

ES06: การวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในมันสำปะหลัง โดยวิธีแกมมาเรย์สเปกโตรสโกปี

กนกพร ธรฤทธิ์¹, นเรศร์ จันทน์ขาว¹, สุชิน อุดมสมบูรณ์² และยุตธนา ตุ่มน้อย²

¹ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กทม.10330

โทรศัพท์: (02) 218-6781 โทรสาร: (02) 218-6770 E-Mail: pokekoe@hotmail.com

²สำนักสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานปรมาณู สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ถนนวิภาวดีรังสิต เขตจตุจักร
กทม. 10900 โทรศัพท์ (02) 579-7600 โทรสาร (02) 579-6958

บทคัดย่อ

ได้ทำการวิเคราะห์ธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในตัวอย่างมันสำปะหลังที่เก็บจากแหล่งเพาะปลูก 5 แหล่ง ๆ ละ 3 ครั้ง ในจังหวัดนครสวรรค์ กรุงเทพฯ และ นครปฐม และวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัดรังสีแกมมาแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูงเป็นเวลา 30,000 วินาที เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานดินของ IAEA -375 และแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐานของบริษัท Eckert & Ziegler ผลการวิจัยพบว่า มีนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ac – 228 , Pb – 212 , Pb – 214, K – 40 และ Bi – 214 อยู่ในปริมาณต่ำ นอกจากนี้ยังพบว่ามันสำปะหลังที่ทำการวิจัย 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้ทำแป้งมัน และชนิดที่เป็นอาหาร มีการดูดซึมโพแทสเซียมแตกต่างกัน
คำสำคัญ: รังสีแกมมา มันสำปะหลัง ธาตุกัมมันตรังสี

Analysis of Natural Radionuclides in Tapioca

By Gamma Rays Spectroscopy

Kanokporn Thorarith¹, Nares Chankow¹, Suchin Udomsomporn² and Dr.Yuttana Tumnoi

¹Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University Bangkok 10330

Tel (02) 218-6781 Fax (02) 218-6770, Email: pokekoe@hotmail.com

²Bureau of Technical Support for Safety Regulation Office of Atomic for Peace, Chatuchak, Bangkok 10900

Tel(02) 579-7600 Fax(02) 579-6958

Abstract

Natural radionuclides in tapioca samples collected from 5 planting locations in Nakornsawan , Bangkok and Nakornpathom provinces were analyzed using a HPGe gamma-ray detector. Three samples from each location were collected, then counted for 30,000 seconds in comparison to the standard soil IAEA-375 and radioactive standard source from Eckert & Ziegler company . Radionuclides including Ac – 228, Pb – 212, Pb – 214, K – 40 and Bi – 214 were found at trace level. It was also found that two types of tapioca samples used in this research, used for producing tapioca starch and foodstuff, had differences in potassium absorption.

Keywords: Gamma-rays, Tapioca, Radionuclides

บทนำ

มนุษย์มีโอกาสรับสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกายโดยทางอาหารเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมนุษย์จำเป็นต้องมีการบริโภคพืชต่างๆ ในการดำรงชีวิต โดยที่พืชต่างๆ เหล่านี้ต้องเพาะปลูกในดินซึ่งเป็นแหล่งรวมธาตุต่างๆ รวมทั้งธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ส่วนมากจะเป็นธาตุที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับโลก ที่สำคัญก็คือ โพแทสเซียม-40, ยูเรเนียม-238, ยูเรเนียม-235 และ ทอเรียม-232 ธาตุกัมมันตรังสีเหล่านี้จะสามารถสลายตัวต่อให้ลูกหลาน ที่สำคัญได้แก่ เรเดียม-226 ซึ่งได้มาจากการสลายตัวในอนุกรมของยูเรเนียม-238 มีค่าครึ่งชีวิต 1600 ปี ซึ่งยาวนานกว่านิวไคลด์ตัวอื่นๆ (เรเดียม-223, เรเดียม-224 และ เรเดียม-228) ด้วยเหตุผลนี้จึงใช้เรเดียม-226 เป็นตัวแทนค่ามวลทั้งหมดในจำนวนมวลที่แท้จริงของเรเดียมในธรรมชาติ เรเดียม-226 จะสลายตัวให้รังสีแอลฟาซึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายก็จะมีอันตราย เพราะจะทำให้เนื้อเยื่อเกิดการระคายเคืองและจะเกิดความผิดปกติและอาจจะกลายเป็นมะเร็งได้^{1,2} อีกทั้งเรเดียม-226 ยังสะสมในโครงกระดูกอาจก่อให้เกิดมะเร็งในโครงกระดูกของร่างกายได้นอกจากธาตุกัมมันตรังสีที่ได้จากอนุกรมต่างๆ แล้วยังมีสารกัมมันตรังสีอีกตัวที่มีความสำคัญ นั่นก็คือ โพแทสเซียม-40 เนื่องจากในร่างกายมนุษย์จะมีธาตุที่สำคัญและจำเป็นประกอบอยู่ด้วยกันทั้งหมด 11 ธาตุ ได้แก่ O, C, H, N, Ca, P, S, K, Na, Cl และ Mg จะเห็นได้ว่า โพแทสเซียมก็เป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นธาตุหนึ่งของร่างกายมนุษย์นับเป็นอันดับที่ 4 และมีปริมาณมากเป็นอันดับที่ 7 ซึ่งโพแทสเซียมเป็นธาตุหนึ่งที่ประกอบอยู่ภายในเซลล์ต่างๆ ของมนุษย์โดยเฉพาะในเซลล์เม็ดเลือดแดง ซึ่งมีโอกาสสะสมอยู่ในเซลล์ต่างๆ ที่ในร่างกายซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายได้มากแก่ร่างกายหากได้รับในปริมาณมากผิดปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์เม็ดเลือดแดงอาจถูกทำลายและลดจำนวนลงเป็นเหตุให้การทำงานของเซลล์ในร่างกายทำงานผิดปกติ²

เมื่อทำการเพาะปลูกพืช พืชจะสามารถดูดซึมธาตุต่างๆ ที่อยู่ในดินรวมทั้งธาตุกัมมันตรังสีด้วย โดยจะมีการสะสมธาตุที่ตำแหน่งต่างๆ ของพืชไม่เท่ากัน บางชนิดก็อาจมีการสะสมที่ใบ ราก ลำต้น นอกจากนี้ธาตุแต่ละชนิดก็ยังมี การสะสมที่ตำแหน่งต่างๆ ไม่เท่ากัน จากการศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะมีการศึกษาถึงการสะสมของธาตุกัมมันตรังสีทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในพืชที่มีการดูดซึมจากรากแล้วส่งผ่านไปยังส่วนอื่นของพืช แต่ในพืชที่ส่วนของลำต้นอยู่ติดกับดินยังไม่ค่อยมีข้อมูลเกี่ยวกับการดูดซึมมากนัก^{4,7,10,11}

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในมันสำปะหลัง มาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีแกมมาเรย์สเปกโตรสโกปี เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่เพาะปลูกบนพื้นที่ใดพื้นที่ดินบริเวณนั้นก็จะเสีย ซึ่งหมายถึงพืชต้องมีการดูดซึมธาตุต่างๆ ที่อยู่ในดินในปริมาณที่สูง และมันสำปะหลังยังเป็นพืชที่มนุษย์นำมาเป็นส่วนประกอบรวมถึงการนำมาบริโภคเป็นอาหาร ถ้ามันสำปะหลังมีการดูดซึมสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติซึ่งอยู่ในดินปริมาณมาก

ย่อมมีการสะสมและเมื่อมนุษย์นำมารับประทานก็ย่อมมีโอกาสที่จะได้รับสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงได้ ดังนั้นจึงเลือกมันสำปะหลังเป็นพืชที่ใช้ในการวิจัย โดยที่มันสำปะหลังที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้เป็นอาหาร โดยเก็บจากจังหวัดกรุงเทพฯ และจังหวัดนครปฐม ซึ่งมันสำปะหลังชนิดนี้จะมีสารไซยานิดต่ำและชนิดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยเก็บจากจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งมันสำปะหลังชนิดนี้จะมีสารไซยานิดค่อนข้างสูง โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งเพาะปลูกต่างกัน และทำการเก็บดินที่ใช้เพาะปลูกด้วย เพื่อที่จะได้ดูความสัมพันธ์ของความแรงรังสีจำเพาะของไอโซโทปรังสีอื่นๆที่มีอยู่ในพืชกับในดิน

