สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการทำพอลิเมอร์แบบอิมัลชันของลาเท็กซ์ที่มีสไตรีนเป็นมอนอเมอร์พื้นฐาน (ตอนที่ 2)

น.ส.ชฎากา ชยวัฒน์ธรากุล
นาย อิษวัต ไพรสุวรรณ์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2539

ปพ.
ช113ก
ล539
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....32024
วัน, เดือน, ปี.....8 ก.พ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on Emulsion Polymerization of Latex Containing Styrene (Part II)

Miss Shadaka Shayawattharakul

Mr. Itsawat Praisuwan

A Special Project Submited 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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาการทำพอลิเมอร์แบบอิมัลชันของลาเท็กซ์ที่มีสไตรีนเป็นมอนอเมอร์พื้นฐาน (ตอนที่ 2)

โดย น.ส. ชฎากา ชยวัฒน์ธรากุล
นาย อิษวัต ไพรสุวรรณ์

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อนุมัติให้โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ลายเซ็นต์ _____ หัวหน้าภาควิชาเคมี
(ผศ. นงนุช เภตรานุวัฒน์)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

_____ ประธานกรรมการ
(รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

_____ กรรมการ
(ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์)

_____ กรรมการ
(ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาการทำพอลิเมอร์แบบอิมัลชันของลาเท็กซ์ที่มีสไตรีนเป็นมอนอเมอร์พื้นฐาน (ตอนที่ 2)
นักศึกษา	น.ส. ชฎากา ชยวัฒน์ธรากุล นายอิษวัต ไพรสุวรรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2539

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาเทคนิคสังเคราะห์ลาเท็กซ์ด้วยวิธีอิมัลชันพอลิเมอไรเซชันที่มีสไตรีนเป็นมอนอเมอร์พื้นฐาน โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตใช้เป็นตัวริเริ่มปฏิกิริยาเพื่อให้พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่ได้มีค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์สูงสุด จากนั้นทำการทดสอบสมบัติของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่เตรียมได้โดยทดสอบปริมาณของแข็ง , เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ , สมบัติความหนืด , ค่า pH , ค่าเสถียรภาพเชิงกล , ขนาดอนุภาค และตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของลาเท็กซ์ด้วยอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

จากการทดลองพบว่า พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์โดยวิธีแบ่งเติมสารละลายตัวริเริ่มด้วยอัตราส่วน 40 - 25 - 25 - 10 % จะให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ลาเท็กซ์สูงสุดและมีสมบัติที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Study on Emulsion Polymerization of Latex Containing styrene (Part II)
Names	Miss Shadaka Shayawattharakul
	Mr. Itsawat praisuwan
Special Project Advisor	Asst.Prof.Dr.Nipon wongvisetsirikul
Department	Chemistry
Year	1996

Abstract

This special project was to study emulsion polymerisation method containing styrene in monomers system. The potassium persulfate was used as initiator to obtain the latex with maximum conversion. The properties of latex was determined such as percent conversion , total solid content, viscosity , pH , mechanical stability , particle size. The functional group of latex product was characterized by IR spectrophotometer.

From the study it was found that the best properties and highest conversion of latex were achieved where the initiator solution was added to the reactor in portion of 40 - 25 - 25 - 10 % respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงงานพิเศษนี้โดยตลอด จนทำให้การดำเนินงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

กราบขอบพระคุณ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และ ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์ ท่านประธานและคณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษ ที่ช่วยกรุณาแก้ไขข้อผิดพลาดเพื่อให้รายงานฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษาระหว่างดำเนินการโครงงานพิเศษนี้

กราบขอบพระคุณท่านเจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการที่ช่วยเหลือในการช่วยหาสารเคมีและอุปกรณ์ต่าง ๆในโครงงานพิเศษนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงขอบคุณเพื่อน ๆ และรุ่นน้องทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนตลอดมา จนการดำเนินการทำโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสาว ชฎากา ชยวัฒน์ธรากุล
นาย อิษวัต ไพรสุวรรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญตาราง ..... ง

สารบัญรูป ..... จ

คำย่อที่ใช้ในโครงงานพิเศษ ..... ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 อิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน 3

2.2 ข้อดีของอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน 3

2.3 ส่วนประกอบของอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน 4

2.3.1 ตัวกลาง (continuous phase) 4

2.3.2 มอนอเมอร์ (monomer) 4

2.3.3 สารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว (emulsifier) 4

2.3.4 สารริเริ่มปฏิกิริยา (initiator) 5

2.4 กลไกของอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน 6

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน 8

2.4.2 ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาอิมัลชันพอลิเมอร์ไรเซชัน 9

2.4.3 ผลข้างเคียงอื่น ๆ 9

2.5 สมบัติทางกายภาพของอิมัลชันและพอลิเมอร์ 9

2.5.1 สมบัติทางกายภาพของอิมัลชัน 9

2.5.1.1 ความเสถียรภาพของอนุภาคอิมัลชัน(stability) 9

2.5.1.2 ความหนืด (viscosity) 10

2.5.1.3 ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity) 10

2.5.1.4 ขนาดและการกระจายของอนุภาค (particle size) 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1.5 สมบัติการละลาย (solution properties) 11
2.5.2 สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ 12
2.6 ลาเท็กซ์ (Latex) 12
2.6.1 ลาเท็กซ์ธรรมชาติ 12
2.6.2 ลาเท็กซ์สังเคราะห์ 12
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน
3.1 สารเคมี 14
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ 15
3.3 วิธีการทดลอง 16
3.3.1 การศึกษาหาสภาวะ
ของปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ 16
3.3.1.1 วิธีหยดตัวริเริ่ม.....17
3.3.1.2 วิธีเติมตัวริเริ่ม.....18
3.3.2 การศึกษาปริมาณของตัวริเริ่มต่อเปอร์เซนต์
การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์.....19
3.4 การทดสอบสมบัติของลาเท็กซ์.....19
3.4.1 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด 19
3.4.2 การหาเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์.....19
3.4.3 การหาความหนืด (vicosity) 20
3.4.4 การหาค่า pH 20
3.4.5 การทดสอบเสถียรภาพเชิงกล 20
3.4.6 การหาขนาดของอนุภาคด้วยเครื่อง Mastersizer - X 20
3.4.7 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วย IR Spectrophotometer.....21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสภาวะและเทคนิคที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์.....22

4.2 การศึกษาปริมาณของตัวริเริ่มต่อเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ของสารตั้งต้น.....23

4.3 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่มีสไตรีนเป็นหลักตามอัตราส่วนต่าง ๆ.....25

4.4 การศึกษาความหนืดของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้.....26

4.5 การศึกษาค่า pH ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้.....26

4.6 การทดสอบเสถียรภาพเชิงกล.....33

4.7 การศึกษาขนาดของอนุภาคด้วยเครื่อง Mastersizer-X.....33

4.8 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค IR-Spectroscopy.....33

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง.....34

5.1.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์.....34

5.1.2 สมบัติของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้.....34

5.2 ข้อเสนอแนะ.....35

ภาคผนวก

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะที่ปรากฏที่ขนาดต่าง ๆ ของอนุภาคอิมัลชัน.....11
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอัตราส่วนของมอนอเมอร์.....16
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า TSC กับเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็น
พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์โดยวิธีที่ 1 และ วิธีที่2.....22
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของการเพิ่มปริมาณของตัวริเริ่มต่อค่า TSC และ
เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์.....23
ตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่มี
สไตรีนเป็นหลักในอัตราส่วนต่าง ๆ.....25
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ
ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงกลไกของการเกิดอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน.....8
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวริเริ่มกับเปอร์เซ็นต์
การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์.....24
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์
กับเวลาที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 1.....27
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์
กับเวลาที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 2.....28
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์
กับเวลาที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 3..... 29
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์
กับเวลาที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 4.....30
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์
กับเวลาที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 5.....31
รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์
กับเวลาที่ใช้ในการเตรียมพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 6.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

S	แทน	มอนอเมอร์สไตรีน
2-EHA	แทน	มอนอเมอร์ 2-เอทิลเฮกซิลอะไครเลต
EA	แทน	มอนอเมอร์เอทิลอะคริเลต
AA	แทน	กรดอะคริลิก
^{o}C	แทน	องศาเซลเซียส
TSC	แทน	ปริมาณของแข็งทั้งหมด
cps	แทน	เซนติพอยส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในปัจจุบันพบว่าลาเท็กซ์เข้ามามีบทบาทและมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ อาทิเช่น

* โรงงานสี ซึ่งจะใช้ลาเท็กซ์ชนิดนี้เพื่อเป็นตัวเชื่อมประสานในการเคลือบผิวหน้าวัสดุต่าง ๆ

* โรงงานทางด้านสิ่งทอ จะใช้ลาเท็กซ์ชนิดนี้เป็นตัวเชื่อมประสานในการทำผ้าชนิด non-woven และในการพิมพ์ผ้าลายดอกต่าง ๆ

* โรงงานกระดาษ ซึ่งต้องใช้ลาเท็กซ์ชนิดนี้เคลือบลงบนแผ่นกระดาษอาร์ต

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าลาเท็กซ์เป็นที่ต้องการอย่างมาก เพื่อนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ด้วยเหตุนี้เราจึงทำการสังเคราะห์ลาเท็กซ์ด้วยเทคนิคอีมัลชันพอลิเมอไรเซชันซึ่งมีสไตรีนเป็นมอนอเมอร์พื้นฐาน โดยจะทำการสังเคราะห์ให้พอลิเมอร์ที่ได้มีปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างที่น้อยที่สุด เนื่องจากปริมาณมอนอเมอร์ที่ตกค้างมีความเป็นพิษและเป็นอันตราย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการค้นคว้าหาเทคนิคในการสังเคราะห์พอลิเมอร์เพื่อให้มีปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างน้อยที่สุดหรือไม่มีปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างหลงเหลืออยู่เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.เพื่อศึกษาถึงวิธีการสังเคราะห์ลาเท็กซ์ด้วยเทคนิคอีมัลชันพอลิเมอไรเซชันโดยมีสไตรีนเป็นมอนอเมอร์พื้นฐาน

2. เพื่อทำการสังเคราะห์ลาเท็กซ์ที่มีปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

3.เพื่อศึกษาสมบัติของลาเท็กซ์ที่ได้จากการทดลอง

4.เพื่อพัฒนาและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาดัดแปลงใช้ให้เกิดประโยชน์กับทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่มากที่สุด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.สังเคราะห์ลาเท็กซ์ด้วยเทคนิคอีมัลชันพอลิเมอไรเซชันโดยมีสไตรีนเป็นมอนอเมอร์พื้นฐาน

2. เพื่อทำการสังเคราะห์ลาเท็กซ์โดยมีปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

3. ทดสอบสมบัติของลาเท็กซ์ที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 อิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน

พอลิเมอร์อิมัลชัน คือ พอลิเมอร์ซึ่งมีขนาดของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.05 - 5.0 ไมครอน กระจายตัวอยู่ได้อย่างเสถียร ในตัวกลางซึ่งเป็นน้ำ การกระจายตัวจะเกิดขึ้นได้โดยการดูดซับของสารช่วยให้เกิดการกระจายตัวของ emulsifier ที่รอยต่อระหว่างน้ำและอนุภาคของ พอลิเมอร์

อิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน เริ่มมีขึ้นในปี ค.ศ. 1912 โดยใช้เจลาติน โปรตีนจากไข่ขาว , แป้ง , เซรุ่ม เป็นตัวที่ทำให้เกิดการแขวนลอย (protective colloid) เริ่มแรกในการสังเคราะห์อิมัลชันที่คล้ายลาเท็กซ์จากยางธรรมชาติ ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะใช้เวลานานเป็นอาทิตย์ แต่ได้พอลิเมอร์เพียงเล็กน้อย จากนั้นวิธีการสังเคราะห์อิมัลชันก็ได้รับการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1933 อุตสาหกรรมยางสังเคราะห์ก็ใช้เทคนิคอิมัลชันพอลิเมอไรเซชันเป็นหลักในการผลิต

2.2 ข้อดีของอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน

เหมาะกับการใช้งานในประเภทอุตสาหกรรมสี , อุตสาหกรรมเคลือบผิว และอุตสาหกรรมกาว การสังเคราะห์พอลิเมอร์ด้วยเทคนิคอิมัลชันพอลิเมอไรเซชันมีคุณสมบัติที่เหมาะสมมากกว่าการสังเคราะห์พอลิเมอร์ด้วยวิธีอื่น ๆ

การควบคุมการเริ่มต้นปฏิกิริยา (initiation) ขั้นตอนการดำเนินปฏิกิริยา (propagation) ปฏิกิริยาย้ายลูกโซ่ (chain transfer) ขั้นตอนการสิ้นสุดปฏิกิริยา (termination) สามารถทำได้ง่ายและอุณหภูมิในระหว่างพอลิเมอไรเซชันไม่สูงมาก (60 -85 $^{\circ}$C)

อัตราการเกิดพอลิเมอไรเซชัน จะสูงซึ่งจะทำให้ดีกรีของปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน (degree of polymerisation) สูงตามไปด้วย

สามารถทำเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องได้ง่าย เหมาะกับงานในด้านอุตสาหกรรม

ในทางตรงกันข้ามกับการสังเคราะห์พอลิเมอร์โดยวิธีอื่น ความหนืดของอิมัลชันจะไม่ขึ้นกับมวลโมเลกุลของพอลิเมอร์ ดังนั้นจึงสามารถเกิดพอลิเมอร์ที่มีเปอร์เซ็นต์สูงได้โดยมีความหนืดต่ำ

ตัวกลางที่ใช้มักเป็นน้ำ จึงไม่มีปัญหาเรื่องราคาของตัวทำละลายที่ใช้เป็นตัวกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ส่วนประกอบของอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน

ในระบบของอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.3.1 ตัวกลาง (Continuous Phase)

ตัวกลางที่ใช้มักเป็นน้ำ ซึ่งหน้าที่ของตัวกลาง คือ เป็นตัวระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา เป็นตัวทำละลายสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัว สารเริ่มต้นปฏิกิริยา สารที่ทำให้เกิดการแขวนลอย

น้ำที่ใช้ในอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน ต้องปราศจากอิออนชนิดต่าง ๆ น้ำที่มีอิออนจะไปยับยั้งปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน และลดประสิทธิภาพของสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัว โดยจะไปลดความว่องไวของประจุ นอกจากนี้ยังทำให้เปอร์ซัลเฟตไม่ละลายอีกด้วย

2.3.2 มอนอเมอร์ (Monomer)

เป็นตัวกำหนดสมบัติของพอลิเมอร์ที่ได้ มอนอเมอร์ส่วนใหญ่จะมีพันธะคู่ ซึ่งเป็นไวนิลที่ไม่อิ่มตัวในโมเลกุล แต่ไวนิลมอนอเมอร์บางชนิดไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้โดยใช้ฟรีแรดดิคอล จากการศึกษาพบว่า มอนอเมอร์บางชนิดที่มีหมู่ที่ดึงอิเลคตรอนอยู่ติดกับเอทิลีน จะเกิดพอลิเมอไรเซชันแบบฟรีแรดดิคอลได้ดีที่สุด ส่วนมอนอเมอร์ที่มีหมู่ที่ให้อิเลคตรอน จะเกิดพอลิเมอไรเซชันแบบไอออนิกได้ดีกว่า

2.3.3 สารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว (Emulsifier)

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน สารที่ทำให้เกิดการกระจายตัวเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว (hydrophilic) และไม่มีขั้ว (hydrophobic) อยู่ด้วยกัน

หน้าที่ของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว

- ลดแรงตึงผิวระหว่างมอนอเมอร์และน้ำ เพื่อทำให้เกิดการกระจายตัวที่เสถียร
- ทำให้มอนอเมอร์เกิดเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่เสถียร
- ทำให้เกิดไมเซลล์ (micelle) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดพอลิเมอไรเซชัน
- ทำให้เกิดอนุภาคของพอลิเมอร์และป้องกันไม่ให้เกิดการเกาะกันเป็นก้อนระหว่างและหลังปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราเติมไฮโดรโฟบิกมอนอเมอร์เข้าไปในสารละลายของสารที่ทำให้เกิดการกระจายลอยตัว มอนอเมอร์จะผสมกับน้ำด้วยเหตุ 2 ประการ คือ การละลายและการเกิดอิมัลชัน การละลายเกิดขึ้นทันที เนื่องจากเสถียรภาพทางเทอร์โมไดนามิก ในสารละลายของสารที่ทำให้เกิดการกระจายลอยตัว ส่วนการเกิดอิมัลชันจะเกิดการกระจายลอยตัวอยู่ระหว่างชั้นของมอนอเมอร์เป็นอนุภาคขนาดเล็ก โดยมีโมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดการกระจายลอยตัวอยู่ระหว่างชั้นของมอนอเมอร์และน้ำ โดยส่วนไฮโดรโฟบิกจะหันเข้าหามอนอเมอร์และไฮโดรฟิลิกจะหันเข้าหาน้ำ

ลักษณะสำคัญอีกอย่างหนึ่งของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว คือ Critical Micelle Concentration (CMC) ซึ่งหากความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดการกระจายลอยตัวต่ำกว่า CMC จะไม่เกิดไมเซลล์ขึ้น

CMC ขึ้นกับความสมดุลระหว่างไฮโดรฟิลิกและไฮโดรโฟบิกของสารที่ทำให้เกิดการกระจายลอยตัว ที่ CMC สมบัติทางกายภาพหลายอย่างของสารละลายจะเปลี่ยนแปลงไป เช่น ความหนืด , ความตึงผิว , สมบัติการนำไฟฟ้า

2.3.4 สารริเริ่มปฏิกิริยา (initiation)

มีความสำคัญในอิมัลชันพอลิเมอร์ไรเซชันไม่น้อยไปกว่าสารที่ทำให้เกิดการกระจายลอยตัว สารริเริ่มปฏิกิริยาโดยอาศัยอุณหภูมิในการแตกตัว เช่น แอมโมเนียม , โซเดียมและโปตัสเซียมเปอร์ซัลเฟต จะแตกตัวให้ฟรีแรดดิคอลที่อุณหภูมิเหมาะสม ซึ่งฟรีแรดดิคอล จะทำปฏิกิริยากับไวนิลมอนอเมอร์ที่ยังไม่อิ่มตัวดังแสดงในปฏิกิริยาของเปอร์ซัลเฟตแรดดิคอล

การเกิดฟรีแรดดิคอล

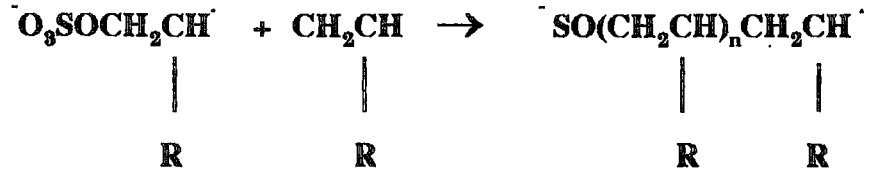
$$S_2O_8^{2-} \xrightarrow{heat} 2SO_4^{\cdot}$$

ขั้นตอนเริ่มต้นปฏิกิริยา

$$SO_4^{\cdot} + CH_2{=}CH \rightarrow {}^{\cdot}O_3SOCH_2\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{C}}H^{\cdot}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนดำเนินปฏิกิริยา



ขั้นตอนสิ้นสุดปฏิกิริยา

1.combination

2.disproponation

2.4 กลไกของอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน

กลไกของปฏิกิริยาในอิมัลชัน ยังไม่เป็นที่เข้ากันมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากความซับซ้อนของสารที่เข้าทำปฏิกิริยาและปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ดังนั้นในการที่จะอธิบายกลไกของปฏิกิริยาจึงต้องสมมุติให้เป็นระบบในแบบ "อุดมคติ" ซึ่งมีแต่ส่วนประกอบที่จำเป็นเท่านั้น ได้แก่ น้ำ , มอนอเมอร์ , สารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว และ สารริเริ่มปฏิกิริยา ซึ่งกลไกของปฏิกิริยาเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัวมากกว่า CMC โมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัวรวมตัวกันเป็นไมเซลล์ ซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของสารที่ทำให้เกิดการกระทบลอยตัวมากมายและมีรูปร่างเป็นทรงกลม โดยมีส่วนไฮโดรโฟบิกของแต่ละโมเลกุลหันเข้าสู่ศูนย์กลางของไมเซลล์

ขนาดของไมเซลล์จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 50 ^{o}A ในสารละลาย 1 ลบ.ซ.ม. จะมีไมเซลล์ประมาณ 10^{18} เมื่อเติมมอนอเมอร์ลงไป จะกระจายตัวอยู่ในรูปอนุภาคขนาดประมาณ 10,000 ^{o}A จะมีมอนอเมอร์ประมาณ 1% ถูกละลายโดยไมเซลล์ ซึ่งจะบวมตัวและมีขนาดเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ดังนั้นในระบบจะประกอบด้วย

- ตัวกลางที่เป็นน้ำ ซึ่งมีมอนอเมอร์ละลายอยู่ในความเข้มข้นที่ต่ำมาก
- อนุภาคของมอนอเมอร์ที่กระจายตัวอยู่ในน้ำ
- ไมเซลล์ของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว ซึ่งมีมอนอเมอร์ละลายอยู่

