

장과류의 방사능 안전성 평가

김지은* · 김대환 · 이성남 · 문수경 · 박용배 · 윤미혜

경기도보건환경연구원 농수산물안전성검사소

Evaluation of Artificial Radionuclides in Berries

Ji-eun Kim*, Dae-hwan Kim, Sung-nam Lee, Su-kyong Moon, Yong-bae Park, Mi-Hye Yoon

Agro-fishery Products Safety Inspection Center, GyeongGi Province Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

(Received August 19, 2019/Revised September 18, 2019/Accepted February 4, 2020)

ABSTRACT - To ensure food safety of berries from radioactive contamination, radioactivity monitoring was conducted with a total 258 samples of the berries and processed berry products distributed in Gyeonggi-do, South Korea, from 2016 to 2018. The concentration of artificial radionuclides, ^{131}I , ^{134}Cs and ^{137}Cs , was analyzed using gamma-ray spectrometry. ^{131}I and ^{134}Cs were not detected above the MDA (Minimum Detectable Activity) value from any of the samples. However, the range of radioactivity concentration of ^{137}Cs was 0.69-808.90 Bq/kg in 39 cases of berries. ^{137}Cs was detected at 0.70-3.29 Bq/kg from 6 cases of domestic berries, which were manufactured from imported raw materials. Among 33 cases of imported berries, ^{137}Cs was detected at 0.69-808.90 Bq/kg. The concentrations of ^{137}Cs in 1 case of blueberry powder product (808.90 Bq/kg) and 2 cases of lingonberry powder products (103.93, 188.46 Bq/kg) exceed domestic maximum radioactivity limits, and these were detected in the berries from Poland. These results suggest that monitoring system for imported berries and processed berry products should be continuously intensified to secure food safety.

Key words : Radioactivity, Cesium, Berries, Blueberry

2011년 3월 발생한 일본 후쿠시마 원자력 발전소 사고는 국제 원자력 사고 등급(International Nuclear Event Scale, INES) 최고단계인 7등급 사고이다. 1986년에 발생한 체르노빌 원전 사고와 같은 등급이지만 방사성물질 유출이 계속 진행 중에 있다는 점에서 심각성을 더하고 있다¹⁾.

2018년 7월 기준 국가별 원전 보유 현황을 살펴보면 미국에서 운전 중인 원전 수가 99개로 가장 많고, 프랑스는 58개, 일본이 42개, 중국이 41개이다²⁾. 우리나라는 24개 원전을 운전 중이며, 서해를 사이에 두고 원전 수를 지속적으로 늘리고 있는 중국과 원전 사고국인 일본과도 인접하고 있어 국내외 식품 방사능에 대한 국민들의 불안감이 높다³⁾.

방사성 물질은 자연 방사성 물질과 인공 방사성 물질로 구분할 수 있다. 대표적인 자연 방사성 물질에는 우라늄(^{235}U)과 라돈(^{222}Rn), 칼륨(^{40}K) 등이 있으며, 특히 ^{40}K 은 거의 모든 식품에 존재할 뿐만 아니라 인체 내에도 존재한다^{4,5)}. ^{40}K 은 모든 생물에 필수적으로 존재하지만 그 양은

가공하는 정도와 생산되는 환경에 따라 차이가 있으며, 체내에서 붕괴되어 방출하는 베타와 감마선은 다른 방사성 핵종과 마찬가지로 인체에 동일한 영향을 미친다고 알려져 있다⁶⁾. 대표적 인공 방사성 물질에는 스트론튬(^{90}Sr), 플루토늄(^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu), 요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등이 있다. 인공 방사성 물질은 핵폭탄 실험, 원자력 시설 사고 등으로 발생되며 대기 중에 방출되어 낙진을 통해 환경에 오염된다. 자연중 방사성 물질들은 동식물에 축적된 후 음식물 섭취를 통해 인체에 내부피폭을 발생시킨다. 특히 세슘은 자연에 존재하는 칼륨과 유사한 성질을 가지므로 토양이 오염되어 있을 때 식물이 세슘을 잘 흡수 한다^{1,7)}. 세슘의 방사성 동위원소인 ^{134}Cs 과 ^{137}Cs 은 반감기가 각각 2.1년, 30년으로 대부분 피하지방이나 근육에 저장되어 DNA의 변화를 일으키는 등 만성적으로 건강에 악영향을 미친다. ^{131}I 는 반감기가 8일로 짧지만 인체에 노출 될 경우 갑상선에 축적되어 암을 유발할 수 있다⁸⁻¹⁰⁾.

