



การตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นในพื้นที่
สามจังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย

Quantitative Analysis of Radionuclides from Nature and Man-made Sources
at Three Southern Most Provinces of Thailand

มุขำมีน สุหลง

Musammin Sulong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Applied Physics

Prince of Songkla University

2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นในพื้นที่
สามจังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย

Quantitative Analysis of Radionuclides from Nature and Man-made Sources
at Three Southern Most Provinces of Thailand

มุขามีน สุหลง

Musammin Sulong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Applied Physics

Prince of Songkla University

2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นใน
พื้นที่ สามจังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย

ผู้เขียน นายมุขามีน สุหลง

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัช ชิตตระการ)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุนารี บดีพงศ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมหมาย ช่างเขียน)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พวงทิพย์ แก้วทับทิม)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....

(นายมุขามีน สุหลง)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่
ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายมุขามีน สุหลง)

นักศึกษา

Prince of Songkla University
Pattani Campus

| | |
|-----------------|--|
| ชื่อวิทยานิพนธ์ | การตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นในพื้นที่ สามจังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย |
| ผู้เขียน | นายมุขามีน สุหลง |
| สาขาวิชา | ฟิสิกส์ประยุกต์ |
| ปีการศึกษา | 2558 |

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการตรวจวัดปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีจำเพาะในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ซึ่งประกอบด้วยไอโซโทปซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232, โพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 โดยใช้เทคนิคในการตรวจวัดรังสีแกมมาสเปกโตรเมตรี ด้วยหัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) โดยใช้เวลาในการตรวจวัด 14,400 วินาทีต่อตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 ± 0.52 , 0.96 ± 0.53 , 45.91 ± 27.34 และ 1.40 ± 1.02 Bq/d สำหรับ ซีเซียม-137, ซีเซียม-134, โพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ตามลำดับ สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียม ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน ในตัวอย่างน้ำบ่อต้นพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.36, 0.05 และ 0.09 Bq/l ตามลำดับ ตัวอย่าง กล้วยหิน พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 87.72, 0.24 และ 0.36 Bq/kg ตามลำดับ ตัวอย่างตำลึง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.90, 0.24 และ 0.33 Bq/kg ตามลำดับ และสุดท้ายในตัวอย่างข้าวสาร พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 90.77, 0.25 และ 0.37 Bq/kg ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลของเรเดียมที่ค่าต่ำกว่า ที่กำหนดโดย UNSCEAR 2000 ที่ระบุค่าไว้ 370 Bq/kg ในขณะที่ค่าดัชนีความเสียหายทางรังสีที่ร่างกายได้รับจากภายนอกในร่างกาย (H_{ex}) และจากร่างกายในร่างกาย (H_{in}) มีค่าต่ำกว่า 1 Bq/kg และ 1 Bq/kg ตามลำดับ จากผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าประชาชนที่อาศัยในพื้นที่สามจังหวัดชายแดนภาคใต้ มีความปลอดภัยจากสารกัมมันตรังสีจากการบริโภค น้ำบ่อต้น กล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร

คำสำคัญ: นิวไคลด์กัมมันตรังสี, 3 จังหวัดชายแดนใต้, น้ำปัสสาวะ, น้ำบ่อต้น, กล้วยหิน, ตำลึง ข้าวสาร

Thesis Title Quantitative Analysis of Radionuclides from Nature and Man-made Sources at Three Southern Most Provinces of Thailand
Author Mr. Musammin Sulong
Major Program Applied Physics
Academic Year 2015

ABSTRACT

This research was conducted for measuring the amount of specific radioactivity of nature and man-made nuclides of Caesium-137, Caesium-134, Radium-226, Thorium-232, Potassium-40 and Iodine-131. All samples were measured and evaluated using a high-purity germanium (HPGe) detector and gamma spectrometry analysis system and convert into specific activities. From the experimental data, it was found that the average specific activity of urine samples equal to 1.02 ± 0.52 , 0.96 ± 0.53 , 45.91 ± 27.34 and 1.40 ± 1.02 Bq/d for Cs-137, Cs-134, K-40 and I-131, respectively. Furthermore, Radium equivalent activities (Ra_{eq}) and external hazard index (H_{ex}) for ground water samples were calculated with a mean value of 19.36, 0.05 and 0.09 Bq/l, respectively. For vegetables and fruits comprise of bananas, Ivy gourd and rice samples, found that the mean specific activity were equal to 87.72, 0.24 and 0.36 Bq/kg, 88.90, 0.24 and 0.33 Bq/kg, and 90.77, 0.25 and 0.37 Bq/kg, respectively. It was found that all of these samples have a mean value of radium equivalent activities lower than the threshold limit of the UNSCEAR 2000 report at 370 Bq/kg. The mean value of external hazard indices (H_{ex}) and internal hazard indices (H_{in}) were also found lower than the safety limits of 1.0 and 1.0, respectively. We can conclude that all the Ground Water, Banana, Ivy Gourd, Rice in the three southernmost provinces region are safe for consumption.

Keywords: Radionuclides, Three Southern Most Provinces, Urine, Ground Water, Banana, Ivy Gourd, Rice

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความกรุณาช่วยเหลือและให้คำปรึกษาอย่างดียิ่ง จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.อุตร ยิ่งช่วย และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ตลอดจนถึงอาจารย์ในแผนกวิชาฟิสิกส์ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะ รวมทั้งแนวทางในการทำวิจัย และการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนให้ความรู้ความเข้าใจในการทำวิจัยอย่างดี ตลอดจนมาผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ ผู้ให้ความร่วมมือทุกท่าน ที่ยินยอม อนุญาต ให้นำปัสสาวะ ในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ แผนกวิชาฟิสิกส์ และแผนกวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี และสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก ที่ให้การสนับสนุนการใช้เครื่องมือ และความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนทุนยกเว้นค่าลงทะเบียนเรียน และ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการทำวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณไชนับ ดอเลาะ คุณสุมาลี สีมม และคุณตัสนิม มะแซ ที่คอยช่วยเหลือในการตรวจวัดรังสีแกมมา และให้คำปรึกษา รวมทั้งพี่ๆ น้องๆ นิสิตนักศึกษาสาขาวิชาฟิสิกส์ ที่คอยเป็นกำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนด้านการศึกษา รวมทั้ง พี่ๆ น้องๆ และญาติทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจในการทำวิจัยให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

มุขามีน สุหลง

สารบัญ

| | |
|--|-----------|
| หัวข้อ | หน้า |
| หน้าอำนวยการ | (2) |
| บทคัดย่อ | (5) |
| ABSTRACT | (6) |
| กิตติกรรมประกาศ | (7) |
| สารบัญ | (8) |
| รายการตาราง | (12) |
| รายการภาพประกอบ | (16) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา | 1 |
| 1.2 การตรวจเอกสาร | 4 |
| 1.2.1 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 4 |
| 1.2.2 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 5 |
| 1.2.3 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึงและข้าวสาร | 8 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ | 11 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย | 12 |
| 2.1 รังสี หรือกัมมันตภาพรังสี (Radiation or Radioactivity) | 12 |
| 2.2 คุณสมบัติของรังสีแต่ละชนิด | 13 |
| 2.2.1 รังสีแอลฟา | 13 |
| 2.2.2 รังสีบีตา | 13 |
| 2.2.3 รังสีแกมมา | 13 |
| 2.2.4 รังสีเอกซ์ | 13 |
| 2.3 รังสีจากสิ่งแวดล้อม | 14 |
| 2.3.1 รังสีจากธรรมชาติ | 14 |
| 2.3.1.1 รังสีคอสมิก | 14 |
| 2.3.1.2 รังสีที่พื้นผิวโลก | 14 |
| 2.3.2 แหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น | 16 |
| 2.3.2.1 แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์ | 16 |
| 2.3.2.2 แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม | 16 |
| 2.3.2.3 ระเบิดนิวเคลียร์ | 16 |
| 2.3.2.4 การผลิตพลังงานโดยนิวเคลียร์ | 16 |
| 2.4 การสลายของสารกัมมันตรังสี | 17 |
| 2.5 ค่าคงที่การสลายตัว และค่าครึ่งชีวิต | 19 |

สารบัญ (ต่อ)

| หัวข้อ | หน้า |
|--|-----------|
| 2.17.2 จังหวัดนราธิวาส | 38 |
| 2.17.3 จังหวัดยะลา | 38 |
| 2.18 คุณสมบัติของ กล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร | 39 |
| 2.18.1 กล้วยหิน | 39 |
| 2.18.2 ตำลึง | 44 |
| 2.18.3 ข้าวสาร | 41 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | 44 |
| 3.1 วัสดุ และอุปกรณ์ | 44 |
| 3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย | 45 |
| 3.3 การวัด และการวิเคราะห์ผลการทดลอง | 50 |
| 3.4 ตัวอย่างสเปกตรัมของตัวอย่างแต่ละชนิด | 56 |
| บทที่ 4 ผลและการวิเคราะห์ | 59 |
| 4.1 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ของหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง สำหรับตัวอย่างต่างๆ | 59 |
| 4.2 ค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 60 |
| 4.3 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 82 |
| 4.4 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน | 94 |
| 4.5 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างตำลึง | 106 |
| 4.6 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสาร | 118 |
| 4.7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137, ซีเซียม-134, โปแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะกับงานวิจัยในประเทศไทย | 140 |
| 4.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำบ่อต้น กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยในต่างประเทศ | 142 |
| 4.9 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ในตัวอย่างกล้วยหิน และผลไม้กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยในต่างประเทศ | 143 |
| 4.10 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ในตัวอย่างตำลึง กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยในต่างประเทศ | 144 |

สารบัญ (ต่อ)

| หัวข้อ | หน้า |
|--|------------|
| 4.11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวสาร กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยในต่างประเทศ | 145 |
| บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ | 147 |
| 5.1 สรุป ผลการทดลอง | 147 |
| 5.1.1 ตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 147 |
| 5.1.2 ตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 148 |
| 5.1.3 ตัวอย่างกล้วยหิน | 150 |
| 5.1.4 ตัวอย่างตำลึง | 151 |
| 5.1.5 ตัวอย่างข้าวสาร | 153 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 154 |
| เอกสารอ้างอิง | 155 |
| ภาพผนวก | 160 |
| ข้อมูลแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน ไอโอดีน-131 | 162 |
| ตัวอย่าง หนังสือยินยอมเจตนาเข้าร่วมการวิจัย | 163 |
| ตัวอย่าง ข้อมูลผู้เข้าร่วมการวิจัย | 164 |
| ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะสำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ ในแต่ละตำบล | 165 |
| ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ และค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ ในแต่ละตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 184 |
| ข้อมูลสารรังสีมาตรฐานรหัส IAEA-330 สำหรับตัวอย่าง ผักและผลไม้ | 190 |
| ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ และค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ ในแต่ละตัวอย่างกล้วยหิน | 192 |
| ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ และค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ ในแต่ละตัวอย่างตำลึง | 198 |
| ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะและค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ ในแต่ละตัวอย่างข้าวสาร | 204 |
| ประวัติผู้เขียน | 209 |

รายการตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 ปริมาณรังสีคอสมิกที่ระดับความสูงของพื้นที่ | 14 |
| 2.2 ปริมาณการรับรังสียังผลต่อปีต่อคนจากรังสีในธรรมชาติ | 15 |
| 2.3 ปริมาณรังสียังผลจากรังสีในสิ่งแวดล้อม | 16 |
| 2.4 ปริมาณสารกัมมันตรังสีที่ทำให้เกิดอาการอย่างเฉียบพลัน | 24 |
| 2.5 ปริมาณไอโอดีนที่ควรบริโภคต่อวัน | 25 |
| 2.6 สภาวะไอโอดีนในน้ำปัสสาวะ | 26 |
| 2.7 หน่วยปริมาณรังสี | 26 |
| 3.1 ค่าประสิทธิภาพการนับวัดของแหล่งกำเนิดรังสีแกมมามาตรฐาน | 53 |
| 3.2 ค่าประสิทธิภาพการนับวัดของแหล่งกำเนิดรังสีแกมมามาตรฐาน IAEA-330 | 55 |
| 4.1 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 56 |
| 4.2 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 59 |
| 4.3 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ สำหรับตัวอย่างผักและผลไม้ | 59 |
| 4.4 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 60 |
| 4.5 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 62 |
| 4.6 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 64 |
| 4.7 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 66 |
| 4.8 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ | 68 |
| 4.9 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ | 70 |
| 4.10 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ | 72 |
| 4.11 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ | 74 |

รายการตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.12 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 76 |
| 4.13 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 78 |
| 4.14 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีไอโอดีน-131 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 80 |
| 4.15 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 82 |
| 4.16 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 84 |
| 4.17 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 86 |
| 4.18 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 88 |
| 4.19 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราการปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีสำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 90 |
| 4.20 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราการปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 92 |
| 4.21 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 94 |
| 4.22 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 96 |
| 4.23 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 98 |
| 4.24 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 100 |
| 4.25 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราการปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 102 |
| 4.26 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราการปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 104 |
| 4.27 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง | 106 |

รายการตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.28 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง | 108 |
| 4.29 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง | 110 |
| 4.30 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง | 112 |
| 4.31 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีสำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง | 114 |
| 4.32 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง | 116 |
| 4.33 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 118 |
| 4.34 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 120 |
| 4.35 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 122 |
| 4.36 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 124 |
| 4.37 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีสำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 126 |
| 4.38 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 128 |
| 4.39 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างต่างๆ | 130 |
| 4.40 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 ในตัวอย่างต่างๆ | 132 |
| 4.41 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างต่างๆ | 134 |
| 4.42 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 ในตัวอย่างต่างๆ | 136 |
| 4.43 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างต่างๆ | 138 |

รายการตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.44 การเปรียบเทียบปริมาณไขมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้น กับแต่ละประเทศ | 140 |
| 4.45 การเปรียบเทียบปริมาณไขมันตภาพรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน และผลไม้ กับแต่ละประเทศ | 142 |
| 4.46 การเปรียบเทียบปริมาณไขมันตภาพรังสีในตัวอย่างผัก กับแต่ละประเทศ | 144 |
| 4.47 การเปรียบเทียบปริมาณไขมันตภาพรังสีในตัวอย่างข้าวสาร กับแต่ละประเทศ | 146 |
| 5.1 ไขมันตภาพรังสีจำเพาะสูงสุดของแต่ละไอโซโทป ที่เพศ อายุ และที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน | 147 |
| 5.2 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 150 |
| 5.3 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน | 151 |
| 5.4 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างตำลึง | 152 |
| 5.5 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสาร | 154 |

รายการภาพประกอบ

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 การลดจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ณ เวลาต่างๆ | 19 |
| 2.2 จำนวนอะตอมของการสลายตัวแบบต่อเนื่องของ N_1 และ N_2 | 20 |
| 2.3 การเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตรอน | 22 |
| 2.4 การเกิดปรากฏการณ์คอมพ์ตัน | 22 |
| 2.5 การเกิดปรากฏการณ์แพรโปรดักชัน | 23 |
| 2.6 แผนภาพหัววัด และระบบการวิเคราะห์รังสีแกมมา | 29 |
| 2.7 กล้วยหิน | 39 |
| 2.8 ตำลึง | 40 |
| 2.9 รากฝอย | 41 |
| 2.10 รากใต้ดิน | 41 |
| 2.11 ใบเดี่ยว | 42 |
| 2.12 ช่อดอก | 42 |
| 2.13 ดอกย่อย | 43 |
| 2.14 ผลและเมล็ด | 43 |
| 3.1 ลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง | 46 |
| 3.2 ขวดขนาด 1000 ml | 46 |
| 3.3 การวัดปริมาตรทั้งหมด | 46 |
| 3.4 การเติมกรดไนตริก | 46 |
| 3.5 สารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131 | 47 |
| 3.6 บรรจุใส่ขวดพลาสติก | 47 |
| 3.7 เก็บตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 47 |
| 3.8 แกลลอนพลาสติกขนาด 5000 ml | 47 |
| 3.9 การปรับค่า pH | 48 |
| 3.10 สารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131 | 48 |
| 3.11 การเก็บตัวอย่างกล้วยหิน | 48 |
| 3.12 การเก็บตัวอย่างตำลึง | 48 |
| 3.13 การเตรียมตัวอย่างกล้วยหิน | 49 |
| 3.14 การเตรียมตัวอย่างตำลึง | 49 |
| 3.15 การเตรียมตัวอย่างข้าวสาร | 49 |
| 3.16 การบดตัวอย่าง | 49 |
| 3.17 การร่อนตัวอย่างผัก ผลไม้ | 49 |
| 3.18 การชั่งตัวอย่าง | 49 |
| 3.19 สารรังสีมาตรฐาน IAEA-330 | 50 |

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 3.20 ตัวอย่างที่รอการตรวจวัด | 50 |
| 3.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่อง กับพลังงานของรังสีของหัววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูงและระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี | 51 |
| 3.22 ชุดหัววัดรังสี | 51 |
| 3.23 ภายในถังตะกั่ว | 51 |
| 3.24 แหล่งกำเนิดรังสีแบบ point source | 52 |
| 3.25 การวัดรังสีจาก point source | 52 |
| 3.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับประสิทธิภาพของหัววัดรังสีสำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 53 |
| 3.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับประสิทธิภาพของหัววัดรังสีสำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น | 54 |
| 3.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับประสิทธิภาพของหัววัดรังสีสำหรับตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร | 55 |
| 3.29 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างน้ำปัสสาวะในตำบลบาเจาะ (U-NR-BJ-1) อำเภอเยื้อง จังหวัดนราธิวาส | 56 |
| 3.30 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างน้ำบ่อต้นในตำบลท่าสาป (DW-YL-TS-1) อำเภอเมืองยะลาจังหวัดยะลา | 57 |
| 3.31 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างกล้วยหินในตำบลตะลุบัน (B-PN-TB-3) อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี | 57 |
| 3.32 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างตำลึงในตำบลโกตาบารู (V-YL-KB-1) อำเภอรามัน จังหวัดยะลา | 58 |
| 3.33 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างข้าวสารในตำบลเขาตวม (R-PN-YR-3) อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี | 58 |
| 4.1 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 61 |
| 4.2 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 63 |
| 4.3 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 65 |
| 4.4 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ | 67 |

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.5 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งตามเพศ | 69 |
| 4.6 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งตามเพศ | 71 |
| 4.7 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งตามเพศ | 73 |
| 4.8 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งตามเพศ | 75 |
| 4.9 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 77 |
| 4.10 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 79 |
| 4.11 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีไอโอดีน-131 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 81 |
| 4.12 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 83 |
| 4.13 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 85 |
| 4.14 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 87 |
| 4.15 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 89 |
| 4.16 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 91 |
| 4.17 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ | 93 |
| 4.18 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 95 |
| 4.19 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 97 |
| 4.20 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน | 99 |

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 4.21 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน | 101 |
| 4.22 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีสำหรับตัวอย่างกล้วยหิน | 103 |
| 4.23 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน | 105 |
| 4.24 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างตำลึง | 107 |
| 4.25 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างตำลึง | 109 |
| 4.26 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างตำลึง | 111 |
| 4.27 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างตำลึง | 113 |
| 4.28 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างตำลึง | 115 |
| 4.29 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างตำลึง | 117 |
| 4.30 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และซีเซียม-134 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 119 |
| 4.31 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 121 |
| 4.32 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 123 |
| 4.33 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 125 |
| 4.34 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 127 |
| 4.35 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างข้าวสาร | 129 |
| 4.36 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆ ในแต่ละตำบล | 131 |

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.37 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่าง ต่างๆ ในแต่ละตำบล | 133 |
| 4.38 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่าง ต่างๆ ในแต่ละตำบล | 135 |
| 4.39 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่าง ต่างๆ ในแต่ละตำบล | 137 |
| 4.40 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่าง ต่างๆ ในแต่ละตำบล | 139 |

Prince of Songkla University
Pattani Campus

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

มนุษย์มีการสัมผัสสารกัมมันตรังสีที่มาจากธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเป็นประจำทุกวัน ทั้งภายใน และภายนอกร่างกาย การสัมผัสสารกัมมันตรังสีภายในร่างกายเกิดจากแหล่งรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ ประกอบด้วย ในน้ำ ดิน อากาศ และอาหารที่มนุษย์บริโภคเข้าไป โดยปริมาณสารกัมมันตรังสีในธรรมชาติจะมีความเข้มข้นแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับ สภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศ มารินา (2554) เช่น ไอโซโทปกัมมันตรังสีเรเดียม-226 ซึ่งพบมากในน้ำพุร้อน น้ำบาดาล และน้ำป่อดิน ส่วนไอโซโทปกัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 จะพบมากในดิน บัญ หิน โดยเฉพาะในหินแกรนิต ซึ่งเห็นได้จากงานวิจัยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่มีการใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ชนิดหัววัดชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium detector, HPGe) วิเคราะห์หาค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำพุร้อน และตัวอย่างน้ำป่อดิน พบว่ามีค่าระหว่าง 190–4,192 mBq/l และ 10–96 mBq/l ชัยนะ (2552) ตามลำดับ รวมถึงวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 และโพแทสเซียม-40 ในดินตะกอนจากพื้นที่แหลมตะลุมพุก และบริเวณฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พรรณี (2552) และห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ เช่น อาหารสด ข้าวสาร และผักสด บูลัน (2546) รวมทั้งในตัวอย่างมันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครปฐม นครสวรรค์ และกรุงเทพฯ กนกพร และคณะ (2552) ยังมีการตรวจวัดปริมาณรังสีโพแทสเซียม-40 เพิ่มเติมในตัวอย่างข้าวสารจากศูนย์วิจัยในจังหวัดกระบี่ นครศรีธรรมราช พัทลุง และปัตตานี ไมมูน และประสงค์ (2552)

นอกจากรังสีในธรรมชาติแล้ว มนุษย์ยังได้รับรังสีที่ผลิตหรือสร้างขึ้นโดยมนุษย์เอง เช่น รังสีที่ใช้ทางการแพทย์ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และรังสีจากอุบัติเหตุของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ซึ่งเห็นได้จากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล (Chernobyl) ในประเทศรัสเซีย ระเบิดขึ้นในปี ค.ศ 1986 ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสีลงสู่น้ำในเปอร์ โกล์เมืองฟรีเฟียต จังหวัดเคียฟ ทางตอนเหนือของประเทศยูเครน Hirose (2007) ทำให้มีสารกัมมันตรังสีแพร่กระจายไปทั่วยุโรป และทั่วโลก และยังรั่วไหลลงสู่ทะเล เห็นได้จากการตรวจวัดความเข้มข้นของพลูโตเนียม-239 และซีเซียม-137 ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงของเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ในพื้นผิวน้ำทะเลบริเวณทางตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก มีค่าระหว่าง 0.5-4.1 mBq/m³ และ 0.07-1.7 Bq/m³ ตามลำดับ Gwynn *et al.* (2012) รวมถึงการตรวจวัดความเข้มข้นของปริมาณซีเซียม-137, สตรอนเทียม-90 และเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำทะเลของประเทศบาหลีเรน พบว่ามีค่าเฉลี่ย 1.80±0.25, 1.03±0.21 และ 1.71±0.44 Bq/m³ ตามลำดับ ในตะกอนดินบริเวณใกล้ชายฝั่งที่ระดับความลึก 0-2 cm พบความเข้มข้นของปริมาณซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ 6.77±2.53 Bq/kg ในปี 2007 และ 5.26±2.04 Bq/kg ในปี 2008 และจากเหตุการณ์ภัย

ธรรมชาติแผ่นดินไหว 8.9 ริกเตอร์ ที่ประเทศญี่ปุ่นเมื่อวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ. 2554 ส่งผลให้เกิดแผ่นดินไหวตามมาอีกหลายครั้ง (after shock) และเกิดคลื่นยักษ์ “สึนามิ” ครั้งใหญ่ ทำให้เกิดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินสูญหายไปเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟูกูชิม่า (Fukushima) ระเบิด ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารกัมมันตรังสี ลงสู่แหล่งน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลประเทศญี่ปุ่น เมื่อ Takeyasu and Sumiya (2014) ได้ทำการตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137, ซีเซียม-134 และไอโอดีน-131 ในตัวอย่างฝุ่นละอองที่เกิดการระเบิดของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ฟูกูชิม่า (Fukushima) โดยทำการตรวจวัดทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 13-25 มีนาคม 2011 พบว่า ในวันที่ 15 มีนาคม 2011 ปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ มีค่าสูงที่สุด และมีค่าลดน้อยลงต่อเนื่อง และเพิ่มสูงอีกครั้งในวันที่ 20-21 มีนาคม 2011 ค่าที่สูงที่สุด เฉลี่ยที่ 190, 203 และ 1605 Bq/m³ ตามลำดับ จากการตรวจวัดปริมาณรังสีในตัวอย่างผักโขมที่ปลูกในกรุงปักกิ่ง เมืองเทียนจิน ทางภาคเหนือ และมณฑลเหอหนาน ทางภาคกลางของประเทศจีน พบว่า มีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 ในปริมาณที่ต่ำมาก สำหรับประเทศไทยก็ได้มีการตรวจสอบอาหารประเภทผักที่มีการนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น พบว่า ผักฮานาวาซาบิ (Hanawasabi) และผักมิซึบะ (Mi Tsu Ba) มีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีซีเซียม-137, ซีเซียม-134 และ ไอโอดีน-131 ที่ระดับความเข้มข้น 12.97, 12.95 และ 33.18 Bq/kg และ 51.10, 44.70 และ 83.35 Bq/kg ตามลำดับ

หากสารกัมมันตรังสีเหล่านี้เข้าไปสะสมภายในร่างกายมนุษย์ จะทำให้เกิดผลกระทบต่อร่างกายในระยะสั้นหรือระยะยาว ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีนั้นๆ โดยสารกัมมันตรังสีจะเข้าไปเกาะติดกับผนังปอด ทำให้ปอดได้รับรังสีได้ หรือสารรังสีที่เป็นลูกหลานจะไม่ก่อให้เกิดอาการเฉียบพลัน แต่อาจก่อให้เกิดมะเร็งปอดซึ่งอาจจะแสดงผลในเวลาต่อมา (10-30 ปีหลังได้รับรังสี) จูฮาร์ตัน (2554) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของการก่อมะเร็งภายในร่างกาย สำหรับไอโอดีน-131 จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland) ซึ่งอยู่บริเวณลำคอ และเป็นส่วนเดียวที่สามารถดูดซึมจากอาหารที่รับประทานเข้าไป ไอโอดีน-131 และกรดอะมิโนไทโรซีน จะถูกเปลี่ยนไปเป็นฮอร์โมนไทร็อกซิน (T₄) และ ไตรไอโอดไทโรนิน (T₃) ซึ่งฮอร์โมนนี้จะซึมผ่านกระแสเลือดในร่างกายต่อไป หากร่างกายได้รับไอโอดีน-131 ในระยะสั้นจะเกิดเป็นพิษต่อร่างกายเหมือนการได้รับกัมมันตภาพรังสีทั่วไป แต่ในระยะยาวจะส่งผลต่อการเกิดมะเร็งในบริเวณต่อมไทรอยด์ โดยเฉพาะในเด็ก และทำลายเซลล์ปกติของร่างกายปกติได้ โดยเฉพาะเซลล์ที่มีการแบ่งตัวได้รวดเร็ว ได้แก่ เซลล์ไขกระดูกซึ่งทำหน้าที่สร้างเม็ดเลือดขาว เซลล์ของรังไข่หรืออวัยวะ หรือเซลล์เยื่อบุทางเดินอาหาร ศูนย์อำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ด้านการแพทย์และสาธารณสุข (2553) ส่วนสารรังสีซีเซียม-137 มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายๆ กับโพแทสเซียม ทำให้ร่างกายเข้าใจผิดว่าเป็นโพแทสเซียม จึงดูดซึมเข้าไปสะสมไว้ ส่งผลให้การทำงานของเซลล์ผิดปกติ ก่อให้เกิดมะเร็ง หากได้รับรังสีในปริมาณมาก หรือเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดความผิดปกติในระดับโครโมโซมหรือระดับพันธุกรรม หรือได้รับซีเซียมในปริมาณที่มากๆ ในระยะเวลาอันสั้นอาจทำให้เกิดการลวกไหม้อย่างรุนแรงบริเวณที่สัมผัส จนอาจเสียชีวิตได้

สำหรับประเทศไทยก็ได้มีการนำสารกัมมันตรังสีไปใช้หลายด้านด้วยกัน ดารุณี (2555) ประกอบด้วยสารรังสีชนิดปิดผนึก และไม่ปิดผนึก และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ รวมถึงประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียงกับประเทศไทยมีแผนจะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รวมทั้งประเทศไทยด้วย หากโรงไฟฟ้าดังกล่าวเกิดอุบัติเหตุหรือมีการฟุ้งกระจายของสารรังสีเกิดขึ้น ประชากรของประเทศไทย ย่อมหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะได้รับผลกระทบ และมีโอกาสปนเปื้อนในอาหาร หรือสิ่งแวดล้อมได้

สำหรับประชากรในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ (ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส) มีโอกาสที่จะได้รับสารกัมมันตรังสีทั้งจากธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น เนื่องจากในพื้นที่นี้มีลักษณะภูมิประเทศเป็นแนวเทือกเขาหินแกรนิตหลายบริเวณ ได้แก่ บริเวณอำเภอธารโต อำเภอเบตง ทางตอนเหนือของอำเภอยะหา ทางตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอกรงปินัง ทางตะวันออก และทางตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอรามัน จังหวัดยะลา และทางตอนเหนือของอำเภอรือเสาะ อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส พงทิพย์ และสมหมาย (2545) ส่วนจังหวัดปัตตานีพบหินแกรนิตในบริเวณอำเภอยะรัง และอำเภอมายอ ซึ่งจากการศึกษาปริมาณกัมมันตรังสีของยูเรเนียม-238, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างหินชนิดต่างๆ บริเวณจังหวัดปัตตานี พบว่า สารกัมมันตรังสีดังกล่าวมีปริมาณสูงในหินแกรนิต เช่นเดียวกับ อันศอรี (2552) ที่ศึกษาปริมาณยูเรเนียม-238, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างหินจากจังหวัดยะลา มีปริมาณสูงในหินแกรนิตเช่นกัน และจากการตรวจวัดระดับกัมมันตรังสีในตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของยูเรเนียม-238 และทอเรียม-232 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก จากการศึกษาวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวสาร ไมยูน และประสมงค์ (2552) ในพื้นที่ศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดปัตตานี พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 85.97-297.37 Bq/kg โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.83 ± 11.62 Bq/kg นอกจากนี้ยังมี หะรุหม และพงทิพย์ (2545) ได้ศึกษาและวิเคราะห์ค่าปริมาณยูเรเนียมในตะกอนดินในบริเวณพื้นที่จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส พบว่า ความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูลกระจายครอบคลุมในพื้นที่ดังกล่าว พบว่ามีค่ามากที่สุด 8 ppm ซึ่งอาจจะทำให้มีความเสี่ยงต่อค่ากัมมันตภาพรังสีเรดอนสูง และจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ ประกอบกับพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ของประเทศไทย ส่วนมากติดชายทะเล ดังนั้น หากเกิดอุบัติเหตุทางรังสีจะทำให้ประชากรรับรังสีได้ทั้งทางอากาศ และทางน้ำ ทั้งโดยทางตรง และ ทางอ้อมนั่นคือทางห่วงโซ่อาหารที่มนุษย์รับประทานเข้าไป

แต่เนื่องจากสารกัมมันตรังสี ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และไม่มึรส การที่จะทราบว่ามีสารกัมมันตรังสีในร่างกาย ในอาหาร หรือในสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวมีสารกัมมันตรังสีปริมาณมากหรือน้อยจึงต้องใช้เครื่องมือวัดทางรังสีไปตรวจสอบปริมาณรังสีพื้นฐานในการได้รับรังสีของคนในพื้นที่ ได้แก่ ในน้ำ ปัสสาวะของประชากร ในน้ำบ่อตื้น ในกล้วยหิน ในตำลึง และในข้าวสาร ซึ่งเป็นห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ ถ้าห่วงโซ่อาหารดังกล่าวมีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีสูง จะส่งผลกระทบต่อได้รับรังสีของมนุษย์ที่ดื่มหรือกินเข้าไป สำหรับพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ยังไม่มีการศึกษามาก่อน โดยแหล่งของสารกัมมันตรังสีที่สนใจศึกษาในครั้งนี้ ประกอบด้วยสารกัมมันตรังสี ที่มาจากแหล่งธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์ เช่นจากอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์ จากทางด้านการแพทย์ จากกิจกรรมในอุตสาหกรรม และจากกิจกรรมทางการเกษตร รวมทั้งสารรังสีที่ใช้ในปฏิบัติการด้านต่างๆ ทั้งแบบปิด

ผืนึก และไม่ปิดผืนึก โดยเฉพาะชนิดไม่ปิดผืนึกจะมีโอกาสเล็ดลอดออกสู่สิ่งแวดล้อม และสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ ประกอบด้วย เรเดียม-226 พลังงาน 186.2 keV, ไอโอดีน-131 พลังงาน 364.5 keV, ซีเซียม-137 พลังงาน 661.6 keV, ซีเซียม-134 พลังงาน 794.5 keV, ทอเรียม-232 พลังงาน 583.5 keV และโพแทสเซียม-40 พลังงาน 1460.8 keV โดยทำการศึกษาในตัวอย่างน้ำปัสสาวะของมนุษย์ น้ำบ่อตื้น กล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร โดยตัวอย่างทั้งหมดถูกเก็บมาจากในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย ข้อมูลดังกล่าวจะสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงปริมาณรังสีที่ได้รับจากกรณีอุบัติเหตุทางรังสีต่างๆ รวมทั้งกรณีการลักลอบนำวัสดุนิวเคลียร์เข้ามาในประเทศ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้มีประโยชน์อย่างมากต่อการเฝ้าระวังในการได้รับสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกายของประชาชนในพื้นที่จากอุบัติเหตุต่างๆทางนิวเคลียร์

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

ดารุณี (2539) ศึกษาปริมาณกัมมันตภาพรังสีของทอเรียมในน้ำปัสสาวะ ด้วยวิธีแอลฟาสเปกโตรเมตรีโดยศึกษาเทคนิคการแยกทอเรียมที่เหมาะสม เพื่อประยุกต์ใช้ในการศึกษาหาปริมาณกัมมันตภาพรังสีของทอเรียมจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการสกัดแร่โมนาไซต์ โดยการใช้เทคนิคตกตะกอนของทอเรียมร่วมกับแคลเซียมออกซาลेट และแยกแคลเซียมออกโดยการตกตะกอนร่วมกับเหล็กไฮดรอกไซด์ และกำจัดไอออนอื่นๆ ที่ให้รังสีแอลฟาด้วยการแยกโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออนลบ แล้วทำ microprecipitation และวัดรังสีในตัวอย่างที่เตรียมไว้ด้วยเครื่องแอลฟาสเปกโตรเมตรี พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีของทอเรียม-232, ทอเรียม-230 และ ทอเรียม-228 ในปัสสาวะของคนทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0057-0.04280, 0.189-0.1342 และ 0.0056-0.0746 dpm/l ตามลำดับ

โสภาวดี (2553) ได้ทำการศึกษาอัตราการขับถ่ายของสารกัมมันตรังสีไอโอดีน-131 ที่ออกจากร่างกายของผู้ปฏิบัติงานด้านรังสี ณ ศูนย์ไอโซโทปรังสี สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จำนวน 10 คน โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำปัสสาวะเป็นระยะเวลาติดต่อกัน 24 ชั่วโมง ที่เวลา 1, 2, 3, 4 และ 7 วัน หลังจากมีการสัมผัสรังสี โดยทำการตรวจวัดปริมาณรังสีไอโอดีน-131 ด้วยระบบวัดรังสีแกมมา ด้วยหัววัดไอโอดีน NaI(Tl) ขนาด 3x3 นิ้ว ที่มีประสิทธิภาพและความสามารถในการแยกแยะพลังงานในการตรวจวัดรังสีแกมมาของซีเซียม-137 ที่ระดับพลังงาน 661.6 keV เท่ากับ 0.42% และ 7.11% ตามลำดับ และค่าประสิทธิภาพการนับวัดของไอโอดีน-131 จากตัวอย่างน้ำปัสสาวะที่ปริมาตร 50 ml ที่เวลาการนับวัด 1000 s เท่ากับ 0.94% ส่วนปริมาณรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 2.88 Bq และจากผลการศึกษาพบว่า การขับถ่ายปริมาณไอโอดีน-131 ออกจากร่างกายสูงสุดที่เวลา 1 วัน หลังจากได้รับรังสีเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่รายงานของ ICRP 78 เมื่อคิดเป็นสัดส่วนของปริมาณไอโอดีน-131 ที่ถูกขับถ่าย

ออกมาในแต่ละวันของสัปดาห์ โดยเฉลี่ย 5 สัปดาห์ พบว่า ไอโอดีน-131 ถูกขับถ่ายออกมาในวันที่ 2, 3, 4 และ 7 หลังจากได้รับรังสี มีสัดส่วนร้อยละ 90.66 ± 3.52 , 76.85 ± 2.54 , 71.51 ± 3.97 และ 63.13 ± 4.32 ตามลำดับ

Manickam *et al.* (2008) ได้ทำการตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณยูเรเนียมในตัวอย่างน้ำปัสสาวะของมนุษย์ เพื่อวัดปริมาณรังสีในธรรมชาติ ประกอบด้วย ยูเรเนียม-234, ยูเรเนียม-235 และ ยูเรเนียม-238 จากผู้ที่ไม่เคยมีการสัมผัสสารกัมมันตรังสี และผู้ที่มีการสัมผัส ที่ทำงานอยู่ในเหมืองแร่ ประเทศออสเตรเลีย โดยทำการเก็บตัวอย่างตลอด 24 hr ทำการตรวจวัดด้วยเทคนิคการตกตะกอน และการแยกยูเรเนียมให้บริสุทธิ์ และนำไปวิเคราะห์ยูเรเนียม โดยเทคนิคแอลฟาสเปกโตรเมตรีที่มีกำลังแยกสูง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ยูเรเนียมได้ต่ำกว่า 2 mBq/d จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของยูเรเนียมต่ำสุดที่สามารถวัดได้ มีค่าประมาณ 0.6 mBq/d

Jundi *et al.* (2004) ได้ทำการตรวจวัดวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตรังสีทอเรียม-232 และยูเรเนียม-238 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะของชาวเจอร์แดนที่อาศัยอยู่ในบริเวณหุบเมือง โดยใช้เครื่องสเปกโตรเมตรีเพื่อหามวลที่ใช้พลาสมาในการทำให้เกิดไอออน (ICP-MS) จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณทอเรียม-232 มีค่าระหว่าง 1.4-640.0 Bq/d และมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3955 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าตัวเลขที่มีการรายงานจากประเทศเยอรมัน และอินเดีย โดยค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่แตกต่างกันถูกพบว่าเป็นสัดส่วนกับคนที่มียอายุ 60 ปี และมีค่าลดน้อยลงสำหรับคนอายุ 60 ปี ขึ้นไป

Hou *et al.* (2003) ได้ทำการตรวจวัดต่อมไทรอยด์ของมนุษย์ในเมือง Gomel และน้ำปัสสาวะของมนุษย์ จากเมืองซีแลนด์ ในประเทศเดนมาร์ก โดยทำการวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้นของไอโอดีน-129 และ ไอโอดีน-127 รวมทั้งอัตราส่วนของไอโอดีน-129 ต่อ ไอโอดีน-127 พบว่า ปริมาณต่อมไทรอยด์ของมนุษย์ที่มาจากเมือง Gomel มีค่าระหว่าง $2.65-11.00 \times (10^{-9})$ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.21×10^{-9} ซึ่งมีค่าสูงกว่าในเอเชีย และอเมริกาใต้ (10^{-10}) แต่น้อยกว่ายุโรปตะวันตก (10^{-8}) และปริมาณอัตราส่วนของ ในน้ำปัสสาวะของมนุษย์ มีค่าระหว่าง $0.86-2.86 \times (10^{-8})$

1.2.2 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้น

ชัยนะ (2552) ทำการศึกษาไอโซโทปกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 และการแพร่กระจาย ในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 55 ตัวอย่าง และน้ำบ่อต้น 17 ตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคการตรวจจับเรเดียมในน้ำด้วยสารดูดจับเรเดียมในน้ำ โดยการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ใช้เครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ ชนิดหัววัดชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium detector, HPGe) พบว่าผลการวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำพุร้อน และในน้ำบ่อต้น มีค่าระหว่าง 190–4,192 mBq/l และ 10–96 mBq/l ตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่างน้ำพุร้อนมีค่าสูงกว่า 185 mBq/l ซึ่งเป็นเกณฑ์ค่าที่ปนเปื้อนสูงสุดของเรเดียม-226 ในน้ำดื่มของทบวงการพิทักษ์สิ่งแวดล้อม

แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้ในตัวอย่งน้ำพุร้อนยังพบการปนเปื้อนของโลหะหนักแคดเมียม มีค่าระหว่าง 0.001-0.002 mg/l ทองแดง มีค่าระหว่าง 0.002-0.004 mg/l ส่วนตะกั่วไม่พบการปนเปื้อน จากค่าดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของโลหะหนักในน้ำดื่มของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่ามีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 0.01 mg/l, 1 mg/l และ 0.05 mg/l ตามลำดับ

จเร (2548) ได้ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างน้ำบ่อตื้นในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ทั้งหมด 150 ตัวอย่าง เพื่อทำการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 โดยใช้เทคนิคการตกตะกอนร่วมโดยแบเรียม แล้วนำไปตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีด้วยเครื่องแอลฟาสเปกโตรมิเตอร์ พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำบ่อตื้นในอำเภอนาหม่อม มีค่าระหว่าง 3.51-292.1 mBq/l โดยข้อมูลดังกล่าวมีการกระจายแบบ log normal พบว่ามีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต 50.7 mBq/l ส่วนระดับหมู่บ้านมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 111 mBq/l ตำบลพิจิตร หมู่ที่ 2 บ้านโคกทัง ตำบลนาหม่อม, หมู่ที่ 2 บ้านทุ่งค้อ ตำบลทุ่งขมิ้น, หมู่ที่ 2 บ้านลานไทร, หมู่ที่ 3 บ้านทุ่งโพธิ์ และ ตำบลคลองหรั่ง, หมู่ที่ 3 บ้านแม่เปียงะ, หมู่ที่ 5 บ้านต้นปริง และเมื่อประเมินค่าปริมาณรังสีที่ได้รับเข้าไปในร่างกายต่อปี ในร่างกายมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดใน อำเภอนาหม่อม 36.4 μ Sv/y

Ehsanpour *et al.* (2014) ศึกษาปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำบางส่วนที่เก็บมาจากพื้นที่ Anorak-Khour ของอิหร่าน โดยใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ในการตรวจวัดรังสีแกมมา และทำการปรับค่า pH ให้มีค่าน้อยกว่า 2 จากนั้นนำตัวอย่างไปบรรจุในบีกเกอร์ Marinelli ปริมาตร 800 ml ปิดผนึกเก็บไว้นาน 5 สัปดาห์เพื่อรอการสลายตัวสมดุล ใช้เวลาในการตรวจวัดตัวอย่างละ 24 hr พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 มีค่าระหว่าง $(120 \pm 30 - 2836 \pm 274)$ mBq/l สำหรับเรเดียม-226, $(257 \pm 39 - 7465 \pm 607)$ mBq/l สำหรับ ทอเรียม-232 และ $(2,930 \pm 490 - 7168 \pm 1067)$ mBq/l สำหรับโปแทสเซียม-40 ตามลำดับ รวมทั้งคำนวณหาค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม พบว่า มีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดที่กำหนดไว้ที่ 370 Bq/l และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอกภายใน ของรังสีแกมมา มีค่า น้อยกว่า 1 Bq/l ตามลำดับ ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลพื้นฐานในอนาคต และอาจจะใช้เป็นสถานที่กำจัดกากนิวเคลียร์ในอนาคต

Hany and Ibrahim (2014) ศึกษาปริมาณกัมมันตภาพรังสี เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก มาจากพื้นที่แตกต่างกัน กลุ่มที่สอง มาจากบริเวณรอบ ๆ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน โดยตัวอย่างน้ำจะชำระล้าง ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง และล้างด้วยน้ำกลั่น และเติมกรด HNO_3 เข้มข้น 0.5 ml เพื่อป้องกันกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 สลายตัวไป และใช้หัววัดโซเดียมไอโอไดด์ NaI(Tl) ขนาด 3×3 นิ้ว โดยใช้เวลาในการตรวจวัด 24 hr/sample ผลปรากฏว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีในกลุ่มแรก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.20, 0.13 และ 5.29 Bq/l และกลุ่มที่สอง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.68 ± 3.91 , 8.07 ± 0.74 Bq/l และ 27.20 ± 1.79 Bq/l สำหรับ เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ตามลำดับ

Asia *et al.* (2014) ศึกษาปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างน้ำดื่ม เพื่อตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 โดยเก็บตัวอย่างน้ำดื่มทั้งหมด 30 ตัวอย่าง จาก 6 ภูมิภาคจากเมือง Al Sader ในกรุงแบกแดด ประเทศอิรัก ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในขวดพลาสติกภาชนะเอทิลีน โดยนำตัวอย่างน้ำทำการแลกเปลี่ยนไอออน ด้วยความเข้มข้น 11 M ของ กรด H_3O^+ , Cl^- ในอัตรา 10 ml/l และล้างต่อด้วยสารละลายเจือจาง H_2SO_4 เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อน และทำการลดปริมาตรจาก 1000 ml ให้เหลือ 250 ml โดยใช้เครื่องทำความร้อนในการลดปริมาตร และนำตัวอย่างน้ำไปบรรจุใน บีกเกอร์ Marinelli ใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์ของ (HPGe) ในการตรวจวัดรังสี พบว่าปริมาณของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 มีค่าระหว่าง 1.40-55.79 Bq/l, ND-11.95 Bq/l และ 6.38-253.86 Bq/l ตามลำดับ และยังคงคำนวณหาค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม มีค่าระหว่าง 6.8807 Bq/l ถึง 63.521 Bq/l และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ 3.1524 nGy/h ถึง 29.697nGy/h รวมทั้งคำนวณปริมาณรังสียังผลกลางแจ้งประจำปีเฉลี่ย 0.0184 mSv และปริมาณรังสียังผลในร่มเฉลี่ย 0.0849 mSv ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีความปลอดภัยเมื่อเทียบกับค่าต่างๆ ที่กล่าวไว้จากคณะกรรมการระหว่างประเทศเกี่ยวกับการป้องกันรังสี และสุขภาพของการวัดรังสี เพราะค่าดังกล่าวมีค่าน้อยกว่าเกินขีดจำกัด

Ibrahim *et al.* (2013) ได้ทำการศึกษากัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติในพื้นที่ดิน และน้ำพุร้อนในบางพื้นที่ของประเทศเยเมน โดยเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลในพื้นที่ Assalamia-Alhomira ทั้งหมด 6 ตัวอย่าง และอีก 3 ตัวอย่างน้ำพุร้อนจากบริเวณพื้นที่ Dempt ทำการปรับค่า pH ให้มีค่าเท่ากับ 2 แล้วนำตัวอย่างที่ต้องการตรวจวัดบรรจุในบีกเกอร์ Marinelli ขนาด 1 l การตรวจวัดครั้งนี้ใช้หัววัดโซเดียมไอโอไดด์ NaI(TL) พบว่าระดับกัมมันตภาพรังสีเฉลี่ยสำหรับน้ำบาดาลในพื้นที่ Assalamia-Alhomira เป็น 4.04 Bq/l และ 1.81 Bq/l สำหรับเรเดียม-226 และ ทอเรียม-232 ตามลำดับ ในขณะที่ โพแทสเซียม-40 ไม่สามารถตรวจวัดได้ ส่วนตัวอย่างน้ำพุร้อนที่มาจากพื้นที่ Dempt มีค่าเป็น 3.48 Bq/l, 1.01 Bq/l และ 16.05 Bq/l สำหรับเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีค่าปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีเทียบเท่ากับการบริโภคของน้ำเหล่านี้ที่คำนวณได้ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีที่ได้รับในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่าค่าที่แนะนำ (0.1 mSv/y) ตามรายงานขององค์การอนามัยโลก เมื่อเทียบกับน้ำดื่ม

Marija *et al.* (2012) วิเคราะห์สารกัมมันตรังสีในน้ำแร่ที่ผลิตในประเทศเซอร์เบีย จำนวน 11 ตัวอย่าง ในฤดูใบไม้ผลิ โดยวิเคราะห์ที่ปริมาตร 200 ml และใช้หัววัดซินต์เจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium detector, HPGe) รุ่น Canberra และใช้เวลา 60,000 วินาทีในการวัดตัวอย่าง รวมทั้งวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม GENIE 2000 พบว่าความเข้มข้นของตรีเทียม-3 ในน้ำแร่ที่บรรจุในกระปุกพลาสติกมีค่าระหว่าง 0.023 ± 0.012 Bq/l ถึง 0.046 ± 0.006 Bq/l ส่วนความเข้มข้นของกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 มีค่าต่ำกว่าที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้

Almayahi *et al.* (2012) ตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างดินและตัวอย่างน้ำทางตอนเหนือของประเทศมาเลเซีย โดยทำการใช้หัววัดรังสีชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium detector, HPGe) สเปกโตรสโคปี และ GR-135 สเปกโตรสโคปี พบว่าความเข้มข้นของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างดิน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57 ± 2 , 68 ± 4 และ 427 ± 17 Bq/kg ตามลำดับ ส่วนในตัวอย่างน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.86 ± 0.79 , 3.78 ± 1.73 และ 152 ± 12 Bq/l ตามลำดับ

1.2.3 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร

ไมมูน และประสงค์ (2552) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าว จำนวน 38 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างมาจากศูนย์วิจัยข้าวทางภาคใต้ของประเทศไทย จำนวน 4 แห่ง ประกอบด้วย ศูนย์วิจัยข้าวนครศรีธรรมราช ศูนย์วิจัยข้าวกระบี่ ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง และศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี โดยใช้หัววัดแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe) และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี ใช้แหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐานชนิดซีเซียม-137 และโคบอลต์-60 ในการปรับเทียบพลังงาน และใช้สารมาตรฐานนมปนเปื้อนรังสี รหัส IAEA-152 ในการเปรียบเทียบเพื่อตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ใช้เวลาในการตรวจวัดต่อตัวอย่าง 10,000 วินาที พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวที่เก็บจากบริเวณศูนย์วิจัยข้าวนครศรีธรรมราช มีค่าเฉลี่ย 146.01 ± 9.65 Bq/kg, ศูนย์วิจัยข้าวกระบี่ มีค่าเฉลี่ย 160.72 ± 11.21 Bq/kg, ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง มีค่าเฉลี่ย 162.93 ± 11.89 Bq/kg และสุดท้าย ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.83 ± 11.62 Bq/kg นอกจากนี้ได้นำค่าเฉลี่ยของค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวทั้งหมดไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักปรมาณูเพื่อสันติ และข้อมูลของปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในอาหารบางชนิดทั่วโลก พบว่าโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวมีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ปกติ

สิริพร (2549) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์หาค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างผัก 13 ชนิด จำนวน 98 ตัวอย่าง ในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ด้วยวิธีสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา โดยผักที่นำมาวิเคราะห์ ประกอบด้วย ตำลึง ขี้เหล็ก กระถิน ถั่วฝักยาว ข้าว ถั่วลิสง มะเขือ ผักโขม ผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว คะน้า และแตงกวา นำตัวอย่างผักไปชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปอบแห้ง จากนั้นนำไปเผาเป็นขี้เถ้าก่อนนำไปวิเคราะห์ตรวจวัดรังสีแกมมา ที่ระดับพลังงาน 186.2 keV จากผลการตรวจวัด พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ใน ตำบลดงพิจิตร ตำบลนาหม่อม ตำบลคลองหรีด ตำบลทุ่งขมิ้น และ อำเภอนาหม่อม ทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต เท่ากับ 1,082, 1,220, 1,457, 1,253 และ 1,250 mBq/kg ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุด และต่ำสุด 7,882 และ 26 mBq/kg ซึ่งพบในตัวอย่างผักตำลึง และถั่วฝักยาว ตามลำดับ แล้วจึงพบอีกว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 มีการกระจายแบบสมมาตรในพื้นที่ศึกษา ซึ่งอาจบ่งชี้ว่ามีแหล่งกำเนิดของเรเดียม-226 กระจายบริเวณทั่วไปในพื้นที่ที่ทำการศึกษา และเมื่อ

ประเมินค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนได้รับต่อปี โดยคิดค่าเฉลี่ยของอำเภอหนองมอมี ค่า $2 \mu\text{Sv}$ และปริมาณรังสียังผลที่ประชาชนได้รับจากการบริโภคผักต้งต่อปีมีค่าสูงถึง $132 \mu\text{Sv}$

Laith *et al.* (2015) ศึกษาปริมาณรังสีธรรมชาติของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวที่มาจาก 7 ประเทศ ในจังหวัดนินะเวห์ (อิรัก) โดยใช้เครื่องตรวจวัดโซเดียมไอโอไดต์ NaI(Tl) ขนาด 3×3 นิ้ว ในการตรวจวัดระดับกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 พบว่ามีค่าเฉลี่ย 84.12 ± 19.99 , 39.11 ± 20.23 และ 435.34 ± 155.89 Bq/kg และมีค่าพิสัยระหว่าง $51.15-109.26$ Bq/kg, $13.67-71.97$ Bq/kg และ $231.87-691.71$ Bq/kg ตามลำดับ รวมทั้งคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม, อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ และดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก และดัชนีความเสี่ยงภายใน ของรังสีแกมมา พบว่า มีค่า 173.52 ± 21.17 , 81.24 ± 9.70 , 0.47 ± 0.05 Bq/kg และ 0.69 ± 0.03 Bq/kg ตามลำดับ ผลการศึกษารังสีครั้งนี้ พบว่า ข้าวที่ใช้บริโภคในจังหวัดนินะเวห์ (อิรัก) มีความปลอดภัยทางด้านรังสี

Jabbar and Abdul (2014) ศึกษาปริมาณรังสีที่มีในธรรมชาติ ประกอบด้วย เรเดียม-226, ทอเรียม-232, เรเดียม-228, ยูเรเนียม-238 และ โพแทสเซียม-40 โดยทำการตรวจวัดในรูปแบบที่แตกต่างกันของตัวอย่างปุ๋ยที่เก็บมาทั้งหมด 16 ตัวอย่าง จาก 7 ชนิดที่แตกต่างกันที่มาจากตลาด และโรงงานในเมืองบัสราห์ โดยตัวอย่างดังกล่าวผ่านการอบที่อุณหภูมิ 110 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทำการตรวจวัดโดยใช้หัววัดโซเดียมไอโอไดต์ NaI(Tl) ขนาด 3×3 นิ้ว และระบบแกมมา spectrometry ใช้เวลาในการตรวจวัดทั้งหมด 12 hr/sample ผลจากการตรวจวัด พบว่า ค่าเฉลี่ย และค่าพิสัย สำหรับเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 107.0 ± 8.7 Bq/kg ($8.6-410$), 108.0 ± 7.6 Bq/kg ($4.1-397.5$) และ 1207.0 ± 9.8 Bq/kg ($201.2-4237.7$) Bq/kg ตามลำดับ และยังพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ จะมีค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 สูงสุดในบรรดาปุ๋ยทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 410.4 ± 19.5 Bq/kg รวมทั้งค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (R_{eq}) ในบางตัวอย่างเกินค่าที่กำหนด 370 Bq/kg ผลการศึกษารังสีครั้งนี้จะช่วยเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างปุ๋ย และผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

Islam *et al.* (2014) ศึกษาตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ยูเรเนียม-238, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างมะละกอ ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศบังคลาเทศ และตรวจวัดความเสี่ยงรังสีต่อมนุษย์จากการบริโภคผักเหล่านี้ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งหมด 10 ตัวอย่าง โดยใช้หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง HPGe ในการตรวจวัดรังสีแกมมา พบว่า ระดับค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ยูเรเนียม-238, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 มีค่าเท่ากับ 80.95 ± 13.61 , 64.77 ± 38.47 , 83.53 ± 20.50 และ $1,691.45 \pm 244.98$ Bq/kg ตามลำดับ รวมทั้งปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าเท่ากับ 1.1 mSv/y จากการวิจัยในตัวอย่างมะละกอ ครั้งนี้ พบว่ามีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ที่ UNSCEAR นำเสนอ มีค่าเท่ากับ 0.29 mSv/y

Hassan *et al.* (2014) ได้ทำการตรวจวัด radionuclides ในอาหาร ในน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของอวัยวะต่างๆ ภายในร่างกายของมนุษย์ที่ต้องการบริโภคอาหารดังกล่าว โดยทำการตรวจวัดตัวอย่างข้าวสาร และโลหะหนัก ที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งได้ทำการอบแห้งตัวอย่าง ที่อุณหภูมิ 110 องศา และบรรจุขวดพลาสติกขนาด 350 cm³ โดยห้ววัดโซเดียมไอโอไดด์ NaI(Tl) ขนาด 3x3 นิ้ว ในการตรวจวัด และใช้เวลาในการตรวจวัด ทั้งหมด 12 hr/sample โดยวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่า มีค่าเฉลี่ย และพิสัยระหว่าง 0.2 (0.1-2.6) Bq/kg, 0.4 (0.1-2.3) Bq/kg และ 138 (45-257) Bq/kg ตามลำดับ จากการตรวจวัดครั้งนี้ พบว่า โพแทสเซียม-40 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยอีกหลายๆ ประเทศ ผลการศึกษาครั้งนี้จะช่วยเป็นข้อมูลพื้นฐานของกัมมันตภาพรังสีและโลหะหนักสำหรับการบริโภคอาหารของประชาชน

Canbazoglu and Dogru (2013) ศึกษาระดับกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างผัก และผลไม้ที่มีการรับประทานบ่อย ในภูมิภาค ELAZIG ของประเทศตุรกี การตรวจวัดครั้งนี้ใช้ห้ววัดโซเดียมไอโอไดด์ NaI(Tl) ขนาด 2x2 นิ้ว และระบบแกมมาสเปกโทรสโกปี พบว่าระดับกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างผัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64±0.26 Bq/kg สำหรับเรเดียม-226, 0.65±0.14 Bq/kg สำหรับทอเรียม-232, 13.98±1.22 Bq/kg สำหรับโพแทสเซียม-40 และสุดท้าย 0.54±0.04 Bq/kg สำหรับซีเซียม-137 ส่วนระดับกัมมันตภาพรังสีเฉลี่ยในตัวอย่างผลไม้ไม่มีค่าเท่ากับ 1.52±0.34, 0.98±0.23, 18.66±1.13 และ 0.59±0.16 Bq/kg ตามลำดับ รวมค่าปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าเป็น 20 และ 30.55 µSv/y ตามลำดับ สำหรับผัก และผลไม้ ผลการวิจัยครั้งนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการรายงานก่อนหน้านี้ของประเทศตุรกีและภูมิภาคอื่นๆ ของโลก

Abiama *et al.* (2012) ตรวจวัดความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีที่มาจากธรรมชาติ เรเดียม-226, เรเดียม-228 และโพแทสเซียม-40 โดยเก็บตัวอย่าง ผัก 5 ชนิด ที่มีการบริโภคมากที่สุด ในพื้นที่ที่มีรังสีภูมิหลังสูง ในภูมิภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศแคเมอรูน ทั้งสิ้น 25 ตัวอย่าง โดยวิเคราะห์แกมมาสเปกโตรเมตรี พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเรเดียม-226, เรเดียม-228 และโพแทสเซียม-40 ต่อน้ำหนักสด 2.30, 1.50 และ 140.40 Bq/kg ตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการบริโภคของแต่ละคนจากการตรวจสอบอาหารแต่ละชนิดที่คำนวณจากการบริโภคอาหารดังกล่าว ในพื้นที่ที่ทำการ รวมถึงศึกษาค่าปริมาณรังสียังผลในชีวิตประจำวันจากการบริโภคอาหารที่มีการตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสี มีค่า 0.41 mSv สำหรับ เรเดียม-226, 0.84 mSv สำหรับ เรเดียม-228 และ 0.71 mSv สำหรับโพแทสเซียม-40 ตามลำดับ และค่าประสิทธิภาพกัมมันตภาพรังสีธรรมชาติประจำปีอยู่ที่ประมาณ 0.70 mSv/y

Samer *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาในเมือง Khan Al-Zabeeb พื้นที่เพาะปลูกในเขตชลประทานที่มีการสะสมของยูเรเนียม และใช้เป็นพื้นที่ในการปลูกผักผลไม้ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคของประชาชน โดยเก็บตัวอย่างผัก เพื่อตรวจวัดสารกัมมันตภาพรังสีธรรมชาติในตัวอย่างดังกล่าว โดยตรวจวัดความเข้มข้นของ ยูเรเนียม-238 ยูเรเนียม-235 โดยวิธีการวัดรังสีแอลฟา ที่ผ่านกระบวนการแยกทางเคมี พบว่าปริมาณรังสียังผลสูงสุดจากการบริโภค 1 กิโลกรัม ของผัก มีค่า 3.1 nSv/y และ 4.7 nSv/y สำหรับ ยูเรเนียม-238 และ ยูเรเนียม-235 สำหรับปริมาณรังสีเทียบเท่าประจำปีมีค่าต่ำ

มาก ส่วนดัชนีกัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมเท่าทั้งดัชนีภายในและภายนอกมีค่าเกินขีดจำกัดที่อนุญาตได้คือ 370 Bq/kg และ 1 Bq/kg ตามลำดับ

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสี ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ น้ำปัสสาวะ น้ำปัสสาวะ ก้อนหิน ต่ำถึง และข้าวสาร ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

1.3.2 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีในน้ำปัสสาวะของคนที่มี เพศ อายุ และที่อยู่อาศัยต่างกัน

1.3.3 เพื่อวัดปริมาณรังสีพื้นฐานของคนในพื้นที่ที่ได้รับรังสี

1.3.4 เพื่อเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงเกี่ยวกับปริมาณรังสีในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ก่อนการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทย หรือประเทศใกล้เคียง

Prince of Songkla University
Pattani Campus

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รังสี หรือกัมมันตภาพรังสี (Radiation or Radioactivity)

สารกัมมันตรังสี คือธาตุกัมมันตรังสีที่ไม่เสถียรมีการปลดปล่อยรังสีออกมาตลอดเวลา เรียกว่าสารกัมมันตรังสี ส่วนรังสีที่ถูกปล่อยออกมาตลอดเวลา เรียกว่า กัมมันตภาพรังสี พลังงานชนิดหนึ่งที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดรังสีที่ไม่เสถียรที่มีอยู่ในธรรมชาติ และจากการกระทำของมนุษย์อาทิเช่น จากสารกัมมันตรังสีที่มีในพื้นดินสินแร่ สิ่งแวดล้อม จากอากาศที่เราหายใจ แม้กระทั่งในร่างกาย และในอาหารที่เราบริโภค ซึ่งมีการเจือปนด้วยสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติ นอกจากนั้นในห้วงอวกาศก็ยังมีรังสีคอสมิกที่แพร่กระจายอยู่ทั่วจักรวาล ส่วนแหล่งกำเนิดรังสีที่มาจากการกระทำของมนุษย์มีหลายรูปแบบ เช่น จากการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู การระเบิดของระเบิดนิวเคลียร์ รวมทั้งการผลิตสารกัมมันตรังสีจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ต่างๆโดยพลังงานที่แผ่ออกมาสามารถเคลื่อนที่ผ่านอากาศหรืออวกาศ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ พลังงานที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดรังสีในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งพลังงานรูปแบบนี้จะมีทั้งมวลและประจุ เช่น คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรด ความร้อน แสงสว่าง รังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ เป็นต้น ส่วนพลังงานอีกชนิดหนึ่งที่แผ่ออกมาจะเป็นกระแสของอนุภาคที่เคลื่อนที่เร็ว ซึ่งพลังงานรูปแบบนี้จะมีทั้งมวลและประจุ เช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีคอสมิก หรือมีเฉพาะมวลแต่ไม่มีประจุ เช่น รังสีนิวตรอน รังสีดังกล่าวสามารถแยกตามคุณสมบัติทางกายภาพได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เมื่อรังสีเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางไม่ว่าจะเป็นอากาศหรือตัวกลางใด ๆ ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต จะทำให้ตัวกลางเกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ทั้งโดยทางตรงหรือโดยทางอ้อมในตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่านเรียกรังสีชนิดนี้ว่า รังสีชนิดก่อไอออน (Ionizing Radiation) ซึ่งได้แก่ รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ อนุภาคนิวตรอน อิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูง โปรตอนที่มีความเร็วสูง รังสีเหล่านี้อาจทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตได้ ส่วนรังสีอีกประเภทเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางจะไม่ทำให้ตัวกลางเกิดการแตกตัวเป็นไอออน เรียกรังสีชนิดนี้ว่า รังสีชนิดไม่ก่อไอออน (Non-Ionizing Radiation) ได้แก่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ รังสีอินฟราเรด แสงสว่าง รังสีอัลตราไวโอเล็ต พงศกร (2545) เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะรังสีชนิดก่อไอออน

2.2 คุณสมบัติของรังสีแต่ละชนิด

ประกอบด้วย 4 ชนิด ดังนี้

2.2.1 รังสีแอลฟา (Alpha Ray, α) คือกระแสของอนุภาคแอลฟาหรืออาจใช้เรียกแทนอนุภาคแอลฟา (Alpha Particle) รังสีแอลฟาเป็นอนุภาคที่มีคุณสมบัติเหมือนนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม-4 ในแต่ละอนุภาคแอลฟาจะมีประจุไฟฟ้าเป็นบวกสอง ประกอบด้วยโปรตอน 2 อนุภาค และ นิวตรอน 2 อนุภาค มีความสามารถในการทะลุทะลวงผ่านตัวกลางต่ำ ผ่านอากาศได้เพียง 2-8 cm ไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นกระดาษหรือผิวหนังได้ อนุภาคแอลฟาเกิดจากการสลายของสารกัมมันตรังสีบางชนิด เช่น ยูเรเนียม-238, เรเดียม-226, เรดอน-222 และทอเรียม-232

2.2.2 รังสีบีตา (Beta Ray, β) บีตาเป็นอนุภาคที่มีมวลและค่าประจุไฟฟ้าเท่ากับอิเล็กตรอน ถูกปล่อยออกจากนิวเคลียสขณะเกิดการสลายของสารกัมมันตรังสี ในแต่ละอนุภาคมีประจุไฟฟ้าหนึ่งหน่วย ถ้าประจุเป็นบวกเรียกว่าอนุภาคบีตาบวก (β^+) หรือ โพซิตรอน หากประจุเป็นลบ เรียกว่าอนุภาคบีตาลบ (β^-) โดยทั่ว ๆ ไปหากเรียกแต่เพียงบีตาจะหมายถึงอนุภาคบีตาลบ อนุภาคบีตาสามารถทำให้เกิดรังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุติยภูมิที่เรียกว่า เบรมส์ชตราลุง (Bremsstrahlung) พงศกร (2545) ซึ่งเป็นรังสีเอกซ์ที่เกิดจากอนุภาคบีตาหรืออิเล็กตรอนคายออกมา มีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีแอลฟา สามารถทะลุผ่านน้ำที่ลึกประมาณ 1 นิ้วหรือประมาณความหนาของผิวหนังที่ฝ่ามือได้ รังสีบีตาจะถูกกั้นได้โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมชนิดบาง แผ่นพลาสติก อนุภาคบีตาเกิดจากการสลายของสารกัมมันตรังสีบางชนิด เช่น คาร์บอน-14, ไนโตรเจน-13, ทอง-198 ซัลเฟอร์-35 ,ฟอสฟอรัส-32 และไฮโดรเจน-3 (ตริตียม)

2.2.3 รังสีแกมมา (Gamma Rays, γ) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดคลื่นสั้นที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสที่อยู่ภายในอะตอมของธาตุที่ไม่เสถียร เกิดจากการสลายของนิวเคลียสที่ไม่เสถียรหรือจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ มักเกิดร่วมกับอนุภาคแอลฟาและอนุภาคบีตา เนื่องจากรังสีแกมมามีพลังงานสูงกว่าทำให้มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงกว่าอนุภาคแอลฟาและอนุภาคบีตา ดังนั้นในการป้องกันอันตรายจากรังสีดังกล่าวต้องใช้วัสดุที่มีความหนาแน่นสูง เช่น ตะกั่ว คอนกรีตหนา เป็นเครื่องกำบัง รังสีแกมมาจะสลายตัวหลังจากอนุภาคแอลฟา และอนุภาคบีตา

2.2.4 รังสีเอกซ์ (X-Rays) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับรังสีแกมมา แต่แผ่ออกมาจากวงโคจรของอิเล็กตรอน เกิดขึ้นเมื่ออะตอมถูกกระตุ้น ทำให้อิเล็กตรอนวงในหลุดออกไปและอิเล็กตรอนวงถัดไปเข้ามาแทนที่ แล้วปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของรังสีเอกซ์หรือเกิดจากการระดมยิงเป้าโลหะหนักบางชนิด เช่น ทังสแตน ด้วยอิเล็กตรอนความเร็วสูง ซึ่งอิเล็กตรอนจะถูกหน่วงให้ช้าลงอย่างทันทีทันใดและปล่อยรังสีเอกซ์ออกมาแต่มีพลังงานต่ำกว่ารังสีแกมมา แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รังสีเอกซ์ลักษณะต่อเนื่อง (Continuous X-Rays) หรือเบรมส์ชตราลุง และรังสีเอกซ์ลักษณะเฉพาะ (Characteristic X-Rays)

2.3 รังสีจากสิ่งแวดล้อม

รังสีจากสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือรังสีจากธรรมชาติ (natural radiation) และรังสีที่มนุษย์ผลิตขึ้นมา (man-made source) โดยปริมาณรังสีทั้งสองเมื่อมีการรวมกันจะเรียกว่าปริมาณรังสีภูมิหลัง (background radiation) ที่เรามีการสัมผัสอยู่ในชีวิตประจำวัน

2.3.1 รังสีจากธรรมชาติประกอบด้วยรังสีคอสมิก (cosmic rays) และรังสีที่พื้นผิวโลก โดยสิ่งมีชีวิตมีการสัมผัสตลอดเวลา และไม่ใช่อันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

2.3.1.1 รังสีคอสมิก (cosmic rays) ประกอบด้วยอนุภาคโปรตอนพลังงานสูง เป็นรังสีที่เคลื่อนที่มาจากนอกโลก ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกชั้นบรรยากาศชั้นบนของโลกกรองไว้ ส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านลงมายังพื้นผิวโลกในระดับพื้นดิน โดยปริมาณรังสีภายนอกร่างกายที่ประชาชนได้รับจากรังสีคอสมิกจะค่อนข้างคงที่ไม่ว่าจะอยู่ที่ทวีปใด มีค่าประมาณ 30 nGy/hr แต่ระดับปริมาณรังสีนี้จะเพิ่มขึ้นอย่างมากหากอยู่ในพื้นที่ที่สูงกว่าจากระดับน้ำทะเล โดยจะเพิ่มสูงขึ้นถึงสองเท่าที่ระดับ 1500 m เหนือระดับน้ำทะเล (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2552) สำหรับผู้ที่เดินทางโดยเครื่องบินและผู้ที่อยู่อาศัยในพื้นที่บางแห่งที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมาก เช่น ที่เม็กซิโก และเตหะราน จะได้รับปริมาณรังสีสูงกว่าปกติ ประมาณ 2 ถึง 3 เท่า นอกจากนี้ รังสีคอสมิกยังก่อให้เกิดสารกัมมันตรังสีที่สำคัญอีก 4 ชนิด โดยคิดเป็นปริมาณรังสีในรอบปีประมาณ 0.01 $\mu\text{Sv/hr}$, 12 $\mu\text{Sv/hr}$, 3 $\mu\text{Sv/hr}$, 0.2 $\mu\text{Sv/hr}$ สำหรับไฮโดรเจน-3, คาร์บอน-14, แบริเลียม-7 และโซเดียม-22 ตามลำดับ

ตาราง 2.1 ปริมาณรังสีคอสมิกที่ระดับความสูงของพื้นที่ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2552)

| ระดับความสูงของพื้นที่ | ปริมาณรังสีคอสมิก (mSv/year) |
|------------------------|------------------------------|
| ความสูง 30000 ft | 1.76 |
| ความสูง 10000ft | 0.76 |
| ความสูง 2000 ft | 0.36 |
| ระดับน้ำทะเล | 0.26 |

2.3.1.2 รังสีที่พื้นผิวโลกเกิดจากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติประกอบด้วย สารกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวนานมาก สารประเภทนี้มีอยู่ตั้งแต่การกำเนิดของโลกมีการสะสมในดิน หินชนิดต่างๆเช่น โปแทสเซียม-40 มีครึ่งชีวิต 1.28×10^9 ปี รูบิเดียม-87 ปี ครึ่งชีวิต 4.7×10^{10} ปี ยูเรเนียม-238 ครึ่งชีวิต 4.47×10^9 ปี และทอเรียม-232 ครึ่งชีวิต 1.41×10^{10} ปี

(1) ยูเรเนียม ประกอบด้วย 2 ไอโซโทปที่สำคัญ คือ ยูเรเนียม-235 (0.72%) และยูเรเนียม-238 (99.2745%) ซึ่งยูเรเนียมจะมีการกระจายอยู่ทั่วไปในหิน ดิน น้ำ และน้ำทะเล โดยเฉพาะหินแกรนิตที่มีการสะสมสารกัมมันตภาพรังสีมากที่สุดเฉลี่ย 4 ส่วนในล้านส่วน (parts per million) และนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่สำคัญที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียม-238 คือ เรเดียม-226 และเรดอน-222 โดยทั่วไปเรเดียม-226 จะมีการเจือปนอยู่ประมาณ 16 Bq/kg ,48

Bq/kg ในตัวอย่างหินปูน และหินอัคนี ตามลำดับ ส่วนเรดอน-222 เป็นแก๊สที่มีการฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ พบมากที่สุดในพื้นที่ที่เป็นอาคารตึกใหญ่ที่ไม่มีการถ่ายเทอากาศ โดยเรดอนจะเข้าสู่ร่างกายผ่านระบบการหายใจ ส่วนนิวไคลด์กัมมันตรังสีทั่วไปจะเข้าสู่ร่างกายผ่านอาหาร น้ำดื่ม และถูกดูดซับทางผิวหนังที่เป็นแผล

(2) ทอเรียม-232 มีค่าครึ่งชีวิต 1.41×10^{10} ปี โดยมีการสลายตัวให้เรดอน-220 และยังพบว่ามีแก๊สเรดอนอยู่ในดินรวมถึงมีการดูดซับพืชต่างๆ และเข้าสู่ร่างกายทางน้ำ อาหาร โดยเฉพาะโพแทสเซียม-40 ที่มีค่าครึ่งชีวิต 1.28×10^9 ปี โพแทสเซียม-40 เป็นธาตุลำดับที่ 19 ในตารางธาตุ มีปริมาณมากเป็นอันดับที่ 7 ในเปลือกโลก กรรติกา (2550) และมีมากเป็นอันดับที่ 6 ในน้ำทะเล เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ร่างกายของคนเรามีการขับถ่ายเพื่อควบคุมความสมดุลทางเคมี และฟิสิกส์ของของเหลวในร่างกาย จึงมีการขับถ่ายโพแทสเซียม-40 ออกมาเป็นประจำ

ตาราง 2.2 ปริมาณการรับรังสียังผลต่อปีต่อคนจากรังสีในธรรมชาติ (กรรติกา, 2550)

| ที่มาของกัมมันตภาพรังสี | ปริมาณรังสีเฉลี่ยทั่วโลก (mSv/year) |
|--|-------------------------------------|
| รังสีคอสมิก | 0.4 |
| เปลือกโลกรวมทั้งอาคารบ้านเรือน | 0.5 |
| สารกัมมันตรังสีในร่างกายที่สูดดมอากาศเข้าไป | 1.2 |
| สารกัมมันตรังสีในร่างกายที่เข้ามาทางอาหาร และน้ำดื่ม | 0.3 |
| รวม | 2.4 |

สรุปปริมาณรังสีที่คนได้รับจากรังสีในสิ่งแวดล้อม หรือในธรรมชาติโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้มีค่าประมาณ 2.4 mSv/year นอกจากนี้ ลักษณะการดำเนินชีวิต รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติบางอย่างก็อาจเป็นสาเหตุให้ได้รับรังสีที่เกินจากค่าปกตินี้ได้ ดังกล่าวต่อไปนี้

(1) วัสดุก่อสร้าง (Construction Materials) วัสดุก่อสร้างบางชนิดอาจจะมีสารกัมมันตรังสีปนอยู่ตามธรรมชาติในปริมาณ ค่อนข้างสูง เช่น มีโพแทสเซียม-40 เรเดียม-226 หรือทอเรียม-232 ซึ่งจะมีผลให้ผู้ที่อยู่อาศัยได้รับรังสีจากภายนอก นอกจากนี้ เรเดียม-226 ยังทำให้เกิด ก๊าซเรดอน-222 ซึ่งหากการระบายอากาศภายในอาคารไม่ดีพอ จะทำให้ผู้อยู่อาศัยได้รับรังสีจาก ก๊าซเรดอนที่เข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ

(2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuel) ก๊าซธรรมชาติและถ่านหิน จากแหล่งต่างๆ อาจมีปริมาณของสารกัมมันตรังสีแตกต่างกันไป ที่พบในก๊าซธรรมชาติมักจะเป็น เรดอน-222 ตะกั่ว-210 และพอลอนเนียม-210 ส่วนในถ่านหิน พบยูเรเนียม-238

(3) น้ำแร่ (Mineral Waters) ในน้ำแร่อาจมีเรเดียมและธาตุกัมมันตรังสี อื่นๆ ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของเรเดียม

(4) ปุ๋ยฟอสเฟต (Phosphate Fertilizers) การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตก็อาจนำไปสู่การได้รับรังสีจากการแผ่รังสีจากพื้นดิน และจากการสะสมในพืช รวมทั้งเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานพืชผัก และผลไม้

2.3.2 แหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น (man-made sources of radiation)

ตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 2 เป็นต้นมา คนทั่วไปเริ่มรู้จักสารกัมมันตรังสี โดยเริ่มต้นคือ สารกัมมันตรังสีที่เป็นผลผลิตจากการแตกตัวของยูเรเนียม (fission products) ต่อมาเมื่อมีการนำสารกัมมันตรังสีมาใช้ในทางสันติ จึงมีการผลิตสารกัมมันตรังสีชนิดอื่นๆ ขึ้นกรรติกา (2550) นอกจากนี้ยังมีเครื่องกำเนิดรังสี อาทิ เครื่องเอกซเรย์และเครื่องเร่งอนุภาคด้วย ดังนั้นอาจจะแบ่งที่มาของแหล่งกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้เป็น

2.3.2.1 แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางการแพทย์ได้นำเอาสารกัมมันตรังสีมาใช้เป็นจำนวนมาก ทั้งด้านการตรวจวินิจฉัย (diagnosis) และการรักษา (therapy) เมื่อมีการประมวลแล้วพบว่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่คนได้รับเป็นอันดับสองรองจากปริมาณรังสีตามธรรมชาติ ก็คือปริมาณรังสีจากการแพทย์นั่นเอง

2.3.2.2 แหล่งกำเนิดรังสีที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมซึ่งปัจจุบันนี้ ได้มีการนำนิวเคลียร์เทคโนโลยีมาใช้ในอุตสาหกรรม และกำลังเป็นเทคโนโลยีที่นำหน้า ทั้งนี้เพราะผลการดำเนินงานหลายอย่างได้พิสูจน์แล้วว่าคุ้มค่า สามารถทำให้ประหยัดได้ และสำหรับงานบางอย่างไม่สามารถดำเนินการได้โดยไม่ใช้นิวเคลียร์เทคโนโลยี เช่น การตรวจสอบอ็อบเล็กทรอนิกส์ชิพ โดยใช้ก๊าซคริปทอน-85 เป็นต้น

2.3.2.3 ระเบิดนิวเคลียร์ จากการใช้ระเบิดนิวเคลียร์ในสงครามโลกครั้งที่สอง หลังจากนั้นยังมีการทดลองระเบิดในบรรยากาศอีกหลายครั้งจนกระทั่งมีการลงนามยุติการทดลองระเบิดในบรรยากาศ แต่สารกัมมันตรังสีที่ตกค้างอยู่และมีครึ่งชีวิตยาวจะคงมีผลอยู่ แม้ว่าจะลดลงไปมากแล้ว

2.3.2.4 การผลิตพลังงานโดยนิวเคลียร์ ในการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า โดยเริ่มตั้งแต่ การสำรวจแหล่งแร่ การทำเหมือง การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง และการจัดการกากที่เหลือ กรรติกา (2550)

ตาราง 2.3 ปริมาณรังสียังผลจากรังสีในสิ่งแวดล้อม (กรรติกา, 2550)

| ที่มาของกัมมันตภาพรังสี | ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสียังผลที่ประชากรโลกได้รับ (mSv/person/year) |
|------------------------------|---|
| จากธรรมชาติ | 2.4 |
| จากการวินิจฉัยโรค | 0.4 |
| จากการทดลองระเบิดนิวเคลียร์ | 0.005 |
| จากเหตุการณ์ระเบิดเชอร์โนบิล | 0.002 |
| จากการผลิตพลังงานนิวเคลียร์ | 0.0002 |

2.4 การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

ปกติธาตุกัมมันตรังสีจะมีการแผ่รังสีได้นั้นเป็นเพราะมาจากนิวเคลียสของธาตุนิวเคลียส เนื่องจากมีพลังงานส่วนเกินอยู่ภายใน จำเป็นต้องถ่ายเทพลังงานส่วนเกินออกไป เพื่อให้ นิวเคลียสเสถียรในที่สุด ดังนั้นพลังงานส่วนเกินจะปล่อยออกมาอยู่ในรูปของอนุภาคหรือรังสีต่าง ๆ เช่น อนุภาคแอลฟา อนุภาคบีตา รังสีแกมมา และไอโซโทปที่เสถียร พงศกร (2545) จากการศึกษา ไอโซโทปของธาตุจำนวนมาก พบว่าไอโซโทปที่ไม่เสถียรจะมีอัตราส่วนระหว่างจำนวนนิวตรอนต่อ โปรตอนไม่เหมาะสม คือนิวเคลียสที่มีจำนวนนิวตรอนมาก หรือ น้อยกว่าจำนวนโปรตอนทำให้มีการแผ่รังสีออกมาเพื่อให้ตัวเองเป็นนิวไคลด์ที่เสถียรมากขึ้น ดังนั้นกระบวนการสลายตัวของสารกัมมันตรังสีจะเป็นไปในลักษณะสุ่ม (random) ทำให้ไม่สามารถกำหนดได้ว่านิวไคลด์ใดจะมีการสลายตัวเมื่อใด เพราะสารกัมมันตรังสีในแต่ละนิวไคลด์มีคุณสมบัติแตกต่างกัน เช่น ค่าครึ่งชีวิต ชนิดของรังสี และปริมาณรังสีที่แตกต่างกัน

จากการศึกษา และทดลองเกี่ยวกับการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี พบว่า อัตราการสลายตัวของนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีหนึ่งจะแปรผันโดยตรงกับจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในขณะนั้น

ถ้าให้ N เป็นจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีที่มีอยู่ขณะเวลา t

ΔN เป็นจำนวนนิวเคลียสที่สลายไปในช่วงเวลาสั้นๆ Δt นับจากเวลา t

ดังนั้น $\frac{\Delta N}{\Delta t}$ แสดงจำนวนนิวเคลียสที่สลายไปในหนึ่งหน่วยเวลา สามารถเขียนความสัมพันธ์

ได้ว่า

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} \propto N \quad (2.1)$$

หรือ $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$ โดยที่ λ คือค่าคงที่ของการแปรผัน ขึ้นอยู่กับชนิดของ

นิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ค่าคงที่นี้ เรียกว่า ค่าคงที่การสลายตัว (decay constant) ส่วนเครื่องหมายลบ บ่งบอกถึงจำนวนลดลงของนิวเคลียสเมื่อเวลาผ่านไป

ถ้าช่วงเวลา Δt มีค่าน้อยมาก ($\Delta t \rightarrow 0$) สามารถใช้ความรู้ด้านแคลคูลัส แก้ปัญหา ดังนั้นสมการ (2.1) เขียนใหม่ได้

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$\text{หรือ} \quad -\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad (2.2)$$

ปริมาณ $-\frac{dN}{dt} = \lambda N$ บ่งบอกถึงอัตราการลดของจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี คือ

อัตราการแผ่รังสีในขณะหนึ่งนั่นเอง เราเรียกปริมาณนี้ว่า กัมมันตภาพรังสี (activity: A) แทนด้วยสัญลักษณ์ A

จากสมการ (2.1) เขียนใหม่ได้

$$A = \lambda N \quad (2.3)$$

ปริมาณนี้สามารถหาได้จากจำนวนนิวเคลียสที่สลายตัวต่อวินาที มีหน่วยเป็น (s^{-1}) แต่ในระบบเอสไอ มีหน่วยเป็น เบคเคอเรล (Becquerel: Bq) เพื่อให้เกียรติแก่นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสที่มีชื่อว่า เฮนรี เบคเคอเรล ซึ่งเป็นผู้ค้นพบสารกัมมันตรังสี โดย

1 Bq หมายถึง การสลายตัว 1 ครั้งต่อวินาที (disintegration per second: dps) หรือ

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps}$$

แต่ในทางปฏิบัตินิยมวัดกัมมันตภาพในหน่วยคูรี ซึ่งมีสัญลักษณ์ Ci โดยนิยามว่า 1 Ci เท่ากับ 3.7×10^{10} Bq

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ dps}$$

และจากสมการ (2.2) เป็นสมการเชิงอนุพันธ์ จะไม่แสดงวิธีการหาคำตอบของสมการนี้โดยวิธีการด้านแคลคูลัส เพียงขอสรุป สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง N กับ t จะอยู่ในรูปต่อไปนี้

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2.4)$$

นำ λ คูณสมการ (2.4) ตลอดจะได้

$$\lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

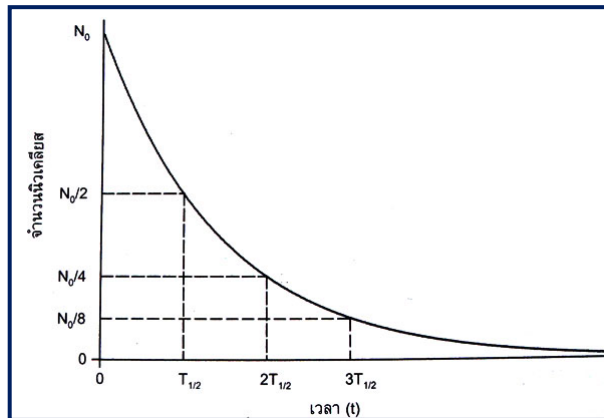
$$\text{ดังนั้น } A = A_0 e^{-\lambda t} \quad (2.5)$$

| | | | |
|-------|-----------|-----|--|
| เมื่อ | A_0 | คือ | กัมมันตภาพรังสีที่เวลาเริ่มต้น ($t=0$) |
| | A | คือ | กัมมันตภาพรังสีที่เวลา t ใดๆ |
| | t | คือ | ระยะเวลาของการสลายตัว |
| | λ | คือ | ค่าคงที่ของการสลายตัว |

2.5 ค่าคงที่การสลายตัว และค่าครึ่งชีวิต

ค่าคงที่การสลายตัว (decay constant : λ) และค่าครึ่งชีวิต (half-life : $T_{1/2}$)

พิจารณาจากราฟดังนี้



ภาพ 2.1 การลดจำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ณ เวลาต่างๆ (พงศกร, 2545)

จากภาพ 2.1 พบว่า ในตอนแรกมีจำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีอยู่ N_0 เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับครึ่งชีวิต ($T_{1/2}$) จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีจะลดลงครึ่งหนึ่ง $N_0/2$ และถ้าให้เวลาผ่านไปอีก เป็น $2T_{1/2}$ จากเริ่มต้น จำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีจะลดลงอีกครั้งหนึ่งของจำนวนที่เหลือ หรือเหลือเป็น $N_0/4$ ในทำนองเดียวกันถ้าเวลาผ่านไป $3T_{1/2}$, $4T_{1/2}$ จะมีจำนวนนิวเคลียสกัมมันตรังสีเหลืออยู่ $N_0/8$, $N_0/16$ ตามลำดับ และถ้าเวลาผ่านไป $nT_{1/2}$ จากตอนเริ่มต้น จำนวนนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสีจะเหลืออยู่ (N) เท่ากับ $N_0/2^n$ ดังนั้น

สมการที่ 2.4 สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\frac{N_0}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$2 = e^{\lambda T_{1/2}}$$

take ln ทั้งสองข้างจะได้ $\ln 2 = \ln e^{\lambda T_{1/2}}$

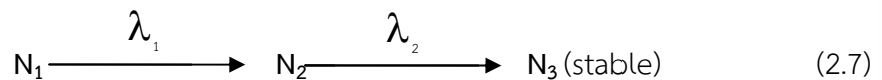
$$0.693 = \lambda T_{1/2}$$

ดังนั้น

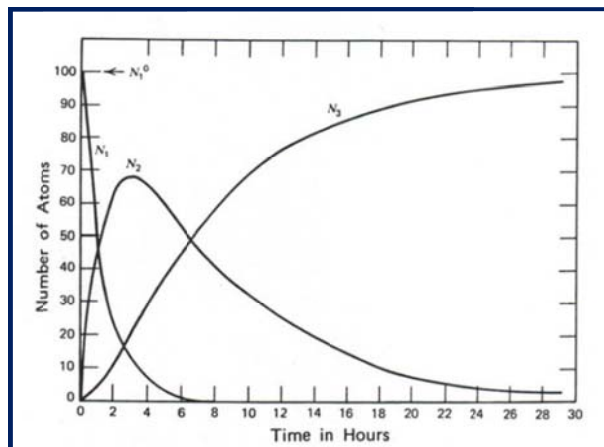
$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} \quad (2.6)$$

2.6 สมดุลกัมมันตรังสี

เนื่องจากสารกัมมันตรังสีหลายไอโซโทปเมื่อสลายตัวแล้วจะทำให้ได้นิวเคลียสของลูกที่ยังคงเป็นสารกัมมันตรังสี ซึ่งจะสลายตัวไปพร้อมกับการก่อให้เกิดลูกของกัมมันตรังสีตัวใหม่ โดยตัวมันเองก็จะมีการเปลี่ยนสถานะจากตัวแม่ โดยมีสมการทั่วไป ดังต่อไปนี้



เมื่อ N_1 สลายตัวเป็น N_2 และ N_2 สลายตัวไปเป็น N_3
 λ_1 และ λ_2 คือ ค่าคงที่ของการสลายตัวในการเปลี่ยนแปลงของ N_1 ไปเป็น N_2 และ N_2 ไปเป็น N_3 ตามลำดับ



ภาพ 2.2 จำนวนอะตอมของการสลายตัวแบบต่อเนื่องของ N_1 และ N_2 (ชยันะ, 2552)

เมื่อนิวไคลด์กัมมันตรังสีมีการสลายตัวอย่างต่อเนื่อง ถ้านิวไคลด์แม่มีครึ่งชีวิตยาวกว่านิวไคลด์ลูก มีโอกาสที่จะเกิดสมดุลกัมมันตรังสีได้ 2 แบบ คือ

2.6.1 สมดุลแบบชั่วคราว (Transient Equilibrium)

สมดุลกัมมันตรังสีแบบชั่วคราวจะเกิดขึ้นเมื่อครึ่งชีวิตของนิวไคลด์แม่มีค่ามากกว่าครึ่งชีวิตของนิวไคลด์ลูกประมาณ 3-10 เท่า หรือ กล่าวอีกประการหนึ่งคือ $\lambda_1 \ll \lambda_2$

เมื่อ λ_1 คือ ค่าคงที่ของการสลายตัวของนิวไคลด์แม่

λ_2 คือ ค่าคงที่ของการสลายตัวของนิวไคลด์ลูก

เมื่อเวลา $t=0$ มีค่ามากๆ เทอม $e^{-\lambda_2 t}$ จะตัดทิ้งได้เมื่อเทียบกับ $e^{-\lambda_1 t}$ เมื่อมองว่าเทอม $e^{-\lambda_2 t}$ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ดังนั้น จำนวนอะตอมของนิวไคลด์ลูกจะมีค่าเป็น

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_0 e^{-\lambda_1 t} \quad (2.8)$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1} \quad (2.9)$$

2.6.2 สมดุลแบบถาวร (Secular Equilibrium)

สมดุลกัมมันตรังสีแบบนี้เกิดขึ้นเมื่อ ครึ่งชีวิตของนิวไคลด์แม่มีมากกว่าครึ่งชีวิตของนิวไคลด์ลูกมาก ($(T_{1/2})_1 \gg (T_{1/2})_2$) ประมาณ 10^4 เท่า หรือมากกว่า กล่าวคือ $\lambda_1 \ll \lambda_2$ ดังนั้น จึงดูคล้ายกับว่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์แม่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปเท่าไรแม้ว่าจะมีการสลายตัวไปนาน เนื่องจากครึ่งชีวิตของนิวไคลด์แม่มีค่ามากกว่าครึ่งชีวิตของนิวไคลด์ลูกมากทำให้ λ_1 มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ λ_2

$$\text{ดังนั้น } e^{-\lambda_1 t} \approx 1 \text{ และ } \lambda_2 - \lambda_1 \approx \lambda_2$$

จากสมการ

$$N_1 = N_1^0 e^{-\lambda_1 t} \quad (2.10)$$

แทนค่า $e^{-\lambda_1 t} = 1$ ลงในสมการ (2.10) จะได้

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 \quad (2.11)$$

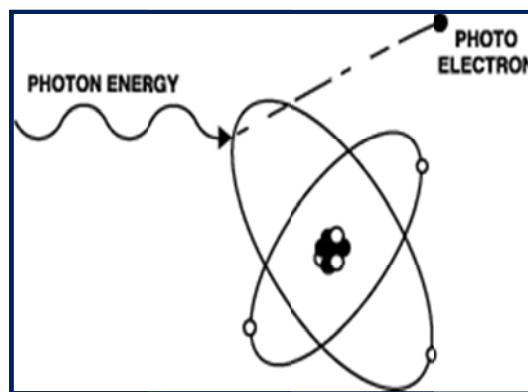
จากสมการ (2.11) พบว่า แม้จะมีการสลายตัวไปนาน แต่กัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์แม่หลังจากการสลายตัวมีค่าเท่ากับกัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น

สถานะที่กัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์ลูกเท่ากับกัมมันตภาพรังสีของนิวไคลด์แม่หลังจากผ่านการสลายตัวไปนานระยะหนึ่งนั้น พงศกร (2545) เรียกว่า สมดุลถาวร (Secular Equilibrium)

2.7 ปฏิกริยาของรังสีแกมมากับหัววัดรังสี

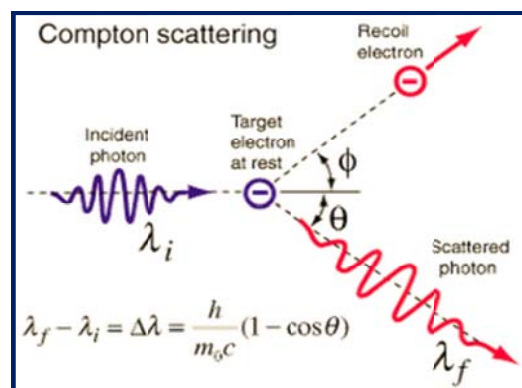
สเปกตรัมรังสีแกมมาเป็นข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์พลังงานของรังสีและกัมมันตภาพรังสีของต้นกำเนิดรังสีจากส่วนที่เป็นโฟโตพีค (Photo peak) องค์ประกอบของสเปกตรัม เกิดจากปฏิกริยาระหว่างรังสีแกมมา กับผลึกของสารกึ่งตัวนำภายในหัววัด ปฏิกริยาหลักๆ ที่เกิดขึ้นได้แก่

2.7.1 ปฏิกริยาโฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric Effect) เป็นปฏิกริยาที่รังสีแกมมาถ่ายพลังงานทั้งหมดให้แก่อะตอมของหัววัดทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระที่มีพลังงานเท่ากับผลต่างของพลังงานรังสีแกมมา กับพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนและทำให้เกิดโฟโตพีคบนสเปกตรัมรังสีแกมมา



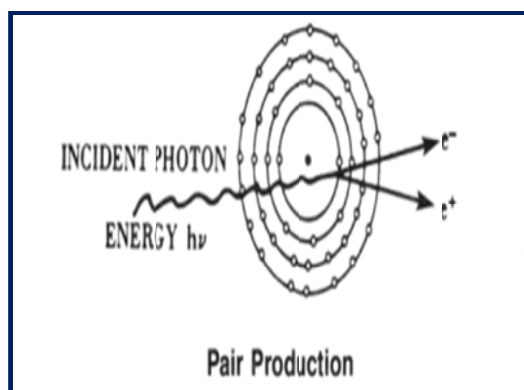
ภาพ 2.3 การเกิดปฏิกริยาโฟโตอิเล็กตริก
(www.faqs.org/docs/qp/chap03.html, 2010)

2.7.2 ปฏิกริยาคอมพ์ตัน (Compton Effect) เป็นปฏิกริยาที่รังสีแกมมาถ่ายเทพลังงานบางส่วนให้แก่อะตอมของหัววัด ทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระที่มีพลังงานต่อเนื่องโดยมีค่าขึ้นกับมุมตกกระทบของรังสีแกมมาทำให้เกิดแถบพลังงานต่อเนื่องของคอมพ์ตัน (Compton continuum)



ภาพ 2.4 การเกิดปรากฏการณ์คอมพ์ตัน (Phil, 2010)

2.7.3 ปฏิกิริยาการเกิดผลผลิตคู่ (Pair production) เป็นกระบวนการที่รังสีแกมมาพลังงานสูงกว่า 1.022 MeV (สมปอง, 2545) ทำปฏิกิริยากับสนามของนิวเคลียส ทำให้พลังงานเปลี่ยนเป็นมวลของอนุภาค และปฏิอนุภาค ได้แก่ อิเล็กตรอน (e^-) และโพสิตรอน (e^+) ซึ่งโพสิตรอนที่หมดพลังงานจะรวมกับอิเล็กตรอนทำให้เกิดปฏิกิริยาการทำลาย (Annihilation) กลายเป็นรังสีแกมมา 2 หน่วย มีพลังงาน 511 keV เคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม



ภาพ 2.5 การเกิดปรากฏการณ์แพร์โปรดักชัน (www.fesaus.org, 2011)

2.8 ผลของรังสีต่อน้ำเยื่อ และอวัยวะ

ปกติคนเราจะใช้เวลาส่วนใหญ่ในอาคาร บ้านเรือน หรือกลางแจ้ง เหตุการณ์ดังกล่าวทำให้มีโอกาสสัมผัสกับสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เพราะสารกัมมันตรังสีมีมาตั้งแต่การกำเนิดของโลกทำให้มีโอกาสได้รับปริมาณรังสีที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศที่เราอาศัยอยู่ โดยเฉพาะในอาคาร บ้านเรือน เพราะก๊าซเรดอนจะมีมากที่สุดใต้พื้นดิน หากพื้นที่ที่เราอาศัยอยู่เกิดรอยแตกแยกของพื้นดินทำให้มีโอกาสหายใจหรือสูดดมก๊าซเรดอนเข้าไปในร่างกายมากกว่าพื้นที่อื่นๆ และหลักฐานที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือการเป็นมะเร็งปอดในมนุษย์อันเนื่องมาจากก๊าซเรดอนที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียมจากการศึกษาทางระบาดวิทยาในคนงานเหมืองแร่หลายพันคนในพื้นที่ต่างกันต่างก็ให้ผลการศึกษาที่ตรงกัน นอกจากก๊าซเรดอนจะเป็นปัจจัยโดยตรงต่อการเกิดโรคมะเร็งแล้วยังพบว่าตัวแปรอื่นๆ เช่น อายุ ระยะเวลากการสัมผัสและการสูบบุหรี่มีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งปอดด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูบบุหรี่จะเพิ่มความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งเป็นหลายเท่าตัว พงศ์เทพ (2544) และยังมีโอกาสได้รับกัมมันตภาพรังสีจากยูเรเนียม-238 และโพแทสเซียม-40 ที่มีการสะสมในดิน หิน ทราย อิฐ ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร บ้านเรือน รวมทั้งผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์ ที่เราบริโภคในแต่ละวัน

ร่างกายของคนเราจะประกอบด้วยโมเลกุล และเซลล์ต่างๆ ถ้าหากร่างกายของคนเราได้รับความเสียหาย ก็จะส่งผลกระทบต่อเนื้อเยื่อ และอวัยวะต่างๆ สำหรับอาการของคน

ได้รับอันตรายจากสารกัมมันตรังสีสามารถดำเนินชีวิตหรือทำงานได้ตามปกติ เนื่องจากร่างกายต้องทำงานร่วมกันของอวัยวะต่างๆ สำหรับสารกัมมันตรังสีที่มีผลต่อเนื้อเยื่อ และอวัยวะต่างๆ มีดังนี้

2.8.1 ผิวหนัง ความรุนแรงของอาการหลังมีการสัมผัสสารกัมมันตรังสีจะมีลักษณะคล้ายกับอาการที่เกิดจากการโดนไฟลวก หากเป็นอาการอย่างเฉียบพลันผิวหนังจะมีลักษณะผิวแดง ลอก อักเสบ ส่วนอาการเรื้อรัง ได้แก่ ผิวบาง ฟังผืด แผลเป็น และนอกจากนี้บริเวณรากผมยังเป็นบริเวณที่ไวต่อสารกัมมันตรังสี อีกด้วย

2.8.2 ระบบทางเดินหายใจ หากมีสัมผัสสารกัมมันตรังสีในปริมาณน้อยๆ อาจทำให้ปอดเกิดอาการอักเสบเล็กน้อย และทำให้เกิดอาการอย่างรุนแรง หรือเสียชีวิตได้เมื่อมีการสัมผัสสารกัมมันตรังสีในปริมาณสูง

2.8.3 ระบบทางเดินอาหาร เป็นลักษณะท่อที่ต่อเนื่องกันไปยังผิวข้างในที่ปกคลุมด้วยเยื่อผนังในกระเพาะอาหาร หากอวัยวะได้รับปริมาณรังสีสูงๆ จะทำให้เนื้อเยื่อถูกทำลาย ส่งผลให้ระบบการทำงานเปลี่ยนไปเกิดอาการเบื่ออาหารคลื่นไส้ อาเจียน จะเกิดแผล จารุณีเย็บ (2545) และทำให้เลือดออกในกระเพาะอาหาร ส่งผลให้ลำไส้เล็กอันตราย เพราะลำไส้เล็กเป็นส่วนที่ไวต่อรังสีมากที่สุด สำหรับลำไส้ใหญ่ไม่ไวต่อรังสีเหมือนลำไส้เล็ก

2.8.4 ระบบสืบพันธุ์เพศชาย จะมีลักษณะ 2 แบบ คือ หมันชั่วคราว หากอวัยวะได้รับโดสรังสีในปริมาณ 2.5 Gy และมีโอกาสเป็นหมันอย่างถาวรหากมีการได้รับโดสรังสีในปริมาณ 5-6 Gy

2.8.5 ระบบสืบพันธุ์เพศหญิง โดยทั่วไปการเป็นหมันของผู้หญิงจะมีหลายองค์ประกอบ แต่ถ้าเป็นในกรณีที่มีการได้รับโดสรังสีอวัยวะดังกล่าวจะต้องมีการสัมผัสรังสีสูงกว่า 6.5 Gy และยังก่อให้เกิดอาการหมดประจำเดือน ซึ่งส่งผลต่อลักษณะของระบบสืบพันธุ์อีกด้วย

ตาราง 2.4 ปริมาณโดสที่ทำให้เกิดอาการอย่างเฉียบพลัน (จารุณีเย็บ และสมพร, 2545)

| ปริมาณรังสี (Gy) | อาการ |
|------------------|---|
| <10 | ไม่มีอาการผื่นแดงในระยะแรก |
| 8-15 | มีอาการผื่นแดง หรือรู้สึกผดผื่น หลังได้รับรังสี 12-24 ชั่วโมง |
| 15-30 | มีอาการผื่นแดง หรือรู้สึกผดผื่น หลังได้รับรังสี 8-15 ชั่วโมง |
| >30 | มีอาการผื่นแดง 3-6 ชั่วโมง |

2.9 ไอโอดีน

ไอโอดีน คือเกลือแร่ ซึ่งมักอยู่ในรูปแบบของเกลือโซเดียมไอโอดายด์ หรือเกลือโปแตสเซียมไอโอดายด์ เป็นธาตุอาหารที่ร่างกายของคนเราไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหารที่อุดมสมบูรณ์จากการบริโภคเข้าไป คือ อาหารทะเล สาหร่ายทะเล ที่สามารถเพิ่มเสริมอาหารด้วยธาตุอาหารไอโอดีน พวงทอง (2555) โดยที่ร่างกายของคนเราจะดูดซึมไอโอดีนในกระเพาะอาหาร และในลำไส้เล็กตอนบน หลังจากการดูดซึมไอโอดีนจะเข้าสู่กระแสโลหิต เซลล์ต่อมไทรอยด์จะจับไอโอดีน เพื่อนำไปสร้างเป็นไทรอยด์ฮอร์โมน โดยไอโอดีนส่วนเกินส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางไตในน้ำปัสสาวะ และทางเหงื่อโดยจะพบได้ในทุกช่วงอายุ และยังมีโอกาสพบใกล้เคียงกันทั้งในผู้ชายและผู้หญิง แต่มักจะพบในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย รวมถึงสถานที่ที่พบมากที่สุดจะอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล หรือห่างไกลจากทะเลมากๆ เนื่องจากในดินจะมีไอโอดีนจำนวนน้อย

ตามคำแนะนำสำหรับคนทั่วไป ต่อปริมาณไอโอดีนที่ควรบริโภคต่อวัน (DRI, Dietary reference intakes) ของสถาบันการแพทย์แห่งชาติ แห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies) คือ

ตาราง 2.5 ปริมาณไอโอดีนที่ควรบริโภคต่อวัน (พวงทอง, 2555)

| อายุ | ปริมาณไอโอดีน($\mu\text{g}/\text{d}$) |
|---------------------|---|
| 0 ถึง 6 เดือน | 110 |
| 7 ถึง 12 เดือน | 130 |
| 1 ถึง 8 ปี | 90 |
| ผู้ชาย | |
| 9 ถึง 13 ปี | 120 |
| 14 ถึงมากกว่า 70 ปี | 150 |
| ผู้หญิง | |
| 9 ถึง 13 ปี | 120 |
| 14 ถึงมากกว่า 70 ปี | 150 |
| หญิงตั้งครรภ์ | |
| 14 ถึง 50 ปี | 220 |
| หญิงให้นมบุตร | |
| 14 ถึง 50 ปี | 290 |

ระดับไอโอดีนในน้ำปัสสาวะ เนื่องจากปริมาณไอโอดีนที่ร่างกายได้รับเข้าไปในแต่ละวันนั้นส่วนใหญ่จะถูกขับถ่ายออกทางปัสสาวะ นวลละออง (2555) ดังนั้นระดับปริมาณไอโอดีนในน้ำปัสสาวะจึงเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงปริมาณไอโอดีนที่ร่างกายได้รับเข้าไปในแต่ละวัน อีกทั้งการเก็บ

ตัวอย่างน้ำปัสสาวะในแต่ละวันสามารถทำได้ง่าย และสะดวกกว่าการเก็บตัวอย่างเลือดหรือซีรัม ทำให้การวัดปริมาณไอโอดีนในน้ำปัสสาวะเป็นวิธีที่นิยมใช้มากกว่าวิธีอื่นๆ จากการสำรวจปริมาณไอโอดีนจากการขับถ่ายของประชากรในปี ค.ศ. 1992 การประชุมองค์การ ICCIDD/WHO/UNICEF ได้เสนอระดับปริมาณไอโอดีนในน้ำปัสสาวะที่เก็บตลอด 24 hr เพราะระดับปริมาณไอโอดีนในน้ำปัสสาวะมีค่าไม่เท่ากันที่เก็บในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้น เพื่อความถูกต้องจึงต้องวัดระดับปริมาณไอโอดีนในน้ำปัสสาวะที่เก็บมาตลอด 24 hr เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการตรวจวัดปริมาณไอโอดีนในน้ำปัสสาวะ ดังตาราง ดังนี้

ตาราง 2.6 สภาวะไอโอดีนในน้ำปัสสาวะ (นวลละออง, 2555)

| สภาวะไอโอดีนในน้ำปัสสาวะ | ค่ามัธยฐานความเข้มข้นไอโอดีนในน้ำปัสสาวะ ($\mu\text{g/d}$) |
|--------------------------|---|
| 0 | >100 |
| 1 | 50-99 |
| 2 | 20-49 |
| 3 | <20 |

2.10 หน่วยของรังสีและกัมมันตภาพรังสี

หน่วยคือชื่อเฉพาะที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้บอก ขนาดและปริมาณของสิ่งต่างๆ หน่วยของรังสีและกัมมันตภาพรังสี มีดังต่อไปนี้

ตาราง 2.5 หน่วยปริมาณรังสี (ดรุณี, 2546)

| ปริมาณ | หน่วยเดิม | หน่วยใหม่ (SI unit) |
|-------------------------------------|---------------|---------------------------|
| กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) | คูรี (Ci) | เบคเคอเรล (Bq) |
| รังสีที่ดูดกลืน (Absorbed dose) | แรด (Rad) | เกรย์ (Gy) |
| รังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure) | เรินท์เกน (R) | คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg) |
| รังสีสมมูล (Dose Equivalent) | เรม (Rem) | ซีเวิร์ต (Sv) |

จากการกำหนดหน่วยของปริมาณต่างๆดังกล่าวมาในข้างต้นการวัดรังสีเพื่อกำหนดปริมาณซึ่งเป็นที่ยอมรับ และเปรียบเทียบผลกันได้ โดยอาศัยการวัดค่าพื้นฐานตามคำจำกัดความของแต่ละหน่วย เช่น

2.10.1 ปริมาณกัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) คือการเปลี่ยนแปลงสภาพของนิวเคลียสทำให้เกิดการแผ่รังสีหรือมีอนุภาคที่มีพลังงานเกิดขึ้น ไอโซโทปรังสีหรือนิวไคลด์รังสี (Radionuclide) จึงเป็นแหล่งกำเนิดรังสีชนิดหนึ่งในหลายชนิด การวัดจำนวนไอโซโทปรังสีหรือนิวไคลด์รังสี ไม่อาจทำได้โดยการชั่งน้ำหนัก ตวง หรือวัดได้เพราะไอโซโทปรังสีจะปนอยู่กับไอโซโทปอื่นๆเสมอ แม้แต่จะแยกให้บริสุทธิ์แล้วเมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ก็จะทำให้เกิดธาตุใหม่ขึ้นปะปนดังนั้นปริมาณกัมมันตภาพรังสีในขณะใดขณะหนึ่งจึงวัดได้โดยวัดรังสีที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ซึ่งเป็นผลของการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียสที่เกิดขึ้น หน่วยของปริมาณกัมมันตภาพรังสีเดิมอาศัยการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียสของธาตุเรเดียมหนัก 1 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.7×10^{10} ครั้งต่อวินาที (disintegration per second) และเรียกว่า 1 คูรี (Ci)

$$1 \text{ คูรี (Ci)} = 3.7 \times 10^{10} \text{ ครั้งต่อวินาที (s}^{-1}\text{)}$$

ต่อมาใช้ SI unit หน่วยของกัมมันตรังสี ควรจะเป็น s^{-1} แต่ให้ใช้ชื่อเฉพาะว่า เบคเคอเรล (Bq) ดังนั้น

$$1 \text{ คูรี (Ci)} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะมีผลเมื่อเข้าสู่ร่างกายเพราะรังสีที่เกิดขึ้นจะถูกดูดกลืนในอวัยวะและเนื้อเยื่อของร่างกายมากที่สุดโดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียสนั้น ทำให้อนุภาคแอลฟา หรือบีตาเพราะอนุภาคทั้งสองเป็นอนุภาคที่มีพิสัยต่ำ แน่นอนว่าจะต้องถ่ายทอดพลังงานทั้งหมดให้อวัยวะ และเนื้อเยื่อในร่างกาย ทำให้เกิดอันตรายมากที่สุด

2.10.2 ปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose) ผลของรังสีต่อวัตถุต่างๆ บางอย่างที่สามารถสังเกตเห็นได้ เช่นการที่แก้วหรือพลาสติกเปลี่ยนสีเมื่อนำไปฉายรังสี เป็นเพราะเนื้อแก้ว ดูดกลืนพลังงานของรังสีเข้าไปเนื่องจากรังสีแต่ละชนิดมีความสามารถทะลุผ่านวัตถุได้ไม่เท่ากันและถ่ายเทพลังงานให้กับวัตถุแต่ละชนิดได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นผลของรังสีต่อวัตถุจึงแปรผันตามปริมาณพลังงานรังสีที่วัตถุนั้นดูดกลืนไว้เช่นรังสีแอลฟาและรังสีบีตา จะถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้กับวัตถุในระยะทางจากผิวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โฟตอนพลังงานต่ำๆ ก็เช่นกันผลก็คือจะทำให้เกิดรอยไหม้ที่ผิวหนัง ถ้าเป็นโฟตอนพลังงานสูงพลังงานบางส่วนอาจทะลุออกไปจากวัตถุ บางส่วนของพลังงาน ถูกดูดกลืนไว้ หน่วยของ Absorbed dose เดิมใช้ rad (radiation absorbed dose) ซึ่งเท่ากับพลังงานรังสีที่ถูกดูดกลืน 100 ergs ในวัตถุมวล 1 gm

$$1 \text{ rad} = 1000 \text{ ergs/gm}$$

ในปัจจุบันหน่วย SI unit ซึ่งใช้หน่วยใหญ่คือ MKS เป็นมาตรฐาน ให้หน่วยของ absorbed dose จากหน่วยของพลังงานเป็นจูล (Joule) และหน่วยของมวลเป็นกิโลกรัม (kg) โดยใช้ชื่อเฉพาะว่าเกรย์ (Gy)

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Jkg}^{-1} = 100 \text{ rads}$$

2.10.3 ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure Dose) เป็นปริมาณรังสีที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับผลของรังสีเพราะเพียงแต่ว่ามีการแตกตัวของอากาศมากน้อยเพียงใด การวัด Exposure เป็นที่นิยมเพราะเป็นวิธีที่มีความไวสูงและสามารถวัดค่าได้ถูกต้องมากด้วยเทคนิคในปัจจุบันหน่วยเดิมของ Exposure คือเรินเกน (R) ซึ่งเท่ากับปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัวให้ประจุ 1 e.s.u. ในอากาศแห้ง 1 cm³ ที่ NTP หรืออากาศมวล 1.293×10⁻³ g ปัจจุบันหน่วย SI ใช้เป็นคูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg) โดยที่

$$1 \text{ เรนทเกน} = 2.54 \times 10^{-4} \text{ คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม}$$

$$\text{ประจุ } 1 \text{ e.s.u. มีค่าเท่ากับ } 3.335 \times 10^{-10} \text{ คูลอมบ์}$$

2.10.4 ปริมาณรังสีสมมูล (Dose Equivalent) เป็นหน่วยที่นำเอาผลทางชีววิทยาของรังสีเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยโดยอาศัยค่า absorbed dose เฉลี่ยทั่วกลุ่มของเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะ ร่วมกับ radiation weighting factor (W_R) ตามชนิดและพลังงานของรังสี ในการหาค่า dose equivalent (H_T) ของกลุ่ม เนื้อเยื่อ และอวัยวะต่างๆดังสมการต่อไปนี้

$$H_T = S_R W_R \times D_{T \times R}$$

เมื่อ D_{T×R} เท่ากับ absorbed dose เฉลี่ยทั่วกลุ่มเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะ (T) เนื่องจากรังสี (R) ค่า W_R นี้มีความสัมพันธ์กับค่า relative biological effectiveness (RBE) ซึ่งอาศัยการเปรียบเทียบความเสียหายของเนื้อเยื่อ เมื่อได้รับ absorbed dose จากรังสีต่างชนิด และต่างพลังงาน

2.11 ระบบหัววัดรังสี

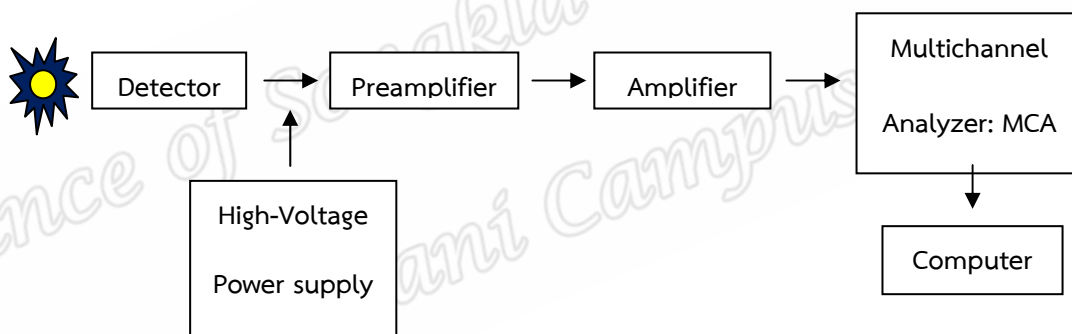
ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

2.11.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักย์สูง (High Voltage Supply: HV) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งสามารถปรับค่าได้และจะต้องมีเสถียรภาพในการรักษาศักย์ไฟฟ้าทางเข้าที่พุดให้คงที่ ณ จุดที่ตั้งไว้โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแวดล้อม

2.11.2 ภาคขยายส่วนหน้า (Preamplifier) ที่นิยมใช้กันมากเป็นแบบที่เรียกว่า Charge Sensitive Preamplifier ซึ่งทำหน้าที่รวบรวมประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากหัววัดรังสี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่มีขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนประจุ

2.11.3 ภาคขยายหลัก (Amplifier) เป็นส่วนที่รับสัญญาณพัลส์ (Pulse) มาจากภาคขยายส่วนหน้าแล้วนำมาปรับแต่งรูปสัญญาณพร้อมทั้งขยายขนาดของสัญญาณให้เหมาะสมกับการนำไปวิเคราะห์ความสูง ขนาดของการขยายสัญญาณ (Voltage gain) สามารถปรับค่าได้ในช่วงกว้างด้วยการปรับละเอียดเพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและความสูงของสัญญาณให้เป็น unipolar และ bipolar รูปร่างของสัญญาณทั้งสองนี้ สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการปรับค่า shaping time constant

2.11.4 วงจรวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (Multichannel Analyzer: MCA) เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลจำนวนนับวัดของรังสีที่ระดับพลังงานต่างๆ ที่ตกกระทบหัววัดได้อย่างอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่อินพุทของ Analog to Digital Converter หรือ ADC ความสูงของสัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะเป็นตัวระบุตำแหน่ง (address) การเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ สัญญาณจะถูกส่งต่อไปยัง Channel address register ซึ่งจะทำหน้าที่เลือกแอดเดรสหรือตำแหน่งในหน่วยความจำที่ได้รับมาเพื่อให้ภาคบันทึกข้อมูล (data register) ทำการบันทึกจำนวนครั้งของสัญญาณที่เกิดขึ้นครั้งละ 1 หน่วยนับโดยบวก (Add) เข้ากับข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำและจะถูกส่งออกไปแสดงผลบนจอภาพ



ภาพ 2.6 แผนภาพหัววัด และระบบการวิเคราะห์รังสีแกมมา (นภาพิพย์, 2555)

2.12 การปรับเทียบพลังงาน (Energy Calibration) และการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสี

คือการวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีด้วยหัววัดรังสี โดยต้องอาศัยค่าพลังงาน และค่าประสิทธิภาพของระบบหัววัดรังสีที่เป็นตัวแปรสำคัญในการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสี แต่เนื่องด้วยระยะเวลาการใช้งานมากของระบบหัววัดรังสีอาจทำให้ตอบสนองการตรวจวัดรังสีเกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้น การปรับเทียบประสิทธิภาพของระบบการนับวัดรังสีจึงเป็นเรื่องสำคัญต่อการตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีเป็นอย่างมาก เพราะถ้าหากเกิดการผิดพลาดในการปรับเทียบพลังงานทำให้ค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีในการตรวจวัดไม่ถูกต้อง และจะส่งผลกระทบต่อ การนำค่ากัมมันตภาพรังสีไปใช้งานต่างๆ

