 2-undecanone이 주요 화합물로 확인되었다.

Table 4. Relative content of terpenes in identified volatile organic compounds in unirradiated and irradiated *H. cordata* at 10 kGy

Terpenes	Control			10 kGy		
	C[1)]	mg/kg	Area%	C	mg/kg	Area%
Monoterpenes	32	82.61	25.02	33	89.69	23.80
Sesquiterpenes	13	81.32	24.63	13	83.16	22.07
Diterpenes	1	29.42	8.91	1	40.68	10.80
Total	46	193.35	58.57	47	213.52	56.67

[1)]Number of compounds.

비 조사 어성초와 방사선 조사한 어성초의 휘발성 유기성분 비교

비 조사 어성초와 10 kGy로 조사한 어성초에서 확인된 휘발성 유기성분의 함량은 약간 차이가 있을 뿐 거의 비슷하였다(Table 1). 비 조사 어성초의 총 휘발성 유기성분의 함량은 330.12 mg/kg으로 확인되었고, 10 kGy로 조사된 어성초에서는 376.80 mg/kg으로 확인되었다.

각 시료의 관능기별 화합물의 분류와 terpene류의 함유량은 각각 Table 2과 Table 4에 나타내었다. 비 조사 어성초의 관능기별 화합물의 분류는 acid류 5종(15.17%), alcohol류 21종(26.59%), aldehyde류 12종(8.03%), ester류 7종(8.44%), ether류 3종(0.86%), hydrocarbone류 18종(13.53%), ketone류 10종(21.03%), nitrogenous compound류 2종(1.16%) 그리고 기타 5종(5.19%)으로 확인되다. Terpene류의 함량으로 보면 총 46종(57.70%)이 확인되었고, 그 중 monoterpene류가 32종(25.02%), sesquiterpene 13종(24.64%) 그리고 diterpene류가 1종(8.91%) 확인되었다. 또한, 어성초의 특징적인 휘발성 유기성분인 houttuynum(44)의 함량은 2.94

mg/kg(0.78%)이었다(Table 3). 추가로 검출된 1종의 화합물은 camphene으로 조사에 의한 생성물이기 보다는 비 조사 시료의 추출과정 중에 소실되었거나 정량하기엔 너무 적은 양인 것으로 사료된다. 이와 유사하게 비 조사 어성초에서 확인되지 않은 hexanal이 조사된 시료에서는 모두 확인이 되었다. Hexanal은 green note (45)로 거의 대부분의 식물에서 검출되며, 이것은 시료를 분쇄할 때 C6 지질 과산화반응 생성물이다. 이 뿐만 아니라 비 조사 시료에서 확인되었던 tridecanoic acid가 각각의 선량으로 조사한 시료에서는 확인되지 않았는데 이것 또한 위의 경우와 같은 이유인 것으로 생각된다. 10 kGy로 조사한 어성초에서 관능기별 함량은 acid류 4종(15.73%), alcohol류 21종(30.23%), aldehyde류 13종(7.57%), ester류 7종(7.94%), ether류 3종(0.82%), hydrocarbone류 20종(10.02%), ketone류 10종(20.72%), nitrogenous compound류 2종(1.07%) 그리고 기타 5종(5.90%)으로 확인되었으며, terpene류의 함량으로 보면 총 47종(56.67%)이 확인되었다. 비 조사 시료와 조사한 시료에서 terpene류의 큰 차이는 없었으며, monoterpene류, sesquiterpene류 그리고 diterpene류의 차이도 확인되지 않았다. 모든 시료에서 확인된 휘발성 유기성분의 주요 관능기는 alcohol류 및 ketone류였으며, 좀 더 세부적인 화학적 형태로 분류해보면 terpene류가 확인된 화합물중 가장 큰 함량을 차지하였다. Terpene류는 isoprene 단위를 기본구조로 가지고 있는 natural products group의 일반적인 이름으로 이 화합물들은 산소가 유도된 terpenoid로 알려져 있다(46).

어성초의 항균 활성으로는 강(41)등에 의하면, 2-undecanone, β-myrcene, β-ocimene, decanol 및 houttuynum이 함유된 fraction에서 높은 항균성을 나타내었다. 또한, terpene류가 주성분인 fraction에서도 *Vibrio parahaemolitixus* 및 *Yersinia enterocolicica*의 항균성이 뚜렷하게 확인되었다.

또한, 방사선 조사된 어성초의 추출물이 *Salmonella typhimutium*에대한 직접변이원이나 간접변이 원으로 작용하지 않으며, 세포분열 중에 유전학적으로 독성을 나타내지 않았다고 보고되었다(47).

이상의 결과와 같이 비 조사 어성초와 10 kGy의 선량별로 조사된 어성초에서 공통적으로 alcohol류 와 ketone류가 다량 확인되었으며, terpene 성분들도 많은 함량이 검출되었다. 그러나 방사선 조사에 따른 어성초의 특징적인 성분 변화는 확인되지 않았다.

요 약

본 연구에서는 현재 우리나라에서 그 소비량이 증가하고 있고, 여러 가지 효능이 확인되고 있는 한약재 중의 하나인 어성초를 10 kGy로 조사하여 휘발성 유기성분의 변화를 비교하였다. n-Pentane과 diethylether 혼합용매를 추출용매로 사용하여 연속증류추출장치로 추출하고 이를 GC/MS로 사용하여 분석·확인하였다. 비 조사 시료와 10 kGy의 선량으로 방사선 조사한 시료에서 확인된 휘발성 유기성분은 각각 83종과 85종이 확인되었다. 전체적인 관능기별 함량으로는 alcohol류와 ketone류가 두드러지는 경향을 보여 어성초의 주요 휘발성 유기화합물에 크게 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 어성초의 대표적인 휘발성 유기화합물로는 hexahydrofarnesyl acetone, phytol, decanoic acid, dodecanoic acid, octadecanol, caryophyllene oxide, 2-undecanone 및 menthol 등이었다. 특히 houttuynum은 그 함량이 다른 주요 화합물보다 상대적으로 낮게 확인되었으나, 어성초의 특징적인 비린내 성분을 부여하는 화합물로 확인되었다. 또한, 어성초의 주요 생리활성 성분 이며, 항균, 항진균, 항생물, 항염증 및 항종양 등의 여러 가지 효능이 입증되고 있는 terpene류의 상대적인 함량도 다량 확인되었다. 조사에 따른 함량은 비 조사시료와 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 어성초의 위생화 처리 효과를 고려할 때 방사선 조사를 이용하는 방법이 적절 할 것으로 사료되며, 한약재의 위생화 방안과 현재 활발히 진행되고 있는 방사선 조사식품에 대한 여러 연구들에 대한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

참고문헌

1. Kwon, D.R. (2004) Study on improvement on distribution system and management of standardized, oriental medicines. Report of KFDA.
2. Lee, C.H. (1998) Acceptance and trading on irradiated foods. Korea University Press. p.30-33
3. KFDA. (2002) Korean Food Code(a separate volume), 561. Mun-yougsa, Seoul.
4. Sin, Y.M., Cho, T.Y., Lee, K.S., Kim, S.H., Park, H.J., Leem, D.G., Lee, C.H., Kim, W.S., Chae, K.R., Lee, Y.J. and Choi, S.Y. (2004) Study on the contents of occuring sulfur dioxide in herbal medicines distributed at market. J. Environ. Sci., 13, 1109-1115
5. Kim, M.K., Hur, M.H., Lee, C.H., Jin, J.S., Jin, S.K. and Lee, Y.J. (2004) Monitoring of residual sulfur dioxinde in herbal medicines. Kor. J. Pharmacogn., 35, 276-282

