J. Korean Soc Food Sci. Nutr.
26(6), 1109~1115(1997)

수입육류 및 어류의 방사선조사 여부 판별을 위한 Marker로 검출되는 Hydrocarbons의 활용

황금택† · 박준영* · 김충기*

전북대학교 식품영양학과 및 유전공학연구소
*전북대학교 식품공학과

Application of Hydrocarbons as Markers for Detecting Post-irradiation of Imported Meats and Fish

Keum-Taek Hwang†, Jun-Young Park* and Choong-Ki Kim*

Dept. of Food Science and Human Nutrition and Institute for Molecular Biology and Genetics, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea
**Dept. of Food Science and Technology. Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea*

Abstract

Hydrocarbons were analyzed in irradiated beef, pork, dried and seasoned beef, dried anchovy, dried squid, dried shrimp, and fish paste to determine whether the hydrocarbons can be used as markers for detecting post-irradiation of the imported meat and fish products. The samples were irradiated at 0.5, 1, 3, and 6 kGy. Fat was extracted with hexane, and hydrocarbons were separated from the fat through Florisil column. The hydrocarbons were analyzed with GC. Hydrocarbons 15:0, 16:1, 17:1, 16:2, 17:2, and 16:3 in beef and pork, 17:1, 16:2, and 17:2 in dried and seasoned beef, 16:2 in dried anchovy, 16:1 and 17:1 in dried squid, 16:1, 17:1, and 16:2 in dried shrimp, and 16:1, 16:2, and 16:3 in fish paste were detected in the irradiated samples, but not in the unirradiated, so that the hydrocarbons may be used as makers for detecting post-irradiation of each item.

Key words: irradiation, hydrocarbon, meat, fish product

서 론

방사선조사를 식품에 적용함으로써 얻어지는 다양한 유익과 이에 대한 국가적 또는 국제적 장려에 힘입어 식품의 방사선조사는 증가 추세에 있다(1-4). 그러나 아무리 안전성이 입증되었다 하더라도 소비자 측면에서는 보다 명확한 방사선조사 처리 규제와 소비자들의 알 권리를 요구하고 있다. 국내에서 처리되는 방사선조사는 규제가 가능하지만, 근래와 같이 농수축산물의 국제적 교류가 많아지고 있는 상황하에서 수입식품류의 방사선조사 처리 여부 판별은 어려운 실정이고, 이에 따라 식품류의 수출국에서 이를 밝히지 않는 한 수입식품의 방사선조사 처리 규제는 사실상 불가능하다. 특히 방사선조사가 장기간 무더운 선박에서의 운송 중에 화학 방부제나 농약을 사용하지 않고서도 식품의 보존성이 뛰어나다는 점과 방사선조사 식품의 판별이 어렵다는 점 때문에 이를 악용할 우려가 크다. 따라서 국제적인 식품 유통질서를 세우고 자국민의 알 권리를 보장해 주는 측면에서 식품의 방사선조사 처리를 판별할 수 있는 방법을 연구하여 왔다. 현재까지 (i) 양념류나 건조 채소류 등에 함유된 무기질의 thermoluminescence(TL) 분석법(5-8), (ii) 뼈나 각질을 함유한 식품의 radical을 electron spin resonance(ESR)을 이용하여 분석하는 방법(9,10), (iii) 지방을 함유한 식품의 휘발성 hydrocarbon(11-18)이나 cyclobutanone(19,20)을 gas chromatography(GC)를 이용하여 분석하는 방법 등이 유망한 방사선조사식품 판별방법으로 기대된다.

