

## 곡류의 감마선 조사 검지를 위한 DEFT/APC 방법의 이용

오경남 · 이숙영<sup>1</sup> · 양재승\*

한국원자력연구소 식품검지실, <sup>1</sup>중앙대학교 가정대학 식품영양학과

### Detection of Gamma-Irradiated Grains by Using DEFT/APC Method

Kyeong-Nam Oh, Sook-Young Lee<sup>1</sup> and Jae-Seung Yang\*

Detection Laboratory of Irradiated Foods, Korea Atomic Energy Research Institute

<sup>1</sup>Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University

For the screening of gamma-irradiated grains, domestic rice, glutinous rice, barley, and wheat were irradiated with 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, and 1.0 kGy and screened using the DEFT/APC (Direct Epifluorescent Filter Technique/Aerobic Plate Count) method. The log DEFT/APC units increased with the dose increment in all samples, whereas the log APC unit decreased gradually. For rice, barley, and wheat, unirradiated and irradiated samples with below 0.3 kGy had 2.0 or lower logarithmic units, whereas those with 0.5 kGy or higher had 2.0 or higher logarithmic units. For glutinous rice, the sample irradiated with 0.5 kGy showed 1.92 logarithmic unit and those with 0.7 kGy or higher had 2.0 or higher logarithmic units. These results suggest that if the grains show 2.0 or higher logarithmic units, they could be assumed to have been irradiated at a dose level of at least 0.5 kGy. In conclusion, grains could be easily screened through the DEFT/APC method.

**Key words:** grains, gamma irradiation, DEFT/APC method, logarithmic unit, screening

## 서 론

식품의 안전성에 대한 관심이 높아짐에 따라 보건당국과 식품업계에서는 위생적인 식품생산에 역점을 두고 있으며, 현재 국내외적으로 사용이 금지되고 있는 화학 훈증제나 보존제 등을 대체할 수 있는 살균·살충의 기술개발은 국내외 식품산업에서 매우 시급한 당면과제가 되고 있다. 식품의 방사선 조사는 1950년 이후부터 발아나 속도지연, 부패미생물의 살균 등으로 식품의 저장기간을 늘리고, 병원성 미생물을 감소시켜 식품의 위생·안전성을 증가시키기 위해 사용되고 있다<sup>(1,2)</sup>. 현재 우리나라를 포함해서 40여 개국에서 그 사용이 허가되어 있고, 선진국과 개발도상국을 포함한 30여 개국에서 상업적으로 방사선 조사 식품을 생산하고 있다<sup>(3,4)</sup>. 방사선 조사식품에 대한 허가품목 및 관련규정은 국가별로 다르다. 또한 대부분 처리가능한 식품의 종류와 최대선량에 관한 규정들을 마련하고 있으나 일부국가들에서는 방사선 조사를 금지하거나 표시할 것을 요구하고 있다. 따라서 조사식품의 유통과 교역에 있어서는 표시규정(labeling)의 준수와 조

사기록의 첨부는 장차 필수적인 사항이 될 전망이다. 식품의 방사선 조사 여부 및 조사 선량을 확인할 수 있는 방법은 FAO/IAEA, 유럽공동체(BCR), 독일 연방공화국(BGA), 미국 농무성(USDA) 및 식품의약국(FDA) 등과 같은 국제기구의 지원하에 활발히 진행되고 있다. 현재까지 방사선 조사시에 발생하는 물리적·화학적 및 생물학적 변화에 기초한 여러 가지 검지 방법들이 개발되고 있고 검지확률을 높이기 위한 연구가 진행되고 있다<sup>(5-8)</sup>. 이중 생물학적인 방법은 분석시간 및 비용이 비교적 적게 소요되고 1.0 kGy 이하의 저선량으로 식품을 검지하는데 매우 유용하게 이용되고 있다. 생물학적 검지방법의 종류는 방사선 조사에 의한 미생물의 변화양상을 살펴보는 DEFT/APC 방법, 씨의 발아나 줄기 및 뿌리의 성장정도를 확인하는 germination test, 그리고 세포의 손상정도를 확인하는 DNA Comet assay가 있다<sup>(9)</sup>. 이중 DEFT/APC 방법은 특별한 장치를 필요로 하지 않고 일상적인 세균검사를 할 수 있는 이점이 있다. DEFT/APC(Direct Epifluorescent Filter Technique/Aerobic Plate Count) 방법은 DEFT법에 의한 총균수와 APC법에 의한 생균수의 비로 살균처리 유무를 판별하는 방법이다<sup>(10)</sup>. 조사를 받으면 식품 중 미생물의 대부분이 죽게되므로 총균수와 생균수의 비가 커진다. 따라서 방사선 조사에 의한 총균수와 생균수의 변화양상을 살펴봄으로써 조사 여부의 판단 및 선량정도를 예측할 수 있다.