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

- หัววัดรังสีเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์และระบบการวิเคราะห์แบบเกมมาสเปกโตรสโคปี
- ภาชนะพลาสติกบรรจุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 14.30 เซนติเมตร สูง 7.40 เซนติเมตร
- Marinelli Beaker
- สารมาตรฐานดิน IAEA-375
- สารกัมมันตรังสีมาตรฐาน multiradionuclides ของบริษัทEckert&Ziegler
- ตู้อบ ตะแกรงร่อนดิน และ เครื่องบดอาหาร
- เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- ตัวอย่างมันสำปะหลัง 5 แหล่ง
- ดินจากแหล่งที่ปลูกมันสำปะหลัง

3. วิธีการวิจัย

3.1 การเก็บและการเตรียมตัวอย่างมันสำปะหลัง

- ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่าง จาก จังหวัด กรุงเทพฯ นครปฐม และ นครสวรรค์ โดยที่
- ตัวอย่างแหล่งที่ 1 เก็บจากเขตทวีวัฒนา จ.กรุงเทพฯ
- ตัวอย่างแหล่งที่ 2 เก็บจากอำเภอนครไชยศรี จ.นครปฐม
- ตัวอย่างแหล่งที่ 3 เก็บจากอำเภอลำปาง จ.นครสวรรค์
- ตัวอย่างที่เก็บจากแหล่งที่ 1 – 5 จะทำการเก็บครั้งละ 5 กิโลกรัม และเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 3 ครั้ง
- นำตัวอย่างที่เก็บมาได้มาปอกเปลือก จากนั้นนำมาล้างน้ำให้สะอาด ต้มตัวอย่างไว้ให้สะเด็ดน้ำ

- นำตัวอย่างที่สะเด็ดน้ำแล้วมาบดด้วยเครื่องบดอาหารให้ละเอียด
- จากนั้นนำมาใส่ถาดอลูมิเนียมที่มีกระดาษฟอยด์หุ้มอยู่
- นำตัวอย่างที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 วัน วันละ 8 ชั่วโมง
- นำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วมาบดให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นบรรจุใส่ใน Marinelli beaker ให้มี geometry เหมือนกับสารมาตรฐาน
- ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนัก

3.2 การเก็บและการเตรียมตัวอย่างดิน

- เก็บดิน ณ. จุดที่ปลูกพืชทั้ง 5 แหล่ง โดยชุดบริเวณผิวหน้าดินประมาณ 1 กิโลกรัม เก็บพร้อมกับพืชที่เก็บจากพื้นที่ในครั้งที่ 1 เพียงครั้งเดียว
- นำดินที่เก็บจากแหล่งเพาะปลูกพืชทำการวิจัยมาใส่ชามเผาตัวอย่าง
- นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง นาน 3 วัน
- จากนั้นนำตัวอย่างดินที่อบแห้งแล้วมาบด และนำมาร่อนเพื่อให้ได้อนุภาคของดินมีขนาดเดียวกัน
- บรรจุตัวอย่างดินที่ร่อนแล้วใส่ลงในภาชนะพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร โดยมีความสูงเท่ากับ 4.7 เซนติเมตร ซึ่งความสูงที่ใช้นี้เป็นความสูงเดียวกับสารมาตรฐานดินที่ใช้ในงานวิจัย
- ชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนัก

3.3 การวัดปริมาณรังสีแกมมาและการวิเคราะห์ค่าความแรงรังสีจำเพาะ

- การหาค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี โดยนำสารมาตรฐานดิน(IAEA-375) และสารกัมมันตรังสีมาตรฐานซึ่งเป็น multiradionuclides ของบริษัท Eckert & Ziegler มาวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์เป็นเวลา 10,000 วินาที เพื่อใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์ และระบบการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรสโกปี
- ทำการวัดรังสีแกมมาของตัวอย่างมันสำปะหลังและตัวอย่างดิน ตัวอย่างละ 30,000 วินาที
- นำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปคำนวณหาค่าความแรงรังสีจำเพาะของแต่ละนิวไคลด์ที่พบ

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์ชนิดของไอโซโทปที่มีอยู่ในตัวอย่างมันสำปะหลัง ที่เก็บจากแหล่งเพาะปลูก 5 แหล่ง ใน 3 จังหวัด

