สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการปรับปรุงผิวฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยการต่อกิ่งไวนิลมอนอเมอร์ โดยการฉายรังสี

นายศักดิ์ชัย เพ็ญนารถวดี
นางสาวศิริวรรณ ปัญจพลากรกุล
นายสมบัติ สมบุญ

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

ฟพ.
ศ 32 ก
ก 539
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 32010
วัน, เดือน, ป - 8 ก.พ. 2542

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on the Radiation Graft Modification of Vinyl Monomer on Polypropylene Films.

Mr. Sakchai Phennardwadee.

Miss Siriwan Panjapalakornkul.

Mr. Sombat Somboon.

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาการปรับปรุงผิวฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยการต่อกิ่งไวนิลมอนอเมอร์ โดยการฉายรังสี	
โดย	นายศักดิ์ชัย	เพ็ญนารถวดี
	นางสาวศิริวรรณ	ปัญจพลากรกุล
	นายสมบัติ	สมบุญ
ภาควิชา	เคมี	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.มาลินี	ชัยศุภกิจสินธ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

(ผศ. นงนุช เกตรานุวัฒน์) หัวหน้าภาค

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

(ผศ. ดร. สุนิตย์ สุขสำราญ) ประธานกรรมการ

(ดร. ตะวัน สุขน้อย) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาการปรับปรุงผิวฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยการต่อกิ่งไวนิลมอนอเมอร์ โดยการฉายรังสี	
นักศึกษา	นายศักดิ์ชัย	เพ็ญนารถวดี
	นางสาวศิริวรรณ	ปัญจพลากรกุล
	นายสมบัติ	สมบุญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดรมาลินี	ชัยศุภกิจสินธ์
ภาควิชา	เคมี	
ปีการศึกษา	2539	

บทคัดย่อ

การต่อกิ่งไวนิลมอนอเมอร์ลงบนแผ่นพอลิพรอพิลีนฟิล์ม เพื่อปรับปรุงพื้นผิวพอลิเมอร์ให้มีสมบัติดูดซับโลหะอัลคาไลน์ และทนต่อความร้อน ซึ่งวิธีการที่ใช้คือ การฉายรังสีด้วยวิธี Simultaneous เป็นการฉายรังสีลงบนพอลิเมอร์หลักพร้อมกับมอนอเมอร์ ซึ่งอยู่ในสารละลาย ที่ปราศจากออกซิเจน ก่อให้เกิดหมู่ว่องไวทั้ง 2 ส่วน ซึ่งเหมาะสำหรับมอนอเมอร์ที่ว่องไว โดยทำการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการต่อกิ่ง ได้แก่ ชนิดของมอนอเมอร์ ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ ปริมาณ Mohr's salt และปริมาณความเข้มของรังสี

การศึกษาดังกล่าว มอนอเมอร์ที่ใช้ ได้แก่ Methyl acrylate , Butyl acrylate และ 2-Ethyl hexyl acrylate ทำการเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การต่อกิ่งจากน้ำหนักของแผ่นฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงไป ทดสอบการบวมตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะอัลคาไลน์ การทดสอบด้วยเครื่อง FTIR เพื่อศึกษาหมู่ฟังก์ชั่น และทดสอบด้วยเครื่อง TGA ตามลำดับ

จากการศึกษา พบว่า เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง ความสามารถในการทนความร้อน และการดูดซับไอออนของโลหะอัลคาไลน์เพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ ปริมาณ Mohr's salt และปริมาณความเข้มของรังสีเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Study on the Radiation Graft Modification of Vinyl Monomer on Polypropylene Films.
Name	Mr. Sakchai Phennardwadee.
	Miss Siriwan Panjapalakornkul.
	Mr. Sombat Somboon.
Special Project Advisor	Assist. Prof. Dr. Malinee Chaisupakitsin.
Department	Chemistry
Acadamic Year	1996

Abstract

Polypropylene films are grafted with vinyl monomer for improving surface adsorptivity and heat resistance by using the simultaneous technique. It is possible to create active sites by gamma radiation for grafting monomer solution onto substrates' surface. This process is practically ideal for sensitive or active monomers such as acrylate monomers.

In this experiment, three monomers , Methyl acrylate, Butyl acrylate and 2-Ethyl hexyl aorylate are studied. The radiation dose rate, monomer concentration and Mohr's salt concentration mainly influence the degree of grafting, and consequently, are investigated. Grafted-Polypropylene films are characterized by FTIR , DSC and TGA. In addition, adsorptivity of alkali cation is performed by film immersion into NaOH solution.

The results suggest that grafting yield and heat resistance and alkali-cation adsorptivity increase with the increase in the radiation dose , monomer concentration and Mohr's salt concentration.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานพิเศษเรื่อง การศึกษาการปรับผิวแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนด้วยการต่อกิ่งไวนิลมอนอเมอร์โดยการฉายรังสี สามารถลุล่วงไปด้วยดี ผู้เสนอได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้จากผู้มีพระคุณหลาย ๆ ท่าน ดังนี้

ผศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินงานด้วยดีตลอดมา

คณาจารย์ในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ

เจ้าหน้าที่ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวก

เจ้าหน้าที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องปรมาณูและเครื่อง FTIR

เพื่อนและเพื่อนร่วมงานซึ่งคอยให้กำลังใจและทำงานร่วมกันด้วยดี

ผู้เสนอขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นาย ศักดิ์ชัย เพ็ญนารถวดี
นางสาว ศิริวรรณ ปัญจพลากรกุล
นาย สมบัติ สมบุญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย 1

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ 2

กิตติกรรมประกาศ 3

สารบัญตาราง

- ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของ ^{60}Co γ-ray กับ Electron beam 9
- ตารางที่ 2 ผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมของวัสดุพอลิเมอร์ที่ใช้กระบวนการฉายรังสี 17
- ตารางที่ 3 ตัวอย่างการนำพอลิเมอร์มาปรับปรุงด้วยวิธีการต่อกิ่ง 18
- ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพของพอลิอะไครเลท 19
- ตารางที่ 5 Solvents and Non-solvents 19
- ตารางที่ 6 Solvents for (Semi-) rigid-rod Aromatic Polymer 20
- ตารางที่ 7 Solubility Parameters of Solvents 20
- ตารางที่ 8 Solubility Parameters and Solubility Ranges of Polymers 21
- ตารางที่ 9 แสดงสมบัติต่างๆ ของมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิด 21

สารบัญรูป

- รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

- รูปที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 47
- รูปที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 48
- รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 50
- รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 51
- รูปที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 52
- รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

- รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 54
- รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 10%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 55
- รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 40%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 56
- รูปที่ 11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การบวมตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งแล้ว กับชนิดของมอนอเมอร์ 57
- รูปที่ 12 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy. 61
- รูปที่ 13 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.05%wtด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy. 61
- รูปที่ 14 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy. 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

-รูปที่ 15 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.05%wt.ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy. 62

-รูปที่ 16 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethylhexyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy. 63

-รูปที่ 17 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethylhexyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.05%wt.ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy. 63

-รูปที่ 18 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethylhexyl acrylate ความเข้มข้น 40%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.07%wt.ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy. 64

-รูปที่ 19 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 40%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.01%wt.ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy. 64

-รูปที่ 20 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 10%v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy. 65

-รูปที่ 21 แสดงผลการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 40%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.1%wtด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy. 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	4
บทที่ 2	ทฤษฎีและหลักการ	7
บทที่ 3	การดำเนินการวิจัย	
	- สารเคมีและอุปกรณ์	22
	- การต่อกิ่งด้วยวิธี Peroxidation	23
	- การต่อกิ่งด้วยวิธี Simultaneous	24
บทที่ 4	ผลการวิจัย	
	- ตารางที่ 1 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy	31
	- ตารางที่ 2 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy	32
	- ตารางที่ 3 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy	33
	- ตารางที่ 4 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy	34
	- ตารางที่ 5 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 10%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy	35
	- ตารางที่ 6 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 40%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

- ตารางที่ 7 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่ง อิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy 37
- ตารางที่ 8 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่ง อิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy 38
- ตารางที่ 9 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่ง อิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy 39
- ตารางที่ 10 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่ง อิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy 40
- ตารางที่ 11 แสดงผลเปอร์เซนต์การบวมตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N 41
- ตารางที่ 12 แสดงผลการศึกษา DSC เพื่อหาค่าของ T_m , T_c , ΔH_m และ ΔH_c ของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ และฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy 42

บทที่ 5 วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย 45

ภาคผนวก 66

เอกสารอ้างอิง 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1ความเป็นมาของโครงงานวิจัย

กระบวนการพอลิเมอไรเซชั่นแบบต่อกิ่งมักจะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของพอลิเมอร์ และสามารถนำพอลิเมอร์ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ทำ biomaterial , เมมเบรน และสารยึดติด ข้อดีของวิธีการนี้คือ ผิวของพอลิเมอร์จะถูกปรับให้มีสมบัติพิเศษแตกต่างกันไปขึ้นกับมอนอเมอร์ที่ใช้ในการต่อกิ่ง

ในปัจจุบันการต่อกิ่งมอนอเมอร์ลงบนแผ่นฟิล์มพอลิเอททิลีน โดยการใช้รังสีแกมมา และใช้วิธี Pre-irradiation หรือ Peroxidation นั้นมีการศึกษาและพัฒนาวิธีการรวมถึงการใช้สารตัวเติมต่างๆ เพื่อให้ได้เปอร์เซนต์ของการต่อกิ่งที่สูงขึ้น แต่วิธี Pre-irradiation นั้นยังเป็นวิธีที่ใช้น้อยที่สุด เพราะว่าวิธีนี้พอลิเมอร์หลักจะถูกฉายรังสีในอากาศโดยมีออกซิเจน ทำให้เกิดเป็นเปอร์ออกไซด์ และไฮโดรเปอร์ออกไซด์ ซึ่งอาจทำให้เกิดการสลายตัวของสายโซ่หลักได้ ดังนั้นจึงมียีกวิธีที่นิยมในปัจจุบันคือวิธี Simultaneous เพราะว่าเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายโดยพอลิเมอร์หลักและมอนอเมอร์ถูกฉายรังสีพร้อมๆ กัน ทำให้เกิดหมู่ว่องไวขึ้นที่ทั้ง 2 ส่วน ซึ่งเกิดการต่อกิ่งได้ง่าย และปริมาณรังสีที่ใช้จะต่ำกว่า เหมาะสำหรับพอลิเมอร์หลักและมอนอเมอร์ที่ไวต่อรังสี โดยผลของการศึกษา พบว่า เปอร์เซนต์ของการต่อกิ่งจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ได้แก่ การคงอยู่ของอนุมูลอิสระ สภาพความเป็นผลึกของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ ความว่องไวของมอนอเมอร์ ความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ในระบบ การเกิดโฮโมพอลิเมอร์ของมอนอเมอร์ ความเข้มของรังสีที่ใช้ ปริมาณของ Mohr's salt และชนิดของสารละลายที่ใช้ในระบบของการต่อกิ่ง การควบคุมตัวแปรดังกล่าว จะทำให้เปอร์เซนต์ของการต่อกิ่งเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแน่นอนย่อมทำให้คุณสมบัติบนพื้นผิวของแผ่นฟิล์มพอลิเอททิลีนเปลี่ยนแปลงไปด้วย

มอนอเมอร์ที่นิยมนำมาต่อกิ่งนั้น ได้แก่ อนุพันธ์ของกรดอะไครลิค เช่น อะไครลามาย เมทิลอะไครเลท และบิวทิวเมทาอะไครเลท เป็นต้น ซึ่งมอนอเมอร์เหล่านี้จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความว่องไวสูง และเพิ่มคุณสมบัติในการชอบน้ำ (Hydrophilic) ให้กับแผ่นฟิล์ม จากคุณสมบัติดังกล่าวที่เพิ่มขึ้นนี้ สามารถนำแผ่นฟิล์มที่ต่อกิ่งแล้ว มาประยุกต์ใช้ในการทำเมมเบรนเซลล์เก็บประจุ นอกจากนั้นแผ่นฟิล์มดังกล่าวยังสามารถเคลือบสีย้อมได้ง่ายขึ้น

นอกเหนือจากพอลิเอททิลีนแล้ว พอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ก็คือ พอลิพรอพิลีน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของพอลิพรอพิลีน โดยเฉพาะแผ่นฟิล์มของพอลิพรอพิลีน ให้สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางขึ้น และมีคุณสมบัติบนพื้นผิวเช่นเดียวกับแผ่นฟิล์มพอลิเอททิลีนที่ผ่านการต่อกิ่งแล้ว ในโครงงานวิจัยนี้จึงนำเอาพอลิพรอพิลีนที่มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มและมีจำหน่ายในท้องตลาด เช่น ถุงพลาสติกใส่อาหาร ถุงพลาสติกหิ้ว และแผ่นฟิล์มบรรจุอาหาร มาทำการต่อกิ่งโดยการใช้รังสีเช่นเดียวกับพอลิเอททิลีน โดยทำการศึกษาถึงผลกระทบจากตัวแปรต่างๆ ในระบบ ดังที่กล่าวมาแล้ว ไม่ว่าจะเป็น ความเข้มของรังสี ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ ฯลฯ เพื่อหาสภาวะและเทคนิคที่เหมาะสม ซึ่งให้ผลของเปอร์เซนต์การต่อกิ่งที่สูงที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

ในโครงงานพิเศษดังกล่าวนี้ จะศึกษาผลของตัวแปรต่างๆในระบบ เมื่อนำแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนมาทำการต่อกิ่งโดยการใช้รังสีแกมมา โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ต่อไปนี้

1. ผลของปริมาณความเข้มของรังสี โดยทำการฉายรังสีที่ปริมาณความเข้มต่างๆ แล้วนำผลของเปอร์เซนต์การต่อกิ่งมาเปรียบเทียบ เพื่อหาปริมาณความเข้มของรังสีที่ทำให้เกิดการต่อกิ่งมากที่สุด

2. ผลของมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งมอนอเมอร์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการต่อกิ่งลงบนแผ่นฟิล์มได้ต่างกัน ที่ปริมาณความเข้มของรังสีที่เท่ากัน โดยในการทดลองจะเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มโดยใช้มอนอเมอร์ต่างชนิดกัน

3. ผลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่มีต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง โดยใช้มอนอเมอร์ชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันไป เพื่อหาความเข้มข้นที่ทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงานวิจัย

ในโครงงานวิจัยนี้จะทำการทดสอบสมบัติต่างๆ ของแผ่นฟิล์มหลังจากการต่อกิ่งโดยการฉายรังสี ดังนี้

1. การหาเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง โดยการชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์มก่อนและหลังการฉายรังสี แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

2. การหาเปอร์เซนต์การบวมตัวของแผ่นฟิล์มหลังการฉายรังสี โดยนำแผ่นฟิล์มมาจุ่มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่เวลาต่างๆ กัน จนมีค่าคงที่นำผลดังกล่าวมาคำนวณหาเปอร์เซนต์การบวมตัว

3. การหาน้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ยของสายโซ่พอลิเมอร์ที่ต่อกิ่งลงบนแผ่นฟิล์ม

4. ผลของปริมาณ Mohr's salt ซึ่งจะเป็นตัวกำจัด ตัวริเริ่มในการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ ซึ่งจะมีผลต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง โดยจะศึกษาปริมาณของ Mohr's salt ที่ทำให้เกิดเปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

วัสดุต่างๆ จะมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปเมื่อได้รับรังสี ในปัจจุบันจึงมีการนำรังสีมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เช่น ในทางการแพทย์มีการนำรังสีมาใช้รักษาโรค และในทางอุตสาหกรรมก็มีการนำรังสีมาใช้หลายแบบด้วยกัน และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สำหรับการปรับปรุงพอลิเมอร์ เช่น การทำการเชื่อมโยงของฉนวนหุ้มสายไฟ การผลิตวัสดุที่สามารถหดตัวได้เมื่อได้รับความร้อน การผลิต biomaterials เพื่อใช้แทนอวัยวะเทียม หรือปรับปรุงสมบัติของยา การเคลือบผิววัสดุด้วยพอลิเมอร์ การทำ Prevulcanization ของการทำสายยาง การต่อกิ่งด้วยรังสีเพื่อสังเคราะห์เมมเบรนที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ เส้นใยที่สามารถดูดซับโลหะไอออนได้ และการปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์ เพราะรังสีมีพลังงานสูงสามารถทำให้พอลิเมอร์เกิดการพอลิเมอไรเซชั่นแบบต่างๆ การสลายตัว หรือเกิดพันธะเชื่อมโยงได้ ในขบวนการผลิตแบบใช้รังสีมีข้อดีพิเศษหลายอย่างมากกว่าขบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแบบใช้วิธีทางเคมีและความร้อน

<u>ชนิดของรังสี</u> ได้แก่

1. <u>รังสีแกมม่า</u> (γ- ray) เป็นอนุภาคโปรตอน ไม่มีมวลแต่มีประจุ มีอำนาจทะลุทะลวงสูง แต่กั้นได้ด้วยแผ่นตะกั่วหนา

2. <u>รังสีเบต้า</u> (β- ray) เป็นอนุภาคของอิเล็กตรอน มีมวล มีอำนาจทะลุทะลวงน้อยกว่ารังสีแกมม่า สามารถแผ่รังสีไปได้ไกล 2 - 3 ฟุต ถูกกั้นได้ด้วยแผ่นไม้

3. <u>รังสีแอลฟา</u> (α- ray) เป็นอนุภาคโฟตอนมีมวลมาก จึงมีอำนาจทะลุทะลวงน้อยกว่ารังสีอื่นๆ สามารถแผ่รังสีไปได้เพียงไม่กี่นิ้วเท่านั้น และถูกปิดกั้นได้ด้วยแผ่นกระดาษ

4. <u>Electron beam</u> (EB) เกิดจากเครื่องกำเนิดอิเล็กตรอน หรือเครื่องเร่งอนุภาค มีหลักการคือ เมื่อให้ความร้อนแก่ขั้วลบซึ่งทำจากลวดทังสเตน อิเล็กตรอนจะหลุดออกและถูกควบคุมจำนวนโดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของขั้วลบ หรือเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ อิเล็กตรอนจะถูกคัดรวมออกมาและถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า และได้รับพลังงานอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องตลอดความยาวใน accelcration tube จากนั้นอิเล็กตรอนที่มีความเข้มสูงจะกระจายตัวออกที่ scan horn ซึ่งเป็นสนามแม่เหล็ก รังสีที่แผ่ออกมาใน scan horn จะผ่านโลหะบางๆ พวก ทิทาเนียม อัลลอยด์ อลูมิเนียม อัลลอยด์ หรือ สแตนเลส สตีล ความหนาประมาณ 25 - 50 ไมครอน

<u>ประสิทธิภาพของรังสีที่ช่วยในการต่อกิ่ง</u> ขึ้นอยู่กับ

1. <u>ชนิดของรังสี</u> ถ้าเป็นรังสีแกมมาจะเกิดปฏิกิริยาทั่วทั้งชิ้นงาน ส่วน EB จะเกิดปฏิกิริยาเฉพาะที่ผิวหน้าเท่านั้น

2. <u>สัณฐานวิทยาของพอลิเมอร์</u> ถ้าพอลิเมอร์มีส่วนที่ไม่เป็นผลึกอยู่มาก จะเกิดพันธะเชื่อมโยงมาก แต่ถ้าพอลิเมอร์มีส่วนที่เป็นผลึกอยู่มากก็จะเกิดการย่อยสลายได้มากกว่า

3. <u>ปริมาณออกซิเจน</u> ถ้ามีปริมาณออกซิเจนอยู่ในพอลิเมอร์ หรือในขณะฉายรังสี การควบคุมปฏิกิริยาให้เป็นตามต้องการจะทำได้ยาก

ในทางอุตสาหกรรมไม่นิยมใช้รังสีเบต้า หรือรังสีแอลฟา แต่จะนิยมใช้ EB หรือรังสีแกมมาจาก ^{60}Co γ-ray เพื่อให้เกิดอนุมูลอิสระ และได้ปฏิกิริยาตามต้องการ แต่จะนิยมใช้ EB มากกว่า เพราะรังสีแกมมามีราคาสูงและอันตรายกว่า

<u>ข้อดีของการใช้รังสีในการกระตุ้นวัสดุ</u>

1. สามารถใช้กับวัสดุได้ทุกสถานะ ไม่ต้องเปลี่ยนสภาพก่อนทำปฏิกิริยา
2. หลังการฉายรังสีแล้ว จะไม่มีปริมาณรังสีตกค้างในผลิตภัณฑ์ที่ได้
3. ไม่มีสารปนเปื้อนตกค้าง ซึ่งจะต่างกับการใช้ตัวเร่ง เพราะการใช้ตัวเร่ง จะมีการปนเปื้อนของสารเคมีตกค้างในพอลิเมอร์

<u>หน่วยของรังสี</u>

การวัดปริมาณรังสีที่วัสดุดูดกลืนเข้าไปเรียกว่า Absorbed dose จะวัดเป็น electron volt หรือ 'rad' แต่ถ้าเป็น SI unit จะใช้ว่า 'gray' โดย

1 rad = ปริมาณ eV ที่วัสดุดูดกลืนเข้าไปต่อ 1 กรัมของวัสดุ

1 gray (Gy) = 1 J/Kg = 100 rad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของ ^{60}Co γ-ray และ Electron beam

^{60}Co γ-ray	Electron beam
1. การทะลุทะลวงสูง 1MeV ไปไกลถึง 43.2 cm (High penetration)	1. การทะลุทะลวงต่ำ 1MeV ไปไกล 0.33 cm (Low penetration)
2. ราคาแพง แต่ไม่ต้องการการดูแลรักษามาก (High reliability)	2. ต้องดูแลรักษามาก และสม่ำเสมอ (Periodic maintanance required)
3. ให้รังสีอย่างต่อเนื่อง สม่ำเสมอ (Continuous radiation)	3. สามารถควบคุมการเปิด-ปิดได้ตามต้องการ (Can be turned off)
4. ความเข้มต่อเวลาต่ำ (Low dose rate)	4. ในเวลาที่เท่ากัน การใช้ EB จะได้อิเล็กตรอนมากกว่า (High dose rate)
5. เกิดปฏิกิริยากับวัสดุได้ช้ากว่า EB	5. เกิดปฏิกิริยากับวัสดุได้เร็วกว่ารังสีแกมมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงสภาพผิวของแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์โดยวิธีการต่อกิ่ง จะทำให้สมบัติของพอลิเมอร์เปลี่ยนไป เช่น ความสามารถในการดูดซึมน้ำ , การแลกเปลี่ยนไอออน , การจับไอออนของพอลิเมอร์ เทคนิคที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน คือ การใช้รังสี ^{60}Co γ-ray เนื่องจากมีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีชนิดอื่นๆ

การต่อกิ่ง (Grafting)

1. เป็นวิธีการที่พลาสติก (อินทรีย์สาร) เกิดพันธะกับวัสดุทั้งที่เป็นอินทรีย์วัตถุ และอนินทรีย์วัตถุ ซึ่งอยู่ในรูปฟิล์ม , เส้นใย ฯลฯ

2. เป็นวิธีทำให้วัสดุ 2 ชนิดที่ต่างกัน สามารถผสมกลมกลืนกันได้โดยใช้วัสดุ (พอลิเมอร์) ตัวที่ 3 เป็นตัวเชื่อม (ลักษณะนี้คล้ายกับสบู่ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ละลายได้ดีในไขมันและน้ำ)

พอลิเมอร์ร่วมที่เกิดจากการต่อกิ่ง (Grafting copolymer)

ประกอบด้วยพอลิเมอร์ 2 ชนิด ชนิดหนึ่งเป็นโซ่หลัก และพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งต่อออกมาเป็นโซ่กิ่งการต่อของพอลิเมอร์ที่เกิดผ่านอนุมูลอิสระ , ไอออนบวก หรือไอออนลบ

พอลิเมอร์ร่วมที่เกิดจากการต่อกิ่งโดยการฉายรังสี

(Radiation-induced graft copolymerization)

เป็นวิธีการง่ายๆ ที่ทำให้มอนอเมอร์ ต่อเชื่อมบนพอลิเมอร์หลัก ซึ่งหลังจากมอนอเมอร์เข้าไปแล้วนั้น อาจจะเกิดการพอลิเมอไรเซชั่นต่อไป มอนอเมอร์อาจเป็นของเหลวบริสุทธิ์ , ไอ หรือ ละลายในตัวทำละลายอยู่ในรูปสารละลาย

เทคนิคที่ใช้ในปัจจุบันมี 3 วิธี ได้แก่

1. Preirradiation Procedure
2. Peroxidation Processes
3. Simultaneous Methods

1. Preirradiation Procedure

วิธีนี้จะเป็นการฉายรังสีให้กับพอลิเมอร์หลัก (PH) ก่อน ในสูญญากาศ หรือก๊าซเฉื่อย เพื่อให้เกิดอนุมูลอิสระที่เสถียรพอที่จะทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ (M) ที่อุณหภูมิห้อง กลไกของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

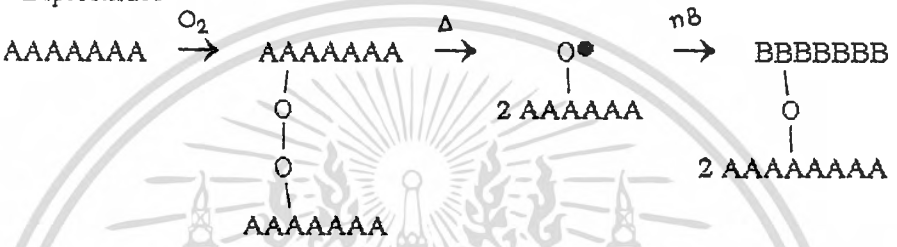
$$PH \rightarrow P^{\bullet} + H^{\bullet}$$

$$P^{\bullet} + M \rightarrow PM^{\bullet}$$

วิธีนี้ยังอาจแบ่งย่อยเป็น 2 ประเภท ตามชนิดของ aotive site ดังนี้

1.1) Peroxides : เป็นการฉายรังสีพอลิเมอร์หลักในขณะที่มีออกซิเจน วิธีนี้มีข้อดี คือ สะดวกเพราะไม่ต้องกำจัดออกซิเจน และชีวิตของเปอร์ออกไซด์อยู่ได้นาน เปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมี 2 แบบ คือ

- Diperoxides



หรือ

- Hydroperoxides

หรือ

1.2) Trapped radicals : เป็นการฉายรังสีพอลิเมอร์หลักที่อุณหภูมิต่ำขณะที่ไม่มีออกซิเจน อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะถูกจับอยู่ในพอลิเมอร์ จากนั้นเติมมอนอเมอร์ลงไป วิธีนี้จะทำให้เกิดโฮโมพอลิเมอร์น้อย แต่ชีวิตของอนุมูลอิสระจะสั้น จะเหลืออยู่เพื่อเกิดปฏิกิริยาการต่อกิ่งได้น้อย โดยเฉพาะถ้าพอลิเมอร์นั้นเป็นอสันฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Peroxidation Process

วิธีนี้จะเป็นการฉายรังสีพอลิเมอร์หลักในอากาศหรือออกซิเจน ทำให้เกิดเปอร์ออกไซด์และควบคุมรักษาให้อยู่ในสภาพนี้ เพื่อทำปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ซึ่งละลายในตัวทำละลาย หรือเป็นมอนอเมอร์บริสุทธิ์ โดยทำปฏิกิริยากันในขณะมีออกซิเจน หรือในสูญญากาศและค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิทีละน้อย เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาการต่อกิ่ง ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถเก็บสารมัธยันตร์ของเปอร์ออกไซด์พอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นไว้ได้นานก่อนนำไปทำปฏิกิริยา กลไกที่เกิดขึ้นคือ

$$PH + O_2 \rightarrow POOH$$

$$POOH \rightarrow PO^{\bullet} + {}^{\bullet}OH$$

$$PO^{\bullet} + M_2 \rightarrow POM^{\bullet} \xrightarrow{M_2} \rightarrow$$

3. Simultaneous Method

วิธีการนี้ พอลิเมอร์หลักจะถูกฉายรังสีพร้อมๆ กับสัมผัสโดยตรงกับมอนอเมอร์ ซึ่งอยู่ในสภาวะไอ ของเหลว หรือสารละลาย การต่อกิ่งเกิดผ่านกลไก คือ

$$PH \rightarrow P^{\bullet} + H^{\bullet}$$

$$P^{\bullet} + M \rightarrow PM^{\bullet}$$

$$M \rightarrow M^{\bullet}$$

$$M^{\bullet} + M \rightarrow M_n^{\bullet}$$

ซึ่งอาจเกิดผ่านกลไก Cationic grafting ได้ด้วย เช่น

$$CHR{=}CH_2 \rightarrow [CHR{=}CH_2]^{\bullet +} e^-$$

$$CHR{=}CH_2 + [CHR{=}CH_2]^{\bullet +} \rightarrow {}^{\bullet}CHR\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\overset{+}{C}HR$$

$$P^{\bullet} + {}^{\bullet}CHR\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CHR \rightarrow P\text{-}CHR\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\overset{+}{C}HR$$

โดยทั่วไป จะเกิดผ่านอนุมูลอิสระ เมื่อพิจารณาวิธี simultaneous จะพบว่า จะเกิดโฮโมพอลิเมอร์เสมอ ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ แต่ก็มีการค้นคว้าพบว่า การเติมสไตรีน เป็นพอลิเมอร์ร่วม สามารถช่วยลดการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ได้

ข้อดีของวิธีนี้ คือ ทั้งพอลิเมอร์หลักและมอนอเมอร์ถูกฉายรังสีพร้อมๆ กัน ดังนั้นจึงเกิดหมู่ว่องไวขึ้นทั้ง 2 ส่วน ปริมาณรังสีที่ใช้จึงต่ำกว่า 2 วิธีแรก และวิธีนี้จะเหมาะกับพอลิเมอร์หลักที่ไวต่อรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำ Radiation-induced grafted materials ไปใช้ มี 2 ลักษณะ คือ

1. General process ได้แก่

- การปรับปรุงเพื่อใช้ทำ battery separator ชนิดใหม่
- การทำ cationic / anionic grafting เพื่อใช้เป็น ion-exchange resin
- การใช้เทคนิค radiation graft copolymerization เพื่อสร้างเมมเบรนที่มีลักษณะพิเศษ
- ใช้พัฒนาเส้นใยสังเคราะห์ , ขนสัตว์ หรือฝ้าย ในด้านสมบัติการป้องกันไฟ , การป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ , การต้านทานไฟฟ้า , การย้อมสีติดได้ง่าย หรือการไม่ยึดติดสิ่งสกปรก
- ใช้ในด้าน Biological field โดยการตรึง Bioactive materials เช่น ยา , enzymes หรือ antibodies

2. Curing reaction: รังสีทำให้เกิดการแห้งตัวอย่างรวดเร็วของฟิล์มที่มี oligomer/ monomer ผสมอยู่ และเกิดพันธะเชื่อมโยง ดังนั้น การเลือก multifunctional acrylate monomer ที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มความเร็วในการ cure ปัจจุบันนิยมใช้ EB ฉายลงบนวัสดุบรรจุภัณฑ์ หรือวัสดุเคลือบผิว เพื่อทำให้หมึกหรือสีติดบนพลาสติกได้แน่น และแห้งเร็ว สามารถนำไปใช้งานได้โดยไม่ต้องเสียเวลารอให้สีแห้ง

ผลของรังสีที่มีต่อพอลิเมอร์หลัก

- การขาดของสายโซ่ (Chain scission) เช่น PMMA , Polyisobutylene
- การเกิดการเชื่อมโยง (Crosslinking) เช่น PS และ PE

กลไกการเกิดปฏิกิริยาการแข่งขัน โดยมีหลักสังเกตุว่าพอลิเมอร์ที่มีหมู่ข้างเคียงอยู่ 1 ข้าง หรือ H อยู่ 1 อะตอม มีแนวโน้มเกิดการเชื่อมโยง มากกว่า การขาดของสายโซ่

ที่อุณหภูมิต่ำกว่า T_g ของพอลิเมอร์นั้นๆ จะเกิดอนุมูลอิสระที่เสถียรเป็นจำนวนมาก การเชื่อมโยงจะเกิดได้ยาก แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่า T_g การเชื่อมโยงจะเกิดได้มากขึ้น แม้กระทั่งพอลิเมอร์ที่ปกติเกิดการขาดของสายโซ่ได้มากที่อุณหภูมิต่ำกว่า T_g หากเพิ่มอุณหภูมิขึ้น ปฏิกิริยาการเชื่อมโยง จะกลายเป็นปฏิกิริยาหลัก

- ผลที่มีต่อความหนาแน่น และความเป็นผลึก

เมื่อฉายรังสีให้พอลิเอททิลีน ความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมโยง จนกระทั่งปริมาณรังสีสูงถึงค่าหนึ่ง หลังจากนั้นความหนาแน่นก็จะคงที่ ซึ่งหมายถึงความเป็นผลึกสูงสุดของพอลิเอททิลีน เมื่อนำพอลิเอททิลีนมาทำการศึกษาโครงผลึกด้วย X-ray diffractometer พบว่า XRD pattern ของพอลิเอททิลีนไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพีค นั่นคือ รังสีไม่มีผลต่อโครงผลึก แต่ความสูงของพีคลดลง แสดงว่าเกิดการเพิ่มขึ้นของส่วนที่เป็นอสันฐาน (amorphous halo) (นอกจากนี้ความเป็นผลึกจะลดลงถ้าเกิดการเชื่อมโยง) มีการทดลองพบว่ารังสีแกมมา จะทำให้เกิดการเชื่อมโยง ในพอลิเอททิลีนที่มีความเป็นผลึกต่ำได้มากกว่า พอลิเอททิลีนที่มีความเป็นผลึกสูง

สำหรับความหนาแน่นของพอลิพรอพิลีนเมื่อได้รับการฉายรังสีจะลดลง จนกระทั่งถึงปริมาณรังสีค่าหนึ่งหลังจากนั้นความหนาแน่นจะสูงขึ้น ซึ่งต่างจากพอลิเอททิลีนแสดงว่าตอนแรกเกิดการขาดของสายโซ่ ซึ่งมีผลต่อความเป็นระเบียบของสายโซ่พอลิเมอร์ใน solid phase และหลังจากนั้นในช่วงหลังปฏิกิริยาการเชื่อมโยง จะโยงโซ่พอลิเมอร์เข้ามาใกล้กัน ทำให้ความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำมาวัดด้วย X-ray diffractometer พบว่าโครงสร้างของผลึกของพอลิพรอพิลีนไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าจะฉายรังสีสูง แต่จากการนำไปวัด DSC (Differential scanning calorimeter) พบว่า มีการลดลงของความเป็นผลึก

องศาความเป็นผลึกซึ่งหาได้จากพื้นที่ใต้ endothermic curve ใน DSC pattern จะลดลงเมื่อฉายรังสีให้พอลิเมอร์ ไม่ว่าที่อุณหภูมิห้องหรือที่อุณหภูมิสูงกว่า นอกจากนี้ พอลิเมอร์ที่ผ่านการฉายรังสีเมื่อนำมาทำให้หลอมเหลว และทำให้เย็นอีกครั้งหนึ่ง คราวนี้จะเกิดผลึกได้ยากเพราะพันธะเชื่อมโยงขัดขวางการจัดเรียงตัวของพอลิเมอร์ในโมเลกุล ด้วยเหตุนี้ องศาความเป็นผลึกจะลดลงมาก

- ผลที่มีต่ออุณหภูมิการหลอมเหลว (T_m) และอุณหภูมิการตกผลึก (T_c)

อุณหภูมิการหลอมเหลว และอุณหภูมิการตกผลึก จะลดลง เพราะรังสีก่อให้เกิดการขาดของสายโซ่ ซึ่งบางครั้งเกิดโซ่กิ่งซึ่งขัดเป็นจุดด้อยของพอลิเมอร์ อุณหภูมิการหลอมเหลวลดลงตามความเข้มของรังสีที่เพิ่มขึ้น และจะหยุดการเปลี่ยนแปลงเมื่อเกิดการเชื่อมโยง ในกรณีฉายรังสีที่ความเข้มสูง และในสุญญากาศจะมีการเกิดการเชื่อมโยงมาก เมื่อนำพอลิเมอร์มาหลอมจะไม่หลอม เพียงแต่เกิดการเปลี่ยนสภาพคล้ายยาง คืออ่อนตัว เพราะพันธะเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นยึดโซ่พอลิเมอร์ไว้ไม่ให้แยกจากกัน

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการต่อกิ่ง</u>

จากการทดลองที่มีการศึกษา และสรุปผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการต่อกิ่งโดยการใช้รังสี ซึ่งสามารถสรุปผลต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. <u>ปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย</u> (Dose)

จากการต่อกิ่งโดยการใช้รังสีแกมมา ซึ่งเป็นรังสีที่มีพลังงานทะลุทะลวงสูง พลังงานของรังสีจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระทั่วทั้งแผ่นฟิล์มพอลิเมอร์ จากผลการทดลองที่มีมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรากฏว่า เมื่อปริมาณความเข้มของรังสีสูงขึ้น จะมีผลทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่บริเวณแผ่นฟิล์มเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้นเช่นกัน

ปริมาณความเข้มของรังสีที่เพิ่มขึ้น นอกจากจะทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้นแล้ว ยังมีผลทำให้อัตราการต่อกิ่งสูงขึ้นอีกเช่นกัน เนื่องมาจากความเข้มของรังสีที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระบนแผ่นฟิล์มหรือพอลิเมอร์หลักมากขึ้น และเกิดกระจายทั่วทั้งแผ่นฟิล์ม ซึ่งเป็นผลทำให้อัตราการต่อกิ่งสูงขึ้น

2. <u>เวลาในการทำปฏิกิริยา</u> (Reaction time)

เมื่อเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างแผ่นฟิล์มที่เกิดอนุมูลอิสระ กับมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นในช่วงแรก เปอร์เซนต์การต่อกิ่งจะมีอัตราการสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีอนุมูลอิสระอยู่จำนวนมาก ต่อจากนั้นเปอร์เซนต์การต่อกิ่งจะค่อยๆ คงที่ในช่วงหลัง เพราะจำนวนอนุมูลอิสระที่ไม่ได้เกิดปฏิกิริยากับมอนอเมอร์ จะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งมีผลทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งคงที่

3. <u>ความเข้มข้นของมอนอเมอร์</u> (Monomer concentration)

เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้กลไกการเกิดปฏิกิริยาในขั้นการแผ่ขยายสายโซ่ (Propagation) เพิ่มขึ้น แสดงว่าสายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ต่อกิ่งบนแผ่นฟิล์มมีความยาวเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น

แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของมอนอเมอร์ให้สูงขึ้นเรื่อยๆ กลับทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งลดลง อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นที่สูงขึ้น จะทำให้ระบบมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลทำให้การกระจายตัวของมอนอเมอร์ลดลง นอกจากนั้นอาจเป็นผลมาจากความสามารถในการละลายของมอนอเมอร์ในแผ่นฟิล์มหรือพอลิเมอร์หลักลดลง เพราะเมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการแทรกตัวของมอนอเมอร์เข้าไปยังส่วนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาของพอลิเมอร์หลักลดลง และอาจเกิดการรวมตัวกันเองของมอนอเมอร์กลายเป็นโฮโมพอลิเมอร์

4. <u>ปริมาณของ Mohr's salt</u>

Mohr's salt คือ เกลือของโลหะที่มี Valency electron จำนวนมาก ได้แก่ Cu^{3+}, Fe^{3+} และ Fe^{2+} ซึ่งโลหะดังกล่าวสามารถ Oxidized หรือ Reduced หมู่ Hydroxy ได้ หรือกำจัดตัวริเริ่มในการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ แสดงว่า Mohr's salt มีผลในการลดการเกิดโฮโมพอลิเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ผ่านมาพบว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Mohr's salt เพิ่มขึ้น เปอร์เซนต์การต่อกิ่งลดลง เพราะนอกจากการกำจัด radical โดยไอออนของโลหะจาก Mohr's salt แล้ว ไอออนดังกล่าวยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับพอลิเมอร์หลักในขั้นการแผ่ขยายสายโซ่ ทำให้สายโซ่ของพอลิเมอร์หลักตาย จึงมีผลทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งลดลง จากผลดังกล่าวอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

1. Peroxide decomposition.

$$POOR + Fe^{2+} \longrightarrow PO^{\bullet} + Fe^{3+} + OR^{-}$$

2. Propagation.

$$\text{——}P^{\bullet} + Fe^{2+} \longrightarrow \text{——}R + Fe^{3+}$$

นอกจากผลที่มีต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่งแล้ว Mohr's salt ยังมีผลต่ออัตราการต่อกิ่ง โดยเมื่อปริมาณความเข้มข้นของ Mohr's salt เพิ่มขึ้น อัตราการต่อกิ่งจะลดลง และสายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ต่อกิ่งบนแผ่นฟิล์มหรือพอลิเมอร์หลักสั้นลง นอกจากนั้น Mohr's salt ยังมีผลในการเพิ่มเปอร์เซนต์การต่อกิ่งเมื่อใช้ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ในการเพิ่มปริมาณความเข้มของรังสีในระบบที่มีการใส่ Mohr's salt จะได้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งที่สูงกว่าระบบที่ไม่มีการใส่สาร Mohr's salt

5. <u>ผลของอุณหภูมิ</u> (Temparature)

เมื่ออุณหภูมิในระหว่างการทำปฏิกิริยาเพิ่มสูงขึ้น จะมีผลทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากความร้อนที่เพิ่มขึ้น จะทำให้การกระจายตัวของมอนอเมอร์ดีขึ้น และลดความหนืดของสารละลาย ทำให้มอนอเมอร์สามารถแทรกตัวเข้าไปทำปฏิกิริยากับหมู่ที่ว่องไวในพอลิเมอร์หลักได้ดี จึงทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนั้นเวลาในช่วงการเพิ่มอุณหภูมิ ถ้าเพิ่มมากขึ้นก็จะให้ผลเช่นเดียวกับ การเพิ่มอุณหภูมิ

6. <u>ผลของกรด</u>

นอกจากตัวแปรต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังมีผลของสารตัวเติมอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใส่ลงในระบบของการต่อกิ่งโดยการใช้รังสี นั้นก็คือ การเติมกรดลงไปในระบบ โดยกรดจะทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น เนื่องจากจะไปลดความสามารถในการละลายของมอนอเมอร์ในสารละลายซึ่งมีความเป็นกรดสูงขึ้น จึงเป็นผลให้มอนอเมอร์เข้าไปแทรกตัวในพอลิเมอร์หลักและเกิดปฏิกิริยากับหมู่ที่ว่องไวในพอลิเมอร์หลักได้ดีขึ้น ทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มปริมาณกรด ก็จะยิ่งทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2 ผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมของวัสดุพอลิเมอร์ ที่ใช้กระบวนการฉายรังสี