곡류에 대한 방사선 조사 연구를 살펴보면, 쌀의 aflatoxin

\*Corresponding author: Jae-Seung Yang, 150 Duckjin-dong Yusong-ku Taejon 305-353, Korea Detection Laboratory of Irradiated Foods, Korea Atomic Energy Research Institute  
Tel: 82-42-868-8064  
Fax: 82-42-868-8064  
E-mail: jsyang2@kaeri.re.kr

생성을 막기 위해서 7.0 kGy 선량으로 조사하거나 부패성 곰팡이를 제거하기 위해서 5.0~6.0 kGy의 조사 선량이 요구된다는 보고를 하였는데, 쌀의 질적인 면에서 부작용을 가져올 수 있다고 하였다<sup>(11)</sup>. Joint FDA/IAEA/WHO Expert Committee는 쌀의 해충구제를 위해 1.0 kGy까지 조사 선량을 허용하였고 저선량 조사시 쌀의 물리화학적, 관능적 품질에 영향을 미치지 않는다고 하였다<sup>(12)</sup>.

본 연구는 곡류에 대한 방사선 조사 여부를 판별하기 위해서 쌀, 찰쌀, 보리, 밀에 감마선을 조사하고 DEFT/APC 방법으로 조사 여부 및 정도를 확인하고자 하였다. 곡류는 해충구제를 위해서 1.0 kGy 미만의 저선량 조사가 허용되고 있으므로 1.0 kGy 미만의 선량으로 조사하고 조사에 따른 미생물 변화양상을 DEFT/APC 방법으로 살펴보아 방사선 조사 여부를 판별하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료 및 시약

본 실험에 사용된 곡류는 쌀, 찰쌀, 보리, 그리고 밀이며 모두 국내산으로 수확시기는 2001년 9월이었고 대전 유성 재래시장에서 구입하였다.

### 시료의 감마선 조사

쌀, 찰쌀, 보리, 그리고 밀은 선량 당 10 g 씩 3개씩 PE film으로 합기포장하여 감마선 조사하였다. 시료의 방사선 조사는 저장 해충 및 기생충 구제를 목적으로 하는 선량을 기준하여<sup>(13)</sup> 1.0 kGy 이하의 저선량으로 정하고 한국원자력 연구소의 Co 60 감마선 조사 시설을 이용하여 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0 kGy의 선량으로 시간당 일정한 선량률로 조사하고 총 흡수선량은 ceric cerous dosimeter( $\pm 5\%$ )로 확인하였다.

### DEFT/APC 분석

DEFT는 시료의 총균수를 측정하는 방법으로 방사선 조사 후 시료에 존재하는 총균수를 측정하는 방법이다. 방사선 조사 및 비조사된 시료 10 g에 peptone saline diluent 90 mL을 넣어 시료의 용액을 10배 희석한 후 magnetic stirrer(Corning PC-410, USA)로 300×g에서 10분 동안 교반시켰다. 교반된 용액은 fast filter paper(Whatman No. 4)로 여과하고 10배 희석법으로 희석한 후 각 희석용액 2 mL씩을 진공여과 장치가 부착되어 있는 여과기(filtration tower, Millipore)로 옮겼다. 여과기는 stainless steel로 되어 있고 bottom filter의 직경이 25 mm, 그리고 tower의 부피는 30 mL였다. Filter paper는 prefilter를 위한 polypropylene filter(직경 25 mm, pore size 10  $\mu$ m, Gelman Science Inc.)와 membrane filter를 위한 white polycarbonate filter(직경 25 mm, pore size 0.6  $\mu$ m, Nuclepore)를 사용하였다. 여과액 2 mL은 membrane filter 동안 진공이 25 mmHg를 넘지 않고 15 mmHg를 유지하도록 하였다. 여과된 membrane filter paper는 총균수 측정을 위해 acridine orange(25 mg/100 mL buffer, pH 3.0)로 염색하고 oil emulsion을 떨어뜨리고 cover slip으로 덮은 후 형광현미경(Model SL8-1, Seoul Optical Co., Korea)으로 관찰하였다<sup>(10,14)</sup>. 균수의 측정은 orange 또는 orange-yellow 형광을 띠는 미생

물을 선별하여 측정하였다.

