บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ

1) เครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ของบริษัท Perkin Elmer Mode รุ่น Lamda 12
2) เครื่อง Flame photometer ของบริษัท Sherwood รุ่น 410
3) เครื่องชั่งไฟฟ้า 4 ตำแหน่งของบริษัท SWISS QUALITY รุ่น 205 ASCS Precisa
4) เครื่อง Conductivity Meter ของบริษัท SUNTEX รุ่น SC-170
5) เครื่องวัดพีเอช ของบริษัท Metrohm รุ่น 744
6) เครื่องเขย่า (Shaker) รุ่น SK-101
7) ชุดกลั่น Kjeldahl
8) ตู้อบ (Hot air oven)
9) เตาเผาอุณหภูมิสูง (Furnace)
10) เครื่องบดและตีป่นปุ๋ย
11) เครื่องปั้นเม็ดปุ๋ย

3.2 อุปกรณ์และวัสดุ

1) เบ้ากรองกูช
2) กระดาษกรองแบบปราศจากเถ้า
3) มูลไก่
4) เปลือกมะพร้าว
5) ไมยราบยักษ์

3.3 สารเคมี

1) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4 95-97 %), Analytical grade, J.T. Baker, USA.
2) กรดแอสคอร์บิก ($C_{12}H_{14}CaO_{12}.2H_2O$), Analytical grade, Merck, Switzerland.
3) กรดไฮโดรคลอริก (HCl 37%) (W/V), Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.
4) คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต ($CuSO_4$), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.
5) โครบอลไนไตรท์ ($Co(NO_3).6H_2O$), 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) กรดบอริก (H_3BO_3), Analytical, Carlo Erba, Italy.

10) เมธิลเรด อินดิเคเตอร์, Analytical grade, Merck, Switzerland.

11) ฟอร์มัลดีไฮด์, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

12) ฟีแนนโทลีน, 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) โพแทสเซียมแอนติโมนีทาร์เลต ($KSbO{\cdot}C_4H_4O_4$), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

17) สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม เข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร, AAs. Grade

18) เอทธิลแอลกอฮอล์ 95% (w/v), Analytical grade, BHD, English.

19) แอมโมเนียมฟลูออไรด์ (NH_4F), Analytical grade, BHD, English.

20) แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4){\cdot}6Mo_7O_{24}{\cdot}4H_2O$), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia

21) แอมโมเนียมอะซิเตรต (NH_4OAc), Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

22) ไอโซโพรพิล, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

23) แบเรียมคลอไรด์, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

24) โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต, Analytical grade, BHD, English.

25) กรดไนตริก, Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.

26) โบรโมไธโมลบูล อินดิเคเตอร์, Analytical grade, Merck, Switzerland.

27) ไดแอมโมเนียมออกซาเลต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

28) กรดซิตริก, Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.

29) ไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

30) กรดซาลิไซลิก, Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.

31) โซเดียมไธโอซัลเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

32) โซเดียมซัลเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

33) เมอร์คิวรีออกไซด์, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

34) เฟอรัสซัลเฟต, Analytical grade, Ajax Chemicals, Australia.

35) สารละลายควินโนลีน, Analytical grade, Merck, Switzerland.

36) กรดไฮโดรคลอริก, Analytical grade, J.T. Bakrer, USA.

37) โมลิบดิกแอนไฮไดร์ (MoO_3), Analytical grade, Merck, Switzerland.

38) ไคโตซาน

39) โดโลไมต์

40) ซีโอไลต์

41) หินฟอสเฟต

42) อีเอ็ม (Effective Micro-organisms, EM)

43) กากน้ำตาล

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

1) ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการมูลไก่ของผู้ประกอบการ โดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) และสัมภาษณ์เชิงลึก (Indepth interview) ซึ่งคณะผู้วิจัยเป็นผู้ทำการสัมภาษณ์เอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ตรงกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ คำถามมีลักษณะแบบปลายเปิด และบันทึกภาพการจัดการมูลไก่ จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ไปวิเคราะห์เพื่อสรุปผลที่ได้จากการสัมภาษณ์

ภาพที่ 3.1 มูลไก่ที่นำมาตากในแต่ละวัน

ภาพที่ 3.2 ลานสำหรับตากมูลไก่

2) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลไก่ เปลือกมะพร้าวบด ไมยราบยักษ์ หินฟอสเฟตและโดโลไมต์ และซีโอไลต์ โดยการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ด้วยวิธี Kjeldahl method ทดสอบตามมาตรฐาน AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists) ฟอสฟอรัส (P) ด้วยวิธี Spectophotometry ทดสอบตามมาตรฐาน AOAC และโพแทสเซียม (K) ด้วยวิธี Flame-Photometer ทดสอบตามมาตรฐาน OMAF (Official Method of Analysis of Fertilizer) ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) วิเคราะห์หา ตามมาตรฐาน AOAC

3) การทำปุ๋ยหมักและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

นำมูลไก่ เปลือกมะพร้าวบด ไมยราบยักษ์บด หินฟอสเฟต อัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 (ปุ๋ยหมัก 100 กิโลกรัม) มาผสมให้เข้ากัน ใช้ผ้าพลาสติกคลุม หมักไว้เป็นเวลานาน 3 เดือน โดยกลับกองปุ๋ยในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 เมื่อได้ปุ๋ยหมักแล้วนำปุ๋ยหมักแต่ละสูตรมาบดและตีป่นผสมกับโดโลไมต์ (10 กิโลกรัม) ซีโอไลต์ (10 กิโลกรัม) และผสมกับไคโตซาน 100 มิลลิลิตร นำไปขึ้นรูปเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ผึ่งให้แห้ง แล้วนำไปเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนของวัตถุดิบในการหมักปุ๋ยสูตรต่าง ๆ

สูตรปุ๋ยหมัก	วัตถุดิบ				
	มูลไก่ : ไมยราบยักษ์	เปลือกมะพร้าว (กิโลกรัม)	หินฟอสเฟต (กิโลกรัม)	อีเอ็ม (mL)	กากน้ำตาล (mL)
สูตรที่ 1	8:1	10	20	100	200
สูตรที่ 2	4:2	10	20	100	200
สูตรที่ 3	2:3	10	20	100	200
สูตรที่ 4	1:4	10	20	100	200

ภาพที่ 3.3 เครื่องสำหรับบดปุ๋ยอินทรีย์

ภาพที่ 3.4 เครื่องสำหรับปั้นเม็ดปุ๋ยอินทรีย์

ภาพที่ 3.5 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด

4) การเตรียมตัวอย่างปุ๋ยแบบลดส่วน

. 4.1) นำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมา 80 กิโลกรัม คลุกเคล้ากัน แล้วพูนเป็นรูปกรวยจากนั้นตัดปรายกรวยให้ราบลงแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน นำตัวอย่างปุ๋ย 2 ส่วนรวมกัน คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วพูนเป็นรูปกรวยจากนั้นตัดปรายกรวยให้ราบลงแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน นำตัวอย่างปุ๋ย 2 ส่วนรวมกัน ดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างปุ๋ยส่วนละประมาณ 1 กิโลกรัม จำนวน 4 ส่วนเท่า ๆ กัน .

. 4.2) นำตัวอย่างปุ๋ย 2 ส่วนรวมกัน เก็บตัวอย่างในภาชนะที่สะอาด เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

5) การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg และ S) ความชื้น OM และ pH ดังขั้นตอนต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย (determination of total N in fertilizer) วิธี kjeldal methods

1) ชั่งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 2 กรัม ใส่ kjeldahl digestion flask

2) เติม catalyst mixture 1.1 กรัม

3) เติม conc. H_2SO_4 10 มิลลิลิตร นำเข้าเตาย่อยโดยใช้อุณหภูมิ 360 ^{o}C จนกระทั่งตัวอย่างใช้ได้ (clear) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 3-5 ชั่วโมง ตัวอย่างจะเป็นสีขาวขุ่น ๆ และไม่มีควันของกรด H_2SO_4

4) เมื่อตัวอย่างใช้ได้แล้วปิดเครื่อง ทิ้งตัวอย่างไว้ให้เย็นจึงนำออกจากเตาย่อย

5) เติมน้ำกลั่นประมาณ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask โดยใช้น้ำกลั่นล้าง digestion flask ประมาณ 3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างเหลืออยู่ใน digestion flask

6) ปิเปตต์สารละลายตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ใส่ลงใน digestion flask เติม 40 % NaOH ประมาณ 10 มิลลิลิตร ใส่ 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_2SO_4 ที่ใช้ไทเตรทเพื่อนำมาคำนวณหา total N ในปุ๋ยอินทรีย์

การคำนวณ

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ (total N) (%) = (cm^3standard H_2SO_4 Sample – Blank) × N standard H_2SO_4 × 0.014 × final volume (มิลลิลิตร) × 100/aliq. (มิลลิลิตร) × น.น.ปุ๋ยอินทรีย์ (กรัม)

สมมติ : ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ A กรัม ย่อยสลายเป็น B มิลลิลิตร นำไปกลั่นด้วย C มิลลิลิตรใช้กรดไป X มิลลิลิตร และ Blank ใช้กรดไป Y มิลลิลิตร กรดเข้มข้นเป็น $\underline{N}$ normal

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ย = $(X-Y)\ \underline{N}\ \underline{B} \times 100 \times 14 / C \times A \times 1000$ % N

= $1.4\ NB \times (X-Y)/AC$ % N

5.2 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในปุ๋ย โดยวิธี vanadomolybdate

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

2) เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้ปุ๋ยละลายหมดจากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นจนครบปริมาณ 250 มิลลิลิตร แล้วเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ (โดยทั่วไปจะทำการตั้งทิ้งไว้ 1 คืน ก่อนทำการวิเคราะห์ต่อไป)

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

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

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

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 แล้วทิ้งไว้

เป็นเวลามากกว่า 30 นาที ก่อนนำไปวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer

การคำนวณ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (% P_2O_5)

$$= \frac{2.2914 \times \text{ppm P (ที่อ่านได้จากกราฟ)} \times 250 \times 100 \times 100 \times 100}{\text{นน.ปุ๋ย (กรัม)} \times 5 \times 10 \times 10^5}$$

5.3 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

โพแทสเซียมทั้งหมด (คำนวณเป็น K_2O) 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 นาที ก่อนปรับปริมาตร (Official Method of Analysis of Fertilizer, 1972, Japan)

5.4 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 ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น

4) ถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตร 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรจนถึงขีด (V_0)

5) กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง

6) ปิเปตต์สารละลาย 25 มิลลิลิตร (V_1) ใส่ในบีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร

7) เติมเมธิลเรดอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด เติมสารละลายแอมโมเนียจนกระทั่งสารละลายเป็นสีเหลือง จากนั้น เติมกรดเกลือ เข้มข้น 1:4 จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อนๆ

8) เติมสารละลายอิ่มตัวไดแอมโมเนียมออกซาเลต 10 มิลลิลิตร ปรับความเป็น กรด – ด่าง ให้เป็น pH 5.0 (สีชมพูอ่อน ๆ) โดยกรดเกลือเข้มข้น 1:4 หรือสารละลายแอมโมเนีย เข้มข้น 1:4

9) ต้มให้เดือด 2-3 นาที ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น จนกระทั่งตะกอนนอนก้น

10) กรองตะกอน (CaC_2O_4) และล้างด้วยน้ำร้อน จำนวน 10 ครั้ง

11) ตะกอนที่กรองได้นำไปทดสอบหาปริมาณแคลเซียมถ่ายกระดาษกรองที่มีตะกอนกรองใส่บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร

12) เติมของผสมระหว่างน้ำกลั่น 125 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริก 5 มิลลิลิตร ให้ความร้อนมากกว่าหรือเท่ากับ 70 °C

13) ไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เข้มข้น 0.1 N (C) จนกระทั่งสารละลายปรากฏเป็นสีชมพูอ่อน ๆ บันทึกปริมาณที่ใช้ (V_2)

14) ระเหยสารละลายที่ผ่านการกรองจนกระทั่งเหลือปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดซิตริก เข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร หยดโบรโมไธมอลบูล อินดิเคเตอร์ 2-3 หยด เติมสารละลายแอมโมเนียเพื่อทำให้เป็นด่าง สารละลายปรากฏเป็นสีเขียวหรือสีน้ำเงิน

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

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

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

18) เผาเบ้าเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 1000 °C

19) ปล่อยให้เย็นในเดซิคเคเตอร์ 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 นอร์มอล (C)

($2Mg_2P_2O_7 = 0.36228$)

5.5 วิธีทดสอบกำมะถันในปุ๋ย ตามมาตรฐาน AOAC

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

2) เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร กรดไฮโดรคลอริก 15 มิลลิลิตร นำไปต้มจนเดือด แล้วปล่อยให้เดือดเบาๆ ~ 10 นาที กรองสารละลายขณะร้อนโดยใช้เบ้ากูช ล้างด้วยน้ำร้อน (~ 100 มิลลิลิตร)

3) ถ่ายสารละลายที่ผ่านการกรองใส่บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร ต้มจนเดือด เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์เข้มข้น 10-15 มิลลิลิตร (มากเกินเล็กน้อย)

4) นำไปต้มต่อโดยลดความร้อนลง ประมาณ 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องตลอดทั้งคืน

5) กรอง (ตะกอน $BaSO_4$) ใช้เบ้ากรองกูชที่น้ำหนักแน่นอนที่เตรียมไว้ (อบที่อุณหภูมิ 250 °C)

6) ล้างด้วยน้ำร้อนจำนวน 10 ครั้ง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 250°C ~ 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเดซิคเคเตอร์แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักตะกอน (m_1)

สูตรการคำนวณ

$$\text{ร้อยละกำมะถัน} = \frac{(m_1) \times 0.1374 \times 100}{(m_0)}$$

น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม (m_0)

น้ำหนักตัวอย่าง หน่วยเป็นกรัม (m_1)

ปริมาตรสารละลาย (ข้อ 3) หน่วยเป็นมิลลิลิตร (V_0)

ปริมาตรสารละลาย (ข้อ 5) หน่วยเป็นมิลลิลิตร (V_1)

5.6 การวัด pH ของปุ๋ยโดยใช้ pH meter

1) ชั่งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมา 10 กรัม ใส่ บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

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

5.7 การวิเคราะห์ความชื้น

1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์มา 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร บันทึกน้ำหนักไว้

2) นำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 75°C จนน้ำหนักคงที่

3) เมื่อครบเวลาให้นำปุ๋ยใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยหลังอบ นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสมการ

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

5.8 วิธีการหาค่า OM

เตรียมสารละลายตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยชั่งตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์แต่ละสูตรด้วยเครื่องชั่งละเอียด 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_2SO_4 จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย o–phenanthroline ferrous sulfate จำนวน 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์นี้มาไทเทรต ด้วยสารละลาย ferrous sulfate ความเข้มข้น 0.5 N จนได้สารละลายจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง แสดงว่าถึงจุดยุติ บันทึกผลการทดลองแล้วคำนวณหาค่าอินทรีย์คาร์บอน อินทรียวัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ดังสูตรข้างล่าง