2.12.1 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง (Efficiency : Eff)

ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี คือ อัตราส่วนของจำนวนการนับวัดของสารกัมมันตรังสีในช่วงเวลาหนึ่งต่ออัตราการแผ่รังสีจากสารกัมมันตรังสีนั้นในช่วงเวลาการนับวัดที่เท่ากัน แต่ค่าการคำนวณหาประสิทธิภาพของหัววัดรังสีชนิดเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง มีปัจจัยหลายอย่างประกอบด้วย ลักษณะรูปร่างของภาชนะบรรจุตัวอย่าง ขนาดภาชนะบรรจุตัวอย่าง ระยะห่างระหว่างตัวอย่างกับหัววัดรังสี เวลาในการตรวจวัดตัวอย่าง ดังนั้นค่าประสิทธิภาพการนับวัดของหัววัดรังสีจะมีค่าไม่คงที่

2.12.1.1 สำหรับการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดในตัวอย่างน้ำปัสสาวะสามารถหาได้ทางอ้อมจากการคำนวณหาสัดส่วนของประสิทธิภาพการนับวัดรังสี (Conversion Factor : CF) ของสารรังสีในน้ำปัสสาวะ (Eff_{urine}) ต่อประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีมาตรฐาน ($Eff_{point source}$) โดยใช้สารละลาย I-131 ในน้ำปัสสาวะเพื่อหาค่า CF ดังต่อไปนี้

$$CF = \frac{Eff_{urine}}{Eff_{point source}} \quad (2.12)$$

เมื่อ Eff_{urine} คือ ประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีในน้ำปัสสาวะ
 $Eff_{point source}$ คือ ประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีมาตรฐาน

โดย ค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Eff = \frac{cps}{(dps \times \text{gamma emission ratio})} \quad (2.13)$$

เมื่อ cps คือ ค่าการนับวัดรังสีต่อเวลาที่ใช้ในการวัด (count per second or “cps”) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$cps = \frac{Area}{t}$$

เมื่อ Area คือ พื้นที่ใต้พีคของนิวไคลด์ที่สนใจ

t คือ เวลาในการนับวัดมีหน่วยเป็น วินาที (s)

และ dps คือ อัตราการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี (disintegration per second or “dps”) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$dps = A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

- เมื่อ A_0 คือ กัมมันตภาพรังสีเริ่มต้นที่เวลา $t = 0$
 A_t คือ กัมมันตภาพรังสีที่เวลา t ใดๆ มีหน่วยเป็น แบคเคอเรล (Bq)
 t คือ เวลาของการสลายตัว มีหน่วยเป็น วินาที (s)
 λ คือ ค่าคงที่ของการสลายตัว มีหน่วยเป็น ต่อวินาที (s^{-1})

ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพการนับวัดรังสีของสารรังสีที่สนใจใดๆ ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ สามารถคำนวณได้จากการนำค่า CF คูณกับ $Eff_{point\ source}$ และคูณกับ อัตราการปลดปล่อยรังสีแกมมาที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด (gamma emission ratio)

$$Eff_{j,urine} = CF \times Eff_{j,point\ source} \times \text{gammaemissionratio}_j \quad (2.14)$$

เมื่อ j คือ ปริมาณกัมมันตรังสีที่สนใจ
 gamma emission ratio_j คือ อัตราการปลดปล่อยรังสีแกมมาที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด

2.12.1.2 สำหรับประสิทธิภาพการนับวัดในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ สามารถหาได้ทางอ้อมจากการคำนวณหาค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพการนับวัดรังสี (Conversion Factor : CF) ของสารรังสีมาตรฐานในดิน (Eff_{soil-6}) กับประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีมาตรฐาน (Eff_{I-131}) โดยสมการการคำนวณต่อไปนี้

$$CF = Eff_{soil-6} - Eff_{I-131} \quad (2.15)$$

- เมื่อ Eff_{soil-6} คือ ประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีมาตรฐานในดิน รหัส soil-6
 Eff_{I-131} คือ ประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131

โดย ค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Eff = \frac{cps}{(dps \times \text{gamma emission ratio})} \quad (2.16)$$

เมื่อ cps คือ ค่าการนับวัดรังสีต่อเวลาที่ใช้ในการวัด (count per second or “cps”) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{cps} = \frac{\text{Area}}{t}$$

เมื่อ Area คือ พื้นที่ใต้พีคของนิวไคลด์ที่สนใจ

t คือ เวลาในการนับวัดมีหน่วยเป็น วินาที (s)

2.12.1.3 สำหรับประสิทธิภาพการนับวัด (Efficiency : Eff) ในตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร สามารถคำนวณดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Eff}_{\text{std}} = \frac{\text{cps}_{\text{std}}}{\text{dps} \times \text{gamma emission ratio}} \quad (2.17)$$

เมื่อ Eff_{std} คือ ค่าประสิทธิภาพการนับวัดสำหรับสารรังสีมาตรฐาน

cps_{std} คือ พื้นที่ใต้พีคของสารรังสีมาตรฐาน

dps คือ กัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น ณ เวลา $t = 0$

Gamma emission ratio คือ อัตราการปลดปล่อยรังสีแกมมา ณ พลังงานนั้นๆ

2.12.2 ค่าต่ำสุดของเครื่องมือสามารถตรวจวัดได้ (Lower limit of detection: LLD) ด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์โดยหัววัดแบบ HPGe

ค่าต่ำสุดของเครื่องมือสามารถตรวจวัดได้ (Lower limit of detection: LLD) เป็นค่าที่คำนวณได้ก่อนทำการวัด ว่าจะมีกัมมันตภาพรังสีอย่างน้อยเท่าไรจึงจะตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือที่ใช้ภายในเวลาที่กำหนดไว้ ค่า LLD นี้ขึ้นกับเวลาที่จะใช้วัด ถ้าเวลาที่ใช้วัดยาวนาน LLD จะมีค่าต่ำ

$$\text{LLD} \approx (k_{\alpha} + k_{\beta}) S_0$$

เมื่อ k_{α} คือ ค่าคงที่ Upper percentile ของ Standardized normal

k_{β} คือ ค่าคงที่ที่แน่ใจว่ามีปริมาณสารกัมมันตรังสีปรากฏอยู่

กำหนดให้ $k_{\alpha} = k_{\beta}$, ดังนั้น $\text{LLD} = 2 k_{\alpha} S_0$

$$\text{เมื่อ } S_0 = \sqrt{(S_G^2 + S_B^2)}$$

- เมื่อ S_0 คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดสุทธิ
 S_G คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดรวม (cps)
 S_B คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการนับวัดรังสีภูมิหลัง (cps)

ในกรณีที่สารตัวอย่างที่ต้องการวัดมีอัตราการนับวัดน้อยมากหรือมีค่าเป็นศูนย์
 ดังนั้นค่าที่วัดได้คือ อัตราการนับวัดของรังสีภูมิหลัง

$$S_G = S_B$$

$$S_0 = \sqrt{2S_B^2} = S_B \sqrt{2}$$

$$\text{จะได้ } LLD = 2\sqrt{2} k_\alpha S_B$$

$$\text{เมื่อ } k_\alpha = 1.64 \text{ (95\% มั่นใจว่ามีปริมาณสารกัมมันตรังสี)}$$

$$S_B = \sqrt{\frac{R_B}{t_c}}$$

- เมื่อ R_B คือ อัตราการนับในธรรมชาติ (Background count rate)
 t_c คือ ระยะเวลาที่ทำการวัด

$$\text{ดังนั้น } LLD = 4.653 \times S_B$$

$$\text{จะได้ } LLD = \frac{4.653 \times S_B}{\text{Volume}} \quad (\text{Bq/d}) \quad \text{สำหรับน้ำปัสสาวะ} \quad (2.18)$$

$$LLD = \frac{4.653 \times S_B}{\text{Volume}} \quad (\text{Bq/l}) \quad \text{สำหรับน้ำป่อดั้น} \quad (2.19)$$

$$LLD = \frac{4.653 \times S_B}{\text{Mass}} \quad (\text{Bq/kg}) \quad \text{สำหรับผัก ผลไม้} \quad (2.20)$$

2.12.3 การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างต่างๆต่อไปนี้

2.12.3.1 กัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ ของสารกัมมันตรังสีที่สนใจ สามารถคำนวณได้ จากสมการ ต่อไปนี้

$$\text{Activity}_j (\text{Bq/d}) = \frac{\text{cps} \times V_{\text{total}}}{V_m \times \text{Eff}_{j,\text{urine}}} \quad (2.21)$$

| | | | |
|-------|----------------------|-----|---|
| เมื่อ | cps _j | คือ | ค่าการนับวัดรังสีต่อเวลาหลังหักลบ BG |
| | Eff _{urine} | คือ | ประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีในน้ำปัสสาวะ |
| | V _{total} | คือ | ปริมาตรทั้งหมด มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร (ml) |
| | V _m | คือ | ปริมาตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร (ml) |

หมายเหตุ : ปริมาตรทั้งหมด คือ ปริมาตรปัสสาวะรวมกับปริมาตรกรดไนตริกที่เติมลงไป

2.12.3.2 กัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างน้ำบ่อต้น ของสารกัมมันตรังสีที่สนใจ สามารถคำนวณได้ จากสมการ ต่อไปนี้

$$\text{Activity} (\text{Bq/l}) = \frac{\text{cps}_{\text{sample}}}{\text{Eff}_{\text{sample}} \times V(\text{l}) \times \text{gamma emission ratio}} \quad (2.22)$$

| | | | |
|-------|-----------------------|-----|--|
| เมื่อ | cps _{sample} | คือ | ค่าการนับวัดรังสีต่อเวลาหลังหักลบ BG |
| | Eff _{sample} | คือ | ประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีในน้ำบ่อต้น |
| | V(l) | คือ | ปริมาตรทั้งหมด มีหน่วยเป็นลิตร (l) |
| | Gamma emission ratio | คือ | อัตราการผลิตปล่อยรังสีแกมมา ณ พลังงานนั้นๆ |

2.12.3.3 **กัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร** ของสารกัมมันตรังสีที่สนใจ สามารถคำนวณได้ จากสมการ ต่อไปนี้

$$\text{Activity (Bq / kg)} = \frac{\text{cps}_{\text{sample}}}{\text{Eff}_{\text{sample}} \times m(\text{kg}) \times \text{gamma emission ratio}} \quad (2.23)$$

เมื่อ $\text{cps}_{\text{sample}}$ คือ ค่าการนับวัดรังสีต่อเวลาหลังหักลบ BG
 $\text{Eff}_{\text{sample}}$ คือ ประสิทธิภาพการนับวัดของสารรังสีในกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร
 m คือ มวลทั้งหมด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
 gamma emission ratio คือ อัตราการปลดปล่อยรังสีแกมมา ณ พลังงานนั้นๆ

2.13 กัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม

ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) เป็นผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักของค่ากัมมันตภาพรังสีของทั้ง 3 ไอโซโทป ที่มีการศึกษาพบว่า เรเดียม-226 มีกัมมันตภาพรังสี ที่ 1 Bq/kg จะให้ปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีเทียบเท่าของกัมมันตภาพรังสีของทอเรียม-232 ที่ 1.43 Bq/kg และค่ากัมมันตภาพรังสีของโพแทสเซียม-40 ที่ 0.07 Bq/kg ดังนั้นสามารถคำนวณค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม ดังสมการ

$$Ra_{eq} = A_{Ra} + 1.43A_{Th} + 0.07A_K \quad (2.24)$$

เมื่อ A_{Ra} , A_{Th} และ A_K คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 ตามลำดับ

2.14 อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ

อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ D (nGy/h) เป็นค่าปริมาณรังสีที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในธรรมชาติมีการกระจายอยู่ทั่วไปในอากาศ สำหรับภายนอกอาคารบ้านเรือน ก็จะมีนิวไคลด์กัมมันตรังสีหลายชนิด โดยเฉพาะนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 และยูเรเนียม-235 ซึ่งนิวไคลด์ดังกล่าวจะมีค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะน้อยมากเมื่อเทียบกับนิวไคลด์ของเรเดียม-226, ทอเรียม-232

และ โปแทสเซียม-40 จนสามารถละทิ้งได้ ดังนั้น อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$D(\text{nGy/h}) = 0.461A_{\text{Ra}} + 0.623A_{\text{Th}} + 0.0414A_{\text{K}} \quad (2.25)$$

เมื่อ A_{Ra} , A_{Th} และ A_{K} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ตามลำดับ

2.15 ดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน

ดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน คือค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับอันตรายจากแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ในธรรมชาติ โดยกัมมันตภาพรังสีที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่จะเป็นกัมมันตภาพรังสีแกมมา เพราะรังสีแกมมามีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีอื่นๆ ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (external hazard index: H_{ex}) และ (internal hazard index: H_{in}) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเรา เมื่อ ค่า $H_{\text{ex}} < 1$ และ $H_{\text{in}} < 1$ แสดงว่าปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอกมีค่าน้อยมากจนละทิ้งได้ ถ้า $H_{\text{ex}} = H_{\text{in}} = 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเท่ากับ 1.5 mGy/y และถ้า $H_{\text{ex}} > 1$ และ $H_{\text{in}} > 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับอันตรายจากภายนอก หมายความว่าสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเราไม่ควรนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตหรือควรหลีกเลี่ยง สามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$H_{\text{ex}} = \frac{A_{\text{Ra}}}{370} + \frac{A_{\text{Th}}}{259} + \frac{A_{\text{K}}}{4810} \quad (2.26)$$

$$H_{\text{in}} = \frac{A_{\text{Ra}}}{185} + \frac{A_{\text{Th}}}{259} + \frac{A_{\text{K}}}{4810} \quad (2.27)$$

เมื่อ A_{Ra} , A_{Th} และ A_{K} คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โปแทสเซียม-40 ตามลำดับ

2.16 อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี

อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี Annual Effective Dose (mSv/y) สามารถคำนวณได้จากการแปลงค่าความสัมพันธ์จากค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ โดยมีองค์ประกอบในการแปลงค่า (conversion factor) 0.7 Sv/Gy สำหรับค่าปริมาณรังสีดูดกลืนรังสีแกมมาในอากาศเป็นค่าปริมาณรังสีซึ่งผลที่บุคคลทั่วไปได้รับหรือใช้เวลาออกอาคารบ้านเรือนประมาณ 20% ของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี สามารถหาได้จากสมการ

$$\text{Annual Effective Dose (mSv/y)} = D(\text{nGy/h}) \times (8760 \text{ h}) \times (0.2) \times (0.7 \text{ Sv/Gy}) \times 10^{-6} \quad (2.28)$$

2.17 พื้นที่ทำการเก็บข้อมูล

2.17.1 จังหวัดปัตตานี

ที่ตั้งและอาณาเขต ตั้งอยู่ริมฝั่งทะเลตะวันออกของภาคใต้ติดกับทะเลจีนใต้ หรืออ่าวไทย อยู่ระหว่างละติจูดที่ $5^{\circ}36'$ เหนือ ถึงละติจูดที่ $6^{\circ}55'$ เหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ $101^{\circ}00'$ ตะวันออก ถึงลองจิจูดที่ $101^{\circ}30'$ ตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 2,052.356 km^2 ห่างจากกรุงเทพมหานครโดยทางรถยนต์ประมาณ 1055 km และทางรถไฟสถานีโคกโพธิ์(ปัตตานี)ประมาณ 1023 km เป็นจังหวัดที่มีขนาดเล็กเป็นอันดับ 2 ของภาคใต้ รองลงมาจากจังหวัดภูเก็ต พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มเหมาะแก่การเพาะปลูก ภูเขาที่สำคัญได้แก่ ภูเขาทรายขาว ซึ่งอยู่ในเทือกเขาสันกาลาศีรี โดยเทือกเขาวางตัวสลับซับซ้อนติดต่อกัน สุวฒัน และเดชา (2531) ทอดตัวเป็นแนวยาวแผ่ขยายออกไปทางทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก มียอดเขาสูงสุด คือ ยอดเขาสันกาลาศีรี (ยอดเขานางจันทร์) มีความสูงประมาณ 1,000 m จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีพื้นที่บางส่วนเป็นที่ลาดเชิงเขาและที่ราบเนินเขา มีสันเขาเป็นแนวยาวเป็นเส้นแบ่งเขตจังหวัดปัตตานี ยะลา นราธิวาส และสงขลา รวมทั้งมีแม่น้ำที่สำคัญ 2 สาย คือ แม่น้ำปัตตานีมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาในอำเภอเบตง ไหลผ่านอำเภอบันนังสตา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ผ่านอำเภอโคกโพธิ์ อำเภอหนองจิก อำเภอยะรัง และลงสู่อ่าวไทย บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี ส่วนแม่น้ำสายบุรี มีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาสันกาลาศีรี ในเขตอำเภอแว้ง ไหลผ่านอำเภอจะนะ อำเภอศรีสาคร อำเภอรือเสาะ จังหวัดนราธิวาส และอำเภอรามัน จังหวัดยะลา ไหลลงสู่ทะเลในอำเภอสายบุรี

จังหวัดปัตตานีมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียงดังต่อไปนี้ทิศเหนือติดกับจังหวัดสงขลาทิศใต้ติดกับจังหวัดนราธิวาสและจังหวัดยะลา ทิศตะวันตกติดจังหวัดยะลา และจังหวัดสงขลา ทิศตะวันออกติดกับอ่าวไทย

2.17.2 จังหวัดนราธิวาส

จังหวัดนราธิวาส เป็นจังหวัดชายแดนใต้ ตั้งอยู่บนฝั่งทะเลด้านตะวันออกของแหลมมลายู ห่างจากกรุงเทพมหานครโดยทางรถยนต์ประมาณ 1149 km และโดยทางรถไฟประมาณ 1116 km สิ้นสุดชายแดนประเทศไทย-ประเทศมาเลเซียที่สถานีรถไฟสุโงโกล-ลกจังหวัดนราธิวาส มีเนื้อที่ประมาณ 1 ใน 3 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งเป็นที่ราบนอกจากนั้นเป็นป่าและภูเขา ที่ราบส่วนใหญ่อยู่ติดกับอ่าวไทยและแม่น้ำสุโกล-ลก โดยมีภูเขาหนาแน่นตรงด้านตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดติดกับเทือกเขาสันกาลาศีร์ซึ่งเป็นเทือกเขากั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศมาเลเซีย (อุทยานแห่งชาติบูโด-สุโงโกล (2557) มีภูเขาที่สำคัญคือ เทือกเขาสันกาลาศีร์ อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัด ภูเขาบอสินยอ อยู่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดและเทือกเขาบูโด อยู่ทางตอนเหนือและตอนกลางของจังหวัด และยังมีอุทยานแห่งชาติบูโด-สุโงโกล สภาพส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนทราย หินอัคนี บางส่วนเป็นหินปูน และหินกรวดขนาดใหญ่ สุวตน์ และเดซา (2531) ส่วนแม่น้ำที่สำคัญของจังหวัดนราธิวาส มี 2 แห่ง คือ แม่น้ำโกลก เป็นแม่น้ำที่กั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศมาเลเซียโดยไหลผ่านอำเภอสุโงโกล-ลก ของประเทศไทย และเมืองรันตูป็นยัง ของรัฐกลันตัน ประเทศมาเลเซีย โดยมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาสันกาลาศีร์ มีจุดสิ้นสุดของสายน้ำโดยไหลลงตรงอ่าวไทยที่อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส ส่วนแม่น้ำสายบุรี มีต้นน้ำมาจากเทือกเขาสันกาลาศีร์ และอุทยานแห่งชาติบูโด-สุโงโกล ไหลผ่านอำเภอจะแนะ อำเภอศรีสาคร อำเภอรือเสาะ จังหวัดนราธิวาส และอำเภอรามัน จังหวัดยะลา ไหลลงสู่ทะเลในอำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานีนอกจากนี้จังหวัดนราธิวาวยังมีชายฝั่งทะเลทอดยาว ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกซึ่งเป็นชายฝั่งทะเลยกตัว มีลักษณะเป็นชายหาด และสันทราย ขนานไปกับชายฝั่งทะเล ถัดเข้าไปทางในหลังสันทรายจะเป็นที่ลุ่มต่ำซึ่งเป็นที่ลุ่มมีน้ำขังเกือบตลอดปี ซึ่งปัจจุบันได้แก่ บริเวณที่เป็นพรุ มีลักษณะเป็นแนวเหนือใต้ขนานกับฝั่งทะเล

จังหวัดนราธิวาส มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียงดังต่อไปนี้ทิศเหนือติดจังหวัดปัตตานีและอ่าวไทย ทิศใต้ติดอ่าวไทยและประเทศมาเลเซียทิศตะวันตกติดจังหวัดยะลาทิศตะวันออกติดประเทศมาเลเซีย

2.17.3 จังหวัดยะลา

จังหวัดยะลา เป็นจังหวัดที่อยู่ใต้สุดของประเทศไทย อยู่ระหว่างละติจูดที่ $5^{\circ}-7^{\circ}$ เหนือ และลองจิจูดที่ $100^{\circ}-102^{\circ}$ ตะวันออก อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครตามทางรถไฟสายใต้ 1,039 km และตามถนนเพชรเกษม 1,395 km มีพื้นที่ประมาณ $4,521 \text{ km}^2$ หรือประมาณ 2.8×10^6 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 6.4 ของพื้นที่ภาคใต้ ประกอบด้วยเทือกเขาสูง และภูเขา ที่มีชั้นหินแกรนิตสะสมตัวในบริเวณอำเภอรามันตลอดจนถึงอำเภอเบตงมีการวางตัวสลับเรียงในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ความสูงเฉลี่ยโดยประมาณ 500-800 m จากระดับน้ำทะเลปานกลางและยังมีเทือกเขาที่สำคัญอยู่ 2 เทือกเขา คือ เทือกเขาสันกาลาศีร์ ซึ่งเริ่มมาจากอำเภอเบตง ทอดแนวยาวกั้น

พรมแดนระหว่างประเทศไทย กับประเทศมาเลเซียและเทือกเขาปิโล ซึ่งเป็นเทือกเขาอยู่ภายใน จังหวัด สุวณัฒน์ และเดชา (2531) ในเขตบริเวณตำบลบุดี บ้านนังสาเรง ของอำเภอเมืองยะลา อำเภอ กรงปินัง และอำเภอรามัน รวมถึงบ่อน้ำร้อน ในตำบลตาเนาะแมเราะ อำเภอเบตง และยังมีแม่น้ำตานี ไหลผ่านตลอดทั้งปีมีต้นกำเนิดมาจากเทือกเขาในอำเภอเบตง ไหลผ่านอำเภอบันนังสตา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา ผ่านอำเภอโคกโพธิ์ อำเภอหนองจิก อำเภอยะรัง และลงสู่อ่าวไทย บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี

จังหวัดยะลา มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังต่อไปนี้ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัด สงขลาและปัตตานีทิศใต้ติดต่อกับรัฐเปรัก ประเทศมาเลเซียทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดสงขลา และ รัฐเคดาห์ ประเทศมาเลเซีย ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดนราธิวาส และรัฐเปรัก ประเทศมาเลเซีย

2.18 คุณสมบัติของ กล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร

2.18.1 กล้วยหิน



ภาพ 2.7 กล้วยหิน

กล้วยหินลำต้นสูงประมาณ 3-4 m มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 cm กาบด้าน นอกมีสีเขียวจนเวลาก้านใบค่อนข้างสั้นร่องใบเปิดดอกกล้วยหินจะมีปลีที่มีรูปร่างค่อนข้างป้อมสั้นคล้าย ดอกบัวตูมกรมส่งเสริมการเกษตร (2548) ผลของกล้วยหินในเครือหนึ่งๆจะมีประมาณ 7-10 หวี และ ในหนึ่งหวีจะมี 10-15 ผล มีลักษณะเป็นรูปห้าเหลี่ยมเห็นได้ชัดเจนมีเปลือกหนาผลเรียงกันแน่นเป็น ระเบียบเมื่อผลสุกจะมีสีเหลืองส่วนเนื้อในจะมีสีขาวอมเหลือง

ชื่อสามัญภาษาอังกฤษ ว่าซาบา (Saba) ชื่อวิทยาศาสตร์ ว่า *Musa sapientum* Linn หรือ *Musa* (ABB group) “Kluai Hin” จัดอยู่ในวงศ์ : Musaceae

คุณค่าทางอาหารกล้วยหินใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วนรากนำมาใช้ประกอบยาแผน โบราณลำต้นใช้ประกอบอาหารรับประทานได้หรือใช้เลี้ยงสัตว์เช่นเป็นอาหารสุกรใบกล้วยหินใช้เป็น ใบตองห่อขนมห่ออาหารได้ดีผลกล้วยหินใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิดเช่นผลอ่อนใช้ประกอบ อาหารจำพวกแกงผลแก่ใช้เชื่อมทอดปิ้งต้มตากอบโดยเฉพาะกล้วยหินทอดกล้วยหินต้ม

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์กล้วยหินเป็นพืชที่ปลูกง่ายไม่ต้องดูแลเอาใจใส่มากนักอายุยืนยาวปลูกครั้งเดียวเก็บเกี่ยวได้ตลอดไปเนื่องจากมีหน่อทดแทนขึ้นมาเรื่อยๆอายุยืนยาวกว่ากล้วยชนิดอื่นๆ ในปัจจุบันมีการปลูกกันมากบริเวณพื้นที่นิคมพัฒนาภาคใต้ 5 และเขื่อนบางลางอำเภอบันนังสตาจังหวัดยะลาโดยปลูกกันเป็นสวนมีการบำรุงรักษาตามหลักการเกษตรการทำสวนกล้วยหินจึงกลายเป็นอาชีพหนึ่งของเกษตรกรในบริเวณดังกล่าว

2.18.2 ตำลึง



ภาพ 2.8 ตำลึง

ตำลึงเป็นผักพื้นบ้านที่คนทั่วไปรู้จักกันมานานเป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากสามารถนำไปปรุงอาหารได้หลากหลายชนิดเช่นแกงจืดต้มจิ้มน้ำพริกใส่ก๋วยเตี๋ยวและต้มเลือดหมู เป็นต้นในอดีตนั้นเราไม่จำเป็นต้องปลูกตำลึงเอาไว้รับประทานเองเนื่องจากตำลึงมักพบเห็นทั่วไปตามเถาไม้เลื้อยอื่นตามพุ่มไม้เตี้ยหรือพุ่มไม้แห้งตายรวมทั้งขึ้นตามริมรั้วบ้านชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Coccinia grandis* (L.) Voigt ชื่อวงศ์ คือ Cucurbitaceae ชื่อสามัญ คือ Ivy Gourd

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ตำลึงเป็นไม้เถาเลื้อยเถาตำลึงมีลักษณะกลมแยกเพศกันอยู่คนละต้นปลายดอกแยกออกเป็น 5 แฉกโคนติดกันเป็นกรวยผลมีรูปร่างกลมรีคล้ายแตงกวาแต่มีขนาดเล็กกว่ากรมส่งเสริมการเกษตร (2548) ผลอ่อนมีสีเขียวลายขาวเมื่อแก่กลายเป็นสีแดงตำลึงเป็นพืชที่ชอบน้ำจะสังเกตเห็นว่าในหน้าแล้งใบตำลึงจะแคระแกร็นแต่ในหน้าฝนยอดตำลึงจะอ่อนอวบอ้วนรับประทานตำลึงออกดอกประมาณ เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม

คุณค่าทางอาหารตำลึงเป็นผักใบเขียวเข้มมีคุณค่าทางอาหารสูงมีทั้งเบต้า-แคโรทีนที่ช่วยลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งโรคหัวใจขาดเลือดทั้งในแคลเซียมและสารอาหารอื่นๆที่พร้อมกันมาช่วยให้สุขภาพร่างกายสมบูรณ์แข็งแรงนอกจากนี้ยังพบว่าตำลึงยังประกอบไปด้วยเส้นใยที่มีความสามารถในการจับไนโตรเจนได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นนี้เป็นคุณลักษณะพิเศษของตำลึงที่มีเส้นใยคอยจับไนโตรเจนเพราะจะเป็นการลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะอาหารได้

2.18.3 ข้าว (rice)

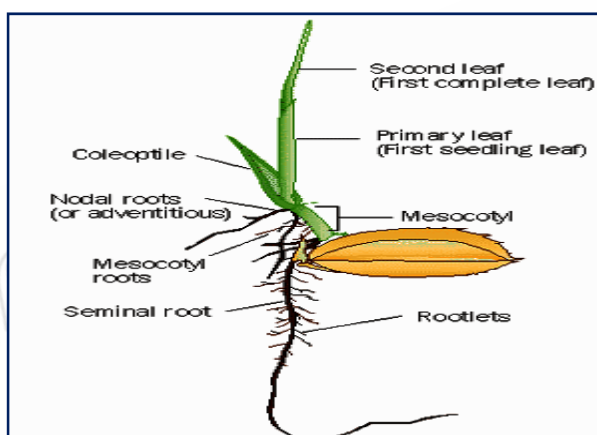
ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa* L.

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

รากมีระบบรากเป็นแบบรากฝอย (fibrous root system) (ภาพ 2.9) ประกอบด้วยรากที่พัฒนามาจากส่วนแรดิเคิล (radicle) ภาควิชาพืชไร่ (2553) เรียกว่า primary root และรากที่แตกแขนงออกมาเรียกว่า secondary root รากที่เกิดจาก scutellar node เรียกว่า seminal root ส่วนรากที่เกิดจากข้อใต้ดินตั้งแต่ coleoptilar node ขึ้นไป เรียกว่า adventitious root (ภาพ 2.10)



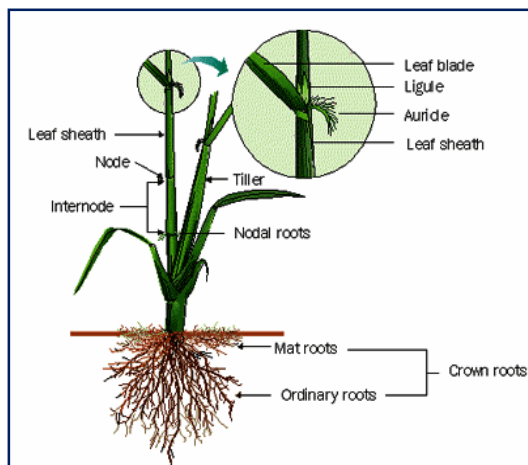
ภาพ 2.9 รากฝอย



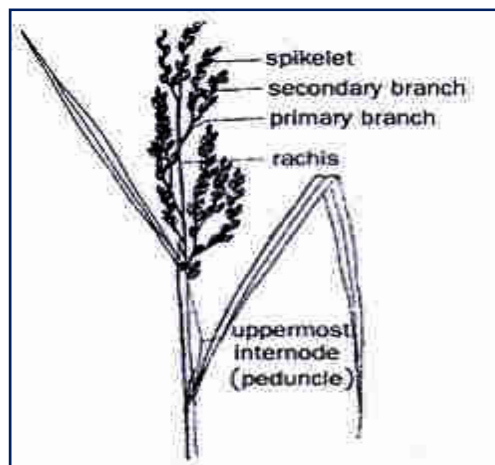
ภาพ 2.10 รากใต้ดิน (ภาควิชาพืชไร่, 2553)

ลำต้น (haulm) ประกอบด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) ข้อประกอบด้วยวงเจริญ (growth ring) ปุ่มกำเนิดราก (root primordia) ตา (bud) และรอยกาบใบ (leaf scar) ข้าวมีการแตกหน่อ (tillering) ลำต้นหลัก เรียกว่า main culm หน่อที่เจริญจาก main culm เรียกว่า primary tiller หน่อที่เจริญจาก primary tiller เรียกว่า secondary tiller และหน่อที่เจริญจาก secondary tiller เรียกว่า tertiary tiller ตามลำดับ

ใบเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) ประกอบด้วย กาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบ มีเยื่อกันน้ำหรือลิ้นใบ (ligule) หูใบหรือเขี้ยวใบ (auricle) ส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบแต่ไม่มีเส้นกลางใบ เป็นสัน 2 สัน พบระหว่างหน่อหรือแขนงที่แตกจากลำต้นเรียกว่า prophyllum (ภาพ 2.11)



ภาพ 2.11 ใบเดี่ยว

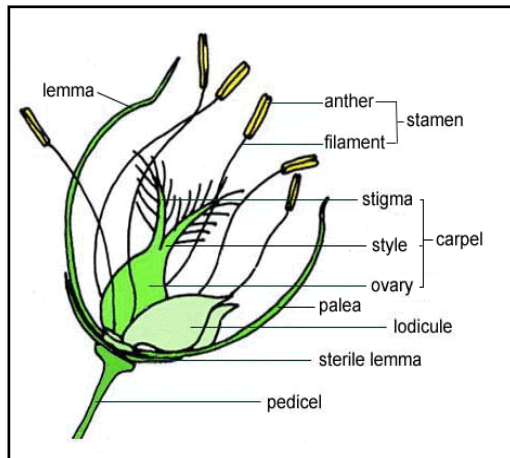


ภาพ 2.12 ช่อดอก (ภาควิชาพืชไร่ฯ, 2553)

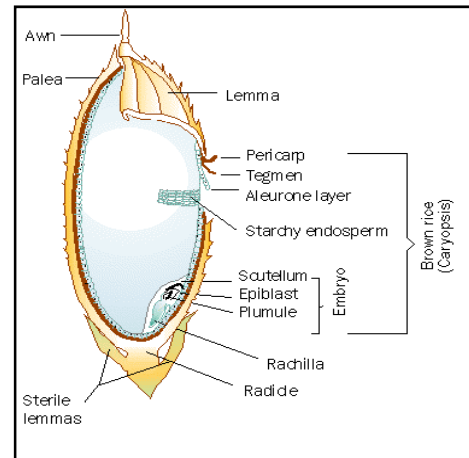
ช่อดอกและดอกช่อดอกเป็นแบบ panicle ปล้องสุดท้ายของลำต้น (uppermost internode) เป็นก้านช่อดอก (peduncle) แกนกลางช่อดอก ภาควิชาพืชไร่ฯ (2553) เรียกว่า rachis หรือ panicle axis กิ่งที่แตกจาก rachis เรียกว่า primary branch และกิ่งที่แตกจาก primary branch เรียกว่า secondary branch (ภาพ 2.12)

ดอกข้าวเกิดเป็นกลุ่มเรียกว่า spikelet ประกอบด้วย กลีบดอกที่หุ้ม spikelet 2 กลีบ ได้แก่ กลีบด้านนอก (outer glume) และกลีบด้านใน (inner glume) แต่มองเห็นไม่ชัด (rudimentary glume) ดอกประกอบด้วยดอกย่อย (floret) 3 ดอก มีดอกย่อยเพียงดอกเดียวที่มีการเจริญ เรียกว่า flowering glume ส่วนดอกย่อยที่ไม่เจริญเหลือเฉพาะส่วน lemma เรียกว่า sterile lemma หรือ non-flowering glume หรือ empty glume (ภาควิชาพืชไร่ฯ, 2553)

ดอกย่อยที่มีการเจริญประกอบด้วยกลีบดอกย่อยด้านนอก (lemma) ที่มีเส้นตามความยาว 5 เส้น และกลีบดอกย่อยด้านใน (palea) ที่มีเส้นตามความยาว 3 เส้น ดอกย่อยประกอบด้วย เกสรตัวผู้ (stamen) ที่มีก้านชูละอองเกสรตัวผู้ (filament) และอับละอองเกสรตัวผู้ (anther) ส่วนเกสรตัวเมีย (pistil) ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ก้านชูเกสรตัวเมีย (style) สัน ปลายเกสรตัวเมีย (stigma) แยกเป็น 2 แฉก มีลักษณะคล้ายขนนกเรียกว่า plumose stigma และเยื่อรองรังไข่ (lodicule) อยู่ที่ส่วนฐานของรังไข่ (ภาพ 2.13)



ภาพ 2.13 ดอกย่อย



ภาพ 2.14 ผลและเมล็ด (ภาควิชาพืชไร่นา, 2553)

ผลและเมล็ด ผลหรือเมล็ดเป็นแบบ caryopsis ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล ติดอยู่กับ ส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด มีเปลือกหุ้มซึ่งเป็นส่วนของ lemma และ palea เรียกว่า hull ผลของข้าวที่ เก็บเกี่ยวมาเรียกว่า ข้าวเปลือก (hulled grain) ภาควิชาพืชไร่นา (2553) เมื่อแกะส่วนของเปลือก หุ้มออก เห็นเยื่อหุ้มผล และเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีน้ำตาล เรียกว่า ข้าวกล้อง (brown rice grain) เมื่อขัด ส่วนของเยื่อหุ้มสีน้ำตาลออกจะเป็น ข้าวสาร (kernel) ส่วนหัวของข้าวสารมีสีขาวย่น เรียกว่า จมูก ข้าว (embryo) ที่เหลือเป็นเอนโดสเปิร์ม (endosperm) จมูกข้าวประกอบด้วยแรดิเคิล (radicle) พลูมูล (plumule) ใบเลี้ยงที่ไม่มีการพัฒนา (epiblast) และเนื้อเยื่อที่กั้นระหว่างจมูกข้าวกับเอนโด สเปิร์ม (scutellum) บริเวณรอบนอกของเอนโดสเปิร์มมีชั้น aleurone layer และส่วนสีขาวย่นที่ ด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับจมูกข้าว เรียกว่า ท้องปลาหรือท้องไข่ (abdominal white) (ภาพ 2.14)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้มีการเก็บตัวอย่างน้ำปัสสาวะ น้ำปัสสาวะ กลัวยหิน ต่ำลิ่ง และ ข้าวสาร ในพื้นที่ 3 ชายแดนภาคใต้ เพื่อตรวจวัดปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232, โพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ซึ่งได้ใช้วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการ ตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ และอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างน้ำปัสสาวะ และน้ำปัสสาวะ

- 3.1.1.1 ถังน้ำขนาด 5000 ml
- 3.1.1.2 ขวดพลาสติกขนาด 1000 ml
- 3.1.1.3 ฉลากติดถังน้ำและขวดพลาสติก
- 3.1.1.4 ปากกาเคมี

3.1.2 วัสดุ และอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างกลัวยหิน ต่ำลิ่ง และข้าวสาร

- 3.1.2.1 ตัวอย่างกลัวยหิน ต่ำลิ่ง และข้าวสาร
- 3.1.2.2 ฉลากติดถุงพลาสติก
- 3.1.2.3 ถุงพลาสติกสำหรับบรรจุตัวอย่าง
- 3.1.2.4 ปากกาเคมี

3.1.3 วัสดุ และอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างน้ำปัสสาวะ และน้ำปัสสาวะ

- 3.1.3.1 ชุดอุปกรณ์ต้มน้ำดื่ม ประกอบด้วย หม้อ แก๊สหุงต้ม
- 3.1.3.2 เครื่องมือวัดค่า pH
- 3.1.3.3 กรดไนตริกเข้มข้น 65%
- 3.1.3.4 กระจกบอทวง 50, 100, 250 และ 1000 ml
- 3.1.3.5 กระจกพลาสติก, ฉลากติดกระจก, เทปกาวสีดำ
- 3.1.3.6 ปีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 500, และ 1000 ml

3.1.4 วัสดุ และอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างกลัวยหิน ต่ำลิ่ง และข้าวสาร

- 3.1.4.1 ภาดสำหรับตากแดดตัวอย่างกลัวยหิน ต่ำลิ่ง และข้าวสาร
- 3.1.4.2 เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 3.1.4.3 กระจกสำหรับบรรจุตัวอย่าง

3.1.5 วัสดุ และอุปกรณ์สำหรับขั้นตอนการตรวจวัดรังสีแกมมา

3.1.5.1 สารรังสีมาตรฐาน โคบอลต์-60, ซีเซียม-137, IAEA-330 และ ไอโอดีน-131

3.1.5.2 กระปุกสำหรับบรรจุตัวอย่าง

3.1.5.3 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับวัด และการวิเคราะห์ผล

3.1.5.4 เครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา (Gamma ray spectrometer) ประกอบด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium detector, HPGe) ยี่ห้อ Canberra รุ่น GC7022 ผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกา อำนาจการแยกของหัววัด 2.2 keV ที่ระดับพลังงาน 1332.5 keV (โคบอลต์-60) และเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (MCA 8192 ช่อง Canberra Model Inspector 2000, USA) รวมทั้งวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (Canberra, Genie2k software, USA)

3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.2.1 กำหนดสถานที่เก็บตัวอย่าง

พื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ มีความแตกต่างกันทางภูมิศาสตร์มีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลกับพื้นที่ที่ราบสูง จึงได้กำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างในพื้นที่ทั้งสอง โดยแบ่งออกเป็น 9 สถานที่ ประกอบด้วย จังหวัดยะลา 3 สถานที่ จังหวัดปัตตานี 3 สถานที่ และจังหวัดนราธิวาส 3 สถานที่ โดยในแต่ละจังหวัดจะเก็บตัวอย่างที่เหมือนกันและเก็บตัวอย่างละ 3 ซ้ำ รวมตัวอย่างทั้งหมด 324 ตัวอย่าง ประกอบด้วย น้ำปัสสาวะ 216 ตัวอย่าง น้ำบ่อตื้น 27 ตัวอย่าง กล้วยหิน 27 ตัวอย่าง ตาลิ่ง 27 ตัวอย่าง และข้าวสาร 27 ตัวอย่าง

3.2.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

เก็บตัวอย่างในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประกอบด้วยจังหวัดปัตตานี ยะลา และ นราธิวาส โดยแต่ละจังหวัดจะมีการแบ่งช่วงอายุการเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 ช่วงอายุ ประกอบด้วยช่วงอายุ 18-25, 26-35, 36-55 และ 56 ปีขึ้นไป

3.2.2.1 เก็บตัวอย่างในบริเวณที่มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ติดชายหาดทะเลกับพื้นที่ที่ราบสูงในจังหวัดปัตตานี และนราธิวาสยกเว้นจังหวัดยะลา เก็บเฉพาะที่ราบสูง

3.2.2.2 นำตัวอย่างใส่ขวดพลาสติกปากกว้างขนาด 500 ml หรือ 1000 ml

3.2.2.3 เก็บให้ครบ 24 ชั่วโมงที่มีการขับถ่าย (เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการเก็บตัวอย่างใน 1 วัน) และเพื่อให้เป็นข้อมูลในแบบเดียวกันในหนึ่งตัวอย่างของตัวแทนการขับถ่ายในหนึ่งวันจะเริ่มเก็บตัวอย่างในเวลา 8:00 น. ของวันที่ 1 ถึง สิ้นสุดเวลา 8:00 น. ของวันที่ 2

3.2.2.4 ในหนึ่งคนให้เก็บตัวอย่างซ้ำในลักษณะเดียวกันอีก 2 วันต่อเนื่องกันรวมเป็นตัวอย่างย่อย 3 ตัวอย่าง

3.2.2.5 จัดบันทึกรายละเอียดของตัวอย่างได้แก่ ชื่อ ที่อยู่ วันที่เก็บตัวอย่าง เพศ ปริมาตรตัวอย่าง และกำหนดรหัสตัวอย่าง ลงในแบบฟอร์มบันทึกผล

3.2.2.6 การกำหนดรหัสให้กำหนดดังนี้ XX-X โดย

XX ตัวที่หนึ่ง และสองเป็นอักษรย่อภาษาอังกฤษของชื่อผู้เก็บตัวอย่าง (อาจใช้ 3 ตัวอักษรก็ได้หากชื่อซ้ำ)

X ตัวสุดท้ายเป็นตัวเลขลำดับวันที่เก็บตัวอย่าง

เช่น HM- 1 หมายถึง ชื่อ หามะ เก็บตัวอย่างวันที่ 1

3.2.2.7 นำตัวอย่างปัสสาวะที่เป็นตัวแทนของการขับถ่ายใน 1 วัน มาวัดปริมาตรทั้งหมด แล้วบันทึกปริมาตรทั้งหมดลงในแบบฟอร์มบันทึกผล

3.2.2.8 ผสมตัวอย่างปัสสาวะของการขับถ่ายในหนึ่งวันเข้าด้วยกัน เติมนครดไนตริกเข้มข้น 10 % ของปริมาตรปัสสาวะ คนให้เข้ากัน

3.2.2.9 บรรจุใส่ขวดพลาสติกเพื่อนำไปวัดปริมาณรังสีที่สนใจ



ภาพ 3.1 ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างภาพ



3.2 ขวดขนาด 1000 ml



ภาพ 3.3 การวัดปริมาตรทั้งหมด



ภาพ 3.4 การเติมนครดไนตริก



ภาพ 3.5 สารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131



ภาพ 3.6 บรรจุใส่ขวดพลาสติก

3.2.3 การเตรียมตัวอย่างน้ำบ่อต้น

เก็บตัวอย่างในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ประกอบด้วยจังหวัดปัตตานี ยะลา และ นราธิวาส โดยแต่ละจังหวัดจะเก็บตัวอย่างน้ำบ่อต้น 3 ตำแหน่งๆ ละ 3 ซ้ำ

3.2.3.1 บรรจุตัวอย่างในแกลอนพลาสติกขนาด 5000 ml

3.2.3.2 นำไปประเหยให้มีปริมาตรเหลือ 400 ml

3.2.3.3 บรรจุใส่ปิ๊กเกอร์ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยกรดไนตริกเข้มข้นให้ มีค่าเท่ากับ 2 (US EPA, 2003)

3.2.3.4 นำไปบรรจุในภาชนะที่มีขนาดรูปร่างความหนาแน่นและชนิดของภาชนะ เหมือนกับภาชนะที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว และความสูง 4 นิ้ว



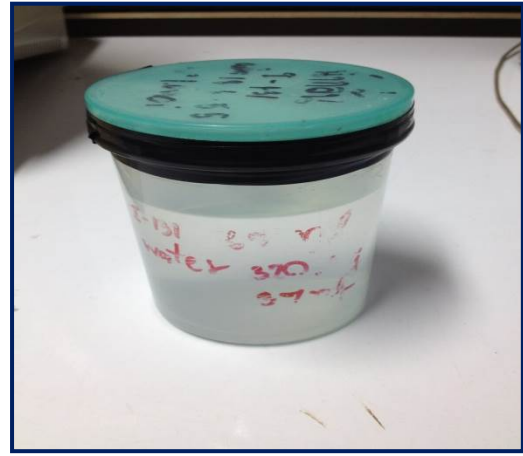
ภาพ 3.7 เก็บตัวอย่างน้ำบ่อต้น



ภาพ 3.8 แกลอนพลาสติกขนาด 5000 ml



ภาพ 3.9 การปรับค่า pH



ภาพ 3.10 สารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131

3.2.4 การเก็บและเตรียมตัวอย่างกล้วยหินตำลึง และข้าวสาร

เก็บตัวอย่างกล้วยหินตำลึง และข้าวสารในจังหวัดปัตตานี ยะลา และ นราธิวาส โดยแต่ละจังหวัดจะเก็บตัวอย่าง 3 ตำแหน่งๆละ 3 ซ้ำ

3.2.4.1 เก็บตัวอย่างในภาชนะบรรจุตัวอย่าง

3.2.4.2 นำตัวอย่างตากแดดเพื่อไล่ความชื้น แล้วบดให้ละเอียด

3.2.4.3 นำตัวอย่างที่บดแล้วมาร่อนให้ได้ขนาด 250 ไมครอนและนำตัวอย่างไปชั่งให้ได้ปริมาตรเท่ากับปริมาตรของสารรังสีมาตรฐาน IAEA-330

3.2.4.4 บรรจุใส่กระบอกพลาสติกเพื่อนำไปวัดปริมาณรังสีที่สนใจ ได้แก่ ซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40



ภาพ 3.11 การเก็บตัวอย่างกล้วยหิน



ภาพ 3.12 การเก็บตัวอย่างตำลึง



ภาพ 3.13 การเตรียมตัวอย่างกล้วยหิน



ภาพ 3.14 การเตรียมตัวอย่างตำลึง



ภาพ 3.15 การเตรียมตัวอย่างข้าวสาร



ภาพ 3.16 การบดตัวอย่าง



ภาพ 3.17 การร่อนตัวอย่างฟัก และผลไม้



ภาพ 3.18 การชั่งตัวอย่าง



ภาพ 3.19 สารรังสีมาตรฐาน IAEA-330

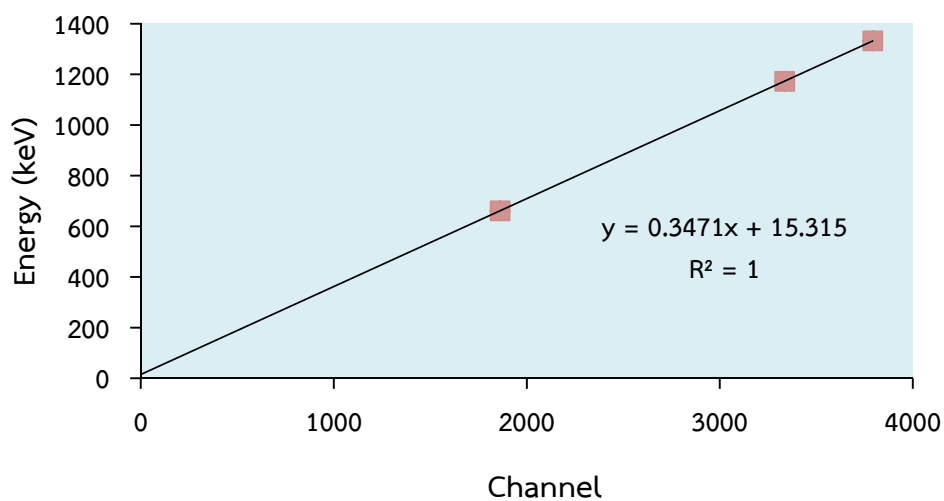


ภาพ 3.20 ตัวอย่างที่เรือการตรวจวัด

3.3 การวัด และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.3.1 การเปรียบเทียบพลังงานของหัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง และระบบการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี

ก่อนทำการวัดรังสีในตัวอย่างทุกครั้ง จะต้องมีการเปรียบเทียบพลังงานของหัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง และระบบการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี โดยการวัดแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน 2 ชนิด คือ ซีเซียม-137 ที่พลังงาน 661.6 keV และ โคบอลต์-60 ที่ระดับพลังงาน 1172.3 กับ 1332.5 keV เพื่อให้หมายเลขช่องของไอโซโทปนั้นๆ กับพลังงานของไอโซโทปมีค่าตรงกัน โดยได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องของเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง กับพลังงานของรังสีแกมมา ดังภาพ 3.21



ภาพ 3.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่อง กับพลังงานของรังสีของหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี

3.3.2 การวัดและการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

สเปกตรัมรังสีแกมมาในแต่ละไอโซโทปจะถูกวัดโดยหัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง ซึ่งอยู่ภายในล้อมด้วยตะกั่วที่เป็นเครื่องกำบังรังสีกัมมันต์ หัววัดดังกล่าวจะต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง และจะวิเคราะห์สัญญาณโดยโปรแกรมสำเร็จรูป Genie 2k



ภาพ 3.22 ชุดหัววัดรังสี



ภาพ 3.23 ภายในถังตะกั่ว



ภาพ 3.24 แหล่งกำเนิดรังสี Point Source



ภาพ 3.25 การวัดรังสี Point Source

เปิดเครื่องมือวัดรังสี แล้วทำการปรับเทียบพลังงานโดยใช้แหล่งกำเนิดไอโซโทปรังสีชนิดของโคบอลต์-60 กับ ซีเซียม-137 จนกระทั่งสเปกตรัมของโคบอลต์-60 อยู่ที่ระดับพลังงาน 1,173.2 และ 1,332.5 keV และสเปกตรัมของซีเซียม-137 อยู่ที่ระดับพลังงาน 661.6 keV ทำการตรวจวัดรังสีภูมิหลัง ตัวอย่างที่เตรียมไว้ และสารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131 สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น และตัวอย่างน้ำปัสสาวะและ IAEA-330 สำหรับตัวอย่างกัลวยหิน ตำลึง และข้าวสารโดยใช้เวลาในการตรวจวัดทั้งหมด 14,400 วินาทีต่อตัวอย่าง และแหล่งกำเนิดไอโซโทปรังสีของโคบอลต์-60, แมงกานีส-54, Stibium-125 โดยวิเคราะห์พื้นที่ใต้พีคด้วยหัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

3.3.3 การหาค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (Efficiency :Eff)

3.3.3.1 สำหรับการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดในตัวอย่างน้ำปัสสาวะใช้สารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131 ในการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดรังสีของสารรังสีที่สนใจใดๆ ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.14 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

ขั้นตอนการตรวจวัด

ก) ทำการวัดกัมมันตภาพรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีแบบ Point Source เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดของกัมมันตภาพรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสี Point Source โดยการนำข้อมูล ระหว่างค่าพลังงาน กับค่าประสิทธิภาพการนับวัดของแหล่งกำเนิดรังสี Point Source ไปเขียนกราฟ ซึ่งจะได้สมการการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัด ณ พลังงานนั้นๆ

ข) ทำการวัดกัมมันตภาพรังสีจากสารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131 เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดของไอโอดีน-131

ค) คำนวณค่าสัดส่วนระหว่าง ค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสี จากของไอโอดีน-131 ในข้อ ข ต่อค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีจากของแหล่งกำเนิดรังสี Point Source ในข้อ ก

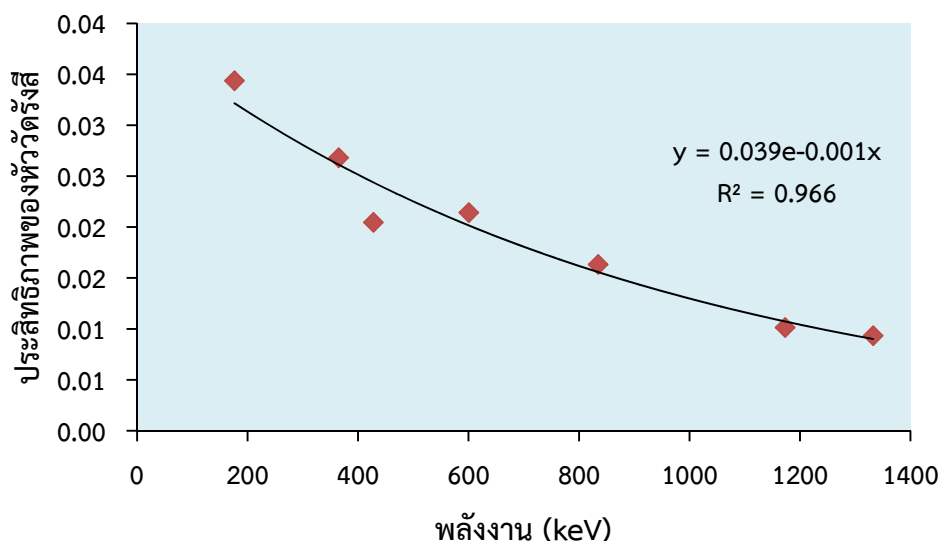
ง) คำนวณค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีของของเหลว (น้ำปัสสาวะ) โดยการนำข้อมูลในข้อ ก) คุณกับข้อ ข) และ คุณกับ อัตราการปลดปล่อยของรังสีแกมมา ณ พลังงานที่สนใจ ตามรูปแบบสมการที่ 2.14 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

ตาราง 3.1 ค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมามาตรฐาน

| isotopes | Energy(keV) | Area | cps | dps | Eff | %Eff |
|----------|-------------|--------|-------|-------|---------|---------|
| Sb-125 | 176.3 | 23845 | 13.25 | 8159 | 0.03442 | 3.44214 |
| Sb-125 | 427.9 | 60434 | 33.57 | 8159 | 0.02049 | 2.04937 |
| I-131 | 364.5 | 67995 | 18.88 | 17700 | 0.02679 | 2.67990 |
| Sb-125 | 600.6 | 38395 | 21.33 | 8159 | 0.02145 | 2.14511 |
| Mn-54 | 834.8 | 158790 | 88.22 | 18278 | 0.01634 | 1.63405 |
| Co-60 | 1173.2 | 56905 | 31.61 | 3807 | 0.01013 | 1.01275 |
| Co-60 | 1332.5 | 52429 | 29.13 | 3807 | 0.00933 | 0.93309 |

นำข้อมูลในตาราง มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีแกมมา กับค่าประสิทธิภาพการนับวัดของแหล่งกำเนิด ดังภาพ 3.26

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี



ภาพ 3.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับประสิทธิภาพของหัววัดรังสี สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

3.3.3.2 สำหรับการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดในตัวอย่างน้ำบ่อต้นใช้สารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131 กับสารรังสีมาตรฐานดิน รหัส soil-6 ในการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดรังสีของสารรังสีที่สนใจใดๆ ในตัวอย่างน้ำบ่อต้น ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.16 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

ขั้นตอนการตรวจวัด

ก) ทำการวัดกัมมันตภาพรังสีจากสารรังสีมาตรฐานดิน รหัส soil-6 เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดของดิน โดยการเขียนกราฟ ระหว่างค่าพลังงาน กับค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีจากสารรังสีมาตรฐานดิน รหัส soil-6 ซึ่งจะได้สมการการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัด ณ พลังงานนั้นๆ

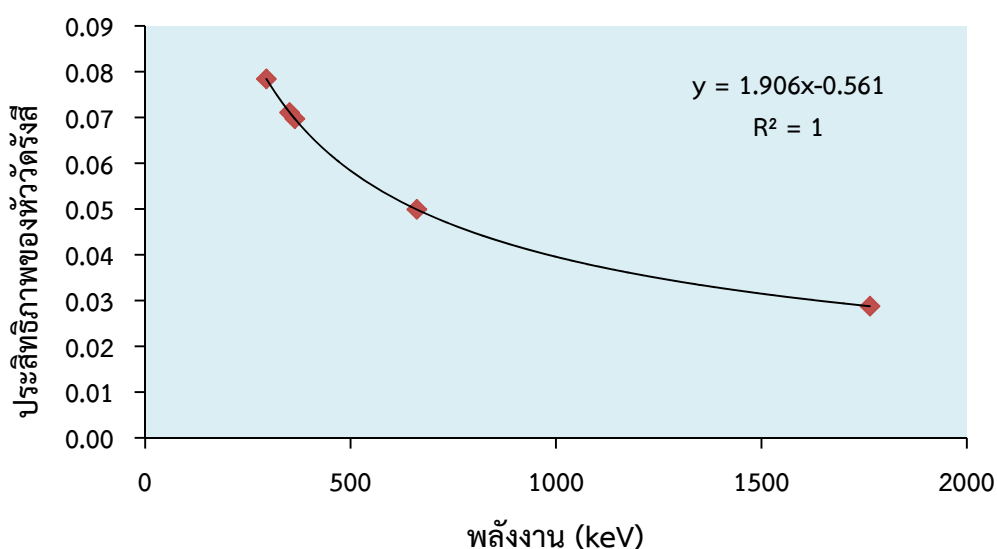
ข) ทำการวัดกัมมันตภาพรังสีจากสารรังสีมาตรฐานไอโอดีน-131 เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดของไอโอดีน-131

ค) คำนวณค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าประสิทธิภาพการนับวัดของดินในข้อ ก กับค่าประสิทธิภาพการนับวัดของไอโอดีน-131 ในข้อ ข

ง) คำนวณค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีของของเหลวโดยการนำค่าประสิทธิภาพการนับวัดของดินในข้อ ก ลบ กับค่าความแตกต่างในข้อ ค

จ) นำข้อมูลค่าประสิทธิภาพการนับวัดของของเหลว ไปเขียนกราฟระหว่างพลังงาน กับค่าประสิทธิภาพการนับวัดของของเหลวในข้อ ง เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดของตัวอย่างน้ำบ่อต้น ซึ่งจากการเขียนกราฟ ทำให้ได้สมการ ดังภาพ 3.27

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี



ภาพ 3.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับประสิทธิภาพของหัววัดรังสีสำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

3.3.3.3 สำหรับการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสารใช้สารรังสีมาตรฐาน IAEA-330 ในการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดรังสีของสารรังสีที่สนใจใดๆ ในตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสารซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.17 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

