Journal of Radiation Industry 5 (4) : 297~303 (2011)

화학적 특성검지에 의한 지방산 고함유 농산물의 저장기간에 따른 전자선 조사 여부 검지

김동용 · 백지영 · 류형원 · 진창현 · 최대성 · 육홍선[1] · 변명우[2] · 정일윤*

한국원자력연구원 첨단방사선연구소, [1]충남대학교 식품영양학과,
[2]우송대학교 식품생물과학과

Determination of Electron Beam-Irradiation by the Chemical Detection Methods According to Storage Period in Fat-riched Agricultural Products

Dong Yong Kim, Ji Yeong Baek, Hyung Won Ryu, Chang Hyun Jin, Dae Seong Choi, Hong-Sun Yook[1], Myung-Woo Byun[2] and Il Yun Jeong*

Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea
[1]*Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea*
[2]*Department of Culinary Nutrition, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea*

Abstract - The purpose of this research is to detect whether agricultural products were electron beam irradiated or non-irradiated by chemical methods according to increase of storage period. The three fat-rich samples including soybean, walnut, and sesame were chosen as agricultural products, and then were irradiated with doses of 1～10 kGy by using 10 MeV electron beam facility. At the result, 8-heptadecene and 1,7-hexadecadiene, which are indicators of electron beam-irradiation in chemical methods by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) method, were detected in all three samples. The levels of two irradiation indicators were increased by electron beam-irradiation in a dose-dependent manner. Furthermore, two irradiation indicators also were detected in all samples in 6 and 12 months after irradiation, though levels of those were decreased in a time-dependent manner. These results mean that the quantification of 8-heptadecene and 1,7-hexadecadiene could determine whether electron beam were irradiated or non-irradiated until 12 month after irradiation in 3 fat-rich agricultural products including soybean, walnut, and sesame.

Key words : Electron beam, Irradiated Foods, Chemical detection methods, 8-heptadecene, 1,7-hexadecadiene

* Corresponding author: Il Yun Jeong, Tel. +82-63-570-3150,
Fax. +82-63-570-3159, E-mail. iyjeong@kaeri.re.kr

서 론

전자선은 농산물의 유용 성분의 변화를 최소화하기 위한 저온살균과 병행, 해충사멸, 숙도지연, 발아억제 등을 목적으로 이용되어 왔으며 (Cho *et al.* 2010) 최근 상업적 활용성과 유용성이 증대되면서 농산물의 조사가 점차 증가하고 있다. 이러한 전자선은 처리시간이 매우 짧고 식품에 방사선 물질이 잔존하지 않으며 처리하는 동안의 온도변화가 적은 환경 친화적인 방법으로 알려져 있다 (Koh *et al.* 2006). 하지만 국내의 경우 식품에 이용될 수 있는 방사선 에너지원으로 감마선만을 허용하고, 전자선 및 X-선에 대한 사용이 허가되어 있지 않은 실정으로 전자선조사 기술의 연구가 필요한 실정이다 (Lee *et al.* 2003).

지금까지 연구된 방사선 조사식품을 확인하는 방법은 크게 물리적 검지방법, 화학적 검지방법, 생물학적 검지방법 등이 있으며, 물리적 검지방법에는 PSL (photostimulated luminescence), TL (thermoluminescence), ESR (electron spin resonance) 등의 검지방법이 있고, 생물학적인 방법으로는 DNA의 손상과 염기의 변화를 확인하는 comet assay가 있다. 화학적 검지방법으로는 GC/MS (gas chromatography/mass spectrometry)를 이용한 hydrocarbon류 및 2-alkylcyclobutanone류를 검출하여 방사선 조사여부를 검지하는 방법이 보고되어 지는데, 이는 식품의 방사선 조사에 의해 지방에서 유도되는 주요 지방분해산물의 생성을 확인하는 방법이다 (Lee *et al.* 2001).

화학적 검지방법인 GC/MS에 의한 검지방법은 지방질을 다량 함유한 동물성 식품을 대상으로 연구가 진행되었고, 일부 지방질이 다량 함유된 식물성 농산물의 경우에도 제한적으로 연구가 수행되어 왔다 (Lee *et al.* 2001). 화학적 검지방법은 방사선 조사된 지방 함유 식품의 GC/MS를 이용한 hydrocarbon류의 분석으로 지방 함유식품이 방사선 에너지를 받게 되면 카보닐 그룹의 α탄소와 β탄소위치에서 결합이 끊어져 원래의 지방산보다 탄소수가 1개 적거나, 2개 적으면서 첫 번째 탄소위치에 새로운 이중결합을 가진 탄화수소가 생성되어 방사선으로 인한 특이적인 신호 및 강도를 측정한다 (EN1784 1996).

