

**บทที่ 3**  
**วิธีการดำเนินการวิจัย**

**3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์**

- 1) เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของบริษัท Perkin Elmer Mode รุ่น Lamda 12
- 3) เครื่อง Flame photometer ของบริษัท Sherwood รุ่น 410
- 4) เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่งของบริษัท SWISS QUALITY รุ่น 205 ASCS Precisa
- 5) เครื่อง Conductivity Meter ของบริษัท SUNTEX รุ่น SC-170
- 6) เครื่องวัดพีเอช ของบริษัท Metrohm รุ่น 744
- 7) เครื่องเขย่า (Shaker) รุ่น SK-101
- 8) ชุดกลั่น Kjeldahl
- 9) เดซิคเคเตอร์
- 10) ตู้อบ (Hot air oven)
- 11) เป้ากรองกุช
- 12) เตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnace)
- 13) กระดาษกรองแบบปราศจากเถ้า
- 14) กระดาษกรองเบอร์ 6 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 เซนติเมตร
- 15) กระดาษกรองเบอร์ 41 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร
- 16) กระดาษกรองเบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

**3.2 สารเคมี**

- 1) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ( $H_2SO_4$  95-97 %), Analytical grade, J.T. Baker, USA.
- 2) กรดแอสคอร์บิก ( $C_{12}H_{14}CaO_{12} \cdot 2H_2O$ ), Analytical grade, Merck, Switzerland.
- 3) กรดไฮโดรคลอริก (HCl 37%) (W/V), Analytical grade, J.T. Baker, USA.
- 4) คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ( $CuSO_4$ ), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 5) โครบอลไนไตรท์ ( $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 6) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 7) โซเดียมไนไตรท์ ( $NaNO_2$ ), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

- 8) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 9) บอริกซ์ ( $H_3BO_3$ ), Analytical, Carlo Erba, Italy.
- 10) เมธิลเรด อินดิเคเตอร์, Analytical grade, Merck, Switzerland.
- 11) ฟอรั่มลดีไฮด์, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 12) ฟีนแอนโทลีน, Analytical grade, Merck, Switzerland.
- 13) โพแทสเซียมซัลเฟต ( $K_2SO_4$ ), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 14) โพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ), Laboratory grade, Ajax Finchem, Australia.
- 15) โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ( $KH_2PO_4$ ), Analytical grade, M&B. USA.
- 16) โพแทสเซียมแอนติโมนีทาร์เตต ( $KSbO.C_4H_4O_4$ ), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 17) สารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียม เข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร, AAs. grade
- 18) เอทิล แอลกอฮอล์ 95% (w/v), Analytical grade, BHD, English.
- 19) แอมโมเนียมฟลูออไรด์ ( $NH_4F$ ), Analytical grade, BHD, English.
- 20) แอมโมเนียมโมลิบเดต ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ ), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia
- 21) แอมโมเนียมออกอะซิเตรต ( $NH_4OAc$ ), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 22) ไอโซโพรพิล, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 23) แบเรียมคลอไรด์, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 24) โพแทสเซียมเปอร์แมงกานेट, Analytical grade, BHD, English.
- 25) กรดไนตริก, Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.
- 26) โบรโมไซโมลบูลอินดิเคเตอร์, Analytical grade, Merck, Switzerland.
- 27) ไดแอมโมเนียมออกซาลेट, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 28) กรดซिटริก, Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.
- 29) ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 30) กรดซาลิไซลิก, Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.
- 31) โซเดียมไซโอซัลเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 32) โซเดียมซัลเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 33) เมอร์คิวรีออกไซด์, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
- 34) เฟอร์รัสซัลเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

- 37) สารละลายควินโนลีน, Analytical grade, Merck, Switzerland.
- 38) กรดไฮโดรคลอริก, Analytical grade, J.T. Baker, USA.
- 39) โมลิบดีนัมเฮกซะไตรออกไซด์ (MoO<sub>3</sub>), Analytical grade, Merck, Switzerland.
- 40) ไคโตซาน
- 41) โคลโลอิมิต
- 42) ซีโอไลต์
- 43) หินฟอสเฟต
- 44) กากน้ำตาล
- 45) อีเอ็ม
- 46) มูลวัว
- 47) รำอ่อน

### 3.2 ขั้นตอนการทดลอง

#### 1) การสร้างเครือข่ายผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดอุบลราชธานี

1.1) สร้างเครือข่ายผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 30 คน โดยจัดเวทีระดมความคิดเห็นของเครือข่ายเกี่ยวกับสภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ของแต่ละกลุ่ม คุณภาพของปุ๋ยที่ผลิตขึ้น ปัญหาในการผลิตและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และแนวทางแก้ไขปัญหา ตลอดจนความร่วมมือการช่วยเหลือเกื้อกูลระหว่างเครือข่าย

1.2) สมาชิกเครือข่ายผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์นำตัวอย่างปุ๋ยที่ผลิตขึ้นมาให้คณะผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพว่าได้มาตรฐานหรือไม่

1.3) วิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ที่เครือข่ายผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผลิตขึ้น เพื่อประเมินคุณภาพปุ๋ย โดยวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม) และธาตุอาหารรอง รายงานผลการวิเคราะห์ให้กับเครือข่าย จากนั้นหาแนวทางพัฒนาคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ของเครือข่ายที่ยังไม่ได้มาตรฐานให้ได้มาตรฐาน

#### 2) การพัฒนาคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ให้ได้มาตรฐาน

2.1) นำสูตรปุ๋ยอินทรีย์ที่สมาชิกเครือข่ายผลิตขึ้นที่ดีที่สุดหรือมีค่าใกล้เคียงมาตรฐานอุตสาหกรรมของปุ๋ยมาพัฒนาเพื่อให้ได้มาตรฐานอุตสาหกรรม

### 3) การเตรียมตัวอย่างแบบลดส่วน

- 1) นำปุ๋ยมาคลุกเคล้ากัน แล้วพูนเป็นรูปกรวยจากนั้นตัดปลายกรวยให้ราบลงแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน
- 2) นำตัวอย่างปุ๋ย 2 ส่วนรวมกัน เก็บตัวอย่างในภาชนะที่สะอาด เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป
- 4) การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ ดำเนินการดังนี้

วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยโดยวิธีทดสอบไนโตรเจนทั้งหมด แบบมีไนเตรต (total nitrogen : kjeldahl method for nitrate-containing sample) ตามมาตรฐาน AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists), วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยโดยวิธีทดสอบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus : gravimetric quinoline molybdate method : direct method) ตามมาตรฐาน AOAC และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธีทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (flame photometric method) ตามมาตรฐาน OMAF (Official Method of Analysis of Fertilizer)

#### 4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย

##### (determination of total N in fertilizer) วิธี kjeldal methods

- 1) ชั่งปุ๋ยอินทรีย์ 2 กรัมใส่ kjeldahl digestion flask
- 2) เติม catalyst mixture 1.1 กรัม
- 3) เติม conc.  $H_2SO_4$  10 มิลลิลิตร นำเข้าเตาย่อยโดยใช้อุณหภูมิ  $360^\circ C$  จนกระทั่งตัวอย่างใช้ได้ (clear) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3-5 ชั่วโมง ตัวอย่างจะเป็นสีขาวขุ่นๆ และไม่มีควันของกรด  $H_2SO_4$
- 4) เมื่อตัวอย่างใช้ได้แล้ว ปิดเครื่อง ทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็นจึงนำออกจากเตาย่อย
- 5) เติมน้ำกลั่นประมาณ 10 มิลลิลิตร (อย่าเติมน้ำกลั่นในขณะที่ flask ยังร้อนอยู่) เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask โดยใช้ น้ำกลั่นล้าง digestion flask ประมาณ 3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างเหลืออยู่ใน digestion flask
- 6) ปิเปตต์สารละลายตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ใสลงใน digestion flask เติม 40 % NaOH ประมาณ 10 มิลลิลิตร ใส digestion flask เข้ากับเครื่องกลั่น
- 7) นำ erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร ซึ่งมี 2%  $H_3BO_3$  indicator บรรจุอยู่ 10 มิลลิลิตร มารองรับ condenser ของเครื่องกลั่น พยายามให้ปลายของ condenser จุ่มอยู่ใน  $H_3BO_3$  indicator

8) ทำการกลั่นจนกว่าปริมาตรของสารใน erlenmeyer flask เพิ่มถึงขีด 50 มิลลิลิตร

9) นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นใน erlenmeyer flask ไปไทเทรตกับ standard 0.005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ที่ใช้ไทเทรตเพื่อนำมาคำนวณหา total N ในปุ๋ยอินทรีย์

#### การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ (total N) (%) =  $(\text{cm}^3 \text{ standard H}_2\text{SO}_4 \text{ Sample} - \text{Blank}) \times \text{N standard H}_2\text{SO}_4 \times 0.014 \times \text{final volume (มิลลิลิตร)} \times 100 / \text{aliq. (มิลลิลิตร)} \times \text{น.น. ปุ๋ยอินทรีย์ (กรัม)}$

**สมมติ :** ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ A กรัม ย่อยสลายเป็น B มิลลิลิตร นำไปกลั่นด้วย C มิลลิลิตร ใช้กรดไป X มิลลิลิตร และ Blank ใช้กรดไป Y มิลลิลิตร กรดเข้มข้นเป็น N normal

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย} &= (X-Y) \frac{N}{B} \times 100 \times 14 / C \times A \times 1000 \% N \\ &= 1.4 NB \times (X-Y) / AC \% N \end{aligned}$$

#### 4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในปุ๋ย โดยวิธี vanadomolybdate

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยที่บดละเอียดแล้ว 0.3000 – 0.4000 กรัม ใส่ใน volumetric flask 250 มิลลิลิตร

2) เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้ปุ๋ยละลายหมดจากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ (โดยทั่วไปจะทำการตั้งทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนทำการวิเคราะห์/วิเคราะห์หาต่อไป)

3) ดูดสารละลายปุ๋ยที่เตรียมไว้ 5 มิลลิลิตร โดยใช้ volumetric pipette ดูด (ถ้าสารละลายขุ่นให้กรองสารละลายก่อนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ใส่ลงในน้ำกลั่นจากนั้นเขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้

4) ดูดสารละลายที่ได้จากข้อ 3 จำนวน 10 มิลลิลิตร โดยใช้ volumetric pipette ใส่วางใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร

5) เติมสารละลาย molybdovanadate solution 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที แล้วนำไปวัดค่า absorbance (A) ด้วย เครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (nm)

6) ทำ standard set 0, 5, 10, 15 และ 20 ppm P: โดยดูดสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 100 ppm P (standard phosphorus solution 100 ppm P) มาจำนวน 0, 5, 10, 15 และ 20 มิลลิลิตร ด้วย volumetric pipette ใส่ใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 flask จากนั้นเติม molybdovanadate solution 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้เป็นเวลามากกว่า 30 นาที ก่อนนำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer

การคำนวณ :

$$\begin{aligned} & \text{ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (\% P}_2\text{O}_5) \\ & = \frac{2.2914 \times \text{ppm P (ที่อ่านได้จากกราฟ)} \times 250 \times 100 \times 100 \times 100}{\text{นน.ปุ๋ย (กรัม)} \times 5 \times 10 \times 10^5} \end{aligned}$$

#### 4.3 วิธีทดสอบโพแทสเซียมด้วยเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์

##### โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

- 1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ~ 0.5-2.5 กรัม ถ่ายใส่ในขวดวัดปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- 2) เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
- 3) เขย่า 30 นาที ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
- 4) กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 6 แล้วนำไปวัดหาปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์
- 5) นำค่าที่วัดได้บันทึกและคำนวณผล

##### สูตรการคำนวณ

$$\text{โพแทสเซียมทั้งหมด (คำนวณเป็น K}_2\text{O) ร้อยละ} = \frac{(A)(D)(V)(1.2046)}{1000(m)}$$

น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม (m)

ค่าความเข้มข้นโพแทสเซียมที่วัดได้ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (A)

ปริมาตรสารละลายตัวอย่าง หน่วยเป็นลิตร (V)

ค่าการเจือจาง (D)

หมายเหตุ : การทดสอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ สำหรับปุ๋ย Potassium salt ต้องนำไปต้มเดือดประมาณ 15 ก่อนปรับปริมาตร

เอกสารอ้างอิง : Official Method of Analysis of Fertilizer, 1972, Japan

#### 4.4 วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียม (gravimetric method) ตามมาตรฐาน AOAC

- 1) ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.5 กรัม น้ำหนักที่แน่นอน ( $m_0$ ) ใส่ขวดรูปกรวย 250 มิลลิลิตร
- 2) กรดไนตริก 30 มิลลิลิตร เติมกรดเกลือ 10 มิลลิลิตร
- 3) ต้มเดือดจนควันสีน้ำตาลหมดหรือสารละลายใส ปล่อยให้เย็น
- 4) ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตร 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรจนถึงขีด ( $V_0$ )
- 5) กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง
- 6) บีบอัดสารละลาย 25 มิลลิลิตร ( $V_1$ ) ใส่ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร
- 7) เติมเมธิลเรดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด เติมสารละลายแอมโมเนียจนกระทั่งสารละลายเป็นสีเหลือง จากนั้น เติมกรดเกลือ เข้มข้น 1:4 จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนๆ
- 8) เติมสารละลายอิมตัวไคแอมโมเนียมออกซาลेट 10 มิลลิลิตร ปรับความเป็นกรด - ด่าง ให้เป็น pH 5.0 (สีชมพูอ่อนๆ) โดยกรดเกลือเข้มข้น 1:4 หรือสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 1:4
- 9) ต้มให้เดือด 2-3 นาที ปล่อยให้เย็น จนกระทั่งตะกอนนอนก้น
- 10) กรองตะกอน ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) และล้างด้วยน้ำร้อน จำนวน 10 ครั้ง
- 11) ตะกอนที่กรองได้นำไปทดสอบหาปริมาณแคลเซียมถ่ายกระดาษกรองที่มีตะกอนใส่บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
- 12) เติมของผสมระหว่างน้ำกลั่น 125 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริก 5 มิลลิลิตร ให้ความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ  $70^\circ\text{C}$
- 13) ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เข้มข้น 0.1 N (C) จนกระทั่งสารละลายปรากฏเป็นสีชมพูอ่อนๆ บันทึกปริมาตรที่ใช้ ( $V_2$ )
- 14) ระเหยสารละลายที่ผ่านการกรองจนกระทั่งเหลือปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม

สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร หยดโบรโมไซมอลบูล อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด เติมสารละลายแอมโมเนียเพื่อทำให้เป็นด่าง สารละลายปรากฏเป็นสีเขียวหรือสีน้ำเงิน

15) เติมสารละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนสารละลายแรงๆ จนกระทั่ง เกิดตะกอนแมกนีเซียม ( $Mg_2P_2O_7$ )

16) เติมสารละลายแอมโมเนีย 15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ถ้าตะกอนของแมกนีเซียมมีปริมาณน้อยและไม่เกิดตะกอนในระหว่างคนสาร หลังเติมสารละลายแอมโมเนีย 15 มิลลิลิตร ให้ตั้งไว้ทิ้งคืน

17) กรองตะกอนด้วยกระดาษกรองเบอร์ No.42 (แบบปราศจากเถ้า) ล้างด้วยสารละลายแอมโมเนีย เข้มข้น 1:9 ถ่ายกระดาษกรองพร้อมตะกอนใส่เบ้า

18) เเป่าเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ  $1000^{\circ}C$

19) ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักตะกอน ( $m_1$ )

#### คำนวณจากสูตร

$$\text{แคลเซียม (คำนวณเป็น CaO) ร้อยละ} = \frac{(V_2)(56.08)(V_0)(1.2046)}{(m_0)(V_1) 2000}$$

น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม ( $m_0$ )

น้ำหนักตะกอน หน่วยเป็นกรัม ( $m_1$ )

ปริมาตรสารละลาย (ข้อ 4) หน่วยเป็นมิลลิลิตร ( $V_0$ )

ปริมาตรสารละลาย (ข้อ 6) หน่วยเป็นมิลลิลิตร ( $V_1$ )

ปริมาตรสารละลาย (ข้อ 13) หน่วยเป็นมิลลิลิตร ( $V_2$ )

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เข้มข้น 0.1 นอร์แมล (C)

$$(2Mg_2P_2O_7 = 0.36228)$$

#### 4.5 วิธีทดสอบกำมะถันในปุ๋ย ตามมาตรฐาน AOAC

##### วิธีการทดสอบแบบที่ 1 (AOAC)

1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม ( $m_0$ ) น้ำหนักที่แน่นอนถึง 0.0001 กรัม ใส่ปิเกตอร์ 500 มิลลิลิตร

2) เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร กรดไฮโดรคลอริก 15 มิลลิลิตร นำไปต้มจนเดือด

แล้วปล่อยให้เดือดเบาๆ ~ 10 นาที กรองสารละลายขณะร้อนโดยใช้เบ้ากช ล้างด้วยน้ำร้อน (~ 100 มิลลิลิตร)

3) ถ่ายสารละลายที่ผ่านการกรองใส่บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร ต้มจนเดือด เติมสารละลายเบเรียมคลอไรด์เข้มข้น 10-15 มิลลิลิตร (มากเกินไปเล็กน้อย)

4) นำไปต้มต่อโดยลดความร้อนลง ประมาณ 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องตลอดทั้งคืน