APC는 생균수를 측정하는 방법으로 방사선 조사 직후 실시하였다. 10배 희석법으로 희석된 시료 용액은 각각 0.2 mL씩 평판배지에 도말되고 30°C $\pm$ 1°C 항온 배양기에서 72시간 동안 뒤집어서 배양되었다. 배양된 호기적 생균수를 측정하고 희석법으로 계산한 다음 log unit으로 환산하였다.

### DEFT/APC의 계산

관찰된 총균수와 생균수의 비는 Wirtanen 등<sup>(10)</sup>의 방법에 따라 계산하였다. 시료 g 당 DEFT(X)는 현미경 관찰 면적(microscope field, N/n), 시료의 희석배수(DF), microscopy factor(MF)당 DEFT unit의 평균값으로 계산하였다. 공식은 다음과 같다.

$$X = \text{DEFT count/g} = (N \times MF \times DF) / n$$

N은 n microscope field에서 계산된 DEFT units의 합이고, n은 측정된 microscope field의 수이며, MF는 microscopy factor(=FA/(MA×V))이다. FA는 membrane filter의 면적이고( $\pi R^2$ , R은 filtration tower의 밑부분 반경) MA는 microscope field의 면적( $\pi r^2$ , r은 microscope field의 반경)이며 V는 시료의 부피(mL)이다. DEFT/APC의 log unit 값은 세 번 반복한 실험결과로 계산한 다음 평균값을 구하였다.

## 결과 및 고찰

쌀, 찰쌀, 보리 그리고 밀의 DEFT/APC의 결과는 Fig. 1, 2, 3, 4에 나타내었다. 모든 시료에서 감마선 조사 선량이 증가할수록 log DEFT/APC의 값이 점차 증가하는 경향을 보였다. 감마선 조사에 의해서 생균수는 점차 감소하고 총균수는 거의 변화를 보이지 않아서 log DEFT/APC의 값이 점차 증가하는 결과를 나타내었다.

쌀은 비조사 시료와 0.3 kGy 이하 시료에서는 log DEFT/APC의 값이 2.0 이하의 값을 나타내었고 0.5 kGy 이상 조사 시료에서는 log DEFT/APC값이 2.0 이상의 값을 나타내어 비조사 시료와 확실히 구분되었다. 1.0 kGy 조사시료에서는 감마선 조사에 의해서 미생물이 거의 사멸되어서 log DEFT/APC가 높게 나타났다. Wirtanen과 Sjöberg<sup>(14)</sup>는 향신료를 10 kGy 이하로 조사한 결과, 5.0 kGy 이상 조사된 향신료는 log DEFT/APC가 4.0 이상의 값을 보였고 향신료의 종류마다 그

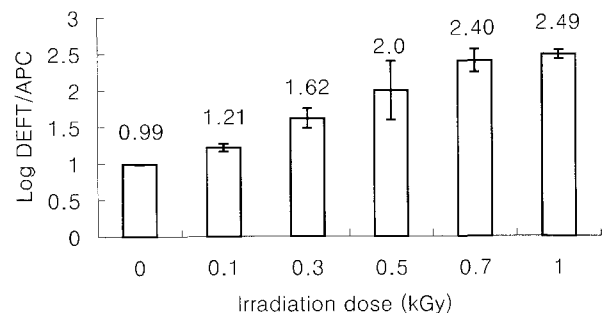


Fig. 1. The histogram of DEFT/APC ratio for rice, unirradiated and irradiated with dose of 0.1 to 1.0 kGy.

