

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ได้เตรียมพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตของแป้งมันสำปะหลัง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และมอนต์มอริลโลไนต์เพื่อใช้เป็นวัสดุสำหรับเคลือบปุ๋ย ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ได้แก่ การเตรียมอุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี ลำดับขั้นตอนวิธีการเตรียมพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิต และการวิเคราะห์ ตรวจสอบสมบัติและการทดสอบ

3.1 อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี

3.1.1 วัสดุและสารเคมี

1. แป้งมันสำปะหลัง
2. พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จากบริษัท เอแจ็ก ไลน์เคม (Ajax Finechem) น้ำหนักโมเลกุล 77,000-82,000 เกรดไฮโดรไลซ์ทุกส่วน (fully hydrolysed) โดยมีสมบัติดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สมบัติของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

สมบัติ	ผลทดสอบ
ความหนืด (Viscosity)	25-30 cps
ไฮโดรลิซิส (Hydrolysis)	95.0-97.0 mole%
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	5 -7
สารที่ระเหยเป็นไอ (Volatile)	< 5.0 %
ขี้เถ้า (Ash)	<1.0 %

3. โซเดียมมอนต์มอริลโลไนต์ (Na^+ -MMT) ชื่อทางการค้า คือ Mac-Gel มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) เท่ากับ 0.86 meq/g จากบริษัทไทยนิปปอนเคมีภัณฑ์อุตสาหกรรม
4. ฟอรั่มลดีไฮด์ เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท เอแจ็ก ไลน์เคม
5. บิวทานอล เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท เอแจ็ก ไลน์เคม
6. กลีเซอรอล เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท เอแจ็ก ไลน์เคม
7. แอมโมเนียมซัลเฟต เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท เอแจ็ก ไลน์เคม
8. ซิลิกาเจล
9. โซเดียมไฮดรอกไซด์ เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท เอแจ็ก ไลน์เคม
10. โซเดียมไทโอซัลเฟต เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท เอพีเอส (APS Asia Pacific Specialty Chemicals Limited ACN)
11. กรดซัลฟิวริก เกรดวิเคราะห์ จากบริษัทฟิชเชอร์ ไซแอนทิฟิก (Fisher Scientific UR Limited)
12. เมทธีวเรต สำหรับใช้เป็นอินดิเคเตอร์

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องปั่นกวนเชิงกล (Mechanical Stirrer)
2. เครื่องปั่นกวนด้วยแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)
3. เครื่องแก้ว
4. ตู้อบสาร
5. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
6. เครื่องชั่งสาร
7. เครื่องกลั่นสาร (distillation Unit)
8. เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (XRD) รุ่น philip X'pert
9. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) รุ่น JEOL JEM-2010

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมสารติสเปอร์สชันมอนต์มอริลโลไนต์

นำมอนต์มอริลโลไนต์มาผสมกับน้ำกลั่น โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 10 wt% ปั่นผสมด้วยเครื่องปั่นกวนด้วยแม่เหล็ก ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 600 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

