

## ภาคผนวก ก

### หน่วยวัดทางรังสี

#### ก.1 ความหมายของรังสี

คำว่ารังสีโดยทั่วไปอาจมีด้วยกันสองความหมายคือ

**1 กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)** หมายถึง จำนวนของไอโซโทปรังสีที่อยู่ในสถานะไม่คงตัว และมีการสลายตัวให้รังสีออกมาในช่วงเวลาหนึ่ง

**2 รังสี (Radiation)** หมายถึง อนุภาคซึ่งมีพลังงานที่มาจากการสลายตัวของไอโซโทปรังสี รังสีคอสมิก และจากเครื่องเร่งอนุภาค โดยพลังงานของรังสีจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด เช่น รังสีบีตาจากสตรอนเชียม – 90 (Sr – 90) มีพลังงานสูงสุดเท่ากับ 546 keV รังสีแกมมาจากโคบอลต์ – 60 (Co – 60) มีพลังงาน 1.17 และ 1.33 MeV เป็นต้น

#### ก.2 หน่วยของรังสี และกัมมันตภาพรังสี

หน่วยคือ ชื่อเฉพาะที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้บอกขนาด และปริมาณของสิ่งต่างๆ โดยหน่วยของรังสี และกัมมันตภาพรังสีสามารถแสดงได้ดังตาราง ก.1

ตาราง ก.1 หน่วยต่างๆ ของรังสี และกัมมันตภาพรังสี

ปริมาณ	หน่วยเดิม	หน่วยใหม่
กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	คูรี (Ci)	เบคเคอเรล (Bq)
รังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose)	แรด (Rad)	เกรย์ (Gy)
รังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure)	เรินท์เกน (R)	คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg)
รังสีสมมูล (Dose equivalent)	เรม (Rem)	ซีเวิร์ต (Sv)

โดยหน่วยต่างๆ ในตาราง ก. 1 มีรายละเอียดดังนี้

### ก.2.1 ปริมาณกัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่ากัมมันตภาพรังสีคือ การเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์ที่ส่งผลให้เกิดการแผ่รังสีหรือมีอนุภาคที่มีพลังงานเกิดขึ้น โดยเรียกแหล่งกำเนิดรังสีว่าไอโซโทปรังสีหรือนิวไคลด์รังสี (Radionuclide) ซึ่งการวัดจำนวนไอโซโทปรังสีหรือนิวไคลด์รังสีไม่อาจทำได้โดยการชั่งน้ำหนักหรือตวงวัดได้ เพราะไอโซโทปรังสีจะปนอยู่กับไอโซโทปอื่นๆ เสมอ แม้เมื่อทำการแยกให้บริสุทธิ์แล้วก็ตาม เมื่อเวลาผ่านไปการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็จะทำให้เกิดธาตุใหม่ปะปนขึ้นอีก ดังนั้นปริมาณกัมมันตภาพรังสีในขณะใดขณะหนึ่งจึงวัดได้จากรังสีที่เกิดขึ้นในขณะนั้น โดยหน่วยของปริมาณกัมมันตภาพรังสีเดิมจะอาศัยการเกิดการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์ของธาตุเรเดียมหนัก 1 กรัม ซึ่งเท่ากับ  $3.7 \times 10^{10}$  Disintegration per second (dps) และเรียกว่า 1 คูรี (Ci)

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ dps} \quad (\text{ก.1})$$

ต่อมาใช้หน่วย SI หน่วยของกัมมันตรังสีจึงเปลี่ยนเป็นเบคเคอเรล (Bq) ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $\text{s}^{-1}$

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps} \text{ และ } 1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} \quad (\text{ก.2})$$

ปริมาณกัมมันตภาพรังสีจะมีผลเมื่อเข้าสู่ร่างกาย เพราะรังสีที่เกิดขึ้นจะถูกดูดกลืนในอวัยวะ และเนื้อเยื่อของร่างกาย โดยเฉพาะเมื่อการเปลี่ยนแปลงทางนิวเคลียร์นั้นให้อนุภาคแอลฟาหรือบีตา เพราะอนุภาคทั้งสองเป็นอนุภาคที่มีพิสัยต่ำจึงทำให้เกิดการถ่ายพลังงานทั้งหมดให้กับอวัยวะ และเนื้อเยื่อซึ่งถือว่าเป็นอันตรายอย่างมาก

### ก.2.2 ปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed dose)

เนื่องจากรังสีแต่ละชนิดมีความสามารถในการทะลุผ่านวัตถุได้ต่างกัน และถ่ายเทพลังงาน ให้กับวัตถุแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ดังนั้นผลของรังสีต่อวัตถุจึงแปรผันตามปริมาณพลังงานของรังสีที่วัตถุนั้นดูดกลืน ตัวอย่างเช่น รังสีแอลฟา และรังสีบีตาซึ่งเป็นรังสีที่มีพิสัยต่ำจะถ่ายเทพลังงานทั้งหมดให้กับวัตถุ เช่นเดียวกับกับโฟตอนพลังงานต่ำๆ โดยจะส่งผลให้เกิดรอยไหม้ที่ผิวหนัง และถ้าเป็นโฟตอนพลังงานสูงหรือนิวตรอน พลังงานส่วนมากจะทะลุผ่านออกไปจากวัตถุ และจะมีเพียงบางส่วนของพลังงานเท่านั้นที่ถูกดูดกลืนไว้ โดยหน่วยของปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืน

เดิมนั้นใช้ Radiation absorbed dose (rad) ซึ่งเท่ากับพลังงานรังสีที่ถูกดูดกลืน 100 ergs ในวัตถุมวล 1 g

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs/g} \quad (\text{ก.3})$$

ในปัจจุบันหน่วยเปลี่ยนเป็นระบบ SI โดยใช้ mks เป็นมาตรฐาน ทำให้หน่วยปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนเปลี่ยนไปเป็นหน่วยเกรย์ (Gy)

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Jkg}^{-1} = 100 \text{ rads} \quad (\text{ก.4})$$

### ก.2.3 ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัว (Exposure)

ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัวเป็นปริมาณรังสีที่ไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับผลของรังสี เพราะเพียงแต่คิดว่ามีการแตกตัวของอากาศมากน้อยเพียงใดเท่านั้น ซึ่งการวัดรังสีในรูปแบบนี้ นิยมใช้กันมากเนื่องจากเป็นวิธีที่มีความไวสูง และสามารถวัดค่าได้ถูกต้องแม่นยำ โดยหน่วยเดิมของปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัวคือ เรินเกนท์ (R) ซึ่งมีค่าเท่ากับพลังงานรังสีที่ทำให้อากาศแตกตัวให้ประจุ 1 e.s.u. ในอากาศแห้ง 1 cm<sup>3</sup> ที่ ATP หรืออากาศมวล 1.293 x 10<sup>-3</sup> g สำหรับในหน่วย SI ใช้เป็นคูลอมบ์ต่อกิโลกรัม (C/kg) โดยประจุ 1 e.s.u. มีค่าเท่ากับ 3.335 x 10<sup>-10</sup> C

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg} \quad (\text{ก.5})$$

### ก.2.4 ปริมาณรังสีสมมูล (Dose equivalent)

ปริมาณรังสีสมมูลเป็นหน่วยที่นำเอาผลทางชีววิทยาของรังสีเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยอาศัยค่าปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนเฉลี่ยทั่วกลุ่มของเนื้อเยื่อหรืออวัยวะร่วมกับ Radiation weighting factor ( $W_R$ ) ตามชนิด และพลังงานของรังสี ซึ่งสามารถหาค่าปริมาณรังสีสมมูล ( $H_T$ ) ของกลุ่มเนื้อเยื่อ และอวัยวะต่างๆ ได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$H_T = S_R W_R \times D_{TxR} \quad (\text{ก.6})$$

เมื่อ  $D_{\text{TxR}}$  คือ รังสีที่ถูกดูดกลืนเฉลี่ยทั่วกลุ่มเนื้อเยื่อหรืออวัยวะ (T) เนื่องจากรังสี (R) และค่า  $W_R$  จะมีความสัมพันธ์กับค่า Relative biological effectiveness (RBE) โดยอาศัยการเปรียบเทียบความเสียหายของเนื้อเยื่อ เมื่อเนื้อเยื่อถูกกลืนรังสีที่ต่างชนิด และต่างพลังงานกัน

ในหน่วยเดิมของปริมาณรังสีสมมูลเรียกว่า Rem มีค่าเท่ากับ

$$\text{Absorbed dose (rad)} \times W_R \quad (ก.7)$$

สำหรับในปัจจุบันหน่วยของปริมาณรังสีสมมูล ซึ่งเป็นหน่วย SI เปลี่ยนเป็นซีเวิร์ต (Sv) และมีค่าเท่ากับ

$$\text{Absorbed dose (Gy)} \times W_R \quad (ก.8)$$

ดังนั้น

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem} \quad (ก.9)$$

แต่หน่วยซีเวิร์ต (Sv) เป็นหน่วยที่ใหญ่มาก ค่าปริมาณรังสีสมมูลส่วนมากจึงนิยมใช้เป็นมิลลิซีเวิร์ต (mSv) แทน

ตาราง ก.2 ค่า Radiation weighting factor ( $W_R$ )

Type and energy range	Radiation weighting factor : $W_R$
Photons, all energies	1
Electrons and muons, all energies	1
Neutrons, energy < 10 keV	5
10 keV to 100 keV	10
> 100 keV to 2MeV	20
> 2 MeV to 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protons, other than recoil protons, energy > 2 MeV	5
Alpha particles, fission fragments, heavy nuclei	20

### ภาคผนวก ข คุณสมบัติของผัก

ชื่อ	ตำลึง
ชื่ออื่น	ผักแคบ, ผักตำนิน, สี่บาท, แคเตี๊ยะ
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Coccinia grandis</i> Voigt
วงศ์	Cucurbitaceae
ชื่อสามัญ	Ivy Gourd
แหล่งที่พบ	ทุกภาคของประเทศ
ประเภทไม้	ไม้เถาล้มลุก



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- ต้น** เป็นไม้เถาล้มลุกอายุหลายปี เถาแก่ของตำลึงใหญ่และแข็ง เถากลมสีเขียวตามข้อมีหนวดหรือมือจับไว้ยึดเกาะหลักและต้น ไม้อื่น
- ใบ** เป็นใบเดี่ยวออกแบบสลับ ใบรูปร่างคล้าย 5 เหลี่ยม ขอบใบเว้าเข้าเล็กน้อยหรือเว้าลึก ใบสีเขียวเรียบไม่มีขน
- ดอก** เป็นดอกเดี่ยวออกจากบริเวณซอกใบ ดอกแยกเพศกันอยู่คนละดอก กลีบเลี้ยงสีเขียวโคนกลีบเชื่อมติดกันปลายแยกออกเป็น 5 แฉก กลีบดอกสีขาวโคนกลีบติดกันเป็นถ้วยปลายแยกเป็น 5 แฉก เกสรตัวผู้มี 3 อัน เกสรตัวเมียมี 1 อัน
- ผล** รูปร่างกลมรีคล้ายแตงกวาแต่มีขนาดเล็กกว่า ผลอ่อนมีสีเขียวลายขาวเมื่อแก่มีสีแดงสด

**ส่วนที่ใช้บริโภค** ยอดอ่อน ใบอ่อน ผลอ่อน

#### คุณค่าอาหาร

	Cal Unit	Moist ure%	Protein Gm.	Fat Gm.	CHO Gm.	Fibre Gm.	Ash Gm.	Ca mg.	P mg.	Fe mg.	Vitamins				
											A.I.U	B1 mg.	B2 mg.	Niacin mg.	C mg.
ใบ, ยอด	35	90.7	3.3	0.4	4.5	1.0	0.1	126	30	4.6	8608	0.17	0.13	3.80	34

**ลักษณะพิเศษ** ใบและเถาของตำลึง รสเย็น เป็นผักที่เหมาะสมในการรับประทานช่วงฤดูร้อน จะช่วยผ่อนคลายความร้อน

**สรรพคุณทางยา** ไบดำถึงคับพิษร้อน แก้เจ็บตา ตาแดง ตาและ ส่วนดำถึงทั้งต้นแก้โรคผิวหนัง ลดน้ำตาลในเลือด ในตำลึงประกอบด้วยแคลเซียม เส้นใยอาหาร และเบต้า-แคโรทีน

**ชื่อ** ถั่วฝักยาว  
**ชื่อวิทยาศาสตร์** *Vigna sinensis*  
**วงศ์** *Leguminosae*  
**ชื่อสามัญ** Yard long bean, Asparagus bean  
**แหล่งที่พบ** ทุกภาคของประเทศ  
**ประเภทไม้** เป็นเถาเลื้อย เถาแข็งและเหนียว คล้ายกับถั่วพู แต่มีอายุเพียงปีเดียว หรือฤดูเดียว เถาสีเขียวอ่อน ลำต้นม้วนพันสิ่งยึดเกาะได้ดี ไม่มีมือเกาะ



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ใบ** ประกอบแบบฝ่ามือ มี 3 ใบย่อย รูปสามเหลี่ยมยาว 6-10 เซนติเมตร ดอกช่อออกตามซอกใบ กลีบดอกสีขาว หรือน้ำเงินอ่อน

**ผล** เป็นฝักกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1 เซนติเมตร ยาว 20-80 เซนติเมตร มีหลายเมล็ด

**ส่วนที่ใช้บริโภค** ฝัก

#### คุณค่าอาหาร

	Cal Unit	Moist ure%	Protei n Gm.	Fat Gm	CHO Gm.	Fibre Gm.	Ca mg.	P mg.	Fe mg.	Vitamins				
										A.I.U	B1 mg.	B2 mg.	Niaci n mg.	C mg.
ถั่วฝักยาว	38	88.1	2.8	0.2	8.2	1.5	42	46	0.9	570	0.12	0.13	1.2	22

**ส่วนที่นำมาเป็นยา** ฝักอ่อน ใบ เมล็ด ราก

**สรรพคุณทางยา** ช่วยลดคอเลสเตอรอลในเลือด ช่วยให้ร่างกายดูดซึมธาตุเหล็กได้ดี และระบบขับถ่ายทำงานปกติ

**ชื่อ** มะเขือเปราะ

**ชื่ออื่นๆ** มะเขือเสวย มะเขือขันทำ มะเขือคางกบ  
มะเขือดำ มะเขือแจ้ มะเขือจาน  
มะเขือแจ้ดิน เขื่อพา เขื่อหิน มะเขือหิน



**ชื่อวิทยาศาสตร์** *Solanum xanthocarpum*.

**วงศ์** *Solanaceae - Nightshade family*

**ชื่อสามัญ** *brenlal*

**แหล่งที่พบ** ปลูกตามแหล่งสวนผัก

**ประเภทไม้** เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก

**ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

**ต้น** เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ตามลำต้นมีหนามสีแดงเกือบดำ

**ใบ** ใบมีหนามสีแดงเกือบดำคล้ายมะฮึก

**ผล** ผลเมื่อแก่มีสีเหลืองเนื้อในผลสีเขียวเป็นเมือก มีรสขื่น

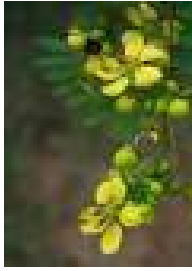
**ส่วนที่ใช้บริโภค** ผลดิบ

**คุณค่าอาหาร**

	Cal Unit	Moist ure%	Protei n Gm.	Fat Gm	CHO Gm.	Fibre Gm.	Ca mg.	P mg.	Fe mg.	Vitamins				
										A.I.U	B1 mg.	B2 mg.	Niaci n mg.	C mg.
มะเขือ เปราะ	39	87.9	1.8	0.8	6.2	2.5	38	70	1.2	292	0.07	0.16	2.4	3

**ลักษณะพิเศษ** สรรพคุณทางยา รากขับเสมหะ ทำให้น้ำลายแห้ง แก้ไข้สันนิบาต แก้ น้ำลายเหนียว แก้ไอ พุงพิษไข้ แก้ไข้ที่มีพิษร้อน หรือปรุงเป็นยาอื่น แก้กามตายด้าน บำรุงกำหนัดลูก แก้เสมหะ แก้ น้ำลายเหนียว แก้ไข้สันนิบาต

**สรรพคุณทางยา** ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ขับปัสสาวะ และฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

ชื่อ	จี้เหล็ก	
ชื่ออื่น	จี้เหล็กบ้าน, จี้เหล็กแก่น, จี้เหล็กหลวง, จี้เหล็กใหญ่, ผักจี้ดี, เมะ, จี้ทะเลพะโคะ, ยะหา, จี้เหล็กเฟือก	
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Cassia siamea</i> Britt.	
วงศ์	Caesalpiniaceae	
ชื่อสามัญ	ThaiCopper Pld, Yellow Cassia, Cassod Tree, Kassof tree, Minjri, Muang, Angkanh, Bombayblackwood	
แหล่งที่พบ	พบทั่วไปของทุกภาค	
ประเภทไม้	ไม้ยืนต้น	

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

<b>ต้น</b>	ไม้ยืนต้น สูง 5-10 เมตร เปลือกแตกสีดำแก่นไม้ออกสีดำแตกกิ่งแขนง
<b>ใบ</b>	ใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับใบย่อยรูปขอบขนาน กว้างประมาณ 1.5 ซม. ยาว 4 ซม. ใบอ่อนมีขนสีน้ำตาลแกมเขียว ยอดอ่อนมีรสขม
<b>ดอก</b>	เป็นช่อออกที่ปลายกิ่ง กลีบดอกสีเหลือง มีเกสรยาวออกมาภายนอก
<b>ผล</b>	เป็นฝักแบนยาวและหนา ฝักแห้งจะแตกออกเป็น 2 ซีก มีเมล็ดเรียงอยู่ตรงกลางฝักแถวเดียว จำนวน 10-30 เมล็ด เมล็ดแข็งสีน้ำตาลเข้ม แข็ง
<b>ส่วนที่ใช้บริโภค</b>	ยอดอ่อน ใบอ่อน ดอกอ่อน

#### คุณค่าอาหาร

	Cal Unit	Moist ure%	Protein Gm.	Fat Gm.	CHO Gm.	Fibre Gm.	Ash Gm.	Ca mg.	P mg.	Fe mg.	Vitamins				
											A.I.U	B1 mg.	B2 mg.	Niacin mg.	C mg.
ดอก	80	74.7	4.9	0.4	14.3	4.3	1.3	13	4	1.6	8221	0.11	3.26	1.80	84
ใบ	157	57.8	7.7	1.9	27.3	3.7	1.6	156	190	5.8	7625	0.04	0.69	1.30	11

#### ลักษณะพิเศษ

ยอดอ่อน ดอกอ่อน รสขม สรรพคุณระบายอ่อนๆ

#### สรรพคุณทางยา

เปลือก แก้วริดสีดวง, ใบ แก้วระดูขาว แก้วนี้่ว ขับปัสสาวะ, ดอกตูม และใบอ่อน ระบายอ่อน, ดอก ทำให้นอนหลับ แก้วหืด ล้างศีรษะ แก้วรังแค, กระจก แก้วร้อน กระจกกระสาย, แก้ว แก้วไฟธาตุพิการ แก้วใช้ทำให้ตัวเย็น แก้วเสบตา แก้วการโรค แก้วหนองใน, ราก แก้วใช้



ชื่อ	ผักบุ้งไทย
ชื่ออื่น	ผักทอดยอด, ผักบุ้ง, ผักบุ้งแดง, ผักบุ้งนา, กำจร, โหนเดาะ
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Ipomoea aquatica</i> Forsk.
วงศ์	Convolvulaceae
ชื่อสามัญ	Swamp cabbage
แหล่งที่พบ	ทั่วไปของทุกภาค
ประเภทไม้	ไม้ล้มลุกที่ลำต้นทอดคลานไปตามพื้น



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ต้น** เป็นไม้น้ำและเป็นไม้ล้มลุกหลายปี ลำต้นทอดเลื้อยไปตามน้ำหรือในที่ลุ่มที่มีความชื้นหรือดินแฉะ ลำต้นกลมสีเขียวหรือสีม่วงแดง มีข้อปล้องและมีรากออกตามข้อได้

**ใบ** เป็นใบเดี่ยวออกแบบสลับ ใบเป็นรูปหอกหรือรูปไข่ ขอบใบเรียบหรือมีคลื่นเล็กน้อย ปลายใบแหลมหรือมน ฐานใบเว้าเป็นรูปหัวใจ ใบยาว 3-10 ซม. กว้าง 1-9 ซม

**ดอก** เป็นรูประฆังออกที่ซอกใบ แต่ละช่อมีดอกย่อย 1-5 ดอก กลีบเลี้ยงสีเขียวกลีบดอกมีทั้งสีขาวหรือ สีชมพูอยู่ที่ฐาน เกสรตัวผู้มี 5 อัน ยาวไม่เท่ากัน

**ผล** เป็นแบบแคปซูล รูปไข่หรือกลม สีน้ำตาล มีเมล็ดกลมสีดำ

**ส่วนที่ใช้บริโภค** ยอดอ่อน ใบอ่อน

#### คุณค่าอาหาร

	Cal Unit	Moist ure%	Protein Gm.	Fat Gm.	CHO Gm.	Fibre Gm.	Ash Gm.	Ca mg.	P mg.	Fe mg.	Vitamins				
											A.I.U	B1 mg.	B2 mg.	Niacin mg.	C mg.
ผักบุ้ง	21	92.9	1.4	0.3	3.2	3.3	0.8	41	30	3.60	6362	0.09	0.09	3.20	3

**ลักษณะพิเศษ** ผักบุ้ง รสจืดเย็น ช่วยขับพิษ ถอนพิษเบื่อเมา

**สรรพคุณทางยา** มีสารอย่างหนึ่งที่มีโครงสร้างคล้ายอินซูลิน ทำหน้าที่ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เป็นอย่างดี และมีสรรพคุณในการดูดซับไขมันได้ดี ในผักบุ้งไทยประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม ธาตุเหล็ก เส้นใยอาหาร และฟอสฟอรัส

ชื่อ	ถั่วลิสง
ชื่ออื่น	ถั่วยี่สง ถั่วดิน ถั่วคุด
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Arachis hypogaea hypogaea</i>
วงศ์	<i>Papilionaceae</i>
ชื่อสามัญ	Peanut, groundnut, arachide
แหล่งที่พบ	ทั่วไปของทุกภาค
ประเภทไม้	ไม้ล้มลุก



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ต้น** เป็นพรรณไม้ล้มลุกจะมีอายุสั้นไม่เกิน 1 ปี ลำต้นนั้นจะมีความสูงประมาณ 30 – 70 เซนติเมตร ลักษณะลำต้นจะเป็นเหลี่ยม และจะมีขนเป็นสีเหลืองออกขาวเล็กน้อย

**ใบ** เป็นใบประกอบ และจะมีใบย่อยประมาณ 4 ใบ ลักษณะตัวใบนั้นจะกลมหรือกลมรี ตรงปลายของมันจะมน หรือแหลมเล็กน้อย ฐานใบจะแคบ ของใบเรียบมองเห็นเส้นใบได้ชัด ส่วนก้านใบร่วนนั้นจะมีขนสีน้ำตาล

**ดอก** จะออกเดี่ยวหรือออกเป็นกลุ่ม ตามง่ามใบ เมื่อดอกบานยังไม่มีก้านดอก หลอดกลีบเลี้ยงจะยาวและเล็ก ส่วนกลีบดอกจะมีลักษณะกลีบหนึ่งจะกลมและใหญ่ และมีกลีบเล็กอีก 2 กลีบ ส่วนด้านล่างนั้นจะมีกลีบเป็นเส้นแหลม ๆ อีกประมาณ 2 กลีบ คล้ายผีเสื้อ

**เมล็ด** ผลจะมีลักษณะเป็นฝักกลมยาว และหนา ฝักจะมีความยาวประมาณ 1-5 ซม. ภายใน ฝักจะมีเมล็ดประมาณ 1-4 เม็ด จะติดผลในฤดูหนาว

ส่วนที่ใช้บริโภค เมล็ด

#### คุณค่าอาหาร

	Cal	Moist	Protein	Fat	CHO	Fibre	Ash	Ca	P	Fe	Vitamins				
											A.I.U	B1	B2	Niacin	C
	Unit	ure%	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	mg.	mg.	mg.		mg.	mg.	mg.	mg.

**สรรพคุณทางยา** ก้านและใบ ใช้สดและแห้ง นำมาต้มกินน้ำ หรือใช้ภายนอกตำพอก รักษาแผลหกล้มกระทบกระแทกหรือแผลที่มีหนองเรื้อรัง ใช้กินเป็นยาลดความดันโลหิตสูงเมล็ด ใช้แห้งนำมาบดขงหรือต้มกิน จะมีรสขม หล่อลื่นปอด รักษาอาการไอแห้ง ๆ บำรุงกำลัง บำรุงน้ำนมในสตรีหลังคลอดที่มีน้ำนมน้อย สมานกระเพาะอาหาร

ชื่อ	แตงกวา
ชื่ออื่น	แตงร้าน
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Cucumis sativus L.</i>
วงศ์	<i>Cucurbitaceae - Gourd family</i>
ชื่อสามัญ	Cucumber
แหล่งที่พบ	ทั่วไปของทุกภาค
ประเภทไม้	ไม้เลื้อย



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ต้น** เป็นต้นแข็งเลื้อยยาวได้ถึง 2.19 เมตร มีขน มือพัน(tendrils) แบบเดี่ยว ใบเดี่ยว รูปไข่สามเหลี่ยม(Triangular ovate)

**ใบ** ด้านกว้างมากกว่า ด้านยาว ใบกว้าง 27.76 เซนติเมตร ยาว 19.83 เซนติเมตร ขอบใบหยักซี่ฟัน(Dentate) ปลายใบเรียวแหลม(Acuminate) โคนใบรูปหัวใจ(Cordate)

**ดอก** ดอกเดี่ยวสีเหลือง ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียแยกกันคนละดอกในต้นเดียวกัน (Monoecious) ดอกเพศผู้ออกเป็นกลุ่มตรงมุมระหว่างข้อกับก้านใบ (Axillary) ดอกเพศเมียออกแยกเดี่ยว (Solitary) มีกลีบดอก 5 กลีบ ยาว 1.3-3.9 เซนติเมตร ก้านดอกยาว 1.0-3.5 เซนติเมตร ผลสดสีเขียว (Green) รูปขอบขนาน (Oblong) หัวท้ายมน ผิวขรุขระ (Tuberculate) หนามสีขาว (White spines)

**ผล** ขนาดผล 4.20 x 13.67 เซนติเมตร ก้านผลยาว 1.6 เซนติเมตร ใ้ภายในผลต้น มี 3 ช่อง (Locules) ขนาดใ้ 2.10 x 11.06 เซนติเมตร เนื้อหนา 0.87 เซนติเมตร ผลแก่สีเหลืองอ่อนหรือสีครีม เมล็ดแบน สีครีม กว้าง 3.5-4.0 มิลลิเมตร ยาว 9.3-10.1 มิลลิเมตร หนา 1.1-1.7 มิลลิเมตร ใน 1 ผล มีเมล็ด 44-297 เมล็ด

ส่วนที่ใช้บริโภค ผล

#### คุณค่าอาหาร

Cal	Moist	Protein	Fat	CHO	Fibre	Ash	Ca	P	Fe	Vitamins				
										A.I.U	B1	B2	Niacin	C
Unit	ure%	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	mg.	mg.	mg.		mg.	mg.	mg.	mg.

สรรพคุณทางยา ทำให้ผิวหนังมีความชุ่มชื้น ยืดหยุ่น

ชื่อ	ข้าว
ชื่ออื่น	ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว ข้าวหนึ่ง ข้าวเหนียวปั่ว ข้าวคอแรง ข้าวไข่แมงดา บือถู่ ตั่วบี่ แกบี่
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Oryza sativa</i> Linn.
วงศ์	Gramineae
ชื่อสามัญ	Rice Plant
ประเภทไม้	พืชล้มลุก



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ต้น** ข้าวเป็นพรรณไม้จำพวกหญ้าล้มลุก เป็นพรรณไม้น้ำลำต้นนั้นภายในจะกลวงและเป็นข้อ มีความสูงประมาณ 1-1.5 เมตร ส่วนมากจะขึ้นในโคลนที่เป็นดินเหนียว

**ใบ** ลักษณะของมันบางแคบและยาวประมาณ 30-60 ซม. กว้างประมาณ 0.6-2.5 ซม. เส้นใบกลางนั้นเราจะเห็นได้ชัดตรงปลายใบแหลมและโคนใบที่หุ้มรอบลำต้นนั้นยาวประมาณ 0.8-2.5 ซม. ส่วนผิวใบและขอบใบนั้นจะมีขนสั้น ๆ ทั้ง 2 ด้าน

**ดอก** จะออกเป็นช่อดอกรวม ซึ่งเรียกว่ารวงข้าว ดอกกลเมียวาวประมาณ 6-8 ซม. ดอกที่ไม่ติดผลนั้นมันจะฝ่อและลีบเป็นหนามแหลม ส่วนดอกย่อยจะมีเกสรตัวผู้อยู่ 6 อันและอับเรณูยาวราว 2 มม. ก้านเกสรตัวเมียมีอีก 2 อัน ลักษณะนั้นคล้ายนก ช่อด้านถ้าแก่จัดจะงอลง

**ผล** เป็นรูปไข่ปลายแหลมมีเส้นผ่านศูนย์กลางราว 2-3 มม. ยาวประมาณ 0.6-1.5 ซม. เมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียวถ้าสุกเต็มที่มีสีเหลืองทอง เป็นพรรณไม้ที่ขึ้นในเมืองร้อน

**ส่วนที่ใช้บริโภค** เมล็ด

#### คุณค่าอาหาร

	Cal Unit	Moist ure%	Protein Gm.	Fat Gm.	CHO Gm.	Fibre Gm.	Ash Gm.	Ca mg.	P mg.	Fe mg.	Vitamins				
											A.I.U	B1 mg.	B2 mg.	Niacin mg.	C mg.
ข้าว	368	10.7	7.4	0.5	80.8	0.4	-	8	108	1.2	-	0.10	0.05	2.4	-

**ลักษณะพิเศษ** ข้าวซึ่งแบ่งออกเป็นข้าวเหนียวและข้าวเจ้านั้น นอกจากจะใช้บริโภคเป็นอาหารหลักประจำวันของประชาชนแล้ว ยังใช้ทำเป็นอาหารหวานชนิดต่าง ๆ ทำเป็นแป้งข้าวเหนียว แป้งข้าวเจ้าและทำเส้นก๋วยเตี๋ยวอีกด้วย โดยเฉพาะข้าวเหนียวใช้ทำเป็นของหวานมากกว่าข้าวเจ้า ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตแอลกอฮอล์ก็ได้เอาข้าวเหนียวไปหุงแล้วผสมกับน้ำตาลและเชื้อยีสต์ เพื่อทำ

ให้เกิดการหมัก (fermentation) โดยมีจุดประสงค์ให้ยีสต์เปลี่ยนแปลงเป็นแอลกอฮอล์ สำหรับใช้ผลิตวิสกีและอื่น ๆ นี่คือประโยชน์ของข้าวที่ใช้ในประเทศไทย และ ส่งเป็นสินค้าออกไปขายต่างประเทศ

ชื่อ	ผักโขมหัด
ชื่ออื่น	ผักขม, ผักหม, ผักหมหัด, ผักโขม, ผักโขมไทย
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Amaranthus gracilis</i> Desf.
วงศ์	Amaranthaceae
ชื่อสามัญ	Amaranth, Green Amaranth
แหล่งที่พบ	พบทุกภาคของประเทศไทย
ประเภทไม้	ไม้ล้มลุก



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ต้น** เป็นพรรณไม้ล้มลุก แตกกิ่งก้านสาขาออกรอบ ๆ ต้นลักษณะของลำต้นเป็นเหลี่ยมมน และเกลี้ยง แต่จะมีขนอ่อน ๆ ปกคลุมอยู่บ้างเล็กน้อย ลำต้นสูงประมาณ 0.5-2 ฟุตมีสีเขียว

**ใบ** เป็นใบเดี่ยว ออกสลับกันไปตามข้อต้นลักษณะของใบเป็นรูปไข่ หรือคล้ายกับรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปุ่น ปลายใบจะมนหรือเว้าเล็กน้อย ส่วนโคนนั้นจะแหลมและกว้างกว่าปลายใบตามเส้นใบจะมีขนขึ้นอยู่ ขนาดของใบกว้างประมาณ 1-2.5 นิ้ว ยาว 1.5-3.5 นิ้วมีสีเขียว มีก้านใบยาว 1-2.5 นิ้ว

**ดอก** ออกเป็นช่ออยู่ตรงส่วนยอดของต้น ดอกเพศผู้และเมียจะอยู่กันคนละดอก แต่ก็อยู่ในช่อเดียวกัน ดอกมี 3-4 กลีบซึ่งหนึ่งดอกจะเรียงกันเป็นแถวประมาณ 20-30 ดอกมีสีเขียว

**ส่วนที่ใช้บริโภค** ทั้งต้น ใบ

#### คุณค่าอาหาร

Cal	Moist	Protein	Fat	CHO	Fibre	Ash	Ca	P	Fe	Vitamins				
										A.I.U	B1	B2	Niacin	C
Unit	ure%	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	mg.	mg.	mg.		mg.	mg.	mg.	mg.

**ลักษณะพิเศษ** เป็นพรรณไม้กลางแจ้งที่ขึ้นอยู่ทั่วไป ชอบดินร่วนซุยและชุ่มชื้น

**สรรพคุณทางยา** ไบ เป็นยาแก้คันตามผิวหนัง แก้พิษแมลงป่องต่อย ทำให้ผิวหนังนุ่ม, ตัน ใช้แก้พิษงูกัด, ราก เป็นยาถอนพิษร้อนภายใน ขับปัสสาวะ ขับเสมหะ แก้ไข้หวัดต่างๆ และต้มอาบน้ำแก้อาการคันตามผิวหนัง

**ชื่อ**

กระถิน

**ชื่ออื่น**

กระถินไทย, กระถินดอกขาว, กระถินหัวหงอก, สะตอเทศ, สะตอเบา, สะตอบ้าน, กระถิน, กระถินน้อย, กระถินบ้าน, ผักก้านดิน, กะตง

**ชื่อวิทยาศาสตร์**

*Leucaena leucocephala*

**วงศ์**

*Leguminosae-Mimosoideae*

**ชื่อสามัญ**

Lead tree, Acacia

**แหล่งที่พบ**

ทุกภาคของประเทศไทย

**ประเภทไม้**

ไม้พุ่มขนาดใหญ่ถึงไม้ต้นขนาดเล็ก

**ลักษณะทางพฤกษศาสตร์**

**ดอก**

ออกเป็นช่อ ช่อดอกออกแบบช่อกระจุกแน่น ออกตามง่ามใบ 1-3 ช่อ เป็นฝอยนุ่มมีกลิ่นหอมเล็กน้อย

**ใบ**

ประกอบแบบขนนกสองชั้น เรียงสลับ ยาว 12.5-25 ซม. แกนกลางใบ ประกอบยาว 10-20 ซม. มีขน แยกแขนง 2-10 คู่ ยาว 5-10 ซม. ก้านแขนงสั้น มีขน ใบย่อย 5-20 คู่ เรียงตรงข้าม รูปแถบ หรือรูปขอบขนานแกมรูปแถบ กว้าง 2-5 มม. ยาว 0.6-2.1 ซม. ปลายแหลม โคนเบี้ยว ขอบมีขน ท้องใบมีนวล

**ผล**

เป็นฝัก ฝักออกเป็นช่อแบนยาวประมาณ 4-5 นิ้ว ฟูต เห็นเมล็ดเป็นจุดๆ ในฝัก ตลอดฝัก

**ส่วนที่ใช้บริโภค**

ยอดอ่อน และฝักอ่อน

**คุณค่าอาหาร**

Cal	Moist	Protein	Fat	CHO	Fibre	Ash	Ca	P	Fe	Vitamins				
										A.I.U	B1	B2	Niacin	C
Unit	ure%	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	mg.	mg.	mg.		mg.	mg.	mg.	mg.



**ลักษณะพิเศษ** สามารถนำมาทำเป็นเครื่องประดับหลายชนิด เช่น สายสร้อย เข็มกลัด เข็มขัดเปลือกให้เส้นใยสั้นใช้ทำกระดาษได้ แต่คุณภาพไม่ดี

**สรรพคุณทางยา** ดอก รสมัน บำรุงตับ แก้เลือดกระด้างขึ้นตา, ราก รสเฝื่อน ขับลม ขับระดูขาว เป็นยาอายุวัฒนะ, เมล็ด ใช้ถ่ายพยาธิตัวกลม

**ชื่อ** คะน้า

**ชื่อวิทยาศาสตร์** *Brassica alboglabra* Bailey

**วงศ์** Brassicaceae

**ชื่อสามัญ** KALE

**แหล่งที่พบ** ปลูกตามแหล่งสวนผัก

**ประเภทไม้** พืชล้มลุก



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ต้น** ลำต้นเดี่ยว อวบ ส่วนกลางป่องใหญ่ สูงเฉลี่ย 33.4 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น ส่วนใหญ่ที่สุดคือ 2.0 เซนติเมตร ช่วงข้อยาว

**ใบ** แผ่นใบเรียบ ปลายใบแหลมตั้งชี้ขึ้น ก้านใบบาง น้ำหนักใบน้อยกว่าส่วนที่เป็นต้น และก้านใบ จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 9 ใบ

**ส่วนที่ใช้บริโภค** ใบ ก้าน และลำต้น

#### คุณค่าอาหาร

Cal	Moist	Protein	Fat	CHO	Fibre	Ash	Ca	P	Fe	Vitamins				
										A.I.U	B1	B2	Niacin	C
Unit	ure%	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	mg.	mg.	mg.		mg.	mg.	mg.	mg.

**ลักษณะพิเศษ** ส่วนที่นำมาใช้ประโยชน์ ประโยชน์ คือเป็นผักที่ให้วิตามินเอสูงมากและเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารยับยั้งการก่อมะเร็งนอกจากนั้นยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินซีอีกด้วย

**สรรพคุณทางยา** มีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านการเกิดมะเร็ง และเป็นสารอาหารที่ส่งเสริมภูมิคุ้มกัน



ชื่อ	กวางตุ้ง
ชื่ออื่น	ผักกาดเขียว
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Brassica.campestris L. ssp. chinensis (Lour.)Rupr</i>
วงศ์	<i>Brassicaceae</i>
ชื่อสามัญ	pak-choi
แหล่งที่พบ	ทุกภาคของประเทศไทย



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

**ต้น** ตั้งตรง มีสีเขียว ขนาดโตเต็มที่ใช้รับประทานได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.4-1.8 เซนติเมตร สูงประมาณ 43-54 เซนติเมตร ก่อนออกดอกลำต้นจะสั้น มีข้อถี่มากจนดูเป็นกระจุกที่โคนต้น เมื่อออกดอกแล้วในระยะติดฝักต้นจะสูงขึ้นมาก โดยเฉลี่ยสูงประมาณ 85-144 เซนติเมตร

**ใบ** ใบเลี้ยงมี 2 ใบ มีสีเขียว ปลายใบตรงกลางจะเว้าเข้า ส่วนใบจริงจะแตกเป็นกระจุกที่บริเวณโคนต้น เป็นใบเดี่ยว ใบเรียบไม่ห่อหุ้ม สีเขียว ใบอ่อนมีสีเขียวอ่อน ขอบใบเป็นรอยฟันเลื่อยเล็กน้อย ใบแก่ผิวใบเรียบหรือเป็นคลื่นเล็กน้อย ไม่มีขน ของใบเรียบหรืออาจมีรอยเว้าตื้นๆ ขนาดเล็ก โคนใบหยักเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบมน ก้านใบที่ติดกับลำต้นมีสีเขียวอ่อนเป็นร่องและเรียวกลมขึ้นไปหาแผ่นใบ ก้านใบหนาและมีสีขาวอมเขียว สำหรับใบที่ช่อดอกจะมีก้านใบยาว 2-3 เซนติเมตร รูปใบเรียวแหลมไปทางฐานใบและปลายใบ ขอบใบเรียบ

**ผล** เป็นฝัก รูปร่างเรียวยาว แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนปลายไม่มีเมล็ด ยาวประมาณ 0.9-1.5 เซนติเมตร และส่วนที่มีเมล็ดยาวประมาณ 3-4.1 เซนติเมตร กว้าง 0.3-0.5 เซนติเมตร ก้านผลยาว 1.3-2.5 เซนติเมตร ผลตั้งขึ้น เมื่อผลแก่จะแตกตามยาวจากโคนไปหาปลาย ผลเมื่ออ่อนมีสีเขียว ผลแก่มีสีน้ำตาล

**ส่วนที่ใช้บริโภค** ใบและก้านใบ

#### คุณค่าอาหาร

Cal	Moist	Protein	Fat	CHO	Fibre	Ash	Ca	P	Fe	Vitamins				
										A.I.U	B1	B2	Niacin	C
Unit	ure%	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	Gm.	mg.	mg.	mg.		mg.	mg.	mg.	mg.



ชื่อ	ผักกาดหอม
ชื่ออื่น	ผักสลัด, ผักกาดปี, พังฉ่าย
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Lactuca sativa</i> Linn.
วงศ์	Compositae
ชื่อสามัญ	Lettuce
ประเภทไม้	พืชล้มลุก



#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

- ต้น** ลำต้นตั้งตรงสูงประมาณ 1 เมตร
- ใบ** ไม่มีก้านใบ ใบที่โคนต้นมีขนาดใหญ่ ใบเกิดออกจากลำต้นในส่วนที่ติดกับผิวดิน ใบมีรูปขอบขนานกว้างหรือรูปไข่กลับ ใบกว้างประมาณ 2.5-10 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6-14 เซนติเมตร ปลายใบกลม โคนใบเป็นติ่งหู โอบหุ้มลำต้น ขอบใบเรียบหรือจักเป็นซี่ฟัน
- ดอก** ออกเป็นกระจุก มีสีเหลือง ยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร ออกเป็นช่อ กระจายที่ปลายยอด ก้านช่อดอกยาวประมาณ 0.5-2 เซนติเมตร มีใบประดับค่อนข้างเล็กเป็นรูปหัวใจ กิ่งเกสร โคนใบเป็นรูปติ่งหู ปลายมน ด้านล่างมีต่อมเล็กๆ ริวประดับรูปไข่หรือรูปหอกยาวประมาณ 10-13 มิลลิเมตร เกสรตัวผู้ ปลายกลม เรียงเป็น 3-4 วง กลีบดอกยาว 5 มิลลิเมตร ก้านเกสรตัวเมียเป็นรูปรางน้ำขอบจักเป็นซี่ฟัน 5 ซี่ โคนอับเรณูเป็นรูปหัวลูกศร ปลายมน ท่อเกสรมีขนนุ่มแยกเป็นแฉกสั้น
- ผล** ผักกาดหอมมีผลแห้ง รูปไข่กลับ มีสีดำ ผลมีลักษณะแบนมีจะงอย ผลยาวประมาณ 3-6 มิลลิเมตร มีสันประมาณ 6 สัน มีรยางค์ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร

#### ส่วนที่ใช้บริโภค ใบ

#### คุณค่าอาหาร

	Cal Unit	Moist ure%	Protein Gm.	Fat Gm.	CHO Gm.	Fibre Gm.	Ca mg.	P mg.	Fe mg.	Vitamins				
										A.I.U	B1 mg.	B2 mg.	Niacin mg.	C mg.
ผักกาด	23	93	1.2	0.4	4.6	0.5	83	34	5.4	2,855	0.06	0.12	0.4	21

สรรพคุณทางยา เป็นยาบำรุง ขับลมในลำไส้ เป็นยาระบาย ขับพยาธิ ขับปัสสาวะ ขับเหงื่อ ขับน้ำนม ขับกระหาย, แก้พิษ แก้ไอ ระงับปวด รักษาโรคตับ แก้ท้องชวดบวม รักษาบาดแผลและริดสีดวงทวาร เป็นผักบำรุงสายตา

ภาคผนวก ก. ตารางแสดงข้อมูลการเก็บตัวอย่างในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

S.	E	N	ชนิดผัก	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ตำบล	Activity Ra-226 (mBq/kg)	S.D.	Annual Dose ( $\mu$ Sv)	Activity K-40 (Bq/kg)	S.D.
1	671620	770570	ผักบุ้ง	1	เนินพิจิตร	พิจิตร	1365.80	180.0	22.9	100.72	2.49
2	671620	770570	ถั่วฝักยาว	1	เนินพิจิตร	พิจิตร	1637.43	328.0	27.5	42.57	2.85
3	675156	773681	ผักบุ้ง	1	เนินพิจิตร	พิจิตร	821.32	161.0	13.8	229.27	15.11
4	675235	773658	กระถิน	1	เนินพิจิตร	พิจิตร	1561.38	272.0	26.2	71.78	3.68
5	675238	774031	ข้าว	1	เนินพิจิตร	พิจิตร	1760.00	470.0	29.6	36.28	4.41
6	676186	771597	ผักกาดขาว	2	โคกทัง	พิจิตร	1128.57	161.0	19.0	60.13	2.20
7	676186	771597	ผักบุ้ง	2	โคกทัง	พิจิตร	297.62	126.0	5.0	64.77	1.96
8	676186	771597	มะเขือ	2	โคกทัง	พิจิตร	1067.27	425.0	17.9	110.87	6.62
9	676731	771750	ถั่วฝักยาว	2	โคกทัง	พิจิตร	671.22	426.0	11.3	59.85	7.35
10	676310	771434	มะเขือ	2	โคกทัง	พิจิตร	649.53	391.0	10.9	149.88	11.56
11	676310	771434	ข้าว	2	โคกทัง	พิจิตร	1065.83	652.0	17.9	28.40	5.77
12	673258	764808	ข้าว	2	โคกทัง	พิจิตร	2849.41	622.0	47.9	14.29	2.88
13	675982	771061	ขี้เหล็ก	2	โคกทัง	พิจิตร	2101.85	310.0	35.3	39.24	2.35
14	674491	772975	ถั่วลิสง	3	โคกพยอม	พิจิตร	1484.70	1056.0	24.9	132.61	19.98
15	674649	772637	ข้าว	3	โคกพยอม	พิจิตร	809.22	393.0	13.6	47.97	5.74
16	674771	772929	ขี้เหล็ก	3	โคกพยอม	พิจิตร	1068.41	200.0	17.9	31.37	1.94
17	672851	771242	ถั่วฝักยาว	4	บ้านพลีควาย	พิจิตร	167.27	79.7	2.8	32.85	1.42

S.	E	N	ชนิดผัก	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ตำบล	Activity Ra-226 (mBq/kg)	S.D.	Annual Dose ( $\mu$ Sv)	Activity K-40 (Bq/kg)	S.D.
18	671622	770570	ผักกาดขาว	5	ทุ่งนาหวาน	พิจิตร	1197.49	178.0	20.1	77.85	2.07
19	671622	770570	กวางตุ้ง	5	ทุ่งนาหวาน	พิจิตร	2742.47	356.0	46.1	86.96	2.88
20	672351	770856	ถั่วลิสง	6	คลองบัวตอก	พิจิตร	2063.80	1296.0	34.7	38.04	9.44
21	672373	771361	มะเขือ	6	คลองบัวตอก	พิจิตร	589.42	176.0	9.9	57.23	2.66
22	672560	771924	ผักบุ้ง	6	คลองบัวตอก	พิจิตร	916.51	249.0	15.4	84.20	3.45
23	671694	771275	ข้าว	6	คลองบัวตอก	พิจิตร	631.76	449.8	10.6	20.70	3.40
24	672351	770856	ผักบุ้ง	6	คลองบัวตอก	พิจิตร	1584.60	516.0	26.6	167.16	11.89
25	672351	770856	มะเขือ	6	คลองบัวตอก	พิจิตร	1807.23	273.0	30.4	56.71	3.05
					<b>geomean</b>		<b>1081.94</b>	<b>316.8</b>	<b>18.2</b>	<b>59.71</b>	<b>4.18</b>
1	671542	769786	กระถิน	10	บ้านดินวัด	นาหม่อม	547.89	232.0	9.2	79.55	3.67
2	671615	770082	ขี้เหล็ก	10	บ้านดินวัด	นาหม่อม	3251.62	420.0	54.6	42.66	3.01
3	671542	769786	ผักบุ้ง	10	บ้านดินวัด	นาหม่อม	309.44	219.7	5.2	102.28	4.00
4	671511	769791	ตำลึง	10	บ้านดินวัด	นาหม่อม	2139.10	513.0	35.9	61.10	4.06
5	671247	769065	กระถิน	9	บ้านเกาะชะพลู	นาหม่อม	2467.09	340.0	41.4	75.08	3.50
6	671247	769065	ตำลึง	9	บ้านเกาะชะพลู	นาหม่อม	3850.23	569.0	64.7	55.89	4.09
7	673757	769560	ผักบุ้ง	7	บ้านชายนา	นาหม่อม	992.81	183.0	16.7	97.01	2.28
8	673757	769560	ถั่วฝักยาว	7	บ้านชายนา	นาหม่อม	301.48	178.9	5.1	52.17	7.33
9	673257	770060	ถั่วฝักยาว	7	บ้านชายนา	นาหม่อม	49.68	508.0	0.8	64.51	10.16
10	673257	770060	มะเขือ	7	บ้านชายนา	นาหม่อม	705.22	207.0	11.8	56.25	2.28

S.	E	N	ชนิดผัก	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ตำบล	Activity Ra-226 (mBq/kg)	S.D.	Annual Dose ( $\mu$ Sv)	Activity K-40 (Bq/kg)	S.D.
11	674756	769941	ขี้เหล็ก	6	บ้านโน	นาหม่อม	1370.89	323.0	23.0	32.97	3.21
12	668078	770607	กระถิน	4	ควนจง	นาหม่อม	1414.44	299.6	23.8	55.62	3.78
13	668021	770336	ขี้เหล็ก	4	ควนจง	นาหม่อม	1897.27	309.0	31.9	41.78	2.60
14	672929	768851	ตำลึง	4	ควนจง	นาหม่อม	1553.18	285.0	26.1	67.57	3.07
15	672929	768851	ผักโขม	3	บ้านพรูเมา	นาหม่อม	2774.34	408.0	46.6	131.57	4.42
16	669621	769282	กระถิน	3	บ้านพรูเมา	นาหม่อม	945.85	362.0	15.9	58.45	4.27
17	669621	769282	ขี้เหล็ก	3	บ้านพรูเมา	นาหม่อม	764.00	237.0	12.8	41.71	2.97
18	674411	770596	กระถิน	2	บ้านทุ่งค้อ	นาหม่อม	1622.34	537.0	27.3	67.87	4.53
19	674411	770596	ขี้เหล็ก	2	บ้านทุ่งค้อ	นาหม่อม	4728.27	878.0	79.4	31.16	4.45
20	674825	770973	กระถิน	2	บ้านทุ่งค้อ	นาหม่อม	498.29	180.0	8.4	70.61	3.38
21	674825	770973	ตำลึง	2	บ้านทุ่งค้อ	นาหม่อม	1259.30	439.0	21.2	63.00	3.37
22	675051	769576	ขี้เหล็ก	2	บ้านทุ่งค้อ	นาหม่อม	1102.46	236.0	18.5	38.05	2.27
23	674774	769775	ขี้เหล็ก	2	บ้านทุ่งค้อ	นาหม่อม	2335.13	499.0	39.2	46.94	4.37
24	674768	769795	ตำลึง	2	บ้านทุ่งค้อ	นาหม่อม	2536.62	518.0	42.6	44.11	4.46
25	675102	770929	ตำลึง	1	ทุ่งโตนด	นาหม่อม	3395.09	423.0	57.0	63.61	2.51
					<b>geomean</b>		<b>1219.79</b>	<b>341.09</b>	<b>20.5</b>	<b>58.11</b>	<b>3.68</b>
1	675022	768484	ถั่วฝักยาว	1	บ้านคลองหรั่ง	คลองหรั่ง	435.52	143.0	7.3	44.80	2.20
2	673661	768201	กวางตุ้ง	2	บ้านแม่เป็ยะ	คลองหรั่ง	2301.74	314.0	38.7	47.41	1.70
3	673216	764313	ตำลึง	2	บ้านแม่เป็ยะ	คลองหรั่ง	1479.61	307.0	24.9	42.68	2.02

S.	E	N	ชนิดผัก	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ตำบล	Activity Ra-226 (mBq/kg)	S.D.	Annual Dose ( $\mu$ Sv)	Activity K-40 (Bq/kg)	S.D.
4	673184	768309	ตำลึง	2	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	1940.77	435.0	32.6	59.92	4.59
5	673541	768243	ตำลึง	2	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	2859.82	459.6	48.0	57.23	3.30
6	673346	768098	ผักโขม	2	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	1236.04	561.0	20.8	171.84	7.05
7	673346	768098	ตำลึง	2	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	3202.45	522.0	53.8	79.62	4.62
8	673802	768192	ขี้เหล็ก	2	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	2034.19	290.0	34.2	35.05	2.31
9	673802	768192	ตำลึง	2	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	1888.04	341.0	31.7	60.17	3.70
10	673802	768192	กระถิน	2	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	1994.38	364.0	33.5	75.99	4.01
11	673179	768508	คะน้า	3	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	1467.16	247.0	24.6	86.03	2.09
12	673179	768508	ตำลึง	3	บ้านแม่เปิยะ	คลองหรีง	326.08	130.0	5.5	74.18	1.93
13	674953	768038	ขี้เหล็ก	4	บ้านแซะ	คลองหรีง	1394.37	459.0	23.4	40.18	3.63
14	674953	768038	กระถิน	4	บ้านแซะ	คลองหรีง	1830.61	366.0	30.8	57.97	4.09
15	674953	768038	ตำลึง	4	บ้านแซะ	คลองหรีง	2696.72	538.0	45.3	38.69	3.90
16	675195	769135	ถั่วลันเตา	4	บ้านแซะ	คลองหรีง	1987.82	479.0	33.4	110.62	5.84
17	675089	769065	ขี้เหล็ก	4	บ้านแซะ	คลองหรีง	1014.22	788.0	17.0	33.54	7.54
18	674291	763327	ถั่วฝักยาว	5	บ้านต้นปริง	คลองหรีง	482.02	128.0	8.1	43.47	1.88
19	674291	763327	มะเขือ	5	บ้านต้นปริง	คลองหรีง	1698.45	519.0	28.5	105.67	5.93
20	674601	763719	ถั่วฝักยาว	5	บ้านต้นปริง	คลองหรีง	481.68	116.0	8.1	33.88	1.53
21	674239	762931	ถั่วลันเตา	5	บ้านต้นปริง	คลองหรีง	4211.91	1882.7	70.8	65.22	11.37
22	674220	762969	ถั่วลันเตา	5	บ้านต้นปริง	คลองหรีง	1294.90	254.0	21.8	65.65	3.68

S.	E	N	ชนิดพืช	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ตำบล	Activity Ra-226 (mBq/kg)	S.D.	Annual Dose (μSv)	Activity K-40 (Bq/kg)	S.D.
23	674149	762867	ถั่วลิสง	5	บ้านต้นปริง	คลองหรั่ง	619.87	269.0	10.4	94.94	4.64
24	674519	762821	ขี้เหล็ก	5	บ้านต้นปริง	คลองหรั่ง	2627.86	317.0	44.1	46.12	2.33
25	673467	767226	ข้าว	5	บ้านต้นปริง	คลองหรั่ง	2007.02	597.0	33.7	38.54	4.82
26	674170	762857	ข้าว	5	บ้านต้นปริง	คลองหรั่ง	2834.68	604.0	47.6	24.62	3.62
27	675982	771061	ขี้เหล็ก	6	บ้านปลักทิง	คลองหรั่ง	787.09	219.0	13.2	47.95	2.68
					<b>geomean</b>		<b>1457.19</b>	<b>356.25</b>	<b>24.5</b>	<b>56.41</b>	<b>3.50</b>
1	672591	768445	ตำลึง	1	บ้านทุ่งขมิ้น	ทุ่งขมิ้น	1211.99	178.0	20.4	61.73	1.88
2	671999	768105	ถั่วฝักยาว	1	บ้านทุ่งขมิ้น	ทุ่งขมิ้น	25.53	27.3	0.4	67.27	7.41
3	671999	768105	แตงกวา	1	บ้านทุ่งขมิ้น	ทุ่งขมิ้น	210.64	83.0	3.5	33.52	1.37
4	673257	764085	ตำลึง	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	2304.71	331.0	38.7	70.75	2.53
5	673180	764369	กระถิน	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	704.26	286.0	11.8	52.41	3.57
6	672931	768850	ผักบุ้ง	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	4723.91	400.0	79.4	56.70	2.00
7	672931	768850	ตำลึง	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	7882.38	849.7	132.4	64.80	3.45
8	673253	764243	ขี้เหล็ก	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	1041.18	344.0	17.5	41.62	3.10
9	673342	763704	กระถิน	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	1377.38	329.0	23.1	41.63	3.01
10	673431	763448	ขี้เหล็ก	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	1747.77	269.0	29.4	42.76	2.67
11	673567	762951	ผักโขม	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	7689.98	821.0	129.2	146.82	146.82
12	673248	768501	ตำลึง	2	บ้านลานไทร	ทุ่งขมิ้น	1148.37	339.0	19.3	60.96	4.00
13	670922	764777	ผักบุ้ง	4	บ้านนาทองสุข	ทุ่งขมิ้น	3078.36	282.0	51.7	65.35	1.77

S.	E	N	ชนิดผัก	หมู่ที่	หมู่บ้าน	ตำบล	Activity Ra-226 (mBq/kg)	S.D.	Annual Dose ( $\mu$ Sv)	Activity K-40 (Bq/kg)	S.D.
14	670922	764777	มะเขือ	4	บ้านนาทองสุข	ทุ่งขมิ้น	664.45	139.7	11.2	47.78	1.62
15	670922	764777	ถั่วฝักยาว	4	บ้านนาทองสุข	ทุ่งขมิ้น	1301.19	533.0	21.9	67.54	7.63
16	670971	764161	ตำลึง	7	บ้านทุ่งโพธิ์	ทุ่งขมิ้น	1452.09	399.0	24.4	66.31	4.11
17	670935	764112	กระถิน	7	บ้านทุ่งโพธิ์	ทุ่งขมิ้น	1885.37	319.9	31.7	89.87	3.90
18	671106	764031	ตำลึง	7	บ้านทุ่งโพธิ์	ทุ่งขมิ้น	2897.71	374.0	48.7	43.08	2.77
19	671159	763862	ตำลึง	7	บ้านทุ่งโพธิ์	ทุ่งขมิ้น	1004.16	226.0	16.9	46.37	2.74
20	671159	763862	ผักบุ้ง	7	บ้านทุ่งโพธิ์	ทุ่งขมิ้น	460.48	160.0	7.7	98.37	4.52
21	671159	763862	กระถิน	7	บ้านทุ่งโพธิ์	ทุ่งขมิ้น	1339.29	319.0	22.5	88.64	3.81
					<b>geomean</b>		<b>1252.99</b>	<b>271.33</b>	<b>21.1</b>	<b>60.65</b>	<b>3.69</b>

อำเภอบางกล่ำ

S.	ชื่อผัก	weight(g)	S.D.	Activity Ra-226 (mBq/kg)	Annual Dose ( $\mu$ Sv)	S.D	Activity K-40 (Bq/kg)
1	ถั่วฝักยาว	2750.3	0.2	657.1	11.0	1.8	33.4
2	ผักกาดขาว	1949.2	0.1	262.7	4.4	1.4	34.4
3	มะเขือ	2377.5	0.2	291.4	4.8	1.5	44.1
4	ผักบุ้ง	2137.6	0.1	408.7	6.9	2.2	84.1
5	ผักกวางตุ้ง	2180.4	0.1	290.1	4.9	1.7	53.7
6	ตำลึง	1269.5	0.2	806.7	13.6	2.5	66.8
7	ตำลึง	896.9	0.3	906.8	15.2	3.1	70.6
8	คะน้า	2185.9	0.1	220.5	3.7	2.0	73.1
9	ผักโขม	1757.3	0.1	514.2	8.6	1.9	54.4
10	ขี้เหล็ก	330.9	0.4	1729.4	11.6	3.9	35.1



## ภาคผนวก ง

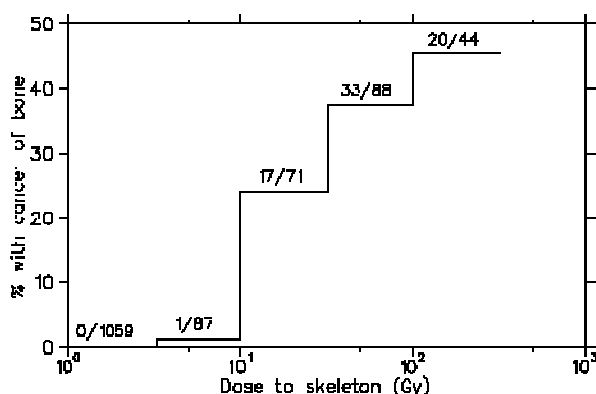
### รังสีในธรรมชาติ

ตั้งแต่กำเนิดโลกก็มีสารรังสีในโลกนี้แล้ว แม้ในยุคไดโนเสาร์ ซึ่งยังไม่มีมนุษย์ก็มีสารรังสีอยู่ในโลก และเนื่องจากสารรังสีเหล่านี้มีครึ่งชีวิตยาวมากจึงยังสามารถพบสารรังสีเหล่านี้ได้ในปัจจุบัน แม้จะมีสารรังสีในโลกตั้งแต่กำเนิดโลก แต่เพิ่งรู้ว่าธาตุต่างๆ ในธรรมชาติสามารถให้รังสีออกมาได้เมื่อปี ค.ศ. 1898 (พ.ศ. 2441) โดย เบคเควอเรล (Becquerel) และในปีเดียวกันนี้เองที่ ปิแอร์และมารี คูรีสามารถแยกเรเดียมได้ หลังจากนั้นก็ได้มีการนำเอาสารรังสีมาใช้ในกิจการต่างๆ แต่เนื่องจากในยุคแรกๆ ไม่ทราบถึงอันตรายของรังสีจึงใช้อย่างไม่ถูกต้อง

อันตรายจากรังสี ในการใช้รังสีในยุคต้นๆ ประมาณ ค.ศ. 1920 (พ.ศ. 2463) เช่น การใช้เรเดียมในการทำให้หน้าปัดนาฬิกาพราวน้ำเรืองแสง ช่างเขียนหน้าปัดนาฬิกาพราวน้ำ ในขณะที่ใช้ปากเพื่อทำให้ปลายพู่กันเรียว กลืนเรเดียมเข้าไป เนื่องจากปริมาณสารรังสีที่ได้รับเข้าไปน้อยมาก จึงไม่พบอาการเฉียบพลัน แต่ต่อมาพบว่ามียุบัติการณ์ของมะเร็งกระดูกสูงในช่างเขียนเหล่านี้ ในภาพประกอบ 1 แสดงอุบัติเหตุการณ์ของมะเร็งกระดูก จะเห็นว่าในผู้ที่ได้รับรังสี

มากกว่า 100 เกรย์	44 คน	จะพบผู้เป็นมะเร็งกระดูก	20 คน
30-100 "	88 "	"	33 "
10-30 "	71 "	"	17 "
3-10 "	87 "	"	1 "
1-3 "	1059 "	"	0 "

จากกราฟนี้และจากการค้นพบอื่นๆ สรุปได้ว่า ไม่ใช่ทุกคนที่ได้รับรังสีจะเป็นมะเร็ง แต่ปริมาณรังสีที่ได้รับสูงขึ้น จะทำให้โอกาสที่จะเป็นมะเร็งเพิ่มขึ้น และจะใช้เวลา 10-30 ปี ก่อนที่จะตรวจพบมะเร็ง



ภาพประกอบ 1 กราฟแสดงอุบัติการณ์ของมะเร็งกระดูกในช่วงเขียนเหล่านี้

การมีชีวิตอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีสารรังสีทำให้ภายในร่างกายของเราได้รับสารรังสี โดยการกินหรือหายใจเข้าไป ร่างกายจะได้รับรังสีจากสารรังสีที่อยู่ในร่างกายประมาณ 0.26 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี โดยสารรังสีที่พบมากที่สุดในร่างกาย ได้แก่ โปแทสเซียม-40 (ครึ่งชีวิต 1.42 พันล้านปี) ซึ่งส่วนใหญ่ได้รับจากอาหาร (ตาราง 1) โดยจะมีโปแทสเซียม-40 อยู่ 0.0117% ของโปแทสเซียมทั้งหมดที่มีอยู่ในร่างกาย (ตารางที่ 2) โดยเฉลี่ยร่างกายจะได้รับรังสีจากโปแทสเซียมในร่างกายประมาณ 0.15-0.19 มิลลิซีเวิร์ต/ปี เพราะรังสีจากโปแทสเซียมมีอำนาจทะลุทะลวงสูง ทำให้ร่างกายของเราเป็นแหล่งกำเนิดรังสี และสามารถให้รังสีกับผู้ที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ผู้ที่นอนเคียงข้างกันจะได้รับรังสี 0.01-0.02 มิลลิซีเวิร์ต/ปี จากกันและกัน

ความแรงรังสีของสารรังสี ได้แก่ อัตราการสลายตัวของสารรังสี มีหน่วยเป็น เบคเคอเรล (becquerel; Bq; การสลายตัวใน 1 วินาที; หน่วยใหม่) หรือ คูรี (curie; Ci; หน่วยเก่า)  $1 \text{ Bq} = 2.7 \times 10^{-11} \text{ Ci} = 27 \text{ pCi}$  (พิโคคูรี)

ตาราง 1 ปริมาณสารรังสีโปแทสเซียม-40 และ เรเดียม-226 ที่มีอยู่ในอาหารต่างๆ

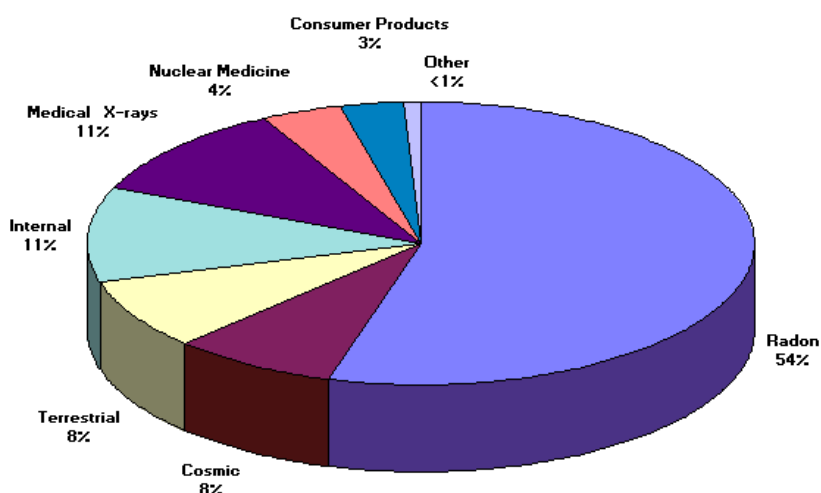
อาหาร	โปแทสเซียม-40 (พิโคคูรี/กิโลกรัม)	เรเดียม-226 (พิโคคูรี/กิโลกรัม)
กล้วย	3,520	1
บราซิลนัท	5,600	1,000-7,000
แครอท	3,400	0.6-2
มันฝรั่ง	3,400	1-2.5

เบียร์	390	---
เนื้อแดง	3,000	0.5
น้ำดื่ม	---	0-0.17

ตาราง 2 สารรังสีที่มีอยู่ในร่างกาย (ในผู้ใหญ่ น้ำหนัก 70 กิโลกรัม) (ICRP 30)

สารรังสี	น้ำหนักสารรังสีที่พบในร่างกาย	ความแรงรังสีของสารรังสี	ปริมาณที่ได้รับในแต่ละวัน
ยูเรเนียม	90 $\mu\text{g}$	30 pCi (1.1 Bq)	1.9 $\mu\text{g}$
ทอเรียม	30 $\mu\text{g}$	3 pCi (0.11 Bq)	3 $\mu\text{g}$
โพแทสเซียม	17 mg	120 nCi (4.4 kBq)	0.39 mg
เรเดียม	31 pg	30 pCi (1.1 Bq)	2.3 pg
คาร์บอน-14	95 $\mu\text{g}$	0.4 $\mu\text{Ci}$ (15 kBq)	1.8 $\mu\text{g}$
ทริเทียม	0.06 pg	0.6 nCi (23 Bq)	0.003 pg
โพลONIUM	0.2 pg	1 nCi (37 Bq)	~0.6 $\mu\text{g}$

Sources of Radiation Exposure to the US Population



ภาพประกอบ 2 เปรอ์เซ็นต์การได้รับรังสีของคนในประเทศสหรัฐอเมริกา

ในประเทศสหรัฐอเมริกาประมาณว่า 3 % ของรังสีที่ได้รับมาจากของใช้ภายในบ้าน เช่น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ สตาร์ทเตอร์ของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ นาฬิกาทรายน้ำ งานช่างเคลือบ เครื่องจักรตรวจควันบุหรี่ วัสดุก่อสร้าง อีก 15 % มาจากการแพทย์ (เอกซเรย์และการตรวจที่ใช้สารรังสี) ที่เหลืออีก 82% ของรังสีทั้งหมดที่ได้รับ มาจากรังสีในธรรมชาติ โดย NCRP ได้ประเมินอัตรารังสีที่เราได้รับ ดังนี้

รังสีคอสมิก	0.27	มิลลิซีเวิร์ต/ปี
รังสีจากพื้นโลก	0.28	มิลลิซีเวิร์ต/ปี
สารรังสีที่มากับอาหาร	0.40	มิลลิซีเวิร์ต/ปี
รังสีที่ได้รับจากการหายใจ	2.00	มิลลิซีเวิร์ต/ปี

ดังนั้นจะได้รับรังสีทั้งหมดจากธรรมชาติประมาณ 3 มิลลิซีเวิร์ต/ปี (อาจมากกว่าหรือน้อยขึ้นกับบริเวณที่อยู่อาศัย) โดยรังสีที่ได้รับจากการหายใจ 2 มิลลิซีเวิร์ต/ปี ส่วนใหญ่มาจากเรดอน (Rn-222)

### ผลของรังสีในระยะยาว

ผลของรังสีในระยะยาวแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. การเกิดมะเร็ง รังสีจะทำให้อุบัติการณ์ของการเกิดโรคมะเร็งสูงขึ้น แต่ไม่เพิ่มความรุนแรงของอาการที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งต่างจากอันตรายที่เกิดกับอวัยวะต่างๆ ความเสียหายซึ่งเกิดกับอวัยวะต่างๆต้องการปริมาณรังสีระดับหนึ่งก่อน จึงจะก่อให้เกิดอันตรายกับอวัยวะนั้นๆ ปริมาณรังสีต่ำกว่านั้นจะไม่ก่ออาการ และปริมาณรังสีที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความรุนแรงของอาการเพิ่มขึ้น

จากการติดตามผู้ได้รับรังสีจากระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 พบว่ามีอุบัติการณ์ของมะเร็งในผู้ที่ได้รับรังสี 4687 ราย ในขณะที่มีอุบัติการณ์ของมะเร็งในผู้ป่วยที่ไม่ได้รับรังสี 4306 (ตารางที่ 3) โดยพบว่าผู้ที่เป็นมะเร็งจะตรวจพบมะเร็งรังสีประมาณ 20-30 ปี ส่วนมะเร็งเม็ดเลือดขาวใช้เวลาประมาณ 7-12 ปี

ตาราง 3 อุบัติการณ์ของมะเร็งในผู้ได้รับรังสีจากระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2 ระหว่างปี พ.ศ. 2493 ถึง พ.ศ. 2533

ปริมาณรังสี	จำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็ง	จำนวนที่เพิ่มขึ้น	จำนวนร้อยละที่เพิ่มขึ้น
0.005-0.2 Sv	3391	63	2%
0.2-0.5 Sv	646	76	12%
0.5-1 Sv	342	79	23%
>1 Sv	308	121	39%
รวมทั้งหมด	4687	339	7%

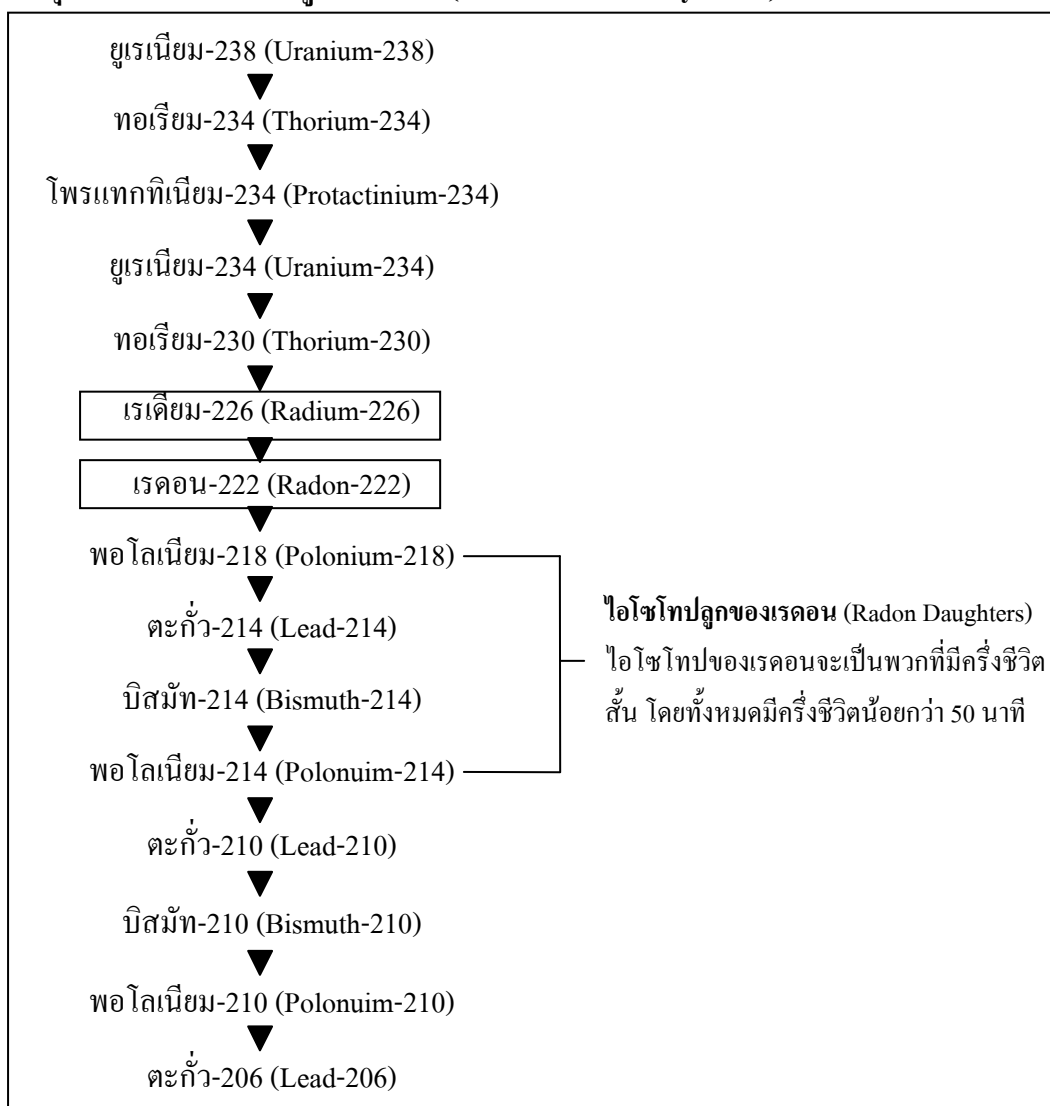
2. อายุสั้น การศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าสัตว์ที่ได้รับรังสีจะมีอายุสั้นกว่าสัตว์ที่ไม่ได้รับรังสี

3. ผลทางกรรมพันธุ์ ถ้ามีการผ่าเหล่าเกิดขึ้นกับเซลล์สืบพันธุ์ ก็มีโอกาเป็นไปได้อันที่ความผิดปกติจะถ่ายทอดไปยังลูกหลาน โดยรังสีจะเพิ่มอุบัติการณ์ของการผ่าเหล่าซึ่งเกิดตามธรรมชาติอยู่แล้ว ไม่ทำให้เกิดการผ่าเหล่าใหม่ๆ และผลเหล่านี้สามารถลดลงโดยการขยายเวลา ระหว่างการได้รับรังสีและการปฏิสนธิ อย่างไรก็ตาม ไม่พบว่ามี การผ่าเหล่าจากการได้รับรังสีจากระเบิดปรมาณูในสงครามโลกครั้งที่ 2

### Radium เรเดียม

Radium เรเดียม (สัญลักษณ์ Ra) เป็นธาตุโลหะกัมมันตรังสีที่มีเลขอะตอม 88 พบในธรรมชาติ ส่วนมากจะเป็นไอโซโทปของเรเดียมที่มีน้ำหนักอะตอมเท่ากับ 226 ซึ่งมีครึ่งชีวิต 1602 ปี มีปรากฏอยู่เป็นปริมาณน้อยร่วมกับยูเรเนียมในแร่พิชเบลนด์ (pitch-blende) แร่คาร์โนไทท์ (carnotite) และแร่อื่นๆ เรเดียมได้จากการสลายตัวของยูเรเนียมในรูปอนุกรมของการปลดปล่อยรังสีแอลฟา และบีตา เนื่องจากเรเดียมให้ทั้งรังสีแกมมาและแอลฟา เรเดียมจึงถูกใช้เป็นต้นกำเนิดของสีเรืองแสงที่ใช้ในหน้าปัดนาฬิกาและนาฬิกาข้อมือ และเป็นต้นกำเนิดรังสีสำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสี (radiography) และในทางการแพทย์ เมื่อผสมเรเดียมกับเบอริลเลียมจะใช้เป็นต้นกำเนิดนิวตรอนได้ 1 กรัมของเรเดียม-226 จะสลายตัวให้กัมมันตภาพรังสี  $3.7 \times 10^{10}$  ครั้งต่อวินาที ซึ่งมีค่าเท่ากับกัมมันตภาพรังสี 1 คูรี

### อนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม-238(Uranium-238 decay series)



การค้นพบเรเดียม โดยปีแอร์และแมรี คูรี ในปี พ.ศ. 2441 ที่กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส จากแร่พิชเบลนด์ พิชเบลนด์ 7 ตันจะมีเรเดียมอยู่ประมาณ 1 กรัม เรเดียมถูกแยกออกมาในปี พ.ศ. 2454 โดยแมรี คูรี และเดอเบรน์(Debierne) โดยการแยกสลายสารละลายของเรเดียมคลอไรด์ด้วยไฟฟ้าที่มาของชื่อ มาจากภาษาละตินว่า “radius” ซึ่งมีความหมายว่า “ray” หรือ “รังสี” ลักษณะที่ปรากฏ เรเดียมบริสุทธิ์ที่เตรียมได้ใหม่ๆ จะมีสีขาวสุกใสคล้ายเงิน แต่เมื่อทำปฏิกิริยากับอากาศจะมีสีหมองคล้ำลง เนื่องมาจากมีไนไตรต์(nitrite) เกิดขึ้น เรเดียมทั้งที่อยู่ในรูปของโลหะและเกลือสามารถเรืองแสงได้ โดยแหล่งที่เกิด เรเดียมพบปนอยู่ในแร่ยูเรเนียมทุกชนิด สามารถสกัดออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ลอยได้จากขบวนการแต่งแร่ยูเรเนียม แหล่งแร่พิชเบลนด์จะมีมากที่แคว้นโบฮีเมีย(Bohemia) ในอดีตประเทศเชโกสโลวาเกีย มีพบบ้างในประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดา

ผลผลิตต่อปีของเรเดียมมีน้อยกว่า 100 กรัม การนำไปใช้ ในสมัยก่อนใช้เรเดียมในการผลิตสีเรืองแสง แต่ในปัจจุบันถูกห้ามไม่ให้ใช้แล้ว เพราะพบว่ามีอันตรายมาก ธาตุเรเดียมจะให้ก๊าซออกมาให้ปริมาณน้อย ซึ่งใช้นำมาบำบัดรักษามะเร็ง แต่ในปัจจุบันวิธีการนี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว เนื่องจากพิจารณาแล้วเห็นว่าเป็นพิษมากกว่าคือน้ำมันดินกำมันตรังสีตัวอื่น ที่มีศักยภาพและความปลอดภัยสูงกว่า บทบาททางชีววิทยา เรเดียมไม่มีบทบาททางชีววิทยา เพราะว่าเป็นสารพิษ เนื่องจากกำมันตภาพรังสี โดยทั่วไป เรเดียมทำปฏิกิริยาได้ดีทั้งกับออกซิเจนและน้ำ และระเหยได้ง่ายกว่าแบเรียม เมื่อเผาจะระเหยได้ง่ายกว่าแบเรียม และให้เปลวเป็นสีแดงสด เรเดียมสลายตัวแบบต่อเนื่องให้ทั้งรังสีแอลฟา บีตา และแกมมาสุดท้ายจะกลายเป็นตะกั่ว ข้อมูลในทางเคมีและกายภาพ เรเดียมเป็นธาตุที่จัดอยู่ในกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มอัลคาไลน์ เอิร์ธ ในตารางพีริโอดิก มีโครงสร้างผลึกเป็นรูปลูกบาศก์

เลขอะตอม :	88
มวลอะตอมสัมพัทธ์ ( $^{12}\text{C} = 12.000$ ) :	226.02
จุดหลอมเหลว :	$700^{\circ}\text{C}$
จุดเดือด :	$1140^{\circ}\text{C}$
ความหนาแน่นที่ $20^{\circ}\text{C}$ :	5.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

#### ไอโซโทปที่สำคัญของเรเดียม

นิวไคลด์	$^{223}\text{Ra}$	$^{224}\text{Ra}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{228}\text{Ra}$
มวลอะตอม	223.02	224.02	226.03	228.03
มีปรากฏในธรรมชาติ	มี	มี	มี	มี
ครึ่งชีวิต	11.43 วัน	3.64 วัน	1602 ปี	5.77 ปี

ภาคผนวก จ



**บทคัดย่อ**  
**ABSTRACTS**

**การประชุมวิชาการ**  
**วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31**

18-20 ตุลาคม 2548

ณ เทคโนโลยีธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

**31<sup>st</sup> Congress on Science and technology of Thailand**

18-20 October 2005

at Technopolis, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima



สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์  
THE SCIENCE SOCIETY OF THAILAND  
UNDER THE PATRONAGE OF HIS MAJESTY THE KING



เทคโนโลยีธานี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
TECHNOPOLIS, SURANAREE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**Abstract:** The monolayer of porphine molecules at air-water interface was investigated by molecular dynamics simulation. The aggregation of porphine molecules is observed due to the interaction between porphine molecules themselves. From this molecular model, it is suggested that the experimental Langmuir-Blodgett technique may not be able to prepare smooth and stable film at the same conditions.

- \* **D0040-Specific Activity of Radium-226 in Vegetables Grown in NaMom District, Songkhla Province Using Gamma-Ray Spectrometry**  
Siriporn Angkurnat, Tripob Bhongsuwan, Tawat Chittrakarn  
Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, 90112, Thailand

**Abstract:** Leaf vegetables were collected from Na Mom and Bang Klam Districts of Songkhla province. Samples were dried and then burned to be ash. The vegetable ashes were measured for Ra-226 using a gamma-ray spectrometer. Result showed that vegetables grown in Pijit, Thungkamin, Namom and Klongrang sub-districts had the average Ra-226 specific activity of 759, 1,253, 810, and 937 mBq/kg, respectively. In comparison, this maximum Ra-226 content in vegetables from Na Mom sub-district is 7 times higher than those from Bang Klam sub-district (178 mBq/kg) and 20 times higher than the world average (50 mBq/kg).

**D0041-DISTRIBUTION OF RADIONUCLIDE RA-226 IN SHALLOW WELL WATER IN NAKHON SI THAMMARAT PROVINCE**

Preeda Nuanjing, Thawat Chittrakarn, Tripob Bhongsuwan  
Department of Physics, Faculty of Science,  
Prince of Songkla University, Hat Yai 90112, Thailand

**Abstract:** Water samples were collected from shallow wells in 4 districts of Nakhon Si Thammarat province. Radium in water was absorbed by an ion exchange resin and the activity of Ra-226 was analysed using a low background HPGe Gamma ray spectrometer. Results showed that the average specific activity of Ra-226 in water samples in Chawang, Muang, Thamphannara and Changklang districts is 12, 28, 23 and 15 mBq/l, respectively. These values are well below the 111 mBq/l, which is the USEPA guideline level.

**D0042-Determination of Specific Heat of Gases by Measurement of The Speed of Sound**

Charine wattanateerakene, Bunleuo Pongdara and Sumsite Audsadornvised  
Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkhla University, Hatyai, Songkhla 90112, Thailand

**Abstract:** The specific heat of gases are obtained by measuring the speed of sound in the gases. The direct time of flight method is used for measuring speed of sound. The required materials to build up the equipment can be locally obtained at relatively low cost. With this equipment, the speed of sound in air, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> and Ar were 340.6, 324.0, 345.8 and 323.6 m/s respectively and the ratio of specific heat of air, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> and Ar were 1.383, 1.383, 1.379 and 1.637 respectively. These experimental results are closer to the theoretical results than the ones obtained from Adiabatic Gas Law Apparatus, which is commercially available, at a much higher cost.

**D0043-Improved simulation convergence in one dimension p/n semiconductor junction**

Kanchana Sivalertporn, Tanakorn Osotchan  
Capability Building Unit for Nanoscience and Nanotechnology, Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand  
E-mail: [serippy@hotmail.com](mailto:serippy@hotmail.com)

**Abstract:** In this work, the semiconductor device has been simulated for p/n junction in one dimension. The finite difference was used to solve the couple differential equations of Poisson and the continuity equations. This program also has been improved to increase the convergent rate by increasing the value of the weight factor as linear and exponential functions of the error. With reduced calculation time the appropriated function and values have been obtained at the same accuracy results. The total electron and hole current densities were calculated at various values of the applied voltage by using these weight factors.

กัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผัก ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ด้วยเทคนิคสเปกโตรเมตรีรังสีแกมมา

### Specific Activity of Radium-226 in Vegetables Grown in NaMom District, Songkhla Province Using Gamma-Ray Spectrometry

ศิริพร อังกูร์รัตน์<sup>1</sup>, ไตรภพ ผ่องสุวรรณ<sup>2</sup>, ธวัช ชิตตระการ<sup>3</sup>

Siriporn Angkurnrat, Tripob Bhongsuwan, Tawat Chittrakarn

<sup>1,2,3</sup>Department of Physics, Faculty of Science,  
Prince of Songkla University, Hatyai, Songkhla, 90112, Thailand.

**บทคัดย่อ:** เก็บตัวอย่างผักใบใน อ.นาหม่อม และ อ.บางกล่ำ จ.สงขลา เติรมตัวอย่างโดยการอบ และเผาเป็นเถ้า แล้ววิเคราะห์หาค่ากัมมันตภาพรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ด้วยระบบสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา ผลการศึกษาพบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ในตำบลพิจิตร์ ทุ่งขมิ้น นาหม่อม และคลองหรั่ง มีค่าเฉลี่ย 759, 1253, 810 และ 937 mBq/kg ตามลำดับ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ของผักจาก อ.นาหม่อม มีค่าสูงกว่าผักจาก อ.บางกล่ำ 7 เท่า (178 mBq/kg) และสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลกถึง 20 เท่า (50 mBq/kg)

**Abstract:** Leaf vegetables were collected from Na Mom and Bang Klam Districts of Songkhla province. Samples were dried and then burned to be ash. The vegetable ashes were measured for Ra-226 using a gamma-ray spectrometer. Result showed that vegetables grown in Pijit, Thungkamin, Namom and Klongrang sub-districts had the average Ra-226 specific activity of 759, 1,253, 810, and 937 mBq/kg, respectively. In comparison, this maximum Ra-226 content in vegetables from Na Mom sub-district is 7 times higher than those from Bang Klam sub-district (178 mBq/kg) and 20 times higher than the world average (50 mBq/kg).

**Introduction:** It has been shown that radon and radium content in groundwater and well water in Na Mom district is much higher than those in the other districts of Songkhla Province, indicating a possible correlation between radioactive radium-radon and cancer. Granite is found to be an origin of natural radioactive contamination in the area. Weathering and erosion processes likely washed these to soil and groundwater, which people use, for growing vegetable, drinking and cleaning the vegetables. People might be contaminated by drinking the water and eating the vegetables. Finally radium goes into the body and it is kept in bones where it destroys the tissue, which is likely the beginning of cancer.

**Methodology:** Leaf vegetables were carefully washed in water, and then weighted. They were dried at 200 °C for 5 hours and then burned to ash at 500 °C for 3-5 hours. The vegetable ash was analysed for Ra-226 using a low background high sensitivity HPGe gamma-ray spectrometer.



**Results, Discussion and Conclusion:** The results show that the concentrations of Ra-226 in vegetables in NaMom District, Songkhla Province are as following: Pijit 759 mBq/kg, Thungkamin 1253 mBq/kg, Namom 810 mBq/kg, and Klongrang 937 mBq/kg. An example of gamma spectrum from a vegetable sample is shown in Figure 1.

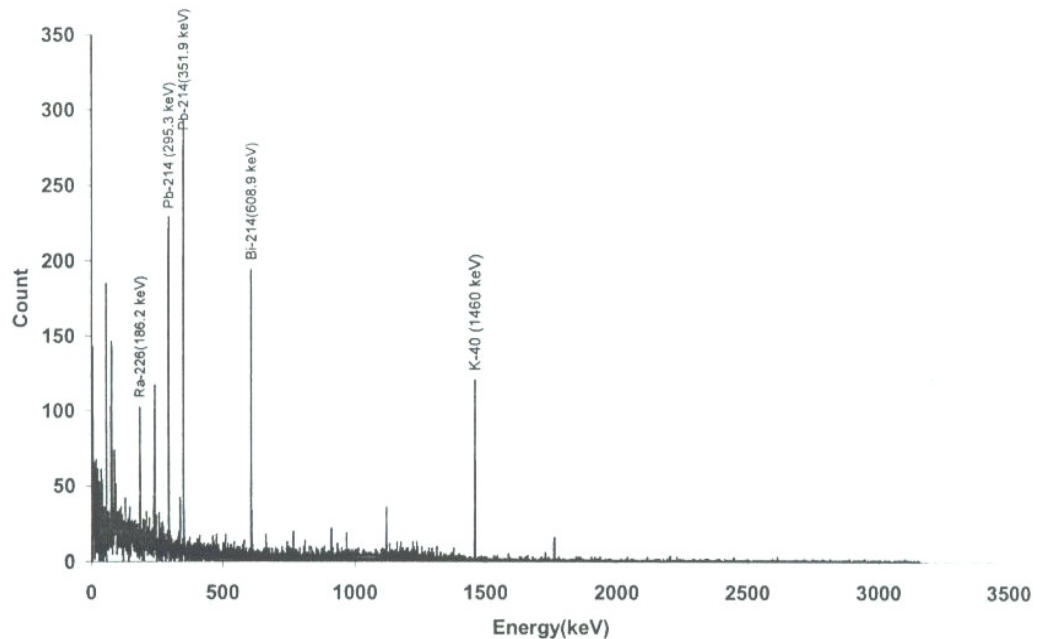


Figure 1 An example of gamma-ray spectrum of vegetable ash sample from the study area.

Table 1: Specific activity of Ra-226 in vegetables from the study area and other.

	Sub-district				Bang Klam Sub-district	Asia	World Average
	Namom	Pijit	Klongrang	Thungkamin			
Ra-226 specific activity in Vegetables (mBq/kg)	810	759	937	1253	178	75	50

#### References:

- (1) Z. Pietrzak-Flis (2001) Daily intake of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Th}$  and  $^{226}\text{Ra}$  in the adult population of central Poland. *The Science of the Total Environment*, 163-169.
- (2) K.S., Adam (1995) Radium-226 Uptake by Vegetation Grown in Western Sudan. *Journal of Environment Radioactivity*, 27-38.
- (3) F.V., Clulow (1998) Radium-226 in water, sediments and fish from lakes near the city of Elliot Lake, Ontario, Canada. *Environmental Pollution*, 13-28.
- (4) UNSCEAR (2000) The United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation, Sources and effects of ionizing radiation, United Nations New York.

**Keywords:** Ra-226, Cancer, Vegetables, Gamma-Ray Spectrometer

## ภาคผนวก ข

กัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักที่ปลูกในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา

สิริพร อังกูรรัตน์<sup>1</sup>, ไตรภพ ผ่องสุวรรณ<sup>2\*</sup>, ธวัช ชิตตระการ<sup>3</sup> และ ครุณี ผ่องสุวรรณ<sup>4</sup>

Angkunrat, S., Bhongsuwan, T., Chittrakarn, T. and Bhongsuwan, D.

### Specific Activities of Radium-226 in Vegetables Grown in Na Mom District, Songkhla Province

#### Abstract

Specific activities of radium-226 in 13 types of vegetables grown in Namom district, Songkhla province were analyzed using a low background gamma-ray spectrometer. The analyzed vegetables included *Ivy Gourd*, *Yellow Cassia*, *White Popinac*, *Yard Long Bean*, *Rice*, *Peanut*, *Egg Plant*, *Spineless Amaranth*, *Swamp Cabbage*, *Mustard*, *Chinese Cabbage*, *Collards* and *Cucumbers*. The control vegetables were taken from Bangklum district, distant from the study area in Namom district. The samples were weighted, dried in an oven and finally burnt to ash in furnace before analyzed for a gamma ray of 186.2 keV emitted from Radium-226. The results showed that the geometrical means of specific activity of radium-226 of vegetables grown in Pijit, Namom, Kloungang and Thungkamin sub-district and over the Namom district were 1082, 1220, 1457, 1253 and 1250 mBq/kg, respectively. The highest and lowest values were 7882 and 26 mBq/kg, found in *Ivy Gourd* and *Yard Long Bean*, respectively. The high specific activities of radium-226 in vegetables were found to be distributed uniformly in the area. This probably indicated the source of radium-226 also distributed uniformly in the shallow granitic bedrock throughout the area. We concluded the radium-226 contents in vegetables grown in Namom district depended on the absorbability of alkaline earth metals in vegetables themselves, geographic features and radium content in natural water in the area. The estimated annual effective dose averaged over Namom district was 21  $\mu$ Sv. Consumption of *Ivy Gourd* may receive the maximum annual effective dose of 132  $\mu$ Sv.

---

Key words: Radium-226, Gamma-Ray Spectrometer, Dose, Vegetables, Namom District

---

#### บทคัดย่อ

ได้วิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 จากตัวอย่างผัก 13 ชนิด จำนวน 98 ตัวอย่าง ที่ปลูกในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ด้วยสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาชนิดภูมิหลังต่ำ ผักที่วิเคราะห์ได้แก่ ตำลึง ขี้เหล็ก กระถิน ถั่วฝักยาว ข้าว ถั่วลิสง มะเขือ ผักโขม ผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง ผักกาดขาว คื่นช่าย และ แตงกวา ผักควบคุมเก็บจากอำเภอบางกล่ำซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปจากพื้นที่ศึกษาในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ตัวอย่างผักถูกชั่งน้ำหนัก อบแห้งแล้วเผาเป็นขี้เถ้าก่อนนำไปวิเคราะห์รังสีแกมมาพลังงาน 186.2 keV ที่มาจากเรเดียม-226 ผลการวิจัยพบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ใน ต.พิจิตร ต.นาหม่อม ต.คลองหรีด ต.ทุ่งขมิ้น และ อ.นาหม่อมทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต เท่ากับ 1082, 1220, 1457, 1253 และ 1250 mBq/kg ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุด และต่ำสุด 7,882 และ 26 mBq/kg พบในผักตำลึง และถั่วฝักยาว ตามลำดับ พบว่าเรเดียม-226 กัมมันตภาพรังสีสูงมีการกระจายแบบสม่ำเสมอในพื้นที่ศึกษา ซึ่งอาจบ่งชี้ว่ามีแหล่งกำเนิดเรเดียม-226 กระจายทั่วไปในหินแกรนิตที่เป็นหินฐานระดับต้นทั่วไปในพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยได้ข้อสรุปว่าปริมาณเรเดียม-226 ในผักจะ

สัมพันธ์กับความสามารถในการดูดซึมโลหะหมู่ 2 ของผักเอง ลักษณะทางภูมิศาสตร์ และปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำธรรมชาติ เมื่อประเมินค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนชาวนาหม่อมได้รับต่อปี โดยคิดจากค่าเฉลี่ยของอำเภอนาหม่อม มีค่า 21  $\mu\text{Sv}$  และปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ประชาชนได้รับจากการบริโภคผักต้งต่อปี มีค่าสูงถึง 132  $\mu\text{Sv}$

---

คำสำคัญ เรเดียม-226 ผัก อำเภอนาหม่อม สเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา

<sup>1</sup> นักศึกษาหลักสูตร วท.ม. (ฟิสิกส์), <sup>2</sup> Ph.D. (Geophysics) รองศาสตราจารย์, <sup>3</sup> Ph.D. (Nuclear Physics) รอง

ศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ <sup>4</sup> วศ.ม. (นิเวศลิษฐ์เทคโนโลยี) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112.

\*Corresponding e-mail : tripop.b@psu.ac.th

## บทนำ

จากข้อมูลการเป็นมะเร็ง ของหน่วยมะเร็ง คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 – 2537 พบจำนวนผู้ป่วยโรคมะเร็งในช่องปาก และมะเร็งหลอดอาหาร ของประชาชนในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา มากผิดปกติ โดยมีค่าอุบัติการณ์มาตรฐานอายุ ASR (Age – Standardized Incidence Rates) เฉพาะในเพศชายเท่ากับ 24.8 และ 16.8 คน ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ (ทองสุกใส และคณะ, 2540) ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับอำเภอใกล้เคียง ในอดีตอำเภอนาหม่อมเป็นบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ดีบุก เนื่องจากหินแกรนิตในพื้นที่เป็นหินที่ให้แร่ แต่ปัจจุบันได้แปรสภาพเป็นพื้นที่ทางการเกษตร ยังมีรายงานการค้นพบแร่ทอร์เบอร์ไนต์ซึ่งเป็นแร่กัมมันตรังสี โดยพบเป็นปริมาณน้อยฝังตัวอยู่ในหินแกรนิต (ชงชัย, 2527) แร่ดังกล่าวมีส่วนประกอบของยูเรเนียมซึ่งเป็นนิวไคลด์ตั้งต้นของอนุกรมการสลายตัวทางนิวเคลียร์ แล้วสลายตัวหลายครั้งจนกลายเป็นเรเดียม-226 และก๊ากัมมันตรังสีเรดอน -222 ซึ่งธาตุทั้งสองเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ (human carcinogen) จเร และคณะ (2547) ศึกษาความเข้มข้นของโลหะหนักและธาตุหลัก ในน้ำบาดาลในอำเภอนาหม่อม พบว่าธาตุหลัก Ca และ Mg อยู่ในระดับที่ปลอดภัย ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำดื่ม จึงไม่น่าจะมีความสัมพันธ์ในแง่ก่อให้เกิดมะเร็งของคนในพื้นที่

ไทรภพ และคณะ (2544) ศึกษาความเข้มข้นก๊ากัมมันตรังสีเรดอนในอากาศและน้ำบาดาลในพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พบว่า พื้นที่อำเภอนาหม่อมเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงที่จะพบปัญหาการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีธรรมชาติ (Naturally Occurring Radionuclides) ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จากการศึกษาในน้ำบาดาลในอำเภอนาหม่อม พบว่ามีปริมาณก๊ากัมมันตรังสีเรดอน-222 สูงกว่าพื้นที่ข้างเคียงอื่นๆ (อินันท์, 2543) จึงน่าจะเชื่อว่าจะมีความสัมพันธ์กับการเป็นมะเร็งของคนในพื้นที่ในลักษณะเป็นปัจจัยเสริม จเร และคณะ (2548) ศึกษาการปนเปื้อนเรเดียม-226 ในน้ำบาดาลในพื้นที่อำเภอนาหม่อม เชื่อว่าน่าจะมิกำเนิดมาจากหินแกรนิตในพื้นที่ เป็นไปได้อย่างยิ่งว่า จะมีการชะล้างธาตุเรเดียมในหินแกรนิต โดยกระบวนการทางธรรมชาติให้ไปปนเปื้อนอยู่ในดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งการนำน้ำที่ปนเปื้อนเรเดียมไปใช้อุปโภคบริโภค เช่นดื่มกิน หรือใช้ในการเกษตรเช่นนำไปรดผักที่ปลูกเพื่อการบริโภค อาจทำให้ผักมีการปนเปื้อนเรเดียม เมื่อนำไปบริโภคทำให้เกิดภาวะเสี่ยงต่อการได้รับสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกายได้ จากการศึกษาผักพื้นบ้าน (ตำลึง ชะพลู กระถิน บัวบก) ในอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา พบว่าในผักตำลึงมีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 เท่ากับ 2,556 mBq/kg (วิลาลินี, 2547) ซึ่งสูงมาก และประชาชนส่วนใหญ่นิยมบริโภค โดยเฉพาะในเด็กทารก และจากรายงานของประเทศญี่ปุ่นและจีนที่ร่วมกันศึกษาพื้นที่ที่มีค่ากัมมันตรังสีในธรรมชาติสูงในเมือง Yangjiang ประเทศจีน แสดงให้เห็นว่าการได้รับรังสีในปริมาณน้อยแต่ระยะเวลานาน ทำให้เกิดความผิดปกติทางโครโมโซม และจากการศึกษาพบผู้ป่วยเสียชีวิตจากโรคมะเร็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากเม็ดเลือดขาวอ่อนแอ การฉายรังสีมีผลเช่นเดียวกันเนื่องจากได้รับรังสีในปริมาณที่สูง ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบ ผู้ป่วยโรคมะเร็งปอดเนื่องจากการหายใจเอาก๊าซเรดอนเข้าไป (Cohen, 1997) นอกจากนี้ประเทศโปแลนด์ (Pietrzak-Flis, *et al.*, 2001) ไต้หวัน (Yen-Chuan Kuo, *et al.*, 1997) และ แคนาดา (Clulow, *et al.*, 1998) ประเมินค่าปริมาณการได้รับรังสีเรเดียม-226 จากการบริโภคน้ำและอาหารตลอดปีมีค่าเท่ากับ 5.95  $\mu$ Sv 7.5  $\mu$ Sv และ 3  $\mu$ Sv ตามลำดับ ในประเทศอิหร่านศึกษาพื้นที่ที่มีค่ากัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติสูง เมื่อประเมินปริมาณรังสีเรเดียม-226 ที่ได้รับจากการบริโภคผักตลอดทั้งปีมีค่า 72.3  $\mu$ Sv (Ghiassi-Nejad, *et al.*, 2003)

เรเดียม-226 เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสีในอนุกรมยูเรเนียม-238 มีครึ่งชีวิต 1,600 ปี สลายตัวให้รังสีแอลฟาได้ก๊ากัมมันตรังสีเรดอน-222 มีครึ่งชีวิต 3.82 วัน และสลายตัวต่อไปจนได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นตะกั่ว-206

ซึ่งเป็นนิวไคลด์ที่เสถียร เนื่องจากเรเดียมเป็นธาตุในหมู่ 2 (Alkaline Earth) เช่นเดียวกับ เบอริลียม แมกนีเซียม แคลเซียม สตรอนเชียม และ แบเรียม ซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี จึงเป็นสาเหตุที่เรเดียมมีการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้ง่ายผ่านทางระบบน้ำธรรมชาติ เรเดียม-226 สลายตัวให้รังสีแอลฟาและแกมมา เนื่องจากรังสีแอลฟาเป็นอนุภาคที่มีมวลและพลังงานสูง เมื่อเรเดียมเข้าสู่ร่างกาย จะมีการดูดซึมและสะสมภายในร่างกาย คล้ายคลึงกับแคลเซียม เรเดียม-226 ที่สะสมอยู่ในร่างกายจะสลายตัวและปล่อยรังสีแอลฟาออกมาซึ่งเนื้อเยื่อ ทำให้เกิดการระคายเคืองเซลล์ผิดปกติ เรเดียม-226 ที่สะสมในร่างกายจัดเป็นสารก่อมะเร็งในกระดูก มะเร็งโพรงจมูก มะเร็งไขสันหลัง (Mays and Rowland, 1985)

## วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมตัวอย่างผักสำหรับการวัดด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์

ทำการเก็บตัวอย่างผักในอำเภอหนองม่อม โดยพิจารณาจุดเก็บตัวอย่างจากแผนที่ลักษณะทางธรณีวิทยา (Figure 2) เพื่อตำแหน่งที่เป็นแนวภูเขาหินแกรนิต รอยเลื่อน (Fault) เส้นทางน้ำไหล สำหรับการวางแผนที่จะทำการเก็บตัวอย่าง โดยทำการเก็บผักที่นิยมบริโภค 13 ชนิด ได้แก่ ตำลึง ผักบุ้ง ชีเหล็ก กระถิน มะเขือ ถั่วฝักยาว ผักโขม ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง ข้าว ถั่วลิสง คენห่า และ แตงกวา จากพื้นที่อำเภอหนองม่อม และ อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา โดยกระจายครอบคลุมพื้นที่ทั้งตำบลพิจิตร ตำบลนาหม่อม ตำบลคลองหรีง และตำบลทุ่งขี้ผึ้ง เป็นจำนวน 108 ตัวอย่าง Figure 1 แสดงตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ของตัวอย่างผักที่เก็บ ซึ่งตรวจสอบด้วยเครื่องบอกพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Trimble Navigator, Basic Plus, USA) โดยเก็บผักแต่ละชนิดตัวอย่างละ 2 กิโลกรัม นำมาล้างและซังน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักสด แล้วนำไปอบแห้งไล่ความชื้นด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 150 °C เป็นเวลา 250 นาที และนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นเวลา 180 นาที จะได้ขี้เถ้าผัก บรรจุใส่กระปุกปิดผนึกนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำไปวัดรังสีแกมมาของเรเดียม-226 ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา

### 2. การวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา

สเปกตรัมรังสีแกมมาของแต่ละตัวอย่างจะถูกวัดด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ (Gamma Ray Spectrometer) โดยมีหัววัด HPGe (High purity Germanium; Canberra Model GC 1319, USA) อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางรังสีกัมมันตภาพรังสี (Canberra Model 747, USA) หัววัดจะเชื่อมต่อกับเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (8192 ช่อง Canberra Model Inspector 2000, USA) และวิเคราะห์ยอดพลังงานรังสีแกมมาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (Canberra, Genie2k software Version 2.1, USA) หัววัดรังสีแกมมามีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ 13.9 % และมีกำลังแยก 1.75 keV ที่พลังงานรังสีแกมมา 1332 keV ของโคบอลต์-60 และมีอัตราส่วนระหว่างยอดพลังงานต่อฐานคอมพิวเตอร์เท่ากับ 44.8 : 1

เครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมาที่ใช้ถูกปรับเทียบประสิทธิภาพด้วยการวิเคราะห์สารอ้างอิงมาตรฐานขององค์การพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA, The International Atomic Energy Agency) สำหรับปรับเทียบค่าความแรงรังสีเรเดียม-226 โดยใช้สารอ้างอิงมาตรฐาน IAEA-RGU-1 ที่มีค่าความแรงรังสีเรเดียม-226 เท่ากับ 2,470 mBq ผสมลงในขี้เถ้าผักที่ตรวจวิเคราะห์แล้วว่าไม่มีนิวไคลด์ (Background) กัมมันตรังสีเรเดียม-226 นำใส่กระปุกปิดผนึก แล้ววัดด้วยสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา วิเคราะห์พลังงานรังสีแกมมาที่มาจากเรเดียม-226 โดยตรงที่พลังงาน 186.2 keV เช่นเดียวกับการวิเคราะห์สารตัวอย่าง ผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพของการวิเคราะห์เรเดียม-226 ได้เท่ากับ 0.046858 cps/Bq ในการวิเคราะห์กัมมันตภาพของ

เรเดียม-226 ในสารตัวอย่าง จำนวนจากยอดพลังงานรังสีแกมมาที่ 186.2 keV เช่นเดียวกัน โดยใช้เวลาวัดรังสีนาน 21,600 วินาที

### 3. การประเมินปริมาณรังสีจากเรเดียม-226 ที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคผักต่อปี

ในการวิเคราะห์ผลกระทบของรังสีต่อมนุษย์จากการบริโภคผักปนเปื้อนรังสี จะพิจารณาเฉพาะผลกระทบที่มาจากเรเดียม-226 ที่อยู่ในอนุกรมยูเรเนียม-238 เท่านั้น โดยจะไม่พิจารณาส่วนที่เป็นผลกระทบที่มาจาก ทอเรียม-232 และลูกหลานของมัน

การประเมินการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนเรเดียม-226 ของชาวอำเภอหนองม่อม จังหวัดสงขลา โดยอนุโลมใช้เกณฑ์ของคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ของสหประชาชาติว่าด้วยผลกระทบของรังสี (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; UNSCEAR, 2000) ซึ่งกำหนดว่าในเวลา 1 ปี ประชาชนจะบริโภคผักโดยเฉลี่ย 60 กิโลกรัม เมื่อใช้ค่าปัจจัย  $0.28 \times 10^{-6}$  Sv/Bq ซึ่งใช้สำหรับการประเมินปริมาณรังสีสมมูลที่ร่างกายผู้ใหญ่ได้รับต่อปี จำนวนปริมาณรังสีสมมูลต่อปีจากสมการ (1)

$$\text{Adult annual equivalent Dose (Sv/y)} = \text{Factor value (Sv/Bq)} \times \text{Consumption (kg/y)} \times \text{Specific activity of Radium-226 (Bq/kg)} \quad (1)$$

### 4. การประเมินความเสี่ยงทางรังสีจากการบริโภคผักในอำเภอหนองม่อม จังหวัดสงขลา

การประเมินความเสี่ยงทางรังสีจากการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนเรเดียม-226 จะประเมินจากค่า Radiation Risk Factor (RRF) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ใช้ในการประเมินความเสี่ยงทางรังสีจากการบริโภคผัก โดยมีค่าสัดส่วนระหว่างปริมาณรังสีเรเดียม-226 ที่ได้รับต่อปี กับปริมาณรังสีอ้างอิง (reference dose, RfD) ซึ่งมีค่า 8  $\mu\text{Sv/y}$  (UNSCEAR, 2000)

$$RRF = \frac{\text{Adult Annual Equivalent Dose } (\mu\text{Sv/y})}{RfD(\mu\text{Sv/y})}$$

(2)

โดยที่  $RRF \leq 1$  มีค่าความเสี่ยงทางรังสีอยู่ในเกณฑ์ปกติ

$RRF > 1$  มีค่าความเสี่ยงทางรังสีมากกว่าเกณฑ์ปกติ

### ผลและการวิเคราะห์ผล

#### 1. กัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผัก ในเขตอำเภอหนองม่อม และการกระจายในพื้นที่

ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างผักทั้งหมด 98 ตัวอย่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 26 – 7,882 mBq/kg เมื่อนำมาเขียนกราฟแจกแจงความถี่ พบว่า ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ไปทางขวา (Figure 2a) คือมีหางยาวไปทางค่าสูง โดยมีค่าทางสถิติที่สำคัญ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) ค่ามัธยฐาน (Median) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เท่ากับ 1,695, 1,250, 1,404 และ 135 mBq/kg ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าเฉลี่ยเรขาคณิตมีค่าใกล้เคียงกับค่ามัธยฐานมากกว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิต การแจกแจงข้อมูลมีลักษณะเป็นแบบ log normal (Figure 2b) ดังนั้นค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจึงน่าจะใช้เป็นค่าตัวแทนที่ดีของการแจกแจงค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของเรเดียม-226 ในตัวอย่างผักทั้งหมดในอำเภอหนองม่อม จังหวัดสงขลา



เนื่องจากค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 มีการกระจายในช่วงกว้าง ซึ่งอาจมีปัจจัยด้านภูมิประเทศ และปัจจัยอื่นๆ เกี่ยวข้องด้วย จึงได้แยกวิเคราะห์การกระจายของเรเดียม-226 ในผัก ตามเขตการปกครองระดับ ตำบล ดังนี้

**ตำบลพิจิตร** ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 25 ตัวอย่าง (Table 3) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 167 – 2,850 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตทั้งตำบลเท่ากับ 1,082 mBq/kg และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในผักกวางตุ้ง 2,740 mBq/kg และต่ำสุดในถั่วฝักยาว 567 mBq/kg จากที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ผักกวางตุ้งเป็นผักที่มีปริมาณแคลเซียมสูง (ก้วน, 2522) (Table 2) จึงอาจสามารถเก็บสะสมเรเดียมซึ่งเป็นธาตุหมู่เดียวกันไว้ในปริมาณสูงด้วยหากในพื้นที่เพาะปลูกมีการปนเปื้อนเรเดียม ซึ่งผลการวิจัยก็พบว่าผักชนิดอื่นที่มีปริมาณแคลเซียมสูง จะมีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 สูงด้วย ได้แก่ กระถิน (1560 mBq/kg) ขี้เหล็ก (1498 mBq/kg) และ ผักกาดขาว (1163 mBq/kg)

นอกเหนือจากนี้ยังพบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ยังมีค่าสูงในผักที่โดยทั่วไปจะมีปริมาณแคลเซียมต่ำ (Table 2) ได้แก่ ข้าว (1,223 mBq/kg) และถั่วลิสง (1,750 mBq/kg) ส่วนผักที่โดยทั่วไปมีปริมาณแคลเซียมน้อย และพบว่ามีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 น้อยเช่นกัน ได้แก่ ถั่วฝักยาว มีค่าเท่ากับ 567 mBq/kg

**ตำบลนาหม่อม** ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 25 ตัวอย่าง (Table 3) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 50 – 4,728 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตทั้งตำบลเท่ากับ 1,220 mBq/kg ค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในผักโขม 2,770 mBq/kg และต่ำสุดพบในถั่วฝักยาว 122 mBq/kg ซึ่งผักโขมก็เป็นผักที่นิยมบริโภค เพราะมีปริมาณแคลเซียมสูง (Table 2) นอกจากนั้นในผักที่มีแคลเซียมสูงประเภทอื่น ก็พบว่าปริมาณเรเดียม-226 สูง ได้แก่ ตำลึง ขี้เหล็ก และ กระถิน มีค่าเท่ากับ 2,274, 1,865 และ 1,065 mBq/kg ตามลำดับ ส่วนผักที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำ จะมีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 น้อยเช่นกัน ได้แก่ ถั่วฝักยาว มีค่าเท่ากับ 122 mBq/kg

**ตำบลคลองหรีง** ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 27 ตัวอย่าง (Table 3) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 326 – 4,212 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตทั้งตำบลเท่ากับ 1,457 mBq/kg ค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในข้าว และต่ำสุดพบในถั่วฝักยาวมีค่าเท่ากับ 2,385 และ 466 mBq/kg ตามลำดับ จะเห็นว่าในข้าวมีปริมาณแคลเซียมต่ำแต่พบปริมาณรังสีเรเดียมสูง เนื่องจากจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ มีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 ในน้ำสูง (177.8 mBq/l เจริ และคณะ, 2548) และบริเวณที่เพาะปลูกข้าวเป็นที่ลุ่มอยู่ใกล้แนวลำน้ำสายหลักในพื้นที่ไหลมาจากแนวเทือกเขาหินแกรนิตที่อยู่ใกล้แนวรอยเลื่อนซึ่งอาจมีการผุพังของแร่ธาตุต่างๆ พัดพามาตามกระแสน้ำได้ นอกจากนี้ยังพบว่าถั่วลิสงที่ทำการเก็บตัวอย่างจากจุดเดียวกันก็มีค่าความเข้มข้นเรเดียม-226 สูง (1610 mBq/kg) เช่นกัน ซึ่งในผักชนิดนี้ก็มีปริมาณแคลเซียมต่ำ เมื่อพิจารณาผักชนิดอื่นที่มีปริมาณแคลเซียมสูง ได้แก่ ตำลึง ขี้เหล็ก กระถิน มะเขือ ผักโขม ผักกวางตุ้ง และคะน้า มีปริมาณเรเดียม-226 สูงเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 1715, 1428, 1911, 1698, 1236, 2302 และ 1467 mBq/kg ตามลำดับ ในผักที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำ ได้แก่ ถั่วฝักยาว มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 เท่ากับ 466 mBq/kg จะเห็นว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 มีการกระจายตัวของค่าความเข้มข้นค่อนข้างสูงอาจพบได้ทั่วบริเวณที่ทำการศึกษา (figures 4, 5)

**ตำบลทุ่งขมิ้น** ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม – 226 ในตัวอย่างผัก 21 ตัวอย่าง (Table 3) พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 26 – 7,882 mBq/kg ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตทั้งตำบลเท่ากับ 1,253 mBq/kg ค่าเฉลี่ยสูงสุดพบในผักโขม และต่ำสุดพบในถั่วฝักยาว มีค่าเท่ากับ 7,690 และ 184 mBq/kg ตามลำดับ ในผักชนิดอื่นก็มี

ปริมาณเรเดียมสูงเช่นเดียวกัน ได้แก่ คำลิ่ง (1,949 mBq/kg) ผักบุ้ง (1,884 mBq/kg) ขี้เหล็ก (1,349 mBq/kg) และ กระถิน (1,251 mBq/kg) ส่วนในถั่วฝักยาวยังคงตรวจพบปริมาณเรเดียมต่ำ 184 mBq/kg ในมะเขือ (884 mBq/kg) และแตงกวา (211 mBq/kg) ก็เช่นเดียวกัน

จากการวิเคราะห์ในระดับตำบล พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 จะมีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 สูงในตัวอย่างผักที่มีปริมาณแคลเซียมเป็นส่วนประกอบสูง ได้แก่ คำลิ่ง, ขี้เหล็ก, กระถิน, ผักกวางตุ้ง, คื่นช่าย, ผักโขม, ผักกาดขาว และผักบุ้ง เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของการกระจายปริมาณรังสีเรเดียม-226 กับปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่ในผัก (Figure 4 และ Figure 5) มีความสัมพันธ์กัน ส่วนในผักที่มีค่าความเข้มข้นของเรเดียม-226 ต่ำจะมีปริมาณแคลเซียมอยู่น้อยเช่นกัน ได้แก่ ถั่วฝักยาว แตงกวา และมะเขือ ยกเว้น ในข้าว และ ถั่วลิสง ซึ่งพบว่าปริมาณแคลเซียมอยู่น้อย (8 และ 59 mg ใน 100 g, Table 2) แต่จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 สูง มาก อาจเนื่องจากลักษณะการเพาะปลูกของผักสองชนิดนี้ที่ทำให้มีการดูดซึมปริมาณเรเดียมได้มาก (Figure 4g และ Figure 4h) ดังนั้นปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่ในข้าว และ ถั่วลิสง จึงไม่มีผลต่อค่าความเข้มข้นของปริมาณรังสีเรเดียม-226

## 2. การกระจายของเรเดียม-226 และความสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศของอำเภอนาหม่อม

หากพิจารณาลักษณะภูมิประเทศของอำเภอนาหม่อม จะพบว่ามียอดเขาล้อมรอบอยู่ 3 ด้าน มีที่ราบลุ่มอยู่ตอนกลางของอำเภอ เทือกเขาหินแกรนิตวางตัวเป็นขอบเขตทางตะวันออก ทิศใต้ และทางตะวันตกบางส่วน (สัญลักษณ์ Gr ใน Figure 2) หินฐานในพื้นที่นี้จึงเป็นหินแกรนิตที่อาจมีรากลึกใต้พื้นดิน ลึกลงธรรมชาติในพื้นที่เริ่มต้นจากเทือกเขาหินแกรนิตทางตะวันออกและทางใต้แล้วไหลผ่านไปกลางพื้นที่แล้วไหลเลี้ยวออกไปทางตะวันตกผ่านคลองหว่าที่เป็นคลองสายหลักลงสู่คลองอู่ตะเภาที่อำเภอหาดใหญ่ บริเวณตำบลทุ่งขมิ้นในอดีตเคยมีการทำเหมืองแร่ดีบุกที่พบฝังประอยู่ในหินแกรนิตและเคยมีรายงานการพบแร่กัมมันตรังสีสูงทอร์เบอร์ไนท์ในตำบลทุ่งขมิ้น มีรอยเลื่อนทางตอนใต้ของพื้นที่ในตำบลคลองหว่าและทุ่งขมิ้น (ธงชัย, 2527) จึงอาจทำให้หินแกรนิตของพื้นที่เกิดการแตกสลายตัวกลายเป็นดินลึกลงในชั้นหิน ซึ่งอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระจายปนเปื้อนเรเดียม-226 ในพื้นที่อำเภอนาหม่อมทั้งหมด

พิจารณาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักทุกชนิดจากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 98 ตัวอย่าง พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 มีการกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งอำเภอนาหม่อม (Figure 5) ทั้งค่าสูงและต่ำ เมื่อแบ่งระดับกัมมันตภาพออกเป็น 3 ระดับ คือ Figure 5a แสดงระดับค่ากัมมันตภาพจำเพาะสูงกว่า 500 mBq/kg พบว่ามีการกระจายครอบคลุมพื้นที่โดยรอบในอำเภอนาหม่อมทั้งตำบลพิจิตร นาหม่อม คลองหว่า และทุ่งขมิ้น เมื่อวิเคราะห์การกระจายของผักที่มีกัมมันตภาพจำเพาะสูงกว่า 1000 mBq/kg (Figure 5b) และสูงกว่า 2000 mBq/kg (Figure 5c) ก็ยังสังเกตเห็นว่ามีการกระจายครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่อำเภอนาหม่อมเช่นเดียวกัน อาจสังเกตเห็นว่าเป็นกลุ่มก้อนตรงบริเวณใกล้เส้นทางน้ำ เช่น ลำคลอง ซึ่งก็คือบริเวณที่เป็นชุมชนหมู่บ้าน ที่มีเส้นทางสัญจร เนื่องจากเป็นบริเวณที่สนใจศึกษา

จึงมีความเป็นไปได้อยู่อย่างน้อย 2 ประการ ที่อธิบายการกระจายของเรเดียม-226 ในพื้นที่อำเภอนาหม่อม คือ (1) เรเดียม-226 มีกำเนิดจากพื้นที่สูงในเทือกเขาหินแกรนิต โดยเฉพาะบริเวณที่มีการพบรอยเลื่อนคือทางทิศใต้ของตำบลทุ่งขมิ้นและตำบลคลองหว่า ที่พบการปนเปื้อนเรเดียมสูงในน้ำบ่อ (จเร, 2548) และในผักเรเดียม-226 กระจายคลุมพื้นที่ทั้งอำเภอผ่านทางระบบน้ำธรรมชาติทั้งน้ำผิวดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผ่านทางคลองสาขาและคลองสายหลักคือคลองหว่า และกระจายผ่านทางระบบน้ำใต้ดิน และ (2) เนื่องจากชั้นหินฐานในพื้นที่อำเภอนาหม่อมเป็นหินแกรนิตชนิดที่พบกัมมันตรังสีสูง ฉะนั้นในพื้นที่อำเภอนาหม่อมส่วนใหญ่ได้พื้นดินลงไป

ก็จะมีแหล่งกำเนิดของเรเดียม-226 อยู่ทั่วไปในหินแกรนิตที่เป็นหินฐาน และพร้อมที่จะปลดปล่อยเรเดียม-226 ออกมาเมื่อหินเกิดการผุพังสลายตัว

### 3. การประเมินปริมาณรังสีจากเรเดียม-226 ที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคผักต่อปี

การประเมินการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนเรเดียม-226 ของชาวอำเภอหนองบัว จังหวัดสงขลา โดยใช้เกณฑ์ของ ทบวงการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ในเวลา 1 ปี คนจะบริโภคผัก 60 กิโลกรัม เมื่อใช้ค่าปัจจัย  $0.28 \times 10^{-6}$  Sv/Bq ซึ่งใช้สำหรับการประเมินปริมาณรังสีสมมูลที่ร่างกายได้รับต่อปีในผู้ใหญ่ (adult annual equivalent dose) ผลการคำนวณปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับจากการบริโภคผักในอำเภอหนองบัว แสดงใน Table 2

องค์กร ICRP (International Commission on Radio-logical Protection) ได้กำหนดเกณฑ์ปริมาณรังสีที่บุคคลทั่วไปได้รับจากรังสีทุกชนิดด้วยค่าปริมาณรังสีขนาดเสถียร (committed dose) ของการดื่มน้ำและอาหารที่ปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีไว้ที่ 0.1 mSv และค่าปริมาณรังสีจะต้องไม่เกินระดับปลอดภัยซึ่งกำหนดไว้ที่ 1 mSv ต่อปี (dose limit; ICRP 1991) ซึ่งเป็นปริมาณรังสีที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ได้รับจากการบริโภคผัก อย่างไรก็ตาม UNSCEAR ได้แสดงค่าปริมาณรังสีประสิทธิผล (effective dose rate) ที่จะได้รับจากเรเดียม-226 ต่ออายุ-น้ำหนัก ว่าไม่ควรเกิน 8  $\mu$ Sv/ปี ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เกณฑ์นี้เพื่อประเมินปริมาณรังสีที่จะได้รับเรเดียม-226 จากการบริโภคผักของประชาชนชาวอำเภอหนองบัว โดยแยกพิจารณาในระดับตำบล ดังนี้

**ตำบลพิจิตร** ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนจะได้รับจากการบริโภคผักปนเปื้อนเรเดียม-226 ต่อปี มีค่า 18  $\mu$ Sv โดยผู้ที่บริโภคผักวางตุ้งจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงสุด เท่ากับ 46  $\mu$ Sv/ปี และต่ำสุดในถั่วฝักยาว เท่ากับ 9.5  $\mu$ Sv/ปี โดยผู้ที่บริโภคถั่วลิสง ชี้อหลิ้น และกระถิน จะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลใกล้เคียงกัน มีค่าเท่ากับ 29.4 25 และ 26  $\mu$ Sv/ปี ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงเกินกว่าเกณฑ์ปกติ 8  $\mu$ Sv/ปี

**ตำบลนาหม่อม** ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนจะได้รับจากการบริโภคเรเดียม-226 ในผักต่อปี มีค่า 20  $\mu$ Sv โดยผู้ที่บริโภคผักโขมจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงสุด 47  $\mu$ Sv/ปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับตำลึง และชี้อหลิ้นได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผล เท่ากับ 38 และ 31  $\mu$ Sv/ปี ตามลำดับ สูงเกินเกณฑ์ปกติ (8  $\mu$ Sv/ปี) และสำหรับในถั่วฝักยาวได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลต่ำสุด 2  $\mu$ Sv/ปี ไม่เกินเกณฑ์ปกติ (8  $\mu$ Sv/ปี)

**ตำบลคลองหรีด** ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนได้รับต่อปี มีค่า 24  $\mu$ Sv โดยผู้ที่บริโภคข้าวจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงสุด 40  $\mu$ Sv/ปี ใกล้เคียงกับการบริโภคตำลึง ชี้อหลิ้น กระถิน มะเขือ ถั่วลิสง ผักโขม ผักวางตุ้ง และคะน้า มีค่าเท่ากับ 28, 24, 32, 29, 27, 21, 39 และ 25  $\mu$ Sv/ปี ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเกินกว่าเกณฑ์ปกติ และการบริโภคถั่วฝักยาวจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลน้อยที่สุด 8  $\mu$ Sv/ปี อยู่ในเกณฑ์ปกติ

**ตำบลทุ่งขมิ้น** ค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนได้รับต่อปี มีค่า 21  $\mu$ Sv โดยผู้ที่บริโภคผักโขมจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลในปริมาณสูงสุด 129  $\mu$ Sv/ปี และการบริโภคถั่วฝักยาวจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลต่ำสุด 3  $\mu$ Sv/ปี การบริโภคผักชนิดอื่นได้แก่ ตำลึง ชี้อหลิ้น กระถิน มะเขือ และ ผักบุ้ง ค่าประเมินปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีมีค่า 33, 23, 21, 11 และ 32  $\mu$ Sv ซึ่งสูงเกินกว่าเกณฑ์ปกติ และการบริโภคแตงกวาจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลต่อปีเท่ากับ 4  $\mu$ Sv ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถั่วฝักยาว และอยู่ในเกณฑ์ปกติ

จากการศึกษาปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ประชาชนในพื้นที่อำเภอหนองบัวจะได้รับจากการบริโภคผักปนเปื้อนเรเดียม-226 โดยคิดเฉลี่ยทั้งอำเภอมีค่า 21  $\mu$ Sv/ปี ซึ่งจัดเป็นค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับประชาชนของประเทศในเขตทวีปยุโรปซึ่งได้รับ 0.04 - 19.32  $\mu$ Sv/ปี ประชาชนในทวีปเอเชีย 1.26  $\mu$ Sv/ปี (Table 4) และเมื่อ

พิจารณาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงที่ตรวจวัดจากทั่วโลกขององค์การ UNSCEAR (2000) ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยไว้ที่  $0.84 \mu\text{Sv/ปี}$  (Table 4) จะเห็นได้ว่าชาวอำเภอนาหม่อมได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคเรเดียม-226 ในผัก สูงกว่าเกณฑ์ปกติที่กำหนดไว้ค่อนข้างมาก

#### 4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรังสีเรเดียม-226 ที่มีอยู่ในผักแต่ละชนิด

จากการประเมินปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับจากการบริโภคเรเดียม-226 ในผักในอำเภอนาหม่อม พบว่ามีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดคือ  $8 \mu\text{Sv/ปี}$  (UNSCEAR, 2000) เมื่อนำมาจัดอันดับผักแต่ละชนิดที่ประชาชนจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคผัก สูงที่สุด 5 อันดับแรก ประกอบด้วย ผักโขม ( $50 \mu\text{Sv/ปี}$ ) ผักกวางตุ้ง ( $42 \mu\text{Sv/ปี}$ ) ตำลึง ( $39 \mu\text{Sv/ปี}$ ) ถั่วลันเตา ( $28 \mu\text{Sv/ปี}$ ) และ ขึ้นฉะเทศ ( $27 \mu\text{Sv/ปี}$ ) พิจารณาเปรียบเทียบกับปริมาณแคลเซียมที่พบในผักแต่ละชนิด (Table 2) พบว่ามีปริมาณแคลเซียมเป็นส่วนประกอบสูง ยกเว้นในถั่วลันเตาซึ่งมีแคลเซียมเพียง 59 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักถั่วลันเตา 100 กรัม ซึ่งมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผักชนิดอื่น แต่จากลักษณะการเพาะปลูกของถั่วลันเตา โดยเมล็ดถั่วที่เรานำมาบริโภคจะอยู่ติดกับดินและน้ำซึ่งมีการสะสมแร่ธาตุรวมทั้งเรเดียม-226 ไว้ค่อนข้างสูง เมื่อนำมาตรวจวัดปริมาณรังสีเรเดียมจึงพบในปริมาณสูง และยังพบว่าถั่วลันเตาในตำบลคลองหรีดมีกัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 สูงที่สุด เท่ากับ  $4,212 \text{ mBq/kg}$  ส่วนผักชนิดอื่นๆ เช่น กระถิน ผักกาดขาว ผักบุ้ง มะเขือ จะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเช่นกัน มีค่าเท่ากับ 21, 20, 17 และ  $16 \mu\text{Sv/ปี}$  ตามลำดับ ส่วนในถั่วฝักยาว และ แตงกวา จะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ( $8 \mu\text{Sv/ปี}$ ) โดยมีค่า 5 และ  $4 \mu\text{Sv/ปี}$  ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าผักที่มีปริมาณแคลเซียมสูงมักจะตรวจพบค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ได้สูงเช่นกัน ส่วนผักที่มีปริมาณแคลเซียมน้อยก็จะตรวจพบค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 ได้น้อยเช่นกัน

จากผลการวิเคราะห์การได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลจากการบริโภคเรเดียม-226 ในผัก พบว่าประชาชนชาวตำบลคลองหรีด ได้รับสูงที่สุด เท่ากับ  $24 \mu\text{Sv/ปี}$  รองลงมาคือประชาชนชาวตำบลทุ่งขมิ้น ได้รับ  $21 \mu\text{Sv/ปี}$  ชาวตำบลนาหม่อมได้รับ  $20 \mu\text{Sv/ปี}$  ชาวตำบลพิจิตรได้รับต่ำสุดเท่ากับ  $18 \mu\text{Sv/ปี}$  ซึ่งปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ประชาชนในแต่ละตำบลได้รับมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

#### 5. การประเมินความเสี่ยงทางรังสีจากบริโภคผักที่ปลูกในพื้นที่อำเภอนาหม่อม

การประเมินความเสี่ยงทางรังสีจากการบริโภคผักที่มีการปนเปื้อนเรเดียม-226 จะประเมินอย่างง่ายโดยใช้ค่า Radiation Risk Factor (RRF) ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ประชาชนได้รับจากการบริโภคผักต่อปี กับค่าปริมาณรังสีประสิทธิผลอ้างอิง (Reference dose, RfD) (UNSCEAR, 2000) ซึ่งแสดงใน Table 2 พบว่าการบริโภคผักโขมจะมีความเสี่ยงทางรังสีมากที่สุด (6.25) และในผักกวางตุ้ง (5.25) ตำลึง (4.13) ขึ้นฉะเทศ (3.38) กระถิน (2.63) ผักบุ้ง (2.13) ขี้เหล็ก (3.13) ถั่วลันเตา (3.50) คื่นช่าย (3.13) ผักกาดขาว (2.50) และ มะเขือ (2.00) จัดว่ามีความเสี่ยงต่อการบริโภค เนื่องจากมีค่า RRF มากกว่า 1 ส่วนการบริโภคถั่วฝักยาว (0.63) และแตงกวา (0.5) มีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ

#### สรุป

ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักที่ปลูกในเขตพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโตรมิเตอร์วัดรังสีแกมมาของเรเดียม-226 พบว่ามีการแพร่กระจายของเรเดียม-226 แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของผัก ลักษณะทางภูมิประเทศ การวางตัวของหินแกรนิตในพื้นที่ที่

ทำการศึกษา และการดูดซึมธาตุหมู่ 2 เช่น แคลเซียม เเรเดียม ในผักแต่ละชนิด โดยพบว่าเรเดียม-226 มีค่าสูงมาก เป็นพิเศษในบริเวณที่อยู่ใกล้หินแกรนิตที่เป็นหินฐาน โดยเฉพาะบริเวณที่พบหินแกรนิตผุ หรือใกล้เขตรอยเลื่อน (figures 2, 4, 5) จะเห็นว่าบริเวณที่อยู่ใกล้แนวหินแกรนิตและรอยเลื่อน เส้นทางการไหลของลำน้ำและเขตรอยต่อระหว่างตำบล จะพบค่ากัมมันตภาพจำเพาะเรเดียม-226 อยู่ในระดับสูง เมื่อประเมินปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยที่ประชาชนชาวอำเภอนาม่อมจะได้รับต่อปี มีค่า 21  $\mu\text{Sv}$  และพบว่าประชาชนชาวตำบลคลองหรั่งจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลสูงกว่าประชาชนในตำบลอื่น คือ 24  $\mu\text{Sv}$  ต่อปี โดยประชาชนที่บริโภคผักโขมจะได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผลเฉลี่ยต่อปีสูงถึง 50  $\mu\text{Sv}$  ซึ่งสูงกว่าการบริโภคผักชนิดอื่น และมีความเสี่ยงสูงต่อการได้รับปริมาณรังสีประสิทธิผล ส่วนการบริโภคถั่วฝักยาว และแตงกวา พบว่าอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยจากความเสี่ยงที่จะได้รับปริมาณรังสีเรเดียม-226 จากการบริโภค

#### ข้อเสนอแนะ

เมื่อพิจารณาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในผักของอำเภอนาม่อม เปรียบเทียบกับในผักของอำเภอบางลำ พบว่าค่าที่วัดได้ในผักของอำเภอบางลำแม้จะมีค่าต่ำกว่าในผักของอำเภอนาม่อมค่อนข้างมาก แต่ก็ยังจัดอยู่ในช่วงค่อนข้างสูง อาจเป็นไปได้ว่าพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างซึ่งอยู่ใกล้ปากคลองอุตะเกาที่ไปออกสู่ทะเลสาบสงขลา เนื่องจากคลองอุตะเกาเป็นลำน้ำสายหลักที่รวมเอาน้ำที่มาจากคลองหว่าซึ่งมีกำเนิดอยู่ในอำเภอนาม่อม จึงอาจชะล้างแร่ธาตุต่างๆในหินแกรนิตรวมทั้งเรเดียม-226 ในอำเภอนาม่อมมาตามลำน้ำ และอาจทำให้น้ำในคลองอุตะเกามีการปนเปื้อนเรเดียมสูงกว่าปกติ จึงน่าจะมีการตรวจวิเคราะห์เส้นทางการแพร่กระจายของเรเดียม-226 ตามลำน้ำดังกล่าว

#### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ และภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ได้อนุญาตให้ใช้เครื่องมือที่จำเป็นในงานวิจัย ขอขอบคุณคุณเดชา ปีตระวรรณ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง

#### เอกสารอ้างอิง

- ก้วน ขาวหนู. 2522. โภชนศาสตร์: ครั้งที่ 2 อักษรบัณฑิต, กรุงเทพมหานคร; 401-417.
- จเร วุฒิสาน์ ธวัช ชิตตระการ และไทรภพ ผ่องสุวรรณ. 2547. กัมมันตภาพจำเพาะโลหะหนักและธาตุหลักในน้ำบ่อต้น และความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์เกิดโรคมะเร็งช่องปากและมะเร็งหลอดอาหารในพื้นที่อำเภอนาม่อม จังหวัดสงขลา. ว.สงขลานครินทร์(วทท.) 26(5) : 709-725.
- จเร วุฒิสาน์ ธวัช ชิตตระการ ดรุณี ผ่องสุวรรณ และไทรภพ ผ่องสุวรรณ. 2548. กัมมันตภาพจำเพาะความเข้มข้นของเรเดียม-226 ในน้ำบ่อต้นและความสัมพันธ์กับอุบัติการณ์มะเร็งช่องปาก และมะเร็งหลอดอาหารใน อ.นาม่อม จ.สงขลา ว.สงขลานครินทร์ (วทท.) 28(1):1-15.
- ธงชัย พึ่งรัมย์. 2527. ธรณีวิทยาแหล่งแร่ดีบุก บริเวณเหมืองแร่ทุ่งโพธิ์-ทุ่งขมื่น กิ่งอำเภอนาม่อม จังหวัดสงขลา: ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ไทรภพ ผ่องสุวรรณ ธวัช ชิตตระการ สมพร จองคำ พรศรี พลพงษ์ สุขสวัสดิ์ ศิริจารุกุล และ อภินันท์ ฐิติภรณ์พันธ์. 2544. การประเมินความเสี่ยงต่อเรดอนภายในและภายนอกอาคารในพื้นที่ชุมชน เขตลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา รายงานวิจัยเสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ : 235 หน้า.

- ไตรภพ ผ่องสุวรรณ. 2545. การวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา (Gamma-Ray Spectrum Analysis) เอกสารประกอบการสอน วิชานิวเคลียร์ฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธวัช ชิตตระการ. 2541. การตรวจและการวัดรังสี : ครั้งที่1 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร; 57-72.
- พาลาก สิงหเสนี. 2540. การประเมินความเสี่ยงจากพิษของวัตถุอันตราย : หลักการและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เพ็ญญา ทรัพย์เจริญ. 2542. รวบรวมบทความการประชุมวิชาการ เรื่องผักพื้นบ้านและอาหารพื้นบ้าน 4 ภาค : สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี; 117-121.
- วิลาสินี ก้าวศิริรัตน์. 2547. การหาปริมาณเรเดียม-226 ในผักพื้นบ้านในอำเภอนาหม่อมด้วยสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา: โครงการงานทางฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2542. ผักพื้นบ้านภาคใต้ : ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก กรุงเทพฯ; 44-49,144-149.
- สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐานศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาการสาธารณสุขมูลฐานภาคเหนือ. 2540. ผักพื้นบ้าน: ความหมายและภูมิปัญญาของสามัญชนไทย: ครั้งที่ 2, สถาบันการแพทย์แผนไทย กรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุข; 104-140.
- สำนักงานสถิติจังหวัดสงขลา. 2543. สำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2543, สำนักงานสถิติแห่งชาติ.
- สุขสวัสดิ์ ศิริจารุกุล. 2537. การตรวจวัดปริมาณแก๊สเรดอนในน้ำบาดาลรอบลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ด้วยเทคนิคการกัตรอยนิวเคลียร์, วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อภิรักษ์ ฐิติภรณ์พันธ์. 2543. การตรวจวัดกัมมันตภาพจำเพาะก๊าซเรดอนภายในและภายนอกบ้านเรือนในพื้นที่จังหวัดสงขลา, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- K.S. Adam and E.Ake. 1995. Radium-226 Uptake by Vegetation Grown in Western Sudan. *Journal of Environment Radioactivity*, 29(1):27-38.
- D.Amarani and M.Tahtat. 2001. Natural radioactivity in Algerian building materials. *Applied radiation and isotopes*. 54: 687-689.
- F.V.Clulow, N.K.Dave, T.P.Lim and R.Avadhanula. 1998. Radium-226 in water, sediments and fish from lakes near the city of Elliot Lake, Ontario, Canada. *Environmental Pollution* 99:13-28.
- Decaillon, J.-G.,Bickel, M.,Hill, C. and Altzitzoglou, T. 2004. Validiation of Methods for the Determination of Radium in Waters and Soil. *Applied Radiation and Isotopes*, 61:409-413. EPA.Radium. Radiation Protection.
- ICRP 60. 1991. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, Oxford. Institute of environment of Medicine Karolinska Institute, Stockholm, Sweden. Method of Risk assessment. The science of the total environment, 1:s75-s77.
- Institute of environment of Medicine Karolinska Institute, Stockholm, Sweden. Method of Risk assessment. The science of the total environment, 1:s75-s77.
- J.Hakl, I.Hunyadi, K.Varga, and Csige, I. 1995. Determination of Radon and Radium Content of Water Samples by SSNTD Techique. *Radiation Measurements*, 25:657-658.
- Mays, C.W. and Rowland, R.E. 1985. Cancer risk from the lifetime intake of Ra and U isotope, *Health Physics*, 48:635-647.

- M. Ghiassi-Nejad, M. MBeitollahi, M. Asefi, F. Reza-Nejad. 2003. Exposure to  $^{226}\text{Ra}$  from consumption of vegetables in the high level natural radiation area of Ramsar-Iran. *Journal of Environmental Radioactivity*, 66:215-225.
- M. Ghiassi-Nejad, M. MBeitollahi, N. Fallahian, J. Amidi and H.Ramezani. 2001. Concentrations of natural radionuclides in imported mineral substances. *Environment International*, 26:557-560.
- M.Sohrabi. 1998. The state-of-the-art on worldwide studies in some environments with elevated naturally occurring radioactive material (NORM). *Applied Radiation and Isotopes*, 49:169-168.
- M. Sohrabi, H. Mirzaee and T. Hosseini. 1995. Determination of  $^{226}\text{Ra}$  in Food Samples by a New Method Using Polycarbonate Detector. *Radiation Measurements*.25:623-624.
- P. Szerbin and D.K. Popov. 1988. Transfer of Radium-228, Thorium-228 and Radium-226 from Forage to Cattle and Reindeer. *Journal of Environment Radioactivity*.8:129-141.
- M. Sohrabi, H. Mirzaee and T. Hosseini. 1995. Determination of  $^{226}\text{Ra}$  in Food Samples by a New Method Using Polycarbonate Detector. *Radiation Measurements*, 25:623-624.
- P. Szerbin and D. K. Popov. 1988. Transfer of Radium-228, Thorium-228 and Radium-226 from Forage to Cattle and Reindeer. *Journal of Environment Radioactivity*, 8:129-141.
- Thongsuksai, P., Sriplung, H., Phungrassami, T. and Prechavittayakul, P. 1997. Cancer incidence in Songkhla , southern Thailand, 1990-1994, *Southeast Asian J Trop Med Public Health*, 28(Suppl 3) : 1-10.
- US. Environmental Protection Agency. 1976. Interim primary drinking water regulations. Washington, DC, EPA.570/9-76-003.
- UNSCEAR. 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Report to the General Assembly, with Scientific Annexes E. Occupational radiation exposures: 499-509.
- Weihai Zhuo, Takao Iida and Xiaotong Yang. 2001. Occurrence of  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  and U in groundwater in Fujian Province, China. *Journal of Environment Radioactivity*, 53:111-120.
- Xilong Wang, T.Sato, S.Tao and Baoshan Xing.2005.Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin,China via consumption of vegetables and fish. *Science of the total environment*, 350: 28-37.
- Yen-Chuan Kuo, Shu-Ying Lai, Ching-Chung Huang and Yu-Ming Lin. 1997. Activity Concentrations and Population Dose from Radium-226 in Food and Drinking Water in Taiwan.
- Ye-shin Kim, Hoa-sung Park, Jin-yong Kim, Sun-ku Park, Byong-wook Cho, Ig-hwan Sung and Dong-chun Shin. Health risk assessment for uranium in Korean groundwater. *Journal of Environment Radioactivity*, 77: 77-85.
- Z.Pietrzak-Flis, L.Rosiak, M.M.Suplinska, E.Chrzanowski, S.Dembinska. 2001. Daily intake of  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{228}\text{Th}$  and  $^{226}\text{Ra}$  in the adult population of central Poland. *The Science of the Total Environment*, 273:163-169.

Sub district/Area (No. of Sample)	Average specific activity of Radium-226 (mBq/kg) in different vegetables												
	Ivy Gourd	Yellow Cassia	White Popinac	Yard Long Bean	Egg Plant	Swamp Cabbage	Rice	Peanut	Spineless Amaranth	Chinese Cabbage	Mustard	Collards	Cucumbers
Area 1 (5)	-	-	1561	1637	-	1094	1760	-	-	-	-	-	-
Area 2 (8)	-	2102	-	671	858	298	1958	-	-	1129	-	-	-
Area 3 (3)	-	1068	-	-	-	-	809	1485	-	-	-	-	-
Area 4 (1)	-	-	-	167	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area 5 (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1198	2743	-	-
Area 6 (6)	-	-	-	-	1198	1251	632	2064	-	-	-	-	-
<b>Mean of Pijit sub-district (25)</b>	-	1498	1561	567	927	866	1223	1750	-	1163	2743	-	-
Area 7 (1)	3395	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area 8 (7)	1898	2722	1060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area 9 (3)	-	764	946	-	-	-	-	-	2774	-	-	-	-
Area 10 (3)	1553	1897	1414	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area 11 (1)	-	1371	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area 12 (4)	-	-	-	176	705	993	-	-	-	-	-	-	-
Area 13 (2)	3850	-	2467	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area 14 (4)	2139	3252	548	-	-	309	-	-	-	-	-	-	-
<b>Mean of Namom sub-district (25)</b>	2274	1865	1065	122	705	553	-	-	2774	-	-	-	-
Area 15 (3)	1212	-	-	26	-	-	-	-	-	-	-	-	211
Area 16 (9)	3779	1395	1041	-	-	4724	-	-	7690	-	-	-	-
Area 17 (3)	-	-	-	1301	665	3078	-	-	-	-	-	-	-
Area 18 (6)	2175	-	1612	-	-	461	-	-	-	-	-	-	-
<b>Mean of Thungkamin sub-district (21)</b>	1949	1349	1251	184	665	1884	-	-	7690	-	-	-	211
Area 19 (1)	-	-	-	436	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Area 20 (9)	2274	2034	1994	-	-	-	-	-	1236	-	2302	-	-
Area 21 (2)	326	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1467	-
Area 22 (5)	2697	1204	1831	-	-	-	-	1988	-	-	-	-	-
Area 23 (9)	-	2628	-	482	1698	-	2421	2042	-	-	-	-	-
Area 24 (1)	-	787	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Mean of Klongrang sub-district (27)</b>	1715	1428	1911	466	1698	-	2385	1610	1236	-	2302	1467	-
<b>Minimum</b>	326	764	498	26	589	298	632	620	1236	1130	2302	1467	211



<b>Maximum</b>	7882	4728	2467	1630	1807	4724	2835	4210	7690	1197	2740	1467	211
<b>Standard error</b>	93	95	90	78	115	78	204	356	345	172	120	247	83
<b>Geometric Mean in Namom District (98)</b>	1952	1603	1261	314	927	1000	1480	1655	2975	1163	2511	1467	211
<b>Median</b>	2040	1571	1414	459	710	954	1760	1736	2770	1164	2521	1467	211

**Table 2** Weight ratio, calcium content, annual effective dose rate and radiation risk factor in different types of vegetables.

Type of vegetables	Weight ratio (dry/ fresh)	Calcium content in vegetables 100 g *	Mean annual Dose rate (μSv)	Radiation Risk Factor (RRF)
<i>Ivy Gourd</i> (ตำลึง)	0.024	126	33	4.13
<i>Yellow Cassia</i> (ขี้เหล็ก)	0.049	156	27	3.38
<i>White Popinac</i> (กระถิน)	0.041	137	21	2.63
<i>Yard Long Bean</i> (ถั้วฝักยาว)	0.032	42	5	0.63
<i>Swamp Cabbage</i> (ผักนึ่ง)	0.240	73	17	2.13
<i>Egg Plant</i> (มะเขือ)	0.035	38	16	2.00
<i>Rice</i> (ข้าว)	0.250	8	25	3.13
<i>Peanut</i> (ถั้วลิสง)	0.199	59	28	3.50
<i>Spineless Amaranth</i> (ผักโขม)	0.040	500	50	6.25
<i>Chinese cabbage</i> (ผักกาดขาว)	0.015	147	20	2.50
<i>Mustard</i> (ผักกวางตุ้ง)	0.020	220	42	5.25
<i>Collards</i> (คะน้า)	0.018	250	25	3.13
<i>Cucumbers</i> (แตงกวา)	0.014	25	4	0.50

\* ถั้วน, 2522. โภชนศาสตร์.

**Table 3** Average concentration of Radium-226 in different types of vegetables in Namom and Bangklam districts.

Type of vegetables	Concentration of Ra-226 in Vegetables grown in Namom District (mBq/kg)					
	Namom District	Pijit sub-dist.	Thungkamin sub-dist.	Klongrang sub-dist.	Namom sub-dist.	Bang Klam Dist.
<i>Ivy Gourd</i> (ตำลึง)	1952 (20)	-	1949 (7)	1715 (7)	2274 (6)	857(2)
<i>Yellow Cassia</i> (ขี้เหล็ก)	1603 (16)	1498 (2)	1349 (2)	1428 (5)	1865 (7)	689(1)
<i>White Popinac</i> (กระถิน)	1261 (13)	1560 (1)	1251 (4)	1911 (2)	1065 (6)	-
<i>Yard Long Bean</i> (ถั้วฝักยาว)	314 (10)	567 (3)	184 (2)	466 (3)	122 (2)	657(1)
<i>Swamp Cabbage</i> (ผักนึ่ง)	1000 (10)	866 (5)	1884 (3)	-	553 (2)	409(1)
<i>Egg Plant</i> (มะเขือ)	927 (7)	927 (4)	664 (1)	1698 (1)	710 (1)	291(1)
<i>Rice</i> (ข้าว)	1480 (7)	1223 (5)	-	2385 (2)	-	-
<i>Peanut</i> (ถั้วลิสง)	1655 (6)	1750 (2)	-	1610 (4)	-	-
<i>Spineless Amaranth</i> (ผักโขม)	2975 (3)	-	7690 (1)	1236 (1)	2770 (1)	514(1)
<i>Chinese Cabbage</i> (ผักกาดขาว)	1163 (2)	1163 (2)	-	-	-	263(1)

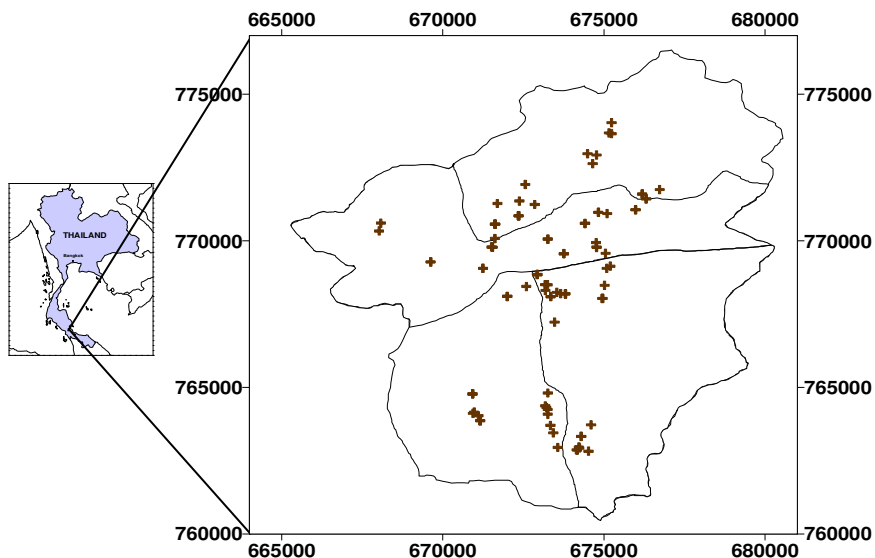
<i>Mustard</i> (ผักกวางตุ้ง)	2511 (2)	2740 (1)	-	2302 (1)	-	290(1)
<i>Collards</i> (คะน้า)	1467 (1)	-	-	1467 (1)	-	220(1)
<i>Cucumbers</i> (แตงกวา)	211 (1)	-	211 (1)	-	-	-
Minimum	26	167	26	326	50	220
Maximum	7,882	2,850	7,882	4,212	4,728	907
Arithmetic mean	1,695	1,281	2,102	1,746	1,713	505
Median	1,404	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 ( $\mu\text{Sv}$ )	21	18	21	24	20	8
Standard error	33	63	59	69	68	46

**Note** the number in parenthesis indicates the number of samples

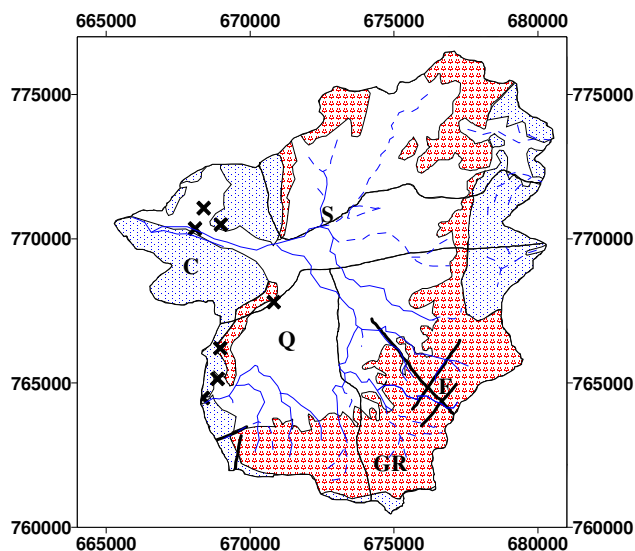
**Table 4** Specific activities, annual effective dose and radiation risk factor for Radium-226 in vegetables in other studies.

Region/Country	Specific Activity Ra-226 (Bq/kg)	Annual Dose ( $\mu\text{Sv}$ )*	Risk Factor	References
Europe				
Germany	6 – 1,150	0.10-19.32	0.013-2.415	Globel et al.,1980
Italy	27 – 44	0.45-0.74	0.056-0.093	De Bortoli et al.,1972
Poland	37 – 43	0.62-0.72	0.078-0.090	Pietrzak-Flis,1997
U.K.	2.2 – 170	0.04-2.86	0.005-0.358	Bradley et al.,1993
North America				
United Stated	56	0.94	0.113	Fisenne et al.,1987
Asia				
India				
China	75	1.26	0.16	Zhuo et al.,2001
Namom District, Songkhla Province Thailand	26 – 7,882	0.44-132.42	0.055-16.55	
- Pijit sub-district	1,082	18	2.25	This study
- Namom sub-district	1,220	20	2.50	
-Thungkamin sub-district	1,253	21	2.63	
- Klongrang sub-district	1,457	24	3.00	
Bang Klam District, Songkhla Province Thailand	450	8	1.00	This study
Reference value	50	0.84	0.105	UNSCEAR 2000

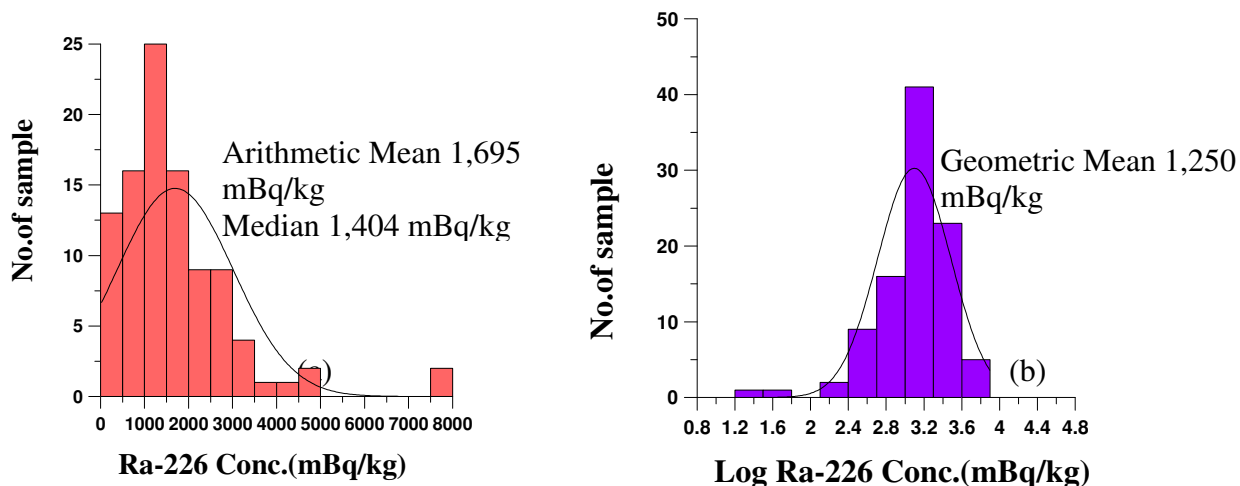
\* Annual doses estimated using the factors in UNSCEAR (2000)



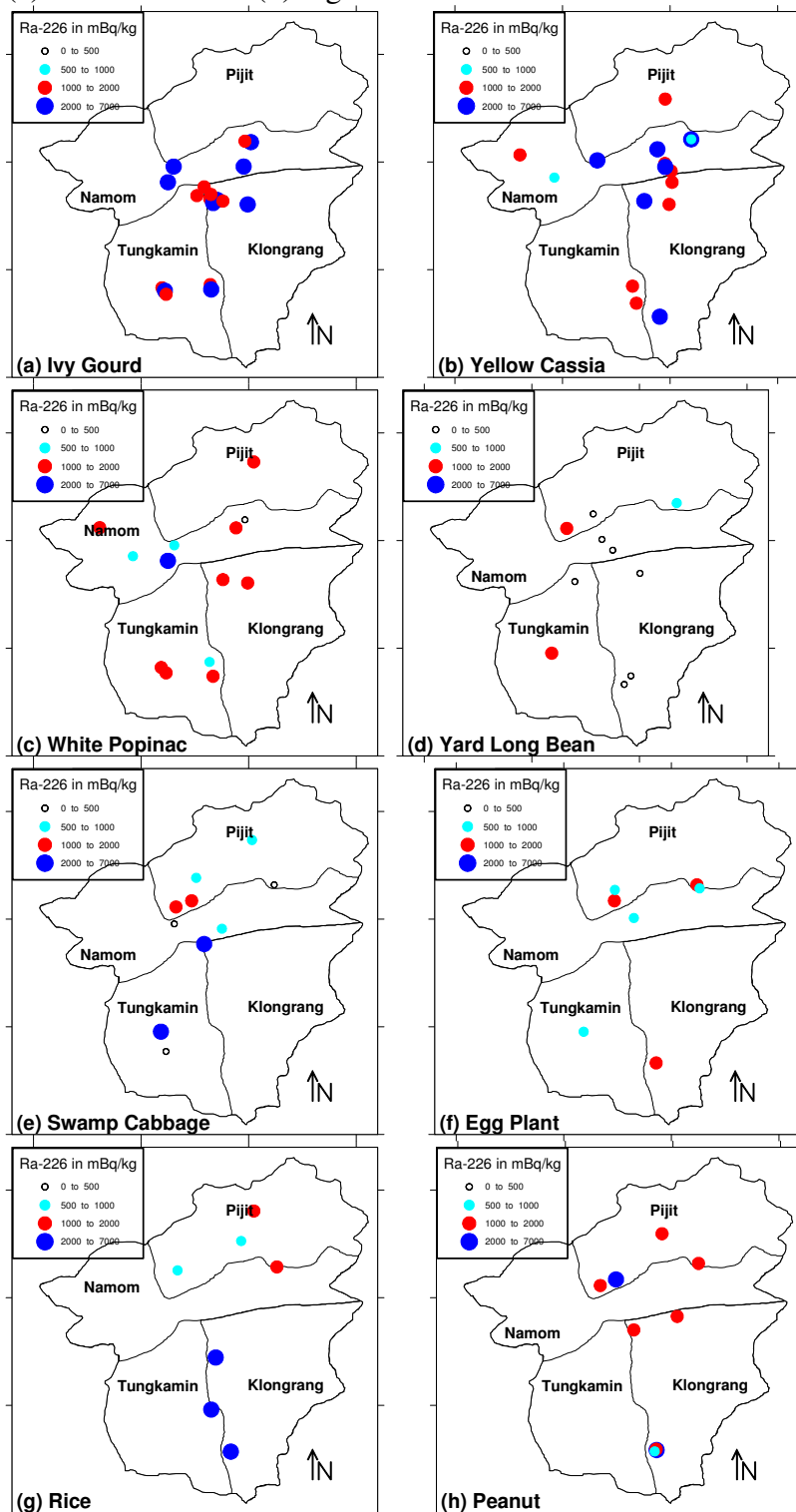
**Figure 1** Map of Namom District showing the sampling sites.



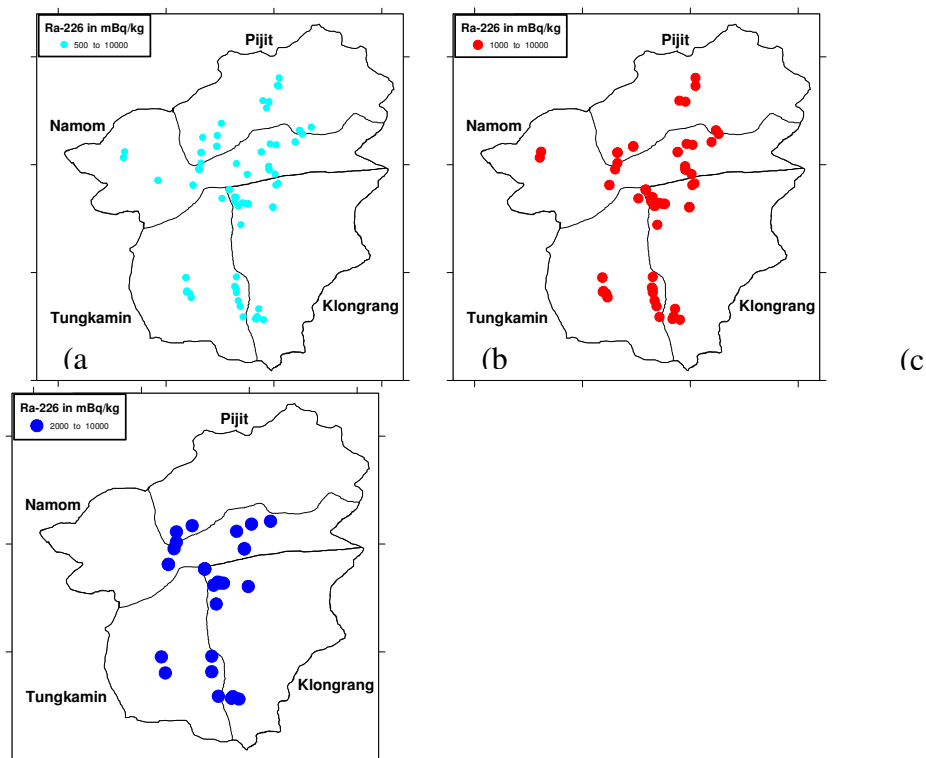
**Figure 2** Simplified geologic map of the Namom District, Songkhla Province. (หงษ์, 2527)



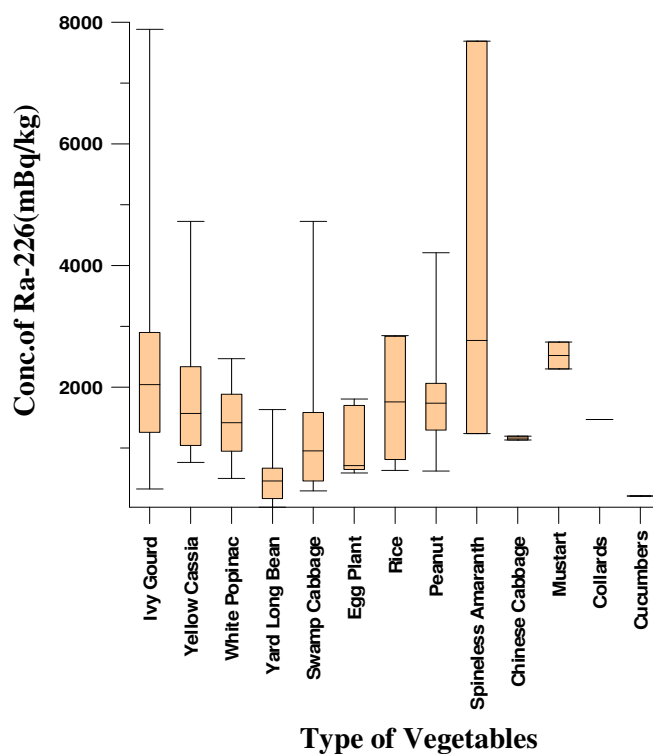
**Figure 3** Histograms showing the distribution of Ra-226 in all vegetables samples on (a) linear scale and (b) log scale.



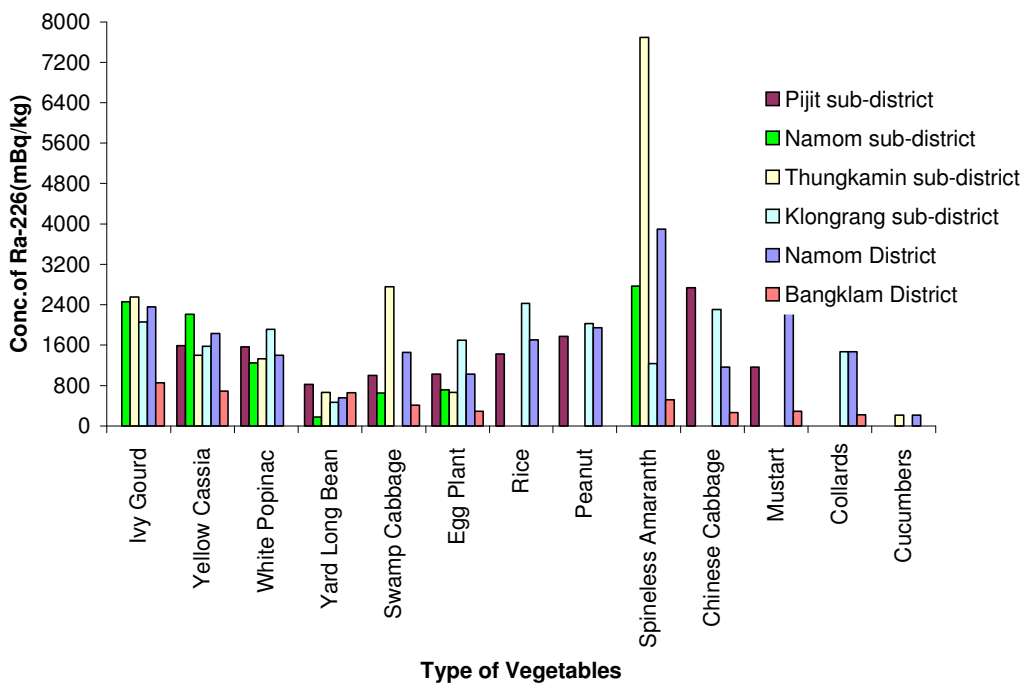
**Figure 4** Specific activity of Ra-226 in different type of vegetables at the position of sampling sites. Different symbol colors and sizes indicate the interval of Ra-226 concentration. Different types of vegetable are separately shown; (a) *Ivy Gourd*, (b) *Yellow Cassia*, (c) *White Popinac*, (d) *Yard Long Bean*, (e) *Swamp Cabbage*, (f) *Egg Plant*, (g) *Rice* and (h) *Peanut*.



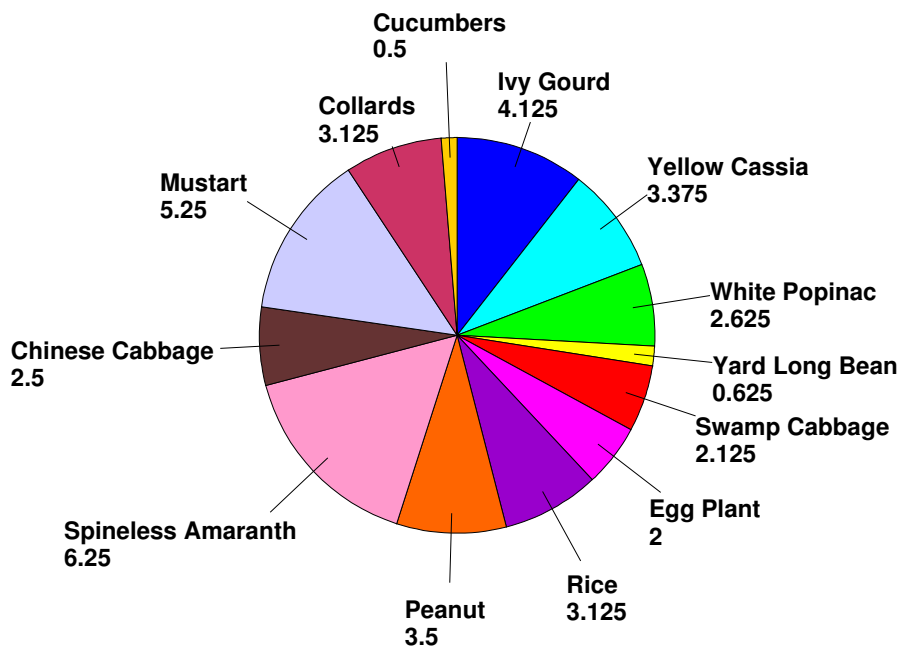
**Figure 5** Specific activity of Ra-226 in vegetables at the position of sampling sites. Different symbol colors the interval of Ra-226 concentration. Different concentration are separately shown; (a) specific activities > 500 mBq/kg (b) >1000 mBq/kg and (c) > 2000 mBq/kg.



**Figure 6** Box Whisker plot showing the specific activities of Ra-226 in different types of vegetable in Namom District, Songkhla Province.



**Figure 7** Histograms showing the specific activities of Ra-226 in different types of vegetable in Namom District, comparing with those in Bang Klam District, Songkhla Province.



**Figure 8** Radiation risk factor for different types of vegetable grown in Namom district.