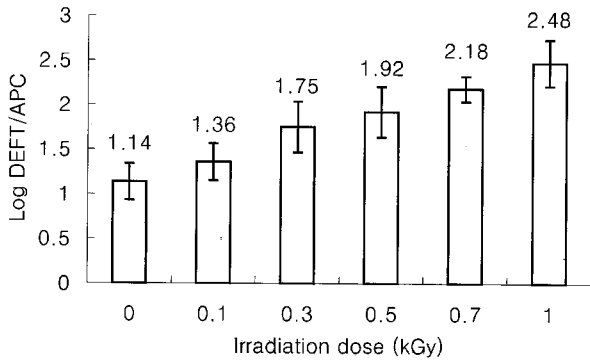


Fig. 2. The histogram of DEFT/APC ratio for glutinous rice, unirradiated and irradiated with dose of 0.1 to 1.0 kGy.

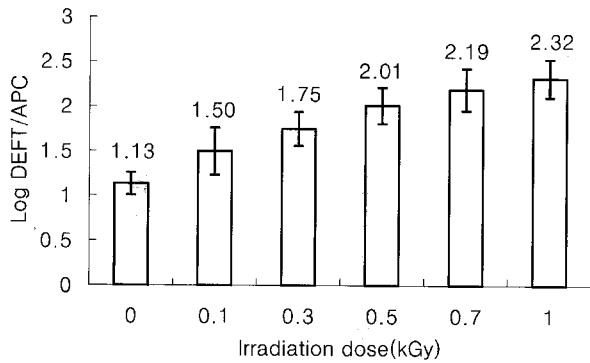


Fig. 3. The histogram of DEFT/APC ratio for barley, unirradiated and irradiated with dose of 0.1 to 1.0 kGy.

값이 다양하게 나타났다고 보고하였다. 이 연구결과에서는 여러 종류의 향신료가 5.0 kGy 이상 조사되었을 때 log DEFT/APC가 4.0~7.0 범위의 값을 가지는 것으로 나타났다. 또한 새우를 10 kGy 이하로 조사하고 DEFT/APC 분석을 한 결과 5.0 kGy 이상 조사시에는 log DEFT/APC가 2.5 이상의 값을 보였다고 하였다. 이들은 향신료에 대해서 미생물의 효과적인 살균을 위한 조사 선량은 5.0 kGy 이상이며 이때의 log DEFT/APC는 2.5 이상의 값을 나타내어 비조사 시료와 구분되고 감마선 조사의 검지가 가능하다고 하였다. 본 연구에서 사용된 쌀은 비교적 낮은 log DEFT/APC 값을 나타냈으나 이는 시료의 종류가 다르고 감마선에 대한 저항력이 비교적 높거나 쌀에 함유된 본래의 미생물 수가 적은 것으로 사료된다<sup>(15)</sup>. 본 연구 결과, 쌀은 log DEFT/APC가 2.0 이상이면 적어도 0.5 kGy 이상 조사된 것으로 추정할 수 있는 것으로 판단되었다.

찰쌀의 DEFT/APC 분석결과는 그림 2와 같다. 찰쌀의 경우도 감마선 조사 선량이 증가할수록 log DEFT/APC의 값이 증가하였다. 찰쌀의 경우 0.5 kGy 조사시 log DEFT/APC의 값이 쌀보다 조금 낮은 1.92의 값을 보였고 0.7 kGy 이상부터 2.0 이상의 logarithmic unit을 보여 비조사 시료와 뚜렷한 구별이 가능하였다. 1.0 kGy 조사 시료는 감마선 조사에 의해 생균이 거의 존재하지 않아서 log DEFT/APC 값이 거의 2.5 정도였다. Hammerton과 Benos<sup>(16)</sup>는 향신료의 경우, 방사선 조사 선량이 5.0~10 kGy 이면 효과적인 살균효과를 보고 이때의 log DEFT/APC의 값은 4.0 이상이라고 보고하였다.

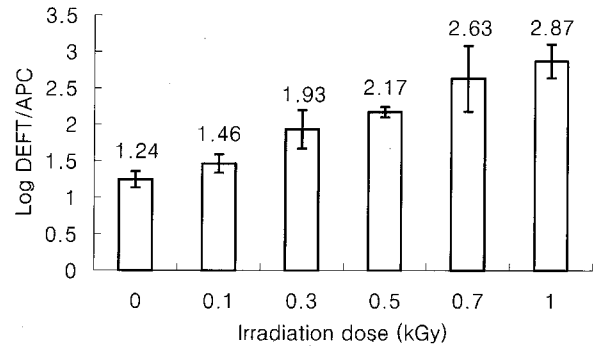


Fig. 4. The histogram of DEFT/APC ratio for wheat, unirradiated and irradiated with dose of 0.1 to 1.0 kGy.