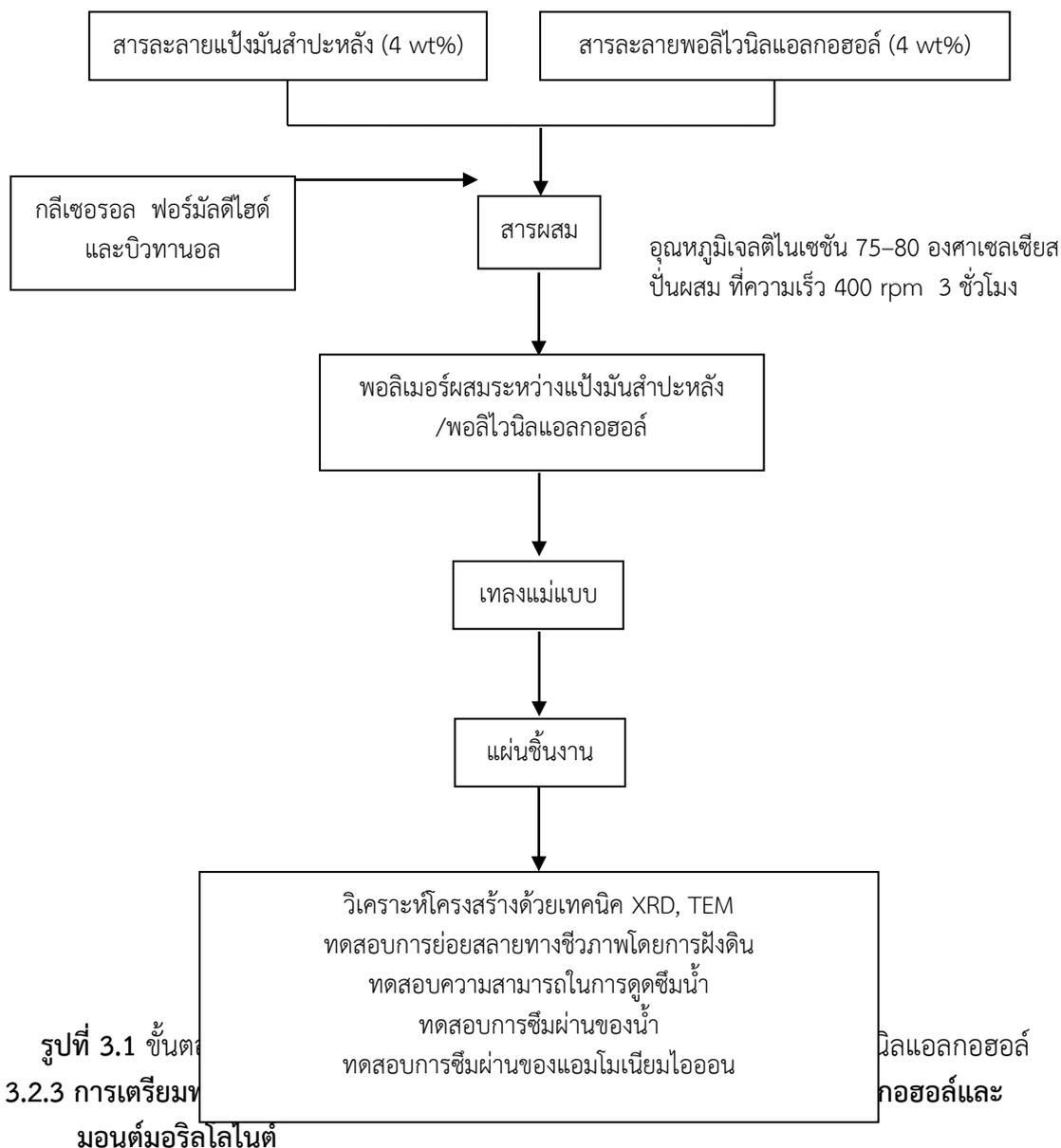
3.2.2 การเตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์

เตรียมสารละลายแป้งมันสำปะหลังและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ โดยเตรียมที่ความเข้มข้น 4 wt% แป้งมันสำปะหลังผสมกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิเจลดินในเซชัน 75–80 องศาเซลเซียส เติมฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 10 % ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เติมหีสเซอร์อล ปริมาณ 20 % ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง เติมนิวทานอลลงไปในเล็กน้อยเพื่อกำจัดฟองที่เกิดขึ้น จากนั้นปั่นกวนสารละลายโดยใช้เครื่องปั่นกวนเชิงกลปั่นผสมที่ความเร็วรอบ 400 rpm เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อสารละลายเย็นตัวลง เทใส่แม่แบบพลาสติก นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งชิ้นงานแห้ง เก็บชิ้นงานในเดซิเคเตอร์ จากนั้นทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพโดยการฝังดิน ทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ ทดสอบสมบัติการซึมผ่านของน้ำ และทดสอบสมบัติการซึมผ่านของแอมโมเนียมไอออน โดยปริมาณสารที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์ผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังและพอลิไวนิล-แอลกอฮอล์

แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (กรัม)
80	20
70	30

หมายเหตุ ปริมาณในตารางเป็นน้ำหนักแห้งของแป้งมันสำปะหลังและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ในสารละลาย