우리나라에서 육류 및 어류 제품의 수입이 증가하고 있는 바, 수입식품의 화학 첨가물의 검출과 더불어 식품의 방사선조사 처리 여부를 판별할 수 있는 연구

†To whom all correspondence should be addressed

를 통하여 국제적인 추세에 능동적으로 대처할 필요성이 있다. Nawar group(11,21,22)에 의하여 hydrocarbons가 지방을 함유하고 있는 식품을 방사선조사할 때 식품에 특이하게 존재한다고 발표한 이래, 저선량 조사식품에서도 보다 간편하게 hydrocarbons를 분리하여 정확하게 분석하여 표준화하고자 하는 많은 연구가 진행되어 왔으며, 현재도 전세계적으로 계속 이 분야의 연구가 진행되고 있다(13-18,23). 대부분의 동물성 식품이 지방을 함유하고 있으므로 hydrocarbon류를 검출하는 방법은 이 동물성 식품의 방사선조사 여부 판별을 위한 유망한 방안으로 간주되고 있다. 그러나 아직 어떠한 식품에도 표준화 방안을 제안하지 못하고 있으며, 자국과 관련된 일부 품목이나 제품으로 제한되고 자국 여건에만 부합된 연구로 한정되어 있다. 그리고 이러한 방법들을 우리나라의 여건, 즉 기기의 제한, 식품품목의 다양성 등으로 직접 적용하기는 어렵기 때문에 각각에 대한 개별적인 간편한 방법을 개발하고 적용 가능성을 타진할 수 있는 연구가 필요하다고 사료된다. 또한 우리나라에서는 신선 또는 냉동 육류나 어류의 방사선조사가 허용되지 않고 있으므로 수입육류나 어류 제품에 이 규정을 적용하는 방안을 강구할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 수입 대상 품목이 될 수 있는 소고기, 돼지고기, 소고기 육포, 건멸치, 건오징어, 건새우, 어묵 등을 방사선조사한 후 hydrocarbon류를 분석하여 이들 hydrocarbon류를 방사선조사 여부 판별을 위한 검지 marker로써의 활용 가능성을 검토하였다

재료 및 방법

재료

시료로 사용한 소고기는 미국산 목심, 돼지고기는 국산 후지육, 소고기 육포는 뉴질랜드산 소고기를 국내에서 가공, 건멸치는 남해안 연근해산, 건오징어는 강원도 속초산, 새우는 부안 위도산, 어묵은 국내 업체에서 가공한 것으로 표기된 제품들을 구입하였다. Hydrocarbon standard는 Sigma Chemical(St. Louis, MO) 제품을 사용하였다. *n*-Hexane 및 *iso*-octane(2,2,4-trimethylpentane)은 J.T. Baker Inc.(Philipsburg, NJ) 제품을 사용하였다. Na_2SO_4는 伸陽化學工業(日本大阪) 제품을 650°C에서 5시간 가열한 후 냉각하여 사용하였다. Florisil(60-100 mesh, F100-3)은 Fisher Scientific(Fairlawn, NJ) 제품을 사용하되, 550°C에서 하룻밤 가열한 후 사용전에 130°C에서 3시간 동안 재가열하여 상온으로 냉각시킨 후 3% 증류수를 가하여 불활성화시켰다.

방사선 조사

방사선 조사는 한국원자력연구소 또는 그린피아기술(주)(여주)이 보유하고 있는 ^{60}Co γ-radiation source를 사용하였으며, 육류 및 어류 제품 시료는 0.5, 1, 3, 6 kGy를 각각 조사하였다.

지방 추출

지방 추출, hydrocarbon의 분리, GC 분석 등은 전보(18)에 준하되 시료에 맞게 적절히 변경하였다. 시료에 Na_2SO_4를 첨가하여 분쇄하고 *n*-hexane을 가하여 blending한 후 Teflon 원심분리 tube에 넣어 원심분리하여 상등액을 따라 질소를 사용하여 용매를 증발시켜 지방을 얻었다. 사용한 시료량, Na_2SO_4량, *n*-hexane량, 대략적인 추출된 지방량은 Table 1과 같다.

Florisil column chromatography

Teflon stopcock가 부착된 유리 column(2.3cm i.d.)에 nylon membrane filter(0.2μm; Whatman International Ltd., Maidstone, England)를 장치하고 hexane으로 씻은 후 20g의 Florisil을 충진하였다. 약 1g의 지방에 약 8μg *n*-eicosane(20:0)을 internal standard로 첨가하여 1ml hexane에 녹여 column에 apply하고 hex-

Table 1. Amounts of samples, Na_2SO_4, and *n*-hexane used for fat extraction, and approximate fat extracts

	Sample (g)	Na_2SO_4 (g)	*n*-Hexane (ml)	Fat extract (g)
Beef	60	100	300	5
Pork	60	100	300	4
Dried and seasoned beef	60	70	300	3
Dried anchovy	70	40	300	4
Dried squid	100	60	400	3.5
Dried shrimp	210	120	500	3
Fish paste	200	100	350	2.4

ane을 가하여 약 3ml/min 속도로 60ml를 받아 1ml iso-octane을 첨가한 후 질소를 사용하여 내용물이 약 5ml 될 때까지 증발시켰다. 멸치 및 새우의 지방은 약 0.5g을 사용하였으며 멸치 시료는 Florisil column을 재차 통과시켰다. 이 용액을 nylon membrane filter(0.2μm; Whatman International Ltd.)를 장치한 13mm syringe holder(Nucleopore Corp., Pleasanton, CA)에 연결된 Luer-lock syringe를 통과시킨 후, 여액을 질소를 사용하여 증발시켜 0.5ml가 되도록 하였다.

GC 분석

분리한 hydrocarbon류를 flame-ionization detector와 split injector가 장착된 영린 GC 600D(영린기기, 안양)를 사용하여 분석하였다. Column은 DB-5(30m, 0.25 mm i.d., 0.25μm film; J&W Scientific, Folsom, CA)를 사용하였으며, carrier gas는 helium을 사용하였다. Injector와 detector의 온도는 각각 200°C와 250°C로 하였다. Oven 온도는 50°C에서 2분 정치 후 10°C/min으로 130°C까지, 그후 5°C/min으로 200°C까지 올려 5분간 정치 후 25°C/min으로 250°C로 올려 5분간 정치시켰다. 2μl를 주입하였으며, 초기에는 splitless로 하였고 2분이 되었을 때 split으로 하였다.

결과 및 고찰

지방을 방사선조사하였을 때 생성되는 hydrocarbon류는 그 지방의 지방산 조성에 의하여 예측할 수 있다. 방사선조사에 의하여 지방산의 carboxylic group이 끊어지면서 모지방산보다 탄소수가 한개 적은 것(C_{n-1})과 carboxylic group과 이것에 인접한 탄소가 제거되면서 첫번째 탄소에 이중결합이 형성되는 것(C_{n-21})이 주요 hydrocarbon류인 것으로 알려져 있다(15,16). 따라서 지방의 지방산 조성을 알면 방사선조사에 의하여 생성 가능한 주요 hydrocarbon류를 예측할 수 있다. 대부분의 육류의 지방은 oleic acid, palmitic acid, stearic acid 등을 많이 함유하고 있고, 어류에는 oleic acid, palmitic acid를 비롯한 docosahexaenoic acid(DHA) 및 eicosapentaenoic acid(EPA)가 다량 함유되어 있다(24). 따라서 지방의 방사선조사에 의하여 palmitic acid로부터 pentadecane(15:0)과 1-tetradecene(14:1), stearic acid로부터 heptadecane(17:0)과 1-hexadecene (16:1), oleic acid로부터 8-heptadecene(17:1)과 1,7-hexadecadiene(16:2), linoleic acid로부터 6,9-heptadecadiene(17:2)과 1,7,10-hexadecatriene(16:3)을 기대할 수 있다. DHA 및 EPA는 불포화도가 매우 높아 방사선조사에 의하여 매우 다양한 물질이 생성될 것으로 사료되며, 이 물질로부터 생성 가능한 hydrocarbon류의 standard가 없어 이들을 분석하기는 어렵다.

Hydrocarbon 15:0와 17:0과 같은 포화 hydrocarbon은 방사선조사하지 않은 시료들에서도 검출되었는데(Table 2, 3) 자체적으로 함유되어 있는 것 뿐만 아니라 hexane에 함유되어 있던 미량의 이들 포화 hydrocarbon이 지방 추출 및 Florisil column 과정 중 농축되어 검출되는 것으로 사료되어 포화 hydrocarbon은 방사선조사 여부 검지를 위한 marker로 사용하기는 곤란하다고 본다.

방사선조사한 소고기의 경우 방사선조사량이 증가함에 따라 hydrocarbon 검출량이 매우 뚜렷하게 증가함을 알 수 있다(Table 2). Hydrocarbon 14:1, 16:1, 17:1, 16:2, 17:2, 16:3은 비조사 소고기에서는 검출되지 않아 이들 hydrocarbon을 소고기의 방사선조사 여부 검지 marker로써 활용할 수 있다고 사료된다. 국제적으로 소고기의 방사선조사는 대부분 미생물의 생육 억제를 목적으로 허용하여 최대 8 kGy의 조사가 가능함을 고려할 때(25), 이들 hydrocarbon은 1 kGy 이상 조사한 소고기에서 모두 검출되어 marker로써 충분한 가치가 있다고 판단된다. 소고기 지방의 지방산 조성은 oleic acid, palmitic acid, stearic acid가 각각 36%, 23%, 12%로써(24), 가장 많이 함유되어 있는 oleic acid로부터 생성된 17:1과 16:2가 가장 많이 검출되어 이들이 매우 유망한 marker로 간주된다.

돼지고기 지방의 지방산은 oleic acid, palmitic acid, stearic acid가 각각 42%, 22%, 12%로써(24), hydrocarbon 검출에 있어서 소고기와 유사한 결과를 보였으나 전반적으로 검출되는 hydrocarbon량이 적었다(Table 2). 국제적으로 돼지고기의 방사선조사는 기생충 구제를 위해서는 1 kGy, 미생물 생육 억제를 위해서는 8 kGy로 규정하고 있는데(25), 17:1, 16:2 등은 1 kGy 이상 조사한 돼지고기에서 충분량 검지되므로 돼지고기의 방사선조사 여부 검지 marker로써 활용하기에 충분하다고 사료된다.

본 실험에서 사용한 육포는 뉴질랜드산 소고기에 식염, 설탕, monosodium glutamate(MSG), erythorbic acid, sodium nitrite 등을 첨가하여 건조된 것으로써 검출된 hydrocarbon류가 소고기와 다른 양상을 보였다. 비조사 시료에서 다량의 포화 hydrocarbon이 검출되었고, 소고기 및 돼지고기에서 검출되지 않았던 14:1 및 16:1이 검출되었다. Hydrocarbon 16:2는 0.5 kGy 조사한 시료에서부터 검출이 되었으나 17:1과 17:2는 3 kGy 이상 조사한 시료에서 검출되었고 16:3은 6 kGy

Table 2. Hydrocarbons detected in irradiated meats[1)]

Sample	Dose (kGy)	Hydrocarbon (μg/g fat)							
		15 · 0	14 : 1	17 : 0	16 : 1	17 . 1	16 . 2	17 : 2	16 · 3
Beef	0	0.32 (0.25)	–	1.05 (0 10)	–	–	–	–	–
	0.5	0.51 (0 19)	–	0.68 (0.33)	0.14 (0.06)	–	0.24 (0.20)	–	–
	1	0.61 (0.32)	0.36 (0.17)	0.88 (0.51)	0 32 (0.11)	0.23 (0.08)	0.54 (0.04)	0.14 (0.05)	0.07 (0.01)
	3	1.58 (0.12)	2.03 (0.09)	2.15 (0.27)	1.30 (0.25)	1.25 (0.21)	3.01 (0.67)	0.60 (0.16)	0.30 (0.10)
	6	2.03 (0.08)	5.15 (0 31)	3.71 (0.88)	2.73 (0 05)	3 36 (0 12)	8.91 (0.11)	1.22 (0.04)	0.64 (0.05)
Pork	0	0 66 (0.33)	–	0 18 (0 12)	–	–	–	–	–
	0 5	0.57 (0.22)	0.17 (0.07)	0.26 (0.08)	–	–	0.63 (0.22)	–	–
	1	0.39 (0.17)	0.17 (0.09)	0.26 (0 19)	–	0.22 (0.07)	0.61 (0.10)	0.19 (0.09)	0 19 (0.02)
	3	0.96 (0.34)	0.35 (0.13)	0.52 (0.17)	0 32 (0.19)	0 90 (0.23)	1.71 (0.21)	0 57 (0.18)	0.48 (0.13)
	6	1.28 (0 15)	0.45 (0 03)	0 59 (0.06)	0.45 (0 04)	1 39 (0.29)	2 60 (0.58)	0.83 (0.01)	0 54 (0.13)
Dried and seasoned beef	0	2 67 (0.20)	1.31 (0.16)	1 19 (0.35)	0 33 (0.26)	–	–	–	–
	0.5	2.03 (0.67)	1.95 (0.44)	1.33 (0.23)	0.64 (0.20)	–	0.58 (0.05)	–	–
	1	2.88 (0.13)	2.81 (0.87)	1.79 (0.45)	0.82 (0.42)	–	0 89 (0.12)	–	–
	3	3.36 (0.98)	3.23 (0.58)	1 93 (0.66)	1.38 (0.13)	1.40 (0 14)	1.98 (0 46)	0.73 (0 22)	–
	6	5.90 (1.03)	6.90 (1.30)	3.76 (0.52)	3.42 (0.67)	3.99 (0.52)	6.21 (1.01)	1.59 (0 32)	–

[1)]Mean(standard deviation) of duplicate

조사한 시료에서도 검출되지 않았다(Table 2). 이러한 현상은 건조 및 유통 중 지방의 산화 또는 열분해 등 때문에 소고기와 다른 결과가 나타난 것으로 추정된다. 비조사 육포의 chromatogram이 소고기에서와 달리 다수의 미확인 peak들이 나타난 것을 고려할 때 육포 중의 지방에 다양한 반응이 관여하였음을 알 수 있다. 국제적으로 건조 소고기는 미생물의 생육 억제를 목적으로 대부분 10 kGy까지 조사가 허용되고 있기 때문에 (25), hydrocarbon 17:1, 16:2, 17:2 등을 육포의 방사선 조사 여부 검지 marker로 활용될 수 있을 것으로 사료된다

본 연구에서는 신선 어류의 구입 및 방사선조사의 어려움 때문에 건조 제품을 사용하였다. 육류와는 매우 다른 결과를 얻었다(Table 3). 건어물에서 지방을 추출할 때 다량의 색소가 같이 분리되어 건멸치와 건새우의 경우에는 Florisil을 통과시키는 지방을 0.5g 정도씩 사용하였으며, 건멸치는 Florisil을 2회 통과시켰다. 건멸치의 경우 방사선조사하지 않은 시료에서도 hydrocarbon 15:0과 17.0이 다량으로 검출되었으며, 14:1, 16:1, 17:1 등도 검출되었으나, 17:2와 16:3은 모든 시료에서 검출되지 않았다(Table 3). 비조사 멸치에서 다량의 hydrocarbon이 검출된 것은 멸치가 건조 공정 및 유통 중 산화가 상당히 진행되어 생성된 것으로 추정되며, 17:2와 16:3이 조사 시료에서도 검출되지 않은 것은 신선 생선의 경우에도 모지방산인 linoleic acid가 3% 정도로 육류에 비하여 낮을 뿐만 아니라(24), 이것

Table 3. Hydrocarbons detected in irradiated fish products[1)]

Sample	Dose (kGy)	Hydrocarbon (μg/g fat)							
		15 · 0	14 · 1	17 · 0	16 · 1	17 : 1	16 : 2	17 · 2	16 : 3
Dried anchovy	0	133 (55.1)	0.56 (0.04)	105 (42.6)	0.61 (0.04)	4.06 (1 94)	--	—	—
	0.5	149 (76 2)	1.12 (0.13)	132 (23.9)	0.51 (0.08)	4 71 (2 05)	0 42 (0.07)	—	—
	1	196 (12.8)	1.46 (0.12)	147 (47.0)	0.67 (0.21)	4.12 (0 78)	0.69 (0 12)	—	—
	3	208 (47.4)	1.95 (0 42)	258 (33.9)	1.07 (0 31)	4 44 (0.32)	1 04 (0.06)	—	—
	6	228 (23.3)	2 33 (0 36)	267 (13.4)	1.71 (0.16)	5 80 (0.16)	1.46 (0.24)	—	—
Dried squid	0	1.08 (0.06)	0.19 (0.05)	1.90 (0.36)	—	—	—	—	—
	0 5	1.81 (0.18)	0.22 (0.10)	1.98 (0.22)	—	—	—	—	—
	1	2 59 (0.22)	0.38 (0 08)	2.37 (0 31)	—	—	—	—	—
	3	5.78 (1.98)	0.44 (0.11)	3 39 (0 78)	0.37 (0.09)	0.40 (0.12)	—	—	—
	6	11.2 (2.87)	1.22 (0.44)	4 86 (1.16)	0.49 (0.20)	1.33 (0.40)	—	—	—
Dried shrimp	0	4.74 (1.04)	0.50 (0.09)	2.96 (1.34)	—	—	—	—	—
	0.5	5.13 (1.14)	0.60 (0.21)	3.79 (0.74)	—	—	—	—	—
	1	7 34 (0.96)	1.07 (0.67)	4.11 (0 36)	—	—	—	—	—
	3	10.5 (3.03)	1.73 (0 62)	5 61 (1.34)	0.88 (0.32)	0.97 (0 08)	—	—	—
	6	11.2 (2 30)	2.37 (1 24)	6 41 (0.72)	1.49 (0.43)	2.35 (0 67)	0 87 (0.50)	—	—
Fish paste	0	2.02 (0.15)	1.41 (0 34)	1.61 (0.43)	—	2 35 (0 52)	—	3.06 (0.57)	—
	0.5	1.78 (0.03)	1.43 (0.18)	1.60 (0.03)	0.59 (0 22)	2 37 (0.33)	0.64 (0 22)	3.07 (0.37)	—
	1	1.77 (0.72)	1 24 (0.77)	1.28 (0.42)	0.52 (0.53)	2.07 (0.87)	0.88 (0 63)	2.77 (0.99)	—
	3	2 05 (0.86)	1 67 (0.73)	1.30 (0.38)	0.56 (0 34)	2.76 (0.37)	2.06 (0 68)	3.60 (0.86)	2.63 (0.90)
	6	1.84 (0.46)	1.80 (0 66)	1 42 (0.39)	0.60 (0.22)	2.84 (0.70)	2 71 (0.78)	3.58 (0.97)	3.23 (0.97)

[1)]Mean(standard deviation) of duplicate

이 산화에 의하여 다량 파괴되었기 때문에 나타난 현상으로 추정된다. 16:2는 비조사 시료에서는 검출되지 않았으며 0.5 kGy 조사한 시료에서부터 검출되어, 이 hydrocarbon을 건멸치의 방사선조사 여부 판별을 위한 marker로 활용할 수 있을 것으로 사료되지만 하나만의 marker로 멸치의 방사선조사 여부를 확실히 판별하기에는 충분하지 않다고 사료된다.

전오징어의 경우에 15:0과 17:0이 상당량 검출되었으나 16:2, 17:2, 16:3은 모든 시료에서 검출되지 않았으며, 16:1과 17:1은 3 kGy 이상 조사한 시료에서 검출되

었다(Table 3). 오징어에는 stearic, oleic, linoleic acid가 4%, 3%, 0.1% 정도 함유되어 육류나 다른 생선에 비하여 낮기 때문에(24), 방사선조사에 의하여 이들로부터 생성될 수 있는 hydrocarbon들의 양이 적거나 없는 것으로 사료된다. 미생물 생육 억제의 목적으로 건조생선을 방사선조사할 경우 대부분의 나라에서 최대 조사량을 5 kGy로 규정하고 있기 때문에(25), hydrocarbon 16:1과 17:1을 건오징어의 방사선조사 여부 검지 marker로 활용할 수 있으나, 저선량으로 조사한 경우에는 식별이 어려울 것으로 사료된다. 건새우의 경우는 10 kGy 조사한 시료에서 16:2가 검출된 것을 제외하고 건오징어와 비슷한 결과를 보였다(Table 3). 새우에는 oleic acid가 19% 정도로 상당량 함유되어 있으나(24) 이러한 결과를 얻게 된 것은 새우의 건조 공정 및 유통과정 중 산화에 의한 oleic acid의 파괴에 의한 현상으로 추정된다.

