

## 건조생강의 감마선 조사에 의한 휘발성 향기성분 변화

노기미<sup>1</sup> · 서혜영<sup>1</sup> · Rajendra Gyawali<sup>2</sup> · 심성례<sup>1</sup> · 양수형<sup>1</sup> · 이성진<sup>2</sup> · 김경수<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>조선대학교 응용과학과

### Effect of Gamma-Irradiation on the Volatile Flavor Compounds from Dried Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)

Ki-Mi No<sup>1</sup>, Hye-Young Seo<sup>1</sup>, Rajendra Gyawali<sup>2</sup>, Seong-Lye Shim<sup>1</sup>,  
Su-Hyeong Yang<sup>1</sup>, Sung-Jin Lee<sup>2</sup> and Kyong-Su Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Applied Science and Technology, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

#### Abstract

The effect of gamma irradiation on volatile components of Korean dried ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) was studied and compared with non-irradiated sample. Volatile compounds from non- and irradiated samples were extracted using simultaneous distillation-extraction (SDE) apparatus and analyzed by gas chromatography-mass spectrometer (GC/MS). A total of 83 and 71 compounds were identified and quantified from non- and irradiated dried ginger at dose of 10 kGy. Identified components were hydrocarbons, alcohols, aldehydes, esters, ketones and miscellaneous compounds. The terpenoid compounds in volatile flavor compounds identified from non and irradiated dried ginger were 98.27% and 98.12%, respectively.  $\alpha$ -zingiberene,  $\beta$ -sesquiphellandrene, geranial, (*Z,E*)- $\alpha$ -farnesene,  $\beta$ -phellandrene were detected as major volatile compounds of two experimental sample. The amount of volatile components in the samples was changed by irradiation but the profile of volatiles in non- and irradiated dried ginger were the same.

**Key words:** dried ginger, gamma irradiation, terpenoids, volatile compounds

#### 서 론

다년생 초본식물로 열대 아시아 지역이 원산지인 생강 (*Zingiber officinale* Roscoe)은 독특한 맛과 향을 가지고 있어 오래 전부터 우리의 식단뿐만 아니라 전 세계적으로 기호성이 우수한 향신료로서 각광받고 있다(1,2). 예로부터 생강은 복통, 요통, 설사 등의 치료제 및 살균제, 식용증진 및 소화촉진 등의 다양한 효능으로 한방의학용과 김치, 다류, 젓갈 등의 양념용과 가공용 및 화장품용으로 많이 이용되고 있다(3,4). 또한 생강과 같은 천연 향신료들은 식품에 향미를 첨가하여 음식의 풍미를 증진시키는 목적으로 사용된다. 생강 특유의 향기성분으로는 각종 monoterpene류 및 sesquiterpene류와 같은 방향성분과 생강 특유의 자극성 맛 성분인 gingerol, shogaol, zingerone 등이 함유되어 있는 것으로 알려져 생강을 이용한 천연 향신료 산업이 활발해지고 있다(1,5).

이와 같은 생강은 수분함량이 81%로 장기간의 저장이 매우 취약하며, 저장기간 중 중량감소 및 부패가 일어나기 쉬워 대부분의 유통형태가 건조품으로 국가간의 교역이 활발

히 이뤄지고 있다. 생강을 비롯한 건조 향신료들의 국제교역에서의 위생화 처리법으로 ethylene oxide와 methyl bromide 훈증처리법, 저온처리, 열처리 등 물리적, 화학적 방법 등이 널리 사용되어 왔으나 안전성, 처리 효과, 장기간의 처리시간, 환경공해 등의 측면에서 문제가 있어 현재는 대체 기술인 감마선 조사 기술을 적극적으로 권장하고 있다(6-8).

