# ภาคผนวก ก

Prince of Songkla University
Pattani Campus

# วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

**1. ลักษณะทางกายภาพและสมบัติเคมีของตัวอย่าง**

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่างตามวิธีการ ของ AOAC (2000) มีดังนี้

**1.1 ความเป็นกรด- ด่าง (กากขี้แป้ง:น้ำ, 1:5 w/w)**

***วิธีทำ***

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 mL
2. เติมน้ำกลั่น 50 mL เขย่าประมาณ 30 นาที โดยเขย่าให้เข้ากันประมาณ 1 นาที
3. วางทิ้งไว้ให้ตกตะกอนประมาณ 5 นาที จากนั้นวัดค่า pH ของสารละลายด้วย pH Meter

**1.2 ความหนาแน่น**

***วิธีทำ***

1. เติมน้ำกลั่น 50 mL ลงในบีกเกอร์แล้วทำเครื่องหมายบอกระดับน้ำไว้
2. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์
3. บันทึกน้ำหนักของสารตัวอย่าง
4. ใช้หลอดหยดหรือไปเปตดูดน้ำออกจนถึงขีดระดับที่ทำเครื่องหมาย นำมาวัดปริมาตรที่ถูกมวลของตัวอย่างแทนที่

***การคำนวณ***

$$D = \frac{M}{V}$$

โดยที่

D = ความหนาแน่น (g/mL)

M = มวลของสารตัวอย่าง (g)

V = ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่ (mL)

Prince of Songkla University Pattani Campus

**1.3 ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณของแข็งที่ระเหยได้ (Total solid content and Volatile solid content :AOAC, 2000)**

***วิธีทำ***

1. อบถ้วยระเหยที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 1 ชั่งโมงหรือจนน้ำหนักคงที่
2. นำถ้วยไปใส่ในเดสซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 15-30 นาที)
3. ชั่งน้ำหนักถ้วย (A) ตักตัวอย่างใส่ลงในถ้วย บันทึกน้ำหนักรวมของถ้วยและตัวอย่าง (B)
4. นำถ้วยไปอบที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 1 ชั่งโมงหรือจนน้ำหนักคงที่
5. นำถ้วยไปใส่ในเดสซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 15-30 นาที)
6. ชั่งน้ำหนักรวมของถ้วยและสารตัวอย่างหลังการอบ (C)
7. นำถ้วยไปอบที่อุณหภูมิ 550 ± 50°C เป็นเวลา 20 นาที
8. นำถ้วยไปใส่ในเดสซิเคเตอร์ทิ้งไว้ให้เย็น (ประมาณ 15-30 นาที)
9. ชั่งน้ำหนักรวมของถ้วยและสารตัวอย่างหลังการอบ (D)

***การคำนวณ***

%TSC (ปริมาณของแข็งทั้งหมด) = (Yx100)/X

% VC (ปริมาณของแข็งที่ระเหยได้) = ((Y-Z)x100/ Y

% MS (ปริมาณความชื้น) = ((Y-X) x 100) /X

% FS (ปริมาณของแข็งที่คงอยู่) = (Zx100)/Y

โดยที่

X = น้ำหนักของสารตัวอย่างสด = B - A (กรัม)

Y = น้ำหนักของสารตัวอย่างหลังอบ = C- A (กรัม)

Z = น้ำหนักของสารตัวอย่างหลังเผา = C - D (กรัม)

**1.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen :AOAC 2000)**

***การเตรียมสารเคมี***

1. Catalyst mixture

ผสม potassium sulfate 30 ส่วน Copper sulfate pentahydrate 4 ส่วนและ Selenium 1 ส่วน ให้เข้ากันเป็นอย่างดี ใช้ประมาณ 0.65 กรัมต่อตัวอย่างสาร 0.1 กรัม

2. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Sulfuric acid)

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% (40% NaOH)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ละลาย NaOH 400 กรัม ในน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตรด้วยน้ำ de-ionized

4. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mix indicator solution )

ละลาย Methyl red indicator 0.066 กรัม และ Bromocresol green 0.099 กรัม ใน ethyl alcohol (pH ประมาณ 4.2) ด้วย 0.1 N NaOH ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วย ethyl alcohol

5. สารละลายกรดบอริก อินดิเคเตอร์ (Boric indicator solution)

ละลาย $H_3BO_3$ 20 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 900 mL ให้ความร้อนบนเตาให้ความร้อนจนละลายหมด ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

6. สารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก 0.1 N (0.1 N HCl)

ไปเปต conc. HCl 8.3 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร ด้วยน้ำ de-ionize

***วิธีทำ***

1. ชั่งน้ำหนักสารตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่ในหลอดย่อยโปรตีน

2. เติม Catalyst mixture 6.5 กรัม เพื่อเร่งปฏิกิริยาการย่อยซึ่งสารตัวเร่งจะเป็นตัวทำให้จุดเดือดของสารละลายสูงขึ้น และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นประมาณ 15 mL

3. เตรียม blank โดยใส่เฉพาะกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 15 mL และ Catalyst mixture 6.5 กรัม ย่อยตัวอย่างด้วยเครื่องย่อยโปรตีนที่อุณหภูมิ 420 $^{o}$C จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีใส ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4. เติมน้ำกลั่น 15 mL และ 40% NaOH 40 mL

5. เตรียม 4% กรดบอริกใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL แล้วรองไว้ใต้ condenser ของเครื่องกลั่นจากนั้นกลั่นตัวอย่างที่ผ่านการย่อยด้วยเครื่องกลั่นโปรตีน

6. เติมอินดิเคเตอร์ลงไปในขวดรูปชมพู่ที่มีสารละลายที่ผ่านการกลั่น ไตเตรทด้วย 0.1 N HCl จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรกรด

***การคำนวณ***

$$\%Total\ N = \frac{[(S-B)\times N \times 14]}{W \times 10}$$

โดยที่

S = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทสารละลายตัวอย่าง (mL)

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท blank (mL)

N = Normality สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

W= น้ำหนักสารตัวอย่าง (กรัม)

Prince of Songkla University Pattani Campus

**1.5 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus :AOAC 2000)**

***การเตรียมสารเคมี***

1. ผสม conc. $HNO_3$ กับ 70% $HClO_4$ ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปเก็บไว้ในขวดสีชา

2. สารละลายโมลิบโดวานาเดท (Molybdovanadate solution) หรือ Barton's reagent

2.1 ละลาย $NH_4$ Molybdate .$4H_2O$ 40 กรัมในน้ำกลั่นร้อน 400 mL แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นระหว่างกำลังละลายต้องใช้แท่งแก้วคนเป็นระยะๆ จนกว่าจะละลายหมด

2.2 ละลาย $NH_4VO_3$ 2 กรัมในน้ำกลั่นร้อน 250 mL ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติม 70% $HClO_4$ 450 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันและทิ้งไว้ให้เย็น

2.3 ผสมสารละลายในข้อ 2.1 ลงในสารละลายในข้อ 2.2 ใช้แท่งแก้วคนและเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรจนครบ 2 เก็บไว้ในขวดสีชา ซึ่งจะได้สารละลายสีค่อนข้างเหลืองอ่อน

*หมายเหตุ* ต้องเติมตามขั้นตอน หากผิดขั้นตอนสารละลายจะเกิดการตกตะกอนไม่สามารถนำไปใช้งานได้

3. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

3.1 ละลาย $KH_2PO_4$ ซึ่งอบที่ 105 $^{o}$C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 0.4394 กรัม ในขวดวัดปริมาตร 100 mL

3.2 เติมน้ำกลั่นจนครบ สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 1000 mg/L

3.3 ไปเปตสารละลายจาก stock solution ความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 10 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL เติมน้ำกลั่นจนครบ สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 100 mg/L

3.4 ไปเปตสารละลายจาก stock solution ความเข้มข้น 100 mg/L มาครั้งละ 1, 2, 3,..6 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL เติมสารละลาย Molybdovanadate ขวดละ 10 mL และใส่ในขวดวัดปริมาตรที่ไม่ได้เติมสารละลายฟอสฟอรัสด้วยเพื่อทำเป็น blank เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 mL ทำให้ได้ฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 mg/L

***วิธีทำ***

1. ชั่งสารตัวอย่างอบแห้ง 1 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 mL

2. เติมกรดผสมลงไปประมาณ 20 mL แล้วย่อยบนเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 220 $^{o}$C ย่อยจนสารละลายมีลักษณะใสเหลืออยู่ในขวดรูปชมพู่ประมาณ 5-10 mL เอาลงจาก Hot plate ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมง ตามลักษณะของตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. นำสารละลายที่ย่อยสมบูรณ์แล้วใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL การถ่ายต้องทำด้วยระมัดระวัง โดยอาจขัดขวดรูปชมพู่ ด้วยแท่งโปลิชแมนให้ฟอสเฟตที่ติดอยู่ข้างขวดออกให้หมด เมื่อแน่ใจว่าหมดแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

4. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 3 มา 5 mL ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL (ปริมาตรที่ปิเปตสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในตัวอย่าง ถ้ามีมากอาจปิเปตน้อยกว่า 5 mL แต่ถ้าน้อย ให้ปิเปตมากกว่า 5 mL) แล้วเติมสารละลาย molybdovanadate 5 mL (1/10 ของปริมาตรสุดท้ายที่ทำให้เจือจาง) ปรับปริมาตรให้ได้ 50 mL ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที

5. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 420 nm เทียบกับสารละลายมาตรฐาน โดยให้แสงผ่าน Blank หรือ 0 mg/L 100 % แล้วปรับเป็น 0 เมื่อแสงไม่ผ่าน โดยอ่านเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การดูดกลืนแสง (Abs)

6. อ่านค่าของสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 0, 1, 2, 3…6 mg/L ทำการวาดกราฟโดยให้แกนตั้งเป็นค่าดูดกลืนแสง (Abs) และแกนนอนเป็นค่าของความเข้มข้น (mg/L) แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างมาอ่านค่าของความเข้มข้นจากกราฟ

**2. การวิเคราะห์ธาตุอาหารรอง (Minor Elements in Fertilizers)**

วิเคราะห์ธาตุ โพแทสเซียม แมกนีเซียม และ สังกะสีโดยใช้เทคนิค Flame Atomic Absorption Spectrophotometry (FAAS) ตามวิธีของ AOAC (2000)

**2.1 การวิเคราะห์ธาตุ โพแทสเซียม แมกนีเซียม สังกะสี**

***การเตรียมสารเคมี***

1. กรดผสม

ผสม conc. $HNO_3$ กับ 70% $HClO_4$ ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตรผสมให้เข้ากันแล้วเก็บในขวดสีชา

2. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (Potassium standard solution )

2.1) ชั่ง KCl ซึ่งอบที่อุณหภูมิ 110 $^{o}$C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ปริมาณ 1.9067 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL จะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 1000 mg/L

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.2) ปิเปตสารละลายจากสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 1000 mg/L จำนวน 10 mLใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL เติมน้ำกลั่น สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียม 100 mg/L

2.3) เตรียมสารละลายจากสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเพื่อทำ calibration curve โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 mg/L ปริมาณ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 mL จะได้สารละลายโพแทสเซียมความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 mg/L ตามลำดับ

3. สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม

3.1) ปิเปต stock standard ของแมกนีเซียมความเข้มข้น 1000 mg/L มาปริมาตร 10 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL จะได้สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม ความเข้มข้น 100 mg/L

3.2) เตรียมสารละลายจากสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียมเพื่อทำ calibration curve โดย ปิเปตสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 100 mg/L ปริมาณ 0, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 mL ทำให้ได้สารละลายแมกนีเซียมความเข้มข้น 0.0, 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 mg/L ตามลำดับ

4. สารละลายมาตรฐานสังกะสี

4.1) ปิเปต stock standard ของสังกะสีความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 10 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 mL ได้สารละลายมาตรฐานสังกะสีความเข้มข้น 100 mg/L

4.2) เตรียมสารละลายจากสารละลายมาตรฐานสังกะสีเพื่อทำ calibration curve โดยปิเปต สารละลายมาตรฐานสังกะสี 100 mg/L ปริมาณ 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 mL ใส่ในขวดวัดปริมาตร 100 mL เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 mL จะได้สารละลายสังกะสีความเข้มข้น0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 mg/L ตามลำดับ

***วิธีทำ***

1. ชั่งสารตัวอย่างอบแห้ง 1 กรัม (ทศนิยมถูกต้อง 4 ตำแหน่ง)

2. เติมกรดผสมลงไปประมาณ 20 mL แล้วย่อยบนเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 220°C ย่อยจนสารละลายมีลักษณะใสเหลืออยู่ในขวดรูปชมพู่ประมาณ 5-10 mL ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-4 ชั่วโมง ตามลักษณะของตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

Prince of Songkla University Pattani Campus

3. นำสารละลายที่ย่อยสมบูรณ์แล้วใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรให้ได้ 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

4. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 3 มา 5 mL ลงในขวดวัดปริมาตรในขนาด 50 mL (ปริมาตรที่ปิเปตมาสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามปริมาณโลหะหนักในตัวอย่าง ถ้ามีมากอาจปิเปตน้อยกว่า 5 mL แต่ถ้าน้อย ปิเปตสารมากกว่า 5 mL) ปรับปริมาตรให้ได้ 50 mL

5. นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง FAAS ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของธาตุแต่ละตัว โดยที่

-โพแทสเซียม วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 766.5 nm

-แมกนีเซียม วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 285.2 nm

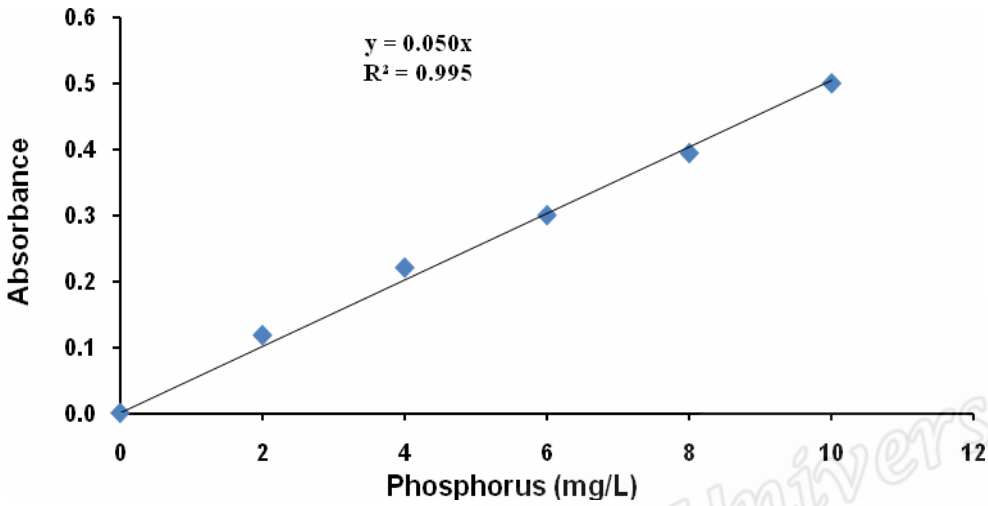
-สังกะสี วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 213.9 nm

