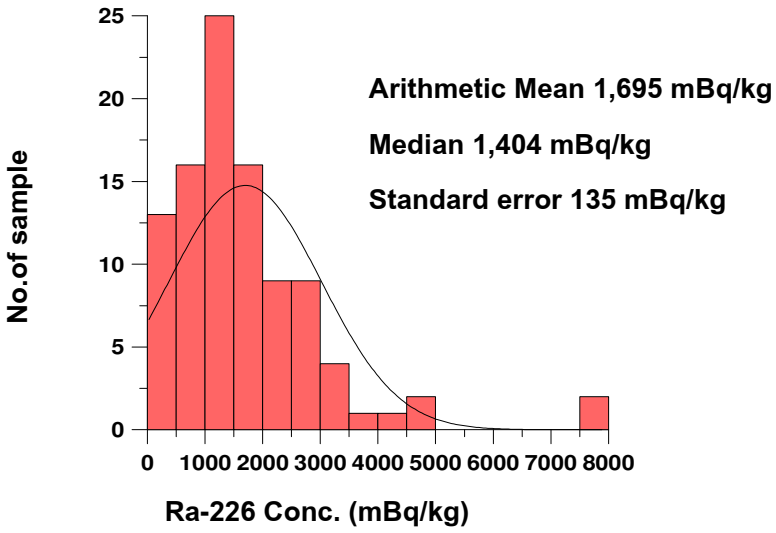
บทที่ 4

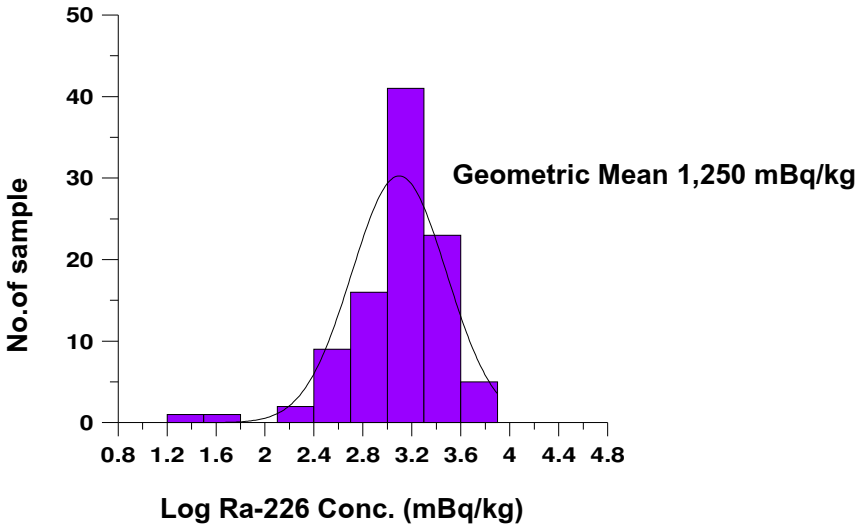
ผล และการวิเคราะห์ผล

4.1 กัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 ในผัก ในอำเภอนาหม่อม

ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 ในตัวอย่างผักทั้งหมด 98 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 26 - 7882 mBq/kg เมื่อนำมาเขียนกราฟแจกแจงความถี่ พบว่า ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ไปทางขวา (ภาพประกอบ 4.1) คือ มีหางยาวไปทางค่าสูง โดยมีค่าทางสถิติที่สำคัญ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เท่ากับ 1695, 1250, 1404 และ 135 mBq/kg ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยเรขาคณิตมีค่าใกล้เคียงกับค่ามัธยฐานมากกว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิต การแจกแจงข้อมูลมีลักษณะเป็นแบบ log normal (ภาพประกอบ 4.2) ดังนั้น ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจึงน่าจะใช้เป็นค่าตัวแทนที่ดีของการแจกแจงค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของเรเดียม-226 ในตัวอย่างผักทั้งหมดในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา



ภาพประกอบ 4.1 การแจกแจงข้อมูลค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก



ภาพประกอบ 4.2 การแจกแจงข้อมูลแบบ Log Normal ของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก

4.2 การกระจายค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 ในพื้นที่อำเภอนาหม่อม

จากผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 ในผักทั้งหมด 98 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 26 – 7,882 mBq/kg เมื่อพิจารณาพบว่า ค่าเหล่านี้มีการกระจายในช่วงกว้าง ซึ่งอาจมีปัจจัยด้านภูมิประเทศ และปัจจัยอื่น ๆ เกี่ยวข้องด้วย จึงแยกวิเคราะห์การกระจายเรเดียม-226 ในผัก ตามเขตการปกครองระดับตำบล ดังนี้

<u>ตำบลพิจิตร</u> ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 25 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 167 – 2850 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตทั้งตำบลเท่ากับ 1082 mBq/kg และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในผักกวางตุ้งและต่ำสุดในถั่วฝักยาว เท่ากับ 2740 และ 567 mBq/kg ตามลำดับ เนื่องจากผักกวางตุ้งเป็นผักที่มีปริมาณแคลเซียมสูง (ค้วน, 2522) (Table 4.2) จึงอาจสามารถเก็บสะสมเรเดียมซึ่งเป็นธาตุหมู่เดียวกันไว้ในปริมาณสูงด้วยหากในพื้นที่เพาะปลูกมีการปนเปื้อนเรเดียม-226 ซึ่งผลการวิจัยก็พบว่าผักชนิดอื่นที่มีปริมาณแคลเซียมสูง จะมีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 สูงด้วย ได้แก่ กระถิน (1560 mBq/kg) ขี้เหล็ก (1498 mBq/kg) และผักกาดขาว (1163 mBq/kg)

นอกเหนือจากนี้ยังพบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ยังมีค่าสูงในผักที่โดยทั่วไปจะมีปริมาณแคลเซียมต่ำ (Table 2) ได้แก่ ถั่วลิสง (1750 mBq/kg) และ ข้าว (1223 mBq/kg) ส่วนผักที่โดยทั่วไปมีปริมาณแคลเซียมน้อย และพบว่ามีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 น้อยเช่นกัน ได้แก่ ถั่วฝักยาว มีค่าเท่ากับ 567 mBq/kg

ตำบลนาหม่อม ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 25 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 50 – 4728 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตทั้งตำบลเท่ากับ 1220 mBq/kg ค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในผักโขม 2770 mBq/kg และต่ำสุดพบในถั่วฝักยาว 122 mBq/kg ซึ่งผักโขมก็เป็นผักที่นิยมบริโภคเช่นเดียวกับตำลึง เพราะมีปริมาณแคลเซียมสูง (Table 4.2) นอกจากนั้นในผักที่มีแคลเซียมสูงประเภทอื่น ก็พบว่ามีปริมาณเรเดียม-226 สูง ได้แก่ ตำลึง ขี้เหล็ก และ กระถิน มีค่าเท่ากับ 2274, 1865 และ 1065 mBq/kg ตามลำดับ ส่วนผักที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำจะมีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 น้อยเช่นกัน ได้แก่ ถั่วฝักยาว มีค่าเท่ากับ 122 mBq/kg

ตำบลคลองหรัง ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 27 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 326 – 4212 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ทั้งตำบลเท่ากับ 1457 mBq/kg ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสูงที่สุดในอำเภอนาหม่อม โดยพบค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 2385 และ 466 mBq/kg ในข้าวและถั่วฝักยาว ตามลำดับ จะเห็นว่าในข้าวมีปริมาณแคลเซียมน้อยแต่พบปริมาณรังสีเรเดียมสูง เนื่องจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ มีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 ในน้ำสูง (177.8 mBq/l จเร และคณะ, 2548) และบริเวณที่เพาะปลูกข้าวเป็นที่ลุ่มอยู่ใกล้แนวลำน้ำสายหลักในพื้นที่ไหลมาจากแนวเทือกเขาหินแกรนิตที่อยู่ใกล้แนวรอยเลื่อนซึ่งอาจมีการผุพังของแร่ธาตุต่างๆ พัดพามาตามกระแสน้ำได้ นอกจากนี้ยังพบว่าถั่วลิสงที่ทำการเก็บตัวอย่างจากจุดเดียวกันก็มีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 สูง (1610 mBq/kg) เช่นกัน ซึ่งในผักชนิดนี้ก็มีปริมาณแคลเซียมน้อย เมื่อพิจารณาผักชนิดอื่นที่มีปริมาณแคลเซียมสูง ได้แก่ ตำลึง ขี้เหล็ก กระถิน มะเขือ ผักโขม ผักกวางตุ้ง และคะน้า พบว่ามีปริมาณเรเดียม-226 สูงเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 1715, 1428, 1911, 1698, 1236, 2302 และ 1467 mBq/kg ตามลำดับ ในผักที่มีปริมาณแคลเซียมน้อยได้แก่ ถั่วฝักยาว มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 เท่ากับ 466 mBq/kg จะเห็นว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 มีการกระจายตัวของค่าความเข้มข้นค่อนข้างสูงอาจพบได้ทั่วไปในบริเวณที่ทำการศึกษา (ภาพประกอบ 4.3 และ 4.4)

ตาราง 4.1 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 เฉลี่ยในแต่ละตำบล ในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

ตำบล (จำนวนตัวอย่าง)	ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 (mBq/kg)												
	ตำลึง	ขี้เหล็ก	กระถิน	ถั่วฝักยาว	มะเขือ	ผักบุ้ง	ข้าว	ถั่วลิสง	ผักโขม	ผักกาดขาว	ผักกวางตุ้ง	คะน้า	แตงกวา
พื้นที่ 1 (5)	-	-	1561	1637	-	1094	1760	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 2 (8)	-	2102	-	671	858	298	1958	-	-	1129	-	-	-
พื้นที่ 3 (3)	-	1068	-	-	-	-	809	1485	-	-	-	-	-
พื้นที่ 4 (1)	-	-	-	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 5 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1198	2743	-	-
พื้นที่ 6 (6)	-	-	-	-	1198	1251	632	2064	-	-	-	-	-
ค่าเฉลี่ยตำบลพิจิตร (25)	-	1498	1561	567	927	866	1223	1750	-	1163	2743	-	-
พื้นที่ 7 (1)	3395	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 8 (7)	1898	2722	1060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 9 (3)	-	764	946	-	-	-	-	-	2774	-	-	-	-
พื้นที่ 10 (3)	1553	1897	1414	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 11 (1)	-	1371	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 12 (4)	-	-	-	176	705	993	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 13 (2)	3850	-	2467	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 14 (4)	2139	3252	548	-	-	309	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเฉลี่ยตำบลนาหม่อม(25)	2274	1865	1065	122	705	553	-	-	2774	-	-	-	-
พื้นที่ 15 (3)	1212	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	211
พื้นที่ 16 (9)	3779	1395	1041	-	-	4724	-	-	7690	-	-	-	-
พื้นที่ 17 (3)	-	-	-	1301	665	3078	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 18 (6)	2175	-	1612	-	-	461	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเฉลี่ยตำบลทุ่งขมิ้น(21)	1949	1349	1251	184	665	1884	-	-	7690	-	-	-	211
พื้นที่ 19 (1)	-	-	-	436	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พื้นที่ 20 (9)	2274	2034	1994		-	-	-	-	1236	-	2302	-	-
พื้นที่ 21 (2)	326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1467	-
พื้นที่ 22 (5)	2697	1204	1831	-	-	-	-	1988	-	-	-	-	-
พื้นที่ 23 (9)	-	2628	-	482	1698	-	2421	2042	-	-	-	-	
พื้นที่ 24 (1)	-	787	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเฉลี่ยตำบลคลองหรัง(27)	1715	1428	1911	466	1698	-	2385	1610	1236	-	2302	1467	-
ค่าต่ำสุด (Minimum)	326	764	498	26	589	298	632	620	1236	1130	2302	1467	211
ค่าสูงสุด (Maximum)	7882	4728	2467	1630	1807	4724	2835	4210	7690	1197	2740	1467	211
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	418	381	324	247	305	248	541	873	597	243	170	247	83
ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตอำเภอนาหม่อม (98)	1952	1603	1261	314	927	1000	1480	1655	2975	1163	2511	1467	211

ตาราง 4.2 ปริมาณแคลเซียมที่พบในผักแต่ละชนิด

Type of vegetable	Calcium content in vegetables 100 g * (mg)
Ivy Gourd (ตำลึง)	126
Yellow Cassia (ขี้เหล็ก)	156
White Popinac (กระถิน)	137
Yard Long Bean (ถั่วฝักยาว)	42
Swamp Cabbage (ผักบุ้ง)	73
Egg Plant (มะเขือ)	38
Rice (ข้าว)	8
Peanut (ถั่วลิสง)	59
Spineless Amaranth (ผักโขม)	500
Chinese cabbage (ผักกาดขาว)	147
Mustart (ผักกวางตุ้ง)	220
Collards (คะน้า)	250
Cucumbers (แตงกวา)	25

* ค้วน, 2522. โภชนศาสตร์.