감마선 조사기술은 미국에서 처음으로 제안된 이래로 국제기구와 선진국의 주도로 과학적인 연구가 추진되어 "평균 10 kGy 이하로 조사된 모든 식품은 독성학적, 영양학적, 미생물학적으로도 문제가 없으며, 10 kGy 이상의 고선량 조사 식물에서도 감마선 조사에 대한 안전성과 건전성을 나타낸다"고 기술하였다(9-11). FAO/WHO/IAEA 등 관련 국제기구와 주요 보건당국에 의해 조사 식품이 공식 인정됨에 따라 Codex 일반 규격과 운영 규정이 채택되고 활용이 권장되고 있는 추세이다(9-11). 우리나라를 포함한 52개국에서는 건조향신료, 곡류, 과채류, 육류 250여개 품목이 허가되어 사용되고 있으며, 국내에서는 생강을 비롯한 건조향신료 및 난분, 식육 및 어패류 분말 등의 가공품들과 감자, 양파, 버섯,

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

마늘 등의 채소류 등에 대하여 0.15~10 kGy의 조사선량을 허용하고 있다(12). 또한 조사식품 중 향신료는 우리나라를 포함한 30여개국 이상에서 1~30 kGy의 선량을 허가하고 있어 전 세계적으로 이용되는 가장 큰 품목이 되었으며 그 중 생강은 발아 억제 목적으로 10 kGy 이하의 선량을 허용하고 있다(13,14).

한편, 전 세계적으로 건조생강의 소비량이 증가함에 따라 건조생강의 약리 작용, 휘발성 향기성분 등의 연구들이 활발히 이루어지고 있다(15,16). 그러나 감마선 조사를 이용한 건조생강의 휘발성 향기성분 비교 연구는 국내에서는 미비한 실정이므로 본 연구에서는 전 세계적으로 널리 사용되는 향신료인 건조생강의 감마선 조사에 따른 향기성분을 비교하여 그에 따른 변화를 확인하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 생강은 전북 완주군 봉동에서 재배된 것을 구입하여 시료로 사용하였다. 증류수로 수세 후 동결건조시켜 한국원자력연구소 내 선원 10만 Ci의  $^{60}\text{Co}$  감마선 조사시설을 이용하여 시간당 2.5 kGy 선량율로 10 kGy의 흡수선량을 얻도록 조사하였다. 이를 비조사 대조시료와 함께  $-18^\circ\text{C}$ 로 냉동 저장하면서 실험에 사용하였다.

### 시약

본 연구에 사용한 모든 시약은 특급시약으로 미국 Sigma사에서 구입하였고, 추출 및 chromatography에 사용한 유기용매는 HPLC grade로 구입하여 wire spiral packed double distilling(Normschliff Geratebau, Germany) 장치로 재증류한 것을 사용하였다. 또한 물은 순수재증류장치(Millipore corporation, Bedford, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였다. 유기용매의 탈수에 사용된 무수  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 는  $650^\circ\text{C}$  회화 로에서 24시간 태운 뒤 desiccator에서 방냉한 후 사용하였다.

### 휘발성 유기성분 추출

건조된 생강 20 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(17)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 diethylether 혼합용매(1:1, v/v) 200 mL를 사용하였으며 냉각수의 온도는  $4^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 추출 후 추출용매층에 무수  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 를 가해 하루 동안 방치하여 수분을 제거하고 정량분석을 위한 내부표준 물질로 n-butylbenzene 1  $\mu\text{L}$ 를 첨가하였다. 추출후의 유기용매 분획분은

Vigreux column(Normschiff Geratebau, Germany)을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류하에서 약 1.5 mL까지 농축하여 GC/MS의 분석시료로 하였다.

### 휘발성 유기성분 분석 및 확인

SDE방법으로 추출, 농축된 정유를 GC/MS(gas chromatography/mass spectrometer)로 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  $230^\circ\text{C}$ 로 하였다. 또한 분자량의 범위(m/z)는 41~350으로 설정하였다. Column은 DB-WAX(60 m  $\times$  0.25 mm i.d., 0.25  $\mu\text{m}$  film thickness, J&W, USA)을 사용하였고, temperature program은  $40^\circ\text{C}$ 에서 3분간 유지한 다음  $2^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 속도로  $150^\circ\text{C}$ 까지, 다시  $4^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 속도로  $200^\circ\text{C}$ 까지 상승시킨 후 15분 유지하였다. Injector와 detector의 온도는 각각  $250^\circ\text{C}$ ,  $230^\circ\text{C}$ 이며, carrier gas는 helium을 사용하였고, 유속은 1 mL/min이었다. 시료는 1  $\mu\text{L}$ 를 주입하였고 split ratio는 1:20으로 하였다. 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(18,19)의 spectrum과의 일치 및 문헌상의 retention index(20)와의 일치 및 표준물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다.

## 결과 및 고찰

### 건조생강의 휘발성 향기성분

동결건조된 생강에 함유된 휘발성 향기성분을 SDE방법으로 추출한 후 GC/MS로 분석한 chromatogram을 Fig. 1에 도식하였고, 동정한 성분과 이들의 상대적 농도를 Table 1에, 확인된 성분들 중 각 관능기 그룹의 상대적 함량을 Table 2에 나타내었다.

건조생강을 분석한 결과 확인된 화합물은 총 83종이었으며, 관능기별로는 hydrocarbon류가 35종으로 가장 높은 함량을 차지하였으며, 그 다음으로는 24종의 alcohol류, 7종의 aldehyde류, 6종의 ester류, 그 외 5종의 ketone류와 6종의 기타 화합물들로 확인되었다. 확인된 화합물들의 관능기별 peak area는 대부분을 차지하는 hydrocarbon류가 78.14%로 건조생강의 주된 휘발성 향기성분들임을 알 수 있었으며, alcohol류가 10.02%, aldehyde류 9.40%, ester류 1.53%, ketone류 및 기타화합물이 각각 0.31%, 0.60%를 차지하는 것으로 확인되었다.

건조생강에서 확인된 주요 휘발성 향기 성분은  $\alpha$ -zingiberene(3336.5 mg/kg),  $\beta$ -sesquiphellandrene(1205.3 mg/kg), geranial(726.1 mg/kg), (Z,E)- $\alpha$ -farnesene(711.0 mg/

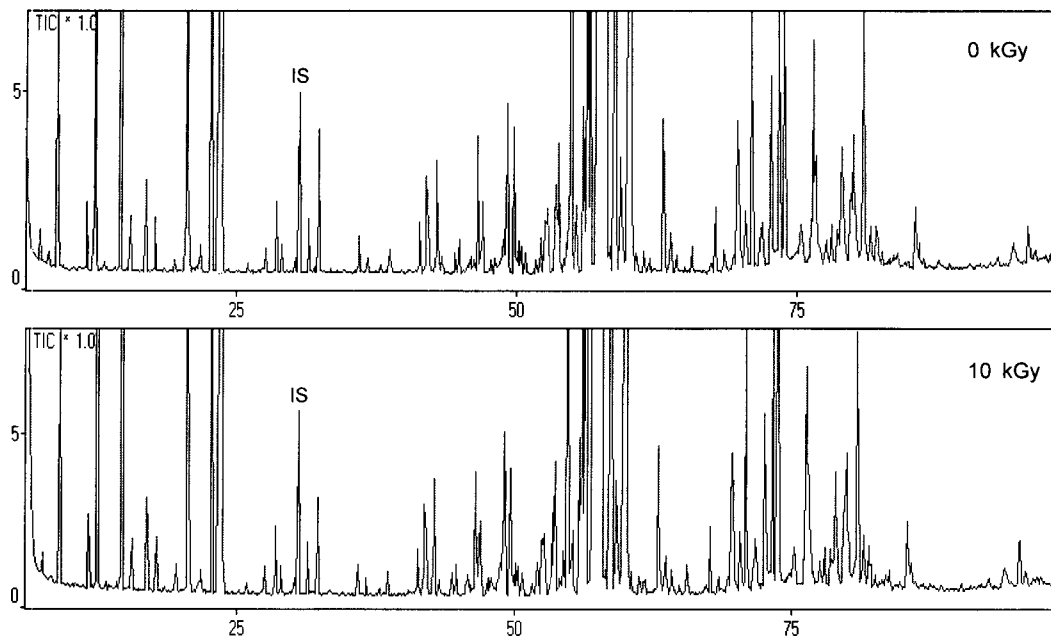


Fig. 1. Chromatograms of the volatile flavor compounds in non-irradiated and 10 kGy irradiated dried gingers. DB-WAX (60 m×0.25 mm id, 0.25  $\mu$ m film thickness, J&W), Helium 1 mL/min, split ratio 1:20, 40°C (3 min) - 2°C/min - 150°C - 4°C/min - 220°C (15 min).

kg),  $\beta$ -phellandrene(695.8 mg/kg), camphene(615.5 mg/kg) 등이었으며,  $\alpha$ -zingiberene은 29.83%로 휘발성 향기성분의 대부분을 차지하여 건조생강의 주된 향기성분임을 알 수 있었다. Kim 등(21)은 생강의 주된 휘발성 향기성분은 camphene,  $\beta$ -phellandrene, zingiberene,  $\beta$ -sesquiphellandrene 으로 확인하였으며, Moon과 Lee(22)도 camphene, phellandrene,  $\beta$ -gurjennene, zingiberene, citronellol,  $\beta$ -phellandrene, zingiberene, citronellol 등을 생강의 주요 향기성분이라 보고하였으며 이러한 결과들은 본 연구와 일치하였다.

건조생강에서 동정된 83종 중에는 탄소수 10개로 구성되어 136의 분자량을 갖는 monoterpene과 탄소수 15개이며 분자량 204인 sesquiterpene류와 이들의 유도체인 terpenoid 계 화합물 72종이 확인되었다(Table 3). 이를 관능기별로 분류하면 monoterpene hydrocarbon류는 11종으로 총 향기성분의 17.15%, monoterpene의 유도체는 23종으로 14.94%, sesquiterpene hydrocarbon류는 24종으로 60.99%이며 sesquiterpene 유도체는 14종으로 5.19%를 함유하였다. Monoterpene류보다는 sesquiterpene류의 함량이 높았으며, Prasad 등(23)의 연구에 따라 생강의 향기는 monoterpene에서 기인되어 생강향을 더욱 증가시키며 생강의 휘발성 향기성분의 조성에 높은 영향이 있음을 확인하였다. 이러한 수증기 증류로 얻을 수 있는 oil, 즉 정유성분은 거의 대부분이 monoterpene hydrocarbon류와 sesquiterpene hydrocarbon류 그리고 oxygenated monoterpene류와 oxygenated sesquiterpene류와 같은 terpenoid류에 기인하고 있으며 이들은 생강의 향기성분 및 생강제품의 품질 평가에 중요한 지표가

되고 있다(24,25). 또한 생강의 향기는 특징적인 단일 화합물에 의하여 특징화되는 것이 아니라 다양한 terpene류 및 non-terpene류 화합물의 상호작용에 의해서 결정된다.

#### 감마선 조사된 건조생강의 휘발성 향기성분 동정

감마선 조사된 건조생강을 위의 방법과 동일하게 SDE방법으로 추출한 후 GC/MS로 분석한 결과 총 71종으로 모두 건조생강에서 분리 동정된 화합물들이었다(Table 1).

10 kGy로 조사된 시료에서 확인된 휘발성 향기성분을 관능기별로 분류하면 비조사 시료와 동일하게 32종의 hydrocarbon류가 가장 높게 함유되었으며, 그 뒤를 이어 alcohol류 21종, aldehyde류 7종이었으며 그 외에 4종의 ester류와 ketone류 그리고 3종의 기타화합물이 확인되었다. 관능기별 peak area는 대체적으로 비조사 시료보다 감소하였으나, hydrocarbon류는 79.14%로 약간 증가하였다.

또한 조사된 건조생강의 휘발성 향기성분의 조성은  $\alpha$ -zingiberene(3336.5 mg/kg),  $\beta$ -sesquiphellandrene(1183.8 mg/kg), (*Z,E*)- $\alpha$ -farnesene(662.3 mg/kg), geranial(640.2 mg/kg),  $\beta$ -phellandrene(695.8 mg/kg), camphene(620.0 mg/kg) 등으로 비조사 시료와 유사한 향기성분 조성을 확인하였다.

감마선 조사된 건조생강에서 동정된 총 71종의 화합물중 terpenoid계는 66종으로 탄소수 10개의 tricyclene,  $\alpha$ -pinene, camphene, 2- $\beta$ -pinene, sabinene,  $\beta$ -myrcene, ocimene, limonene,  $\beta$ -phellandrene, *p*-cymene, terpinolene과 같은 monoterpene류 11종, 탄소수 15개로 이뤄진  $\delta$ -ele-



**Table 2. Relative content of functional groups in identified volatile compounds from non-irradiated and 10 kGy irradiated dried ginger**

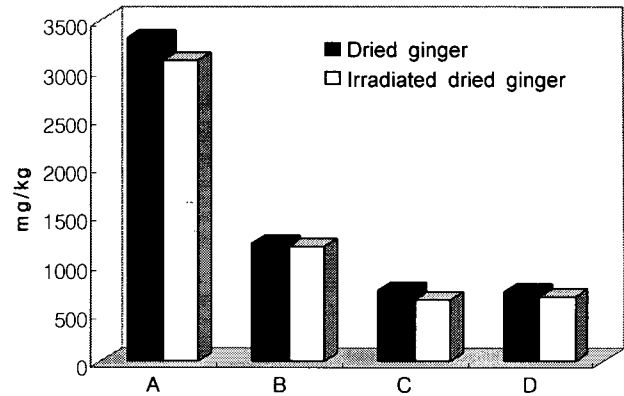
Functional group	Dried ginger		Irradiated dried ginger	
	No.	Area (%)	No.	Area (%)
Alcohols	24	10.02	21	10.41
Aldehydes	7	9.40	7	9.03
Esters	6	0.31	4	0.23
Hydrocarbons	35	78.14	32	79.14
Ketones	5	1.53	4	0.82
Miscellaneous	6	0.60	3	0.37
Total	83	100	71	100

mene,  $\alpha$ -copaene,  $\beta$ -cubebene, bergamotene,  $\beta$ -elemene,  $\alpha$ -gurjunene,  $\alpha$ -humulene, caryophyllen,  $\gamma$ -caryophyllene, (*E*)- $\beta$ -farnesene, valencene, germacrene D,  $\alpha$ -zingiberene,  $\beta$ -bisabolene,  $\alpha$ -cedrene, (*Z,E*)- $\alpha$ -farnesene, farnesene,  $\beta$ -sesquiphellandrene,  $\alpha$ -curcumene, germacrene B, isocaryophyllene 등과 같은 sesquiterpene류 21종이 동정되었다. 1,8-cineol, citronellal, camphor, linalool, (*Z*)-2-pinanol, bornyl acetate, (*E*)-2-decenal, (*Z*)-citral,  $\alpha$ -terpineol, borneol, geranial, (*E*)-*p*-2,8-menthadien-1-ol, nerol, geranyl isobutyrate, isopulegol, thujyl alcohol isomer, (*E,E*)-2,6-dimethyl-2,6-octadien-1-diol 등과 같은 17종의 oxygenated monoterpene류와  $\delta$ -cadinol, nerolidol isomer, methyl 10,13-octadecadiynoate, farnesol, elemol, caryophyllene oxide, nerolidol,  $\alpha$ -bisabolol, veridiflorol, *d*-nerolidol,  $\alpha$ -eudesmol,  $\beta$ -eudesmol, oxygenated sesquiterpene류 14종으로 동정되었다. 이와 같이 terpenoid계 화합물이 조사된 건조생강에서도 98.12%로 대부분을 차지하였다.

#### 비조사 및 감마선 조사된 건조생강의 휘발성 향기성분 비교

감마선 조사에 의한 건조생강의 주된 휘발성 향기성분은  $\alpha$ -zingiberene,  $\beta$ -sesquiphellandrene, geranial, (*Z,E*)- $\alpha$ -farnesene 그리고  $\beta$ -phellandrene 등 감마선 조사의 영향으로 휘발성 향기의 함량은 소량 감소하는 경향을 보였지만 조성은 변하지 않았다. 또한 조사함에 있어 비조사 시료와 조사시료의 총량 또한 각각 11,184.9 mg/kg과 10,403.3 mg/kg로 감소하였다(Table 1).

Fig. 2에서는 감마선 조사에 의한 건조생강의 휘발성 향기성분의 변화를 도식화한 것으로 생강에서 레몬과 같은 향을



**Fig. 2. Comparison of volatile flavor compounds in non-irradiated and 10 kGy irradiated dried gingers.**

A:  $\alpha$ -zingiberene, B: geranial, C: (*Z,E*)- $\alpha$ -farnesene, D: (*Z*)-citral.

내는 (*Z*)-citral이 2.34%에서 2.23%로, 생강의 주된 화합물인  $\alpha$ -zingiberene이 29.83%에서 29.79%로, geranial이 6.49%에서 6.15%, linalool이 0.34%에서 0.33%가 감소하였으며, (*Z,E*)- $\alpha$ -farnesene은 6.36%에서 6.37%로 미량 증가하였으나 0.1%~0.34%범위로 매우 낮은 수준이었다. 또한 동정된 화합물 중 3,9-epoxy-*p*-mentha-1,8(10)-diene, linalyl acetate,  $\alpha$ -bergamotene, 4-terpineol, *o*-mentha-1(7),8-dien-3-ol, 1-acetoxy-3,7-dimethyl-6,11-undecadiene, patchulane, caryophyllene oxide, (*E,E*)-farnesylacetone, dihydrocarvyl acetate, ledane, 2,7-dimethyl-2,6-octadien-1-ol 등 12종 화합물의 함유율은 1% 미만으로 생강의 향기특성에는 큰 영향을 미치지 않았다.

감마선 조사된 건조생강에서 분리 동정된 휘발성 향기성분들의 관능기별 차이를 살펴보면 alcohol류가 10.02%에서 10.41%로, hydrocarbon류가 78.14%에서 79.14%로 증가되었으며, aldehyde류, ester류, ketone류는 각각 0.37%, 0.08% 및 0.23%가 감소되어 변화수준이 0.5% 미만으로 관능기에 대한 감마선 조사의 영향이 없는 것으로 나타났다.

건조생강의 비조사와 조사 시료의 정유성분은 총량이 각각 98.27%에서 98.12%로 0.15% 감소하였으며 2개의 isoprene으로 생합성되는(26) monoterpene은 17.15%에서 17.90%로 미량 증가하였으며, farnesyl pyrophosphate로부터 3개의 isoprene 단위가 효소적 반응을 통해 고리형성을 거쳐 생합성되는(27) sesquiterpene은 60.99%에서 61.24%로 증

**Table 3. Comparison of relative concentration by terpenoids compound groups**

Functional group		Dried ginger (%)	Irradiated dried ginger (%)
Monoterpenes ( $C_{10}$ )	Monoterpenes	17.15	17.90
	Oxygenated monoterpenes	14.94	14.44
Sesquiterpenes ( $C_{15}$ )	Sesquiterpenes	60.99	61.24
	Oxygenated sesquiterpenes	5.19	4.54
Total		98.27	98.12

가하였다. 반면 oxygenated monoterpene과 oxygenated sesquiterpene은 각각 0.5%, 0.65% 감소되었다. Prasad 등 (23)은 생강 근경을 60 Gy의 저선량 감마선 조사 후 대조구에 비하여 많은 oil을 회수할 수 있었으며 이는 감마선이 세포벽 조직을 파괴하여 조직으로부터 더 많은 oil이 유리되어 회수된 것으로 보고하였다. 본 연구결과와 Prasad 등(23)의 결과의 차이는 생생강과 건조생강의 세포조직에서 기인하는 시료적인 차이로 사료된다.

선행연구에서 생강의 감마선 조사가 향기성분을 상당량 감소시키는 문제도 보고되었고(28,29), 마늘(30), 생표고(31)와 같은 다른 향신료들에 함유된 함황화합물의 휘발성 유기성분에 대한 여러 연구 결과에서 감마선 조사 후에 많은 성분들이 변화되었다고 보고되고 있다. 그러나 본 연구에서 나타난 결과는 이와 상이하며, 시료의 종류, 조사 전 시료의 상태, 휘발성 향기성분 추출 조건 등 여러 가지 요인을 고려하여야 할 것으로 판단되었다. 결론적으로 건조생강의 휘발성 향기성분 조성에 대한 감마선 조사에 따른 큰 영향은 나타나지 않았으며 주요 성분의 적은 함량 변화를 확인하였다. 앞으로 각각의 선량에 따른 향기성분들의 변화와 고선량에서의 감마선 조사에 따른 관능적 요소에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 요 약

본 연구에서는 세계적으로 널리 이용되고 있는 건조 향신료 중 건조생강의 감마선 조사에 의한 휘발성 향기성분의 변화를 관찰하였다. 비조사 건조생강과 10 kGy의 선량으로 조사처리된 건조생강을 SDE방법으로 휘발성 성분 추출후 GC/MS로 분석하였다. 비조사 시료와 조사시료에서 각각 83종, 71종의 화합물이 분리 동정되었으며, 감마선 조사에 따른 뚜렷한 상관관계는 없었다. 건조생강의 주된 향기성분으로는  $\alpha$ -zingiberene,  $\beta$ -sesquiphellandrene, geranial, (*Z*, *E*)- $\alpha$ -farnesene,  $\beta$ -phellandrene으로 이는 조사 처리된 건조생강의 휘발성 향기성분의 조성과 유사함을 알 수 있었다. 방사선 비조사 및 조사 처리된 정유성분의 총량은 각각 98.27%에서 98.12%로 0.15% 감소하였으며 monoterpene은 17.15%에서 17.90%로 미량 증가하였으며, sesquiterpene은 60.99%에서 61.24%로 증가하였다. 반면 oxygenated monoterpene과 oxygenated sesquiterpene은 각각 0.5%와 0.65% 감소되었다. 성분들 중에서 감마선 조사에 따라  $\alpha$ -zingiberene,  $\beta$ -sesquiphellandrene, geranial, (*Z*, *E*)- $\alpha$ -farnesene,  $\beta$ -phellandrene 등의 함량이 감소됨을 알 수 있었지만 이는 소량으로 감마선 조사가 건조생강의 관능적 요소에 미치는 영향으로 보기는 어렵다.

## 감사의 글

본 연구는 2002년 조선대학교 학술연구비의 지원으로 수

행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

- Connell DW. 1969. The pungent principles of ginger and their importance incertain ginger products. *Food Technol Austral* 21: 570-575.
- Lee CB. 1979. *Illustrated Flora of Korea*. Hyangmoon Publish Co, Seoul, Korea.
- Kim MR. 2002. Function of spices and herbs. *J East Asian Dietary Life* 12: 431-453.
- Kim WJ, Choi HS. 2002. *Cheonyun Hwangsunryo*. Hoyil Publising, Seoul, Korea.
- Mathew AG, Krishnamurthy N, Nambudiri ES, Lewis YS. 1973. Oil of ginger. *Flavour Ind* 4: 226-232.
- WHO. 1998. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. Report of the Project Review Committee Meeting of the Asian Regional Cooperation Project on Food Irradiation, (RAS/0/22), 7-9 April, Bangkok, Thailand.
- IAEA. 2002. International atomic energy agency homepage. Available at: <http://www.iaea.org/icgfi>.
- UNEP. 1995. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. Report of the methylbromide technical options committee. p 294.
- Kwon JH, Chung HW, Kwon YJ. 2000. Infrastructure of quarantine procedures for promoting the trade of irradiated foods. Annual Meeting and Symposium of Korean Post-Harvest Sci Technol Agric. 13 October, Daejeon. p 209-254.
- Marcotte M. 1998. Irradiation as a disinfestation method update on methyl bromide phase out, regulatory action and emerging opportunities. *Radiat Phys Chem* 52: 85-90.
- WHO. 1981. Wholesomeness of irradiated food, Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee. Technical Report Series 659, Geneva, Swiss.
- Codex Alimentarius Commission. 1984. Codex general standard for irradiated foods and recommended international code of practice for the operation of radiation facilities used for the treatment of foods. CAC/VOL. XV, FAO, Rome.
- WHO. 1992. Global health situation and projections estimates. WHO, Geneva.
- ICGFI. 2003. Clearance database, International Consultative Group on Food Irradiation. Available at: <http://www.iaea.org/icgfi>.
- Katiyar SK. 1996. Inhibition of tumor promotion in SENCAR mouse skin by *Zingiber officinale* Rhizome. *Planta Medica* 56: 1023-1030.
- Smith RM, Robinson JM. 1981. The essential oils of ginger from Fiji. *Phytochem* 20: 203-206.
- 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.
- Robert PA. 1995. *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy*. Allured Publishing Corporation, Chicago, IL, USA.
- Stehagen E, Abbrahansom S, Mclafferty FW. 1974. *The Wiley/NBS registry of mass spectral data*. John Wiley and Son, New York, NY, USA.
- Sadtler Research Laboratories. 1986. *The Sadtler standard gas chromatography retention index library*. Sadtler, Philadelphia, PA, USA.
- Kim JS, Koh MS, Kim YH, Kim MK, Hong JS. 1991. Volatile flavor components of Korean ginger (*Zingiber offi-*

- cinale* Roscoe). *Korean J Food Sci Technol* 23: 141-149.
22. Moon HI, Lee HJ. 1997. Volatile aromatic components of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) rhizomes and Japanese spice bush (*Lindera obtusiloba* BL). *Korean J Crop Sci* 42: 7-13.
  23. Prasad SV, Gholap AS, Prasad T. 1997. Effect of  $\gamma$  - irradiation on the volatile oil constituents of fresh ginger (*Zingiber officinale*) rhizome. *Canadian Institute of Food Science and Technology* 30: 41-43.
  24. Connell DW. 1970. The chemistry of the essential oil & oleoresin of ginger. *Flavour Ind* 1: 677-693.
  25. Chen CC, Ho CT. 1988. Gas chromatographic analysis of volatile components of ginger oil (*Zingiber officinale* Roscoe) extracted with liquid carbon dioxide. *J Agric Food Chem* 36: 322.
  26. Feffrey BH, Herbert B. 1993. *Phytochemical dictionary, A Handbook of Bioactive Compounds from Plants*. Taylor & Francis Ltd, London, United Kingdom. p 555.
  27. Feffrey BH, Herbert B. 1993. *Phytochemical dictionary, A Handbook of Bioactive Compounds from Plants*. Taylor & Francis Ltd, London, United Kingdom. p 579.
  28. Wu JJ, Yang JS. 1994. Effects of  $\gamma$  -irradiation on the volatile compounds of ginger rhizome (*Zingiber officinale* Roscoe). *J Agric Food Chem* 42: 2574-2577.
  29. Andrews LS, Cadwallader KR, Grodner RM, Chung HY. 1995. Chemical and microbial quality of irradiated ground ginger. *J Food Sci* 60: 829-832.
  30. 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.
  31. 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.

(2005년 4월 1일 접수; 2005년 6월 20일 채택)