

การศึกษาพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค

Study on Poly(lactic acid)/ Shellac Blend

เกวลี นิลกำแพง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซตแลค

นางสาวเกวลี นิลกำแหง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค

ชื่อ - นามสกุล

Study on Poly(lactic acid)/ Shellac Polymer-Blend

สาขาวิชา

นางสาวเกวลิ นิลคำแหง

อาจารย์ที่ปรึกษา

วิศวกรรมวัสดุ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อาจารย์สุนนมาลย์ เนียมกลาง, ปร.ด.

ปีการศึกษา

อาจารย์อนันท์ มีมนต์, Ph.D.

2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ฉันทชัย วีระนิติสกุล

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ฉัตรชัย วีระนิติสกุล, Ph.D.)

สุนนมาลย์ เนียมกลาง

กรรมการ

(อาจารย์พิมพ์พรรณ เนียมกลาง, ปร.ด.)

อรรถชัย โอเจริญ

กรรมการ

(อาจารย์อรรถชัย โอเจริญ, Ph.D.)

อนันท์ มีมนต์

กรรมการ

(อาจารย์อนันท์ มีมนต์, Ph.D.)

สุนนมาลย์ เนียมกลาง

กรรมการ

(อาจารย์สุนนมาลย์ เนียมกลาง, ปร.ด.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 19 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค
ชื่อ -นามสกุล	นางสาวเกวลิ นิลกำแหง
สาขาวิชา	วิศวกรรมวิศวกรรมวัสดุ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุนนมาลย์ เนียมกลาง, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อนินท์ มิมนต์, Ph.D.
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลคจากครั้งสำหรับเป็นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกพอลิแลคติกแอซิด(Poly(lactic acid), PLA)ซึ่งเป็นหนึ่งในพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพภายใต้สภาวะที่เหมาะสม และครั้ง(Shellac, SH) ที่เป็นเรซินธรรมชาติจากแมลงครั้ง *Laccifer*

เพื่อศึกษาผลของปริมาณเซลแลคในพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และ เซลแลคต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกล และการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลแลคที่มีสัดส่วนของเซลแลคต่างๆ ถูกเตรียมขึ้นด้วยเทคนิค Extruder film casting สัดส่วนของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมสำหรับ PLA: SH 100:0, 97:3, 95:5, 93:7, 91:9, 90:10, 85:15 และ 80:20 โดยใช้ Code name ดังนี้ PLA, PLA / SH3, PLA / SH5, PLA / SH7, PLA / SH7, PLA / SH9, PLA / SH10, PLA / SH15 และ PLA / SH20 ตามลำดับ

ผลการทดสอบพบว่าฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปได้นั้นมีสีเหลืองน้ำตาลและมีสมบัติการโปร่งแสงที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพอลิแลคติกแอซิด และฟิล์มพอลิเมอร์ผสมมีค่า modulus ของฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเซลแลคมากขึ้น เนื่องจากเซลแลคที่ใส่ลงไปนั้นเข้าไปแทรกระหว่างสายโซ่โมเลกุลของพอลิแลคติกแอซิด นอกจากนี้ฟิล์มพอลิเมอร์ผสมยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียประเภท *S.aureus*, *B.subtilist*, *E.coli* และ *K.pnenomoiae* ไม่ให้เจริญเติบโตบนฟิล์มได้อีกด้วย ดังนั้นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยและยังสามารถย่อยสลายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

คำสำคัญ:เซลแลค ครั้ง พลาสติกย่อยสลาย พอลิแลคติกแอซิด

Thesis Title	Study on Poly(lactic acid)/ Shellac Polymer-Blend
Name – Surname	Miss Kewalee Nilgumhang
Program	Materials Engineering
Thesis Advisor	Miss Sumonman Naimlang, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Mr. Anin Memon, Ph.D.
Academic Year	2015

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the use of polylactic acid (PLA)/shellac (SH) polymer-blend for food packaging films. PLA is a biodegradable plastic that can decompose in suitable conditions. Shellac is a natural resin from *Laccifer* insect.

To study the effect of the amount of shellac on PLA/SH polymer-blend films, shellac's physical and mechanical properties, and bacteria inhibition, PLA/SH polymer-blend films were prepared with an extruder film casting technique at various PLA: SH ratios of 1000:0, 97:3, 95:5, 93:7, 91:9, 90:10, 85:15, and 80:20 with the following code names: PLA, PLA/SH3, PLA/SH5, PLA/SH7, PLA/SH9, PLA/SH10, PLA/SH15 and PLA/SH20, respectively.

The findings showed that the polymer-blend film formed was brown-yellow and more transparent when compared to neat PLA. The modulus of PLA/SH polymer-blend films increased with increasing amounts of SH because SH molecules interpenetrated PLA molecules. PLA/SH polymer-blend films also showed inhibition properties on *S.aureus*, *B.subtilist*, *E.coli*, and *K.pnenomoiae* bacteria growth. Therefore, PLA/SH polymer-blend films can be a new class of non-toxic and decomposable films in the appropriate conditions.

Keywords: shellac, *Laccifer* insect, biodegradable plastic, polylactic acid (PLA)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณา และความอนุเคราะห์ของ ดร.ศุมนมาลย์ เนียงกลาง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.อนินท์ มีมนต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษาคำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไข ปัญหาและข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงเอื้อเฟื้อวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง มา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.พิมลพรรณ เนียมกลาง, ดร.ฉัตรชัย วีระนิติสกุล และ ดร.ณรงค์ชัย โอเจริญ ที่ได้มาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์นี้ อีกทั้งยังให้คำแนะนำและข้อคิดดีๆ เพื่อปรับปรุง แก้ไข วิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีสมบูรณ์และถูกต้อง

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทดสอบ และสารเคมี

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทดสอบ

ขอขอบพระคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทดสอบ

ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ได้ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน และคอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะครู-อาจารย์ ที่ให้การสนับสนุนประสิทธิ์ประสาทวิชา และ เพื่อน พี่ น้อง ที่คอยช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ และเป็นกำลังใจให้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หาก วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความผิดพลาด ขาดตกบกพร่องประการใด หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยขอกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เกวลี นิลกำแหง

สารบัญ

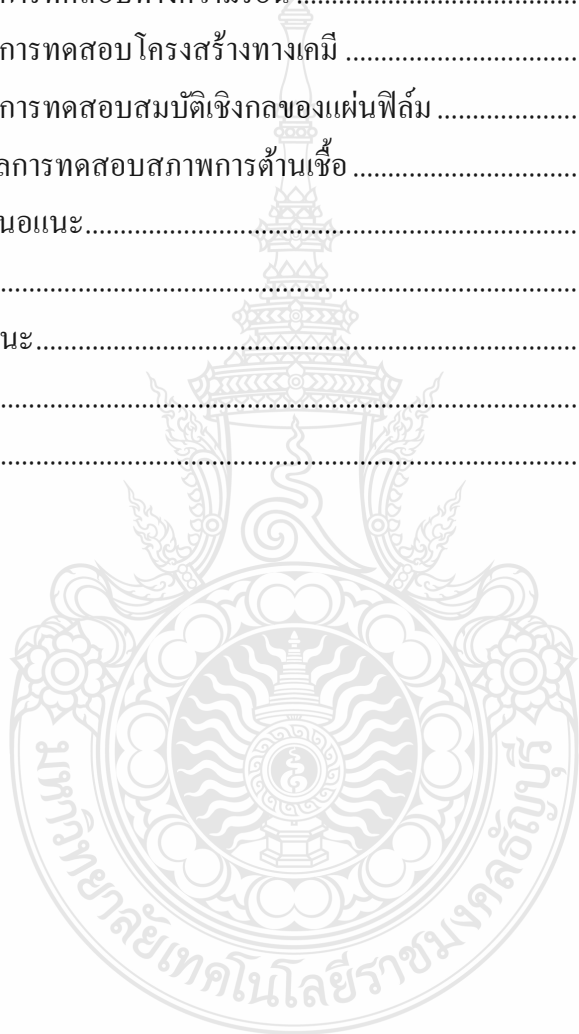
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(4)
กิตติกรรมประกาศ.....	(5)
สารบัญ.....	(6)
สารบัญตาราง.....	(9)
สารบัญรูป.....	(10)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	(11)
บทที่ 1 บทนำ.....	11
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	11
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	12
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	12
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	12
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	13
2.1.1 ครั่ง (Shellac).....	13
2.1.2 พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastic).....	15
2.1.3 พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid).....	16
2.1.4 เครื่องมือวิเคราะห์ทางความร้อน.....	18
2.1.5 เครื่องมือวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี.....	19
2.1.6 เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบสาร.....	20
2.1.7 การทดสอบแรงดึง ตามมาตรฐาน ASTM D 882.....	21
2.1.8 การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย.....	22
2.1.9 เครื่องรีดฟิล์ม.....	23
2.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	25
3.1 วัสดุ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ.....	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	25
3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	25
3.2 ขั้นตอนการทดลอง.....	26
3.2.1 การเตรียมสารละลายครั้งและการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่าง พอลิแลกติกแอซิด เจลาตินและเซลลูลอสด้วยวิธี Solvent casting	26
3.2.2 การเตรียมสารละลายครั้งและการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสม ระหว่างพอลิแลกติกแอซิด เจลาตินและเซลลูลอส ด้วยวิธี Extruder film casting.....	28
3.3 วิธีการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม	29
3.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้	29
3.3.2 สมบัติทางความร้อนของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิด และเซลลูลอสจากครั้ง	29
3.3.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบสาร	30
3.3.4 สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิด เจลาติน และ เซลลูลอสจากครั้ง ตามมาตรฐาน ASTM D 882	33
3.3.5 วิธีการทดสอบสมบัติการยับยั้งด้วยแบคทีเรีย.....	32
3.4. แผนการดำเนินงานวิจัย	33
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์.....	34
4.1 ผลการทดสอบสมบัติของฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิด เจลาตินและเซลลูลอสจากครั้งด้วยวิธีหล่อด้วยตัวทำละลาย	34
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้	34
4.1.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้	35
4.1.3 ผลการทดสอบทางความร้อน	36
4.1.4 ผลการทดสอบโครงสร้างทางเคมี	38
4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มพอลิแลกติกแอซิด และเซลลูลอสจากครั้งด้วยเทคนิค Extruder film casting	38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้	38
4.2.2 สัณฐานวิทยาของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้	42
4.2.3 ผลการทดสอบทางความร้อน	44
4.2.4 ผลการทดสอบโครงสร้างทางเคมี	45
4.2.5 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม	47
4.2.6 ผลการทดสอบสภาพการด้านเชื้อ	47
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	51
5.1 สรุปผล	51
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	52
บรรณานุกรม	53
ภาคผนวก.....	57



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 สัดส่วนการเติมเซลแลกจากครึ่งและเจลาตินในการเตรียมฟิล์ม ด้วยวิธี Solvent casting method.....	25
ตารางที่ 3.2 สัดส่วนการเติมเซลแลกจากครึ่งและเจลาตินในการเตรียมฟิล์มด้วยเทคนิค Extruder film casting	28
ตารางที่ 3.3 ลายละเอียดในการวิเคราะห์ห้องค้ประกอบสาร	30
ตารางที่ 3.4 แผนการดำเนินงานวิจัย	33
ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Solvent casting method.....	35
ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Solvent casting method.....	34
ตารางที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มผสมพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลแลก.....	37
ตารางที่ 4.4 ลักษณะม้วนฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลก	39
ตารางที่ 4.5 สมบัติการโปร่งแสงของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลก.....	41
ตารางที่ 4.6 ลักษณะการกระจายตัวของครึ่งที่อยู่ในแผ่นฟิล์ม	42
ตารางที่ 4.7 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดผสมเซลแลก	44
ตารางที่ 4.8 สมบัติเชิงกลของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลกจากครึ่ง..	47
ตารางที่ 4.9 ลักษณะการเกิดเชื่อมบนแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้น โดยใช้เชื้อแกรมบวก.....	48
ตารางที่ 4.10 ลักษณะการเกิดเชื่อมบนแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้น โดยใช้เชื้อแกรมลบ.....	49

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 ครั้งดิบ	14
รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด.....	18
รูปที่ 2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางความร้อน	19
รูปที่ 2.4 เครื่องมือวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี.....	20
รูปที่ 2.5 เครื่องมือวิเคราะห์ห้องค้ประกอบสาร	21
รูปที่ 2.6 การทดสอบแรงดึง	22
รูปที่ 2.7 การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย	23
รูปที่ 2.8 ลักษณะการยึดตัวของแผ่นฟิล์ม.....	23
รูปที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ของการย่อยสลายของเปลือกแคปซูล	24
รูปที่ 2.10 แผ่นฟิล์มประกอบพอลิแลคติกแอซิดและผงไคโตซาน.....	25
รูปที่ 3.1 วิธีการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลแลค ด้วยวิธี Solvent casting	27
รูปที่ 3.2 กล้อง Optical microscope	28
รูปที่ 3.3 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry	30
รูปที่ 3.4 เครื่อง X-ray diffraction, XRD	30
รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการเตรียมชิ้นงานทดสอบค่าแรงดึง	31
รูปที่ 3.6 การวัดค่า Tensile Strength ของแผ่นฟิล์ม.....	32
รูปที่ 3.7 วิธีการทดสอบสมบัติการยับยั้งด้วยแบคทีเรีย.....	32
รูปที่ 4.1 สมบัติทางความร้อนของฟิล์มผสมพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลแลค	37
รูปที่ 4.2 IR Spectra จากฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลแลค	36
รูปที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลแลค	44
รูปที่ 4.4 โครงสร้างทางเคมีของ PLA (ก) และเซลแลค (ข)	45
รูปที่ 4.5 IR Spectra จากฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลคจากครั้ง.....	45
รูปที่ 4.6 XRD pattern ของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลคจากครั้ง.....	46

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

PLA	พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid)
DSC	เครื่องมือวิเคราะห์ทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeters๗)
FT-IR	เครื่องมือวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี (Fourier Transform Infrared Spectrometer)
PEG	Polyethylene glycol
PVA	พอลิไวนิลแอลกอฮอล์
SH	ครั่ง (Shellac)
GEL	เจลาติน (Gelatin)
σ	ค่าความแข็งแรงการดึง (Tensile Strength)
E	ค่ามอดูลัส (Modulus)
F	แรงดึงยึดชิ้นงานตัวอย่าง (Force)
A	พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่าง (Area)
T_m	อุณหภูมิหลอมตัว (Melting Temperature)
T_g	อุณหภูมิคล้ายแก้ว (Glass transition temperature)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นให้มีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกนอกจากจะพัฒนาสินค้าให้มีคุณภาพให้ได้มาตรฐานสากล การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ทางด้านคุณภาพ รูปลักษณ์ ให้มีความโดดเด่น น่าสนใจ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษก็เป็นอีกทางเลือกสำคัญในการแข่งขันในตลาดต่างประเทศ โดยที่บรรจุภัณฑ์ที่จะนำมาเป็นจุดเด่นได้นั้นต้องมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทำมาจากธรรมชาติและมีความเข้ากันได้ดีทางชีวภาพ ซึ่งด้วยคุณสมบัตินี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจมากขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่มีตามท้องตลาดทั่วไป

พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ เป็นพลาสติกที่ถูกออกแบบมาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม จึงทำให้สมบัติต่างๆ ของพลาสติกลดลงและเกิดการย่อยสลายจากการทำงานของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid, PLA) เป็นพอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพชนิดหนึ่งที่ทำมาจากทรัพยากรธรรมชาติ โดยมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง จากนั้นทำการย่อยแป้งให้ได้เป็นน้ำตาล และนำไปหมักด้วยจุลินทรีย์เกิดเป็น Lactic Acid แล้วสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ แต่ด้วยคุณสมบัติที่ประาะของพอลิแลคติกแอซิดจึงมีงานวิจัยมากมายที่พยายามจะปรับปรุงสมบัตินี้ เช่น การเติมพลาสติกไซเซอร์ PEG การผสมเจลาติน เพื่อเพิ่มสมบัติความยืดหยุ่น[1,2]

เชลแลค (Shellac) เป็นสารจากธรรมชาติในรูปแบบเรซินหรือสารกักต้งที่ได้จากแมลงที่เรียกว่า “ครั่ง” หรือที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า “Tachardia lacca” ซึ่งพบมากในประเทศไทย และอินเดีย[3] มีการนำมาใช้มากทั้งนี้เนื่องจากมีสมบัติโดดเด่น คือ การกั้นน้ำที่ดี, มีความเป็นเงางาม, สามารถยึดกับพื้นผิวได้หลายชนิด, กันความร้อนและไฟฟ้าได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานได้หลายประเภท เช่น การเคลือบผลไม้และอาหารป้องกันการสูญเสียน้ำและยืดอายุในการเก็บรักษา, การเคลือบเภสัชภัณฑ์เพื่อควบคุมการปลดปล่อยยาให้ออกฤทธิ์ในตำแหน่งและเวลาที่ต้องการ, การประยุกต์ใช้ในการเคลือบผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันความชื้นและเพิ่มความสวยงาม[4]

เนื่องจากเชลแลคเป็นเรซินที่ได้จากธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ และสามารถรับประทานได้ด้วยมีจุดเด่น คือ ลักษณะเหนียว แต่ในขณะที่เดียวกันจุดด้อยของเชลแลค คือ มีสมบัติแข็งกลดต่ำ และไม่สามารถละลายในน้ำได้ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุภัณฑ์ได้ง่าย จึงมีงานวิจัยมากมาย

ที่พยายามจะแก้ไขจุดด้อยของเซลล์ แต่การปรับปรุงนั้นมีวิธีการที่ยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายที่สูง จึงได้มีงานวิจัยที่พยายามลดต้นทุนลงโดยการที่นำเซลล์ผสมกับเจลาติน เพื่อเพิ่มสมบัติทางกลที่ดีขึ้น โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ผลที่ได้ออกมาแล้วยังไม่เป็นที่พอใจ เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปสมบัติเชิงกลจะลดลง[5]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทำการพัฒนาพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลล์จากครั้ง สำหรับเป็นฟิล์มสำหรับเป็นวัสดุทางเลือกในการทำบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดสารปนเปื้อนต่อผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด และเซลล์จากครั้ง สำหรับเป็นฟิล์มที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.2.2 เพื่อศึกษาทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและเซลล์ที่สัดส่วนการผสมต่างๆ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ขึ้นรูปฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลล์จากครั้ง ที่สัดส่วนโดยน้ำหนัก 100:0:0, 90:10:0, 80:10:10, 70:10:20, 60:10:30, 90:0:10, 70:20:10, 70:30:10 ด้วยเทคนิค Solution casting

1.3.2 ขึ้นรูปฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลล์จากครั้ง ที่สัดส่วนโดยน้ำหนัก ที่อัตราส่วน 100:0, 97:3, 95:5, 93:7, 91:9, 90:10, 85:15, 80:20 ตามลำดับ ด้วยเทคนิค Extrusion film casting

1.3.3 ศึกษาทดสอบสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและเซลล์ที่สัดส่วนการผสมต่างๆ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้องค์ความรู้เรื่องการขึ้นรูปวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอสจากครั้งสำหรับเป็นฟิล์มที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

1.4.2 ได้ข้อมูลของสมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน และสมบัติทางเคมี ของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้



บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ครั่ง (Shellac) [6]

ครั่ง คือ ขางหรือชั้นชนิดหนึ่ง ที่ได้จากการขับถ่ายของตัวแมลงครั่ง แมลงครั่งจะอาศัยอยู่ตามกิ่งไม้ และกินน้ำเลี้ยงของต้นไม้ที่ใช้อาศัยเป็นอาหาร การขับถ่ายของครั่งนั้นจะออกมาจากภายในตัว ครั่งอยู่ตลอดเวลาเพื่อห่อหุ้มตัวเป็นเกราะป้องกันอันตรายจากภายนอก สิ่งที่ถูกขับถ่ายออกมามีลักษณะนิ่มและเหนียว มีสีเหลืองทอง หรือสีส้มแดง เมื่อถูกอากาศเป็นระยะเวลาานจะมีลักษณะแข็ง และมีสีน้ำตาลเข้มปนแดง ครั่งมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เรซิน ขี้ผึ้ง สี ซากตัวครั่ง และสารอื่นๆ



รูปที่ 2.1 ครั่งดิบ [7]

ผลผลิตครั่ง [7]

ครั่งดิบ (Stick Lac) ซึ่งเป็นครั่งที่ผู้เลี้ยงแกะหรือขูดออกจากกิ่งไม้ แต่เนื้อครั่งจะมีวัตถุเจือปนอยู่หลายอย่าง เช่น ชัน สีครั่ง ขี้ผึ้ง ซากของแม่ครั่งที่ตาย กิ่งหรือเปลือกไม้ เป็นต้น

ครั่งเม็ด (Seed Lac) เป็นครั่งดิบที่นำมาแยกสิ่งเจือปนออก โดยการตำหรือบดครั่งดิบให้แตกออกเป็นก้อนเล็กๆ แล้วนำเอาไปล้างน้ำ จะได้ครั่งสีแดง การล้างครั่งจะล้างจนกระทั่งน้ำใส จากนั้นนำเอาครั่งที่ได้ ออกตากในที่ร่มที่มีลมผ่านตลอดเวลา

เชลแลค (Shellac) เป็นครั่งที่ทำมาจากครั่งดิบและครั่งเม็ด บรรจุในถุงผ้าแล้วให้ความร้อนจากนั้นบิดถุงผ้าให้แน่น เนื้อครั่งจะค่อยๆ ซึมออกจากถุงผ้า จากนั้นใช้มีดหรือวัสดุปาดเนื้อครั่งที่ซึมออกมาใส่บนภาชนะที่อังด้วยความร้อนจากไอน้ำ จะช่วยให้เนื้อครั่งนั้นมีความอ่อนตัว หลังจาก

นั้นนำเนื้อครั้งที่ได้ มาทำการยึดเป็นแผ่นบาง ๆ ในขณะที่ครึ่งยังร้อนอยู่แล้วปล่อยให้เย็น จึงหัก ออกเป็นชิ้นเล็กๆ เรียกว่า "เซลแลค"

ครึ่งแผ่น (Button Lac) หรือ "ครึ่งกระดุม" เป็นครึ่งที่มีลักษณะคล้ายกระดุม มี เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว โดยครึ่งแผ่นมีวิธีการทำคล้ายกับเซลแลค แต่ต่างกันตรงที่เมื่อทำการ หลอมครึ่งแล้วจะใช้เหล็กป้ายครึ่งที่กำลังร้อนอยู่หยอดลงไปบนแผ่นเหล็กหน้าเรียบที่สะอาด จากนั้น ทิ้งไว้ให้เย็น จะได้ครึ่งแผ่นตามที่ต้องการ

ผลิตภัณฑ์เซลแลค [7]

เซลแลคที่ดีจะต้องละลายหมดในตัวทำลาย เช่น แอลกอฮอล์ จึงจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี การนำเอาเซลแลคมาใช้ประโยชน์นั้นมีมานานแล้ว โดยเริ่มจากการนำไปตกแต่งบ้านเรือนให้สวยงาม โดยใช้เซลแลคผสมแอลกอฮอล์เพื่อทาพื้นบานประตู หน้าต่าง โดยเฉพาะเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ที่ทำด้วย ไม้มักจะทาและขัดด้วยเซลแลค นอกจากนี้แล้วเซลแลค ยังป้องกันความสกปรกไม่ให้เข้าถึงเนื้อไม้ และเพิ่มความทนทานให้แก่เนื้อไม้อีกด้วย ปัจจุบันมีการนำเอาเซลแลค มาใช้ประโยชน์ ทาง อุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่

อุตสาหกรรมยา มีการนำเซลแลคมาเคลือบยาเม็ดเพื่อป้องกันความชื้นเข้าสู่เม็ดยา และป้องกันตัวยาทำปฏิกิริยากับกรดในกระเพาะอาหาร

อุตสาหกรรมกระดาษ มีการนำเซลแลคมาใช้เคลือบที่ผิวกระดาษเพื่อช่วยให้กระดาษ แข็งแรง สวยงาม ป้องกันการเปื้อน และใช้เป็นตัวประสานในการผลิตกระดาษสำหรับทำภาชนะ บรรจุอาหาร

อุตสาหกรรมหมึกพิมพ์ มีการนำเอาเซลแลคมาใช้ในการทำหมึกเขียนชนิดกันน้ำ ใน ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตหมึกพิมพ์สามารถผลิตน้ำหมึกที่แห้งเร็วและกันน้ำได้ จึงได้มีการนำ เซลแลคมาเป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์ชนิดนี้ หมึกพิมพ์ที่มีคุณสมบัติแห้งเร็ว และกันน้ำได้นี้ มีส่วนผสมของเซลแลคถึง 6 ส่วน

