

## 광자극발광기의 방사선 조사 식품 검지에의 활용

황금택 · 업태봉\* · U. Wagner\*\* · G.A. Schreiber\*\*

전북대학교 식품영양학과, \*전북대학교 생물과학부 및 유전공학연구소

\*\*독일연방소비자보건 · 수의학연구소

### Application of Photostimulated Luminescence to Detection of Irradiated Foods

Keum Taek Hwang, Tai Boong Uhm\*, Ute Wagner\*\* and Georg A. Schreiber\*\*

Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University

\*Faculty of Biological Sciences and Institute for Molecular Biology and Genetics,  
Chonbuk National University

\*\*German Federal Institute for Health Protection of Consumers and Veterinary Medicine

#### Abstract

It was determined whether photostimulated luminescence (PSL) is applicable to the detection of post-irradiation of foods by measuring PSL photon counts for unirradiated and irradiated pepper powder, dried herbs, fresh shrimp, potato, soybean, dried fig, chestnut, dried squid, and dried cod. The samples were irradiated with  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -ray source and PSL photon counts were measured for them. The photon counts of unirradiated samples were lower than 2,000 for potatoes and less than 1,000 for the others. The photon counts of the irradiated samples except dried figs (0.5 kGy), chestnuts (0.2 kGy), and dried squid (0.5 kGy) were higher than 1,000, and the photon counts increased with dose. Thus, PSL might be applied to the primary detection of irradiated foods.

Key words: food irradiation detection, photostimulated luminescence, PSL

#### 서 론

식품에 방사선조사를 활용함으로써 얻어지는 효과는 다양하다<sup>(1,2)</sup>. 식품에의 방사선조사 이용 가능성 및 실제적인 활용이 증가함에 따라 국내외적으로 식품의 방사선조사는 엄격한 관리가 요망되고 있다<sup>(2)</sup>. 국내에서 식품에 방사선조사를 할 경우 그 규정의 적용이 비교적 용이하나, 날로 증가하는 수입 식품에 대하여는 수출국에서 방사선조사를 하였는지, 하였다면 어느 정도의 조사를 하였는지를 밝히지 않을 가능성이 크므로, 식품의 방사선조사 여부를 판별할 수 있는 방법이 확립되어 있지 않으면 국내의 규정은 아무런 의미가 없다.

현재 식품의 방사선조사 여부 판별을 위한 연구가 국제적으로 진행되어 각종 방법들이 개발되고 있는 바, 현재까지 식품의 방사선조사 여부 판별에 적용 가능한 방법으로, 지방을 함유하고 있는 식품의 hydrocarbon

류<sup>(3,4)</sup> 또는 cyclobutanone류<sup>(7,8)</sup>의 검출, 무기물질이 오염된 식품에 활용되는 thermoluminescence technique<sup>(9,11)</sup>, 뼈나 각질 또는 섬유질을 함유하고 있는 식품에 활용되는 electron spin resonance spectroscopy<sup>(12,13)</sup> 등을 들 수 있다. 이들 방법 중 몇 가지는 유럽에서 식품의 방사선조사 여부 판별을 위한 표준 방법으로 제안되고 있을 만큼의 성과가 있으나, 이들 방법 대부분이 전처리가 비교적 복잡하며 고가의 장비를 필요로 한다. 최근에 방사선조사에 의하여 흡수된 에너지를 적외선으로 자극하여 발산되는 빛의 정도를 측정하는 광자극 발광기(photostimulated luminescence: PSL)의 활용을 제안하고 있다<sup>(14,15)</sup>. 이 방법은 시료의 전처리가 필요하지 않으며 비파괴 검사로써 시료를 단시간 내에 수 차례 검사할 수 있으며, 장치도 비교적 저렴하다. 따라서 PSL을 수입 식품의 통관과정 등 신속한 결과를 요구하는 경우에 활용할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 PSL 방법을 식품의 방사선조사 여부 판별에 적용가능한지를 검토하기 위하여, 고춧가루, 건조혼합향신료, 새우, 감자, 콩나물콩, 건조무화과, 생밤, 건조오징어, 건조대구포 등을 방사선 조

Corresponding author: Keum Taek Hwang, Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 561-756, Korea

사하여 PSL photon counts를 측정하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

고춧가루, 건조혼합향신료, 새우, 감자는 독일 소매점에서 구입하였으며, 콩나물콩, 건조 무화과, 생밤, 건조오징어, 건조대구는 한국 소매점에서 구입하였다.

#### 방사선조사

시료는 독일연방소비자보건·수의학연구소의 <sup>60</sup>Co γ-선을 이용하여 조사하였고, 선량은 EMS 104 EPR Analyzer (Bruker Analytische Messtechnik, Karlsruhe, Germany)로 확인하였다.

#### PSL photon counts 측정

시료를 지름 4.8 cm, 깊이 1.7 cm인 plastic petri dish에 가득 담아 SURRC Pulsed PSL System (Thorn EMI Electronics, Middlesex, UK)의 시료 chamber에 넣고 PSL photon counts를 측정하였으며, cycle time은 1초, cycle 횟수는 60, dark count는 20~30, light count는 141,000~146,000이었다. 시료당 5회 이상 측정하였다.

### 결과 및 고찰

고춧가루를 비롯한 건조향신료의 경우 방사선조사에 대한 규정을 하고 있는 나라에서는 미생물생육억제 목적으로 10 kGy 내외의 조사를 허용하고 있다<sup>(2)</sup>. 비조사 고춧가루 및 혼합향신료의 PSL photon counts는 500이하였으나 4.7 kGy 조사한 시료는 50~1000배정도 높은 photon counts를 나타냈다(Table 1). 새우는 프랑스를 비롯한 5개국에서 미생물생육억제를 목적으로 5 kGy 정도의 방사선조사를 허용하고 있는데<sup>(2)</sup>, 이보다 낮은 1 kGy 조사한 새우의 경우도 photon counts가 비조사 시료와 약 100배의 차이를 나타냈다(Table 1).

**Table 1. PSL photon counts of foods purchased and irradiated in Germany**

Item	Dose (kGy)	Counts
Hot pepper powder	0	300~400
	4.7	15,000~17,000
Dried herbs	0	400~500
	4.7	300,000~600,000
Fresh shrimps without shell	0	300~400
	1	28,000~31,000

감자는 세계 26개국에서 방사선 조사를 허용하고 있는데, 발아억제 목적으로 대부분 0.15 kGy 내외로 허용하고 있으며, 남아공 및 유고에서는 10 kGy까지 허용하고 있다<sup>(2)</sup>. 비조사 감자에 흙이 묻은 채 PSL photon counts를 측정한 결과, 감자 이외의 다른 비조사 시료들보다 3~4배 높은 photon counts를 나타냈으며, 흙이 묻은 채 0.1 kGy 조사하여 흙이 묻은 채 photon counts를 측정한 결과, 비조사 시료보다 photon counts가 약 40배 높았다(Table 2). 감자의 껍질 부위를 제거하고 photon counts를 측정한 결과, 비조사 시료의 경우는 400 이하, 조사 시료의 경우는 1,000 이상으로 나타났다. 껍질을 제거하면서 묻은 흙을 물로 씻어 제거하고 photon counts를 측정한 결과, 조사 시료와 비조사 시료간에 차이를 보이지 않았다. 이는 표면과 이것에 묻은 물질이 PSL photon counts에 영향을 미친다는 증거이기도 하다.

국제적으로 콩은 살충 목적으로 1 kGy, 건무화과는 살균 목적으로 6 kGy, 밤은 발아억제 목적으로 0.25 kGy, 건조 생선은 살충목적으로 1 kGy 정도의 방사선 조사를 허용하고 있다<sup>(2)</sup>. 콩을 0.5 kGy 이상 조사하였을 때 비조사 시료보다 현저히 높은 PSL photon counts가 나타났으며, 방사선조사 후 15일이 지난 조사 시료의 경우는 photon counts가 다소 감소하였으나, 비조사 시료와는 구별될 만큼 차이가 났다(Table 3). 건무화과는 0.5 kGy 이상 조사한 시료가 비조사 시료보다 방사선조사 직후 측정된 photon counts가 현저한 차이를 보였으나, 15일 후에는 photon counts가 감소하여 0.5 kGy 조사한 시료는 비조사 시료와 구별하기 어려운 결과를 얻었다. 그러나 1 kGy 이상 조사한 시료는 비조사 시료와 차이를 보였다. 밤의 경우에 허용 한도 이내인 0.2 kGy 조사한 시료를 방사선조사 직후 측정하였을 때 비조사시료와 차이를 나타냈으나 15일 후에는 차이를 보이지 않았다. 건조오징어의 경우에 1 kGy 이상 조사한 시료는 비조사 시료보다 photon counts가 현저히 높게 나타났으나 15일 후에는 그 차이가 매우 좁아졌다. 건대구의 경우에 0.5 kGy 이상

**Table 2. PSL photon counts of potatoes purchased and irradiated in Germany**

	Part	Counts
Unirradiated	skin with soil	1,400~1,700
	inside, unwashed	300~400
	inside, washed	200~400
Irradiated (0.1 kGy)	skin with soil	50,000~500,000
	inside, unwashed	1,000~5,000
	inside, washed	200~400

**Table 3. PSL photon counts of foods purchased in Korea and irradiated in Germany**

Item	Dose (kGy)	Counts	
		1 day after irradiation	15 days after irradiation
Soy beans	0	600~800	300~700
	0.5	160,000~190,000	8,000~16,000
	1	200,000~500,000	15,000~25,000
	3	400,000~900,000	16,000~19,000
Dried figs	0	200~400	300~400
	0.5	40,000~70,000	800~1,600
	1	110,000~120,000	1,600~1,900
Chestnut	3	180,000~200,000	2,000~5,000
	0	100~400	200~400
	0.2	2,000~11,000	300~1,500
	1	10,000~100,000	700~6,300
Dried squid	3	90,000~190,000	700~2,400
	0	200~300	100~400
	0.5	900~4,000	700~2,600
Dried cod	1	2,000~16,000	500~1,100
	3	2,000~22,000	1,500~1,800
	0	200~400	200~500
Dried cod	0.5	12,000~160,000	1,600~2,300
	1	30,000~200,000	3,000~13,000
	3	21,000~31,000	2,000~6,000

조사한 시료가 비조사 시료보다 방사선조사 직후 및 15일 경과 후 측정된 photon counts가 현저히 높게 나타났다.