어묵은 어육과 소맥분을 주원료로 하여 식염, 설탕, MSG, potassium sorbate 등과 식용유 2.3%를 첨가하여 국내에서 제조한 것이다. 따라서 어묵의 지방은 어육과 식용유에서 각각 유래하는데 실험에 사용한 어묵에서 oleic acid와 linoleic acid가 각각 36%, 22%로써 다량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 방사선조사하지 않은 어묵에서는 육류나 건오징어, 건새우 등에서 검출되지 않은 17:1과 17:2가 검출되었다. 16:1과 16:2는 0.5 kGy 조사한 시료에서부터 검출되기 시작하였으며, 16:1은 조사량의 증가에 따라 검출량의 변화가 거의 없었으나, 16:2는 조사량에 따라 증가하는 경향을 보였다. 16:3은 3 kGy 이상에서 검출되었다. 따라서 3 kGy 이상 조사된 어묵의 경우에는 16:2와 16:3이 방사선조사 여부 검지 marker로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구 결과를 종합하여 볼 때, 신선 육류의 경우는 방사선조사 여부 판별에 marker로 활용할 수 있는 hydrocarbon류가 다양하고 명확하나, 건조육류 및 건조어류의 경우는 비조사 신선육류에서 검출되지 않는 hydrocarbon류가 비조사 시료에서 검출되고 일부는 높은 조사량으로 조사한 시료에서도 검출되지 않아 그 활용이 제한적이다. 따라서 차기 연구에서는 신선어류와 이를 건조, 열처리, 장기간 저장하였을 때 일어나는 현상을 종합적으로 비교 검토해 볼 필요가 있다

요 약

소고기, 돼지고기, 소고기 육포, 건멸치, 건오징어, 건새우, 어묵을 방사선조사한 후 hydrocarbon류를 분석하여 이들 hydrocarbon류를 수입 육류 및 어류 제품의 방사선조사 여부 판별을 위한 검지 marker로써의 활용 가능성을 검토하였다. 이들 시료를 0.5, 1, 3, 6 kGy로 조사하여 hexane을 사용하여 지방을 추출하고 Florisil column으로 분리한 hydrocarbon류를 GC를 사용하여 분석하였다. 소고기와 돼지고기의 경우는 hydrocarbon 15:0, 16:1, 17:1, 16:2, 17:2, 16:3, 소고기 육포의 경우는 17:1, 16:2, 17:2, 건멸치의 경우는 16:2, 건오징어의 경우는 16:1, 17:1, 건새우의 경우는 16:1, 17:1, 16:2, 어묵의 경우는 16:1, 16:2, 16:3이 각각 비조사 시료에서는 검출되지 않고 조사 시료에서만 검출되어 이들 hydrocarbon을 각 시료의 방사선조사 여부 판별을 위한 검지 marker로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. ICGFI · *Facts about food irradiation* International Consultative Group on Food Irradiation, Vienna, Austria(1991)
2. WHO · Wholesomeness of Irradiated Food WHO Technical Report Series, 604, Geneva, Switzerland(1977)
3. FDA : Irradiation in the production, processing, and handling of food. *Federal Register*, 51, 13376(1986)
4. FSN : 식품의 기준 및 규격 중 개정 고시(보건복지부 고시 제1995-34호) 식품위생정보 52호, p.3(1995)
5. Heide, L. and Bögl, K. W. : The identification of irradiated spices with thermo- and chemiluminescence measurements. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **22**, 93(1987)
6. Schreiber, G. A., Ziegelmann, B., Quitzsch, G., Helle, N. and Bögl, K. W. · Luminescence techniques to identify the treatment of foods by ionizing irradiation. *Food Structure*, **12**, 385(1993)
7. Schreiber, G. A., Helle, N. and Bögl, K. W. : An interlaboratory trial on the identification of irradiated spices, herbs, and spice-herb mixtures by thermoluminescence analysis *JAOAC International*, **78**, 88(1995)
8. Schreiber, G. A., Hoffmann, A., Helle, N. and Bögl, K. W. : Methods for routine control of irradiated food: determination of the irradiation status of shellfish by thermoluminescence analysis. *Radiat Phys Chem.*, **43**, 533(1994)
9. Lea, L. S., Dodd, N. J. F. and Swallow, A. J. · A method of testing for irradiation of poultry. *Int. J. Food Sci. Technol.*, **23**, 625(1988)
10. Desrosiers, M. F. and Simic, M. G. · Postirradiation dosimetry of meat by electron spin resonance spectroscopy of bones *J Agric. Food Chem.*, **36**, 601(1988)
11. Champagne, J. R. and Nawar, W. W. : The volatile components of irradiated beef and pork fats. *Food*

Science, **34**, 335(1969)

12. Schulzki, G., Spiegelberg, A., Helle, N., Bögl, K. W. and Schreiber. G. A. : Identification of radiation-induced volatiles in meat. Comparison of two isolation methods: high vacuum 'cold finger' distillation and florisil chromatography. In "*Recent advances on the detection of irradiated food*" Lenardi. M., Raffi, J. J. and Belliardo, J. J.(eds), BCR Information, EUR/14315/EN, Commission of the European Communities, Brussels, Luxemourg, p.250(1992)
13 Morehouse. K M., Ku, Y , Albrecht, H. L. and Yang, G. C. ' Chromatographic and electron spin resonance investigations of gamma-irradiated frog legs. *Radiat. Phys. Chem*, **32**. 61(1991)
14. Lesgards, G., Raffi. J., Pouliquen, I., Chaouch, A A., Giamarchi, P and Prost. M. : Use of radiation-induced alkanes and alkenes to detect irradiated food containing lipids. *JAOCS*, **70**. 179(1993)
15. Spiegelberg, A., Schulzki, G., Helle, N., Bögl, K. W., Schreiber, G. A. : Methods for routine control of irradiated food: optimization of a method for detection of radiation-induced hydrocarbons and its application to various foods. *Radiat. Phys. Chem.*, **43**, 433(1994)
16 Schreiber, G. A., Schulzki, G , Spiegelberg, A , Helle, N. and Bogl. K. W. ' Evaluation of a gas chromatographic method to identify irradiated chicken, pork, and beef by detection of volatile hydrocarbons. *JAOAC International*, **77**, 1202(1994)
17. Schulzki, G , Spiegelberg, A., Bögl, K. W. and Schreiber, G. A. ' Detection of radiation-induced hydrocarbons in camembert irradiated before and after the maturing process-comparison of Florisil column chromatography and on-line coupled liquid chromatography-gas chromatography. *J. Agric Food Chem.*, **43**. 372(1995)
18. Choi, C. R. and Hwang, K. T . Detection of hydrocarbons in irradiated and roasted sesame seeds. *JAOCS*, **74**. 469(1997)
19. Boyd, D. R., Crone, A. V J , Hamilton, J T. G , Hand, M. V , Stevenson, M. H. and Stevenson. P. J. : Synthesis, characterization, and potential use of 2-dodecylcyclobutanone as a marker for irradiated chicken *J. Agric Food Chem.*, **39**, 789(1991)
20. Crone, A. V. J , Hamilton, J T G and Stevenson, M. H. . Effect of storage and cooking on the dose response of 2-dodecylcyclobutanone, a potential marker for irradiated chicken. *J Sci. Food Agric*, **58**, 249 (1992)
21. Kavalam, J R. and Nawar, W. W : Effects of ionizing radiation on some vegetable fats *JAOCS*, **54**, 1501 (1969)
22 Dubravcic, M. F. and Nawar, W. W. : Effects of high-energy radiation on the lipids of fish. *J. Agric Food Chem.*, **17**, 639(1969)
23 Nawar, W. W., Zhu, Z. R. and Yoo, Y. J. ' Radiolytic products of lipids as marker for the detection of irradiated meat. In "*Food irradiation and the chemist*" Johnston, D. E. and Stevenson, M. H.(eds.). The Royal Society of Chemistry, London, UK, p.13(1990)
24. Hands, E S . Lipid composition of selected foods. In "*Bailey's industrial oil and fat products. Edible oil and fat products. General applications*" 5th ed., Hui, Y H.(ed.), John Wiley & Sons, Inc , New York, Vol. 1. p 441(1996)
25. IAEA . *Supplement to Food Irradiation Newsletter*, **19**(2)(1995)

(1997년 9월 12일 접수)