

## 식품에 대한 방사능 오염실태 조사

권기성 · 홍진환 · 한상배\* · 이은주 · 강길진 · 정형욱 · 박성규 · 장귀현  
안지승 · 김동술 · 김명철 · 김창민 · 정근호<sup>1</sup> · 이창우<sup>1</sup>

식품의약품안전청 식품평가부, <sup>1</sup>한국원자력연구소 원자력환경연구부

## Monitoring on Radioactivity in Foodstuffs

Kisung Kwon, Jin-Hwan Hong, Sang-Bae Han\*, Eun-Ju Lee, Kil-Jin Kang, Hyung-Wook Chung, Seong-Gyu Park, Gui-Hyun Jang, Ji-Seung An, Dong-Sul Kim, Myung Chul Kim, Chang Min Kim, Kun-Ho Chung<sup>1</sup>, and Chang Woo Lee<sup>1</sup>

Center for Food Standard Evaluation, Korea Food and Drug Administration

<sup>1</sup>Division of Nuclear Environment Research, Korea Atomic Energy Research Institute

Radioactivity in foodstuffs was surveyed for reference in amending regulation on the maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs. Most domestic and imported (?) foodstuffs were sampled, some domestic items collected around nuclear power plants to compare site-specific contamination. The collected samples were dried and ashed. Radioactivity in foodstuffs was measured using HPGe gamma spectrometer. Cs-137 activity ranged from 0.025-0.053, 0.045-0.500, 0.062-0.105, 0.025-1.151, 0.021-0.145 and 0.046-0.155 Bq/kg-fresh in cereals, pulses, root vegetables (potato), ginsengs, meat, and marine products, respectively, with imported dried ginseng showing the highest radioactivity. Results reveal radioactivity in foodstuffs collected in 2002 is far below the maximum permitted levels of 370 Bq/kg. No significant differences were observed in radioactivity among sampling sites and between domestic and imported foodstuffs.

**Key words:** radioactivity in foodstuffs, Cs-137, agricultural and marine products

## 서 론

방사성 핵종(Cs-134, Cs-137, I-131, Sr-90 등)은 원자력시설의 운용, 핵폭탄 실험, 원자력시설 사고 등으로 인해 환경으로 방출되며, 먹이사슬을 통해 인간으로 축적될 수 있다. 환경으로 방출된 인공 방사능물질에 의해 오염된 식품의 유통을 방지하기 위하여 세계 많은 나라에서는 규제치를 정하여 감시하고 있다(1,2). 영국의 경우는 MAFF(The ministry of agriculture, fisheries and food)에서 식품 중의 방사능 농도를 매년 감시하고 있다(3,4). 대한민국의 경우 원자력시설 주변의 농·축·수산물 중 방사능 물질의 오염에 대한 감시는 원자력시설관련법에 의해 원자력시설 사업자와 한국원자력안전기술원에서 해마다 수행하고 있다(5,6). 국민의 식생활에 관련된 식품 중 방사능 물질의 오염규제는 규제치를 식품공전에서 설정하여 관리하고 있다.

체르노빌 원전사고 후 세계 각국에서는 수출·입 식품에 대한 방사성 오염물질의 규제가 강화되고 있는 실정이다. 21세기

새로운 세계 무역질서를 만들 WTO 뉴라운드(도하 라운드)의 공식 출범과 중국의 WTO 가입 후 다자무역체제하에서, 수출·입 식품을 포함한 농·수산물에 대한 방사능오염규제가 국가적으로 필요한 시점이다. 특히 우리 나라는 현재 핵실험 국가인 중국으로부터 대부분의 식품(농·수산물 등)을 수입하고 있는 실정이고, 식품 중 방사능 잠정허용기준이 마련되어 있으나 현실성이 결여되어 있고, 국내산 식품뿐만 아니라 수입식품의 방사능 오염여부에 대한 검사가 미비한 실정이다. 그러나 제외국으로 수출하는 품목에 대해서는 수입하는 제외국의 요구에 따라 방사능 오염여부를 실시하여 그 결과를 함께 송부하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식품에 대한 방사능 오염의 기준 및 규격 설정을 위한 기초자료 생산을 목표로 1차적으로 2002년도에 유통 판매되고 있는 국내산 식품 및 수입식품 일부에 대한 방사능 오염실태를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 시료의 채취 및 전처리

조사 대상시료는 국민식생활에 근거하여 곡류(쌀, 밀), 두류(대두), 근채류(감자), 어패류(홍합, 반지락, 북방대합, 건오징어), 육류(쇠고기), 인삼류(수삼, 건삼, 인삼가루) 등으로 선정하였다. 이들 조사 대상 시료의 채취는 수확기 및 수입시기에 구분없

\*Corresponding author : Sang-Bae Han, Center for Food Standard Evaluation, Korea Food and Drug Administration 5, Nokbun-dong, Eunpyung-gu, Seoul 122-704, Korea  
Tel: 82-2-380-1666  
Fax: 82-2-382-4892  
E-mail: difco64@kfda.go.kr

**Table 1. Moisture and ash content in imported and domestic foodstuffs**

Foodstuffs	Origin country/Region	Moisture content (%)	Mean $\pm$ STD	Ash content (%)	Mean $\pm$ STD			
<b>Terrestrial vegetable</b>								
Cereals (Rice)	Thailand	11.3	12.2 $\pm$ 0.8	0.8	0.6 $\pm$ 0.1			
	S.Korea/Yeonggwang	/Gori		11.6		0.6		
		/Weolseong		12.8		0.5		
		/Uljin		13.0		0.5		
		USA		12.2		0.4		
	(Wheat)	S.Korea		8.8		9.2 $\pm$ 0.6	1.6	1.8 $\pm$ 0.2
		Russia		9.6			1.9	
	Pulses (Soybean)	China		9.2		8.7 $\pm$ 0.9	3.5	5.5 $\pm$ 1.2
		S.Korea/Yeonggwang		9.4			4.8	
		/Gori		9.8			6.3	
/Weolseong		8.4	6.1					
/Uljin		8.2	6.5					
Roots (Potato)	S.Korea/Yeonggwang	80.7	80.7 $\pm$ 2.3	12.3	11.9 $\pm$ 1.7			
	/Gori	80.6		11.1				
	/Weolseong	77.9		14.0				
	/Uljin	83.5		10.0				
	(Ginseng-dried)	China		18.9		18.9 $\pm$ 0.0	11.4	11.4 $\pm$ 0.0
	(Gingeng-flour)	S.Korea/Geumsan		9.2		7.5 $\pm$ 1.5	3.7	4.1 $\pm$ 0.3
		/Punggi		6.6			4.2	
		/Jinan		6.7			4.3	
	(Ginseng-fresh)	China		76.7		75.2 $\pm$ 11.5	5.8	7.6 $\pm$ 1.7
		S.Korea/Geumsan		87.2			8.6	
/Punggi		59.5	9.3					
/Jinan		77.4	6.6					
Animal Meats (Beef)	Australia	73.4	74.4 $\pm$ 3.1	3.7	3.2 $\pm$ 0.3			
	USA	78.2		3.0				
	S.Korea/Yeonggwang	/Gori		75.0		3.6		
		/Weolseong		76.1		3.1		
		/Uljin		69.0		2.8		
		/Uljin		74.6		3.1		
<b>Marine animal</b>								
Shellfishes (Mussel)	New Zealand	75.7	77.7 $\pm$ 2.8	8.7	8.6 $\pm$ 0.1			
	S.Korea	79.6		8.6				
(Shortnecked clam)	S.Korea/Yeonggwang	81.2	78.6 $\pm$ 3.5	9.2	12.1 $\pm$ 3.0			
	/Seosan	74.7		11.9				
	/Incheon	80.0		15.2				
(Clam)	N.Korea	78.1	78.1 $\pm$ 0.0	6.9	6.9 $\pm$ 0.0			
Fishes (Squid-dried)	S.Korea	44.7	44.7 $\pm$ 0.0	8.8	8.8 $\pm$ 0.0			

이 실시하였다. 쌀, 대두, 감자, 쇠고기의 경우에는 국내 원자력발전소 주변지역에서 구입하였으며, 수입식품의 경우는 서울 소재 경동시장 및 노량진시장에서 구입하였다. 그 외 국내생산 식품(수삼, 인삼가루, 홍합, 반지락)은 생산현지에서 구입하였다.

수분이 많은 시료(수삼, 근채류, 육류, 어패류)의 경우에는 열풍건조기에서 70°C로 2일간 건조한 후, 다시 105°C에서 1일간 건조하였다. 그 외의 시료(곡류, 두류)는 일반건조기에서 105°C로 1일간 건조하였다. 또한 이들 시료가 건조되면서 용기에 달라붙어 손실되거나 오염되는 것을 최소화하기 위하여 스테인레스스틸 철망 위에 여과지(No. 2)를 깔고 그 위에 시료를 넓게 펴서 건조하였으며, 어느 정도 건조될 때까지는 30분 간격으로 뒤집어주었다. 건조시료의 분쇄는 식물성 시료(곡류, 두

류, 근채류, 인삼류)의 경우는 cutting mill을, 동물성 시료(육류, 어패류)의 경우는 mixer를 이용하였다. 분쇄된 건조시료는 탄화 후 회화단계를 거치는 순으로 불꽃에 의한 시료의 손실이 없도록 최대한 회화하였다. 즉 회화 1단계는 유지온도 200°C에서 200분, 2단계는 300°C에서 300분, 3단계는 400°C에서 1,000분, 4단계는 450°C에서 3,000분 동안 실시하였으며, 유지온도까지의 상승 속도는 약 3°C/분이 되도록 설정하였다. 또한 Cs-137, I-131 등 일부 방사성 핵종은 회화온도에 따라 휘발됨으로써 회수율이 크게 달라지기 때문에 회화온도는 450°C를 넘지 않도록 하였다(7). 시료의 수분율은 시료 중 수분의 함량으로서 시료 건조 전후의 무게차이로부터, 회분율은 건조시료 중 회분(ash)의 함량으로서 회화 전후의 무게차이로부터 계산하였

다. 단, 준건조상태로 주로 유통되는 곡류와 두류는 시료 구입 당시의 준건조상태 무게를 fresh무게로 간주하였다.

**시료의 방사능 농도 측정**

시료의 준비 및 감마핵종분석은 문헌에 보고된 방법을 사용하였다(7,8). 회화된 시료는 막자사발에서 곱게 갈아서 사용하였다. 측정시료용기는 한국표준과학연구원서 제작한 실린더형 폴리프로필렌 비이커(높이 50.0 mm, 직경 50.0 mm, 두께 1.5 mm)를 사용하였다. 회화시료는 고정용 감마핵종 혼합용액 표준선원의 geometry와 일치하도록 측정용기에 최대한 다져 넣고 시료표면이 수평을 유지하도록 담아서 감마동위원소의 방사능 측정을 수행하였다. 시료의 측정시간은 방사능의 세기를 고려하여 측정당 87,000초로 하였다. 감마핵종분석기(Model: GEM20180-P, EG&G ORTEC, Oak Ridge Tennessee(TN), USA)는 HPGe 검출기, 고전압공급기, 증폭기, 다중과고분석기, 컴퓨터 및 주변기기로 구성되었다. 수직형의 HPGe 검출기는 상대효율이 30%이며 에너지 분해능(FWHM)은 Co-60 핵종에서 방출되는 1.33 MeV의 감마선 에너지에 대하여 1.85 keV이다. NIST에서 공급하는 Am-241(59.54 keV), Cd-109(88.03 keV), Co-57(122.06, 136.47 keV), Ce-139(165.85 keV), Cr-51(320.08 keV), Sr-85(513.99 keV), Cs-137(661.66 keV), Y-88(898.01, 1836.02 keV), Co-60(1173.24, 1332.50 keV) 등의 고정용 혼합용액 표준선원이 채워진 실린더형 비이커를 이용하여 감마핵종 분석기의 에너지 및 효율을 결정하였다. 측정된 스펙트럼은 EG&G ORTEC사의 GammaVision 프로그램을 이용하여 분석하였다.

