

## 전자스핀공명 및 Hydrocarbon 분석에 의한 방사선처리 건고추의 저장 중 검지특성

김병근<sup>1</sup> · 이정은<sup>1</sup> · Tusneem Kausar<sup>1</sup> · 김동호<sup>2</sup> · 양재승<sup>2</sup> · 변명우<sup>2</sup> · 권중호<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품공학과

<sup>2</sup>한국원자력연구소 방사선식품생명공학연구팀

### Identification Characteristics of Irradiated Dried Red Pepper during Storage by the Analysis of Electron Spin Resonance and Hydrocarbons

Byeong-Keun Kim<sup>1</sup>, Jungeun Lee<sup>1</sup>, Tusneem Kausar<sup>1</sup>, Dong-Ho Kim<sup>2</sup>,  
Jae-Seung Yang<sup>2</sup>, Myung-Woo Byun<sup>2</sup> and Joong-Ho Kwon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>2</sup>Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-600, Korea

#### Abstract

Electron spin resonance (ESR) and hydrocarbon characteristics were analyzed to establish identification conditions for irradiated dried red pepper. The ESR spectroscopy for 4 different parts (powder, pericarp, seed, stem) of the samples showed that irradiated samples signaled ( $g=2.024, 2.006, 1.987$ ) a pair of peaks from a cellulose radical at intervals of 6 mT, which were not found on the non-irradiated samples. The ESR signals increased in directly proportion to the irradiation doses, which were still detectable after 12 weeks of storage at room temperature. The GC-MS analysis of hydrocarbons after fat extraction and separation by florisil column chromatography revealed that hydrocarbons, such as 1-tetradecene (14:1), 1,7,10-hexadecatriene (16:3), 1,7-hexadecadiene (16:2), 1-hexadecene (16:1), 6,9-heptadecadiene (17:2), and 8-heptadecene (17:1), were detected only from the irradiated samples immediately after irradiation and 8 months of storage. They linearly increased with the dose of irradiation, suggesting them as radiation-induced markers for irradiated dried red pepper.

**Key words:** electron spin resonance, hydrocarbon, irradiation, dried red pepper

#### 서 론

고추는 우리나라의 대표적인 향신료로써 주로 건조된 상태로 보관되며, 분말형태인 고춧가루로 가공되어 유통 또는 소비되고 있다. 최근 세계적으로 식품위생에 대한 품질관리 및 국제교역에서의 검역기준이 엄격해짐에 따라 우리나라 건조 향신료의 미생물 기준도 "대장균군 음성"으로 규정되어 있으나(1) 기존의 살균방법으로는 이 기준을 충족시키기 어려운 문제점이 있다. 특히 고추나 고춧가루는 미생물 오염도가 비교적 높은 향신료이므로(2-4) 보다 적절한 살균기술의 적용이 필요하다. 한편, 방사선 조사기술(food irradiation technology)은 해충이나 미생물의 사멸뿐 아니라 농산물의 발아억제, 숙도조정, 식품의 저장수명 연장, 건조식품의 물성개선 등에 효과가 인정되고 있고(5-7) 그 안전성과 기술적 타당성이 국제기구(FAO/IAEA/WHO)에 의해 보증되고 있어(8) 중국, 일본, 미국 등 세계 40여 개국에서 이미 상업적

로 방사선 조사식품의 생산, 유통이 본격화되고 있다(9). 특히, 건조향신료는 세계적으로 가장 대표적인 방사선 처리 대상 식품으로, 현재 30여 개국에서 1~30 kGy의 조사선량이 허용되어 있으며 국제교역 물품의 대부분이 방사선 조사 처리되고 있는 것으로 알려지고 있다(9). 이러한 결과는 분말식품의 살균처리에 사용되어 온 에틸렌옥시드가 환경독성 및 잔류독성으로 식품에 대한 사용이 금지되어 그 대체기술로써 방사선 조사 기술이 활용되고 있기 때문이다(10). 그러나 아직도 방사선 조사식품의 산업적 활용도 확산과 소비자의 수용성 제고를 위해서는 많은 노력과 시간이 필요한 실정이다(5, 6, 11).

