

## 광자극발광법(PSL)에 의한 방사선 조사 건조향신료의 검지 특성

박은령\* · 강혜순 · 안현주<sup>1</sup> · 안경아<sup>1</sup> · 조수열<sup>1</sup> · 김희연<sup>2</sup> · 김동술<sup>1</sup> · 김도훈<sup>1</sup> · 강찬순<sup>3</sup>  
경인지방식품의약품안전청 시험분석센터, <sup>1</sup>식품의약품안전청, <sup>2</sup>서울지방식품의약품안전청 유해물질분석과,  
<sup>3</sup>부산지방식품의약품안전청 시험분석센터

### Analysis of the Detection Characteristics of Irradiated Dried Spices and Herbs by Photostimulated Luminescence (PSL)

Eun-Ryong Park\*, Hye-Soon Kang, Hyun-Joo Ahn<sup>1</sup>, Kyung-A An<sup>1</sup>, Soo-Yeul Cho<sup>1</sup>, Hee-Yun Kim<sup>2</sup>,  
Dong-Sul Kim<sup>1</sup>, Do-Hoon Kim<sup>1</sup>, and Chan-Soon Kang<sup>3</sup>

Center for Food and Drug Analysis, Gyeongin Regional Food & Drug Administration

<sup>1</sup>Korea Food & Drug Administration

<sup>2</sup>Hazardous Substances Analysis Division, Seoul Regional Food & Drug Administration

<sup>3</sup>Center for Food and Drug Analysis, Busan Regional Food & Drug Administration

**Abstract** This study attempted to determine whether Photostimulated Luminescence (PSL) is applicable for the detection of post-irradiated foods by measuring the PSL photon counts of unirradiated and irradiated dried spices and herbs. A total of 19 dried spices and herbs was irradiated with a <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -ray source at 1, 5 and 10 kGy followed by measurement of PSL photon. The photon counts of unirradiated samples below 700 correspond to negative. Fifteen samples irradiated over 1 kGy showed photon counts of more than 5,000, indicating irradiation treatment. Intermediate counts (photon count 700-5,000) were observed in irradiated white/black pepper, nutmeg and cinnamon bark at 10 kGy. These results suggest that it is possible to detect whether dried spices and herbs were irradiated by analyzing PSL, with the exception of white/black pepper, nutmeg and cinnamon bark. Irradiated white/black pepper, nutmeg and cinnamon bark containing low levels of minerals were not sensitive to PSL. Therefore, further investigation is suggested to be performed by Thermoluminescence (TL) analysis or another validated or standardized method.

**Key words:** <sup>60</sup>Co  $\gamma$ -ray, irradiated food, Photostimulated Luminescence (PSL), spices and herbs, Thermoluminescence (TL)

## 서 론

식품의 방사선 조사기술은 식품의 살균, 살충, 성장조절, 물성 개선에 대한 기술적 효과와 함께 국제기구(FAO/IAEA/WHO의 방사선 조사식품 공동전문가위원회(JECFI)) 등에 의해 안전성이 공식 인정됨(1-3)에 따라 현재 56여 개국에서 260여 종의 식품에 대한 사용이 허가되어 있다(4). 국내에서는 <sup>60</sup>Co 감마선 조사를 식품의 발아억제, 살충, 살균 및 숙도조절의 목적에 한해 감자, 밤 등 신선식품과 복합조미식품을 포함한 다양한 건조식품과 가공용 원료들에 대해 0.15-10 kGy 범위에서 방사선 조사를 허가하고 있다(5). 식품에 방사선 조사의 이용이 증가함에 따라 허용 국가 및 품목이 확대되고 국제교역 또한 늘어나고 있어(6-9) 이에 따른 검역방법도 필요하게 되었으며, 식품가공용 재료나 가공품을 다량 수입하는 우리나라와 같은 국가에서는 검지기술의 확

보가 수입식품의 안전관리에 필수적이다. 이를 위하여 우리나라는 2010년 1월 1일부터 방사선 조사한 원재료를 사용한 식품의 표시와 방사선 조사식품에 대한 조사여부 검지가 시행될 예정이다.

방사선 조사식품의 검지법은 크게 물리적(PSL & TL, ESR), 화학적(Hydrocarbon & 2-Alkylcyclobutanone 분석) 및 생물학적(DNA comet assay) 방법으로 나눌 수 있다(10). 이 중 광자극발광법(Photostimulated Luminescence, PSL) 측정법은 1990년대 초 Sanderson(11,12)에 의해 열발광분석법(Thermoluminescence, TL)의 결점을 보완시킨 방사선 조사식품의 Luminescence 검지의 한 가지 방법으로써 방사선 조사된 향신료와 조미료의 조사여부를 확인하기 위한 방법으로써 적용이 처음 검토된 방법이다. PSL은 대부분의 식품에서 발견되는 silicate나 bioinorganic material이 방사선에 노출되었을 때 구조적인 trap에 갇혀서 에너지가 저장되고 광학적 자극이 가해지면 에너지가 방출되는 원리를 이용한 방법으로 방사선 조사에 의하여 흡수된 에너지를 적외선으로 자극하여 발산되는 빛의 정도를 photon counts로써 측정된다(11-15). TL 측정법과 유사한 원리를 가지고 있지만 비파괴 검사로써 시료 전 처리과정이 간편하고 비교적 저렴한 장비로써 다수의 식품을 신속히 검사할 수 있어 DNA comet assay와 함께 조사식품의 screening 목적으로 이용되고 있다(16).

따라서 본 연구에서는 PSL 검지장비를 이용하여 천연향신료를 대상으로 방사선 조사 검지 가능 최소선량 등 PSL 검출특성을

\*Corresponding author: Eun-Ryong Park, Center for Food and Drug Analysis, Gyeongin Regional Food & Drug Administration, Incheon 402-835, Korea

Tel: 82-32-450-3377

Fax: 82-32-442-4622

E-mail: jisein@kfda.go.kr

Received November 10, 2009; revised December 21, 2009;

accepted January 6, 2010

확인하여 향후 방사선 조사 검지법의 시행, 방사선 조사여부 표시 및 방사선 조사식품의 안전관리를 위한 자료로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험은 방사선 조사식품 검지법 대상 식품군 중 천연 건조향신료를 대상으로 제품의 형태와 제조사를 분류하여 인천시내 대형마트 등에서 구입하고 PSL 예비시험을 통하여 방사선 조사 음성시료(negative)임을 확인하였다. 시험에 사용한 건조향신료는 향신식물의 종자, 껍질 등을 사용한 클로브, 카다몬씨, 코리안더, 겨자, 육두구, 흑후추, 백후추, 카다몬, 산초, 계피, 식물의 잎을 사용하는 월계수잎, 로즈마리, 오레가노, 바질, 파슬리, 타임 그리고 식물의 뿌리를 사용하는 마늘, 생강, 심황으로 분류하였다.

### 방사선 조사

시료의 감마선 조사는 PE film으로 포장하여 한국원자력연구원 정읍 방사선 과학연구소의 <sup>60</sup>Co 선원을 이용하여 실온에서 일정한 선량률로 1, 5, 10 kGy의 총 흡수선량을 얻을 수 있도록 하였으며, 방사선 조사된 시료는 비조사 시료와 함께 aluminium bag에 밀봉하여 차광된 장소에 보관하며 시험에 이용하였다.

### 광자극발광법(PSL)에 의한 검지

광자극발광법의 측정은 식품공전(5)의 방사선 조사식품 검지법에 따라 시행하였다. 시료 전처리에는 교차오염을 피하면서 PSL 측정용 페트리디쉬(55×12 mm, E.O. Gas sterilized, Green Cross Med., Yongin, Korea)에 담을 수 있는 크기로 절단하고, 분말시료 등은 골고루 혼합하여 측정용 페트리디쉬에 바닥이 보이지 않도록 고르게 펼쳐 담는다. 각 시료에 대하여 3개의 검체를 조제하였으며, 모든 시험조작은 차광조건에서 시행하였다.

