

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก  
กรรมวิธีการผลิตข้าวโพดหมักของเกษตรกร

ภาคผนวก ก.1

- ก) แปลงข้าวโพด ข) ตัดมากองรวม ค) บดสับด้วยเครื่องบรจจุณง) ชั่งน้ำหนัก  
จ) ใช้น้ำหนักตัวกดทับไล่อากาศออก ฉ) กองไว้รอการจำหน่าย



ก)



ข)



ค)



ง)



จ)



ฉ)

## ภาคผนวก ข

## การผลิตข้าวโพดหมักในห้องปฏิบัติการ

## ภาคผนวก ข.1

ก) ตัดต้นข้าวโพดจากแปลงเกษตรกร ข) กองรวมกัน ค) บดสับด้วยเครื่องสับ ง) เตรียมสารเสริม



ก)



ข)



ค)



ง)

๑) ผสมคอกเคঁล้าให้เข้ากัน ๒) บรรจุถุง ๓) ดูดอากาศออก ๔) หมักไว้ 30 วัน



๑)



๒)



๓)



๔)

## ภาคผนวก ค.

## การวิเคราะห์ปริมาณโภชนะ

## ภาคผนวก ค.1

## การวิเคราะห์ความชื้นโดยวิธีอบแห้ง

## อุปกรณ์

- |                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| 1. ตู้อบแห้ง     | 2. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง |
| 3. โถดูดความชื้น | 4. คีมคีบ                |
| 5. ถ้วยกระเบื้อง | 6. ช้อนตัก               |

## วิธีการ

- นำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
- อบถ้วยกระเบื้อง ที่ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นนำถ้วยกระเบื้องออกจากตู้อบโดยใช้คีมคีบทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 15 นาที
- ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องและจذبันท์ก (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
- ตักตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง ประมาณ 0.5 กรัม จذبันท์กน้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น
- นำเข้าตู้อบตั้งอุณหภูมิที่ 105 เซลเซียส เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง หรือ จนน้ำหนักคงที่
- นำถ้วยกระเบื้องและตัวอย่างที่ผ่านการอบแล้วเข้าโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นลงประมาณ 15 นาที
- ชั่งน้ำหนัก จذبันท์กน้ำหนักที่ได้เป็น น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง+น้ำหนักตัวอย่างแห้ง

## การคำนวณ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

$$\% \text{ วัตถุแห้ง} = 100 - \% \text{ ความชื้น}$$

## ภาคผนวก ค 2

## การวิเคราะห์โปรตีนโดยวิธี Kjeldahl method

## อุปกรณ์

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. เครื่องย่อยโปรตีน  | 2. กระจกตวง             |
| 3. ขวดรูดนมฟู่        | 4. เครื่องกลั่นไนโตรเจน |
| 5. เตาอุ่นสารเคมี     | 6. บิวเรต               |
| 7. เครื่องดูดไอกรด    | 8. ขวดใส่น้ำกลั่น       |
| 9. Kjeldahl tube      | 10. กระจกทรงเบอร์ 4     |
| 11. ถังมือกันความร้อน | 12. กระจกนาฬิกา         |
| 13. ปีกเกอร์          | 14. ขวดใส่สารเคมี       |

## สารเคมี

- |                             |   |
|-----------------------------|---|
| 1. Conc $H_2SO_4$           | 2. Catalyst mixer ( $CuSO_4 : K_2SO_4 = 1:10$ ) |
| 3. 40% NaOH                 | 4. 4% Boric acid                                |
| 5. Standard 0.1 N $H_2SO_4$ |   |
| 6. Indicator                |   |
- เตรียมโดยใช้ 0.625 กรัม. methyl red และ 0.48 กรัม methylene blue ละลายใน ethyl alcohol 95% 500 มิลลิลิตร

## วิธีการ

## 1. การย่อย (Digestion)

- 1.1 ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.5-1 กรัม ใส่ Kjeldahl tube
- 1.2 เติมสาร catalyst mixer 5 กรัม
- 1.3 เติมสาร conc  $H_2SO_4$  25 มิลลิลิตร
- 1.4 นำ Kjeldahl tube ที่ได้ ตั้งบน Digester block โดยเริ่มที่อุณหภูมิ ~150 เซลเซียส แล้วจึงปรับเป็น 350 เซลเซียส

- 1.5 ยุติการย่อยเมื่อสารละลายใสไม่มีตะกอนดำ โดยลดอุณหภูมิ Digester block ลงมาที่ 20 เซลเซียส
- 1.6 ปิดเครื่องดูดไอกรดเมื่อเย็นลง
2. การกลั่น (Distillation)
- 2.1 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่มีสารละลายที่ได้จากการย่อย
- 2.2 นำประกอบเข้าเครื่องกลั่นโดยให้ปลายด้านหนึ่งของท่อ condenser จุ่มในขวดรูปชมพู่ ที่เติม 4% boric acid ปริมาณ 25 มิลลิลิตร และ หยดอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด แล้ว
- 2.3 เติมสาร 40% NaOH ลงในหลอดตัวอย่าง 20-40 มิลลิลิตร
- 2.4 ตั้งเวลากลั่นจนได้ แอมโมเนีย ออกมาประมาณ 50-80 มิลลิลิตร
3. การไตเตรท (Titration)
- 3.1 นำขวดรูปชมพู่พร้อมตัวอย่างที่ได้จากการกลั่นมาไตเตรทกับ สารละลายกรดมาตรฐาน (Std 0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) จนถึงจุดยุติ จดบันทึกปริมาณสารละลายกรดมาตรฐานที่ใช้

หมายเหตุ : ควรทำ blank (ทำทุกขั้นตอนจาก 1-3 โดยไม่มีตัวอย่าง)

การคำนวณ

$$\%N = \frac{(ml \text{ H}_2\text{SO}_4 - ml \text{ blank}) \times 0.1 \times 0.014 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง(แห้ง)}}$$

$$\% \text{ โปรตีน} = \%N \times 6.25$$

## ภาคผนวก ค.3

## การวิเคราะห์หาเถา

## อุปกรณ์

- |                 |                                |
|-----------------|--------------------------------|
| 1.เตาเผา        | 2.ตู้อบ                        |
| 3.ตู้ดูดควัน    | 4.เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง |
| 5.โถดูดความชื้น | 6.ถ้วยกระเบื้อง                |
| 7.คีมคีบ        | 8.ตาชั่ง                       |
| 9.ช้อนตักสาร    |                                |

## วิธีการ

1. หาน้ำหนักที่แน่นอนของถ้วยกระเบื้องโดยการล้างให้สะอาด นำเข้าอบในตู้อบที่ อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักโดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกผล
2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง ประมาณ 1-2 กรัมใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง บันทึกผล
3. นำไปเผาให้หมดควันในตู้ดูดควัน
4. นำตัวอย่างที่ได้เข้าเตาเผาโดยตั้งอุณหภูมิ 500-550 เซลเซียส เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง
5. นำออกจากเตาเผาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
6. ชั่งน้ำหนักและจดบันทึกน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องและเถา

## การคำนวณ

$$\% \text{ เถา} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (ก่อนเผา)} - \text{น้ำหนักตัวอย่าง (หลังเผา)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

## ภาคผนวก ค.4

## การวิเคราะห์หาพลังงาน โดย Bomb Calorimeter

## อุปกรณ์

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Oxygen bomb calorimeter | 2. Bomb                  |
| 3. Bucket                  | 4. เครื่องอัดเม็ด        |
| 5. Fuse wire               | 6. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง |
| 7. อุปกรณ์อื่นๆ            |                          |

## วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักอาหารประมาณ 1.0 กรัม นำไปอัดเม็ด แล้วหาน้ำหนักที่แน่นอน
2. วางตัวอย่างที่อัดเม็ดลงในถ้วยที่วางในห้วง Electrode
3. ตัดลวด Fuse wire ยาว 10 ซม. ใช้สำหรับต่อระหว่าง Electrode ของ Bomb และวางให้สัมผัสกับตัวอย่างที่อัดเม็ดในถ้วย
4. ยก Bomb head ใ้ลงบน Bomb cylinder แล้วนำฝาวงแหวนสวมและหมุนเกลียวให้แน่น ปิด Valve สำหรับปล่อยก๊าซออก
5. เติมก๊าซออกซิเจนเข้าไปใน bomb โดยใช้เครื่องเติม
6. เติมน้ำกลั่นลงใน Bucket ปริมาณ 2000 ซีซี วาง Bomb ลงใน Jacket ให้ตรงจุดที่กำหนดไว้ใน Bucket (ให้สังเกตว่าถ้ามีฟองก๊าซหลุดออกมา แสดงว่าเกิดการรั่วหรือปิด Valve ไม่สนิท ให้ปิดให้สนิทแล้วทำการวัดก๊าซใหม่)
7. นำ Bucket วางใน Jacket ต่อสายไฟเข้าที่ขั้วตรงส่วนบนของ Bomb ปิดฝาเครื่อง Bomb
8. กดสวิทช์ เพื่อจุดระเบิดโดยเครื่อง Bomb calorimeter จะทำงานโดยอัตโนมัติ รอจนกระทั่งมีสัญญาณเตือน (ขั้นตอนการ ตั้งข้อมูลต่าง ๆ ในเครื่องจะแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น)
9. เปิดฝาและยก Bomb ออก
10. เปิด Bomb head แกะ Fuse wire ที่เหลือออกวัดความยาวเพื่อป้อนข้อมูลในเครื่อง และให้เครื่องคำนวณหาค่าพลังงานที่ได้ออกมาเป็นหน่วย แคลอรีต่อกรัม

## ภาคผนวก ค.5

## การวิเคราะห์ Ammonia Nitrogen

## อุปกรณ์

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. หลอดทดลอง                  | 2. กระจกตวง                      |
| 3. เตาอุ่นสารเคมี             | 4. เครื่องดูดไอกรด               |
| 5. ตู้อบ                      | 6. เครื่องดูดสารเคมีแบบอัตโนมัติ |
| 7. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง | 8. เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน     |
| 9. ขวดใส่น้ำกลั่น             | 10. ลูกแก้ว                      |
| 11. ถังมือกันความร้อน         | 12. กระจกนาฬิกา                  |
| 13. ปีกเกอร์                  | 14. ขวดใสสารเคมี                 |
| 15. ขวดตวงสารเคมี             |                                  |

## วิธีการ

- เตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างข้าวโพดหมักที่ได้ 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บีบผสมให้ได้สารละลายออกมา
- นำไปปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอน ดูดสารละลายส่วนใส 50 ไมโครลิตร ลงใน หลอดทดลอง
- นำหลอดทดลองที่ได้ไปทำงานต่อที่ เครื่องดูดไอกรด
- เติมสาร Phenol reagent 2.5 มล.
- เติมสาร Hypochlorite reagent 2.0 มล.
- ผสมสารละลายโดยใช้ เครื่องเขย่าผสมสาร
- ปิด หลอดทดลอง ด้วยลูกแก้ว
- วางจุ่มในน้ำที่อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ที่อุณหภูมิ 95 เซลเซียส นาน 5 นาที
- อ่านค่าความเข้มข้นของสาร Ammonia โดยใช้ เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร บันทึกผล
- นำค่าความเข้มข้นที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายแอมโมเนีย

การเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย

ทำ Stock solution ที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย 100 มิลลิโมล โดยชั่งสารแอมโมเนียมซัลเฟต ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 8 ชั่วโมง จำนวน 0.6607 กรัม ละลายใน 0.1 M HCl 100 มิลลิลิตร ทำ สารละลายมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้น 1, 2, 4, 6, 8 และ 16 มิลลิโมล อ่านค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย โดยใช้ เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร บันทึกผล นำค่าความเข้มข้นที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายแอมโมเนีย

สารเคมี

การเตรียมสารละลาย Phenol reagent

1. ละลาย Sodium nitropusside 0.15 กรัม ในน้ำกลั่น 1.5 ลิตร
2. เติมสาร Phenol 90 เปอร์เซนต์ปริมาณ 33 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
3. ปรับให้ได้ปริมาตร 3 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ขวดตวงสารเคมี
4. เก็บไว้ในขวดสีชา เพื่อป้องกันแสง

การเตรียมสารละลาย Hypochlorite reagent

1. ละลาย Sodium hydroxide 15 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ปริมาณ 2 ลิตร
2. ละลาย Disodium phosphate (Heptahydrate- $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) จำนวน 133.6 กรัม ลงในสารละลายใน ข้อ 1. และคนให้เข้ากันบนเตาอุ่นสารเคมีโดยใช้ความร้อนระดับปานกลาง
3. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
4. เติมสารละลาย Sodium hypochlorite (Commercial bleach) ความเข้มข้น 5.25 เปอร์เซนต์ ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
6. ปรับปริมาตรให้ได้ 3 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น โดยใช้ขวดตวงสารเคมี
7. กรองสารที่ได้ผ่านกระดาษกรอง เบอร์ 1
8. เก็บในขวด Polyethylene และป้องกันแสง

## ภาคผนวก ค.6

## การประเมินค่าความเป็นกรด-ด่าง

## อุปกรณ์

1. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
2. เครื่องชั่ง
3. ปีกเกอร์
4. ถุงพลาสติก
5. แ่งแก้ว

## วิธีการ

- 1.เตรียมตัวอย่างโดยชั่งตัวอย่างข้าวโพดหมักจำนวน 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ใส่ ถุงพลาสติก
- 2.บิบผสมให้ได้สารละลายออกมาเท่าใส่ปีกเกอร์ใช้แ่งแก้วคน
- 3.นำไปวัดค่าวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง บันทึกผล

ภาคผนวก ง  
การประเมินการย่อยได้

ภาพผนวกที่ ง. 1

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ก) การให้อาหาร ข) โคนมเพศผู้เจาะกระเพาะ



ก)



ข)

## ภาพผนวกที่ ง. 2

การเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ก) อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ข) สอดท่อและสายยาง ค) ดูดของเหลว ง) เทใส่กระติกรักษาอุณหภูมิ



ก)



ข)



ค)



ง)

ภาพผนวกที่ ง. 3  
การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์โดยวิธีแบบเซลล์เจอร์

ก) กรอง ข) เติมใส่ขวดรูปชมพู่ ค) เติมน้ำลายเทียม ง) ผ่านแก๊ส CO<sub>2</sub> จ) นำเข้าตู้บ่ม



ก)



ข)



ค)



ง)



จ)

ภาคผนวก จ

เครื่องมือ

ภาพผนวก จ 1

ตู้อบแห้งด้วยลมร้อน



ภาพผนวก จ 2

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง



ภาพผนวก ๓  
เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์



ภาพผนวก ๔  
เครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง



## ภาพผนวก ๑ 5

## เครื่องวิเคราะห์โปรตีน

ก) เตาย่อย ข) เครื่องดูดไอกรด ค) เครื่องกลั่นไนโตรเจน



ก)



ข)



ค)

ภาพผนวก ๑ 6

เตาเผา



ภาพผนวก ๑ 7

ตู้เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์



ภาพผนวก ๑ 8  
เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน

