บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

วัตถุดิบและสารเคมี

วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

- ปลายข้าวหอมมะลิ ตรา Phoenix ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัท BANGSUE CHIA MENG

สารเคมีที่ใช้ประกอบด้วย

- Na_2CO_3 (anhydrous)	A.R. grade
- $C_4H_4O_6NaK_4\ H_2O$ (Rochelle salt)	A.R. grade
- $NaHCO_3$	A.R. grade
- Na_2SO_4 (anhydrous)	A.R. grade
- $CuSO_4\ 5H_2O$	A.R. grade
- H_2SO_4	A.R. grade
- $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\ 4H_2O$ (Ammonium molybdate)	A.R. grade
- $Na_2HAsO_4\ 7H_2O$	A.R. grade
- NaOH 0.1 N	A.R. grade
- HCl 0.1 N	A.R. grade
- $CaCl_2$	A.R. grade
- Termamyl 120L (Thermostable α-amylase)	A.R. grade
- $C_6H_{12}O_6\ H_2O$ (Glucose)	A.R. grade
- Starch	A.R. grade
- CH_3COONa	A.R. grade
- CH_3COOH	A.R. grade
- KI	A.R. grade
- $C_{14}H_{10}O$ (Anthrone)	A.R. grade

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย

- เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดหยาบ Sartorius Model 1907 MPS
- เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด Sartorius Model A200S
- เครื่องปั่น Heraeus Christ Type 4500
- เครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ Heto Type CB60-VS-01
- เครื่องระเหยความชื้นชนิดสุญญากาศ EYELA Model NE-1S
- เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง Shimadzu UV-240
- เครื่องอบแห้ง Memmert Type U30
- เครื่องวัดความหนืด Brookfield viscometer Model RVT
- เครื่องวัดความหนืด Haake Model RV20 Rotovisco
- เครื่องร่อน Retsch Type VIBRO
- เครื่องบด (Pin mill) Model FFC-23 ผลิตโดย บริษัท Agriculture Machinary Works
- เครื่องบด Moulinex
- เครื่องหาพลังงาน IKA-Calorimeter system Model c-400A adiabatic

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. การเตรียมแป้งข้าวเจ้า

1.1 นำปลายข้าวหักมาบดด้วยเครื่องบด (Pin mill) ทำซ้ำ 3 ครั้ง

1.2 นำปลายข้าวที่ผ่านการบดแล้วมาคัดเศษสิ่งปลอมปนออก

1.3 นำปลายข้าวหักที่บดแล้วในข้อ 1.2 มาบดซ้ำด้วยเครื่องบด (Moulinex)

1.4 นำปลายข้าวหักที่บดละเอียดแล้วมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 mesh

1.5 นำแป้งข้าวเจ้าส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 200 mesh มาใช้ในการทดลอง แป้งที่ตกค้างบนตะแกรงนำมาบดซ้ำใหม่ด้วยเครื่อง Moulinex จนแป้งข้าวเจ้าทั้งหมดสามารถร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 mesh

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้า

2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น (แสดงดังภาคผนวก ก)

2.2 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (แสดงดังภาคผนวก ก)

2.3 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (แสดงดังภาคผนวก ก)

2.4 วิเคราะห์ปริมาณเส้นใย (แสดงดังภาคผนวก ก)

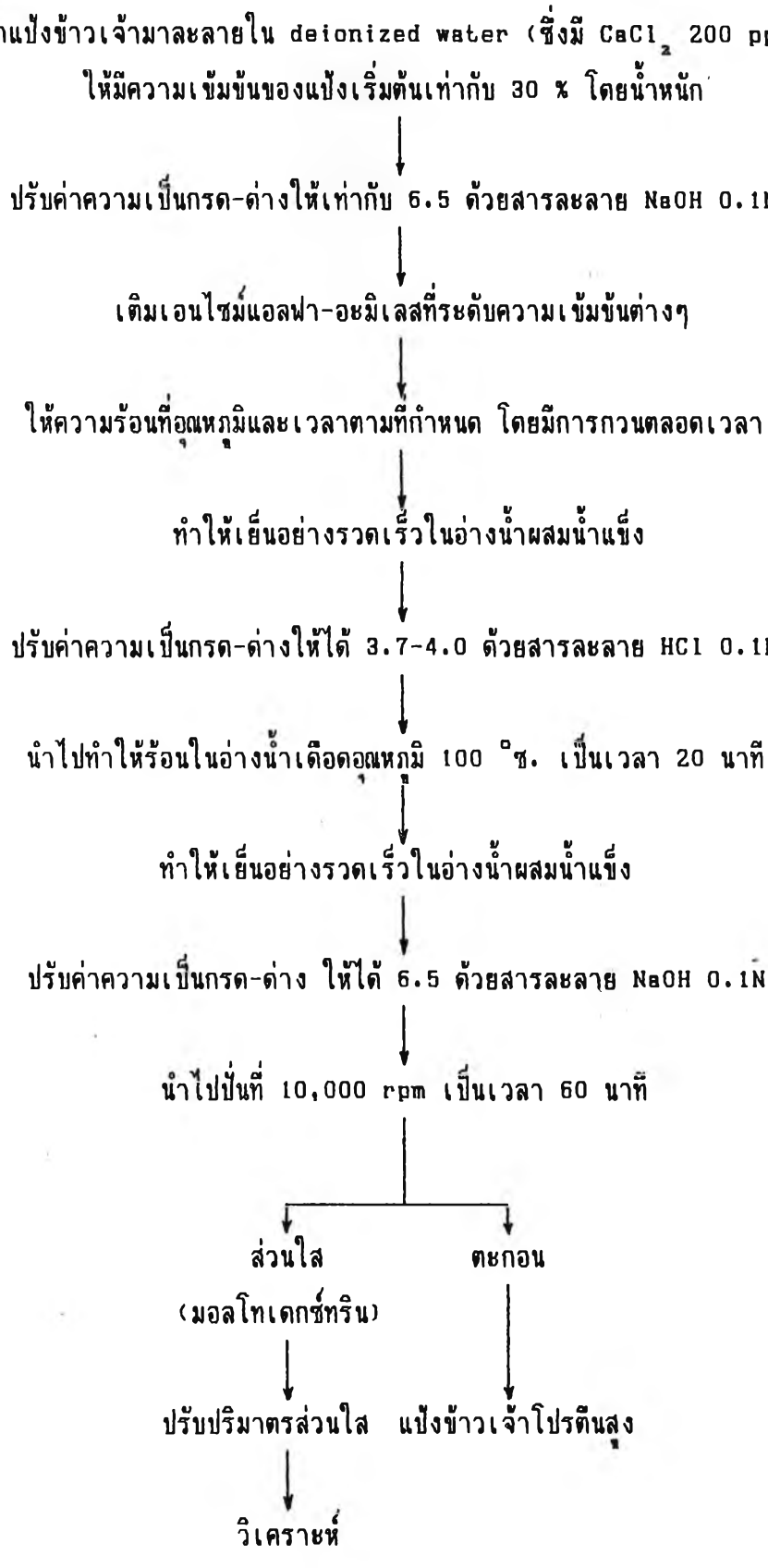
2.5 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (แสดงดังภาคผนวก ก)

2.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (แสดงดังภาคผนวก ก)

3. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทเดกซ์ทริน

การผลิตมอลโทเดกซ์ทรินชนิดเหลวของแป้งข้าวเจ้าซึ่งทำจากเมล็ดข้าวหักให้มีค่า DE 10-20 โดยวิธีการเติมเอนไซม์แอลฟา-อะมิเลสที่ทนความร้อนสูงเพียงครั้งเดียว มีลำดับขั้นตอนในการผลิตซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Brooks และ Griffin (1987a) แสดงดังรูปที่ 4 โดยกำหนดให้

- ความเข้มข้นของสารละลายแป้งเริ่มต้นเป็นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก
- ระดับความเป็นกรด-ด่างในสภาวะการผลิตเท่ากับ 6.5



รูปที่ 4 กระบวนการผลิตมอลโทเดกซ์ทรินชนิดเหลวด้วยวิธีการเติมเอนไซม์เพียงครั้งเดียว

ปัจจัยที่ต้องการศึกษามีดังนี้

1. ความเข้มข้นของเอนไซม์ มี 3 ระดับ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.01-1.0 ปริมาตรต่อน้ำหนักของสารละลายแป้ง

2. อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต มี 3 ระดับ อยู่ในช่วง 80-100 °ซ.

3. เวลาที่ใช้ในการผลิต มี 3 ระดับ อยู่ในช่วง 45-105 นาที

4. การวิเคราะห์และประเมินสมบัติทางเคมีของมอลโทเดกซ์ทริน

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพื่อทำกราฟมาตรฐาน

4.1.1 การหาค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ค่า DE (แสดงดังภาคผนวก ข.)

4.1.2 การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐานในการคำนวณค่า DE (แสดงดังภาคผนวก ข.)

4.1.3 การหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (แสดงดังภาคผนวก ข.)

4.1.4 การเตรียมสารละลายน้ำตาลมาตรฐานในการคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (แสดงดังภาคผนวก ข.)

4.2 การหาค่า DE ของมอลโทเดกซ์ทรินโดยวิธี Somogyi method (แสดงดังภาคผนวก ข.)

4.3 การหาค่า Residual enzyme activity ตามวิธีของ Novo, # AF9/5-gB (NovoIndustries,Inc., Wilton,CT.) (แสดงดังภาคผนวก ข.)

4.4 การหาปริมาณแป้งที่ละลายทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทรินโดยวิธี Anthrone-H_2SO_4 (แสดงดังภาคผนวก ข.)

5. การวิเคราะห์และประเมินผลสมบัติทางฟิสิกส์ของมอลโทเดกซ์ทริน

5.1 การหาค่าความหนืดโดยใช้ Brookfield viscometer (แสดงดังภาคผนวก ค.)

5.2 การหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง Haake (แสดงดังภาคผนวก ค.)

5.3 การหาค่า flow-behavior index (แสดงดังภาคผนวก ค.)

5.4 การหาค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยวิธี Air oven (แสดงดังภาคผนวก ค.)

5.5 การหาค่าพลังงานด้วยเครื่อง Bomb calorimeter (แสดงดังภาคผนวก ค)

6. การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะให้ผลการตอบสนองที่ต้องการด้วยวิธี Response surface methodology (RSM)

ซึ่งการทดลองนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS Version 5 (Statistical Graphics Corporation Portions Copyright 1991 STSC. Inc.) ในการวิเคราะห์ โดยกระบวนของวิธี RSM มีดังนี้

6.1 กำหนดตัวแปรอิสระ ช่วงของตัวแปรและผลการตอบสนอง

ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตมอลโทเดกซ์ทรินชนิดเหลวจากแป้งข้าวเจ้า ซึ่งตัวแปรอิสระที่รายงานว่ามีอิทธิพลต่อการผลิต (Chen and Chang, 1984) โดยในงานวิจัยต้องการศึกษามีดังนี้

ความเข้มข้นของเอนไซม์ มี 3 ระดับ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.01-1.0 ปริมาตรต่อน้ำหนักของสารละลายแป้ง

อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต มี 3 ระดับ อยู่ในช่วง 80-100 °ซ.

เวลาที่ใช้ในการผลิต มี 3 ระดับ อยู่ในช่วง 45-105 นาที

ค่าการตอบสนอง คือ Dextrose equivalent

6.2 การออกแบบการทดลองที่เหมาะสม

การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมโดย RSM นั้นจะต้องมีลักษณะเป็น rotatable design โดยเดิม Central composite design เป็นการทดลองที่ใช้กันมากกับการ fitting second-order model สำหรับ RSM แต่ต่อมา Box and Behnken (Henika, 1982) ได้เสนอการออกแบบการทดลองที่ใช้ง่ายขึ้นในการกำหนดช่วงของตัวแปรเป็น three level design ซึ่งมีลักษณะของ rotatability และใช้ได้กับ RSM ที่ใช้ในการวิจัยนี้ดังนี้

ตัวแปร	สัญลักษณ์ของตัวแปร	-1	0	1
ความเข้มข้นเอนไซม์ (ร้อยละ)	X_1	0.02	0.05	0.08
อุณหภูมิในการผลิต (°ซ.)	X_2	80	85	90
เวลาในการผลิต (นาที)	X_3	75	90	105

การทดลองที่	X_1	X_2	X_3
1	-1	-1	0
2	-1	+1	0
3	+1	-1	0
4	+1	+1	0
5	-1	0	-1
6	-1	0	+1
7	+1	0	-1
8	+1	0	+1
9	0	-1	-1
10	0	-1	+1
11	0	+1	-1
12	0	+1	+1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

6.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถทำโดยนำค่าความสัมพันธ์เชิงปริมาณของตัวแปรที่ศึกษามาวิเคราะห์ด้วย multiple regression ในรูปสมการกำลังสอง แล้วสร้างเป็นสมการคณิตศาสตร์ Taylor second-order equation คือ

$$Y = B_0 + \quad \text{Center point}$$

$$B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + \quad \text{Linear effect}$$

$$B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2 + \quad \text{2nd order effect}$$

$$B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 \quad \text{Interaction}$$

เมื่อ Y คือ ค่าการตอบสนองหรือสมบัติบางประการที่เกิดจากตัวแปร X_1, X_2 และ X_3

นำค่าความสัมพันธ์ในรูปสมการคณิตศาสตร์ที่ได้มาสร้างกราฟ surface plot หรือ contour plot โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHIC

7. การผลิตน้ำสลัดชนิดข้นจากผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทรินที่ได้

7.1 เตรียมสูตรน้ำสลัด ตามวิธีซึ่งแสดงดังภาคผนวก จ.

7.2 คัดเลือกผลิตภัณฑ์มอลโทเดกซ์ทรินที่มีค่า DE ต่างๆ เพื่อนำมาใช้ทดแทนน้ำมันในการผลิตน้ำสลัดชนิดข้น

7.3 ผลิตน้ำสลัดตามกระบวนการข้อ 7.1 แต่ลดปริมาณน้ำมันพืชลงร้อยละ 50 โดยทดแทนด้วยมอลโทเดกซ์ทรินที่ผ่านการทำให้เข้มข้นจนมีค่าความหนืดใกล้เคียงกับน้ำมัน

7.4 นำผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่ผลิตได้ทั้งหมดมาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Scoring test โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน ซึ่งแบบทดสอบแสดงดังภาคผนวก ฉ.

7.5 นำผลิตภัณฑ์น้ำสลัดที่ผลิตได้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า shear rate ค่าความหนืด แล้วคำนวณค่า flow-behavior index (n) และค่า consistency index (K) ซึ่งแสดงดังข้อ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