

การศึกษาการตัดแปรแป้งโดยใช้วิธีการปรับสภาพด้วยด่างและแอลกอฮอล์
(Study on modified starch prepared alcoholic – alkaline treatment)



จัดทำโดย
นางสาววราภรณ์ แก้วเที่ยง รหัสประจำตัว 43040269
นางสาวสุพัตรา โมราถบ รหัสประจำตัว 43040287

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ณ.พ. ปีการศึกษา 2546

ว321ก

2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 96814
วันเดือนปี..... - 4 000 200

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาการดัดแปรแป้งโดยใช้วิธีการปรับสภาพด้วยด่างและแอลกอฮอล์
(Study on modified starch prepared alcoholic – alkaline treatment)

จัดทำโดย

นางสาวราภรณ์ แก้วเที่ยง รหัสประจำตัว 43040269

นางสาวสุพัตรา โมราถบ รหัสประจำตัว 43040287

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....*วุฒิชัย นาครักษา*.....

(รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา)

.....*27/07/47*.....

.....อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสารณ์ แก้วเทียง , สุพัตรา โมราถบ.2547. : การศึกษาการดัดแปรแป้งโดยใช้วิธีการปรับสภาพด้วยด่างและแอลกอฮอล์ (Study on modified starch prepared alcoholic – alkaline treatment). สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา , 55 หน้า

บทคัดย่อ

จากการนำแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้ามาทำการปรับสภาพโดยด่างและแอลกอฮอล์ ด้วยการเตรียมแป้งที่ยังไม่ได้ปรับสภาพ ผสมกับเอทิลแอลกอฮอล์ 40% โดยมวล ที่ปริมาณ 400 500 และ 600 กรัม ผสมกับ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ ที่ปริมาณ 50 60 และ 70 กรัม หลังจากนั้นนำของผสมแป้งมาปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง แป้งหลังจากการปรับสภาพแล้วจะเป็นแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น จากนั้นนำแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการพบว่า ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ และอิทธิพลร่วมกันของปัจจัยทั้งสอง มีผลต่อโครงสร้างของเม็ดแป้งมันสำปะหลังและเม็ดแป้งข้าวเจ้าหลังจากการปรับสภาพด้วยด่างและแอลกอฮอล์ ซึ่งทำให้คุณสมบัติทางกายภาพในด้านระดับการเกิดเจลลิตไนซ์ ความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำ ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง และค่า % Transmittance ของแป้งที่ปรับสภาพแล้วมีคุณสมบัติที่เปลี่ยนแปลงไปจากแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวเจ้าก่อนนำมาปรับสภาพ

.....วารสารณ์ แก้วเทียง.....

.....

ลายมือชื่อนักศึกษา

.....วุฒิชัย นาครักษา.....

(รศ.ดร. วุฒิชัย นาครักษา)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

.....๑๖ ๓๗๔๖.....

วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษา รวมทั้งได้รับการตรวจทานจาก รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปัญหาพิเศษ ผู้จัดทำมีความซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ และ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่ให้เกียรติเป็นอาจารย์กรรมการให้แก่ข้าพเจ้า รวมทั้งให้คำแนะนำและความรู้ต่างๆในชั้นเรียน ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอบพระคุณคณาจารย์โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ช่วยประสิทธิประสาทศาสตร์ความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาในการศึกษาจนกระทั่งข้าพเจ้ามีโอกาสนับประสบความสำเร็จ

ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกให้แก่ข้าพเจ้าในงานปฏิบัติการ และเจ้าหน้าที่ธุรการในงานเอกสารต่างๆ

ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ ที่เคารพรักที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนข้าพเจ้ามาตลอด ขอขอบคุณพี่สายฝน โมราถบ ที่ให้คำแนะนำในงานปฏิบัติการ ขอขอบคุณคุณนครินทร์ ทักษณาที่เอื้อเฟื้อเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ ขอขอบคุณคุณอรตน วุฒิจริยากุลในการจัดทำรูปเล่ม ขอขอบคุณพี่ร่วมสถาบันทุกท่าน และทุกกำลังใจในการทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยนี้ข้าพเจ้าขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้จัดทำจะรำลึกถึงความกรุณาของทุกท่านไว้ในใจตลอดไป

วราภรณ์ แก้วเที่ยง
สุพัตรา โมราถบ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ.....	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แป้งมันสำปะหลัง.....	3
2.2 แป้งข้าวเจ้า.....	4
2.3 แป้งและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแป้ง.....	4
2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง.....	5
2.3.2 ลักษณะสำคัญทางกายภาพและทางเคมี.....	5
2.3.3 การพองตัวและการละลาย.....	9
2.3.4 ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน.....	12
2.3.5 ความหนืด.....	15
2.4 การตัดแปรแป้ง.....	16
2.4.1 การตัดแปรแป้งด้วยแอลกอฮอล์และด่าง.....	17
บทที่ 3 ขั้นตอนและการดำเนินงาน.....	24
3.1 วัตถุประสงค์.....	24
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	24
3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพแป้ง.....	24
3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้ง.....	24
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง	24
3.4 สถานที่ทดลอง.....	25

เอกสารนี้เป็น 3.5 วิธีการดำเนินงานหรือการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด 25
 ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	41
บรรณานุกรม.....	43
ภาคผนวก.....	45
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ.....	45
ภาคผนวก ข ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ.....	50
ประวัติผู้เขียน.....	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญัตราจ

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งธัญพืชชนิดต่างๆ.....	5
2 ความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน.....	8
3 ลักษณะเฉพาะของแป้งชนิดต่างๆ.....	9
4 การพองตัวและการละลายของแป้งต่างๆที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส.....	12
5 อุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งต่างๆกำหนดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ Kofler สังเกตการสูญเสียเครื่องหมายกาบบาท.....	14
6 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งมันสำปะหลัง (Cassava Starch : CS)กับแป้ง มันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น (Granular Cold Water Soluble Cassava Starch : GCWSCS).....	28
7 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งข้าวเจ้า กับแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลาย ได้ในน้ำเย็นในสภาวะต่างๆ.....	35
ก1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาติไนซ์ของ แป้งมันสำปะหลัง.....	48
ก2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาติไนซ์ของ แป้งข้าวเจ้า.....	49
ข1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งมันสำปะหลังด้วย เทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น.....	50
ข2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความใสของแป้งมันสำปะหลังด้วยเทคนิคแป้งละลาย น้ำเย็น.....	50
ข3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งของแป้งมันสำปะหลัง ด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น.....	51
ข4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้งมันสำปะหลัง ด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น.....	51
ข5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้งมันสำปะหลัง ด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น.....	52
ข6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งข้าวเจ้าด้วยเทคนิค	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แป้งละลายน้ำเย็น	52
ข7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความใสของแป้งข้าวเจ้าด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น	53
ข8 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งของแป้งข้าวเจ้าด้วย เทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น.....	53
ข9 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้งข้าวเจ้าด้วย เทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น.....	54
ข10 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้งข้าวเจ้าด้วย เทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น.....	54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะเม็ดแป้งมันสำปะหลังด้วยเครื่อง Scanning Electron Nicroscope (SEM).....	3
2 ลักษณะเม็ดแป้งข้าวเจ้าด้วยเครื่อง Scanning Electron Nicroscope (SEM).....	4
3 โครงสร้างของ amylase.....	7
4 โครงสร้าง amylopectin.....	7
5 ส่วนของโมเลกุลที่เป็น Crystallite (เส้นทึบ) และ amorphous(เส้นบาง).....	10
6 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม.....	11
7 ระยะในการเกิดเจลลาติโนเซชันของเม็ดแป้ง.....	15
8 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งที่มีการพองตัวแบบต่างๆ โดยความเข้มข้น ของน้ำแป้งที่ใช้เป็นกรัมของน้ำหนักแป้งแห้งต่อน้ำแป้ง 500 มิลลิตร.....	16
9 ลักษณะของเม็ดแป้งกล้วยด้วยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM) ที่กำลังขยาย3000 เท่า (A) แป้งกล้วยดิบ (B) MPBF (C) GCWSBF.....	18
10 ลักษณะในส่วนผลึกของเม็ดแป้งกล้วยดิบ MPBF และ GCWSBF.....	18
11 ลักษณะของเม็ดแป้ง (A) แป้งธรรมชาติ (B,C,D,E,F) แป้งผ่านการตัดแปรด้วยต่าง และ แอลกอฮอล์.....	20
12 ลักษณะโครงสร้างในส่วนผลึกของเม็ดแป้งก่อนและหลังการตัดแปรด้วยต่างและ แอลกอฮอล์.....	21
13 (A) ความสามารถในการละลายน้ำ (B) ความสามารถในการอุ้มน้ำของแป้งกล้วยตัด แปรด้วยต่างและแอลกอฮอล์.....	22
14 ลักษณะของแป้งข้าวโพดและแป้งมันฝรั่งหลังการตัดแปร ด้วยเครื่อง SEM(A) (B) (C) (D) ลักษณะแป้งฝรั่งตัดแปรทั้ง 4 สายพันธ์ (E) ลักษณะเม็ดแป้งข้าวโพด.....	23
15 ขั้นตอนการตัดแปรแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำจากแป้งต่างๆ ไปโดยวิธีปรับสภาพแป้ง ด้วยแอลกอฮอล์และต่าง.....	26
16 ระดับการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่าง ๆ.....	29
17 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่าง ๆ.....	30
18 ค่าการละลายน้ำของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ ระดับปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่าง ๆ	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19 ปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสม ของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น ที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ	32
20 ของผสมแป้ง GCWSCS ที่คัดแปรสภาพด้วยปริมาณเอทานอล 400 กรัม.....	33
21 ของผสมแป้ง GCWSCS ที่คัดแปรสภาพด้วยปริมาณเอทานอล 500 และ 600 กรัม.....	33
22 ค่าความใส ของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ ระดับปริมาณ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ.....	34
23 ระดับการเกิดเจลลาตินในเซชันของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่าง ๆ.....	36
24 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณโซเดียม ไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ.....	37
25 ค่าการละลายน้ำของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ ระดับปริมาณ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่าง ๆ.....	38
26 ปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสม ของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลาย ได้ในน้ำเย็นที่ระดับ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ.....	39
27 ค่าความใส ของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ ระดับปริมาณ โซเดียม ไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ.....	40
ก1 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาตินซ์.....	48
ก2 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาตินซ์.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของทุกชนิด แต่จากคุณสมบัติเฉพาะของแป้งจึงได้นำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร เช่น การทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ซุปและน้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูปเนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและการคืนรูป (Freeze-Thaw) สภาวะกรดการทำพาสเจอร์ไรเซชัน (Pasteurization) และสเตอริไรเซชัน (Sterilization) เป็นต้น นอกจากนี้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังมีการนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกด้วย รูปแบบในอนาคตการใช้ประโยชน์จากแป้งในอุตสาหกรรมต่างๆ มีการปรับปรุงมากขึ้น เกิดจากการคิดค้นใหม่ๆ ทำให้เกิดความต้องการคุณสมบัติแป้งที่หลากหลายแตกต่างออกไปเพื่อทำให้เกิดความก้าวหน้าในทางอุตสาหกรรมอาหารยิ่งขึ้น ซึ่งแป้งเหล่านี้สามารถนำมาปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ ให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางและสะดวกขึ้น ทั้งในรูปแบบที่จะนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆ จึงมีการนำแป้งมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเรียกว่า “แป้งดัดแปร” (modified starch)

การดัดแปรสภาพแป้งดิบทำได้หลายวิธี เช่น Acid Hydrolysis, Cross - Linking, Pregelatinized เป็นต้น แต่สำหรับงานวิจัยนี้เลือกศึกษาการแปรสภาพแป้งดิบโดยการใช้ด่างและแอลกอฮอล์ เพื่อทำเป็น “แป้งละลายน้ำเย็น” (Granular-Clod-Water-Soluble-Starch: GCWSS) เป็นการแปรรูปจนได้แป้งที่สามารถละลายในน้ำเย็นโดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการเกิดเจลลาติโนเซชัน โดยใช้แป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นแป้งเป็นแป้งที่ผลิตได้ภายในประเทศและมีกำลังการผลิตสูงเป็นอันดับต้นๆ ของประเทศด้วย จากการดัดแปรสภาพแป้งพบว่าแป้งทั้ง 2 ชนิดมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีขึ้นกว่าแป้งที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปรสภาพ

1.2 วัตถุประสงค์การศึกษา

- 1.2.1 ศึกษาสภาวะในการตัดแปรทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้วิธีการปรับสภาพแป้งด้วยค่าและแอลกอฮอล์
- 1.2.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังตัดแปร
- ความสามารถในการละลายน้ำ
 - ความสามารถในการอุ้มน้ำ
 - ค่าความใส
 - ค่าการเกิดเจลลิตีในเซชัน
 - ความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย
- 1.2.3 ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังตัดแปร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

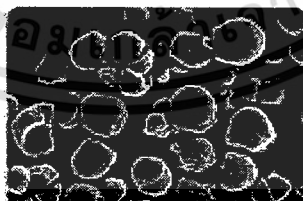
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 แป้งมันสำปะหลัง

แป้งมันสำปะหลังมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว ลักษณะเด่นของแป้งมันสำปะหลัง คือ มีความบริสุทธิ์สูงมีสิ่งเจือปนต่ำ โดยมีสารขมอยู่มากกว่าร้อยละ 95 และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน อยู่ค่อนข้างต่ำ (< 1%) มีฟอสฟอรัสน้อยกว่า 0.04% ลักษณะของเม็ดแป้งเมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมีรูปร่างเป็นเม็ดกลมหรือรูปร่างไข่ และอาจมีรอยปมที่ปลายด้านหนึ่งของเม็ดแป้ง เม็ดแป้งโดยส่วนใหญ่จะมีขนาดปานกลางคืออยู่ในช่วง 3 – 40 ไมครอน และมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 12 – 15 ไมครอน ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าแป้งมันฝรั่ง (5- 100 ไมครอน) แต่ใหญ่กว่าแป้งข้าวเจ้า (3 – 5 ไมครอน) ลักษณะโครงสร้างผลึกของเม็ดแป้งมันสำปะหลังเมื่อตรวจดูด้วย X – ray diffractometer จะมีทั้งที่เป็นแบบ A และแบบ C ที่ใกล้เคียงกับแบบ A (C_A) และมีปริมาณผลึก (% crystallinity) 15 – 18%

แป้งมันสำปะหลังเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดโมเลกุลขนาดใหญ่ ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสจำนวนมากต่อกัน แบ่งออกเป็น อะมิโลส (Amylose) และอะมิโลเพคติน (Amylopectin) แป้งมันสำปะหลังจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสค่อนข้างต่ำ คือ 18 – 23%

แป้งมันสำปะหลังเมื่อผสมน้ำทำให้สุกจะได้ลักษณะที่เหนียว สามารถดูดน้ำได้ถึง 10 เท่าของน้ำหนักที่ 25 °C เกิดเจลลิตในเซชันที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งธัญพืชอื่นๆ (50-68 °C) และอัตราการเพิ่มความข้นเหนียวจะรวดเร็วกว่า ทั้งยังเกิดการสลายตัวมากกว่า ถ้าเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นความข้นเหนียวจะลดลง พบว่าเม็ดแป้งมันสำปะหลังจะแตกออกอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 80 °C



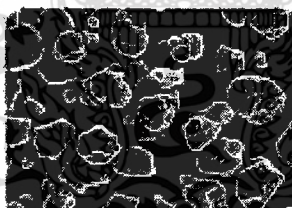
ภาพที่ 1 ลักษณะเม็ดแป้งมันสำปะหลังด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

2.2 แป้งข้าวเจ้า

แป้งที่ได้จากข้าวเจ้ามีกระบวนการในการผลิตโดยนิยมใช้ปลายข้าวหรือข้าวหัก เป็นวัตถุดิบในการผลิต (วุฒิชัย, 2535) ลักษณะที่ดีของแป้งข้าวเจ้าจะต้องมีสีขาวหรือขาวนวล มีกลิ่นตามธรรมชาติของแป้งข้าวเจ้าไม่มีกลิ่นอับหืน เหม็นเปรี้ยว ปราศจากสิ่งแปลกปลอมต้องเป็นผงละเอียดไม่จับตัวเป็นก้อน ลักษณะของเม็ดแป้งเมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีรูปร่างหลายเหลี่ยม เม็ดแป้งมีขนาดเฉลี่ย 3-5 ไมครอน มีขนาดเล็กที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดแป้งชนิดอื่น

แป้งข้าวเจ้ามีองค์ประกอบทางเคมีของเม็ดแป้งส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต 90% ซึ่งเป็นสตาร์ชเกือบทั้งหมดนอกจากนั้นก็มีโปรตีน 7% ไขมัน 1.5% ที่เหลือวิตามินเกลือแร่และสารอื่นอีก 1.5% โดยสตาร์ชในเม็ดข้าวจะประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสจำนวนมากต่อกันแบ่งเป็น อะมิโลส (amylose) และอะมิโลเพคติน (amylopectin) ในข้าวแต่ละชนิดจะมีสัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินแตกต่างกันออกไป เช่น สตาร์ชจากข้าวเหนียวมีอะมิโลเพคตินเกือบ 100% ส่วนสตาร์ชจากข้าวเจ้ามีอะมิโลสตั้งแต่ 15 – 35%

ในการผลิตแป้งข้าวเจ้านิยมใช้ข้าวประเภทที่มีอะมิโลสสูง ทั้งนี้เพราะเมื่อนำไปประกอบอาหาร เช่น ทอดจะให้ความแข็งกรอบ หรือนำไปนึ่งเมื่อเย็นลงจะเกิดแผ่นฟิล์ม เช่น ก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ข้าวหอมมะลิที่บริโภคไม่เหมาะสมนำมาผลิตแป้งเพราะมีปริมาณอะมิโลสต่ำ แป้งข้าวเจ้ามีอุณหภูมิในการเกิดเจลลิตีในเซชันที่ 61 – 78 °C



ภาพที่ 2 ลักษณะเม็ดแป้งข้าวเจ้าด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

2.3 แป้งและความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแป้ง

แป้ง (Starch) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืช โดยสะสมไว้ในเมล็ด ผล ราก ลำต้นและใบ อาจจะ

แบ่งแป้งออกได้เป็น 3 ประเภทตามแหล่งที่พบ คือ

- แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ชั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ บริเวณเปลือก และบริเวณอณูฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มี

จำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำเนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างภายในร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ได้แก่ ข้าวสาลี (Wheat), ข้าวฟ่าง (sorghum), ข้าวเจ้า (rice), ถั่วเขียว (mung bean)

- แป้งจากรากหรือหัว มีการพองตัวเพียงชั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่า แป้งจากรั้วพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะที่น้อยกว่า จะเกิดการเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากรั้วพืช ได้แก่ มันฝรั่ง (potato), มันสำปะหลัง (tapioca), มันเทศ (sweet potato), แป้งท้าวขามอม (arrow root)

- แป้งจากลำต้น ได้แก่ สาเก (sago)

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้ง

แป้งประกอบด้วยคาร์บอนร้อยละ 44.4 ไฮโดรเจนร้อยละ 6.2 และออกซิเจนร้อยละ 49.4 โดยอยู่ในรูปโพลิเมอร์ของ α -D glucose เป็นส่วนใหญ่ นอกนั้นจะมีโปรตีน ไขมัน pentosan ฟอสฟอรัส และเถ้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งธัญพืชชนิดต่างๆ

ชนิดของแป้ง	ความชื้น (%)	ไขมัน (%)	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	เถ้า (%)	เส้นใย (%)
ข้าวฟ่าง	11.00	3.20	70.90	11.00	1.50	2.40
ข้าวเจ้า	12.00	1.90	62.70	8.00	6.30	9.00
ข้าวโพด	11.50	4.30	71.00	9.80	1.50	1.90
ข้าวบาร์เลย์	15.00	1.50	66.40	10.00	2.60	5.00
ข้าวสาลี	15.00	2.50	63.00	13.60	1.50	2.20
ข้าวโอ๊ต	11.00	1.50	71.70	12.40	2.00	2.30
ข้าวไรน์	10.00	4.70	62.10	10.30	2.60	9.30

ที่มา : Swinkels (1985)

2.3.2 ลักษณะสำคัญทางกายภาพและทางเคมี

2.3.2.1 ลักษณะสำคัญทางกายภาพ

แป้งมีลักษณะเป็นผงละเอียด สัมผัสจะรู้สึกว่ามีกลิ่นมัน ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.50-1.53 ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของแป้ง ไม่มีการตกผลึก ไม่ละลายในน้ำเย็น หรือตัวทำละลายอินทรีย์ การศึกษาขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง (Starch granule) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดา พบว่าเม็ดแป้งมีขนาด 1-2 ไมครอน ไปจนถึง 200 ไมครอน มีลักษณะรูปร่างแตกต่างกันไปทั้งแบบทรงกลม รูปไข่และหลายเหลี่ยมภายในเม็ดแป้งมีโมเลกุลเป็นเส้นยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ amyloses มาเกาะเกี่ยวกับโมเลกุลที่มีกิ่งก้านสาขาของ amylopectin โดยมีพันธะไฮโดรเจน (H-bond) เป็นตัวช่วยเกาะเกี่ยวให้เข้ามาจัดเรียงตัวกันเป็นชั้นๆ บางส่วนอาจจะจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น บางส่วนก็จะบาง ความหนา-บางจะสลับกันไปในแนวรัศมีของเม็ดแป้ง จึงทำให้เกิดลักษณะที่เรียกว่า วงแหวน (concentric ring) ขึ้นในเม็ดแป้ง จุดศูนย์กลางของวงแหวนเรียกว่า ไฮลัม (hilum) อาจอยู่ตรงกลาง หรืออยู่ที่ส่วนปลายด้านแคบของเม็ดแป้ง ถ้าส่องด้วยกล้องโพลาไรซ์ (polarized microscope) จะมองเห็นวงแหวนและไฮลัม เป็นเครื่องหมายกากบาทสีดำชัดเจน (birefringence หรือ polarization cross) โดยจุดตัดของกากบาทจะเป็นตำแหน่งของไฮลัม และบริเวณอื่นจะเห็นเป็นแสงสว่างวาว ซึ่งเป็นสิ่งยืนยันถึงลักษณะที่โมเลกุลของแป้งมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ และเนื่องจากการจัดเรียงตัวเป็นแบบหนา-บางของ amylose และ amylopectin นี้เองทำให้เกิดบริเวณซึ่งเรียกว่า amorphous region และ crystalline region (micelle หรือ crystallites) โดยส่วน crystallite จะเป็นบริเวณที่โมเลกุลจัดเรียงตัวกันหนาแน่นเป็นระเบียบ พองตัวยาก และทนต่อปฏิกิริยาได้มากกว่าส่วน amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่โมเลกุลจัดเรียงตัวกันไม่หนาแน่น มีกลุ่มไฮดรอนซิลอิสระอยู่มาก จึงทำให้พองตัวง่าย และเป็นส่วนที่ไวต่อปฏิกิริยา

Osman (1967) ศึกษาขนาดและลักษณะรูปร่างเม็ดแป้งต่างๆ พบว่าเม็ดแป้งข้าวเจ้ามีขนาดเล็กที่สุดคือขนาด 3-8 ไมครอนมีลักษณะเป็นรูปหลายเหลี่ยมมักพบอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เนื่องจากมีขนาดเล็กจึงเห็นไฮลัมวงแหวนและเครื่องหมายกากบาทไม่ชัดเม็ดแป้งมันฝรั่งมีขนาดใหญ่เล็กคละกันมีขนาด 15-100 ไมครอนขนาดใหญ่จะมีลักษณะรูปไข่ขนาดเล็กจะมีลักษณะเหมือนหอยนางรม (oyster) เห็นไฮลัมได้ชัด โดยอยู่ทางปลายด้านที่เล็กกว่าของเม็ดแป้งและเห็นเครื่องหมายกากบาทได้ชัดเม็ดแป้งข้าวโพดมีขนาด 1. -25 ไมครอน มีทั้งลักษณะกลมและหลายเหลี่ยมและคล้ายคลึงกันทั้งแบบธรรมดาและแบบข้าวเหนียว (waxy maize) แต่รูปร่างเม็ดแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวจะมีเหลี่ยมมากกว่า มีไฮลัม และเครื่องหมายกากบาทที่เห็นได้ชัดพอควร เม็ดแป้งมันสำปะหลังขนาดเล็กเท่ากับเม็ดแป้งข้าวโพด โดยอยู่ในช่วง 5-35 ไมครอนแต่จะมีลักษณะเป็นรูปทรงกลมหรือรูปไข่ที่มีด้านหนึ่งตัดตรง ซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของแป้งนี้ ไฮลัมจะอยู่ตรงศูนย์กลางเห็นเครื่องหมายกากบาทได้ชัดเจน เม็ดแป้งมันเทศ (sweet potato starch granule) มีลักษณะคล้ายเม็ดแป้งข้าวโพดแต่มีขนาดใหญ่กว่าโดยเฉลี่ยใหญ่กว่าประมาณ 1 1/2-2 เท่า เห็นไฮลัมและเครื่องหมายกากบาทไม่ชัดแป้งสาลี แป้งไรน์ และแป้งบาร์เลย์ มีลักษณะกลมที่คล้ายกันโดยมีทั้งขนาดใหญ่และเล็กคละกันขนาดเล็ก 2-6 ไมครอน และขนาดใหญ่ 20-35 ไมครอน ไฮลัมและเครื่องหมายกากบาทเห็นไม่ชัดเม็ดแป้งสาเก (sago starch granule) และเม็ดแป้งท้าวขาม่อม (arrowroot starch granule) มีลักษณะรูปไข่และขนาดเฉลี่ยเท่ากัน ประมาณ 25-50 ไมครอน ไฮลัมอยู่ตรงศูนย์กลางมองเห็นเครื่องหมายกากบาทชัดพอควร เม็ดแป้งแคนนา (canna starch granule) มีขนาดใหญ่สุดเฉลี่ย 120-140 ไมครอนลักษณะเหมือนเม็ดแป้งมันฝรั่ง เม็ดแป้งข้าฟ่าง ข้าวเหนียว (waxy sorghum starch) มีลักษณะรูปร่างคล้ายเม็ดแป้งข้าวโพดขนาดเฉลี่ยประมาณ 15 ไมครอน โดยมีช่วง 6-30 ไมครอน เห็นไฮลัมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมายกากบาทขีดและจากการศึกษาของ Nautical และ D'Appolonia (1979) พบว่าแป้งถั่วเขียว มีลักษณะกลมหรือรูปไข่ บางเม็ดโค้งงอไม่สม่ำเสมอ ขนาด 12-32 ไมครอน เห็นไฮลัมและเครื่องหมายกากบาทขีดบริเวณตรงกลาง

2.3.2.2 ลักษณะสำคัญทางเคมี

ก. โครงสร้างของแป้ง แป้งเป็น polysaccharide ซึ่งเป็น polymer ของ α -D glucose แป้งแต่ละเม็ดประกอบด้วยโมเลกุลของ amylose และ amylopectin (ภาพที่ 3 และภาพที่ 4) โครงสร้างของ amylose เป็น polymer ของน้ำตาล glucose ที่ต่อกันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ α -1,4 glucosidic ความยาวของ chain ประมาณ 200-20000 anhydroglucose unit (AGU) ส่วน amylopectin เป็น polymer ที่แตกเป็นสาขามากมาย ซึ่งประกอบด้วย glucose เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6 glucosidic แต่ละสาขาประกอบด้วย glucose ประมาณ 15-25 AGU ซึ่งกิ่งของ amylopectin ในแป้งแต่ละชนิดจะมีความยาวแตกต่างกัน โมเลกุลของ amylopectin มีขนาดใหญ่ น้ำหนักโมเลกุล 50-100 ล้าน

ภาพที่ 3 โครงสร้างของ amylose



ภาพที่ 4 โครงสร้างของ amylopectin

ความแตกต่างระหว่าง amylose กับ amylopectin ตัวแสดงในตารางที่ 2
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ความแตกต่างของ amylose และ amylopectin

Amylose	amylopectin
1. ประกอบด้วยโมเลกุล glucose ที่ต่อกันเป็นเส้นตรง	1. ประกอบด้วย โมเลกุล glucose ต่อกัน มีกิ่งก้านสาขาเหมือนกิ่งไม้
2. ประกอบด้วย Glucose 200-2000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งมี glucose 20-25 หน่วย
3. พันระที่จับ $\alpha-1,4$	3. พันระที่จับ $\alpha-1,4$ และ $\alpha-1,6$
4. ไม่มีฟอสฟอรัส	4. มีฟอสฟอรัสประมาณ 0.06-0.09% โดยอยู่ในรูปของฟอสเฟตเอสเทอร์ที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 6
5. ละลายน้ำได้น้อยกว่า	5. ละลายน้ำได้ดีกว่า
6. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อยและขุ่น	6. ข้นหนืดมากและใส
7. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	7. ให้สีม่วงแดงหรือน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
8. เกิด retrogradation ได้ง่าย	8. เกิด retrogradation ช้า

ที่มา : กล้าณรงค์ และเกื้อกุล (2543)

ข. อัตราส่วน Amylose ต่อ amylopectin แบ่งต่างกันจะมีอัตราส่วนของ amylose และ amylopectin ต่างกัน และโดยทั่วไปแบ่งจะมี amylose 20-25% และ amylopectin 75-80% แต่พบว่าธรรมชาติยังมีกลุ่มของแป้งอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร รวมทั้งการนำมาทำแป้งดัดแปลงคือ แป้งข้าวเหนียว ข้าวโพดข้าวเหนียว ข้าวฟ่างข้าวเหนียว ซึ่งมีปริมาณ amylose เพียง 1% เท่านั้นและนอกจากนี้ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมทำให้สามารถเพิ่มปริมาณ amylose จากระดับปกติ เช่น amy1 maize มี amylose 50-70%

อัตราส่วนของ amylose ต่อ amylopectin จะมีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืด ความในของ paste ที่ได้หลังจากเย็นลง และ retrogradation ของ paste เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น แป้งที่มี amylose สูง จะมีคุณสมบัติในการพองตัวสูงกว่าปกติ amylose เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดีเมื่อต้มในน้ำเดือดจะมีความหนืดน้อยกว่าแต่ขุ่นกว่า amylopectin เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น amylose เกิด retrogradation ได้

ส่วนแป้งที่มี amylopectin จะไม่เกิด retrogradation (Whistler และคณะ, 1948) amylose ของแป้งต่างชนิดกันจะมีอัตราการเกิด retrogradation ของเม็ดแป้งแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโมเลกุลของ amylose แป้งต่างชนิดกันจะมี amylose แตกต่างกัน และยังทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหารแตกต่างกันดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะเฉพาะของแป้งชนิดต่างๆ

Starch	Amylose Content (%)	Clarity	Gel structure	Texture
Potato	20	clear	No gelling	Salve
Common corn	27	slight opacity	Firm gel	Gel
Waxy corn	0	Clear	No gelling	Paste
Tapioca	22	Clear	Soft gel	Gel
High amylose corn	55	Opaque	Rigid gel	Gel

ที่มา : SWINKELS (1985)

2.3.3 การพองตัวและการละลาย

2.3.3.1 ปรากฏการณ์การพองตัวและการละลาย

แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น แต่จะดูดซึมน้ำไว้ได้ประมาณ 25-30% และพองตัวน้อยมากจนไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดเรียงจัดเรียงตัวกัน (Intermixed) ระหว่าง โมเลกุลของ amylose และ amylopectin ภายในเม็ดแป้ง คือส่วน Crystallite มีโมเลกุลอยู่กันหนาแน่นแข็งแรงเป็น Micelle ดังนั้นจะป้องกันการกระจายตัว และจะไม่ละลายในน้ำเย็น และส่วน amorphous ซึ่งเป็นส่วนที่เกาะเกี่ยวกันอย่างหลวมๆ ไม่เป็นระเบียบระหว่าง Micelle (ภาพที่ 4 ก) และมีหมู่ไฮดรอกซิลอิสระมาก ดังนั้นจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาการรับน้ำ (hydration) ได้บ้างแม้ในน้ำเย็น แต่เมื่อให้น้ำเป็นมีอุณหภูมิสูงขึ้นซึ่ง Collision (1968) พบว่าประมาณ 60C° ขึ้นไปส่วน amorphous จะรับน้ำได้มากและการจับกันของโมเลกุลในส่วน crystallite เริ่มคลายความหนาแน่นลง โมเลกุลส่วนที่เริ่มคลายตัวออกจากกันจะมีการรับน้ำได้ ทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้น โมเลกุลในส่วน crystallite ที่เหลืออยู่เกิดสภาพคล้ายร่างแห เรียกว่า micelle network ซึ่งยึดเหนี่ยวกันไว้ (ภาพที่ 4 ข) ทำให้เม็ดแป้งยังคงสภาพอยู่ได้ แต่อาจมีโมเลกุล amylose และ amylopectin ซึ่งมีขนาดเล็กเป็นอิสระกระจายตัวออกมาจากเม็ดแป้งทำ

ให้เกิดสภาพการละลายขึ้น เมื่อให้อุณหภูมิน้ำแข็งสูงขึ้นไปอีก ส่วน crystallite ที่เหลืออยู่นี้คล้ายตัว ทำให้เม็ดแข็งพอตัวเต็มที่จะแตกในที่สุด ทำให้เกิดสภาพการละลายมาก (Swinkle, 1985)



ก



ข

ภาพที่ 5 ส่วนของ โมเลกุลที่เป็น Crystallite (เส้นทึบ) และ amorphous (เส้นบาง)

ก. ไม่พองตัว (Unswollen network)

ข. พองตัว (Swollen network)

ที่มา : Leach และคณะ (1959)

ปริมาณแข็งแห้งในน้ำ 100 ml. ที่พองตัวเต็มที่ที่ 95°C จนเม็ดแข็งมีปริมาตรแทนที่น้ำทั้งหมด เรียกว่า Critical concentration value

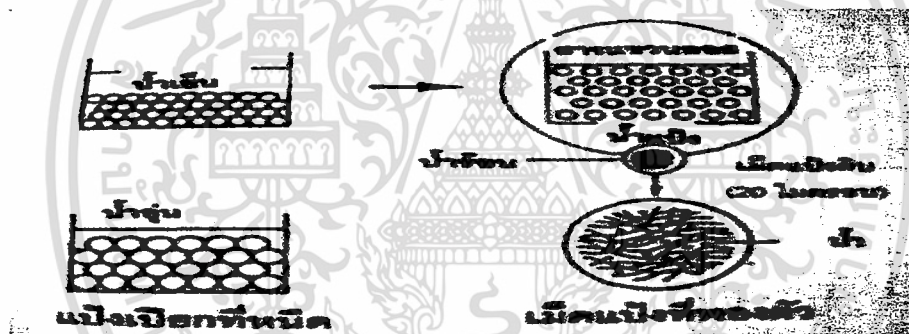
2.3.3.2 รูปแบบการพองตัวและการละลายของแข็งต่างๆ

Leach และคณะ (1959) ศึกษาและเปรียบเทียบพฤติกรรมการพองตัว และการละลายของแข็งต่างๆ หลายชนิด ได้แก่ แข็งจาก มันฝรั่ง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง ข้าวฟ่างข้าวเหนียว ข้าวโพดข้าวเหนียว พร้อมทั้งแข็งดัดแปลง โดยวิธี Sedimentation method แบบซึ่งน้ำหนักของส่วนตะกอน คำนวณหาความสามารถในการพองตัว (swelling power) ในรูปของน้ำหนักของส่วนตะกอน ต่อน้ำหนักของแข็งแห้ง และการละลายของแข็งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การละลายของน้ำหนักแข็งแห้ง แข็งในสายพันธุ์เดียวกันจะมีรูปแบบของการพองตัวและการละลายคล้ายคลึงกัน

Sari และ Fetzer (1944) แบ่งแข็งออกเป็น 3 กลุ่มตามความสามารถในการดูดซึมน้ำได้แก่ 1) แข็งจากธัญพืช 2) แข็งจากพืชไร่ 3) แข็งจากรากพืชหัว จากการทดลองของ Leach และคณะ (1959) พบว่าแข็งกลุ่มเดียวกันมีแนวโน้มของรูปแบบการพองตัวคล้ายกัน แข็งจากพืชหัว ได้แก่ แข็งมันฝรั่ง จะพองตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่าและพองตัวอย่างเร็วมาก และพองตัวได้เต็มที่เมื่อเม็ดแข็งมีอุณหภูมิถึงอุณหภูมิเจลาติในเซชันรูปแบบการพองตัวเป็นแบบหนึ่งขึ้นตอน (one-stage swelling) ซึ่งแสดงถึงการจับกันระหว่างโมเลกุล จับกันอย่างหลวมๆด้วยแรงที่สม่ำเสมอ (uniform bond

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

strength) ส่วนแข็งจากพันธะ ซึ่งในช่วงอุณหภูมิเจลาตินในเซชันสูงแข็งจากพันธะ จะเริ่มมองตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าและแสดงรูปแบบการพองตัวและการละลายเป็นสองขั้นตอน (two-state swelling) ซึ่งพฤติกรรมแบบนี้แสดงถึงการจับกันระหว่างโมเลกุลที่มีความหนาแน่นกว่า แต่ไม่สม่ำเสมอ โดยจะมีแรงจับกัน (bonding force) สองชุด ซึ่งจะคลายตัว (relax) ที่อุณหภูมิต่างกัน และแข็งจากพันธะแรก เช่น แป้งมันสำปะหลัง จะเริ่มพองตัวที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับแป้งมันฝรั่ง และที่อุณหภูมิต่ำกว่าแข็งจากพันธะที่สอง รูปแบบเป็นแบบหนึ่งขั้นตอนแต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะมีอัตราการพองตัวที่ช้าลง แสดงว่าการจับกันระหว่างโมเลกุลในแป้งจากพืชแรกอยู่กันหนาแน่นน้อยกว่าในแป้งจากพืช แต่เกาะกันด้วยแรงที่สม่ำเสมอ อัตราการพองตัวของแป้งข้าวโพด ข้าวฟ่างธรรมชาติจะน้อยกว่าแบบแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวและแป้งข้าวฟ่างข้าวเหนียว แสดงว่า การมี amylose ในส่วน crystallite จะทำให้ส่วน crystallite แข็งแรงขึ้น มีผลยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง แป้งที่มีปริมาณ amylose ใกล้เคียงกันแต่ต่างกลุ่มกัน เช่น แป้งสาลี และมันฝรั่งมี amylose 24% และ 22% ตามลำดับ มีรูปแบบการพองตัวแตกต่างกันมากซึ่ง Collison (1968) ให้เหตุผลเช่นเดียวกับ Leach (1965) คือเป็นเพราะ โครงสร้างของโมเลกุลภายในเม็ดแป้งในส่วน Crystallite มีความแตกต่างกัน



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม

ที่มา : กล้าณรงค์ และเกื้อกุล (2543)

Leach (1965) ได้ศึกษาการพองตัวและการละลายของแป้งหลายชนิดที่อุณหภูมิ 95 C⁰ โดยใช้วิธีการของ Leach และคณะ (1959) ผลเป็นดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การพองตัวและการละลายของแป้งต่างๆที่อุณหภูมิ 95 C°

ชนิดแป้ง	ชนิด	ความสามารถ		Critical concen- tration value (กรัมน้ำหนักแห้ง)
		ในการพองตัว (น้ำหนักของตะกอน ต่อน้ำหนักแป้งแห้ง)	%การละลาย	
มันฝรั่ง	พีชหัว	1000	82	น้อยกว่า 0.1
มันสำปะหลัง	พีชราก	71	48	1.4
ท้าวขาม่อม	"	54	28	1.9
มันเทศ	"	46	18	2.2
ข้าวโพด	ธัญพีช	24	25	4.4
ข้าวฟ่าง	"	22	22	4.8
ข้าวสาลี	"	19	18	5.6
ข้าวโพดข้าว	"	64	23	1.6
เหนียว				
ข้าวเหนียว	"	56	13	1.8
ข้าวฟ่างข้าว	"	49	19	2.1
เหนียว				
Amylonaize	"	6	12	20.0
ถั่วริงเกล	ตระกูลถั่ว	6	19	20.0

ที่มา : Leach (1965)

2.3.4 ช่วงอุณหภูมิเจลาตินในเซชัน (Gelatinization temperature range)

2.4.4.1 ปรากฏการณ์การเกิดเจลาตินในเซชัน

เมื่อนำแป้งใสในน้ำเย็น เม็ดแป้งดูดซับน้ำได้ในปริมาณจำกัดปริมาณหนึ่ง ทำให้แป้งมีความชื้นเพิ่มแต่จะไม่พองตัว หรือพองตัวได้จำกัดมากและสังเกตได้ยาก Collison (1968) สังเกตการณ์พองตัวของเม็ดแป้งสาลีในน้ำที่อุณหภูมิห้องพบว่าพองตัวมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 10 เท่า และปรากฏการณ์นี้สามารถผันกลับได้ (reversible) โดยเมื่อนำไปตากแห้งก็จะได้ลักษณะและคุณสมบัติเดิมทั้งนี้เขาอธิบายว่าในสภาวะธรรมชาติในเม็ดแป้งมีการจับกันของโมเลกุล amylase และ amylopectin ในส่วนที่เป็น crystallite อย่างหนาแน่นแข็งแรง จึงไม่ละลายในน้ำเย็น แต่น้ำจะซึมเข้าไปในส่วน amorphous ของเม็ดแป้งซึ่งไม่แข็งแรงและมีกลุ่มไฮดรอกซิลอิสระ และจับกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธะไฮโดรเจนได้บ้าง แต่เมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิหนึ่งประมาณ 60-70 C⁰ หรือใช้สารเคมี เช่น ให้ความร้อน 60C⁰ แก่แป้งสาลี จะมีผลทำให้การจับกันระหว่างโมเลกุลของแป้ง ซึ่งไม่สามารถ ผันกลับได้ (irreversible) และทำให้สารละลายแป้งมีความหนืดและมีความใสขึ้น ขบวนการนี้เรียกว่า เจลาติไนเซชัน (gelatinization) ซึ่งเมื่อมองด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่ามี การเปลี่ยนแปลงทาง กายภาพเกิดขึ้นที่สำคัญคือการเกิดกรพองตัวของเม็ดแป้งและเครื่องหมายกากบาทภายในเม็ดแป้งจะ หายไป อุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามสายพันธุ์ของแป้ง ซึ่ง Leach (1965) ให้เหตุผลว่าเม็ดแป้งจากแต่ละสายพันธุ์ก็จะมีส่วน crystallite ที่แตกต่างกันทั้ง ระดับการอยู่ร่วมกัน (degree of association) และความสม่ำเสมอ (uniform) และเม็ดแป้งชนิดเดียวกัน จากแหล่งเดียวกันก็จะเจลาติไนซ์ไม่พร้อมกันทุกเม็ด ปกติจะอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ห่างกัน 8-140 C⁰ Osman (1967) และ Collisom (1968) รายงานว่าในตัวอย่างเดียวกันเม็ดแป้งขนาดใหญ่จะเกิด เจลาติไนซ์ได้ก่อนขนาดเล็กแต่ Goering และคณะ (1974) ได้ขัดแย้งความเห็นนี้โดยทำการทดลอง กับข้าวบาร์เลย์ซึ่งมีเม็ดแป้งขนาดเล็กอยู่ประมาณ 30% ใช้กำลังขยาย 100 เท่าสำหรับเม็ดแป้งขนาดใหญ่ และ 640 เท่าสำหรับขนาดเล็กใช้ Scanning Electron Microscope(SEM) ดูโครงสร้างอย่าง ละเอียดเปรียบเทียบด้วยพบว่า การสูญเสียเครื่องหมายกากบาทจะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน การที่โมเลกุลที่เป็นเส้นตรงมากหรือน้อยในแป้งไม่มีผลต่ออุณหภูมิเจลาติไนเซชัน ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจะมีช่วง ของอุณหภูมิใกล้เคียงกัน ข้าวโพด ข้าวฟ่างแบบธรรมดา และข้าวเหนียวเช่นกันแต่แป้งที่มีโมเลกุลที่เป็นแบบเส้นตรงสูงมากคั้งนั้น ทำให้เกิดสภาพการอยู่ร่วมกันได้ดีมาก (High associated) จะทำให้ สามารถต้านทานการเกิดเจลาติไนซ์ได้แม้กระทั่งในน้ำเดือด ในปี 1981 Owasu ansah และคณะ รายงานว่า ส่วน Crystallite ในแป้งจะต่อต้านการดูดซึมน้ำ ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นในการไป ทำลายเพื่อเปลี่ยนเป็นส่วน amorphous การเกิดเจลาติไนเซชันอย่างสมบูรณ์จะมีโครงสร้างแบบ amorphous ทั้งหมด ดังนั้นถ้าสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของส่วน crystallite โดยการ ใช้ X-ray diffraction ได้ก็จะสามารถสัมพันธ์กับการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งได้

2.3.4.2 วิธีการหาช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันแป้งต่างๆ

วิธีง่ายและแม่นยำคือ การสูญเสียเครื่องหมายกากบาทเมื่อทำให้น้ำแป้งมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่าง ช้าๆ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ แบบ Kofler (Kofler hot stage microscope) ซึ่งเป็นกล้องจุลทรรศน์ ที่มีระบบการให้ความร้อนแต่ตัวอย่างน้ำแป้งบนแผ่นสไลด์อย่างต่อเนื่องและมองผ่านแสงโพลาไรซ์ แผ่นความร้อยจะทำให้อุณหภูมิของสารละลายแป้งสูงขึ้นในอัตรา 2C⁰ ต่อนาที เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการ เปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งจะเกิดขึ้น จุดเริ่มต้นที่เห็นคือเม็ดแป้งประมาณ 2% เริ่มพองตัวและสูญเสีย เครื่องหมายกากบาท ซึ่งจะบันทึกเป็นจุดเริ่มต้น ของการเกิดเจลาติไนเซชัน (initial of gelatinization) เมื่อเม็ดแป้งในตัวอย่างสูญเสียเครื่องหมายกากบาทไป 50% จะเรียกเป็นจุดกลางของเจลาติไนเซชัน (midpoint of gelatinization) และเมื่อเม็ดแป้งในตัวอย่างสูญเสียเครื่องหมายกากบาทไปประมาณ 98% จะเรียกเป็นจุดสุดท้ายของเจลาติไนเซชัน (final of gelatinization หรือ completion point)

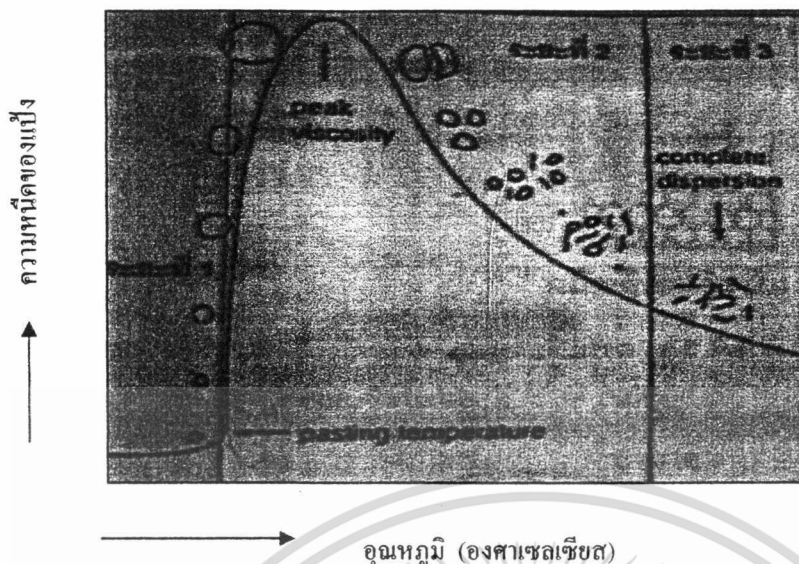
ดังนั้นส่วนใหญ่มักจะแสดงช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งเป็นตัวเลขชุด จากการทดลองของ Schoch และ Maywald (1967) อุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งต่างๆ จะเป็นดังตารางที่ 5 แต่ถ้าระบุเป็นอุณหภูมิเดียวก็จะเป็นจุดสุดท้ายของเจลาติไนเซชัน หรือที่เรียกกันว่า Birefringence and point temperature (BEPT)

ตารางที่ 5 อุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งต่างๆ กำหนดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ Kofler สังเกตการสูญเสียเครื่องหมายกากบาท

ชนิดของแป้ง	อุณหภูมิ (°C)
ข้าวโพด	62-67-72
ข้าวโพดข้าวเหนียว	63-68-72
ข้าวโพด Amylase สูง	67-80-มากกว่า 100
ข้าวฟ่าง	68-73.5-78
ข้าวฟ่างข้าวเหนียว	67.5-70.5-74
พันธุ์บราซิลเลียน (Brazilian)	49-57-64.5
พันธุ์ไซเอมมิส (Siamese)	62-68-73
พันธุ์โดมินิกัน (Dominican)	58.5-64.5-70
ข้าวบาร์เลย์	51.5-57-59.5
ข้าวไรน์	57-61-70
ข้าวเจ้า	68-74.5-78
ข้าวสาลี	58-61-64

ที่มา : Schacht และ Maywood (1967)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 ระยะในการเกิดเจลาตินในเซชันของเม็ดแป้ง

ที่มา : Sander (1996)

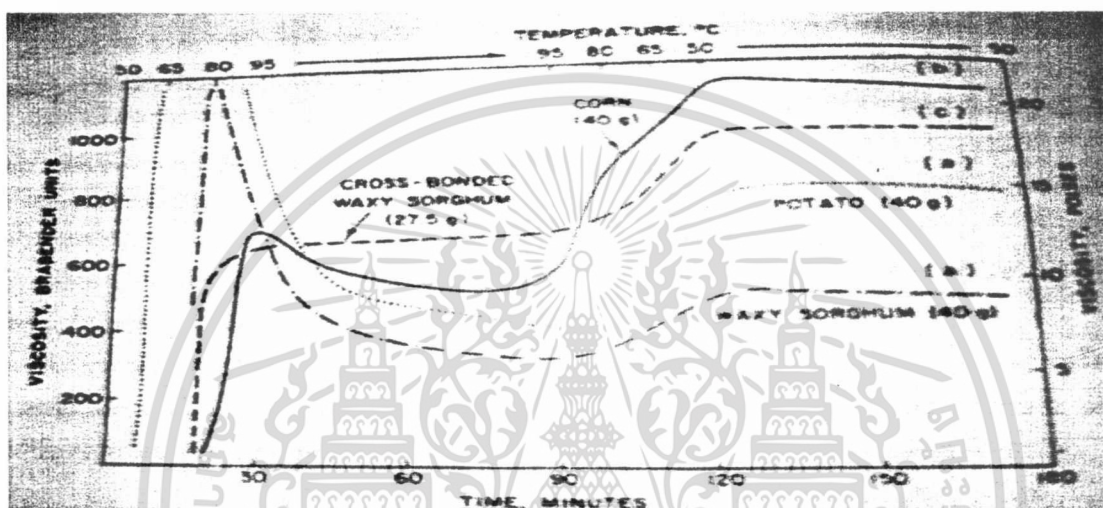
2.3.5 ความหนืด (Viscosity)

คุณสมบัติที่สำคัญและเป็นประโยชน์มากที่สุดของแป้งคือ เมื่อให้ความร้อนจะสามารถพองตัวในน้ำและให้ความหนืด การหาความหนืดของน้ำแป้งสุก(Paste) มีหลายวิธีการเลือกเครื่องมือใดๆ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดคือ การใช้ Bra bender amylo graph ซึ่งติดตามพฤติกรรมความหนืดของแป้งตลอดการทำให้ร้อน (heating) การหุงต้ม (cooking) และการทำให้เย็น (cooling) ออกมาในรูปแบบกราฟแสดงพฤติกรรมความหนืด (amylograph) อย่างต่อเนื่อง รองลงมาคือ Corn industries Viscometer

พฤติกรรมความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะและแตกต่างกันไปตามชนิดและสายพันธุ์ของแป้ง เมื่อเม็ดแป้งซึ่งเขว่นลอยในน้ำได้รับความร้อนจนถึงระดับหนึ่ง จะพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ให้ความหนืดเพิ่มเร็วมาก อุณหภูมิที่ความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้เรียกว่า Pasting temperature ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) จากนั้นจะลดลงในอัตราที่ช้าลง การที่แป้งมี peak viscosity ก็สืบเนื่องจากเมื่อเม็ดแป้งพองตัวมากขึ้น ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นพร้อมการกวนนั้น จะมีบางส่วนที่แตกสลายออกมาอยู่เรื่อยๆ เมื่อใดก็ตามที่ส่วนที่แตกสลาย และละลายออกมามีมากกว่าการพองตัวที่เพิ่มขึ้นความหนืดก็จะลดลง และจะเห็นได้ชัดเมื่ออยู่ในช่วงการหุงต้มที่ 95 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงดังนั้นค่าความหนืดของน้ำแป้งสุกจะเกิดจากการผสมผสานของเม็ดแป้งที่อิสระซึ่ง โมเลกุลอิสระนี้ถ้าที่ขนาดโมเลกุลที่เหมาะสมคือ ไมสั้นหรือยาวเกินไป ก็จะสามารถเคลื่อนที่เข้ามาจับกันและกักน้ำไว้ได้อีก ให้ความหนืดสูงขึ้นอีก ความหนืดที่กลับสูงขึ้นอีกนี้เรียกว่า ค่า set back และปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Retrogradation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schlock และ Maywood (1968) ได้แบ่งลักษณะของกราฟแสดงพฤติกรรมความหนืดออกเป็น 4 แบบ ดังภาพที่ 6 คือ แบบ A เป็นลักษณะของกราฟที่ได้จากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวสูง เช่น แป้งมันฝรั่ง มันสำปะหลัง และแป้งจากธัญพืชที่เป็นแบบข้าวเหนียว แบบ B เป็นกราฟของเม็ดแป้งที่มีการพองตัวปานกลาง ได้แก่ แป้งจากธัญพืชทั่วไป แบบ C เป็นกราฟของเม็ดแป้งที่มีการพองตัวเล็กน้อย ได้แก่ แป้งของถั่วต่างๆ และแบบ D เป็นกราฟของเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก ได้แก่ แป้งที่มีปริมาณ amylase สูงเช่น แป้งข้าวโพดที่มีปริมาณ amylase 55-70%



ภาพที่ 8 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งที่มีการพองตัวแบบต่างๆ โดยความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ใช้เป็นกรรมของน้ำหนักแป้งแห้งต่อ น้ำแป้ง 500 มิลลิลิตร

2.4 การดัดแปรแป้ง (modified starch)

แป้งดัดแปร (modified starch) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งสาลี เป็นต้น มาเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีหรือกายภาพจากเดิมด้วยความร้อน สารเคมี หรือเอนไซม์ต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ การใช้แป้งดัดแปรในอุตสาหกรรมอาหารนั้น เกณฑ์ที่กำหนดและลักษณะบังคับของแป้งดัดแปรแต่ละประเภทต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงอุตสาหกรรม(2535) และทดสอบเกณฑ์ที่กำหนดให้เป็นไปตาม FAO Food and Nutrition Paper (1986)

ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของแป้งมีความสัมพันธ์กับการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร แป้งดิบ (native starch) จะมีข้อจำกัดในการใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ รวมทั้งในกระบวนการแปรรูปอาหาร แป้งที่พองตัวได้อย่างรวดเร็วจะให้ความหนืดสูงแต่จะไม่มี ความคงตัว ถ้าต้องการกวนหรือควนอย่างรุนแรง หรือเมื่อต้องใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานในระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากศูนย์อาหารการแพทย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ และไม่รับผิดชอบต่อผู้ใดที่นำเอกสารนี้ไปใช้

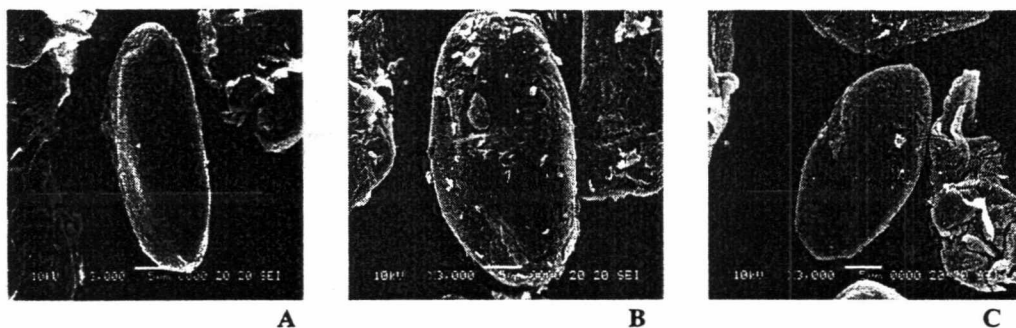
การแปรรูปอาหาร ในอาหารที่มีสภาพเป็นกรดหรือมีส่วนประกอบต่างๆที่มีผลต่อลักษณะความหนืดของแป้ง เช่น น้ำตาลจะยับยั้งการพองตัวของแป้งและลดความแข็งแรงของเจล หรือสภาวะเป็นกรดมากก็มีผลทำให้ความหนืดของแป้งสุกลดลง เพราะมีการย่อยสลายแป้งด้วยกรด นอกจากนี้ความคงตัวของแป้งสุกภายใต้สภาวะการแช่แข็งและความคงตัวต่อการละลายก็เป็นข้อจำกัดในการใช้งานของแป้งดิบ

แป้งที่มีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง จะคงทนต่อสภาวะการแช่แข็งและความคงตัวต่อการละลายได้ดีกว่าแป้งที่มีอะไมโลสสูง ในด้านความมีประจุของเม็ดแป้งซึ่งโดยปกติเม็ดแป้งจะมีประจุเป็นกลาง ถ้ามีการปรับปรุงให้เม็ดแป้งมีประจุบวกหรือลบ ก็เป็นวิธีการเพิ่มขอบเขตการใช้งานของแป้งได้ จากเหตุผลดังกล่าวการดัดแปรแป้งจึงเป็นวิธีการที่จะปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งเพื่อเพิ่มขอบเขตการใช้งานโดยวิธีการดัดแปรนี้มีหลายวิธีซึ่งให้ผลต่างกันไป การเลือกชนิดของแป้งและวิธีการดัดแปรขึ้นกับคุณสมบัติเฉพาะที่ต้องการและต้นทุนของกรรมวิธีการดัดแปร โดยวิธีการดัดแปรแป้งที่นิยมนำมาทำแป้งดัดแปรในประเทศไทยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย (กล้าณรงค์ . 2542)

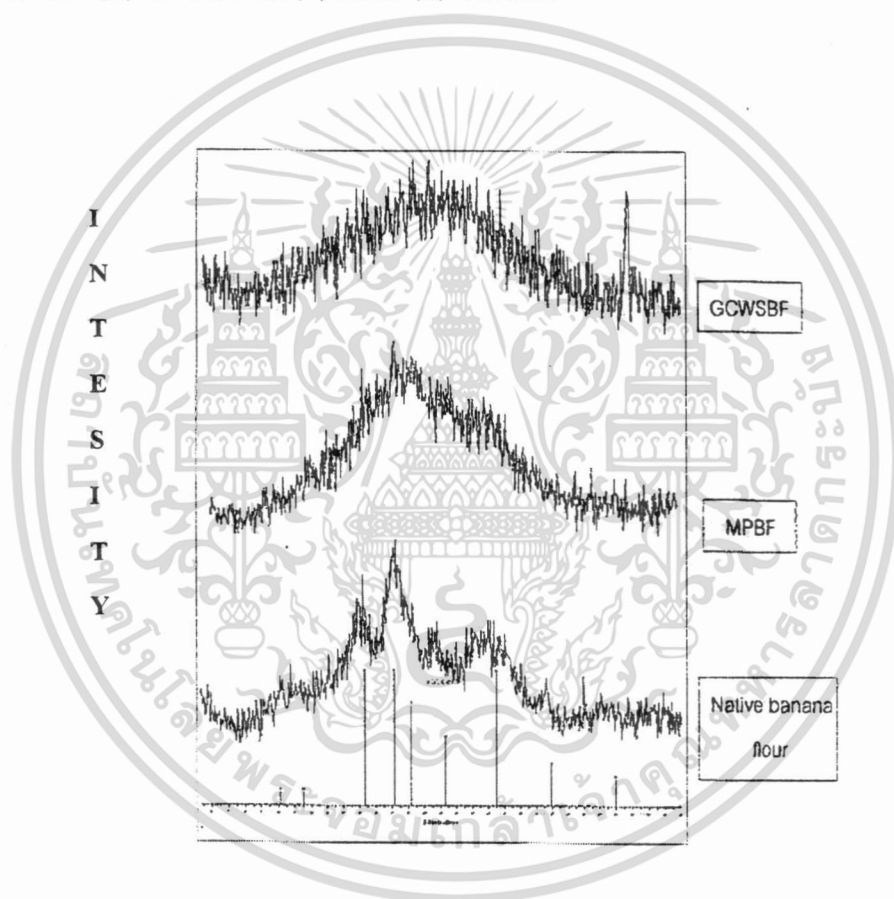
2.4.1 การดัดแปรแป้งด้วยแอลกอฮอล์และด่าง

การดัดแปรแป้งด้วยด่างและแอลกอฮอล์นั้น เป็นการแปรรูปแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นโดยไม่ผ่านขั้นตอนการเกิดเจลาติไนซ์ ซึ่งแป้งที่ได้มีความสามารถในการละลายและกระจายตัวได้ดีที่อุณหภูมิห้อง โดยไม่เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน มีลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบ มีความยืดหยุ่น ความมันเงา และความแข็งแรงสูงกว่าแป้งพรีเจล เนื่องจากเมื่อให้ความร้อนแป้งพรีเจลจะทำให้แป้งพรีเจลเสียรูปในลักษณะของเม็ดแป้ง (granular) และมีความแข็งแรงน้อยลงเมื่อนำไปอบแห้ง แต่แป้งละลายน้ำเย็นยังคงสภาพของเม็ดแป้งอยู่ สามารถละลายและให้ความหนืดทันทีโดยไม่ผ่านความร้อน เหมาะที่จะนำไปผสมในอาหารประเภทซूप พุดดิ้ง และอาหารสำเร็จรูปต่างๆ

สายฝน โมราถบ (2546) ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งกล้วยพรีเจลเจลาติไนซ์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ กับแป้งกล้วยที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นด้วยเทคนิคการดัดแปรด้วยด่างและแอลกอฮอล์ และแป้งกล้วยดิบ พบว่าแป้งกล้วยที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นมีความสามารถในการละลายน้ำ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความคงทนต่อแรงเฉือน และความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งสูงกว่า แป้งกล้วยพรีเจลเจลาติไนซ์ และแป้งดิบ แต่ในด้านความคงตัวของแป้งสุกจัดเป็นประเภทอ่อน แต่แป้งกล้วยพรีเจลเจลาติไนซ์มีความคงตัวแบบแข็ง และเมื่อเปรียบเทียบลักษณะของเม็ดแป้งทั้ง 3 ชนิด ด้วยเครื่อง SEM พบว่าแป้งกล้วยพรีเจลเจลาติไนซ์มีขนาดเม็ดแป้งใหญ่กว่าแป้งอีกทั้ง 2 ชนิด ดังภาพที่ 8 และเมื่อตรวจดูในส่วนผลึกของเม็ดแป้งด้วยเครื่อง X-ray Diffraction พบว่ามีความแตกต่างกันดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ลักษณะของเม็ดแป้งกล้วยด้วยเครื่อง Scanning electron microscope (SEM) ที่กำลังขยาย 3000 เท่า (A) แป้งกล้วยดิบ (B) MPBF (C) GCWSBF



ภาพที่ 10 ลักษณะในส่วนผลึกของเม็ดแป้งกล้วยดิบ MPBF และ GCWSBF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Eastman และคณะ (1984) ทำการดัดแปรแป้งข้าวโพดด้วยการละลายแป้งในสารละลาย แอลกอฮอล์ที่ความดันและอุณหภูมิสูง ทำให้ได้เม็ดแป้งที่ละลายได้ในน้ำเย็น สามารถทำให้แป้งเกิด เจลได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อนและความเย็น นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อทำให้เกิดเจล เช่น การทำไส้พาย เยลลี่ และพุดดิ้ง เป็นต้น ต่อมาในปี 1987 ได้ทำการพัฒนาแป้งที่สามารถพองตัวได้ ในน้ำเย็น (cold water swelling starch) ด้วยการผสมแป้งที่ปราศจากอะไมโลสกับแป้งที่มีปริมาณ อะไมโลส 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อให้ความร้อนกับแป้งผสมนี้ทำให้แป้งสามารถพองตัวได้ในน้ำเย็น ซึ่งสามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหารพร้อมบริโภค

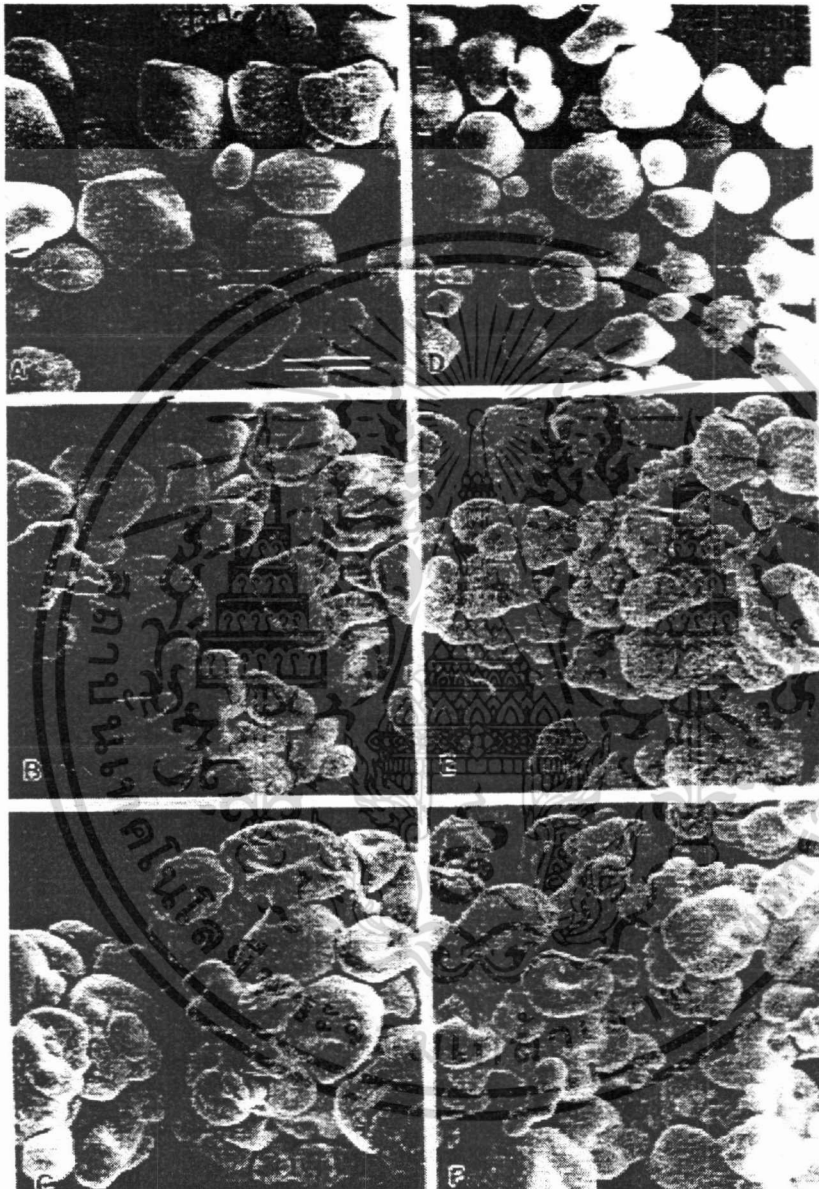
Rajagopalan และ Seib (1992) ผลิตเม็ดแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น (granular cold-water soluble starch) ที่ความดันแอมบอสเฟอริก (atmospheric) ด้วยการให้ความร้อนแก่สารละลายแป้งกับ โพลีไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ (PHA) แล้วทำแห้ง แป้งเกิดพันธะข้ามและการแทนที่ในโครงสร้างของแป้ง ทำให้แป้งสามารถละลายได้ในน้ำเย็นเพิ่มขึ้น 70 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง อุณหภูมิ และอัตราส่วนระหว่างแป้ง น้ำ และโพลีไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ (PHA)

Jane และ Seib (1991) ทำการผลิตแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นและแป้งที่สามารถได้พอง ตัวได้ในน้ำเย็นโดยวิธีการปรับสภาพด่างและแอลกอฮอล์แล้วปรับสภาพให้เป็นกลางด้วยไฮโดร คลอริก การผลิตวิธีนี้สามารถนำมาดัดแปลงใช้ในการผลิตแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นจากพืช เกือบทุกชนิด ผลที่ได้ทำให้แป้งหลังการดัดแปรมีการละลายน้ำ และการพองตัวเพิ่มขึ้นประมาณ 50-94 เปอร์เซ็นต์

Chen และ Jane (1994) ได้ศึกษาพบว่าประสิทธิภาพการผลิตแป้งดัดแปรด้วยวิธีการใช้ด่างและ แอลกอฮอล์ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์และด่างที่ใช้ รวมทั้งอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา อัตราส่วนของแป้ง ต่อ น้ำ ต่อ 100%เอทานอล ต่อ 3M NaOH คือ 1.0 : 4.2 : 2.8 : 5.0 น้ำหนัก ต่อ น้ำหนัก อุณหภูมิในการดัดแปรที่เหมาะสมคือ 35 องศาเซลเซียส โดยแป้งสามารถละลายในน้ำ 70 – 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่ำ ความเข้มข้นของด่างและอุณหภูมิที่ใช้ใน การทำปฏิกิริยาสูง ลักษณะของเม็ดแป้งมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยแป้งที่ผ่านการดัดแปรด้วยด่างและ แอลกอฮอล์นั้นจะมีลักษณะเหี่ยวและแฟบลง ต่อมาในปีเดียวกัน Chen and Jane ได้ศึกษาคุณสมบัติ ของแป้งที่ผ่านการดัดแปรด้วยด่างและแอลกอฮอล์ พบว่าลักษณะในส่วนผลึกของเม็ดแป้งมีการ เปลี่ยนจาก A – type เป็น V – type (ภาพที่ 11) เนื่องจากด่างทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวภายใน โครงสร้างผลึกของเม็ดแป้ง การพองตัวนี้ทำให้ส่วน double – helical ถูกทำลายเป็น single – helical จากนั้นแอลกอฮอล์จะฟอร์มตัวกับแป้งเกิดโครงสร้างแบบ V– type คุณสมบัติของแป้งดัดแปรด้วยด่าง และแอลกอฮอล์ที่ได้มีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งดีขึ้น โดยไม่พบน้ำแยกออกจากของผสมหลัง การละลายใน cycle ที่หนึ่ง จาก DSC thermogram แสดงให้เห็นว่าแป้งดัดแปรด้วยด่างและ แอลกอฮอล์นั้นมีอุณหภูมิการเกิดเจลตกในระหว่าง 25 – 100 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจคุณสมบัติของ ของผสมด้วย Brabender viscometer ที่ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก / น้ำหนัก) พบว่าแป้งดัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

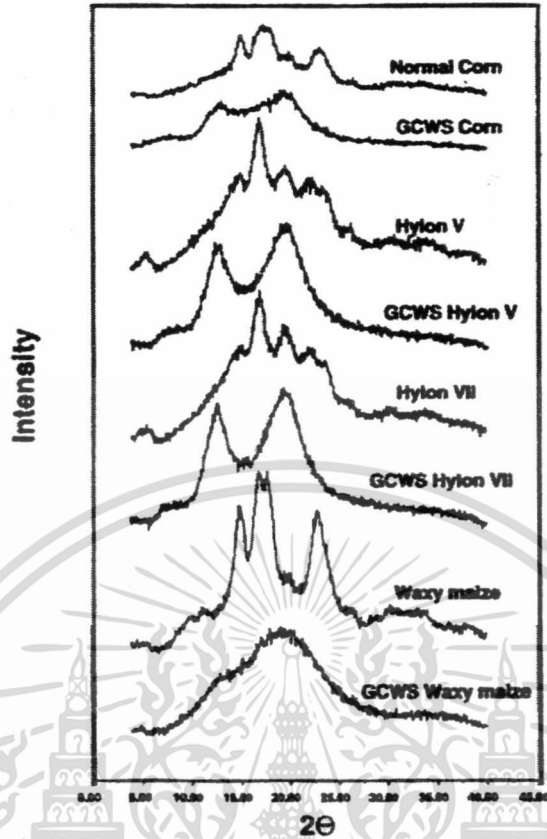
แปรด้วยด่างและแอลกอฮอล์นั้นสามารถให้ความหนืดได้ทันทีที่อุณหภูมิเริ่มต้น 30 องศาเซลเซียส และมีความคงตัวต่อการกวนคน และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงของผสมแป้งตัดแปรไม่มีการจัดเรียงตัวขึ้น ซึ่งให้เห็นว่าการตัดแปรแป้งด้วยด่างและแอลกอฮอล์นั้นสามารถลดการเกิดริโทกราเดชั่น ส่งผลให้ คุณสมบัติความคงตัวต่อการแช่เยือกแข็งดีด้วย



ภาพที่ 11 ลักษณะของเม็ดแป้ง (A) แป้งธรรมชาติ (B,C,D,E,F) แป้งผ่านการตัดแปรด้วยด่าง และแอลกอฮอล์

ที่มา: Chen and Jane (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

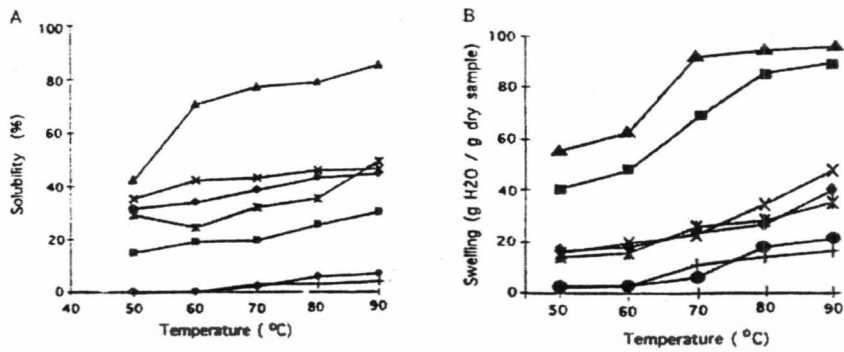


ภาพที่ 12 ลักษณะโครงสร้างในส่วนผลึกของเม็ดแป้งก่อนและหลังการตัดแปรด้วยด่างและแอลกอฮอล์

ที่มา : Chen and Jane (1994)

Bello-Perez และคณะ. (2000) ทำการตัดแปรแป้งกล้วยด้วยเทคนิค granular cold water soluble starch (GCWSS) ด้วยด่างและแอลกอฮอล์ พบว่าความสามารถในการละลายและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพในด้านต่างขึ้นกับสถานะในการตัดแปรแป้ง โดยแป้งกล้วยที่ตัดแปรด้วย 60% เอทานอล ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำที่สุด เนื่องมาจากความเข้มข้นของเอทานอลที่สูงจะไปจำกัดการพองตัวของเม็ดแป้ง (Chen and Jane . 1994) ขัดขวางการคลายเกลียวของโครงสร้างคู่ (double - helical structure) ของเม็ดแป้ง โดยอุณหภูมิในการตัดแปรที่สูงจะช่วยให้การคลายเกลียวของโครงสร้างเม็ดแป้ง

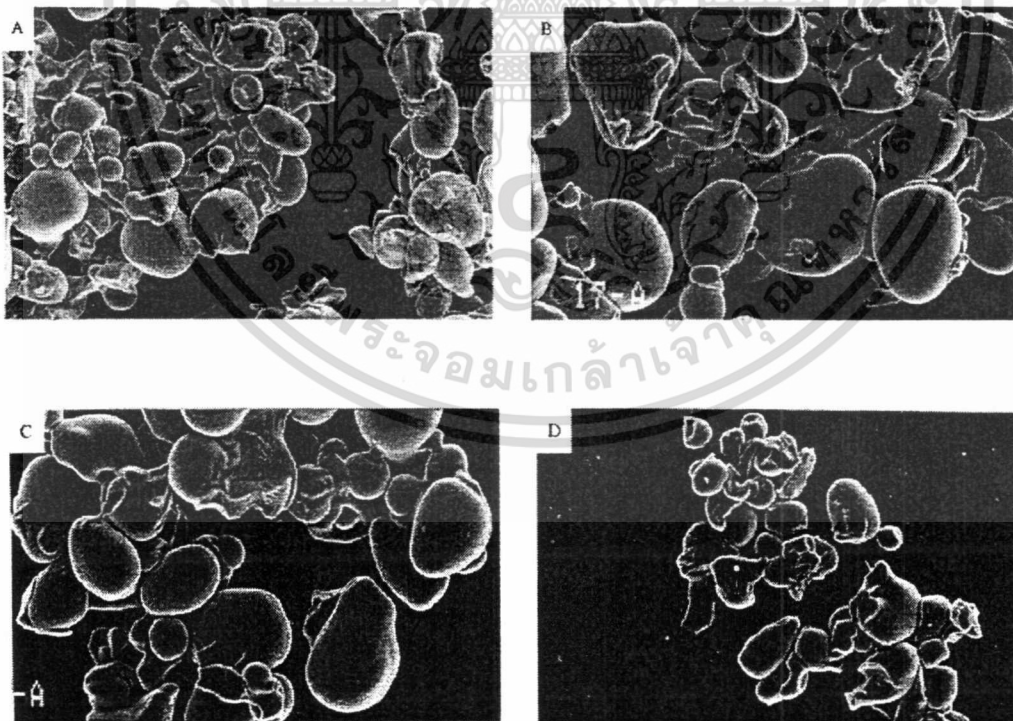
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



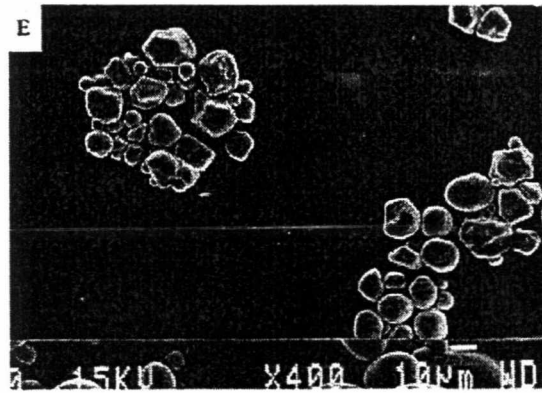
ภาพที่ 13 (A) ความสามารถในการละลายน้ำ (B) ความสามารถในการอุ้มน้ำของแป้งกล้วยดัดแปรด้วยต่างและแอลกอฮอล์

ที่มา : Bello – perez และคณะ (2000)

Jaspreet และ Narpinder (2003) ทำการผลิตแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นและแป้งที่สามารถได้พองตัวได้ในน้ำเย็นโดยใช้วิธีการปรับสภาพต่างและแอลกอฮอล์แป้งข้าวโพด และแป้งมันฝรั่ง โดยใช้แป้งมันฝรั่งจาก 4 สายพันธุ์ พบว่าหลังจากการดัดแปรแป้งทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะทางกายภาพ โครงสร้าง และคุณสมบัติการไหลของแป้งข้าวโพดและแป้งมันฝรั่งเปลี่ยนไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 ลักษณะของแป้งข้าวโพดและแป้งมันฝรั่งหลังการดัดแปร ด้วยเครื่อง SEM

(A) (B) (C) (D) ลักษณะแป้งฝรั่งดัดแปรทั้ง 4 สายพันธุ์

(E) ลักษณะเม็ดแป้งข้าวโพด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบ

- แป้งมันสำปะหลัง (tapioca starch)
- แป้งข้าวเจ้า (rice flour)

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการปรับสภาพแป้ง

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์
- เอทิลแอลกอฮอล์ 40% โดยมวล
- เอทิลแอลกอฮอล์ 65% โดยมวล
- กรดไฮโดรคลอริก 3 โมลาร์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% โดยมวล

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้ง

- โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 10 นอร์มอล
- กรดไฮโดรคลอริก 0.5 นอร์มอล
- ไอโอดีน
- โพแทสเซียมไอโอดีน

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง

- | | | |
|--|--------------------|---------|
| - เครื่องบดละเอียด | Retch , ZM 1000 | เยอรมัน |
| - ตู้อบลมร้อน (hot air oven) | Memmert | เยอรมัน |
| - เครื่องวัดการดูดกลืนแสง(spectrophotometer) | Shimadzu –UV 1601 | ญี่ปุ่น |
| - เครื่องผสม (rotor mix) | R2R2 , HeidolphKG | เยอรมัน |
| - เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) | Centrikon T – 42 K | อิตาลี |
| - เครื่องชั่งน้ำหนัก | Mettle AJ 100 | ญี่ปุ่น |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถานที่ทดลอง

- ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ดิจProcessing 1 ภาควิชาอุตสาหกรรมอาหาร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการดำเนินงาน

3.5.1 ศึกษาหาสภาวะการตัดแปรแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังตัดแปรด้วยวิธีปรับสภาพด้วยแอลกอฮอล์และต่าง

ในการศึกษาหาสภาวะการตัดแปรแป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังได้ทำการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factoria in Complete Randomized Design) โดยศึกษา 2 ปัจจัย ทำการทดลอง 2 ชั้น

ปัจจัยที่ 1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ ที่ระดับ 50 60 และ 70 กรัม

ปัจจัยที่ 2 ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ 40% โดยมวล ที่ระดับ 400 500 และ 600 กรัม

เนื่องจากวิธีการตัดแปรแป้งดัดแปลงมาจาก Jane และ Seib (1991) จึงทำการศึกษาเบื้องต้นเพื่อหาสภาวะการตัดแปรแป้งด้วยวิธีการปรับสภาพด้วยต่างและแอลกอฮอล์พบว่าผสมแป้ง 100 กรัม (โดยน้ำหนักแห้ง) กับสารละลายเอทิลแอลกอฮอล์ 40% โดยมวล ปริมาณ 400 กรัม แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ ปริมาณ 50 กรัม เป็นสภาวะที่ของผสมแป้งเริ่มเกิดการเจลาติไนซ์ มีการพองตัวของเม็ดแป้งแบบผันกลับได้ ในขณะที่การเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมลาร์ สูงกว่าปริมาณ 70 กรัม จะทำให้ของผสมแป้งเกิดการเจลาติไนซ์สมบูรณ์ มีการพองตัวของเม็ดแป้งแบบผันกลับไม่ได้ ดังนั้นการใช้ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการศึกษาหาสภาวะในครั้งนี้จึงใช้ปริมาณไม่เกิน 70 กรัม และทำการเพิ่มปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นเพื่อศึกษาว่าสภาวะต่างๆที่ใช้ในการตัดแปรแป้งมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพอย่างไร

มีขั้นตอนการตัดแปรดังนี้

แป้ง 100 กรัม (โดยน้ำหนักแห้ง)



ละลายในสารละลายเอทานอล 40%

ตามปริมาณ 400, 500 และ 600 กรัม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 M



ทีละ 4 กรัมต่อนาที

จนครบปริมาณ 50, 60 และ 70 กรัม

พร้อมคนอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา



ผสมให้เข้ากัน 10 นาที



แยกของเหลวออก



ล้างด้วยสารละลายเอทานอล 65% ปริมาณ 100 กรัม



แยกของเหลวออก



ทำให้เป็นสารละลายโดยใช้เอทานอล 65%



ปรับให้เป็นกลางโดยใช้สารละลายไฮโดรคลอริก 3 M ในเอทานอล 99%



ล้างด้วยสารละลายเอทานอล 65% 2 ครั้ง



แยกของเหลวออก



ทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 3 ชั่วโมง



บดละเอียดโดยเครื่องบดละเอียด



แป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำ

ภาพที่ 15 ขั้นตอนการตัดแปรงแป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำจากแป้งท้าวไปโดยวิธีปรับสภาพแป้งด้วยแอลกอฮอล์และด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มา : คัดแปลงมาจาก Jane และ Seib (1991)

3.5.2 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังตัดแปร ในสภาวะต่างๆ

คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งตัดแปรที่ต้องการวิเคราะห์มีดังนี้

- ระดับการเกิดเจลาตินไนซ์ (% degree of gelatinized) วิเคราะห์ตัดแปลงจาก Guraya. (1993)
- ความสามารถในการดูดซับน้ำ (%water absorption index ; %WAI) วิเคราะห์ตัดแปลงจาก Narkrugsa. (1996)
- ความสามารถในการละลายน้ำ (%water solubility index ; %WSI) วิเคราะห์ตัดแปลงจาก Narkrugsa. (1996)
- ค่าความใส (% Transmittance) วิเคราะห์จาก Bello – Porez. (2000)
- ความคงทนต่อการแช่เยือก (% freeze – thaw stability ; %FTS) วิเคราะห์ตัดแปลงจาก Narkrugsa. (1996)

3.5.3 ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลังตัดแปรในสภาวะต่างๆ

- ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งมันสำปะหลังดิบ กับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ
- ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งข้าวเจ้าดิบ กับแป้งข้าวเจ้าตัดแปร นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS รุ่นที่ 7.5 ด้วยตาราง ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งมันสำปะหลัง (Cassava Starch : CS) กับแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น (Granular Cold Water Soluble Cassava Starch : GCWSCS)

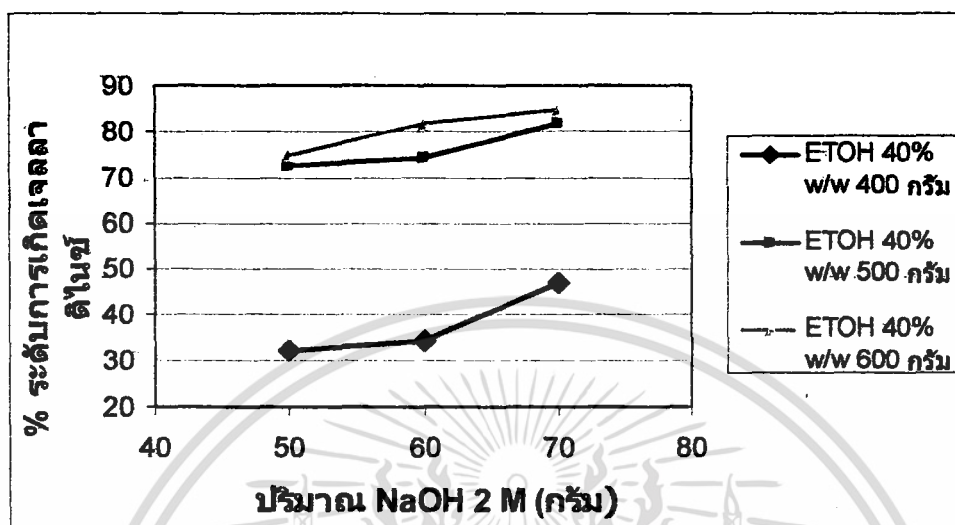
ตารางที่ 6 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งมันสำปะหลัง (Cassava Starch : CS) กับแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น (Granular Cold Water Soluble Cassava Starch : GCWSCS)

ตัวอย่าง	สภาวะการตัดแปรแป้ง		% DG	%WAI	%WSS	%Freeze-Thaw	%Transmittance
	EtOH 40% (กรัม)	NaOH 2 M (กรัม)					
1	400	50	32.08±0.36 ^c	224.99±3.29 ^c	2.81±0.25 ^d	4.52±2.83 ^l	66.25±0.21 ^c
2		60	34.26±0.54 ^c	244.71±2.45 ^b	1.28±0.15 ^c	5.88±0.13 ^b	65.55±0.64 ^c
3		70	47.01±0.64 ^d	262.79±0.28 ^a	0.77±0.08 ^c	7.39±0.16 ^B	60.65±0.78 ^d
4	500	50	72.72±0.90 ^c	25.04±0.89 ^l	30.59±0.76 ^a	46.16±0.32 ^c	97.75±0.50 ^a
5		60	74.44±0.09 ^c	71.95±3.54 ^f	28.94±0.32 ^c	47.38±0.01 ^d	97.25±0.35 ^a
6		70	81.95±0.18 ^b	92.06±2.80 ^c	28.54±0.04 ^c	59.37±0.50 ^b	94.70±0.28 ^b
7	600	50	74.90±0.91 ^c	45.85±0.47 ^b	30.04±0.02 ^{ab}	46.07±0.02 ^c	97.80±0.28 ^a
8		60	81.89±1.90 ^b	60.78±13.05 ^B	29.86±0.06 ^b	51.64±0.21 ^c	97.85±0.07 ^a
9		70	84.84±2.09 ^a	76.68±3.15 ^f	28.42±0.33 ^c	59.87±0.24 ^a	93.85±0.35 ^b
10	CS	CS	0 ^f	213.53±1.48 ^d	0.08±0.04 ^f	21.48±0.16 ^f	43.45±0.78 ^c

หมายเหตุ ^{a,b,c...} ตัวอักษรกำกับแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในแนวตั้ง
ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ค่าระดับการเกิดเจลลาติโนเซชัน (% Degree of Gelatinization)



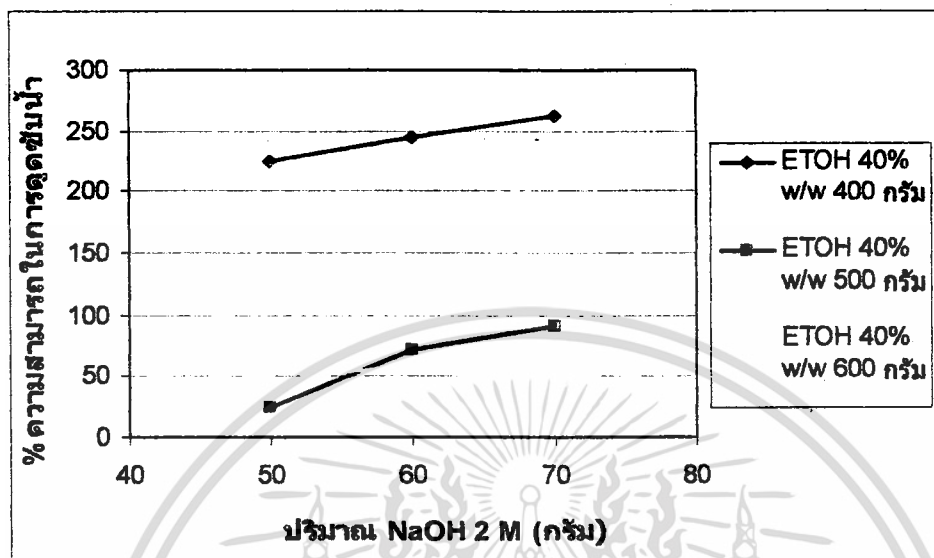
ภาพที่ 16 ระดับการเกิดเจลลาติโนเซชันของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อการเกิดเจลลาติโนเซชัน จากภาพที่ 15 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้น ระดับการเกิดเจลลาติโนเซชันมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากภายในโครงสร้างของเม็ดแป้งมันสำปะหลังพันธะไฮโดรเจนที่ยึดโมเลกุลอะมิโลส และ โมเลกุลอะมิโลเพคตินคลายตัวลงด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้บริเวณผลึกของเม็ดแป้ง GCWSCS ที่มีลักษณะเป็นร่างแหโมเชลล์อ่อนแอลงมีการดูดซับน้ำและพองตัว แป้งจึงเริ่มเกิดการเจลลาติโนเซชันเพิ่มขึ้นแต่ยังคงลักษณะของเม็ดแป้งอยู่ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกุล, 2543) เช่นเดียวกันเมื่อปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าระดับการเกิดเจลลาติโนเซชันของ GCWSCS เพิ่มขึ้น

เมื่อนำแป้ง CS และ แป้ง GCWSCS มาเปรียบเทียบการเกิดระดับการเจลลาติโนเซชัน ดังตารางที่ 6 จะเห็นว่าแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการคัดแปรสภาพ ด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และปริมาณเอทานอลที่ระดับต่างๆ จะมีผลให้ค่าระดับการเกิดเจลลาติโนเซชันที่สูงขึ้นกว่าแป้งมันสำปะหลังที่ไม่คัดแปรสภาพ โดยที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม และปริมาณเอทานอล 600 กรัม มีผลให้แป้ง GCWSCS ค่าระดับการเกิดเจลลาติโนเซชันสูงสุดเท่ากับ 84.84% ส่วนแป้ง CS มีค่าระดับการเกิดเจลลาติโนเซชันเท่ากับ 0%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (% Water Absorption Index : %WAI)



ภาพที่ 17 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

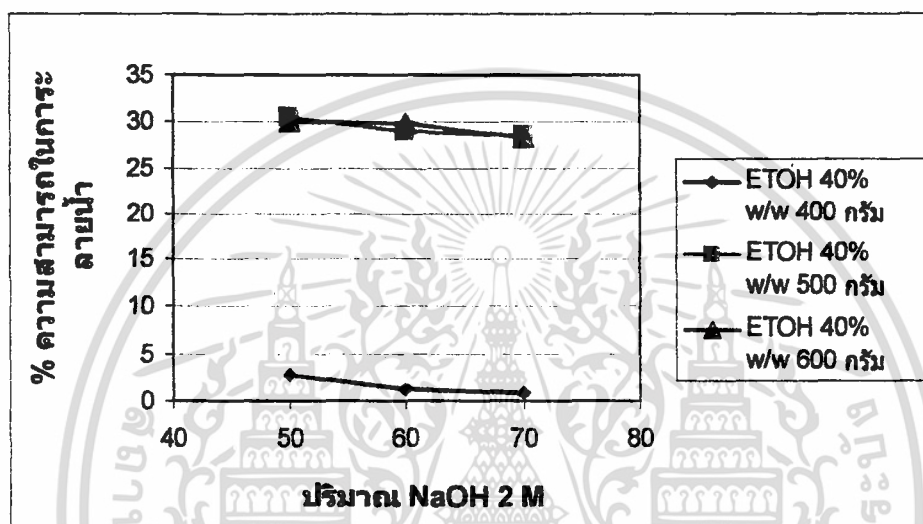
จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ จากภาพที่ 16 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้น ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของ GCWSCS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนที่ยึดโมเลกุลอะมิโลส และโมเลกุลอะมิโลเพคตินเป็นลักษณะเกลียวคู่คลายตัวเป็นเกลียวเดี่ยวด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้บริเวณผลึกของเม็ดแป้ง GCWSCS ที่มีลักษณะเป็นร่างแหไมเซลที่อ่อนแอจะมีการดูดซับน้ำได้เพิ่มขึ้น แต่ที่ปริมาณเอทานอลสูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง GCWSCS มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์คลายหรือทำลายพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้งลงนั้น เอทานอลจะเข้าฟอร์มตัวกับโครงสร้างที่คลายตัวของเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งมีโครงสร้างเปลี่ยนไป เป็นผลให้ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง GCWSCS มีแนวโน้มลดลง (Chen และ Janc, 1994)

เมื่อนำแป้ง CS และ แป้ง GCWSCS มาเปรียบเทียบค่าการดูดซับน้ำ ดังตารางที่ 6 พบว่าแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการตัดแปรสภาพ ด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และปริมาณเอทานอลที่ระดับต่างๆ มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำที่สูง และต่ำกว่าแป้ง CS โดยที่แป้ง GCWSCS ที่ตัดแปรสภาพที่สภาวะปริมาณเอทานอล 400 กรัม จะมีค่าการดูดซับน้ำที่สูงกว่าแป้ง CS แต่การตัด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรรูปแป้งด้วยปริมาณเอทานอล 500 และ 600 กรัม จะมีค่าการดูดซับน้ำที่ค่าแป้ง CS และจะพบว่าที่การคัดแปรรูปแป้งที่สภาวะปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม แป้งปริมาณเอทานอล 400 กรัม มีค่าการดูดซับน้ำสูงสุดเท่ากับ 262.79% มากกว่าแป้ง CS ซึ่งมีค่าการดูดซับน้ำที่ 213.53%

4.1.3 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%Water Solubility Index : %WSI)



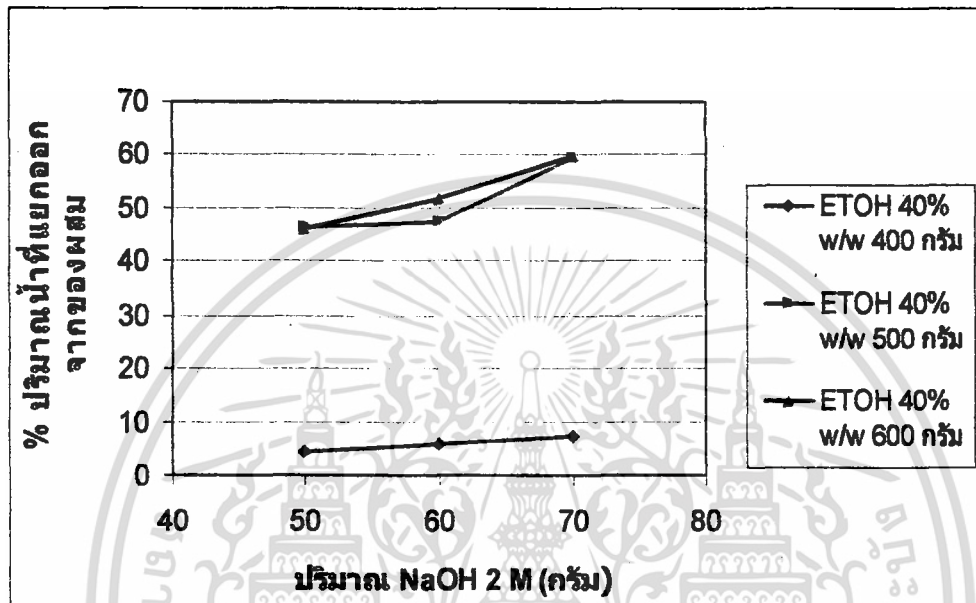
ภาพที่ 18 ค่าการละลายน้ำของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่าความสามารถในการละลายน้ำ จากภาพที่ 17 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้น มีผลทำให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้ง GCWSCS ลดลง แต่การเพิ่มปริมาณเอทานอลที่สูงขึ้น มีผลให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้ง GCWSCS มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายหรือทำลายพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้งลงนั้น เอทานอลจะเข้าพอร์มตัวกับโครงสร้างที่คลายตัวของเม็ดแป้ง โดยการดึงโมเลกุลน้ำออกจากเม็ดแป้งทำให้เม็ดแป้งมีโครงสร้างเปลี่ยนไป มีผลให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น (Chen และ Jane, 1994)

เมื่อนำแป้ง CS และ แป้ง GCWSCS มาเปรียบเทียบค่าความสามารถในการละลายน้ำ ดังตารางที่ 6 พบว่าแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการคัดแปรรูป ด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และปริมาณเอทานอลที่ระดับต่างๆ มีค่าความสามารถในการละลายน้ำที่สูงกว่าแป้ง CS และพบว่าแป้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GCWSCS ที่คัดแปรสภาพด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม และปริมาณเอทานอล 500 กรัม มีค่าการละลายน้ำสูงที่สุดคือ 30.59% และแป้ง CS มีค่าการละลายเท่ากับ 0.08%

4.1.4 ค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง – การละลาย (%Freeze Thaw Stability : %FTS)



ภาพที่ 19 ปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสม ของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการนำของผสมแป้ง GCWSCS ที่สภาวะต่างๆ ที่มีความเข้มข้น 5% แช่เยือกแข็งใน deep freezer ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน จากนั้นนำมาทำการละลายที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง (ภาคผนวก ก) และวัดเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสม โดยที่ปริมาณน้ำที่แยกออกมาเป็นปริมาณน้อย เป็นการบอกว่าคุณสมบัติของผสมแป้งมีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง – การละลาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง จากภาพที่ 18 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น และปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีปริมาณน้ำที่แยกตัวออกจากของผสมปริมาณเพิ่มขึ้น จากการที่แป้ง GCWSCS ที่สภาวะปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้นเป็น ทำให้แป้ง

GCWSCS มีค่าการละลายน้ำที่สูงขึ้น จากการที่โมเลกุลอะมิโนเพคตินและ โมเลกุลอะมิโลส ละลาย น้ำหลุดออกจากเม็ดแป้ง ทำให้ค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งลดลง

เมื่อนำแป้ง CS และ แป้ง GCWSCS มาเปรียบเทียบค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง – การ ละลาย ดังตารางที่ 6 พบว่าการคัดแปรแป้งที่สภาวะปริมาณเอทานอล 400 กรัม มีผลให้แป้ง GCWSCS มีค่าคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง – การละลายสูงกว่าแป้ง CS ส่วนการคัดแปรแป้งที่สภาวะ ปริมาณเอทานอล 500 และ 600 กรัม มีผลให้แป้ง GCWSCS มีค่าคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง การละลายต่ำกว่าแป้ง CS



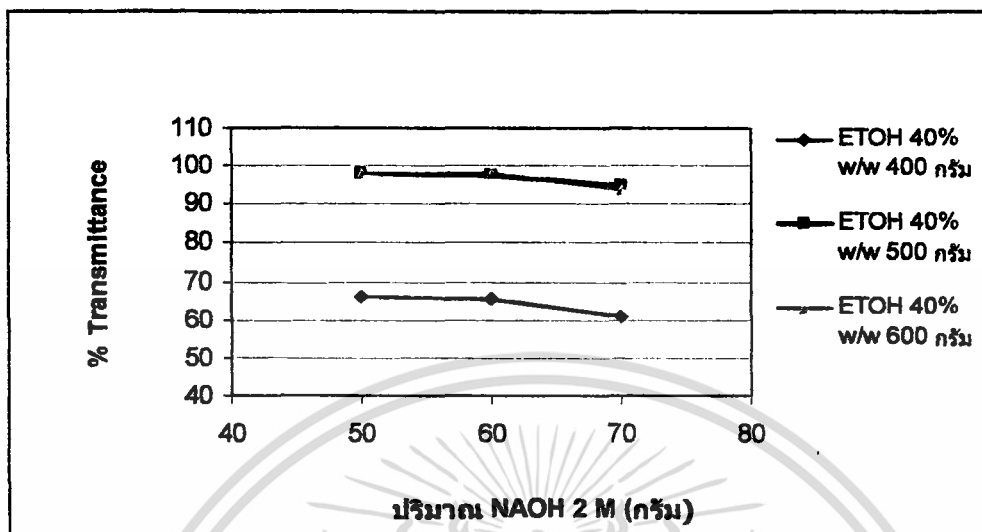
ภาพที่ 20 ของผสมแป้ง GCWSCS ที่คัดแปรสภาพด้วยปริมาณเอทานอล 400 กรัม



ภาพที่ 21 ของผสมแป้ง GCWSCS ที่คัดแปรสภาพด้วยปริมาณเอทานอล 500 และ 600 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ค่าความใส (%Transmittance : %T)



ภาพที่ 22 ค่าความใส ของแป้งมันสำปะหลังที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ ระดับปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อ ค่าความใส จากภาพที่ 21 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าความใสของแป้ง GCWSCS มีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณเอทานอลที่สูงขึ้นนั้นมีผลให้แป้ง GCWSCS มีแนวโน้ม สูงขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของอะมิโลสที่แตกตัวออกจากเม็ดแป้งเมื่อนำไปต้มสุกนั้น เกิดการละลายน้ำ ไม่กลับมาจัดเรียงตัวใหม่

เมื่อนำแป้ง CS และ แป้ง GCWSCS มาเปรียบเทียบค่าความใส ดังตารางที่ 6 พบว่าแป้ง GCWSCS ที่คัดแปรสภาพด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลที่สภาวะต่าง ๆ นั้น จะมีค่าความใสที่สูงกว่าแป้ง CS ซึ่งสอดคล้องกับ Bello-Perez (2000) ที่รายงานว่าการ คัดแปรสภาพ จะมีค่าความใสที่เพิ่มขึ้น จากการคัดแปรแป้ง GCWSCS ที่ภาวะปริมาณโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 60 กรัม และปริมาณเอทานอล 600 กรัม จะให้ค่าความใสสูงสุดคือ 97.85% ส่วน แป้ง CS มีค่าความใสเท่ากับ 43.45%

4.2 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งข้าวเจ้า (Rice - Starch : RS) กับแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น (Granular Cold Water Soluble Rice Starch : GCWSCS)

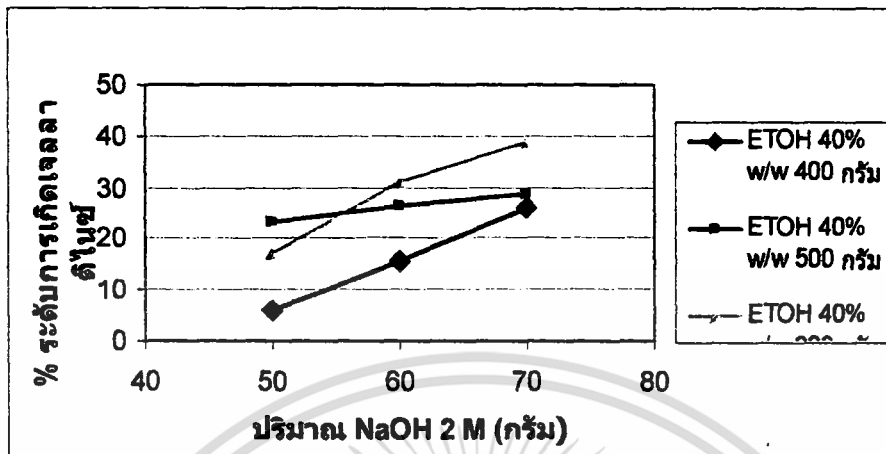
ตารางที่ 7 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพระหว่างแป้งข้าวเจ้า กับแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นในสภาวะต่างๆ

ตัวอย่าง	สภาวะการดัดแปร		% DG	%WAI	%WSS	%Freeze-Thaw	%Transmittance
	EtOH 40% (กรัม)	NaOH 2M (กรัม)					
1	400	50	5.64±0.18 ^b	254.49±0.66 ^{cd}	0.54±0.01 ^{ef}	34.61±0.12 ^a	10.25±0.21 ^c
2	400	60	15.46±0.74 ^b	271.37±4.47 ^{abc}	0.73±0.03 ^c	33.64±0.39 ^a	10.75±0.21 ^d
3	400	70	26.11±0.70 ^d	287.87±8.44 ^{ab}	0.91±0.08 ^b	28.30±0.26 ^a	12.05±0.07 ^b
4	500	50	23.24±0.45 ^c	267.12±8.70 ^{bc}	0.46±0.04 ^f	34.61±0.99 ^a	9.05±0.07 ^f
5	500	60	26.31±0.28 ^d	270.32±4.2 ^{bc}	0.65±0.03 ^d	33.23±0.29 ^a	10.1±0 ^e
6	500	70	28.6±60.37 ^c	279.09±7.16 ^{abc}	1.05±0.03 ^b	134.80±0.6059 ^a	11.50±0.42 ^e
7	600	50	17.04±0.14 ^f	236.85±5.39 ^d	0.46±0 ^f	33.70±0.01 ^a	11.30±0 ^e
8	600	60	31.01±0.03 ^b	249.39±4.47 ^{cd}	0.57±0.01 ^c	32.75±0.31 ^a	12.10±0.28 ^b
9	600	70	38.88±0.08 ^a	300.10±3.09 ^a	1.09±0.07 ^a	32.84±0.07 ^a	12.70±0.28 ^b
10	RS	RS	0 ⁱ	159.29±1.14 ^c	0.12±0.01 ^b	38.13±0.37 ^a	4.45±0.07 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c}.....ตัวอักษรกำกับแสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05) ในแนวตั้ง
ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ค่าระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชัน (% Degree of Gelatinization : %DG)

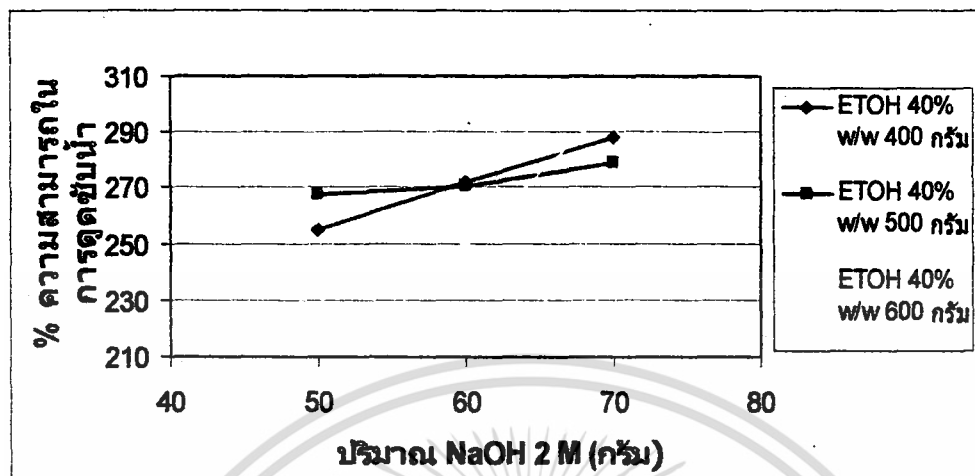


ภาพที่ 23 ระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชันของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อการเกิดเจลลาคีโนเซชัน จากภาพที่ 22 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้น ระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชันมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากภายในโครงสร้างของเม็ดข้าวเจ้าพันธะไฮโดรเจนที่ยึดโมเลกุลอะมิโลส และโมเลกุลอะมิโลเพคตินคล้ายตัวลงด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้บริเวณผลึกของเม็ดแป้ง GCWSRS ที่มีลักษณะเป็นร่างแหโมเสลล์อ่อนแอลงมีการดูดซับน้ำ และพองตัว แป้งจึงเริ่มเกิดการเจลลาคีโนเซชันเพิ่มขึ้นแต่ยังคงลักษณะของเม็ดแป้งอยู่ (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2543) เช่นเดียวกันเมื่อปริมาณเอทานอลเพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชันของ GCWSRS เพิ่มขึ้น

เมื่อนำแป้ง RS และ แป้ง GCWSRS มาเปรียบเทียบการเกิดระดับการเจลลาคีโนเซชัน ดังตารางที่ 7 จะเห็นว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการคัดแปรสภาพ ด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และปริมาณเอทานอลที่ระดับต่างๆ จะมีผลให้ค่าระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชันที่สูงขึ้นกว่าแป้งมันสำปะหลังที่ไม่คัดแปรสภาพ โดยที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม และปริมาณเอทานอล 600 กรัม มีผลให้แป้ง GCWSRS ค่าระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชันสูงสุดเท่ากับ 38.88% ส่วนแป้ง CS มีค่าระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชันเท่ากับ 0%

4.2.2 ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ (% Water Absorption Index : %WAI)

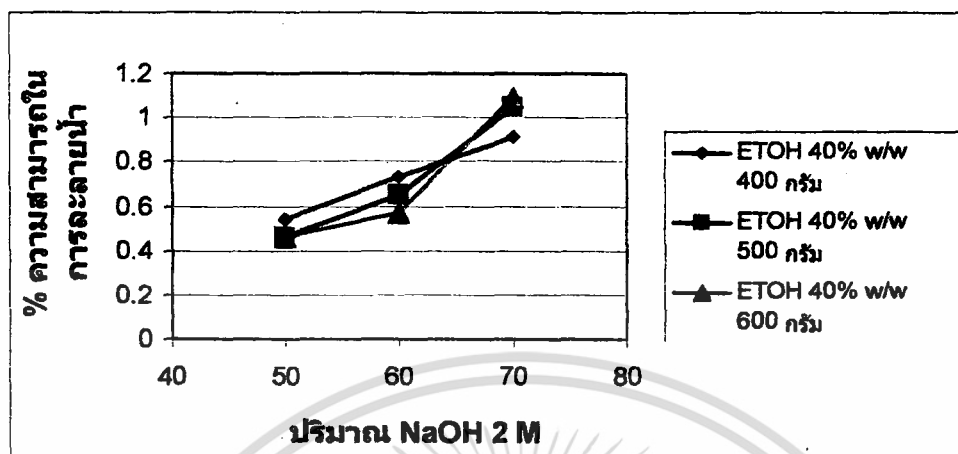


ภาพที่ 24 ค่าการดูดซับน้ำของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น ที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ แต่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ มีผลต่อค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของแป้ง GCWSRS จากภาพที่ 23 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้น ค่าความสามารถในการดูดซับน้ำของ GCWSRS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนที่ยึดโมเลกุลอะมิโลส และโมเลกุลอะมิโลเพคตินเป็นลักษณะเกลียวคู่กลายเป็นเกลียวเดี่ยวด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำให้บริเวณผลึกของเม็ดแป้ง GCWSRS ที่มีลักษณะเป็นร่างแหโมเสคอ่อนแอลงมีการดูดซับน้ำได้

เมื่อนำแป้ง RS และ แป้ง GCWSRS มาเปรียบเทียบค่าการดูดซับน้ำ ดังตารางที่ 7 พบว่าแป้งข้าวเจ้าที่คัดแปรสภาพ ด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และปริมาณเอทานอลที่ระดับต่างๆ มีค่าความสามารถในการดูดซับน้ำที่สูง กว่าแป้ง RS โดยที่แป้ง GCWSRS ที่คัดแปรสภาพที่สภาวะปริมาณเอทานอล 600 กรัม และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัมจะมีค่าการดูดซับน้ำที่สูงสุดเท่ากับ 300.10% ส่วนแป้ง RS ซึ่งมีค่าการดูดซับน้ำที่ 213.53%

4.2.3 ค่าความสามารถในการละลายน้ำ (%Water Solubility Index : %WSI)



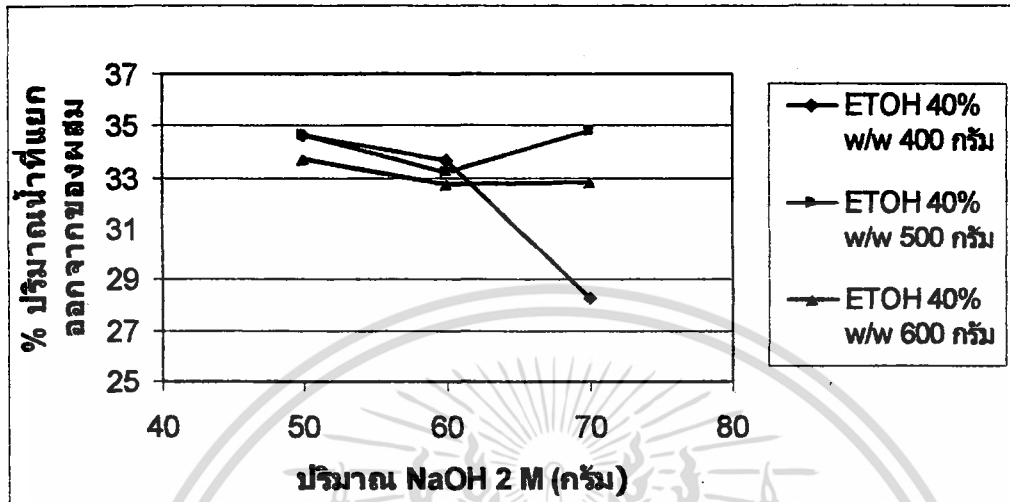
ภาพที่ 25 ค่าการละลายน้ำของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น ที่ระดับปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟกทอเรียลของปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายน้ำ แต่ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัย ไม่มีผลต่อค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้ง GCWSRS จากภาพที่ 24 พบว่าที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์สูงขึ้น มีผลทำให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้ง GCWSRS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ละลายหรือทำลายพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้งลงนั้น เอทานอลจะเข้าฟอร์มตัวกับโครงสร้างที่คลายตัวของเม็ดแป้ง โดยการดึงโมเลกุลน้ำออกจากเม็ดแป้งทำให้เม็ดแป้งมีโครงสร้างเปลี่ยนไป มีผลให้ค่าความสามารถในการละลายน้ำเพิ่มขึ้น

เมื่อนำแป้ง RS และ แป้ง GCWSRS มาเปรียบเทียบค่าความสามารถในการละลายน้ำดังตารางที่ 7 พบว่าแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการตัดแปรสภาพ ด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์และปริมาณเอทานอลที่ระดับต่างๆ มีค่าความสามารถในการละลายน้ำที่สูงกว่าแป้ง RS และพบว่าแป้ง GCWSRS ที่ตัดแปรสภาพด้วยปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม และปริมาณเอทานอล 600 กรัม มีค่าการละลายน้ำสูงที่สุดคือ 1.09% และแป้ง RS มีค่าการละลายเท่ากับ 0.12%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง – การละลาย (%Freeze Thaw Stability : %FTS)

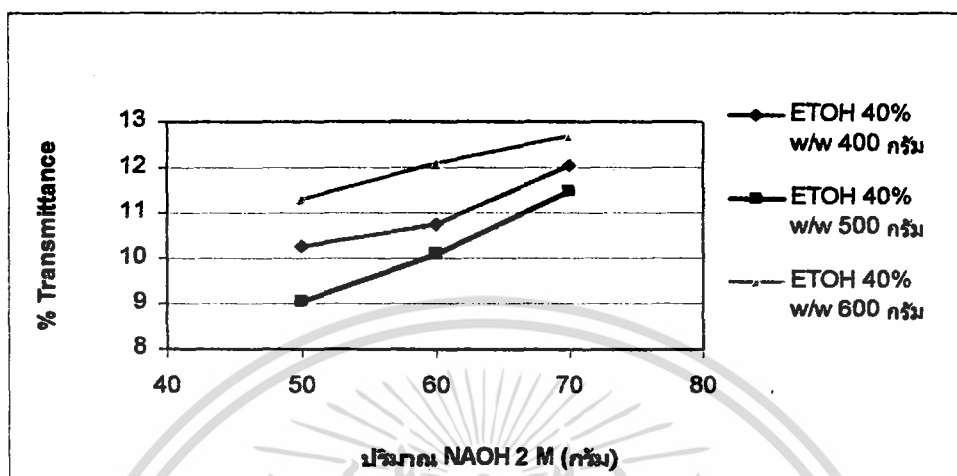


ภาพที่ 26 ปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสม ของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ระดับปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการนำของผสมแป้ง GCWSRS ที่สภาวะต่างๆ ที่มีความเข้มข้น 5% แช่เยือกแข็งใน deep freezer ที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน จากนั้นนำมาทำการละลายที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง (ภาคผนวก ก) และวัดเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสม โดยที่ปริมาณน้ำที่แยกออกมาเป็นปริมาณน้อย เป็นการบอกว่าของผสมแป้งมีความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง – การละลาย จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยไม่มีผลต่อค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง จากภาพที่ 25 พบว่าที่ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น และปริมาณเอทานอลที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลให้ค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง ของแป้ง GCWSRS

เมื่อนำแป้ง RS และ แป้ง GCWSRS มาเปรียบเทียบค่าความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง – การละลาย พบว่าการคัดแปรแป้ง GCWSRS ที่สภาวะปริมาณเอทานอล และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่าง ไม่มีผลแตกต่างกับแป้ง RS

4.2.5 ค่าความใส (%Transmittance : %T)



ภาพที่ 27 ค่าความใส ของแป้งข้าวเจ้าที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นที่ ระดับปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลต่างๆ

จากการวิเคราะห์ทางสถิติ (ภาคผนวก ข) แบบแฟคทอเรียลของปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 โมลาร์ และปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล พบว่าปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาณเอทานอลเข้มข้น 40% โดยมวล และอิทธิพลร่วมของทั้งสองปัจจัยมีผลต่อค่าความใส จากภาพที่ 26 พบว่าที่ปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าความใสของแป้ง GCWSRS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และปริมาณเอทานอลที่สูงขึ้นนั้นมีผลให้แป้ง GCWSRS มีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของอะมิโลสที่แตกตัวออกจากเม็ดแป้งเมื่อนำไปต้มสุกนั้น เกิดการละลายน้ำไม่กลับมาจัดเรียงตัวใหม่ มีผลให้แป้ง GCWSRS ไม่เกิดความขุ่น หรือไม่เกิดการ retrogradation

เมื่อนำแป้ง RS และ แป้ง GCWSRS มาเปรียบเทียบค่าความใส พบว่าแป้ง GCWSRS ที่ตัดแปรสภาพด้วยปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณเอทานอลที่สภาวะต่าง ๆ นั้นจะมีค่าความใสที่สูงกว่าแป้ง RS ซึ่งสอดคล้องกับ Bello-Perez (2000) ที่รายงานว่าแป้งที่ผ่านการตัดแปรสภาพ จะมีค่าความใสที่เพิ่มขึ้น จากการตัดแปรแป้ง GCWSRS ที่ภาวะปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม และปริมาณเอทานอล 600 กรัม จะให้ค่าความใสสูงสุดคือ 12.70% ส่วนแป้ง RS มีค่าความใสเท่ากับ 4.45%

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งข้าวเจ้า และแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ที่สภาวะต่างๆ โดยการปรับสภาพด้วยค่าและแอลกอฮอล์ พบว่า ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์ และปัจจัยร่วมทั้งสอง เมื่อมีปริมาณสูงขึ้น ทำให้คุณสมบัติในด้านระดับการเกิดเจลลาติไนซ์ ความสามารถในการดูดซับน้ำ ความสามารถในการละลายน้ำ ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง และค่าความใส ของแป้งทั้งสองมีค่าสูงขึ้น

5.2 การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งธรรมชาติและแป้งหลังดัดแปรที่สภาวะต่างๆ

5.2.1 แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งมันสำปะหลังดัดแปร

5.2.1.1 ระดับการเกิดเจลลาติไนซ์

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 600 กรัม และปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม มีระดับการเกิด เจลลาติไนซ์สูงสุด คือ 84.84 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีระดับการเกิดเจลลาติไนซ์ที่ 0 เปอร์เซ็นต์

5.2.1.2 ความสามารถในการดูดซับน้ำ

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 400 กรัม และปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม มีค่าการดูดซับน้ำสูงสุด 262.79 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีค่าการดูดซับน้ำที่ 213.53 เปอร์เซ็นต์

5.2.1.3 ความสามารถในการละลายน้ำ

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 500 กรัม และปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม มีค่าการละลายน้ำสูงสุด 30.59 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีค่าการละลายน้ำที่ 0.08 เปอร์เซ็นต์

5.2.1.4 ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 400 กรัม และปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 50 กรัม มีปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสมแป้งน้อยที่สุด 4.52 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีปริมาณน้ำที่แยกออกจากของผสมแป้ง 21.48 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1.5 ค่าความใส

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 600 กรัม และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 กรัม มีค่าความใสสูงสุด คือ 97.85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีค่าความใส 43.45 เปอร์เซ็นต์

5.2.2 แป้งข้าวเจ้าธรรมชาติและแป้งข้าวเจ้าคัดแปร

5.2.2.1 ระดับการเกิดเจลาคีโนซ์

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 600 กรัม และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม มีระดับการเกิด เจลาคีโนซ์สูงสุด คือ 38.88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีระดับการเกิดเจลาคีโนซ์ที่ 0 เปอร์เซ็นต์

5.2.2.2 ค่าการดูดซับน้ำ

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 600 กรัม และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม มีค่าการดูดซับน้ำสูงสุด 300.10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีค่าการดูดซับน้ำที่ 159.29 เปอร์เซ็นต์

5.2.2.3 ความสามารถในการละลายน้ำ

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 500 กรัม และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม มีค่าการละลายน้ำสูงสุด 1.05 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีค่าการละลายน้ำที่ 0.12 เปอร์เซ็นต์

5.2.2.4 ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่คัดแปรที่สภาวะต่างๆกับแป้งธรรมชาติ ผลปรากฏว่าไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5.2.2.5 ค่าความใส

แป้งที่ระดับสภาวะเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณ 600 กรัม และปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ 70 กรัม มีค่าความใสสูงสุด คือ 12.70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแป้งธรรมชาติมีค่าความใส 4.45 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกมล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 292 หน้า.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และสิทธิโชค วัลลภาทิตย์. 2539. แป้งคัดแปร. อุตสาหกรรมเกษตร. 7(1) : 51 – 57.
- รศ.ดร.วุฒิชัย นาครักษา. 2535. เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง. กรุงเทพฯ
- สายฝน โมราถบ. 2546. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตแป้งกล้วยพรีเจลลาติไนซ์ด้วยเทคนิคไมโครเวฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- สุคาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2544. การเตรียมและคุณสมบัติของแป้งกล้วยคัดแปรทางกายภาพโดยใช้วิธีการปรับสภาพด้วยแอลกอฮอล์และด่าง. สัมมนาปริญญาโทสถาบันเทคโนโลยีลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- อรวรรณ เกตุสุขเจริญ. 2529. คุณสมบัติบางประการในการนำไปใช้ของแป้งต่างๆ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Bello-Perez. L.A., Agama-Acevedo. E., Sanchez-Hernandez. L. and Perdes-Lopez. O. 1999. Isolation and Partial Characterization of Banana Starch. J. Agr. Food Chem. 47: 854-857.
- Chen, J. and Jane, J. 1994a . Preparation of granular cold – water soluble starches by alcoholic alkaline treatment . Cereal Chem. 71(6) : 618 – 622.
- Chen, J. and Jane, J. 1994b . Properties of granular cold – water soluble starches Prepared by alcoholic alkaline treatment . Cereal Chem. 71(6) : 623-626
- Eastman, J. E. and Moore, C. O. 1984. Cold water granular starch for gelled food composition . U.S. patent 4,465,702.
- Eastman, et al. 1987 . Cold water swelling starch composition . U.S. patent 4,634,596.
- Eliasson, A.C. 1996. Carbohydrate in food : Starch physicochemical and functional aspects. New York : Marcel Dekker , Inc.
- Jane, J. and Seib, P. A. 1991. Preparation of granular cold water swelling / soluble starches by alcoholic – alkaline Treatment. U.S.patent 5,057,157.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jaspreet S. and Narpinder S. 2003. Studies on the morphological and rheological properties of granular clod water soluble corn and potato starches. *Food Hydrocolloids* 17.63 – 72.

Narkruga, W. 1993 . Study on feasibility of starch citrate production by microwave technique. In *Proceeding of the 31st Kasetsart University Annual Conference February 3 - 6. Kasetsart University . Bangkok .270 – 280 .*

Narkruga, W. 1996 . Changes in some physicochemical properties tapioca and glutinous rice starches after microwave . *Kasetsart J. (Nat. Sci) . 30 : 532 – 538 .*

Rajagopalan, S., and Seib, P. A. Process for the Preparation of Granular Clod Water-Soluble Starch. U.S patent no.5037929. August 1991.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ความสามารถในการอุ้มน้ำและความสามารถในการละลาย (Water Absorption Index and Water Solubility Index , WAI and WSI : Narkrugsa. 1996)

วิธีการวิเคราะห์

1. ตัวอย่างแข็ง 2.5 กรัม (W_0) ผสมกับน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตรในขวดชมพู
2. เขย่าใน water bath ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที
3. นำของผสมมาชั่งน้ำหนัก (W_1) จากนั้นทำการหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที
4. เทน้ำส่วนใสออกจากของผสม จากนั้นชั่งน้ำหนักของผสมที่เหลือ (W_2)
5. คำนวณหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำจากสูตร

$$\text{Water Absorption Index (WAI)} = \left[(W_1 - W_2) / W_0 \right] \times 100$$

6. บีบน้ำส่วนใสที่เทจากของผสม 10 มิลลิลิตร ใส่ใน aluminium can ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนนำไปอบที่ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง
7. ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักของแข็งที่ละลายได้
8. คำนวณหาค่าความสามารถในการละลายเป็นเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในส่วนใสที่สามารถละลายได้

2. ความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งและการละลาย (Freeze – Thaw Stability , FTS : Narkrugsa. 1996)

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 15 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นจนมีน้ำหนักสุดท้ายเป็น 300 กรัม ในถ้วย stainless steel ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ด้วย rotor mixer ที่ความเร็ว 240 รอบต่อนาที นาน 20 นาที
2. นำของผสมเทลงในถ้วยพลาสติก แช่แข็งที่อุณหภูมิ -10 องศาเซลเซียส ใน deep freezer เป็นเวลา 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำของผสมมาละลายน้ำแข็งออกใน water bath ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง
4. นำของผสม 100 กรัม ทำการหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ 8000 รอบต่อนาที นาน 30 นาที
5. รายงานผลเปอร์เซ็นต์ที่น้ำแยกออกมา

3. ค่าความใส (%Transmittance , Bello – Perez. 2000)

วิธีวิเคราะห์

1. เตรียมน้ำแบ่งความเข้มข้น 1% (แบ่ง 0.05 กรัม/น้ำ 5 มล.) ใส่หลอดทดลอง
2. นำไปต้มที่น้ำเดือด 30 นาที (เมื่อครบทุก 5 นาที นำหลอดทดลองมาเขย่า)
3. เมื่อต้มครบ 30 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 25 นาที
4. นำไปวัดหาค่า %Transmittance ที่ 650 nm

4. วิธีวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาตินไนซ์ (Degree of Gelatinization : Guraya et al.,1993)

สารเคมี

1. 10 นอร์มอล โพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ (KOH)
2. 0.5 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
3. สารละลายไอโอดีน (Iodine reagent) เตรียมโดยใช้ไอโอดีน (I_2) 1 กรัม ผสมกับโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 4 กรัม ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีการเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ผสมแป้งกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 ต่อ 2
2. นำของผสมไป autoclave ที่ความดัน 15 psi อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส 15 นาที
3. นำของผสมที่ได้มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส
4. บดผ่าน sieve ขนาด 0.12
5. ผสมแป้งที่ผ่านการ clave และแป้งดิบที่ไม่ผ่านการ clave ในอัตราส่วนตามระดับการเจลาตินไนซ์ โดยที่ระดับการเกิดเจลาตินไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 10 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 90 ส่วน
 20 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 20 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 80 ส่วน
 30 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 30 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 70 ส่วน
 40 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 40 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 60 ส่วน
 50 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 50 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 50 ส่วน
 60 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 60 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 40 ส่วน
 70 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 70 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 30 ส่วน
 80 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 80 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 20 ส่วน
 90 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการ clave 90 ส่วน กับแบ่งไม่ผ่านการ clave 10 ส่วน
 100 เปอร์เซนต์ ใช้แบ่งผ่านการclave100 ส่วน

การเตรียม Blank

ผสมน้ำกลั่น 95 มิลลิลิตร กับ 10 นอร์มอล โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 5 มิลลิลิตร และ 0.5 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก 1 มิลลิลิตร

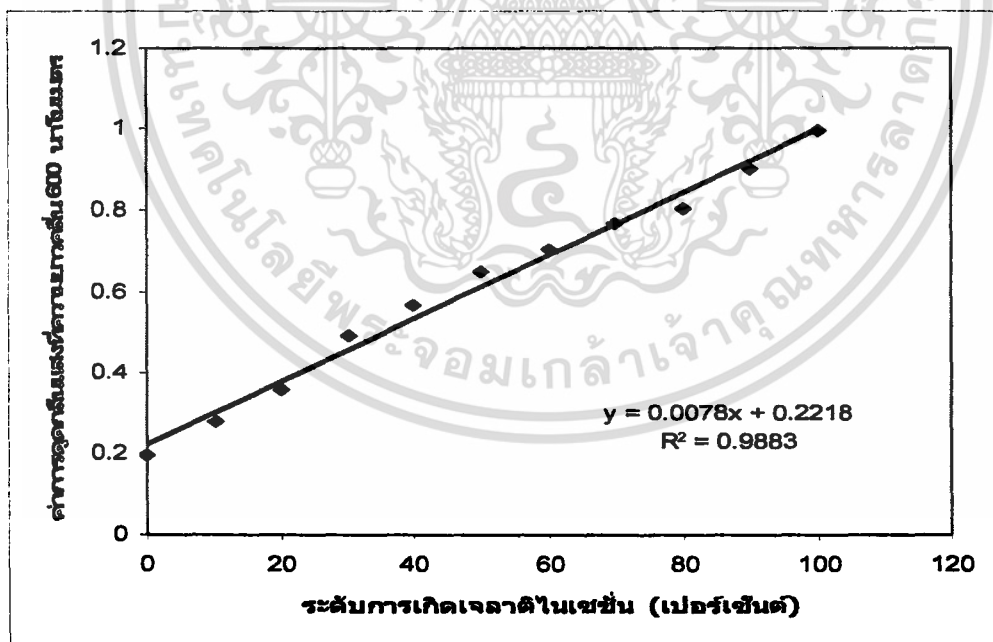
วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 0.2 กรัม
2. เติมน้ำกลั่น 98 มิลลิลิตร
3. เติมสารละลาย 10 นอร์มอล โพแทสเซียมคลอไรด์ 2 มิลลิลิตร
4. คนด้วย magnetic stirrer นาน 5 นาที
5. นำไปหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
6. ดูดส่วนใสมา 1 มิลลิลิตร ใส่ใน volumetric flask ขนาด 10 มิลลิลิตร
7. เติม 0.5 นอร์มอล กรดไฮโดรคลอริก 0.4 มิลลิลิตร
8. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 10 มิลลิลิตร
9. เทสารละลายใส่ในหลอดทดลอง
10. เติมสารละลายไอโอดีน 0.1 มิลลิลิตร ผสมสารให้เข้ากันด้วย vortex mixer
11. นำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร

ข้อแนะนำ : ต้องวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีที่เติมสารละลายไอโอดีน

ตารางที่ ก1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาตินไนซ์
ของแป้งมันสำปะหลัง

ระดับการเกิดเจลลาตินไนซ์ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร
0	0.195
10	0.276
20	0.3570
30	0.4930
40	0.5670
50	0.6480
60	0.7020
70	0.7710
80	0.8040
90	0.9030
100	0.9960

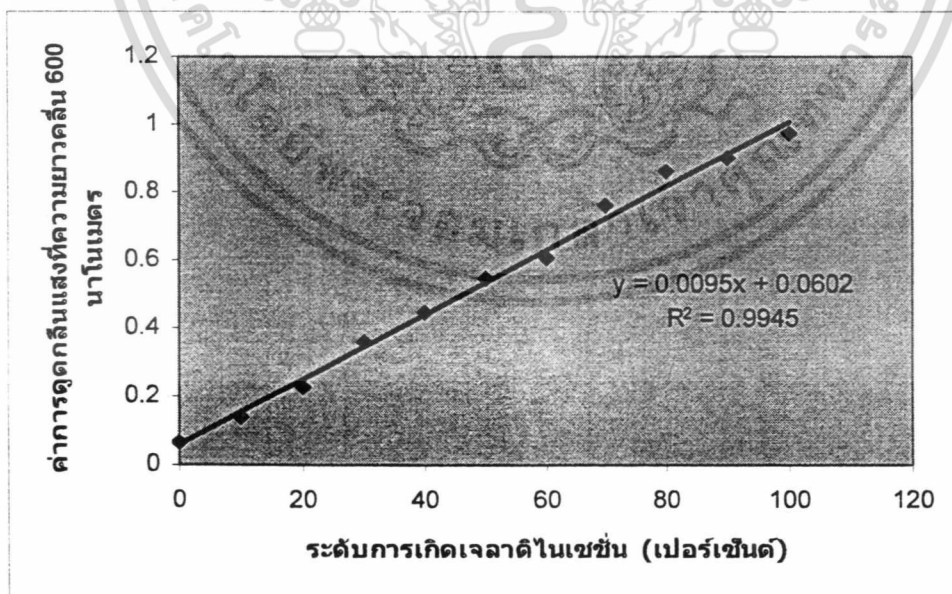


ภาพที่ ก1 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาตินไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของกราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาตินไนซ์
ของแป้งข้าวเจ้า

ระดับการเกิดเจลลาตินไนซ์ (เปอร์เซ็นต์)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 นาโนเมตร
0	0.065
10	0.140
20	0.226
30	0.362
40	0.447
50	0.544
60	0.608
70	0.757
80	0.857
90	0.902
100	0.975



ภาพที่ ก2 กราฟมาตรฐานการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลลาตินไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ ข1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการเกิดเจลลาตินเซชันของแป้งมันสำปะหลังด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%degree of gelatinization					
SODIUM	2	404.668	202.334	193.038	0.000*
ETHANOL	2	6669.676	3334.838	3181.627	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	56.309	14.077	13.431	0.000*
Error	10	10.482	1.048		
Total	20	82948.845			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความใสของแป้งมันสำปะหลังด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%Transmittance					
SODIUM	2	64.708	32.354	139.456	0.000*
ETHANOL	2	4194.734	2097.367	9040.376	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	4.306	1.076	4.640	0.022*
Error	10	2.320	0.232		
Total	20	140362.70			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งของแป้งมันสำปะหลัง
ด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
Freeze thaw stability					
SODIUM	2	318.065	159.033	3275.985	0.000*
ETHANOL	2	8404.869	4202.435	86567.817	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	96.175	24.044	495.289	0.000*
Error	10	0.485	4.854E-02		
Total	20	33687.120			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้งมันสำปะหลัง
ด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%Water Absorption index					
SODIUM	2	6218.512	3109.256	140.830	0.000*
ETHANOL	2	132655.05	66327.525	3004.217	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	894.197	223.549	10.125	0.002*
Error	10	220.781	22.078		
Total	20	502434.07			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้งมัน
สำปะหลังด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
ค่าการละลายน้ำ					
SODIUM	2	10.968	5.484	61.452	0.000*
ETHANOL	2	3086.378	1543.189	17292.571	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	1.142	0.353	3.956	0.035*
Error	10	0.892	8.924E-02		
Total	20	10398.400			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับการเกิดเจลลาคีโนเซชันของแป้งข้าวเจ้าด้วย
เทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%degree of gelatinization					
SODIUM	2	763.205	381.603	2491.041	0.000*
ETHANOL	2	581.098	290.549	1896.657	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	174.791	43.698	285.252	0.000*
Error	10	0.153			
Total	20				

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความใสของแป้งข้าวเจ้าด้วยเทคนิคแป้งละลาย
น้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%Transmittance					
SODIUM	2	10.741	5.371	120.687	0.000*
ETHANOL	2	9.948	4.974	120.687	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	0.729	0.182	4.095	0.032*
Error	10	0.445	0.045		
Total	20	2274.810			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข8 วิเคราะห์ความแปรปรวนของความคงทนต่อการแช่เยือกแข็งของแป้งข้าวเจ้า ด้วย
เทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%Freeze thaw stability					
SODIUM	2	3986.723	1993.362	0.823	0.467
ETHANOL	2	4876.888	2438.444	1.007	0.400
ETHANOL*SODIUM	4	9632.187	2408.047	0.994	0.454
Error	10	24214.738	2421.474		
Total	20	80898.986			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข9 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำของแป้งข้าวเจ้าด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%Water Absorption Index					
SODIUM	2	4140.026	2070.013	13.887	0.001*
ETHANOL	2	371.107	185.553	1.245	0.329
ETHANOL*SODIUM	4	1613.789	403.447	2.707	0.092
Error	10	1490.602	149.060		
Total	20				

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ข10 วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความสามารถในการละลายน้ำของแป้งข้าวเจ้าด้วยเทคนิคแป้งละลายน้ำเย็น

Source of variance	df	SS	MS	F-Value	Sig.
%Water Solubility Index					
SODIUM	2	0.878	0.439	364.348	0.000*
ETHANOL	2	1.48E-03	7.389E-04	0.613	0.000*
ETHANOL*SODIUM	4	6.696E-02	1.674E-02	13.891	0.000*
Error	10	1.205E-02	1.205E-03		
Total	20	10.247			

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาววรารักษ์ แก้วเที่ยง เกิดวันที่ 20 มกราคม 2525 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนเบญจมราชาลัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2542 และสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปีการศึกษา 2546

นางสาวสุพัตรา โมราถบ เกิดวันที่ 9 มกราคม 2524 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนศรีอยุธยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2541 และสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) ในปีการศึกษา 2546



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้