นิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติในพืชสมุนไพร และพืชอาหารสัตว์ บริเวณภูเขาหินแกรนิต เกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Natural Radionuclides in Medicinal Plants and Forages from a Granite Mountain area, Phangan Island, Surathani Province.

พวงทิพย์ แก้วทับทิม[1*] อุดร ยังช่วย[2] และ มูบารัค เล็กเกลี้ยง[3]

Pungtip Kaewtubtim[1*] Udorn Youngchuay[2] and Mubarak Lakkiang[3]

บทคัดย่อ

นิวไคลด์กัมมันตรังสีเป็นสารที่ก่อให้เกิดโรคมะเร็ง มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น สำหรับนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติพบมากในหินแกรนิต งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสี (^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K) ในตัวอย่างพืชสมุนไพร และพืชอาหารสัตว์ที่อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเพื่อวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยพืชที่นำมาทำสมุนไพร และพืชที่เป็นห่วงโซ่อาหาร รวม 20 ชนิด วิเคราะห์รังสีในตัวอย่างพืชโดยใช้ระบบการวิเคราะห์แกมมาสเปกโตรเมตรี ด้วยหัววัดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) พบว่า กัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K มีค่าอยู่ในช่วง 6.75 ± 0.16 ถึง 61.55 ± 0.48, 1.76 ± 0.15 ถึง 34.24 ± 0.25 และ 330.74 ± 0.37 ถึง 1337.54 ± 0.64 Bq/kg ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ในพืชทุกชนิดมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ (UNSCEAR, 2000) ที่กำหนด

คำสำคัญ : นิวไคลด์กัมมันตรังสี พืชสมุนไพร อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Abstract

The radioactive nuclides were a cancer causing agent. They have a source of origin from nature and man-made. The natural radioactive elements were found in granite rock. The purpose of this research were analyze the activity of radioactive nuclides (^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K) in herbs and forage plant samples from Koh Phangan District, Surat Thani Province and to analyze the Annual external effective dose rate (E).

[1] ผศ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี 94000

[2] นักวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) นครนายก 26120

[3] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี 94000

[1] Asst. Prof. Dr., Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Province 94000, Thailand

[2] Nuclear Sciencetist, Institute of Nuclear Technology (TINT), Nakhon Nayok Province, 26120, Thailand

[3] Master's degree student, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Province 94000, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: pungtip.k@psu.ac.th

(Received: August 28, 2020; Revised: December 30, 2020; Accepted: January 5, 2021)

A total of 20 species of plants, including medicinal plants and food chains plant were randomly sampled. The plant samples were analyzed by the gamma spectrometry system with high-purity germanium (HPGe) detector. It was found that the radioactive nuclides of ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K were ranged from 6.75 ± 0.16 to 61.55 ± 0.48, 1.76 ± 0.15 to 34.24 ± 0.25 and 330.74 ± 0.37 to 1337.54 ± 0.64 Bq/kg, respectively. In addition, the Annual external effective dose rate (E) in all plants were lower than required (UNSCEAR, 2000).

Keywords: Radioactive Nuclides, Medicinal Plants, Phangan District, Suratthani Province

บทนำ

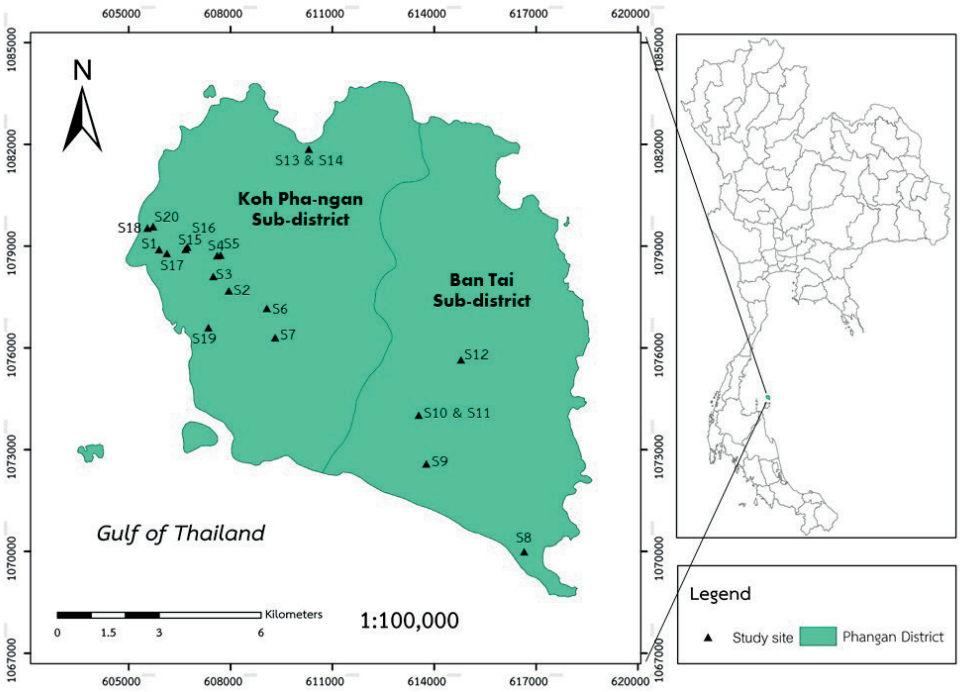
นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radioactive Material) เป็นสารหรือธาตุที่มีนิวเคลียสของอะตอมไม่เสถียร จึงปลดปล่อยรังสีออกมา เพื่อปรับตัวให้มีเสถียรภาพ นิวไคลด์กัมมันตรังสีสามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการสัมผัส การหายใจ การดื่ม และการกินเป็นต้น โดยเฉพาะการกิน เป็นอาหาร เป็นยาสมุนไพร และผ่านทางห่วงโซ่อาหาร นอกจากนี้การอาศัยอยู่ในบ้านเรือนยังสามารถที่จะได้สารกัมมันตรังสีจากวัสดุก่อสร้างสูง โดยเฉพาะบ้านเรือนที่ไม่เปิดให้อากาศถ่ายเท [1] จึงทำให้การใช้ชีวิตในปัจจุบันมีความเสี่ยงต่อการได้รับรังสีมากยิ่งขึ้น การได้รับสะสมในเวลานาน ๆ หรือได้รับรังสีในปริมาณมาก มีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทำให้อะตอมหรือโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์มีการแตกตัวเป็นไอออน และทำให้มีการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อเนื่องกันจนกระทั่งโครงสร้างของเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยมีผลทำให้เกิดความผิดปกติในร่างกายขึ้น จึงอาจส่งผลทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ หรือร้ายแรงถึงขั้นส่งผลต่อชีวิตได้ [2] จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาปริมาณความเป็นอันตรายของรังสีเพื่อเป็นตัวชี้วัดระดับความเป็นอันตรายจากการได้รับนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติต่อการใช้ชีวิตประจำวัน โดยการวิเคราะห์ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) [3] นิวไคลด์กัมมันตรังสีส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติ พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ ดิน ทราย หิน รวมไปถึงในอากาศ โดยปริมาณของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเหล่านี้จะมีปริมาณมาก หรือน้อยขึ้นกับลักษณะทางธรณีวิทยาในบริเวณนั้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิตจะพบว่าปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีสะสมอยู่สูง [4] เช่นพื้นที่อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีลักษณะภูมิประเทศโดยส่วนใหญ่เป็นภูเขา ลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นเทือกเขาหินแกรนิตทั้งเกาะ ด้วยเหตุนี้ทำให้ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีตามธรรมชาติในตัวอย่างดิน บริเวณเกาะพะงันมีปริมาณสูงกว่าค่าเฉลี่ยของจังหวัดชุมพร ซึ่งเป็นจังหวัดที่อยู่ติดกัน ค่าเฉลี่ยของประเทศไทย และค่าเฉลี่ยของทั่วโลก [5] จึงเป็นไปได้ว่าปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีในพืชสมุนไพร และพืชที่เป็นอาหารของสัตว์ซึ่งจะเป็นห่วงโซ่อาหารของคน บริเวณเกาะพะงันอาจ จะมีปริมาณสูงด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจเก็บตัวอย่างพืชสมุนไพร และพืชที่เป็นอาหารสัตว์ซึ่งจะเป็นห่วงโซ่อาหารของคน ที่บริเวณพื้นที่เกาะพะงัน จังหวัดจังหวัดสุราษฎร์ธานี มาวิเคราะห์

วิธีดำเนินการ

1. การเก็บ และเตรียมตัวอย่าง

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 2 ประเภทได้แก่พืชสมุนไพร 19 ชนิดประกอบไปด้วย *Euphorbia heterophylla* L.(หญ้ายาง) *Ageratum conyzoides* L. (สาบแร้งสาบกา) *Stachyarpheta jamaicensis* L. (หญ้าพันงูเขียว) *Coccinia grandis* L. (ตำลึง) *Hyptis suaveolens* L. (แมงลักคา) *Wedelia trilobata.* L.

(กระดุมทองเลื้อย) *Alysicarpus vaginalis* L. (ถั่วลิสงนา) *Mikania cordata* Burm.f. (ขี้ไก่ย่าน) *Centrosema pubescens* Benth. (ถั่วลายหรือเซนโตซีมา) *Nephrolepis cordifolia.* (เฟิร์นใบมะขาม) *Calopogonium caeruleum* Benth. (ซีรูเลียม) *Tridax procumbens* L. (ตีนตุ๊กแก) *Phaseolus lathyroides* L. (ถั่วผี) *Melochia corchorifolia* L. (เส้ง) *Eclipta prostrate* L. (กะเม็ง) *Rhynchelytrum repens* Willd. (หญ้าดอกชมพู) *Ipomoea pes-caprae* L. (ผักบุ้งทะเล) *Alternanthera sessilis* L. (ผักเป็ดแดง) และ *Hippeastrum johnsonii* Bury. (ว่านสี่ทิศ) และพืชที่เป็นอาหารของสัตว์ ซึ่งจะเป็นห่วงโซ่อาหารของคน จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ *Digitaria ciliaris* Retz. (หญ้าปล้องข้าวนก) ครอบคลุมอำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี บันทึกจุดเก็บตัวอย่างที่แน่นอนด้วยเครื่องบอกพิกัดดาวเทียม (Global Positioning System, GPS) ดังภาพที่ 1 จากนั้นนำตัวอย่างพืชทั้งราก ลำต้น และใบมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้เป็นผง จากนั้นนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด 120 ไมโครเมตร และบรรจุในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร สูง 10.2 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับภาชนะบรรจุสารมาตรฐานพืช IAEA-330 และความสูงของตัวอย่างในกระปุกเท่ากับความสูงของสารมาตรฐาน จากนั้นวางตัวอย่างทิ้งไว้เป็นเวลา 1 เดือนเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุลทางรังสี



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างบริเวณเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

2. การตรวจวัด และวิเคราะห์

นำตัวอย่างพืชที่เตรียมไว้ไปวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ประสิทธิภาพหัววัด 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 18,000 วินาที ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก โดยใช้สารมาตรฐานพืช IAEA-330 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ สำหรับวิเคราะห์

ค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra โดยวัดที่พลังงาน 609.31 ซึ่งเป็นพลังงานของ ^{214}Bi สำหรับ ^{232}Th วัดที่พลังงาน 2614.53 ซึ่งเป็นพลังงานของ ^{208}Tl และ ^{40}K วัดที่พลังงาน 1460.75 keV [5] ดังสมการที่ (1)

$$C_r = \frac{A}{(E \times T \times P \times W)} \quad (1)$$

เมื่อ C_r คือ ค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ในตัวอย่างพืช (Bq/kg)

A คือ อัตรานับสุทธิ (Peak Area/Counting Time)

E คือ ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (cps/Bq)

T คือ เวลาที่นับวัด (s)

P คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่มีรังสีแกมมาออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสี (%yield)

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างที่ทำการที่วัดรังสี (kg)

วิเคราะห์ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) [3] ดังสมการ (2)

$$E\left(\frac{mSv}{y}\right) = (0.461C^{226}Ra + 0.604C^{232}Th + 0.0417C^{40}K\left(\frac{nGy}{hr}\right)) \times 8760(hr) \times 0.2 \times 0.7\left(\frac{Sv}{Gy}\right) \times 10^{-6} \quad (2)$$

ผลการวิจัย และอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างพืช ซึ่งเป็นพืชที่เข้าสู่ร่างกายทั้งการผ่านการกินโดยตรง และผ่านทางห่วงโซ่อาหาร บริเวณเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่ากัมมันตภาพรังสีของนิวไคลน์กัมมันตรังสี ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K ในพืช 20 ตัวอย่างบริเวณพื้นที่เกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และงานวิจัยอื่น ๆ

Samples	Location of sample	specific activities (Bq/kg)		
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Euphorbia heterophylla L.	This study	23.54 ± 0.30	6.53 ± 0.17	438.17 ± 0.40
Ageratum conyzoides L.		58.20 ± 0.47	17.47 ± 0.20	1006.03 ± 0.57
Stachyarpheta jamaicensis L.		27.51 ± 0.32	19.77 ± 0.21	837.21 ± 0.52
Coccinia grandis L.		24.51 ± 0.31	13.06 ± 0.19	920.85 ± 0.55
Hyptis suaveolens L.		22.01 ± 0.29	34.24 ± 0.25[a]	699.08 ± 0.49
Wedelia trilobata L.		61.55 ± 0.48[a]	6.88 ± 0.17	747.43 ± 0.50
Alysicarpus vaginalis L.		17.13 ± 0.26	14.30 ± 0.19	332.27 ± 0.37
Mikania cordata Burm.f.		11.52 ± 0.21	7.59 ± 0.17	994.52 ± 0.56
Centrosema pubescens Benth.		14.92 ± 0.24	8.65 ± 0.18	483.45 ± 0.42
Digitaria ciliaris Retz.		58.49 ± 0.47	30.18 ± 0.24	1216.29 ± 0.62
Nephrolepis cordifolia. L.		33.70 ± 0.36	14.83 ± 0.20	664.55 ± 0.48

ตารางที่ 1 ค่ากัมมันตภาพรังสีของนิวไคลน์กัมมันตรังสี ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K ในพืช 20 ตัวอย่างบริเวณพื้นที่เกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และงานวิจัยอื่น ๆ (ต่อ)

Samples	Location of sample	specific activities (Bq/kg)		
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Calopogonium caeruleum Benth.		21.78 ± 0.29	12.88 ± 0.19	861.76 ± 0.53
Tridax procumbens L.		27.23 ± 0.32	26.47 ± 0.23	357.60 ± 0.38
Phaseolus lathyroides L.		13.22 ± 0.22	14.12 ± 0.19	812.65 ± 0.52
Melochia corchorifolia L.		20.54 ± 0.28	6.35 ± 0.17	388.29 ± 0.39
Eclipta prostrate L.		12.20 ± 0.22	2.47 ± 0.15	1159.51 ± 0.60
Rhynchelytrum repens Willd.		12.59 ± 0.22	4.77 ± 0.16	405.18 ± 0.39
Ipomoea pes-caprae L.		6.75 ± 0.16 [b]	2.65 ± 0.15	1337.54 ± 0.64[a]
Alternanthera sessilis L.		7.66 ± 0.17	1.76 ± 0.15[b]	330.74 ± 0.37[b]
Hippeastrum johnsonii Bury.		24.56 ± 0.31	16.06 ± 0.20	1371.30 ± 0.65
Range	This study	6.75 - 61.55	1.76 - 34.24	330.74 - 1337.54
Clitoria ternatea L. [3]		2.82±0.20	0.28±0.17	633.82±58.17
Andrographis paniculate [3]	Thailand	7.54±0.61	1.71±0.14	950.77±89.44
Alpina Galangal [6]		0.9 ± 0.7	0.9 ± 0.9	785 ± 5.76
Jew's Mallow [7]	Egypt	0.501 ± 0.03	0.136 ± 0.02	11.436 ± 0.42
Wheat Grains [8]	India	0.7 ± 0.1	1.1 ± 0.02	102.9 ± 9.8

หมายเหตุ : a หมายถึง ค่ามากสุด, b หมายถึง ค่าน้อยสุด

จากตารางที่ 1 จะได้ว่าค่ากัมมันตภาพของนิวไคลน์กัมมันตรังสี ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างพืชบริเวณเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า พืชที่มีค่า ^{226}Ra สูงสุดคือ กระดุมทองเลื้อย (*Wedelia trilobata.* L) มีค่า 61.55 ± 0.48 Bq/kg ค่า ^{232}Th สูงสุด แมงลักคา (*Hyptis suaveolens* L.) มีค่า 34.24 ± 0.25 Bq/kg และค่า ^{40}K สูงสุดคือ ผักบุ้งทะเล (*Ipomoea pes-caprae* L.) มีค่า 1337.54 ± 0.64 Bq/kg ตามลำดับ จากการวิเคราะห์พืชในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยของ ^{226}Ra และ ^{232}Th สูงกว่าพืชบางชนิด เช่น*Clitoria ternatea* L., *Andrographis paniculate, Alpina Galangal, Jew's Mallow* และ *Wheat Grains.* จากงานวิจัยของประเทศไทย และงานวิจัยบางส่วนของทั่วโลก [3, 6 - 8] เนื่องจากบริเวณเกาะพะงัน มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิต ทำให้มีค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในดินสูง [5] จึงส่งผลให้ค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในพืชสูงด้วย อย่างไรก็ตามปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีในพืช ยังต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เช่น น้ำที่ใช้รดพืช การใส่ปุ๋ยให้แก่พืช ค่า pH ของดิน และ Anthropogenic Radionuclides เป็นต้น ส่วนค่าเฉลี่ยของ ^{40}K พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับงานวิจัยพืชในประเทศไทย [3] แต่สูงกว่าพืชจากงานวิจัยบางส่วนในต่างประเทศ [7, 8] นอกจากนี้ได้คำนวณปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ดังที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ในพืช บริเวณเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Sample	E (mSv/y)	Sample	E (mSv/y)
Euphorbia heterophylla L.	0.04	*Nephrolepis cordifolia.* L.	0.06
Ageratum conyzoides L.	0.10	*Calopogonium caeruleum* Benth.	0.07
Stachyarpheta jamaicensis L.	0.07	*Tridax procumbens* L.	0.05
Coccinia grandis L.	0.07	*Phaseolus lathyroides* L.	0.06
Hyptis suaveolens L.	0.07	*Melochia corchorifolia* L.	0.04
Wedelia trilobata. L.	0.08	*Eclipta prostrate* L.	0.07
Alysicarpus vaginalis L.	0.04	*Rhynchelytrum repens* Willd.	0.03
Mikania cordata Burm.f.	0.06	*Ipomoea pes-caprae* L.	0.07
Centrosema pubescens Benth.	0.04	*Alternanthera sessilis* L.	0.02
Digitaria ciliaris Retz.	0.12	*Hippeastrum johnsonii* Bury.	0.10
Average		0.06	
UNSCEAR (2000) [8]		0.48	

จากตารางที่ 2 ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) มีค่าระหว่าง 0.02 – 0.12 mSv/y เฉลี่ย 0.06 mSv/y ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน 0.48 mSv/y (UNSCEAR, 2000)

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพนิวไคลน์กัมมันตรังสี ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างพืช 20 ชนิด ซึ่งเก็บที่อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่า ^{226}Ra อยู่ในช่วง 6.75 ± 0.16 ถึง 61.55 ± 0.48 Bq/kg โดยต้นกระดุมทองเลื้อย (*Wedelia Trilobata* L.) มีค่าสูงสุด สำหรับ ^{232}Th มีค่าอยู่ในช่วง 1.76 ± 0.15 ถึง 34.24 ± 0.25 Bq/kg โดยต้นแมงลักคา (*Hyptis suaveolens* L.) มีค่าสูงสุด และ ^{40}K มีค่าอยู่ในช่วง 330.74 ± 0.37 ถึง 1337.54 ± 0.64 Bq/kg โดยต้นผักบุ้งทะเล (*Ipomoea Pes-caprae* L.) มีค่าค่าสูงสุด นอกจากนี้ผลการศึกษาค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) พบว่าพืชทุกชนิดมีต่ำกว่าเกณฑ์ (UNSCEAR, 2000) ที่กำหนด ผลจากการศึกษาสรุปได้ว่าพืชที่ใช้วิเคราะห์มีปริมาณสารกัมมันตรังสีอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยใคร่ขอบคุณทุนวิจัยวิทยาเขตปัตตานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับตรวจวัดรังสี ขอขอบคุณแผนกวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์การทดลอง ขอขอบคุณ Angel Hut Resort อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานีที่เอื้อเฟื้อที่พักตลอดการไปเก็บตัวอย่าง ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์การทดลอง ขอขอบคุณเจ้าของ Angel Hut Resort อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานีที่เอื้อเฟื้อที่พักตลอดการไปเก็บตัวอย่าง

References

[1] Srisuwan, T. (2006). Radon: the hidden hazard in buildings, *Journal of Architecture/ Planning Studies*. *4*(2), 23–37.

[2] Nualchavee, R. (2002). *Nuclear Science*. Bangkok: Kasetsart University.

[3] Saenboonruang, K., Phonchanthuek, E. & Prasandee, K. (2018). Determination using gamma spectroscopy of natural radionuclide activity concentrations and annual committed effective doses in selected Thai medicinal plants, *Chiang Mai Journal of Science.* 45(2), 821–831.

[4] Department of Mineral Resources. (2550). *Department of Mineral Resources, Suratthani Province, Thailand*. Bangkok: Department of Mineral Resources.

[5] Lakkiang, M., Keawtaptim, P., Youngchauy, U., Bordeepong, S., Phansuke, P., & Changkian, S. (2019). Determination of Radionuclide (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) in soil at Phangan District, Suratthani Province, In *The 29thThaksin University National Academic Conference: Research and Innovation for Sustainability Development*. 278–284. May 9–10, 2019, Siam Oriental Hotel, Hat Yai. Songkhla: Thaksin University.

[6] Kritsananuwat, R., Chanyotha, S., Kranrod. C., & Pengvanich, P. (2017). Transfer factor of K from soil to Alpinia Gangal plant grown in northern Thailand, *Journal of Physics: Conference Series. 860*, 1–9.

[7] Abdou, N.Y., Hegazy, R.A., & Eissa, H.S. (2017). Measurement of gamma activity from clay soil and the leaves of Jew's-mallow plant enhanced by fertilizers, *World Applied Sciences Journal*. *35*(1), 128–136.

[8] Pulhani, V.A., Dafauti, S., Hegde, A.G., Sharma, R.M., & Mishra, U.C. (2005). Uptake and distribution of natural radioactivity in wheat plants from soil, *Journal of Environmental Radioactivity*. *79*, 331–346.

[9] The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2000). *Sources, effects and risk of ionizing radiation*. UNSCEAR, New York: United Nations.