อุตสาหกรรมเกี่ยวกับวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เนื่องจากสมบัติของเซลแลคไม่นำไฟฟ้า จึงมีการนำเอามาใช้ในส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น วงจรไฟฟ้า

อุตสาหกรรมยาง เซลแลคเข้ามาเกี่ยวข้องกับ ได้แก่การทำรองเท้า วัสดุที่ใช้ปูพื้น เบาะ อะไหล่รถยนต์ จากการทดลองเมื่อพบว่าแรงดึง ความยืดหยุ่น ความยาวสูงสุด และความแข็งของยาง ที่มีเซลแลคผสมอยู่ จะทำให้ยางมีอายุการใช้งานดีกว่ายางที่มีส่วนผสมอย่างอื่น นอกจากประโยชน์ ดังกล่าวแล้ว ยังมีการนำเอาเซลแลคมาใช้อย่างอื่นอีก เช่น เคลือบผิวผลไม้ ทำให้เหี่ยวช้าลงกว่าปกติ

ใช้ในการผลิตน้ำยาล้างฟิล์มถ่ายรูป เคลือบลูกกวาดเป็นส่วนประกอบในสารฆ่าเชื้อราสำหรับหนังสือ สารฆ่าแมลง ยาทาเล็บ เป็นต้น

2.1.2 พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable plastic) [8]

พลาสติกชีวภาพย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradable Plastic) หมายถึง พลาสติกที่ผลิตขึ้นจากวัสดุธรรมชาติ สามารถย่อยสลายได้ในธรรมชาติ ช่วยลดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อม วัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาผลิตเป็นพลาสติกชีวภาพได้นั้นมีหลายชนิด เช่น Cellulose Collagen Casein Polyester แป้ง (Starch) โปรตีนจากถั่ว และข้าวโพด เป็นต้น และในบรรดาวัสดุธรรมชาติทั้งหลาย แป้ง นับว่าเหมาะสมที่สุด เพราะมีปริมาณมากและราคาถูก เนื่องจากสามารถหาได้จากพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี มันฝรั่ง มันเทศ มันสำปะหลัง เป็นต้น

พลาสติกชีวภาพที่ผลิตจากแป้งนั้นจะมีข้อเสีย คือจะเกิดการพองตัวและเสียรูปได้ง่ายเมื่อได้รับความชื้น จึงได้มีการใช้เชื้อจุลินทรีย์เข้าไปทำการย่อยสลายแป้ง แล้วเปลี่ยนแป้งให้กลายเป็น โมนอเมอร์ ที่เรียกว่ากรดแลคติก (Lactic Acid) จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการ พอลิเมอร์ไรเซชัน ทำให้กรดแลคติกเชื่อมกันเป็นสาย เรียกว่า พอลิเมอร์

ประเภทของพลาสติกย่อยสลายได้ สามารถแยกตามแหล่งกำเนิดได้ 2 ประเภท คือ

1) แหล่งกำเนิดที่สามารถปลูกทดแทนใหม่ได้ เช่น พืชผลทางการเกษตรจำพวกแป้งและน้ำตาล นอกจากพืชผลทางการเกษตรแล้ว ยังมีการนำผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมนมได้แก่ หางนม (Whey Permeate) มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตมอนอเมอร์ (Lactic acid)

2) แหล่งกำเนิดจากปิโตรเลียม เช่น น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหินซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบที่ไม่สามารถทดแทนได้

กลไกการย่อยสลายของพลาสติก พลาสติกที่ย่อยสลายได้สามารถจำแนกตามกลไกของการย่อยสลายได้ดังต่อไปนี้

1) พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable Plastics) เป็นพลาสติกย่อยสลายได้ซึ่งมีกลไกการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ และแบคทีเรียในธรรมชาติ เมื่อย่อยสลายหมดแล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็น น้ำ มวลชีวภาพ ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

2) พลาสติกชนิดย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidative Degradation Plastics) คือ พลาสติกที่สลายตัวได้โดยไม่ต้องพึ่งจุลินทรีย์ (Bioerodable Plastics) การย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันของพลาสติกนั้น เป็นปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนลงในโมเลกุลของพอลิเมอร์ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติอย่างช้าๆ โดยมีออกซิเจน และความร้อน แสงยูวี หรือแรงทางกลเป็นปัจจัยสำคัญ

3) พลาสติกย่อยสลายด้วยแสง (Photodegradable Plastics) การย่อยสลายด้วยแสงมักเกิดจากการเติมสารเติมแต่งที่มีความไวต่อแสงลงในพลาสติกหรือสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ให้มีหมู่ฟังก์ชันหรือพันธะเคมีที่ไม่แข็งแรง แตกหักง่ายภายใต้รังสียูวี เช่น หมู่คีโตน (Ketone Group) อยู่ในโครงสร้าง เมื่อสารหรือหมู่ฟังก์ชันดังกล่าว สัมผัสกับรังสียูวี จะเกิดการแตกของพันธะกลายเป็นอนุมูลอิสระซึ่งไม่ทำให้เกิดการขาดของสายโซ่

4) พลาสติกย่อยสลายผ่านปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolytic Degradation Plastics) การย่อยสลายของพอลิเมอร์ ที่มีหมู่เอสเทอร์ หรือเอไมด์ เช่น แป้ง พอลิเอสเทอร์ พอลิเอโนไฮโดรคาร์บอเนต และพอลิยูริเทน โดยทั่วไปปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalytic Hydrolysis) และไม่ใช่ตัวเร่งปฏิกิริยา (Non-Catalytic Hydrolysis) จัดเป็นการย่อยสลายทางเคมี

2.1.3 พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid) [9]

เป็นพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้เป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ด้วยจุลินทรีย์ ในธรรมชาติภายหลังจากการใช้งาน พอลิแลคติกแอซิด ผลิตมาจากวัตถุดิบที่สามารถผลิตปลูกทดแทนขึ้นใหม่ได้ในธรรมชาติ (Renewable Resource) เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง และอ้อย เป็นต้น โดยการนำไปบดหรือ โม่ให้ละเอียดเป็นแป้ง แล้วใช้เอนไซม์ย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลกลูโคส นำไปผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) โดยใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus Brevis* จะได้เป็นกรดแลคติก (Lactic Acid) แล้วนำไปผ่านกระบวนการทางเคมีได้ Lactide แล้วจึงนำไปผ่านกระบวนการพอลิเมอร์ไรเซชัน (Polymerization) กลับในระบบสุญญากาศ เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างเป็นพอลิเมอร์

สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี พอลิแลคติกแอซิดมีช่วงการหลอมเหลวอยู่ที่ (Melting Range) 160-210 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม พอลิแลคติกแอซิดสามารถทนความร้อนได้ ไม่เกิน 210 องศาเซลเซียส มีปริมาณความเป็นผลึก (Crystallinity) ประมาณ 37% และอุณหภูมิการเปลี่ยนจากสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition Temperature) อยู่ระหว่าง 60-65 องศาเซลเซียส มีสมบัติขวางกั้นดี (Barrier Properties) มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatibility) สมบัติพิเศษของพอลิแลคติกแอซิด คือ มีความใส ไม่ย่อยสลายในสภาพแวดล้อมทั่วไป แต่สามารถย่อยสลายได้เอง เมื่อนำไปฝังกลบในดิน

สมบัติของพอลิแลคติกแอซิด

พอลิแลคติกแอซิด มีลักษณะใส มีความแวววาวสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับสารเติมแต่ง พอลิแลคติกแอซิด มีสมบัติทางกลที่สามารถนำไปใช้งานได้เช่นเดียวกับ พอลิเมอร์พื้นฐานทั่วไป และยังมีสมบัติ

เป็นเทอร์โมพลาสติก พอลิแลคติกแอซิด สามารถกักเก็บ และไขมันสูง ในขณะที่ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ สามารถแพร่ผ่านได้ดี มีความคงทนต่อการกระแทก (Impact Strength) ต่ำ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ PVC ที่ไม่มีการเติมสารเติมแต่งพลาสติก และความแข็ง ความคงทนต่อการกระแทก และความยืดหยุ่น ใกล้เคียงกับ PET นอกจากนี้ พอลิแลคติกแอซิด ยังมีสมบัติใกล้เคียงกับ PS และสามารถนำไปดัดแปลงให้ มีสมบัติใกล้เคียงกับ PE หรือ PP ดังนั้นพอลิแลคติกแอซิด จึงสามารถนำไปปรับปรุง สมบัติพื้นฐานทั้งด้าน การขึ้นรูป และการใช้งานได้

กระบวนการผลิตพอลิแลคติกแอซิด [11]

พอลิแลคติกแอซิด (PLA) เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ ที่ได้มาจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันของกรดแลคติก ซึ่งการสังเคราะห์ PLA สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสังเคราะห์โดยปฏิกิริยา Azeotropic Dehydration Condensation ซึ่งจะทำได้ PLA ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงถึงระดับมากกว่า 100,000 หรือปฏิกิริยาควมน้ำโดยตรงของกรดแลคติก (ได้เป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ประมาณ 1,000 –5,000 บางครั้งเรียกว่า พรีพอลิเมอร์)

นอกจากนี้ เมื่อนำพรีพอลิเมอร์ดังกล่าวไปผ่านปฏิกิริยาแตกตัวย้อนกลับ (Depolymerization) จะได้ผลผลิตเป็นแลคไทด์ ซึ่งมีโครงสร้างไอโซเมอร์หลายแบบ เช่น LL, LD, และ DD ซึ่งสารดังกล่าวสามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวง (Ring Opening Polymerization) ได้ เป็นพอลิแลคติกแอซิดอีกครั้ง ซึ่งจะมีน้ำหนักโมเลกุลสูงในระดับมากกว่า 100,000 เช่นเดียวกัน

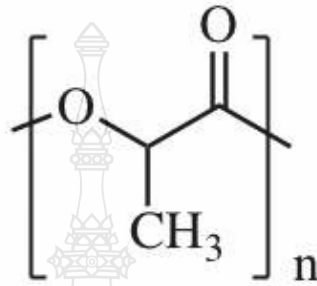
การย่อยสลายของพอลิแลคติกแอซิด [10]

พอลิแลคติกแอซิด ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีการย่อยสลายแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ เกิดการย่อยสลายผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส ที่พื้นระเอสเทอร์ของพอลิเมอร์ ทำให้สายโซ่พอลิเมอร์ถูกตัดสั้นลงจน มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ทำให้แตกหักเป็นชิ้นเล็กๆ เมื่อน้ำหนักโมเลกุลต่ำลง จะถูกย่อยสลายต่อโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ได้ง่าย เกิดเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำและมวลชีวภาพ แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จะย่อยสลายได้ไม่ดี เนื่องจากมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้วที่ 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นวิธีการที่ดีที่สุด ในการกำจัดพอลิแลคติกแอซิด ภายหลังการใช้งาน คือ ส่งไปยังโรงคอมโพสต์ หรือ โรงหมักปุ๋ยอินทรีย์แบบ ใช้ออกซิเจนพร้อมกับขยะอินทรีย์อื่นๆ ไม่ควรฝังกลบ

ข้อเสียของพอลิแลคติกแอซิด [12]

PLA มีลักษณะแข็ง เปราะ ทำให้มีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานบางด้านเช่น ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ ที่ต้องการการยืดตัว ดังนั้นในการใช้งานจึงนิยมเติมสารพลาสติกไซเซอร์ และไม่ทนความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากไม่ทำการอบไล่ความชื้นก่อนนำไปขึ้นรูป อาจเกิดการเสื่อมสภาพใน

ระหว่างกระบวนการผลิตขึ้นรูป ดังนั้นในการใช้งาน จึงควรทำการอบเม็ดให้แห้งก่อน ในขณะเดียวกันความแข็งแรงของ PLA จะมีค่าต่ำ ทำให้มีปัญหาในการนำไปผลิตขึ้นรูป โดยกระบวนการบางอย่าง เช่น กระบวนการอัดรีด และเป่าขึ้นรูปเป็นฟิล์ม (Extrusion Blown film Process) อีกทั้งมีราคาที่ยังค่อนข้างแพง เมื่อเทียบกับพลาสติกทั่วไป



รูปที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของพอลิแลคติกแอซิด

2.1.4 เครื่องมือวิเคราะห์ทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeters, DSC) [13]

เครื่อง Differential Scanning Calorimeters (DSC) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของ Heat Flow เมื่อได้รับความร้อนเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง โดยวิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และทางเคมีของตัวอย่าง เมื่อได้รับความร้อน ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการดูดหรือการคายความร้อน (Endothermic or Exothermic Processes) หรือการเปลี่ยนแปลงความจุความร้อน (Heat Capacity Changes) จึงนำเอาเทคนิคนี้มาเพื่อใช้ในการศึกษาสมบัติของตัวอย่างในการศึกษาสมบัติเชิงวัสดุด้วยเครื่อง DSC จะใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (Glass Transition) การหลอมเหลว (Melting) กระบวนการตกผลึก (Crystallization process) และความจุความร้อน (Heat capacity)

เทคนิค DSC จะเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงของ Heat flow ที่เกิดขึ้นกับตัวอย่างที่ทำการทดสอบ เมื่อให้ความร้อนเข้าไปในระบบ เทียบกับตัวอย่างอ้างอิง ซึ่งในการทดสอบจะใช้ Pan เปล่าที่ไม่ได้ใส่ตัวอย่างในการอ้างอิง โดยเมื่อทำการทดสอบ เครื่อง DSC ก็จะทำการวัดค่าความแตกต่างของ Heat flow ออกมา



รูปที่ 2.3 เครื่องมือวิเคราะห์ทางความร้อน (Differential Scanning Calorimeters ,DSC)

2.1.5 เครื่องมือวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี (Fourier Transform Infrared Spectrometer, FT-IR Spectrometer) [14]

FT-IR Spectrometer (Fourier Transform Infrared Spectrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตรวจสอบ โครงสร้างทางเคมีของสาร หรือวัสดุ โดยการวัดการดูดกลืนรังสีที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ที่อยู่ในช่วงเลขคลื่น (Wave number) ประมาณ $12800 - 10 \text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้ง ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) เป็นรังสีที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่ให้ความร้อนที่สัมผัสได้ อยู่ระหว่างช่วง Visible radiation กับ Microwave radiation โดยช่วงของรังสีอินฟราเรดแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

Near Infrared ($12800-4000 \text{ cm}^{-1}$)

Middle Infrared ($4000-200 \text{ cm}^{-1}$)

Far Infrared ($200-10 \text{ cm}^{-1}$)

ช่วงของรังสีอินฟราเรดที่ใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้แก่ช่วง Middle IR เนื่องจากมีพลังงานค่อนข้างต่ำ เมื่อโมเลกุลของสารดูดกลืนรังสีอินฟราเรดเข้าไปจะทำให้พันธะในโมเลกุลเกิดการสั่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุล การที่โมเลกุลจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดได้นั้นความถี่ของรังสีต้องเท่ากับค่าการสั่นของโมเลกุลของสารนั้นๆ ซึ่งสารอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่าความถี่ของการสั่นที่แตกต่างกันไป ทำให้สามารถนำเทคนิคนี้มาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างและชนิดของ

สารอินทรีย์ได้ การแสดงผลที่ได้ จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้แสดงเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง Wave number กับ Transmittance ซึ่งเรียกว่า Infrared spectrum



รูปที่ 2.4 เครื่องมือวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี (Fourier Transform Infrared Spectrometer, FT-IR spectrometer)

2.1.6 เครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction, XRD) [15]

การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (XRD) เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์วัสดุต่างๆ โดยสามารถใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบชนิดปริมาณคุณภาพของสารประกอบแบบผลึกต่างๆ ในชิ้นงานได้ โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ เมื่อลำรังสีตกกระทบวัตถุหรืออนุภาคจะเกิดการหักเหของลำรังสีสะท้อนออกมาทำมุมกับระนาบของอนุภาคเท่ากับมุมของลำรังสีตกกระทบ

ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกของสารประกอบและแร่สามารถแยกแยะประเภทและชนิดของวัสดุที่พบในธรรมชาติว่ามีรูปแบบ โครงสร้างผลึกแบบใดหรือจำแนกได้ว่าวัสดุที่พบเห็นนั้นเป็นธาตุชนิดใด โดยทำการวัดค่าความเข้มของรังสีที่สะท้อนออกมาที่มุมต่างๆ เปรียบเทียบกับข้อมูลมาตรฐานที่ทำการตรวจวัด



รูปที่ 2.5 เครื่องมือวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบสาร (X-ray diffraction, XRD)

2.1.7 การทดสอบแรงดึง (Tensile test) ตามมาตรฐาน ASTM D882 [16]

การทดสอบแรงดึง (Tension test หรือ Tensile test) คือ วิธีการทดสอบเนื้อสัมผัส (Texture Analysis) โดยใช้แรงดึง (Tensile force) ดึงวัสดุตัวอย่างอย่างช้าๆ ทำให้วัสดุเกิดการยืดยาวขึ้น อาจให้แรงดึงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งชิ้นงานที่ใช้ทดสอบขาด แล้วบันทึกค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้นดึง (Tensile stress) กับความเครียดตามแนวดึง (Tensile strain) แสดงความสัมพันธ์เป็นกราฟ เรียกว่า กราฟความเค้นกับความเครียด (Stress-strain curve) หรือ แรงดึงกับระยะการเปลี่ยนรูป (Deformation) ซึ่งเป็นระยะที่วัสดุยืดตัวเพิ่มจากระยะเดิม

การทดสอบเนื้อสัมผัสแบบการทดสอบแรงดึง (Tensile test) และการทดสอบแรงอัด (Compression test) ที่ใช้แรงประเภทเดียวกัน คือเป็นแรงตรง (Direct load) กระทำผ่านจุดศูนย์กลางของหน้าตัดชิ้นงาน ต่างกันที่ การทดสอบแรงดึง ใช้หาค่าการยืดตัว ส่วนการทดสอบแรงกด ใช้หาค่าการหดตัว

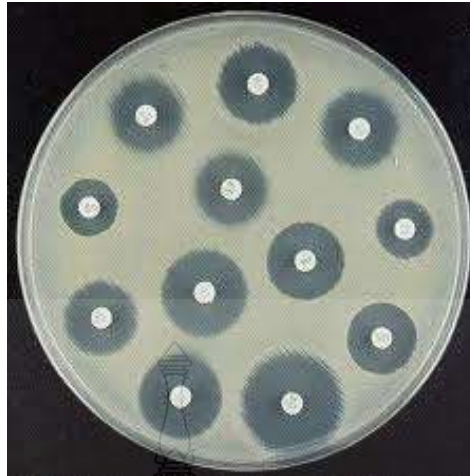


รูปที่ 2.6 การทดสอบแรงดึง (Tensile Test)

2.1.8 การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย [17]

การทดสอบการต้านเชื้อ คือ การสังเกตบริเวณที่จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้รอบชิ้นงานที่ทำการทดสอบ หรือเรียกว่า การเกิดบริเวณใส (Clear zone) หรือไม่สามารถเจริญเติบโตได้บนชิ้นงาน โดยทั่วไปการทดสอบนี้ขึ้นกับความสามารถในการแพร่ของสารยับยั้งเชื้อบนฐานอาหารหรือภายในวัสดุที่ผสมสารยับยั้งเชื้อ ซึ่งถือเป็นวิธีการทดสอบเชิงคุณภาพ สำหรับขั้นตอนการทดสอบนั้นเริ่มจากการนำเชื้อแบคทีเรียทดสอบ เกลี่ยให้สม่ำเสมอบนฐานอาหารในจาน Petri dish จากนั้นวางชิ้นงานทดสอบในตำแหน่งที่กำหนดไว้ แล้วนำไปบ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ $37 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการสังเกตและบันทึกการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้จำนวนตัวอย่างในการทดสอบอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง (Duplication)

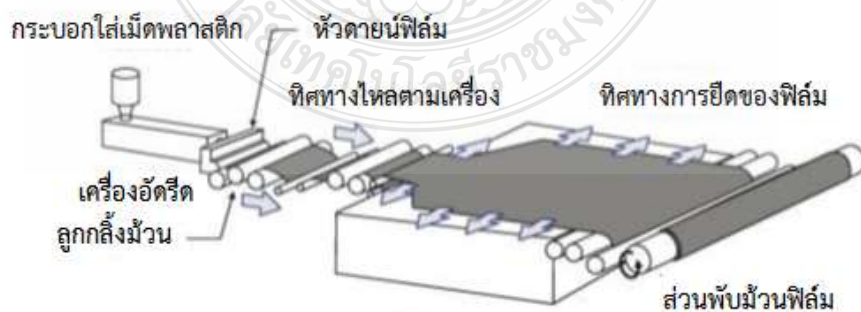
จุลินทรีย์มีทั้งที่เป็นประโยชน์และโทษ ในส่วนที่เป็นโทษจะก่อให้เกิดการสูญเสีย และการทำลายได้หลายประการ เช่น จุลินทรีย์อาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคแก่สิ่งมีชีวิต ตลอดจนพืช จุลินทรีย์อาจปนเปื้อนในอาหาร หรือวัตถุดิบที่ประกอบอาหารทำให้เป็นอันตราย ต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีการที่จะควบคุมจุลินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียดังกล่าว วิธีการควบคุมหมายถึงการฆ่า (Killing) การยับยั้ง (Inbibbition) และการกำจัดจุลินทรีย์ออกไป (Removal) นั้นเอง [18]



รูปที่ 2.7 การทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย (Antimicrobial Sensitivity Testing, Posted by blogupdate January 27, 2012)

2.1.9 เครื่องรีดฟิล์ม (Cast film extruder) [19]

การขึ้นรูปด้วยวิธีนี้ใช้สำหรับการผลิตฟิล์มบาง เช่น ฟิล์มห่ออาหาร (Wrapping film) โดยเม็ดพลาสติกจะถูกหลอมในห้องหลอมและผสมจนเป็นเนื้อเดียวกันในเครื่องอัดรีด หลังจากนั้นจะถูกส่งออกมายังหน้าคายนที่มีลักษณะยาว (Slot die) ออกมายังลูกกลิ้งเพื่อทำการหล่อเย็นให้เกิดการคงรูปไว้ขึ้น แล้วส่งต่อไปยังเครื่องม้วนฟิล์มต่อไป ซึ่ง Cast film ก็คือ กรรมวิธีผลิตฟิล์มบางด้วยการหลอมเม็ดพลาสติกให้อยู่ในรูปของเหลว และฉีดออกมาเป็นแผ่นบางๆ ข้อดีคือ พลาสติกที่ได้จากกรรมวิธีนี้จะมีความใสกว่าวิธีเป่า ความสม่ำเสมอมากกว่า แต่หน้ากว้างของฟิล์มจะน้อยกว่า

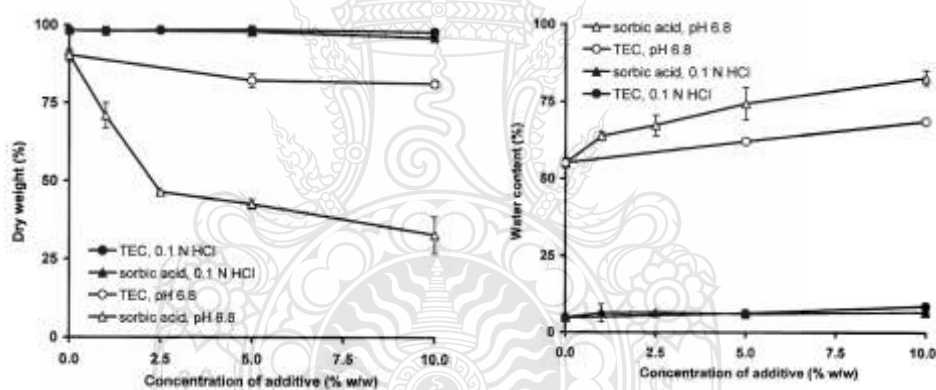


รูปที่ 2.8 ลักษณะการยึดตัวของแผ่นฟิล์ม [19]

2.2 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ. 2001 K.P. Krause, R.H. Muller ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเซลล์ความดันสูง ซึ่งเป็นงานวิจัยที่น่าเอาครั่งมาทำเป็นสารเคลือบเม็ดยา พบว่าฟิล์มครั่งที่เคลือบอยู่บนเม็ดยานั้นมีความบางมากแต่ยังสามารถกักเก็บคุณสมบัติต่างๆของตัวยาไว้ได้เป็นอย่างดี และยังสามารถรับประทานได้โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย อีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าแบบที่ใช้ในปัจจุบันอีกด้วย [20]