우리나라는 식품의약품안전처가 제정한 식품공전에서 ^{131}I 와 $^{134+137}\text{Cs}$ 에 대한 기준을 적용하여 규제하고 있다. ^{131}I 는 영유아용 식품, 유 및 유 가공품, 아이스크림류에서 100 Bq/kg 이하, 그 외 기타식품에 대해서는 300 Bq/kg 이하

*Correspondence to: Ji-Eun Kim, Agro-fishery products safety inspection center, GyeongGi Province Institute of Health and Environment, Suwon 16205, Korea
Tel: +82-31-290-6681 Fax: +82-31-406-4602
E-mail: smilejeun22@gg.go.kr

로 규제하고 있다. 방사성 세슘($^{134+137}\text{Cs}$)은 모든 식품을 대상으로 370 Bq/kg 이하로 규제하였으나, 2011년 일본 후쿠시마 원전사고 이후 100 Bq/kg 이하로 임시강화 기준을 재설정하여 관리하고 있다^{9,11}.

현재 우리나라 방사성 세슘에 대한 기준은 국제식품규격위원회(CODEX)의 1,000 Bq/kg, 미국 1,200 Bq/kg 및 EU 500 Bq/kg 기준과 비교하였을 때 매우 엄격하게 적용되고 있다^{12,13}. 그러나 2017년 프랑스에서 수입한 블루베리 푸레 등 장과류 가공식품에서 방사성 세슘이 123-203 Bq/kg으로 국내 기준을 초과하여 검출되었고¹⁴, 국내에서 유통 중인 독일 등 유럽산 블루베리 잼에서 방사성 세슘이 검출되었다고 보고되었다¹².

장과류는 작은 열매가 많이 모여 하나의 과실 형태를 유지하는 취과이며 *Vaccinium* 속(cranberry, blueberry)과 *Rubus* 속(raspberry, blackberry) 등 분류학상 다양한 식물군을 이루고 있다. 페놀성 화합물인 안토시아닌이 풍부하여 항산화 효과가 뛰어나고, 항암과 항염증, 항당뇨 효과 등 질병예방에 긍정적인 효과를 나타내어 다양한 가공제품 연구가 활발히 진행되고 있는 등 국내에서도 소비가 늘고 있는 식품이다¹⁵⁻¹⁷.

그러나 국내 뿐 아니라 해외 연구결과에도 체르노빌 원전사고로 인한 방사성 물질 오염으로 블루베리, 링곤베리, 빌베리 등 장과류에서 방사성 물질이 검출되었다는 보고가 있지만, 몇 가지 사례를 제외하고는 국내 장과류에 대한 전반적인 오염조사 자료는 부족한 실정이다^{18,19}. 따라서 본 연구를 통해 경기도 내 유통되고 있는 장과류 및 장과류 가공식품 전반에 대한 방사성 물질 오염도를 평가하여 식품 안전 정책의 기초자료로 제공하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

본 연구에서는 식품공전 식품원료 분류상 과일류 중 장과류로 분류된 품목과, 장과류를 원료로한 가공식품을 대상으로 선정하였다²⁰. 2016년부터 2018년까지 경기도 내 대형 유통매장, 중소형 마트, 백화점, 로컬푸드 직매장, 재래시장 및 인터넷 쇼핑몰에서 총 258건을 수거하였으며, 수거 품목으로는 블루베리(blueberry, n=115), 포도(grape, n=54), 딸기(strawberry, n=26), 아로니아(aronia, n=23), 크랜베리(cranberry, n=10), 링곤베리(lingonberry, n=6), 복분자(*rubus coreanus*, n=5), 블랙커런트(black currant, n=5), 빌베리(billberry, n=3), 오디(mulberry, n=3), 무화과(Fig, n=2), 블랙베리(blackberry, n=2), 산딸기(*rubus crataegifolius*, n=2), 라즈베리(raspberry, n=1), 아사이베리(acaiberry, n=1) 총 15 품목이다. 생과(fresh fruit) 뿐만 아니라 생과를 그대로 얼린 냉동 제품과 잼, 과채주스 및 음료, 당절임, 분말 등 다양한 장과류 가공식품을 대상으로 하였다.

시료의 전처리

감마선방출핵종의 방사능 농도를 분석하기 위하여 본 연구에서는 신속한 검사가 가능한 직접법으로 시료를 전처리 하였다. 생 시료나 분쇄가 필요한 시료의 경우에는 식품분쇄기(Robot Coupe, Ridgeland, MS, USA)를 이용하여 분쇄 후 1 L 마리넬리 비커(Marinelli beaker)에 충전하였고, 잼이나 액체 형태의 시료는 그대로 마리넬리 비커에 충전하였다²¹.

방사능 농도분석

측정에 사용된 감마선분광분석기는 고순도 게르마늄 검출기(High Purity Germanium Detector, Ametek Ortec, Oak Ridge, TN, USA)로 상대 효율은 60%, 고압 2300 V 일 때 에너지 분해능(Full width at half maximum)은 ^{60}Co 1332.5 keV에서 1.95 keV 이하이다. 두께 10 cm이상의 납 차폐체를 설치하여 주변으로부터 검출기로 입사하는 백그라운드 감마선을 차단하였고, 장비의 에너지 및 효율 교정에 사용한 표준선원은 한국표준과학연구원서 제작한 ^{241}Am (59.5 keV), ^{109}Cd (88.0 keV), ^{59}Co (122.1, 136.5 keV), ^{139}Ce (165.9 keV), ^{51}Cr (320.1 keV), ^{113}Sn (391.7 keV), ^{85}Sr (514.0 keV), ^{137}Cs (661.7 keV), ^{60}Co (1173.2, 1332.5 keV), ^{88}Y (898.0, 1836.1 keV)을 포함한 혼합 표준선원을 사용하였다. 핵종 및 정량분석은 AMETEK ORTEC사의 Gamma Vision 프로그램(AMETEK ORTEC, TN, USA)을 이용하였으며, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 및 ^{40}K 을 분석하였다.

최소검출가능농도(Minimum Detectable Activity, MDA) 및 측정시간

방사능 농도 분석에서 최소검출가능농도는 Currie에 의해 제안된 검출한계치를 바탕으로 결정되며, 계측의 통계적인 부분만을 고려하여 방사능 존재 여부를 나타내는 개념이다. 본 연구에서는 검출한계치 중 검출한계에 효율, 시료량, 측정시간 등 방사능 농도에 영향을 주는 모든 인자가 포함된 최소검출가능농도 값을 사용하여 아래의 식에 의해 방사능의 존재여부를 판단하였으며, Gamma Vision 프로그램(Ametek Ortec, Oak Ridge, TN, USA)을 통해 산출하였다^{9,22}.

$$\text{MDA} = \frac{2.71 + 4.65 \cdot \mu^B}{\epsilon \cdot m \cdot I\gamma \cdot T_s}$$

μ^B : 백그라운드 불확도

ϵ : 효율

m: 시료량

$I\gamma$: 감마방출률

T_s : 시료측정시간

측정시간은 식품공전 시험방법을 준용하여 10,000초로 하였다.

Table 1. Radioactivity concentration of ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{40}K in berries

Items	No. of samples	MDA ^a range(Bq/kg)			No. of ^{137}Cs detected	Range(Bq/kg)	
		^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs		^{137}Cs	^{40}K
Blueberry	115	<0.05-<0.85	<0.01-<0.64	<0.07-<1.04	22	0.70-808.90	4.09-252.69
Aronia	23	<0.12-<0.34	<0.12-<0.36	<0.02-<0.47	3	1.10-2.24	61.42-422.02
Cranberry	10	<0.10-<0.27	<0.07-<0.25	<0.10-<0.40	4	0.69-91.35	17.03-246.95
Lingonberry	6	<0.10-<0.36	<0.13-<0.31	<0.17-<0.62	6	4.68-188.46	26.90-232.17
Blackcurrant	5	<0.12-<0.27	<0.13-<0.31	<0.12-<0.41	1	2.83	26.84-619.27
Billberry	3	<0.12-<0.34	<0.12-<0.38	<0.19-<0.55	3	6.89-71.62	30.55-254.65
Others ^b	96	<0.06-<0.20	<0.04-<0.24	<0.06-<0.95	0	-	10.32-174.96
Total	258				39	0.69-808.90	4.09-619.27

^aMDA denoted minimum detectable activity .

^bOthers include Grape(n=54), Strawberry(n=26), *Rubus coreanus*(n=5), Mulberry(n=3), Fig(n=2), Blackberry(n=2), *Rubus crataegifolius*(n=2), Raspberry(n=1), Acaiberry(n=1).

Results and Discussion

장과류의 품목별 방사능 농도 분석

2016년부터 2018년까지 경기도 내 유통되고 있는 장과류 및 장과류 가공식품에 대한 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 및 ^{40}K 방사능 농도를 분석하였다(Table 1).

총 15품목(블루베리, 포도, 딸기, 아로니아, 크랜베리, 링곤베리, 복분자, 블랙커런트, 빌베리, 오디, 무화과, 블랙베리, 산딸기, 라즈베리, 아사이베리) 258건에서 ^{131}I 와 ^{134}Cs 은 MDA값 이상으로 검출되지 않았다. 그러나 블루베리 22건(0.70-808.90 Bq/kg), 아로니아 3건(1.10-2.24 Bq/kg), 크랜베리 4건(0.69-91.35 Bq/kg), 링곤베리 6건(4.68-188.46 Bq/kg), 블랙커런트 1건(2.83 Bq/kg), 빌베리 3건(6.89-71.62 Bq/kg) 총 6품목, 39건에서 ^{137}Cs 이 검출되었다. 검출된 품목 중 블루베리 1건(808.90 Bq/kg) 및 링곤베리 2건(103.93, 188.46 Bq/kg)은 국내 세습 허용 기준인 100 Bq/kg을 초과하였다. 그리고 시료수는 적지만 링곤베리와 빌베리에서 높은 검출률을 나타냈다. 이 외에 자연 방사성 핵종인 ^{40}K 은 4.90-619.27 Bq/kg 범위를 나타냈다.

2016년부터 2018년까지 식품의약품안전처의 국내 유통 식품 방사능 검사 현황 보고에 따르면 블루베리(1-760 Bq/kg), 링곤베리(1-671 Bq/kg), 빌베리(53-891 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 이 검출되었다고 보고되어 있으며 본 연구 결과와 비슷한 ^{137}Cs 검출 농도를 나타냈다. 또한, 국내 방사성 세습 허용 기준을 초과하여 검출된 식품은 버섯류를 제외하고는 모두 장과류로 다른 식품에 비해 장과류에서 방사성 세습 검출량이 높았다¹⁴⁾. 장과류에서 방사성 세습이 높게 검출되는 이유는 인공방사능이 주로 축적되어있는 5 cm 내외의 표층에 장과류가 루팅 존(rooting zone)을 형성하는 특성이 있고, 방사성 세습은 산성토양에서 식물에 잘 흡수되는데 블루베리는 강산성토양(pH 4.0-5.0) 환경에서 잘

자라는 특성이 있다고 보고되어 있다^{16,18,19)}. 이와 같은 특성이 장과류의 방사성 물질 흡수율에 영향을 미친 것으로 판단된다.

식품 유형별 방사능 농도 분석

인공 방사능 검사를 진행한 장과류 및 장과류 가공식품을 식품 유형별로 분류하여 분석하였다(Table 2).

블루베리 115건 중 냉동 제품 4건(0.76-3.00 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 이 검출되었고 음료류 2건(3.29, 18.86 Bq/kg), 잼류 10건(0.70-16.33 Bq/kg), 푸레 4건(1.63-67.56 Bq/kg), 분말 제품 2건(18.12-809.90 Bq/kg), 총 22건에서 ^{137}Cs 이 검출되었다. 그리고 아로니아 23건 중 분말 제품 3건(1.10-2.24 Bq/kg), 크랜베리 10건 중 음료류 및 분말 제품 4건(0.69-91.35 Bq/kg), 링곤베리 6건 중 음료류, 잼류 및 분말 제품 6건(4.68-188.46 Bq/kg), 블랙커런트 5건 중 음료류 1건(2.83 Bq/kg), 빌베리 3건 중 음료류 및 분말 3건(6.89 - 71.62 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 이 검출되었다. 생과와 당절임 제품에서는 방사성 세습이 검출되지 않았고, 냉동제품에서도 11.4%의 검출률을 보였다. 하지만 가공제품인 음료류(40.9%), 잼류(44%), 푸레(100%) 및 분말(39.3%) 제품에서는 약 40%이상의 검출률을 확인할 수 있었다.

다양한 가공 제품을 조사한 블루베리를 중심으로 식품 유형별 방사성 세습 검출 결과를 살펴보면, 수분 함량이 적은 푸레나 분말 제품에서 방사성 세습의 농도가 높게 검출되었다. 국내 방사성 세습 허용 기준을 초과하여 검출된 3건은 블루베리 분말 제품 1건(808.90 Bq/kg) 및 링곤베리 분말 제품 2건(103.93, 188.46 Bq/kg)으로 국내 기준을 최대 8배 이상 초과하였고, 부적합 판정되어 회수 및 폐기되었다. 또한, 식품의약품안전처가 2017년 프랑스에서 수입한 블루베리 푸레 등 장과류 가공식품에서 방사성 세습이 123-203 Bq/kg으로 국내 기준을 초과하여 검출되었

Table 2. Radioactivity concentration of berries products according to the food type

Items	Blueberry		Aronia		Cranberry		Lingonberry		Blackcurrant		Billberry		Total	
	No. of ¹³⁷ Cs detected /No. of samples	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	No. of ¹³⁷ Cs detected /No. of samples	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	No. of ¹³⁷ Cs detected /No. of samples	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	No. of ¹³⁷ Cs detected /No. of samples	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	No. of ¹³⁷ Cs detected /No. of samples	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	No. of ¹³⁷ Cs detected /No. of samples	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	No. of ¹³⁷ Cs detected /No. of samples	¹³⁷ Cs (Bq/kg)
Fresh Fruit	0/24	-	0/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/27	-
Frozen Product	4/34	0.76-3.00	-	-	-	-	-	-	0/1	-	-	-	4/35	0.76-3.00
Beverages	2/10	3.29-18.86	0/2	-	3/6	0.69-91.35	1/1	14.85	1/1	2.83	2/2	6.89-41.86	9/22	0.69-91.35
Jams	10/23	0.70-16.33	-	-	-	-	1/1	4.68	0/1	-	-	-	11/25	0.70-16.33
Fruit Puree	4/4	1.63-67.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4/4	1.63-67.56
Fruit/Vegetable Dried Powder	2/6	18.12-808.90	3/13	1.10-2.24	1/2	13.27	4/4	39.76-188.46	0/2	-	1/1	71.62	11/28	1.10-808.90
Sugar-preserved food	0/10	-	0/4	-	0/2	-	-	-	-	-	-	-	0/16	-
Others ^a	0/4	-	0/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/5	-
Total	22/115		3/23		4/10		6/6		1/5		3/3		39/162	0.69-808.90

^aOthers include Processed fruit/vegetable product(n=1), Syrup(n=1), Cereals(n=1), Cookie(n=1), Processed peanut or nut product(Mixed)(n=1).

다는 보고¹⁴⁾는 본 연구 결과와 일치 한다. 국내에서는 그 대로 섭취하지 않는 단순건조 농·임·축·수산물에 대한 방사능 검사의 경우 수분함량을 고려하여 오염물질의 잔류 오염비를 생물기준으로 환산 적용 한다²³⁾. 그러나 식품성 분표에 포함되어 있지 않거나, 가공 식품인 경우 수분함량을 고려하지 않고 건조물 상태로 방사능을 측정한다. 장과류 건조 분말 제품의 경우 가공식품으로 분류되어 수분함량의 감소로 중량대비 오염성분이 농축될 수 있으나 이를 고려한 오염물질 잔류비를 환산하지 않아도 된다. 따라서 장과류 성분이 농축된 퓨레나 분말 제품에서 방사능 농도가 높게 측정된 것으로 판단된다.

원산지별 방사능 농도 분석

원산지별 장과류와 장과류 가공식품의 방사능 농도 검사결과 국내산 제품 129건 중 블루베리 잼, 음료류 및 퓨레 6건에서 ¹³⁷Cs이 0.70-3.29 Bq/kg 검출되었다(Table 3). 그러나 제품의 원재료는 미국 및 유럽산으로 국내산 장과류가 수입산에 비해 방사성 물질 오염으로부터 안전하다고 판단되었다. 수입산 제품의 경우 129건 중 33건에서 0.69-808.90 Bq/kg 범위로 ¹³⁷Cs이 검출되었고, 특정 지역 국가의 제품에서 높은 방사능 농도 및 방사성

물질 검출률을 나타내었다(Table 3). 국내 허용 기준 이내로 검출되었지만 프랑스산 제품에서 최고 67.56 Bq/kg 농도를 나타냈고, 핀란드산 제품 11건 중 10건(91%)에서 방사성 물질이 검출되었으며 최고 71.62 Bq/kg 농도를 나타내었다.

연구 결과 국내 방사성 세슘의 허용 기준을 초과한 부적합 제품 3건은 모두 폴란드산 이었다. 시료 수량이 한정적이라는 점을 고려하여도 독일 등 여러 유럽국가에서 수입된 장과류 제품에서 인공 방사성 물질인 ¹³⁷Cs이 빈번하게 검출되었다. 식품의약품안전처의 2018년 국내 유통 식품 방사능 검사 현황 보고에 따르면 폴란드산 링곤베리, 블루베리, 빌베리 분말에서 ¹³⁷Cs이 120-891 Bq/kg으로 기준을 초과하여 검출되었으며 폴란드, 핀란드, 프랑스, 이탈리아, 독일 등에서 수입한 장과류 가공제품에서 기준 이내 ¹³⁷Cs이 검출되었다고 보고되어있다¹⁴⁾. 폴란드와 핀란드 등 유럽산 장과류의 ¹³⁷Cs 오염은 여러 가지 원인이 있을 수 있으나, 과거 핵실험 및 체르노빌 원전사고와 관련이 있는 것으로 판단된다. 폴란드는 체르노빌 원전사고 발생 지점과 지리적으로 근접할 뿐만 아니라 세계적인 블루베리 생산국이기 때문에 장과류의 방사성 세슘 검출률이 높았을 것으로 판단된다^{19,24)}. 또한, 프랑스의 경우는 체르노

Table 3. Radioactivity concentration of berries products according to the origin

Origin (No. of samples)	Items	Food type	No. of ¹³⁷ Cs detected	¹³⁷ Cs(Bq/kg)
Domestic (n=129)	Blueberry	Jams	4	0.70-0.81
		Beverages	1	3.29
		Fruit Puree	1	1.63
sub total			6	0.70-3.29
U.S.A (n=42)	Blueberry	Frozen Product	4	0.76-3.00
		Jams	1	16.33
Poland (n=20)	Blueberry	Fruit/Vegetable Dried Powder	1	808.90
	Aronia	Fruit/Vegetable Dried Powder	3	1.10-2.24
	Cranberry	Beverages	1	91.35
	Lingonberry	Fruit/Vegetable Dried Powder	3	60.18-188.46
France (n=12)	Blueberry	Beverages	1	41.86
		Fruit Puree	3	17.60-67.56
		Fruit/Vegetable Dried Powder	1	18.12
Finland (n=11)	Cranberry	Beverages	1	18.86
		Beverages	2	0.69-3.66
		Fruit/Vegetable Dried Powder	1	13.27
	Lingonberry	Beverages	1	14.85
		Fruit/Vegetable Dried Powder	1	39.76
	Blackcurrant	Beverages	1	2.83
	Billberry	Beverages	1	6.89
	Fruit/Vegetable Dried Powder	1	71.62	
Italy (n=3)	Blueberry	Jams	1	1.36
Denmark (2)	Blueberry	Jams	2	2.61-4.66
Germany (n=2)	Blueberry	Jams	1	2.72
Germany (n=2)	Lingonberry	Jams	1	4.68
Switzerland (n=1)	Blueberry	Jams	1	0.99
Others* (n=96)			0	-
sub total			33	0.69-808.90
Total (n=258)			39	0.69-808.90