5) กรอง (ตะกอน  $\text{BaSO}_4$ ) ใช้เบ้ากรองกชที่น้ำหนักแน่นอนที่เตรียมไว้ (อบที่อุณหภูมิ  $250^\circ\text{C}$ )

6) ล้างด้วยน้ำร้อนจำนวน 10 ครั้ง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ  $250^\circ\text{C}$  ~ 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักตะกอน ( $m_1$ )

#### สูตรการคำนวณ

$$\text{แบบที่ 1} \quad \text{กัมมะถัน ร้อยละ} = \frac{(m_1) \times 0.1374 \times 100}{(m_0)}$$

$$\text{แบบที่ 2} \quad \text{กัมมะถัน ร้อยละ} = \frac{(m_1) \times 0.1374 \times (V_0) \times 100}{(m_0)}$$

น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม ( $m_0$ )

น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม ( $m_1$ )

ปริมาตรสารละลาย (ข้อ 3) หน่วยเป็นมิลลิลิตร ( $V_0$ )

ปริมาตรสารละลาย (ข้อ 5) หน่วยเป็นมิลลิลิตร ( $V_1$ )

#### 4.6 การวัด pH ของปุ๋ยโดยใช้ pH meter

1) ชั่งปุ๋ยมา 10 กรัม ใส่ บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

2) เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วใช้แท่งแก้วคนปุ๋ยและน้ำให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที ในขณะที่วางทิ้งไว้ให้คนเป็นครั้งคราว ก่อนทำการวัดจำเป็นต้อง warm up และ standardized ด้วย buffer solution pH 4 และ pH 7 ก่อนแล้วจึงดำเนินการวัด pH ของตัวอย่าง

#### 4.7 การวิเคราะห์ความชื้น

- 1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยมา 5 กรัม ใส่ในปิกรเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักไว้
- 2) นำตัวอย่างปุ๋ยไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75°C จนน้ำหนัก
- 3) เมื่อครบเวลาให้นำปุ๋ยใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยหลังอบ นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสมการ

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยก่อนอบ}} (100)$$

#### 4.8 วิธีการหาค่า OM

เตรียมสารละลายตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ปั่นเม็ด โดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยแต่ละชนิดด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่งอยู่ในช่วงน้ำหนักประมาณ 0.3–0.5 กรัม ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย potassium dichromate เข้มข้น 1 N จำนวน 10 มิลลิลิตร เติม 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> หรือ silver sulfate ใน 98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ในกรณีตัวอย่างที่มีคลอไรด์) จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย o-phenanthroline ferrous sulfate จำนวน 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างปุ๋ยนี้มาไทเทรต ด้วยสารละลาย ferrous sulfate ความเข้มข้น 0.5 N จนได้สารละลายจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง แสดงว่าถึงจุดยุติ บันทึกผลการทดลอง แล้วคำนวณหาค่าอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ดังสูตรข้างล่าง

สูตรการคำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

$$\text{ร้อยละอินทรีย์คาร์บอน (\%OC)} = \frac{0.3896 \times ((B \times \text{ml FeSO}_4)) - 10}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (ตัวอย่าง)}}$$

$$\text{ร้อยละอินทรีย์วัตถุ (\%OM)} = \% \text{OC} \times 1.7241$$

$$\text{ค่า C/N} = (\% \text{OC}) / (\% \text{TN})$$

เมื่อ

$$B = \frac{\text{ปริมาณของ } K_2Cr_2O_7 \text{ ที่เติมลงในตัวอย่างและแบลนด์}}{\text{ปริมาณ } FeSO_4 \text{ ที่ไทเทรตพอดีกับ } K_2Cr_2O_7 \text{ ในแบลนด์}}$$

ร้อยละ TN = ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมดได้จากการทดลอง ก

#### 5) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานให้กับเครือข่าย

โดยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้ความรู้เกี่ยวกับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานแก่เครือข่ายผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 30 คน ในหัวข้อประชุมเครือข่ายเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานให้กับเครือข่ายผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ณ ห้องประชุมบุษบงกช (9102) ตึก 9 ชั้น 1 อาคารศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี สํารวจความพึงพอใจในการเข้ารับถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลหาค่าเฉลี่ย โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2535 : 100)

4.51-5.00	หมายถึง ระดับมากที่สุด
3.51-4.50	หมายถึง ระดับมาก
2.51-3.50	หมายถึง ระดับปานกลาง
1.51-2.50	หมายถึง ระดับน้อย
1.00-1.50	หมายถึง ระดับน้อยที่สุด