Prince of Songkla University Pattani Campus

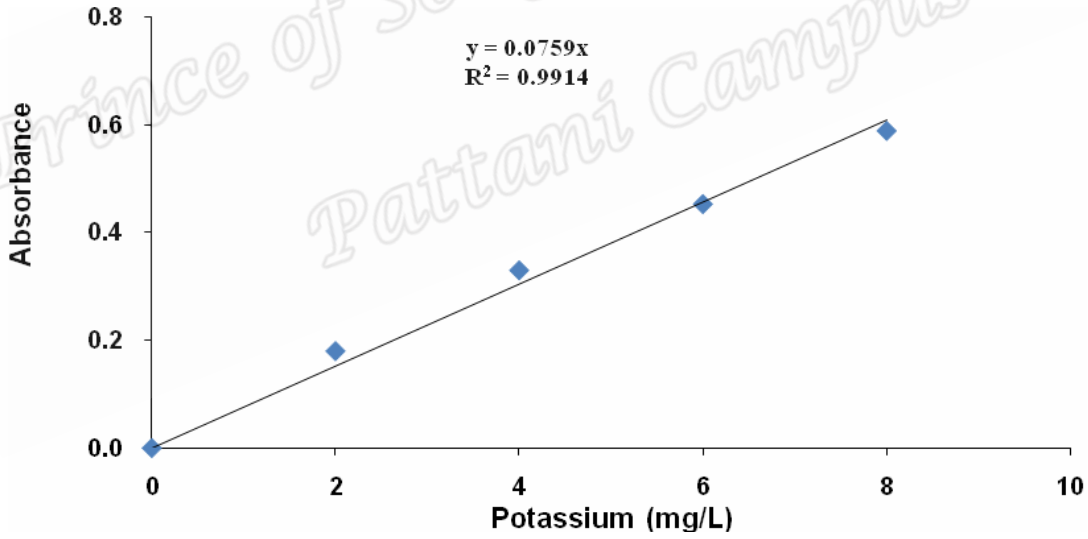
# ภาคผนวก ข

Prince of Songkla University
Pattani Campus

## กราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

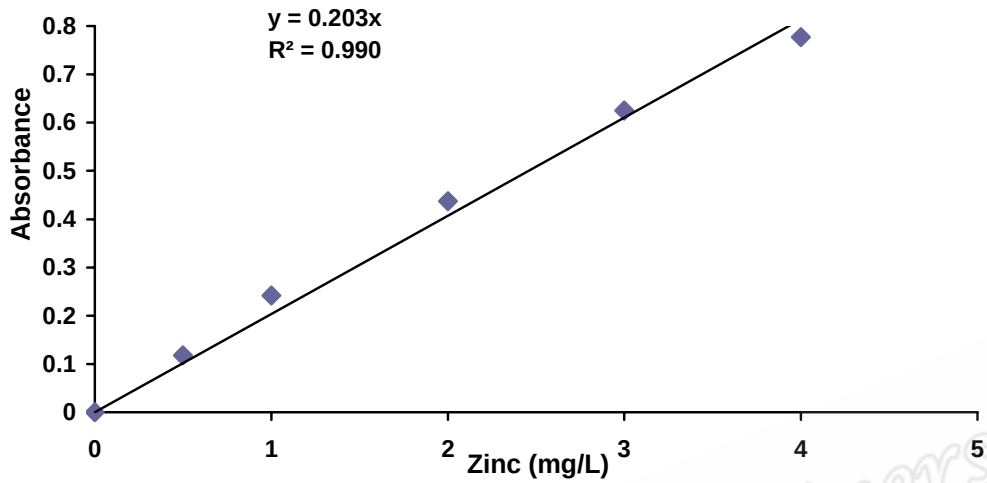



**รูปที่ 1** การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยเครื่อง UV – Visible spectrophotometer

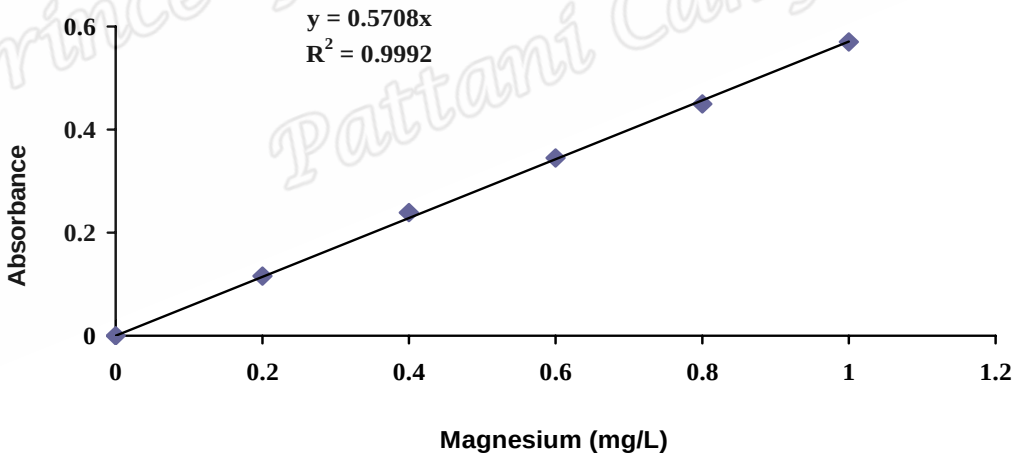



**รูปที่ 2** การวิเคราะห์โพแทสเซียม โดย Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS)

Prince of Songkla University Pattani Campus




**รูปที่ 3** การวิเคราะห์สังกะสี โดย Flame Atomic Absorption Spectrophotometer




**รูปที่ 4** การวิเคราะห์แมกนีเซียม โดย Flame Atomic Absorption Spectrophotometer

Prince of Songkla University Pattani Campus

# ภาคผนวก ค

Prince of Songkla University
Pattani Campus

# การวิเคราะห์จุลินทรีย์

**1. การเจือจางตัวอย่างอาหาร**

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธีการต่างๆ ต้องทำการเจือจางตัวอย่างลงไปจนถึงระดับที่ทำการตรวจวัดได้ โดยต้องเขย่าให้ตัวอย่างอาหารกระจายอยู่ในน้ำยาสำหรับเจือจางอย่างทั่งถึงเป็นเนื้อเดียวกัน

การเจือจางตัวอย่างอาหาร โดยทั่วไป นิยมทำให้ตัวอย่างอาหารเจือจาง 1:10 เท่า

- ตัวอย่างอาหารที่เป็นของแข็ง ชั่งอาหาร 10 กรัม ใส่ในขวดซึ่งมีน้ำยาสำหรับเจือจาง 9 mL ได้ตัวอย่างอาหารที่มีความเจือจาง 1:10
- ไปเปตตัวอย่างอาหารที่ความเจือจาง 1:10 จำนวน 1 mL ใส่ในขวดซึ่งมีน้ำยาสำหรับเจือจาง 9 mL เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าไฟฟ้า จะได้ตัวอย่างที่มีความเจือจาง 1:100 ($10^{-2}$) เตรียมตัวอย่างเจือจาง 1:1000 ($10^{-3}$), 1:10000 ($10^{-4}$) และอื่นๆ ตามลำดับ โดยวิธีเดียวกัน

**2. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์โดยการนับจุลินทรีย์ที่มีชีวิตในจานอาหาร (Viable plate count)**

การตรวจวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธี Viable plate count เป็นการนับจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิต และสามารถเพิ่มจำนวนโคโลนีบนอาหารวุ้นได้ โดยตัวอย่างที่ทำการตรวจนับต้องมีระดับความเจือจางที่เหมาะสม คือ มีจำนวนโคโลนี 30-300 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ

การตรวจวิเคราะห์จำนวนโดยวิธีการเขย่าจาน มีขั้นตอนดังต่อไปดังต่อไปนี้

1. หลอมอาหารเพาะเชื้อให้ละลายแล้วทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 50 $^{o}$C เตรียมตัวอย่างอาหารให้เจือจางตามความต้องการ 3 ระดับความเจือจาง
2. ใช้ไปเปตดูดแต่ละความเจือจางโดยเริ่มจากตัวอย่างที่เจือจางมากสุดก่อน ใส่ในจานเพาะเชื้อจานละ 1 mL แต่ละระดับความเจือจางควรทำอย่างน้อย 2 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจานประมาณ 15- 20 mL เขย่าจาน โดยหมุนไปทางซ้ายและขวา 3-4 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้จนวุ้นแข็งตัว
3. บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 $^{o}$C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง
4. นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งบนผิวหน้าและที่ฝังในอาหารเลี้ยงเชื้อ
5. รายงานผลการตรวจนับจุลินทรีย์ต่อกรัมหรือมิลลิลิตรของตัวอย่างอาหาร

Prince of Songkla University Pattani Campus

**3. การแยกแบคทีเรียที่ต้องการ ออกจากแบคทีเรียที่ปนกัน โดยวิธีการ Streak plate**

วิธีแยก pure culture ทำได้ 2 แบบ คือ การเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว และการเลี้ยงเชื้อในอาหารแข็ง

วิธีการ Streak plate เป็นวิธีการที่ง่าย และได้ผลดีมาก มีขั้นตอน ดังนี้

1. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว ตักเชื้อมาขีด Streak บนจานอาหาร โดยขีดไปมาในแนวที่ขนานกัน และมาทับรอยกัน

2. เพาะเชื้อไว้ในตู้บ่มเชื้อ 35 $^{o}$C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แบคทีเรียจะแบ่งตัวตามรอยขีด โดยรอยขีดในตอนแรกจะมีแบคทีเรียอยู่หนาแน่น ส่วนรอยขีดในตอนท้ายมีแบคทีเรียอยู่น้อย แต่ละโคโลนีจะอยู่แยกกัน

3. ใช้เข็มเขี่ยเชื้อที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว เขี่ยเชื้อจากโคโลนีเดียว และนำไปเพาะเลี้ยงในจานอาหารใหม่ ด้วยวิธีการ Streak plate เพื่อให้แน่ใจว่าได้เชื้อชนิดเดียวแล้ว เขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่ได้ไปเก็บไว้เป็น pure culture ในอาหารที่เหมาะสม

Prince of Songkla University Pattani Campus

# ภาคผนวก ง

Prince of Songkla University
Pattani Campus

**ใบรายงานการทดสอบ**

**การให้คะแนนการลดกลิ่นกากขี้แป้งโดยใช้จุลินทรีย์ EM**

**ผลิตภัณฑ์ กากขี้แป้งที่ผ่านการหมัก วันที่……..**

**เวลา…….**

คำแนะนำ กรุณาดมตัวอย่างที่กำหนดให้แล้วให้คะแนนที่ใกล้เคียงกับความรู้สึกมากที่สุด โดยกำหนดให้ มีระดับการให้คะแนน ดังนี้

ระดับคะแนน 1 มีกลิ่นน้อยมาก
ระดับคะแนน 2 มีกลิ่นน้อย
ระดับคะแนน 3 มีกลิ่นปานกลาง
ระดับคะแนน 4 มีกลิ่นแรง
ระดับคะแนน 5 มีกลิ่นแรงมาก

| สูตรอาหาร | ระดับกลิ่น |
|---|---|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |

ข้อเสนอแนะ

……

……

……

……

Prince of Songkla University Pattani Campus

# วิธีการทดสอบกลิ่นกากขี้แป้ง

การทดสอบกลิ่นโดยการใช้ประสาทสัมผัสในการดมกลิ่น โดยใช้ผู้ทดสอบเพื่อทดสอบกลิ่นว่าอยู่ในระดับที่คนทั่วไปยอมรับได้หรือไม่ จึงไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ทดสอบที่มีความชำนาญเรื่องกลิ่น แต่จะใช้ผู้ทดสอบจำนวนมากแทน (ปราณี, 2547) โดยในการทดสอบครั้งนี้ใช้ผู้ทดสอบกลิ่นจำนวน 40 คน

ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ อาคารเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยแบ่งผู้ทดสอบเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ในแต่ละกลุ่มจะทำการทดสอบพร้อมกัน โดยผู้ทดสอบแต่ละคนจะได้รับตัวอย่างทั้งหมด 6 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 mL ซึ่งบรรจุในขวดที่ปิดสนิท โดยจะให้เวลาในการดมกลิ่น 1 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง แต่ละกลุ่มจะใช้ระยะเวลาทดสอบห่างกัน 10 นาที เมื่อผู้ทดสอบดมกลิ่นจากตัวอย่าง ผู้ทดสอบจะทำการให้คะแนนในแบบสอบถามโดยมีระดับคะแนน ดังนี้ คือ ระดับคะแนน 1 มีกลิ่นน้อยมาก ระดับคะแนน 2 มีกลิ่นน้อย ระดับคะแนน 3 มีกลิ่นปานกลาง ระดับคะแนน 4 มีกลิ่นแรง ระดับคะแนน 5 มีกลิ่นแรงมาก

จากนั้นเมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระดับกลิ่นของตัวอย่างแต่ละสูตร และหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อดูความแปรปรวนของข้อมูลว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่

Prince of Songkla University Pattani Campus

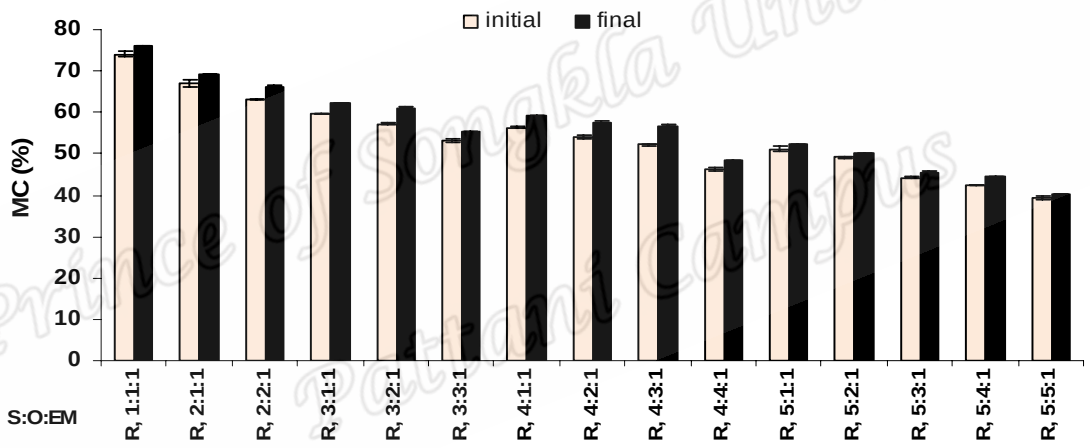
# ภาคผนวก จ

Prince of Songkla University
Pattani Campus

## การหมักเบื้องต้น

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับการแปรสภาพกากขี้แป้งโดยการหมักด้วยจุลินทรีย์ EM ขยายส่วนและกากอินทรีย์ผสม โดยใช้อัตราส่วนระหว่างกากขี้แป้ง กากอินทรีย์ผสม และ EM ขยายส่วน ดังนี้ 1:1:1, 2:1:1, 2:2:1, 3:1:1, 3:2:1, 3:3:1, 4:1:1, 4:2:1, 4:3:1, 4:4:1, 5:1:1, 5:2:1, 5:3:1, 5:4:1 และ 5:5:1 โดยปริมาตร ทำการหมัก 14 วัน วัดปริมาณความชื้นก่อนและหลังการทดลอง

อัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการหมักเพื่อเตรียมสารรับปรุงดิน คืออัตราส่วนที่เตรียมได้จากการใช้อัตราส่วนกากขี้แป้ง: กากอินทรีย์ผสม : EM 5 ชุด คือ 3:1:1, 3:2:1, 4:1:1, 4:2:1 และ 4:3:1 โดยปริมาตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีความชื้นร้อยละ 50-60 ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์เหมาะสม ดังรูปที่ 1




**รูปที่ 1** ปริมาณความชื้น (MC) ของอัตราส่วนต่างๆที่ทำการหมักเป็นเวลา 14 วัน (ระบบเปิด)

# ภาคผนวก ฉ

Prince of Songkla University
Pattani Campus

# การวิเคราะห์เนื้อดิน

**การแจงเนื้อดินด้วยวิธีการ pipette method**

***วิธีทำ***

**ขั้นตอนที่ 1**

1. ค่อยๆ เติม $H_2O_2$ ประมาณ 5 mL ลงในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างดิน ดินที่มีอินทรียวัตถุมากจะเกิดปฏิกิริยารุนแรง ทำให้ตัวอย่างดินล้นออกนอกบีกเกอร์ จึงต้องเติม $H_2O_2$ อย่างระมัดระวัง ถ้าเกิดปฏิกิริยารุนแรง สามารถลดปฏิกิริยาดังกล่าวได้ โดยการนำบีกเกอร์ไปแช่ในน้ำเย็น ปิดบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา

2. นำบีกเกอร์ไปตั้งบน hotplate ที่อุณหภูมิประมาณ 400$^{o}$C

3. สังเกตว่า $H_2O_2$ ทำปฏิกิริยากับอินทรียวัตถุหมดหรือไม่ (ดูจากฟองอากาศและสีของดิน) ถ้าไม่หมดสามารถเติม $H_2O_2$ ลงไปจนไม่ปรากฏปฏิกิริยาเกิดขึ้นอีก

4. อุ่นบีกเกอร์ไว้บน hotplate ที่อุณหภูมิประมาณ 150$^{o}$C ต่ออีกประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อไล่ $H_2O_2$ ที่มากเกินพอออก (ระวังอย่าให้แห้ง)

5. นำบีกเกอร์ชุดหนึ่งไปอบที่อุณหภูมิ 105$^{o}$C นาน 24 ชั่วโมง (หรือจนน้ำหนักคงที่) แล้วนำออกจากเตาอบเข้า desicator เมื่อเย็นลงนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักดินรวม เก็บไว้คำนวณต่อไป อีกชุดหนึ่งนำไปดำเนินในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป

**ขั้นตอนที่ 2 ทำให้ตัวอย่างดินเกิดการแตกตัว**

1. เติม calgon (Sodium hexametaphosphate ผสมกับ sodium carbonate) ลงไปในตัวอย่างตัวอย่างละ 10 mL เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 20 ชั่วโมง