시료가 담긴 페트리디쉬는 SURRC Pulsed PSL irradiated food screening system(Scottish University Research and Reactor Center, Glasgow, UK)의 시료 챔버에 넣은 후 60초 동안 방출되는 광자를 측정하였다. PSL 기기는 방사선이 조사된 표준물질과 조사되지 않은 표준물질(파프리카분말)을 사용하여 기기의 상태 및 측정조건을 확인하였으며, 측정결과에 사용되는 threshold value는 T<sub>1</sub>=700 counts/60s와 T<sub>2</sub>=5000 counts/60s이었다. 판정은 시료의 counts 값이 T<sub>1</sub> 미만이면 음성시료(Negative, 방사선이 조사되지 않은 시료)로 판정하고, T<sub>2</sub> 초과이면 양성시료(Positive, 방사선이 조사된 시료)로 판정하였다. 측정값이 T<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>의 값을 나타내면 중간시료(Intermediate, 방사선 조사여부를 판단할 수 없는 시료)로 하였다.

### 통계 분석

모든 데이터는 SAS software(V.8.02, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 general linear model(GLM) procedure 분석 후 Student-Newman-Keul's multiple range test로 유의성을 검정하였고(p<0.05), 모든 실험은 3회 반복하였고, 평균값 및 평균값간의 표준오차(standard error of the means, SEM)로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 향신료의 종류에 따른 검지 특성

방사선 조사식품 검지법 중 PSL 검지법에 의한 건조향신료의 검지특성을 분석하기 위하여 국내유통 중인 건조향신료 19 품목

Table 1. Classification of spices by edible parts

Use region	Spice	Country
Flower bud	Clove	France
Seed	Cardamon Seed	France
	Coriander	France
	Mustard	Canada
	Nutmeg	France
Fruit	Black pepper	Malaysia
	White pepper	Malaysia
	Cardamon	France
Epicarp	Chinese pepper	China
Bark of a tree	Cinnamon bark	Indonesia
Leaf	Laurel leaves	Turkey
	Rosemary	Tunisia
	Oregano	Germany
	Basil	Germany
	Parsley	Netherlands
	Thyme	France
Roots	Garlic	China
	Ginger	China
	Turmeric	India

을 구입하여 PSL 시험하여 음성시료임을 확인한 후 방사선 조사 시료로 이용하였다. 시료는 비조사, 1, 5, 10 kGy 조사군으로 분류하여 감마선 조사처리하고 조사선량에 따른 PSL 검지특성을 분석하였다.

시험에 이용된 건조향신료의 원재료는 모두 수입에 의한 것이며, 시험에 사용된 건조향신료는 향신식물의 사용부위에 따라서 Table 1과 같이 분류하고, 식품공전(5)의 PSL 검지법에 의한 photon counts와 조사선량에 따른 photon counts의 통계적 유의성을 Table 2에 나타내었다.

국내 유통 중인 19 품목의 건조향신료의 비조사 시료는 모두 700 이하 수준의 음성시료의 photon count를 보였다. 또한 19 품목 중 칼더면씨, 후추(흑/백), 계피, 육두구를 제외한 14 품목의 건조향신료는 1 kGy 조사시료에서 양성시료의 higher threshold value(T<sub>2</sub>=5000 counts/60s) 이상의 count를 보여주었으며 조사선량에 따른 통계적 유의성 역시 나타났다. 이 중에서 타임은 가장 높은 1×10<sup>6</sup> 이상의 photon count를 보였다. 1 kGy 조사시료에서 중간시료 photon count를 보여주었던 칼더면씨 역시 5 kGy 이상의 조사시료에서는 양성시료의 higher threshold value(T<sub>2</sub>=5000 counts/60s) 이상의 count를 보여주어, 최대 조사허용 선량인 10 kGy 조사시료에서 5,000 이하의 threshold value counts를 나타낸 (흑/백)후추, 계피, 육두구를 제외한 15 품목의 건조향신료는 PSL에 의해 방사선 조사여부의 스크리닝이 가능함을 보여주었다.

건조향신료는 일반적으로 식물의 씨앗, 뿌리, 껍질, 잎, 과일 및 종자를 건조시킨 모든 식물성 재료를 일컫는 광의적 의미의 스파이스(spice)와 푸른 풀이라는 뜻을 가진 라틴어(허바, Herba)에서 기원하며 보통 로즈마리, 세이지, 타임, 민트, 오레가노 등의 식물들을 일컫는 허브(herb)로 분류되어 사용되고 있지만 그 경계가 명확하지 않다. 시험된 건조향신료 중 향신식물의 잎을 이용하는 허브류 6 품목(월계수잎, 로즈마리, 오레가노, 바질, 파슬리, 타임)과 근경을 이용하는 향신료 3 품목(마늘, 생강, 심황)은 모두 PSL 검지법에 의해 방사선 비조사와 조사시료의 판정이 가

**Table 2. Photostimulated luminescence (PSL) signal intensity of spices irradiated at 0, 1, 5 and 10 kGy**

Use region	Spice	Irradiation dose (kGy)	Photon counts (/60s) <sup>1)</sup>	Use region	Spice	Irradiation dose (kGy)	Photon counts (/60s)
Flower bud	Clove	0	273d <sup>2)</sup>	Leaf	Laurel leaves	0	409d
		1	11,722c			1	17,333c
		5	38,987b			5	36,560b
		10	59,248a			10	64,976a
		SEM <sup>3)</sup>	7368.5			SEM	3527.6
	Cardamon Seed	0	285c		Rosemary	0	337c
		1	2,085b			1	32,480b
		5	5,677ab			5	80,940a
		10	7,141a			10	89,022a
		SEM	723.1			SEM	4226.1
	Coriander	0	358d		Oregano	0	623c
		1	5,668c			1	427,730b
		5	12,148b			5	1,009,990a
		10	18,165a			10	1,284,410a
		SEM	1097.5			SEM	10213.2
	Mustard	0	487c		Basil	0	314c
		1	35,411b			1	13,428b
		5	35,490b			5	35,007ab
		10	40,489a			10	43,029a
		SEM	1286.3			SEM	4380.5
Seed Fruit	Nutmeg	0	337c		Parsley	0	399c
		1	1,521b			1	34,294b
		5	2,708ab			5	72,389a
		10	3,845a			10	71,709a
		SEM	695.2			SEM	5621.6
	Black pepper	0	291c		Thyme	0	598c
		1	1,422b			1	1,135,176b
		5	1,697b			5	2,682,736a
		10	2,058a			10	2,748,730a
		SEM	496.2			SEM	23154.9
	White pepper	0	402c		Garlic	0	505c
		1	2,091b			1	167,048b
		5	3,206a			5	259,367a
		10	3,552a			10	242,726a
		SEM	725.0			SEM	13215.7
	Cardamon	0	335d	Roots	Ginger	0	374c
		1	6,255c			1	366,073b
		5	14,600b			5	1,028,312a
		10	28,936a			10	977,169a
		SEM	2130.8			SEM	11125.8
Epicarp	Chinese pepper	0	490c		Turmeric	0	414c
		1	91,583b			1	165,876b
		5	239,607a			5	438,954a
		10	267,483a			10	602,901a
		SEM	9135.8			SEM	18642.4
Bark of a tree	Cinnamon bark	0	326b				
		1	692b				
		5	1,165a				
		10	1,401a				
		SEM	594.2				

<sup>1)</sup>Mean values in triplicate.<sup>2)</sup>Values with different letters within a same column (a-d) differ significantly ( $p < 0.05$ ).<sup>3)</sup>SEM: Standard error of the means (n=12).

능한 검지특성을 보여주었다. 하지만, 식물의 종자 또는 과육을 이용하는 건조향신료 중 맥넛, 흑후추, 백후추, 계피는 최대 조사 허용선량인 10 kGy 조사시료에서도 음성시료 또는 중간시료로 판정되어 PSL 검지법에 의해 비조사와 조사시료의 판정이 불가능한 검지특성을 보여주었다.

이와 같은 결과는 현재까지 수행된 여러 연구에서도 보고되고 있다. Bayram 등(17)은 흑후추에 대하여 0-10 kGy의 선량으로 방사선 조사 후 PSL을 측정된 결과 photon counts 573-845를 보여 흑후추의 검지법으로서 다른 방법의 보완 필요성을, Bortolin 등(18)은 오레가노, 칠리 등의 허브류는 1kGy의 방사선 조사에서도 positive를 보여 방사선 조사여부의 확인이 가능하였으나, 흑후추의 경우 30kGy의 고선량 조사에서도 positive 결과를 보이지 않는 것으로 보고한 바 있다. 정 등(19)은 0.5 kGy 조사된 계피

분이 PSL(photon counts 18,052) 및 TL에 의해 검지가 가능하고, 비조사된 백후추의 PSL 결과 중간시료로 판정되었다는 보고는 본 연구결과와 약간의 차이를 보이고 있다.

**향신료의 품목별 검지 특성**

PSL 검지법에 의해 방사선 비조사와 조사시료의 판정이 불가능 하였던 일부 향신료들의 검지특성을 확인하기 위하여 제조사 및 원료의 원산지가 서로 다른 흑후추, 백후추, 계피, 육두구를 각각 8 품목, 5 품목, 4 품목, 1 품목 추가 구입하여 위와 동일하게 시험하고 그 결과를 Table 3-6에 나타내었다. 흑후추의 경우, 9 품목의 시료 중에서 6 품목의 시료는 최대 조사 허용선량 (10 kGy)에서 PSL에 의해 양성시료로 확인되어 선행시험과는 다른 결과를 보여주었다. 하지만 대부분의 시료에서 조사선량에 따

**Table 3. Photostimulated luminescence (PSL) signal intensity of black pepper irradiated at 0, 1, 5 and 10 kGy**

Irradiation dose (kGy)	Black pepper (photon counts/60s) <sup>1)</sup>									SEM <sup>3)</sup>
	SPL1 powder	SPL2 powder	SPL3 powder	SPL4 powder	SPL5 whole	SPL6 powder	SPL7 powder	SPL8 powder	SPL9 whole	
0	291c <sup>2)</sup>	336c	331b	274b	258b	328b	336b	338b	289b	96.5
1	1,422by	32,894ax	350,679ax	3,117ay	2,370ay	1,154ay	347by	707by	10,580axy	2,433.5
5	1,697by	13,811bxy	817,528ax	3,972ay	5,110ay	1,580ay	1,340ay	1,822ay	13,351axy	1,0256.3
10	2,058ay	8,540b	394,345ax	5,818ay	6,626ay	1,414ay	777by	1,949ay	15,675ay	9871.2
SEM <sup>4)</sup>	736.8	6128.2	8324.9	966.2	1006.8	435.2	561.8	713.5	2014.2	

<sup>1)</sup>Mean values in triplicate.

<sup>2)</sup>Values with different letters within a same column (a-c) and a same row (x, y) differ significantly ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup>SEM: Standard error of the means (n=27).

<sup>4)</sup>SEM: Standard error of the means (n=12).

**Table 4. Photostimulated luminescence (PSL) signal intensity for white pepper irradiated at 0, 1, 5 and 10 kGy**

Irradiation dose (kGy)	White pepper (photon counts/60s) <sup>1)</sup>						SEM <sup>3)</sup>
	SPL1 powder	SPL2 powder	SPL3 powder	SPL4 whole	SPL5 powder	SPL6 powder	
0	402b <sup>2)</sup>	318b	294b	292b	400b	304b	56.9
1	2,091ax	9,464abx	2,113ax	8,560abx	1,694ax	538by	804.6
5	3,206ay	18,549axy	5,277ay	20,302ax	5,910ay	1,534ay	1032.5
10	3,552ay	22,160ax	7,514ay	23,102ax	4,651ay	1,693ay	3611.4
SEM <sup>4)</sup>	813.9	1256.7	1193.8	2698.4	993.6	718.5	

<sup>1)</sup>Mean values in triplicate.

<sup>2)</sup>Values with different letters within a same column (a, b) and a same row (x, y) differ significantly ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup>SEM: Standard error of the means (n=18).

<sup>4)</sup>SEM: Standard error of the means (n=12).

**Table 5. Photostimulated luminescence (PSL) signal intensity for cinnamon bark powder irradiated at 0, 1, 5 and 10 kGy**

Irradiation dose (kGy)	Cinnamon bark (photon counts/60s) <sup>1)</sup>					SEM <sup>3)</sup>
	SPL1	SPL2	SPL3	SPL4	SPL5	
0	326b <sup>2)</sup>	301c	288c	409c	350b	53.9
1	692by	5,391bx	1,949bx	9,416bx	7,479abx	2031.5
5	1,165ay	9,629by	3,511ay	34,329ax	9,671aby	4826.7
10	1,401ay	11,106axy	3,170ay	53,617ax	12,781axy	3971.0
SEM <sup>4)</sup>	779.5	2736.2	1309.4	8766.2	3994.1	

<sup>1)</sup>Mean values in triplicate.

<sup>2)</sup>Values with different letters within a same column (a-c) and a same row (x, y) differ significantly ( $p < 0.05$ ).

<sup>3)</sup>SEM: Standard error of the means (n=15).

<sup>4)</sup>SEM: Standard error of the means (n=12).

**Table 6. Photostimulated luminescence (PSL) signal intensity for Nutmeg powder irradiated at 0, 1, 5 and 10 kGy**

Irradiation dose (kGy)	Nutmeg (photon counts/60s) <sup>1)</sup>		
	SPL1	SPL2	SPL3 <sup>3)</sup>
0	337b <sup>2)</sup>	310c	37.8
1	1,521ay	10,018bx	1639.5
5	2,708ay	26,467bx	2034.2
10	3,845ay	110,249ax	2675.4
SEM <sup>4)</sup>	886.1	9326.8	

<sup>1)</sup>Mean values in triplicate.<sup>2)</sup>Values with different letters within a same column (a-c) and a same row (x, y) differ significantly ( $p < 0.05$ ).<sup>3)</sup>SEM: Standard error of the means (n=6).<sup>4)</sup>SEM: Standard error of the means (n=12).**Table 7. PSL detection characteristics by mixture ratio of irradiated thyme**

Irradiated thyme ratio (%)	Photon counts (/60s)	
	1 kGy	10 kGy
0	545±35	552±34
1	16,755±8571	23,050±11134
5	58,139±32872	122,230±22489
10	168,035±26006	392,339±106465
15	196,807±18730	582,259±64661
20	288,909±16729	682,802±38017
100	1,437,864±65541	3,667,439±245976

라 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 또한 시료 간 측정 photon counts의 편차가 매우 크게 나타나는 등 시료 사이의 유의적인 차이를 보여주어 PSL에 의한 흑후추의 조사여부 판별은 불가능하였다. 5 품목이 추가 시험된 백후추 중 3 품목, 4 품목이 추가 시험된 계피분 중 3 품목과 육두구의 추가시료 1 품목은 최대 조사 허용선량에서 양성시료로 확인되어 흑후추와 유사한 결과를 보여주었으며, 백후추 역시 조사선량에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러므로 이와 같은 향신료들은 조사선량에 따른 유의적인 차이는 보이지 않은 반면에, 동일한 품목에서 제조사 및 원료의 원산지에 따라 유의적 차이를 보여주어 PSL에 의한 검지가 어려운 것으로 나타났다.

