



การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์
DEVELOPMENT OF EDIBLE FILMS FROM MUNG BEAN PROTEIN
SUPPLEMENTED WITH EXTRACT OF *GNETUM GNEMON*

นางสาวอนุสรณ์ โนลา รหัสนักศึกษา 60552012

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาพื้นฐานทั่วไป
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT © 2020 BIOTECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

PRINCE OF CHUMPHON CAMPUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับที่.....
งานทะเบียนประมวลผล
ฉบับที่.....

ใบรับรองโครงการพิเศษ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

หัวข้อโครงการพิเศษ

Project Title

การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยใบเหลียง

Development of Edible Films from Mung Bean Protein

Supplemented with Extract of *Gnetum gnemon*

ชื่อนักศึกษา

นางสาวอนุสรณ์ โนลา

รหัสนักศึกษา

60552012

ปริญญา





วิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา

เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ดร.สิริฉัตร ชาวอิน

คณะกรรมการสอบ		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.พัชราภรณ์	นาคเทวัญ	
อ.ดร.วลัยพร	มีฆพาน	
อ.ดร.กมลวรรณ	ชูชีพ	
อ.ดร.สิริฉัตร	ชาวอิน	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 30 มิถุนายน 2564

หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ รับรองแล้ว



(ผศ.ดร.พัชราภรณ์ นาคเทวัญ)

ประธานหลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาฟิล์มบรีโกลด์ได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์	
นักศึกษา	นางสาวอนุสรณ์ โนนลา	รหัสนักศึกษา 60552012
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ	
ปีการศึกษา	2563	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร.สิริฉัตร ขาวอิน	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการผลิตฟิล์มบรีโกลด์ที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายในธรรมชาติ โดยใช้ไบโพลีเมอร์ซึ่งเป็นพืชที่พบได้ง่ายในจังหวัดชุมพรมาเสริมฤทธิ์เพื่อสร้างเป็นบรรจุภัณฑ์ใหม่ที่ใช้ในการห่อหุ้มอาหาร โดยนำฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวซึ่งผลิตได้จากการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ในปริมาณที่แตกต่างกัน มาศึกษา ลักษณะปรากฏและลักษณะทางกายภาพต่างๆ เช่น ความหนา การละลายของฟิล์ม การซึมผ่านของไอน้ำ ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมัน การต้านแรงดึงขาด เป็นต้น แต่เนื่องจากสถานการณ์ COVID-19 ที่แพร่ระบาดในระลอกใหม่ทำให้การทดลองทั้งหมดได้หยุดชะงักลง ศึกษาได้เพียงการผลิตฟิล์มและลักษณะปรากฏ พบว่าถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์ที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 1.25 กรัม และ 2.50 กรัม ฟิล์มมีสีเหลืองใส เนื้อฟิล์มมีความแข็งแรงต่ำ ฟิล์มขาดความยืดหยุ่น ขาดง่าย และไม่สามารถลอกออกจากจานอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ในขณะที่ฟิล์มที่ผลิตจากถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์ที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 3.25 กรัม และ 5.00 กรัม ฟิล์มมีสีเหลืองใสเป็นมันวาว ลักษณะเนื้อฟิล์มแข็งแรง มีความยืดหยุ่น เนื้อสัมผัสค่อนข้างเหนียว แต่ฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 5.00 กรัม ลักษณะฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากเกินไป ทำให้ฟิล์มมีลักษณะกึ่งเหลว เหนียวติดจานอาหารไม่สามารถลอกออกได้

คำสำคัญ: ฟิล์มบรีโกลด์, ฟิล์มย่อยสลายได้ทางชีวภาพ, ไบโพลีเมอร์, ถั่วเขียว, กลีเซอรอล,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Development of Edible Films from Mung Bean Protein Supplemented with Extract of <i>Gnetum gnemon</i>	
Student	Miss. Anusorn Nola	Code 60552012
Degree	Bachelor of Science	
Major Program	Biotechnology	
Academic Year	2020	
Advisor	Dr. Sirichat Kaowinn	

ABSTRACT

This research presents the production of edible films that are readily biodegradable. *Gnetum gnemon*, the most common plant found widely in Chumphon province, was used to create new packaging for food. The edible films from mung bean protein **were** produced by using different amounts of glycerol as a plasticizer. This study aimed to investigate the concentration of plasticizers on the appearance and physical characteristic properties of edible films such as thickness, water-solubility, water vapor permeability, oil resistance, tensile strength, etc. Unfortunately, due to the new wave of the COVID-19 epidemic situation, all trials have been halted. So this work can be studied only film production and appearance by using different amounts of glycerol. The results of edible film from mung bean protein supplemented with *Gnetum gnemon* and glycerol at 1.25 g and 2.50 g showed the transparent yellow films. But the films lack flexible structure, tear easily, and cannot peel off from the agar plates. While, the films produced from mung bean protein containing 3.25 g and 5.00 g of glycerol showed the glossy transparent yellow film, flexible structure and increasing tensile strength. The texture of films are sticky. But the film with 5.00 g of glycerol was too flexible; the appearance showed semi-liquid form and stuck on the agar plate.

Keywords: Edible film, Biodegradable film, *Gnetum gnemon*, Green beans, Glycerol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความรู้ ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ ความร่วมมือจากในหลายๆฝ่ายที่เกี่ยวข้อง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร.สิริฉัตร ชาวอิน อาจารย์ที่ปรึกษา ได้ให้แนวทาง คำแนะนำ และจุดประกายความคิดริเริ่มในการสร้างงานวิจัยเพื่อประโยชน์ให้แก่ชุมชนรอบข้าง ทั้งยังสละเวลาช่วยเหลือตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในการทำโครงการพิเศษด้วยความเอาใจใส่ นอกจากนี้ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาชี้แนะข้อมูลทำให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินการจัดทำโครงการพิเศษ และให้การสนับสนุนสถานที่ในการปฏิบัติการตลอดจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้ปกครอง ที่คอยอบรมสั่งสอนเลี้ยงดูจนเติบโต และให้การสนับสนุนทุกรูปแบบในการศึกษาเล่าเรียนจนถึงระดับปริญญา ทั้งที่ต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้อง ๆ นักศึกษา สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ตลอดจนสาขาอื่นๆ ที่ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในระหว่างการทำโครงการพิเศษนี้ ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

อนุสรณ์ โนลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 บทตรวจเอกสาร	4
2.1 फिल्मบริโภคนได้ (Edible film)	4
2.2 फिल्मย่อยสลายได้ (Biodegradable films)	4
2.3 ชนิดของฟิล์ม	5
2.4 วิธีการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม	7
2.5 วัสดุทั่วไปที่ใช้ในฟิล์มบริโภคนได้	8
2.6 เพกทิน (Pectin)	10
2.7 กลีเซอรอล (Glycerol)	14
2.8 ลักษณะของฟิล์มที่รับประทานได้	16
2.9 สมบัติสำคัญของฟิล์มพอลิเมอร์ชีวภาพ	16
2.10 สารต้านจุลชีพ	17
2.11 สารยับยั้งจุลินทรีย์จากธรรมชาติ และการประยุกต์ใช้ในฟิล์มและบรรจุภัณฑ์	17
2.12 ถั่วเขียว	18
2.13 ผักเหลียงหรือผักเหมียง	23
บทที่ 3 วิธีการทดลอง	29
3.1 วัสดุ	29
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	29
3.3 การสกัดโปรตีนถั่วเขียว	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การเตรียมสารสกัดจากใบเหลียง	30
3.5 การเตรียมฟิล์ม	30
3.6 ความหนาของฟิล์ม	30
3.7 ปริมาณความชื้น	30
3.8 ความสามารถในการละลายน้ำ	31
3.9 การซึมผ่านของไอน้ำ	31
3.10 คุณลักษณะทางกล	32
3.11 ค่าสีและความทึบแสง	32
3.12 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด	32
3.13 คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ	32
3.14 คุณสมบัติในการต้านจุลชีพ	33
3.15 การวิเคราะห์ทางสถิติ	33
บทที่ 4 ผลและอภิปรายการทดลอง	34
4.1 ลักษณะของผงโปรตีนจากถั่วเขียว	34
4.2 ลักษณะของฟิล์มบริโภาคได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยใบเหลียง ต่อปริมาณกลีเซอรอลที่แตกต่างกัน	34
4.3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเขียวและโปรตีนถั่วเขียว	36
4.4 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ	37
4.5 ผลการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ	41
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก การเตรียมฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยใบเหลียง	49
ภาคผนวก ข เครื่องมือ และการใช้งาน	51
ภาคผนวก ค สูตรการคำนวณ	60
ประวัติผู้เขียน	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทของสสารซ์ในอาหารเมื่อพิจารณาตามความสามารถในการถูกย่อย	7
2.2 คุณค่าทางโภชนาการถั่วเขียวต่อ 100 กรัม	21
2.3 คุณค่าทางโภชนาการผักเคลียง (ใบ 100 กรัม)	26
4.1 การเตรียมฟิล์ม	34
4.2 ลักษณะฟิล์มถั่วเขียวเสริมด้วยใบเคลียง	35
4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแป้งถั่วเขียวและโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้น	37
4.4 ความหนาของฟิล์มบรีโคได้จากโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลที่อัตราส่วนแตกต่างกัน	38
4.5 ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มบรีโคได้จากโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร	38
4.6 การซึมผ่านน้ำมันของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร	39
4.7 การต้านแรงดึงของฟิล์มบรีโคได้จากโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร	39
4.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (กรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง) ของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่เติมกลีเซอรอลด้วยปริมาณต่างๆ	40
4.9 ค่าสีและความทึบแสงของฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียวที่มีความเข้มข้นของเปลือกทับทิมต่างกัน	40
4.10 ปริมาณฟีนอลิก (Phenolic) ทั้งหมด (TPC) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่มีความเข้มข้นของเปลือกทับทิมต่างกัน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	9
2.2	11
2.3	12
2.4	12
2.5	13
2.6	15
2.7	18
2.8	19
2.9	19
2.10	20
2.11	20
2.12	21
2.13	23
2.14	24
2.15	24
2.16	25
2.17	25
4.1	34
4.2	35
ข.1	52
ข.2	54
ข.3	55
ข.4	57
ข.5	58
ข.6	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรส่งผลให้การใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติกเพิ่มขึ้น ทำให้ปัจจุบันผู้คนเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Fathi และคณะ, 2019) ซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ประกอบด้วยไบโอโพลิเมอร์ (Biopolymers) ได้แก่ โปรตีน (Protein) โพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) ลิพิด (Lipids) หรือส่วนผสมอื่นๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนหรือลดปริมาณพลาสติก (Plastic) ลงได้พบว่าฟิล์มบิโอบิโอได้จากโปรตีนมีคุณสมบัติเชิงกลและคุณสมบัติด้านโภชนาการที่ดีกว่าฟิล์มโพลีแซ็กคาไรด์ (Polysaccharides) หรือลิพิด (Lipids) (Abdelhedi และคณะ, 2018)

ความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพที่เพิ่มขึ้น และความต้องการในการเพิ่มอายุของการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นทำให้อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องสนใจที่จะพัฒนาระบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ การปรับปรุงคุณภาพและความปลอดภัยของฟิล์มบรรจุภัณฑ์อาหารที่บิโอบิโอได้ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลชีพดึงดูดความสนใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยการเคลือบอาหารสามารถทำได้หลายวิธี เช่น จุ่มลงไปหรือฉีดพ่นด้วยน้ำยาขึ้นรูปฟิล์ม (Ge และคณะ, 2017)

ปัจจุบันฟิล์มบิโอบิโอได้ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วเพื่อรักษาคุณภาพอาหารและปรับปรุงความปลอดภัยของอาหาร ฟิล์มที่รับประทานได้ในอุดมคติไม่เพียงแต่สามารถปกป้องอาหารจากสารปนเปื้อนและเชื้อโรคที่มากับอาหารเท่านั้น แต่ยังรักษาเสถียรภาพของโครงสร้างด้วย วัสดุที่ใช้ในฟิล์มที่รับประทานได้ควรได้รับการยอมรับตามมาตรฐานสากลว่ามีความปลอดภัย (GRAS) และสามารถรับประทานร่วมกับอาหารได้ ฟิล์มเหล่านี้สามารถทำหน้าที่เป็นพาหะสำหรับสารต้านอนุมูลอิสระ วัตถุเจือปนอาหาร วิตามินและสารต้านจุลชีพ (Wai, Bond, Lin, และ Phing, 2019)

ถั่วเขียว (*Vigna radiate L.*) เป็นเมล็ดพืชซึ่งอยู่ในตระกูลถั่ว ที่ได้รับการปลูกอย่างแพร่หลายในประเทศแถบเอเชีย มีโปรตีน 25–28% เป็นแหล่งของสารประกอบออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) กรดฟีโนลิก (Phenolic acids) กรดอินทรีย์ (Organic acids) และโพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharides) มีสารต้านอนุมูลอิสระ มีสรรพคุณช่วยลดโรคเบาหวาน มีสารต้านมะเร็ง ต้านเนื้องอก และคุณสมบัติในการขับสารพิษ (จันทร์สิริ และคณะ, 2559) ผลผลิตจากถั่วเขียวมี 2 ชนิด ได้แก่ วุ้นเส้นและแป้ง โดยแป้งเป็นส่วนประกอบหลักที่สกัดจากถั่วเขียวและใช้ในการผลิตวุ้นเส้น ถั่วเขียวที่เหลือจะถือว่าเป็นของเสีย แต่เป็นแหล่งที่มีคุณค่าของกรดอะมิโนต่าง ๆ เช่น ไลซีน (Lysine) ดังนั้นการสร้างมูลค่าเพิ่มจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตแป้งจากถั่วเขียวที่อุดมด้วยโปรตีนนี้จะช่วยลดต้นทุนในการกำจัดของเสีย ลดต้นทุนในการผลิตโปรตีน และยังสามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ เช่น ฟิล์มที่บริโภครได้ (Budseekoad และคณะ, 2018)

ใบเหลียง (*Gnetum gnemon*) เจริญเติบโตในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น มี 6 สายพันธุ์ และมี 2 สายพันธุ์ที่สามารถใช้รับประทานได้ คือ *Gnetum gnemon* var. *gnemon* ซึ่งเป็นที่นิยมปลูกกันมากในประเทศ อินโดนีเซีย มาเลเซีย ปาปัวนิวกินี ฟิลิปปินส์ และหมู่เกาะบอร์เนียว และ *Gnetum gnemon* L. var. *tenerum* Markgr นิยมปลูกบริเวณเชิงเขาและที่ราบทางภาคใต้ของประเทศไทย บริเวณจังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ และพังงา ใบอ่อน ช่อดอก และปลายยอดอ่อนของใบเหลียง สามารถกินและใช้ได้ โดยมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ ต่อด้านอนุมูลอิสระ ต่อด้านแบคทีเรีย ยับยั้งการสร้างเส้นเลือดใหม่ ต่อด้านริ้วรอย และฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ซึ่งประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แทนนิน (Tannin) ซาโปนิน (Saponins) สทิลเบนอยด์ (Stilbenoid) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) (Barua และคณะ, 2015)

มีการศึกษาพบว่าสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากธรรมชาติ เช่น α -tocopherol สารประกอบฟีนอลิก และน้ำมันหอมระเหยใช้เติมลงในวัสดุบรรจุภัณฑ์เพื่อผลิตฟิล์มที่กินได้ เพื่อเพิ่มอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร และรักษาคุณภาพโดยไม่ต้องใช้สารกันบูดสังเคราะห์ ใบเหลียงเป็นพืชที่หาได้ง่ายทางภาคใต้ และมีสรรพคุณทางยาดังที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่จะนำใบเหลียงมาประยุกต์ใช้สร้างผลิตภัณฑ์ถนอมอาหาร อย่างฟิล์มบริโภครได้ (Lee และคณะ, 2019)

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตระบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายและกินได้ทางชีวภาพโดยใช้โปรตีนจากถั่วเขียวที่เสริมด้วยใบเหลียง

1.2.2 เพื่อตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ กลไกเชิงกล โครงสร้าง และการต้านเชื้อแบคทีเรียเพื่อพัฒนาเป็นระบบบรรจุภัณฑ์แบบใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาการผลิตฟิล์มบรีโกลด์ได้จากแก้วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน (อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส)

1.3.2 เพื่อศึกษาการนำฟิล์มบรีโกลด์ได้จากแก้วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์มาประยุกต์ใช้ในการห่อหุ้มอาหาร เช่น ทอปปิง ผลไม้ แทนการใช้ฟิล์มพลาสติก

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถที่จะผลิตฟิล์มบรีโกลด์ได้จากวัสดุที่หาได้ง่ายทางการเกษตร และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำไปประยุกต์ใช้ในอนาคตต่อไป

1.4.2 เพื่อหาวิธีการเผยแพร่การผลิตฟิล์มบรีโกลด์ที่เหมาะสม ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อชุมชนอย่างยั่งยืนให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

บทตรวจเอกสาร

2.1 फिल्मब्रिโकोได้ (Edible film)

ฟิล์มบริโโคได้ (Edible film) หรือสารเคลือบบริโโคได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่ผู้บริโโคสามารถรับประทานได้ และมีคุณสมบัติที่ดีสำหรับการบริโโค สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับอาหารโดยวิธีการต่าง ๆ เช่นการทอหุ้ม (Enrobing) การจุ่ม (Dipping) การแปรง (Brushing) หรือการพ่นฝอย (Spraying) เพื่อป้องกันการแพร่ผ่านของแก๊ส ไอรระเหยเหยจากการเข้าออกจากอาหารได้ โดยสามารถนำมาใช้เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของอาหาร ใช้ป้องกันการเสีย ป้องกันสารกันหีน รวมถึงควบคุมอัตราการซึมผ่านสารกันเสียจากฟิล์มสู่นื้ออาหาร หรือยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร การขึ้นรูปฟิล์มสามารถขึ้นรูปในลักษณะของสารเคลือบผิวหรือแผ่นฟิล์มอิสระ ซึ่งมีลักษณะในการนำมาใช้ในการป้องกันการสูญเสียรสชาติอาหาร ฟิล์มบริโโคได้สามารถแบ่งได้ตามวัสดุที่ใช้ในการทำฟิล์ม คือ โขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และคอมโพสิต (Kester และ Fennema, 1986)

ฟิล์มโปรตีนและโพลีแซคคาไรด์ มีความแข็งแรงและการซึมผ่านแก๊สต่ำ ขณะที่ค่าการซึมผ่านไอน้ำค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากพอลิเมอร์ชนิดนี้ชอบจับตัวกับน้ำ จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ป้องกันการสูญเสียความชื้นของอาหาร จึงมักใช้กับอาหารที่ต้องป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในอาหารที่มีลิพิตมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของแก๊สได้ดี

ฟิล์มที่ได้จากไขมันจะซึมผ่านแก๊สสูง การซึมผ่านไอน้ำต่ำและมีคุณสมบัติทางกลที่ดี

ฟิล์มโปรตีนจะมีความแข็งแรงมาก ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้น้อยแต่จะซึมผ่านความชื้นได้ง่าย (มณฑาทิพย์, 2534)

2.2 फिल्मय้อยสลายได้ (Biodegradable films)

ฟิล์มย้อยสลายได้ (Biodegradable films) คือวัสดุที่มีแผ่นบาง และสามารถนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันอาหาร ซึ่งช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษา ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ ความชื้น ก๊าซชนิดต่าง ๆ (เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์) น้ำมัน ไขมัน หรือสารที่สามารถละลายได้ง่าย รวมทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์นั้นได้อีกด้วย การใช้ฟิล์มย้อยสลายได้มีประโยชน์ในการป้องกันการซึมผ่านเข้า-ออกของไอน้ำและความชื้นได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับฟิล์มพลาสติก จึงทำให้ไม่สามารถใช้ฟิล์มย้อยสลายได้แทนฟิล์มพลาสติกได้ แต่การนำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มย่อยสลายได้มาร่วมใช้จะสามารถช่วยลดปริมาณในการใช้ฟิล์มพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ง่าย และต้องใช้เวลาในการย่อยสลายยาวนานในธรรมชาติลงได้ (มยุรา, 2547)

2.3 ชนิดของฟิล์ม

ชนิดของฟิล์มบรีโภาคได้สามารถแบ่งตามชนิดของชีวะสตุได้เป็น 3 ชนิดคือ

2.3.1 ฟิล์มโปรตีน

โดยทั่วไปฟิล์มโปรตีนจะมีคุณสมบัติทางกลและสมบัติทางการซึมผ่านดีกว่าฟิล์มที่เตรียมจากโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งผลิตได้จากโปรตีนหลายชนิด เช่น คอลลาเจน เจลาติน โปรตีนข้าวโพด โปรตีนข้าวสาลี โปรตีนถั่วเหลือง (Krochta, 1997) ตัวอย่างฟิล์มโปรตีน เช่น

2.3.1.1 ฟิล์มโปรตีนจากข้าวสาลี กลูเตน (Gluten) เป็นโปรตีนจากข้าวสาลีที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบด้วย ไกลอะดีน (gliadin) ร้อยละ 75 เป็นส่วนที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ ที่เหลือเป็นกลูเทนิน (Glutenin) ที่ไม่สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ ส่วนประกอบทั้งสองนี้มีพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) ซึ่งมีบทบาทในการเกิดฟิล์ม ทำให้มีลักษณะการยืดเกาะและความยืดหยุ่นดี ฟิล์มกลูเตนมีความแข็งแรงคาร์บอนไดออกไซด์สามารถซึมผ่านได้น้อย แต่เป็นฟิล์มที่ขึ้นง่ายจึงมีการนำกลูเตนมาใช้ร่วมกับสารอื่น เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น ใช้ทำแคปซูลบรรจุสี ใช้เคลือบถั่วลิสงอบแห้ง และใช้เป็นสารให้กลิ่นรส เพื่อใช้เติมในผลิตภัณฑ์ขนมอบ (มณฑาทิพย์, 2535)

2.3.1.2 ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพด (Zein) ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่ไม่มีซัลเฟอร์และไม่รวมตัวกับน้ำ เช่น โพรลีน (Proline) อะลานีน (Alanine) และลิวซีน (Leucine) ทำให้ฟิล์มจากโปรตีนข้าวโพดไม่ละลายน้ำ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ ส่วนใหญ่ใช้โปรตีนข้าวโพดเคลือบเมล็ดยาและผลิตภัณฑ์จำพวกขนมหวาน การเคลือบด้วยโปรตีนข้าวโพดมีอัตราการแห้งที่เร็วกว่า ทำให้มีความคงตัวเพิ่มขึ้น สามารถเก็บรักษาได้นานในสภาพที่มีความชื้นสูง และยังใช้เคลือบเปลือกไข่ เพื่อรักษาคุณภาพไข่ รวมทั้งกลิ่นรสของไข่ด้วย และยังทำให้ไข่มีความต้านทานจุลินทรีย์สูงขึ้น ส่วนการเคลือบโปรตีนข้าวโพดบนผิวอาหารกึ่งชื้น (Intermediate moisture food) นั้นได้เติมสารกันเสียลงไปเพื่อไม่ให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตที่ผิวอาหาร และช่วยลดอัตราการแพร่กระจายของสารเคมีเข้าสู่อาหาร (มณฑาทิพย์, 2535)

2.3.1.3 ฟิล์มที่มีส่วนประกอบมากกว่าชนิดเดียว ซึ่งจะประกอบไปด้วยชั้นไขมันและชั้นโพลีแซคคาไรด์หรือชั้นโปรตีน หรือไขมันที่กระจายอยู่ในโพลีแซคคาไรด์หรือโปรตีน มีการปรับปรุงพัฒนาความยืดหยุ่นและความคงทนของฟิล์มโดยการเติมสารพลาสติกไซเซอร์ลงไปในฟิล์ม (มณฑาทิพย์, 2535)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 फिल्मลิพิด

ส่วนใหญ่ฟิล์มลิพิดจะใช้ในการขึ้นรูปแบบการเคลือบ เช่น การเคลือบผักและผลไม้ การเคลือบอาหารด้วยลิพิดเพื่อป้องกันการถ่ายเทความชื้น ลดการเสียดสีกันของผิวผลไม้ระหว่างการขนส่ง และป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้บางชนิด ตัวอย่างฟิล์มลิพิด ได้แก่ ฟิล์มไข ความชื้นจะซึมผ่านได้ต่ำมากโดยเฉพาะไฮพาราฟินและขี้ผึ้ง สารตั้งผิวเป็นฟิล์มลิพิดอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งการใช้สารตั้งผิวเคลือบอาหารจะช่วยลดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Water activity) ที่ผิวหน้าและอัตราการระเหยน้ำ สารเคลือบที่ให้ผลดีมากที่สุด คือแอลกอฮอล์ที่มีกรดไขมันในโมเลกุล (Fatty alcohol) ที่มีคาร์บอน 16-18 ตัว เช่น กลีเซอรอลโมโนทาลมิเทต (Glycerolmonopalmitate) และกลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (Glycerolmonostearate) (Kester และ Fennema ,1986)

2.3.3 फिल्मโพลิแซ็กคาไรด์

ในการผลิตฟิล์มหรือสารเคลือบบริโภคได้ สามารถใช้โพลิแซ็กคาไรด์บางชนิดมาใช้ผลิตได้ เช่น เพคติน (Pectin) แอลจีเนต (Alginate) คาราจีแนน (Carrageenan) สตาร์ช (Starch) และอนุพันธ์ของเซลลูโลส เนื่องจากพอลิเมอร์เหล่านี้มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic polymer) จึงไม่เหมาะในการนำฟิล์มชนิดนี้มาใช้ป้องกันการซึมผ่านความชื้น คุณสมบัติที่ควรคำนึงถึงของฟิล์มบริโภคได้ ได้แก่ ความโปร่งแสงของฟิล์ม ความเรียบของแผ่นฟิล์ม การตอบสนองต่อความชื้น และการละลายน้ำเป็นต้น ฟิล์มที่ได้จะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น รส และไม่เป็นพิษ มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น เป็นมันวาว มีการซึมผ่านของออกซิเจนต่ำ การใช้งาน เช่น การทำถุงบรรจุสำหรับกาแฟ ซุปสำเร็จรูป ใส้กรอกสำหรับผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ใช้เคลือบผิวได้ เช่น ลูกพรุน ลูกกวาดผลไม้ ทำให้ไม่เหนียวติดกัน (Kester และ Fennema, 1986) ตัวอย่างฟิล์มโพลิแซ็กคาไรด์ เช่น

2.3.3.1 สตาร์ช (Starch) และ แป้ง (Flour)

2.3.3.1.1 Starch เป็นโพลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) พบที่ส่วนของหัว (Cereal grain) เช่น มันฝรั่ง (Potato) มันเทศ (Sweet potatoes) มันสำปะหลัง (Cassava) และเมล็ด (Tuber crops) เช่น ข้าว (Rice) ข้าวโพด (Corn) ข้าวสาลี (Wheat) ถั่วเขียว (Mung bean) โมเลกุลของสตาร์ชจะประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic bond) มีโครงสร้างโมเลกุล 2 รูปแบบ คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) โดยโมเลกุลทั้ง 2 รูปแบบจะรวมตัวกันอยู่เป็นเม็ดแป้ง (Starch granule) (รุ่งนภา และคณะ, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้าง สตาร์ช (Starch)

โครงสร้างสตาร์ช (Starch) จะประกอบไปด้วยอะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพกทิน (Amylopectin) อะไมโลสมีคุณสมบัติเป็นฟิล์มได้ด้วยตัวเอง (Self supporting film) ใช้เป็นวัตถุดิบในการเตรียมฟิล์มได้ ส่วนสตาร์ชก่อนเตรียมฟิล์มจะต้องมีการแยกส่วน (Fractionation) อะไมโลสจากสตาร์ชก่อนนำมาเตรียมฟิล์ม ลักษณะของฟิล์มอะไมโลสจะมีลักษณะใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นรส ไม่เป็นพิษ มีความแข็งแรงยืดหยุ่น และเป็นมันวาว ออกซิเจนซึมผ่านฟิล์มได้ต่ำ ฟิล์มอะไมโลสสามารถนำไปใช้งาน เช่น ทำถุงใส่ซากาแฟ ผลิตไส้เทียนสำหรับทำไส้กรอก ใช้เคลือบผลไม้ (Buleon และคณะ, 1998)

ตารางที่ 2.1 ประเภทของสตาร์ชในอาหารเมื่อพิจารณาตามความสามารถในการถูกย่อย

ประเภทสตาร์ช	แหล่งของสตาร์ช	การย่อยในลำไส้เล็ก
สตาร์ชที่ถูกย่อยได้อย่างรวดเร็ว (Rapidly digestible starch : RDS)	อาหารที่มีส่วนประกอบของสตาร์ชเมื่อผ่านการหุงต้มใหม่ๆ	สามารถถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วไปเป็นน้ำตาลกลูโคสภายใน 20 นาที
สตาร์ชที่ถูกย่อยได้อย่างช้าๆ (Slowly digestible starch : SDS)	สตาร์ชจากธัญพืชดิบ ผลิตภัณฑ์เส้นที่ทำสุก	สามารถถูกย่อยสลายได้อย่างช้าๆไปเป็นน้ำตาลกลูโคสได้อย่างสมบูรณ์โดยใช้เวลาดังแต่ 20 ถึง 110 นาที
สตาร์ชที่ไม่สามารถถูกย่อยได้ (Resistant starch : RS)	เมล็ดธัญพืชที่ถูกบดหรือสตาร์ชที่เกิดการคืนตัว	ทนต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ในลำไส้เล็ก

ที่มา: Enlyst และ Hudson, 1992

2.3.3.1.2 Flour คือ แป้งข้าว (Rice flour) ได้จากการโม่เมล็ดข้าวแบบโม่เปียกเหมือนแป้งข้าวโพดที่ได้จากการโม่เปียก แป้งข้าวใช้ทำขนมและอาหาร ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นส่วนประกอบในแป้งฝุ่นสำหรับเด็ก และผ้าทอ (ผ้าฝ้าย) แป้งที่ใช้มากในอาหารได้แก่ แป้งสาธิต แป้งข้าวเจ้า และแป้งข้าวเหนียว นิยมใช้แป้งข้าวเจ้าประกอบอาหาร เช่น การทอด และการนึ่ง การนึ่งเมื่อแป้งเย็นจะมีลักษณะเกิดเป็นแผ่นฟิล์มใส เป็นมัน และแป้งข้าวเหนียวจะใช้ในการทำขนมต่างๆ (งามชื่น, 2546)

2.4 วิธีการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มทำได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการขึ้นรูป และต้องมีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อที่จะไม่ให้ฟิล์มขึ้นรูปเร็วเกินไป ไม่เช่นนั้นผิวของฟิล์มจะไม่เรียบ เปราะ และขาดง่าย วิธีการขึ้นรูปฟิล์มที่สำคัญ มีดังนี้ (Banker, 1966)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การขึ้นรูปโดยใช้ตัวทำละลาย (Solvent casting)

นำสารละลายโพลิเมอร์ชีวภาพเหลวในแบบเพื่อทำให้เกิดแผ่นฟิล์ม แล้วใช้ลมร้อนทำให้แห้ง ฟิล์มโพลิเมอร์ชีวภาพที่ได้จะมีลักษณะใส โปร่งแสง และส่วนมากจะสามารถละลายน้ำได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของโพลิเมอร์ชีวภาพนั้น มีการเคลือบฟิล์มทับด้วยไฮพาราฟิน เพื่อช่วยในการป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำ (Zhang และคณะ, 2011)

2.4.2 การขึ้นรูปโดยกระบวนการทางความร้อน (Thermal process)

เตรียมฟิล์มโปรตีนถั่วเหลืองผสมกับกลีเซอรอลด้วยเทคนิคการอัดเบ้าร้อน พบว่าสภาวะเหมาะสมที่ใช้ในการขึ้นรูปฟิล์มคือที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 10 MPa เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งอุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส โปรตีนถั่วเหลืองจะเกิดการสลายตัว สภาวะการขึ้นรูปดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มโปรตีนไอโซเลตจากเวย์ได้เช่นกันโดยพบว่า ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานกว่า 2 นาที โปรตีนจากเวย์จะเกิดการสลายตัว (Ogale และคณะ, 2000)

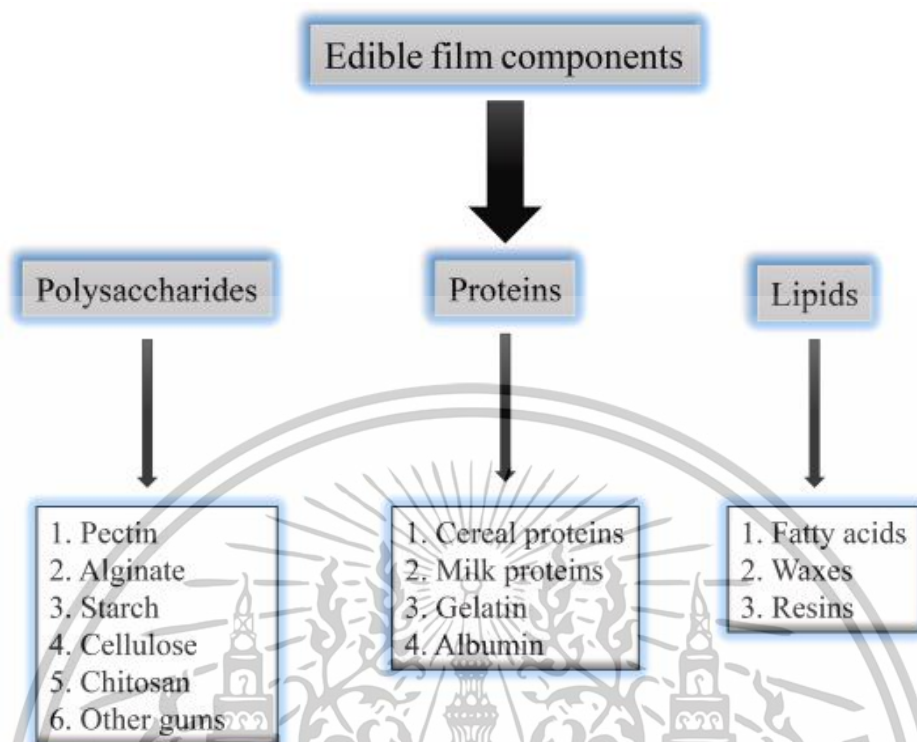
2.5 วัสดุทั่วไปที่ใช้ในฟิล์มบรีโอคได้

โดยทั่วไปฟิล์มที่บรีโอคได้จะผลิตจากสารชีวโพลิเมอร์ชนิดหนึ่งหรือหลายชนิด เช่น โพลีแซ็กคาไรด์ โปรตีนและไขมัน (Espitia, Du และคณะ, 2014)

ปัจจุบันฟิล์มบรีโอคได้เหล่านี้ถูกนำไปใช้ในอาหารประเภทต่างๆ (Dehghani และคณะ, 2018) โดยทั่วไปวัสดุชีวภาพที่ละลายน้ำได้เช่นโปรตีนและโพลีแซ็กคาไรด์ จะแสดงคุณสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้นและความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซลดลง กล่าวคือมีความสามารถในการกั้นสูงขึ้น ต่อออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ มากกว่าสารที่ไม่ชอบน้ำ อย่างไรก็ตามวัสดุชีวภาพเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการซึมผ่านของน้ำได้สูงขึ้นเนื่องจากธรรมชาติที่ชอบน้ำ และไม่เข้ากันกับสภาวะการแปรรูปอาหารอื่น ๆ เช่น ความดันสูง (Tavassoli-Kafrani และคณะ, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่พบมากที่สุดของฟิล์มบริโภคนำได้



รูปที่ 2.1 วัสดุส่วนใหญ่ที่ใช้ในการผลิตฟิล์มบริโภคนำได้

ที่มา: Espitia, Du และคณะ (2014)

แว็กซ์ (Wax) และลิพิด (Lipid) อื่นๆ ต่างจากวัสดุชีวภาพอื่นๆ คือไม่มีศักยภาพในการสร้างฟิล์ม ข้อจำกัดนี้สามารถชดเชยได้โดยการรวมกันของไบโอโพลิเมอร์ที่แตกต่างกัน การเพิ่มส่วนผสมที่ไม่ชอบน้ำ เช่น น้ำมันและแว็กซ์ และการเปลี่ยนแปลงของโพลิเมอร์ด้วยเอนไซม์เนื่องจากความมีชีวิต ตัวอย่างเช่น ซีฟิ่งและโครงสร้างของไขมันอื่นๆ สามารถรวมเข้ากับโพลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้เพื่อสร้างเกราะป้องกันความชื้นที่มีประสิทธิภาพสูง (Dehghani และคณะ, 2018)

Dehghani และคณะ (2018) ได้ศึกษาโครงสร้างของฟิล์มที่กินได้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการป้องกันอาหาร เมื่อเร็วๆ นี้มีการเพิ่มส่วนผสมบางอย่างเช่นวัสดุนาโน ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงลักษณะการป้องกันของฟิล์มที่กินได้ ตัวอย่างเช่นการรวมนาโนไฟบริลของไคตินสามารถปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล เช่นเดียวกับการกั้นไอน้ำของฟิล์มคาราจีแนน (Shankar, Reddy, Rhim และ Kim, 2015)

