

감마선 조사가 기능성 식품 소재인 토사자의 휘발성 유기성분에 미치는 영향

양수형 · 김경수[†]

Effects of γ -Irradiation on the Volatile Organic Compounds from *Cuscutae Semen* (*Cuscuta chinensis* Lam)

Su-Hyeong Yang and Kyong-Su Kim[†]

Abstracts

This study was performed to examine the effect of γ -irradiation on the volatile organic compounds of *Cuscutae Semen* (*Cuscuta chinensis* L.). The volatile organic compounds of non-irradiated and 10 kGy γ -irradiated *Cuscutae Semen* were isolated using SDE apparatus and analyzed by GC/MS. Limonene, ethanol, (*E*)-2-decenal, hexadecanol, nonanoic acid and nonanal were detected as dominant compounds. Before irradiation, the total concentration of volatile organic compounds of *Cuscutae Semen* was approximately 189.90 mg/kg. After irradiation at 10 kGy, total concentrations increased to 299.46 mg/kg, but, the profile of volatile compounds including the essential oils of *Cuscutae Semen* was not differ from non- and irradiated sample. Therefore it was improved the extraction yield of useful compounds such as limonene, menthol, piperitone and isomenthone by irradiation.

Key words : *Cuscutae Semen*, -irradiation, GC/MS, volatile organic compounds

1. 서 론

토사자(*Cuscutae Semen*, 새삼씨)는 Convolvulaceae (베꽃과)에 속하며 콩과식물에 기생하는 한해살이 덩굴성 기생식물로서 한국, 일본, 중국 등지에 자생하는 토사(*Cuscuta chinensis* Lam.)의 종자를 말린 것이다. *Cuscuta* 속 식물의 주된 구성성분으로는 flavonoid류, saccaride류, alkaloid류, lignan 및 resin glycoside류 등이 보고되고 있다^[1-3]. 본초학적으로 토사자의 맛은 달고 매우며 성질은 평한 것으로 전해지며, 전통적인 한방의학에서는 중요한 약재로 널리 사용되고 있으며 주로 강장 작용과 눈을 밝게 하는 작용, 성 기능 향상 및 간과 신장을 보호하는 효능을 가지고 있다고 알려져 있다^[4,5]. 또한, 최근의 약리학적 연구로는 고혈압에 미치는 영향, 항암작용 및 면역효과에 대한 연구, 알츠하이머 등과 같은 신경성 질환 및 항산화 효과에 대한 연

구들이 있으며^[6-9], 근래에는 건강보조식품 및 의약품의 소재로 널리 활용되고 있다.

최근 국민 생활수준 향상 및 건강에 관한 관심 고조로 사람들이 건강식품에 많은 관심을 갖게 됨에 따라 이러한 건강식품의 가공원료인 한약재의 수요가 급증하고 있으며, 이로 인한 한약재의 수입량과 국내의 생산, 유통량의 급증으로 인한 한약재의 가공, 저장, 유통을 위한 안전한 위생화 기술이 요구되고 있다. 지금까지 한약재의 위생화 기술에 이용되어온 화학약품처리, ethylene oxide(EO) 훈증법 등은 살균효과의 불충분, 품질 열화, 2차 오염의 가능성, 환경공해 등의 불건전성으로 인해 그 사용이 제한됨에 따라 새로운 위생화 기술의 개발이 요구되고 있으며, 새로운 위생화 기술로서 방사선 조사기술이 받아들여지고 있다^[10-12].

최근 방사선 조사 기술은 식품, 의료, 제약 및 화장품 등 보건관련 산업의 위생처리기술분야에서 많은 응용이 이루어지고 있다. 이는 방사선 조사 기술의 보건학적 안전성 및 품질 안전성에 기인한 것으로 타 위생처리보다 부가가치가 크고 공정이 간편한 장점을 가지고 있어 국민 보건분야에서 큰 경제적 파급 효과를 기대할 수 있다. 1980년 FAO/IAEA/WHO 합동전문가위

조선대학교 식품영양학과(Department of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea)

[†]Corresponding author: kskim@chosun.ac.kr

(Received : August 14, 2008, Revised : September 2, 2008

Accepted : September 12, 2008)

원회 (JECFI, Joint Expert Committee of the Food Irradiation)에서는 “평균 10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적으로 안전하며, 영양학적으로도 문제가 되지 않는다” 결론 지었다^[13]. 또한, 1992년 5월 WHO에서는 국제소비자 연맹(IOCU)의 대표단과 식품 조사를 반대하는 식품과학 및 식품화학 전공교수들의 참석 하에 회의를 개최한 결과, 조사 식품의 안전성 및 영양학적 적합성을 재확인 하면서 식품을 제조관리수칙에 따라 방사선을 조사할 경우 인간의 건강을 해롭게 하는 어떠한 성분변화나 이물질이 생성되지 않으며, 소비자들에게 미생물학적 위험성을 증가시키지 않는다고 발표하였다^[14].

현재 유럽공동체 (EU)와 미국 등 여러 선진국에서는 농·수·축산 가공품의 국제시장이 점차 확대됨에 따라 자국의 식품가공원료 및 제품에 대한 품질규격을 높이기 위해서 방사선 조사기술을 활용하고 있으며, 이 기술의 개발에 막대한 투자와 함께 이미 설치되어 있는 방사선 조사시설을 적극적으로 활용할 수 있도록 새로운 규정을 마련하고 있다. 이에 따라 국제간 무역에 있어서는 방사선 조사기술이 검역관리 수단으로서 그 역할이 크게 기대되고 실용화 될 전망이다^[15]. 그러나 방사선 조사 식품의 상용화에도 불구하고 소비자들의 불안은 불식되지 않고 있어, 조사식품의 적용 확대를 위해서는 조사식품의 안전성에 관한 정확한 인식이 선행되어야 할 문제이다. 따라서 본 연구에서는 건조한 약재의 위생화 수단으로 방사선 조사 기술의 적용 가능성을 검토하기 위하여 토사자를 방사선 조사하여 방사선 조사처리가 그 휘발성 향기성분에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 토사자는 전남 화순군에 위치한 전남생약농업협동조합에서 구입하여 한국원자력연구소 내 선원 10만 Ci의 ⁶⁰Co 감마선 조사시설(IR-79; Nordion International Co., Ltd., Ottawa, Canada)을 이용하여 시간당 2.5 kGy 선량율로 10 kGy의 흡수선량을 얻도록 조사하였으며, 흡수선량의 오차는 ±0.02 kGy였다. 이를 비조사 대조시료와 함께 -18로 냉동 저장하면서 실험에 사용하였다.

2. 시약

본 연구에 사용된 모든 표준시약은 Sigma chemical Co.(St. Louis, USA)에서 구입하였으며, 추출 및 chro-

matography에 사용한 유기용매는 wire spiral packed double distilling(Normschliff Geratebau, Germany) 장치로 재증류 한 것을 사용하였다. 또한 물은 순수재증류장치(Millipore Milford, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였다. 유기용매의 수분제거를 위하여 사용된 무수 Na₂SO₄는 105°C dry oven에서 미리 4시간 동안 건조 시킨 후 사용하였다.

3. 휘발성 유기성분의 추출

실험재료 100 g과 증류수 1 L를 혼합하여 Waring blender(MR 350CA; Braun, Spain)로 2분간 분쇄한 후 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 보정하고 이를 휘발성 유기성분 추출용 시료로 사용하였다. 휘발성 유기성분의 추출은 Schultz 등의 방법(16)에 따라 개량된 연속수증기증류추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)를 이용하여 상압 하에서 2 시간 동안 추출하였다. 이때 휘발성 유기성분의 추출용매는 재증류한 n-pentane과 diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 200 mL를 사용하였으며 추출 후 추출용매층에 무수 Na₂SO₄를 가해 하루 동안 방치하여 수분을 제거하고 정량분석을 위한 내부표준물질로 n-butylbenzene 1 µg을 첨가하였다. 유기성분의 유기용매 분획본은 Vigreux column을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류 하에서 약 0.20 mL까지 농축하여 GC/MS의 분석시료로 하였다.

4. GC/MS에 의한 휘발성 유기성분의 분석 및 확인

SDE에서 추출하여 농축된 시료는 GC/MS로 분석하였다. 질량분석에 사용한 GC/MS 분석기기는 GC/MS QP-5000 (Shimadzu, Kyoto, Japan)을 사용하였으며 시료의 이온화는 electron impact ionization (EI)방법으로 행하였다. GC/MS 분석조건은 ionization voltage를 70 eV로 하였고, ion source temperature는 230°C로 하였다. 또한 분석할 분자량의 범위 (m/z)는 41~450으로 설정하였다. Column은 DB-WAX (60 m×0.25 mm I.d., 0.25 µm film thickness, J&W, New Brighton, MN, USA)을 사용하였고, temperature program은 40°C에서 3분간 유지한 다음 3°C/min의 속도로 150°C까지 상승시킨 후 10분간 유지, 다시 2°C/min의 속도로 200°C까지 상승시킨 후 5분간 유지, 다시 4°C/min의 속도로 220°C까지 상승시켰다. Injector와 detector의 온도는 각각 250°C, 230°C이며, carrier gas는 helium을 사용하였고, flow rate는 1.0 mL/min이었다. 시료는 1 µL를 주입하였고 split ratio는 1:10으로 하였다. GS/MS에 의

해 total ionization chromatogram (TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library (NIST 62, NIST 12, WILEY 139)와 mass spectral data book [17,18]의 spectrum과의 일치, lab retention index database와 문헌상의 retention index [19]와의 일치 및 표준 물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다. 정량을 위하여 유기성분 추출 시 내부표준물질로 첨가된 n-butylbenzene과 동정된 향기성분의 peak area값을 이용하여 시료 1 kg에 함유된 휘발성 유기성분을 상대적으로 정량하였다.

3. 결과 및 고찰

1. 토사자의 휘발성 유기성분 조성

비조사 토사자와 10 kGy로 조사한 토사자를 SDE방법을 사용하여 휘발성 유기성분을 추출하고, 이를 GC/MS로 분리 동정하였다. 비조사 시료와 10 kGy로 조사된 토사자의 GC/MS 분석에 의한 total ion chromatogram은 Fig. 1에 나타냈으며, 확인된 휘발성 향기성분은 Table 1에 나타내었다.

토사자에서 확인된 성분은 총 91종으로 alcohol류와 aldehyde류가 각각 23종, 21종으로 다량 확인되었으며, 뒤이어 ester류가 11종, ketone류가 11종, hydrocarbon류가 10종, acid류가 9종 그리고 기타화합물 6종으로 동정되었다. 관능기별로 확인된 peak area의 분포도를 살펴보면 alcohol류와 aldehyde류가 각각 27.36%, 22.22%로 확인됨에 따라 주요한 성분임을 확인하였으며, 이어서 hydrocarbon류가 16.86%, ester류가 14.62%, acid류가 9.42%, ketone류가 6.66% 그리고 기타화합물

2.86% 순으로 나타났다(Table 2).

토사자의 주된 유기성분은 limonene으로 총 향기성분의 14.06%를 차지하였으며 26.70 mg/kg이 함유되어 있었다. 뒤이어 ethanol(19.52 mg/kg), (E)-2-decenal(8.94 mg/kg), hexadecanol(8.47 mg/kg), nonanoic acid(8.39 mg/kg) 및 nonanal(5.89 mg/kg)등을 확인하였다. 가장 많은 양을 차지하고 있는 limonene은 monoterpeneoid류로써 감귤류의 껍질에서 추출되는 추출물의 95%이상 차지하고 있으며, 동물의 콜레스테롤 합성 과정과 유사한 경로로 식물의 secretory gland에서 합성된다. 주로 향수, 음식, 주스에서 레몬의 향과 맛을 내기 위한 첨가제로 다양하게 사용되는 limonene은 암세포의 성장을 억제하는 효과가 hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A(HMG-CoA) reductase의 강력한 억제제인 provastatin과 함께 더욱 증가한다고 알려져 있다(20,21). 또한 최근 여러 가지 암을 억제하는 식품의 비영양 성분 중의 하나로 인식되고 있으며 발암 억제제나 암치료제로서 개발 가능성을 탐색하고 있는 매우 흥미로운 물질이다.

2. 비조사 및 조사 토사자에서 확인된 휘발성 유기성분의 비교

10 kGy로 방사선 조사된 토사자에서는 85종의 휘발성 화합물이 동정되었다(Table 2). 조사된 시료를 살펴본 결과 조사전과 비교하여 대부분의 화합물들이 증가하였으며, 총함량이 조사 전 189.90 mg/kg이었던 것이 조사 후 299.46 mg/kg으로 크게 증가한 것으로 확인되었다(Table 1).

주된 휘발성 유기성분인 limonene, menthol 및 iso-

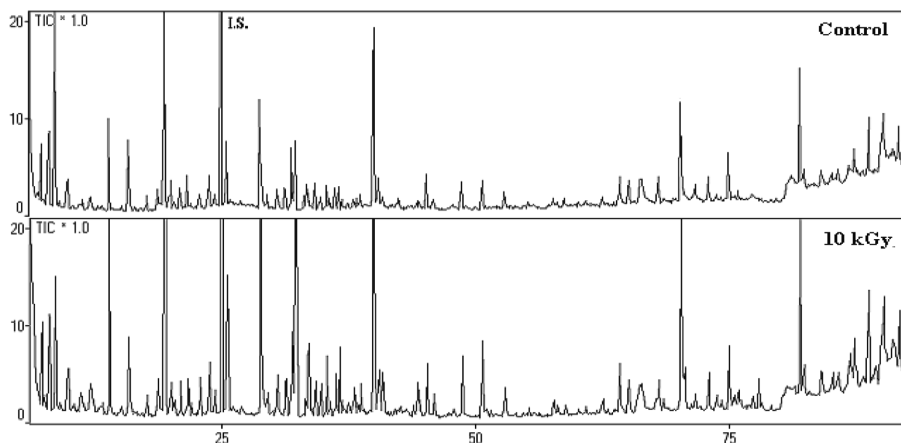


Fig. 1. GC/MS total ion chromatograms of the volatile organic compounds in non- and irradiated Cuscutae Semen at dose of 10 kGy.

Table 1. Volatile organic compounds identified in non-irradiated and irradiated Cuscutae Semen at 10 kGy (Unit:mg/kg)

No.	R.I. ¹⁾	Compound Name	0 kGy	10 kGy
1	801	Ethyl formate	1.03	8.71
2	844	2-Methyltetrahydrofuran	0.26	-
3	859	Ethyl acetate	3.54	12.85
4	871	2,6-Dimethyl heptane	-	0.36
5	886	2-Methyl butanal	0.91	1.05
6	890	3-Methyl butanal	3.44	3.36
7	916	Ethanol	19.52	7.81
8	924	2,4,4-Trimethyl hexane	0.22	0.97
9	934	2,5-Dimethylfuran	0.23	-
10	965	3-Methyl-2-butanone	0.54	0.81
11	970	Pentanal	1.49	1.55
12	987	3-Methyl-3-buten-2-one	0.28	-
14	1036	2,6-Dimethyl octane	-	0.73
15	1040	2-Butenal	0.74	1.44
16	1058	Isobutyl alcohol	0.27	-
17	1082	Hexanal	3.72	4.54
18	1109	2-Butanol	0.13	-
19	1123	2-Pentanol	0.34	0.93
20	1126	3-Penten-2-one	2.89	3.98
21	1129	(E)-2-Pentenal	-	0.54
22	1147	Butanol	-	-
23	1161	1-Penten-3-ol	-	0.50
24	1164	β -Myrcene	0.64	0.96
25	1183	2-Heptanone	0.18	0.57
26	1185	Heptanal	0.63	1.09
27	1198	Limonene	26.69	42.65
28	1208	β -Phellandrene	0.74	0.80
29	1212	1,8-Cineol	1.23	2.18
30	1219	(E)-2-Hexenal	0.38	0.50
31	1232	2-Pentyl furan	0.87	1.22
32	1247	γ -Terpinene	1.36	1.88
33	1272	ρ -Cymene	0.40	1.43
34	1286	2-Octanone	0.22	-
35	1290	Octanal	1.24	1.36
36	1299	Tridecane	0.23	0.86
37	1301	4-Octen-3-one	0.33	0.72
I.S. ²⁾	1315	Butyl benzene	-	-
38	1326	(E)-2-Heptenal	2.87	5.75
39	1395	Nonanal	5.89	6.80
40	1400	Tetradecane	0.49	0.81
41	1410	3-Octen-2-one	0.57	1.11
42	1434	(E)-2-Octenal	0.91	1.49

¹⁾Retention index, ²⁾Internal standard

Table 1. Continued (Unit:mg/kg)

No.	R.I. ¹⁾	Compound Name	0 kGy	10 kGy
43	1440	Heptanol	0.22	-
44	1451	Acetic acid	1.02	4.68
45	1453	1-Octen-3-ol	0.77	2.08
46	1465	Furfural	3.50	9.34
47	1468	(E,E)-2,4-Heptadienal	0.59	2.76
48	1473	Isomenthone	3.56	6.10
49	1493	2-Ethyl hexanol	0.65	0.75
50	1497	1-Undecyne	1.21	2.10
51	1501	Menthone	1.21	1.72
52	1516	Pyrrrol	1.59	1.68
53	1524	3,5-Dimethyl cyclohexanol	0.17	-
54	1528	Benzaldehyde	0.65	-
55	1542	2-Nonenal	1.04	2.52
56	1550	Linalool	0.58	1.31
57	1562	Octanol	1.08	1.54
58	1570	Menthyl acetate	1.08	1.12
59	1577	5-Methyl-2-furfural	0.51	0.83
60	1588	(E,E)-2,6-Nonadienal	0.32	0.52
61	1601	Isomenthol	0.70	1.06
62	1609	Linalyl acetate	0.56	0.71
63	1617	(E)-2-Octenol	0.39	0.61
64	1646	Menthol	7.10	10.58
65	1648	(E)-2-Decenal	8.94	11.01
66	1659	Furfuryl alcohol	1.52	3.08
67	1669	Butanoic acid	0.45	2.28
68	1703	α -Terpineol	0.35	0.70
69	1736	Pentanoic acid	0.32	0.94
70	1738	Piperitone	-	0.71
71	1755	(E)-2-Undecenal	2.17	2.02
72	1767	(E,E)-2,4-Nonadienal	-	0.93
73	1815	(E,E)-2,4-Decadienal	1.98	3.07
74	1847	Hexanoic acid	2.40	5.31
75	1879	Benzyl alcohol	0.99	2.02
76	1955	Heptanoic acid	0.47	0.93
77	2059	Octanoic acid	1.72	3.13
78	2075	Tridecanol	0.56	-
79	2125	2-Hexadecanone	1.57	0.90
80	2167	Nonanoic acid	8.39	7.90
81	2174	2-Ethyl phenol	0.83	-
82	2194	3-Acetylanisole	1.32	0.62
83	2219	Methyl hexadecanoate	2.08	1.37
84	2234	Decanoic acid	0.57	1.08
85	2256	Ethyl hexadecanoate	2.63	1.97

¹⁾Retention index

Table 1. Continued (Unit:mg/kg)

No.	R.I. ¹⁾	Compound Name	0 kGy	10 kGy
86	2267	Pentadecanol	0.11	-
87	2310	2,4-Di- <i>t</i> -Butylphenol	0.28	1.00
88	2380	Hexadecanol	8.47	11.96
89	2386	Coumaran	1.23	2.92
90	2423	Dodecanoic acid	2.53	-
91	2444	Methyl 7-hexadecenoate	0.82	0.40
92	2478	Methyl heptadecanoate	1.02	0.41
93	2492	Methyl 8-octadecynoate	2.01	1.62
94	2507	(<i>Z</i>)-9,17-Octadecadienal	0.26	-
95	2525	(<i>Z</i>)-6-Pentadecenol	3.58	2.72
96	2558	Methyl linolenate	9.96	45.39
97	2593	Methyl-(<i>Z</i>)-5,11,14,17-eicosatetraenoate	3.08	6.30
98	2612	(<i>Z</i>)-11-Hexadecenol	3.28	2.45
Total			189.90	299.46

¹⁾Retention index

Table 2. Relative content of functional groups in identified volatile organic compounds from in non-irradiated and irradiated *Cuscutae Semen* at 10 kGy

Functional Group	0 kGy		10 kGy	
	No.	Area %	No.	Area %
Acids	9	9.42	8	8.08
Alcohols	23	27.36	18	23.25
Aldehydes	21	22.22	21	19.24
Esters	11	14.62	11	24.89
Hydrocarbons	10	16.86	12	16.75
Ketones	11	6.66	11	5.32
Miscellaneous	6	2.86	4	2.47
Total	91	100	85	100

menthone 등은 조사 전 각각 26.69, 7.10 및 3.56 mg/kg으로 확인 되었으며, 10 kGy 조사 후에는 각각 42.65, 10.58 및 6.10 mg/kg으로 나타나 방사선 조사가 이들을 비롯한 토사자의 여러 화합물에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 이 중 menthol과 isomenthone은 박하잎에 함유된 정유성분의 대부분을 차지하는 화합물로 알려져 있으며, menthol의 경우 신선하고 상쾌한 향을 부여하는 화합물로서 도포제, 진통제, 흥분제, 건위제 등에 적용하거나 치약, 잼, 사탕, 화장품, 담배 등의 제품에서 청량제나 향료로 쓰인다. 또한 항균, 항바 이러스 및 allergy에 대한 효과 등이 보고되는 등 이에 대한 여러 연구가 진행되고 있다^[22-25].

조사된 토사자의 경우 화합물의 조성 및 관능기별 분포도 등이 대체적으로 비조사된 토사자와 비슷하였다. 그러나 특이적으로 ester류가 높은 분포도를 보였으며, 이는 methyl linolenate 함량의 증가에 의한 것으로 확인되었다. Methyl linolenate의 경우 linolenic acid에서 유래한 화합물로 종자류의 지질류에 널리 분포되어 있으며, 토사자의 경우 역시 종자이기에 이러한 결과를 보인 것으로 생각된다. 조사되지 않은 토사자의 경우에도 다른 acid류나 methyl ester류에 비해 methyl linolenate의 함량이 다소 높게 확인되었고, 특히 방사선 조사 후에는 그 함량이 크게 증가한 경향을 보였다. Vandana 등의 연구에서는 microwave를 이용한 전분의 methylation 가속효과에 관한 연구를 행한 바 있으며, Stavarache 등은 식물성 oil류를 ultrasonic-irradiation을 통하여 methylation시간을 줄이는 등의 연구를 보고하고 있다^[26,27]. 본 연구에서도 방사선 조사 후 methyl linolenate의 증가 역시 토사자에 함유되어 있는 linolenic acid가 방사선 조사에 의해 methylation이 가속화됨에 따른 것으로 사료된다. 또한, 몇몇 화합물들은 조사 후 소실 또는 생성되었으며, 그중 piperitone의 경우 herb류에 널리 분포하고 있는 화합물로, 조사 전에는 동정되지 않았으나 조사된 후 0.71 mg/kg으로 확인되었다. 이는 조사되지 않은 토사자의 경우 그 양이 극히 미량으로 함유되어 있어 추출·분석하는 과정에서 소실되었을 것으로 생각되며, 이 화합물에 대해서는 살충 효과, 항진균작용 등에 대해 연구 보고된 바 있다^[28].

대부분의 조사시료들은 조사하지 않은 시료와 비교하여 그 함량이 크게 증가하였으며 이는 Kim 등^[29]에 의해 보고된 연구결과와 일치하였다. 또한 미량화합물 등의 유무에 따른 차이는 다소 보였으나 limonene, menthol 및 isomenthone 등 주된 유용성분들의 구성에는 크게 변화없이 함량면에서 증가하는 양상을 확인하였다. 기능성 식품 소재로 사용이 되는 이러한 한약재의 경우 조사된 후 그 생리적 활성의 감소에 대해 염려가 되며, 이에 대해 Owczarczyk 등은 10 kGy로 방사선 조사된 약용식물의 정유성분을 비롯한 flavonoid류, glycoside류, alnthocyanin류 등이 조사 후에 큰 변화가 없었음을 확인한 바 있다^[30].

이러한 결과들을 종합하여 볼 때 방사선 조사 처리가 토사자의 휘발성 유기성분의 구성에는 큰 차이를 보이지 않았으나, 정유성분의 추출함량에는 영향을 미치는 것으로 확인이 되었다. 조사전과 비교하여 다소간의 변화는 보였으나 조사처리를 행한 후에 유기성분들의 함량이 증가함을 보임으로써 추출 수율이나 유기성분의 함량 등을 고려하였을 때 토사자에 대한 방사선

조사 처리는 적정선량으로 행해진다면 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] M. Ye, YN. Yan, L. Qiao, XM. Ni, "Studies on the chemical constituents of *Cuscuta chinensis*", China J. Chinese Mat. Med., Vol. 27, pp. 115-117, 2002.
- [2] K. Miyahara, XM. Du, M. Watanabe, C. Sugimura, S. Yahara, T. Nohara, Resin glycosides. XXIII, "Two novel acylated trisaccharides related to resin glycoside from the seed of *Cuscuta chinensis*", Chem. Pharm. Bull., Vol. 44, pp. 481-485, 1996.
- [3] Y. Shoji, D. Haruya, N. Toshihiro, "An alkaloid and two lignans from *Cuscuta chinensis*", Phytochemistry, Vol. 37, pp. 1755-1757, 1994.
- [4] YB. Xiong, CH. Zhou, "The effect of extracts from herbal epimedium and semen cuscuteae on the function of male reproduction" Chinese Pharm. J., Vol. 29, pp. 89-91, 1994.
- [5] XM. Du, T. Kohinata, YT. Guo, M. Kazumoto, "Components of the ether-insoluble resin glycoside-like fraction from *Cuscuta chinensis*", Phytochemistry, Vol. 48, pp. 843-850, 1998.
- [6] HJ. Pan, HX. Sun, YJ. Pan, "Adjuvant effect of ethanol extract of Semen Cuscutae on the immune responses to ovalbumin in mice", J. Ethnopharmacol., Vol. 99, pp. 99-103, 2005.
- [7] FL. Yen, TH. Wu, LT. Lin, CC. Lin, "Hepatoprotective and antioxidant effects of *Cuscuta chinensis* against acetaminophen-induced hepatotoxicity in rats", J. Ethnopharmacol., Vol. 111, pp. 123-128, 2007.
- [8] TW. Chung, BS. Koo, EG. Choi, MG. Kim, IS. Lee, CH. Kim, "Neuroprotective effect of a chuk-me-sundan on neurons from ischemic damage and neuronal cell toxicity", Neurochem. Res., Vol. 31, pp. 1-9, 2006.
- [9] K. Umehara, K. Nemoto, T. Ohkubo, T. Miyase, M. Degawa, H. Noguchi, "Isolation of a new 15-membered macrocyclic glycolipid lactone, Cuscutic Resinoid a from the seeds of *Cuscuta chinensis*: a stimulator of breast cancer cell proliferation", Planta Med., Vol. 70, pp. 299-304, 2004.
- [10] YS. Kim, DS. An, KL. Woo, DS. Lee, "Moisture sorption isotherm and quality deterioration of dry Jujube", Korean J. Post-harvest Sci. Technol., Vol. 4, pp. 33-38, 1997.
- [11] GT. Jung, IO. Ju, JS. Choi, "Studies on drying and preservation of Omija (*Schizandra chinensis* BAILL.)", Korean J. Post-harvest Sci. Technol., Vol. 5, pp. 217-223, 1998.
- [12] S. Naito, Y. Okada, T. Sakai, "Studies on utilization of ozone in food preservation. V. changes in microflora of ozone-treated cereals, grains, peas, beans and spices during storage", J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol., Vol. 35, pp. 69-77, 1988.
- [13] WHO, Wholesomeness of irradiated food, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series 659, Geneva, Swiss, 1981.
- [14] FK. Daferstein, "Food irradiation. The position of the World Health Organization" 36th General Conference of the International Atomic Energy Agency. Scientific session, Vienna, 1992.
- [15] MW. Byun, HS. Yook, "Internal and external situation of irradiation technology utilization in the food and public health industry", Korean J. Food Preser., Vol. 10, pp. 106-123, 2003.
- [16] TH. Schultz, RA. Flath, TR. Mon, SB. Enggling, R. Teranishi, "Isolation of volatile components from a model system", J. Agri. Food Chem., Vol. 25, pp. 446-449, 1977.
- [17] PA. Robert, "Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy", Allured Publishing Corporation, Illinois, USA, 1995.
- [18] E. Stehagen, S. Abrahamsom, FW. Mcclafferty, "The Wiley/NBS registry of mass spectral data", John Wiley and Sons, NY, USA, 1974.
- [19] Sadtler Research Laboratories, "The Sadtler standard gas chromatography retention index library", Sadtler, Philadelphia, USA, 1986.
- [20] MJ. Kim, JH. Kim, "Effect of N-3, N-6 fatty acid and d-limonene treatment on membrane lipid composition and protein kinase C activity in experimental rat hepatocarcinogenesis", J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., Vol. 32, pp. 1328-1336, 2003.
- [21] S. Kawata, T. Nagasa, E. Yamasaki, H. Ishiguro, Y. Matsuzawa, "Modulation of the mevalonate pathway and cell growth by provastatin and d-limonene in a human hepatoma cell line (Hep G2)", Br. J. Cancer, Vol. 69, pp. 1015-1020, 1994.
- [22] ML. Ruiz del Castillo, G. Santa-Maria, M. Herraiz, GP. Blanch, "A comparative study of the ability of different techniques to extract menthol from *Mentha piperita*", J. Chromatogr. Sci., Vol. 41, pp. 385-389, 2003.
- [23] A. Schulmacher, J. Reichling, P. Schnitzler, "Virucidal effect of peppermint oil on the enveloped viruses herpes simplex virus type 1 and type 2 in vitro", Phytomedicine, Vol. 10, pp. 504-510, 2003.
- [24] T. Inoue, Y. Sugimoto, H. Masuda, C. Kamei, "Antiallergic effect of flavonoid glycosides obtained

- from *Mentha piperita* L.”, Biol. Pharm. Bull., Vol. 25, pp. 256-259, 2002.
- [25] PP. Maliakal, S. Wanwimolruk, “Effect of herbal teas on hepatic drug metabolizing enzymes in rats”, J. Pharm. Pharmacol., Vol. 53, pp. 1323-1329, 2001.
- [26] V. Singh and A. Tiwari, “Microwave-accelerated methylation of starch”, Carbohydrate Research, Vol. 343, pp. 151-154, 2008.
- [27] C. Stavarache, M. Vinatoru, Y. Maeda, “Ultrasonic versus silent methylation of vegetable oils”, Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 13, pp. 401-407, 2006.
- [28] GK. Ketoh, HK. Koumaglo, IA. Glitho, J. Huignard, “Comparative effects of *Cymbopogon schoenanthus* essential oil and piperitone on *Callosobruchus maculatus* development”, Fitoterapia., Vol. 77, pp. 506-510, 2006.
- [29] MJ. Kim, HS. Yook, MW. Byun, “Effects of gamma irradiation on microbiological contamination and extraction yields of Korean medicinal herb”, Radiat. Phys. Chem., Vol. 57, pp. 55-58, 2000.
- [30] HB. Owezarezyk, W. Midgal, B. Kedzia, “The pharmacological activity of medical herbs after microbiological decontamination by irradiation”, Radiat. Phys. Chem., Vol. 57, pp. 331-335, 2000.