결과를 종합하여 볼 때 시료간 다소 차이는 있지만 PSL photon counts가 1,000 이상이면 시료에 방사선조사를 했을 가능성이 있다고 의심해 볼 수 있을 것이며, 10,000 이상이면 방사선조사를 했다고 판정할 수 있을 것이다. 그러나 감자와 같이 비조사 시료의 photon counts가 높게 나타나거나 오징어와 같이 조사 시료의 photon counts가 매우 낮게 나타나는 경우도 있기 때문에 모든 식품에 일률적으로 적용하기는 어려울 것이다. 또한 방사선조사 시료에 대한 PSL photon counts 측정 편차가 매우 크고 조사 후 시간이 경과함에 따라 photon counts가 낮아지기 때문에 PSL 결과에 의하여 조사선량을 예측하기는 어렵다고 사료된다. 따라서 시료별, 선량별, 조사후 경과 시간 등에 따른 PSL 반응을 계속 검토하여 표준화할 필요가 있다. 현재로서는 PSL 방법은 신속한 결과를 요하는 수입 농산물 통관 관리 현장에서 방사선조사 여부를 일차 검지하는 데 활용될 수 있을 것이다. 즉 PSL을 이용하여 시료를 일차 검사한 후 방사선조사에 의심이 있는 시료에 한하여 실험실 차원에서 시료의 종류에 따른 적절한 검지 방법으로 확인 검사를 하면 시간과 노력

을 절약할 수 있고 경비를 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

## 요 약

광자극발광기(PSL)를 식품의 방사선조사 여부 판별에 적용 가능한지를 검토하기 위하여, 고춧가루, 건조 혼합향신료, 새우, 감자, 콩나물콩, 건조 무화과, 생밤, 건조오징어, 건조대우포 등을  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -선을 사용하여 방사선을 조사하고 PSL photon counts를 측정하였다. 비조사 시료의 photon counts는 감자의 경우는 2,000 이하, 그 외의 시료의 경우는 모두 1,000 이하를 나타냈다. 조사 시료는 건조 무화과(0.5 kGy), 생밤(0.2 kGy), 건조오징어(0.5 kGy)를 제외하고는 1,000 이상을 나타냈으며, 조사량에 따라 photon counts가 대부분 증가하였다. 따라서 PSL은 식품을 방사선 조사했는지 여부를 일차 판별하는 데 사용할 수 있음이 확인되었다.

## 감사의 글

이 논문은 보건복지부 보건의료기술연구개발사업(HMP-96-F-1-1007) 연구비 지원에 의한 연구결과와 일부이며, 연구비를 지원해 주신 보건의료기술연구기획단에 감사드립니다.

## 문 헌

1. WHO: Wholesomeness of Irradiated Food, WHO Technical Report Series, 604, Geneva, Switzerland (1977)
2. IAEA: *Supplement to Food Irradiation Newsletter*, 19(2) (1995)
3. 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, 179-185 (1993)
4. 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, 372-376 (1995)
5. Choi, C.R. and Hwang, K.T.: Detection of hydrocarbons in irradiated and roasted sesame seeds. *JAOCS*, 74, 469-472 (1997)
6. Hwang, K.T., Park, J.Y. and Kim, C.K.: Application of hydrocarbons as markers for detecting post-irradiation of imported meats and fish (in Korean). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 26, 1109-1115 (1997)
7. 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**, 789-792 (1991)
8. 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**, 249-252 (1992)
9. 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**, 88-93 (1995)
10. 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**, 533-544 (1994)
11. Hwang, K.T., Uhm, T.B., Wagner, U. and Schreiber, G.A.: Application of thermoluminescence to detecting post-irradiation of onion and garlic (in Korean). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 63-68 (1998)
12. Lea, L.S., Dodd, N.J.F. and Swallow, A.J.: A method of testing for irradiation of poultry. *Int'l J. Food Sci. Technol.*, **23**, 625-632 (1988)
13. Desrosiers, M.F. and Simic, M.G.: Postirradiation dosimetry of meat by electron spin resonance spectroscopy of bones. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 601-603 (1988)
14. Sanderson, D.C.W.: Photostimulated luminescence (PSL): a new approach to identifying irradiated foods. In *Potential New Methods of Detection of Irradiated Food*, Raffi, J.J. and Belliardo, J.J. (Ed.), Commission of the European Communities, Brussels, Luxembourg, p.159-167 (1991)
15. Sanderson, D.C.W., Carmichael, L.A., Ni Riain, S., Naylor, J. and Spencer, J.Q.: Luminescence studies to identify irradiated food. *Food Sci. and Technol. Today*, **8**, 93-96 (1994)

---

(1998년 2월 25일 접수)