방사선 조사식품의 소비자 수용도를 높이기 위한 여러 요건 중에서 조사식품의 품질관리 및 품질보증을 위한 조사식품의 표시제도(labeling)와 이를 뒷받침 할 수 있는 조사식품(irradiated food)의 검지방범(identification method)에 관한 연구가 가장 시급한 과제인 것으로 평가된다(5, 13). 특히, 중

\*Corresponding author. E-mail: jhkwon@knu.ac.kr  
Phone: 82-53-950-5775, Fax: 82-53-950-6772

국과의 식품교역량이 급증하고 2004년 현재 중국의 상업적 감마선 조사시설이 이미 70여 기에 이르고 있는 상황에서 (12), 방사선 조사식품의 검지방법 정립은 국제교역에서의 검역과 제품의 품질관리뿐 아니라 자국의 경제적 이익을 위해서도 필수적이다. 지금까지 세계적으로 다양한 방사선 조사식품에 대한 물리적, 화학적 및 생물학적 검지방법들이 개발되어 실용가능성을 보여주고 있으며 EU를 비롯한 선진국에서는 이미 이를 표준화된 시험법으로 제정하여 시행하고 있다(9).

방사선 조사식품의 검지 시험법 중, 자유라디칼을 측정하는 전자스핀공명분석(electron spin resonance, ESR)은 건조식품 및 뼈나 각질을 함유한 일부 식품군에 적용이 가능하며 신속하게 측정이 가능한 장점을 가지고 있다(5,13-15). 또한 hydrocarbon 분석법은 지방이 함유된 식품의 방사선 조사 여부를 확인하는 방법으로 타당성이 인정되고 있다(5,13-18). 한편, 미생물 오염도가 비교적 높은 건고추 및 고춧가루의 위생화에 방사선 조사기술의 적용이 불가피한 현실에서 방사선 조사를 이용한 고추의 위생화에 대한 연구는 이미 수행된 바 있으나(2-4) 아직까지 방사선 조사 고추의 검지방법에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 감마선 조사 건고추의 부위별(분말, 과육, 씨 및 줄기) ESR 분석과 분말 건고추의 hydrocarbon류를 분석하여 건고추 및 1차 가공품의 방사선 조사 여부 확인에 필요한 marker들을 찾고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 건고추(*Capsicum annum* L.)와 고춧가루 시료는 2003년 경북 예천에서 생산된 제품을 시중에서 구입하여 사용하였으며 통고추(whole)는 과피(pericarp), 씨(seed) 및 줄기(stem)를 각각 분리하여 부위별로 실험에 사용하였다.

### 감마선 조사

건고추 시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소(Daejeon, Korea)의  $^{60}\text{Co}$  감마선 조사시설(AECL, IR-79, MDS Nordion International Co. Ltd., Ottawa, ON, Canada)을 이용하여 국제적으로 허용된 10 kGy 선량 범위 내에서(9) 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 kGy의 총 흡수선량을 얻도록 하였다. 감마선 조사 후, ESR 분석에는 5.0 및 10.0 kGy의 감마선 조사 시료를 사용하였으며 hydrocarbon의 분석에는 2.5, 5.0, 7.5, 10.0 kGy의 감마선 조사 고춧가루를 시료로 사용하였다. 감마선의 실제 흡수선량은 ceric cerous sulfate dosimeter를 이용하여 확인하였으며 이 때 흡수선량의 오차범위는  $\pm 5\%$  수준이었다.

### Electron spin resonance (ESR) 분석

고춧가루 및 통고추로부터 분리한 과피(pericarp), 씨(seed),

줄기(stem)를 30 mesh 수준으로 분쇄한 후 50°C로 유지된 dry oven에서 24시간 건조시켜 ESR 측정용 시료로 사용하였다. 준비된 분말시료 0.5 g을 ESR sample tube에 담고 ESR spectrometer(JES-TE300, Jeol Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 microwave power 400  $\mu\text{W}$ , modulation 100 kHz, amplitude  $6.3 \times 10$ , time constant 0.03 sec, sweep time 30 sec의 조건에서 peak를 확인하고 signal intensity를 3회 반복 측정하였다.

### Hydrocarbon류 분석

감마선 조사 건고추의 hydrocarbon 분석은 고춧가루를 시료로 하였으며 지질의 추출은 Choi와 Hwang의 방법(17)에 준하여 실시하였다. 즉, 시료의 지방 추출을 위해 100 g의 시료에 650°C에서 5시간 이상 회화한  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  및 10배량의 n-hexane(Merck, Germany)을 가하여 균질화 한 후 12시간 shaking(150 rpm)하였다. 추출된 여액을 원심분리(10,000 rpm, 4°C, 20 min)하여 상층액을 취한 후 rotary vacuum evaporator를 사용하여 35°C에서 유기용매를 제거하고 질소가스로 잔존 유기용매를 완전히 휘발시켜 냉동 저장하면서 시료로 사용하였다.

Hydrocarbon류의 분리는 600°C에서 12시간 회화시켜 불순물을 제거한 florasil에 3% 물을 첨가하여 불활성화시킨 후 충전한 glass column (23 cm  $\times$  20 cm)에서 실시하였다. 추출된 시료의 지질 1 g에 internal standard (n-eicosane, 4  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , n-hexane) 1 mL를 첨가하여 n-hexane을 용매로 하여 3 mL/min의 유속으로 hydrocarbon을 분리하였다. 분리된 시료액은 상온에서 농축하여 이를 Gas chromatograph/mass spectrometer(Hewlett-packard 5890II<sup>+</sup>, HP Co., Wilmington, DE, USA)에서 분석하였다(16,18). GC/MS 분석조건은 ionization voltage 70 eV, ion source와 injector온도는 각각 250°C로 하였다. Capillary column은 DB-5(J&W, 30 m  $\times$  0.25 mm i.d., 0.25  $\mu\text{m}$  film thickness; J&W Scientific, Folsom, CA, USA)를 사용하였고, carrier gas는  $\text{N}_2$ , flow rate는 1.0 mL/min으로 하였다. Oven 온도는 60°C에서 25°C/min 속도로 170°C까지 승온시켰고, 다시 2°C/min으로 205°C까지, 그 후 10°C/min 속도로 270°C까지 승온시켰다. 분리된 각 peak는 표준물질의 retention time과 mass spectrum을 비교하여 확인하였고, internal standard를 이용하여 hydrocarbon류의 생성량을 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### 건고추의 ESR 분석 특성

건고추의 방사선 조사 여부 검지에 필요한 ESR signal 특성을 확인하기 위하여 방사선 조사선량을 달리한 시료를 고춧가루, 과피, 씨 및 줄기로 구분하여 ESR을 측정하였다. 비조사 고춧가루와 10 kGy로 조사된 고춧가루의 전형적인 ESR spectra는 Fig. 1과 같았다. Fig. 1에 나타난 바와 같이

ESR spectra에 의하여 고춧가루의 방사선 조사 여부의 판정이 가능하였으며 이 때 10 kGy의 감마선을 조사한 고춧가루의  $g$ -value는 각각  $g_1=2.024, g_2=2.006, g_3=1.987$ 이었다. 고춧가루와 마찬가지로 건고추의 부위별(과피, 씨 및 줄기) 분석에서도 비조사 시료와는 달리 감마선 조사 시료(5, 10 kGy)에서 cellulose radical(19)에 의해 생성되는 한 쌍의 peak가 6.mT의 간격을 두고 signal을 보여주었다(Fig. 1). 건고추의 부위별(과피, 씨 및 줄기)  $g=2.024\sim 2.025$ 와 1.988에서 radical 특유의 ESR signal이 나타났으며 건고추의 경우 모든 부위에서 방사선 조사 여부의 확인이 가능하였다. 한편 저장기간에 따른 ESR radical의 안정성을 확인하기 위하여 방사선 조사 후 실온에 시료를 보관하면서 4주 간격으로 12주 동안

건고추의 부위별 ESR signal intensity의 변화를 측정하였다. Fig. 2에 나타낸 바와 같이 건고추의 부위별 ESR signal intensity는 과육>분말>씨>줄기의 순으로 높게 나타났다. 감마선 조사 4주 후에는 free radical의 농도가 크게 감소하였고 이 같은 현상은 조사선량이 높을수록 현저하였다. 이 같은 경향은 감마선 조사된 다류의 ESR 측정에서도 보고된 바 있으며(20), 측정시료의 수분활성도는 유리기의 농도변화에 영향을 미치는 것으로 보고되어(21) 본 실험의 결과와 관련성을 시사하였다. 또한 유리기 농도는 모든 시료에서 조사 후 저장 12주까지도 변화가 완만하여 ESR 측정이 가능하였으며, 그 이후에도 상당기간 측정이 가능할 것으로 예상되었다. 이상의 연구결과는 건조 채소류의 방사선 조사 여부

