17505

สำนักหอสมุดกลาง-พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณสมบัติของแป้งจากเมล็ดขนุน

(Study of Starch Property from Jackfruit – Seeds)

T096644

นางสาวกนกรัตน์ พู่เจริญ

นางสาวยุพา เมืองทอง

ปพ.
TT125ก
2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 96644
วัน,เดือน,ปี - 4 JUN 2009

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาคุณสมบัติของแป้งจากเมล็ดขนุน

(Study of Strach Property from Jackfruit – Seeds)

โดย

นางสาวกนกรัตน์ พู่เจริญ รหัสนักศึกษา 42045070

นางสาวยุพา เมืองทอง รหัสนักศึกษา 42045100

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 14/03/44 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(สุธิดา ดลงาม)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

( )

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กนกรัตน์ พู่เจริญ และยุพา เมืองทอง. 2543. : การศึกษาสมบัติของแป้งจากเมล็ดขนุน (Study of Starch Property from Jackfruit – Seeds). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. รุจิรา ตาปราบ. 52 หน้า.

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการผลิตแป้งจากเมล็ดขนุน สามารถผลิตแป้งได้ปริมาณ 20% จากเมล็ดขนุนดิบที่ใช้ แป้งเมล็ดขนุนที่ได้นำมาทำการศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ พบว่า แป้งเมล็ดขนุนมีองค์ประกอบทางเคมี โดยมีปริมาณแป้ง (Starch) 97%, โปรตีน 1.1%, ไขมัน 0.4%, เยื่อใย 1.3% และเถ้า 0.2% รูปร่างของ เม็ดแป้งจะมีลักษณะกลม แบน มีหลายเหลี่ยม ขนาดจะอยู่ในช่วง 5 – 25 ไมครอน มีปริมาณอะมิโลส 24% ในด้านความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำเท่ากับ 1.98 g/g และค่าการละลายได้เท่ากับ 0.23% ในด้านความสามารถในการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิ 50, 70, 85 และ 95 องศาเซลเซียส ได้ค่าความสามารถในการพองตัวเท่ากับ 3.84, 10.82, 27, 21 และ 30.79 g/g ตามลำดับ และความสามารถในการละลายได้เท่ากับ 2.83, 5.61, 11.67 และ 16.18% ตามลำดับ ในด้านความหนืดของแป้งเมล็ดขนุนพบว่าที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส แป้งเริ่มเกิดเจลาติไนซ์ และเมล็ดแป้งสามารถพองตัวเต็มที่ที่อุณหภูมิ 90.5 องศาเซลเซียส มีค่าความหนืดเท่ากับ 300 BU และ ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส แป้งมีความหนืดเท่ากับ 270 BU เมื่อลดอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส แป้งเกิดการคืนตัวโดยมีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 470 BU

กนกรัตน์ พู่เจริญ .

ยุพา เมืองทอง .

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมืออาจารย์ที่ปรึกษา

๑๐ ธ.ค. ๔๓ .

วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีการศึกษา 2543 โดยมี ผศ. ดร. รุจิรา ตาปราบ กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ปัญหาพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำปรึกษาและข้อเสนอแนะจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากทางสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยและเจ้าหน้าที่ของทางสถาบันที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่อง Brabender visco amylograpgh รวมทั้ง รศ. สมศักดิ์ บัณฑุชัย อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ และดร. ปวีณา ทวีกิจการ หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ใช้กล้องจุลทรรศน์ในการบันทึกภาพของเม็ดแป้งเมล็ดขนุน นอกจากนี้ยังได้รับกำลังใจจากเพื่อน ๆ รวมทั้งบุคลากรทุกท่าน ในภาควิชา อุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความสะดวกสบายในการศึกษาทดลองปัญหาพิเศษในครั้งนี้

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณสำหรับความกรุณาของคณาจารย์และเพื่อน ๆ และบุคลากรทุกท่านที่ ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือมาตลอด จนปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กนกรัตน์ พู่เจริญ
ยุพา เมืองทอง
8 มีนาคม 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
บทที่ 2 วารสารปริทรรศน์	4
2.1 ความรู้เบื้องต้นและความสำคัญของแป้ง	4
2.2 องค์ประกอบภายในแป้ง	5
2.3 คุณสมบัติของแป้ง	14
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	29
3.1 วัตถุดิบ	29
3.2 อุปกรณ์	29
3.3 สารเคมีที่ใช้	30
3.4 วิธีการทดลอง	30
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	34
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	42
หนังสืออ้างอิง	44
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก	47
ภาคผนวก ข	51
ประวัติผู้แต่ง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ปริมาณคุณค่าทางอาหารของผลขนุนอ่อนและขนุนดิบในส่วนที่กินได้ 100 กรัม สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย	3
2.1	สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน	6
2.2	คุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลส	7
2.3	คุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลเพกทิน	9
2.4	องค์ประกอบของแป้งชนิดต่าง ๆ	11
2.5	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ	14
2.6	คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิดที่95 องศาเซลเซียส	17
2.7	ลักษณะการเกิดเจลของแป้งแต่ละชนิด	26
4.1	แสดงกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งเมล็ดขนุนที่อุณหภูมิ ต่าง ๆ	36
4.2	แสดงค่าจุดสำคัญในการวัดความหนืดโดยใช้เครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับความเข้มข้น 6%	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ระดับโครงสร้างในเม็ดแป้งมันฝรั่ง	5
2.2	โครงสร้างของอะมิโลส	6
2.3	ลักษณะเกลียวของอะมิโลส	8
2.4.	โครงสร้างอะมิโลเพกทิน	8
2.5.	โครมาโตแกรมของแป้งมันสำปะหลังสายพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	10
2.6.	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 40 เท่า)	12
2.7.	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ เมื่อส่องด้วยกล้อง Scanning Electron Microscope (กำลังขยาย 1,000 เท่า)	13
2.8.	รูปแบบการพองตัวของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล	15
2.9.	รูปแบบการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล	16
2.10.	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล	16
2.11.	รูปแบบความหนืดของแป้งสุกชนิดต่าง ๆ เมื่อแบ่งตามกำลังการพองตัว	20
2.12.	จุดที่สำคัญในการวัดโดยใช้เครื่อง Brabender visco analyzer	22
2.13.	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม	24
2.14.	ระยะในการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแต่ละชนิด	25
2.15.	เปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแต่ละชนิด	25
2.16.	การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation)	27
2.17.	กลไกการคืนตัวของแป้ง	28
4.1.	ลักษณะของแป้งเมล็ดขนุน	34
4.2.	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งเมล็ดขนุน เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 40 เท่า)	35
4.3	การพองตัวของแป้งเมล็ดขนุนเมื่อเทียบกับแป้งชนิดต่าง ๆ	37
4.4	การละลายของแป้งเมล็ดขนุนเมื่อเทียบกับแป้งชนิดต่าง ๆ	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งเมล็ดขนุนเมื่อเทียบกับแป้งชนิดต่าง ๆ 39

4.6 จุดที่สำคัญในการวัดโดยใช้เครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับความเข้มข้น 6% 41

6.1 กราฟมาตรฐานความเข้มข้นอะมิโลส – ค่าการดูดกลืนแสง 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

1.1. บทนำ

ขนุนเมื่อถึงฤดูกาลที่มีขนุนมาก ราคาจะถูก รับประทานสดไม่ทัน ทำให้เน่าเสีย ปัจจุบันจึงได้มีการนำขนุนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จากขนุนสด เพื่อเป็นแนวทางในอุตสาหกรรมในครัวเรือน ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่แปรรูปจากผลขนุนสด ได้แก่ ขนุนกวน น้ำขนุนหวานเข้มข้น เครื่องดื่มน้ำขนุนชนิดผงและเม็ด ข้าวเกรียบขนุน ขนุนแช่อิ่ม ขนุนเชื่อม ขนุนในน้ำเชื่อมบรรจุกระป๋อง เป็นต้น จากผลิตภัณฑ์ข้างต้น จะพบว่าเมล็ดขนุนจะไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ นอกจากเมล็ดขนุนนั้นจะใช้บริโภคโดยการต้มสุกแล้ว ยังสามารถนำมาแปรรูปโดยวิธีอื่นได้ เมล็ดขนุนในน้ำเชื่อมบรรจุขวด เมล็ดขนุนเชื่อม และแป้งจากเมล็ดขนุน

ในการนำเมล็ดขนุนมาผลิตแป้งเมล็ดขนุนนั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการทำอาหาร คือ ใช้แป้งเมล็ดขนุน ใส่ในซุป และอาหารเสริมสำหรับเด็กให้ข้นตามต้องการและยังสามารถนำแป้งจากเมล็ดขนุนมาทำเป็นขนมได้อีกด้วย การแปรรูปเมล็ดขนุนมาเป็นแป้งเมล็ดขนุนนั้นเป็นการเพิ่มประโยชน์ในการนำไปใช้นอกเหนือจากการนำไปเพาะปลูกหรือแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น

ขนุน

ชื่ออังกฤษ : Jackfruit

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Antocarpus heterophyllus Lamk*

ชื่อวงษ์ : Moraceae

ลักษณะ

ขนุนเป็นไม้ยืนต้นสูง 8 – 15 เมตร มียางขาวทั้งต้น ใบออกสลับกัน ลักษณะกลมรี ยาว 7 – 15 เซนติเมตร ปลายใบแหลมสั้น ฐานใบเรียว ใบอ่อน บางครั้งมีรอยเว้าเข้าลึก ๆ 2 รอย แบ่งใบเป็น 3 ส่วน หลังใบเรียวเป็นมัน เนื้อใบเหนียวคล้ายหนัง ก้านใบยาว 1 – 2.5 เซนติเมตร ใบหลุดร่วงง่าย ดอกเป็นช่อแยกเป็นช่อดอกตัวเมีย และช่อดอกตัวผู้อยู่บนต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้ที่ปลายกิ่งหรือง่ามใบ เป็นแท่งยาว 5 – 8 เซนติเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร มีกาบหุ้มช่อดอก 2 กลีบ ดอกย่อยมีเกสรตัวผู้ 1 อัน ช่อดอกตัวเมียเป็นแท่งกลมหรือกลมยาวออกจาก ลำต้นหรือกิ่งก้านขนาดใหญ่ ผลเป็นผลรวมลักษณะกลมยาว 25 – 60 เซนติเมตร อาจหนักถึง 20 กิโลกรัม เปลือกนอกเป็นตุ่มหนา เล็ก ๆ รูปหกเหลี่ยม เนื้อหุ้มเมล็ดสีเหลือง เมื่อสุกมีกลิ่นหอม พบปลูกตามสวนหรือบริเวณบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่นำมาใช้

1. เนื้อหุ้มเมล็ด ตัดเก็บผลแก่ บ่มให้สุก มีรสหวาน ชุ่ม เปรี้ยวเล็กน้อย เป็นเมือกใช้หล่อลื่น ช่วยระบาย แก้กระหายน้ำ เมาสุรา บำรุงกำลัง ใช้บริโภคสด
2. เมล็ด จากผลแก่จัด แยกเนื้อหุ้มเมล็ดไปแล้ว มีรสชุ่ม บำรุงร่างกาย ขับน้ำนมในสตรีหลังคลอด มีน้ำนมน้อยหรือไม่มีน้ำนม โดยการต้มสุก
3. ใบ เก็บได้ตลอดปี ใช้สดหรือตากแห้งเก็บไว้ใช้ ใช้ภายนอก แก้แผลมีหนองเรื้อรัง ใช้สดโดยตำละเอียด ใบแห้งบดเป็นผงโรยแผล
4. แก่นและราก เมื่อต้นแก่ ตัดต้น เก็บแก่นและราก สับเป็นชิ้นตากแห้ง เก็บไว้ใช้ มีรสหวานชุ่ม บำรุงเลือด แก้กามโรค โดยนำมาต้มน้ำกิน
5. ยาง ใช้มีดกรีดเปลือกให้น้ำยางสีขาวไหลออกมา มีรสจืด ฝาดเล็กน้อย ใช้ทาแผล บวมอักเสบ แผลมีหนอง เรื้อรัง ต่อมน้ำเหลืองอักเสบเกิดจากแผลมีหนองที่ผิวหนัง (ชัยโยและคณะ, 2524.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณคุณค่าสารอาหาร

ตารางที่ 1.1 ปริมาณคุณค่าทางอาหารของผลขนุนอ่อนและขนุนดิบในส่วนที่กินได้ 100 กรัม และสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

สารอาหาร	ขนุนอ่อน	เมล็ดขนุนดิบ	หน่วย
พลังงาน	22	146	กิโลแคลอรี่
น้ำ	88.4	60.7	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	1.7	30.6	กรัม
โปรตีน	1.6	5.5	กรัม
ไขมัน	1.0	0.2	กรัม
เยื่อใยในอาหาร	6.7	-	กรัม
เถ้า	0.7	1.4	กรัม
แคลเซียม	8	0	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	3	105	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.5	2.9	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	1	22	หน่วยสากล (I.U.)
วิตามินบี 1	0.49	1.74	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.05	0.02	มิลลิกรัม
วิตามินซี	15	24	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0	3.2	มิลลิกรัม

หมายเหตุ - หมายถึง ยังไม่มีการรายงาน

ที่มา กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2535. (สุรีย์และคณะ, 2540.)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการผลิตแป้งจากเมล็ดขนุน
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของแป้งจากเมล็ดขนุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วารสารปริทรรศน์

2.1 ความรู้เบื้องต้นและความสำคัญของแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืชชั้นสูง พบในคลอโรพลาสต์ (ในใบ) และในส่วนที่พืชใช้เป็นแหล่ง เก็บอาหาร เช่น เมล็ดและหัว มนุษย์ได้รับแป้งจากพืชแตกต่างกันตามภูมิประเทศในโลก แป้งที่มีการใช้กันทั่วโลก คือ แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวสาลี และแป้งมันสำปะหลัง แป้งเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในโภชนาการของมนุษย์ อาหารทั้งหมดส่วนใหญ่จะมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักของทุกชนชาติ เช่น ข้าว ขนมปัง ก๋วยเตี๋ยว และพาสต้า เป็นต้น

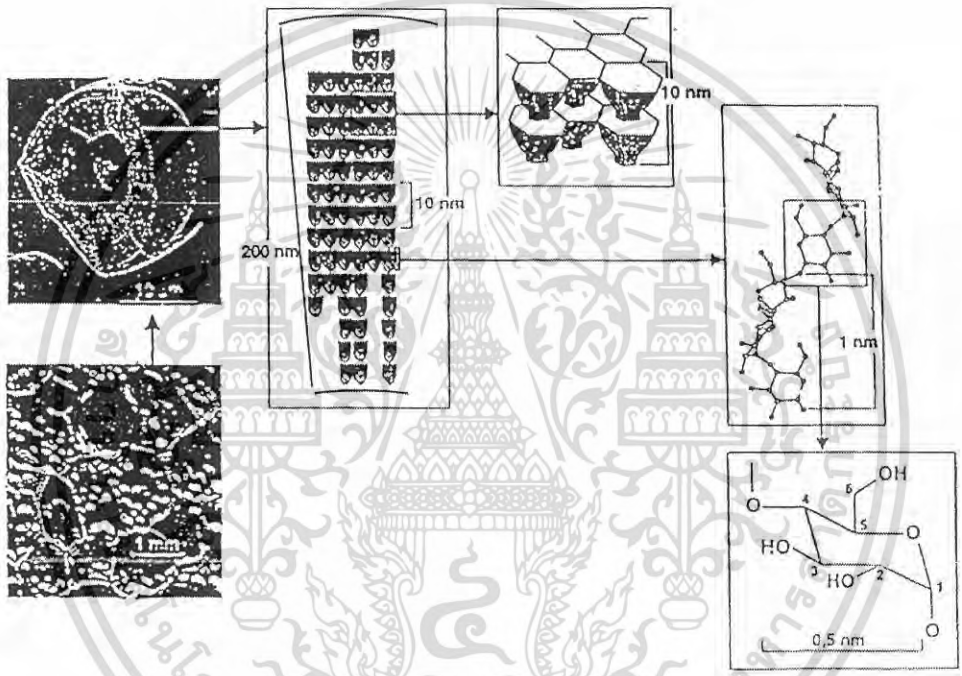
บทบาทที่สำคัญของแป้งคือ ใช้เป็นแหล่งอาหารพลังงานสูงของมนุษย์ แต่จากคุณสมบัติเฉพาะของแป้งจึงได้มีการนำแป้งมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของอาหาร ทำให้เกิดเจล ควบคุมความคงตัวและเนื้อสัมผัสของอาหารจำพวกซอส ซุปและน้ำปรุงรสอาหาร ป้องกันเนื้อสัมผัสของอาหารเสียรูป เนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและคืนรูป (freeze – thaw) สภาวะกรดการทำพาสเจอร์ไรเซชัน (pasteurization) และสเทอริไรเซชัน (sterillization) เป็นต้น นอกจากใช้ในอุตสาหกรรมอาหารแล้วยังมีการนำแป้งมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทออุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมกาว และอุตสาหกรรมแป้งดัดแปร เป็นต้น

คำว่า "แป้ง" ในการผลิตนั้น หมายถึง คาร์โบไฮเดรตที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ มีสิ่งอื่นเจือปน เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ น้อยมาก ส่วนแป้งที่ผลิตโดยทั่วไปที่ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ อยู่มากจะเรียกว่า ฟลาว์ (flour) เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี ถ้ายังมีส่วนประกอบของโปรตีนสูงจะจัดอยู่ในประเภทฟลาว์ เรียกว่า corn flour, wheat flour แต่เมื่อมีสิ่งเจือปน่ หมายถึง โปรตีน ไขมัน เกลือแร่อื่น ๆ ถูกสกัดออกไป จนเหลือแป้งบริสุทธิ์เป็นส่วนใหญ่จึงเรียกว่าเป็นแป้งสตาร์ช (starch) เช่น corn starch, wheat starch เป็นต้น ปัจจุบันแป้งจะผลิตโดยกรรมวิธีทันสมัย มีความบริสุทธิ์ของแป้งสูง จัดเป็นแป้งสตาร์ช ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในรูปของสารเคมีในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ มากมาย แป้ง สตาร์ชที่ยังไม่ได้ถูกทำการดัดแปรหรือแปรรูป เรียกว่า แป้งดิบ (raw starch หรือ native starch) ส่วนแป้งที่ถูกดัดแปรหรือแปรรูปแล้ว เรียกว่าโมดิไฟด์สตาร์ช (Modified starch) หรือแป้งดัดแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 องค์ประกอบภายในแป้ง

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6 : 10 : 5 มีสูตรเคมี โดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะมิโลเพกทิน) วางตัวในแนวรัศมี แสดงระดับโครงสร้างของเม็ดแป้งดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ระดับโครงสร้างในเม็ดแป้งมันฝรั่ง
(Sanders, 1996.)

แป้งจากแหล่งที่ต่างกันจะมีอัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทินแตกต่างกัน (ดังตารางที่ 2.1) ทำให้คุณสมบัติของแป้งแต่ละชนิดแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 สมบัติที่สำคัญของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน

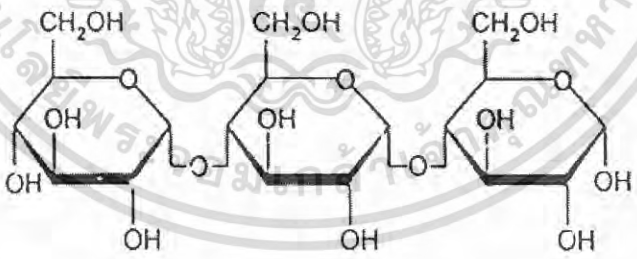
คุณสมบัติ	อะมิโลส	อะมิโลเพกทิน
ลักษณะโครงสร้าง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นเส้นตรง	สารประกอบของน้ำตาลกลูโคสเกาะกันเป็นกิ่งก้าน
พันธะที่จับ	α - 1, 4	α - 1, 4 และ α - 1, 6
ขนาด	200 – 2,000 หน่วยกลูโคส	มากกว่า 10,000 หน่วยกลูโคส
การละลาย	ละลายน้ำได้น้อยกว่า	ละลายน้ำได้มากกว่า
ทำปฏิกิริยากับไอโอดีน	สีน้ำเงิน	สีแดงม่วง
การจับตัว	เมื่อให้ความร้อนแล้วทิ้งไว้ จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง	ไม่จับตัวเป็นแผ่นแข็ง

ที่มา : Beynum และ Roels, 1985.

องค์ประกอบหลักภายในเม็ดแป้ง ได้แก่

1. อะมิโลส (amylose)

อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคส ประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α - 1, 4 - glucosidic linkage ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของอะมิโลส

แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณ 28% แป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูมีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณ 20% waxy starch ไม่มีอะมิโลสเลย และแป้งจาก amylomaize มีอะมิโลสสูงมากถึง 80% น้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง $10^5 - 10^6$ ดาลตัน ซึ่งอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป ในแป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมีน้ำหนักโมเลกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่าในแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี แป้งแต่ละชนิดมี DP ของอะมิโลสอยู่ในช่วง 1,000 – 6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมี DP ของอะมิโลส ในช่วง 200 – 1,200 แป้งที่มีโมเลกุลของอะมิโลสมีกิ่งก้านอยู่บ้างแต่ไม่มาก คุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลสของแป้งหลาย ๆ ชนิดแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลส

แหล่งแป้ง	ปริมาณอะมิโลส (%)	β – Amylolysis Limit (%)	DP เฉลี่ย	จำนวนสายเฉลี่ย (NC)	ความยาวสายเฉลี่ย (CL)	โมเลกุลกิ่ง (%)
แป้งสาลี	28	88	1,300	4.8	270	27
แป้งข้าวโพด	28	82	930	2.7	340	44
แป้งข้าวเจ้า	17					
Indica		73	1,000	4.0	250	49
Japonica		81	1,100	3.4	320	31
แป้งมันสำปะหลัง	17	75	2,600	7.6	340	42
แป้งมันฝรั่ง	21	80	4,900	9.5	240	

ที่มา : Hizukuri, 1988.

หมายเหตุ : β – Amylolysis = % การย่อยแป้งโดย β - amylase

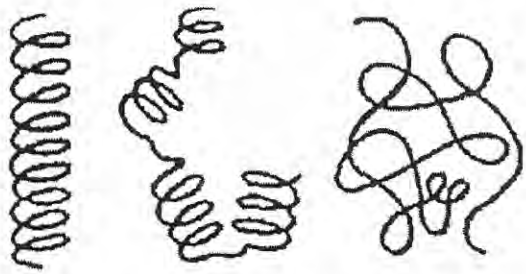
DP = Degree of Polymerization

NC = Number of Chain

CL = Chain Length

โครงสร้างของอะมิโลสเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีหลายรูปแบบ คือ ลักษณะเป็นเกลียวม้วน (helix) เกลียวที่คลายตัว (interrupted helix) หรือม้วนอิสระ (random coil) ดังภาพที่ 2.3

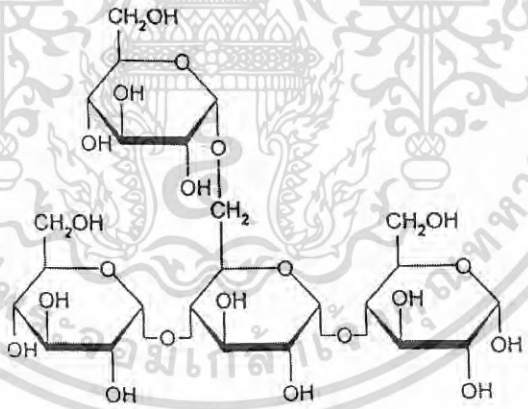
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะเกลียวของอะมิโลส

2. อะมิโลเพกทิน

อะมิโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อด้วยพันธะ α - 1,4 – glucosidic linkage และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มี DP (Degree of polymerization) อยู่ในช่วง 10 – 60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α - 1, 6 – glucosidic linkage ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างอะมิโลเพกทิน

อะมิโลเพกทินของแป้งข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มันสำปะหลัง และมันฝรั่ง สายส่วนใหญ่ประมาณ 80 – 90% ประกอบด้วยกลุ่มเดี่ยว ๆ และสายที่เหลืออีก 10 – 20% จะเป็นส่วนเชื่อมต่อของแต่ละกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มประกอบไปด้วยสายประมาณ 22 – 25 สาย ทำให้เกิดเป็นส่วนผลึกของเม็ดแป้งในการจับกันเป็นกลุ่มของอะมิโลเพกทินทำให้เกิดเป็นเกลี่ยวคู่ (double helix) ซึ่งช่วยให้เม็ดแป้งมีความคงทนต่อการทำปฏิกิริยาด้วยกรดและเอนไซม์

การเกิดเกลียวคู่ของอะมิโลเพกทินต้องใช้พันธะไฮโดรเจนและแรงวันเดอร์วาลส์ในการเชื่อมต่อกัน กิ่งอะมิโลเพกทินภายในเม็ดแป้งสามารถเกิดเป็นผลึกได้ ทั้งกิ่งที่อยู่ใกล้กันในกลุ่ม (cluster)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันหรือเกิดขึ้นระหว่างกลุ่มที่ใกล้เคียงกัน สมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลเพกทิน แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติทางโครงสร้างของอะมิโลเพกทิน

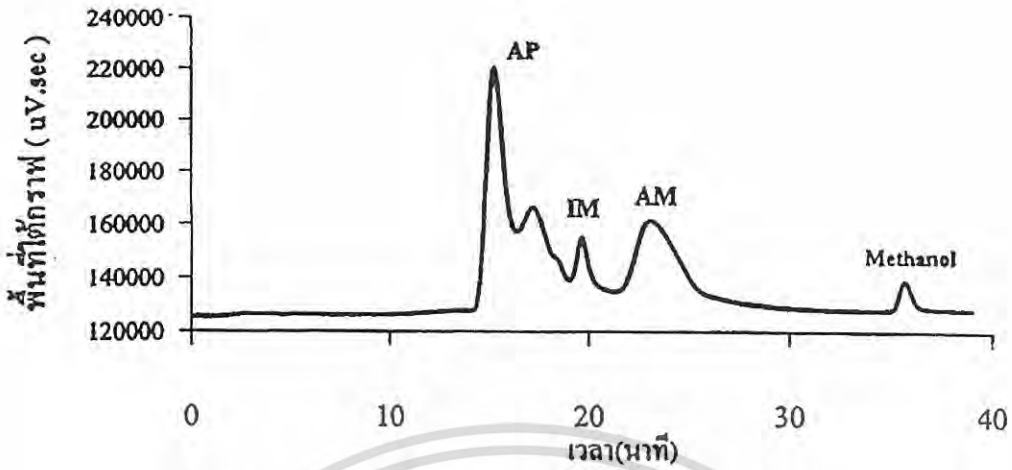
แหล่งแป้ง	ปริมาณอะมิโลเพกทิน (%)	DP เฉลี่ย	ความยาวสายเฉลี่ย (CL)	จำนวนสายเฉลี่ย (NC)	ความยาวสายภายนอกเฉลี่ย (ECL)	ความยาวสายภายในเฉลี่ย (ICL)
แป้งสาลี	72	4,800	19	250	13	5
แป้งข้าวโพด	72	8,200	22	370	15	6
แป้งข้าวเจ้า	83					
Indica (IR36)		4,700	21	220	14	6
Japonica		12,800	19	670	13	5
Waxy Rice		18,500	18	1,000	12	5
แป้งมันสำปะหลัง	79	9,800	24	410	15	8
แป้งมันฝรั่ง	83					

ที่มา : Hizukuri, 1988.

3. สารตัวกลาง (intermediate material)

สารตัวกลางมีเพียงส่วนน้อยในแป้งบางชนิดปริมาณและโครงสร้างของสารตัวกลางขึ้นอยู่กับชนิดและอายุการเก็บเกี่ยวของพืช จากการศึกษาการตรวจสอบองค์ประกอบของแป้งโดยใช้ High Performance Size Exclusion Chromatograpghy (HPSEC) (กล้าณรงค์และคณะ, 2541.) สามารถแยกองค์ประกอบของแป้งตามน้ำหนักโมเลกุลได้ 3 ส่วน คือ อะมิโลส อะมิโลเพกทิน และสารตัวกลาง โดยองค์ประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลมากจะออกจากเครื่อง HPSEC ก่อนปรากฏเป็นพีคบนโครมาโตแกรมที่เวลาน้อยกว่า ดังภาพที่ 2.5 ปรากฏพีคของอะมิโลเพกทิน สารตัวกลาง และอะมิโลส สัมพันธ์กับน้ำหนักโมเลกุลจากมากไปน้อยตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 โครมาโตแกรมของแป้งมันสำปะหลังสายพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50
AM : Amylose, IM : Intermediate material, AP : Amylopectin
(กล้าณรงค์และคณะ, 2541.)

ส่วนประกอบอื่น ๆ ภายในเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่น ๆ ภายในเม็ดแป้ง แบ่งออกเป็น

1. particulate material คือ ส่วนที่ไม่ใช่แป้งที่แยกได้จากแป้ง ได้แก่ โปรตีนที่ไม่ละลายและผนังเซลล์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแป้ง
2. surface material คือ ส่วนที่ติดกับพื้นผิวของเม็ดแป้ง สามารถสกัดออกได้โดยไม่ต้องทำลายเม็ดแป้ง เช่น เยื่อหุ้มอะไมโลพลาสต์
3. internal components คือ ส่วนที่ติดอยู่ภายในเม็ดแป้ง สามารถแยกออกได้โดยการทำลายเม็ดแป้ง เช่น ไขมันในแป้งจากธัญพืช หมู่ฟอสเฟตในแป้งมันฝรั่งและสารประกอบไนโตรเจนในแป้งส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณ แตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิดดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบของแป้งชนิดต่าง ๆ

ชนิดแป้ง	ความชื้น 65% RH, 20^0C	% ไขมัน	% โปรตีน	% เถ้า	% ฟอสฟอรัส
แป้งข้าวโพด	13	0.6	0.35	0.1	0.015
แป้งมันฝรั่ง	19	0.05	0.06	0.4	0.08
แป้งสาลี	14	0.8	0.4	0.15	0.06
แป้งมันสำปะหลัง	13	0.1	0.1	0.2	0.01
แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว	13	0.2	0.25	0.07	0.007
แป้งข้าวฟ่าง	13	0.7	0.3	0.08	-
แป้งข้าวเจ้า	-	0.8	0.45	0.5	0.1
แป้งสาคู	-	0.1	0.1	0.2	0.07
แป้ง amylomaize	13	0.4	-	0.2	0.07
แป้งมันเทศ	13	-	-	0.1	-

ที่มา : Swinkels, 1985 b.

1. ไขมัน

โดยส่วนใหญ่แป้งจะมีองค์ประกอบของไขมันอยู่ต่ำกว่า 1% ชนิดของไขมันที่มีอยู่ในแป้งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น มีผลต่อความหนืดของแป้ง ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งจะต้องกำจัดไขมันออกจากแป้งโดยสกัดด้วยตัวทำละลายหรือย่อยสลายโดยใช้น้ำย่อย

ไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้งจะส่งผลกระทบต่อลักษณะและคุณสมบัติของแป้งโดยจะลดความสามารถในการพองตัว การละลายและการจับตัวกับน้ำของแป้ง เมื่อเกิดฟิล์มและแป้งเปียก (paste) ไขมันจะรวมตัวกับอะมิโลสเกิดเป็น inert complex ให้ฟิล์มและแป้งเปียกมีลักษณะทึบแสงหรือขุ่น นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่บริเวณพื้นผิวเม็ดแป้งจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องมาจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สำหรับไขมันที่รวมตัวเชิงซ้อนกับอะมิโลสจะไม่ก่อให้เกิดกลิ่น เนื่องจากสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้ แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้าวโพด แป้งข้าวสาลี มีกลิ่นแรงกว่าแป้งข้าวโพดข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และแป้งมันฝรั่ง เนื่องจากมีองค์ประกอบของไขมันสูง

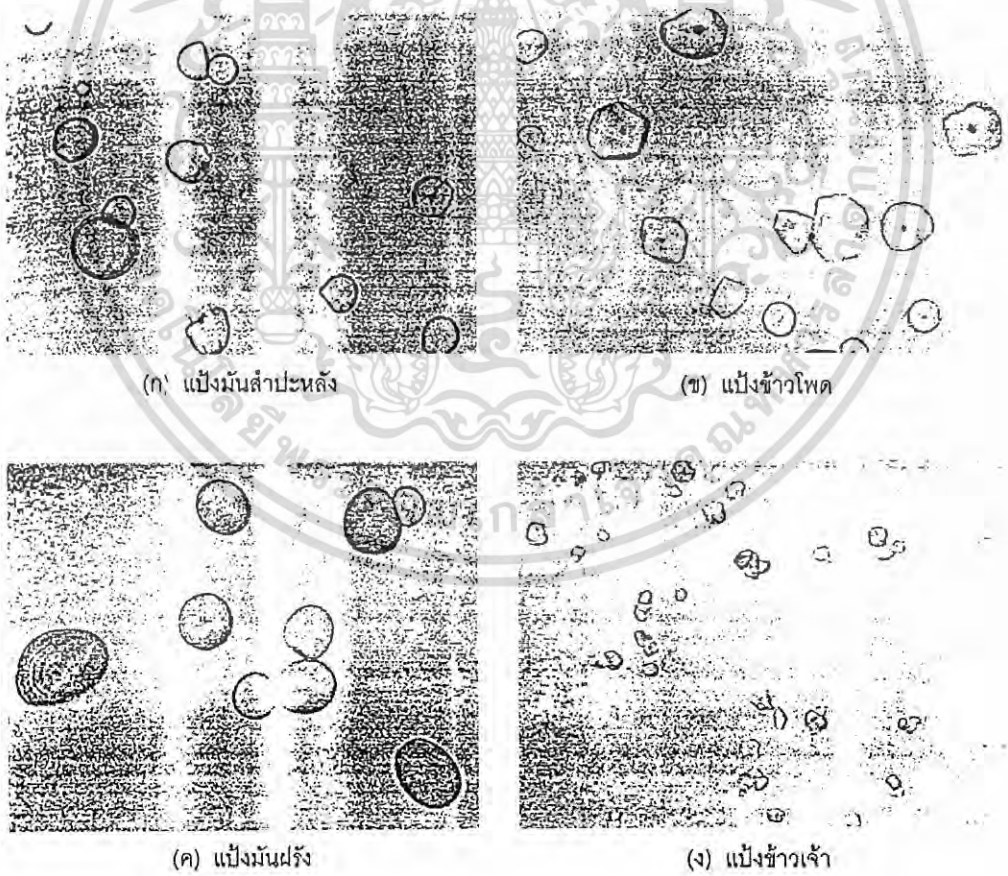
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรตีน

ภายในแป้งมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ต่ำกว่า 1% โดยโปรตีนจะเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้ง ทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะของแป้ง คือ ทำให้เกิดประจุบนพื้นผิวเม็ดแป้ง มีผลต่อการกระจายของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งมีอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัว และอัตราการเกิดเจลาติไนซ์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิด maillard reaction ระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซิง สีและกลิ่นของ ผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไป

3. เถ้า

แป้งโดยทั่วไปมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้จากส่วนที่เหลือหรือเถ้าจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ ปริมาณเถ้าในแป้งมันฝรั่งจะสัมพันธ์กับหมู่ฟอสฟอรัสในแป้ง สำหรับเถ้าในแป้งจากธัญพืชจะสัมพันธ์กับปริมาณ ฟอสโฟลิปิด

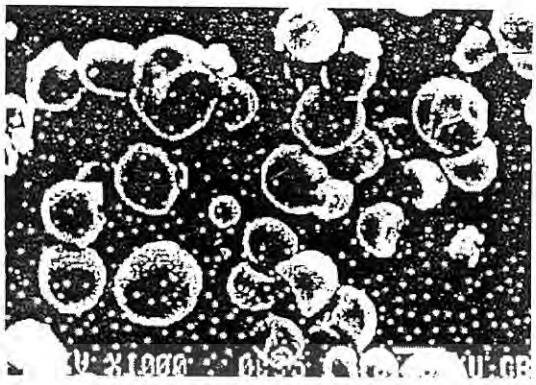


(ก) แป้งมันสำปะหลัง (ข) แป้งข้าวโพด

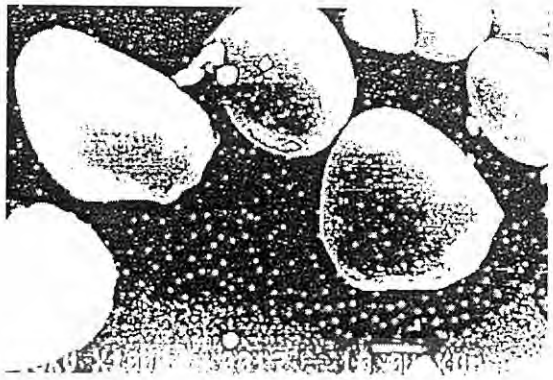
(ค) แป้งมันฝรั่ง (ง) แป้งข้าวเจ้า

ภาพที่ 2.6 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 40 เท่า)

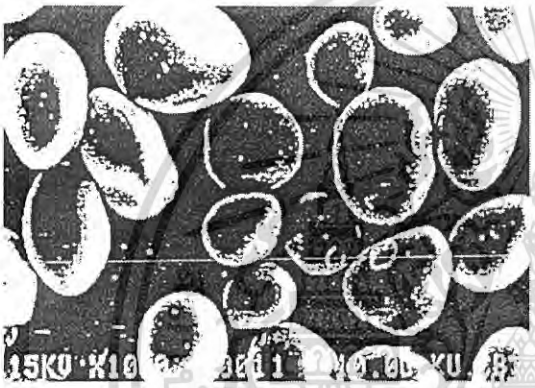
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



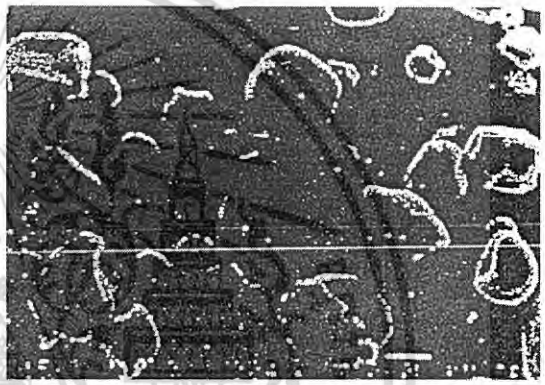
(ก) แป้งมันสำปะหลัง



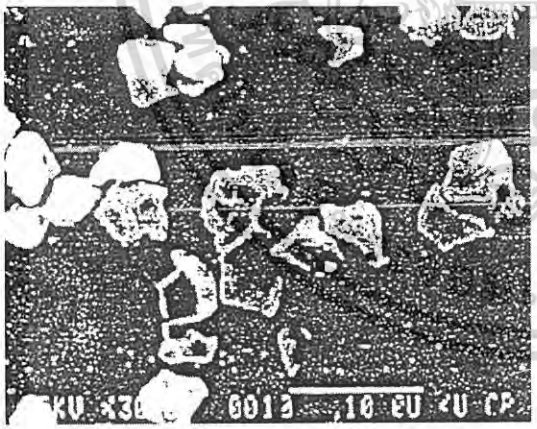
(ข) แป้งสาคู



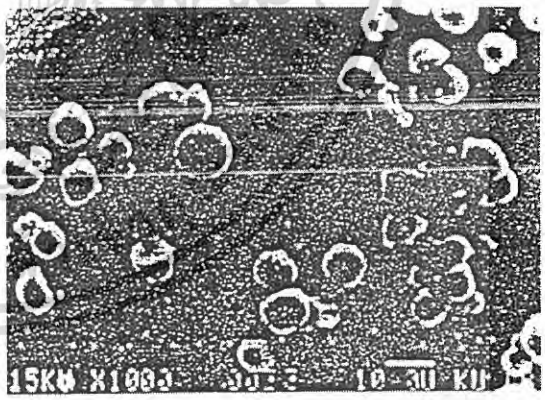
(ค) แป้ง arrowroot



(ง) แป้งมันเทศ



(จ) แป้งข้าวเจ้า



(ฉ) แป้ง jackfruit

ภาพที่ 2.7 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ เมื่อส่องด้วย Scanning Electron Microscope (กำลังขยาย 1,000 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง

แหล่งแป้ง	ขนาด (ไมครอน)	รูปร่าง
ข้าวสาลี	2 – 35	กลม ค่อนข้างรี
ข้าวโพด	5 – 25	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม รูปร่างคล้ายแท่ง
ข้าวเจ้า	3 – 5	แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวบาร์เลย์	2 – 35	กลม คล้ายไข่
ข้าวฟ่าง	15 – 35	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวโอ๊ต	5 – 8	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
ข้าวไรน์	10 – 50	กลม ค่อนข้างรี
ลูกเดือย	8 – 20	กลม แบน มีหลายเหลี่ยม
Triticale	2 – 35	กลม ค่อนข้างรี
มันฝรั่ง	15 – 121	กลม รูปไข่มีวงคล้ายเปลือกหอย
มันสำปะหลัง	5 – 35	กลม คล้ายไข่ที่มีรอยตัด
ข้าวยายม่อม	13 – 70	รูปไข่
สาคู	15 – 65	รูปไข่ที่มีรอยตัด

ที่มา : Maningat และ Seib, 1992.

2.3. คุณสมบัติของแป้ง

2.3.1. การดูดซับน้ำ การพองตัวและการละลาย

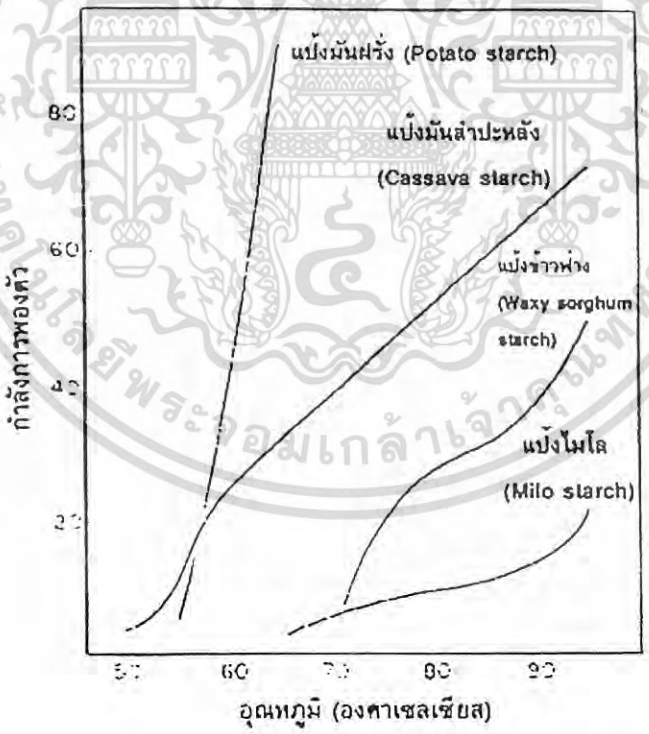
เมื่อเติมน้ำลงในแป้งและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำจากบรรยากาศจนเกิดสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับความชื้นในบรรยากาศ ปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ แป้งส่วนใหญ่เมื่อเกิดสมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10 ถึง 17% จากการทดลองพบว่าแป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง และแป้งข้าวโพดข้าวเหนียวสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณ 39.9, 42.9, 50.9 และ 51.4 กรัมต่อน้ำหนักแป้งแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ

น้ำที่อยู่ในเม็ดแป้งมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปแบบ คือ น้ำในผลึก น้ำในรูป bound water และน้ำในรูปอิสระ (free water) โดยมีการจับกับแป้งได้แน่นตามลำดับ และแป้งที่มีความชื้น 8 – 10% สามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นสูงกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

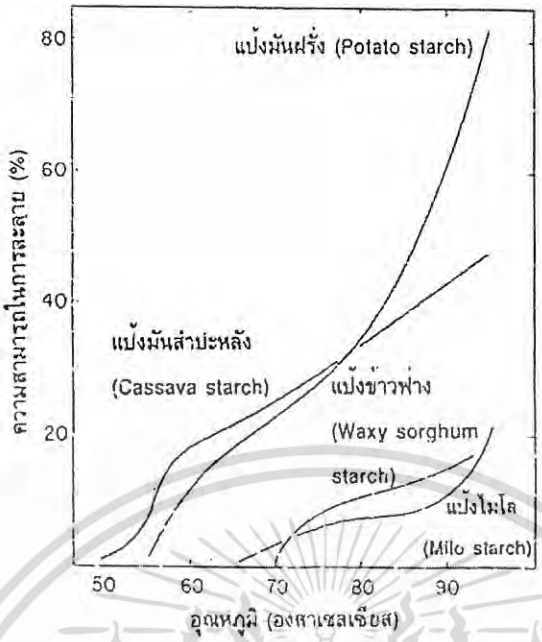
แป้งดิบจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ ๆ กันหรือ water bridges แต่เมื่ออุณหภูมิของสารผสมน้ำแป้งเพิ่มสูงกว่าช่วงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้การละลาย ความหนืดและความใสเพิ่มขึ้น

เมื่อมีการให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำแป้ง เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวและบางส่วนของแป้งจะละลายออกมา กำลังการพองตัวของแป้งจะแสดงเป็นปริมาตรหรือน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด เมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับความสามารถในการละลายจะแสดงเป็นน้ำหนักของแข็ง ทั้งหมดในสารละลายได้ ซึ่งคุณสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน รูปแบบของการพองตัวของแป้งแสดงดังภาพที่ 2.8 และรูปแบบการละลายของแป้งแสดงดังภาพที่ 2.9 ซึ่งมีความคล้ายกันมาก และเห็นความสัมพันธ์ได้เมื่อพลอตกราฟระหว่างกำลังการพองตัวและการละลาย จะได้กราฟเส้นตรง ดังภาพที่ 2.10 คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 2.6

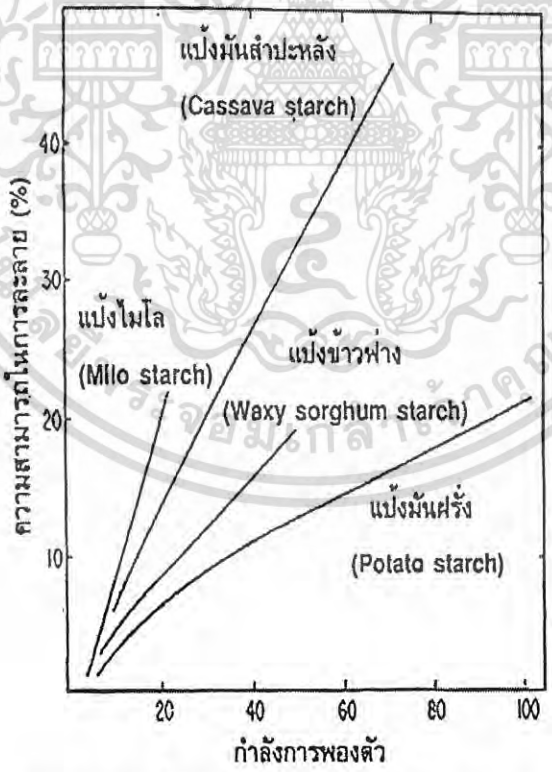


ภาพที่ 2.8 รูปแบบการพองตัวของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่าง และแป้งไมโล (Leach และคณะ, 1959.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 รูปแบบการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่างและแป้งไมโล (Leach และคณะ, 1959.)



ภาพที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวฟ่างและแป้งไมโล (ที่มา : Leach และคณะ, 1959).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติในการพองตัวและความสามารถในการละลายแป้งแต่ละชนิดที่ 95 องศาเซลเซียส

แป้ง	การพองตัว	การละลาย (%)
มันฝรั่ง	> 1,000	82
สาคู	97	39
มันสำปะหลัง	71	48
Canna	72	37
ท้าวยายม่อม (Arrowroot)	54	28
มันเทศ	46	18
ข้าวโพด	24	25
ข้าวฟ่าง	22	22
ข้าวสาลี	21	41
ข้าวเจ้า	19	18
ข้าวโพดข้าวเหนียว	64	23
ข้าวเจ้าข้าวเหนียว	56	13
ข้าวฟ่างข้าวเหนียว	49	19
Wrinkled pea	6	19
High – amylose com	6	12
Chick pea (Garbanzo)	13	15

ที่มา : Leach และคณะ, 1959.

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้ง มีหลายประการ ได้แก่

1. ชนิดของแป้ง เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ชนิด คือ

   1.1 แป้งจากธัญพืช มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ขั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผลึกและบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุดเนื่องจากมีปริมาณ อะมิโลสสูงซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

96644

1.2 แป้งจากส่วนรากหรือ pith เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงขั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า แป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

1.3 แป้งจากส่วนหัว เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้ หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่ง ยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถ

ก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงขั้นเดียว และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ รูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์ (polyelectrolyte)

2. ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง คือ จำนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ปัจจัย ที่มีผลกระทบต่อจำนวนของพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่างและการกระจายตัวของร่างแหภายในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวน กิ่งก้านสาขา การจัดเรียงตัว และความยาวของสาขาในอะมิโลเพกทิน
3. สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต
4. คุณสมบัติหลังการดัดแปรทางเคมี การดัดแปรดัดกรดหรือการเกิดออกซิเดชันด้วย hypochlorite ทำให้เกิด การแตกออกของพันธะภายในร่างแห ทำให้เม็ดแป้งแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ การละลายและการพองตัวให้สูงขึ้น สำหรับการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชันหรืออีเทอร์รีฟิเคชัน จะเกิดการแทนที่ของหมู่อื่นภายในโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ต่ำลง การพองตัวเพิ่มขึ้น
5. ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว สารละลายที่มีปริมาณแป้งต่ำกว่า 20% ค่าการละลายจะสูงกว่า เมื่อมีแป้งสูงกว่า 20% การพองตัวอย่างอิสระและการละลายที่สูงขึ้นจะถูกยับยั้งในสถานที่สารละลายมีปริมาณน้ำน้อย สารประกอบอื่น ๆ เช่น ซูโครส กลูโคส และสารอิเล็กโทรไลต์ (เช่น sodium chloride) มีผลกระทบต่อการพองตัวของแป้ง การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาลและการลดลงของปริมาณแป้งมีผลทำให้การละลายของแป้งเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2. ความหนืด

2.3.2.1 ปัจจัยการเกิดความหนืด

1. ชนิดของแป้ง แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติความหนืดแตกต่างกันไป ความหนืดที่เกิดขึ้นของ น้ำแป้ง เมื่อให้ความร้อนและมีการกวนหรือคนอย่างสม่ำเสมอ จากอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไปถึง 95 องศาเซลเซียส และคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 นาที จึงลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียสอีกครั้ง จะเห็นว่าแป้งแต่ละชนิดจะให้ลักษณะ (profile) ของความหนืดแตกต่างกัน

จากการแบ่งประเภทของแป้งตามกราฟแสดงความหนืด ตามวิธีของ Schoch และ Mayward (1968) สามารถแบ่งรูปแบบความหนืดของแป้งสุกที่วัดด้วยเครื่อง Brabender visco amylograph ตามกำลังการพองตัวของแป้ง แบ่งเป็น 4 แบบ ดังภาพที่ 2.11 ดังนี้

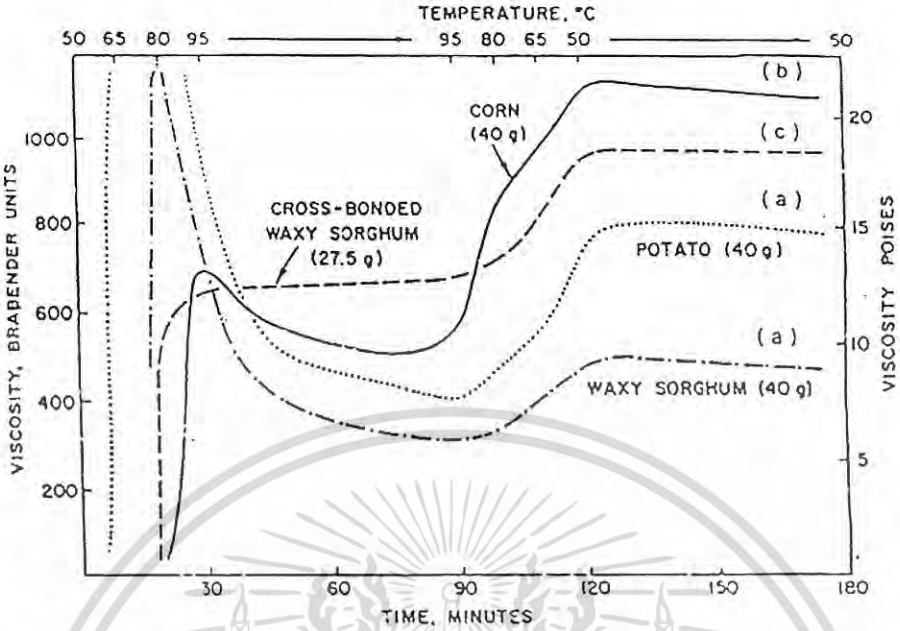
แบบ a : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวสูง (high – swelling starches) เช่น แป้ง มันฝรั่ง (potato starch) แป้งข้าวฟ่าง (waxy sorgham starch) แป้งจากธัญพืช เมื่อให้ความร้อนแก่แป้ง เม็ดแป้งจะมีกำลังการพองตัวสูง ทำให้แรงที่ยึดกันภายในโมเลกุลอ่อนตัวลง เม็ดแป้งแตกออกเมื่อได้รับแรงเฉือน ลักษณะกราฟความหนืดจึงสูงขึ้นแล้ว ลดลงอย่างรวดเร็ว ระหว่างการต้มสุก

แบบ b : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวปานกลาง (moderate – swelling starches) ได้แก่ แป้งจากธัญพืชต่าง ๆ เม็ดแป้งไม่พองตัวมากถึงขั้นแตกออก จึงได้ลักษณะกราฟความหนืดที่สูงชันน้อยกว่าและเกิดการสลายตัวระหว่างการต้มสุกน้อยกว่า

แบบ c : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อย (restricted – swelling starches) ได้แก่ แป้งจากถั่วต่าง ๆ และแป้งครอสลิงหรือครอสบอนด์ (cross – bonded) วิธีครอสลิงทำให้การพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งลดลง ทำให้เม็ดแป้งที่พองตัวมีเสถียรภาพมากขึ้น ลักษณะกราฟความหนืดจึงไม่ปรากฏเป็นยอดสูงสุด มีค่าความหนืดสูงซึ่งอาจจะ คงที่หรือเพิ่มขึ้นระหว่างต้มสุก

แบบ d : กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก (highly – restricted swelling starches) ได้แก่ แป้ง ที่มีปริมาณอะมิโลสสูง เช่น แป้ง amylomaize มีอะมิโลส 50 – 80% (ไม่มีแสดงในภาพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 รูปแบบความหนืดของแป้งสุกชนิดต่าง ๆ เมื่อแบ่งตามกำลังการพองตัว (Leach, 1965.)

2. การดัดแปรแป้ง

- การดัดแปรโดยวิธีทางกายภาพ เช่น แป้งพรีเวล (pregelatinized starch) สามารถกระจายตัวในน้ำเย็นหรือที่อุณหภูมิห้อง ให้ความหนืดได้ทันที เหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตอาหารที่ไม่ต้องให้ ความร้อน เช่น ขนมพุดดิง น้ำเกรวี ซอส และไส้กึ่งสำเร็จรูปสำหรับอาหารประเภทพายหรือครีม หน้าขนมต่าง ๆ

- การดัดแปรด้วยกรดหรือเดกซ์ทรินไนเซชัน ให้ความหนืดขณะร้อนต่ำกว่าแป้งดิบ เจลที่ได้จะมีลักษณะใสและแข็งกว่าแป้งดิบ ใช้สำหรับผลิตลูกกวาด ทอฟฟี่

- การดัดแปรแป้งด้วยปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) ได้แป้งเอสเทอร์ เช่น สตาร์ชแอซีเทต (starch acetate) และสตาร์ชฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์ (starch phosphate monoester) ซึ่งมีความหนืดสูงกว่าแป้งดิบและ คงความหนืดไว้ได้ดี มี pasting temperature ต่ำกว่าแป้งดิบ ลักษณะเจลใส คงตัวต่ออุณหภูมิต่ำในสภาวะการแช่แข็งและละลาย เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์อาหาร แช่แข็งหรืออาหารที่ต้องการความข้นหนืดและต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา

- การดัดแปรโดยวิธีครอสลิง (cross – linking) แป้งที่ได้สามารถรักษาความหนืดไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋อง ซึ่งต้องการความหนืดต่ำในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17505

แรก เพื่อให้เกิดการนำความร้อนในกระป๋องเป็นไปอย่างรวดเร็ว และใช้เวลาในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์น้อยลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความหนืดตามต้องการเมื่อเย็นลง

ปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องคือ ขนาดของเม็ดแป้ง ปริมาณอะมิโลส เมื่อขนาดเม็ดแป้งที่ใหญ่ ย่อมมีกำลัง การพองตัวสูงและให้ความหนืดของ peak viscosity ปริมาณอะมิโลสมีผลต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) สำหรับปัจจัยภายนอกคือ ถ้ามีการใช้ความร้อนสูงหรือมีการใช้แรงกลมาก จะทำให้เม็ดแป้งแตกและความหนืดลดลง

2.3.2.2 วิธีวัดความหนืด

วิธีการตรวจวัดความหนืดสามารถกระทำได้หลายวิธี และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดมีหลายชนิด แต่ละชนิดมี หลักการทำงานและการอ่านค่าความหนืดต่าง ๆ กัน คือ

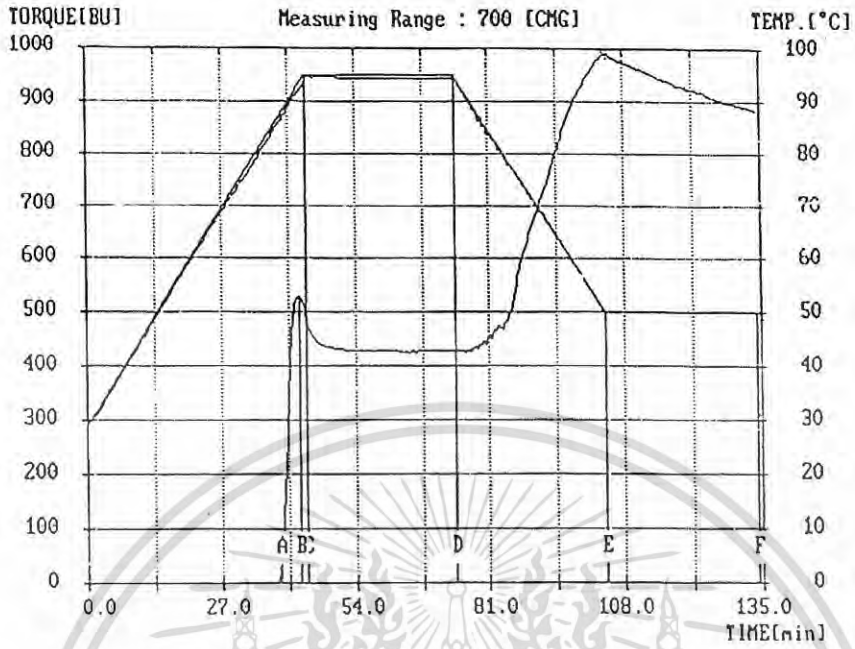
1. การใช้เครื่อง Brookfield viscometer สามารถวัดความหนืดได้ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ การทำงานของเครื่อง เกิดจากการหมุนของวัตถุทรงกระบอกหรือแผ่นจานในของเหลวด้วยอัตราเร็วคงที่ ค่าความหนืดของของเหลววัดได้จากค่าความต้านทานการหมุนของของเหลวที่อัตราเร็วคงที่ แรงต้านจะทำให้สปริง เกิดการยืดตัวโดยแสดงด้วยเข็มสีแดงบนหน้าปัดเครื่อง ค่านี้จะคูณด้วยค่าคงที่ตามความเร็ว ขนาดและชนิดของเครื่อง Brookfield viscometer เครื่องนี้ได้หน่วยความหนืดของของเหลวเป็นเซนติพอยส์ (centipoise)

2. การใช้เครื่อง Capillary viscometer สามารถใช้วัดความหนืดได้ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ เท่านั้น ได้หน่วยของความหนืดเป็น mPa.s

3. การใช้เครื่อง Brabender amylograph ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมแพร่หลาย หลักการทำงานคือ การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งในระหว่างการทำให้ร้อนจนถึงขั้นการทำให้เย็น ติดตามผล และแสดงผลในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง ได้หน่วยความหนืดเป็น Brabender Unit (BU) ความหนืดค่าต่าง ๆ จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะที่สำคัญของแป้งแต่ละชนิด ดังภาพที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
ตึกบับเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ธนบุรี



ภาพที่ 2.12 จุดที่สำคัญในการวัดโดยใช้เครื่อง Brabender visco analyzer

จุด A แสดงความหนืดเริ่มเกิดเจลาติไนซ์

จุด B แสดงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นความหนืดสูงสุดในช่วงการให้ความร้อน เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่

จุด C แสดงความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความยากง่ายในการหุงต้ม

จุด D แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของเม็ดแป้ง

จุด E แสดงความหนืดเริ่มต้นของอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงการเกิดรีโทรเกรเดชันเนื่องจากการทำให้เย็นแล้ว

จุด F แสดงความหนืดสุดท้ายของอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของน้ำแป้งสุกที่ผ่านการ หุงต้มและทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว

เมื่อเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำและพองตัวขยายใหญ่ขึ้น น้ำบริเวณรอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยาก เกิดความหนืดขึ้น อุณหภูมิที่กราฟเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเปลี่ยน ค่าความหนืด (pasting temperature) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้น ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจนถึง จุดที่มีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่ และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาต่อไปอีก รวมทั้งมีการกวนอย่างต่อเนื่องจะทำให้โครงสร้างภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

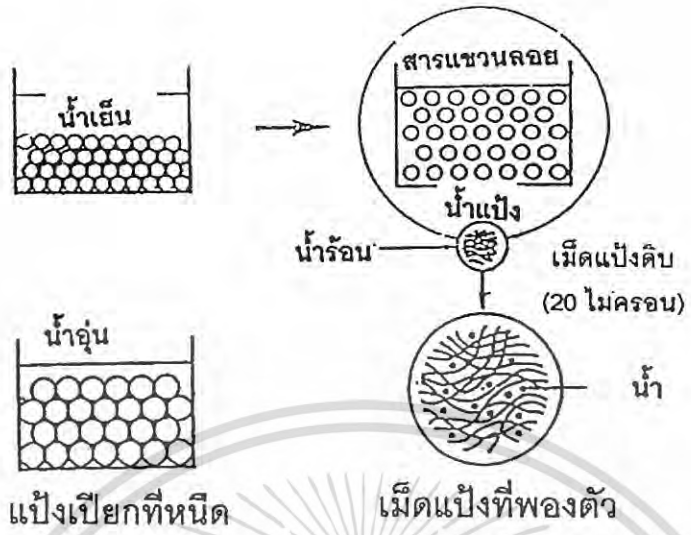
แตกออก ความหนืดลดลง ต่อมาลดอุณหภูมิลง ทำให้เกิดการรีโทรเกรเดชัน ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งเป็นความหนืดที่เกิดจากการเรียงตัวกันใหม่ของโมเลกุลอะมิโลสที่หลุดออกจากเม็ดแป้ง

4. Rapid Visco Analyser (RVA) เป็นเครื่องมือสำหรับประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องพิจารณาความหนืดขณะที่ให้ความร้อน คุณสมบัติพิเศษคือ มีความสามารถในการเปลี่ยนระดับอุณหภูมิ สามารถทำให้ร้อนและเย็นได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว สามารถรักษาอุณหภูมิให้คงที่ได้ จึงทำให้สามารถหา pasting curve ได้ภายใน 13 นาที เนื่องจากมีกลไกการส่งผ่านความร้อนที่ดีกว่า และใช้ปริมาณ ตัวอย่างน้อยกว่า

2.3.2.3. การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization)

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxy group) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห micelles ดังนั้นการจัดเรียงตัวลักษณะนี้ จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็น เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อยแต่เมื่อให้ความร้อนกับสารละลายน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง เม็ดแป้งจะดูดน้ำแล้วพองตัว ดังภาพที่ 2.13 ส่วนผสมของน้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยากขึ้นทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) อุณหภูมิที่สารละลายเริ่มเกิดความหนืดเรียกว่า อุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ เมื่อตรวจวัดโดยเครื่องมือวัดความหนืดมักจะเรียกจุดนี้ว่า อุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting temperature) หรือเวลาที่เริ่มเปลี่ยนแปลงความหนืด (pasting time) ซึ่งจะแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด แป้งจากพืชหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง จะมีอุณหภูมิเริ่มเจลาติไนซ์ต่ำกว่าอุณหภูมิจากแป้งธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

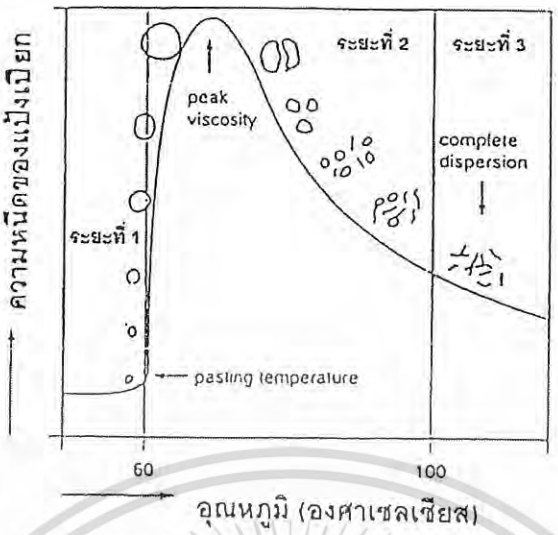


ภาพที่ 2.13 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Sanders, 1996.

การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ ดังภาพที่ 2.14 คือระยะแรก เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่าง micelles ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของ สารแขวนลอยจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เม็ดแป้งยังคงรักษารูปร่างและโครงสร้างแบบ birefringence ได้ เมื่อมีการใส่สารเคมี หรือเพิ่มอุณหภูมิกับสารละลายน้ำแป้งจนถึงประมาณ 65 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิที่แท้จริงขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง) เมื่อเริ่มเข้าสู่ระยะที่ 2 เม็ดแป้งจะพองตัว อย่างรวดเร็ว ร่างแหระหว่างไมเซลล์ (micelles) ภายในเม็ดแป้งจะ อ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจน ถูกทำลาย เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเข้ามามาก และเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า การเกิดเจลาติไน เซชัน เม็ดแป้งมีการเปลี่ยนรูปร่างและโครงสร้าง birefringence ความหนืดของสารละลายน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา ซึ่งถ้าเหวี่ยงเซลส่วนใสและหยดสารละลายไอโอดีนลงในส่วนใสจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 รูปร่างเม็ดแป้งจะไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล การเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งจะทำให้หมู่ไฮดรอกซิลของแป้งสามารถทำให้ปฏิกิริยากับสารอื่น ๆ ได้ดีขึ้น รวมทั้งพร้อมที่จะถูกย่อยด้วยน้ำย่อยต่าง ๆ ได้ดีกว่า

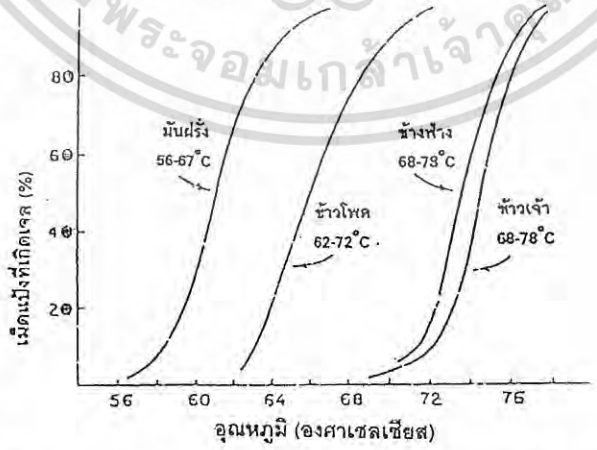
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.14 ระยะในการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้ง

ที่มา : Sanders, 1996.

ความหนืดสูงสุดของสารละลายแป้งในระหว่างเจลาติไนซ์จะแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของแป้ง แป้งมันฝรั่งจะมีความหนืด (peak viscosity) สูงที่สุด และมี thickening power สูงด้วย ในขณะที่ แป้งข้าวโพดและแป้งสาลีจะมี peak viscosity ต่ำ เนื่องจากเม็ดแป้งมีกำลังการพองตัวอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณอะมิโลสและไขมัน นอกจากนี้ระดับอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันจะแตกต่างกันไปตามชนิดและองค์ประกอบของแป้ง เช่น ปริมาณไขมัน สัดส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน การจัดเรียงตัวและขนาดของเม็ดแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน ภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดต่างกัน แป้งชนิด ต่าง ๆ มีลักษณะการเกิดเจลที่ต่างกันไป ดังภาพที่ 2.15 และตารางที่ 2.7



ภาพที่ 2.15 เปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแต่ละชนิด

ที่มา : Sanders, 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ลักษณะการเกิดเจลของแป้งแต่ละชนิด

แป้ง	Kofler gelatinization temp. rang. (^{0}C)[a]	Brabender pastin temp. (8% ; ^{0}C)[b]	Brabender peak viscosity (8% ; BU)[b, c]	swelling power ที่ 95^{0}C	critical conc. ที่ 95^{0}C
แป้งข้าวโพด	62 – 67 – 72	75 – 80	700	24	4.4
แป้งมันฝรั่ง	58 – 63 – 68	60 – 65	3,000	1,153	0.1
แป้งสาลี	58 – 61 – 64	80 – 85	200	21	5.0
แป้งมันสำปะหลัง	59 – 64 – 69	65 – 70	1,200	71	1.4
แป้งข้าวโพดข้าวเหนียว	63 – 68 – 72	65 – 70	1,100	64	1.6
แป้งข้าวฟ่าง	68 – 74 – 78	75 – 80	700	22	4.8
แป้งข้าวเจ้า	68 – 74 – 78	70 – 75	500	19	5.6
แป้งสาคู	60 – 66 – 72	65 – 70	1,100	97	1.0
แป้งท้าวยายม่อม	62 – 66 – 70	-	-	54	1.9
แป้ง amylomaize	67 – 80 – 92	90 – 95	-	6	20.2
แป้งมันเทศ	58 – 65 – 72	65 – 70	-	46	2.2

หมายเหตุ a : Kofler hot –stage microscope เป็นวิธีหนึ่งในการวัดอุณหภูมิเจลาติไนซ์ของเม็ดแป้ง

b : starch concentration, 8%

c : BU = Brabender Units

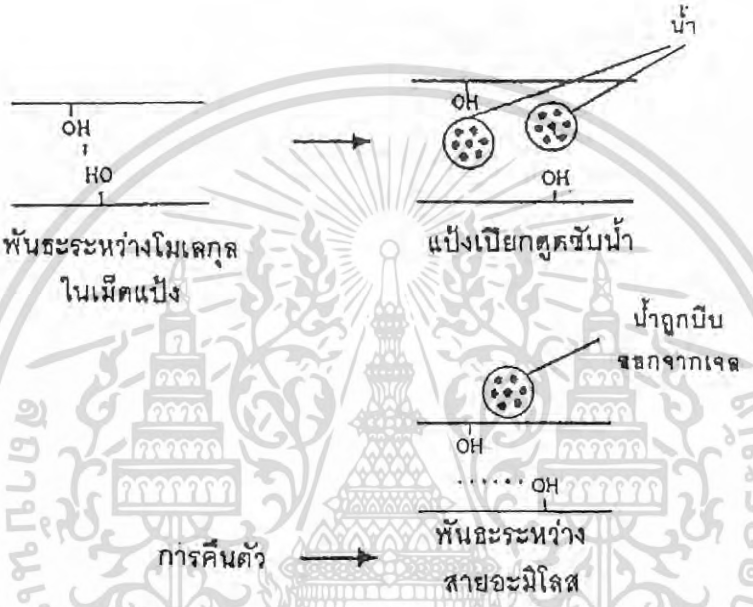
ที่มา : Swinkels, 1985b.

2.3.2.4. การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation)

เมื่อแป้งได้รับความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้วให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่พองตัวเต็มที่และแตกออก โมเลกุลของอะมิโลสขนาดเล็กจะกระจัดกระจายออกมาทำให้ความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวโมเลกุลอะมิโลสที่อยู่ใกล้กันจะเกิดการจัดเรียงตัวกันใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติโครงสร้างให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

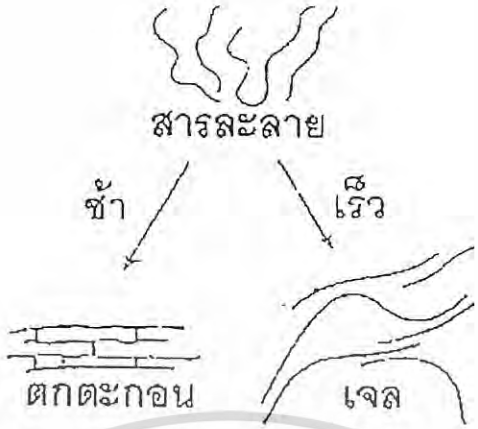
ที่สามารถอุ้มน้ำและไม่มีการดูดน้ำเข้ามาอีก มีความหนืดคงตัวมากขึ้น เกิดลักษณะ เจลเหนียว คล้ายฟิล์มหรือผลึก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) หรือการคืนตัว หรือ setback เมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงไปอีก ลักษณะการเรียงตัวของโครงสร้างจะแน่นมากขึ้น โมเลกุลอิสระของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมานอกเจล ซึ่งเรียกว่า syneresis ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้ทำให้เกิดเจลมีลักษณะขาวขุ่นและมีความหนืด เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 การเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation)

การคืนตัวของแป้งเปียกและสารละลายแป้งทำให้สารละลายมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีลักษณะขุ่นและทึบแสงเกิดชิ้นส่วนที่ไม่ละลายในแป้งเปียกที่ร้อน เกิดการตกตะกอนของอนุภาคแป้งที่ไม่ละลายทำให้เกิดเจล และโมเลกุลน้ำ ถูกบีบออกมานอกเจล ในการคืนตัวของแป้งเมื่อเกิดขึ้นอย่างช้า ๆจะเกิดการ ตกตะกอน เมื่อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดเจลขุ่น ดังแสดงในกลไกการคืนตัวของแป้งภาพที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.17 กลไกการคืนตัวของแป้ง

ที่มา Fruton และ Simmonds, 1958.

การคืนตัวของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของแป้ง ความเข้มข้นของแป้ง กระบวนการให้ความร้อน กระบวนการให้ความเย็น อุณหภูมิ ระยะเวลา ความเป็นกรด – เบสของสารละลาย ปริมาณและขนาดของอะมิโลส อะมิโลเพกทิน และองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ในแป้งในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำและความเข้มข้นของแป้งสูง แป้งสามารถคืนตัวได้ดีในช่วง pH 5 – 7 แป้งสามารถคืนตัวได้เร็วที่สุดช่วง pH ที่สูงหรือต่ำกว่านี้แป้งจะคืนตัวได้ช้าลง ในการชะลอการคืนตัวของแป้งจะใช้เกลือของ monoralent anion และ cation, calcium nitrate และ urea

ปริมาณและขนาดของอะมิโลสมีความสำคัญต่อการคืนตัวของแป้ง แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูงจะเกิดการคืนตัวได้มากและเร็วกว่าแป้งที่มีปริมาณอะมิโลเพกทินสูง การตรวจสอบความสามารถในการเกิด retrogradation ของแป้งแต่ละชนิดอาจประมาณได้จากค่า setback ของแป้ง ซึ่งเป็นค่าผลต่างระหว่างความหนืดสุดท้าย (setback from peak) หรือ ความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback from trough) โดยเครื่อง Brabender หรือเครื่อง Rapid visco ananlyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1. วัตถุดิบ

เมล็ดขนุนดิบ

3.2. อุปกรณ์

1. หลอดเหวี่ยงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร
2. อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิได้ (water – bath)
3. เครื่องเหวี่ยง (centrifuge)
4. ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)
5. เครื่องชั่งละเอียด
6. เครื่องบราเบนเดอร์ วีสโคอะมิโลกราฟ (Brabender visco amylograph)
7. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)
8. ตู้ดูดความชื้น (desiccator)
9. เครื่องบด (brender)
10. เครื่องผสม (mixer)
11. กล้องจุลทรรศน์
12. บิกเกอร์ (beaker)
13. ปิเปต (pipett)
14. ที่คีบ (tong)
15. ถ้วยอบความชื้น (aluminium can)
16. ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask)
17. กระดาษกรองเบอร์ 1
18. แผ่นสไลด์กระจก (glass slide)
19. กระจกปิดแผ่นสไลด์ (cover slide)
20. แท่งแก้วคนสาร
21. ช้อนตักสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3. สารเคมี

1. แอลกอฮอล์ 95%
2. สารละลายโซเดียมไบซัลไฟท์ 0.5%
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5%
4. กรดอะซิติกเข้มข้น 1 N
5. สารละลายไอโอดีน

3.4. วิธีการทดลอง

3.4.1. ศึกษาการผลิตแป้งจากเมล็ดขนุน (พานิชย์, 2536.)

1. นำเมล็ดขนุนแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5% นาน 30 นาที เอาขี้นลอกเปลือกออกจนเหลือแต่สีขาว ล้างน้ำหลาย ๆ ครั้ง
2. ตีป่นเมล็ดขนุนที่ลอกเปลือกแล้วกับสารละลายโซเดียมไบซัลไฟท์ 0.5% ทิ้งไว้ให้แป้ง ตกตะกอน
3. เทสารละลายโซเดียมไบซัลไฟท์ออกแล้วล้างตะกอนแป้งด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้ง หลังจากนั้นล้างด้วยแอลกอฮอล์ 95% 2 ครั้ง แล้วเทแอลกอฮอล์ทิ้ง
4. นำแป้งที่ได้ไปตากในตู้อบลมร้อนจนแห้ง
5. บรรจุในภาชนะที่สะอาด แห้ง และปิดสนิท

3.4.2. ศึกษาคุณสมบัติของแป้งเมล็ดขนุน

1.4.2.1. การหาขนาดและรูปร่างของเมล็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

1. เตรียมแผ่นสไลด์แป้งตัวอย่าง โดยนำแป้งตัวอย่างมาละลายน้ำให้เจือจางและหยดตัว อย่างสารละลายแป้งบนแผ่นสไลด์ที่สะอาด
2. กรณีการตรวจดูรูปร่างของเม็ดแป้ง ให้ปิดแผ่นสไลด์ด้วยกระจำปิดแผ่นสไลด์แล้วส่องดูแป้งตัวอย่างแป้งภายใต้แสงปกติ ทำการบันทึกภาพของผลการทดลองไว้
3. กรณีการตรวจดูขนาดของเมล็ดแป้ง ให้ปิดแผ่นสไลด์ด้วยกระจกปิดแผ่นสไลด์เปลี่ยนเลนส์ใกล้ตา ใช้เลนส์ที่มีสเกลวัดค่า แล้วส่องดูแป้งตัวอย่างภายใต้แสงปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการบันทึกค่าที่วัดได้

3.4.2.2. การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสโดยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง (AOAC, 1990.)

- การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ชั่งน้ำหนัก potato amylose 0.05 กรัม ในขวดแก้วปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. เติม 1 มิลลิลิตร ของ 95% ethyl alcohol และเขย่าไม่ให้ติดข้างขวดแล้วปรับปริมาตร
3. เติม 9 มิลลิลิตรของ 1 N NaOH โดยไม่ต้องเขย่า
4. ต้มใน water bath นาน 10 นาที แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง
5. ปิเปต standard amylose solution 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ลงในหลอด
6. เติม 1 N acetic acid 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด
7. เติม 2 มิลลิลิตร สารละลายไอโอดีนในแต่ละหลอด
8. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 ml โดยใช้น้ำกลั่น
9. ทำการหา Optical density (OD) 620 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง spectophotometer
10. พล็อตค่า OD ของสารละลายมาตรฐานแต่ละหลอด กับ % Amylose

- การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่างที่สกัดไขมัน 0.1 กรัม ลงในขวดแก้วปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร
2. เติม 1 มิลลิลิตรของ 95% ethyl alcohol และเขย่าไม่ให้ติดข้างขวดแก้วปรับปริมาตร
3. เติม a มิลลิลิตร ของ 1 N NaOH โดยไม่ต้องเขย่า
4. ต้มใน water bath นาน 10 นาที และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง
5. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่ 50 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เติม 1 N acetic acid 1 มิลลิลิตร ลงในของผสมนั้น
7. เติม 2 มิลลิลิตร สารละลายไอโอดีนในแต่ละหลอด
8. ทำการหา OD ที่ 620 นาโนเมตร โดยใช้ spectophotometer และทำการหา % amylose จากกราฟมาตรฐาน

3.4.2.3. ศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายน้ำ (กล้าณรงค์ และคณะ, 2543.)

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง 0.5 กรัม (คิดต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) ลงในหลอดเหวี่ยง (ที่ทราบน้ำหนักหลอดเริ่มต้นแล้ว) เติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน
2. บ่มตัวอย่างในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส และเขย่าที่ความเร็วรอบ 174 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
3. นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกส่วนใส (supernatant) ที่ได้ลงในบีกเกอร์ที่ทราบน้ำหนักแล้ว และชั่งน้ำหนักส่วนใสก่อนทำการระเหยจนแห้ง ส่วนตะกอนแป้งที่ก้นหลอดให้นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความสามารถในการดูดซับน้ำ
4. ระเหยส่วนใสบนอ่างน้ำเดือดจนแห้ง แล้วจึงไปอบที่ตู้อบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงนำบีกเกอร์เก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นประมาณ 1 – 2 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการคำนวณหาส่วนที่สามารถละลายได้

$$\text{water solubility index (WSI, \%)} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนใสหลังอบแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}}$$

$$\text{water absorption index (WAI, กรัม/กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแป้งหลังจากการปั่นเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแป้งแห้งเริ่มต้น}}$$

3.4.2.4. ศึกษาการพองตัวและการละลาย (กล้าณรงค์ และคณะ, 2543.)

1. ชั่งตัวอย่าง 0.5 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงที่ทราบน้ำหนัก
2. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แช่ในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิ 50, 70, 85 และ 90 องศาเซลเซียส กวนตลอดเป็นเวลานาน 15 นาที
4. นำไปเหวี่ยงในเครื่องเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,200 รอบต่อนาที นาน 15 นาที
5. ดูดน้ำตอนบนใส่บีกเกอร์ที่ทราบน้ำหนักให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ และนำไปอบให้แห้งในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส
6. ชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ ส่วนแป้งเปียกในหลอดนำมาชั่งเป็นน้ำหนักแป้งที่พองตัว เพื่อคำนวณกำลังการพองตัว

$$\text{ร้อยละการละลาย} = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}}$$

$$\text{กำลังการพองตัว} = \frac{\text{น้ำหนักแป้งที่พองตัวแล้ว} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง} \times (100 - \text{ร้อยละการละลาย})}$$

3.4.2.5. ศึกษาความหนืดโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ วิสโกอะมิโลกราฟ (Brabender viscoamylograph) (กล้าณรงค์ และคณะ, 2543.)

1. ชั่งตัวอย่างแป้ง (คิดต่อน้ำหนักแป้งแห้ง) ใส่น้ำลงไปโดยให้ได้น้ำหนักทั้งหมด 500 กรัม โดยสารละลายน้ำแป้งให้มีความเข้มข้น 6% ใส่ลงในเครื่องบราเบเดอร์วิสโกอะมิโลกราฟ ซึ่งได้จัดเตรียมพร้อมสำหรับการทดสอบแล้ว
2. ตั้งค่าที่เครื่องโดยเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นในอัตรา 1.5 องศาเซลเซียสต่อนาทีจนกระทั่งถึงอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้นาน 30 นาที แล้วค่อย ๆ ลดอุณหภูมิลงในอัตราเดียวกัน จนถึงอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้นาน 30 นาที
3. เมื่อเครื่องบราเบนเดอร์ วิสโกอะมิโลกราฟวัดเสร็จ จะทราบค่าความหนืดต่าง ๆ ในหน่วยของ brabender unit (BU) และอุณหภูมิที่เกิดเจอจากกราฟที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์การทดลอง

4.1 ศึกษาการผลิตแป้งจากเมล็ดขนุน

เมื่อนำเมล็ดขนุนมาทำการสกัดแป้งออกมา ได้ปริมาณแป้ง 20% จากเมล็ดขนุนที่ใช้ผลิตทั้งหมด และเมื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตามวิธี AOAC แสดงในภาคผนวก ก) ซึ่งได้เป็นปริมาณแป้ง (starch) 97%, โปรตีน 1.1%, ไขมัน 0.4%, เยื่อใย 1.3% และเถ้า 0.2%

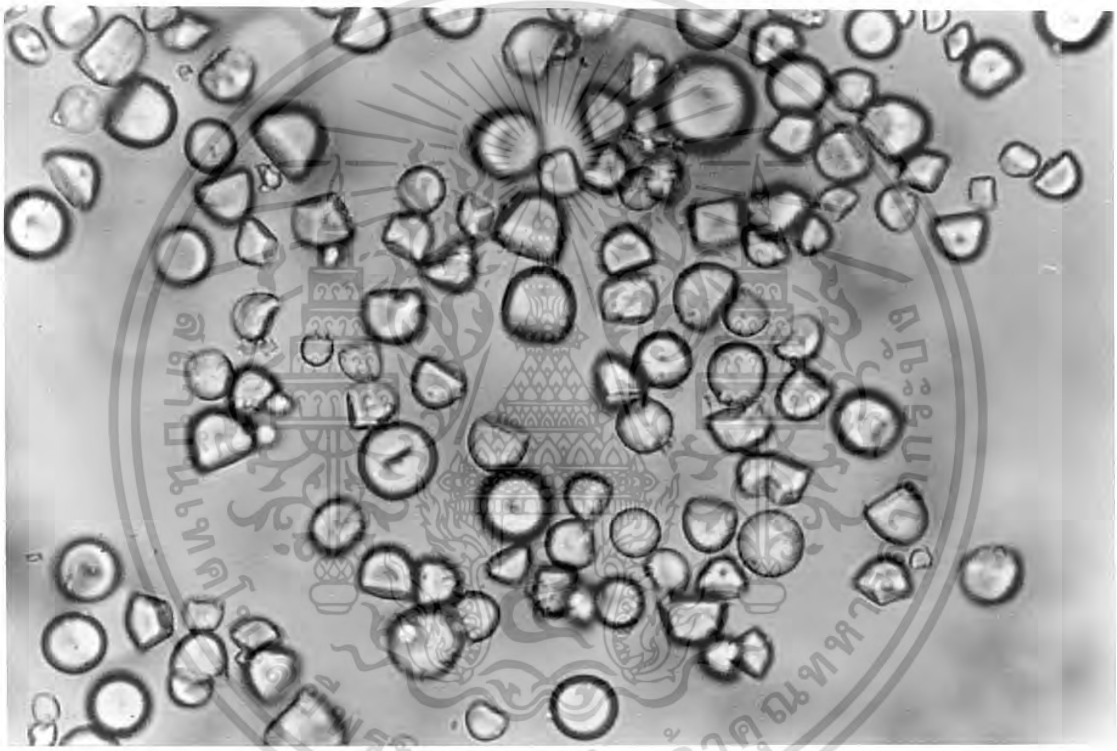
ภาพที่ 4.1 ลักษณะของแป้งเมล็ดขนุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. ศึกษาคุณสมบัติของแป้งเมล็ดขนุน

4.2.1. การหาขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

จากการนำแป้งเมล็ดขนุนมาทำการหาขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้ง โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้กำลังขยาย 40 เท่า พบว่าลักษณะของเม็ดแป้ง มีรูปร่างกลม แบน มีหลายเหลี่ยม มีขนาดอยู่ในช่วง 5 – 25 ไมครอน จากการศึกษาหาขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ (Maningast และ Seib, 1992) เมื่อนำเม็ดแป้งเมล็ดขนุนมาเปรียบเทียบ พบว่ามีสัดส่วนใกล้เคียงกับแป้งข้าวโพดมากที่สุด



ภาพที่ 4.2 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งเมล็ดขนุน เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40 เท่า

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสโดยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณอะมิโลสโดยวิธีการวัดค่าดูดกลืนแสงจากการทดลองได้แสดงกราฟมาตรฐานของ อะมิโลสไว้ใน ภาพที่ 6.1 เป็นภาคผนวก ข. จากผลการวิเคราะห์ค่าของแป้งเมล็ดขนุน พบว่าค่าดูดกลืนแสงเป็น 1.59 จากกราฟแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างแป้งมีปริมาณอะมิโลส 24% จากผลการศึกษาของ (กล้าณรงค์, 2543.) พบว่าแป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวสาลี และแป้งข้าวฟ่างมีปริมาณอะมิโลสใกล้เคียงกับแป้งเมล็ดขนุนในอัตรา 22%, 23% และ 25% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3. ศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายน้ำ

จากการทดลองหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำได้เท่ากับ 1.92 g/g แสดงว่าแป้ง 1 g สามารถดูดซึมน้ำได้ 0.92 g คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 92% และการละลายได้เท่ากับ 0.25% จากค่าที่ได้พบว่าแป้งเมล็ดขนุนมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูง และมีค่าการละลายต่ำ เนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนที่นำมาศึกษามีความชื้น 8.54% ซึ่งความชื้นในช่วง 8 – 10% แป้งสามารถจับกับน้ำได้แน่นกว่าแป้งที่มีความชื้นที่สูงกว่านี้ แป้งเมล็ดขนุนพยายามปรับสมดุลระหว่างความชื้นภายในเม็ดแป้งกับความชื้นในบรรยากาศ ซึ่งแป้งส่วนใหญ่จะเกิด สมดุลภายใต้บรรยากาศปกติจะมีความชื้น 10 – 17% ในส่วนของการละลายซึ่งได้ค่าต่ำ เนื่องจากแป้งดิบปกติและจะไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ ซึ่งในการทดลองใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเกิด เจลาติไนซ์ จึงทำให้ความสามารถในการละลายมีค่าน้อยมาก

4.2.4 ศึกษาการพองตัวและการละลาย

จากการทดลองหาการพองตัวและการละลายที่อุณหภูมิ 50, 70, 85 และ 95 องศาเซลเซียส ค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1

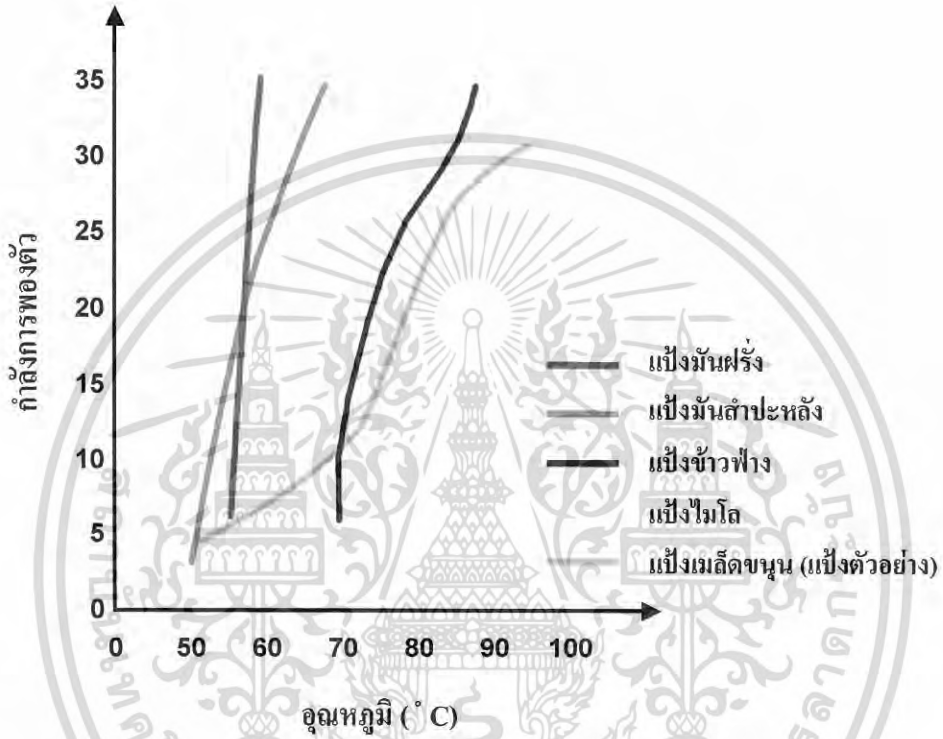
ตารางที่ 4.1 แสดงกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งเมล็ดขนุนที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	กำลังการพองตัว (g/g)	ความสามารถในการละลาย (%)
50	3.84	2.83
70	10.82	5.61
85	27.21	11.67
95	30.79	16.18

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น กำลังการพองตัวจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ค่าที่ได้ของกำลังการพองตัวเป็นค่าที่แป้งสามารถดูดซึมน้ำเข้าไปจับกับพันธะที่มีอยู่ภายในเม็ดแป้งได้ ถ้าอุณหภูมิยิ่งสูง พันธะภายในเม็ดแป้งจะถูกทำลายมากขึ้น ทำให้โมเลกุลของน้ำเข้าไปจับกับโมเลกุลของแป้งที่แตกออกได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ค่ากำลังการพองตัวจะสูงขึ้น โดยแสดงดังภาพที่ 4.3 จากภาพเป็นการศึกษากำลังการพองตัวของแป้งชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

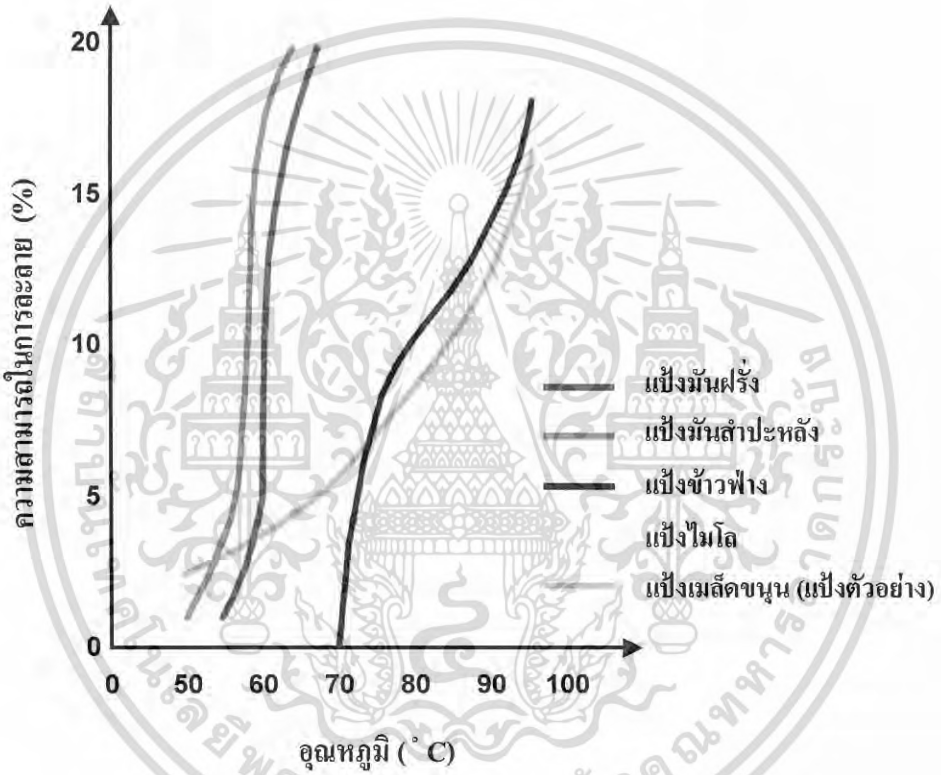
(Leach และคณะ, 1959) พบว่าแป้งมันสำปะหลังมีกำลังการพองตัวเริ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และมีกำลังการพองตัวสูงสุดที่อุณหภูมิ 67 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งเมล็ดขนุนมีกำลังการพองตัวเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส และมีกำลังการพองตัวสูงสุดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าแป้งเมล็ดขนุนมีใช้ช่วงอุณหภูมิในการพองตัว กว้างกว่าแป้งมันสำปะหลังแต่ใกล้เคียงกับแป้งข้าวฟ่าง



ภาพที่ 4.3 การพองตัวของแป้งเมล็ดขนุน เมื่อเทียบกับแป้งชนิดต่าง ๆ

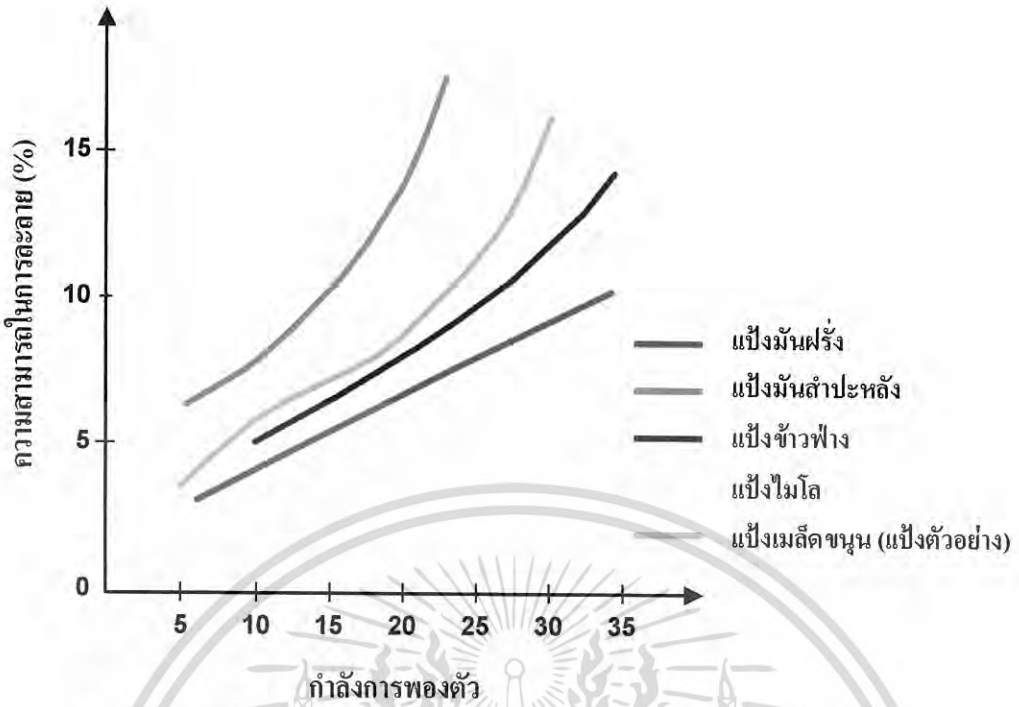
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 ค่าการละลายก็มีลักษะเช่นเดียวกับการพองตัว เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าการลิลายก็ยิ่งสูงขึ้นเช่นกัน ค่าการละลายคือปริมาณของแข็งที่สามารถละลายได้ เมื่ออุณหภูมิสูง พันธะของของแข็งที่อยู่ภายในเม็ดแป้งถูกทำลาย ทำให้มีความสามารถในการละลายน้ำสูงขึ้น แสดงดังภาพที่ 4.4 จากการศึกษาความสามารถในการละลาย ชนิดต่าง ๆ (Leach และคณะ, 1959) เมื่อนำแป้งเมล็ดขนุนมาเปรียบเทียบพบว่าแป้งมันสำปะหลังมีความสามารถในการละลายได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ แต่แป้งเมล็ดขนุนมีความสามารถในการละลายได้ที่อุณหภูมิสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งคล้ายกับแป้งข้าวฟ่างและแป้งไมโล



ภาพที่ 4.4 การละลายของแป้งเมล็ดขนุนเมื่อเทียบกับแป้งชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งเมล็ดขนุนเมื่อเทียบกับแป้งชนิดต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ศึกษาความหนืดโดยใช้เครื่องบราเบนเดอร์ วิสโคอะมิโลกราฟ (Brabender visco amylograph)

จากการทดลองหาค่าความหนืดของแป้งเมล็ดขนุน โดยใช้เครื่อง Brabender visco amylograph ใช้ความเข้มข้นของสารละลายแป้งเมล็ดขนุน 6% โดยน้ำหนักแห้ง ได้ค่าต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าจุดที่สำคัญในการวัดความหนืดโดยใช้เครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับความเข้มข้น 6%

จุดที่สำคัญ	อุณหภูมิ (^{0}C)	เวลา (นาที)	ความหนืด (BU)
A	83	36	150
B	90.5	41	300
C	95	44	270
D	95	74	270
E	50	104	470
F	50	134	470

หมายเหตุ

จุด A แสดงความหนืดเริ่มเกิดเจลาติไนซ์

จุด B แสดงความหนืดสูงสุด (peak viscosity) เป็นความหนืดสูงสุด ในช่วงการให้ความร้อน เป็นจุดที่เม็ดแป้งพองตัวเต็มที่

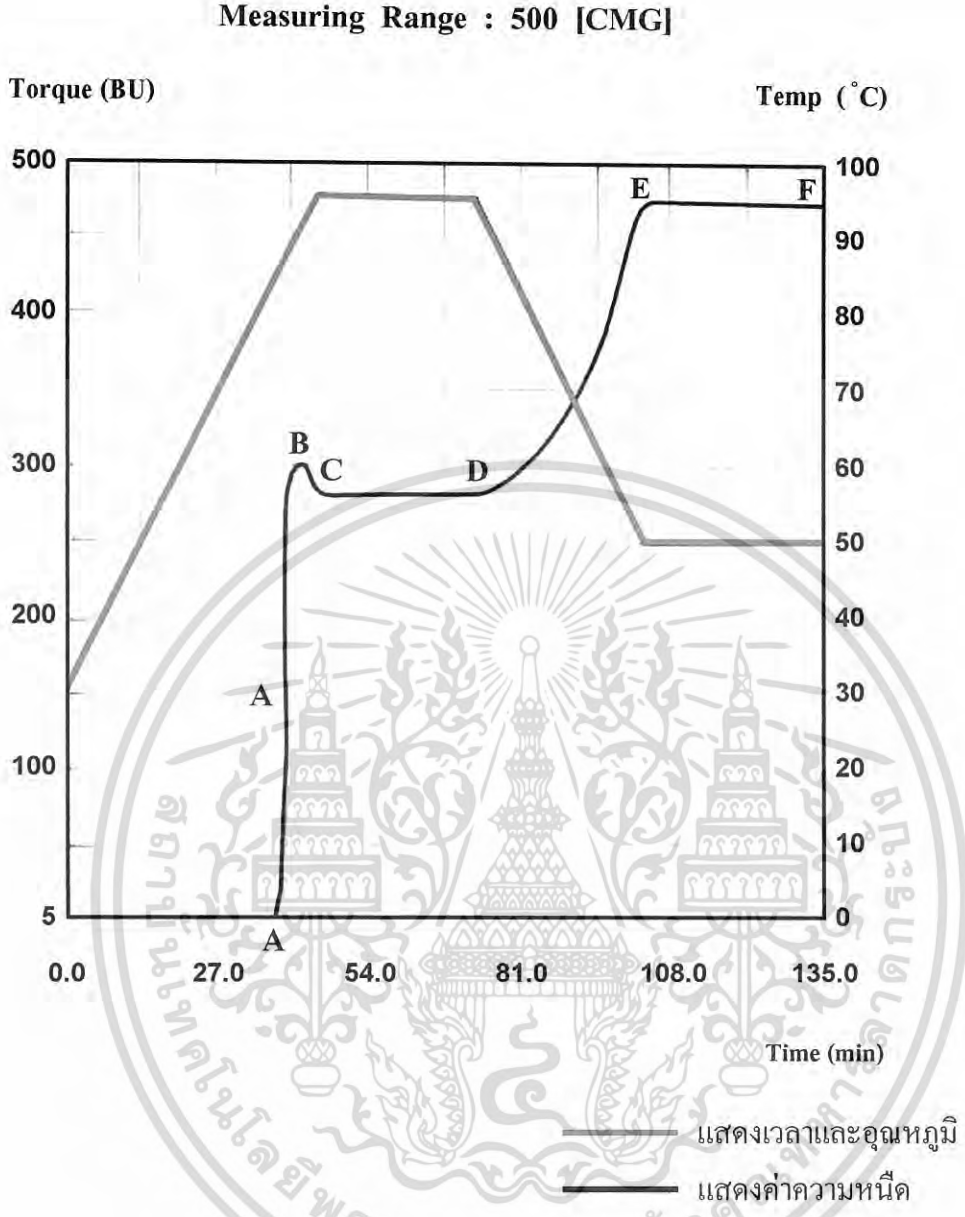
จุด C แสดงความหนืดเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความยากง่ายในการหุงต้ม

จุด D แสดงความหนืดสุดท้ายที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของเม็ดแป้ง

จุด E แสดงความหนืดเริ่มต้นของอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงการเกิดรีโทรเกรเดชัน เนื่องจากการทำให้เย็น

จุด F แสดงถึงความหนืดสุดท้ายของอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ชี้ให้เห็นถึงความคงตัวของน้ำแป้งสุกที่ผ่านการหุงต้มและทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 จุดที่สำคัญในการวัดความหนืดโดยใช้เครื่อง Brabender visco amylograph ของแป้งเมล็ดขนุนที่ระดับความเข้มข้น 6%

จากภาพที่ 4.6 จะพบว่าที่เวลา 36 นาที ณ อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส สารละลายแป้งเมล็ดขนุนเริ่มเกิดเจลาติไนซ์ มีความหนืดเริ่มต้น 150 BU เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นพบว่าที่เวลา 41 นาที อุณหภูมิ 90.5 องศาเซลเซียส เม็ดแป้งสามารถพองตัวได้เต็มที่ โดยมีค่าความหนืด 300 BU เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้ได้ 95 องศาเซลเซียส มีความหนืด 270 BU และเมื่อคงที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ค่าความหนืดคงที่ที่ 270 BU จากนั้นทำการลดอุณหภูมิจาก 95 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที ค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้นเป็น 470 BU และ คงที่ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ความหนืดคงที่ที่ 470 BU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการนำเมล็ดขนุนมาผลิตเป็นแป้งเมล็ดขนุนได้ปริมาณแป้ง 20% จากเมล็ดขนุนดิบที่ใช้ เมื่อได้แป้งเมล็ดขนุนแล้วจึงนำมาทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีปริมาณแป้ง (starch) 97%, โปรตีน 1.1%, ไขมัน 0.4%, เยื่อใย 1.3% และเถ้า 0.2% โดยรูปร่างของเม็ดแป้งมีลักษณะกลม แบน มีหลายเหลี่ยม ขนาดของเม็ดแป้งจะอยู่ในช่วง 5 – 25 ไมครอน และมีปริมาณอะมิโลส 24% เมื่อทำการศึกษาความสามารถในการอุ้มน้ำและการละลายน้ำ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ได้ค่าเท่ากับ 1.98 g/g และ 0.23% ตามลำดับ ค่ากำลังการพองตัวและความสามารถในการละลายที่อุณหภูมิ 50, 70, 85 และ 95 องศาเซลเซียส โดยมีค่าการพองตัว เท่ากับ 3.84, 10.82, 27.21 และ 30.79 g/g ตามลำดับ และความสามารถในการละลาย เท่ากับ 2.83%, 5.61%, 11.67% และ 16.18% ตามลำดับ ค่าความหนืดที่ได้ จากการวัดด้วยเครื่อง Brabender visco amylograph พบว่าแป้งเริ่มเกิดเจลาติไนซ์ที่อุณหภูมิ 83 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 36 นาที มีค่าความหนืดเท่ากับ 150 BU เม็ดแป้งมีการพองตัวเต็มที่ที่อุณหภูมิ 90.5 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 41 นาที มีค่าความหนืด 300 BU เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงถึง 95 องศาเซลเซียส และคงที่ไว้ที่ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มีค่าความหนืดเท่ากับ 270 BU จากนั้นลดอุณหภูมิจาก 95 องศาเซลเซียสเป็น 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที มีค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 470 BU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิเคราะห์หากำลังในการพองตัวและการละลายของแป้งจะต้องให้มีน้ำในปริมาณที่มากเกินพอ เพื่อให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวได้อย่างอิสระ เมื่อน้ำแป้งที่ชั่งน้ำหนักแน่นอน แขวนลอยในน้ำกลั่นในหลอดเหวี่ยง ให้ความร้อนพร้อม ๆ กับการกวนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่กำหนด การกวนจะต้องกวนในอัตราที่ไม่เร็วมาก เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดแป้งแตกซึ่งมีผลทำให้ได้ค่ากำลังการพองตัวต่ำกว่าความเป็นจริง
2. ในการศึกษาถึงคุณสมบัติของแป้งเมล็ดขนุน ควรใช้แป้งเมล็ดขนุนที่ผลิตจากเมล็ดขนุนพันธุ์เดียวกัน เพื่อที่ จะได้คุณสมบัติของแป้งเมล็ดขนุนที่แน่นอน
3. จากการศึกษาพบว่าลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ ของแป้งเมล็ดขนุนมีลักษณะใกล้เคียงกับแป้งข้าวโพด ในการนำไปใช้สามารถนำแป้งเมล็ดมาใช้ทดแทนแป้งข้าวโพดได้ เช่น ใส่ในซุปและอาหารเด็กอ่อนเพื่อเพิ่มความข้นหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด, กาญจนา กู้โรจนวงศ์ และวิไล สันติโสภาศรี. 2541. โครงสร้างของอะมิโลส อะมิโลสเพกทินและ คุณสมบัติของแป้งมันสำปะหลังที่สกัดได้จากเกษตรศาสตร์ 50 ในอายุต่าง ๆ กัน ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36. 3 – 5 กุมภาพันธ์ 2541. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ.

กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2543. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ. 292 หน้า.

ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธและคณะ. 2524. สมุนไพร 02. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ. 224 หน้า.

พานิชย์ ยศปัญญา. 2536. คัมภีร์มืออาชีพ ขนุนยักษ์ใหญ่แห่งวงการไม้ผล. บริษัทพิมเนศ พริ้นติ้ง จำกัด, กรุงเทพ. 120 หน้า.

สุรีย์ ภูมิภมร และอนันต์ ดำคง. 2540 ไม้อเนกประสงค์กินได้. บริษัทเฟื่องฟ้า พริ้นติ้ง จำกัด, กรุงเทพ. 486 หน้า.

Anderson, R. A., H. F. Conway, V. F. Pfeifer, and E. L. Griffin. 1969. Gelatinization of Corn Grits by Roll – and Extrusion – cooling. Cereal Sci. Today. 14 : 4 – 12.

Association of official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official Method of Analysis. 15th ed. The Association of Official Agricultural Chemists, Virginia.

Beynum, G.M.A. Van, and J. A. Roels. 1985. Starch Conversion Technology; Marcel Dekker, Inc., New York. 326 p.

Fruton, J. S., and S. Simmond. 1958. General Biochemistry. 2nd Ed. John Wiley and Sons, New York.

Leach, H. W. 1965. Gelatinization of Starch. In R. L. Whistler, E. F. Paschall, J. N. BeMiller, and H. J. Roberts (Eds.). Starch : Chemistry and Technology Vol. 1. Academic Press, New York. pp. 289 – 307.

Leach, H. W., L. D. McCowen, and T. J. Schoch. 1959. Structure of the Starch Granule I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches. Cereal Chem. 36 : 534 – 544.

Hizukuri, S. 1988. Recent Advances in Molecular Structure of Starch. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 31 : 185.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Maningat, C. C., and P. A. Seib. 1992. Starch : Occurrence, Isolation, and Properties of Starch Granules, In AACC Short Course. "Starch :Structure, Properties, and Food Uses." December 3 – 4, 1992. Chicago.

Sanders, J. P. M. 1996. Starch manufacturing in the world. In Advanced Post Academic Course on Tapioca Starch Technology. Jan. 22 – 26 & Feb. 19 – 23, 1996. AIT Center, Bangkok.

Schoh, T. J. 1964. Swelling Power and Solubility of Granular Starches. In R. L. Whistler, R. J. Smith and J. N. BeMiller (Eds.). Methods in Carbohydrates Chemistry, Vol. Iv, Academic Press, New York. pp. 106 – 108.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (AOAC, 1990.)

1. ความชื้น

1.1. เตรียมตัวอย่างแต่ละชนิดให้เหมาะสมต่อการหาความชื้น

1.2. ชั่งน้ำหนัก aluminum can พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน

1.3. ใส่ตัวอย่างอาหาร 2 – 5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

1.4. นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝา aluminum can ใช้อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

1.5. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบ ปิดฝา aluminum can นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนัก (ควรให้มีน้ำหนักคงที่หรือแตกต่างประมาณ 0.003 – 0.005 กรัม)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักสด}} \times 100$$

2. ไขมัน

2.1. ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 10 กรัม ใส่ใน thimble ปิดด้านบนของตัวอย่างด้วยสำลีหรือกระดาษกรองป้องกันการฟุ้งกระจายของตัวอย่าง

2.2. บรรจุ thimble ในชุดสกัดไขมัน soxhlet โดย thimble อยู่ใน extraction tube ซึ่งด้านบนต่อกับ condenser ส่วนด้านล่างต่อกับ round bottom flask ชนิด 2 หรือ 3 คอ

2.3. ตวง anhydrous ether 150 ml ในขวดแก้วก้นกลมต่อสายยางนำน้ำเข้า – ออกจาก condenser ก่อนเปิดสวิตช์ของเตา heating mantle ปรับระดับความร้อนอย่างเหมาะสมเพื่อให้ไอของ anhydrous ether ควบแน่น หยดลงบนตัวอย่างต่อเนื่องนาน 16 ชั่วโมง

2.4. แยก anhydrous ether ออกด้วย vacuum evaporator นำส่วนของไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 30 นาที ไล่ ether จนหมดนำไปทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักของ crude fat

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{\text{น้ำหนักบีกเกอร์และไขมัน} - \text{น้ำหนักบีกเกอร์}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โปรตีน

3.1. ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ลงในขวด Kjeldahl flask 250 มิลลิลิตร อย่าให้ตัวอย่างเลอะขวด

3.2. เติม catalyst 2 กรัม กรดซัลฟูริคเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และ boiling chips

3.3. นำ kjeldahl flask ตั้งบนเตาของชุดย่อยโปรตีนที่มีระบบดูดควันที่ดีใช้ความร้อนต่ำประมาณ 5 นาที ก่อนเร่งความร้อนให้สูงขึ้น ย่อยโปรตีนจนได้สารละลายสีฟ้าใส ขณะย่อยโปรตีนหมุนขวดเป็นระยะ ๆ

3.4. รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นและหมดควันของไอกรดก่อนเติมน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร โดยแยกเติมทีละ 5 มิลลิลิตร พร้อมกับเขย่าขวด

3.5. เทสารละลายทั้งหมดลงใน volume flask 100 มิลลิลิตร ล้างขวดย่อยโปรตีนด้วยน้ำกลั่นหลาย ๆ ครั้ง แล้วเทลงในขวดปรับปริมาตรจนถึงขีด

3.6. ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

3.7. เปิดชุดกลั่นโปรตีนและผ่านน้ำเย็นเข้าออก condenser เปิดสวิตช์เตาของชุดกลั่นให้มีความร้อนเพียงพอ ในขณะที่เริ่มต้นกลั่นและป้องกันการไหลย้อนกลับของสารละลายที่ใช้เก็บแอมโมเนีย

3.8. ดูดกรดบอริก 10 มิลลิลิตร ใน Erlenmeyor flash 250 มิลลิลิตร ที่แห้งและสะอาด หยด mixed indicator 4 หยด เขย่าให้ดีก่อนนำไปวางใต้เครื่องกลั่น โดยให้ปลาย condenser จุ่มในสารละลาย

3.9. ดูดสารละลายในข้อ 3.5 5 มิลลิลิตร ลงในขวดกลั่น ล้างไปเปตด้วยน้ำกลั่น 2 – 3 ครั้งลงในขวดกลั่น เติมโซเดียมไฮดรอกไซดี 30% จำนวน 3 มิลลิลิตร ประกอบเข้าชุดกลั่น

3.10. แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะผ่าน condenser ลงสู่สารละลายบอริค สีของสารละลายเปลี่ยนจากม่วง – น้ำเงิน (bluish purple) ไปเป็นสีเขียว – น้ำเงิน (bluish green) การเปลี่ยนสีที่เป็นอย่างรวดเร็วประมาณ 20 – 30 วินาที เมื่อสารละลายบอริคเปลี่ยนสีประมาณ 5 นาที ลดระดับของ Erlenmeyor flash ให้ปลาย condenser อยู่เหนือระดับของของเหลว 1 เซนติเมตร ล้างปลาย condenser ด้วยน้ำกลั่น รอให้ปฏิกิริยาดำเนินต่อไปอีกประมาณ 1 – 2 นาที ก่อนนำไปไตเตรทกับสารละลายไฮโดรคลอริค 0.01 N จน สีน้ำเงินเปลี่ยนไปเป็นใส ไม่มีสี

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีน} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 5.59 \times 14}{E \times 1000} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ V_1 ปริมาตรเป็น ml ของ HCI ที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่าง

V_2 ปริมาตรเป็น ml ของ HCI ที่ใช้ในการไตเตรทกับ blank

N ความเข้มข้นของ HCI ที่ใช้ในการไตเตรท

E น้ำหนักตัวอย่าง

4. เยื่อใย

4.1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใน digestion flask (500 – 700 มล.) ซึ่งเป็นขวดแก้วก้นกลม เติมกรดซัลฟูริคที่ผ่าน การต้มเดือดแล้วจำนวน 200 มิลลิลิตร และ boiling chips 2 – 3 ชิ้น ก่อนนำ condenser มาประกอบ ตอนบนของขวด

4.2. นำไปต้มบนเตาของชุดย่อย crude fiber โดยให้สารละลายเดือดนาน 30 นาที ต่อเนื่องกัน เขย่าขวดเพื่อไม่ให้ตัวอย่างเกาะบนผนังขวด

4.3. กรองกากด้วยผ้ากรองบน Buchner funnel และใช้ปั๊มช่วยในการกรอง

4.4. ล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์กรด โดยทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส

4.5. เทกากกลับไปใน digestion flask เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ผ่านการต้มเดือด จำนวน 200 มิลลิลิตร ต้มส่วนผสมนาน 30 นาที กรองทันทีและล้างกากด้วยน้ำเดือดจนหมดฤทธิ์ด่าง

4.6. ล้างกากด้วยสารละลายโปตัสเซียมซัลเฟตร้อน

4.7. เทกากกลับไปใน digestion flask อีกครั้ง ล้างตะกอนที่ติดผ้ากรองด้วยน้ำเดือดหลาย ๆ ครั้ง

4.8. เทกากใน digestion flask ผ่านไปใน sintered glass crucible ล้างกากด้วยน้ำเดือดหลาย ๆ ครั้ง

4.9. ล้างกากด้วยแอลกอฮอล์ จำนวน 30 มิลลิลิตร

4.10. อบ crucible พร้อมกากที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักเมื่อเย็นลง

4.11. นำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที เพื่อเช็ดสาร volotile organic

4.12. นำ crucible มาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่หายไปเป็นน้ำหนักของ crude fiber

$$\text{เปอร์เซ็นต์ crude fiber} = \frac{\text{น้ำหนัก crude fiber}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปริมาณเถ้า

5.1. ล้าง crucible ทำให้แห้งก่อนเผาใน muffle furnace นาน 1 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมา ชั่งน้ำหนัก

5.2. ชั่งตัวอย่าง 3 – 5 กรัม ใส่ใน crucible

5.3. เผาตัวอย่างด้วยตะเกียงบุนเซนช้า ๆ จนเผาไหม้หมด จึงนำ crucible วางในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาว

5.4. ชั่งน้ำหนักเถ้าคำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้า

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

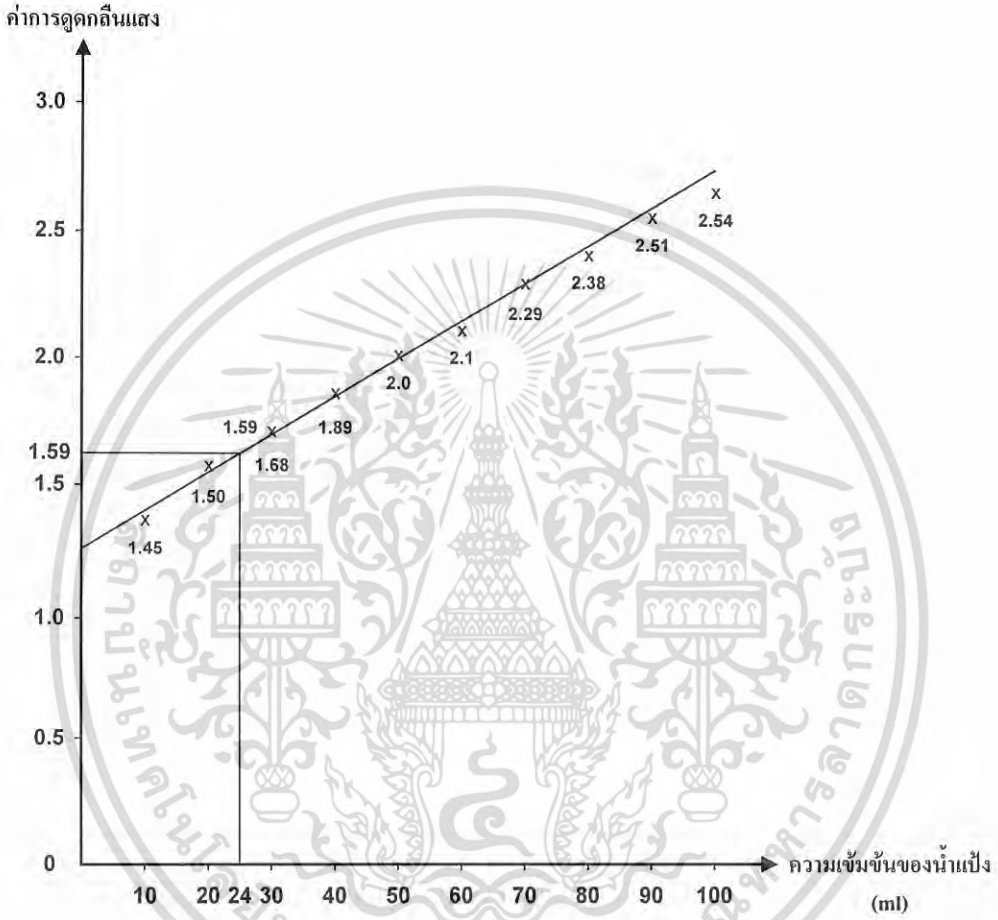
จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของแป้งเมล็ดขนุน

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (%)
- แป้ง	97
- โปรตีน	1.10
- ไขมัน	0.40
- เยื่อใย	1.30
- เถ้า	0.20
- ความชื้น	8.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ปริมาณอะมิโลสโดยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสง



ภาพที่ 6.1 กราฟมาตรฐานความเข้มข้นอะมิโลส - ค่าการดูดกลืนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกนกรัตน์ พู่เจริญ เกิดเมื่อวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2520 ภูมิลำเนาเดิม จังหวัดจันทบุรี จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จากวิทยาลัยเทคนิคระยอง จังหวัดระยอง สาขาวิชาเคมีปฏิบัติการ

นางสาวยุพา เมืองทอง เกิดเมื่อวันที่ 24 มิถุนายน พ.ศ. 2521 ภูมิลำเนาเดิม จังหวัดพิจิตร จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตจันทบุรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้