본 연구에서는 지방질을 함유한 농산물인 대두, 호두, 참깨를 전자선 조사하여 생성되는 hydrocarbon류를 동정하고 저장기간에 따라 각 시료마다 hydrocarbon류의 생성량을 GC/MS를 이용하여 비교, 분석을 통해 방사선의 조사 여부를 확인하고 저장기간에 따라 화학적 검지방법을 통해 판별가능성을 결정하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 분석기기

실험에 사용한 대두, 참깨, 호두 총 3종의 시료를 polyethylene bag에 밀봉하여 정읍첨단방사선연구소에 비치되어 있는 선형가속기 (UELV-10-10S, 10 MeV, 10 kW)를 이용하여 각각 시료별로 대두는 0, 1, 3, 5, 10 kGy, 참깨와 호두시료는 0, 1, 3, 5 kGy의 선량으로 전자선 조사를 하여 1년간 보관하며 6개월 간격으로 실험을 하였다. 3종의 시료는 정읍첨단방사선연구소에 있는 GC/MSD (Agilent Technologies 6890 GC, MSD 5975, Santa Clara, CA USA)를 사용하여 지방산을 측정하였다.

2. 시료의 전처리 방법

GC/MS측정의 전처리는 시료를 각각 20 g씩 정량하여, Na_2SO_4시료 20 g을 첨가한 후 믹서기를 이용하여 균질화 시킨 후 HPLC용 n-hexane을 첨가해 shaker를 이용하여 12시간 추출하였다. 여과한 추출물을 evaporator를 이용하여 감압 농축 후 지방질을 얻었다. 얻은 지방 1 g을 HPLC용 n-hexane (J.T. Baker n-hexane HPLC solvent)으로 충분히 활성화 시킨 후 Florisil Cartridges [Waters Sep-Pak®Vac 35 cc (10 g)]에 가한 뒤 30 ml까지 받은 후 회전농축기를 이용하여 1.0 ml까지 농축하고 0.45 μm syringe filter (ADVANTEC®, DISMIC®-13HP)를 이용하여 Vial에 담아 GC/MS의 분석시료로 사용하였다 (식품의약품안전청 고시 제 2007-22호. 2007).

3. GC/MS 측정

GC/MS의 탄화수소류 분석은 palmitic acid에서 유래된 pentadecane ($C_{15:0}$), 1-tetradecene ($C_{14:1}$), stearic acid에서 유래된 heptadecene ($C_{17:0}$), 1-hexadecene ($C_{16:1}$), oleic acid에서 유래된 8-heptadecene ($C_{17:1}$), 1,7-hexadecadiene ($C_{16:2}$), 그리고 linoleic acid에서 유래된 6,9-heptadecadiene ($C_{17:2}$), 1,7,10-hexadecatriene ($C_{16:3}$) 총 8종류의 탄화수소 표준용액 중 이온화에너지에 의해 특이적으로 생성되는 oleic acid 유래의 8-heptadecene ($C_{17:1}$)과 1,7-hexadecadiene ($C_{16:2}$)을 표준용액으로 사용하였다. GC/MS의 측정조건은 HP-5MS column (30 m × 0.25 mm ID, 0.25 μm)을 사용하였다. Inlet의 조건은 split ratio 1 : 20, 250°C, carrier gas는 He을 사용하였으며, carrier gas flow는 1.0 ml min^{-1}, oven은 초기온도 60°C에서 25°C min^{-1} 속도로 170°C까지 승온하고, 2°C min^{-1} 속도로 205°C까지 승온하며, 10°C min^{-1} 속도로 270°C까지 승온시키는 조건으로 측정하였

Table 1. Quantitative analysis by GC of 8-heptadecene (17:1) and 1,7-hexadecadiene (16:2) for electron beam-irradiated soybean according to irradiation doses and storage periods

Samples	Month	Electron beam dose (kGy)									
		0		1		3		5		10	
		C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2
Soybean	0	–	–	1.01 ±0.09$^{Cb'1)}$	4.07 ±2.02$^{ada'}$	2.91 ±0.95$^{Bb'}$	7.67 ±3.44$^{aca'}$	4.93 ±1.56$^{Ba'}$	10.74 ±1.68$^{aba'}$	8.12 ±1.12$^{Aa'}$	14.83 ±2.45$^{aa'}$
	6	–	–	1.60 ±0.00$^{Ca'}$	2.63 ±0.15$^{dab'}$	4.75 ±0.38$^{Ba'}$	5.65 ±0.80$^{cab'}$	5.70 ±1.30$^{Ba'}$	7.47 ±0.07$^{bb'}$	9.17 ±1.60$^{Aa'}$	10.25 ±1.74$^{ab'}$
	12	–	–	0.33 ±0.18$^{Cc'}$	1.50 ±0.19$^{db'}$	1.12 ±0.09$^{Bc'}$	3.69 ±0.12$^{cb'}$	1.22 ±0.30$^{Bb'}$	4.32 ±0.09$^{bc'}$	2.62 ±0.14$^{Ab'}$	5.14 ±0.59$^{ac'}$

[1)]Means of duplicates ± standard deviation.
[A-C]Means values with different superscript letters within a same row (17:1) are significantly different at $p < 0.05$.
[a-d]Means values with different superscript letters within a same row (16:2) are significantly different at $p < 0.05$.
[a'-c']Means values with different superscript letters within a each same columns are significantly different at $p < 0.05$.

다(식품의약품안전청 고시 제2007-22호. 2007).

결과 및 논의

1. 저장기간에 따른 대두의 Hydrocarbon류 분석결과

전자선 조사된 대두(0, 1, 3, 5, 10 kGy)로부터 생성된 hydrocarbon류의 GC/MS 분석결과, 8-heptadecene의 경우 비조사구를 제외한 모든 조사구의 시료에서 8-heptadecene이 검출되었으며, 조사선량별 8-heptadecene의 생성량은 전자선량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과에서 볼 수 있듯이, hydrocarbon류의 생성량은 조사선량에 영향을 받는 것으로 확인되었으며(Table 1), GC크로마토그램 결과를 보았을 경우에도 마찬가지로 조사선량이 증가함에 따라 peak의 크기가 증가하는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 1,7-hexadecadiene 또한 비조사구를 제외한 모든 조사구의 시료에서 1,7-hexadecadiene이 검출되었으며, 전자선 조사선량이 10 kGy의 선량으로 갈수록 1,7-hexadecadiene의 생성량은 유의적인 차이를 보였다(Table 1). GC크로마토그램의 결과, 마찬가지로 조사선량이 증가할수록 peak의 크기가 증가하는 것을 확인하였다(Fig. 2). 두 검지마커의 저장기간에 따른 검지마커의 확인을 위하여 전자선 조사 후 6개월 간격으로 1년간의 저장기간 동안 hydrocarbon의 변화를 분석하였다, 저장기간이 지날수록 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 생성량은 유의적 차이를 보이며 감소하였는데 0개월 기간의 1, 3, 5, 10 kGy 선량에서 검출된 8-heptadecene의 생성량이 6개월의 기간 후에 측정한 8-heptadecene의 생성량보다 더 많이 검출된 것을 확인하였다, 이러한 결과는 실험의 미숙련도로 인해 얻어진 결과로 판단되며, 저장기간이 지남에 따라 유의적인 차이를 보이며 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 대두의 hydrocarbon류 분석결과, 전자선