*Others include Chile(n=19), Spain(n=3), England(n=3), China(n=3), Peru(n=3), Canada(n=2), New Zealand(n=1), Bulgaria(n=1), Malaysia(n=1).

빌 원전 사고로 인한 토양 오염이 보고되었다²⁵⁾. 이러한 결과를 종합하여 볼 때, 높은 방사성 세슘 검출률을 보이는 유럽산 장과류와 가공제품의 경우 수입 과정에서 더 철저한 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

국문요약

장과류의 방사능 안전성 확보를 위해 2016년부터 2018년까지 경기도 내 유통 중인 장과류 및 가공식품 15품목

258건을 수거하여 방사능 오염을 분석하였다. 방사능 분석은 게르마늄 감마핵종 분석기를 이용하였으며, 인공 방사성 물질인 요오드(^{131}I)와 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs)을 분석하였다. 모든 제품에서 ^{131}I 와 ^{134}Cs 은 MDA (Minimum Detectable Activity)값 이상으로 검출되지 않았고, 39건에서 0.69-808.90 Bq/kg 범위로 ^{137}Cs 이 검출되었다. 국내산 제품 6건은 0.70-3.29 Bq/kg 범위에서 검출되었지만, 원재료는 모두 수입산이었다. 수입산 제품 33건은 0.69-808.90 Bq/kg 방사능 농도를 나타내었으며, 폴란드산 블루베리 분말 제품 1건(808.90 Bq/kg) 및 링곤베리 분말 제품 2건(103.93, 188.46 Bq/kg)은 국내 방사성 세슘의 허용 기준을 초과하였다. 이러한 결과는 식품 안전 확보를 위해 수입산 장과류와 장과류 가공식품에 대한 방사능 검사 강화와 함께 수입 과정에서 더 철저한 관리가 필요한 것으로 판단된다.