2. ปั่นด้วย high speed stirror ประมาณ 3-5 นาที

**ขั้นตอนที่ 3 การแยกทรายออกจากทรายแป้ง**

1. ถ่ายตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 3 ลงในกระบอกตวงขนาด 1000 mL ผ่านกรวยกรองที่มีตะแกรงร่อนขนาด 300 mesh อนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวจะผ่านลงไปในกระบอกตวง ล้างต่อไปด้วยน้ำกลั่นจนอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวออกจากอนุภาคทรายจนหมด ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 mL

2. ถ่ายอนุภาคทรายที่แยกได้ลงในกระป๋องที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105$^{o}$C นาน 24 ชั่วโมง (หรือจนน้ำหนักคงที่) แล้วชั่งน้ำหนัก

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ขั้นตอนที่ 4 การแยกอนุภาคดินเหนียวโดยวิธีไปเปต**

ตัวอย่างที่อยู่ในกระบอกตวงจะมีอนุภาคทรายแป้ง และอนุภาคดินเหนียว กวนให้ทั่วโดย plunger จับเวลาเมื่อเริ่มกวน การตกตะกอนจะขึ้นอยู่กับเวลาและอุณหภูมิ การที่จะใช้เวลาเท่าไหร่เพื่อ pipette มีตารางเทียบระหว่างเวลาและอุณหภูมิ ที่ความลึกคงที่ดังตารางข้างล่าง

**ตารางที่ 1** ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา และอุณหภูมิ ($^{o}$C)

| อุณหภูมิ ($^{o}$C) | ชั่วโมง | นาที | วินาที |
|---|---|---|---|
| 23 | 3 | 52 | - |
| 23.5 | 3 | 50 | - |
| 24 | 3 | 47 | 5 |
| 24.5 | 3 | 35 | - |
| 25 | 3 | 32 | 5 |
| 25.5 | 3 | 30 | - |
| 26 | 3 | 27 | - |
| 26.5 | 3 | 25 | - |
| 27 | 3 | 20 | - |
| 27.5 | 3 | 15 | - |
| 28 | 3 | 10 | - |
| 28.5 | 3 | 7 | 5 |
| 29 | 3 | 5 | - |
| 29.5 | 3 | 2 | 5 |
| 30 | 3 | - | - |
| 30.5 | 3 | 57 | 5 |
| 31 | 3 | 55 | - |

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ขั้นตอนที่ 5 การหาน้ำหนักอนุภาคดินเหนียว**

ใช้ pipette ดูดตัวอย่างอนุภาคดินเหนียวซึ่งอยู่ในสภาพสารแขวนลอย 20 ml ใส่ลงใน can ที่ทราบน้ำหนัก นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ ชั่งหาน้ำหนักอนุภาคดินเหนียว (หมายเหตุ ในการทำทุกครั้งจะต้องมี blank หรือ controlled calgon เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ)

**ขั้นตอนที่ 6**

*วิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคทราย*

ค่าของน้ำหนักดินแห้งที่ได้จากการนำไปอบแห้ง จากขั้นตอนที่ 2 ซึ่งกำหนดไว้ว่า จะใช้เป็นหลักฐานในการคำนวณ

สมสติว่าดินที่ผ่านขั้นตอนที่ 2 เมื่อแห้งแล้วมีน้ำหนัก = a กรัม
ชั่งน้ำหนักอนุภาคทรายที่ผ่านการอบแห้ง = b กรัม
จะมีอนุภาคทราย = (b x 100)/ a %

*วิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินเหนียว*

นำเอาน้ำหนักของอนุภาคดินเหนียวที่ได้จากขั้นตอนที่ 5
สมมติว่าชั่งน้ำหนักอนุภาคดินเหนียวได้ = c กรัม
นั่นคือ สารแขวนลอยดิน 20 ml มี clay หนัก = c กรัม
สารแขวนลอย 1000 ml มี clay = (1000 x c)/20 กรัม
เพราะฉะนั้นดิน a กรัม มี clay = (1000 x c)/20
ดิน 100 กรัม จะมี clay = (1000 x c)/20 x 100/a = (5000 x c)/a %

*วิธีการคำนวณเปอร์เซ็นต์อนุภาคทรายแป้ง*

% ทรายแป้ง = 100 – (%ทราย + % ดินเหนียว)

Prince of Songkla University Pattani Campus

# ภาคผนวก ช

Prince of Songkla University
Pattani Campus

## การศึกษาอัตราส่วนของสารปรับปรุงดินที่เหมาะสมต่อการปลูกทานตะวันเบื้องต้น

นำสารปรับปรุงดินที่ได้จากการหมักระหว่างกากขี้แป้ง: กากอินทรีย์ผสม : EM 5 ชุด คือ 3:1:1, 3:2:1, 4:1:1, 4:2:1 และ 4:3:1 โดยปริมาตร ในระบบเปิด มาผสมกับดินโดยใช้อัตราส่วนของสารปรับปรุงดิน : ดิน ดังนี้ 3:1, 2:1, 1:1, 1:2, 1:3 และ 1:4 โดยปริมาตร ปรับให้มีให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 2 ลิตร จากนั้นปลูกต้นทานตะวัน *Helianthus annuus* L. พันธุ์ Sun-smile ชุดการทดลองละ 10 ต้น เป็นระยะเวลา 10 วัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 โดยพบว่าเมื่อใช้อัตราส่วนของสารปรับปรุงดิน: ดิน ในอัตราส่วน 1:2, 1:4 และ 1:6 ทำให้ต้นทานตะวันรอดชีวิตได้ที่เวลา 10 วัน โดยมีร้อยละการรอดชีวิตในช่วง 95-100 ดังนั้นในการทดลองเมื่อทำการปลูกจริงจึงเลือกสารปรับปรุงดิน: ดิน 3 อัตราส่วน คือใช้สารปรับปรุงดิน: ดิน 1:2, 1:3 และ 1:4 โดยปริมาตร

**ตารางที่ 1** ทานตะวันที่รอดชีวิต ณ เวลาต่างๆ โดยใช้สารปรับปรุงดินและดินในอัตราส่วนต่างๆ

| **สารปรับปรุงดิน S:O:EM** | **สารปรับปรุงดิน : ดิน** | **จำนวนต้นที่รอดชีวิต** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **1 วัน** | **5 วัน** | **10 วัน** |
| 3:1:1 | 3:1 | 4 | 0 | 0 |
| | 2:1 | 5 | 1 | 0 |
| | 1:1 | 5 | 2 | 0 |
| | 1:2 | 10 | 10 | 9 |
| | 1:4 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:6 | 10 | 10 | 10 |
| 3:2:1 | 3:1 | 3 | 1 | 0 |
| | 2:1 | 5 | 1 | 0 |
| | 1:1 | 4 | 0 | 0 |
| | 1:2 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:4 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:6 | 10 | 10 | 10 |
| 4:1:1 | 3:1 | 3 | 0 | 0 |
| | 2:1 | 4 | 2 | 0 |
| | 1:1 | 4 | 3 | 0 |

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ตารางที่ 1** (ต่อ)

| สารปรับปรุงดิน S:O:EM | สารปรับปรุงดิน : ดิน | จำนวนต้นที่รอดชีวิต | | |
|---|---|---|---|---|
| | | **1 วัน** | **5 วัน** | **10 วัน** |
| | 1:2 | 10 | 10 | 8 |
| | 1:4 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:6 | 10 | 10 | 10 |
| 4:2:1 | 3:1 | 3 | 2 | 0 |
| | 2:1 | 4 | 2 | 0 |
| | 1:1 | 5 | 2 | 0 |
| | 1:2 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:4 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:6 | 10 | 10 | 10 |
| 4:3:1 | 3:1 | 5 | 0 | 0 |
| | 2:1 | 4 | 3 | 0 |
| | 1:1 | 5 | 3 | 0 |
| | 1:2 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:4 | 10 | 10 | 10 |
| | 1:6 | 10 | 10 | 10 |
| | control | 10 | 10 | 10 |

Prince of Songkla University Pattani Campus

# ภาคผนวก ซ

Prince of Songkla University
Pattani Campus

## วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลเรื่องการปรับกลิ่นกากขี้แป้งโดยใช้ EM ขยายส่วนโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan Multiple Range Test ทำการวิเคราะห์ระดับกลิ่นจากการทำแบบสอบถามโดยในการทดสอบครั้งนี้ใช้ผู้ทดสอบกลิ่นจำนวน 40 คน ซึ่งมีตัวอย่างที่ใช้ทดสอบทั้งหมด 6 สูตรตัวอย่าง (treatment) ทำการวิเคราะห์ที่เวลา 1 5 9 และ 14 วัน วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบว่าในแต่ละ treatment ที่ทำการทดสอบกลิ่นมีระดับกลิ่นแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้ Oneway ANOVA แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

**ตารางที่ 1** การวิเคราะห์ข้อมูลระดับกลิ่นโดยวิธีการทางสถิติ (Oneway ANOVA)

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1229.908 | 5 | 245.982 | 683.984 | .000 |
| Within Groups | 343.088 | 954 | .360 | | |
| Total | 1572.996 | 959 | | | |

จากผลการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่ามีข้อมูลอย่างน้อยสองตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จึงต้องทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan Multiple Range Test โดยจากตาราง พบว่า ในสูตรที่ 6 มีระดับกลิ่นสูงที่สุด และแตกต่างจากสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

**ตารางที่ 2** การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan Multiple Range Test

| treatment | N | Subset for alpha = .05 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | f | e | d | c | b | a |
| 5 | 160 | 1.12 | | | | | |
| 4 | 160 | | 1.26 | | | | |
| 3 | 160 | | | 1.99 | | | |
| 2 | 160 | | | | 3.05 | | |
| 1 | 160 | | | | | 3.78 | |
| 6 | 160 | | | | | | 3.94 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Uses Harmonic Mean Sample Size = 160.000.

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ตารางที่ 3** ปริมาณธาตุอาหารในต้นทานตะวันหลังการปลูกที่ 60 วัน

| S:O:EM | SA:Soil | TKN | TP | K | Mg | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|
| R, 3:1:1 | R, 1:2 | $1.00^{efg}$ | $0.69^{gh}$ | $0.17^{d}$ | $0.14^{efg}$ | $0.03^{ef}$ |
| | R, 1:3 | $1.02^{ef}$ | $0.74^{fgh}$ | $0.17^{cd}$ | $0.14^{defg}$ | $0.03^{fg}$ |
| | R, 1:4 | $0.96^{fg}$ | $0.70^{fgh}$ | $0.17^{cd}$ | $0.14^{defg}$ | $0.03^{fg}$ |
| R, 3:2:1 | R, 1:2 | $1.03^{e}$ | $0.81^{defg}$ | $0.18^{cd}$ | $0.15^{def}$ | $0.03^{e}$ |
| | R, 1:3 | $1.04^{e}$ | $0.90^{bcd}$ | $0.19^{bc}$ | $0.15^{de}$ | $0.03^{ef}$ |
| | R, 1:4 | $0.94^{g}$ | $0.89^{cde}$ | $0.18^{cd}$ | $0.16^{d}$ | $0.03^{ef}$ |
| R, 4:1:1 | R, 1:2 | $0.95^{g}$ | $0.61^{gh}$ | $0.14^{e}$ | $0.12^{g}$ | $0.02^{ghi}$ |
| | R, 1:3 | $0.96^{g}$ | $0.74^{fgh}$ | $0.14^{e}$ | $0.12^{fg}$ | $0.02^{hi}$ |
| | R, 1:4 | $0.96^{fg}$ | $0.75^{fgh}$ | $0.15^{e}$ | $0.13^{efg}$ | $0.02^{i}$ |
| R, 4:2:1 | R, 1:2 | $1.15^{d}$ | $0.83^{defg}$ | $0.17^{cd}$ | $0.23^{c}$ | $0.04^{d}$ |
| | R, 1:3 | $1.12^{d}$ | $0.84^{def}$ | $0.18^{cd}$ | $0.23^{c}$ | $0.04^{d}$ |
| | R, 1:4 | $1.11^{d}$ | $0.90^{bcde}$ | $0.18^{cd}$ | $0.24^{c}$ | $0.04^{d}$ |
| R, 4:3:1 | R, 1:2 | $1.29^{b}$ | $1.02^{abc}$ | $0.19^{bc}$ | $0.30^{b}$ | $0.06^{b}$ |
| | R, 1:3 | $1.23^{c}$ | $1.08^{a}$ | $0.20^{b}$ | $0.33^{a}$ | $0.06^{b}$ |
| | R, 1:4 | $1.15^{d}$ | $1.04^{ab}$ | $0.18^{bcd}$ | $0.33^{a}$ | $0.06^{c}$ |
| control | Neg | $0.07^{a}$ | $0.01^{efgh}$ | $0.06^{a}$ | $0.01^{b}$ | $0.002^{a}$ |
| | Pos | $1.37^{h}$ | $0.76^{i}$ | $0.27^{f}$ | $0.31^{h}$ | $0.12^{j}$ |
| | Con | $0.11^{h}$ | $0.03^{i}$ | $0.03^{f}$ | $0.01^{h}$ | $0.03^{fgh}$ |

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ตารางที่ 4** ปริมาณธาตุอาหารในดินชุดการทดลองต่างๆ ก่อนและหลังการปลูกทานตะวันที่ 60 วัน

| S:O:EM | SA:Soil | TKN | | TP | | K | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ก่อนปลูก | หลังปลูก | ก่อนปลูก | หลังปลูก | ก่อนปลูก | หลังปลูก |
| R, 3:1:1 | R, 1:2 | $1.02^{h}$ | $0.02^{mno}$ | $2.44^{i}$ | $1.74^{lm}$ | $0.12^{c}$ | $0.06^{def}$ |
| | R, 1:3 | $1.05^{gh}$ | $0.03^{lmno}$ | $2.21^{jk}$ | $1.47^{n}$ | $0.11^{c}$ | $0.06^{def}$ |
| | R, 1:4 | $0.98^{i}$ | $0.01^{no}$ | $1.72^{lm}$ | $1.12^{op}$ | $0.09^{c}$ | $0.03^{fg}$ |
| R, 3:2:1 | R, 1:2 | $1.09^{fg}$ | $0.06^{lmn}$ | $2.89^{e}$ | $2.09^{k}$ | $0.13^{c}$ | $0.06^{def}$ |
| | R, 1:3 | $1.08^{fg}$ | $0.04^{lmno}$ | $2.66^{f}$ | $1.75^{lm}$ | $0.12^{c}$ | $0.05^{efg}$ |
| | R, 1:4 | $0.97^{i}$ | $0.03^{lmno}$ | $2.13^{jk}$ | $1.25^{o}$ | $0.10^{c}$ | $0.03^{fg}$ |
| R, 4:1:1 | R, 1:2 | $1.15^{de}$ | $0.19^{j}$ | $3.33^{c}$ | $2.48^{ghi}$ | $0.13^{c}$ | $0.11^{d}$ |
| | R, 1:3 | $1.09^{fg}$ | $0.13^{k}$ | $2.83^{e}$ | $2.10^{k}$ | $0.12^{c}$ | $0.10^{de}$ |
| | R, 1:4 | $1.03^{h}$ | $0.06^{lm}$ | $2.45^{hi}$ | $1.71^{m}$ | $0.11^{c}$ | $0.09^{de}$ |
| R, 4:2:1 | R, 1:2 | $1.18^{d}$ | $0.04^{lmno}$ | $3.48^{b}$ | $2.60^{fgh}$ | $0.14^{c}$ | $0.07^{def}$ |
| | R, 1:3 | $1.13^{e}$ | $0.02^{mno}$ | $3.08^{d}$ | $2.16^{jk}$ | $0.13^{c}$ | $0.06^{def}$ |
| | R, 1:4 | $1.12^{ef}$ | $0.01^{o}$ | $2.61^{fg}$ | $1.81^{lm}$ | $0.11^{c}$ | $0.06^{defg}$ |
| R, 4:3:1 | R, 1:2 | $1.29^{b}$ | $0.01^{o}$ | $3.63^{a}$ | $2.46^{hi}$ | $0.15^{c}$ | $0.07^{def}$ |
| | R, 1:3 | $1.24^{c}$ | $0.01^{no}$ | $3.12^{d}$ | $2.26^{j}$ | $0.14^{c}$ | $0.05^{defg}$ |
| | R, 1:4 | $1.16^{de}$ | $0.003^{o}$ | $2.66^{f}$ | $1.87^{l}$ | $0.13^{c}$ | $0.05^{efg}$ |
| control | Pos | $1.50^{a}$ | $0.16^{k}$ | $1.51^{n}$ | $1.04^{p}$ | $1.51^{a}$ | $0.98^{b}$ |
| | Neg | $0.07^{l}$ | $0.003^{o}$ | $0.02^{q}$ | $0.003^{q}$ | $0.01^{def}$ | $0.002^{fg}$ |
| | Con | $0.11^{k}$ | $0.01^{o}$ | $0.03^{q}$ | $0.003^{q}$ | $0.03^{fg}$ | $0.003^{g}$ |

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus

**ตารางที่ 5** ปริมาณแมกนีเซียมและสังกะสีในดินชุดการทดลองต่างๆ ก่อนและหลังการปลูกทานตะวันที่ 60 วัน

| S:O:EM | SA:Soil | Mg | | Zn | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ก่อนปลูก | หลังปลก | ก่อนปลูก | หลังปลก |
| R, 3:1:1 | R, 1:2 | $0.35^{g}$ | $0.18^{lm}$ | $0.07^{ij}$ | $0.04^{r}$ |
| | R, 1:3 | $0.31^{hi}$ | $0.16^{n}$ | $0.06^{kl}$ | $0.03^{st}$ |
| | R, 1:4 | $0.29^{i}$ | $0.14^{o}$ | $0.06^{mn}$ | $0.03^{u}$ |
| R, 3:2:1 | R, 1:2 | $0.39^{de}$ | $0.18^{lmn}$ | $0.07^{gh}$ | $0.03^{rs}$ |
| | R, 1:3 | $0.33^{h}$ | $0.16^{n}$ | $0.06^{jk}$ | $0.03^{stu}$ |
| | R, 1:4 | $0.30^{i}$ | $0.13^{o}$ | $0.06^{lm}$ | $0.03^{u}$ |
| R, 4:1:1 | R, 1:2 | $0.43^{c}$ | $0.31^{hi}$ | $0.09^{d}$ | $0.05^{no}$ |
| | R, 1:3 | $0.38^{def}$ | $0.26^{j}$ | $0.07^{h}$ | $0.05^{op}$ |
| | R, 1:4 | $0.36^{fg}$ | $0.25^{j}$ | $0.07^{i}$ | $0.05^{p}$ |
| R, 4:2:1 | R, 1:2 | $0.46^{b}$ | $0.22^{k}$ | $0.09^{c}$ | $0.04^{q}$ |
| | R, 1:3 | $0.39^{d}$ | $0.19^{l}$ | $0.08^{ef}$ | $0.04^{r}$ |
| | R, 1:4 | $0.37^{efg}$ | $0.16^{mn}$ | $0.08^{fg}$ | $0.03^{st}$ |
| R, 4:3:1 | R, 1:2 | $0.48^{b}$ | $0.10^{p}$ | $0.10^{b}$ | $0.02^{v}$ |
| | R, 1:3 | $0.43^{c}$ | $0.08^{pq}$ | $0.08^{e}$ | $0.02^{vw}$ |
| | R, 1:4 | $0.38^{de}$ | $0.08^{q}$ | $0.07^{gh}$ | $0.02^{w}$ |
| control | Pos | $0.50^{a}$ | $0.20^{kj}$ | $0.14^{a}$ | $0.01^{wx}$ |
| | Neg | $0.01^{r}$ | $0.001^{r}$ | $0.001^{y}$ | $0.002^{y}$ |
| | Con | $0.02^{r}$ | $0.00^{r}$ | $0.03^{tu}$ | $0.003^{y}$ |

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

Prince of Songkla University Pattani Campus