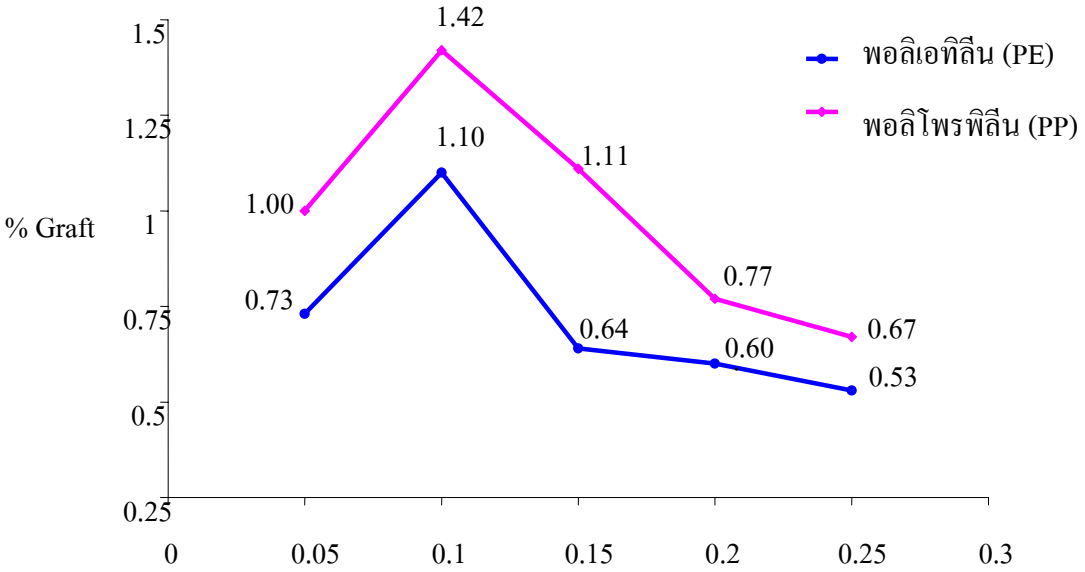
บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการกราฟต์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีน

4.1.1 ความเข้มข้นเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์

ทำการหาความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีน และพอลิโพรพิลีน ทำการทดลองโดยใช้มาเลอิก แอนไอไดรด์ ความเข้มข้น 5.0 % w/v เวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 ชั่วโมงและอุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 80 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 15



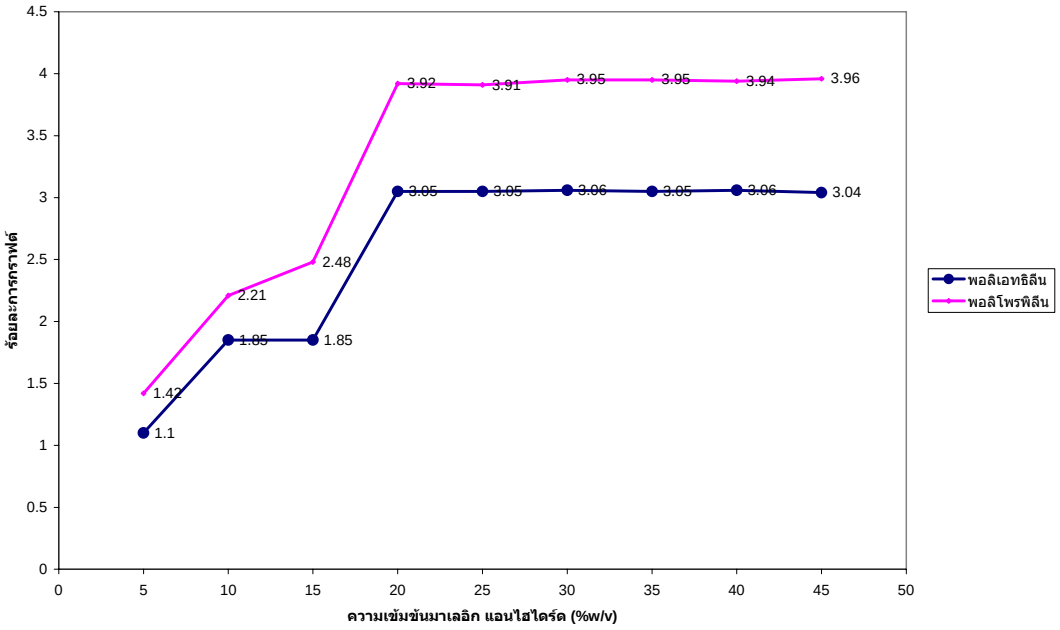
ภาพที่ 15 ร้อยละการกราฟต์กับความเข้มข้นของตัวริเริ่ม: เบนโซอิล เปอร์ออกไซด์ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง

จากกราฟภาพที่ 15 พบว่าเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.10 % w/v ทำให้ฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงสุด คือ 1.10 และ 1.42 ตามลำดับ โดยพบว่าถ้าความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์มากกว่า 0.10 % w/v ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์แตกตัวเป็นสารอนุมูลอิสระได้มากอาจทำให้เกิดการรวมตัวกันเองของ free-radical และ free-radical เหล่านี้อาจรวมตัวกับมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ทำให้มาเลอิก แอนไฮไดรด์ถูกกราฟต์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง และเมื่อเปรียบเทียบร้อยละของการกราฟต์ของฟิล์มพอลิเอทิลีน และพอลิโพรพิลีน พบว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีน เนื่องจากฟิล์มพอลิโพรพิลีนเป็นคาร์บอนทุติยภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา และมีความเสถียรมากกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีนที่เป็นคาร์บอนปฐมภูมิ

ดังนั้นความเข้มข้นของเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ คือ 0.10 % w/v ซึ่งทำให้ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์มีค่าสูงสุด

4.1.2 ความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์

ทำการหาความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ของฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนทำการทดลองโดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.10 % w/v เวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 ชั่วโมงและอุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แสดงผลการทดลองดังภาพที่ 16

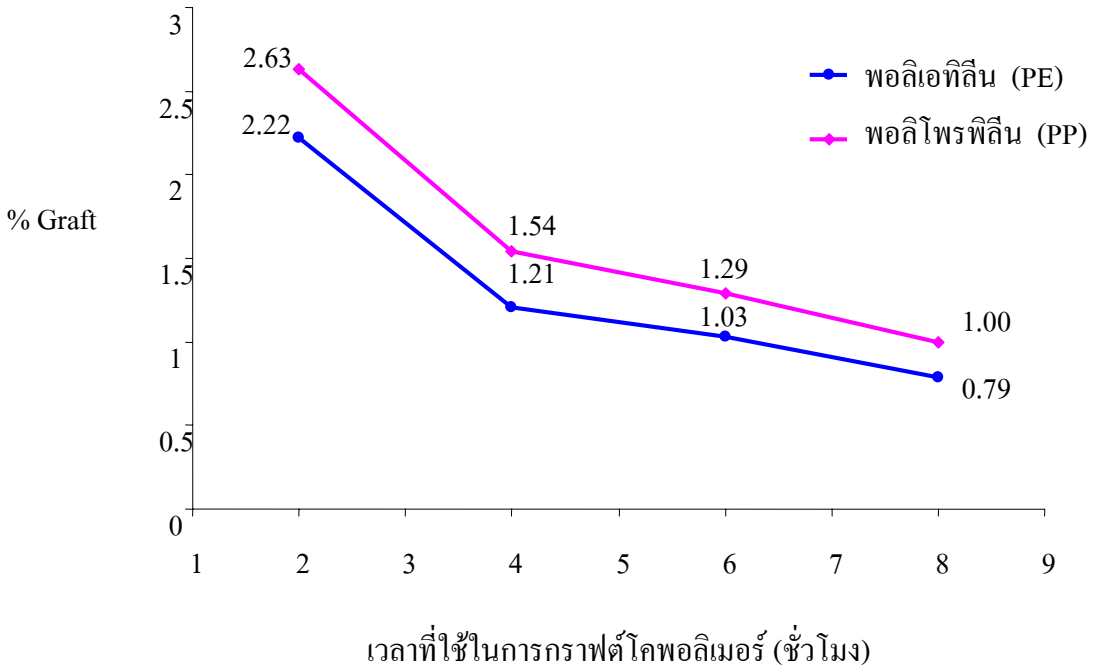


ภาพที่ 16 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (% w/v)

จากภาพที่ 16 ทำการกราฟต์ฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า ร้อยละการกราฟต์ที่ 25 ให้ร้อยละการกราฟต์สูงที่สุดโดยฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีนร้อยละการกราฟต์เท่ากับ 3.10 และฟิล์มพอลิพรอพิลีนมีร้อยละการกราฟต์เท่ากับ 4.05 ตามลำดับ จากการที่ทำการทดลองกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ลงบนฟิล์มแต่ละชนิดจะได้ร้อยละการกราฟต์แตกต่างกัน พบว่าร้อยละของการกราฟต์ลงบนผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพรอพิลีนให้ร้อยละการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีน ทั้งนี้เนื่องมาจากฟิล์มพอลิพรอพิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบทุติยภูมิ ส่วนฟิล์มพอลิเอทธิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบปฐมภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากกว่า

4.1.3 เวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์

ทำการหาเวลาที่เหมาะสมใช้ในการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน ทำการทดลองโดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.10 % w/v สารละลายกรดมาเลอิกแอนไฮไดรด์ความเข้มข้นร้อยละ 25.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรและอุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 80 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 17



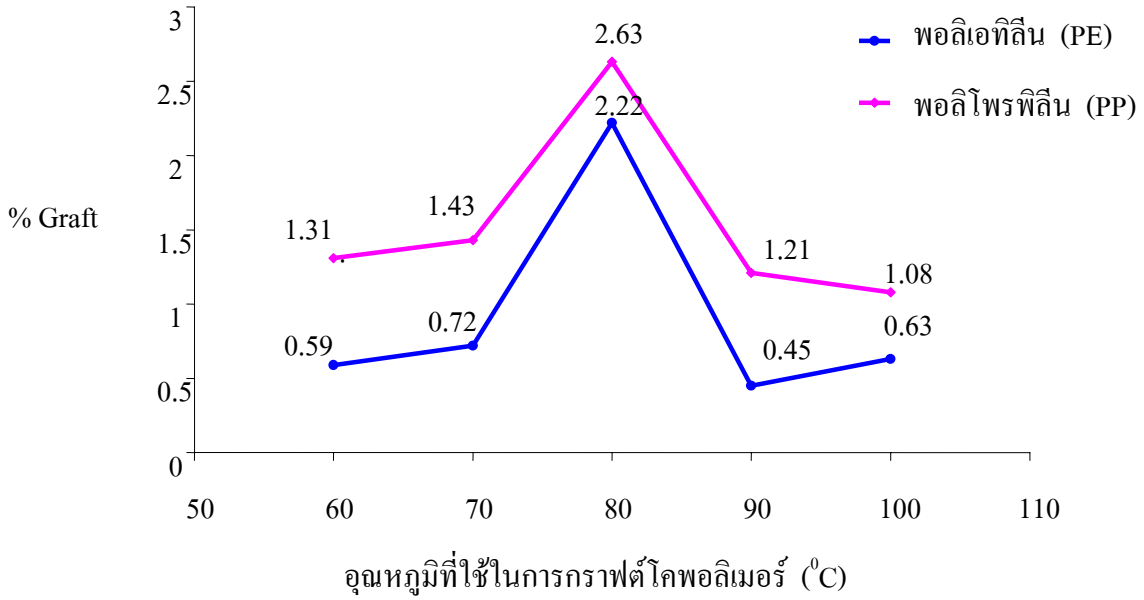
ภาพที่ 17 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ด้วย มาเลอิก แอนไฮไดรด์ ความเข้มข้น 25.0 % w/v ที่เวลาต่าง ๆ

จากกราฟภาพที่ 17 เวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 ชั่วโมง ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงสุด คือ 2.22 และ 2.63 ตามลำดับและพบว่าถ้าเวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์มากกว่า 2 ชั่วโมง ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง ทั้งนี้เนื่องจากเหตุผลที่สารเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เกิดการแตกตัวหมดแล้ว ทำให้มาเลอิก แอนไฮไดรด์ถูกกราฟต์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง และเมื่อเปรียบเทียบร้อยละการกราฟต์ของ

ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนพบว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะฟิล์มพอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยคาร์บอนชนิดทุติยภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาและมีความเสถียรมากกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีนที่เป็นคาร์บอนปฐมภูมิ ดังนั้นเวลาที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ในการทดลองนี้ คือ ที่เวลา 2 ชั่วโมง

4.1.4 อุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์

ทำการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมใช้ในการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีน และพอลิโพรพิลีน ทำการทดลองโดยใช้เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 โดยน้ำหนักต่อปริมา ความเข้มข้นของมาเลอิก แอนไฮไดรด์ร้อยละ 15.0 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และเวลาที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ 2 ชั่วโมง ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ร้อยละกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนที่กราฟต์ ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ความเข้มข้น 25.0 % w/v ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

จากกราฟภาพที่ 18 พบว่าที่อุณหภูมิที่ใช้ในการกรฟต์โคพอลิเมอร์ 80 องศาเซลเซียส ฟิล์มพอลิเอทิลีนและฟิล์มพอลิโพรพิลีนมีร้อยละการกราฟต์สูงสุด คือ 2.22 และ 2.63 ตามลำดับ โดยพบว่าถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการกราฟต์โคพอลิเมอร์สูงกว่า 80 องศาเซลเซียสให้ร้อยละการกราฟต์

ฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนลดลง เนื่องจากเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์เกิดการแตกตัวหมดและฟิล์มทั้ง 2 ชนิดเกิดการเสียสภาพ คือ เกิดการงอและแข็ง ทำให้มาเลอิก แอนไฮไดรด์ถูกกราฟต์ลงบนฟิล์มพอลิเอทิลีนและ พอลิโพรพิลีนลดลง และเมื่อเปรียบเทียบร้อยละการกราฟต์ของฟิล์มพอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีน พบว่าฟิล์มพอลิโพรพิลีนให้ร้อยละการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีน เนื่องจากฟิล์มพอลิโพรพิลีนเป็นคาร์บอนทุติยภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยา ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการกราฟต์โคพอลิเมอร์ คือ 80 องศาเซลเซียส

4.2 เปรียบเทียบร้อยละการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนักและกรดมาเลอิกแอนไฮไดร์ดเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอพิลีน

4.2.1 ร้อยละการกราฟต์ ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอพิลีน

ตารางที่ 2 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอลีนกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

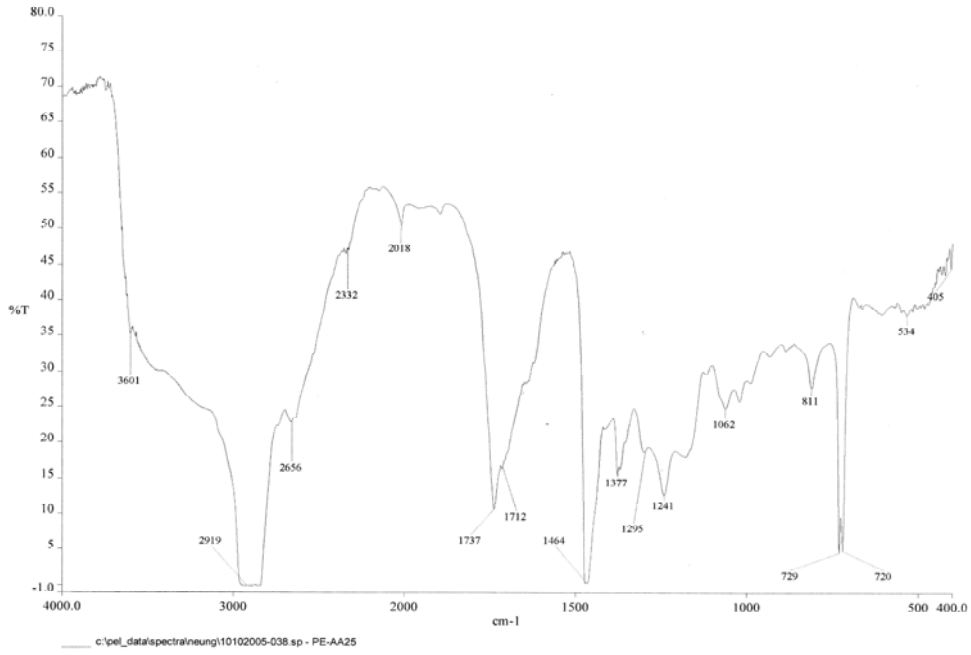
ชนิดฟิล์ม	น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์ acrylic acid (g)	ร้อยละการกราฟต์ acrylic acid ± SD
พอลิเอทธิลีน	0.0320	0.0335	5.68 ± 0.18
พอลิพรอพิลีน	0.0253	0.0278	9.88 ± 0.33

จากตารางที่ 2 ทำการกราฟต์ฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์ฟิล์มพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทธิลีนเท่ากับ 9.88 ± 0.33 และ 5.68 ± 0.18 ตามลำดับ การกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกลงบนฟิล์มแต่ละชนิด จะได้ร้อยละการกราฟต์แตกต่างกัน จากการทดลองร้อยละของการกราฟต์ลงบนผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพรอพิลีนให้ร้อยละในการกราฟต์สูงกว่าฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีน ทั้งนี้เนื่องมาจากฟิล์มชนิดพอลิพรอพิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบทุติยภูมิ ส่วนฟิล์มพอลิเอทธิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบ

ปฐมภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากกว่าฟิล์มพอลิพรอพิลีนและทำการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคอินฟาเรด สเปกโตรสโกปี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิเอทธิลีนด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 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

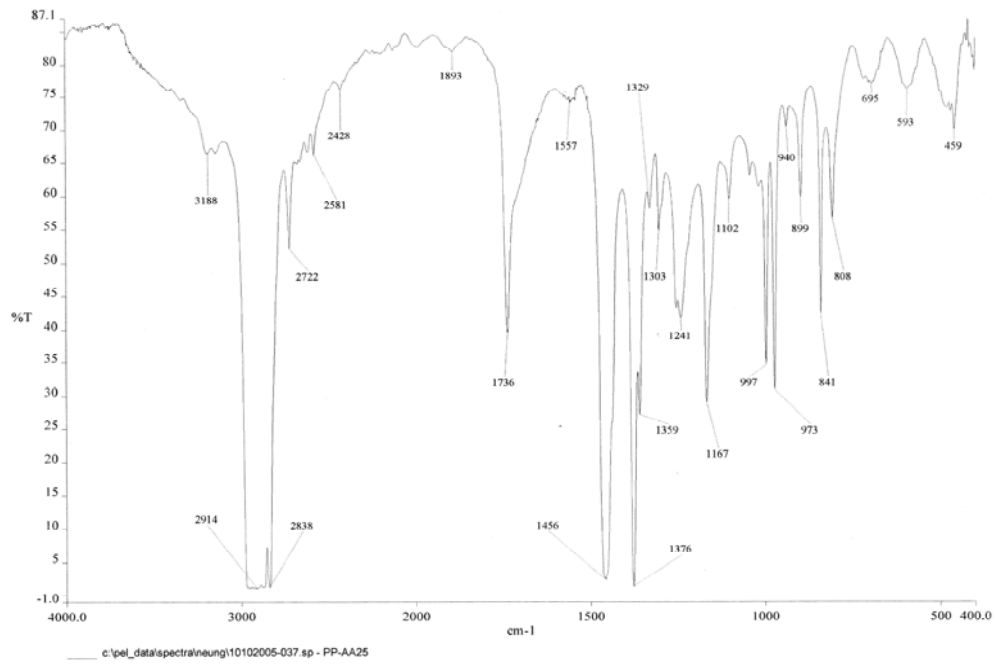


ภาพที่ 19 อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่กราฟต์ด้วย 25% w/w acrylic acid

จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิก 25 % โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าที่เลขคลื่นที่ 3195 และ 2656 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เลขคลื่น 1737 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เลขคลื่นที่ 1241 เป็นพันธะและการสั่นของ C-O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก

ตารางที่ 4 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยกรดอะคริลิคเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก

พันธะและการสั่น	ชนิดของสารประกอบ	เลขคลื่น(cm^{-1}) ตามทฤษฎี	เลขคลื่น(cm^{-1})
O-H stretching	Carboxylic acid	3600-2500	3188 และ 2581
C=O stretching	Carboxylic acid	1750-1700	1737
C-O stretching	Carboxylic acid	1300-1200	1241



ภาพที่ 20 อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่กราฟต์ด้วย 25 % w/w acrylic acid

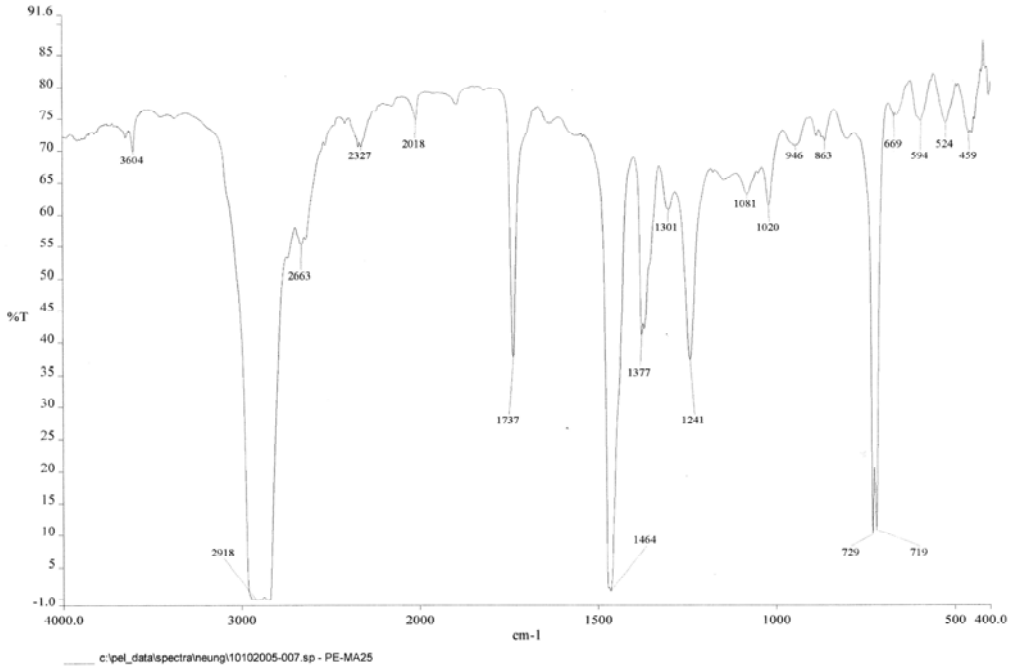
จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิก 25 % โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าที่เลขคลื่นที่ 3188 และ 2581 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่น 1737 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่นที่ 1241 เป็นพันธะและการสั่นของ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

4.2.2 ศึกษาร้อยละการกราฟต์ 25 %โดยน้ำหนักกรดมาเลอิก แอนไฮไดร์ดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง ลงบนผิวฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอพิลีน

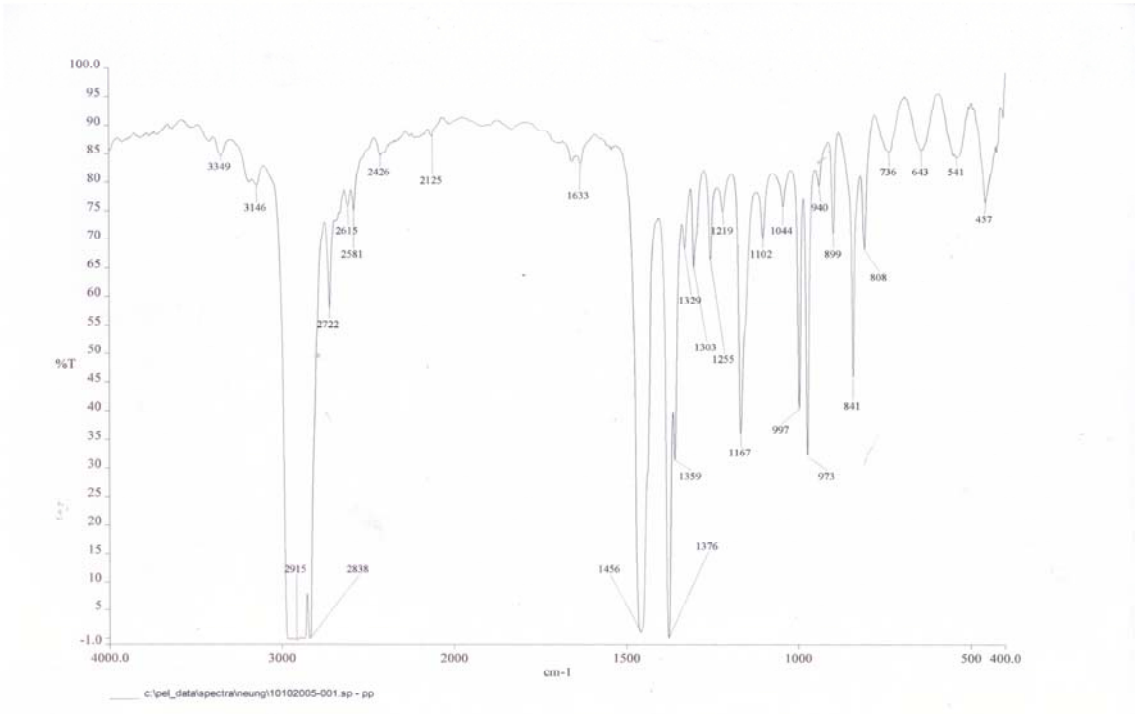
ตารางที่ 5 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอลีนด้วย 25 % w/w โดยน้ำหนักมาเลอิก แอนไฮไดร์ด

ชนิดฟิล์ม	น้ำหนักฟิล์มเริ่มต้น (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดร์ด(g)	ร้อยละการกราฟต์ acrylic acid ± SD
พอลิเอทธิลีน	0.0322	0.0332	3.11 ± 0.03
พอลิพรอพิลีน	0.0222	0.0231	4.05 ± 0.07

จากตารางที่ 5 ทำการกราฟต์ฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ด 25%โดยน้ำหนัก พบว่าร้อยละการกราฟต์มอนอเมอร์ฟิล์มชนิดพอลิพรอพิลีนและพอลิเอทธิลีนเท่ากับ 3.11 ± 0.03 และ 4.05 ± 0.07 ตามลำดับ การกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกลงบนฟิล์มแต่ละชนิด จะได้เปอร์เซ็นต์กราฟต์แตกต่างกัน จากการทดลองเปอร์เซ็นต์การกราฟต์ลงบนผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพรอพิลีนให้เปอร์เซ็นต์กราฟต์สูงกว่าฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีน ทั้งนี้เนื่องมาจากฟิล์มชนิดพอลิพรอพิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบทุติยภูมิ ส่วนฟิล์มพอลิเอทธิลีนเป็นไฮโดรคาร์บอนแบบปฐมภูมิทำให้มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากกว่าฟิล์มพอลิพรอพิลีนและทำการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิคอินฟาเรด สเปกโตรสโกปี และทำการตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันภาพที่ 21



ภาพที่ 21 อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่กราฟต์ด้วย 25 % w/w maleic anhydride



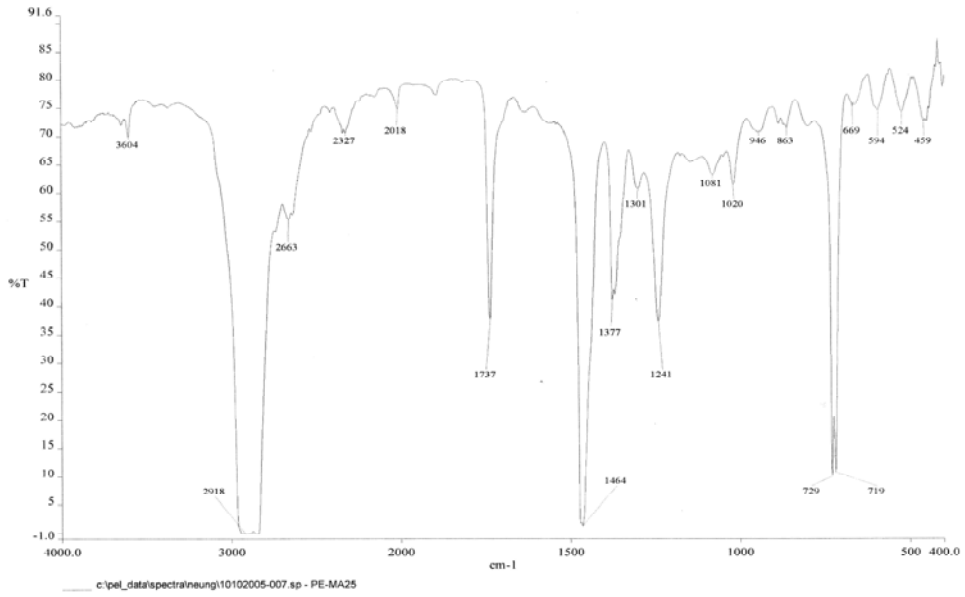
ภาพที่ 22 อินฟราเรดสเปกตรัมฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วย 25 % w/w maleic anhydride

4.3 การศึกษาลักษณะของฟิล์มที่ผ่านกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกและมาเลอิก แอนไฮไดร์ดด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปคโตรสโกปี (FT-IR Spectroscopy)

4.3.1 การศึกษาลักษณะของฟิล์มที่ผ่านกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตรสโกปี (FT-IR Spectroscopy)

ตารางที่ 6 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิเอทธิลีนกรดอะคริลิก

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



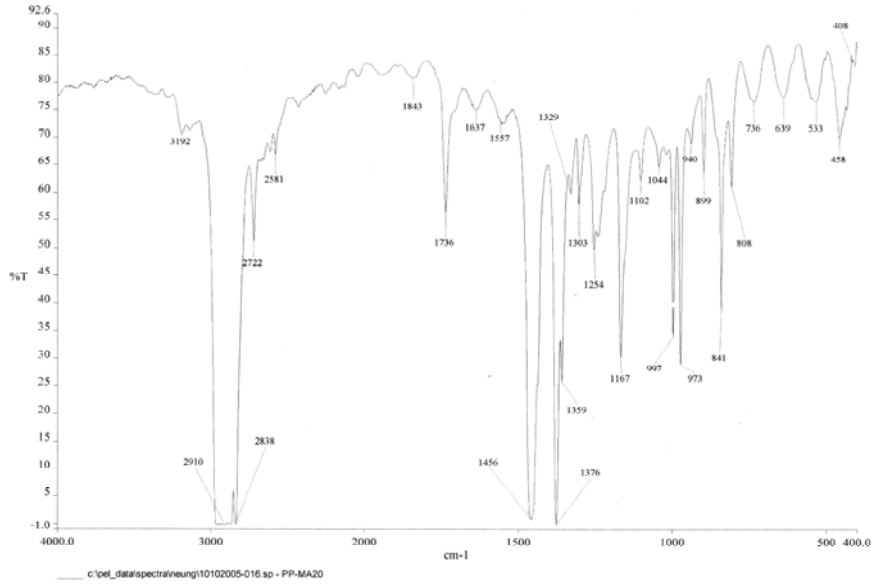
ภาพที่ 23 อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่กราฟต์ด้วยกรดอะคริลิก

จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนักด้วยเครื่อง FT-IR พบว่าที่เลขคลื่นที่ 2663 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่น 1737 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกที่เลขคลื่น 1241 เป็นพันธะและการสั่นของ C-O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก

4.3.2 การศึกษาลักษณะของฟิล์มที่ผ่านกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปคโตรสโกปี (FT-IR Spectroscopy)

ตารางที่ 7 เลขคลื่นของการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดของฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยมาเลอิก 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



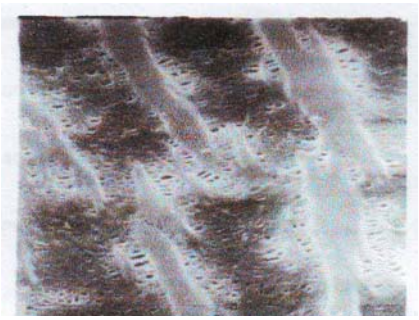
ภาพที่ 24 อินฟราเรดสเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่กราฟต์ด้วย 25 % maleic anhydride

จากการตรวจสอบฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดรด์ 25% โดยน้ำหนัก ด้วยเครื่อง FT-IR Spectrometer พบว่าที่เลขคลื่นที่ 3192 เป็นพันธะและการสั่นของ O-H stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เลขคลื่น 1737 เป็นพันธะและการสั่นของ C=O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิก ที่เลขคลื่น 1241 เป็นพันธะและการสั่นของ C-O stretching ของกรดคาร์บอกซิลิกจากการทดลองการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดรด์ลงบนฟิล์มทั้งสองชนิดนี้ให้ผลไปในทางเดียวกัน

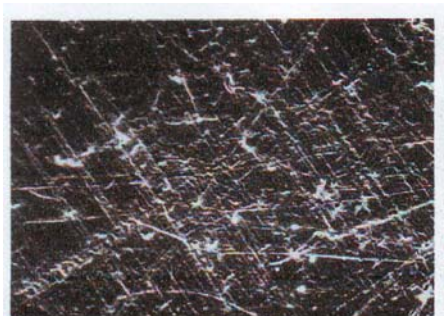
4.4 การวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ดและกรดอะคริลิกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

4.4.1 ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการกราฟต์ด้วยสารละลายกรดมาเลอิก แอนไฮไดร์ด

จากการศึกษาผิวหน้าของฟิล์มทั้งสองชนิดที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ด เรียกว่า PP-g-Maleated และ PE-g-Maleated

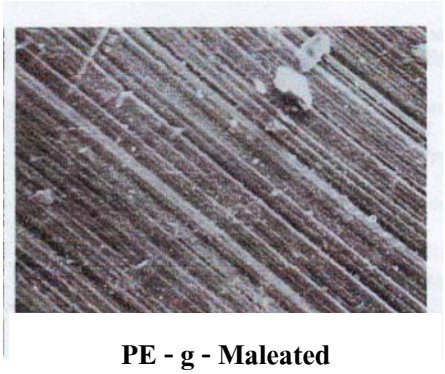


Blank PP(polypropylene)



Blank PE (polyethylene)

PP - g - Maleated



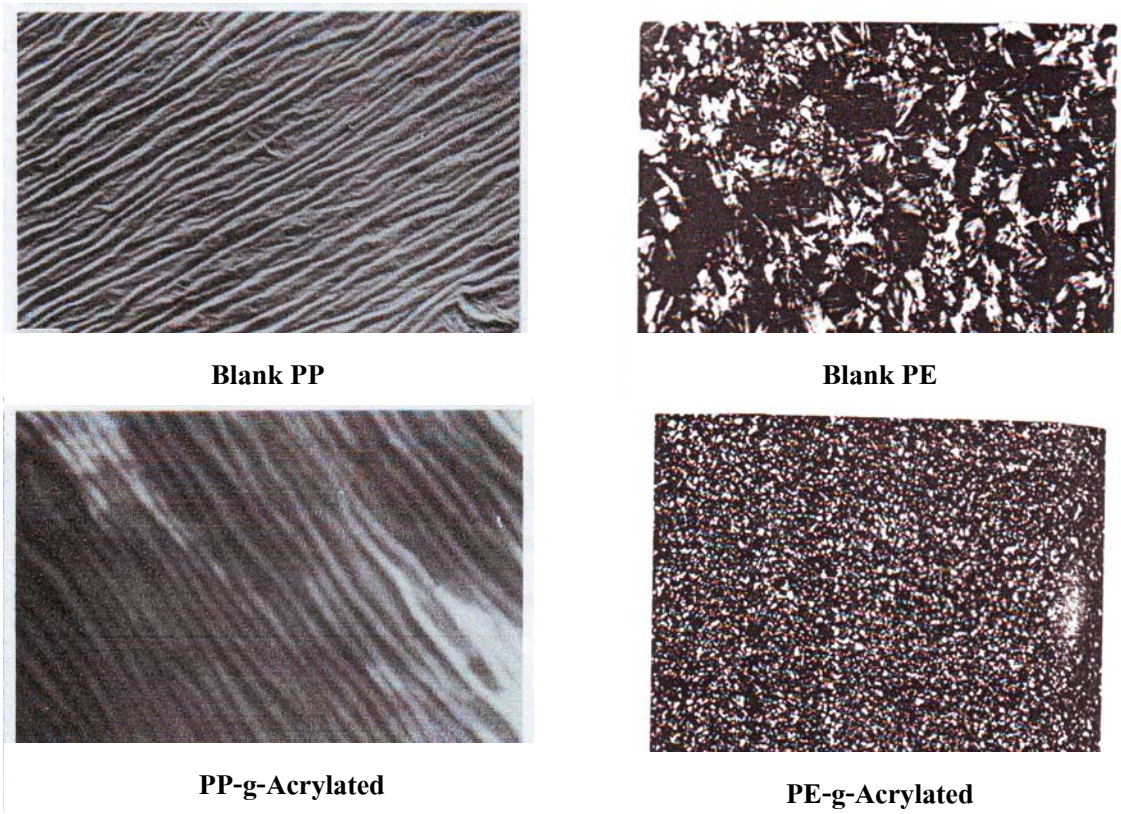
PE - g - Maleated

ภาพที่ 25 การวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

จากการวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีน เมื่อเปรียบเทียบกับแบล็งค์ พบว่า ลักษณะพื้นที่ผิวจะมีลักษณะเรียบขึ้น รูพรุนของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสายโซ่ข้าง (side chain)ของพอลิเอทธิลีนและพอลิพรอพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ด ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระขนาดใหญ่ (macroradicals) สามารถทำปฏิกิริยากับบิสอะมิโน(โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ จึงทำให้สามารถปิดรูพรุนที่มีอยู่ในฟิล์มทั้งสองชนิด จึงสังเกตเห็นได้ว่าลักษณะรูพรุนลดน้อยลง

4.4.2 การศึกษาผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีน ที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy

จากการศึกษาผิวหน้าของฟิล์มทั้งสองชนิดที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ด เรียกว่า PP-g-Acrylated และ PE-g-Acrylated



ภาพที่ 26 ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy

จากการวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิเอทิลีนและพอลิพรอพิลีน เมื่อเปรียบเทียบกับแบล็งค์ พบว่า ลักษณะพื้นที่ผิวจะมีลักษณะเรียบขึ้น รูพรุนของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสายโซ่ข้าง (side chain) ของพอลิเอทธิลีนและพอลิพรอพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิก ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระ

ขนาดใหญ่ (macroradicals) สามารถทำปฏิกิริยากับบิสอะมิโน(โพรพรอกซี)เปอร์ออกไซด์ จึงทำให้สามารถปิดรูพรุนที่มีอยู่ในฟิล์มทั้งสองชนิด จึงสังเกตเห็นได้ว่าลักษณะรูพรุนลดน้อยลง

4.5 ศึกษาร้อยละการกราฟต์โดยน้ำหนักบิสอะมิโน (โพรพรอกซี)เปอร์ออกไซด์ลงบนผิวฟิล์มชนิดพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอพิลีน

4.5.1 การศึกษาการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกเข้มข้นร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก (PP-g-Acrylated และ PE-g-Acrylated) ด้วยบิสอะมิโน (โพรพรอกซี)เปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 8 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอลีนด้วย 25 %โดยน้ำหนักกรดอะคริลิกด้วย 10% โดยน้ำหนักบิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์

ชนิดฟิล์ม	น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์ acrylic acid (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์10% โดยน้ำหนักบิสอะมิโน(โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ (g)	ร้อยละการกราฟต์
พอลิเอทธิลีน	0.0335	0.05055	50.90 ± 0.52
พอลิพรอพิลีน	0.0278	0.05789	108.23 ± 0.39

จากทดลองการกราฟต์ฟิล์มทั้งสองชนิดที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกด้วยบิสอะมิโน (โพรพรอซี)เปอร์ออกไซด์ พบว่าร้อยละการกราฟต์ฟิล์ม PP-g-Maleated และ PE-g-maleated พบว่าร้อยละของการกราฟต์ 50.89 ± 0.52 และ 108.23 ± 0.39 ตามลำดับ

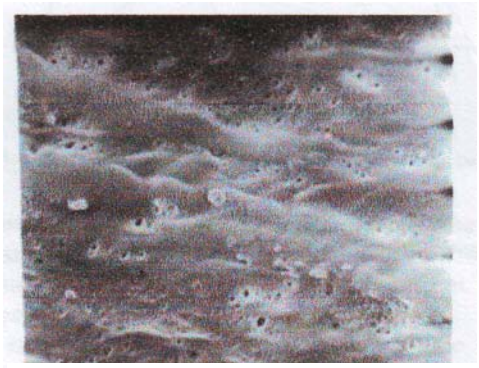
4.5.2 การศึกษาการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดมาเลอิก แอนไฮไดร์ด 25 %โดยน้ำหนัก (PP-g -Maleated และ PE-g-Maleated) ด้วย 10% บิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 9 ร้อยละการกราฟต์ฟิล์มพอลิเอทธิลีนและฟิล์มพอลิพรอลีนด้วย 25 % โดยน้ำหนักมาเลอิกแอนไฮไดร์ดด้วย 10% โดยน้ำหนักบิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์

ชนิดฟิล์ม	น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์มาเลอิก แอนไฮไดร์ด (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังการกราฟต์ 10% โดยน้ำหนักบิสอะมิโน บิสอะมิโน(โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ (g)	ร้อยละการกราฟต์
พอลิเอทธิลีน	0.0332	0.04648	40.00 ± 0.89
พอลิพรอพิลีน	0.0231	0.04553	95.70 ± 4.56

จากการทดลองการกราฟต์ฟิล์มทั้งสองชนิดที่ผ่านการกราฟต์ด้วยกรดอะคริลิกและมาเลอิกแอนไฮไดร์ด ด้วยบิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ พบว่าร้อยละการกราฟต์ฟิล์ม PP-g-Maleated และ PE-g-maleated มีร้อยละการกราฟต์สูงกว่า PP-g-acrylated และPE-g-acrylated

4.6 การวิเคราะห์ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy



PP-g -Maleated

PE-g - maleated

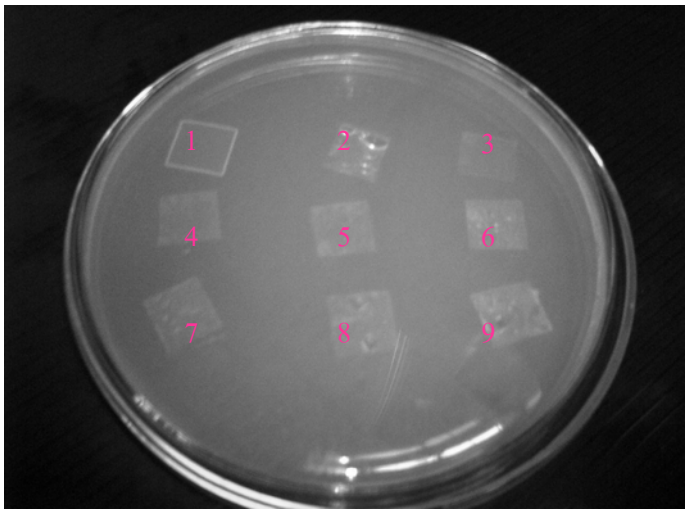
PP-g -Maleated

PE-g -maleated

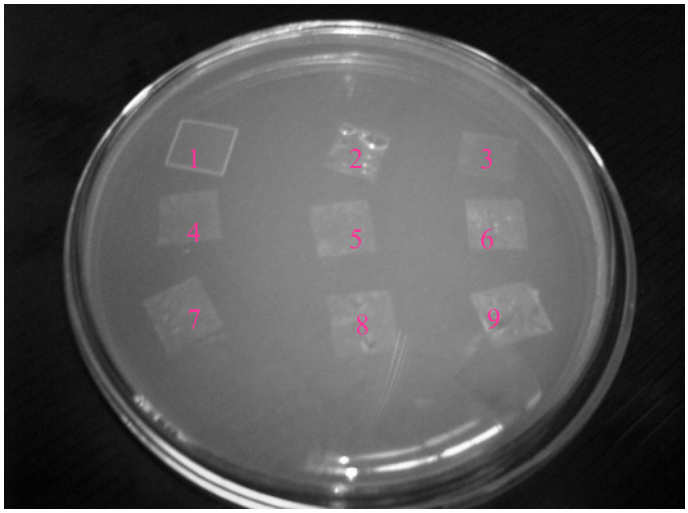
ภาพที่ 27 ผิวหน้าของฟิล์มชนิดพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน-(โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์

เมื่อนำฟิล์มชนิด PP -g -Maleated และ PE-g-Maleated กราฟต์ด้วยบิสอะมิโน(โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ นำมาวิเคราะห์ลักษณะผิวหน้าของฟิล์มด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope พบว่า ลักษณะพื้นที่ผิวจะมีลักษณะเรียบขึ้น รูพรุนของฟิล์มลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากสายโซ่ข้าง (side chain) ของพอลิเอทธิลีนและพอลิพรอพิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยมาเลอิก แอนไฮไดร์ด ซึ่งเป็นอนุมูลอิสระขนาดใหญ่ (macroradicals) สามารถทำปฏิกิริยากับบิสอะมิโน(โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์ จึงทำให้สามารถปิดรูพรุนที่มีอยู่ในฟิล์มทั้งสองชนิด จึงสังเกตเห็นได้ว่าลักษณะรูพรุนลดน้อยลง

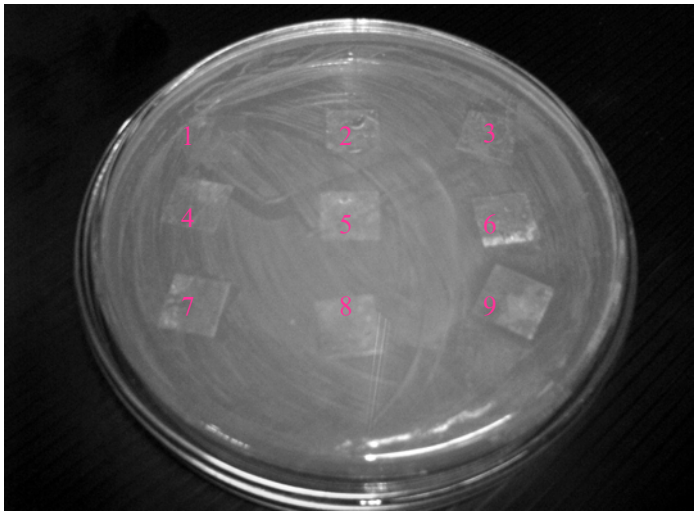
4.7 การศึกษาการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ของฟิล์มพอลิพลอพิลีนและพอลิเอทิลีนที่ผ่านการกราฟต์ด้วยบิสอะมิโน (โพรพรอกซี) เปอร์ออกไซด์



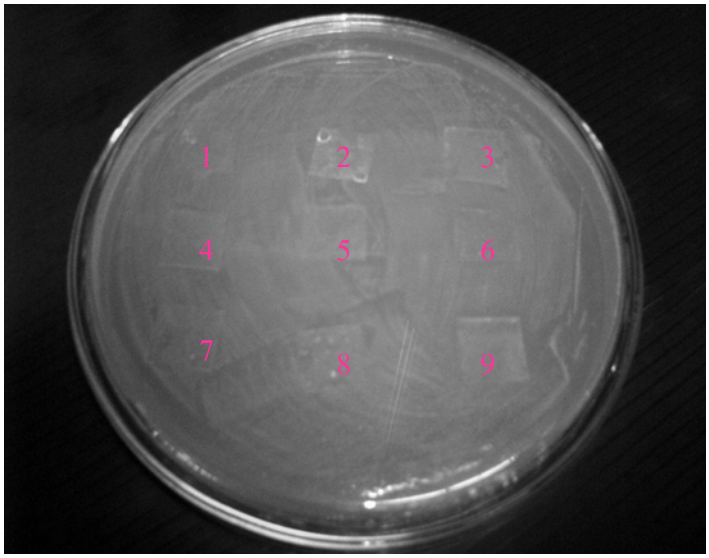
ภาพที่ 28a พอลิเอทธิลีนควบคุมสภาวะที่เปอร์เซ็นต์กราฟต์ต่างๆ



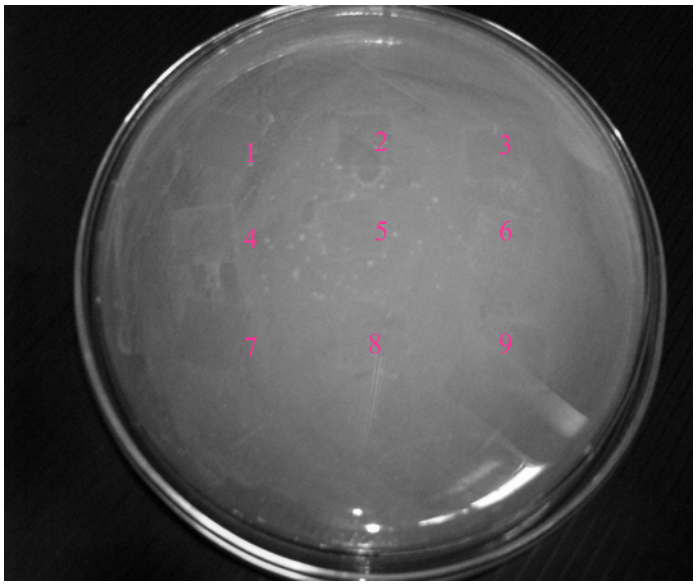
ภาพที่ 28b ฟิล์มพอลิพรอพิลีนควบคุมสภาวะที่เปอร์เซ็นต์กราฟต์ต่างๆ



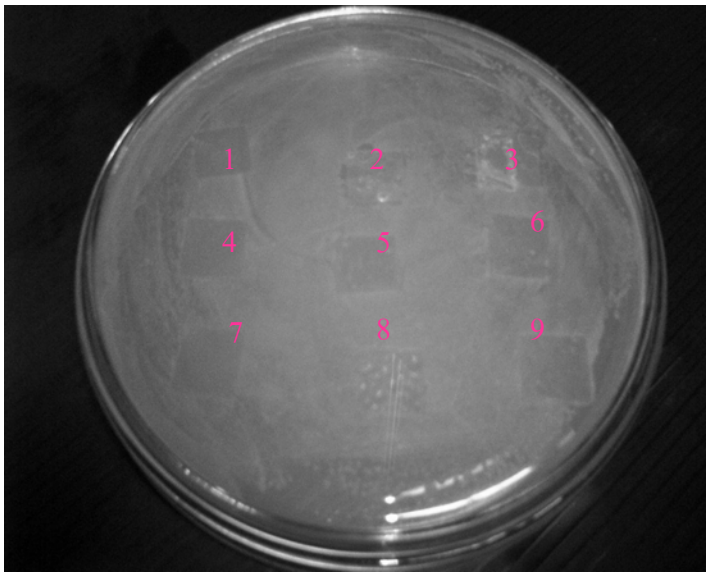
ภาพที่ 28c ฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus*



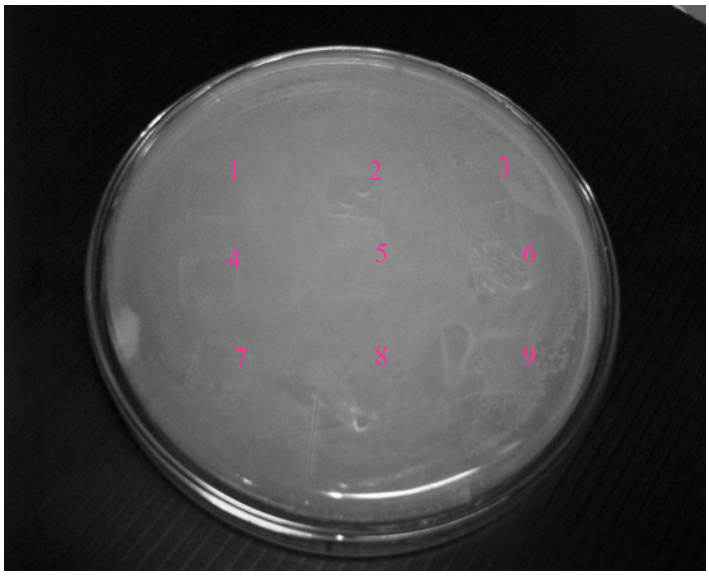
ภาพที่ 28d ฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus*



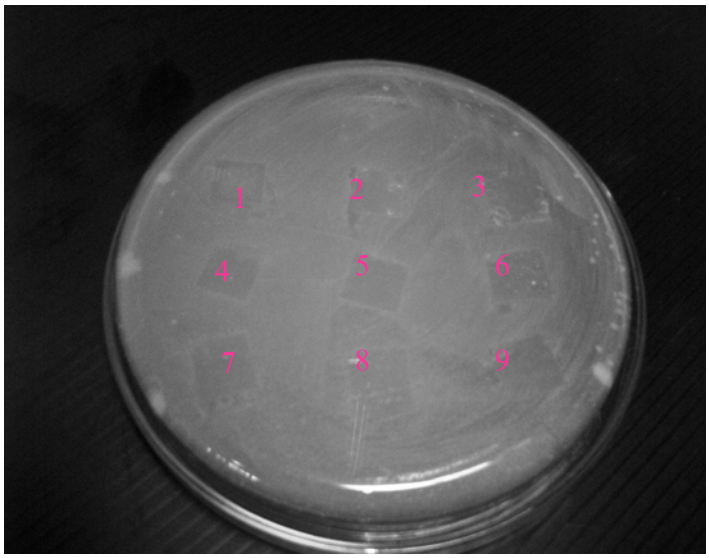
ภาพที่ 28e ฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Erwinia carotovory*



ภาพที่ 28f ฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Erwinia carotovory*



ภาพที่ 28g ฟิล์มพอลิเอทธิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Enterobacter cloacae*



ภาพที่ 28h ฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่กราฟต์ด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียชนิด *Enterobacter cloacae*

หมายเหตุ

ตำแหน่งที่ 1 คือ ฟิล์มเริ่มต้น

ตำแหน่งที่ 2 คือฟิล์มที่กราฟต์ด้วย 25% โดยน้ำหนัก maleic anhydride

ตำแหน่งที่ 3 คือฟิล์มที่กราฟต์ด้วย 25% โดยน้ำหนัก acrylic acid

ตำแหน่งที่ 4 คือฟิล์มที่กราฟต์ด้วย 25% โดยน้ำหนัก maleic anhydride + 10% bisamino (proproxy) peroxide

ตำแหน่งที่ 5 ถึง 7 คือฟิล์มที่กราฟต์ด้วย 25% โดยน้ำหนัก maleic anhydride + 10% bisamino (proproxy) peroxide

ตำแหน่งที่ 8 ถึง 9 คือฟิล์มที่กราฟต์ด้วย 25% โดยน้ำหนัก acrylic acid + 10% bisamino (proproxy) peroxide

จากการทดลองการทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสีย จึงทำการศึกษาการต้านเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3ชนิด ได้แก่ *Staphylococcus aureus* *Erwinia carotovory* และ *Enterobacter cloacae* เป็นระยะเวลา 30 วันพบว่าฟิล์มทั้งสองชนิดสามารถต้านทานเชื้อแบคทีเรียได้เป็นอย่างดี และสังเกตพบว่าฟิล์มทั้งสองชนิดที่ผ่านการกราฟต์มีไอน้ำเกาะอยู่ผิวด้านนอกของฟิล์มในขณะที่ไม่พบในฟิล์มที่เป็นแบลงค์ ซึ่งที่เป็นเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าฟิล์มที่ผ่านการกราฟต์สามารถต้านการซึมผ่านของน้ำได้ดีกว่าฟิล์มที่ไม่ได้ผ่านการกราฟต์