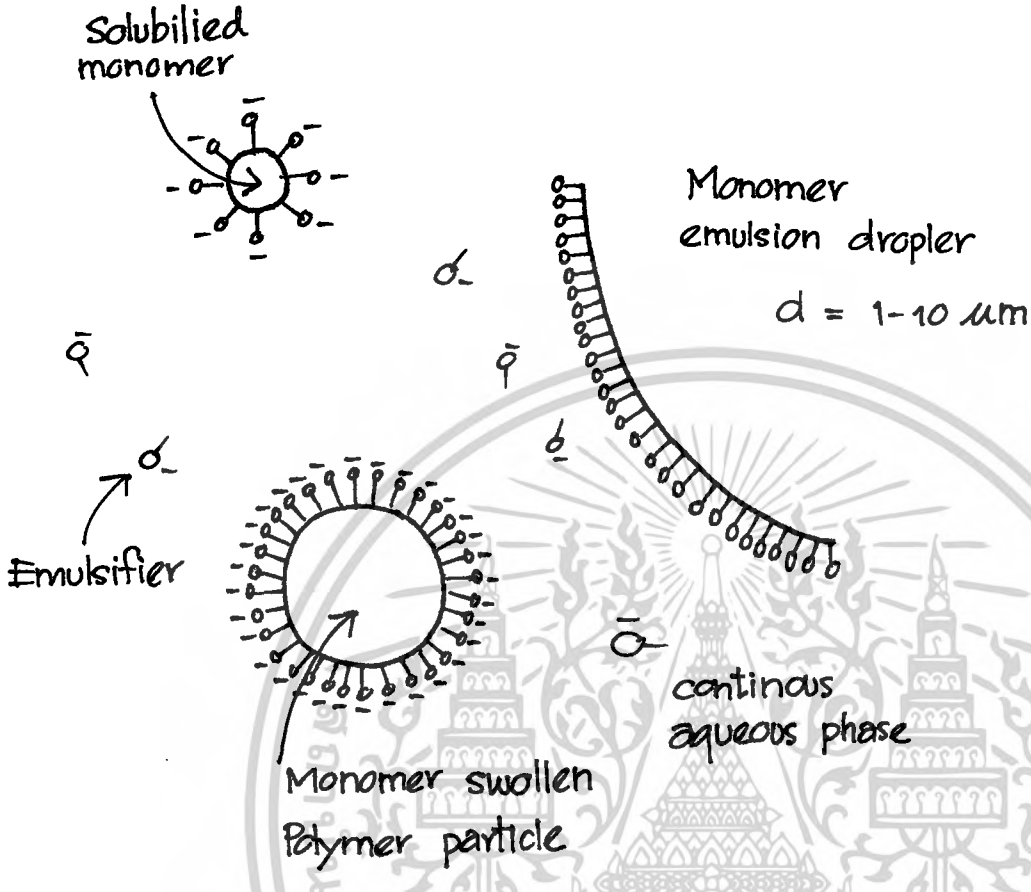
ในระบบที่สมมุติขึ้นนี้ สารเริ่มต้นปฏิกิริยาจะแตกตัวให้ฟรีแรดดิคอลในน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 50 ^{o}C เปอร์ซัลเฟตจะให้ฟรีแรดดิคอลประมาณ 10^{13} / ซม.^{3} / วินาที ฟรีแรดดิคอลจะไปพบกับไมเซลล์ที่มีมอนอเมอร์ละลายอยู่และปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะเกิดขึ้น หลังการเกิดขั้นตอนเริ่มต้นปฏิกิริยา จะเกิดอนุภาคของพอลิเมอร์ที่มีมอนอเมอร์ล้อมรอบ

หลังขั้นตอนเริ่มต้นปฏิกิริยา ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะเกิดขึ้นในไมเซลล์อย่างรวดเร็ว และอนุภาคของพอลิเมอร์จะมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยมีสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัวถูกดูดซับอยู่บนผิว ป้องกันการตกตะกอนของอนุภาคพอลิเมอร์

การถูกดูดซับนี้จะลดความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว ซึ่งจะทำให้ สมดุลของสารที่ทำให้เกิดการกระทบลอยตัวซึ่งละลายอยู่ และที่อยู่ในไมเซลล์เสียไป หลังจากปฏิกิริยาดำเนินไปได้ 10 - 20% จะไม่มีไมเซลล์เหลืออยู่อีก และความเข้มข้นของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัวที่ละลายอยู่ในน้ำ จะลดลงจนต่ำกว่า CMC ที่จุดนี้แรงตึงผิวจะมากขึ้น หลังจากนี้จะไม่มีอนุภาคของพอลิเมอร์เกิดขึ้นอีก และ ขั้นตอนเริ่มต้นปฏิกิริยาจะเกิดภายในไมเซลล์ที่มี มอนอเมอร์ละลายอยู่เท่านั้น จำนวนของอนุภาคของพอลิเมอร์จะถูกกำหนดที่ตำแหน่งนี้ (ประมาณ 10^{15} / ซม.^{3})

อนุภาคของพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นและขยายขนาดใหญ่ขึ้น จะมีมอนอเมอร์แพร่ผ่านเข้าไปภายในเมื่อปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันดำเนินไปได้ประมาณ 60% มอนอเมอร์ทั้งหมดจะแพร่เข้าไปในอนุภาคของพอลิเมอร์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อไป อัตราการเกิดพอลิเมอร์จะค่อย ๆ ลดลง ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะหยุดลงอย่างสมบูรณ์เมื่อมอนอเมอร์ในอนุภาคถูกใช้ไปจนหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงกลไกของการเกิดอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน

- **เสถียรภาพของมอนอเมอร์**
- **ชนิดและเสถียรภาพของสารเริ่มต้นปฏิกิริยา**
- **ชนิดของสารที่ทำให้เกิดการกระจายตัว**
- **สารยับยั้งปฏิกิริยา**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ผลของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน

เมื่ออุณหภูมิในระบบเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อปฏิกิริยาอิมัลชันพอลิเมอไรเซชัน ดังนี้

- ความเข้มข้นของฟรีแรดดิคอลจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น
- ไมเซลล์จะเพิ่มขึ้นทำให้อนุภาคของพอลิเมอร์จะเพิ่มขึ้นด้วย
- อัตราการแพร่ของมอนอเมอร์เข้าไปยังอนุภาคของพอลิเมอร์จะเพิ่มขึ้น
- อัตราการแพร่ของฟรีแรดดิคอลเข้าไปยังอนุภาคของพอลิเมอร์เพิ่มขึ้น

2.4.3 ผลข้างเคียงอื่น ๆ

สิ่งที่มักจะเกิดในระหว่างปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเหล่านี้ ได้แก่

- ความไม่เสถียรของอิมัลชัน เนื่องจากการจับกันเป็นก้อน หรือการเปลี่ยนแปลงความหนืด
- การเกิดเจลพอลิเมอร์ (gelled polymer)
- การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของพอลิเมอร์ และการกระจายมวลโมเลกุลของพอลิเมอร์ (molecular weight distribution)

2.5 สมบัติทางกายภาพของอิมัลชันและพอลิเมอร์

2.5.1 สมบัติทางกายภาพของอิมัลชัน

2.5.1.1 ความเสถียรของอนุภาคอิมัลชัน (Stability)

จะบอกได้จากเปอร์เซ็นต์ของการเกาะกันเป็นก้อนของอนุภาคว่ามากหรือน้อย ถ้ามากก็หมายความว่า อิมัลชันมีความเสถียรน้อย ความเสถียรนี้จะขึ้นอยู่กับหลาย ๆ ปัจจัย คือ

ปริมาณและชนิดของสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัว ซึ่งมีขอบเขตในการพิจารณากว้างมาก บางชนิดสามารถให้ความเสถียรที่ดีโดยไม่ต้องใช้สารอื่น ๆ แต่บางชนิดต้องใช้การเพิ่มความเสถียร (stability) ช่วย และถ้าสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัวมีประสิทธิภาพไม่ดี จะไม่สามารถปกคลุมอนุภาคได้ทั่วถึง จะทำให้เกิดการเกาะกันเป็นก้อนใหญ่ได้ จึงต้องเติมปริมาณสารเข้าไปเพิ่มอีก

- ผลของความเป็นกรด-ด่าง การปรับ pH บางครั้งจำเป็นในการทำอิมัลชันเสถียรเพิ่มขึ้น บางทีอาจเติมบัฟเฟอร์ เช่น ฟอสเฟต , กรดอะมิโน หลังจากทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน
- การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ถ้าสูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้สารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัวขาดประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลถึงความเสถียรของอิมัลชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของอิมัลชันนั้นจะไม่ได้เกิดจากการที่พอลิเมอร์มีมวลโมเลกุลสูง หรือมีองศาของการเกิดพอลิเมอไรเซชันสูง แต่จะเกิดจาก

- ชนิดของสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายตัว
- จำนวนอนุภาคที่มีอยู่ในอิมัลชัน หรือ ความเข้มข้นของอนุภาค ถ้ามีมากก็ให้ความหนืดสูง เพราะเมื่อมีจำนวนอนุภาคมาก ก็จะมีพื้นที่ผิวทั้งหมดมากขึ้นด้วย
- ขนาดของอนุภาค ถ้ามีขนาดเล็ก ก็จะมีความหนืดสูงเช่นเดียวกัน

2.5.1.3 ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

คือค่าที่บอกถึงน้ำหนักของสารนั้นว่าหนักเป็นกี่เท่าของน้ำ โดยเฉพาะของผสม ซึ่งไม่สามารถหาความถ่วงจำเพาะของของผสมได้ นอกจากนี้ยังสามารถบอกถึงความเข้มข้นของสารแต่ละตัวในของผสมได้ อย่างเช่น ในสารโคพอลิเมอร์เมื่อทราบค่าความถ่วงจำเพาะของโคพอลิเมอร์นั้นและทราบว่าในสารมอนอเมอร์ชนิดอะไร และความกว้างจำนวนเท่าใด ก็จะพอประมาณได้ว่าใช้ปริมาณมอนอเมอร์เท่าใด

2.5.1.4 ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาค (Particle Size)

ในระบบอิมัลชัน อินเทอร์นัลเฟส (internal phase) ของอิมัลชันจะกระจายอยู่ในรูปของทรงกลมมีลักษณะเป็นหยดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 0.1 ไมครอน ความจริงอนุภาคส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กกว่า 0.25 ไมครอน และขนาดใหญ่ที่สุดที่พบใหญ่กว่า 0.25 ไมครอนประมาณ 100 เท่า

ขนาดของอนุภาคจะขึ้นกับสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้

- ความเข้มข้นของตัวเริ่มปฏิกิริยา ถ้ามีความเข้มข้นสูง จะให้ขนาดที่เล็กและจะมีผลถึงมวลโมเลกุลของพอลิเมอร์ คือ ทำให้มวลโมเลกุลของพอลิเมอร์ ต่ำ และมีการกระจายขนาดของอนุภาคสูง
- อุณหภูมิต้องไม่สูงหรือต่ำเกินไป
- อัตราการเกิดปฏิกิริยา ถ้าอัตราสูงจะให้ขนาดของอนุภาคที่เล็ก
- ชนิดและปริมาณของสารที่ทำให้เกิดการกระจายลอยตัว เช่นถ้าใช้สารที่ทำให้เกิดการกระจายตัวแบบประจุลบ และมีความเข้มข้นต่ำ จะให้อนุภาคขนาดเล็ก และขนาดของอนุภาคจะมีผลต่อสิ่งต่าง ๆ ภายในระบบของอิมัลชัน คือจะมีผลต่อลักษณะที่ปรากฏให้เห็นของอิมัลชัน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะที่ปรากฏที่ขนาดต่าง ๆ ของอนุภาคอิมัลชัน

ขนาดของอนุภาค	ลักษณะที่ปรากฏ
macro globules	จะเห็นเป็น 2 ส่วน
1 ไมครอน	สีขาวเหมือนน้ำนม
0.01 - 1 ไมครอน	สีขาวออกฟ้า
0.05 - 0.1 ไมครอน	มีสีเทาและกึ่งโปร่งใส
0.05 ไมครอน	โปร่งใส

ซึ่งทำให้สามารถประมาณขนาดของอนุภาคได้ว่ามีขนาดเท่าใด เมื่อเห็นลักษณะที่ปรากฏออกมาของอิมัลชัน

- จะมีผลต่อความหนืดของอิมัลชัน คือ ถ้าขนาดอนุภาคเล็กลง จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น เพราะว่าเมื่อมีขนาดของอนุภาคเล็กลง จะทำให้พื้นที่ผิวของอนุภาคมากขึ้น จึงทำให้มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมากขึ้น จึงทำให้มีความหนืดมากขึ้น

2.5.1.5 สมบัติการละลาย (Solution properties)

สารเคมีชนิดหนึ่งจะเป็นตัวทำละลายสำหรับวัสดุหนึ่งถ้าโมเลกุลของวัสดุทั้งสอง สามารถเข้ารวมตัวกันได้ โดยที่โมเลกุลสามารถอยู่ด้วยกันโดยไม่มีแนวโน้มที่จะแยกออกจากกัน ซึ่งในที่นี้ไม่ได้บ่งถึงอัตราเร็วในการเกิดเป็นสารละลายและอุณหภูมิโมเลกุลของสารสองชนิดที่แตกต่างกัน จะสามารถอยู่ด้วยกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์

สมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพอลิเมอร์ว่าพอลิเมอร์นั้นมีค่า Tg เท่าใด มีความเป็นผลึกมากน้อยเพียงใด โครงสร้างทางเคมีเป็นอย่างไร จึงจะสามารถบอกได้ว่า พอลิเมอร์ชนิดนั้นมีสมบัติทางกายภาพอย่างไร และสำหรับโคพอลิเมอร์นั้นจะมีสมบัติขึ้นกับ สมบัติของโฮโม พอลิเมอร์แต่ละชนิดที่ใช้และปริมาณของมอนอเมอร์ชนิดนั้น ถ้ามีปริมาณมากก็จะมีสมบัติค่อนข้างไปทางโฮโมพอลิเมอร์ชนิดนั้น

2.6 ลาเท็กซ์ (Latex)

ลาเท็กซ์ประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือส่วนของพอลิเมอร์ที่แขวนลอยอยู่ในตัวกลาง (dispersed phase) และส่วนของตัวกลาง (dispersion medium) ลาเท็กซ์มีลักษณะเหมือนน้ำนม มีสีขาวขุ่น ซึ่งเกิดจากการกระจายตัวอย่างเสถียรของพอลิเมอร์ในตัวกลางที่เป็นน้ำ สามารถแบ่งลาเท็กซ์ออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ดังนี้

2.6.1 ลาเท็กซ์ธรรมชาติ

หมายถึงลาเท็กซ์ที่ได้จากน้ำยางธรรมชาติ จากการกรีดสวนยาง มีองค์ประกอบอยู่ 3 ส่วน คือ

- ส่วนของอนุภาคยางมีประมาณ 35% โดยน้ำหนัก
- ส่วนของน้ำ มีประมาณ 55% โดยน้ำหนัก
- ส่วนของลูทอยด์ (สีเหลือง) อีกประมาณ 10% โดยน้ำหนัก

อนุภาคยางธรรมชาติ ประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน พวก cis-1,4-polyisoprene รูปร่างของอนุภาคมีทั้งรูปกลมและรูปรี มีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 2×10^{2} - 2×10^{4} ^{o}A ไม่ละลายน้ำมีลักษณะเป็นโมเลกุลที่มีสายโซ่ยาว มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ในช่วง 5×10^{4} - 3×10^{6} ผิวของอนุภาคยางห่อหุ้มด้วยชั้นของ ฟอสโฟไลปิด และโปรตีน ทำให้อนุภาคของยางธรรมชาติมีสภาพเป็น (+) หรือ (-) ขึ้นอยู่กับ pH ของระบบ โดยมีจุ isoelectric ประมาณ 3.6 ดังนั้นที่ผิวของอนุภาคจะแสดงประจุที่ผิวเป็นลบเมื่อมี pH $>$ 3.6

และจะแสดงประจุบวกเมื่อ pH $<$ 3.6 คุณสมบัติที่ดีของลาเท็กซ์ธรรมชาติ คือมีความแข็งแรงชณะเป็นเจลเปียกสูง (high wet-gel strength) ทำให้เกิดเป็นฟิล์มแห้งได้เร็วมาก

2.6.2 ลาเท็กซ์สังเคราะห์

หมายถึงอนุภาคพอลิเมอร์ที่เตรียมจากกระบวนการพอลิเมอไรเซชันแบบอิมัลชันเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็ก มีขนาดเท่า ๆ กัน มีลักษณะคล้ายกับลาเท็กซ์ธรรมชาติแต่มีอายุการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นานกว่า เนื่องจากมีความเสถียรมากกว่าและสามารถควบคุมการเกิดผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดตามต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 สารเคมี

1) สไตรีนมอนอเมอร์	เกรดการค้า
2) 2-เอทิลเฮกซิล อะคริเลต	เกรดการค้า
3) เอทิลอะคริเลต	เกรดการค้า
4) กรดอะคริลิก	เกรดการค้า
5) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต	เกรดการค้า
6) โซเดียมโดเดตซิลซัลเฟต	เกรดการค้า
7) โซเดียมฟอร์มอลดีไฮด์ซันฟอกซิเลต	เกรดการค้า
8) โซเดียมไฮดรอกไซด์	เกรดวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

1) หม้อปฏิกิริยา ขนาด 2000 มิลลิลิตร พร้อมฝาปิดแบบ 4 คอ แหวนล็อคของบริษัท pyrex จำกัด
2) อ่างน้ำร้อน (waterbath) พร้อมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
3) มอเตอร์ชนิดความเร็วรอบสูง
4) ใบพัดกวนแบบ 3 ชั้น
5) กรวยหยดสาร
6) เทอร์โมมิเตอร์ ช่วงอุณหภูมิ 0-100°C
7) กระบอกตวง 200 มิลลิลิตร
8) บีกเกอร์ 250 , 600 และ 1,000 มิลลิลิตร
9) ช้อนตักสาร
10) แท่งแก้วคน
11) เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง รุ่น PJ 3000 บริษัท Scientific Promotion จำกัด
12) เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น AC 210 S บริษัท Scientific Promotion จำกัด
13) ตู้อบ รุ่น 1370 FX บริษัท Sheldon Manufacturing จำกัด
14) เครื่องวัด pH รุ่น 654 บริษัท Metrohm
15) เครื่อง Mastersizer - X รุ่น MSX 14 บริษัท Malvern Instruments Limited
16) เครื่องวัดความหนืดแบบ Brookfield รุ่น LVT บริษัท Brookfield Engineering
17) เครื่องวัดทดสอบความเสถียรเชิงกล
18) เครื่องมือ IR Spectrophotometer รุ่น IR-810 บริษัท Jasco จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการทดลอง

การศึกษาเทคนิคและสภาวะของปฏิกิริยาที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์

3.3.1 การศึกษาเทคนิคที่เหมาะสมในกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์โดยจะทำการศึกษาเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของมอนอเมอร์ไปเป็นพอลิเมอร์ (% conversion) สูงสุด

1) มอนอเมอร์ที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ประกอบด้วย

สไตรีน (styrene = S)

เอทิลอะคริเลต (ethyl acrylate = EA)

2 - เอทิลเฮกซิล อะคริเลต (2-EHA)

กรดอะคริลิก (acryric acid = AA)

โดยในการทดลองจะทำการเตรียมมอนอเมอร์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 (หน่วยเป็นกรัม)

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงอัตราส่วนของมอนอเมอร์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์

สูตรที่	styrene monomer	2-ethyl hexyl acrylate	ethyl acrylate	acrylic acid
1	30	60	8	4
2	30	67	1	4
3	30	65	1	8
4	30	20	48	4
5	30	18	48	8
6	43	52	3	4

โดยในการทดลองจะทำการชั่งน้ำหนักของมอนอเมอร์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามตาราง ซึ่งจะทำการทดลองในจำนวน 12 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2) สารลดแรงตึงผิว (surfactant) หรือ อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ใช้โซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (sodium dodecyl sulfate = SDS)

3) ตัวริเริ่มปฏิกิริยา (initiator) ใช้ โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (potassium persulfate = $K_2S_2O_8$)

เนื่องจากในการเกิดปฏิกิริยาของลาเท็กซ์ในอิมัลชันพอลิเมอไรเซชันนั้นเทคนิคในการเติมสารตั้งต้นจะมีผลต่อปฏิกิริยาอิมัลชันพอลิเมอไรเซชันเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาเทคนิคที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนจากสารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด จึงได้ทำการทดลองดังนี้

3.3.1.1 ใส่มอนอเมอร์และตัวริเริ่มไว้ในกรวยหยด (dropping funnel) โดยเติมสารลดแรงตึงผิวและกรดอะคริลิกไว้ในหม้อปฏิกิริยาอยู่ก่อนแล้ว

วิธีการทดลอง

เตรียมมอนอเมอร์ในอัตราส่วนเดียวกับในตารางที่ 1 โดยจะเตรียมมอนอเมอร์จำนวน 12 เท่า แล้วนำมอนอเมอร์ที่เตรียมได้ใส่ลงในกรวยหยด (dropping funnel)

เตรียมตัวริเริ่ม โดยทำการชั่ง โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$) มาประมาณ 0.5 กรัมต่อ อัตราส่วนของมอนอเมอร์จำนวน 1 เท่า (ตัวริเริ่ม 6 กรัมต่อมอนอเมอร์ 12 เท่า) แล้วนำมาละลายด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่น 500 มิลลิลิตรต่อตัวริเริ่ม 6 กรัม) แล้วนำตัวริเริ่มที่เตรียมได้ใส่ลงในกรวยหยด (dropping funnel)

เตรียมสารลดแรงตึงผิว โดยทำการชั่งโซเดียมโดเดคซิลซัลเฟต (SDS) ในอัตราส่วน 2.5 กรัมต่อปริมาณมอนอเมอร์ 1 เท่า (SDS 30 กรัมต่อมอนอเมอร์ 12 เท่า) โดยนำมาละลายด้วยน้ำกลั่น (น้ำกลั่น 700 มิลลิลิตรต่อ SDS 30 กรัม)

นำสารลดแรงตึงผิวที่เตรียมได้และกรดอะคริลิกใส่ลงในหม้อปฏิกิริยา แล้วติดตั้งใบพัดปั่นกวน ปิดฝาแล้วล็อคให้แน่น ติดตั้งสามทางที่คออันใดอันหนึ่งของฝาหม้อปฏิกิริยาแล้วต่อกรวยหยดของมอนอเมอร์และตัวริเริ่มลงไป ส่วนคอที่เหลือจะทำการต่อท่อนำแก๊สไนโตรเจน

ในการทำปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันจะทำการหยดมอนอเมอร์ในอัตราเร็วประมาณ 4 มล./นาที และทำการหยดตัวริเริ่มในอัตราเร็วประมาณ 1 มล./ นาที