또한 Boisen<sup>(17)</sup>은 log DEFT/APC가 4.0 이상이면 방사선 조사된 시료로 추정할 수 있다고 하였다. 본 연구의 시료는 곡류이고 감마선 조사 선량이 1.0 kGy 이하이기 때문에 비교적 낮은 logarithmic unit을 보였지만 0.5 kGy 이상 조사 시료에서 2.0 이상의 값을 보이기 때문에 비조사 시료 또는 0.3 kGy 이하 조사 시료와 구분이 가능하다고 할 수 있다. 찰쌀은 log DEFT/APC가 거의 2.0 이상의 값을 보이면 0.5 kGy 이상 조사된 것으로 추정할 수 있는 것으로 사료되었다.

한편, 쌀과 찰쌀의 감마선 조사 여부의 검지 연구논문<sup>(18)</sup>에서 0.5 kGy 이하의 저선량으로 조사된 경우 germination test로 확인 가능하다고 하였는데, 이 연구결과는 0.3 kGy 이상 조사된 시료는 감마선에 영향을 받아서 성장이 매우 저조하고 비조사 시료와 뚜렷한 유의적인 차이를 나타냈다고 하였다.

보리의 감마선 조사에 의한 log DEFT/APC의 변화양상은 그림 3에 제시되어 있다. 보리도 감마선 조사 선량이 증가할수록 log DEFT/APC가 증가하는 경향이였다. 0.5 kGy 조사 시료의 경우 log DEFT/APC가 2.0 이상의 값을 보여 비조사 시료와 구분이 가능하였다. 비조사 시료와 0.3 kGy 이하 조사 시료는 log DEFT/APC가 2.0 이하의 값을 보여 낮은 logarithmic unit 값을 나타냈다. 보리의 감마선 조사여부 및 선량정도의 확인은 log DEFT/APC가 2.0 이상의 값을 가지면 적어도 0.5 kGy 이상 조사된 것으로 추정할 수 있는 것으로 판단되었다.

밀의 감마선 조사에 의한 log DEFT/APC는 그림 4에 제시되어 있다. 감마선 조사선량이 증가할수록 log DEFT/APC가 점차 증가하는 경향을 보였다. 밀의 경우도 0.5 kGy 이상 조사시 log DEFT/APC가 2.0 이상의 값을 보여 2.0 이하의 값을 보인 비조사 시료와 0.3 kGy 이하 조사 시료와 구분되었다. 0.5 kGy 이상 조사시 logarithmic unit이 2.0 이상의 값을 가지고 생균의 수도 뚜렷하게 감소하여 감마선 조사여부의 판별이 용이한 것으로 사료되었다. 1.0 kGy 조사시료는 생균은 거의 사멸하고 총균의 수에는 조사선량에 상관없이 거의 변화를 보이지 않아서 log DEFT/APC가 3.0에 가까운 값을 나타냈다. Hammerton<sup>(19)</sup>은 향신료의 경우 5.0 kGy 이상 조사되면 log DEFT/APC가 4.0~7.0의 값을 보여 비조사 시료와 뚜렷한 구분이 가능하다고 하였고, Sjöberg 등<sup>(20)</sup>은 시료마다 다양한 logarithmic unit을 보이지만 일반적으로 향신

**Table 1. The logarithmic microbial counts of domestic grains, both unirradiated and irradiated from 0.1kGy to 1.0 kGy**

Irradiation dose (kGy) and logarithmic value	Grains				
		Rice	Glutinous rice	Barley	Wheat
0	DEFT	5.47	5.46	5.24	5.49
	APC	4.48	4.32	4.11	4.25
0.1	DEFT	5.47	5.45	5.25	5.49
	APC	4.26	4.09	3.75	4.03
0.3	DEFT	5.46	5.46	5.25	5.50
	APC	3.84	3.71	3.50	3.57
0.5	DEFT	5.47	5.48	5.26	5.51
	APC	3.47	3.56	3.25	3.34
0.7	DEFT	5.47	5.48	5.26	5.52
	APC	3.07	3.30	3.07	2.89
1.0	DEFT	5.48	5.48	5.27	5.53
	APC	2.99	3.00	2.95	2.66

료는 5.0~10 kGy 이상 조사시 log DEFT/APC가 2.5~4.0의 값을 나타낸다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서는 밀의 감마선 조사 여부 확인은 log DEFT/APC가 2.0 이상의 값을 가지면 적어도 0.5 kGy 이상 조사된 것으로 추정가능한 것으로 사료되었다.

일반적으로 식품은 위생처리되기 전에 g당  $10^5 \sim 10^8$ 의 균들을 내포하고 있는데 방사선 조사로 인해서  $10^4$  이하로 저하된다. 따라서 방사선 조사로 인해서 총균수에 대한 생균수의 log unit 값은 적어도 2.0 이상의 값을 가지게 되는 것이다. 또한 곡류의 초기 오염정도에 따라서 총균수와 생균수가 다를 수 있으므로 이에 대한 log DEFT/APC 값도 다양해 질 것으로 사료된다. 본 연구에서 제시한 2.0 이상의 log DEFT/APC 값은 절대적인 감마선 조사 여부의 기준이 될 수 없으므로 DEFT/APC 방법은 감마선 조사 식품의 1차 선별과정으로 사용해야 할 것으로 사료되었다.

본 연구에서 곡류의 초기 미생물의 수는 총균수가  $10^6$ 이고, 생균수가  $10^5$ 였다. 감마선 조사에 의해서 생균수가  $10^4$ 에서  $10^3$ 까지 감소되었고 log DEFT/APC는 0.3 kGy 또는 0.5 kGy 이상에서 2.0 이상의 값을 보였으므로 이의 기준으로 곡류의 감마선 조사 여부를 스크리닝 또는 판별하였다.

한편, 오 등<sup>(21)</sup>은 0.5 kGy 이하 저선량으로 조사된 밀과 보리의 감마선 조사 여부의 확인은 germination test로 확인할 수 있다고 하였는데, 0.3 kGy 이상 조사시료들은 감마선 조사에 의해서 뿌리와 순의 길이 성장정도가 유의적으로 감소하여 비조사 시료와 구분이 가능하였다고 보고하였다. 곡류의 감마선 조사 여부의 확인은 이러한 생물학적인 방법으로 비교적 정확하고 신속하게 검지할 수 있는 것으로 사료되었다.

## 결 론

곡류의 감마선 조사 여부를 확인하기 위해서 쌀, 찰쌀, 보리, 그리고 밀을 1.0 kGy 이하로 조사하고 DEFT/APC 방법으로 확인하였다. 모든 곡류에서 감마선 조사 선량이 증가할수록 log DEFT/APC 값이 증가하였는데 이는 총균수(DEFT)

에는 변함이 없으나 생균수(APC)가 감마선 조사 선량의 증가에 따라서 점차 감소하여 log DEFT/APC가 점차 증가하는 결과를 나타냈다. 쌀, 보리, 밀의 경우, 0.3 kGy 이하 조사시료 및 비조사 시료는 2.0 미만의 log DEFT/APC unit을 보였고, 0.5 kGy 이상 조사시료는 2.0 이상의 logarithmic unit 값을 보여 비조사 시료와 뚜렷한 차이를 보였다. 찰쌀은 0.5 kGy에서는 1.92 logarithmic unit을 보였고, 0.7 kGy 이상 조사시료에서 2.0 이상의 logarithmic unit 값을 보여 비조사 시료와 뚜렷한 차이를 보였다. 본 연구결과, DEFT/APC 방법으로 감마선 조사된 곡류를 비교적 용이하게 스크리닝 또는 검지할 수 있는 것으로 확인되었다. 국내산 곡류의 감마선 조사 여부의 판단은 log DEFT/APC의 값이 2.0 이상의 값을 보이면 적어도 0.5 kGy 이상 조사되었다고 추정할 수 있을 것으로 사료되었으며 DEFT/APC 방법은 식품의 감마선 조사 여부의 1차 선별 방법으로 매우 유용한 것을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 2001년도 과학기술부의 원자력 중장기 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Diehi, J.F. Potential and current applications of food irradiation. pp. 291-339. In: Safety of irradiated food. 2nd ed. Marcel Dekker Inc., New York (1995)
2. Schreiber, A., Helle, N. and Bögl, K.W. Detection of irradiated food methods and routine applications. Int. J. Radiat. Biol. 63: 105-130 (1993)
3. Loaharanu, P. Acceptance and trading on irradiated foods-international developments of food irradiation and consumer acceptance of irradiated food. Paper presented at the 4th CAFST Seminar, Korea Univ., Seoul (1998)
4. Loaharanu, P. Status and prospects of food irradiation. Food Technol. 48: 124-131 (1994)
5. Fairbairn, D.W., Olive, P.L. and O'Neill, K.L. The comet assay: a comprehensive review. Mutation Research 339: 37-59 (1995)