Aydogdu และคณะ (2020) แสดงให้เห็นว่าการเติมน้ำมันหอมระเหยลงในตัวกลางที่เป็นฟิล์มสามารถป้องกันการถ่ายเทความชื้นได้โดยการเพิ่มการไม่ชอบน้ำ ในบรรดาวัสดุชีวภาพที่ใช้ในฟิล์มกินได้ ไคโตซาน (Chitosan) และเจลาติน (Gelatin) สามารถป้องกันการถ่ายเทความชื้นได้ดี ไบโอโพลิเมอร์ธรรมชาติเหล่านี้สามารถปรับปรุงคุณภาพอาหารและอายุการเก็บรักษาเนื่องจากคุณสมบัติเชิงกลที่น่าพอใจ

ไม่มีการตีพิมพ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วย *N*-acetyl-D-glucosamine (1 4) D-glucosamine และสกัดจากแหล่งไคตินธรรมชาติเช่นเปลือกนอกของ crustacean (Sabbah et al., 2019) ไคโตซานแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติในการทำงานหลายประการโดยเฉพาะฤทธิ์ต้านจุลชีพ และเป็นส่วนประกอบหลักของฟิล์มกินได้ที่ใช้เพื่อปกป้องผลิตภัณฑ์อาหารจำนวนมาก แม้จะมีคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ที่รู้จักกันดี แต่ไคโตซานก็มีข้อบกพร่องบางประการ เช่น เสถียรภาพทางความร้อนและไอน้ำต่ำ และการสลายตัวของรังสีอัลตราไวโอเล็ตซึ่งจำกัดการใช้งาน (Espitia และคณะ, 2014)

2.6 เพกทิน (Pectin)

เพกทิน (Pectin) เป็นเฮเทอโรโพลีแซ็กคาไรด์ (Heteropolysaccharide) ที่มีโครงสร้างเป็นกรดในผนังเซลล์ของพืช สารประกอบนี้มีกรดกาแล็กทูโรนิก (Galacturonic acid) ในปริมาณสูงและสามารถสกัดได้จากเศษผักและผลไม้เช่นเปลือกและกากมัน (Espitia et al., 2014) เพกทินสามารถปรับปรุงความยืดหยุ่นและการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มที่กินได้จากโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ (เช่นไคโตซาน เจลาติน และฟิล์มแป้ง) (Lei และคณะ, 2019)

2.6.1 องค์ประกอบทางเคมีเพกทิน

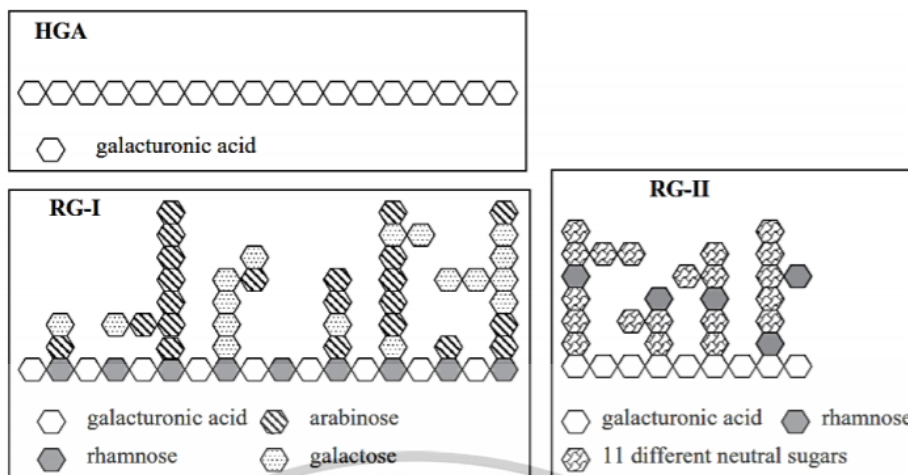
เพกทิน (Pectin) ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด เช่น กาแล็กโทส (Galactose) แรมโนส (Rhamnose) และ อาราบิโนส (Arabinose) พบตามธรรมชาติในผนังเซลล์ของพืช รวมตัวอยู่กับเซลลูโลส โดยโครงสร้างพื้นฐานของเพกทิน 3 แบบ ได้แก่ (แสดงดังรูปที่ 2.2) (Brejnholt, 2009)

2.6.1.1 Homogalacturonan (HGA) คือโพลีเมอร์ที่ต่อกันเป็นสายตรง แบบโฮโมโพลีแซ็กคาไรด์ (Homopolysaccharide) ด้วยพันธะแอลฟา-1,4 กาแล็กทูโรนิก (Galacturonic acid) โดยมีกรดกาแล็กทูโรนิกประมาณ 100 - 200 หน่วยในลามัลลาตอนกลาง (Brejnholt, 2009)

2.6.1.2 Rhamnogalacturonan I (RG-I) คือโพลีเมอร์ที่ต่อระหว่างกรดกาแล็กทูโรนิกและน้ำตาลแรมโนสโดยมีน้ำตาลประมาณ 100 หน่วยต่อเป็นกิ่งก้านออกมา ส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลกาแล็กโทสและอาราบิโนส (Brejnholt, 2009)

2.6.1.3 Rhamnogalacturonan II (RG-II) คือโพลีเมอร์ที่ต่อระหว่างกรดกาแล็กทูโรนิกประมาณ 9 หน่วยและมีน้ำตาลชนิดต่างๆ 11 ชนิดมาเชื่อมต่อ เช่น แรมโนส ไซโรส เป็นต้น มีการจัดเรียงที่หนาแน่นมาก (Brejnholt, 2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างการเรียงตัวของน้ำตาลในเพคติน

ที่มา: Brejnholt (2009)

เพกติน (Pectin) มีทั้งหมด 2 ชนิด ตามระดับเอสเทอร์ฟิเคชัน (Esterification) (degree of esterification หรือ ค่า DE) ซึ่งเอสเทอร์ฟิเคชันคือปฏิกิริยาทางชีวเคมีระหว่างกรดอินทรีย์และแอลกอฮอล์ โดยมีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ เป็นสารประกอบเอสเทอร์ ที่มีหมู่คาร์บอกซิลอิสระ (COOH) และหมู่คาร์บอกซิลที่รวมอยู่กับหมู่เมทิล (COOCH₃) ทำให้ได้เพคตินดังนี้ (Nazir และคณะ, 2017)

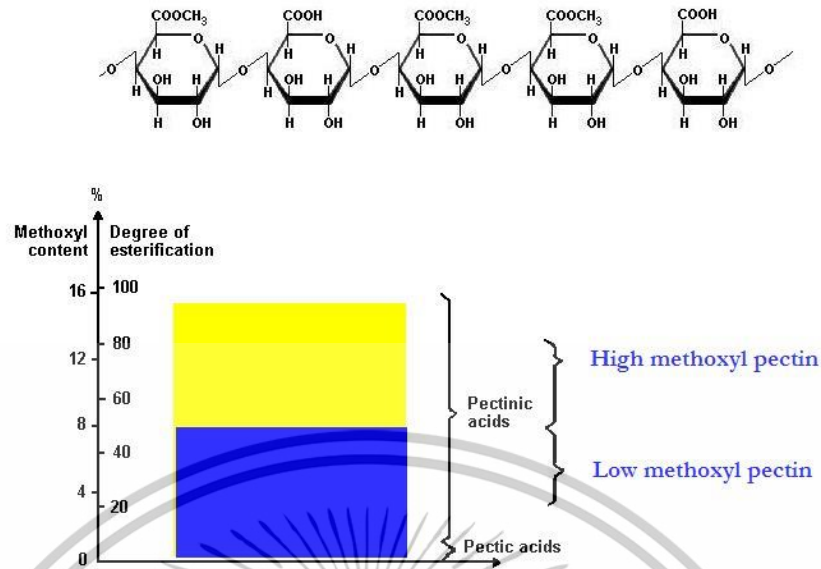
2.6.1.4 High methoxyl pectin มีระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน (ค่า DE) ร้อยละ 50 หรือมากกว่า ในพอลิเมอร์ประเภทนี้จะมีขนาดโมเลกุลที่แตกต่างกันในพอลิเมอร์ โดยจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจน และเกิดอันตรกิริยาแบบ Hydrophobic กลไกการเกิดเจลจะต้องอาศัยการเติมน้ำตาลและปรับ pH ให้อยู่ในสภาวะเป็นกรด ในแต่ละช่วงของค่า DE จะมีความสามารถเกิดเจลที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเวลาและค่า pH (Nazir และคณะ, 2017)

2.6.1.5 Low methoxyl pectin มีระดับของเอสเทอร์ฟิเคชัน น้อยกว่าร้อยละ 50 สามารถสร้างเจลได้ง่ายกว่าแบบ High methoxyl pectin แต่ต้องอาศัยประจุของแคลเซียมไอออนจึงจะเกิดเจลได้ โดยการเกิดเจลเป็นแบบ Egg-box model ในโครงสร้างจะมีประจุแคลเซียมไอออนบริเวณ junction zones (Nazir และคณะ, 2017)

2.6.2 โครงสร้างโมเลกุลเพคติน

เพกติน (Pectin) เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ประเภท Heteropolysaccharide โมเลกุลของเพกติน เป็นโพลิเมอร์ของกรดกาแลคทูโรนิก (galacturonic acid) ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) (William, 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงสูตรโครงสร้างของเพคตินและอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสภาพของเพคติน
ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com>

เพคตินที่พบในพืช ประกอบด้วย (William, 2006)

- 1) เพคติน (Pectin)
- 2) กรดเพคติก (Pectin acid)
- 3) โพรโทเพคติน (Protopectin)
- 4) กรดเพคทิินิก (Pectinic acid)

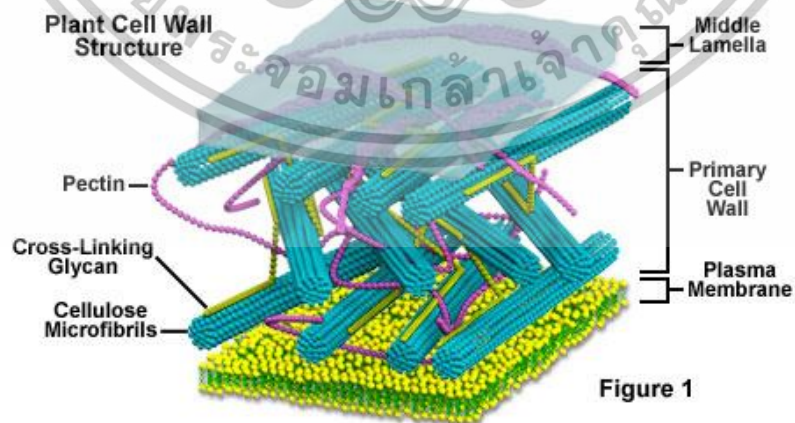


Figure 1

รูปที่ 2.4 โมเลกุลเพคตินในผนังเซลล์ (Cell wall) เนื้อเยื่อผัก ผลไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 ประโยชน์ของเพกทิน

เพกทินจัดเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ที่ใช้ในอาหารหลายประเภท การผลิตอาหารที่ใช้เพกทินจำเป็นต้องมีส่วนผสมของน้ำที่ใช้ในการละลายเพื่อให้เพกทินทำหน้าที่ในอาหาร เมื่อผสมเพกทินรวมกับน้ำ เพกทินจะเกิดการพองตัว และคลายตัวเมื่อได้รับความร้อนสูงขึ้น ทำให้เพกทินมีความข้นหนืด และเกิดเจลขึ้นได้ โดยลักษณะเจลที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solid) ค่า pH สัดส่วนระหว่างเพกทินและน้ำ เป็นต้น (Einhorn-Stoll, 2018)

2.6.4 ประโยชน์การนำเพกทินไปใช้ในอาหาร

เพกทินใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (Food additive) เพกทินที่สกัดจากเปลือกผลไม้ตระกูลส้ม (Citrus) หัวบีท (Beet) และกากของแอปเปิ้ลที่คั้นน้ำแล้ว (Apple pomace) นำไปผลิตเป็นการค้า (Einhorn-Stoll, 2018)



รูปที่ 2.5 การเกิดอันตรกิริยาของเพกทินในอาหาร

ที่มา: Einhorn-Stoll (2018)

2.6.5 วัตถุประสงค์การใช้เพกทินในอาหาร (จิราภรณ์, 2554)

2.6.5.1 ในอุตสาหกรรมอาหารใช้เพกทินเป็นส่วนผสมเพื่อให้เนื้ออาหารมีลักษณะ รสสัมผัสตามที่ต้องการ

2.6.5.2 ในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมใช้เพกทินเสริมสุขภาพ

2.6.5.3 ในยาและเครื่องสำอางใช้เพกทิน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ เช่น

- ใช้เป็นสารก่อเกิดอิมัลชัน (Emulsifier)
- ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (Gelling agent)
- ใช้เป็นสารทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัว (Stabilizer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.6 สรรพคุณเพกทิน

2.6.6.1 เพกทินช่วยลดอัตราการย่อย และอัตราเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (พรศักดิ์, 2544)

2.6.6.2 เพกทินช่วยลดอัตราดูดซึมน้ำตาลเข้าสู่กระแสเลือด (พรศักดิ์, 2544)

2.6.6.3 เพกทินช่วยยับยั้งเซลล์มะเร็ง และการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็ง (พรศักดิ์, 2544)

2.6.6.4 เพกทินช่วยลดคอเลสเตอรอล และระดับน้ำตาลในเลือด (ดวงจันทร์, 2545)

นอกจากนี้ยังมีการนำโปรตีนจากนม เช่น เคซีน (Casein) และเวย์ (Whey) มาใช้ในการผลิตฟิล์มที่กินได้ ฟิล์มที่มีโปรตีนเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพเชิงกลสูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากลักษณะที่ขอบน้ำในองค์ประกอบของพวกมันทำให้มีการกีดขวางไอน้ำที่ไม่ดี อาจมีการผสมลิพิดลงไปในฟิล์มที่กินได้เพื่อลดคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำของโปรตีนในนม (Brink และคณะ, 2019)

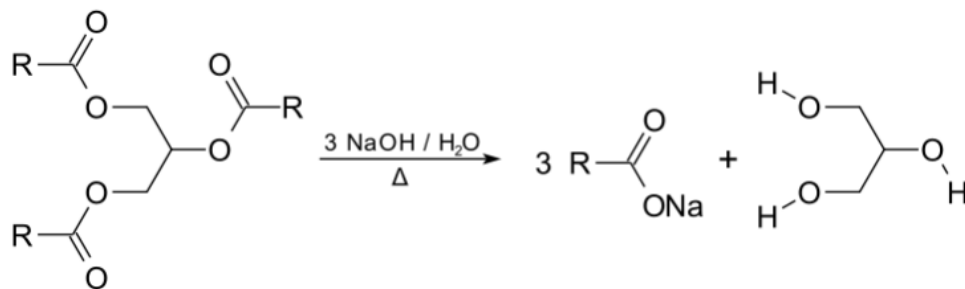
แบ่งเป็นวัสดุชีวภาพทั่วไปอีกชนิดหนึ่งที่ใช้สำหรับการผลิตฟิล์มที่บริโภคได้ (Pagno และคณะ, 2015) แบ่งเป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในฟิล์มย่อยสลายทางชีวภาพเนื่องจากคุณสมบัติเชิงกลที่ดีและต้นทุนต่ำกว่า แม้ว่าจะมีความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำต่ำ และมีลักษณะชอบน้ำสูง (Santana และคณะ, 2018)

ส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างของฟิล์มกินได้คือพลาสติกไฮดรอกซีที่ให้ความยืดหยุ่นแก่ฟิล์ม กลีเซอรอลทำหน้าที่เป็นพลาสติกไฮดรอกซีโดยลดพันธะไฮโดรเจนภายในและแรงระหว่างโมเลกุล การไม่มีพลาสติกไฮดรอกซีทำให้ฟิล์มเปราะ ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นของพลาสติกไฮดรอกซีให้เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ให้มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ต้องการ (Nazmi และ Sarbon, 2019)

2.7 กลีเซอรอล (Glycerol)

กลีเซอรอล (Glycerol) หรือกลีเซอริน (Glycerin) กลีเซอรอลเป็นส่วนประกอบหลักในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ซึ่งได้จากการรวมตัวของกลีเซอรอลกับกรดไขมัน (Fatty acid) 3 โมเลกุล เป็นสารที่เป็นของเหลวใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี มีรสหวานนิดหน่อย มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นพอลิโออล (Polyol) ในโมเลกุลมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) 3 หมู่ ละลายน้ำและดูดจับน้ำได้ดี (Hydroscopic) (ศิริพร, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การเกิดกลีเซอรอลจากไตรกลีเซอไรด์

ที่มา: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:SaponificationGeneral.svg>

2.7.1 การนำกลีเซอรอลไปใช้ในอาหาร

2.7.1.1 ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร (Food additive) เช่น (นรินนาม, 2550)

- ใน liqueur เป็นสารที่ทำข้นหนืด (Thickening agent)
- เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier)
- เป็นสารให้ความหวาน (Sweetener)
- ป้องกันไม่ให้อาหารแห้ง เป็นสารเก็บความชื้น (Humectant)

2.7.1.2 เป็นไครโอโพรเทกแทนต์ (Cryoprotectant) โดยลดจุดเยือกแข็ง (Freezing point) ให้ต่ำลง เป็นสารที่ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็ง

2.7.1.3 ใช้เพื่อผลิตโมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ ซึ่งใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์

ไบโอโพลีเมอร์บางชนิดมีฤทธิ์ต้านจุลชีพโดยธรรมชาติ ตัวอย่างเช่นฤทธิ์ต้านจุลชีพของเจลาตินเกี่ยวข้องกับกลุ่มอะมิโนภายในกลุ่มโอลิโกเปปไทด์ ไคโตซานป้องกันการเติบโตของจุลินทรีย์ เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอะมิโนที่มีประจุบวกกับโมเลกุลที่มีประจุลบบนเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตาม หลักฐานเชิงประจักษ์พบว่าวัสดุชีวภาพเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านจุลชีพที่ต่ำกว่าเมื่อใช้ในฟิล์ม บริโภคได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มสารประกอบในโครงสร้างของฟิล์มที่กินได้ เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร (Pereda et al., 2011)

การเคลือบฟิล์มที่รับประทานได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในอาหารที่เน่าเสียง่ายเนื่องจากมีผลดีต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลือบได้รับการศึกษาในการถนอมเนื้อสัตว์ปีกและผลิตภัณฑ์เนื่องจากมีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันและการเปลี่ยนแปลงทางจุลชีววิทยาในระหว่างการเก็บรักษา (Nisa และคณะ, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ลักษณะของฟิล์มที่รับประทานได้

ฟิล์มและสารเคลือบที่บริโภคได้ถูกนำมาใช้เพื่อปกป้องอาหารจากสภาวะที่ไม่เอื้ออำนวย ในขณะที่เดียวกันก็มีการเก็บรักษาและทำให้สดใหม่ตลอดอายุการเก็บรักษา วัตถุประสงค์การใช้งานของฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้จะแตกต่างกันไปตามข้อกำหนดของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ลักษณะทางธรรมชาติของวัสดุขึ้นรูปฟิล์มอาจจำกัดคุณสมบัติการป้องกันอันเนื่องมาจากกลไกของความชื้นและก๊าซ เช่น อาหารที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงมาก จำเป็นต้องใช้ฟิล์มที่มีการต้านทานการซึมผ่านออกซิเจนสูง เป็นต้น ฟิล์มหรือสารเคลือบที่รับประทานได้ต้องมีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนดบางประการสำหรับใช้กับอาหาร ฟิล์มหรือสารเคลือบที่กินได้ในอุดมคติ (Erkmen O และ Bozoglu, 2016)

- 2.8.1 ควรมีความปลอดภัยในการบริโภค
- 2.8.2 ควรจะปลอดสารพิษ ไม่แพ้ สามารถย่อยสลายได้
- 2.8.3 ไม่ควรส่งผลเสียต่อคุณลักษณะที่จำเป็นสำหรับผู้บริโภค เช่น กลิ่น รส รส และลักษณะที่ปรากฏ
- 2.8.4 เสริมคุณค่าทางอาหาร
- 2.8.5 ใช้หุ้มอาหารโดยการแยกออกเป็นแต่ละชิ้น เช่น ถั่ว สตรอเบอร์รี่
- 2.8.6 สามารถรับประทานคู่กับอาหารได้
- 2.8.7 เพิ่มคุณสมบัติทางโภชนาการของอาหาร
- 2.8.8 เก็บรักษาอาหารได้นาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.9 สมบัติสำคัญของฟิล์มพอลิเมอร์ชีวภาพ

2.9.1 สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์

2.9.1.1 ความหนา (Thickness) หมายถึง ระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของฟิล์ม มีหน่วยเป็นไมโครเมตรหรือมิลลิเมตร ความหนาของฟิล์มจะมีส่วนสัมพันธ์กับสมบัติอื่น เช่น การต้านทานแรงดึงขาด อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ เป็นต้น (Guilbert, 1986)

2.9.1.2 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapor transmission rate) คือปริมาณไอน้ำที่ซึมผ่านฟิล์มจากผิวหน้าของฟิล์มด้านหนึ่งไปยังผิวอีกด้านหนึ่งของฟิล์ม ภายใต้อุณหภูมิที่กำหนด และความชื้นสัมพัทธ์ มีหน่วยเป็นน้ำหนัก/พื้นที่×เวลา (Guilbert, 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.3 อัตราการซึมผ่านแก๊ส (Gas transmission rate) คือ ปริมาณของแก๊สที่ซึมผ่านจากผิวหน้าของฟิล์มไปยังผิวอีกหน้าอีกด้านหนึ่งของฟิล์ม ต่อหน่วยพื้นที่ผิวฟิล์ม ภายใต้ผลต่างของความดัน มีหน่วยเป็น ปริมาตร/พื้นที่×เวลา เรียกว่า ความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซผ่านฟิล์ม (Gas permeability) โดยแก๊สที่ซึมผ่านได้ เช่น แก๊สออกซิเจน (Oxygen) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide) แก๊สไนโตรเจน (nitrogen) เป็นต้น (Guilbert, 1986)

2.9.1.4 การละลายของฟิล์ม (Water solubility) คือ การคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของฟิล์มแห้ง หลังจากนำไปละลายน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับน้ำหนักฟิล์มเริ่มต้นก่อนทำการละลาย (Gontard และคณะ, 1992)

2.9.2 สมบัติทางกล

2.9.2.1 ความต้านทานแรงดึงขาด (Tensile strength) ความต้านทานแรงดึงคือความเค้นที่ใช้ในการดึงฟิล์มที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งของฟิล์มที่ทดสอบ ความกว้างจะคงที่จนกว่าฟิล์มจะแตกภายใต้สภาวะการทดสอบที่กำหนด มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางเมตร การเพิ่มพลาสติกไซเซออร์ลงในโครงสร้างตาข่ายส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงลดลง เมื่อเทียบกับฟิล์มที่ไม่มีพลาสติกไซเซออร์ (Guilbert, 1986)

2.9.2.2 การยืดตัว (Elongation) คือเปอร์เซ็นต์ของระยะทางที่ฟิล์มถูกยืดออกด้วยความต้านทานแรงดึงจนขาดถึงความยาวเดิม ถ้าฟิล์มยืดน้อย ฟิล์มจะเปราะและไม่ยืดหยุ่น การเติมพลาสติกไซเซออร์ทำให้มีความแข็งแรง พันธะระหว่างสายโซ่โมเลกุลลดลงแต่ส่งผลให้มีสายโซ่โพลีเมอร์เคลื่อนที่ได้มากขึ้น (Guilbert, 1986)

2.10 สารต้านจุลชีพ

ผลิตภัณฑ์อาหารส่วนใหญ่มีคุณภาพลดลง เนื่องจากไม่ใช้ภาชนะและวิธีการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับอาหาร หรืออาหารไม่ได้ถูกแปรรูปเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อน ไม่ได้ทำลายปฏิกิริยาเคมีที่มีอยู่ในอาหารนั้นด้วยกระบวนการที่ถูกต้องเสียก่อน เมื่อเก็บอาหารไว้เป็นเวลานานอาจทำให้เกิดการเสื่อมสภาพหรือเน่าเสียได้ สังเกตได้จากกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสของอาหาร หรือลักษณะของอาหารที่ผิดปกติ ทั้งนี้เป็นเพราะอาหารเน่าเสียส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหาร การใช้สารต้านจุลชีพ (antimicrobial agents) ใช้เพื่อชะลอการเน่าเสียหรือยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร รวมถึงสามารถช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และเน่าเสียของอาหาร (ศิวาพร, 2546)

2.11 สารยับยั้งจุลินทรีย์จากธรรมชาติ และการประยุกต์ใช้ในฟิล์มและบรรจุภัณฑ์

ปัจจุบันมีสารต้านจุลชีพจำนวนมากที่ถูกใช้ โดยมักใช้ในอาหาร ยา และเครื่องสำอาง แหล่งที่มาของสารยับยั้งจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ได้แก่ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์บางชนิด สารต้านจุลชีพที่ต่างกันมีประสิทธิภาพ

ในการต้านจุลชีพต่างกันจึงส่งผลต่อจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน ไม่มีสารต้านจุลชีพที่สามารถใช้ได้กับจุลินทรีย์ทุกประเภท จึงควรเลือกสารยับยั้งให้เหมาะกับเชื้อที่ต้องการยับยั้ง สิ่งสำคัญที่ควรพิจารณา คือ ชนิดเชื้อจุลินทรีย์ เป้าหมายและลักษณะกลไกการทำงาน (Han, 2003)

2.12 ถั่วเขียว

ชื่อสามัญ : ถั่วเขียว (Mung bean, Green bean, Green gram)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Vigna radiata* (L.) Wilczek

อยู่ในวงศ์ถั่ว Fabaceae หรือ Leguminosae (นันทวรรณ, 2016)

ถั่วเขียว (Mung bean) เป็นพืชตระกูลถั่วที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน เมล็ดถั่วเขียวอุดมไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน แร่ธาตุและเส้นใยอาหาร (Dahiya และคณะ, 2015) ซึ่งมีส่วนช่วยในการรับประทานอาหารประจำวันอย่างสมดุล นอกจากนี้ถั่วเขียวยังมีกรดฟีนอลิก (Phenolic acid) ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) และแทนนิน (Tannin) ในปริมาณสูง (Hou และคณะ, 2019) ซึ่งมีคุณสมบัติทางชีวภาพบางอย่าง เช่น ต้านการอักเสบ เป็นยาลดความดันโลหิต และยาลดไขมัน (Tang, Dong, Ren, Li และ He, 2014). อย่างไรก็ตามถั่วเขียวยังมีสารประกอบต้านพิษ เช่น สารยับยั้งทริปซิน (Trypsin) กรดไฟติก (Phytic acid) แอลฟา-กาแล็กโทไซด์ส α -galactosidase ซึ่งอาจลดความสามารถในการย่อยและการดูดซึมสารอาหาร (Hou และคณะ, 2019 ; Vidal-Valverde และคณะ, 2003) ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการหลายวิธีเพื่อกำจัดสารประกอบต้านพิษในถั่วเขียว เช่น การแช่น้ำ บุงสุก แปรรูป หมักหรือออก (Hou และคณะ, 2019)

การปลูกถั่วเขียวมีมาช้านานแล้ว นิยมเก็บถั่วเขียวด้วยมือแล้วนำไปตากให้แห้ง จากนั้นนำเมล็ดออกจากฝักด้วยเครื่องหรือเขย่าผ่านรูตะแกรง เมล็ดนอกจากจะนำมาประกอบอาหารแล้วยังนิยมปลูกเป็นถั่วงอกจำหน่าย (อัจฉรา, 2548)

2.12.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วเขียว

2.12.1.1 ต้นถั่วเขียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 2.7 ต้นถั่วเขียวนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงที่มา: <https://medthai.com> เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำต้น ถั่วเขียวเป็นพืชล้มลุก มีลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านเป็นพุ่ม ความสูงของลำต้นประมาณ 30 ถึง 150 เซนติเมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ ลำต้นเป็นเหลี่ยมมีสีเขียว และมีขนอ่อนปกคลุม ในบางสายพันธุ์อาจมีลักษณะลำต้นเลื้อย เป็นพืชอายุสั้นประมาณ 65-70 วัน สามารถปลูกได้ตลอดปี ใช้น้ำน้อย และทนแล้งได้ดี (นันทวรรณ, 2016)

2.12.1.2 ใบถั่วเขียว



รูปที่ 2.8 ใบถั่วเขียว

ที่มา: <https://medthai.com>

ใบมีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม ลักษณะใบคล้ายรูปไข่ ตามก้านและใบจะมีขนสีขาว ใบจริงคู่แรกเป็นใบเดี่ยวจะเกิดอยู่ตรงข้ามกัน ถัดขึ้นไปทั้งหมดจะเป็นใบจริง (นันทวรรณ, 2016)

2.12.1.3 ดอกถั่วเขียว



รูปที่ 2.9 ดอกถั่วเขียว

ที่มา: <https://medthai.com>

ดอกลักษณะเป็นช่อ เกิดที่ปลายยอดของลำต้นหรือกิ่งก้าน เกิดดอกเป็นกลุ่มหลายดอก กลีบดอกมีสีเหลือง สีขาว และสีม่วง มีกลีบ 5 กลีบ ดอกที่บานมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ถึง 2 เซนติเมตร (นันทวรรณ, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.1.4 ฝักถั่วเขียว



รูปที่ 2.10 ฝักถั่วเขียว

ที่มา: <https://medthai.com>

ฝักเมื่อแก่จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลอ่อน จนถึงสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ ตามอายุ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์นั้น โดยเฉพาะถั่วเขียวผิวมัน ฝักจะมีรูปร่างกลมยาว ปลายฝักอาจโค้งงอเล็กน้อย โดยในฝักหนึ่ง ๆ จะมีเมล็ดอยู่ประมาณ 10-15 เมล็ด ส่วนถั่วเขียวผิวดำฝักจะตรง และสั้นกว่าถั่วเขียวผิวมัน (นันทวรรณ, 2016)

2.12.1.5 เมล็ดถั่วเขียว



รูปที่ 2.11 เมล็ดถั่วเขียว

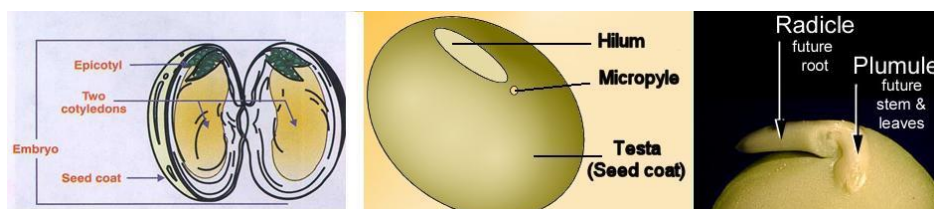
ที่มา: <https://medthai.com>

ไฮลัม (Hilum) คือด้านเว้าของเมล็ดถั่วเขียว มีสีขาว ผิวเมล็ดมีทั้งมันและด้าน เยื่อหุ้มเมล็ดมีหลายสี เช่น สีเหลือง สีเขียว สีน้ำตาล สีดำ หรือสีแดง โดยเมล็ด 100 เมล็ดจะมีน้ำหนักประมาณ 2-8 กรัม (นันทวรรณ, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 โครงสร้างของเมล็ดถั่วเขียว

เมล็ดถั่วเขียว มีโครงสร้างแบบถั่วเมล็ดแห้ง โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้ (เกียรติคุณ, 2556)



รูปที่ 2.12 ภาพแสดงส่วนประกอบหลักของถั่วเมล็ดแห้ง (legume)

ที่มา: <http://www.foodnetworksolution.com>

2.12.3 องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม

หลักการ	คุณค่าทางโภชนาการ	เปอร์เซ็นต์ของ RDA
พลังงาน	31 กิโลแคลอรี	1.5 %
คาร์โบไฮเดรต	7.13 กรัม	5.5 %
โปรตีน	1.82 กรัม	3 %
ไขมันทั้งหมด	0.34 กรัม	1 %
คอเลสเตอรอล	0 มิลลิกรัม	0 %
เส้นใยอาหาร	3.4 กรัม	9 %
วิตามิน		
ไทอามีน	0.084 มิลลิกรัม	7 %
วิตามินเอ	690 IU	23 %
วิตามินซี	16.3 มิลลิกรัม	27 %
วิตามินเค	14.4 ไมโครกรัม	12 %
แร่ธาตุ		
แคลเซียม	37 มิลลิกรัม	3.7 %
เหล็ก	1.04 มิลลิกรัม	13 %
แมกนีเซียม	25 มิลลิกรัม	6 %
แมงกานีส	0.214 มิลลิกรัม	9 %
ฟอสฟอรัส	38 มิลลิกรัม	6 %
สังกะสี	0.24 มิลลิกรัม	2 %

ที่มา : ฐานข้อมูล USDA National Nutrient

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.4 สรรพคุณของถั่วเขียวมีดังต่อไปนี้ (เดชา, 2013)

2.12.4.1 มีธาตุเหล็กช่วยให้พลังงานแก่ร่างกาย

2.12.4.2 ถั่วเขียวเต็มไปด้วยซิลิกอนชนิดที่ดูดซึมได้ง่าย ซึ่งมีความสำคัญต่อการสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่แข็งแรง เสริมสร้างเล็บและส่งเสริมสุขภาพผิว

2.12.4.3 ถั่วเขียวอุดมไปด้วยวิตามินเค ซึ่งกระตุ้นออสทีโอแคลซิน (Osteocalcin) เสริมสร้างกระดูก

2.12.4.4 ช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจ

2.12.4.5 ช่วยให้เจริญอาหาร

2.12.4.6 ลดความดันโลหิต

2.12.4.7 ถั่วเขียวที่อุดมไปด้วยแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของเม็ดสี (สภาพที่ทำให้การมองเห็นและการทำงานของตาลดลง) และอุดมไปด้วยลูทีน (Lutein) และซีแซนทีน (Zeaxanthin) ซึ่งช่วยรักษาสายตาและการมองเห็นตอนกลางคืนที่ดี

2.12.4.8 มีแมกนีเซียม (Magnesium) ช่วยให้ร่างกายทำงานได้เป็นปกติ

2.12.4.9 ถั่วเขียวมีฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) จำนวนมากมีคุณสมบัติด้านการอักเสบควบคุมการทำงานของลิ้มเลือดอุดตันในเซลล์ และป้องกันลิ้มเลือดอุดตันในหลอดเลือดแดง

2.12.4.10 มีสารต้านอนุมูลอิสระป้องกันการทำลายของอนุมูลอิสระ

2.12.5 ประโยชน์ของถั่วเขียว (เดชา, 2013)

2.12.5.1 ถั่วเขียวประกอบด้วยซาโปนิน แกมมา-โทโคฟีรอล (γ -tocopherol) และไฟโตสเตอรอล (Phytosterols) ซึ่งเป็นสารประกอบทั้งหมดที่มีคุณสมบัติด้านการก่อมะเร็ง

2.12.5.2 ถั่วเขียวสามารถกระตุ้นการเผาผลาญที่เป็นประโยชน์ในผู้ป่วยเบาหวาน

2.12.5.3 ถั่วเขียวมีโครเมียม (Chromium) ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการรักษาภาวะซีมเศร้าและส่งเสริมสุขภาพสมอง

2.12.5.4 ถั่วเขียวอุดมไปด้วยโฟเลต (Folate) ซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญในระหว่างตั้งครรภ์ โฟเลตมีหน้าที่ในการผลิตเซลล์เม็ดเลือดแดงในร่างกายมนุษย์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทในการพัฒนาระบบประสาทของตัวอ่อน โฟเลตที่เพียงพอช่วยลดความเสี่ยงของข้อบกพร่องของท่อประสาทในทารก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.5.5 ถั่วเขียวอุดมไปด้วยไฟเบอร์ช่วยปรับปรุงสุขภาพของหัวใจโดยการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

2.13 ผักเหลียงหรือผักเหมียง

ชื่อท้องถิ่น : ผักเหลียง ,ผักเปรียง ,ผักเข็ญ, ผักเหมียง, กะเหรียง (สุธาชีพ, 2527)

ชื่อสามัญ : Baegu

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Gnetum gnemon* var. *tenerum* Markgr.

ชื่อวงศ์ : Gnetaceae

ผักเหลียงเป็นพืชป่าพื้นเมืองในทวีปเอเชีย เดิมทีได้ตีในสภาพอากาศร้อนและชื้น มี 2 สายพันธุ์ที่สามารถนำมารับประทานได้ จาก 6 สายพันธุ์ คือ *Gnetum gnemon* var. *gnemon* เป็นสายพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศอินโดนีเซีย ประเทศมาเลเซีย ประเทศฟิลิปปินส์ ประเทศปาปัวนิวกินี และหมู่เกาะบอร์เนียว และ *Gnetum gnemon* ที่พบการแพร่กระจายบริเวณเชิงเขา และที่ราบทางภาคใต้ของประเทศไทย บริเวณจังหวัดชุมพร จังหวัดระนอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดกระบี่ และจังหวัดพังงา ปัจจุบันมีการปลูกทั้งทางภาคกลาง ภาคอีสาน และภาคเหนือเพิ่มมากขึ้นด้วย (สุธาชีพ, 2527)

ต้นผักเหลียงหรือผักเหมียง เป็นพันธุ์ไม้ป่า พบได้บริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ บริเวณเนินเขาและที่ราบ เจริญเติบโตในที่ที่มีร่มไม้และมีฝนตกชุก และจะมีการปลูกแถบจังหวัดภาคใต้ฝั่งตะวันตกมากกว่าฝั่งตะวันออกเพราะมีปริมาณฝนเหมาะสมกว่า (กุล, 2536)

คนใต้จะนิยมนำผักเหลียงมาประกอบอาหาร เช่น ใส่ในห่อหมก ทำใบเหลียงผัดไข่ แกงเคียดหรือประกอบในเมนูต้มกะทิ หรือใช้นำมากินเป็นผักเคียงกับขนมจีนน้ำยาปักษ์ (กุล, 2536)

2.13.1 ลักษณะทั่วไปของผักเหลียง



รูปที่ 2.13 ต้นผักเหลียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มา: สุธาชีพ ศุภเกษร (2527)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1.1 ต้นผักเหลียง

ต้นผักเหลียงเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ลักษณะเป็นทรงพุ่มสั้นมีลำต้นขนาด 10 ถึง 30 มิลลิเมตร สูงประมาณ 2 ถึง 3 เมตร ลำต้นและกิ่งก้านเป็นปล้อง ลำต้นแตกกิ่งก้านมาก และแผ่ออก ด้านข้างจนมีลักษณะเป็นทรงพุ่มทึบ เปลือกลำต้นเรียบเป็นไม้เนื้ออ่อนมีสีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ (กุล, 2536)



รูปที่ 2.14 ใบผักเหลียง

ที่มา: สุธาชีพ ศุภเกษร (2527)

2.13.1.2 ใบผักเหลียง

ใบผักเหลียงเป็นใบเลี้ยงคู่ เรียงตัวแบบตรงข้าม ใบออกจากปลายยอดของต้นและ กิ่ง ใบเรียวยาวแหลมรูปรี เนื้อของใบเหนียวคล้ายแผ่นหนัง ใบแก่มีสีเขียวเข้ม ใบอ่อนมีสีแดงอมน้ำตาลส้ม มีรส หวานมัน (กุล, 2536)



รูปที่ 2.15 ดอกผักเหลียง

ที่มา: สุธาชีพ ศุภเกษร (2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1.3 ดอกฝักเหียง

ดอกฝักเหียงมีขนาดเล็ก กลีบดอกสีขาว ออกเป็นช่อตามข้อของกิ่ง ปกติดอกฝักเหียงตัวผู้และตัวเมียจะแยกออกจากกัน ต้นที่ออกดอกตัวผู้ก็จะมีเกสรตัวผู้สมบูรณ์กว่าเกสรตัวเมีย ส่วนต้นที่ออกดอกตัวเมียคือต้นที่เกสรตัวเมียสมบูรณ์กว่าเกสรตัวผู้ ช่วงที่ดอกฝักเหียงเริ่มออกคือช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม และจะขยายพันธุ์ต่อไปในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน (กุล, 2536)



รูปที่ 2.16 ผลฝักเหียง

ที่มา: สุธาชีพ ศุภเกษร (2527)

2.13.1.4 ผลฝักเหียง

ผลอ่อนจะมีเปลือกสีเขียว เมื่อแก่จัดจะมีสีเหลืองทั้งเนื้อผลและเปลือก เนื้อผลมีรสหวาน ลักษณะผลของฝักเหียงเป็นรูปกระสวย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ถึง 1.5 เซนติเมตร และยาว 3.5 เซนติเมตร ถึง 4 เซนติเมตร การติดผลนั้นจะไม่แน่นอน ถ้ามีฝนตกชุกการติดผลก็จะลดลงหรืออาจจะไม่ติดเลย (กุล, 2536)



รูปที่ 2.17 เมล็ดฝักเหียง

ที่มา: สุธาชีพ ศุภเกษร (2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.1.5 เมล็ดผักเหลียง

เมล็ดผักเหลียงมีลักษณะเป็นรูปไข่หรือกระสวยเปลือกหุ้มบาง เมล็ดกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร และยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร เมล็ดจะงอกค่อนข้างช้าและใช้เวลานาน (กุล, 2536)

2.13.2 ผักเหลียงมีประโยชน์ดังต่อไปนี้ (พีรดา, 2555)

2.13.2.1 ใช้ประกอบเป็นอาหาร เช่น แกงเลียง ผัดใส่ไข่ แกงจืด และแกงไตปลา เป็นต้น

2.13.2.2 ช่วยบำรุงร่างกาย แก้อาการท้องอืด แก้อาการขาดน้ำ

2.13.2.3 ใบเหลียงมีสารเบต้าแคโรทีนสูงช่วยบำรุงสายตา

2.13.2.4 มีปริมาณแคลเซียมสูง ช่วยบำรุงกระดูก

2.13.2.5 ช่วยบำรุงร่างกาย และแก้โรคชางในเด็ก

2.13.2.6 ใบเหลียงเป็นสมุนไพรที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จึงดีต่อสุขภาพผิวพรรณ

2.13.2.7 ใบเหลียงช่วยบำรุงหัวใจ ทำให้หลอดเลือดมีสุขภาพดี

2.13.2.8 ช่วยแก้กระหายน้ำ แก้อ่อนเพลีย

2.13.2.9 ปลูกเสริมรายได้ และไว้รับประทานในครัวเรือน

สรุปโดยรวมคือ คุณค่าทางโภชนาการ เหมาะสำหรับเด็กที่กำลังเจริญเติบโตและผู้ที่มีปัญหาในเรื่องสายตาหรือการขาดวิตามินเอ เนื่องจากผักเหลียงใบเขียวเข้มนั้นจะอุดมไปด้วยสารเบต้าแคโรทีนที่สูงมาก เหมาะกับผู้ที่มีการ ตาล้า มองภาพไม่ชัดในเวลากลางคืน หรือตาฝ้าฟาง (พีรดา, 2555) สรรพคุณทางยาของผักเหลียงช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงกระดูก บำรุงเส้นเอ็น สายตาและแก้โรคชางในเด็ก เป็นต้น (วีรเกียรติ เสถียรธรรานนท์, 2541) นอกจากนี้ประโยชน์ทางการเกษตรจะมีการปลูกผักเหลียงเพื่อป้องกันการกัดเซาะหน้าดิน ช่วยให้หน้าดินแข็ง ปลูกเป็นผลผลิตทางการเกษตร ไว้จำหน่าย และประกอบอาหารในครัวเรือน (วีรเกียรติ, 2541)

ตารางที่ 2.3 คุณค่าทางโภชนาการผักเหลียง (ใบ 100 กรัม)

คุณค่าทางโภชนาการ	
พลังงาน	400.61 แคลอรี
โปรตีน	6.56 กรัม
ไขมัน	1.17 กรัม
ไม่ทราบกรณใดๆ ทั้งสิ้น	คาร์โบไฮเดรตให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
	90.96 กรัม

วิตามิน	
วิตามินเอ	10.889 มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.18 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	1.25 มิลลิกรัม
วิตามินไนอาซิน	1.73 มิลลิกรัม
แร่ธาตุ	
น้ำ	35.13 กรัม
ฟอสฟอรัส	224.37 มิลลิกรัม
แคลเซียม	1,500.56 มิลลิกรัม
เหล็ก	2.51 มิลลิกรัม
เกลือ	1.30 กรัม

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2544, ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย.

2.13.3 การขยายพันธุ์

ผักเหลียงขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ใช้เวลาประมาณ 2-3 เดือนขึ้นไป) คือ ปักชำราก ตอนกิ่ง และปักชำกิ่ง เพราะการขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ หรือการขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดนั้นงอกยากและใช้เวลานาน (สุราชีพ, 2527)

2.13.3.1 การชำรากหรือใช้ต้นจากรากแขนง นำรากของพืชมาตัดเป็นส่วนๆ ให้อยาวประมาณ 2 ถึง 4 นิ้ว แล้วนำไปปักชำลงในวัสดุปักชำ เพื่อให้ส่วนของรากงอกและแตกยอดอ่อนเจริญเติบโตเป็นพืชต้นใหม่ และดูแลจนกระทั่งแตกยอด ก่อนนำลงปลูกในแปลง (สุราชีพ, 2527)

2.13.3.2 การตอนกิ่ง การปลูกด้วยวิธีการตอนกิ่งนี้ต้นที่ได้จะเป็นทรงพุ่มและให้ผลผลิตมากและรวดเร็ว เมื่อได้กิ่งที่เหมาะสมให้ทำการควั่นกิ่งให้ชิดกับข้อ แล้วหุ้มด้วยวัสดุสำหรับตอนกิ่ง รอให้รากแก่สีน้ำตาล ค่อยตัดแล้วนำไปชำในกระถาง (กุล, 2536)

2.13.3.3 การปักชำ ตัดกิ่งที่เจริญเติบโตเต็มที่ ยาวประมาณ 15 ถึง 20 เซนติเมตร ชำลงในถุงเพาะชำ จนแทงยอดสูงประมาณ 20 เซนติเมตร แล้วนำไปปลูกลงแปลง (วีรเกียรติ, 2541)

2.13.3.4 การเพาะเมล็ด เป็นการขยายพันธุ์โดยนำเมล็ดมาปลูกจนงอกเป็นต้นอ่อน เมื่อต้นแข็งแรงค่อยย้ายลงแปลงต่อไป (กุล, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13.4 การปลูกและการดูแลรักษาต้นผักเหลียง

2.13.4.1 การปลูกต้นผักเหลียง

การปลูกต้นผักเหลียงควรปลูกในฤดูฝน วางต้นพันธุ์ให้เอียง 45 องศา กลบดินแต่พอแน่น รดน้ำให้ชุ่ม ใช้เชือกพันเพื่อป้องกันลม ให้ปุ๋ย 2 ครั้งต่อปี คือในช่วงฤดูฝนและปลายฤดูฝน (กุล, 2536)

2.13.4.2 โรคและแมลง

มักพบโรคตะไคร่น้ำใบ (Leaf Epiphyte) และโรคใบจุดสาหร่าย (Agal leaf-spot, Red rust) ในการปลูกผักเหลียง โดยโรคตะไคร่น้ำใบ (Leaf Epiphyte) เป็นโรคที่มีสาเหตุมาจากราและสาหร่ายที่เจริญร่วมกัน ลักษณะของโรคนั้นเป็นจุดเล็กๆ อาจมีสีเขียวอ่อน สีขาวอมเทา หรือสีอื่น พบในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง ทรงต้นเป็นพุ่มหนาทึบ และโรคใบจุดสาหร่าย (Agal leaf-spot, Red rust) เป็นโรคที่มีสาเหตุมาจาก เชื้อ *Cephaleuros virescens* ลักษณะของโรคนั้นจะเป็นจุดกลมขุยฟูเหมือนกำมะหยี่ มีสีเขียวอมเหลือง สีส้ม หรือสีน้ำตาลอมส้ม (กุล, 2536)

2.13.4.3 อายุการเก็บเกี่ยว

เริ่มเก็บเกี่ยวเมื่อต้นผักเหลียงมีอายุ 2 ปีขึ้นไป เก็บเกี่ยว 7 ถึง 15 วัน/ครั้ง ควรเก็บส่วนยอดอ่อนถึงยอดเพศลาตโดยเด็ดให้ชิดข้อ เพื่อให้แตกยอดอ่อนเร็วขึ้น หลังเก็บเกี่ยวไม่ควรให้ใบโดนลมและแดด และต้องพรมน้ำแต่พอชุ่ม จะทำให้เก็บไว้ได้ยาวนานขึ้น (กุล, 2536)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3. วัสดุและวิธีการ

3.1 วัสดุ

3.1.1 ถั่วเขียว

3.1.2 ใบเหลียง

3.1.3 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

3.1.4 Folin-Ciocalteu

3.1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.6 กลีเซอรอล (glycerol)

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

3.2.2 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

3.2.3 ไมโครมิเตอร์แบบแมนนวล (Manual micrometer)

3.2.4 โถดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.5 เครื่องวิเคราะห์พื้นผิว

3.2.6 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสองกราด

3.2.7 Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy

3.2.8 เครื่องวัดสี Minolta colorimeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสกัดโปรตีนถั่วเขียว

นำเมล็ดถั่วเขียวไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำเมล็ดถั่วเขียวมาปอกเปลือก จากนั้นนำไปอบแห้งในตู้อบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดถั่วเขียวที่ได้ไปบดหรือป่น แล้วนำไปกรองเพื่อให้ได้แป้งถั่วเขียว

3.4 การเตรียมสารสกัดจากใบเหลียง

เตรียมสารสกัดจากใบเหลียงที่ 3 อุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จากนั้นกรองสารสกัดด้วยผ้าขาวบาง สารสกัดจะใช้เป็นตัวทำละลายในการทำฟิล์มบรีโคคได้

3.5 การเตรียมฟิล์ม

การเตรียมฟิล์มประยุกต์มาจากวิธีของ Triana และคณะ (2015) โดยเตรียมแป้งถั่วเขียว 1 กรัม เติมสารสกัดใบเหลียง 50 มิลลิลิตร แล้วกลีเซอรอลปริมาณ 1.25 กรัม 2.50 กรัม 3.25 กรัม และ 5.00 กรัม ลงไปตามลำดับ แล้วนำไปกวนเป็นเวลา 10 นาที แล้วต้มในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาทีจนเกิดเจล นำเจลที่ได้ 10 กรัม เทลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และพักให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที นำเจลที่ได้ ไปทำให้แห้งในตู้อบแห้งสำหรับอาหาร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาแกะฟิล์มที่แห้งแล้วออก จากนั้นนำฟิล์มทั้งหมดที่ได้ไปเก็บรักษาในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์

3.6 ความหนาของฟิล์ม

วัดความหนาของฟิล์ม (มิลลิเมตร) โดยใช้ไมโครมิเตอร์ สุ่มตัวอย่างฟิล์ม 10 ตำแหน่งและรายงานค่าเฉลี่ย

3.7 ปริมาณความชื้น

ปริมาณความชื้นฟิล์มประเมินโดยวิธีการของ Carpine, Dagostin, Bertan และ Mafra (2015) โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างในแคปซูลอะลูมิเนียมที่ได้ทำการชั่งน้ำหนักไว้ก่อนแล้ว จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

นำมาคำนวณหาปริมาณความชื้น (MC) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักฟิล์มก่อนทำการอบ} - \text{น้ำหนักฟิล์มหลังทำการอบ}}{\text{น้ำหนักฟิล์มก่อนทำการอบ}} \times 100 \quad (1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น น้ำหนักฟิล์มก่อนทำการอบ มาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ความสามารถในการละลายน้ำ

ความสามารถในการละลายน้ำ (WS) ของฟิล์มถูกวัดโดยใช้กระบวนการของ Ebrahimi และคณะ (2559) โดยนำฟิล์มขนาด 1 เซนติเมตร × 4 เซนติเมตร มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาแช่ในน้ำกลั่นปริมาตร 40 มิลลิลิตร ทำการกวนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แยกส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือส่วนที่เหลือน้ำของฟิล์มออก และทำให้แห้งที่ 110 องศาเซลเซียส ในตู้อบในห้องปฏิบัติการ และทำการวัดน้ำหนักสุดท้าย

นำมาคำนวณหาความสามารถในการละลายน้ำ (WS) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{ความสามารถในการละลายน้ำ (WS\%)} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad (2)$$

โดย WS = ความสามารถในการละลายน้ำ

W_i = น้ำหนักเริ่มต้น

W_f = น้ำหนักสุดท้ายของฟิล์ม

3.9 การซึมผ่านของไอน้ำ

ตรวจสอบการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มตัวอย่างตามวิธีของ Motedagen, Hhodaiyan และ Salchi (2013) โดยทำการตัดฟิล์มให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและยึดเข้ากับปากถ้วยแก้ว ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.1 เซนติเมตร และลึก 6.3 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุแคลเซียมคลอไรด์ที่ปราศจากน้ำ (Anhydrous CaCl_2) ประมาณ 30 กรัม ย้ายถ้วยแก้วไปใส่โถดูดความชื้นซึ่งประกอบด้วยสารละลายอิ่มตัว NaCl (75% RH) และหลังจากเก็บไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 °C บันทึกการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักถ้วยทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในช่วง 8 ชั่วโมงและหลังจากครบ 24 ชั่วโมง

นำมาคำนวณหาการซึมผ่านของไอน้ำ (WVP) (รายงานในหน่วย $\text{g m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{การซึมผ่านของไอน้ำ (WVP)} = \frac{\Delta w \times X}{t \times A \times \Delta p} \quad (3)$$

โดยที่ Δw คือการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของถ้วย (g)

X คือความหนาของฟิล์มโดยเฉลี่ย (m)

t คือเวลา (s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A คือพื้นที่ผิวสัมผัสของฟิล์ม (m^2)

Δp คือความแตกต่างของแรงดันไอน้ำจากทั้งสองด้านของฟิล์ม (2376.39 Pa)

3.10 คุณลักษณะทางกล

การพิจารณาคุณสมบัติเชิงกลซึ่งรวมถึงความทนต่อแรงดึง (TS) และค่าการยืดตัวก่อนขาด (EAB) โดยใช้เครื่องวิเคราะห์พื้นผิว ตัดฟิล์มที่เตรียมไว้ให้มีขนาด 20×80 มิลลิเมตร จากนั้นยึดติดกับด้ามจับของเครื่องวิเคราะห์พื้นผิวโดยมีระยะห่างเริ่มต้น 30 มิลลิเมตร และทำการเพิ่มความเร็วครอสเฮด (crosshead) 1.0 มิลลิเมตร/วินาที

3.11 ค่าสีและความทึบแสง

เพื่อแสดงคุณลักษณะสีของฟิล์มที่ใช้โปรตีนจากถั่วเขียวที่เสริมด้วยสารสกัดจากใบเหลียงที่ใช้กลีเซอรอลในปริมาณที่แตกต่างกันจึงมีการใช้เครื่องวัดสี มีการวัดค่าสีที่แสดงค่า L^* , a^* และ b^* ตามลำดับ โดยแสดงค่าดังต่อไปนี้ ความสว่าง (0–100), เขียว/แดง (–60 ถึง +60) และสีน้ำเงิน/เหลือง (–60 ถึง +60) ของตัวอย่าง ความทึบแสงของตัวอย่างฟิล์มวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (uv vis spectrophotometer) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตรและค่าที่ได้จะถูกหารด้วยความหนาของฟิล์ม

3.12 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด

วิธี Folin-Ciocalteu ใช้ในการวัดสารประกอบฟีนอลิกตามวิธีการของ Liang and Wang (2018) โดยนำฟิล์ม 50 มิลลิกรัม ผสมในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วกวนเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมสารสกัดจากฟิล์ม จากนั้นผสมสารสกัดจากฟิล์ม 0.5 มิลลิลิตร กับน้ำยา Folin-Ciocalteu 2 มิลลิลิตร (10% v/v) และเก็บไว้ในที่มืด 3 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 2.5 มิลลิลิตร (7.5% w/v) ลงในส่วนผสม และเก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ค่าที่ได้แสดงในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักฟิล์ม 1 กรัม (mg GAE/g film)

3.13 คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ

แช่ตัวอย่างฟิล์ม 50 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร แล้วกวนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำการหมุนเหวี่ยงที่ 4000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นดูดสารละลายมาใช้ทดสอบคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดำเนินการตามวิธีของ Parveen, Chaudhury, Dasmahapatra และ Dasgupta (2019) โดยเตรียมสารละลาย DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์ ในเอทานอล จากนั้นเติมสารสกัด 0.5 มิลลิลิตร หรือน้ำกลั่น 0.5 มิลลิลิตร ที่ใช้เป็นตัวควบคุมลงในสารละลาย DPPH ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร

นำมาคำนวณหา DPPH ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{DPPH scavenging activity (\%)} = 1 - \frac{As}{Ac} \times 100 \quad (5)$$

โดยที่ As คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของฟิล์มตัวอย่าง

Ac คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของชุดควบคุม

3.14 คุณสมบัติในการต้านจุลชีพ

วัดคุณสมบัติในการต้านจุลชีพของฟิล์ม โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใส (Inhibition zone) ต่อเชื้อ *Escherichia coli* O157: H7 และ *Listeria monocytogenes* ตามขั้นตอนของ Zhang และคณะ (2019) โดยตัดฟิล์มเป็นรูปทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และฆ่าเชื้อภายใต้รังสี UV เป็นเวลาประมาณ 20 นาที จากนั้นนำไปวางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อ 2 ชนิดข้างต้น แล้วนำไปบ่มเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดนำไปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโซนใสรอบแผ่นดิสก์

3.15 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้โปรแกรม SPSS เพื่อคำนวณค่าความแปรปรวนทางสถิติ (One – way ANOVA) ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ

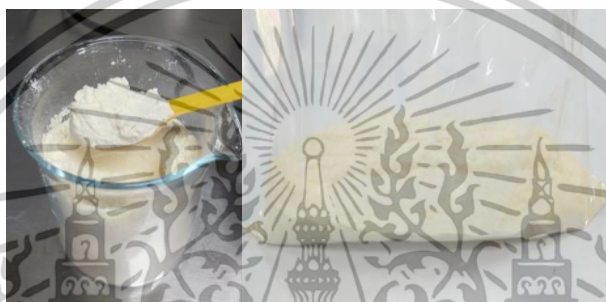
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลและอภิปรายการทดลอง

4.1 ลักษณะของผงโปรตีนจากถั่วเขียว

นำถั่วเขียวไปแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือรอจนกว่าเปลือกถั่วจะเริ่มร่อนออกจนเหลือแต่เมล็ดถั่วเขียว ซึ่งมีลักษณะเป็นเมล็ดสีเขียว จากนั้นนำไปอบให้แห้งในตู้อบอาหารอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ลักษณะปรากฏหลังอบจะได้เมล็ดถั่วเขียวเป็นสีเหลืองอ่อน นำไปบด ปั่น จะได้ผงแป้งถั่วเขียวเนียนละเอียด



รูปที่ 4.1 ลักษณะแป้งถั่วเขียวที่ได้

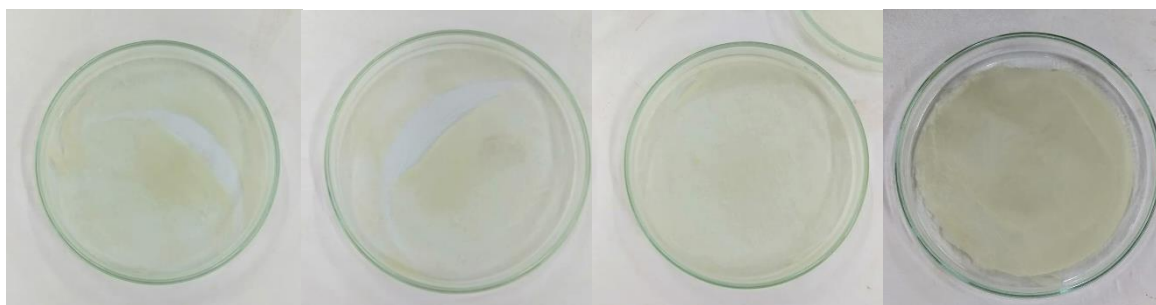
4.2 ลักษณะของฟิล์มบริโกล์ได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์ต่อปริมาณกลีเซอรอลที่แตกต่างกัน

ผลจากการเตรียมฟิล์มด้วยอัตราส่วนปริมาณของโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์ต่อกลีเซอรอล ที่แตกต่างกันดังตารางที่ 4.1 แสดงผลดังรูปที่ 4.2 และลักษณะปรากฏบรรยายดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 การเตรียมฟิล์ม

ถั่วเขียว (กรัม)	สารสกัดไบโพลีเมอร์ (มิลลิลิตร)	กลีเซอรอล (กรัม)
5	50	1.25
5	50	2.50
5	50	3.25
5	50	5.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ลักษณะฟิล์มโปรตีนได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียง ที่ทำการเติมปริมาณกลีเซอรอล 1.25 กรัม 2.50 กรัม 3.25 กรัม และ 5.00 กรัม ลงไปตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ลักษณะฟิล์มถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียง

กลีเซอรอล (กรัม) ในฟิล์มโปรตีน ถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียง	สี	ลักษณะปรากฏ
1.25	สีเหลืองใส เป็นมันวาว	ฟิล์มมีความแข็งแรงน้อย ขาดความยืดหยุ่น ขาดง่าย ไม่สามารถลอกออกจากจานอาหารเลี้ยงเชื้อได้
2.50	สีเหลืองใส เป็นมันวาว	ฟิล์มมีความแข็งแรงน้อย ขาดความยืดหยุ่น ขาดง่าย
3.25	สีเหลืองใส เป็นมันวาว	ฟิล์มมีความแข็งแรง มีความยืดหยุ่น เนื้อสัมผัสค่อนข้างเหนียว
5.00	สีเหลืองใส เป็นมันวาว	ฟิล์มมีความแข็งแรง มีความยืดหยุ่น แต่มีความยืดหยุ่นมากเกินไปทำให้ฟิล์มมีลักษณะกึ่งเหลว ไม่สามารถลอกออกจากจานอาหารเลี้ยงเชื้อได้

การศึกษาฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนถั่วเขียวเสริมไบโहेลียงที่เติมปริมาณกลีเซอรอลที่แตกต่างกัน พบว่าสัดส่วนที่เหมาะสมคือใช้ถั่วเขียว 5 กรัม ผสมกับสารสกัดจากไบโहेลียง 50 มิลลิลิตร และกลีเซอรอลปริมาณ 3.25 กรัม ฟิล์มที่ได้มีสีเหลืองใส มีความมันวาว ฟิล์มมีความแข็งแรง ยืดหยุ่น และมีเนื้อสัมผัสค่อนข้างเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่การผลิตฟิล์มด้วยอัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียว 5 กรัม เสริมด้วยไบโพลีเมอร์ 50 มิลลิลิตร และกลีเซอรอลปริมาณ 1.25 กรัม ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ โดยลักษณะที่พบคือฟิล์มเปราะและขาดง่าย การเติมกลีเซอรอลในปริมาณที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไฮดรอฟิลิกที่ชอบน้ำ (Hydrophilic plasticizer) ทำให้สามารถเข้าไปแทรกจับกับตำแหน่งที่ชอบน้ำบนโมเลกุลโปรตีนได้ง่าย ส่งผลให้เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลโปรตีนภายในสายลดลงจึงทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ดังนั้นการผลิตฟิล์มโดยไม่เติมพลาสติกไฮดรอฟิลิกหรือเติมในปริมาณน้อย ตัวอย่างเช่นการเติมกลีเซอรอลปริมาณ 1.25 กรัม จึงไม่สามารถสร้างฟิล์มได้ โดยฟิล์มที่ได้จะมีลักษณะเป็นแผ่นเล็กๆ ไม่ต่อเนื่องและเปราะ เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโปรตีนในฟิล์มมีความแข็งแรงมากจนขาดความยืดหยุ่น แต่เมื่อเติมกลีเซอรอลเข้าไปจะทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จึงสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้โดยไม่แข็งกระด้าง (Lieberman และ Gilbert, 1973) ฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์ที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 3.25 กรัม สามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มได้ ลักษณะฟิล์มค่อนข้างเหนียว มีความมัน มีสีเหลืองใส และมีกลิ่นถั่วเขียวเล็กน้อย ส่วนฟิล์มถั่วเขียวที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 1.25 กรัม และกลีเซอรอลปริมาณ 2.5 กรัม ไม่สามารถสร้างเป็นฟิล์มได้ ฟิล์มที่ผลิตขึ้นมีพื้นผิวที่เปราะและแตก ไม่สามารถลอกออกจากจานอาหารเลี้ยงเชื้อได้แสดงว่าฟิล์มขาดความยืดหยุ่น และปริมาณและชนิดของพลาสติกไฮดรอฟิลิกมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์มเนื่องจากการเติมพลาสติกไฮดรอฟิลิกน้อยเกินไป ฟิล์มจะแข็งและเปราะ แต่ถ้าเติมมากเกินไปฟิล์มจะนิ่ม (Siew และคณะ, 1999) การเติมพลาสติกไฮดรอฟิลิกส่งผลให้แรงปฏิกิริยาระหว่างสายโปรตีนลดลง โดยพลาสติกไฮดรอฟิลิกจะแทรกแซงและสร้างพันธะไฮโดรเจนกับร่างแหโปรตีน (protein matrix) ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากขึ้น เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไฮดรอฟิลิกที่มีขนาดโมเลกุลเล็กจึงเข้าทำพันธะไฮโดรเจนกับโปรตีนได้ง่ายกว่า ส่งผลให้ความแข็งแรงของฟิล์มลดลงและความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น (Lieberman และ Gilbert, 1973)

เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ส่งผลให้ไม่สามารถเข้าไปทำปฏิบัติการโครงการพิเศษได้ ในการทดลองที่เหลือจึงได้ทำการศึกษาหาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการสนับสนุนเพื่อให้รายงานเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยจัดแบ่งเป็นหัวข้อตามการทดลองที่ได้วางแผนทำดังต่อไปนี้

4.3 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งถั่วเขียวและโปรตีนถั่วเขียว

จากการศึกษาของ ณัฐมล และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของแป้งถั่วเขียวและโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้น พบว่าแป้งถั่วเขียวประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 23.42 โดยน้ำหนักเปียก เมื่อนำแป้งถั่วเขียวที่ได้มาสกัดโปรตีนต่อ พบว่าจะได้โปรตีนเข้มข้นถึงร้อยละ 83 ± 2.4 โดยน้ำหนักแห้ง และองค์ประกอบอื่นๆ แสดงผลดังตารางที่ 4.3 งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีแป้งข้าวเหนียวและโปรตีนข้าวเหนียวเข้มข้น

องค์ประกอบทางเคมี	Average \pm SD	
	แป้งข้าวเหนียว	โปรตีนข้าวเหนียวเข้มข้น
ความชื้น	8.30 \pm 0.18	84.5 \pm 2.3
เถ้า	3.10 \pm 0.02	
โปรตีน	23.42 \pm 1.10	83.83 ² \pm 2.43
ไขมัน	1.17 \pm 0.85	
ไฟเบอร์	0.57 \pm 0.01	
คาร์โบไฮเดรต	63.44 ¹	

¹ คำนวณโดยวิธีผลต่าง

² น้ำหนักแห้ง

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบหลักของแป้งข้าวเหนียวคือ คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ที่มีมากถึงร้อยละ 63.44 โปรตีนจะมีอยู่ในสัดส่วนที่รองลงมา ถ้าต้องการปริมาณโปรตีนที่มากขึ้นต้องนำแป้งข้าวเหนียวไปสกัดโปรตีนด้วยวิธีการของ Thomson (1997)

4.4 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ

รัตนา และ วิไลลักษณ์ (2549) ได้นำฟิล์มโปรตีนข้าวเหนียวซึ่งผลิตได้จากการใช้กลีเซอรอล (Glycerol) ซอร์บิทอล (Sorbitol) และโพลีเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol) เป็นพลาสติกไซเซออร์ มาศึกษาความหนา การละลายของฟิล์ม การซึมผ่านไอน้ำของฟิล์ม ความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมัน และการต้านแรงดึงขาด ในอัตราส่วนของโปรตีนข้าวเหนียวต่อพลาสติกไซเซออร์ 70:30, 60:40 และ 50:50 ตามลำดับ ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะผลจากการใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ ซึ่งเป็นสารที่ผู้เขียนเลือกใช้ในการทดลอง

4.4.1 ความหนา

ผลจากการศึกษาความหนาของแผ่นฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลของ รัตนา และ วิไลลักษณ์ (2549) แสดงดังตารางที่ 4.4 ความหนาของฟิล์มอยู่ในช่วง 0.097-0.103 มิลลิเมตร พบว่าการเพิ่มขึ้นของกลีเซอรอลไม่มีผลต่อความหนาของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการควบคุมน้ำหนักปริมาตรของส่วนผสมให้เท่ากัน และเตรียมสารละลายโปรตีนข้าวเหนียวที่พีเอช 9 เหมือนกันก่อนการขึ้นรูป ซึ่งเป็นพีเอชที่ทำให้โปรตีนข้าวเหนียวไม่เกิดการเสียสภาพและละลายได้ดี ความหนาฟิล์มที่ได้จึงไม่แตกต่างกันมากนัก (Thompson, 1977)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความหนาของฟิล์มบรีโกลได้จากโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลที่อัตราส่วนแตกต่างกัน

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	ความหนา(มม.)
	กลีเซอรอล ^{ns}
70:30	0.099±0.000
60:40	0.097±0.008
50:50	0.103±0.008

หมายเหตุ ตัวเลขในคอลัมน์เดียวกันแสดงค่าเฉลี่ยความหนาของฟิล์มที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

4.4.2 การละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว

ผลจากการศึกษาของ รัตนา และ วิไลลักษณ์ (2549) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณกลีเซอรอลกับความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว พบว่าเมื่อพลาสติกไซเซออร์เพิ่มขึ้นความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวจะเพิ่มขึ้นตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.5 เนื่องจากกลีเซอรอลเป็นโพลีออลที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี เพราะเป็นพลาสติกไซเซออร์ที่ชอบน้ำ การเติมพลาสติกไซเซออร์ประเภทนี้เพิ่มขึ้นส่งผลให้การละลายน้ำของฟิล์มเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Krochta, 2002)

ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการละลายน้ำของฟิล์มบรีโกลได้จากโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	ความสามารถในการละลายน้ำ (ร้อยละ)
	กลีเซอรอล
70:30	22.007±3.692 ^c
60:40	31.238±2.237 ^b
50:50	32.406±1.515 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c} แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.4.3 ค่าการต้านทานน้ำมัน

การศึกษาค่าการต้านทานน้ำมันของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ของ รัตนา และ วิไลลักษณ์ (2549) แสดงผลดังตารางที่ 4.6 พบว่ากลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการซึมผ่านของน้ำมัน ฟิล์มกลีเซอรอลทั้งหมดสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้มากกว่า 90 วัน เพราะบนโมเลกุลของโปรตีนจะมีตำแหน่งที่ชอบน้ำมากกว่าส่วนที่ไม่ชอบน้ำ ประกอบกับกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์ประเภทที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพลีออล (Polyol) ซึ่งชอบน้ำ ส่งผลให้ฟิล์มซึ่งผลิตจากโปรตีนถั่วเขียวที่ใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์มีความสามารถในการต้านทานน้ำมันได้สูง

ตารางที่ 4.6 การซึมผ่านน้ำมันของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	การซึมผ่านของน้ำมัน (วัน)
	กลีเซอรอล
70:30	> 90
60:40	> 90
50:50	> 90

4.4.4 ค่าการต้านทานแรงดึงขาด

นอกจากนี้ รัตนา และ วิไลลักษณ์ (2549) ยังได้ทำการศึกษาค่าการต้านทานแรงดึงของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณกลีเซอรอลที่ต่างกัน กลุ่มผู้วิจัยพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงลดลงเมื่อปริมาณพลาสติกไซเซออร์เพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 4.7 เนื่องจากการเติมพลาสติกไซเซออร์ซึ่งจับกับตำแหน่งที่ชอบน้ำบนโมเลกุลโปรตีนได้ง่าย พันธะไฮโดรเจนภายในระหว่างโมเลกุลโปรตีนในฟิล์มจึงลดลง ทำให้ฟิล์มมีความต้านทานแรงดึงต่ำ (Lieberman และ Gilbert, 1973)

ตารางที่ 4.7 การต้านทานแรงดึงของฟิล์มบริโกลได้จากโปรตีนถั่วเขียวเมื่อใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

อัตราส่วนของโปรตีนต่อพลาสติกไซเซออร์ (โดยน้ำหนัก)	การต้านแรงดึง (นิวตัน)
	กลีเซอรอล
70:30	12.307±0.434 ^a
60:40	3.242±0.391 ^b
50:50	3.307±0.354 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c} แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.4.5 ความสามารถในการซึมผ่านของไอน้ำ

ในปี 2547 รัตนา และคณะ ได้ทำการศึกษาความสามารถในการซึมผ่านไอน้ำของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่เกิดจากการแปรระดับของ pH และอัตราส่วนของโปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล แสดงผลดังตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (กรัม/ตารางเมตร/ชั่วโมง) ของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่เติมกลีเซอรอลด้วยปริมาณต่างๆ

โปรตีนถั่วเขียวต่อกลีเซอรอล (น้ำหนัก/ปริมาตร)	ระดับของ pH		
	7	8	9
70:30	0.0011 ^c	0.0011 ^b	0.0010 ^c
60:40	0.0012 ^b	0.0011 ^b	0.0011 ^b
50:50	0.0013 ^a	0.0012 ^a	0.0012 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c} แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 4.8 ปริมาณกลีเซอรอลมีอิทธิพลต่ออัตราการซึมผ่านไอน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบว่าที่ระดับ pH ทั้งหมด เมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น อัตราการซึมผ่านไอน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Lieberman และ Gilbert, 1973) เนื่องจากกลีเซอรอลที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ช่องว่างระหว่างโมเลกุลโปรตีน (Molecular spacing) เพิ่มขึ้น (Lieberman และ Gilbert, 1973) หรือฟิล์มที่ผลิตได้มี ช่องว่างขนาดใหญ่มากขึ้นทำให้อไอน้ำสามารถแพร่ผ่านฟิล์มได้ง่ายขึ้น (Tomasula และคณะ, 2003)

4.4.6 ค่าสีและความทึบแสงของฟิล์ม

Moghadam และคณะ (2020) ได้ทำการศึกษาค่าสี (L^* , a^* , b^*) โดย L^* คือความสว่าง, $+a^*$ สีแดง, $-a^*$ สีเขียว, $+b^*$ สีเหลือง และ $-b^*$ สีน้ำเงิน และความทึบแสง (Opacity) ของฟิล์มที่บริโภคได้ที่ได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยเปลือกทับทิมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน แสดงผลดังตารางที่ 4.9 พบว่าความเข้มข้นของเปลือกทับทิมที่ 25% ช่วยเพิ่มค่าของ a^* , b^* , และความทึบของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่ความสว่าง (L^*) ของฟิล์มจะลดลง การเพิ่มขึ้นของค่าสีแดง สีเหลือง และค่าความทึบแสงของฟิล์ม โดยผู้ทำการทดลองคาดว่าอาจเนื่องมาจากมีแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) ในเปลือกทับทิม ซึ่งมีหน้าที่ทำให้พืชและผลไม้มีสีส้ม แดง และม่วง

ตารางที่ 4.9 ค่าสีและความทึบแสงของฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียวที่มีความเข้มข้นของเปลือกทับทิมต่างกัน

PP (%)	L^*	a^*	b^*	Opacity (A600/mm)
0	89.47 ± 0.78^a	-2.92 ± 0.41^d	15.50 ± 0.84^d	0.65 ± 0.07^c
2.5	80.88 ± 1.67^b	1.44 ± 0.49^c	28.77 ± 1.98^c	0.90 ± 0.07^b
12.5	72.15 ± 1.46^c	3.81 ± 0.44^b	46.86 ± 0.88^b	1.05 ± 0.02^{ab}
25	63.11 ± 1.37^d	11.66 ± 0.29^a	53.89 ± 1.26^a	1.18 ± 0.04^{ab}

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.5 ผลการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ

จากการศึกษาของ Moghadam และคณะ (2020) ได้ศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content ; TPC) โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้ DPPH และ Reducing power assay และฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่มีความเข้มข้นของเปลือกหับทิมต่างกัน แสดงผลดังตารางที่ 4.10 พบว่าตัวอย่างฟิล์มที่มีเปลือกหับทิม 0-25% ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 3.48 mg GAE/g เป็น 13.88 mg GAE/g การพบปริมาณฟีนอลิกถึงแม้จะอยู่ในปริมาณที่ต่ำในฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวในชุดควบคุม กลุ่มผู้ทดลองคาดว่าอาจเกิดจากการที่มีกรดอะมิโนตกค้าง เช่น ไทโรซีน (Tyrosine) และฮิสทีดีน (Histidine) ในโปรตีนถั่วเขียวซึ่งมีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับน้ำยา Folin-Ciocalteu ได้ (Wu และคณะ, 2019) ผลของตัวอย่างฟิล์มที่มีเปลือกหับทิมความเข้มข้นต่างกัน พบว่าปริมาณฟีนอลิกที่ความเข้มข้นของเปลือกหับทิม 25% มีค่าสูงที่สุด เพราะเปลือกหับทิมเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารประกอบฟีนอลิก เช่น คาเทชิน (Catechins) ปุนิคาลิน (Punicalin) เพดังคูลาจिन (Pedunculagin) ปุนิคาลาจिन (Punicalagin) กรดแกลลิก (Gallic acid) และกรดแอลลาจิก (Ellagic acid) (Smaoui และคณะ, 2021)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณฟีนอลิก (Phenolic) ทั้งหมด (TPC) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่มีความเข้มข้นของเปลือกหับทิมต่างกัน

PP (%)	TPC (mg GAE/g film)	DPPH scavenging (%)	Reducing power (Abs 700 nm)	Diameter of inhibition zone (mm)	
				<i>L.monocytogenes</i>	<i>E. coli</i>
0	3.48 ± 0.08 ^d	5.00 ± 0.74 ^d	0.067 ± 0.017 ^d	0.00 ± 0.00 ^d	0.00 ± 0.00 ^d
2.5	4.22 ± 0.04 ^c	13.84 ± 2.10 ^c	0.118 ± 0.006 ^c	6.00 ± 0.10 ^c	3.50 ± 0.50 ^c
12.5	7.59 ± 0.10 ^b	52.65 ± 2.18 ^b	0.515 ± 0.014 ^b	11.66 ± 1.52 ^b	8.33 ± 1.52 ^b
25	13.88 ± 0.13 ^a	65.22 ± 2.02 ^a	0.763 ± 0.028 ^a	15.33 ± 1.52 ^a	14.33 ± 1.52 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c,d} แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การศึกษาผลของเปลือกหับทิมต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว ด้วยวิธี DPPH และ Reducing power แสดงผลดังตารางที่ 4.10 พบว่าเมื่อปริมาณเปลือกหับทิมเพิ่มขึ้นกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และปริมาณของเปลือกหับทิมที่สูงขึ้น ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของฟิล์มโปรตีนจากถั่วเขียวสูงขึ้นเมื่อเสริมด้วยเปลือกหับทิม ซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับการใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ Moghadam และคณะ (2020) ยังได้ทำการศึกษาคุณสมบัติในการต้านจุลชีพของฟิล์มที่มีต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก (*L. monocytogenes*) และแบคทีเรียแกรมลบ (*E. coli*) ผลดังแสดงในตารางที่ 4.10 ฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวชุดควบคุมไม่ได้แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียต่อสายพันธุ์ที่ทดสอบ ในขณะที่ตัวอย่างฟิล์มที่มีเปลือกหับทิมมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *L. monocytogenes* และ *E. coli* ความเข้มข้นที่สูงขึ้นของเปลือกหับทิมแสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ซึ่งฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวที่มีเปลือกหับทิม 25% ยับยั้งเชื้อได้ดีที่สุด กลุ่มผู้ทำการทดลองเสนอแนะว่าฟิล์มที่ทำจากโปรตีนถั่วเขียวและเปลือกหับทิม 25% เป็นตัวเลือกที่มีประสิทธิภาพในการต่อยอดการพัฒนากระบวนการบรรจุภัณฑ์ต้านจุลชีพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียงที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 1.25 กรัม และที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 2.5 กรัม ลักษณะเนื้อฟิล์มมีความแข็งแรงต่ำ ฟิล์มขาดความยืดหยุ่น ขาดง่าย และไม่สามารถลอกออกจากงานอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ในขณะที่ถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียงที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 3.25 กรัม ลักษณะเนื้อฟิล์มแข็งแรง มีความยืดหยุ่น เนื้อสัมผัสค่อนข้างเหนียว แต่ฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลปริมาณ 5 กรัม ลักษณะฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากเกินไป ทำให้ฟิล์มมีลักษณะกึ่งเหลว เหนียวติดงานอาหารไม่สามารถลอกออกได้ และจากการไปศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้สรุปได้ว่า อัตราส่วนของกลีเซอรอลมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อลักษณะทางกายภาพของฟิล์ม เมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้นความสามารถในการละลายน้ำและอัตราการซึมผ่านของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ไม่มีผลต่อความหนาของฟิล์ม และการซึมผ่านของน้ำมัน ฟิล์มที่เติมกลีเซอรอลทั้งหมดสามารถต้านทานการซึมผ่านของน้ำมันได้ และจากการทดสอบความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดึงของฟิล์มจะลดลงเมื่อปริมาณกลีเซอรอลเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตฟิล์ม โดยต้องมีอัตราส่วนโปรตีนถั่วเขียวต่อปริมาณกลีเซอรอลที่เหมาะสมเพื่อให้มีการซึมผ่านของไอน้ำต่ำที่สุด มีความสามารถในการละลายของฟิล์มต่ำ และมีค่าต้านทานแรงดึงสูงที่สุด นอกจากนี้การเสริมสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอย่างเปลือกทับทิมพบว่าเมื่อปริมาณเปลือกทับทิมเพิ่มขึ้นการต้านอนุมูลอิสระของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ทั้งยังส่งผลให้ฟิล์มที่คุณสมบัติในการต้านจุลชีพที่มากขึ้น โดยมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *L. monocytogenes* และ *E. coli* เมื่อเทียบกับฟิล์มโปรตีนถั่วเขียวชุดควบคุม ดังนั้นการผลิตฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียงอาจเป็นประโยชน์สำหรับการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความไวต่อการเกิดออกซิเดชันสูงหรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้านจุลชีพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กุล จุลแก้ว. 2536. เหมียง ผักพื้นบ้านเศรษฐกิจที่น่าสนใจ. โครงการวิจัยเชิงปฏิบัติการผักพื้นบ้าน สำนักงาน
เกษตรจังหวัดพังงา กรมส่งเสริมการเกษตร. 49 หน้า

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2560. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <http://www.natres.psu.ac.th/FNR/vfsouthern/index.php/2013-10-26-10-11-55/9-uncategorised/152-2014-01-25-07-46-50/> สืบค้น 27 เมษายน 2564

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรีนไฮเปอร์มาร์ท สารานุกรมผลิตผลและผลิตภัณฑ์จากพืชใน
ซูเปอร์มาร์เก็ต ฉบับคอมพิวเตอร์. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: www.sc.mahidol.ac.th สืบค้น
9 พฤษภาคม 2564

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร กรุงเทพฯ. 2: 120 หน้า

ชีวจิต. 2550. นิตยสารชีวจิต ฉบับที่ 208. มหัศจรรย์พลังของถั่ว. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:
www.cheewajit.com สืบค้น 18 พฤษภาคม 2564

ณัฐมล จินดาพรรณ, สุจิตรา ศรีเงินยวง และ ชญานิน แดงพรม. 2557. อิทธิพลของ pH และอุณหภูมิที่มีต่อ
สมบัติการละลายและการเกิดฟองของโปรตีนถั่วเขียวเข้มข้น. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยสยาม. 1: 52-61.

ฉนกร หยกสหชาติ. 2561. การพัฒนาฟิล์มบิโกลได้จากสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปร. รายงานวิจัย
ฉบับสมบูรณ์ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2561/.research.rmutsb-2561-20191123143911718.pdf> สืบค้น 2 มิถุนายน 2564

ดวงจันทร์ เสงส์สวัสดิ์. 2545. โยอาหารเพื่อสุขภาพ. วารสารอาหาร ปีที่ 32 ฉบับที่ 2.

เดชา ศิริภัทร. มุลนิธิหมอชาวบ้าน. "ถั่วเขียว คุณค่าสีเขียวจากธรรมชาติ". นิตยสารหมอชาวบ้าน เล่มที่ 233
[ออนไลน์]. สืบค้นจาก: www.doctor.or.th สืบค้น 23 พฤษภาคม 2564

ถั่วเขียว [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: http://alangcity.blogspot.com/2012/11/blog-post_17.html สืบค้น
13 พฤษภาคม 2564

นงลักษณ์ บุญประกอบ. 2526. บทปฏิบัติการ การทดสอบเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่, คณะเกษตรศาสตร์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 97 หน้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นันทวรรณ สโรบล (นักวิชาการเกษตร). 2016. ถั่วเขียวผิวมันและถั่วเขียวผิวดำ. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ด้านการเกษตร เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: ag-ebook.lib.ku.ac.th สืบค้น 18 พฤษภาคม 2564.

บำเพ็ญ เขียวหวาน, เกษตรฉัตร รัตนศรี และจินตนา วิสารทพงศ์. 2542. เหมียง ผักพื้นบ้านปักษ์ใต้. ศูนย์สารสนเทศเกษตรสัมพันธ์ภาคใต้ สำนักส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา.

แป้ง [ออนไลน์] สืบค้นจาก: <http://www.joyofbaking.com/flour.html> สืบค้น 11 มิถุนายน 2564

เพคติน (Pectin) [ออนไลน์]. สืบค้นจาก:<https://www.siamchemi.com/%E0%B9%80%E0%B8%9E%E0%B8%84%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%99/> สืบค้น 11 มิถุนายน 2564

มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด. 2535. फिल्मและสารเคลือบที่รับประทานได้. วารสารอาหาร. 1: 22.

มยุรา ปรรณนาเปลี่ยน. 2547. Biobased food packaging. วารสารสถาบันอาหาร. 34: 11-15.

วิภา สุโรจนะเมธากุล. 2546. คุณสมบัติและประโยชน์ ของกลีเซอรอล. วารสารอาหาร. 33: 87-89.

รัตนา จินดาพรรณ จิรนาถ บุญคง และ จิรศักดิ์ แก้วเกิด. 2547. การผลิตฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียว. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม. 1: 45-52.

รัตนา จินดาพรรณ และ วิไลลักษณ์ ไผ่เพชร. 2549. อิทธิพลของพลาสติกไซเซอร์ต่อการต้านแรงดึง การซึมผ่านของน้ำมัน และความสามารถในการละลายของฟิล์มโปรตีนถั่วเขียว. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม ปีที่ 2. 1: 9 หน้า

รศ.ดร.ศุภศิลป์มณีรัตน์ผศ และดร.จรรยาบุญโปรดปราน. การพัฒนาฟิล์มและสารเคลือบจากเอ็กโซพอลิแซคคาไรด์ของ *Weissella confusa* NH02 ที่ผสมสารยับยั้งจุลินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บเนื้อหมูแช่เย็น [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: <https://core.ac.uk/reader/32428960> สืบค้น สืบค้น 11 มิถุนายน 2564

ระบบฐานข้อมูลทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นของชุมชน. [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: www.bedo.or.th สืบค้น 13 พฤษภาคม 2564.

วีรเกียรติ เสถียรรานนท์. 2541. เหมียง: ผักพื้นบ้าน (ผักเศรษฐกิจ) ในระบบเกษตรผสมผสาน. กรุงเทพมหานคร สำนักงานสงเคราะห์การทำสวนยาง ส่วนพัฒนาและส่งเสริมอาชีพ ฝ่ายส่งเสริมการสงเคราะห์ สำนักงานสงเคราะห์การทำสวนยาง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ และดร.นิธิยา รัตนานนท์. Mung bean/ถั่วเขียว. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร [ออนไลน์]. สืบค้นจาก: www.foodnetworksolution.com สืบค้น 29 พฤษภาคม 2564.

สุธาชีพ ศุภเกษตร. 2527. ต้นผักเหลียงผักพื้นเมืองที่น่าสนใจ. กสิกร 57: 5-11.

สถาบันการแพทย์แผนไทย. 2542. ผักพื้นบ้านภาคใต้. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก กรุงเทพฯ. 279 หน้า

สวรรยา เม็งเกร็ด. 2550. การใช้เจลบุกพร้อมกับเพคตินเป็นสารเคลือบจุลินทรีย์โพรไบโอติกและการประยุกต์ใช้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตพร้อมดื่ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง/กรุงเทพฯ.

อลิษา ลี้มศิรินาวา และ พัฒตรา สวัสดิ์. 2552. การเตรียมสารสกัดพริกขี้หนูในรูปแบบแผ่นฟิล์มกินได้. ภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัจฉรา กลิ่นกลบ. 2548. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความถ่วงจำเพาะของเมล็ดที่คัดแยกด้วยเครื่อง Gravity separator กับลักษณะทางคุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวเพื่ออุตสาหกรรมการเพาะถั่วงอก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาพืชไร่ฯ, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน. 53 หน้า

โฮลเกรนคืออะไร [ออนไลน์] สืบค้นจาก: <http://www.erisflourmills.com/textDetail.aspx?TextID=57&m=5> สืบค้น 11 มิถุนายน 2564

Abdelhedi, O., Nasri, R., Jridi, M., Kchaou, H., Nasreddine, B., Karbowski, T., et al. 2018. Composite bioactive films based on smooth-hound viscera proteins and gelatin: Physicochemical characterization and antioxidant properties. Food Hydrocolloids. 74: 176–186.

B.R. Sharma, Naresh L., N. C. Dhuldhoya, S.U. Merchant and U. C. Merchant. 2006. Overview on Pectins (click. for full paper) Times Food Processing Journal, June-July Issue. 44-51.

Budseekoad, S., Yupanqui, C. T., Sirinupong, N., Alashi, A. M., Aluko, R. E. and Youravong, W. 2018. Structural and functional characterization of calcium and iron-binding peptides from mung bean protein hydrolysate. Journal of Functional Foods. 49: 333–341.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Cheuk-Hang wan, V., Lee, C.M., and Lee, S.Y. 2007. Understanding consumer attitudes on edible films and coatings: focus group findings. *Journal of Sensory Studies*. 22: 353-366.
- Dias, A.B., Muller, C.M.O., Larotonda, F.D.S. and Laurindo, J.B. 2010. Biodegradable Films based on rice starch and rice flour. *Journal of Cereal Science*. 51: 213-219.
- Dias, A.B., Muller, C.M.O., Larotonda, F.D.S. and Laurindo, J.B. 2011. Mechanical and barrier properties of composite films based on rice flour and cellulose fibers. *LWT-Food Science and Technology*. 44: 535-542.
- Du, M., Xie, J., Gong, B., Xu, X., Tang, W., Li, X., et al. 2018. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. *Food Hydrocolloids*. 76: 131-140.
- Fathi, N., Almasi, H., & Pirouzifard, M. K. 2019. Sesame protein isolate based bionanocomposite films incorporated with TiO₂ nanoparticles: Study on morphological, physical and photocatalytic properties. *Polymer Testing*. 105919.
- J. Leroux, V. Langendorff, G. Schick, V. Vaishnav, J. Mazoyer. 2003. Emulsion stabilizing properties of pectin. *Original Research Article Food Hydrocolloids*, 17: 455-462.
- Kester, J. and Fennema, O. 1986. Edible Films and Coatings: A Review. *Food Technology*. 40: 47-59.
- Krochta, J.M. 2002. Proteins as Raw Materials for Films and Coatings : Definitions, Current Status, and Opportunities, pp.1-32. In Gennadios, A.(ed), *Protein-Based Films and Coatings*. CRC Press, Florida.
- Lieberman, E.R. and Gilbert, S.G. 1973. Gas Permeation of Collagen Films as Affected by Crosslinkage, Moisture, and Plasticizer Content. *J. Polym. Sci*. 41:33-43.
- Le Bot, Y. and Gouy, P.A. 1995. Polyols from Starch, p.155-177 In Kearsley, M.W. and Dziedic, S.Z.(ed.), *Handbook of Starch Hydrolysis Product and their Derivatives*. Blackie Acad. & Professional, London 275 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Moghadam, M., Salami, M., Mohammadian, M., Khodadadi, M. and Zahra E.D. 2020. Development of antioxidant edible films based on mung bean protein enriched with pomegranate peel. *Food Hydrocolloids*. 104:135735.
- Smaoui, S., Hlima, H. B., Mtibaa, A. C., Fourati, M., Sellem, I., Elhadeif, K., et al. 2019. Pomegranate peel as phenolic compounds source: Advanced analytical strategies and practical use in meat products. *Meat Science*, 158: 107914.
- Siew, D.C.W., Heilmann, C., Easteal, A.J. and Conney, R.P. 1999. Solution and Film Properties of Sodium Caseinate/Glycerol and Sodium Caseinate/Polyethylene Glycol Edible Coating Systems, *J. Agric. Food Chem.* 47:3432-3440.
- Triana Lindriati, Simon B.W. and Yuniarta. 2015. Edible Film from Jack Bean Flour for Use as an Antioxidative Packaging Incorporating Extract of Green Tea. 4: 2088-5334.
- Thompson, L.U. 1977. Preparation and Evaluation of Mungbean Protein Isolates. *Journal of Food Science*. 46:202-206.
- Tomasula, P.M., Yee, W.C., and Parris, N. 2003. Oxygen Permeability of Films Made from CO₂ Precipitated Casein and Modified Casein. *J. Agric. Food Chem.* 51:634-639.
- William G.T Willats, J. Paul Knox, Jørn Dalgaard Mikkelsen Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel Original Research Article Trends in Food Science & Technology, Volume 17, Issue 3, March 2006, Pages 97-104
- Wu, H., Lei, Y., Zhu, R., Zhao, M., Lu, J., Xiao, D., et al. 2019. Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. *Food Hydrocolloids*. 90: 41-49.
- Zhang, C., Wang, Z., Li, Y., Yang, Y., Ju, X., and He, R. 2019. The preparation and physiochemical characterization of rapeseed protein hydrolysate-chitosan composite films. *Food Chemistry*. 272: 694-701.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
การเตรียมฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโพลีเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมฟิล์มจากโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียงโดยใช้กลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์

การเตรียมฟิล์มโดยใช้กลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆเป็นพลาสติกไซเซอร์โดยดัดแปลงจากวิธีของ Triana และคณะ (2015)

นำเมล็ดถั่วเขียวไปแช่ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำเมล็ดถั่วเขียวมาปอกเปลือก



นำไปอบแห้งในตู้อบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



นำเมล็ดถั่วเขียวที่ได้ไปบดหรือปั่น แล้วนำไปกรองเพื่อให้ได้แป้งถั่วเขียว



เตรียมสารสกัดจากไบโहेลียงที่ 3 อุณหภูมิ คือ ที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส



ผสมแป้งถั่วเขียว 5 กรัมเสริมด้วยไบโहेลียง 50 มิลลิลิตร



กวนอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 10 นาที และให้ความร้อนจนเกิดเจล



ตั้งสารละลายให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง (25-28 องศาเซลเซียส)



เติมกลีเซอรอลที่ระดับความเข้มข้น 1.25 2.50 3.25 และ 5.00 กรัม



สารละลายโปรตีนถั่วเขียวเสริมด้วยไบโहेลียง 10 มิลลิลิตร เทขึ้นรูปฟิล์มในเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อ



ทำให้แห้งในตู้อบแห้งสำหรับอาหาร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง



นำฟิล์มที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล และฤทธิ์ทางชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Blance)



รูปที่ ข.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Blance)

ที่มา: <http://www.pnpscale.com>

1.1 วิธีการใช้งาน

- 1.1.1 ปรับลูกน้ำที่อยู่ด้านหลังเครื่องให้อยู่ในแนวกึ่งกลาง
- 1.1.2 กดปุ่ม ON หน้าจอแสดงตัวเลข 0.00 หรือ 0.000 กรัม
- 1.1.3 นำภาชนะหรือกระดาษชั่งวางบนจาน
- 1.1.4 กดปุ่ม TARE (ถ้าเอาภาชนะออกหน้าจอจะแสดงค่าตัวเลขเป็น -0.00 หรือ -0.000 กรัม ให้กดปุ่ม TARE เพื่อให้ตัวเลขเป็น 0.00 หรือ 0.000 กรัม)
- 1.1.5 เริ่มชั่งสารที่ต้องการ อ่านค่า
- 1.1.6 เมื่อใช้งานเสร็จกด OFF

1.2 ข้อควรระวัง

ต้องเลือกเครื่องชั่งให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ปัจจุบันที่มีความสำคัญต่อการเลือกใช้เครื่องชั่งคือ น้ำหนักของสารที่จะชั่ง ควรปฏิบัติดังนี้

- 1.2.1 ตั้งเครื่องชั่งวางบนพื้นราบที่มั่นคง ให้อุปกรณ์ที่อยู่บริเวณด้านหลังเครื่องอยู่บริเวณตรงกลาง
- 1.2.2 ขณะใช้เครื่องชั่งต้องรักษาความสะอาดของเครื่องตลอดเวลา ถ้ามีของหกต้องรีบเช็ดทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 1.2.3 สารที่ทำอันตรายเครื่องชั่งได้ต้องปิดฝาให้มิดชิดก่อนนำไปชั่งไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การดูแลรักษา

1.3.1 ระวังน้ำ

1.3.2 อย่าเปิด-ปิด เครื่องซึ่งขณะมีของวางอยู่บนเครื่องซึ่ง

1.3.3 อย่าวางเครื่องซึ่งโดยการกระแทกแรงๆ โดยเด็ดขาด

1.3.4 ขณะย้ายเครื่องซึ่งควรเอาจานรองเครื่องซึ่งออกจากเครื่องซึ่งทุกครั้ง

1.3.5 เมื่อเลิกใช้งานต้องทำความสะอาดทันที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องเวอร์เนีย (Digital Vernier Caliper)

เวอร์เนียแบบดิจิตอลเป็นเวอร์เนียที่อ่านค่าได้ง่ายที่สุด สามารถวัดค่าได้ง่ายแม้ว่าจะเป็นผู้ใช้งานมือใหม่ มีความแม่นยำสูง ปัจจุบันมีการพัฒนาเวอร์เนียชนิดนี้ให้สามารถวัดค่าได้หลากหลาย ทำงานได้นานขึ้น



รูปที่ ข.2 เครื่องเวอร์เนียแบบดิจิตอล (Digital Vernier Caliper)

ที่มา: <https://sites.google.com/site/danaiengineer>

2.1 วิธีการใช้งาน

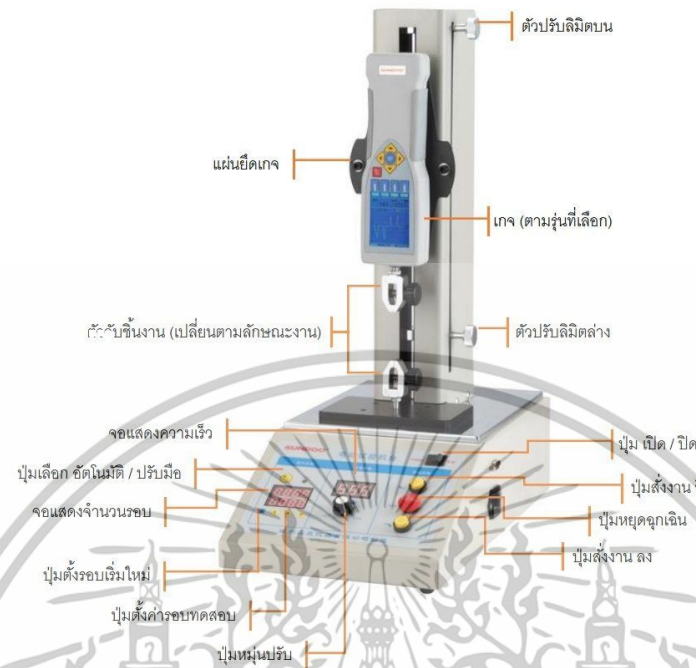
การใช้งานของเวอร์เนียดิจิตอล สามารถเริ่มใช้งานได้ง่ายโดยกดปุ่ม ON บนตัวเครื่องเพื่อเริ่มการดำเนินการ บางรุ่นสามารถบันทึกค่าเริ่มต้นในการใช้งานได้ ทำให้แม้ว่าจะมีการเคลื่อนปากวัดไปที่ยังตำแหน่งอื่น ก็สามารถดูค่าเริ่มต้นที่กำหนดไว้ได้ โดยผู้ใช้สามารถปรับหน่วยการวัดที่แสดงบนจอแสดงผลเป็นนิ้วหรือเป็นมิลลิเมตรได้

2.2 การดูแลรักษา

การดูแลรักษาเวอร์เนียดิจิตอล เช็ดทำความสะอาดสิ่งสกปรกและฝุ่นละอองด้วยผ้าสะอาด ระวังอย่าให้เครื่องมือตกหล่น เปลี่ยนถ่านส่วนจอแสดงผลดิจิตอล ให้พร้อมใช้งานอยู่เสมอ เพื่อให้เวอร์เนียชนิดนี้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength tester)



รูปที่ ข.3 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength tester)

ที่มา: <https://www.scilution.com>

3.1 วิธีการใช้งาน

- 3.1.1 เปิดเครื่อง เตรียมตัวอย่าง ยึดจับตัวอย่างตามลักษณะการทดสอบ
- 3.1.2 สำหรับรุ่น SN กด Reset ที่เกจ เพื่อเริ่มทดสอบใหม่ทุกครั้ง
- 3.1.3 สำหรับรุ่น SH, SP ตั้งค่าเกจไปใน Mode ที่ต้องการทดสอบ และกด ZERO ก่อน
- 3.1.4 ตั้งลิมิตบน-ล่าง เพื่อป้องกันความเสียหายต่อเกจ ตามความเหมาะสมกับตัวอย่าง
- 3.1.5 ตั้งจำนวนรอบการทดสอบ ส่วนการทดสอบที่ไม่ต้องการความต่อเนื่อง จะไม่ตั้งค่าก็ได้
- 3.1.6 ตั้งความเร็วของการทดสอบ (ตั้ง-กด) โดยปรับที่ปุ่มหมุนให้ได้ตัวเลขตามต้องการ
- 3.1.7 กดปุ่มสีเหลืองสั่งงาน (ขึ้น-ลง) ตามลักษณะการทดสอบ
- 3.1.8 อ่านค่าที่ได้จากเกจที่ติดตั้ง

3.1.9 หากเกิดกรณีฉุกเฉินให้กดปุ่มสีแดงเพื่อหยุดเครื่องฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ข้อควรระวัง

3.2.1 ตัวฐาน (Test Stand) ไม่สามารถสั่งให้หยุดอัตโนมัติ เมื่อเกจอ่านค่าสูงสุด (Peak) หรือค่าผลการทดสอบได้ เครื่องจะเดินไปจนถึงจุดลิมิตบนแล้วจึงหยุด หรือสั่งหยุดเองด้วยปุ่มสีแดงเท่านั้น

3.2.2 เกจ มีความไวต่อการอ่านค่าสูงมาก หากมีแรงกระทำต่อเกจโดยไม่ตั้งใจ เกจจะบันทึกค่าอัตโนมัติ ผู้ใช้งานจะต้องลบค่าที่ไม่ต้องการออกหรือบันทึกซ้ำทับลงไปจึงได้ค่าที่ต้องการ

3.3.3 หากเกิดความผิดปกติกับตัวเครื่องให้หยุดการใช้งานทันที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน (Hot plate)



รูปที่ ข.4 เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน (Hot plate)

ที่มา: <https://lab.equipment/ms7-h550-s-led-hotplate-stirrer-from-scilogex>

4.1 วิธีการใช้งาน

4.1.1 เสียบปลั๊ก

4.1.2 วางภาชนะที่มีสารละลายที่ต้องการคนบนเครื่อง

4.1.3 มีปุ่มปรับ 2 ปุ่ม คือ ปรับอุณหภูมิ (ซ้าย) และปรับความแรงในการคนสาร (ขวา)

4.1.4 ปรับอุณหภูมิ และปรับการคนสารตามต้องการ

4.2 ข้อควรระวัง

4.2.1 ความแรงการคนสารควรปรับให้พอเหมาะ

4.2.2 ภาชนะที่ใช้ควรทนความร้อน

4.2.3 การให้ความร้อนสารในภาชนะปิดสนิทอาจทำให้เกิดการระเบิดได้

4.2.4 ระวังอย่าสัมผัสผิวหน้าของ Hot plate ขณะใช้งาน หรือขณะที่ผิวหน้าของ hot plate ยังร้อน

4.3 การดูแลรักษา

ก่อนทำความสะอาดต้องถอดปลั๊กออกก่อนเสมอ และต้องปล่อยให้เย็นเสียก่อน จากนั้นใช้ผ้าชุบน้ำหมาดๆ เช็ด และห้ามใช้ผงซักฟอกในการทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เครื่องตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

การทำแห้งด้วยลมร้อน (hot air-drying) ดีกว่าการใช้แสงอาทิตย์ โดยการใช้อุปกรณ์ช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งตามต้องการและมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้จะมีความสะอาดและลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการทำแห้งด้วยแสงอาทิตย์แบบเก่า



รูปที่ ข.5 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)

ที่มา: <https://shop-api.readyplanet.com>

5.1 วิธีการใช้งาน

5.1.1 เสียบต่อสายไฟเครื่อง

5.1.2 กดสวิตช์เปิดเครื่อง

5.1.3 กดเลือกโหมดที่ต้องการ เช่น ตั้งอุณหภูมิ ตั้งระดับช่องระบายอากาศ และตั้งระดับพัดลม โดยหมุนปุ่มเพื่อปรับตั้งค่าโดยการหมุนซ้ายหรือขวาแล้วกดปุ่มเพื่อยืนยัน หากต้องการเปลี่ยนค่าสามารถกดโหมดที่ต้องการและแก้ไขได้

5.2 ข้อควรระวัง

5.2.1 อุปกรณ์ประเภทโลหะ เช่น เครื่องมือผ่าตัดต่างๆ ควรล้างทำความสะอาดเครื่องมือทุกชิ้นแล้วห่อหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ก่อนนำเข้าตู้อบ

5.2.2 อุปกรณ์ประเภทเครื่องแก้วต่างๆ ควรล้างทำความสะอาดและแยกชิ้นส่วนออกจากกันก่อน หลังจากนั้นนำไปวางบนชั้นวางภายในตู้อบ

5.3 การดูแลรักษา

หลังจากใช้เครื่องเสร็จแล้ว ถอดปลั๊กออกแล้วทำความสะอาดโดยใช้ผ้าจุ่มน้ำและบิดพอหมาดๆ เช็ดให้ทั่วตู้โดยไม่ต้องใช้สารทำความสะอาด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)



รูปที่ ข.6 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

ที่มา: <https://www.serlabo.fr/fr/spectrophotometre-simple-faisceau /205-libra-s50.html>

6.1 วิธีการใช้งาน

6.1.1 เปิดเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) เลือกแหล่งกำเนิดแสง และ กำหนดความยาวคลื่นแสงที่ต้องการ โดยควรเปิดเครื่องก่อนการใช้งานไม่น้อยกว่า 15 นาที

6.1.2 เลือกคิวเวต (Cuvette) ให้เหมาะสมกับสารตัวอย่าง ใส่สารตัวอย่างในคิวเวต แล้วเช็ด ด้านข้างของคิวเวตให้แห้งสะอาด

6.1.3 วางคิวเวต (Cuvette) ในช่องสำหรับใส่ในเครื่อง ปิดฝาเครื่อง และอ่านค่าการดูดกลืนแสงจากจอแสดงผล ในกรณีที่เป็นเครื่องแบบลำแสงคู่ (Double beam) จะใช้คิวเวต 2 อัน คือ น้ำกลั่น (Blank) และสารตัวอย่าง เครื่องจะทำการหักลบค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างและ blank ให้ อ่านผลได้จากจอแสดงผล

6.2 การบำรุงรักษา

ก่อนทำความสะอาดต้องถอดปลั๊กออกก่อนเสมอ ทำความสะอาดเครื่อง ล้าง คิวเวต (Cuvette) ให้สะอาด แล้วปิดเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการคำนวณ

1. ปริมาณความชื้น (MC)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักฟิล์มก่อนทำการอบ} - \text{น้ำหนักฟิล์มหลังทำการอบ}}{\text{น้ำหนักฟิล์มก่อนทำการอบ}} \times 100$$

2. ความสามารถในการละลายน้ำ (WS)

$$\text{ความสามารถในการละลายน้ำ (WS\%)} = \frac{W_f - W_i}{W_i} \times 100$$

โดย WS = ความสามารถในการละลายน้ำ

W_i = น้ำหนักเริ่มต้น

W_f = น้ำหนักสุดท้ายของฟิล์ม

3. การซึมผ่านของไอน้ำ (WVP)

$$\text{การซึมผ่านของไอน้ำ (WVP)} = \frac{\Delta w \times X}{t \times A \times \Delta p}$$

โดยที่ Δw = การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของถ้วย (g)

X = ความหนาของฟิล์มโดยเฉลี่ย (m)

t = เวลา (s)

A = พื้นที่ผิวสัมผัสของฟิล์ม (m^2)

Δp = ความแตกต่างของแรงดันไอน้ำจากทั้งสองด้านของฟิล์ม (2376.39 Pa)

4. การวิเคราะห์หาค่าสี่

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยที่ ΔL^* , Δa^* และ Δb^* คือ ความต่างระหว่างพารามิเตอร์สี่ของตัวอย่าง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแบบลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

$$\text{DPPH scavenging activity (\%)} = 1 - \frac{A_s}{A_c} \times 100$$

โดยที่ A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของฟิล์มตัวอย่าง

A_c คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของชุดควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นางสาวอนุสรณ์ โนลา
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2542
 ภูมิลำเนา จังหวัดร้อยเอ็ด
 ที่อยู่ 59/3 หมู่ที่ 6 ตำบลบางสน อำเภอปะทิว
 จังหวัดชุมพร 86160
 E-mail anusornnola@gmail.com

ประวัติการศึกษา

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) ปีการศึกษา 2559 จากโรงเรียนปะทิววิทยา จังหวัดชุมพร
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ปีการศึกษา 2563 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้