จากการวัดสเปกตรัมและตรวจสอบพลังงานของรังสีแกมมาของตัวอย่างมันสำปะหลังที่เก็บจากจังหวัดนครปฐม จังหวัดกรุงเทพฯ และจังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีไอโซโทปรังสีของ Ac-228, Pb-212, Pb-214, Bi-214 และ K-40

2. การวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างมันสำปะหลังจำนวน 15 ตัวอย่าง ตัวอย่างดินที่เก็บจากแหล่งเพาะปลูก และค่าขีดจำกัดของแต่ละพลังงานรังสีแกมมา(Lower Limit of Detection : LLD)

สามารถคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างมันสำปะหลัง 15 ตัวอย่างและดินจำนวน 5 ตัวอย่าง โดยแต่ละตัวอย่างใช้เวลาในการวัด 30,000 วินาที โดยใช้โปรแกรม Genie 2000 ประมวลผลและคำนวณผลของพื้นที่ใต้พีค(net area) และได้นำข้อมูลดังกล่าวไปคำนวณค่าขีดจำกัดของห้วงวัดรังสี ค่ากัมมันตภาพรังสีของ Pb-212, Pb-214, Bi-214, Ac-228 และ K-40 และค่ากัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างดิน ซึ่งได้แสดงผลดังตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ขีดจำกัดของการวัดของแต่ละพลังงาน

นิวไคลด์	พลังงาน (keV)	ค่าขีดจำกัดของการวัด Bq/kg)
Pb-212	238.60	0.31
Pb-214	351.90	0.22
Bi-214	609.30	0.46
Ac-228	911.60	0.87
K-40	1460.80	26.29

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างมันสำปะหลัง

แหล่งที่	ความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสี (Bq/kg)								
	Ra-226			Pb-212			Pb-214		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	<3.79	<3.79	<3.79	<0.31	<0.31	<0.31	1.23 ± 0.14	0.71 ± 0.11	0.45 ± 0.09
2	<3.79	<3.79	<3.79	<0.31	0.31 ± 0.10	<0.31	0.34 ± 0.09	<0.31	<0.31
3	<3.79	<3.79	<3.79	<0.31	<0.31	<0.31	0.45 ± 0.09	1.42 ± 0.14	0.37 ± 0.08
4	<3.79	<3.79	<3.79	0.35 ± 0.19	<0.31	1.00 ± 0.11	0.62 ± 0.09	<0.31	0.65 ± 0.09
5	<3.79	<3.79	<3.79	<0.31	<0.31	<0.31	0.32 ± 0.08	0.38 ± 0.08	0.65 ± 0.10

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นกัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำมันสำปะหลัง(ต่อ)

แหล่ง ที่	ความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสี (Bq/kg)								
	Bi-214			Ac-228			K-40		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	<0.46	1.20 ± 0.17	0.71 ± 0.14	<0.87	0.93 ± 0.25	<0.87	623.63 ± 9.94	560.44 ± 9.19	496.40 ± 8.18
2	0.68 ± 0.16	<0.46	1.11 ± 0.16	3.12 ± 0.40	0.90 ± 0.24	<0.87	482.49 ± 8.85	527.19 ± 8.75	485.31 ± 7.98
3	1.17 ± 0.17	0.51 ± 0.13	<0.46	1.36 ± 0.27	1.79 ± 0.29	1.31 ± 0.25	244.42 ± 5.97	270.24 ± 6.18	255.87 ± 5.89
4	1.01 ± 0.14	0.46 ± 0.12	0.70 ± 0.13	<0.87	<0.87	1.61 ± 0.25	240.48 ± 5.41	263.61 ± 5.87	277.66 ± 5.76
5	0.49 ± 0.13	<0.46	<0.46	<0.87	<0.87	<0.87	230.35 ± 5.64	253.62 ± 5.85	250.65 ± 5.93

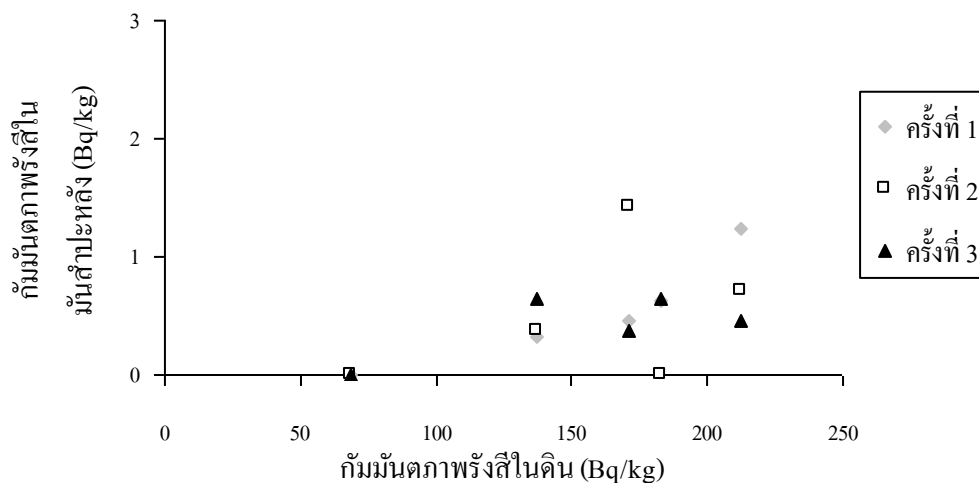
ตารางที่ 3 ความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีของแต่ละนิวไคลด์ที่พบในตัวอย่างดินที่ใช้เพาะปลูก
มันสำปะหลัง

แหล่งที่	ความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีของแต่ละนิวไคลด์ในตัวอย่างดิน(Bq/kg)					
	Ra-226	Pb-212	Pb-214	Bi-214	Ac-228	K-40
1	601.93±17.31	214.76±3.00	212.42±3.87	197.71±4.13	211.57±6.49	113.89±15.30
2	221.76±12.64	109.13±2.39	68.45±2.57	65.30±2.71	121.83±5.52	565.41±26.50
3	481.24±16.32	44.46±1.31	171.01±3.67	212.92±5.32	163.83±8.12	1221.64±56.41
4	419.98±14.41	57.33±1.39	182.54±3.56	207.11±4.94	174.96±7.87	171.42±31.62
5	302.24±13.42	47.50±1.36	136.94±3.33	162.26±4.70	145.51±7.73	128.35±34.08

3. การนำค่ากัมมันตภาพรังสีที่พบในพืชและในดินมาหาความสัมพันธ์บางนิวไคลด์แสดงดังรูปที่ 1, 2 และ 3

ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นนิวไคลด์ Pb 214

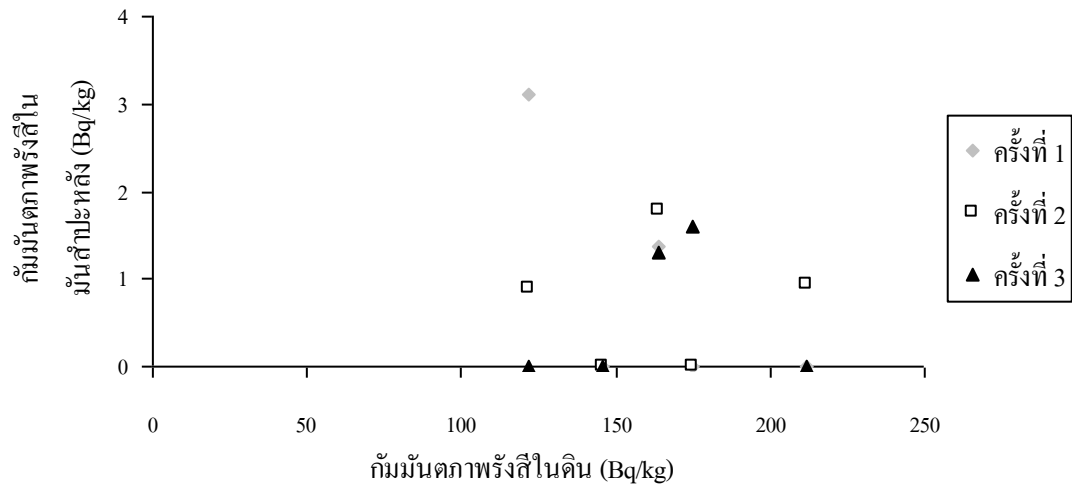
ในตัวอย่างดินกับมันสำปะหลัง



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นนิวไคลด์ Pb-214 ในตัวอย่างดินและมันสำปะหลัง

ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นนิวไคลด์ Ac - 228

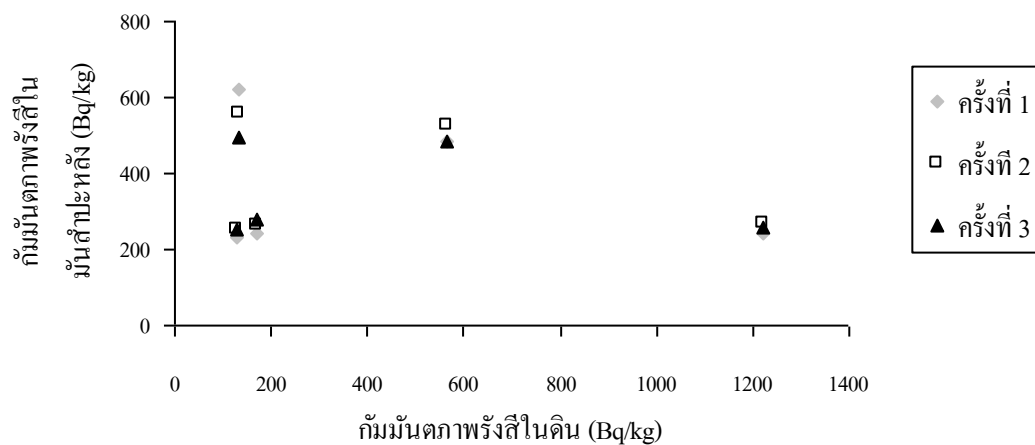
ในตัวอย่างดินกับมันสำปะหลัง



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นนิวไคลด์ Ac-228 ในตัวอย่างดินและมันสำปะหลัง

ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นนิวไคลด์ K - 40

ในตัวอย่างดินกับมันสำปะหลัง



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นนิวไคลด์ K-40 ในตัวอย่างดินและมันสำปะหลัง

สรุปผลการวิจัย

ได้ตรวจพบว่ามีไอโซโทปกัมมันตรังสีในตัวอย่างมันสำปะหลังที่เก็บจากจังหวัดนครปฐม จังหวัดกรุงเทพฯ และจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 5 แหล่ง แหล่งละ 3 ครั้ง ซึ่งแต่ละไอโซโทปที่พบเป็นไอโซโทปรังสีที่พบในธรรมชาติและเกิดขึ้นมาพร้อมกับการกำเนิดขึ้นของโลก โดยตัวอย่างมันสำปะหลังพบว่ามันสำปะหลังทุกตัวอย่างมีค่ากัมมันตภาพรังสีของ Ra-226 ต่ำกว่าค่าขีดจำกัดของการวัด จึงไม่ได้รายงาน ส่วนนิวไคลด์กัมมันตรังสีอื่นๆแสดงผลดังนี้