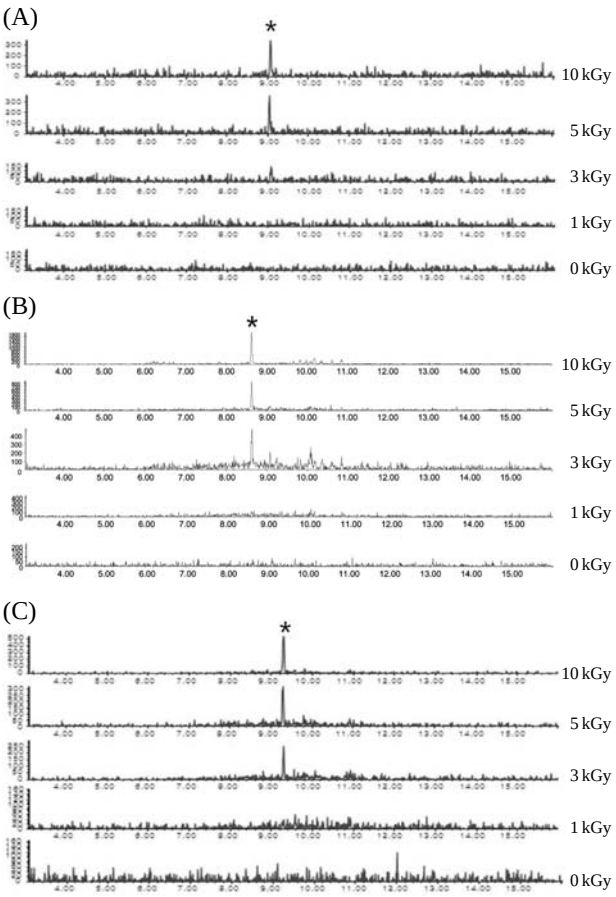

Fig. 1. GC spectra of 8-heptadecene of electron beam-irradiated soybean according to irradiation dose and storage period (A: 0 month, B: 6 month, C: 12 month).

조사 여부의 판별이 가능하였고, 12개월의 저장기간 후에도 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 측정이 가능한 것을 확인하였으며, 저장기간이 지날수록 hydrocarbon류의 생성량이 감소하는 이유는 시간이 지나면서 지방산인 hydrocarbon류가 소멸되어 감소하는 것으로 사료된다.

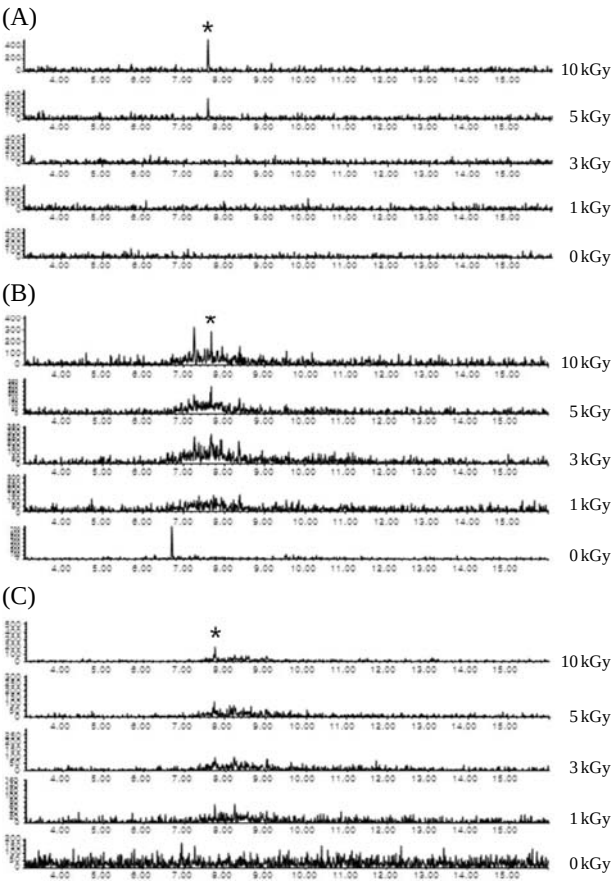

Fig. 2. GC spectra of 1,7-hexadecadiene of electron beam-irradiated soybean according to irradiation dose and storage period (A: 0 month, B: 6 month, C: 12 month).