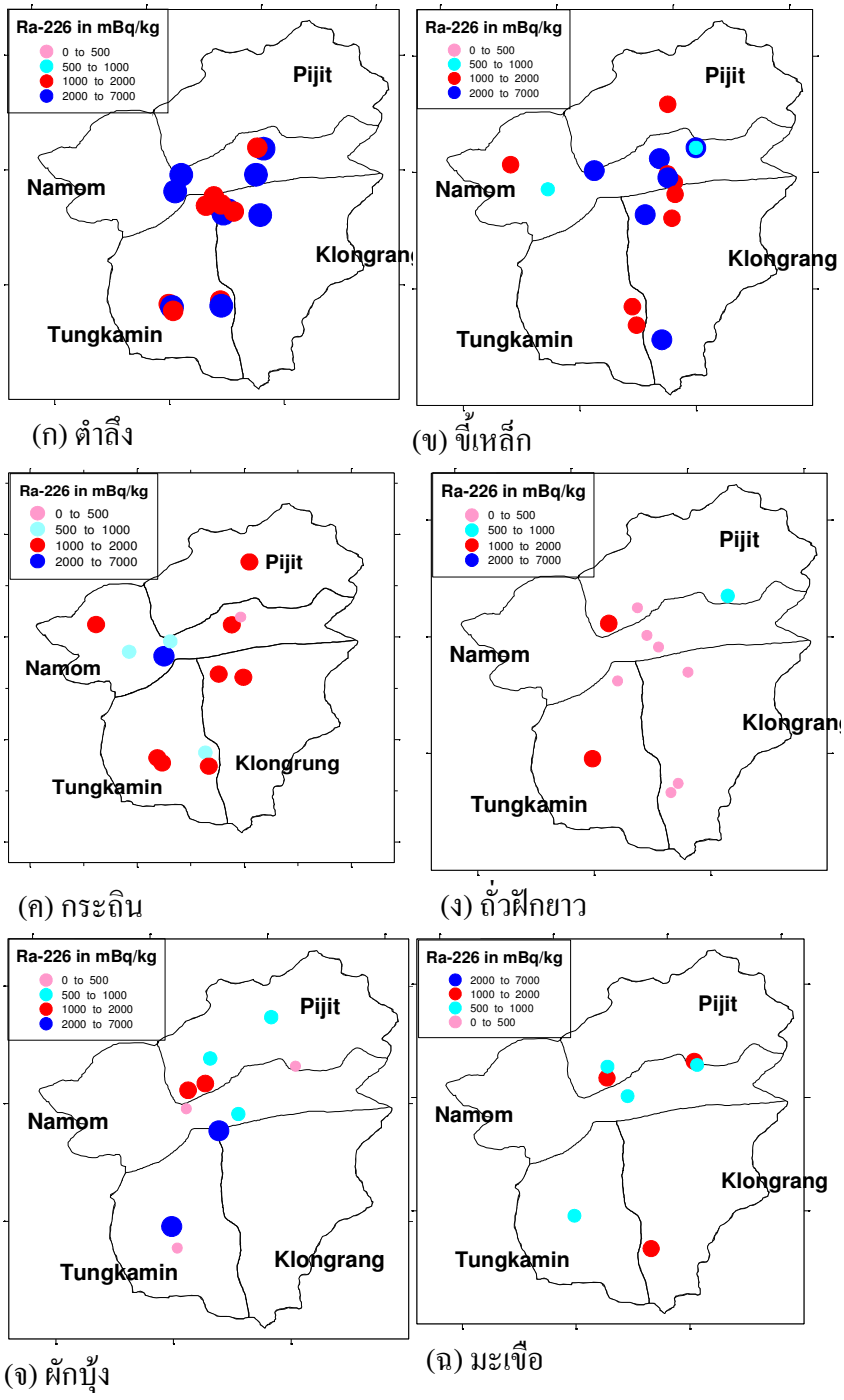
ตำบลทุ่งขมิ้น ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 21 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 26 – 7882 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตทั้งตำบล เท่ากับ 1253 mBq/kg มีค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในผักโขม และ ต่ำสุดพบในถั่วฝักยาว มีค่าเท่ากับ 7690 และ 184 mBq/kg ตามลำดับ ในผักชนิดอื่นก็มีปริมาณเรเดียมสูงเช่นเดียวกันได้แก่ ตำลึง (1949 mBq/kg) ผักบุ้ง (1884 mBq/kg) ขี้เหล็ก (1349 mBq/kg) และ กระถิน (1251 mBq/kg) ส่วนในถั่วฝักยาวยังคงตรวจพบปริมาณเรเดียม-226 ต่ำ มีค่า 184 mBq/kg ในมะเขือ (884 mBq/kg) และ แตงกวา (211 mBq/kg) ก็เช่นเดียวกัน

อำเภอบางกล่ำ ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 10 ตัวอย่าง พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 220 – 907 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ทั้งตำบล เท่ากับ

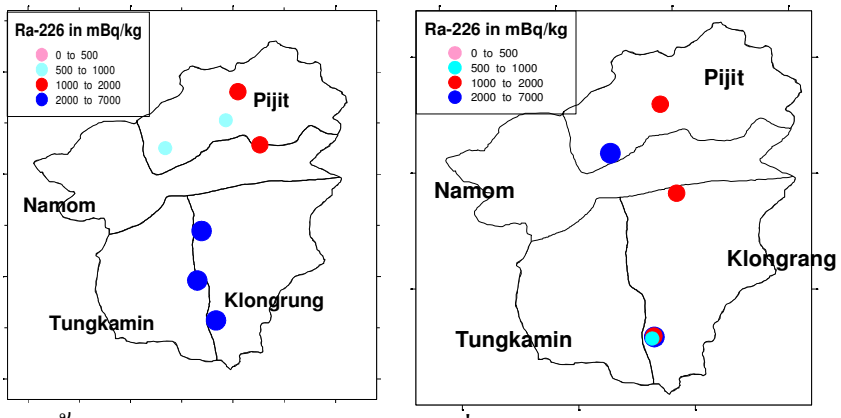
450 mBq/kg มีค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในตำลึง และต่ำสุดพบในคะน้า มีค่าเท่ากับ 857 และ 220 mBq/kg ตามลำดับ พิจารณาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในถั่วฝักยาว พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่ตรวจวัดได้ในแต่ละตำบลในอำเภอนาหม่อม ส่วนผักชนิดอื่นมีค่าน้อยกว่าอย่างเห็นได้ชัด

ตาราง 4.3 อัตราส่วนน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดที่พบในผักแต่ละชนิด

Type of vegetables	Weight ratio (dry/ fresh)	Mean annual Dose rate (μSv)	Radiation Risk Factor (RRF)
Ivy Gourd (ตำลึง)	0.024	33	4.13
Yellow Cassia (ขี้เหล็ก)	0.049	27	3.38
White Popinac (กระถิน)	0.041	21	2.63
Yard Long Bean (ถั่วฝักยาว)	0.032	5	0.63
Swamp Cabbage (ผักบุ้ง)	0.240	17	2.13
Egg Plant (มะเขือ)	0.035	16	2.00
Rice (ข้าว)	0.250	25	3.13
Peanut (ถั่วลิสง)	0.199	28	3.50
Spineless Amaranth (ผักโขม)	0.040	50	6.25
Chinese cabbage (ผักกาดขาว)	0.015	20	2.50
Mustart (ผักกวางตุ้ง)	0.020	42	5.25
Collards (คะน้า)	0.018	25	3.13
Cucumbers (แตงกวา)	0.014	4	0.50



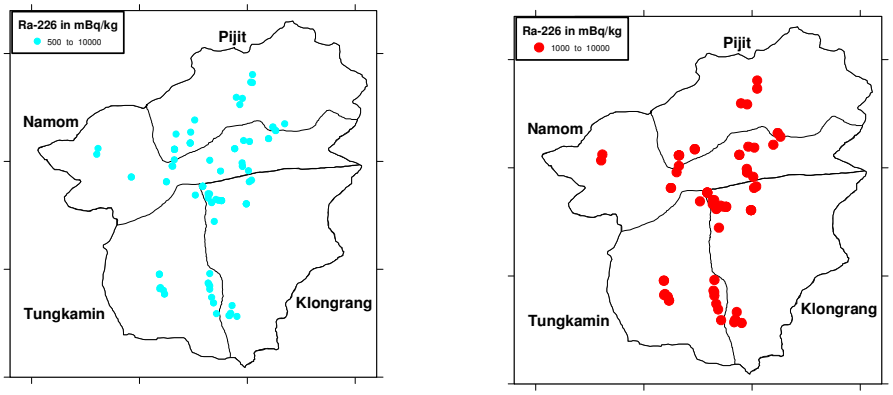
ภาพประกอบ 4.3 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ตามพิกัดภูมิศาสตร์ แสดงระดับค่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันในผักแต่ละชนิด ได้แก่ (ก) *Ivy Gourd* (ตำลึง), (ข) *Yellow Cassia* (ขี้เหล็ก), (ค) *White Popinac* (กระถิน), (ง) *Yard Long Bean* (ถั่วฝักยาว), (จ) *Swamp Cabbage* (ผักบุ้ง), (ฉ) *Egg Plant* (มะเขือ).



(ช) ข้าว (ซ) ถั่วลิสง

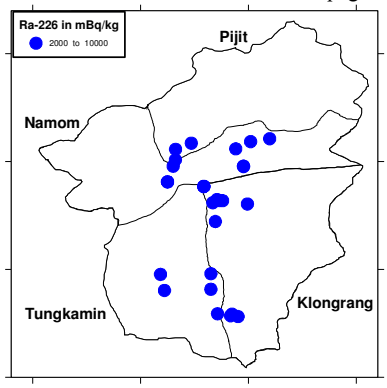
ภาพประกอบ 4.3 (ต่อ) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ตามพิกัดภูมิศาสตร์ แสดงระดับค่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันในผักแต่ละชนิด (ช) *Rice* (ข้าว) และ (ซ) *Peanut* (ถั่วลิสง).

(ก) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 500 mBq/kg (ข) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 1000 mBq/kg



ภาพประกอบ 4.4 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักตามพิกัดภูมิศาสตร์ แสดงความแตกต่างของระดับความเข้มข้น (ก) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 500 mBq/kg , (ข) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 1000 mBq/kg และ (ค) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 2000 mBq/kg.

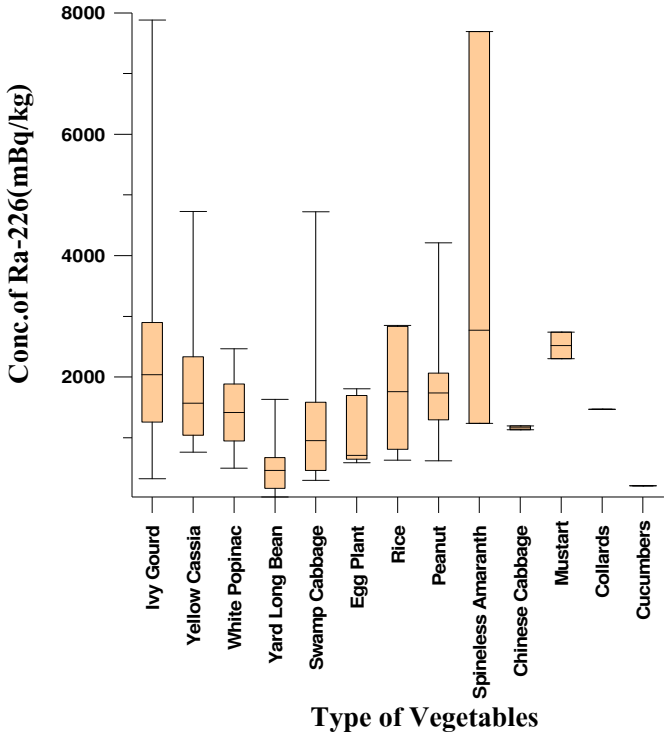
(ค) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 2000 mBq/kg



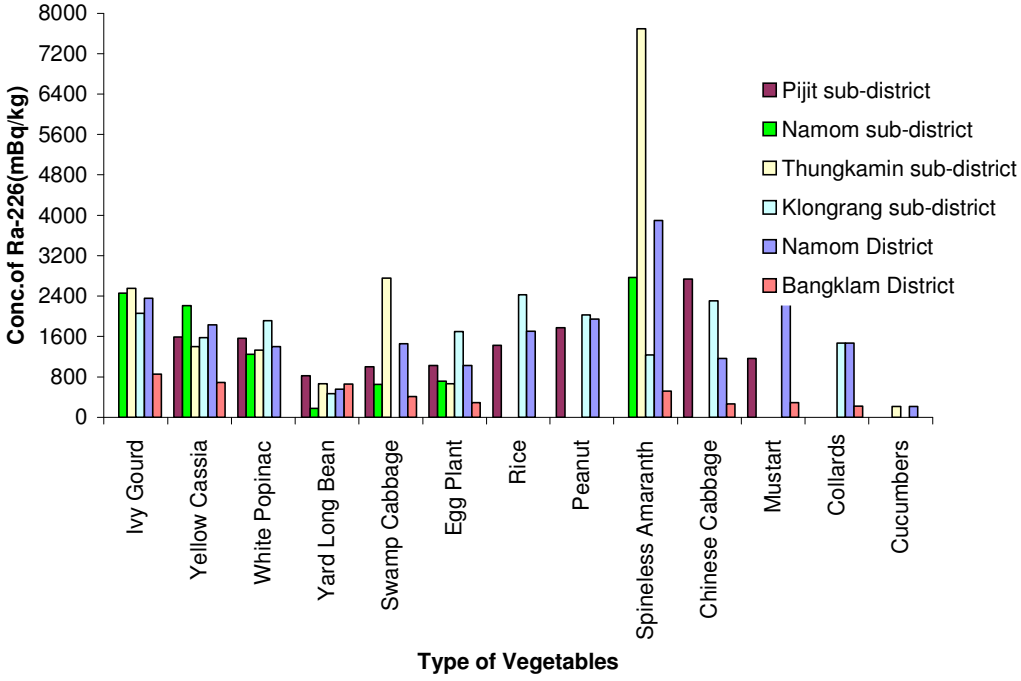
ภาพประกอบ 4.4 (ต่อ) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักตามพิกัดภูมิศาสตร์ แสดงความแตกต่างของระดับความเข้มข้น (ก) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 500 mBq/kg ,(ข) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 1000 mBq/kg และ (ค) ค่าความเข้มข้นมากกว่า 2000 mBq/kg.

จากการวิเคราะห์ในระดับตำบล พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 จะมีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 สูงในตัวอย่างผักที่มีปริมาณแคลเซียมเป็นส่วนประกอบสูง ได้แก่ ตำลึง, ขี้เหล็ก, กระถิน, ผักกวางตุ้ง, คะน้า, ผักโขม, ผักกาดขาว และผักบุ้ง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของการกระจายปริมาณรังสีเรเดียม-226 กับปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่ในผัก (ภาพประกอบ 4.3 และ ภาพประกอบ 4.4) มีความสัมพันธ์กัน ส่วนในผักที่มีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 ต่ำจะมีปริมาณแคลเซียมอยู่น้อยเช่นกัน ได้แก่ ถั่วฝักยาว แตงกวา และมะเขือ ยกเว้น ในข้าว และ ถั่วลิสง ซึ่งพบว่ามีปริมาณแคลเซียมน้อย (8 และ 59 mg ใน 100 g, Table 4.2) แต่จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 สูงมาก อาจเนื่องจากลักษณะการเพาะปลูกของผักสองชนิดนี้ที่ทำให้มีการดูดซึมปริมาณเรเดียมได้มาก (ภาพประกอบ 4.3(ช) และ ภาพประกอบ 4.3(ซ)) ดังนั้นปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่ในข้าว และ ถั่วลิสง จึงไม่มีผลต่อค่าความเข้มข้นของปริมาณรังสีเรเดียม-226

เมื่อพิจารณาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ทั้งอำเภอนาหม่อม พบว่ามีการกระจายตัวในทุกตำบล (ภาพประกอบ 4.4) แสดงระดับความเข้มข้นตั้งแต่ระดับต่ำไปสูง (ภาพประกอบ 4.4 (ก) (ข) และ (ค)) เมื่อพิจารณากับแผนที่ลักษณะทางธรณีวิทยา พบว่าอำเภอนาหม่อมมีหินแกรนิตเป็นหินฐาน รอยเลื่อน (fault) และมีแม่น้ำหลายสายไหลผ่าน อาจส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของเรเดียมมีค่าสูงโดยเฉลี่ยเกือบทั้งอำเภอ ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยผักแต่ละตำบลเปรียบเทียบกับผักควบคุมที่อำเภอบางกล่ำ (ภาพประกอบ 4.6) อำเภอนาหม่อมมีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 สูงกว่ามาก



ภาพประกอบ 4.5 แสดงค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม - 226 ในผักแต่ละชนิดในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา



ภาพประกอบ 4.6 แผนภูมิแท่งแสดงค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม - 226 ในผักแต่ละชนิดในอำเภอนาหม่อม เปรียบเทียบกับอำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา

4.3 การกระจายของเรเดียม - 226 และความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศของอำเภอนาหม่อม

หากพิจารณาลักษณะภูมิประเทศของอำเภอนาหม่อม จะพบว่ามีเทือกเขาล้อมรอบอยู่ 3 ด้าน มีที่ราบลุ่มอยู่ตอนกลางของอำเภอ เทือกเขาหินแกรนิตวางตัวเป็นขอบเขตทางทิศตะวันออก ทิศใต้ และทางทิศตะวันตกบางส่วน (สัญลักษณ์ Gr ใน ภาพประกอบ 3.4) หินฐานในพื้นที่นี้จึงเป็นหินแกรนิตที่อาจมีรากลึกใต้พื้นดิน ลำคลองธรรมชาติในพื้นที่เริ่มต้นจากเทือกเขาหินแกรนิตทางตะวันออกและทางใต้แล้วไหลผ่านไปกลางพื้นที่แล้วไหลเลี้ยวออกไปทางตะวันตกผ่านคลองหวะที่เป็นคลองสายหลักลงสู่คลองอู่ตะเภาที่อำเภอหาดใหญ่ บริเวณตำบลทุ่งขมิ้นในอดีตเคยมีการทำเหมืองแร่ดีบุกที่พบฝังปะปนอยู่ในหินแกรนิตและเคยมีรายงานการพบแร่กัมมันตรังสีสูงทอร์เบอร์ไนท์ในตำบลทุ่งขมิ้น มีรอยเลื่อนทางตอนใต้ของพื้นที่ในตำบลคลองหรัง และ ทุ่งขมิ้น (ธงชัย, 2527) จึงอาจทำให้หินแกรนิตของพื้นที่เกิดการแตกสลายตัวกลายเป็นดินลึกลงในชั้นหิน ซึ่งอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระจายการปนเปื้อนของเรเดียม-226 ในพื้นที่อำเภอนาหม่อมทั้งหมด

พิจารณาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักทุกชนิดจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 98 ตัวอย่าง พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 มีการกระจายสม่ำเสมอทั่วไปทั้งอำเภอนาหม่อม (ภาพประกอบ 4.4) ทั้งค่าสูงและต่ำ เมื่อแบ่งระดับกัมมันตภาพออกเป็น 3 ระดับ คือ ภาพประกอบ 4.4 (ก) แสดงระดับค่ากัมมันตภาพจำเพาะสูงกว่า 500 mBq/kg พบว่ามีการกระจายครอบคลุมพื้นที่โดยรอบในอำเภอนาหม่อมทั้งตำบลพิจิตร นาหม่อม คลองหรัง และทุ่งขมิ้น เมื่อวิเคราะห์การกระจายของผักที่มีกัมมันตภาพจำเพาะสูงกว่า 1000 mBq/kg (ภาพประกอบ 4.4 (ข)) และสูงกว่า 2000 mBq/kg (ภาพประกอบ 4.4 (ค)) ก็ยังสังเกตเห็นว่ามีการกระจายครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่อำเภอนาหม่อมเช่นเดียวกัน อาจสังเกตเห็นว่าจะเป็นกลุ่มก้อนตรงบริเวณใกล้เส้นทางน้ำ เช่น ลำคลอง ซึ่งก็คือบริเวณที่เป็นชุมชน หมู่บ้าน ที่มีเส้นทางสัญจร เนื่องจากเป็นบริเวณที่สนใจศึกษา

จึงมีความเป็นไปได้อยู่อย่างน้อย 2 ประการ ที่อธิบายการกระจายของเรเดียม-226 ในพื้นที่อำเภอนาหม่อม คือ (1) เรเดียม-226 มีกำเนิดจากพื้นที่สูงในเทือกเขาหินแกรนิต โดยเฉพาะบริเวณที่มีการพบรอยเลื่อนคือทางทิศใต้ของตำบลทุ่งขมิ้นและตำบลคลองหรัง ที่พบการปนเปื้อนเรเดียมสูงในน้ำบ่อ (จเร, 2548) และในผัก เรเดียม-226 กระจายคลุมพื้นที่ทั้งอำเภอผ่านทางระบบน้ำธรรมชาติทั้งน้ำผิวดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ่านทางคลองสาขาและคลองสายหลักคือคลองหวะ และกระจายผ่านทางระบบน้ำใต้ดิน และ (2) เนื่องจากชั้นหินฐานในพื้นที่อำเภอนาหม่อมเป็นหินแกรนิตชนิดที่พบกัมมันตรังสีสูง ฉะนั้นในพื้นที่อำเภอนาหม่อมส่วนใหญ่ใต้พื้นดินลงไปก็จะมี

แหล่งกำเนิดของเรเดียม-226 อยู่ทั่วไปในหินแกรนิตที่เป็นหินฐาน และพร้อมที่จะปลดปล่อยเรเดียม-226 ออกมาเมื่อหินเกิดการผุพังสลายตัว

ตาราง 4.4 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 เฉลี่ยในผักแต่ละชนิด ในอำเภอนาหม่อม เปรียบเทียบกับอำเภอบางกล่ำ

Type of vegetables	Concentration of Ra-226 in Vegetables grown in Namom District (mBq/kg)					
	Namom Dist.	Pijit sub-dist.	Thungkamin sub-dist.	Klongrang sub-dist.	Namom sub-dist.	Bang Klam Dist.
Ivy Gourd (ตำลึง)	1952 (20)	-	1949 (7)	1715 (7)	2274 (6)	857(2)
Yellow Cassia (ขี้เหล็ก)	1603 (16)	1498 (2)	1349 (2)	1428 (5)	1865 (7)	689(1)
White Popinac (กระถิน)	1261 (13)	1560 (1)	1251 (4)	1911 (2)	1065 (6)	-
Yard Long Bean (ถั่วฝักยาว)	314 (10)	567 (3)	184 (2)	466 (3)	122 (2)	657(1)
Swamp Cabbage (ผักบุ้ง)	1000 (10)	866 (5)	1884 (3)	-	553 (2)	409(1)
Egg Plant (มะเขือ)	927 (7)	927 (4)	664 (1)	1698 (1)	710 (1)	291(1)
Rice (ข้าว)	1480 (7)	1223 (5)	-	2385 (2)	-	-
Peanut (ถั่วลิสง)	1655 (6)	1750 (2)	-	1610 (4)	-	-
Spineless Amaranth (ผักโขม)	2975 (3)	-	7690 (1)	1236 (1)	2770 (1)	514(1)
Chinese Cabbage (ผักกาดขาว)	1163 (2)	1163 (2)	-	-	-	263(1)
Mustart (ผักกวางตุ้ง)	2511 (2)	2740 (1)	-	2302 (1)	-	290(1)
Collards (คะน้า)	1467 (1)	-	-	1467 (1)	-	220(1)
Cucumbers (แตงกวา)	211 (1)	-	211 (1)	-	-	-
Minimum	26	167	26	326	50	220
Maximum	7,882	2,850	7,882	4,212	4,728	907
Arithmetic mean	1,695	1,281	2,102	1,746	1,713	505
Median	1,404	1,130	1,339	1,831	1,414	461
Geometric mean	1,250	1,082	1,253	1,457	1,220	450
Mean annual Dose(μSv)	21	18	21	24	20	8
Standard error	322.5	316.8	271.3	356.3	341.1	144

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บแสดงจำนวนตัวอย่าง

4.4 การประเมินปริมาณรังสีเรเดียม - 226 ที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคผักต่อปี

การประเมินการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนเรเดียม - 226 ของชาวอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา โดยใช้เกณฑ์ของทบวงการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (UNSCEAR, 2000) กำหนดไว้ว่าในเวลา 1 ปี ประชาชนจะบริโภคผัก 60 กิโลกรัม เมื่อใช้ค่าปัจจัย 0.28 μSv/Bq ซึ่งใช้สำหรับการประเมินปริมาณรังสีสมมูลที่ร่างกายได้รับต่อปีในผู้ใหญ่ (Adult annual equivalent dose) ผลการคำนวณปริมาณรังสีประสิทธิผล ที่ได้รับจากการบริโภคผักชนิดต่าง ๆ ในอำเภอนาหม่อม แสดงในตาราง 4.4

คณะกรรมาธิการนานาชาติว่าด้วยการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP:International Commission on Radio-logical Protection) ได้กำหนดเกณฑ์ปริมาณรังสีที่บุคคลทั่วไปได้รับจากรังสีทุกชนิดด้วยค่าปริมาณรังสีขนาดเสี่ยง (committed dose) ของการดื่มน้ำและอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีไว้ที่ 0.1 mSv และค่าปริมาณรังสีจะต้องไม่เกินระดับปลอดภัยซึ่งกำหนดไว้ที่ 1 mSv ต่อปี (dose limit; ICRP 1991) ซึ่งเป็นปริมาณรังสีที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ได้รับจากการบริโภคผัก อย่างไรก็ตามทบวงการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้แสดงค่าปริมาณรังสีประสิทธิผล (effective dose rate) ที่จะได้รับจากเรเดียม-226 ต่ออายุ-น้ำหนัก ว่าไม่ควรเกิน 8 μSv/ปี ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เกณฑ์นี้เพื่อประเมินปริมาณรังสีที่จะได้รับเรเดียม-226 จากการบริโภคผักของประชาชนชาวอำเภอนาหม่อม โดยแยกพิจารณาในระดับตำบล ดังนี้

<u>ตำบลพิจิตร</u> ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนจะได้รับจากการบริโภคผักปนเปื้อนเรเดียม-226 ต่อปี มีค่า 18 μSv โดยผู้ที่บริโภคผักกวางตุ้งจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงที่สุด เท่ากับ 46 μSv/ปี และต่ำสุดในถั่วฝักยาว เท่ากับ 9.5 μSv/ปี โดยผู้ที่บริโภคถั่วลิสง ขี้เหล็ก และกระถิน จะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 28, 27 และ 21 μSv/ปี ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์ปกติ 8 μSv/ปี

<u>ตำบลนาหม่อม</u> ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนจะได้รับจากการบริโภค เรเดียม-226ในผักต่อปี มีค่า 20 μSv โดยผู้ที่บริโภคผักโขมจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงสุด 47 μSv/ปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับตำลึง และขี้เหล็กได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผล เท่ากับ 38 และ 31 μSv/ปี ตามลำดับ สูงเกินเกณฑ์ปกติ (8 μSv/ปี) และ สำหรับในถั่วฝักยาวได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลต่ำสุด 2 μSv/ปี ไม่เกินเกณฑ์ปกติ (8 μSv/ปี)

ตำบลคลองหรัง ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนได้รับต่อปี มีค่า 24 μSv โดยผู้ที่บริโภคข้าวจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงสุด 40 μSv/ปี ใกล้เคียงกับการบริโภคตำลึง ขี้เหล็ก กระถิน มะเขือ ถั่วลิสง ผักโขม ผักกวางตุ้ง และคะน้า มีค่าเท่ากับ 28, 24, 32, 29, 27, 21, 39 และ 25 μSv/ปี ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินกว่าเกณฑ์ปกติ และการบริโภคถั่วฝักยาวจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลน้อยที่สุด 8 μSv/ปี อยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตำบลทุ่งขมิ้น ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนได้รับต่อปี มีค่า 21 μSv โดยผู้ที่บริโภคผักโขมจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลในปริมาณสูงสุด 129 μSv/ปี และการบริโภคถั่วฝักยาวจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลต่ำสุด 3 μSv/ปี การบริโภคผักชนิดอื่นได้แก่ ตำลึง ขี้เหล็ก กระถิน มะเขือ และ ผักบุ้ง ค่าประเมินปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีมีค่า 33, 23, 21, 11 และ 32 μSv ซึ่งสูงเกินกว่าเกณฑ์ปกติ และการบริโภคแตงกวาจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลต่อปีเท่ากับ 4 μSv ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถั่วฝักยาว และอยู่ในเกณฑ์ปกติ

จากการศึกษาปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ประชาชนในพื้นที่อำเภอนาหม่อมจะได้รับจากการบริโภคผักปนเปื้อนเรเดียม-226 โดยคิดเฉลี่ยทั้งอำเภอมีค่า 21 μSv/ปี ซึ่งจัดเป็นค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับประชาชนของประเทศในเขตทวีปยุโรปซึ่งได้รับ 0.04 - 19.32 μSv/ปี ประชาชนในทวีปเอเชีย 1.26 μSv/ปี (Table 4) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่ตรวจวัดจากทั่วโลกขององค์การ UNSCEAR (2000) ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยไว้ที่ 0.84 μSv/ปี (Table 4) จะเห็นได้ว่าชาวอำเภอนาหม่อมได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคเรเดียม-226 ในผัก สูงกว่าเกณฑ์ปกติที่กำหนดไว้ค่อนข้างมาก

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีเรเดียม-226 ที่มีอยู่ในผักแต่ละชนิด

จากการประเมินปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับจากการบริโภคเรเดียม-226 ในผักในอำเภอนาหม่อม พบว่ามีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 8 μSv/ปี (UNSCEAR, 2000) เมื่อนำมาจัดอันดับผักแต่ละชนิดที่ประชาชนจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคผัก สูงที่สุด 5 อันดับแรก ประกอบด้วย ผักโขม (50 μSv/ปี) ผักกวางตุ้ง (42 μSv/ปี) ตำลึง (39 μSv/ปี) ถั่วลิสง (28 μSv/ปี) และ ขี้เหล็ก (27 μSv/ปี) พิจารณาเปรียบเทียบกับปริมาณแคลเซียมที่พบในผักแต่ละชนิด (ตาราง 4.2) พบว่ามีปริมาณแคลเซียมเป็นส่วนประกอบสูง ยกเว้นในถั่วลิสงซึ่งมีแคลเซียมเพียง 59 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักถั่วลิสง 100 กรัม ซึ่งมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผักชนิดอื่น แต่จากลักษณะการเพาะปลูกของถั่วลิสงโดยเมล็ดถั่วที่เรานำมาบริโภคจะอยู่ติดกับดินและน้ำซึ่งมีการสะสมแร่ธาตุรวมทั้งเรเดียม-226 ไว้ค่อนข้างสูง เมื่อนำมาตรวจวัดปริมาณรังสีเรเดียมจึงพบใน

ปริมาณสูง และยังพบว่าถั่วลิสงในตำบลคลองหรังมีกัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 สูงที่สุด เท่ากับ 4212 mBq/kg ส่วนผักชนิดอื่นๆ เช่น กระถิน ผักกาดขาว ผักบุ้ง มะเขือ จะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 21 20 17 และ 16 μSv/ปี ตามลำดับ ส่วนในถั่วฝักยาว และ แตงกวา จะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคผักต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (8 μSv/ปี) โดยมีค่า 5 และ 4 μSv/ปี ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าผักที่มีปริมาณแคลเซียมสูงมักจะตรวจพบค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ได้สูงเช่นกัน ส่วนผักที่มีปริมาณแคลเซียมน้อยก็จะตรวจพบค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ได้น้อยเช่นกัน

จากผลการวิเคราะห์การได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคเรเดียม-226 ในผัก พบว่า ประชาชนชาวตำบลคลองหรัง ได้รับสูงที่สุด เท่ากับ 24 μSv/ปี รองลงมาคือประชาชนชาวตำบลทุ่งขมิ้นได้รับ 21 μSv/ปี ชาวตำบลนาหม่อมได้รับ 20 μSv/ปี ชาวตำบลพิจิตรได้รับต่ำสุดเท่ากับ 18 μSv/ปี ซึ่งปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ประชาชนในแต่ละตำบลได้รับมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

ตาราง 4.5 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม - 226 และปริมาณรังสีประสิทธิผล ในผักประเภทใบ อำเภอนาหม่อม อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา เปรียบเทียบกับพื้นที่บริเวณอื่น

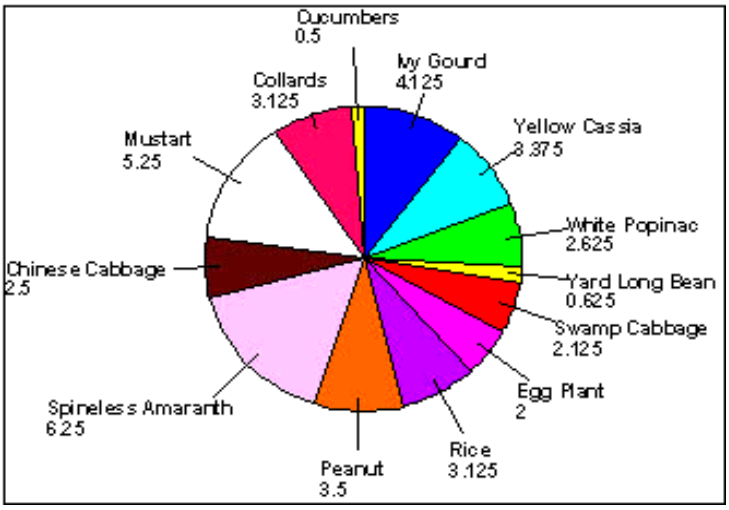
Region/Country	Concentration Ra-226 (mBq/kg)	Annual Dose (μSv)*	References
Europe			
Germany	6 – 1,150	0.10-19.32	Globel *et al*.,1980
Italy	27 – 44	0.45-0.74	De Bortoli *et al*.,1972
Poland	37 – 43	0.62-0.72	Pietrzak-Flis,1997
U.K.	2.2 – 170	0.04-2.86	Bradley *et al*.,1993
North America United Stated	56	0.94	Fisenne *et al*.,1987
Asia India China	75	1.26	Zhuo *et al*.,2001

Region/Country	Concentration Ra-226 (mBq/kg)	Annual Dose (μSv)*	References
Namom District, Songkhla Province Thailand	26 – 7,882	0.44-132.42	
- Pijit sub-district	1,082	18	This study
- Namom sub-district	1,220	20	
-Thungkamin sub-district	1,253	21	
- Klongrang sub-district	1,457	24	
Bang Klam District, Songkhla Province Thailand	450	8	This study
Reference value	50	0.84	UNSCEAR 2000

หมายเหตุ : * Annual dose recalculated by using the factor from UNSCEAR 2000

4.6 การประเมินความเสี่ยงทางรังสีจากการบริโภคผักที่ปลูกในพื้นที่อำเภอนาหม่อม

การประเมินความเสี่ยงทางรังสีจากการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนเรเดียม-226 จะประเมินอย่างง่ายโดยใช้ค่า Radiation Risk Factor (RRF) ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ประชาชนได้รับจากการบริโภคผักต่อปี กับค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลอ้างอิง (Reference dose, RfD) (UNSCEAR, 2000) ซึ่งแสดงในตาราง 4.2 พบว่าการบริโภคผักโขมจะมีความเสี่ยงทางรังสีมากที่สุด (6.25) และในผักกวางตุ้ง (5.25) ตำลึง (4.13) ขี้เหล็ก (3.38) กระถิน (2.63) ผักบุ้ง (2.13) ข้าว (3.13) ถั่วลิสง (3.50) คะน้า (3.13) ผักกาดขาว (2.50) และ มะเขือ (2.00) จัดว่ามีความเสี่ยงต่อการบริโภค เนื่องจากมีค่า RRF มากกว่า 1 ส่วนการบริโภคถั่วฝักยาว (0.63) และแตงกวา (0.5) มีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ

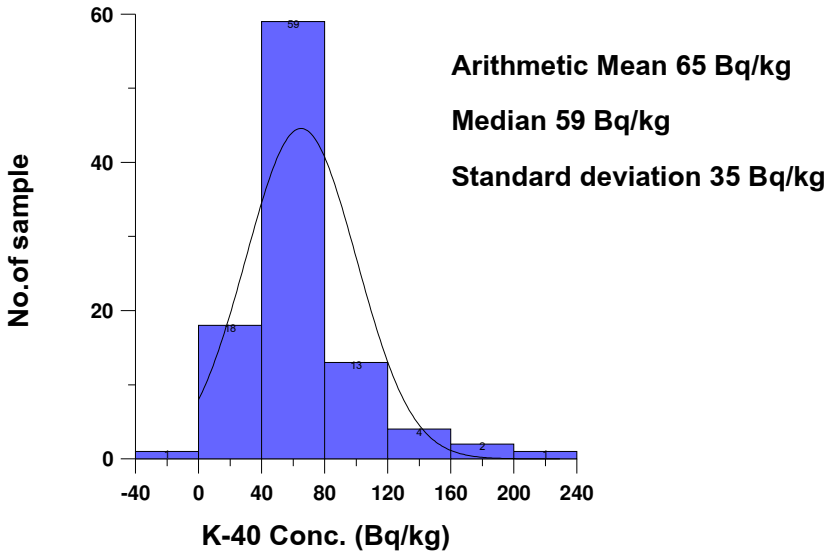


ภาพประกอบ 4.7 Radiation Risk Factor ในผักแต่ละชนิด อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

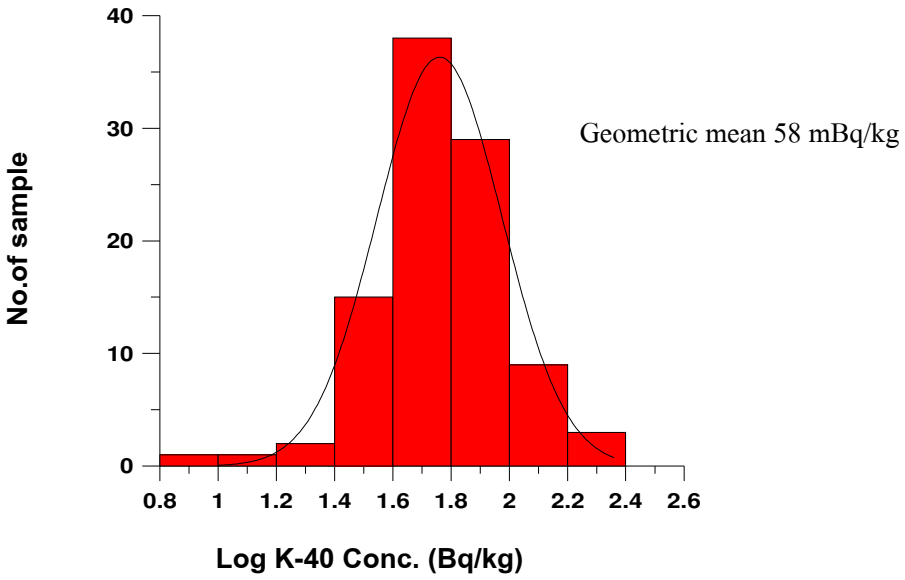
4.7 กัมมันตภาพจำเพาะของโพแทสเซียม (K-40) ในผัก ในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของโพแทสเซียม (K-40) ในตัวอย่างผักทั้งหมด 98 ตัวอย่าง พบว่าการกระจายของข้อมูลมีค่าระหว่าง 10 – 229.27 Bq/kg นำมาเขียนกราฟแจกแจงความถี่ พบว่า ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเบ้ไปทางขวา (ภาพประกอบ 4.8) โดยมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่ามัธยฐาน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 65 59 และ 35 Bq/kg ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่ามัธยฐานมีค่าแตกต่างกันไม่มาก เมื่อนำข้อมูลมาแจกแจงความถี่แบบ log normal (ภาพประกอบ 4.9) ผลการแจกแจงพบว่า ข้อมูลมีลักษณะการกระจายแบบรูประฆังคว่ำ มีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต เท่ากับ 58 Bq/kg ซึ่งใกล้เคียงกับ ค่ามัธยฐานมากกว่า จึงใช้เป็นค่าตัวแทนของค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของเรเดียม - 226 ในผัก ในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของโพแทสเซียม-40 มีค่าสูง ในผักเกือบทุกชนิด และทุกตำบล และในอำเภอบางกล่ำก็มีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากโพแทสเซียม -40 เป็นธาตุกัมมันตภาพรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ และมีครึ่งชีวิต 1.3×10^{8} ปี เป็นแร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในร่างกายมนุษย์ ในพืชผัก และสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่มีมากในร่างกายไม่ส่งผลให้เกิดอันตรายเท่ากับปริมาณเรเดียม-226



ภาพประกอบ 4.8 การแจกแจงข้อมูลค่ากัมมันตภาพจำเพาะของโพแทสเซียม (K-40) ในตัวอย่างผัก



ภาพประกอบ 4.9 การแจกแจงข้อมูลแบบ Log Normal ของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของโพแทสเซียม (K-40) ในตัวอย่างผัก