ในปี ค.ศ. 2004 Nantharat Pearnchob และคณะ ได้ทำการวิจัยงานเกี่ยวกับครั่ง โดยการนำครั่งมาผสมกับเจลาตินเพื่อเป็นส่วนประกอบของเปลือกแคปซูลยา แล้วสังเกตการณ์ย่อยสลายตัวของเปลือกแคปซูลภายในร่างกาย พบว่าการสลายตัวของแคปซูลนั้นประสบผลสำเร็จ เพราะแคปซูลสามารถย่อยสลายได้ภายในร่างกายด้วยกรดที่มีอยู่ในกระเพาะ และถ้าใส่ ของมนุษย์ซึ่งจะทำให้เปลือกแคปซูลค่อยๆอ่อนตัวและสลายไปในที่สุดโดยไม่เหลือตกค้างภายในร่างกาย [21]



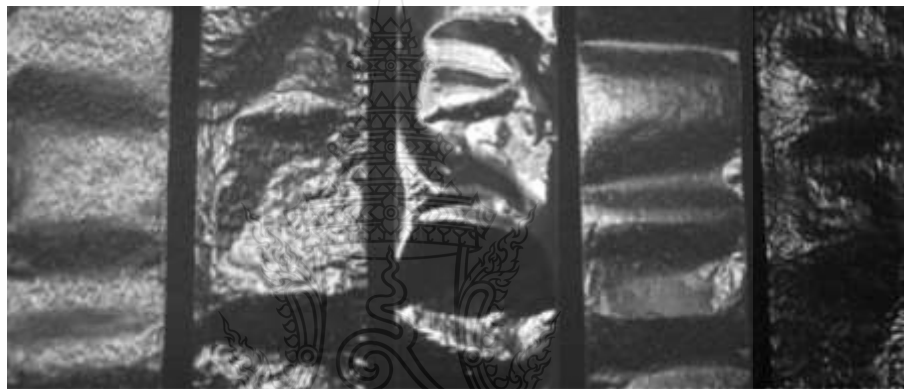
รูปที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ของการย่อยสลายของเปลือกแคปซูล [21]

ในปี ค.ศ. 2012 Sitthiphong Soradech และคณะ ได้ทำการศึกษาพัฒนาฟิล์มครั่งที่ใช้เคลือบเม็ดยาให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น โดยดาร์นำครั่งผสมกับเจลาตินที่ปริมาณต่างๆกัน พบว่าฟิล์มที่ได้มีความแข็งแรงและการยึดตัวมากกว่าฟิล์มที่ประกอบด้วยครั่งเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของเจลาตินในอัตราส่วนที่มากขึ้นจะทำให้ฟิล์มที่ได้มีสมบัติชอบน้ำมากยิ่งขึ้นไปด้วย อีกทั้งยังทำให้สามารถเก็บไว้ได้เป็นระยะเวลาานอีกด้วย [22]

ในปี ค.ศ. 2013 Sitthiphong Soradech และคณะ ได้ทำการศึกษาพัฒนาฟิล์มครั่งเจลาตินในอัตราส่วนต่างๆ เพื่อดูการเสื่อมสภาพของฟิล์มและได้พบว่า เมื่อใส่ PEG400 ลงไปจะสามารถทำให้

ฟิล์มคงสภาพได้นานกว่าตอนที่ยังไม่ได้ใส่ โดยทำการสังเกตถึง 180 วัน อีกทั้งขณะวิจัยยังพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปคุณสมบัติทางกลของฟิล์มไม่ได้ต่ำลงตามไปด้วย ซึ่งต่างจากฟิล์มที่ไม่มีส่วนผสมของ PEG400 ที่ไม่สามารถรักษาคุณสมบัติทางกลของแผ่นฟิล์มเอาไว้ได้ [23]

ในปี ค.ศ. 2013 J. Bonilla และคณะ ได้ทำการศึกษาวิจัย สมบัติทางกายภาพของฟิล์มประกอบพอลิแลคติกแอซิดและผงไคโตซาน พบว่าฟิล์มที่มีส่วนผสมของผงไคโตซานมีความยืดหยุ่นและเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านน้อยกว่าฟิล์มที่มีพอลิแลคติกแอซิดเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดที่มีส่วนผสมของผงไคโตซานจะมีค่าการซึมผ่านของไอน้ำที่มากกว่าฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดเพียงอย่างเดียว [24]



รูปที่ 2.10 แผ่นฟิล์มประกอบพอลิแลคติกแอซิดและผงไคโตซาน [24]

ในปี ค.ศ. 2014 คารณี ขันเพชร และ ปิยะนุช รสเครือ ได้ทำการศึกษาวิจัย การปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกลของฟิล์ม พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA)/โซเดียมคาร์บอกซี เมทิลเซลลูโลส (โซเดียม-ซี เอ็ม ซี) สำหรับประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มบางพีวีเอ/โซเดียม-ซี เอ็ม ซี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเหนียวและความยืดหยุ่นให้เหมาะสมกับการใช้งานเป็นบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ จึงได้ทำการเตรียมแผ่นฟิล์มบางพีวีเอ/โซเดียม-ซี เอ็ม ซี และพบว่าการใช้กลีเซอรอลเป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นนั้นสามารถเพิ่มสมบัติเชิงกลให้มีความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ผสมให้ดีขึ้นและเพิ่มความเข้ากันได้ของพอลิเมอร์ทั้งสามองค์ประกอบซึ่งสามารถยืนยันได้ด้วยการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน, ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และการทดสอบแรงดึง [25]

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 1) เซลแลคจากครั่ง (Shellac จากกลุ่มชาวบ้านจังหวัดแพร่)
- 2) พอลิแลคติกแอซิด (PLA: Polylactic Acid, AR grade, Cast film จากบริษัท Nature work) 2003D, Extrusion grade
- 3) เจลาติน (Gelatin from porcine skin, Type A จากบริษัท Sigmaaldrich)
- 4) เมทานอล (Methanol, AR grade, จากบริษัท Sigmaaldrich)
- 5) คลอโรฟอร์ม (Chloroform, AR grade จากบริษัท Sigmaaldrich)

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1) ปีกเกอร์
- 2) แท่งแก้วคนสาร
- 3) แม่พิมพ์
- 4) เครื่องชั่งดิจิตอล
- 5) เตาอบ
- 6) Magnetic stirrer และ Magnetic bar
- 7) Differential Scanning Calorimetry (DSC), DSC8000, Perkin Elmer
- 8) Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR Frontier, Perkin Elmer
- 9) X-ray diffraction (XRD), X'Pert PRO, Panalytical
- 10) เครื่องทดสอบการทนต่อแรงดึง (Tensile Strength ตามมาตรฐาน ASTM D 882, LLOYD INSTRUMENTS: LR 10 k)
- 11) Twin screw CHAREON: CTE-D20L800

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.2.1 การเตรียมสารละลายครั้งและการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลแลคด้วยวิธี Solvent casting

การเตรียมสารละลายครั้งและการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลแลค ด้วยวิธี Solvent casting เพื่อเป็นการปรับปรุงสมบัติของฟิล์ม PLA จึงได้มีการเติมเซลแลคจากครั้งและเจลาติน ที่สัดส่วนการขึ้นรูปต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 สัดส่วนการเติมเซลแลคจากครั้งและเจลาตินในการเตรียมฟิล์มด้วยวิธี Solvent casting

PLA:SH:GEL	ปริมาณ	ปริมาณ	ปริมาณ
	PLA (%w/w)	เซลแลค (%w/w)	เจลาติน (%w/w)
90:0:10	90	0	10
80:10:10	80	10	10
70:20:10	70	20	10
60:30:10	60	30	10
90:10:0	90	10	0
70:10:20	70	10	20

ในการเตรียมสารละลายครั้งในโครงการครั้งนี้ เป็นการเตรียมฟิล์มผสมพอลิเมอร์พอลิแลคติกแอซิด และเจลาติน วิธีการเตรียมดังนี้

- 1) เตรียมสารละลายครั้ง โดยนำครั้งมาทำละลายในเมทานอล โดยใช้เมทานอลปริมาณ 10 mL และครั้งที่อัตราส่วนต่างๆ ทำการกวนสารเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง
- 2) ทำการละลายพอลิแลคติกแอซิด 10 g ในคลอโรฟอร์ม 30 mL พร้อมทำการกวนสารเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30°C
- 3) นำสารละลายที่ได้จาก 1) และ 2) มาทำการผสมกัน ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 15 นาที พร้อมกับใส่เจลาตินตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้
- 4) นำสารละลายที่ได้จากข้อ 3) มาเทใส่แม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ จากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน แล้วทำการจัดเก็บแผ่นฟิล์มเพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติของแผ่นฟิล์มต่อไป



รูปที่ 3.1 วิธีการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลแลคด้วยวิธี Solvent casting

3.2.2 การเตรียมสารละลายครั้งและการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลแลค ด้วยวิธี Extruder film casting

การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลแลค ด้วยเทคนิค Extruder film casting เพื่อเป็นการปรับปรุงสมบัติของฟิล์ม PLA จึงได้มีการเติมเซลแลคจากครั้งและเจลาติน ที่สัดส่วนการขึ้นรูปต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนการเติมเซลแลคจากครั้งและเจลาตินในการเตรียมฟิล์มด้วยเทคนิค

Extruder film casting

PLA:SH:GEL	ปริมาณ PLA (%w/w)	ปริมาณ Shellac (%w/w)	ปริมาณ Gelatin (%w/w)
100:0:0	100	0	0
90:0:10	90	0	10
97:3:0	97	3	0
95:5:0	95	5	0
93:7:0	93	7	0
91:9:0	91	9	0
90:10:0	90	10	0
85:15:0	85	15	0
80:20:0	80	20	0

3.3 วิธีการศึกษาคุณสมบัติของแผ่นฟิล์ม

3.3.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้

ฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จะทำการวัดความหนา และศึกษาลักษณะทางกายภาพด้วยกล้อง Optical microscope โดยเตรียมตัวอย่างที่จะทำการศึกษามาทำการส่องเพื่อศึกษาพื้นผิวของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ รวมถึงไปถึงการดูการกระจายตัวของครั่งในเนื้อฟิล์ม โดยที่ตัวอย่างที่จะนำมาทำการศึกษานั้นจะใช้ตัวอย่างที่ได้จากการทดสอบสมบัติเชิงกลเป็นฟิล์มในช่วงของการยึด



รูปที่ 3.2 กล้อง Optical microscope

3.3.2 สมบัติทางความร้อนของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอส จากครั่ง

ทำการทดสอบสมบัติทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบที่อัตราส่วนต่างๆ ด้วยเทคนิค DSC โดยการเตรียมตัวอย่างประมาณ 5 mg จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ลงในภาชนะอลูมิเนียม (Pan) แล้วนำไปอัดปิดฝา จากนั้นนำไปทดสอบที่อุณหภูมิ 30 - 250°C Rate 10°C/min



รูปที่ 3.3 เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC 8000, Perkin Elmer)

3.3.3 การวิเคราะห์ห้วงค้ประกอบสาร

เครื่อง XRD สามารถทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งในรูปแบบของแข็ง หรือตัวอย่างที่เป็น powder ได้ ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของแข็ง ด้านที่ต้องการทดสอบผิวจะต้องเรียบ ส่วนในกรณีตัวอย่างที่เป็นผงจะต้องมีขนาดอนุภาค ลักษณะเป็นผงละเอียดคล้ายผงแป้ง จึงจะให้ผลการทดสอบที่ดี โดยปริมาณที่ต้องใช้ในการทดสอบต่อครั้ง จะอยู่ประมาณ 1-2 g โดยกำหนดส่วนต่างๆดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดในการวิเคราะห์ห้วงค้ประกอบสาร

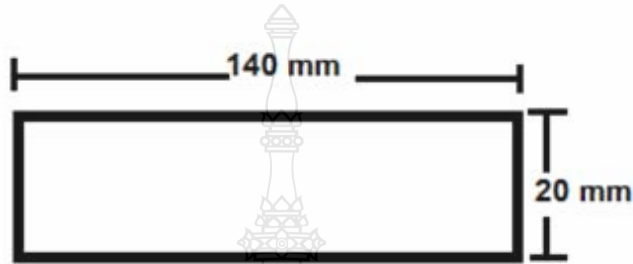
Start angle	End angle	Step size	Time per step	Scan speed
5	40	0.020	0.03	0.066667



รูปที่ 3.4 เครื่อง X-ray diffraction, XRD

3.3.4 สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอสจากครั้ง ตามมาตรฐาน ASTM D 882

ทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile Strength ตามมาตรฐาน ASTM D882) ค่ามอดูลัส (Modulus) ของฟิล์มตามมาตรฐาน ASTM D882 โดยตัดฟิล์มตัวอย่าง เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดย กำหนดให้ชิ้นงานมีขนาด 140 mm × 20 mm



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการเตรียมชิ้นงานทดสอบค่าแรงดึง

วัดความหนาของแต่ละชิ้นงาน จากนั้นทำการทดสอบ โดยมีสภาวะที่ใช้ทดสอบ ดังนี้

น้ำหนักสูงสุดที่รับแรง (Load Cell) 100 N

ระยะห่างตัวจับชิ้นงาน (Gauge Length) 50 mm

ความเร็วการดึง (Cross Head Speed) 12.5 mm/min

โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหาค่าความแข็งแรงดึง (Tensile Strength) ค่ามอดูลัส (Modulus) สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile Strength ; σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

ค่ามอดูลัส (Modulus : E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2)$$

เมื่อ F คือ แรงดึงยึดชิ้นงานตัวอย่าง
A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่าง



รูปที่ 3.6 การวัดค่า Tensile Strength ของแผ่นฟิล์ม

3.3.5 วิธีการทดสอบสมบัติการยับยั้งด้วยแบคทีเรีย [26]

ในการทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียใช้ *S.aureus* และเชื้อ *B.subtilist* เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมบวก และ *E.coli* และ *K.pnenomoiae* เป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบ โดยเฉพาะเลี้ยงเชื้อในอาหาร ป่มที่อุณหภูมิ 37°C นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาปรับปริมาณของเชื้อเริ่มต้น โดยเปิดเชื้อมา 5 มิลลิลิตร โดยใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีอาหาร 100 มิลลิลิตร แล้วคูดเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในจานเพาะเชื้อ เทอาหารแข็งปริมาตร 15 มิลลิลิตรลงไป ที่อุณหภูมิ 45-50°C จากนั้นให้กระจายอาหารให้ทั่วจาน



รูปที่ 3.7 วิธีการทดสอบสมบัติการยับยั้งด้วยแบคทีเรีย

3.4 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 3.4 แผนการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลา (เดือนมกราคม 58-เดือนเมษายน 59)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.การเตรียมวัสดุ/ อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย และค้นคว้างานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง	←-----→ ←-----→													
2.ขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธี Solution casting	←-----→ ←-----→													
3.การทดสอบสมบัติ ฟิล์มผสมที่เตรียมได้ เช่น FTIR, DSC ฯลฯ	←-----→ ←-----→													
4.เสนอผลงานวิชาการ	←-----→													
5.ขึ้นรูปฟิล์มด้วยวิธี Cast film extruder	←-----→ ←-----→													
6.การทดสอบสมบัติ ฟิล์มผสมที่เตรียมได้ เช่น FTIR, DSC ฯลฯ	←-----→ ←-----→													
7.วิเคราะห์ข้อมูลและ สรุปผลการวิจัย	←-----→ ←-----→													
8.รายงานความก้าวหน้า	←-----→ ←-----→													
9. สรุปผลและเขียนเล่ม วิทยานิพนธ์	←-----→ ←-----→													

Act ↔ Plan ←-→

บทที่ 4




ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลการทดสอบสมบัติของฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลกติกแอซิด เจลาตินและเซลแลคจากครั้งด้วยวิธีหล่อด้วยตัวทำละลาย (Solvent casting method)

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ด้วยวิธี Solvent casting พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้มีความหนาอยู่ในช่วง 0.9 – 1.3 cm ซึ่งเป็นความหนาที่หนากว่าแผ่นฟิล์มที่ใช้กันตามท้องตลาดทั่วไป แต่ในส่วนของลักษณะโดยทั่วไปที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่านั้นพบว่าแผ่นฟิล์มมีสีน้ำตาลอ่อน และแผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมของเซลแลคจากครั้งมีความเหนียวกว่าฟิล์ม PLA เพียงอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตามเมื่อแผ่นมีฟิล์มที่ได้มีความหนามากก็จะทำให้เกิดความเปราะ แตกหักได้ง่าย ดังแสดงลักษณะฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Solvent casting method


Sample code	ลักษณะทางกายภาพ	Picture
PLA90 / SH0 / GEL10	<ul style="list-style-type: none">เนื้อสารมีความเข้ากันเนื้อฟิล์มแข็ง เปราะมาก	
PLA80 / SH10 / GEL10	<ul style="list-style-type: none">เนื้อสารมีความเข้ากันเนื้อฟิล์มค่อนข้างแข็ง และเปราะ	
PLA70 / SH20 / GEL10	<ul style="list-style-type: none">เนื้อสารมีความเข้ากันเนื้อฟิล์มค่อนข้างอ่อน ไม่เปราะ	
PLA60 / SH30 / GEL10	<ul style="list-style-type: none">เนื้อสารมีความเข้ากันเนื้อฟิล์มค่อนข้างอ่อน เหนียว ไม่เปราะ	

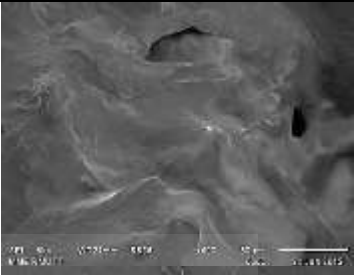
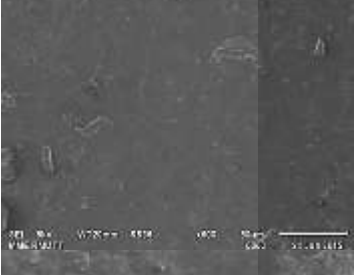
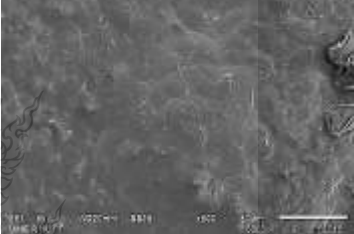
Sample code	ลักษณะทางกายภาพ	Picture
PLA90 / SH10 / GEL0	<ul style="list-style-type: none"> ➤ เนื้อสารมีความเข้ากัน ➤ เนื้อฟิล์มค่อนข้างอ่อนเหนียว เพราะเล็กน้อย 	
PLA70 / SH10 / GEL20	<ul style="list-style-type: none"> ➤ เนื้อสารมีความเข้ากัน ➤ เนื้อฟิล์มค่อนข้างอ่อน ไม่เปราะ 	

4.1.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จากวิธี Solvent casting method ด้วย SEM พบว่าพื้นผิว ของฟิล์มมีลักษณะขรุขระไม่เรียบ แต่มีการกระจายตัวของเซลล์จากครั้งในเนื้อฟิล์มที่ค่อนข้างดีทำให้เห็นเนื้อฟิล์มที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยการศึกษาทางสัณฐานวิทยาในครั้งนี้ใช้กำลังขยายเพียง 500 เท่า ซึ่งเป็นไปตามการศึกษาก่อนหน้านี้ของ ณศรา แก้วคง และคณะในปี 2005 [27]

ตารางที่ 4.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Solvent casting method

Sample code	Picture
PLA90 / SH0 / GEL10	
PLA70 / SH20 / GEL10	

Sample code	Picture
PLA60 / SH30 / GEL10	
PLA90 / SH10 / GEL0	
PLA70 / SH10 / GEL20	

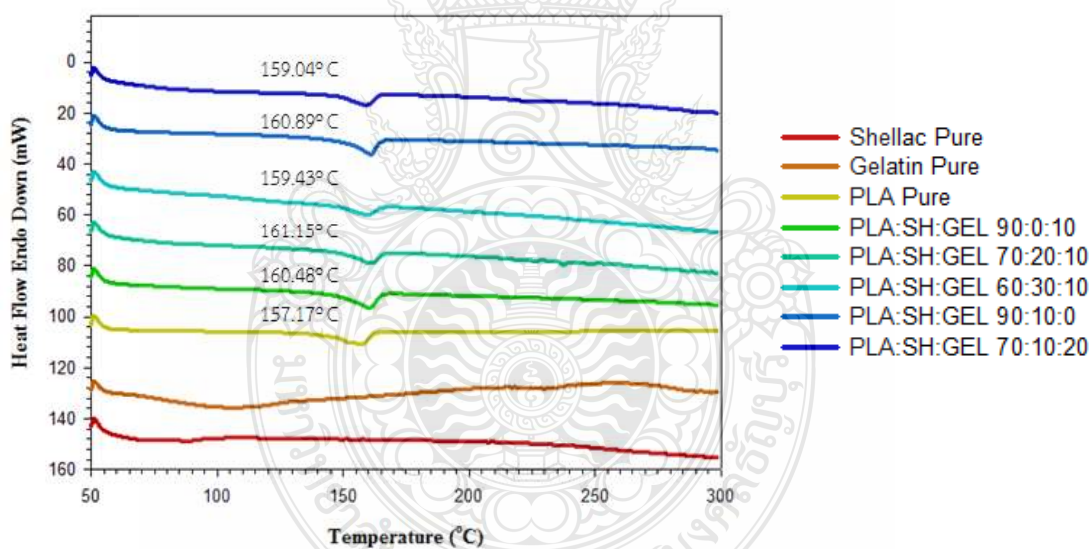
4.1.3 ผลการทดสอบทางความร้อน

พบว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของแผ่นฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดที่เตรียมขึ้น มีค่า อุณหภูมิการหลอมเหลว $T_m = 157.17^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกับผลการทดสอบสมบัติทางความร้อนของ PLA ของ Ilaria Armentano และคณะ ในปี 2015 งานวิจัยงานหนึ่งในปี 2015 [28] ที่มีค่า $uT_m = 150.0^{\circ}\text{C}$ จากการทดสอบแผ่นฟิล์มเมื่อเติมเซลแลคกลงไป พบว่าค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเมอร์มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการเติมเซลแลคผสมกับ PLA ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.1 T_m ของ PLA, PLA90/SH0/GEL10, PLA70/SH20/GEL10 และ PLA70/SH20/GEL10 คือ 157.10, 160.48, 161.15 และ 160.89°C แต่ในขณะที่เดียวกันเมื่อมีการเพิ่มปริมาณเจลาตินลงไปในพอลิเมอร์ผสมไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการหลอมเหลว โดยที่ค่า T_m ของ PLA90/SH10/GEL0 และ PLA70/SH10/GEL20 คือ 159.43 และ 159.04°C ตามลำดับ แต่การเติมเซลแลคกลงไปในฟิล์มพอลิเมอร์ผสมนี้ไม่ส่งผลต่อสมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์ม ไม่เกิดพันธะหรือโครงสร้างผลึกที่เปลี่ยนไป ซึ่งสามารถยืนยันได้ด้วยผลการทดสอบลักษณะโครงสร้างทางเคมีด้วยเทคนิค

FTIR spectroscopy และยังสามารถกล่าวได้อีกว่า ทั้งเซลแลคและ PLA ยังคงสภาพสมบัติทางความร้อนแบบเดิมของสารตั้งต้น

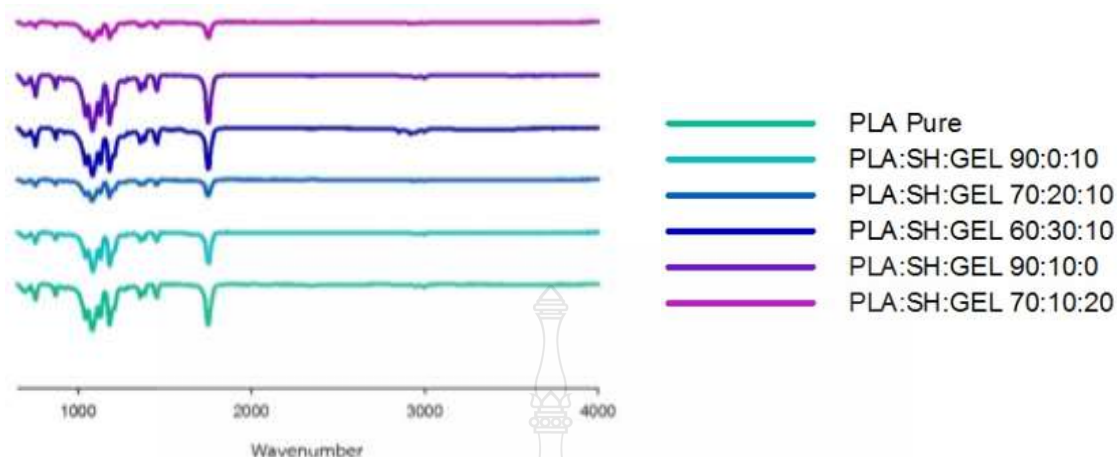
ตารางที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มผสมพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลแลค

Sample code	PLA:SH ratio	T_m (°C)
PLA	100:0:0	157.10
PLA90 / SH0 / GEL10	90:9:10	160.48
PLA70 / SH20 / GEL10	70:20:10	161.15
PLA60 / SH30 / GEL10	60:30:10	160.89
PLA90 / SH10 / GEL0	90:10:0	159.43
PLA70 / SH10 / GEL20	70:10:20	159.04



รูปที่ 4.1 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลแลค

4.1.4 ผลการทดสอบโครงสร้างทางเคมี



รูปที่ 4.2 IR Spectra จากฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลลูลอสจากครั้ง

จากรูปที่ 4.2 พบว่ามี peak สำคัญที่บ่งบอกความเป็น PLA อยู่ที่บริเวณ 1744 cm^{-1} เป็นพันธะของ C=O, 1181 cm^{-1} เป็นพันธะของ C-O-C asymmetric, 1083 cm^{-1} เป็นพันธะของ C-O-C symmetric และ 1043 cm^{-1} เป็นพันธะของ C-CH₃ ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Ilaria Armentano และคณะในปี 2015 [28] เมื่อมีปริมาณเซลลูลอสที่มากพอสมควร peak ใหม่จะเกิดขึ้นที่ 3387 cm^{-1} เป็นพันธะของ OH-stretching ที่พบในเซลลูลอส ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับงานวิจัยของ Sontaya Limmatvapirat และคณะในปี 2008 [29]

4.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของแผ่นฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอสจากครั้งด้วยเทคนิค Extruder film casting




4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้

เพื่อศึกษาผลของการขึ้นรูปของพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอสจากครั้ง ด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบ Extrusion film casting พอลิเมอร์ผสมที่สัดส่วนต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตารางที่ 3.2 พบว่าฟิล์มที่มีการผสมเจลาตินลงไปนั้น ไม่สามารถขึ้นรูปได้ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Melting temperature) พบว่าอุณหภูมิหลอมเหลวของเจลาตินแตกต่างจากพอลิแลคติกแอซิดและเซลลูลอส มาก ทำให้ไม่สามารถขึ้นรูปได้ หากต้องการจะขึ้นรูปเสนอแนะให้ปรับให้มีการเติมเจลาตินเข้าสู่กรูด้านข้าง (Side feeder)

แต่ในขณะที่ฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและเซลลูลอสนั้น สามารถขึ้นรูปได้ มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลแดงใส มีความเหนียว ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งฟิล์มที่ขึ้นรูปได้นั้นมีความหนาอยู่ที่ $57.47 \pm 4.74 \mu\text{m}$

ตารางที่ 4.4 ลักษณะม้วนฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอส ที่ขึ้นรูปได้



Sample code	Picture	Thickness (μm)
PLA		68.00 ± 7.75
PLA / SH3		58.33 ± 7.07
PLA / SH5		53.57 ± 6.33
PLA / SH7		56.15 ± 5.06
PLA / SH9		59.00 ± 9.12

Sample code	Sample code	Thickness (μm)
PLA / SH10		56.32 ± 5.97
PLA / SH15		52.86 ± 6.11
PLA / SH20		55.50 ± 6.86

ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติการโปร่งแสงของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้เพื่อเป็นแนวทางในการทำบรรจุภัณฑ์ต่อไป ซึ่งแสดงในตาราง พบว่าที่ความสัดส่วนเซลลูลอสสูงๆ จะพบตะกอนของเศษครึ่งที่ยังหลงเหลืออยู่และไม่สามารถล้างออกได้ด้วยน้ำเปล่า (ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ได้ด้วยการใช้กรดเซลลูลอสที่มีความบริสุทธิ์สูงๆ ขึ้นไปแต่ในการศึกษานี้ใช้ครึ่งที่ได้จากเกษตรกรโดยไม่มีการปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อลดต้นทุนการและขั้นตอนการผลิต) พบว่าฟิล์ม PLA/SH3, PLA/SH5 และ PLA/SH7 มีความโปร่งแสงเห็นวัตถุด้านหลังชัดเจน ในขณะที่ฟิล์ม PLA/SH9, PLA/SH10, PLA/SH15 และ PLA/SH20 เริ่มพบตะกอนของเศษครึ่ง แต่ก็ยังสามารถมองเห็นวัตถุหลังฟิล์มได้อยู่ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สมบัติการโปร่งแสงของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอส



Sample code	Picture
PLA	
PLA / SH3	
PLA / SH5	
PLA / SH7	
PLA / SH9	
PLA / SH10	

Sample code	Picture
PLA / SH15	
PLA / SH20	

4.2.2 สัณฐานวิทยาของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาของฟิล์มด้วยกล้อง Optical microscope ของฟิล์มที่ผ่านการดึงยืดจนขาดพบว่าเมื่อมีการเพิ่มปริมาณของเซลลูลोजจะเกิดริ้วของการยืดตัวของแผ่นฟิล์มที่มีสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งเป็นสีของเซลลูลोज และจากภาพในตารางที่ 4.3 ยังพบว่าเซลลูลोजยังมีการแยกเฟสกับ PLA อย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อมีปริมาณของเซลลูลोजมากขึ้นก็จะพบริ้วการยืดตัวของแผ่นฟิล์มมากขึ้น ทำให้ทราบว่าเซลลูลोजทำหน้าที่คล้ายสารตัวเติมที่ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการยืดตัวของแผ่นฟิล์ม ซึ่งสอดคล้องกับค่า modulus ที่ได้ในการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม

ตารางที่ 4.6 ลักษณะการกระจายตัวของครีงที่อยู่ในแผ่นฟิล์ม

Sample code	Picture
PLA	
PLA / SH3	

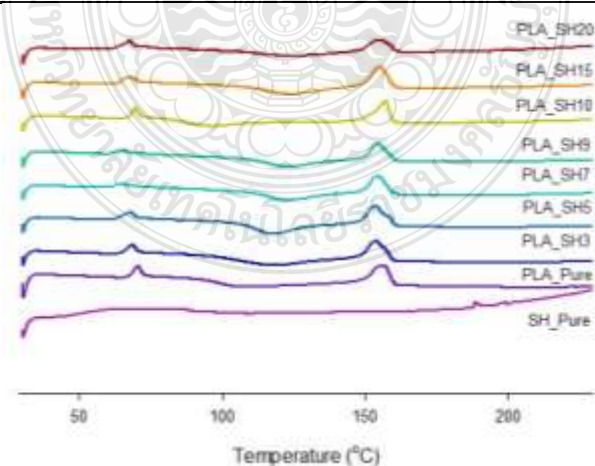
Sample code	Picture
PLA / SH5	
PLA / SH7	
PLA / SH9	
PLA / SH10	
PLA / SH15	
PLA / SH20	

4.2.3 ผลการทดสอบทางความร้อน

พบว่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของแผ่นฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดที่เตรียมขึ้น มีค่า $T_m = 156.33^{\circ}\text{C}$ และ $T_g = 70.43^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกับงานวิจัยงานหนึ่งในปี 2015 ที่มีค่า $T_m = 150.0^{\circ}\text{C}$ และ $T_g = 60.1^{\circ}\text{C}$ [30] จากการทดสอบแผ่นฟิล์มเมื่อเติมเซลแลคกลงไป พบว่าค่าอุณหภูมิการหลอมเหลวของพอลิเมอร์มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรือไม่ส่งผลต่อสมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์ม ทำให้คาดเดาได้ว่าสารทั้งสองชนิดนั้นยังคงสภาพสมบัติทางความร้อนแบบเดิมของสารตั้งต้น

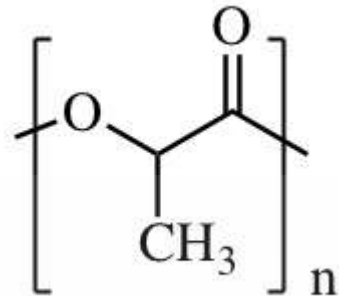
ตารางที่ 4.7 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดผสมเซลแลค

Sample code	PLA:SH ratio	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	T_g ($^{\circ}\text{C}$)
PLA	100 : 0	156.33	70.43
PLA / SH3	97 : 3	153.70	68.70
PLA / SH5	95 : 5	153.57	68.07
PLA / SH7	93 : 7	154.56	65.15
PLA / SH9	91 : 9	154.78	65.62
PLA / SH10	90 : 10	157.33	69.81
PLA / SH15	85 : 15	155.14	67.80
PLA / SH20	80 : 20	154.95	67.84
SH	0 : 100	85.55	60.34

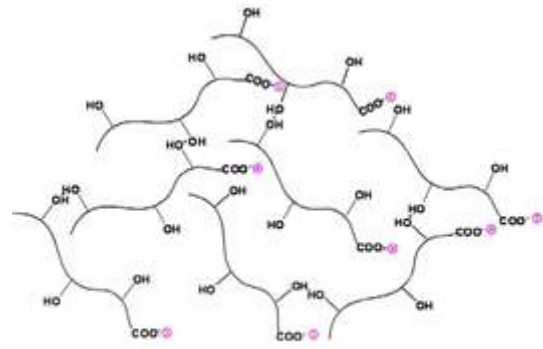


รูปที่ 4.3 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลแลค

4.2.4 ผลการทดสอบโครงสร้างทางเคมี



(ก)

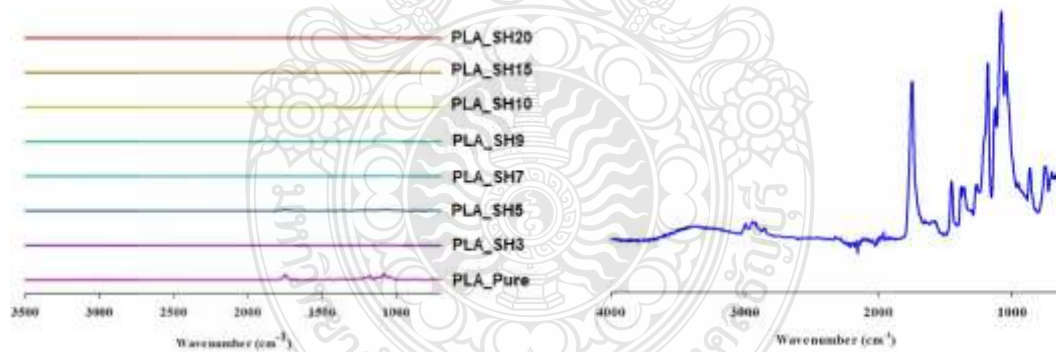


Shellac in ammonium salt form

(ข)

รูปที่ 4.4 โครงสร้างทางเคมีของ PLA (ก) และเซลแลค (ข)

จากรูปที่ 4.4 เป็นโครงสร้างทางเคมีของ PLA ละเซลแลค จากการทดสอบโครงสร้างทางเคมีพบว่าเมื่อเติมปริมาณของเซลแลคมากขึ้นที่อัตราส่วน PLA 80/SH 20 ทำให้เกิดพีคใหม่ขึ้นในช่วง 3329 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคในช่วง OH-stretching



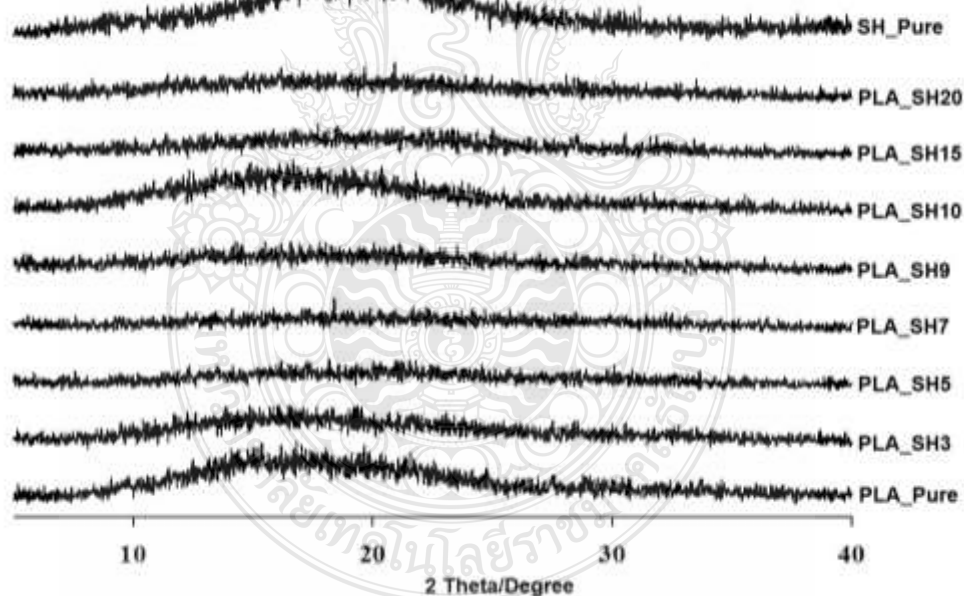
รูปที่ 4.5 IR Spectra จากฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลคจากครั้ง

จากรูปที่ 4.2 พบว่ามี peak สำคัญที่บ่งบอกความเป็น PLA อยู่ที่บริเวณ 1744 cm^{-1} เป็นพันธะของ C=O, 1181 cm^{-1} เป็นพันธะของ C-O-C asymmetric, 1083 cm^{-1} เป็นพันธะของ C-O-C symmetric และ 1043 cm^{-1} เป็นพันธะของ C-CH₃ ซึ่งตรงกับงานวิจัยงานหนึ่งของ Sontaya Limmatvapirat และคณะในปี 2015 [29] เมื่อมีปริมาณเซลแลคที่มาผสมควร peak ใหม่จะเกิดขึ้นที่ 3387 cm^{-1} เป็นพันธะ

ของ O-H stretching ที่พบในครั้ง ซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับงานวิจัยของ Chin-San Wu และคณะ ในปี 2008 [27] และยังคงคล้อยกับในส่วนของการฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยวิธี Solvent casting ก่อนหน้านี้

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบสาร

จากรูปที่ 4.5 พบว่าในส่วนกราฟของเซลแลคตินมีรูปแบบพิกที่เป็นไปตามรูปแบบของการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Sontaya Limmatvapirat และคณะ ในปี 2012 [31] และ PLA นั้นรูปแบบพิกที่ขึ้นเป็นไปตามรูปแบบของการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Nor Azowa Ibrahim และคณะ ในปี 2012 [32] ซึ่งในส่วนของการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบสารของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลคตินพบว่าไม่มีรูปแบบพิกที่เกิดขึ้นใหม่ โดยรูปแบบพิกที่เกิดขึ้นเป็นรูปแบบของพิก PLA ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณเซลแลคตินที่ผสมนั้นมีปริมาณที่น้อยเกินกว่าจะตรวจพบด้วยเครื่อง XRD



รูปที่ 4.6 XRD pattern ของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลคตินจากครั้ง

4.2.5 ผลการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม

พบว่าค่า modulus ความต้านทานต่อแรงดึง และ เปอร์เซ็นต์ระยะการยืดตัว ณ จุดขาด ของแผ่นฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด มีค่าเท่ากับ 648 MPa, 56 MPa และ 19 ตามลำดับ เมื่อเติมเซลลูลอสไปจะส่งผลให้ค่า modulus เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แต่ในขณะที่เดียวการค่าความต้านทานต่อแรงดึงมีแนวโน้มต่ำลง เนื่องจากเซลลูลอสมีลักษณะเหนียวจึงทำให้ค่า modulus เพิ่มขึ้นเมื่อใส่เซลลูลอสมากขึ้น

ตารางที่ 4.8 สมบัติเชิงกลของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลลูลอสจากครั้ง

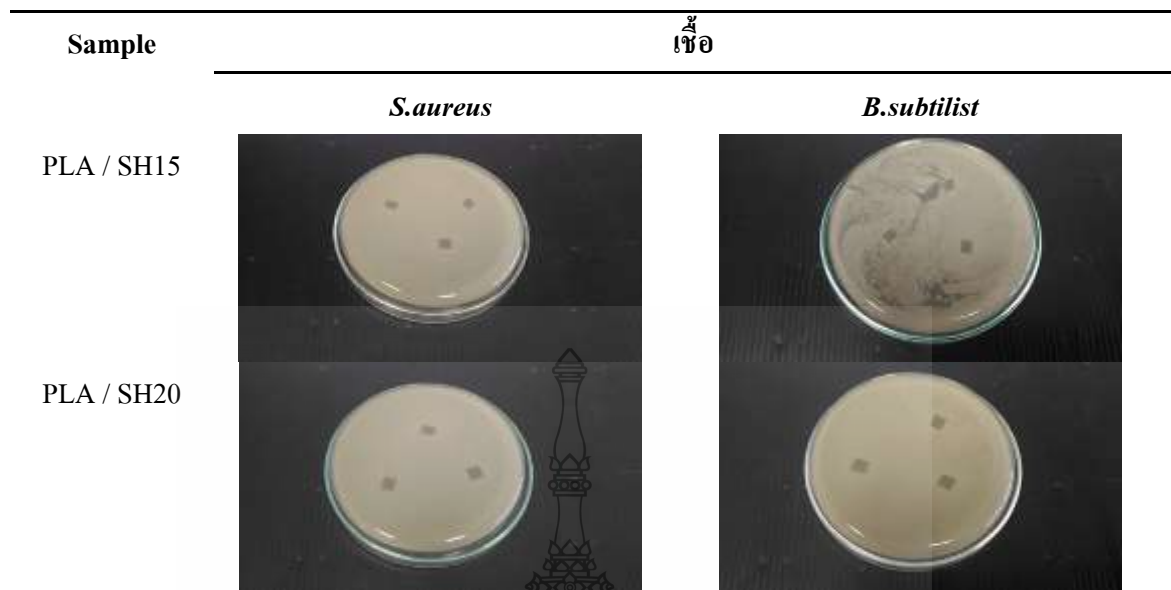
Sample	Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation at brake (%)
PLA	648 ± 8.51	56 ± 2.40	19 ± 1.38
PLA / SH3	2258 ± 56.28	46 ± 2.26	16 ± 5.25
PLA / SH5	2321 ± 199.64	38 ± 7.20	47 ± 8.16
PLA / SH7	2530 ± 483.99	37 ± 10.36	28 ± 4.52
PLA / SH9	2658 ± 300.06	26 ± 8.38	28 ± 8.73
PLA / SH10	2870 ± 965.32	35 ± 5.89	26 ± 9.05
PLA / SH15	2902 ± 1227.03	38 ± 8.39	22 ± 9.42
PLA / SH20	3132 ± 914.87	27 ± 5.65	18 ± 7.39

4.2.6 ผลการทดสอบสภาพการต้านเชื้อ

จากการทดสอบสภาพการต้านเชื้อด้วยเชื้อ *S.aureus* และเชื้อ *B.subtilist* ที่เป็นเชื้อแกรมบวก พบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปได้เกิดการยับยั้งเชื้อในทุกๆ อัตราส่วน ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.9 โดยเชื้อ *S.aureus* เป็นต้นเหตุของอาการท้องร่วง และเชื้อ *B.subtilist* เป็นต้นเหตุทำให้อาหารเสีย โดยการยับยั้งเชื้อในงานวิจัยนี้หมายถึงการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียบนชิ้นงานที่นำมาใช้ในการทดสอบ

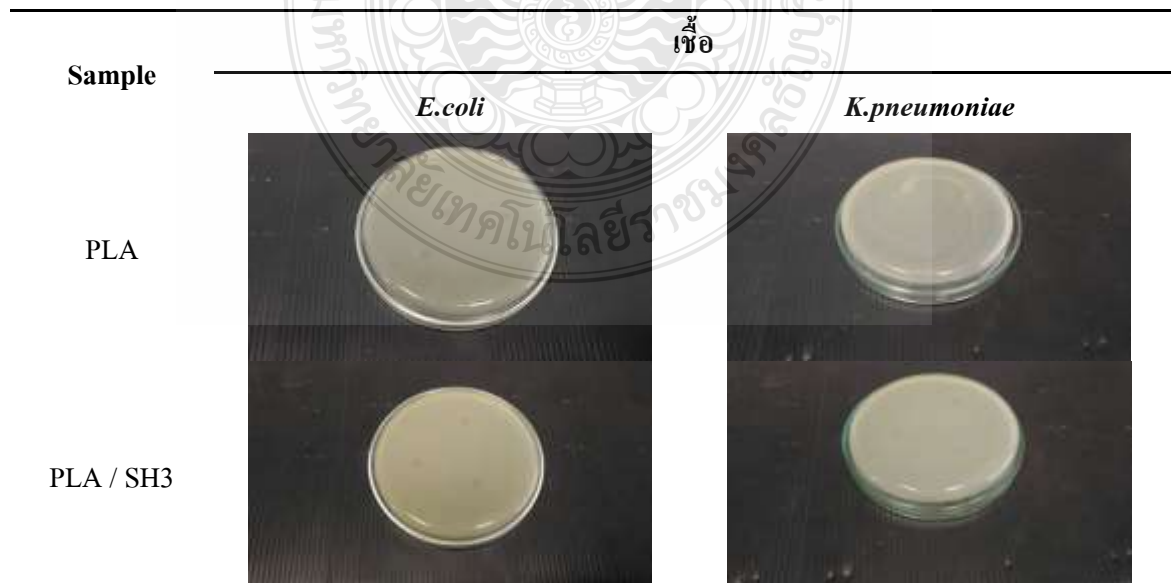
ตารางที่ 4.9 ลักษณะการเกิดเชื้อบนแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้น โดยใช้เชื้อแกรมบวก







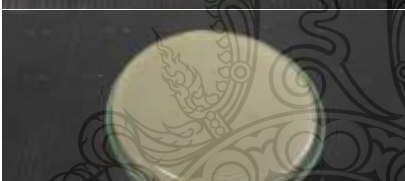

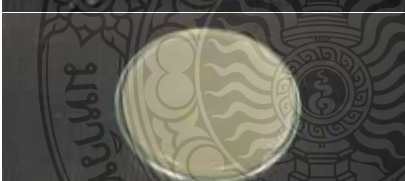

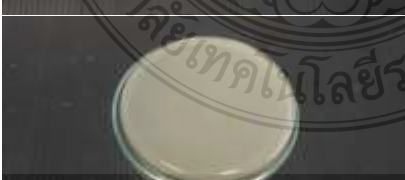

Sample	เชื้อ	
	<i>S.aureus</i>	<i>B.subtilis</i>
PLA		
PLA / SH3		
PLA / SH5		
PLA / SH7		
PLA / SH9		
PLA / SH10		



ในส่วนของการทดสอบสภาพการต้านเชื้อด้วยเชื้อ *E.coli* และเชื้อ *K.pneumoniae* ที่เป็นเชื้อแกรมลบ พบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปได้เกิดการยับยั้งเชื้อ *E.coli* ได้เพียงเล็กน้อย และในอัตราส่วน PLA/SH10, PLA/SH15 และ PLA/SH20 นั้นไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E.coli* ได้ ในส่วนของเชื้อ *K. pneumoniae* พบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ไม่สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อ *K. pneumoniae* ได้ ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.10 โดยเชื้อ *E.coli* เป็นต้นเหตุของอาการท้องเสีย และเชื้อ *K. pneumoniae* เป็นต้นเหตุทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ

ตารางที่ 4.10 ลักษณะการเกิดเชื้อบนแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้นโดยใช้เชื้อแกรมลบ



Sample	<i>E.coli</i>	<i>K.pneumoniae</i>
PLA / SH5		
PLA / SH7		
PLA / SH9		
PLA / SH10		
PLA / SH15		
PLA / SH20		

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และเซลแลคจากครั้ง ด้วยวิธีหล่อด้วยตัวทำละลาย (Solvent casting method) และเทคนิค Extruder film casting พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากวิธี Solvent casting method นั้น พบว่าฟิล์มที่มีส่วนผสมของเจลาตินบางสูตรไม่สามารถขึ้นรูปได้ อีกทั้งยังมีความหนาที่มากกว่ามาตรฐานฟิล์มบาง (Thin film) โดยทั่วไปตามท้องตลาด โดยที่ฟิล์มบางโดยทั่วไปนั้นมีความหนาไม่เกิน 1 mm เท่านั้น แต่มีลักษณะสีที่สวยงามโดยแผ่นฟิล์มที่ได้มีสีน้ำตาลแดง และมีลักษณะเหนียว ไม่เปราะเหมือนฟิล์ม PLA เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาด้วยเครื่อง SEM พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้มีลักษณะเนื้อเดียวกัน ในส่วนของการศึกษาสมบัติทางความร้อนพบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้มีค่า T_m อยู่ที่ช่วง 159°C ซึ่งเป็นช่วงค่า T_m ของ PLA อีกทั้งการทดสอบโครงสร้างทางเคมีของแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้นพบว่า ไม่มีโครงสร้างใหม่ใดๆเกิดขึ้น

ในส่วนของการศึกษาแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลคจากครั้ง ด้วยเทคนิค Extruder film casting พบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้มีความบางอยู่ที่ประมาณ 0.05 mm โดยประมาณ ซึ่งเป็นความบางที่บางกว่าแผ่นฟิล์มที่ได้จากวิธีหล่อด้วยตัวทำละลาย (Solvent casting method) และแผ่นฟิล์มที่ได้จากเทคนิค Extruder film casting ยังมีสีที่สวยงาม ซึ่งสีของฟิล์มจะมีสีน้ำตาลอ่อนและมีลักษณะโปร่งใส และเมื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ด้วยกล้อง Optical microscope พบว่าเซลแลคมีการกระจายตัวที่ดีใน PLA ซึ่งสอดคล้องกับผลค่า modulus ที่ได้ในการทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม โดยพบว่าเมื่อมีการเติมเซลแลคที่มากขึ้นค่า modulus จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากเซลแลคมีลักษณะเหนียวโดยธรรมชาติ และในส่วนของ การทดสอบทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพบว่าค่า T_m อยู่ในช่วง 153.57 – 157.33°C ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อด้วยตัวทำละลาย (Solvent casting method) ด้านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบสารพบว่า XRD pattern ที่พบเป็นรูปแบบของ PLA นอกจากนี้ยังไม่พบรูปแบบของฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นใหม่ จึงสามารถสรุปได้ว่าโครงสร้างผลึกของเซลแลคและ PLA ยังเป็นเช่นเดิม และในส่วนของ การทดสอบสภาพการต้านเชื้อนั้นพบว่าแผ่นฟิล์มที่ได้นั้นมีการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในแกรมบวกได้ ซึ่งเชื้อในแกรมบวกที่ใช้ในการทดสอบคือ *S.aureus* เป็นต้นเหตุของอาการท้องร่วง และเชื้อ *B.subtilist* เป็นต้นเหตุทำให้อาหารเสีย และในส่วนของเชื้อในแกรมลบนั้นพบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปได้เกิดการยับยั้งเชื้อ *E.coli* ได้เพียง

เล็กน้อย และในอัตราส่วน PLA/SH10, PLA/SH15 และ PLA/SH20 นั้นไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E.coli* ได้ ในส่วนของเชื้อ *K.pneumoniae* พบว่าฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ไม่สามารถยับยั้งการเกิดเชื้อ *K.pneumoniae* ได้ โดยเชื้อ *E.coli* เป็นต้นเหตุของอาการท้องเสีย และเชื้อ *K.pneumoniae* เป็นต้นเหตุทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจ โดยการยับยั้งนี้เป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียที่เกิดบนแผ่นฟิล์มที่ทำการทดสอบ

และด้วยการศึกษาสมบัติต่างๆข้างต้นที่กล่าวมาทำให้ฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัย และยังสามารถย่อยสลายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค เหล่านี้จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรใช้เซลแลคจากครั้งที่มีความบริสุทธิ์ที่มากกว่านี้ เนื่องจากฟิล์มที่ขึ้นรูปได้มีเศษตะกอนผสมอยู่ทำให้ได้ฟิล์มที่ไม่ใสมากนัก

5.2.2 ควรคุมอุณหภูมิในการเตรียมฟิล์มด้วยเทคนิค Extruder film casting ให้เป็นคุมอุณหภูมิเดียวกันในการเตรียมฟิล์มทุกอัตราส่วน

5.2.3 ควรทำเม็คคอมพาวด์ระหว่าง PLA และ เซลแลคจากครั้งก่อน ที่จะเตรียมฟิล์มด้วยเทคนิค Extruder film casting

บรรณานุกรม

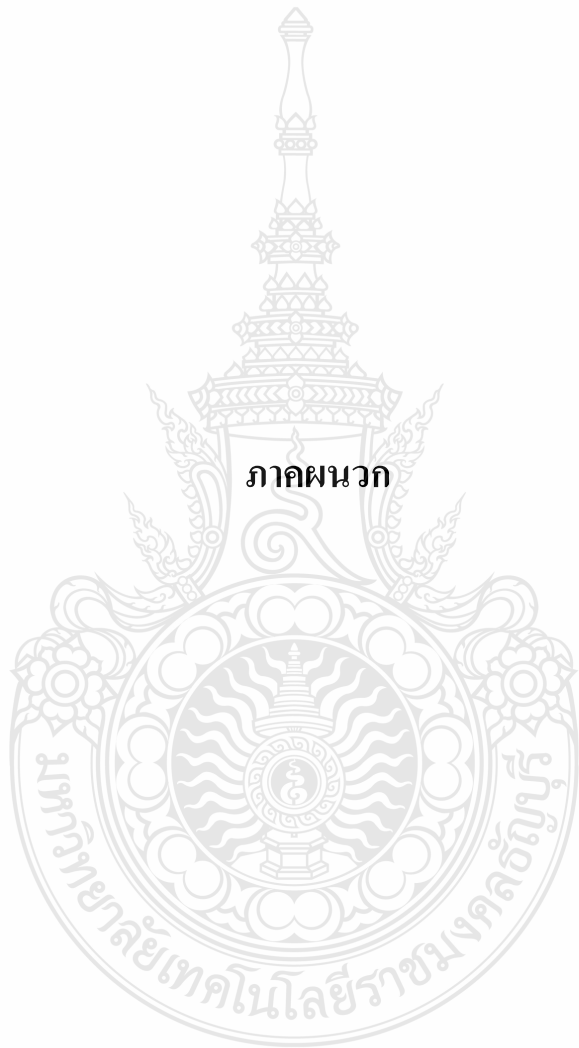
- [1] สมหมาย ผิวสะอาด, สรพงษ์ ภาสุปรีช, ภูริทัต ใจหลัก, อุบล อินทร์สุวรรณ และวีราภรณ์ ผิวสะอาด. Preparation of Polymer Blends between Poly (L-lactic acid), Poly (butylene succinate-co-adipate)1 and Poly(butylene adipate-co-terephthalate) for Blow Film Industrial Application.การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554.
- [2] อมรรัตน์ เลิศวรสิริกุล, ฉบับที่ 77 ปีที่ 24 กรกฎาคม - กันยายน 2554, พอลิแลคติกแอซิด: พอลิเอสเทอร์ จากทรัพยากรที่สร้างทดแทนใหม่ได้, ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน.
- [3] Stefanie Stummer, Sharareh Salar-Behzadi, Frank M. Unger, Silvester Oelzant, Manfred Penning, Helmut Viernstein. Application of shellac for the development of probiotic formulations. Food Research International 43 (2010) 1312–1320.
- [4] K.P. Krause, R.H. Muller. Production of aqueous shellac dispersions by high pressure Homogenization. International Journal of Pharmaceutics 223 (2001) 89–92.
- [5] Yassin Farag. Characterization of Different Shellac Types and Development of Shellac-Coated Dosage Forms. Hamburg, 2010.
- [6] ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านแมลงเศรษฐกิจ จังหวัดเชียงใหม่ 428 หมู่ 12 ตำบลหนองควาย อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ 50230.
- [7] ศูนย์วิจัยผลิตผลป่าไม้จังหวัดสุโขทัย เลขที่ 118 หมู่ 1 ถนนเจ็ดธรรมาสัน ตำบล.ในเมือง อำเภอ.สวรรคโลก จังหวัด สุโขทัย 64110.
- [8] <http://siweb.dss.go.th/repack/fulltext/IR12.pdf> (สืบค้นเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2557)
- [9] <http://enchemcom1po.wordpress.com/bioplastics> (สืบค้นเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2557).
- [10] จตุพร วุฒิกนกกาญจน์ และคณะ. “งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกชีวภาพชนิด PLA”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [11] รศ.ดร. จตุพร วุฒิกนกกาญจน์ และคณะ, งานวิจัยและสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกชีวภาพชนิด PLA, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [12] ธนาวดี ลีจากภักย์, 2549, พลาสติกย่อยสลายได้เพื่อสิ่งแวดล้อม, ปทุมธานี : ไทยเอฟเฟลทส์สตูดิโอ.

- [13] <http://www.mfu.ac.th/center/stic/index.php/thermal-analysis-instrument-menu/item/112-differential-scanning-calorimeters-dsc.html> (สืบค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2558).
- [14] <http://www.mfu.ac.th/center/stic/index.php/chemical-analysis-instrument-menu/item/139-ftir-raman-spectrometer.html> (สืบค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2558).
- [15] <http://science.kmutt.ac.th/sic/index.php/physics/16-x-ray-driffraction> (สืบค้นเมื่อวันที่ 3 เมษายน 2559).
- [16] กฤษณรัตน์ ประสิทธิ์บุญ, ไพรัช คำนองแถม, 2558, การศึกษาสมบัติแม่เหล็กของวัสดุเชิงประกอบระหว่างแบเรียมเฟอร์ไรท์กับพอลิแลคติกแอซิด, ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [17] อภิสิทธิ์ โฆษิตชัยขงค์, จันทร์ฉาย ทองปิ่น และคณะ, สมบัติของวัสดุและความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผสมไตรโคลซาน, วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย ปีที่ 1 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2553.
- [18] <http://microorganism-cowboy2007.blogspot.com/2010/06/blog-post.html> (สืบค้นเมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2559).
- [19] ณัฐพล เอี่ยมสำอางค์, วรุฒิ มณีจักร, 2557, ผลกระทบของน้ำมันละหุ่ง ที่มีต่อการผลิตฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดที่ปรับเปลี่ยนโครงสร้าง, ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหะการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [20] K.P. Krause, R.H. Muller, Production of aqueous shellac dispersions by high pressure homogenization, *International Journal of Pharmaceutics* 223 (2001) 89–92.
- [21] Nantharat Pearnchob, Andrei Dashevsky, Roland Bodmeier, Improvement in the disintegration of shellac-coated soft gelatin capsules in simulated intestinal fluid , *Journal of Controlled Release* 94 (2004) 313–321.
- [22] Sitthiphong Soradech, Jurairat Nunthanid, Sontaya Limmatvapirat, Manee Luangtana-anan , An approach for the enhancement of the mechanical properties and film coating efficiency of shellac by the formation of composite films based on shellac and gelatin , *Journal of Food Engineering* 108 (2012) 94–102.
- [23] Sitthiphong Soradech, Sontaya Limatvapirat, Manee Luangtana-anan, Stability enhancement of shellac by formation of composite film: Effect of gelatin and plasticizers, *Journal of Food Engineering* 116 (2013) 572–580.

- [24] J. Bonilla, E. Fortunati, M. Vargas, A. Chiralt, J.M. Kenny, Effects of chitosan on the physicochemical and antimicrobial properties of PLA films, *Journal of Food Engineering* 119 (2013) 236–243.
- [25] คารณี ชันเพ็ชร และ ปิยะนุช รสเครือ, Improvement mechanical properties of polyvinyl alcohol (PVA)/sodium carboxymethyl cellulose (Na-CMC) films for active packaging applications, วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6 วันที่ 20 – 21 มีนาคม พ.ศ. 2557.
- [26] เนศรา แก้วคง, เลิศณรงค์ ศรีพนม, เจ๊ะฮาซัน เจ๊ะอุบง, ศิริวรรณ ตีฏู, การสังเคราะห์และตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของอนุภาคนาโนเงินที่สังเคราะห์โดยวิธีรีดักชันทางเคมี, *Science and Technology RMUTT Journal*, Vol.4 No.2 (2014): 1-10.
- [27] Chin-San Wu, Hsin-Tzu Liao “A new biodegradable blends prepared from polylactide and hyaluronic acid” *Polymer* 46 (2005) 10017–10026.
- [28] Ilaria Armentano, Elena Fortunati, Nuria Burgos, Franco Dominici, Francesca Luzi, Stefano Fiori, Alfonso Jiménez, Kicheol Yoon, Jisoo Ahn, Sangmi Kang, José M. Kenny. “Bio-based PLA_PHB plasticized blend films: Processing and structural characterization” *LWT - Food Science and Technology* 64 (2015) 980e988.
- [29] Sontaya Limmatvapirat, Danuch Panchapornpon, Chutima Limmatvapirat, Jurairat Nunthanid, Manee Luangtana-Anan, Satit Puttipipatkachorn. “Formation of shellac succinate having improved enteric film properties through dry media reaction” *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 70 (2008) 335–344.
- [30] Ilaria Armentano, Elena Fortunati, Nuria Burgos, Franco Dominici, Francesca Luzi, Stefano Fiori, Alfonso Jiménez, Kicheol Yoon, Jisoo Ahn, Sangmi Kang, José M. Kenny. “Bio-based PLA_PHB plasticized blend films: Processing and structural characterization”. *LWT - Food Science and Technology* 64(2015) 980-988.
- [31] Sontaya Limmatvapirat, Piyapoom Piyawatakarn, Sugannika Tabtimsri, Pornsak Sriamornsak, Jurairat Nunthanid and Chutima Limmatvapirat, Design of Taste Masked Dextromethorphan Through Incorporation Into Shellac-Based Matrix, *Advanced Science Letters* Volume 14, Pages 409–412 (July 2012).

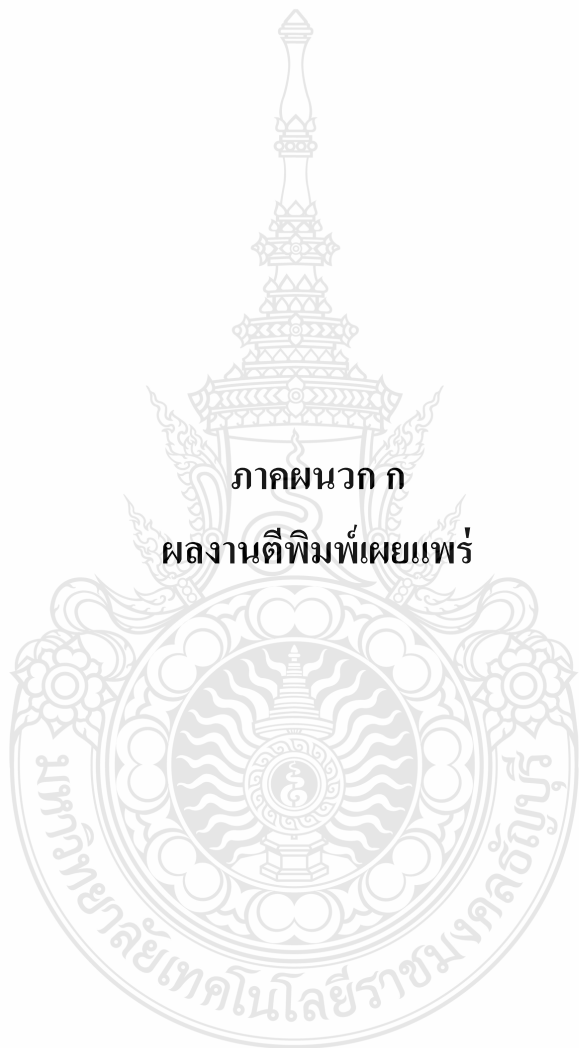
- [32] V. S. Giita Silverajah, Nor Azowa Ibrahim , Norhazlin Zainuddin , Wan Md Zin Wan Yunus and Hazimah Abu Hassan, Mechanical, Thermal and Morphological Properties of Poly(lactic acid)/Epoxidized Palm Olein Blend, *Molecules* 2012, 17, 11729-11747





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ภาคผนวก ก
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

Proceedings of IE Network Conference

เอกสารรวมบทความการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม

IE NETWORK CONFERENCE

2015 6-7 August 2015 The Emerald Hotel Bangkok



Academics-Industrial Research Collaborations in order to be
Excellence in ASEAN

การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2558



ASEAN
Economic
Community

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร



Minitab



คณะกรรมการ
คณะกรรมการดำเนินงาน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

1. อธิการบดีมหาวิทยาลัยศิลปากร	ที่ปรึกษา
2. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	ที่ปรึกษา
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กสิมจิตร	ประธานกรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์เพ็ญ อรุณพัฒนานนท์	กรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดิ์พัทธ์ หงษ์สุวรรณ	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย สีลาภิวัฒน์	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภูมิ โภษิตชัยมงคล	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์ เตชะโต	กรรมการ
9. อาจารย์ ดร.กัญจนา ทองสนิท	กรรมการ
10. อาจารย์ ดร.ศเนศ พลอยตาน้อย	กรรมการ
11. อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์	กรรมการ
12. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ฐุเกียรติ	กรรมการ
13. อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม	กรรมการ
14. อาจารย์ ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์	กรรมการ
15. อาจารย์ ธนาธร เกรอด	กรรมการ
16. อาจารย์ บัญญัติ พันธุ์ประสิทธิ์วิไล	กรรมการ
17. อาจารย์ มนตรี พิพัฒน์โคบุญชัย	กรรมการ
18. อาจารย์วิชัย จันทริกษา	กรรมการ
19. นางสาวนวลอนงค์ ลาโคตร	กรรมการ
20. นางสาวปรมทิพย์ อิ่มเม้นปทุม	กรรมการ
21. นางสาวไฉริชิตา นฤมธศิริ	กรรมการ
22. นายเจน พันธ์เรไรศุภานันท์	กรรมการ
23. นายธเรศชา จำแพงนทร์	กรรมการ
24. นายสรรวิทย์ เชื้อศักดิ์สุภกุล	กรรมการ
25. นางสาวชยานันท์ ตั้งธนาโชติพัฒน์	กรรมการ
26. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายบทความ

- | | |
|--|---------------------|
| 1. อาจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์ | ประธานกรรมการ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร | กรรมการ |
| 3. อาจารย์ ดร. กัญญา ทองศิริ | กรรมการ |
| 4. นายสรรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล | กรรมการ |
| 5. นางสาวเปรมทิพย์ อิ่มเอิบปฐม | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายสื่อการพิมพ์ ประชาสัมพันธ์ และระบบสารสนเทศ

- | | |
|--|---------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร | ประธานกรรมการ |
| 2. อาจารย์ ดร. วรฤทัย ชูเกียรติ | กรรมการ |
| 3. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ | กรรมการ |
| 4. นางสาวนริศดา นอุดมศิริ | กรรมการ |
| 5. นายสรรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายติดต่อสัมพันธ์กับสภามหาวิทยาลัย

- | | |
|--|---------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร | ประธานกรรมการ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทนาทิพย์ อารีศานานนท์ | กรรมการ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปวีณ์พัชร์ พงษ์สุวรรณ | กรรมการ |
| 4. อาจารย์ ดร. ศเนศ ทยอยศนัย | กรรมการ |
| 5. อาจารย์ ดร. วรฤทัย ชูเกียรติ | กรรมการ |
| 6. นางสาวชยานันท์ ตั้งธนาโรตติพันธ์ | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายการเงินและบัญชี

- | | |
|---|---------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปวีณ์พัชร์ พงษ์สุวรรณ | ประธานกรรมการ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร | กรรมการ |
| 3. อาจารย์ ดร. ชูศักดิ์ พรสิงห์ | กรรมการ |
| 4. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ | กรรมการ |
| 5. นางสาวชยานันท์ ตั้งธนาโรตติพันธ์ | กรรมการ |
| 6. นางสาวเปรมทิพย์ อิ่มเอิบปฐม | กรรมการ |
| 7. นางสาวนวลอนงค์ ใสโคตร | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายเล็งเห็นต้นฉบับและพิธีการ

1. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.คณศ พลอยศราย	กรรมการ
3. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเกียรติ	กรรมการ
4. อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์	กรรมการ
5. อาจารย์ ปัญญูดี พันธุ์ประสิทธิ์เวช	กรรมการ
6. นางสาวชยานันท์ คังธนาโชติพัฒน์	กรรมการ
7. นายสรรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล	กรรมการ
8. นางสาวณัฐธิชา นฤมณศิริ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายเลขานุการ ลงทะเบียน สถานที่ และของที่ระลึก

1. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเกียรติ	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.กัญจนา ทองสนธิ์	กรรมการ
3. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ	กรรมการ
4. อาจารย์ ปัญญูดี พันธุ์ประสิทธิ์เวช	กรรมการ
5. นางสาวแวลออนงค์ สาคะสร	กรรมการ
6. นางสาวเปรมทิพย์ อิมเอิบปฐม	กรรมการ
7. นางสาวณัฐธิชา นฤมณศิริ	กรรมการ
8. นายเจน พันธ์ศรีคนธ์	กรรมการ
9. นายชรรค์ชา จักพงษ์นนท์	กรรมการ
10. นายสรรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล	กรรมการ
11. นางสาวชยานันท์ คังธนาโชติพัฒน์	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความทางวิชาการ

1. รศ.ดร.ประจวบ กุดอมจิตร	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	ประธานกรรมการ
2. ผศ.จันทร์ปวีญ อุนริศานนท์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
3. ผศ.วินชัย ธีดากรวิวงศ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
4. อ.ดร.กัญจนา ทองสนธิ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
5. อ.ดร.คณศ พลอยศราย	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
6. อ.ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
7. อ.ดร.วรฤทัย ชูเกียรติ	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ
8. อ.ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ

9.	ผศ.ดร. นกัณฐพงศ์ ไอลอดิออบ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
10.	ผศ.ดร. ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
11.	อ.ดร. โสฬาร กิตติธรรมชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
12.	อ.ดร. พิเศษภู์ จารุมณีโรจน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
13.	อ.ดร. ไพโรจน์ อตาวิจิตรกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
14.	รศ.ดร. จีตรา อภิจักรการพานิช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
15.	รศ.ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตตเจษฎ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
16.	ผศ.ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
17.	ผศ.ดร. วิสุทธิ์ สุทธิภักษ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	กรรมการ
18.	อ.ดร. วาภูมิ ทวีวีระกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	กรรมการ
19.	ผศ.ดร. ธนະ วัชรศิริ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	กรรมการ
20.	อ.ปวีญญา พัฒนวิสิทธิ์พร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
21.	อ.ชัยมงคล อิ่มเกียรติชอบ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
22.	รศ.ดร. นิเวศ เจริญใจ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
23.	รศ.ดร. เสขมูดี สิมศักดิ์กุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
24.	อ.ดร. อนิรุท ไชยจาวุธนิเช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
25.	ผศ.ดร. กรกฎ ไยบัวเทศ ทิพย์ารังษี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
26.	อ.พร. วลัยธร นาคเขียว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
27.	อ.ดร. วิธษา วิสิทธิ์พานิช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
28.	ผศ.ดร. รุ่งฉัตร ชมภูอินทร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
29.	รศ.ดร. คมกฤต เล็กสกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
30.	รศ.ดร. อภิชาติ โสภานแดง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
31.	อ.ดร. ธนเมธีเจริญ แสงวรัตน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
32.	ผศ.ดร. วิชาญ ชัยพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
33.	อ.ดร. กุทธชัย เชาว์นิยม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
34.	ผศ.ดร. พิเศษ จันทวัฒน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
35.	รศ.ดร. ณัฐา คูปัดข่อย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
36.	อ.ดร. ระพี กาญจนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
37.	ผศ.สุรัตน์ ตัญยมพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
38.	อ.ดร. อาโนห์ อิมมอนด์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
39.	ผศ.ดร. ศิริชัย ทัตกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
40.	ผศ.ดร. กิตติพงษ์ ภิระพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
41.	อ.ดร. ชัยยะ ปราณิต์พลกรัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
42.	ผศ.ศุภเอก ประมวลมาก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
43.	ผศ.ศวีโร จารุกัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
44.	ผศ.กฤษดา ทองศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
45.	ผศ.จตุพร ใจคำรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
46.	ผศ.ยงยุทธ คูยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
47.	ผศ.เดช เหมอ่อนขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ

48.	ผศ.ดร. ปณิธาน ทิพย์พัฒนา	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
49.	ผศ.ดร. วีรพัฒน์ เศรษฐ์ธรมบรรณ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
50.	รศ.ดร. พรเทพ ขอบชายเกียรติ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
51.	ผศ.ดร. สุวิงคณา แดงกัณฑ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
52.	รศ.ดร. ศิวรินทร์ สุกโธ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
53.	รศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
54.	รศ.ดร.กาญจนา เศรษฐ์ธรม	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
55.	ผศ.ดร. ปาพจน์ เจริญอภิบาล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
56.	ผศ.ดร. ธนา ราษฎร์ภักดิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
57.	ผศ.ดร. คมกฤช วิถีอุกรณ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
58.	ผศ.ดร. จีรวรรณ ทศอภัยพันธ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
59.	รศ.ดร. วุฒิชัย วงษ์หัตถ์นัยกร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
60.	รศ.ดร.บุษมา พดุกษาพันธุ์รัตน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
61.	รศ.ดร.เสมอจิตร์ ทอมรสสุนันท์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
62.	ผศ.ดร.ภาณุ บูรณจารุกร	มหาวิทยาลัยแสวง	กรรมการ
63.	อ.ดร.ขวัญนีย์ คำเมือง	มหาวิทยาลัยแสวง	กรรมการ
64.	ผศ.ศรีลัจจา วิทยศักดิ์	มหาวิทยาลัยแสวง	กรรมการ
65.	ผศ.พิมพ์ภา สิมารักษ์	มหาวิทยาลัยแสวง	กรรมการ
66.	รศ.ดร.เกษม พิพัฒน์ปัญญาบุตร	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
67.	ผศ.ธีรวัฒน์ สมศิริกาญจนคุณ	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
68.	อ.ดร.ณัฐวิทย์ จันทร์สา	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
69.	ผศ.ดร. บรรพชาญ สีลา	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
70.	อ.ดร.ฉกรรวาธ คุณะพิศอก	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
71.	ผศ.จันทร์จภา นาคทวีระจรภูม	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
72.	อ.ดร.กฤษดา ประสพชัยชนะ	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
73.	อ.ดร.บัญญัติ จริยะจรรยา	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
74.	อ.ดร.วิศิตา อุกษารัตน์	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
75.	อ.ดร.สุเมธา คำสุข	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
76.	อ.ดร.ทนงศักดิ์ เทพสาณี	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
77.	อ.ดร.สัณญา อังศิริ	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
78.	อ.ดร.ศุภชัย ราษฎร์ศิริ	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
79.	อ.ธนา สาตรา	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
80.	ผศ.ดร.รณชัย ศรีโรจน์ภูม	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
81.	อ.ดร.จีรวรรณ เตืองโรควาฑ	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
82.	รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
83.	ผศ.ดร.ดวงยศ สุภักดิ์	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
84.	ผศ.ดร.เพ็ญจันทร์ จริ่งจิตร	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
85.	อ.ดร.พิชญ มนต์ปิติ	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
86.	ผศ.ดร.ธนาวรรณ อัครไพบุษย์	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ

87.	อ.พ่อศักดิ์ อุทัยใบฟ้า	มหาวิทยาลัยวงษ์ชิต	กรรมการ
88.	อ.ทีปชัย วัฒนแสง	มหาวิทยาลัยวงษ์ชิต	กรรมการ
89.	อ.พรพรพงษ์ แก่นณรงค์	มหาวิทยาลัยวงษ์ชิต	กรรมการ
90.	อ.สายสุณี พงษ์พัฒนศึกษา	มหาวิทยาลัยวงษ์ชิต	กรรมการ
91.	อ.สมพร พรหมดวง	มหาวิทยาลัยวงษ์ชิต	กรรมการ
92.	อ.ประพล จิวะพรทิพย์	มหาวิทยาลัยวงษ์ชิต	กรรมการ
93.	ผศ.บุญล อุดมบาน	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
94.	ผศ.พิศิษฐ์ แสง-ชูโต	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
95.	ผศ.ดร.กฤษดา พิศอยบุตร	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
96.	อ.ดร.เอ็ดเลขา ธนะชัยพันธ์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
97.	ผศ.ดร.เจริญ เจตวิจิตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
98.	รศ.ดร.เสกสรร สุธรรมภานนท์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
99.	รศ.ดร.ธนาศ รัตนวิไล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
100.	รศ.ดร.สมชาย ชูโฉม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
101.	รศ.ดร.วันิดา รัตนมณี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
102.	ผศ.ดร.อรุณ สัมพงษ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
103.	ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
104.	ผศ.สรวน ทวีโพธิ์ธรรม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
105.	ผศ.พิเชษฐ ตระการชัยศิริ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
106.	อ.ดร.วรัญญพงษ์ คงแก้ว	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
107.	ผศ.ดร.ธนะ เขียงกมอดสิงห์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการ
108.	ผศ.ดร.กาญจนา กาญจนสุนทร	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการ
109.	อ.ดร.วิวัฒน์ชัย พดุกัมภาณนท์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการ
110.	อ.อรอุมา กลุศลพรหม	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	กรรมการ
111.	อ.จตุรวิภา โพนธุ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	กรรมการ
112.	อ.วรฉัตรณี เต็ดยวีร์รังสรรค์	มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ	กรรมการ
113.	รศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิศาตะโค	มหาวิทยาลัยออบตราชธานี	กรรมการ
114.	ผศ.ดร.นุชสา เกรียงการภู่	มหาวิทยาลัยออบตราชธานี	กรรมการ
115.	อ.ดร.จียานภรณ์ สุเนวงษ์	มหาวิทยาลัยออบตราชธานี	กรรมการ
116.	อ.ดร.ธารชุตตา ทวีธีร์โกศล	มหาวิทยาลัยออบตราชธานี	กรรมการ
117.	อ.ดร.ปวีณา เกรียงการภู่	มหาวิทยาลัยออบตราชธานี	กรรมการ
118.	ผศ.ดร.สมบัติ สีนธุ์เขาวาน์	มหาวิทยาลัยออบตราชธานี	กรรมการ
119.	ผศ.ดร.นลิน เพ็ชรทอง	มหาวิทยาลัยออบตราชธานี	กรรมการ
120.	ผศ.ดร.นิเวศ ศรีสืบสาย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
121.	รศ.ดร.สิริพร พิมพ์สกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
122.	รศ.ดร.ฤดี ภาสุจินท์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
123.	รศ.ดร.กรรณชัย กัญญาศิริ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
124.	รศ.ดร.สภานันท์ คล่องบุญจัต	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
125.	อ.อรดี พุดศิริวัฒนพันธ์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	กรรมการ

126.	ผศ.ดร. อานาจ ผดุงศิลป์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	กรรมการ
127.	อ.ดร. สันต์ รัฐวิบูลย์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	กรรมการ
128.	อ.ดร. ณัฐพัชร์ ฉาวีร์ชกุลกานต์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	กรรมการ
129.	อ.ดร. สมหญิง วามพรประเสริฐ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	กรรมการ
130.	ผศ.ดร. ปัญญา พิทักษ์กุล	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	กรรมการ
131.	ผศ.ดร. ไพฑูรย์ สิริโอฬาร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
132.	อ. ชลิตา ซาญวีจิตร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
133.	อ. จุฑาทิพย์ สีดารณพิพัฒน์	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
134.	ผศ.ดร. วิชัย รุ่งเรืองอนันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	กรรมการ
135.	ผศ.นราธิป แผลงชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	กรรมการ
136.	ผศ.ดร. สุกัลลดา เกษราพงษ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ





**การพัฒนาพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดเจลาตินและเซลแลค
สำหรับเป็นฟิล์มที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม**
**Development of Poly(lactic acid)/Gelatin/Shellac Blend
for Green Composite Film**

เกวลี นิลกำแหง¹, อนินท์ มีมนต์² และ สุนนมาลย์ เนียมหลวง¹
¹ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: 02 549 3403
²ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
39 หมู่ 1 อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: 02 549 3440
E-mail: sumonman.n@en.mutt.ac.th*

Kewalee Nilgumhang¹, Anin Memon², Sumonman Naimlang¹
¹Department of Material and Metallurgical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of
Technology Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani 12110
²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology
Thanyaburi, Klong 6, Thanyaburi, Pathumthani 12110
E-mail: sumonman.n@en.mutt.ac.th*

บทคัดย่อ

พอลิแลคติกแอซิด (Poly (Lactic acid), PLA) เป็นพลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ สามารถผลิตจากกรดแลคติกซึ่งสังเคราะห์ได้จากวัตถุดิบจากธรรมชาติได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย แต่พอลิแลคติกแอซิดมีปัญหาในการนำมาใช้เป็นฟิล์มเนื่องจากมีความยืดหยุ่นต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะปรับปรุงสมบัติความยืดหยุ่นของฟิล์มพอลิแลคติกแอซิดโดยทำพอลิเมอร์ผสมกับเซลแลคซึ่งเป็นสารสกัดจากคลังและเจลาตินซึ่งสามารถสกัดจากโปรตีนธรรมชาติเพิ่มสมบัติความยืดหยุ่นของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความน่าจะเป็นในการขึ้นรูปฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดเซลแลคและเจลาตินที่สัดส่วนต่างๆ (ร้อยละโดยน้ำหนักของพอลิแลคติกแอซิด:เจลาติน:เซลแลค คือ 90:10:0 ,80:10:10 ,70:10:20 ,60:10:30 ,90:0:10 และ 70:20:10 สำหรับ PLA:GEL:SH 90:10:0, PLA:GEL:SH 80:10:10, PLA:GEL:SH 70:10:20, PLA:GEL:SH 60:10:30 และ PLA:GEL:SH 70:20:10 ตามลำดับ) ด้วยเทคนิคการขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย (Solvent casting) พบว่าฟิล์มที่สามารถขึ้นรูปได้นั้น คือ ฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่อัตราส่วน 70:20:10 ,60:10:30 ,70:10:20 ซึ่งมีลักษณะเป็นฟิล์มเหนียว สีเหลืองส้มสวยงาม หลังจากนั้นนำฟิล์มพอลิเมอร์ผสมที่ขึ้นรูปได้มาทดสอบสมบัติการทนต่อแรงดึง พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเซลแลคและเจลาตินลงในพอลิเมอร์ผสมทำให้สมบัติการทนต่อแรงดึงเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำเสนอทางเลือกใหม่สำหรับฟิล์มบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าที่เป็นบรรจุภัณฑ์ได้

คำสำคัญ เซลแลค , พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ , พอลิแลคติกแอซิด, เจลาติน, การขึ้นรูปด้วยตัวทำละลาย



Abstract

Poly (Lactic acid), PLA is one of biodegradable plastic which can produce from lactic acid. Lactic acid can be synthesized from natural resources; cassava and sugar can. Despite the excellent properties of PLA, low flexibility has limited the film applications of this material. To improve its flexibility, PLA was blended with shellac and gelatin. Shellac is a natural, biodegradable resin from the female lac bug. Gelatin is extracted from natural protein. In this research work, the possibility of PLA/Gelatin/Shellac blend film fabrication at various amount of PLA, Shellac and Gelatin (%w/w of PLA: Gelatin: Shellac is 90:10:0, 80:10:10, 70:10:20, 60:10:30, 90:0:10 and 70:20:10 for PLA:GEL:SH 90:10:0, PLA:GEL:SH 80:10:10, PLA:GEL:SH 70:10:20, PLA:GEL:SH 60:10:30 and PLA:GEL:SH 70:20:10, respectively.) by solvent casting technique was studied. Only PLA:GEL:SH 70:20:10, PLA:GEL:SH 60:10:30 and PLA:GEL:SH 70:10:20 films can successfully prepared. The blend films is yellow-orange like and tough film. The tensile strength of blend film increase with increasing amount of shellac and gelatin. These blend films will be new class of green film without non-toxic substance which can degrade in composed environment. Moreover, the packaging that made from these blend film will add high value to product too.

Keywords: Shellac, Biodegradable plastic, Poly(Lactic acid), Gelatin, Solvent Casting

1. บทนำ

เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ท้องถิ่น ให้มีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกนอกจากจะพัฒนาสินค้าให้มีคุณภาพให้ได้มาตรฐานสากล การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ทางด้านคุณภาพ รูปลักษณะ ให้มีความโดดเด่น น่าสนใจ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษก็เป็นอีกทางเลือกสำคัญในการแข่งขันในตลาดต่างประเทศ โดยที่บรรจุภัณฑ์ที่จะนำมาเป็นจุดเด่นได้นั้นต้องมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทำมาจากธรรมชาติและมีความเข้ากันได้ดีทางชีวภาพ

ซึ่งด้วยคุณสมบัตินี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจมากขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่มีตามท้องตลาดทั่วไป

พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ คือ เป็นพลาสติกที่ถูกออกแบบมาให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม จึงทำให้สมบัติต่างๆ ของพลาสติกลดลงและเกิดการ

ย่อยสลายจากการทำงานของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid) หรือ PLA เป็นพอลิเมอร์ชีวภาพชนิดหนึ่งที่มาจากทรัพยากรธรรมชาติ โดยมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง จากนั้นทำการย่อยแป้งให้ได้น้ำตาล และนำไปหมักด้วยจุลินทรีย์เกิดเป็น Lactic Acid แล้วสังเคราะห์เป็นพอลิเมอร์ แต่ด้วยคุณสมบัติที่เปราะของ

พอลิแลคติกแอซิดจึงมีงานวิจัยมากมายที่พยายามจะปรับปรุงคุณสมบัตินี้ ด้วยการเติมสารที่ได้จากผลผลิตของบีโตรีคมีจึงไม่เหมาะหากจะนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์อาหาร[1][2]

เชลแลค (Shellac) เป็นสารจากธรรมชาติในรูปแบบเรซินหรือสารคัดหลั่งที่ได้จากแมลงที่เรียกว่า "ครั่ง" หรือที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า "Tachardialacca" ซึ่งพบมากในประเทศไทย และอินเดีย[3]

มีคุณสมบัติ เช่น การกันน้ำที่ดี, มีความเป็นเงางาม, สามารถยึดกับพื้นผิวได้หลายชนิด, กันความร้อนและไฟฟ้าได้ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานได้หลายประเภท เช่น การเคลือบผลไม้และอาหารป้องกันการสูญเสียน้ำและยืดอายุในการเก็บรักษา, การเคลือบผลิตภัณฑ์เพื่อควบคุมการปลดปล่อยยาให้ออกฤทธิ์ในตำแหน่งและเวลาที่ต้องการ, การประยุกต์ใช้ในการเคลือบผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันความชื้นและเพิ่มความสวยงาม นอกจากนี้การเลี้ยงครั่งนั้นสามารถทำได้ง่าย จึงมีการแนะนำให้เกษตรกรเลี้ยงครั่งเพื่อสร้างรายได้ ดังนั้นการนำครั่งไปเพิ่มมูลค่าโดยการนำไปประยุกต์ใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงเป็นการสร้างรายได้ให้กับกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงครั่งอีกทางหนึ่ง[4]

เนื่องจากเชลแลคเป็นเรซินที่ได้จากธรรมชาติที่ย่อยสลายได้ และสามารถรับประทานได้ด้วย มีลักษณะเหนียวเป็นจุดเด่น แต่ในขณะเดียวกันจุดด้อยของ



เซลแลค คือ มีสมบัติเชิงกลต่ำ ไม่สามารถละลายในน้ำได้ จึงมีงานวิจัยมากมายที่พยายามจะแก้ไขจุดด้อยของเซลแลค แต่การปรับปรุงนั้นก็มีวิธีการที่ยุ่งยาก และมีค่าใช้จ่ายที่สูง จึงได้มีงานวิจัยที่พยายามลดต้นทุนลงโดยการที่นำเซลแลคผสมกับเจลาติน เพื่อเพิ่มสมบัติทางกลที่ดีขึ้น โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ผลที่ได้ ออกมามันยังไม่เป็นที่พอใจ เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปสมบัติเชิงกลจะตกลง[5]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะทำการพัฒนาวัสดุเชิงประกอบพอลิแลคติกแอซิดเจลาตินและเซลแลคจากครั้ง สำหรับเป็นฟิล์มสำหรับเป็นวัสดุทางเลือกในการทำบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดสารปนเปื้อนของมนุษย์

2. วัสดุและวิธีการทดลอง

2.1 วัสดุ

เซลแลคจากครั้ง (Shellac), พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid หรือ PLA)(AR grade, Cast film), เจลาติน(Gelatin from porcine skin, Type A), คลอโรฟอร์ม (Chloroform) ใช้ในการทำละลาย PLA และ เมทานอล (Methanol) ใช้ในการทำละลายเซลแลค

2.2 การขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาติน และเซลแลคจากครั้ง

ในงานวิจัยนี้ฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาติน และ เซลแลคจากครั้ง (PLA:GEL:SH) นั้นถูกเตรียมขึ้นที่สัดส่วนของพอลิแลคติกเจลาตินและเซลแลคต่างๆ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูป สมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ โดยสัดส่วนของพอลิเมอร์ผสมได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสัดส่วนต่างๆในการเตรียมฟิล์ม

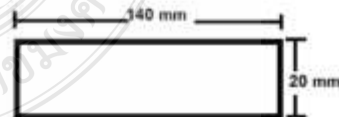
ตัวอย่าง PLASH:GEL	ปริมาณ PLA (%w/w)	ปริมาณ เซลแลค (%w/w)	ปริมาณ เจลาติน (%w/w)
90:0:10	90	0	10
80:10:10	80	10	10
70:20:10	70	20	10
60:30:10	60	30	10
90:10: 0	90	10	0
70:10:20	70	10	20

ปริมาณสารตัวทำละลาย (Methanol 10 mL, Chloroform 30 mL)

โดยฟิล์มนั้นจะถูกเตรียมขึ้นโดยนำเซลแลคละลายในสารละลายเมทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมงมาผสมกับสารละลายพอลิแลคติกแอซิดในคลอโรฟอร์ม ที่อุณหภูมิ 30°C แล้วนำมาผสมกับเจลาตินที่สัดส่วนที่แสดงไว้แล้วในตารางที่ 1 จากนั้นนำสารที่ผสมแล้วเทใส่แม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ขนาด กว้าง×ยาว×หนา = 100 mm × 250 mm x 1 mm แล้วปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและนำฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ไปทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลต่อไป

2.3 การทดสอบสมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาติน และเซลแลคจากครั้ง

ทดสอบความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ค่ามอดูลัส (Modulus) ของฟิล์มตามมาตรฐาน ASTM D882 โดยตัดฟิล์มตัวอย่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยกำหนดให้ชิ้นงานมีขนาด 140 mm× 20 mm



รูปที่ 1 ตัวอย่างการเตรียมชิ้นงานทดสอบค่าแรงดึง

วัดความหนาของแต่ละชิ้นงาน จากนั้นทำการทดสอบโดยมีสภาวะที่ใช้ทดสอบ ดังนี้

- น้ำหนักสูงสุดที่รับแรง (Load cell) 100 N
- ระยะห่างตัวจับชิ้นงาน (Gauge length) 50 mm
- ความเร็วการดึง (Cross head speed) 2 mm/min



โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหาค่าความ
แข็งแรงดึง (Tensile strength) ค่ามอดูลัส (Modulus)
สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้ดังนี้

ค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength : σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

ค่ามอดูลัส (Modulus : E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2)$$

เมื่อ F คือ แรงดึงยึดขึ้นงานตัวอย่าง

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานตัวอย่าง



รูปที่ 2 การวัดค่า Tensile strength ของแผ่นฟิล์ม

3.ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาติน และเซลแลคจากครั่ง

สมบัติเชิงกลของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จากพอลิเมอร์ผสม
ระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาติน และเซลแลคจากครั่ง
ที่สามารถขึ้นรูปได้ นั้น พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเซล
แลคลงในวัสดุเชิงประกอบจะทำให้ค่ามอดูลัสของยังนั้น
สูงขึ้น ทั้งนี้ส่วนหนึ่งน่าจะมาจากการลดลงของพอลิ
แลคติกแอซิดซึ่งมีสมบัติเชิงกลค่อนข้างเปราะ และอีก
ประการหนึ่งคือ เซลแลคนั้นมีลักษณะเป็นเรซิน มีความ
เหนียวในสถานะที่เป็นของเหลวและจะมีสถานะเป็น
ของแข็งที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้การเพิ่มเจลาตินลงไป
ในระบบพอลิเมอร์ผสมนั้นจะทำให้สมบัติเชิงกลของ
พอลิเมอร์ผสมนี้ดีขึ้นด้วย เนื่องจาก โดยแสดงได้ดัง
ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่า Young's Modulus และค่า Tensile Strength ของ
แผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้นรูปได้

ตัวอย่าง PLA:SH:GEL	Young's Modulus (MPa)	Tensile Strength (MPa)	หมายเหตุ
90:0:10	-	-	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
80:10:10	-	-	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
70:20:10	46.185	0.896	
60:30:10	162.857	0.563	
90:10:0	-	-	ไม่สามารถขึ้นรูปได้
70:10:20	180.415	2.667	

ปริมาณสารตัวทำละลาย PLA 30 mL

ปริมาณสารตัวทำละลายเซลแลค 10 mL เท่ากันทุกตัวอย่าง

3.2 สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง พอลิแลคติกแอซิดเจลาติน และเซลแลคจากครั่ง

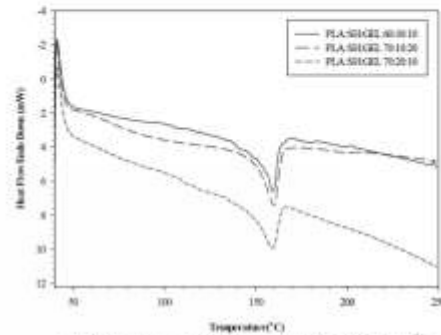
สมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จาก
พอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาตินและ
เซลแลคจากครั่งที่สามารถขึ้นรูปได้นั้น พบว่ามีลักษณะ
ของเนื้อสาร และสีที่แตกต่างกันรวมไปถึงลักษณะการ
เปราะหักของแผ่นฟิล์ม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอัตราส่วนผสม
ของแผ่นฟิล์มแต่ละสูตรแตกต่างกัน โดยเห็นได้ชัดจากสี
ของแผ่นฟิล์มที่เกิดจากสีของเซลแลคจากครั่ง แสดงได้ดัง
ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะทางกายภาพของแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้น

ตัวอย่าง PLA:SH:GEL	ลักษณะทาง กายภาพ	รูปชิ้นงาน
90:0:10	-เนื้อสารมีความ แข็งเกิน -เนื้อที่ลึ้มแข็ง เปราะมาก	
80:10:10	-เนื้อสารมีความ แข็งเกิน -เนื้อที่ลึ้มค่อนข้าง แข็ง และเปราะ	



ตัวอย่าง PLA-SH-GEL	ลักษณะทาง กายภาพ	รูปชิ้นงาน
70:20:10	-เนื้อสารมีความ เข้ากัน -เนื้อฟิล์มค่อนข้าง อ่อนไม่เปราะ	
60:30:10	-เนื้อสารมีความ เข้ากัน -เนื้อฟิล์มค่อนข้าง อ่อนเหนียว เล็กน้อย ไม่เปราะ	
90:10:0	-เนื้อสารมีความ เข้ากัน -เนื้อฟิล์มค่อนข้าง อ่อนเหนียว เปราะเล็กน้อย	
70:10:20	-เนื้อสารมีความ เข้ากัน -เนื้อฟิล์มค่อนข้าง อ่อน ไม่เปราะ	



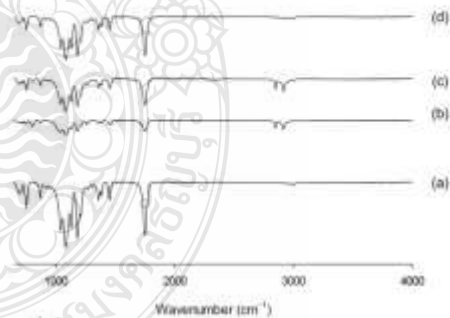
รูปที่ 3 กราฟแสดงค่า Tm ของแผ่นฟิล์มที่เตรียมขึ้น

3.4 FTIR Fourier transform infrared spectroscopy

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR Fourier transform infrared spectroscopy ของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาตินและเซลแลคจากครั่งที่สามารถขึ้นรูปได้นั้น พบว่ายังคงมี peak ของ พอลิแลคติกแอซิดเจลาตินและเซลแลคจากครั่ง เหลืออยู่ ดูได้จากกราฟในช่วงความยาวคลื่น 3315 cm^{-1} นั้นเป็นของเจลาติน[7], ช่วงความยาวคลื่น 3000 cm^{-1} เป็นของเซลแลค[8] และช่วงความยาวคลื่น 1750 cm^{-1} นั้นเป็นช่วงความยาวคลื่นของ พอลิแลคติกแอซิด[9]

3.3 สมบัติทางความร้อนของพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาติน และเซลแลคจากครั่ง

สมบัติทางความร้อนของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิด เจลาตินและเซลแลคจากครั่งที่สามารถขึ้นรูปได้นั้น พบว่ามีค่าอุณหภูมิหลอมเหลว (Tm) ที่ใกล้เคียงกันคือ อยู่ในช่วงประมาณ 158.92°C ถึง 159.85°C ดังแสดงในรูปที่ 3 จะสังเกตได้ว่า เมื่อ แคลคมีอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นค่า Tm ของกราฟจะเบนจาก 142°C [6] ไปเป็น 158.92°C , 195.10°C และ 159.85°C ตามลำดับ อันเนื่องมาจากปริมาณเจลาตินและเซลแลคที่เพิ่มเข้ามาตามอัตราส่วน



รูปที่ 4 FTIR spectra of PLA (a), PLA-GEL:SH 60:30:10 (b), PLA-GEL:SH 70:10:20 (c) และ PLA-GEL:SH 70:20:10 (d)

4. สรุปผล

จากการศึกษาสมบัติเชิงกลของฟิล์มที่ขึ้นรูปได้จากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดเจลาติน และเซลแลคจากครั่ง ที่สามารถขึ้นรูปได้ นั้น พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณเซลแลคลงในพอลิเมอร์ผสมจะทำให้ค่ามอดูลัสของแข็งนั้นสูงขึ้นในขณะเดียวกันการศึกษาทางด้านสมบัติ



ทางกายภาพพบว่าแผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมของ
แซลแลคจะมีสีที่ใกล้เคียงกัน อีกทั้งยังมีลักษณะเหนียวไม่
เปราะหรือแตกหักง่าย และจากการศึกษาทางด้านสมบัติ
ทางความร้อน พบว่าค่า T_m ของแผ่นฟิล์มที่เตรียมได้มี
ค่าใกล้เคียงกันที่ประมาณ 158.92°C ถึง 159.85°C ทำให้
ทราบว่าอัตราส่วนของพอลิแลคติกแอซิดและเจลาตินที่
แตกต่างกันนั้นมีผลกับค่า T_m น้อยมาก แต่กลับกัน
อัตราส่วนของแซลแลคจากครั้งกลับมีผลต่อค่า T_m มาก
ที่สุด และจากการที่นำแผ่นฟิล์มที่ขึ้นรูปได้ไปวิเคราะห์ผล
ด้วยเครื่อง FTIR Fourier transform infrared
spectroscopy พบว่าในแผ่นฟิล์มยังคงมีส่วนประกอบ
ของวัสดุอยู่อย่างชัดเจน และนอกจากนี้ยังมีความ
สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jung H. Han ซึ่งเป็น
งานวิจัยที่ นำเอาแซลแลคมาเคลือบอาหารโดยไม่เป็น
อันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และยังสามารถย่อยสลายได้ใน
ธรรมชาติอีกด้วย [10]

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มวิจัย
Advanced Materials Research Group และภาควิชา
วิศวกรรมอุตสาหกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย

เอกสารอ้างอิง

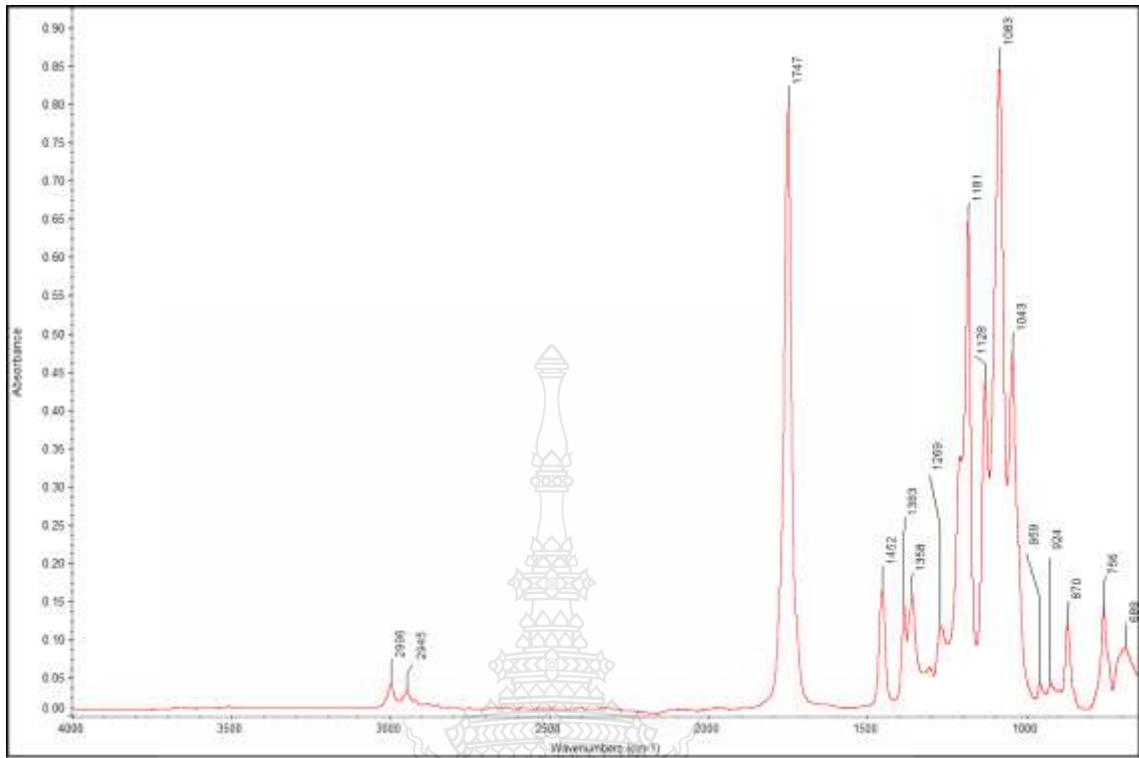
[1] สมหมาย ผิวสะอาด ,สุพจน์ ภาสุปรีดิ์ ,ภูริทัต ใจ
หลัก ,อุบล อินทร์ศาวและวีราภรณ์ผิว
สะอาด.Preparation of Polymer Blends between Poly
(L-lactic acid), Poly(butylene succinate-co-
adipate) and Poly(butylene adipate-co-
terephthalate)for Blow Film Industrial Application.การ
ประชุมวิชาการหน่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี
2554
[2] อมรรัตน์ เลิศวรสิริกุล, ฉบับที่ 77 ปีที่ 24 กรกฎาคม -
กันยายน 2554, พอลิแลคติกแอซิด : พอลิเอสเทอร์ จาก
ทรัพยากรที่สร้างทดแทนใหม่ได้, ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา
เขตบางเขน

- [3] Stefanie Stummer , Sharareh Salar-
Behzadi ,Frank M. Unger ,Silvester Oelzant ,Manfred
Penning ,Helmut Viernstein.Application of shellac for
the development of probiotic formulations.Food
Research International 43 (2010) 1312–1320.
- [4] K.P. Krause, R.H. Muller. Production of aqueous
shellac dispersions by high pressure Homogenizat
ion.International Journal of Pharmaceutics 223
(2001) 89–92.
- [5] Yassin Farag. Characterization of Different Shellac
Types and Development of Shellac-Coated Dosage
Forms.Hamburg, 2010.
- [6] Astrid Juliana Rincon Lasprilla, Guillermo Andres
Rueda Martinez, Betania Hoss Lunelli, Jaiver Efrén
Jaimes Figueroa, Andre Luiz Jardim and Rubens
Macle. Synthesis and Characterization of Poly
(Lactic Acid) for Use in Biomedical Field Filho
- [7] Hanna Staroszczyk ,Katarzyna Sztuka ,Julia
Wolska ,Anna Wojtasz-Pajak ,Ilona Kołodziejska.
Interactions of fish gelatin and chitosan in
uncrosslinked and crosslinked with EDC films: FT-IR
study. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and
Biomolecular Spectroscopy 117 (2014) 707–712.
- [8] Sontaya Limmatvapirat ,Priyapoom Piyawatakam,
Sugannika Tabtimsri,
Pomsak Sriamomsak, Jurairat Nunthanid and Chutima
Limmatvapirat. Design of Taste Masked
Dextromethorphan Through Incorporation into Shellac-
Based Matrix. Advanced Science Letters Volume 14,
Pages 409–412 (July 2012)
- [9] Chin-San Wu, Hsin-Tzu Liao. A new
biodegradable blends prepared from polylactide
and hyaluronic acid. Polymer 46 (2005) 10017–
10026.
- [10] Jung H. Han. Edible Films and Coatings: A
Review. Pepsico Inc. Plano Texas USA. (2014)
214-241.

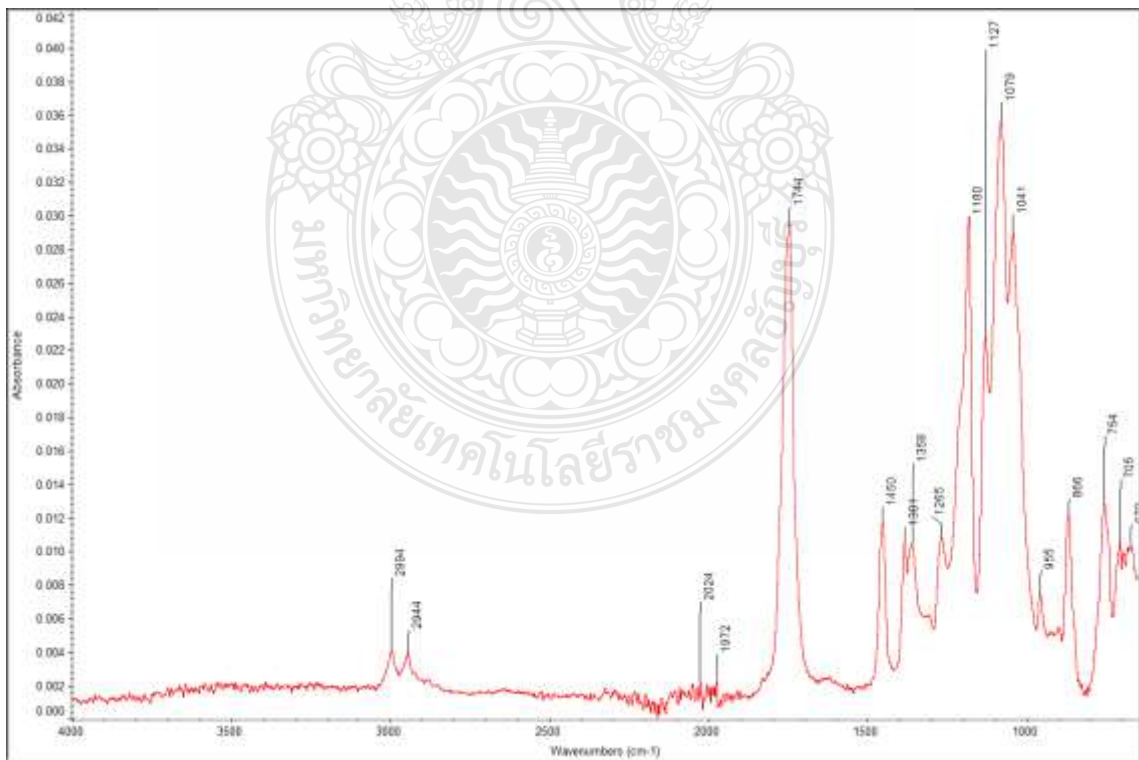


ภาคผนวก ข

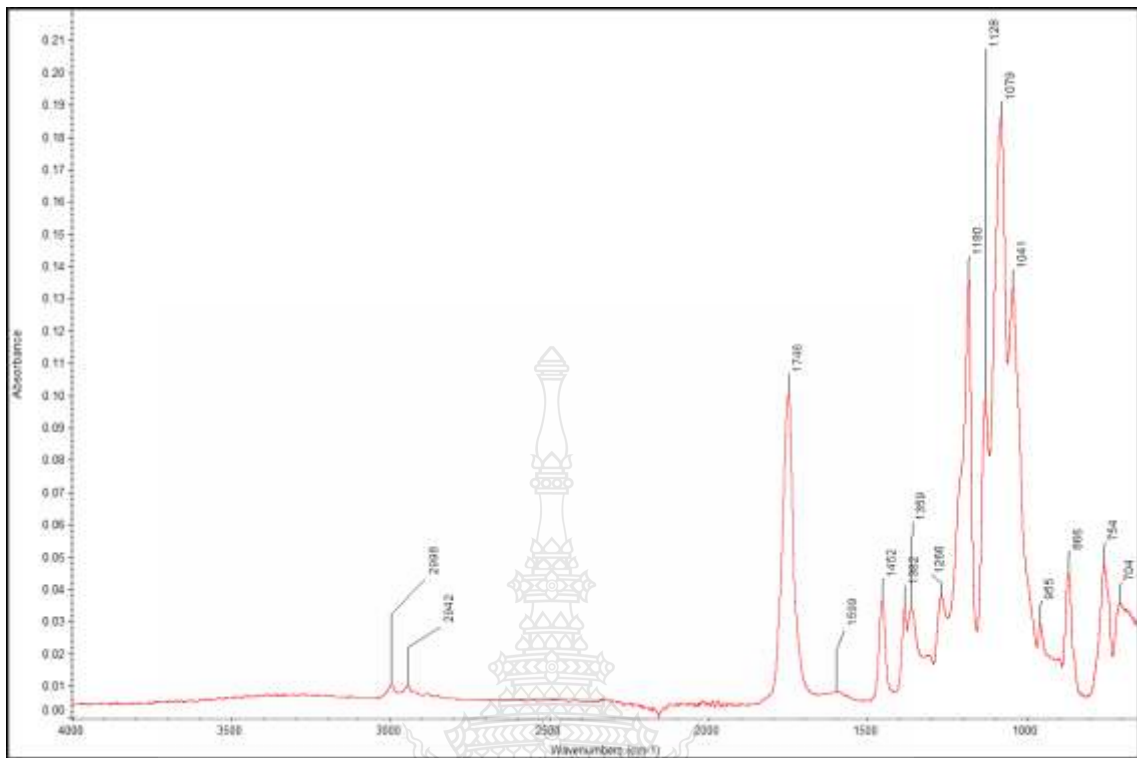
ผลการทดลองและการวิเคราะห์สมบัติ



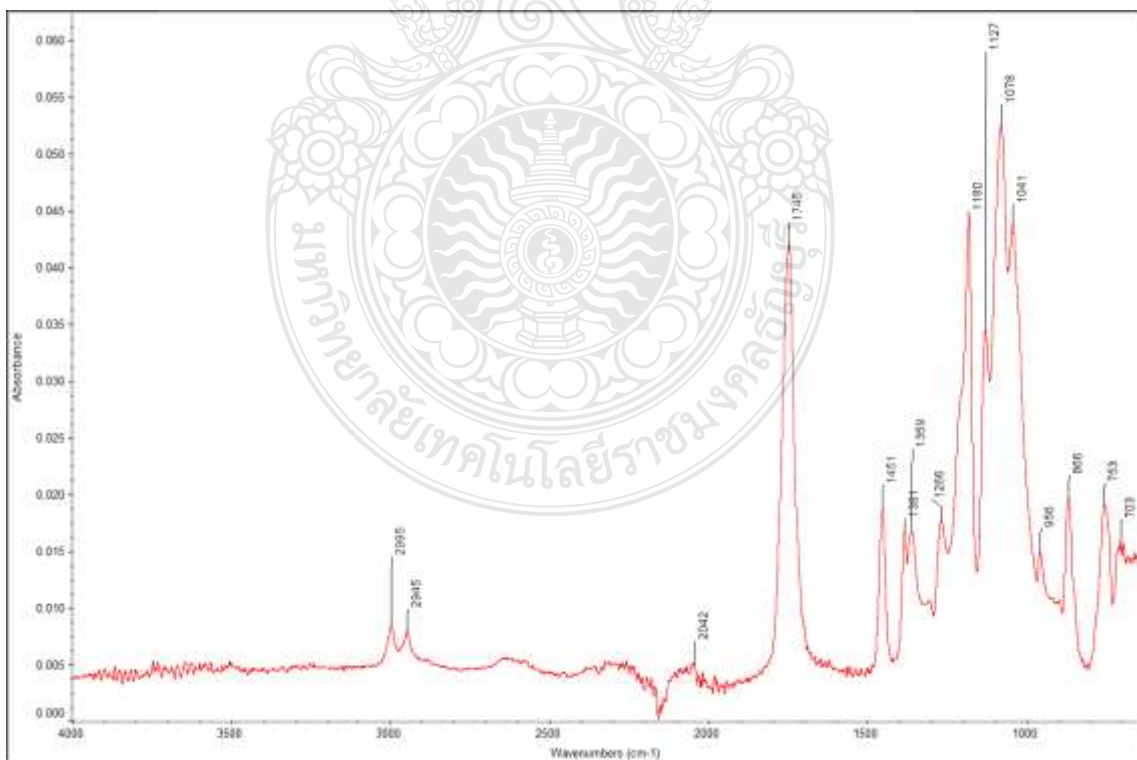
รูปที่ ข.1 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด



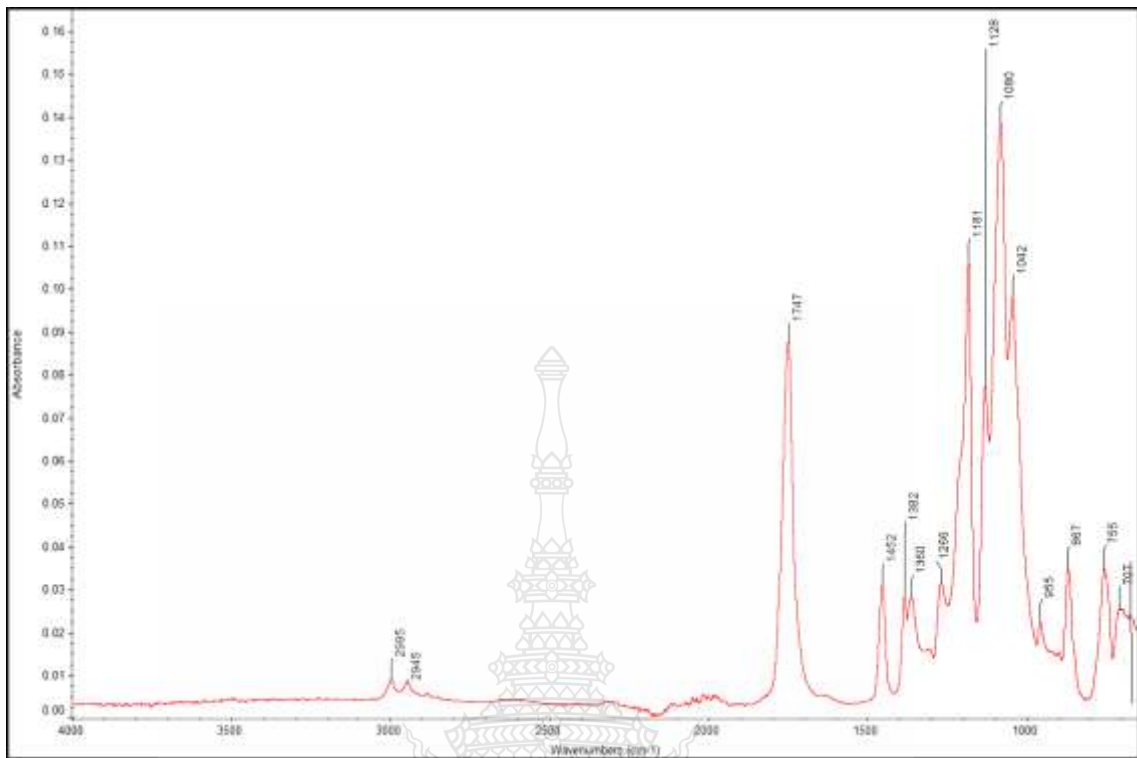
รูปที่ ข.2 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเชลแลค อัตราส่วน 97:3



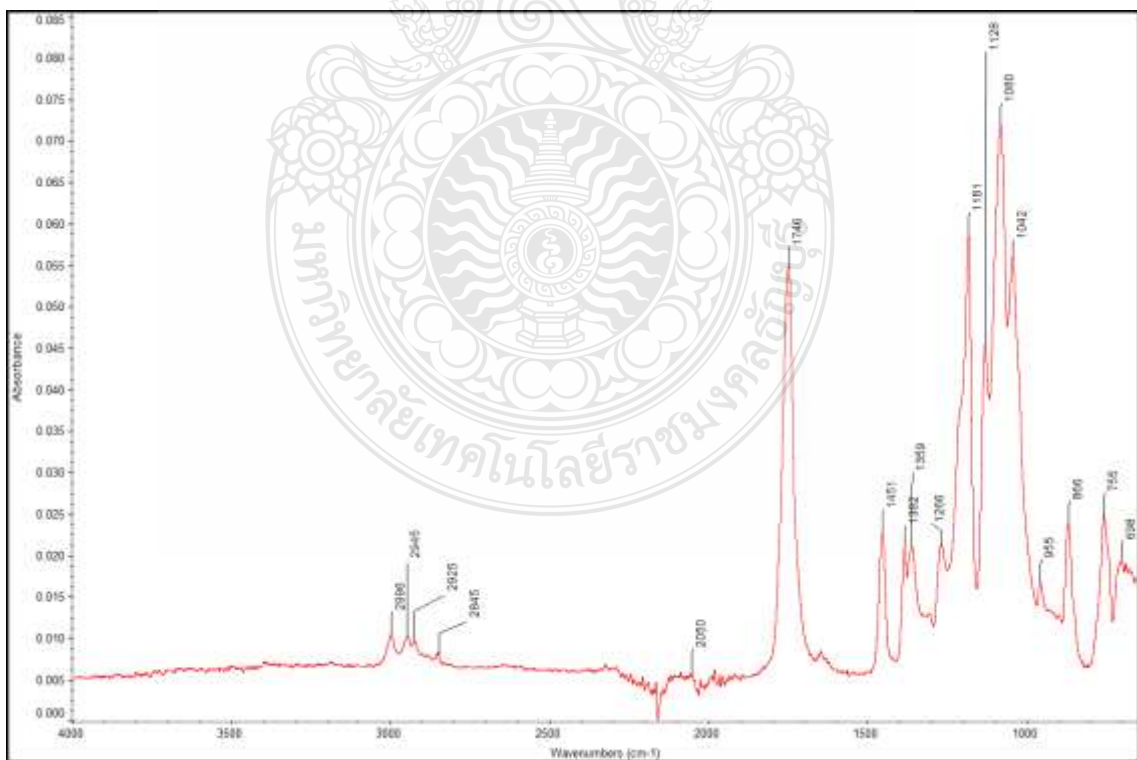
รูปที่ ข.3 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค อัตราส่วน 95:5



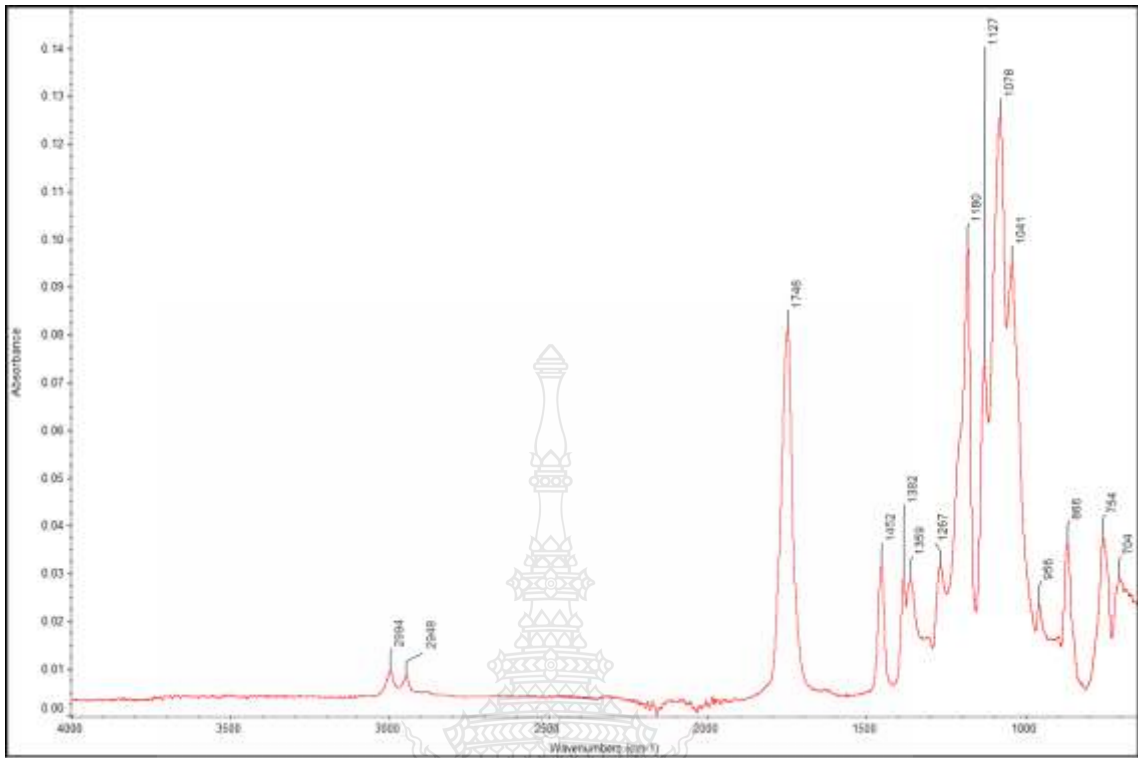
รูปที่ ข.4 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค อัตราส่วน 93:7



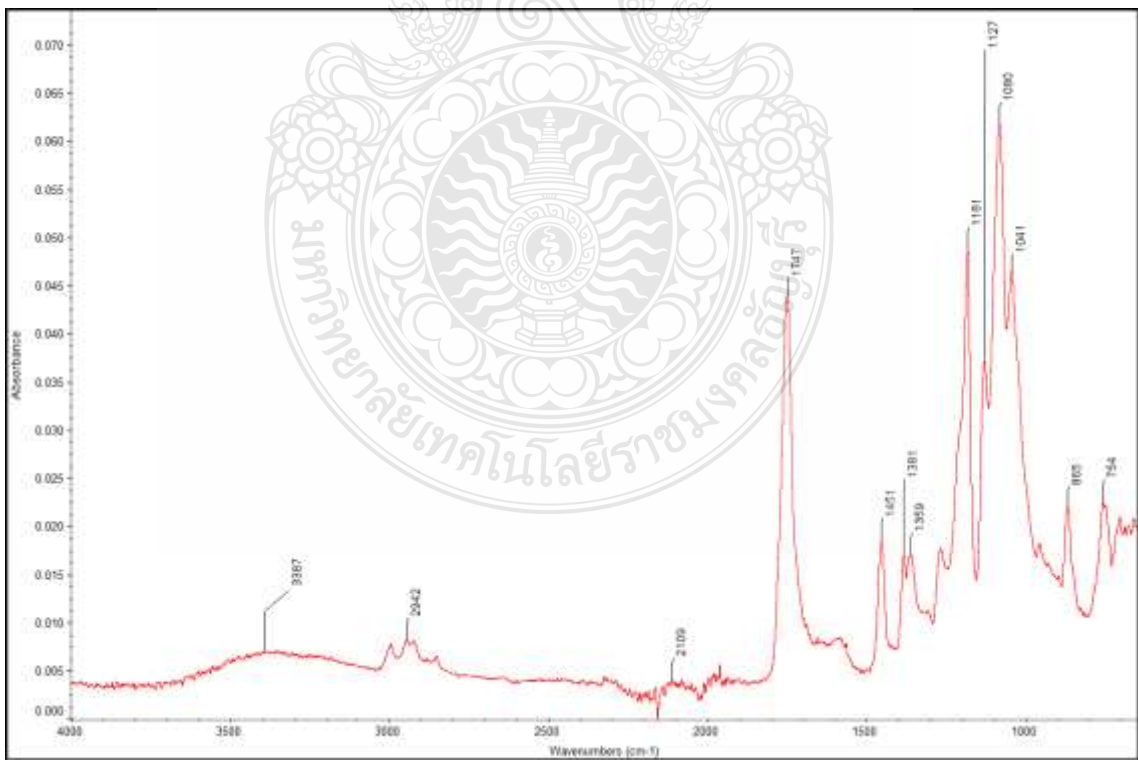
รูปที่ ข.5 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค อัตราส่วน 91:9



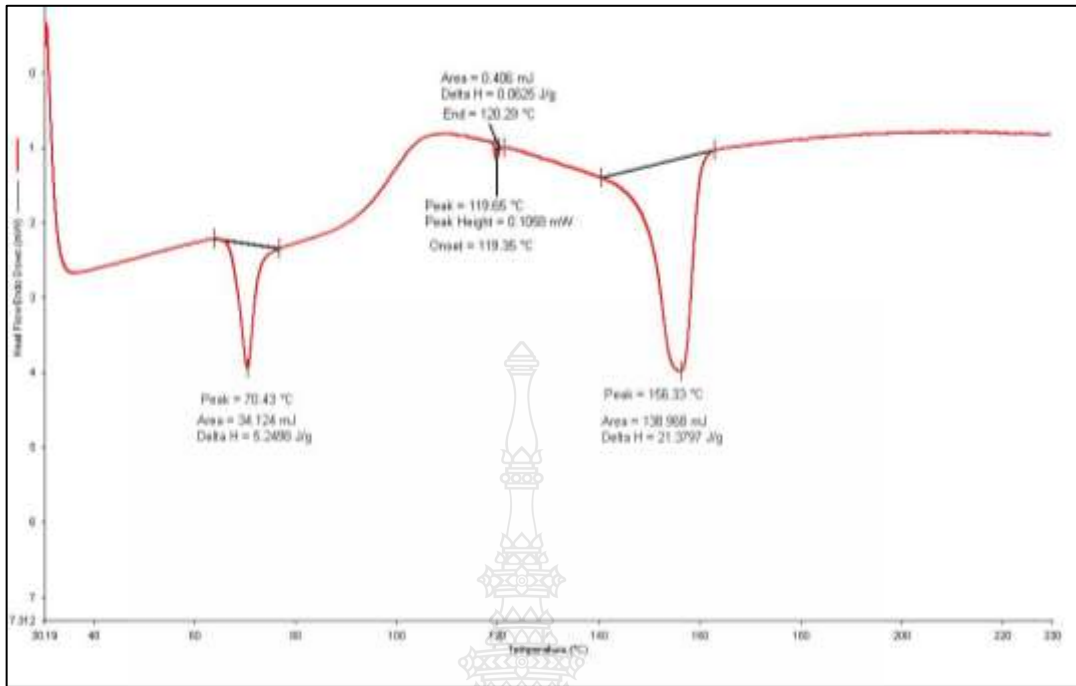
รูปที่ ข.6 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค อัตราส่วน 90:10



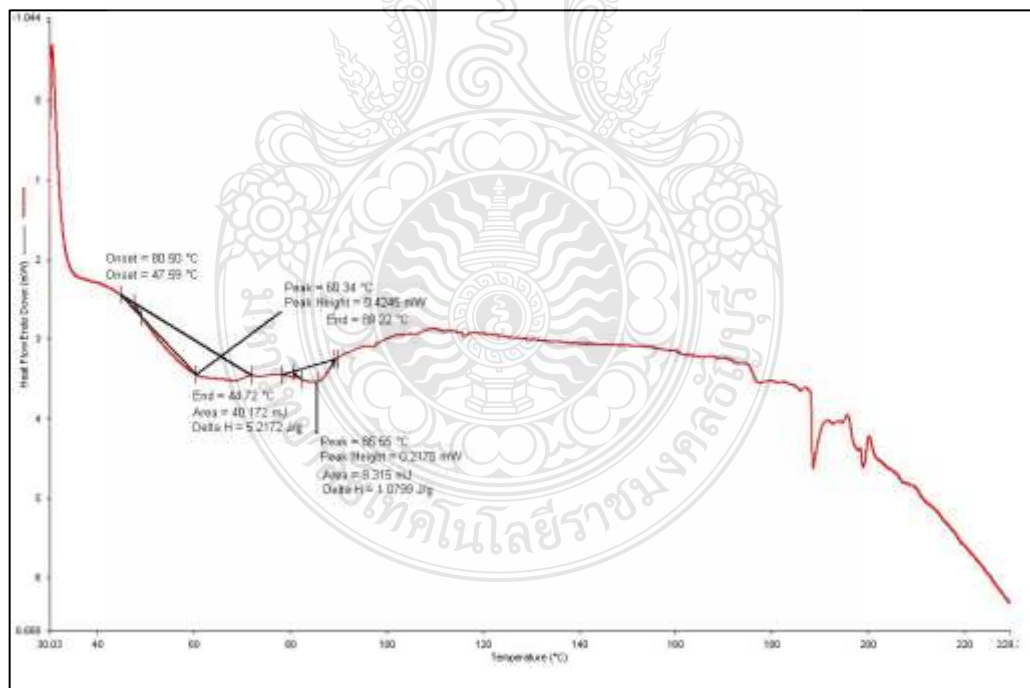
รูปที่ ข.7 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค อัตราส่วน 85:15



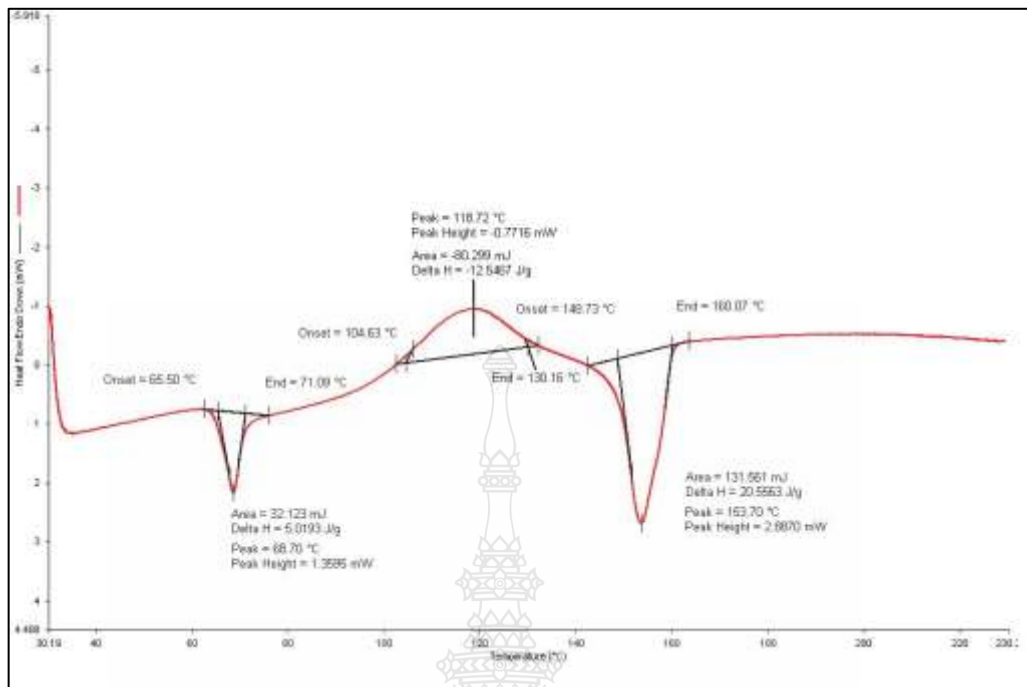
รูปที่ ข.8 IR Spectra จากฟิล์มพอลิแลคติกแอซิด และเซลแลค อัตราส่วน 80:20



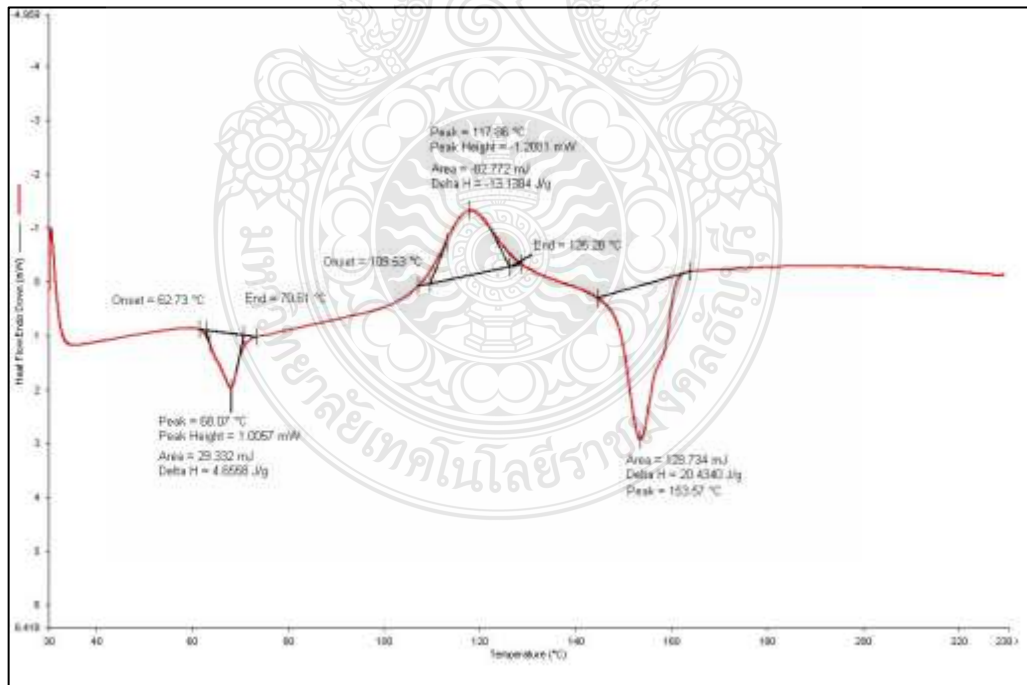
รูปที่ ข.9 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีน



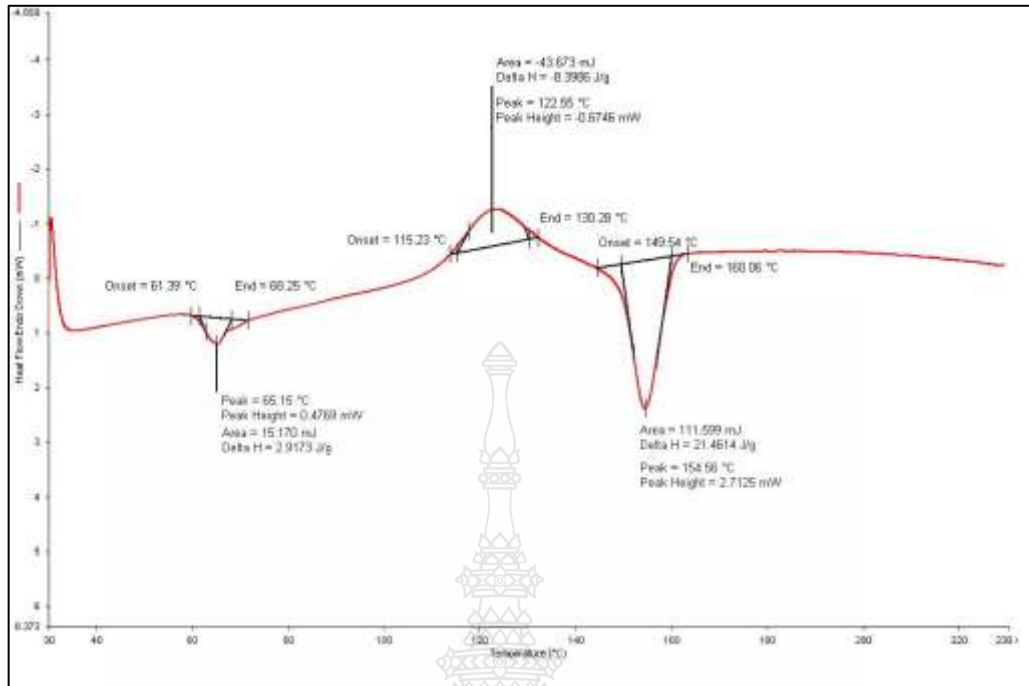
รูปที่ ข.10 สมบัติทางความร้อนของเซลลูลอส



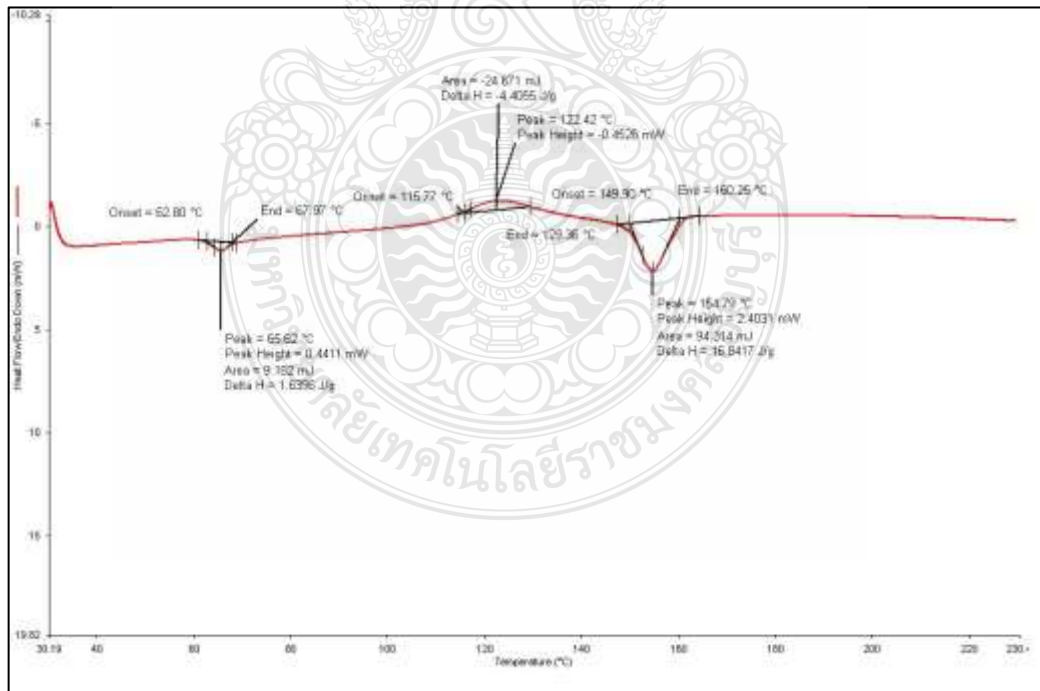
รูปที่ ข.11 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลลูลอส อัตราส่วน 97:3



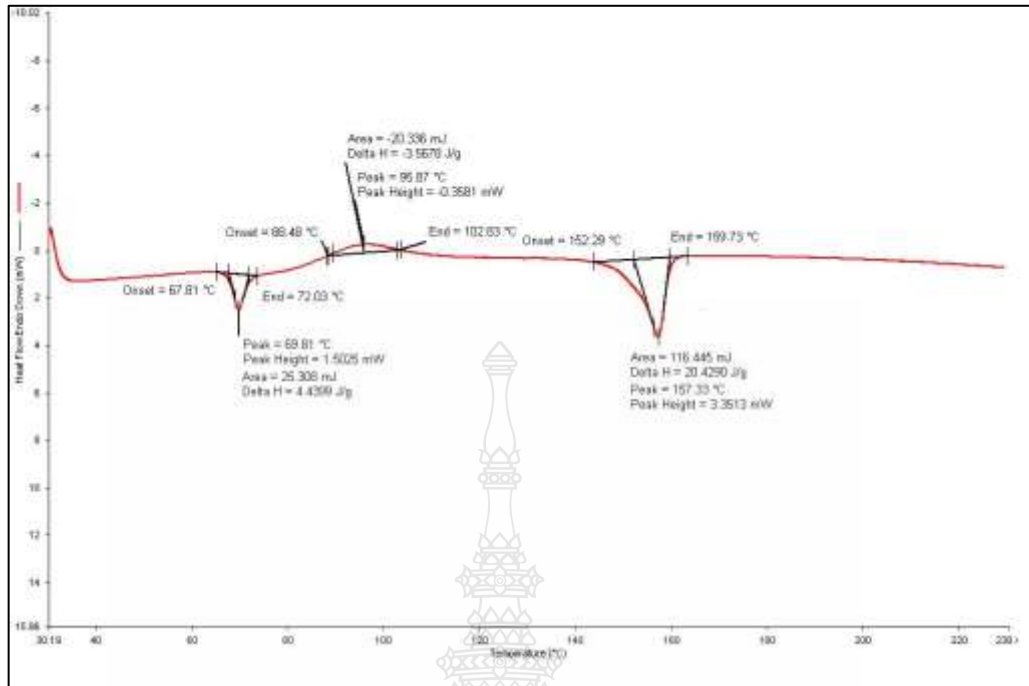
รูปที่ ข.12 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลลูลอส อัตราส่วน 95:5



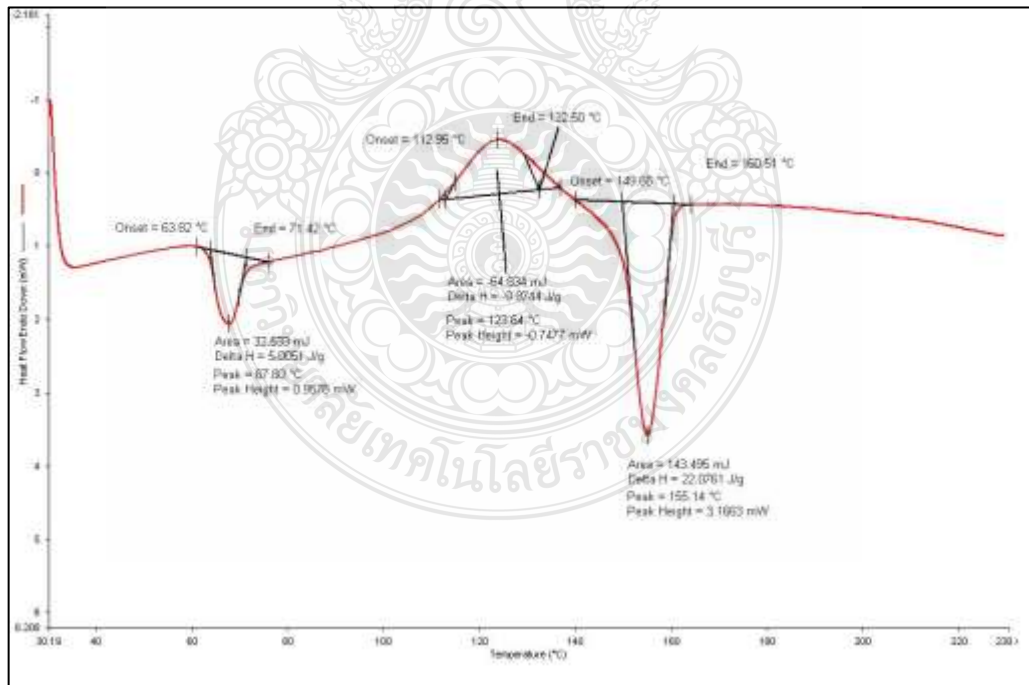
รูปที่ ข.13 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลแลค อัตราส่วน 93:7



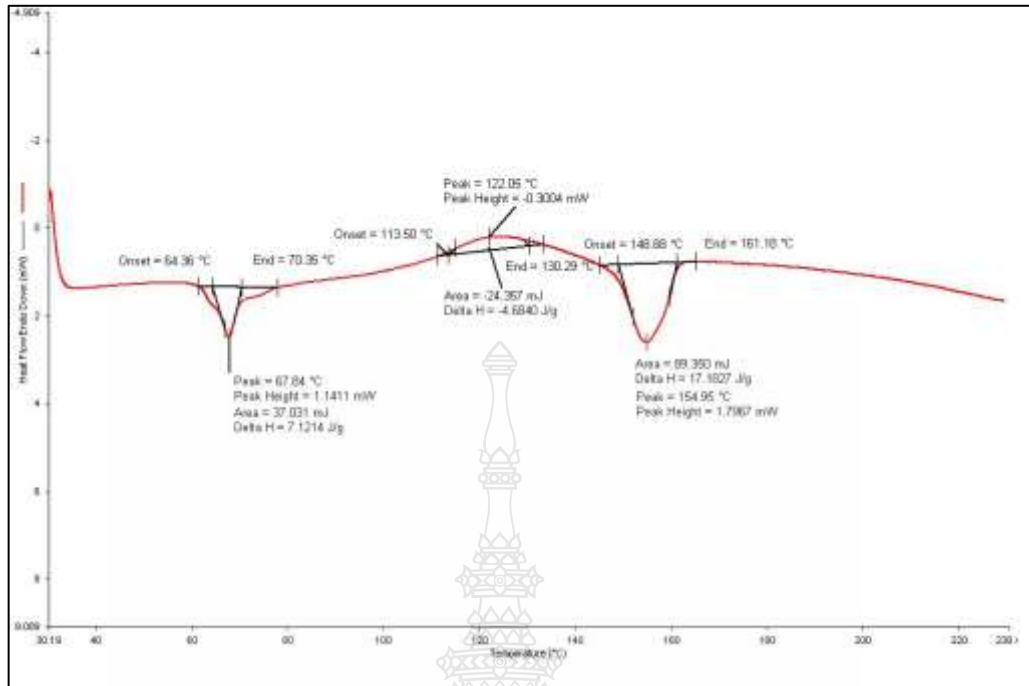
รูปที่ ข.14 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลแลค อัตราส่วน 91:9



รูปที่ ข.15 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลแลค อัตราส่วน 90:10



รูปที่ ข.16 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลแลค อัตราส่วน 85:15



รูปที่ ข.17 สมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกแอซิดและเซลลูลอส อัตราส่วน 80:20



