

Radiation Analysis by Chemical Treatment of Agricultural Products in Environmental Samples

Eun-Sung Jang,¹ Hyo-Yeong Lee^{2,*}

¹Department of Nuclear Physics and Radiation Technology Research Center, Pusan National University

²Department of Radiological Science, Dongeui University

Received: October 12, 2017. Revised: November 23, 2017. Accepted: November 30, 2017

ABSTRACT

Agricultural products produced in the agricultural area around the nuclear power plant are radioactive contamination, which can cause radioactive contamination to the human body. The purpose of this study was to investigate the limit of the radioactivity concentration ⁹⁰Sr for the internal exposure dose evaluation by ingesting the agricultural products collected around the nuclear power plant. The results of the gamma-isotope element analysis were freshly <0.0166-0.0336 Bq / kg for all samples and for artificial radionuclides not detected, and fresh <0.00586-0.0421 Bq / kg for Chinese cabbage, The freshness was 0.106 Bq / kg, and the freshness was 0.0114-0.0901 Bq / kg. 0.0177%, 0.0222%, 0.0376% and 0.00243%, respectively, for Chinese cabbages and large roots, which is lower than the legal standard value of 1mSv / yr · man%. It is considered that the formulas need to be broadly evaluated for the foods consumed by children and adults, taking into consideration the age of the food and the diet

Keywords: Environmental radiation, Chemical pretreatment, Annual dose limit, ⁹⁰Sr

I. INTRODUCTION

핵실험 및 1986년 체르노빌이나 2011년 후쿠시마 원자력발전소 사고로 인해 방사성물질이 대기 중으로 방출되었고, 매우 극소량이지만 정기적인 원자력시설 가동 및 핵연료 재처리 과정에서 인공방사성 물질이 대기 중으로 방출될 가능성이 있다.^[1-4] 방출된 방사성 물질은 장기간에 걸쳐 빗물과 함께 지표면에 적하하면서 토양에 침적된 후 작물 체의 뿌리를 통하여 흡수되는 간접 오염 경로를 따라 농작물을 오염시키고, 오염된 토양에서 자란 농작물은 뿌리를 통해 방사성 핵종을 작물체내로 흡수하여 방사능 오염 식품이 된다.^[5-7]

결국 이를 섭취하는 인체에까지 방사선 내부 피폭을 초래한다.^[8-10] 이러한 직접 오염 경로와 간접 오염 경로의 상대적 중요도는 핵종 및 작물의 종류, 침적 시기 등에 따라 달라진다.

한편, 농경지에 침적한 방사성 핵종은 방사능 붕괴나 지하 이동 때문에 지표층에서 사라질 때까지 계속하여 작물 체에 흡수되므로 사고 발생 후에는 앞으로 다년간의 재배를 통하여 생산될 농산물 내 핵종 농도를 예측해야 한다. 이러한 점에서 ⁹⁰Sr과 ¹³⁷Cs는 원자력발전소의 사고 시 지상 침적 양이 비교적 많고 반감기도 긴 편이어서 섭취경로에 있어서 매우 중요한 핵종이다.^[11] 그 실제적인 예로 과거 핵실험 및 1986년 구소련에서 발생한 체르노빌 사고 후 오염된 농산물 섭취가 중요한 피폭 경로였다는 것은 여러 가지 조사를 통하여 잘 알려져 있다.^[12] 후쿠시마 원전사고 후 1500 km 이상 떨어진 국내 발전소 부지 주변의 농산물에는 어떤 영향^[13]을 미치는지 알아보기 위해 본 연구에서는 육상식품시료(쌀, 배추, 무, 배, 우유)를 구입하여 방사능 농도가 높을 때는 백그라운드와 핵종간의 구별이

뚜렷하지만 방사능 농도가 시료와 비슷하거나 낮을 때는 핵종을 구분하기가 어렵다. 하지만, 이러한 미량의 환경방사선을 측정함으로써 방출물로 인한 주변 주민, 그리고 기타 일반 대중의 피폭 상황이 어떠하며 자연 방사선에 의한 피폭, 과거 대기권 핵실험에 의한 낙진의 거동과 피폭 등에 의한 영향 등을 평가해야 한다.^[14-16] 따라서 본 연구에서는 전 처리에서 백그라운드 제거 및 방사능 농도의 한계치를 알아보려고 하며 섭취에 의한 내부 피폭선량 평가를 위해 ⁹⁰Sr를 분석하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 시료의 전처리

채취된 농산물 즉 시료가 갖고 있는 방사성핵종의 손실없이 균질하게 농축하여 하기 위해 시료의 부피를 줄이는 것이다. 참고로 액체시료에서는 증발농축, 고체시료와 생체시료는 건조, 분쇄 등의 방법을 사용하여 시료를 조제한다.

곡류(쌀), 채소류(배추, 열무) 그리고 과일류(배)를 채취하여 무게를 측정 후 완전히 건조시킨다. 건조된 시료의 질량을 측정하고 분쇄기를 이용하여 분쇄한다. 분쇄한 시료를 1L 마리넬리 비이커의 지시 선까지 채운 다음 무게를 재고 측정시료의 건조 질량비를 구한다. 우유에 대한 감마동위원소 분석을 위해 미가공 우유를 2L 마리넬리 비이커에 담아 감마핵종분석기로 분석하였으며, ⁹⁰Sr 분석을 위해 450°C로 조절된 회화로에서 5시간 이상 회화하여 유기물을 제거한 후 발연 질산법에 의한 화학분리과정은 아래의 전 처리 과정을 나타내었다. Fig. 1과 같다.

2. 교정용 선원 및 백그라운드 측정

감마선을 방출하는 교정용 혼합 부피 선원의 에너지 스펙트럼 및 효율을 교정 후 측정하였다. 검출기를 납 차폐 용기에 넣고 시료 없이 에너지 스펙트럼을 측정할 경우에도 다양한 에너지 피크가 나타난다. 이러한 백그라운드는 검출기 주변의 자연 방사성핵종, 검출기 또는 차폐체에 들어 있는 방사성 핵종, 계측 계통의 잡음 등에 기인한다. 이러한 백그라운드 스펙트럼은 시료를 측정하는 경우 중첩되어 나

타나므로 미리 측정하여서 시료를 측정할 스펙트럼에서 빼주어야 한다. 같은 기하학적 구조 및 특징을 가지는 시료 용기에 시료를 충전 하지 않은 상태에서 계측기에 두고 측정한다. 또한, 측정치와 PENELOPE와 비교하였다.

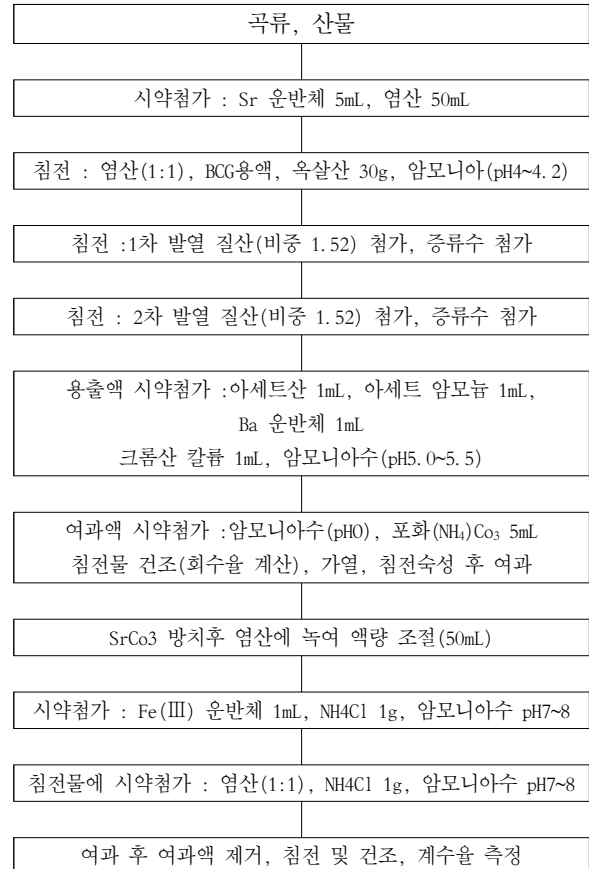


Fig. 1. ⁹⁰Sr Pretreatment Procedure Method.

3. 선원에서의 검출기 효율성

마리넬리 표준선원으로 부터 발생하는 실린더형 검출기의 효율성은 다음과 같은 식으로 표현된다.^[17]

$$\epsilon^{M=} = \frac{V_i \cdot \epsilon_i^M}{V_i} + \frac{V_{ii}}{V_{ii}} \cdot \epsilon_{ii}^M \quad (1)$$

4. 피크 탐색용 스펙트럼

어느 정도 이상 크기의 피크탐색은 어떤 스펙트럼 분석 프로그램을 사용하더라도 피크로 잘 식별된다. 따라서 피크 탐색 시험을 위한 피크는 그 크기가 피크라도 식별될 수 있는 한계의 크기이어야

한다. 그 크기는 백그라운드 크기와의 관계가 있다.

5. MDA(Minimum Detectable Activity: MDA) 및 선량 평가

최소검출방사능(Minimum Detectable Activity: MDA)는 시료의 양과 효율 및 측정시간에 의존하는 양이다. Currei 논문의 통계적 고찰을 통한 검출한계를 이용하여 유도하였고, 95%의 신뢰수준에서 식(2)을 통해 MDA를 구했다.

$$MDA = \frac{\frac{2.71}{t_s} + 4.65 \frac{\sqrt{BGC}}{t_B}}{E \cdot Y \cdot S} \quad (2)$$

여기서 BGC 백그라운드 계수치, ts는 시료 측정 시간, ts는 백그라운드 측정시간, E는 백그라운드 계수율, Y는 화학수율, S는 보정인자로 시료양과 측정중 반감기를 보정하는 인자이다.

$$D_i^{ing} = \sum_{p=1}^n C_{ip} \cdot DF_i^{ing} \cdot U_p \quad (3)$$

여기서 D_i^{ing} :핵종i 함유 음식물 섭취에 따르는 유효선량(mSv/yr)

DF_i^{ing} : 핵종i의 섭취 선량환산계수(성인)

C_{ip} : 음식물 p중 핵종 I의 농도

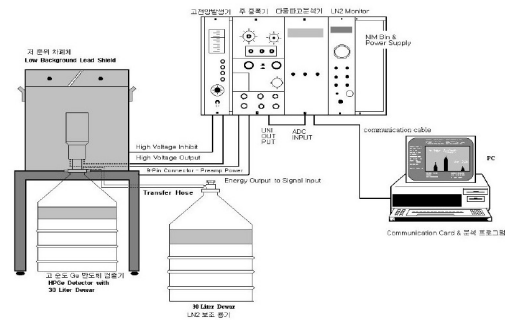
U_p : 음식물 p의 섭취량(성인)

여기서 연간섭취량은 성인에 대한 섭취량을 기준으로 삼아 선량을 산출하였다.^[18]

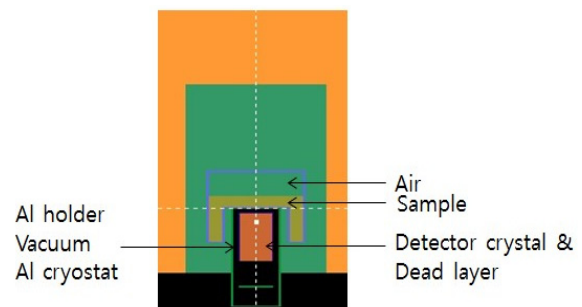
6. 시료의 분석방법 및 측정

HPGe 검출기는 closed-ended coaxial type의 지름 53.9 mm, 길이 71mm의 crystal이 사용된 p-type HPGe 검출기로, 1332 keV 감마선에 대하여 1.80 keV의 FWHM, 20%의 상대 효율, Peak-to-Compton Ratio 51/1을 가지며 에 나타내었다. Fig. 2와 같다.

전 처리한 육상식품과 백그라운드를 측정하였다. 또한 전 처리 시료를 사용하여 각각 100000 sec로 측정하였다. Gamma-Vision 5.0 프로그램을 통해 분석하였다.



(a) High Purity Germanium (HPGe) gamma-ray Spectrometry system



(b) PENELOPE of Monte Carlo simulation

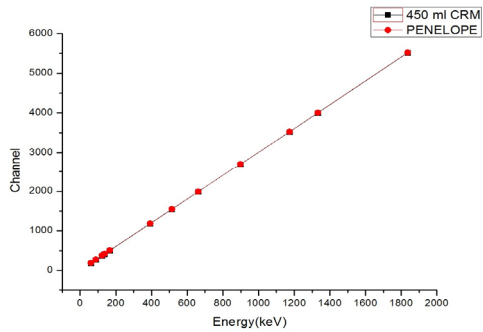
Fig. 2. Comparison of HPGe detector and PENELOPE experiment setup.

III. RESULT

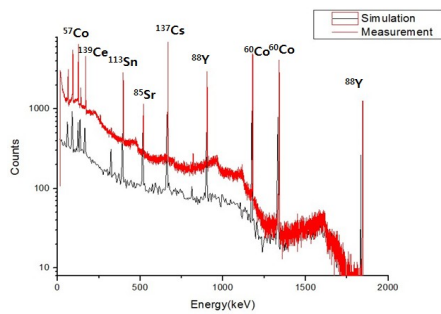
1. 교정용 선원 및 백그라운드 측정

에너지 교정 후 혼합감마선원 저에너지 59.54 keV 에서 고에너지 1836.05 keV 까지 측정치와 전산모사의 오차는 3% 이내에서 잘 일치되었음을 Fig. 4에서 볼 수 있다.

Fig. 3에서 표준시료와 시료가 없는 상태에서 백그라운드를 측정된 결과 방사능 농도가 높은 표준시료에서는 백그라운드들의 농도가 적어 핵종들을 뚜렷하게 구분할 수 있다. 백그라운드 상태에서 가장 중요한 피크는 511 keV 인데 그 이유는 소멸 때문이다. 기타 피크들은 ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³²Th 방사성 물질의 자연적인 방사능 핵종에^[19-21] 의한 피크가 보임을 알 수 있는데 이는 검출기 및 그 주변의 오염 신호를 나타내었다. Fig. 4와 같다.



(a) Energy calibration



(b) Energy spectrum

Fig. 3. (a), (b) Comparison of Simulated and measured CRM source spectra.

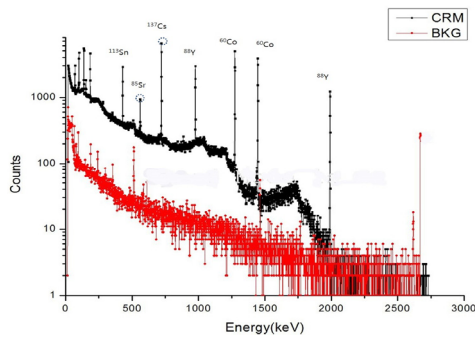


Fig. 4. Measured γ -ray energy spectrum CRM Source with BKG is compared with 80000 sec.

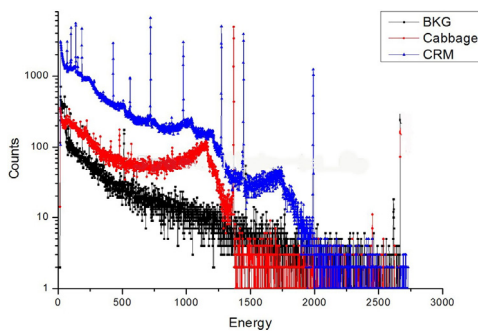


Fig. 5. Measured γ -ray energy spectrum CRM Source, BKG and Cabbage is compared with 80000 sec.

2. 검출기 효율성

에너지가 낮아질수록 피크 효율이 증가하는 것은 반응 단면적이 커지기 때문이며, 90 keV 이상의 에너지 영역에서 피크 효율이 감소하는 이유는 검출기 창에서 감마선의 비율이 증가하기 때문이다. 각 에너지 영역에서 피크 효율은 측정치와 전산모사의 불확도는 2.5% 이내에서 잘 일치하였다.

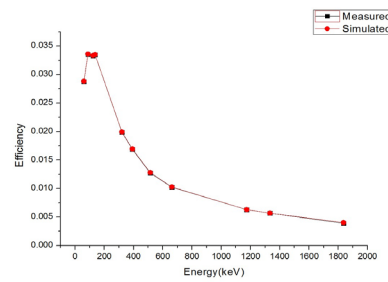


Fig. 6. Measured and simulated full energy peak efficiency with their ratios for the 20% HPGe detector.

Fig. 3에서 측정치와 컴퓨터 전산모사 각각의 에너지 스펙트럼에 대해 에너지별 1 KeV 미만의 차이가 있음을 확인하여 매우 정확한 교정임을 확인하였다. ¹³⁷Cs 백그라운드 피크를 제거하기 위해서는 측정된 피크에 대해 실제 피크와 거짓 피크의 판별 기준이 필요하다. 스펙트럼의 통계적 변동과 알려지지 않은 스펙트럼을 제거하는 방식으로 fitting시 피크처럼 보이는 부분의 데이터는 제거한 후 fitting하였다. 661 keV 에너지 피크는 일반적으로 가우스 함수 형태를 띠고 있으며, 피크의 저 에너지 쪽에 검출기의 불순물 준위에 의한 일부 전하의 포획으로 작은 tail이 존재하며 Fig. 7과 Fig. 4에서 2차 함수로 Fitting 값을 Table 1에 나타내었다.

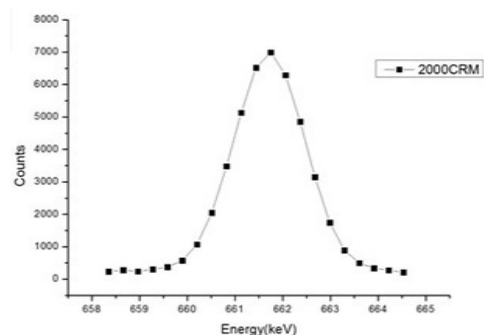


Fig. 7. ¹³⁷Cs gamma spectrum with 661 keV peak separate. 661 keV energy Gaussian peak.

Table 1. 661 keV Input data Parameters

Model	Gauss	
Equation	$y = y_0 + \frac{A}{w\sqrt{\pi/2}} e^{-2\frac{(x-x_c)^2}{w^2}}$	
	Value	Standard Error
Y0	228.51165	2.93266
Xc	662.65455	0.20305
W	0.01643	0.355288
A	12.04653	9.39085
Sigma	0.00822	
FWHM	0.01935	
Height	71.86369	

Fig. 8에서 시료량이 증가할수록 방사능 농도가 줄어들음을 알 수 있다. 방사능 농도가 낮은 경우 background 측정시간을 고정하고 시료측정시간을 변화시켜 MDA 값을 산출하는 것이 효과적이며, 방사능 농도가 높은 경우 시료 측정시간을 고정하고 background 측정시간을 변화시켜 MDA 값을 설정하는 것이 타당함을 알 수 있다. 또한, 화학적 전처리 결과 스펙트럼에서는 대부분의 자연 방사성 핵종이 줄어들음을 확인 할 수 있었다.

육상식품류 분석결과 ⁹⁰Sr를 제외한 인공 방사성 핵종의 검출은 없었다. 최대 농도의 ⁹⁰Sr를 함유한 쌀을 성인이 1년간 188.5 kg^[6]을 섭취한다고 가정했을 때 유효선량을 계산해 Table 2에 나타내었다. 곡류(쌀), 채소류(열무, 배추), 과일류(배)에 대한 감마동위원소 분석결과 모든 시료에서 인공핵종은 검출되지 않았으며, 쌀에서 < 0.0166~0.0336 Bq/kg-fresh, 배추에서 <0.00586~0.0421 Bq/kg-fresh, 열무에서 <0.0135 ~0.106 Bq/kg-fresh, 배에서 0.0114 ~ 0.0901 Bq/kg-fresh 로서 정상변동범위 수준이었

Table 2.Dose evaluation by ⁹⁰Sr of each sample

Sample name	Nuclide	Radioactive Concentration	Annual intake	Dose conversion coefficient	Dose
Rice	⁹⁰ Sr	0.0336 Bq/kg	188.5 kg/yr	2.8E-05 mSv/Bq	1.77E-04 mSv/yr•man
Cabbage	⁹⁰ Sr	0.0421 Bq/kg	188.5 kg/yr	2.8E-05 mSv/Bq	2.22E-05 mSv/yr•man
Radish	⁹⁰ Sr	0.0106 Bq/kg	126.7 kg/yr	2.8E-05 mSv/Bq	3.76E-04 mSv/yr•man
pear	⁹⁰ Sr	0.0524 Bq/kg	102.8 kg/yr	2.8E-05 mSv/Bq	2.43E-05 mSv/yr•man

다.