2. 저장기간에 따른 참깨의 Hydrocarbon류 분석결과

전자선 조사된 참깨(0, 1, 3, 5 kGy)로부터 생성된 hydrocarbon류의 GC/MS 분석결과, 8-heptadecene의 경우 비조사구를 제외한 모든 조사구의 시료에서 8-heptadecene이 검출되었으며 조사선량별 8-heptadecene의 생성량은 전자선량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것을 확인하였다(Table 2). GC크로마토그램의 결과 또한 마찬가지로 조사선량이 증가할수록 8-heptadecene의 peak 크기가 증가하는 것을 확인하였다(Fig. 3). 1,7-hexadecadiene의 검지마커 또한 모든 비조사구를 제외한 조사구 시료에서 검출되었으며, 전자선 조사선량이 증가할수록 1,7-hexadecadiene의 생성량은 유의적인 차이를 보이며 증가하는 것을 확인하였다(Table 2). 두 검지마커의 저장기간에 따른 검지마커의 확인을 위하여 전자선 조사 후 6개월 간격으로 1년간의 저장기간 동안 hydrocarbon의 변화를 분석하였다. 저장기간이 지날수록 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 생성량은 유의적인 차이를 보이며 감소하였으며, GC크로마토그램에서도 마찬가지로 저장기간이 지날수록 8-heptadecene (Fig. 3)과 1,7-hexadecadiene (Fig. 4)의 peak가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 6개월 기간의 1, 3, 5 kGy의 선량에서 검출된 8-heptadecene의 생성량이 각각 1.05, 3.32, 4.75값을 보이며 0개월에 검출된 8-heptadecene의 생성량보다 증가하였으며, 유의적인 차이를 보이며 감소하는 다른 결과 값과 비교하여 보았을 때 실험의 미숙련도로 인한 오차로 판단되며 결론적으로, 참깨의 hydrocarbon류 분석결과, 전자선 조사된 참깨의 조사 여부의 판별이 가능하였으며, 12개

Table 2. Quantitative analysis by GC of 8-heptadecene (17:1) and 1,7-hexadecadiene (16:2) for electron beam-irradiated sesame according to irradiation doses and storage periods

Samples	Month	Electron beam dose (kGy)									
		0		1		3		5		10	
		C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2
Sesame[2)]	0	–	–	0.89 ±0.23$^{Ca'1)}$	3.85 ±1.93$^{ba'}$	1.94 ±0.43$^{Bb'}$	6.48 ±1.79$^{ba'}$	3.61 ±1.13$^{Aa'}$	13.74 ±1.96$^{aa'}$	–	–
	6	–	–	1.05 ±0.02$^{Ca'}$	2.04 ±0.13$^{ca'}$	3.32 ±0.50$^{Ba'}$	5.32 ±0.71$^{ba'}$	4.75 ±0.43$^{Aa'}$	9.44 ±1.47$^{ab'}$	–	–
	12	–	–	0.33 ±0.04$^{Cb'}$	0.60 ±0.02$^{cb'}$	0.70 ±0.22$^{Bc'}$	1.08 ±0.27$^{bb'}$	1.18 ±0.03$^{Ab'}$	2.63 ±0.05$^{ac'}$	–	–

[1)]Means of duplicates ± standard deviation.
[2)]In case of walnut and sesame, the experiment did not carry out at 10 kGy.
$^{A-C}$Means values with different superscript letters within a same row (17:1) are significantly different at $p < 0.05$.
$^{a-c}$Means values with different superscript letters within a same row (16:2) are significantly different at $p < 0.05$.
$^{a'-c'}$Means values with different superscript letters within a each same columns are significantly different at $p < 0.05$.

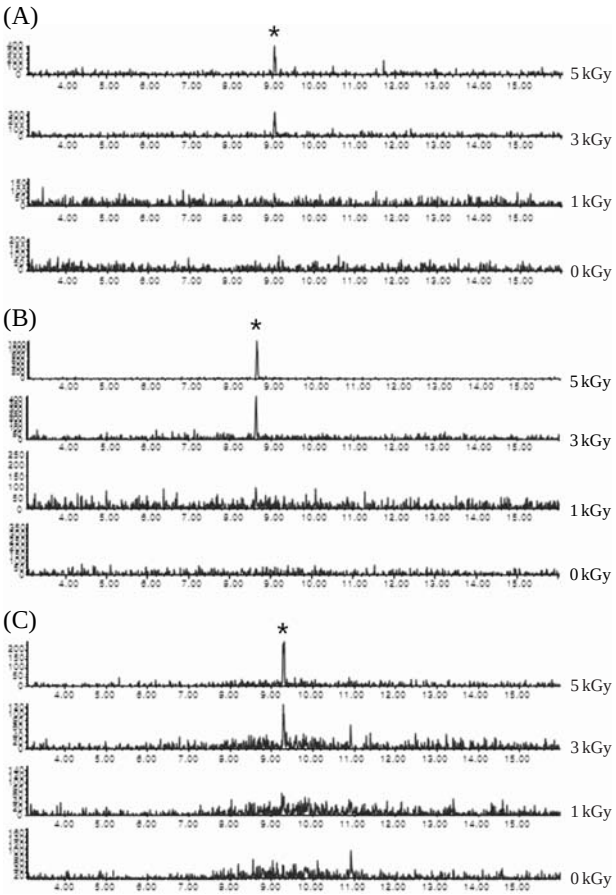

Fig. 3. GC spectra of 8-heptadecene of electron beam-irradiated sesame according to irradiation dose and storage period (A: 0 month, B: 6 month, C: 12 month).