สูตรการคำนวณหาปริมาณอินทรียคาร์บอน อินทรียวัสดุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

$$\text{ร้อยละอินทรีย์คาร์บอน (\%OC)} = \frac{0.3896 \times ((B \times \text{ml } FeSO_4)) - 10}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

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

เมื่อ

$$B = \frac{\text{ปริมาตรของ } K_2Cr_2O_7 \text{ ที่เติมลงในตัวอย่างและแบลง}}{\text{ปริมาตร } FeSO_4 \text{ ที่ไทเทรตพอดีกับ } K_2Cr_2O_7 \text{ ในแบลงค์}}$$

$$\text{ร้อยละ TN} = \text{ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมดได้จากการทดลอง}$$

6) ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของมูลไก่ต่อไมยราบยักษ์ และเปลือกมะพร้าวบด หินฟอสเฟต ซีโอไลต์และโดโลไมต์ต่อการละลายของปุ๋ยอินทรีย์ผสมอัดเม็ด

6.1) นำมูลไก่ ไมยราบยักษ์ เปลือกมะพร้าว หินฟอสเฟตที่ผ่านการหมักแล้ว และนำมาผสมกับซีโอไลต์ โดโลไมต์และไคโตซานในอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วปั้นเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

6.2) นำมาศึกษาการละลายของธาตุอาหารในดิน โดยชั่งปุ๋ยอินทรีย์ผสมมา 1 กรัม ผสมให้เข้ากันกับ 200 กรัมของดินแห้ง (ขนาดต่ำกว่า 26 mesh) เก็บไว้ในบีกเกอร์ขนาด 200 ml ที่มีฝาปิดตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 3, 5,10, 20, 25 และ 30 วัน

6.3) นำเม็ดปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมมาล้างด้วยน้ำกลั่นและทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้องข้ามคืน

วิเคราะห์หาปริมาณ N, P และ K ที่เหลือ ด้วย Kjeldahl Method, Spectrophotometer (Bray II and Blue Reagent) และ Flame photometer ตามลำดับ จากนั้นวัดค่า pH ด้วย pH meter

7) การทดสอบพฤติกรรมการละลายของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมในดิน

7.1) ชั่ง 1 กรัม ของปุ๋ยอินทรีย์ผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3) มาผสมให้เข้ากันกับ 200 กรัม ของดินแห้ง (ขนาดต่ำกว่า 26 mesh) เก็บไว้ในบีกเกอร์ขนาด 200 ml ที่มีฝาปิด ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1, 3, 5,10, 20, 25 และ 30 วัน

7.2) นำเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ผสมออก แล้วนำดินมาวิเคราะห์หาปริมาณ N, P และ K ที่เหลือด้วย Kjeldahl Method, Spectrophotometer (Bray II and Blue Reagent) และ Flame photometer

8) ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผสมอัดเม็ดที่ได้มาตรฐานสำหรับชุมชน โดยนำอัตราส่วนของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมที่สภาวะที่ดีที่สุดจากการทดลองมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดธาตุอาหารสูง

9) ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผสมอัดเม็ดที่ได้มาตรฐานให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ในหมู่ที่ 5 บ้านแขม ตำบลหัวดอน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี และหมู่ที่ 11 บ้านแขม ตำบลหัวดอน อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 13 กลุ่ม และประชาชนผู้สนใจทั่วไป ขั้นตอนการถ่ายทอดโดยวิทยากร (คณะผู้วิจัย) บรรยายการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผสมอัดเม็ดธาตุอาหารสูงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสำหรับชุมชน การใช้สมุนไพรในการกำจัดหนอนในฟาร์มไก่ และฝึกปฏิบัติการ “การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผสมอัดเม็ดธาตุอาหารสูงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” หลังจากนั้นสำรวจความพึงพอใจในการเข้ารับถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ผสมอัดเม็ดที่ได้มาตรฐานโดยใช้แบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูล หาค่าเฉลี่ย 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