References

- Kim, H.J., Hyun, Y.J., Hyun, Y.G. and Hwang, S.I., A study on effective management scheme for soil and groundwater contaminated by radioactive materials due to nuclear accidents. *J. Soil & Groundwater Env.* **16**(6), 113-121 (2011).
- Korea Hydro & Nuclear Co., (2018. July 5). Ltd.: Nuclear power operation, Retrieved from http://www.khnp.co.kr/board/BRD_000174/boardView.do?pageIndex=1&boardSeq=67951&mnCd=FN05040902&schPageUnit=10&searchCondition=0&searchKeyword=
- Korea Rural Economic Institute, 2014. The effects of japan's nuclear power plant accident on agricultural food products in Korea, Korea.
- Samat, S.B., Green, S. and Beddoe, A.H., The ^{40}K activity of one gram of potassium. *Phys Med. Biol.* **42**, 407-413 (1997).
- Kang, T.W., Hong, K.A., Park, W.P. and Zang-Kual, U., ^{137}Cs and ^{40}K activities of foodstuffs consumed in Jeju. *Korean J. Environ. Agric.* **23**, 52-58 (2004).
- Park, Y.B., Kim, Y.S., Lee, J.H., Hwang, S.L., Jung, H.R., Park, S.H., Cho, H.G., Sung, J.H., Cho, W.H. and Chae, K.S., Radioactive contaminations of foodstuffs consumed in Gyeonggi-do. Report of Gyeonggi-Do Institute of Public Health and Environment, 265-276 (2015).
- Kwon, K.S., Hong, J.H., Han, S.B., Lee, E.J., Kang, K.J., Chung, H.W., Park, S.G., Jang, G.H., An, J.S., Kim, D.S., Kim, M.C., Kim, C.M., Chung, K.H. and Lee, C.W., Monitoring on radioactivity in foodstuffs, *Korean journal of food science and technology*, **36**(1), 183-187 (2004).
- Chae, J.S., Byeon, J.I., Yun, S.W., Choe, H.Y., Park, C.S., Lee, D.M., Yun, J.Y., 2010. A study on the radiation concentration of ^{40}K and ^{137}Cs of domestic foods and internal explosive dose by food collection, Korea, pp. 236-237.
- Cho, H.G., Kim, J.E., Lee, S.N., Moon, S.K., Park, Y.B. and Yoon, M.H., Monitoring of Artificial Radionuclides in Edible Mushrooms in Korea, *J. Food Hyg. Saf.* **33**(6), 488-494 (2018).
- Kim, J.Y., Jung, H.J., An, M., Hong, J.K., Kang, T., Kang, T.W., Cho, Y.H., Han, Y.U., Seol, B., Kim, W. and Kim, K., Status of a national monitoring program for environmental radioactivity and investigation of artificial radionuclide concentrations (^{134}Cs , ^{137}Cs and ^{131}I) in rivers and lakes. *Anal. Sci. Technol.* **28**, 377-384 (2015).
- Ministry of Food and Drug Safety, 2018. Korean Food Code, Korea, pp. 39-40.
- Yun, E.S., Kim, A.K., Lee, J.S., Shin, J.M., Choi, S.J., Won, S.J., Kim, Y.S., Oh, Y.H. and J.K., Survey on the actual condition of radioactivity of food distributed in Seoul. Report of S.I.H.E. **53**, 26-34 (2017).
- Ministry of Food and Drug Safety, 2013, Proposal for wiser control policy on radioactivity in Japanese produce and for risk communication strategy, Korea.
- Ministry of Food and Drug Safety, (2018. December 30). Information of food radioactivity safety management. Retrieved from http://www.mfds.go.kr/brd/m_605/list.do
- Yang, J.W., Kim, Y.H., Park, D.J., Lee, N.H. and Kim, Y.O., Literature review on berries and their cooking methods in ancient (1400s-1800s) and modern (1900s-1940s) literature of Korea, *Korean J. Food Culture*, **29**(1), 26-43 (2014).
- Jeong, C.H., Choi, S.G. and Heo, H.J., Analysis of nutritional compositions and antioxidative activities of korean commercial blueberry and raspberry, *Korean Society of Food Science and Nutrition*, **37**(11), 1375-1381 (2008).
- Ryu, D.Y., Koh, E.M., Estimated dietary anthocyanin intakes and major food sources of Koreans, *East Asian Society of Dietary Life*, **27**(4), 378-386 (2017).
- Kusaba, S., Matsuoka, K., Abe, K., Ajito, H., Abe, M., Kihou, N., and Hiraoka, K., Changes in radiocesium concentration in a blueberry (*Vaccinium virgatum* Aiton) orchard resulting from radioactive fallout, *Soil Science and Plant Nutrition*, **61**, 169-173 (2015).
- Lehto, J., Vaaramaa K., and Leskinen. A., ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{241}Am in boreal forest soil and their transfer into wild mushrooms and berries, *J. Environmental Radioactivity*, **116**, 124-132 (2013).
- Ministry of Food and Drug Safety, 2018, Korean Food Code, Korea, pp.14-15.
- Ministry of Food and Drug Safety, 2018, Analytical Method of Food Code, Korea, pp.1809-1812.
- Kim, C. J., Lim, C. S., Lee, W., Jang, M., Ji, Y. Y., Chung, K. H. and Kang, M. J., Survey study on radioactivity of domestic fishery product. *Korean J. Food Sci. Technol.* **47**, 789-792 (2015).
- National Institute of Agricultural Sciences, (2018. July 22), Korean Food Composition Table 9th revision. Retrieved from <https://koreanfood.rda.go.kr:2360/kfi/fct/fctFoodSrCh/list>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Statistics, (2018. July 5). FAOSTAT data, Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Renaud, P., Pourcelot, L., Métivier J.M., Morello. M., Mapping of ^{137}Cs deposition over eastern France 16 years after the Chernobyl accident, *The Science of the Total Environment*, **309**, 257-264 (2003).