

การศึกษาประสิทธิภาพการกราฟต์บิสอะมิโนโพรพอกซีลงบนผิวหน้าของฟิล์มพอลิเอทิลีนและ
ฟิล์มพอลิโพรพิลีนและการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย

A study on the efficiency of thermal induced graft polymerization using bisaminoproxy on
the surface of polyethylene and polypropylene films and their antibacterial properties

กัลยาภรณ์ จันทร์¹ และ ทิฐิมา นวลบุญ²

¹หลักสูตรเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

²หลักสูตรชีวประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

E-mail: kanlayapornc@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกราฟต์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วยการเหนี่ยวนำความร้อนเพื่อเพิ่มหมู่ฟังก์ชันเข้าสู่ผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนด้วยกรดอะคริลิก (acrylic acid) และมาเลอิก แอนไฮไดรด์ (maleic anhydride) โดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) เป็นตัวริเริ่ม และทำการกราฟต์ต่อด้วยบิสอะมิโนโพรพอกซีบิวเทน จากการศึกษาสภาวะในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ของฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนด้วย 25% โดยน้ำหนักกรดอะคริลิก พบว่าร้อยละกราฟต์มอนอเมอร์ฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนเท่ากับ 9.88 และ 5.68 ตามลำดับ ในขณะที่นำฟิล์มไปกราฟต์ด้วยด้วย 25% โดยน้ำหนักมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ให้ร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์มากกว่า ซึ่งให้ร้อยละของการกราฟต์ฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนเท่ากับ 4.05 และ 3.16 ตามลำดับ จากนั้นนำฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิก เรียกว่า “acrylated-g-PP” และ “acrylated-g-PE” มากราฟต์ต่อด้วยบิสอะมิโนโพรพอกซีบิวเทน พบว่าร้อยละของการกราฟต์เท่ากับ 108.23 ± 0.39 และ 50.89 ± 0.52 ตามลำดับ และนำฟิล์มทั้งสองชนิดที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดมาเลอิก แอนไฮไดรด์ เรียกว่า “maleated-g-PP” และ “maleated-g-PE” นำมากราฟต์ต่อด้วยบิสอะมิโนโพรพอกซีบิวเทนร้อยละของการกราฟต์เท่ากับ 95.70 ± 4.56 และ 40.00 ± 0.89 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบการกราฟต์พอลิเมอร์ไรเซชันของฟิล์มทั้งสองชนิด พบว่าการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกมีร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์สูงกว่ามาเลอิก แอนไฮไดรด์ และทำการพิสูจน์โครงสร้างของพอลิเมอร์ในฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนโดยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่าการกราฟต์กรดอะคริลิกและมาเลอิก แอนไฮไดรด์ พบหมู่ฟังก์ชันของหมู่คาร์บอนิลที่เลขคลื่น 1737 cm^{-1} และทำการศึกษาผิวหน้าของฟิล์มทั้งสองชนิดด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด พบว่า พื้นผิวเรียบขึ้นและขนาดรูพรุนเล็กลง แต่จากการศึกษาการต้านทานเชื้อแบคทีเรีย พบว่าผลการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียให้ผลการทดสอบไม่แตกต่างจากฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์ใดๆ

Abstract

This research was a study of the optimized conditions of polymerization graphing by thermal induction to introduce functional monomers onto the surface of polyethylene(PE) and polypropylene (PP) films. The study used two different monomers: acrylic acid and maleic anhydride, with the use of benzoyl peroxide as initiator and then followed by graphing with bisaminoproxy butane. It was found that when PE and PP films were graphed with 25 % (w/w) acrylic acid, the monomer graphing percentages appeared to be 9.88 percent and 5.68 percent, respectively; whereas when they were graphed with 25% (w/w) maleic anhydride, the counterpart percentages for PE and PP films appeared to be 4.05 percent and 3.16 percent, respectively. Therefore, the graphing percentages on PE and PP films when acrylic acid was used were higher than the counterpart graphing percentages on both films when maleic anhydride was used. After the PE and PP films that were graphed with acrylic acid (called acrylated-g-PE and accrylated-g-PP films) and with maleic anhydride (called maleated-g-PE and maleated-g-PP films) were further graphed with bisaminoproxy butane, it was found that the graphing percentages were 108.03 ± 0.39 and 50.89 ± 0.52 for acrylated-g-PE and acrylated-g-PP films respectively, and 95.70 ± 4.56 and 40.00 ± 0.89 respectively for maleated-g-PE and maleate-g-PP films respectively. Therefore, the graphing percentages of acrylated-g-PE and acrylated-g-PP films were higher than the counterpart percentages of maleate-g-PE and maleate-g-PP films. When the Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) technique was used to inspect the polymer structures of both types of films graphed with the two graphing methods, it was found that they displayed the same absorption of C=O at 1737 cm^{-1} . Studies of the surface modification of both films by the Scanning Electron Microscope (SEM) method revealed that the membrane surface became smoother and less porous. However, the study of antibacterial resistance of the products showed no significant difference among the modified membrane and the original films.

บทนำ

ปัจจุบันบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารได้มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากทำหน้าที่ลดความเสี่ยงของอาหาร และปรับปรุงด้านสุขอนามัยเพื่อให้อาหารมีความปลอดภัยต่อการบริโภค ในประเทศที่พัฒนาแล้วการนำเข้าเสียของอาหารในระหว่างขั้นตอนการผลิต ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการใช้การบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมนั่นเอง จึงนับว่าเป็นความเสี่ยงของชาวโลกเพราะต้องทิ้งอาหารไปในปริมาณมหาศาล ดังนั้นวัสดุที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์มีมากมายให้เลือกใช้ไม่ว่าเป็นกระดาษ พลาสติก แก้ว และโลหะ ซึ่งต่างก็มีจุดเด่นจุดด้อยด้วยกันทั้งสิ้น ถ้าหากพิจารณาถึงแนวโน้มการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์เหล่านี้แล้วพลาสติกจะโดดเด่นกว่าเพื่อน เนื่องจากต้นทุนที่ต่ำกว่าไม่ว่าจะเป็นรูปของเงินและพลังงานที่ใช้รวมทั้งความเหนียว ความยืดหยุ่น และความสะดวกในการขึ้นรูปเป็นแบบต่างๆ ให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากกระดาษ แก้ว และโลหะ ซึ่งสามารถแบ่งย่อยเป็น ถุงพลาสติก ขวดพลาสติก ถาดพลาสติก ถาดโฟม ฟิล์มห่ออาหาร เป็นต้น

