สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การผลิตแป้งจากเปลือกเผือก

เกรียงศักดิ์ ตุลารักษ์

ฐิตารีย์ วัฒนาวรพันธ์

ปพ.
ก7681
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....83977
วัน,เดือน,ปี.....23 ก.ย. 2551

b.11983115
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Extraction of starch from taro corm

Kriangsak Tularak

Titaree Watthanavorapunt

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Biology

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การผลิตแป้งจากเปลือกเผือก	
	Extraction of starch from taro corm	
ชื่อนักศึกษา	นายเกรียงศักดิ์ ตุลารักษ์	รหัสนักศึกษา 47050669
	นางสาวฐิตารีย์ วัฒนาวรพันธ์	รหัสนักศึกษา 47050677
ภาควิชา	ชีววิทยาประยุกต์	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์	

ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ. ลินจง สุขลำภู	ลินจง สุขลำภู
กรรมการ	ดร. จิดาภา ทิน้อย	
กรรมการ	ดร. วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์	วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์

.....

(รศ.ดร.นวลพรรณ ณ ระนอง)
หัวหน้าภาควิชาชีววิทยาประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโรงงานพิเศษนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ดร. วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์ ที่กรุณามาเป็นที่ปรึกษาและคอยช่วยเหลือให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณ ผศ. ลินจง สุขลำภู และ ดร. จิดาภา ทิน้อย คณะกรรมการพิจารณาโครงงานพิเศษนี้ และขอขอบคุณพี่ ๆ ปริญญาโท ที่ให้ความกรุณา และแนะนำทักษะและความรู้ต่าง ๆ ตลอดจนคอยอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาที่จัดทำโครงงานพิเศษนี้

นอกจากนี้ต้องขอบพระคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาทุกชั้นปีของภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและคอยอำนวยความสะดวก ตลอดจนให้ความรู้ต่าง ๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์อย่างยิ่งในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้ ซึ่งประสบการณ์ที่ได้รับนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี

นายเกรียงศักดิ์ ตุลารักษ์
นางสาวฐิตารีย์ วัฒนาวรพันธ์
เมษายน 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การผลิตแป้งจากเปลือกเผือก

ชื่อนักศึกษา นายเกรียงศักดิ์ ตุลารักษ์ รหัสนักศึกษา 47050669

นางสาวฐิตารีย์ วัฒนาวรพันธ์ รหัสนักศึกษา 47050677

ภาควิชา ชีววิทยาประยุกต์

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. วรภัทร์ สงวนไชยไผ่วงศ์

บทคัดย่อ

การสกัดแป้งออกจากเปลือกเผือก และก็สกัดสารออกซาเลตออกจากเนื้อบริเวณนั้นด้วย เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุด โดยการนำเปลือกเผือกมาสกัดทำแป้งด้วยวิธีการต่างๆที่เลือกมาจากคุณสมบัติของแป้งดังนี้ กระบวนการสกัดด้วยน้ำ กระบวนการสกัดด้วยด่าง และกระบวนการสกัดแบบแป้งมันฝรั่ง โดยมีการวิเคราะห์หาปริมาณ โปรตีน เส้นใย เถ้า ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งกระบวนการที่เหมาะสมกับการสกัดแป้งจากเปลือกเผือกมากที่สุด คือกระบวนการการสกัดด้วยด่างเพราะสามารถลดปริมาณแคลเซียมออกซาเลตได้ถึง 47-50 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง และลดสารอื่นๆในแป้งได้เหลือเพียงร้อยละ 1.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Extraction of starch from taro corm

Student Mr. Kriangsak Tularak 47050669

Ms. Titaree Watthanavorapunt 47050677

Department Applied Biology

Program Biotechnology

Advisor Ms. Vorapat Sanguanchaipai, Ph. D.

Abstract

The extraction of starch from taro rinds and elimination of oxalate as much as possible to obtain starch from taro rinds , three starch extraction procedures have been selected as following: water extraction method, alkaline extraction method and potato extraction method. Prior and subsequent to extract starch, the materials were proximate analysis (moisture, protein, lipid, fiber, ash and carbohydrate contents). Alkaline extraction method was discovered to be the most effective technique. It can remove not only 47-50 mg of calcium oxalate per 100 g of starch, also reduce other substances from to 1.85%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค

สารบัญ ง

สารบัญตาราง ช

สารบัญรูป ซ

1. บทนำ 1

1.1 ความสำคัญ/ที่มาของโครงการ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 3

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ทฤษฎีและหลักการ 4

2.1 เผือก 4

2.2 แป้ง (Starch) 8

2.2.1 อะมิโลส 8

2.2.2 อะมิโลเพกทิน 9

2.2.3 สารตัวกลาง 11

2.2.4 ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง 11

2.3 ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้ง 12

2.3.1 ไขมัน 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	2.3.2	ไนโตรเจน (โปรตีน)	14
	2.3.3	เถ้า	14
	2.3.4	ฟอสฟอรัส	14
2.4	คุณสมบัติของแป้ง		14
	2.4.1	การพองตัวและการละลาย	14
	2.4.2	ความหนืด	16
2.5	กรดออกซาลิก (Oxalic acid)		19
3.	วิธีการทดลอง		21
3.1	การเตรียมเปลือกเผือก		21
3.2	กระบวนการผลิตแป้ง		21
	3.2.1	กระบวนการการสกัดด้วยน้ำ	21
	3.2.2	กระบวนการการสกัดด้วยด่าง	21
	3.2.3	กระบวนการการสกัดด้วยวิธีการแบบมันฝรั่ง	21
3.3	การวิเคราะห์ปริมาณสารทางเคมี		22
	3.3.1	ปริมาณความชื้น	22
	3.3.2	ปริมาณโปรตีน	22
	3.3.3	ปริมาณไขมัน	23
	3.3.4	ปริมาณเส้นใย	23
	3.3.5	ปริมาณเถ้า	24
	3.3.6	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	24
	3.3.7	ปริมาณแคลเซียมออกซาเลต (Calcium Oxalate)	24
3.4	การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแป้ง		26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	3.5 การวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดแป้ง	28
4.	ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	29
	4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเผือกและแป้งเผือก	29
	4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งที่สกัดได้	33
	4.3 การวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดแป้ง	36
5.	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	37
	5.1 สรุปผลการทดลอง	37
	5.2 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง		39
ภาคผนวก ก		41
ภาคผนวก ข		43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่

1.1	องค์ประกอบทางเคมีของแป้งชนิดต่างๆ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2550)	2
2.1	องค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ (Swinkels, 1985)	13
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเผือกเทียบกับเผือกก่อนสกัดแป้ง	30
4.2	ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่สกัดจากเปลือกเผือกทั้งสามกระบวนการ	32
4.3	ค่าความหนืดของแป้งชนิดต่างๆที่สกัดได้จาก 3 กระบวนการ	34
ก.1	ข้อมูลเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่สกัดจากเปลือกเผือกทั้งสามกระบวนการ	41
ก.2	ข้อมูลเบื้องต้นของค่าความหนืดของแป้งชนิดต่างๆที่สกัดได้จากสามกระบวนการ	42
ข.1	คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับแป้งมันสำปะหลัง (มอก.274-2521)	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		
1.1	โครงสารทางเคมีของสารออกซาเลต (วิกิพีเดีย, 2551)	1
2.1	รูปหัวเผือก (กรมวิชาการเกษตร, ไม่ทราบปีพ.ศ.)	5
2.2	รูปของลำต้นและใบของเผือกในประเทศไทย (Wikipedia®, 2008)	7
2.3	โครงสร้างของอะมิโลส (Royal Society of Chemistry, 2004)	9
2.4	โครงสร้างอะมิโลเพกทิน (Royal Society of Chemistry, 2004)	10
2.5	ลักษณะโครงสร้างอะมิโลเพกทินที่ประกอบด้วยสาย A, B, C (Hizukuri, 1986)	11
2.6	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง (Newport Scientific Pty,Ltd., 1995)	17
2.7	รูปแบบความหนืดของแป้งสุกชนิดต่างๆ เมื่อแบ่งตามกำลังการพองตัว (Leach, 1965)	17
2.8	โครงสร้างทางเคมีของกรดออกซาลิก (วิกิพีเดีย, 2551)	19
3.1	สีของสารละลายขณะทำการไตเตรต (ก) สารละลายของแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ผ่านการย่อยด้วยกรดไฮโดรครอริกซึ่งมีความเข้มข้น 6 โมลาร์ และเติม methyl red เป็นสีชมพู (ข) สารละลายข้อ (ก) หลังจากไตเตรตกับสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นเป็นสีเหลืองอ่อน (ค) สารละลายหลังจากไตเตรตกับสารละลายโพทัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มีความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จนได้สีชมพูอมส้มซึ่งปรากฏได้เพียง 10 วินาที	25
3.2	ลักษณะการตั้งอุปกรณ์หาความหนืด	27
4.1	รูปของผงเปลือกเผือกอบแห้ง	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

4.2 รูปของแป้งจากเปลือกเผือกที่สกัดได้จาก 3 กระบวนการ: (ก) กระบวนการสกัดด้วยน้ำ (ข)กระบวนการสกัดด้วยด่าง และ (ค) กระบวนการสกัดตามวิธีสกัดแป้งมันฝรั่ง 31

4.3 ลักษณะการพองตัวของแป้งเผือกที่สกัดด้วยด่าง 35

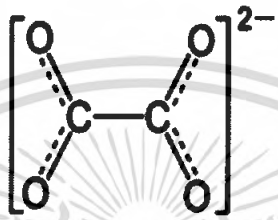
4.4 ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์แบบพื้นหลังสว่าง โดยมีกำลังขยายของภาพ 400 เท่า ของเม็ดแป้งที่สกัดด้วย (ก) ด่างที่อุณหภูมิ 95°C (ข) ด่างที่อุณหภูมิ 50°C ครั้งที่ 2 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญ/ที่มาของโครงการ



รูปที่ 1.1 โครงสารทางเคมีของสารออกซาเลต (วิกิพีเดีย, 2551)

เผือกถือเป็นพืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งเผือกสามารถนำมาแปรรูปได้มากมายทั้งอาหารคาว อาหารกินเล่น และอาหารหวาน ด้านผู้ผลิตส่วนใหญ่จะนำเฉพาะส่วนของเนื้อเผือกมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ทางอาหาร ซึ่งเวลาที่ผู้ผลิตจะนำเนื้อเผือกมาใช้จะต้องปอกเปลือกเผือกก่อน แต่การปอกเปลือกเผือกจะต้องให้เนื้อเผือกติดเปลือกมาก เพราะบริเวณระหว่างเนื้อเผือกกับเปลือกเผือกจะมีสารออกซาเลต (oxalate) อยู่มาก ซึ่งสารนี้มีโครงสร้างทางเคมีตามรูปที่ 1.1

สารออกซาเลตในเผือกจะมีอยู่ประมาณ 284.8 - 456.2 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัมของเผือก ซึ่งสารนี้เป็นต้นเหตุทำให้เกิดอาการคันและเกิดผื่นแดง และเมื่อรับประทานเข้าสู่ร่างกายในปริมาณ 40-50 มิลลิกรัมทุกวัน สารออกซาเลตจะไปรวมกับแร่ธาตุอื่น กลายเป็นผลึกออกซาเลต เช่น แคลเซียมออกซาเลต, โซเดียมออกซาเลต, แมกนีเซียมออกซาเลต เป็นต้น โดยเฉพาะผลึกของแคลเซียมออกซาเลต ทำให้เมื่อรับประทานเข้าไป และถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วทำปฏิกิริยากับอนุมูลของแคลเซียมในกระแสเลือดกลายเป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อย แคลเซียมออกซาเลตจะเกิดการตกตะกอนและพอกตัวเป็นก้อนโตขึ้นกลายเป็นนิ่วที่ไตและในถุงน้ำดี

ซึ่งสารออกซาเลตนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. สามารถละลายน้ำได้ จะเป็นประเภทที่สามารถนำออกซาเลตออกได้ง่าย เพราะกระบวนการผลิตแป้งจะใช้น้ำปริมาณที่มาก และสามารถแยกออกจากแป้งด้วยการหมุนเหวี่ยงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไม่สามารถละลายน้ำได้ จะเป็นประเภทที่สกัดออกจากแป้งได้ยาก ดังนั้น อาจจะต้องใช้สารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องกับกระบวนการสกัดออกซาเลต

ด้วยสาเหตุนี้ จึงทำให้เนื้อที่ติดกับเปลือกเผือกเหลือเป็นจำนวนมากและกลายเป็นวัตถุดิบที่เหลือใช้ ดังนั้นจึงให้ความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารออกซาเลตออกจากเนื้อบริเวณเปลือกเผือก เพื่อนำเปลือกเผือกและเนื้อที่ติดกับเปลือกมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสกัดแป้งออกจากเปลือกเผือกเพื่อที่จะใช้ส่วนประกอบของเผือกให้เกิดประโยชน์มากที่สุด และสามารถเป็นการลดปริมาณเปลือกเผือกที่มีจำนวนมากได้

โดยเลือกกระบวนการสกัดแป้งเผือกตามวิธีของ Tattiyakul และคณะ (2006) และจากองค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่คล้ายคลึงกันกับแป้งเผือก ตามตารางที่ 1.1 มา 3 กระบวนการ เพื่อใช้เป็นกระบวนการสกัดแป้งออกจากเปลือกเผือก และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

ตารางที่ 1.1 ร้อยละองค์ประกอบทางเคมีของน้ำหนักวัตถุดิบแห้งในการสกัดแป้งชนิดต่างๆ (กล้าณรงค์และเกื้อกูล, 2550)

วัตถุดิบ	คาร์โบไฮเดรต (%)	โปรตีน (%)	ไขมัน (%)	ใยอาหาร (%)	เถ้า (%)
ข้าวโพด	76.78	9.92	4.23	2.78	1.63
ข้าวฟ่าง	79.2	12.5	3.4	2.7	2.2
ข้าวสาลี	78.60	14.53	1.92	2.91	2.03
มันฝรั่ง	82.23	8.60	0.23	4.54	3.80
ข้าวเจ้า	90.0	7.95	0.45	1.02	0.57
มันสำปะหลัง	89.60	3.41	0.72	3.60	2.67
เผือก[1]	87.92	1.09	0.46	1.96	2.56

หมายเหตุ [1] ข้อมูลจากวรางคณา และสุนันทา (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. คัดเลือกและศึกษากระบวนการการสกัดแป้งเผือกจากกระบวนการที่ใช้สกัดแป้งชนิดอื่นในอุตสาหกรรม และความสามารถในการสกัดสารออกซาเลตออกระหว่างกระบวนการสกัด

2. ศึกษาคุณสมบัติต่างๆของเปลือกและแป้งเผือกที่สกัดได้

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

โครงงานพิเศษนี้จัดทำขึ้นเพื่อแปรรูปเปลือกเผือกซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ โดยนำมาสกัดแป้งและสกัดสารประกอบออกซาเลตซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดอาการระคายเคืองและทำให้เกิดโรคต่อร่างกาย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

คัดเลือกกระบวนการสกัดแป้งชนิดอื่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมมาสกัดแป้งจากเปลือกเผือก และคัดเลือกกระบวนการที่สามารถลดหรือแยกสารประกอบออกซาเลตออกได้ นอกจากนี้ยังเป็นการนำเปลือกเผือกที่เป็นวัสดุที่เหลือใช้มาใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เผือก

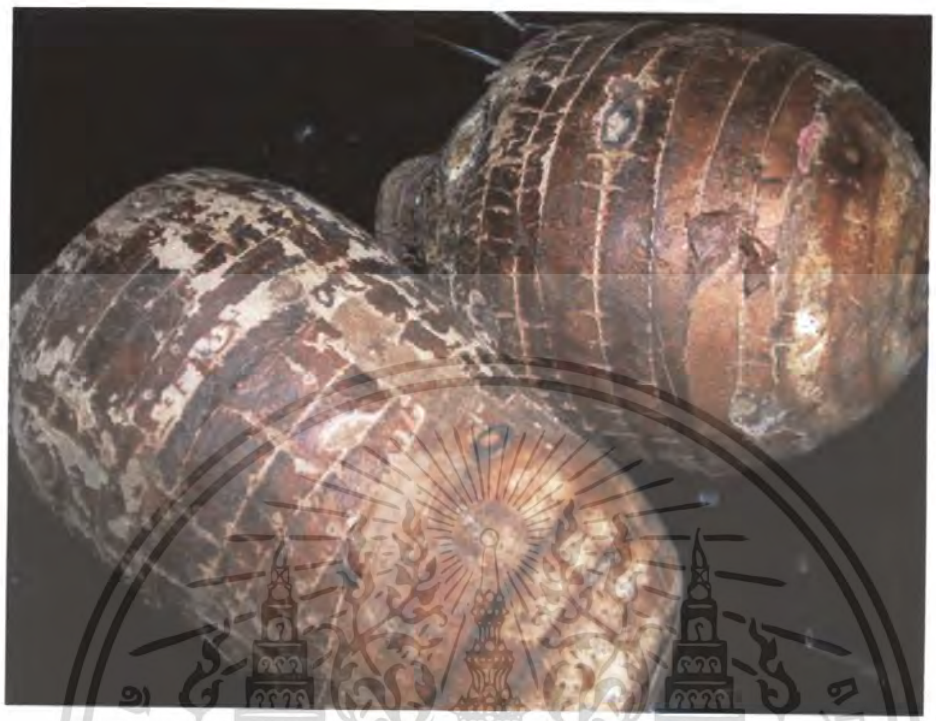
เผือกมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Colocacia esculenta* (L) Schott อยู่ในตระกูลอะราเซีย (Aracea) มีรายละเอียดของอนุกรมวิธาน (Wikipedia®, 2008) ดังนี้

อาณาจักร: พืช	Kingdom: Plantae
ดิวิชั่น: Magnoliophyta	Division: Magnoliophyta
คลาส: Liliopsida	Class: Liliopsida
ออร์เดอร์: Alismatales	Order: Alismatales
แฟมิลี: Araceae	Family: Araceae
จีนัส: *Colocasia*	Genus: Colocasia
สปีชีส์: *esculenta*	Species: *esculenta*

เผือกเป็นพืชมีอายุอยู่ได้หลายฤดู ลำต้นใต้ดินเจริญเติบโตกลายเป็นหัว และมีหัวเล็กๆล้อมรอบหัวมีขนาดและรูปร่างต่างกันออกไป แต่โดยทั่วไปจะมีรูปร่างตามแบบรูปที่ 2.1 ปกติต้นสูง 0.4-2 เมตร ใบใหญ่เป็นรูปหัวใจ มีขนาดสีต่างๆกัน ใบเกิดจากใต้ดิน ดอกปกติประกอบด้วย 2-5 ช่อดอก อยู่ในก้านใบ ช่อดอกมีก้านยาว 15-30 เซนติเมตร ดอกบานทยอยกันเรื่องๆ ดอกตัวเมียมักจะไม่มีดอก ตัวผู้หนึ่งดอกมีก้านเกสรตัวผู้ 2-3 อัน ผลมีสีเขียว เปลือกบาง ไม่ค่อยมีเมล็ด (คาราวรรณ, 2549)

เผือกเป็นพืชหัวที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ สามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด ทั้งคาวและหวานและการอุตสาหกรรมแปรรูป ในประเทศไทย คนไทยส่วนใหญ่จะนิยมบริโภคเผือก ในรูปขนมหวานชนิดต่าง ๆ เช่น เผือกเชื่อม เผือกกวน เผือกทอด เผือกฉาบ บัวลอยเผือก ข้าวเหนียวเผือก ขนมปังไส้เผือก ไอครีมเผือก โรตีเผือก และอาหารประเภทขบเคี้ยว ซึ่งเป็นอาหารว่าง เป็นต้น (มาลินี และคณะ, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 รูปหัวเผือก (กรมวิชาการเกษตร, ไม่ทราบปีพ.ศ.)

ปัจจุบันเผือกเป็นพืชหัวเศรษฐกิจที่มีศักยภาพในการส่งออก โดยส่งออกทั้งในรูปหัวเผือก ก้านใบเผือก และใบเผือก เช่น ในปี 2543 ประเทศไทยมีการส่งออกหัวเผือกประมาณ 1,039 ตัน คิดเป็นมูลค่า 14.8 ล้านบาท ตลาดต่างประเทศของเผือกที่สำคัญมีประเทศญี่ปุ่น ฮ่องกง ออสเตรเลีย มาเลเซีย สิงคโปร์ และเนเธอแลนด์ เป็นต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์ได้ทั้งหัว ก้านใบ และใบเผือก รวมทั้งตลาดภายในและต่างประเทศ และเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวและพืชไร่บางชนิด แล้วเผือกเป็นพืชที่น่าสนใจของเกษตรกรอีกพืชหนึ่ง

ในปี พ.ศ. 2543 พื้นที่ปลูกเผือกในประเทศไทยมีประมาณ 41,394 ไร่ ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 102,126 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 2.1 ตัน/ไร่ จังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกเผือกซึ่งเป็นการค้าที่สำคัญ ได้แก่ เชียงใหม่ นครสรรค์ พิจิตร พิษณุโลก สุโขทัย เพชรบูรณ์ นครราชสีมา สระบุรี สิงห์บุรี นครปฐม ราชบุรี สุพรรณบุรี เพชรบุรี กาญจนบุรี นครนายก ปราจีนบุรี และชุมพร เป็นต้น

เผือกในเมืองไทยเท่าที่มีผู้จำแนกไว้มี 4 ชนิด ได้แก่

1. เผือกหอม เป็นชนิดหัวใหญ่ หนักหัวละประมาณ 2-3 กิโลกรัม มีหัวเล็กติดอยู่กับหัวใหญ่เล็กน้อย ต้มรับประทานมีกลิ่นหอม กาบใบใหญ่สีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เผือกเหลือง หัวขนาดย่อม หัวสีเหลือง

3. เผือกไม้หรือเผือกไหหลำ หัวมีขนาดเล็ก

4. เผือกตาแดง ที่ตาของหัวมีสีแดงเข้มมีหัวเล็ก ๆ ติดอยู่รอบหัวใหญ่ เป็นกลุ่มจำนวนมาก กาบใบและเส้นใบสีแดง

ต้นเผือกมีลักษณะโดยทั่วไป (รูปที่ 2.2) ดังนี้

ลำต้น เผือกเป็นพืชหัวที่มีลำต้นใต้ดินสะสมอาหารเรียกว่า หัวซึ่งเกิดจากการขยายของลำต้นใต้ดินพร้อมกับความยาวของปล้องลดลง เมื่อหัวมีขนาดใหญ่จะมีรากช่วยดึงหัวให้ลึกลงในดิน ที่ปลายรากเหล่านี้จะพองโตขึ้นเป็นหัวย่อยที่มีขนาดเล็ก หรือเรียกว่า ลูกเผือก ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยยึดลำต้นช่วยดูดน้ำและแร่ธาตุ และสามารถใช้เป็นส่วนที่ขยายพันธุ์ได้ต่อไป

ใบ ใบเผือกมีรูปร่างคล้ายหูช้าง หรือคล้ายหัวใจ ขนาดใบกว้างประมาณ 25-30 เซนติเมตร ยาว 35-45 เซนติเมตร ก้านใบยาว 45-150 เซนติเมตร เผือกต้นหนึ่งจะมีก้านใบประมาณ 12-18 ก้าน สีของก้านใบ ลักษณะใบและขอบใบจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ เช่น ก้านใบจะมีสีเขียวอ่อน เขียวเข้ม ม่วง หรือมีจุดสีม่วง ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ปลายใบอาจแหลมหรือมน ตัวใบอาจจะหนาและเป็นมัน หรือบางและด้าน เป็นต้น

ดอก จะมีลักษณะเป็นดอกช่อ มีดอนย่อยเกาะติดกับก้านดอกเดียวกัน ดอกย่อยจะเริ่มบานจากดอกที่อยู่ล่างสุดขึ้นไปทางปลายช่อ ไม่มีก้านดอกย่อย ดอกจะเกาะติดกับก้านดอกเดี่ยว ซึ่งลักษณะยาวและมีจานหุ้มช่อดอกไว้ ช่อดอกมีขนาดยาว 10-15 เซนติเมตร จำนวนช่อดอกประมาณ 5-15 ช่อต่อต้น ช่อดอกมีก้านยาว 15-30 เซนติเมตร ดอกเผือกมีสีขาวครีม และสีเหลืองอ่อน แตกต่างกันไปตามพันธุ์ บางพันธุ์ออกดอกง่าย แต่บางพันธุ์ออกดอกยาก เผือกที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่จะไม่ออกดอก

ผล ผลของเผือกมีขนาดเล็ก เป็นผลเล็ก ๆ เกาะกลุ่มอยู่ในก้านดอกเดียวกัน ผลมีสีเขียวเปลือกบาง เนื้อผลอวบน้ำ เมื่อแก่มีสีน้ำตาลดำภายในผลจะมีเมล็ดเล็ก ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 รูปของลำต้นและใบของเผือกในประเทศไทย (Wikipedia®, 2008)

เผือก เป็นพืชหัวที่เก็บรักษาได้นานพอสมควร หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ควรนำเผือกไปไว้ในที่ร่มเงามีอากาศถ่ายเทได้สะดวก ไม่อับลมเป็นที่ที่มีอากาศค่อนข้างเย็น เช่น ใต้ร่มไม้ หรือใต้ถุนบ้าน เป็นต้น ต่อจากนั้นทำการแยกดินที่ติดกับหัวและแยกรากแขนง คัดแยกหัวแต่ละขนาด เช่น ใหญ่พิเศษ ใหญ่ กลาง และเล็ก แล้วบรรจุใส่ภาชนะที่เหมาะสม เช่น ถุงพลาสติกขนาดใหญ่แบบเจาะรูได้ หรืออาจเป็นเข่ง หรือรังพลาสติก

ข้อควรปฏิบัติเพื่อเก็บรักษาหัวเผือกไว้ได้นาน และไม่เน่าเสียง่าย ดังนี้

1. ก่อนขุดเผือกประมาณ 15-30 วัน ไม่ควรเอาน้ำเข้าแปลง หรือรดน้ำแปลงเผือกเพราะเผือกจะดูดซึมน้ำไว้มาก เก็บไว้ไม่ได้นาน

2. ขุดเผือกเฉพาะเมื่อเผือกมีอายุเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ ไม่ควรเก็บเกี่ยวเผือกเมื่อมีอายุน้อยเกินไปจะเน่าเสียได้ง่าย

3. ในการขุดเผือกแต่ละครั้ง ควรขุดเผือกด้วยความระมัดระวังอย่าให้หัวเผือกมีบาดแผลบอบช้ำ เผือกจะเน่าเสียง่าย เมื่อพบว่าเผือกมีบาดแผล ควรแยกไว้ต่างหากไม่ปะปนกัน

4. กรณีที่จะขนส่งเผือกไปไกลๆ หรือจะเก็บเผือกไว้นานหลายเดือน ไม่ควรล้างดินออก ผึ่งให้แห้งสนิทอย่าให้เปียกชื้นก่อนที่จะนำเข้าไปเก็บในโรงเก็บหรือขนส่งไกลๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การขนส่งเผือกควรมีภาชนะใส่เผือกที่เหมาะสม ซึ่งต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่นจะใส่กล่องกระดาษสามารถใส่เผือกซ้อนกันได้ โดยเผือกไม่ทับถมกันเป็นปริมาณมาก จึงมีผลหรือเป็นส่วนหนึ่งที่จะเก็บรักษาเผือกได้ไม่นาน

6. ไม่ควรนำเผือกที่เก็บเกี่ยวได้ มาสุมกองกันเป็นปริมาณมากหรือขึ้นไปเหยียบย่ำเผือก ควรนำเผือกที่จะเก็บรักษาไว้นานๆ มาเก็บไว้เป็นชั้นๆ

7. ห้องที่เก็บรักษาหัวเผือกนั้น จะต้องมีการระบายอากาศได้สะดวก อุณหภูมิประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส

หากมีความจำเป็นต้องเก็บรักษาควรตัดใบและรากทั้งหมดออกไม่ควรล้างน้ำ การเก็บรักษาหัวเผือก โดยการจุ่มลงไปในสารป้องกันเชื้อรา แคปแทน หรือเบนเลท ความเข้มข้น 500 ส่วนในล้านส่วน (ppm) แล้วเก็บรักษาไว้ในบ่อดิน จะทำให้หัวเผือกเน่าเสียลดลง ได้ผลดีกว่าการเก็บรักษาในขี้เลื่อยแห้ง ขี้เลื่อยชื้น และถุงพลาสติก หัวย่อยหรือลูกเผือกที่เก็บรักษาไว้ในบ่อดินใต้สภาพร่มและป้องกันน้ำฝนได้จะเก็บรักษาไว้ได้นาน 6-10 เดือน อายุการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับขนาดหัว คือ เผือกที่มีขนาดหัวเล็กจะเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าเผือกที่มีขนาดหัวใหญ่

นอกจากจะเก็บรักษาเผือกในรูปหัวเผือกสดแล้ว ยังสามารถเก็บรักษาเผือกในรูปเผือกแห้ง โดยปอกเปลือกแล้วผ่าเผือกเป็นแผ่นบางๆ ตากเผือกให้แห้งสนิท เมื่อจะนำมาบริโภค ก็สามารถนำไปนึ่ง ทอด หรือบดเป็นแป้งเผือกได้

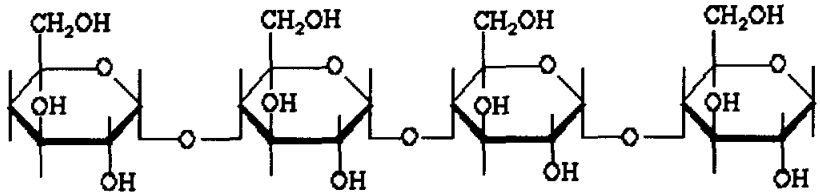
2.2 แป้ง (Starch)

แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ในอัตราส่วน 6:10:5 มีสูตรเคมีโดยทั่วไปคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ แป้งเป็นพอลิเมอร์ของกลูโคส ซึ่งประกอบด้วยหน่วยของน้ำตาลกลูโคสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ทางด้านตอนปลายของสายพอลิเมอร์จะมีหน่วยกลูโคสที่มีหมู่แอลดีไฮด์ (aldehyde group) เรียกว่าปลายรีดิวซิง (reducing end group) แป้งประกอบไปด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ พอลิเมอร์เชิงเส้น (อะมิโลส) และพอลิเมอร์เชิงกิ่ง (อะมิโลเพกทิน)

2.2.1 อะมิโลส

อะมิโลสเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้นที่ประกอบด้วยกลูโคสประมาณ 2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก (glucosidic linkage) ชนิดแอลฟา- 1,4 (α – 1,4) ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 โครงสร้างของอะมิโลส (Royal Society of Chemistry, 2004)

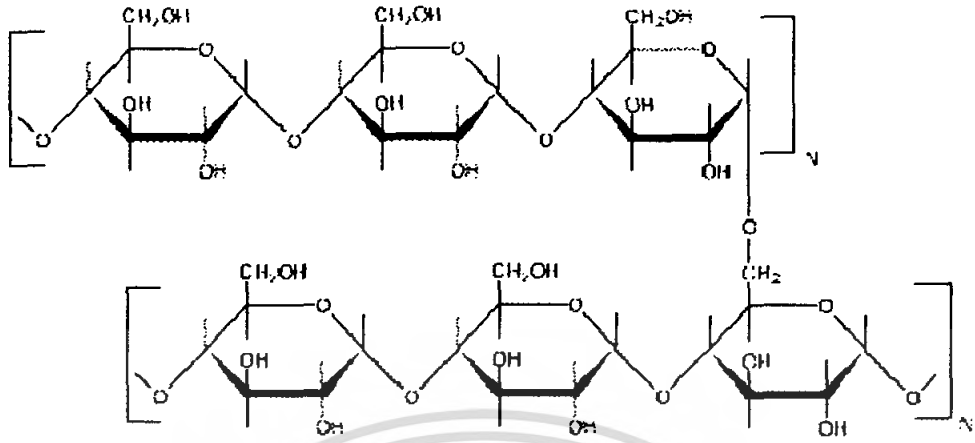
แป้งจากธัญพืช เช่น แป้งข้างโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง มีปริมาณอะมิโลสสูงประมาณร้อยละ 28 ในขณะที่แป้งจากรากและหัว เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งมันฝรั่ง แป้งสาคูมีปริมาณอะมิโลสต่ำประมาณร้อยละ 20 ในขณะที่ waxy starch จะไม่มีอะมิโลสเลย และแป้งข้าวโพดชนิดอะมิโลเมส (amylomaize) มีอะมิโลสสูงมากถึงร้อยละ 80

น้ำหนักโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 10^5 ถึง 10^6 ดาลตัน ซึ่งอะมิโลสในแป้งแต่ละชนิดจะมีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันไป ในแป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าในแป้งข้าวโพดและแป้งสาลี แป้งแต่ละชนิดมีขนาดโมเลกุลหรือระดับขั้นการเกิดพอลิเมอร์ (Degree of polymerization, DP) ของอะมิโลสที่แตกต่างกัน แป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังมีขนาดโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 1,000 ถึง 6,000 สูงกว่าแป้งข้าวโพดและแป้งสาลีซึ่งมีขนาดโมเลกุลของอะมิโลสอยู่ในช่วง 200 ถึง 1,200 แป้งที่ยิ่งมีโมเลกุลของอะมิโลสยาวขึ้นจะมีแนวโน้มในการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ลดลง ในธรรมชาติอะมิโลสมีกิ่งก้านอยู่บ้างแต่ไม่มาก

2.2.2 อะมิโลเพกทิน

อะมิโลเพกทินเป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคส ส่วนที่เป็นเส้นตรงของกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิกชนิดแอลฟา 1,4 (α – 1,4) เช่นเดียวกับอะมิโลส และส่วนที่เป็นกิ่งสาขาที่เป็นพอลิเมอร์กลูโคสสายสั้น มีขนาดโมเลกุล (DP) อยู่ในช่วง10–60 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะกลูโคซิดิก ชนิดแอลฟา 1,6 (α – 1,6) ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



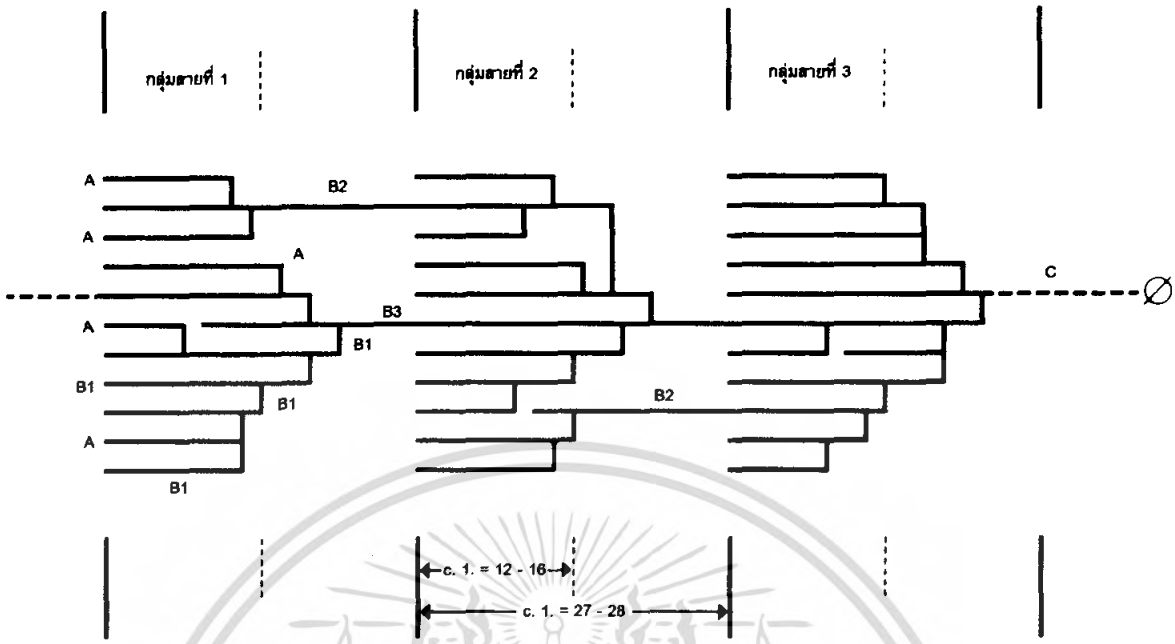
รูปที่ 2.4 โครงสร้างอะมิโลเพกทิน (Royal Society of Chemistry, 2004)

หน่วยกลูโคสที่มีพันธะกลูโคซิดิกชนิด α–1,6 จะมีอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณหน่วยกลูโคสในอะมิโลเพกทินทั้งหมด ขนาดโมเลกุลของอะมิโลเพกทินในแป้งแต่ละชนิดจะมีค่าประมาณ 2 ล้านหน่วย อะมิโลเพกทินมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 1,000 เท่าของอะมิโลส คือประมาณ 10^7 ถึง 10^9 ดาลตัน และมีอัตราในการคืนตัวต่ำ เนื่องจากอะมิโลเพกทินมีลักษณะโครงสร้างเป็นกิ่ง

ลักษณะโครงสร้างแบบกิ่งของอะมิโลเพกทินประกอบด้วยสายโซ่ (chain) 3 ชนิด ตามรูปที่ 2.5 คือ

1. สาย A (A-chain) เชื่อมต่อกับสายอื่นที่ตำแหน่งเดียว ไม่มีกิ่งเชื่อมต่อออกจากสายชนิดนี้ (unbranched structure)
2. สาย B (B-chain) มีโครงสร้างแบบกิ่งเชื่อมต่อกับสายอื่นๆมากกว่า 2 สาย โครงสร้างอะมิโล-เพกทินจะประกอบด้วยสาย A และสาย B ในอัตราส่วน 0.8 – 0.9 :1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะโครงสร้างอะมิโลเพกทินที่ประกอบด้วยสาย A, B, C (Hizukuri, 1986)

3. สาย C (C-chain) เป็นสายแกนซึ่งประกอบด้วยหมู่รีดิวซิง 1 หมู่ ในอะมิโลเพกทิน แต่ละโมเลกุลประกอบด้วย สาย C หนึ่งสายเท่านั้น

2.2.3 สารตัวกลาง

สารตัวกลางเป็นเพียงส่วนน้อยในแป้งบางชนิด องค์ประกอบนี้มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าอะมิโลเพกทิน แต่มีขนาดใหญ่กว่าอะมิโลส (Rupp และ Schwartz, 1988) แต่เมื่อตรวจสอบด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์ (^{13}C Nuclear Magnetic Resonance) พบว่าสารตัวกลางในแป้งสาลีจะมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับอะมิโลเพกทินแต่มีกิ่งที่สั้นกว่าเป็นต้น (Dais และ Perlin, 1982)

2.2.4 ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายส่วน ดังนี้

2.2.4.1 ส่วนที่ไม่ใช่แป้งและแยกออกได้จากแป้ง (particulate material) ได้แก่ โปรตีนที่ไม่ละลายและผนังเซลล์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแป้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.2 ส่วนที่ติดกับพื้นผิวของเม็ดแป้ง (surface material) ซึ่งสามารถสกัดออกได้โดยไม่ต้องทำลายเม็ดแป้ง เช่น เยื่อหุ้มอะมิโลพลาสต์

2.2.4.3 ส่วนที่ติดอยู่ภายในเม็ดแป้ง (internal component) สามารถแยกออกได้ โดยการทำลายเม็ดแป้ง เช่น ไขมันในแป้งจากธัญพืช หมู่ฟอสเฟตในแป้งมันฝรั่ง และสารประกอบไนโตรเจน

2.3 ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้ง

ส่วนประกอบอื่นที่มีผลต่อลักษณะและคุณสมบัติของเม็ดแป้งที่สำคัญ ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เถ้า และฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณแตกต่างกันในแป้งแต่ละชนิด ดังตารางที่ 2.1

2.3.1 ไขมัน

โดยส่วนใหญ่แป้งจะมีองค์ประกอบของไขมันอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 1 ชนิดของไขมันที่มีอยู่ในแป้งมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง เช่น มีผลต่อความหนืดของแป้ง ดังนั้นในการวิเคราะห์คุณสมบัติของแป้งจะต้องกำจัดไขมันออกจากแป้ง โดยสกัดด้วยตัวทำละลายหรือย่อยสลายโดยใช้น้ำย่อย

ไขมันที่รวมอยู่ในเม็ดแป้งจะส่งผลกระทบต่อลักษณะและคุณสมบัติของแป้ง โดยจะลดความสามารถในการพองตัว การละลาย และการจับตัวกับน้ำของแป้ง เมื่อเกิดฟิล์มและเพสต์ (paste) ไขมันจะรวมตัวกับอะมิโลส เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเฉื่อย (inter complex) ทำให้ฟิล์มและแป้งเปียกมีลักษณะทึบแสงหรือขุ่น นอกจากนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งอยู่บริเวณพื้นผิวเม็ดแป้งจะทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สำหรับไขมันที่รวมตัวเชิงซ้อนกับอะมิโลส จะไม่ทำให้เกิดกลิ่น เนื่องจากสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของแป้งชนิดต่างๆ (Swinkels, 1985)

ชนิดแป้ง	ร้อยละความชื้นที่สภาวะ 65% RH, 20°C	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
แป้งข้าวโพดเหนียว	13	0.2	0.25	0.07	0.007
แป้งข้าวฟ่าง	13	0.7	0.3	0.08	ไม่มีรายงาน
แป้งข้าวเจ้า	ไม่มีรายงาน	0.8	0.45	0.5	0.1
แป้งสาคู	ไม่มีรายงาน	0.1	0.1	0.2	0.02
แป้งข้าวโพดอะมิโลเมส	13	0.4	ไม่มีรายงาน	0.2	0.07
แป้งมันเทศ	13	ไม่มีรายงาน	ไม่มีรายงาน	0.1	ไม่มีรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ไนโตรเจน (โปรตีน)

โดยทั่วไป ภายในแป้งมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยโปรตีนจะเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของเม็ดแป้ง ทำให้เกิดผลกระทบต่อลักษณะของแป้ง คือ ทำให้เกิดประจุบนพื้นผิวเม็ดแป้ง มีผลต่อการกระจายของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งมีอัตราการดูดซับน้ำ อัตราการพองตัว และอัตราการเกิดเจลาทิไนซ์เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างการทำปฏิกิริยาของกรดอะมิโนกับน้ำตาลรีดิวซิง สีและกลิ่นของน้ำตาลจะเปลี่ยนแปลงไป (โดยส่วนใหญ่จะเกิดกับแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูง)

2.3.3 เถ้า

แป้งโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบของสารอนินทรีย์ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม สามารถวิเคราะห์หาปริมาณได้จากส่วนที่เหลือหรือเถ้าจากการเผาไหม้โดยสมบูรณ์ โดยปริมาณแป้งในมันฝรั่งจะสัมพันธ์กับหมู่ฟอสฟอรัสในแป้ง สำหรับเถ้าในแป้งจากธัญพืชจะสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอลิพิด (Swinkels, 1985)

2.3.4 ฟอสฟอรัส

แป้งส่วนใหญ่มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสอยู่น้อยกว่าร้อยละ 0.1 โดยแป้งจากธัญพืชมีฟอสฟอรัสในรูปฟอสฟอลิพิด ประมาณร้อยละ 0.02 ถึง 0.06 และสำหรับแป้งจากพืชหัวและราก เช่น แป้งจากมันฝรั่งมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 0.3 ถึง 0.4

ฟอสฟอรัสภายในแป้งอยู่ในรูปฟอสเฟตเชื่อมกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 และ 6 (C_3 และ C_6) ของหน่วยกลูโคส (Lineback, 1996) แป้งมันฝรั่งมีองค์ประกอบของฟอสฟอรัสจึงทำให้มีประจุพื้นผิวเป็นลบ แรงผลักระหว่างประจุลบจะทำให้แป้งมันฝรั่งมีคุณสมบัติพองตัวง่ายและมีความหนืดสูงกว่าแป้งชนิดอื่นๆ (Gilliard และ Bowler, 1987)

2.4 คุณสมบัติของแป้ง

2.4.1 การพองตัวและการละลาย

ปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวและความสามารถในการละลายของแป้งมีหลายประการ (Leach และคณะ 1959; Leach, 1965) ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.1 ชนิดของแป้ง

แป้งแต่ละชนิดมีรูปแบบในการพองตัวและการละลายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาตามความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งแล้ว สามารถแบ่งแป้งออกเป็น 3 ชนิด คือ แป้งจากธัญพืช แป้งจากส่วนราก และแป้งจากส่วนหัว

<u>แป้งจากธัญพืช</u> มีรูปแบบการพองตัวและการละลาย 2 ขั้น แสดงถึงแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ พันธะบริเวณผนึก และบริเวณอสัณฐานของเม็ดแป้ง แป้งจำพวกนี้มีจำนวนพันธะสูงสุด แต่มีกำลังการพองตัวและการละลายต่ำสุด เนื่องจากมีปริมาณอะมิโลสสูง ซึ่งอะมิโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้พองตัวได้ต่ำ

<u>แป้งจากส่วนรากหรือส่วนกลางลำต้น (pith)</u> เช่น แป้งมันสำปะหลัง มีการพองตัวเพียงขั้นเดียว กำลังการพองตัวและการละลายมีค่าสูงกว่าแป้งจากธัญพืช เนื่องจากมีจำนวนพันธะน้อยกว่า

<u>แป้งจากส่วนหัว</u> เช่น แป้งมันฝรั่ง จะมีการพองตัวสูงเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ นอกจากนี้หมู่ฟอสเฟตภายในแป้งมันฝรั่งยังทำให้เกิดการพองตัวสูงขึ้น เนื่องจากสามารถก่อให้เกิดแรงผลักดันทางไฟฟ้าได้ การพองตัวในแป้งจากส่วนหัวจะเกิดเพียงขั้นเดียว และเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ รูปแบบนี้จะเป็นลักษณะของแป้งที่เป็นพอลิอิเล็กโทรไลต์(polyelectrolyte)

2.4.1.2 ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง

ความแข็งแรงและลักษณะของร่างแหภายในเม็ดแป้ง หรืออีกนัยหนึ่งคือ จำนวนและชนิดของพันธะภายในเม็ดแป้ง ในระดับโมเลกุลมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนของพันธะ ได้แก่ ขนาด รูปร่าง ส่วนประกอบและการกระจายตัวของร่างแหภายในเม็ดแป้ง อัตราส่วนของอะมิโลสและอะมิโลเพกทิน น้ำหนักโมเลกุล การกระจายตัวของโมเลกุล จำนวนกิ่งก้านสาขา การจัดเรียงตัว และความยาวของสาขาในอะมิโลเพกทิน โดยมากแป้งจากส่วนรากจะเกิดเจลาทิไนซ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าแป้งจากธัญพืช

2.4.1.3 สิ่งเจือปนในเม็ดแป้งที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต

สิ่งเจือปนเป็นปัจจัยสำคัญต่อการพองตัวของเม็ดแป้ง เช่น แป้งข้าวโพดที่ถูกสกัดไขมันออก จะมีการพองตัวอย่างอิสระและเป็นรูปแบบเดียวกันดีกว่าแป้งข้าวโพดปกติ เนื่องจากกรดไขมันในธรรมชาติของแป้งข้าวโพดปกติจะยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอะมิโลส (lipid-amylose complex) นอกจากนั้นการใส่สารลดแรงตึงผิวในแป้งจะมีผลต่อกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง การใส่โพแทสเซียมปาร์มมิเตท (potassium palmitate) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตียเรต (stearate) จะลดกำลังการพองตัวของแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่การใส่โซเดียมซัลเฟต (sodium sulfate) และซิติลไตรเมทิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (cetyl trimethyl ammonium bromide) จะเพิ่มกำลังการพองตัวของเม็ดแป้ง

2.4.1.4 คุณสมบัติหลังการดัดแปรทางเคมี

คุณสมบัติการพองตัวและการละลายของแป้งจะเปลี่ยนไปเมื่อมีการดัดแปรทางเคมี การดัดแปรด้วยกรดหรือการเกิดออกซิเดชันด้วยเกลือไฮโปรคลอไรต์ (hypochlorite) จะทำให้เกิดการแตกออกของพันธะภายในร่างแห ทำให้เม็ดแป้งกระจายออกเป็นชิ้นเล็กๆ การละลายและการพองตัวสูงขึ้นสำหรับการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน หรือดีเทอร์ริฟิเคชัน จะเกิดการแทนที่ของหมู่อื่นภายในโมเลกุลของแป้ง ทำให้พันธะภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง อุณหภูมิในการเกิดเจลาทิไนซ์ต่ำลง การพองตัวเพิ่มขึ้น ขอบเขตในการลดลงของอุณหภูมิ เจลาทิไนซ์และการพองตัวที่เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับจำนวนและธรรมชาติของหมู่ที่มาแทนที่ การทำครอสลิง (cross linking) จะทำให้ความแข็งแรงของพันธะภายในเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ความสามารถในการพองตัวและการละลายจึงลดลง

2.4.1.5 ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในสภาวะที่เกิดการพองตัว

มีผลต่อการพองตัวและการละลาย สารละลายที่มีปริมาณแป้งต่ำกว่าร้อยละ 20 มีค่าการละลายจะสูงกว่าเมื่อมีแป้งสูงกว่าร้อยละ 20 การพองตัวอย่างอิสระและการละลายที่สูงขึ้นจะถูกยับยั้งในสภาพที่สารละลายมีปริมาณน้ำน้อย สารประกอบอื่นๆ เช่น ซูโครส กลูโคส และสารอิเล็กโทรไลต์ (เช่น โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride)) มีผลกระทบต่อการพองตัวของแป้ง พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของซูโครส และลดปริมาณแป้งลงทำให้แป้งสามารถละลายได้เพิ่มขึ้น

2.4.2 ความหนืด

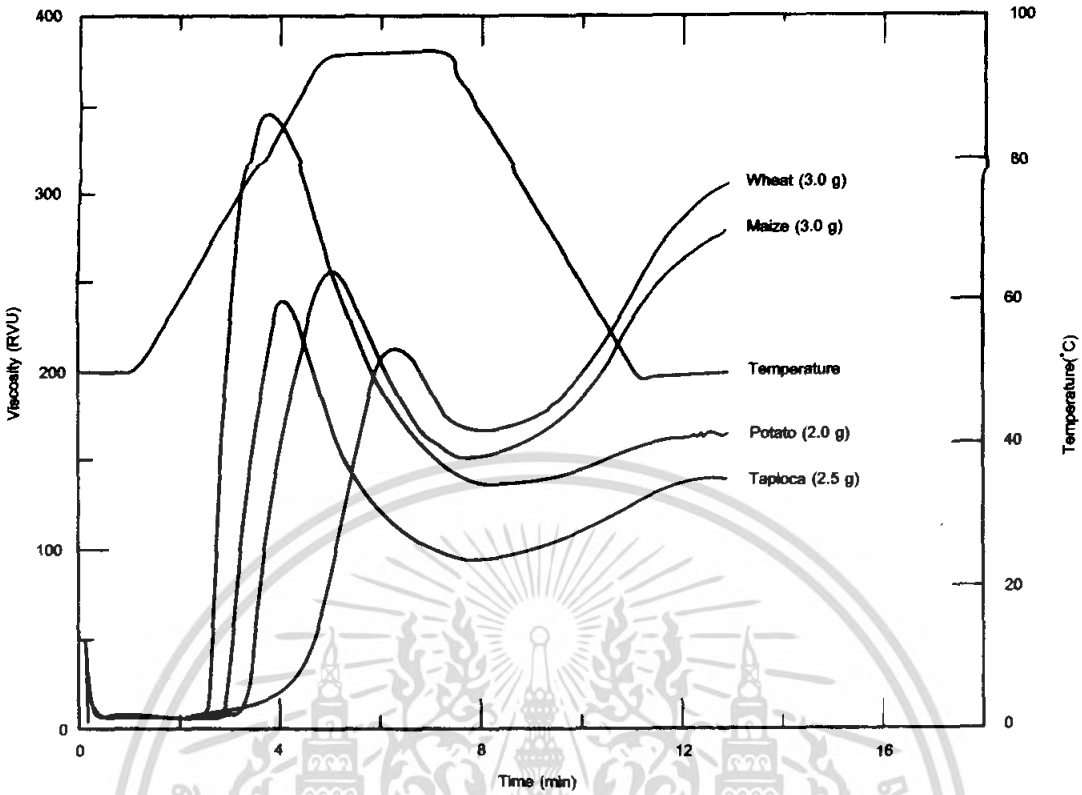
2.4.2.1 ปัจจัยการเกิดความหนืด

ความหนืดเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของแป้ง เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของแป้ง ได้แก่ ชนิดของแป้ง และการดัดแปรแป้งด้วยวิธีต่างๆ

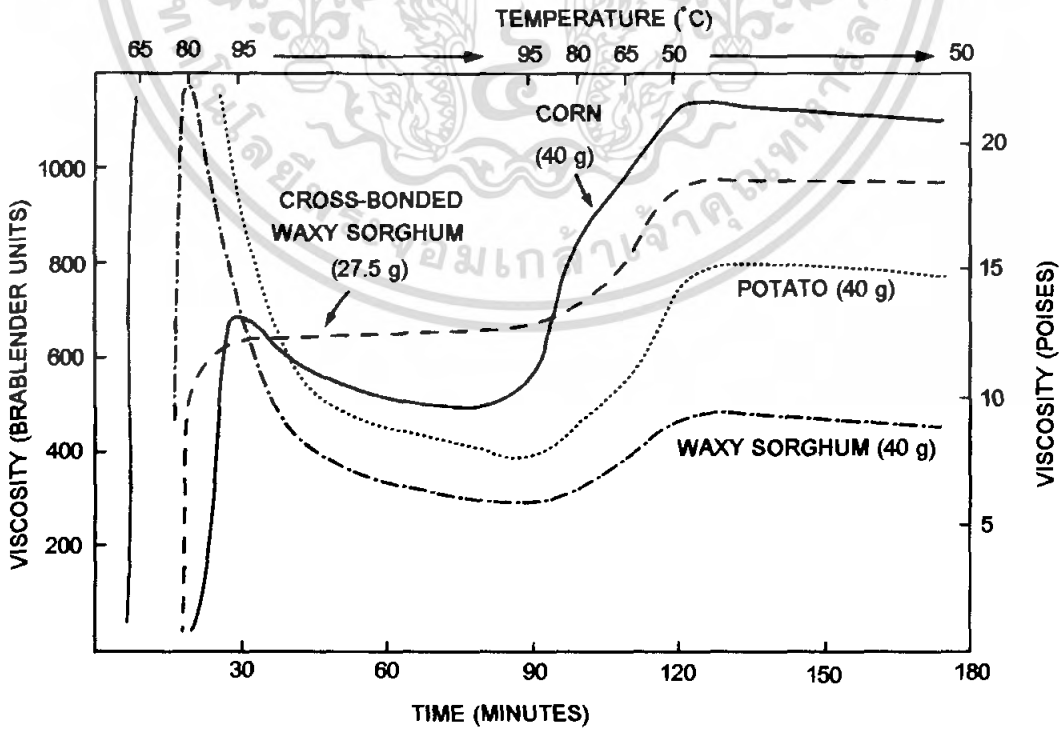
ชนิดของแป้ง แป้งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติความหนืดแตกต่างกันไป ดังแสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวสาลี แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง และแป้งมันสำปะหลัง (Newport Scientific Pty,Ltd., 1995)



รูปที่ 2.7 รูปแบบความหนืดของแป้งสุกชนิดต่างๆ เมื่อแบ่งตามกำลังการพองตัว (Leach, 1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

83977

ความหนืดที่เกิดขึ้นของน้ำแป้ง เมื่อให้ความร้อนและมีการกวนหรือคนอย่างสม่ำเสมอจากอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ไปถึง 95 องศาเซลเซียส และคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2.5 นาที จึงลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าแป้งแต่ละชนิดจะให้ลักษณะ (profile) ของความหนืดแตกต่างกัน โดยวัดจากเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer, RVA)

จากการแบ่งประเภทของแป้งตามกราฟแสดงความหนืดตามวิธีของ Schoch และ Maywart (1968) สามารถแบ่งภาพความหนืดของแป้งสุกที่วัดด้วยเครื่อง Brabender Viscoamylograph ตามกำลังการพองตัวของแป้ง จากภาพที่ 2.7 สามารถแบ่งเป็น 4 แบบ ดังนี้

แบบที่ 1: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวสูง (high-swelling starches) เช่น แป้งมันฝรั่ง (potato starch) แป้งข้าวฟ่าง (waxy sorghum starch) แป้งจากธัญพืช เมื่อให้ความร้อนแก่แป้ง เม็ดแป้งจะมีการพองตัวสูง ทำให้แรงที่ยึดกันภายในโมเลกุลอ่อนลง เม็ดแป้งกระจายตัวออกเมื่อได้รับแรงเฉือน ลักษณะกราฟความหนืดจึงสูงชันแล้วลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการต้มสุก

แบบที่ 2: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีกำลังการพองตัวปานกลาง (moderate-swelling starches) ได้แก่ แป้งจากธัญพืชต่างๆ เม็ดแป้งไม่พองตัวถึงขั้นกระจายตัวออก จึงได้ลักษณะกราฟความหนืดที่สูงชันน้อยกว่าและเกิดการสลายตัวระหว่างการต้มสุกน้อยกว่า

แบบที่ 3: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อย (restricted-swelling starches) ได้แก่ แป้งจากถั่วต่างๆ และแป้งครอสลิงหรือพันธะข้าม (cross-linked หรือ cross-bonded) วิธีครอสลิงทำให้การพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งลดลง ทำให้เม็ดแป้งที่พองตัวมีเสถียรภาพมากขึ้น จึงได้ลักษณะกราฟความหนืดที่ไม่ปรากฏเป็นยอดสูงสุด มีค่าความหนืดสูงซึ่งอาจจะคงที่หรือเพิ่มขึ้นระหว่างต้มสุก

แบบที่ 4: กราฟจากเม็ดแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก (highly-restricted swelling starches) ได้แก่ แป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูง เช่น แป้งข้าวโพดอะมิโลเมส ร้อยละ 50 ถึง 80 (ไม่มีแสดงในภาพ)

การดัดแปรแป้ง การดัดแปรโดยวิธีทางกายภาพ เช่น แป้งพรีเจลาทิไนซ์ (pregelatinized starch) สามารถกระจายตัวในน้ำเย็นหรือที่อุณหภูมิห้อง ให้ความหนืดได้ทันที เหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตอาหารที่ไม่ต้องให้ความร้อน เช่น ขนมพุดดิง ซอส

การดัดแปรด้วยกรดหรือเดกซ์ทริไนเซชัน ให้ความหนืดขณะร้อนต่ำกว่าแป้งดิบ เจลที่ได้จะมีลักษณะใสและแข็งกว่าแป้งดิบ ใช้สำหรับผลิตลูกกวาดและทอฟฟี่

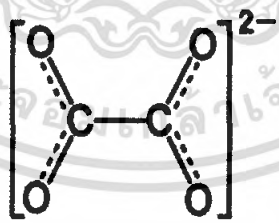
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน (esterification) ได้แป้งเอสเทอร์ เช่น สตาร์ชแอซิเทต (starch acetate) และสตาร์ชฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์ (starch phosphate monoester) ซึ่งมีความหนืดสูงกว่าแป้งดิบและคงความหนืดไว้ได้ดี มีอุณหภูมิที่เกิดความหนืด (pasting temperature) ต่ำกว่าแป้งดิบ ลักษณะเจลใส คงตัวต่ออุณหภูมิต่ำในสภาวะการคืนรูปจากเยือกแข็ง เหมาะสมสำหรับใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งหรืออาหารที่ต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำระหว่างขนส่งและเก็บรักษา (Rutenberg และ Solarek, 1984)

การดัดแปรด้วยวิธีครอสลิง (cross-linking) แป้งที่ได้สามารถรักษาความหนืดไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องซึ่งต้องการความหนืดต่ำในช่วงแรกเพื่อให้เกิดการนำความร้อนในกระป๋องเป็นไปอย่างรวดเร็ว และใช้เวลาในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์น้อยลง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความหนืดตามต้องการเมื่อเย็นลง (Rutenberg และ Solarek, 1984)

นอกจากปัจจัยทั้งสองดังกล่าวมาแล้ว ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอันเนื่องมาจากชนิดของแป้งเมื่อวิเคราะห์ลงในรายละเอียด ขนาดของเม็ดแป้ง ปริมาณอะมิโลสก็มีส่วนสำคัญ กล่าวคือ ขนาดเม็ดแป้งที่ใหญ่ ย่อมมีกำลังการพองตัวสูงและให้ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) สูงย่อมแสดงค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) สูงด้วยเช่นกัน สำหรับปัจจัยทางภายนอก ถ้ามีการใช้ความร้อนสูงหรือมีการใช้แรงกลมาก จะทำให้เม็ดแป้งแตกและค่าความหนืดลดลง

2.5 กรดออกซาลิก (Oxalic acid)



รูปที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของกรดออกซาลิก (วิกิพีเดีย, 2551)

มีสูตรทางเคมีคือ $C_2 H_2 O_4$ ดังภาพที่ 2.8 พบได้ในอาหารทั่วไป เมื่อรับประทานอาหารที่มีกรดออกซาลิค (oxalic acid) เข้าสู่ร่างกาย จะไปรวมกับแร่ธาตุอื่นกลายเป็นผลึกออกซาเลต เช่น แคลเซียมออกซาเลต โซเดียมออกซาเลต แมกนีเซียมออกซาเลต และโปแตสเซียมออกซาเลต (นันทยา, 2549)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะผลึกของแคลเซียมออกซาเลตเกิดได้ง่าย ถ้าร่างกายได้รับแคลเซียมและกรดออกซาลิคจากอาหารมากเกินไป ปริมาณกรดออกซาลิคที่รับประทานได้แต่ละวันโดยไม่มีความเสี่ยงนั้นมีบอกไว้ว่าประมาณ 22 กรัม สำหรับคนที่มีน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม หรือประมาณ 378 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม กรดออกซาลิคสามารถเกิดขึ้นภายในร่างกายได้เองโดยมาจากขบวนการเมตะบอลิซึมของกรดไกลโคไซลิค (glyoxylic acid) และกรดแอสคอร์บิคที่ไม่ได้ใช้ (unused ascorbic acid) ดังนั้นถ้าร่างกายได้รับวิตามินซีมากเกินไป (megadosers) เป็นเวลานานๆ อาจจะทำให้มีกรดออกซาลิคเพิ่มขึ้นและมีผลให้เกิดก้อนนิ่วแคลเซียมออกซาเลตในไตและกระเพาะปัสสาวะได้ และจะยิ่งมีอัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นหากได้รับกรดออกซาลิคจากภายนอก โดยรับประทานอาหารที่มีกรดออกซาลิก เช่น ผักต่างๆ โดยเฉพาะใบ ยอด และต้นอ่อน

ปริมาณกรดออกซาลิคในผักต่างๆจากการวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการของกลุ่มวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ กองโภชนาการ และรวบรวมจากผลวิเคราะห์ของต่างประเทศพบว่า ผักของไทยที่มีกรดออกซาลิคมาก ได้แก่ มันสำปะหลัง (1260 มก.ต่อ 100กรัม) ใบชะพลู (1088 มก. ต่อ 100 กรัม) ยอดพริกชี้ฟ้า (761.7 มก. ต่อ 100 กรัม) ใบยอ (387.6มก.ต่อ 100 กรัม) ผักปัง (385.3 มก. ต่อ 100 กรัม) และใบกระเจี๊ยบ (389.5 มก. ต่อ 100 กรัม) ส่วนผักจากต่างประเทศพบว่ากลุ่มผักโขม (Amaranth และ Spinach) มีกรดออกซาลิคค่อนข้างสูง (970-1090 มก. ต่อ 100 กรัม) ผักอื่นๆที่มีกรดออกซาลิกมาก ได้แก่ เพรสลี่ย์ (parsley, 1700มก.ต่อ 100 กรัม) แครอท (500 มก. ต่อ 100 กรัม) และพืชประเภทหัวไชเท้า (radish, 480 มก. ต่อ 100กรัม) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมเปลือกเผือก

นำหัวเผือกมาล้างแล้วปอกเปลือก จากนั้นหั่นเปลือกเผือกที่ได้เป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเปลือกเผือกที่ได้ผ่านการอบแล้วมาบด เพื่อเตรียมมาวิเคราะห์ต่อไป

3.2 กระบวนการผลิตแป้ง

3.2.1 กระบวนการการสกัดด้วยน้ำ (Tattiyakul และคณะ, 2006)

นำเผือกที่บดแล้วมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด 35 mesh จากนั้นนำผงเผือก 1 ส่วนมาละลายต่อน้ำกลั่น 5 ส่วน ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง นำส่วนผสมมากรองด้วยตะแกรงขนาด 200 mesh ตามลำดับ จากนั้นนำ suspension ที่ผ่านตะแกรงมาหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เอาตะกอนที่ได้มาละลายใหม่ (ทำเช่นเดิม) ทั้งหมด 4 ครั้ง หลังจากนั้นได้ตะกอนสุดท้ายนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำไปบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

3.2.2 กระบวนการการสกัดด้วยด่าง (Tattiyakul และคณะ, 2006)

นำผงเปลือกเผือกที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.1 มา 1 ส่วน มาละลายต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นอัตราส่วน 5 ส่วน ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง นำส่วนผสมมากรองด้วยตะแกรงขนาด 200 mesh จากนั้นนำ suspension ที่ผ่านตะแกรงมาหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 5000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เอาตะกอนที่ได้มาละลายใหม่ ทำซ้ำทั้งหมด 4 ครั้ง หลังจากนั้นได้ตะกอนสุดท้ายนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง นำไปบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh

3.2.3 กระบวนการการสกัดด้วยวิธีการแบบมันฝรั่ง (Rupp และ Schwartz, 1988)

กรองผงเผือกที่เตรียมได้จากหัวข้อ 3.1 ด้วยผ้าขาวบาง 2 ชั้น โดยตลอดการกรองมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเติมน้ำกลั่นเพื่อความสะดวกในการกรองเผือก จากนั้นทิ้งให้ผงเผือกตกตะกอนที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการดังกล่าว แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 72 ชั่วโมง ก่อนการเก็บใส่ถุง เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารทางเคมี

3.3.1 ปริมาณความชื้น

นำตัวอย่างประมาณ 1.5 กรัม (m_1) มาเติมใส่ถ้วยโลหะที่อบแห้งในตู้ 105 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแห้ง (m_2) ไว้ก่อนแล้ว จากนั้นนำถ้วยโลหะที่บรรจุตัวอย่างไปอบในตู้ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนัก (m_3) และคำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{m_1 - (m_3 - m_2)}{m_1} \times 100$$

3.3.2 ปริมาณโปรตีน

การวิเคราะห์โปรตีนในการศึกษานี้ ใช้วิธีของเจดาล (Kjeldahl) ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยใช้ตัวอย่าง 2 กรัมมาย่อยด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 30 มิลลิลิตรจนได้สารละลายใส หรือเป็นสีเหลืองใส หรือสีฟ้าใส หลังจากนั้นย่อยต่อไปประมาณ 10 นาที เพื่อให้แน่ใจว่าโปรตีนถูกย่อยหมด หลังจากนั้นนำมากลั่นโดยใช้เครื่องกลั่นแบบใหม่ (Distillation Units) แล้วนำมาไตเตรตกับสารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต (NH_2SO_4) ที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ และใช้เมทิลเรด (methyl red) หรืออินดิเคเตอร์ผสมระหว่างเมทิลเรด (methyl red) กับบรอมครีซอลกรีน (Bromcresol green) เป็นอินดิเคเตอร์ โดยหยด 2 – 3 หยดลงในฟลาส์กที่มีกรดบอริคกับแอมโมเนีย แล้วจึงทำการไตเตรต เมื่อถึงจุดยุติ จะได้สารละลายสีชมพู นำค่าปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ไปจริงๆ คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนหรือ ปริมาณโปรตีนโดยใช้สูตร

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง D กรัม} = \frac{0.0014 \times A \times (B - C)}{0.1} \text{ กรัม}$$

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง 100 กรัม} = \frac{0.0014 \times A \times (B - C)}{0.1 \times D} \text{ กรัม}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{ร้อยละของไนโตรเจน} = \frac{0.0014 \times A \times (B - C) \times 100\%}{0.1 \times D}$$

$$\text{ร้อยละโปรตีน} = \frac{0.0014 \times A \times (B - C) \times 100 \times 6.25\%}{0.1 \times D}$$

โดย สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟต (NH_2SO_4) ที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จะทำปฏิกิริยาพอดีกับไนโตรเจน 0.0014 กรัม

ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกเท่ากับ A นอร์มอล (Normal)

ใช้กรดซัลฟูริกในการไตเตรตกับตัวอย่างเท่ากับ B มิลลิลิตร

ใช้กรดซัลฟูริกในการไตเตรตกับแบงค์เท่ากับ C มิลลิลิตร

น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์เท่ากับ D กรัม

3.3.3 ปริมาณไขมัน

การวิเคราะห์ปริมาณไขมันโดยใช้วิธี soxhlet ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยใช้ตัวอย่างผงแป้งประมาณ 3 กรัมใส่ในกระดาษกรอง จากนั้นนำมาใส่ Thimble ที่ทราบน้ำหนักแน่นอนมาใส่ในเครื่อง Soxhlet tube และประกอบเข้ากับ Condensor และ flash ที่ทำความสะอาดแล้วและทราบน้ำหนักที่แน่นอน ทำการเติมโพแทสเซียมเอสเทอร์ลงไปให้มากเกินพอโดยที่ในกระบวนการสกัดจะต้องให้ความร้อนแก่ Soxhlet tube ด้วย โดยระดับความร้อนต้องสามารถทำให้โพแทสเซียมเอสเทอร์ระเหยเป็นไอและควบแน่นหยดลงบนผงแป้งอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อผ่านกระบวนการวิเคราะห์แล้วนำ flash ที่มีปริมาณไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักที่ได้แล้วคำนวณปริมาณไขมันเป็นร้อยละ (AOAC, 1995)

3.3.4 ปริมาณเส้นใย

ชั่งตัวอย่างผงแป้งที่ได้ผ่านการวิเคราะห์ไขมันแล้วปริมาณ 1 กรัม ใส่ในถ้วยแก้วที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแน่นอน นำใส่ในเครื่อง FIWE จากนั้นนำสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 มาต้ม แล้วเติมลงในส่วนเครื่องควบแน่นให้ถึงระดับ 150 มิลลิเมตร ต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลากำหนดหมุนปุ่ม Vacuum เพื่อระบายกรดซัลฟูริคออกให้หมด จากนั้นเติมน้ำกลั่นร้อน เพื่อล้างโดยหมุนปุ่ม Pressure และล้างทั้งหมด 3 ครั้ง เติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.25 ที่ผ่านการต้มแล้วลงในส่วนเครื่องควบแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นต้มให้เดือดเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลากำหนดหมุนปุ่ม Vacuum เพื่อระบายสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ออกให้หมด จากนั้นเติมน้ำกลั่นร้อนเพื่อล้าง โดยหมุนปุ่ม Pressure ล้างทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วคำนวณหาปริมาณเส้นใยตามสูตรถัดไป (AOAC, 2000) โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

$$\text{ปริมาณเส้นใย (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเส้นใยหยาบ x 100}}{\text{น้ำหนักผงแป้ง}}$$

3.3.5 ปริมาณเถ้า

นำตัวอย่างผงแป้งปริมาณ 2 กรัมใส่ใน crucible ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงหรือจนกว่าเถ้าจะเป็นสีขาว นำไปทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักของสารที่เหลือและคำนวณปริมาณเถ้าเป็นร้อยละตามสูตรข้างล่าง (AOAC, 2000) โดยทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

$$\text{ปริมาณเถ้าในผงแป้ง (\%)} = \frac{(b-a)\times 100}{W}$$

เมื่อ a คือ น้ำหนัก crucible

b คือ น้ำหนัก crucible + น้ำหนักเถ้าที่ผ่านการเผา

W คือ น้ำหนักผงแป้ง

3.3.6 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

คำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตจากสูตรข้างล่าง

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต = 100- (%ความชื้น + %โปรตีน + % ไขมัน + %เส้นใย + %เถ้า)

3.3.7 ปริมาณแคลเซียมออกซาเลต (Calcium Oxalate)

นำตัวอย่าง 2 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 190 มิลลิลิตร ที่อยู่ในขวดรูปชมพู่ จากนั้นใส่สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 6 โมลาร์ ปริมาณ 10 มิลลิลิตร และนำมาย่อยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปกรองจากนั้นแบ่งเป็น 2 ส่วนๆละ 125 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ และหยด methyl red เป็นอินดิเคเตอร์แล้วไตเตรตด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (NH_4OH) สารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีชมพูอ่อนเป็นสีเหลืองอ่อน (รูปที่ 3.1 ก และ ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้น นำมาให้ความร้อน 90 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นแล้วนำมากรอง จากนั้นเติมสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยคนตลอดเวลา ทิ้งไว้ข้ามคืน ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แล้วนำสารละลายมาหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เทส่วนใสที่ได้ออก เอาตะกอนที่ได้มาละลายในสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาให้ความร้อนจนใกล้เดือด แล้วไตเตรตกับสารละลายโปทัสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) ที่มีความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จนได้สีชมพูอมส้ม (รูปที่ 3.1 ค)

(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 3.1 สีของสารละลายขณะทำการไตเตรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) สารละลายของแป้งความเข้มข้นร้อยละ 1 ที่ผ่านการย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริกซึ่งมีความเข้มข้น 6 โมลาร์ และเติม methyl red เป็นสีชมพู

(ข) สารละลายข้อ (ก) หลังจากไตเตรตกับสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นเป็นสีเหลืองอ่อน

(ค) สารละลายหลังจากไตเตรตกับสารละลายโพทัสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มีความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จนได้สีชมพูอมส้มซึ่งปรากฏได้เพียง 10 วินาที

จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณสารแคลเซียมออกซาเลตโดยใช้สูตรถัดไป

$$[Calcium\ oxalate] = \frac{T \times V_{me} \times DF \times 105}{ME \times mf}$$

เมื่อ T คือ ปริมาตรของสารละลายโพทัสเซียมเปอร์แมงกาเนต (ml)

V_{me} คือ volume mass equivalent (0.00225 g)

DF คือ dilution factor (เท่ากับ 96 เท่า)

ME คือ molar equivalent of $KMnO_4$ in oxalate (5)

mf คือ น้ำหนักของแป้งที่ใช้ (2 g)

3.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแป้ง

หาค่าความหนืดด้วยเครื่อง viscometer ซึ่งมีรูปแบบของการตั้งเครื่องมือดังรูปที่ 3.2 โดยเติมตัวอย่าง 3 กรัม ลงในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตรที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์ความจุ 500 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนด้วยเครื่องให้ความร้อน (hot plate) จนได้ความร้อน 50 องศาเซลเซียส โดยวัดจากโพรบวัดค่าอุณหภูมิของเครื่อง viscometer จากนั้นให้ความร้อนและหมุนใบพัดต่อไปจนอุณหภูมิของสารละลายแป้งถึง 95 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกค่าความเร็วรอบของใบพัดและค่า Torque แล้วปิดเครื่องให้ความร้อน ควบคุมให้อุณหภูมิของสารละลายแป้งกลับมามีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสอีกครั้ง โดยให้ใบพัดหมุนคนสารละลายแป้งตลอดเวลา บันทึกค่าความเร็วรอบของใบพัดและค่า Torque อีกครั้ง และคำนวณค่าความหนืดของแต่ละครั้ง โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{ความหนืด} = \frac{100}{RPM} \times TK \times SMC \times Torque$$

เมื่อ RPM คือ ความเร็วรอบของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TK	คือ	ค่าคงที่ของเครื่อง viscometer รุ่น LVDV-II ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.09373
SMC	คือ	ขนาดของใบพัดที่ใช้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1
Torque	คือ	แรงที่ทำให้เกิดการหมุน (ร้อยละ)

รูปที่ 3.2 ลักษณะการตั้งอุปกรณ์หาความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดแป้ง

นำแป้งปริมาณ 1.5 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร คนของเหลวในบีกเกอร์ และให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส จากนั้นหยดน้ำแป้งลงบนสไลด์และหยดสารละลายไอโดดีน ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำมาส่องกล้องที่กำลังขยายภาพ 400 เท่า จากนั้นนำน้ำแป้งมาลดอุณหภูมิให้ได้ 50 องศาเซลเซียส พร้อมกับคนของเหลวไปพร้อมๆกัน นำมาส่องกล้องอีกครั้งด้วยวิธีการเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

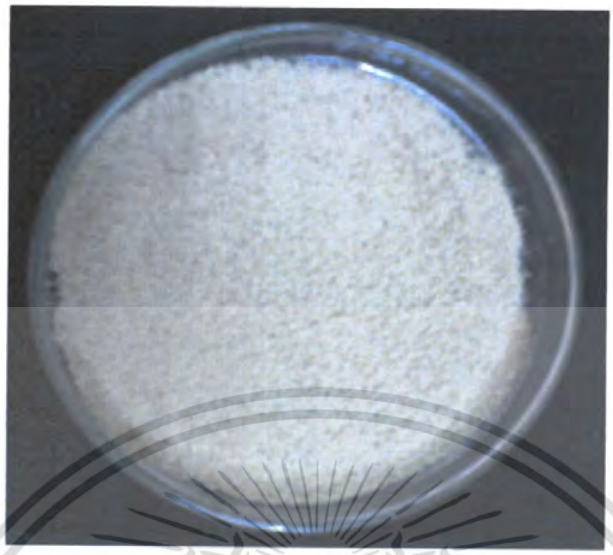
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเผือกและแป้งเผือก

ในการวิเคราะห์ปริมาณสารต่างๆ ได้นำหัวเผือกมาล้าง แล้วปอกเปลือก จากนั้นหั่นเปลือกเผือกเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเปลือกเผือกมาบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh ตามรูปที่ 4.1

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต่างๆ ทั้งหมด 3 ซ้ำ พบว่า ในเปลือกเผือก 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้งประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต 75.5-82.4 กรัม โปรตีนมีจำนวน 4.2-6.7 กรัม ไขมันเท่ากับ 0.5-0.8 กรัม ใยอาหารประมาณ 1.3-3.4 กรัม และเถ้าประมาณ 3.0-5.0 กรัม สำหรับเปลือกเผือกมีปริมาณแคลเซียมออกซาเลตเท่ากับ 324.0–432.0 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง

ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีดังตารางที่ 4.1 ของเปลือกเผือกกับเผือกที่ Tattiyakul และคณะ ส่งวิเคราะห์ไว้ในปี ค.ศ. 2006 โดยนำเผือกจาก 4 จังหวัดของประเทศไทยมาปอกเปลือก ล้าง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ และอบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที พบว่าเปลือกเผือกมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าประมาณ 9.1 กรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งสามารถคิดความแตกต่างเป็นร้อยละ 10.9 เผือกมีปริมาณโปรตีนมากกว่าเปลือกเผือกอยู่ 0.9-2.0 กรัม ซึ่งคิดเป็นความแตกต่างได้ถึงร้อยละ 23.5 ในขณะที่ปริมาณของไขมัน ใยอาหาร และเถ้าในเผือกและเปลือกเผือกมีค่าแตกต่างกันไม่มาก และพบว่าเปลือกเผือกมีปริมาณแคลเซียมออกซาเลตมากกว่าเผือกประมาณ 7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมโดยน้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 รูปของผงเปลือกเผือกอบแห้ง

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเผือกเทียบกับเผือกก่อนสกัดแป้ง

ปริมาณร้อยละ	เปลือกเผือก	เผือก[1]
คาร์โบไฮเดรต	75.5 - 82.4	84.6 – 91.5
โปรตีน	4.2 - 6.7	5.1 – 8.7
ไขมัน	0.5 - 0.8	0.4 – 0.9
ใยอาหาร	1.3 - 3.4	1.1 – 3.2
เถ้า	3.0 - 5.0	4.6
แคลเซียมออกซาเลต	324.0 – 432.0	317.0 – 435.8

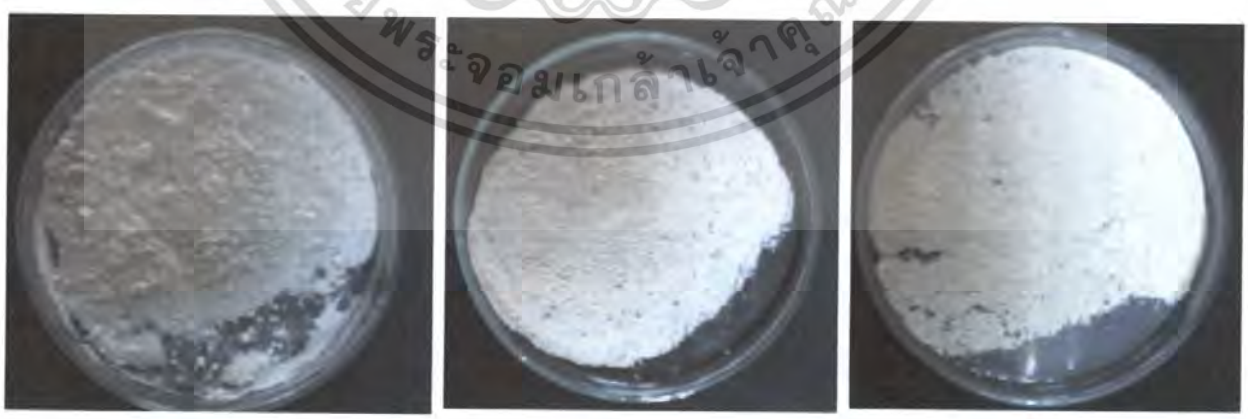
หมายเหตุ [1] ค่าจาก Tattiyakul และคณะ (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากสกัดแป้งสตาร์ชออกจากเปลือกเผือก โดยใช้วิธีการทั้ง 3 กระบวนการ คือ ที่เลือกจากการสกัดแป้งซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีที่คล้ายคลึงกันกับแป้งเผือก คือ กระบวนการสกัดด้วยน้ำ ซึ่งใช้น้ำในอัตราส่วน 5:1 สกัดแป้งออกจากตัวอย่างเปลือกเผือกอบแห้ง และทำซ้ำถึง 4 ครั้ง, กระบวนการสกัดด้วยด่าง ซึ่งนำตัวอย่างเปลือกเผือกอบแห้งไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และกระบวนการสกัดด้วยวิธีการแบบแป้งมันฝรั่ง ซึ่งนำตัวอย่างเปลือกเผือกอบแห้งมากรองเอาเส้นใยออก และใช้น้ำในการสกัดน้อย ได้แป้งเผือกดังรูปที่ 4.2

จากตารางที่ 4.2 และการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งจากเปลือกเผือกทั้ง 3 กระบวนการ พบว่ากระบวนการสกัดด้วยน้ำจะได้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 83.86 ±0.84 กรัมต่อแป้ง 100 กรัมและสามารถลดปริมาณโปรตีนลงเป็นร้อยละ 2.55 ±0.15 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม ลดปริมาณไขมันได้ร้อยละ 0.30 ±0.10 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม ปริมาณใยอาหารลดลงเป็นร้อยละ 0.8 ±0.1 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม เถ้ามีปริมาณลดลงเป็นร้อยละ 0.55 ±0.15 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม และปริมาณแคลเซียมออกซาเลตลดลงเป็นร้อยละ 197.2 ±2.5 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม

เมื่อนำมาสกัดแป้งด้วยวิธีแบบมันฝรั่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของคาร์โบไฮเดรต 87.04 ±0.78 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม กระบวนการดังกล่าวสามารถลดปริมาณโปรตีนลงเป็นร้อยละ 2.90 ±0.20 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม ลดปริมาณไขมันเหลือเป็นร้อยละ 0.50 ±0.10 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม ปริมาณใยอาหารลดลงเป็นร้อยละ 1.0 ±0.1 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม ปริมาณเถ้าลดลงเป็นร้อยละ 0.65 ±0.15 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม และสามารถลดปริมาณออกซาเลตเหลือเป็นร้อยละ 204.3± 6.0 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 4.2 รูปของแป้งจากเปลือกเผือกที่สกัดได้จาก 3 กระบวนการ: **(ก)** กระบวนการสกัดด้วยน้ำ **(ข)** กระบวนการสกัดด้วยด่าง และ **(ค)** กระบวนการสกัดตามวิธีสกัดแป้งมันฝรั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเผือกจากสามกระบวนการ

ปริมาณร้อยละ (โดยน้ำหนัก)	กระบวนการที่ใช้ในการสกัดแป้ง		
	กระบวนการสกัดด้วยน้ำ	กระบวนการสกัดด้วยวิธีเดียวกับการสกัดแป้งมันฝรั่ง	กระบวนการสกัดด้วยด่าง
คาร์โบไฮเดรต	83.86 ±0.84[a]	87.04 ±0.78[b]	86.13 ±0.81[b]
โปรตีน	2.55 ±0.15[a]	2.90 ±0.20[b]	1.05 ±0.1[c]
ไขมัน	0.30 ±0.10[ab]	0.50 ±0.15[b]	0.15 ±0.05[a]
ใยอาหาร	0.80 ±0.10[a]	1.0 ±0.1[b]	0.4 ±0.1[c]
เถ้า	0.55 ±0.15[a]	0.65 ±0.15[a]	0.25 ±0.05[b]
ความชื้น	11.94 ±0.34[a]	7.91 ±0.18[b]	12.02 ±0.01[a]
แคลเซียมออกซาเลต (mg/100g)	197.2 ±2.5[a]	204.3± 6.0[b]	186.7 ±1.5[c]

หมายเหตุ a,b,c แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างคอลัมน์ ($p = 0.05$)

ในกระบวนการสกัดด้วยด่าง พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าทั้ง 2 กระบวนการซึ่งมีปริมาณ 86.13 ±0.81 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม และกระบวนการนี้ยังสามารถลดปริมาณโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และเถ้า ได้มากที่สุด คือ สามารถลดลงได้เป็นร้อยละ 1.05 ±0.15, 0.15 ±0.05, 0.4 ±0.1 และ 0.25 ±0.05 ต่อแป้ง 100 กรัม ตามลำดับ กระบวนการการสกัดด้วยด่างสามารถลดปริมาณแคลเซียมออกซาเลตได้เป็นร้อยละ 186.7 ±1.5 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม

สาเหตุที่ด่างหรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีผลต่อการสกัดสารอื่นๆออกไปจากแป้งได้มาก อาจเป็นเพราะโปรตีนมีหน่วยย่อยเป็นกรดอะมิโนซึ่งมีประจุอยู่ภายใน สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จึงทำให้โปรตีนเสียสภาพ และเนื่องจากไขมันไม่ละลายน้ำ กระบวนการสกัดแป้งด้วยน้ำและกระบวนการที่สกัดด้วยวิธีเดียวกับการสกัดแป้งมันฝรั่ง ซึ่งใช้น้ำเป็นหลักใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกแป้งออกจากองค์ประกอบอื่นๆ ทำให้กระบวนการสกัดแป้งด้วยด่างสามารถสกัดคาร์โบไฮเดรตออกมาได้มากกว่า

จะเห็นได้ว่าความชื้นของแป้งทั้ง 3 กระบวนการ คือ กระบวนการสกัดแป้งด้วยน้ำ (ร้อยละ 11.94 ±0.34) กระบวนการสกัดแป้งด้วยวิธีเดียวกับการสกัดแป้งมันฝรั่ง (ร้อยละ 7.91 ±0.18) และกระบวนการสกัดแป้งด้วยด่าง (ร้อยละ 12.02 ±0.01) มีความชื้นที่อยู่ในค่าที่กำหนดเป็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของแป้งมันสำปะหลัง (ตารางที่ ข.1 ภาคผนวก ข) คือไม่เกินร้อยละ 13

ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากระบวนการสกัดแป้งด้วยด่าง หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.5 มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นวิธีการสกัดแป้งออกจากเปลือกเผือก เพราะสามารถสกัดสารอื่น เช่น โปรตีน ไขมัน ใยอาหารออกไปได้มากกว่าวิธีอื่น และสามารถสกัดสาร$ แคลเซียมออกซาเลตออกไปได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับกระบวนการสกัดแป้งอีก 2 วิธี

4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งที่สกัดได้

ในการศึกษานี้ ทำการหาค่าความหนืดด้วยเครื่อง viscometer โดยเติมตัวอย่าง 3 กรัม ลงในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร จากนั้นให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส บันทึกค่าความเร็วรอบของใบพัดและค่า Torque จากนั้นให้ความร้อนและหมุนใบพัดต่อไปจนอุณหภูมิของสารละลายแป้งถึง 95 องศาเซลเซียส แล้วทำการบันทึกค่าความเร็วรอบของใบพัดและค่า Torque อีกครั้ง แล้วปิดเครื่องให้ความร้อน ควบคุมให้อุณหภูมิของสารละลายแป้งกลับมามีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อีกครั้ง โดยให้ใบพัดหมุนคนสารละลายแป้งตลอดเวลา บันทึกค่าความเร็วรอบของใบพัดและค่า Torque และทำการคำนวณค่าความหนืดของแต่ละครั้ง

จากการหาความหนืดดังกล่าวมาแล้วตามวิธีข้างต้น นำค่าที่ได้ของแป้งจากเปลือกเผือกที่สกัดได้ทั้ง 3 กระบวนการ แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเขียว แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพด มาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพกัน ดังตารางที่ 4.3

พบว่าเมื่อแป้งส่วนใหญ่เกิดการพองตัวแล้ว จะมีลักษณะโปร่งแสง รวมทั้งแป้งเผือกที่สกัดจากทั้งสามกระบวนการ ดังเช่นรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นภาพของแป้งจากเปลือกเผือกที่สกัดด้วยด่าง มีเพียงแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพดที่มีลักษณะทึบแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าความหนืดของแป้งชนิดต่างๆที่สกัดได้จาก 3 กระบวนการ

ตัวอย่างแป้ง	ความหนืด (cP) ที่อุณหภูมิต่างๆ		ความทึบ/โปร่งแสง (ที่ 95°C)
	95°C	50°C ครั้งที่สอง	
แป้งมันสำปะหลัง	1.29^{ab}	1.79^{a}	โปร่งแสง
แป้งถั่วเขียว	1.30^{b}	1.83^{a}	โปร่งแสง
แป้งสาลี	1.30^{b}	1.67^{f}	ทึบแสง
แป้งข้าวเจ้า	1.30^{b}	1.49^{de}	ทึบแสง
แป้งข้าวเหนียว	1.80^{d}	3.02^{b}	โปร่งแสง
แป้งข้าวโพด	1.24^{ad}	1.42^{cd}	ทึบแสง
แป้งเผือกที่สกัดด้วยน้ำ	1.24^{ad}	1.56^{e}	โปร่งแสง
แป้งเผือกที่สกัดด้วยด่าง	1.33^{b}	1.77^{a}	โปร่งแสง
แป้งเผือกที่สกัดด้วยวิธีแบบแป้งมันฝรั่ง	1.23^{d}	1.43^{c}	โปร่งแสง

หมายเหตุ a, b, c, d, e, f แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละคอลัมน์ ($p = 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

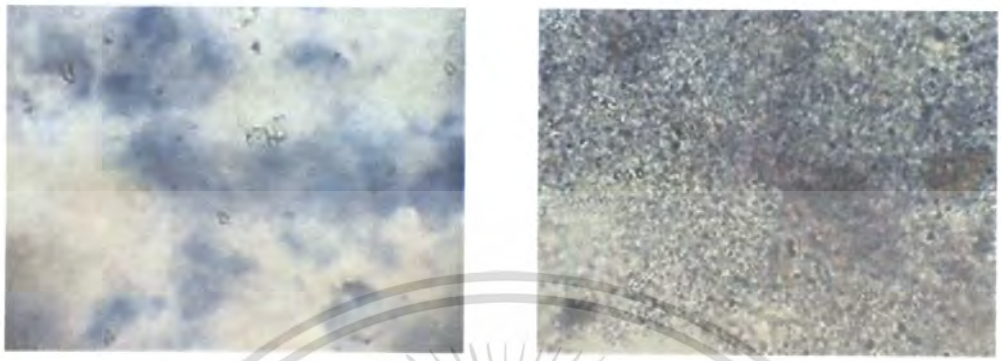
รูปที่ 4.3 ลักษณะการพองตัวของแป้งเผือกที่สกัดด้วยด่าง

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติความหนืดที่วัดจากทั้ง 2 อุณหภูมิ คือ 95 °C และ 50 °C ครั้งที่สอง ของแป้งจากเปลือกเผือกที่สกัดได้ทั้ง 3 กระบวนการกับความหนืดของแป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเขียว แป้งข้าวสาลี แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวโพด พบว่า แป้งเผือกที่สกัดด้วยน้ำและวิธีแบบมันฝรั่งมีค่าความหนืดค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ 1.24 และ 1.56 cP ที่ 95 °C และ 50 °C ครั้งที่สองและ 1.23 และ 1.43 cP ที่ 95 °C และ 50 °C ครั้งที่สอง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความหนืดทั้ง 2 อุณหภูมิใกล้เคียงกับแป้งข้าวโพด (1.24 และ 1.42 cP) และแป้งข้าวเจ้า (1.30 และ 1.49 cP) มากที่สุด

ในขณะที่แป้งเผือกที่สกัดด้วยด่าง มีความหนืดเท่ากับ 1.33 และ 1.77 cP ที่ 95 °C และ 50 °C ครั้งที่สอง ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับแป้งมันสำปะหลังที่มีค่าความหนืด 1.29 และ 1.79 cP จากสองอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่ากระบวนการสกัดแป้งด้วยด่างทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของแป้งมีความเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของแป้งเผือกจากวิธีการสกัดแป้งที่แตกต่างกัน (หัวข้อที่ 4.1, ตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การวิเคราะห์ลักษณะของเม็ดแป้ง



(ก) (ข)

รูปที่ 4.4 ภาพขยายจากกล้องจุลทรรศน์แบบพื้นหลังสว่าง โดยมีกำลังขยายของภาพ 400 เท่า ของเม็ดแป้งที่สกัดด้วย (ก) ด่างที่อุณหภูมิ 95°C (ข) ด่างที่อุณหภูมิ 50°C ครั้งที่ 2

พบว่าเมื่อให้ความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียส แป้งที่สกัดด้วยสารละลายด่าง จะมีลักษณะเกิดเป็นเจล และทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนเป็นสีน้ำเงิน และเมื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ที่ 50 องศาเซลเซียส ครั้งที่ 2 พบว่าแป้งที่เป็นเจลแตกตัวจนมีขนาดเล็กและติดสีไอโอดีนเป็นสีม่วงกระจายอยู่ทั่วสไลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการสกัดแป้งจากเปลือกเผือก ด้วยกระบวนการสกัด 3 กระบวนการ คือ กระบวนการการสกัดด้วยน้ำ (แป้งมันสำปะหลัง) กระบวนการการสกัดด้วยด่าง (แป้งข้าวเจ้า) และกระบวนการการสกัดด้วยวิธีแบบมันฝรั่ง พบว่ากระบวนการการสกัดด้วยด่าง (แป้งข้าวเจ้า)สามารถสกัดปริมาณสารอื่น (โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และเถ้า) ออกมาได้มากที่สุด มีปริมาณสารอื่นเหลือเพียงร้อยละ 1.85 รองลงมาคือกระบวนการการสกัดด้วยน้ำ (แป้งมันสำปะหลัง) มีสารอื่นเหลือร้อยละ4.20 และสุดท้ายคือกระบวนการการสกัดด้วยวิธีแบบมันฝรั่ง มีสารอื่นเจือปนอยู่ร้อยละ 5.05 เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งที่ต้องการควรมีปริมาณสิ่งเจือปน คือมีโปรตีน ไขมัน ใยอาหาร และเถ้า อยู่น้อย เราจึงควรสกัดสารอื่นออกไป ซึ่งแป้งจากกระบวนการการสกัดด้วยด่างสามารถสกัดออกได้มากที่สุด

สิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการศึกษานี้คือ ปริมาณแคลเซียมออกซาเลต เนื่องจากแคลเซียมออกซาเลตเป็นสารพิษ ซึ่งเมื่อรับประทานเข้าไปในปริมาณมากจะทำให้เกิดก้อนนิ่วในไตและกระเพาะปัสสาวะ เราจึงสนใจกระบวนการสกัดที่สามารถกำจัดแคลเซียมออกซาเลตได้มากที่สุด นั่นก็คือ กระบวนการการสกัดด้วยด่าง เพราะสามารถกำจัดได้เหลือปริมาณเพียง 186.7 ±1.5 มิลลิกรัมต่อแป้ง 100 กรัม

จากการหาคุณสมบัติทางกายภาพของแป้ง ซึ่งทำการวัดและบันทึกค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และ 50 องศาเซลเซียสครั้งที่สอง พบว่าความหนืดของแป้งที่ได้จากกระบวนการการสกัดด้วยน้ำมีค่าเท่ากับ 1.24 และ 1.56 cP กระบวนการการสกัดด้วยวิธีแบบมันฝรั่งได้ความหนืด 1.23 และ 1.43 cP และกระบวนการการสกัดด้วยด่างมีค่าความหนืดมากที่สุดคือ 1.33 และ 1.77 cP ซึ่งลักษณะของแป้งหลังหาค่าความหนืดมีลักษณะเป็นแบบโปร่งแสงทั้ง 3 กระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการผลิตแป้งจากเปลือกเผือก พบว่าคุณสมบัติของแป้งที่ได้นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในแง่ต่างๆ เช่น ด้านอาหาร สามารถนำแป้งมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารทางอุตสาหกรรม เช่น เบเกอรี่ หรือขนมสำหรับทานเล่น เป็นต้น และยังสามารถนำแป้งที่สกัดได้มาผลิตเป็นน้ำเชื่อมกลูโคส น้ำเชื่อมฟรุกโตส และมอลโทเดกซ์ทริน เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

เราอาจนำแป้งเผือกไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบอื่นๆ ได้อีกมากมาย ซึ่งแป้งเผือกนี้อาจถูกดัดแปรได้ทั้งทางเคมี ทางชีวภาพ และทางกายภาพ ให้เหมาะสมกับความต้องการ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ อุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี และอุตสาหกรรมการผลิตยา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2516. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง. เอกสาร มอก. ที่ 52-2516. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 23 หน้า.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปียะจอมขวัญ. 2550 เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฐานข้อมูลพืช. ไม่ทราบปีพ.ศ. เผือก. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard2/taro/main.html

ดาราวรรณ ทวีศักดิ์บวรกุล. 2549. เผือก. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. http://www.doae.go.th/library/html/2549/1809/Dasheen/index.htm

มาลินี พิทักษ์, สมศรี บุญเรือง และรังสิมันต์ สัมฤทธิ์. 2545. การปลูกเผือก. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. http://www.doae.go.th/library/html/detail/peak/index.htm

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2551. ออกซาเลต.. http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%8B%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%A5%E0%B8%95

นันทยา จงใจเทศ. 2549. เกร็ดความรู้เรื่อง ออกซาเลต. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=2&id=124

AOAC International: Method 984.27. 1995. Calcium, copper, iron, magnesium, manganese, phosphorus, potassium, sodium and zinc in infant formula. Inductively coupled plasma emission spectroscopic method, in *Official Methods of Analysis*, AOAC International, Gaithersburg, MD.

Dais, P. and A.S. Pertin. 1982. High field ^{13}C-NMR spectroscopy of β-o-glucans, amylopectin and glycogen. *Carbohydrates Res.* 100: 103-106.

Galliard, T. and P. Bowler. 1987. Morphology and composition of starch. *In* T. Gailliard (Ed.). Starch: Properties and Potential. John Wiley and Sons., New York.

Hizukuri, S. 1986. Polymodal distribution of the chain lengths of amylopectins and its significance. *Carbohydrates Res.* 147: 342.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 l. 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.

Lineback. 1996. Structure starch-degrading enzymes. *In* R.C. Hoseney (Ed.). AACC short course on "Starch: Structure, Properties, and Food Uses." August 27-29, 1996. Bangkok, Thailand.

Royal Society of Chemistry. 2004. "Carbohydrates". Chemistry for Biologists. www.chemsoc.org/networks/learnnet/cfb/carbohydrates.htm

Rupp, P.L.C., and S.J. Schwartz. 1988. Characterization of the action of *Bacillus subtilis* alpha-amylase on sweet potato starch, amylase and amylopectin. *J. Food Biochem.* pp. 191-203.

Rutenberg, M.W., and D. Solarek. 1984. Starch derivatives : Technology and uses. *In* R.L. Whistler, J.N. BeMiller, and E.F. Paschall (Eds.). Starch : Chemistry and Technology. 2nd Ed. Academic Press, Inc., Florida. pp. 311-388.

Schoch, T.J., and F.C. Maywald. 1968. Preparation and properties of various legume starch. Cereal Chem. 45: 564-573.

Swinkels, J.J.M. 1985. Sources of starch, its chemistry and physics. *In* G.M.A. van Beynum, and J.A. Rooels (Eds.). Starch Conversion Technology. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 15-45.

Tattiyakul, J., S. Asavasaksakul, and P. Pradipasena. 2006. Chemical and Physical Properties of Flour Extracted from Taro Colocasia esculenta (L.) Schott Grown in Different Regions of Thailand. ScienceAsia 32: 279-284.

Wikipedia®. 2008. Taro. Wikimedia Foundation, Inc. http://en.wikipedia.org/wiki/Taro

Yacine, H., H. Allan, I.H. Duncan, C. Suzanne, I. David, W.H. Jim, and B. mike. 2007. Relationshiip Between the Pasting Behaviour and the Phosphorus Content of Different Potato Starches. Starch/Stärke 59: 149-155.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งที่สกัดจากเปลือกเผือกทั้งสามกระบวนการ

ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนัก	กระบวนการที่ใช้ในการสกัดแป้ง		
	กระบวนการสกัดด้วยน้ำ	กระบวนการสกัดด้วยวิธีเดียวกับการสกัดแป้งมันฝรั่ง	กระบวนการสกัดด้วยด่าง
คาร์โบไฮเดรต	83.84	87.00	86.22
	83.02	87.82	86.94
	84.72	86.30	85.23
โปรตีน	2.51	2.85	1.10
	2.70	2.70	0.95
	2.44	3.15	1.10
ไขมัน	0.28	0.49	0.15
	0.40	0.65	0.20
	0.22	0.36	0.10
ใยอาหาร	0.78	1.10	0.37
	0.90	1.00	0.50
	0.72	0.90	0.33
เถ้า	0.40	0.70	0.2
	0.50	0.50	0.25
	0.75	0.75	0.30
ความชื้น	11.88	7.82	12.01
	12.28	8.09	12.02
	11.66	7.82	12.02
แคลเซียมออกซาเลต (mg/100g)	199.70	198.30	188.20
	196.30	205.80	187.20
	195.60	208.80	184.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลเบื้องต้นของค่าความหนืดของแป้งชนิดต่างๆที่สกัดได้จากสามกระบวนการ

ตัวอย่างแป้ง	ความหนืด (cP) ที่อุณหภูมิต่างๆ	
	50°C ครั้งที่สอง	95°C
แป้งมันสำปะหลัง	1.78	1.28
	1.79	1.29
	1.80	1.29
แป้งถั่วเขียว	1.82	1.32
	1.83	1.30
	1.83	1.28
แป้งสาลี	1.65	1.30
	1.66	1.30
	1.67	1.29
แป้งข้าวเจ้า	1.49	1.28
	1.48	1.30
	1.49	1.32
แป้งข้าวเหนียว	3.08	1.85
	3.06	1.75
	3.92	1.80
แป้งข้าวโพด	1.45	1.23
	1.39	1.22
	1.42	1.24
แป้งเผือกที่สกัดด้วยน้ำ	1.50	1.22
	1.58	1.24
	1.60	1.26
แป้งเผือกที่สกัดด้วยด่าง	1.84	1.37
	1.75	1.30
	1.72	1.32
แป้งเผือกที่สกัดด้วยวิธีแบบแป้งมันฝรั่ง	1.40	1.20
	1.48	1.24
	1.41	1.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตาราง ข.1 คุณลักษณะที่ต้องการสำหรับแป้งมันสำปะหลัง (มอก.274-2521)

คุณลักษณะ	ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3
ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	13	14	14
แป้ง ร้อยละ (ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง) ไม่น้อยกว่า	97.5	96	94
เถ้า ร้อยละ (ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง) ไม่เกิน	0.15	0.3	0.5
โปรตีน ร้อยละ (ของน้ำหนักเมื่ออบแห้ง) ไม่เกิน	0.3	0.3	0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้