

### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 วัสดุและอุปกรณ์

##### 3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่าง

- ตัวอย่างใบ ลำต้น และรากของต้นธูปฤาษี จำนวน 120 ตัวอย่าง
- ตัวอย่างดิน จำนวน 120 ตัวอย่าง
- เชือกพลาสติก
- ขวดพลาสติก
- ถุงพลาสติก
- จอบ

##### 3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่าง

###### 3.1.2.1 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับอบตัวอย่าง

- ตู้อบ
- ถาดสำหรับอบตัวอย่าง
- มีดและกรรไกรตัดตัวอย่าง

###### 3.1.2.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับบดตัวอย่าง

- เครื่องปั่น
- ครกหินบด
- ตะแกรงสำหรับร่อนตัวอย่าง
- กระจุกใส่ตัวอย่าง
- เครื่องชั่งน้ำหนัก ความละเอียด 0.01 กรัม
- สลากติดกระจุกตัวอย่าง
- เครื่องบด
- ซ้อนตักตัวอย่าง
- ถุงซิปล

###### 3.1.2.3 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับอัดตัวอย่าง

- เครื่องอัดไฮดรอลิกพร้อมเบ้าอัด
- กรดบอริก ( $H_2BO_3$ )
- แป้งข้าวเจ้า
- ถาดรอง
- นาฬิกาจับเวลา

##### 3.1.3 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมสารมาตรฐาน

- ซิงค์ออกไซด์ ( $ZnO$ )
- แป้งข้าวเจ้า

### 3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1) การเก็บตัวอย่างรูปถ่ายและดิน

การเก็บตัวอย่างรูปถ่ายและตัวอย่างดินในบริเวณโรงงานจังหวัดปัตตานีและโรงงานจังหวัดสงขลา โดยทำการเก็บตัวอย่างรูปถ่าย จำนวนแห่งละ 20 ตำแหน่งแต่ละตำแหน่ง ประมาณ 10 ต้น และตัวอย่างดินในตำแหน่งเก็บตัวอย่างต้นรูปถ่าย จำนวนแห่งละ 20 ตำแหน่งเช่นกัน แผนที่ตำแหน่งเก็บตัวอย่างแสดงในภาคผนวก ก. โดยเก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดปัตตานี ระหว่างวันที่ 12 กันยายน - 20 กันยายน 2552 และเก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดสงขลา ระหว่างวันที่ 12 มีนาคม - 14 มีนาคม 2553

#### 2) การตรวจวัดนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติในรูปถ่ายและดิน

##### 2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ตัวอย่างรูปถ่ายที่เก็บได้ทุกตำแหน่ง นำมาแยกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนใบ ลำต้น และรากรวมทั้งหมด 120 ตัวอย่าง นำไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำตัวอย่างแต่ละส่วนไปบดด้วยเครื่องปั่น และบรรจุใส่กระปุกปิดผนึก ชั่งน้ำหนัก และทิ้งตัวอย่างที่เตรียมได้ไว้ประมาณ 1 เดือน เพื่อรอให้เข้าสู่สภาวะสมดุลรังสีแบบถาวรของการสลายตัว ส่วนตัวอย่างดินเก็บตัวอย่างดินจากผิวลึกลงไป 15 เซนติเมตร นำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บด และร่อนด้วยตะแกรง บรรจุใส่กระปุกและชั่งน้ำหนักวางทิ้งตัวอย่างไว้ 1 เดือนเช่นกัน

##### 2.2 การตรวจวัดรังสีแกมมา

ตัวอย่างที่เก็บไว้ครบ 1 เดือนถูกนำมาวัดรังสีภูมิหลัง (Background radiation) และวัดรังสีจากสารมาตรฐานโดยใช้ U-238 ที่มีนิวไคลด์กัมมันตรังสีจาก Pa-234 (1764.0 keV) ส่วน Th-232 ใช้นิวไคลด์กัมมันตรังสี TL-208 (2614 keV) และ K-40 ใช้ยอดพลังงาน 1460 keV ด้วยชุดหัววัดรังสีแกมมาชนิดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (HPGe) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง บันทึกค่าอัตรานับและยอดพลังงานรังสีแกมมาของแต่ละนิวไคลด์ จากนั้นนำกระปุกสารตัวอย่างที่เตรียมไว้มาตรวจวัดกัมมันภาพรังสีด้วยชุดหัววัดรังสีแกมมา เป็นเวลา 5 ชั่วโมงเช่นเดียวกับการวัดรังสีภูมิหลังและสารมาตรฐาน เมื่อทำการตรวจวัดเรียบร้อยแล้ว ระบบก็จะแสดงผลออกมาในรูปของสเปกตรัมรังสีแกมมา แล้วบันทึกค่าอัตรานับและยอดพลังงานรังสีแกมมาของแต่ละนิวไคลด์ ที่เป็นส่วนประกอบของสารตัวอย่าง

##### 2.3 การวิเคราะห์ผลปริมาณของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในรูปถ่ายและในดินบริเวณเก็บตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ชนิดของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากยอดพลังงานรังสีแกมมาและค่าอัตรานับที่บันทึกได้ โดยการนำค่าอัตรานับของสารตัวอย่างและสารมาตรฐานที่ได้ มาลบด้วยอัตรานับของรังสีภูมิหลัง จะทำให้ทราบอัตรานับจริงของสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน ซึ่งอัตรานับจะเป็นตัวบ่งบอกความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี นำค่าอัตรานับของสารตัวอย่างที่ลบด้วยอัตรานับของรังสีภูมิหลังแล้วมาหาอัตราส่วนของปริมาณกัมมันตภาพรังสีในดินต่อรูปถ่าย ดังนี้

กัมมันตภาพรังสีในใบ / กัมมันตภาพรังสีในดิน กัมมันตภาพรังสีในลำต้น / กัมมันตภาพรังสีในดิน  
กัมมันตภาพรังสีในราก / กัมมันตภาพรังสีในดิน โดยผลการวัดที่ได้จากไอโซโทปรังสี 3 ตัวคือ U-238,  
Th-232 และ K-40 นำไปคำนวณหาความเข้มข้นตามสมการที่ 2.8 ของบทที่ 2

### 3) การตรวจวัดปริมาณโลหะหนักในรูปธาตุซีและดินด้วยเทคนิค X-ray fluorescence (XRF)

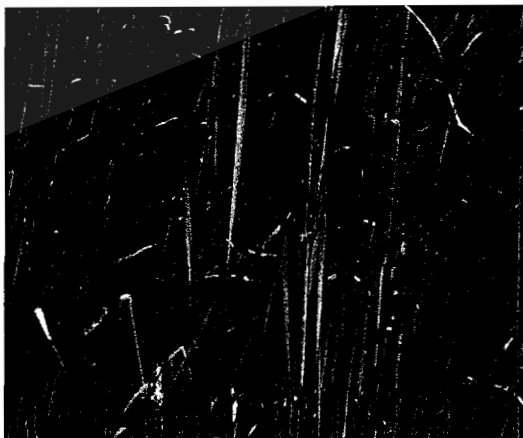
ตัวอย่างดินและรูปธาตุซีที่บรรจุใส่กระปุกแล้วถูกนำมาแบ่ง และเข้าเครื่องบดโดยใช้เวลา 10 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ได้บรรจุใส่ในถุงซิปล็อคพร้อมระบุตำแหน่ง จากนั้นนำตัวอย่างดินที่ได้ ปริมาณ 3 กรัม ผสมกับกรดบอริก ( $H_2BO_3$ ) 2 กรัม และ รูปธาตุซีปริมาณ 2 กรัม ผสมกับแป้งข้าวเจ้า ปริมาณ 3 กรัม นำส่วนผสมที่ได้ไปเข้าเครื่องบดเพื่อให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้เวลา 1 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง แล้วนำไปอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 5000 psi เป็นเวลา 1 นาทีนำแผ่น Polycarbonate หุ้มสารตัวอย่างที่ได้ เพื่อให้พร้อมที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ธาตุด้วยเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อไป

#### 3.1 การเตรียมสารมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ Zn ด้วยเทคนิค XRF

เตรียมสารมาตรฐานโดยนำ ZnO ผสมกับแป้งข้าวเจ้าให้ได้ในปริมาณ 100, 200, 300, 400 และ 500 ppm และนำส่วนผสมที่ได้ไปเข้าเครื่องบด บดให้เป็นเนื้อเดียวกัน ประมาณ 1 นาที จากนั้นนำไปเข้าเครื่องอัดไฮดรอลิกที่ความดัน 5000 psi เป็นเวลา 1 นาทีและนำแผ่น Polycarbonate หุ้มสารมาตรฐานที่ได้ เก็บสารมาตรฐานไว้ตรวจวัด XRF ต่อไป ขั้นตอนการเตรียม สารมาตรฐาน Zn แสดงในภาคผนวก ข

#### 3.2 การวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง XRF Oxford 2000

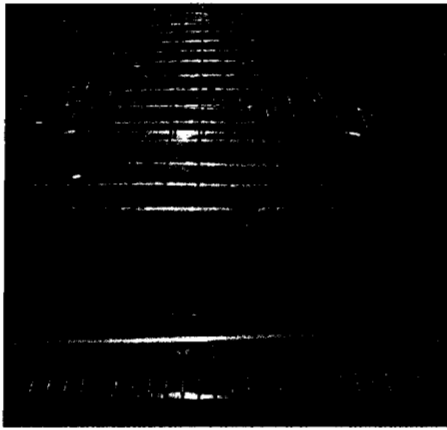
สารมาตรฐานที่ใช้หุ้มด้วย Polycarbonate (เพื่อไม่ให้ปะปนกับสิ่งแปลกปลอม) แล้วนำเข้า เครื่อง XRF oxford 2000 เพื่อปรับเทียบด้วยเงื่อนไขต่างๆ หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้มาวัด ซึ่งค่าที่ได้จะคำนวณเป็นความเข้มข้น (ppm) ของ Zn นำค่าความเข้มข้นที่ได้ไปสร้างกราฟใน โปรแกรม excel ทหาอัตราส่วนเฉลี่ยของรูปธาตุซีต่อดินเพื่อวิเคราะห์ต่อไป



ก. เก็บตัวอย่างรูปธาตุซี



ข. เก็บตัวอย่างดิน



ค. การอบแห้งตัวอย่างเพื่อไล่ความชื้น



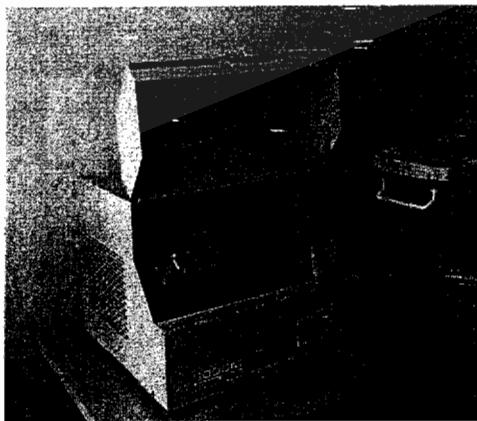
ง. การบดด้วยเครื่องปั่น



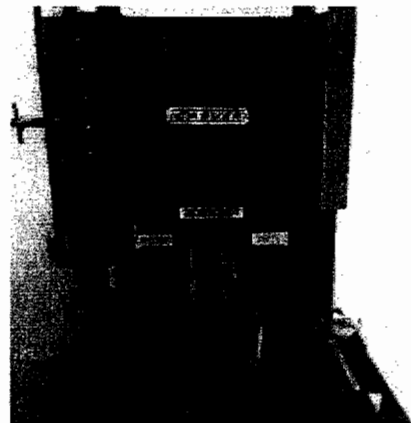
จ. นำตัวอย่างบรรจุใส่กระปุกและปิดผนึก



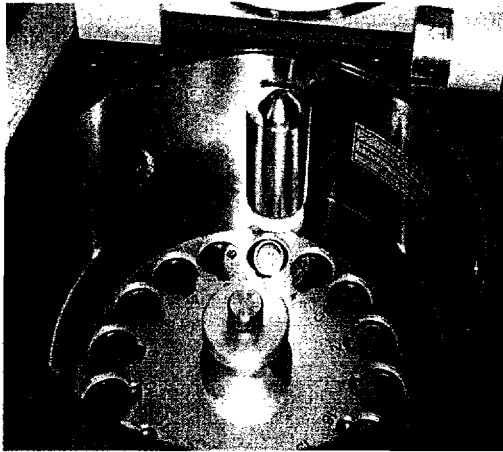
ฉ. ชั่งตัวอย่างเพื่อเข้าเครื่องบด



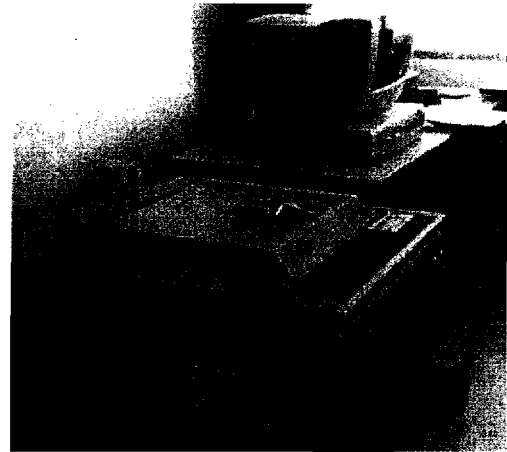
ช. นำตัวอย่างเข้าเครื่องบด SPEX Certiprep CARVER