6. Mertens B. and Knorr, D. (1992) Developments of nonthermal processes on food safety and quality. Food Technol., 46, 124-133
7. Lee, Y.S., Shu, C.S., Lee, J.W. and Byun, M.W. (2004) Effect of gamma irradiation on water uptake rate and gelatinization of brown rice, J. Food Sci. Technol., 36, 900-904
8. Kang, H.J., Jo, C. Lee, N.Y., Kim, J.O. and Byun, M.W. (2004) Effect of gamma irradiation on microbial growth, electron donating ability, and lipid oxidation of marinated beef rib (Galbi) with different packaging methods. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 33, 888-893
9. Byun, M.W. and Yook, H.S. (2003) Internal and external situation of irradiation techmology utilization in the food and pubic health industry. Korean J. Food Preserv., 10, 106-123
10. Choe, K.H., Kwon, S.J., Jung, D.S. and Eum, K.D. (1988) A study on chemical composition of saururaceae growing in korea (1), On volatile constituents of Houttuynia cordata by GC and GC-MS method. J. Korean Soc. Anal. Sci., 1, 57-61
11. Kang, J.M., Cha, I.H., Lee, Y.K. and Ryu, H.S. (1997) Identification of volatile essential oil, and organic characterization and antibacterial effect of ftactions from *Houttuynia cordata* Thunb; I. Identification of volatile essential oil compounds from *Houttuynia cordata* Thunb. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 26, 209-213
12. Tutupali, L.V. and Chaubal, M.G. (1975) Composition of essential oil from foliage of *Houttuynia cordata* and chemosystematics of *Saururaceae*. J. Nat. Prod., 38, 92-96
13. Probstle, A., Lotter, H., Wagner-Redecker, W., Matthiesen, U. and Bauer, R. (1993) Identification of lipophilic constituents with anti inflammatory activity from *Houttuynia cordata*. Planta Medica, 59, A663
14. Probstle, A., Neszmely, A., Jerkovich, G., Wagner, H. and Bauer, R. (1994) Novel pyridine and 4-dihydropyridine alkaloids from *Houttuynia cordata*. Nat. Prod. Lett., 4, 235-240
15. Tagagi, S., Yamaki, M., Masuda, K. and Kuboda, M. (1978) On the constituents of the terrestrial part *Houttuynia cordata*. ShoyaKugaku Zasshi., 32, 123-125
16. Fuse, J.I., Kanamori, H., Sakamoto, I. and Yahara, S. (1994) Studies on flavonol glycosides in *Houttuynia cordata*. Nat. Med., 48, 307-311
17. Lee, Y.J., Sin, D.H., Jang, Y.S. and Shin, J.I. (1993) Antioxidative effects of fraxtions from sequential ethanol extracts of Houttuynia cordata, Portulacaceae and sesame cake, J. Korean Soc. Food Nutr., 25, 683-686
18. Ha, B.J. (2003) Effects of Houttuynia Cordata thunb on antioxidative activity against TCDD damage. J. Environ. Sci., 12, 599-603
19. Kim, K.Y., Chung, D.Y. and Chung, H.J. (1997) Chemical composition and antimicrobial activities of *Houttuynia cordata* Thunb., Korean J. Food Sci. Technol., 29, 400-406
20. Kim, S.K., Ryu, S.Y., Choi, S.U. and Kim, Y.S. (2001) Cytotoxic alkaloids from *Houttuynia cordata*, Arch. Pharm. Res., 24, 518-521
21. Chang, V.S., Chiang, L.C., Chen, C.C., Liu, L.T., Wang, K.C. and Lin, C.C. (2001) Antileukemic activity of Bidenspilosa L. var. minor(Blume) sherff and *Houttuynia cordata* Thunb. Am. J. Chin. Med., 29, 303-312
22. Chung, C.K., Ham, S.S., Lee, S.Y., Oh, D.H., Choi, S.Y., Kang, I.J. and Nam, S.M. (1999) Effects of *Houttuynia cordata* ethanol extracts on serum lipids and antioxidant, enzymes in rats fed high fat diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 28, 205-211
23. Lee, J.H., Jeong, S.I., You, I.S., Kim, S.K., Lee, K.N., Han, D.S. and Baek, S.H. (2001) The inhibitory dffects of the methanol extract of *Houttuynia cordata* Thunb against cadmium induced cytotoxicity(V). Kor. J. Pharmacogn., 31, 228-234
24. Kim, O.K. (2002) Protective Effects of Houttuynia cordata Thunb on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. Kor. J. Pharmacogn., 33, 324-331
25. Zhou, L.H., Zheng, T.L., Wang, X., Ye, J.L., Tiana, Y., Hong, H.S. (2007) Effect of five chinese traditional medicines on the biological activity of a red-tide causing alga-*Alexandrium tamarense*. Harmful algae., 6, 354-360
26. Schultz, T.H., Flath, R.A., Mon, T.R., Enggling, S.B. and Teranishi, R. (1977) Isolation of volatile components from a model system. J. Agric. Food Chem., 25, 446-449
27. Nikerson, G.B., and Likens, S.T. (1966) Gas chromatography evidence for the occurence of hop oil components in beer. J. Chromatog., 21, 1-5
28. Stehagen, E.S., Abbrahansom, F. and Mclafferty, W. (1974) The Wiley/ NBS Registry of Mass Spectral Data. N. Y. John Wiley and Sons
29. Robert, P.A. (1995) Identification of essential oil components by gas chromatography /mass spectroscopy, USA: Allured publishing
30. Sadtler Research Laboratories. (1986) The Sadtler standard gas chromato-graphy retention index library,