**결과 및 고찰**

**식품시료의 수분율(water content) 및 회분율(ash content) 분석**

본 연구에 사용된 국내산 식품 및 수입식품 시료에 대한 수분율, 회분율 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 분석 대상시료 중 수삼, 근채류, 패류, 육류는 평균 74-81%의 수분율을 나타냈으며, 준건조상태로 주로 유통되는 곡류, 두류, 건삼, 인삼가루 등은 평균 7-19%의 낮은 수분율을 보여준다(Fig. 1). 한편 어류(건조징어)는 45%의 수분율을 보였다. 이처럼 수분율의 차이에 따른 시료 종류별 특성을 고려하여 시료 건조를 수행하였다. 특히 수분이 많은 시료의 경우에는 초기 고온에서 삶아지면서 서로 달라붙거나 튀는 것을 방지하기 위하여 열조건조기에서 70°C로 2일간 건조하는 전단계 건조과정을 추가하였다.

건조된 시료의 회분율은 곡류의 경우는 0.5-2%, 두류는 4-7%, 근채류(감자)는 10-14%, 육류는 3-4%, 어패류는 7-15%, 인삼류는 4-11%를 나타냈다. 곡류 및 근채류(감자)의 경우 회분(ash)의 색깔은 검은색(쌀), 진회색(밀), 회색(감자)을 나타낸 것으로 보아 450°C에서 완전한 회화가 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 두류, 인삼류, 어패류 및 육류는 상아색을 나타냈으며, 회화상태가 양호하였다.

**식품시료의 방사능 분석**

2002년도에 채취된 국내산 식품 및 수입식품 시료에 대한 방사능 분석결과를 Table 2에 나타내었다. 자연방사능 핵종 중 K-40이 검출되었고, 인공방사능 중 Cs-137만이 검출되었으며, 나머지 핵종은 모두 검출한계치(MDA) 이하였다. 검출한계치(MDA)는 문헌에 보고된 방식에 의해서 계산하였으며(6,7), 감마측정

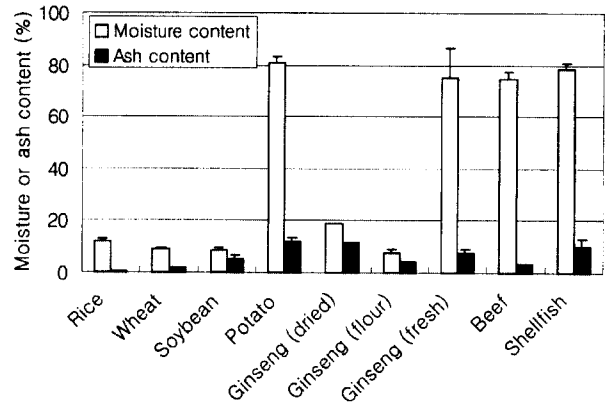


Fig. 1. Mean values of water and ash content in foodstuffs.

시 사용된 회분(ash)의 무게를 수분율과 회분율을 고려하여 환산한 건조 전 시료무게와 계측시간(87,000초), 그리고 Gamma-Vision 프로그램에서 분석된 Cs-137과 K-40 피크영역에서 계측 효율을 고려한 백그라운드 계측률(Cs-137: 0.027 Bq, K-40: 1.0 Bq) 등을 고려하였다. 예로서, 건조 전 시료무게 1 kg에 대한 Cs-137의 검출한계치는 0.027 Bq/kg이고, K-40은 1.0 Bq/kg이다. 계측에 사용된 건조 전 시료무게는 수분율과 회분율에 따라 차이가 있으므로 시료별 검출한계치는 서로 차이를 나타낼 수 있다.

본 조사 결과 인공방사능인 Cs-137의 방사능농도는 곡류의 경우는 0.025-0.053 Bq/kg-fresh, 두류는 0.045-0.500 Bq/kg-fresh, 근채류(감자)는 0.062-0.105 Bq/kg-fresh, 인삼류는 0.025-1.151 Bq/kg-fresh, 육류는 0.021-0.145 Bq/kg-fresh, 어패류는 0.046-0.155 Bq/kg-fresh의 범위를 나타냈다. 한편 쌀(영광, 고리), 밀(한국), 대두(울진) 등의 일부 시료에서는 MDA 이하의 농도가 나타났다. Fig. 2는 식품종류별 평균 방사능 농도준위를 보여준다.

곡류 중의 Cs-137 농도는 다른 식품시료에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타냈다. 식품 중 Cs-137의 농도는 2001년 조사된 국내 원자력발전소 주변 토양 중의 Cs-137 농도범위인 1.76-4.02 Bq/kg을 넘지 않았다. 울진지역에서 구입한 쌀 중의 Cs-137 농도는 2001년 조사된 울진 원자력발전소 주변지역 쌀 중의 Cs-137 농도인 0.013-0.014 Bq/kg-fresh와 큰 차이를 나타내지 않았다(5). 식품 중 자연방사능인 K-40의 농도범위는 22-812 Bq/kg을 나타냈으며, 원자력발전소 주변 토양 중의 K-40 농도범위인 558-807 Bq/kg을 크게 벗어나지 않았다(5). 국내 원자력발전소 주변에서 직접 구입한 쌀, 대두, 감자, 쇠고기 시료 중의 방사능 농도는 특이할 만한 지역적 차이를 나타내지 않았다. 중국산 인삼(건삼) 중의 Cs-137 및 K-40 농도가 다른 식품시료에 비해 가장 높게 나타났다.

본 조사 결과 국내에서 생산된 식품 중 Cs-137의 농도는 지역별로 큰 차이를 나타내지 않았고, 식품 중의 방사능 잠정허용기준치인 370 Bq/kg에 훨씬 못미치는 무시할 정도의 값으로 나타났으며, 자연방사능인 K-40 방사능 농도의 0.1% 미만인 수준을 나타냈다. 또한, 수입식품 중 2002년도에 채취된 시료인 쌀(태국산), 밀(미국산), 대두(러시아산), 쇠고기(호주산, 미국산), 수삼(중국산), 홍합(뉴질랜드산)의 경우도 국내산과 큰 차이를 나타내지 않았다. 조사항목 중 중국에서 수입된 인삼(건삼) 중의 방사능 농도가 상대적으로 높다는 것은 특이할 만한 사항이다. 영국의 MAFF 등 국제적으로 대부분의 나라에서 자국 내로 반입되는 식품에 대한 방사능 오염여부를 해마다 감시하

Table 2. Cs-137 and K-40 radioactivity concentrations in imported and domestic foodstuffs

Foodstuffs	Origin country/Region	Concentrations (Bq/kg-fresh $\pm 1\sigma$ )	
		Cs-137	K-40
Terrestrial vegetable			
Cereals (Rice)	Thailand	0.045 $\pm$ 0.014	44.8 $\pm$ 1.9
	S.Korea/Yeonggwang	<0.014	29.4 $\pm$ 1.4
	/Gori	<0.014	21.7 $\pm$ 1.1
	/Weolseong	0.040 $\pm$ 0.020	28.0 $\pm$ 1.4
	/Uljin	0.025 $\pm$ 0.014	29.5 $\pm$ 1.4
	(Wheat)	USA	0.053 $\pm$ 0.032
	S.Korea	<0.025	131.5 $\pm$ 5.3
Pulses (Soybean)	Russia	0.045 $\pm$ 0.032	392.6 $\pm$ 15.0
	China	0.500 $\pm$ 0.086	522.0 $\pm$ 20.4
	S.Korea/Yeonggwang	0.201 $\pm$ 0.097	630.8 $\pm$ 25.9
	/Gori	0.140 $\pm$ 0.078	603.1 $\pm$ 24.4
	/Weolseong	0.442 $\pm$ 0.078	625.5 $\pm$ 25.8
	/Uljin	<0.036	643.1 $\pm$ 24.6
Roots (Potato)	S.Korea/Yeonggwang	0.105 $\pm$ 0.043	282.0 $\pm$ 11.1
	/Gori	0.086 $\pm$ 0.045	322.6 $\pm$ 12.6
	/Weolseong	0.062 $\pm$ 0.046	461.9 $\pm$ 17.9
	/Uljin	0.056 $\pm$ 0.035	238.4 $\pm$ 9.4
(Ginseng-dried)	China	1.151 $\pm$ 0.232	812.2 $\pm$ 33.5
(Ginseng-flour)	S.Korea/Geumsan	0.313 $\pm$ 0.054	325.9 $\pm$ 12.9
	/Punggi	0.121 $\pm$ 0.062	417.3 $\pm$ 16.5
	/Jinan	0.185 $\pm$ 0.068	469.4 $\pm$ 18.4
(Ginseng-fresh)	China	0.296 $\pm$ 0.054	151.2 $\pm$ 6.4
	S.Korea/Geumsan	0.025 $\pm$ 0.014	126.2 $\pm$ 4.9
	/Punggi	0.083 $\pm$ 0.061	443.0 $\pm$ 17.4
	/Jinans	0.031 $\pm$ 0.027	181.2 $\pm$ 7.1
Animal			
Meats (Beef)	Australia	0.030 $\pm$ 0.022	114.7 $\pm$ 4.7
	USA	0.021 $\pm$ 0.019	75.6 $\pm$ 3.2
	S.Korea/Yeonggwang	0.120 $\pm$ 0.033	105.5 $\pm$ 4.4
	/Gori	0.145 $\pm$ 0.019	81.8 $\pm$ 3.3
	/Weolseong	0.122 $\pm$ 0.039	111.4 $\pm$ 4.8
	/Uljin	0.100 $\pm$ 0.031	89.8 $\pm$ 3.9
Marine animal			
Shellfishes (Mussel)	New Zealand	0.076 $\pm$ 0.053	52.8 $\pm$ 3.2
		0.068 $\pm$ 0.047	56.0 $\pm$ 3.3
(Shortnecked clam)	S.Korea/Yeonggwang	0.106 $\pm$ 0.032	93.9 $\pm$ 4.1
	/Seosan	0.086 $\pm$ 0.030	118.7 $\pm$ 5.0
	/Incheon	0.050 $\pm$ 0.033	89.5 $\pm$ 3.9
(Clam)	N.Korea	0.046 $\pm$ 0.018	107.8 $\pm$ 4.3
Fishes (Squid-dried)	S.Korea	0.155 $\pm$ 0.063	292.0 $\pm$ 11.9

<less than MDA (minimum detectable activity) level.

여 보고서를 발간하고 있는 실정이므로, 우리 나라도 수입식품 중의 방사능 오염조사와 관련하여 심도 깊은 조사연구가 필요한 시점이다.

## 요 약

본 연구는 국내에서 생산된 식품과 수입식품에 대한 방사능 오염실태를 조사하고 그 결과를 바탕으로 식품에 대한 방사능 오염의 기준 및 규격 설정을 위한 기초자료 생산을 목표로 수

행되었다. 조사 대상시료는 국민식생활에 근거하여 곡류, 두류, 근채류, 인삼류, 어패류, 육류 등으로 선정하였다. 국내 생산된 식품 중에서 쌀, 대두, 감자, 쇠고기의 경우는 지역별 오염실태 차이를 파악하기 위해 국내 원자력발전소 주변지역에서 시료를 구입하였다. 모든 시료는 건조하여 회화시킨 후 사용하였으며, 방사능 농도는 감마핵종분석기를 이용하여 측정하였다. 인공방사능인 Cs-137의 방사능농도는 곡류의 경우는 0.025-0.053 Bq/kg-fresh, 두류는 0.045-0.500 Bq/kg-fresh, 근채류(감자)는