ช่วงอุณหภูมิขณะทำการหยดมอนอเมอร์และตัวริเริ่มจะใช้อุณหภูมิประมาณ 77°C และหลังจากหยดมอนอเมอร์และตัวริเริ่มหมด (ภายใน 90 นาที) จะทำการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 85°C แล้วทำการปั่นต่อเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32024

กรองพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้ด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกเอาตะกอนออกไป เก็บลาเท็กซ์ที่กรองได้ไว้เพื่อตรวจสอบต่อไป

ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่มีอัตราส่วนของมอนอเมอร์ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.1

3.3.1.2 ใส่มอนอเมอร์ สารลดแรงตึงผิวและกรดอะคริลิกลงในหม้อปฏิกิริยาก่อนแล้วแบ่งตัวริเริ่มเป็นอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วเติมลงไปตามช่วงเวลาที่กำหนด

วิธีการทดลอง

เตรียมมอนอเมอร์ในอัตราส่วนดังตารางที่ 3.1 (ใช้จำนวน 12 เท่า)

ชั่งโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟตมาประมาณ 0.5 กรัมต่อมอนอเมอร์ 1 เท่า แล้วนำมาละลายด้วยน้ำกลั่น (ตัวริเริ่ม 6 กรัมต่อมอนอเมอร์ 12 เท่า ละลายน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร)

ชั่งสารลดแรงตึงผิว ประมาณ 2.5 กรัมต่อมอนอเมอร์ 1 เท่า ละลายด้วยน้ำกลั่น (สารลดแรงตึงผิว 30 กรัมต่อมอนอเมอร์ 12 เท่า ละลายน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร)

ชั่งโซเดียมฟอร์มอลดีไฮด์ซัลฟอกซิเลต 5.28 กรัม (ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มเสถียรภาพ stabilizer) แล้วนำมาละลายน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

แบ่งสารละลายของตัวริเริ่มที่เตรียมได้ในข้อ 2 ออกเป็น 4 ส่วน คือ 40 , 25 , 25 , 10% โดยปริมาตร

ใส่สารลดแรงตึงผิว กรดอะคริลิกลงในหม้อปฏิกิริยาแล้วทำการปรับ pH ให้เป็นกลาง (pH = 7) ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 10% แล้วเติมสารละลายของสารเพิ่มเสถียรภาพ ที่เตรียมได้ในข้อ 4 แล้วนำไปปั่นที่อุณหภูมิประมาณ 50°C จนเข้ากัน

จากนั้นเติมมอนอเมอร์ที่เตรียมได้ในข้อ 1 พร้อมทั้งเติมสารละลายของตัวริเริ่มที่แบ่งไว้ 40% โดยปริมาตรลงในหม้อปฏิกิริยา จากนั้นทำการปั่นที่อุณหภูมิ 77°C

เติมสารละลายของตัวริเริ่มทุกครึ่งชั่วโมงในปริมาณ 25% , 25% และ10%

ทำการเพิ่มอุณหภูมิของปฏิกิริยาหลังจากเติมสารละลายของตัวริเริ่มครั้งสุดท้าย เป็น 85 °C แล้วทำการปั่นต่ออีกประมาณ 2 ชั่วโมง

กรองพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้แล้วนำไปทดสอบ

ทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ตามตารางที่ 3.1

เมื่อทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ตามวิธีดังกล่าวทั้ง 2 วิธีแล้วจึงนำมาทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ทั้ง 2 วิธีที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเพื่อเลือกเทคนิคที่ให้เปอร์เซนต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (% conversion) สูงสุดมา ศึกษาถึงปริมาณของตัวริ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ลาเท็กซ์เพื่อให้ได้พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่มีปริมาณมอนอเมอร์ตกค้างน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

3.3.2 ทำการศึกษาปริมาณของตัวริเริ่มต่อเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์

นำวิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่ดีที่สุด มาทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณของตัวริเริ่มที่ใช้ โดยทำการเพิ่มตัวริเริ่มเป็น 200 , 300 , 333 , 400 และ 433% ของปริมาณตัวริเริ่มที่ใช้อยู่เดิม แล้วทำการศึกษาเปรียบเทียบถึงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลิตภัณฑ์ของสารตั้งต้น

3.4 การทดสอบสมบัติของลาเท็กซ์

3.4.1 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid Content = TSC)

ทำการหาปริมาณของแข็งคงเหลือทั้งหมดจากสูตร

$$\text{TSC (\%)} = 100\ (\text{dry sample weight}) \over \text{wet sample weight}$$

โดยในการทดลองจะทำการพับอลูมิเนียมฟอยด์ให้เป็นรูปกระทงแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก หยดลาเท็กซ์ลงไปในกระทงพอสมควร นำกระทงที่มีลาเท็กซ์แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นลบออกด้วยน้ำหนักของกระทงก็จะทราบน้ำหนักของลาเท็กซ์ที่หยดลงบนกระทง นำเอาไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 50°C แล้วจึงชั่งน้ำหนักของกระทง จากนั้นนำไปอบต่ออีกจนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ แล้วคำนวณค่า TSC ตามสมการ

3.4.2 การหาเปอร์เซนต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (% conversion)

คำนวณเปอร์เซนต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ของลาเท็กซ์ได้จากการคำนวณตามสมการ

$$\text{conversion (\%)} = \text{TSC ที่ได้จากการทดลอง} \times 100 \over \text{TSC ที่ได้จากทฤษฎี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การหาความหนืด (viscosity)

ความหนืดของลาเท็กซ์สามารถวัดได้ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยเทลาเท็กซ์ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร นำเอาแกนหมุนของเครื่องหมายเลข 3 มาใส่กับตัวเครื่อง กดแกนหมุนลงไปในลาเท็กซ์ให้จุ่มลงไปจนถึงขีดของแกนหมุน เปิดเครื่องให้หมุนด้วยความเร็วรอบ ที่เหมาะสม ทำการอ่านค่าซ้ำ 3 ครั้ง

$$\text{viscosity} = F \times R$$

โดย R = ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง

F = ตัวคูณที่ได้จากแกนหมุนของเครื่อง และความเร็วรอบ ซึ่งได้จากตารางที่ให้มากับเครื่อง

3.4.4 การหาค่า pH

วัดค่า pH ของลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้โดยใช้ pH meter โดยทำการสอบเทียบค่าวัด ขั้วอิเลคโทรดด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ และทำการปรับอุณหภูมิของตัวอย่างที่จะนำมาวัดให้เป็น 25°C ก่อนทำการวัด

3.4.5 การทดสอบเสถียรภาพเชิงกล (mechanical stability = MST)

เสถียรภาพเชิงกลของลาเท็กซ์คือความสามารถในการต้านทานต่ออิทธิพลเชิงกล ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เมื่อความรุนแรงของการชนกันของอนุภาคเพิ่มขึ้น เสถียรภาพเชิงกลสามารถวัดได้โดยการกวนลาเท็กซ์ในสภาวะตามมาตรฐาน ASTM แล้วทำการวัดเวลาก่อนที่จะเกิดการรวมตัวกันเป็นก้อนของลาเท็กซ์ (coagulum)

สภาวะต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASTM เป็นดังนี้

- อัตราการปั่นกวน 14000 ± 200 รอบต่อนาที
- อุณหภูมิของตัวอย่างลาเท็กซ์ 35 ± 1 °C

3.4.6 การหาขนาดอนุภาคของลาเท็กซ์ด้วยเครื่อง Mastersizer-X

เติมตัวอย่างลาเท็กซ์ที่มี obseration ≅ 21% เข้าไปในเครื่อง ทำการวัด background แล้วจึงทำการวัดขนาดของอนุภาคและคำนวณการกระจายตัวของอนุภาค (size distribution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 ทำการหาองค์ประกอบของลาเท็กซ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ของ IR

ทำการหาองค์ประกอบของลาเท็กซ์โดยการทำลาเท็กซ์ให้อยู่ในรูปของฟิล์ม แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วย IR เพื่อหาหมู่ฟังก์ชันของลาเท็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาสภาวะและเทคนิคที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์

จากการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ ด้วยวิธีใส่มอนอเมอร์และตัวริเริ่มไว้ในกรวยหยด (dropping funnel) โดยเติมสารลดแรงตึงผิวและกรดอะคริลิกไว้ในหม้อปฏิกิริยาอยู่ก่อนแล้วทำการปั่นกวนที่ความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน ที่อุณหภูมิประมาณ 77 °C และหลังจากมอนอเมอร์และตัวริเริ่มหมด (ภายใน 90 นาที) จะทำการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเป็น 85 °C แล้วทำการปั่นต่ออีก 2 ชั่วโมง พบว่าวิธีนี้มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ลาเท็กซ์โดยมีมอนอเมอร์ตกค้างมาก

ต่อมาจึงทดลองใช้วิธีการแบ่งเติมสารละลายของตัวริเริ่มออกเป็นส่วน ๆ คือ 40 , 25 , 25 , 10% โดยปริมาตร หลังจากนั้นแบ่งเติมลงในหม้อปฏิกิริยา โดยปริมาณ 40% แรกจะเติมลงไปพร้อมมอนอเมอร์ทั้งหมด จากนั้นเติมสารละลายของตัวริเริ่มที่เหลืออยู่ทุกครึ่งชั่วโมง โดยทำการปั่นที่ความเร็วรอบ 350 รอบต่อนาที ภายใต้สภาวะบรรยากาศไนโตรเจนที่อุณหภูมิ 77 °C จากนั้นเมื่อตัวริเริ่มหมด เพิ่มอุณหภูมิเป็น 85 °C พบว่าการสังเคราะห์ด้วยวิธีนี้ จะได้พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่าวิธีแรก จึงเลือกวิธีนี้ไปใช้ในการสังเคราะห์ต่อไป

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่า Total solid content และค่า % Conversion ระหว่างพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์โดยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2

อัตราส่วน	คุณสมบัติ			
	TSC		Conversion	
S / 2-EHA / EA / AA	วิธีที่ 1*	วิธีที่ 2*	วิธีที่ 1*	วิธีที่ 2*
30 / 60 / 8 / 4	33.32	45.76	66.57	91.23
30 / 67 / 1 / 4	35.88	-	71.65	-
30 / 65 / 1 / 8	32.28	-	65.30	-
30 / 20 / 48 / 4	33.33	-	66.58	-
30 / 18 / 48 / 8	35.94	-	72.66	-
43 / 52 / 3 / 4	34.34	-	68.53	-

วิธีที่ 1* ใส่มอนอเมอร์และตัวริเริ่มไว้ในกรวยหยดคนละอัน สารลดแรงตึงผิว+กรดอะคริลิกอยู่ในหม้อปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีที่ 2 ใส่มอนอเมอร์+สารลดแรงตึงผิว+กรดอะคริลิกในหม้อปฏิกิริยา แบ่งตัวริเริ่มเป็นอัตราส่วนต่างๆ เติมลงไปในเวลาที่กำหนด

- ไม่ได้ทำการทดลอง

4.2 การศึกษาปริมาณของตัวริเริ่มต่อเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ของสารตั้งต้น

การศึกษาปริมาณของตัวริเริ่มปฏิกิริยาด้วยวิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์แบบแบ่งเติมสารละลายของตัวริเริ่มออกเป็นส่วน ๆ คือ 40 , 25 , 25 , 10% โดยปริมาตร โดยเตรียมลาเท็กซ์สูตร S / 2-EHA / EA / AA = 30 / 60 / 8 / 4 โดยปริมาณของตัวริเริ่มที่เพิ่มขึ้นเป็น 100% , 200%, 300% , 333% , 367% , 400% และ 433% ตามลำดับ พบว่าที่ปริมาณของตัวริเริ่มที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 433% (26 กรัม) นั้นจะให้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์สูงสุด จึงเลือกใช้ปริมาณของตัวริเริ่มดังกล่าวไปใช้ในการสังเคราะห์ต่อไป

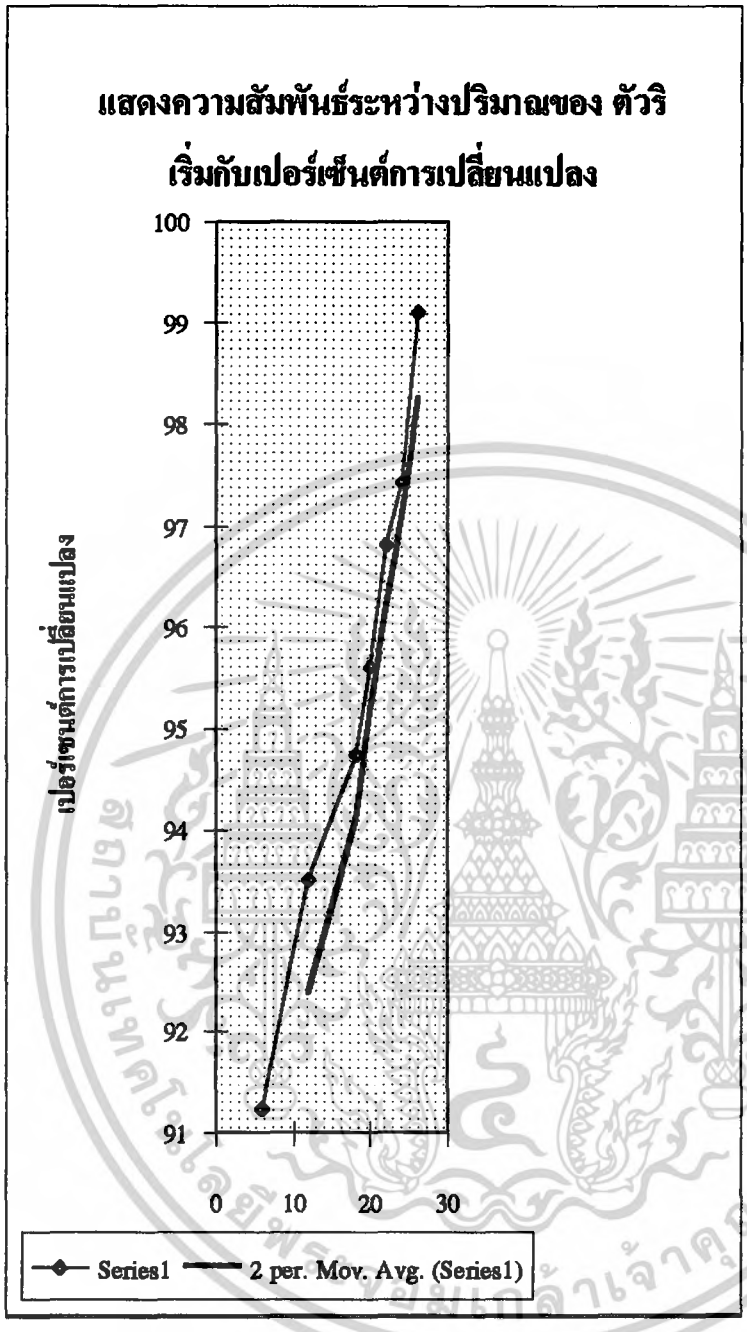
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลของการเพิ่มปริมาณของตัวริเริ่มต่อค่า Total solid content และ % Conversion ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้

ปริมาณของตัวริเริ่มที่เพิ่มขึ้น	TSC (%)	% conversion	particle size (μm)
100%	45.76	91.23	1.57
200%	47.02	93.52	7.53
300%	47.74	94.74	1.63
333%	48.21	95.60	2.37
367%	48.86	96.81	2.55
400%	49.21	97.43	4.13
433%	50.09	99.09	2.74

หมายเหตุ ลาเท็กซ์สูตรที่สังเคราะห์คือ S / 2-EHA / EA / AA = 30 / 60 / 8 / 4

ใช้วิธีการสังเคราะห์แบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวริเริ่มกับเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่มีสไตรีนเป็นหลักตามอัตราส่วนต่าง ๆ

เมื่อได้สภาวะ , เทคนิคและปริมาณของตัวริเริ่มที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ (จากหัวข้อ 4.1 และ 4.2) จึงนำมาทำการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ตามอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์ด้วยวิธีดังกล่าวได้เปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์สูงและพบว่าไม่มีมอนอเมอร์ตกค้างหลงเหลืออยู่เลย

ตารางที่ 4.3 แสดงสมบัติต่างๆของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่มีอะไครเลตเป็นหลักในอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน S / 2-EHA / EA /AA	TSC (%)	conersion (%)	mechanical stability	viscosity (cps)	pH	particle size (μm)	T_g (^oC)
30/60/8/4	50.09	99.09	9930	200	6.0	2.74	-44
30/67/1/4	49.92	98.68	7241	200	5.6	1.58	-41
30/65/1/8	45.89	92.84	7184	350	5.2	2.01	-52
30/20/48/4	48.47	96.82	8498	110	6.0	1.97	-18
30/18/48/8	49.01	99.09	7552	1650	5.0	2.15	-27
43/52/3/4	49.89	99.56	7066	110	5.6	1.44	-26.7

หมายเหตุ

- ใช้วิธีการสังเคราะห์แบบที่ 2 โดยใช้ปริมาณตัวริเริ่ม 433%
- คำนวนค่า Tg จากสมการ

$1/Tg = W1/Tg1 + W2/Tg2 + \ldots\ldots + Wn/Tgn$

ในที่นี้ Tg = copolymer Tg in ^oK

Wn = weight fraction of monomer persent

Tgn = homopolymer Tg in ^oK

- ค่า Tg ของ S = 378 ^oK , 2-EHA = 203 ^oK , EA = 251 ^oK และ AA = 165 ^oK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบสมบัติต่าง ๆ ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์โดยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ซึ่งเพิ่มปริมาณของตัวริเริ่มขึ้นเป็น 433% ความเร็วรอบของใบพัด 350 รอบต่อนาที

อัตราส่วน S/2EHA/EA/AA	TSC %		Conversion %		Mechanical stability (S)		Viscosity (cps)		pH	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
30/60/8/4	33.32	50.09	66.57	99.09	227	9930	75	200	5.944	5.970
30/67/1/4	35.88	49.92	71.65	98.68	3	7241	80	200	5.233	5.571
30/65/1/8	36.28	45.89	73.40	92.84	139	7184	20	350	4.843	5.178
30/20/8/4	33.33	48.47	66.58	96.82	128	8498	30	110	5.495	5.987
30/18/48/8	35.94	49.01	72.66	99.09	0.10	7552	30	1350	6.073	5.031
43/52/3/4	34.34	49.89	68.53	99.56	295	7066	250	110	4.885	5.605

หมายเหตุ - วิธีที่ 1 ใช้ปริมาณตัวริเริ่ม 6 กรัม
- วิธีที่ 2 ใช้ปริมาณตัวริเริ่ม 26 กรัม

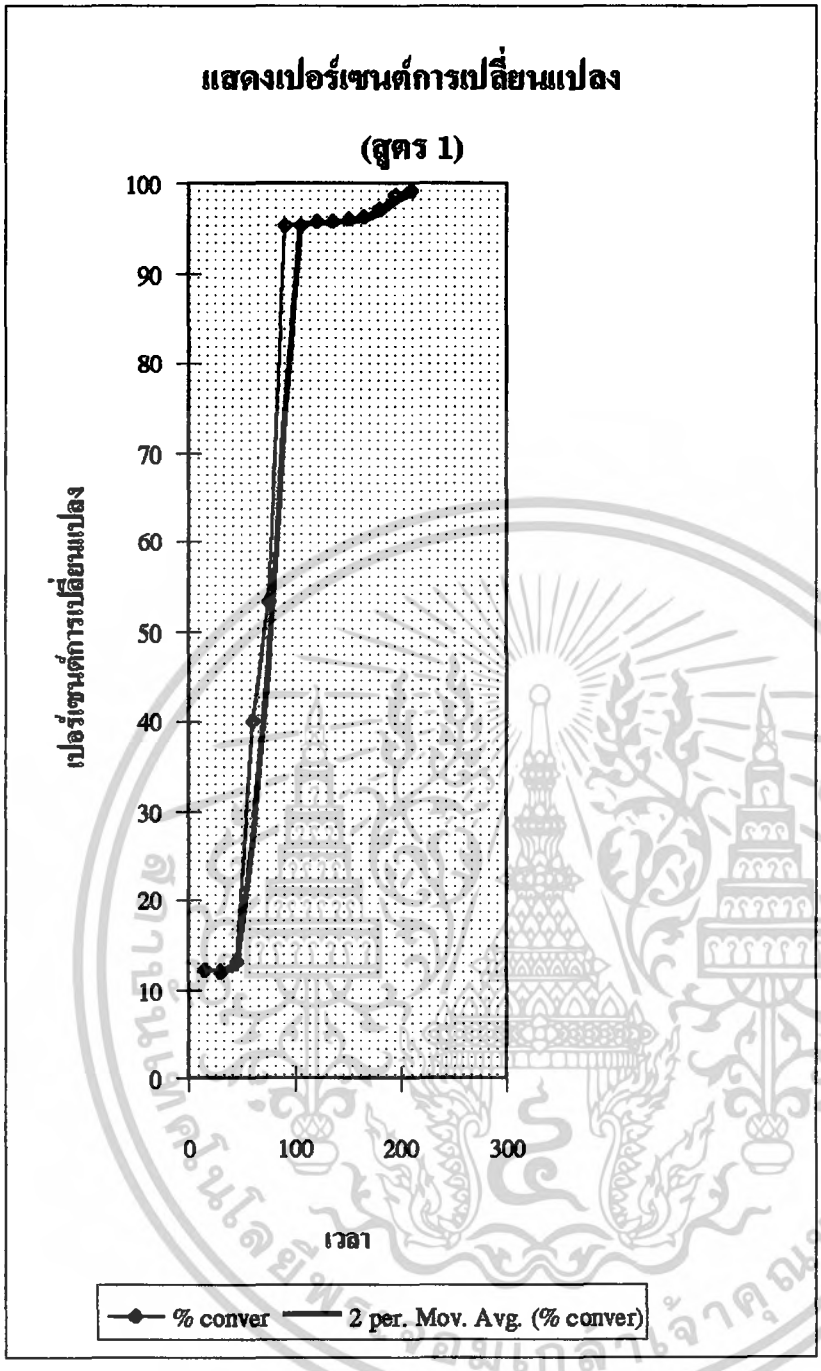
4.4 การศึกษาความหนืดของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่าความหนืดของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้จะอยู่ในช่วง 100 - 400 cps โดยสูตรที่มีลักษณะเป็นครีมจะมีค่าความหนืดที่สูง

4.5 การศึกษาค่า pH ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้

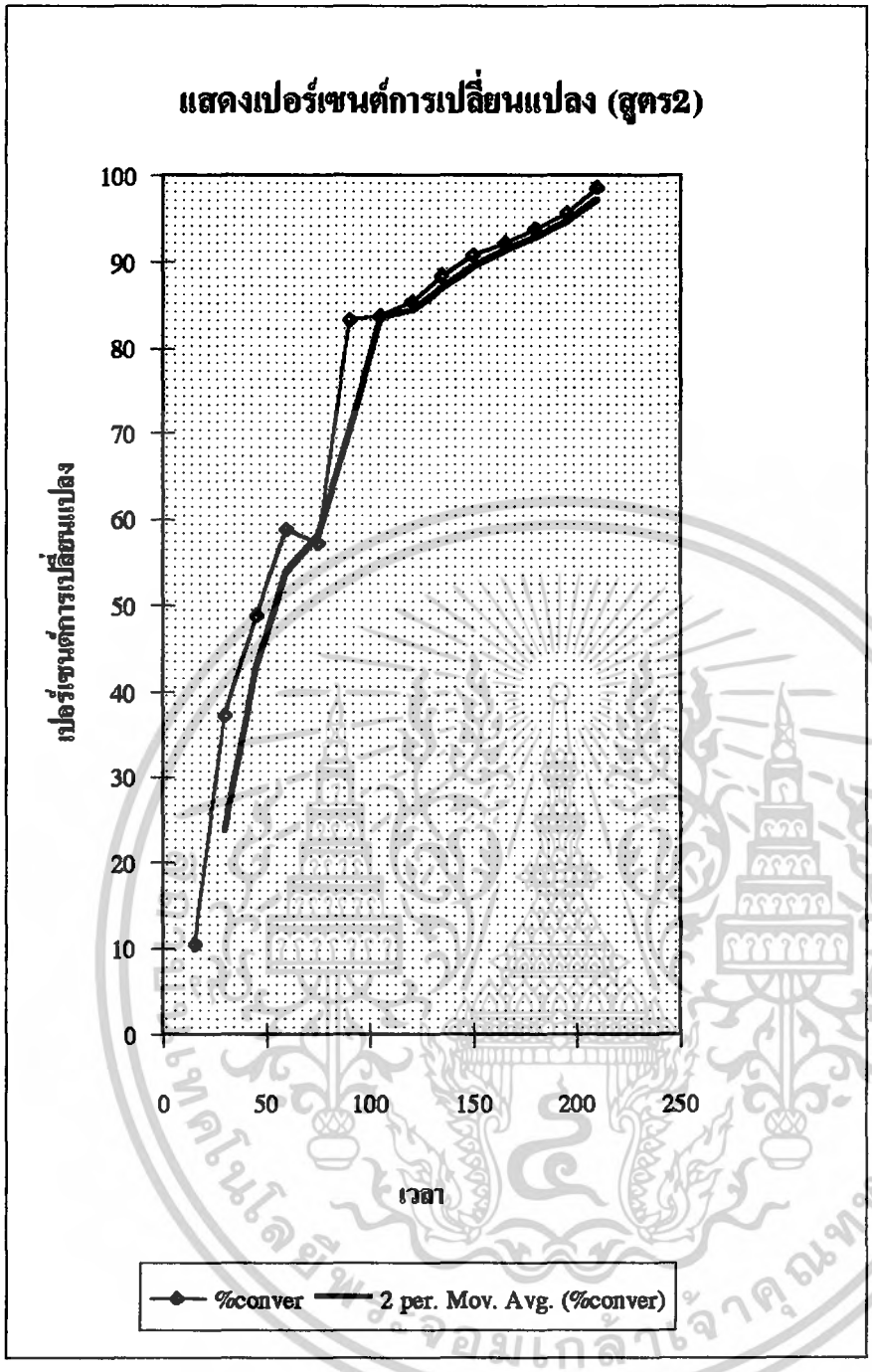
ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าค่า pH จะอยู่ในช่วง 5 - 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



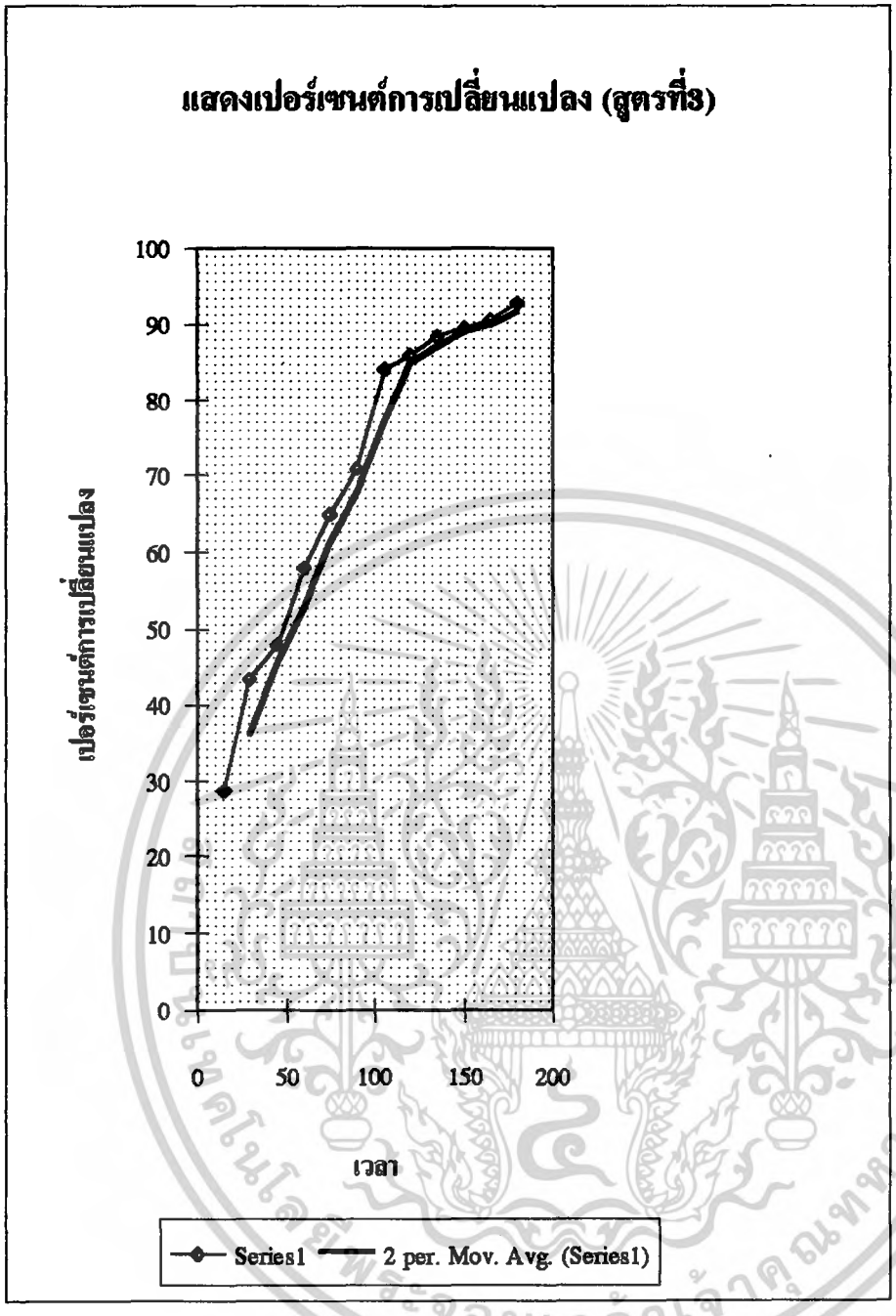
รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกับเวลาของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



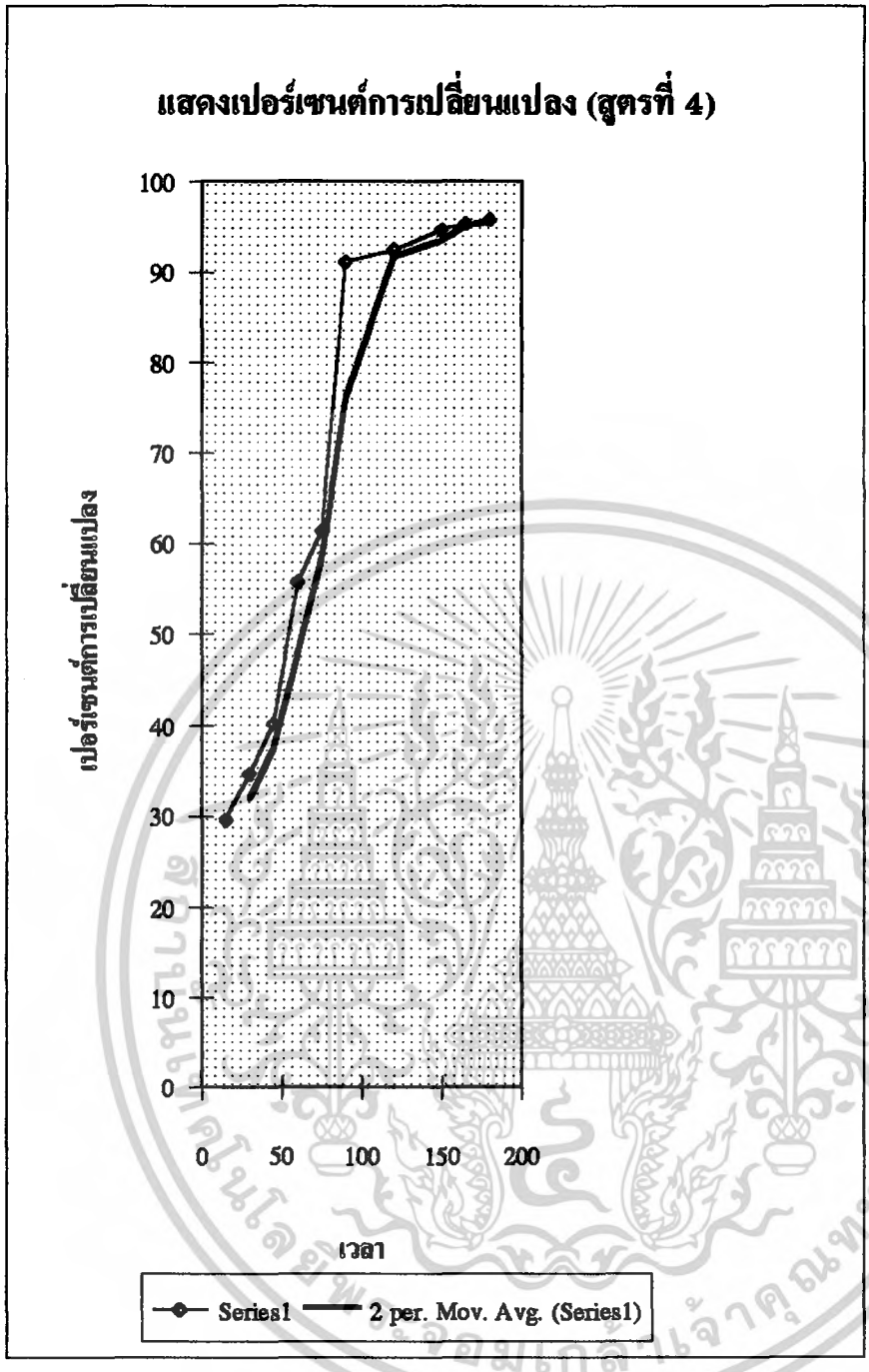
รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกับเวลา ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



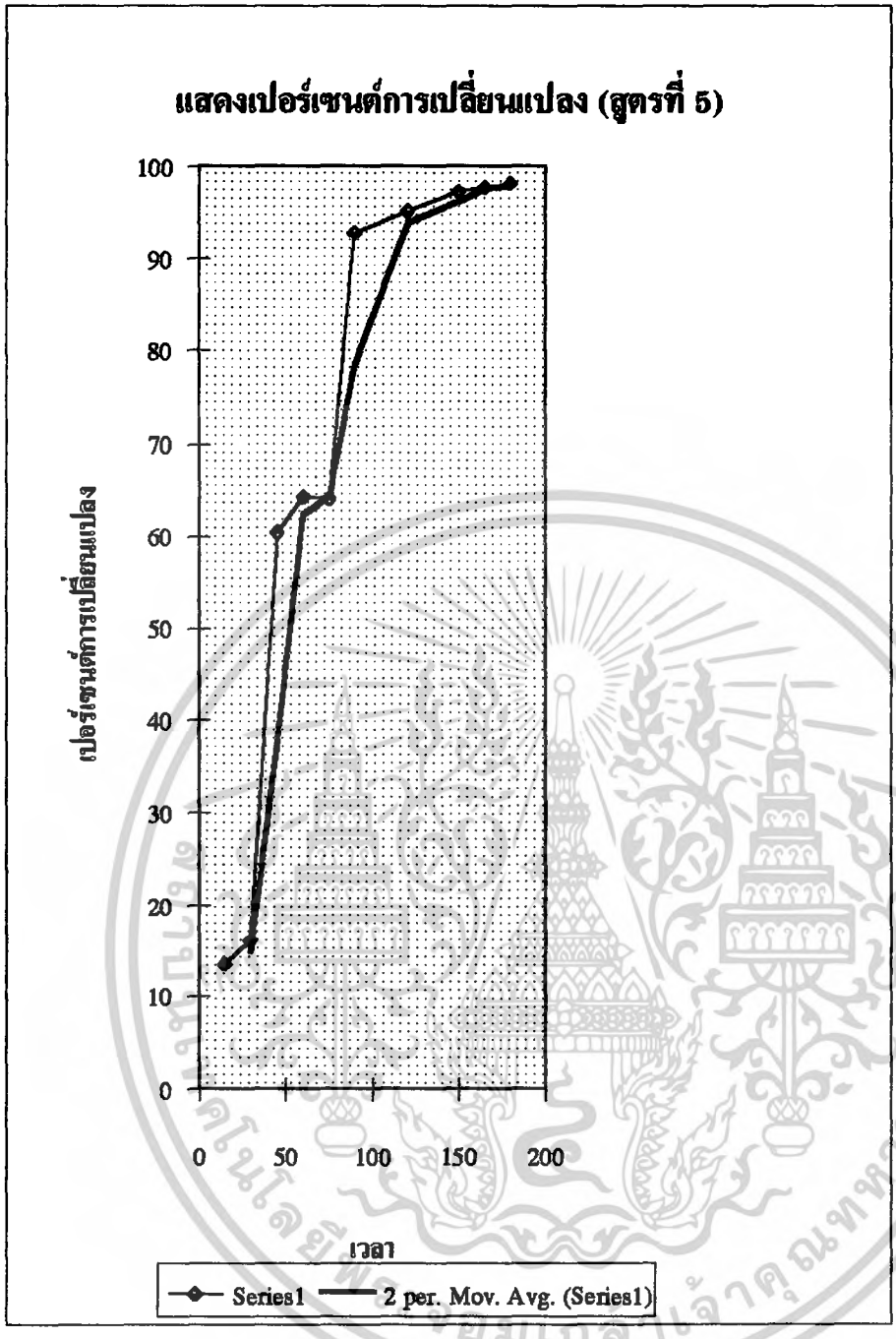
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกับเวลาของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



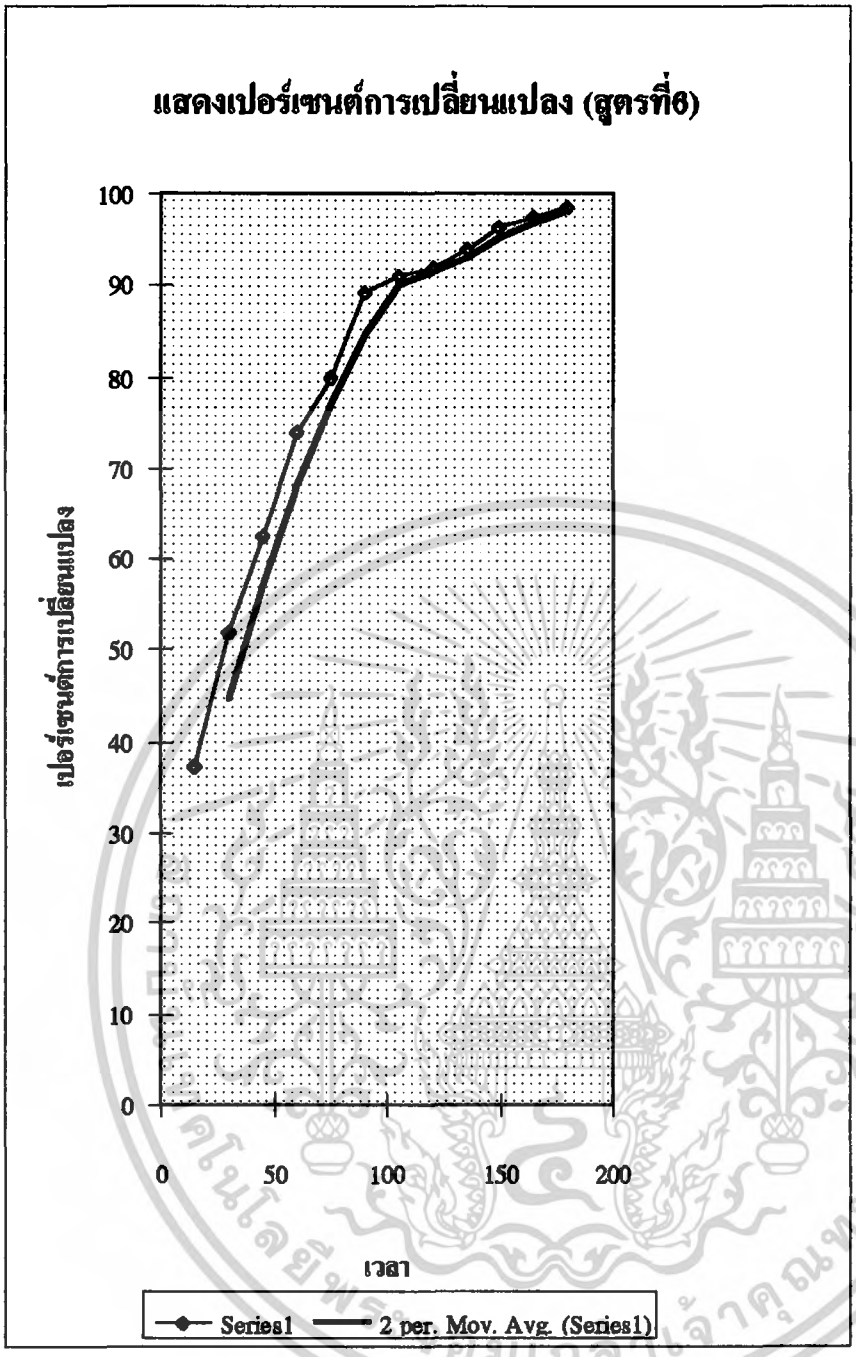
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกับเวลา ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกับเวลา ของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงกับเวลาของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์สูตรที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดสอบเสถียรภาพเชิงกล (mechanical stability = MST)

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าเสถียรภาพเชิงกลของลาเท็กซ์พอลิเมอร์ที่เตรียมด้วยวิธีแบ่งเติมสารละลายตัวริเริ่มด้วยอัตราส่วน 40 - 25 - 25 - 10 มีเสถียรภาพเชิงกลที่ดีกว่าวิธีแบบหยดมอนอเมอร์และตัวริเริ่ม

4.7 การศึกษาขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง Mastersizer-X

ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า ขนาดของอนุภาคจะอยู่ในช่วง 1 - 2 μm และพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้ถ้ามีลักษณะเป็นครีมจะมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าแบบน้ำนม

4.8 การตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันด้วยวิธี IR spectroscopy

จากการตรวจสอบด้วย IR spectroscopy พบว่ามีพีคแสดงหมู่ฟังก์ชันของมอนอเมอร์ที่ทำการสังเคราะห์ พบพีคแสดงหมู่อะโรมาติก และหมู่คาร์บอนิลของสารประกอบอะคริเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์

จากการทดลองหาสภาวะ ,เทคนิคและปริมาณของตัวริเริ่มที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์แบบอิมัลชันของลาเท็กซ์ที่มีสไตรีนเป็นหลัก ได้วิธีการที่เหมาะสมดังนี้

ขั้นแรกเตรียมสารลดแรงตึงผิว โดยละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วเติมกรดอะคริลิกตามปริมาณที่กำหนด จากนั้นทำการปรับ pH ให้เป็นกลางด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อเป็นกลางแล้วเติมสารเพิ่มเสถียรภาพ แล้วทำการปั่นกวนให้เข้ากันที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C จากนั้นจึงเติมมอนอเมอร์ทั้งหมดและสารละลายตัวริเริ่ม 40% โดยปริมาตร ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิขณะทำปฏิกิริยาเป็น 77 ^{o}C หลังจากนั้นทุกครึ่งชั่วโมงจะทำการเติม 25% , 25% และ 10% ตามลำดับ และเมื่อเติมสารละลายตัวริเริ่มครบหมดแล้วจึงทำการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 85 ^{o}C แล้วทำการปั่นต่ออีก 2 ชั่วโมง โดยความเร็วรอบของใบพัดที่ใช้จะมีค่า 350 รอบต่อนาที ตลอดการทำปฏิกิริยา

5.1.2 สมบัติของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้

จากการทดลองพบว่า สมบัติของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้ มีสมบัติค่อนข้างดี โดยมีค่าเสถียรภาพเชิงกลที่สูง ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการต้านทานต่ออิทธิพลเชิงกลที่ดี ส่วนค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีค่าสูง และพอลิเมอร์ลาเท็กซ์จะมีค่า pH อยู่ในช่วงของกรดเล็กน้อย ขนาดของอนุภาคของพอลิเมอร์ลาเท็กซ์ที่สังเคราะห์ได้ก็มีขนาดค่อนข้างเล็ก และค่าความหนืดที่ทดสอบได้จะอยู่ในช่วง 100 - 400 cps.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การควบคุมอุณหภูมิระหว่างทำปฏิกิริยาเป็นเรื่องสำคัญ ต้องควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาอย่าให้สูงเกินไป เพราะระบบเป็นระบบคายความร้อน

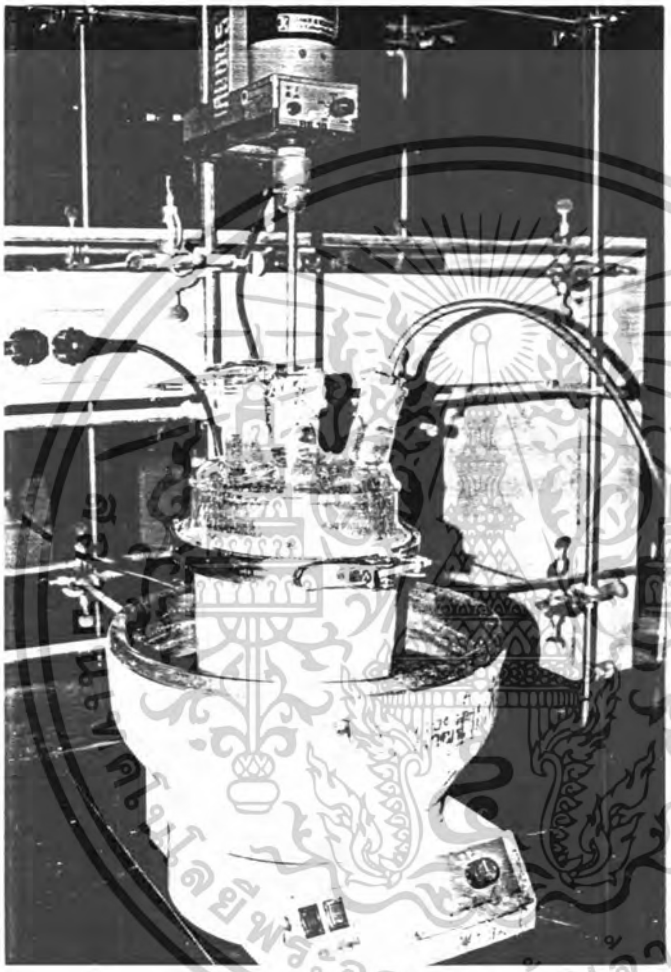
2) ผู้ทำการทดลองควรใช้อุปกรณ์ป้องกันในเรื่องความปลอดภัยเกี่ยวกับสารเคมี

3) ควรศึกษาและค้นคว้าเพื่อพัฒนาโครงงานพิเศษนี้ต่อไปในเรื่องอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

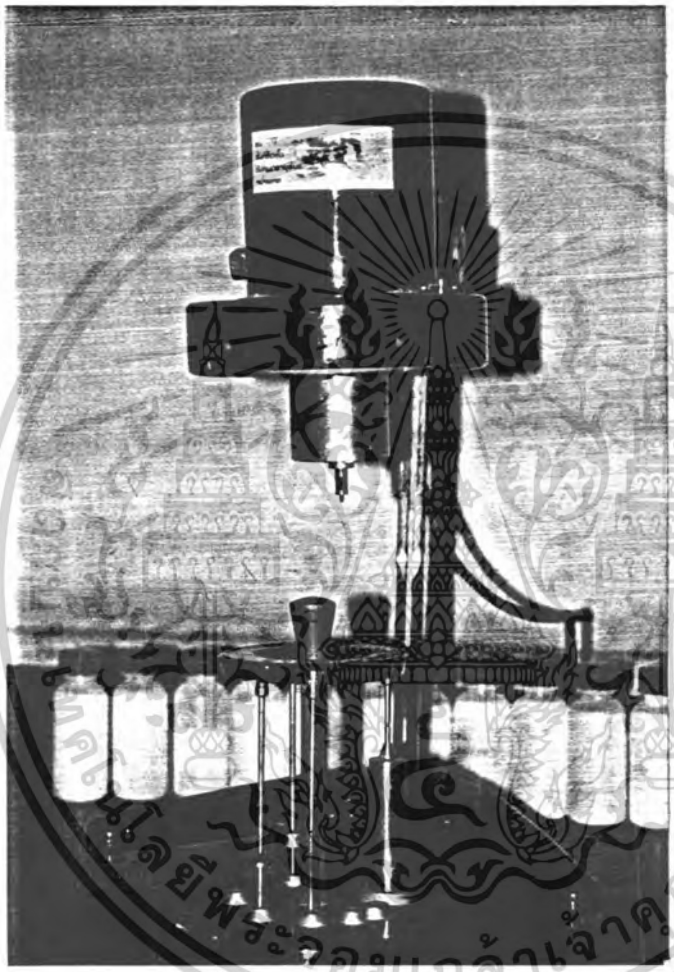
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



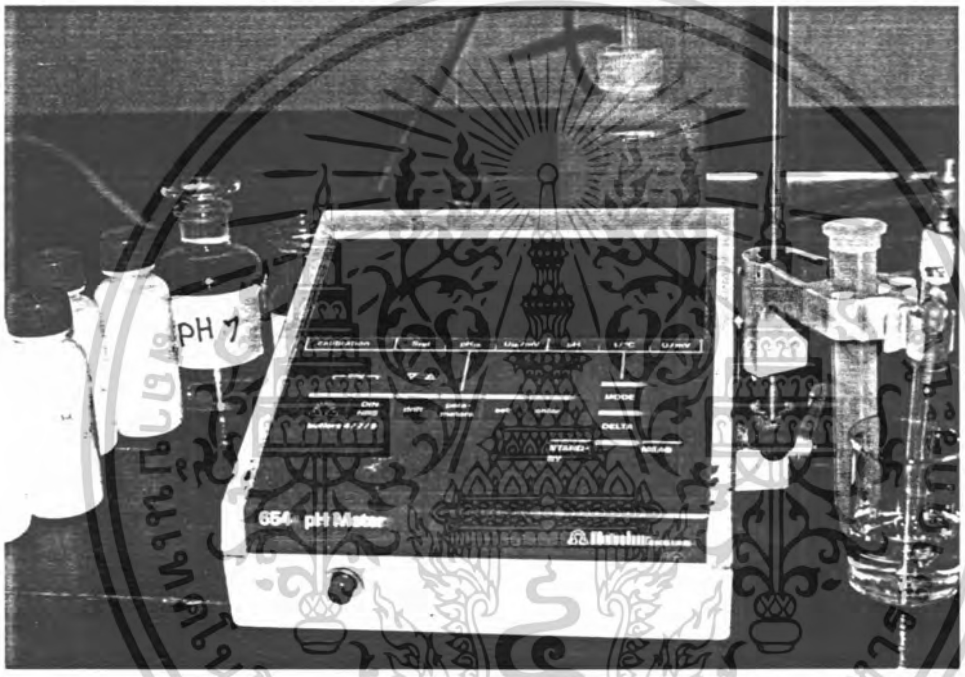
ภาพแสดงการสังเคราะห์พอลิเมอร์ลาเท็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



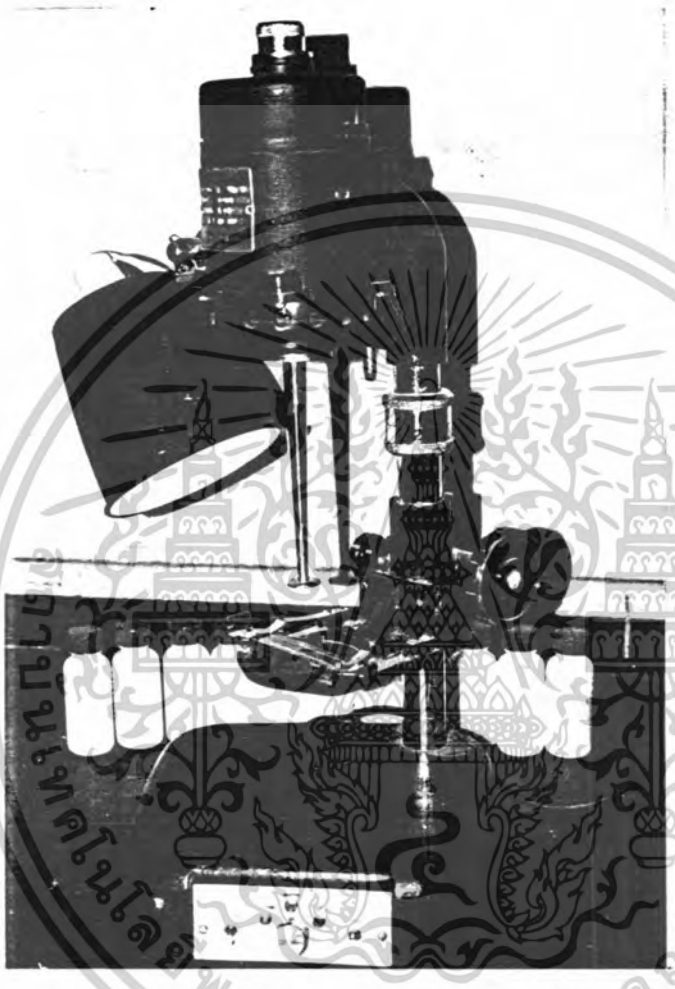
ภาพแสดงเครื่องมือวิเคราะห์หาความหนืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



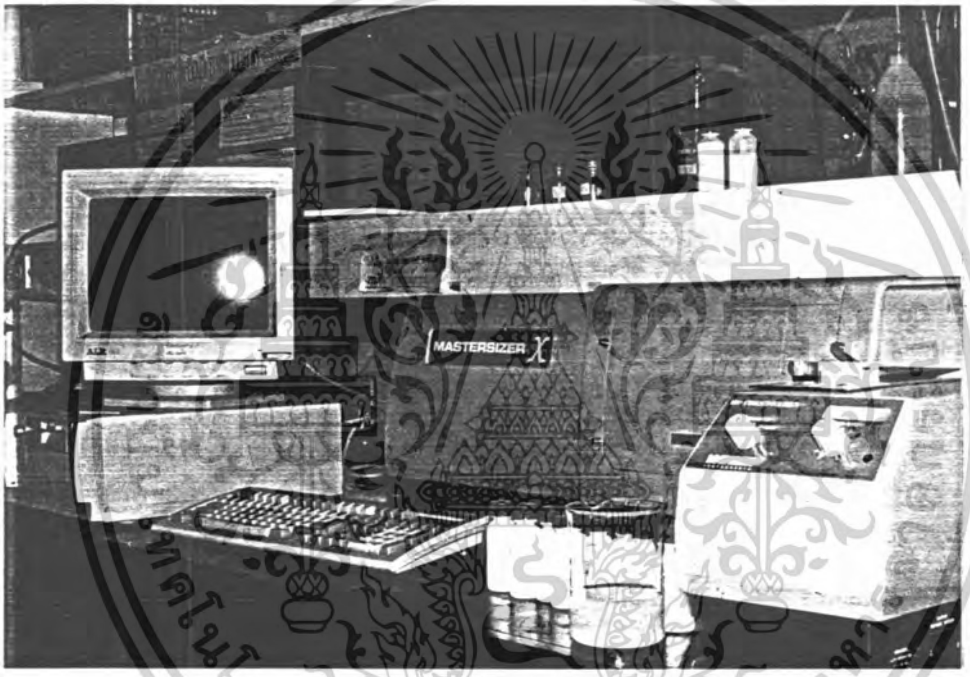
ภาพแสดงเครื่องมือวัดค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



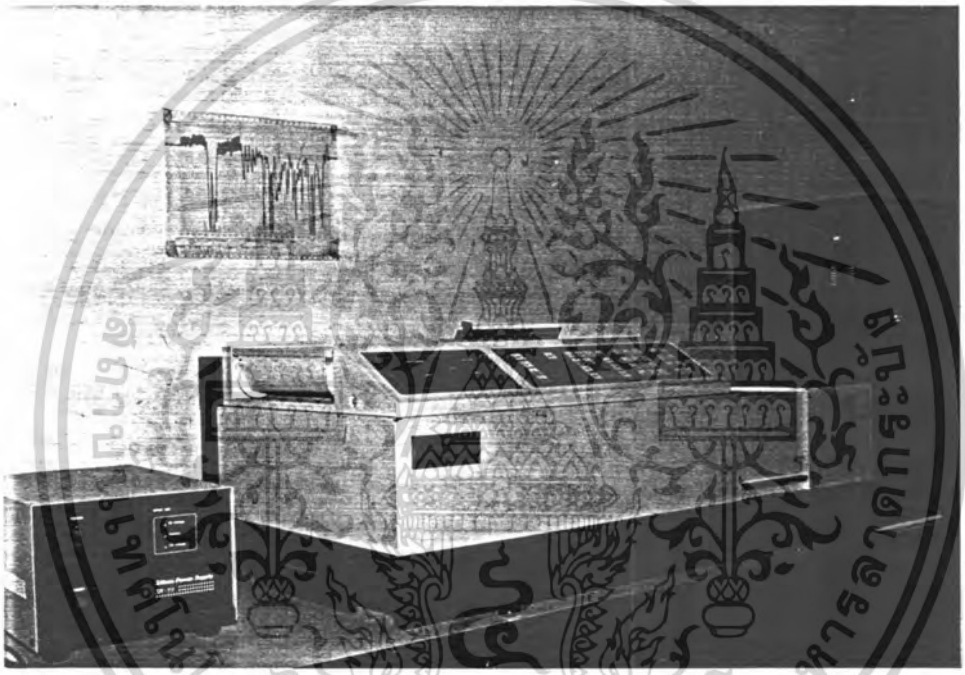
ภาพแสดงเครื่องมือทดสอบเสถียรภาพเชิงกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงเครื่องมือวิเคราะห์หาขนาดอนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพแสดงเครื่องมือ IR Spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Mon, Feb 3, 1997 3:29PM

LATEX :Run Number 31

วิธี DROP สูตรที่ 1
ปริมาณตัวริเริ่ม 6 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Mon, Feb 3, 1997 3:29PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

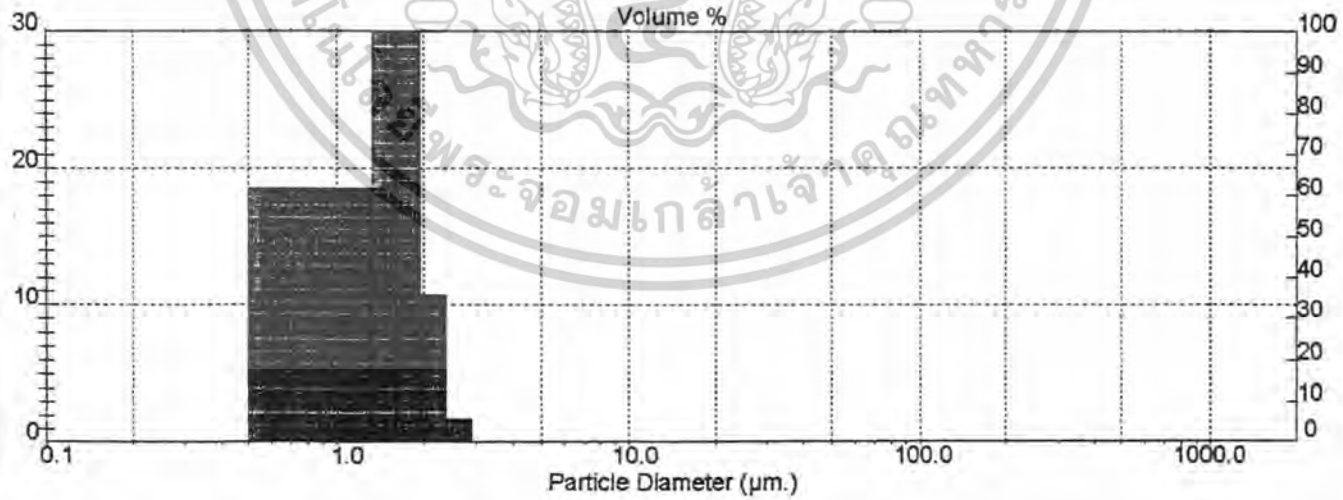
Residual = 0.936 %
d (0 .5) = 1.54 µm
D [4, 3] = 1.53 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.38 µm
Specific Surface Area = 4.3331 sq. m. / gm

Concentration = 0.005 %
d (0.1) = 1.24 µm
Span = 0.51

Obscuration = 23.01 %
d (0.9) = 2.03 µm

Mode = 1.51 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	18.62	1.32	18.62	25.46	0.00	31.01	100.00
1.32	38.67	1.60	57.29	31.01	0.00	37.79	100.00
1.60	30.04	1.95	87.33	37.79	0.00	46.03	100.00
1.95	10.78	2.38	98.12	46.03	0.00	56.09	100.00
2.38	1.79	2.90	99.91	56.09	0.00	68.33	100.00
2.90	0.09	3.53	100.00	68.33	0.00	83.26	100.00
3.53	0.00	4.30	100.00	83.26	0.00	101.44	100.00
4.30	0.00	5.24	100.00	101.44	0.00	123.59	100.00
5.24	0.00	6.39	100.00	123.59	0.00	150.57	100.00
6.39	0.00	7.78	100.00	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	0.00	9.48	100.00	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	0.00	11.55	100.00	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	0.00	14.08	100.00	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	0.00	17.15	100.00	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	0.00	20.90	100.00	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.00	25.46	100.00	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

03 Feb 97 15:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MASTERSIZER X

Version 1.1a

Fri, Feb 14, 1997 2:28PM

latex :Run Number 19

วิธี DROP สูตรที่ 2
ปริมาณตัวริเริ่ม 6 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Fri, Feb 14, 1997 2:28PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

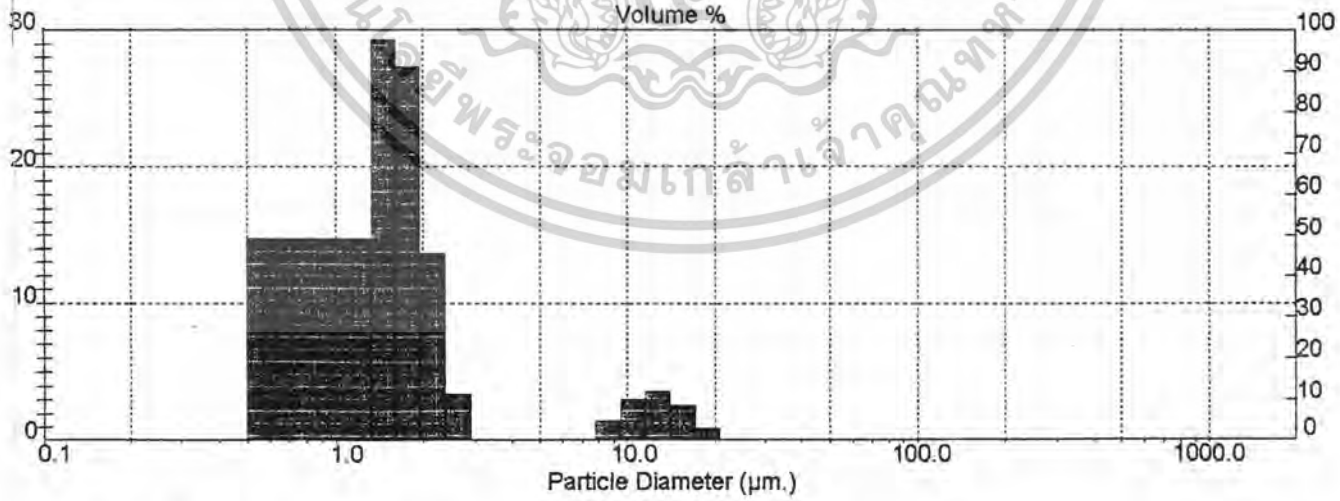
Residual = 3.745 %
d (0 .5) = 1.66 µm
D [4, 3] = 2.90 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.60 µm
Specific Surface Area = 3.7391 sq. m. / gm

Concentration = 0.005 %
d (0.1) = 1.27 µm
Span = 5.03

Obscuration = 21.26 %
d (0.9) = 9.64 µm

Mode = 1.54 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	14.81	1.32	14.81
1.32	29.18	1.60	43.99
1.60	27.25	1.95	71.24
1.95	13.64	2.38	84.88
2.38	3.39	2.90	88.27
2.90	0.12	3.53	88.38
3.53	0.00	4.30	88.38
4.30	0.00	5.24	88.38
5.24	0.00	6.39	88.38
6.39	0.03	7.78	88.41
7.78	1.40	9.48	89.81
9.48	3.02	11.55	92.83
11.55	3.59	14.08	96.42
14.08	2.58	17.15	99.00
17.15	0.93	20.90	99.93
20.90	0.07	25.46	100.00
25.46	0.00	31.01	100.00
31.01	0.00	37.79	100.00
37.79	0.00	46.03	100.00
46.03	0.00	56.09	100.00
56.09	0.00	68.33	100.00
68.33	0.00	83.26	100.00
83.26	0.00	101.44	100.00
101.44	0.00	123.59	100.00
123.59	0.00	150.57	100.00
150.57	0.00	183.44	100.00
183.44	0.00	223.51	100.00
223.51	0.00	272.31	100.00
272.31	0.00	331.77	100.00
331.77	0.00	404.21	100.00
404.21	0.00	492.47	100.00
492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

14 Feb 97 14:2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MASTERSIZER X

Version 1.1a

Thu, Feb 13, 1997 2:46PM

latex :Run Number 15

วิธี DROP สูตรที่ 3
ปริมาณตัวเติม 6 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Thu, Feb 13, 1997 2:45PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

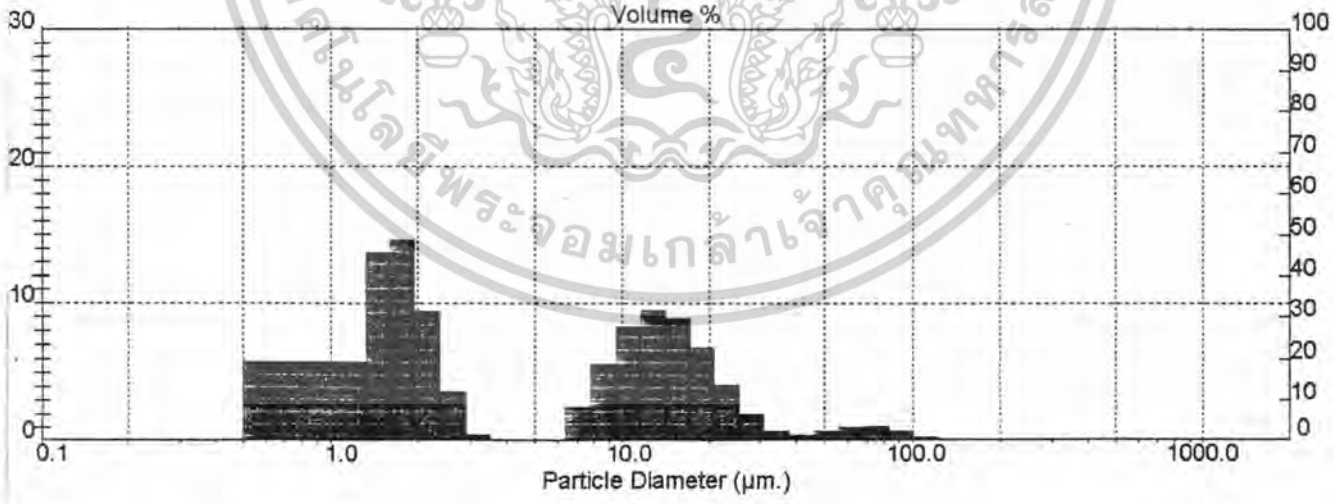
Residual = 0.937 %
d (0.5) = 7.78 µm
D [4, 3] = 10.82 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 2.90 µm
Specific Surface Area = 2.0667 sq. m. / gm

Concentration = 0.009 %
d (0.1) = 1.41 µm
Span = 2.61

Obscuration = 21.06 %
d (0.9) = 21.69 µm

Mode = 1.60 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	5.76	1.32	5.76	25.46	1.98	31.01	95.15
1.32	13.69	1.60	19.45	31.01	0.74	37.79	95.90
1.60	14.59	1.95	34.04	37.79	0.43	46.03	96.33
1.95	9.38	2.38	43.42	46.03	0.68	56.09	97.01
2.38	3.60	2.90	47.02	56.09	1.01	68.33	98.02
2.90	0.51	3.53	47.53	68.33	1.05	83.26	99.07
3.53	0.00	4.30	47.53	83.26	0.70	101.44	99.76
4.30	0.00	5.24	47.53	101.44	0.24	123.59	100.00
5.24	0.00	6.39	47.53	123.59	0.00	150.57	100.00
6.39	2.47	7.78	50.01	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	5.63	9.48	55.64	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	8.29	11.55	63.93	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	9.47	14.08	73.40	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	8.84	17.15	82.25	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	6.78	20.90	89.02	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	4.15	25.46	93.17	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

13 Feb 97 14:4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MASTERSIZER X

Version 1.1a

Thu, Feb 13, 1997 2:58PM

latex :Run Number 18

วิธี DROP สูตรที่ 4
ปริมาณตัวริเริ่ม 6 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Thu, Feb 13, 1997 2:57PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

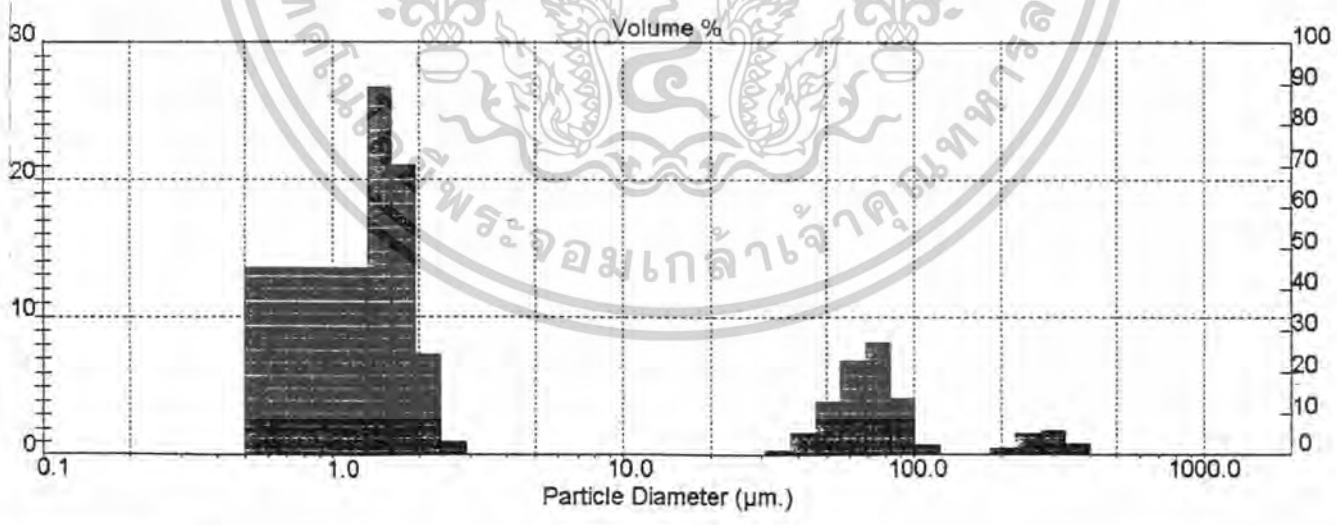
Residual = 2.445 %
d (0.5) = 1.73 µm
D[4,3] = 32.35 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.96 µm
Specific Surface Area = 3.0632 sq. m. / gm

Concentration = 0.006 %
d (0.1) = 1.28 µm
Span = 46.97

Obscuration = 21.92 %
d (0.9) = 82.50 µm

Mode = 1.50 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	13.53	1.32	13.53	25.46	0.00	31.01	69.51
1.32	26.64	1.60	40.17	31.01	0.39	37.79	69.90
1.60	21.06	1.95	61.24	37.79	1.70	46.03	71.60
1.95	7.23	2.38	68.47	46.03	3.87	56.09	75.47
2.38	1.01	2.90	69.48	56.09	6.77	68.33	82.24
2.90	0.03	3.53	69.51	68.33	8.07	83.26	90.31
3.53	0.00	4.30	69.51	83.26	4.15	101.44	94.46
4.30	0.00	5.24	69.51	101.44	0.77	123.59	95.23
5.24	0.00	6.39	69.51	123.59	0.00	150.57	95.24
6.39	0.00	7.78	69.51	150.57	0.00	183.44	95.24
7.78	0.00	9.48	69.51	183.44	0.52	223.51	95.76
9.48	0.00	11.55	69.51	223.51	1.56	272.31	97.33
11.55	0.00	14.08	69.51	272.31	1.81	331.77	99.14
14.08	0.00	17.15	69.51	331.77	0.86	404.21	100.00
17.15	0.00	20.90	69.51	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.00	25.46	69.51	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

13 Feb 97 14:5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER A

Version 1.1a

Fri, Feb 14, 1997 1:50PM

latex :Run Number 3

วิธี DROP สูตรที่ 5
ปริมาณตัวริเริ่ม 6 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Fri, Feb 14, 1997 1:46PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

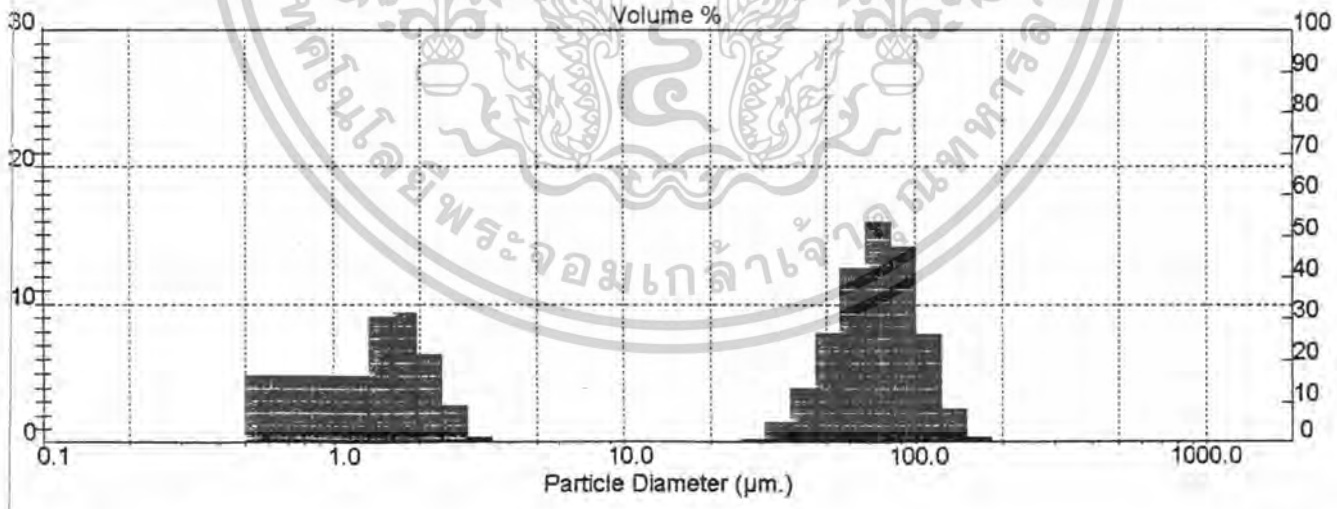
Residual = 3.202 %
d (0.5) = 59.79 µm
D [4, 3] = 52.55 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 4.41 µm
Specific Surface Area = 1.3598 sq. m. / gm

Concentration = 0.016 %
d (0.1) = 1.48 µm
Span = 1.69

Obscuration = 24.52 %
d (0.9) = 102.78 µm

Mode = 77.61 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	4.89	1.32	4.89	25.46	0.28	31.01	33.13
1.32	9.07	1.60	13.97	31.01	1.50	37.79	34.63
1.60	9.42	1.95	23.39	37.79	4.02	46.03	38.65
1.95	6.38	2.38	29.76	46.03	7.90	56.09	46.55
2.38	2.70	2.90	32.46	56.09	12.62	68.33	59.16
2.90	0.38	3.53	32.85	68.33	15.95	83.26	75.11
3.53	0.00	4.30	32.85	83.26	14.14	101.44	89.25
4.30	0.00	5.24	32.85	101.44	7.84	123.59	97.08
5.24	0.00	6.39	32.85	123.59	2.49	150.57	99.58
6.39	0.00	7.78	32.85	150.57	0.41	183.44	99.98
7.78	0.00	9.48	32.85	183.44	0.02	223.51	100.00
9.48	0.00	11.55	32.85	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	0.00	14.08	32.85	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	0.00	17.15	32.85	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	0.00	20.90	32.85	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.00	25.46	32.85	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

14 Feb 97 13:5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Fri, Feb 14, 1997 2:07PM

latex :Run Number 10

วิธี DROP สูตรที่ 6
ปริมาณตัวอย่าง 6 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Fri, Feb 14, 1997 2:07PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

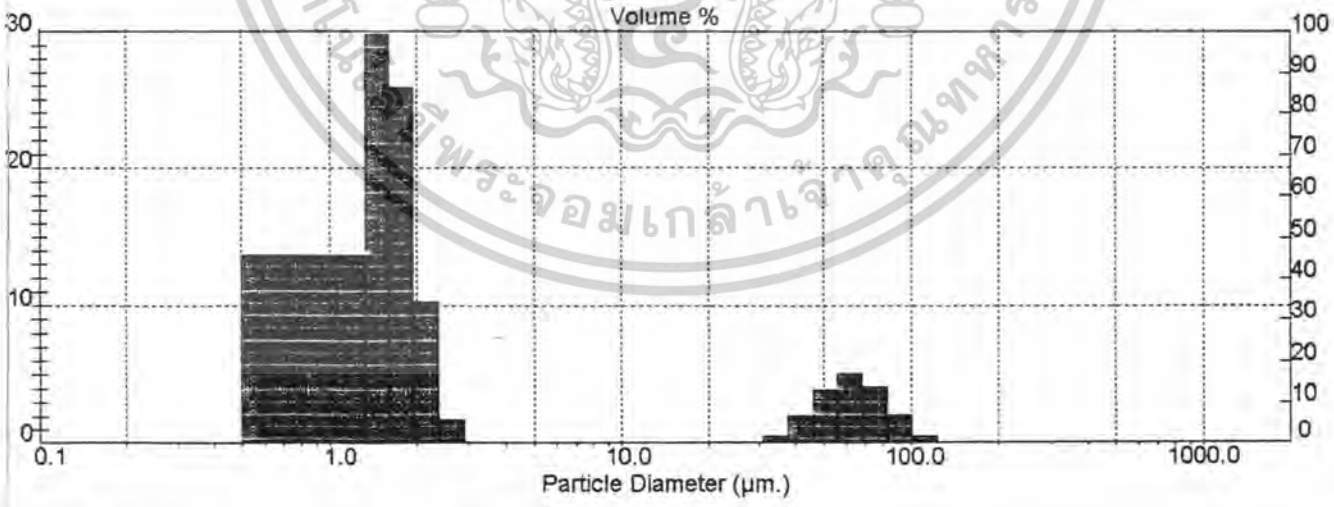
Residual = 2.920 %
d (0.5) = 1.67 µm
D [4, 3] = 13.23 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.73 µm
Specific Surface Area = 3.4692 sq. m. / gm

Concentration = 0.005 %
d (0.1) = 1.28 µm
Span = 35.54

Obscuration = 21.92 %
d (0.9) = 60.58 µm

Mode = 1.52 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	13.77	1.32	13.77	25.46	0.01	31.01	81.50
1.32	29.74	1.60	43.51	31.01	0.57	37.79	82.08
1.60	25.91	1.95	69.42	37.79	2.05	46.03	84.13
1.95	10.31	2.38	79.73	46.03	3.92	56.09	88.05
2.38	1.72	2.90	81.45	56.09	5.07	68.33	93.12
2.90	0.05	3.53	81.50	68.33	4.13	83.26	97.25
3.53	0.00	4.30	81.50	83.26	2.13	101.44	99.38
4.30	0.00	5.24	81.50	101.44	0.57	123.59	99.95
5.24	0.00	6.39	81.50	123.59	0.05	150.57	100.00
6.39	0.00	7.78	81.50	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	0.00	9.48	81.50	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	0.00	11.55	81.50	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	0.00	14.08	81.50	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	0.00	17.15	81.50	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	0.00	20.90	81.50	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.00	25.46	81.50	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

14 Feb 97 14:07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Thu, Feb 13, 1997 2:33PM

latex :Run Number 11

วิธีเติมสูตรที่ 1
ปริมาณตัวริเริ่ม 6 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Thu, Feb 13, 1997 2:32PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

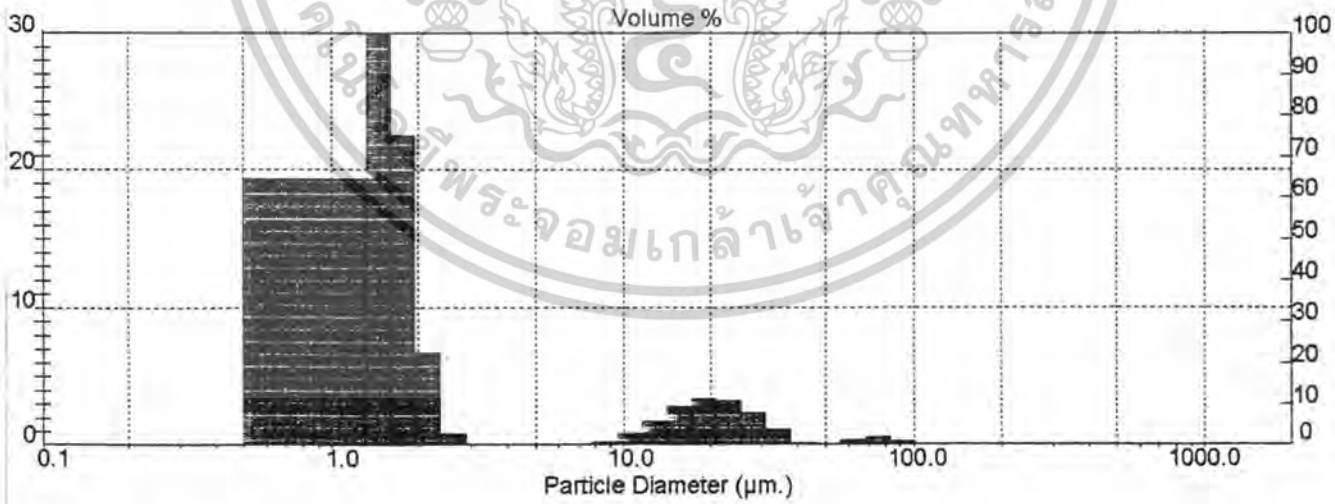
Residual = 1.705 %
d (0 .5) = 1.58 µm
D [4, 3] = 5.61 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.57 µm
Specific Surface Area = 3.8233 sq. m. / gm

Concentration = 0.005 %
d (0.1) = 1.22 µm
Span = 11.32

Obscuration = 22.12 %
d (0.9) = 19.06 µm

Mode = 1.47 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	19.46	1.32	19.46	25.46	2.35	31.01	97.21
1.32	33.05	1.60	52.50	31.01	1.14	37.79	98.35
1.60	22.47	1.95	74.98	37.79	0.20	46.03	98.55
1.95	6.71	2.38	81.69	46.03	0.00	56.09	98.56
2.38	0.85	2.90	82.54	56.09	0.38	68.33	98.94
2.90	0.02	3.53	82.57	68.33	0.66	83.26	99.60
3.53	0.00	4.30	82.57	83.26	0.35	101.44	99.95
4.30	0.00	5.24	82.57	101.44	0.05	123.59	100.00
5.24	0.00	6.39	82.57	123.59	0.00	150.57	100.00
6.39	0.00	7.78	82.57	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	0.25	9.48	82.82	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	0.87	11.55	83.69	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	1.76	14.08	85.45	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	2.77	17.15	88.22	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	3.40	20.90	91.62	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	3.24	25.46	94.86	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

13 Feb 97 14:3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Thu, Feb 13, 1997 2:10PM

latex :Run Number 4

วิธีเติมสูตรที่ 1
ปริมาณตัวริเริ่ม 12 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Thu, Feb 13, 1997 2:10PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

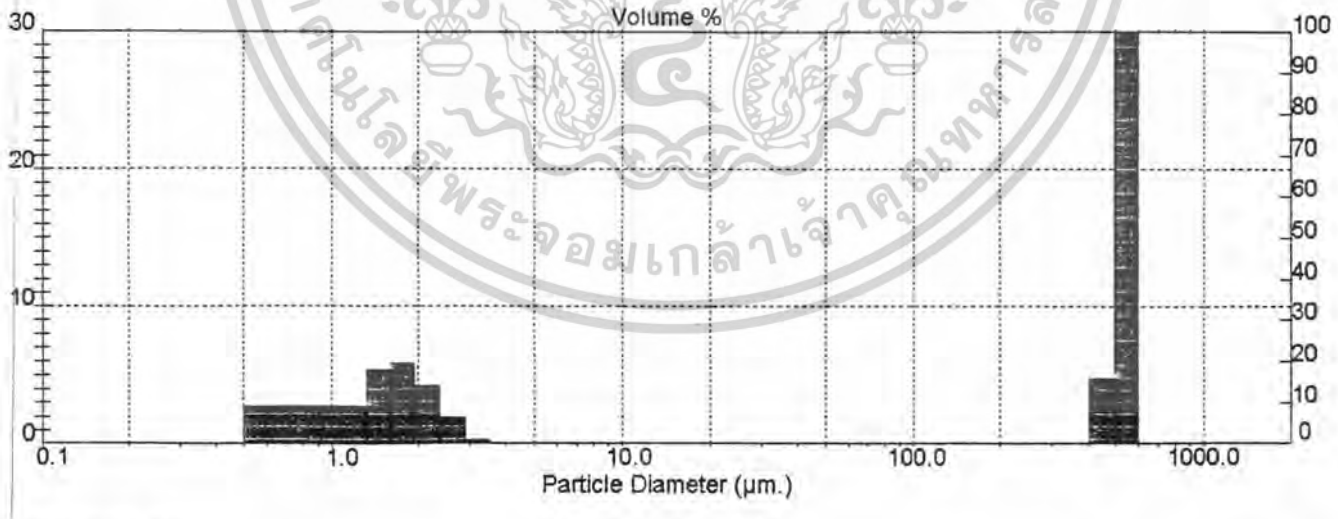
Residual = 17.858 %
d (0 .5) = 540.68 µm
D [4, 3] = 428.52 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 7.53 µm
Specific Surface Area = 0.7967 sq. m. / gm

Concentration = 0.023 %
d (0.1) = 1.70 µm
Span = 1.09

Obscuration = 21.48 %
d (0.9) = 588.51 µm

Mode = 1.62 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	2.74	1.32	2.74	25.46	0.00	31.01	20.36
1.32	5.35	1.60	8.09	31.01	0.00	37.79	20.36
1.60	5.84	1.95	13.93	37.79	0.00	46.03	20.36
1.95	4.20	2.38	18.13	46.03	0.00	56.09	20.36
2.38	1.91	2.90	20.04	56.09	0.00	68.33	20.36
2.90	0.32	3.53	20.36	68.33	0.00	83.26	20.36
3.53	0.00	4.30	20.36	83.26	0.00	101.44	20.36
4.30	0.00	5.24	20.36	101.44	0.00	123.59	20.36
5.24	0.00	6.39	20.36	123.59	0.00	150.57	20.36
6.39	0.00	7.78	20.36	150.57	0.00	183.44	20.36
7.78	0.00	9.48	20.36	183.44	0.00	223.51	20.36
9.48	0.00	11.55	20.36	223.51	0.00	272.31	20.36
11.55	0.00	14.08	20.36	272.31	0.03	331.77	20.38
14.08	0.00	17.15	20.36	331.77	0.05	404.21	20.44
17.15	0.00	20.90	20.36	404.21	5.26	492.47	25.70
20.90	0.00	25.46	20.36	492.47	74.30	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

13 Feb 97 14:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MASTERSIZER X

Version 1.1a

Tue, Feb 25, 1997 2:45PM

latex :Run Number 12

วิธีเตรียมสูตรที่ 1
ปริมาณตัวอย่าง 18 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Tue, Feb 25, 1997 2:44PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

Residual = 2.790 %
d (0 .5) = 1.66 µm
D [4, 3] = 3.42 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.63 µm
Specific Surface Area = 3.6820 sq. m. / gm

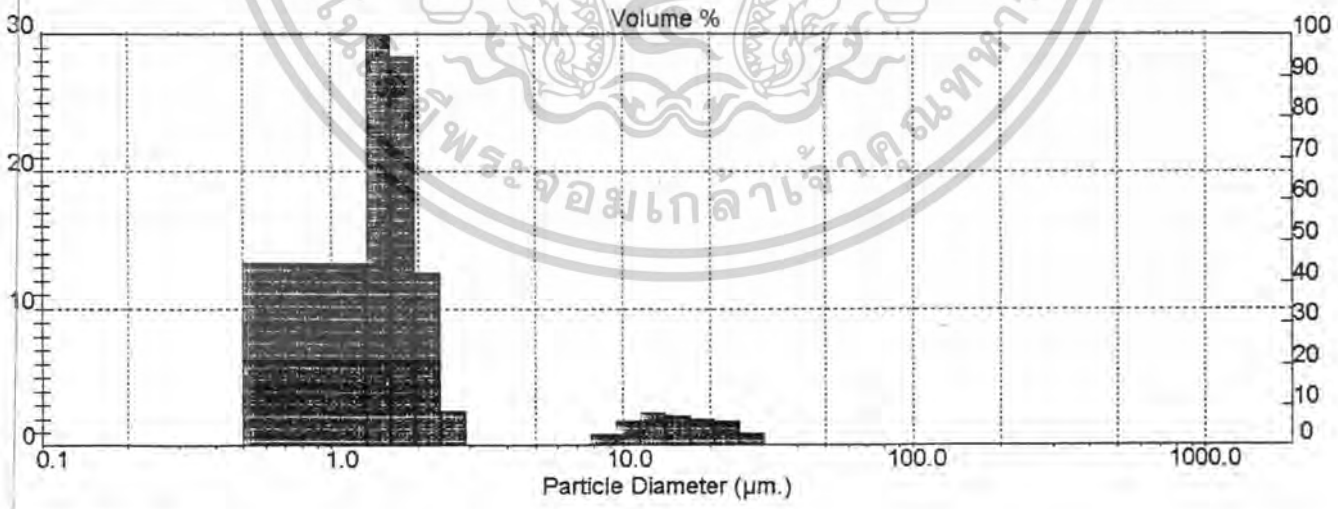
Concentration = 0.005 %
d (0.1) = 1.28 µm
Span = 5.85

Obscuration = 21.87 %
d (0.9) = 10.98 µm

Mode = 1.54 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	13.40	1.32	13.40
1.32	30.70	1.60	44.10
1.60	28.38	1.95	72.48
1.95	12.65	2.38	85.12
2.38	2.56	2.90	87.69
2.90	0.09	3.53	87.77
3.53	0.00	4.30	87.77
4.30	0.00	5.24	87.77
5.24	0.00	6.39	87.78
6.39	0.07	7.78	87.84
7.78	0.85	9.48	88.70
9.48	1.85	11.55	90.55
11.55	2.39	14.08	92.93
14.08	2.22	17.15	95.15
17.15	1.98	20.90	97.13
20.90	1.81	25.46	98.95

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
25.46	0.91	31.01	99.85
31.01	0.14	37.79	100.00
37.79	0.00	46.03	100.00
46.03	0.00	56.09	100.00
56.09	0.00	68.33	100.00
68.33	0.00	83.26	100.00
83.26	0.00	101.44	100.00
101.44	0.00	123.59	100.00
123.59	0.00	150.57	100.00
150.57	0.00	183.44	100.00
183.44	0.00	223.51	100.00
223.51	0.00	272.31	100.00
272.31	0.00	331.77	100.00
331.77	0.00	404.21	100.00
404.21	0.00	492.47	100.00
492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

25 Feb 97 14:4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Mon, Feb 3, 1997 3:10PM

LATEX :Run Number 23

วิธีเตรียมสูตรที่ 1
ปริมาณเตรียมเริ่ม 20 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Mon, Feb 3, 1997 3:10PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

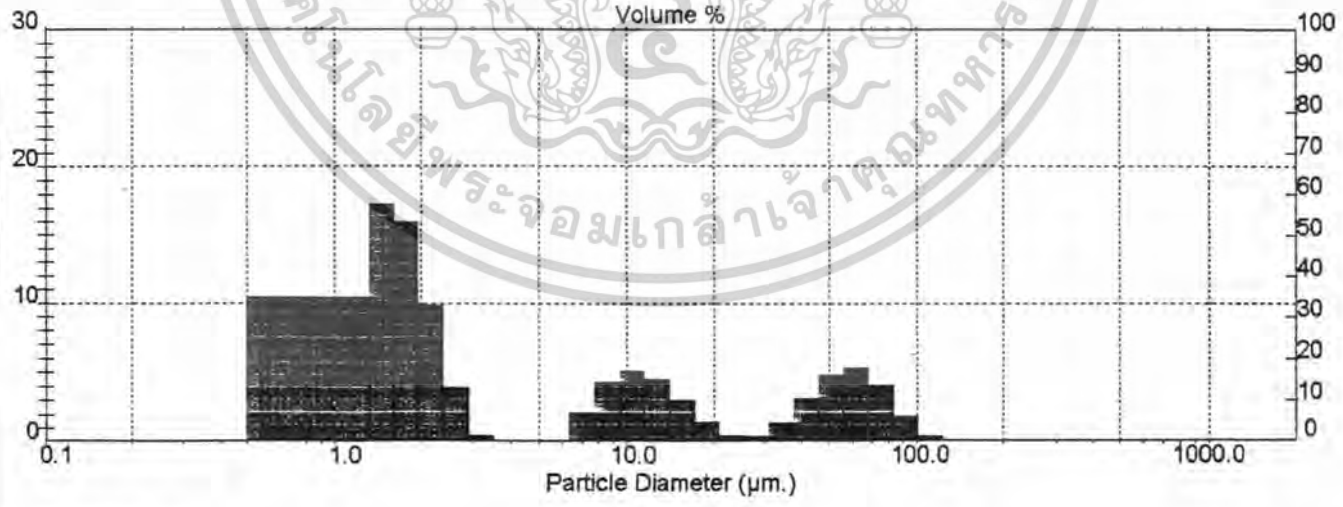
Residual = 1.769 %
d (0 .5) = 2.17 µm
D [4, 3] = 16.22 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 2.37 µm
Specific Surface Area = 2.5352 sq. m. / gm

Concentration = 0.008 %
d (0.1) = 1.31 µm
Span = 28.77

Obscuration = 23.47 %
d (0.9) = 59.50 µm

Mode = 1.52 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	10.47	1.32	10.47	25.46	0.38	31.01	79.14
1.32	17.21	1.60	27.68	31.01	1.37	37.79	80.51
1.60	15.94	1.95	43.62	37.79	3.10	46.03	83.61
1.95	9.83	2.38	53.45	46.03	4.77	56.09	88.38
2.38	3.89	2.90	57.34	56.09	5.33	68.33	93.72
2.90	0.50	3.53	57.83	68.33	4.04	83.26	97.76
3.53	0.00	4.30	57.83	83.26	1.81	101.44	99.57
4.30	0.00	5.24	57.83	101.44	0.40	123.59	99.97
5.24	0.00	6.39	57.84	123.59	0.03	150.57	100.00
6.39	2.14	7.78	59.97	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	4.27	9.48	64.24	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	5.11	11.55	69.36	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	4.45	14.08	73.81	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	3.01	17.15	76.82	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	1.48	20.90	78.30	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.45	25.46	78.75	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

03 Feb 97 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Mon, Feb 3, 1997 3:54PM

LATEX :Run Number 35

วิธีเติมสูตรที่ 1
ปริมาณดีอีเอ็ม 22 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Mon, Feb 3, 1997 3:53PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

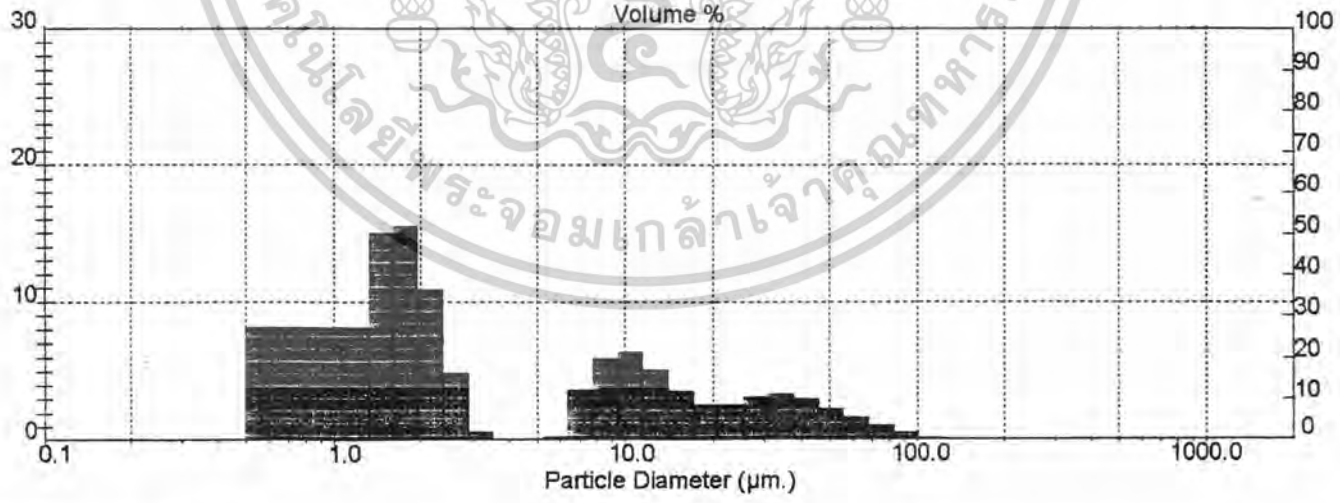
Residual = 1.819 %
d (0 .5) = 2.42 µm
D [4, 3] = 11.65 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 2.55 µm
Specific Surface Area = 2.3543 sq. m. / gm

Concentration = 0.008 %
d (0.1) = 1.36 µm
Span = 13.94

Obscuration = 22.31 %
d (0.9) = 35.05 µm

Mode = 1.58 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	8.14	1.32	8.14	25.46	3.06	31.01	87.95
1.32	14.92	1.60	23.06	31.01	3.29	37.79	91.24
1.60	15.49	1.95	38.55	37.79	2.96	46.03	94.20
1.95	10.84	2.38	49.39	46.03	2.30	56.09	96.51
2.38	4.88	2.90	54.27	56.09	1.64	68.33	98.15
2.90	0.67	3.53	54.94	68.33	1.08	83.26	99.23
3.53	0.00	4.30	54.94	83.26	0.56	101.44	99.79
4.30	0.02	5.24	54.96	101.44	0.18	123.59	99.97
5.24	0.27	6.39	55.23	123.59	0.03	150.57	100.00
6.39	3.58	7.78	58.81	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	5.91	9.48	64.72	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	6.36	11.55	71.08	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	5.10	14.08	76.18	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	3.53	17.15	79.71	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	2.60	20.90	82.31	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	2.58	25.46	84.89	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

03 Feb 97 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Mon, Feb 3, 1997 3:43PM

LATEX :Run Number 33

วิธีเตรียมสูตรที่ 1
ปริมาณวิธีเรียน 24 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Mon, Feb 3, 1997 3:40PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

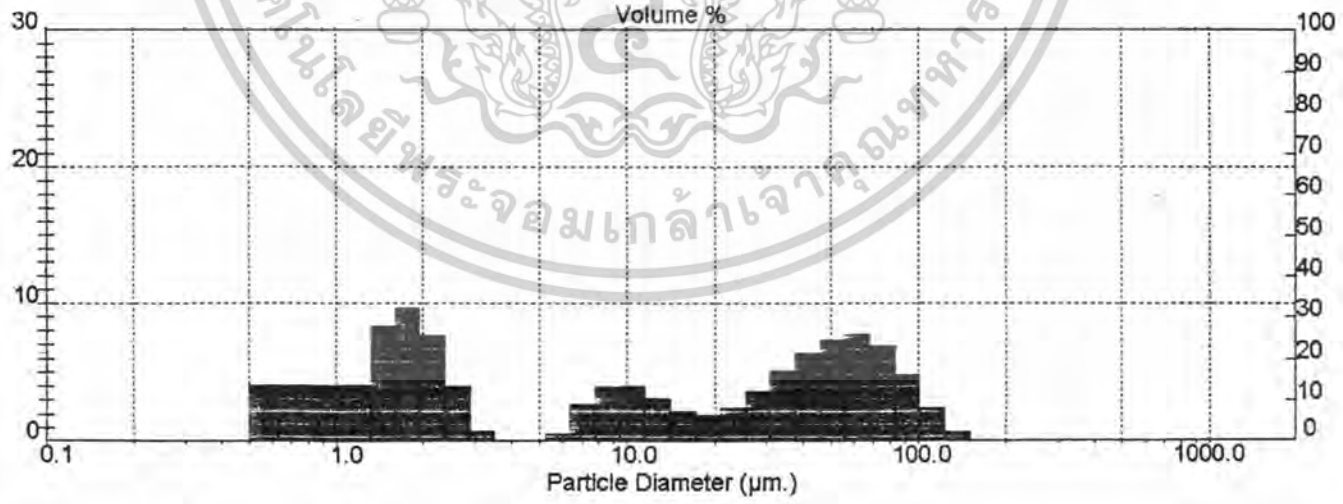
Residual = 1.469 %
d (0 .5) = 16.10 µm
D [4, 3] = 30.57 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 4.13 µm
Specific Surface Area = 1.4511 sq. m. / gm

Concentration = 0.013 %
d (0.1) = 1.52 µm
Span = 4.77

Obscuration = 22.63 %
d (0.9) = 78.25 µm

Mode = 1.69 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	4.05	1.32	4.05
1.32	8.30	1.60	12.35
1.60	9.61	1.95	21.97
1.95	7.61	2.38	29.58
2.38	3.98	2.90	33.56
2.90	0.79	3.53	34.34
3.53	0.00	4.30	34.34
4.30	0.00	5.24	34.35
5.24	0.53	6.39	34.88
6.39	2.62	7.78	37.50
7.78	3.90	9.48	41.40
9.48	3.95	11.55	45.35
11.55	3.08	14.08	48.43
14.08	2.21	17.15	50.64
17.15	1.93	20.90	52.57
20.90	2.45	25.46	55.02
25.46	3.62	31.01	58.64
31.01	5.05	37.79	63.68
37.79	6.36	46.03	70.05
46.03	7.35	56.09	77.40
56.09	7.71	68.33	85.11
68.33	6.87	83.26	91.98
83.26	4.81	101.44	96.79
101.44	2.41	123.59	99.19
123.59	0.73	150.57	99.92
150.57	0.08	183.44	100.00
183.44	0.00	223.51	100.00
223.51	0.00	272.31	100.00
272.31	0.00	331.77	100.00
331.77	0.00	404.21	100.00
404.21	0.00	492.47	100.00
492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

03 Feb 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Thu, Feb 13, 1997 12:40PM

LATEX :Run Number 21

วิธีเติมสูตรที่ 1
ปริมาณตัวอย่าง 26 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Thu, Feb 13, 1997 12:39PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

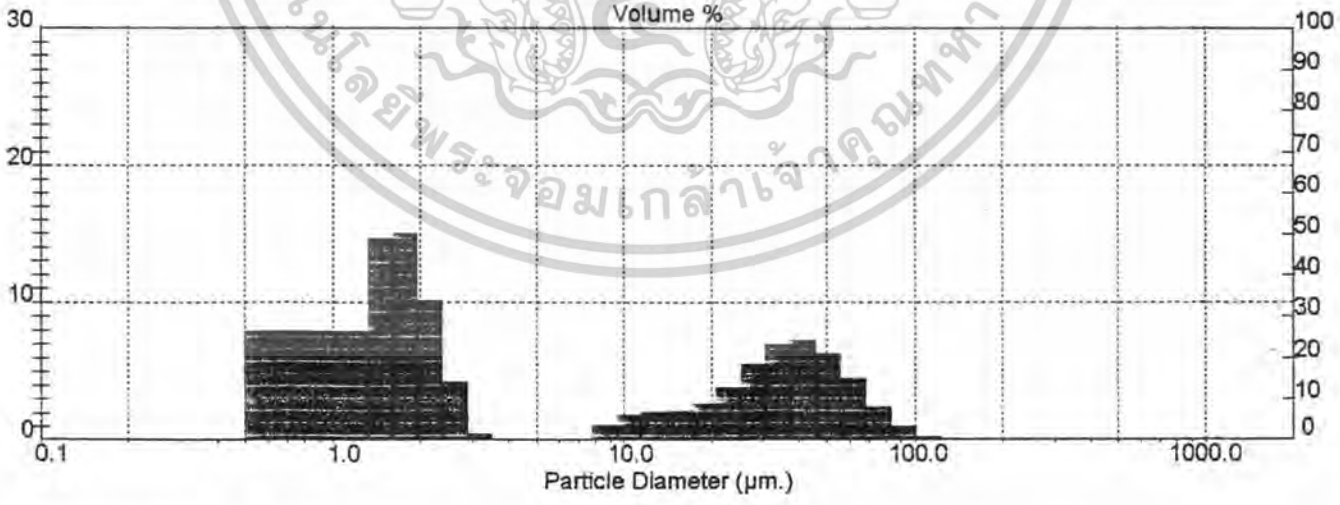
Residual = 2.128 %
d (0 ,5) = 2.62 µm
D [4, 3] = 19.06 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 2.74 µm
Specific Surface Area = 2.1884 sq. m. / gm

Concentration = 0.009 %
d (0.1) = 1.36 µm
Span = 19.58

Obscuration = 23.26 %
d (0.9) = 52.67 µm

Mode = 1.56 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	7.97	1.32	7.97
1.32	14.55	1.60	22.52
1.60	14.99	1.95	37.51
1.95	10.07	2.38	47.58
2.38	4.23	2.90	51.81
2.90	0.52	3.53	52.33
3.53	0.00	4.30	52.33
4.30	0.00	5.24	52.33
5.24	0.01	6.39	52.34
6.39	0.12	7.78	52.46
7.78	1.10	9.48	53.57
9.48	1.79	11.55	55.36
11.55	2.01	14.08	57.37
14.08	2.11	17.15	59.48
17.15	2.61	20.90	62.09
20.90	3.82	25.46	65.91
25.46	5.50	31.01	71.41
31.01	6.91	37.79	78.32
37.79	7.22	46.03	85.54
46.03	6.30	56.09	91.84
56.09	4.48	68.33	96.33
68.33	2.44	83.26	98.77
83.26	0.97	101.44	99.74
101.44	0.26	123.59	100.00
123.59	0.00	150.57	100.00
150.57	0.00	183.44	100.00
183.44	0.00	223.51	100.00
223.51	0.00	272.31	100.00
272.31	0.00	331.77	100.00
331.77	0.00	404.21	100.00
404.21	0.00	492.47	100.00
492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

13 Feb 97 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Thu, Feb 13, 1997 11:57AM

LATEX :Run Number 14

วิธีเติมสูตรที่ 2
ปริมาณตัวริเริ่ม 26 กรัม

Source: Analysed

Measured on: Thu, Feb 13, 1997 11:49AM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

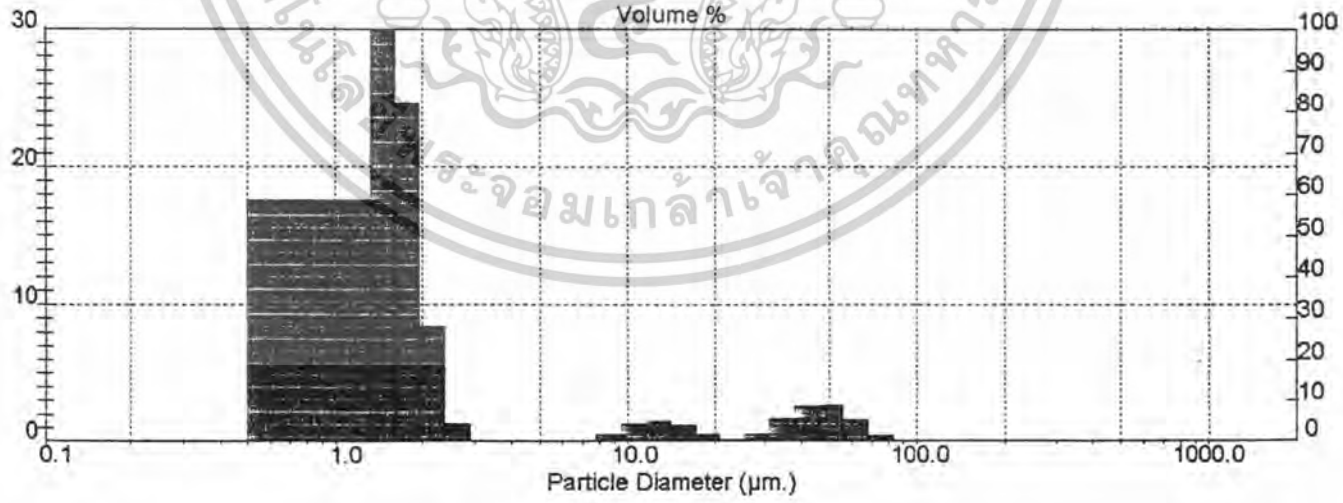
Residual = 1.506 %
d (0 .5) = 1.59 µm
D [4, 3] = 6.52 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.58 µm
Specific Surface Area = 3.8040 sq. m. / gm

Concentration = 0.005 %
d (0.1) = 1.24 µm
Span = 10.76

Obscuration = 21.07 %
d (0.9) = 18.39 µm

Mode = 1.48 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	17.61	1.32	17.61
1.32	33.05	1.60	50.65
1.60	24.62	1.95	75.28
1.95	8.44	2.38	83.72
2.38	1.31	2.90	85.03
2.90	0.05	3.53	85.08
3.53	0.00	4.30	85.08
4.30	0.00	5.24	85.08
5.24	0.00	6.39	85.08
6.39	0.01	7.78	85.09
7.78	0.58	9.48	85.67
9.48	1.27	11.55	86.94
11.55	1.54	14.08	88.48
14.08	1.24	17.15	89.72
17.15	0.57	20.90	90.29
20.90	0.16	25.46	90.45
25.46	0.57	31.01	91.02
31.01	1.64	37.79	92.66
37.79	2.58	46.03	95.24
46.03	2.62	56.09	97.86
56.09	1.62	68.33	99.48
68.33	0.47	83.26	99.95
83.26	0.04	101.44	100.00
101.44	0.00	123.59	100.00
123.59	0.00	150.57	100.00
150.57	0.00	183.44	100.00
183.44	0.00	223.51	100.00
223.51	0.00	272.31	100.00
272.31	0.00	331.77	100.00
331.77	0.00	404.21	100.00
404.21	0.00	492.47	100.00
492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

13 Feb 97 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Tue, Feb 25, 1997 2:56PM

latex :Run Number 15

วิธีเติมสูตรที่ 3
ปริมาณตัวริเวิ่ม 26 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Tue, Feb 25, 1997 2:56PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Residual = 1.858 %
d (0 .5) = 1.78 µm
D [4, 3] = 9.77 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 2.01 µm
Specific Surface Area = 2.9913 sq. m. / gm

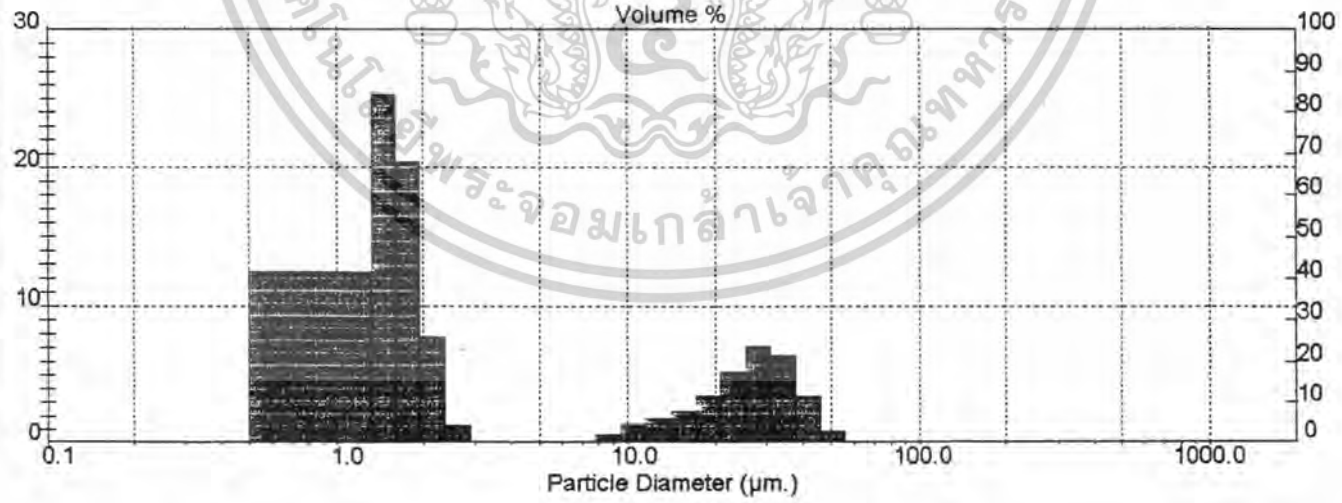
Concentration = 0.006 %
d (0.1) = 1.29 µm
Span = 17.08

Focus = 300 mm.

Obscuration = 22.09 %
d (0.9) = 31.63 µm

Mode = 1.50 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	12.52	1.32	12.52	25.46	7.04	31.01	89.28
1.32	25.19	1.60	37.71	31.01	6.39	37.79	95.67
1.60	20.40	1.95	58.11	37.79	3.40	46.03	99.06
1.95	7.78	2.38	65.89	46.03	0.85	56.09	99.92
2.38	1.32	2.90	67.21	56.09	0.08	68.33	100.00
2.90	0.04	3.53	67.25	68.33	0.00	83.26	100.00
3.53	0.00	4.30	67.25	83.26	0.00	101.44	100.00
4.30	0.00	5.24	67.25	101.44	0.00	123.59	100.00
5.24	0.01	6.39	67.26	123.59	0.00	150.57	100.00
6.39	0.04	7.78	67.30	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	0.66	9.48	67.95	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	1.35	11.55	69.31	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	1.85	14.08	71.16	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	2.36	17.15	73.52	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	3.47	20.90	76.99	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	5.24	25.46	82.23	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

25 Feb 97 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Thu, Feb 13, 1997 12:18PM

LATEX :Run Number 16

จิ๋วเติมสูตรที่ 4
ปริมาณตัวอย่าง 26 กรัม

Source: Analysed

Measured on: Thu, Feb 13, 1997 12:16PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

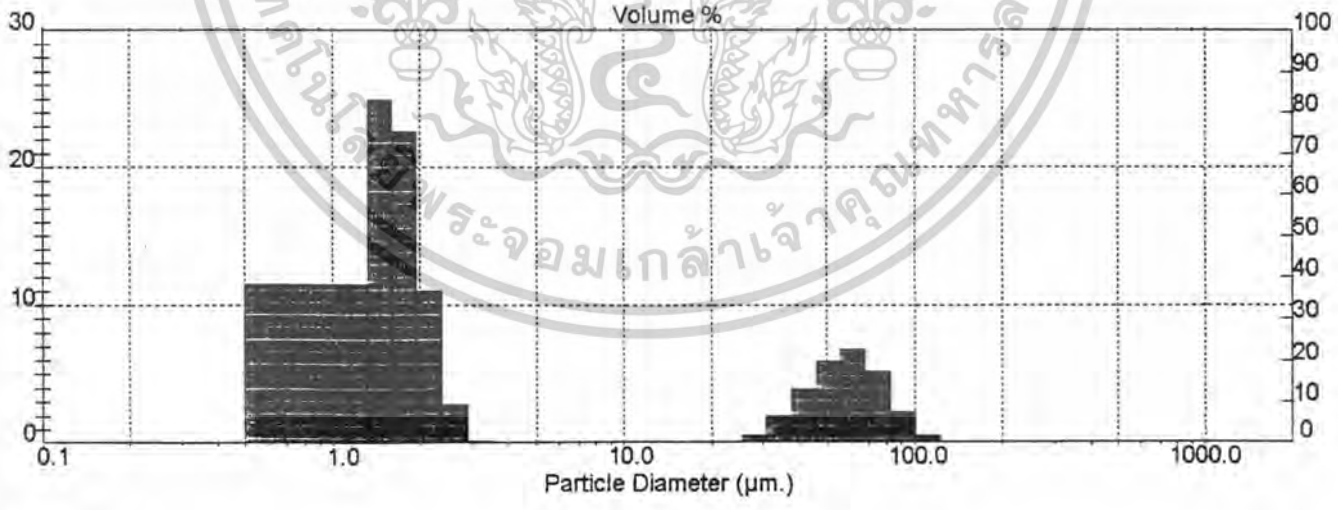
Residual = 2.280 %
d (0 .5) = 1.79 µm
D [4, 3] = 17.45 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.97 µm
Specific Surface Area = 3.0461 sq. m. / gm

Concentration = 0.006 %
d (0.1) = 1.30 µm
Span = 35.37

Obscuration = 22.48 %
d (0.9) = 64.44 µm

Mode = 1.53 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	11.53	1.32	11.53	25.46	0.52	31.01	73.47
1.32	24.81	1.60	36.35	31.01	1.94	37.79	75.41
1.60	22.60	1.95	58.95	37.79	3.92	46.03	79.33
1.95	11.02	2.38	69.97	46.03	5.87	56.09	85.20
2.38	2.78	2.90	72.75	56.09	6.76	68.33	91.96
2.90	0.19	3.53	72.94	68.33	5.18	83.26	97.14
3.53	0.00	4.30	72.94	83.26	2.28	101.44	99.42
4.30	0.00	5.24	72.94	101.44	0.52	123.59	99.95
5.24	0.00	6.39	72.94	123.59	0.05	150.57	100.00
6.39	0.00	7.78	72.94	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	0.00	9.48	72.94	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	0.00	11.55	72.94	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	0.00	14.08	72.94	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	0.00	17.15	72.94	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	0.00	20.90	72.94	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.01	25.46	72.94	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

13 Feb 97 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MALVERN MASTERSIZER X

Version 1.1a

Tue, Feb 25, 1997 2:29PM

latex :Run Number 8

วิธีเติมสูตรที่ 5
ปริมาณตัวอย่าง 26 กรัม

Source: Analysed

Measured on: Tue, Feb 25, 1997 2:29PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

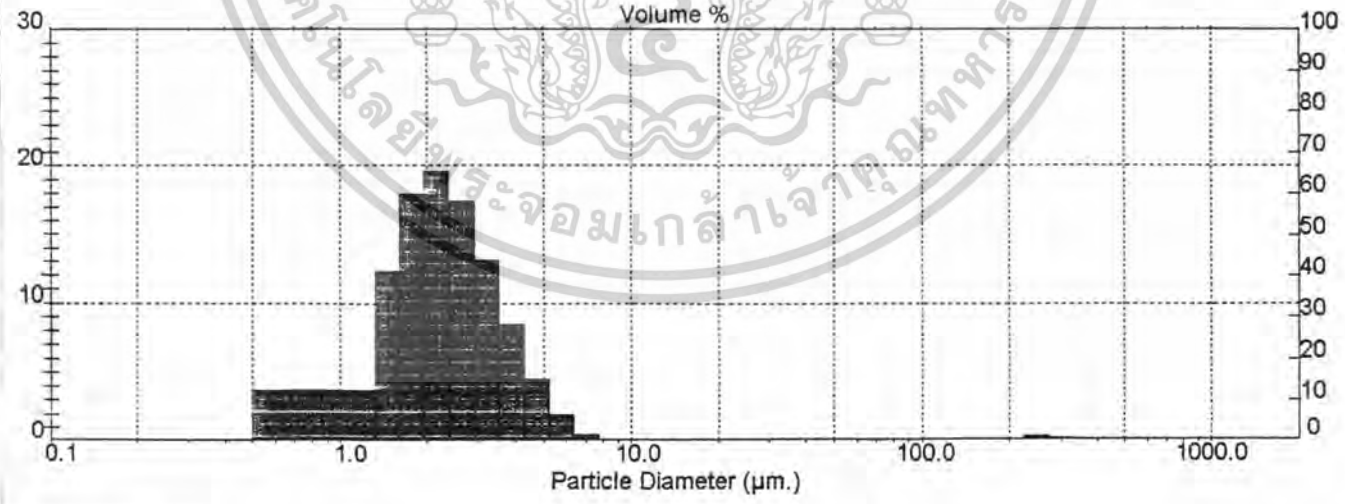
Residual = 0.524 %
d (0 ,5) = 2.30 µm
D [4, 3] = 4.04 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 2.15 µm
Specific Surface Area = 2.7843 sq. m. / gm

Concentration = 0.006 %
d (0.1) = 1.48 µm
Span = 1.11

Obscuration = 20.75 %
d (0.9) = 4.03 µm

Mode = 2.10 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	3.68	1.32	3.68	25.46	0.02	31.01	99.31
1.32	12.26	1.60	15.93	31.01	0.03	37.79	99.35
1.60	17.93	1.95	33.86	37.79	0.06	46.03	99.40
1.95	19.52	2.38	53.38	46.03	0.00	56.09	99.40
2.38	17.40	2.90	70.78	56.09	0.00	68.33	99.40
2.90	13.13	3.53	83.91	68.33	0.00	83.26	99.41
3.53	8.39	4.30	92.30	83.26	0.01	101.44	99.41
4.30	4.52	5.24	96.82	101.44	0.00	123.59	99.41
5.24	1.94	6.39	98.76	123.59	0.00	150.57	99.41
6.39	0.51	7.78	99.28	150.57	0.00	183.44	99.42
7.78	0.01	9.48	99.28	183.44	0.12	223.51	99.54
9.48	0.00	11.55	99.28	223.51	0.30	272.31	99.84
11.55	0.00	14.08	99.28	272.31	0.16	331.77	100.00
14.08	0.00	17.15	99.28	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	0.00	20.90	99.28	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.01	25.46	99.29	492.47	0.00	600.00	100.00



Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

25 Feb 97 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MASTERSIZER X

Version 1.1a

Fri, Feb 14, 1997 2:59PM

latex :Run Number 25

วิธีเตรียมสูตรที่ 6
ปริมาณตัวอย่าง 26 กรัม.

Source: Analysed

Measured on: Fri, Feb 14, 1997 2:56PM

Presentation: (2OHD) 1.330, 1.530 + i 0.10000
Polydisperse model

Volume Result

Focus = 300 mm.

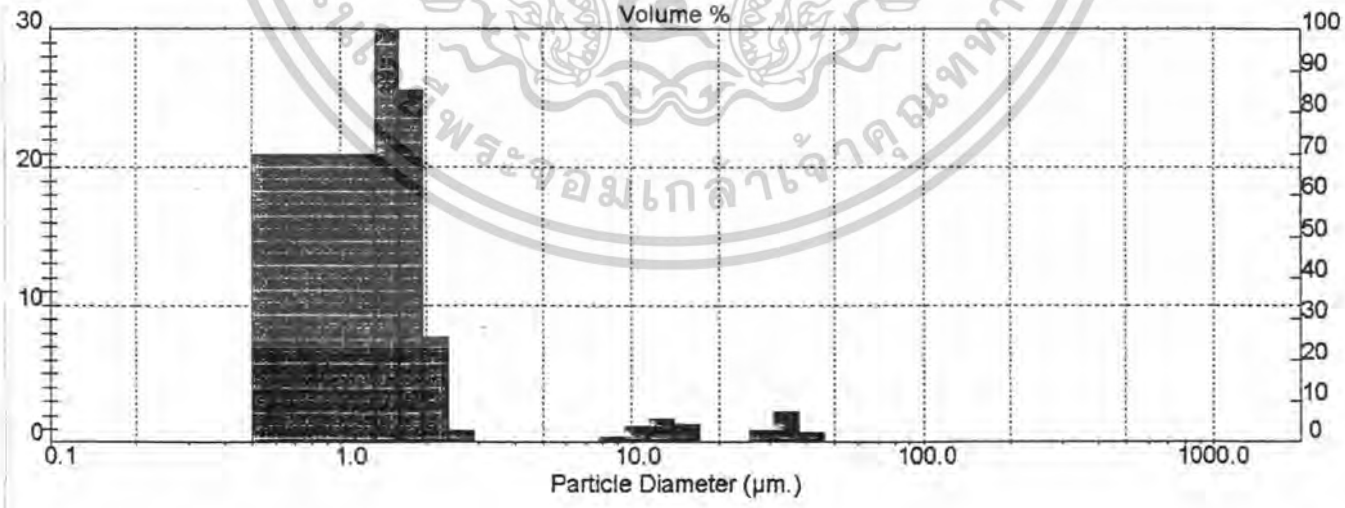
Residual = 2.838 %
d (0 .5) = 1.54 µm
D [4, 3] = 3.32 µm
Sauter Mean (D[3,2]) = 1.44 µm
Specific Surface Area = 4.1689 sq. m. / gm

Concentration = 0.005 %
d (0.1) = 1.22 µm
Span = 0.72

Obscuration = 23.82 %
d (0.9) = 2.33 µm

Mode = 1.48 µm
Density = 1.00 gm. / c.c.

Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %	Size (Lo) µm	Result In %	Size (Hi) µm	Result Below %
0.50	20.97	1.32	20.97	25.46	0.93	31.01	96.92
1.32	35.96	1.60	56.94	31.01	2.25	37.79	99.18
1.60	25.60	1.95	82.53	37.79	0.78	46.03	99.95
1.95	7.75	2.38	90.28	46.03	0.05	56.09	100.00
2.38	0.92	2.90	91.20	56.09	0.00	68.33	100.00
2.90	0.02	3.53	91.21	68.33	0.00	83.26	100.00
3.53	0.00	4.30	91.21	83.26	0.00	101.44	100.00
4.30	0.00	5.24	91.21	101.44	0.00	123.59	100.00
5.24	0.00	6.39	91.21	123.59	0.00	150.57	100.00
6.39	0.01	7.78	91.22	150.57	0.00	183.44	100.00
7.78	0.46	9.48	91.68	183.44	0.00	223.51	100.00
9.48	1.21	11.55	92.88	223.51	0.00	272.31	100.00
11.55	1.74	14.08	94.63	272.31	0.00	331.77	100.00
14.08	1.31	17.15	95.94	331.77	0.00	404.21	100.00
17.15	0.03	20.90	95.97	404.21	0.00	492.47	100.00
20.90	0.02	25.46	95.99	492.47	0.00	600.00	100.00

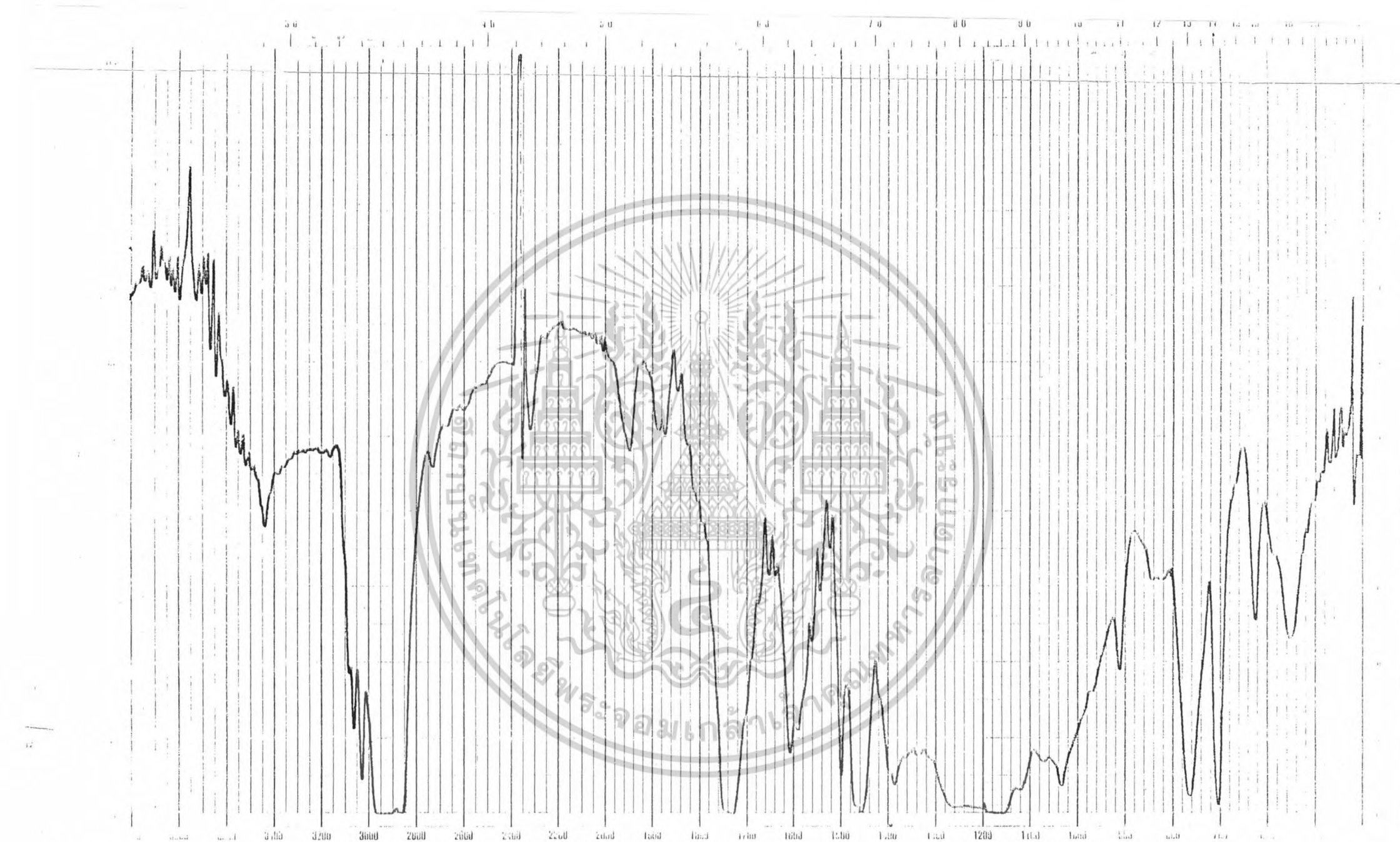


Malvern Instruments Ltd.
Malvern, U.K.

MasterSizer X Ver. 1.1a
Serial No. 6209

14 Feb 97 14:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



		SCAN SPEED	SAMPLE	SAMPLING-METHOD	CONCENTRATION	REMARKS
				CELL-LENGTH	SOLVENT	

เอกสารอ้างอิง

1) Athey , Robert D. Emulsion Polymer Technology, 1 st ed. pp. 1-188 , Marcel Dekker , California , 1991.

2) Wang , J.-L. and Favstritrsky , N.A., "Journal of Coating" , 68(533) , 41-48 (1996)

3) Polytechnic Institute of Brooklyn , Encyclopedia of Polymer Science and Technology , volume 5 , p.801-856.

4) Polytechnic Institute of Newyork , Encyclopedia of Chemical Technical , volume 14 , p.82-97

5) Odian , G. Principles of Polymerization , 3rd ed., pp. 335-355 , New York, 1993.

6) Robert D. Athey , Jr. Emulsion Polymer Technology , 1rd ed., pp.1-259, New York,1991

7) Wang , J.-L. and Favstrisky , N.A. "Flame-Retardanct Brominated Styrene-Based Polymer. IX. Dibromostyrene-Based Latexs" Journal of coatings Technology. 68(1996) : 41-47.

8) Lea , L. Anderson and Wilfried M. Bronwer " Initiators For Water-Based Acrylate Emulsion Polymerization" Journal of Coatings Technology. 68(1996) :75-79.

9) Mathew J.Ballard , Robert G. Gilbert and Donald H. Napper "Propagation Rate Coefficiencts from Electron Spin Resonance Studies of the Emulsion Polymerization of Methyl Methacrylate , II , Molecular Weights. Journal of Polymer Science , 29(1991) :1231-1242.

10) Pichet Tangpanyarat , "Industrial Production Graft Copolymerization Process of Vinyl Monomers on Natural Rubber" (Tesis) , Department of Chemistry , Faculty of science , King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang , 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้