이러한 일부 향신료의 검지특성은 CEN(15)의 PSL를 이용한 조사식품의 검지법에 PSL 검지법의 취약점으로 기술되어 있으며, 미네랄의 함량이 적어 결론적으로 매우 낮은 감도를 갖는 “clean spice”로 불리는 향신료(예, 육두구, 흑/백 후추분)의 검지는 음성 시료로의 잘못된 판정을 방지하기 위하여 Calibrated PSL 또는 TL 등 표준화된 다른 검지법을 병용하는 다중 검지법을 추천하고 있다. 즉, PSL 검지법은 미네랄조각 중 규산염(silicates)과 생물유래 무기물(bioinorganic materials)인 방해석(calcite) 및 인회석(hydroxyapatite) 등에 특이적으로 반응하기 때문에, 저선량으로 방사선 조사된 시료, 미네랄 함량이 낮은 시료, 방사선 조사 및 비조사 시료가 섞여 있거나, 특이적으로 낮은 감도를 보이는 식품의 경우 PSL에 의한 screening이 어려워 다른 검지법의 연계 확인이 필요한 것으로 보고되고 있다(20). 이 와같이 PSL 검지법에 의하여 방사선 조사여부의 판정이 불가능한 후추류 등 일부 향신료의 정확한 검지를 위하여 TL(21), 점도법(22), ESR(23,24) 또는 이들의 다중검지법(19,25)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

### 조사시료 혼합비에 따른 검지 특성

비조사 시료와 조사시료의 혼합비율에 따른 검지특성을 분석하기 위하여 향신료(타임) 비조사 시료에 1 kGy와 10 kGy 조사된 타임 시료를 각각 0, 1, 5, 10, 15, 20% 비율로 혼합하여 PSL 검지 시험하였다. Table 7에 나타난 바와 같이, 최대 허용선량인 10 kGy 조사시료 뿐만 아니라 1 kGy 조사시료가 1% 혼합된 시료에서 양성시료의 higher threshold value( $T_2=5000$  counts/60s) 이상의 count를 보여주었으며 혼합비의 증가에 따라 count의 유의적인 증가를 나타내어 일부 향신료의 경우 방사선 조사된 시료가 미량 혼합된 향신료 검체의 방사선 조사여부 확인이 가능함을 알 수 있었다.

## 요 약

최근 방사선 조사는 식품의 발아억제, 살충, 살균 및 속도조절을 위한 화학약품 처리 등의 대체방안 뿐만 아니라 식품의 저장 및 가공기술로서 인정받고 있으며, 우리나라를 비롯한 약 40개국에서 상업적인 조사식품을 생산하고 있어 이에 대한 정확한 정보를 제공하기 위한 신뢰성 있는 검지기술이 요구되고 있다. 방사선 조사식품 검지법 대상 식품 중 건조향신료 19품목에 방사선 조사 최대 허용선량인 10 kGy까지 <sup>60</sup>Co 감마선을 단계별로 조사하고 이를 광자극발광법(Photostimulated Luminescence, PSL)을 이용하여 검지특성을 확인하였다. PSL 측정 결과, 건조향신료 19 품목 중 14품목은 1 kGy 조사된 시료에서, 1 품목은 5 kGy에서 조사시료(positive)의 threshold value인 5000 이상의 photon count/60 sec로 측정되어 방사선 조사여부의 확인이 가능하였다. 하지만 후추류, 육두구, 계피의 경우는 특이적으로 PSL 측정에 낮은 감도를 보이거나 미네랄 함량이 낮아서 최대 허용선량인 10 kGy 조사시료에서조차 방사선 조사여부의 확인이 불가능하였으며, 이 품목의 경우 열발광분석법(Thermoluminescence, TL) 등을 이용한 방사선 조사여부의 판정이 필요하였다. 또한 식품의 잎을 이용하는 향신료는 비조사 시료와 1 kGy 및 10 kGy 조사시료를 혼합하였을 때, 1 kGy 선량으로 조사된 시료가 1% 혼합된 시료에서도 방사선 조사여부의 확인이 가능하였다.

## 감사의 글

본 연구는 2008년도 식품의약품안전청 자체연구개발과제의 연구개발비 지원(KFDA-08211식품안042)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. WHO. Review of data on high dose (10-70 kGy) irradiation of food international consultative group on food irradiation. Food Safety Unit. World Health Organization, Geneva, Switzerland (1997)
2. WHO. Food irradiation-Sky's the limit. WHO Press Release WHO/68, World Health Organization, Geneva, Switzerland (1997)
3. WHO. High-dose irradiation In: Wholesomeness of Food Irradiated with Dose Above 10 kGy. Report of a Joint FAO/IAEA/WHO Study Group. WHO Technical Report Series 890, World Health Organization, Geneva, Switzerland (1999)
4. International Atomic Energy Agency. Food Irradiation Clearances Database (FICD). Available from: <http://nucleus.iaea.org/apps/FICDB/Browse.aspx>. Accessed Oct. 10, 2009.
5. Korea Food & Drug Administration. Food Code. Munyongsa, Seoul, Korea. 2-1-9 (2008)

6. Diehl JF. Potential and actual applications of irradiated foods. pp. 217-222. In: Safety of Irradiated Foods. Marcel Dekker Inc. New York, NY, USA (1990)
7. FDA. Irradiation in the production, processing, and handling of food. Federal Register 51: 13376 (1986)
8. Hackwood S. An introduction to the irradiation processing of foods. pp. 1-8. In: Food Irradiation. Thome S (ed). Elsevier Applied Science, London, UK (1991)
9. ICGFI. Facts about food irradiation. A series of fact sheets from International Consultative Group on Food Irradiation. International Consultative Group on Food Irradiation, Vienna, Austria (1999)
10. Glidewell SM, Deighton N, Goodman BA, Hillman JR. Detection of irradiated food: A review. J. Sci. Food Agr. 61: 281-300 (1993)
11. Sanderson DCW. Luminescence detection of irradiated foods. pp. 25-56. In: Food Irradiation and the Chemist (RSC Special Publ. 86). RSC, London, UK (1990)
12. Sanderson DCW. Photostimulated luminescence (PSL). A new approach to identifying irradiated foods. pp. 159-167. In: Potential New Methods of Detection of Irradiated Food. Report EUR 13331, Commission of the European Communities, Luxembourg, Luxembourg (1991)
13. Sanderson DCW, Carmichael LA, Riain SN, Naylor J, Spencer JQ. Luminescence studies to identify irradiated food. Food Sci. Technol. 8: 93-95 (1994)
14. Sanderson DCW. Detection of irradiated samples. UK Patent GB 2 291 717 A (1996)
15. European Committee for Standardization (CEN). Detection of irradiated food using photostimulated Luminescence. English version of DIN EN 13751 2002. British Standards Institution, London, UK (2002)
16. Kim BK, Lim SY, Song HP, Yun HJ, Kwon JH, Kim DH. Detection characteristics of irradiated aloe vera by the analysis of PSL, TL and ESR. Korean J. Food Preserv. 13: 61-65 (2006)
17. Bayram G, Delince H. Identification of irradiated Turkish food-stuffs combining various physical detection methods. Food Control 15: 81-91 (2004)
18. Emanuela B, Concetta B, Arcangelo C, Angelo A, Piergiorgio F, Sandro O. Irradiated herbs and spices detection: Light-induced fading of the photo-stimulated luminescence response. Int. J. Food Sci. Tech. 42: 330-335 (2007)
19. Chung HW, Park SK, Han SB, Choi DM, Lee DH. Application of PSL-TL combined detection method on irradiated composite seasoning products and spices. J. Fd. Hyg. Safety 23: 206-211 (2008)
20. Elahi S, Straub I, Thurlow K, Farnell P, Walker M. Referee analysis of suspected irradiated food. Food Control 19: 269-277 (2008)
21. Chung HW, Kwon JH. Detection of irradiation treatment for seasoned - Powdered foods by thermoluminescence measurement. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 509-516 (1998)
22. Yi SD, Chang KS, Yang JS. Application of viscometric method for the detection of irradiated black and white pepper. J. Fd. Hyg. Safety 15: 114-121 (2000)
23. Han JE, Lee EJ, Yang JS. Detection of gamma-irradiation treatment in imported spices by ESR spectroscopy. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 1060-1063 (2003)
24. Choi ID, Byun MW, Kwon JH, Kim DH. An application of photo-stimulated luminescence (PSL) and electron spin resonance (ESR) analysis for the irradiated spicy vegetables. Food Sci. Biotechnol. 13: 646-650 (2004)
25. Kim GS, Yang JS, Kwon JH. Method of detection for irradiated foods. Korean J. Food Preserv. 10: 427-434 (2003)