

การเตรียมสารชิลิกาไลต์เพื่อใช้แยกไอโซเมอร์ของไซลีน



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่..... ปีการศึกษา 2541
เลขทะเบียน..... 33989
....., เดือน, ปี 27 ก.ย. 2542

Preparation of Silicalite Materials for the Separation of Xylene Isomers



A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Bachelor of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การเตรียมสารซิลิกาไลต์เพื่อใช้แยกไอโซเมอร์ของไซลีน
โดย นางสาวปวีณา แสงทองอโณทัย
นางสาวสิริลักษณ์ พงศ์อัครกุล
นางสาวสุปราณี กนกวรรณจรัส
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.อรวรรณ ชัยลภากุล¹
ดร.ตะวัน สุขน้อย²

1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....กรรมการ
(ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

.....กรรมการ
(ดร.อรวรรณ ชัยลภากุล)

.....กรรมการ
(ดร.ตะวัน สุขน้อย)

.....กรรมการ
(อ.สันติ วัฒนานุสรณ์)

.....กรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ (อ.รินฤดี เบญจางค์ประเสริฐ) ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง การเตรียมสารซิลิกาไลต์เพื่อใช้แยกไอโซเมอร์ของไซลีน

โดย นางสาวปวีณา แสงทองอโณทัย

นางสาวสิริลักษณ์ พงศ์อัครกุล

นางสาวสุปราณี กนกวรรณจรัส

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.อรวรรณ ชัยลภากุล¹

ดร.ตะวัน สุขน้อย²

1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปริญญาโท

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การแยกไอโซเมอร์ของไซลีน โดยใช้ซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ พบว่าเมื่อใช้แพคคอลัมน์ลำดับการแยกของไอโซเมอร์ของไซลีน คือ m-xylene, p-xylene และ o-xylene ตามลำดับ แต่ในคาปิลลารีคอลัมน์พบว่าลำดับการแยกเป็น p-xylene, m-xylene และ o-xylene ตามลำดับ จากการทดลองเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ และอัตราการไหลของก๊าซพา พบว่าในแพคคอลัมน์จะไม่สามารถทำการแยก p-xylene และ o-xylene ออกจากกันได้ ส่วนในคาปิลลารีคอลัมน์ ไม่สามารถทำการแยก p-xylene และ m-xylene ออกจากกันได้อย่างชัดเจน จากการทดลองทั้งในแพคคอลัมน์และคาปิลลารีคอลัมน์ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ และอัตราการไหลของก๊าซพา ค่ารีเทนชันไทม์มีแนวโน้มลดลง ทั้งในช่วงอุณหภูมิต่ำ (50, 70 และ 80 องศาเซลเซียส) และช่วงอุณหภูมิสูง (150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title Preparation of Silicalite Materials for the Separation of Xylene Isomers

By Ms. Paveena Sangthonganothai

Ms. Siriluk Pongakarakun

Ms. Supranee Kanoekwanjamrus

Advisor Asst.Prof.Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum

Co-Advisor Dr. Orawon Chailapakul¹

Dr. Tawan Sooknoi²

1. Department of Chemistry, Faculty of Science, Chulalongkorn University
2. Department of Chemistry, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

Separation of xylene isomers by using the packed column of silicalite, the order of separation is m-xylene, p-xylene and o-xylene, however, in the case of the capillary column the order is p-xylene, m-xylene and o-xylene. By varying the temperature, heating rate and the flow rate of the carrier gas, it is found that p-xylene and o-xylene could not be separated by the packed column; p-xylene and m-xylene could not be separated completely by the capillary column. Both packed column and capillary column when temperature, heating rate and flow rate of the carrier gas increased, the retention time decreased at both low and high temperatures.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้ สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการให้คำแนะนำ จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านดังนี้

ดร. ชีรวัดน์ มงคลอัสวรัตน์

คณบดี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คุณ ปริญญา วรรณวานิชชัย

คุณ สมบูรณ์ศักดิ์ สุทธิอรุณรัตน์ บริษัท ทีพีไอ โพลีเอทรีเลท จำกัด

รศ.ดร. วราภรณ์ เนตรอ่อน

อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์เคมี คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดร. ประกอบ กิจไชยา

อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดร. ตะวัน สุขน้อย

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญานิพนธ์

ดร. อรวรรณ ชัยลภากุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปริญญานิพนธ์

ผศ.ดร. อัญชลีพร วรวิทวัสดี

หล่อทองคำ

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่กรุณาเอื้อเฟื้อและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่อง

Scanning Electron Microscope (SEM)

อนึ่ง ยังมีบุคคลที่มีพระคุณอีกหลายท่านนอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ผู้จัดทำขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นางสาวปวีณา แสงทองอโณทัย

นางสาวสิริลักษณ์ พงศ์อัครกุล

นางสาวสุปราณี กนกวรรณจำรัส

1 เมษายน 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฉ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของปริญญาานิพนธ์.....	2
1.2 ขอบเขตของปริญญาานิพนธ์.....	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญาานิพนธ์.....	3
2. ทฤษฎีและหลักการ.....	4
2.1 ซีโอไลต์ (Zeolites).....	4
2.2 การแบ่งประเภทของซีโอไลต์.....	6
2.2.1 แบ่งตามการเกิด.....	6
2.2.2 แบ่งตามโครงสร้าง.....	6
2.3 ชนิดของซีโอไลต์.....	13
2.4 สมบัติของซีโอไลต์.....	16
2.5 การสังเคราะห์ซีโอไลต์.....	17
2.5.1 Hydrogel process.....	17
2.5.2 Clay conversion process.....	17
2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ซีโอไลต์โดยวิธี Hydrogel process.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 2.6.1 วัสดุอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินา (Si/Al ratio) ขนาดใหม่ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2	ความเป็นกรด-เบส (pH).....	19
2.6.3	อุณหภูมิและความดัน.....	20
2.6.4	ระยะเวลาของการเกิดผลึก.....	22
2.6.5	สารประกอบเทมเพลท (Template compound).....	24
2.7	ประโยชน์และการประยุกต์ใช้งานซีโอไลต์.....	28
2.7.1	การใช้ซีโอไลต์สำหรับเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออน.....	28
2.7.2	การใช้ซีโอไลต์สำหรับเป็นตัวดูดซับ.....	30
2.7.3	การใช้ซีโอไลต์สำหรับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา.....	31
2.8	ซิติกาไลต์.....	34
2.9	แก๊สโครมาโตกราฟี.....	36
2.10	ประเภทของแก๊สโครมาโตกราฟี.....	37
2.10.1	การแบ่งตามลักษณะของเฟส.....	38
2.10.2	การแบ่งตามลักษณะของการแยก.....	38
2.11	ทฤษฎีทางโครมาโตกราฟี.....	39
2.11.1	ทฤษฎีเกี่ยวกับเฟส (Plate theory).....	39
2.11.2	ทฤษฎีเกี่ยวกับอัตราความเร็ว (Rate theory).....	41
2.12	ประสิทธิภาพของคอลัมน์ที่สภาวะที่เหมาะสมที่สุด (Optimization of column efficiency).....	44
2.13	การแยก (Resolution).....	45
2.14	การประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรม.....	47
2.14.1	การวิเคราะห์ทางคุณภาพ.....	47
2.14.2	การวิเคราะห์ทางปริมาณ.....	48
2.15	องค์ประกอบของแก๊สโครมาโตกราฟี.....	50
2.15.1	ก๊าซพา (Carrier gas).....	50
2.15.2	บริเวณช่องฉีดสาร (Injection port).....	51
2.15.3	คอลัมน์ (Column).....	51
2.15.4	ดีเทคเตอร์ (Detectors).....	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ ภายใต้อะไรก็ตามโดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2.16	การโปรแกรมอุณหภูมิ (Temperature programming).....	57
2.16.1	การโปรแกรมอุณหภูมิคงที่ (Isothermal Temperature หรือ Nature หรือ Ballistic temperature program).....	57
2.16.2	การโปรแกรมอุณหภูมิแบบขั้นบันได หรือแบบเชิงเส้น (Stair-case programming หรือ Linear programming).....	58
2.16.3	การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงซ้อน (Multi-linear temperature programming).....	58
3.	ขั้นตอนการทดลอง	60
3.1	ขั้นตอนการทดลอง.....	60
3.2	วิธีการทดลอง.....	60
3.2.1	การสังเคราะห์ซิลิกาไลต์.....	60
3.2.2	การตรวจสอบสมบัติต่างๆ ของซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้.....	64
3.2.3	ขั้นตอนการอัดเม็ดและคัดขนาด.....	64
3.2.4	ขั้นตอนการบรรจุคอลัมน์.....	64
3.2.5	การหาลักษณะและปัจจัยที่มีผลต่อการแยกไอโซเมอร์ของไซลีน.....	65
4.	ผลการทดลอง.....	67
4.1	การสังเคราะห์ซิลิกาไลต์.....	67
4.2	การวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของซิลิกาไลต์.....	67
4.2.1	X-ray Diffraction.....	67
4.2.2	Scanning Electron Microscope.....	67
4.2.3	Thermal Gravimetric Analysis.....	67
4.2.4	X-ray Fluorescence.....	67
4.3	การอัดเม็ดและการคัดขนาดซิลิกาไลต์.....	68
4.4	การบรรจุคอลัมน์ด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้.....	68
4.5	ผลการวิเคราะห์การแยกไอโซเมอร์ของไซลีน.....	68
4.5.1	คอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ (Packed column).....	68
4.5.2	คาปิลลารีคอลัมน์ ชนิด DB-WAX.....	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.6 ที่การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การแยกไอโซเมอร์ของไซลีน 101
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1	คอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ (Packed column).....	101
4.6.2	คาปิลลารีคอลัมน์ ชนิด DB-WAX.....	119
5.	สรุป วิเคราะห์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	123
5.1	สรุปผลการทดลอง.....	123
5.2	วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	124
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	125
6.	รายการอ้างอิง.....	132
7.	ภาคผนวก.....	133
7.1	ภาคผนวก ก ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการสังเคราะห์ ซิลิกาไลต์และตารางการสังเคราะห์.....	ก-1
7.2	ภาคผนวก ข ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Diffraction.....	ข-1
7.3	ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope.....	ค-1
7.4	ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Thermal Gravimetric Analysis ...	ง-1
7.5	ภาคผนวก จ ข้อมูลดิบจากการวิเคราะห์ด้วยแก๊สโครมาโตกราฟี.....	จ-1
7.6	ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence.....	ฉ-1
7.7	ภาคผนวก ช รูปแสดงอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง.....	ช-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	แสดงประเภทหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ.....	8
ตารางที่ 2.2	แสดงตัวอย่างของซีโอไลต์ที่มีโครงสร้างทุติยภูมิทั้ง 7 กลุ่ม.....	8
ตารางที่ 2.3	แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบวงออกซิเจนเดี่ยว...14	
ตารางที่ 2.4	แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบวงออกซิเจนคู่.....15	
ตารางที่ 2.5	แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบ 4-1.....15	
ตารางที่ 2.6	แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบ 5-1.....16	
ตารางที่ 2.7	แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบ 4-4-1.....16	
ตารางที่ 2.8	แสดงซีโอไลต์ในรูปกรดแบ่งตามอัตราส่วนระหว่างซิลิกาต่ออลูมินา (Si/Al).....18	
ตารางที่ 2.9	แสดงระบบของไอออนบวกสำหรับการสังเคราะห์ซีโอไลต์.....25	
ตารางที่ 2.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอออนบวกที่ใช้ในการสังเคราะห์กับโครงสร้างของซีโอไลต์.....26	
ตารางที่ 2.11	แสดงไอออนบวกที่มีความเฉพาะเจาะจงกับโครงสร้างทุติยภูมิของซีโอไลต์.....27	
ตารางที่ 2.12	แสดงขนาดรูพรุนของซีโอไลต์ชนิดต่าง ๆ.....30	
ตารางที่ 2.13	แสดงประเภทของโครมาโตกราฟีที่แบ่งลักษณะตามเฟส.....38	
ตารางที่ 4.1	แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที่ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียสต่อนาที.....68	
ตารางที่ 4.2	แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที่ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียสต่อนาที.....69	
ตารางที่ 4.3	แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที่ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียสต่อนาที.....69	
ตารางที่ 4.4	แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที่ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียสต่อนาที.....70	
ตารางที่ 4.5	แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที่ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียสต่อนาที.....70	

เอกสารนี้เป็นเอกสาร 15 มิลลิลิตร/นาที่ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียสต่อนาที.....70
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 175 องศาเซลเซียส.....	87
ตารางที่ 4.21	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 200 องศาเซลเซียส.....	87
ตารางที่ 4.22	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 225 องศาเซลเซียส.....	88
ตารางที่ 4.23	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 250 องศาเซลเซียส.....	88
ตารางที่ 4.24	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน และเฮกเซน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส/นาที.....	94
ตารางที่ 4.25	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส/นาที.....	95
ตารางที่ 4.26	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 15 องศาเซลเซียส/นาที.....	95
ตารางที่ 4.27	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที.....	96
ตารางที่ 4.28	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 0.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที....	96
ตารางที่ 4.29	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที.....	97
ตารางที่ 4.30	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที....	97
ตารางที่ 4.31	แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 15 องศาเซลเซียส/นาที.....	98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32	แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาทิตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ มีอัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทิตามลำดับ.....	101
ตารางที่ 4.33	แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทิตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการไหลของก๊าซพา มีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาทิตามลำดับ	102
ตารางที่ 4.34	แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 60, 70, 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาทิต.....	103
ตารางที่ 4.35	แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 70, 80, 150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาทิต.....	104
ตารางที่ 4.36	แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทิตตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการไหลของก๊าซพา มีอุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ.....	104
ตารางที่ 4.37	แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีนที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตร/นาทิตตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาทิต.....	119
ตารางที่ 4.38	แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีนที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส/นาทิตตามลำดับ และมีอัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาทิต.....	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1	แสดงโครงสร้างของซิลิกอน-ออกซิเจน เตตระอีตรอล $[SiO_4]^{4-}$	4
รูปที่ 2.2	แสดงโครงสร้าง 2 มิติของอลูมิโนซิลิเกต.....	5
รูปที่ 2.3	แสดงหน่วยโครงสร้างปฐมภูมิ.....	7
รูปที่ 2.4	แสดงหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ.....	7
รูปที่ 2.5	แสดงหน่วยโครงสร้างตติยภูมิ.....	10
รูปที่ 2.6	แสดงลักษณะของหน่วยโครงสร้างของซีโอไลต์.....	10
รูปที่ 2.7	แสดงลักษณะการรวมตัวเป็นโครงสร้างของซีโอไลต์ Y และ ซีโอไลต์ A.....	11
รูปที่ 2.8	แสดงลักษณะโครงสร้างแบบโพรง (ก) ซีโอไลต์ A และ (ข) ซีโอไลต์ X และ Y...	12
รูปที่ 2.9	แสดงลักษณะโครงสร้างแบบช่องของ ZSM-11 และ ZSM-5.....	13
รูปที่ 2.10	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเป็นเบสและอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินา ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์.....	19
รูปที่ 2.11	กราฟแสดงระยะเวลาการตกผลึกและปริมาณการตกผลึกโดยอาศัยการดูดซับ ก๊าซไนโตรเจนของซีโอไลต์เมื่อทำการสังเคราะห์ซีโอไลต์ที่ระดับค่าความเป็น กรด-เบสต่าง ๆ กัน.....	20
รูปที่ 2.12	แสดงความสัมพันธ์ของอลูมินาและซิลิกาในรูปของเจลกับอุณหภูมิที่ใช้ใน การสังเคราะห์ซีโอไลต์.....	21
รูปที่ 2.13	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการตกผลึกกับเวลาในการสังเคราะห์ เมื่อใช้อุณหภูมิในการสังเคราะห์แตกต่างกัน.....	20
รูปที่ 2.14	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและชนิดของซีโอไลต์กับระยะเวลา ในการเกิดผลึกของซีโอไลต์ที่เปลี่ยนแปลงไป.....	22
รูปที่ 2.15	กราฟแสดงอัตราการเกิดผลึกเมื่อเวลาผ่านไปโดย (1) ไม่มี Aging (2) และ (3) มี Aging 1 และ 2 วัน ตามลำดับ.....	23
รูปที่ 2.16	แสดงการจัดเรียงตัวของ TPA ในโครงสร้างของ ZSM-5.....	28
รูปที่ 2.17	แสดงการดูดประจุบนโครงสร้างซีโอไลต์โดย Na^+	29
รูปที่ 2.18	แสดงการดูดประจุบนโครงสร้างซีโอไลต์โดย Ca^{2+}	29

รูปที่ 2.19	แสดงการคูณประจุบนโครงสร้างซีโอไลต์โดย H^+	30
รูปที่ 2.20	แสดงการเลือกนอร์มอลพาราฟินและไอโซพาราฟินของซีโอไลต์ Erionite.....	31
รูปที่ 2.21	แสดงชนิดของความเฉพาเจาะจงต่อรูปร่างที่ถูกคัดเลือก และที่เกิดขึ้น ในซีโอไลต์.....	33
รูปที่ 2.22 (ก)	แสดงลักษณะโครงสร้างทางเรขาคณิตของซิลิกาไลต์ในทิศทางของช่องหลัก.....	35
รูปที่ 2.22 (ข)	แสดงหน่วยโครงสร้างทศนิยมแบบ 12 เตตระฮีดรา.....	35
รูปที่ 2.22 (ค)	แสดงระบบช่องทางอุโมงค์ของซิลิกาไลต์.....	35
รูปที่ 2.23	แสดงองค์ประกอบที่สำคัญและลำดับการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี...	37
รูปที่ 2.24	การคำนวณค่าพลาตทางทฤษฎี.....	40
รูปที่ 2.25	แสดงการเกิดการแพร่แบบเอ็ดดี้ (Eddy diffusion).....	42
รูปที่ 2.26	แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า H สัมพันธ์กับความเร็วของก๊าซ, u หรือ Van Deemter plot.....	43
รูปที่ 2.27	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า H กับ $1/u$ เป็น Rate theory equation plot....	44
รูปที่ 2.28	แสดงการหาค่า W_{IR} และ W_u จากโครมาโตกราฟีที่ไม่สมมาตร.....	46
รูปที่ 2.29	แสดง Packed column.....	52
รูปที่ 2.30	แสดง Capillary column.....	54
รูปที่ 2.31	แสดง Wheatstone Bridge circuit ที่ใช้ร่วมกับ Thermal conductivity cell.....	56
รูปที่ 2.32	แสดงการวิเคราะห์ด้วยการโปรแกรมอุณหภูมิคงที่.....	58
รูปที่ 2.33	แสดงการวิเคราะห์ด้วยการโปรแกรมอุณหภูมิแบบขั้นบันได.....	58
รูปที่ 4.1	แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ในช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....	73
รูปที่ 4.2	แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ในช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....	74

- รูปที่ 4.3 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โพรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....75
- รูปที่ 4.4 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โพรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....76
- รูปที่ 4.5 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โพรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....77
- รูปที่ 4.6 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โพรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....78
- รูปที่ 4.7 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โพรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปที่ 4.8 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....80
- รูปที่ 4.9 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene, และ (ง) m-xylene.....81
- รูปที่ 4.10 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของคอลัมน์ 200 องศาเซลเซียส.....89
- รูปที่ 4.11 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 60 (ค) 70 (ง) 80 และ(จ) 100องศาเซลเซียส91
- รูปที่ 4.12 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 (ง) 150 (จ) 175 (ฉ) 200 (ช) 225 และ (ซ) 250 องศาเซลเซียส92
- รูปที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์ของสารผสมระหว่างเฮกเซนกับสารผสมของ m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราการไหลของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที และมี อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ10 องศาเซลเซียส/นาที โดยสารผสมของ m-xylene, o-xylene และ p-xylene มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น (ก) 1:1:1 (ข) 1:1:2 (ค) 1:2:1 และ (ง) 2:1:1 ตามลำดับ.....99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.14 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 5 (ข) 15 และ (ง) 25 มิลลิลิตร/นาที่ ที่อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที่ ของสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1.....105

รูปที่ 4.15 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 5 (ข) 15 และ (จ) 25 มิลลิลิตร/นาที่ ที่อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที่ ของสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1.....106

รูปที่ 4.16 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 5 (ข) 15 และ (ฉ) 25 มิลลิลิตร/นาที่ ที่อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที่ ของสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1.....107

รูปที่ 4.17 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (ก) 2 (ข) 3 และ (ค) 5 องศาเซลเซียส/นาที่ ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที่ ของสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1.....108

รูปที่ 4.18 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (ก) 2 (ข) 3 และ (ค) 5 องศาเซลเซียส/นาที่ ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที่ ของสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1.....109

รูปที่ 4.19 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (ก) 2 (ข) 3 และ (ค) 5 องศาเซลเซียส/นาที่ ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที่ ของสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1.....110

รูปที่ 4.20 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที่ อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 60 (ค) 70 (ง) 80 และ (จ) 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารของสภาฯ ตามลำดับ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.21	แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 (ง) 150 (จ) 175 (ฉ) 200 (ช) 225 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ.....	113
รูปที่ 4.22	แสดงการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 และ (ง) 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ.....	115
รูปที่ 4.23	แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส/นาที ที่อัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 0.5 (ข) 1 (ค) 1.5 และ (ง) 2 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ.....	120
รูปที่ 4.24	แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (ก) 10 (ข) 15 และ (ค) 20 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ.....	122
รูปที่ 5.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ m-xylene จากตารางที่ 4.32 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที.....	126
รูปที่ 5.2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ p-xylene จากตารางที่ 4.32 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที.....	127
รูปที่ 5.3	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ m-xylene จากตารางที่ 4.33 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 2.5 มิลลิลิตร/นาที.....	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 : ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ p-xylene จากตารางที่ 4.33 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2,3 และ 5 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที.....129

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ m-xylene จากตารางที่ 4.34 ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80 และ 100 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที.....130

รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ m-xylene จากตารางที่ 4.35 ที่อุณหภูมิ 50, 70, 80, 150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที.....131



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ไซลีนเป็นสารประกอบที่มีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมเคมี เพราะใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นกลางและใช้ในการผลิตสารต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะพาราไซลีน (p-xylene) ที่ใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตกรดเทอร์พทาติก (Terephthalic acid) และ ไดเมทิลเทอร์พทาเลต (Dimethyl terephthalate) ซึ่งเป็นสารมัธยันต์ (Intermediate) ในการผลิต พวกลีนไฮโปทีเอสเตอร์และเส้นใยต่าง ๆ ในขณะที่ออร์โธไซลีน (o-xylene) และเมทาไซลีน (m-xylene) มีบทบาทน้อยกว่า สารประกอบไซลีนจะมีส่วนผสมของออร์โธไซลีนและเมทาไซลีนมากกว่าพาราไซลีน เพื่อที่จะใช้ประโยชน์ไซลีนอย่างคุ้มค่าที่สุดจึงมีความจำเป็นต้องทำการแยกสารไอโซเมอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ออกจากกัน แต่เนื่องจากสารไอโซเมอร์เหล่านี้มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน นั่นคือ ออร์โธไซลีนมีจุดเดือด 144.4 องศาเซลเซียส เมทาไซลีนมีจุดเดือด 139.1 องศาเซลเซียส และพาราไซลีนมีจุดเดือด 138.4 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงทำให้การแยกโดยกระบวนการกลั่นไม่สามารถแยกเมทาไซลีนและพาราไซลีนได้ วิธีการหนึ่งที่สามารถแยกไอโซเมอร์เหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน คือ การใช้สาร Molecular sieve ประเภทซีโอไลต์ (Zeolite)

ซีโอไลต์ เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่มีรูพรุนขนาดเล็ก (Micropores) ใกล้เคียงกับขนาดของโมเลกุลและความเป็นผลึกของโครงสร้าง และเนื่องจากว่าซีโอไลต์มีรูปร่างและขนาดรูพรุน สม่ำเสมอทั้งโครงสร้างผลึก จึงทำให้ซีโอไลต์สามารถแยกสารประกอบที่มีความแตกต่างทางด้านรูปร่างและขนาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยต่าง ๆ ได้มีการนำซิลิกาไลต์ (Silicalite) ซึ่งเป็นซีโอไลต์ประเภทหนึ่งที่มีโครงสร้างเป็นแบบ MFI ที่ไม่มีอลูมิเนียมอยู่ในโครงสร้าง มาใช้ในการแยกของผสมต่าง ๆ เช่น ของผสมของนอร์มอลออกเทน (n-octane) นอร์มอลเฮกเซน (n-hexane) และไอโซออกเทน (iso-octane) [1] ของผสมของแอลกอฮอล์และน้ำ [2]

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาเชิงทฤษฎี เพื่อใช้ศึกษาการแยกสารไอโซเมอร์ต่าง ๆ ของไซลีน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท

1. เพื่อศึกษาวิธีการสังเคราะห์ซิลิกาไลต์ ที่มีสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O}\cdot 100\text{SiO}_2\cdot 20\text{TPABr}\cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ และซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ตาม U.S.Patent หมายเลข 4,061,724
2. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการแยกไอโซเมอร์ของไซลีน ระหว่างการใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่มีสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O}\cdot 100\text{SiO}_2\cdot 20\text{TPABr}\cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ กับคอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 และคาปิลลารีคอลัมน์ (Capillary column) ชนิด DB-WAX ณ สภาวะต่าง ๆ

1.2 ขอบเขตของปริญญาโท

1. ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานเรื่องซีโอไลต์
2. ศึกษาข้อมูลการแยกสาร ไอโซเมอร์ของไซลีนด้วยซิลิกาไลต์
3. ทำการสังเคราะห์ซิลิกาไลต์ที่มีสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O}\cdot 100\text{SiO}_2\cdot 20\text{TPABr}\cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ และตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724
4. ทำการวิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้โดยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เครื่อง X-ray Diffraction (XRD) เครื่อง Thermal Gravimetric Analysis (TGA) และเครื่อง X-ray Fluorescence (XRF)
5. ทำการแยกไอโซเมอร์ของไซลีนโดยใช้ซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ตามสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O}\cdot 100\text{SiO}_2\cdot 20\text{TPABr}\cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ และตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 และคาปิลลารีคอลัมน์ชนิด DB-WAX
6. ศึกษาผลของอุณหภูมิและอัตราการไหลของก๊าซพาที่มีผลต่อคอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่มีสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O}\cdot 100\text{SiO}_2\cdot 20\text{TPABr}\cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ คอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 และคาปิลลารีคอลัมน์ชนิด DB-WAX ณ สภาวะต่าง ๆ
7. สรุปผลการดำเนินงาน และเขียนรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากปริญญาโท

1. ทราบวิธีการสังเคราะห์ซิลิกาไลต์ ตามสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ และตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 ที่มีสูตรเจดเป็น $4.1\text{Na}_2\text{O} \cdot 50\text{SiO}_2 \cdot (\text{TPA})_2\text{O} \cdot 691\text{H}_2\text{O}$
2. เรียนรู้หลักการและวิธีการใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เครื่อง X-ray Diffraction (XRD) เครื่อง Thermal Gravimetric Analysis (TGA) เครื่อง X-ray Fluorescence (XRF) เครื่องอัดเม็ค และวิธีการบรรจุคอลัมน์ รวมไปถึงเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี (Gas Chromatography) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์การแยกไอโซเมอร์ของไซลีน
3. ทราบถึงลักษณะการแยกไอโซเมอร์ของไซลีนระหว่างคอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่มีสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ คอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 และคาปิลลารีคอลัมน์ชนิด DB-WAX ณ สภาวะต่าง ๆ
4. มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องการดูดซับ
5. มีความสามารถในการวางแผนงาน และทำการวิจัย

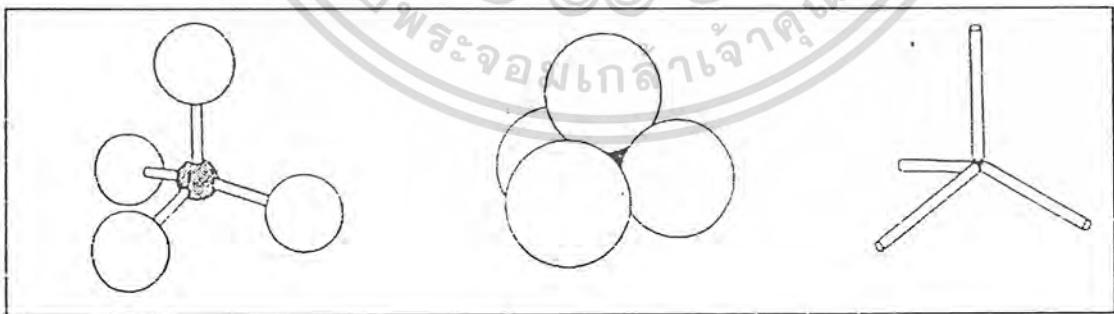
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ซีโอไลต์ (Zeolite)

ซีโอไลต์ คือ สารประกอบอนินทรีย์ที่มีโครงสร้างเป็นผลึกที่มีอยู่ในธรรมชาติของสารประเภทอลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate) ที่มีโครงสร้างเป็น 3 มิติของอลูมิเนียม-ออกซิเจน เตตระฮีดรอล (Tetrahedral) $[AlO_4]^-$ และซิลิกอน-ออกซิเจน เตตระฮีดรอล $[SiO_4]^{4-}$ ต่อกันอย่างไม่รู้จบ โดยมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน อะตอมของซิลิกอน (Si) และอลูมิเนียม (Al) เรียกว่า “T-atom” ซึ่งโครงสร้างทั่วไปของซีโอไลต์จะเป็นโครงสร้างแบบเปิด ประกอบด้วย โพรง (Cavities) และช่อง (Channels) ที่มีโมเลกุลของน้ำและไอออนบวกอยู่ภายใน ซึ่งโมเลกุลของน้ำและไอออนบวกสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ทำให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนได้ ลักษณะโครงสร้างของซิลิกอน-ออกซิเจน เตตระฮีดรอล $[SiO_4]^{4-}$ แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างซิลิกอน-ออกซิเจน เตตระฮีดรอล $[SiO_4]^{4-}$ [3]

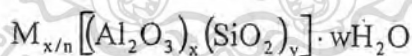
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอะตอมของซิลิกอนจะอยู่ตรงกลาง และอะตอมของออกซิเจนล้อมรอบ ซึ่งถ้า T อะตอมภายในโครงสร้างผลึกมีแต่ซิลิกอน จะเรียกโครงสร้างผลึกนี้ว่า “ซิลิเกต” (Silicate) แต่ถ้ามีอลูมิเนียมอยู่ด้วยจะเรียกว่า “ซีโอไลต์” ซึ่งจากการเชื่อมต่อที่มีอลูมิเนียมอยู่ด้วยจะทำให้โครงสร้างตาข่ายนั้นมีประจุลบเกิดขึ้น (เกิดจากการที่ Al^{3+} เข้าไปแทนที่ Si^{4+} ในโครงสร้าง) ซึ่งประจุนี้จะทำให้สมดุลได้โดยประจุบวกจากแคตไอออนของโลหะอัลคาไลน์ และอัลคาไลน์เอิร์ธ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้าง 2 มิติของอลูมิโนซิลิเกต [4]

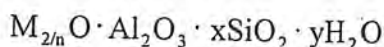
สูตรแสดงหน่วยเซลล์ (Unit cell formula) ของซีโอไลต์



- M คือ ประจุบวก ที่ทำหน้าที่ดุลประจุลบของไอออนของอลูมิเนียมใน โครงสร้างผลึก โดยทั่วไป มักจะเป็นโลหะหมู่ 1 และหมู่ 2
- n คือ วาเลนซ์ของประจุบวก (M)
- w คือ จำนวนโมลของน้ำต่อหน่วยเซลล์
- x + y คือ จำนวนรูปทรงเตตระฮีดรอลทั้งหมดของหน่วยเซลล์
- y/x มักจะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 โดยขึ้นกับโครงสร้าง
- [] แสดงองค์ประกอบของโครงสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรอย่างง่ายของซีโอไลต์ (Empirical formula)



- M คือ ประจุบวก ที่ทำหน้าที่ดุลประจุลบของไอออนของอลูมิเนียมในโครงสร้างผลึก โดยทั่วไปมักจะเป็นโลหะหมู่ 1 และหมู่ 2
- n คือ วาเลนซ์ของประจุบวก (M)
- x คือ จำนวน โมลของ SiO_2 โดยมากจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 2
- y คือ จำนวน โมลของน้ำที่อยู่ในช่องว่างของผลึกซีโอไลต์

2.2 การแบ่งประเภทของซีโอไลต์

2.2.1 แบ่งตามการเกิด

ซีโอไลต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

2.2.1.1 ซีโอไลต์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Mineral zeolites) ส่วนมากได้จากการทำเหมืองแร่ ซีโอไลต์จากธรรมชาติเป็นกลุ่มของผลึกออลูมิโนซิลิเกตของโมโน-ไดวาเลนซ์เบส (Mono-Divalence bases) ที่มีการสูญเสียน้ำผลึกได้ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ตัวอย่างของซีโอไลต์จากธรรมชาติได้แก่ FAU (Faujasite) ERI (Erionite) OFF (Offretite) CHA (Chabazite) GME (Gmelinite) MOR (Mordenite) และ HEU (Heulandite)

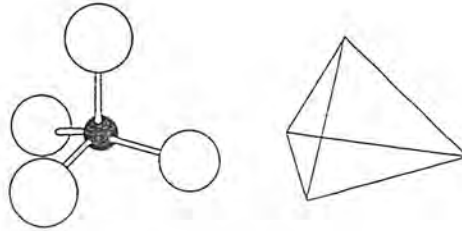
2.2.1.2 ซีโอไลต์ที่เกิดจากการสังเคราะห์ (Synthetic zeolites) เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสังเคราะห์ที่อุณหภูมิ 100-160 องศาเซลเซียส ภายใต้ระบบปิดที่มีการควบคุมสภาวะอุณหภูมิ ความดัน เวลา ชนิด และความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง ซีโอไลต์ที่ได้จากการสังเคราะห์นี้จะมีควมบริสุทธิ์สูง และมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมมากมาย เช่น ใช้เป็นตัวแตก (Crack) วัตถุคืบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยการสังเคราะห์สามารถทำได้ตั้งแต่เป็นเจล (Gel) จนถึงรูปแบบที่เป็นรูพรุน (Porous) และลักษณะที่คล้ายเม็ดทราย (Sandlike)

2.2.2 แบ่งตามโครงสร้าง

2.2.2.1 หน่วยโครงสร้างปฐมภูมิ (Primary building units) โครงสร้างปฐมภูมิเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูปทรงเตตระฮีดรอลของซิลิกาและ/หรืออลูมินากับออกซิเจน โดย

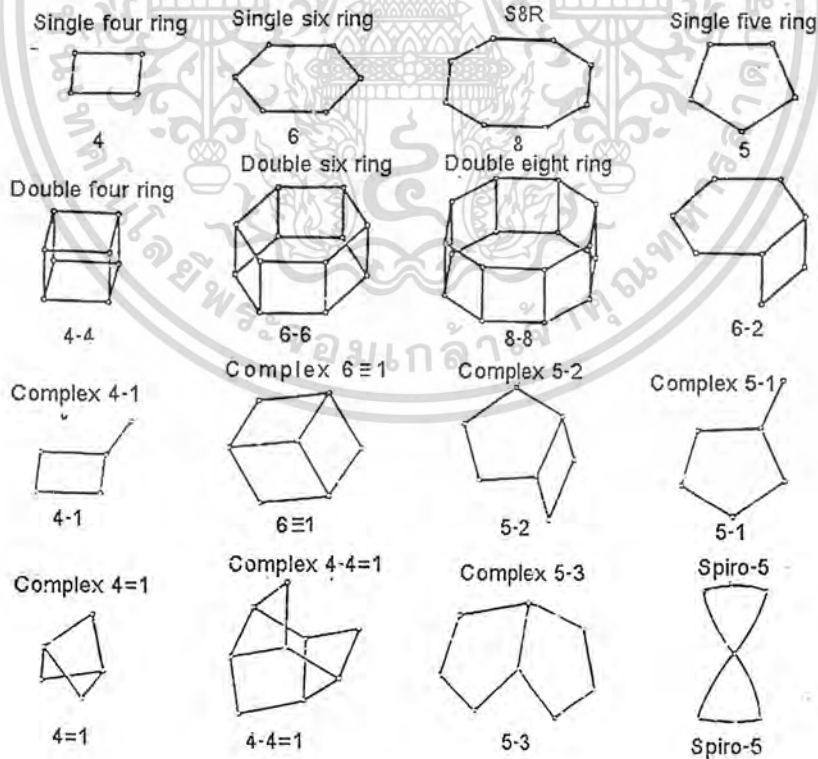
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวพันธะและมุมระหว่างพันธะของอะตอมต่าง ๆ ในโครงสร้าง จะเป็นตัวกำหนดลักษณะโครงสร้างและชนิดของซีไอไลต์ ซึ่งลักษณะโครงสร้างประเภทนี้แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงหน่วยโครงสร้างปฐมภูมิ [5]

2.2.2.2 หน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary building units) โครงสร้างทุติยภูมิเป็นโครงสร้างที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของโครงสร้างปฐมภูมิ กลายเป็นโครงสร้างที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งโครงสร้างประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ลักษณะโครงสร้างต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.4 แสดงหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ [3] ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 สามารถแบ่งหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิได้ 7 ชนิดแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ [4]

กลุ่มที่	ประเภทของหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิ
1	วงเดี่ยว 4 มุม (Single 4-ring ,S4R)
2	วงเดี่ยว 6 มุม (Single 6-ring ,S6R)
3	วงคู่ 4 มุม (Double 4-ring ,D4R)
4	วงคู่ 6 มุม (Double 6-ring ,D6R)
5	วงเชิงซ้อน 4-1 (Complex 4-1, T_4O_{16} 4-1)
6	วงเชิงซ้อน 5-1 (Complex 5-1, T_5O_{16} 5-1)
7	วงเชิงซ้อน 4-4-1 (Complex 4-4-1, $T_{10}O_{20}$ 4-4-1)

ซึ่งตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของซีโอไลต์ที่มีโครงสร้างทุติยภูมิทั้ง 7 กลุ่ม [6]

Name	Typical Unit Cell Contents	Type of Polyhedral Cage ^a	Framework Density, g/cc ^b	Void Fraction ^c	Type of Channels ^d	Free Aperture of Main Channels, Å ^e
Group 1 (S4R)						
Analcime	$Na_{16}[(AlO_2)_{16}(SiO_2)_{32}] \cdot 15 H_2O$		1.85	0.18	One	2.6
Harmotome	$Ba_2[(AlO_2)_2(SiO_2)_{12}] \cdot 12 H_2O$		1.59	0.31	Three	4.2 x 4.4
Phillipsite	$(K, Na)_{10}[(AlO_2)_{10}(SiO_2)_{22}] \cdot 20 H_2O$		1.58	0.31	Three	4.2 x 4.4, 2.8 x 4.8
Gismondine	$Ca_4[(AlO_2)_8(SiO_2)_8] \cdot 16 H_2O$		1.52	0.46	Three	3.1 x 4.4
P	$Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_{10}] \cdot 15 H_2O$		1.57	0.41	Three	3.5
Paulingite	$(K_2, Na, Ca, Ba)_7[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{20}] \cdot 700 H_2O$	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, (10\text{-hedron})$	1.54	0.49	Three	3.9
Laumontite	$Ca_4[(AlO_2)_8(SiO_2)_{16}] \cdot 16 H_2O$		1.77	0.34	One	4.6 x 6.3
Yugawaralite	$Ca_2[(AlO_2)_4(SiO_2)_{12}] \cdot 8 H_2O$		1.81	0.27	Two	3.6 x 2.8
Group 2 (S6P)						
Erionite ^f	$(Ca, Mg, K_2, Na_2)_{45}[(AlO_2)_9(SiO_2)_{27}] \cdot 27 H_2O$	$\epsilon, 23\text{-hedron}$	1.51	0.35	Three	3.6 x 5.2
Offretite ^f	$(K_2, Ca)_2, 7[(AlO_2)_{5,4}(SiO_2)_{12,6}] \cdot 15 H_2O$	$\epsilon, 14\text{-hedron (II)}$	1.55	0.40	Three	3.6 x 5.2, : 6.4, c
T	$(Na_{1,2}K_{2,8})[(AlO_2)_4(SiO_2)_{14}] \cdot 14 H_2O$	$\epsilon, 23, 14\text{-hedron}$	1.50	0.40	Three	3.6 x 4.8
Levynite ^m	$Ca_3[(AlO_2)_6(SiO_2)_{12}] \cdot 18 H_2O$	Ellipsoidal 17-hedron	1.54	0.40	Two	3.2 x 5.1
Omega ^h	$Na_{6,8}, TMA_{1,6}[(AlO_2)_8(SiO_2)_{26}] \cdot 21 H_2O$	14-hedron (ii)	1.65	0.38	One	7.5
Sodalite Hydrate	$Na_6[(AlO_2)_6(SiO_2)_6] \cdot 7.5 H_2O$	β	1.72	0.35	Three	2.7
Losod	$Na_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}] \cdot 19 H_2O$	$\epsilon, 17\text{-hedron}$	1.58	0.33	Three	2.2
Group 3 (D4R)ⁿ						
A	$Na_{12}[(AlO_2)_{12}(SiO_2)_{12}] \cdot 27 H_2O$	α, β	1.27	0.47	Three	4.2
N-A	$Na_4TMA_3[(AlO_2)_7(SiO_2)_{17}] \cdot 21 H_2O$	α, β	1.3	0.5	Three	4.2
ZK-4	$Na_8TMA[(AlO_2)_9(SiO_2)_{15}] \cdot 28 H_2O$	α, β	1.3	0.47	Three	4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงตัวอย่างของซีโอไลต์ที่มีโครงสร้างพหุคูณทั้ง 7 กลุ่ม [6]

Name	Typical Unit Cell Contents	Type of Polyhedral Cage ^a	Framework Density, g/cc ^b	Void Fraction ^c	Type of Channels ^d	Free Aperture of Main Channels, Å ^e
Group 4 (D6R)						
Faujasite	(Na ₂ , K ₂ , Ca, Mg) _{29.5} [(AlO ₂) ₅₉ (SiO ₂) ₁₃₃] · 235 H ₂ O	β, 26-hedron (II)	1.27	0.47	Three	7.4
X	Na ₈₆ [(AlO ₂) ₈₈ (SiO ₂) ₁₀₆] · 264 H ₂ O	β, 26-hedron (II)	1.31	0.50	Three	7.4
Y	Na ₅₆ [(AlO ₂) ₅₆ (SiO ₂) ₁₃₆] · 250 H ₂ O	β, 26-hedron (II)	1.25 - 1.29	0.48	Three	7.4
Chabazite	C ₁₂ [(AlO ₂) ₄ (SiO ₂) ₈] · 13 H ₂ O	20-hedron	1.45	0.47	Three	3.7 x 4.2
Gmelinite	Na ₈ [(AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₁₆] · 24 H ₂ O	14-hedron (II)	1.46	0.44	Three	3.6 x 3.9, IIa 7.0, IIc
ZK-5 ^o	(R, Na ₂) ₁₅ [(AlO ₂) ₃₀ (SiO ₂) ₆₆] · 98 H ₂ O	α, γ	1.46	0.44	Three	3.9
L ^h	K ₉ [(AlO ₂) ₉ (SiO ₂) ₂₇] · 22 H ₂ O	ε	1.61	0.32	One	7.1
Group 5 (T₅O₁₀)ⁱ						
Natrolite	Na ₁₆ [(AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₂₄] · 16 H ₂ O		1.76	0.23	Two	2.6 x 3.9
Scolecite	Ca ₈ [(AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₂₄] · 24 H ₂ O		1.75	0.31	Two	2.6 x 3.9
Mesulite	Na ₁₆ Ca ₁₆ [(AlO ₂) ₄₈ (SiO ₂) ₇₂] · 64 H ₂ O		1.75	0.30	Two	2.6 x 3.9
Thomsonite	Na ₄ Ca ₈ [(AlO ₂) ₂₀ (SiO ₂) ₂₀] · 24 H ₂ O		1.76	0.32	Two	2.6 x 3.9
Gonnardite	Na ₄ Ca ₂ [(AlO ₂) ₁₆ (SiO ₂) ₁₂] · 14 H ₂ O		1.74	0.31	Two	2.6 x 3.9
Edingtonite	Na ₂ [(AlO ₂) ₄ (SiO ₂) ₆] · 8 H ₂ O		1.68	0.36	Two	3.5 x 3.9
Group 6 (T₈O₁₆)^j						
Mordenite	Na ₈ [(AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₂₀] · 24 H ₂ O		1.70	0.28	Two	6.7 x 7.0, IIc 2.9 x 5.7, IIb
Dachiardite	Na ₅ [(AlO ₂) ₅ (SiO ₂) ₁₀] · 12 H ₂ O		1.72	0.32	Two	3.7 x 6.7, IIb 3.6 x 4.8, IIc
Ferrierite	Na _{1.5} Mg ₂ [(AlO ₂) _{5.5} (SiO ₂) _{10.5}] · 18 H ₂ O		1.76	0.28	Two	4.3 x 5.5, IIc 3.4 x 4.8, IIb
Epistilbite	Ca ₃ [(AlO ₂) ₆ (SiO ₂) ₁₈] · 18 H ₂ O		1.76	0.25	Two	3.2 x 5.3, IIa 3.7 x 4.4, IIc 3.2 x 4.9
Bikitaite	Li ₂ [(AlO ₂) ₂ (SiO ₂) ₄] · 2 H ₂ O		2.02	0.23	One	
Group 7 (T₁₀O₂₀)^k						
Heulandite	Ca ₂ [(AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₂₈] · 24 H ₂ O		1.69	0.39	Two	4.0 x 5.5, IIa 4.0 x 7.2, IIc
Clinoptilolite	Na ₆ [(AlO ₂) ₆ (SiO ₂) ₂₀] · 24 H ₂ O		1.71	0.34	?	?
Stilbite	Ca ₂ [(AlO ₂) ₈ (SiO ₂) ₂₈] · 28 H ₂ O		1.64	0.39	Two	4.1 x 6.2, IIa 2.7 x 5.7, IIc
Brewsterite	(Sr, Ba, Ca) ₂ [(AlO ₂) ₄ (SiO ₂) ₁₂] · 10 H ₂ O		1.77	0.26	Two	2.7 x 4.1, IIc 2.3 x 5.0, IIa

^aOf the five space-filling solids of Federov, three (cube, hexagonal prism, and truncated octahedron) are found as polyhedral units in zeolite frameworks. The cube is the double 4-ring (D4R) as shown here. The double 6-ring (D6R) is the hexagonal prism or 8-hedron. The α-cage is the Archimedean semiregular, solid, truncated cuboctahedron referred to also as a 26-hedron, type I. The β-cage is the truncated octahedron or 14-hedron, type I. The γ-cage is the 18-hedron and the ε-cage the 11-hedron. Other polyhedral units are as given by Barrer (58).

^bThe framework density is based on the dimensions of the unit cell of the hydrated zeolite and framework contents only. Multiplication by 10 gives the density in units of tetrahedra/1000 Å³.

^cThe void fraction is determined from the water content of the hydrated zeolite.

^dRefers to the network of channels which permeate the structure of the hydrated zeolite. Considerable distortion may occur in the group 5 and 7 zeolites upon dehydration.

^eBased upon the structure of the hydrated zeolite.

^fFerrierite and offretite may also be considered to consist of double 6-rings

linked by single 6-rings.

^gZeolite L may be considered to consist of single 6-rings linked by double 12-rings.

^hZeolite L consists of double 6-rings linked by single 12-rings.

ⁱThe T₅O₁₀ refers to the unit of 5 tetrahedra as given by Meier for the 4-1 type of SBU. Fig. 67a (32).

^jThe T₈O₁₆ unit refers to the characteristic configuration of tetrahedra shown in Fig. 72 (32).

^kThe T₁₀O₂₀ unit is the characteristic configuration of tetrahedra shown in Fig. 80 (32).

^lSynthetic zeolites classified in group 1 include ZK-19 (35), W (36), and P-W (37) related to phillipsite, and various synthetic phases related to analcite—See Chapter 4.

^mThe synthetic zeolite, ZK-20 (38), is reported to have the levynite-type structure.

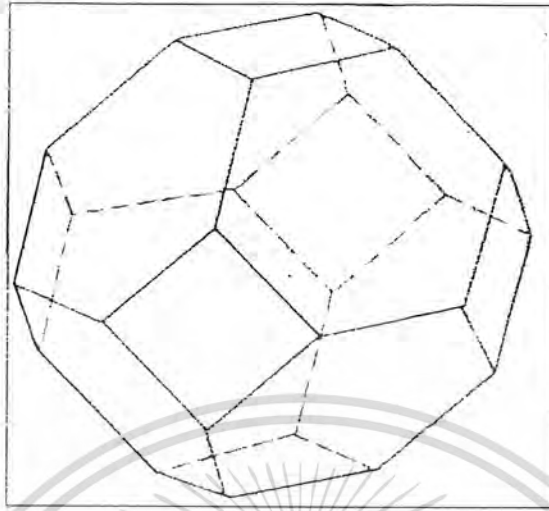
ⁿOther zeolites with the A-type structure include zeolite α (39), ZK-21 (40) and ZK-22 (40).

^oR = [1,4-(1-methyl)-1,4-diazoniabicyclo(2,2,2)octane]²⁺.

2.2.2.3 หน่วยโครงสร้างตติยภูมิ (Polyhedra) โครงสร้างตติยภูมิ เป็นโครงสร้าง

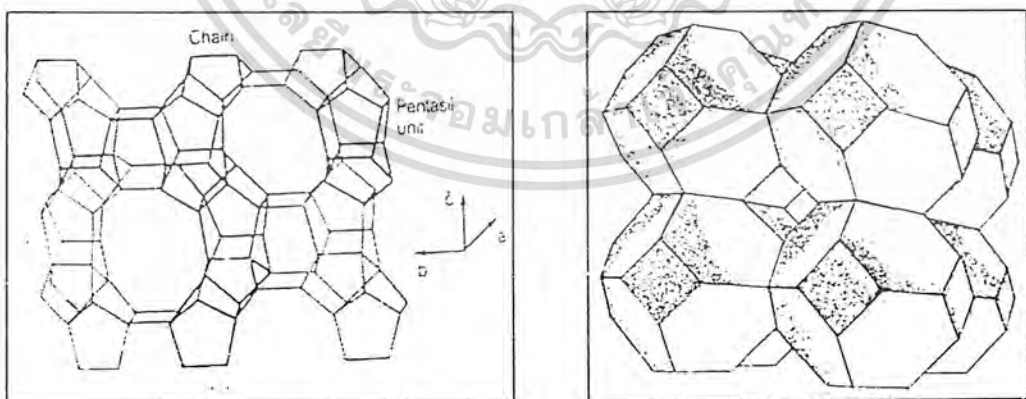
ที่เกิดจากการต่อกันของโครงสร้างตติยภูมิ ซึ่งลักษณะของโครงสร้างประเภทนี้ แสดงดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงหน่วยโครงสร้างตติยภูมิ [7]

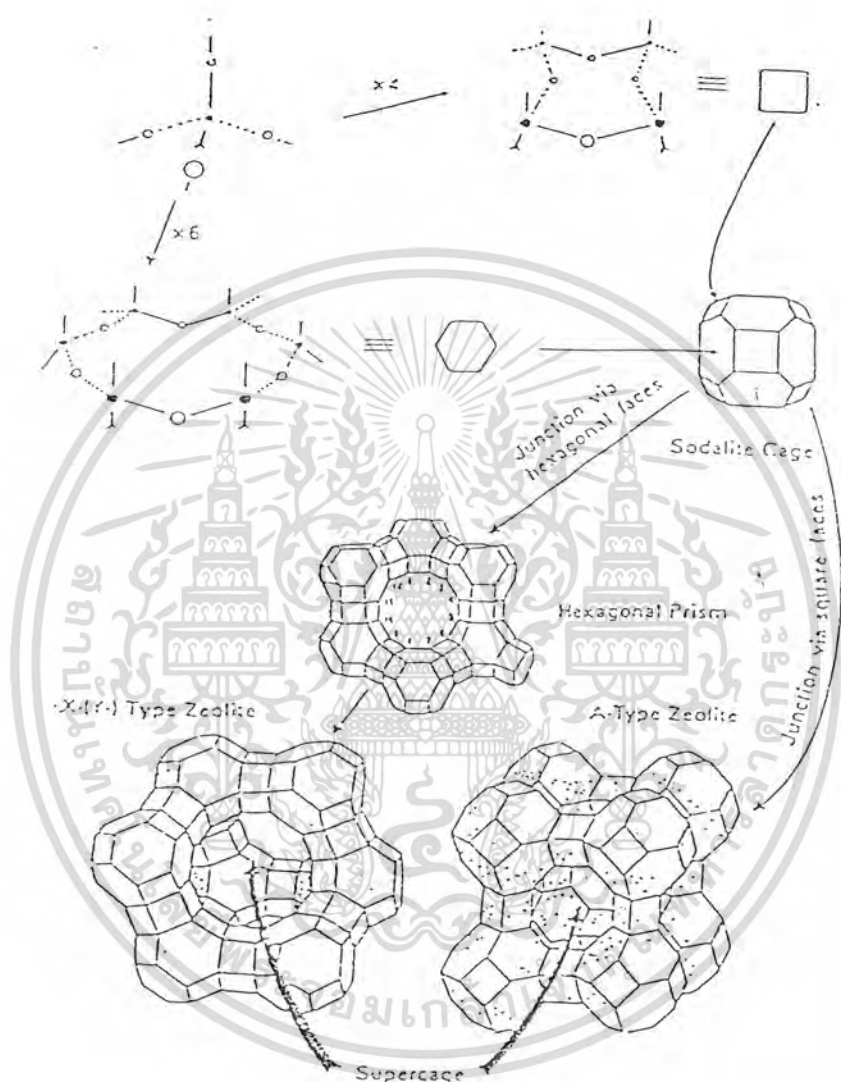
2.2.2.4 หน่วยโครงสร้างของซีโอไลต์ (Zeolite framework) โครงสร้างนี้เป็นโครงสร้างที่มีระเบียบแบบแผน เกิดจากการเรียงตัวหรือประกอบกันของโครงสร้างปฐมภูมิทุติยภูมิ และตติยภูมิ โดยลักษณะของโครงสร้างจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ในการสังเคราะห์ ลักษณะของ โครงสร้างประเภทนี้แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของหน่วยโครงสร้างของซีโอไลต์ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการรวมตัวเป็นโครงสร้างของซีโอไลต์ ตัวอย่างเช่น ซีโอไลต์ Y และ ซีโอไลต์ A แสดงในรูปที่ 2.7



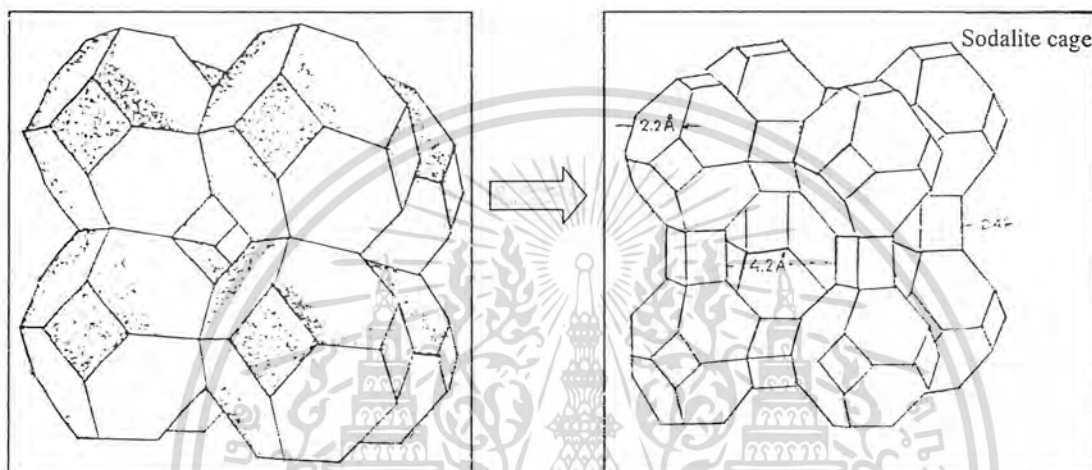
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะการรวมตัวเป็นโครงสร้างของซีโอไลต์ Y และ ซีโอไลต์ A [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

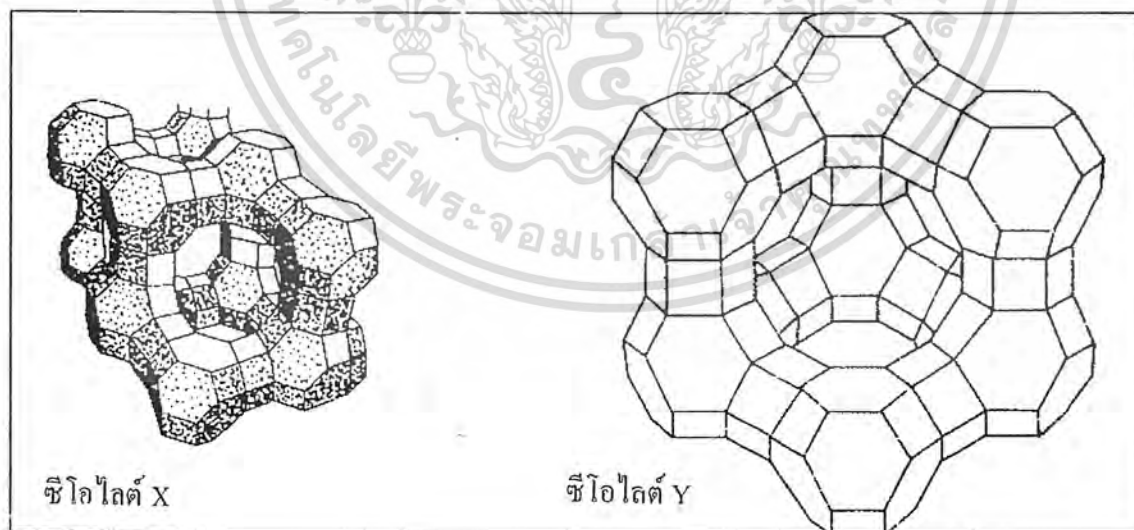
โครงสร้างของซีโอไลต์ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้ คือ

ก. โครงสร้างแบบโพรง (Cage structure)

ซีโอไลต์ที่มีโครงสร้างแบบโพรง เช่น ซีโอไลต์ A ซีโอไลต์ X และ ซีโอไลต์ Y เป็นต้น โครงสร้างแบบนี้จะมีลักษณะเป็นโพรงขนาดใหญ่ ส่วนมากเกิดจากการประกอบกันของโครงสร้างทุติยภูมิและตติยภูมิที่เป็นวงสี่เหลี่ยม (S4R, D4R) และวงหกเหลี่ยม (S6R, D6R) ลักษณะของโครงสร้างประเภทนี้แสดงดังรูปที่ 2.8 (ก) และ (ข)



(ก) ซีโอไลต์ A

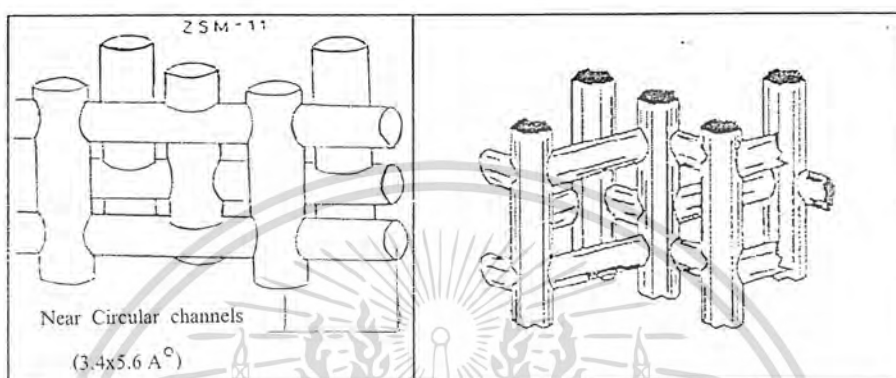


(ข) ซีโอไลต์ X และ ซีโอไลต์ Y (Faujasites)

รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของโครงสร้างแบบโพรง (ก) ซีโอไลต์ A และ (ข) ซีโอไลต์ X และ Y [7] ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. โครงสร้างแบบช่อง (Channel structure)

ซีโอไลต์ที่มีโครงสร้างแบบช่อง เช่น ZSM-5 และ ZSM-11 เกิดจากการประกอบกันของโครงสร้างทุติยภูมิและตติยภูมิที่เป็นวงห้าเหลี่ยม (Complex 5-1) ลักษณะโครงสร้างแบบนี้แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะ โครงสร้างแบบช่องของ ZSM-11 และ ZSM-5 [7]

2.3 ชนิดของซีโอไลต์

ซีโอไลต์มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของ โครงสร้างทุติยภูมิและ โครงสร้างตติยภูมิของโครงสร้างซีโอไลต์นั้น ๆ ดังตารางที่ 2.3-2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบวงออกซิเจนเดี่ยว [8]

Secondary building Unit (sbu)	Structure type	Name	Typical cell content
S4R	ANA	Analcime	$\text{Na}_{16}\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}\cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	ANA	Wairakite	$\text{Ca}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$
	GIS	Gismondine	$\text{Ca}_4\text{Al}_9\text{Si}_8\text{O}_{32}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$
	GIS	Amicite	$\text{K}_4\text{Na}_4\text{Al}_8\text{Si}_8\text{O}_{32}\cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	GIS	Garronite	$\text{NaCa}_{2.5}\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}\cdot 14\text{H}_2\text{O}$
	GIS	Gobbsite	$\text{Na}_5\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{32}\cdot 11\text{H}_2\text{O}$
	GIS	Zeolite NaP-1	$\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
	LAU	Laumontite	$\text{Ca}_4\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{46}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$
	MER	Merlionite	$\text{K}_5\text{Ca}_2\text{Al}_9\text{Si}_{23}\text{O}_{64}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$
	PAU	Paulingite	$(\text{K}_2, \text{Na}_2, \text{Ca}, \text{Ba})_{76}\text{Al}_{152}\text{Si}_{520}\text{O}_{1344}\cdot 700\text{H}_2\text{O}$
	PHI	Phillipsite	$\text{K}_2\text{Ca}_{1.5}\text{NaAl}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
	PHI	Harmotome	$\text{Ba}_2\text{Ca}_{0.5}\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{32}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
YUG	Yugawaralite	$\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{32}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$	
S6R	CAN	Cancrinite hydrate	$\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$
	ERI	Erionite	$\text{Na}_2\text{K}_2\text{Mg}_{0.5}\text{Ca}_2\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}\cdot 27\text{H}_2\text{O}$
	LEV	Levynite (Levyne)	$\text{NaCa}_3\text{Al}_7\text{Si}_{11}\text{O}_{36}\cdot 18\text{H}_2\text{O}$
	LTL	Zeolite L	$\text{K}_6\text{Na}_3\text{Al}_3\text{Si}_{27}\text{O}_{72}\cdot 21\text{H}_2\text{O}$
	LOS	Zeolite Losod	$\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}\cdot 19\text{H}_2\text{O}$
	MAZ	Mazzite (Zeolite Omega)	$\text{Mg}_2\text{K}_3\text{Ca}_{1.5}\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}\cdot 28\text{H}_2\text{O}$
	OFF	Offretite	$\text{KCa}_2\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36}\cdot 15\text{H}_2\text{O}$
	SOD	Sodaiite hydrate (HS)	$\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$
	S8R	Occurs in many structures but with other sbus (see structure of zeolite A, chabazite, etc.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบวงออกซิเจนคู่ [8]

Secondary building unit (sbu)	Structure type	Name	Typical cell content
D4R	LTA	Zeolite A	$\text{Na}_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}\cdot 27\text{H}_2\text{O}$
D6R	CHA	Chabazite	$\text{Ca}_2\text{Al}_4\text{Si}_3\text{O}_{24}\cdot 13\text{H}_2\text{O}$
	CHA	Wilhendersonite	$\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	FAU	Faujasite	$\text{Na}_{12}\text{Ca}_{12}\text{Mg}_{11}\text{Al}_{58}\text{Si}_{134}\text{O}_{384}\cdot 235\text{H}_2\text{O}$
	FAU	Zeolite X	$\text{Na}_{38}\text{Al}_{38}\text{Si}_{104}\text{O}_{384}\cdot 220\text{H}_2\text{O}$
	GME	Gmelinite	$\text{Na}_8\text{Al}_{30}\text{Si}_{66}\text{O}_{132}\cdot 98\text{H}_2\text{O}$
	DFI	Zeolite ZK-5	$\text{Na}_{30}\text{Al}_{30}\text{Si}_{66}\text{O}_{192}\cdot 98\text{H}_2\text{O}$
	RHO	Zeolite Rho	$(\text{Na},\text{Cs})_{12}\text{Al}_{12}\text{Si}_{36}\text{O}_{96}\cdot 46\text{H}_2\text{O}$

ตารางที่ 2.5 แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบ 4-1 [8]

Secondary building Unit (sbu)	Structure type	Name	Typical cell content
4-1	EDI	Edingtonite	$\text{Ba}_2\text{Al}_4\text{Si}_6\text{O}_{20}\cdot 8\text{H}_2\text{O}$
	NAT	Natrolite	$\text{Na}_{16}\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$
	NAT	Tetranatrolite	$\text{Na}_{16}\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$
	NAT	Paranatrolite	$\text{Na}_{16}\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$
	NAT	Mesolite	$\text{Na}_{16}\text{Ca}_{16}\text{Al}_{48}\text{Si}_{72}\text{O}_{240}\cdot 64\text{H}_2\text{O}$
	NAT	Scolecite	$\text{Ca}_8\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$
	THO	Thomsonite	$\text{Na}_4\text{Ca}_8\text{Al}_{20}\text{Si}_{20}\text{O}_{80}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$
	THO	Gonnardite	$\text{Na}_5\text{Ca}_2\text{Al}_9\text{Si}_{11}\text{O}_{40}\cdot 14\text{H}_2\text{O}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบ 5-1 [8]

Secondary building unit (sbu)	Structure type	Name	Typical cell content
5-1	BIK	Bikitaite	$\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	DAC	Dachiardite	$\text{Na}_5\text{Al}_5\text{Si}_{19}\text{O}_{48}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
	EPI	Epistillbite	$\text{Ca}_3\text{Al}_6\text{Si}_{18}\text{O}_{48}\cdot 16\text{H}_2\text{O}$
	FER	Ferrierite	$\text{NaCa}_{0.5}\text{Mg}_2\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}\cdot 20\text{H}_2\text{O}$
	MFI	Zeolite ZSM-5	$\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}\sim 16\text{H}_2\text{O} (n\sim 3)$
	MOR	Mordenite	$\text{Na}_8\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$

ตารางที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของซีโอไลต์ที่เกิดจากโครงสร้างทุติยภูมิแบบ 4-4-1 [8]

Secondary building unit (sbu)	Structure type	Name	Typical cell content
4-4-1	BRE	Brewsterite	$\text{Sr}_7\text{Al}_4\text{Si}_{12}\text{O}_{32}\cdot 10\text{H}_2\text{O}$
	HEU	Heulandite	$\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{Si}_{28}\text{O}_{72}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$
	HEU	Clinoptilolite	$\text{Na}_6\text{Al}_8\text{Si}_{30}\text{O}_{72}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$
	STI	Stilbite	$\text{Na}_2\text{Ca}_4\text{Al}_{10}\text{Si}_{28}\text{O}_{72}\cdot 34\text{H}_2\text{O}$
	STI	Stellerite	$\text{Ca}_4\text{Al}_{28}\text{O}_{72}\cdot 28\text{H}_2\text{O}$
	STI	Barrerite	$\text{Na}_8\text{Al}_8\text{Si}_{28}\text{O}_{72}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$

2.4 สมบัติของซีโอไลต์

1. ทนความร้อนสูงได้ในช่วงกว้างประมาณ 700-1,300 องศาเซลเซียส แม้ในสภาวะที่มีไอน้ำ
2. มีโครงสร้างเป็นผลึก และมีรูพรุนขนาดเล็กที่แน่นอนตลอดทั้งโครงสร้าง
3. มีพื้นที่ผิวสูง
4. มีสมบัติในการเลือกสารเข้าออกเพื่อทำปฏิกิริยาได้
5. มีความสามารถในการดูดน้ำได้ดี

6. มีความหนาแน่นต่ำ อยู่ในช่วง 1.9 ถึง 2.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยความหนาแน่นขึ้นอยู่กับโครงสร้างและไอออนบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม กรุณาแจ้งให้มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณนนทบุรีรับทราบและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เมื่อมีการไล่น้ำผลึกออกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ก็ยังคงเสถียรอยู่ได้
8. สามารถใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ตัวดูดซับ หรือ ตัวแลกเปลี่ยนไอออนได้
9. สามารถปรับปรุงคุณสมบัติได้ง่าย

2.5 การสังเคราะห์ซีโอไลต์ (Zeolite Synthesis)

2.5.1 Hydrogel process หรือ Precipitation process (Metastable)

ไฮโดรเจลทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิระหว่าง 60-200 องศาเซลเซียส ภายใต้ Autogeneous pressure ในสถานะที่มีน้ำอยู่มากเกินพอ โดยสารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์จะเป็นสารประเภทสารประกอบเทมเพลต (Template)

2.5.2 Clay conversion process หรือ Digestion process

เป็นการแปรสภาพของแร่ดินขาว (Kaolinite) โดยการเผาแร่ดินขาวให้อยู่ในรูปของ Metakaolite แล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ซีโอไลต์โดยวิธี Hydrogel process

2.6.1 อัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินา (Si/Al ratio)

อัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งในการกำหนดโครงสร้างของผลึกซีโอไลต์ ซึ่งซีโอไลต์สามารถจัดกลุ่มได้โดยอาศัยค่าอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินา แสดงดังตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 แสดงซีโอไลต์ในรูปกรดแบ่งตามอัตราส่วนระหว่างซิลิกาต่ออลูมินา (Si/Al) [8]

Si/Al Atomic ratio	Zeolite	Properties
Low (1-1.5)	A, X	Relatively low stability of framework; Low stability in acid; High stability in base; High concentration of acid groups with moderate acid strength.
Intermediate (2-5)	Erionite Chabazite Clinoptilolite Mordenite Y	
High (~10-∞)	ZSM-5 Erionite Mordenite Y	Relative high stability of framework; High stability in acid; Low stability in base; Low concentration of acid groups with high acid strength.

ถ้าอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินามีค่าต่ำ จะมีผลทำให้เกิดโครงสร้างลักษณะเป็นโพรง ตัวอย่างเช่น ซีโอไลต์ A และซีโอไลต์ X แต่ถ้าอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินามีค่าสูง จะมีผลทำให้เกิดโครงสร้างลักษณะเป็นช่อง ตัวอย่างเช่น ZSM-5 และซีโอไลต์ Y

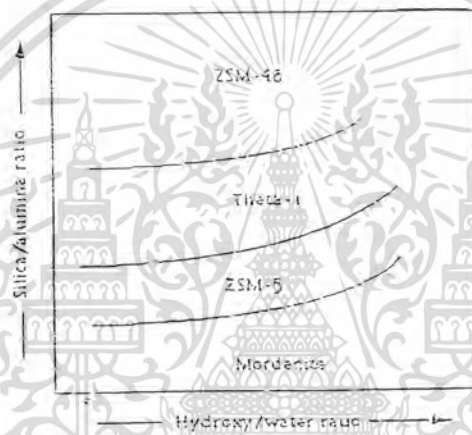
นอกจากนี้อัตราส่วนของซิลิกาต่ออลูมินายังมีผลต่ออัตราการเกิดผลึกด้วย โดยที่ถ้าอัตราส่วนของซิลิกาต่ออลูมินาค่า (ประมาณ 2-3) อัตราการตกผลึกจะสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของซิลิกาต่ออลูมินาของเจลมีค่าต่ำลง เนื่องจากไอออนอลูมิเนียมที่อยู่ใน โครงสร้างทรงเหลี่ยมสี่หน้า จะแสดงประจุลบ จึงถูกเหนี่ยวนำโดยพวกไอออนบวกที่ใช้สังเคราะห์ให้เกิดนิวเคลียสของซีโอไลต์ ได้ง่ายกว่าเจลที่มีอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาสูงกว่า แต่ถ้าอัตราส่วนของซิลิกาต่ออลูมินามีค่าสูง อัตราการเกิดผลึกจะเพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาเพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่มีปริมาณซิลิกาสูง ระบบจะไม่ถูกรบกวนด้วยสิ่งเจือปนอื่น จึงมีผลให้เกิดผลึกได้ง่าย แต่ถ้ามีปริมาณอลูมินาปนเปื้อนเข้ามา อัตราการเกิดผลึกจะลดลง

สำหรับความเสถียรของโครงสร้างซีโอไลต์จะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาเพิ่มขึ้น ซีโอไลต์จะมีอุณหภูมิการสลายตัวในช่วงกว้างประมาณ 700-1,300 องศาเซลเซียส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่ออยู่ในสารละลายกรด ซีโอไลต์ที่มีค่าอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาสูง จะมีความเสถียรมากกว่า ซีโอไลต์ที่มีค่าอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาต่ำ แต่ในสารละลายเบสจะมีแนวโน้มตรงกันข้าม

2.6.2 ความเป็นกรด-เบส (pH)

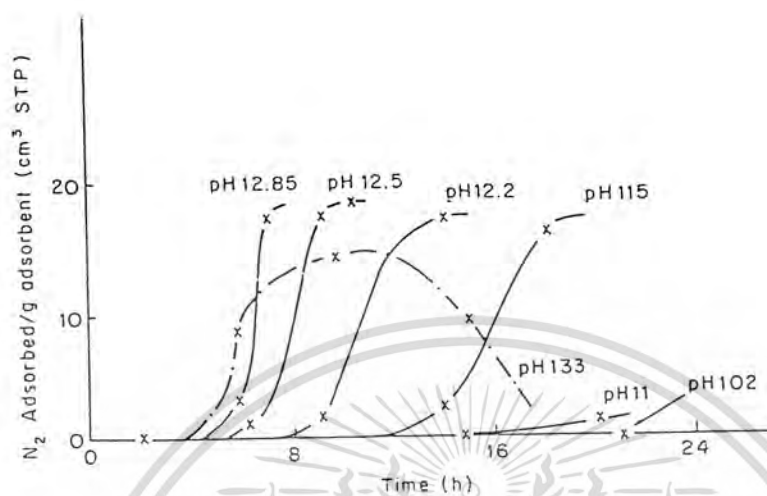
การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นเบส มีผลทำให้สังเคราะห์ได้ซีโอไลต์ที่มีอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาน้อยลง เนื่องจากซิลิกาสามารถละลายในเบสได้ดีกว่าอลูมินา ดังนั้นจึงมีซิลิกาอยู่ในสารละลายมากและทำให้อลูมินาสามารถตกผลึกลงมาก่อน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า ความเป็นเบสที่เพิ่มขึ้นทำให้ได้ผลึกซีโอไลต์ที่มีอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาต่ำลง (อัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาเรียงลำดับจากน้อยไปมากดังนี้คือ Mordenite, ZSM-5, Theta-1 และ ZSM-48)



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเป็นเบสและอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ [9]

นอกจากนี้ความเป็นกรด-เบสยังมีผลต่อขนาดของผลึกและอัตราการเกิดผลึก โดยเมื่อทำการสังเคราะห์ซีโอไลต์ในสภาวะที่ความเป็นกรด-เบสมีค่าสูง จะมีผลให้เวลาในการตกผลึกสั้นลง เนื่องจากความเป็นเบสที่สูงขึ้น จะทำให้ซิลิกาและ/หรืออลูมินาละลายเป็นสารละลายได้เร็วขึ้น เป็นผลให้สารละลายอิ่มตัวและก่อผลึกได้เร็ว แต่เนื่องจากความเป็นเบสที่สูงขึ้น จะทำให้เกิดนิวเคลียสของซีโอไลต์เป็นจำนวนมาก ผลึกที่ได้จะมีขนาดเล็ก และเมื่อความเป็นเบสสูงถึงจุด ๆ หนึ่ง จะเป็นผลให้ได้ปริมาณการเกิดผลึกลดต่ำลง และถ้าสูงเกินไปจะทำให้ไม่ได้ผลึกซีโอไลต์ เนื่องจากความเป็นเบสที่สูงเกินไปจะทำให้เจลของซีโอไลต์มีความเสถียรและอยู่ในสารละลายได้ดี จึงทำให้ตกผลึกได้ยากหรือไม่เกิดผลึกเลย ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



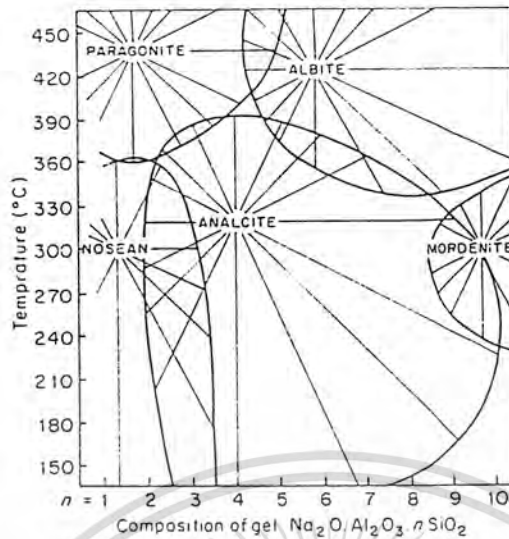
รูปที่ 2.11 กราฟแสดงระยะเวลาการตกผลึกและปริมาณการตกผลึกโดยอาศัยการดูดซับก๊าซไนโตรเจนของซีโอไลต์เมื่อทำการสังเคราะห์ที่ระดับค่าความเป็นกรด-เบสต่างๆ กัน [8]

ดังนั้น ในช่วงแรกของการสังเคราะห์ควรให้ความเป็นกรด-เบสมีค่าสูง และลดต่ำลงในช่วงของการเกิดผลึก และเมื่อสิ้นสุดการสังเคราะห์แล้ว ความเป็นกรด-เบสก็ควรที่จะต่ำกว่าความเป็นกรด-เบสในช่วงแรก

2.6.3 อุณหภูมิและความดัน

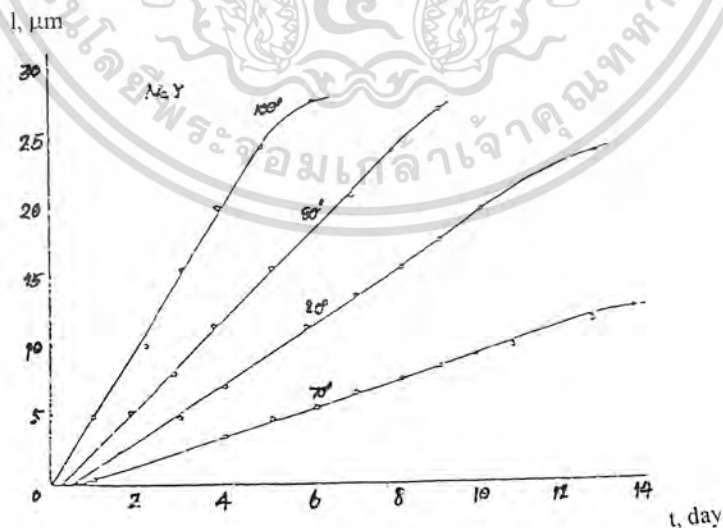
อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสังเคราะห์ซีโอไลต์ โดยพบว่าที่อุณหภูมิและความดันที่ต่างกัน จะมีผลทำให้ได้ผลึกซีโอไลต์ที่ต่างกัน ดังรูปที่ 2.12 พบว่าที่องค์ประกอบเจล (Gel composition) เดียวกัน เมื่อทำการสังเคราะห์ซีโอไลต์ที่อุณหภูมิต่างกันจะทำให้ได้ซีโอไลต์ที่ต่างชนิดกัน ตัวอย่างเช่น ที่องค์ประกอบเจลเท่ากับ 6 สามารถสังเคราะห์ Analcite ได้ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แต่ที่องค์ประกอบเจลเดียวกัน ณ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 350 องศาเซลเซียส จะได้ Albite แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและซิลิกาในรูปของเจลกับอุณหภูมิที่ใช้ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ [8]

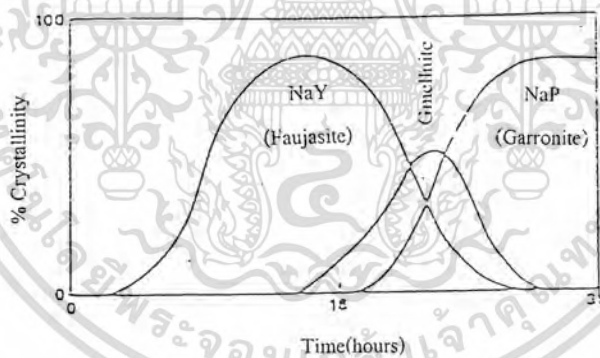
นอกจากนี้อุณหภูมิที่ใช้สังเคราะห์ซีโอไลต์ยังเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการเกิดผลิตภัณฑ์ โดยที่อุณหภูมิในการสังเคราะห์ที่สูงนั้น จะใช้ระยะเวลาในการสังเคราะห์สั้นกว่าการใช้อุณหภูมิต่ำ ตัวอย่างเช่น ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ X ดังรูปที่ 2.13 พบว่าที่อุณหภูมิเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลาในการสังเคราะห์นานถึง 13 วัน แต่ที่อุณหภูมิเท่ากับ 100 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการสังเคราะห์เพียง 2 วันเท่านั้น



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการเกิดผลิตภัณฑ์กับเวลาในการสังเคราะห์เมื่อใช้อุณหภูมิในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่แตกต่างกัน [8] การศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 ระยะเวลาของการเกิดผลึก

ระยะเวลาในการตกผลึกของซีโอไลต์ต้องอยู่ในช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยการสังเคราะห์ซีโอไลต์ที่สภาวะหนึ่ง ๆ ระยะเวลาจะเป็นตัวกำหนดปริมาณและชนิดของซีโอไลต์ที่เกิดขึ้น กล่าวคือ มีช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้นที่เกิดเป็นผลึกที่ต้องการและได้ปริมาณผลึกสูงสุด ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดระยะเวลาในการสังเคราะห์ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลึกของซีโอไลต์ในปริมาณมาก โดยระยะเวลาในการตกผลึกมีผลทำให้ปริมาณของซิลิกาและอลูมินาในเจด สารละลาย และผลึก เปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้เมื่อใช้เวลาในการสังเคราะห์นานเกินไป จะทำให้เกิดซีโอไลต์ชนิดอื่น ๆ ขึ้น ดังรูปที่ 2.14 เช่น ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ NaY มีจุดเกิดผลึกที่มากที่สุดที่เวลา 18 ชั่วโมง แต่เมื่อใช้เวลานานกว่า 18 ชั่วโมง จะทำให้เกิดซีโอไลต์อีกชนิดหนึ่ง คือ Gmelinite แล้วเกิดเป็นซีโอไลต์ Na ตามลำดับ หรือถ้าเลือกระยะเวลาไม่เหมาะสมอาจเกิดของผสมของซีโอไลต์ทั้งสามชนิด ซึ่งการเกิดซีโอไลต์หลายชนิดในเวลาเดียวกันเรียกว่า “Multiphase crystallization”

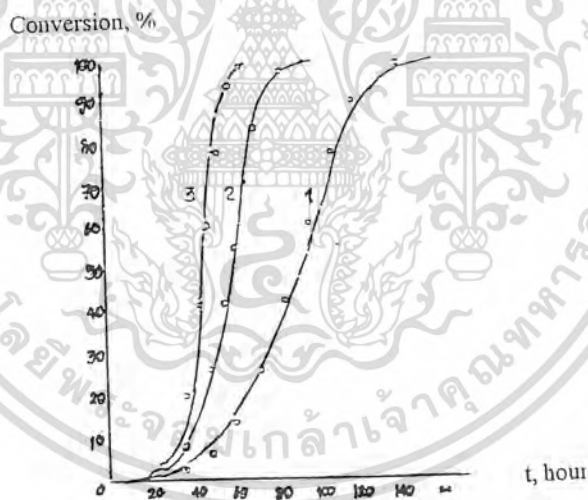


รูปที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณและชนิดของซีโอไลต์กับระยะเวลาในการเกิดผลึกของซีโอไลต์ที่เปลี่ยนแปลงไป [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาที่ใช้สังเคราะห์ซีโอไลต์แบ่งได้เป็น 2 ช่วงดังนี้ คือ

2.6.4.1 ช่วงเหนี่ยวนำ (Induction period) เป็นช่วงเวลาที่ทำให้ของผสมเกิดเป็นนิวเคลียสของผลึกหรือเกิดกระบวนการ Neucleation ในช่วงเวลานี้เป็นตัวกำหนดโครงสร้างของซีโอไลต์ โดยการเกิดนิวเคลียสจะมีการดึงเอาหน่วยโครงสร้างทุติยภูมิและหน่วยโครงสร้างตติยภูมิ (Precursor) จากสารละลายเข้ามารวมกันเป็นนิวเคลียส ถ้านิวเคลียสไม่มีความเสถียรจะละลายกลับไปเป็นสารละลายเช่นเดิม เจลที่ใช้สังเคราะห์ถ้ามีอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาสูงจะมีช่วงเวลานี้นานกว่าเจลที่มีอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาต่ำ เนื่องจากมีอัตราการก่อเกิดนิวเคลียสต่ำ การกวนของผสมไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนการสังเคราะห์ (Aging) สามารถลดเวลาในการเหนี่ยวนำได้ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาของการตกผลึก รูปที่ 2.15 เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของการกวนของผสมก่อนทำการตกผลึกซีโอไลต์ NaA พบว่าที่ปริมาณผลึกขนาดเดียวกัน เจลที่ทำการกวนจะใช้เวลาในการสังเคราะห์เร็วขึ้น นอกจากนี้ ถ้าสถานะที่เกิดการเหนี่ยวนำมีอุณหภูมิและความดันสูง จะทำให้สารละลายอึดตัวเร็วขึ้น เป็นผลให้ระยะเวลาในช่วงเหนี่ยวนำลดลง



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงอัตราการเกิดผลึกเมื่อเวลาผ่านไป โดย (1) ไม่มีการ Aging (2) และ (3) มีการ Aging 1 และ 2 วัน ตามลำดับ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4.2 ช่วงก่อผลึก (Crystal growth) ช่วงเวลานี้เป็นขั้นที่เกิดต่อจากช่วงเหนียวนำ โดยนิวเคลียสที่ได้จะมีขนาดใหญ่ขึ้นจนได้ขนาดเท่ากับขนาดวิกฤต (Critical size) จึงจะเกิดการก่อตัวของผลึกต่อไป ซึ่งการก่อตัวใหญ่ขึ้นนี้ จะไม่มีผลใด ๆ ต่อโครงสร้างผลึก นอกจากนี้ อนุกรมวิธานและความเป็นเบสที่สูงขึ้นจะทำให้อัตราการก่อผลึกเพิ่มขึ้นด้วย

2.6.5 สารประกอบเทมเพลต (Template compound)

ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์สิ่งที่กำหนดโครงสร้างของซีโอไลต์ได้โดยตรงอีกประการหนึ่ง คือ สารประกอบอนินทรีย์และอินทรีย์ในเจลที่ใช้สังเคราะห์ ซึ่งเรียกว่าเทมเพลต (Template) โดยสารประกอบเทมเพลตสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.6.5.1 สารประกอบเทมเพลตอนินทรีย์ (Inorganic template)

โดยสารประกอบอนินทรีย์ ได้แก่ ไอออนบวก (Cation) ต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของเกลือของเบส ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของการสังเคราะห์ซีโอไลต์ ไอออนบวกมีความสำคัญในการกำหนดความแรงของเบส เมื่อเกลือของเบสอยู่ในน้ำ จะมีการแตกตัวไปเป็นไอออนบวกและไฮดรอกไซด์ โดยความแรงของเบสจะขึ้นกับขนาดของ Charge density (Z^2/r) ของไอออนบวก เมื่อ Z คือ Ionic charge และ r คือ Ionic radius โดยความแรงของเบสจะเพิ่มตาม Charge density ของไอออนบวกดังนี้ คือ $Cs > Rb > K > Na > Li > Ba > Sr > Ca$

ระบบของไอออนบวกสำหรับการสังเคราะห์ซีโอไลต์สามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภทตามตารางที่ 2.8 แสดงระบบของไอออนบวก โดยแบ่งเป็น Mono, Binary, Ternary และ Quaternary ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ พบว่าซีโอไลต์บางชนิดสามารถทำการสังเคราะห์ได้ในระบบที่มีชนิดของไอออนบวกที่ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.9, 2.10 และ 2.11 มีการทำการทดลองใช้ไอออนบวกในการสังเคราะห์แบบ Mono cation system พบว่าในโครงสร้างของซีโอไลต์บางชนิดจะมีความเฉพาะเจาะจงกับ Mono cation system และในบางชนิดจะเฉพาะเจาะจงกับ Multi cation system [8]

ตารางที่ 2.9 แสดงระบบของไอออนบวกสำหรับการสังเคราะห์ซีโอไลต์ [8]

Mono	Binary	Ternary	Quaternary
Li	Na-Li	Na-Li-TMA	Na-K-Li-TMA
Na	Ba-K	Na-K-TMA	
K	Na-Rb	Na-K-BTMA	
Rb			
Cs	K-Ba		
	Ca-TMA		
Ca	BA-TMA		
Sr			
Ba	Na-R ₄ N ⁺		
	Na-TMA		
TMA	Na-TEA		
	Na-TPA		
	Na-TBA		
	Na-NTMA		
	Na-MDO		
	Na-DDO		
	Na-BP		
	Na-PP		
	K-TMA		
	K-DDO		
	Na-R ₄ N ⁺		
	Na-TBP		
	Na-BTPP		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไอออนบวกที่ใช้ในการสังเคราะห์กับโครงสร้างของซีโอไลต์ [10]

Zeolite structure type	Building units		Synthesis cation	Cation specificity for framework structure
	Double ring	Polyhedra		
A	D-4	Sodal, α	Na, Na-TMA, Na-K, Na-Li	Na
X, Y, FAU	D-6	Sodal	Na, Na-TMA, Na-K	Na
ZK-5	D-6	α	Na-DDO (Ba salts?)	Na-DDO
ZSM-3	D-6	Sodal	Na-Li	Na-Li
Gmelinite	D-6	Gmel	Na, Na-TMA, (Ca-N?)	Na
Omega	-	Gmel	Na-TMA, Na-K-TMA, Na-Li-TMA	Na-TMA
Offretite	D-6	Gmel, canc	K-TMA, K-Na-TMA	K-TMA
Erionite (with offretite)	D-6	Canc (gmel)	Na-K, Ba-TMA, Na-Rb, Na-TMA, Na-K-TMA, Na-Li-TMA, Na-K-	Na-K, Na-Rb, Na-TMA
L	-	-	BTMA	-
Chabazite	D-6	Canc	K, K-Na, K-DDO, K-Na-TMA, Ba, Ba-TMA	K or Ba
	D-6	-	Na, K, Na-K, Ba-K, Sr, (K-TMA), (K-Na-TMA)	Na, K or Sr

ไอออนบวกยังเป็นตัวกำหนดการเกิดโครงสร้างทุติยภูมิ ตติยภูมิ และหน่วยเซลล์ โดยพบว่า ไอออนบวกที่ต่างชนิดกันจะทำให้ได้โครงสร้างที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงไอออนบวกที่มีความจำเพาะเจาะจงกับโครงสร้างทุติยภูมิของซีโอไลต์ [10]

Building unit		Specific cation		
			Diameter, Å	
Free dimension, Å			Anhydrous (Crystal)	Hydrated
D-4	2.3	Na	2.0	7.2
α	11.4	Na	2.0	7.2
Sodalite	6.6	Na or TMA	2.0(Na), 6.9(TMA)	7.2(Na), 7.3(TMA)
Gmelinite	6.0 x 7.4	Na or TMA	2.0(Na), 6.9(TMA)	7.2(Na), 7.3(TMA)
Cancrinite	3.5-5.0	K, Ba, or Rb	2.8(K), 2.7(Ba), 3.0(Rb)	6.6(K), 8.1(Ba), 6.6(Rb)
D-6	3.6	Na, K, Sr, or Ba	2.0-2.8	7.2-8.2

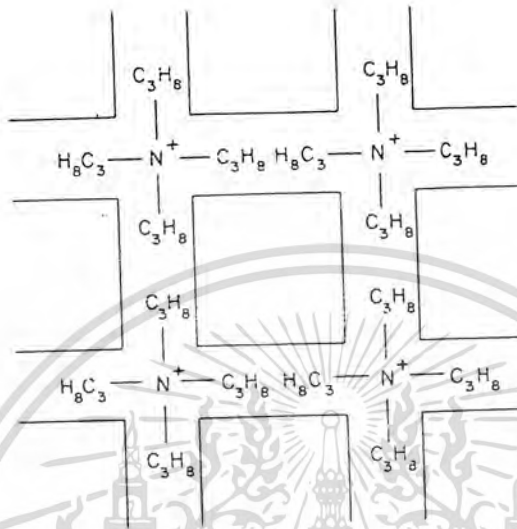
หน้าที่ของไอออนบวกที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การลดประจุบนโครงสร้างของซีโอไลต์ เพื่อให้โครงสร้างของซีโอไลต์มีความเสถียรมากขึ้น และมีผลต่อสมบัติการดูดซับ (Adsorption) ของซีโอไลต์ นอกจากนี้ไอออนบวกเหล่านี้สามารถทำการแลกเปลี่ยนได้กับไอออนบวกอื่นๆ เพื่อทำการปรับปรุงคุณสมบัติของซีโอไลต์เพื่อนำไปใช้งานได้อีกด้วย

2.6.5.2 สารประกอบเทมเพลตอินทรีย์ (Organic template)

สารประกอบเทมเพลตอินทรีย์มีความสำคัญในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ที่มีอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาสูง เพราะเป็นตัวช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายของซิลิกา (SiO_2) ในเจล และเป็นตัวกำหนดโครงสร้างในขั้นเป็นหน่วยเซลล์ ซีโอไลต์ที่มีอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาที่สูงกว่าปกติสามารถสังเคราะห์ได้โดยใช้เทมเพลตอินทรีย์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้สารประกอบเทมเพลตอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งเรียกว่า “Multiple template” ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิดหนึ่ง ๆ ตัวอย่างเช่น ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ ZSM-5 เทมเพลตอินทรีย์ที่นิยมใช้คือ เตตระโพรพิลแอมโมเนียมไอออน (Tetrapropylammonium cation, TPA) โดย TPA ที่อยู่ในโครงสร้างของผลึกซีโอไลต์ ZSM-5 มีลักษณะเป็นกิ่งก้านทำให้ได้โครงแบบ Cross หลังจากการเกิดผลึก ดังแสดงในรูปที่ 2.16 แต่ยังสามารถใช้สารประกอบเทมเพลตอินทรีย์ชนิดอื่นแทน TPA ได้ เช่น Tripropylamine, Glycerol, 1,6-Diaminohexane

เมื่อทำการสังเคราะห์แล้วสารประกอบเทมเพลตอินทรีย์จะติดอยู่ในโพรงของซีโอไลต์ ทำให้ซีโอไลต์ยังไม่สามารถใช้งานเป็นตัวดูดซับหรือตัวเร่งปฏิกิริยาได้ ดังนั้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงต้องมีการเผาซีโอไลต์ เพื่อไล่สารเทมเพลตอินทรีย์ออก ซึ่งการเผาไลต์นี้เรียกว่า การคัลไซน์ (Calcination)



รูปที่ 2.16 แสดงการจัดเรียงตัวของ TPA ในโครงสร้างของ ZSM-5 [8]

2.7 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้งานซีโอไลต์ [9]

ซีโอไลต์ สามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวาง เช่น

1. ตัวแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchanger)
2. ตัวดูดซับ (Adsorbent)
3. ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

2.7.1 การใช้ซีโอไลต์สำหรับเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออน

ไอออนบวกในซีโอไลต์มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนกับไอออนบวกที่อยู่ในสารละลายได้ โดยที่ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของซีโอไลต์จะขึ้นอยู่กับ

2.7.1.1 ปริมาณอลูมิเนียม (Al^{3+}) ซีโอไลต์ที่มีปริมาณอลูมิเนียมมาก จะมีปริมาณของตำแหน่งที่สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนไอออนได้มากกว่าซีโอไลต์ที่มีปริมาณอลูมิเนียมน้อย

2.7.1.2 ธรรมชาติของประจุบวก ขนาดของประจุบวกและประจุที่มีอยู่

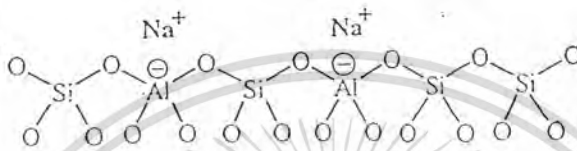
เอกสารนี้เป็นเอกสาร 2.7.1.3 อุดมภูมิ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.4 ความเข้มข้นของประจุบวกในสารละลาย

2.7.1.5 ตัวทำละลายที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออน

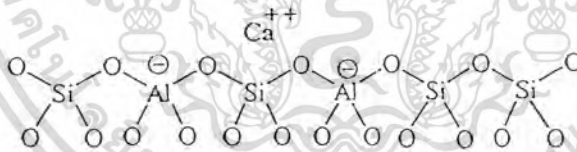
2.7.1.6 คุณลักษณะของโครงสร้างของอนุภาคซีโอไลต์

เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจจึงมีการนำเสนอโครงร่างของซีโอไลต์เป็นแนวเส้นตรง ซึ่งประจุบวกที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้จะอยู่ใกล้กับ AlO_4 -tetrahedral ที่มีประจุลบอยู่ สำหรับ ซีโอไลต์ที่มีไอออนไฮดรอกไซด์เป็นประจุบวกในการดุลประจุบนโครงร่างจะแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.17 แสดงการดุลประจุบนโครงร่างของซีโอไลต์ โดย Na^+ [4]

เมื่อ Na^+ ถูกแลกเปลี่ยนโดย Ca^{2+} ซึ่งเป็นไอออนไดวาเลนต์ โครงสร้างของ ซีโอไลต์จะแสดงได้ดังนี้

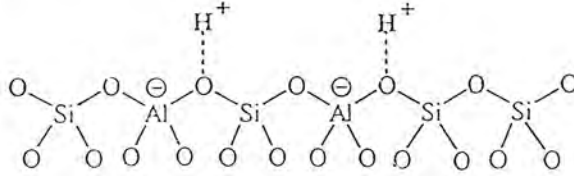


รูปที่ 2.18 แสดงการดุลประจุบนโครงร่างของซีโอไลต์ โดย Ca^{2+} [4]

ไอออน Ca^{2+} เพียงอะตอมเดียวจะดุลประจุกับ AlO_4 -tetrahedral 2 ตำแหน่ง โดยประจุลบจะกระจายอยู่ที่อะตอมของออกซิเจนใน AlO_4 -tetrahedral

สำหรับซีโอไลต์ที่มีไอออนไฮดรอกไซด์ดุลประจุบนโครงร่าง พบว่าไอออนไฮดรอกไซด์จะเคลื่อนที่ยาก ซึ่งต่างจากไอออนบวกชนิดอื่นที่สามารถเคลื่อนที่รอบ ๆ ตำแหน่งที่มีประจุลบบนโครงร่าง เนื่องจากไฮดรอกไซด์เป็นไอออนบวกที่มีความแรง จึงสามารถดึงอิเล็กตรอนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไอออนได้มาก ทำให้พันธะไอออนิกที่มีอยู่มีลักษณะคล้ายกับพันธะโควาเลนต์ ไอออนไฮโดรเจนจึงไม่สามารถเคลื่อนที่รอบๆ ประจุลบบน AlO_4 -tetrahedral ได้



รูปที่ 2.19 แสดงการดุลประจุบนโครงสร้างของซีโอไลต์ โดย H^+ [4]

2.7.2 การใช้ซีโอไลต์สำหรับเป็นตัวดูดซับ

จากการที่ซีโอไลต์ที่ต่างชนิดกันมีช่องที่ต่างกัน ทำให้ซีโอไลต์มีความแตกต่างทั้งขนาดและรูปร่าง แสดงดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 แสดงขนาดของรูพรุนของซีโอไลต์ชนิดต่าง ๆ [4]

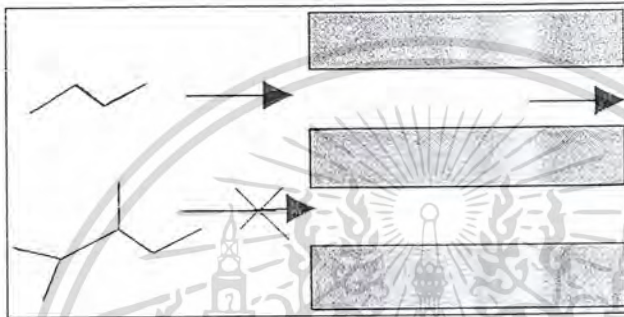
ZEOLITES AND THEIR PORE (APERTURE) DIMENSION^a

Zeolite	Number of Oxygens in the Ring	10 x Aperture Dimension, nm
Chabazite	8	3.6x3.7
Erionite	8	3.6x5.2
Zeolite A	8	4.1
ZSM-5 (or Silicalite)	10	5.1x5.5; 5.4x5.6
ZSM-11	10	5.1x5.5
Heulandite	10	4.4x7.2
Ferrierite ^b	10	4.3x5.5
Faujasite	12	7.4
Zeolite L	12	7.1
	12	7.0
Mordenite	12	6.7x7.0
Offretite	12	6.4

^a The framework oxygen is assumed to have a diameter of 0.375 nm

^b There are also apertures with eight-membered oxygen ring in this zeolite

จากการที่ซีโอไลต์มีความแตกต่างทั้งขนาดและรูปร่าง จึงทำให้ซีโอไลต์มีความสามารถในการคัดเลือกโมเลกุลที่มีขนาดวิกฤตต่ำกว่าให้ผ่านเข้าไปได้เท่านั้น จึงมีผลทำให้ซีโอไลต์ได้ชื่อว่าเป็นสาร Molecular sieve ตัวอย่างเช่น นอร์มอลพาราฟิน (n-paraffins) ที่เป็นโซ่ตรงสามารถเข้าไปในรูพรุนของ Erionite ได้ในขณะที่ไอโซพาราฟิน (iso-paraffins) ไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ ดังรูปที่ 2.20 ดังนั้นในการเลือกซีโอไลต์จึงต้องให้มีขนาดรูพรุนที่เหมาะสมกับโมเลกุลที่ต้องการแยก



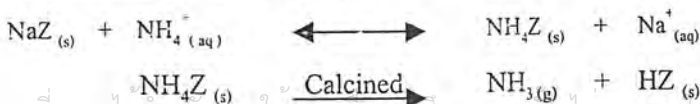
รูปที่ 2.20 แสดงการเลือกนอร์มอลพาราฟิน และไอโซพาราฟินของซีโอไลต์ Erionite [11]

สมบัติในการคัดเลือกขนาดโมเลกุลจึงถูกประยุกต์ใช้ในการทำให้ก๊าซบริสุทธิ์ในระดับอุตสาหกรรม โดยจะบรรจุอนุภาคของซีโอไลต์ที่ใช้เป็นตัวดูดซับลงในคอลัมน์ เมื่อของผสมของก๊าซไหลผ่าน โมเลกุลขนาดเล็กจะถูกดูดซับไว้ในคอลัมน์ เพราะโมเลกุลขนาดเล็กนั้นสามารถเข้าไปในรูพรุนของซีโอไลต์ แต่โมเลกุลขนาดใหญ่จะไหลผ่านคอลัมน์โดยไม่ถูกดูดซับไว้

2.7.3 การใช้ซีโอไลต์สำหรับเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

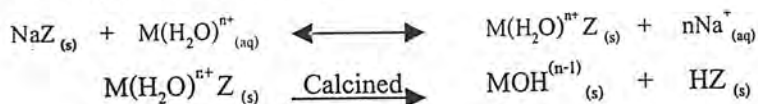
ซีโอไลต์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีพื้นที่ผิวสูงและมีความเสถียรทางความร้อนต่อการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรคาร์บอน ตัวอย่างเช่น ปฏิกิริยา Cracking, Hydrocracking, Alkylation และ Isomerization บริเวณว่องไว (Active site) ที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาของซีโอไลต์จะเป็นบริเวณว่องไวที่เป็นกรด (Acid site) ซึ่งโดยปกติซีโอไลต์จะเป็นผลึกที่มีประจุบวกของโลหะ เช่น Na, Ca, K และ Ba เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของกรดดังนี้

1. Ammonium ion exchange



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Polyvalent ion exchange



เนื่องจากภายในผลึกซีโอไลต์ประกอบไปด้วยรูพรุนที่มีรูปร่างและขนาดเท่ากันหมด ทำให้ซีโอไลต์สามารถที่จะคัดเลือกขนาดและรูปร่างโมเลกุลของสารอย่างเฉพาะเจาะจงในการเกิดปฏิกิริยาได้ คุณสมบัตินี้เรียกว่า Shape and size selectivity ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

2.7.3.1 การเลือกรูปร่างของสารตั้งต้น (Reactant shape selectivity)

เนื่องจากซีโอไลต์มีขนาดของหน้าต่างรูพรุนที่เท่ากันหมดเพื่อใช้ในการคัดเลือกสารผ่านเข้าสู่โพรง ทำให้สารที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าหน้าต่างของรูพรุนไม่สามารถผ่านเข้าไปในโพรงเพื่อเกิดปฏิกิริยาได้ ดังนั้นจึงมีเพียงสารที่มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าหน้าต่างของรูพรุนเท่านั้น ที่สามารถผ่านเข้าไปในโพรงเพื่อเกิดปฏิกิริยาได้

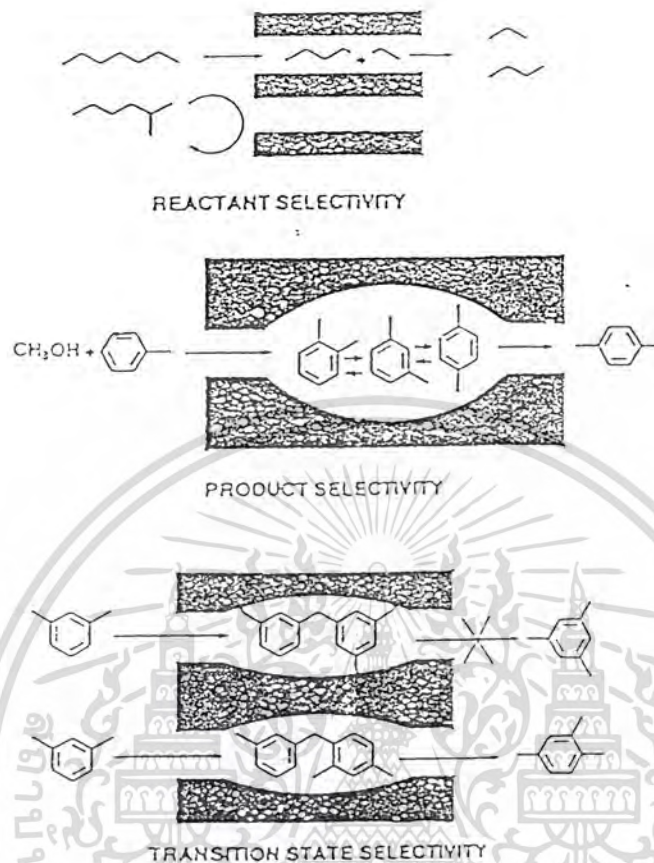
2.7.3.2 การเลือกรูปร่างของสารผลิตภัณฑ์ (Product shape selectivity)

ในการเกิดปฏิกิริยาแต่ละครั้งจะได้ผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ออกมา พบว่าสารผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก จะสามารถแพร่ออกจากโพรงซีโอไลต์ได้ แต่สำหรับสารผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ หากไม่สามารถออกจากโพรงได้ ก็อาจจะเกิดปฏิกิริยาต่อไป หรืออาจเป็นตัวกีดขวางโพรงของซีโอไลต์ทำให้โมเลกุลของสารตั้งต้นอื่นไม่สามารถผ่านเข้าไปทำปฏิกิริยาต่อไปได้

2.7.3.3 การเลือกรูปร่างโดยสถานะทรานสิชัน (Transition-state shape selectivity)

หากสารมัธยันต์ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินปฏิกิริยามีขนาดใหญ่เกินกว่าขนาดโพรงของซีโอไลต์ ผลิตภัณฑ์ที่จะได้จากสารมัธยันต์นั้นก็เลยไม่สามารถเกิดขึ้นได้

การคัดเลือกรูปร่างของทั้งสามลักษณะแสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงชนิดของความเฉพาะเจาะจงต่อรูปร่างที่ถูกคัดเลือก และที่เกิดขึ้นในซีโอไลต์ [9]

ซีโอไลต์ที่มีปริมาณไอออนอลูมิเนียมมากจะมีความเป็นขั้วสูง (เนื่องจากมีประจุลบอยู่บนโครงสร้างมาก) ทำให้มีคุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilic) จึงสามารถเกิดอันตรกิริยาที่รุนแรงกับ โมเลกุลที่มีความเป็นขั้วที่สามารถผ่านเข้าไปในรูพรุนของซีโอไลต์ได้ แต่ซีโอไลต์ที่มีปริมาณไอออนอลูมิเนียมต่ำ จะมีความเป็นขั้วต่ำ จึงมีสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ซึ่งสามารถใช้ในการแยกของผสมระหว่างน้ำกับสารอินทรีย์ได้ โดยสมบัติดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นเมื่ออัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินามีค่าเข้าใกล้ 10

การเสื่อมสภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst deactivation) อาจมีสาเหตุจาก

1. การเสื่อมสภาพโดยความร้อน (Sintering or Thermal deactivation)
2. การเสื่อมสภาพโดยสารปนเปื้อน (Poisoning)
3. การเสื่อมสภาพโดยการเกิดสารประกอบคาร์บอน (Coke)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซีโอไลต์ที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยานั้น สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้

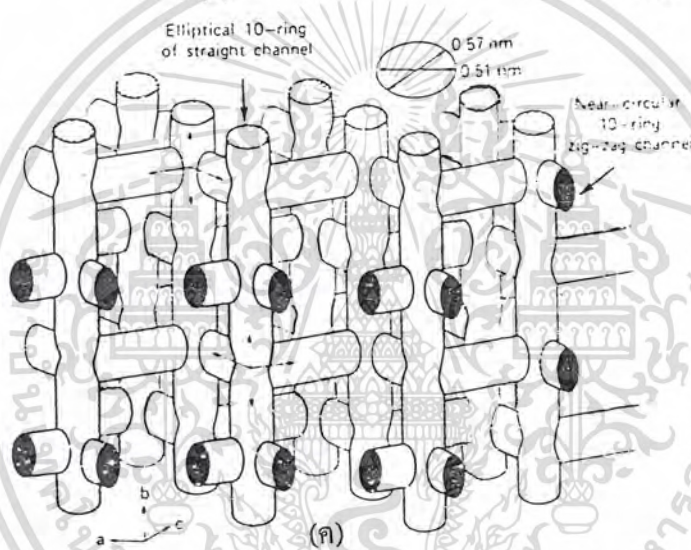
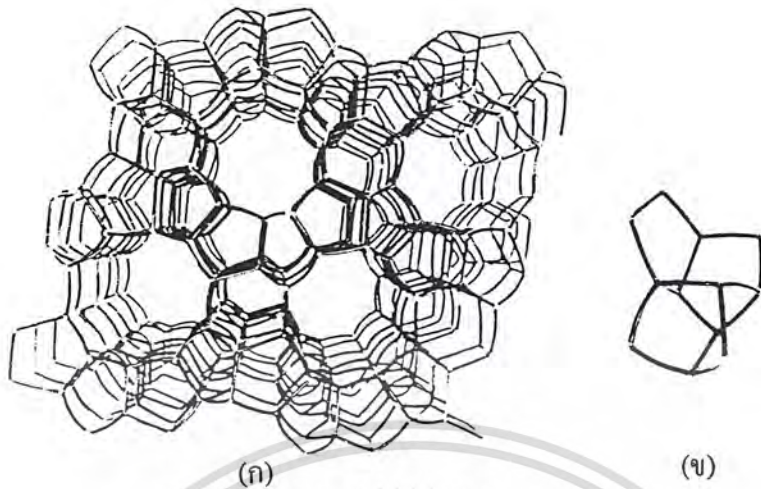
ตัวอย่างเช่น

1. Fluidized catalytic cracking
2. Hydrocracking
3. Selective cracking
4. Isomerization
5. Alkylation of aromatics
6. Synfuels production
7. Reforming
8. Xylene isomerization
9. Dewaxing
10. Ethylbenzene synthesis
11. Paraethyltoluene and paramethylstyrene synthesis
12. Manufacture of other specially chemicals
13. Application in NO_x abatement

2.8 ซิลิกาไลต์

ซิลิกาไลต์เป็นซีโอไลต์ประเภทหนึ่งที่มีองค์ประกอบและโครงสร้างเป็น SiO_2 แบบ MFI เช่นเดียวกับ ZSM-5 ประกอบด้วยท่อตรงที่มีขนาดรูเปิดรูปวงรี 0.51×0.57 นาโนเมตร และท่อซิกแซกที่มีขนาดรูเปิด 0.54 นาโนเมตร มีปริมาตรของรูพรุน $0.18-0.19$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อกรัม และค่าความหนาแน่น 1.76 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ลักษณะโครงสร้างของซิลิกาไลต์ แสดงดังรูปที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- รูปที่ 2.22 (ก) แสดงลักษณะ โครงสร้างทางเรขาคณิตของซิลิกาไลต์ในทิศทางของช่องหลัก
 (ข) แสดงหน่วยโครงสร้างทศนิยมแบบ 12 เติตระฮีดรา
 (ค) แสดงระบบช่องทางอุคมคติของซิลิกาไลต์ [12]

เนื่องจากโครงสร้างของซิลิกาไลต์ ประกอบด้วยพันธะซิลิกอน-ออกซิเจน จึงไม่มีประจุอยู่ภายในโครงสร้าง ซึ่งต่างจากซีโอไลต์ประเภทอุมิโนซิลิเกตอื่นๆ ที่มีทั้งพันธะซิลิกอน-ออกซิเจนและอุมิเนียม-ออกซิเจน ทำให้ซิลิกาไลต์ไม่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน และมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ แต่ชอบสารอินทรีย์ (Organophilic) ดังนั้น ซิลิกาไลต์จะเลือกดูดซับโมเลกุลสารอินทรีย์มากกว่าน้ำ ซึ่งการดูดซับเป็นการดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption) ในรูพรุนของซิลิกาไลต์ และโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดรูพรุนของซิลิกาไลต์จะไม่ถูกดูดซับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น นีโอเพนเทน (Neopentane) มีเส้นผ่านศูนย์กลาง (Kinetic diameter) ประมาณ 6.2 อังสตรอม

ซิลิกาไลต์สามารถสังเคราะห์ได้โดยวิธี Hydrothermal ในระบบปิดที่มีอัลคิลแอมโมเนียม แคลไออน เช่น เตตระโพรพิลแอมโมเนียม ร่วมกับไฮดรอกซิลไอออน และซิลิกาที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 100-200 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเป็นกรด-เบสอย่างน้อยเท่ากับ 10 และก่อนที่จะนำไปใช้งานในการดูดซับ จะต้องมีการกำจัดแคลไออนอินทรีย์ที่มีอยู่ในรูปของไอออน โดยการแตกสลายทางเคมี หรือการแตกสลายโดยความร้อน (Chemical or Thermal decomposition) โดยปกตินิยมคลอรีนด้วยอากาศที่อุณหภูมิ 500-600 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ผลึกซิลิกาไลต์ที่มีรูปทรงขนาดเล็ก

ซิลิกาไลต์เสถียรในอากาศที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100 องศาเซลเซียส และจะแปรสภาพเป็น Amorphous glass ที่มีโครงสร้างไม่แน่นอน ที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส ซิลิกาไลต์เสถียรต่อกรดแร่ (Mineral acid) เกือบทุกชนิด แต่ทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรฟลูออริกเช่นเดียวกับควอตซ์ (Quartz)

การประยุกต์ใช้งานซิลิกาไลต์เป็นตัวดูดซับ นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ เช่น กำจัดเมทานอล (Methanol) โพรพานอล (Propanol) บิวทานอล (Butanol) ฟีนอล (Phenol) 1,4-ไดออกเซน (1,4-Dioxane) เพนเทน (Pentane) และเฮกเซน (Hexane) จากน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในการแยกสารผสมไฮโดรคาร์บอน พาราไซลีน เมทาไซลีน ออร์โทไซลีน และเอทิลเบนซีน ซิลิกาไลต์สามารถใช้แทนคาร์บอนที่ใช้เป็นตัวดูดซับ ซึ่งจะมีค่าการเลือก (Selectivity) ใกล้เคียงกัน แต่ซิลิกาไลต์มีความเสถียรสูง จึงนำไปใช้ในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับความร้อนกรด และสภาวะที่เกิดการออกซิเดชันได้

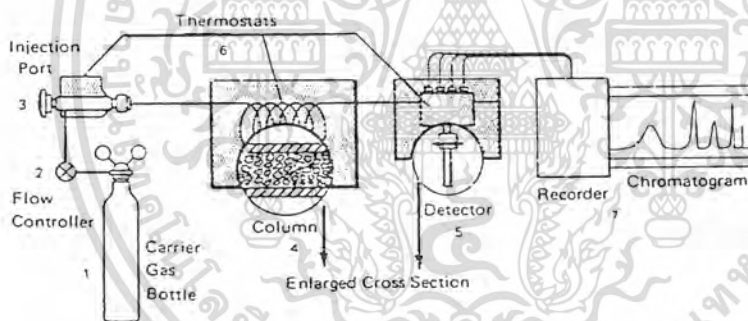
2.9 แก๊สโครมาโตกราฟี [13, 14, 15]

โครมาโตกราฟีเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้สำหรับการแยกสารผสม ที่สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย ณ อุณหภูมิของคอลัมน์ ดังนั้น วิธีของแก๊สโครมาโตกราฟีจึงเป็นเทคนิคที่นิยมใช้แยกสารประกอบอินทรีย์ เพราะสารประกอบอินทรีย์สามารถระเหยกลายเป็นไอได้ง่าย

กรรมวิธีในการทำโครมาโตกราฟี คือ การทำให้ส่วนผสมของสารตัวอย่างแยกออกจากกันเป็นโซน หรือแบ่งเป็นตอน ๆ ซึ่งเกิดขึ้นได้จากการกระจายของสารตัวอย่างระหว่างเฟสสองเฟส ซึ่งเฟสหนึ่งคือ เฟสที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile phase) และอีกเฟส คือ เฟสที่อยู่กับที่ (Stationary phase) การคำนวณว่าครีนิใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

phase) การเคลื่อนที่ของเฟสที่เคลื่อนที่ได้จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของสารผสมแต่ละชนิดในสารละลายตัวอย่างแตกต่างกัน จึงทำให้สารผสมแยกออกจากกันเป็นตอน ๆ หรือเป็นโซนได้ กระบวนการที่ตัวถูกละลายเคลื่อนที่แยกออกจากกันได้โดยมีตัวทำละลายที่เคลื่อนที่ได้เป็นตัวพา เรียกว่า อีลูชัน (Elution) หรือการอีลูท ซึ่งตัวทำละลายที่ใช้เป็นตัวพาตัวถูกละลายนั้นจะถูกเรียกว่า ตัวอีลูท (Eluent) และตัวถูกละลายซึ่งถูกอีลูทจะถูกเรียกว่า อีลูเอท (Eluate)

ในการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคนี้ เมื่อฉีดสารตัวอย่างเข้าที่บริเวณช่องฉีดสารตัวอย่าง (Sample injection port) สารตัวอย่างจะกลายเป็นก๊าซแล้วถูกพาเข้าไปในคอลัมน์โดยก๊าซพา สารผสมจะถูกแยกออกเป็นส่วน ๆ ที่คอลัมน์ แล้วออกไปสู่ดีเทคเตอร์ (Detector) ตัวดีเทคเตอร์จะเป็นตัวแปรขนาดของสารตัวอย่างเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ถ้าสารตัวอย่างมีปริมาณมาก สัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นก็จะมีมาก สัญญาณทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ดีเทคเตอร์จะส่งไปยังเครื่องบันทึก (Recorder) เครื่องบันทึกจะบันทึกเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับขนาดของสัญญาณที่ได้รับจากเครื่องดีเทคเตอร์ (Detector response) ดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แสดงองค์ประกอบที่สำคัญและลำดับการทำงานของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี [13]

2.10 ประเภทของแก๊สโครมาโตกราฟี [13]

การแบ่งประเภทต่าง ๆ ของแก๊สโครมาโตกราฟีสามารถแบ่งได้หลายวิธี ในที่นี้จะกล่าวถึง 2 วิธี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

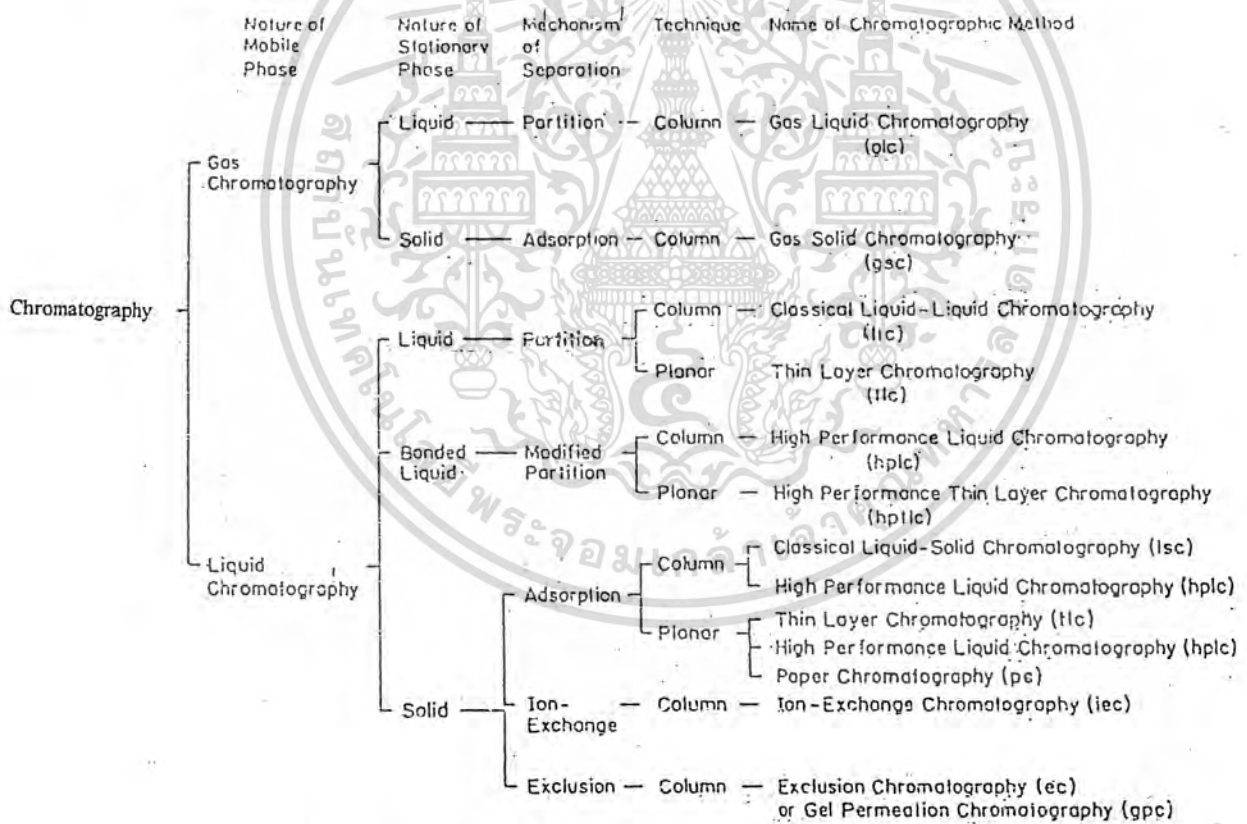
2.10.1 การแบ่งตามลักษณะของเฟส

โดยที่เฟสที่อยู่กับที่เป็นของแข็งหรือของเหลว ในขณะที่เฟสเคลื่อนที่เป็นก๊าซ ซึ่งถ้าเฟสที่อยู่กับที่เป็นของแข็งจะเรียกโครมาโตกราฟีประเภทนี้ว่า โครมาโตกราฟีแบบก๊าซ-ของแข็ง (Gas-Solid Chromatography, GSC) และถ้าเฟสที่อยู่กับที่เป็นของเหลวจะเรียกว่า โครมาโตกราฟีแบบก๊าซ-ของเหลว (Gas-Liquid Chromatography, GLC)

2.10.2 การแบ่งตามลักษณะของการแยก

โดยอาศัยแรงกระทำระหว่างสารที่ต้องการแยกกับเฟสที่อยู่กับที่ เพื่อให้เกิดการแยกสารขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 แสดงประเภทของโครมาโตกราฟีที่แบ่งตามลักษณะของการแยก [14]



ในที่นี้จะกล่าวถึงโครมาโตกราฟีเพียง 2 ประเภท คือ

2.10.2.1 โครมาโตกราฟีดูดซับ (Adsorption chromatography)

กระบวนการนี้ใช้เฟสที่อยู่กับที่เป็นของแข็งที่สามารถดูดซับสารซึ่งต้องการจะแยกได้ และจะต้องไม่มีสารอื่นใดเคลือบอยู่ หลักการนี้จะอาศัยการเกิดอันตรกิริยาไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Interaction) ที่ต่างกันระหว่างสารกับบริเวณซึ่งว่องไว บนผิวของตัวดูดซับที่ใช้เป็นเฟสที่อยู่กับที่ ตัวดูดซับ โดยทั่วไปจะเป็นของแข็งที่มีรูพรุนและมีพื้นที่ผิวมาก เช่น ซิลิกาเจล อลูมินา ถ่าน (Charcoal) หรือ สาร Molecular sieve

ถ้าสารหนึ่งดูดซับไว้ในเฟสที่อยู่กับที่ได้น้อย สารนั้นก็จะเคลื่อนที่ได้เร็ว และถ้าอีกสารหนึ่งถูกดูดซับไว้ในเฟสที่อยู่กับที่ได้นานกว่า สารนั้นก็จะเคลื่อนที่ไปได้ช้ากว่า ทำให้เกิดการแยกของสารประกอบนี้ขึ้น

2.10.2.2 พาร์ทิชันโครมาโตกราฟี (Partition chromatography)

กระบวนการนี้อาศัยหลักการการกระจายตัวที่แตกต่างกันของสาร ที่ต้องการแยกระหว่างเฟสที่เคลื่อนที่กับเฟสที่อยู่กับที่ เฟสที่อยู่กับที่ จะกระจายเป็นฟิล์มบาง ๆ บนผิวของของแข็งเฉื่อย หรือเคลือบอยู่บนผนังภายในของคอลัมน์

ความสามารถในการกระจายตัวของสาร อธิบายได้ด้วยค่า Partition coefficient หรือ Distribution constant, K ซึ่งแสดงดังสมการ

$$K_x = \frac{C_s}{C_m} \quad (2.1)$$

โดย K_x = ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายตัวของสาร x

C_s = ค่าความเข้มข้นของสาร x ในเฟสที่อยู่กับที่

C_m = ค่าความเข้มข้นของสาร x ในเฟสเคลื่อนที่

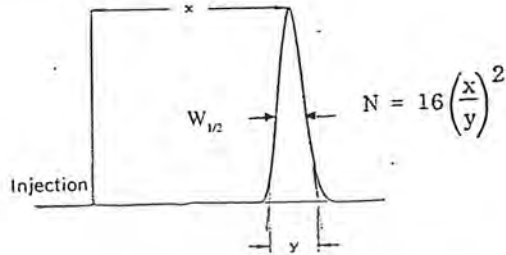
ถ้า K_x มีค่ามาก แสดงว่าสารประกอบชอบที่จะกระจายตัวอยู่ในเฟสอยู่กับที่ มากกว่าเฟสเคลื่อนที่ ดังนั้นสารประกอบดังกล่าวจะเคลื่อนที่ไปตามคอลัมน์ได้ช้า ถ้า K_x มีค่าน้อย สารประกอบนี้ก็จะกระจายตัวในเฟสเคลื่อนที่ได้ดีกว่าเฟสที่อยู่กับที่ และจะเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ได้อย่างรวดเร็ว

2.11 ทฤษฎีทางโครมาโตกราฟี [16]

2.11.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับเพลต (Plate theory)

ทฤษฎีนี้ได้สมมติว่าคอลัมน์แบ่งออกเป็นบริเวณ (Zone) หลาย ๆ บริเวณ เรียกว่า เพลตทางทฤษฎี (Theoretical plate) ความสูงของแต่ละบริเวณหรือความสูงของเพลตทางทฤษฎี ไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Height equivalent to a theoretical plate, HETP หรือ H) จะหาได้โดยสมมติว่าในแต่ละชั้นจะมี สมดุลที่สมบูรณ์ระหว่างสถานะก๊าซ (Gas phase) กับสถานะของเหลว (Liquid phase) เกิดขึ้น



รูปที่ 2.24 การคำนวณหาค่าเพลตทางทฤษฎี [15]

จากรูปที่ 2.24 สามารถคำนวณหาค่าจำนวนเพลตทางทฤษฎีของคอลัมน์นั้น ๆ ได้ตาม สมการดังนี้

$$N = 5.54 \left(\frac{t_R}{W_{1/2}} \right)^2 \quad (2.2)$$

$$N = 16 \left(\frac{t_R}{W_b} \right)^2 \quad (2.3)$$

โดยที่ N = จำนวนเพลตทางทฤษฎีของคอลัมน์

$W_{1/2}$ = ความกว้างของพีคในหน่วยของเวลาที่มีความกว้างเป็นครึ่งหนึ่งของความสูง ทั้งหมด

W_b = ความกว้างของพีคตรงฐานพีคในหน่วยเวลา

t_R = ค่ารีเทนชันไทม์ (Retention time)

จำนวนเพลตทางทฤษฎีในคอลัมน์จะขึ้นกับความยาวของคอลัมน์ เพราะว่าเมื่อเพิ่มความยาวของคอลัมน์เป็นสองเท่า จะทำให้จำนวนเพลตทางทฤษฎีเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และทำให้ระยะระหว่างพีคเพิ่มขึ้นสองเท่าด้วย ทำให้เกิดการแยกชั้นได้ดีประมาณสองเท่า แต่จะทำให้พีคที่ได้มีความกว้าง (Broaden peak) ถ้า L เป็นความยาวของคอลัมน์ การเพิ่มจำนวนเพลตทางทฤษฎีต่อความยาวของคอลัมน์พิจารณาได้จากความสูงของเพลตทางทฤษฎี (H) ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$N = \frac{L}{H} \quad (2.4)$$

ถ้า H มีค่าต่ำที่สุดที่ความยาวของคอลัมน์ที่กำหนดให้ จะได้ค่าจำนวนเพลตทางทฤษฎีมีค่ามากที่สุด และทำให้คอลัมน์มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เมื่อแยกสารแล้วจะได้พีคที่มีฐานแคบด้วย แต่ถ้ารีเทนชันไทม์มีค่ามาก ค่า H จะต้องมิต่ำน้อยที่สุด และความยาวของคอลัมน์ก็ควรที่จะสั้นที่สุดด้วย

2.11.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับอัตราการความเร็ว (Rate theory)

ในการแยกสารแต่ละครั้ง จะแยกได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 อย่าง คือ

2.11.2.1 การแพร่กระจายตามความยาวของคอลัมน์ (Longitudinal molecular diffusion)

กระบวนการนี้เป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงกับบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำ ดังนั้นจะเกิดการเคลื่อนที่ของสาร (Migration) จากบริเวณที่มีความเข้มข้นสูงไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำในทิศทางตามคอลัมน์ การแพร่กระจายแบบนี้เกิดขึ้นในระดับโมเลกุลหลังจากที่โมเลกุลได้มีการชนกันแล้ว

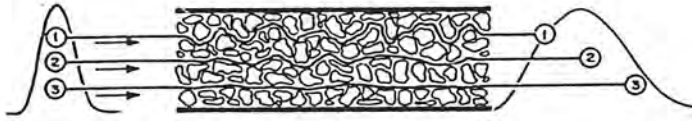
ถ้าสารเคลื่อนที่ในคอลัมน์นาน การแพร่จะเกิดขึ้นมาก เวลาที่อยู่ในคอลัมน์ก็จะนาน จึงทำให้พีคที่ได้มีการกระจายที่กว้างขึ้น

2.11.2.2 การแพร่แบบเอ็ดดี้ (Eddy diffusion)

คอลัมน์ที่บรรจุด้วยอนุภาคที่มีขนาดเท่ากัน ตามคอลัมน์จะมีช่องว่าง (Void space) ระหว่างอนุภาคตลอดคอลัมน์อย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อขนาดของอนุภาคเล็กกลง จะทำให้ยากต่อการควบคุมขนาดของอนุภาคให้เท่ากันตลอด และยากต่อการป้องกันไม่ให้อนุภาคแตกได้ ดังนั้น ช่องว่างที่เกิดขึ้นในคอลัมน์จะไม่สม่ำเสมอ เมื่อสารตัวอย่างเคลื่อนเข้าไปในคอลัมน์ จะทำให้บางโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปได้รวดเร็วหรือช้ากว่าอีกโมเลกุล และบางโมเลกุลอาจเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางมากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อเทียบกับจุดศูนย์กลางของบริเวณนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.25 เพราะฉะนั้นกระบวนการแพร่แบบเอ็ดดี้จึงเป็นผลมาจากการไหลของสารในคอลัมน์ที่มีช่องว่างไม่สม่ำเสมอ และอนุภาคมีขนาดต่าง ๆ กัน

2.11.2.3 การถ่ายโอนมวล (Mass transfer)

การถ่ายโอนมวลจะสัมพันธ์กับอัตราการดูดซับ หรือถูกคายออกของโมเลกุลของสารที่อยู่ระหว่างเฟสเคลื่อนที่กับเฟสที่อยู่กับที่ ซึ่งอาจจะมีอัตราการเกิดที่ช้ากว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 แสดงการเกิดการแพร่แบบเอ็ดดี้ (Eddy diffusion) [13]

โมเลกุลของสารเคลื่อนที่ในเฟสเคลื่อนที่เมื่อเปรียบเทียบกับ ทำให้โมเลกุลของสารที่จะแยกไม่สามารถจะเกิดภาวะสมดุลระหว่างเฟสทั้งสองได้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นอธิบายได้ด้วย 2 กระบวนการ คือ

ก. กลไกการดูดซับและอัตราการคายซับ (Sorption-desorption kinetics) เกิดจากการที่โมเลกุลของสารถูกดูดซับ หรือถูกปล่อยออกจากผิวของเฟสที่อยู่กับที่ชั่วขณะใดขณะหนึ่ง โดยที่โมเลกุลของสารจะหลุดออกจากผิวของเฟสที่อยู่กับที่ได้ จะต้องมีความพลังงานกระตุ้นพอเพียงที่จะชนะแรงยึดเหนี่ยวกับผิวของเฟสที่อยู่กับที่

ข. กลไกการแพร่ (Diffusion controlled kinetic) จะเกิดการแพร่ระหว่างของเหลวที่เป็นเฟสที่อยู่กับที่เอง ซึ่งทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ แต่ถ้าเกิดการแพร่ระหว่างเฟสเคลื่อนที่เองจะมีความซับซ้อนมาก และยากต่อการวิเคราะห์

กลไกทั้งสามอย่าง คือกลไกการดูดซับ กลไกการคายซับ และกลไกการแพร่ จะส่งผลกระทบต่อความสูงของเพลตทางทฤษฎี และมีความสัมพันธ์กันโดยทางอ้อมต่อความสูงของเพลตทางทฤษฎีตามสมการของแวนดีมเตอร์ (Van Deemter equation) ดังนี้

$$H = A + \frac{B}{U} + CU \quad (2.5)$$

ซึ่งแต่ละพจน์จะแสดงถึงการเกิดการกระจายความกว้างของพีค อันเนื่องมาจากการแพร่ และการถ่ายโอนมวล โดยที่

- พจน์ A เป็นค่าฟังก์ชันของขนาดและความสม่ำเสมอของอนุภาคเล็ก ๆ ของของแข็งที่ใช้ในการบรรจุคอลัมน์ดังนี้

$$A = 2\lambda d_p \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ λ = แฟกเตอร์ของการบรรจุ

d_p = เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคที่ใช้ในการบรรจุคอลัมน์

- พจน์ B มีความสัมพันธ์กับการแพร่ของโมเลกุลตามความยาวของคอลัมน์ตาม

สมการ

$$B = 2\gamma D_M \quad (2.7)$$

เมื่อ γ = ค่าคงที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ไปของเฟสเคลื่อนที่

D_M = ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของโมเลกุลของสารที่ต้องการแยกในเฟสเคลื่อนที่

- พจน์ C มีความสัมพันธ์ของการเกิดสมดุลของโมเลกุลของสารที่จะแยกระหว่าง

เฟสที่อยู่กับที่กับเฟสเคลื่อนที่ ดังสมการ

$$C = \left(\frac{8}{\pi^2} \right) \frac{k'}{(1+k')^2} \left(\frac{d_f^2}{D_c} \right) \quad (2.8)$$

เมื่อ k' = แฟกเตอร์ความจุ

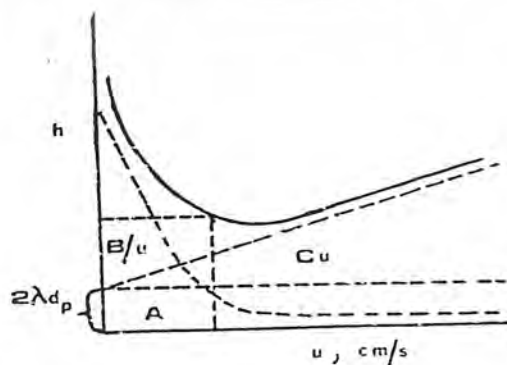
d_f = ความหนาของฟิล์มของเหลวที่เคลือบบนอนุภาคของแข็งที่เป็นตัวดูดซับ

D_c = อัตราการแพร่ของของเหลวที่เป็นเฟสเคลื่อนที่

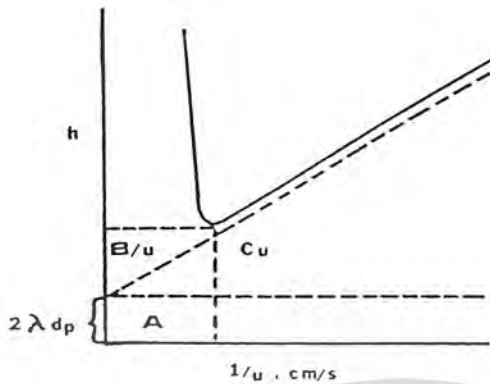
จากสมการของเวเนดิมเตอร์ ถ้านำค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎี และ

ค่าอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ ณ สภาวะต่าง ๆ มาเขียนกราฟจะได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 2.26

และรูปที่ 2.27 และค่าพจน์ A, B และ C ก็สามารถหาได้จากกราฟนี้เช่นกัน โดยการลากเส้นตรงให้ใกล้กับเส้นโค้งมากที่สุด ค่าต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2.26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.26 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า H สัมพันธ์กับความเร็วของก๊าซ, u หรือ Van Deemter plot [13]



รูปที่ 2.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า h กับ $1/u$ เป็น Rate theory equation plot [13]

ที่จุดต่ำสุดของเส้นโค้ง ในรูปที่ 2.26 และ 2.27 จะได้ค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีน้อยที่สุด (H_{\min}) และจะได้ค่าอัตราการไหลของเฟสที่เคลื่อนที่ที่เหมาะสม (U_{opt}) ที่สุดด้วย หรืออาจคำนวณได้จากสมการ

$$H_{\min} = A + (2BC)^{1/2} \quad (2.8)$$

$$U_{\text{opt}} = (BC)^{1/2} \quad (2.9)$$

เมื่อ H_{\min} = ความสูงของเพลตทางทฤษฎีที่น้อยที่สุด

U_{opt} = อัตราการไหลของเฟสที่เคลื่อนที่ที่เหมาะสมที่สุด

2.12 ประสิทธิภาพของคอลัมน์ที่สถานะที่เหมาะสมที่สุด (Optimization of column efficiency) [16]

การควบคุมประสิทธิภาพของคอลัมน์เพื่อให้เกิดสถานะที่เหมาะสมที่สุด ทำได้ดังนี้

2.12.1 ลดขนาดของอนุภาคของเฟสที่อยู่กับที่ที่บรรจุอยู่ในแพคคอลัมน์ ในเทคนิคของแก๊สโครมาโตกราฟี ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคที่ใช้ควรอยู่ระหว่าง 100-200 ไมโครเมตร และสิ่งที่ต้องระวัง คือ เมื่อขนาดของอนุภาคเล็กลง จะทำให้เกิดความดันลด (Pressure drop) มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 การเลือกอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่จากกราฟสมการของเวเนดิมเตอร์ คือ ค่า U_{min} เพื่อให้ได้ H_{min} ด้วย U_{min} ที่เลือกใช้นั้นจะทำให้รีเทนชันไทม์มีค่ามาก ดังนั้นในทางปฏิบัติ จะใช้อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ที่เป็น 2 เท่าของ U_{min} เพื่อช่วยลดรีเทนชันไทม์ให้น้อยลง

2.12.3 เลือกเฟสของเหลวที่เหมาะสมกับสารตัวอย่างที่จะแยก แล้วเคลือบบนตัวรองรับของแข็ง (Solid support) ให้บางที่สุด และใช้ปริมาณที่น้อยที่สุดด้วย

จากที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่าคอลัมน์ที่ดีนั้น ค่า N ต้องมีค่าสูงมาก (H มีค่าต่ำสุด) ซึ่งหมายความว่า ในการแยกสารนั้น พีกที่ได้จะมีฐานที่แคบที่สุดด้วย เมื่อมีรีเทนชันไทม์มากที่สุด ในบางครั้งสิ่งที่สำคัญไม่ได้อยู่ที่ประสิทธิภาพของคอลัมน์เพียงอย่างเดียว สิ่งที่สำคัญที่สุดในการทำโครมาโตกราฟี คือ การแยกสารสองชนิดหรือมากกว่าออกจากกัน คอลัมน์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีในการแยกสารควรให้พีกของสารตัวอย่างแยกออกจากกัน

2.13 ค่าการแยก (Resolution) [16]

คือ การวัดอาณาเขตของพีก 2 พีกที่ซ้อนกัน ค่าการแยกกันระหว่างพีก 2 พีก คำนวณจากความแตกต่างระหว่างรีเทนชัน ไทม์ของพีกทั้งสองต่อผลรวมของครึ่งหนึ่งของความกว้างของพีกทั้งสอง ดังสมการที่ 2.10 พบว่าถ้ารีเทนชันไทม์ของพีกทั้งสองแตกต่างกันมาก การแยกจะเกิดได้ดี แต่ถ้าความกว้างของพีกมีค่ามาก การแยกเกิดขึ้นได้ไม่ดี สมการนี้ใช้กับพีกที่สมมาตรคือมีรูปร่างเป็น Normal gaussian shape และพีกทั้งสองมีขนาดเท่ากัน

$$R = \frac{t_{R_2} - t_{R_1}}{\frac{W_1}{2} + \frac{W_2}{2}} \quad (2.10)$$

เมื่อ R = ค่าการแยก

t_{R_1} และ t_{R_2} = ค่ารีเทนชันไทม์ของพีกที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ($t_{R_2} > t_{R_1}$)

W_1 และ W_2 = ความกว้างของฐานพีกทั้งสอง

สำหรับพีกที่สมมาตรและมีค่าการแยกเท่ากับ 1 จะมีพื้นที่พีกที่ซ้อนกันเพียง 2% ถ้าการแยกมีค่าเท่ากับ 1.5 พีกสามารถแยกออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์

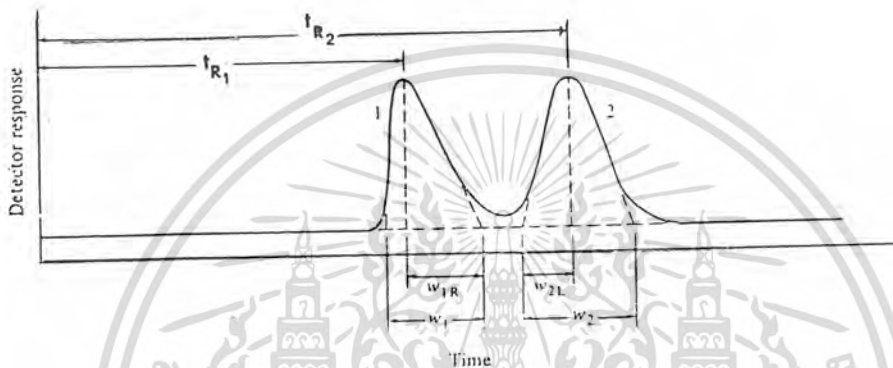
สมการข้างต้นใช้กับพีกที่สมมาตร แต่ในกรณีที่พีกไม่สมมาตรจะใช้สมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$R = \frac{t_{R_2} - t_{R_1}}{W_{IR} + W_{2E}} \quad (2.11)$$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไขอย่างอ้อมถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ W_{IR} และ W_{2L} คูได้จากรูปที่ 2.28

จากสมการการแยกทั้ง 2 สมการ สามารถใช้ค่ารีเทนชันโวลุ่มแทนค่ารีเทนชันใหม่ ค่า W_{IR} และ W_{2L} สามารถวัดได้จากพิกของโครมาโตแกรมดังรูปที่ 2.28 ตามรูปหน่วยของ W_{IR} และ W_{2L} ต้องสอดคล้องกับค่ารีเทนชันใหม่ หรือรีเทนชัน โวลุ่ม



รูปที่ 2.28 แสดงการหาค่า W_{IR} และ W_{2L} จากโครมาโตกราฟิกที่ไม่สมมาตร [16]

เมื่อพิจารณาสมการการแยก จะเห็นได้ว่าการแยกจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของค่า t_{R1} และ t_{R2} กับความกว้างของพีก นั่นคือถ้าจะปรับปรุงการแยกให้ดีขึ้นสามารถทำได้โดยเพิ่มค่า Δt_R (ค่า $t_{R2} - t_{R1}$) ซึ่งทำได้โดย

1. เพิ่มความยาวของคอลัมน์
2. โดยการลดอุณหภูมิและเลือกเฟสที่อยู่กับที่และเฟสที่เคลื่อนที่ที่เหมาะสม
3. เพิ่มปริมาณของเฟสที่อยู่กับที่

ทำ ความกว้างของพีกให้น้อยลง ทำได้โดย

1. บรรจุเฟสที่อยู่กับที่ในคอลัมน์ให้แน่น
2. เพิ่มพื้นที่ผิวของเฟสที่อยู่กับที่ คือใช้ที่มีขนาดเล็ก
3. ให้อัตราการไหลของเฟสที่เคลื่อนที่มีอัตราเร็วที่เหมาะสม
4. ลดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์
5. ลดปริมาณของสารตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่น่าสนใจอีกอย่าง คือ กำหนดหาจำนวนเพลตที่ต้องการสำหรับทำให้การแยกเกิดขึ้นได้ดี หรือเป็นไปได้ในทางทฤษฎีปริมาณ เมื่อทราบค่า R ที่เหมาะสม ตามสมการ

$$N_{\text{req}} = 16R^2 \left(\frac{\alpha}{\alpha - 1} \right)^2 \left(\frac{1 + k'_2}{k'_2} \right) \quad (2.12)$$

$$k'_2 = \left(\frac{t_{R_2} - t_m}{t_m} \right) \quad (2.13)$$

$$\alpha = \frac{t_R - t_m}{t_{R^*} - t_m} \quad (2.14)$$

- เมื่อ
- N_{req} = จำนวนเพลตที่ต้องการ
 - R = ค่าการแยก
 - α = รีเลทีฟรีเทนชัน
 - k'_2 = คาพาซิตีแฟกเตอร์ (Capacity factor)
 - t_{R_2} = ค่ารีเทนชันไทม์ของสารตัวอย่าง
 - t_m = รีเทนชัน ไทม์ของเฟสเคลื่อนที่
 - t_{R^*} = รีเทนชัน ไทม์ของสารมาตรฐาน

2.14 การประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรม [16]

วิธีแก๊สโครมาโตกราฟีสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางทฤษฎีได้ทั้งสองแบบ คือ การวิเคราะห์ทางคุณภาพ (Qualitative analysis) และการวิเคราะห์ทางปริมาณ (Quantitative analysis) ซึ่งทั้งสองแบบมีหลักการดังนี้

2.14.1 การวิเคราะห์ทางคุณภาพ

สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ หรือรีเทนชัน โวลูมของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐานที่ทราบค่ารีเทนชันแล้ว การเปรียบเทียบสามารถทำได้เมื่อสภาวะการทดลองเหมือนกันทุกประการ ในทางปฏิบัติต้องทำโครมาโตแกรมของสารตัวอย่างก่อน จากนั้นนำไม่วากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารตัวอย่างไปผสมกับสารที่ทราบว่าเป็นอะไร แล้วทำโครมาโตแกรม ถ้าโครมาโตแกรมที่ได้มีพีกเดียวกันและมีขนาดใหญ่มาก แสดงว่าสารตัวอย่างและสารมาตรฐานคือสารตัวเดียวกัน แต่การวิเคราะห์วิธีนี้ต้องพอทราบว่าเป็นสารจำพวกไหน จึงจะทำให้สามารถเลือกสารมาตรฐานได้ถูกต้อง ถ้าเราไม่มีข้อมูลเลย การวิเคราะห์แบบนี้ก็เป็นไปได้ยาก เพราะไม่ทราบว่า จะเลือกสารมาตรฐานตัวใด

การวิเคราะห์ทางคุณภาพยังสามารถทำได้อีกแบบหนึ่ง คือ ต่อเครื่องมือแก๊สโครมาโตกราฟีเข้ากับเครื่องมือชนิดอื่นที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์ทางคุณภาพได้ดี เช่น ต่อเข้ากับเครื่อง Mass spectrophotometer, เครื่อง Infrared spectrophotometer หรือเครื่อง Nuclear magnetic resonance spectrophotometer เมื่อสารตัวอย่างถูกแยกด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีแล้วเข้ามายังเครื่องวิเคราะห์คุณภาพที่กล่าวมานี้ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าสารตัวอย่างนั้น ๆ คืออะไรได้ โดยไม่ต้องหาสารมาตรฐานมาเปรียบเทียบ

2.14.2 การวิเคราะห์ทางปริมาณ

ปริมาณของสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าไปในเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีจะสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของพีก ซึ่งสามารถวัดได้ 2 แบบ คือ วัดค่าความสูงพีก หรือวัดพื้นที่ทั้งหมดของพีก จะใช้วัดความสูงพีกเมื่อพีกมีลักษณะแคบมาก ซึ่งไม่สามารถหาความกว้างของฐานพีกได้ และจะใช้วิธีวัดพื้นที่ของพีกเมื่อพีกที่ได้มีลักษณะกว้าง

2.14.2.1 การวัดความสูงของพีก ความสูงของพีกโครมาโตแกรมสามารถวัดได้โดยหาเส้นฐานของพีก (Baseline) แล้วลากเส้นตรงจากส่วนยอดของพีกตามแนวตั้งจนถึงเส้นฐาน ระยะทางของเส้นตรงคือความสูงของพีกนั่นเอง ความถูกต้องของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการวัดความสูงของพีก

2.14.2.2 การหาพื้นที่ของพีก สามารถทำได้หลายวิธี คือ

$$\% \text{Peak} = \frac{\text{Area of peak}}{\text{Total peak}} \times 100 \quad (2.15)$$

ก. วิธีคำนวณพื้นที่สามเหลี่ยม

กรณี พีกสมมาตร

$$\text{Peak area} = \frac{1}{2} WH = W_{1/2} H \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ W = ความกว้างของพีคที่ฐาน
 $W_{1/2}$ = ความกว้างของพีคที่ครึ่งหนึ่งของความสูงของพีค
 H = ความสูงของเพลต

กรณี พีคมีความกว้างมาก

$$\text{Peak area} = \left(\frac{W_x + W_y}{2H} \right) \quad (2.17)$$

เมื่อ W_x = ความกว้างของพีคที่มีความสูง $1.5H$

W_y = ความกว้างของพีคที่มีความสูง $0.8H$

ข. วิธีใช้อินทิเกรเตอร์ (Integrator method) อินทิเกรเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกสำหรับหาค่าพีค โดยวิธีการนับตัวเลข หลังจากที่ได้พีคออกมาแล้ว สามารถนำมาคำนวณหาปริมาณสารแต่ละชนิดในสารตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้ คือ

- วิธีเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน โดยใช้สารมาตรฐานเพียงชุดเดียวทำโครมาโตแกรมแล้ววัดขนาดของพื้นที่ จากนั้นนำสารตัวอย่างมาทำโครมาโตแกรมแล้ววัดขนาดของพื้นที่ โดยวิธีการคำนวณแบบเทียบบัญญัติไครยางค์ก็สามารถคำนวณหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างได้ แต่วิธีนี้ต้องแน่ใจว่าได้ทำโครมาโตแกรมในสภาวะการทดลองเดียวกันทุกประการ และต้องไม่มีสิ่งรบกวนขนาดของพีคในสารตัวอย่าง

- วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน (Calibration curve) โดยการนำสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณแน่นอนหลาย ๆ ขนาดความเข้มข้นมาทำโครมาโตแกรม จากนั้นวัดขนาดของพีคแต่ละอัน แล้วนำมาสร้างกราฟมาตรฐานโดยการเขียนความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของพีคเทียบกับปริมาณความเข้มข้น เมื่อทำโครมาโตแกรมของสารตัวอย่างและวัดขนาดของพีคได้แล้วก็สามารถนำมาอ่านค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานได้

- วิธีเติมสารมาตรฐาน (Standard addition method) โดยใช้สารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างกันหลาย ๆ ขนาด เติมลงในสารตัวอย่างที่มีความเข้มข้นคงที่ แล้วนำมาทำโครมาโตแกรมแล้ววัดขนาดของพีคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จากนั้นเขียนกราฟระหว่างขนาดของพีคกับความเข้มข้นของสารมาตรฐาน จากกราฟสามารถหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Internal normalization ทำได้โดยรวมพื้นที่ฟีกหรือขนาดของฟีกทั้งหมดทุกฟีกที่ปรากฏในโครมาโตแกรมเข้าด้วยกัน แล้วกำหนดให้เป็น 100% เมื่อต้องการหาเปอร์เซ็นต์ของฟีกของสารที่สนใจ ก็สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.15

- Compensated normalization ในความเป็นจริงแล้ว ดีเทคเตอร์ไม่สามารถมีความไวต่อสารทุกตัวได้เหมือนกัน หรือสารที่วิเคราะห์ออกจากคอลัมน์ ไม่หมด การคำนวณแบบ Internal normalization จะให้ผลไม่ถูกต้อง วิธีการที่ถูกต้องทำได้โดยปรับค่าพื้นที่ฟีก นั่นคือการทำ Compensated normalization ด้วยการหา Response factor ซึ่งค่านี้ หากจากการนิคสารมาตรฐานที่ทราบปริมาณแน่นอนและเท่ากันของสารที่ต้องการหาปริมาณทุกตัวในสารผสมแล้ว นำมาหาอัตราส่วนของค่าที่นับได้ เปรียบเทียบกับสารตัวใดตัวหนึ่งในสารมาตรฐานผสมนั้น

- Internal standard วิธีนี้ให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องมากกว่า วิธีการทำคือเตรียมสารมาตรฐานของสารตัวที่สนใจให้มีปริมาณต่าง ๆ กัน แล้วเติมสารมาตรฐานอีกชนิดหนึ่ง (เรียกว่า Internal standard) ที่มีปริมาณคงที่ลงในสารมาตรฐานตัวที่สนใจที่มีปริมาณต่าง ๆ กันนั้นแล้วนำมาทำโครมาโตแกรม หาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ฟีกของ สารมาตรฐานทั้งสอง จากนั้นนำค่าอัตราส่วนพื้นที่ฟีกของสารมาตรฐานทั้งสองมาเขียนกราฟเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานตัวที่สนใจ และเมื่อนำอัตราส่วนพื้นที่ฟีกของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน (Internal standard) มาเทียบกับกราฟมาตรฐานก็สามารถทราบปริมาณสารตัวอย่างได้

2.15 องค์ประกอบของแก๊สโครมาโตกราฟี [13, 15]

องค์ประกอบของแก๊สโครมาโตกราฟีที่สำคัญ คือ

2.15.1 ก๊าซพา (Carrier gas)

ก๊าซพา ทำหน้าที่พาโมเลกุลของสารตัวอย่างจากบริเวณช่องฉีดสาร ผ่านคอลัมน์ ไปสู่ดีเทคเตอร์ ก๊าซพาที่นิยมใช้ คือ ก๊าซฮีเลียม ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซอาร์กอน ตามความเป็นจริงแล้วก๊าซที่ให้ผลดีที่สุด คือ ก๊าซไฮโดรเจน แต่ไม่ค่อยนิยมใช้ เพราะเกิดอันตรายได้ง่าย เนื่องจากลุกติดไฟได้ง่าย สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบอิมมัตว ัชตราการไหลของก๊าซพามีส่วนสำคัญต่อการวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นที่ฟีกลดลง ความสูงของฟีกลดลง ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางการวัดปริมาณจึงต้องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซพาให้คงที่เสมอ และก๊าซพาควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นที่ที่ปกคลุม ความสูงของปกคลุม ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางคาร์บอนจึง ต้องควบคุมอัตราการไหลของก๊าซพาให้คงที่เสมอ และก๊าซพาควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. ควรมีสสมบัติเฉื่อย เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง หรือ ตัวทำละลาย หรือเฟสที่อยู่กับที่
2. เป็นก๊าซที่มีการแพร่เร็ว และมีมวลโมเลกุลต่ำ
3. มีความบริสุทธิ์สูง (มีก๊าซออกซิเจน และความชื้นเจือปนอยู่น้อยมาก)
4. ก๊าซพาที่ใช้ต้องเหมาะสมกับดีเทคเตอร์ คือ ต้องเป็นก๊าซที่ทำให้ดีเทคเตอร์มีค่าการเลือก (Selectivity) มากที่สุด เช่น ถ้าใช้ดีเทคเตอร์ชนิดเทอร์มิสคอนดักติวิตีดีเทคเตอร์ (TCD) ควรเลือกใช้ก๊าซไฮโดรเจน หรือ ฮีเลียมเป็นก๊าซพา
5. สามารถจัดหาได้ง่าย มีความปลอดภัยสูง และราคาถูก

2.15.2 บริเวณช่องฉีดสาร (Injection port)

เป็นช่องทางสำหรับนำสารเข้าสู่ระบบ มีลักษณะเป็นรูเปิดขนาดเล็กปิดกันด้วยแผ่นยางชนิดพิเศษ (Septum) ซึ่งสามารถปิดรอยตัวเองได้เมื่อถูกแทงด้วยเข็ม การฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ในการทำแก๊สโครมาโตกราฟีต้องใส่ให้มีปริมาณน้อยที่สุดและรวดเร็วที่สุด สารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์จะมีลักษณะเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้ ถ้าเป็นของเหลวจะถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซก่อนที่จะเข้าคอลัมน์ด้วยความร้อนตรงส่วนบริเวณฉีดสาร ซึ่งอุณหภูมิตรงนี้จะต้องสูงกว่าจุดเดือดของสารตัวอย่าง แต่ต้องไม่ทำให้สารตัวอย่างเกิดการสลายตัว ส่วนปริมาณของสารตัวอย่างที่ใช้ นั้น ถ้าสารตัวอย่างเป็นของเหลวจะใช้ประมาณ 0.005-0.05 ลบ.ซม. แต่ถ้าเป็นก๊าซจะใช้ประมาณ 1-10 ลบ.ซม.

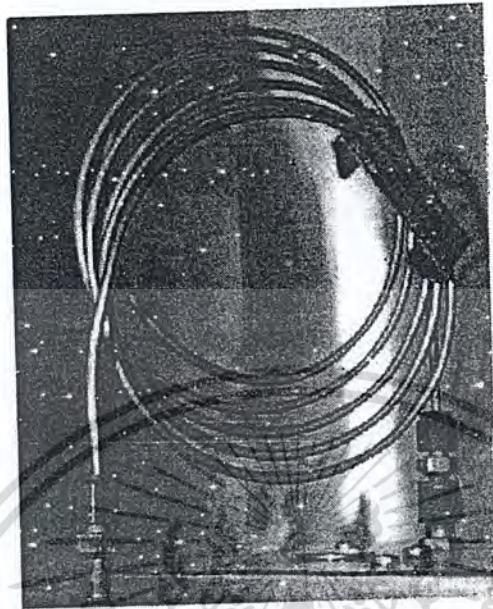
2.15.3 คอลัมน์ (Column)

เป็นท่อที่ภายในบรรจุสารที่ทำหน้าที่เป็นเฟสที่อยู่กับที่ หรือสารดูดซับไว้ คอลัมน์ที่นิยมใช้มีอยู่ 2 แบบ คือ

2.15.3.1 แพคคอลัมน์ (Packed column)

คอลัมน์นี้จะทำจากวัสดุที่เป็นแก้ว หรือ โลหะ เช่น ทองแดง อลูมิเนียม และเหล็กกล้าไร้สนิม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์ที่ใช้อยู่ระหว่าง 2-9 มิลลิเมตร ยาว 1-10 เมตร ดังรูปที่ 2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดง Packed column [17]

แพคคอลัมน์โดยทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. Adsorption column เป็นคอลัมน์ที่ใช้ในเทคนิคก๊าซ-ของแข็งโครมาโตกราฟี ซึ่งภายในคอลัมน์จะบรรจุด้วยอนุภาคของสารดูดซับ อนุภาคของสารดูดซับแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

ก. อนุภาคของแข็งที่อาศัยการดูดซับบนผิวของของแข็ง

เป็นการดูดซับบนผิวที่การดูดซับนั้นเกิดไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งผิว พื้นที่ผิวบางส่วนจะดูดซับ โมเลกุลได้ดี และแข็งแรงมากกว่าพื้นที่ผิวบางส่วน เรียกส่วนที่ดูดซับได้ดีนี้ว่า บริเวณร่องไว ผิวบริเวณนี้จะไม่ราบเรียบ การดูดซับบริเวณนี้จะมีผลให้เกิดเทลลิง (Tailing) ได้ แรงที่เกิดขึ้นระหว่างการดูดซับได้แก่ พันธะไฮโดรเจน แรงไดโพลไดโพล (Dipole-Dipole) แรงเหนี่ยวนำ และแรงกระจาย (Dispersion force) เป็นต้น

ตัวอย่างอนุภาคของแข็งประเภทนี้ได้แก่

- อลูมินา (Al_2O_3) จัดเป็นอนุภาคของแข็งที่มีประสิทธิภาพ

ในการดูดซับมาก โดยทั่วไปจะใช้ในการแยกก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือดต่ำ โดยที่มันจะดูดซับ

ไฮโดรคาร์บอนชนิดที่ไม่อิ่มตัวแล้วให้ไฮโดรคาร์บอนชนิดอิ่มตัวผ่านออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คาร์บอน หรือผงถ่าน มีลักษณะพื้นผิวเป็นรูพรุนเล็ก ๆ มากมาย ทำให้มีผิวสัมผัสมากขึ้น เหมาะสำหรับการแยกก๊าซดาวที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก คาร์บอนที่นิยมใช้ คือ แอคติเวตชาร์โคล (Activated charcoal) และ คาร์บอนแบล็ค (Carbon black)

- ซิลิกา ที่นิยมใช้ คือ ซิลิกาเจล ซึ่งมีรูพรุนบนพื้นที่ผิวเล็กมาก และจัดได้ว่าเป็นตัวดูดซับที่เฉพาะเจาะจงประเภทหนึ่ง ซิลิกาเจลถูกนำมาใช้ในการแยกก๊าซชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะใช้แยกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากก๊าซอื่น ๆ

ข. อนุภาคของแข็งที่เป็นสาร Molecular sieve

Molecular sieve เป็นอนุภาคของแข็งที่มีรูพรุนขนาดเล็ก ๆ จำนวนมากมายอยู่ ทำให้ตัวมันเองมีความสามารถในการจับโมเลกุล โดยที่โมเลกุลขนาดเล็ก ๆ ที่สามารถผ่านรูพรุนได้ก็จะถูกจับไว้ภายในโมเลกุล ส่วนโมเลกุลที่ใหญ่กว่าก็จะไม่ถูกจับไว้ในรูพรุน ทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่สามารถออกจากคอลัมน์ได้เร็ว

ตัวอย่างของอนุภาคของแข็งประเภทนี้ คือ สารประเภทอลูมิโนซิลิเกต เช่น ซีโอไลต์ ซึ่งโครงสร้างจะเป็นรูพรุนทะลุถึงกันโดยตลอด และมีคุณสมบัติในการดูดซับดี จึงจัดเป็นตัวดูดซับชนิดเฉพาะเจาะจง ตัวอย่าง Molecular sieve ประเภทซีโอไลต์ และใช้ในเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี คือ 4A, 5A, 10X และ 13X

2. Partition column เป็นคอลัมน์ที่ใช้ในเทคนิคก๊าซ-ของเหลวโครมาโทกราฟี ซึ่งภายในคอลัมน์จะบรรจุด้วยอนุภาคของแข็ง ซึ่งมีสมบัติเฉื่อยแล้วฉาบผิวด้วยสารอินทรีย์บางชนิดที่เรียกว่า เฟสของเหลว คุณสมบัติของของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นเฟสของเหลวควรมีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับองค์ประกอบของสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์

- เป็นตัวทำละลายที่ขอมให้องค์ประกอบของสารตัวอย่างเข้าผสมกันในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดการแยกขององค์ประกอบในสารตัวอย่าง

- เป็นของเหลวที่ไม่ระเหย

- มีความคงทนต่อความร้อน (Thermal stability)

- ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารตัวอย่าง

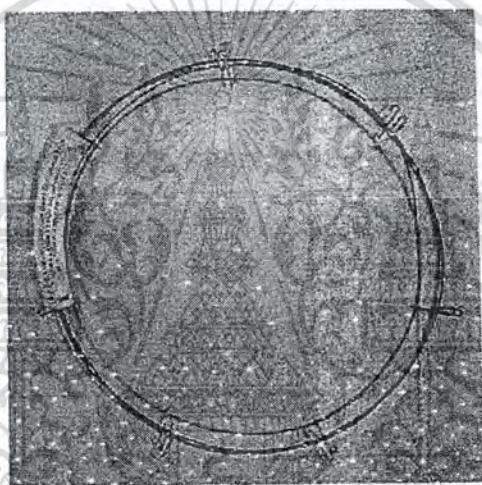
- มีสภาพความเป็นขั้ว (Polarity) เหมือนกับสารตัวอย่าง

ถ้าองค์ประกอบในสารตัวอย่างมีความแตกต่างกันของโครงสร้าง

ทางเคมี การเลือกใช้เฟสของเหลวต้องคำนึงถึงจุดเดือด การมีสภาพขั้ว และอาศัยหลัก "like dissolve like" เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.3.2 คาปิลลารีคอลัมน์ (Capillary column)

คอลัมน์ชนิดนี้ใช้ได้เฉพาะกับการวิเคราะห์แบบก๊าซ-ของเหลวโครมาโตกราฟี เท่านั้น โดยทั่วไปเป็นหลอดเล็ก ๆ ทำด้วยเหล็กกล้า เหล็กไร้สนิม หรือแก้ว มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ยาว 10-100 เมตร ภายในฉาบผิวด้วยเฟสของเหลวเป็นฟิล์มบาง ๆ ตลอดคอลัมน์มีความหนาน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร ของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นเฟสของเหลวจะต้องมีคุณสมบัติตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อของ Partition column รูปที่ 2.30 แสดงคอลัมน์ชนิดคาปิลลารีคอลัมน์



รูปที่ 2.30 แสดง Capillary column [17]

ไม่ว่าคอลัมน์ที่ใช้จะเป็น Packed column หรือ Capillary column ก็ตาม การพิจารณาการเลือกใช้คอลัมน์ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้ คือ

1. ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์ เพราะการแยกสารจะเกิดได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของคอลัมน์
2. เฟสที่อยู่กับที่ที่เป็นของแข็งหรือของเหลว หลักการของการเลือกใช้ควรให้สารเคมีที่เลือกมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายกับสารตัวอย่าง เช่น ถ้าสารตัวอย่างเป็น โมเลกุลมีขั้ว (Polar) ก็ควรเลือกใช้เฟสที่อยู่กับที่ของแข็งหรือของเหลวที่เป็น โมเลกุลมีขั้วเหมือนกัน
3. อุณหภูมิที่ใช้สำหรับคอลัมน์ ต้อง ไม่สูงเกินไปจนทำให้เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าของเหลวกลายเป็นไอ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15.4 ดีเทคเตอร์ (Detector)

เป็นเครื่องมือที่ทำหน้าที่ตรวจสอบว่ามีสารที่ต้องการวิเคราะห์ผ่านออกมาจากคอลัมน์หรือไม่ และมีปริมาณมากน้อยเพียงใด เมื่อตรวจสอบพบว่ามีสารผ่านออกมา ก็จะรายงานผลเป็นสัญญาณไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์ประมวลข้อมูล หรือ เครื่องบันทึกกราฟต่อไป เครื่องดีเทคเตอร์ที่ใช้งาน ควรเป็นเครื่องมือที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีค่าการเลือก หรือมีความเฉพาะต่อการตรวจหาสาร (Selectivity) คือ สารต่างประเภทกันควรให้การตอบสนองที่ต่างกัน
 2. มีสภาพไวที่สูงพอ และไวต่อไอของสารทุกชนิด
 3. มี Dynamic range ที่กว้าง คือ ควรให้ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ในช่วงความเข้มข้นที่กว้างพอ
 4. ไม่มีสภาพไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหล และต้องไม่เกิดปฏิกิริยาต่อก๊าซตัวพา
 5. ผลที่ได้จากเครื่องดีเทคเตอร์ต้องเหมือนกันทุกครั้งเมื่อใช้สารตัวอย่างชนิดเดียวกัน (High reproducibility)
 6. เสียงรบกวนที่เกิดขึ้นควรน้อยมาก (Low noise level)
 7. มีความเสถียร (Stability) และความเที่ยง (Reproducibility) ที่ดี
 8. ไม่ทำลายหรือเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งสำคัญมากถ้าต้องนำสารนั้นไปวิเคราะห์ต่อไป
 9. ราคาถูก
- ตัวอย่างของดีเทคเตอร์ที่ใช้ในเครื่องโครมาโตกราฟี คือ
- ก. เฟลมไอออไนเซชันดีเทคเตอร์ (Flame ionization detector)

เป็นดีเทคเตอร์ที่ใช้มากในการตรวจหาสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ โดยหลักการทำงาน คือ สารที่ผ่านมาจากคอลัมน์จะผ่านเปลวไฟ (Flame) แล้วทำให้โมเลกุลสารอินทรีย์เกิดการแตกตัวเป็นไอออนบวกและอิเล็กตรอน หลังจากนั้นไอออนบวกจะเกิดการเคลื่อนที่ไปยังขั้ว (Electrode) รูปวงแหวนที่อยู่รอบ ๆ เปลวไฟ ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างเปลวไฟกับขั้วของตัวเก็บ ทำให้เกิดสัญญาณขึ้น แต่ข้อเสียของดีเทคเตอร์ชนิดนี้ คือ สารตัวอย่างที่วิเคราะห์ด้วยวิธีนี้อาจจะถูกทำลาย ดีเทคเตอร์ประเภทนี้ไม่เหมาะกับสารต่อไปนี้

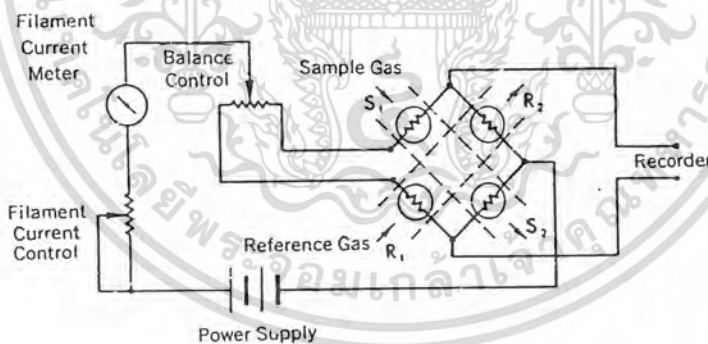
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

He	CS ₂	NH ₃
Ar	CO ₂	CO
Kr	H ₂ S	CO ₂
Ne	SO ₂	H ₂ O
Xe	NO	SiCl
O ₂	N ₂ O	SiHCl ₄
N ₂	NO ₂	SiF ₄

ข. เทอร์มัลคอนดักทีวิตีดีเทคเตอร์ (Thermal conductivity detector)

เป็นดีเทคเตอร์ที่สามารถวิเคราะห์สารอินทรีย์ทุกชนิดที่มีสภาพนำความร้อน (Thermal conductivity detector) ต่างไปจากก๊าซ ถ้าความแตกต่างของสภาพนำความร้อนยิ่งมาก สภาพไวของการตอบสนองจะสูง ลักษณะของดีเทคเตอร์จะมีลักษณะเป็นเส้นลวด (Filament) ถูกทำให้ร้อนด้วยอุณหภูมิคงที่จากการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไป เส้นลวดนี้จะสอดไว้ในช่องของแท่งโลหะที่ทำให้ร้อนที่อุณหภูมิหนึ่ง และอุณหภูมิที่แตกต่างกันของเส้นลวดกับแท่งโลหะดัง

รูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดง Wheatstone Bridge circuit ที่ใช้ร่วมกับ Thermal conductivity cell [13]

หลักการการทำงานของดีเทคเตอร์ชนิดนี้ คือ ใช้หลักการของวงจร Wheatstone Bridge circuit เมื่อมีเฉพาะก๊าซพา (H₂ หรือ He) ผ่านลวดความต้านทาน จะทำให้อุณหภูมิและความต้านทานของลวดคงที่ บริดจ์ (Bridge) จะสมดุล ทำให้ไม่มีสัญญาณเกิดขึ้น แต่ถ้ามีก๊าซตัวอย่างเข้ามา บริดจ์จะเสียสมดุล ทำให้เกิดสัญญาณเกิดขึ้น ซึ่งสามารถส่งเข้าเครื่องบันทึกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครมาโตแกรม ดีเทคเตอร์ชนิดนี้มีข้อเสีย คือ มีสภาพไวน้อย ไม่มีความจำเพาะเจาะจง แต่ว่าจะไม่ทำลายสารตัวอย่าง

2.15.5 เครื่องประมวลผล (Recorder)

เป็นเครื่องบันทึกผลของสัญญาณที่ได้จากดีเทคเตอร์ในรูปลักษณะของพีกต่าง ๆ (Peaks) พร้อมทั้งคำนวณหาพื้นที่ของพีกนั้น ๆ ด้วย แต่ในปัจจุบันได้มีการใช้คอมพิวเตอร์ในการบันทึกผล

2.15.6 Sample collector

เป็นเครื่องประกอบสำหรับเก็บสารที่ออกจากเครื่องโครมาโตแกรม จำเป็นเฉพาะในเครื่องชนิดเพรพาราทีฟ เท่านั้น

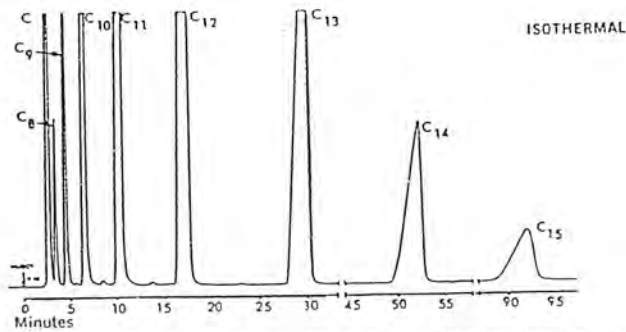
2.16 การโปรแกรมอุณหภูมิ (Temperature programming) [14, 15]

การโปรแกรมอุณหภูมิ เป็นการควบคุมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของคอลัมน์ระหว่างการวิเคราะห์ หรือแยกสาร มักใช้ในสารตัวอย่างที่มีองค์ประกอบมากกว่า 2 ชนิดขึ้นไปที่มีปัญหาเกี่ยวกับการแยกพีกโครมาโตแกรม และสารตัวอย่างที่มีองค์ประกอบหลาย ๆ ชนิดที่มีจุดเดือดต่างกันมาก ๆ คือ เมื่อใช้อุณหภูมิต่ำ โครมาโตแกรมขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำ ๆ จะมีลักษณะที่ดี พีกชัน และแหลมคม แต่โครมาโตแกรมขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูง ๆ จะให้พีกที่กว้างและแบนราบ หรือไม่มีพีกเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะองค์ประกอบเหล่านั้นไม่ระเหยกลายเป็นไอหรือระเหยเพียงบางส่วนไม่พร้อมกัน แต่เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น พีกขององค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูงจะสูงขึ้นและแหลมขึ้น มีรีเทนชันไทม์น้อยลง ในขณะที่องค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำก็จะมีรีเทนชันไทม์น้อยลงไปอีก จนเกิดการรวมตัวไม่เกิดการแยกจากกัน

วิธีแก้ไขคือ การใช้อุณหภูมิต่ำสำหรับองค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำ แล้วค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นสำหรับองค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูงขึ้นตามลำดับโดยการใช้การโปรแกรมอุณหภูมิ ซึ่งการโปรแกรมอุณหภูมิที่ใช้กับคอลัมน์ มีดังนี้

2.16.1 การโปรแกรมอุณหภูมิกงที่ (Isothermal temperature หรือ Natural หรือ Ballistic temperature program)

เป็นการทำให้อุณหภูมิกงที่ตลอดการวิเคราะห์ เหมาะกับการแยกสารที่มีจุดเดือดแตกต่างกันมากกก กิ่งแสดงในรูปที่ 2.32
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูโองานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

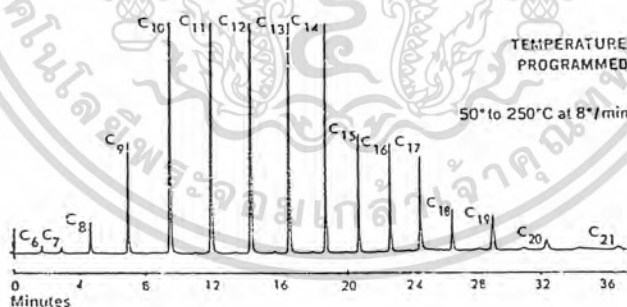


Conditions: Sample of Normal Paraffins, 20 feet by 1/16 inch column, 3% Apiezon L on 100/120 mesh VarAport 30 at 150°C, 10 ml/min He.

รูป 2.32 แสดงการวิเคราะห์ด้วยการโปรแกรมอุณหภูมิคงที่ [15]

2.16.2 การโปรแกรมอุณหภูมิแบบขั้นบันได หรือแบบเชิงเส้น (Stair-case programming หรือ Linear programming)

เป็นการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตราคงที่ แต่กระทำเป็นช่วง ๆ โดยสลับด้วยการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ไว้ ณ จุดสุดท้ายของแต่ละช่วงชั่วขณะหนึ่ง ดังรูปที่ 2.33



รูป 2.33 แสดงการวิเคราะห์ด้วยการโปรแกรมอุณหภูมิแบบขั้นบันได [15]

2.16.3 การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงซ้อน (Multi-linear temperature programming)

เป็นเทคนิคในการโปรแกรมอุณหภูมิสลับกันระหว่างอุณหภูมิคงที่และอุณหภูมิเชิงเส้น หรือ มีการเพิ่มอุณหภูมิให้กับคอลัมน์สูงขึ้น ในอัตราการเพิ่มที่ต่าง ๆ กันหลายช่วง

ข้อดีและข้อเสียสำหรับการโปรแกรมอุณหภูมิ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. พิกสาค่ายสามารถจะบันทึกได้ 2. ใช้วิเคราะห์ หรือแยกสารที่มีช่วงจุดเดือดแตกต่างกัน 3. พิกที่ได้จะคมชัดมากขึ้น (Improve peak shape) 4. ลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ 5. เพิ่มความถูกต้องในการวิเคราะห์ปริมาณ	1. ทำให้เกิดการเลื่อนไปของเส้นฐาน (Drifting baseline) 2. มีการเพิ่มขึ้นของระดับการรบกวน (Noise level)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การสังเคราะห์ซิลิกาไลต์

ซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ตามสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ และตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 มีลักษณะดังรูปที่ ข-2 ข-3 และ ข-4 ในภาคผนวก ข ตามลำดับ

4.2 การวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของซิลิกาไลต์

4.2.1 X-ray Diffraction

เพื่อตรวจสอบชนิดผลึกของซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์โดยนำข้อมูล X-ray Diffraction ของสารที่สังเคราะห์ได้เปรียบเทียบกับ X-ray Diffraction ของซิลิกาไลต์มาตรฐาน ผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข

4.2.2 Scanning Electron Microscope

เพื่อตรวจสอบลักษณะรูปร่าง ชนิด และขนาดของผลึกโครงสร้างผลึกของซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ ผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค

4.2.3 Thermal Gravimetric Analysis

เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำการคัลไชน์ ผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ง

4.2.4 X-ray Fluorescence

เพื่อตรวจสอบอัตราส่วนซิลิกาต่ออลูมินาที่มีอยู่ในโครงสร้าง ผลการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. สังเคราะห์ซิลิกาไลต์ที่มีสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O}\cdot 100\text{SiO}_2\cdot 20\text{TPABr}\cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ และตาม U.S.Patent หมายเลข 4,061,724 สูตรเจด $4.1\text{Na}_2\text{O}\cdot 50\text{SiO}_2\cdot (\text{TPA})_2\text{O}\cdot 691\text{H}_2\text{O}$
2. วิเคราะห์สมบัติต่าง ๆ ของซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เครื่อง X-ray Diffraction (XRD) เครื่อง Thermal Gravimetric Analysis (TGA) และเครื่อง X-ray Fluorescence (XRF)
3. อัดเม็ดและกักขนาดของผลึกซิลิกาไลต์ให้อยู่ในช่วงเมช (Mesh) 80/100
4. บรรจุคอลลัมน์ด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ โดยใช้เครื่องสั่น (Vibrator)
5. หาลักษณะและปัจจัยที่มีผลต่อการแยกไอโซเมอร์ของไซลีนด้วยคอลลัมน์ที่บรรจุซิลิกาไลต์ที่มีสูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O}\cdot 100\text{SiO}_2\cdot 20\text{TPABr}\cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ และคอลลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 และคาปิลลารีชนิด DB-WAX ณ สภาวะต่าง ๆ
6. สรุปผลการทดลอง และเขียนรายงาน

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การสังเคราะห์ซิลิกาไลต์

- สารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์สูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

ได้แก่

1. เตตระโพรพิลแอมโมเนียมโบรไมด์ (Tetrapropylammonium bromide, TPABr) :

Fluka Chemic

2. สารละลายซิลิกา 40 % โดยน้ำหนัก (Ludox Solution) : Dupont , Lab grade
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) : EKA Nobel AB
4. น้ำกลั่น หรือน้ำปราศจากไอออน (Deionized water)

สารเคมีที่ใช้ในการสังเคราะห์ซีโอไลต์สูตรเจดตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724

ซึ่งมีสูตรเจดเป็น $4.1\text{Na}_2\text{O} \cdot 50\text{SiO}_2 \cdot (\text{TPA})_2\text{O} \cdot 691\text{H}_2\text{O}$ ได้แก่

1. สารละลายเตตระโพรพิลแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 20 % โดยน้ำหนัก (Tetrapropylammonium hydroxide , TPAOH) : Fluka Chemic
2. สารละลายซิลิกา 40 % โดยน้ำหนัก (Ludox solution) : Dupont , Lab grade
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) : EKA Nobel AB
4. น้ำกลั่น หรือน้ำปราศจากไอออน (Deionized water)

- อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการสังเคราะห์ ได้แก่

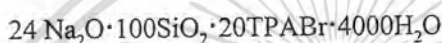
1. บีกเกอร์พอลิโพรพิลีน ขนาด 100, 150 และ 250 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์แก้ว 250 และ 500 มิลลิลิตร
3. หลอดหยดสาร
4. ช้อนตักสาร
5. แท่งแก้วคนสาร
6. ขวดบรรจุสาร (Vial)
7. พาราฟิล์ม
8. อลูมิเนียมฟอยล์
9. กระจกบอกล้าง
10. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42
11. กระดาษทดสอบ pH
12. เครื่องชั่งน้ำหนัก
13. ภาชนะสังเคราะห์ความดันสูง (Autoclave) ขนาด 45, 100 และ 120 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ตู้อบ (50 – 200 องศาเซลเซียส)
15. ชุดกรองสูญญากาศ
16. เครื่องกวนแม่เหล็กและแท่งกวนแม่เหล็ก (Magnetic stirrer and Magnetic bar)
17. เครื่อง Scanning Electron Microscope : JSM 5200 JEOL LTD/ JEOL Techniques

LTD

18. เครื่อง Thermal Gravimetric Analysis
 19. เครื่อง X-ray Diffraction
 20. เครื่อง X-ray Fluorescence
- 3.2.1.1 ขั้นตอนการสังเคราะห์ซีโอไลต์ที่มีสูตรเจด



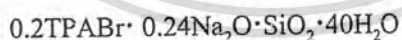
1. ชั่งสารเคมีตามปริมาณที่คำนวณดังนี้

ผลึก โซเดียมไฮดรอกไซด์	2.40	กรัม
เตตระโพรพิลแอมโมเนียมโบรไมด์	6.66	กรัม
สารละลายซิลิกา 40 % โดยน้ำหนัก	18.75	กรัม
น้ำปราศจากไอออน	78.21	กรัม

2. ละลายผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำปราศจากไอออนที่ซึ่งปริมาณเล็กน้อย กวนให้ละลายโดยใช้แท่งแก้ว เพื่อป้องกันไม่ให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ดูดน้ำ

3. ละลายเตตระโพรพิลแอมโมเนียมโบรไมด์ในน้ำปราศจากไอออนที่เหลือ และนำสารละลายที่ได้ใส่ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้ กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก

4. หยดสารละลายซิลิกา 40% โดยน้ำหนักที่ละลายอย่างช้า ๆ เพื่อให้เกิดการรวมตัวเป็นเจล (Gel) ซึ่งมีสูตรเจดดังนี้



5. กวนสารละลายโดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็ก
6. นำเจลที่ได้ใส่ในภาชนะสังเคราะห์ความดันสูง
7. นำภาชนะสังเคราะห์ความดันสูงเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส

(ต้องเตรียมตั้งอุณหภูมิของตู้อบไว้ล่วงหน้าเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการในการทำการสังเคราะห์) ใช้เวลาอบ 84 ชั่วโมง

8. เมื่อครบกำหนดเวลานำภาชนะสังเคราะห์ภายใต้ความดันออกจากตู้อบ ที่

ไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงเปิดภาชนะสังเคราะห์ความดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ล้างสารที่สังเคราะห์ได้ด้วยน้ำปราศจากไอออนจนเป็นกลางโดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ และกระดาษกรองเบอร์ 42
10. นำสารที่สังเคราะห์ได้ใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยน้ำออก ใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง
11. นำซิลิกาไลต์ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Diffraction เพื่อหาลักษณะโครงสร้าง และเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อหาขนาดและรูปร่างของซิลิกาไลต์
12. นำซิลิกาไลต์ไปทำการคัลไซน์ด้วยอากาศ ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เพื่อไล่สารเอมีนอินทรีย์ (Organic amine) และสารปนเปื้อนที่สามารถระเหยออกมาได้ออกจากโครงสร้างของซิลิกาไลต์ เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะได้ซิลิกาไลต์ที่สมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปใช้งานได้
13. นำซิลิกาไลต์ที่สมบูรณ์พร้อมที่จะใช้งานไปวิเคราะห์อีกครั้งโดยเครื่อง X-ray Diffraction และเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อหาลักษณะโครงสร้าง ขนาด และรูปร่างของซิลิกาไลต์หลังการคัลไซน์

3.2.1.2 ขั้นตอนการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม U.S Patent หมายเลข 4,061,724

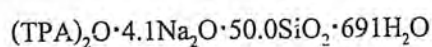
1. ชั่งสารเคมีตามปริมาณที่คำนวณดังนี้

ผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์	2.26	กรัม
สารละลายเตตระโพรพิลแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 20% โดยน้ำหนัก	14.00	กรัม
สารละลายซิลิกา 40% โดยน้ำหนัก	51.72	กรัม
น้ำปราศจากไอออน	42.91	กรัม

2. ละลายผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำปราศจากไอออน กวนให้ละลายโดยใช้แท่งแก้ว เพื่อป้องกันไม่ให้โซเดียมไฮดรอกไซด์ดูดน้ำ

3. ละลายเตตระโพรพิลแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ และนำสารละลายที่ได้ใส่ลงในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เตรียมได้ กวนด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก

4. หยดสารละลายซิลิกา 40% โดยน้ำหนักทีละหยดอย่างช้า ๆ เพื่อให้เกิดการรวมตัวเป็นเจล ซึ่งมีสูตรเจلدดังนี้



5. กวนสารละลายโดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กจนเกิดเป็นเจล

6. นำเจลที่ได้ใส่ในภาชนะสังเคราะห์ความดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำภาชนะความดันสูงเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส (ต้องเตรียมตั้งอุณหภูมิของตู้อบไว้ล่วงหน้าเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการในการทำการสังเคราะห์) ใช้เวลาอบนาน 72 ชั่วโมง

8. เมื่อครบกำหนดเวลานำภาชนะสังเคราะห์ภายใต้ความดันออกจากตู้อบ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จึงเปิดภาชนะสังเคราะห์ความดันสูง

9. ล้างสารที่สังเคราะห์ได้ด้วยน้ำปราศจากไอออนจนเป็นกลาง โดยใช้เครื่องกรองสุญญากาศ และกระดาษกรองเบอร์ 42

10. นำสารที่สังเคราะห์ได้ใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยน้ำออก ใช้เวลาประมาณ 8 ชั่วโมง

11. นำซิติกาไลต์ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-ray Diffraction เพื่อหาลักษณะโครงสร้าง และเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อหาขนาดและรูปร่างของซิติกาไลต์

12. นำซิติกาไลต์ไปทำการคัลไซน์ด้วยอากาศ ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เพื่อไล่สารเอมีนอินทรีย์ และสารปนเปื้อนที่สามารถระเหยออกมาได้ ออกจากโครงสร้างของซิติกาไลต์เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จะได้ซิติกาไลต์ที่สมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปใช้งานได้

13. นำซิติกาไลต์ที่สมบูรณ์พร้อมที่จะใช้งานไปวิเคราะห์อีกครั้งโดยเครื่อง X-ray Diffraction เพื่อหาลักษณะโครงสร้าง และเครื่อง Scanning Electron Microscope เพื่อหาลักษณะโครงสร้าง ขนาด และรูปร่างของซิติกาไลต์หลังการคัลไซน์

3.2.2 การตรวจสอบสมบัติต่างๆ ของซิติกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้

3.2.2.1 การตรวจสอบโครงสร้างของซิติกาไลต์ด้วยเครื่อง X-ray Diffraction

3.2.2.2 การศึกษารูปร่างพื้นผิวของซิติกาไลต์ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope

3.2.2.3 การตรวจสอบหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำการคัลไซน์ด้วยเครื่อง Thermal

Gravimetric Analysis

3.2.2.4 การตรวจสอบหาอัตราส่วนซิติกาต่ออลูมินาด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence

3.2.3 ขั้นตอนการอัดเม็ดและคัดขนาด

3.2.3.1 ทำการอัดเม็ดซิติกาไลต์ด้วยเครื่องอัดเม็ด

3.2.3.2 ทำการคัดขนาดซิติกาไลต์ให้ได้ขนาดอยู่ในช่วงเมช 80/100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 ขั้นตอนการบรรจุคอลัมน์

ในปริยญาณิพนธ์นี้ ใช้คอลัมน์โลหะ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 1/8 นิ้ว ยาว 220 เซนติเมตร

การนำซิลิกาไลต์บรรจุในคอลัมน์ มีขั้นตอนดังนี้

1. บรรจุใยแก้ว (Glass wool) ไว้ที่ปลายด้านหนึ่งของคอลัมน์ที่ใช้ต่ออยู่กับคิเทคเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้ซิลิกาไลต์ และใยแก้วถูกดูดออกจากคอลัมน์
2. ต่อปลายของคอลัมน์ในข้อ 1 ที่มีใยแก้วอยู่ ด้วยท่อยาง (Rubber tubing) ซึ่งถูกต้องเข้ากับเครื่องปั๊มแบบสุญญากาศ ส่วนอีกปลายจะต่อด้วยกรวย
3. เปิดปั๊มให้มีแรงดึงดูดต่ำ จากนั้นค่อย ๆ เติมซิลิกาไลต์ลงในคอลัมน์ ในระหว่างการบรรจุคอลัมน์จะใช้เครื่องสั่น สั่นคอลัมน์ ซึ่งจะช่วยให้การบรรจุซิลิกาไลต์แน่นขึ้น และเนื่องจากคอลัมน์ขดเป็นวง จะมีการสั่นตรงบริเวณรอยต่อของซิลิกาไลต์ที่เติมลงไปในแต่ละครั้ง และบริเวณส่วนของคอลัมน์ที่ขดเป็นวง
4. เมื่อบรรจุซิลิกาไลต์ลงในคอลัมน์เกือบเต็มคอลัมน์ ปิดปั๊ม นำคอลัมน์ออกจากปั๊ม แล้วเอาใยแก้วที่อุดปลายคอลัมน์ออก ใส่ใยแก้วเพียงเล็กน้อยลงไปปลายทั้งสองของคอลัมน์
5. หลังจากบรรจุคอลัมน์ด้วยซิลิกาไลต์เรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไป คือทำการปรับสภาพคอลัมน์ (Conditioning) โดยการผ่านก๊าซไนโตรเจนที่มีอัตราการไหลของก๊าซ 10-15 มิลลิลิตร/นาที และมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียสต่อนาที จากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิประมาณ 250 องศาเซลเซียส แล้วเป่าไล่ (Purge) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนที่สามารถระเหยได้ ซึ่งอาจติดอยู่ที่คอลัมน์ออกไป และยังช่วยทำให้การบรรจุแน่นขึ้น หลังจากการปรับสภาพคอลัมน์แล้ว ก็สามารถนำคอลัมน์ไปใช้งานได้

3.2.5 การหาลักษณะและปัจจัยที่มีผลต่อการแยกไอโซเมอร์ของไซลีน

3.2.5.1 เตรียมสารที่จะใช้ทดลอง ได้แก่ เฮกเซน, m-xylene, o-xylene, p-xylene และไซลีนมาตรฐานที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรของ m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1

3.2.5.2 วิเคราะห์การแยกไอโซเมอร์ของไซลีน โดย

ก. ใช้คอลัมน์ที่บรรจุซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ ต่อเข้ากับเครื่อง

แก๊สโครมาโตกราฟี TREMETRICS รุ่น 9001 GASCHROMATOGRAPH ใช้คิเทคเตอร์ชนิด FID และช่วงอุณหภูมิที่ใช้งานเป็น 80-250 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนดังนี้

1. การโปรแกรมอุณหภูมิคงที่ (Isothermal temperature program) มี

1.1 ฉีดสาร โดยเปลี่ยนอัตราการฉีดเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 ไมโครลิตร ตามลำดับ เพื่อดูว่าปริมาณการฉีดมีผลต่อการวิเคราะห์หรือไม่ และทำการบันทึกผล

1.2 ฉีดสาร โดยกำหนดให้อัตราการไหลของก๊าซพาหะที่เป็น 25, 15 และ 5 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ โดยในแต่ละอัตราการไหลของก๊าซพาหะจะมีอุณหภูมิที่ใช้ในช่วง 80-250 องศาเซลเซียส และทำการบันทึกผล

1.3 เปรียบเทียบว่า อัตราการไหลของก๊าซพาหะ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลต่อการแยกอย่างไร

2. การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น (Linear temperature program)

2.1 กำหนดให้ช่วงอุณหภูมิใช้งาน อยู่ในช่วง 80-250 องศาเซลเซียส

2.2 ฉีดสาร โดยกำหนดอัตราการไหลของก๊าซพาหะที่เป็น 25, 15 และ 5 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ โดยในแต่ละอัตราการไหลของก๊าซพาหะจะมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ ทำการบันทึกผล

2.3 เปรียบเทียบว่าอัตราการไหลของก๊าซพาหะ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิมีผลต่อการแยกอย่างไร

ข. ใช้คาปิลลารีคอลลัมน์ ชนิด DB-WAX ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 0.53 มิลลิเมตร ยาว 30 เมตร ต่อเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีรุ่น GC-17A ใช้ดีเทคเตอร์เป็นชนิด FID และช่วงอุณหภูมิที่ใช้งานเป็น 70-100 องศาเซลเซียส

การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น (Linear temperature program)

1. กำหนดให้ช่วงอุณหภูมิใช้งาน อยู่ในช่วง 70-100 องศาเซลเซียส

2. ฉีดสาร โดยกำหนดอัตราการไหลของก๊าซพาหะที่เป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ กำหนดอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิกึ่งที่เป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที และอัตราการไหลของก๊าซพาหะเป็น 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ ทำการบันทึกผล

3. เปรียบเทียบว่าอัตราการไหลของก๊าซพาหะ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิมิผลต่อการแยกอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การอัดเม็ดและการคัดขนาดซิลิกาไลต์

ซิลิกาไลต์ที่ทำการอัดเม็ดและคัดขนาดให้ได้ในช่วงเมช 80/100 มีลักษณะแสดงดังรูปที่ ช-5 ในภาคผนวก ช

4.4 การบรรจุคอลัมน์ด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้

หลังจากผ่านขั้นตอนการบรรจุ จะได้คอลัมน์ที่พร้อมจะต่อเข้าเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี โดยลักษณะของคอลัมน์ที่ต่อเข้ากับเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แสดงดังรูปที่ ช-6 ในภาคผนวก ช

4.5 ผลการวิเคราะห์การแยกไอโซเมอร์ของไซลีน

4.5.1 คอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้ (Packed column)

4.5.1.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิใช้งาน เป็น 80-250 องศาเซลเซียส (ข้อมูลดิบที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ)

ก. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	5.07	-	81.69	รูปที่ จ-1
m-mxylene	4.28			รูปที่ จ-4
o-xylene		93.41		รูปที่ จ-3
p-xylene			83.13	รูปที่ จ-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาทีก และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาทีก แสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาทีก และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาทีก

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน (นาทีก)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	2.37	-	55.30	รูปที่ จ-5
m-xylene	4.28			รูปที่ จ-8
o-xylene		85.10		รูปที่ จ-7
p-xylene			61.14	รูปที่ จ-6

ค. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาทีก และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาทีก แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาทีก และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาทีก

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาทีก)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	2.31	35.38	37.55	รูปที่ จ-9
m-xylene	4.54			รูปที่ จ-12
o-xylene		72.13		รูปที่ จ-11
p-xylene			43.34	รูปที่ จ-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	3.29	-	75.38	รูปที่ จ-14
m-xylene	2.43			รูปที่ จ-17
o-xylene		95.57		รูปที่ จ-16
p-xylene			70.60	รูปที่ จ-15

จ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	4.02	-	52.97	รูปที่ จ-19
m-xylene	3.18			รูปที่ จ-23
o-xylene		67.12		รูปที่ จ-22
p-xylene			51.58	รูปที่ จ-21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	2.59	-	38.06	รูปที่ จ-25
m-xylene	2.15			รูปที่ จ-30
o-xylene		59.77		รูปที่ จ-28
p-xylene			34.67	รูปที่ จ-26

ข. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1	1.78	-	69.16	รูปที่ จ-31
m-xylene	3.09			รูปที่ จ-34
o-xylene		81.06		รูปที่ จ-33
p-xylene			62.82	รูปที่ จ-32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาที

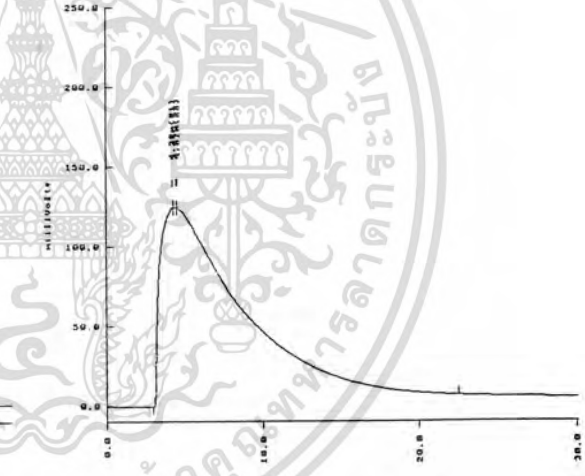
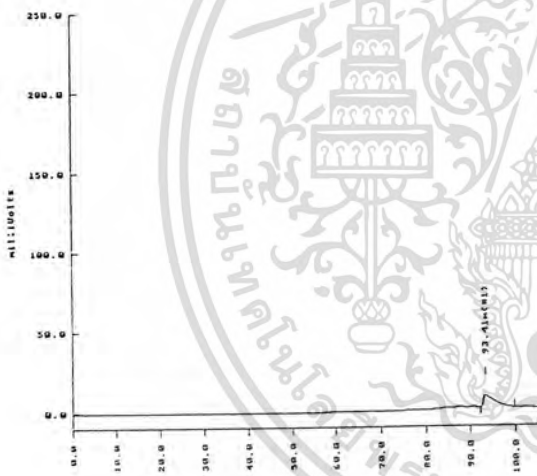
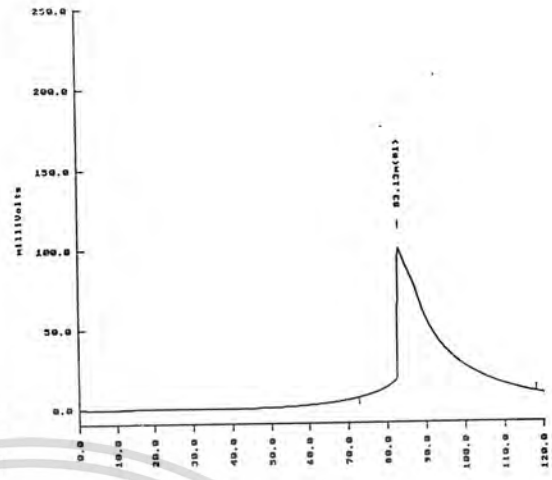
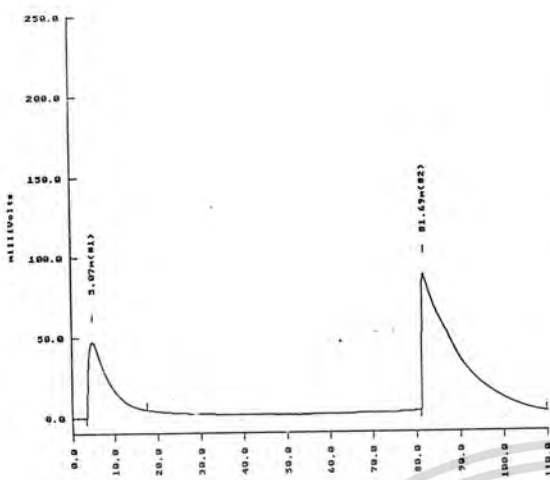
ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	1.90	35.75	52.61	รูปที่ จ-35
m-xylene	1.47			รูปที่ จ-38
o-xylene		85.10		รูปที่ จ-37
p-xylene			46.44	รูปที่ จ-36

ฉ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	3.31	35.56	39.50	รูปที่ จ-39
m-xylene	3.12			รูปที่ จ-44
o-xylene		90.54		รูปที่ จ-43
p-xylene			37.6	รูปที่ จ-41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



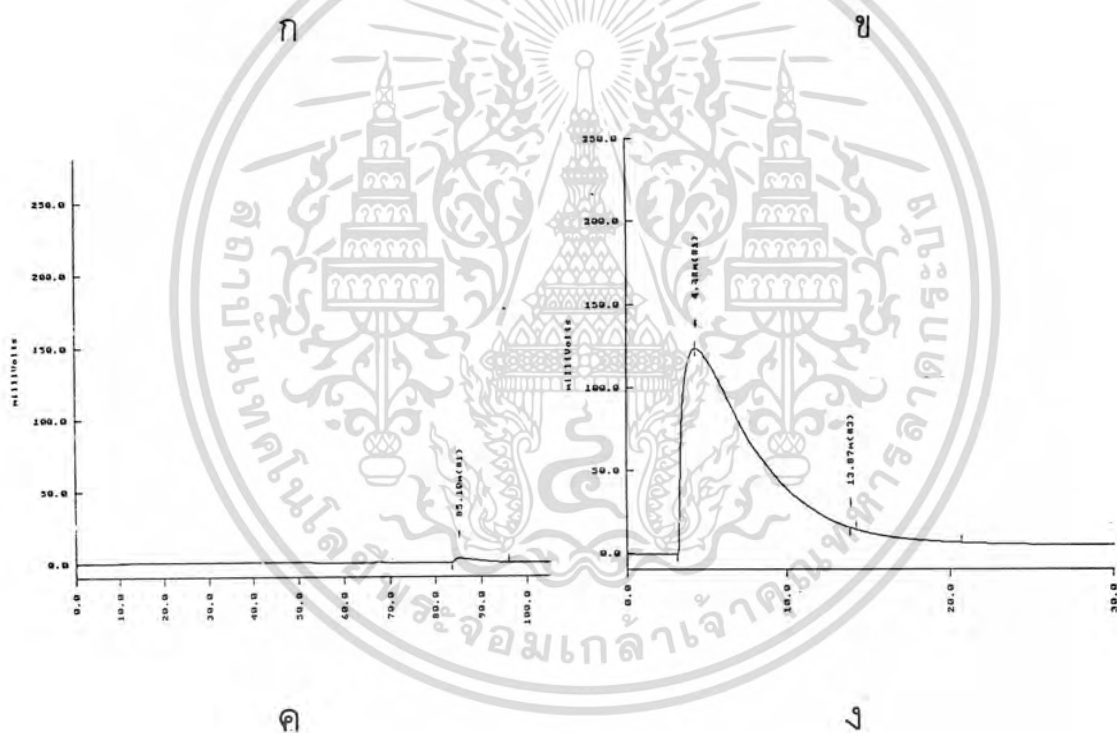
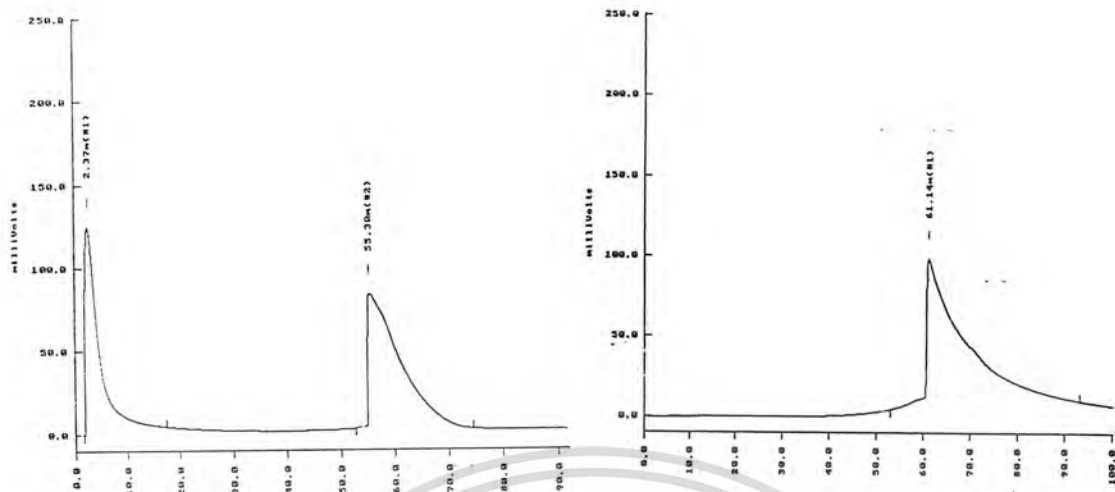
ก

ข

ค

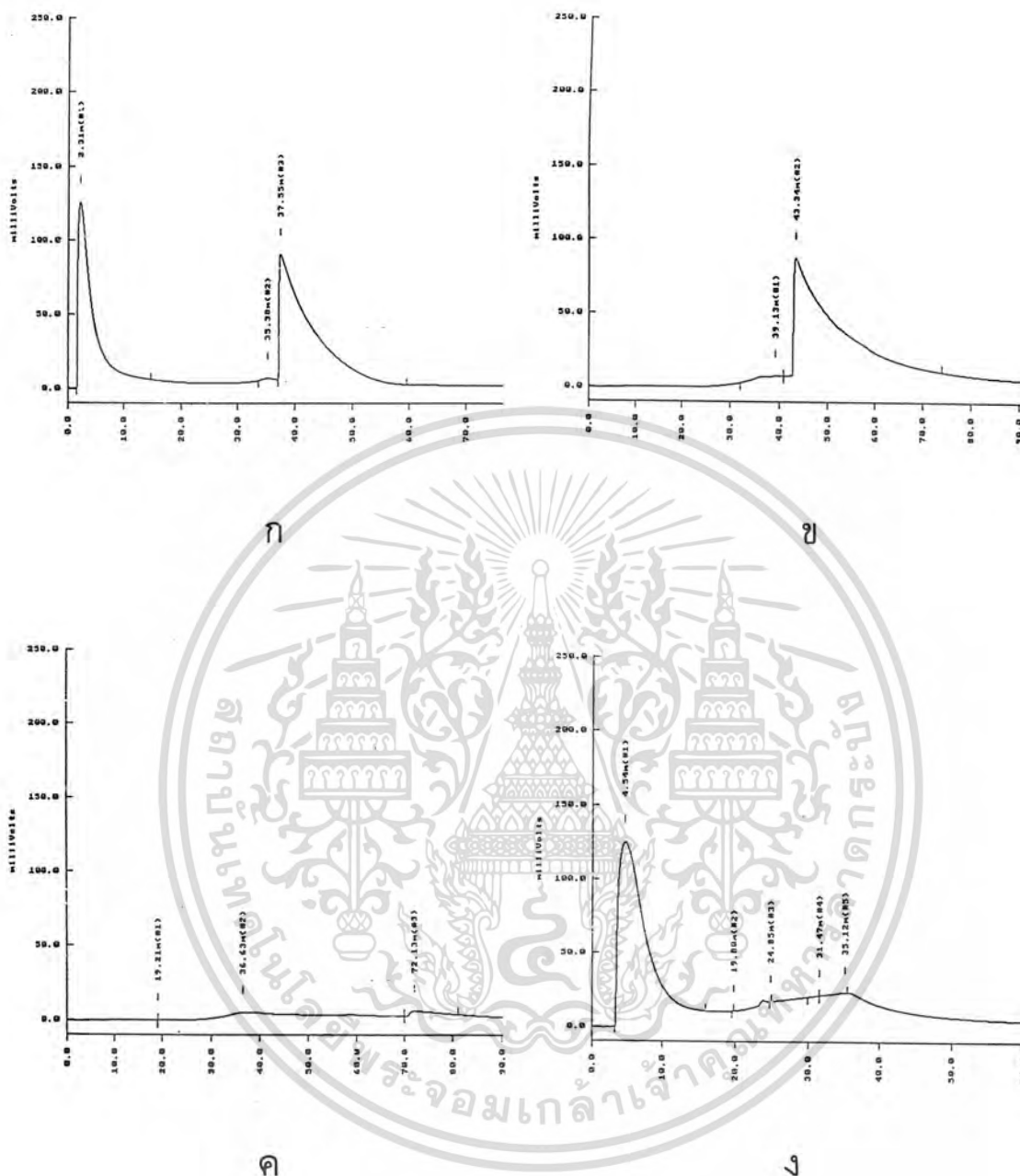
ง

รูปที่ 4.1 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene และ ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene



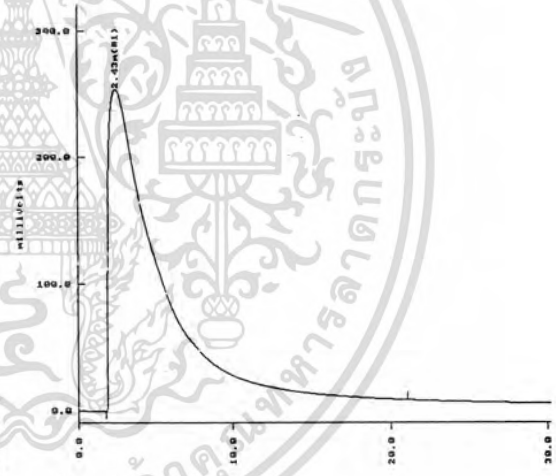
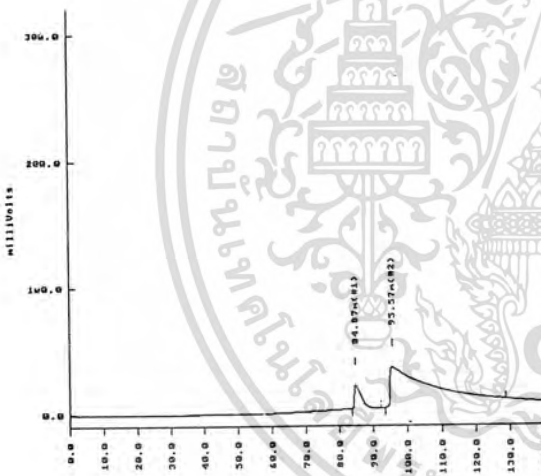
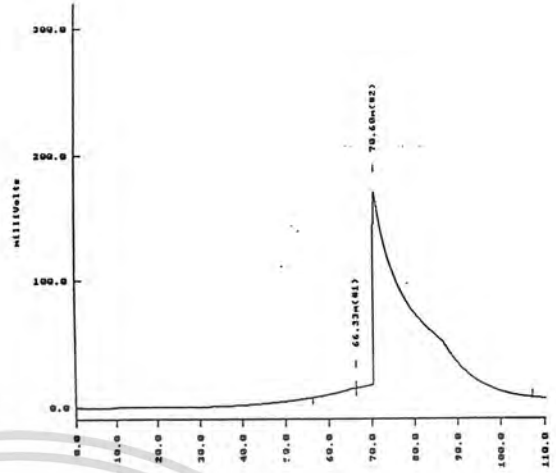
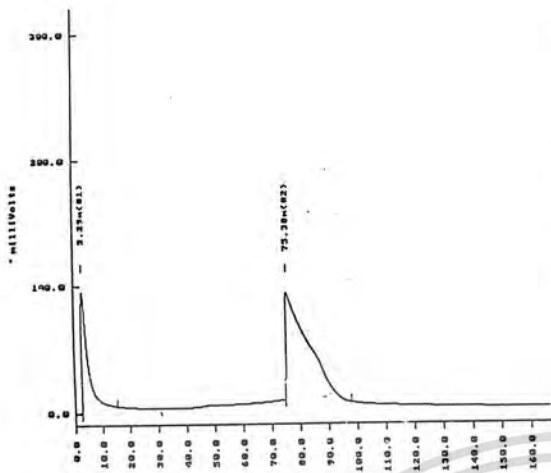
รูปที่ 4.2 แสดงกราฟการวิเคราะห์การ โพรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene และ ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene และ ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยให้ติดต่อแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก

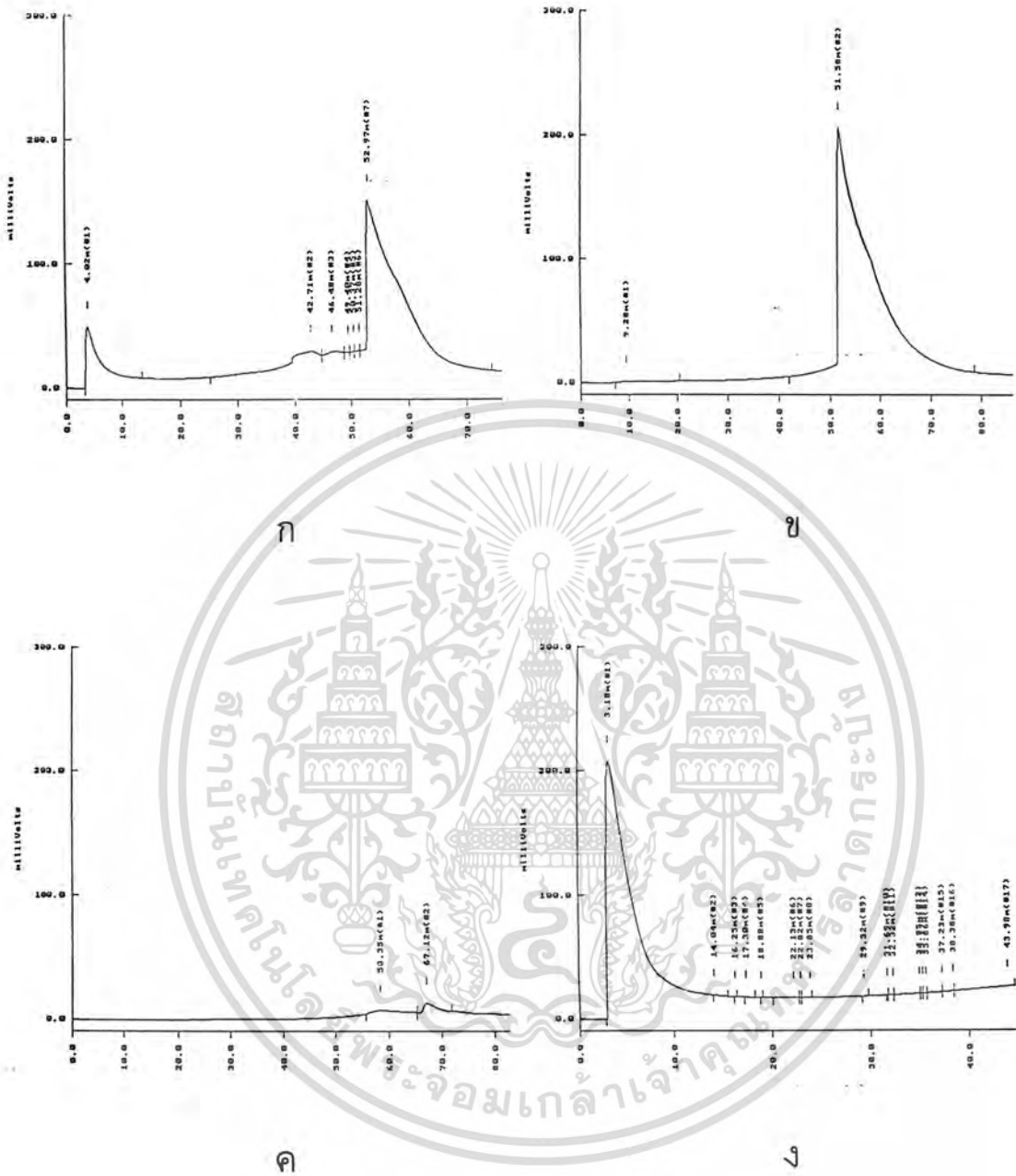
ข

ค

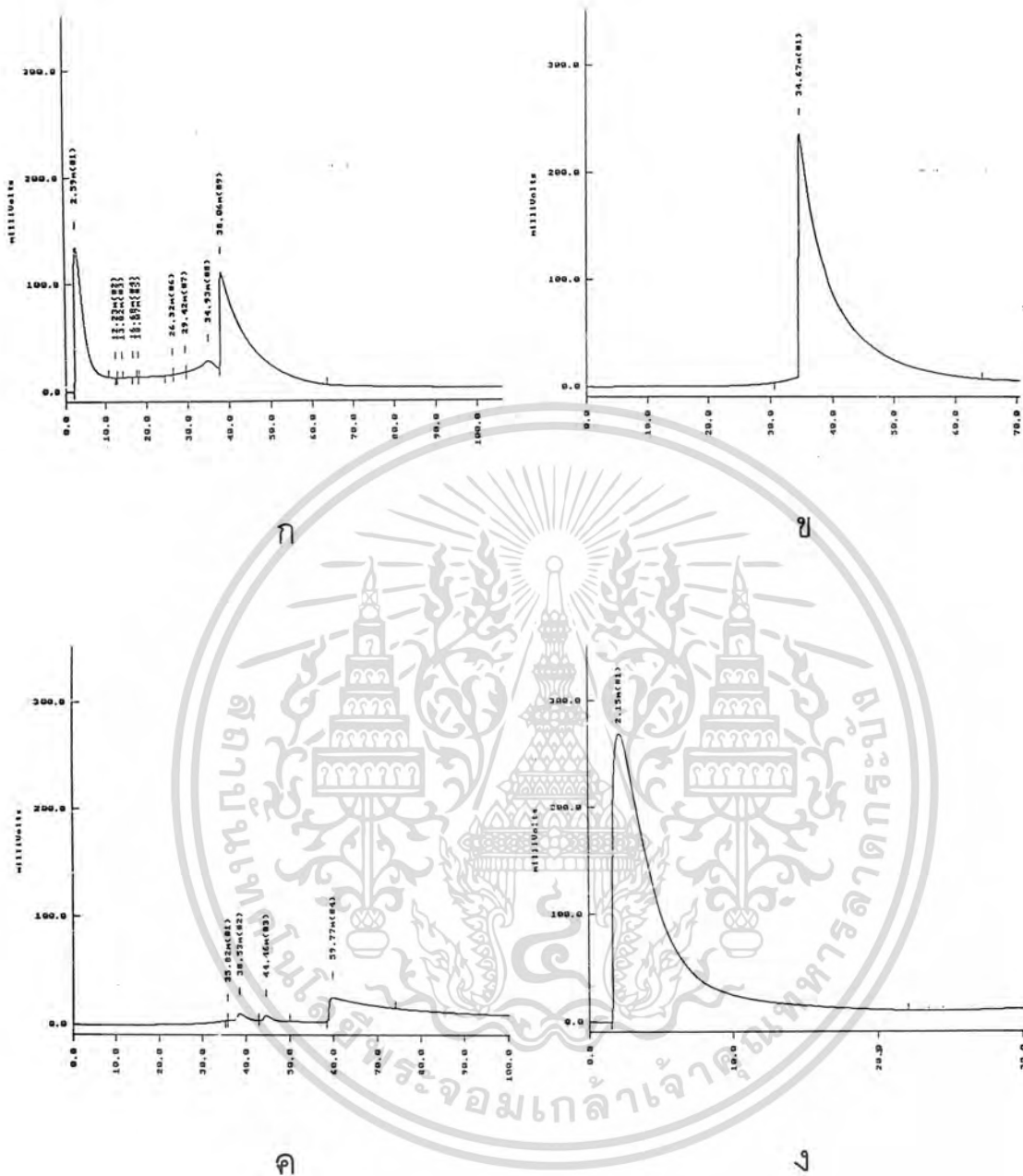
ง

รูปที่ 4.4 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ในช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เมื่อผู้จัดทำเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการค้า
 p-xylene และ ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ (ง) m-xylene ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

