

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องมือ

- 1.1 เครื่องชั่งละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
- 1.2 เครื่องกลั่นของเจลดาล์ (Kjeldahl distillation apparatus)
- 1.3 เครื่อง UV-Spectrophotometer
- 1.4 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
- 1.5 เครื่องบดมูลฝอย (Grinder)
- 1.6 เตาเผา (Furnace)
- 1.7 เครื่อง Bomb calorimeter
- 1.8 เครื่อง CHON Elemental analyzer

2. อุปกรณ์

- 2.1 ภาชนะตวงมูลฝอยความจุ 50 ลิตร
- 2.2 ผ้ายางและพลาสติก
- 2.3 ถาดอลูมิเนียม
- 2.4 ถุงมือ
- 2.5 ตาชั่ง
- 2.6 ถังน้ำพลาสติกมีฝาปิด
- 2.7 อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

3. สารเคมี

- 3.1 กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)
- 3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์ ($NaOH$)
- 3.3 กรดบอริก (Boric acid)
- 3.4 โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)
- 3.5 กรดไนตริก (HNO_3)
- 3.6 กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$)
- 3.7 Ammonium vanadomolybdate ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$)
- 3.8 แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$)
- 3.9 คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)
- 3.10 โพแทสเซียมไดโครเมต (K_2CrO_4)

- 3.11 โซเดียมอะซีเตต ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)
- 3.12 แอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$)
- 3.13 กรดแอซีติก ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)
- 3.14 กากน้ำตาล
- 3.15 กรดไฮโดรคลอริก
- 3.16 Phenolphthalein
- 3.17 Methyl purple
- 3.18 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
- 3.19 เมอร์คิวริกออกไซด์ (HgO)
- 3.20 โซเดียมไธโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
- 3.21 สารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท (AgNO_3)
- 3.22 อคาเซีย กัม (Gum acacia)
- 3.23 สารละลายแอมโมเนียมอะซีเตต ($\text{CH}_3\text{COONH}_4$)

วิธีการทดลอง

1. การสำรวจปริมาณขยะจากตลาดสด

การสำรวจปริมาณขยะจากตลาดสดจากแหล่งรวบรวมขยะมูลฝอย ครอบคลุมวันทำงาน และวันหยุดสุดสัปดาห์ ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558

2. การสุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยจากตลาดสด

สุ่มตัวอย่างขยะมูลฝอยโดยตรงจากแหล่งรวบรวมขยะมูลฝอยของตลาดสดศาลา น้ำร้อน ชั้นแรกสุ่มเลือกขยะมูลฝอยจากแหล่งรวบรวมขยะมูลฝอย ประมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร แล้วเทกองรวมกันบนผ้าพลาสติก ผสมให้เข้ากันโดยใช้พลั่ว สุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบ่งเป็น 4 ส่วน (Quartering) ให้เหลือประมาณ 120 ลิตร

3. การคัดแยกองค์ประกอบ

นำตัวอย่างขยะมูลฝอยหลังการสุ่มมา 100 ลิตร ทำการแยกองค์ประกอบทางกายภาพตามประเภท ได้แก่ เศษผักและเศษเปลือกผลไม้ พลาสติก กระดาษ ยาง เศษผ้า แก้ว และโลหะเป็นต้น (Kalanatarifard, A., Yang, G.S., 2012 and Tiew, K.G., Kruppa, S., Basri, N.E.A., Basri, H., 2010) ซึ่งน้ำหนักมูลฝอยแต่ละประเภท คำนวณหาร้อยละโดยน้ำหนักตามสมการที่ 1 ส่วนที่เหลืออีก 20 ลิตร นำไปวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีต่อไป

$$\text{ร้อยละของขยะมูลฝอยประเภท A} = \frac{\text{น้ำหนักมูลฝอยประเภท A} \times 100}{\text{น้ำหนักขยะมูลฝอยทั้งหมด}} \dots\dots\dots(1)$$

4. การหาความหนาแน่นของขยะมูลฝอย

ค่าความหนาแน่นเป็นการหาน้ำหนักของขยะมูลฝอยต่อปริมาตร โดยชั่งน้ำหนักถึงปริมาตร 100 ลิตร จากนั้นเติมตัวอย่างขยะมูลฝอยใส่ในถังจนเต็ม ยกถังสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร ปลดยกกระแทกพื้น หลังจากนั้นเติมขยะมูลฝอยให้เต็มถังอีกครั้ง ทำเช่นเดียวกัน 3 ครั้ง แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำมาคำนวณดังสมการที่ 2 มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3) (Liu, J.I., Paode, R.D., & Holsen, T.M., 1996)

$$\text{ค่าความหนาแน่น} = \frac{\text{น้ำหนักขยะพร้อมถัง} - \text{น้ำหนักถัง}}{\text{ปริมาตรของถังเท่ากับ 100 ลิตร}} \dots\dots\dots(2)$$

5. การวิเคราะห์ค่าความชื้น

การวิเคราะห์ค่าความชื้น (Moisture content) (ASTM D 3173) นำตัวอย่างขยะมูลฝอย 1,000 กรัม อบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักหลังอบแห้ง นำมาคำนวณดังสมการที่ 3 มีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก (%)

$$\text{ค่าความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) (\text{กรัม}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}} \dots\dots(3)$$

6. การวิเคราะห์สารระเหย

การวิเคราะห์สารระเหย (Volatile matter content) (ASTM D 3175) นำตัวอย่างขยะมูลฝอยอบแห้ง 2 กรัม ใส่ในถ้วยครุชชีเบลพร้อมฝาปิด (Crucible with capped) นำเข้าเตาเผา (Muffle furnace) เเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที นำออกจากเตาเผา และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำมาคำนวณดังสมการที่ 4 มีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก (%)

$$\text{ปริมาณสารระเหย} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ้ำ}) (\text{กรัม}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)}} \dots\dots\dots(4)$$

7. ปริมาณเถ้า

ปริมาณเถ้า (Ash) (ASTM D 3174) นำตัวอย่างขยะมูลฝอยอบแห้ง 2 กรัม ใส่ในครุชชีเบลพร้อมฝาปิด (Crucible with capped) นำเข้าเตาเผา (Muffle furnace) เเผาที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผา และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก นำมาคำนวณดังสมการที่ 5 มีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก (%)

$$\text{ปริมาณเถ้า} = \frac{(\text{น้ำหนักครุชชีเบลพร้อมตัวอย่างหลังเผา} - \text{น้ำหนักครุชชีเบล}) (\text{กรัม}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง (กรัม)}} \dots\dots\dots(5)$$

8. ปริมาณคาร์บอนคงตัว

ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon content) ปริมาณสารประกอบคาร์บอนซึ่งระเหยได้ยาก โดยจะคงเหลืออยู่ในของเสียหลังจากที่เผาสารระเหยออกไปแล้วที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส คำนวณดังสมการที่ 6 มีหน่วยเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก (%)

$$\text{ปริมาณคาร์บอนคงตัว} = 100 - [\text{ปริมาณเถ้า} (\%) + \text{ปริมาณความชื้น} (\%) + \text{ปริมาณสารระเหย} (\%)] \dots\dots\dots(6)$$

9. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์

การวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างขยะมูลฝอย ได้แก่ คาร์บอน (ASTM D 3178) ไฮโดรเจน (ASTM D 3178) ไนโตรเจน (ASTM D 3179) ซัลเฟอร์ (ASTM D 3177) ด้วยเครื่อง CHNS Elemental analyzer (Leco CHNS -932 Elemental analyzer)

10. การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจน

ปริมาณออกซิเจนคำนวณจากสมการที่ 7

$$\text{ปริมาณออกซิเจน} = 100 - [\text{คาร์บอน} (\%) + \text{ไฮโดรเจน} (\%) + \text{ไนโตรเจน} (\%) + \text{ซัลเฟอร์} (\%)] \dots\dots\dots(7)$$

11. การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส วิเคราะห์ตามวิธี Vanadomolybdate (Varale, A., & Varale, Y., 2012)

12. การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม

โพแทสเซียมตรวจวัดด้วยเครื่อง Flame atomic absorption spectroscopy (FAAS) (Shimadzu AA - 700) (Shaibur, M.R., Shamim, A.H., Huq, S.I., Kawai, S., 2010)

13. การหาค่าความร้อน

การหาค่าความร้อน (Calorific value) ของขยะมูลฝอยด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter (ASTM E 711) (Leco AC - 350) นำตัวอย่างขยะมูลฝอยอบแห้งมาอัดเม็ด ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำตัวอย่างใส่ในถ้วยเหล็กที่วางในห่วง electrode ตัดลวด (Fuse wire) ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ใช้สำหรับต่อระหว่าง electrode ของ bomb และวางให้สัมผัสกับตัวอย่างยก bomb head ใส่ลงใน bomb cylinder ปิดฝาวงแหวน หมุนเกลียวให้แน่น เติมน้ำออกซิเจนเข้าไปใน bomb นำ bucket วางใน jacket ต่อสายไฟเข้าที่ขั้วตรงส่วนบนของ bomb จากนั้นปิดฝาเครื่องกดสวิตช์เพื่อจุดระเบิด เครื่องจะทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อเสร็จการทำงานจะมีสัญญาณเตือน แล้วจึงเปิด bomb head แล้ว แกะลวดที่เหลือออก วัดความยาวของลวดที่เหลือ เพื่อป้อนข้อมูลในเครื่องจากนั้นเครื่องจะคำนวณค่าพลังงานออกมา

14. การทำน้ำหมักชีวภาพจากขยะอินทรีย์

ขยะอินทรีย์จากตลาดสด สามารถคัดแยกได้จากแหล่งกำเนิด ได้แก่ เศษผักจากแผงผัก และใส่ปลาจากแผงขายปลาสด อีกส่วนเป็นขยะอินทรีย์จากจุดรวมขยะมูลฝอยของตลาด รวมเป็น 3 ตัวอย่าง นำขยะอินทรีย์มาตัดบดย่อยด้วย meat grinder ให้มีขนาดเล็ก ผ่าน sieve ขนาด 20-40 mesh (420 μm - 840 μm) มาหมักร่วมกับกากน้ำตาลในอัตราส่วนดังนี้ (ออมทรัพย์ นพอมรบดี และคณะ, 2547: 50)

การหมักแบบที่ 1 เศษผัก ต่อกากน้ำตาล ในอัตราส่วน 3 ต่อ 1

การหมักแบบที่ 2 ใส่ปลา ต่อกากน้ำตาล ในอัตราส่วน 2 ต่อ 1

การหมักแบบที่ 3 ขยะอินทรีย์ ต่อกากน้ำตาล ในอัตราส่วน 2 ต่อ 1

เติมน้ำ 5 ลิตร คลุกเคล้าส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน แล้วทำการหมักในถังที่มีฝาปิด

15. การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าในน้ำหมักชีวภาพจากขยะอินทรีย์

การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าในน้ำหมักชีวภาพจากขยะอินทรีย์ ทำโดยเก็บน้ำหมักในวันที่ 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 และ 80 วันของการหมัก แล้ววิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน โดยวิธี Kjeldahl ด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน Kjeldahl (Gerhardt YAP 30) (Jackson, M.L., 1973) ฟอสฟอรัสวิเคราะห์โดยวิธี Vanadomolybdate (Varale, A., & Varale, Y., 2012) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ย่อยสลายตัวอย่างด้วยกรด $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ แล้วตรวจวัดด้วย Flame atomic absorption spectroscopy (FAAS) (Shimadzu AA - 700) (Shaibur, M.R., Shamim, A.H., Huq, S.I., & Kawai, S., 2010) วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (Schott lab 850) และวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ด้วยเครื่อง Conductivity meter (YSI incorporated yellow spring - 3200)

16. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

16.1 ค่าข้อมูลตัวแทนกลุ่ม

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) ใช้สูตร $x = (\sum X)/n$(8)

โดยที่ \bar{x} = ค่าเฉลี่ย $\sum x$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n = จำนวนตัวอย่างในกลุ่มตัวอย่าง

16.2 การวัดการกระจายของข้อมูล

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: S.D.)

$$\text{S.D.} = \{[\sum (x - \bar{x})^2] / n\}^{1/2} \dots\dots\dots(9)$$

โดยที่ S.D. = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน x = ค่าข้อมูล

\bar{x} = ค่าเฉลี่ย

n = จำนวนตัวอย่างในกลุ่มตัวอย่าง