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์ คือ เม็ดพลาสติกต่างๆ เช่น โพลีเอทิลีน (polyethylene) นำไปใช้ทำขวด ถาด ถัง และฟิล์มห่ออาหาร ส่วนโพลีโพรพิลีน (polypropylene) นำไปใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่ต้องต้ม และฆ่าเชื้อโรค เช่น ถังร้อน โดยบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทางด้านอาหารเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคืออุตสาหกรรมทางด้านเคมี เช่น เครื่องสำอาง ยาฆ่าแมลง ปุ๋ย และสารเคมี ดังนั้นจึงมีผู้หันมานิยมใช้บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกมากขึ้น แนวโน้มการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกเพื่อใช้ในการบรรจุสินค้ามีมากขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (สุขใจ เศรษฐบุญ, 2546)

คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์พลาสติก คือ สามารถขึ้นรูปได้หลากหลาย สวยงาม มีความคงรูปในระดับหนึ่ง มีน้ำหนักเบา มีความเหนียว ทนต่อความชื้นและสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงได้ในระดับหนึ่ง และยังสามารถเก็บกลิ่นได้ดี แต่บรรจุภัณฑ์จากพลาสติกก็ยังมีข้อเสียคือ มีความต้านทานการซึมผ่านของอากาศและไอน้ำต่ำ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์กราฟต์โคพอลิเมอร์ลงบนผิวหน้าของฟิล์มโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน โดยเป็นการสร้างบริเวณร่องไวในสายโซ่พอลิเมอร์เพื่อกระตุ้นให้เกิดโซ่กิ่งบนสาย พอลิเมอร์ของโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีน โดยใช้สารละลายกรดมาเลอิก แอนไฮไดรด์และบิสอะมิโนโพรพอกซีเปอร์ออกไซด์เป็นโซ่กิ่ง ซึ่งเป็นปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันเป็นแบบอนุมูลอิสระ

จากความสำคัญเหล่านี้งานวิจัยนี้จึงได้เกิดขึ้นซึ่งทำการศึกษาหมู่ฟังก์ชันของบิสอะมิโนโพรพอกซีเปอร์ออกไซด์ที่กราฟต์ลงบนผิวหน้าของฟิล์มชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนด้วยเครื่อง Fourier transform Infrared Spectrometer (FT-IR) และทำการศึกษาลักษณะของผิวหน้าของฟิล์มชนิดโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วยบิสอะมิโนโพรพอกซีเปอร์ออกไซด์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และเพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบการต้านทานการซึมผ่านของอากาศ ไอน้ำและแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย ตลอดจนการนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์อาหารต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกราฟต์พอลิเมอร์ไรเซชันด้วยการเหนี่ยวนำความร้อนเพื่อเพิ่มหมู่ฟังก์ชันเข้าสู่ผิวฟิล์มโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนด้วยกรดอะคริลิกและมาเลอิก แอนไฮไดรด์
2. เปรียบเทียบความต้านทานแบคทีเรียของฟิล์มที่เกิดจากการกราฟต์พอลิเมอร์ไรเซชันบิสอะมิโนโพรพอกซีเปอร์ออกไซด์บนผิวหน้าฟิล์ม maleated-g-PP maleated-g-PE acrylated-g-PP และ acrylated-g-PE กับฟิล์มชนิดที่ไม่ผ่านการกราฟต์

วิธีการศึกษา

1. วิธีการเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างฟิล์มทำโดยเข้ดตัวอย่างฟิล์มโพลีเอทิลีนและโพลีโพรพิลีนให้สะอาด จากนั้นนำมาตัดขนาดความกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 3 เซนติเมตร อย่างละ 4 ตัวอย่าง จากนั้นนำแผ่นฟิล์มโพลีเอทิลีน 1 ตัวอย่างไปใส่ในชุดอุปกรณ์รีฟลักซ์ โดยเติมสารละลายเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ กรดอะคริลิกและโพลีไวนิลอะซิเตด ทำการรีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยให้แก๊สไนโตรเจนผ่านเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดเวลา หลังจากนั้นนำฟิล์มมาอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกราฟต์ฟิล์มด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ (AOCS Official Method 1d-92 (1997))

2.1 เปรอร์เซ็นต์เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์

ตัดแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนขนาดเดียวกันกับข้อ 1. จำนวน 4 ตัวอย่าง นำแผ่นฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีน 1 ตัวอย่าง ไปชุบลงในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโทลูอีน 0.05% w/v เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์และ 1.0% w/v พอลิไวนิลอะซิเตตนำไปอบให้แห้งและนำไปชั่งน้ำหนัก ทำการรีฟลักซ์ด้วยกรดมาเลอิก แอนไฮไดรด์เข้มข้นร้อยละ 5.0 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยให้แก๊สไนโตรเจนผ่านเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดเวลา นำแผ่นฟิล์มมาล้างน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสและอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มเมื่อทำครบ 4 ตัวอย่าง แล้วทำการเปลี่ยนเปอร์เซ็นต์เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เป็น 0.10 0.15 0.20 0.25 และ 0.30% w/v ตามลำดับ คำนวณร้อยละการกราฟต์ จากนั้นเปลี่ยนชนิดของฟิล์มเป็นพอลิโพรพิลีนทำการทดลองซ้ำอีก 3 ซ้ำ

2.2. การหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของมาเลอิก แอนไฮไดรด์

เตรียมตัวอย่างฟิล์มทั้ง 2 ชนิด เตรียมวิธีเดียวกันกับข้อ 2.1 ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์ม เมื่อทำครบ 4 ตัวอย่าง แล้วทำการเปลี่ยนความเข้มข้นของมาเลอิกแอนไฮไดรด์เป็นร้อยละ 10.0 และ 15.0 น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ คำนวณเปอร์เซ็นต์กราฟต์เพื่อหาเปอร์เซ็นต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์ จากนั้นเปลี่ยนชนิดของฟิล์มเป็นพอลิโพรพิลีน

2.3 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์

ตัดเตรียมตัวอย่างฟิล์มทั้ง 2 ชนิด เตรียมวิธีเดียวกันกับข้อ 2.1 ไปแผ่นฟิล์มทั้ง 2 ชนิดชุบลงในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโทลูอีน สารละลายเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ และพอลิไวนิลอะซิเตตเข้มข้น ร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร อบให้แห้งและนำไปชั่งน้ำหนัก ทำการรีฟลักซ์กับเปอร์เซ็นต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยให้แก๊สไนโตรเจนผ่านเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดเวลา นำแผ่นฟิล์มมาล้างน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสและอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มเมื่อทำครบ 4 ตัวอย่าง แล้วทำการเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์เป็น 4 6 8 10 และ 12 ชั่วโมง ตามลำดับ คำนวณร้อยละการกราฟต์ เพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ การทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของฟิล์มเป็นพอลิโพรพิลีน เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกัน โดยทำการทดลองที่เวลาครั้งที่ อุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์เป็น 80 และ 90 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทำการทดลองโดยเปลี่ยนชนิดของฟิล์มเป็นพอลิโพรพิลีน

2.4 การกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนแผ่นฟิล์ม

ตัดเตรียมตัวอย่างฟิล์มทั้ง 2 ชนิด เตรียมวิธีเดียวกันกับข้อ 2.1 โดยให้แก๊สไนโตรเจนผ่านเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดเวลา นำแผ่นฟิล์มมาล้างน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสและอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์ม แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์กราฟต์ เมื่อทำครบ 6 ตัวอย่าง ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชนิดของฟิล์มเป็นพอลิโพรพิลีน และนำไปตรวจดูหมู่ฟังก์ชันด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spectrometer (FT-IR)

3. การกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ลงบนผิวหน้าของฟิล์มพอลิเอทิลีน และฟิล์มพอลิโพรพิลีน

ตัดแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ขนาดกว้าง 2 เซนติเมตร ยาว 3.5 เซนติเมตร จำนวน 6 ตัวอย่าง และนำไปชั่งน้ำหนัก นำแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ 1 ตัวอย่าง ไปชุบโดยการจุ่มแล้วเอาออกทันทีใน

สารละลายผสมที่ประกอบด้วยโทลูอิน 0.5% โดยน้ำหนัก เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ พอลิไวนิล อะซิเตด ร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตร ทำการรีฟลักซ์กับ 25% โดยน้ำหนักกรดอะคริลิกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยให้แก๊สไนโตรเจนผ่านเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดเวลา นำฟิล์มที่ได้ล้างน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนัก แล้วนำไปตรวจดูโครงสร้างด้วย เครื่องฟูริเออร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์ เมื่อทำครบ 6 ตัวอย่าง แล้วให้เปลี่ยนตัวอย่างเป็นฟิล์มพอลิโพรพิลีน

4. การกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีน และฟิล์มพอลิโพรพิลีน

เตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 2 จำนวน 6 ตัวอย่าง และนำไปชั่งน้ำหนัก นำแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีน ความหนาแน่นค่า 1 ตัวอย่าง ไปชุบโดยการจุ่มแล้วเอาออกทันทีในสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโทลูอิน เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พอลิไวนิลอะซิเตดเข้มข้นร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ทำการรีฟลักซ์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์เข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยให้แก๊สไนโตรเจนผ่านเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดเวลา นำฟิล์มมาล้างน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และอบแห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปตรวจดูโครงสร้างด้วยเครื่อง Fourier transform Infrared Spectrometer (FT-IR) เมื่อทำการทดลองซ้ำครบ 6 ตัวอย่างแล้ว ให้ทำการทดลองซ้ำอีกครั้งโดยในขั้นตอนตามข้อที่ 3.4.3 โดยเปลี่ยนเป็นร้อยละ 10 15 20 25 โดยน้ำหนักมาเลอิก แอนไฮไดรด์ เมื่อทำครบ 6 ตัวอย่าง แล้วให้เปลี่ยนตัวอย่างเป็นฟิล์มพอลิโพรพิลีน

5. กราฟต์บิสอะมิโนโพรพอกซีเปอร์ออกไซด์ลงบนแผ่นฟิล์ม

เตรียมสารละลายบิสอะมิโนโพรพอกซีเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร นำแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ได้จากข้อที่ 1 ทำการ รีฟลักซ์กับสารละลายบิสอะมิโนโพรพอกซีเปอร์ออกไซด์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยให้แก๊สไนโตรเจนผ่านเข้าไปในปฏิกิริยาตลอดเวลา นำแผ่นฟิล์มมาล้างน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์ม กำหนดเปอร์เซ็นต์กราฟต์ เมื่อทำครบ 6 ตัวอย่าง จากนั้นเปลี่ยนชนิดของฟิล์มเป็นพอลิโพรพิลีน นำไปตรวจดูหมู่ฟังก์ชันด้วย Fourier transform Infrared Spectrometer (FT-IR) และนำไปส่องผ่านเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อสังเกตลักษณะพื้นผิวของแผ่นฟิล์ม

6. การตรวจสอบลักษณะผิวหน้าของฟิล์ม

นำแผ่นฟิล์มพอลิเอทิลีนและแผ่นฟิล์มพอลิโพรพิลีนจำนวน 6 ตัวอย่างไปตรวจสอบด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)

7. การทดสอบการต้านแบคทีเรีย

นำฟิล์มที่ผ่านการกราฟต์มาทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ไม่ผ่านการกราฟต์ด้วย bisamino (propoxy) peroxide โดยวิธี disc method

ผลการศึกษา

1. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกราฟต์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน

1.1 ความเข้มข้นเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์

ทำการหาความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน ทำการทดลองโดยใช้มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 5.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 ชั่วโมงและอุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 80 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ในการกราฟต์ฟิล์ม

| ความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (%w/v) | ร้อยละการกราฟต์ | |
|---|------------------|-------------------|
| | ฟิล์มพอลิเอทิลีน | ฟิล์มพอลิโพรพิลีน |
| 0.05 | 0.73 ± 0.0026 | 1.00 ± 0.0005 |
| 0.10 | 1.10 ± 0.0020 | 1.42 ± 0.0012 |
| 0.15 | 0.64 ± 0.0014 | 1.11 ± 0.0022 |
| 0.20 | 0.60 ± 0.0019 | 0.77 ± 0.0035 |
| 0.25 | 0.53 ± 0.00023 | 0.67 ± 0.00040 |

จากตารางที่ 1 พบว่าเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 น้ำหนักต่อปริมาตร ทำให้ฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงสุด คือ 1.10 และ 1.42 ตามลำดับ โดยพบว่า ถ้าความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์มากกว่าร้อยละ 0.10 น้ำหนักต่อปริมาตร ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีน และพอลิโพรพิลีนลดลงที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์แตกตัวเป็นสารอนุมูลอิสระได้มากอาจทำให้เกิดการรวมตัวกันเองของ free-radical และ free-radical เหล่านี้อาจรวมตัวกับมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ทำให้มาเลอิก แอนไฮไดรด์ถูกกราฟต์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง และเมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละของการกราฟต์ของฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน พบว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีน เนื่องจากฟิล์มพอลิโพรพิลีนเป็นคาร์บอนทูดิซคิวมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา และมีความเสถียรมากกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีนที่เป็นคาร์บอนปฏุมภูมิดังนั้นความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ คือ ร้อยละ 0.10 น้ำหนักต่อปริมาตร ซึ่งทำให้ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์มีค่าสูงสุด

1.2 ความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์

ทำการหาความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ของฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนทำการทดลองโดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 น้ำหนักต่อปริมาตร ทำการหาความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ของฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนทำการทดลองโดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 น้ำหนักต่อปริมาตร โดยใช้สภาวะการทดลองอื่นๆ เหมือนกัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ในการกราฟต์ฟิล์ม

| ความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ (%w/v) | ร้อยละการกราฟต์ | |
|--|-------------------|-------------------|
| | ฟิล์มพอลิเอทรีลีน | ฟิล์มพอลิโพรพิลีน |
| 0.00 | 1.10 ± 0.025 | 1.42 ± 0.008 |
| 5.00 | 1.42 ± 0.028 | 2.21 ± 0.005 |
| 10.00 | 1.00 ± 0.005 | 2.48 ± 0.012 |
| 15.00 | 1.66 ± 0.017 | 3.92 ± 0.004 |
| 20.00 | 1.85 ± 0.008 | 3.91 ± 0.004 |
| 25.00 | 3.66 ± 0.020 | 3.96 ± 0.001 |
| 30.00 | 3.66 ± 0.019 | 3.96 ± 0.001 |
| 35.00 | 3.66 ± 0.002 | 3.94 ± 0.003 |
| 40.00 | 3.66 ± 0.007 | 3.94 ± 0.019 |
| 45.00 | 3.66 ± 0.009 | 3.96 ± 0.001 |
| 50.00 | 3.06 ± 0.012 | 3.96 ± 0.008 |

จากตารางที่ 2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ร้อยละ 25 ให้ร้อยละการกราฟต์สูงที่สุดโดยฟิล์มชนิดพอลิเอทรีลีนร้อยละการกราฟต์เท่ากับ 3.66 และฟิล์มพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์เท่ากับ 3.96 ตามลำดับ

1.3 เวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์

ทำการหาเวลาที่เหมาะสมใช้ในการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนฟิล์มพอลิเอทรีลีนและ พอลิโพรพิลีนทำการทดลองโดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.10% w/v สารละลายกรดมาเลอิกแอนไฮไดรด์ความเข้มข้น 25.0% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการหาเวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์

| เวลา (ชั่วโมง) | ร้อยละการกราฟต์ | |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| | ฟิล์มพอลิเอทรีลีน | ฟิล์มพอลิโพรพิลีน |
| 2 | 2.22 ± 0.015 | 2.63 ± 0.002 |
| 4 | 1.21 ± 0.008 | 1.54 ± 0.002 |
| 6 | 1.03 ± 0.011 | 1.29 ± 0.011 |
| 8 | 0.79 ± 0.001 | 1.00 ± 0.016 |

จากตารางที่ 3 พบว่าเวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 ชั่วโมง ฟิล์มพอลิเอทรีลีนและพอลิโพรพิลีน ให้ร้อยละการกราฟต์สูงสุด คือ 2.22 และ 2.63 ตามลำดับและพบว่าถ้าเวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์มากกว่า 2 ชั่วโมง ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทรีลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลที่สารเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เกิดการแตกตัวหมดแล้ว ทำให้มาเลอิก แอนไฮไดรด์ถูกกราฟต์ลงบนฟิล์มพอลิเอทรีลีนและ พอลิโพรพิลีนลดลงและเมื่อเปรียบเทียบร้อยละการกราฟต์ของฟิล์มพอลิเอทรีลีนและพอลิโพรพิลีนพบว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มชนิดพอลิเอทรีลีน

1.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์

ทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมใช้ในการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนฟิล์มพอลิเอทรีลีนและพอลิโพรพิลีน ทำการทดลองโดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ 15.0 % โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์

| อุณหภูมิ (°C) | ร้อยละการกราฟต์ | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| | ฟิล์มพอลิเอทรีลีน | ฟิล์มพอลิโพรพิลีน |
| 60 | 0.59 ± 0.0002 | 1.31 ± 0.0005 |
| 70 | 0.72 ± 0.0012 | 1.43 ± 0.0008 |
| 80 | 2.22 ± 0.0018 | 2.63 ± 0.0002 |
| 90 | 0.45 ± 0.0004 | 1.21 ± 0.0015 |
| 100 | 0.63 ± 0.0011 | 1.08 ± 0.0005 |

จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่เหมาะสมคือ 80 องศาเซลเซียส ฟิล์มพอลิเอทรีลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงสุด คือ 2.22 และ 2.63 ตามลำดับ โดยพบว่าถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์สูงกว่า 80 องศาเซลเซียสให้ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทรีลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง

2. เปรียบเทียบร้อยละการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนักและกรดมาเลอิก แอนไฮไดรด์เข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีน

2.1 ร้อยละการกราฟต์ ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีน

ตารางที่ 5 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

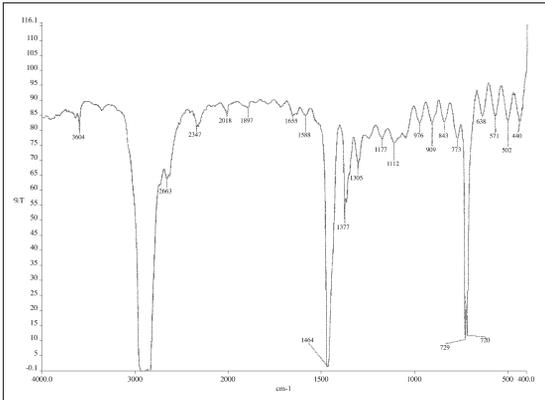
| ชนิดฟิล์ม | น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น (g) | น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์ acrylic acid (g) | ร้อยละการกราฟต์ acrylic acid \pm SD |
|--------------|--------------------------|--|---------------------------------------|
| พอลิเอทิลีน | 0.0320 | 0.0335 | 5.68 \pm 0.18 |
| พอลิโพรพิลีน | 0.0253 | 0.0278 | 9.88 \pm 0.33 |

จากตารางที่ 5 ทำการกราฟต์ฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์ฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนเท่ากับ 9.88 \pm 0.33 และ 5.68 \pm 0.18 ตามลำดับ การกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกลงบนฟิล์มแต่ละชนิด จะได้ร้อยละการกราฟต์แตกต่างกัน จากการทดลองร้อยละของการกราฟต์ลงบนผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนให้ร้อยละในการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีน ทั้งนี้เนื่องมาจากฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบทุติยภูมิ ส่วนฟิล์มพอลิเอทิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบปฐมภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากกว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนและทำการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 6 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิเอทิลีนด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

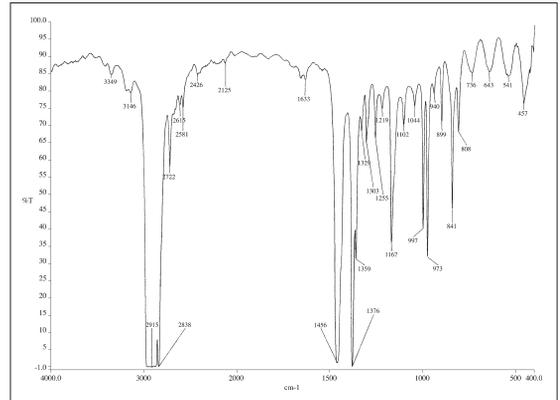
| พันธะและการสั่น | ชนิดของสารประกอบ | เลขคลื่น (cm ⁻¹) ตามทฤษฎี | เลขคลื่น (cm ⁻¹) |
|-----------------|------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| O-H stretching | Carboxylic acid | 3500-2500 | 3195 และ 2656 |
| C=O stretching | Carboxylic acid | 1750-1700 | 1737 |
| C-O stretching | Carboxylic acid | 1300-1200 | 1241 |

จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าที่เลขคลื่นที่ 3195 และ 2656 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่น 1737 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่นที่ 1241 เป็นพันธะและการสั่นของ C-O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกันกับ Nakason และคณะ (2004)



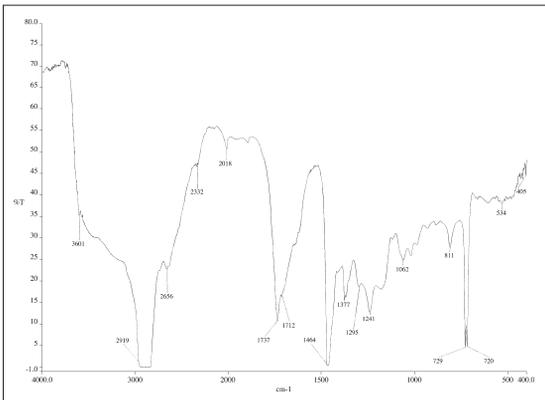
ภาพที่ 1 ก

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิเอทิลีน



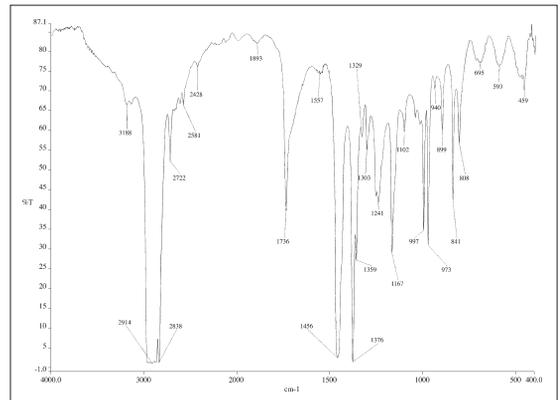
ภาพที่ 1 ข

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิโพรพิลีน



ภาพที่ 1 ค

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิเอทิลีนที่กราฟต์ด้วย 25% w/w acrylic acid



ภาพที่ 1 ง

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วย 25 % w/w acrylic acid

ภาพที่ 1 เปรียบเทียบผลการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 7 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้น ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

| พันธะและการสั่น | ชนิดของสารประกอบ | เลขคลื่น (cm ⁻¹) ตามทฤษฎี | เลขคลื่น (cm ⁻¹) |
|-----------------|------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| O-H stretching | Carboxylic acid | 3500-2500 | 3188 และ 2581 |
| C=O stretching | Carboxylic acid | 1750-1700 | 1737 |
| C-O stretching | Carboxylic acid | 1300-1200 | 1241 |

จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าที่เลขคลื่นที่ 3188 และ 2581 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่น 1737 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่นที่ 1241 เป็นพันธะและการสั่นของ C-O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก

2.2 ศึกษาร้อยละการกราฟต์ร้อยละ 25 โดยน้ำหนักกรดมาเลอิก แอนไฮไดรต์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีน

ตารางที่ 8 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วย 25% w/w โดยน้ำหนักมาเลอิก แอนไฮไดรต์

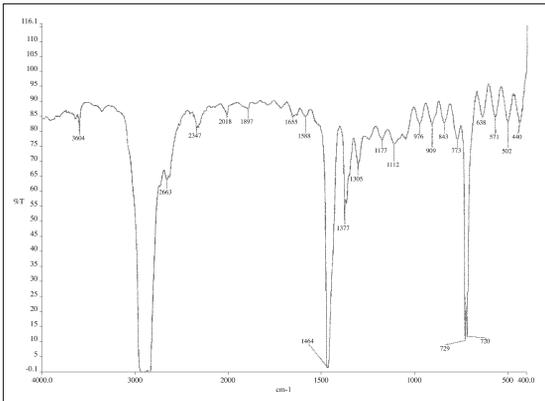
| ชนิดฟิล์ม | น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น (g) | น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์ มาเลอิก แอนไฮไดรต์ (g) | ร้อยละการกราฟต์ acrylic acid \pm SD |
|--------------|--------------------------|---|--|
| พอลิเอทิลีน | 0.0322 | 0.0332 | 3.11 \pm 0.03 |
| พอลิโพรพิลีน | 0.0222 | 0.0231 | 4.05 \pm 0.07 |

จากตารางที่ 8 ทำการกราฟต์ฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรต์ 25% โดยน้ำหนัก พบว่าร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์ฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนและ พอลิเอทิลีนเท่ากับ 3.11 \pm 0.03 และ 4.05 \pm 0.07 ตามลำดับ การกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกลงบนฟิล์มแต่ละชนิด จะได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์แตกต่างกัน จากการทดลองเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ลงบนผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์สูงกว่าฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีน ทั้งนี้เนื่องมาจากฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบทฤษฎี ส่วนฟิล์มพอลิเอทิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบปฐมภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากกว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนและนำไปตรวจสอบหุ้ฟงักชันด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี

3. การศึกษาลักษณะของฟิล์มที่ผ่านกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรต์ด้วยเทคนิค อินฟราเรด สเปกโตรสโกปี

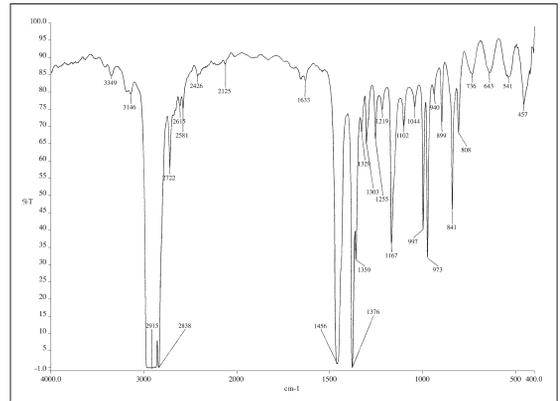
3.1 การศึกษาลักษณะของฟิล์มที่ผ่านกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี

จากการศึกษาเปรียบเทียบการกราฟต์ฟิล์มทั้งสองชนิดด้วยกรดมาเลอิก แอนไฮไดรต์เข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก นำไปศึกษาลักษณะของฟิล์มที่ผ่านกราฟต์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี แสดงผลการตรวจสอบหุ้ฟงักชันที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์ใดๆ แสดงผลดังภาพที่ 2



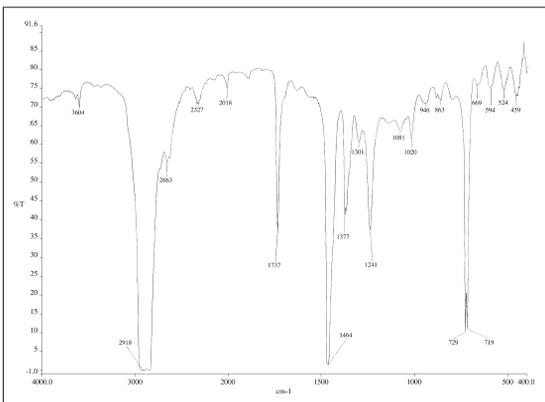
ภาพที่ 2ก

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิเอทิลีน



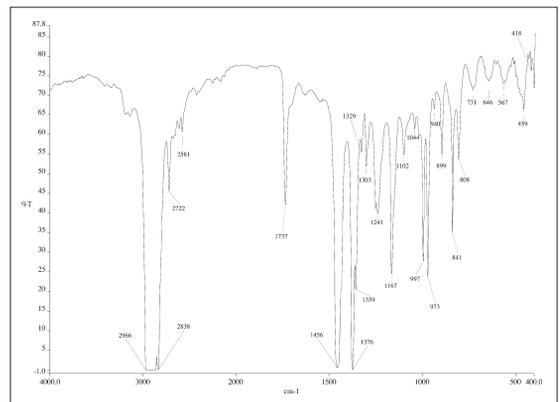
ภาพที่ 2ข

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิโพรพิลีน



ภาพที่ 2ค

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิเอทิลีนที่กราฟต์ด้วย 25% w/w maleic anhydride



ภาพที่ 2ง

อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วย 25% w/w maleic anhydride

ภาพที่ 2 เปรียบเทียบผลการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์เข้มข้น ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 9 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิเอทิลีนกรดอะคริลิก

| พันธะและการสั่น | ชนิดของสารประกอบ | เลขคลื่น (cm ⁻¹) ตามทฤษฎี | เลขคลื่น (cm ⁻¹) |
|-----------------|------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| O-H stretching | Carboxylic acid | 3500-2500 | 2663 |
| C=O stretching | Carboxylic acid | 1750-1700 | 1737 |
| C-O stretching | Carboxylic acid | 1300-1200 | 1241 |

จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าที่เลขคลื่นที่ 2663 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่น 1737 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เลขคลื่น 1241 เป็นพันธะและการสั่นของ C-O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก

3.2 การศึกษาลักษณะของฟิล์มที่ผ่านกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโกปี

ตารางที่ 10 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์

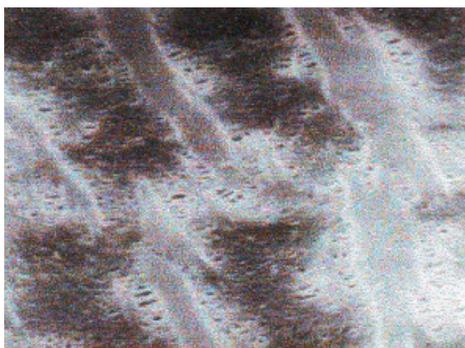
| พันธะและการสั่น | ชนิดของสารประกอบ | เลขคลื่น (cm ⁻¹) ตามทฤษฎี | เลขคลื่น (cm ⁻¹) |
|-----------------|------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| O-H stretching | Carboxylic acid | 3500-2500 | 3192 |
| C=O stretching | Carboxylic acid | 1750-1700 | 1736 |
| C-O stretching | Carboxylic acid | 1300-1200 | 1254 |

จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง FT-IR Spectrometer พบว่าที่เลขคลื่นที่ 3192 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เลขคลื่น 1736 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เลขคลื่น 1254 เป็นพันธะและการสั่นของ C-O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกจากการทดลองการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนฟิล์มทั้งสองชนิดนี้ให้ผลไปในทางเดียวกัน

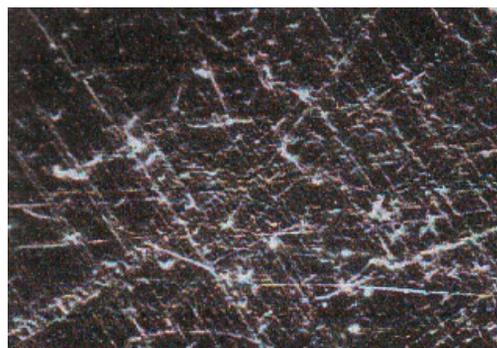
4. การวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ และกรดอะคริลิกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

4.1 ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการกราฟต์ด้วยสารละลาย กรดมาเลอิก แอนไฮไดรด์

จากการวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน เมื่อเปรียบเทียบกับแบบลึงค์ พบว่า ลักษณะพื้นผิวจะมีลักษณะเรียบขึ้น รูพรุนของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสายโซ่ข้าง (side chain) ของพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระขนาดใหญ่ (macroradicals) สามารถทำปฏิกิริยากับบิสอะมิโน (โพรพอกซี) เปอร้ออกไซด์ จึงทำให้สามารถปิดรูพรุนที่มีอยู่ในฟิล์มทั้งสองชนิด จึงสังเกตเห็นได้ว่าลักษณะรูพรุนลดน้อยลง



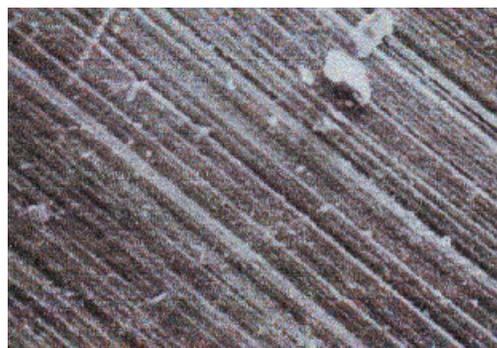
Blank PP (polypropylene)



Blank PE (polyethelene)



PP-g-Maleated



PE-g-Maleated

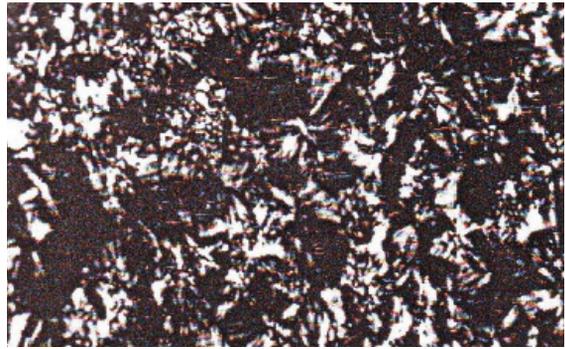
ภาพที่ 3 การวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการกราฟต์ด้วย มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

5. การศึกษาผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการกราฟต์ด้วย กรดอะคริลิก ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy

จากการศึกษาผิวหน้าของฟิล์มทั้งสองชนิดที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ เรียกว่า PP-g-Acrylated และ PE-g-Acrylated เปรียบเทียบกับตัวควบคุม พบว่า ลักษณะพื้นที่ผิวจะมีลักษณะเรียบขึ้น รูพรุนของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสายโซ่ข้าง (side chain) ของพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิก ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระขนาดใหญ่ (macroradicals) สามารถทำปฏิกิริยากับบิสอะมิโน (โพรพอกซี) เปอร์ออกไซด์ จึงทำให้สามารถปิดรูพรุนที่มีอยู่ในฟิล์มทั้งสองชนิด จึงสังเกตเห็นได้ว่าลักษณะรูพรุนลดน้อยลง



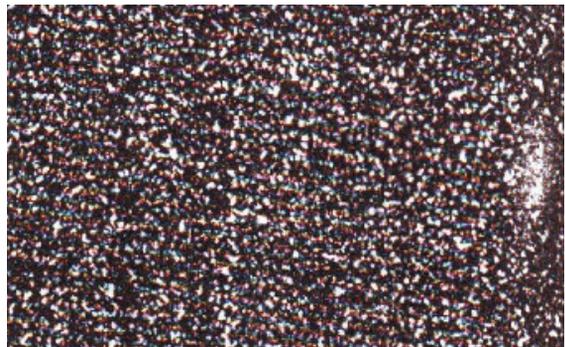
Blank PP



Blank PE



PP-g-Acrylated

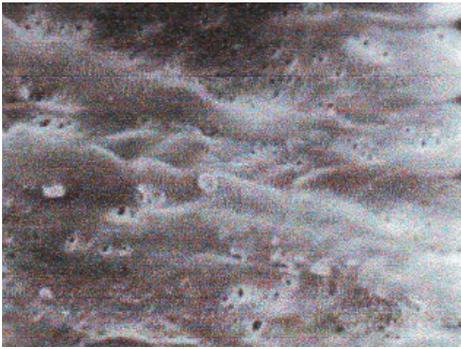


PE-g-Acrylated

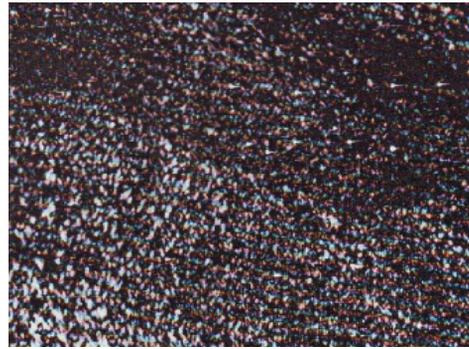
ภาพที่ 4 ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิฟลอปอลิฟินและพอลิเอทธิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope

6. การวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทธิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope

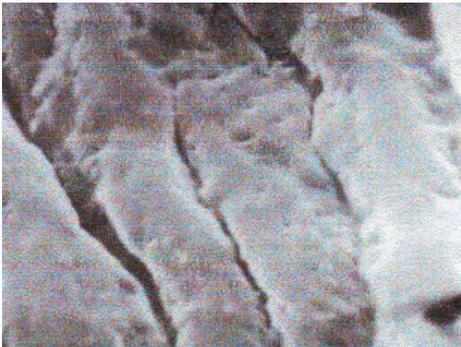
เมื่อนำฟิล์มชนิด PP-g-Maleated และ PE-g-Maleated กราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ นำมาวิเคราะห์ลักษณะผิวหน้าของฟิล์มด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope พบว่า ลักษณะพื้นที่ผิวจะมีลักษณะเรียบขึ้น รูพรุนของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสายโซ่ข้าง (side chain) ของพอลิเอทธิลีนและพอลิโพรพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระขนาดใหญ่ (macroradicals) สามารถทำปฏิกิริยากับ บิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ จึงทำให้สามารถปิดรูพรุนที่มีอยู่ในฟิล์มทั้งสองชนิด จึงสังเกตเห็นได้ว่า ลักษณะรูพรุนลดน้อยลง



PP-g-Maleated



PE-g-Maleated



PP-g-Maleated - bisamino (propoxy) peroxide



PE-g-maleated - bisamino (propoxy) peroxide

ภาพที่ 5 ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิฟลูออรีนและพอลิเอทรีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพอกซี) เปอร์ออกไซด์

7. การศึกษาการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ของฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทรีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพอกซี) เปอร์ออกไซด์

จากการศึกษาการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ของฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทรีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพอกซี) เปอร์ออกไซด์ โดยกำหนดตำแหน่งต่างๆ ดังนี้ แสดงผลการทดสอบดังภาพที่ 6

ตำแหน่งที่ 1 คือ ฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์ใดๆ

ตำแหน่งที่ 2 คือ ฟิล์มที่กราฟต์ด้วยร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก maleic anhydride

ตำแหน่งที่ 3 คือ ฟิล์มที่กราฟต์ด้วยร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก acrylic acid

ตำแหน่งที่ 4 คือ ฟิล์มที่กราฟต์ด้วยร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก maleic anhydride

ร้อยละ 10 bisamino (propoxy) peroxide

ตำแหน่งที่ 5 ถึง 7 คือฟิล์มที่กราฟต์ด้วยร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก maleic anhydride

ร้อยละ 10 bisamino (propoxy) peroxide

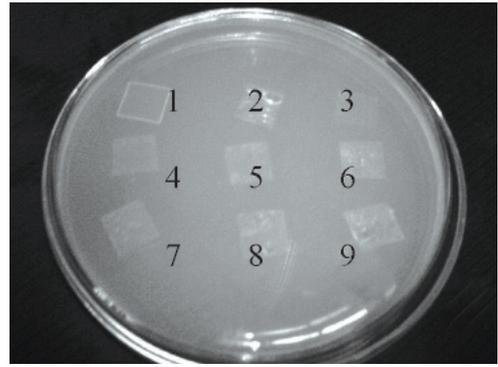
ตำแหน่งที่ 8 ถึง 9 คือฟิล์มที่กราฟต์ด้วยร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก acrylic acid

ร้อยละ 10 bisamino (propoxy) peroxide



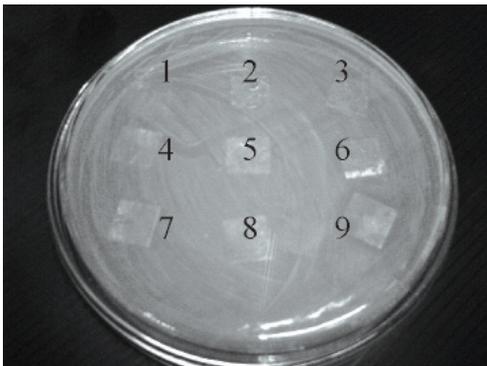
ภาพที่ 6ก

พอลิเอทิลีนควบคุมสถานะที่เปอร์เซ็นต์กราฟต์ต่างๆ



ภาพที่ 6ง

พอลิโพรพิลีนควบคุมสถานะที่เปอร์เซ็นต์กราฟต์ต่างๆ



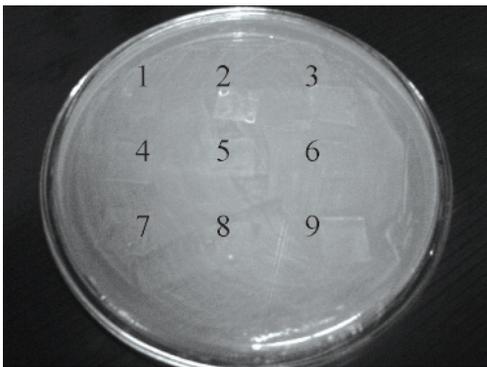
ภาพที่ 6ข

ฟิล์มพอลิเอทิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดย
เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus*



ภาพที่ 6ค

ฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดย
เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus*



ภาพที่ 6ด

ฟิล์มพอลิเอทิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดย
เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Erwinia carotovory*



ภาพที่ 6ฉ

ฟิล์มพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดย
เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus*

ภาพที่ 6 ผลการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ของฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพอกซี) เปอร์ออกไซด์

จากการทดลองการทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย จึงทำการศึกษาการต้านเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus* *Erwinia carotovory* และ *Enterobacter cloacae* เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าให้ผลการต้านทานเชื้อแบคทีเรียเหมือนกับฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์ใดๆ

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการสังเคราะห์พอลิเมอร์ของฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วยร้อยละ 25 โดยน้ำหนักกรดอะคริลิก พบว่าร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์ของฟิล์มทั้งสองชนิด คือฟิล์มพอลิโพรพิลีนและพอลิเอทิลีนเท่ากับ 9.88 และ 5.68 ตามลำดับ และเมื่อทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ของฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนด้วยสารละลายกรดมาเลอิก แอนไฮไดรด์ พบว่าความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ที่ 25% โดยน้ำหนัก เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ เนื่องจากร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์ของฟิล์มพอลิโพรพิลีนและฟิล์มพอลิเอทิลีนเท่ากับ 4.05 และ 3.16 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบการกราฟต์พอลิเมอร์ไอโซไซแนระหว่างกรดอะคริลิกและมาเลอิก แอนไฮไดรด์ พบว่ากรดอะคริลิกให้ร้อยละในการกราฟต์มอนอเมอร์สูงกว่ามาเลอิก แอนไฮไดรด์ทั้งในฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีน เมื่อทำการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน พบว่าร้อยละของการกราฟต์ได้ค่อนข้างน้อย ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างของสารเป็นวง ทำให้การเข้าทำปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ไม่ดี และนำมาทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย พบว่าให้ผลการทดลองไม่แตกต่างจากฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่า การนำฟิล์มที่กราฟต์ด้วยบิสอะมิโนมาทำการการศึกษาความต้านทานของเชื้อแบคทีเรียพบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับตัวควบคุม ซึ่งควรทำการศึกษาโดยใช้สารตัวอื่นมาทำการกราฟต์และในงานวิจัยครั้งต่อไปฟิล์มที่กราฟต์ควรทำการศึกษาโดยการนำไปใช้ในการเก็บรักษาอาหารเปรียบเทียบกับตัวควบคุมเพื่อนำไปใช้ได้จริงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- เจริญ นาคะสรรรค์.(2543). **เทคโนโลยีเบื้องต้นทางพลาสติก**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ปรีชา พหลเทพ.(2548). **พอลิเมอร์**. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ไพโรจน์ กลิ่นพิทักษ์.(2541). **เคมีพอลิเมอร์**. ปัตตานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- C. Nakason, A. Kaesaman and P. Supasanthitkul. (2004). **The grafting of maleic anhydride onto natural rubber**. Polymer Testing, 23, 35-41.
- E. Passaglia, S. Ghetti and G. Ruggeri. (2000). **Grafting of diethyl maleate and maleic anhydride onto styrene-b-(ethylene-co-1-butene)-b-styrene triblock copolymer (SEBS)**. Polymer. 41, 4389-4400.
- F. Severini and N. Fanti.(1999). **Free radical grafting of maleic anhydride in vapour phase on polypropylene film**. Polymer. 7059-7064.

- G. Massa, R., Mazzei and E. Smolko.(2005). **Grafting of acrylic acid onto polypropylene films irradiated with argon ions.** Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B., 236, 272-276.
- Jyh-Ming Hwu and Ming-Jen Chang. (2005). **Synthesis and application of functional Polyethylene graft copolymers by atom transfer radical polymerization.** Journal of Organometallic Chemistry, 690, 6300-6308.
- Kang-Yeol Park and Kyung-Do Suh. (2001). **Methacryloyl carbomate functionalized ethylene-propylene copolymer.** Journal of material science, 36, 4823-4826.
- Mousa Ghaemy and Solaiman Roohina. (2003). **Grafting of Maleic Anhydride on Polyethylene in a Homogeneous Medium in the Presence of Radical Initiators.** Iranian Polymer Journal, 12, 21-29.
- Paulo G. S. Campos, Marcia C. A. Fantini and Denise F. S. Petri. 2004. **Grafting of Tetrahydrophthalic Tetrahydrophthalic and Maleic Anhydride Onto Polyolefins in Solution.** J. Braz. Chem. Soc., 532-540.
- Sachin N. Sathe, G. S. Srinivasa Rao and Surekha Devi. (1994). **Grafting of Maleic Anhydride onto Polypropylene: Synthesis and Characterization.** Journal of Applied Polymer Science, 53,239-245.
- Wulin Qui, Takashi Endo and Takahiro Hirotsu. (2005). **A novel technique for preparing of maleic anhydride grafted polyolefins.** European Polymer Journal. 41.1979-1984.
- Xuezhen Shi, Weizhuang Cheng and Yuliang Yang. (2002). **Synthesis of graft copolymer of styrene and acrylonitrile onto poly(butyl acrylate) by using polymeric peroxide.** Polymer Bulletin, 48, 389-396.
- Yeh-Fang Duann, Yan-Cheng Chen and Yen-His Lin. (2004). **Thermal induced graft polymerization using peroxide onto polypropylene fiber.** Polymer.45, 6839-6843.
- Ying Li, Xu-Ming Xie and Bao-Hua Guo. (2001). **Study on styrene-assisted melt free radical grafting of maleic anhydride onto polypropylene.** Polymer, 42, 3419-3425.