6. Betts, R.P., Farr, L., Bankes, P. and Stringer, M.F. The detection of irradiated foods using the direct epifluorescent filter technique. *J. Appl. Bacteriol.* 64: 329-335 (1998)
7. Oduko, J.M. and Spyrou, N.M. Thermoluminescence of irradiated foodstuffs. *Radiat. Phys. Chem.* 43: 533-544 (1994)
8. Raffi, J.J., Brilliardo, J.J. and Agnel, J.P. Application of ESR to identification of irradiated foodstuffs. *Appl. Magn. Reson.* 10: 357-373 (1996)
9. Delincée, H. Detection of food treated with ionizing radiation. *Trends in Food Sci. and Technol.* 9: 73-82 (1998)
10. Wirtanen, G. and Sjöberg, A.M., Boisen, F. and Alanko, T. Microbiological screening method for indication of irradiation of spices and herb: A BCR Collaborative Study. *J. AOAC International* 76: 674-681 (1993)
11. Wootton, M., Djojonegoro, H. and Driscoll, R. The effect of  $\gamma$ -irradiation on the quality of Australian rice. *J. Cereal Sci.* 7: 309-315 (1988)
12. Wilkinson, V.M. and Gould, G.W. Food irradiation-a reference guide. p. 14 Reed Educational and Professional Publishing Ltd., Oxford, UK (1996)
13. Byun, M.W. Application of irradiation technology to food industry. *Radioisotope News* 9: 32-37 (1994)
14. Wirtanen, G. and Sjöberg, A.M. A microbiological method (DEFT/APC) for the identification of irradiation of spices and seafood. pp. 25-34. In: Leonardi, M., Raffi, J.J. and Belliardo, J.J. BCR Information. Proceeding of the workshop on recent advances on detection of irradiated food. Luxembourg: Commission of the European Communities (1993)
15. Sjöberg AM, Wirtanen G., and Alanko T. Collaborative study of a microbiological screening method (DEFT/APC) for the identification of the irradiated spices. pp. 15-23. In: Leonardi, M., Raffi, J.J. and Belliardo, J.J. BCR Information. Proceeding of the workshop on recent advances on detection of irradiated food. Luxembourg: Commission of the European Communities (1993)
16. Hammerton, K.M. and Banos, C. Detection of irradiated spices with a microbiological method DEFT/APC method. pp. 392-396. In: Detection methods for Irradiated Foods: Current status. The Royal Society of Chemistry Cambridge, UK (1996)
17. Boisen, F. Detection of irradiated spices using a combined DEFT/APC method. pp. 49-54. In: Leonardi, M., Raffi, J.J. and Belliardo, J.J. BCR Information. Proceeding of the workshop on recent advances on detection of irradiated food. Commission of the European Communities Luxembourg, Belgium (1993)
18. Oh, K.N., Kim, K.E., Yang, J.S. Germination Properties of Rice and Glutinous Rice Exposed to Gamma Irradiation. *J. Food Hyg. Safe.* 16: 76-81 (2001)
19. Hammerton, K.M. Detection of irradiated spices by enumerating the microorganisms. pp. 77-80. In: Leonardi, M., Raffi, J.J., and Belliardo, J.J. BCR Information. Proceeding of the workshop on recent advances on detection of irradiated food. Commission of the European Communities Luxembourg, Belgium (1993)
20. Sjöberg A.M., Manninen, M., Pinnioja, S., Honkanen, E. and Latva-Kala, K. Irradiation of spices and its detection. *Food Reviews International* 7: 233-253 (1991)
21. Oh, K.N., Kim, K.E., Yang, J.S. Germination Properties of Wheat and Barley Exposed to Gamma Irradiation. *J. Food Hyg. Safe.* 16: 76-81 (2001)

---

(2002년 1월 24일 접수)