

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 การเตรียมสารละลาย

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

สารละลายกรดบอริกร้อยละ 4.0

ชั่งกรดบอริก 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ให้ความร้อนช่วยในการละลาย

สารละลายอินดิเคเตอร์

ชั่งเมทิลเรด 0.2 กรัม และเมธิลีนบลู 0.1 กรัม ละลายในเอทานอลร้อยละ 95 ปริมาตร 150

มิลลิลิตร

สารละลายทองโคเกรดร้อยละ 0.1

ชั่งทองโคเกรด 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

สารละลายแบเรียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์

แบเรียมคลอไรด์มีน้ำหนักโมเลกุล 208 กรัมต่อโมล ถ้าต้องการเตรียมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ ต้องใช้แบเรียมคลอไรด์ 208 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร ดังนั้นถ้าต้องการเตรียม 0.1 โมลาร์ สามารถเตรียมโดย ชั่งแบเรียมคลอไรด์ 20.8 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

สารละลายกรดไฮโดรคลอริก(HCl)มาตรฐาน 0.01 โมลาร์

จากข้างขวดของกรด HCl พบว่า มีเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเท่ากับ 37 ความหนาแน่น 1.186 กรัมต่อมิลลิลิตร น้ำหนักโมเลกุล เท่ากับ 36.461 กรัมต่อโมล

สารละลายกรด HCl 100 กรัมมีปริมาตร $100/1.186 = 84.317$ มิลลิลิตร

สารละลายกรด HCl 100 กรัมหรือ 84.317 มิลลิลิตรมีเนื้อ HCl = 37 กรัม หรือ 37/36.461 โมล

สารละลายกรด HCl 100 กรัมมีเนื้อ HCl $\frac{37}{36.46} \times \frac{1000}{84.317}$ โมล

ความเข้มข้นของกรด HCl ในขวดเท่ากับ 12.0356 โมลาร์

ดังนั้น ถ้าเตรียมกรด HCl 0.01 โมลาร์ ทำได้โดยคำนวณจากสูตร

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

$$V_2 = \frac{0.01 \times 1000}{12.0356} = 0.83 \text{ มิลลิลิตร}$$

ดังนั้นให้นำสารละลายกรด HCl จากขวดที่เข้มข้นร้อยละ 37 ความหนาแน่น 1.186 กรัมต่อมิลลิลิตรมา 0.83 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3.2 ศึกษาสมบัติของแป้งมันสำปะหลัง และแป้งคัดแปร

นำแป้งมันสำปะหลัง และแป้งคัดแปรมาตรวจสอบสมบัติดังต่อไปนี้

3.2.1 การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl (Leonard, 1987)

3.2.1.1 ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัม อย่างละเอียดใส่ลงในหลอดสำหรับย่อย

สาร(digestion tube) และใส่ catalyst ลงไป 7 กรัม (catalyst ประกอบด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต 95 กรัม และคอปเปอร์ซัลเฟต 5 กรัม)

3.2.1.2 เติมกรดซัลฟริกลงไป 15 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ

3.2.1.3 นำไปย่อยบนเตาหมุม (digester) จนได้สารละลายสีทึบไว้ให้เย็น แล้วเติม

น้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร

3.2.1.4 เติม โซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 40 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

3.2.1.5 นำขวดรูปชมพู่ซึ่งบรรจุ กรดบอริกร้อยละ 4 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร หยด

สารละลายอินดิเคเตอร์ 3 หยดแล้วนำไปตั้งไว้บน platform ของเครื่องกลั่น

3.2.1.6 ไล่หลอดสำหรับย่อยสาร ที่ผ่านการย่อยแล้วใน distillation unit

3.2.1.7 กลั่นจนสารละลายบอริกในขวดรูปชมพู่มีปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร

3.2.1.8 นำสารละลายที่ได้มาโคเดรคกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก

ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์จนถึงของสารละลายเปลี่ยนสี จากนั้นนำปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่

โคเดรคได้มากำหนดหาปริมาณของไนโตรเจน จากสูตรข้างล่างนี้

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน(ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times C \times 1.4}{V} \text{-----สมการ 3.1}$$

A = ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริก ที่ใช้โคเดรคสารละลายตัวอย่าง

B = ปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้โคเดรคสารละลายแบบกลั่น

C = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

V = น้ำหนัก(กรัม)ของตัวอย่างที่ใช้

1.4 = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริก 0.1นอร์มอลจำนวน 1 มิลลิลิตรที่สมมูลกับ

ปริมาณไนโตรเจน 1.4 มิลลิกรัม

3.2.2 การหาการละลายของแป้ง

3.2.2.1 ใช้ตัวอย่างแป้งน้ำหนักแห้ง 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
เติมน้ำกลั่นลงไป จนมีปริมาตรของน้ำแป้ง 100 มิลลิลิตร

3.2.2.2 วางบีกเกอร์ในอ่างน้ำร้อนที่ปรับอุณหภูมิที่ต้องการวัดการละลาย ในการ
ทดลองนี้ใช้อุณหภูมิ 65, 75, 85 และ 95 องศาเซลเซียส คนเบาๆตลอดเวลา 30 นาที

3.2.2.3 เติมน้ำกลั่นลงไปจนมีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

3.2.2.4 เทสารละลายตัวอย่างลงในหลอดเซนตริฟิวจ์ นำไปเซนตริฟิวจ์ในเครื่อง
เซนตริฟิวจ์ด้วยความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที นาน 20 นาที

3.2.2.5 เทส่วนที่เป็นน้ำใส (supernate) ลงในถ้วยตวงที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำไป
ระเหยน้ำในเตาอบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง หรือจนมีน้ำหนักคงที่

3.2.2.6 หาปริมาณแป้งที่ละลายในส่วนนี้ และคำนวณการละลาย(ร้อยละ)

$$\text{การละลาย(ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของแป้งที่ละลาย} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \quad \text{---สมการ 3.2}$$

3.2.3 การหาค่าถึงการพองตัว

ในการหาค่าถึงการพองตัวสามารถทำตามวิธีการในข้อ 3.2.2.1 ถึง 3.2.2.4 โดยชั่งน้ำหนัก
แป้งที่เหลือในหลอดเซนตริฟิวจ์ เพื่อให้ทราบน้ำหนักแป้งที่พองตัว และคำนวณค่าถึงการพองตัว
จากสูตร

$$\text{กำลังการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักของแป้งเปียก(sediment) X 100}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง(100-ร้อยละการละลาย)}} \text{-----สมการ 3.3}$$

3.2.4 การหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield Viscometer ที่อุณหภูมิต่างๆ (Smith, 1964)

ใส่ตัวอย่างแป้งร้อยละ 8 ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ตี spindle เบอร์ 5 เข้ากับแกนของเครื่อง Brookfield Viscometer ใช้ความเร็ว 50 รอบต่อนาทีโดยให้ spindle หมุนเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงอ่านค่าความหนืด ที่อุณหภูมิ 25, 45, 65 และ 85 องศาเซลเซียส

3.2.5 การหาช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน(gelatinization temperature range)

ใช้วิธีสังเกตการติดสี คองโก - เรด ของเม็ดแป้งที่อุณหภูมิต่างๆ(Osman,1967 ; Collision, 1968)โดยชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัมใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนเบาๆให้เข้ากัน วางในอ่างน้ำร้อน ปรับความร้อนให้น้ำแป้งมีอุณหภูมิสูงขึ้นทีละน้อย คนเบาๆสม่ำเสมอเพื่อให้แป้งแขวนลอยอยู่ได้ หยอดสารละลายแป้งลงบนแผ่นสไลด์แล้วหยดสารละลายคองโก-เรด เพื่อย้อมสี เมื่อสารละลายแป้งมีอุณหภูมิในช่วง 40-80 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างทุกๆ 1-2 องศาเซลเซียส บันทึกอุณหภูมิที่เม็ดแป้งติดสีในปริมาณร้อยละ 1 เป็นจุดเริ่มต้น, ร้อยละ 50 เป็นจุดกลาง และ ร้อยละ 99 เป็นจุดสุดท้ายของช่วงอุณหภูมิ เจลาติไนเซชัน ซึ่งนับว่าเม็ดแป้งติดสีหมด

3.2.6 การศึกษาลักษณะของเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกน (Hoseney and Atwell, 1977)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกน(scanning electron microscope ; SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์แบบที่ใช้เพื่อศึกษารายละเอียดของพื้นผิว(surface)ของตัวอย่างที่ต้องการศึกษาและตรวจสอบ ลักษณะเป็นภาพ 3 มิติ ที่มีส่วนลึก กล้องชนิดนี้มีประโยชน์ในการศึกษาลักษณะภายนอกของตัวอย่าง มีกำลังความสามารถในการเพิ่มกำลังขยาย และให้รายละเอียดมากกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา ตัวอย่างที่จะนำมาศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกน ทำได้โดยตัดตัวอย่างแข็งที่ปราศจากความชื้นบนฐานรองรับตัวอย่าง(stub)ด้วยเทปสองหน้า จากนั้นนำตัวอย่างไปฉาบทองด้วยเครื่องฉาบทอง และส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกน

3.3 การคัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่

3.3.1 การเตรียมแป้งคัดแปรชนิด เทอเทียรอะมิโนอัลคิล

นำแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติมาคัดแปรด้วยปฏิกิริยาแทนที่โคย ใช้ตัวกระทำแทนที่คือ 2 - (diethylamino)ethyl chloride hydrochloride (DEC.HCl) ตามขั้นตอนซึ่งคิดแปลงตามวิธีของ Robert และ Roland (Robert and Rowland, 1967) โดยนำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 35 (โดยน้ำหนัก แป้งแห้งต่อ น้ำหนักน้ำ) มาเติมน้ำกลั่น, โซเดียมซัลเฟต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ อย่างช้าๆพร้อมคนให้เข้ากัน ทั้งไว้ที่อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้คัดแปร จากนั้นเทสารผสมที่ได้ลงในเอทานอลที่มีปริมาณเท่ากัน กรอง และล้างด้วยเอทานอล ต่อจากนั้นนำมา dialyze ในน้ำกลั่น นาน 48 ชั่วโมง และทำให้แห้งโดยวิธี lyophilization ดังแสดงในรูปที่ 3.1

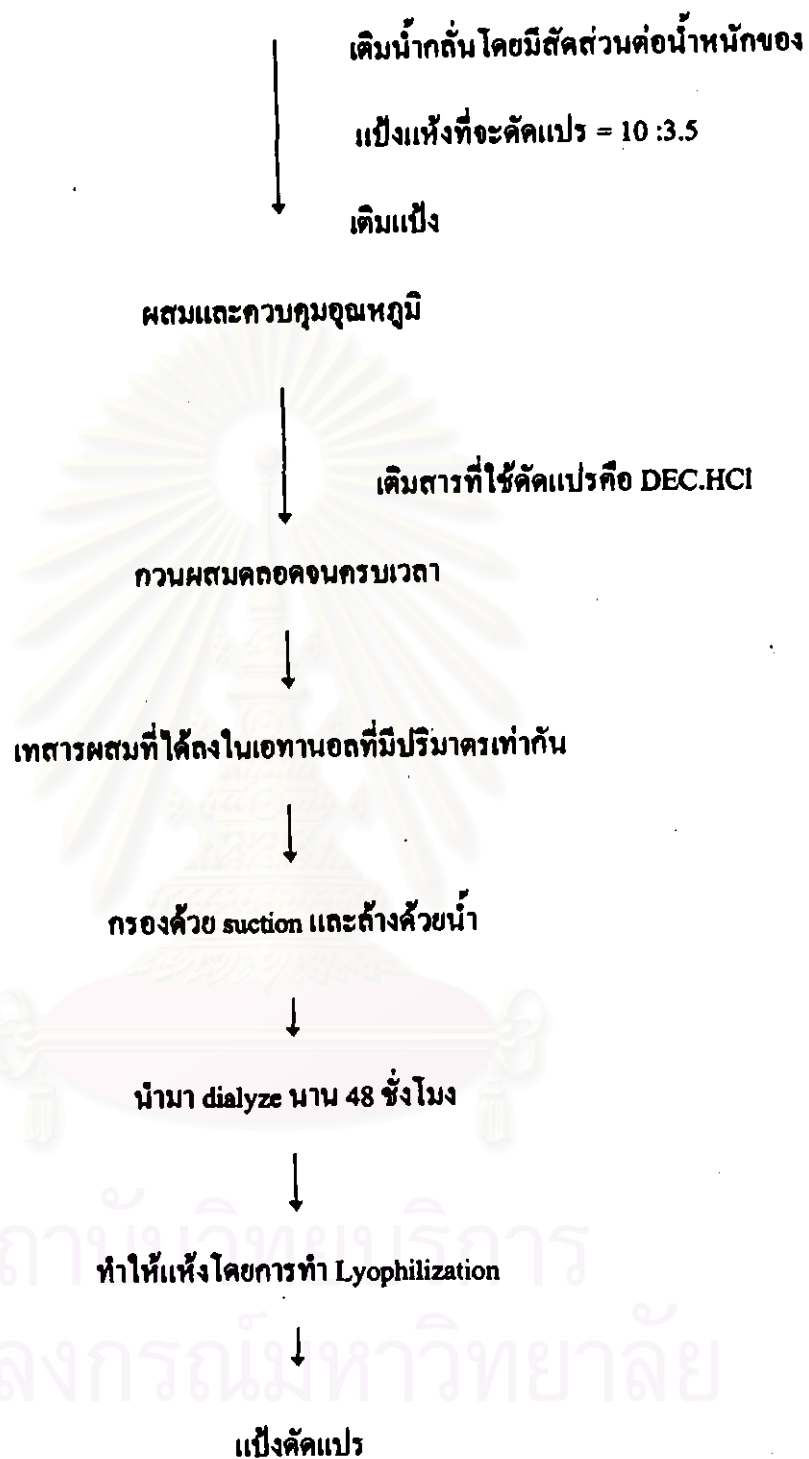
3.3.1.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังชนิดเทอเทียรอะมิ

โนอัลคิลตามขั้นตอนต่างๆดังนี้

3.3.1.1.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิ และปริมาณของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่

ใช้ในการคัดแปรต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมซัลเฟต



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการตัดแปรแป้งด้วยปฏิกิริยาแทนที่ชนิด เทอเทียรอะมิโนอัลคิล

ทำการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังตามวิธีในข้อ 3.3.1 ด้วย DEC.HCl ร้อยละ 10.0 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยแปรปริมาณของไฮเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 3.0, 3.5 4.0 และ 4.5 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) แปรอุณหภูมิที่ใช้เป็น 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียสโดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (factorial experiment) จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl นำค่าไนโตรเจนที่ได้ไปคำนวณค่าระดับการแทนที่ดังสมการที่ 3.4 คัดเลือกอุณหภูมิ และปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ เพื่อใช้ปรับภาวะของระบบสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

$$\text{Degree of substitution (DS)} = \frac{162(\%N)}{1400-117(\%N)} \text{ ----- สมการ 3.4}$$

3.3.1.1.2 ศึกษาผลของปริมาณ DEC.HCl และเวลาดต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่

ทำการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังในภาวะที่มีอุณหภูมิ และปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ตามที่คัดเลือกไว้ในข้อ 3.3.1.1 โดยแปรปริมาณ DEC.HCl เป็นร้อยละ 5.0, 7.5, 10.0 และ 12.5 และแปรเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเป็น 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณระดับการแทนที่จากนั้นนำแป้งทุกๆตัวอย่างในข้อ 3.3.1.1.2 มาตรวจสอบสมบัติของแป้งดังต่อไปนี้

ก. ระดับการแทนที่ (degree of substitution) โดยการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างแป้งคัดแปร และคำนวณระดับการแทนที่ดังสมการที่ 3.4

ข. การละลายที่อุณหภูมิ 65, 75, 85, และ 95 องศาเซลเซียสตามการทดลองในข้อ 3.2.2

ค. กำจัดฟองในตัวที่อุณหภูมิ 65, 75, 85, และ 95 องศาเซลเซียส ตามการทดลองในข้อ

3.2.3

ง. ค่าความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆ ตามการทดลองในข้อ 3.2.4

จ. ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน (gelatinization temperature range) ตามการทดลองในข้อ

3.2.5

คัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งคัดแปร โดยปฏิบัติการแทนที่ชนิดเทอเทียร์ อะมิโนอัลทิล

3.3.2 การเตรียมแป้งคัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม

นำแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติมาคัดแปรด้วยปฏิบัติการแทนที่โดยใช้ 3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride (CHPTAC) ตามขั้นตอนซึ่งคัดแปรลงจากวิธีของ Carr และ Bagby (Carr and Bagby, 1981) โดยนำแป้งความเข้มข้นร้อยละ 35 มาเติมน้ำกลั่น, โซเดียมซัลเฟต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ อย่างช้าๆพร้อมคนให้เข้ากัน ทั้งไว้ที่อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้คัดแปร จากนั้นหยุดปฏิบัติการโดยการเติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 3.0 โมลาร์ให้ pH เป็นกลาง เหยียงแยกด้วยเครื่องเซนตริฟิวจ์ และล้างด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง นำตะกอนแป้งที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.3.2.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมตามขั้นตอนต่างๆดังนี้

3.3.2.1.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิ และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการคัดแปร ต่อปฏิบัติการแทนที่

ซังโซเดียมซัลเฟต และ โซเดียมไฮดรอกไซด์

เติมน้ำกลั่น โดยมีสัดส่วนต่อน้ำหนัก

ของแป้งแห้งที่จะตัดแปร = 10 : 3.5

เติมแป้ง

ผสมและควบคุมอุณหภูมิ

เติมสารที่ใช้ตัดแปรคือ CHPTAC

กวนผสมน้ำแป้งตลอดจนครบเวลา

หยุดปฏิกิริยาโดยการเติม 3M HCl ให้ pH เป็นกลาง

เหวี่ยงแยกด้วยเครื่อง centrifuge

ล้างด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง

ตะกอนแป้ง

อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 12 ชั่วโมง

แป้งตัดแปร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการตัดแปรแป้งด้วยปฏิกิริยาแทนที่ชนิด ควอเทอนารีแอม โมเนียม

ทำการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังตามวิธีในข้อ 3.3.2 ด้วย CHPTAC ร้อยละ 10.0 เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยแปรปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 3.0, 3.5, 4.0 และ 4.5 แปรอุณหภูมิที่ใช้เป็น 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (factorial experiment) จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl นำค่าไนโตรเจนที่ได้ไปคำนวณค่าระดับการแทนที่ดังสมการที่ 3.4 คัดเลือกปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ และอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ เพื่อใช้ปรับภาวะของระบบสำหรับการศึกษาในขั้นต่อไป

3.3.2.1.2 ศึกษาผลของปริมาณ CHPTAC และเวลาต่อการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่

ทำการคัดแปรแป้งมันสำปะหลัง ในภาวะที่มีอุณหภูมิ และปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ตามที่คัดเลือกไว้ในข้อ 3.3.2.1.1 โดยแปรปริมาณ CHPTAC เป็นร้อยละ 5.0, 7.5, 10.0 และ 12.5 และแปรเวลาในการเกิดปฏิกิริยาการแทนที่เป็น 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบสมบัติของตัวอย่างแป้งคัดแปรเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1.2.2 คัดเลือกภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแป้งคัดแปรโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม

3.4 ออกแบบดังปฏิกรณ์ในระดับขยายส่วนกิ่งอุตสาหกรรม

ออกแบบดังปฏิกรณ์ในระดับขยายส่วนกิ่งอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย

3.4.1 เครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าว มีส่วนประกอบ 3 ส่วน คือ

1. ดังกวน
2. ฝา ดังกวน ด้านบนฝา ดังมี

- ช่องเค็มสาร
- กระจก
- ที่เสียบเทอร์โมมิเตอร์
- ช่องสำหรับให้แกนใบพัดสอดขึ้นไปชิดกับมอเตอร์

3. ใบพัดกวน

3.4.2 ชุดควบคุมความเร็วรอบ

ประกอบด้วยมอเตอร์ และเครื่องควบคุมความเร็วรอบ

3.4.3 เครื่องควบคุมความเร็วรอบ (motor controller)

3.4.4 ชุด ควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่ ควบคุมอุณหภูมิภายในถังกวนให้คงที่ ประกอบด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ควบคุมความร้อน หรือเทอร์โมคัปเปิล(thermocouple) และขดลวดให้ความร้อน(heater)

3.5 ศึกษาภาวะที่มีผลต่อการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ในธัญพืช

3.5.1 ศึกษาผลของความเข้มข้นแป้งที่ใช้คัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่

3.5.1.1 ผลของความเข้มข้นแป้งที่ใช้ในการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิดเทอร์โมอะลิต ทำการคัดแปรแป้งมันสำปะหลังในภาวะคานที่คัดเลือกไว้ในข้อ 3.3.1.2 โดยทำการทดลองในถังปฏิกรณ์ที่ออกแบบ แปรรความเข้มข้นแป้งเป็นร้อยละ 20, 35, 50, 65 และ 80 วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl นำค่าไนโตรเจนที่ได้ไปคำนวณระดับการแทนที่ในสมการที่ 3.4 เพื่อใช้ปรับภาวะของระบบในการศึกษาขั้นต่อไป

3.5.1.2 ผลของความเข้มข้นแป้งที่ใช้ในการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิบัติการแทนที่ชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม ทำการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังในภาวะตามที่คัดเลือกไว้ในข้อ 3.3.2.2 โดยทำการทดลองในดังปฏิกรณ์ที่ออกแบบ แปรความเข้มข้นแป้งเป็นร้อยละ 20, 35, 50, 65 และ 80 วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl นำค่าไนโตรเจนที่ได้ไปคำนวณระดับการแทนที่ในสมการที่ 3.4 เพื่อใช้ปรับภาวะของระบบในการศึกษาขั้นต่อไป

3.5.2 ศึกษาผลของความเร็วยรอบการกวนที่ใช้ในการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิบัติการแทนที่

3.5.2.1 ผลของความเร็วยรอบการกวนที่ใช้ในการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิบัติการแทนที่ชนิดเทอเทียโรอะมิโนอัลคิล ทำการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังในภาวะตามที่คัดเลือกไว้ในข้อ 3.5.1.1 โดยทำการทดลองในดังปฏิกรณ์ที่ออกแบบ แปรความเร็วยรอบการกวนเป็น 100, 125, 150, 175 และ 200 รอบต่อนาที วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl นำค่าไนโตรเจนที่ได้ไปคำนวณระดับการแทนที่ในสมการที่ 3.4

3.5.2.2 ผลของความเร็วยรอบการกวนที่ใช้ในการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิบัติการแทนที่ชนิด ควอเทอนารีแอมโมเนียม ทำการคิดแปรแป้งมันสำปะหลังในภาวะตามที่คัดเลือกไว้ในข้อ 3.5.1.2 โดยทำการทดลองในดังปฏิกรณ์ที่ออกแบบ แปรความเร็วยรอบการกวนเป็น 100, 125, 150, 175 และ 200 รอบต่อนาที วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl นำค่าไนโตรเจนที่ได้ไปคำนวณระดับการแทนที่ในสมการที่ 3.4

3.5.3 ศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งคัดแปร โดยปฏิบัติการแทนที่ในดังปฏิกรณ์
โดยนำแป้งที่คัดแปรจากข้อ 3.5.2 มาศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งดังนี้

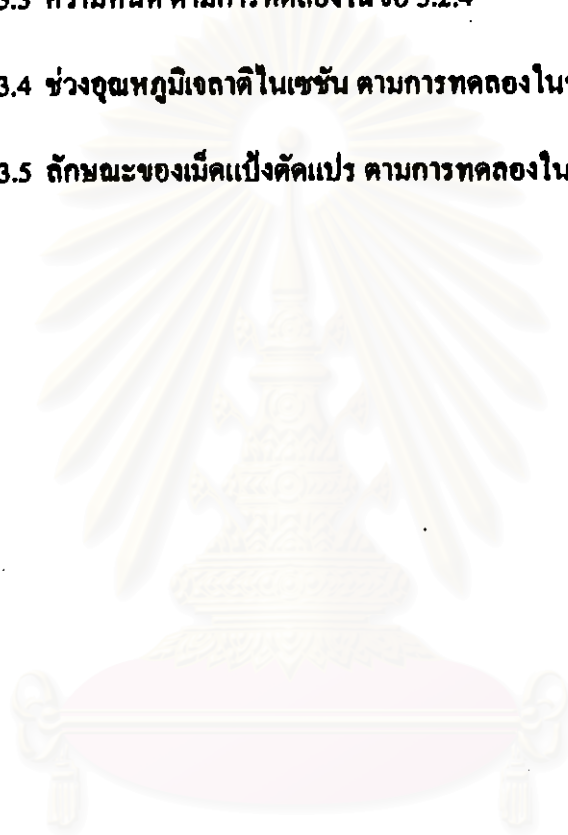
3.5.3.1 การละลาย ตามการทดลองในข้อ 3.2.2

3.5.3.2 กำล้างการพองตัว ตามการทดลองในข้อ 3.2.3

3.5.3.3 ความหนืด ตามการทดลองในข้อ 3.2.4

3.5.3.4 ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน ตามการทดลองในข้อ 3.2.5

3.5.3.5 ลักษณะของเม็ดแป้งคัดแปร ตามการทดลองในข้อ 3.2.6



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย