J Korean Soc Food Sci Nutr
34(4), 513~518(2005)

부추(*Allium tuberosum* R.)의 감마선 조사에 의한 휘발성 유기화합물의 성분 변화

한병재[1] · 양숙영[2] · 김준형[2] · 심성례[2] · Rajendra Gyawali[1] · 이성진[1] · 김경수[2†]

[1]조선대학교 응용과학과
[2]조선대학교 식품영양학과

Effect of γ-Irradiation on the Volatile Organic Compounds from Leek (*Allium tuberosum* R.)

Byung-Jae Han[1], Sook-Young Yang[2], Jun-Hyoung Kim[2], Sung-Lye Shim[2], Rajendra Gyawali[1], Sung-Jin Lee[1] and Kyong-Su Kim[2†]

[1]*Dept. of Applied Science and Technology, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea*
[2]*Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea*

Abstract

Volatile compounds of γ-irradiated leeks (*Aillum tuberosum* R.) were isolated by simultaneous steam distillation and extraction method (SDE) and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) along with the non-irradiated sample. Leeks were irradiated at dose of 20 kGy and non-irradiated samples were considered as control sample. 56 and 54 compounds were identified in non-irradiated and irradiated samples, respectively. These components included the functional groups; alcohols, aldehydes, esters, ketones, N- and S-containing compounds. S-containing compounds such as dimethyl trisulfide, methyl-(*Z*)-1-propenyl trisulfide, dimethyl disulfide, 3-ethyl-1,2-dithi-5-ene and methyl allyl disulfide were the major compounds. Methyl-(*Z*)-1-propenyl trisulfide, diallyl trisulfide, (*E*)-2-hexanal and 3-ethyl-1,2-dithi-5-ene were clearly decreased by the γ-irradiation, but dimethyl disulfide, diallyl sulfide, allyl methyl sulfide and pyridine were increased by the γ-irradiation.

Key words: leek, γ-irradiation, volatile compounds

서 론

부추, 마늘, 양파 및 파 등이 포함되어 있는 *Allium*속 향신료는 그 독특한 맛과 향으로 인한 식욕 증진을 목적으로 활용되어 왔으며, 우리나라 전역에 분포하여 예로부터 우리 식탁에서 절대 빠져서는 안될 품목이었다(1). 이러한 *Allium*속 식물의 독특한 향은 황함유 휘발성 물질에 기인하며, 이들 식물이 분쇄될 때 비휘발성 전구체 S-alk(en)ylcysteine sulfoxide류가 효소인 allinase의 작용으로 휘발성으로 변화되면서 발생하는 것으로 알려져 있다(2,3).

부추를 비롯한 이와같은 향기성분을 함유한 향신료의 가치는 세균에 의한 오염, 벌레의 침입 및 발아 등의 요인에 의해 상품성이 좌우된다. 또한 토양미생물에 의한 곰팡이, 세균 및 내열성포자들이 천연 향신료 또는 이들을 포함한 건조 야채 양념 제품에 존재할 수 있어 이들의 제거를 위한 살균과정은 제품의 위생적 품질관리, 보존 및 유통기간 연장을 위하여 꼭 필요한 공정이라 할 수 있다(4-6).

최근 감마선 조사 기술은 식품, 의료, 제약 및 화장품 등 보건 관련 산업의 위생 처리기술분야에서 많은 응용이 이루어지고 있다. 이는 감마선 조사 기술의 보건학적 안전성 및 품질 안정성에 기인한 것으로 타 위생 처리보다 부가가치가 크고 공정이 간편한 장점을 가지고 있어 국민 보건분야에서 큰 경제적 파급 효과를 기대할 수 있다.

이와 같은 기술의 안전성은 1981년 Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee에서 평균 10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학, 영양학 및 미생물학적으로 안전하다 하였으며(7), 1999년에는 고선량 조사에 관한 보고서에서 어떠한 선량으로 조사된 식품일 지라도 소비 및 영양학적으로 안전하다 하여 그 안전성이 입증됨에 따라 산업화가 급진적으로 진행되고 있는 실정이다(8).

유럽공동체(EU)와 미국 등 여러 선진국에서는 농·수·축산 가공품의 국제시장이 점차 확대됨에 따라 자국의 식품가공원료 및 제품에 대한 품질규격을 높이기 위해서 감마선 조사기술을 활용하고 있으며, 이 기술의 개발에 막대한 투자

†Corresponding author. E-mail: kskim@chosun.ac.kr
Phone: 82-62-230-7724, Fax: 82-62-224-8880

와 함께 이미 설치되어 있는 감마선 조사시설을 적극적으로 활용할 수 있도록 새로운 규정을 마련하고 있다. 이에 따라 국제간 무역에 있어서는 감마선 조사기술이 검역관리 수단으로서 그 역할이 크게 기대되고 실용화될 전망이다(9). 현재 52개국에서 250여개 품목이 각국의 보건당국에 의해 허가되어 사용되고 있으며, 국내에서는 감자, 양파, 마늘, 버섯 등의 채소류와 난분, 식육 및 어패류 분말 및 건조향신료 등의 가공제품 등의 20여개 품목들에 대하여 0.15~10 kGy의 조사선량을 허용하고 있다(10).

최근 이와 같은 감마선 조사에 따른 *Allium*속 향신료의 유기성분 변화에 대한 연구가 활발히 진행되어지고 있으나, 그 중 부추는 조사되지 않은 휘발성 유기화합물(11)에 대한 연구가 진행되었을 뿐 감마선으로 조사된 부추의 유기성분에 대한 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 감마선 조사에 따른 향신료의 유기성분 변화의 선행 연구로서 감마선을 조사하지 않은 부추와 20 kGy 선량으로 감마선 조사된 부추에 대하여 휘발성 유기화합물을 분석, 비교하여 그 변화를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 부추는 전남에서 재배된 것을 구입하여 증류수로 수세한 후 수분을 제거한 뒤 한국원자력연구소 내 선원 10만 Ci의 ^{60}Co 감마선 조사시설을 이용하여 시간당 2.5 kGy 선량율로 20 kGy의 흡수선량을 얻도록 조사하였다. 이를 비조사 대조시료와 함께 -18°C로 냉동 저장하면서 실험에 사용하였다.

시약

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급시약으로 미국 Sigma사와 Fisher Scientific사로부터 구입하였으며, 추출 및 chromatography에 사용한 유기용매는 HPLC grade로 구입하여, 이를 다시 wire spiral packed double distilling(Normschliff Geratebau, Germany) 장치로 재증류한 것을 사용하였다. 물은 순수재증류장치(Millpore corporation, Bedford, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였다. 유기용매의 탈수에 사용된 무수 Na_2SO_4는 650°C 회화로에서 하룻저녁 태운 뒤 desiccator에서 방냉한 후 사용하였다.

휘발성 유기성분 추출

실험재료 100 g과 증류수 1 L를 혼합하여 warning blender (Braun, MR 350CA)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(12)에 따라 개량된 연속수증기증류추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)를 이용하여 상압 하에서 2시간 동안 추출하였다. 이때 휘발성 유기성분의 추출용매는 재증류한 n-pentane과 diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 200 mL를 사용하였으며 추출 후 추출용매층에 무수 Na_2SO_4를 가해 하루 동안 방치하여 수분을 제거하고 정량분석을 위한 내부표준 물질로 n-butylbenzene 1 μL를 첨가하였다. 유기성분의 유기용매 분획분은 Vigreux column을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류하에서 약 0.2 mL까지 농축하여 GC/MS의 분석시료로 하였다

휘발성 유기성분 분석

SDE에서 추출하여 농축된 시료는 GC/MS로 분석하였다. 질량분석에 사용한 GC/MS 분석기기는 GC/MS QP-5000 (Shimadzu, 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 41~350으로 설정하였다. Column은 DB-WAX(60 m×0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness, J&W, USA)을 사용하였고, temperature program은 40°C에서 3분간 유지한 다음 2°C/min의 속도로 150°C까지, 다시 4°C/min의 속도로 220°C까지 상승시켰다. Injector와 detector의 온도는 각각 250°C, 230°C이며, carrier gas는 helium을 사용하였고, 유속은 1 mL/min이었다. 시료는 1 μL를 주입하였고 split ratio는 1:20으로 하였다.

휘발성 유기화합물의 확인

GC/MS의 분석에 의해 total ionization chromatogram (TIC)에 분리된 각 peak의 성분분석은 mass spectrum library(WILEY 139와 NIST 62, NIST 12)와 mass spectral data book(13,14)의 spectrum과의 일치 및 문헌상의 retention index(15)와의 일치 및 표준물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다.

결과 및 고찰

부추에서 확인된 휘발성 유기화합물

비조사 시료와 20 kGy로 조사된 시료로부터 SDE방법으로 휘발성 유기화합물을 추출한 후 GC/MS로 분석하여 얻은 chromatogram은 Fig. 1에, 동정한 성분과 이들의 상대적 농도는 Table 1에 나타내었다.

비조사 시료와 조사시료에서 각각 56종, 54종의 화합물이 분리 동정되었으며, 두 시료 모두에서 함황화합물이 다량 검출되어 주요 화합물로 확인되었다.

비조사 시료에서는 함황화합물 23종, alcohol류 14종, aldehyde류 11종, ester류 3종, ketone류 2종, 함질소화합물 2종 그리고 기타화합물 1종이 동정되었으며, 확인된 성분들을 관능기에 따라 분류하면 함황화합물 88.63%, alcohol류 2.37%, aldehyde류 6.19%, ester류 2.41%, ketone류 0.15%,

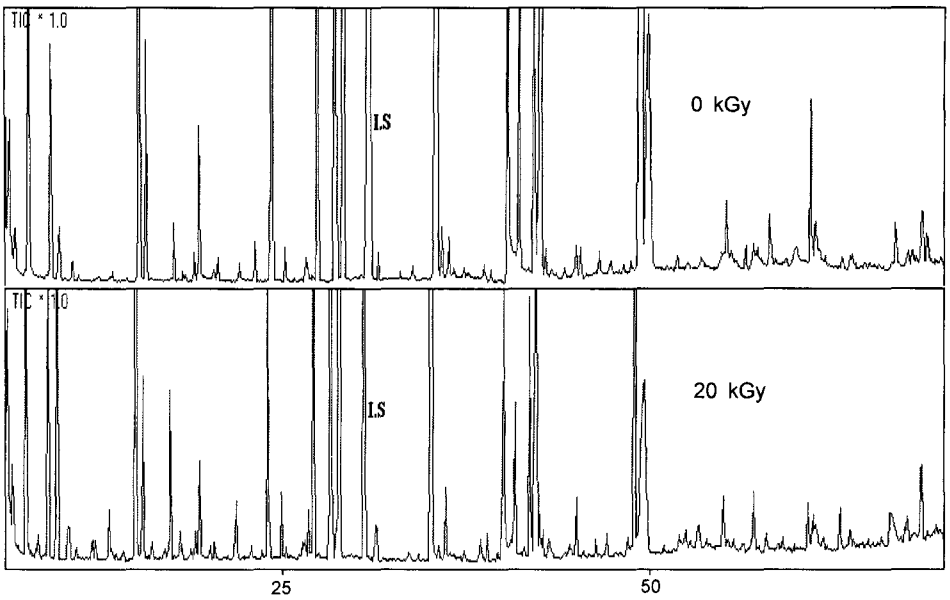

Fig. 1. Chromatograms of the volatile organic compounds in non-irradiated and 20 kGy irradiated leeks.
DB-WAX (60 m×0.25 mm i.d., 0.25 μm film thickness, J&W), helium 1 mL/min, split ratio 1:20, 40°C (3 min) - 2°C/min - 150°C - 4°C/min - 220°C (15 min).

함질소화합물 0.19%와 기타화합물이 0.06%로 확인되었다(Table 2). 확인된 성분들 중에서 dimethyl trisulfide와 methyl-(*Z*)-1-propenyl trisulfide가 다량 함유되어 함황화합물의 대부분을 차지하였으며, 그 외 dimethyl disulfide, 3-ethyl-1,2-dithi-5-ene, methyl allyl disulfide와 (*E*)-2-hexanal도 휘발성 유기성분의 조성에 큰 비중을 차지하였다.

20 kGy로 조사된 시료에서는 함황화합물 29종, alcohol류 7종, aldehyde류 10종, ester류 3종, ketone류 4종 그리고 함질소화합물 1종이 동정되었으며, 확인된 성분들을 관능기에 따라 분류하면 함황화합물 89.85%, alcohol류 3.01%, aldehyde류 3.46%, ester류 2.83%, ketone류 0.56%와 함질소화합물 029%로 나타났다(Table 2). 조사 시료 역시 비조사 시료와 마찬가지로 함황화합물이 부추의 휘발성 유기성분에 크게 영향을 끼치며, 조사 후에 함황화합물의 전체적인 비율에는 큰 영향을 주지 않은 것으로 나타났다.

Dimethyl trisulfide가 비조사 및 조사시료 모두에서 각각 23.36%, 20.83%로, dimethyl disulfide는 10.34%, 20.37%로 다량 검출되어 주요 화합물로 확인되었으며, 이외 methyl-(*Z*)-1-propenyl trisulfide, (*E*)-preopenyl methyl disulfide 그리고 methyl allyl disulfide도 다량 확인되었다. Park 등(11)은 부추의 주요 휘발 성분은 함황화합물이며, 특히 dimethyl disulfide, dimethyl trisulfide, methyl-(*Z*)-1-propenyl trisulfide와 (*E*)-propenyl methyl disulfide를 다량 포함하고 있다고 보고하였으며, 본 연구의 결과와 일치하였다.

비조사 및 조사 부추에서 확인된 휘발성 유기화합물의 비교

Table 1은 비조사 시료와 조사시료에서 확인된 휘발성 유기화합물의 함량을 보여주고 있으며, 몇몇 함황화합물은 뚜렷한 변화를 나타내고 있다. 20 kGy로 조사된 후 함황화합물을 비롯한 alcohol류, ester류 등의 비율은 큰 변화를 보이지는 않았으나, aldehyde류는 조사 후 그 함량이 6.19%에서 3.46%로 감소하였다(Table 2). 그리고 조사 후에 dimethyl trisulfide와 dimethyl disulfide 등의 몇몇 화합물들에 대하여 그 함량이 변화하거나 생성 또는 소실되는 것이 확인되었다.

그 중 주된 화합물로 확인된 dimethyl trisulfide가 18.15 mg/kg에서 16.55 mg/kg로 감소하였으며, 특히 methyl-(*Z*)-propenyl trisulfide는 조사된 후 11.11 mg/kg에서 5.56 mg/kg으로 크게 감소된 것이 확인되었다. 또한, (*E*)-2-hexanal과 3-ethyl-1,2-dithi-5-ene가 각각 3.17 mg/kg에서 1.18 mg/kg, 4.70 mg/kg에서 3.26 mg/kg으로 눈에 띄게 감소하였다(Fig. 2). (*E*)-2-Hexanal은 green note로 특징지어지는 성분으로 세포벽의 불포화지방산이 lipoxygenase와 hydroperoxide lyase에 의해 분해·생성된 화합물로써 차잎이나 과일의 향기성분으로 알려져 있다(16,17). 이외에도 dially trisulfide 등이 조사 후 그 함량이 0.50 mg/kg에서 0.19 mg/kg으로 감소하였다.

이에 반하여 부추향의 조성에 기여하는 주요 화합물 중 하나인 dimethyl disulfide는 조사 후 그 함량이 8.03 mg/kg에서 16.19 mg/kg으로 크게 증가하여 앞의 화합물들과는 다른 경향을 보였으며(Fig. 2), 이외에도 diallyl sulfide, allyl methyl sulfide와 pyridine 등도 각각 0.01 mg/kg에서 0.55 mg/kg, 0.15 mg/kg에서 2.16 mg/kg, 0.05 mg/kg에서 0.23 mg/kg으로 크게 증가하였다.

마늘(18), 멸치젓(19) 및 생표고(20)에 함유된 함황화합물

Table 1. Volatile compound identified in non-irradiated and 20 kGy irradiated leeks

Peak No.	RT[1]	RI[2]	Compound	0 kGy		20 kGy		Peak No.	RT[1]	RI[2]	Compound	0 kGy		20 kGy	
				mg/kg	total%	mg/kg	total%					mg/kg	total%	mg/kg	total%
1	6.347	812	Ethyl formate	0.43	0.55	0.52	0.65	*I.S*[3]	30.889	1313	*Butyl benzene*	-	-	-	-
2	6.452	817	1-Propanethiol	-	-	0.02	0.03	37	33.829	1357	Hexanol	0.04	0.05	-	-
3	6.728	831	2-Propenal	0.10	0.13	0.17	0.21	38	35.545	1381	Dimethyl trisulfide	18.15	23.36	16.55	20.83
4	7.624	872	Ethyl acetate	1.40	1.80	1.73	2.18	39	35.877	1386	(*Z*)-3-Hexen-1-ol	0.20	0.25	-	-
5	8.373	903	3-Methylbutanal	-	-	0.05	0.07	40	36.090	1389	Nonanal	0.12	0.15	0.29	0.37
6	9.158	930	Ethanol	0.64	0.82	1.05	1.32	41	37.394	1408	(*E*)-2-Hexen-1-ol	0.03	0.04	-	-
7	9.640	945	2-Ethyl furan	0.03	0.03	-	-	42	38.932	1432	(*E*)-Propenyl propyl disulfide	0.04	0.05	0.09	0.11
8	9.751	948	Allyl methyl sulfide	0.15	0.19	2.16	2.73	43	40.349	1454	Methional	1.60	2.06	1.66	2.09
9	10.397	967	2,3-Butanedione	-	-	0.11	0.14	44	40.831	1462	3-Ethyl-1,2-dithi-4-ene	1.42	1.83	0.72	0.91
10	10.510	971	Pentanal	0.02	0.03	0.11	0.14	45	41.839	1477	Diallyl disulfide	1.41	1.82	1.15	1.46
11	12.217	1014	(*Z*)-Methyl propenyl sulfide	0.02	0.03	0.06	0.08	46	42.247	1483	3-Ethyl-1,2-dithi-5-ene	4.70	6.04	3.26	4.12
12	13.210	1035	2-Butenal	-	-	0.17	0.21	47	42.502	1486	(*Z*)-3-Hexenyl butanoate	0.05	0.06	0.17	0.21
13	15.196	1072	Dimethyl disulfide	8.03	10.34	16.19	20.37	48	42.946	1493	2-Ethyl hexanol	0.09	0.11	0.09	0.11
14	15.654	1080	Hexanal	0.65	0.84	0.60	0.75	49	43.355	1498	Decanal	0.02	0.02	-	-
15	16.095	1088	2-Methyl-2-butenal	-	-	0.06	0.07	50	44.994	1525	N,N-dimethylthioacetamaide	0.10	0.13	-	-
16	16.980	1102	Propyl allyl sulfide	-	-	0.03	0.04	51	45.294	1530	Methyl propyl trisulfide	0.09	0.12	0.04	0.05
17	17.526	1112	2-Propen-1-ol	0.17	0.22	0.63	0.80	52	46.624	1550	Linalool	0.07	0.08	0.05	0.06