Pb-212 มีค่ากัมมันตรังสีอยู่ในช่วง <0.31 ถึง 1.00 ± 0.11 Bq/kg

Pb-214 มีค่ากัมมันตรังสีอยู่ในช่วง <0.22 ถึง 1.42 ± 0.14 Bq/kg

Bi-214 มีค่ากัมมันตรังสีอยู่ในช่วง <0.46 ถึง 1.20 ± 0.17 Bq/kg

Ac-228 มีค่ากัมมันตรังสีอยู่ในช่วง <0.87 ถึง 3.12 ± 0.40 Bq/kg

ส่วน K-40 แบ่งเป็น 2 ค่า เนื่องจากมันสำปะหลังที่ใช้ในงานวิจัยได้นำมันสำปะหลัง 2 ชนิด คือมันสำปะหลังชนิดที่ใช้เป็นอาหาร(แหล่งที่ 1 และแหล่งที่ 2) และชนิดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลังแหล่งที่ 3, 4 และ 5) พบว่าชนิดที่ใช้เป็นอาหารมีค่ากัมมันตภาพรังสีอยู่ในช่วง 482.49 ± 8.85 ถึง 623.63 ± 9.94 Bq/kg และชนิดที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้งมันสำปะหลังมีค่ากัมมันตภาพรังสีในช่วง 230.35 ± 5.64 ถึง 277.66 ± 5.76 Bq/kg เมื่อเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพรังสีของ K-40 ในตัวอย่างมันสำปะหลังทั้ง 2 ชนิด จะเห็นว่ามันสำปะหลังชนิดที่ใช้เป็นอาหารมีการดูดซึมโพแทสเซียมสูงกว่าชนิดที่ใช้ผลิตแป้งมันสำปะหลัง ส่วนนิวไคลด์ตัวอื่นค่าที่ได้ไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากในการทำวิจัยไม่ได้ร่อนิวไคลด์ลูกเข้าสู่สถานะสมดุลทางกัมมันตรังสี จึงเห็นว่าความแรงรังสีจำเพาะของนิวไคลด์ลูกเกิดจากการสลายตัวของนิวไคลด์แม่คือ เรเดียม - 226 และ แอกทิเนียม - 228 ไม่สอดคล้องกัน

นอกจากนี้ยังได้มีการหาความสัมพันธ์ของค่ากัมมันตภาพรังสีที่มีในตัวอย่างมันสำปะหลัง และตัวอย่างดินที่ใช้เพาะปลูก จากกราฟความสัมพันธ์พบว่าค่ากัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างมันสำปะหลังและตัวอย่างดินไม่มีความสัมพันธ์กัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ รวมทั้งได้รับการแก้ไขข้อบกพร่องรวมทั้งเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยจาก รองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว คุณสุชิน อุดมสมพร และดร.ยุทธนา ตุ่มน้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คุณเจริญ ทะนันไทสง และ คุณนพพร ยิ้มแจ่ม เจ้าหน้าที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องอบ และอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง

ขอขอบพระคุณ คุณชะเอม พันธุ์จิต และคุณสมพิศ แจ่มเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการเก็บตัวอย่างมันสำปะหลัง

ขอขอบพระคุณ คุณวุฒิเดช ทรฤทธิ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวัดรังสีแกมมา และสารมาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1. บรรจง หวังเจริญรุ่ง. การศึกษาปริมาณของสารกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 และโปแตสเซียม-40 ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม โดยวิธีแกมมาสเปกโตรสโกปี วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521.
2. บุญัน เตาวะโต. การตรวจหานิวไคลด์กัมมันตรังสีในอาหารสดด้วยหัววัดรังสีแกมมาชนิดเจอร์เมเนียมความบริสุทธิ์สูงเพื่อการประเมินปริมาณรังสีที่ประชากรไทยได้รับจากการบริโภคประจำวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2546.
3. Adams, F., and Dams, R. Applied Gamma-Ray Spectrometry. 2nd ed. Oxford : Pergamon Press, 1970.
4. Adam Khatir Sam, Ake Eriksson. Radium-226 Uptake by Vegetation Grown in Western Sudan. J. Environ. Radioactivity. 1995 : 27 - 38.
5. Gerhart Friedlander, Joseph W. Kennedy, Edward S. Kennedy, Julian Malcolm Miller. Nuclear and Radiochemistry. 3rd ed. John Wiley & Sons, 1981.
6. Glenn F. Knoll. Radiation Detection and Measurements. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 1999.
7. H. M. Badran, T. Sharshar, T. Elnimer. Levels of ^{137}Cs and ^{40}K in edible parts of some vegetables consumed in Egypt. J. Environ. Radioactivity. 2003 : 181 - 190.
8. J. R. Cooper, K. Randle and R. S. Sokhi. Radioactivity Releases in the Environment : Impact and Assessment. John Wiley & Sons, 2003.
9. O. Oestling, P. Kopp and W. Burkart. Foliar Uptake of Cesium, Iodine and Strontium and Their Transfer to The Edible Parts of Beans, Potatoes and Radishes. Radiat. Phys. Chem. Vol.33, No.6, 1989 : 551 – 554.
10. V.A. Pulhani, S. Dafauti, A. G. Hegde, R. M. Sharma and U. C. Mishra. Uptake and Distribution of Natural Radioactivity in Wheat Plants from Soil. J. Environ. Radioactivity. 2005 : 331 – 346.
11. Y. H. Choi, C. W. Lee, S. R. Kim, J. h. Lee and J. S. Jo. Effect of application Time of Radionuclides on Their Root Uptake By Chinese Cabbage and Radish. J. Environ. Radioactivity. 1998 : 83 – 189.