ผลิตภัณฑ์	หมายเหตุ
Cross-linked wire and cable	Heat and chemical resistant insulation
Foamed polyethylene	
Heat shrinkable tubing and sheets	Food packaging, insulation, protection for corrosion
Curing of surface coating for wood panel, paper, roof tile, steel plate, gypsum tile, overcoat of printing, floppy disks and screen printing	Energy saving, environmentally friendly processing. Better quality products.
Adhesive tapes	Curing of silicone coatings
Wood-plastic composites	Abrasion resistant, water resistant
Polymer flocculants	High molecular weight products
Automobile tires	Cross-linking of rubber
Teflon powder	Decomposition of used teflon
Contact lenses	Hydrogels
Water absorbents	Disposable diapers, etc.
Deodorant fiber	By radiation grafting
Cross-linked polyurethane	Cable insulation for antilock brake sensor
Cross-linked nylon	Heat and chemical resistant
Battery separators	AAc grafted polyethylene
Wound dressing	Hydrogels by crosslinking or grafting
Super heat resistant SiC fiber	Metal and ceramic composites, semi-commercial plant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32010

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการนำพอลิเมอร์มาปรับปรุงด้วยวิธีการต่อกิ่ง

พอลิเมอร์	มอนอเมอร์	การประยุกต์ใช้
PP fibers and PE hollow fibers	acrylonitrile	ทำ Fibrous Adsorbent containing ทำAminoxime gr. สำหรับ Uranium recovery from Sea Water
PP	acrylamide	ปรับปรุงสมบัติ -hydrophilic -electric resistance ทำ biomaterials
PE film	acrylic acid	ทำ ion exchange membranes ทำ battery separators ปรับปรุง biocompatibility of biomedical material
	ethylene glycol acrylate	
PU film	acrylamide และ droxyethylmethacrylate	ทำ wound dressing
LDPE	vinyl acetate acrylic acid	ทำ Reverse osmosis membrane
Silk Protein	acrylonitrile	ทำให้การฟอกสีและการย้อมติดสีดีขึ้น
PE	methacrylic acid	ปรับปรุงสมบัติการต้านทานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 สมบัติทางกายภาพของพอลิอะไครเลท

Polymer	Density at 25°C, g/ml	Glass-transition temperature, °C	Brittle point	Vicat softening point, °C
Polymethyl acrylate	1.07	8	4	1
Poly(n-butyl acrylate)	-	-54	-44	-
Poly(2-ethylhexyl acrylate)	-	-55	-	-

พอลิเมอร์แต่ละชนิด จะสามารถละลายในตัวทำละลายต่างชนิดกัน ซึ่งขึ้นกับ ความแรงของตัวทำละลาย และค่า Solubility Parameter ดังแสดงในตารางที่ 5 , 6 , 7 และ 8

ตารางที่5 Solvents and Non-solvent

Polymer	Solvents	Non-solvents
General	aromatic hydrocarbons,chlorinated hydrocarbons,THF,esters,ketones.	aliphatic hydrocarbons,hydrogenated naphthalenes, diethyl ether
Poly(methyl acrylate)	see general, and dimethyl tetrahydrofuran, glycolic ester ethers, phosphorus trichloride	methanol, ethanol, 2-alkoxy ethanols, carbon tetrachloride
Poly(ethyl acrylate)	see general , and methanol,ethanol, butanol, dimethyl tetrahydrofuran, glycol ether	aliphatic alcohols C≥5, cyclohexanol, tetrahydrofurfuryl alcohol
Poly(butyl acrylate)	see general, and turpentine, butanol	methanol, ethanol, cyclohexyl acetate, ethyl acetate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 Solvents for (Semi-) rigid-rod aromatic polymers

Solvents	For (S-)R-R Acrylates
Very strong	Trifluormethane sulphonic acid
Strong	p-Chlorophenol p-Chlorophenol/tetrachloroethane p-Chlorophenol/o-dichlorobenzene p-Chlorophenol/tetrachl.eth/phenol Phenol/tetrachloroethane 60/40 Trifluoroacetic acid/methylene chloride 60/40 or 30/70 Pentafluoro-phenol p-Fluoro phenol 1,3,Dichlorol,1,3,3 tetrafluoro acetone hydrate (=DCTFAH) DCTFAH/perchloroethylene 50/50 DCTFAH / TFA / methylene chloride / perchloroethylene 25/15/35/25
Weak	Trifluoroacetic acid (=TFA) Tetrachloroethane N,N-Dimethyl formamide

ตารางที่ 7 Solubility Parameters of Solvents[a]

Poor	δ	Moderate	δ	Good	δ
n-hexane	7.4	ethyl ether	7.4	2-ethylhexanol	9.5
toluene	8.9	ethyl acetate	9.1	n-butanol	11.4
ethylene dicrloride	9.8	2-butanone	9.3	dimethylformamide	12.1
acetonitrile	11.9	2-methoxyethanol	10.8	ethanol	12.7
nitromethane	12.7	ethylene carbonate	14.7	water	23.4

[a] Grouped by degree of hydrogen bonding.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 Solubility Parameters and Solubility Ranges of Polymers

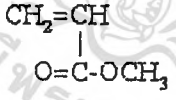
Polymer of	Caled δ	Observed δ	Solubility ranges,δ, degree of hydrogen bonding		
			Poor	Moderate	Good
methyl acrylate	9.7	10.15	10.8±1.9	12.0±2.8	-
ethyl acrylate	9.2	9.4	10.6±2.0	10.4±3.0	10.5
butyl acrylate	8.7	9.05	9.2±1.8	8.7±1.3	11.5

ตารางที่ 9 แสดงสมบัติต่างๆ ของมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิด

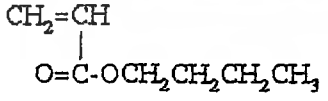
มอนอเมอร์	สูตรโมเลกุล	น้ำหนักโมเลกุล	จุดเดือด ($^{\circ}$C)	ความหนาแน่น	ดัชนีหักเห
Methyl acrylate	$C_4H_6O_2$	86.09	78-81	0.956	1.401
Butyl acrylate	$C_7H_{12}O_2$	128.17	145-146	0.898	1.418
2-Ethyl hexyl acrylate	$C_{11}H_{20}O_2$	184.28	213-215	0.884	1.435

รูปแสดงสูตรโครงสร้างของมอนอเมอร์

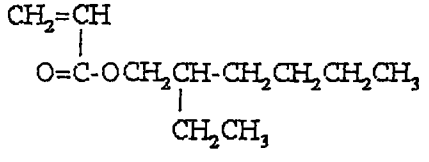
1. Methyl acrylate



2. Butyl acrylate



3. 2-Ethyl hexyl acrylate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

สารเคมีและอุปกรณ์

1. แผ่นฟิล์มพอลิพรอพีลีน
2. ไวนิลมอนอเมอร์ ได้แก่
    2.1 Methyl acrylate
    2.2 Butyl acrylate
    2.3 2- Ethyl hexyl acrylate
3. ตัวทำละลาย เมทานอล
4. Mohr's salt ($FeSO_4$)
5. เครื่องกำเนิดรังสี ^{60}Co γ-ray

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. **การต่อกิ่งด้วยวิธี Peroxidation**

1.1 **การเตรียมสารละลายมอนอเมอร์**

1) เติมมอนอเมอร์ 20 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร

2) เติมสารละลาย Mohr's salt 0.05%wt จำนวน 5 มิลลิลิตร (เตรียมโดยชั่ง $FeSO_4$ 1.0021 กรัม ละลายในเมทานอล 100 มิลลิลิตร)

3) ปรับปริมาตรด้วยเมทานอลจนครบ 100 มิลลิลิตร

4) เก็บไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)

1.2 **การฉายรังสี**

1) เตรียมแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ขนาด 4ซม.x 10ซม. 6 แผ่น แช่อะซิโตน 2 ชั่วโมง แล้วอบให้แห้ง

2) ชั่งน้ำหนักของแต่ละแผ่น แล้วใส่ในหลอดทดลอง 6 หลอด

3) นำแผ่นฟิล์มทั้งหมดไปฉายรังสี ^{60}Co γ-ray ที่มีอัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec โดยให้แต่ละหลอดมีปริมาณความเข้มของรังสีต่างกันคือ

หลอด A	10 kGy
หลอด B	20 kGy
หลอด C	30 kGy
หลอด D	40 kGy
หลอด E และ F	50 kGy

4) นำแผ่นฟิล์มที่ได้ในแต่ละหลอดไปทำปฏิกิริยาโดยเทสารละลายมอนอเมอร์ที่เตรียมไว้ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด แล้วปิดปากหลอดด้วยพาราฟิล์ม (เพื่อป้องกันปริมาณออกซิเจนที่มากเกินไป)

5) นำหลอดทดลองที่มีแผ่นฟิล์มอยู่ในสารละลายมอนอเมอร์ไปแช่ใน water bath ที่มีอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส พร้อมกับกวนสารละลายตลอดเวลา นาน 30 นาที

6) นำแผ่นฟิล์มออกมาล้างด้วยน้ำกลั่น

7) ทำตามขั้นตอนทุกหลอดยกเว้น หลอด E จะไม่นำแผ่นฟิล์มออกมาล้างน้ำกลั่น แต่จะแช่ทิ้งไว้ในสารละลายมอนอเมอร์ ประมาณ 2 วัน

8) นำแผ่นฟิล์มทั้งหมดมาล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำไปอบให้แห้ง

9) นำแผ่นฟิล์มไปชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณหาเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ เมื่อนำแผ่นฟิล์มมาทดสอบด้วยเครื่องอินฟาเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แล้ว ไม่พบว่ามีหมู่ฟังก์ชั่นใดเพิ่มขึ้นมา แสดงว่าการต่อกิ่งที่สภาวะต่างๆ เหล่านี้ไม่ได้ผล เพราะไม่สามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนได้ จึงเปลี่ยนเป็นการต่อกิ่งด้วยวิธีการฉายรังสีแบบ Simultaneous

2. การต่อกิ่งด้วยวิธี Simultaneous

2.1 การเตรียมสารละลายมอนอเมอร์ (%โดยปริมาตร)

2.1.1 สารละลายมอนอเมอร์ที่ไม่เติม Mohr's salt

1) เติมมอนอเมอร์ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละขวด (ตามความเข้มข้น)
2) ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล จนมีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร
3) ปิดขวดด้วยพาราฟิล์ม และแช่ไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)

2.1.2 สารละลายมอนอเมอร์ เติม Mohr's salt (%wt)

1) เตรียมสารละลายมอนอเมอร์ตามข้อ 2.1.1
2) นำสารละลายมอนอเมอร์มาชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาปริมาณ Mohr's salt
3) เติม Mohr's salt ลงในสารละลายมอนอเมอร์ คนจนละลายหมด
4) ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล
5) ปิดขวดด้วยพาราฟิล์ม และแช่ไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)

2.2 การฉายรังสี

2.2.1 ศึกษาผลของปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย คือ 2 ,4 ,8 ,10 ,15 และ 20 kGy โดยใช้สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 80%โดยปริมาตร

1) ตัดแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนขนาด 4 ซม.x10 ซม. แช่อะซิโตน 2 ชั่วโมง เพื่อล้างสารเติมแต่งต่างๆ แล้วนำไปอบให้แห้ง
2) นำแผ่นฟิล์มที่แห้งไปชั่งน้ำหนัก แล้วใส่ลงในหลอดทดลองที่เตรียมไว้ ตามลำดับ
3) เติมสารละลายมอนอเมอร์แต่ละชนิดที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.1.1 ลงในหลอด หลอดละ 30 มิลลิลิตร
4) ทำการไล่ก๊าซออกซิเจนด้วยก๊าซไนโตรเจน ประมาณ 5 นาที
5) ปิดฝาหลอด แล้วพันทับด้วยพาราฟิล์ม เก็บไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)
6) นำไปฉายรังสี ^{60}Co γ-ray ที่มีอัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดที่ 1 ปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย 2 kGy

หลอดที่ 2 ปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย 4 kGy

หลอดที่ 3 ปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย 8 kGy

หลอดที่ 4 ปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย 10 kGy

หลอดที่ 5 ปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย 15 kGy

หลอดที่ 6 ปริมาณความเข้มของรังสีที่ฉาย 20 kGy

7) ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออก ด้วย Methylene chloride

8) นำฟิล์มที่ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออกแล้ว ไปอบให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อหาเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

หมายเหตุ หลังจากทำการทดลองแล้ว ปรากฏว่าเกิดโฮโมพอลิเมอร์จับกันเป็นก้อนล้างออกไม่ได้ แต่การฉายรังสีที่ 2 และ 4 kGy เกิดโฮโมพอลิเมอร์น้อยกว่า สามารถล้างออกได้บ้าง แสดงว่าความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์มากเกินไป จึงทำการปรับสภาวะการทดลองใหม่เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy เพราะคาดว่าสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีกว่าปริมาณรังสีค่าอื่น

2.2.2 ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 10 ,20 ,30 ,40 50 และ 60 (%โดยปริมาตร) ต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง ปริมาณรังสีที่ใช้ 4 kGy

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ สารละลายมอนอเมอร์ที่ไม่เติม Mohr's salt และสารละลายมอนอเมอร์ที่เติม Mohr's salt

1) ตัดแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนขนาด 4ซม.x 10ซม. จำนวน 36 แผ่น นำไปแช่ในอะซิโตน 2 ชั่วโมงแล้วอบให้แห้ง

2) นำแผ่นฟิล์มที่แห้งแล้วไปชั่งน้ำหนัก ใส่ลงในหลอดทดลองที่เตรียมไว้ ตามลำดับ

3) เติมสารละลายมอนอเมอร์ที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 ลงในหลอด หลอดละ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนี้

หลอดที่ 1-6 เติมสารละลาย Methyl acrylate (ที่ไม่เติม Mohr's salt) ความเข้มข้น 10 20 ,30, 40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 7-12 เติมสารละลาย Butyl acrylate (ที่ไม่เติม Mohr's salt) ความเข้มข้น 10 20 ,30, 40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 13-18 เติมสารละลาย 2-Ethyl hexyl acrylate (ที่ไม่เติม Mohr's salt) ความเข้มข้น 10, 20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดที่ 19-24 เติมสารละลาย Methyl acrylate (ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt) ความเข้มข้น 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 25-30 เติมสารละลาย Butyl acrylate (ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt) ความเข้มข้น 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 31-36 เติมสารละลาย2-Ethyl hexyl acrylate (ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt) ความเข้มข้น 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

4) ทำการไล่ก๊าซออกซิเจนด้วยก๊าซไนโตรเจน ประมาณ 5 นาที

5) ปิดฝาหลอด แล้วพันทับด้วยพาราฟิล์ม เก็บไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)

6) นำไปฉายรังสี ^{60}Co γ-ray ที่มีอัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec โดยให้ปริมาณความเข้มของรังสีประมาณ 4 kGy

7) ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออก ด้วย Methylene chloride

8) นำฟิล์มที่ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออกแล้ว ไปอบให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อหาเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

<u>หมายเหตุ</u> การแบ่งสารละลายออกเป็น 2 ชุด เพื่อเปรียบเทียบผลของ Mohr's salt ต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ ปรากฏว่า เปอร์เซนต์การต่อกิ่งดีขึ้น และปริมาณโฮโมพอลิเมอร์ลดลง

2.2.3 <u>ศึกษาผลของความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่ 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60%โดยปริมาตร ต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง ปริมาณรังสีที่ใช้ 2 kGy</u>

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ สารละลายมอนอเมอร์ที่ไม่เติม Mohr's salt และสารละลายมอนอเมอร์ที่เติม Mohr's salt

1) ตัดแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนขนาด 4ซม.x 10ซม. จำนวน 36 แผ่น นำไปแช่ในอะซิโตน 2 ชั่วโมงแล้วอบให้แห้ง

2) นำแผ่นฟิล์มที่แห้งแล้วไปชั่งน้ำหนัก ใส่ลงในหลอดทดลองที่เตรียมไว้ ตามลำดับ

3) เติมสารละลายมอนอเมอร์ที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 ลงในหลอด หลอดละ 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดที่ 1-6 เติมสารละลาย Methyl acrylate (ที่ไม่เติม Mohr's salt) ความเข้มข้น 10 20 ,30, 40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 7-12 เติมสารละลาย Butyl acrylate (ที่ไม่เติม Mohr's salt) ความเข้มข้น 10 20 ,30, 40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 13-18 เติมสารละลาย 2-Ethyl hexyl acrylate (ที่ไม่เติม Mohr's salt) ความเข้มข้น 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 19-24 เติมสารละลาย Methyl acrylate (ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt) ความเข้มข้น 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 25-30 เติมสารละลาย Butyl acrylate (ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt) ความเข้มข้น 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

หลอดที่ 31-36 เติมสารละลาย2-Ethyl hexyl acrylate (ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt) ความเข้มข้น 10 ,20 ,30 ,40 ,50 และ 60% ตามลำดับ

4) ทำการไล่ก๊าซออกซิเจนด้วยก๊าซไนโตรเจน ประมาณ 5 นาที

5) ปิดฝาหลอด แล้วพันทับด้วยพาราฟิล์ม เก็บไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)

6) นำไปฉายรังสี ^{60}Co γ-ray ที่มีอัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec โดยให้ปริมาณความเข้มของรังสีประมาณ 2 kGy

7) ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออก ด้วย Methylene chloride

8) นำฟิล์มที่ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออกแล้ว ไปอบให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อหาเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

<u>หมายเหตุ</u> การทดลองนี้ทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง ระหว่างปริมาณความเข้มของรังสีที่ 2 และ 4 kGy เพื่อหาปริมาณรังสีที่ต่ำที่สุด และใช้พลังงานน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดการต่อกิ่งได้ดี เพื่อประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่อไป พบว่า ที่ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy จะเกิดการต่อกิ่งได้ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 <u>ศึกษาผลของปริมาณ Mohr's salt ต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง โดยความเข้มข้นของ Mohr's salt คือ 0 ,0.01 ,0.03 ,0.05 ,0.07 และ 0.1%wt ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ที่ใช้ 10 และ 40% โดยปริมาตร ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy</u>

1) ตัดแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนขนาด 4ซม.x 10ซม. จำนวน 36 แผ่น นำไปแช่ในอะซิโตน 2 ชั่วโมงแล้วอบให้แห้ง

2) นำแผ่นฟิล์มที่แห้งแล้วไปชั่งน้ำหนัก ใส่ลงในหลอดทดลองที่เตรียมไว้ ตามลำดับ

3) เติมสารละลายมอนอเมอร์ ที่เตรียมไว้ตามข้อ 2.1.2 ลงไปหลอดละ 30 มิลลิลิตร ดังนี้

หลอดที่ 1-6 เติมสารละลาย Methyl acrylate 10% ความเข้มข้นของ Mohr's salt 0 0.01, 0.03 ,0.05 ,0.07 และ 0.1%wt ตามลำดับ

หลอดที่ 7-12 เติมสารละลาย Methyl acrylate 40% ความเข้มข้นของ Mohr's salt 0 0.01, 0.03 ,0.05 ,0.07 และ 0.1%wt ตามลำดับ

หลอดที่ 13-18 เติมสารละลาย Butyl acrylate 40% ความเข้มข้นของ Mohr's salt 0 0.01, 0.03 ,0.05 ,0.07 และ 0.1%wt ตามลำดับ

หลอดที่ 19-24 เติมสารละลาย Butyl acrylate 10% ความเข้มข้นของ Mohr's salt 0 0.01, 0.03 ,0.05 ,0.07 และ 0.1%wt ตามลำดับ

หลอดที่ 25-30 เติมสารละลาย2-Ethyl hexyl acrylate10% ความเข้มข้นของ Mohr's salt 0, 0.01 ,0.03 ,0.05 ,0.07 และ 0.1%wt ตามลำดับ

หลอดที่ 31-36 เติมสารละลาย2-Ethyl hexyl acrylate40% ความเข้มข้นของ Mohr's salt 0, 0.01 ,0.03 ,0.05 ,0.07 และ 0.1%wt ตามลำดับ

4) ทำการไล่ก๊าซออกซิเจนก๊าซด้วยไนโตรเจน ประมาณ 5 นาที

5) ปิดฝาหลอด แล้วพันทับด้วยพาราฟิล์ม เก็บไว้ในน้ำแข็ง (อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)

6) นำไปฉายรังสี ^{60}Co γ-ray ที่มีอัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec โดยให้ปริมาณความเข้มของรังสีประมาณ 4 kGy

7) ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออก ด้วย Methylene chloride

8) นำฟิล์มที่ล้างโฮโมพอลิเมอร์ออกแล้ว ไปอบให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อหาเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ 10 และ 40%โดยปริมาตร เพื่อศึกษาว่าระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ต่ำหรือสูง ความเข้นข้นของ Mohr's salt มีผลต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่งต่างกันหรือไม่

3. การคำนวณเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง = {(Wg - Wo) / Wo} x 100

เมื่อ Wo = น้ำหนักแผ่นฟิล์มก่อนการต่อกิ่ง

Wg = น้ำหนักแผ่นฟิล์มที่ต่อกิ่งแล้ว

4. การทดสอบการบวมตัวในสารละลายด่าง

นำแผ่นฟิล์มที่ทำการต่อกิ่งแล้วไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N เป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง แล้วคำนวณเปอร์เซนต์การบวมตัว ตามสมการ

เปอร์เซนต์การบวมตัว = {(Wa - Wg) / Wg} x 100

เมื่อ Wa = น้ำหนักของแผ่นฟิล์มที่บวมตัว

Wg = น้ำหนักของแผ่นฟิล์มที่ต่อกิ่งก่อนบวมตัว

5. การหาค่าองศาการต่อกิ่งอิ่มตัว

$$Gm = G/M = (Wd - Wo)/(M\,Wo) = \{(Wd - Wo)/M\}\{1/Wo\}$$

เมื่อ Gm = จำนวนโมลของมอนอเมอร์ที่เข้าไปต่อกิ่งต่อน้ำหนักแผ่นฟิล์ม 1 หน่วย

M = น้ำหนักโมเลกุลของมอนอเมอร์

Wd - Wo = น้ำหนักของแผ่นฟิล์มที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	น้ำหนักฟิล์มก่อนฉายรังสี (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังฉายรังสี (g)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง
Methyl acrylate	10	0.1737	0.1857	6.91
	20	0.1563	0.1990	27.32
	30	0.1644	0.2387	45.19
	40	0.1606	0.2269	41.28
	50	0.1705	0.1814	6.39
	60	0.1753	0.2517	43.58
Butyl acrylate	10	0.1806	0.2260	25.14
	20	0.1523	0.1762	15.69
	30	0.1682	0.1862	10.70
	40	0.1759	0.1799	2.27
	50	0.1775	0.2858	61.01
	60	0.1698	0.2417	42.34
2-ethyl hexyl acrylate	10	0.1563	0.1642	5.05
	20	0.1749	0.2177	24.47
	30	0.1732	0.3104	79.21
	40	0.1819	0.1938	6.54
	50	0.1608	-	-
	60	0.1667	0.2908	74.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt. โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	น้ำหนักฟิล์มก่อนฉายรังสี (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังฉายรังสี (g)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง
Methyl acrylate	10	0.1777	0.1853	4.28
	20	0.1500	0.2071	38.07
	30	0.1618	0.2056	27.07
	40	0.1746	0.2575	47.48
	50	0.1536	0.2720	77.08
	60	0.1601	0.2641	64.96
Butyl acrylate	10	0.1773	0.1909	7.67
	20	0.1707	0.1932	13.18
	30	0.1576	0.2066	31.09
	40	0.1646	0.2436	48.00
	50	0.1640	0.2175	32.62
	60	0.1649	0.2981	80.78
2-ethyl hexyl acrylate	10	0.1760	0.1827	3.81
	20	0.1617	0.1747	8.04
	30	0.1539	0.1938	25.93
	40	0.1662	0.2290	37.79
	50	0.1491	0.2722	82.56
	60	0.1678	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	น้ำหนักฟิล์มก่อนฉายรังสี (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังฉายรังสี (g)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง
Methyl acrylate	10	0.1770	0.1832	3.50
	20	0.1515	0.1586	4.62
	30	0.1771	0.2182	23.21
	40	0.1662	0.2256	35.74
	50	0.1732	0.2409	39.09
	60	0.1696	0.2428	43.16
Butyl acrylate	10	0.1738	0.1722	-0.92
	20	0.1678	0.1723	2.68
	30	0.1546	0.1703	10.16
	40	0.1594	0.1877	17.75
	50	0.1682	0.2113	25.62
	60	0.1830	0.2306	26.01
2-ethyl hexyl acrylate	10	0.1773	0.1750	-1.30
	20	0.1670	0.1832	9.70
	30	0.1701	0.1766	3.82
	40	0.1701	0.1847	8.58
	50	0.1808	0.2216	22.57
	60	0.1733	0.2038	17.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt. โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	น้ำหนักฟิล์มก่อนฉายรังสี (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังฉายรังสี (g)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง
Methyl acrylate	10	0.1754	0.1767	0.74
	20	0.1774	0.1955	10.20
	30	0.1786	0.2224	24.52
	40	0.1556	0.1557	0.06
	50	0.1817	0.2585	42.27
	60	0.1821	0.2684	47.39
Butyl acrylate	10	0.1860	0.1876	0.86
	20	0.1788	0.1864	4.25
	30	0.1521	0.1689	11.05
	40	0.1532	0.1872	22.19
	50	0.1478	0.1986	34.37
	60	0.1798	0.2370	31.81
2-ethyl hexyl acrylate	10	0.1726	0.1746	1.16
	20	0.1829	0.1824	-0.27
	30	0.1735	0.1812	4.44
	40	0.1777	0.1990	11.99
	50	0.1782	0.2035	14.20
	60	0.1839	0.2970	61.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 10%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของ Mohr's salt (%wt)	น้ำหนักฟิล์มก่อนฉายรังสี (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังฉายรังสี (g)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง
Methyl acrylate	0.00	0.1750	0.1860	6.29
	0.01	0.1742	0.1875	7.63
	0.03	0.1731	0.1850	6.87
	0.05	0.1733	0.1919	10.73
	0.07	0.1712	0.1853	8.24
	0.10	0.1872	0.1975	5.50
Butyl acrylate	0.00	0.1705	0.1788	4.57
	0.01	0.1707	0.1756	2.87
	0.03	0.1743	0.1773	1.72
	0.05	0.1736	0.1774	2.19
	0.07	0.1772	0.1771	-0.06
	0.10	0.1704	0.1852	8.69
2-ethyl hexyl acrylate	0.00	0.1854	0.1819	-1.89
	0.01	0.1849	0.1865	0.86
	0.03	0.1723	0.2042	18.51
	0.05	0.1719	0.1890	9.95
	0.07	0.1783	0.1942	8.92
	0.10	0.1784	0.1918	7.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 40%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของ Mohr's salt (%wt)	น้ำหนักฟิล์มก่อนฉายรังสี (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังฉายรังสี (g)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง
Methyl acrylate	0.00	0.1757	0.2430	38.30
	0.01	0.1734	0.2576	48.56
	0.03	0.1799	0.2705	50.36
	0.05	0.1739	0.1946	11.90
	0.07	0.1782	0.2860	60.49
	0.10	0.1703	0.2652	55.72
Butyl acrylate	0.00	0.1810	0.2168	19.78
	0.01	0.1753	0.2471	40.96
	0.03	0.1771	0.2406	35.86
	0.05	0.1724	0.2333	35.32
	0.07	0.1833	0.2538	38.46
	0.10	0.1699	0.2355	38.61
2-ethyl hexyl acrylate	0.00	0.1681	0.1901	13.09
	0.01	0.1732	0.2084	20.32
	0.03	0.1792	0.3077	71.71
	0.05	0.1764	0.2887	63.66
	0.07	0.1731	0.3001	73.37
	0.10	0.1813	0.2072	14.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่7 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติมโดยใช้ความเข้มของรังสี 4 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง	องศาการต่อกิ่งอิ่มตัว
Methyl acrylate	10	6.91	0.0987
	20	27.32	0.3900
	30	45.19	0.6460
	40	41.28	0.5900
	50	6.39	0.0910
	60	43.58	0.6234
Butyl acrylate	10	25.14	0.3591
	20	15.69	0.2243
	30	10.70	0.1530
	40	2.27	0.0322
	50	61.01	0.8725
	60	42.34	0.6050
2-ethylhexyl acrylate	10	5.05	0.0274
	20	24.47	0.1330
	30	79.21	0.4304
	40	6.54	0.0355
	50	-	-
	60	74.45	0.4046

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 005%wt. โดยใช้ความ เข้มของรังสี 4 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง	องศาการต่อกิ่งอิ่มตัว
Methyl acrylate	10	4.28	0.0498
	20	38.07	0.4426
	30	27.07	0.3148
	40	47.48	0.5521
	50	77.08	0.8963
	60	64.96	0.7553
Butyl acrylate	10	7.67	0.0599
	20	13.18	0.1029
	30	31.09	0.2429
	40	48.00	0.3749
	50	32.62	0.2548
	60	80.78	0.6311
2-ethylhexyl acrylate	10	3.81	0.0207
	20	8.04	0.0437
	30	25.93	0.1409
	40	37.79	0.2054
	50	82.56	0.4487
	60	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่งกิ่มตัว ของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่ง ด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ความเข้มของรังสี 2 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง	องศาการต่อกิ่งอิ่มตัว
Methyl acrylate	10	3.50	0.0407
	20	4.62	0.0537
	30	23.21	0.2698
	40	35.74	0.4159
	50	39.09	0.4545
	60	43.16	0.5019
Butyl acrylate	10	-0.92	-0.0072
	20	2.68	0.0209
	30	10.16	0.0793
	40	17.75	0.1387
	50	25.62	0.2002
	60	26.01	0.2032
2-ethylhexyl acrylate	10	-1.30	-0.0071
	20	9.70	0.0527
	30	3.82	0.0208
	40	8.58	0.0466
	50	22.57	0.1227
	60	17.60	0.0957

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงผลเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยใช้ความเข้มของรังสี 2 kGy.

มอนอเมอร์	ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v)	เปอร์เซนต์การต่อกิ่ง	องศาการต่อกิ่งอิ่มตัว
Methyl acrylate	10	0.74	0.0086
	20	10.20	0.1186
	30	24.52	0.2850
	40	0.06	0.0007
	50	42.27	0.4915
	60	47.39	0.5511
Butyl acrylate	10	0.86	0.0067
	20	4.25	0.0332
	30	11.05	0.0863
	40	22.19	0.1734
	50	34.37	0.2685
	60	31.81	0.2485
2-ethylhexyl acrylate	10	1.16	0.0063
	20	-0.27	-0.0015
	30	4.44	0.0241
	40	11.99	0.0652
	50	14.20	0.0772
	60	61.50	0.3342

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงผลเปอร์เซนต์การบวมตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

ชนิดของมอนอเมอร์	น้ำหนักฟิล์มก่อนแช่ใน NaOH 0.1N (g)	น้ำหนักฟิล์มหลังแช่ใน NaOH 0.1N (g)	เปอร์เซนต์การบวมตัว
Methyl acrylate 50%v/v	0.0107	0.0108	0.9345
Butyl acrylate 60%v/v	0.0286	0.0930	225.17
2-Ethyl hexyl acrylate 50%v/v	0.0085	0.0090	5.8823

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงผลการศึกษา Differential Scanning Calorimeter (DSC) เพื่อหาค่าของ T_m, T_c, ΔH_m และ ΔH_c ของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วยมอนอเมอร์ต่างๆ และฉายรังสีที่ปริมาณรังสี 4 kGy

สารละลายมอนอเมอร์		ไม่เติม Mohr's salt				เติม Mohr's salt 0.05%wt			
ชนิดของมอนอเมอร์	ความเข้มข้น (%v/v)	T_m (°C)	T_c (°C)	ΔH_m	ΔH_c	T_m (°C)	T_c (°C)	ΔH_m	ΔH_c
PP	-	158.4	120.6	26.205	30.105	-	-	-	-
Methyl acrylate	10	157.9	120.6	114.905	126.35	157.8	120.8	89.523	119.880
	20	157.9	116.5	89.813	86.053	158.8	116.0	50.852	51.112
	30	158.7	113.1	116.025	70.930	157.4	119.0	51.360	57.743
	40	157.6	116.3	29.241	37.396	156.3	116.6	48.167	69.707
	50	-	-	-	-	155.9	124.9	120.950	174.860
	60	-	-	-	-	156.9	117.8	50.667	51.590
Butyl acrylate	10	157.6	116.7	185.090	204.53	156.8	119.9	45.045	48.905
	20	158.4	112.7	104.41	101.437	158.8	116.6	69.103	90.940
	30	157.6	120.1	108.500	102.000	157.0	120.2	74.887	73.917
	40	158.4	116.7	83.263	65.900	157.3	119.0	63.790	66.658
	50	157.3	120.5	85.82	114.805	-	-	-	-
	60	157.8	120.4	273.900	277.450	156.3	119.2	26.674	39.610

สารละลายมอนอเมอร์		ไม่เติม Mohr's salt				เติม Mohr's salt 0.05%wt			
ชนิดของมอนอเมอร์	ความเข้มข้น (%v/v)	T_m ($^{\circ}$C)	T_c ($^{\circ}$C)	ΔH_m	ΔH_c	T_m ($^{\circ}$C)	T_c ($^{\circ}$C)	ΔH_m	ΔH_c
2-Ethyl hexyl acrylate	10	158.2	121.0	91.407	103.973	157.9	120.0	186.940	185.020
	20	157.4	117.2	90.333	99.807	157.8	120.3	206.33	222.950
	30	155.4	118.9	48.340	64.025	156.3	119.6	38.810	46.497
	40	156.4	116.5	52.747	65.323	157.5	119.0	67.035	72.283
	50	156.4	119.3	123.72	149.650	156.3	118.2	56.983	70.263
	60	-	-	-	-	-	-	-	-

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลการทดลองโดยใช้เครื่อง FTIR

จากสเปกตรัม FTIR ของแผ่นฟิล์มที่ผ่านการต่อกิ่งด้วยอนุพันธ์ของอะไครเลท พบหมู่ฟังก์ชั่นดังนี้

หมู่คาร์บอนิล Wave number ประมาณ 1700 - 1600 cm^{-1}

หมู่เอสเทอร์ Wave number ประมาณ 1200 - 1100 cm^{-1}

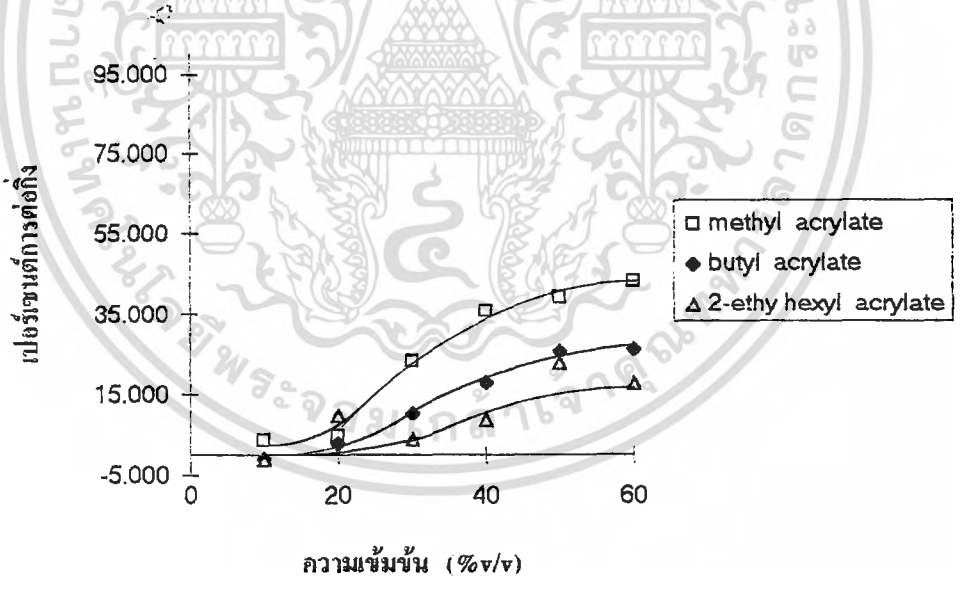
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์ และสรุปผลการวิจัย

1. การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่ง

การต่อกิ่งอนุพันธ์ของพอลิอะไครเลทลงบนแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนโดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น และชนิดของสารละลายมอนอเมอร์ ผลการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 1 และ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง และความเข้มข้นของมอนอเมอร์ (%v/v) ใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy และไม่เติม Mohr's salt แสดงในรูปที่ 1 และเมื่อเติม Mohr's salt (0.05%wt) แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง ของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ และไม่เติม Mohr's salt โดยฉายรังสีที่ความเข้ม 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

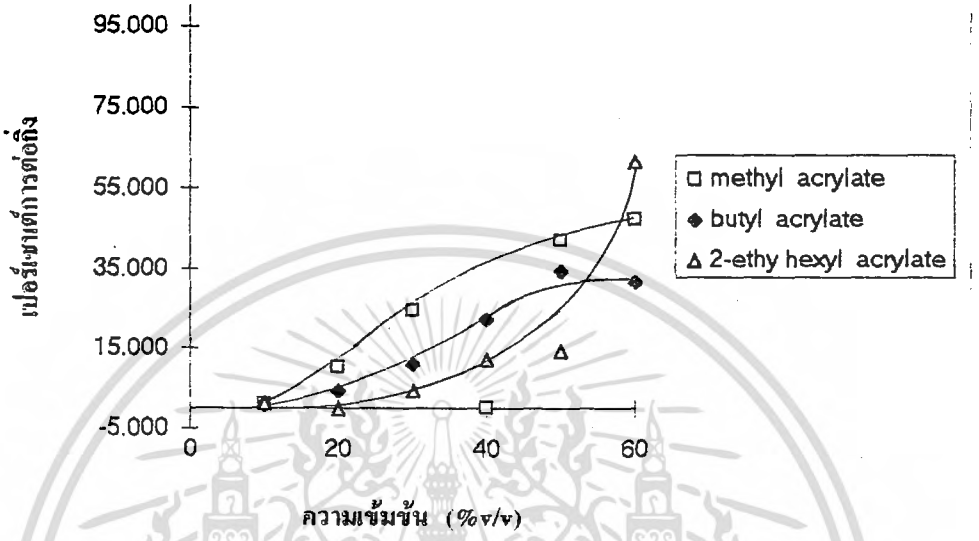
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่1 เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์สูงขึ้น เปอร์เซนต์การต่อกิ่งจะสูงขึ้น เนื่องจาก ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มจำนวนของมอนอเมอร์ที่สามารถเข้าไปต่อกิ่งบนพื้นผิว โดยเฉพาะในการใช้เทคนิค Simultaneous นั้นจะเป็นการทำให้เกิดอนุมูลอิสระ 2 ตำแหน่ง คือ ที่ผิวของพอลิพรอพิลีน และมอนอเมอร์ ยิ่งปริมาณความเข้มข้นสูงขึ้น ปริมาณอนุมูลอิสระของมอนอเมอร์ก็จะสูงขึ้นด้วย ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณการต่อกิ่งสูงขึ้นจนถึงความเข้มข้นค่าหนึ่ง เปอร์เซนต์การต่อกิ่งจะคงที่และลดลง เนื่องจากความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นจะทำให้สารละลายมอนอเมอร์มีความหนืดสูงขึ้น ซึ่งมีผลต่อการกระจายตัวของอนุมูลอิสระที่จะแพร่เข้าไปทำปฏิกิริยาที่ผิวของแผ่นฟิล์ม ทำให้อนุมูลอิสระดังกล่าวมีความสามารถที่จะเข้าไปถึงบริเวณผิวแผ่นฟิล์มน้อยลง ทำให้ปริมาณการต่อกิ่งลดลง

ความหนืดที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นนั้น จะมีผลแตกต่างกันในมอนอเมอร์แต่ละชนิด จากการทดลองใช้ Methyl acrylate , Butyl acrylate , 2-Ethyl hexyl acrylate ซึ่งมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดมีมวลโมเลกุลที่แตกต่างกัน 2-Ethyl hexyl acrylate มีมวลโมเลกุลสูงที่สุดและมีโครงสร้างที่ใหญ่ที่สุด ส่วน Butyl acrylate และ Methyl acrylate นั้นมีค่าดังกล่าวรองลงมา เนื่องจาก 2-Ethyl hexyl acrylate นั้นมีโครงสร้างที่ใหญ่ที่สุดจึงทำให้ความสามารถในการเคลื่อนที่จะต่ำที่สุด และมีความหนืดสูงที่สุด เพราะโครงสร้างที่ใหญ่จะเกิดการเกี่ยวพันกันของโซ่โมเลกุล ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นขณะทำการฉายรังสี ส่วน Methyl acrylate นั้นจะให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งที่สูงที่สุด เนื่องจากโครงสร้างที่เล็กและมีมวลโมเลกุลต่ำ ทำให้มีการเคลื่อนที่และการกระจายตัวได้ดี เมื่อปริมาณความเข้มข้นของมอนอเมอร์สูงขึ้นความหนืดในระบบจะสูงขึ้น แต่เนื่องจากมอนอเมอร์ดังกล่าวมีโครงสร้างที่เล็กที่สุดจึงทำให้ความหนืดที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดและอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะสามารถเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในทุกช่วงของความเข้มข้น

ความหนืดของสารละลายมอนอเมอร์ที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้น นอกจากจะทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งลดลง ยังมีผลทำให้โฮโมพอลิเมอร์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในขณะฉายรังสีไม่สามารถเคลื่อนที่ไปทำปฏิกิริยาที่ผิวแผ่นฟิล์ม จึงทำให้อนุมูลอิสระดังกล่าวเกิดการทำปฏิกิริยาร่วม ต่อกันเป็นสายโซ่พอลิเมอร์ที่ยาวขึ้น ยิ่งความเข้มข้นเพิ่มขึ้นโฮโมพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นมีปริมาณสูงขึ้นเช่นกัน เราสามารถป้องกันการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ได้โดยการเพิ่มสาร Mohr's Salt ลงในสารละลายมอนอเมอร์ก่อนการฉายรังสี ผลดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 2</u> กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยฉายรังสีที่ความเข้ม 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

จากรูปที่ 2 เปอร์เซนต์การต่อกิ่งของมอนอเมอร์ทุกตัว และทุกความเข้มข้นสูงกว่าระบบการต่อกิ่งที่ไม่เติม Mohr's salt แสดงว่า Mohr's salt มีผลทำให้ปริมาณการต่อกิ่งสูงขึ้น เนื่องมาจาก Mohr's salt จะไปลดการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ โดยจะไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น ให้กลายเป็นไอออน ดังสมการ

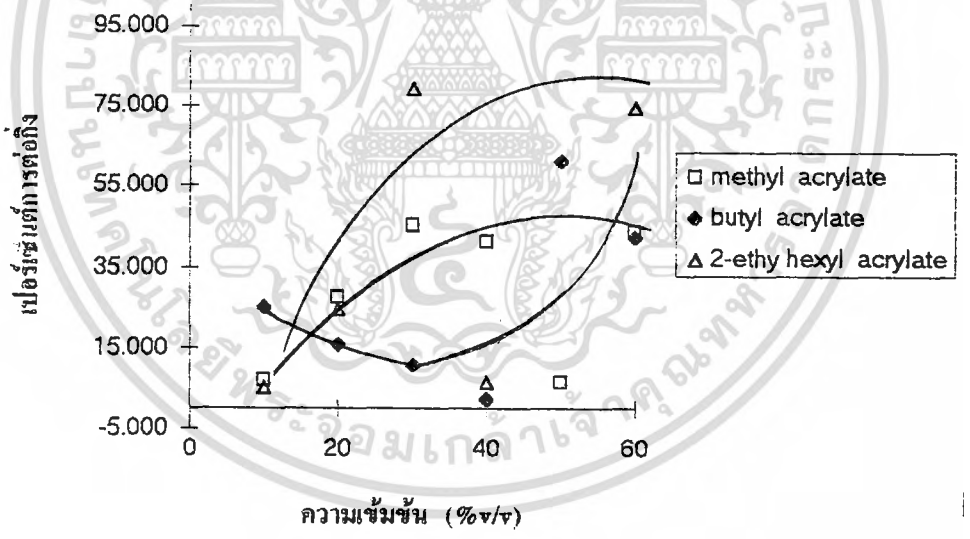
$$A^{\bullet} + Fe^{2+} \longrightarrow A^{-} + Fe^{3+}$$

ซึ่งไอออนดังกล่าวจะไม่สามารถเป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาโฮโมพอลิเมอร์ได้ จึงทำให้ปริมาณของโฮโมพอลิเมอร์ลดลง ในขณะเดียวกันอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะเคลื่อนที่ไปทำปฏิกิริยาบนผิวของฟิล์มได้ดีขึ้น จึงมีผลทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น สำหรับ 2-Ethyl hexyl acrylate ที่ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ 60%v/v เมื่อเติม Mohr's salt จะให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Methyl acrylate และ Butyl acrylate ที่มี Mohr's salt และสูงกว่าตัวเองที่ความเข้มข้นของมอนอเมอร์เท่ากัน เมื่อไม่มี Mohr's salt ทั้งนี้อาจเนื่องจากความหนืดของระบบมีมาก (เพราะความเข้มข้นมาก และมอนอเมอร์มีขนาดใหญ่กว่ามอนอเมอร์ชนิดอื่น) จึงทำให้สายโซ่ของโฮโมพอลิเมอร์ที่เข้าไปต่อที่ผิวของแผ่นฟิล์มมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมากส่งผลให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น

เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของรังสี (Dose) จาก 2 kGy เป็น 4 kGy ผลปรากฏว่าเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของมอนอเมอร์ทุกตัวสูงขึ้น เนื่องมาจาก ปริมาณความเข้มของรังสีที่เพิ่มขึ้น ช่วยเพิ่มจำนวนอนุภาคของรังสีที่จะเข้าไปทำปฏิกิริยาแล้วเกิดอนุมูลอิสระมากขึ้น ทั้งที่เกิดบนผิวของแผ่นฟิล์ม และมอนอเมอร์ในสารละลาย ทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้นกว่าการฉายรังสีที่ความเข้มต่ำ



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่ไม่เติม Mohr's salt และฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

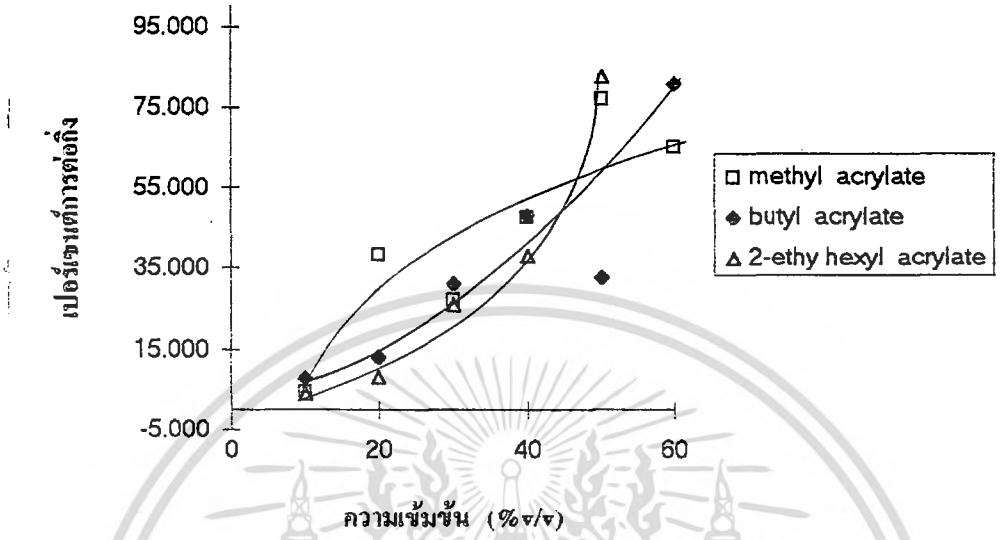
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ โดยการฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy ปรากฏว่า ในกรณี Methyl acrylate พบว่า ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy ช่วยเพิ่มเปอร์เซนต์การต่อกิ่งให้สูงขึ้นกว่าปริมาณความเข้มของรังสี 2 kGy เมื่อพิจาราณาที่ความเข้มข้นของมอนอเมอร์เท่ากัน สำหรับเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของ Butyl acrylate จะลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์เปลี่ยนจาก 10 เป็น 30%v/v ซึ่งต่างจากที่พบในผลการทดลองเมื่อได้รับรังสี 2 kGy เนื่องมาจาก Butyl acrylate เป็นมอนอเมอร์ที่มีความว่องไวในการเกิดโฮโมพอลิเมอร์มาก เมื่อความเข้มข้นของมอนอเมอร์สูง 30 %v/v ทำให้ความหนืดของสารละลายสูงขึ้น เนื่องจากเกิดเป็นโฮโมพอลิเมอร์มากขึ้นจึง ทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งลดลง แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์สูงขึ้นจาก 30 เป็น 40%v/v ความหนืดของสารละลายสูงขึ้น เนื่องจากเกิดโอลิโกเมอร์ซึ่งปลายโซ่ที่อิสระของโอลิโกเมอร์ ที่อยู่บริเวณใกล้แผ่นฟิล์มจะเคลื่อนที่เข้าไปทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระบนผิวของแผ่นฟิล์ม จึงมีผลทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

ที่ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy พบว่า 2-Ethyl hexyl acrylate มีเปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงสุด เนื่องมาจากมอนอเมอร์ดังกล่าว มีน้ำหนักโมเลกุลมาก และโครงสร้างที่ใหญ่ เมื่อเทียบกันตามจำนวนโมเลกุลที่สามารถต่อกิ่งอยู่บนแผ่นฟิล์ม เมื่อจำนวนหมู่ว่องไวบนแผ่นฟิล์ม และในสารละลายมอนอเมอร์เท่ากัน 2-Ethyl hexyl acrylate มีน้ำหนักโมเลกุลสูง และโครงสร้างที่ใหญ่ ทำให้ปริมาณการต่อกิ่งสูงสุด

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบการฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy คือการเกิดโฮโมพอลิเมอร์เช่นเดียวกับการฉายรังสีที่ความเข้ม 2 kGy จึงมีการใส่ Mohr's salt ลงไปในสารละลายปริมาณที่เท่ากัน เพื่อลดการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ ซึ่งแสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4 จากผลการทดลอง พบว่ามีลักษณะและแนวโน้มใกล้เคียงกับการฉายรังสีที่ 2 kGy. ที่มีการใส่สาร Mohr's salt แต่เปอร์เซนต์การต่อกิ่งที่วัดได้นั้นสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

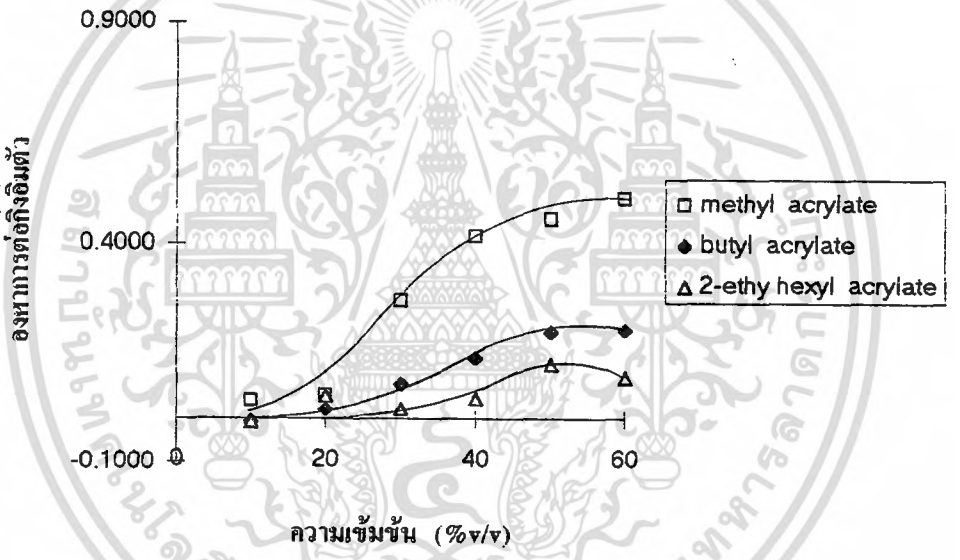


<u>รูปที่ 4</u> กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ โดยเติม Mohr's salt 0.05%wt และฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การศึกษาผลของน้ำหนักโมเลกุล ที่มีต่อองศาการต่อกิ่งอิ่มตัว

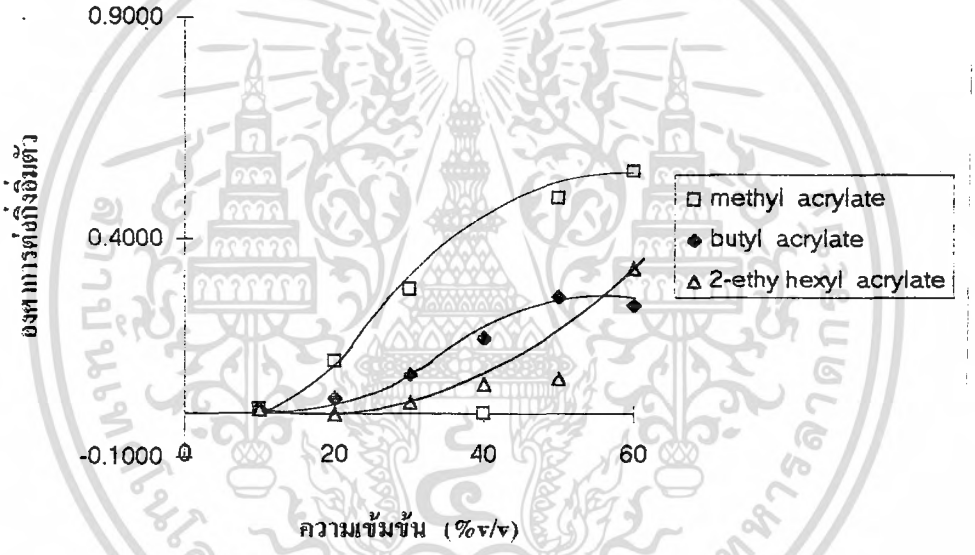
จากผลการทดลอง หาความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัว กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์แต่ละชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน พบว่า มอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะสามารถเคลื่อนที่เข้าไปต่อกิ่งบนผิวของแผ่นฟิล์มได้ดี เนื่องจากมอนอเมอร์ดังกล่าวมีโครงสร้างที่เล็ก ทำให้สามารถกระจายตัวและเคลื่อนที่เข้าไปต่อกิ่งได้ง่ายกว่ามอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ดังแสดงในรูปที่ 5



<u>รูปที่ 5</u> กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่ไม่เติม Mohr's salt และฉายรังสีที่ความเข้ม 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

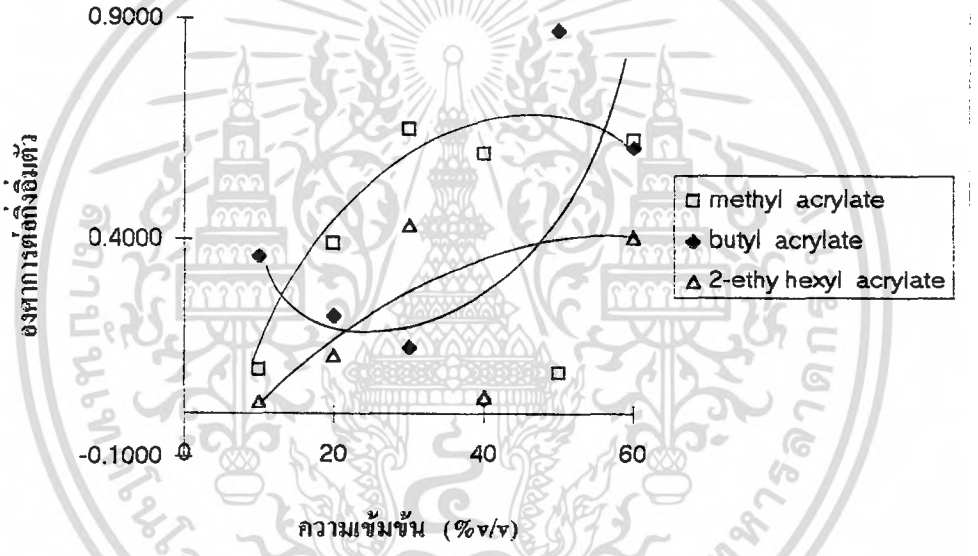
เมื่อมีการใส่สาร Mohr's salt ลงในระบบ พบว่า องศาการต่อกิ่งอิ่มตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจาก Mohr's salt มีผลทำให้การเกิดโฮโมพอลิเมอร์ลดลง โดยเฉพาะมอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น Mohr's salt จะขัดขวางกลไกการเกิดปฏิกิริยาขั้นแผ่ขยายสายโซ่ ทำให้โฮโมพอลิเมอร์มีสายโซ่สั้นลง มีลักษณะเป็นโอลิโกเมอร์ และเคลื่อนที่ไปต่อกิ่งบนแผ่นฟิล์ม ทำให้องศาการต่อกิ่งอิ่มตัวมีค่าสูงขึ้น มากกว่ามอนอเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 6



<u>รูปที่ 6</u> กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง องศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt และฉายรังสีที่ความเข้ม 2 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

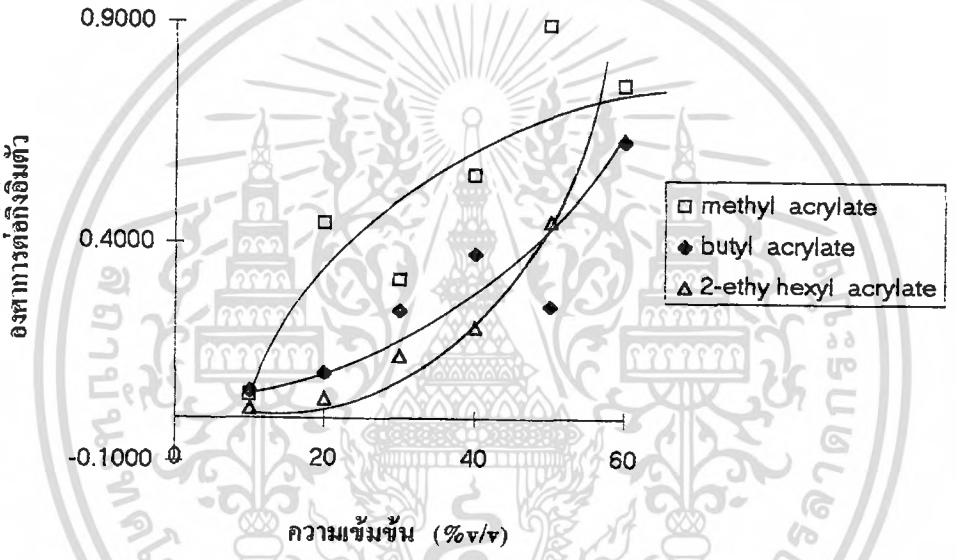
เมื่อมีการเพิ่มปริมาณความเข้มของรังสีเป็น 4 kGy พบว่า องศาการต่อกิ่งอิ่มตัวมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้น ยกเว้น Butyl acrylate เนื่องจากมอนอเมอร์ดังกล่าวมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชั่นสูง เมื่อความเข้มข้นสูงกว่า 30%v/v การเข้าไปต่อกิ่งจะเป็นการเข้าไปทำปฏิกิริยาของโมเลกุลที่มีลักษณะเป็นโอลิโกเมอร์ ยิ่งความเข้มข้นสูงขึ้น ความยาวของสายโซ่โอลิโกเมอร์ที่เข้าไปต่อกิ่งก็จะสูงขึ้น ทำให้องศาการต่อกิ่งมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน ดังแสดงตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย สารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่ไม่เติม Mohr's salt และฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่ Mohr's salt ลงในระบบ และฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy องศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของ Butyl acrylate และ 2-Ethyl hexyl acrylate จะมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมากกว่า Methyl acrylate เมื่อความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้น เนื่องจาก การเข้าไปต่อกิ่งของ Butyl acrylate และ 2-Ethyl hexyl acrylate จะเข้าไปในลักษณะโอลิโกเมอร์ หรือพอลิเมอร์สายสั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 8



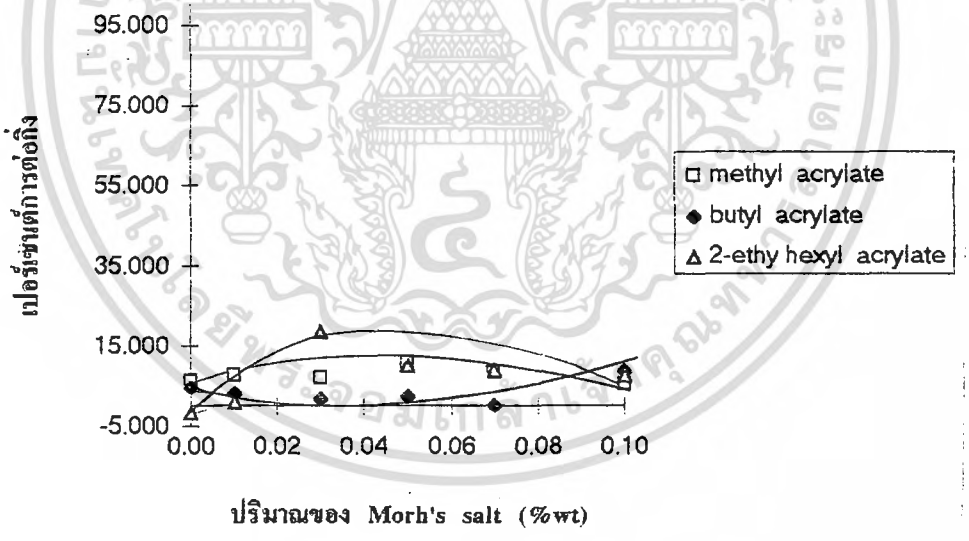
รูปที่ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการต่อกิ่งอิ่มตัวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้นต่างๆ ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt และฉายรังสีที่ความเข้ม 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การศึกษาผลของปริมาณ Mohr's salt ที่มีต่อเปอร์เซนต์การต่อกิ่ง

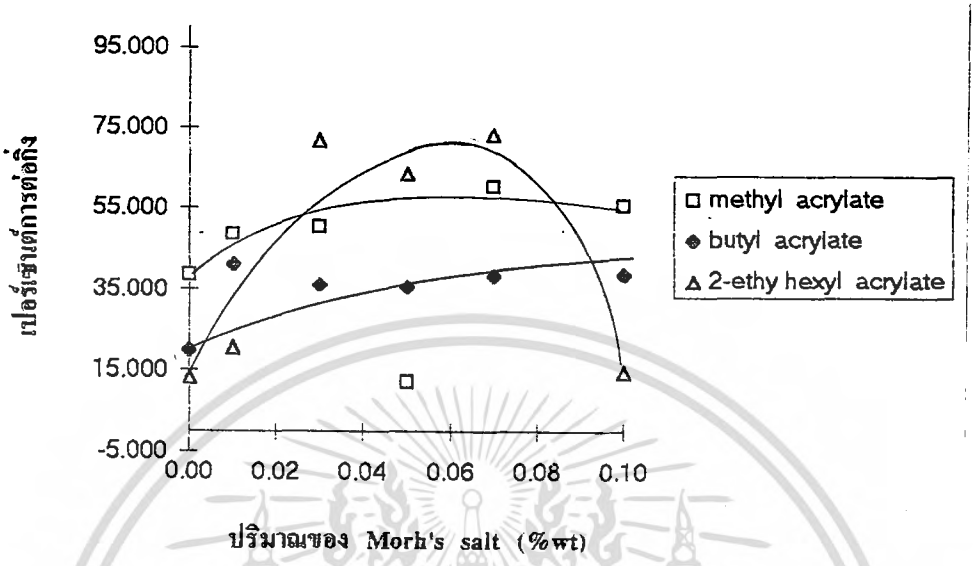
Mohr's salt มีผลต่อการลดปริมาณการเกิดโฮโมพอลิเมอร์ เมื่อปริมาณ Mohr's salt มากขึ้น จะมีผลในขั้นแผ่ขยายสายโซ่ของโฮโมพอลิเมอร์ และพอลิเมอร์ที่ต่อกิ่งบนสายโซ่ ทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งลดลง ปริมาณ Mohr's salt ที่ทำให้เปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงสุด ของมอนอเมอร์แต่ละชนิดมีค่าต่างกัน เนื่องมาจากความสามารถในการเคลื่อนที่ของมอนอเมอร์นั้นต่างกัน

การวิเคราะห์หาปริมาณ Mohr's salt ในระบบที่มีความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ต่ำ จะสังเกตุการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซนต์การต่อกิ่งได้ยาก เนื่องจากปริมาณอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นน้อย แต่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์สูงขึ้น ปริมาณอนุมูลอิสระเกิดความสับสนในระบบสูง ทำให้สามารถสังเกตุเห็นการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซนต์การต่อกิ่งได้ เมื่อ Mohr's salt มีปริมาณต่างกัน ซึ่งผลดังกล่าวแสดงในรูปที่ 9 และ 10



รูปที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 10%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ และฉายรังสีที่ 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

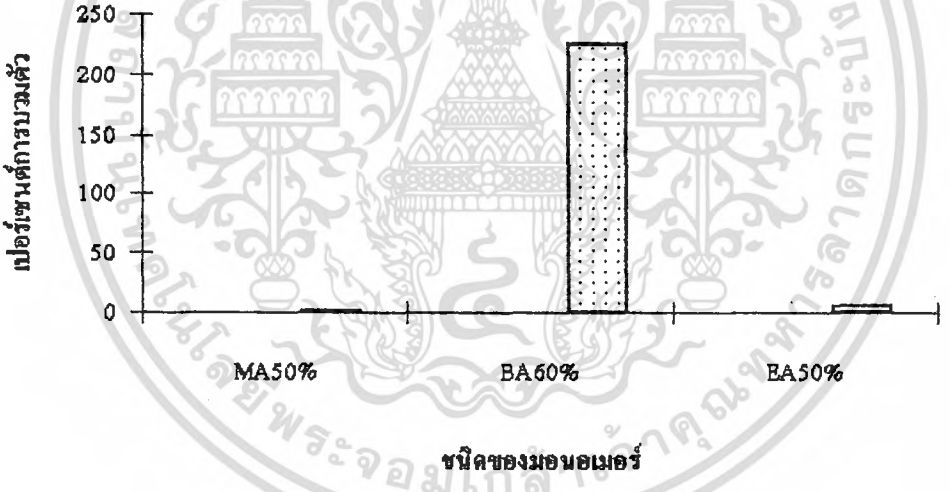


รูปที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การต่อกิ่งของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ทำการต่อกิ่งด้วยสารละลายมอนอเมอร์ความเข้มข้น 40%v/v ที่เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ และฉายรังสีที่ 4 kGy กับความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การศึกษาความสามารถในการบวมตัวในสารละลายต่างของมอนอเมอร์แต่ละชนิด

จากการนำแผ่นฟิล์มที่ทำการต่อกิ่งด้วยมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งมีเปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงสุด มาทดสอบการบวมตัวในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N เพื่อศึกษาว่า แผ่นฟิล์มที่ต่อกิ่งด้วยมอนอเมอร์ชนิดใดจะมีการบวมตัวในสารละลายด่างได้มากที่สุด พบว่า ความสามารถในการบวมตัวในสารละลายด่างขึ้นกับชนิดของมอนอเมอร์ ดังแสดงในรูปที่ 11 จะได้ว่า แผ่นฟิล์มที่ทำการต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate จะมีเปอร์เซนต์การบวมตัวสูงกว่าแผ่นฟิล์มที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate และ 2-Ethyl hexyl acrylate



รูปที่ 11 กราฟแสดงเปอร์เซนต์การบวมตัวของแผ่นฟิล์มที่ทำการต่อกิ่งด้วยมอนอเมอร์ชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การศึกษาผลการต่อกิ่งด้วย Differential Scanning Calorimeter (DSC)

1. T_m ของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดทั้งที่ใส่ Mohr's salt และ ไม่ใส่ Mohr's salt จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์เพิ่มขึ้น หรือเปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น อาจเนื่องมาจาก ปริมาณความเข้มของรังสีที่ใช้ ทำให้เกิดการขาดของสายโซ่ในชั้นlamella มากขึ้น มีผลทำให้ความเป็นผลึกลดลง

2. T_c ของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดทั้งที่ใส่ Mohr's salt และ ไม่ใส่ Mohr's salt จะมีแนวโน้มลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์เพิ่มขึ้น หรือเปอร์เซนต์การต่อกิ่งสูงขึ้น อาจเนื่องจาก เมื่อทำการหลอมเหลวพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งแล้ว และทำให้เย็นลง สายโซ่ของพอลิเมอร์ที่ต่อกิ่งบนแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนจะขัดขวางการตกผลึกของพอลิพรอพิลีน จึงทำให้อุณหภูมิการตกผลึกลดลง

3. ΔH_m เป็นปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้แผ่นฟิล์มต่อกิ่งแล้วหลอมเหลว และ ΔH_c เป็นปริมาณความร้อนที่คายออกมา เพื่อให้พอลิเมอร์ตกผลึก ของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งมอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิดทั้งที่ใส่ Mohr's salt และไม่ใส่ Mohr's saltจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์เพิ่มขึ้น เนื่องมาจาก ความเป็นผลึกของพอลิเมอร์ลดลง ซึ่งมีสาเหตุเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 1 และ 2

4. จากการศึกษาด้วย DSC สามารถยืนยันได้ว่า เกิดการต่อกิ่งขึ้นที่ผิวของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนจริง เพราะพีคที่เกิดขึ้นมีเพียงพีคเดียว ในขณะที่ถ้าไม่เกิดการต่อกิ่งควรจะเห็นพีคแยกออกเป็น 2 พีคอย่างชัดเจน คือ พีคของฟิล์มพอลิพรอพิลีน และพีคของโฮโมพอลิเมอร์ที่ติดอยู่ที่ผิวของแผ่นฟิล์ม เหมือนในกรณีของพอลิเบล์น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การศึกษาผลการต่อกิ่งด้วยเครื่อง TGA

1. รูปที่ 114,115 และ 116 ของภาคผนวก เป็น TGA Thermogram ของ

- พอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งกับ Methyl acrylate ความเข้มข้น 50 %v/v โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy

- พอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งกับ Butyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v โดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy

- พอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งกับ 2-Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้น 50%v/vโดยใช้ปริมาณความเข้มของรังสี 4 kGy

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับรูปที่ 113 เป็น TGA Thermogram ของพอลิพรอพิลีนจะได้ว่าสามารถทนความร้อนได้เพิ่มขึ้น เพราะอุณหภูมิในการสลายตัวเพิ่มมากขึ้นจากประมาณ 400 องศาเซลเซียส เป็น 450, 450 , 430 องศาเซลเซียส เมื่อต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate , Butyl acrylate และ 2-Ethyl hexyl acrylate ตามลำดับ เมื่อพิจารณา DTG ในกราฟรูปที่ 114 ,115 และ 116 จะสังเกตุเห็นเป็น 2 พีค พบว่า มีการสลายตัวของโมเลกุล 2 ชนิด พีคแรกเป็นการสลายตัวของพอลิพรอพิลีน พีคหลังน่าจะเป็นการสลายตัวของพอลิพรอพิลีนที่ทำการต่อกิ่งแล้ว

อุณหภูมิการสลายตัวของพอลิพรอพิลีน หลังการฉายรังสีมีค่าประมาณ 400 , 390 และ 380 องศาเซลเซียส เมื่อต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate , Butyl acrylate และ 2-Ethyl hexyl acrylate ตามลำดับ พบว่า มีค่าต่ำกว่าพอลิพรอพิลีนที่ไม่ได้ฉายรังสี ซึ่งอาจเนื่องมาจากผลของรังสีทำให้พอลิพรอพิลีนเกิดการสลายตัวได้ง่ายขึ้น

จากผลการทดลองและการหาความสัมพันธ์ต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว สามารถสรุปได้ดังนี้ คือ

1. เกิดการต่อกิ่งของอนุพันธ์พอลิอะไครเลท บนพื้นผิวแผ่นฟิล์มจริง โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR พบพีคของหมู่คาร์บอนิลที่ wave number ประมาณ 1700 - 1600 cm^{-1} และหมู่เอสเทอร์ที่ wave number 1200 - 1100 cm^{-1}

2. การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายมอนอเมอร์ จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งสูงขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ค่าหนึ่ง เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งจะคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเพิ่มปริมาณความเข้มของรังสี จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงกว่าการใช้ความเข้มของรังสีปริมาณต่ำ

4. Mohr's Salt จะมีผลช่วยให้จำนวนโมเลกุลของมอนอเมอร์เข้าไปต่อกิ่งจำนวนมากขึ้น เนื่องจาก Mohr's Salt ช่วยทำให้การเกิดโฮโมพอลิเมอร์ลดลง

5. พบว่าแผ่นฟิล์มที่ผ่านการต่อกิ่งด้วยอนุพันธ์ของอะไครเลท จะมีความทนทานต่อความร้อนสูงขึ้น

6. แผ่นฟิล์มที่ผ่านการต่อกิ่งแล้ว และมีเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งสูง จะมีการขยายขนาดของแผ่นฟิล์มอย่างชัดเจนกว่าแผ่นฟิล์มที่มีเปอร์เซ็นต์การต่อกิ่งน้อย

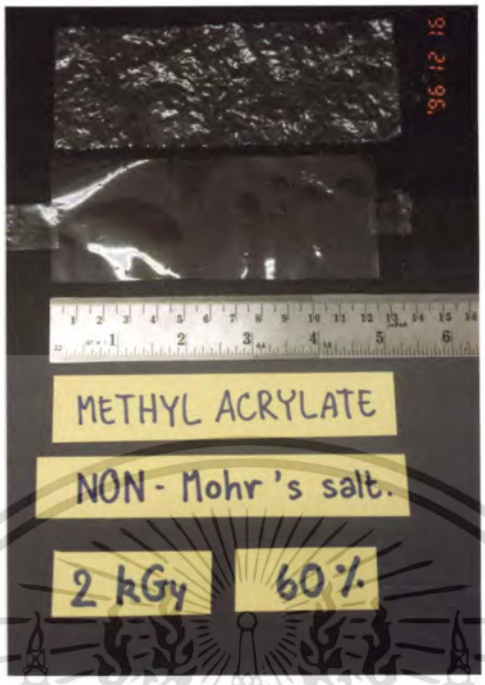
ข้อเสนอแนะ

1. การทำการทดลอง ควรจะขยายช่วงของความเข้มข้นให้กว้างขึ้น

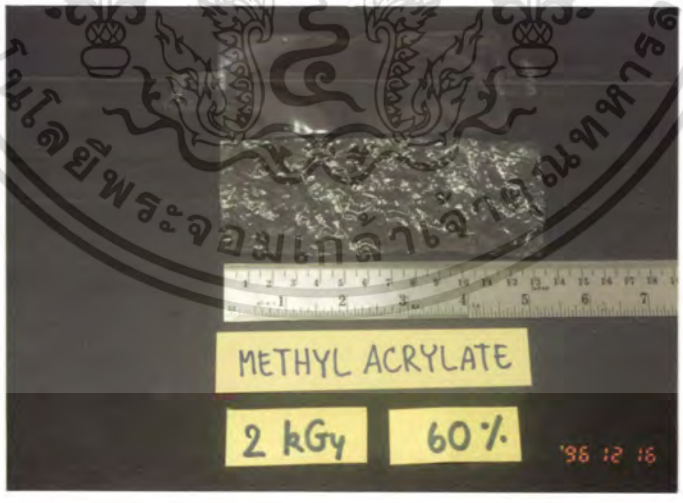
2. เนื่องจากมอนอเมอร์ที่ใช้เป็นอนุพันธ์ของอะไครเลท ซึ่งมีคุณสมบัติในการรวมกับสารทางชีวภาพ เช่น เอนไซม์ ยา เป็นต้น และมีคุณสมบัติในการยึดติดดีจึงควรมีการทดสอบสมบัติดังกล่าวเพิ่มเติม

3. ควรมีการทดลองเพิ่มชนิดของมอนอเมอร์ลงในระบบการต่อกิ่ง เพื่อเพิ่มคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มที่ผ่านการต่อกิ่งแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



<u>รูปที่ 12</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy.



<u>รูปที่ 13</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.05 %wt ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy.

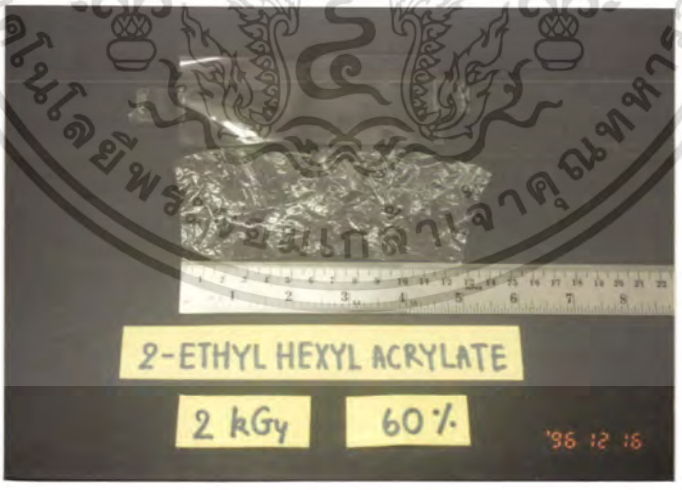
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปที่ 14</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy.

<u>รูปที่ 15</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.05 %wt ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปที่ 16</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2 - Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy.



<u>รูปที่ 17</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2 - Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้น 60%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.05 %wt ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 2 kGy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>รูปที่ 18</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2 - Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้น 40%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.07%wt ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy.

<u>รูปที่ 19</u> แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 40%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.01%wt ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 20 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 10 %v/v ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy.

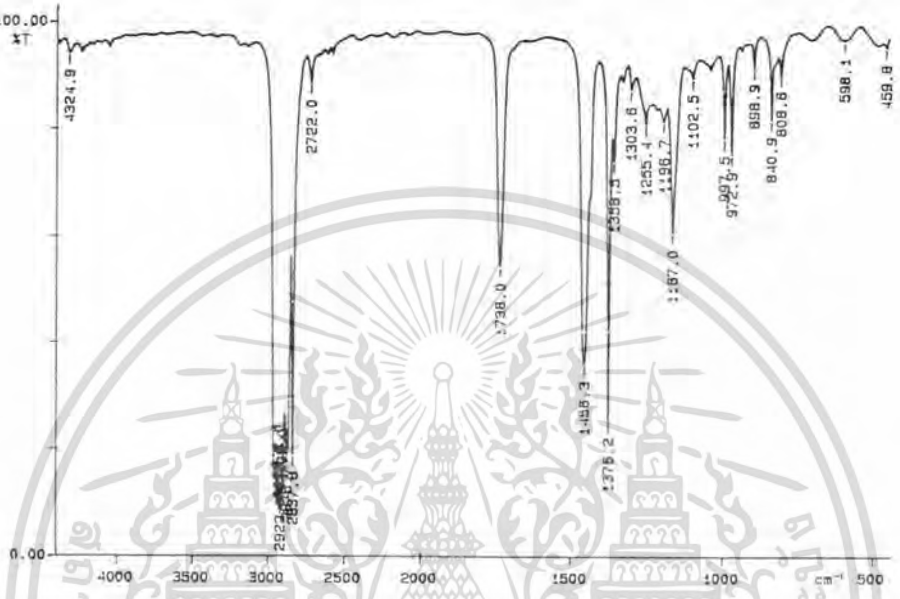
รูปที่ 21 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะที่แตกต่างกันของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน กับแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 40%v/v และเติมสาร Mohr's salt 0.1 % ด้วยการฉายรังสีความเข้ม 4 kGy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

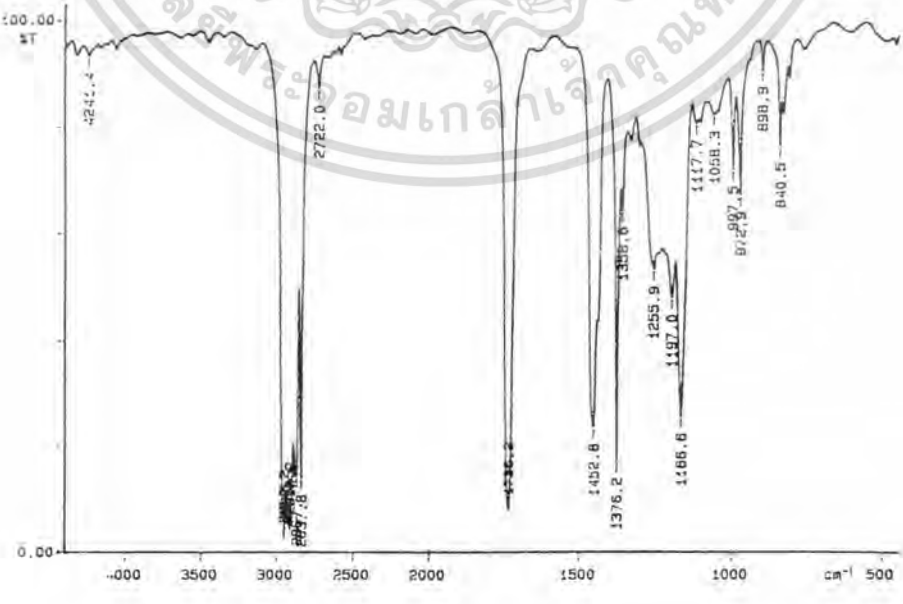
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

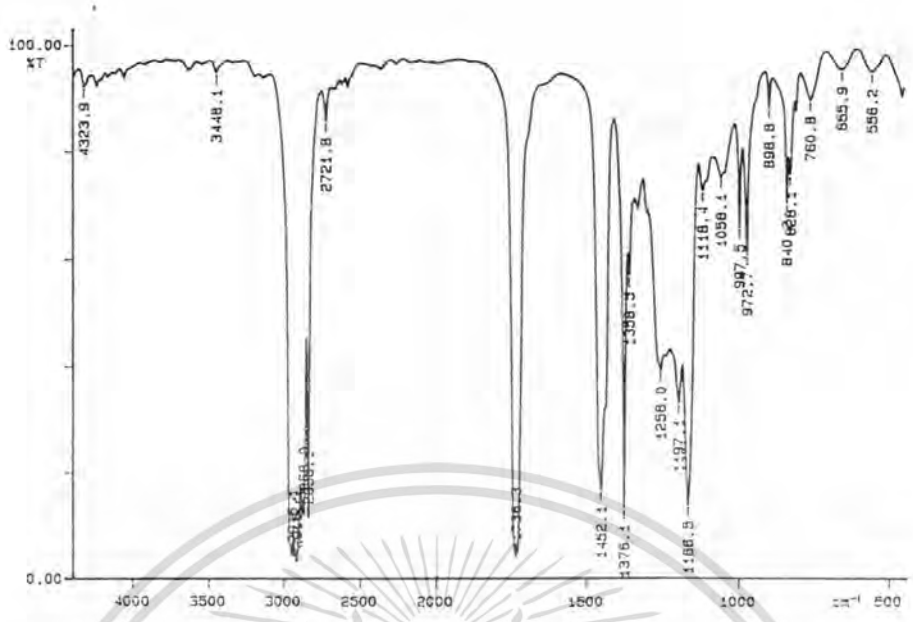


รูปที่ 1 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

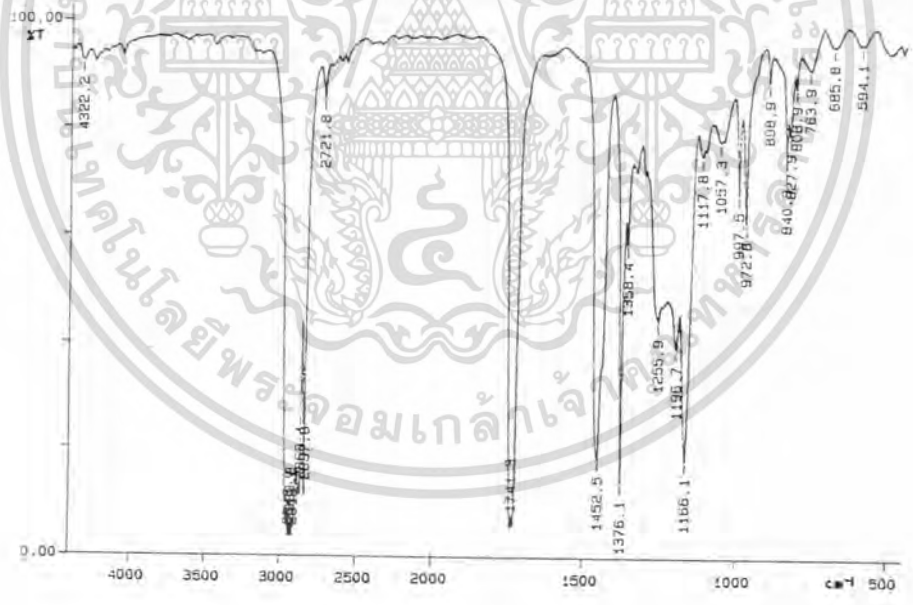


รูปที่ 2 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

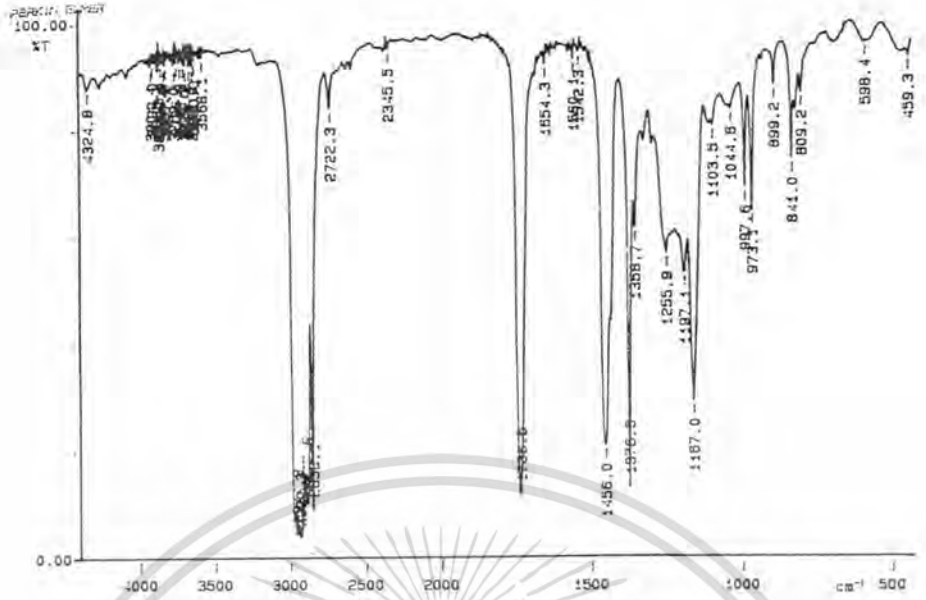


รูปที่ 3 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

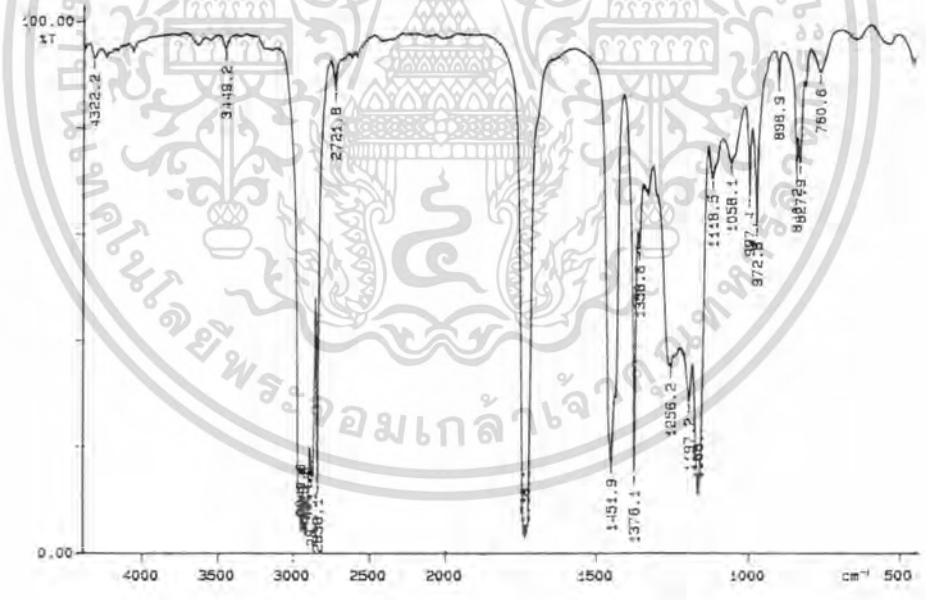


รูปที่ 4 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



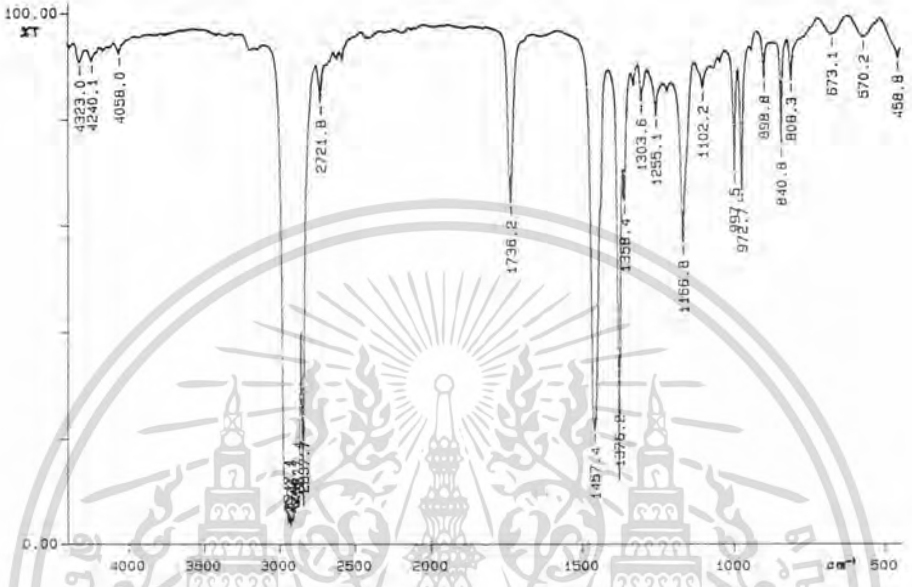
รูปที่ 5 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



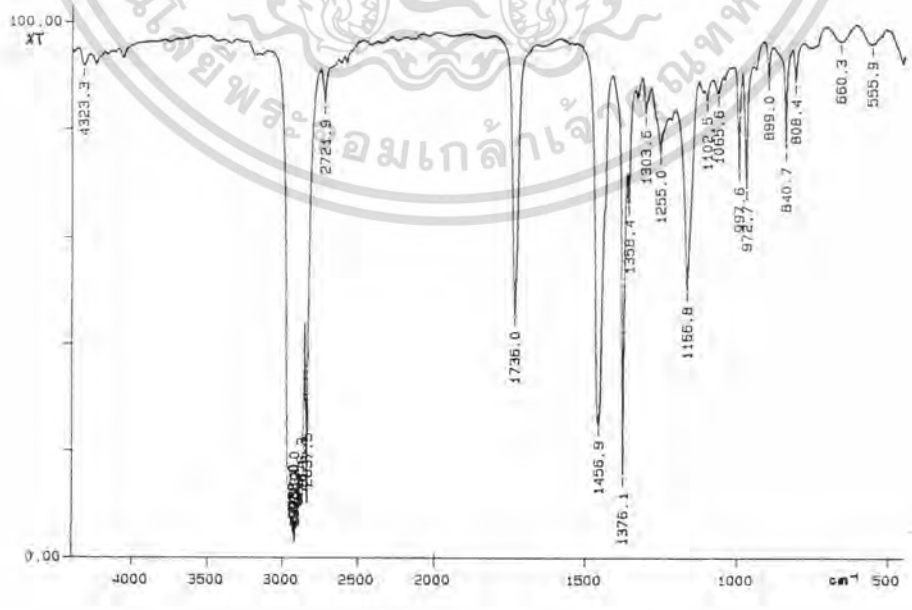
รูปที่ 6 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ
โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

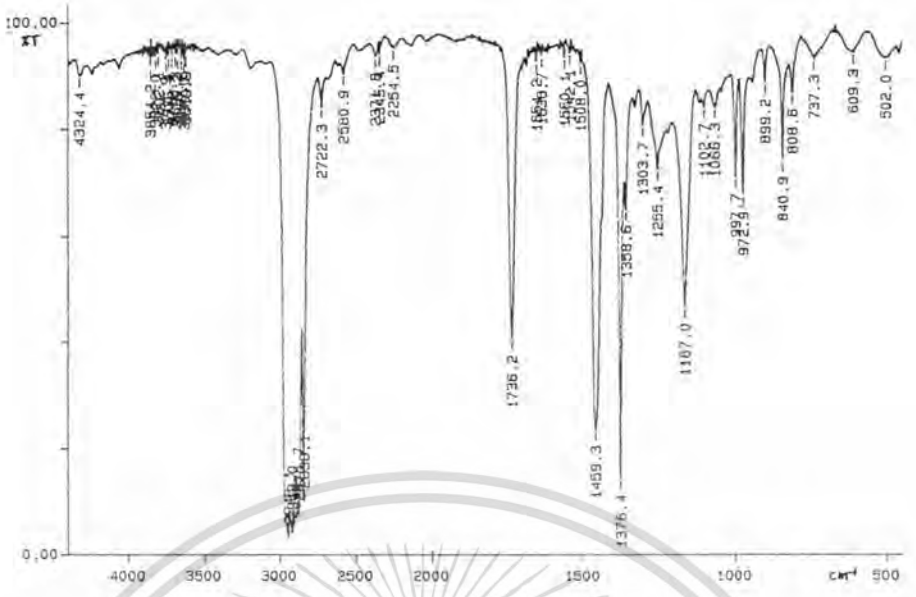


รูปที่ 7 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

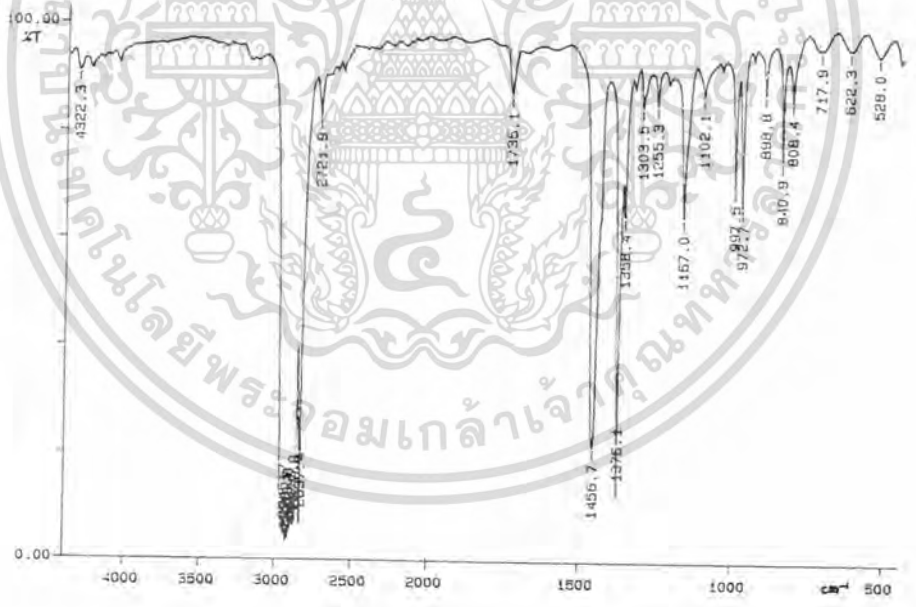


รูปที่ 8 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

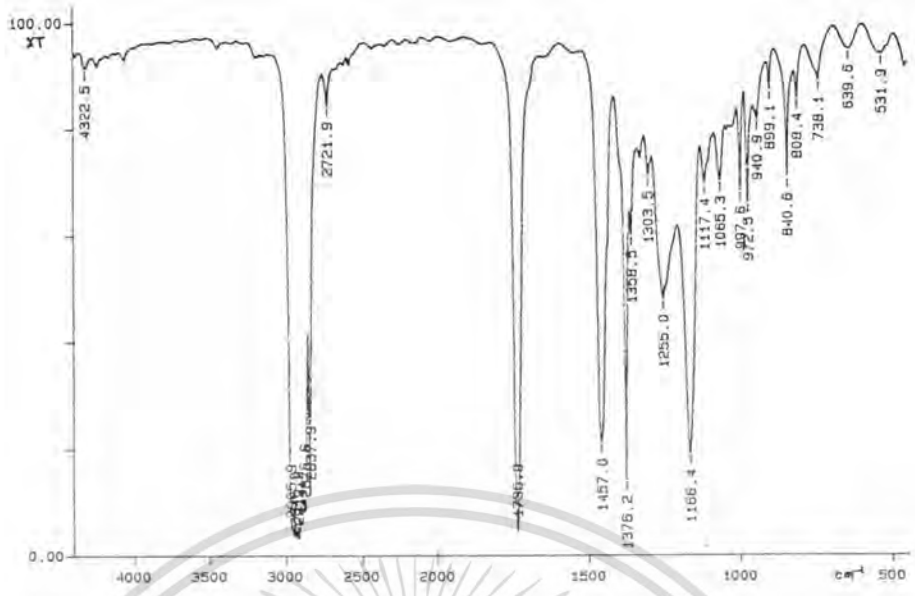


รูปที่ 9 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

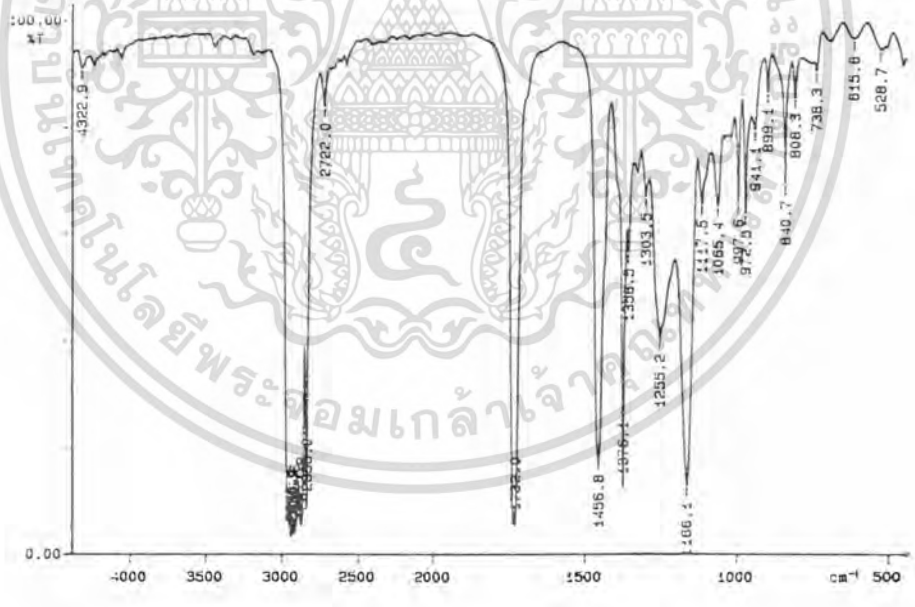


รูปที่ 10 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



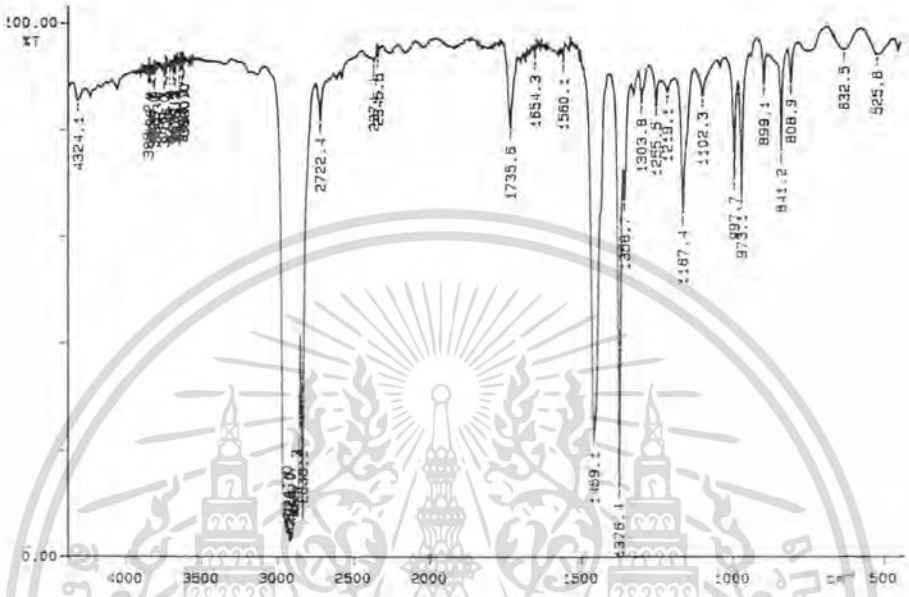
รูปที่ 11 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



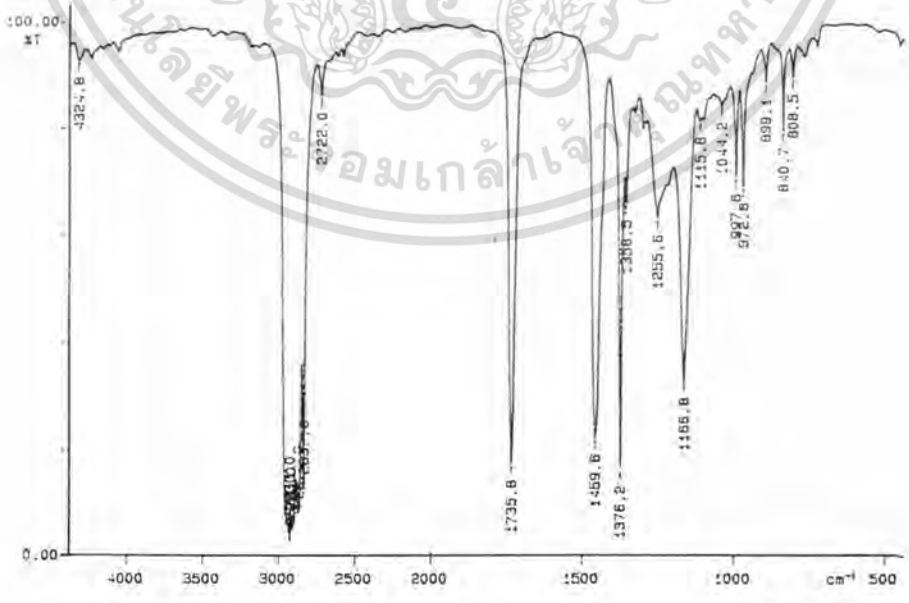
รูปที่ 12 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

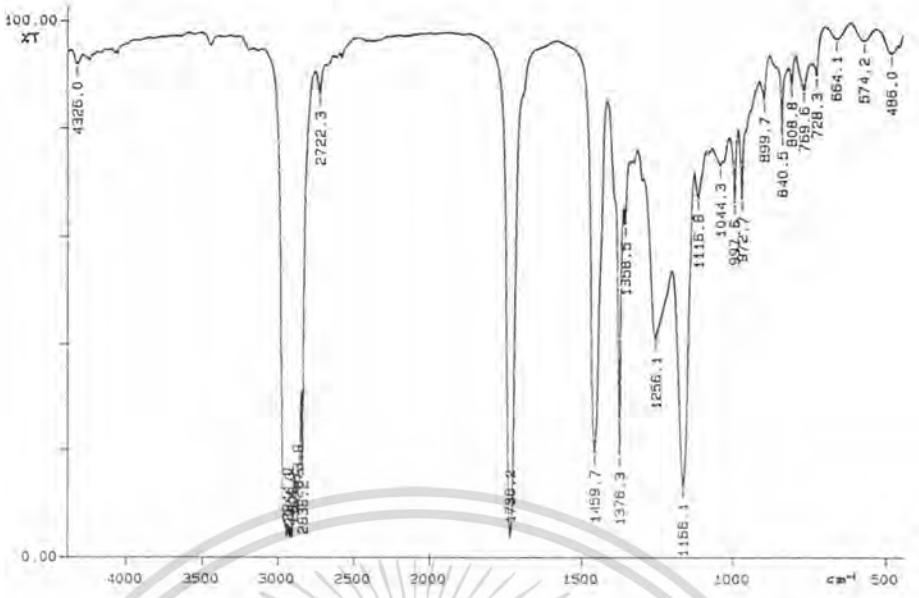


รูปที่ 13 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

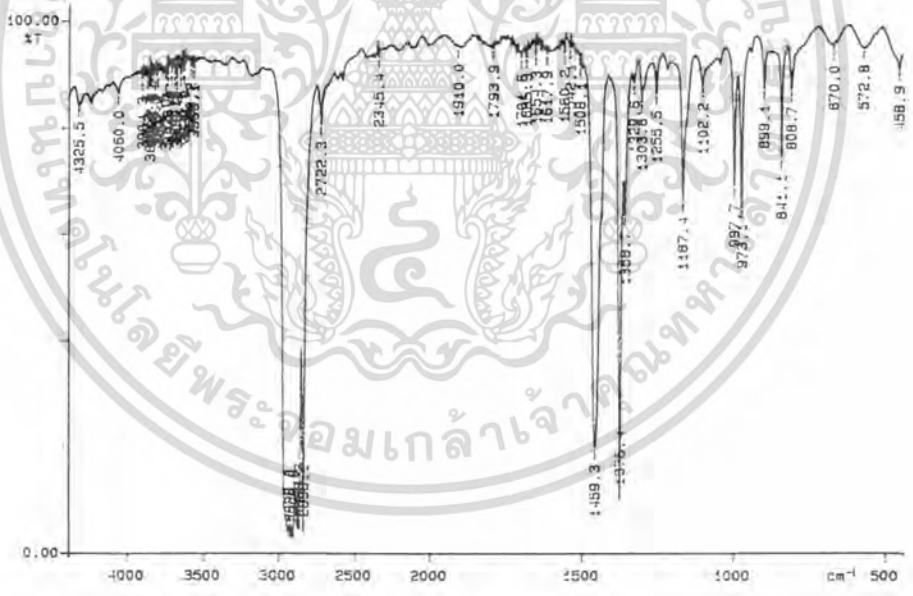


รูปที่ 14 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

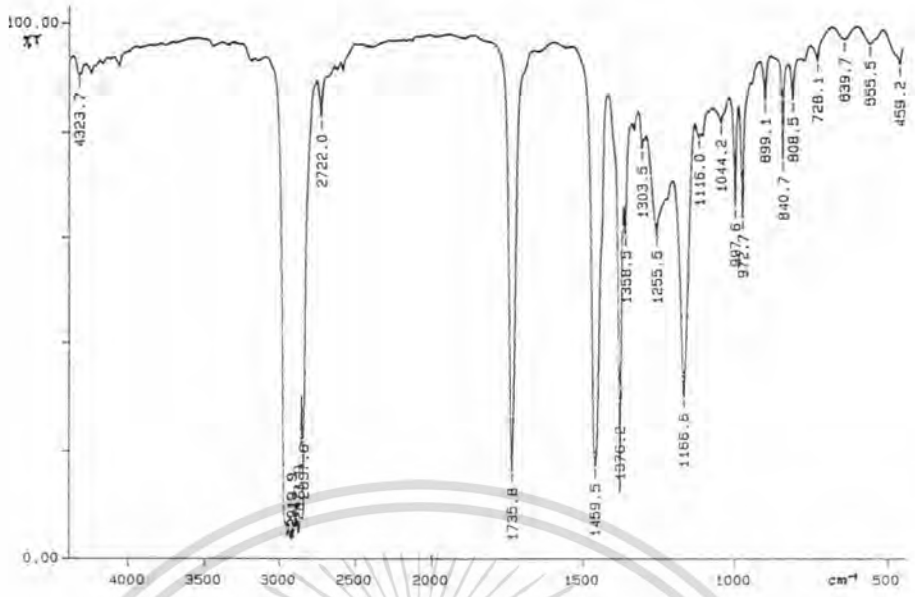


รูปที่ 15 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร



รูปที่ 16 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

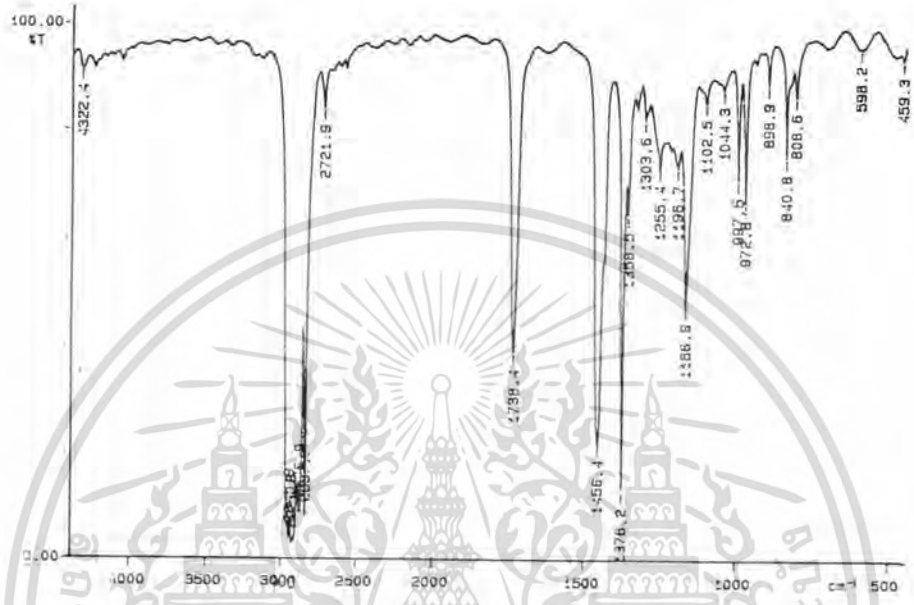
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



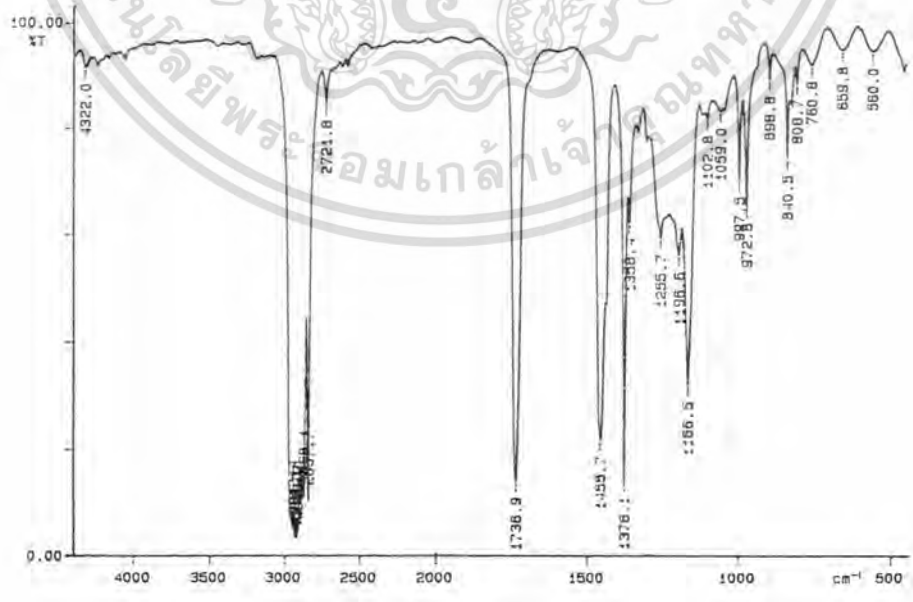
รูปที่ 18 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ เติม Mohr's salt 0.05 %โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

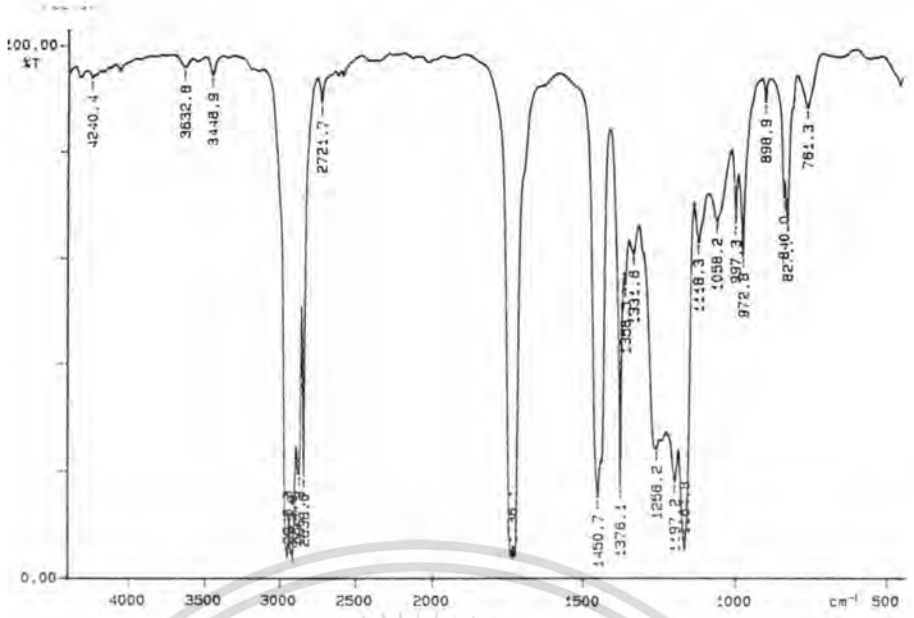


รูปที่ 19 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

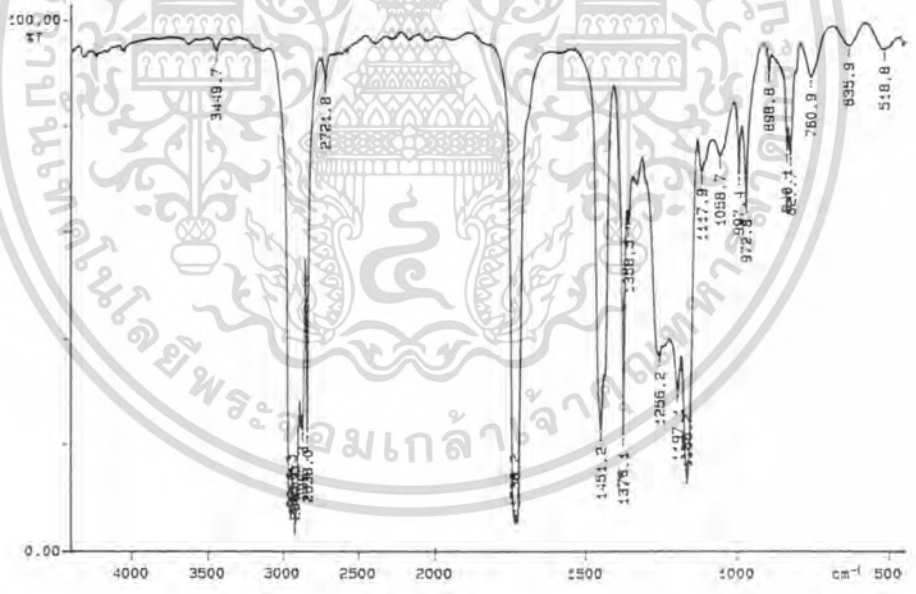


รูปที่ 20 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

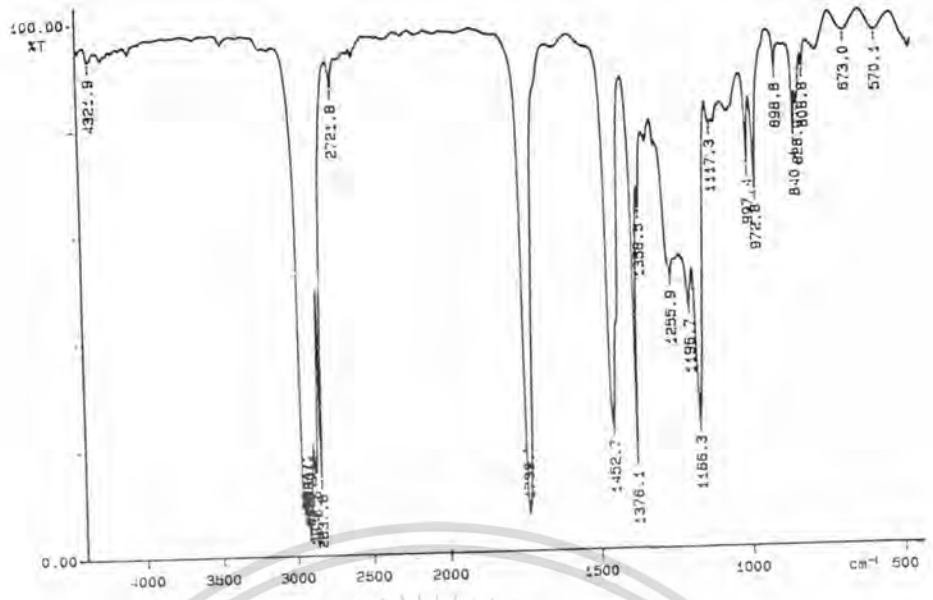


รูปที่ 21 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

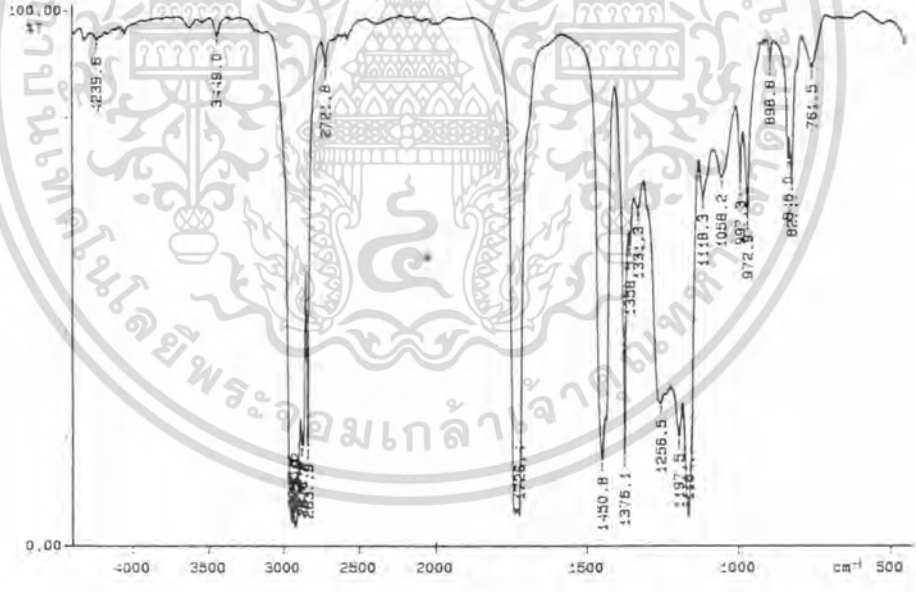


รูปที่ 22สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



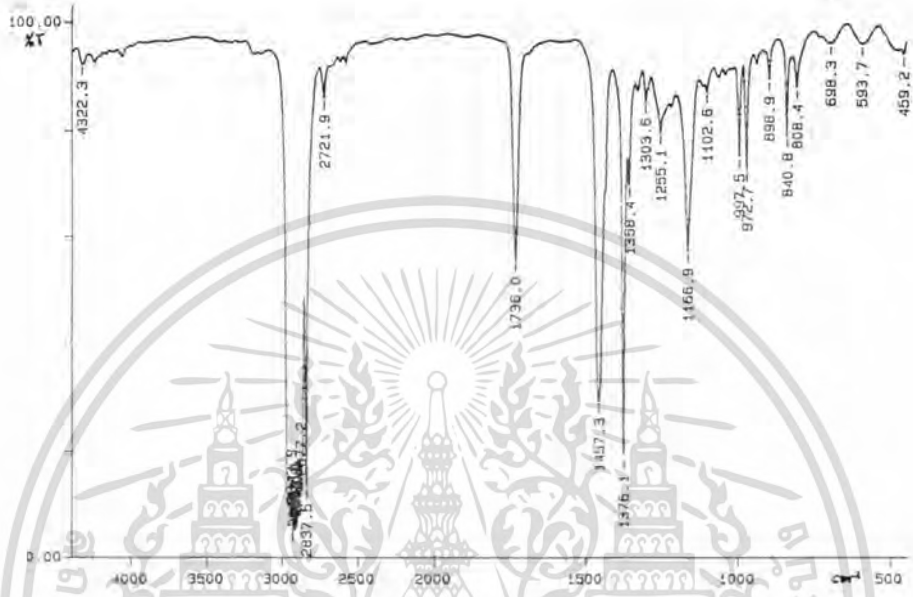
รูปที่ 23 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



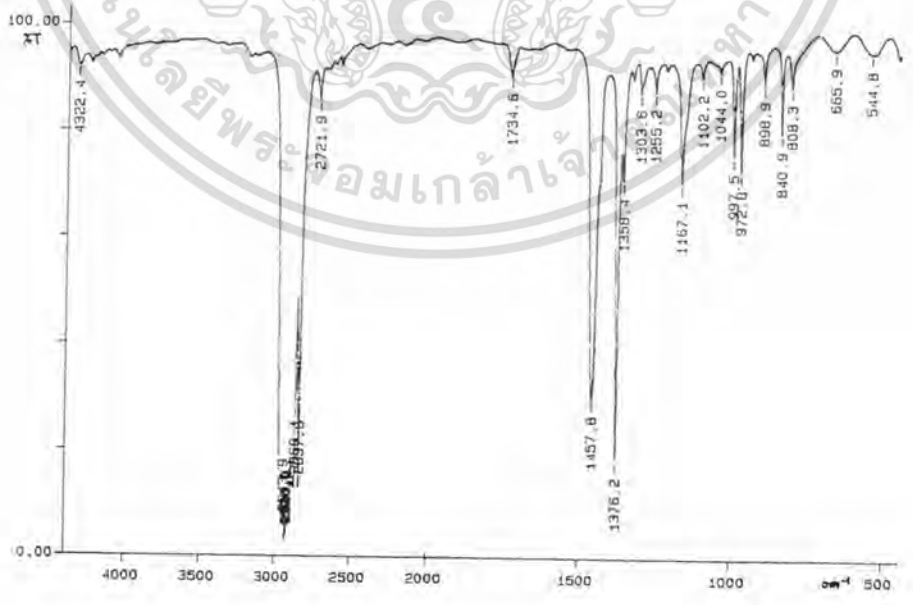
รูปที่ 24 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ
เติม Mohr's salt 0.05%โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์
โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

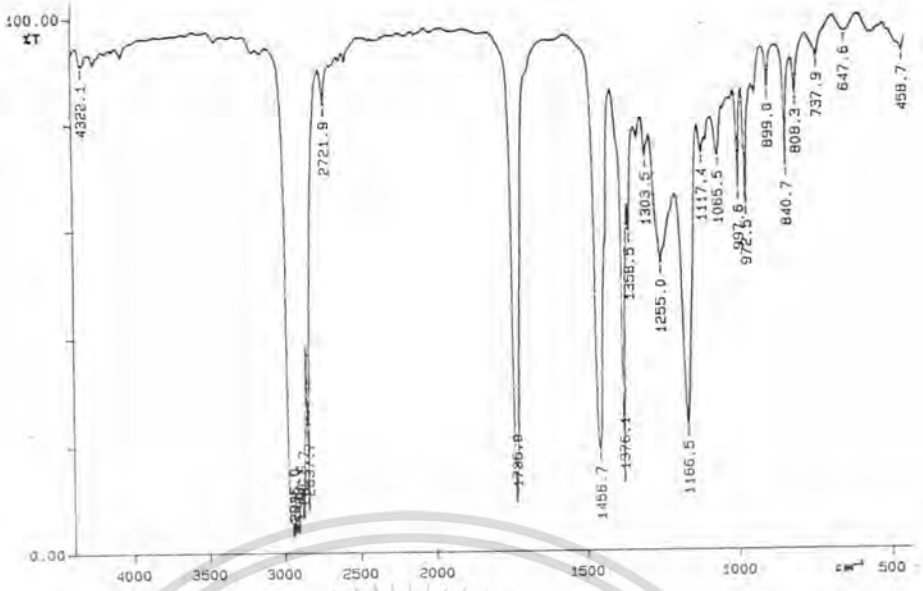


รูปที่ 25 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

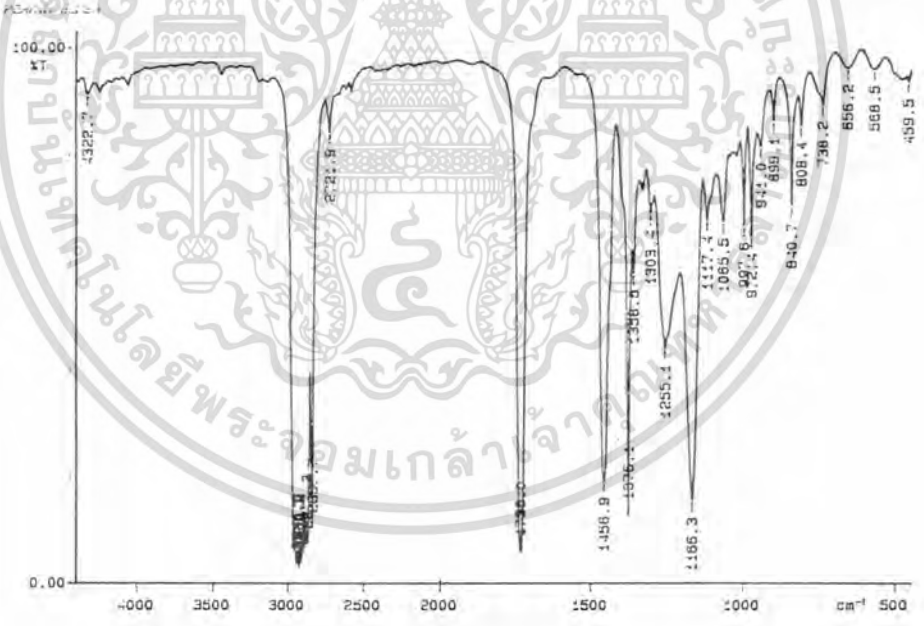


รูปที่ 26 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

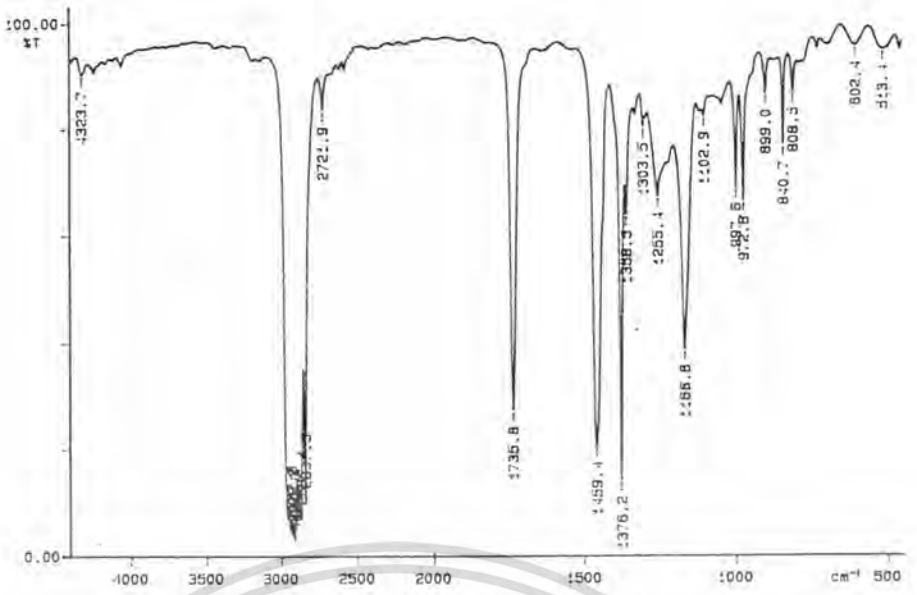


รูปที่ 27 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

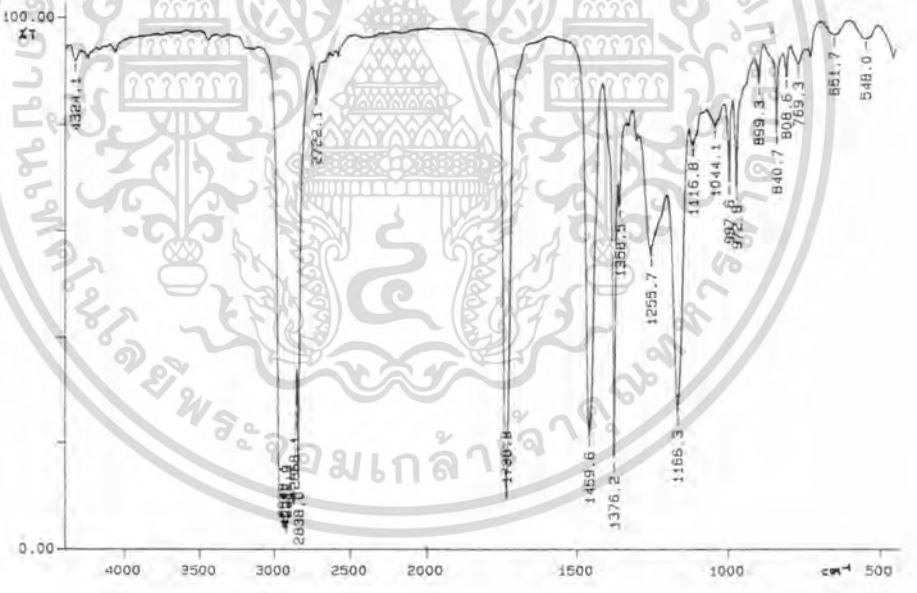


รูปที่ 28 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



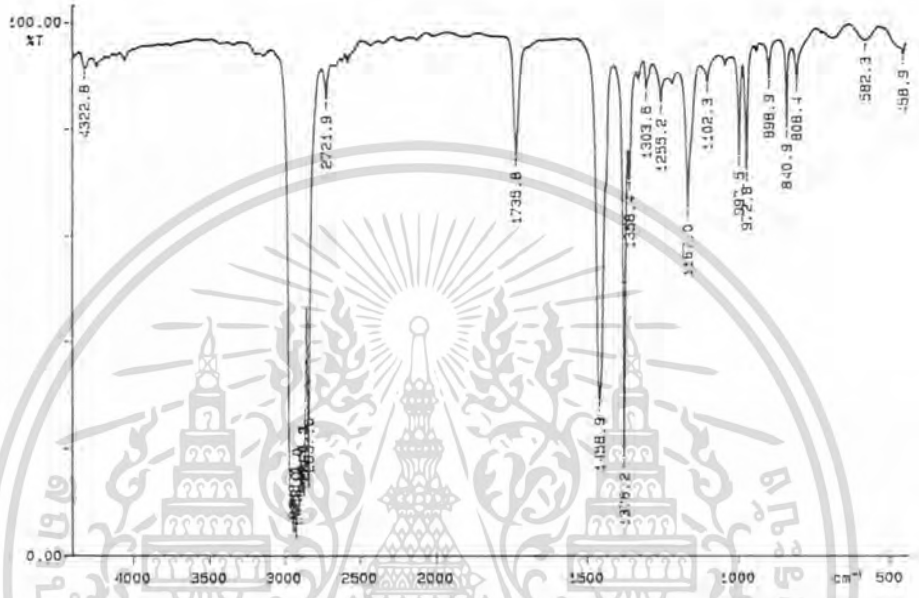
รูปที่ 29 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



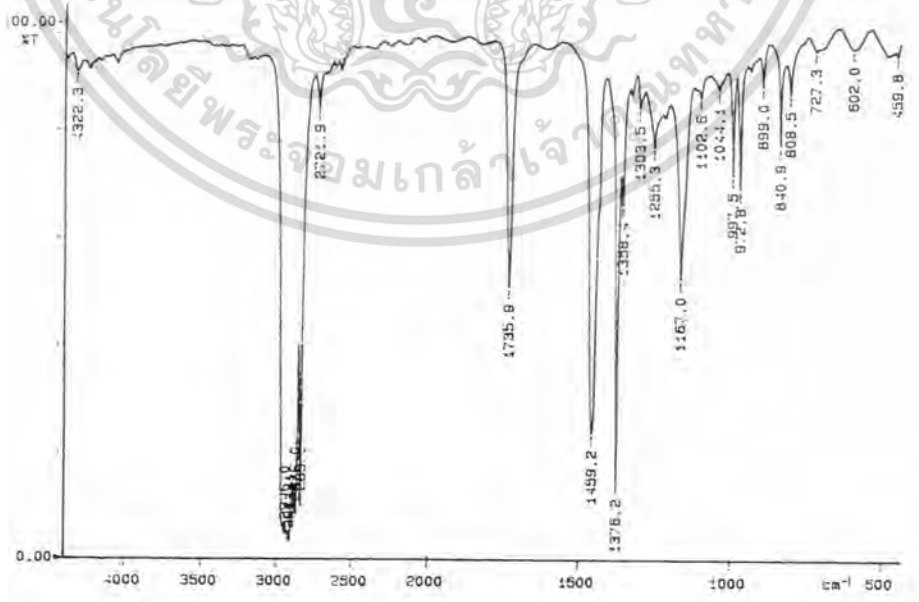
รูปที่ 30 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ เติม Mohr's salt 0.05%โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

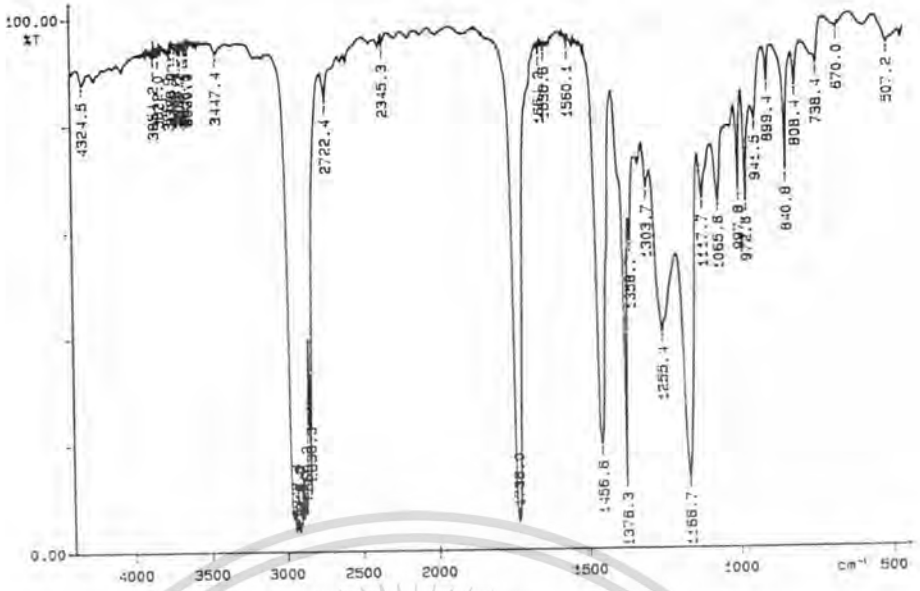


รูปที่ 31 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

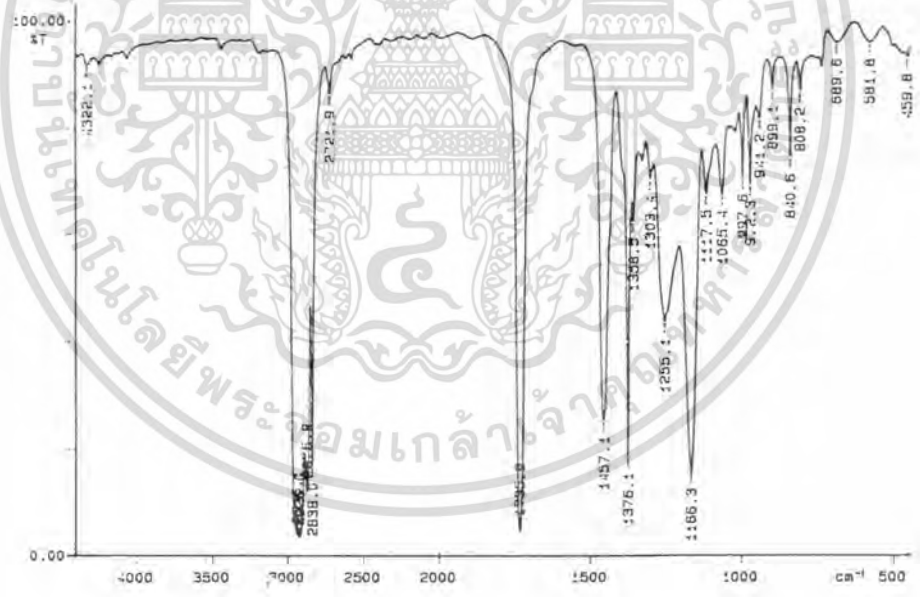


รูปที่ 32 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

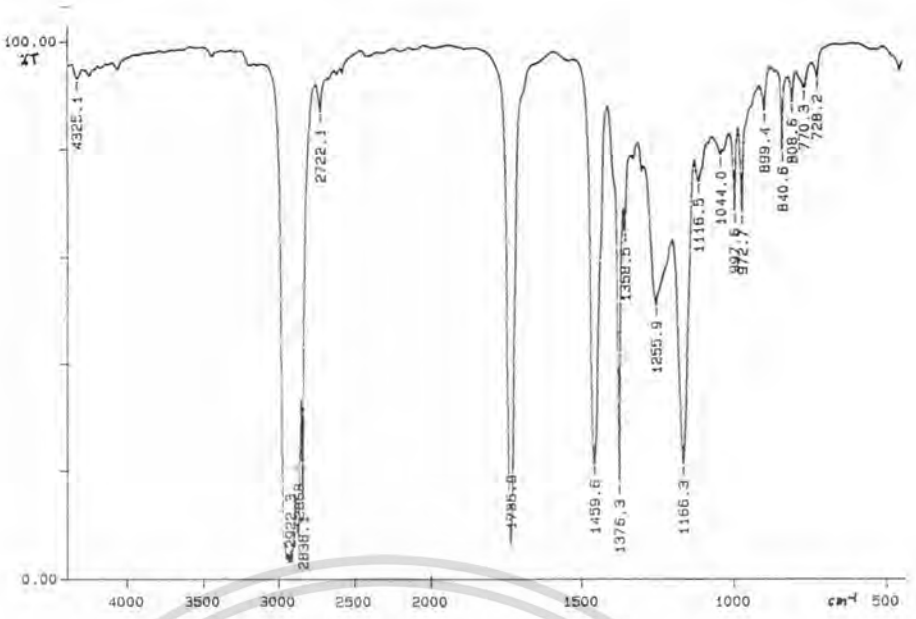


รูปที่ 33 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร



รูปที่ 34 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

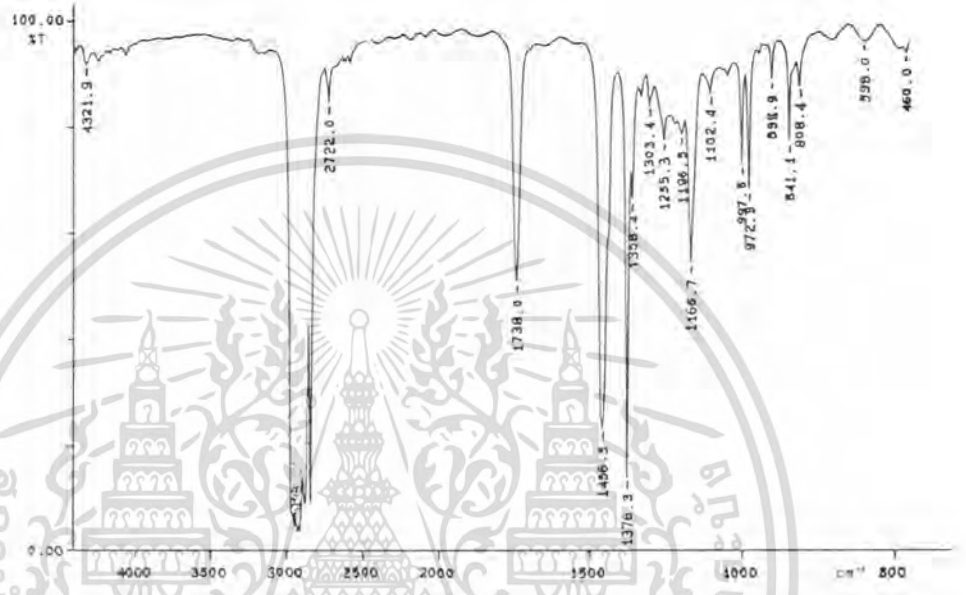
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



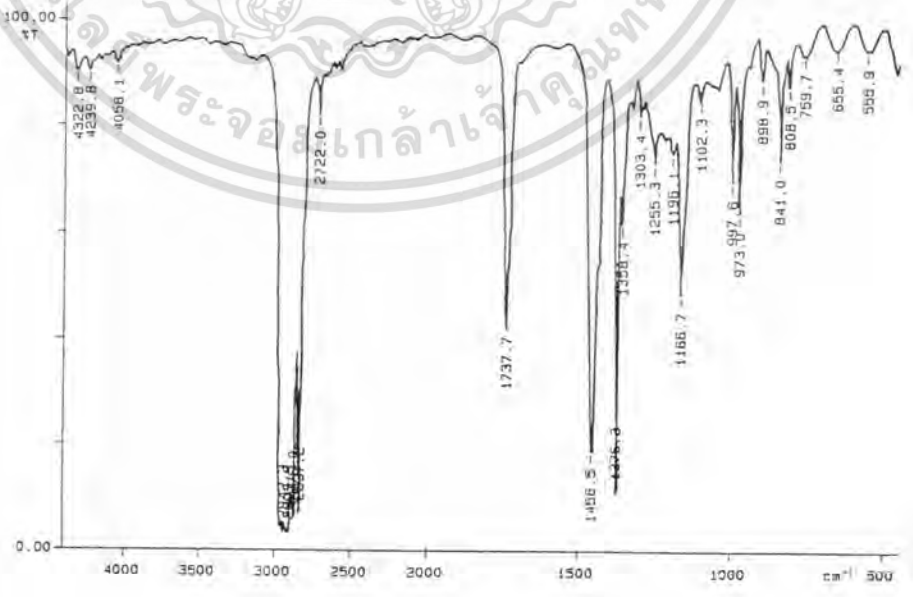
รูปที่ 35 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 2 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

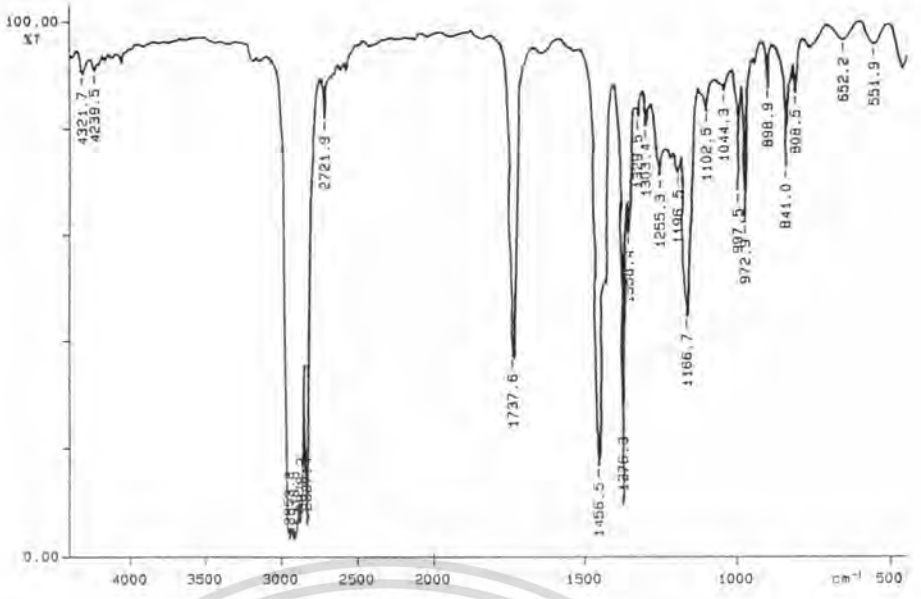


รูปที่ 37 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

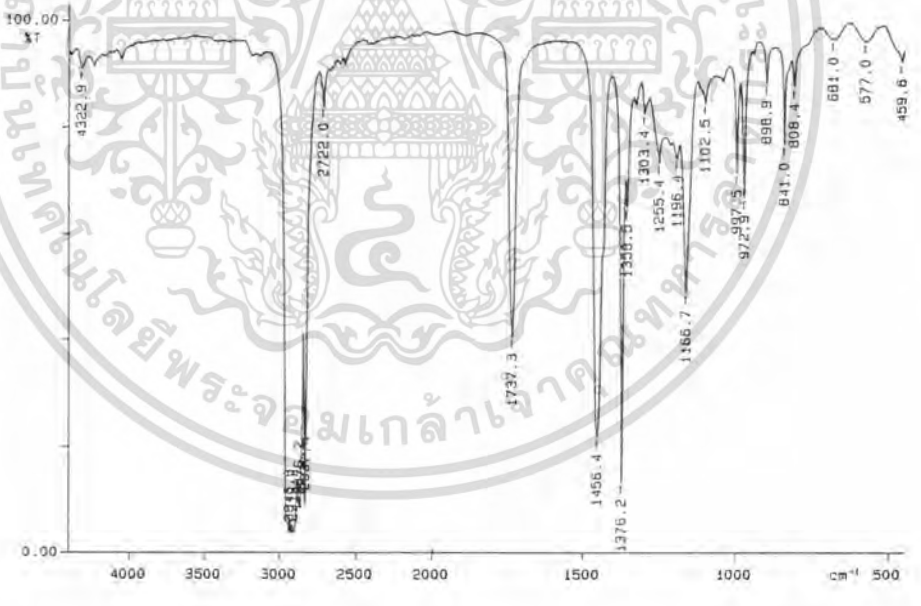


รูปที่ 38 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

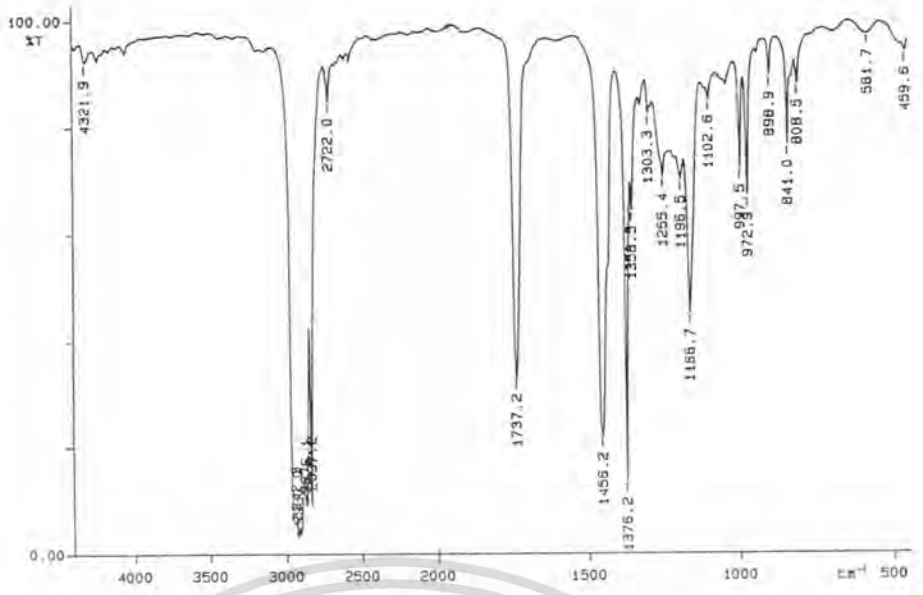


รูปที่ 39 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

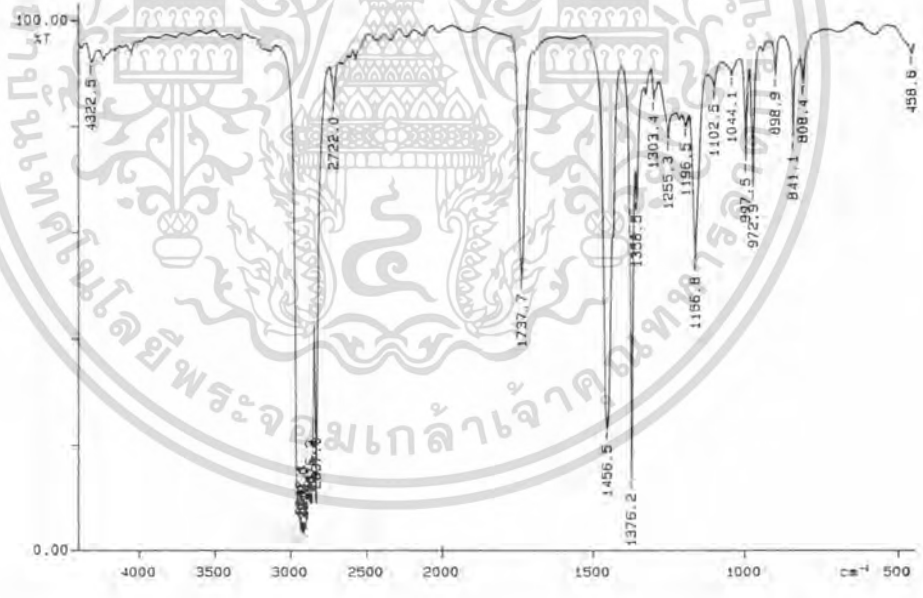


รูปที่ 40 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



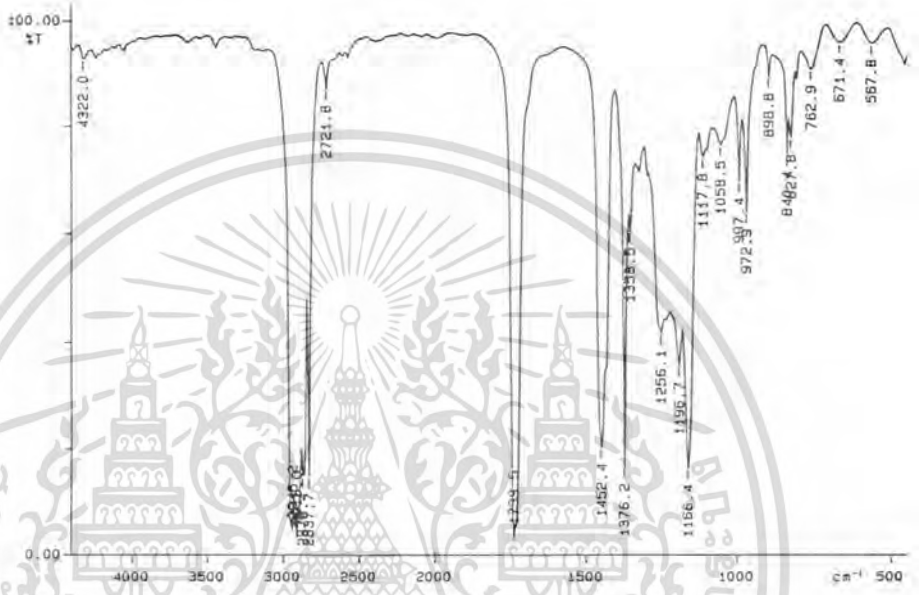
รูปที่ 41 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



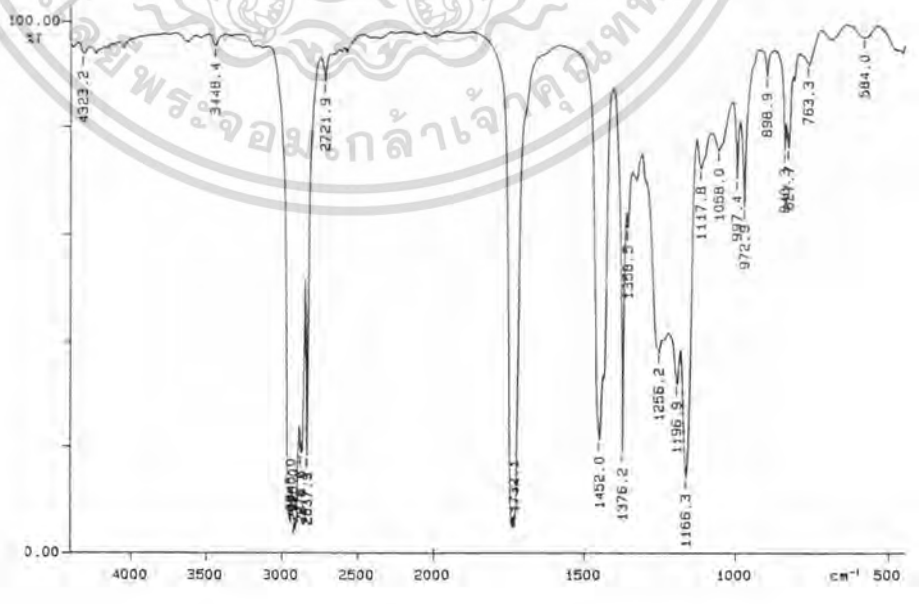
รูปที่ 42 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 2 kGy อัตราการฉายรังสี 8 Gy/sec

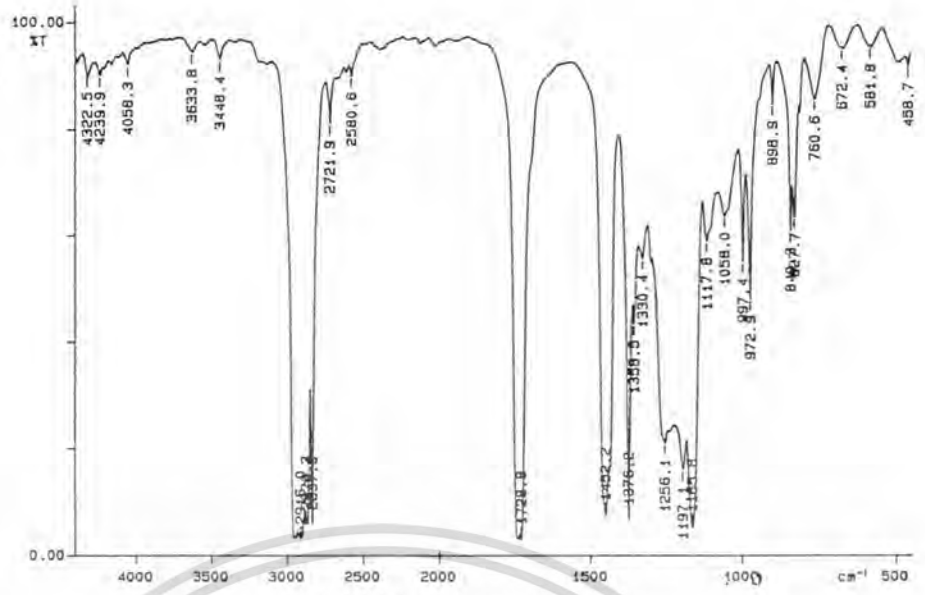


รูปที่ 43 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

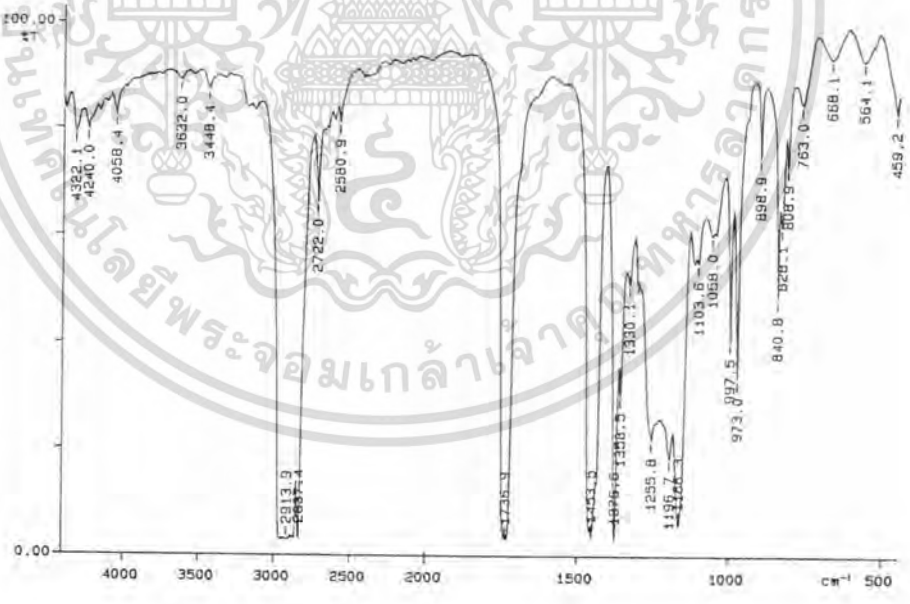


รูปที่ 44 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

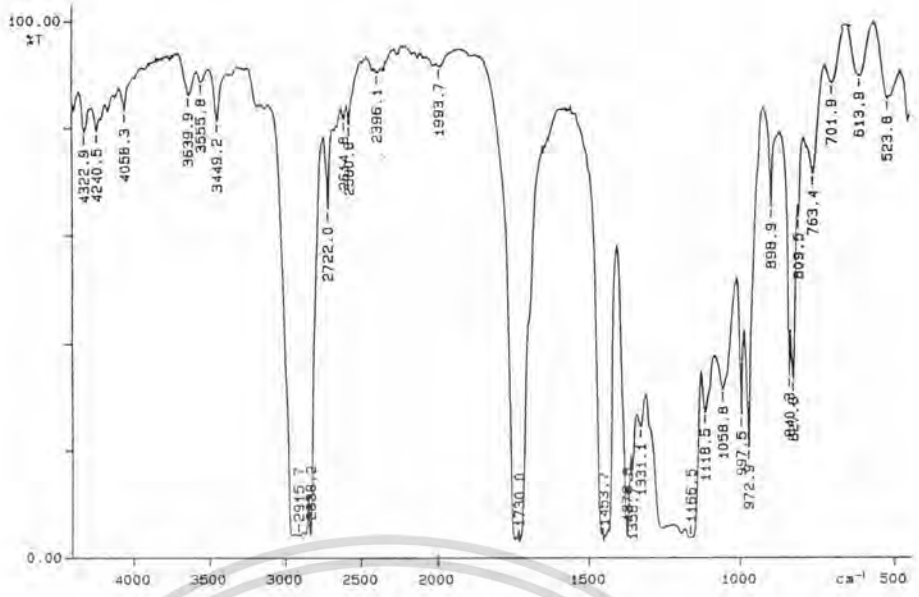


รูปที่ 45 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

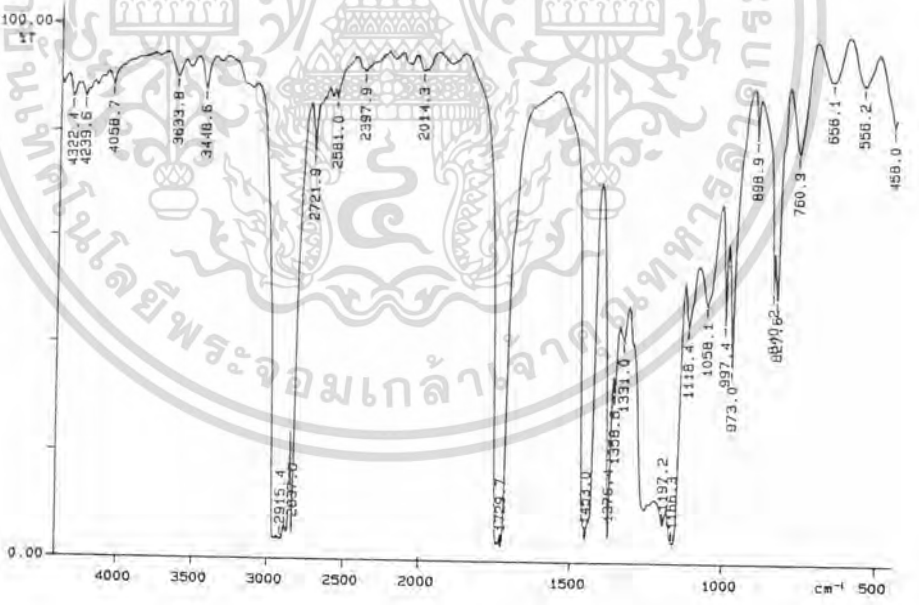


รูปที่ 46 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



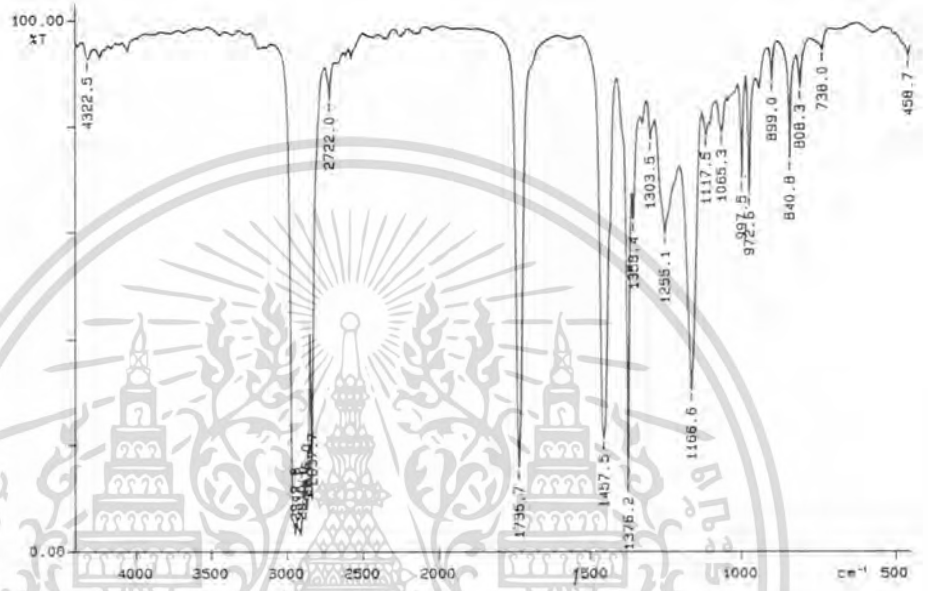
รูปที่ 47 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



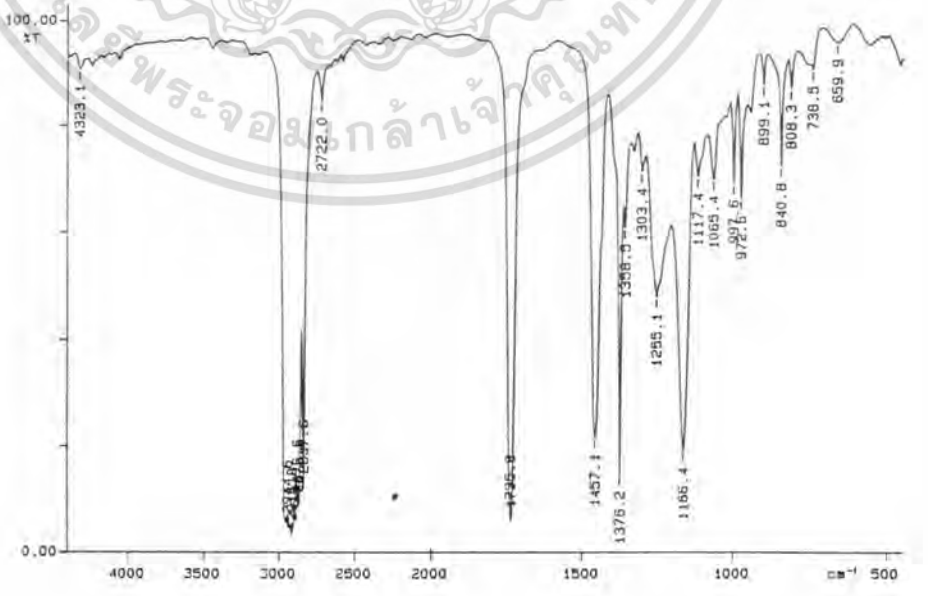
รูปที่ 48 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 2 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

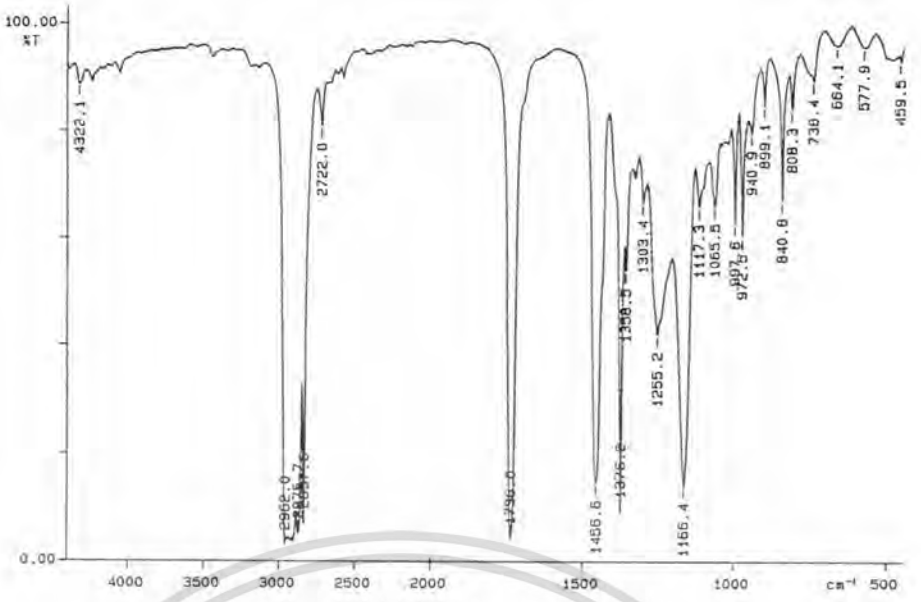


รูปที่ 49 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

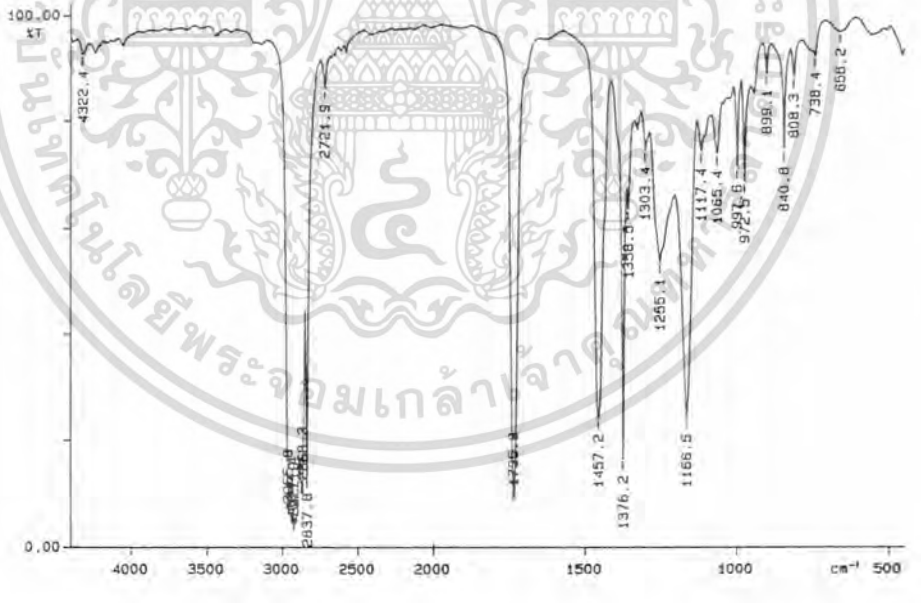


รูปที่ 50 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

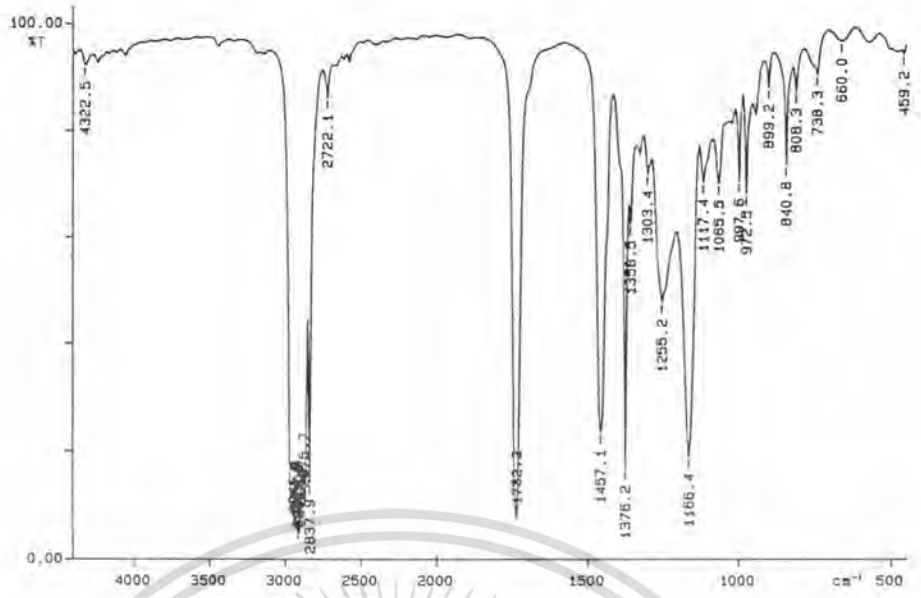


รูปที่ 51 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

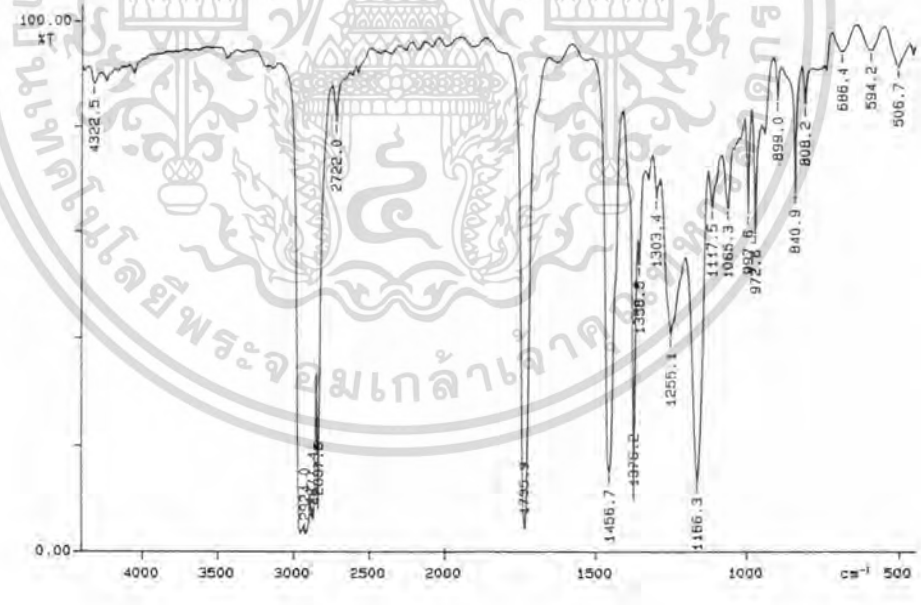


รูปที่ 52 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



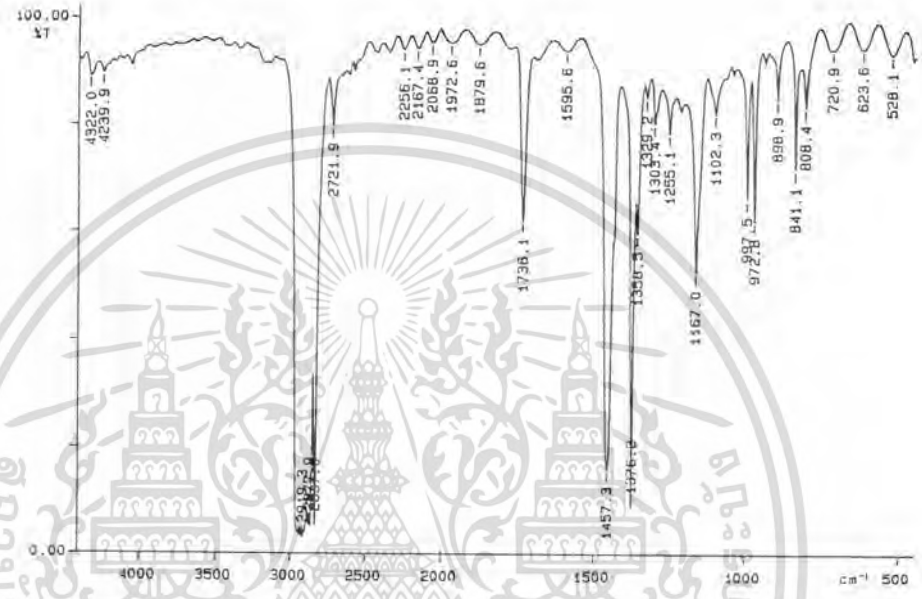
รูปที่ 53 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



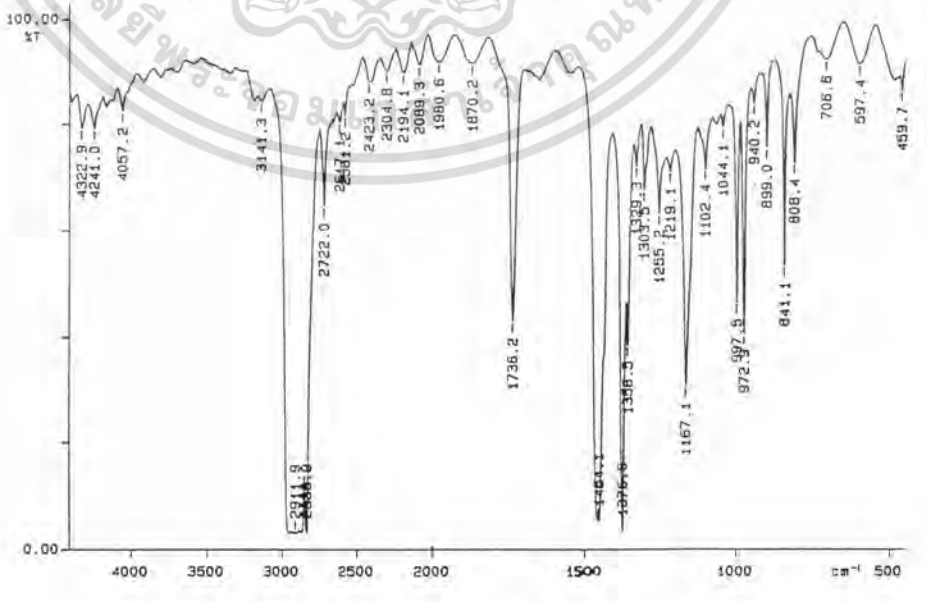
รูปที่ 54 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ เติม Mohr's salt 0.05 %โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์ โดยใช้ปริมาณรังสี 2 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

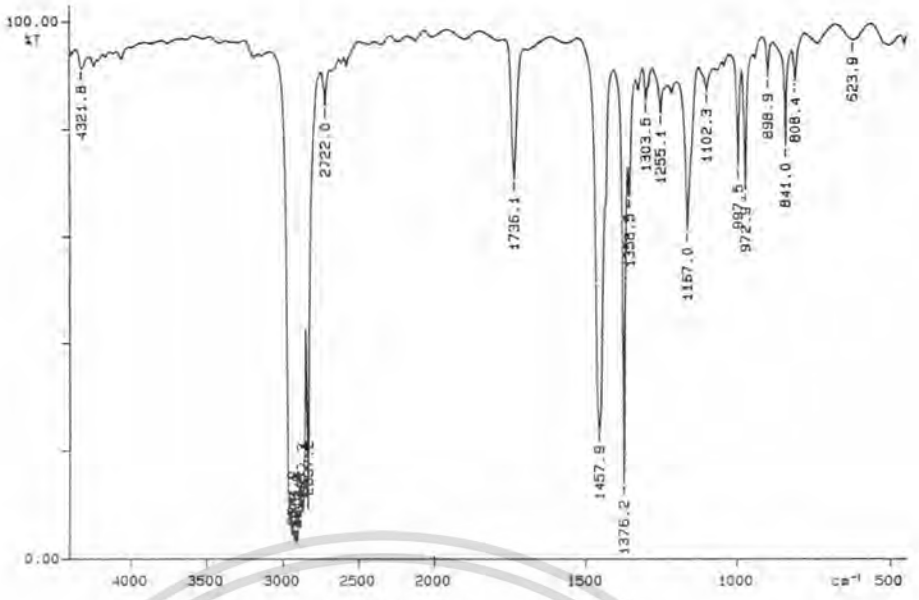


รูปที่ 55 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

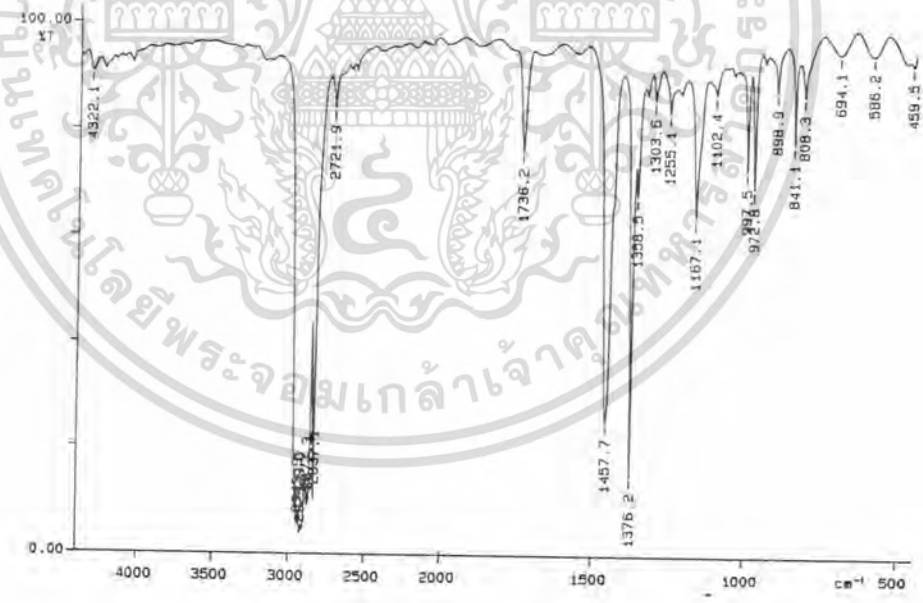


รูปที่ 56 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

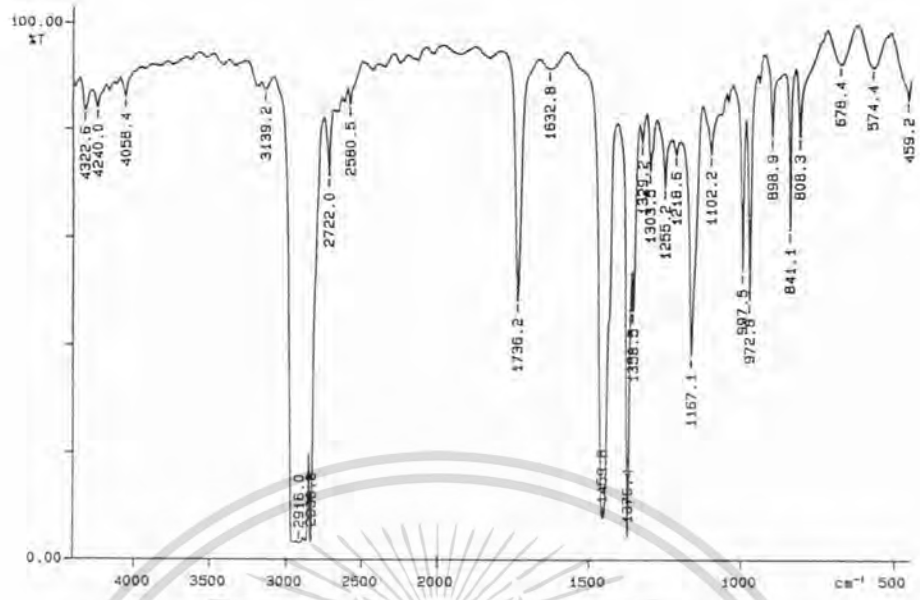


รูปที่ 57 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

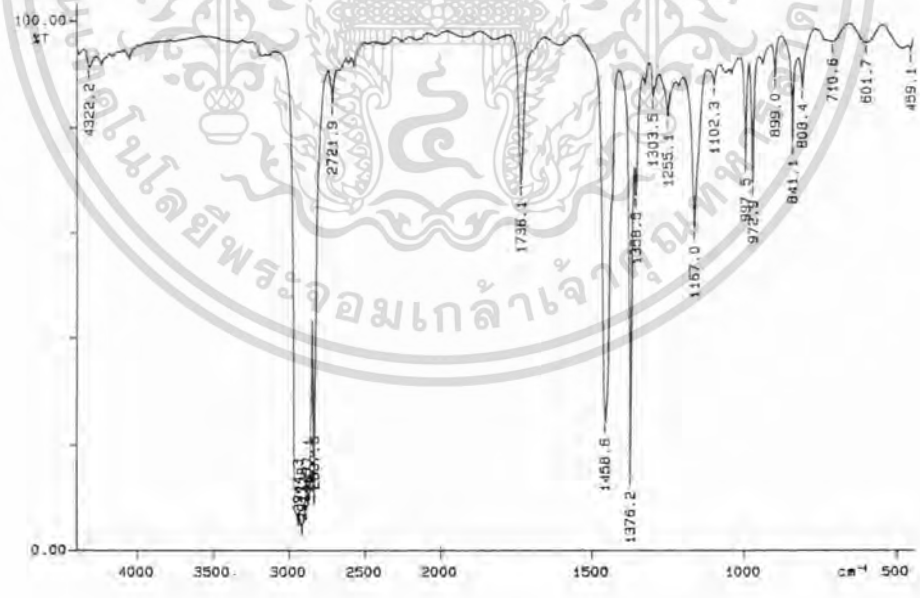


รูปที่ 58 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



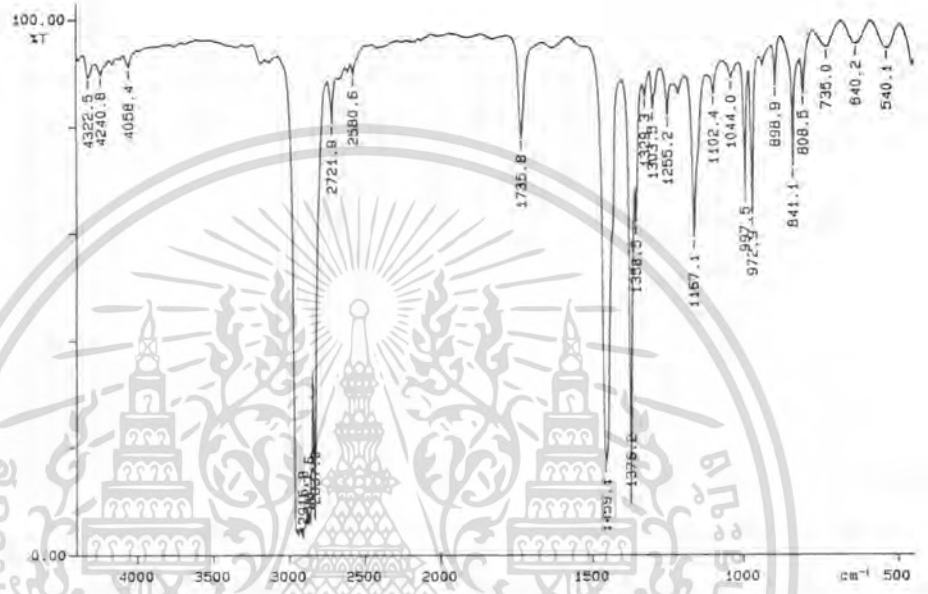
รูปที่ 59 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



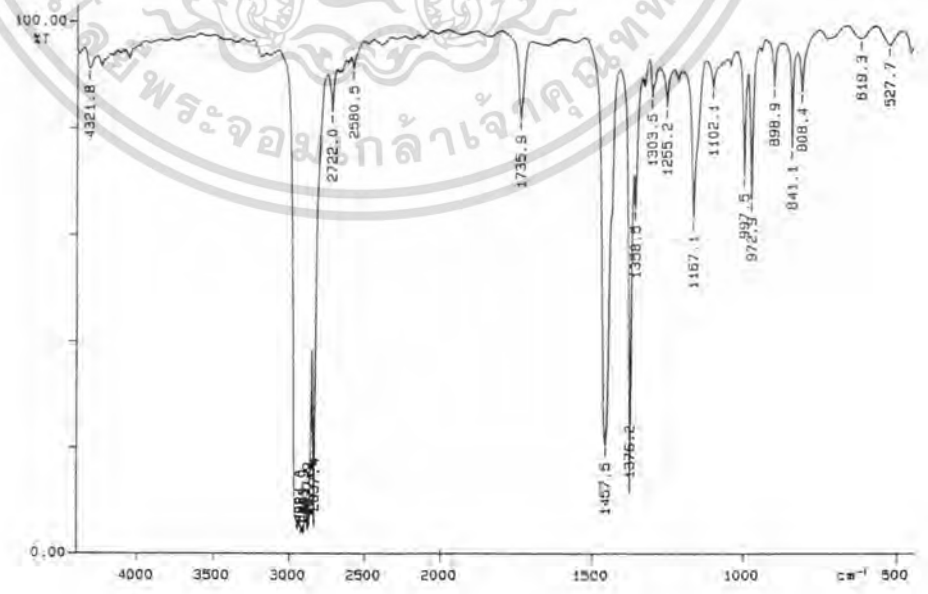
รูปที่ 60 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ
เติม Mohr's salt 0.05%โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์
โดยใช้ปริมาณรังสี 2 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

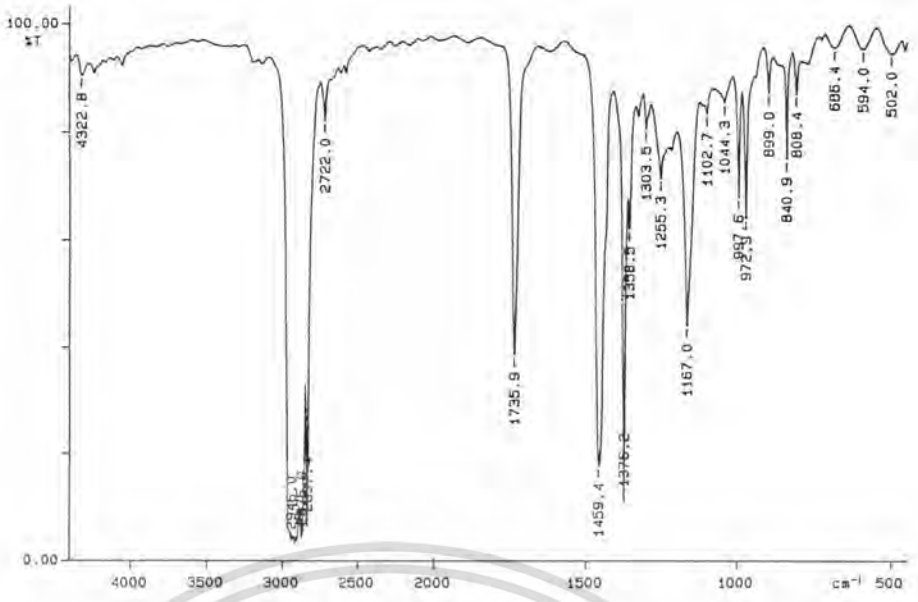


รูปที่ 61 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

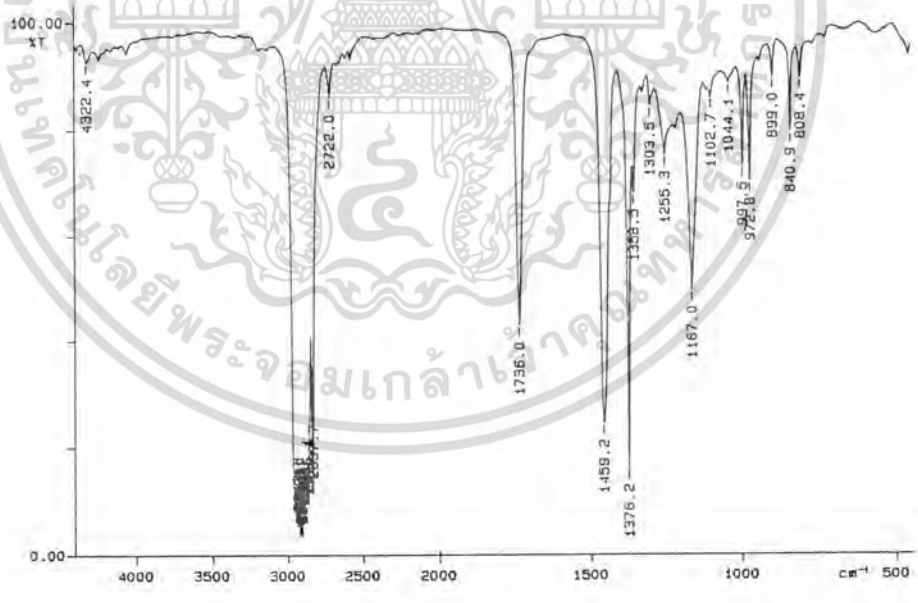


รูปที่ 62 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

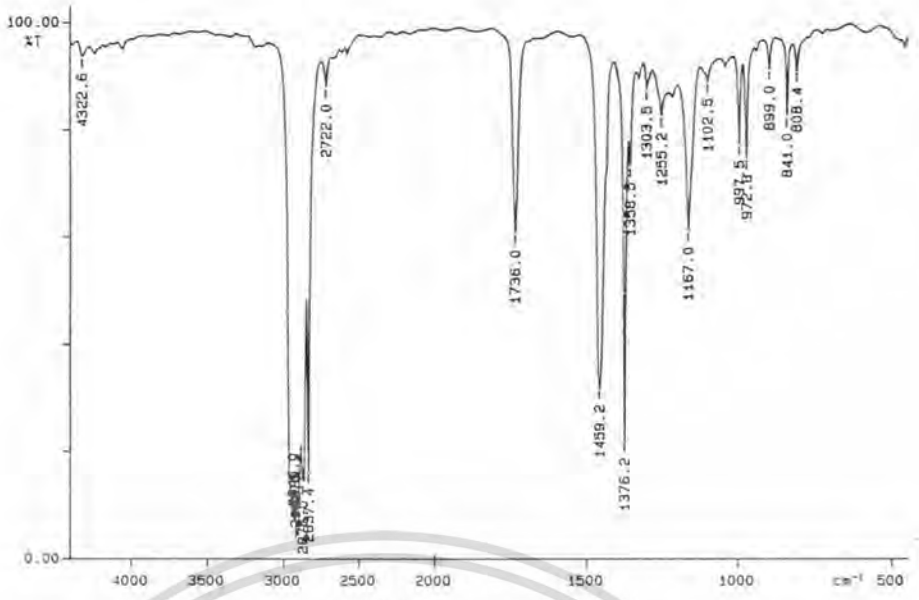


รูปที่ 63 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร

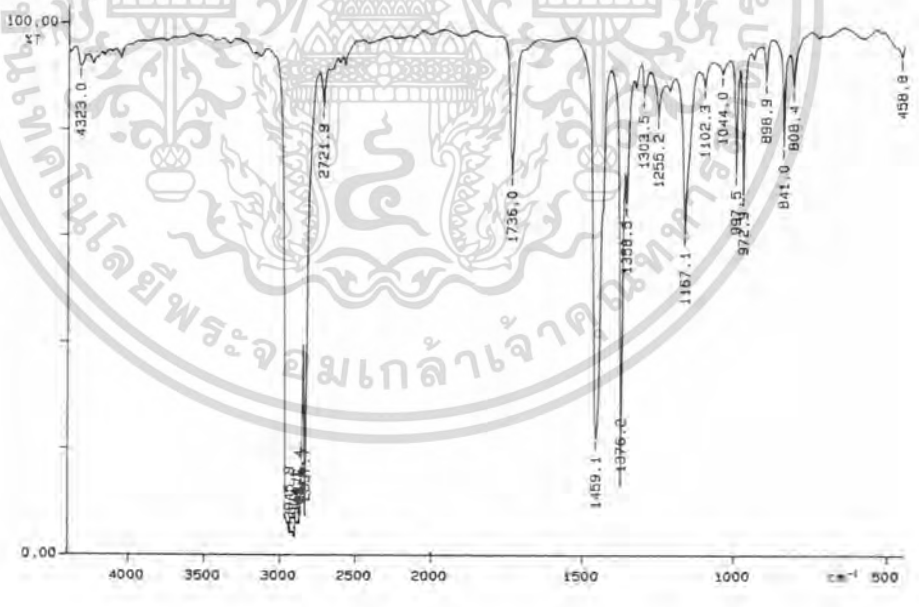


รูปที่ 64 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



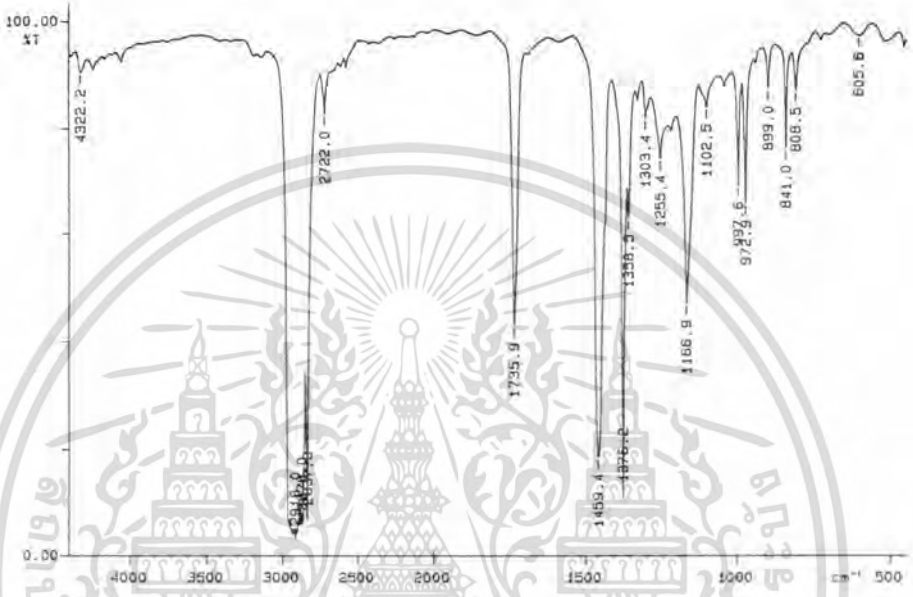
รูปที่ 65 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร



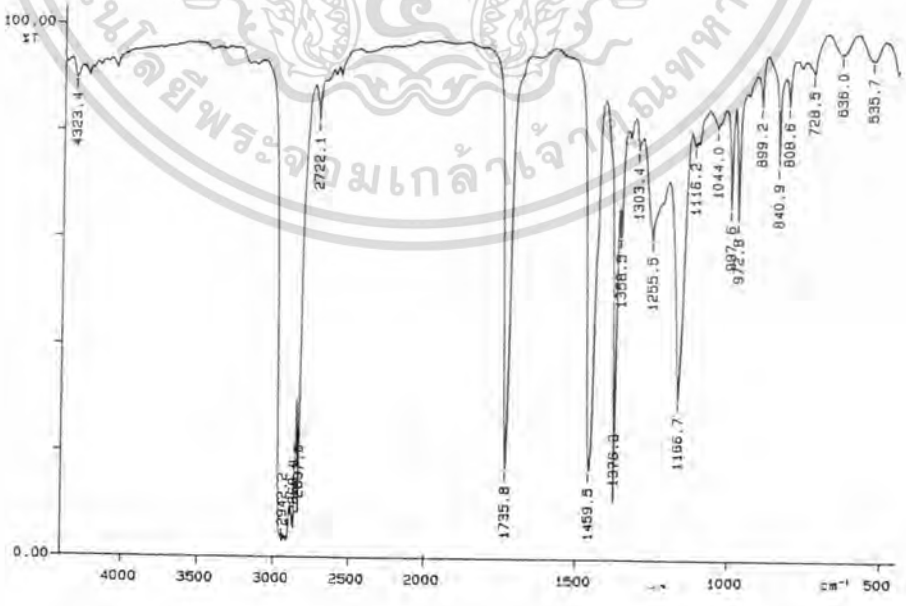
รูปที่ 66 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 60% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้นต่างๆ เติม Mohr's salt 0.05%โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์ โดยใช้ปริมาณรังสี 2 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

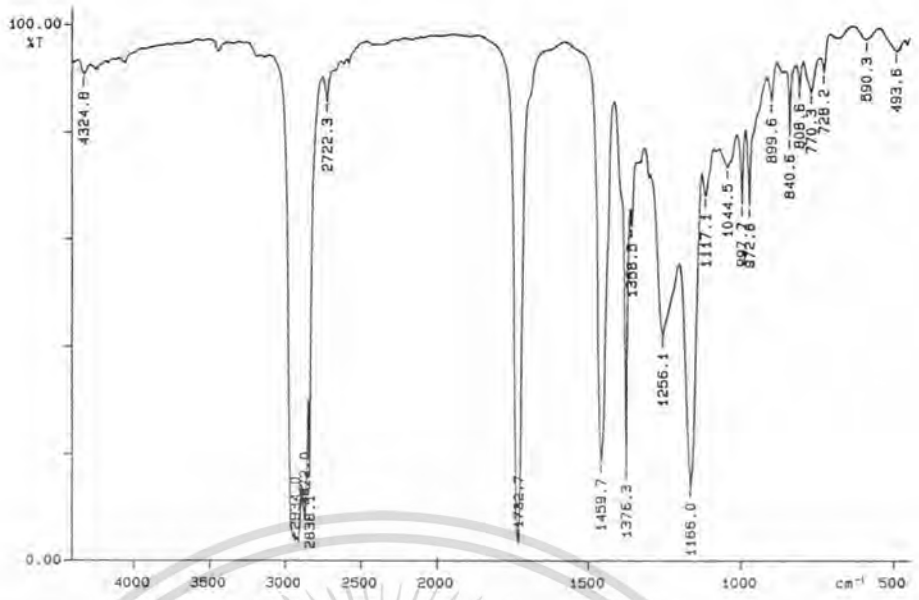


รูปที่ 67 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 10% โดยปริมาตร

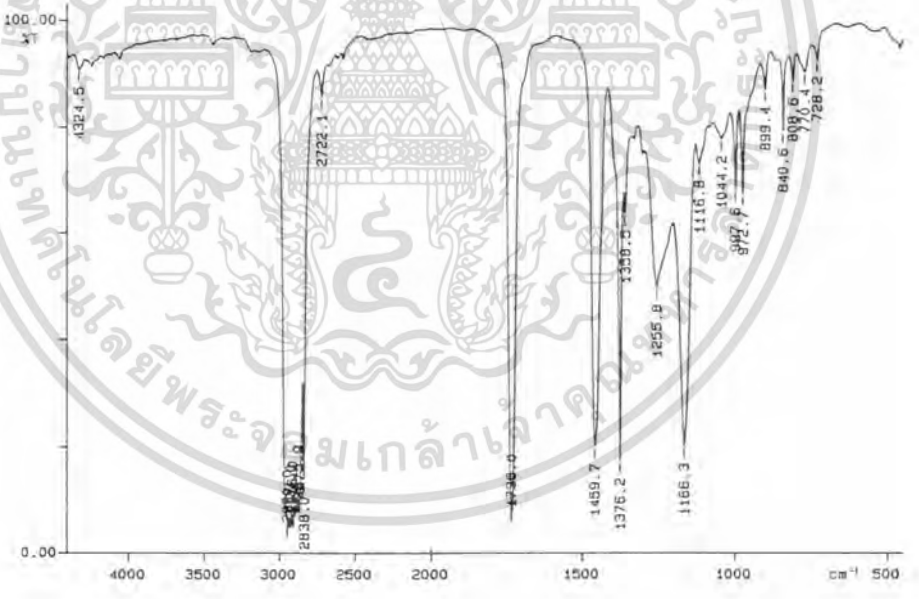


รูปที่ 68 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 20% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

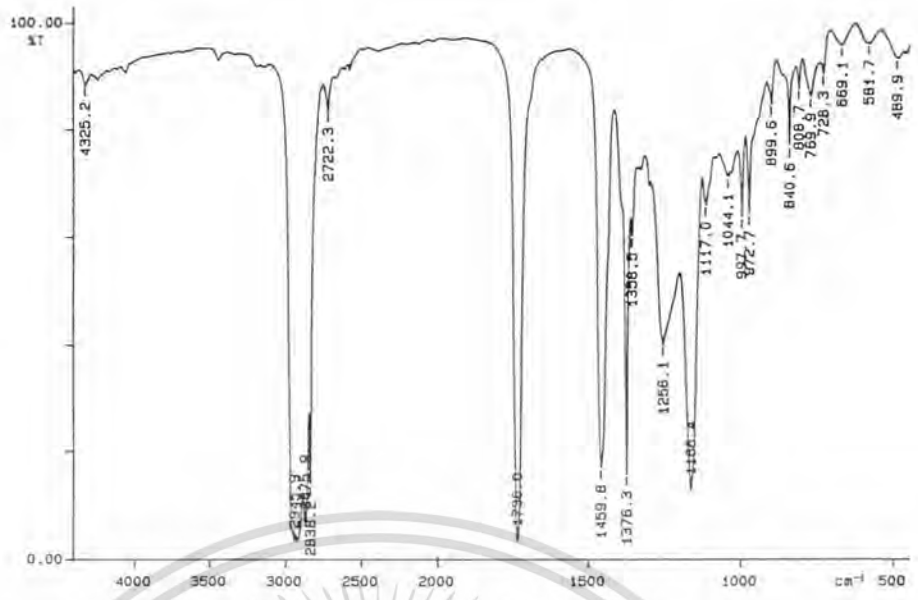


รูปที่ 69 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 30% โดยปริมาตร



รูปที่ 70 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 40% โดยปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

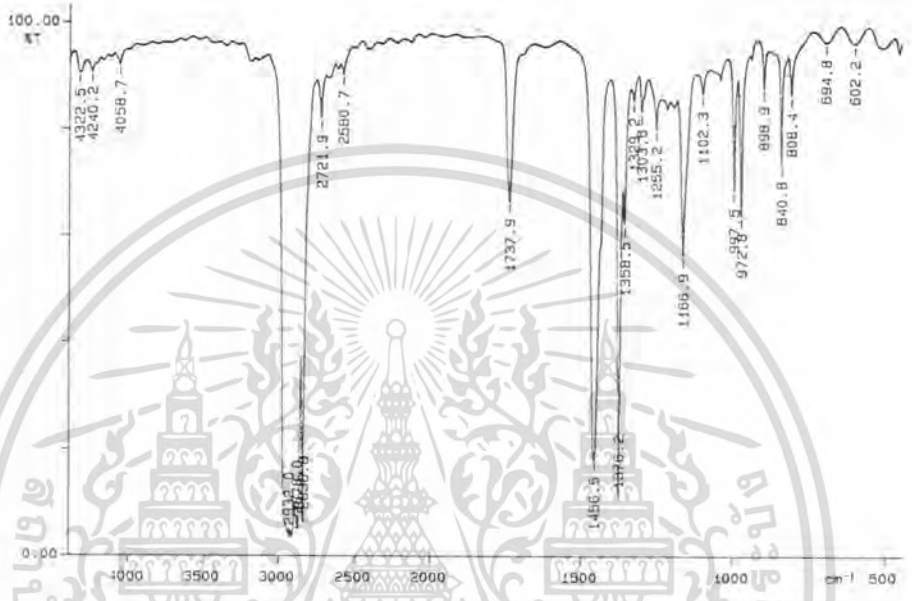


รูปที่ 71 สารละลายมอนอเมอร์เข้มข้น 50% โดยปริมาตร

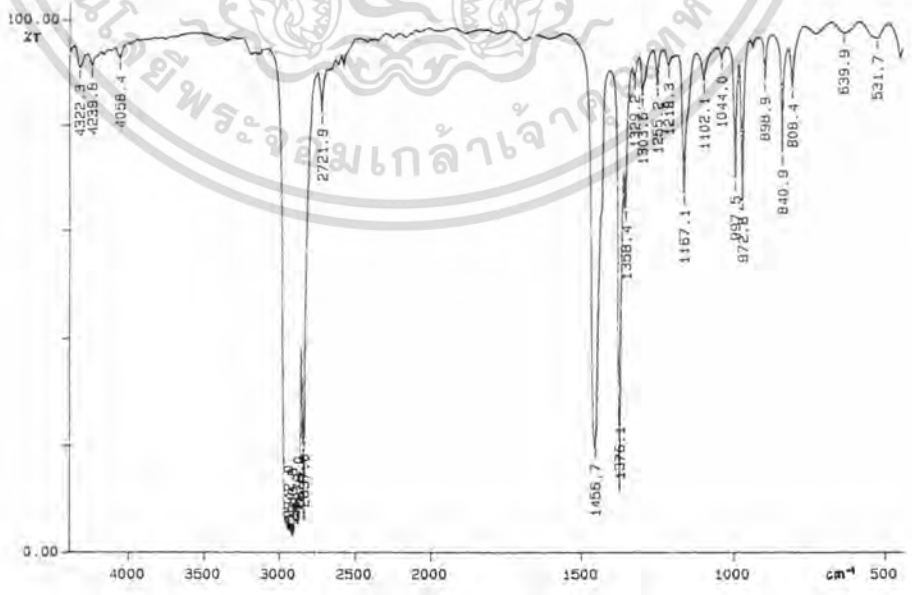
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 10 %โดยปริมาตร เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

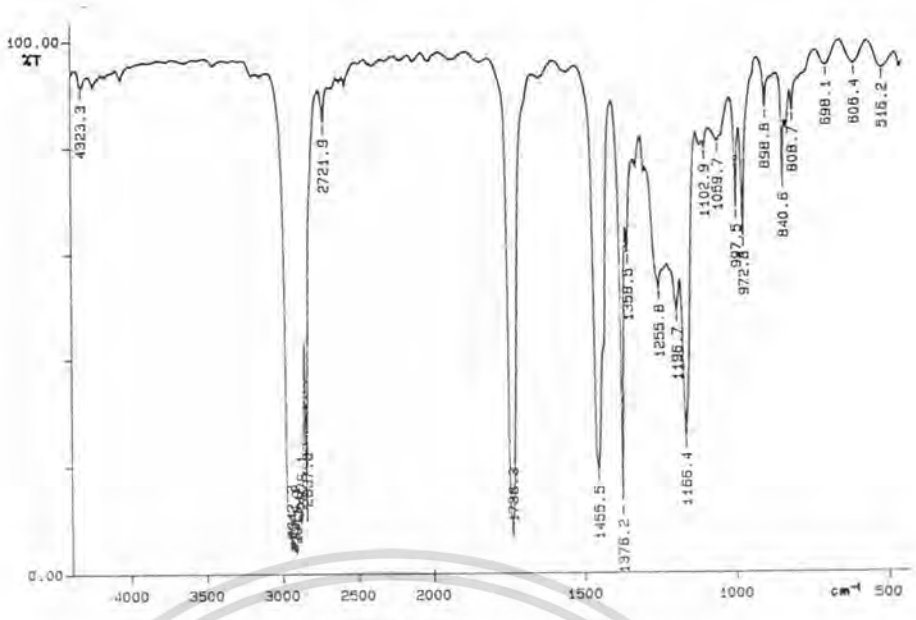


รูปที่ 73 ปริมาณ Mohr's salt 0% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

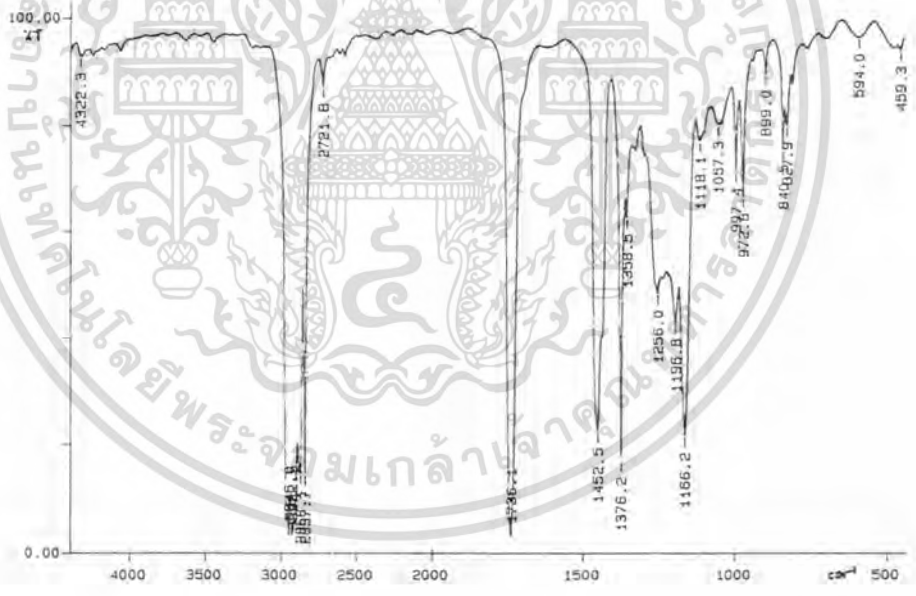


รูปที่ 74 ปริมาณ Mohr's salt 0.01% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

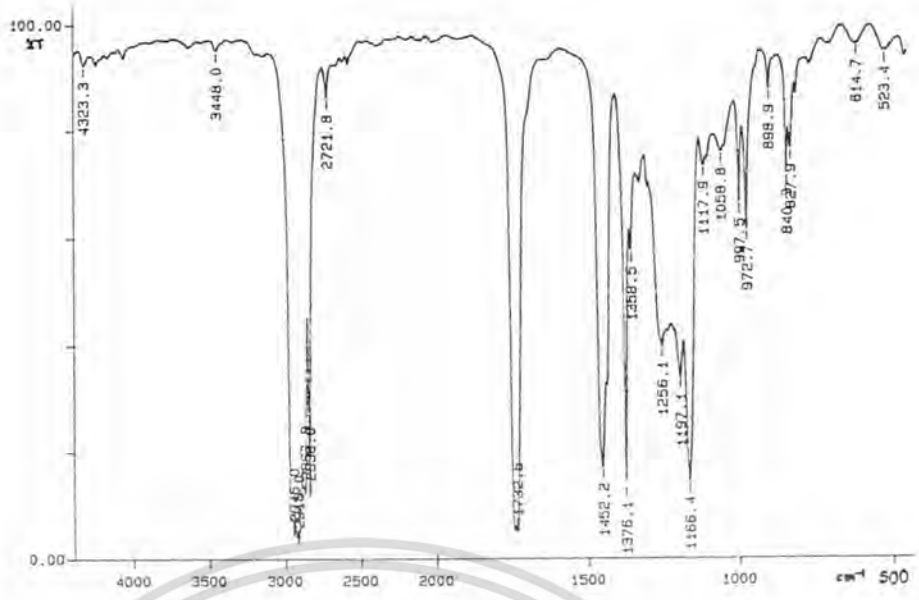


รูปที่ 75 ปริมาณ Mohr's salt 0.03% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

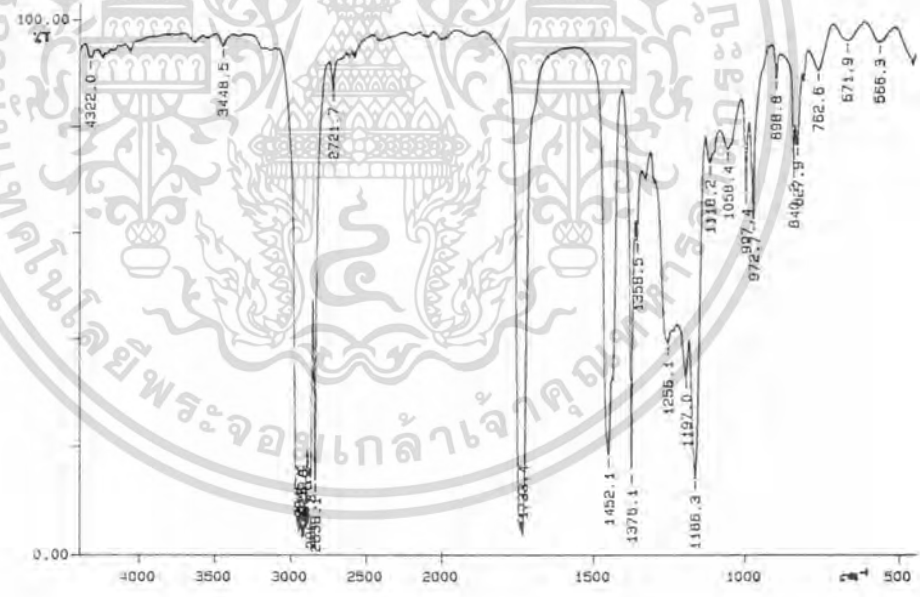


รูปที่ 76 ปริมาณ Mohr's salt 0.05% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



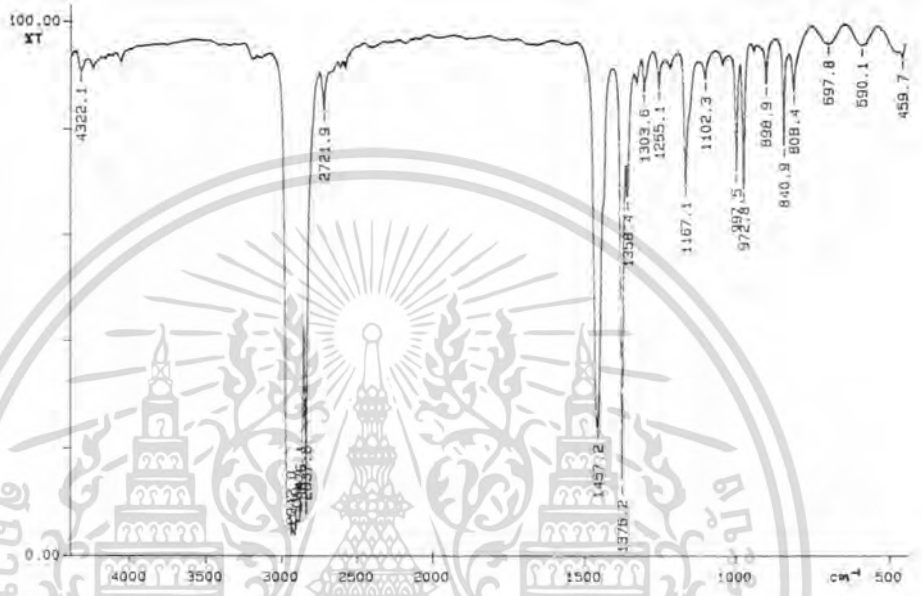
รูปที่ 77 ปริมาณ Mohr's salt 0.07% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์



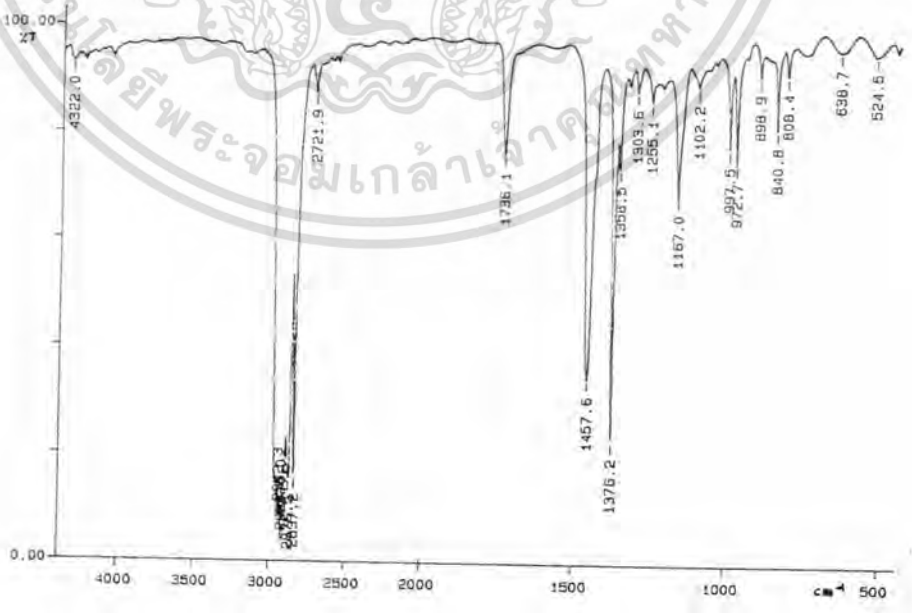
รูปที่ 78 ปริมาณ Mohr's salt 0.1% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 40 %โดยปริมาตร เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

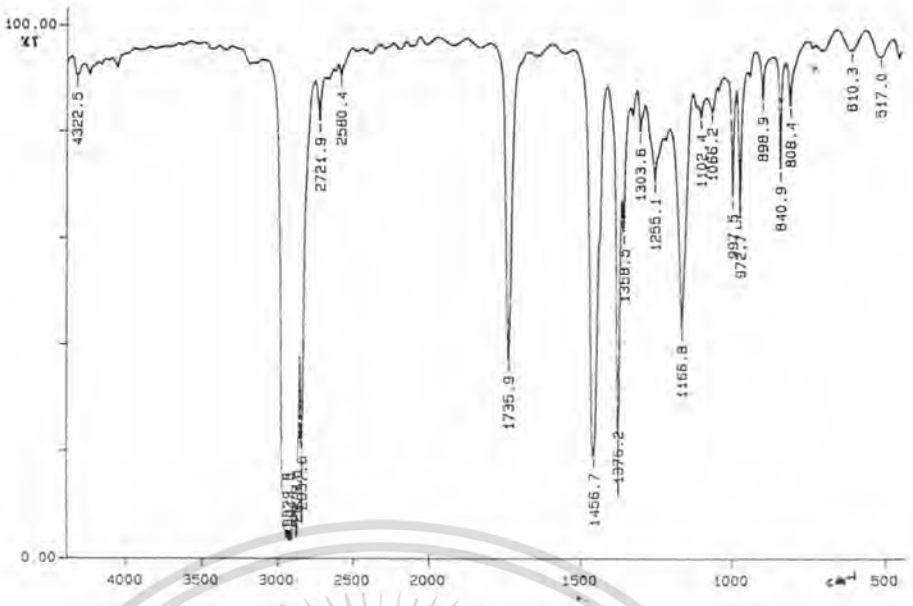


รูปที่ 79 ปริมาณ Mohr's salt 0% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

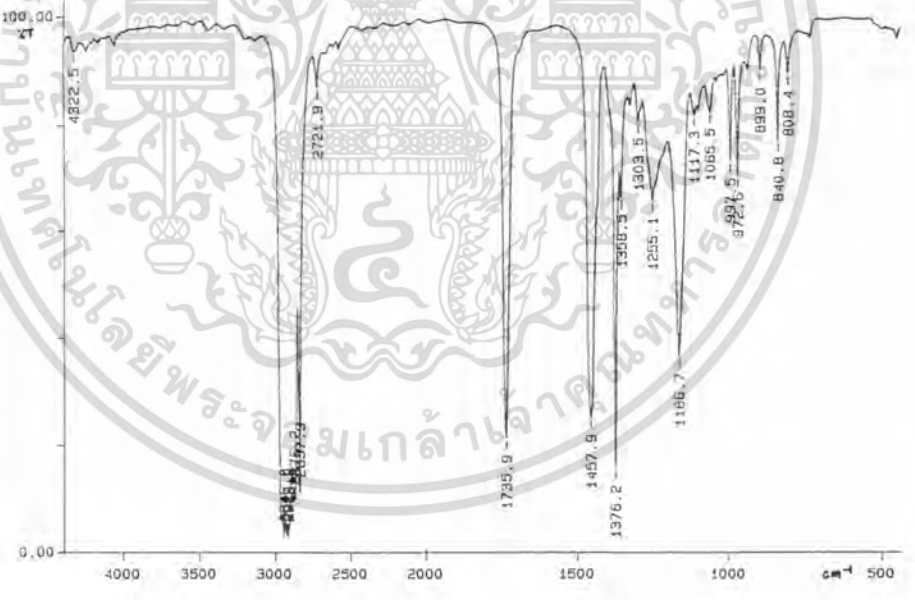


รูปที่ 80 ปริมาณ Mohr's salt 0.01% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

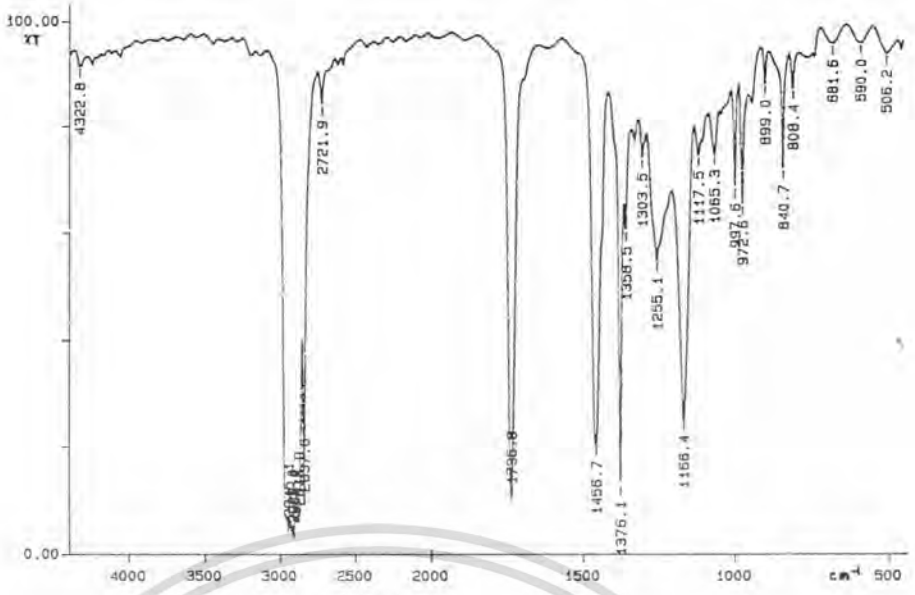


รูปที่ 81 ปริมาณ Mohr's salt 0.03% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

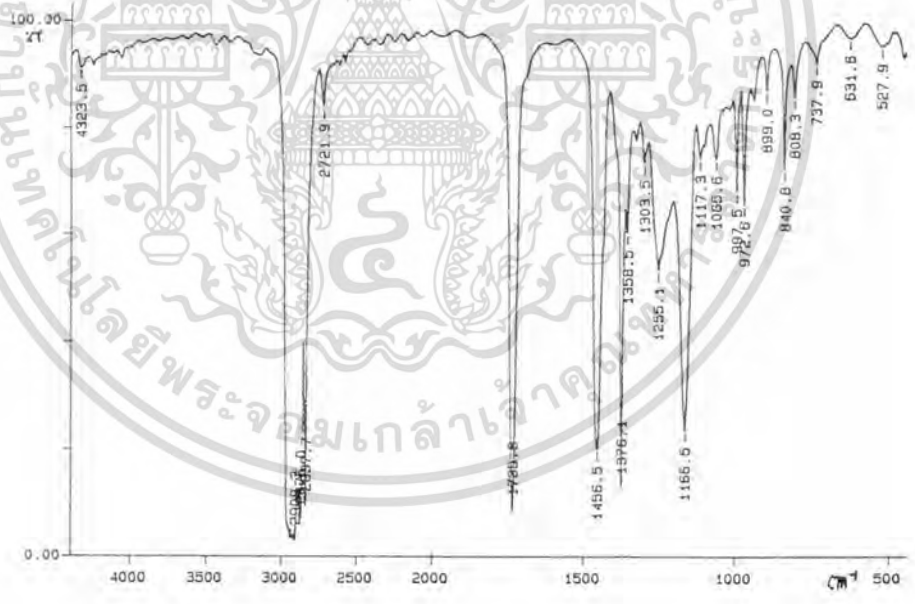


รูปที่ 82 ปริมาณ Mohr's salt 0.05% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



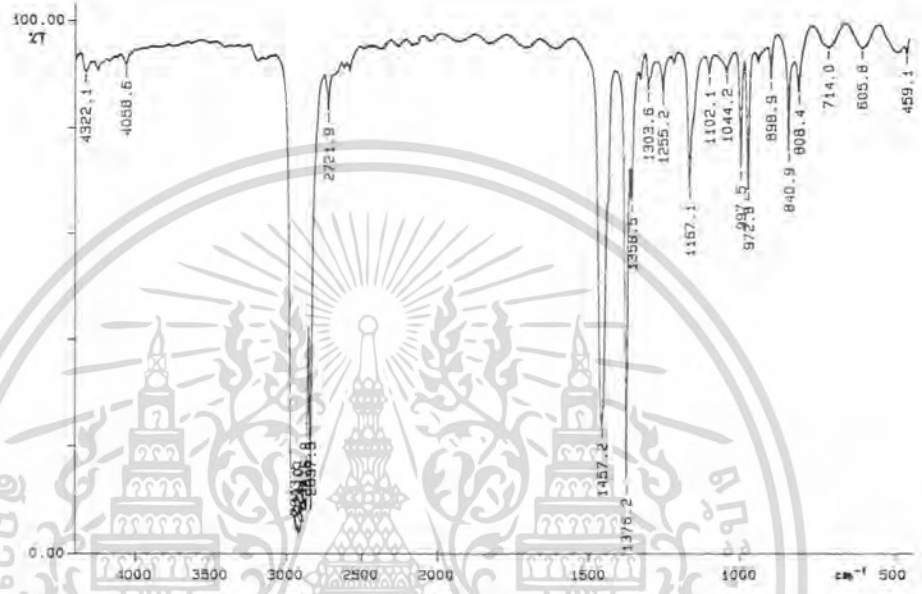
รูปที่ 83 ปริมาณ Mohr's salt 0.07% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์



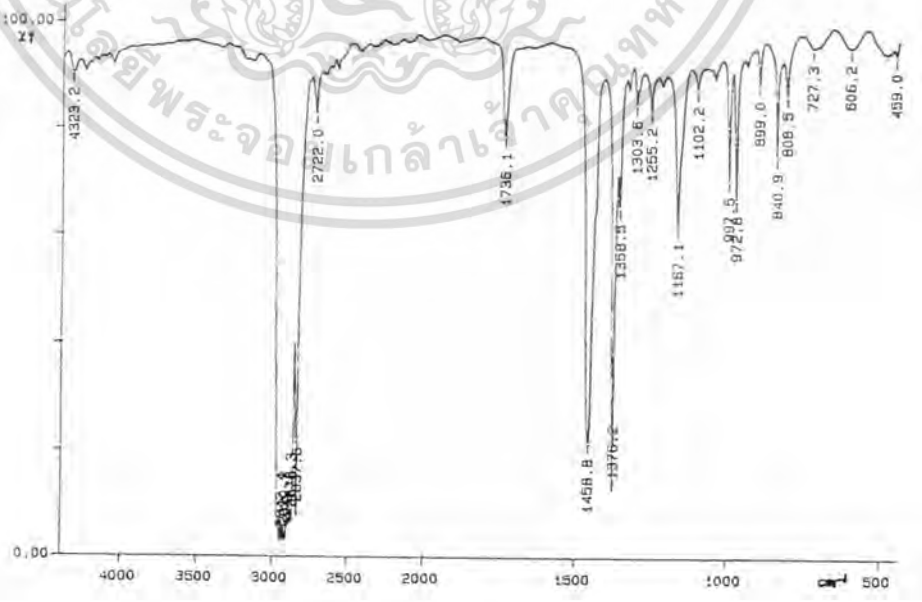
รูปที่ 84 ปริมาณ Mohr's salt 0.1% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 40 %โดยปริมาตร เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 8 Gy/sec

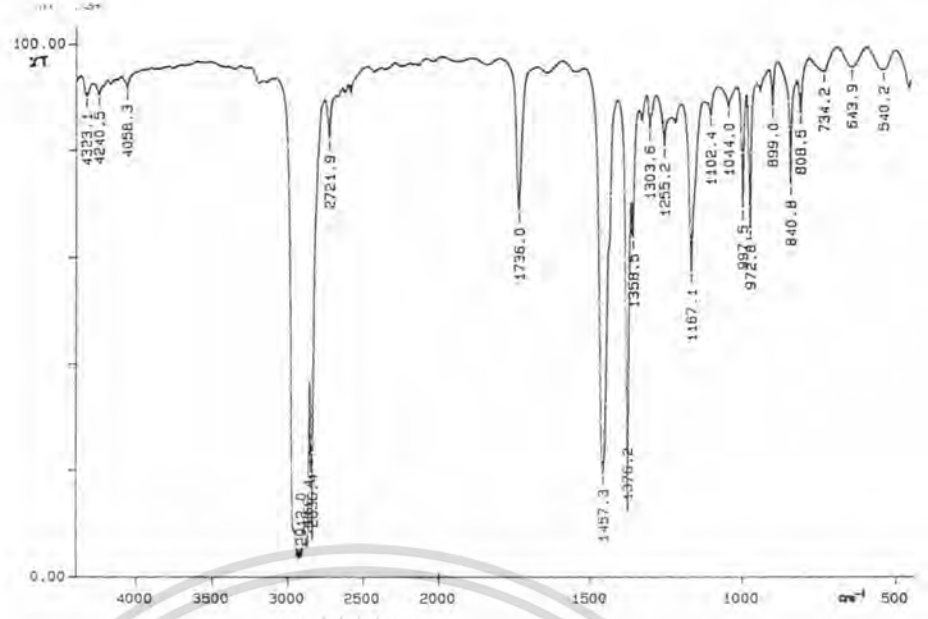


รูปที่ 85 ปริมาณ Mohr's salt 0% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

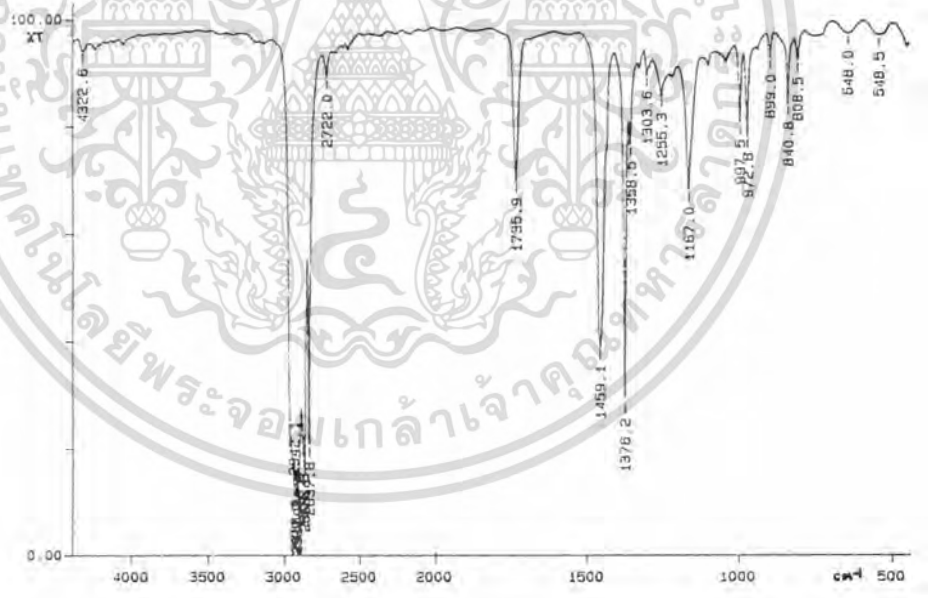


รูปที่ 86 ปริมาณ Mohr's salt 0.01% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

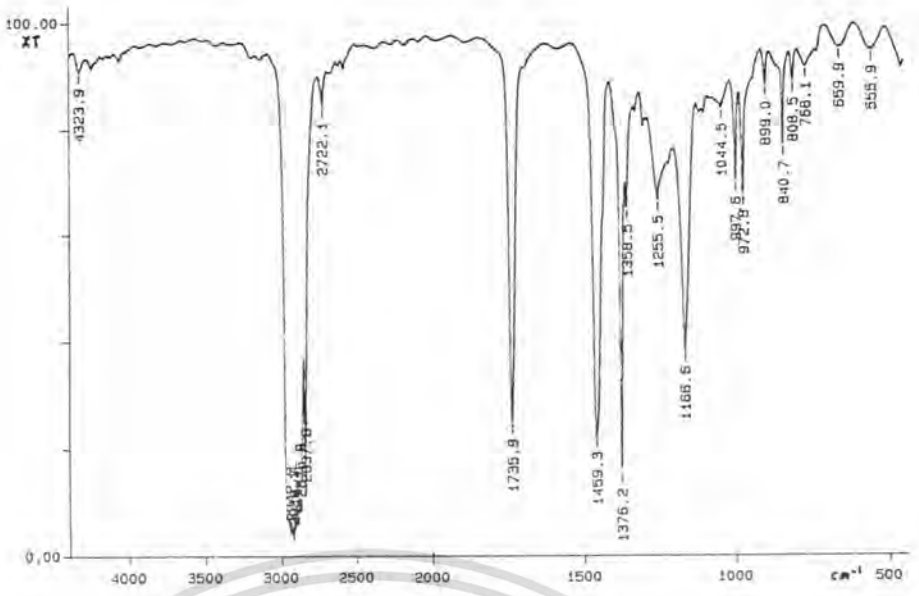


รูปที่ 87 ปริมาณ Mohr's salt 0.03% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

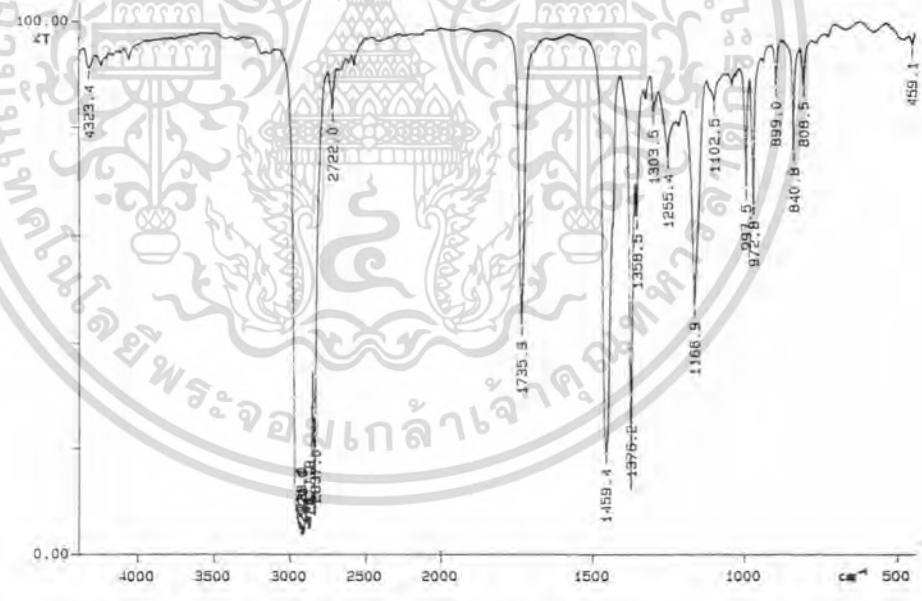


รูปที่ 88 ปริมาณ Mohr's salt 0.05% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



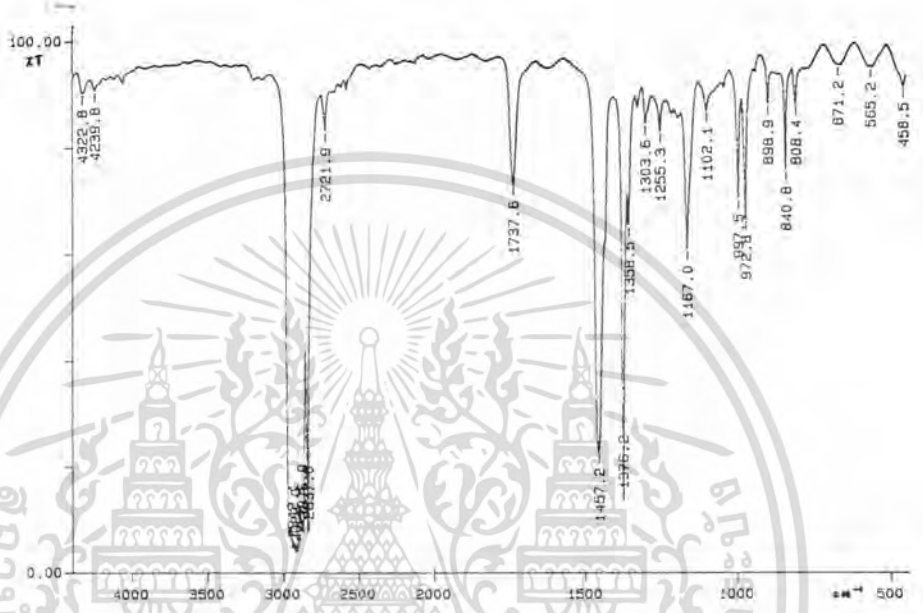
รูปที่ 89 ปริมาณ Mohr's salt 0.07% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์



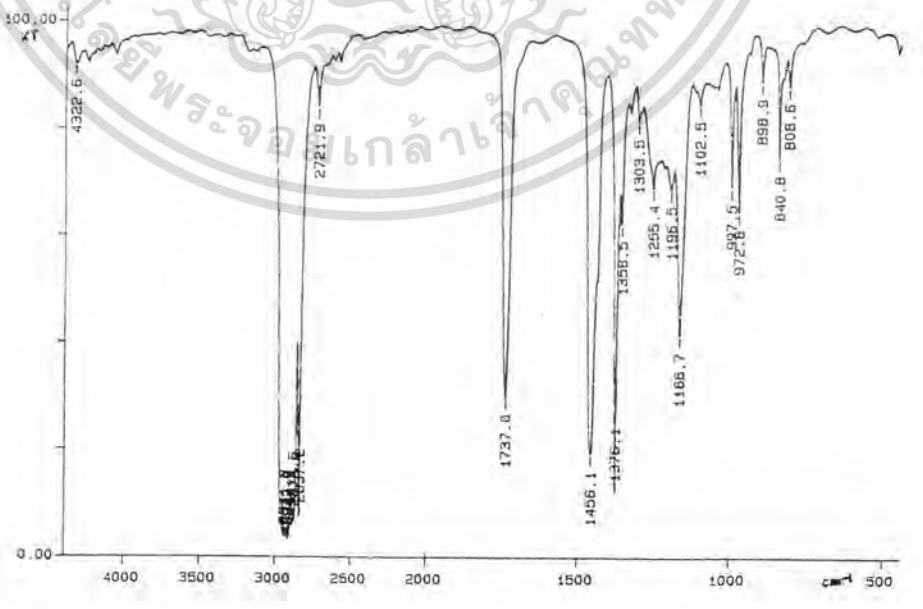
รูปที่ 90 ปริมาณ Mohr's salt 0.1% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 10 %โดยปริมาตร เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

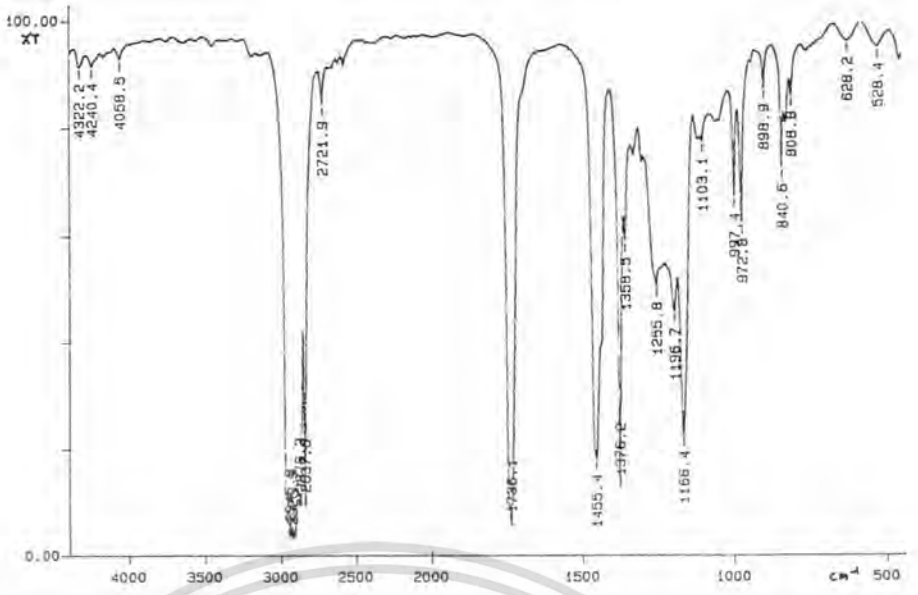


รูปที่ 91 ปริมาณ Mohr's salt 0% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

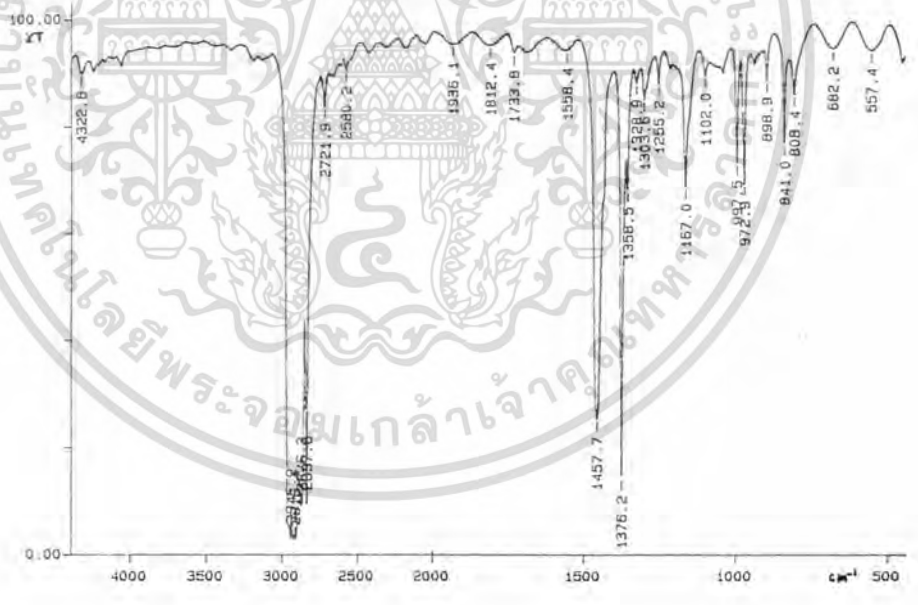


รูปที่ 92 ปริมาณ Mohr's salt 0.01% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

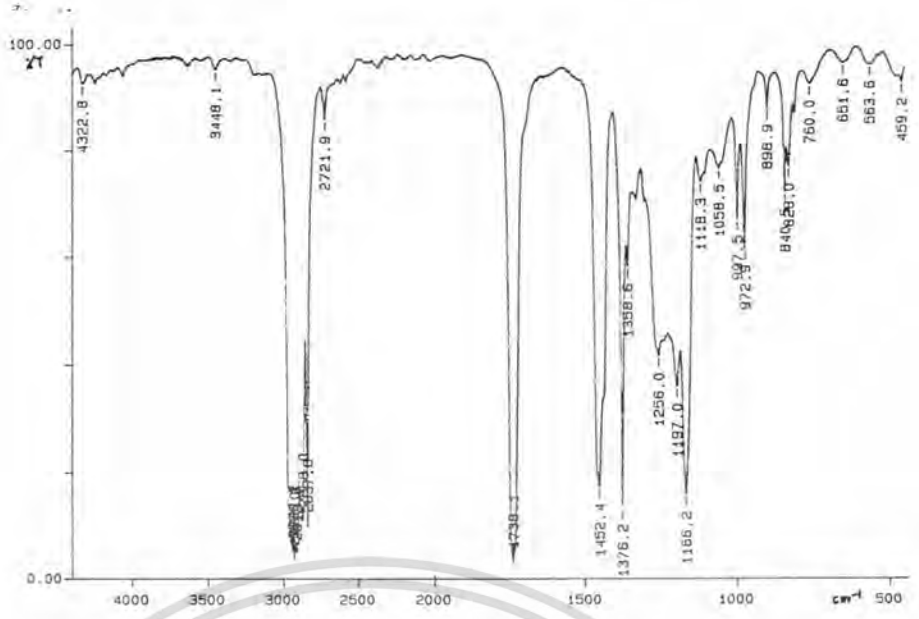


รูปที่ 93 ปริมาณ Mohr's salt 0.03% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

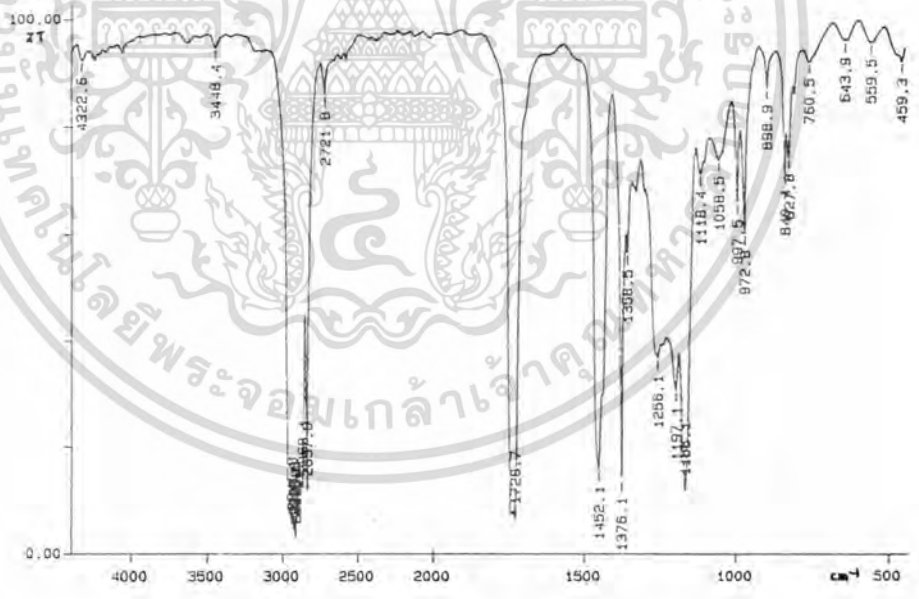


รูปที่ 94 ปริมาณ Mohr's salt 0.05% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



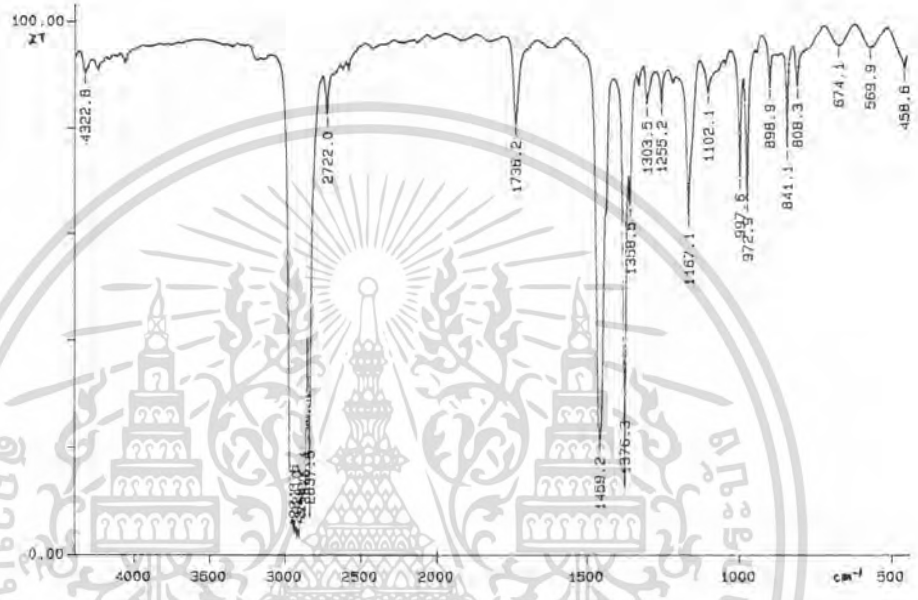
รูปที่ 95 ปริมาณ Mohr's salt 0.07% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์



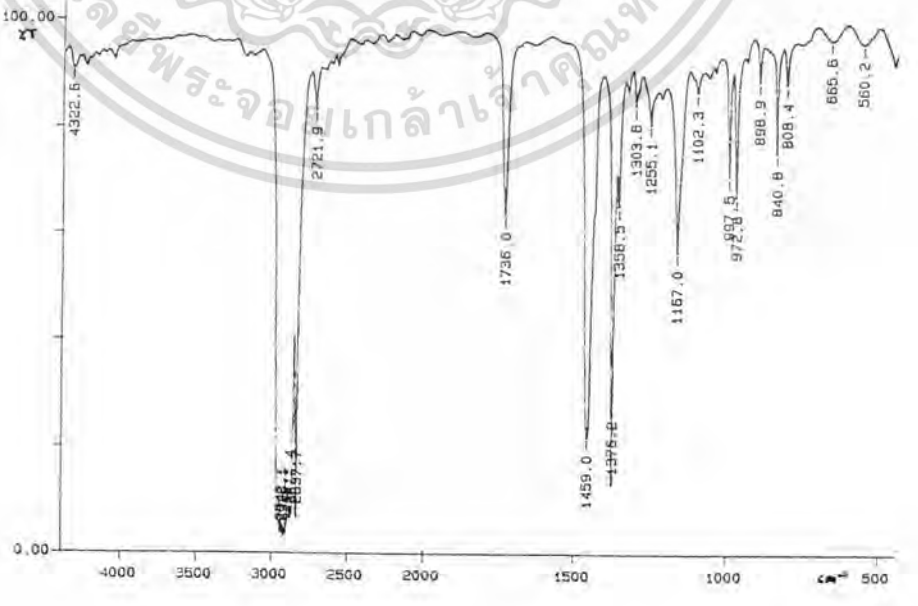
รูปที่ 96 ปริมาณ Mohr's salt 0.1% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate
ความเข้มข้น 10 %โดยปริมาตร เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ
โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

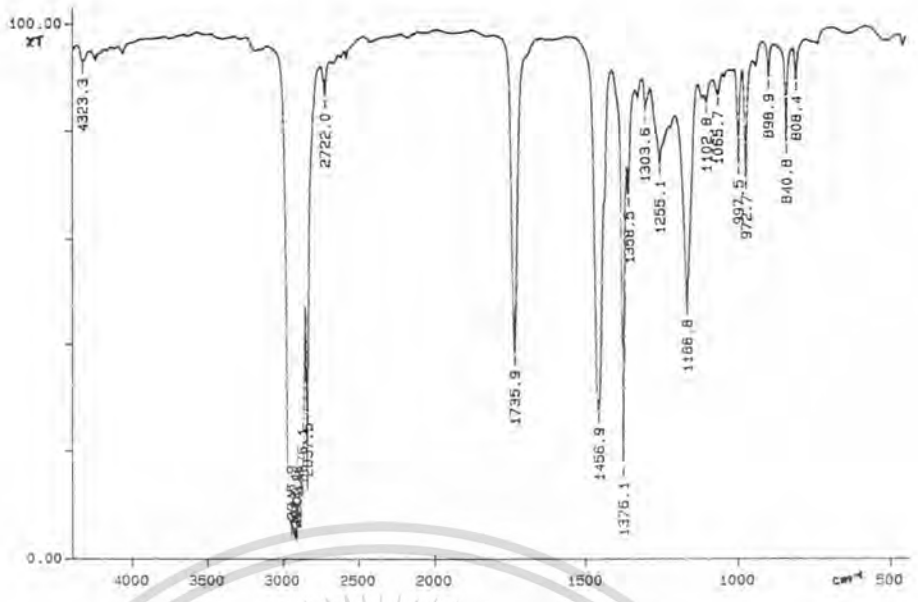


รูปที่ 97 ปริมาณ Mohr's salt 0% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

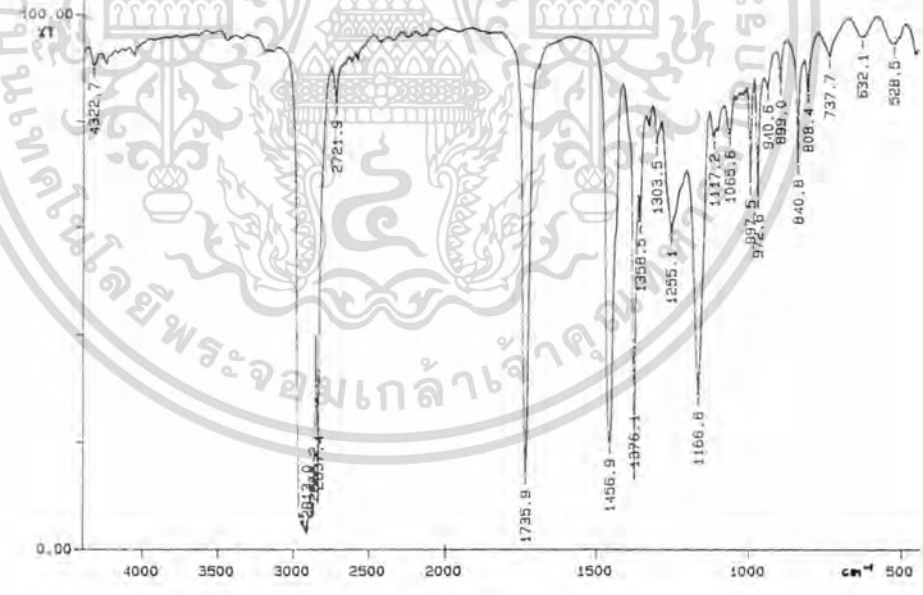


รูปที่ 98 ปริมาณ Mohr's salt 0.01% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

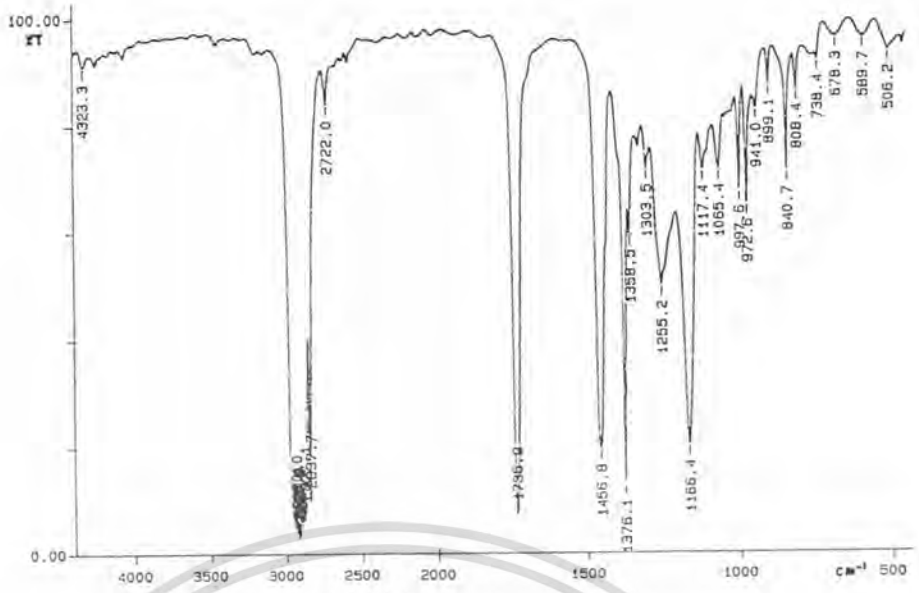


รูปที่ 99 ปริมาณ Mohr's salt 0.03% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

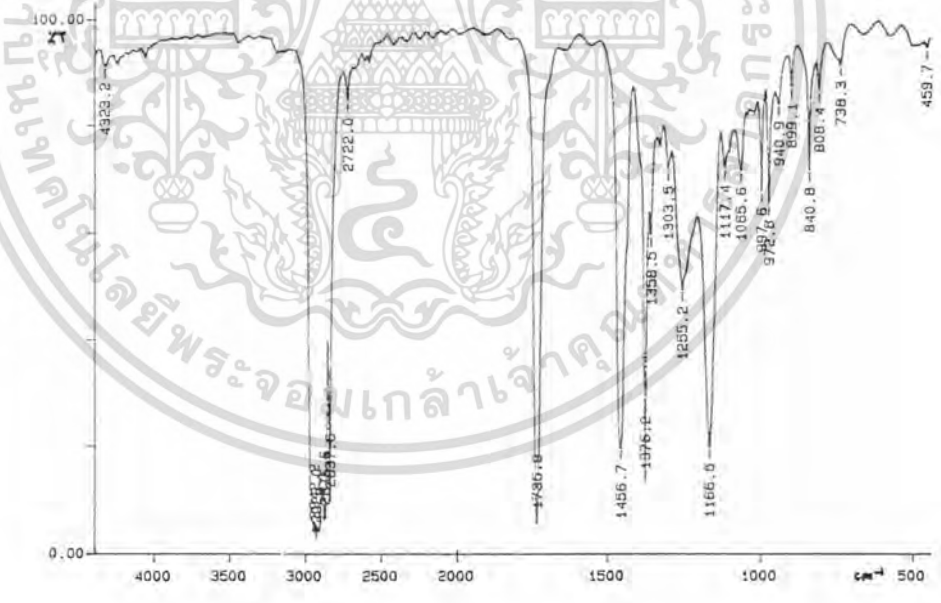


รูปที่ 100 ปริมาณ Mohr's salt 0.05% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



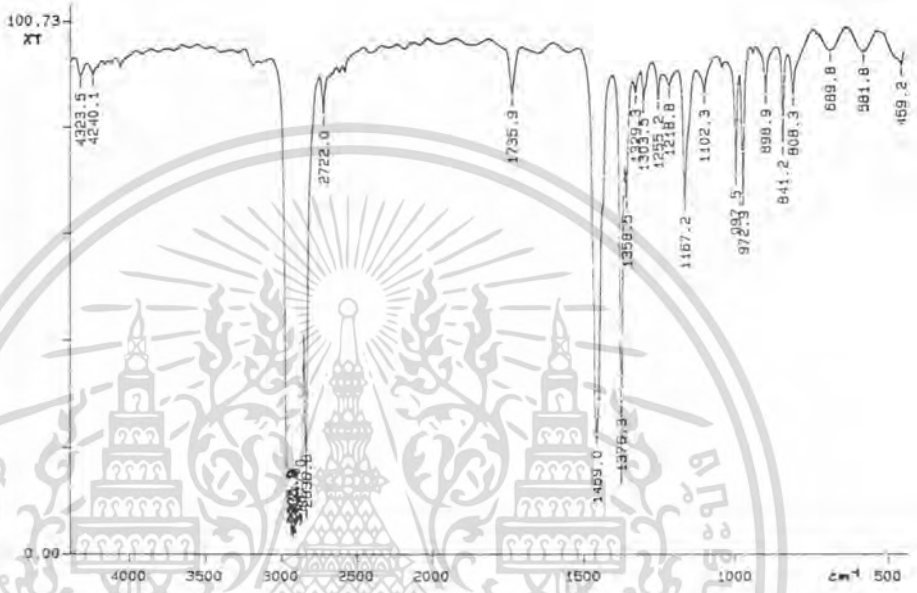
รูปที่ 101 ปริมาณ Mohr's salt 0.07% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์



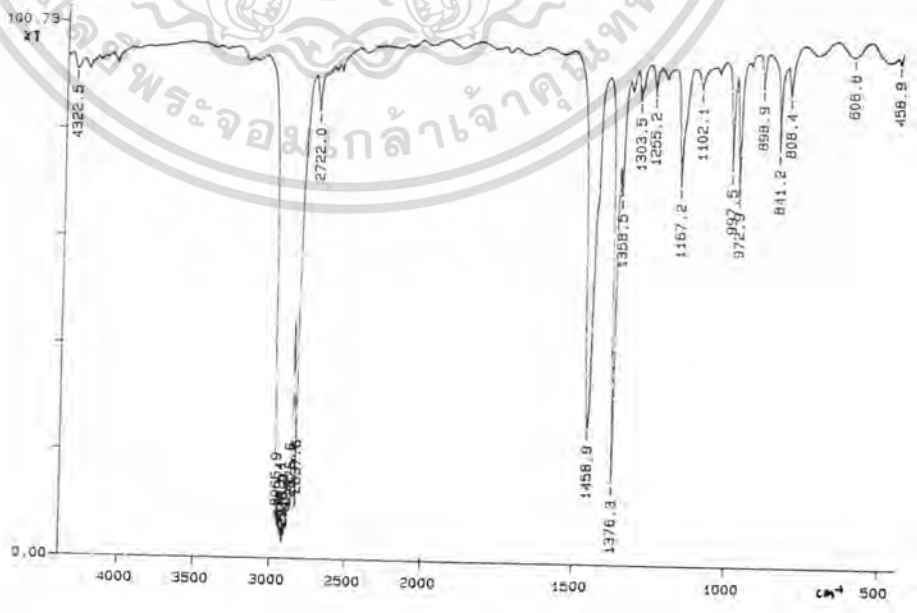
รูปที่ 102 ปริมาณ Mohr's salt 0.1% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FTIR สเปกตรัมของฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate
ความเข้มข้น 40 %โดยปริมาตร เติม Mohr's salt ความเข้มข้นต่างๆ
โดยใช้ปริมาณรังสี 4 kGy อัตราการฉายรังสี 3 Gy/sec

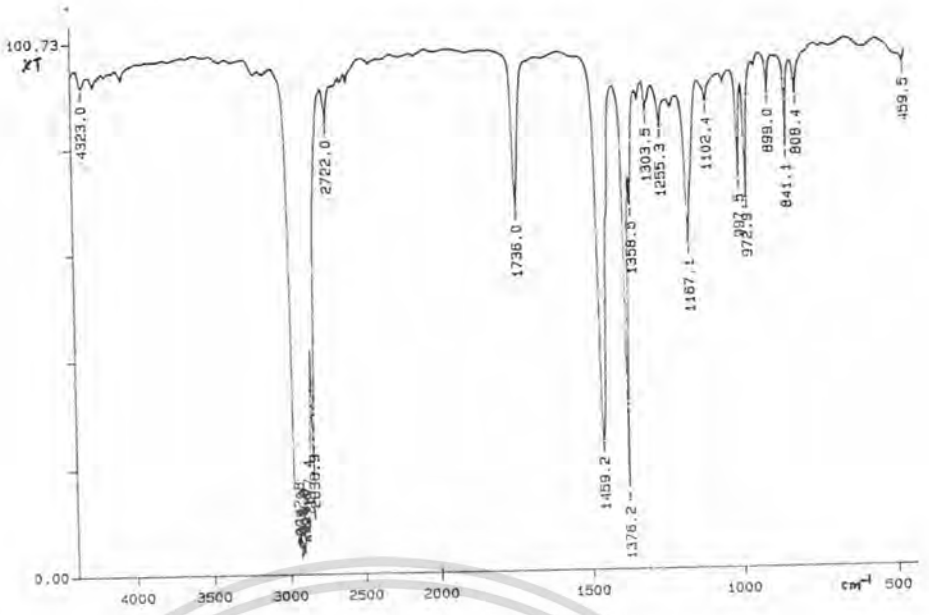


รูปที่ 103 ปริมาณ Mohr's salt 0% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

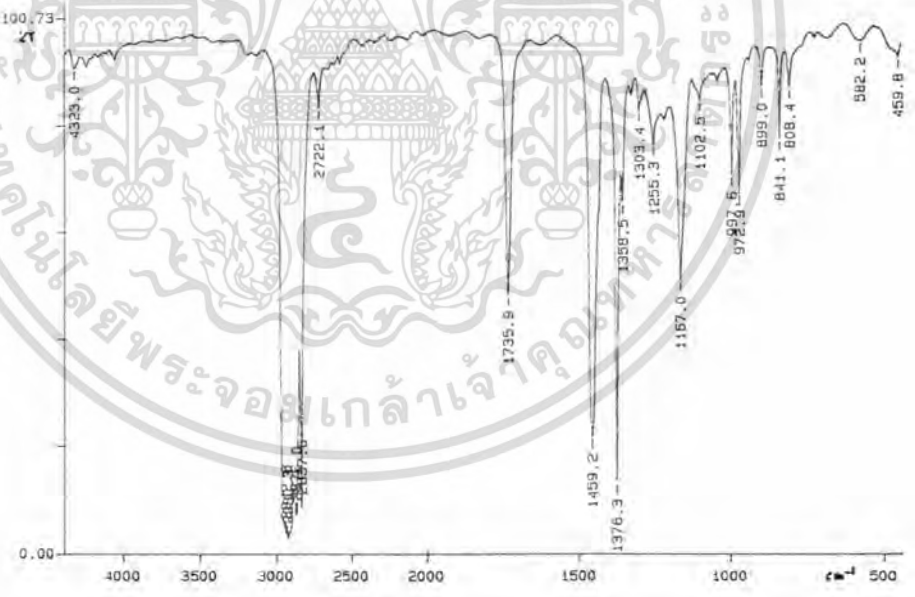


รูปที่ 104 ปริมาณ Mohr's salt 0.01% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

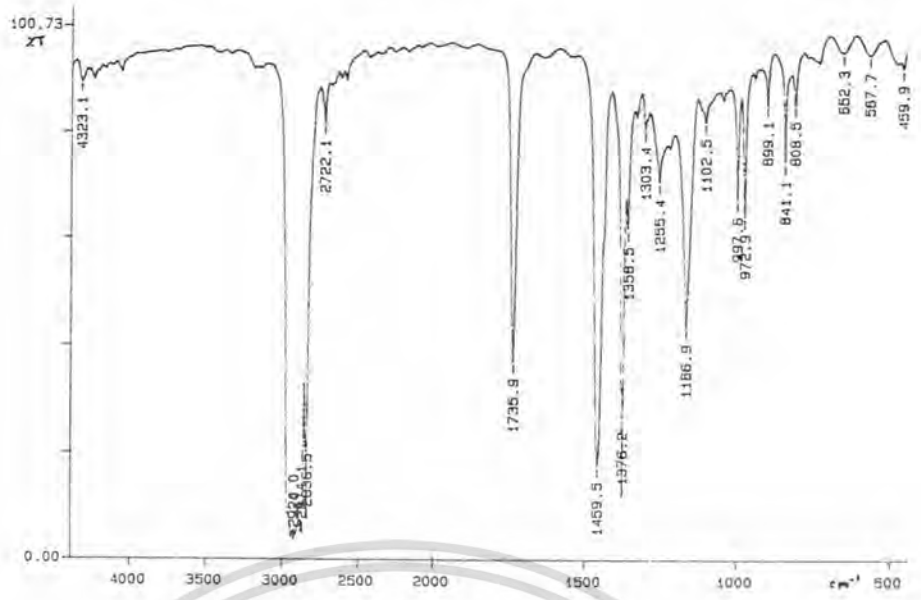


รูปที่ 105 ปริมาณ Mohr's salt 0.03% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

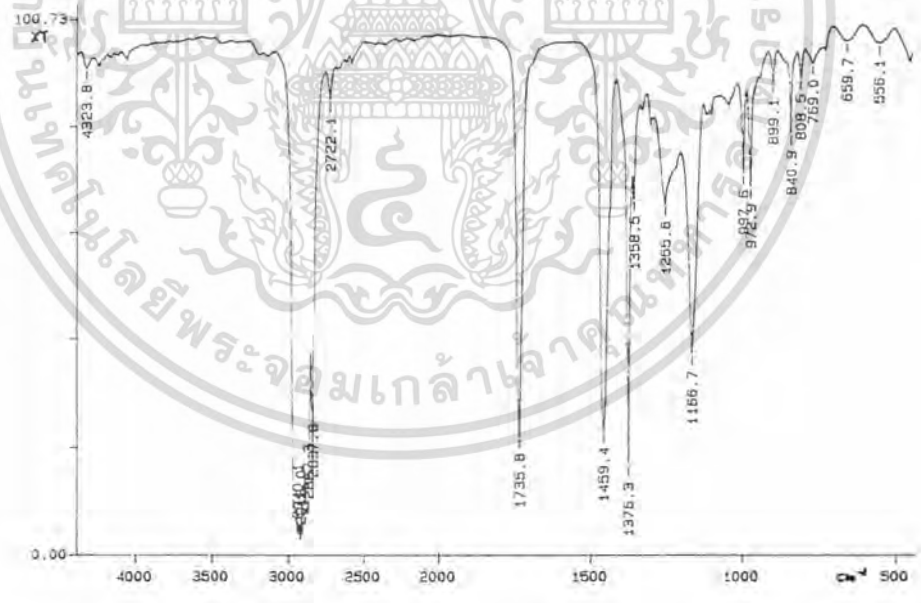


รูปที่ 106 ปริมาณ Mohr's salt 0.05% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

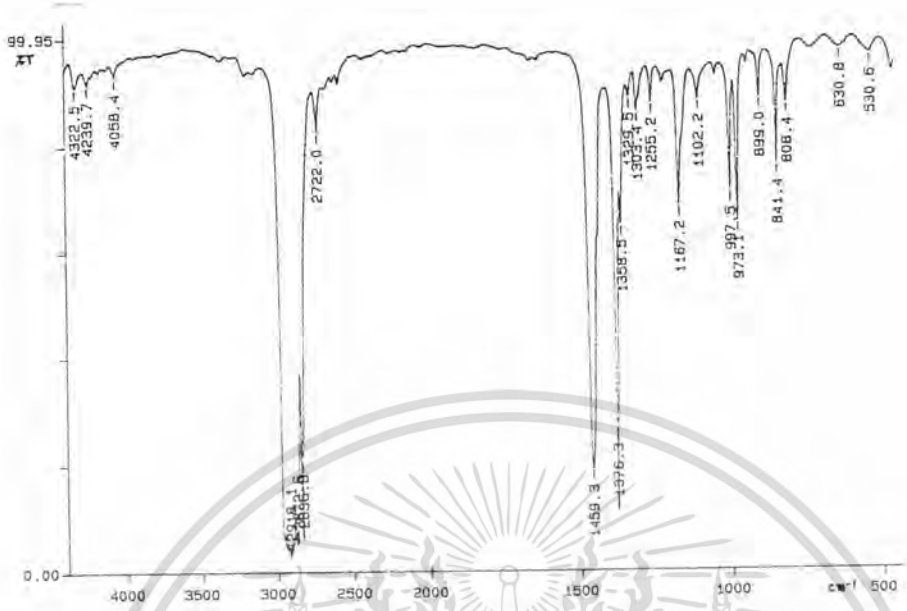


รูปที่ 107 ปริมาณ Mohr's salt 0.07% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

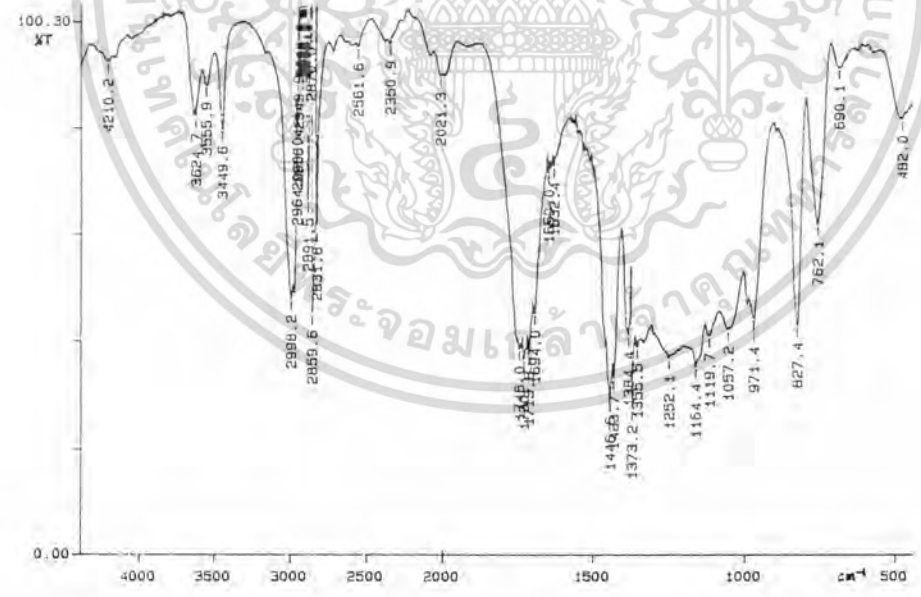


รูปที่ 108 ปริมาณ Mohr's salt 0.1% โดยน้ำหนักของสารละลายมอนอเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

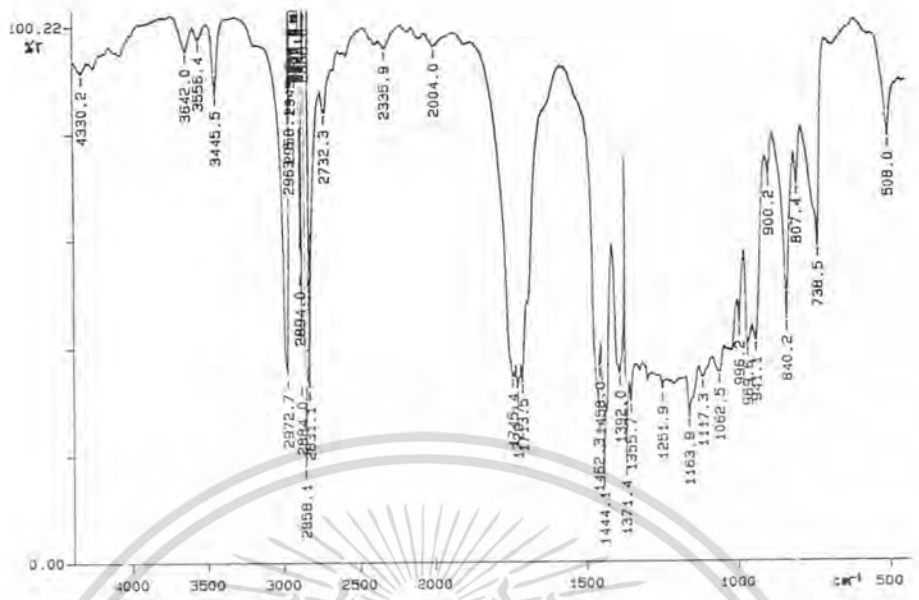


<u>รูปที่ 109</u> แสดง FTIR สเปคตรัมของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนในตัวทำละลายเมทานอล โดยฉายรังสีที่ปริมาณความเข้ม 2 kGy

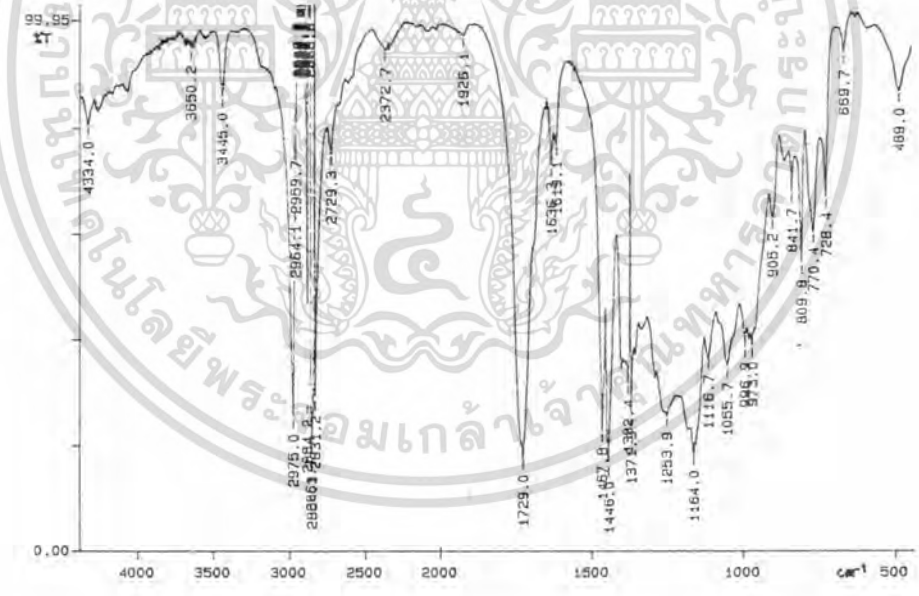


<u>รูปที่ 110</u> แสดง FTIR สเปคตรัมของ Poly (Methyl acrylate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

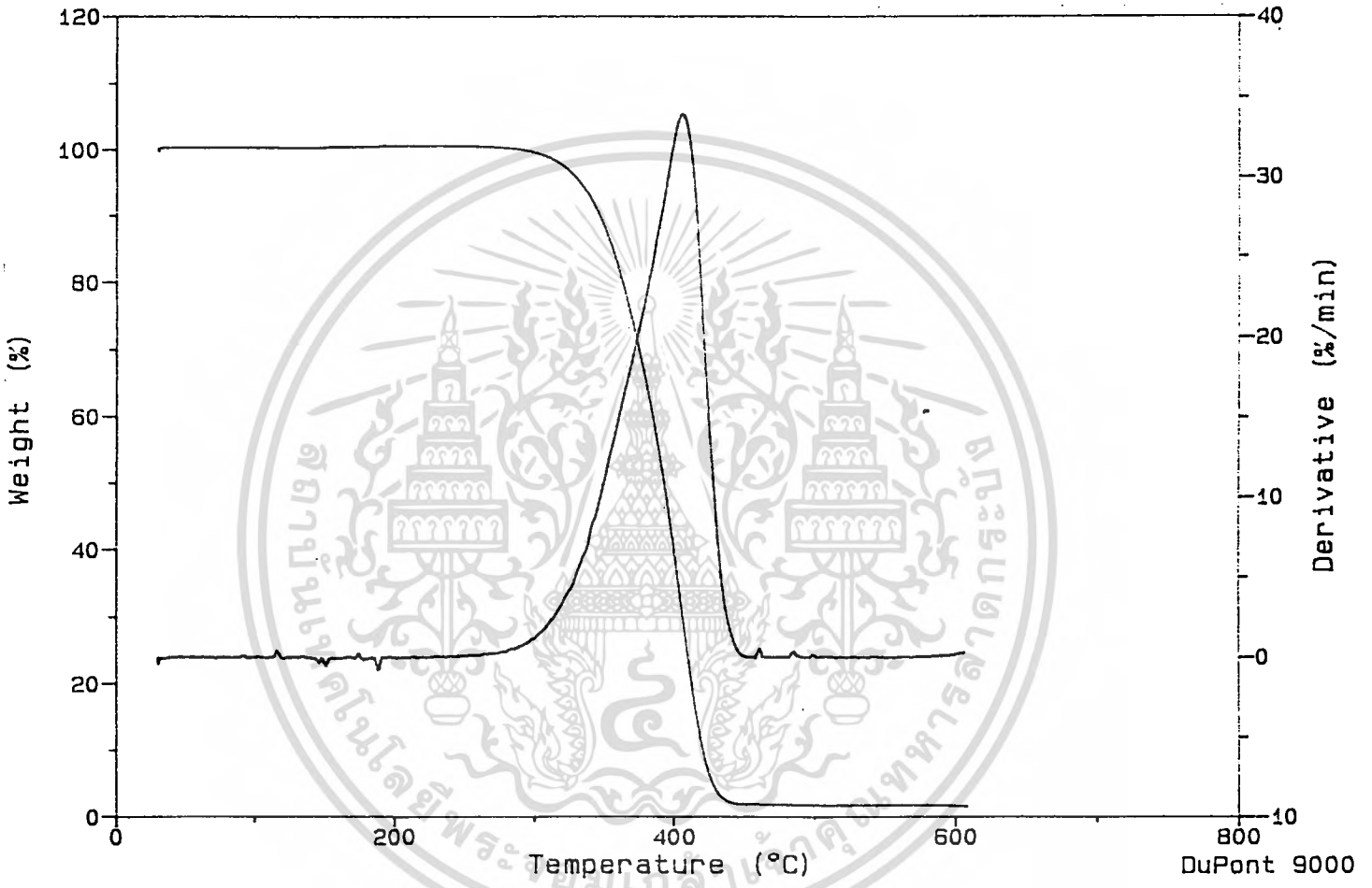


รูปที่ 111 แสดง FTIR สเปคตรัมของ Poly (Butyl acrylate)

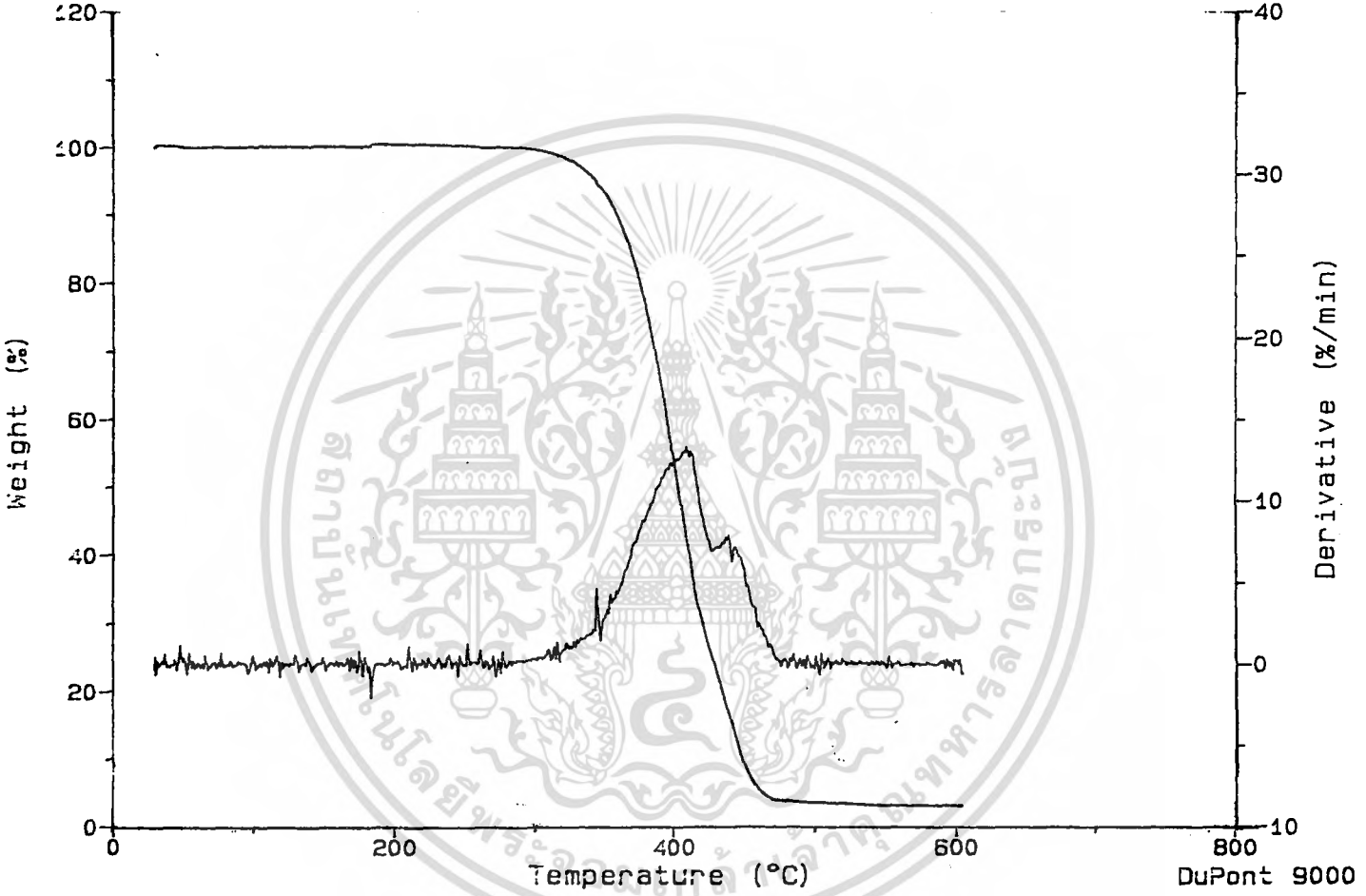


รูปที่ 112 แสดง FTIR สเปคตรัมของ Poly (2-Ethyl hexyl acrylate)

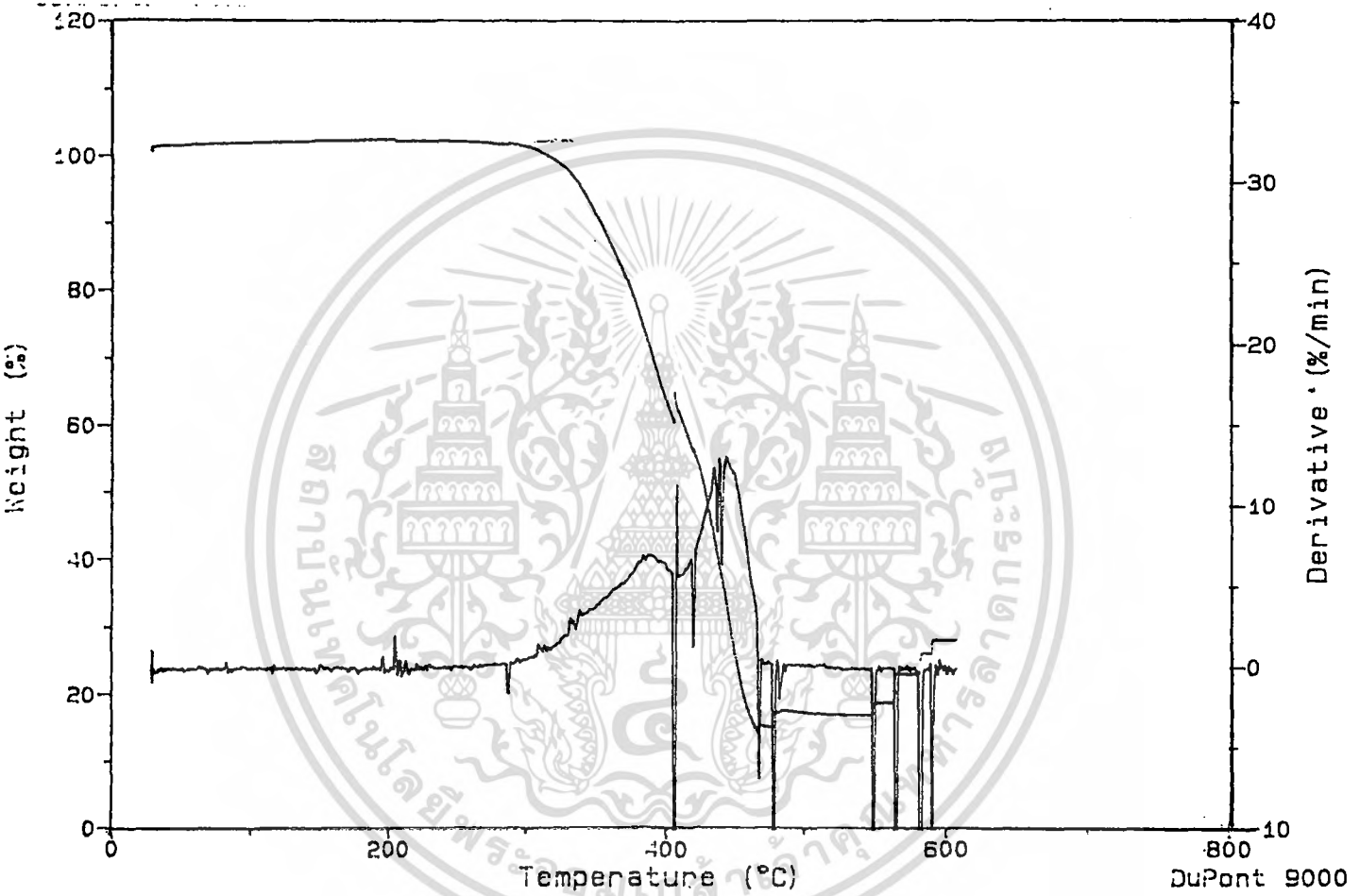
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



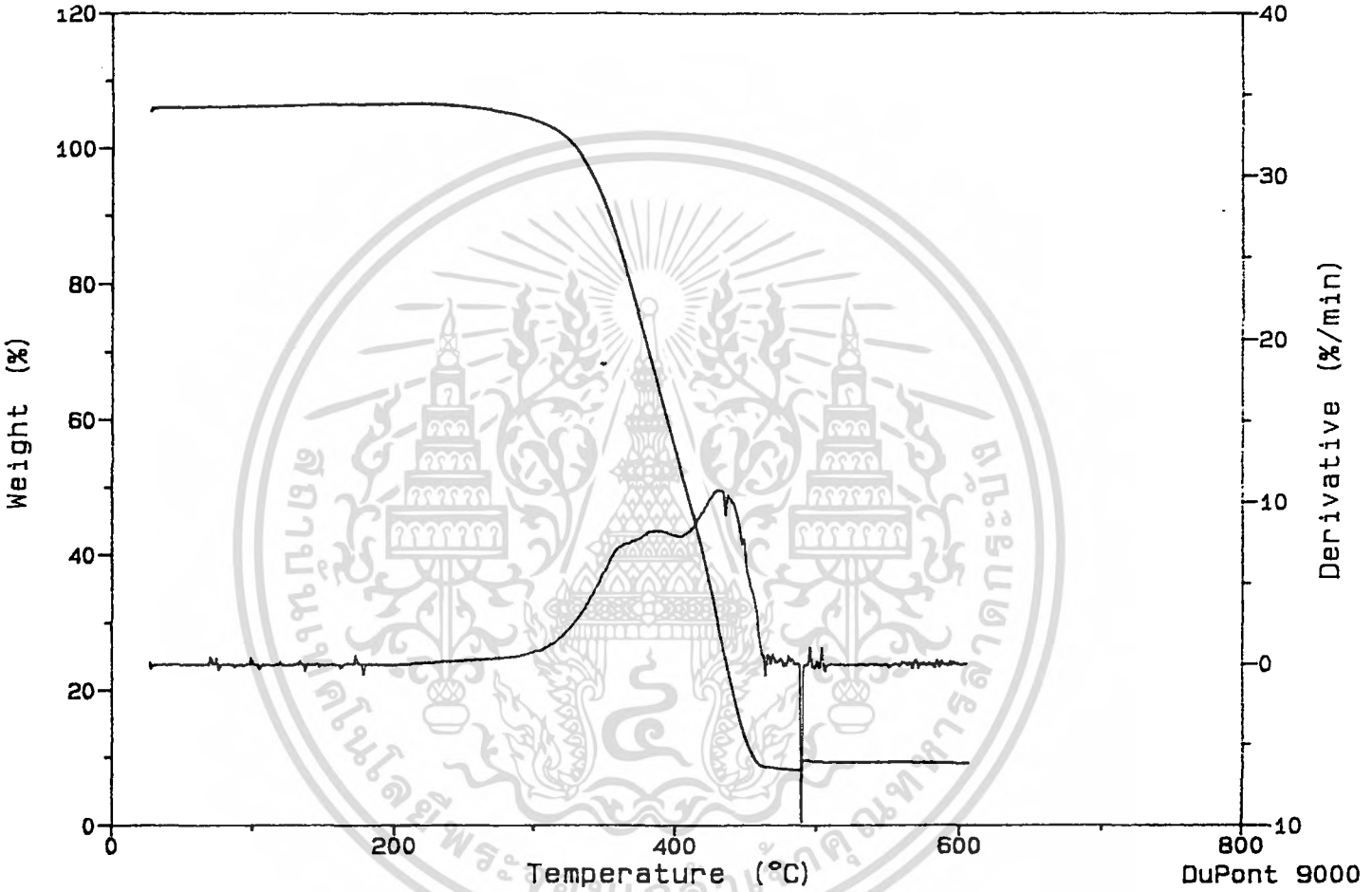
รูปที่ 118 แสดง TGA เทอโมแกรมของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน
ฉายรังสีที่ปริมาณความเข้ม 2 kGy



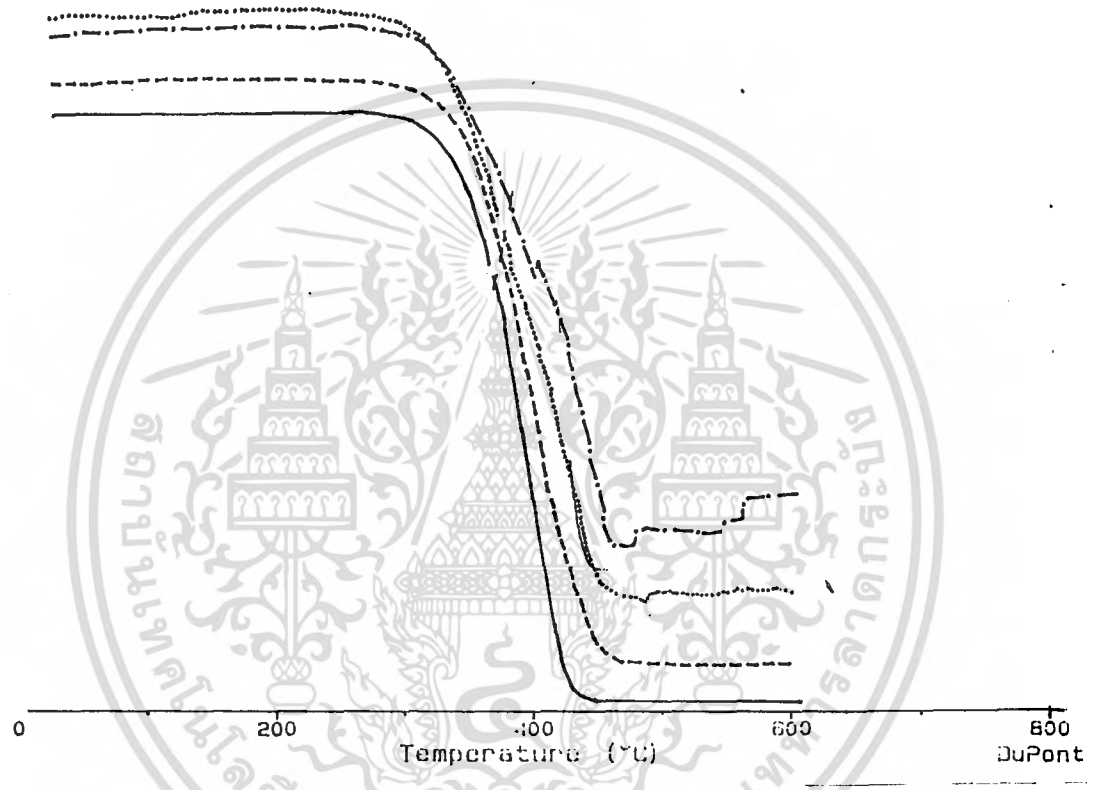
รูปที่ 114 แสดง TGA เทอโมแกรมของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate ความเข้มข้น 50% (v/v) ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยฉายรังสีที่ปริมาณความเข้ม 4 kGy



รูปที่ 115 แสดง TGA เทอโมแกรมของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate ความเข้มข้น 60% (v/v) ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยฉายรังสีที่ปริมาณความเข้ม 4 kGy



รูปที่ 116 แสดง TGA เทอโมแกรมของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate ความเข้มข้น 50% (v/v) ที่เติม Mohr's salt 0.05%wt โดยฉายรังสีที่ปริมาณความเข้ม 4 kGy



<u>รูปที่ 117</u> แสดงการเปรียบเทียบ TGA เทอโมแกรม ของแผ่นฟิล์มพอลิพรอพีลีนที่ทำการต่อกิ่งด้วย มอนอเมอร์ทั้ง 3 ชนิด กับแผ่นแผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน

โดย ———— คือ แผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ไม่ได้ต่อกิ่ง

- - - - - - - - - - - - - - - คือ แผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีนที่ต่อกิ่งด้วย Methyl acrylate

..... คือ แผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ต่อกิ่งด้วย Butyl acrylate

—.—.—.—.—.— คือ แผ่นฟิล์มพอลิพรอพิลีน ที่ต่อกิ่งด้วย 2-Ethyl hexyl acrylate

เอกสารอ้างอิง

1. Li Chaoshm, Zung Zhiui, Rao Zhigong, Zeng Xinmiao, Xu Ziyian and Wang Bimglin "Radiaton Modificaation of LDPE Sheets and its Applicaatiom" The Fifth International Conference on Radiation Curing pp.419 - 423. Chulalongkorn University, Bangkok , Thailand, 1995.

2. Feng Wen snd Hu Fumin "Effect of Preirradiation Graft Polymerization of Aeyrlic Acid onto Polythylene Film" The Fifth International Conference on Radiation Curing pp. 574-578. Chulalongkorn University, Bangkok, thailand, 1995.

3. Zhicheng Zhang and Jiegen Chu "Radiation Induced Graft of Aerylonitrile on Silk Protein in $ZnCl_2$ Solution: The Fifth International Conference on Radiation Curing pp. 569 - 573. Chulalongkorn University, Bangkok, thailand, 1995.

4. Young Chang Nho and Joon - Ha Jim " Graft Polymeriaztion of aerylic acid onto Radiation Peroxidized Polyethylene Film in the Presence of Metallic salt and acid" Processing of the 6th Japan - China Bilateral Symposium on Radiation Chemistry pp. 389 - 395. Waseda University, Tokyo, Japan, November 6 - 11 1994.

5. Wu Minghong, Ding Zhongli and Ma Zuoteh " The Effect of Monomer Molecule Weight on Grafting Reaction" The Fifth International Conference on Radiation Curing pp. 157 - 165. Chulalongkorn University, Bangkok, thailand, 1995.

6. Roger L.Clough and Shalaly W.Shalaly Radiation Effect on Polymers pp. 238 - 263, American Chemical Society, Washington, DC, 1991.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. A.Singh and J.Silverman Radiation Processing of Polymers pp. 6, 8, 93 - 119, Hanser Publishers, Munich vienna, New York, 1992.

8. Raymond B.Seymour Charles E. Carraher, Jr. Polymer Chemistry 3rd ed., pp. 62 - 63 Marcel Dekker, Inc., New York, 1992.

9. Isao Kaetsu, Minoru Kumakura, Takashi Fujimura, Masaru Yoshida, Masaharu Asano, Noboru Kasai and Masao Tamada Studies on the Immobilization of Biofunctional Components by Radiation Polymerization and Their Applications. Radiat. Phys. Chem., Vol.27, No. 4 pp. 215 - 263, Pergamon Press Ltd., Great Britain, 1986.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้