18	18.003	1120	3-Penten-2-one	-	-	0.09	0.12	53	47.387	1562	Octanol	0.03	0.04	0.06	0.08
19	18.152	1123	2-Pentanol	0.04	0.05	-	-	54	48.764	1583	Dimethyl sulfoxide	0.03	0.03	0.07	0.09
20	18.354	1126	(*E*)-2-Pentenal	0.02	0.03	0.03	0.03	55	49.453	1593	Methyl-(*Z*)-1-propenyl trisulfide	11.11	14.29	5.56	7.01
21	18.935	1136	2-Methyl-4-pentenal	0.08	0.10	0.10	0.13	56	49.960	1600	Methyl-(*E*)-1-propenyl trisulfide	3.56	4.58	3.32	4.20
22	19.267	1142	(*Z*)-3-Hexenal	0.45	0.57	-	-	57	50.971	1617	Methyl methylthiomethyl disulfide	-	-	0.01	0.01
23	19.345	1143	Diallyl sulfide	0.01	0.01	0.35	0.44	58	52.750	1647	Hexyl vinyl sulfide	0.07	0.10	-	-
24	20.257	1157	2-Methyl-2-pentenal	0.02	0.03	-	-	59	55.295	1688	Cyclohexyl methyl sulfide	0.24	0.31	0.23	0.29
25	20.550	1162	1-Penten-3-ol	0.06	0.08	-	-	60	57.091	1720	2,2-Bis(methylthio)propane	-	-	0.32	0.40
26	22.023	1183	Pyridine	0.05	0.06	0.23	0.29	61	57.387	1725	Dipropyl sulfoxide	0.06	0.08	-	-
27	23.079	1198	2,4-Hexadien-1-ol	0.12	0.16	-	-	62	60.764	1786	Diallyl trisulfide	0.50	0.64	0.19	0.23
28	23.991	1212	(*E*)-2-Hexenal	3.17	4.08	1.18	1.48	63	61.348	1796	Butyrophenone	0.10	0.13	0.10	0.13
29	24.913	1227	Methyl propyl disulfide	0.11	0.14	0.29	0.36	64	62.941	1832	Diethyl sulfite	-	-	0.18	0.22
30	26.306	1248	2,4-Dimethylthiophene	0.07	0.09	0.07	0.09	65	66.331	1910	*sec*-Butyl ethyl sulfide	-	-	0.13	0.16
31	26.510	1251	1-Pentanol	0.03	0.04	0.06	0.08	66	66.462	1914	3,6-Diethyl-2,4,5,7-tetrathiaoctane	-	-	0.12	0.15
32	26.731	1254	Hydroxyethyl methyl sulfide	-	-	0.20	0.26	67	66.812	1924	Tetradecanal	0.16	0.21	-	-
33	27.091	1259	(*Z*)-Propenylmethyldisulfide	3.11	4.00	2.80	3.51	68	67.504	1943	β-Ionone	0.02	0.02	0.13	0.17
34	28.266	1276	Methyl allyl disulfide	5.84	7.52	6.35	8.00	69	68.477	1969	1-Phenyl-1-propanol	-	-	0.28	0.35
35	28.844	1284	(*E*)-Propenylmethyldisulfide	8.57	11.03	9.22	11.61	70	68.656	1974	2-Methyl-1-phenyl-1-propanol	0.26	0.33	-	-
36	31.487	1322	(*Z*)-2-Penten-1-ol	0.08	0.10	-	-				Total	77.74	100.00	79.40	100.00

[1]Retention time. [2]Retention index. [3]Internal standard.

Table 2. Relative content of functional groups in identified volatile compounds from in non-irradiated and 20 kGy irradiated leeks

Functional group	0 kGy		20 kGy	
	Number	Area (%)	Number	Area (%)
Alcohols	14	2.37	7	3.01
Aldehydes	11	6.19	10	3.46
Esters	3	2.41	3	2.83
Ketones	2	0.15	4	0.56
S-containing compounds	23	88.63	29	89.85
N-containing compounds	2	0.19	1	0.29
Miscellaneous	1	0.06	-	-
Total	56	100.00	54	100.00

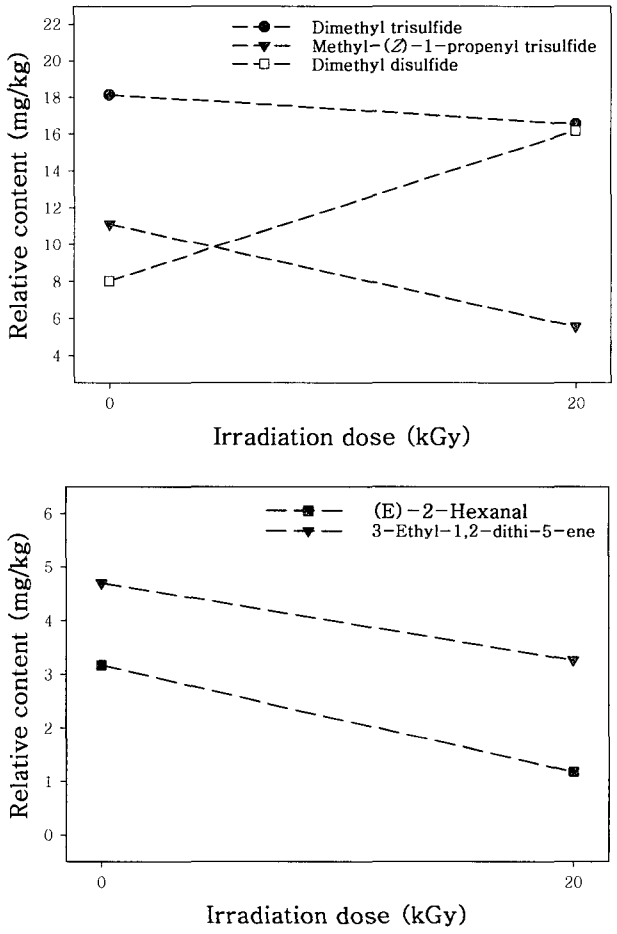

Fig. 2. Comparison of volatile organic compounds in non-irradiated and 20 kGy irradiated leeks.

과 정향 등의 향신료(21)와 생강(22,23)의 휘발성 유기성분에 대한 여러 연구 결과에서 감마선 조사 후에 많은 성분들이 변화되었다고 보고되고 있다. 이런 결과와 같이 감마선 조사가 부추의 휘발성 유기화합물에 영향을 끼친 것이 확인되었으며, 차후에는 동일한 시료를 저장하면서 휘발성 유기성분을 분석함으로써 조사 후 변화된 성분들이 유의성이 있는지에 대한 연구가 계속되어져야 할 것으로 판단된다. 그 중 *Allium* 속 식물에 다량 함유되어 있는 함황화합물에 대한 이러한 변화들이 단지 감마선 조사의 효과인지 화학적인 이유 혹은 생화학적인 이유에서인지에 대해서는 더욱더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

요 약

본 연구에서는 감마선 조사에 의한 부추의 휘발성 유기화합물의 변화를 관찰하였다. 조사되지 않은 부추와 20 kGy의 선량으로 조사된 부추를 SDE방법으로 유기화합물을 추출한 후 정유를 GC/MS로 분석하였다. 비조사 시료와 조사시료에서 각각 56종, 54종의 화합물이 분리 동정되었으며, alcohol류, aldehyde류, ester류, ketone류, 함질소화합물과 함황화합물을 포함하고 있는 것이 확인되었다. 조사된 부추에 함유된 특징적인 휘발성 유기성분은 조사되지 않은 부추에서의 결과와 유사하였으나, 그 농도에 있어서는 눈에 띄는 차이를 보였다. 두 시료 모두에서 함황화합물이 다량 검출되어 주요 화합물임을 알 수 있었다. 성분들 중에서 다량의 dimethyl trisulfide와 methyl-(*Z*)-1-propenyl trisulfide가 함황화합물의 상대적 농도에 크게 기여하고 그 외 dimethyl disulfide, 3-ethyl-1,2-dithi-5-ene, methyl allyl disulfide와 (*E*)-2-hexanal도 휘발성 유기성분의 조성에 큰 비중을 차지하였다. 그 중 주된 화합물로 확인된 dimethyl trisulfide와 methyl-(*Z*)-propenyl trisulfide는 조사된 후 크게 감소된 것이 확인되었으며, 이외에도 (*E*)-2-hexanal과 3-ethyl-1,2-dithi-5-ene, diallyl trisulfide 역시 눈에 띄게 감소하였다. 이에 반하여 dimethyl disulfide는 조사 후 그 함량이 크게 증가하여 앞의 화합물들과는 다른 경향을 보였으며, 이외에도 diallyl sulfide와 allyl methyl sulfide, pyridine 등도 크게 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 원자력연구기반확충사업(M2-0362-00-0021) 지원으로 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee BW, Kim HC, Park JG, Yoo YJ, Yoo MY. 1995. Changes of microorganism during the storage of spices as affected by irradiation. *Korean J Post-Harvest Sci Technol Agri Products* 2: 203-207.
2. Leustek T, Saito K. 1999. Sulfate transport and assimilation in plants. *Plant Physiol* 120: 637-643.
3. Mellouki F, Vannereau A, Auger J, Marcotte JL, Cosson L. 1994. Flavor production in tissue cultures of chive (*A. schoenoprasum* L.): callus structure and flavor production. *Plant Science* 95: 165-173.

4. Govindarajan VS. 1982. Ginger-chemistry, technology and quality evaluation: Part 1 and 2. CRC. *Crit Rev Food Sci Nutr* 17: 1-96 and 189-258.
5. Sohn KH. 1990. Food scientific aspect of seasoning spices. *Korean J Dietary Culture* 5: 391-397.
6. Anon. 1993. Food safety. Food Irradiation Newsletter. Vienna, September.
7. WHO. 1981. Wholesomeness of irradiated food, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series 659, Geneva, Swiss.
8. WHO. 1999. High-dose irradiation: Wholesomeness of food irradiated with dose above 10 kGy. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group. WHO Technical Report Series 890, Geneva, Swiss.
9. Byun MW, Yook HS. 2003. Internal and external situation if irradiation technology utilization in the food and public health industry. *Korean J Food Preser* 10: 106-123.
10. ICGFI. 2003. Clearance database, International Consultative Group on Food Irradiation. Available at: http://www.iaea.org/icgfi/: updated on April 2003.
11. Park ER, Jo JO, Kim SM, Lee MY, Kim KS. 1998. Volatile flavor components of leek (*Allium tuberosum Rottler*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 563-567.
12. Schultz TH, Flath RA, Mon TR, Enggling SB, Teranishi R. 1977. Isolation of volatile components from a model system. *J Agric Food Chem* 25: 446-449.
13. Robert PA. 1995. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured Publishing Corporation, Illinois, USA.
14. Stehagen E, Abbrahansom S, Mclafferty FW. 1974. *The Wiley/NBS registry of mass spectral data*. John Wiley and Sons, NY.
15. Sadtler Research Laboratories. 1986. *The Sadtler standard gas chromatography retention index library*. Sadtler, Philadelphia, USA.
16. Harold WG. 1989. *Flavor chemistry of lipid foods*. The American Oil Chemists' Society, Illinois, USA. p 98-112.
17. Olias JM, Perez AG, Rois JJ, Sanz LC. 1993. Aroma of virgin olive oil: Biogenesis of the "green" odor notes. *J Agric Food Chem* 41: 2368-2373.
18. Wu JJ, Yang JS, Liu MS. 1996. Effects of irradiation on the volatile compounds of garlic (*Allium sativum* L.). *J Sci Food Agric* 70: 506-508.
19. Kim JH, Ahn HJ, Yook HS, Kim KS, Rhee MS, Ryu JH, Byun MW. 2004. Color, flavor, and sensory characteristics of gamma-irradiated salted and fermented anchovy sauce. *Radiation Phys Chem* 69: 179-187.
20. Yang MS, Chyau CC, Horng DT, Yang JS. 1998. Effects of irradiation and drying on volatile components of fresh shiitake (*Lentinus edodes* Sing). *J Food Sci Agric* 76: 72-76.
21. Variyar PS, Bandyopadhyay C, Thomas P. 1998. Effects of γ-irradiation on the volatile oil constituents of some indian spices. *Food Research International* 31: 105-109.
22. Wu JJ, Yang JS. 1994. Effects of γ-irradiation on the volatile compounds of ginger rhizome (*Zingiber officinale* Roscoe). *J Agric Food Chem* 42: 2574-2577.
23. Andrews LS, Cadwallader KR, Grodner RM, Chung HY. 1995. Chemical and microbial quality of irradiated ground ginger. *J Food Sci* 60: 829-832.

(2004년 12월 23일 접수; 2005년 3월 18일 채택)