USA, Sadtler
31. Davies, M.W. (1990) Gas Chromatographic retention indices of mono- terpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20M phases. J. Chromatog., 503, 1-24
32. Shim, S.L. (2006) Changes of volatile organic compounds of irradiated dried red pepper (*Capsicum annum* L.). Chosun University
33. Figueiredo, R., Rodrigues, A. I. and Costa, M.D.C. (2007) Volatile composition of red clover (Trifolium pratense L.) forages in Portugal: The influence of ripening stage and ensilage. Food Chem., 1-9
34. Mau, J.L., Ko, P.T. and Chyau, C.C. (2003) Aroma characterization and antioxidant activity of supercritical carbon dioxide extracts from Terminalia catappa leaves. Food Res. Int., 36, 97 - 104
35. Liang, M., Qi, M., Zhang, C., Zhou, S., Fu, R. and Huang. J. (2005) Gas chromatography-mass spectrometry analysis of volatile compounds from Houttynia cordata Thunb after extraction by solid-phase microextraction, flash evaporation and steam distillation. Anal. Chim. Acta., 531, 97-104
36. Gross, J. (1991) Pigment in vegitable. Pb. Van Nostrand Reinhold, New York. p. 29-30
37. Cho, Y.S., Kim, Y.T., Shon, M.Y., Choi, S.H., Lee, Y.S. and Seo, S.H. (2000) Comparison of chemical compositions of *Houttuynia cordata* Thunb. cultivated from different local area. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 7, 108-112
38. Shim, K.H. (1995) Analysis of major chemical component for *Houttuynia cordata* Thunb. Gyeongsang National Univ. J. Food & Nutriton.
39. Yoo, J. and Song, D.S. (2004) The Houttuynia cordata drink's fatigue-relieving effect on athletes and general population. Korea Sport Res., 15, 1345-1356
40. M. Qi, X. Ge, M. Liang and R. Fu. (2004) Flash gas chromatography for analysis of volatile compounds from *Houttuynia cordata* Thunb. Anal. Chim. Acta., 527, 69-72
41. Kang, J.M., Cha, I.H., Lee, Y.K. and Ryu, H.S. (1997) Identification of volatile essential oil, and organic characterization and antibacterial effect of ftactions from *Houttuynia cordata* Thunb; II. Flavor characterization and antibacterial effect of fraction from *Houttuynia cordata* Thunb. by Prep-HPLC. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 26, 214-221
42. Higuchi T, (1985) Biosynthesis and biodegradation of wood components. A · P, 291-324
43. 생약학, 동명사, 생약학교재편찬위원회, (1998) p. 61
44. Farnsworth, N.R. and Bingel, A.S. (1977) Problems and prospects of discovering new drugs from higher plants by pharmacological screening. In: new and natural products and plant drugs with pharmacological, biological or therapeutic activity (WAGNER, H. and P. WOLFF, Editors). Springer-Verlag, Berlin:1-22
45. Kim, Y.S., Park, E.R. and Kim, K.S. (2003) Volatile components of chestnut flower. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 32, 801-805
46. Hailemichael T. (2005) Isolation and structure elucidation of natural products from plants, In fulfillment of the requirements for the doctorate degree at the institute of organic chemistry university of Hamburg.
47. Jo, S.K., Yu, Y.B., Oh, H., Kwak, Y.K. and Byun, M.W. (2000) Genotoxicological saftey of two gamma-irradiated herbs : *Houttuynia cordata* Thunberg and Lycium chinense Miller. Korean J. Postharvest Sci. Technol., 7, 68-73

(접수 2008년 1월 29일, 채택 2008년 4월 25일)