ซ. นำตัวอย่างเข้าเครื่องอัดไฮดรอลิก



ณ. นำตัวอย่างเข้าเครื่อง XRF



ณ. วิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRF ED 2000

### รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

#### 4) การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในรูปธาตุและดินด้วยการอบนิวตรอน

ตัวอย่างรูปธาตุและดินที่แบ่งเก็บไว้หลังจากจัดบันทึกตำแหน่งการเก็บและอบจนแห้งดีแล้ว เมื่อต้องการนำมาตรวจวิเคราะห์โลหะหนักด้วยการอบนิวตรอนสามารถเตรียมตัวอย่างได้ดังนี้

1. ตัวอย่างต้นรูปธาตุทั้งต้นใบและรากจากแหล่งปัตตานีและสงขลา ที่ผ่านการอบแห้งแล้วนำแต่ละส่วนมาบดและผึ่งในตู้แห้งซึ่งน้ำหนักถูกละ 0.05 กรัม ทำไปกระตุ้นด้วยนิวตรอนเทอร์มัลที่มีฟลักซ์ประมาณ  $5 \times 10^{10}$  n/cm<sup>2</sup>-s ใช้เวลาอบ 10 ชั่วโมงและปล่อยให้สลายตัวประมาณ 2 สัปดาห์
2. ทำการเก็บตัวอย่างดินจากตำแหน่งเดียวกับที่เก็บตัวอย่างรูปธาตุ นำไปกระตุ้นด้วยนิวตรอนในลักษณะเดียวกับข้อ 1
3. ตรวจวัดตัวอย่างที่ผ่านการอบนิวตรอนแล้วด้วยหัววัดแบบ HPGe บันทึกสเปกตรัมที่ได้เพื่อทำการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณต่อไป โดยการวิเคราะห์เชิงปริมาณจะต้องเตรียมสารมาตรฐานที่ทราบค่าปริมาณโลหะหนักที่ต้องการวิเคราะห์ ดังนั้นตัวอย่างในแต่ละแหล่งจะยังไม่ทราบว่ามีโลหะหนักใดบ้างที่ปนเปื้อนอยู่แต่จะทราบหลังจากวิเคราะห์สเปกตรัมที่เป็นค่าเฉพาะธาตุแล้วถึงจะบอกได้ว่าตัวอย่างมีธาตุใดอยู่บ้าง แต่งานวิจัยนี้จะตรวจวัดตะกั่วไม่ได้เนื่องจากค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วที่เกิดจากการอบนิวตรอนนั้นสั้นเพียง 0.8 วินาทีเท่านั้น ผลของการอบนิวตรอนจะทำให้เกิดไอโซโทปรังสีที่มีการสลายตัวเป็นไปตามสมการที่ (3.1)

$$\frac{dN}{dt} = \phi \delta n - \lambda N \quad (3.1)$$

- เมื่อ
- $\phi$  = ฟลักซ์ หน่วยเป็น neutron/cm<sup>2</sup>s
  - $\delta$  = ค่า cross section , cm<sup>2</sup>
  - $\lambda$  = ค่าคงที่ของไอโซโทป
  - N = จำนวนอะตอมของไอโซโทป
  - n = จำนวนอะตอมของธาตุเป้า

และเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์เชิงปริมาณผลการวัดที่ได้จากโฟโตฟิคที่พลังงานรังสีแกมมาของธาตุแต่ละชนิดนำมาแทนค่าความสัมพันธ์ของโฟโตฟิคจากตัวอย่างกับสารมาตรฐานกับปริมาณของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์และปริมาณธาตุในสารมาตรฐานดังสมการที่ 3.2

$$N_{sample} = \frac{N_{std} \times Peak_{sample}}{Peak_{std}} \quad (3.2)$$

ผลการคำนวณที่ได้แสดงในหน่วย ppm (part per million)

4. เปรียบเทียบผลการวัดที่ได้เพื่อหาสัดส่วนของโลหะหนักในส่วนต่างๆของดินรูปฤาษีกับตัวอย่างดินที่จุดนั้นในแหล่งเก็บตัวอย่างจังหวัดปัตตานีและสงขลา จังหวัดละอย่างน้อย 20 จุด สรุปผลที่ได้

Prince of Songkla University  
Pattani Campus