Journal of Radiation Industry 13(2) : 141~145(2019)

수입산 가공식품 중 ^{90}Sr 분석을 통한 국내 식품 안전관리에 대한 고찰

오세희[1] · 정원선[1] · 정운관[1,*] · 신지윤[2] · 김현수[3] · 곽종길[2,4]

[1]조선대학교 공과대학 원자력공학과, [2]광주보건대학교 방사선과,
[3]신구대학교 방사선과

A Study on the Safety Management of Imported Foods in Korea through the Analysis of ^{90}Sr

Se-Hee Oh[1], Won-Sun Jung[1], Won-Kwan Chung[1,*], Ji-Yun Shin[2], Hyun-Soo Kim[3] and Jong-Gil Kwak[2,4]

[1]*Nuclear Engineering, Chosun University, 309, Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 61452, Republic of Korea*
[2]*Department of Radiological Technology, Gwangju Health University, 73, Bungmun-daero 419 beon-gil, Gwangsan-gu, Gwangju 62271, Republic of Korea*
[3]*Department of Radiological Technology, Shingu University, 377, Gwangmyeong-ro, Jungwon-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do 13174, Republic of Korea*
[4]*Comprehensive Medical Examination Center, KS Hospital, 220, Wangbeodeul-ro, Gwangsan-gu, Gwangju 62248, Republic of Korea*

Abstract - This study assumed the setting of criteria for ^{90}Sr in food and, to provide evidence to prove its validity, ^{90}Sr was analyzed using a liquid scintillator and, based on the analysis results, the annual exposure dose was assessed by age by applying dose-exchange coefficient and intake. Considering the results of the ^{90}Sr analysis and the annual exposure dose evaluated based on it, both of the foods were safe to levels below the standard level and the annual dose limit for the general population. In the United States, however, one of the reasons for setting the standard for ^{90}Sr was because one of the main contributors to exposure from ingestion was ^{90}Sr, and in fact, trace amounts of ^{90}Sr were detected. It is also believed that Korea needs to consider the impact of ^{90}Sr since CODEX also discussed the addition of regulations on beta-nuclides.

Key words : Food radioactivity, Strontium, Carbonate precipitation method

서 론

우리나라 식품 중 방사능 안전관리는 2011년 일본 원전사고 및 이후 일본 원전 오염수 유출 논란에 대한 국민 불안해소를 위하여 국내 생산·유통 식품에 대한 방사능 안전관리를 강화하는 방향으로 추진하고 있다. 식품 중 방사능 안전

* Corresponding author: Woon-Kwan Chung, Tel. +82-62-230-7166, Fax. +82-62-232-9218, E-mail. wkchung@chosun.ac.kr

성 조사·검사는 생산단계와 유통단계로 나누어 각 기관별로 총 150개 품목을 중점관리하고 있다. 검사기관에서 방사능 검사는「식품의 기준 및 규격」제9.7.2 방사능에 명시된 시험법에 따라 시험검사하고 분석 결과값을 기록 및 적부 판정하는 순서로 진행된다(식품의약품안전처 2019). 검사방법은 방사능요오드와 세슘에 대해서 신속검사법(1,800초)을 우선 적용하여 검사하고, 방사능이 검출되는 경우 10,000초 확인 검사를 실시하는 절차를 거친다(식품의약품안전처 2019) (Table 1). 그러나 유럽 및 미국에서는 감마핵종방사능이 일정 이상이면 ^{90}Sr 등 베타방출핵종에 대한 분석을 병행하고 있으며 그에 대한 기준 역시 설정되어 있고 국제식품규격위원회(CODEX)에서도 식품 중 방사능 규제핵종을 추가하려는 추세이다. 이에 맞춰 우리나라도 유럽 및 미국 수준의 식품 중 방사능 오염관리가 필요한 시점이다(IOP Publishing 2011).

따라서 본 연구는 수입산 가공식품 중 ^{90}Sr 분석을 통해서 우리나라 '식품 중 방사능 기준'의 핵종 선정의 적절성을 검토하고 분석 결과를 적용하여 선량평가를 수행하였다.

Table 1. Radioactivity standards among food in Korea

Nuclear type	Target food	Standard ($Bq \cdot kg^{-1}$)
^{131}I	Infant foods, Follow-up foods, Cereal foods for infants and young children, Other foods for infants and young children, Other foods for special purposes for infants and young children	100
	Milk and milk products	100
	Other foods*	300
^{134}Cs + ^{137}Cs	All foods	370

Table 2. Analysis food sample

Food	Sample	Nation
Cheese	Cheese A	Germany
	Cheese B	Australia
	Cheese C	New Zealand
Dry milk	Dry milk A	Germany
	Dry milk B	France
	Dry milk C	New Zealand
Yogurt	Yogurt A	Germany
	Yogurt B	The United States
	Yogurt C	Greece
Water	Water A	France
	Water B	Fiji
	Water C	Italy
Beverage	Beverage A	Germany
	Beverage B	The United States
	Beverage C	France
Alcoholic drink	Alcoholic drink A	China
	Alcoholic drink B	Germany
	Alcoholic drink C	Island
Chocolate	Chocolate A	Italy
	Chocolate B	Switzerland
	Chocolate C	Turkey

재료 및 방법

1. 시료 선정

실험 대상 시료는 수입산 치즈, 분유, 요거트 각 3종류로 수입산 유제품 9가지, 생수, 음료, 주류 각 3종류로 수입산 액상식품 9가지 및 수입산 초콜릿 3가지로 총 21가지가 선정하였다. 본 실험의 시료선정 시 첫째 우리나라에서 가장 많이 수입하는 제품, 둘째 각각 원산지가 다른 제품, 셋째 전처리가 용이한 제품을 순서대로 우선 순위로 하여 선정하였다

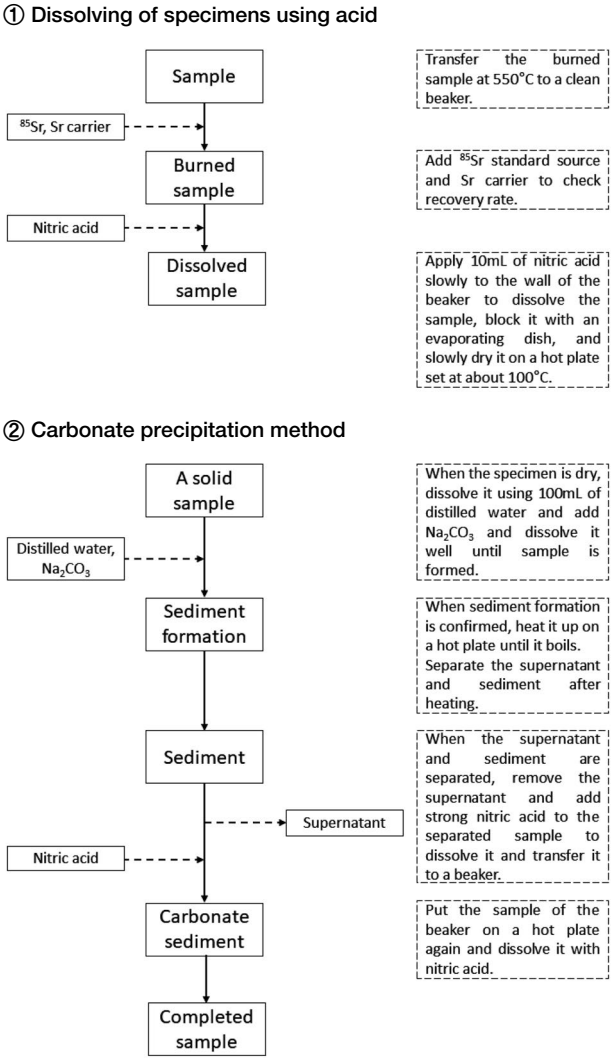

Fig. 1. Carbonate precipitation method.

(농림축산식품부 2018).

각 시료를 같은 종류로 통일하여 선정함으로써 전처리 과정에서 발생할 수 있는 계측 오차의 영향을 줄여 원산지에 따른 차이를 더 분명하게 나타내었다(Table 2).

2. 실험 방법

액체섬광계수기를 이용한 ^{90}Sr 분석은 탄산염침전법을 참고하여 진행하였다. 본 실험에서는 탄산염침전법만을 사용하였다. 유제품의 경우 Calcium (Ca)이 가장 많이 함유되어 있어 수산화염침전법을 적용하는 것이 적합한 것으로 보여졌으나, 수산화염침전법을 사용했을 때의 Calcium 제거율이 낮아 Calcium 제거 목적으로 수산화염침전법을 사용하기에 적절하지 않다고 판단하였다. 따라서 유제품 역시 탄산염침전법을 선정하였다. 이 분석법은 회화 단계, 탄산염침전생성 및 분리 단계를 거쳐 완성된 시료를 액체섬광계수기로 계측하는 절차로 진행하였다. 계측값은 다음 식을 이용하여 방사능 단위로 환산하였다(식품의약품안전처 2016) (Eq. 1) (Fig. 1).

$$\text{Activity}\,[\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}] = \frac{r_{Net}}{\eta \times m \times R} \quad (1)$$

r_{Net}: Measurement value [cps]

η: Efficiency

m: Sample weight [kg]

R: Recovery rate

결 과

1. 식품 중 ^{90}Sr 분석 결과

식품 중 ^{90}Sr 분석 결과를 식품별과 원산지별로 나누어 Table 3의 국외 식품 중 ^{90}Sr 기준과 비교해 보았다. ^{90}Sr의 기준은 CODEX의 경우 모든 식품에서 100 Bq·kg^{-1}이었으며 미국은 모든 식품에 대해 160 Bq·kg^{-1}, 유럽연합(EU)은 유제품과 액상식품이 125 Bq·kg^{-1}, 영유아용식품과 기타식품이 75 Bq·kg^{-1}으로 설정되어 있다(US FDA 2002; Ferdous *et al*. 2010; CODEX 2015; WTO 2018) (Table 3).

식품별 ^{90}Sr 분석 결과로 볼 때 비교적 높은 값을 보인 유제품군은 ^{90}Sr의 비방사능이 5.29±0.06~9.92±0.07 Bq·kg^{-1}의 범위로 평균 약 6.92±0.06 Bq·kg^{-1}의 값을 보였다. 액상식품은 1.59±0.03~3.19±0.04 Bq·kg^{-1} 범위로 평균 약 7.66±0.04 Bq·kg^{-1}의 결과로 유제품보다 낮은 값을 나타내었다. 기타식품은 3.94±0.05~5.07±0.05 Bq·kg^{-1}의 수준으로 평균 약 4.65±0.05 Bq·kg^{-1}이었다. 모든 식품군에서 기준치에 미치지 못하는 값을 보였으며 가장 높은 결과를 보인 분유가 CODEX 기준의 약 9.92%, 미국 기준의 약 6.20% (EU 기준의 약 13.23% 정도로 매우 낮은 수준임을 알 수 있었다 (Table 4).

Table 5는 원산지별 식품 중 ^{90}Sr 분석 결과를 나타내고 있

Table 3. ^{90}Sr standards among foods outside the country

Country	Food	Standard (Bq·kg^{-1})
International Food Standards Committee (CODEX)	Dairy product	100
	Infant food	100
	Liquid food	100
	Other food	100
The United States	Dairy product	160
	Infant food	160
	Liquid food	160
	Other food	160
The European Union (EU)	Dairy product	125
	Infant food	75
	Liquid food	125
	Other food	75

Table 4. Analysis result of ^{90}Sr by food

Food group	Food	Activity (Bq·kg^{-1})	MDA
Dairy product	Cheese	5.54±0.05	0.10
	Dry milk	9.92±0.07	0.10
	Yogurt	5.29±0.06	0.06
	Average	6.92±0.06	
Liquid food	Water	1.59±0.03	0.03
	Beverage	2.88±0.04	0.05
	Alcoholic drink	3.19±0.04	0.05
	Average	7.66±0.04	
Other food	Chocolate	4.65±0.05	0.06

Table 5. Analysis results of ^{90}Sr by country of origin

Food group	Nation	Activity (Bq·kg^{-1})	MDA
Dairy product	Germany	6.69±0.06	0.08
	Australia	5.19±0.05	0.09
	New Zealand	8.83±0.07	0.11
	France	7.35±0.06	0.08
	The United States	3.98±0.05	0.07
	Greece	8.00±0.07	0.10
Liquid food	France	1.26±0.03	0.03
	Fiji	2.46±0.04	0.04
	Italy	1.06±0.02	0.03
	Germany	5.05±0.05	0.07
	The United States	2.77±0.04	0.05
	China	2.43±0.04	0.05
	Island	1.66±0.03	0.04
Other food	Italy	5.07±0.05	0.08
	Switzerland	4.94±0.05	0.06
	Turkey	3.94±0.05	0.05

Table 6. Annual exposure dose assessment result by food

Food	Age					
	Infant	1 year	5 years	10 years	15 years	Adult
Cheese	–	1.90×10^{-3}	6.01×10^{-4}	4.92×10^{-4}	1.17×10^{-3}	1.80×10^{-4}
Dry milk	2.89×10^{-2}	–	–	–	–	–
Yogurt	–	1.72×10^{-3}	2.90×10^{-3}	5.88×10^{-3}	4.39×10^{-3}	4.96×10^{-4}
Water	1.7×10^{-2}	5.5×10^{-3}	3.5×10^{-3}	4.5×10^{-3}	6.04×10^{-3}	2.26×10^{-3}
Beverage	–	1.24×10^{-4}	1.19×10^{-3}	5.35×10^{-3}	1.75×10^{-2}	2.61×10^{-3}
Alcoholic drink	–	–	–	–	–	5.43×10^{-3}
Chocolate	–	4.18×10^{-4}	3.47×10^{-4}	5.64×10^{-4}	5.47×10^{-4}	1.59×10^{-4}

The unit is the number of mSv.

다. 각각의 식품군에서 유제품은 미국산 식품에서, 액상식품은 이탈리아산 식품에서, 기타식품은 터키산 식품에서 가장 낮은 값이 산출되었다. 유제품과 기타식품군에서는 가장 낮은 값과 가장 높은 값의 차이가 약 2배 정도였으나 액상식품군의 경우 약 5배 정도 차이가 났다. 이것은 독일산 액상식품이 액상식품군에서 유독 높은 값을 보였음을 알 수 있는 결과였다. 액상식품군과 기타식품군에서 가장 높은 값을 보인 것은 각각 독일산 식품과 이탈리아산 식품이었는데 두 식품의 결과가 약 $5\pm0.05\,Bq\cdot kg^{-1}$ 정도로 비슷한 결과를 보였다. 모든 원산지 중 가장 높은 값을 보인 것은 뉴질랜드산 유제품이었는데 이는 다른 원산지 식품과의 비방사능과 크게는 약 8배 정도 차이가 나는 것으로 나타났으나, 가장 낮은 기준치인 EU의 기준치 대비 약 6.67%로 안전한 수준임을 알 수 있었다(Table 5).

2. 식품 중 ^{90}Sr 내부피폭선량평가 결과

Table 6은 식품별 ^{90}Sr에 의한 연간 피폭선량평가 결과를 연령별로 나타내고 있다. 본 연구에서는 식품 중 ^{90}Sr 분석 결과에 국제방사선방호위원회(ICRP) 72 권고에 제시된 섭취에 의한 연령별(일반인) 환산계수와 식품별 연간 섭취량을 적용하여 선량평가를 진행하였다(ICRP 1995; Desideri 2019). 연간 피폭선량평가 결과는 유아의 경우 분유와 생수만을 평가하였으며 주류는 성인을 제외한 연령대에서는 평가 항목에서 제외하였다.

연간 피폭선량평가 결과는 유아를 제외할 경우 15세에서 가장 높은 수준을 보였으며 이 결과는 특히 음료식품에서 두드러지게 나타났다. 15세의 음료식품 섭취 시 연간 피폭선량은 1.75×10^{-2} mSv로 일반인 연간선량한도 대비 약 1.75%로 나타났다. 모든 연령대에서 가장 높은 연간 피폭선량을 보인 유아의 분유 섭취 시 연간 피폭선량의 경우 일반인 연간선량한도 대비 약 2.89% 수준이었다. 이는 모든 연령대의 식품섭취 시 ^{90}Sr으로 인한 연간 피폭선량이 일반인 연간선량한도 대비 약 2.89% 이하인 것으로 나타났다(Table 6).

고 찰

본 연구는 식품 중 ^{90}Sr에 대한 기준 설정을 가정해 보았고 그에 대한 타당성을 증명할 논거를 제시하기 위해 LSC를 이용해 수입산 식품 총 21가지 식품 중 ^{90}Sr을 분석하고 분석 결과를 바탕으로 선량환산계수와 섭취량을 적용하여 연령별로 연간 피폭선량을 평가하였다. 유제품군은 ^{90}Sr의 비방사능이 $6.92\pm0.06\,Bq\cdot kg^{-1}$, 액상식품은 약 $7.66\pm0.04\,Bq\cdot kg^{-1}$, 기타식품은 약 $4.65\pm0.05\,Bq\cdot kg^{-1}$으로 모든 식품군에서 기준치에 미치지 못하는 값을 보였다. 원산지별 ^{90}Sr 비방사능은 뉴질랜드산 유제품이 $8.83\pm0.07\,Bq\cdot kg^{-1}$으로 가장 높게 나타났으며 이는 가장 낮은 기준치인 EU 기준치의 약 6.67%로 나타났다. 식품 중 ^{90}Sr 내부피폭선량평가 결과 식품별로 구분한 결과는 가장 높은 값을 보인 것이 유아의 분유 섭취 시 연간 피폭선량으로 2.89×10^{-2} mSv이었으며 일반인 연간선량한도 대비 약 2.89% 수준이었다. 원산지별 연간 피폭선량 결과는 1세에서 뉴질랜드산 유제품이 1.48×10^{-1} mSv로 가장 높았고 이는 일반인 연간선량한도 대비 14.8% 수준이었다.

본 연구는 식품군에 따라 전처리 과정을 조금씩 달리하였기 때문에 이것에 의한 오차가 발생할 수 있다. 또한 우리나라에서 가장 많이 수입되는 가공식품을 대상 시료로 선정하였기 때문에 실제 수입산 가공식품에 의한 평균 내부피폭선량은 더 낮을 것으로 보인다.

결 론

식품 중 ^{90}Sr 분석 결과와 그를 바탕으로 평가한 연간 피폭선량의 결과를 종합해볼 때 모두 기준치와 일반인 연간선량한도에 미치지 못하는 수준으로 안전하다는 것을 알 수 있었다. 하지만 미국의 경우 ^{90}Sr의 기준을 설정한 이유 중 하나가 섭취를 통한 피폭의 주요 기여자 중 하나가 ^{90}Sr이기 때문이었고 실제로 미량이나마 ^{90}Sr이 검출이 되었다. 또한 CODEX에서도 베타핵종에 대한 규제치 추가를 위한 논의

를 한 것으로 보아 우리나라도 ^{90}Sr에 대한 영향을 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20184030202180).

참 고 문 헌

농림축산식품부. 한국농수산식품유통공사. 2018. 2018 식품통계(국내편).

식품의약품안전처. 2016. 긴급대응에 필요한 식품 중 방사능 표준시험법 및 품질관리기준 확립.

식품의약품안전처. 2019. 식품공전.

식품의약품안전처. 2019. 식품안전관리지침.

CODEX Alimentarius Commission. 2015. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed.

Desideri D, Battisti P, Giardina I, Roselli C, Feduzi L, Gorietti D and Meli MA. 2019. Assessment of radioactivity in Italian baby food. *Food Chem*. **279**:408-415.

Ferdous MJ, Begum A and Islam MA. 2010. Radioactivity test in imported and exportable food samples during the period 2000~2010. *ACGC Chem. Res. Commun*. **24**:31-34.

ICRP. 1995. Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides-Part 5 C-ompilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. ICRP Publication 72. Pergamon Press, Oxford.

IOP Publishing. 2011. Radioactivity in food and the environment. *J. Radiol-Ogical Prot*. **33**(2):485.

US FDA. 2002. Toxic elements in food and foodware and radionuclides in food Import and domestic, Food and Drug Administration Compliance Program Guidance Manual.

World Trade Organization (WTO). 2018. Korea-Import Bans, and Testing and Certification Requirements for Radionuclides.

Received: 1 June 2019
Revised: 18 June 2019
Revision accepted: 22 June 2019