ขั้นตอนการตรวจวัด

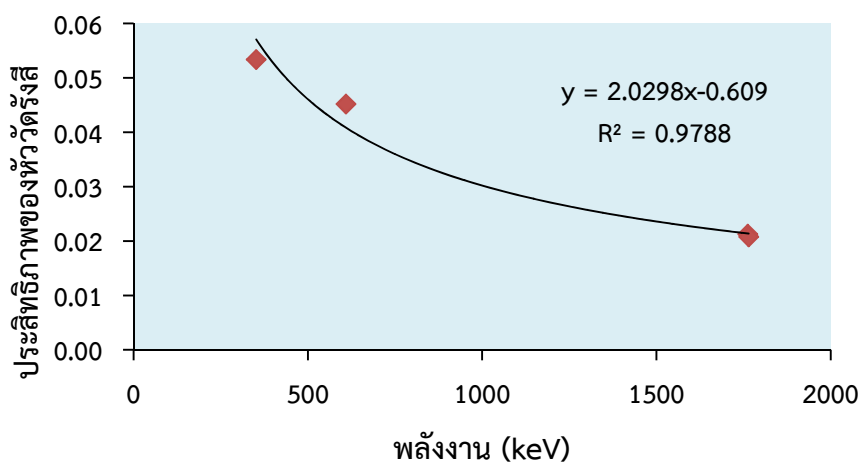
ก) ทำการวัดกัมมันตภาพรังสีจากสารรังสีมาตรฐาน IAEA-330 เพื่อหาค่าประสิทธิภาพการนับวัดของตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสารโดยการเขียนกราฟ ระหว่างค่าพลังงาน กับค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีจากสารรังสีมาตรฐาน IAEA-330 ซึ่งจะได้สมการการหาค่าประสิทธิภาพการนับวัด ณ พลังงานนั้นๆ

ตาราง 3.2 ค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีแกมมา มาตรฐาน IAEA-330

| isotopes | Energy(keV) | Area | cps | dps | Eff | %Eff |
|----------|-------------|------|---------|------|---------|---------|
| Pb-214 | 351.87 | 183 | 0.01271 | 1.02 | 5.33808 | 0.05338 |
| Bi-214 | 609.31 | 1714 | 0.11903 | 0.95 | 4.51892 | 0.04519 |
| Sr-90 | 1761.9 | 28 | 0.00194 | 20.1 | 2.12700 | 0.02127 |
| Bi-214 | 1764.49 | 29 | 0.00201 | 0.95 | 2.07628 | 0.02076 |

นำข้อมูลจากตาราง เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีแกมมา กับค่าประสิทธิภาพการนับวัดของแหล่งกำเนิดรังสีแกมมามาตรฐาน IAEA-330 ดังภาพ 3.28

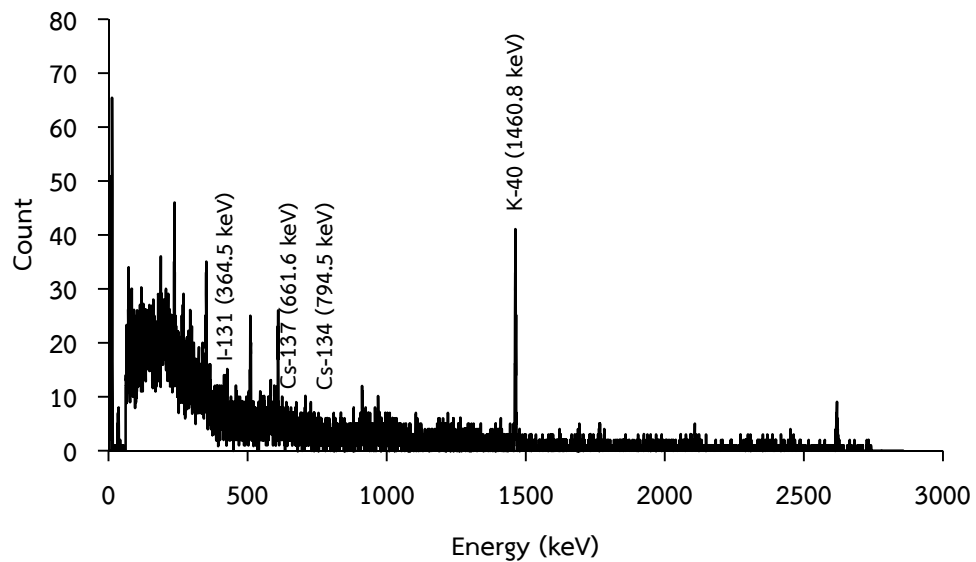
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี



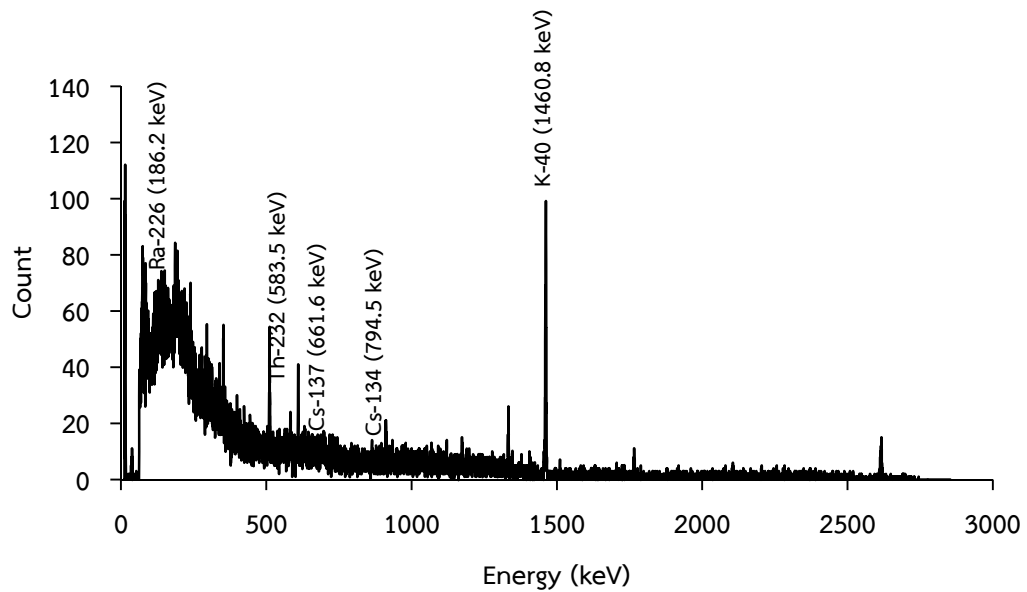
ภาพ 3.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงาน กับประสิทธิภาพของหัววัดรังสี สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน ตำลึง และข้าวสาร

3.4 ตัวอย่างสเปกตรัมของตัวอย่างแต่ละชนิด

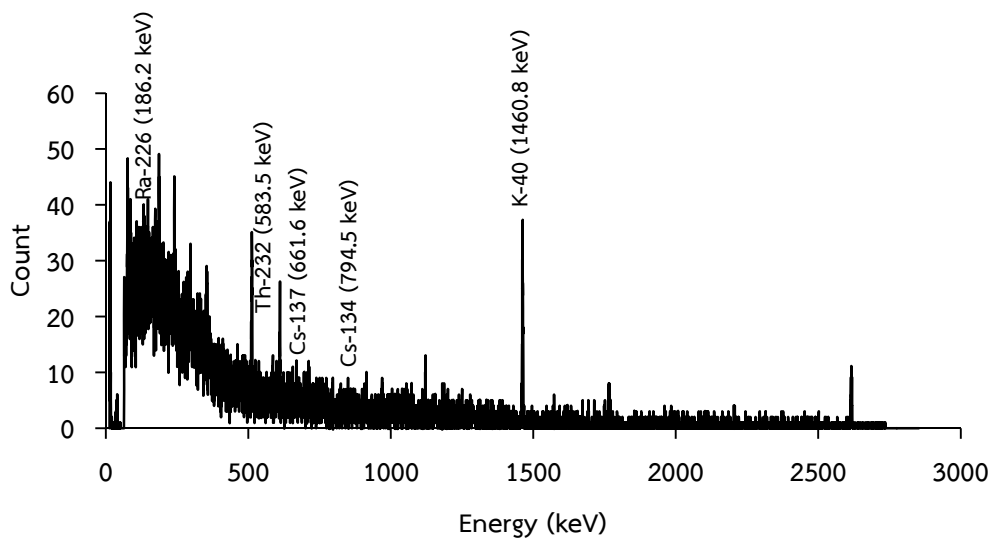
การวิเคราะห์สเปกตรัมของรังสีแกมมา ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสีเพื่อตรวจหากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของแต่ละไอโซโทป ประกอบด้วยยอดพลังงาน และพื้นที่ใต้ยอดพลังงานของรังสีแกมมา ณ พลังงานของไอโซโทปนั้นๆ



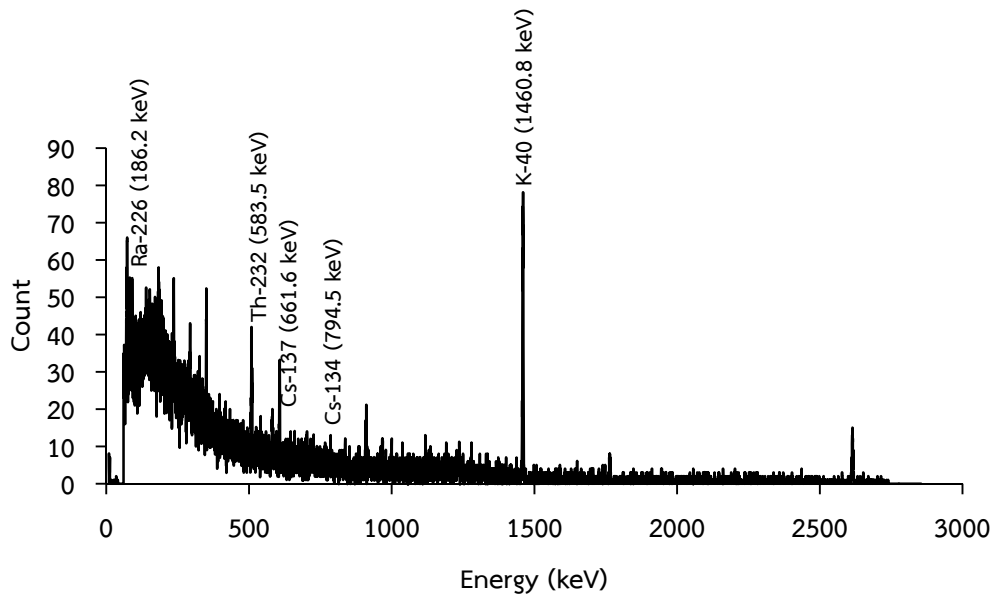
ภาพ 3.29 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างน้ำปัสสาวะในตำบลบาเจาะ (U-NR-BJ-1) อำเภอยี่งอ จังหวัดนราธิวาส



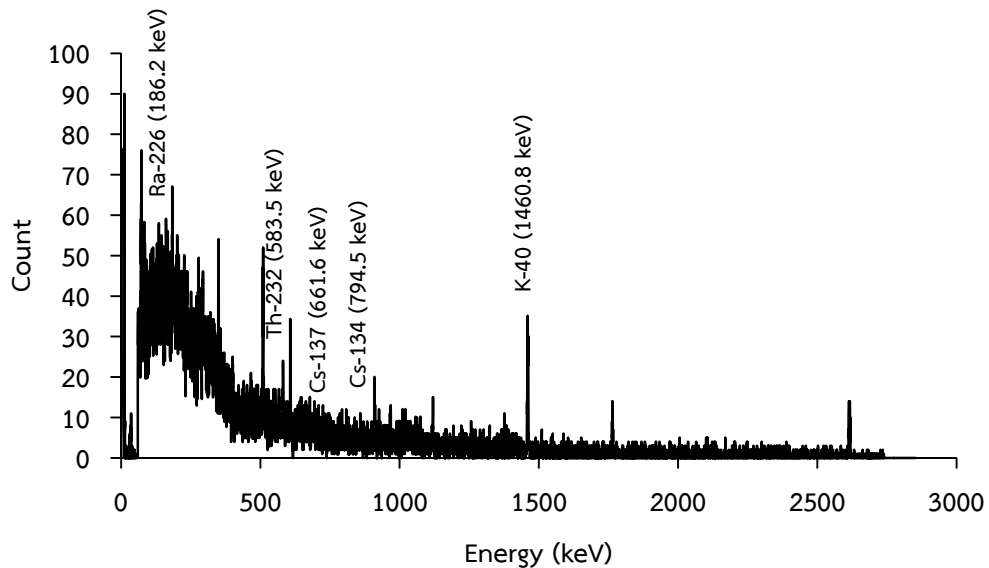
ภาพ 3.30 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างน้ำบ่อตื้นในตำบลท่าสาป (DW-YL-TS-1) อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา



ภาพ 3.31 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างกัวยหินในตำบลตะลุบัน (B-PN-TB-3) อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี



ภาพ 3.32 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างตําลิ่งในตําบลโกตาบารู (V-YL-KB-1) อํเภอรามัน จังหวัดยะลา



ภาพ 3.33 ตัวอย่างสเปกตรัมของรังสีแกมมาในตัวอย่างข้าวสาร ในตํابلเขาตุม (R-PN-YR-3) อํเภอยะรังจังหวัดปัตตานี

บทที่ 4

ผลและการวิเคราะห์

จากการตรวจวัด และวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น (Ra-226, Th-232, K-40, Cs-137, Cs-134, และ I-131) ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ น้ำบ่อตื้น กล้วยหิน ต่ำลิ่ง และข้าวสาร รวม 9 สถานที่ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ศึกษาโดยใช้ห้ววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรีดังต่อไปนี้

4.1 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (LLD) ของห้ววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงสำหรับตัวอย่างต่างๆ

ตาราง 4.1 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

| Place | LLD (Bq/d) | | | |
|------------|------------|--------|------|-------|
| | Cs-137 | Cs-134 | K-40 | I-131 |
| น้ำปัสสาวะ | 0.07 | 0.08 | 1.16 | 0.05 |

ตาราง 4.2 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อตื้น

| Place | LLD (Bq/l) | | | | |
|------------|------------|--------|--------|--------|------|
| | Cs-137 | Cs-134 | Ra-226 | Th-232 | K-40 |
| น้ำบ่อตื้น | 0.48 | 0.35 | 1.22 | 0.89 | 2.13 |

ตาราง 4.3 ค่ากัมมันตภาพรังสีต่ำสุดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้สำหรับตัวอย่างผัก และผลไม้

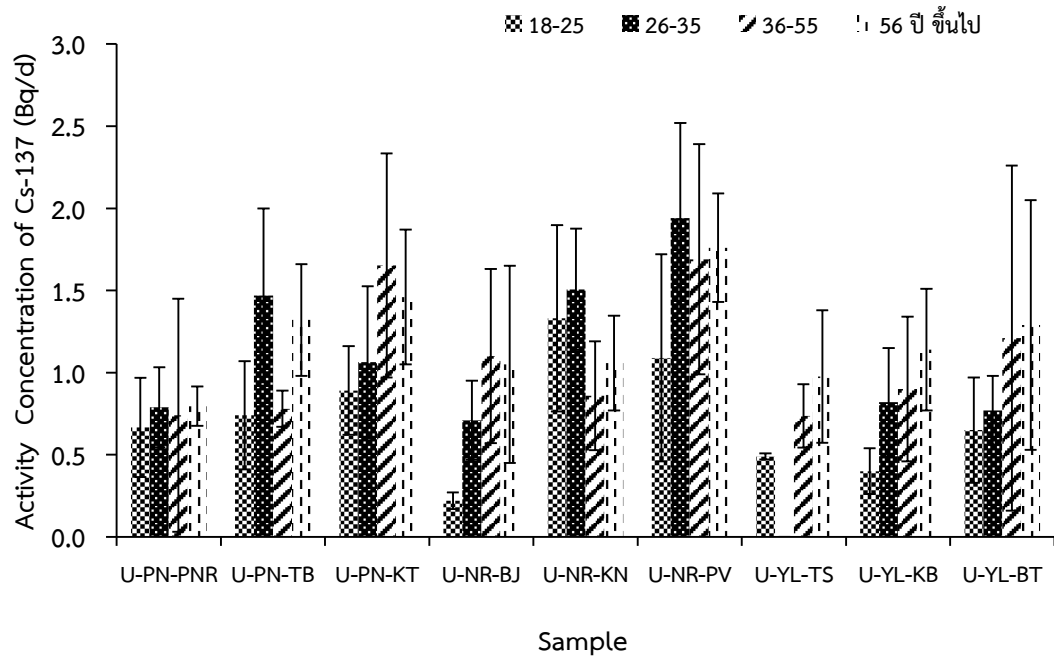
| Place | LLD (Bq/kg) | | | | |
|----------|-------------|--------|--------|--------|------|
| | Cs-137 | Cs-134 | Ra-226 | Th-232 | K-40 |
| กล้วยหิน | 0.41 | 0.30 | 0.52 | 0.49 | 2.47 |
| ต่ำลิ่ง | 0.41 | 0.30 | 0.52 | 0.49 | 2.47 |
| ข้าวสาร | 0.41 | 0.30 | 0.52 | 0.49 | 2.47 |

4.2 ค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่งน้ำปัสสาวะ

ค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่งน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามช่วงอายุเพศ และที่อยู่อาศัย จากการคำนวณตามสมการ 2.19 ที่กล่าวไว้ในบทที่ 2

ตาราง 4.4 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/d) สำหรับตัวอย่งน้ำปัสสาวะ แบ่งแยกตามอายุ

| Place | sample | Age (year) | | | |
|-----------------|----------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 18-25 | 26-35 | 36-55 | >56 |
| ปัตตานี | | | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.67±0.30 | 0.79±0.24 | 0.74±0.71 | 0.80±0.12 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 0.74±0.33 | 1.47±0.53 | 0.78±0.11 | 1.32±0.34 |
| เขาคูม | U-PN-KT | 0.89±0.27 | 1.06±0.46 | 1.65±0.68 | 1.46±0.41 |
| นราธิวาส | | | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.22±0.05 | 0.71±0.24 | 1.10±0.53 | 1.05±0.60 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 1.33±0.57 | 1.51±0.37 | 0.86±0.33 | 1.06±0.29 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 1.09±0.63 | 1.94±0.58 | 1.69±0.70 | 1.76±0.33 |
| ยะลา | | | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.49±0.02 | <LLD | 0.74±0.19 | 0.98±0.40 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.40±0.14 | 0.82±0.33 | 0.90±0.44 | 1.14±0.37 |
| เบตง | U-YL-BT | 0.65±0.32 | 0.77±0.21 | 1.21±1.05 | 1.29±0.76 |
| | Average | 0.72±0.29 | 1.01±0.33 | 1.07±0.53 | 1.21±0.40 |

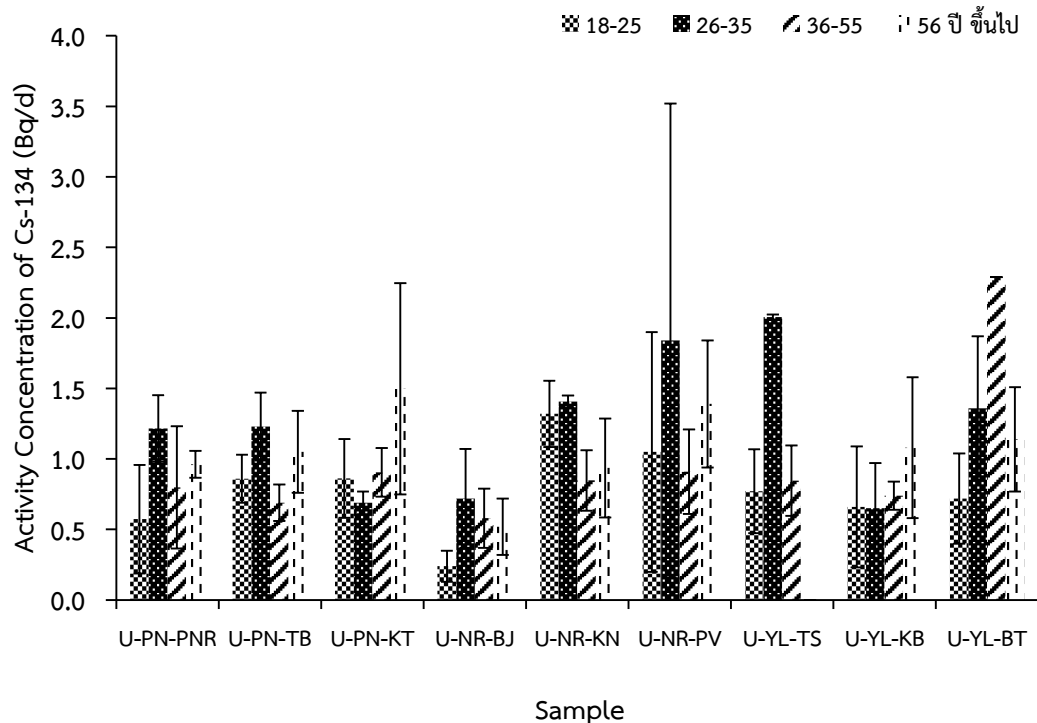


ภาพ 4.1 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งแยกตามอายุ

จากตาราง 4.4 และภาพ 4.1 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะตามช่วงอายุที่แตกต่างกัน พบว่า ช่วงตามอายุระหว่าง 18-25 ปี สูงที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.33 ± 0.57 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.40 ± 0.14 Bq/d ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี มีค่าสูงสุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.94 ± 0.58 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดของห้ววัดส่วนช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี มีค่าสูงสุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.69 ± 0.70 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลปะนาเระ และตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.69 ± 0.73 Bq/d และ 0.74 ± 0.19 Bq/d และสุดท้ายช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไป พบว่าตำบลไพรวัน มีค่าสูงสุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.76 ± 0.33 Bq/d ส่วนน้อยที่สุดในตำบลปะนาเระ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 ± 0.12 Bq/d

ตาราง 4.5 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ
แบ่งแยกตามอายุ

| Place | sample | Age (year) | | | |
|-----------------|----------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 18-25 | 26-35 | 36-55 | >56 |
| ปัตตานี | | | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.57±0.38 | 1.22±0.24 | 0.80±0.43 | 0.96±0.10 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 0.86±0.17 | 1.23±0.24 | 0.69±0.13 | 1.05±0.29 |
| เขาตวม | U-PN-KT | 0.86±0.28 | 0.69±0.08 | 0.91±0.17 | 1.50±0.75 |
| นราธิวาส | | | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.24±0.11 | 0.72±0.35 | 0.58±0.21 | 0.52±0.20 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 1.32±0.23 | 1.41±0.04 | 0.85±0.21 | 0.94±0.35 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 1.05±0.85 | 1.84±1.68 | 0.91±0.30 | 1.39±0.45 |
| ยะลา | | | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.77±0.30 | 2.01±0.02 | 0.85±0.25 | <LLD |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.66±0.43 | 0.65±0.32 | 0.74±0.10 | 1.08±0.50 |
| เบตง | U-YL-BT | 0.72±0.32 | 1.36±0.51 | 2.29±0.00 | 1.14±0.37 |
| | Average | 0.78±0.34 | 1.24±0.39 | 0.96±0.20 | 0.95±0.33 |

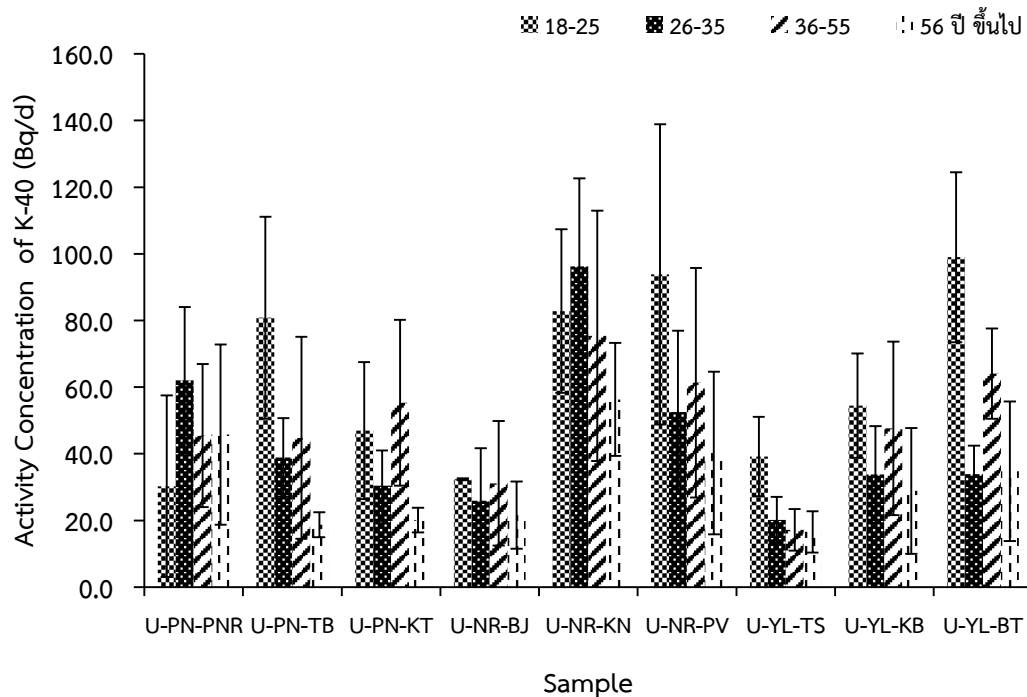


ภาพ 4.2 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งแยกตามอายุ

จากตาราง 4.5 และภาพ 4.2 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะตามช่วงอายุที่แตกต่างกัน พบว่า ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลลวอเหนือ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.32 ± 0.23 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลปะนาเระ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.57 ± 0.38 Bq/d ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.01 ± 0.02 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.65 ± 0.32 Bq/d ส่วนช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลเบตง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.26 ± 1.45 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลบาเจาะ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.58 ± 0.21 Bq/d และสุดท้ายช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไป พบว่าบริเวณตำบลเขาตวม มีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.50 ± 0.75 Bq/d ส่วนน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป ซึ่งน้อยกว่าขีดจำกัดของหัววัด

ตาราง 4.6 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ
แบ่งแยกตามอายุ

| Place | sample | Age (year) | | | |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 18-25 | 26-35 | 36-55 | >56 |
| ปัตตานี | | | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 30.29±27.25 | 62.07±21.96 | 45.47±21.46 | 45.77±27.04 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 80.82±30.26 | 38.92±11.76 | 44.85±30.31 | 18.71±3.74 |
| เขาคูม | U-PN-KT | 46.96±20.59 | 30.39±10.57 | 55.33±24.87 | 20.10±3.68 |
| นราธิวาส | | | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 32.36±0.30 | 25.95±15.76 | 31.14±18.71 | 21.59±10.06 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 82.84±24.57 | 96.22±26.41 | 75.42±37.55 | 56.31±16.98 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 93.86±45.06 | 52.51±24.45 | 61.33±34.45 | 40.28±24.40 |
| ยะลา | | | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 39.21±11.90 | 20.14±6.91 | 17.20±6.21 | 16.57±6.19 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 54.49±15.66 | 33.82±14.53 | 47.63±26.06 | 28.87±18.85 |
| เบตง | U-YL-BT | 99.03±25.49 | 33.91±8.50 | 64.06±13.53 | 34.77±20.95 |
| | Average | 62.20±22.34 | 43.77±15.65 | 49.15±23.68 | 31.44±14.65 |

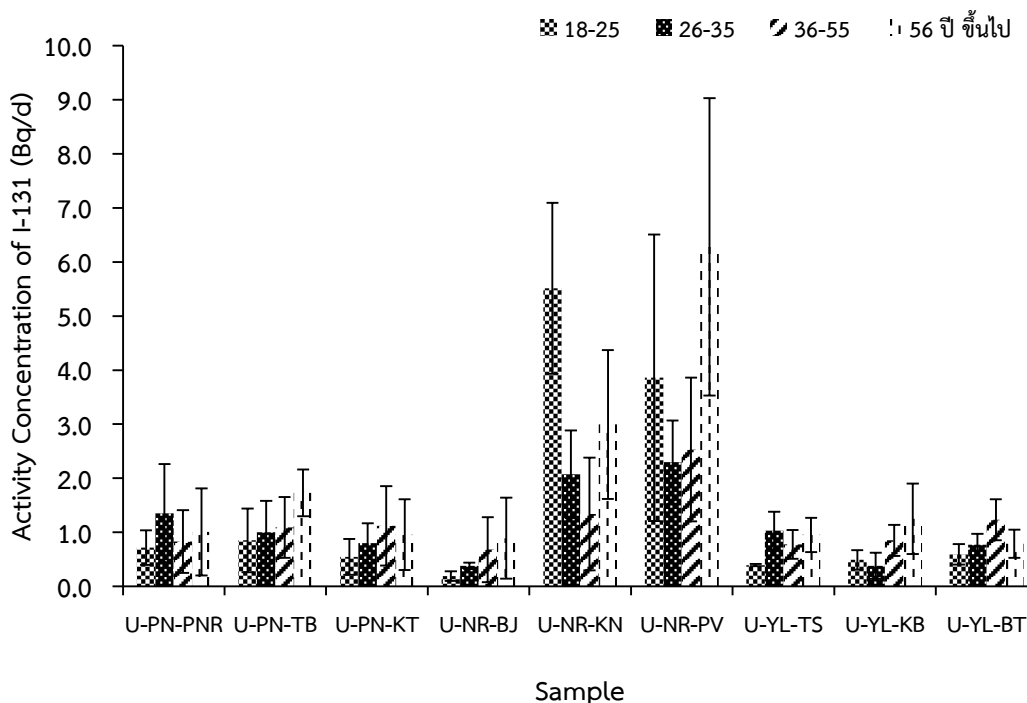


ภาพ 4.3 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งแยกตามอายุ

จากตาราง 4.6 และภาพ 4.3 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะตามช่วงอายุที่แตกต่างกัน พบว่า ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 93.86 ± 45.06 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลปะนาระ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 30.29 ± 27.25 Bq/d ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี และช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 96.22 ± 26.41 Bq/d และ 75.42 ± 37.55 Bq/d ส่วนน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 20.14 ± 6.91 Bq/d และ 17.20 ± 6.21 Bq/d ตามลำดับ และสุดท้ายช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไป พบว่าตำบลกะลุวอเหนือ มีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 56.31 ± 16.98 Bq/d ส่วนน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 16.57 ± 6.19 Bq/d

ตาราง 4.7 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ
แบ่งแยกตามอายุ

| Place | sample | Age (year) | | | |
|-----------------|----------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | | 18-25 | 26-35 | 36-55 | >56 |
| ปัตตานี | | | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.72±0.32 | 1.35±0.91 | 0.83±0.58 | 1.01±0.81 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 0.85±0.59 | 1.00±0.58 | 1.09±0.56 | 1.73±0.43 |
| เขาตวม | U-PN-KT | 0.54±0.33 | 0.80±0.36 | 1.12±0.73 | 0.96±0.65 |
| นราธิวาส | | | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.19±0.09 | 0.38±0.06 | 0.68±0.60 | 0.89±0.75 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 5.51±1.58 | 2.07±0.81 | 1.34±1.04 | 3.00±1.38 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 3.86±2.65 | 2.30±0.77 | 2.53±1.33 | 6.28±2.75 |
| ยะลา | | | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.39±0.02 | 1.03±0.35 | 0.78±0.26 | 0.95±0.32 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.49±0.18 | 0.38±0.24 | 0.85±0.29 | 1.25±0.65 |
| เบตง | U-YL-BT | 0.59±0.19 | 0.77±0.20 | 1.23±0.38 | 0.79±0.26 |
| | Average | 1.46±0.66 | 1.12±0.48 | 1.16±0.64 | 1.87±0.89 |

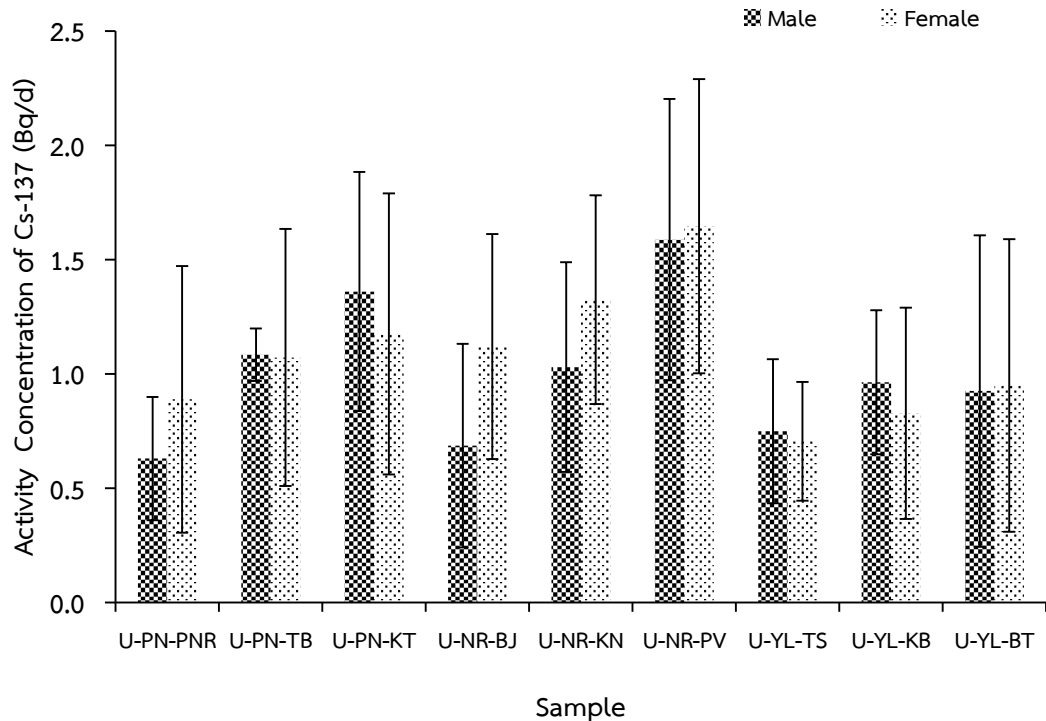


ภาพ 4.4 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งแยกตามอายุ

จากตาราง 4.7 และภาพ 4.4 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะตามช่วงอายุที่แตกต่างกัน พบว่า ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.51 ± 1.58 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลบาเจาะ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.19 ± 0.09 Bq/d ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.30 ± 0.77 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.38 ± 0.24 Bq/d ส่วนช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี มีค่าสูงที่สุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.53 ± 1.33 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลบาเจาะ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.68 ± 0.60 Bq/d และสุดท้ายช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไป พบว่าตำบลไพรวัน มีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 6.28 ± 2.75 Bq/d ส่วนน้อยที่สุดในตำบลเบตง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.79 ± 0.26 Bq/d

ตาราง 4.8 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ
แบ่งตามเพศ

| Place | sample | Cs-137 (Bq/d) | |
|-----------------|----------------|---------------|-----------|
| | | Male | Female |
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.60±0.29 | 0.89±0.58 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 1.08±0.11 | 1.07±0.56 |
| เขาต้อม | U-PN-KT | 1.36±0.52 | 1.18±0.62 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.69±0.45 | 1.12±0.49 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 1.03±0.46 | 1.32±0.46 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 1.59±0.62 | 1.65±0.64 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.75±0.31 | 0.71±0.26 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.96±0.32 | 0.83±0.46 |
| เบตง | U-YL-BT | 0.93±0.68 | 0.95±0.64 |
| | Average | 1.00±0.42 | 1.08±0.52 |

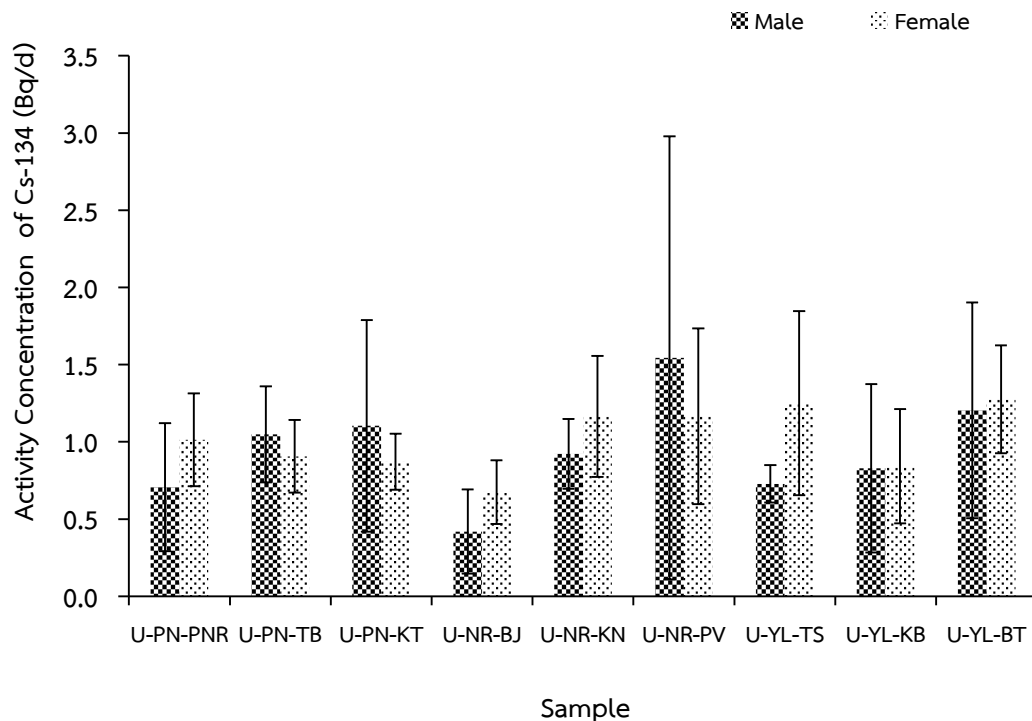


ภาพ 4.5 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งตามเพศ

จากตาราง 4.8 และภาพ 4.5 พบว่าค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ พบว่า เพศชายในตำบลไพรวัน มีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.59 ± 0.62 Bq/d ส่วนน้อยที่สุดในตำบลปะนาเระ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.60 ± 0.29 Bq/d ส่วนเพศหญิง มีค่าสูงที่สุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.65 ± 0.64 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.71 ± 0.26 Bq/d และยังพบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในเพศหญิง และเพศชาย มีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.9 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ
แบ่งตามเพศ

| Place | sample | Cs-134 (Bq/d) | |
|-----------------|----------------|---------------|-----------|
| | | Male | Female |
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.71±0.41 | 1.01±0.30 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 1.05±0.31 | 0.91±0.24 |
| เขาตুম | U-PN-KT | 1.10±0.69 | 0.87±0.18 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.42±0.27 | 0.68±0.21 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 0.92±0.23 | 1.17±0.39 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 1.54±1.43 | 1.17±0.57 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.73±0.12 | 1.25±0.60 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.83±0.55 | 0.84±0.37 |
| เบตง | U-YL-BT | 1.20±0.70 | 1.28±0.35 |
| | Average | 0.95±0.52 | 1.02±0.36 |

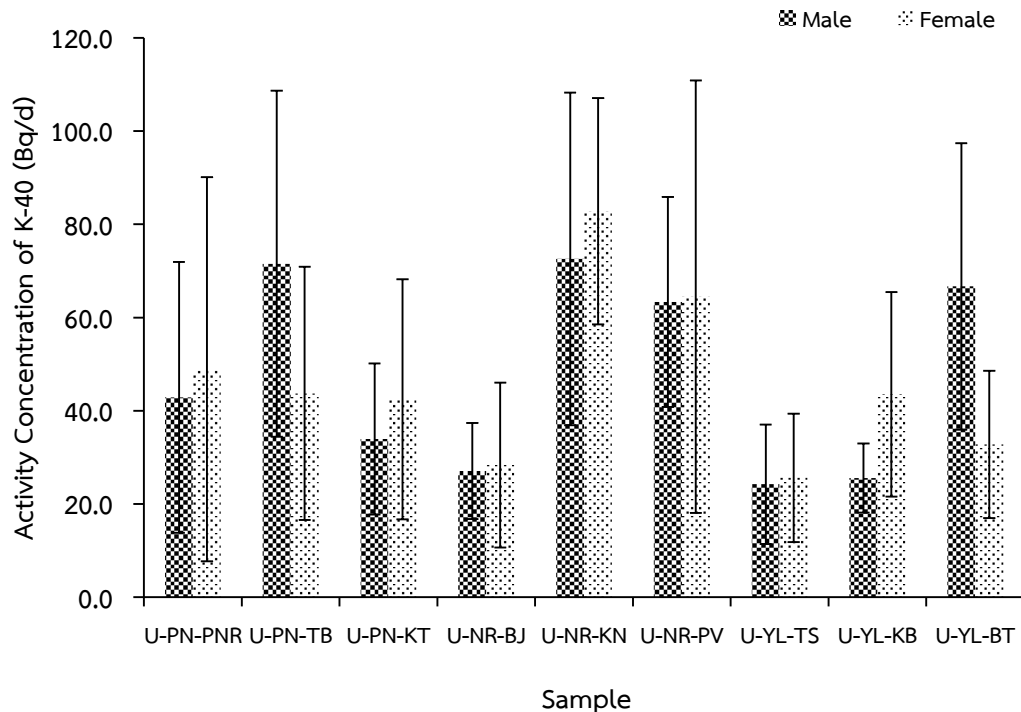


ภาพ 4.6 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ

จากตาราง 4.9 และภาพ 4.6 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ พบว่า เพศชาย ในตำบลไพรวัน มีค่าสูงสุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.54 ± 1.43 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลบาเจาะ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.42 ± 0.27 Bq/d ส่วนเพศหญิง มีค่าสูงสุดในตำบลเบตง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.28 ± 0.35 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.84 ± 0.37 Bq/d และยังพบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 ในเพศหญิง มีค่ามากกว่าใน เพศชาย

ตาราง 4.10 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ
แบ่งตามเพศ

| Place | sample | K-40 (Bq/d) | |
|-----------------|----------------|-------------|-------------|
| | | Male | Female |
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 42.90±29.06 | 48.91±41.21 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 71.54±37.11 | 43.73±27.14 |
| เขาตวม | U-PN-KT | 33.95±16.21 | 42.45±25.77 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 27.07±10.30 | 28.36±17.67 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 72.58±35.68 | 82.81±24.30 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 63.36±22.53 | 64.48±46.43 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 24.23±12.83 | 25.62±13.79 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 25.55±7.43 | 43.54±21.96 |
| เบตง | U-YL-BT | 66.70±30.74 | 32.77±15.79 |
| | Average | 47.54±22.43 | 45.85±26.01 |

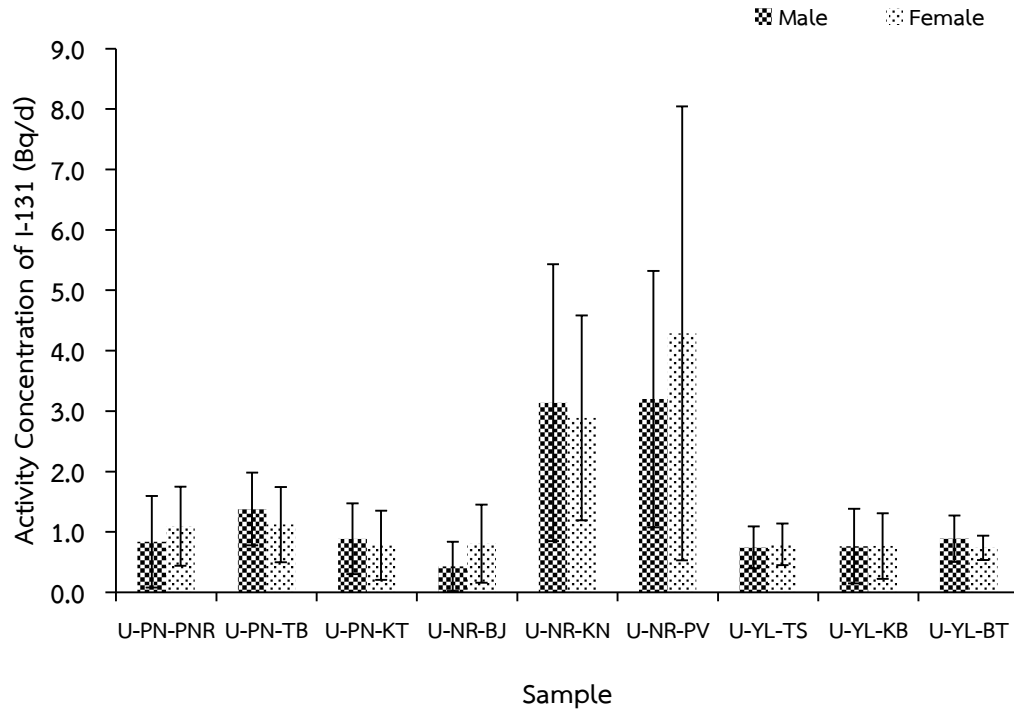


ภาพ 4.7 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ

จากตาราง 4.10 และ ภาพ 4.7 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ พบว่า เพศชาย ในตำบลกะลุวอเหนือ มีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 72.58 ± 35.68 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 24.23 ± 12.83 Bq/d ส่วนเพศหญิง มีค่าสูงที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 82.81 ± 24.30 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 25.62 ± 13.79 Bq/d และยังพบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ทั้งในเพศชาย และเพศหญิง มีค่าใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.11 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ
แบ่งตามเพศ

| Place | sample | I-131 (Bq/d) | |
|-----------------|----------------|--------------|-----------|
| | | Male | Female |
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.84±0.76 | 1.09±0.65 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 1.38±0.60 | 1.12±0.62 |
| เขาตวม | U-PN-KT | 0.89±0.59 | 0.78±0.57 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.43±0.41 | 0.81±0.65 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 3.14±2.29 | 2.89±1.70 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 3.20±2.12 | 4.29±3.76 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.74±0.35 | 0.79±0.34 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.77±0.62 | 0.77±0.54 |
| เบตง | U-YL-BT | 0.89±0.38 | 0.74±0.20 |
| | Average | 1.36±0.90 | 1.47±1.00 |

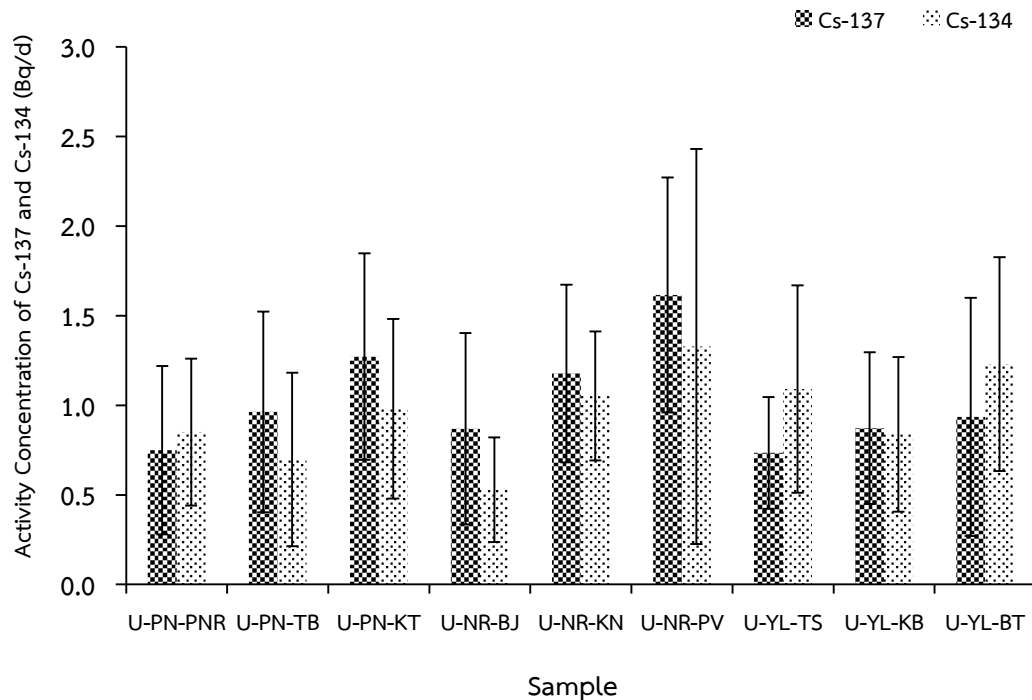


ภาพ 4.8 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ แบ่งตามเพศ

จากตาราง 4.11 และ ภาพ 4.8 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของ ไอโอดีน-131 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะแบ่งตามเพศ พบว่า เพศชาย ในตำบลไพรวัน มีค่าสูงที่สุด เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.20 ± 2.12 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.74 ± 0.35 Bq/d ส่วน เพศหญิง มีค่าสูงที่สุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 4.29 ± 3.76 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลเบตง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.74 ± 0.20 Bq/d และยังพบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 ในเพศชาย มีค่าน้อยกว่าเพศหญิง

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/d) และซีเซียม-134 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

| Place | sample | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) |
|-----------------|----------|---------------|---------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.75±0.47 | 0.85±0.41 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 0.96±0.56 | 0.70±0.48 |
| เขาต้อม | U-PN-KT | 1.27±0.58 | 0.98±0.50 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.87±0.53 | 0.53±0.29 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 1.18±0.50 | 1.05±0.36 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 1.62±0.66 | 1.33±1.10 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.73±0.31 | 1.09±0.58 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.87±0.42 | 0.84±0.43 |
| เบตง | U-YL-BT | 0.94±0.67 | 1.23±0.60 |
| Average | | 1.02±0.52 | 0.96±0.53 |

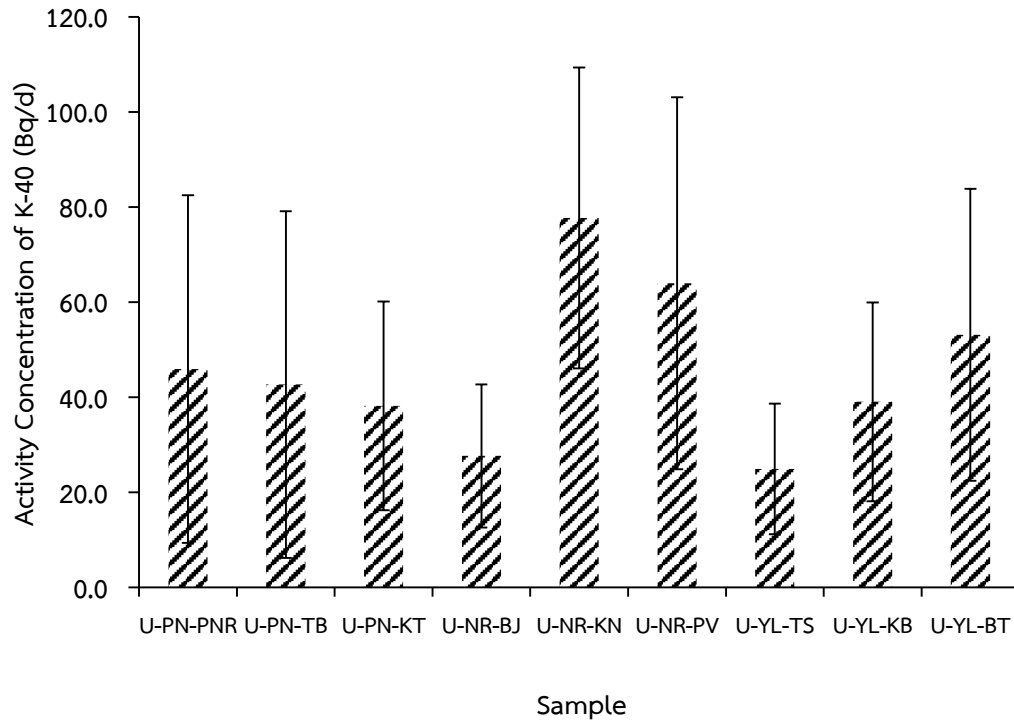


ภาพ 4.9 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีสำหรับตัวอย่าง น้ำปัสสาวะของซีเซียม-137 (Bq/d) และซีเซียม-134 (Bq/d)

จากตาราง 4.12 และภาพ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำปัสสาวะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 พบว่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าสูงสุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.62 ± 0.66 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.73 ± 0.31 Bq/d ส่วนกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 มีค่าสูงสุดในตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.33 ± 1.10 Bq/d และน้อยที่สุดในตำบลตะลุบัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.70 ± 0.48 Bq/d และยังพบว่าทั้งปริมาณกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137 มีค่าเฉลี่ยมากกว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-134

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/d)
สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

| Place | sample | K-40 (Bq/d) |
|-----------------|----------------|-------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 45.90±36.55 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 42.68±36.47 |
| เขาตวม | U-PN-KT | 38.20±21.94 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 27.68±15.04 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 77.70±31.62 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 63.97±39.09 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 24.92±13.72 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 39.04±20.88 |
| เบตง | U-YL-BT | 53.13±30.71 |
| | Average | 45.91±27.34 |

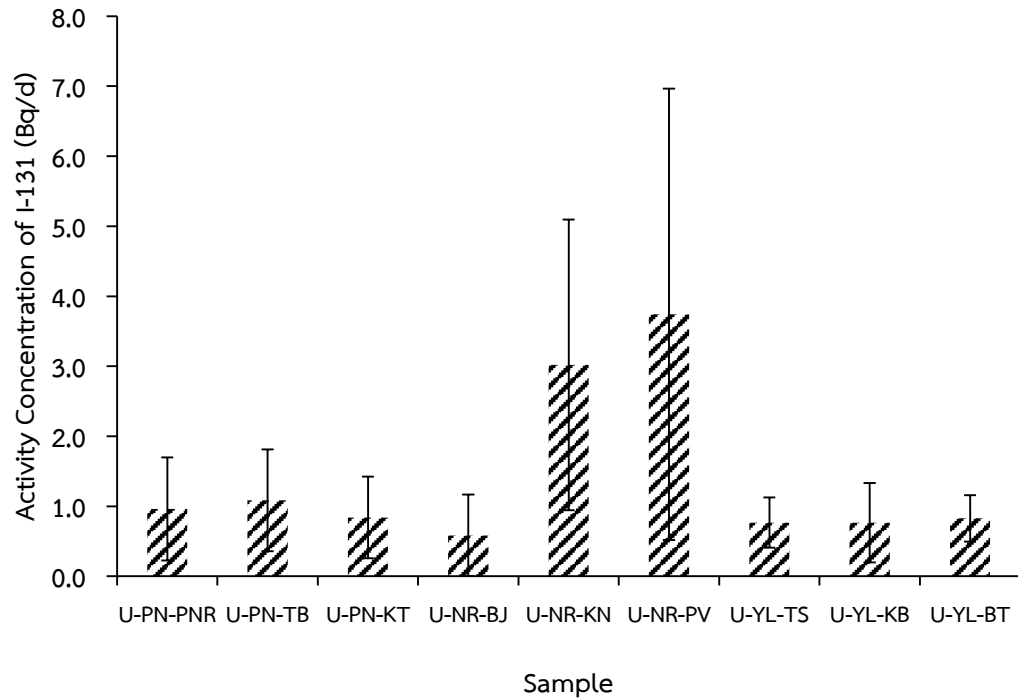


ภาพ 4.10 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

จากตาราง 4.13 และภาพ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำปัสสาวะของโพแทสเซียม-40 พบว่ามีค่าสูงที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ และรองลงมา คือ ตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 77.70 ± 31.62 Bq/d และ 47.05 ± 22.93 Bq/d ตามลำดับ และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 24.92 ± 13.72 Bq/d

ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีไอโอดีน-131 (Bq/d)
สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

| Place | sample | I-131 (Bq/d) |
|-----------------|----------------|------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | U-PN-PNR | 0.96±0.74 |
| ตะลุบัน | U-PN-TB | 1.09±0.73 |
| เขาตวม | U-PN-KT | 0.84±0.58 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | U-NR-BJ | 0.58±0.58 |
| กะลุวอเหนือ | U-NR-KN | 3.02±2.08 |
| ไพรวัน | U-NR-PV | 3.74±3.22 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | U-YL-TS | 0.77±0.36 |
| โกตาบารู | U-YL-KB | 0.77±0.57 |
| เบตง | U-YL-BT | 0.83±0.33 |
| | Average | 1.40±1.02 |



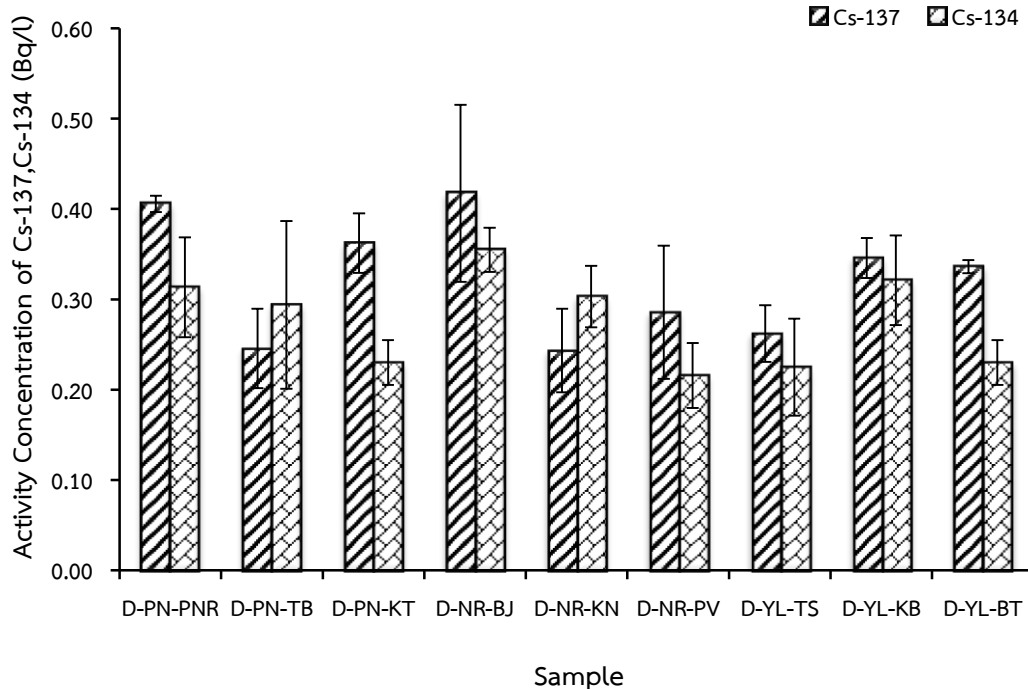
ภาพ 4.11 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีไอโอดีน-131 (Bq/d) สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

จากตาราง 4.14 และภาพ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำปัสสาวะของปัสสาวะของไอโอดีน-131 พบว่าในตำบลไพรวัน มีค่าสูงที่สุดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.74 ± 3.223 Bq/d รองลงมา คือ ในตำบลกะลุวอเหนือ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.02 ± 2.08 Bq/d ส่วนตำบลที่มีค่าน้อยที่สุด คือตำบลโกตาบารูและท่าสาป เฉลี่ย 0.71 ± 0.35 Bq/d

4.3 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้น

ตาราง 4.15 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/l) และซีเซียม-134 (Bq/l) สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

| Place | sample | Cs-137 (Bq/l) | Cs-134 (Bq/l) |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | D-PN-PNR | 0.41±0.01 | 0.31±0.06 |
| ตะลุบัน | D-PN-TB | 0.25±0.04 | 0.29±0.09 |
| เขาตุม | D-PN-KT | 0.36±0.03 | 0.23±0.02 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | D-NR-BJ | 0.42±0.10 | 0.35±0.02 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN | 0.24±0.05 | 0.30±0.03 |
| ไพรวัน | D-NR-PV | 0.29±0.07 | 0.22±0.04 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | D-YL-TS | 0.26±0.03 | 0.22±0.05 |
| โกตาบารู | D-YL-KB | 0.35±0.02 | 0.32±0.05 |
| เบตง | D-YL-BT | 0.34±0.01 | 0.23±0.02 |
| | Rang | 0.24-0.42 | 0.22-0.35 |
| | Average | 0.32±0.04 | 0.28±0.04 |

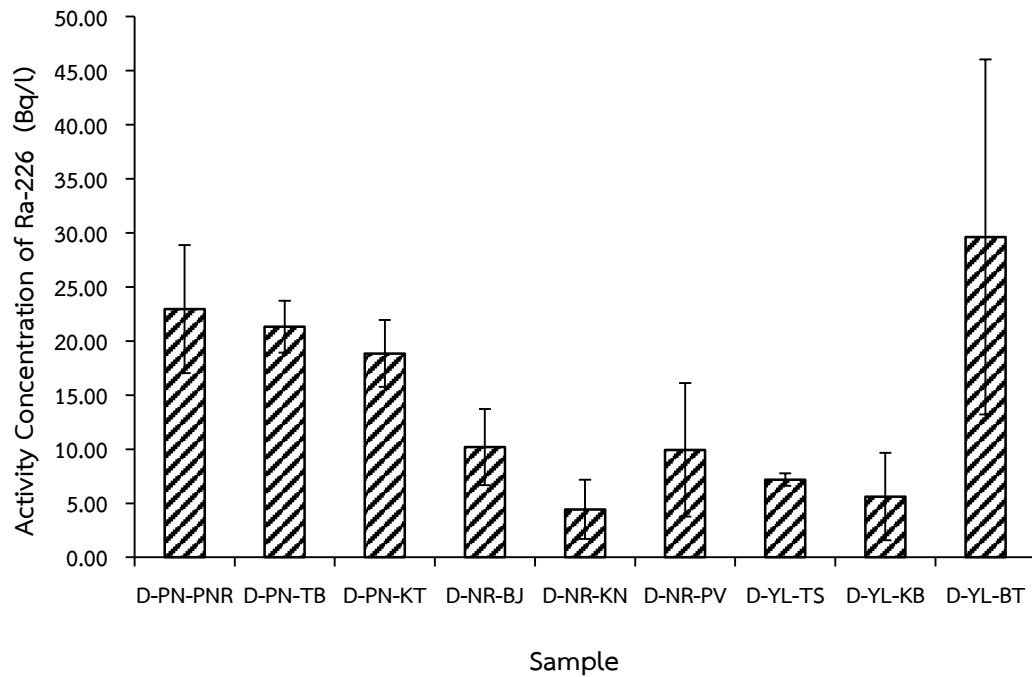


ภาพ 4.12 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/l) และซีเซียม-134 (Bq/l) สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

จากตาราง 4.15 และภาพ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้นของซีเซียม-137 มีค่าสูงสุดในตำบลปะนาเระ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.41 ± 0.01 Bq/l และน้อยที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.24 ± 0.05 Bq/l สำหรับซีเซียม-134 มีค่าสูงที่สุดในตำบลบาเจาะ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.35 ± 0.02 Bq/l และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป และไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.22 ± 0.05 Bq/l และ 0.22 ± 0.04 Bq/l ตามลำดับ

ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 (Bq/l)
สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อตื้น

| Place | sample | Ra-226 (Bq/l) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | D-PN-PNR | 19.63±5.93 |
| ตะลุบัน | D-PN-TB | 18.24±2.39 |
| เขาต้อม | D-PN-KT | 16.12±3.09 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | D-NR-BJ | 8.71±3.52 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN | 3.79±2.75 |
| ไพรวัน | D-NR-PV | 8.50±6.18 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | D-YL-TS | 6.14±0.57 |
| โกตาบารู | D-YL-KB | 4.81±4.04 |
| เบตง | D-YL-BT | 25.32±16.41 |
| | Rang | 3.79-25.52 |
| | Average | 12.36±4.99 |

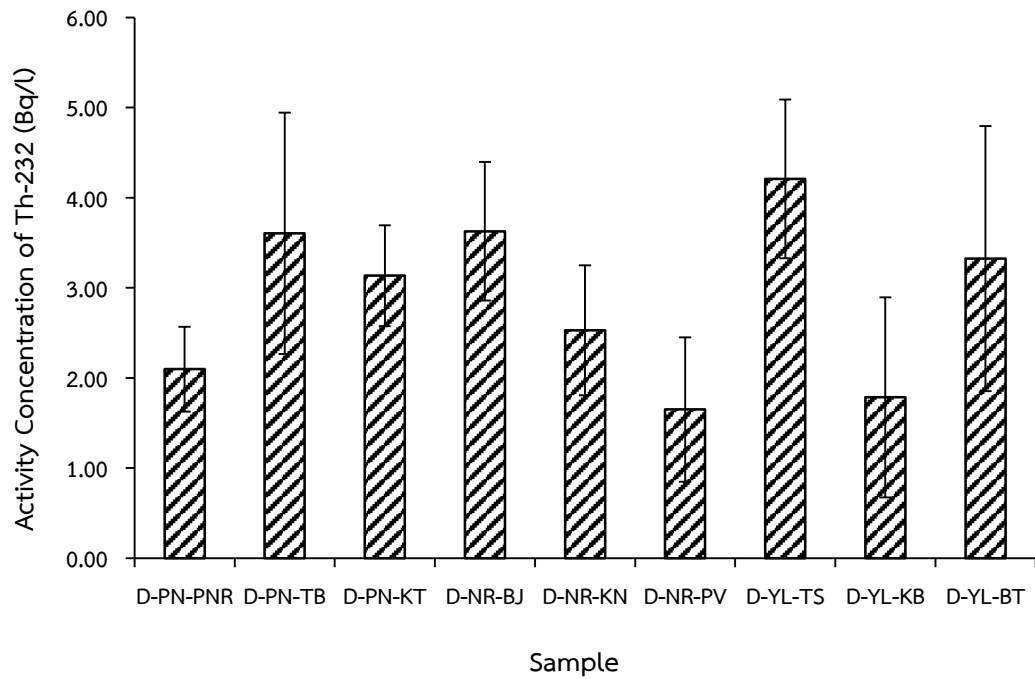


ภาพ 4.13 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 (Bq/l) สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

จากตาราง 4.16 และภาพ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้นของเรเดียม-226 พบว่ามีค่าสูงที่สุดในตำบลเบตง จังหวัดยะลามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.32 ± 16.41 Bq/l และรองลงมาคือ ตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.63 ± 5.93 Bq/l ส่วนค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 มีค่าน้อยที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 ± 2.75 Bq/l

ตาราง 4.17 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/l)
สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อตื้น

| Place | sample | Th-232 (Bq/l) |
|-----------------|----------------|------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | D-PN-PNR | 2.10±0.47 |
| ตะลุบัน | D-PN-TB | 3.60±1.34 |
| เขาตุม | D-PN-KT | 3.13±0.56 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | D-NR-BJ | 3.63±0.77 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN | 2.53±0.72 |
| ไพรวัน | D-NR-PV | 1.65±0.80 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | D-YL-TS | 4.21±0.88 |
| โกตาบารู | D-YL-KB | 1.79±1.11 |
| เบตง | D-YL-BT | 3.32±1.47 |
| | Rang | 1.65-4.21 |
| | Average | 2.88±0.90 |

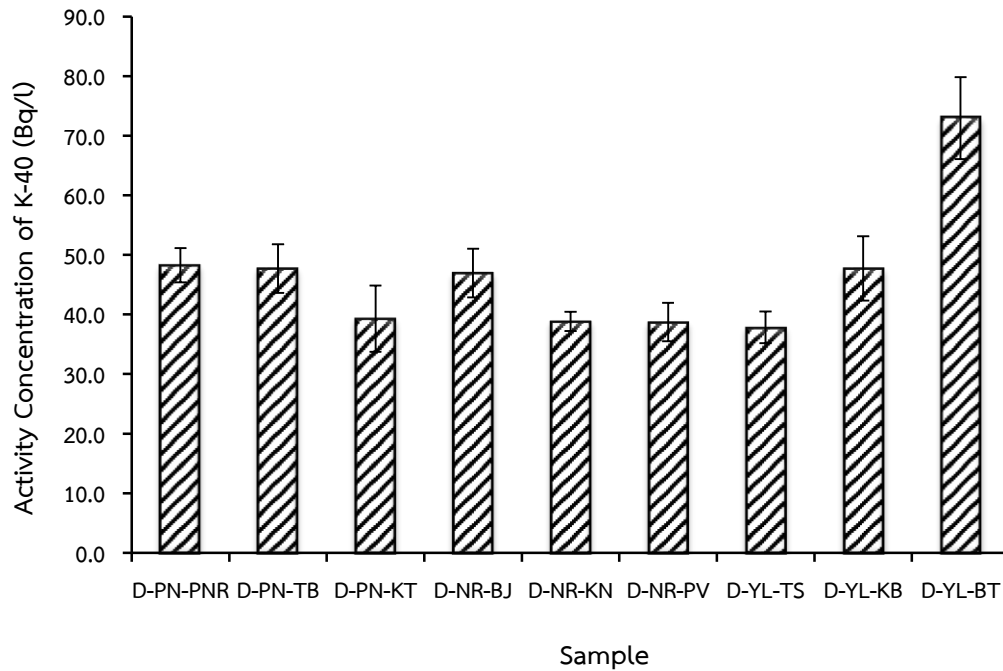


ภาพ 4.14 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/L) สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

จากตาราง 4.17 และภาพ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้นของทอเรียม-232 พบว่า มีค่าสูงสุดในตำบลท่าสาป จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ± 0.88 Bq/l และรองลงมา ในตำบลบาเจาะ จังหวัดนราธิวาสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.63 ± 0.77 Bq/l ส่วนน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.65 ± 0.80 Bq/l

ตาราง 4.18 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/l)
สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อตื้น

| Place | sample | K-40 (Bq/l) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | D-PN-PNR | 38.78±2.86 |
| ตะลุบัน | D-PN-TB | 38.32±4.08 |
| เขาต้อม | D-PN-KT | 31.59±5.57 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | D-NR-BJ | 37.73±4.08 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN | 31.20±1.61 |
| ไพรวัน | D-NR-PV | 31.11±3.21 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | D-YL-TS | 30.40±2.66 |
| โกตาบารู | D-YL-KB | 38.35±5.40 |
| เบตง | D-YL-BT | 58.63±6.89 |
| | Rang | 58.63-30.40 |
| | Average | 37.35±4.04 |

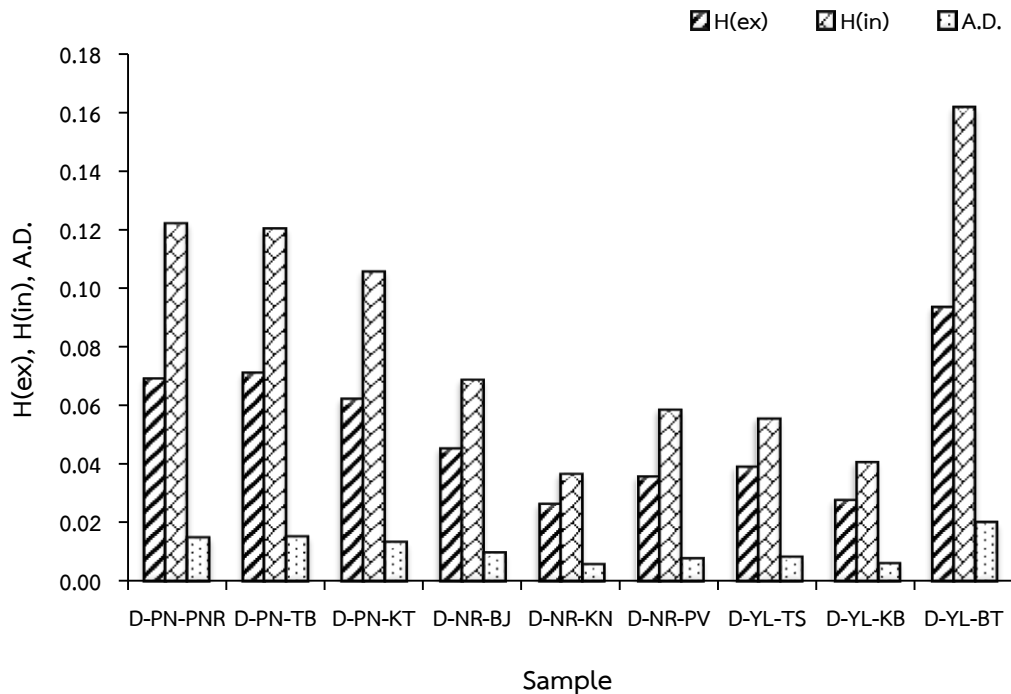


ภาพ 4.15 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/l) สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

จากตาราง 4.18 และภาพ 4.15 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้นของโพแทสเซียม-40 พบว่ามีค่ามากที่สุดในตำบลเบตง จังหวัดยะลามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.63 ± 6.89 Bq/l ส่วนตำบลอื่นๆมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

ตาราง 4.19 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อตื้น

| Place | sample | H _(ex) (Bq/l) | H _(in) (Bq/l) | Annual Dose (mSv/y) |
|-----------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| ปัตตานี | | | | |
| ปะนาเระ | D-PN-PNR | 0.07 | 0.12 | 0.01 |
| ตะลุบัน | D-PN-TB | 0.07 | 0.12 | 0.02 |
| เขาตุม | D-PN-KT | 0.06 | 0.11 | 0.01 |
| นราธิวาส | | | | |
| บาเจาะ | D-NR-BJ | 0.05 | 0.07 | 0.01 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN | 0.03 | 0.04 | 0.01 |
| ไพรวัน | D-NR-PV | 0.04 | 0.06 | 0.01 |
| ยะลา | | | | |
| ท่าสาป | D-YL-TS | 0.04 | 0.06 | 0.01 |
| โกตาบารู | D-YL-KB | 0.03 | 0.04 | 0.01 |
| เบตง | D-YL-BT | 0.09 | 0.16 | 0.02 |
| ฉะลิย | - | 0.05 | 0.09 | 0.01 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | - | 1 | 1 | 0.7 |

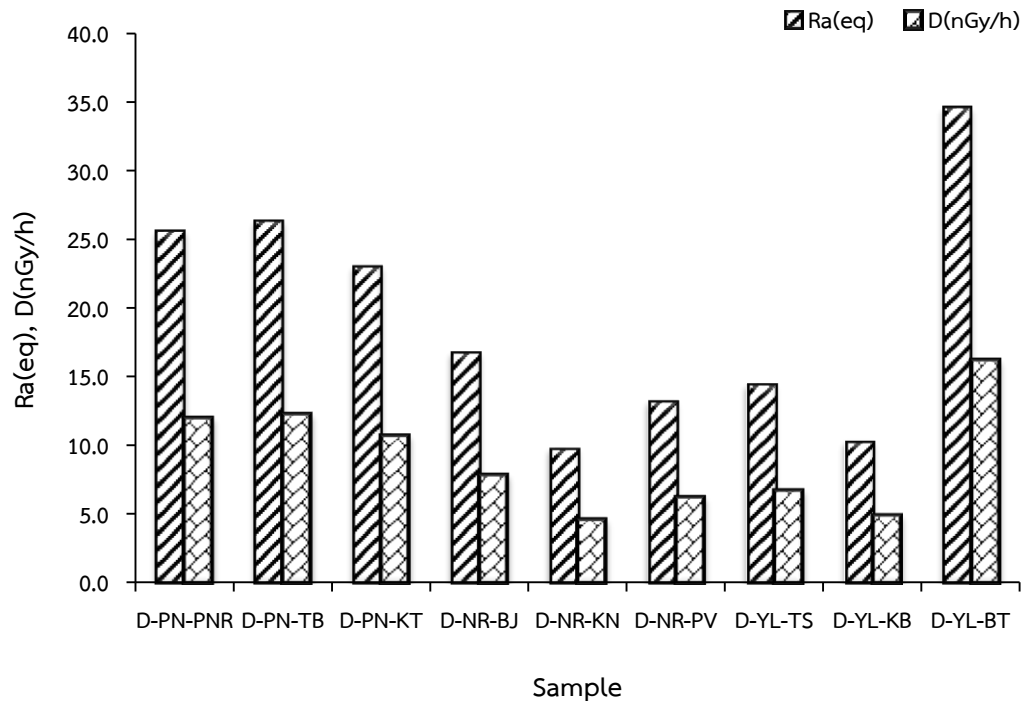


ภาพ 4.16 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

จากตาราง 4.19 และภาพ 4.16 แสดงค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี พบว่า บริเวณพื้นที่ตำบลเบตง จังหวัดยะลา มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าสูง ส่งผลให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย แต่อย่างน้อยก็ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 1.0 Bq/l ทั้งค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และ 0.7 mSv/y สำหรับอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี

ตาราง 4.20 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ
สำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

| Place | sample | Ra _(eq) (Bq/l) | D (nGy/h) |
|------------------------|----------|---------------------------|-------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | D-PN-PNR | 25.26 | 11.96 |
| ตะลุบัน | D-PN-TB | 26.34 | 12.24 |
| เขาตวม | D-PN-KT | 23.03 | 10.69 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | D-NR-BJ | 16.80 | 7.84 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN | 9.81 | 4.62 |
| ไพรวัน | D-NR-PV | 13.26 | 6.23 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | D-YL-TS | 14.50 | 6.71 |
| โกตาบารู | D-YL-KB | 10.31 | 4.92 |
| เบตง | D-YL-BT | 34.59 | 16.17 |
| เฉลี่ย | | 19.36 | 9.04 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | | 370 | - |



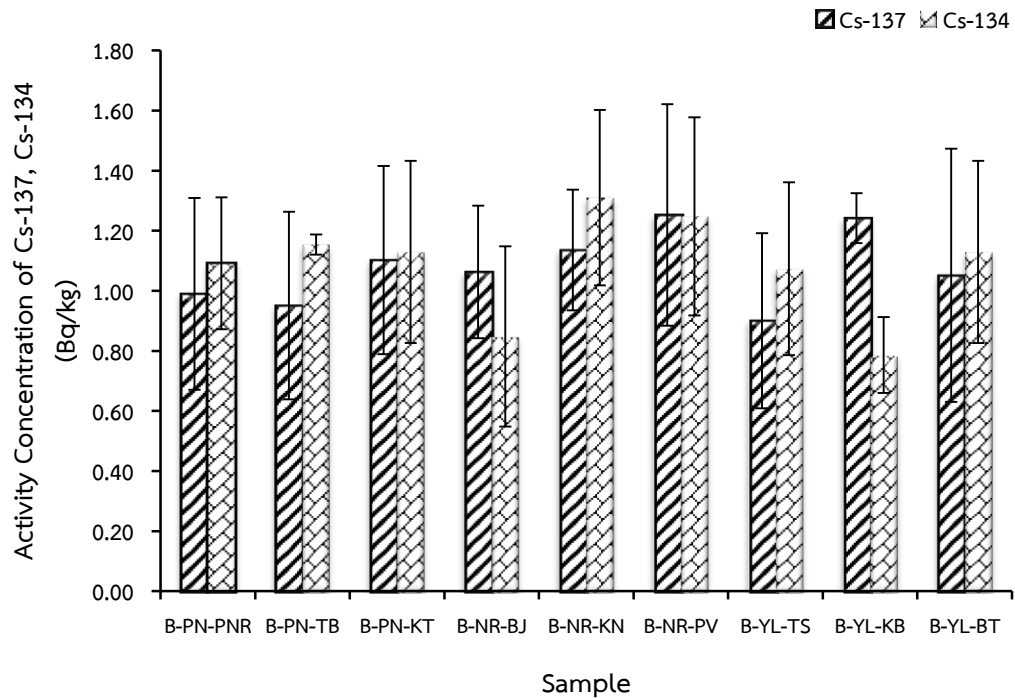
ภาพ 4.17 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีการดูดกลืนในอากาศสำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น

จากตาราง 4.20 และภาพ 4.17 แสดงค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ พบว่า บริเวณพื้นที่ในตำบลเบตง จังหวัดยะลา มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ มีค่าสูง ส่งผลให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย แต่อย่างน้อยก็ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 370 Bq/l สำหรับค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม

4.4 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน

ตาราง 4.21 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/kg) และซีเซียม-134 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Place | sample | Cs-137 (Bq/kg) | Cs-134 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | B-PN-PNR | 0.99±0.32 | 1.09±0.22 |
| ตะลุบัน | B-PN-TB | 0.95±0.31 | 1.15±0.03 |
| เขาคูม | B-PN-KT | 1.10±0.31 | 1.13±0.30 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | B-NR-BJ | 1.06±0.22 | 0.85±0.30 |
| กะลุวอเหนือ | B-NR-KN | 1.14±0.20 | 1.31±0.29 |
| ไพรวัน | B-NR-PV | 1.25±0.37 | 1.25±0.33 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | B-YL-TS | 0.90±0.29 | 1.07±0.29 |
| โกตาบารู | B-YL-KB | 1.24±0.08 | 0.79±0.13 |
| เบตง | B-YL-BT | 1.05±0.42 | 1.13±0.30 |
| | Range | 0.95-1.25 | 0.79-1.31 |
| | Average | 1.08±0.28 | 1.09±0.24 |

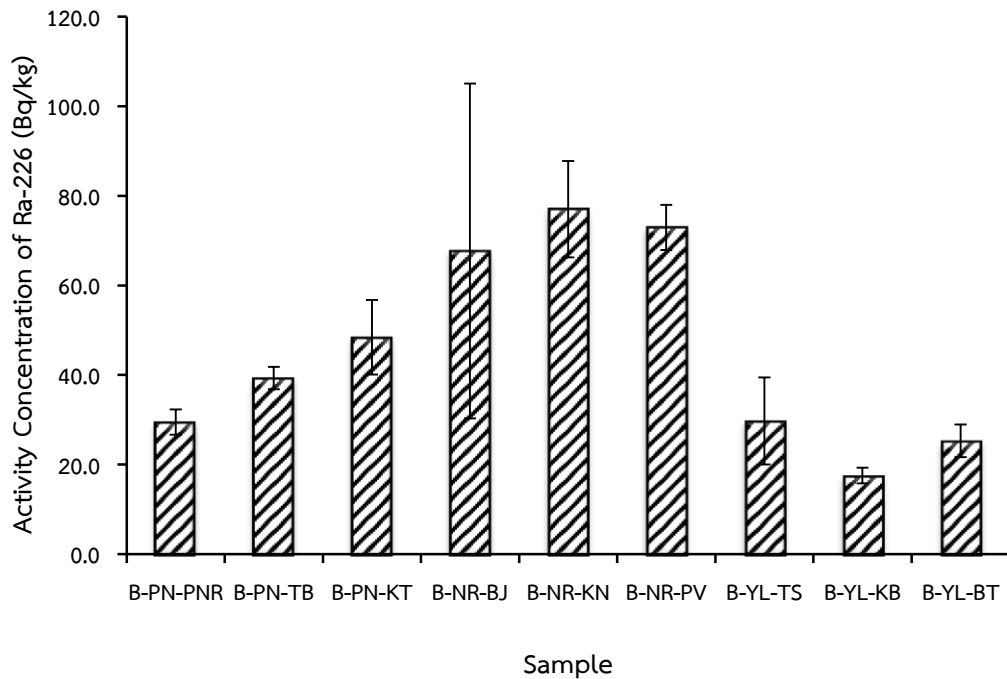


ภาพ 4.18 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/kg) และ ซีเซียม-134 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

จากตาราง 4.21 และภาพ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างกล้วยหินของซีเซียม-137 พบว่า มีค่าสูงสุดในตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.25 ± 0.37 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป จังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.90 ± 0.29 Bq/kg สำหรับซีเซียม-134 มีค่าสูงสุดในตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.31 ± 0.29 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู จังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.79 ± 0.13 Bq/kg

ตาราง 4.22 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 (Bq/kg)
สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Place | sample | Ra-226 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | B-PN-PNR | 29.49±2.84 |
| ตะลุบัน | B-PN-TB | 39.30±2.51 |
| เขาตวม | B-PN-KT | 48.42±8.30 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | B-NR-BJ | 67.67±37.28 |
| กะลุวอเหนือ | B-NR-KN | 77.04±10.75 |
| ไพรวัน | B-NR-PV | 72.95±5.03 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | B-YL-TS | 29.75±9.73 |
| โกตาบารู | B-YL-KB | 17.55±1.73 |
| เบตง | B-YL-BT | 25.28±3.64 |
| | Rang | 77.04-17.55 |
| | Average | 45.27±9.10 |

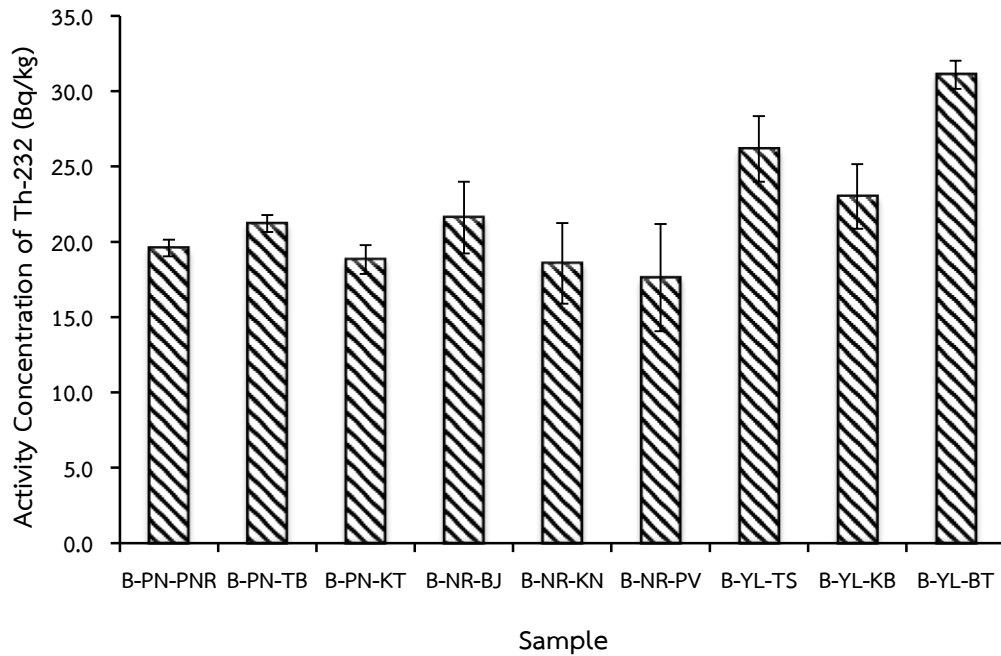


ภาพ 4.19 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

จากตาราง 4.22 และภาพ 4.19 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 ในตัวอย่างกล้วยหินพบว่ามีค่าสูงที่สุดในจังหวัดนราธิวาส ที่บริเวณตำบลกะลุวอเหนือ ตำบลไพรวัน และตำบลบาเจาะ เฉลี่ยที่ 77.04 ± 10.75 Bq/kg, 72.95 ± 5.03 Bq/kg และ 67.67 ± 37.28 Bq/kg ตามลำดับ ส่วนน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู จังหวัดยะลามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.55 ± 1.73 Bq/kg

ตาราง 4.23 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Place | sample | Th-232 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | B-PN-PNR | 19.60±0.55 |
| ตะลุบัน | B-PN-TB | 21.21±0.56 |
| เขาตวม | B-PN-KT | 18.82±0.95 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | B-NR-BJ | 21.60±2.38 |
| กะลุวอเหนือ | B-NR-KN | 18.58±2.68 |
| ไพรวัน | B-NR-PV | 17.62±3.56 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | B-YL-TS | 26.17±2.18 |
| โกตาบารู | B-YL-KB | 23.01±2.14 |
| เบตง | B-YL-BT | 31.08±0.94 |
| | Rang | 17.62-31.08 |
| | Average | 21.97±1.77 |

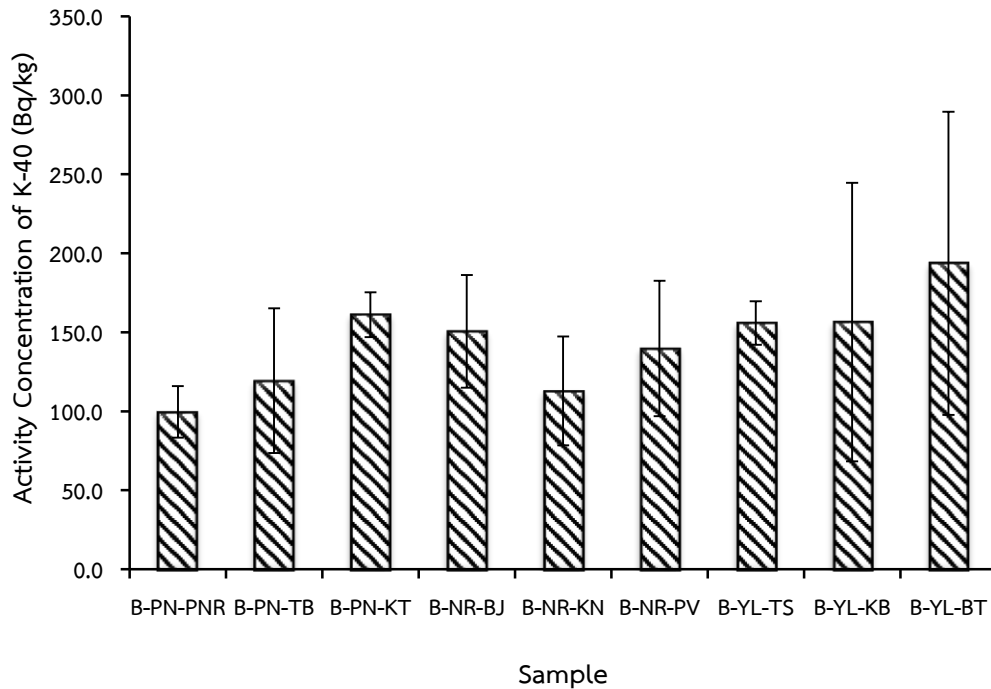


ภาพ 4.20 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

จากตาราง 4.23 และภาพ 4.20 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 ในตัวอย่างกล้วยหิน พบว่ามีค่าสูงสุดในตำบลเบตง จังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 31.08 ± 0.94 Bq/kg และมีค่าน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส และยังพบอีกว่าค่ากัมมันตภาพรังสีส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ ตำบล

ตาราง 4.24 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Place | sample | K-40 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|---------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | B-PN-PNR | 99.66±16.38 |
| ตะลุบัน | B-PN-TB | 119.42±45.76 |
| เขาตวม | B-PN-KT | 161.10±14.19 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | B-NR-BJ | 150.60±35.63 |
| กะลุวอเหนือ | B-NR-KN | 112.99±34.43 |
| ไพรวัน | B-NR-PV | 139.72±42.83 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | B-YL-TS | 155.81±13.79 |
| โกตาบารู | B-YL-KB | 156.50±88.22 |
| เบตง | B-YL-BT | 193.65±95.90 |
| | Rang | 193.65-99.66 |
| | Average | 143.27±43.01 |

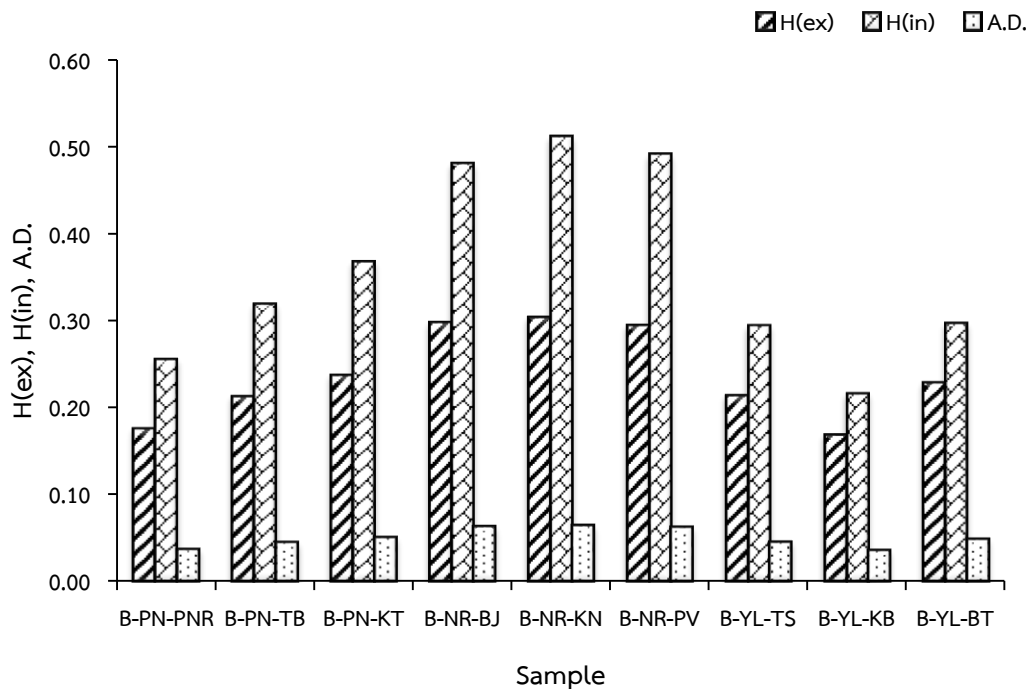


ภาพ 4.21 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

จากตาราง 4.24 และภาพ 4.21 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างกล้วยหินพบว่ามีค่าสูงที่สุดในตำบลเบตง จังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 193.65 ± 95.90 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 99.66 ± 16.38 Bq/kg และยังพบอีกว่าค่ากัมมันตภาพรังสีส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันในทุกๆ ตำบล

ตาราง 4.25 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Place | sample | H _(ex) (Bq/kg) | H _(in) (Bq/kg) | Annual Dose (mSv/y) |
|------------------------|----------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| ปัตตานี | | | | |
| ปะนาเระ | B-PN-PNR | 0.18 | 0.26 | 0.04 |
| ตะลุบัน | B-PN-TB | 0.21 | 0.32 | 0.04 |
| เขาตวม | B-PN-KT | 0.24 | 0.37 | 0.05 |
| นราธิวาส | | | | |
| บาเจาะ | B-NR-BJ | 0.30 | 0.48 | 0.06 |
| กะลุวอเหนือ | B-NR-KN | 0.30 | 0.51 | 0.06 |
| ไพรวัน | B-NR-PV | 0.29 | 0.49 | 0.06 |
| ยะลา | | | | |
| ท่าสาป | B-YL-TS | 0.21 | 0.29 | 0.04 |
| โกตาบารู | B-YL-KB | 0.17 | 0.22 | 0.04 |
| เบตง | B-YL-BT | 0.23 | 0.30 | 0.05 |
| เฉลี่ย | - | 0.24 | 0.36 | 0.05 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | - | 1 | 1 | 0.7 |

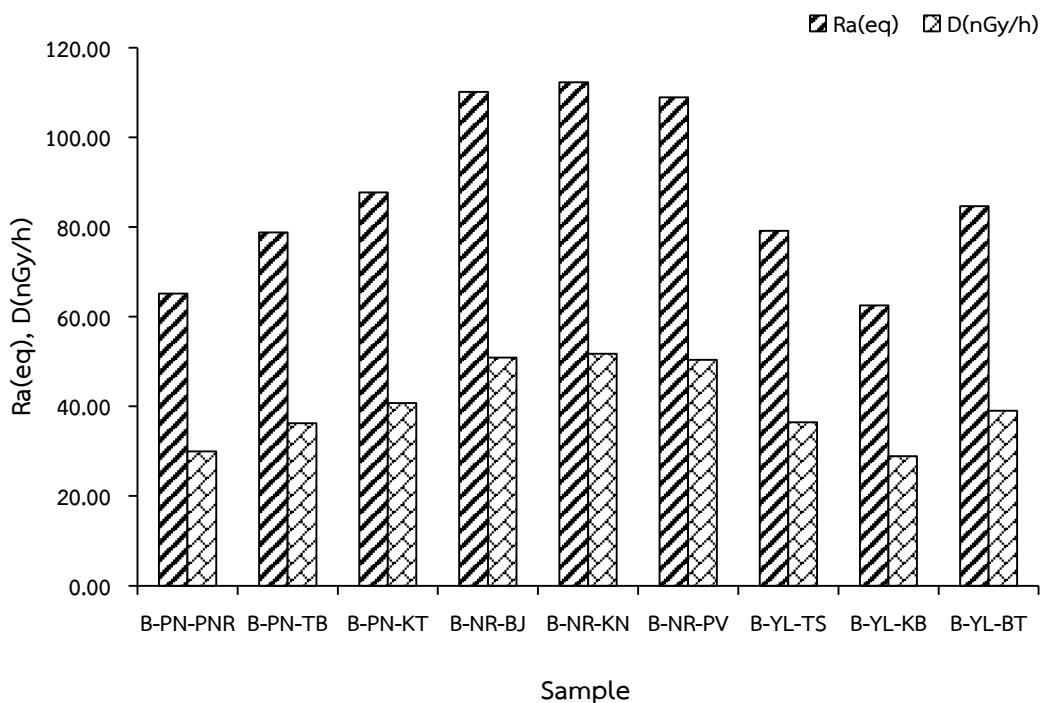


ภาพ 4.22 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

จากตาราง 4.25 และภาพ 4.22 แสดงค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี พบว่า บริเวณพื้นที่ตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าสูง ส่งผลให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย แต่ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าใกล้เคียงกัน แต่อย่างน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 1.0 Bq/kg ทั้งค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีภายในและ 0.7 mSv/y สำหรับอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี

ตาราง 4.26 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ
สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Place | sample | $Ra_{(eq)}$ (Bq/kg) | D (nGy/h) |
|------------------------|----------|---------------------|--------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | B-PN-PNR | 65.19 | 29.93 |
| ตะลุบัน | B-PN-TB | 78.83 | 36.28 |
| เขาตวม | B-PN-KT | 87.74 | 40.72 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | B-NR-BJ | 110.16 | 50.89 |
| กะลุวอเหนือ | B-NR-KN | 112.30 | 51.77 |
| ไพรวัน | B-NR-PV | 108.91 | 50.39 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | B-YL-TS | 79.16 | 36.47 |
| โกตาบารู | B-YL-KB | 62.50 | 28.90 |
| เบตง | B-YL-BT | 84.64 | 39.04 |
| เฉลี่ย | | 87.72 | 40.49 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | | 370 | - |



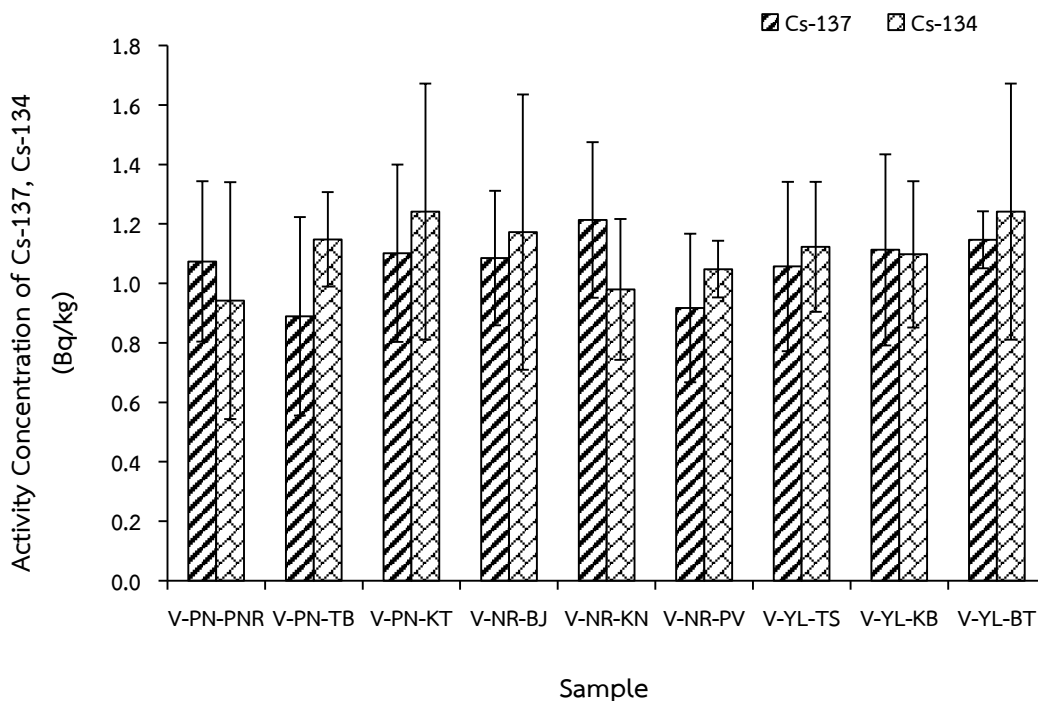
ภาพ 4.23 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีการดูดกลืนในอากาศ สำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

จากตาราง 4.26 และภาพ 4.23 แสดงค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ พบว่า บริเวณพื้นที่ตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 112.30 Bq/kg และ 51.77 Bq/kg ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าสูง ส่งผลให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย และมีค่าต่ำสุดที่ตำบลโกตาบารู เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 62.50 Bq/kg และ 28.90 Bq/kg ตามลำดับ แต่อย่างน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 370 Bq/kg

4.5 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างต่ำถึง

ตาราง 4.27 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/kg) และซีเซียม-134 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างต่ำถึง

| Place | sample | Cs-137 (Bq/kg) | Cs-134 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | V-PN-PNR | 1.07±0.27 | 0.94±0.40 |
| ตะลุบัน | V-PN-TB | 0.89±0.33 | 1.15±0.16 |
| เขาคูม | V-PN-KT | 1.10±0.30 | 1.24±0.43 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | V-NR-BJ | 1.09±0.23 | 1.17±0.46 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN | 1.21±0.26 | 0.98±0.24 |
| ไพรวัน | V-NR-PV | 0.92±0.25 | 1.05±0.10 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | V-YL-TS | 1.06±0.28 | 1.12±0.22 |
| โกตาบารู | V-YL-KB | 1.11±0.32 | 1.10±0.25 |
| เบตง | V-YL-BT | 1.15±0.10 | 1.24±0.43 |
| | Rang | 0.89-1.21 | 0.94-1.24 |
| | Average | 1.07±0.26 | 1.11±0.30 |

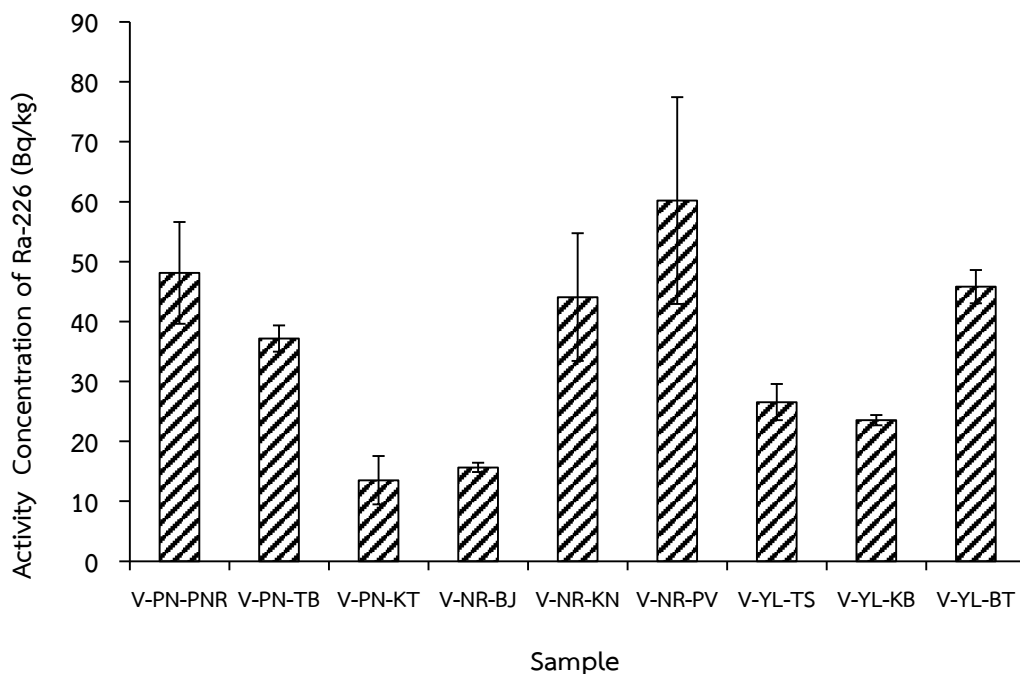


ภาพ 4.24 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/kg) และซีเซียม-134 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

จากตาราง 4.27 และภาพ 4.24 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างต่ำลิ่งของซีเซียม-137 พบว่า มีค่าสูงสุดในตำบลเบตง จังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.15 ± 0.10 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลตะลุง จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.89 ± 0.33 Bq/kg สำหรับซีเซียม-134 มีค่าสูงที่สุดในตำบลเบตง จังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.24 ± 0.43 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.94 ± 0.40 Bq/kg

ตาราง 4.28 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 (Bq/kg)
สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Place | sample | Ra-226 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | V-PN-PNR | 48.11±8.49 |
| ตะลุบัน | V-PN-TB | 37.17±2.18 |
| เขาตวม | V-PN-KT | 13.52±4.03 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | V-NR-BJ | 15.66±0.75 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN | 44.08±10.66 |
| ไพรวัน | V-NR-PV | 60.18±17.22 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | V-YL-TS | 26.54±3.02 |
| โกตาบารู | V-YL-KB | 23.52±0.85 |
| เบตง | V-YL-BT | 46.11±2.44 |
| | Rang | 13.52-60.18 |
| | Average | 34.99±5.52 |

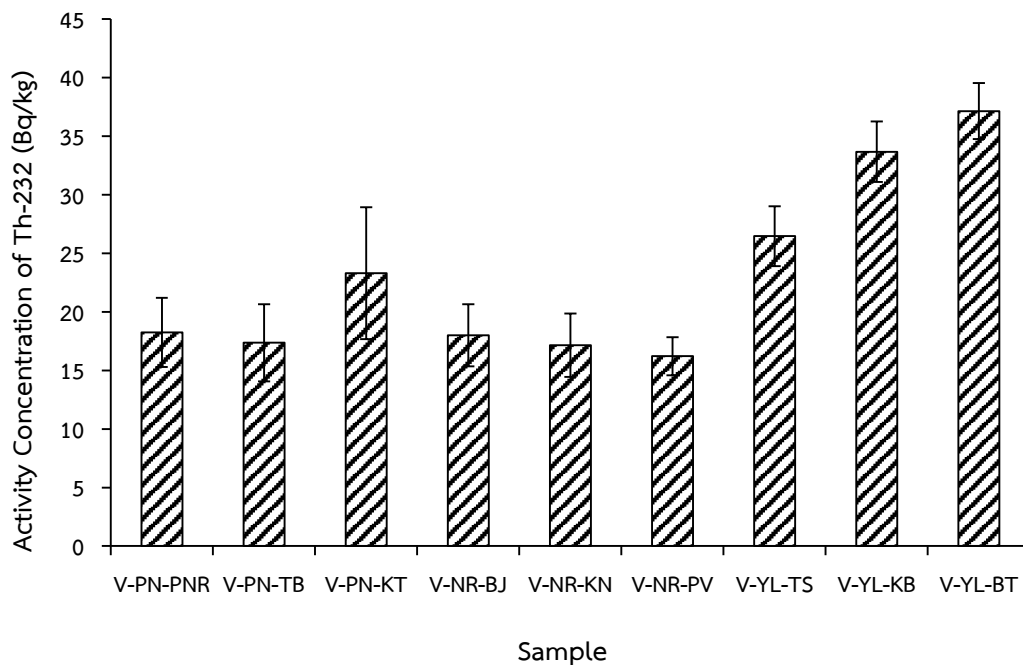


ภาพ 4.25 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

จากตาราง 4.28 และภาพ 4.25 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างต่ำลิ่งของเรเดียม-226 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 มีค่าสูงที่สุดในตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 60.18 ± 17.22 Bq/kg และรองลงมาที่ตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 48.11 ± 8.49 Bq/kg ส่วนน้อยที่สุดในตำบลเขาตุม จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 13.52 ± 4.03 Bq/kg

ตาราง 4.29 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Place | sample | Th-232 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | V-PN-PNR | 18.25±2.95 |
| ตะลุบัน | V-PN-TB | 17.36±3.30 |
| เขาตวม | V-PN-KT | 23.30±5.62 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | V-NR-BJ | 18.00±2.65 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN | 17.15±2.70 |
| ไพรวัน | V-NR-PV | 16.21±1.63 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | V-YL-TS | 26.46±2.56 |
| โกตาบารู | V-YL-KB | 33.67±2.59 |
| เบตง | V-YL-BT | 37.14±2.40 |
| | Rang | 17.15-37.14 |
| | Average | 23.06±2.93 |

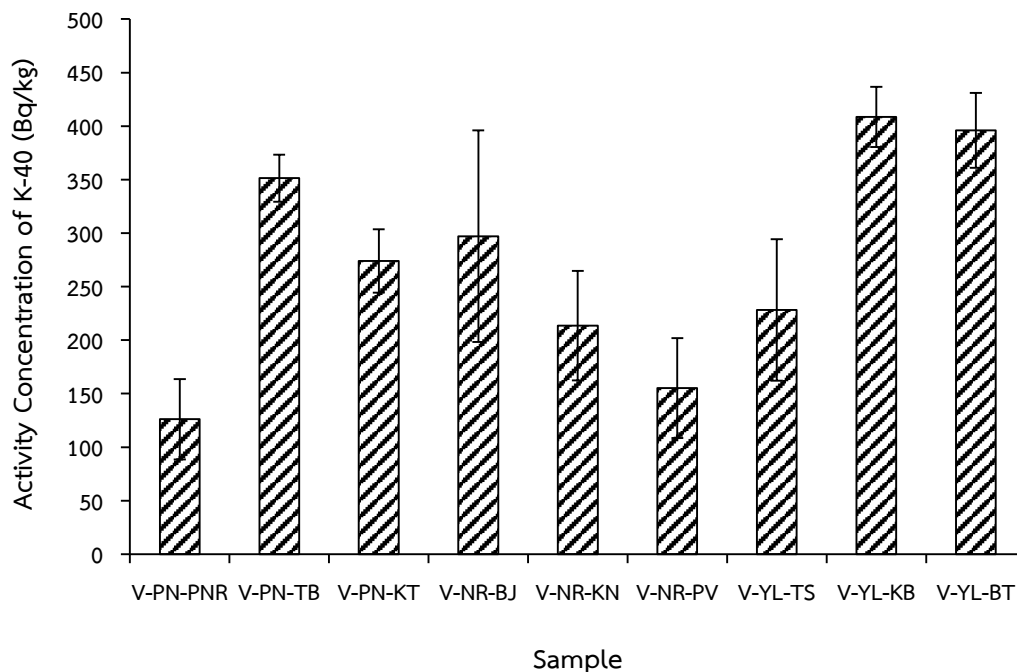


ภาพ 4.26 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

จากตาราง 4.29 และภาพ 4.26 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างต่ำลิ่งของทอเรียม-232 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 มีค่าสูงที่สุดในจังหวัดยะลา ที่ตำบลเบตง ตำบลโกตาบารู และตำบลท่าสาป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 37.14 ± 2.40 Bq/kg, 33.67 ± 2.59 Bq/kg และ 26.46 ± 2.56 Bq/kg ตามลำดับ และรองลงมา มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันในทุกๆตำบล

ตาราง 4.30 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Place | sample | K-40 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|---------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | V-PN-PNR | 126.09±37.59 |
| ตะลุบัน | V-PN-TB | 351.30±22.04 |
| เขาตวม | V-PN-KT | 273.93±29.64 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | V-NR-BJ | 297.14±98.80 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN | 213.49±51.17 |
| ไพรวัน | V-NR-PV | 155.20±46.56 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | V-YL-TS | 228.20±66.04 |
| โกตาบารู | V-YL-KB | 408.60±28.04 |
| เบตง | V-YL-BT | 396.11±34.96 |
| | Rang | 408.60-155.20 |
| | Average | 272.23±46.09 |

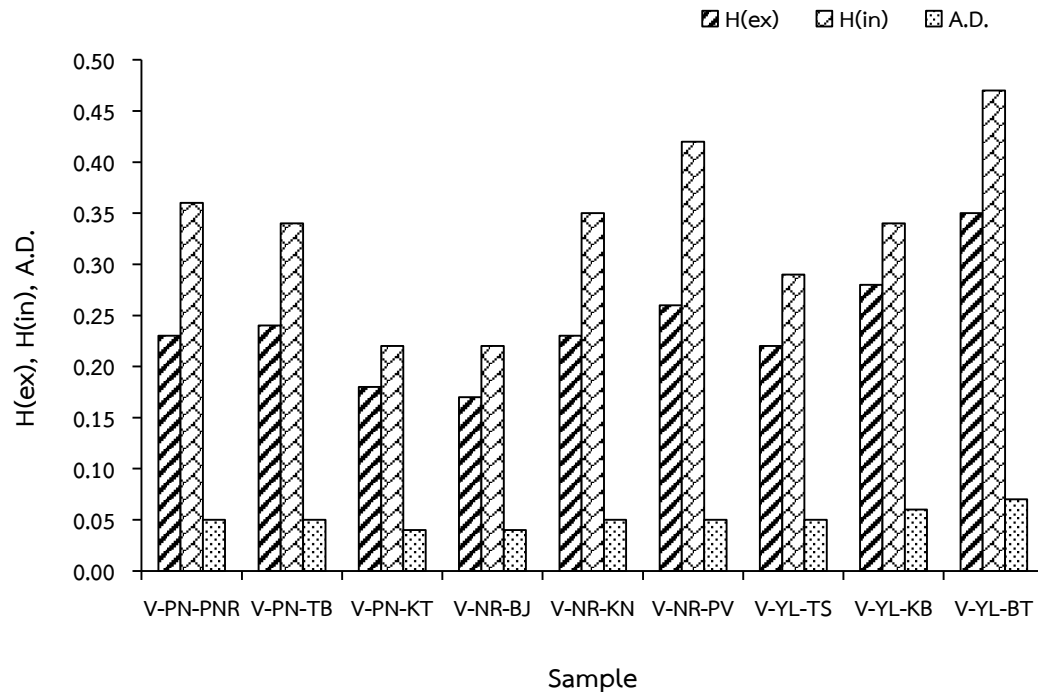


ภาพ 4.27 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

จากตาราง 4.30 และภาพ 4.27 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างต่ำลิ่งของโพแทสเซียม-40 พบว่า ปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 มีค่าสูงที่สุดในจังหวัดยะลา ที่ตำบลโกตาบารู และตำบลเบตง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 408.60 ± 28.04 Bq/kg และ 396.11 ± 34.96 Bq/kg ตามลำดับ ส่วนจังหวัดปัตตานี มีค่าสูงที่สุด ที่ตำบลตะลุบันเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 351.30 ± 22.04 Bq/kg และน้อยที่สุด ที่ตำบลปะนาเระ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 126.09 ± 37.59 Bq/kg และจังหวัดนราธิวาสมีค่าสูงที่สุดที่ตำบลบาเจาะ เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 297.14 ± 98.80 Bq/kg และน้อยที่สุด ที่ตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 155.20 ± 46.56 Bq/kg

ตาราง 4.31 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Place | sample | H _(ex) (Bq/kg) | H _(in) (Bq/kg) | Annual Dose (mSv/y) |
|------------------------|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------|
| ปัตตานี | | | | |
| ปะนาเระ | V-PN-PNR | 0.24 | 0.36 | 0.05 |
| ตะลุบัน | V-PN-TB | 0.23 | 0.34 | 0.05 |
| เขาตวม | V-PN-KT | 0.18 | 0.22 | 0.04 |
| นราธิวาส | | | | |
| บาเจาะ | V-NR-BJ | 0.17 | 0.22 | 0.04 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN | 0.23 | 0.35 | 0.05 |
| ไพรวัน | V-NR-PV | 0.26 | 0.42 | 0.05 |
| ยะลา | | | | |
| ท่าสาป | V-YL-TS | 0.22 | 0.29 | 0.05 |
| โกตาบารู | V-YL-KB | 0.28 | 0.34 | 0.06 |
| เบตง | V-YL-BT | 0.35 | 0.47 | 0.07 |
| เฉลี่ย | - | 0.24 | 0.33 | 0.05 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | - | 1 | 1 | 0.7 |

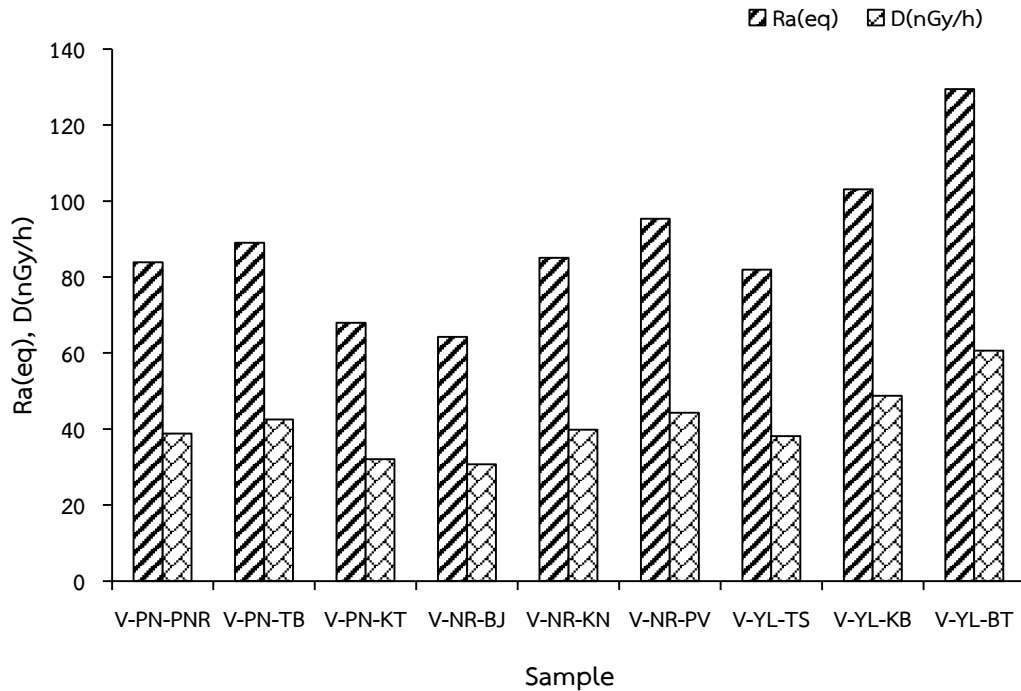


ภาพ 4.28 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

จากตาราง 4.31 และภาพ 4.28 แสดงค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี พบว่า บริเวณพื้นที่ตำบลเบตง จังหวัดยะลา มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าสูง ส่งผลให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย ส่วนค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 1.0 Bq/kg ทั้งค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และ 0.7 mSv/y สำหรับอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี

ตาราง 4.32 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ
สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Place | sample | Ra _(eq) (Bq/kg) | D (nGy/h) |
|------------------------|----------|----------------------------|--------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | V-PN-PNR | 83.92 | 38.77 |
| ตะลุบัน | V-PN-TB | 89.04 | 42.49 |
| เขาตวม | V-PN-KT | 67.93 | 32.09 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | V-NR-BJ | 64.28 | 30.74 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN | 85.05 | 39.85 |
| ไพรวัน | V-NR-PV | 95.32 | 44.27 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | V-YL-TS | 81.95 | 38.17 |
| โกตาบารู | V-YL-KB | 103.13 | 48.73 |
| เบตง | V-YL-BT | 129.45 | 60.67 |
| เฉลี่ย | | 88.90 | 41.75 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | | 370 | - |



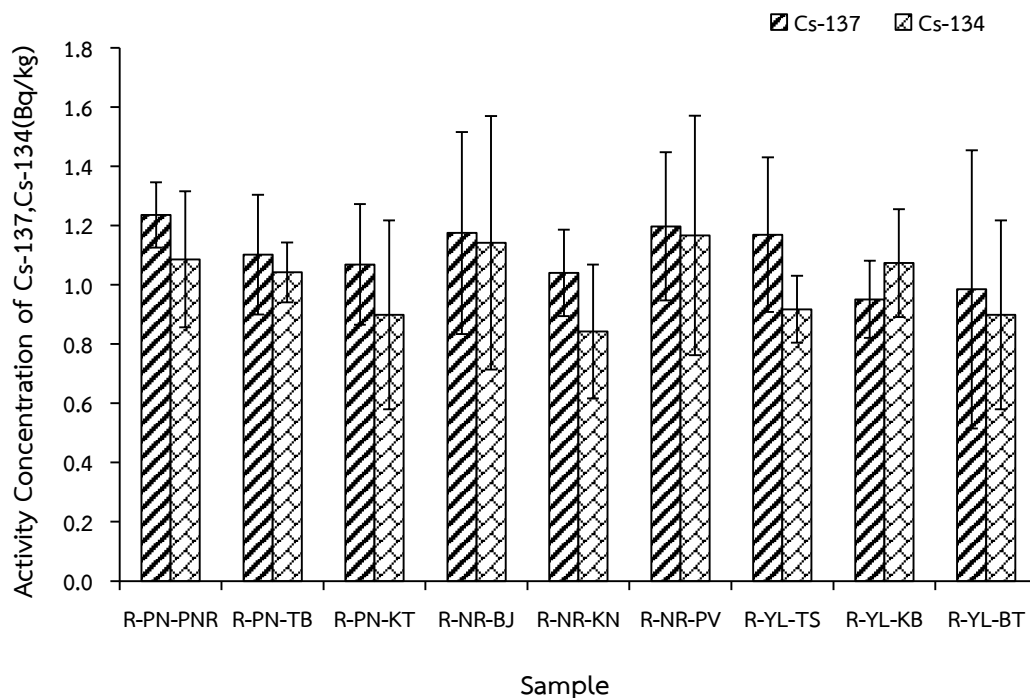
ภาพ 4.29 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ
สำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

จากตาราง 4.32 และภาพ 4.29 แสดงค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ พบว่า บริเวณพื้นที่ตำบลเบตง จังหวัดยะลา มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ มีค่าสูง ส่งผลให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย แต่ค่าอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ มีค่าใกล้เคียงกันแต่ยังมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ที่ 370 Bq/kg สำหรับค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม

4.6 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสาร

ตาราง 4.33 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/kg) และซีเซียม-134 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Place | sample | Cs-137 (Bq/kg) | Cs-134 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | R-PN-PNR | 1.24±0.11 | 1.09±0.23 |
| ตะลุบัน | R-PN-TB | 1.10±0.20 | 1.04±0.10 |
| เขาตวม | R-PN-KT | 1.07±0.20 | 0.90±0.32 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | R-NR-BJ | 1.17±0.34 | 1.14±0.43 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN | 1.04±0.15 | 0.84±0.23 |
| ไพรวัน | R-NR-PV | 1.20±0.25 | 1.17±0.40 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | R-YL-TS | 1.17±0.26 | 0.92±0.11 |
| โกตาบารู | R-YL-KB | 0.95±0.13 | 1.07±0.18 |
| เบตง | R-YL-BT | 0.98±0.47 | 0.90±0.32 |
| | Rang | 0.95-1.24 | 0.84-1.17 |
| | Average | 1.10±0.23 | 1.01±0.26 |

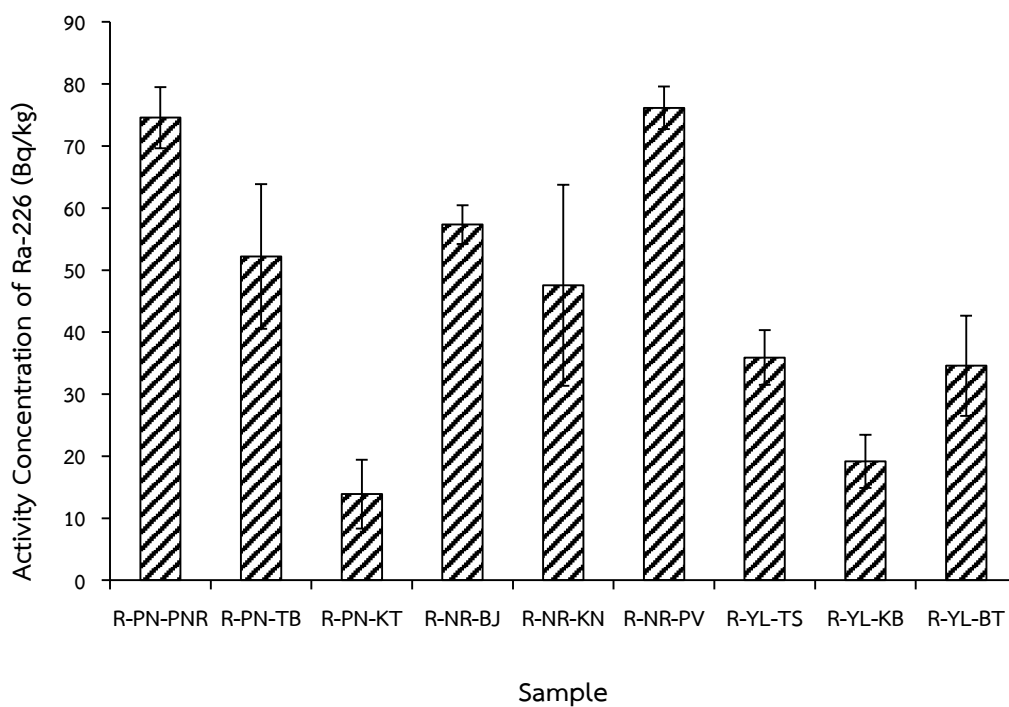


ภาพ 4.30 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีซีเซียม-137 (Bq/kg) และซีเซียม-134 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

จากตาราง 4.33 และภาพ 4.30 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสารของซีเซียม-137 พบว่า มีค่าสูงที่สุดในตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.24 ± 0.11 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู จังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.95 ± 0.13 Bq/kg สำหรับซีเซียม-134 มีค่าสูงที่สุดในตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.17 ± 0.40 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.84 ± 0.23 Bq/kg

ตาราง 4.34 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226 (Bq/kg)
สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Place | sample | Ra-226 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | R-PN-PNR | 74.58±4.92 |
| ตะลุบัน | R-PN-TB | 52.20±11.66 |
| เขาตวม | R-PN-KT | 13.90±5.55 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | R-NR-BJ | 57.35±3.12 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN | 47.54±16.20 |
| ไพรวัน | R-NR-PV | 76.16±3.42 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | R-YL-TS | 35.91±4.43 |
| โกตาบารู | R-YL-KB | 19.18±4.29 |
| เบตง | R-YL-BT | 34.59±8.07 |
| | Rang | 76.16-13.90 |
| | Average | 45.71±6.85 |

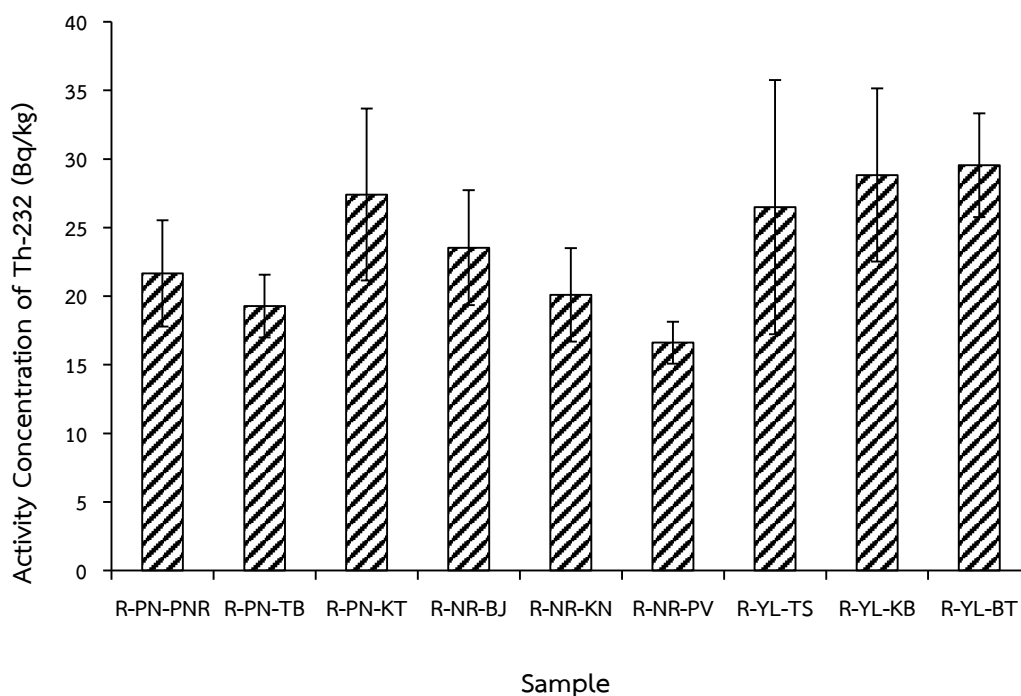


ภาพ 4.31 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรเดียม-226(Bq/kg) สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

จากตาราง 4.34 และภาพ 4.31 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสารของเรเดียม-226 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 มีค่าสูงที่สุด ที่ตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 76.16 ± 3.42 Bq/kg และรองลงมาที่ตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 74.58 ± 4.92 Bq/kg ส่วนมีค่าน้อยที่สุดที่บริเวณตำบลเขาตวม เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 13.90 ± 5.55 Bq/kg

ตาราง 4.35 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/kg)
สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Place | sample | Th-232 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|-------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | R-PN-PNR | 21.66±3.88 |
| ตะลุบัน | R-PN-TB | 19.28±2.28 |
| เขาตวม | R-PN-KT | 27.41±6.26 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | R-NR-BJ | 23.53±4.19 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN | 20.10±3.40 |
| ไพรวัน | R-NR-PV | 16.61±1.53 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | R-YL-TS | 26.49±9.27 |
| โกตาบารู | R-YL-KB | 28.83±6.31 |
| เบตง | R-YL-BT | 29.55±3.78 |
| | Rang | 16.61-29.55 |
| | Average | 23.72±4.54 |

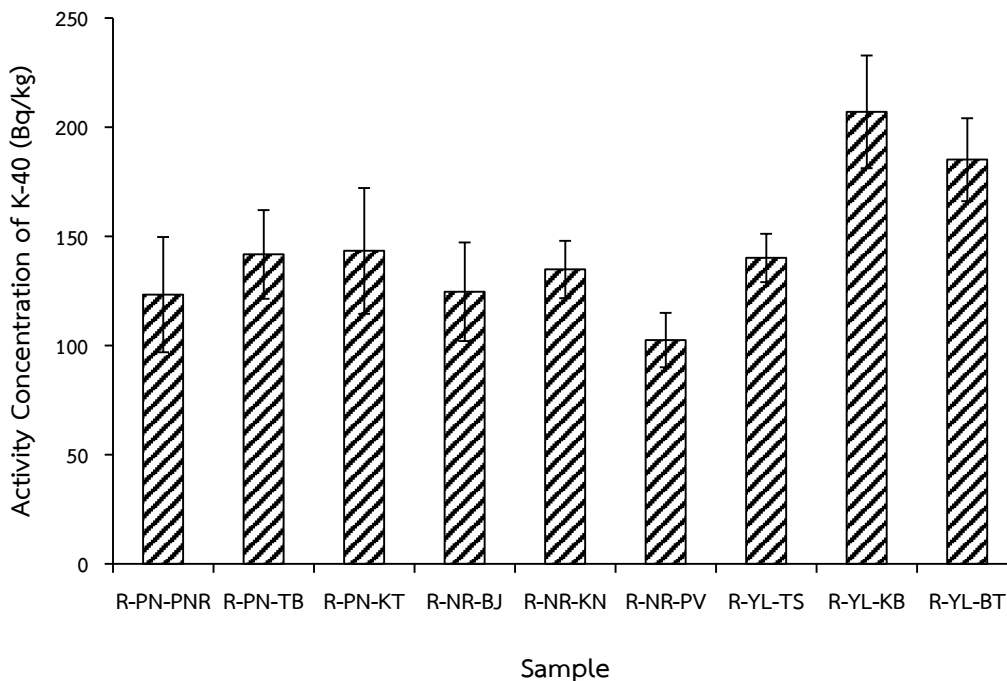


ภาพ 4.32 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทอเรียม-232 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

จากตาราง 4.35 และภาพ 4.32 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสารของทอเรียม-232 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 มีค่าสูงที่สุดในจังหวัดยะลา ที่ตำบลเบตง และตำบลโกตาบารูเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 29.55 ± 3.78 Bq/kg และ 28.83 ± 6.31 Bq/kg ตามลำดับ และรองลงมาที่ตำบลเขาตวม จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 27.41 ± 6.26 Bq/kg น้อยที่สุด ที่ตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 16.61 ± 1.53 Bq/kg

ตาราง 4.36 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/kg)
สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Place | sample | K-40 (Bq/kg) |
|-----------------|----------------|---------------------|
| ปัตตานี | | |
| ปะนาเระ | R-PN-PNR | 123.33±26.43 |
| ตะลุบัน | R-PN-TB | 141.72±20.31 |
| เขาต้อม | R-PN-KT | 143.32±28.83 |
| นราธิวาส | | |
| บาเจาะ | R-NR-BJ | 124.56±22.57 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN | 134.82±13.15 |
| ไพรวัน | R-NR-PV | 102.49±12.44 |
| ยะลา | | |
| ท่าสาป | R-YL-TS | 140.11±11.04 |
| โกตาบารู | R-YL-KB | 207.06±25.80 |
| เบตง | R-YL-BT | 185.15±18.96 |
| | Rang | 207.06-102.49 |
| | Average | 144.73±19.95 |

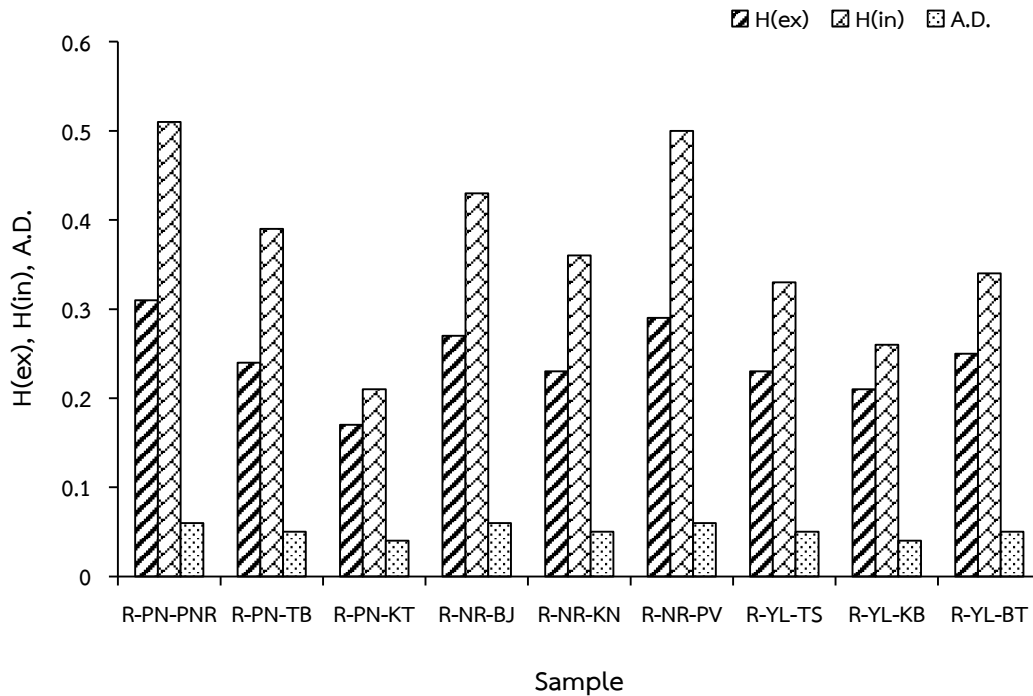


ภาพ 4.33 ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีโพแทสเซียม-40 (Bq/kg) สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

จากตาราง 4.36 และภาพ 4.33 แสดงค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสารของโพแทสเซียม-40 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 มีค่าสูงที่สุดในจังหวัดยะลา ที่ตำบลโกตาบารู และตำบลเบตง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 207.06 ± 25.80 Bq/kg และ 185.15 ± 18.96 Bq/kg ตามลำดับ และมีค่าน้อยที่สุด ที่ตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 102.49 ± 12.44 Bq/kg และยังมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันในทุกๆตำบล จากค่าดังกล่าวพบว่าอาจเป็นเพราะพื้นที่ที่เป็นที่ราบ และเต็มไปด้วยภูเขาล้อมรอบตัวตำบลส่งผลให้ค่ากัมมันตภาพรังสีของโพแทสเซียม-40 สูงไปด้วย

ตาราง 4.37 ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก ดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Place | sample | H _(ex) (Bq/kg) | H _(in) (Bq/kg) | Annual Dose (mSv/y) |
|-----------------|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------|
| ปัตตานี | | | | |
| ปะนาเระ | R-PN-PNR | 0.31 | 0.51 | 0.06 |
| ตะลุบัน | R-PN-TB | 0.24 | 0.39 | 0.05 |
| เขาตूम | R-PN-KT | 0.17 | 0.21 | 0.04 |
| นราธิวาส | | | | |
| บาเจาะ | R-NR-BJ | 0.27 | 0.43 | 0.06 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN | 0.23 | 0.36 | 0.05 |
| ไพรวัน | R-NR-PV | 0.29 | 0.50 | 0.06 |
| ยะลา | | | | |
| ท่าสาป | R-YL-TS | 0.23 | 0.33 | 0.05 |
| โกตาบารู | R-YL-KB | 0.21 | 0.26 | 0.04 |
| เบตง | R-YL-BT | 0.25 | 0.34 | 0.05 |
| เฉลี่ย | - | 0.25 | 0.37 | 0.05 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | - | 1 | 1 | 0.7 |

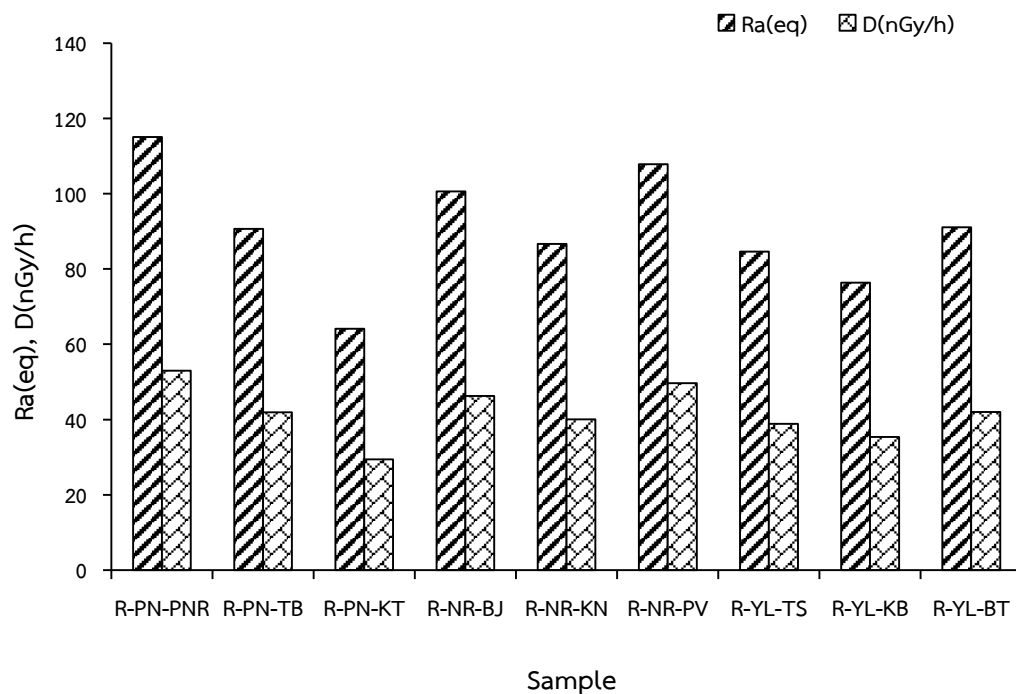


ภาพ 4.34 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

จากตาราง 4.37 และภาพ 4.34 แสดงค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี พบว่า บริเวณพื้นที่ตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานี มีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ในตำบลปะนาเระมีค่ามาก ส่งผลให้การวิเคราะห์ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอกค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายใน และอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี รองลงมาคือที่ตำบลไพรวัน ส่วนค่าอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี มีค่าใกล้เคียงกันในทุกๆตำบลแต่น้อยกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 1.0 Bq/kg ทั้งค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีภายในและ 0.7 mSv/y สำหรับอัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี

ตาราง 4.38 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ
สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Place | sample | Ra _(eq) (Bq/kg) | D (nGy/h) |
|------------------------|----------|----------------------------|--------------|
| ปัตตานี | | | |
| ปะนาเระ | R-PN-PNR | 115.05 | 52.98 |
| ตะลุบัน | R-PN-TB | 90.68 | 41.94 |
| เขาตวม | R-PN-KT | 64.14 | 29.42 |
| นราธิวาส | | | |
| บาเจาะ | R-NR-BJ | 100.59 | 46.25 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN | 86.67 | 40.02 |
| ไพรวัน | R-NR-PV | 107.81 | 49.70 |
| ยะลา | | | |
| ท่าสาป | R-YL-TS | 84.58 | 38.86 |
| โกตาบารู | R-YL-KB | 76.35 | 35.38 |
| เบตง | R-YL-BT | 91.10 | 42.02 |
| เฉลี่ย | | 90.77 | 41.84 |
| ค่าที่ยอมรับได้ | | 370 | - |

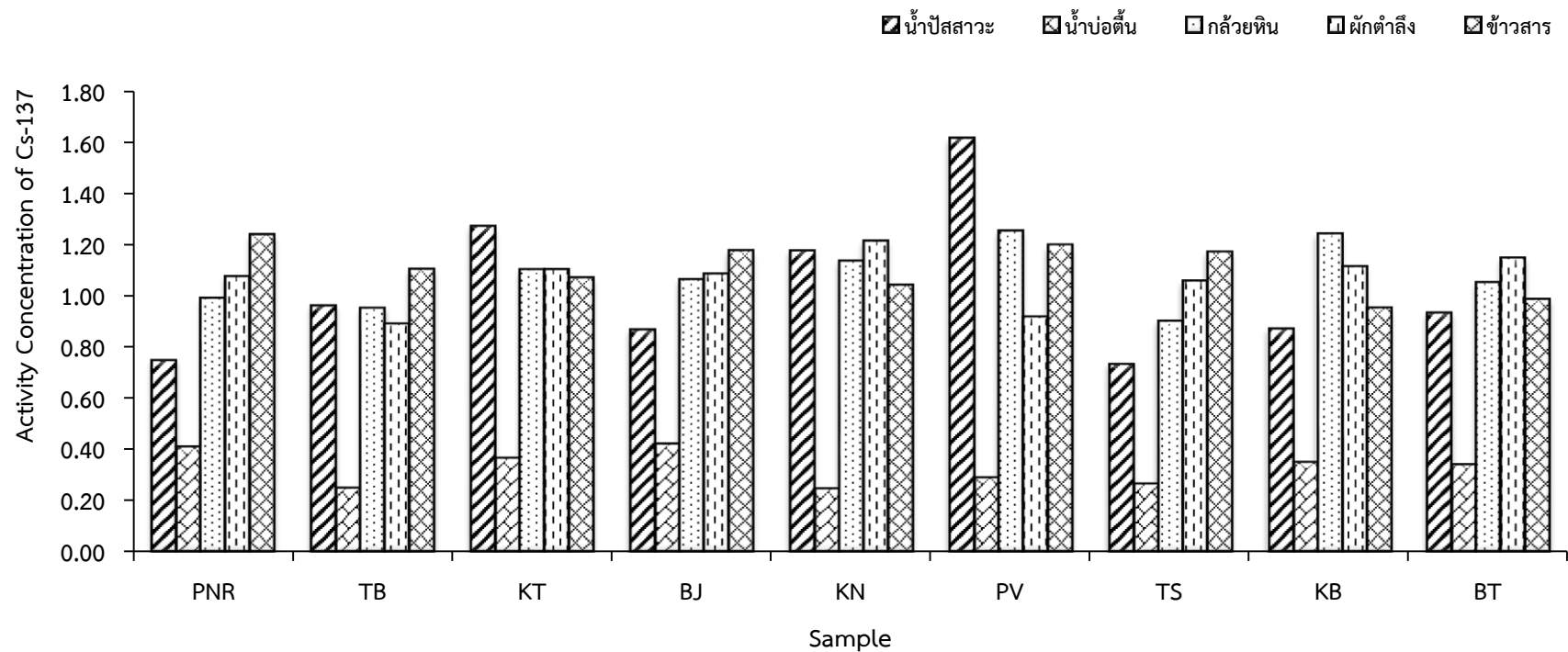


ภาพ 4.35 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณการรังสีดูดกลืนในอากาศ
สำหรับตัวอย่างข้าวสาร

จากตาราง 4.38 และภาพ 4.35 แสดงค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ พบว่า ในพื้นที่ตำบลปะนาเระ จังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 115.05 Bq/kg และ 52.98 nGy/h ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ในตำบลปะนาเระมีค่ามาก ส่งผลให้การวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียมและอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ มีค่าสูง และยังทำให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย รองลงมาคือที่ตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 107.81 Bq/kg และ 49.70 nGy/h ตามลำดับ

ตาราง 4.39 เปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ในตัวอย่างต่างๆ

| Place | Sample | | | | |
|------------|-----------------|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| | Urine (Bq/d) | Ground Water(Bq/l) | Banana (Bq/kg) | Ivy Gourd (Bq/kg) | Rice (Bq/kg) |
| ปะนาเระ | 0.75±0.47 | 0.41±0.01 | 0.99±0.32 | 1.07±0.27 | 1.24±0.11 |
| ตะลุมบอน | 0.96±0.56 | 0.25±0.04 | 0.95±0.31 | 0.89±0.33 | 1.10±0.20 |
| เขาต้อม | 1.27±0.58 | 0.36±0.03 | 1.10±0.31 | 1.10±0.30 | 1.07±0.20 |
| บาเจาะ | 0.87±0.53 | 0.42±0.10 | 1.06±0.22 | 1.09±0.23 | 1.17±0.34 |
| กะลวอเหนือ | 1.18±0.50 | 0.24±0.05 | 1.14±0.20 | 1.21±0.26 | 1.04±0.15 |
| ไพรวัน | 1.62±0.66 | 0.29±0.07 | 1.25±0.37 | 0.92±0.25 | 1.20±0.25 |
| ท่าสาป | 0.73±0.31 | 0.26±0.03 | 0.90±0.29 | 1.06±0.28 | 1.17±0.26 |
| โกตาบารู | 0.87±0.42 | 0.35±0.02 | 1.24±0.08 | 1.11±0.32 | 0.95±0.13 |
| เบตง | 0.94±0.67 | 0.34±0.01 | 1.05±0.42 | 1.15±0.10 | 0.98±0.47 |
| Rang | 0.75-1.62 | 0.24-0.42 | 0.95-1.25 | 0.89-1.21 | 0.95-1.24 |
| Average | 1.02±0.52 | 0.32±0.04 | 1.08±0.28 | 1.07±0.27 | 1.10±0.23 |

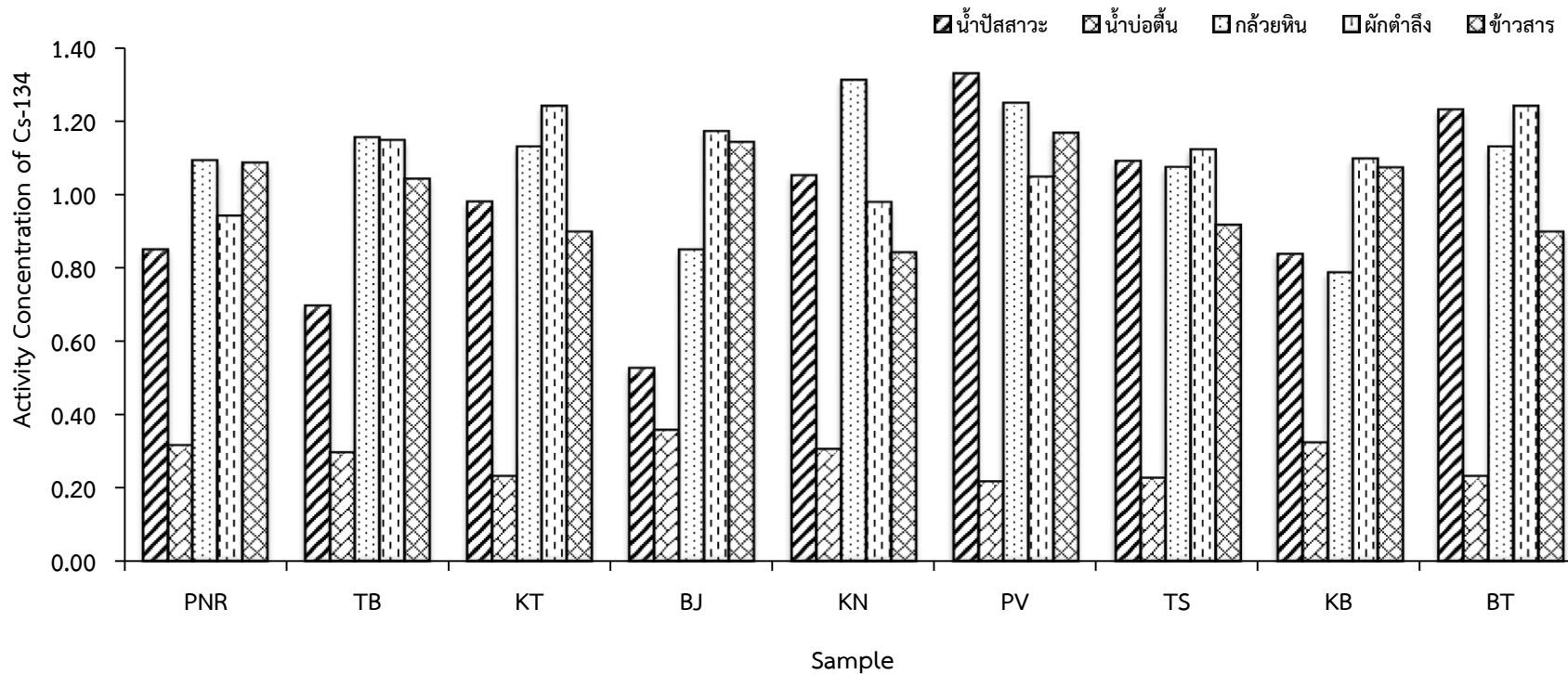


ภาพ 4.36 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆ ในแต่ละตำบล

จาก ตาราง 4.39 และภาพ 4.36 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำปัสสาวะในตำบลไพรวัน (PV) จังหวัดนราธิวาส มีค่ามากที่สุดรองลงมาคือ ในตำบลเขาตูม (KT) จังหวัดปัตตานี ส่วนน้อยที่สุดคือตัวอย่างน้ำบ่อตื้นซึ่งพบว่ามีค่าน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ในทุกๆ ตำบล

ตาราง 4.40 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 ในตัวอย่างต่างๆ

| Place | Sample | | | | |
|------------|-----------------|------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| | Urine (Bq/d) | Ground Water (Bq/l) | Banana (Bq/kg) | Ivy Gourd (Bq/kg) | Rice (Bq/kg) |
| ปะนาเระ | 0.85±0.41 | 0.31±0.06 | 1.09±0.22 | 0.94±0.40 | 1.09±0.23 |
| ตะลุมบอน | 0.70±0.48 | 0.29±0.09 | 1.15±0.03 | 1.15±0.16 | 1.04±0.10 |
| เขาคูม | 0.98±0.50 | 0.23±0.02 | 1.13±0.30 | 1.24±0.43 | 0.90±0.32 |
| บาเจาะ | 0.53±0.29 | 0.35±0.02 | 0.85±0.30 | 1.17±0.46 | 1.14±0.43 |
| กะลวอเหนือ | 1.05±0.36 | 0.30±0.03 | 1.31±0.29 | 0.98±0.24 | 0.84±0.23 |
| ไพรวัน | 1.33±1.10 | 0.22±0.04 | 1.25±0.33 | 1.05±0.10 | 1.17±0.40 |
| ท่าสาป | 1.09±0.58 | 0.22±0.05 | 1.07±0.29 | 1.12±0.22 | 0.92±0.11 |
| โกตาบารู | 0.84±0.43 | 0.32±0.05 | 0.79±0.13 | 1.10±0.25 | 1.07±0.18 |
| เบตง | 1.23±0.60 | 0.23±0.02 | 1.13±0.30 | 1.24±0.43 | 0.90±0.32 |
| Rang | 0.53-1.33 | 0.22-0.35 | 0.79-1.31 | 0.94-1.24 | 0.84-1.17 |
| Average | 0.96±0.53 | 0.28±0.04 | 1.09±0.24 | 1.11±0.30 | 1.01±0.26 |

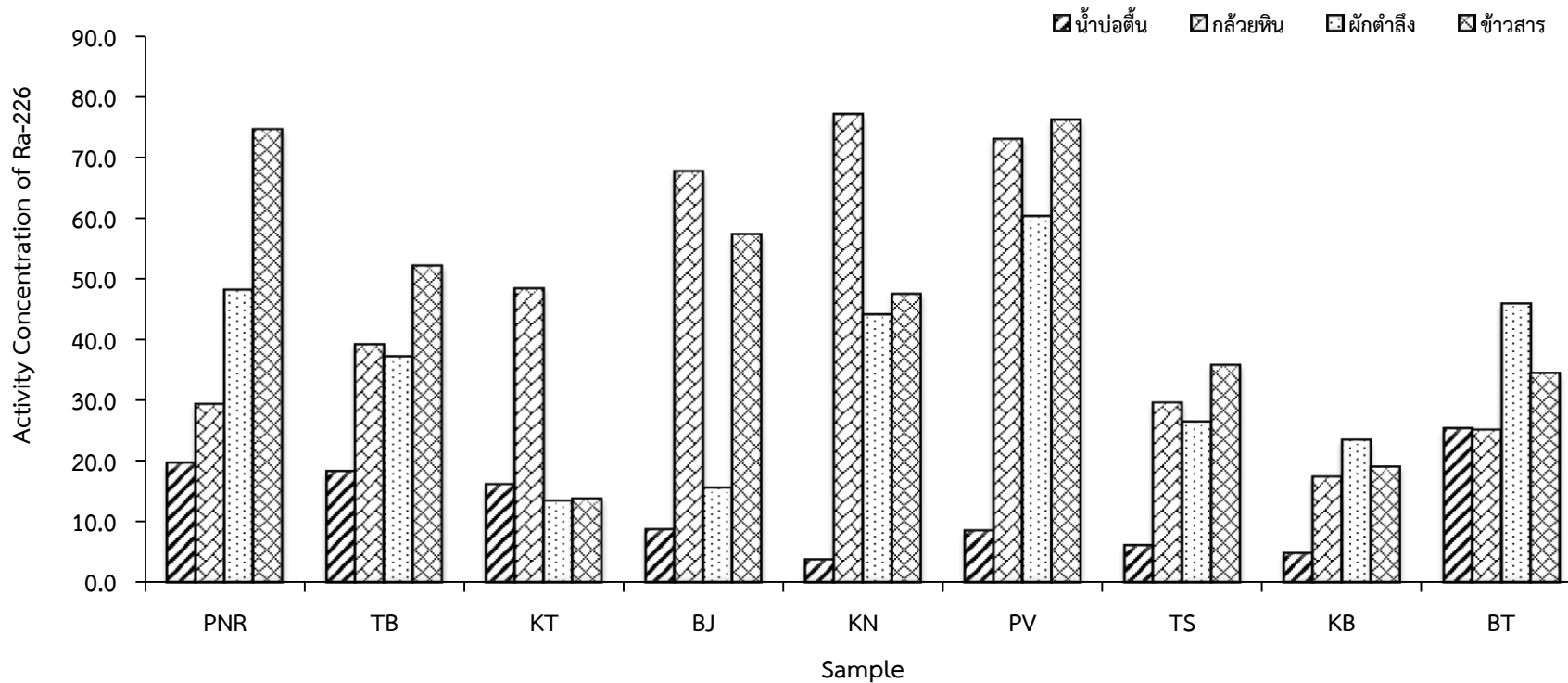


ภาพ 4.37 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆ ในแต่ละตำบล

จาก ตาราง 4.40 และภาพ 4.37 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะตัวอย่างน้ำปัสสาวะในตำบลไพรวัน (PV) มีค่ามากที่สุดรองลงมาคือ กล้วยหิน ในตำบลกะลุวอเหนือ (KN) จังหวัดนราธิวาส ส่วนน้อยที่สุดคือในตัวอย่างน้ำบ่อตื้น พบว่าจะมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ในทุกๆตำบล

ตาราง 4.41 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างต่างๆ

| Place | Sample | | | |
|-------------|------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| | Ground Water (Bq/l) | Banana (Bq/kg) | Ivy Gourd (Bq/kg) | Rice (Bq/kg) |
| ปะนาระ | 19.63±5.93 | 29.49±2.84 | 48.11±8.49 | 74.58±4.92 |
| ตะลุมบอน | 18.24±2.39 | 39.30±2.51 | 37.17±2.18 | 52.20±11.66 |
| เขาต้อม | 16.12±3.09 | 48.42±8.30 | 13.52±4.03 | 13.90±5.55 |
| บาเจาะ | 8.71±3.52 | 67.67±37.28 | 15.66±0.75 | 57.35±3.12 |
| กะลุวอเหนือ | 3.79±2.75 | 77.04±10.75 | 44.08±10.66 | 47.54±16.20 |
| ไพรวัน | 8.50±6.18 | 72.95±5.03 | 60.18±17.22 | 76.16±3.42 |
| ท่าสาป | 6.14±0.57 | 29.75±9.73 | 26.54±3.02 | 35.91±4.43 |
| โกตาบารู | 4.81±4.04 | 17.55±1.73 | 23.52±0.85 | 19.18±4.29 |
| เบตง | 25.32±16.41 | 25.28±3.64 | 45.84±0.78 | 34.59±8.07 |
| Rang | 25.52-3.79 | 77.04-17.55 | 60.18-13.52 | 76.16-13.90 |
| Average | 12.36±4.99 | 45.27±9.10 | 34.96±5.56 | 45.71±6.85 |

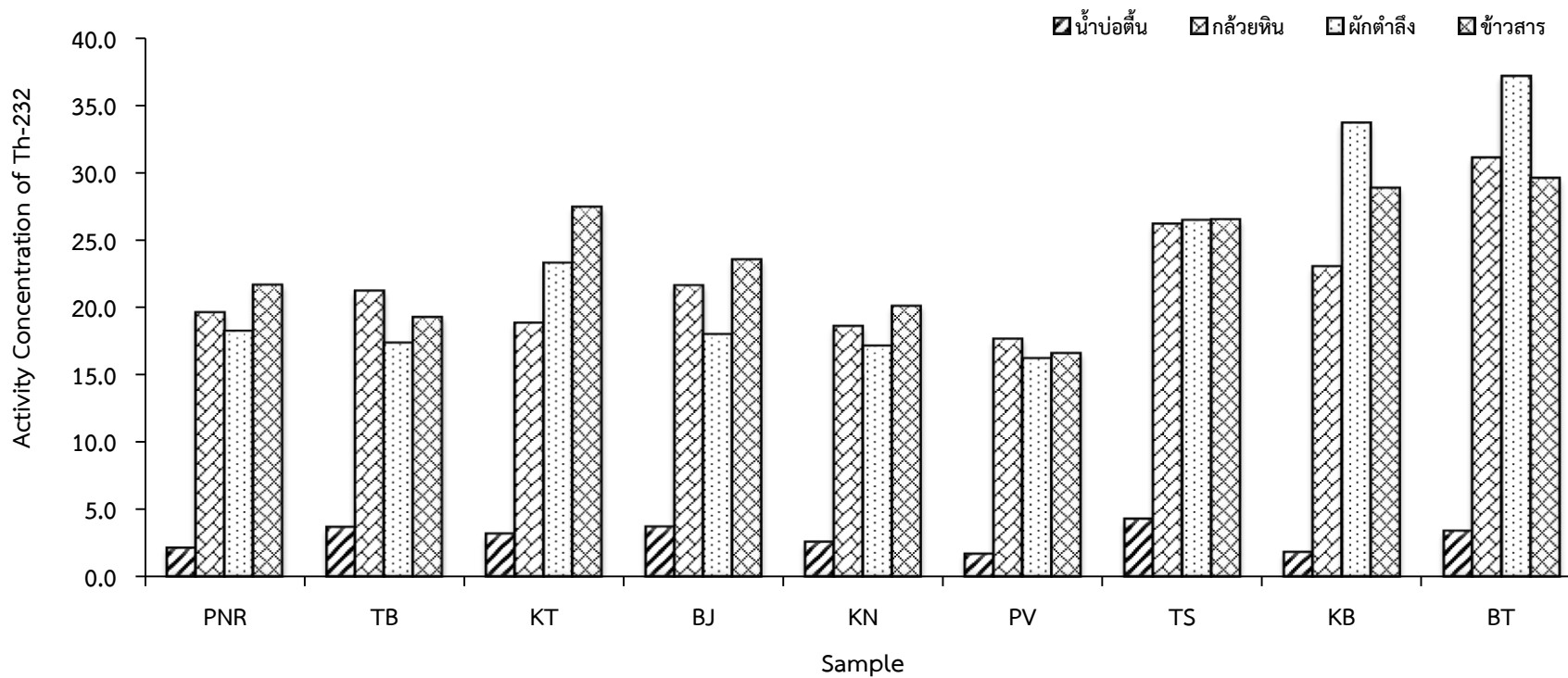


ภาพ 4.38 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆ ในแต่ละตำบล

จากตาราง 4.41 และภาพ 4.38 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ในตัวอย่างกล้วยหิน และข้าวสาร ในตำบลกะลวอเหนือ (KN) และตำบลไพรวัน (PV) จังหวัดนราธิวาส มีค่ามากที่สุด ตามลำดับ และน้อยที่สุดในตัวอย่างน้ำบ่อตื้นในตำบลกะลวอเหนือ (KN) มีค่าน้อยที่สุดจังหวัดนราธิวาส

ตาราง 4.42 การเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 ในตัวอย่างต่างๆ

| Place | Sample | | | |
|-------------|------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|
| | Ground Water (Bq/l) | Banana (Bq/kg) | Ivy Gourd (Bq/kg) | Rice (Bq/kg) |
| ปะนาระ | 2.10±0.47 | 19.60±0.55 | 18.25±2.95 | 21.66±3.88 |
| ตะลุมบอน | 3.60±1.34 | 21.21±0.56 | 17.36±3.30 | 19.28±2.28 |
| เขาตม | 3.13±0.56 | 18.82±0.95 | 23.30±5.62 | 27.41±6.26 |
| บาเจาะ | 3.63±0.77 | 21.60±2.38 | 18.00±2.65 | 23.53±4.19 |
| กะลุวอเหนือ | 2.53±0.72 | 18.58±2.68 | 17.15±2.70 | 20.10±3.40 |
| ไพรวัน | 1.65±0.80 | 17.62±3.56 | 16.21±1.63 | 16.61±1.53 |
| ท่าสาป | 4.21±0.88 | 26.17±2.18 | 26.46±2.56 | 26.49±9.27 |
| โกตาบารู | 1.79±1.11 | 23.01±2.14 | 33.67±2.59 | 28.83±6.31 |
| เบตง | 3.32±1.47 | 31.08±0.94 | 37.14±2.40 | 29.55±3.78 |
| Rang | 1.65-4.21 | 17.62-31.08 | 17.15-37.14 | 16.61-29.55 |
| Average | 2.88±0.90 | 21.97±1.77 | 23.06±2.93 | 23.72±4.54 |

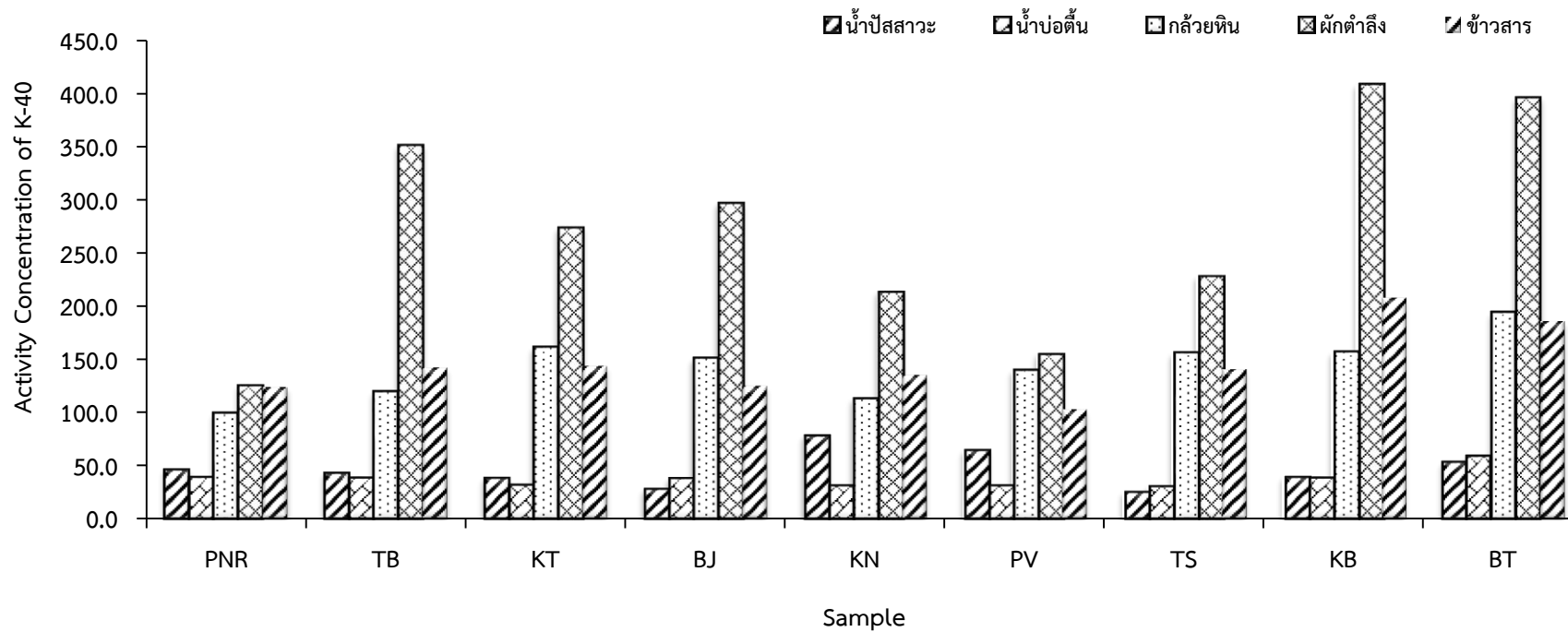


ภาพ 4.39 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆ ในแต่ละตำบล

จากตาราง 4.42 และภาพ 4.39 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีของทอเรียม-232 ในตัวอย่างกล้วยหิน และข้าวสาร ในตำบลเบตง (BT) และตำบลโกตาบารู (KB) จังหวัดยะลามีค่ามากที่สุด ตามลำดับ และน้อยที่สุดในตัวอย่างน้ำบ่อตื้นในตำบลไพรวัน (PV) จังหวัดนราธิวาส

ตาราง 4.43 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างต่างๆ

| Place | Sample | | | | |
|------------|--------------------|------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | Urine (Bq/d) | Ground Water (Bq/l) | Banana (Bq/kg) | Ivy Gourd (Bq/kg) | Rice (Bq/kg) |
| ปะนาระ | 45.90±36.55 | 38.78±2.86 | 99.66±16.38 | 126.09±37.59 | 123.33±26.43 |
| ตะลูนัน | 42.68±36.47 | 38.32±4.08 | 119.42±45.76 | 351.30±22.04 | 141.72±20.31 |
| เขาดูม | 38.20±21.94 | 31.59±5.57 | 161.10±14.19 | 273.93±29.64 | 143.32±28.83 |
| บาเจาะ | 27.68±15.04 | 37.73±4.08 | 150.60±35.63 | 297.14±98.80 | 124.56±22.57 |
| กะลวอเหนือ | 77.70±31.62 | 31.20±1.61 | 112.99±34.43 | 213.49±51.17 | 134.82±13.15 |
| ไพรวัน | 63.97±39.09 | 31.11±3.21 | 139.72±42.83 | 155.20±46.56 | 102.49±12.44 |
| ท่าสาป | 24.92±13.72 | 30.40±2.66 | 155.81±13.79 | 155.20±46.56 | 140.11±11.04 |
| โกตาบารู | 39.04±20.88 | 38.35±5.40 | 156.50±88.22 | 228.20±66.04 | 207.06±25.80 |
| เบตง | 53.13±30.71 | 58.63±6.89 | 193.65±95.90 | 408.60±28.04 | 185.15±18.96 |
| Rang | 24.92-77.70 | 58.63-30.40 | 193.65-99.66 | 408.60-126.09 | 207.06-102.49 |
| Average | 45.91±27.34 | 37.35±4.04 | 143.27±43.01 | 396.11±34.96 | 144.73±19.95 |



ภาพ 4.40 ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ที่มีการเปรียบเทียบตัวอย่างต่างๆ ในแต่ละตำบล

จากตาราง 4.43 และภาพ 4.40 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างตำลึง ตำบลโกตาบารู (KB) และตำบลเบตง (BT) จังหวัดยะลา มีค่ามากที่สุดตามลำดับ รวมทั้งตัวอย่างน้ำบ่อตื้นในทุกๆ ตำบลมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ ยกเว้นตำบลท่าสาป และตำบลเบตง จังหวัดยะลา ที่มีค่ามากกว่าตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

4.7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137, ซีเซียม-134 โพลแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ กับงานวิจัยในประเทศไทย

4.7.1 ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำปัสสาวะในช่วงอายุ

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 พบว่า ช่วงอายุ 56 ปีขึ้นไป มีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.21 ± 0.40 Bq/d และน้อยที่สุดในช่วงอายุ 18-25 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.72 ± 0.29 Bq/d โดยตำบลที่มีค่าสูงสุดคือ ตำบลไพรวัน เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.94 ± 0.58 Bq/d และรองลงมาคือตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส เช่นเดียวกัน แต่เป็นช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.76 ± 0.33 Bq/d ส่วนตำบลที่มีค่าน้อยที่สุดคือตำบลท่าสาป จังหวัดยะลา ในช่วงอายุ 26-35 ปี โดยค่าดังกล่าวมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (<LLD)

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบว่าช่วงอายุ 26-35 ปี มีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.24 ± 0.39 Bq/d และน้อยที่สุดในช่วงอายุ 18-25 ปี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.78 ± 0.34 Bq/d โดยตำบลที่มีค่าสูงสุดคือ ตำบลเบตง มีค่าเท่ากับ 2.29 ± 0.00 Bq/d ในช่วงอายุ 36-55 ปี และรองลงมาเป็นตำบลท่าสาป จังหวัดยะลา เช่นเดียวกัน ในช่วงอายุ 36-55 ปี มีค่าเท่ากับ 2.01 ± 0.02 Bq/d ตามลำดับ ส่วนตำบลที่มีค่าน้อยที่สุดคือตำบลท่าสาป จังหวัด แต่เป็นช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป พบว่ามีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ (<LLD)

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 พบว่าช่วงอายุ 18-25 ปี มีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 62.20 ± 22.34 Bq/d และน้อยที่สุดในช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 31.44 ± 14.65 Bq/d โดยตำบลที่มีค่าสูงสุดคือตำบลเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเท่ากับ 99.03 ± 25.49 Bq/d ในช่วงอายุ 18-25 ปี และรองลงมาในช่วงอายุ 26-35 ปี ที่ตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเท่ากับ 96.22 ± 26.41 Bq/d ตามลำดับ ส่วนตำบลที่มีค่าน้อยที่สุดคือตำบลท่าสาป ในช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป มีค่าเท่ากับ 16.57 ± 6.19 Bq/d

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 พบว่า ช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไปมีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.87 ± 0.89 Bq/d และน้อยที่สุดในช่วงอายุ 26-35 ปี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.12 ± 0.48 Bq/d โดยตำบลที่มีค่าสูงสุดคือตำบลไพรวัน มีค่าเท่ากับ 6.28 ± 2.75 Bq/d ในช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป และรองลงมาในตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส เช่นเดียวกัน ในช่วงอายุ 18-25 ปี มีค่าเท่ากับ 5.51 ± 1.58 Bq/d ตามลำดับ ส่วนตำบลที่มีค่าน้อยที่สุดคือตำบลบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส ในช่วงอายุ 18-25 ปี มีค่าเท่ากับ 0.19 ± 0.09 Bq/d

4.7.2 ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำปัสสาวะในแต่ละเพศ

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันทั้งในเพศชาย และในเพศหญิง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.00 ± 0.42 Bq/d และ 1.08 ± 0.52 Bq/d ตามลำดับ แต่ยังมีบางตำบลที่เพศชายมีค่ามากกว่าเพศหญิง คือตำบล เขาตุม จังหวัดปัตตานี ตำบลท่าสาป และตำบล โโกตาบารู จังหวัดยะลา

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบว่า เพศชายมีค่าน้อยกว่า เพศหญิง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.95 ± 0.52 Bq/d และ 1.02 ± 0.36 Bq/d ตามลำดับ โดยเฉพาะเพศชายในตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส มีค่าสูงสุด 1.54 ± 1.43 Bq/d ส่วนตำบลอื่นในเพศชายมีค่าน้อยกว่า และใกล้เคียงกับเพศหญิง

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 พบว่า เพศชายมีค่ามากกว่าเล็กน้อยในเพศหญิง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 47.54 ± 22.43 Bq/d และ 45.85 ± 26.01 Bq/d ตามลำดับ โดยมีตำบลปะนาเระ ตำบลเขาตุม จังหวัดปัตตานี ตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส และตำบล โโกตาบารู จังหวัดยะลา ที่เพศชายมีค่าน้อยกว่าเพศหญิง

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 พบว่า เพศชายมีค่าน้อยกว่าในเพศหญิง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.36 ± 0.90 Bq/d และ 1.47 ± 1.00 Bq/d ตามลำดับ และยังพบว่าตำบลปะนาเระ ตำบลสายบุรี จังหวัดปัตตานี ตำบลกะลุวอเหนือ และตำบลไพรวัน จังหวัดนราธิวาส ที่ติดกับชายฝั่งทะเลจะมีค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 มากกว่าตำบลที่อยู่ห่างจากทะเล โดยเฉพาะในจังหวัดยะลา

4.7.3 ผลการเปรียบเทียบตัวอย่างน้ำปัสสาวะในแต่ละจังหวัด

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 พบว่า จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.22 ± 0.56 Bq/d มากกว่า จังหวัดปัตตานี เฉลี่ย 1.00 ± 0.54 Bq/d และจังหวัดยะลา เฉลี่ย 0.85 ± 0.47 Bq/d แต่ยังมีค่าน้อยกว่า (นภาพิพย์, 2555) 4 จังหวัดภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบว่า จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.05 ± 0.54 Bq/d และรองลงมาคือ จังหวัดนราธิวาส และจังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.97 ± 0.58 Bq/d และ 0.84 ± 0.47 Bq/d ตามลำดับ แต่ยังมีค่าน้อยกว่า (นภาพิพย์, 2555) 4 จังหวัดภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 พบว่าจังหวัดนครราชสีมา เฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 56.45 ± 28.58 Bq/d และรองลงมาคือจังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 42.26 ± 31.65 Bq/d และจังหวัดยะลา เฉลี่ย 39.03 ± 21.77 Bq/d ตามลำดับ แต่ยังมีค่าน้อยกว่า (นภาพิพย์, 2555) 4 จังหวัดภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 พบว่า จังหวัดนครราชสีมา เฉลี่ยมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.45 ± 1.96 Bq/d และรองลงคือจังหวัดปัตตานี เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.96 ± 0.68 Bq/d และจังหวัดยะลา เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.79 ± 0.42 Bq/d แต่ยังมีค่าน้อยกว่า (นภาพิพย์, 2555) 4 จังหวัดภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดตรัง และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

4.8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำบ่อน้ำดื่ม กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยต่างประเทศ

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำบ่อน้ำดื่ม ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้มีค่าเท่ากับ 12.36 ± 4.99 Bq/L, 2.88 ± 0.90 Bq/L และ 37.35 ± 4.04 Bq/L ตามลำดับพบว่า มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษาในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ประเทศไทย จเร (2548) และเมื่อเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพรังสีเรเดียม-226 ซึ่งศึกษาที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดย ชัยชนะ (2552) พบว่า มีค่าสูงกว่าเช่นกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาที่ไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะพื้นที่ราบสูงในจังหวัดยะลา ที่มีลักษณะเป็นภูเขาหินแกรนิตทอดยาวไปยังจังหวัดนครราชสีมา ส่งผลให้ระดับค่ากัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างที่ทำการศึกษาลงตามไปด้วย ทำนองเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 และทอเรียม-232 ซึ่งศึกษาที่ประเทศอิหร่าน โดย Ehsanpour *et al.* (2014) พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 และทอเรียม-232 ในตัวอย่างที่ทำการศึกษา มีค่าสูงกว่าส่วนกัมมันตภาพรังสีของโพแทสเซียม-40 มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากประเทศอียิปต์ โดย Hany and Ibrahim (2014) ซึ่งเก็บตัวอย่างระหว่างพื้นที่ที่แตกต่างกัน 2 พื้นที่พบว่า พื้นที่ที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำรอบๆ โรงไฟฟ้า มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนอีกพื้นที่ พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีค่าน้อยกว่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับงานวิจัยที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่ใกล้เคียงกัน คือ ประเทศทางตะวันออกเฉียงที่มีอากาศร้อน ประกอบด้วยประเทศเยเมน และ ประเทศอิรัก ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบ่อน้ำดื่ม พบว่า น้ำบ่อน้ำดื่มที่เก็บมาจากประเทศเยเมน Ibrahim *et al.* (2013) มีค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 และทอเรียม-232 ใกล้เคียงกัน ส่วนตัวอย่างจากประเทศอิรัก Asia *et al.* (2014) มีค่ามากกว่า ทั้งระดับกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 ,ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ตามลำดับ และยังรายงานค่าระดับความปลอดภัยของการบริโภคน้ำดื่ม พบว่ามีความปลอดภัยตามที่คณะกรรมการอาหารระหว่างประเทศเกี่ยวกับการป้องกันรังสี และชีวภาพการวัดรังสี รวมถึงรายงานการวิจัยจากประเทศไนทวีป

ยุโรป โดย Marija *et al.* (2012) ระดับกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำมีค่าต่ำกว่าที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ นอกจากนี้ยังรายงานการวิจัยจากประเทศเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่ Almayahi *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาเก็บตัวอย่างน้ำทางตอนเหนือของประเทศมาเลเซียเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 มีค่าน้อยกว่า ส่วนระดับกัมมันตภาพรังสีของทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีค่ามากกว่า ตามลำดับ ดังตารางการเปรียบเทียบ ดังนี้

ตาราง 4.44 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อตื้น กับแต่ละประเทศ ดังนี้

| Country | Type of water | Activity concentration (Bq/l) | | |
|--|---------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|
| | | Ra-226 | Th-232 | K-40 |
| Thailand(ชัยนะ, 2552) | Ground water | 0.19-4.192 | - | - |
| Iran(Ehsanpour <i>et al.</i> , 2014) | Natural water | 0.12-2.83 | 0.25-7.46 | 2.93-7.16 |
| Iraq(Asia <i>et al.</i> , 2014) | Drinking water | 1.40-55.79 | <LLD-11.95 | 6.38-253.86 |
| Yemen (Ibrahim <i>et al.</i> , 2013) | Ground water | 4.04 | 1.81 | <LLD |
| Malaysia (Almayahi <i>et al.</i> , 2012) | Natural water | 2.86±0.79 | 3.78±1.73 | 152±12 |
| Egypt (Hany and Ibrahim, 2014) | Ground water | 7.68±3.91, | 8.07±0.74 | 27.20± 1.79 |
| Present work | Ground water | 12.36±4.99 | 2.88±0.90 | 37.35±4.04 |

4.9 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างกล้วยหินและผลไม้ กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยในต่างประเทศ

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ มีค่าเท่ากับ 45.27 ± 9.10 Bq/kg, 21.97 ± 1.77 Bq/kg และ 143.27 ± 43.01 Bq/kg ตามลำดับ จากค่าดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยต่างๆ ในต่างประเทศ และทั่วโลก พบว่ามีค่าแตกต่างกัน และใกล้เคียงกันไป เช่น ในตัวอย่างมะละกอกจากประเทศบังคลาเทศ พบว่า Islam *et al.* (2014) ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 และทอเรียม-232 มีค่าสูงกว่า ประมาณ 2 ถึง 3 เท่า ตามลำดับ ส่วนโพแทสเซียม-40 มีค่าน้อยกว่า และอีกงานวิจัยในตัวอย่าง ผัก ผลไม้ ที่มาจากประเทศแคเมอรูน Abiama *et al.* (2012) พบว่า

ค่าเฉลี่ยทั้งกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 และทอเรียม-232 มีค่าน้อยกว่าประมาณ 20 เท่า ส่วนโพแทสเซียม-40 มีค่าใกล้เคียงกัน รวมทั้งในตัวอย่างผัก ที่มีการรับประทานมากที่สุด จากประเทศตุรกี Canbazoglu and Dogru (2013) พบว่าค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีค่าน้อยมาก แต่ยังพบว่าระดับกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม-137 มีค่าใกล้เคียงกัน จากค่าดังกล่าวพบว่าค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากพื้นที่ทำการศึกษามีความแตกต่างทางลักษณะภูมิศาสตร์ และอาจเป็นพื้นที่ทำการเกษตร เพราะพื้นที่ทำการเกษตรอาจจะมีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีที่มาจากในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่ากัมมันตภาพรังสีมีค่าแตกต่างกัน หรืออาจเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบสูง ภูเขา มีการสะสมของหินต่างๆ โดยเฉพาะหินแกรนิตจะมีการสะสมสารกัมมันตภาพรังสีมากกว่าหินชนิดอื่นๆ มากที่สุดดังตารางการเปรียบเทียบ ดังนี้

ตาราง 4.45 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน และผลไม้กับแต่ละประเทศ ดังนี้

| Country | Activity concentration (Bq/kg) | | |
|--|--------------------------------|-------------|-----------------|
| | Ra-226 | Th-232 | K-40 |
| Bangladesh (Islam <i>et al.</i> , 2014) | 80.95±13.61 | 83.53±20.50 | 1,691.45±244.98 |
| Cameroon (Abiama <i>et al.</i> , 2012) | 2.30 | 1.50 | 140.40 |
| Turkey (Canbazoglu and Dogru.,2013) | 1.52±0.34 | 0.98±0.23 | 18.66±1.13 |
| Present work | 45.27±9.10 | 21.97±1.77 | 143.27±43.01 |

4.10 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างตำลึง กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยต่างประเทศ

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ มีค่าเท่ากับ 34.96±5.56 Bq/kg, 23.06±2.93 Bq/kg และ 272.23±46.09 Bq/kg ตามลำดับ และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยต่างๆ ในต่างประเทศ และทั่วโลก พบว่ามีค่าแตกต่างกันไป ได้แก่สิริพร (2549) ในตัวอย่างผัก 15 ชนิด ในพื้นที่อำเภอหนองหาน จังหวัดสงขลา (ประเทศไทย) พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 มีค่าน้อยกว่า เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 7.882 Bq/kg รวมทั้ง บูลิน (2546) ได้รายงานการวิจัยในตัวอย่างผักสดจากกรุงเทพมหานคร ว่าอยู่ในระดับปกติ และจากรายงานผลการวิจัยในตัวอย่าง

ผักจากต่างประเทศ โดย Canbazoglu and Dogru (2013) พบว่าระดับกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างผัก มีค่าเฉลี่ย 0.64 ± 0.26 Bq/kg สำหรับเรเดียม-226, 0.65 ± 0.14 Bq/kg สำหรับ ทอเรียม-232, 13.98 ± 1.22 Bq/kg สำหรับโพแทสเซียม-40 และ 0.54 ± 0.04 Bq/kg สำหรับซีเซียม-137 ซึ่งเห็นได้ว่าระดับกัมมันตภาพรังสีจำเพาะทั้ง 3 ไอโซโทป มีค่าน้อยกว่า ยกเว้นกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าใกล้เคียงกัน รวมทั้งงานวิจัยจากประเทศแคเมอรูน Abiama *et al.* (2012) รายงานระดับกัมมันตภาพรังสีจำเพาะเฉลี่ยของเรเดียม-226และ โพแทสเซียม-40 ต่อน้ำหนักสด 2.30 Bq/kg และ 140.40 Bq/kg ตามลำดับ ดังตารางการเปรียบเทียบ ดังนี้

ตาราง 4.46 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างผัก กับแต่ละประเทศ ดังนี้

| Country | Activity concentration (Bq/kg) | | |
|---|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| | Ra-226 | Th-232 | K-40 |
| Thailand (สิริพร ,2549) | 7.882 | - | - |
| Bangladesh (Islam <i>et al.</i> ,2014) | - | 5.5-23 | 870-2531 |
| Turkey(Canbazoglu and Dogru,2013) | 0.64 ± 0.26 | 0.65 ± 0.14 | 13.98 ± 1.22 |
| Present work | 34.96 ± 5.56 | 23.06 ± 2.93 | 272.23 ± 46.09 |

4.11 ผลการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวสาร กับงานวิจัยในประเทศไทย และงานวิจัยต่างประเทศ

จากผลการทดลองดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวสาร จากพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ มีค่าเท่ากับ 45.71 ± 6.85 Bq/kg, 23.72 ± 4.54 Bq/kg และ 144.73 ± 19.95 Bq/kg ตามลำดับ จากค่าดังกล่าว เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยต่างๆ ในต่างประเทศ และทั่วโลก พบว่ามีค่าแตกต่างกันไป เช่น ไมมูน และประสงค์ (2552) ในตัวอย่างข้าวสารจากศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี กระบี่ พัทลุง และนครศรีธรรมราช (ประเทศไทย) พบว่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 161.83 ± 11.62 Bq/kg, 160.72 ± 11.21 Bq/kg, 162.93 ± 11.89 Bq/kg และ 146.01 ± 9.65 Bq/kg ตามลำดับ รวมทั้ง บูลิน (2546) ได้รายงานการวิจัยในตัวอย่างข้าว จากกรุงเทพฯ ว่าอยู่ในระดับปกติ และจากรายงานดังกล่าวในปี พ.ศ. 2552 พบว่า ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี กระบี่ และพัทลุง มีค่าสูงเล็กน้อย ส่วนข้าวจากศูนย์วิจัยนครศรีธรรมราช มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนงานวิจัยในต่างประเทศ ประกอบด้วย ประเทศอิรัก พบว่า Laith *et al.* (2015) ค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่ามีค่าเฉลี่ย 84.12 ± 19.99 Bq/kg, 39.11 ± 20.23 Bq/kg และ 435.34 ± 155.89 Bq/kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่าระดับกัมมันตภาพรังสีจำเพาะ ทั้ง 3 ไอโซโทป มี

ค่าสูงกว่า โดยเฉพาะในโพแทสเซียม-40 มีค่าสูงกว่าประมาณ 3 เท่า ส่วนประเทศซาอุดีอาระเบีย ได้รายงาน Hassan *et al.* (2014) ระดับกัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างข้าวสารพบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีค่าน้อยกว่ามาก คือเท่ากับ 0.2 Bq/kg, 0.4 Bq/kg และ 138 Bq/kg ตามลำดับ ดังตารางการเปรียบเทียบ ดังนี้

ตาราง 4.47 การเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างข้าวสาร กับแต่ละประเทศ ดังนี้

| Country | Activity concentration (Bq/kg) | | |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|
| | Ra-226 | Th-232 | K-40 |
| Thailand (ไมมูน และประสงค์,2552) | 80.20 | 40.70 | 500.76 |
| India | 86.75 | 53.73 | 331.24 |
| Saudi Arabia (Hassan <i>et al.</i> ,2014) | 0.2 | 0.4 | 138 |
| Turkey(Canbazoglu and Dogru,2013) | 80.82 | 43.31 | 483.22 |
| Malaysia | 18-25 | 35-65 | 65-110 |
| Germany | ---- | 0.4-0.5 | 87-101 |
| Pakistan | 73.45 | 32.56 | 502.71 |
| Iraq(Laith <i>et al.</i> ,2015) | 84.12±19.99 | 39.11±20.23 | 435.34±155.89 |
| Present work | 45.71±6.85 | 23.72±4.54 | 144.73±19.95 |

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยทำให้สามารถสรุป และเสนอแนะในงานวิจัยครั้งนี้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 ตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

ตาราง 5.1 กัมมันตภาพรังสีจำเพาะสูงสุดของแต่ละไอโซโทป ที่เพศ อายุ และที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน

| กัมมันตภาพรังสีจำเพาะ | เพศ | ช่วงอายุ | ที่อยู่อาศัย |
|-----------------------|------|--------------|--------------|
| ซีเซียม-137 | หญิง | 56 ปี ขึ้นไป | ไพรวัน |
| ซีเซียม-134 | หญิง | 26-35 ปี | ไพรวัน |
| โพแทสเซียม-40 | ชาย | 18-25ปี | กะลวอเหนือ |
| ไอโอดีน-131 | หญิง | 56 ปี ขึ้นไป | ไพรวัน |

จากตาราง 5.1 เป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำปัสสาวะของตัวอย่างประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ทั้งที่อยู่อาศัยติดชายหาดทะเล และไม่ติดทะเล รวม 9 ตำบล โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 216 ตัวอย่าง นำมาวัดรังสีโดยใช้หัววัดแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการตรวจวัด 14,400 s/sample โดยได้วิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีจำเพาะ ที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นประกอบด้วยไอโซโทปของซีเซียม-137, ซีเซียม-134, โพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 สำหรับกลุ่มตัวอย่างประชากร ประกอบด้วย 4 ช่วงอายุ คือ 18-25 ปี, 26-35 ปี, 36-55 ปี และ 56 ปีขึ้นไป ทั้งในเพศชาย และเพศหญิง สรุปได้ว่าปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าสูงที่สุดในเพศหญิง ในช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป ในกลุ่มตัวอย่างประชากรที่อาศัยในตำบลไพรวัน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.62 ± 0.66 Bq/d และน้อยที่สุดในกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในช่วงอายุ 18-25 ปี ที่อาศัยอยู่ที่ตำบลปะนาเระ อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี และ ตำบลท่าสาป อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.75 ± 0.47 และ 0.73 ± 0.48 Bq/d ตามลำดับ ส่วนปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบมากที่สุดในตัวอย่างเป็นเพศหญิง ที่มีช่วงอายุ 26-35 ปี อาศัยอยู่ในพื้นที่ตำบลไพรวัน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.33 ± 1.10 Bq/d และน้อยที่สุดในกลุ่มตัวอย่างประชากรที่อยู่ในช่วงอายุ 18-25 ปี ที่อาศัยอยู่ในบริเวณพื้นที่ตำบลบาเจาะ อำเภอยี่งอ จังหวัดนราธิวาสพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.53 ± 0.29 Bq/d เช่นเดียวกับปริมาณ

ค่ากัมมันตภาพรังสีของโพแทสเซียม-40 ที่พบมากที่สุดในกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เป็นเพศชาย ในช่วงอายุ 18-25 ปี ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.70 ± 31.62 Bq/d และมีค่าน้อยที่สุดในกลุ่มตัวอย่างประชากรที่อยู่ในช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป ที่อาศัยในพื้นที่ตำบลท่าสาป อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.92 ± 13.72 Bq/d และสุดท้าย สำหรับปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของไอโอดีน-131 พบมากที่สุดในกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เป็นเพศหญิง ในช่วงอายุ 56 ปี ขึ้นไป และรองลงมาในช่วงอายุ 18-25 ปี อาศัยอยู่ในพื้นที่ตำบลไพรวัน อำเภอดากใบ และตำบลกะลุวอเหนือ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.74 ± 3.22 และ 3.02 ± 2.08 Bq/d ตามลำดับ ส่วนน้อยที่สุดในพบในตัวอย่างประชากรที่อาศัยอยู่ที่ตำบลบาเจาะ อำเภอยิ่งอ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.58 ± 0.58 Bq/d

5.1.2 ตัวอย่างน้ำบ่อต้น

ผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างน้ำบ่อต้นบริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ที่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่ติดชายหาดทะเล กับพื้นที่ที่ราบสูง ใน 9 สถานที่ ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 27 ตัวอย่าง ซึ่งใช้ห้วงวัดแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ในการตรวจวัดครั้งนี้ และใช้เวลาในการตรวจวัด 14,400 s/sample โดยได้วิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วยไอโซโทปของซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าพิสัยระหว่าง 0.24-0.42 Bq/l โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.32 ± 0.04 Bq/l มีค่ามากที่สุดที่ตำบลบาเจาะ อำเภอบาเจาะ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.42 ± 0.10 Bq/l และยังพบว่ามีค่าน้อยที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24 ± 0.05 Bq/l ส่วนกัมมันตภาพรังสีอีกชนิดหนึ่งที่เป็นนิวไคลด์ชนิดเดียวกัน แต่คนละไอโซโทป คือกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 0.22-0.35 Bq/l รวมทั้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.28 ± 0.04 Bq/l โดยตำบลที่มีค่ามากที่สุดคือตำบลบาเจาะ อำเภอยิ่งอ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35 ± 0.02 Bq/l และน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน กับตำบลท่าสาป จังหวัดนราธิวาส และจังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.22 ± 0.04 Bq/l ตามลำดับ ส่วนกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 25.52-3.79 Bq/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.36 ± 4.99 Bq/l พบมากที่สุดที่ตำบลเบตง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.32 ± 16.41 Bq/l และยังพบว่ามีค่าน้อยที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 ± 2.75 Bq/l รวมทั้งปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 1.65-4.21 Bq/l มีค่าเฉลี่ย 2.88 ± 0.90 Bq/l พบมากที่สุดที่ตำบลท่าสาป อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.21 ± 0.88 Bq/l และน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.65 ± 0.80 Bq/l และปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 58.63-30.40 Bq/l มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.35 ± 4.04 Bq/l มีค่ามากที่สุดที่ตำบลเบตง

อำเภอเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 58.63 ± 6.89 Bq/l และในทุกๆตำบลมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันยกเว้น ในตำบลท่าสาป อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา มีค่าน้อยที่สุดคือ 30.40 ± 2.66 Bq/l สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำบ่อต้น ในบริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.36 ± 4.99 Bq/l, 2.88 ± 0.90 Bq/l และ 37.35 ± 4.04 Bq/l ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่มีการศึกษาในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา จเร (2548) และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ซึ่งศึกษาในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดย ชัยชนะ (2552) พบว่ามีค่าสูงกว่าเช่นกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ที่ทำการศึกษาที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะพื้นที่สูงในจังหวัดยะลา ที่มีลักษณะเป็นภูเขาหินแกรนิตทอดยาวไปยังจังหวัดนราธิวาส ส่งผลให้ระดับค่ากัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือ และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 และทอเรียม-232 ซึ่งศึกษาที่ประเทศอิหร่าน โดย Ehsanpour *et al.* (2014) พบว่า มีค่าสูงกว่า ส่วนกัมมันตภาพรังสีของโพแทสเซียม-40 มีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาจากประเทศอียิปต์ โดย Hany and Ibrahim (2014) ซึ่งเก็บตัวอย่างระหว่างพื้นที่ที่แตกต่างกัน 2 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ที่มีการเก็บตัวอย่างน้ำรอบๆ โรงไฟฟ้า มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนอีกพื้นที่ พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีค่าน้อยกว่า ตามลำดับ เมื่อเทียบกับงานวิจัยที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่ใกล้เคียงกัน คือ บริเวณประเทศทางตะวันออกกลางที่มีอากาศร้อน ประกอบด้วยประเทศเยเมน และ ประเทศอิรัก ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำบ่อต้น พบว่า ตัวอย่างน้ำบ่อต้นที่เก็บมาจากประเทศเยเมน Ibrahim *et al.* (2013) มีค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 และทอเรียม-232 ใกล้เคียงกัน ส่วนตัวอย่างจากประเทศอิรัก Asia *et al.* (2014) มีค่ามากกว่า ทั้งระดับกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ตามลำดับ และยังรายงานค่าระดับความปลอดภัยของการบริโภคน้ำดื่ม พบว่ามีความปลอดภัยตามที่คณะกรรมการระหว่างประเทศเกี่ยวกับการป้องกันรังสี และชีวภาพการวัดรังสี และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการวิจัยจากประเทศในทวีปยุโรป โดย Marija *et al.* (2012) พบว่า ระดับกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างน้ำมีค่าต่ำกว่าที่เครื่องสามารถตรวจวัดได้ นอกจากนี้จากรายงานการวิจัยจากพื้นที่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือประเทศมาเลเซีย ที่ศึกษาโดย Almayahi *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาเก็บตัวอย่างน้ำทางตอนเหนือของประเทศมาเลเซียเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีของเรเดียม-226 มีค่าน้อยกว่า ส่วนระดับกัมมันตภาพรังสีของทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 มีค่ามากกว่า ตามลำดับ

ส่วนค่าดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายนอก (H_{ex}) และดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายใน (H_{in}) อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (Annual Dose) รวมทั้งค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศอยู่ในระดับปลอดภัย สามารถสรุปเป็นดังตาราง 5.2

ตาราง 5.2 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างน้ำบ่อต้น

| Hazard | Sample | | | |
|--|---------|-------|---------|------------|
| | Maximum | Place | minimum | Place |
| กัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Bq/l) | 34.59 | เบตง | 9.81 | กะลวอเหนือ |
| อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (nGy/h) | 16.17 | เบตง | 4.62 | กะลวอเหนือ |
| ความเสี่ยงรังสีภายนอก (Bq/l) | 0.09 | เบตง | 0.03 | กะลวอเหนือ |
| ความเสี่ยงรังสีภายใน (Bq/l) | 0.02 | เบตง | 0.04 | กะลวอเหนือ |
| อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (mSv/y) | 0.16 | เบตง | 0.01 | กะลวอเหนือ |

5.1.3 ตัวอย่างกล้วยหิน

ผลการวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างกล้วยหินในบริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ใน 9 สถานที่ๆละ 3 ตัวอย่างรวมเก็บตัวอย่างทั้งหมด 27 ตัวอย่าง มาวัดรังสีโดยใช้หัววัดแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ในการตรวจวัดครั้งนี้ และใช้เวลาในการตรวจวัด 14,400 s/sample มาทำการวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วยไอโซโทปของซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าพิสัยระหว่าง 0.95-1.25 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.08 ± 0.28 Bq/kg โดยพบว่ามีค่ามากที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 ± 0.37 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลท่าสาป อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.90 ± 0.29 Bq/kg ส่วนกัมมันตภาพรังสีอีกชนิดหนึ่งที่เป็นนิวไคลด์เดียวกันแต่คนละไอโซโทป คือกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 0.79-1.31 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.09 ± 0.24 Bq/kg โดยพบมากที่สุดในบริเวณตำบลกะลวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.31 ± 0.29 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู อำเภอรามัน จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 ± 0.13 Bq/kg ตามลำดับ ส่วนกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 พบว่า กัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 77.04-17.55 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.27 ± 9.10 Bq/kg มีค่ามากที่สุดในตำบลกะลวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77.04 ± 10.75 Bq/kg และน้อยที่สุดที่ตำบลโกตาบารู อำเภอรามัน จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.55 ± 1.73 Bq/kg รวมทั้งปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 17.62-31.08 Bq/kg มี

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.97 ± 1.77 Bq/kg โดยมีค่ามากที่สุดในตลาดเบตง อำเภอเบตงจังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.08 ± 0.94 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอดงเรียวจังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.62 ± 3.56 Bq/kg และปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 พบว่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 มีค่าพิสัยระหว่าง $193.65-99.66$ Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 143.27 ± 43.01 Bq/kg โดยมีค่ามากที่สุดในตลาดเบตง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.65 ± 95.90 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลปะนาเระ อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 99.66 ± 16.38 Bq/kg

ส่วนค่าดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายนอก (H_{ex}) ดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายใน (H_{in}) อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (Annual Dose) รวมทั้งค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ D (nGy/h) อยู่ในระดับปลอดภัย สามารถสรุปเป็นดังตาราง 5.3 ดังนี้

ตาราง 5.3 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างกล้วยหิน

| Hazard | Sample | | | |
|--|---------|-------------|---------|----------|
| | Maximum | Place | minimum | Place |
| กัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Bq/kg) | 112.30 | กะลุวอเหนือ | 62.50 | โกตาบารู |
| อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (nGy/h) | 51.77 | กะลุวอเหนือ | 28.90 | โกตาบารู |
| ความเสี่ยงรังสีภายนอก (Bq/kg) | 0.30 | กะลุวอเหนือ | 0.17 | โกตาบารู |
| ความเสี่ยงรังสีภายใน (Bq/kg) | 0.51 | กะลุวอเหนือ | 0.22 | โกตาบารู |
| อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (mSv/y) | 0.06 | กะลุวอเหนือ | 0.04 | โกตาบารู |

5.1.4 ตัวอย่างตำลึง

ผลการวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วยไอโซโทปของซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างตำลึงในบริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ใน 9 สถานที่ๆละ 3 ตัวอย่าง รวมเก็บตัวอย่างทั้งหมด 27 ตัวอย่าง มาวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ในการตรวจวัดครั้งนี้ และใช้เวลาในการตรวจวัดตัวอย่าง 14400 s/sample ผลการวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วย ซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าพิสัยระหว่าง $0.89-1.21$ Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 ± 0.27 Bq/kg

โดยมีค่ามากที่สุดในบริเวณตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.21 ± 0.26 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลตะลุบัน อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.89 ± 0.33 Bq/kg ส่วนกัมมันตภาพรังสีอีกชนิดหนึ่งที่เป็นนิวไคลด์เดียวกันแต่คนละไอโซโทปคือกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง $0.94-1.24$ Bq/kg โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.11 ± 0.30 Bq/kg โดยมีค่ามากที่สุดในตำบลเบตง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.24 ± 0.43 Bq/kg และยังมีน้อยที่สุดในพื้นที่ตำบลปะนาเระ อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.94 ± 0.40 Bq/kg ตามลำดับ ส่วนกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 มีค่าพิสัยระหว่าง $60.18-13.52$ Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.96 ± 5.56 Bq/kg มีค่ามากที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.18 ± 17.22 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลเขาตม อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.52 ± 4.03 Bq/kg รวมทั้งปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง $17.15-37.14$ Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.06 ± 2.93 Bq/kg โดยมีค่ามากที่สุดในตำบลเบตง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.14 ± 2.40 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.21 ± 1.63 Bq/kg และสุดท้าย ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง $408.60-155.20$ Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 272.23 ± 46.09 Bq/kg มีค่ามากที่สุดในตำบลเบตง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 408.60 ± 28.04 Bq/kg และมีค่าน้อยที่สุดในพื้นที่ตำบลปะนาเระ อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 126.09 ± 37.59 Bq/kg

ส่วนดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายนอก (H_{ex}) และดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายใน (H_{in}) อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (Annual Dose) รวมทั้งค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ D (nGy/h) อยู่ในระดับปลอดภัย สามารถสรุปเป็นดังตาราง 5.4

ตาราง 5.4 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Hazard | Sample | | | |
|--|---------|-------|---------|--------|
| | Maximum | Place | minimum | Place |
| กัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Bq/kg) | 129.45 | เบตง | 64.28 | บาเจาะ |
| อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (nGy/h) | 60.67 | เบตง | 30.74 | บาเจาะ |
| ความเสี่ยงรังสีภายนอก (Bq/kg) | 0.35 | เบตง | 0.17 | บาเจาะ |
| ความเสี่ยงรังสีภายใน (Bq/kg) | 0.47 | เบตง | 0.22 | บาเจาะ |
| อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (mSv/y) | 0.07 | เบตง | 0.04 | บาเจาะ |

5.1.5 ตัวอย่างข่าวสาร

ผลการวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วยไอโซโทปของซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข่าวสารในบริเวณพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ ใน 9 สถานที่ๆละ 3 ตัวอย่าง รวมเก็บตัวอย่างทั้งหมด 27 ตัวอย่าง วัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) และใช้เวลาในการตรวจวัดตัวอย่าง 14,400 s/sample โดยได้ทำการวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตภาพรังสีจำเพาะที่มีอยู่ในธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ประกอบด้วยไอโซโทปซีเซียม-137, ซีเซียม-134, เรเดียม-226, ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 พบว่า ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 มีค่าพิสัยระหว่าง 0.95-1.24 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.10 ± 0.23 Bq/kg โดยมีค่าสูงที่สุดในตำบลปะนาเระ อำเภอปะนาเระ จังหวัดปัตตานี มีค่าเฉลี่ย 1.24 ± 0.11 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลโกตาบารู อำเภอรามัน จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.95 ± 0.13 Bq/kg ส่วนกัมมันตภาพรังสีอีกชนิดหนึ่งที่เป็นนิวไคลด์เดียวกันแต่คนละไอโซโทป คือกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-134 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 0.84-1.17 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 ± 0.26 Bq/kg โดยพบว่ามีค่ามากที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอดากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ย 1.17 ± 0.40 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมืองนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.84 ± 0.23 Bq/kg ตามลำดับ ส่วนกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 76.16-13.90 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 45.71 ± 6.85 Bq/kg มีค่ามากที่สุดในพื้นที่ตำบลไพรวัน อำเภอดากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.16 ± 3.42 Bq/kg และพบน้อยที่สุดในพื้นที่บริเวณตำบลเขาตวม อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.90 ± 5.55 Bq/kg รวมทั้งปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของทอเรียม-232 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 29.55-16.61 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.72 ± 4.54 Bq/kg โดยมีค่ามากที่สุดในตำบลเบตง อำเภอเบตง จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.55 ± 3.78 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอดากใบ จังหวัดนราธิวาส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.61 ± 1.53 Bq/kg และปริมาณกัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 พบว่า มีค่าพิสัยระหว่าง 207.06-102.49 Bq/kg มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 144.73 ± 19.95 Bq/kg โดยมีค่ามากที่สุดในตำบลโกตาบารู อำเภอรามัน จังหวัดยะลา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 207.06 ± 25.80 Bq/kg และน้อยที่สุดในตำบลไพรวัน อำเภอดากใบ จังหวัดนราธิวาส เฉลี่ย 102.49 ± 12.44 Bq/kg

ส่วนดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายนอก (H_{ex}) และดัชนีเฉลี่ยความเสี่ยงรังสีภายใน (H_{in}) อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (Annual Dose) รวมทั้งค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) และอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ D (nGy/h) อยู่ในระดับปลอดภัย สามารถสรุปเป็นตาราง 5.5

ตาราง 5.5 ระดับความเสี่ยงของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างข้าวสาร

| Hazard | Sample | | | |
|--|---------|---------|---------|--------|
| | Maximum | Place | minimum | Place |
| กัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Bq/kg) | 115.05 | ปะนาเระ | 64.14 | เขาตุม |
| อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (nGy/h) | 52.98 | ปะนาเระ | 29.42 | เขาตุม |
| ความเสี่ยงรังสีภายนอก (Bq/kg) | 0.31 | ปะนาเระ | 0.17 | เขาตุม |
| ความเสี่ยงรังสีภายใน (Bq/kg) | 0.51 | ปะนาเระ | 0.21 | เขาตุม |
| อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (mSv/y) | 0.06 | ปะนาเระ | 0.04 | เขาตุม |

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำปัสสาวะของกลุ่มตัวอย่างประชากร ควรจะสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของโรคประจำตัวของประชาชนทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงรายละเอียดของไอโซโทปที่ทำการตรวจวัดว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่

5.2.2 ควรศึกษาเพิ่มเติม ในตัวอย่างอื่นๆ เช่น น้ำมะพร้าว ผลไม้อื่นๆ พืชผัก และเนื้อสัตว์ต่างๆ ในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้เพื่อทำให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์ขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กนกพร ธรรมฤทธิ นเรศร์ จันทน์ขาว สุชิน อุดมสมพร และยุทธนา ตุ่มน้อย. 2552. การวิเคราะห์นิวคลีโอไทด์กัมมันตรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในมันสำปะหลัง โดยวิธีแกมมาเรย์สเปกโตรสโคปี. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ครั้งที่ 11 หอประชุมมหิศร ไทยพาณิชย์ปาร์ค พลาซ่า กรุงเทพมหานคร, 2-3 กรกฎาคม 2552, 1-12.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. การปลูกตำลึง. สืบค้นได้จาก: <http://issuu.com/631905/docs>. วันที่สืบค้น [10 มีนาคม 2558].
- กรรติกา ศิริเสนา. 2550. กัมมันตภาพรังสี พลังงานนิวเคลียร์ มนุษย์ สิ่งแวดล้อม และสังคม. กรุงเทพฯ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.
- การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2552. รังสีในสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. ฝ่ายวิศวกรรมนิวเคลียร์, สืบค้นจาก: <http://www3.egat.co.th/ned/>. วันที่สืบค้น [2 มกราคม 2558].
- จุฑารัตน์ สุภานุวัฒน์. 2554. KI กับการป้องกันสารกัมมันตรังสี. สืบค้นได้จาก: <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main>. วันที่สืบค้น [2 เมษายน 2556].
- จเร วุฒิสาสน์ และสุเทพ แสงงาม. 2548. ความเข้มข้นของเรเดียม-226 ในน้ำบ่อต้น ใน อ.นาหม่อม จ.สงขลา. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ สุราษฎร์ธานี.
- จารุณีย์ ทองผาสุก และสมพร ทองคำ. (2545). อันตรายจากรังสี. กรุงเทพฯ. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ. สืบค้นจาก <http://.nst.or.th/jnal/nst-rad-danger.pdf>. วันที่สืบค้น [3 มีนาคม 2558].
- ชัยนะ เจงสะอิ ไตรภพ ผ่องสุวรรณ และธวัช ชิตตระการ. 2552. ไอโซโทปกัมมันตรังสีเรเดียม-226 และการแพร่กระจาย ในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อน ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ดรุณี พิขุนทด. 2539. การหาปริมาณทอเรียมในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ โดยวิธีแอลฟาสเปกโตรเมตรี. ระบบคลังข้อมูลงานวิจัยไทย. สืบค้นได้จาก: <http://www.research.or.th/handel/123456789/169474>
- ดรุณี พิขุนทด. 2546. การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ 1 สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร, หน้า 27-31.
- ดรุณี พิขุนทด. 2555. ขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณรังสีพื้นฐานของสารรังสีที่สลายตัวให้รังสีแกมมา ในปัสสาวะของคนไทย. เอกสารการตรวจวัดปริมาณรังสีพื้นฐานในปัสสาวะและในร่างกายของคนไทย. สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. กรุงเทพมหานคร.
- นภาพิพย์ ภักดี. 2555. การตรวจวัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในปัสสาวะของคนไทยจาก 4 จังหวัดทางภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- นวลละออ รัตนวิมานวงศ์. 2555. วิธีการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในน้ำปัสสาวะสำหรับการประเมินภาวะการขาดสารไอโอดีนในประชากร. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 28(2). 117-131.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- บุลัน เตาวะโต. 2546. การตรวจหานิวไคลด์กัมมันตรังสีในอาหารสดด้วยหัววัดรังสีแกมมาชนิดเจอร์เมเนียมความบริสุทธิ์สูงเพื่อการประเมินปริมาณรังสีที่ประชากรไทยได้รับจากการบริโภคประจำวัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พงศกร สุวรรณเดชา. 2540. ฟิสิกส์นิวเคลียร์. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. พิมพ์ครั้งที่ 3.
- พรธณี พักคง สุชิน อุดมสมพร และคณิงนิจ สกุลศรีผ่อง. 2552. การวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226, ซีเซียม-137 และ โพแทสเซียม-40 ในดินตะกอน บริเวณแหลมตะลุมพุกและฝั่งตะวันตกของแม่น้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นิวเคลียร์ ครั้งที่ 11 หอประชุมมหิศร ไทยพาณิชย์ปาร์ค พลาซ่า กรุงเทพมหานคร, 2-3 กรกฎาคม 2552, 1-10.
- พวงทิพย์ แก้วทับทิม และสมหมาย ช่างเขียน. 2545. ศึกษาปริมาณกัมมันตรังสีของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม-238 และทอเรียม-232 ในหินชนิดต่างๆ บริเวณจังหวัดปัตตานี. วารสารสงขลานครินทร์, 24(1), 149-157.
- พวงทอง ไกรพิบูลย์. 2555. ภาวะขาดไอโอดีน. สืบค้นจาก: <http://haamor.com/th/>. วันที่สืบค้น [2 มีนาคม 2558].
- ภาควิชาพืชไร่นา วิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2553. บทปฏิบัติการที่ 3 ข้าว rice. สืบค้นจาก: <http://agri.kps.ku.ac.th/agron/main>. วันที่สืบค้น [21 มีนาคม 2558].
- มารีนา มีนา ศุภวุฒิ เบ็ญจกุล และประสงค์ เกษราธิคุณ. 2554. การประเมินกัมมันตภาพรังสีธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในตัวอย่างดินบริเวณอำเภอท่าแพ อำเภอละงู และอำเภอทุ่งหว้าของจังหวัดสตูลในประเทศไทย. การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นิวเคลียร์ ครั้งที่ 12 โรงแรมแชงกรี-ลา กรุงเทพมหานคร, 6-7 กรกฎาคม 2554, 1-10.
- ไมมูน เจ๊ะลี และ ประสงค์ เกษราธิคุณ. 2552. การตรวจวัดปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างข้าวจากศูนย์วิจัย ข้าวในภาคใต้ของประเทศไทยโดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโตรเมตรี. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 19. โรงแรม เจ บี หาดใหญ่, อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. วันที่ 24-25 กันยายน 2552, 1-10.
- ศูนย์อำนวยการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ด้านการแพทย์และสาธารณสุข. 2553. ข้อเสนอแนะสำหรับบุคลากรทางการแพทย์เกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี. สืบค้นได้จาก: <http://emc.moph.go.th/index.php?option=com>. วันที่สืบค้น [2 เมษายน 2556].
- สิริพร อังกูร์รัตน์. 2549. การตรวจวัดกัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในผัก ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ด้วยเทคนิคสเปกโตรเมตรีรังสีแกมมา. วารสารสงขลานครินทร์ วทท. 29(5), 1439-1455.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สุวัฒน์ ตียะไพรัช และเดชา มณีนัย. 2531. ธรณีวิทยาระหว่างจังหวัดยะลาและระหว่างอำเภอรามัน. โครงการพัฒนาทรัพยากรธรณี, กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, ยะลา. หน้า 11-17.
- โสวุฒิ ทองประจวบโชค ดารุณี พิขุนทด และวันวิสา สุดประเสริฐ. 2011. การศึกษาการขับถ่าย ไอโอดีน-131 ทางปัสสาวะของผู้ปฏิบัติงานรังสี. วารสารสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 11, ฉบับที่ 3.
- หะหมูม หีมสุหรี และพวงทิพย์ แก้วทับทิม. 2545. วิเคราะห์ค่าปริมาณยูเรเนียมในดินตะกอนในพื้นที่จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส. หุ่นพัฒนานักวิจัย, ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปัตตานี. หน้า 27.
- อุทยานแห่งชาติบูโด-สุไหงปาตี. 2557. ลักษณะภูมิประเทศ. สืบค้นจาก: <http://dnp.go.th/parkreserve/asp/style1>. วันที่สืบค้น [21 มีนาคม 2558].
- Almayahi, B.A., Tajuddin, A.A. and Jaafar, M.S. 2012. Radiation hazard indices of soil and water samples in Northern Malaysian Peninsula. Applied Radiation and Isotopes, 70, 2652-2660.
- Asia, H. Al-Mashhadani, A. and Saleh, M. 2014. Assessment of radioactivity and associated hazards in drinking water in Al-Sadar city, Baghdad. International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciences. 2, 28-33.
- Abiama, E.P., Ben-Bolie, G.H., Amechmachi, N., Najib, F., Khoukhi, E.T. and Ateba, O.P. 2012. Annual intakes of ^{226}Ra , ^{228}Ra and ^{40}K in staple foodstuffs from a high background radiation area in the southwest region of Cameroon. Journal of Environmental Radioactivity, 110, 59-63.
- Canbazoglu, C. and Dogru, M. 2013. A preliminary study on ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K and ^{137}Cs activity concentrations in vegetables and fruits frequently consumed by inhabitants of Elazığ Region, Turkey. Radioanal Nucl Chem, 295, 1245-1249.
- Ehsanpour, E., Reza Abdi, M., Mostajaboddat, M. and Bagheri, H. 2014. Ra^{226} , Th^{232} and K^{40} contents in water samples in part of central deserts in Iran and their potential radiological risk to human population. Journal of Environmental Health Science & Engineering. 1, 1-7.
- El-Mageed, A.I., El-Kamel, A.E., Abbady, A.E. Harb, S. and Saleh, I.I. 2013. Natural radioactivity of ground and hot spring water in some areas in Yemen. Desalination. 321, 28-31.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Gamal, H.E. and El-Mageed, A.I. 2014. Natural Radioactivity in Water Samples from Assiut City, Egypt. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*. 22(1), 44-52.
- Gwynn, J.P., Heldal, H.E., Gafvert, T., Blinova, O., Eriksson, M., Sværen, I., Brungot, A.L., Stralberg, E., Moller, B. and Rudjord, A.I. 2012. Radiological status of the marine environment in the Barents Sea. *Journal of Environmental Radioactivity*, 113, 155-162.
- Hassan, A.A., Abdel-Salam, A.M and El-Taher, A. 2014. Assessment of natural radioactivity levels and heavy metals in different types of rice consumed in Qassim, Saudi Arabia. *Life Science Journal*. 11(11), 829-836.
- Hou, H., Malencheko, A.F., Kucera, J., Dahlgard, H. and Nielsen, S.P. 2002. Iodine-129 in thyroid and urine in Ukraine and Denmark. *The Science of the Total Environment* 302, 63-73.
- Hirose, K., Aoyama, M., Fukasawa, M., Kim, C.S., Komura, K., Povinec, P.P. and Sanchez-Cabeza, J.A. 2007. Plutonium and ¹³⁷Cs in surface water of the South Pacific Ocean. *Science of the Total Environment*, 381, 243-255.
- Islam, A., Begum, A., Yeasmin, S. and Sultana, M.S. 2014. Assessment of dose due to natural radio-nuclides in vegetables of high background radiation area in south-eastern part of Bangladesh. *International Journal of Radiation Research*. 12(3), 271-275.
- Jebur, J.H. and Subber, A.R. H. 2014. Natural radioactivity of some local and imported fertilizers in Basrah Governorate/Iraq. *Scholars Research Library*. 5(5), 18-22.
- Jundi, J. A., Werner, E., Roth, P., Holtrriegl, V., Wendler, I. and Schramel, P. 2004. Thorium and uranium contents in human urine: influence of age and residential area. *Journal of Environmental Radioactivity*. 71, 61-70.
- Manickam, E., Sdraulig, S. and Tinker, R.A. 2008. Method design and validation for the determination of uranium levels in human urine using high-resolution alpha spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity* 99, 491-501.
- Marija, M.J., Dragana, J.T., Natasa, A.T. and Jovana, N. 2012. Natural radionuclides in drinking waters in Serbia. *Applied Radiation and Isotopes*, 70, 2703-2710.
- Najam, L.A., Tawfiq, N.F., and Kitha, F.H. Measuring radioactivity level in various types of rice using NaI (TL) detector. *American Journal of Engineering Research*. 4(3), 126-132.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Takeyasa, M. and Sumiya, S. 2014. Estimation of dry deposition velocities of radionuclides released by the accident at the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant. Nuclear Science and Technology. 4, 64-67.
- Saeed, M. A., Wahab, N. A. A., Hossain, I., Ahmed, R., Abdullah, H.Y., Ramli, A.T. and Tahir, B.H. 2011. Measuring radioactivity level in various types of rice using hyper pure germanium (HPGe) detector. International Journal of the Physical Sciences. 6(32), 7335–7340.
- Samer, J., Al-Kharouf, I., Al-Hamarneh, F. and Munir, D. 2008. Natural radioactivity, dose assessment and uranium uptake by agricultural crops at Khan Al-Zabeeb, Jordan. Journal of Environmental Radioactivity 99, 1192-1199.
- U.S. Environmental Protection Agency Office of Water. 2003. Health Effects Support Document for Naphthalene. Health and Ecological Criteria Division. Washington DC, USA. 149 p.

Prince of Songkhla University
Pattani Campus

ภาคผนวก

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ก

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ก-1 ข้อมูลแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน

รายละเอียดสารรังสีมาตรฐาน I-131 สำหรับตัวอย่างน้ำปัสสาวะ

1. เตรียม Stocked I-131 ใช้น้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร + I-131 ปริมาตร 0.05 มิลลิลิตร รวม 10.05 มิลลิลิตร

ดังนั้น Stocked I-131 มีปริมาตร 10.05 มิลลิลิตร มีกัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น 48.3 มิลลิลิตร

2. เตรียมสารรังสีมาตรฐาน I-131 ในน้ำปัสสาวะ โดยใช้ตัวอย่างปัสสาวะ 27 มิลลิลิตร + กรดไนตริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร และ Stocked I-131 10 μ l

การหาค่ากัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น (A_0) ของสารรังสีมาตรฐาน I-131 ในปัสสาวะ

จาก Stocked I-131 มีปริมาตร 10.05 มิลลิลิตร มีกัมมันตภาพรังสีเริ่มต้น 48.3 มิลลิลิตร
ถ้าใช้ I-131 ปริมาตร 10 μ l มีค่ากัมมันตภาพรังสีเริ่มต้นของ I-131 เท่ากับ

$$A_0 = \frac{148.3 \times 10^{-3} \times (10 \times 10^{-6})}{10.05 \times 10^{-3}}$$

$$A_0 = 4.81 \times 10^{-7} \text{ Ci}$$

$$\text{และจาก } 1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

ดังนั้น ค่าความแรงเริ่มต้นของสารรังสีมาตรฐาน I-131 ในปัสสาวะ มีค่าเท่ากับ $4.81 \times 10^{-7} \times (3.7 \times 10^{10}) = 17,799.9 \text{ Bq}$

ภาคผนวก ก-2 ตัวอย่าง หนังสือยินยอมเจตนาเข้าร่วมการวิจัย

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

องค์การมหาชน สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
 16 อ. บางเขน กรุงเทพฯ โทร. 1990 โทร. 025295230 ต่อ 2116-8 โทรสาร 025620666

หนังสือแจ้งเจตนายินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย: การตรวจวัดปริมาณรังสีพื้นฐานในปัสสาวะและในร่างกายของคนไทย
 ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว อิมระอุษิณี ประดิษฐ์ประโกะ มีความประสงค์เข้าร่วม
 โครงการวิจัย การตรวจวัดปริมาณรังสีพื้นฐานในปัสสาวะและในร่างกายของคนไทย ข้าพเจ้าได้อ่านและทำความเข้าใจในวัตถุประสงค์การวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย รวมถึงรายละเอียดต่างๆของงานวิจัยนี้ตามเอกสารที่แจ้งผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ข้าพเจ้ายินดีให้ข้อมูลของข้าพเจ้าแก่ผู้วิจัย เพื่อเป็นประโยชน์ในการการศึกษาวิจัยครั้งนี้ และจะปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำการวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้ายินดีเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ภายใต้เงื่อนไขที่ได้รับรู้ไว้แล้วข้างต้น

(นาง อิมระอุษิณี ประดิษฐ์ประโกะ)
 ลงนามผู้เข้าร่วมการวิจัย

(.....)
 ผู้รับผิดชอบหลักของเครือข่าย
 เครือข่าย.....
 ผู้ร่วมโครงการวิจัย

(นางดารุณี พิษนหด)
 ผอ.กลุ่มประเมินค่าปริมาณรังสีจากภายในร่างกาย
 หัวหน้าโครงการวิจัย

ราชการ.....
 ๒๕๖๓

๒๕๖๓

ภาคผนวก ก-3 ตัวอย่าง ข้อมูลผู้เข้าร่วมการวิจัย

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย.....

ข้อมูลผู้เข้าร่วมการวิจัย
โครงการการตรวจวัดปริมาณรังสีพื้นฐานในปัสสาวะและในร่างกายของคนไทย

ศูนย์การแพทย์ป้องกันโรคภัยจากอวกาศ
สำนักงานคณะกรรมการอวกาศและอวกาศแห่งชาติ
16 อ. นนทบุรี อ. นนทบุรี โทร. 02599230 ต่อ 21168 โทรสาร 025629688

1. ข้อมูลทั่วไป
ชื่อ-สกุล นาย อภิชาติ อภิชาติ
อายุ 27 ปี เพศ ชาย ส่วนสูง 172 เซนติเมตร น้ำหนัก 57 กิโลกรัม
เชื้อชาติ ไทย สัญชาติ ไทย เบอร์โทรศัพท์ 085-0799208
ที่อยู่ 31 อ. 10 ต. นนทบุรี อ. นนทบุรี จ. นนทบุรี 96110

2. ระยะเวลาอาศัยอยู่ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 27 ปี

3. การใช้ยา
การดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ไม่ดื่ม ดื่ม ปริมาณ แก้ว/วัน ระยะเวลา ปี
การสูบบุหรี่ ไม่สูบ สูบ ปริมาณ มวน/วัน ระยะเวลา ปี
การดื่มชาหรือกาแฟ ไม่ดื่ม ดื่ม ปริมาณ 1 แก้ว/วัน ระยะเวลา ปี
อื่นๆ (ระบุชนิด ปริมาณ และระยะเวลา)

4. การบริโภคอาหาร

| | |
|--|--|
| อาหารทะเล | อาหารประเภทไข่ |
| <input type="radio"/> ไม่บริโภค | <input type="radio"/> ไม่บริโภค |
| <input type="radio"/> บริโภคมาครั้งหรือไม่ค่อยบริโภค | <input type="radio"/> บริโภคมาครั้งหรือไม่ค่อยบริโภค |
| <input checked="" type="radio"/> บริโภค 1-2 มื้อ/สัปดาห์ | <input checked="" type="radio"/> บริโภค 1-2 มื้อ/สัปดาห์ |
| <input type="radio"/> บริโภค 3-5 มื้อ/สัปดาห์ | <input type="radio"/> บริโภค 3-5 มื้อ/สัปดาห์ |
| <input type="radio"/> บริโภค 6-10 มื้อ/สัปดาห์ | <input type="radio"/> บริโภค 6-10 มื้อ/สัปดาห์ |
| <input type="radio"/> บริโภคทุกวัน | <input type="radio"/> บริโภคทุกวัน |

5. ประวัติการเจ็บป่วยหรือการปรากฏโรคทั้งในอดีตและปัจจุบัน
อดีต

ปัจจุบัน

โรคเกี่ยวกับต่อมไทรอยด์

6. การตรวจวินิจฉัยหรือการรักษาโรคด้วยเทคนิคทางรังสี (ระบุเทคนิค ส่วนของร่างกาย และช่วงเวลา
ที่ทำการตรวจวินิจฉัยหรือการรักษาโรคด้วยเทคนิคทางรังสี)

7. เคยปฏิบัติงานกับรังสีหรือไม่ (หากเคย โปรดระบุหน้าที่ และวิธีปฏิบัติงาน)
.....
.....
.....

รายละเอียดผู้เข้าร่วมการวิจัย คุณณี พิษุภาก

ภาคผนวก ก-4

ตาราง ผ ก-4-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลปะนาเระ

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) |
|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| ปัตตานี ปะนาเระ | ซูลกิฟลี (1) | U-PN-PNR-SK-1 | 0.43 | <LLD |
| | | U-PN-PNR-SK-2 | <LLD | 0.62 |
| | | U-PN-PNR-SK-3 | 0.52 | 0.59 |
| | ยาดี (1) | U-PN-PNR-YT-1 | 0.53 | 1.20 |
| | | U-PN-PNR-YT-2 | <LLD | <LLD |
| | | U-PN-PNR-YT-3 | 1.19 | 0.45 |
| | อาเด็ก (2) | U-PN-PNR-RD-1 | 1.20 | 1.37 |
| | | U-PN-PNR-RD-2 | <LLD | 0.88 |
| | | U-PN-PNR-RD-3 | 0.60 | <LLD |
| | รอซีต๊ะ (2) | U-PN-PNR-RC-1 | 0.74 | <LLD |
| | | U-PN-PNR-RC-2 | 0.61 | 1.40 |
| | | U-PN-PNR-RC-3 | <LLD | <LLD |
| | หามะ (3) | U-PN-PNR-HM-1 | 0.30 | <LLD |
| | | U-PN-PNR-HM-2 | 0.37 | <LLD |
| | | U-PN-PNR-HM-3 | 0.22 | 0.25 |
| | เจาะเยาะ (3) | U-PN-PNR-JY-1 | 2.31 | 1.31 |
| | | U-PN-PNR-JY-2 | 0.55 | <LLD |
| | | U-PN-PNR-JY-3 | 0.36 | 0.83 |
| | สะมาแฮ (4) | U-PN-PNR-SA-1 | 0.65 | <LLD |
| | | U-PN-PNR-SA-2 | 0.74 | 0.84 |
| | | U-PN-PNR-SA-3 | 0.97 | 1.11 |
| กลือซง (4) | U-PN-PNR-KC-1 | <LLD | <LLD | |
| | U-PN-PNR-KC-2 | 0.83 | 0.94 | |
| | U-PN-PNR-KC-3 | <LLD | 0.96 | |
| รวม | - | - | 0.75±0.47 | 0.85±0.41 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ใน
 ตำบลปะนาเระ (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) |
|--------------------|----------------|---------------|-------------|--------------|
| ปัตตานี ปะนาเระ | ซูลกิฟลี (1) | U-PN-PNR-SK-1 | 89.74 | 0.68 |
| | | U-PN-PNR-SK-2 | 9.36 | 0.42 |
| | | U-PN-PNR-SK-3 | 17.87 | 0.81 |
| | ยาดี (1) | U-PN-PNR-YT-1 | 27.23 | 0.41 |
| | | U-PN-PNR-YT-2 | 23.93 | 1.36 |
| | | U-PN-PNR-YT-3 | 13.62 | 0.62 |
| | อาเด็ก (2) | U-PN-PNR-RD-1 | 103.28 | 2.81 |
| | | U-PN-PNR-RD-2 | 40.00 | 1.21 |
| | | U-PN-PNR-RD-3 | 41.52 | 1.88 |
| | รอซีตะ (2) | U-PN-PNR-RC-1 | 63.44 | <LLD |
| | | U-PN-PNR-RC-2 | 74.01 | 0.48 |
| | | U-PN-PNR-RC-3 | 50.21 | 0.38 |
| | หามะ (3) | U-PN-PNR-HM-1 | 10.50 | 0.48 |
| | | U-PN-PNR-HM-2 | 31.46 | 0.29 |
| | | U-PN-PNR-HM-3 | 15.21 | 0.17 |
| | เจะเยาะ (3) | U-PN-PNR-JY-1 | 158.85 | 0.90 |
| | | U-PN-PNR-JY-2 | 38.01 | 1.72 |
| | | U-PN-PNR-JY-3 | 18.80 | 1.42 |
| | สะมาแฮ (4) | U-PN-PNR-SA-1 | 44.56 | 0.25 |
| | | U-PN-PNR-SA-2 | 44.32 | 0.29 |
| U-PN-PNR-SA-3 | | 66.94 | 0.76 | |
| กลือซง (4) | U-PN-PNR-KC-1 | 90.06 | 0.82 | |
| | U-PN-PNR-KC-2 | 14.21 | 1.29 | |
| | U-PN-PNR-KC-3 | 14.53 | 2.64 | |
| รวม | - | - | 45.90±36.55 | 0.96±0.74 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
 (3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลตะลุง

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 | Cs-134 | |
|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| ปัตตานี ตะลุง | อัลอตรี (1) | U-PN-TB-ADR-1 | 1.07 | <LLD | |
| | | U-PN-TB-ADR-2 | 1.09 | 0.62 | |
| | | U-PN-TB-ADR-3 | 1.04 | 0.79 | |
| | นิมูรณี (1) | U-PN-TB-NMN-1 | 0.34 | <LLD | |
| | | U-PN-TB-NMN-2 | 0.43 | 0.98 | |
| | | U-PN-TB-NMN-3 | 0.46 | 1.06 | |
| | มะซอฟี (2) | U-PN-TB-MS-1 | | | |
| | | U-PN-TB-MS-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-PN-TB-MS-3 | | | |
| | อารีนา (2) | U-PN-TB-AR-1 | 1.75 | 1.00 | |
| | | U-PN-TB-AR-2 | 1.93 | 1.47 | |
| | | U-PN-TB-AR-3 | 0.72 | <LLD | |
| | มะนาแซ (3) | U-PN-TB-MNS-1 | | | |
| | | U-PN-TB-MNS-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-PN-TB-MNS-3 | | | |
| | นิเยาะ (3) | U-PN-TB-NY-1 | 0.88 | 0.50 | |
| | | U-PN-TB-NY-2 | <LLD | 0.80 | |
| | | U-PN-TB-NY-3 | 0.67 | 0.76 | |
| | มะดาโอะ (4) | U-PN-TB-MDO-1 | 0.86 | <LLD | |
| | | U-PN-TB-MDO-2 | 1.19 | 1.35 | |
| | | U-PN-TB-MDO-3 | 1.25 | 1.43 | |
| | เจะสง (4) | U-PN-TB-JS-1 | 2.00 | 0.76 | |
| | | U-PN-TB-JS-2 | 1.27 | 0.72 | |
| | | U-PN-TB-JS-3 | 1.33 | 1.01 | |
| | รวม | - | - | 0.96±0.56 | 0.70±0.48 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ใน
ตำบลตะลุมพันธ์ (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) |
|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| ปัตตานี ตำบล | อัลฮดีรี (1) | U-PN-TB-ADR-1 | 73.65 | 1.11 |
| | | U-PN-TB-ADR-2 | 131.77 | 1.28 |
| | | U-PN-TB-ADR-3 | 65.95 | 0.27 |
| | นิมรุณี (1) | U-PN-TB-NMN-1 | 35.59 | 0.27 |
| | | U-PN-TB-NMN-2 | 74.01 | 0.34 |
| | | U-PN-TB-NMN-3 | 103.92 | 1.81 |
| | มะชอพี (2) | U-PN-TB-MS-1 | | |
| | | U-PN-TB-MS-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-PN-TB-MS-3 | | |
| | อารีนา (2) | U-PN-TB-AR-1 | 22.59 | 1.71 |
| | | U-PN-TB-AR-2 | 44.35 | 1.01 |
| | | U-PN-TB-AR-3 | 49.82 | 0.28 |
| | มะนาแซ (3) | U-PN-TB-MNS-1 | | |
| | | U-PN-TB-MNS-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-PN-TB-MNS-3 | | |
| | นียะาะ (3) | U-PN-TB-NY-1 | 38.04 | <LLD |
| | | U-PN-TB-NY-2 | 84.84 | 1.65 |
| | | U-PN-TB-NY-3 | 11.51 | 0.52 |
| | มะตาโอะ (4) | U-PN-TB-MDO-1 | 14.78 | 1.34 |
| | | U-PN-TB-MDO-2 | <LLD | 2.32 |
| | | U-PN-TB-MDO-3 | <LLD | 1.96 |
| เจะสง (4) | U-PN-TB-JS-1 | 22.95 | 1.04 | |
| | U-PN-TB-JS-2 | 21.89 | 1.99 | |
| | U-PN-TB-JS-3 | 15.21 | 1.72 | |
| รวม | - | - | 42.68±36.47 | 1.09±0.73 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-3 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลเขาตวม

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) |
|-------------------|------------------|--------------|---------------|---------------|
| ปัตตานี เขาตวม | ฮาซัน (1) | U-PN-KT-HS-1 | 1.45 | 0.55 |
| | | U-PN-KT-HS-2 | 1.02 | 0.58 |
| | | U-PN-KT-HS-3 | 1.06 | 0.80 |
| | ปาตีเมาะ (1) | U-PN-KT-PT-1 | 0.95 | <LLD |
| | | U-PN-KT-PT-2 | 0.34 | 1.18 |
| | | U-PN-KT-PT-3 | 0.53 | 1.20 |
| | อาดือนัน (2) | U-PN-KT-AD-1 | 0.87 | <LLD |
| | | U-PN-KT-AD-2 | 0.97 | 0.74 |
| | | U-PN-KT-AD-3 | 1.00 | 0.57 |
| | ปาอีตะห์ (2) | U-PN-KT-PE-1 | 2.06 | 0.78 |
| | | U-PN-KT-PE-2 | 0.88 | 0.67 |
| | | U-PN-KT-PE-3 | 0.61 | <LLD |
| | อาซี (3) | U-PN-KT-RS-1 | 1.30 | <LLD |
| | | U-PN-KT-RS-2 | 2.06 | 1.17 |
| | | U-PN-KT-RS-3 | 2.64 | <LLD |
| | ต่วนซารีปะห์ (3) | U-PN-KT-TC-1 | 1.63 | 0.93 |
| | | U-PN-KT-TC-2 | <LLD | 0.81 |
| | | U-PN-KT-TC-3 | 0.62 | 0.71 |
| | มะชุยี่ (4) | U-PN-KT-MC-1 | 0.81 | <LLD |
| | | U-PN-KT-MC-2 | 1.66 | 1.89 |
| | | U-PN-KT-MC-3 | 1.48 | 2.53 |
| | ต่วนแย (4) | U-PN-KT-TY-1 | 2.04 | 0.77 |
| | | U-PN-KT-TY-2 | 1.39 | 0.79 |
| U-PN-KT-TY-3 | | 1.88 | <LLD | |
| รวม | - | - | 1.27±0.59 | 0.98±0.52 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี(2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-3 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131
ในตำบลเขาตูม (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) |
|-------------------|------------------|--------------|-------------|--------------|
| ปัตตานี เขาตูม | ฮาซัน (1) | U-PN-KT-HS-1 | 25.03 | 0.38 |
| | | U-PN-KT-HS-2 | 26.30 | 1.19 |
| | | U-PN-KT-HS-3 | 36.36 | 0.27 |
| | ปาตีเมาะ (1) | U-PN-KT-PT-1 | 65.40 | 0.74 |
| | | U-PN-KT-PT-2 | 47.35 | 0.27 |
| | | U-PN-KT-PT-3 | 81.35 | 0.41 |
| | อาดือนัน (2) | U-PN-KT-AD-1 | 37.59 | 1.02 |
| | | U-PN-KT-AD-2 | 22.23 | 0.50 |
| | | U-PN-KT-AD-3 | 43.00 | 1.17 |
| | ปาอีตะห์ (2) | U-PN-KT-PE-1 | 17.72 | 1.07 |
| | | U-PN-KT-PE-2 | 20.17 | <LLD |
| | | U-PN-KT-PE-3 | 41.67 | 0.24 |
| | อาชี (3) | U-PN-KT-RS-1 | 39.26 | 1.27 |
| | | U-PN-KT-RS-2 | 53.15 | 0.80 |
| | | U-PN-KT-RS-3 | 72.82 | 2.48 |
| | ต่วนซารีปะห์ (3) | U-PN-KT-TC-1 | 70.21 | <LLD |
| | | U-PN-KT-TC-2 | 85.83 | 0.56 |
| | | U-PN-KT-TC-3 | 10.73 | 0.49 |
| | มะซูยี (4) | U-PN-KT-MC-1 | 13.98 | 0.32 |
| | | U-PN-KT-MC-2 | 16.31 | 0.65 |
| | | U-PN-KT-MC-3 | 21.37 | 0.58 |
| ต่วนแย (4) | U-PN-KT-TY-1 | 23.39 | 1.06 | |
| | U-PN-KT-TY-2 | 23.96 | 2.17 | |
| | U-PN-KT-TY-3 | 21.61 | <LLD | |
| รวม | - | - | 38.20±21.94 | 0.84±0.58 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-4 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลบาเจาะ

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) | |
|--------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|-----------|
| นราธิวาส บาเจาะ | อาลียะ (1) | U-NR-BJ-AY-1 | <LLD | 0.18 | |
| | | U-NR-BJ-AY-2 | 0.27 | 0.15 | |
| | | U-NR-BJ-AY-3 | 0.17 | 0.39 | |
| | กามีละ (1) | U-NR-BJ-KM-1 | | | |
| | | U-NR-BJ-KM-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-NR-BJ-KM-3 | | | |
| | อุสมาน (2) | U-NR-BJ-AM-1 | 0.42 | <LLD | |
| | | U-NR-BJ-AM-2 | 0.92 | 1.05 | |
| | | U-NR-BJ-AM-3 | 0.32 | 0.18 | |
| | มาสกะห์ (2) | U-NR-BJ-MK-1 | 0.87 | 1.00 | |
| | | U-NR-BJ-MK-2 | 0.85 | 0.65 | |
| | | U-NR-BJ-MK-3 | 0.88 | <LLD | |
| | ปือราเฮง (3) | U-NR-BJ-BH-1 | 1.03 | <LLD | |
| | | U-NR-BJ-BH-2 | 1.19 | 0.68 | |
| | | U-NR-BJ-BH-3 | 1.77 | <LLD | |
| | ชาติพะห์ (3) | U-NR-BJ-CT-1 | 1.35 | 0.77 | |
| | | U-NR-BJ-CT-2 | <LLD | 0.29 | |
| | | U-NR-BJ-CT-3 | 0.15 | <LLD | |
| | คาเดร์ (4) | U-NR-BJ-KD-1 | 0.58 | <LLD | |
| | | U-NR-BJ-KD-2 | 0.40 | 0.45 | |
| | | U-NR-BJ-KD-3 | 0.48 | 0.27 | |
| | มือแย (4) | U-NR-BJ-ME-1 | 1.40 | 0.53 | |
| | | U-NR-BJ-ME-2 | 1.43 | 0.82 | |
| | | U-NR-BJ-ME-3 | 2.03 | <LLD | |
| | รวม | - | - | 0.87±0.53 | 0.53±0.29 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-4 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ใน
ตำบลบาเจาะ (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) | |
|--------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|-----------|
| นราธิวาส บาเจาะ | อาลียะ (1) | U-NR-BJ-AY-1 | 32.65 | 0.12 | |
| | | U-NR-BJ-AY-2 | 31.95 | 0.31 | |
| | | U-NR-BJ-AY-3 | 32.48 | 0.13 | |
| | กามีละ (1) | U-NR-BJ-KM-1 | | | |
| | | U-NR-BJ-KM-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-NR-BJ-KM-3 | | | |
| | อุสมาน (2) | U-NR-BJ-AM-1 | 18.18 | 0.33 | |
| | | U-NR-BJ-AM-2 | 21.09 | 0.48 | |
| | | U-NR-BJ-AM-3 | 13.73 | 0.37 | |
| | มาสกะห์ (2) | U-NR-BJ-MK-1 | 22.55 | <LLD | |
| | | U-NR-BJ-MK-2 | 19.50 | <LLD | |
| | | U-NR-BJ-MK-3 | 60.65 | 0.34 | |
| | บือราเฮง (3) | U-NR-BJ-BH-1 | 31.14 | <LLD | |
| | | U-NR-BJ-BH-2 | 30.64 | 0.46 | |
| | | U-NR-BJ-BH-3 | 48.79 | 1.66 | |
| | ชาติพะห์ (3) | U-NR-BJ-CT-1 | 58.15 | 1.05 | |
| | | U-NR-BJ-CT-2 | 15.52 | 0.10 | |
| | | U-NR-BJ-CT-3 | 2.62 | 0.12 | |
| | คาเดร์ (4) | U-NR-BJ-KD-1 | 10.06 | 0.23 | |
| | | U-NR-BJ-KD-2 | <LLD | <LLD | |
| | | U-NR-BJ-KD-3 | <LLD | 0.19 | |
| | มือแย (4) | U-NR-BJ-ME-1 | 16.01 | 0.73 | |
| | | U-NR-BJ-ME-2 | 37.02 | 2.24 | |
| | | U-NR-BJ-ME-3 | 23.26 | 1.05 | |
| | รวม | - | - | 27.68±15.04 | 0.58±0.58 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก -4-5 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134
ในตำบลกะลุวอเหนือ

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) |
|-------------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| นราธิวาส กะลุวอเหนือ | ทวี (1) | U-NR-KN-TV-1 | <LLD | <LLD |
| | | U-NR-KN-TV-2 | 0.77 | <LLD |
| | | U-NR-KN-TV-3 | 0.89 | 1.02 |
| | รุสมิณี (1) | U-NR-KN-RM-1 | 1.22 | <LLD |
| | | U-NR-KN-RM-2 | 2.37 | 1.35 |
| | | U-NR-KN-RM-3 | 1.40 | 1.59 |
| | รุสลัน (2) | U-NR-KN-RL-1 | 2.03 | <LLD |
| | | U-NR-KN-RL-2 | <LLD | 1.37 |
| | | U-NR-KN-RL-3 | 1.23 | <LLD |
| | อัสลีนา (2) | U-NR-KN-AL-1 | <LLD | 1.45 |
| | | U-NR-KN-AL-2 | 1.26 | <LLD |
| | | U-NR-KN-AL-3 | <LLD | <LLD |
| | อาดะมะ (3) | U-NR-KN-DM-1 | 1.28 | 0.73 |
| | | U-NR-KN-DM-2 | 0.43 | <LLD |
| | | U-NR-KN-DM-3 | <LLD | 0.69 |
| | อนงค์ (3) | U-NR-KN-RN-1 | <LLD | <LLD |
| | | U-NR-KN-RN-2 | 0.66 | 0.75 |
| | | U-NR-KN-RN-3 | 1.07 | 1.22 |
| | สาละ (4) | U-NR-KN-CR-1 | 0.67 | 0.76 |
| | | U-NR-KN-CR-2 | <LLD | 0.82 |
| | | U-NR-KN-CR-3 | 0.95 | 1.08 |
| | เจสาปีเยาะ (4) | U-NR-KN-JS-1 | <LLD | 0.64 |
| | | U-NR-KN-JS-2 | 1.17 | 0.66 |
| U-NR-KN-JS-3 | | 1.45 | 1.65 | |
| รวม | - | - | 1.18±0.50 | 1.05±0.36 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-5 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ใน
 ตำบลกะลุวอเหนือ (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) |
|-------------------------|----------------|--------------|-------------|--------------|
| นราธิวาส กะลุวอเหนือ | ทวี (1) | U-NR-KN-TV-1 | 87.21 | 6.92 |
| | | U-NR-KN-TV-2 | 39.76 | 7.21 |
| | | U-NR-KN-TV-3 | 107.68 | 3.49 |
| | รุสมิณี (1) | U-NR-KN-RM-1 | 104.96 | 5.71 |
| | | U-NR-KN-RM-2 | 61.27 | 6.48 |
| | | U-NR-KN-RM-3 | 96.14 | 3.27 |
| | รุสลัน (2) | U-NR-KN-RL-1 | 139.67 | 3.17 |
| | | U-NR-KN-RL-2 | 123.78 | 2.81 |
| | | U-NR-KN-RL-3 | 84.53 | 1.92 |
| | อัสลีนา (2) | U-NR-KN-AL-1 | 76.63 | <LLD |
| | | U-NR-KN-AL-2 | 87.06 | 1.48 |
| | | U-NR-KN-AL-3 | 65.68 | 0.99 |
| | อาดะมะ (3) | U-NR-KN-DM-1 | 32.96 | 0.50 |
| | | U-NR-KN-DM-2 | 59.52 | 0.67 |
| | | U-NR-KN-DM-3 | 31.49 | 0.24 |
| | อนงค์ (3) | U-NR-KN-RN-1 | 134.48 | 1.74 |
| | | U-NR-KN-RN-2 | 102.12 | 1.54 |
| | | U-NR-KN-RN-3 | 91.93 | 3.34 |
| | สาละ (4) | U-NR-KN-CR-1 | 45.80 | 2.60 |
| | | U-NR-KN-CR-2 | 37.02 | 2.24 |
| U-NR-KN-CR-3 | | 81.55 | 5.92 | |
| จะสาปีเยาะ (4) | U-NR-KN-JS-1 | 58.41 | 1.77 | |
| | U-NR-KN-JS-2 | 40.18 | 3.19 | |
| | U-NR-KN-JS-3 | 74.89 | 2.26 | |
| รวม | - | - | 77.70±30.95 | 3.02±2.08 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
 (3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-6 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลไพรวัน

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) |
|--------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| นราธิวาส ไพรวัน | บักรี (1) | U-NR-PV-BK-1 | 0.50 | 0.19 |
| | | U-NR-PV-BK-2 | 0.59 | 0.33 |
| | | U-NR-PV-BK-3 | 0.79 | 0.45 |
| | ลียานา (1) | U-NR-PV-LY-1 | 1.62 | 0.92 |
| | | U-NR-PV-LY-2 | 0.81 | 1.84 |
| | | U-NR-PV-LY-3 | 2.23 | 2.54 |
| | อิบราฮีม (2) | U-NR-PV-IB-1 | 2.34 | 1.78 |
| | | U-NR-PV-IB-2 | 1.80 | 5.48 |
| | | U-NR-PV-IB-3 | 1.87 | 1.42 |
| | รอซีต๊ะห์ (2) | U-NR-PV-RCD-1 | 0.91 | 1.03 |
| | | U-NR-PV-RCD-2 | 1.88 | 0.54 |
| | | U-NR-PV-RCD-3 | 2.82 | 0.80 |
| | มะสาละ (3) | U-NR-PV-ML-1 | 1.50 | <LLD |
| | | U-NR-PV-ML-2 | 2.46 | 1.40 |
| | | U-NR-PV-ML-3 | 2.37 | <LLD |
| | รอกีเยาะ (3) | U-NR-PV-RK-1 | 1.57 | 0.90 |
| | | U-NR-PV-RK-2 | 0.55 | 0.62 |
| | | U-NR-PV-RK-3 | <LLD | 0.70 |
| | อาแวหามะ (4) | U-NR-PV-US-1 | 1.68 | 0.96 |
| | | U-NR-PV-US-2 | 1.66 | 1.89 |
| | | U-NR-PV-US-3 | 1.49 | <LLD |
| | แมะเยาะ (4) | U-NR-PV-MY-1 | 1.35 | 0.77 |
| | | U-NR-PV-MY-2 | 2.05 | 1.56 |
| | | U-NR-PV-MY-3 | 2.32 | 1.76 |
| รวม | - | - | 1.62±0.66 | 1.33±1.10 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-6 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131 ใน
ตำบลไพรวัน (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) |
|--------------------|----------------|---------------|--------------------|------------------|
| นราธิวาส ไพรวัน | บักรี (1) | U-NR-PV-BK-1 | 34.66 | 0.39 |
| | | U-NR-PV-BK-2 | 70.58 | 0.69 |
| | | U-NR-PV-BK-3 | 74.46 | 1.84 |
| | ลียานา (1) | U-NR-PV-LY-1 | 167.57 | 2.53 |
| | | U-NR-PV-LY-2 | 138.99 | 3.78 |
| | | U-NR-PV-LY-3 | 76.90 | 13.95 |
| | อิบราฮีม (2) | U-NR-PV-IB-1 | 67.11 | 1.83 |
| | | U-NR-PV-IB-2 | 41.41 | 2.35 |
| | | U-NR-PV-IB-3 | 53.64 | 1.46 |
| | รอซีต๊ะห์ (2) | U-NR-PV-RCD-1 | 23.40 | 2.48 |
| | | U-NR-PV-RCD-2 | 32.34 | 1.83 |
| | | U-NR-PV-RCD-3 | 97.17 | 3.86 |
| | มะสาละ (3) | U-NR-PV-ML-1 | 90.35 | 2.93 |
| | | U-NR-PV-ML-2 | 63.59 | 4.33 |
| | | U-NR-PV-ML-3 | 108.93 | 3.70 |
| | รอเกียะ (3) | U-NR-PV-RK-1 | 33.85 | 0.92 |
| | | U-NR-PV-RK-2 | 65.98 | 2.56 |
| | | U-NR-PV-RK-3 | 5.30 | 0.72 |
| | อาแวหามะ (4) | U-NR-PV-US-1 | 28.88 | 5.24 |
| | | U-NR-PV-US-2 | <LLD | 8.40 |
| | | U-NR-PV-US-3 | <LLD | 5.23 |
| | แมะเยาะ (4) | U-NR-PV-MY-1 | 23.18 | 5.78 |
| | | U-NR-PV-MY-2 | 82.40 | 2.14 |
| | | U-NR-PV-MY-3 | 26.66 | 10.88 |
| รวม | - | - | 63.97±39.09 | 3.74±3.22 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-7 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลท่าสาป

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) |
|----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| ยะลา ท่าสาป | มะรอฟี (1) | U-YL-TS-MR-1 | 0.41 | <LLD |
| | | U-YL-TS-MR-2 | 0.40 | 0.51 |
| | | U-YL-TS-MR-3 | <LLD | 0.49 |
| | มูรณี (1) | U-YL-TS-MN-1 | <LLD | 0.46 |
| | | U-YL-TS-MN-2 | 0.36 | <LLD |
| | | U-YL-TS-MN-3 | <LLD | <LLD |
| | บุครี (2) | U-YL-TS-BK-1 | | |
| | | U-YL-TS-BK-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-YL-TS-BK-3 | | |
| | นาซีบะห์ (2) | U-YL-TS-NC-1 | <LLD | 2.02 |
| | | U-YL-TS-NC-2 | <LLD | 1.98 |
| | | U-YL-TS-NC-3 | <LLD | 2.02 |
| | มะรุสดี (3) | U-YL-TS-MD-1 | 0.68 | 0.78 |
| | | U-YL-TS-MD-2 | 0.78 | 0.89 |
| | | U-YL-TS-MD-3 | 0.60 | 0.68 |
| | ยีชะ (3) | U-YL-TS-YS-1 | 0.60 | 1.38 |
| | | U-YL-TS-YS-2 | 0.61 | 0.70 |
| | | U-YL-TS-YS-3 | 1.14 | 0.65 |
| | ปือราเฮง (4) | U-YL-TS-BR-1 | 1.54 | <LLD |
| | | U-YL-TS-BR-2 | 0.73 | <LLD |
| | | U-YL-TS-BR-3 | 0.65 | <LLD |
| | ตีเมาะห์ (4) | U-YL-TS-TM-1 | | |
| | | U-YL-TS-TM-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-YL-TS-TM-3 | | |
| รวม | - | - | 0.73±0.31 | 1.09±0.58 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-7 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131
ในตำบลท่าสาป (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) |
|----------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| ยะลา ท่าสาป | มะรอฟี (1) | U-YL-TS-MR-1 | 48.00 | 0.41 |
| | | U-YL-TS-MR-2 | 39.00 | 0.40 |
| | | U-YL-TS-MR-3 | 34.04 | <LLD |
| | มูรณี (1) | U-YL-TS-MN-1 | 39.97 | <LLD |
| | | U-YL-TS-MN-2 | 56.32 | 0.36 |
| | | U-YL-TS-MN-3 | 17.95 | <LLD |
| | บุครี (2) | U-YL-TS-BK-1 | | |
| | | U-YL-TS-BK-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-YL-TS-BK-3 | | |
| | นาซีปะห์ (2) | U-YL-TS-NC-1 | 15.23 | 1.38 |
| | | U-YL-TS-NC-2 | 29.91 | 0.68 |
| | | U-YL-TS-NC-3 | 15.28 | <LLD |
| | มะรุสดี (3) | U-YL-TS-MD-1 | 23.54 | 1.07 |
| | | U-YL-TS-MD-2 | 13.44 | <LLD |
| | | U-YL-TS-MD-3 | 10.30 | 0.47 |
| | ยีชะ (3) | U-YL-TS-YS-1 | 25.00 | 0.94 |
| | | U-YL-TS-YS-2 | 21.04 | 0.95 |
| | | U-YL-TS-YS-3 | 9.85 | 0.45 |
| | ปือราเฮง (4) | U-YL-TS-BR-1 | 13.29 | 1.21 |
| | | U-YL-TS-BR-2 | 25.25 | 1.14 |
| | | U-YL-TS-BR-3 | 11.18 | 0.51 |
| | ตีเมาะห์ (4) | U-YL-TS-TM-1 | | |
| | | U-YL-TS-TM-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| U-YL-TS-TM-3 | | | | |
| รวม | - | - | 24.92±13.72 | 0.77±0.36 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-8 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลโกตาบารู

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) |
|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| ยะลา โกตาบารู | ตัลมีซี (1) | U-YL-KB-TMC-1 | | |
| | | U-YL-KB-TMC-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-YL-KB-TMC-3 | | |
| | ซูไลนี (1) | U-YL-KB-SLN-1 | 0.53 | <LLD |
| | | U-YL-KB-SLN-2 | 0.21 | 0.23 |
| | | U-YL-KB-SLN-3 | 0.48 | 1.08 |
| | บัตรี (2) | U-YL-KB-BD-1 | 0.70 | <LLD |
| | | U-YL-KB-BD-2 | 0.72 | 0.41 |
| | | U-YL-KB-BD-3 | 0.78 | 0.44 |
| | ปาตีเมาะ (2) | U-YL-KB-PM-1 | 1.44 | 1.10 |
| | | U-YL-KB-PM-2 | 0.35 | <LLD |
| | | U-YL-KB-PM-3 | 0.95 | <LLD |
| | สตอปาร์ (3) | U-YL-KB-STP-1 | | |
| | | U-YL-KB-STP-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-YL-KB-STP-3 | | |
| | ตีเมาะ (3) | U-YL-KB-TM-1 | 1.53 | 0.87 |
| | | U-YL-KB-TM-2 | 0.55 | 0.63 |
| | | U-YL-KB-TM-3 | 0.63 | 0.71 |
| | ดอเลาะ (4) | U-YL-KB-DL-1 | 0.81 | <LLD |
| | | U-YL-KB-DL-2 | 1.54 | 1.75 |
| | | U-YL-KB-DL-3 | 1.24 | 0.71 |
| | เจะบีเตาะ (4) | U-YL-KB-JBD-1 | 1.36 | 0.77 |
| | | U-YL-KB-JBD-2 | 1.42 | 1.61 |
| U-YL-KB-JBD-3 | | 0.50 | 0.57 | |
| รวม | - | - | 0.87±0.42 | 0.84±0.43 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-8 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131
ในตำบลโกตาบารู (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) |
|------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| ยะลา โกตาบารู | ตัลมีซี (1) | U-YL-KB-TMC-1 | | |
| | | U-YL-KB-TMC-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-YL-KB-TMC-3 | | |
| | ซุไลนี (1) | U-YL-KB-SLN-1 | 54.46 | 0.41 |
| | | U-YL-KB-SLN-2 | 35.33 | 0.32 |
| | | U-YL-KB-SLN-3 | 73.69 | 0.74 |
| | บัดรี (2) | U-YL-KB-BD-1 | 30.04 | 0.27 |
| | | U-YL-KB-BD-2 | 24.76 | 0.56 |
| | | U-YL-KB-BD-3 | 33.52 | 0.30 |
| | ปาตีเมาะ (2) | U-YL-KB-PM-1 | 24.83 | 0.75 |
| | | U-YL-KB-PM-2 | 24.24 | 0.00 |
| | | U-YL-KB-PM-3 | 65.40 | 0.37 |
| | สตอปาร์ (3) | U-YL-KB-STP-1 | | |
| | | U-YL-KB-STP-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง |
| | | U-YL-KB-STP-3 | | |
| | ตีเมาะ (3) | U-YL-KB-TM-1 | 65.76 | 1.19 |
| | | U-YL-KB-TM-2 | 66.34 | 0.86 |
| | | U-YL-KB-TM-3 | 10.78 | 0.49 |
| | ดอเลาะ (4) | U-YL-KB-DL-1 | 13.87 | 0.31 |
| | | U-YL-KB-DL-2 | <LLD | 1.20 |
| | | U-YL-KB-DL-3 | <LLD | 1.94 |
| | เจะบีเดาะ (4) | U-YL-KB-JBD-1 | 23.34 | 1.06 |
| | | U-YL-KB-JBD-2 | 60.99 | 2.21 |
| U-YL-KB-JBD-3 | | 17.28 | 0.78 | |
| รวม | - | - | 39.04±20.88 | 0.77±0.57 |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-9 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในตำบลเบตง

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | Cs-137 (Bq/d) | Cs-134 (Bq/d) | |
|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--|
| ยะลา เบตง | วิราญ (1) | U-YL-BT-JRY-1 | 0.34 | 0.38 | |
| | | U-YL-BT-JRY-2 | 1.09 | 0.62 | |
| | | U-YL-BT-JRY-3 | 0.50 | 1.15 | |
| | สื่อเรตา (1) | U-YL-BT-CRD-1 | | | |
| | | U-YL-BT-CRD-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-YL-BT-CRD-3 | | | |
| | ชัยพร(2) | U-YL-BT-SP-1 | 0.69 | 1.17 | |
| | | U-YL-BT-SP-2 | 0.95 | 2.16 | |
| | | U-YL-BT-SP-3 | 1.14 | 0.65 | |
| | ยารี่ชะ (2) | U-YL-BT-YR-1 | 0.51 | 1.15 | |
| | | U-YL-BT-YR-2 | 0.73 | 1.67 | |
| | | U-YL-BT-YR-3 | 0.59 | <LLD | |
| | มะรอนิง(3) | U-YL-BT-MRN-1 | 0.38 | <LLD | |
| | | U-YL-BT-MRN-2 | 2.68 | 2.29 | |
| | | U-YL-BT-MRN-3 | 0.56 | <LLD | |
| | อาชีชะ (3) | U-YL-BT-IS-1 | | | |
| | | U-YL-BT-IS-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-YL-BT-IS-3 | | | |
| | สมาน (4) | U-YL-BT-SM-1 | | | |
| | | U-YL-BT-SM-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-YL-BT-SM-3 | | | |
| | สปีเยาะ (4) | U-YL-BT-SPY-1 | 1.33 | 1.51 | |
| | | U-YL-BT-SPY-2 | 0.34 | 0.77 | |
| | | U-YL-BT-SPY-3 | 2.20 | <LLD | |
| รวม | - | - | 0.94±0.67 | 1.23±0.60 | |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี

(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ตาราง ผ ก-4-9 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของโพแทสเซียม-40 และไอโอดีน-131
ในตำบลเบตง (ต่อ)

| จังหวัด/ตำบล | ชื่อ(ช่วงอายุ) | รหัส | K-40 (Bq/d) | I-131 (Bq/d) | |
|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--|
| ยะลา เบตง | วิราญ (1) | U-YL-BT-JRY-1 | 69.63 | 0.53 | |
| | | U-YL-BT-JRY-2 | 131.77 | 0.85 | |
| | | U-YL-BT-JRY-3 | 95.59 | 0.39 | |
| | สื่อเรตา (1) | U-YL-BT-CRD-1 | | | |
| | | U-YL-BT-CRD-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-YL-BT-CRD-3 | | | |
| | ชัยพร (2) | U-YL-BT-SP-1 | 29.53 | 0.54 | |
| | | U-YL-BT-SP-2 | 32.60 | 1.11 | |
| | | U-YL-BT-SP-3 | 49.00 | 0.89 | |
| | ยาริยะ (2) | U-YL-BT-YR-1 | 26.11 | 0.79 | |
| | | U-YL-BT-YR-2 | 25.27 | 0.57 | |
| | | U-YL-BT-YR-3 | 40.95 | 0.70 | |
| | มะรอนิง (3) | U-YL-BT-MRN-1 | 45.49 | 0.88 | |
| | | U-YL-BT-MRN-2 | 69.32 | 1.05 | |
| | | U-YL-BT-MRN-3 | 77.36 | 1.75 | |
| | อาชีชะ (3) | U-YL-BT-IS-1 | | | |
| | | U-YL-BT-IS-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-YL-BT-IS-3 | | | |
| | สมาน (4) | U-YL-BT-SM-1 | | | |
| | | U-YL-BT-SM-2 | ไม่มีตัวอย่าง | ไม่มีตัวอย่าง | |
| | | U-YL-BT-SM-3 | | | |
| | สปีเยาะ (4) | U-YL-BT-SPY-1 | 15.21 | 0.69 | |
| | | U-YL-BT-SPY-2 | 63.82 | 0.53 | |
| | | U-YL-BT-SPY-3 | 25.27 | 1.15 | |
| รวม | - | - | 53.13±30.71 | 0.83±0.33 | |

หมายเหตุ : (1) ช่วงอายุระหว่าง 18-25 ปี (2) ช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี
(3) ช่วงอายุระหว่าง 36-55 ปี (4) ช่วงอายุระหว่าง 56 ปี ขึ้นไป

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ และค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในแต่ละ

ตัวอย่างน้ำบ่อต้น

Prince of Songkhla University
Pattani Campus

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างน้ำบ่อตื้น สำหรับ เรเดียม-226 ในตำบลปะนาเระ Code (D-PN-PNR-1) ตามสมการที่ (1)

$$\text{Activity(Bq/l)} = \frac{\text{cps}_{\text{sample}}}{\text{Eff}_{\text{sample}} \times V(\text{l}) \times \text{gamma emission ratio}} \quad (1)$$

หา ค่า $\text{Eff}_{\text{sample}}$ ของตัวอย่างน้ำบ่อตื้น จาก ภาพ 3.27 ในบทที่ 3 โดยการแทนค่าพลังงานของ เรเดียม-226 ในสมการที่ปรากฏอยู่ในภาพ 3.27 เพื่อนำมาแทนในสมการที่ (1) จะได้

$$\text{Eff}_{\text{Ra-226}} = Y = 1.9069 \times 10^{-561} \text{ เมื่อ } X \text{ คือพลังงานของเรเดียม-226 มีค่าเท่ากับ } 186.08 \text{ keV}$$

$$\text{ดังนั้น } \text{Eff}_{\text{Ra-226}} = 0.102 \text{ cps/Bq} \quad (2)$$

นำ สมการที่ (2) แทนในสมการที่ (1) จะได้

เมื่อ $\text{cps}_{\text{Ra-226}}$ คือ Net area ต่อ เวลา ของเรเดียม-226 Code (D-PN-PNR-1)

$$\begin{aligned} \text{Activity(Bq/l)} &= \frac{\text{cps}_{\text{sample}}}{\text{Eff}_{\text{sample}} \times V(\text{l}) \times \text{gamma emission ratio}} \\ &= \frac{0.018}{0.102 \times 0.3705 \times 0.035} \end{aligned}$$

$$\text{Activity (Bq/l)} = 13.83 \text{ Bq/l}$$

ตาราง ผ ข-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างน้ำป่อดิน

| Sample | Code | Volume(l) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/l) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/l) |
|-------------|------------|-----------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| ปะนาเระ | D-PN-PNR-1 | 370.01 | 116.00 | 0.41 | 81.00 | 0.32 |
| | D-PN-PNR-2 | 370.07 | 111.00 | 0.39 | 100.00 | 0.39 |
| | D-PN-PNR-3 | 370.26 | 118.00 | 0.42 | 60.00 | 0.23 |
| ตะลุงบัน | D-PN-TB-1 | 370.40 | 86.00 | 0.30 | 44.00 | 0.17 |
| | D-PN-TB-2 | 370.45 | 72.00 | 0.25 | 111.00 | 0.43 |
| | D-PN-TB-3 | 370.20 | 51.00 | 0.18 | 71.00 | 0.28 |
| เขาตม | D-PN-KT-1 | 370.20 | 100.00 | 0.35 | 50.00 | 0.19 |
| | D-PN-KT-2 | 370.40 | 91.00 | 0.32 | 68.00 | 0.27 |
| | D-PN-KT-3 | 370.23 | 117.00 | 0.41 | 59.00 | 0.23 |
| บาเจาะ | D-NR-BJ-1 | 370.50 | 113.00 | 0.40 | 94.00 | 0.37 |
| | D-NR-BJ-2 | 370.30 | 82.00 | 0.29 | 98.00 | 0.38 |
| | D-NR-BJ-3 | 370.25 | 160.00 | 0.56 | 81.00 | 0.32 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN-1 | 370.70 | 116.00 | 0.41 | 81.00 | 0.32 |
| | D-NR-KN-2 | 370.50 | 111.00 | 0.39 | 100.00 | 0.39 |
| | D-NR-KN-3 | 370.50 | 118.00 | 0.42 | 60.00 | 0.23 |

ตาราง ผ ข-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างน้ำบ่อต้น (ต่อ)

| Sample | Code | Volume(ml) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/l) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/l) |
|----------|-----------|------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| ไพรวัน | D-NR-PV-1 | 370.60 | 83.00 | 0.29 | 88.00 | 0.34 |
| | D-NR-PV-2 | 370.20 | 76.00 | 0.27 | 81.00 | 0.32 |
| | D-NR-PV-3 | 370.01 | 48.00 | 0.17 | 64.00 | 0.25 |
| ท่าสาป | D-YL-TS-1 | 370.00 | 115.00 | 0.41 | 54.00 | 0.21 |
| | D-YL-TS-2 | 370.03 | 66.00 | 0.23 | 43.00 | 0.17 |
| | D-YL-TS-3 | 370.02 | 62.00 | 0.22 | 69.00 | 0.27 |
| โกตาบารู | D-YL-KB-1 | 370.20 | 61.00 | 0.22 | 53.00 | 0.21 |
| | D-YL-KB-2 | 370.60 | 76.00 | 0.27 | 79.00 | 0.31 |
| | D-YL-KB-3 | 370.04 | 86.00 | 0.30 | 41.00 | 0.16 |
| เบตง | D-YL-BT-1 | 370.80 | 101.00 | 0.36 | 64.00 | 0.25 |
| | D-YL-BT-2 | 370.80 | 88.00 | 0.31 | 100.00 | 0.39 |
| | D-YL-BT-3 | 370.05 | 105.00 | 0.37 | 83.00 | 0.32 |

ตาราง ผ ข-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบล

| Sample | Code | Volume(ml) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/l) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/l) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/l) |
|-------------|------------|------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|------------------|-------------|
| ปะนาระ | D-PN-PNR-1 | 370.01 | 328 | 13.83 | 510 | 1.69 | 905 | 42.09 |
| | D-PN-PNR-2 | 370.07 | 460 | 19.39 | 787 | 2.61 | 795 | 36.97 |
| | D-PN-PNR-3 | 370.26 | 609 | 25.67 | 601 | 1.99 | 802 | 37.30 |
| ตะลุงบัน | D-PN-TB-1 | 370.40 | 395 | 16.65 | 785 | 2.60 | 729 | 33.90 |
| | D-PN-TB-2 | 370.45 | 405 | 17.07 | 929 | 3.08 | 902 | 41.95 |
| | D-PN-TB-3 | 370.20 | 498 | 20.99 | 1548 | 5.13 | 841 | 39.11 |
| เขาตวม | D-PN-KT-1 | 370.20 | 464 | 19.56 | 928 | 3.08 | 810 | 37.67 |
| | D-PN-KT-2 | 370.40 | 361 | 15.22 | 787 | 2.61 | 575 | 26.74 |
| | D-PN-KT-3 | 370.23 | 322 | 13.57 | 1122 | 3.72 | 653 | 30.37 |
| บาเจาะ | D-NR-BJ-1 | 370.50 | 295 | 12.44 | 1340 | 4.44 | 902 | 41.95 |
| | D-NR-BJ-2 | 370.30 | 196 | 8.26 | 1068 | 3.54 | 805 | 37.44 |
| | D-NR-BJ-3 | 370.25 | 129 | 5.44 | 875 | 2.90 | 727 | 33.81 |
| กะลุวอเหนือ | D-NR-KN-1 | 370.70 | 101 | 4.26 | 540 | 1.79 | 704 | 32.74 |
| | D-NR-KN-2 | 370.50 | 20 | 0.84 | 976 | 3.24 | 674 | 31.34 |
| | D-NR-KN-3 | 370.50 | 149 | 6.28 | 773 | 2.56 | 635 | 29.53 |

ตาราง ผ ข-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบล (ต่อ)

| Sample | Code | Volume(ml) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/l) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/l) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/l) |
|----------|-----------|------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|------------------|-------------|
| ไพรวัน | D-NR-PV-1 | 370.60 | 64 | 2.70 | 221 | 0.73 | 594 | 27.62 |
| | D-NR-KN-2 | 370.20 | 185 | 7.80 | 673 | 2.23 | 683 | 31.76 |
| | D-NR-PV-3 | 370.01 | 356 | 15.01 | 599 | 1.99 | 730 | 33.95 |
| ท่าสาป | D-YL-TS-1 | 370.00 | 160 | 6.74 | 1575 | 5.22 | 664 | 30.88 |
| | D-YL-TS-2 | 370.03 | 144 | 6.07 | 1086 | 3.60 | 592 | 27.53 |
| | D-YL-TS-3 | 370.02 | 133 | 5.61 | 1146 | 3.81 | 705 | 32.79 |
| โกตาบารู | D-YL-KB-1 | 370.20 | 4 | 0.17 | 286 | 0.95 | 822 | 38.23 |
| | D-YL-KB-2 | 370.60 | 159 | 6.70 | 920 | 3.05 | 942 | 43.81 |
| | D-YL-KB-3 | 370.04 | 179 | 7.55 | 410 | 1.36 | 710 | 33.02 |
| เบตง | D-YL-BT-1 | 370.80 | 1004 | 42.32 | 1510 | 5.01 | 1131 | 52.60 |
| | D-YL-BT-2 | 370.80 | 571 | 24.07 | 687 | 2.28 | 1422 | 66.13 |
| | D-YL-BT-3 | 370.05 | 227 | 9.57 | 812 | 2.69 | 1229 | 57.15 |

ภาคผนวก ค

ข้อมูลสารรังสีมาตรฐานรหัส IAEA-330 สำหรับตัวอย่าง ผักและผลไม้

Prince of Songkla University
Pattani Campus

สารรังสีมาตรฐานรหัส IAEA-330



IAEA Environment Laboratories
Vienna International Centre, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

REFERENCE SHEET

CERTIFIED REFERENCE MATERIAL

IAEA-330

RADIONUCLIDES IN SPINACH

Date of issue: May 2009

Certified Quantity: Massic Activity
(Based on dry mass)

Reference date for decay correction: 15 October 2007

| Radionuclide | Certified Value Bq kg ⁻¹ | Uncertainty* Bq kg ⁻¹ |
|-------------------|--|-------------------------------------|
| ⁴⁰ K | 1188 | 30 |
| ⁹⁰ Sr | 20.1 | 2.1 |
| ¹³⁷ Cs | 1235 | 35 |
| ²³⁴ U | 1.02 | 0.07 |
| ²³⁸ U | 0.95 | 0.05 |

*Uncertainty is expressed as a Mixture model median based standard deviation S(MM-median) at 95 % confidence level [1, 2].

The certified values listed above were established on the basis of results reported by the IAEA Terrestrial Environment Laboratory in Seibersdorf, Austria. Five expert laboratories from Finland, Hungary, Republic of Korea and Portugal analysed the IAEA-330 spinach material. Each laboratory received three bottles, and was asked to determine the measurands of interest in each bottle. The obtained results from the expert laboratories were used to confirm the IAEA reference values. In total 30 and 15 bottles were analysed in the Terrestrial Environment Laboratory and expert laboratories respectively during the characterisation campaign of the spinach material. The IAEA derived reference values were in good agreement with the expert laboratories results.

Description of the material

The material was obtained from the "Vladimirovka" collective farm, Poleskoe, Kiev, Ukraine in summer 1990. The material was air dried and milled to less than 0.35 mm by the Brjansk Centre for Agricultural Radiology and Chemistry. 100 kg of the bulk material was recombined and homogenized at the IAEA Terrestrial Environment Laboratory by mixing the powder in a 300 liter drum for 72 hours. The material density was measured in 13 test portions and found to be

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะ และค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในแต่ละ

ตัวอย่างกล้วยหิน

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างกล้วยหิน สำหรับ ซีเซียม-137 ในตำบลตะลุง Code (B-PN-TB-1) ตามสมการที่ (1)

$$\text{Activity(Bq/kg)} = \frac{\text{cps}_{\text{sample}}}{\text{Eff}_{\text{sample}} \times m(\text{kg}) \times \text{gamma emission ratio}} \quad (1)$$

หา ค่า $\text{Eff}_{\text{sample}}$ ของตัวอย่างกล้วยหิน จาก ภาพ 3.28 ในบทที่ 3 โดยการแทนค่าพลังงานของ ซีเซียม-137 ในสมการที่ปรากฏอยู่ในภาพ 3.28 เพื่อนำมาแทนในสมการที่ (1) จะได้

$$\text{Eff}_{\text{Cs-137}} = Y = 2.0298 \times 10^{-6} \text{ เมื่อ } X \text{ คือ พลังงานของซีเซียม-137 มีค่าเท่ากับ } 661.6 \text{ keV}$$

$$\text{ดังนั้น } \text{Eff}_{\text{Cs-137}} = 0.039 \text{ cps/Bq} \quad (2)$$

นำ สมการที่ (2) แทนในสมการที่ (1) จะได้

เมื่อ $\text{cps}_{\text{Cs-137}}$ คือ Net area ต่อ เวลา ของซีเซียม-137 Code (B-PN-TB-1) เท่ากับ 0.002 cps

$$\begin{aligned} \text{Activity (Bq/kg)} &= \frac{\text{cps}_{\text{Cs-137}}}{\text{Eff}_{\text{Cs-137}} \times m(\text{kg}) \times \text{gamma emission ratio}} \\ &= \frac{0.002}{0.039 \times 0.1252 \times 0.8521} \end{aligned}$$

$$\text{Activity (Bq/kg)} = 0.55 \text{ Bq/kg}$$

ตาราง ผ ง-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/kg) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/kg) |
|------------|------------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| ปะนาระ | B-PN-PNR-1 | 125.03 | 37.00 | 0.62 | 60.00 | 1.12 |
| | B-PN-PNR-2 | 125.30 | 51.00 | 0.86 | 41.00 | 0.77 |
| | B-PN-PNR-3 | 125.08 | 89.00 | 1.49 | 74.00 | 1.39 |
| ตะลุมบอน | B-PN-TB-1 | 125.20 | 33.00 | 0.55 | 64.00 | 1.20 |
| | B-PN-TB-2 | 125.26 | 52.00 | 0.87 | 59.00 | 1.10 |
| | B-PN-TB-3 | 125.05 | 85.00 | 1.43 | 62.00 | 1.16 |
| เขาตม | B-PN-KT-1 | 125.20 | 37.00 | 0.62 | 86.00 | 1.61 |
| | B-PN-KT-2 | 125.07 | 89.00 | 1.49 | 42.00 | 0.79 |
| | B-PN-KT-3 | 125.04 | 71.00 | 1.19 | 53.00 | 0.99 |
| บาเจาะ | B-NR-BJ-1 | 125.13 | 84.00 | 1.41 | 28.00 | 0.52 |
| | B-NR-BJ-2 | 125.07 | 58.00 | 0.97 | 37.00 | 0.69 |
| | B-NR-BJ-3 | 125.28 | 48.00 | 0.81 | 71.00 | 1.33 |
| กะลวอเหนือ | B-NR-KN-1 | 125.01 | 72.00 | 1.21 | 91.00 | 1.70 |
| | B-NR-KN-2 | 125.14 | 49.00 | 0.82 | 47.00 | 0.88 |
| | B-NR-KN-3 | 125.10 | 82.00 | 1.38 | 72.00 | 1.35 |

ตาราง ผ ง-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างกล้วยหิน (ต่อ)

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/kg) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/kg) |
|----------|-----------|---------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| โพรวัว | B-NR-PV-1 | 125.05 | 107.00 | 1.80 | 38.00 | 0.71 |
| | B-NR-PV-2 | 125.01 | 72.00 | 1.21 | 79.00 | 1.48 |
| | B-NR-PV-3 | 125.12 | 45.00 | 0.76 | 83.00 | 1.55 |
| ท่าสาป | B-YL-TS-1 | 125.05 | 73.00 | 1.22 | 41.00 | 0.77 |
| | B-YL-TS-2 | 125.11 | 26.00 | 0.44 | 82.00 | 1.53 |
| | B-YL-TS-3 | 125.08 | 62.00 | 1.04 | 49.00 | 0.92 |
| โกตาบารู | B-YL-KB-1 | 125.12 | 71.00 | 1.19 | 33.00 | 0.62 |
| | B-YL-KB-2 | 125.16 | 69.00 | 1.16 | 52.00 | 0.97 |
| | B-YL-KB-3 | 125.04 | 82.00 | 1.38 | 41.00 | 0.77 |
| เบตง | B-YL-BT-1 | 125.18 | 26.00 | 0.44 | 28.00 | 0.52 |
| | B-YL-BT-2 | 125.08 | 97.00 | 1.63 | 37.00 | 0.69 |
| | B-YL-BT-3 | 125.04 | 65.00 | 1.09 | 45.00 | 0.84 |

ตาราง ผ ง-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างกล้วยหิน

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/kg) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/kg) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/kg) |
|------------|------------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|--------------|
| ปะนาระ | B-PN-PNR-1 | 125.03 | 172 | 32.45 | 1288 | 20.19 | 375 | 86.18 |
| | B-PN-PNR-2 | 125.30 | 142 | 26.79 | 1244 | 19.50 | 513 | 117.89 |
| | B-PN-PNR-3 | 125.08 | 155 | 29.24 | 1219 | 19.11 | 1219 | 94.91 |
| ตะลุมบอน | B-PN-TB-1 | 125.20 | 197 | 37.17 | 1374 | 21.53 | 306 | 70.32 |
| | B-PN-TB-2 | 125.26 | 223 | 42.07 | 1374 | 21.53 | 553 | 127.08 |
| | B-PN-TB-3 | 125.05 | 205 | 38.68 | 1312 | 20.56 | 700 | 160.87 |
| เขาตม | B-PN-KT-1 | 125.20 | 301 | 56.79 | 1268 | 19.87 | 632 | 145.24 |
| | B-PN-KT-2 | 125.07 | 256 | 48.30 | 1151 | 18.04 | 720 | 165.46 |
| | B-PN-KT-3 | 125.04 | 213 | 40.18 | 1184 | 18.56 | 751 | 172.59 |
| บาเจาะ | B-NR-BJ-1 | 125.13 | 290 | 54.71 | 1238 | 19.40 | 799 | 183.62 |
| | B-NR-BJ-2 | 125.07 | 582 | 109.80 | 1357 | 21.27 | 676 | 155.35 |
| | B-NR-BJ-3 | 125.28 | 204 | 38.49 | 1540 | 24.14 | 491 | 112.84 |
| กะลวอเหนือ | B-NR-KN-1 | 125.01 | 400 | 75.46 | 988 | 15.48 | 624 | 143.40 |
| | B-NR-KN-2 | 125.14 | 356 | 67.16 | 1288 | 20.19 | 329 | 75.61 |
| | B-NR-KN-3 | 125.10 | 469 | 88.48 | 1280 | 20.06 | 522 | 119.96 |

ตาราง ผ ง-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างกล้วยหิน (ต่อ)

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/kg) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/kg) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/kg) |
|----------|-----------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|--------------|
| ไพรวัน | B-NR-PV-1 | 125.05 | 376 | 70.94 | 1146 | 17.96 | 559 | 128.46 |
| | B-NR-PV-2 | 125.01 | 417 | 78.67 | 887 | 13.90 | 451 | 103.64 |
| | B-NR-PV-3 | 125.12 | 367 | 69.24 | 1340 | 21.00 | 814 | 187.06 |
| ท่าสาป | B-YL-TS-1 | 125.05 | 211 | 39.81 | 1514 | 23.73 | 619 | 142.25 |
| | B-YL-TS-2 | 125.11 | 108 | 20.38 | 1713 | 26.85 | 739 | 169.83 |
| | B-YL-TS-3 | 125.08 | 154 | 29.05 | 1782 | 27.93 | 676 | 155.35 |
| โกตาบารู | B-YL-KB-1 | 125.12 | 83 | 15.66 | 1314 | 20.59 | 1105 | 253.94 |
| | B-YL-KB-2 | 125.16 | 95 | 17.92 | 1572 | 24.64 | 581 | 133.52 |
| | B-YL-KB-3 | 125.04 | 101 | 19.05 | 1519 | 23.81 | 357 | 82.04 |
| เบตง | B-YL-BT-1 | 125.18 | 156 | 29.43 | 1989 | 31.17 | 689 | 158.34 |
| | B-YL-BT-2 | 125.08 | 126 | 23.77 | 2040 | 31.97 | 1315 | 302.20 |
| | B-YL-BT-3 | 125.04 | 120 | 22.64 | 1921 | 30.11 | 524 | 120.42 |

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะและค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในแต่ละ

ตัวอย่างต่ำถึง

Prince of Songkhla University
Pattani Campus

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างต่ำลิ่ง สำหรับ
ทอเรียม-232 ในตำบลบาเจาะ Code (V-NR-BJ-1) ตามสมการที่ (1)

$$\text{Activity(Bq/kg)} = \frac{\text{cps}_{\text{sample}}}{\text{Eff}_{\text{sample}} \times m(\text{kg}) \times \text{gamma emission ratio}} \quad (1)$$

หา ค่า $\text{Eff}_{\text{sample}}$ ของตัวอย่างกล้วยหิน จาก ภาพ 3.28 ในบทที่ 3 โดยการแทนค่าพลังงานของ
ทอเรียม-232 ในสมการที่ปรากฏอยู่ในภาพ 3.28 เพื่อนำมาแทนในสมการที่ (1) จะได้

$\text{Eff}_{\text{Th-232}} = Y = 2.0298 \times 10^{-6}$ เมื่อ X คือ พลังงานของทอเรียม-232 มีค่าเท่ากับ
583.2 keV

$$\text{ดังนั้น } \text{Eff}_{\text{Th-232}} = 0.042 \text{ cps/Bq} \quad (2)$$

นำ สมการที่ (2) แทนในสมการที่ (1) จะได้

เมื่อ $\text{cps}_{\text{Th-232}}$ คือ Net area ต่อ เวลา ของทอเรียม-232 Code (V-NR-BJ-1) เท่ากับ 0.066 cps

$$\begin{aligned} \text{Activity (Bq/kg)} &= \frac{\text{cps}_{\text{Th-232}}}{\text{Eff}_{\text{Th-232}} \times m(\text{kg}) \times \text{gamma emission ratio}} \\ &= \frac{0.066}{0.042 \times 0.12504 \times 0.8448} \end{aligned}$$

$$\text{Activity (Bq/kg)} = 14.98 \text{ Bq/kg}$$

ตาราง ผ จ-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/kg) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/kg) |
|-------------|------------|---------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| ปะนาเระ | V-PN-PNR-1 | 125.08 | 48.00 | 0.81 | 16.00 | 0.30 |
| | V-PN-PNR-2 | 125.20 | 90.00 | 1.51 | 63.00 | 1.18 |
| | V-PN-PNR-3 | 125.04 | 54.00 | 0.91 | 72.00 | 1.35 |
| ตะลุมบอน | V-PN-TB-1 | 125.21 | 29.00 | 0.49 | 49.00 | 0.92 |
| | V-PN-TB-2 | 125.19 | 46.00 | 0.77 | 62.00 | 1.16 |
| | V-PN-TB-3 | 125.20 | 84.00 | 1.41 | 73.00 | 1.37 |
| เขาตวม | V-PN-KT-1 | 125.05 | 37.00 | 0.62 | 95.00 | 1.78 |
| | V-PN-KT-2 | 125.03 | 84.00 | 1.41 | 73.00 | 1.37 |
| | V-PN-KT-3 | 125.53 | 76.00 | 1.28 | 31.00 | 0.58 |
| บาเจาะ | V-NR-BJ-1 | 125.04 | 72.00 | 1.21 | 98.00 | 1.83 |
| | V-NR-BJ-2 | 125.18 | 43.00 | 0.72 | 28.00 | 0.52 |
| | V-NR-BJ-3 | 125.02 | 79.00 | 1.33 | 62.00 | 1.16 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN-1 | 125.01 | 48.00 | 0.81 | 48.00 | 0.90 |
| | V-NR-KN-2 | 125.20 | 78.00 | 1.31 | 72.00 | 1.35 |
| | V-NR-KN-3 | 125.09 | 91.00 | 1.53 | 37.00 | 0.69 |

ตาราง ผ จ-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง (ต่อ)

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/kg) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/kg) |
|----------|-----------|---------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| ไพรวัน | V-NR-PV-1 | 125.13 | 37.00 | 0.62 | 62.00 | 1.16 |
| | V-NR-PV-2 | 125.11 | 49.00 | 0.82 | 58.00 | 1.09 |
| | V-NR-PV-3 | 125.20 | 78.00 | 1.31 | 48.00 | 0.90 |
| ท่าสาป | V-YL-TS-1 | 125.02 | 39.00 | 0.65 | 52.00 | 0.97 |
| | V-YL-TS-2 | 125.01 | 87.00 | 1.46 | 49.00 | 0.92 |
| | V-YL-TS-3 | 125.14 | 63.00 | 1.06 | 79.00 | 1.48 |
| โกตาบารู | V-YL-KB-1 | 125.28 | 92.00 | 1.54 | 38.00 | 0.71 |
| | V-YL-KB-2 | 125.15 | 69.00 | 1.16 | 64.00 | 1.20 |
| | V-YL-KB-3 | 125.22 | 38.00 | 0.64 | 74.00 | 1.39 |
| เบตง | V-YL-BT-1 | 125.03 | 77.00 | 1.29 | 74.00 | 1.39 |
| | V-YL-BT-2 | 125.30 | 61.00 | 1.02 | 58.00 | 1.09 |
| | V-YL-BT-3 | 125.31 | 67.00 | 1.12 | 43.00 | 0.80 |

ตาราง ผ จ-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/kg) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/kg) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/kg) |
|-------------|------------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|--------------|
| ปะนาระ | V-PN-PNR-1 | 125.08 | 300 | 56.60 | 1000 | 15.67 | 476 | 109.39 |
| | V-PN-PNR-2 | 125.20 | 255 | 48.11 | 1370 | 21.47 | 736 | 169.14 |
| | V-PN-PNR-3 | 125.04 | 210 | 39.62 | 1124 | 17.62 | 434 | 99.74 |
| ตะลุม | V-PN-TB-1 | 125.21 | 208 | 39.24 | 1289 | 20.20 | 1418 | 325.87 |
| | V-PN-TB-2 | 125.19 | 185 | 34.90 | 1156 | 18.12 | 1588 | 364.94 |
| | V-PN-TB-3 | 125.20 | 198 | 37.35 | 877 | 13.75 | 1580 | 363.10 |
| เขาตุม | V-PN-KT-1 | 125.05 | 47 | 8.87 | 1884 | 29.53 | 1218 | 279.91 |
| | V-PN-KT-2 | 125.03 | 85 | 16.04 | 1188 | 18.62 | 1306 | 300.13 |
| | V-PN-KT-3 | 125.53 | 83 | 15.66 | 1387 | 21.74 | 1052 | 241.76 |
| บาเจาะ | V-NR-BJ-1 | 125.04 | 87 | 16.41 | 956 | 14.98 | 1771 | 406.99 |
| | V-NR-BJ-2 | 125.18 | 79 | 14.90 | 1274 | 19.97 | 938 | 215.56 |
| | V-NR-BJ-3 | 125.02 | 83 | 15.66 | 1216 | 19.06 | 1170 | 268.88 |
| กะลุวอเหนือ | V-NR-KN-1 | 125.01 | 234 | 44.15 | 947 | 14.84 | 984 | 226.13 |
| | V-NR-KN-2 | 125.20 | 177 | 33.39 | 1284 | 20.13 | 1119 | 257.16 |
| | V-NR-KN-3 | 125.09 | 290 | 54.71 | 1052 | 16.49 | 684 | 157.19 |

ตาราง ผ จ-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างต่ำลิ่ง (ต่อ)

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/kg) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/kg) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/kg) |
|----------|-----------|---------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------|
| ไพรวัน | V-NR-PV-1 | 125.13 | 410 | 77.35 | 1153 | 18.07 | 894 | 205.45 |
| | V-NR-PV-2 | 125.11 | 320 | 60.37 | 959 | 15.03 | 638 | 146.62 |
| | V-NR-PV-3 | 125.20 | 227 | 42.83 | 991 | 15.53 | 494 | 113.53 |
| ท่าสาป | V-YL-TS-1 | 125.02 | 125 | 23.58 | 1568 | 24.58 | 1324 | 304.27 |
| | V-YL-TS-2 | 125.01 | 157 | 29.62 | 1874 | 29.37 | 848 | 194.88 |
| | V-YL-TS-3 | 125.14 | 140 | 26.41 | 1623 | 25.44 | 807 | 185.46 |
| โกตาบารู | V-YL-KB-1 | 125.28 | 120 | 22.64 | 1967 | 30.83 | 1918 | 440.77 |
| | V-YL-KB-2 | 125.15 | 129 | 24.34 | 2187 | 34.28 | 1720 | 395.27 |
| | V-YL-KB-3 | 125.22 | 125 | 23.58 | 2290 | 35.89 | 1696 | 389.76 |
| เบตง | V-YL-BT-1 | 125.03 | 240 | 45.28 | 2274 | 35.64 | 1698 | 390.21 |
| | V-YL-BT-2 | 125.30 | 259 | 48.86 | 2546 | 39.91 | 1887 | 433.65 |
| | V-YL-BT-3 | 125.31 | 230 | 43.39 | 2288 | 35.86 | 1586 | 364.48 |

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะและค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในแต่ละ

ตัวอย่างข่าวสาร

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะในตัวอย่างข้าวสาร สำหรับโพแทสเซียม-40 ในตำบลเบตง Code (R-YL-BT-1) ตามสมการที่ (1)

$$\text{Activity(Bq/kg)} = \frac{\text{cps}_{\text{sample}}}{\text{Eff}_{\text{sample}} \times m(\text{kg}) \times \text{gamma emission ratio}} \quad (1)$$

หา ค่า $\text{Eff}_{\text{sample}}$ ของตัวอย่างข้าวสาร จาก ภาพ 3.28 ในบทที่ 3 โดยการแทนค่าพลังงานของโพแทสเซียม-40 ในสมการที่ปรากฏอยู่ในภาพ 3.28 เพื่อนำมาแทนในสมการที่ (1) จะได้

$\text{Eff}_{\text{K-40}} = Y = 2.0298 \times 10^{-6} \text{เมื่อ } X \text{ คือ พลังงานของโพแทสเซียม-40}$
มี ค่าเท่ากับ 1460.8 keV

$$\text{ดังนั้น } \text{Eff}_{\text{K-40}} = 0.024 \text{ cps/Bq} \quad (2)$$

นำ สมการที่ (2) แทนในสมการที่ (1) จะได้

เมื่อ $\text{cps}_{\text{K-40}}$ คือ Net area ต่อ เวลา ของโพแทสเซียม-40 Code (R-YL-BT-1) เท่ากับ 0.090 cps

$$\begin{aligned} \text{Activity (Bq/kg)} &= \frac{\text{cps}_{\text{K-40}}}{\text{Eff}_{\text{K-40}} \times m(\text{kg}) \times \text{gamma emission ratio}} \\ &= \frac{0.090}{0.024 \times 0.12511 \times 0.1008} \end{aligned}$$

$$\text{Activity (Bq/kg)} = 204.07 \text{ Bq/kg}$$

ตาราง ผ.ฉ-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/kg) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/kg) |
|-------------|------------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| ปะนาระ | R-PN-PNR-1 | 125.04 | 84.00 | 1.41 | 67.00 | 1.25 |
| | R-PN-PNR-2 | 125.59 | 71.00 | 1.19 | 69.00 | 1.29 |
| | R-PN-PNR-3 | 125.53 | 66.00 | 1.11 | 38.00 | 0.71 |
| ตะลุมบอน | R-PN-TB-1 | 125.09 | 82.00 | 1.38 | 64.00 | 1.20 |
| | R-PN-TB-2 | 125.47 | 48.00 | 0.81 | 49.00 | 0.92 |
| | R-PN-TB-3 | 125.30 | 67.00 | 1.12 | 54.00 | 1.01 |
| เขาตม | R-PN-KT-1 | 125.12 | 48.00 | 0.81 | 71.00 | 1.33 |
| | R-PN-KT-2 | 125.04 | 61.00 | 1.02 | 50.00 | 0.94 |
| | R-PN-KT-3 | 125.06 | 82.00 | 1.38 | 23.00 | 0.43 |
| บาเจาะ | R-NR-BJ-1 | 125.09 | 37.00 | 0.62 | 38.00 | 0.71 |
| | R-NR-BJ-2 | 125.26 | 84.00 | 1.41 | 47.00 | 0.88 |
| | R-NR-BJ-3 | 125.08 | 89.00 | 1.49 | 98.00 | 1.83 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN-1 | 125.15 | 71.00 | 1.19 | 40.00 | 0.75 |
| | R-NR-KN-2 | 125.36 | 67.00 | 1.12 | 64.00 | 1.20 |
| | R-NR-KN-3 | 125.10 | 48.00 | 0.81 | 31.00 | 0.58 |

ตาราง ผ ฉ-1 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของซีเซียม-137 และซีเซียม-134 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างข้าวสาร (ต่อ)

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Cs-137 | Cs-137 (Bq/kg) | Net area of Cs-134 | Cs-134 (Bq/kg) |
|----------|-----------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|
| ไพรวัน | R-NR-PV-1 | 125.07 | 84.00 | 1.41 | 29.00 | 0.54 |
| | R-NR-PV-2 | 125.06 | 47.00 | 0.79 | 69.00 | 1.29 |
| | R-NR-PV-3 | 125.13 | 83.00 | 1.39 | 89.00 | 1.67 |
| ท่าสาป | R-YL-TS-1 | 125.07 | 48.00 | 0.81 | 41.00 | 0.77 |
| | R-YL-TS-2 | 125.16 | 69.00 | 1.16 | 48.00 | 0.90 |
| | R-YL-TS-3 | 125.04 | 92.00 | 1.54 | 58.00 | 1.09 |
| โกตาบารู | R-YL-KB-1 | 125.29 | 48.00 | 0.81 | 73.00 | 1.37 |
| | R-YL-KB-2 | 125.02 | 69.00 | 1.16 | 47.00 | 0.88 |
| | R-YL-KB-3 | 125.15 | 53.00 | 0.89 | 52.00 | 0.97 |
| เบตง | R-YL-BT-1 | 125.11 | 61.00 | 1.02 | 28.00 | 0.52 |
| | R-YL-BT-2 | 125.01 | 97.00 | 1.63 | 37.00 | 0.69 |
| | R-YL-BT-3 | 125.18 | 18.00 | 0.30 | 45.00 | 0.84 |

ตาราง ผ ฉ-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างข้าวสาร

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/kg) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/kg) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/kg) |
|-------------|------------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|--------------|
| ปะนาระ | R-PN-PNR-1 | 125.04 | 368 | 69.43 | 1612 | 25.27 | 423 | 97.21 |
| | R-PN-PNR-2 | 125.59 | 420 | 79.24 | 1120 | 17.55 | 534 | 122.72 |
| | R-PN-PNR-3 | 125.53 | 398 | 75.09 | 1413 | 22.15 | 653 | 150.06 |
| ตะลุม | R-PN-TB-1 | 125.09 | 325 | 61.31 | 1192 | 18.68 | 524 | 120.42 |
| | R-PN-TB-2 | 125.47 | 298 | 56.22 | 1391 | 21.80 | 626 | 143.86 |
| | R-PN-TB-3 | 125.30 | 207 | 39.05 | 1108 | 17.37 | 700 | 160.87 |
| เขาตม | R-PN-KT-1 | 125.12 | 98 | 18.49 | 1972 | 30.91 | 757 | 173.96 |
| | R-PN-KT-2 | 125.04 | 41 | 7.74 | 1987 | 31.14 | 508 | 116.74 |
| | R-PN-KT-3 | 125.06 | 82 | 15.47 | 1288 | 20.19 | 606 | 139.26 |
| บาเจาะ | R-NR-BJ-1 | 125.09 | 305 | 57.54 | 1244 | 19.50 | 434 | 99.74 |
| | R-NR-BJ-2 | 125.26 | 287 | 54.15 | 1482 | 23.23 | 566 | 130.07 |
| | R-NR-BJ-3 | 125.08 | 320 | 60.37 | 1777 | 27.85 | 626 | 143.86 |
| กะลุวอเหนือ | R-NR-KN-1 | 125.15 | 207 | 39.05 | 1458 | 22.85 | 521 | 119.73 |
| | R-NR-KN-2 | 125.36 | 351 | 66.22 | 1040 | 16.30 | 626 | 143.86 |
| | R-NR-KN-3 | 125.10 | 198 | 37.35 | 1349 | 21.14 | 613 | 140.87 |

ตาราง ผ ฉ-2 ข้อมูลค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 ในแต่ละตำบลสำหรับตัวอย่างข้าวสาร (ต่อ)

| Sample | Code | Mass(g) | Net area of Ra-226 | Ra-226 (Bq/kg) | Net area of Th-232 | Th-232 (Bq/kg) | Net area of K-40 | K-40 (Bq/kg) |
|----------|-----------|---------|--------------------|----------------|--------------------|----------------|------------------|--------------|
| ไพรวัน | R-NR-PV-1 | 125.07 | 383 | 72.26 | 1035 | 16.22 | 442 | 101.58 |
| | R-NR-PV-2 | 125.06 | 417 | 78.67 | 1168 | 18.31 | 394 | 90.54 |
| | R-NR-PV-3 | 125.13 | 411 | 77.54 | 977 | 15.31 | 502 | 115.36 |
| ท่าสาป | R-YL-TS-1 | 125.07 | 164 | 30.94 | 2274 | 35.64 | 558 | 128.23 |
| | R-YL-TS-2 | 125.16 | 209 | 39.43 | 1704 | 26.71 | 618 | 142.02 |
| | R-YL-TS-3 | 125.04 | 198 | 37.35 | 1092 | 17.12 | 653 | 150.06 |
| โกตาบารู | R-YL-KB-1 | 125.29 | 368 | 15.66 | 1612 | 23.17 | 423 | 235.09 |
| | R-YL-KB-2 | 125.02 | 420 | 23.96 | 1120 | 27.70 | 534 | 201.77 |
| | R-YL-KB-3 | 125.15 | 398 | 17.92 | 1413 | 35.63 | 653 | 184.31 |
| เบตง | R-YL-BT-1 | 125.11 | 223 | 42.07 | 1612 | 25.27 | 888 | 204.07 |
| | R-YL-BT-2 | 125.01 | 189 | 35.66 | 2067 | 32.40 | 723 | 166.15 |
| | R-YL-TS-1 | 125.07 | 138 | 30.94 | 1977 | 35.64 | 806 | 128.23 |

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ประวัติผู้เขียน

| | | |
|----------------------|--------------------------|-------------|
| ชื่อ สกุล | นายมุขามีน สุหลง | |
| รหัสประจำตัวนักศึกษา | 5520320803 | |
| วุฒิการศึกษา | | |
| วุฒิ | ชื่อสถาบัน | ปีที่สำเร็จ |
| วท.บ.(ฟิสิกส์) | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ | 2555 |

ทุนการศึกษา

ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษาจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 ทุนผู้ช่วยสอน จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
 ปีการศึกษา 2555

ทุนอุดหนุนการทำวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

มุขามีน สุหลง พวงทิพย์ แก้วทับทิม และ ดารุณี พิขุนทด. 2556. การวิเคราะห์นิวไคลด์
 กัมมันตรังสีในน้ำปัสสาวะของประชากรในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนใต้ของ
 ประเทศไทย. การประชุมวิชาการ ประจำปี 2556. ศูนย์การศึกษา และฝึกอบรม
 นานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 3 - 4 ธันวาคม 2556, 161-168.