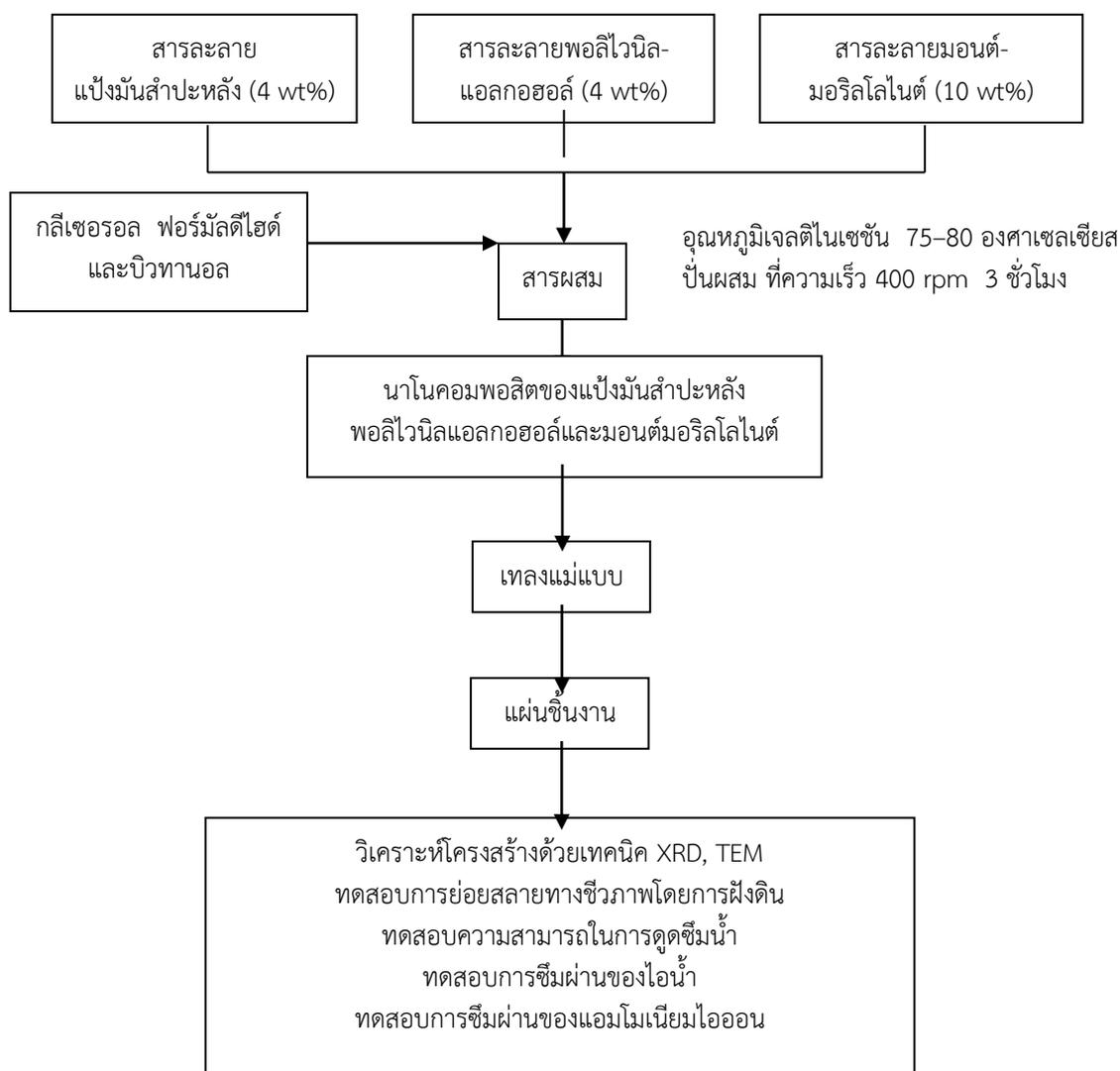
การเตรียมพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตของแป้งมันสำปะหลัง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์ ทำโดย นำ 4 wt% แป้งมันสำปะหลังผสมกับพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ จากนั้นเติมสารดิสเพอร์สชันมอนต์มอริลโลไนต์ (10 wt%) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิเจลดินในเซชัน 75–80 องศาเซลเซียส เติมฟอร์มัลดีไฮด์ ปริมาณ 10 % ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลังและพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เติมกลีเซอรอล ปริมาณ 20% ของน้ำหนักแป้งมันสำปะหลัง เติมบิวทานอลลงไปเล็กน้อยเพื่อกำจัดฟองที่เกิดขึ้น จากนั้นปั่นกวนสารละลายโดยใช้เครื่องปั่นกวนเชิงกลปั่นผสมที่ความเร็วรอบ 400 rpm เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อสารละลายเย็นตัวลง เทใส่แม่แบบพลาสติก นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งชิ้นงานแห้ง เก็บชิ้นงานในเดซิเคเตอร์ จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างผลึกของพอลิเมอร์ผสมที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน และตรวจสอบสัณฐานวิทยาของชิ้นงานด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ทดสอบการย่อยสลายทางชีวภาพโดยการฝังดิน ทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ ทดสอบสมบัติการซึมผ่านของน้ำ และทดสอบสมบัติการซึมผ่าน

ของแอมโมเนียมไอออน โดยปริมาณสารที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตระหว่างแป้งมันสำปะหลัง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์ แสดงไว้ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาณสารที่ใช้เตรียมพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตของแป้งมันสำปะหลัง พอลิไวนิล-แอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์

แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (กรัม)	มอนต์มอริลโลไนต์ (กรัม)
80	20	2, 4, 6, 8
70	30	2, 4, 6, 8

หมายเหตุ ปริมาณในตารางเป็นน้ำหนักแห้งของแป้งมันสำปะหลัง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการเตรียมพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตของแป้งมันสำปะหลัง
พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์

3.3 การวิเคราะห์ และตรวจสอบสมบัติ

3.3.1 การวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน

การวิเคราะห์โครงสร้างของพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตด้วยเทคนิคเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน ใช้
เครื่องรุ่น Philips X'Pert

โดยภาวะที่ใช้ในการทดลองเป็นดังนี้

หลอดรังสีเอ็กซ์ : Cu

แหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์ : $\text{CuK}\alpha$ (ให้รังสีที่มีความยาวคลื่น 0.1542 nm)

โดยเครื่องทำงานเริ่มที่มุม 2θ ตั้งแต่ 2 องศา ถึง 40 องศา อัตราความเร็ว 0.02 องศา/
วินาที คำนวณระยะห่างระหว่างระนาบ 001 (d_{001}) ของมอนต์มอริลโลไนต์ จากสมการของแบรกก์
(Bragg's equation) ดังนี้

$$n \lambda = 2d \sin\theta$$

โดย	d	คือ	ระยะห่างของชั้นระหว่างผลึก
	n	คือ	ตัวเลขจำนวนเต็ม
	λ	คือ	ความยาวคลื่น (wave length) ของแสง ($\lambda = 0.1542 \text{ nm}$)
	θ	คือ	มุมที่รังสีเอกซ์ตกกระทบผิวของผลึก



รูปที่ 3.3 เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน รุ่น Philips X'Pert

3.3.2 การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

การวิเคราะห์สัณฐานวิทยาเพื่อดูลักษณะโครงสร้างและการจัดเรียงตัวของมอนต์มอริลโลไนต์ ในพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิต สามารถตรวจสอบได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน รุ่น JEOL JEM-2010 ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยกระแสไฟฟ้าที่ความต่างศักย์ 200 กิโลโวลต์ และกำลังขยาย 20,000 เท่า เตรียมชิ้นงานโดยเครื่อง Leica Ultracut UCT (Cryo-Ultramicrotome) ชิ้นงานขนาด 90 nm ด้วยมีดแก้วที่อุณหภูมิ -70 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.4 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน รุ่น JEOL JEM-2010

3.3.3 การทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำ (water absorbency) [Xiaozhao, 2009]

การทดสอบสมบัติการดูดซึมน้ำ โดยทำการตัดชิ้นทดสอบขนาด 30x30 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 5 ชิ้นงาน นำไปอบไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ นำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง หลังจากนั้นนำชิ้นทดสอบมาแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำชิ้นงานขึ้นมาชั่งน้ำหนักเพื่อดูน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง การชั่งน้ำหนักทำโดยนำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำชบให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูที่สะอาด ชั่งน้ำหนักทันที การดูดซึมน้ำคำนวณได้จากสูตร

$$\% \text{ การดูดซึมน้ำ} = \frac{(W_1 - W_0)}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำเป็นเวลา 3 ชั่วโมง
 W_0 คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ

3.3.4 การทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของน้ำ (Water permeability) [Xiaozhao, 2009]

การทดสอบสมบัติการซึมผ่านของน้ำ โดยนำแผ่นฟิล์มตัวอย่างปิดปากปีกเกอร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ซึ่งภายในปีกเกอร์บรรจุด้วยซิลิกาเจล (ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน) วางปีกเกอร์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 %) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำซิลิกาเจลไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งเพื่อดูน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง การซึมผ่านของน้ำคำนวณได้จากสูตร

$$WP = \frac{\Delta m}{tS}$$

เมื่อ WP คือ การซึมผ่านของน้ำมีหน่วยเป็น $\text{g/m}^2\text{h}^{-1}$
 Δm คือ มวลที่เพิ่มขึ้นของซิลิกาเจลมีหน่วยเป็น g
 t คือ เวลา (24 ชั่วโมง)
 S คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ $2.826 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

3.3.5 การทดสอบความสามารถในการซึมผ่านของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) [Xiaozhao, 2009]

การทดสอบการซึมผ่านของแอมโมเนียมไอออน โดยนำแผ่นฟิล์มตัวอย่างปิดปากบีกเกอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ซึ่งภายในบีกเกอร์บรรจุด้วยสารละลาย $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออน 7500 มิลลิกรัม/ลิตร โดยบีกเกอร์ดังกล่าววางอยู่ บีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาณ 200 มิลลิลิตร วางบีกเกอร์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 %) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำน้ำกลั่นที่บรรจุใน บีกเกอร์ นำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออนด้วยวิธีเจลต์ดัล (ตามวิธีข้อ 3.3.6) ความสามารถในการซึมผ่านของแอมโมเนียมไอออนคำนวณได้จากสูตร

$$NP = \frac{\Delta C}{tS}$$

เมื่อ NP คือ การซึมผ่านของ NH_4^+ มีหน่วยเป็น $\text{mg/Lm}^2\text{h}^{-1}$
 ΔC คือ ความเข้มข้นของ NH_4^+ ในน้ำกลั่น
 t คือ เวลา 2 ชั่วโมง
 S คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ $2.826 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

3.3.6 การหาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจลต์ดัล (Kjeldahl method)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีเจลต์ดัลมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

นำสารตัวอย่างมาย่อย โดยทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกเข้มข้น เติมสารประกอบ จำพวกทองแดงเคลเนียม เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยา จนกระทั่งคาร์บอนและไฮโดรเจนถูกออกซิไดส์เป็น CO_2 และ H_2O ส่วนไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็น NH_4^+ อยู่ในรูปของ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ จากนั้น แอมโมเนียมซัลเฟต จะถูกย่อยสลายโดย NaOH จนกลายเป็น NH_4OH และสารนี้จะทำปฏิกิริยากับ กรดบอริก (H_3BO_3) เกิด NH_4^+ และ H_2BO_3^- จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานของกรดตั้ง สมการ



1. การย่อยตัวอย่าง (Digestion) เป็นการย่อยตัวอย่างด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น โดยมีสารเร่งปฏิกิริยา ภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงไนโตรเจนในตัวอย่างจะเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต
2. การกลั่นแอมโมเนีย (Distillation) เมื่อนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ มาทำปฏิกิริยากับเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตที่ได้จากการย่อยตัวอย่างแล้ว จะได้ก๊าซแอมโมเนีย ซึ่งจับก๊าซนี้ได้ด้วยสารละลายบอริก
3. การไทเทรตเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน (Titration) เป็นการนำสารละลายกรดบอริก ซึ่งจับก๊าซแอมโมเนียไว้ มาไทเทรต กับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก

การคำนวณ นำปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก ที่ใช้ในการไทเทรตไปคำนวณ หาปริมาณไนโตรเจน แล้วคูณกับเจลด์ฮาลแฟคเตอร์ (Kjeldahl factor)

$$\text{สูตร} \quad \%N_2 = \frac{1.4007 (V_0 - V_1) (C)}{m}$$

$\%N_2$ คือ เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจน

V_0 คือ ปริมาตรไทเทรตแบลงค์

V_1 คือ ปริมาตรไทเทรตตัวอย่าง

C คือ ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์

m คือ น้ำหนักของสารตัวอย่าง

3.3.7 การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพ

การทดสอบความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพโดยการหาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป โดยการนำชิ้นทดสอบตัดชิ้นทดสอบขนาด 30x30 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 5 ชิ้นงานทดสอบ มาทำการอบไล่ความชื้นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ นำชิ้นทดสอบชั่งน้ำหนักที่แน่นอนของชิ้นทดสอบ จากนั้นนำชิ้นงานทดสอบฝังลงดินให้ลึกจากผิวดิน 5 เซนติเมตร ในกระบะที่มีดินบรรจุอยู่เต็ม (กระบะใส่ดินต้องมีรูสำหรับระบายน้ำส่วนเกินออก) โดยทำการทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเป็นเวลา 10, 20, 30, 40 และ 50 วัน เมื่อครบกำหนดนำชิ้นงานขึ้นมาจากดิน ล้างเบาๆด้วยน้ำกลั่น จากนั้นนำชิ้นทดสอบมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักชิ้นทดสอบมีค่าคงที่ ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ นำชิ้นทดสอบมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไป การหาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปสามารถหาได้จาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่หายไป} = \frac{(W_0 - W_1)}{W_0} \times 100$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบเมื่อระยะเวลาผ่านไปตามที่กำหนด
 W_0 คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบเริ่มต้น

3.3.8 การศึกษาการควบคุมอัตราการละลายของปุ๋ยที่เคลือบด้วยพอลิเมอร์นาโนคอมพอลิิต แป้งมันสำปะหลัง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์

3.3.8.1 การเคลือบปุ๋ยตัวอย่างด้วยพอลิเมอร์นาโนคอมพอลิิต แป้งมันสำปะหลัง พอลิ-ไวนิลแอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์

นำปุ๋ยตัวอย่างซึ่งได้แก่ ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16 และปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ร่อนด้วยตะแกรงร่อนเพื่อให้ได้เม็ดปุ๋ยมีขนาด 2-3 มิลลิเมตร จากนั้นเตรียมสารละลายพอลิเมอร์นาโนคอมพอลิิต แป้งมันสำปะหลัง พอลิไวนิลแอลกอฮอล์และมอนต์มอริลโลไนต์ ตามขั้นตอน 3.2.3 แล้วให้ความร้อนกับสารละลายเพื่อปรับลดปริมาณน้ำ จนกระทั่งสารละลายพอลิเมอร์นาโนคอมพอลิิตมีปริมาณความเข้มข้น 15 % (w/w) แล้วนำปุ๋ยมาเคลือบด้วยวิธีการจุ่มเคลือบแล้วเป่าด้วยลมร้อน นำปุ๋ยที่เคลือบไปอบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

3.3.8.2 การทดสอบอัตราการปลดปล่อยแร่ธาตุไนโตรเจนของปุ๋ยเคลือบ

(M.Tomaszewska, 2006)

ชั่ง 1 กรัมของปุ๋ยเคลือบ แช่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดฝา และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทดสอบอัตราการปลดปล่อยแร่ธาตุไนโตรเจนเป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง โดยทุกๆ ชั่วโมงให้นำสารละลายออกมา จากนั้นนำสารละลายไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธีเจห์ตาล (ตามขั้นตอน 3.3.6) เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนในสารละลาย