

การสังเคราะห์อีพอกซีไดซ์จากน้ำมันที่ใช้แล้ว
เป็นพลาสติกไซเซออร์สำหรับฟิล์มคีแตม
SYNTHESIS OF EPOXIDIZED WASTE COOKING OIL
AS PLASTICIZERS FOR CHITAM FILM



กุลริตา กิแก้ว
วรินธร วัลลิทะคะ
วิมลพรรณ อรชร

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
พ.ศ.2566

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การสังเคราะห์อีพอกซิไดซ์จากน้ำมันที่ใช้แล้ว
เป็นพลาสติกไซเซออร์สำหรับฟิล์มคีแตม
SYNTHESIS OF EPOXIDIZED WASTE COOKING OIL
AS PLASTICIZERS FOR CHITAM FILM

จัดทำโดย

กุลธิดา กิแก้ว รหัสนักศึกษา 62080169
วรินธร วัลลิทะคะ รหัสนักศึกษา 62080219
วิมลพรรณ อรชร รหัสนักศึกษา 62080226

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 26 / พ.ค. / 66

(ผศ.ดร. พงษ์เสรีฐ ศรีพรหม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจากการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวของฟิล์มที่มีการใช้พลาสติกไซเซอร์ที่แตกต่างกันพบว่าการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers เป็นพลาสติกไซเซอร์ช่วยให้คุณสมบัติในหลายๆด้านของฟิล์มดีขึ้น

คำสำคัญ: น้ำมันที่ใช้แล้ว พลาสติกไซเซอร์ ฟิล์มคีแตม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Synthesis of epoxidized waste cooking oil as plasticizers for Chitam film	
Student name	Kuntida Kikaew	Student ID 62080169
	Warintorn Wanliphakha	Student ID 62080219
	Wimolpan Orachorn	Student ID 62080226
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2023	
Advisor	Assist.Prof.Dr.Pongsert Sriprom	

ABSTRACT

Used oil from various processes such as frying, cooking, The properties of the used oil will consist of triglycerides, but of poor quality due to high heat treatment, contaminated water and high acidity. from the decomposition of triglycerides to free fatty acids and in such used oils also contain unsaturated fatty acids which have double bonds between carbon atoms in the molecule. Therefore, there is a study to improve the chemical structure of used oil so that it can be used as a plasticizer as a plasticizer instead of glycerol in Chitam film. The purpose of this study was to investigate the synthesis of epoxidize waste cooking oil plasticizers from used oil and to study the feasibility of using epoxidize waste cooking oil plasticizers as plasticizers to replace glycerol in Chitam film. The synthesis begins with an epoxidation reaction to form an epoxy group, after which isopropyl alcohol is added. To cause the epoxy group to break off and to form OH groups that can be plasticizers by examining the chemical structure by FT-IR, the peak was found at 3498 cm^{-1} , which confirmed the Open epoxy group and physical properties test found that epoxidize waste cooking oil plasticizers has a viscosity at 40 °C is 0.79 cST, flash point is lower than 50 °C, total acid number is 9.91 mg.KOH. /g , then the film was prepared by using the concentration of xyloglucan to chitosan at the ratio of 4:1, using glycerol and using Epoxidize waste cooking oil plasticizers as the plasticizer at the ratio of 7:0 6: 1 5:2 4:3 3:4 2:5 1:6 and 0: 7 35% by total weight of solids After that, chemical and physical properties were analyzed, namely The tensile strength and elongation at break were measured. It was found that the ratio at 7:0 resulted in 9.71 MPa and at 0:7 the result was 22.96 MPa. But using epoxidize waste cooking oil Plasticizers replacing glycerol have no effect on film elongation. Water vapor permeability at 7:0 ratio result is 0.001659 g/m^2 and at 0:7 ratio result is 0.001552 g/m^2 Color value at 7:0 brightness ratio was

643.64 and at 0:7 the brightness was 735.71. The glass transition temperature at 7:0 was 143.01 C° and at 0:7 was 87.56 C°. Different plasticizers were used. It was found that the use of epoxidized waste cooking oil plasticizers as plasticizers improved many aspects of the Chitam film properties.

Keywords: Waste cooking oil plasticizers Chitam films



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จากหลายท่าน ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม ที่ได้เกียรติมาเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปัญหาพิเศษตลอดจนให้คำปรึกษาให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินการ ถ่ายทอดความรู้ และดูแลเอาใจใส่ในการทำปัญหาพิเศษอย่างใกล้ชิดตลอดจนตรวจสอบปัญหาพิเศษฉบับนี้ จนทำปัญหาพิเศษเล่มนี้ถูกต้องสมบูรณ์และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พรสวรรค์ อัครแสงรัตน์ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญห สนับสนุนข้อมูลในด้านต่าง ๆ รวมถึงเกร็ดความรู้ที่นอกเหนือจากการทำปัญหาพิเศษได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ขอขอบคุณ นายวสันต์ โชคลาก ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือในการวิเคราะห์ผล และคำปรึกษาด้านความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับปัญหาพิเศษนี้ และขอขอบคุณ นางลำพึง พุ่มจันทร์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำชี้แนะเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการวิเคราะห์ผลและคำปรึกษาด้านอื่นๆ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศรีษฐา อิมเอิบ เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นคณะกรรมการในการสอบปัญหาพิเศษ และกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำตรวจทานแก้ไข ชี้แนะต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำปัญหาพิเศษ จนปัญหาพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการของคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ และอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือ อบรมสั่งสอน และเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดมา หากหนังสือปัญหาพิเศษเล่มนี้ผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำขออภัยไว้ด้วยความยินดี

กุลธิดา กิแก้ว

วรินธร วัลลิภะคะ

วิมลพรรณ อรชร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 น้ำมันปาล์ม.....	3
2.2 น้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว.....	3
2.3 อีพอกซีไดซ์ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้ว.....	4
2.4 ปฏิกริยาอีพอกซีเดชัน.....	5
2.5 ปฏิกริยาของอีพอกซีไดซ์.....	5
2.6 คุณสมบัติของอีพอกซีไดซ์น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้ว.....	5
2.7 พลาสติกไซเซออร์.....	6
2.8 การนำน้ำมันอีพอกซีไดซ์มาเป็นพลาสติกไซเซออร์ในการผลิตฟิล์ม.....	7
2.9 ฟิล์มคิแตม.....	7
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	9
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	9
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์.....	9
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	10
3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันอีพอกซีไดซ์.....	15
3.5 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของฟิล์มคิแตม.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	17
4.1 ผลการศึกษาการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers.....	17
4.2 ผลการศึกษาการสังเคราะห์ฟิล์มเติมโดยใช้พลาสติกไซเซอร์ที่มีอัตราส่วนระหว่าง กรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ในอัตราส่วนต่างๆ.....	21
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	29
บรรณานุกรม.....	31
ภาคผนวก.....	33
ภาคผนวก ก.....	33
ภาคผนวก ข.....	41
ภาคผนวก ค.....	45
ประวัติผู้เขียน.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ตารางแสดงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของepoxidize waste cooking oil plasticizers	20
4.2 ตารางแสดงอัตราการใช้พลาสติกไซเซออร์นฟิล์มคีแตมที่มีอัตราส่วนกรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ต่างกัน.....	21
4.3 ตารางแสดงผลวิเคราะห์ความสามารถในการต้านทานแรงดึงขาดและความสามารถในการยึดตัวของฟิล์มคีแตมที่มีอัตราส่วนกรีเซอรอลต่อepoxidize waste cooking oil plasticizers.....	25
4.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มคีแตมที่มีอัตราส่วนพลาสติกไซเซออร์ที่แตกต่างกัน.....	26
4.5 ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วของฟิล์มคีแตมที่มีอัตราส่วนพลาสติกไซเซออร์ระหว่างกรีเซอรอลกับepoxidize waste cooking oil plasticizers.....	27
4.6 ตารางแสดงค่าการวิเคราะห์ค่าสีของฟิล์มคีแตมที่มีอัตราส่วนของกรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่แตกต่างกัน.....	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของกรดโอเลอิก (Oleic acid)	3
2.2 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส.....	4
2.3 โครงสร้างปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน.....	5
2.4 การเปิดวงด้วยนิวคลีโอไฟล์โดยใช้สารละลายที่เป็นกลางหรือเบส.....	5
3.1 ขั้นตอนการผลิต epoxidize waste cooking oil โดยใช้ Isopropyl เป็นแอลกอฮอล์.....	12
3.2 ขั้นตอนการผลิตฟิล์มคิแตม.....	14
4.1 FTIR spectra of WCO,FAME,Epoxidize oil,Epoxidize waste cooking oil plasticizers	18
4.2 ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers.....	19
4.3 FTIR spectra ของฟิล์มคิแตมที่มีอัตราส่วนพลาสติกไซเซอร์ที่แตกต่างกันคืออัตราส่วน กรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil ได้แก่7:0,6:1,5:2,4:3,3:4,2:5,1:6,0:7.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

น้ำมันใช้แล้วเป็นน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนจากกระบวนการทำอาหาร ซึ่งปริมาณน้ำมันพืชที่เหลือจากการใช้ทั่วประเทศ มีปริมาณทั้งหมด 74.5 ล้านลิตร/ปี(อวยชัย วงศ์รัตน์,2554) ซึ่งการจัดการน้ำมันที่ใช้แล้ว ส่วนใหญ่ภาคครัวเรือนไม่ได้ให้ความสำคัญต่อการจัดการกับน้ำมันที่ใช้แล้วมากเท่าไรนัก ซึ่งนำไปพร้อมกับขยะมูลฝอย หรือเททิ้งลงท่อระบายน้ำ เกิดการหมักหมมทำให้เกิดก๊าซมีเทนซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกมีศักยภาพทำให้โลกร้อนเป็น 25 เท่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อให้เกิดปัญหาโลกร้อนหรือภาวะเรือนกระจก และยังผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซไข่เน่า ส่งกลิ่นเหม็นไม่พึงประสงค์ น้ำมันที่ใช้แล้วสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆได้ เช่น สบู่และสารทำความสะอาด เชื้อเพลิงอัดแท่ง ทำให้เป็นน้ำมันไบโอดีเซลและยังสามารถทำให้เป็นในกลุ่มของพลาสติคพลาสติกชีวพลาสติกได้ ซึ่งในการทำพลาสติกชีวพลาสติกนั้นมีปฏิกิริยาในการทำมากมาย หนึ่งในนั้นคือ ปฏิกิริยาอ็อกซิเดชัน

ปฏิกิริยาอ็อกซิเดชันของน้ำมันใช้แล้ว เป็นปฏิกิริยาที่เป็นการแตกวงของพันธะคู่ทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันจากหมู่ฟังก์ชันที่มีการทำปฏิกิริยาขั้นสองคือปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของน้ำมันทำให้เกิดเป็นหมู่ของเอสเทอร์ โดยมีงานวิจัยของ Benaniba et al., 2003 ได้ศึกษาถึงการนำน้ำมันใช้แล้วมาทำปฏิกิริยาอ็อกซิเดชันกับแอลกอฮอล์ที่ต่างกันเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติในการเป็นพลาสติกชีวพลาสติก ซึ่งแอลกอฮอล์ที่ใช้คือ เมทานอลทำปฏิกิริยาอ็อกซิเดชันกับน้ำมันได้เป็น Ep-WCOMEs และเอทานอลทำปฏิกิริยาอ็อกซิเดชันกับน้ำมันได้เป็น Ep-WCOEtHEs ซึ่งความหนืดจลศาสตร์ของ Ep-WCOEtHEs นั้นสูงกว่า Ep-WCOME ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากสายโซ่คาร์บอนที่ยาวกว่าและโครงสร้างที่แตกแขนงของ Ep-WCOEtHE เมื่อเปรียบเทียบกับ Ep-WCOMEs แล้วนั้น Ep-WCOEtHEs มีผลทำให้เป็นพลาสติกชีวพลาสติกได้ดีกว่าเนื่องจากมีค่าไอโอดีนต่ำและ RCO สูง และยังมีจุดไหลเทที่ต่ำกว่า Ep-WCOMEs และ Ep-WCOEtHEs ยังมีความเสถียรต่อออกซิเดชันได้ดีกว่า Ep-WCOMEs ซึ่งสาเหตุมาจาก RCO สูงและกลุ่มอีพอกซีที่เสถียรของ Ep-WCOEtHEs ซึ่งทำให้เห็นว่าโครงสร้างของ EpWCOEtHEs มีการเปิดวงแหวนออกซิเรน ทำให้มีโครงสร้างที่สามารถสังเคราะห์เป็นพลาสติกชีวพลาสติกเพื่อทดแทน DOP ที่มีความเป็นพิษในโพลี (ไวนิลคลอไรด์) ซึ่งทำให้เห็นว่าการสังเคราะห์พลาสติกชีวพลาสติกจากน้ำมันอ็อกซิเดชันที่มีการเติมแอลกอฮอล์จะช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลโดยรวมและความเสถียรทางความร้อนได้นอกจากนี้แล้วได้ยังมีคนศึกษาการใช้แป้งมันสำปะหลังเป็น Start base และกลีเซอรอลเป็นพลาสติกชีวพลาสติกในระดับต่างๆ(20,25,30 และ 35% โดยน้ำหนัก) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติฟิล์มและที่ระดับการเติมกลีเซอรอล 25% แสดงให้เห็นว่าความแข็งแรงทางด้านแรงดึงมีค่าสูงสุดที่ 17 เมกะปาสคาล และโมดูลัสยืดหยุ่นมีค่าสูงสุดที่ 1577 เมกะปาสคาล เมื่อเพิ่มระดับการเติมกลีเซอรอลพบว่าร้อยละการยืดตัวจาก 1 เป็น 19% และปริมาณความชื้นของแผ่นฟิล์มมีค่าสูงขึ้นจาก 8.5 เป็น 25.3% และที่ระดับความเข้มข้นของกลีเซอรอลสูงขึ้นความเสถียรทางความร้อนของตัวอย่างทดลองต่ำลง (ศศิประภาและบัวผัน,2560) โดยทั่วไปงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับ Start base ส่วนมากจะใช้พลาสติกชีวพลาสติกเป็นพวกลีเซอรอล แต่ซึ่งกลีเซอรอลนั้นมี

ความเป็นพิษและอันตรายต่อร่างกาย จึงได้คิดที่จะทดแทนกลีเซอรอลด้วยน้ำมันอีพอกไซด์ แต่ยังไม่มีการนำอีพอกไซด์มาทดแทนสัดส่วนกับกลีเซอรอล จากที่ได้กล่าวมานั้นมีการศึกษาหลายส่วนแล้วแต่ยังไม่มีคนศึกษาในการนำ epoxidize waste cooking oil มาทำเป็นพลาสติกไซเซออร์ในกลุ่มของฟิล์มที่เป็นพวก Start base โดยมีกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซออร์

ดังนั้นปัญหาพิเศษนี้จึงทำการศึกษาการทำ Epoxidize Waste Cooking Oil โดยใช้ Isopropyl เป็นแอลกอฮอล์ในการทำให้เกิดเป็น Epoxidize Waste Cooking Oil plasticizer ซึ่งเป็นหนึ่งในพลาสติกไซเซออร์ โดยทำการหาสภาวะที่เหมาะสมและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของพลาสติกไซเซออร์นี้และทำการทดสอบโดยการทดแทนกลีเซอรอลในคิแตมฟิล์มซึ่งเป็น Start base และทำการศึกษาถึงคุณลักษณะทางกายภาพของฟิล์ม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

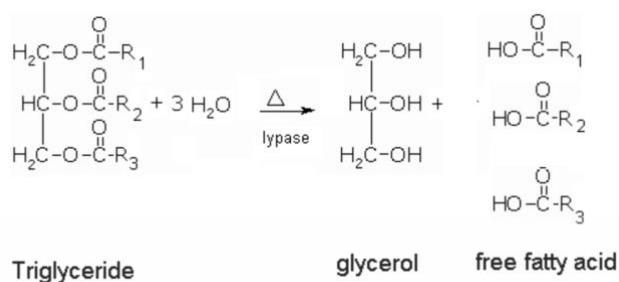
- 1.2.1 เพื่อสังเคราะห์ Epoxidize waste cooking oil plasticizer จากน้ำมันที่ใช้แล้ว
- 1.2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ Epoxidize waste cooking oil plasticizer เป็นพลาสติกไซเซออร์ในฟิล์มคิแตม

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้พลาสติกไซเซออร์จากน้ำมันที่ใช้แล้ว ที่สามารถใช้ทดแทนพลาสติกไซเซออร์ในคิแตมฟิล์มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางกระบวนการ เช่น การผลิตไบโอดีเซล หรือการเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติกไซเซออร์ เป็นต้น (ปิโยรส ทิพย์มงคลและณัฐพงศ์ ตันติวิวัฒน์พันธ์,2563)



ภาพที่ 2. ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis)

ที่มา : <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1001/triglyceride>

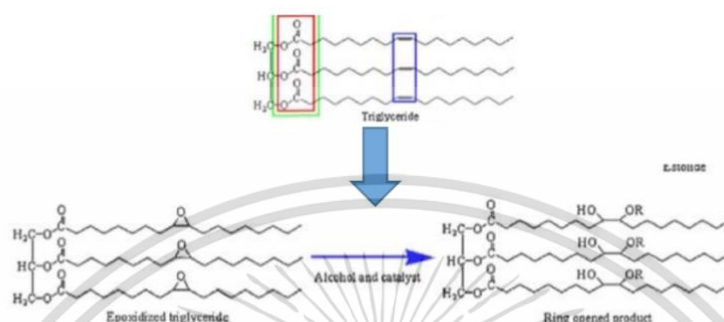
2.3 อีพอกซีไดซ์ของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้ว

โดยทั่วไปแล้วน้ำมันปาล์มจะเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆซึ่งอาจเป็นกรดไขมันที่อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว โดยพันธะคู่ดังกล่าวมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันเมื่อมีการตัดแปลงโครงสร้างพันธะคู่ให้กลายเป็นวงแหวนอีพอกซีไดซ์ โดยน้ำมันอีพอกซีไดซ์ที่ผ่านกระบวนการอีพอกซีเดชันมาแล้วจะเป็นสามารถเป็นพลาสติกไซเซออร์ ที่ใช้เติมลงในพอลิเมอร์ประเภทพอลิไวนิลคลอไรด์ได้ โดยเข้าไปแทรกเพื่อให้พลาสติกมีความยืดหยุ่นและนุ่ม (ผศ.ดร พิมพ์เพ็ญและศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา,2565)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ปฏิกริยาอีพอกซิเดชัน

โดยเป็นการทำปฏิกริยาอีพอกซิเดชันบนพันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ให้เป็นหมู่ฟังก์ชันอีพอกซี (Epoxy functional group) โดยอาศัยการทำปฏิกริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) และกรดอะซิติก (Acetic acid) เพื่อเพิ่มหมู่อีพอกซีตรงพันธะคู่

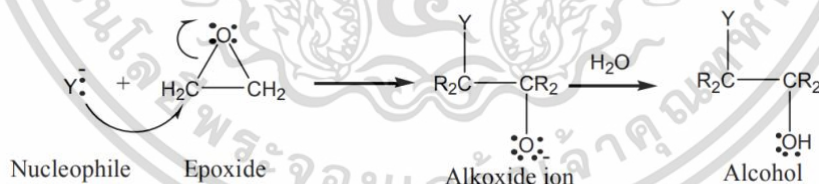


ภาพที่ 3. โครงสร้างปฏิกริยาอีพอกซิเดชัน

ที่มา : Shima และคณะ, 2021

2.5 ปฏิกริยาของอีพอกไซด์

เป็นการเปิดวงอีพอกไซด์โดยมีกรดหรือเบสเป็นตัวเร่งในการเปิดวงแหวนโดยปฏิกริยาเกิดผ่านกลไก S_N2 คือ นิวคลีโอไฟล์เข้าชนคาร์บอนอะตอมใดอะตอมหนึ่งของอีพอกไซด์ เพื่อทำให้น้ำมันอีพอกไซด์ดังกล่าวสามารถใช้เป็นพลาสติกไฮเซอรัทต่อไปได้ (สุนันทา วิบูลย์จันทร์, 2548)



ภาพที่ 4. การเปิดวงด้วยนิวคลีโอไฟล์โดยใช้สารละลายที่เป็นกลางหรือเบส

ที่มา : <https://dspace.bru.ac.th/xmlui/bitstream/handle>

2.6 คุณสมบัติของอีพอกซีไดซ์น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้ว

คือคุณสมบัติของน้ำมันอีพอกซีไดซ์ที่สังเคราะห์มาจากน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้ว โดยคุณสมบัติทางเคมีกายภาพที่ไขว้วัดได้แก่ ความหนืด (Viscosity) , จุดวาบไฟ (flash point) , การวัดค่าความเป็นกรด (Total acid Number)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 ความหนืด (Viscosity)

ดัชนีความหนืด (VI) คืออัตราการเปลี่ยนของความหนืดเมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็นคุณสมบัติสำคัญของน้ำมันโดยเฉพาะน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในยานยนต์โดยน้ำมันที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืดต่ำ เรียกว่า มีดัชนีความหนืดสูง และถ้าน้ำมันมีอัตราการเปลี่ยนแปลงมาก เรียกว่าดัชนีความหนืดต่ำ

ความหนืด (Viscosity) คือ ความข้นใสหรือการต้านทานการไหลของน้ำมันโดยวัดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส โดยน้ำมันที่ใสมีความหนืดต่ำไหลง่าย มักใช้กับงานที่มีรอบสูง อุณหภูมิต่ำ น้ำมันข้นความหนืดสูงไหลยากมักใช้กับงานที่มีรอบต่ำ อุณหภูมิสูงและเมื่อน้ำมันมีความร้อนมาก จะมีสีใสความหนืดลดลงแต่เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันลดลงความหนืดจะเพิ่มขึ้น (ผศ.ดร. พิมพ์เพ็ญและ ศาสตราจารย์เกียรติคุณดร.นิธิยา,2563)

2.6.2 ค่าความเป็นกรด (Total acid number)

คือเป็นค่าที่บ่งชี้คุณภาพของน้ำมันโดยมีค่าบ่งชี้ว่าไตรกลีเซอไรด์ ที่เป็นส่วนประกอบหลักของไขมัน และน้ำมันถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสโดยมีเอมไซม์ไลเปสและความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยจำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำปฏิกิริยาพอกติกับกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) เป็นค่าที่บ่งชี้คุณภาพของน้ำมันและ(ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์,2565)

2.6.3 จุดวาบไฟ (Flash point)

คืออุณหภูมิที่ต่ำที่สุด ที่สามารถทำให้เชื้อเพลิงคายไอออกมาผสมกับอากาศในอัตราส่วนที่เหมาะสม และสามารถถูกติดไฟได้ โดยปกติจุดวาบไฟของน้ำมันหล่อลื่นจะอยู่ในช่วง 160 – 320 °C (สยาม,2565)

2.7 พลาสติไซเซอร์ (Plasticizer)

พลาสติไซเซอร์ (plasticizers) เป็นสารที่ใส่ในโพลิเมอร์ (polymer) หรือผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อลดจุดหลอมที่ทำให้เกิดการไหล (flexing temperature) ของพลาสติกทำให้เม็ดพลาสติกมีความยืดหยุ่นและอ่อนนุ่มขึ้น สะดวกต่อการดึง รีด ฉาบ หรือหล่อแบบ ทนต่อสภาวะความเป็นกรดต่างทนต่ออุณหภูมิสูง สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและยา เครื่องมือทางการแพทย์ ของเล่น สำหรับเด็ก เป็นต้น โดยสารเหล่านี้จะไม่ทำปฏิกิริยากับพลาสติกแต่จะไปแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลของพลาสติกทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลอ่อนลง พลาสติไซเซอร์ที่ใช้ในปัจจุบันมีหลายชนิด ได้แก่

1. โมโนเมอร์พลาสติไซเซอร์ (monomeric plasticizers) มีอยู่หลายกลุ่ม ได้แก่
 - กลุ่มพทาเลทเอสเทอร์ เป็นกลุ่มที่ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์มากที่สุด
 - กลุ่มอดิเพท (adipates) และอซีเลท (azelates) ผลิตจากกรดอดิพิค (adipic acid)
 - กลุ่มฟอสเฟต มีออกทิลไดเฟนิลฟอสเฟต (octyl diphenyl phosphate)

เอกสารนี้ 2. โพลิเมอร์พลาสติไซเซอร์ (polymeric plasticizers) ได้จากปฏิกิริยาระหว่างกรดไดเบซิก การค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยหลักการในเลือกใช้พลาสติกไซเซออร์ที่เหมาะสม ได้แก่ มวลโมเลกุลมีค่าสูงเพื่อให้การระเหยเป็นไปได้อย่าง มีความคงตัวสูง(Permanence) ทั้งขณะการขึ้นรูปและการใช้งาน มีความทนทานและมีอัตราการแพร่ที่ต่ำมีประสิทธิภาพในการเป็นพลาสติกไซเซออร์ที่ดีโดยจะต้องลดค่า TG ของพอลิเมอร์ได้ดี มีความเป็นพิษต่ำและมีราคาที่ถูก (อรุณศักดิ์ โสภณธรรมภาณ,2551)

2.8 การนำน้ำมันอพอกซีไคซ์มาเป็นพลาสติกไซเซออร์ในการผลิตฟิล์ม

ในอุตสาหกรรมพลาสติก พลาสติกไซเซออร์เป็นสารเติมแต่งประเภทหนึ่งที่สำคัญซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการโพลี(ไวนิลคลอไรด์) ทำให้วัสดุนี้มีการปรับปรุงความยืดหยุ่น ความทนทาน และการใช้งานให้ดีขึ้นในหลายทศวรรษที่ผ่านมา การผลิตพลาสติกไซเซออร์อยู่ที่ประมาณ 5 ล้านตันต่อปี ถูกผลิตได้จากปิโตรเลียมในกลุ่มพลาทาเลท โดยพลาสติกไซเซออร์ชนิดนี้ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม โดยในปัจจุบันมีการมุ่งเน้นแสวงหาพลาสติกไซเซออร์ที่เป็น Natural-based มาแทนที่โดยวิธีการหนึ่งคือการใช้ประโยชน์จากน้ำมันพืช โดยจากการประเมินพฤติกรรมของน้ำมันถั่วเหลืองอพอกซีไคซ์จากการเป็นพลาสติกไซเซออร์พบว่าสามารถทำหน้าที่เกิดปฏิกิริยากับตัวอิเล็กตรอนซึ่งจะทำให้ PVC เกิดโครงสร้างที่เพิ่มความยืดหยุ่น ความเหนียว(Benaniba et al., 2003)

2.9 คีแตม (Chitam)

คีแตมเกิดจากการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ระหว่างหมู่แอลดีไฮด์ของไซโลกลูแคนและหมู่อะมิโนของโคโตซานด้วยพันธะโคเวเลนต์เกิดเป็น สารประกอบเชิงซ้อนที่เรียกว่า คีแตม โดยที่อัตราส่วนของไซโลกลูแคนกับโคโตซาน 4 : 1 จะทำให้เจลที่ได้มีความแข็งแรงสูง สามารถทนต่อความร้อนได้ดี และสามารถนำมาใช้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (food ingredient) ที่ดีมีความสามารถในด้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยการวิเคราะห์การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของคีแตม โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบว่าที่ Wavenumbers 1644 cm^{-1} พบการปรากฏของหมู่เอมีน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของคีแตม โดยเจลจะมีลักษณะใส ไม่มีสี มีความหนืดที่ 4000 cST สามารถย่อยได้เองตามธรรมชาติโดยตัวพลาสติกไซเซออร์ที่ใช้ในการผลิตฟิล์ม คีแตมคือ กลีเซอรอล (พรพฐ อัดแอ,2562)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากงานวิจัยของ พิมพ์ชนก ไส้ไทย,2341 ได้มีการศึกษาการสังเคราะห์น้ำมันถั่วเหลืองอพอกซีไคซ์ โดยทำปฏิกิริยาอพอกซีเดชันบนพันธะคู่ของน้ำมันถั่วเหลืองด้วยกรดแอซิดิกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ใช้กรดซัลฟิวริกเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวแปรในการสังเคราะห์น้ำมันถั่วเหลืองอพอกซีไคซ์ ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยา วิเคราะห์ปริมาณอพอกซีเดชันด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโตรสโกปีและขึ้นรูปน้ำมันถั่วเหลืองอพอกซีไคซ์ด้วยการผสมสารเชื่อมโยงโมเลกุลชนิดแอนไฮไดรด์และตัวเร่งปฏิกิริยาเข้าไปอบภายใต้สภาวะที่กำหนดเพื่อทดสอบสมบัติด้านแรงดึง เปรียบเทียบสมบัติการทนต่อไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดึงของน้ำมันถั่วเหลือง อีพอกซีไดซ์ที่มีปริมาณหมู่อีพอกไซด์ 35-55 mol% พบว่าค่าโมดูลัสและค่าความเค้น ณ จุดขาดเพิ่มขึ้นหากปริมาณหมู่อีพอกไซด์เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเครียด ณ จุดขาดที่มากที่สุดมาจากสูตรที่มีหมู่อีพอกไซด์ 40 mol%

จากงานวิจัยของ Benaniba et al., 2003 ได้ทำการทดลองคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของ Ep-WCOMEs และ Ep-WCOEtHEs พบว่าค่ากรดของทั้ง Ep-WCOMEs และ Ep-WCOEtHEs ต่ำกว่า 1.00 มก. KOH/g ความหนืดจลนศาสตร์ของ Ep-WCOEtHEs นั้นสูงกว่าของ Ep-WCOME ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากสายโซ่คาร์บอนที่ยาวกว่าและโครงสร้างที่แตกแขนงของ Ep-WCOEtHE เมื่อเปรียบเทียบกับ Ep-WCOME แล้ว Ep-WCOEtHEs มีผลทำให้เป็นพลาสติกได้ดีกว่าเนื่องจากมีค่าไอโอดีนต่ำและ RCO สูง สิ่งที่น่าสนใจคือ Ep-WCOtHE มีจุดไหลต่ำกว่า Ep-WCOME มาก ซึ่งหมายความว่า Ep-WCOtHE มีความลื่นไหลได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพการไหลของวัสดุที่มีน้ำมันเป็นองค์ประกอบหลักในอุณหภูมิต่ำสามารถปรับปรุงเพิ่มเติมได้ด้วยการนำกลุ่มที่มีกิ่งแขนงมาใช้ เนื่องจากภาวะที่เกิดขึ้นเกิดจากการแตกแขนงนอกจากนี้ Ep-WCOEtHEs ยังแสดงความเสถียรต่อออกซิเดชันได้ดีกว่า Ep-WCOME โดยมีระยะเวลาเกือบสองเท่าของ Ep-WCOME สาเหตุหลักมาจาก RCO สูง และกลุ่มอีพอกซีที่เสถียรของ Ep-WCOEtHEs

จากงานวิจัยของ Yan Ma น้ำมันปรุงอาหารที่ใช้แล้วนำมาปรับเตรียมเป็น Bio-base Plasticizer ชนิด a, b และ c ด้วยกรด Terephthalic acid, Adipic acid และ Benzoic acid ด้วยปฏิกิริยา Epoxidation Transesterification และ Ring opening ตามลำดับ และทำให้เป็น Polyvinyl chloride (PVC) จาก Bio-base Plasticizer a, b และ c เป็นพลาสติกไซเซออร์ และวิเคราะห์ด้วย FT-IR, ¹H-NMR และ ¹³C-NMR เพื่อหาตัวที่มีคุณสมบัติที่ดีที่มาแทนที่ Dioctyl phthalate plasticizer (DOP) ซึ่งผลการวิเคราะห์โครงสร้างของพลาสติกไซเซออร์ชีวภาพ b ที่ผ่านการดัดแปลงโดยใช้อัลคิลไดแอซิดนั้นสามารถใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์เสริมทนความเย็นสำหรับพีวีซีได้ ส่วนพลาสติกไซเซออร์ชีวภาพ a และ c ที่ดัดแปลงโดยใช้อะโรมาติกไดแอซิดสามารถใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์หลักที่ทนต่ออุณหภูมิสำหรับพีวีซีได้และทดแทน DOP ได้อย่างสมบูรณ์

จากงานวิจัยของ Guodong Feng et al., 2018 มีการศึกษาการสังเคราะห์พลาสติกไซเซออร์ที่มีประสิทธิภาพ (Acetylated-fatty acid methyl ester-citric acid ester, AC-FAME-CAE) สำหรับโพลี(ไวนิลคลอไรด์) (PVC) โดยใช้น้ำมันที่ใช้แล้วและใช้กรดซิตริกเป็นวัตถุดิบโดยมีการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะด้วย FTIR และ ¹H NMR โดยปฏิกิริยาอีพอกซีเดชันและการเปิดวงแหวนถูกตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์ GC-MS โดยใช้ TBAC เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (TG) ลดลงเป็น 26.32 องศาเซลเซียส และการทดสอบคุณสมบัติทางกลของฟิล์มพีวีซีที่มีพลาสติกไซเซออร์เป็น AC-FAME-CAE ให้ค่าคุณสมบัติทางกลดีกว่าฟิล์มพีวีซีที่ทำจากพลาสติกไซเซออร์ ESO (น้ำมันอีพอกซีไดซ์จากถั่วเหลือง) และดีพอๆกับฟิล์มพีวีซีที่ทำจากพลาสติกไซเซออร์ DOP การวิเคราะห์โครงสร้างและคุณสมบัติของ AC-FAME-CAE เพื่อเป็นพลาสติกไซเซออร์สามารถยืนยันได้ว่าน้ำหนักโมเลกุลที่สูงขึ้นและพันธะเอสเทอร์ที่มากขึ้นสามารถลดความผันผวน และการสูญเสียสกัดและปรับปรุงความเข้ากันได้และความเสถียรของฟิล์มพีวีซีได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัสดุดิบ

น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้ว

น้ำกลั่น

โคโคซาน

ไซโลกลูแคน

กรีเซอร์อล

3.1.2 สารเคมี

Acetic acid (I.C.P Chemicals, ประเทศไทย)

Hydrogen Peroxide (I.C.P Chemicals, ประเทศไทย)

Isopropyl (Technical , ประเทศไทย)

Sulfuric acid (I.C.P Chemicals, ประเทศไทย)

Sodium bicarbonate

Hexane

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์

บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 1000 ml. (SCHOOT Duran, ประเทศเยอรมัน)

บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 ml. (SCHOOT Duran, ประเทศเยอรมัน)

บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 250 ml. (SCHOOT Duran, ประเทศเยอรมัน)

เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) (SK SATO, Monet Asia, ประเทศไทย)

เครื่องชั่งน้ำหนัก (BOECO, ประเทศเยอรมัน)

เครื่องให้ความร้อน (Hotplate) (IKA, ประเทศเยอรมัน)

กรวยแยกสาร (Separatory Funnel) (Witeg, ประเทศเยอรมัน)

แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic bar)

หลอดหยดสาร (Dropper)

ตู้ดูดควันสารเคมี (Chemistry Fume Hood)

ปิเปต (Pipette)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เครื่องกวนสารพร้อมให้ความร้อน (Hotplate Stirrer)
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถุงมือกันร้อน (Heat resistant glover)

ขวดเก็บตัวอย่าง

แผ่นอะคลิลิก

Digital Dual-Range Mixer (IKA Works (Thailand), ประเทศไทย)

Fourier Transform Infrared Speactroscopy (FTIR)

(Thermo scientific Nicolat6700 (ประเทศเยอรมัน)

Texture Analyzer (BRAVO,TA Prime,ประเทศไทย)

เครื่องอบเจล (Shimadzu Corp., ประเทศออสเตรเลีย)

Differential scanning calorimeter (Mettler Toledo)

Spectrophotometer & Colormeter (Hunterlab)

Viscometer (Cannon,ประเทศไทย)

Flash Point Tester (Petrotest)

Titration (Metrohm)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 วิธีการเตรียมน้ำมัน

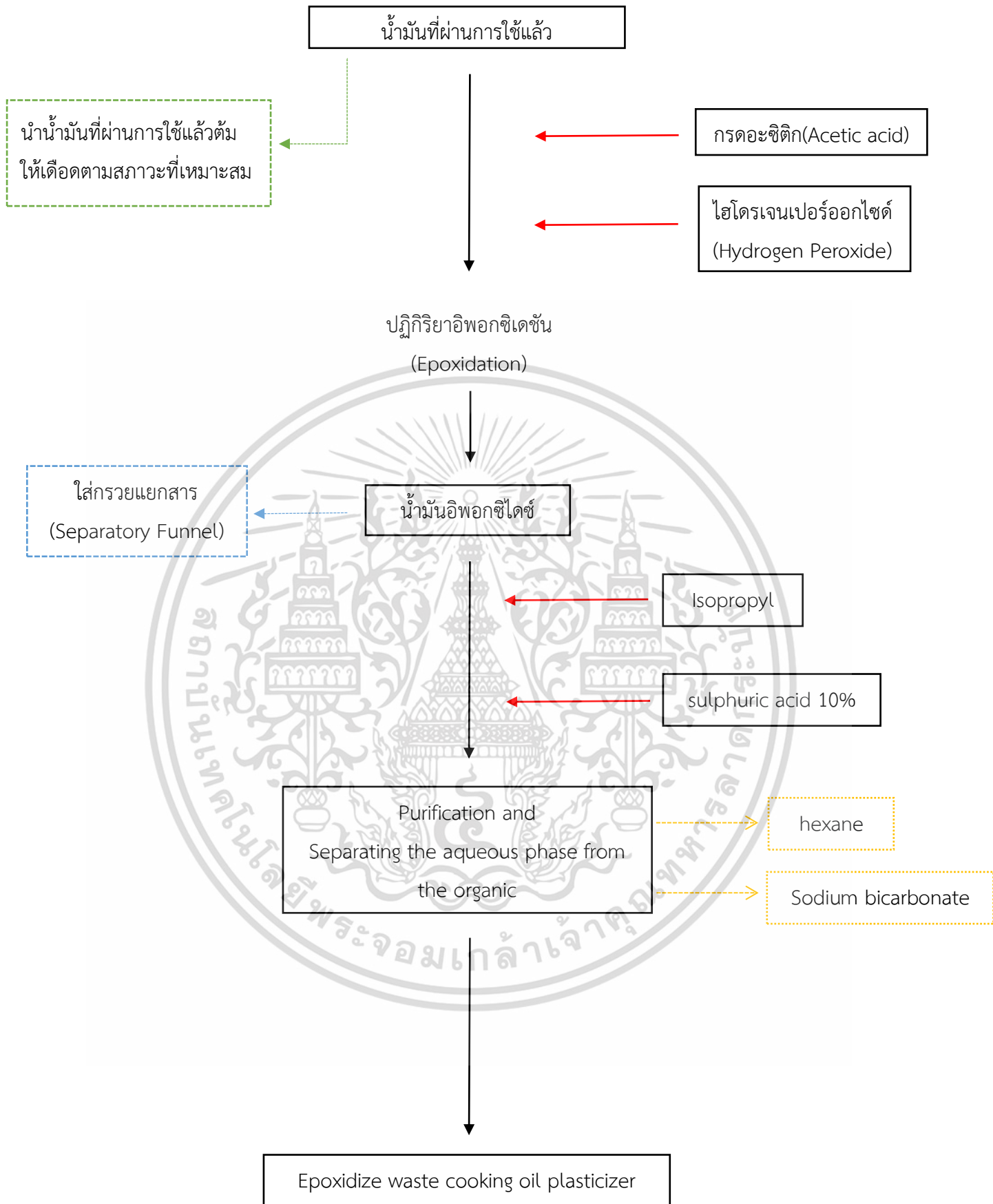
ขั้นตอนแรกนำน้ำมันใช้แล้วแล้วมาอุ่น เพื่อระเหยน้ำออกและลดความหนืดของน้ำมันและนำมากรองเอาส่วนของแข็งออกโดยใช้ตะแกรงเหล็ก จากนั้นนำบรรจุลงในขวดเก็บในที่ไมโครน็อค (ปิโตรสทิพย์มงคล,2563)

3.3.2 การผลิต epoxidize waste cooking oil plasticizer

นำน้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้วซึ่งบนเครื่องวัดปริมาตรสารใส่ลงในปิกเกอร์ใช้แท่งแม่เหล็กกวนสารในปิกเกอร์นำมาต้มบนเครื่องกวนสารพร้อมให้ความร้อนเพื่อให้ความร้อนคงที่ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เตรียมกรดอะซิติกโดยตวงสารลงในปิกเกอร์ปริมาตร 44.333 มิลลิลิตร เมื่ออุณหภูมิคงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จึงสามารถเติมกรดอะซิติกที่ผ่านการเตรียมเตรียมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยใช้ปิเปตใส่ลงในปิกเกอร์ปริมาตร 30 มิลลิลิตร เมื่ออุณหภูมิคงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จึงสามารถเติมสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ผ่านการเตรียมโดยใช้หลอดหยดสารในการหยดสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์โดยค่อยๆหยด เมื่ออุณหภูมิคงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จึงสามารถเริ่มจับเวลาการทดลอง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้นขั้นตอนการเตรียมน้ำกลั่น ต้มน้ำกลั่นให้เดือดหลังจากนั้นนำน้ำมันที่ผ่านการทดลองแล้วใส่ลงในกรวยแยกสาร นำน้ำกลั่นที่ผ่านขั้นตอนการต้มมาใส่กรวยแยกสาร ที่มีน้ำมันที่ผ่านการทดลองจากนั้นเขย่ากรวยแยกสารและปล่อยก๊าซเพื่อให้ น้ำกลั่นและน้ำมันที่ผ่านการทดลองแล้วผสมเข้าด้วยกัน รอการแยกชั้นระหว่างน้ำมันที่ผ่านการทดลองและน้ำกลั่น เมื่อเกิดการแยกชั้นแล้วระหว่างน้ำมันที่ผ่านการทดลอง (ชั้นบน) และน้ำกลั่น (ชั้นล่าง) จึงไขนำส่วนน้ำกลั่น

ออกและนำน้ำมันที่ผ่านการทดลองแล้วใส่ลงในปีกเกอร์ให้ความร้อนเพื่อให้ความร้อนคงที่ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เตรียมไอโซโพรพิลโดยตวงสารลงในปีกเกอร์ซึ่งปริมาตร 300 มิลลิลิตร และเตรียมกรดซัลฟิวริก 10% โดยตวงสารลงในปีกเกอร์ซึ่งปริมาตร 40 มิลลิลิตร เมื่ออุณหภูมิคงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จึงสามารถเติมไอโซโพรพิลและกรดซัลฟิวริก 10% ที่ผ่านการเตรียม เมื่ออุณหภูมิคงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จึงสามารถเริ่มจับเวลาการทดลอง เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นเตรียมเฮกเซนโดยตวงสารลงในปีกเกอร์ซึ่งปริมาตร 500 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำมันที่ผ่านการทดลองแล้วใส่ลงในกรวยแยกสาร นำเฮกเซนที่ผ่านการเตรียมมาใส่กรวยแยกสาร ที่มีน้ำมันที่ผ่านการทดลองจากนั้นเขย่ากรวยแยกสารและปล่อยก๊าซเพื่อให้เฮกเซนและน้ำมันที่ผ่านการทดลองแล้วผสมเข้าด้วยกัน รอกการแยกชั้นระหว่างน้ำมันที่ผ่านการทดลองและเฮกเซน เมื่อเกิดการแยกชั้นแล้วจึงไขส่วนชั้นล่างทิ้ง จากนั้นเตรียมโซเดียมไบคาร์บอเนตที่อิมิตัวปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำโซเดียมไบคาร์บอเนตใส่ลงในในกรวยแยกสารเขย่ากรวยแยกสารและปล่อยก๊าซเพื่อให้ผสมเข้าด้วยกันรอกการแยก จากนั้นไขส่วนล่างออกและเก็บ epoxidize waste cooking oil plasticizer แล้วใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไปโดยขั้นตอนการทดลองสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

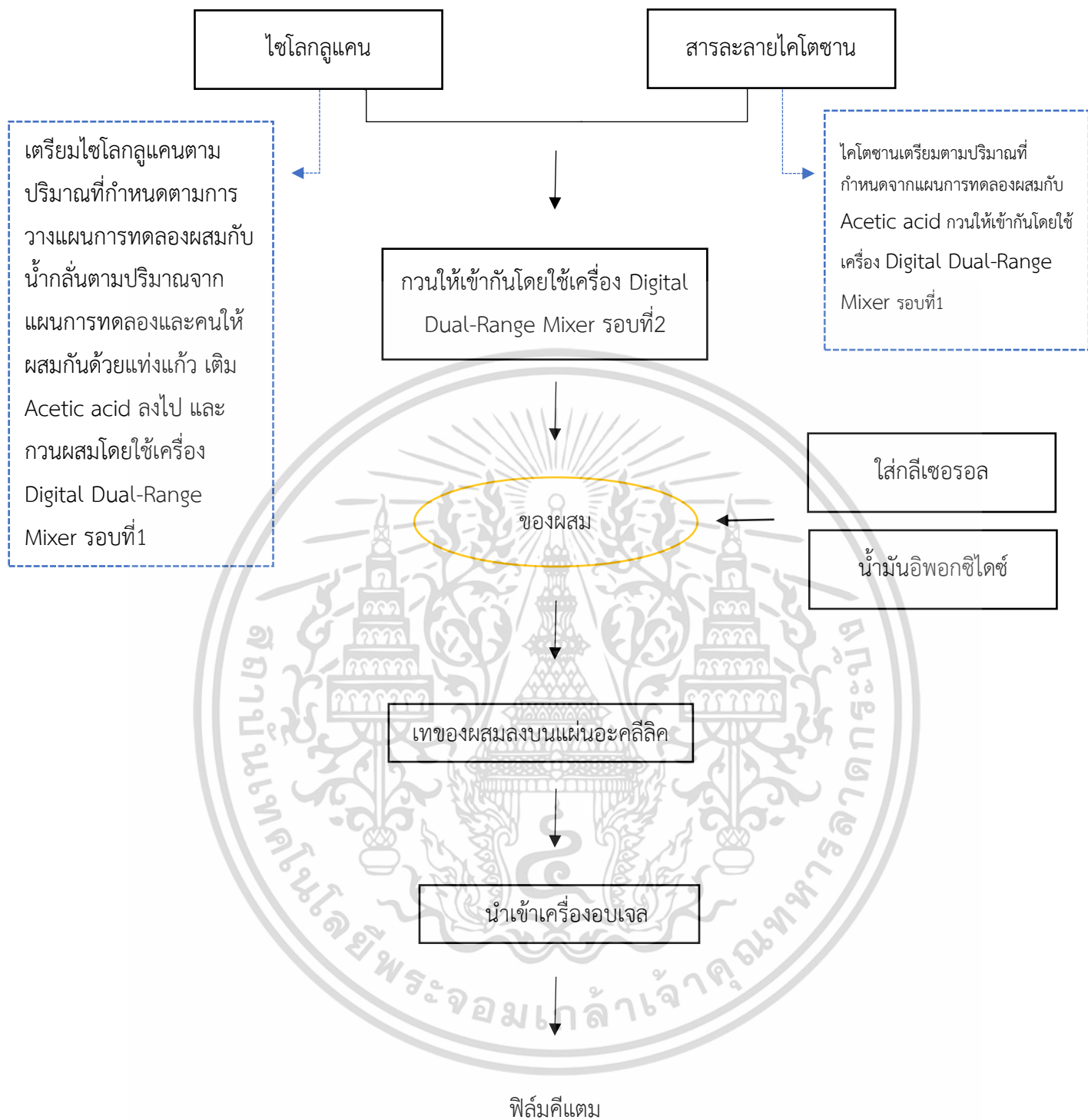


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิต epoxidize waste cooking oil โดยใช้ Isopropyl เป็นตัวแอลกอฮอล์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การผลิตฟิล์มคีแตม

ขั้นตอนการทดลองได้ดังนี้ แบ่งสารละลายออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ สารละลายของไซโลกลูแคน และสารละลายไคโตซาน โดยในส่วนของสารละลายไซโลกลูแคน นำไซโลกลูแคนมา 0.80 กรัม มาละลายใน น้ำกลั่นร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ปริมาณ 10 มล. โดยใช้แท่งแก้วคนสารคนของผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 15 นาที (คนจนไซโลกลูแคนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน) จากนั้นเติมกรดอะซิติก 4% (v/v) ปริมาณ 25 มล. สารละลายไซโลกลูแคนที่ได้ไปกวนด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixer ที่ความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที และในส่วนของสารละลายไคโตซาน นำไคโตซาน 0.20 กรัม มาละลายกรด อะซิติก 4% (v/v) ปริมาตร 25 มล. ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จนไคโตซานละลาย แล้วกวนด้วยเครื่อง Bamix Hand Blender ที่ระดับความเร็วสูงสุด ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นกวนสารละลายไคโตซานด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixr ความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงเท สารละลายทั้ง 2 ส่วนผสมรวมกัน แล้วกวนต่อด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixer ความเร็วรอบ 220 รอบ ต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นเติมน้ำมันอีพอกซีไดซ์และกลีเซอรอลตามการออกแบบการทดลองตารางที่ 3.1 ตามลำดับแล้วกวนต่อด้วยเครื่อง Digital Dual-Range Mixer ที่ความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเทของผสมลงบนแผ่นอะคริลิกขนาด 20*24 ซม. นำเข้าเครื่องอบเจล ที่อุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วจึงลอกแผ่นฟิล์มออกนำฟิล์มที่ผลิตได้มาทำการ ทดสอบในขั้นต่อไปดังภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการผลิตฟิล์มคีแตม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันอพอกซีไธซ์

3.4.1 จุดวาบไฟ (Flash point)

การหาจุดวาบไฟของน้ำมันพื้นฐานตรวจวัดโดยใช้เครื่อง Pensky-Mastens Closed Cup ด้วยวิธี ASTM D93 โดยวิธีการวิเคราะห์คือ เติมน้ำมันตัวอย่างลงในถ้วยจนถึงขีดที่กำหนด จากนั้นนำถ้วยใส่ลงในเครื่องทดสอบและปิดฝาถ้วย จุดไฟที่หัวพ่นก๊าซ จะถูกให้ความร้อนและอัตราการกวนในอัตราที่กำหนด เมื่อถึงจุดวาบไฟ เครื่องจะหยุดทำงานและจะแสดงอุณหภูมิของจุดวาบไฟของน้ำมันที่นำมาทดสอบ

3.4.2 การหาความหนืด (Viscosity)

การหาความหนืดโดยใช้วิธีการหาตามมาตรฐานโดยวิธี ASTM D445 ตามวิธีการของ American Society for Testing and Materials, 2001 โดยวิธีการวิเคราะห์คือ เติมน้ำมันลงในเครื่องวัดความหนืด (Viscometer) จากนั้นใช้จุกยางอุดตัวอย่างน้ำมันที่ตำแหน่งหลอดเล็ก จนผิวหน้าของน้ำมันที่จุดขึ้นมาอยู่เหนือขีดที่กำหนด จากนั้นปล่อยของไหลให้ไหลลงโดยการดึงจุกยางออก ทำการจับเวลาเมื่อของไหลผ่านขีดที่กำหนดและหยุดจับเวลาเมื่อของไหลผ่านขีดแรกไปยังขีดที่สอง

3.4.3 การหาหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุล (FTIR Scan)

การหาหมู่ฟังก์ชันของโมเลกุลตามมาตรฐานโดยวิธี ASTM E2412 ตามวิธีการของ American Society for Testing and Materials, 2001 โดยวิธีการวิเคราะห์แวนโน้มโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมอินฟราเรดฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (FT-IR)

3.4.4 การวัดค่าความเป็นกรด (Total acid number)

การหาค่าความเป็นกรดตามมาตรฐานโดยวิธี ASTM D974 ตามวิธีการของ American Society for Testing and Materials, 2001 โดยวิธีการวิเคราะห์คือ ค่าความเป็นกรดที่วัดออกมาเป็นหน่วย มิลลิกรัม KOH/g น้ำมัน ซึ่งค่ากรดสามารถบ่งบอกได้ถึงคุณสมบัติของน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของฟิล์มคีแตม

3.5.1 ความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและความสามารถในการยืดตัวของฟิล์มคีแตม

(Tensile strength and Elongation)

โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D882 ตามวิธีการของ Chanakorn et al.,2019 ซึ่งเป็นการทดสอบคุณสมบัติในการต้านแรงดึงขาดและความสามารถในการยืดตัวของแผ่นฟิล์มและที่มีความหนาน้อยกว่า 1 มม. หรือ 0.04 นิ้ว โดยตัดตัวอย่างฟิล์มให้มีขนาด 2x4 ซม. แล้วนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer)

3.5.2 อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapour transmission rate)

โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ ASTM E 96/E96M-16 Water vapor transmission of Materials ตามวิธีการของ Chanakorn et al.,2019 ซึ่งเป็นการทดสอบการซึมผ่านของไอน้ำผ่านของฟิล์มพลาสติกชีวภาพที่มีความหนาของชิ้นงานไม่เกิน 32 มม. หรือ 1.2 นิ้วในการทดสอบจะให้ด้านหนึ่งของตัวอย่างทดสอบสัมผัสกับความชื้นสูงขณะที่อีกด้านหนึ่งจะสัมผัสกับความชื้นต่อสภาวะที่ใช้วิเคราะห์

1. อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส 2. ความชื้นสัมพัทธ์ 90%

3.5.3 การวัดค่าสี

โดยการวัดค่าสีใช้ฟิล์มขนาด 7 x 7 ซม. โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer & Color meter (Hunterlab) โดยผลจะรายงานในรูปของ $L^*a^*b^*$

3.5.4 การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของความร้อนสาร (DSC)

วิธีการของ INNVENTIA et al.,2011 เป็นการทดสอบเพื่อระบุอุณหภูมิในการเปลี่ยนสถานะจากแก้วไปเป็นยางโดยใช้ฟิล์มคีแตมที่มีอัตราส่วนของกรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer แตกต่างกัน โดยใช้ฟิล์มจำนวน 2 มก.ใช้อัตราการเพิ่มความเร็ว 3°C/นาที ช่วงอุณหภูมิคือ 30 -260 °C อัตราการไหลของไนโตรเจนคือ 50 มล./นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาการทดลองการสังเคราะห์น้ำมันอีพอกไซด์เพื่อใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์ร่วมกับกรีเซอรอลในฟิล์มคิแตมแบ่งการทดลองศึกษาเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การสังเคราะห์น้ำมันที่ใช้แล้วเป็น Epoxidize oil โดยใช้สภาวะในการทดลองคือ
 - ปริมาณกรดอะซิติก 44.333 มิลลิลิตร
 - ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 มิลลิลิตร
 - อุณหภูมิในการทดลองคือ 60 องศาเซลเซียส
 - เวลาในการทดลองคือ 6 ชั่วโมง
2. การสังเคราะห์ Epoxidize oil โดยใช้แอลกอฮอล์และตัวเร่งในการทำปฏิกิริยาเพื่อให้โครงสร้างสามารถเป็นพลาสติกไซเซออร์ได้
 - ปริมาณแอลกอฮอล์ 300 มิลลิลิตร
 - ปริมาณกรดซัลฟิวริก 40 มิลลิลิตร
 - อุณหภูมิในการทดลอง 60 องศาเซลเซียส
 - เวลาในการทดลอง 10 ชั่วโมง
3. การใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizer เป็นพลาสติกไซเซออร์ร่วมกับกรีเซอรอลในอัตราส่วนต่างๆและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ
 - ปริมาณไซโลกลูแคน 1 กรัม
 - ปริมาณไคโตซาน 0.25 กรัม
 - ปริมาณพลาสติกไซเซออร์ที่ใช้ 35%(w/w)

4.1 ผลการศึกษาการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizer

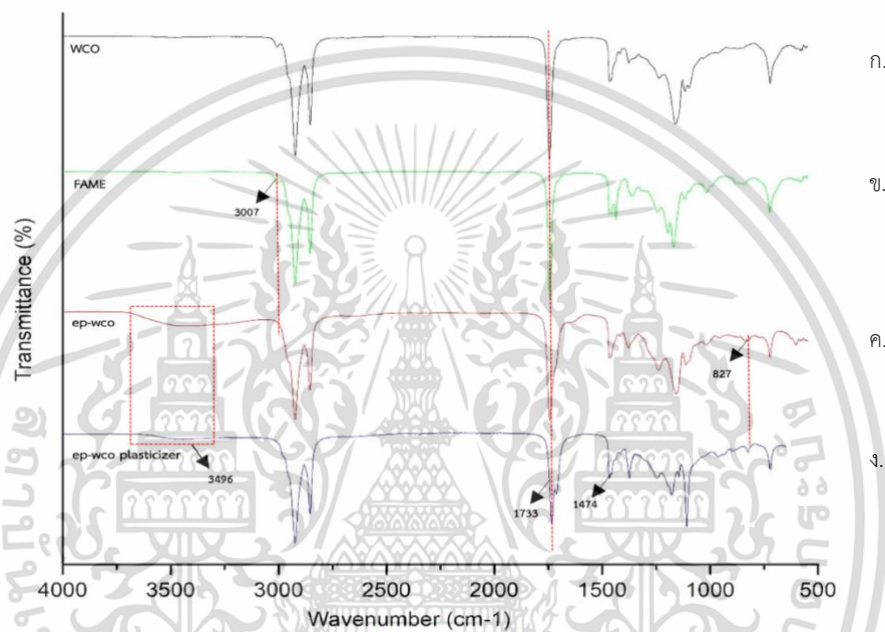
จากการศึกษาการผลิต epoxidize oil จากน้ำมันที่ใช้แล้วโดยน้ำมันที่ผ่านการใช้งานแล้วจะมีไตรกลีเซอไรด์ที่ไม่อิ่มตัว เมื่อนำมาทำปฏิกิริยาอีพอกไซด์ชันจะทำให้พันธะคู่ของ C-C กลายเป็นหมู่อีพอกไซด์ ซึ่งหลังจากนั้นเพื่อให้ epoxidized oil สามารถที่จะเป็นพลาสติกไซเซออร์ได้ต้องมีการดัดแปลงโครงสร้างใช้ตัวแอลกอฮอล์ในการเปิดวงแหวนโดยปฏิกิริยาเกิดผ่านกลไก S_N2 เพื่อที่ให้หมู่ OH เข้าไปเกาะโครงสร้างของฟิล์มเพื่อที่จะสามารถช่วยในการยึดหยุ่นในฟิล์มคิแตมมากขึ้น โดยการศึกษาการทดลองเริ่มจากการนำ waste cooking oil ที่มีพันธะคู่มาทำปฏิกิริยาอีพอกไซด์ชัน โดยใช้กรดอะซิติกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำปฏิกิริยาเพื่อให้พันธะคู่เกิดเป็นหมู่อีพอกไซด์ซึ่งสามารถยืนยันได้จาก FTIR Spectra

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 FTIR Spectra

จากภาพที่ 4.1 แสดงสเปกตรัม FTIR ศึกษาโครงสร้างทางเคมี ของ WCO , FAME , Epoxidized oil , epoxidize waste cooking oil plasticizer จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะพบว่าจากการหายไปของพีคที่ 3007 cm^{-1} ที่แสดงถึงหมู่ Unsaturated C-H ใน epoxidized oil บ่งบอกถึงการที่พันธะคู่ได้กลายเป็นหมู่เอพอกซีเมื่อเปรียบเทียบกับ WCO และ FAME ที่พบยอดพีคที่ 3007 cm^{-1} ที่บ่งบอกถึงพันธะคู่ในน้ำมันและการปรากฏยอดพีคที่ 827 cm^{-1} ของ epoxidized oil ก็เป็นการยืนยันได้ว่าเกิดหมู่เอพอกซีขึ้น



ภาพที่ 4.1 แสดงการวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี ก.) WCO , ข.) FAME , ค.) Epoxidized oil , ง.) epoxidize waste cooking oil

หลังจากการทดลองผลิต epoxidize oil ดังกล่าวแล้วสามารถยืนยันการเกิดหมู่เอพอกซีได้จาก FTIR Spectra จึงมีการศึกษาและทดลองต่อเพื่อให้ epoxidize oil มีโครงสร้างที่สามารถเป็นพลาสติกไฮเซอรด์ได้โดยการใช้แอลกอฮอล์ คือ ไอโซโพรพิล และตัวเร่งคือ กรดซัลฟิวริก ในการเข้าไปทำปฏิกิริยาแตกวงหมู่เอพอกซีเพื่อให้เกิดการเปิดวงแหวนและเกิดหมู่ OH เพิ่มมากขึ้น โดยการทดลองต่อมาจะสังเคราะห์ต่อจากขั้นตอนที่ได้ epoxidized oil โดยใช้ไอโซโพรพิลในอัตราส่วน 1:3 อ้างอิงจากงานวิจัย Ting Zheng et al.,2018 โดยใช้ Epoxidize oil ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และไอโซโพรพิล ปริมาตร 300 มิลลิลิตร กรดซัลฟิวริก(10%) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ใช้อุณหภูมิในการทดลอง 60 องศาเซลเซียส เวลาในการทดลอง 10 ชั่วโมง อ้างอิงวิธีการจากงานวิจัยของ Shima Bashiri et al.,2021 โดยผลการทดลองพบว่า epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่สังเคราะห์ได้สามารถใช้เป็นอัตราส่วนพลาสติกไฮเซอรด์ได้โดยสามารถยืนยันได้จาก FTIR Spectra โดยจากภาพที่ 4.1 ยอดพีคที่ 827 cm^{-1} ที่แสดงถึง epoxy group (C-O-C) ได้หายไปของ Epoxidize waste cooking oil plasticizers สามารถบ่งบอกถึงการที่หมู่เอพอกซีมีการเปิด

วงแหวนแล้วทำให้ยอดพีคหายไปและการปรากฏยอดพีคที่ 3496 cm^{-1} ซึ่งเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ของ Epoxidize waste cooking oil plasticizers ยืนยันถึงการเปิดวงแหวนและมีหมู่ OH ที่เพิ่มมากขึ้น และการปรากฏยอดพีคที่ 1733 cm^{-1} ของ Epoxidize waste cooking oil plasticizers ซึ่งเป็นหมู่เอสเทอร์ (C=O) โดยหมู่เอสเทอร์จะมีการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับไฮโดรเจนของฟิล์มซึ่งส่งผลต่อโครงสร้างของฟิล์มและความยืดหยุ่น โดยจากผล FTIR ดังกล่าวที่สามารถยืนยันหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นได้ในปฏิกิริยาซึ่งสามารถอธิบายปฏิกิริยาการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers ทั้งหมดได้จากภาพที่ 4.2



โดยจากภาพที่ 4.2 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers ทั้งกระบวนการโดยเริ่มแรกจากการใช้น้ำมัน WCO ที่มีโครงสร้าง C18:1 โดยมีพันธะคู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 ในการสังเคราะห์โดยเริ่มแรกจากการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และกรดอะซิติกในการตัดแปลงโครงสร้างจากพันธะคู่เกิดเป็นหมู่อีพอกซี (Epoxy) หลังจากนั้นเพื่อให้น้ำมันดังกล่าวสามารถทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ได้จึงมีการเติมแอลกอฮอล์ซึ่งคือ ไอโซโพรพิลและตัวเร่งคือ กรดซัลฟิวริก เพื่อให้วงแหวนออกซิเรนมีการเปิดวงและเกิดหมู่ OH และหมู่ OR จำนวนมากที่มีแขนพันธะสามารถไปจับกับโครงสร้างของพันธะไฮโดรเจนของฟิล์มคีแตมได้และช่วยในการเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์มคีแตม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของ epoxidize waste cooking oil plasticizers

	Viscosity at 40 C ^o (cST)	Flash point (D93)	Total acid number (mg.KOH/g)
WCO	40.9	127 C ^o	36.81
Ep wco plasticizer	0.79	< 50 C ^o	9.91
Epoxy fatty acid Methyl อีพอกซีพลาสติกไซเซออร์	-	< 170 C ^o	< 0.8

4.1.2 ความหนืด (Viscosity)

ค่าความหนืดที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ของ epoxidize waste cooking oil plasticizers วัดความหนืดได้ 0.79 cST ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนืดของ WCO ที่วัดได้ 40.9 จะถือว่าต่ำมากอาจเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาของน้ำมันดังกล่าวที่มีการเติมแอลกอฮอล์ส่งผลให้มีค่าความหนืดต่ำแต่ในกรณีที่มีการใช้ Epoxidize waste cooking oil plasticizers ทดแทนกรีเซอร์อลในอัตราส่วนต่างๆในฟิล์มเคลือบ ความหนืดของกรีเซอร์อลเมื่อผสมกับ Epoxidize waste cooking oil plasticizers จะทำให้มีความหนืดที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นพลาสติกไซเซออร์ได้

4.1.3 จุดวาบไฟ (Flash point)

จุดวาบไฟของ ep wco plasticizers ตรวจวัดโดยใช้เครื่อง Pensky-Martens Closed cup ด้วยวิธี ASTM D93 พบว่าเกิดจุดวาบไฟที่ต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอีพอกซีพลาสติกไซเซออร์มาตรฐาน ซึ่งจุดวาบไฟคือจุดที่อุณหภูมิต่ำที่สุด ที่สามารถทำให้เกิดไอระเหยออกมาผสมกับอากาศและเกิดเปลวไฟได้โดย Epoxidize waste cooking oil plasticizers มีจุดวาบไฟที่ต่ำแสดงถึงความไวไฟมากของ Epoxidize waste cooking oil plasticizers

4.1.4 ค่าความเป็นกรด (Total acid number)

ค่าความเป็นกรดวิเคราะห์ได้จากวิธี ASTM D974 ซึ่งวัดค่าได้ 9.91 mg.KOH/g ซึ่งพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรดของ WCO ที่มีค่าคือ 36.81 mg.KOH/g ซึ่งค่าความเป็นกรดสามารถบอกได้ถึงคุณภาพของน้ำมันและสามารถบ่งบอกถึงความเสื่อมของน้ำมันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาการสังเคราะห์ฟิล์มคีแตมโดยใช้พลาสติกไซเซอรที่มีอัตราส่วนระหว่าง กรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ในอัตราส่วนต่างๆ

4.2.1 การสังเคราะห์ฟิล์มคีแตม

จากงานวิจัยของคุณพรพฐและคณะพบว่าการใช้ไซโลกลูแคนต่อโคโตซานในอัตราส่วน 4:1 และใช้กรีเซอรอล 35 % w/w พบว่าส่งผลให้ฟิล์มคีแตมมีผลทางความแข็งแรงและความยืดหยุ่นที่ดี นอกจากนี้ยังมีความสามารถด้านจุลินทรีย์ที่ดีจึงเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนา โดยจากงานวิจัยข้างต้นจึงมีการพัฒนาต่อมา โดยการสังเคราะห์น้ำมันที่ใช้แล้วเพื่อเป็นพลาสติกไซเซอรโดยการใช้ปฏิกิริยาออกซิเดชันเข้ามา และการใช้แอลกอฮอล์ในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของน้ำมันเพื่อให้ epoxidize oil สามารถที่จะใช้ทดแทน กรีเซอรอลที่เป็นพลาสติกไซเซอรในฟิล์มคีแตมได้ โดยการทดลองจะมีการใช้อัตราส่วนกรีเซอรอลต่อ Epoxidize waste cooking oil plasticizer plasticizers ในอัตราส่วนต่างๆโดยอัตราส่วนพลาสติกไซเซอรทั้งสองรวมกันต้องได้35%(w/w) หลังจากนั้นนำฟิล์มดังกล่าวที่มีการสังเคราะห์โดยใช้ชนิดพลาสติกไซเซอรและปริมาณพลาสติกไซเซอรที่แตกต่างกันมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟิล์มเพื่อสามารถเปรียบเทียบว่าการใช้ Epoxidize waste cooking oil plasticizers เข้าไปแทนกรีเซอรอลในการเป็นพลาสติกไซเซอรมีผลทำให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่นหรือมีคุณสมบัติดีขึ้นหรือไม่ โดยอัตราส่วนของกรีเซอรอลต่อ Epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงอัตราส่วนพลาสติกไซเซอรที่มีอัตราส่วนกรีเซอรอลต่อ Epoxidize waste cooking oil plasticizers ในการผลิตฟิล์มคีแตม

อัตราส่วนของโคโตซาน ต่อไซโลกลูแคน	โคโตซาน (กรัม)	ไซโลกลูแคน (กรัม)	กรีเซอรอล (น้ำหนัก/น้ำหนักของของแข็งทั้งหมด)	Epoxidize waste cooking oil
			7	0
			6	1
			5	2
1:4	0.25	1	4	3
			3	4
			2	5
			1	6
			0	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟิล์มคีแตมที่มีการใช้พลาสติกไซเซอร์ในอัตราส่วนกรีเซอร์อล ต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่แตกต่างกัน

1. FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

จากรูปภาพที่ 4.3 แสดงผลการตรวจวิเคราะห์ศึกษาโครงสร้างทางเคมี โดยในขั้นตอนการใส่กรดอะซิติก 4% (ปริมาตร/ปริมาตร) ซึ่งที่ pH ประมาณ 3 จะทำให้พันธะไกลโคซิดิกของไซโลกลูแคนถูกไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ส่งผลให้วงแหวนของไซโลกลูแคนที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่เปิดออกและเกิดเป็นหมู่แอลดีไฮด์ (-COH) ขึ้น จากนั้นจะเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างหมู่แอลดีไฮด์ (-COH) ของไซโลกลูแคนและหมู่อะมิโน (-NH₂) ของโคโตซานเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโคเวเลนต์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนเรียกว่า คีแตม (Chitam) ซึ่งสามารถยืนยันได้โดยดูผลจากการวิเคราะห์ Fourier TransForm Infraed Spectroscopy (FTIR) ดังแสดงในภาพที่ 4.3 พบว่า ฟิล์มคีแตมมีพีคในช่วง Wavenumbers 1,63.50 cm⁻¹ ถึง 1,643.94 cm⁻¹ ปรากฏ แสดงให้เห็นหมู่ aliphatic secondary amides (R-CO-NH-R') ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Simi (2009) พบว่าปริมาณของ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่อัตราส่วน ปริมาณที่ต่างกันไม่มีผลต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไซโลกลูแคนและโคโตซานในระหว่าง กระบวนการผลิตฟิล์มคีแตม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 FTIR แสดงโครงสร้างหมู่ฟังก์ชันของฟิล์มคิแตมที่มีอัตราส่วนกรีเซอรอลต่อ ep wco plasticizers เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เป็นพลาสติกไซเซออร์ต่างกัน ก) 7:0 , ข) 6:1 , ค) 5:2 , ง) 4:3 , จ) 3:4 , ฉ) 2:5 , ช) 1:6 , ซ) 0:7 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและความสามารถในการยืดตัวของฟิล์มคี่แตม

(Tensile strength and Elongation)

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านทานแรงดึงและความสามารถในการยืดตัวของฟิล์มคี่แตมที่มีการใช้อัตราส่วนพลาสติกไซเซอร์ที่ต่างกันที่มีความหนายู่ระหว่าง 0.03-0.09 มิลลิเมตร โดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analyzer) พบว่าการใช้อัตราส่วน Epoxidize waste cooking oil plasticizers แทนกรีเซอร์อลเป็นพลาสติกไซเซอร์มีผลทำให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดเพิ่มมากขึ้น โดยสามารถเปรียบเทียบได้จากการใช้อัตราส่วน (กรีเซอร์อลต่อep wco plasticizers) 7 : 0 ให้ค่าคือ 9.91 เมกะปาสคาล กับอัตราส่วน 0 : 7 ให้ค่าคือ 22.96 เมกะปาสคาล ซึ่งจะพบว่าเป็นอัตราส่วนที่ให้ผลที่ดีที่สุด โดยพบว่าผลค่าการต้านทานแรงดึงขาดแตกต่างกันมาก โดยพบว่าการใช้ Epoxidize waste cooking oil plasticizers เป็นพลาสติกไซเซอร์ช่วยในการต้านทานแรงดึงขาดได้ดีกว่าการใช้กรีเซอร์อลล้วนและการใช้อัตราส่วน Epoxidize waste cooking oil plasticizers เข้าทดแทนกรีเซอร์อลในอัตราส่วนต่างๆให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดที่ดีกว่าในทุกอัตราส่วน โดยเปรียบเทียบจากงานวิจัยของคุณพรพฐและคณะพบว่าการใช้อัตราส่วนไซโลกลูแคนต่อโคโตซานเท่ากับ 4:1 และกรีเซอร์อล 35%(w/w) ให้ผลค่าการต้านทานแรงดึงขาดเท่ากับ 11.51 MPa ซึ่งเปรียบเทียบกับค่าต้านทานแรงดึงขาดดังในตารางที่ 4.3 ที่มีผลค่าการต้านทานแรงดึงขาดที่มากกว่าในทุกๆอัตราส่วน จึงจะพบว่า Epoxidize waste cooking oil plasticizers มีผลต่อการต้านทานดึงขาด โดยอาจเนื่องมาจากการที่ Epoxidize waste cooking oil plasticizers มีโครงสร้างที่มีกลุ่มเอสเทอร์จำนวนมากโดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Dekai Liu et al.,2020 ซึ่งพบว่าการที่ Epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่มีการใช้ไอโซโพลฟิล มีโครงสร้างที่มีหมู่เอสเทอร์จำนวนมากแสดงถึงความมีขั้วที่สูงดังนั้นจึงทำให้เกิดการยึดเกาะที่แข็งแกร่งกับโมเลกุลส่งผลให้ค่าการต้านทานแรงดึงขาดสูงไปด้วย และจากตารางที่ 4.3 แสดงค่าความสามารถในการยืดตัว ณ จุดขาดซึ่งเป็นการวัดระยะสูงสุดที่วัสดุสามารถยืดยาวได้จนถึงจุดที่ฟิล์มขาดเทียบกับระยะเริ่มต้น โดยพบว่าการใช้ Epoxidize waste cooking oil plasticizers เป็นอัตราส่วนพลาสติกไซเซอร์ ส่งผลให้ค่าการยืดตัวในฟิล์มที่อัตราส่วนกรีเซอร์อลต่อ พลาสติกไซเซอร์ที่ต่างกัน ให้ผลค่าการยืดตัวที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.5$) เมื่อเทียบกับฟิล์มที่ใช้กรีเซอร์อล 35% (w/w) และพบว่าฟิล์มที่ใช้อัตราส่วน 5:2 , 4:3 , 1:6 ความสามารถในการยืดตัวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจากผลการทดลองดังกล่าวพบว่าการใช้ Epoxidize waste cooking oil plasticizers เป็นพลาสติกไซเซอร์มีผลต่อค่าการยืดตัวในฟิล์มโดยจากผลการทดลองพบว่าค่าการยืดตัวมีค่าน้อย อาจเนื่องมาจากการที่พลาสติกไซเซอร์ที่มีส่วนผสมของกรีเซอร์อลและ Epoxidize waste cooking oil plasticizers เข้ารวมเป็นเนื้อเดียวกันกับส่วนผสมของไซโลกลูแคนและโคโตซานได้ไม่สมบูรณ์ทำให้มีลักษณะที่ค่อยๆเยิ้ม (Exude) มาที่หน้าฟิล์มส่งผลให้ฟิล์มเกิดความเปราะและมีความอ่อนตัวลงซึ่งส่งผลต่อค่าการยืดตัวทำให้ค่าการยืดตัวของฟิล์มที่ใช้กรีเซอร์อลและ Epoxidize waste cooking oil plasticizers เป็นพลาสติกไซเซอร์มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวที่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านทานแรงดึงขาดและความสามารถในการยึดตัวของฟิล์ม คีแตมที่อัตราส่วนกรีเซอร์อลต่อ Epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ต่างกัน

อัตราส่วนของไซโล กลูแคนต่อโคโตซาน	อัตราส่วนของกรีเซอร์อล ต่อ ep-wco plasticizers	ความสามารถในการ ต้านแรงดึงขาด (เมกะปาสกาล)	ความสามารถใน การยึดตัว (เปอร์เซ็นต์)
4:1	7 : 0	9.71±0.28 ^f	2.78±0.70 ^a
	6 : 1	23.51±1.26 ^{bc}	5.21±0.98 ^b
	5 : 2	19.80±0.53 ^{de}	2.17±0.41 ^{cd}
	4 : 3	19.11±0.77 ^e	3.02±1.08 ^{cd}
	3 : 4	27.63±0.64 ^a	1.48±0.25 ^d
	2 : 5	23.97±0.56 ^b	3.99±0.18 ^c
	1 : 6	22.71±1.25 ^{de}	2.08±0.49 ^{cd}
	0 : 7	22.96±1.23 ^{cd}	1.4±0.34 ^d

หมายเหตุ : ^{a-f} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งเดียวกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

3. การวัดอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (Water vapour transmission rate)

จากตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วน ไซโลกลูแคนต่อโคโตซานที่ 4:1 โดยเติมกรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่อัตราส่วนแตกต่างกันที่มีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มคีแตม พบว่า ปริมาณของ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่จะนำมาแทนในส่วนของกรีเซอร์อลนั้นไม่มีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มคีแตมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากฟิล์มที่อัตราส่วนกรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ 7:0 มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมากที่สุด ($p \leq 0.05$) รองลงมา คือฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วนกรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ 1:6, 4:3, 0:7, 2:5, 6:1, 5:2 และ 3:4 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอัตราส่วนของกรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ 7:0 มีอัตราการซึมผ่านมากที่สุด เป็นอัตราส่วนที่เป็นกรีเซอร์อลทั้งหมดและเนื่องจากกรีเซอร์อลมี คุณสมบัติ hygroscopic สูง (Mathew and Dufresne, 2002) ซึ่งจะทำให้มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำมากขึ้น (Pongjanyakul and Puttipipatkachorn, 2007) และสำหรับอัตราส่วนของกรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 0 : 7 เป็นอัตราส่วนที่เป็น epoxidize waste cooking oil plasticizers ทั้งหมดซึ่งเป็นการสังเคราะห์มาจากน้ำมันที่ใช้แล้วที่มีกรดไขมันอิสระซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ ซึ่งส่งผลให้มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่าตัวที่ใช้กรีเซอร์อล แต่เนื่องจากค่าแต่ละอัตราส่วนของกรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ในฟิล์มคีแตมที่ผลิตได้ มีค่าอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่ไม่

มีความแตกต่างกันมากนัก ซึ่งแสดงว่าการที่นำ epoxidize waste cooking oil plasticizers มาแทนในส่วนของกลีเซอรอลในฟิล์มคีแตมนั้นไม่มีผลต่ออัตราการซึมผ่านของไอน้ำและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์อัตราการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มคีแตมที่อัตราส่วนไซโลกลูแคนต่อโคโตซานที่ 4:1 โดยเติมกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่อัตราส่วนแตกต่างกัน

อัตราส่วนของ ไซโลกลูแคนต่อโคโตซาน	อัตราส่วนของกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers	อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ (ก./ตร.ม.)
4:1	7:0	0.001659 ± 0.000092^a
	6:1	0.001517 ± 0.000121^a
	5:2	0.001498 ± 0.000166^a
	4:3	0.001585 ± 0.000281^a
	3:4	0.001423 ± 0.000237^a
	2:5	0.001540 ± 0.000682^a
	1:6	0.001587 ± 0.000162^a
	0:7	0.001552 ± 0.000094^a

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งเดียวกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

4. การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของความร้อนสาร (DSC)

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าการวิเคราะห์อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของฟิล์มคีแตมที่มีอัตราส่วนพลาสติกไซเซอร์ระหว่างกรีเซอรอลกับ epoxidize waste cooking oil plasticizers ซึ่งจากทฤษฎีได้กล่าวว่าการเติมพลาสติกไซเซอร์ช่วยในการลดค่า T_g โดยพิจารณาจากปัจจัยที่ผลต่ออุณหภูมิ T_g (ธีระพล, 2556) โดยพลาสติกไซเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัยคือกรีเซอรอลและ epoxidize waste cooking oil plasticizers โดยโครงสร้างโมเลกุลของกรีเซอรอลนั้นเป็นชนิดพอลิเมอร์พลาสติกไซเซอร์ ซึ่งทำงานตามกลไก Lubricity theory ซึ่งทำหน้าที่ในการหล่อลื่นซึ่งจะแทรกอยู่ระหว่างโมเลกุลทำให้แรงเสียดทานลดลงซึ่งส่งผลให้ค่า T_g ลดลง และการนำ epoxidize waste cooking oil plasticizers มาใช้เป็นพลาสติกไซเซอร์ร่วมกันนั้น เนื่องจาก epoxidize waste cooking oil plasticizers มีหมู่เอสเทอร์เกิดขึ้นจึงส่งผลให้มีแรงกระทำไดโพลระหว่างสายโซ่ทำให้สายโซ่เกิดการเคลื่อนที่ได้ง่ายตามกลไก Free volume theory ส่งผลให้ค่า T_g ลดลงอีกด้วย ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลการทดลองที่พบว่าการใช้อัตราส่วน epoxidize waste cooking oil plasticizers เป็นพลาสติกไซเซอร์ด้วยนั้นส่งผลให้ค่า T_g ลดต่ำลงเปรียบเทียบได้จากการใช้อัตราส่วน 7:0 ซึ่งให้

ค่า T_g คือ $143.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ เมื่อมีการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers เป็นพลาสติกไซเซอร์ส่งผลให้ค่า T_g ลดลงเปรียบเทียบได้จากอัตราส่วน 0 : 7 ให้ผลคือ $87.56\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งลดลงอย่างมากซึ่งฟิล์มโดยทั่วไปควรมีค่า T_g ที่ไม่สูงมากเกินไปเนื่องจากค่า T_g คืออุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพจากสถานะของแข็งไปเป็นของเหลวหนืดคล้ายยาง

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการวิเคราะห์อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ของฟิล์มคิแตมที่มีอัตราส่วนพลาสติกไซเซอร์ระหว่างกรีเซอรอลกับ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ต่างกัน

อัตราส่วนของไซโล กลูแคนต่อโคโคซาน	อัตราส่วนของกรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers	T_g ($^{\circ}\text{C}$)
4:1	7 : 0	143.01
	6 : 1	160.83
	5 : 2	90.98
	4 : 3	115.31
	3 : 4	105.74
	2 : 5	82.89
	1 : 6	120.98
	0 : 7	87.56

5. การวัดค่าสี (Color Measurement)

จากตารางที่ 4.6 ค่าสีของฟิล์มคิแตมที่มีอัตราส่วนของกรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่แตกต่างกัน พบว่า ฟิล์มที่ได้มีค่าสี L^* (ความสว่าง) a^* (ติดลบสีเขียว) และ b^* (สีเหลือง) อัตราส่วนของกรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ 0:7 มีค่า L^* สูงกว่าอัตราส่วนอื่นๆ ซึ่งค่า L^* เป็นค่าที่แสดงค่าความสว่างของสี ที่มีความสว่างมากและค่า a^* และ b^* ยังมีค่าสูงซึ่งเป็นไปตามลักษณะทางกายภาพของฟิล์มที่สีเหลืองใส การที่นำ epoxidize waste cooking oil plasticizers มาแทนในสัดส่วนของกรีเซอรอลมีผลต่อค่าความสว่างของฟิล์มคิแตมสามารถเปรียบเทียบได้จาก ฟิล์มคิแตมที่มีการใช้กรีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers อัตราส่วนที่ 7 : 0 ผลคือ 643.64 และ 0 : 7 ผลคือ 735.71 ซึ่งพบว่ามีค่าความสว่างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ค่าสีของฟิล์มเคลือบที่มีอัตราส่วนของกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่แตกต่างกัน

อัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers	ค่าสี*		
	L*	a*	b*
7 : 0	643.64±0.38 ^c	-6.36±0.02 ^a	32.85±0.19 ^d
6 : 1	641.04±0.24 ^d	-6.67±0.04 ^c	33.62±0.37 ^c
5 : 2	643.14±0.20 ^c	-7.19±0.04 ^a	37.52±0.34 ^a
4 : 3	639.36±0.14 ^e	-6.36±0.11 ^f	32.85±0.79 ^b
3 : 4	644.48±0.40 ^c	-6.78±0.05 ^d	35.06±0.28 ^b
2 : 5	646.53±0.63 ^b	-6.56±0.02 ^b	32.79±0.20 ^d
1 : 6	644.61±0.52 ^c	-6.79±0.03 ^e	34.72±0.11 ^b
0 : 7	735.71±0.61 ^a	-7.19±0.06 ^f	35.11±0.33 ^b

หมายเหตุ : ^{a-f} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05)

จากการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟิล์มเคลือบที่มีการใช้พลาสติกไฮเซอรอลที่ต่างกัน โดยมีการนำน้ำมัน Epoxidize waste cooking oil plasticizers มาใช้ทดแทนกรีเซอรอล โดยมีการทดสอบคุณสมบัติด้านการต้านทานแรงดึงการยืดตัว อัตราซึมผ่านของไอน้ำ อุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว รวมถึงค่าสี โดยจากการทดลองได้มีการเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของฟิล์มที่มีการใช้พลาสติกไฮเซอรอลระหว่างกรีเซอรอลกับ Epoxidize waste cooking oil plasticizers โดยเลือกอัตราส่วน 3 : 4 เนื่องจากเป็นอัตราส่วนที่ให้ผลค่าการต้านทานแรงดึงที่ดีที่สุดโดยการนำ Epoxidize waste cooking oil plasticizers เข้ามาใช้ทดแทนกรีเซอรอลนั้นจะช่วยในการเพิ่มการต้านทานแรงดึงได้ดีมากกว่าการใช้กรีเซอรอลเนื่องจากไอโซโพลฟิลมีผลช่วยในการยึดเกาะกับฟิล์มเคลือบได้ดีกว่ากรีเซอรอล และอัตราส่วนดังกล่าวยังช่วยลดอัตราซึมผ่านของน้ำได้ดีกว่าการใช้กรีเซอรอลซึ่งมีคุณสมบัติ Hydrophilic ที่ชื่นชอบน้ำซึ่งต่างจาก Epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่มีคุณสมบัติที่ไม่ชอบน้ำส่งผลให้ฟิล์มลดอัตราซึมผ่านน้ำได้ดีกว่า โดยในอนาคตอาจมีการพัฒนาปรับปรุงฟิล์มในอัตราส่วนดังกล่าวเพื่อให้สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการลดอัตราซึมผ่านน้ำ รวมถึงมีความแข็งแรงของฟิล์มดังกล่าวมากยิ่งขึ้นโดยอาจใช้ในการเป็นผลิตภัณฑ์ด้านอาหาร โดยฟิล์มที่มีการพัฒนาจะสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยจากสารเคมีและยังช่วยลดยอดเพิ่มมูลค่าในการจัดการขยะที่เหลือทิ้งอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ไขมัน epoxidize waste cooking oil plasticizers ร่วมกับกรีเซอร์อลเพื่อเป็นพลาสติกไซเซอร์ในฟิล์มคิแตม โดยใช้อัตราส่วน 7 : 0 , 6 : 1 , 5 : 2 , 4 : 3 , 3 : 4 , 2 : 5 , 1 : 6 , 0 : 7 โดยอัตราส่วนคิดจาก 35% w/w โดยในการทดลองนี้ใช้อัตราส่วนไซโลกลูแคนต่อโคโตซานคือ 4:1 คิดเป็นไซโลกลูแคน 1 กรัม โคโตซาน 0.25 กรัม โดยจากการศึกษาการสังเคราะห์น้ำมันที่ใช้แล้วเพื่อเป็นพลาสติกไซเซอร์ โดยใช้ปฏิกิริยาอีพอกซิเดชัน และใช้แอลกอฮอล์ในการเปิดวงแหวนออกซิเรนเพื่อให้น้ำมันอีพอกซิเดซิดังกล่าวสามารถมีคุณสมบัติในการเป็นเข้าจับกับโครงสร้างของฟิล์มได้ โดยสามารถตรวจสอบการเกิดปฏิกิริยาได้จากการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน (FTIR) โดยพบว่า epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่ผ่านการสังเคราะห์แล้วจะเกิดหมู่ OH ที่ยอดพีค (3496 cm^{-1}) และการปรากฏพีคที่ 1733 cm^{-1} แสดงถึงหมู่เอสเทอร์ซึ่งจะมีการสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโครงสร้างของฟิล์มและหลังจากสามารถยืนยันหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นได้ จึงตรวจสอบคุณสมบัติของน้ำมันจากค่าความหนืด จุดวาบไฟ ค่าความเป็นกรดโดยพบว่าค่าความหนืดของ epoxidize waste cooking oil plasticizers คือ 0.79 cST ซึ่งมีความหนืดที่ต่ำอาจเนื่องมาจากปฏิกิริยามีการเติมแอลกอฮอล์แต่เนื่องจากการใช้ร่วมกับกรีเซอร์อลจึงส่งผลให้ค่าความหนืดมีค่าที่เหมาะสม และจุดวาบไฟที่มีค่าต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส ซึ่งแสดงถึงความไวไฟของตัวผลิตภัณฑ์ รวมถึงค่าความกรดซึ่งผลที่ได้คือ 9.91 mg.KOH/g ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพของน้ำมัน

ซึ่งหลังจากสามารถสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers ได้ นั้นจึงมีการนำมาทดแทนกรีเซอร์อลในฟิล์มโดยมีการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน (FTIR) โดยพบว่าจากการวิเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers ไม่มีผลต่อโครงสร้างของฟิล์มคิแตม ซึ่งหลังจากการวิเคราะห์แล้วจึงมีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของฟิล์มที่มีการใช้อัตราส่วนของ ทดแทนกรีเซอร์อลซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่มีการวิเคราะห์คือ ค่าการต้านทานแรงดึงและเปอร์เซ็นต์ร้อยละการยืดตัว ณ จุด ขาด ซึ่งพบว่าการใช้อัตราส่วน epoxidize waste cooking oil plasticizers ทดแทนนั้นมีผลต่อค่าการต้านทานแรงดึงขาดซึ่งการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers นั้นส่งผลให้ค่าการต้านทานดึงขาดเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้กรีเซอร์อลอาจเนื่องมาจาก epoxidize waste cooking oil plasticizers มีหมู่เอสเทอร์จำนวนมากซึ่งส่งผลให้เกิดการยึดเกาะที่เพิ่มมากขึ้นแต่ในขณะเดียวกันการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers มีผลต่อค่าร้อยละเปอร์เซ็นต์การยืดตัวซึ่งการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ร้อยละการยืดตัวน้อยกว่าการใช้กรีเซอร์อล ซึ่งเนื่องมาจากการผสมเป็นเนื้อเดียวกันไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดความเปราะและแตกขาดง่ายการวิเคราะห์คุณสมบัติต่อมาคือ อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ ซึ่งพบว่าการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers มาทดแทนกรีเซอร์อลนั้นส่งผลให้อัตราการซึมผ่านไอน้ำนั้นดีขึ้นโดยพบว่าการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers นั้นทำให้อัตราการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าที่ต่ำมากกว่าการใช้กรีเซอร์อล เนื่องมาจากกรีเซอร์อลมีคุณสมบัติที่ชื่นชอบน้ำส่งผลให้อัตราการซึมผ่านให้

ค่าที่สูงซึ่งต่างจากการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่มีคุณสมบัติของโครงสร้างที่ช่วยในการลดการซึมผ่านของไอน้ำที่ดีขึ้นและการวิเคราะห์คุณสมบัติต่อมาคือการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของความร้อนสารโดยเป็นการวิเคราะห์อุณหภูมิในการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว โดยพบว่าการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers เข้ามาทดแทนนั้นส่งผลให้ค่า T_g ลดน้อยลงมากกว่าใช้กรีเซอร์อลเป็นพลาสติกไซเซอร์เพียงอย่างเดียวโดยเนื่องมาจาก epoxidize waste cooking oil plasticizers นั้นมีหมู่เอสเทอร์ซึ่งส่งผลให้เกิดแรงโต้ตอบระหว่างสายโซ่ทำให้ค่า T_g นั้นมีค่าต่ำลงมากกว่าการใช้กรีเซอร์อลและการวิเคราะห์ค่าสีของตัวฟิล์มที่มีการใช้อัตราส่วนกรีเซอร์อลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizers นั้นพบว่าการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizer มีผลต่อค่าสีสามารถเปรียบเทียบได้จากการใช้อัตราส่วน 7 : 0 ที่ให้ค่าที่แตกต่างกับการใช้อัตราส่วน 0 : 7 ที่ให้ผลค่าสว่างที่มากกว่าจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ epoxidize waste cooking oil plasticizers เข้ามาทดแทนนั้นทำให้ค่าความสว่างฟิล์มดีขึ้นมากกว่าการใช้กรีเซอร์อลเพียงอย่างเดียวและจากการทดลองคุณสมบัติดังกล่าวคุณสมบัตินี้ผู้จัดทำได้เลือกฟิล์มคิแตมที่มีอัตราส่วน Epoxidize waste cooking oil plasticizers ต่อกรีเซอร์อล คือ 3:4 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากให้ผลค่าการต้านทานที่ดีที่สุดและช่วยในการลดอัตราซึมผ่านของน้ำได้ดีที่สุดอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการตรวจสอบความสามารถในการต้านทานเชื้อของฟิล์มคิแตม
2. ควรมีการนำพลาสติกไซเซอร์ epoxidize waste cooking oil plasticizers ที่สามารถสังเคราะห์ได้ใช้แทนพลาสติกใน PVC เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชรินทร์ โมพีและคณะ.2563.การศึกษาคุณสมบัติเชิงกลและสัณฐานวิทยาของฟิล์มพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติกแอซิดและสารสกัดแทนนินจากเปลือกเงาะ.กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ฉนกร หยกสหชาติและคณะ.2562.การศึกษาสมบัติทางกายภาพและความร้อนของฟิล์มบริโอคได้ จากสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรเสริมโปรตีนซิน.วารสารเทคโนโลยีการอาหาร.มหาวิทยาลัยสยาม:
มหาวิทยาลัยสยาม

ดร.นิรินาถ แซ่ตั้งและดร.ชวนพิศ ขาวคงและดร.อนุวัติ แซ่ตั้ง.2554.การสังเคราะห์และสมบัติของน้ำยางพอลิยูรีเทนจากน้ำมันเมล็ดยางพาราสำหรับประยุกต์ใช้เป็นกาว.สงขลา:มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
น้ำฝน สามสาลีและนิสา ร่มสัมพันธ์และสุมาลี มุสิกกา.2564.สมบัติทางเคมีและกายภาพ ทางกล และทางความร้อนของฟิล์มบริโอคได้จากแป้งมันเลือด.นครราชสีมา:มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน
ปาณิศา แสงนาค และชวยากรณ์ เพ็ชฌุไพศิษฏ์.2020.ผลของยางธรรมชาติโคโตนานดัดแปร ต่อสมบัติการป้องกันความชื้นผ่าน สมบัติทางความร้อน และสมบัติเชิงกลของฟิล์มบรรจุภัณฑ์พอลิแลคติกแอซิด.
พิษณุโลก:มหาวิทยาลัยนเรศวร

พรพธู อัดแอ.2562.การศึกษากระบวนการผลิตและคุณสมบัติบางประการของฟิล์มคีแตม.กรุงเทพฯ:
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศศิประภา ปิติภัทรวโรชิตและบัวผัน พวงศิลป์.2552.อิทธิพลของกลีเซอรอลต่อสมบัติทางกายภาพและความร้อนของฟิล์มสตาร์ชมันสำปะหลัง.กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สวิตตา ไพบูลย์บุษราคมและสิริวิษญ์ อัครฐาววัฒน์.2565.การสังเคราะห์อ็อกซีไดซ์น้ำมันปาล์มที่ผ่านการใช้งานแล้วด้วยปฏิกิริยาอ็อกซิเดชัน.กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง

อวยชัย วงศ์รัตน์.2554.ผลของการใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหลอมอะลูมิเนียมผสมในเตาเผา.กรุงเทพฯ:สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Dekai Liu, Pingping Jiang, Zhixin Nie, Hanying Wang, Zhuding Dai, Jianneng Deng, Zhiliang Cao.2020. Synthesis of an efficient bio-based plasticizer derived from waste cooking oil and its performance testing in PVC. Jiangnan University. China

Elina Mabasa Bergstrom and Lennart salmen.2011.Plasticized xyloglucan for improved toughness—Thermal and mechanical behaviour.Royal Institute of technology.Sweden

Ioannis Arvanitoyannis and Atsuyochi Nakayama and Sei-ichi Aiba.1998.Edible films made from hydroxypropyl starch and gelatin and plasticized by polyols and water.Aristotle

เอกสารนี้ (University of Thessaloniki, Japan) เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Navadon Petchwattana and Jakkid Sanetuntikul and Borwon Narupai.2017. Plasticization of Biodegradable Poly(Lactic Acid) by Different Triglyceride Molecular Sizes: A. Comparative Study with Glycerol.New York
- Peng wang,Jinling Liu,Chongyi Chi and Yuxia Zhang,Denglong chen.2021.Solvent-free synthesis,plasticization and compatibilization of cardanol grafted onto liquid isoprene rubber.Fujian normal university.China
- Shima Bashiri,Barat Ghobadiana and Masond Dehghani Soufi and Shiva Gorjian.2021. Chemical modification of sunflower waste cooking oil for biolubricant production through epoxidation reaction.University of Tehran.Iran
- Ting Zheng,Zhenyu Wu,Qinglong Xie,Jiaojiao Fang.2018. Structural modification of waste cooking oil methyl esters as cleaner plasticizer to substitute toxic dioctyl phthalate. Zhejiang University.China



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers

ก.1 การผลิต epoxidize waste cooking oil plasticizers



ภาพภาคผนวกที่ ก.1 ตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านการทำอาหาร (waste cooking oil)



ภาพภาคผนวกที่ ก.2 กรดอะซิติก (Acetic acid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)



ภาพภาคผนวกที่ ก.4 ไอโซโพรพิล (Isopropyl Alcohol)



ภาพภาคผนวกที่ ก.5 เฮกเซน (Hexane)

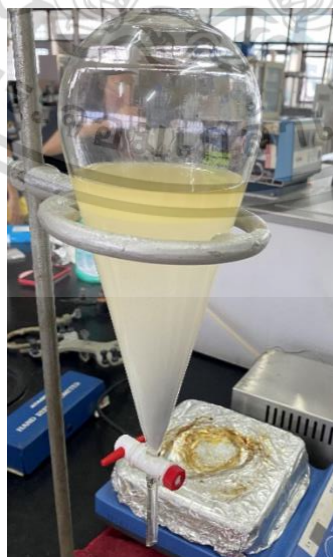
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก.6 ขั้นตอนการเติมกรดอะซิตรีก



ภาพภาคผนวกที่ ก.7 ขั้นตอนการหยดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ ก.8 หลังการแยกชั้นระหว่างอีพอกซีและน้ำกลั่น



ภาพภาคผนวกที่ ก.9 ขั้นตอนใส่แอลกอฮอล์และกรดซัลฟิวริก



ภาพภาคผนวกที่ ก.10 ขั้นตอนการล้างด้วยเฮกเซนและโซเดียมไบคาร์บอเนต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตีแบบลงเนื้อหา และต้องยี่งอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพภาคผนวกที่ ก.11 ตัวอย่างน้ำมัน

การวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน (FTIR)

ก.2 การทดลองการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers โดยใช้ Isopropyl เป็นตัว แอลกอฮอล์โดยใช้ปริมาตร 100 , 200 , 300 มิลลิลิตร

อุณหภูมิการทดลองที่ 60 องศาเซลเซียส

ระยะเวลาการทดลอง 6 ชั่วโมง

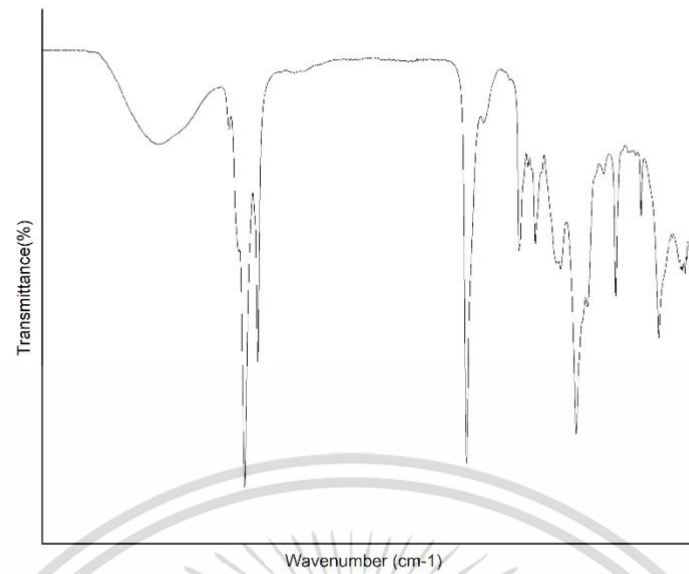
ปริมาตร Acetic acid 44.333 มิลลิลิตร

ปริมาตร hydrogen peroxide 30 มิลลิลิตร



ภาพภาคผนวกที่ ก.12 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน(FTIR) ของการสังเคราะห์ที่ใช้สภาวะข้างต้นและใช้ Isopropyl 100 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก.13 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน (FTIR) ของการสังเคราะห์ที่ใช้สภาวะข้างต้นและใช้ Isopropyl 200 ml



ภาพภาคผนวกที่ ก.14 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน (FTIR) ของการสังเคราะห์ที่ใช้สภาวะข้างต้นและใช้ Isopropyl 300 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การทดลองการสังเคราะห์โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือการสังเคราะห์ epoxidize oil ก่อนโดยใช้สภาวะการทดลองดังหัวข้อ ก.1 หลังจากนั้นจึงทำการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers โดยใช้ Isopropyl 300 มิลลิลิตรและใช้ตัวเร่งคือ กรดซัลฟิวริก โดยสภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์ขั้นตอนที่ 2 คือ

อุณหภูมิการทดลองที่ 60 องศาเซลเซียส

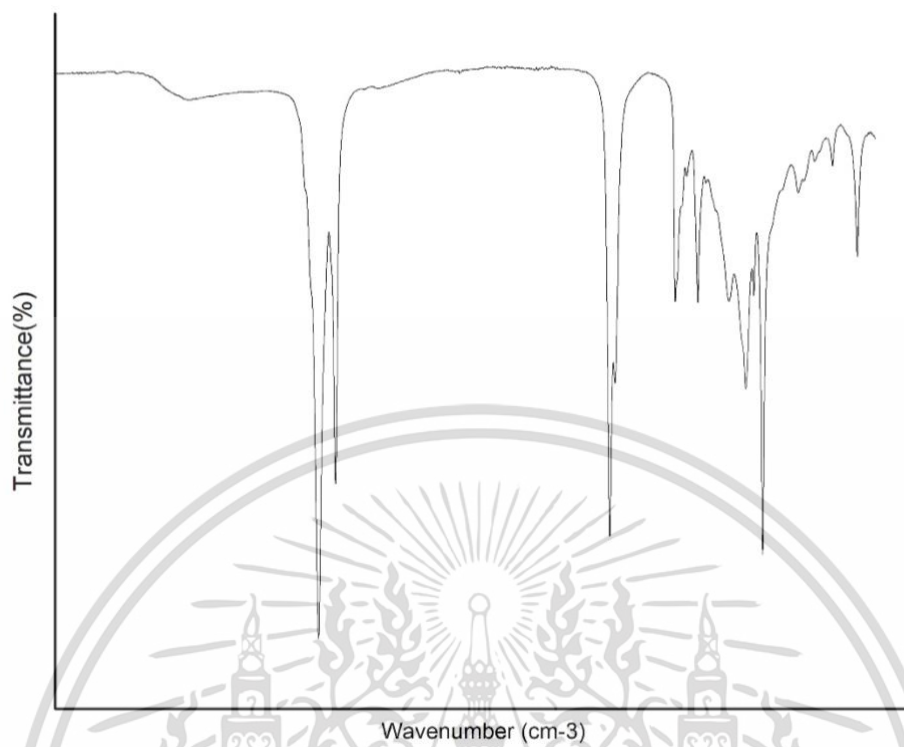
ระยะเวลาในการทดลอง 10 ชั่วโมง

ปริมาณ Isopropyl 300 มิลลิลิตร

ปริมาณกรดซัลฟิวริก(10%) 40 มิลลิลิตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ก.16 ผลการวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชัน (FTIR) ของการสังเคราะห์ epoxidize waste cooking oil plasticizers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การผลิตฟิล์มคีแตม

ข.1 การเตรียมสารละลายไซโลกลูแคน



ภาพภาคผนวกที่ ข.1 ละลายไซโลกลูแคนกับน้ำกลั่นที่มีอุณหภูมิประมาณ 85 °ซ ปริมาณ 10 มล.



ภาพภาคผนวกที่ ข.2 ใส่กรดอะซิติก 4 % (ปริมาตร/ปริมาตร) 25 มล. แล้วนำไปกวนผสมโดยใช้เครื่อง

Digital Dual-Range Mixer ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การเตรียมสารละลายไคโตซาน



ภาพภาคผนวกที่ ข.3 ละลายไคโตซานกรดอะซิติก 4 % (ปริมาตร/ปริมาตร) 25 มล. แล้วนำไปกวนผสมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที



ภาพภาคผนวกที่ ข.4 กวนสารละลายไคโตซานโดยใช้เครื่อง Digital Dual-Range Mixer ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การขึ้นรูปฟิล์มคี่แถม



ภาพภาคผนวกที่ ข.5 ผสมสารละลายไซโลกลูแคนและโคโตซานเข้ากัน แล้วกวนผสมต่อเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่อง Digital Dual-Range Mixer ด้วยความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 นาที



ภาพภาคผนวกที่ ข.6 เติมนิกทีนและ ep-wco plasticizers ตามอัตราส่วนตามลำดับ แล้วกวนผสมต่อเข้าด้วยกันโดยใช้เครื่อง Digital Dual-Range Mixer ด้วยความเร็วรอบ 220 รอบต่อนาทีที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ ข.7 เทของผสมลงบนแผ่นอะคริลิกขนาด 20x24 ซม.



ภาพภาคผนวกที่ ข.8 นำเข้าเครื่องอบเจด ที่อุณหภูมิ 37.5 °ซ เป็นเวลา 6 ชม.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ภาพภาคผนวกที่ ข.9 ลอกแผ่นฟิล์มออกจากแผ่นอะคริลิก
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

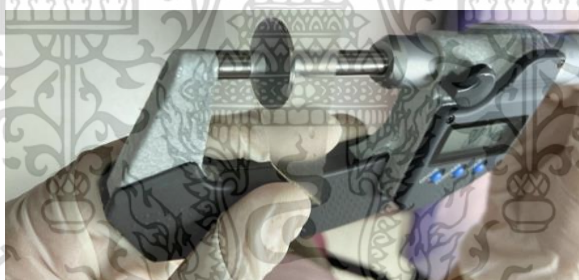
การวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี

ค.1 การวิเคราะห์หาค่าความหนา

วัดค่าความหนาของฟิล์มคีแตมที่ผลิตได้ด้วยไมโครมิเตอร์ ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 103-137 โดยใช้วิธีวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ISO 4593:1993 (ISO standard, 1993)

วิธีการวิเคราะห์

1. ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 5x5 ซม.
2. เปิดใช้งานเครื่อง Digital micrometer กดปุ่ม ON เลื่อนปากวัดเข้าไปให้สุดแล้วกดปุ่ม Zero
3. ทำการวัดและอ่านค่าที่ได้บนหน้าจอแสดงผล
4. ทำการวัดฟิล์ม 5 ซ้ำการทดลอง และกาค่าเฉลี่ยความหนาของฟิล์มคีแตม



ภาพภาคผนวกที่ ค.1 ไมโครมิเตอร์ ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 103-137

ค.2 ความสามารถในการต้านแรงดึงขาดและความสามารถในการยืดตัวของฟิล์มคีแตม (Tensile strength and Elongation)

ใช้วิธีการวิเคราะห์ตาม ASTM D 882 เป็นมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติแรงดึงยืดของแผ่นฟิล์มและซีทพลาสติกบางที่มีความหนาน้อยกว่า 1 มม. หรือ 0.04 นิ้ว โดยตัดแผ่นฟิล์มขนาด 2x4 ซม. จากนั้นนำมาวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น TA.XTPLUS โดยใช้หัว A/TG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



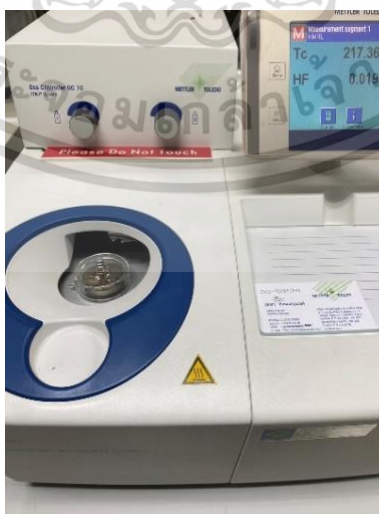
ภาพภาคผนวกที่ ค.2 เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัสรุ่น TA.XTPlus

ค.3 Differential scanning calorimeter (DSC)

วิเคราะห์ค่า Tg (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตได้ด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ยี่ห้อ Mettler Toledo

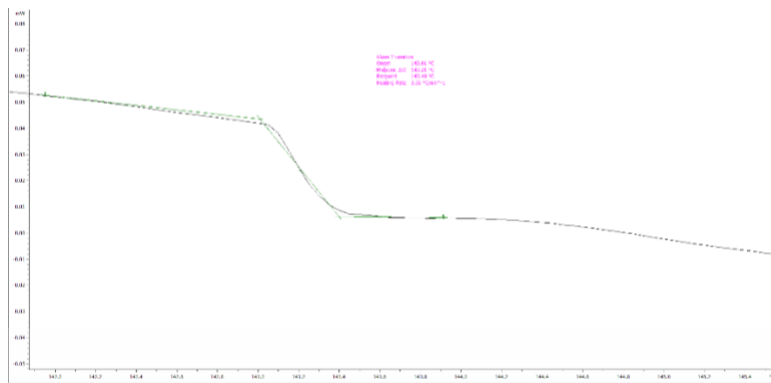
สภาวะที่ใช้วิเคราะห์

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตั้งแต่ 30 °ซ ถึง 260 °ซ
2. อัตราการให้ความร้อน
3. สภาวะแก๊สที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ แก๊สไนโตรเจน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

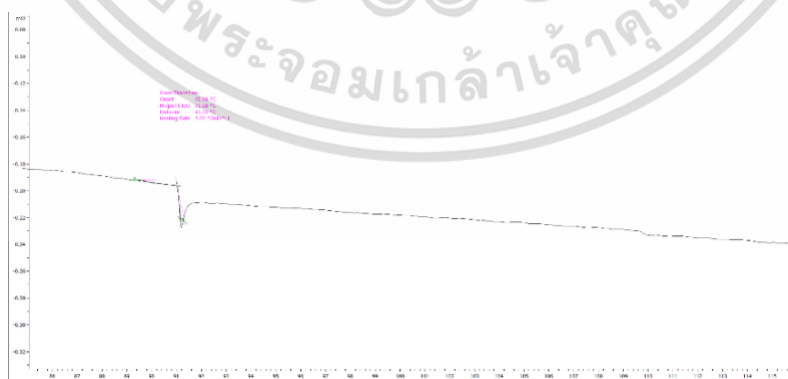
ภาพภาคผนวกที่ ค.3 เครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ยี่ห้อ Mettler Toledo



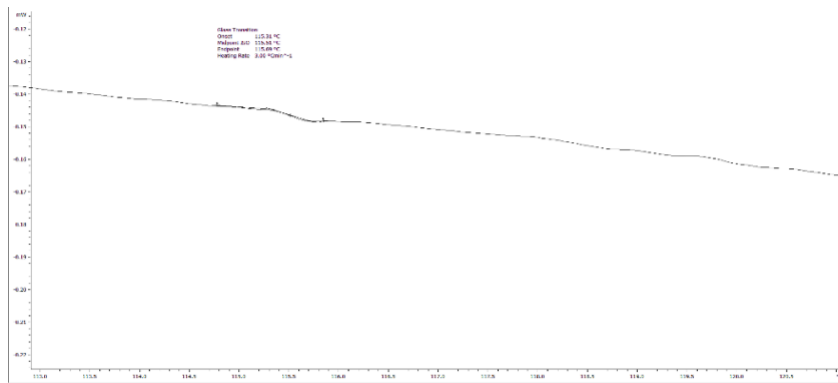
ภาพภาคผนวกที่ ค.3.1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 7 : 0



ภาพภาคผนวกที่ ค.3.2 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 6 : 1



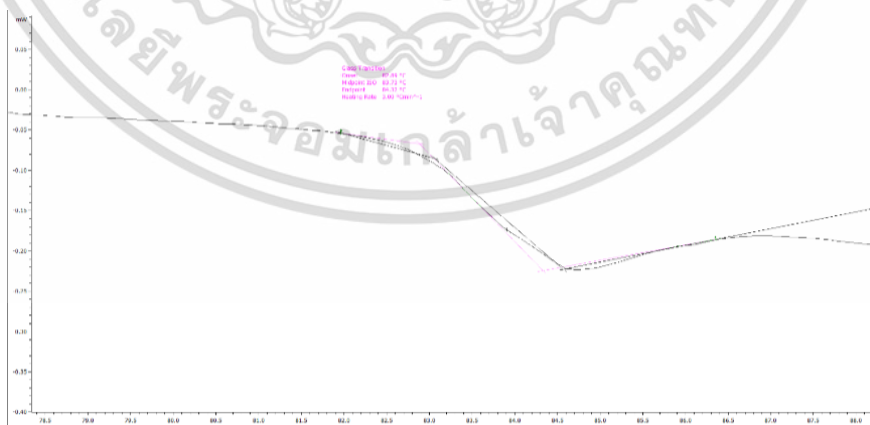
ภาพภาคผนวกที่ ค.3.3 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 5 : 2



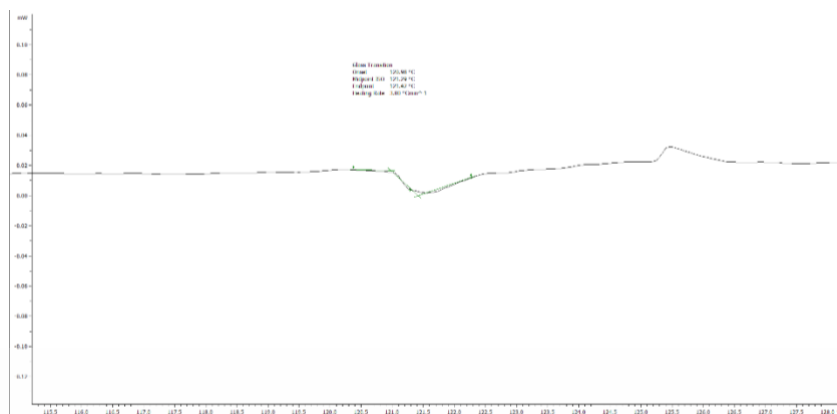
ภาพภาคผนวกที่ ค.3.4 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 4 : 3



ภาพภาคผนวกที่ ค.3.5 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 3 : 4



ภาพภาคผนวกที่ ค.3.6 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 2 : 5



ภาพภาคผนวกที่ ค.3.7 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 1 : 6



ภาพภาคผนวกที่ ค.3.8 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ค่า T_g (Glass transition temperature) ของฟิล์มที่ผลิตด้วยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC) ระหว่างอัตราส่วนระหว่างกลีเซอรอลต่อ epoxidize waste cooking oil plasticizer ที่ 0 : 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกุลธิดา กิแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	14 สิงหาคม 2543
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น – ตอนปลายจาก โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๔ ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท ผลไม้พรีเมียมราย จำกัด
ชื่อ-นามสกุล	นางสาววรินทร์ วัลลิภะคะ
วัน เดือน ปี เกิด	12 กันยายน 2543
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น – ตอนปลายจาก โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ๔ ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท ผลไม้พรีเมียมราย จำกัด
ชื่อ-นามสกุล	นางสาววิมลพรรณ อรชร
วัน เดือน ปี เกิด	22 มิถุนายน 2543
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น – ตอนปลายจาก โรงเรียนรัตนโกสินทร์สมโภชลาดกระบัง ปัจจุบันกำลังศึกษาคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	นักศึกษาฝึกงาน บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้