การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยไคโตซาน

Storage-life of Cavendish banana with chitosan

นางสาว ปัณฑารีย์ ธรรมจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2563

การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยไคโตซาน

Storage-life of Cavendish banana with chitosan

นางสาว ปัณฑารีย์ ธรรมจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อปริญญานิพนธ์	การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยไคโตซาน
ชื่อ นามสกุล	นางสาวปัณฑารีย์ ธรรมจันทร์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	1. นาย พลกฤษณ์ คุ้มกล้ำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	2. นาย วราวุฒิ พุทธให้

คณะกรรมการสอบได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

วิไลวรรณ ลีนะกุล ..... ประธานกรรมการ

(ผศ.ดร. วิไลวรรณ ลีนะกุล)

..... กรรมการ

(ผศ.ดร. กัลทิมา เชาว์ชาญชัยกุล)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ วราวุฒิ พุทธให้)

พลกฤษณ์ คุ้มกล้ำ ..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ พลกฤษณ์ คุ้มกล้ำ)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาตรบัณฑิต
สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ ..... เดือน..... พ.ศ. .....

ชื่อปริญญานิพนธ์ การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยฟิล์มไคโตซาน
ชื่อ สกุล นางสาว ปัณฑารีย์ ธรรมจันทร์
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วัสดุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มไคโตซาน โดยการเตรียมสารละลายจากผงไคโตซาน 2% (w/w) ละลายในกรดแอซิติก 1% (w/w) และปรับความหนืดโดยเติมกลีเซอรอลที่ 15 30 และ 45 % (w/w) และทวีน 10% (w/w) ผลการวิจัยพบว่า ส่วนผสมของสารละลายที่ทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นมากที่สุด คือกรณีการทดลองเติมกลีเซอรอล 45% ทวีน 10% (w/w) ลงในสารละลายไคโตซาน และอบแห้งให้มีความชื้นสุดท้าย 23% (d.b.) ซึ่งจะทำให้มีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของฟิล์มเท่ากับ 4.14 MPa เมื่อนำฟิล์มไคโตซานมาทดสอบการเก็บรักษากล้วยหอม ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 วัน ในระยะเวลา 1-5 วันสีของเปลือกกล้วยหอมยังคงเป็นสีเหลืองปกติ หลังจากนั้นสีของเปลือกกล้วยจะเริ่มคล้ำขึ้น ค่าความหวานของกล้วยหอมอยู่ในช่วง 19-28 บริกซ์

คำสำคัญ : ไคโตซาน,การยืดอายุการเก็บรักษา,กล้วยหอม

Project title Storage-life of Cavendish banana with chitosan
Author Pantharee Tammachan
Degree Bachelor of science
Major program Industrial Material Science
Science and Technology
Academic Year 2020

ABSTRACT

This research was study the optimum condition for chitosan film forming from preparing the chitosan solution 2% (w/w) that added with acetic acid 1% (w/w). The solution viscosity was adjusted by glycerol at 15 30 and 45 % (w/w) and Tween 10% (w/w). From the experimental results, in case of the chitosan solution that adding with glycerol 45 % (w/w), Tween 10% (w/w) and drying which final moisture content at 23 % (d.b.) affected the highest viscosity of the chitosan film that compared with other condition. The ultimate tensile strength of chitosan film was 4.14 MPa. For banana storage testing, the banana was wrapped with chitosan film for 10 days at room temperature, the first five days, the color of banana peel was yellow normally after that the peel was slightly increased with dark color. The total soluble solid of the banana was in the range of 19-28 Brix.

Keywords : Chitosan, Extend shelf life, Cavendish Banana

กิตติกรรมประกาศ

วิจัยนี้ได้ลุล่วงสำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาของอาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้องทั้งหลายด้วยกัน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา นาย พลฤกษณ์ คุ้มกล่ำ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม นาย วราวุฒิ พุทธให้ ที่มีบทบาทสำคัญในการทำงานวิจัยในทุก ๆ ส่วน คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด

อนึ่งผู้วิจัยได้หวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอลส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าตณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาทำให้ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอบคุณทุกความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆที่จะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอนอบรับแต่เพียงผู้เดียว และพร้อมที่จะรับคำแนะนำของทุกท่านเพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาวิจัยต่อไป

ปัณฑารีย์ ธรรมจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ข
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน	3
2. แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไคตินและไคโตซาน	4
2.2 กรดแอซิติก	6
2.3 ฟิล์มแรป	8
2.4 กลีเซอรอล	9
2.5 Tween20	9
3. วิธีดำเนินการ	10
3.1 สารเคมี	10
3.2 อุปกรณ์	10
3.3 ขั้นตอนการทดลอง	11
4. ผลการทดลอง และอภิปรายผล	15
4.1 ผลการทดสอบ Moisture content	15
4.2 ผลการทดสอบ Thickness	18
4.3 ผลการทดสอบ Tensile Strength	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการลองการวัดสีของเปลือกกล้วยหอม	25
4.5 ผลการทดลองการวัดค่าความหวานของกล้วยหอม	28
5. สรุปผล และข้อเสนอแนะ	29
5.1 สรุปผลการทดลอง	29
5.2 ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	31
ประวัติการศึกษา	32

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	ตารางการแสดงผลของสีเปลือกกล้วย	26

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
รูปที่ 1	โครรงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	5
รูปที่ 2	โครงสร้างทางเคมีของไคติน	6
รูปที่ 3	โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	6
รูปที่ 4	สูตรทางเคมีของกรดแอซีติก	7
รูปที่ 5	โครงสร้างทางเคมีของกลีเซอรอล	9
รูปที่ 6	ไมโครมิเตอร์	13
รูปที่ 7	เครื่องทดสอบ Tensile Strength	14
รูปที่ 8	เครื่องวัดความหวาน(Brix refractometer)	14
รูปที่ 9	กราฟความชื้นของGlycerol ที่ 15% 30% และ 45%	15
รูปที่ 10	เปรียบเทียบความชื้นของ Glycerol ที่ 15%, 30% และ 45% เป็นกราฟMoisture ratio	16
รูปที่ 11	กราฟความชื้นของ Glycerol 15% Tween20 10%, Glycerol 30% Tween20 10% และ Glycerol 45% Tween20 10%	17
รูปที่ 12	เปรียบเทียบความชื้นของ Glycerol 15% Tween20 10%, Glycerol30%Tween20 10% และ Glycerol 45% Tween20 10% เป็นกราฟ Moisture ratio	17
รูปที่ 13	ค่าความหนาของ Glycerol 15%, 30% และ 45%	18
รูปที่ 14	ค่าความหนาของ Glycerol 15% Tween20 10%, Glycerol 30% Tween20 10% และ Glycerol 45% Tween20 10%	19
รูปที่ 15	ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 23 % และฟิล์มทางการค้า	20
รูปที่ 16	ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 19 % และฟิล์มทางการค้า	21
รูปที่ 17	ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 16 % และฟิล์มทางการค้า	22
รูปที่ 18	ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 23% และฟิล์มทางการค้า	23

รูปที่ 19	ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19% และฟิล์มทางการค้า	24
รูปที่ 20	ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19% และฟิล์มทางการค้า	25
รูปที่ 21	กราฟแสดงค่าความหวานของกล้วยหอม	28

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กล้วยหอม เป็นผลไม้ที่ค่อนข้างจะเป็นที่นิยมหลักๆ ทั้งภายในประเทศไทยและต่างประเทศ กล้วยหอมยังเป็นผลไม้ที่เต็มไปด้วยวิตามินเอ ซูโครส ฟรุคโทส กลูโคส แบต้าแคโรทีน และมีกากใยอาหารอีกด้วย กล้วยหอมเป็นผลไม้ที่ส่งออกต่างประเทศมากพอสมควร เนื่องจากกล้วยหอมเป็นผลไม้ชนิดที่สุกง่าย และเกิดเชื้อราได้ง่ายเมื่อสุกแล้ว ซึ่งการเกิดการสุกและการเสื่อมถอยของกล้วยหอมจึงสามารถเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่องหลังจากเก็บเกี่ยว อีกทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น การสูญเสียน้ำของผิวและผล การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรที่มีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศความชื้น หรือระยะเวลาในการสุกตัว ยังมีความจำเป็นต้องส่งออกทางเครื่องบินหรือตู้คอนเทนเนอร์ที่ถูกออกแบบพิเศษสำหรับสินค้าแต่ละชนิด เพื่อลดความสูญเสียอันเกิดจากการขนส่งสินค้าไปยังประเทศปลายทางและการปรับปรุงกระบวนการจัดการผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว เช่นการใช้กรดอะซีติกเพื่อการเกิดแบคทีเรียและยับยั้งการแลกเปลี่ยนก๊าซทั้งภายในและภายนอกของผล ไคโตซานช่วยชะลอการสุกของผลไม้เป็นต้น เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตรให้มีคุณภาพดีจนถึงตลาดปลายทางจึงเป็นเรื่องสำคัญ

โดยฟิล์มพลาสติกทั่วไปจะมีลักษณะยืด เหนียว แต่จะไม่สามารถยืดอายุพืช ผัก ผลไม้และอาหาร โดยฟิล์มพลาสติกจะใช้ระยะเวลานานในการย่อยสลายซึ่งอาจจะเป็นมลพิษต่อสภาพแวดล้อม จึงได้คิดค้นฟิล์มที่สามารถยืดอายุผัก ผลไม้และใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายได้เร็วกว่าฟิล์มพลาสติกทั่วไป ไคโตซานคือสารโพลีเซคคาไรด์ (Polysaccharide) เป็นสารสกัดที่ได้จากเปลือกกุ้ง กระดองปูหรือกระดองปลาหมึก โดยแยกเอาโปรตีนและเกลือแร่ออกจะได้สารที่เรียกว่าไคติน (Chitin) ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ และประกอบกับผ่านกระบวนการทางเคมีจึงได้สารไคโตซานในและส่วนมากในปัจจุบันจะพบการทำไคโตซานไปใช้ในหลากหลาทาง เช่น ทางเกษตรกรรม ทางเภสัชกรรมหรือทางอาหารและยา เป็นต้น ไคโตซานเป็นเส้นใยอาหารตามธรรมชาติซึ่งจะมีคุณสมบัติที่สามารถลดการสูญเสียน้ำและชะลอการสุกของผลไม้ นอกจากนี้ยังพบว่าการเคลือบด้วยไคโตซานยังสามารถกระตุ้นทำให้ผลไม้มีความต้านทานต่อการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว จะส่งผลทำให้การยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมให้ได้นานมากขึ้นอีก ด้วยปัญหาอายุการเก็บรักษากล้วยหอมหลังจากสุกแล้วมีการสูญเสียทางสรีรวิทยา จึงได้เห็นแนวทางการชะลออายุและการเก็บรักษาด้วยการทำฟิล์มไคโตซาน งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาอัตราส่วนการเติมกลีเซอรอลที่ 15 , 30 , 45 %(w/w) และการเติมทวีน 10% (w/w) เพิ่มในอัตราส่วนที่มีกลีเซอรอลที่แตกต่างกัน ระยะเวลาบ่มฟิล์มที่ส่งผลต่อความต้านทานแรงดึงสูงสุดและเปอร์เซ็นต์ความยืดของฟิล์มไคโตซาน เมื่อได้ฟิล์มคุณสมบัติทีเหมาะสมจะนำมาทดสอบโดยการห่อกล้วยหอมเป็นเวลา 10 วัน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของฟิล์มจากไคโตซานและการเก็บรักษาอายุกล้วยหอมด้วยฟิล์ม โดยจะศึกษาอัตราส่วนของปริมาณสารละลายที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปฟิล์ม โดยประเมินผลจากการทดสอบสมบัติต่างๆ คือ ความชื้น ความหนา ความยืดหยุ่น และการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยฟิล์มไคโตซาน

1.2.2 เพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปฟิล์มไคโตซาน

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 เตรียมสารละลายไคโตซาน จากผงไคโตซานละลายในกรดอะซิติก และเพิ่มความหนืดของสารละลายด้วยกลีเซอรอล

1.3.2 ทดสอบค่าแรงดึงสูงสุด ความหนา ความชื้น และทดสอบการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยฟิล์มไคโตซาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมด้วยฟิล์มไคโตซาน

1.4.2 ได้ฟิล์มถนอมอาหารแบบบริโภคได้ เพื่อเป็นทางเลือกในการนำมาใช้ทดแทนฟิล์มพลาสติก

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ลำดับ	กิจกรรม	ปี พ.ศ.2563			
		ก.ค	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
1	กำหนดขอบเขตเรื่อง				
2	ค้นคว้าทำการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง				
3	ปรึกษาอาจารย์ และกำหนดววัตถุประสงค์				
4	ปรึกษาอาจารย์ และกำหนดหัวข้อเรื่อง				
5	สรุปใจความสำคัญจากวิจัยที่ค้นคว้า				

6	ดำเนินการทำแผนการดำเนินงาน				
7	ปรึกษาอาจารย์ผู้ที่มีความรู้,ติดต่อสถานที่				
8	ทำการเตรียมงานตัวอย่าง				
9	ทดลองและทดสอบครั้งที่ 1				
10	ทำการวิเคราะห์ข้อมูล,ทำการเปรียบเทียบ				
11	แก้ไขปัญหาที่พบ				
12	สรุปและอภิปรายผล				
13	รวบรวมข้อมูลในการทำเล่มวิจัย				
14	ปรึกษาอาจารย์				
15	ปรับแก้เล่มวิจัย				
16	เตรียมข้อมูลในการนำเสนอวิจัย				
17	นำเสนอโครงการวิจัย				

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไคตินและไคโตซาน (Chitin and Chitosan)

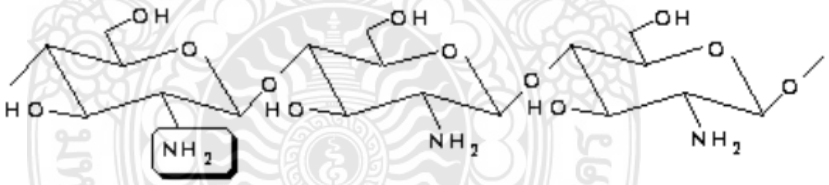
2.1.1 ความเป็นมาของไคตินและไคโตซาน

ไคตินเป็นสารโพลิเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) ที่พบมากเป็นอันดับสองของโลกรองจากเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของสิ่งชีวิตหลายชนิด เช่น เปลือกหอย ปู กุ้ง ปลาหมึก เปลือกของแมลง และพบได้ใน ผนังเซลล์ของเหด็ รา และ สาหร่ายบางชนิด เป็นวัสดุชีวภาพเกิดในธรรมชาติ จัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตเช่นเดียวกับแป้ง ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนติดอยู่ด้วยทำให้มีคุณสมบัติที่โดดเด่น และหลากหลายมีประสิทธิภาพสูงในกิจกรรมชีวภาพ และยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยน้ำตาลโมเลกุลเล็ก ๆ ที่เรียกว่า N-Acetylglucosamine จะมีลักษณะต่อกันเป็นสายยาว เกิดเป็นโครงสร้างที่ไม่ละลายน้ำ แต่จะละลายได้ในกรดอนินทรีย์ ดังนั้นจึงเป็นสารที่มีความปลอดภัยในการใช้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม สารไคติน-ไคโตซานนี้ มีลักษณะพิเศษในการนำมาใช้ดูดซับและจับตะกอนต่าง ๆ ในสารละลายแล้วนำสารกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งเป็นการหมุนเวียนตามระบบธรรมชาติ ไคตินเป็นโครงสร้างหลักเดี่ยว ๆ ในสิ่งมีชีวิต โดย จะพบในรูปที่เป็นสารประกอบที่ปะปนอยู่กับสารอื่น เช่น ในเปลือกกุ้ง หรือ กระดองปูจะพบมีหินปูนหรือแคลเซียม และ โปรตีนประกอบอยู่ด้วย ในขณะที่เปลือกแข็งหหุ้มของแมลงจะ ประกอบด้วยไคตินในรูปที่เป็นสารเชิงซ้อนไคตินกับโปรตีน (Chitin-Protein Complex) และในผนังเซลล์ของ รา ยีสต์ และ จุลินทรีย์ ไคตินจะอยู่รวมกับสารอินทรีย์อื่น ๆ ในบรรดาสัตว์จำพวก Arthopods กุ้ง ปู นับเป็นแหล่งวัตถุดิบสำคัญในการ ผลิตไคตินเชิงพาณิชย์ กากของเสียที่ได้จากการแปรรูปเพื่อไปเป็นอาหารมีจำนวนมากโดยเฉพาะกุ้งถือได้ว่าเป็นสัตว์เศรษฐกิจสำคัญของโลกมีมูลค่าการส่งออกและนำเข้าจำนวนมากในแต่ละประเทศทั่วโลก องค์ประกอบของโครงสร้างต่อ นำหนักตัวแห้งในกุ้ง และปู คิดเป็นประมาณ 15-20% ซึ่ง ปริมาณไคตินที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างต่อน้ำหนักตัวแห้งของสัตว์ต่าง ๆ เหล่านี้มีต่างกันไป

ไคโตซาน คือ สารธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีในสัตว์กระดองแข็งและขาเป็นปล้อง เช่น เปลือกกุ้ง กั้ง และกระดองปู ซึ่งเมื่อนำมาสกัดแยกเอาแคลเซียม โปรตีน และแร่ธาตุที่ไม่ต้องการออกไป ก็จะได้สารสำคัญที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายเซลลูโลส เรียกว่า "ไคติน" (chi-tin) ไคโตซานถูกค้นพบในปี 1859 โดยศาสตราจารย์ C.Rouget ไคโตซาน (Poly (1, 4-2- amino-2-deoxy-β-D-glucosamine)

ไคโตซานเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซีติล (Deacetylation) ของไคตินด้วยด่างเข้มข้น ทำให้โครงสร้างของไคตินบางส่วนเปลี่ยนแปลงไป โดยมีการเปลี่ยนหมู่ฟังก์ชันที่มีหมู่อะเซตามิโด

(-NHCOCH**3**)เปลี่ยนไปอยู่ในรูปของหมู่อะมิโน (-NH_2) ที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไคโตซานเป็นโพลิเมอร์สายยาว มีประจุบวก เนื่องจากเกิดโปรโตเนตหมู่อะมิโน (ในรูป-NH_3^+) ปกติไคโตซานละลายได้ดีในกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซีติกกรดโพรพาโนอิก กรดแลคติก เป็นต้น pK**a** ของไคโตซานขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของโพลิเมอร์ขอบเขตของความสะเทินของประจุและค่าระดับการกำจัดหมู่อะซีทิล (%DD) ที่มีเศษส่วนโมลเดียวกันกับคู่กรดที่ถูกสะเทิน pK**a** ของไคโตซานมีค่าอยู่ในช่วง 6.2 และ 6.8 สารละลายของไคโตซานมีความเหนียวใส มีพฤติกรรมแบบนอน – นิวโตเนียน (non-newtonian) แต่ถ้าหากจะกล่าวถึงบิดาแห่งไคโตซานแล้วต้องยกให้กับ ดร.ชิกิฮิโร่ ฮิราโน่ อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยโตเกียวประเทศญี่ปุ่นเพราะได้ทำการศึกษาวิจัยในเรื่องไคโตซานมาแล้วไม่ต่ำกว่า 200 งานวิจัย ซึ่งนั้นก็เพียงพอที่จะทำให้เขาสามารถตอบได้ทุกข้อสงสัยและทุกรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องราวของไคโตซานได้อย่างชัดเจนไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคติน ที่ได้จากการดึง เอาหมู่อะซิทิล (Acetyl Group) ของไคตินออกไปโดยปฏิกิริยาที่เรียกว่าDeacetylation ทำให้โครงสร้างของไคตินที่เป็น N-Acetyl Glucosamine กลายเป็น Glucosamine ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ Active พร้อมจะทำปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และมีสมบัติละลายได้ในกรดอ่อน ในอุตสาหกรรมจะสกัดจากเปลือกกุ้ง ปู ปลาหมึก โดยผลิตอยู่ในรูปของผงไคโตซาน ดังภาพที่ 1 (วราวุฒิพุทธให้.2546:15) ไคโตซานที่ได้จะมีส่วนผสมของน้ำตาล N-Acetyl-DGlucosamine และ Glucosamine อยู่ในสายพอลิเมอร์เดียวกัน ซึ่งระดับการกำจัดหมู่ Acetyl หรือเปอร์เซนต์การเกิด Deacetylation นี้มีผลต่อสมบัติและการทางานของไคโตซาน



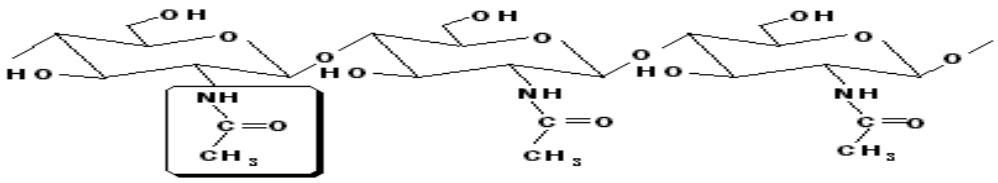
รูปที่ 1 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

ที่มา : วราวุฒิ พุทธให้. (2546). การเตรียมและศึกษาคุณลักษณะของเยื่อบางไคโตซานและเยื่อประกอบอีเทอร์ซันโฟน / ไคโตซานเพื่อทำแผ่นเพื่อกรองระดับอัลตร้า

2.1.2 คุณสมบัติไคตินและไคโตซาน

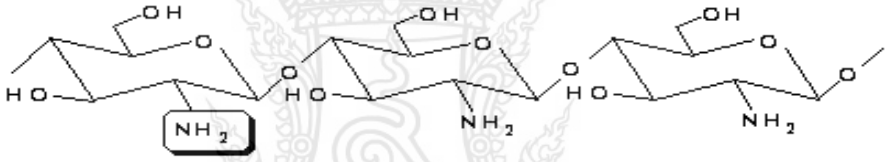
ไคติน (chitin) มีสูตรทางเคมีของโมโนเมอร์ คือ $C_8H_{18}NO_5$ ซึ่งจะประกอบบไปด้วย C 49.29% ,H 6.89% และ O 39.37% เป็นพอลิเมอร์ชีภาพที่มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ซึ่งธรรมชาติสร้างสรรค์ขึ้นมาเพื่อองค์ประกอบในโครงสร้างต่าง ๆ ไคตินเป็นสารอินทรีย์ที่สกัดได้จากเปลือกกุ้ง กระดองปู เห็ดรา และยีสต์ เป็นสารโมเลกุลยาวที่ไร้ประจุ ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้

ไคตินไม่ละลายน้ำหรือละลายในสารทั่วไป หากแยกหมู่อะเซทิล (acetyl, CO-CH) ออกจะได้สารที่ชื่อว่า ไคโตซาน



รูปที่ 2 โครงสร้างทางเคมีของไคติน

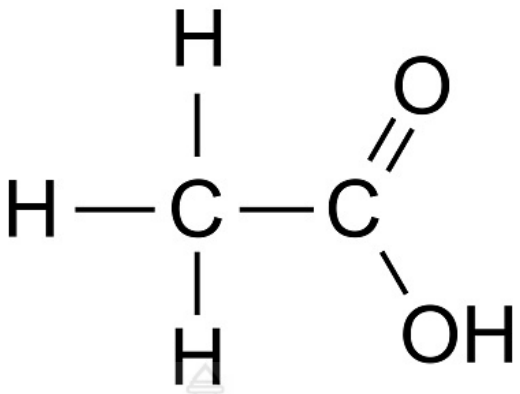
ไคโตซาน (Chitosan) คือส่วนหนึ่งของไคตินที่ได้จากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่อะซิทิล (deacetylation) ของไคตินด้วยด่างที่เข้มข้น จะทำให้โรงสร้างของไคตินเปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะหมู่เกาะฟังก์ชันที่มีธาตุไนโตรเจน สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไคโตซานเป็นพอลิเมอร์สายยาวที่มีประจุบวก เนื่องจากหมู่อะมิโน ไคโตซานจึงละลายในกรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซีติก กรดแลกติก เป็นต้น



รูปที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน

2.2 กรดแอซิติก (Acetic acid)

กรดแอซิติก(Acetic acid) หรือ กรดน้ำส้ม หรือ กรดเอทาโนอิก (Ethanoic acid) เป็นกรดอินทรีย์ (Organic acid) มีสูตรทางเคมี คือ CH_3COOH ดังรูปภาพที่ 4 ซึ่งน้ำส้มสายชูมีกรดแอซีติกตั้งแต่ 4% ต่อปริมาตรขึ้นไป ทำให้กรดแอซีติกเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตน้ำส้มสายชู นอกจากน้ำ กรดแอซีติกจะมีรสเปรี้ยวและมีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว นอกจากจะนำกรดแอซีติกมาเป็นส่วนประกอบในน้ำส้มสายชูแล้วยังมีการนำมาเป็นสารตั้งต้นองพอลีไวนิลแอซีเตดและเซลลูโลสแอซีเตด จักเป็นกรดอ่อนเนื่องจากแตกตัวบางส่วนในสารละลาย แต่กรดแอซิติกเข้มข้นมีฤทธิ์กัดกร่อนและสามาระระคายเคืองผิวหนังได้ ปัจจุบันจะพบการนำกรดแอซีติกไปใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม ด้านการเกษตร และทางการแพทย์



รูปที่ 4 สูตรทางเคมีของกรดแอซิติก

2.2.1 ความเป็นกรดของกรดแอซีติก

ไฮโดรเจนอะตอมในกลุ่มคาร์บอกซิล (–COOH) ในกรดคาร์บอกซิลิกเช่น กรดแอซีติก สามารถแยกตัวออกจากโมเลกุลด้วยวิธีไอออไนเซชัน (ionization) : $CH_3CO_2H \rightleftharpoons CH_3CO_2^- + H^+$กรดแอซีติกมีความเป็นกรดเพราะสามารถแตกตัวในน้ำและให้โปรตอน (H^+) กรดแอซีติกเป็นกรดอ่อนที่สามารถให้โปรตอนได้เพียงตัวเดียว (monoprotic acid) กรดแอซีติกในสารละลายมี pK_a = 4.76 (ค่าคงที่การแตกตัวของกรด)คู่เบสของกรดนี้คือแอซิเตตไอออน (CH_3COO^-) สารละลายที่มีความเข้มข้น 1.0 M (เทียบเท่ากับความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูทั่วไป) มี pH =2.4 ซึ่งบ่งบอกว่ามีเพียงแค่ 0.4% โมเลกุลของกรดแอซีติกที่แตกตัว แต่เมื่อสารละลายมีความเข้มข้นที่ต่ำมาก ($< 10^{-6}$ M) ค่าการแตกตัวของโมเลกุลกรดแอซีติกเพิ่มขึ้นมากกว่า 90%

2.2.2 คุณสมบัติตัวทำละลาย

กรดแอซิติกในสถานะของเหลวเป็นตัวทำละลายที่ละลายในน้ำได้ดี (เนื่องจากมีขั้ว) และสามารถให้โปรตอนได้ เช่นเดียวกับเอทานอลและน้ำ เนื่องจากกรดแอซิติกมีค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (dielectric constant) ในระดับปานกลางเท่ากับ 6.2 ทำให้กรดแอซิติกสามารถละลายได้ทั้งในสารที่มีขั้วเช่น เกลืออนินทรีย์และน้ำตาล และสารที่ไม่มีขั้วเช่น น้ำมัน สารละลายที่ได้จากการผสมของกรดแอซิติกและตัวทำละลายที่มีขั้วและไม่มีเช่น น้ำ คลอโรฟอร์ม และเฮกเซน เป็นสารเนื้อเดียว แต่เมื่อผสมกรดแอซิติกกับตัวทำลายที่มีความเป็นด่างสูงเช่น ออกเทน (octane) สารละลายที่ได้จะเป็นสารเนื้อผสม นอกจากนี้ความสามารถในการสร้างสารเนื้อเดียวเมื่อผสมกรดแอซิติกกับตัวทำละลายจะน้อยลงเมื่อตัวทำละลายมีโครงแอลเคนที่ยาว คุณสมบัติตัวทำละลายและการทำให้เป็นเนื้อเดียวของกรดแอซิติกสร้างประโยชน์ให้กับทางอุตสาหกรรมทางเคมีเช่น การนำกรดแอซิติกเป็นตัวทำละลายในการผลิตไดเมธิลเทเรฟธาเลต (Dimethyl terephthalate)

2.3 ฟิล์มแรป

ฟิล์มแรป (Plastic Wrap) เป็นพลาสติดที่มีลักษณะบาง ใส เหนียว มีความยืดหยุ่นสูง และสามารถ Cling หรือเกาะติดกับขอบภาชนะได้ดี ทำให้ Plastic Wrap มีชื่ออื่นเรียกอื่นในต่างประเทศว่า Cling-film หรือ Cling Wrap นอกจากจะทีคุณสมบัติดังกล่าวแล้ว ยังสามารถป้องกันการผ่านเข้าออกของโมเลกุลของสารที่อยู่ในสภาวะก๊าซ โดยเฉพาะโมเลกุลของออกซิเจน สารหอมระเหยและกลิ่น ทำให้พลาสติกชนิดนี้รักษากลิ่นของอาหารไว้ได้ดี และสามารถป้องกันไม่ให้โมเลกุลของออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยากับอาหาร ซึ่งเป็นการช่วยป้องกันการเน่าเสียของอาหาร และสามารถช่วยถนอมและรักษาความสดใหม่ให้กับอาหาร

2.3.1 ประเภทพลาสติกของฟิล์มแรป

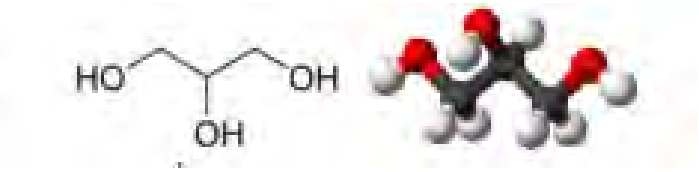
ฟิล์มยืดถนอมอาหารทั่วไปจะนิยมทำมาจากพลาสติก 3 ประเภทดังนี้

1. โพลีเอทิลีน หรือ PE (Polyethylene) ฟิล์มยืดที่ผลิตจากพลาสติก PE จะมีคุณสมบัติที่ให้ไอน้ำซึมผ่านได้น้อย แต่ก๊าซจะสามารถซึมผ่านได้ดี เหมาะกับการนำมาใช้ห่อผัก ผลไม้สด
2. โพลีไวนิลคลอไรด์ หรือ PVC (Polyvvinylchloride) ฟิล์มยืดที่ผลิตจากพลาสติก PVC จะมีคุณสมบัติยอมให้ไอน้ำและออกซิเจนไหนผ่านได้ จึงดหมาะสำหรับใช้บรรจุอาหารสดเพื่อช่วยรักษาความสดของอาหารเอาไว้ได้ เช่น จำพวกเนื้อสัตว์
3. โพลีไวนิลิดีนคลอไรด์ หรือ PVDC (Polyvinylidenechloride) ฟิล์มยืดที่ผลิตจากพลาสติก PVDC จะมีคุณสมบัติที่เหมือนกับฟิล์มยืดที่ผลิตจาก PVC คือมีคุณสมบัติที่ให้ทั้งก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ แต่ฟิล์มยืดชนิดนี้จะสามารถทนความร้อนได้มากกว่าชนิดอื่น ๆ

2.4 กลีเซอรอล

2.4.1คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี

กลีเซอรอล (Glycerol) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า กลีเซอรีน (Glycerin) เป็นชื่อที่มาจากคำในภาษากรีกว่า glykys หมายถึงความหวาน กลีเซอรอลมีคุณสมบัติลักษณะเป็นของเหลวใส คล้ายน้ำมัน หนืด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีพิษ มีรสหวานเล็กน้อย สามารถละลายในน้ำและเอทานอลได้ดี กลีเซอรอลเป็นสารจำพวกโพลีไฮดริกแอลกอฮอล์ (Polyhydric alcohol)ที่มี สูตรโมเลกุลคือ $C_3H_8O_3$ มีน้ำหนักโมเลกุล 92.09 กรัมต่อโมลและมีชื่อทางเคมีว่า 1,2,3-โพรเพนไตรออล (1,2,3-propanetriol) จากภาพโครงสร้างของกลีเซอรอลดงแสดงในรูปที่5 พบวากลีเซอรอลประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล 3 หมู่ซึ่งใน 2 หมู่เป็นของไฮดรอกซิลปฐมภูมิ (Primary hydroxyl) และหมู่ไฮดรอกซิล ทุติยภูมิ (Secondary hydroxyl) 1 หมู่



รูปที่ 5 โครงสร้างของกลีเซอรอล

2.5 Tween20

Tween20 หรือโพลีเซอเบส มีคุณสมบัติเป็นตัวเชื่อมผสมผสานน้ำกับน้ำมันหรือน้ำกับแอลกอฮอล์เข้าด้วยกัน เป็นสารลดแรงตึงผิว เป็นของเหลวหนืดสีทอง มักใช้ในเวชภัณฑ์ยาโดยจะเพิ่มปริมาณในการใช้งานเพื่อรักษาเสถียรภาพของ อิมัลชันและสารแขวนลอย เป็นการประสานน้ำมันเข้ากับน้ำ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

3.1.1.ผงไคโตซานละเอียด 1 kg ผลิตโดยบริษัท กฤษฎิ์ณรงค์

3.1.2.Glycerol ($C_3H_8O_3$) ผลิตโดย บริษัท เคมีภัณฑ์ คอเปอเรชั่น

3.1.3.Acetic Acid (CH_3COOH) ผลิตโดย บริษัท เคมีภัณฑ์ คอเปอเรชั่น

3.1.4.Tween 20 หรือ Polysorbate20 ($C_{58}H_{114}O_{26}$) ผลิตโดย บริษัท เคมีภัณฑ์ คอเปอเรชั่น

3.1.2 อุปกรณ์

3.2.1 น้ำกลั่น

3.2.2 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50 และ 1000 ml

3.2.3 ช้อนตักสาร (Dispensing Spoons)

3.2.4 แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic Bar) 40x8 mm

3.2.5 เครื่องชั่งดิจิตอล

3.2.6 Hotplate stirrer

3.2.7 ถาดอะคริลิค ขนาด 13 x 10 cm หนา 1.5 cm

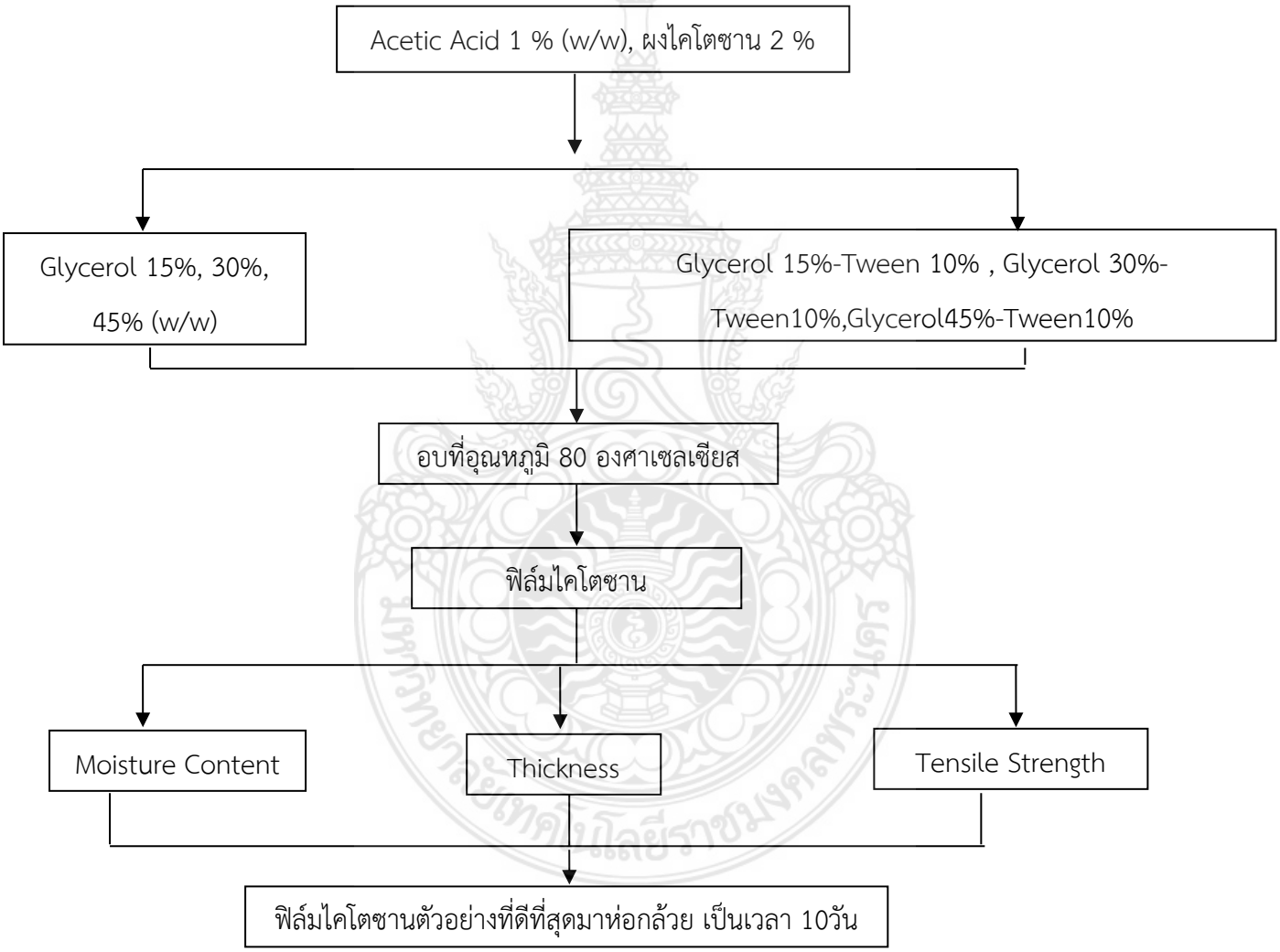
3.2.8 ไมโครมิเตอร์

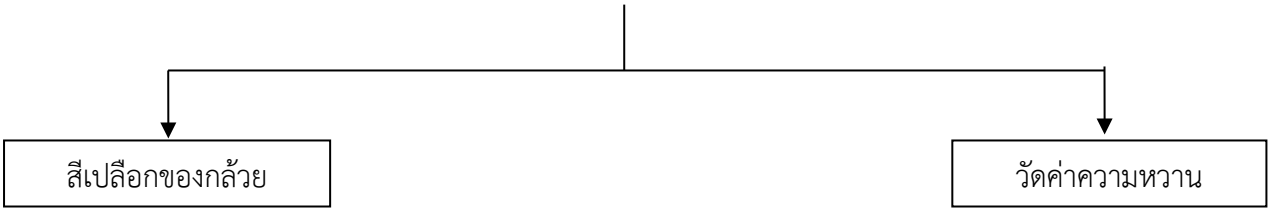
3.2.9 เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Strength)

3.2.10 เครื่องวัดความหวาน (Brix Refractometer)

3.3 การทดลอง

การทดลองนี้จะแบ่งเป็น 6 ตัวอย่าง โดยการเตรียมสารละลายในการทำฟิล์มไคโตซาน คือ น้ำกลั่น , Acetic Acid 1 % (w/w) , ผงไคโตซาน 2 % (w/w) โดยในตัวอย่างที่ 1,2 และ 3 จะทำการเติมGlycerol ในปริมาณอัตราส่วนที่แตกต่างกันที่ 15, 30 และ 45 %(w/w) และในตัวอย่าง 4,5 และ 6 จะใส่ Tween เพิ่มลงไปในตัวอย่าง 1,2,3 ที่ 10 % (w/w) โดยจะทำการปั่นฟิล์มไคโตซานทั้งหมด 6 ตัวอย่างและนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้สารละลายรวมตัวกันเป็นแผ่นฟิล์ม





3.3.1 ความชื้น

ความชื้น (Moisture Content) คือ การหาค่าปริมาณสารที่ระเหยได้ทั้งหมด ซึ่งเรามักเข้าใจว่าคือน้ำ ส่วนของแข็งที่เหลืออยู่เรียกว่า ของแข็งทั้งหมด (total solid) น้ำที่มีอยู่ในฟิล์มมีอยู่3รูปได้แก่ Bound Water, Adsorbed Water และ Free Water การให้ความร้อนแก่ฟิล์มในการวิเคราะห์หาค่า Moisture Content ซึ่งในการวิจัยนี้จะหาค่าความชื้นมาจากขั้นตอนการอบฟิล์ม จะทำการจับเวลาและนำฟิล์มออกมาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหามวลน้ำหนักที่หายไปในช่วงแรกจะนำฟิล์มออกมาชั่งน้ำหนักทุก 5 นาที เมื่อฟิล์มเริ่มขึ้นรูปเป็นแผ่นมวลของน้ำที่ระเหยออกจะใช้เวลาช้าลงจนระเหยออกมาได้น้ำหนักที่ต้องการ และคำนวณค่าความชื้นจากสมการ

$$MC=(W-D)/D \qquad (1)$$

โดย MC คือ ความชื้นของสารละลายไคโตซาน ($kg_{water}/kg_{dry\ solid}$)

W คือ น้ำหนักเริ่มต้นของสารละลายไคโตซาน (kg)

D คือ น้ำหนักแห้งของสารละลายไคโตซาน (kg)

3.3.2 ความหนา

ความหนา (Thickness) คือ การหาค่าความหนาของฟิล์มที่วัดได้ตั้งแต่ค่าเริ่มต้นจนถึงค่าสุดท้าย ซึ่งจะวัดได้จากการอบฟิล์มจะใช้ไมโครมิเตอร์ (รูปที่6) วัดความหนาระหว่างอบฟิล์มไคโตซานตั้งแต่ต้นจนถึงค่าสุดท้าย ซึ่งความหนาของฟิล์มอาจจะขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ใส่ ปริมาณที่อบ หรืออุณหภูมิ ความหนาของฟิล์มได้จากการวัด 3 ครั้ง ที่ตำแหน่งต่างๆกัน และนำเสนอในรูปค่าเฉลี่ย

รูปที่ 6 ไมโครมิเตอร์

3.3.3 การต้านทานแรงดึงต่อ

การต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) เป็นการทดสอบความสามารถของฟิล์มที่ต้านทางแรงดึง ซึ่งหลักการทำงาน คือ ให้แรงดึงกับชิ้นทดสอบด้วยอัตราเร็วในการดึงคงที่และบันทึกค่าค่าแรงดึง (Tension force) ที่เปลี่ยนไปตามระยะการยืดตัว (Deformation) ของวัสดุ โดยขณะชิ้นทดสอบยืดออกจะมีแรงต้านซึ่งแรงต้านของชิ้นงานทดสอบนี้ มีผลทำให้ตัววัดแรงสามารถวัดแรงออกมาได้ แรงที่วัดออกมา มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg) หรือนิวตัน (N) การทดสอบจะต้องดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาดออกจากกัน ซึ่งแรงต้านสูงสุดของชิ้นทดสอบเป็นผลที่ได้จากการวัดแรง ดังนั้นชิ้นงานทดสอบสามารถทนแรงดึงสูงสุดเท่ากับแรงต้านของชิ้นงานที่ทนได้ก่อนขาดจากกัน ซึ่งในการทดสอบของวิจัยนี้จะใช้มาตรฐาน ASTM D882-10 (2010) โดยมาตรฐานนี้จะใช้ตัวอย่างฟิล์มที่มีความกว้าง ความยาวเท่ากับ 10x2.54 เซนติเมตร ความเร็ว 50 mm/min

รูปที่ 7 เครื่องทดสอบ Tensile Strength

3.3.4 วัดความหวาน

รูปที่ 8 เครื่องวัดความหวาน(Brix refractometer)

การวัดค่าความหวานโดยใช้เครื่องวัดความหวาน(Brix refractometer) เพื่อจะให้รู้ค่าความหวานของเนื้อผลไม้แต่ละชนิดโดยหน่วยจะมีค่าเป็นบริกซ์ โดยหลักการทำงานคือ นำเนื้อของผลไม้ที่จะนำไปหาค่านำมาบดให้เป็นน้ำและหยดลงไปบนแผ่นบริซึมแล้วดูค่าโดยการส่องกล้อง

บทที่ 4

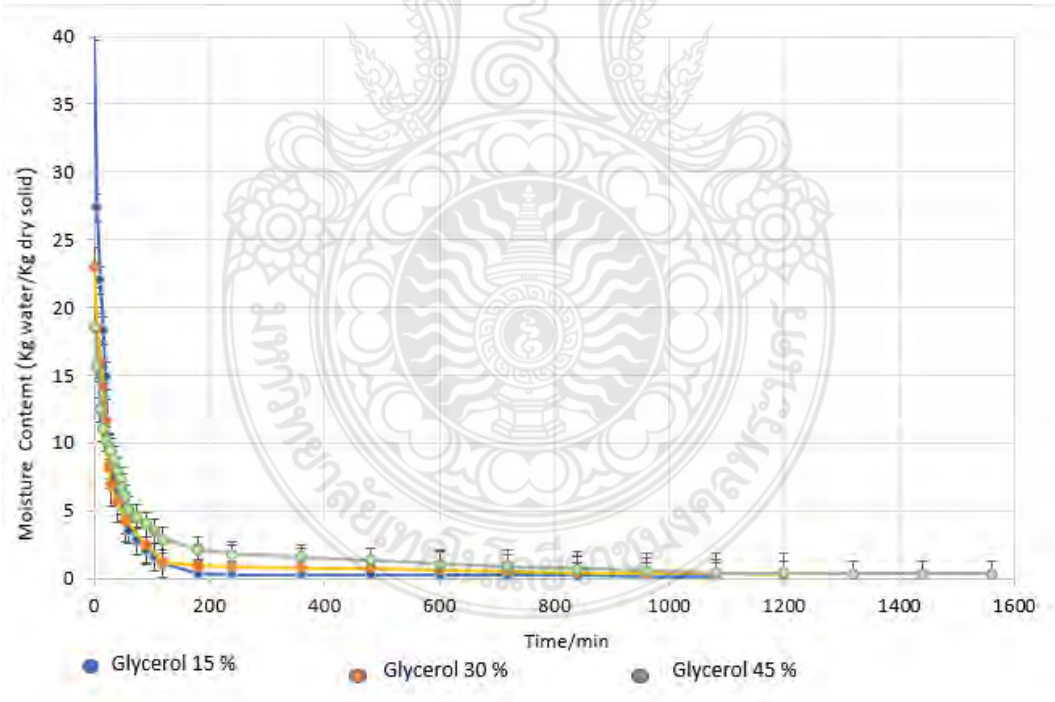
ผลการทดลอง และอภิปรายผล

โดยบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดลอง จากการศึกษาการนำไคโตซานมาทำเป็นฟิล์มเพื่อถนอมรักษาอายุของผลไม้ ซึ่งในการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาอัตราส่วนในการทำฟิล์มไคโตซานและนำฟิล์มมาทดลองใช้ได้จริง โดยสนใจเพิ่มอัตราส่วนของ Glycerol อยู่ที่ 15%, 30%,45% และอัตราส่วนที่ใส่ Glycerol15%, 30%,45% ละเพิ่มTween 10% ทั้ง 3 ตัวอย่าง เพื่อศึกษาอัตราความชื้น ความหนาและความยืดตัวของฟิล์มโคโตซาน โดยมีรายละเอียดทั้งหมดดังนี้

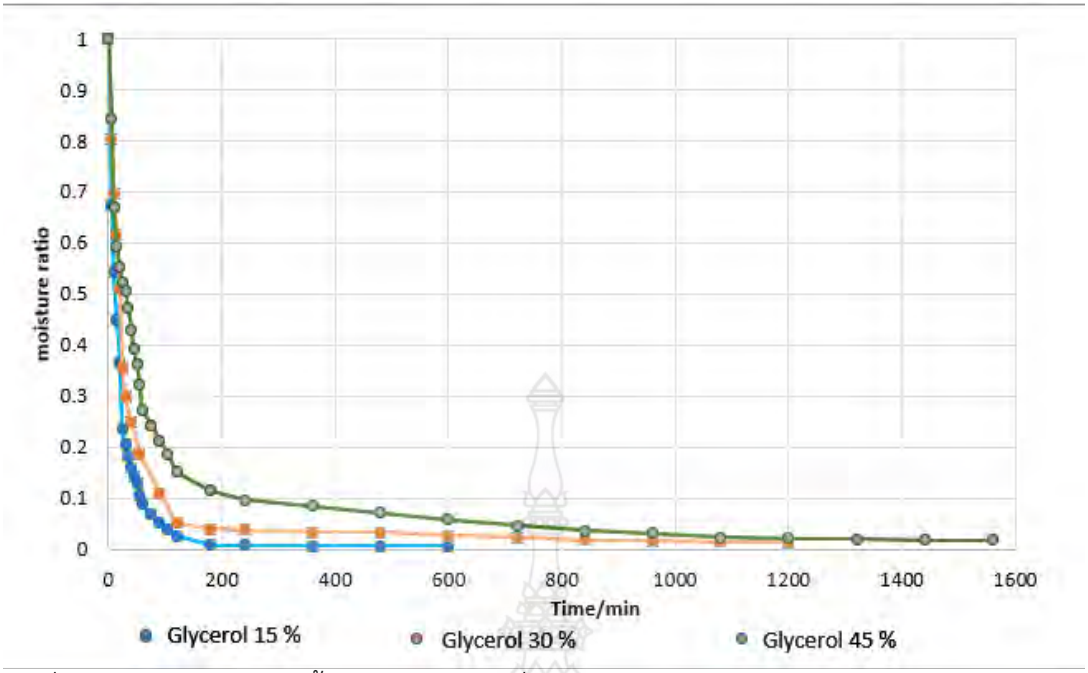
4.1 ผลการทดสอบ Moisture Content

ผลของการทดสอบค่าความชื้นของการขึ้นรูปฟิล์มไคโตซาน จะใช้วิธีการตรวจสอบค่าความชื้นที่หายไปในระยะเวลาการอบฟิล์ม โดยจะอบจนถึงระยะเวลาที่เหมาะสมของแต่ละสูตร จะมีทั้งหมดดังนี้

4.1.1 ค่าวามชื้นของการเปรียบเทียบ Glycerol ที่ 15% ,30% และ 45%



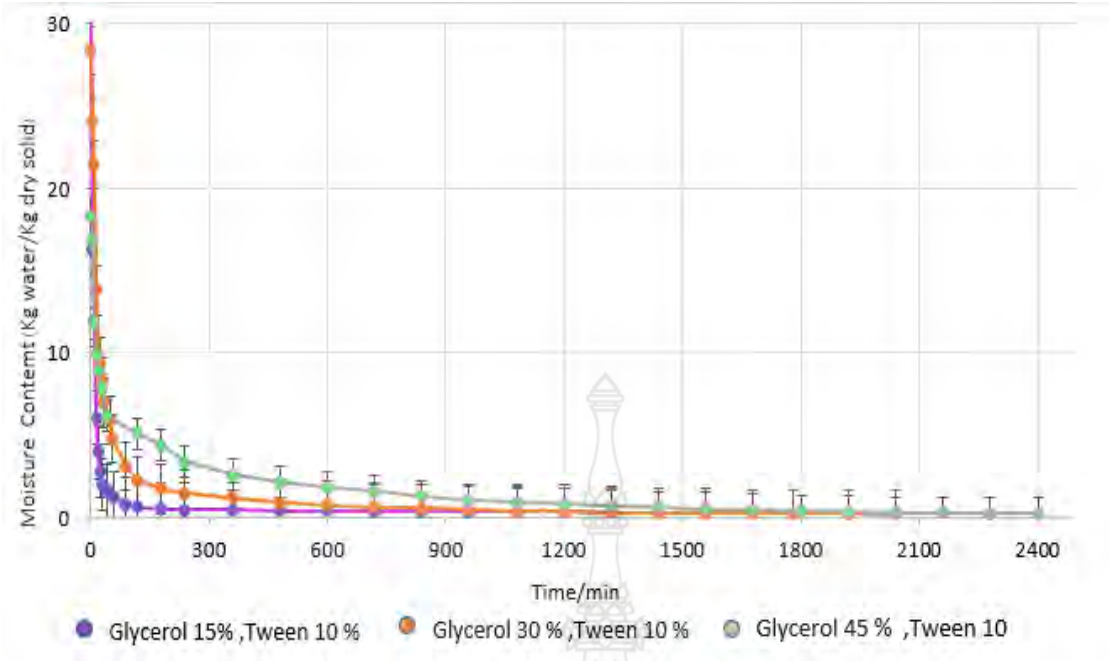
รูปที่ 9 กราฟความชื้นของGlycerolที่ 15%,30% และ 45 %



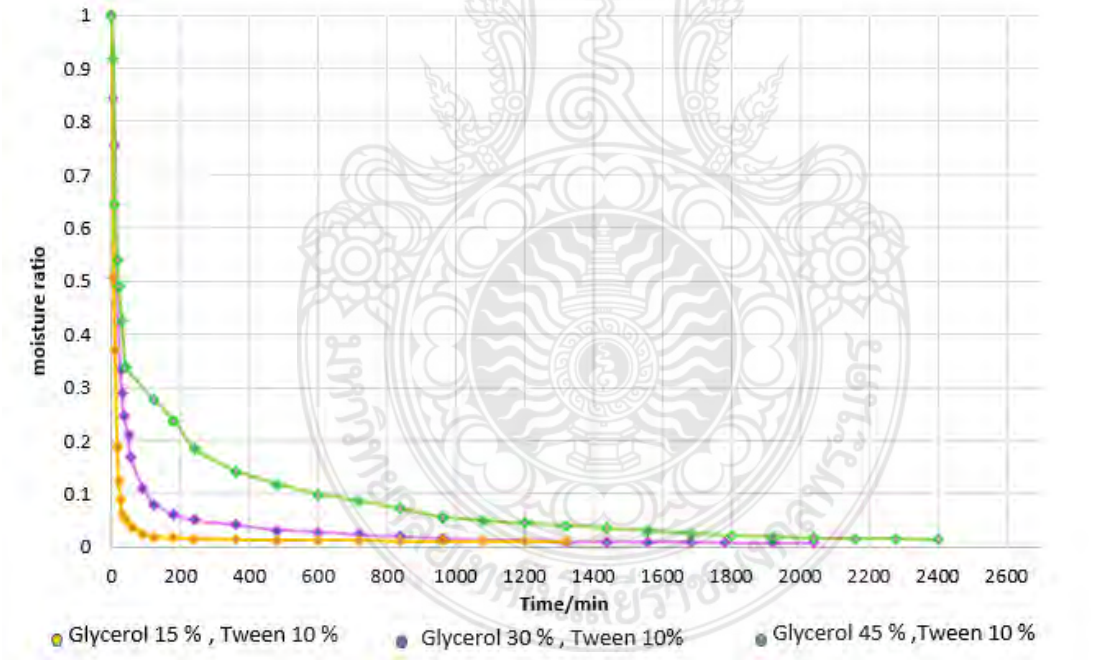
รูปที่ 10 เปรียบเทียบความชื้นของ Glycerol ที่ 15%, 30% และ 45% เป็นกราฟMoisture ratio

จากรูปที่ 8 จะแสดงให้เห็นค่าความชื้นของทั้ง 3 ตัวอย่างที่ใส่Glycerol ที่แตกต่างกัน แต่จะเปรียบเทียบให้เห็นค่าความชื้นได้ชัดเจนโดยการเปลี่ยนเป็น Moisture ratio ตามรูปที่ 9 และจะเห็นได้ว่าความชื้นของทั้ง 3 ตัวอย่าง เริ่มต้นเท่ากันทั้งหมด โดยความชื้นลงเร็วในช่วง 200 นาทีแรก เนื่องจากสารละลายได้ระเหยออกเป็นไอน้ำในช่วงแรกและหลังจากนั้นสารละลายจะจับตัวกันค่อย ๆ กลายเป็นแผ่นฟิล์มไคโตซาน แต่ยังคงมีความชื้นอยู่ภายในตัวฟิล์ม จึงต้องใช้วิธีการอบต่อเพื่อไล่ความชื้ออกจนให้ได้ความชื้นพอประมาณ ซึ่งในช่วงหลังจาก 200 นาทีจะเห็นว่าตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15 % จะใช้เวลาในการคายความชื้นออกจาตัวฟิล์มได้เร็วที่สุดในเวลา ตามด้วยตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 30% และ 45% ตามลำดับ

4.1.2 ค่าความชื้นของการเปรียบเทียบของ Glycerol 15% Tween10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% แสดงเป็นกราฟทั้งหมดดังนี้



รูปที่ 11 กราฟความชื้นของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween10% และ Glycerol 45% Tween 10%



รูปที่ 12 เปรียบเทียบความชื้นของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% เป็นกราฟ Moisture ratio

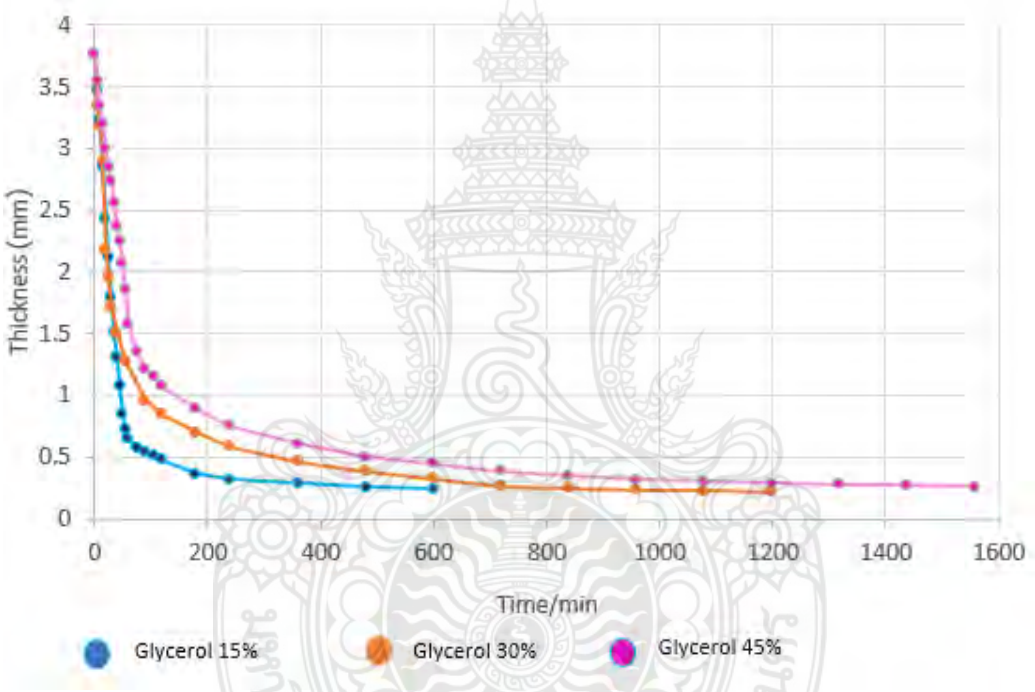
จากรูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่าของ ตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% จะมีค่าความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน จึงทำกราฟ Moisture ratio (รูปที่ 11) เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นค่าความชื้นเริ่มต้นที่เท่ากัน จากกราฟในรูปที่ 11 จะเห็นได้ชัดว่า ค่า

ความชื้นของทั้ง 3 ตัวอย่างจะลงอย่างรวดเร็วในช่วง 300 นาทีแรก ตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15% Tween10% จะลงต่อเนื่องได้เร็วกว่าตัวอย่างอื่น และใช้เวลาในการไล่ความชื้นออกให้ได้ค่าที่เหมาะสมเร็วที่สุด และตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 30% Tween20 10% จะลงอย่างต่อเนื่องเช่นกันแต่ใช้เวลาในการไล่ความชื้นได้ช้ากว่าตัวอย่างที่ใส่ Glycerol 15% Tween 10% และใช้เวลานานมากกว่าในการได้ความชื้นที่เหมาะสม และตัวอย่างสุดท้ายใส่ Glycerol 45% Tween 10% ความชื้นจะลงช้าที่สุด

4.2 ผลการทดสอบ Thickness

โดยการทดสอบความหนา จะใช้วิธีการวัดความหนาของฟิล์มไคโตซานจากระยะการอบของฟิล์ม โดยจะวัดค่าความหนาตั้งแต่เริ่มอบจนถึงได้แผ่นฟิล์มไคโตซานของแต่ละตัวอย่าง โดยจะแสดงผลได้

4.2.1 ผลการทดสอบ Thickness ของ Glycerol 15% ,30% และ 45%



รูปที่ 13 ค่าความหนาของ Glycerol 15%, 30% และ 45%

จากกราฟความหนาในรูปที่ 12 จะเห็นว่าในระยะแรกทั้ง 3 ตัวอย่าง จะมีความหนาลดลงอย่างรวดเร็ว และจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ในสูตรที่เติม Glycerol 15% จะมีความหนาที่ลดลงถึง 0.21 mm และใช้เวลาในการลดความหนาลงรวดเร็วที่สุดถึง 600 นาที ตามด้วยตัวอย่างที่เติม Glycerol 30% จะมีความหนาลดลงถึง 0.23 mm และใช้ระยะเวลาในการอบนานกว่าถึง 1200 นาที และในตัวอย่างที่เติม Glycerol 45% จะมีความหนาลดลงถึง 0.25 mmและใช้เวลาในการลดความหนาของแผ่นฟิล์มนานที่สุด ถึง 1560 นาที

4.2.2 ผลการทดสอบ Thickness ของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10%

รูปที่ 14 ค่าความหนาของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10%

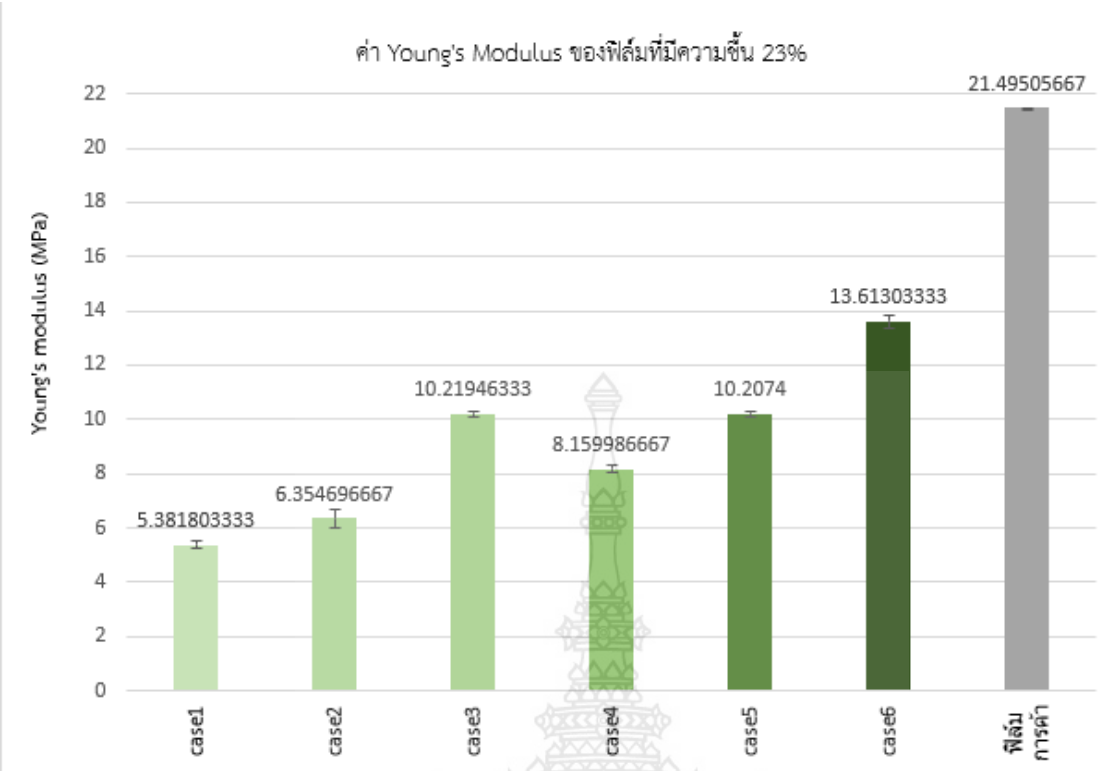
จากกราฟรูปที่ 13 จะเห็นว่าค่าความชื้นของ Glycerol 15% Tween 10%, Glycerol 30% Tween 10% และ Glycerol 45% Tween 10% จะลดลงเร็วมากในช่วง 200-300 นาทีแรก และหลังจากนั้น ตัวอย่างที่เติม Glycerol 15% Tween20 10% ความหนาจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึง 1380 นาที หนา 0.22 mm ตามด้วยตัวอย่างที่เติม Glycerol 30% Tween 10% จะใช้เวลาลดลงต่อเนื่องจนถึง 2040 นาที หนา 0.23 mm และตัวอย่างสุดท้ายจะใช้เวลามากในการลดความหนาลงและลดลงต่อเนื่องจนถึง 2280 นาที หนา 0.26 mm

4.3 ผลการทดสอบ Tensile Strength

ผลของการทดสอบ Tensile Strength จะมีผลที่ต้องการแสดง 2 อย่างคือ ค่าYoung’s modulus หรือค่าความยืดหยุ่นของฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่าง และค่า Ultimate Tensile Strength (UTS) หรือค่าทดสอบการต้านทานแรงดึงของฟิล์มทุกสูตร มีผลดังนี้

4.3.1 ค่า Young’s Modulus ของฟิล์ม

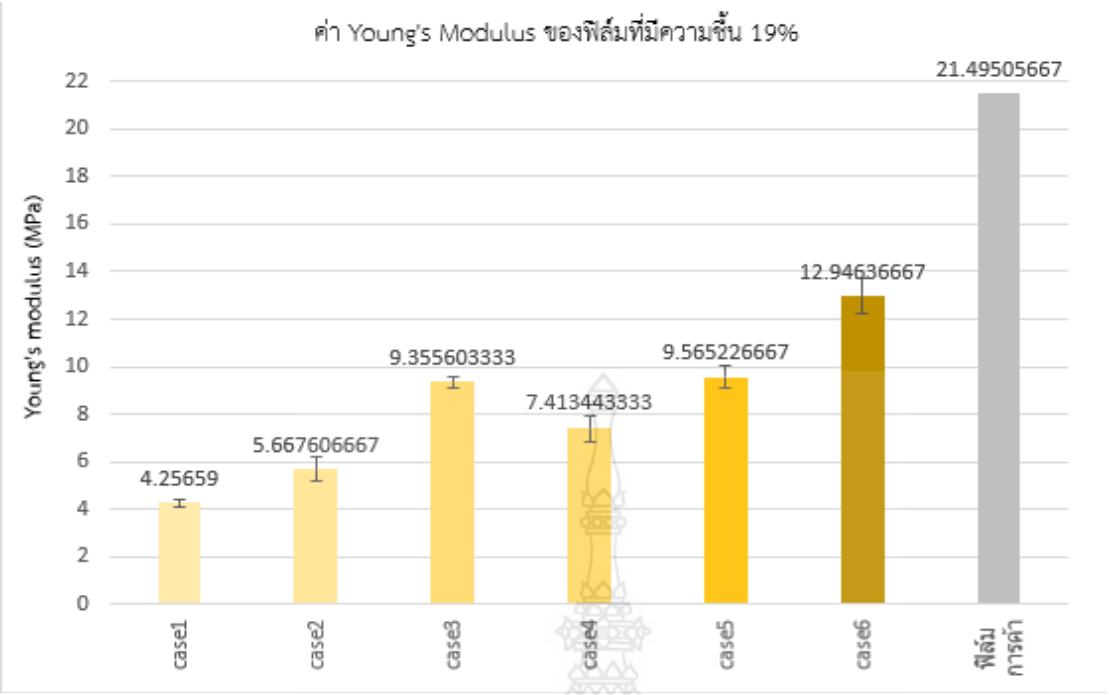
4.3.1.1 ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่ความชื้นที่ 23%



รูปที่ 15 ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 23 % และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 14 จะมีค่าการทดสอบ Young’s Modulus ของฟิล์มทุกตัวอย่าง รวมถึงฟิล์มทางการค้าด้วย ซึ่งค่าการทดสอบ Young’s Modulus ของฟิล์มทางการค้ามีค่าอยู่ที่ 21.49 MPa ซึ่งจะนำค่าของความยืดหยุ่นของฟิล์มทางการค้ามาเปรียบเทียบกับฟิล์มไคโตซานที่มีความชื้นอยู่ที่ 23% ทั้ง 6 ตัวอย่าง จะสังเกตเห็นในกราฟได้ว่าฟิล์มไคโตซานทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมี ตัวอย่างที่6 จะมีค่าที่โดดเด่นและมีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด ซึ่งมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 13.61 MPa และได้มีค่าใกล้เคียงที่สุดในทุกกรณีกับฟิล์มการค้า ตามด้วยตัวอย่างที่3 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 10.21MPa, ตัวอย่างที่ 5 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 10.20 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 8.15998667 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 6.35 MPa และ ตัวอย่างที่ 1 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 5.38 MPa ตามลำดับ

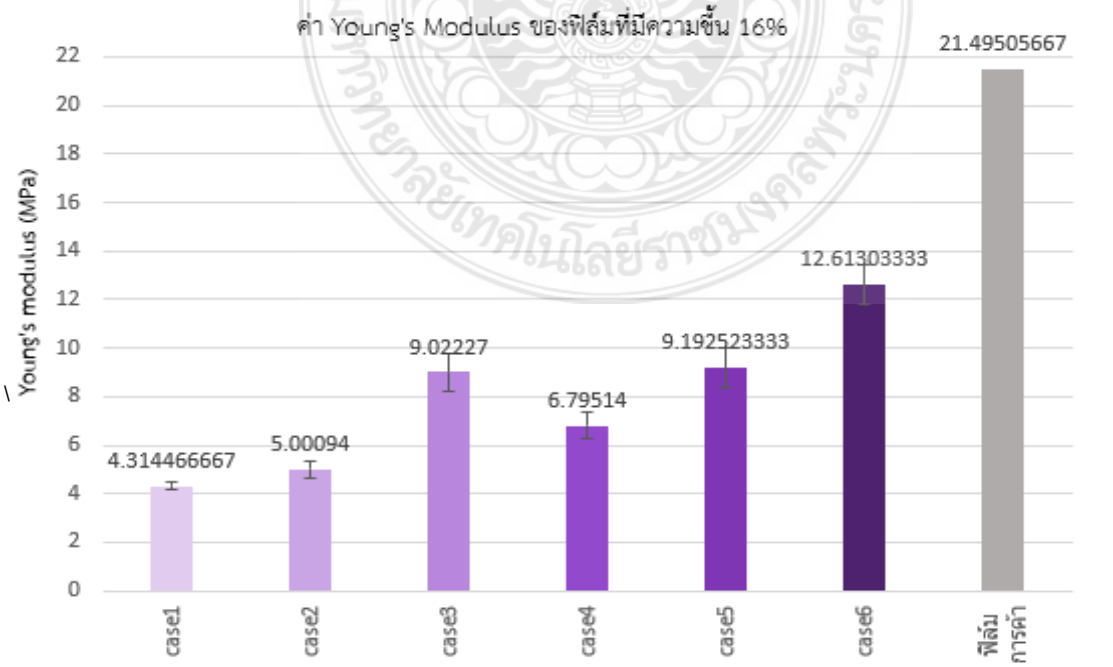
4.3.1.2 ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่ความชื้นที่ 19%



รูปที่ 16 ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 19 % และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 15 จะมีค่าการทดสอบ Young’s Modulus ของฟิล์มทุกตัวอย่าง รวมถึงฟิล์มทางการค้าด้วย ซึ่งค่าการทดสอบ Young’s Modulus ของฟิล์มทางการค้ามีค่าอยู่ที่ 21.49 MPa ซึ่งมีค่าความยืดหยุ่นที่แตกต่างกับฟิล์มไคโตซานที่มีความชื้น 19% เป็นอย่างมาก แต่กรณีที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่6 ซึ่งมีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 12.94 MPa ตามด้วย ตัวอย่างที่5 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.55 MPa, ตัวอย่างที่3 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.35 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 7.41 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 5.66 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 4.25 MPa ตามลำดับ

4.3.1.3 ค่า Young’s Modulus ของฟิล์มที่ความชื้นที่ 16%

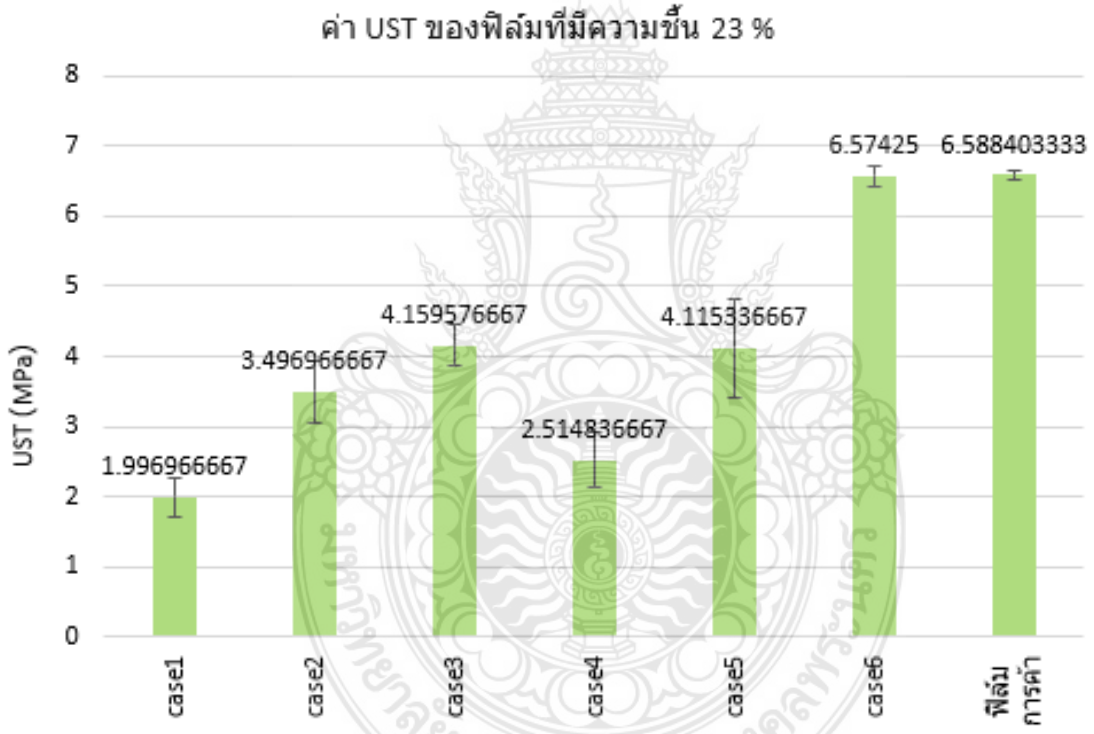


รูปที่ 17 ค่า Young's Modulus ของฟิล์มที่มีความชื้น 16 % และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 16 จะมีค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทุกตัวอย่าง รวมถึงฟิล์มทางการค้าอีกด้วย ซึ่งค่าการทดสอบ Young's Modulus ของฟิล์มทางการค้ามีค่าอยู่ที่ 21.49 MPa ซึ่งจะนำค่าของความยืดหยุ่นของฟิล์มทางการค้ามาเปรียบเทียบกับฟิล์มไคโตซานที่มีความชื้นอยู่ที่ 16% ทั้ง 6 ตัวอย่าง จะสังเกตเห็นในกราฟได้ว่าฟิล์มไคโตซานทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมี ตัวอย่างที่6 จะมีค่าที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้าและมีค่าความยืดหยุ่นมากที่สุด อยู่ที่ 12.61 MPa และตามด้วย ตัวอย่างที่5 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.19 MPa, ตัวอย่างที่3 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 9.02 MPa, ตัวอย่างที่ 4 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 6.79 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 5.00 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าความยืดหยุ่นอยู่ที่ 4.31 MPa ตามลำดับ

4.3.2 ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์ม

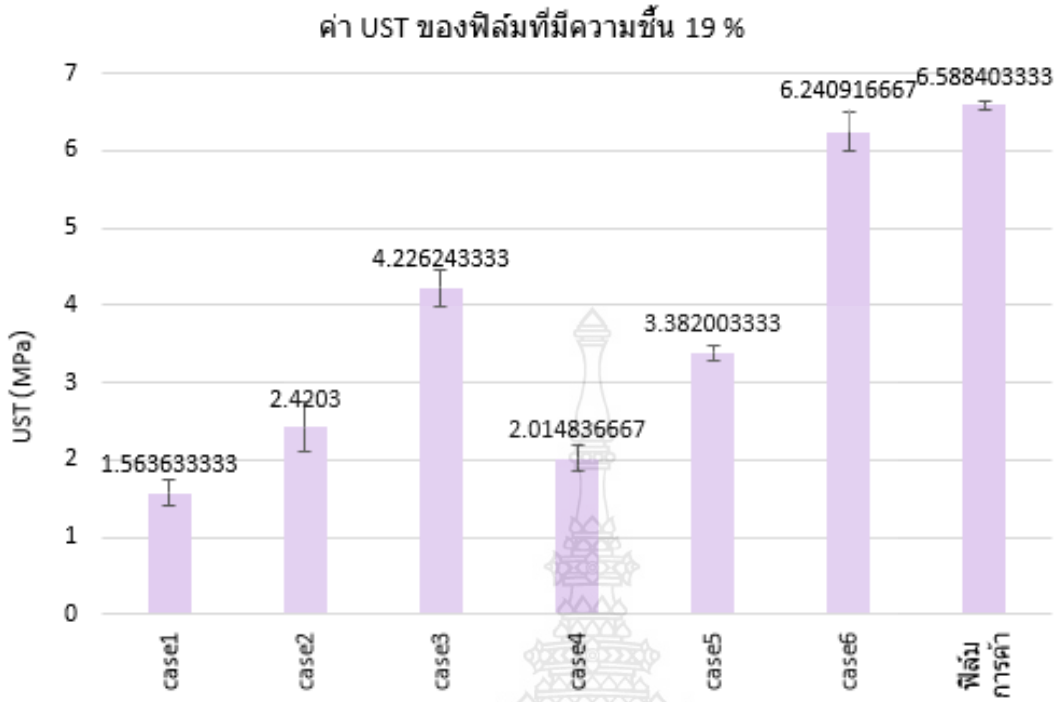
4.3.2.1 ค่า Ultimate Tensile Strength (UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 23%



รูปที่ 18 ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 23%และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 17 จะแสดงให้เห็นค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) หรือค่าแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างที่มีความชื้น 23% และฟิล์มทางการค้า จะเห็นว่าฟิล์มทางการค้ามีค่าแรงต้านทานสูงสุดอยู่ที่ 6.58 MPa ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่ากรณีที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่6 ซึ่งมีค่าแรงต้านทางสูงสุดถึง 6.57 MPa ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานมากที่สุดใน 6 ตัวอย่าง และจะมีตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานสูงสุดน้อยลงมาตามลำดับ คือ ตัวอย่างที่ 3 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.14 MPa, ตัวอย่าง 5 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.11 MPa,ตัวอย่างที่2 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 3.49 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.51 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 1.99 MPa

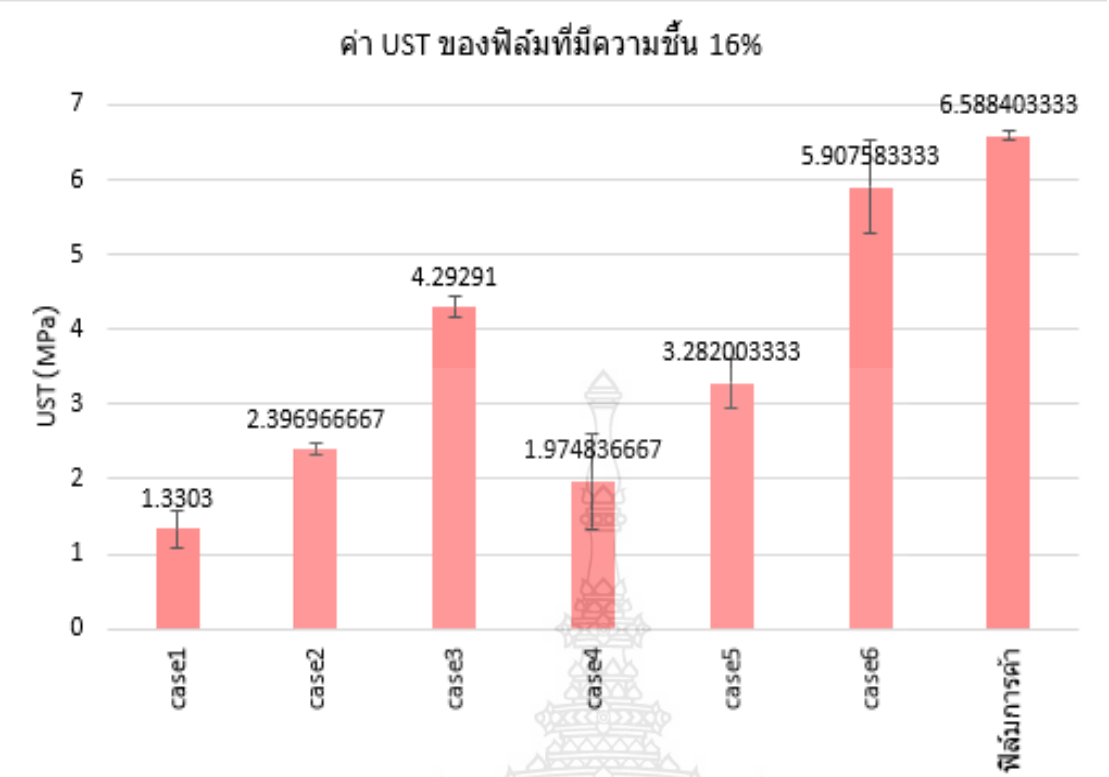
4.3.2.1 ค่า Ultimate Tensile Strength (UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19%



รูปที่ 19 ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19% และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 18 จะแสดงให้เห็นค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) หรือค่าแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างที่มีความชื้น 23% และฟิล์มทางการค้า จะเห็นว่าฟิล์มทางการค้ามีค่าแรงต้านทานสูงสุดอยู่ที่ 6.58 MPa ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่ากรณีที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่6 ซึ่งมีค่าแรงต้านทางสูงสุดถึง 6.24 MPa ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานมากที่สุดใน 6 ตัวอย่าง และจะมีกรณีที่มีค่าแรงต้านทานสูงสุดน้อยลงมาตามลำดับ คือ ตัวอย่างที่ 3 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.22 MPa, ตัวอย่างที่5 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 3.38 MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.42 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.01 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 1.56 MPa

4.3.2.1 ค่า Ultimate Tensile Strength (UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 16%



รูปที่ 20 ค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) ของฟิล์มที่มีความชื้น 19% และฟิล์มทางการค้า

จากกราฟในรูปที่ 19 จะแสดงให้เห็นค่า Ultimate Tensile Strength(UTS) หรือค่าแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างที่มีความชื้น 23% และฟิล์มทางการค้า จะเห็นว่าฟิล์มทางการค้ามีค่าแรงต้านทานสูงสุดอยู่ที่ 6.58 MPa ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าตัวอย่างของฟิล์มโคโตซานที่ใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุดคือ ตัวอย่างที่6 ซึ่งมีค่าแรงต้านทางสูงสุดถึง 5.90 MPa ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานมากที่สุดใน 6 ตัวอย่าง และจะมีตัวอย่างที่มีค่าแรงต้านทานสูงสุดน้อยลงมาตามลำดับ คือ ตัวอย่างที่3 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 4.29 MPa, ตัวอย่างที่5 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 3.28MPa, ตัวอย่างที่2 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.39 MPa, ตัวอย่างที่4 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 2.39 MPa และ ตัวอย่างที่1 มีค่าแรงต้านทานเท่ากับ 1.33 MPa

4.4 ผลทดลองการนำฟิล์มไคโตซานมาห่อกล้วยหอม

เมื่อนำฟิล์มไคโตซานทุกตัวอย่างไปทดสอบต่าง ๆ แล้วจึงนำฟิล์มตัวอย่างที่ดีที่สุดคือ ตัวอย่างที่ 3 ที่และ ตัวอย่างที่ 6 ที่ความชื้น 23% นำมาห่อกล้วยหอมเป็นเวลา 10 วัน เพื่อทดสอบการใช้การในการยืดอายุการเก็บรักษาผลได้ได้ ดังนี้

4.4.1 ตารางแสดงผลของสีเปลือกกล้วยที่นำฟิล์มไคโตซานมาห่อเป็นเวลา10 วัน

วันที่	เติม Glycerol 45% ที่ความชื้น 23%	เติมGlycerol 45% Tween20 10%

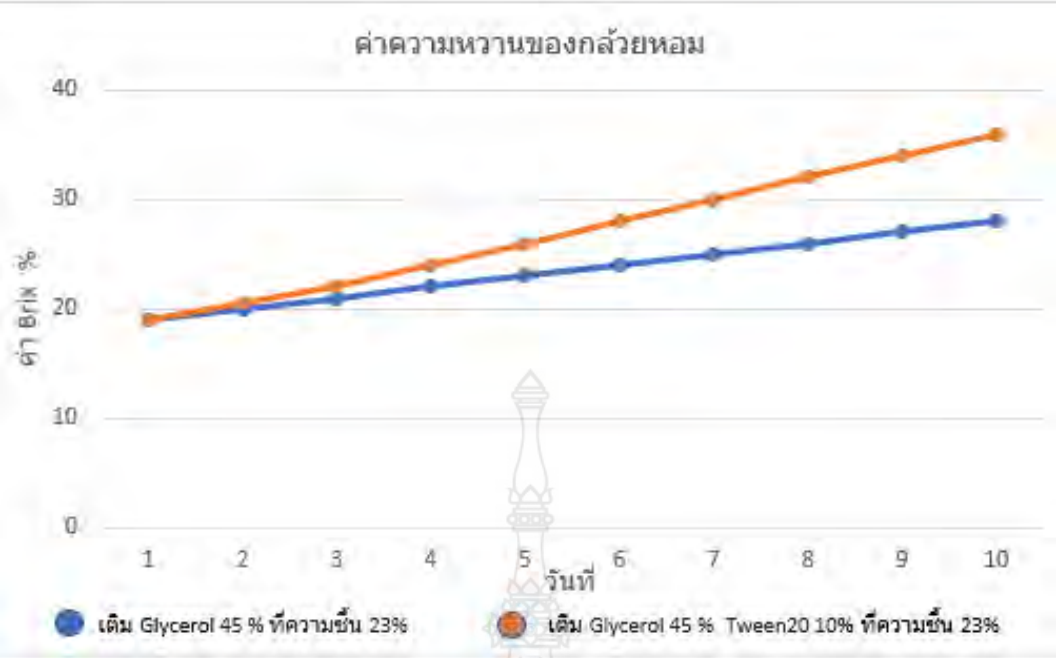
		ที่ความชื้น 23%
1		
2		
3		
4		
5		
6		

7		
8		
9		
10		

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลของสีเปลือกกล้วย

จากตารางจะเห็นว่า ใน 5 วันแรก สีของเปลือกกล้วยที่ห่อฟิล์มทั้ง 2 ตัวอย่างยังคงเหลืองอยู่ แต่หลังจากวันที่ 6 สีของเปลือกกล้วยที่ห่อฟิล์มทั้ง 2 ตัวอย่างเริ่มคล้ำขึ้นและจะเห็นได้ชัดว่าสีของเปลือกกล้วยคล้ำขึ้น เมื่อถึงวันที่ 9 และ 10 สีของเปลือกกล้วยทั้ง 2 ตัวอย่างคล้ำขึ้นอยากเห็นได้ชัดแต่จะสังเกตเห็นว่าสีของเปลือกกล้วยที่ห่อด้วยฟิล์มที่เติม Glycerol 45% Tween10% จะมีความเข้มมากกว่า ฝั่งที่เติม Glycerol 45%

4.5 ผลการทดลองการวัดค่าความหวานของกล้วยหอม



รูปที่ 20 กราฟแสดงค่าความหวานของกล้วยหอม

จากกราฟในรูปที่ 21 จะเห็นว่ากล้วยหอมที่นำมาห่อฟิล์มไคโตซาน จะมีความหวานเริ่มต้นอยู่ที่ 19 บริกซ์ เมื่อเริ่มห่อด้วยฟิล์มไคโตซานตัวอย่างที่ 3และ 6 จะเห็นว่า ตัวอย่างที่ 3 จะรักษาค่าความหวานทั้ง 10 วัน มีค่าดังนี้ 19,20,21,22,23,24,25,26,27,28 บริกซ์ ซึ่งเมื่อค่าความหวานอยู่ที่ 26 บริกซ์ ส่วนตัวอย่างที่ 6 จะรักษาค่าความหวานวันทั้ง 10 วัน มีค่าดังนี้ 19,20.5,22,24,26,28,30,32,34,36 บริกซ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากล้วยที่ห่อด้วย Glycerol 45% ที่ความชื้น 23% จะรักษาความหวานของกล้วยหอมได้ดีกว่า Glycerol 45% Tween 10% ที่ความชื้น 23%

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการนำผงไคโตซานมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์ม แต่มีส่วนผสมที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง คือ คุณสมบัติทางกลและคุณสมบัติทางกายภาพ โดยใช้การทดสอบ Moisture Content Thickness Tensile การวัดค่าความหวานและการดูสีเปลือกของกล้วยหอม ซึ่งสรุปการทดลองได้ดังนี้

1.ผลการทดสอบ Moisture Content (ค่าความชื้น) สรุปผลได้ดังนี้

1.1 ผลของความชื้นในตัวอย่างที่เติม Glycerol ตัวอย่างที่ 1 2 และ 3 ในช่วง 200 นาทีแรกความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว จากนั้นแต่ละตัวอย่างจะค่อยๆลดลงอย่างช้า ๆ เนื่องจากการขึ้นรูปในช่วงแรกสารละลายได้ระเหยความชื้นออกไป ฟิล์มจึงขึ้นรูปเป็นแผ่นแต่ยังคงมีความชื้นอยู่ ซึ่งจะใช้เวลาในการลดความชื้นลงถึง 16% เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของตัวอย่างที่ 1,2,3 คือ 600, 1200 และ 1560 นาทีตามลำดับ

1.2 ผลของความชื้นในตัวอย่างที่เติมทั้ง Glycerol และ Tween ในช่วง 300 นาทีแรกความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นความชื้นจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆเนื่องจากการขึ้นรูปในช่วงแรกสารละลายได้ระเหยความชื้นออกไป ฟิล์มจึงขึ้นรูปเป็นแผ่นแต่ยังคงมีความชื้นอยู่ โดยจะใช้เวลาในการลดความชื้นลงถึง 16% เวลาที่ใช้ในการลดความชื้นของตัวอย่าง 4,5,6 คือ 1320, 2040 และ 2400 นาทีตามลำดับ

2.ผลการทดสอบ Thickness (ความหนา) สรุปผลได้ดังนี้

สรุปได้ว่าผลของความหนาของทั้ง 6 ตัวอย่างนั้นจะสัมพันธ์กันกับความชื้น เมื่อความชื้นแต่ละตัวอย่างลดลงเร็วความหนาก็จะลดลงเร็วเช่นกัน ความหนาลดลงมากเมื่อใส่ Glycerol น้อย ส่วนตัวอย่างที่ใส่ Glycerol มากจะมีความหนาที่มากที่สุด และตัวอย่างที่เพิ่ม Tween จะทำให้ฟิล์มมีความหนาเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งฟิล์มทั้ง 6 ตัวอย่าง จะมีความหนาน้อยที่สุดอยู่ที่ 0.21 mm และหนามากที่สุด 0.26 mm

3.ผลการทดสอบ Tensile Strength สรุปผลได้ดังนี้

3.1 Young's Modulus สรุปผลได้ดังนี้

ฟิล์มไคโตซานตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงฟิล์มทางการค้ามากที่สุด คือตัวอย่างที่ 6 ที่เติมทั้ง Glycerolและ Tween ในความชื้น 23% มีค่าอยู่ที่ 13.61303333 MPa และในกรณีของตัวอย่างที่เติม Glycerolที่มีค่ามากที่สุด คือตัวอย่างที่ 3 ในความชื้น 23% มีค่าอยู่ที่ 10.21946333 MPa ซึ่งการเติม Glycerol มาก มีผลต่อความยืดหยุ่นของฟิล์ม

3.2 Ultimate Tensile Strength สรุปได้ดังนี้

ฟิล์มไคโตซานที่มีค่าความต้านทานสูงสุดใกล้กับฟิล์มทางการค้ามากที่สุด คือตัวอย่างที่ 6 ซึ่งเติม Glycerol และ Tween ในความชื้น 23% ซึ่งมีค่าความต้าทานสูงสุดอยู่ที่ 6.57425 MPa ซึ่งมีค่ามากที่สุดในทุกตัวอย่าง

และในตัวอย่างที่เติม Glycerol ที่มีค่ามากที่สุดคือตัวอย่างที่ 3 ดังนั้น ค่าความต้านทานสูงก็ขึ้นอยู่กับการใส่ Glycerol และ Tween20

โดยสรุปได้ว่า Glycerolและ Tween มีผลต่อความชื้น ความหนา ความยืดหยุ่นและค่าแรงต้านทานสูงสุด เมื่อเติม Glycerol เพิ่มมากความชื้นจะลดลงช้า มีความหนามากขึ้น มีความยืดหยุ่นมากและค่าแรงต้านทางสูงสุดที่มากขึ้น ในตัวอย่างที่เติมทั้ง Glycerolและ Tween จะทำให้ความชื้นลดลงได้ช้ามากกว่าการเติม Glycerol ความหนาเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม แต่จะมีความยืดหยุ่นและแรงต้านทานสูงสุดของฟิล์มที่เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

4.ดูสีของเปลือกกล้วย สรุปผลได้ดังนี้

เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ 6 และตัวอย่างที่ 3 ในความชื้นที่ 23% มาห่อกล้วยในเวลา 10 วัน สีของเปลือกกล้วยจะค่อยๆ คล้ำลงในวันที่ 7-10 และทั้ง 2 ตัวอย่างที่นำมาห่อกล้วย แสดงผลไม่ต่างกันมาก แต่สีของกล้วยหอมที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 6 จะมีสีที่คล้ำกว่ากล้วยหอมที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 3

5.ค่าความหวานของกล้วย สรุปผลได้ดังนี้

สูตรที่เติม Glycerol ทำให้กล้วยรักษาค่าความหวานได้ดีกว่า สูตรที่เติม Glycerol และ Tween ซึ่งสีเปลือกอาจจะดูไม่แตกต่างกันมากนัก แต่กล้วยที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 6 เนื้อข้างในจะค่อนข้างเละและนิ่มได้เร็วกว่ากล้วยที่ห่อด้วยตัวอย่างที่ 3

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยจะเห็นได้ว่าฟิล์มไคโตซานมีความเหนียวใกล้เคียงกับฟิล์มทางการค้า จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ทดแทนฟิล์มพลาสติก อย่างไรก็ตามในการผลิตเพื่อใช้จริงในทางการค้า ควรคำนึงถึงต้นทุนในการผลิต เช่น ต้นทุนสารเคมี และต้นทุนด้านพลังงาน ซึ่งการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จะช่วยให้เกิดความชัดเจนในการนำไปผลิตใช้งานจริงมากขึ้น ดังนั้นในการศึกษาวิจัยขั้นต่อไปควรประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับการผลิตฟิล์มบริโภคได้และช่วยลดขยะพลาสติกในสิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

1. ภาสุรี ฤทธิ์เลิศ และวารินทร์ พิมพา. “การยืดอายุผลละมุดโดยการเคลือยด้วยไคโตซานและโซเดียมคาร์บอเนต” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พิมพ์ครั้งที่ 1,2548
2. ปิยวรรณ ปนิทานเต. “บรรจุภัณฑ์ล้ำสมัยเพื่อโลกยุคใหม่,” ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2549.
3. ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ และวรรณิศา กิจไธสง, “ผลของฟิล์มไคโตแซนผสมสารโซเดียมเบนโซเอตต่อการยืดอายุการเก็บรักษามะละกอ,” วารสารเทคโนโลยีการอาหาร , ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 มิถุนายน 2551-พฤษภาคม, 2552.
4. ชินวัฒน์ ทองชัช. “การใช้ฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหารให้ปลอดภัย,” วารสารกรมวิทยาศาสตร์, 2554.
5. ดวงใจ มาลัยและคณะ.”ผลของไคโตซานต่อการยืดอายุการเก็บรักษาขนมลูกชุบ” วิทยานิพนธ์, ปีที่ 43 ฉบับที่ 2(พิเศษ) พฤษภาคม-สิงหาคม,2555
6. ภิเษก รุ่งโรจนชัยพร. “กลีเซอรอล :การใช้ประโยชน์เพื่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจน,” วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, ปีที่ 23, ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ,2557.
7. American Society for Testing and Materials (ASTM),2010.Standard test methods for tensile propertied of thin plastic Sheeting (D882-10).Annual Book of ASTM Standards, Phiadelphia, PA.
8. P. Sarinya, D. Sakamon, T. Wasina, and S. Somchart, “IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROPERTIES OF EDIBLE CHITOSAN FILMS BY COMBINED USE OF PLASTICIZER AND EMULSIFIER,” 2015.

ไม่มีเนื้อหาจากต้นฉบับ

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นามสกุล ปัณฑารีย์ ธรรมจันทร์

วัน เดือน ปีเกิด 15 มกราคม 2541

ภูมิลำเนา 2/217 ซ.บางแวก 64 ถ.บางแวก ข.บางแวก ข.ภาษีเจริญ จ.กรุงเทพ

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
มัธยมศึกษา	ไชยฉิมพลีวิทยาคม	2559
ประถมศึกษา	วัดชัยฉิมพลี	2553

ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ Pantharee_tammachan@hotmail.com