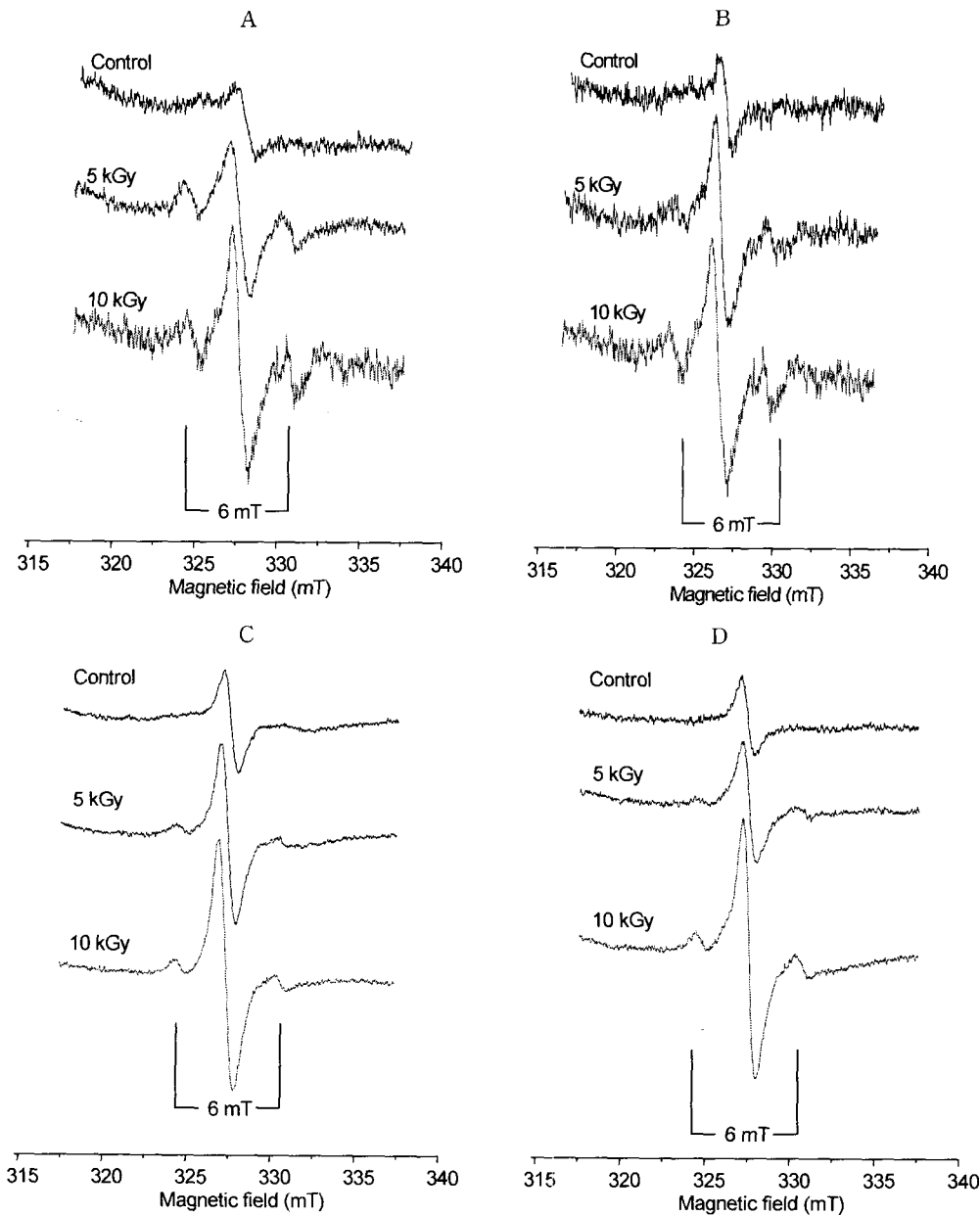


Fig. 1. Typical ESR spectra of gamma-irradiated dried red peppers irradiated at different doses (A: Powder, B: Pericarp C: Seed, D: Stem).

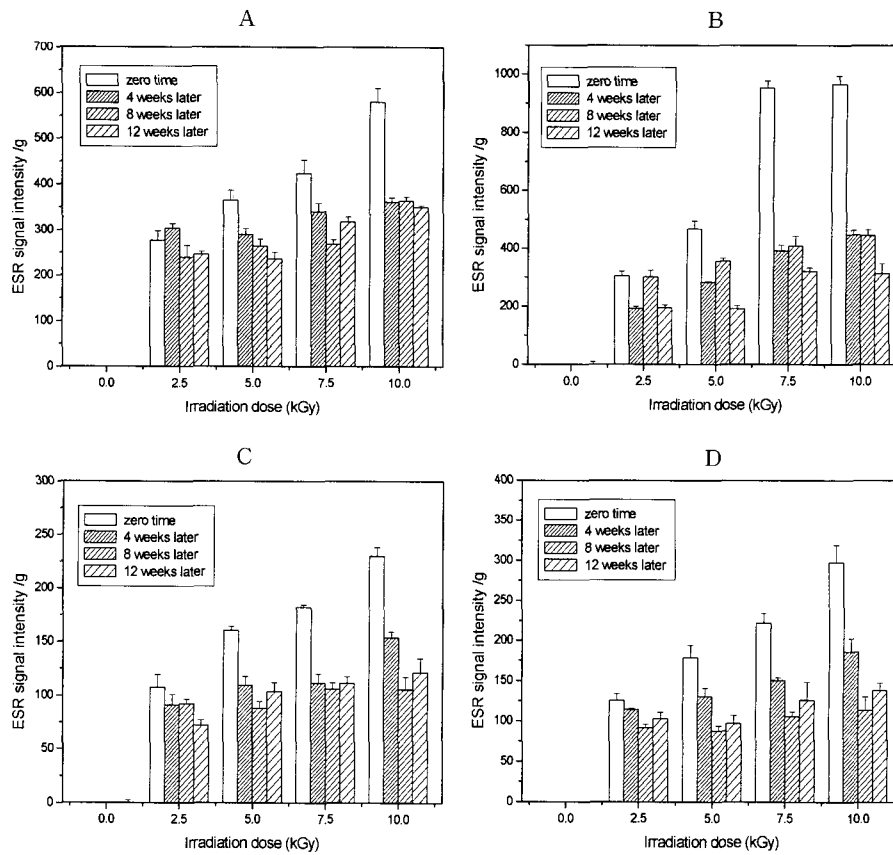


Fig. 2. Stability of ESR signal intensity of gamma-irradiated dried red peppers during storage (A: Powder, B: Pericarp, C: Seed, D: Stem).

검지시험에서 ESR 분석은 효과적이며 흡수선량 예측도 어느 정도 가능하였다는 보고와 일치하였다(13,22,23). 그러나 건고추의 방사선 조사 유래 free radical은 저장기간의 경과에 따라 점차 그 농도가 감소하므로 장기 저장의 경우에는 다른 분석방법과의 병용이 필요할 것으로 사료된다(24,25).

고춧가루의 hydrocarbon류 분석 특성

고춧가루의 지방에는 linoleic acid, oleic acid, palmitic acid, stearic acid 등이 함유되어 있다(26). 이런 지방산을 함유한 중성지방은 방사선 조사로 인해 carbonyl group의  $\alpha$  탄소와  $\beta$  탄소 위치에서 결합이 끊어져 초기의 지방산보다 탄소수가 1개( $C_{n-1}$ ) 적거나, 2개( $C_{n-2}$ ) 적으면서 첫 번째 탄소 위치에 새로운 이중결합을 가진 hydrocarbon류가 생성되므로 (27) hydrocarbon을 분석하게 되면 지방산이 함유된 식품의 방사선 조사 여부를 판별할 수 있다. 감마선 조사된 고춧가루의 hydrocarbon류의 변화 양상을 Fig. 3 및 Table 1에 나타내었다. 비조사구에서는 1-tetradecene(14:1), 1,7,10-hexadecatriene(16:3), 1,7-hexadecadiene(16:2), 1-hexadecene(16:1), 6,9-heptadecadiene(17:2), 8-heptadecene(17:1) 등의 hydrocarbon류가 검출되지 않았으나 감마선 조사선량이 증가함에 따라 이 같은 hydrocarbon류는 증가하는 경향을 나타내었다. 그러나 비조사구에서 소량으로 검출된 15:0(n-pen-

tadecane), 16:0(n-hexadecane), 17:0(n-heptadecane) 등의 hydrocarbon류는 고춧가루로 분쇄되는 과정을 거쳐 저장되는 과정에서 일부 검출될 수 있는 가능성이 인정되지만 이들을 조사 여부 검지를 위한 marker로 사용하기는 곤란한 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과는 Hwang 등(28)의 수입육류 및 어류에 대한 hydrocarbon 연구결과와 유사한 경향이였다. 따라서 15:0, 16:0 및 17:0을 제외한 14:1, 16:3, 16:2, 16:1, 17:2, 17:1 등의 hydrocarbon류는 고춧가루 및 건고추의 방사선 조사여부 확인을 위한 marker로써 사용될 수 있을 것으로 사료되었다.

고춧가루에 함유된 palmitic acid로부터 생성된 pentadecane과 1-tetradecene의 비교에서는 1-tetradecene보다 n-pentadecane에서 높은 함량을 보였고, 조사선량이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 이 때 조사선량과 검출량의 상관관계( $R^2$ )는 각각 0.914, 0.971이었다. Stearic acid에서 생성되는 heptadecane과 1-hexadecene의 경우에는 heptadecane에서 높은 함량을 보였으며  $R^2$ 는 각각 0.856과 0.883이었다. 또한 oleic acid에서 생성되는 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene에서는 그 함량에서 큰 차이를 보이지 않았으며,  $R^2$ 는 각각 0.988, 0.950의 상관관계를 나타내어 조사선량이 증가함에 따라 생성량도 거의 비례적으로 증가함을 알 수 있었다. Linoleic acid로부터 생성되는 6,9-heptadecadiene

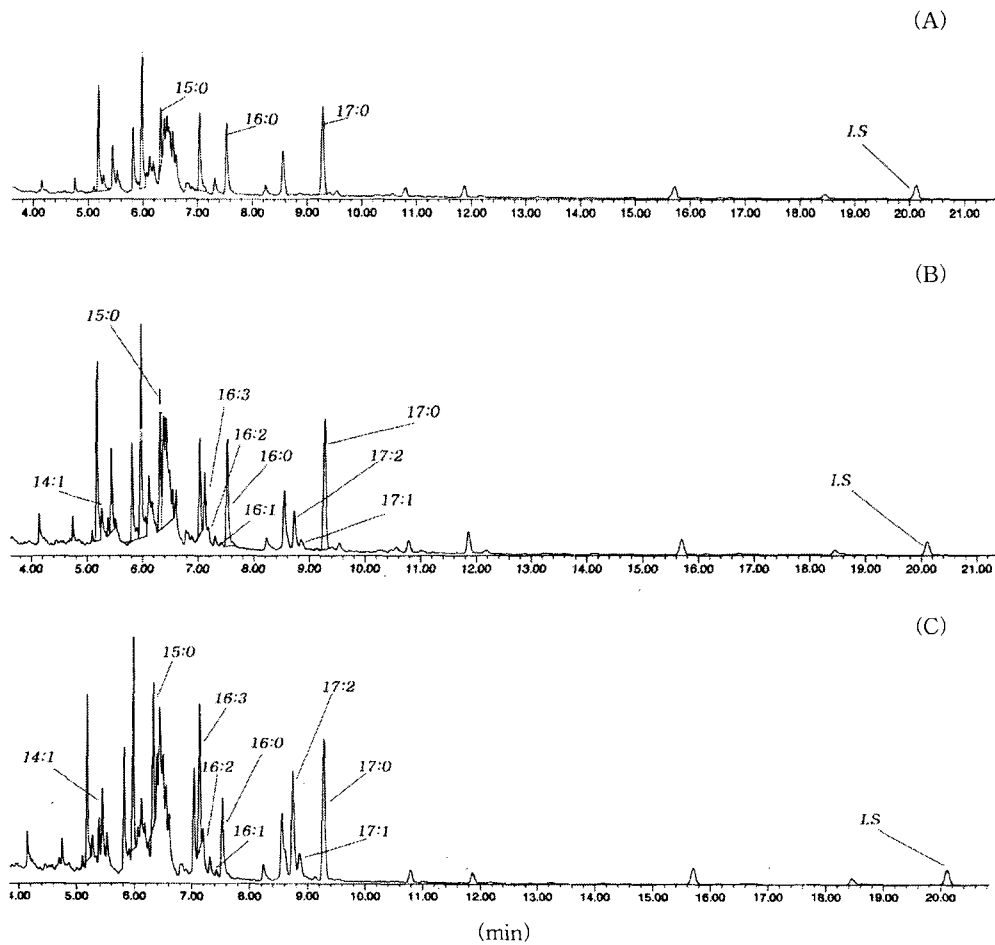


Fig. 3. GC/MS chromatogram of radiation-induced hydrocarbons in gamma-irradiated red pepper (A: Control, B: 5 kGy, C: 10 kGy).

Table 1. Hydrocarbons identified in gamma-irradiated red pepper

(Unit:  $\mu\text{g/g}$  fat, d.b.)

Hydrocarbon	Storage period (month)	Irradiation dose (kGy)				
		0	2.5	5	7.5	10
14:1	0	-	1.84 <sup>1)</sup>	3.04	5.02	5.12
	8	-	0.87	1.03	1.78	1.96
15:0	0	9.94	13.72	16.57	17.95	20.27
	8	6.79	8.70	9.89	13.42	13.74
16:3	0	-	6.39	9.94	17.86	20.27
	8	-	3.90	6.25	10.07	10.78
16:2	0	-	2.63	3.40	6.01	6.91
	8	-	2.07	3.13	3.90	4.81
16:1	0	-	1.03	1.32	1.41	1.48
	8	-	0.77	0.93	1.02	1.05
16:0	0	11.63	12.77	14.83	15.58	16.63
	8	3.85	7.47	8.35	8.55	10.50
17:2	0	-	3.12	6.81	14.29	17.42
	8	-	1.94	3.79	8.53	12.03
17:1	0	-	1.50	2.65	4.78	6.23
	8	-	1.13	2.05	2.76	5.39
17:0	0	14.82	18.34	21.39	22.18	22.32
	8	5.11	8.49	11.78	13.04	13.56

<sup>1)</sup>Mean of triplicate determinations.

과 1,7,10-hexadecatriene 또한 생성량에서 차이가 크지 않았으며,  $R^2$ 는 각각 0.974, 0.960으로 조사선량 증가에 따른 함량의 비례적 증가가 관찰되었다. 이와 같은 결과는 Lee 등(29)의 건조 홍합의 방사선 조사에 따른 결과와 유사하였다. 결론적으로 고추의 감마선 조사에서 특정 hydrocarbon류의 생성이 조사선량에 비례하여 증가하였으므로 해당 hydrocarbon류는 고추의 방사선 조사 여부를 확인할 수 있는 marker로 사용될 수 있을 것으로 평가되었다. 또한 저장 기간에 따른 변화에서, 감마선 조사 직후에 비하여 8개월 이후에는 모든 시료에서 다소 감소하는 경향을 보였지만 조사선량에 따른 marker hydrocarbon류의 생성정도에 있어 14:1 ( $R^2=0.923$ ), 16:3(0.946), 16:2(0.996), 16:1(0.911), 17:2(0.976), 17:1(0.905) 등이 각각 높은 상관관계를 보이면서 저장 8개월 이후에도 방사선 조사 여부를 확인이 가능한 것으로 사료되었다.

## 요 약

건고추의 방사선 조사 여부 판별법을 연구하고자 부위별 (분말, 과피, 씨, 줄기) 전자스핀공명(ESR)을 분석한 결과, 조사시료에서는 비조사 시료에서 볼 수 없었던 cellulose radical에 의해 생성되는 한 쌍의 peak가 6 mT의 간격을 두고 signal을 보여주었다( $g=2.024, 2.006, 1.987$ ). ESR signal은 조사선량의 증가에 따라 크기가 비례적으로 증가하였다. ESR signal은 실온 저장 12주 후에도 측정이 가능하였다. GC-MS에 의해 고춧가루 지방질로부터 hydrocarbon류를 검출한 결과, 조사 시료에서는 비조사 시료에서 검출되지 않은 1-tetradecene(14:1), 1,7,10-hexadecatriene(16:3), 1,7-hexadecadiene(16:2), 1-hexadecene(16:1), 6,9-heptadecadiene(17:2), 8-heptadecene(17:1) 등의 hydrocarbon류가 검출되었고 저장 8개월까지도 검출이 가능하여 방사선 조사 marker로서의 활용가능성을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

1. The Korea Food and Drug Administration. 2003. Food Standard Code, Seoul.
2. Byun MW, Kwon JH, Cho HO. 1983. Sterilization and storage of spices by irradiation I. Sterilization of powdered hot pepper paste. *Korean J Food Sci Tech* 15: 359-363.
3. Kwon JH, Byun MW, Cho HO. 1984. Effect of gamma irradiation on the sterilization of red pepper powder. *J Korean Soc Food Nutr* 26: 188-192.
4. Byun MW, Yook HS, Kwon JH, Kim JO. 1996. Improvement of hygienic quality and long-term storage of dried

- red pepper by gamma irradiation. *Korean J Food Sci Tech* 28: 482-489.
5. Kwon JH. 2003. Commercialization of food irradiation technology and the identification of irradiated foods. *Food Sci Indu* 36: 50-55.
6. Byun MW, Lee JW. 2003. Application of irradiation technology for food safety and security. *Food Sci Indu* 36: 25-41.
7. Dagher NJ, Sell JL, Mateos GG. 1983. Effect of gamma irradiation on nutritional value of lentils (*Lens culinaris*) for chicks. *Nutr Rept Int* 27: 1087-1093.
8. WHO. 1981. Wholesomeness of irradiated food (Report of a joint FAO/IAEA/WHO expert committee). Technical Report Series-659. Geneva, Switzerland. p 7-34.
9. IAEA. 2001. International atomic energy agency homepage. [www.iaea.org/icgfi](http://www.iaea.org/icgfi).
10. Rahman MS. 1999. *Handbook of food preservation*. Marcel Dekker, Inc, New York, USA. p 47.
11. Joint FAO/IAEA division of nuclear techniques in food and agriculture. 1998. Report of the project review committee meeting of the asian regional cooperation project on food irradiation. (RAS/0/22), 7-9 April, Bangkok, Thailand.
12. Zhu N, Wang C, Teng W. 2004. Status of radiation sterilization of healthcare products in china. *Radiat Phys Chem* In press.
13. Delincée H. 1998. Detection of food treated with ionizing radiation. *Trends Food Sci Technol* 9: 73-82.
14. Raffi JJ, Benzaria SM. 1993. Identification of irradiated foods by electron spin resonance techniques. *J Radiat Steril* 1: 281-304.
15. Stachowics W, Strzelozak-Burlinska G, Michalik J. 1992. Application of electron paramagnetic resonance (EPR) spectroscopy for control of irradiated food. *J Sci Food Agric* 58: 407-415.
16. Nawar WW, Zhu ZR, Yoo YJ. 1990. Radiolytic products of lipids as marker for the detection of irradiated meat. In *Food irradiation and the chemist*. Johnston DE, Stevenson MH, eds. The Royal Society of Chemistry, London. p 13-24.
17. Choi CR, Hwang KT. 1997. Detection of hydrocarbons in irradiation and roasted sesame seeds. *J Am Oil Chem Soc* 74: 469-472.
18. Lesgards G, Raffi J, Pouliquen I, Chaouch A, Giamarchi P, Prost M. 1993. Use of radiation-induced alkanes and alkenes to detect irradiated food containing lipids. *J Am Oil Chem Soc* 70: 170-185.
19. Delincée H, Soika C. 2002. Improvement of the ESR detection of irradiated food containing cellulose employing a simple extraction method. *Radiat Phys Chem* 63: 437-441.
20. Nam HS, Suh CS, Yang JS. 2001. Identification of gamma-irradiated teas by ESR spectroscopy. *Food Sci Biotechnol* 10: 602-605.
21. Lee EY, Jeong JY, Chung HW, Kwon JH. 2000. Effect of water activity of irradiated food on the free radical concentrations in ESR spectroscopy. Paper presented at 64th Annual Meeting of Korean Society of Food Science and Technology. Daegu, May 27. Abstract Book p 335.
22. Chung HW, Kwon JH. 1999. Detection and absorbed-dose estimation of electron beam-irradiated dried vegetable using ESR spectroscopy. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 882-885.
23. Kwon JH, Chung HW, Byun MW. 2000. ESR spectroscopy for detecting gamma-irradiated vegetables and estimating absorbed doses. *Radiat Phys Chem* 57: 319-324.
24. Kwon JH, Jeong JY, Lee EY, Jo DJ, Noh JE, Lee JE. 2002. Multiple detection to identify irradiated brown rice of different origins. *Food Sci Biotechnol* 11: 215-219.

25. Jo DJ, Kwon JH. 2002. Characteristics of thermoluminescence and electron spin resonance and organoleptic quality of irradiated raisin and dried banana during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 609-614.
26. Kwon JH, Lee D, Byun MW, Choi KJ, Kim HK. 1998. Changes in water activity and fatty acid composition of dried red pepper during post irradiation period. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1058-1063.
27. Nawar WW. 1996. Volatiles from food irradiation. *Food Rev Int'l* 2: 45-78.
28. Hwang KT, Park JY, Kim CK. 1997. Application of hydrocarbons as markers for detecting post-irradiation of imported meats and fish. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1109-1115.
29. Lee HJ, Yun IN, Seo HY, Song HP, Hong CH, Kim KS. 2002. Analysis of radiolytic compounds of lipids for the detection of irradiation in dried *Mytilus coruscus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 599-603.

(2004년 7월 16일 접수; 2004년 9월 30일 채택)