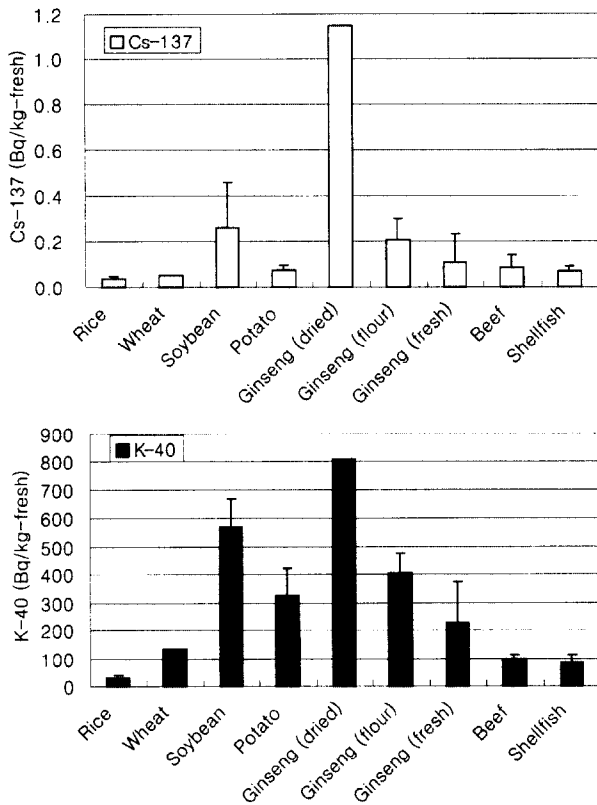


Fig. 2. Mean values of radioactivity concentration in foodstuffs.

0.062-0.105 Bq/kg-fresh, 인삼류는 0.025-1.151 Bq/kg-fresh, 육류(쇠고기)는 0.021-0.145 Bq/kg-fresh, 어패류는 0.046-0.155 Bq/kg-fresh의 범위를 나타냈으며, 다. 본 조사 결과 2002년도에 채취된 국내에서 생산된 식품 중 Cs-137의 농도는 지역별로 큰 차

이를 나타내지 않았으며, 식품 중의 방사능 잠정허용기준치인 370 Bq/kg에 훨씬 못 미치는 무시할 정도의 값으로 나타났다. 또한, 수입식품 중 2002년도에 채취된 시료인 쌀(태국산), 밀(미국산), 대두(러시아산), 홍합(뉴질랜드산), 수삼(중국산), 쇠고기(호주산, 미국산)의 경우도 국내산과 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 조사항목 중 중국에서 수입된 인삼(건삼) 중의 방사능 농도가 다른 식품시료에 비해 상대적으로 높다는 것은 특이할 만한 사항이다.

## 문 헌

- Gomaa MA, Abdel-fattah AT, Essa MW, El-Shinawy RMK. Radioactivity in foodstuffs in Egypt. Appl. Radiat. Isot. 46: 607-608 (1995)
- Gallelli G, Panatto D, Perdeli F, Pellegrino, C. Long-term decline of radiocesium concentration in seafood from the Ligurian Sea (Northern Italy) after Chernobyl. Sci. Total Environ. 196: 163-170 (1997)
- Carpenter RC, Sanders TW, Vernon LM, Toole J, Morrison RT, Alderson SP. The determination of low levels of radiocesium and radioruthenium in foodstuffs. Sci. Total Environ. 173/174: 169-178 (1995)
- Sanchez AL, Horrill AD, Singleton DL, Leonard DRP. Radionuclides around nuclear sites in England and Wales. Sci. Total Environ. 181: 51-63 (1996)
- KINS. Environmental Radiation Monitoring around the Nuclear Facilities. Korea Institute of Nuclear Safety, Daejeon, Korea (2001)
- KAERI. Environmental radiation monitoring around the nuclear facilities. Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon, Korea (2001)
- USDE. EML Procedure Manual. HASL-300, US Dept. of Energy. MD, USA (1988)
- IAEA. A Guidebook: Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. Technical Reports Series No. 295, IAEA, Vienna, Austria (1989)

(2003년 10월 7일 접수; 2003년 12월 6일 채택)