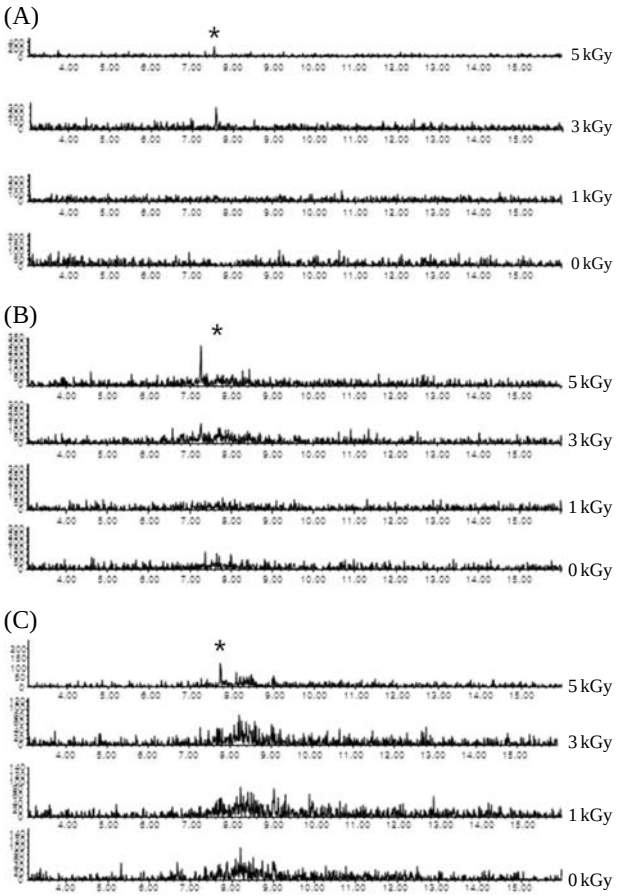

Fig. 4. GC spectra of 1,7-hexadecadiene of electron beam-irradiated sesame according to irradiation dose and storage period (A: 0 month, B: 6 month, C: 12 month).

Table 3. Quantitative analysis by GC of 8-heptadecene (17:1) and 1,7-hexadecadiene (16:2) for electron beam-irradiated walnut according to irradiation doses and storage periods

Smples	Month	Electron beam dose (kGy)									
		0		1		3		5		10	
		C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2	C17:1	C16:2
Walnut[2)]	0	–	–	0.82 ±0.19$^{Cb'1)}$	2.13 ±0.16$^{ca'}$	1.47 ±0.08$^{Bb'}$	4.21 ±0.10$^{ba'}$	3.42 ±0.94$^{Aa'}$	7.94 ±1.36$^{aa'}$	–	–
	6	–	–	1.09 ±0.01$^{Ba'}$	1.69 ±0.51$^{ba'}$	1.78 ±0.19$^{Aa'}$	1.51 ±0.29$^{bc'}$	1.93 ±0.21$^{Ab'}$	2.27 ±0.24$^{ac'}$	–	–
	12	–	–	0.25 ±0.01$^{Cc'}$	1.10 ±0.05$^{cb'}$	0.37 ±0.03$^{Bc'}$	2.48 ±0.16$^{bb'}$	1.68 ±0.01$^{Ac'}$	3.87 ±0.14$^{ab'}$	–	–

[1)]Means of duplicates ± standard deviation.
[2)]In case of walnut and sesame, the experiment did not carry out at 10 kGy.
[A-C]Means values with different superscript letters within a same row (17:1) are significantly different at $p < 0.05$.
[a-c]Means values with different superscript letters within a same row (16:2) are significantly different at $p < 0.05$.
[a'-c']Means values with different superscript letters within a each same columns are significantly different at $p < 0.05$.

월의 저장기간이 지난 후에도 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 측정이 가능한 것을 확인하였다.

3. 저장기간에 따른 호두의 Hydrocarbon류 분석결과

전자선 조사된 호두(0, 1, 3, 5 kGy)로부터 생성된 hydro-

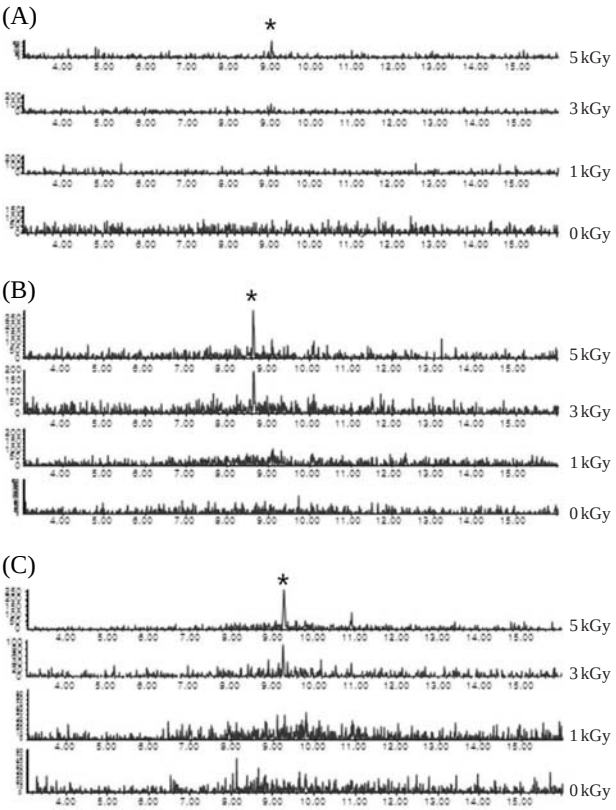

Fig. 5. GC spectra of 8-heptadecene of electron beam-irradiated walnut according to irradiation dose and storage period (A: 0 month, B: 6 month, C: 12 month).

carbon류의 GC/MS 분석결과, 8-heptadecene의 경우 비조사구를 제외한 모든 조사구의 시료에서 8-heptadecene이 검출되었으며 조사선량별 8-heptadecene의 생성량은 전자선량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것을 확인하였다(Table 3). GC크로마토그램의 결과 또한 마찬가지로 조사선량이 증가할수록 8-heptadecene의 peak 크기가 증가하는 것을 확인하였다(Fig. 5). 1,7-hexadecadiene의 검지마커 또한 모든 비조사구를 제외한 조사구 시료에서 검출되었으며, 전자선 조사선량이 증가할수록 1,7-hexadecadiene의 생성량은 유의적인 차이를 보이며 증가하는 것을 확인하였다(Table 3), GC크로마토그램의 결과, 마찬가지로 조사선량이 증가할수록 peak의 크기가 증가하는 것을 확인하였다(Fig. 6). 두 검지마커의 저장기간에 따른 검지마커의 확인을 위하여 전자선 조사 후 6개월 간격으로 1년간의 저장기간 동안 hydrocarbon의 변화를 분석하였다, 저장기간이 지날수록 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 생성량은 유의적 차이를 보이며 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 결과적으로 호두의 hydrocarbon류 분석결과, 전자선 조사 여부의 판별이 가능하였고, 12개월의 저장기간 후에도 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 측정이 가능한 것을 확인하였다.

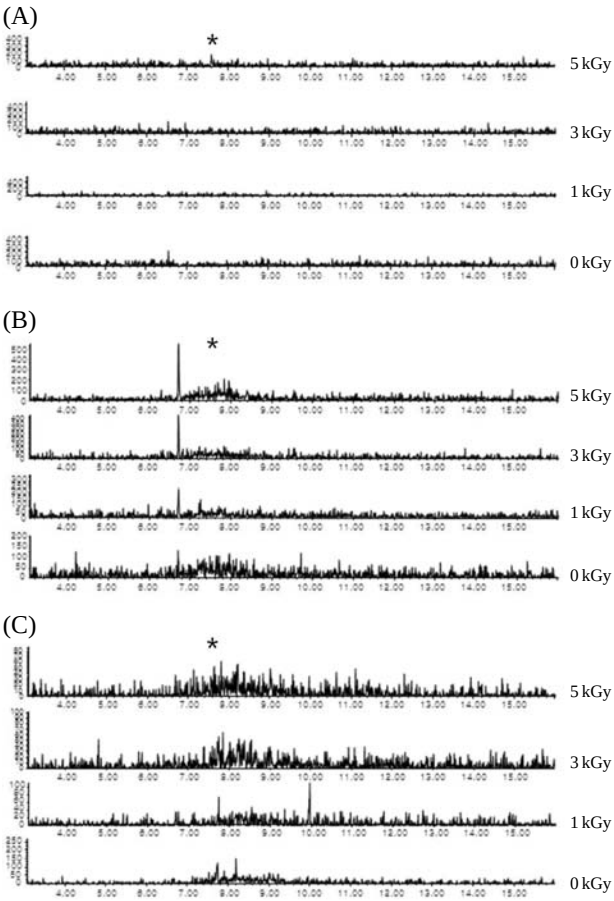

Fig. 6. GC spectra of 1,7-hexadecadiene of electron beam-irradiated walnut according to irradiation dose and storage period (A: 0 month, B: 6 month, C: 12 month).

결 론

전자선 조사된 대두, 참깨, 호두의 시료를 화학적 검지방법인 GC/MS를 이용하여 hydrocarbon류를 분석하였다. 지방의 함유가 많은 대두, 참깨, 호두 시료를 전자선 조사 후 6개월 간격으로 1년간의 저장기간 동안 hydrocarbon류를 비교 분석하였다. 각 시료의 선량은 대두의 경우 살균을 목적으로 5 kGy 이하의 선량이 허가 되어있으며, 기존의 허가 선량보다 높은 10 kGy의 선량으로 조사하여 실험 하였으며, 참깨, 호두의 경우 방사선 조사가 허가되어 있지 않은 품목으로, 5 kGy의 선량을 조사하여 실험을 하였다. 대두, 참깨, 호두시료 모두 조사여부의 판정이 가능하였으며, hydrocarbon류의 분석결과 3종의 모든 조사구 시료에서 oleic acid 유래의 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene이 검출된 것을 확인하였으며, 전자선

조사 선량에 따라 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 생성량이 증가하는 것을 확인하였다. 그리고 0개월, 6개월, 12개월의 저장 기간에 따른 정량분석결과, 저장기간이 지날수록 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 검출량이 감소하는 것을 확인하였지만, 12개월의 저장기간 후에도 대두, 참깨, 호두에서 생성된 검지마커인 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 판별이 가능함을 확인하였다. 대두, 참깨, 호두의 정량분석결과 Kim *et al*. (2004)의 연구결과와 마찬가지로 oleic acid으로부터 생성되는 8-heptadecene과 1,7-hexadecadiene의 경우 다른 지방에서 유도되는 주요 지방분해산물과는 다르게 C_{n-1}의 hydrocarbon인 1,7-hexadecadiene의 생성량이 C_{n-2}의 hydrocarbon인 8-heptadecene에 비해 많은 것을 확인하였으며 (Table 1), 향후 다양한 식품군의 GC/MS를 이용한 hydrocarbon류의 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

참 고 문 헌

식품의약품안전청. 식품의 기준 및 규격 (방사선 조사식품 검지법), 식품의약품안전청 고시 제 2007-22호 (2007).

Cho JI, Lee JA, Lee SH and Hwang IG. 2010. Monitoring on the foods not approved for irradiation in Korea by PSL and TL detection method. *J. Fd Hyg. Safety* **25**(1):73-78.

EN-1784. 2003. Foodstuffs-Detection of irradiated food containing fat. Gas chromatographic analysis of hydrocarbons. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization.

Kim KS, Lee JM, Seo HY, Kim JH, Song HP, Byun MW and Kwon JH. 2004. Radiolytic products of irradiated authentic fatty acids and triacylglycerides. *Radiat. Phys. Chem*. **71**: 45-49.

Koh KH, Lee SP and Whang K. 2006. Effects of electron beam irradiation on functional and other associated properties of pork myofibrillar salt-soluble proteins. *J. Food Sci. Nutr*. **11**:73-77.

Lee HJ and Kim KS. 2001. Analysis of radiolytically produced hydrocarbons and 2-Alkylcyclobutanones from irradiated pinenut. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **30**(1):37-42.

Lee EY, Kim MO, Lee HJ, Kim KS and Kwon JH. 2001. Detection characteristics of hydrocarbons from irradiated legumes of Korean and Chinese origins. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **30**(5):770-776.

Lee MK, Lee JW, Do JH and Kwon JH. 2003. Effects of electron-beam irradiation on saponins and physio-chemical properties of ginseng powders. *Korean J. Food Preserv*. **10**(2):206-212.

Manuscript Received: September 25, 2011
Revised: November 2, 2011
Revision Accepted: November 15, 2011