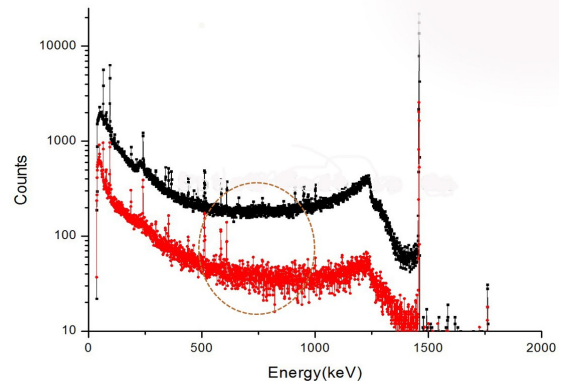


Fig. 8 Direct method and AMP spectra of a Cabbage sample with the spectrum for measurement (100000 sec).

원자력법 시행령 제2조 제5호의 일반인에 대한 연간 선량한도^[22]인 1.0 mSv 대비 쌀, 배추, 열무의 ⁹⁰Sr에 대해 각각 0.0177%, 0.0222%, 0.0376%, 0.00243%, 이 값은 일반인에 대한 법적 기준치 1 mSv/yr • man 비해 0.1 %도 못 미치는 아주 작은 값을 알 수 있어 인체에 미치는 영향이 거의 없음을 알 수 있다.^[23] 각 시료 중 검출 핵종인 ⁹⁰Sr에 의한 선량 평가 결과는 Table 2와 같다.

IV. DISCUSSION & CONCLUSION

원자력시설의 정상 운영뿐 아니라 사고를 통해 환경으로 누출된 방사성물질에 의한 농산물의 오염은 인체에 큰 영향을 끼치는 피폭 경로이다. 따라서 후쿠시마 원전사고 후 국내 발전소 부근의 환경 시료 중 농산물 시료(쌀, 무, 배추, 배, 우유)를 대상으로 하여 방사성농도 및 선량을 조사했다.

육상식품에 대한 조사결과 감마 핵종에 대한 인공방사성핵종의 검출은 없었다. ^{90}Sr 는 과거 대기권 핵실험과 체르노빌, 후쿠시마원자력발전소 사고의 영향으로 우리 주변 환경에 널리 분포하고 있는 핵종으로 토양에 남아 있다가 식물의 물질대사 작용으로 육상식품으로 전이되고, 이를 먹이로 하는 가축으로까지 전이되어 현재 검출되고 있다.^[24,25] 또한 직접법보다 화학적전처리법 시행하면 농산물시료로부터 ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th 계열의 자연방사성 핵종이 제거되어 ^{137}Cs , ^{90}Sr 농도를 측정할 기회가 증가 될 것으로 판단된다.^[26-30] 그러므로 우리나라의 식생활과 관련해서 섭취량 또는 연령을 고려하여 어린이, 어른이 섭취하는 식품에 대한 폭넓은 평가가 필요 할 것으로 생각된다.

Reference

- [1] R. Hille, P. Hill, Heinemann K, Ramzaev V, Barkovski A, Konoplia V and Neth R, Current development of the human and environmental contamination in the Bryansk-Gomel Spot after the Chernobyl accident. *Radiat. Environ. Biophys*, 2000;39:99-109.
- [2] G. Steinhauser, A. Brandl, TE. Johnson (2014) Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: a review of the environmental impacts. *Sci Total Environ* 470-471:800-817.
- [3] V. Winiarek, M. Bocquet, O. Saunier, A. Mathieu (2012) Estimation of errors in the inverse modeling of accidental release of atmospheric pollutant: application to the reconstruction of the cesium-137 and iodine-131 source terms from the Fukushima Daiichi power plant. *J Geophys Res*.
- [4] S. Merz, K. Shozugawa, G. Steinhauser (2015) Analysis of Japanese radionuclide monitoring data of food before and after the Fukushima nuclear accident. *Environ Sci Technol* 49(5):2875-2885.
- [5] K. N. Yu; MAO, S.Y. Application of High Resolution Gamma Ray Spectrometry Measuring Radioactivities in Drinks in Hong Kong. *Applied Radiation Isotopes*. v. 45, n. 10, p. 1031-1034, 1994.
- [6] Scottish environmental protection agency. Radioactivity in Food and the Environment, 2000. RIFE-6, Scottish Environment Protection Agency. 2001.6.
- [7] K. N. Yu; M, S.Y. Application of High Resolution Gamma Ray Spectrometry Measuring Radioactivities in Drinks in Hong Kong. *Applied Radiation Isotopes*. v. 45, n. 10, p. 1031-1034, 1994.
- [8] J. E. Till and Meyer HR, des, Radiological Assessment: A textbook on Environmental Dose Analysis, Chap. 5. NUREG/CR-3332, ORNL-5968, National Technical information service, US. Department of Commerce, Springfield, VA22151, 1983.
- [9] Scottish environmental protection agency. Radioactivity in Food and the Environment, 2000. RIFE-6, Scottish Environment Protection Agency. 2001.
- [10] Ministry of Health, Labor and Welfare. The excess of maximum permitted radioactivity among the imported foodstuffs. Available at <http://WWW.mhlw.go.jp/houdou/0111/h1108-2.html>, Japan, 2001.
- [11] E. E. Santos.; Lauria, D.C.; Amaral, E.C.S.; Rochedi, E.R. Daily ingestion of Th-232, U-238, Ra-226, Ra-228 and Pb-210 in vegetables by inhabitants of Rio de Janeiro City. *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 62, n. 1, p. 75-86, 2002.
- [12] V. K. Shukla.; Menon, M.R.; Ramachandran, T.V.; Sathe, A.P.; Hingorani, S.B. Natural and fallout radioactivity in milk and diet samples in Bombay and population dose-rate estimates. *Journal of Environmental Radioactivity*, v. 25, n. 3, p. 229-237, 1994.
- [13] UNEP - United Nations Environment Programme. Radiation doses, effects, risks. 1st edition. Cambridge, Massachusetts. 64p, 1985.
- [14] K. N. Yu; Mao, S.Y. Application of High Resolution Gamma Ray Spectrometry Measuring Radioactivities in Drinks in Hong Kong. *Applied Radiation Isotopes*. v. 45, n. 10, p. 1031-1034, 1994.
- [15] F. L. Melquoades; Appoloni, C.R. ^{40}K , ^{137}Cs and ^{232}Th activities in Brazilian milk samples measured by gamma ray spectrometry. *Indian Journal of Pure and Applied Physics*. v. 40, p. 5-11, 2002.
- [16] G. Steinhauser, Brandl A, Johnson TE (2014) Comparison of the Chernobyl and Fukushima nuclear accidents: a review of the environmental impacts. *Sci Total Environ* 470-471:800-817.
- [17] S. Merz Shozugawa K, Steinhauser G (2015) Analysis of Japanese radionuclide monitoring data of food before and after the Fukushima nuclear accident. *Environ*

- on Sci Technol 49(5):2875-2885.
- [18] Nasreddine, L. El Samad, O. Hwalla, N. Baydoun, R. Hamze M. and Parent-Massin, D. Activity concentrations and mean annual effective dose from gamma emitting radionuclides in the Lebanese diet. *Radiation Protection Dosimetry*, 131, No. 4, 545-550, 2008.
- [19] F. Hernández. Hernández-Armas, J. Catalán, A. Fernández-Aldecoa J. C. and Landeras, M. I. Activity concentrations and mean annual effective dose of foodstuffs on the Island of Tenerife Spain, *Radiation Protection Dosimetry* Vol. 111, No. 2, pp. 205-210, (2004).
- [20] S. G. Hutchison, & Hutchison, F. I. (1997). Radioactivity in everyday life. *Journal of Chemical Education*, 74, 501-505.
- [21] S. Harb, . Salahel Din K, Abbady A. Efficiency Calibrations of HPGe Detectors for Gamma spectrometry levels of Environmental Samples, 3rd Environmental Physics Conference, Aswan, Egypt, 19-23, Feb 2008.
- [22] Guidelines for Inhabitants' Dose Arrangements around Power Plants('03.6), KEPCO & KHNP
- [23] S. Harb. Michel, R. Uptake of U- and Th-series radionuclides by cereal crops in Upper Egypt *Nuclear Science and Techniques* 20, 99-105, (2009).
- [24] C. Wang, J. Hung, C. C, Kuo, Y. C, & Lin, Y. M. (1996). Analysis of natural radionuclides in some foodstuffs. *Journal of Nuclear Science*, 33, 58-63.
- [25] Ramli AT, Hussein AW, Wood AK. Environmental ²³⁸U and ²³²Th concentration measurements in an area of high level natural background radiation at Palong, Johor, Malaysia. *J Environ Radioact* 2005;80:287-304.
- [26] Ministry of Health LaW, Japan (2014) The results of surveys on the levels of radioactive cesium in foods (February-March 2014); 1% or below the current regulatory dose limit of 1 millisieverts per year (in Japanese)
- [27] Age-dependent doses to the members of the public from intake of radionuclides—part 5 compilation of ingestion and inhalation coefficients (Publication 72). vol 26
- [28] Winiarek V, Bocquet M, Saunier O, Mathieu A (2012) Estimation of errors in the inverse modeling of a accidental release of atmospheric pollutant: application to the reconstruction of the cesium-137 and iodine-131 source terms from the Fukushima Daiichi power plant. *J Geophys Res*.
- [29] S. K. Jha, Gothankar S, Iongwai PS, Kharbuli B, War SA, Puranik VD. Intake of ²³⁸U and ²³²Th through the consumption of foodstuffs by tribal populations practicing slash and burn agriculture in an extremely high rainfall area. *J Environ Radioact* 2012;103:1-6.
- [30] E. E. Santos, Lauria, D.C. Amaral, E.C.S. Rochedo, E.R. Daily ingestion of ²³²Th, ²³⁸U, ²²⁶Ra, ²²⁸Ra and ²¹⁰Pb in vegetables by inhabitants of Rio de Janeiro City, *Journal of Environmental Radioactivity* 62, 75-86, (2002).

환경시료 중 농산물에서 화학적 처리 방법에 의한 방사능 분석

장은성,¹ 이효영^{2,*}

¹부산대학교 핵물리방사선연구소

²동의대학교 방사선학과

요 약

원전 주변의 농경지에서 생산되는 농산물은 방사능 오염으로 인해 체내 방사능 오염을 유발할 가능성을 가질 수 있다. 이에 원전 주변에서 채취된 농산물을 건조 처리하여 섭취에 의한 내부피폭선량 평가를 위해 ⁹⁰Sr의 방사능 농도의 한계치를 알아보려고 하였다. 감마동위원소 분석결과 모든 시료에서 인공핵종은 검출되지 않았으며, 쌀에서 < 0.0166~0.0336 Bq/kg-fresh, 배추에서 <0.00586~0.0421 Bq/kg-fresh, 열무에서 <0.0135 ~0.106 Bq/kg-fresh, 배에서 0.0114 ~ 0.0901 Bq/kg-fresh 로서 정상변동범위 수준이었다. 일반인에 대한 연간 선량한도인 1.0 mSv 대비 쌀, 배추, 열무의 ⁹⁰Sr에 대해 각각 0.0177%, 0.0222%, 0.0376%, 0.00243%가 나왔으며, 이 값은 일반인에 대한 법적 기준치 1 mSv/yr•man 비해 0.1 % 미만의 값이 나타났다. 따라서 식생활에서 음식 섭취량 또는 연령을 고려하여 어린이, 어른이 섭취하는 식품에 대한 폭넓은 평가가 필요할 것으로 사료된다.

중심단어: 환경방사능, 화학적 전처리, 연간 선량 한도, 스트론튬