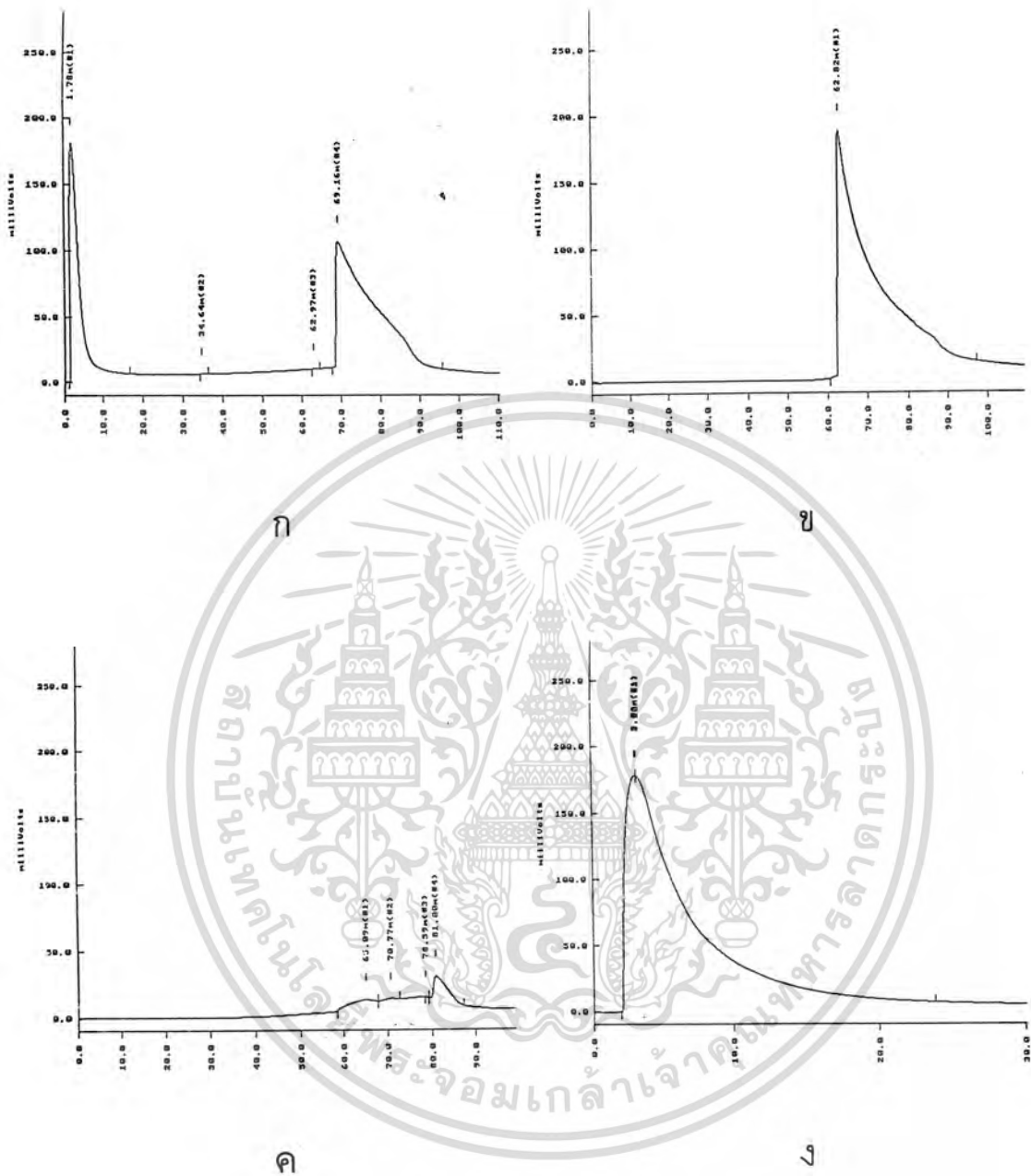


รูปที่ 4.5 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene และ ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene

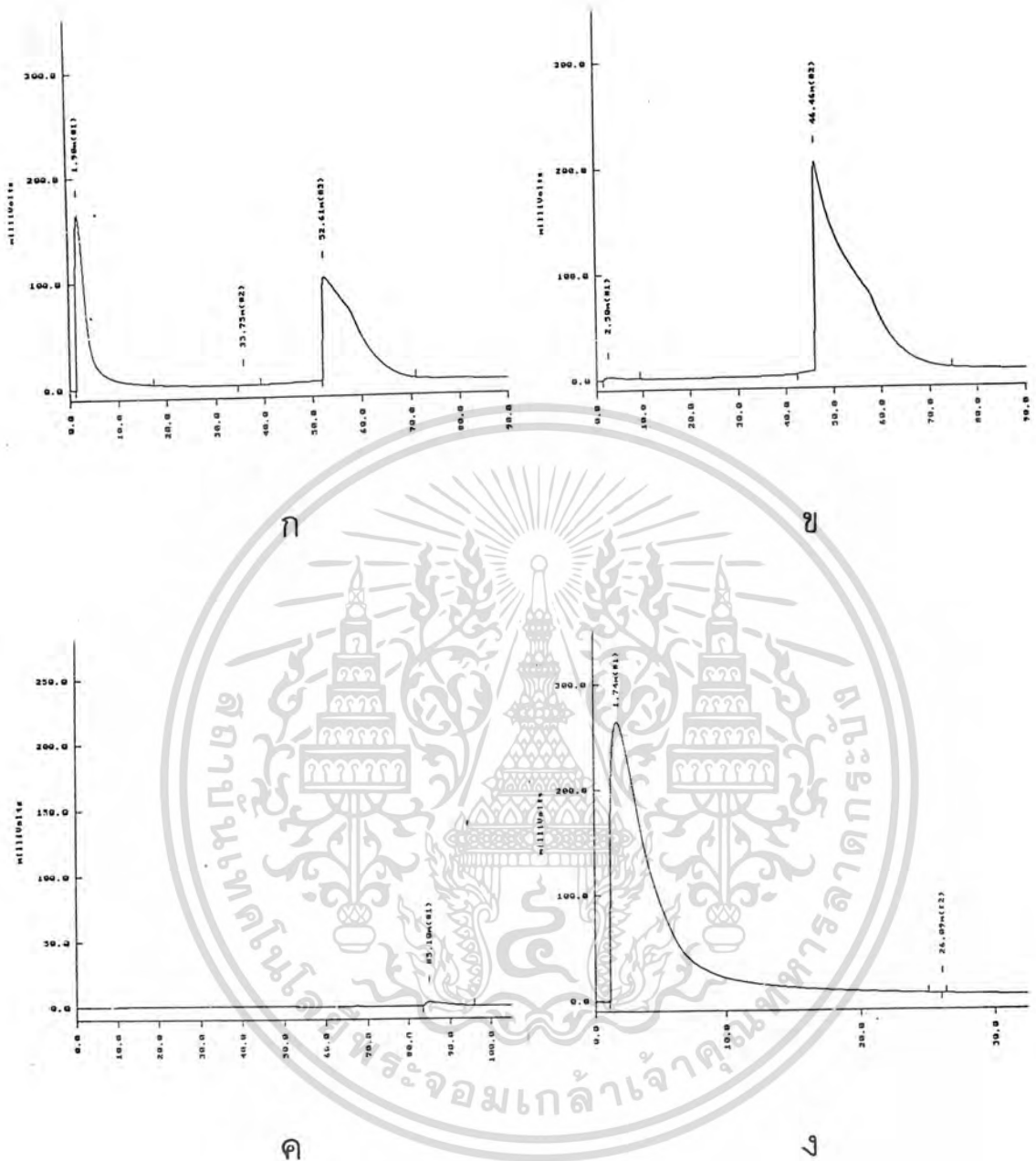


รูปที่ 4.6 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene

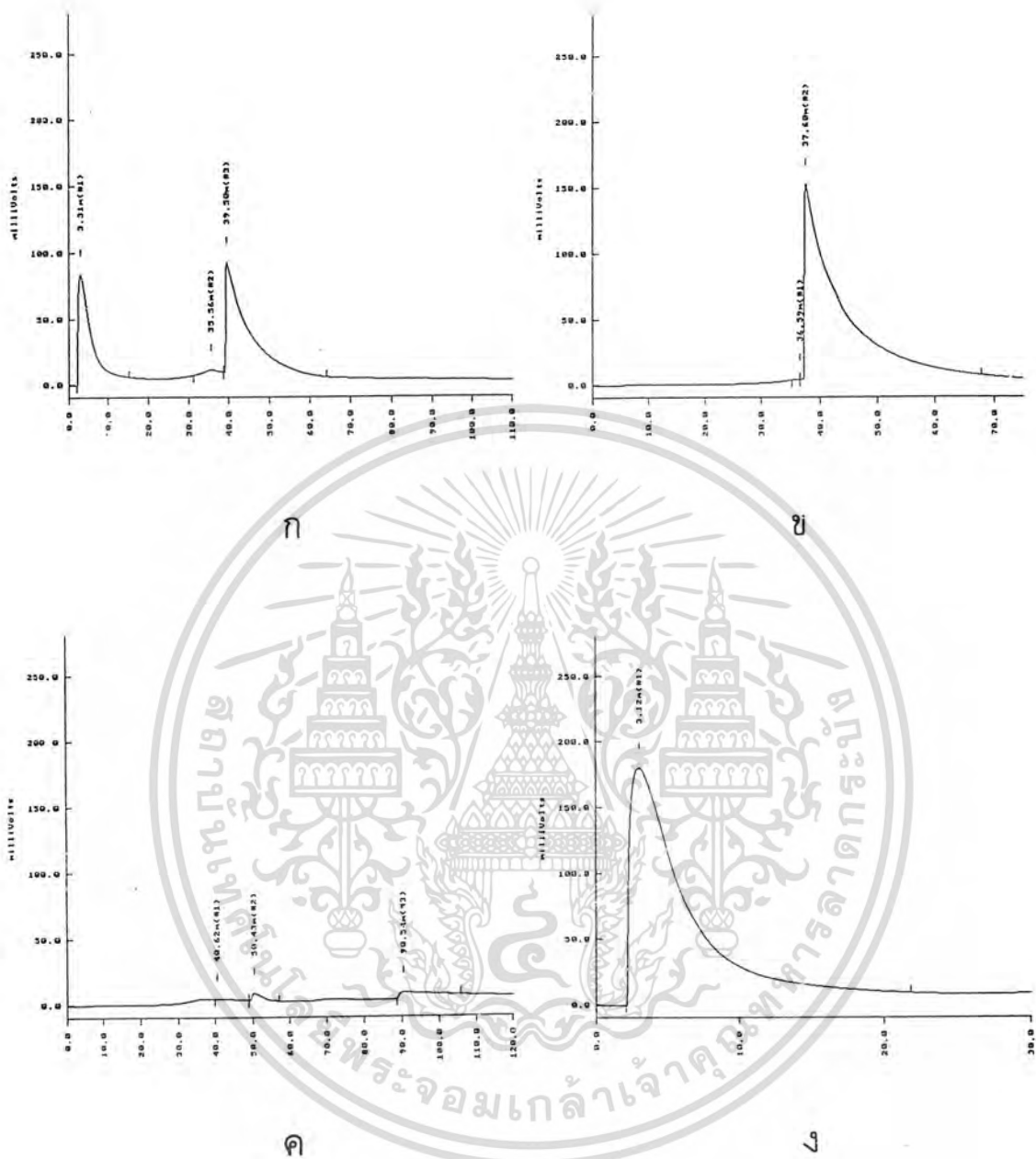
เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene ห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ในช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene และ ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ในช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของ อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene และในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene



รูปที่ 4.9 แสดงกราฟการวิเคราะห์การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของ (ก) สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene และ ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 (ข) p-xylene (ค) o-xylene และ (ง) m-xylene ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการโปรแกรมอุณหภูมิกิ่งที่ ที่ช่วงอุณหภูมิใช้งาน เป็น 80-250 องศาเซลเซียส (ข้อมูลดิบที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ)

ก. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งาน เป็น 200 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 200 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละ ไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของ ข้อมูลจากการวิเคราะห์ แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1	3.98	-	99.18	รูปที่ จ-45

ข. เมื่ออัตราการไหลของแก๊สพาเป็น 15 มิลลิลิตรต่อนาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 50 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 50 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละ ไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของ ข้อมูลจากการวิเคราะห์ แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1	10.98	-	-	รูปที่ จ-46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 60 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.12 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 60 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	9.75	-	-	รูปที่ จ-47

ง. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 70 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.13 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 70 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	7.35	-	-	รูปที่ จ-48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 80 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.14 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.14 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 80 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	8.09	-	-	รูปที่ จ-49

ฉ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 100 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.15 และรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.15 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 100 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	-	-	-	รูปที่ จ-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 50 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.16 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.16 แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 50 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันใหม่ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1	7.14	-	-	รูปที่ จ-51

ข. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 70 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.17 แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 70 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันใหม่ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1	7.06	-	-	รูปที่ จ-52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 80 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.18 แสดงค่ารีเทนชันไท์ม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 80 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไท์ม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	2.68	-	-	รูปที่ จ-53

ญ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 150 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.19 แสดงค่ารีเทนชันไท์ม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 150 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไท์ม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	3.37	-	-	รูปที่ จ-56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฎ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 175 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.20 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.20 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 175 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	2.67	-	-	รูปที่ จ-58

ฎ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 200 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.21 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 200 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	2.25	-	-	รูปที่ จ-59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 225 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.22 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 225 องศาเซลเซียส

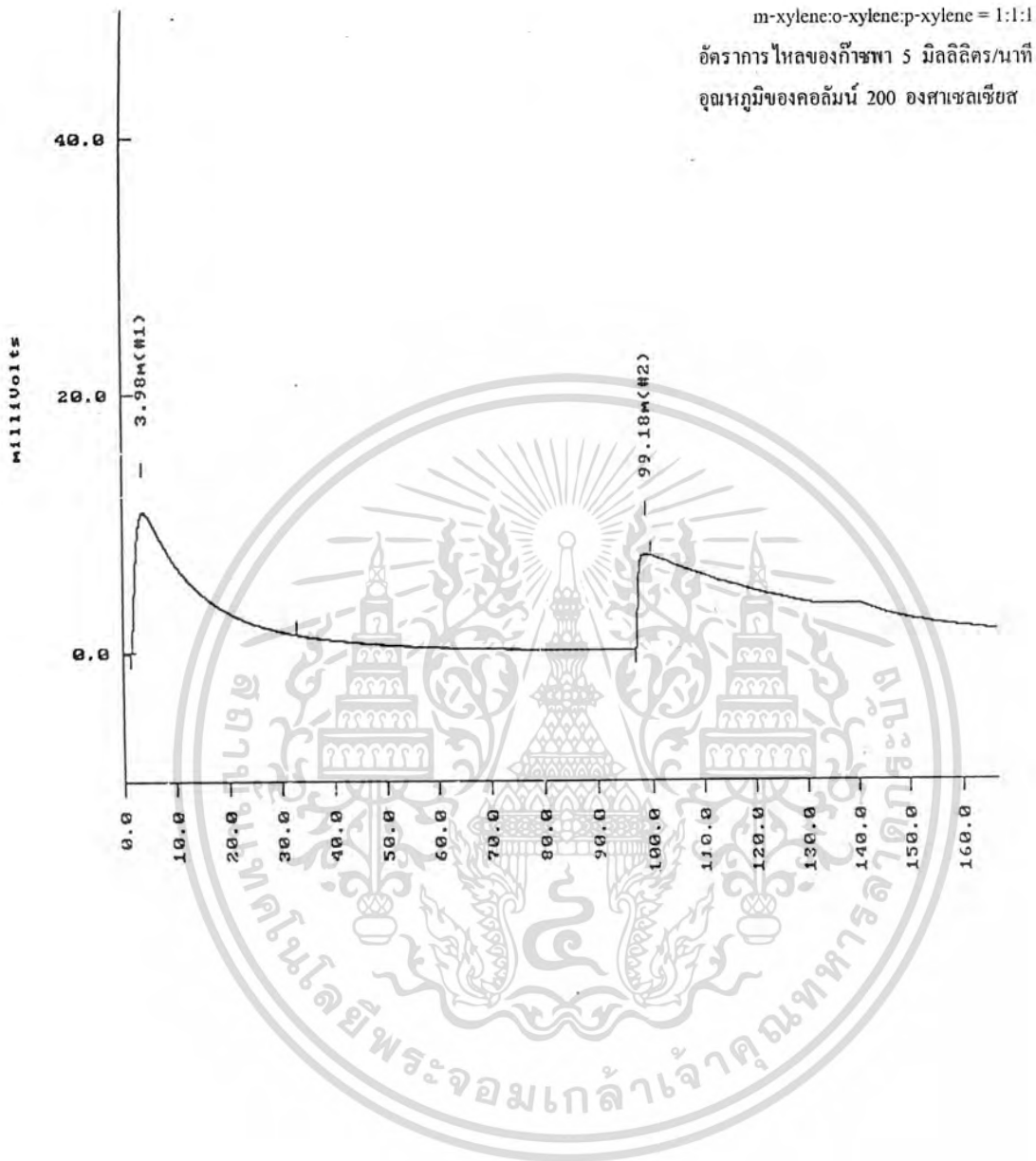
ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	1.86	-	-	รูปที่ จ-60

ฑ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 250 องศาเซลเซียส แสดงดังตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.12

ตารางที่ 4.23 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิใช้งานเป็น 250 องศาเซลเซียส

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	1.63	-	-	รูปที่ จ-62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



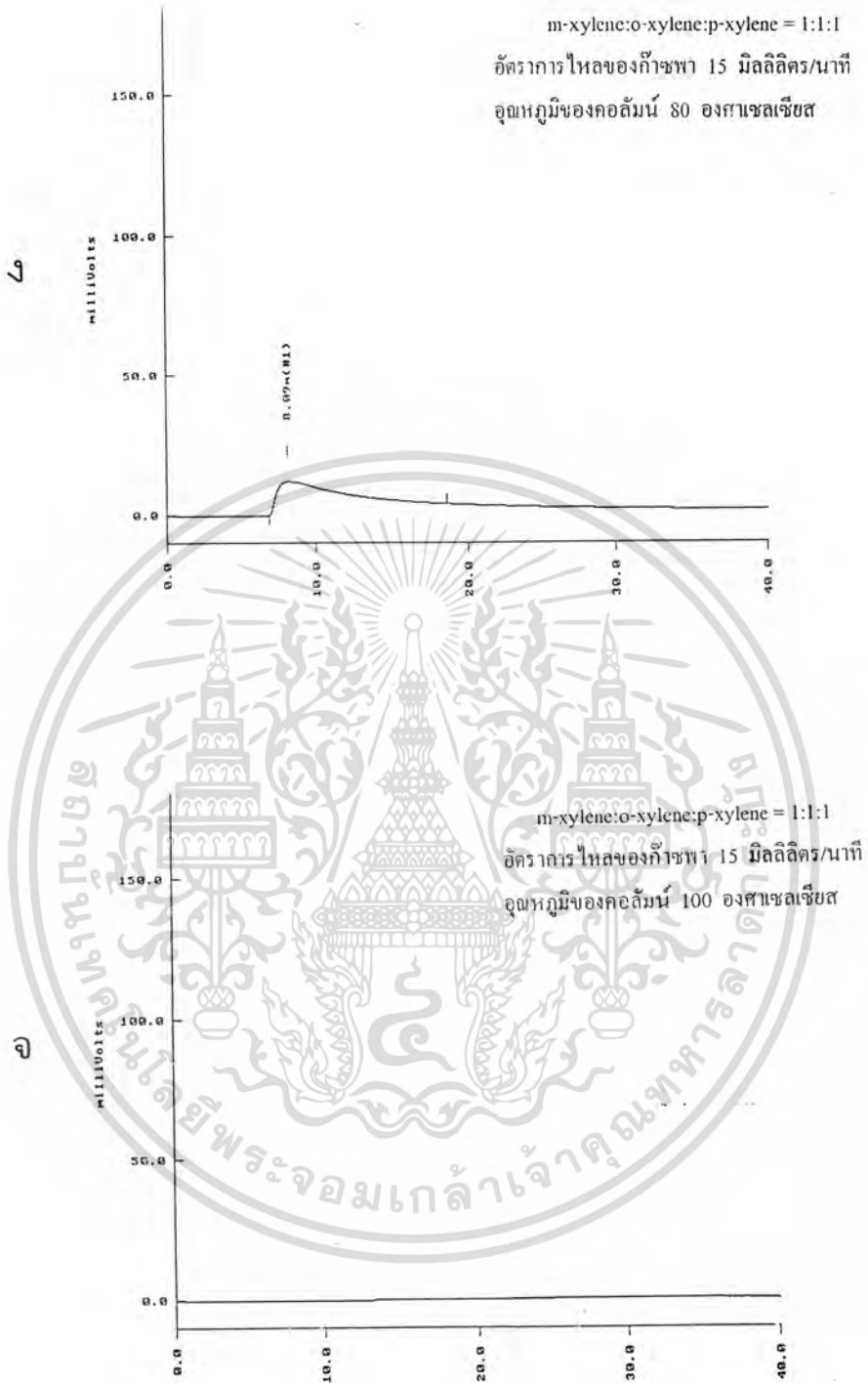
รูปที่ 4.10 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวารสารงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อุณหภูมิของคอลัมน์ 200 องศาเซลเซียส
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



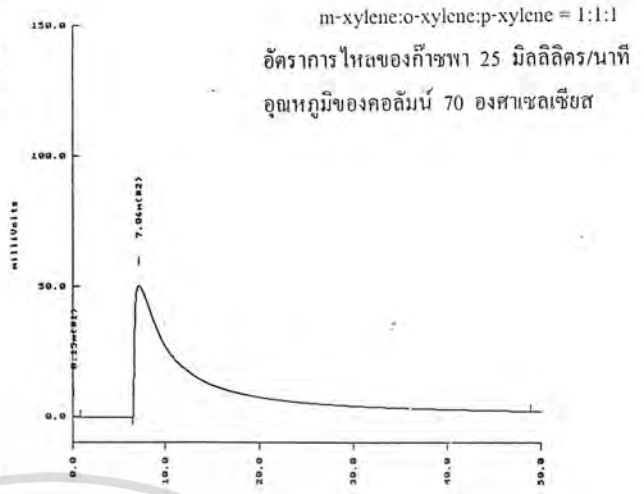
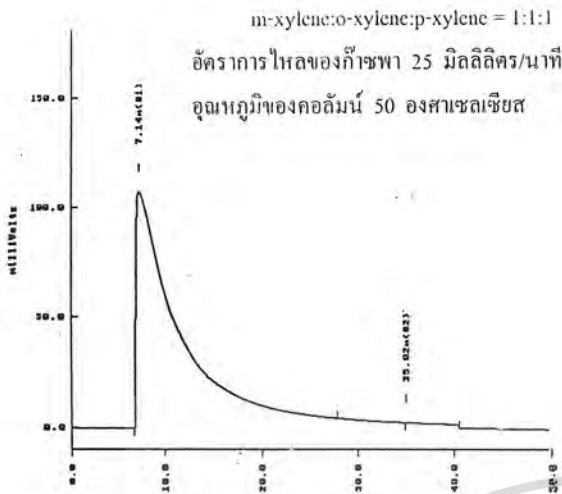
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก)50 (ข) 60 (ค)70 (ง) 80 และ (จ) 100 องศาเซลเซียส
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



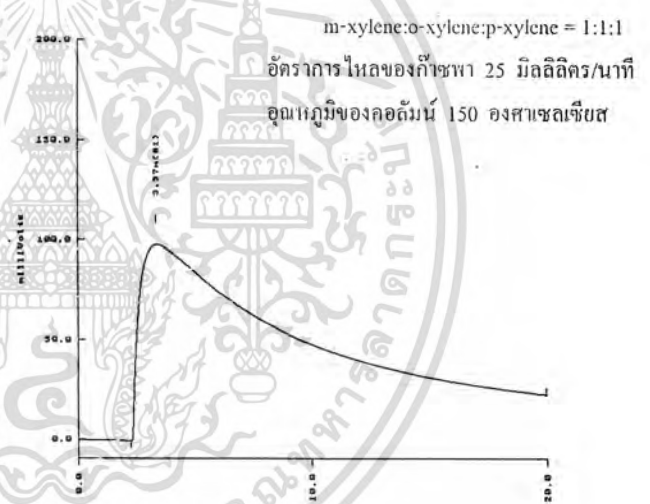
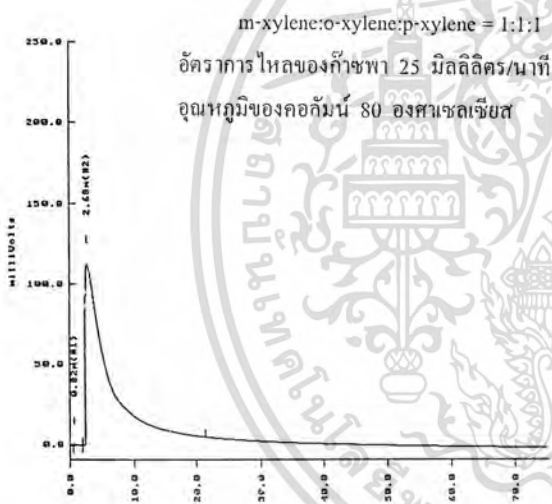
รูปที่ 4.11 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก)50 (ข) 60 (ค)70 (ง) 80 และ (จ) 100 องศาเซลเซียส ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก

ข



ค

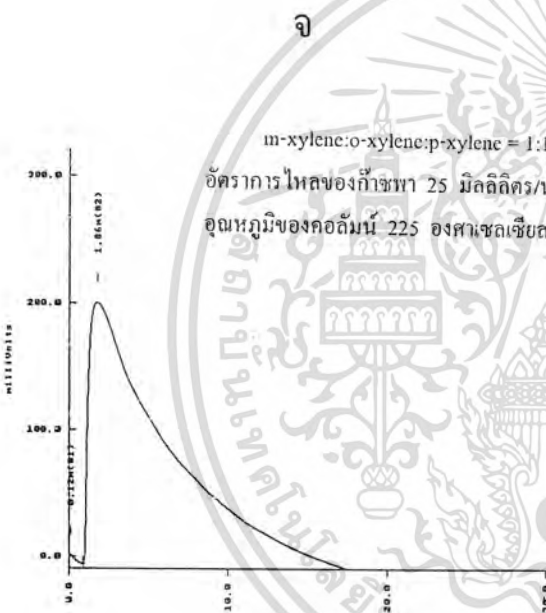
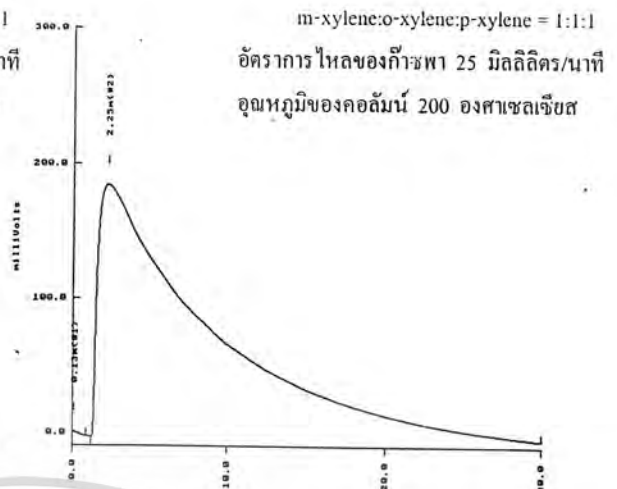
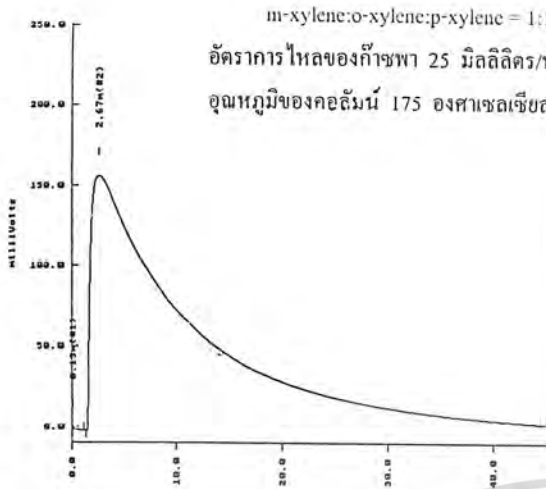
ง

รูปที่ 4.12 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 (ง) 150 (จ) 175 (ฉ) 200 (ช) 225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และ (ข) 250 องศาเซลเซียส

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จ

ข

ค

ง

รูปที่ 4.12 แสดงกราฟการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 (ง) 150 (จ) 175 (ฉ) 200 (ช) 225

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และ (ช) 250 องศาเซลเซียส

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 คาปิลลารีคอลัมน์ ชนิด DB-WAX

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น ที่ช่วงอุณหภูมิใช้งานเป็น 70-100 องศาเซลเซียสต่อนาที (ข้อมูลดิบที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ)

ก. สารมาตรฐานของสารผสมระหว่างเฮกเซนกับสารผสมของ m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรต่าง ๆ กัน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.24 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซคลีน และเฮกเซน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำกร วิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละ ไอโซเมอร์ (นาที)			ค่ารีเทนชันไทม์ของเฮ กเซน (นาที)	โครมาโตแกรม ของข้อมูลจากการ วิเคราะห์แสดง ในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene		
สารผสมระหว่าง เฮกเซน กับสารผสมที่มีอัตรา ส่วนโดยปริมาตรของ m-xylene : o-xylene : p-xylene เป็น 2:1:1	9.887	11.471	9.658	3.951	รูปที่ จ-73
สารผสมระหว่าง เฮกเซน กับสารผสมที่มีอัตรา ส่วนโดยปริมาตรของ m-xylene : o-xylene : p-xylene เป็น 1:2:1	9.866	11.498	9.661	3.952	รูปที่ จ-72
สารผสมระหว่าง เฮกเซน กับสารผสมที่มีอัตรา ส่วนโดยปริมาตรของ m-xylene : o-xylene : p-xylene เป็น 1:1:2	9.895	11.488	9.689	3.954	รูปที่ จ-71
สารผสมระหว่าง เฮกเซน กับสารผสมที่มีอัตรา ส่วนโดยปริมาตรของ m-xylene : o-xylene : p-xylene เป็น 1:1:1	9.917	11.523	9.700	3.954	รูปที่ จ-70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันใหม่ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	9.518	11.054	9.314	รูปที่ จ-67

ค. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 15 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แสดงค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 15 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันใหม่ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	9.209	10.709	9.013	รูปที่ จ-68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	9.079	10.607	8.892	รูปที่ จ-69

จ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 0.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 0.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1	-	-	-	รูปที่ จ-63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	24.230	31.415	23.361	รูปที่ จ-64

ช. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำกรวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	12.352	16.242	11.962	รูปที่ จ-66

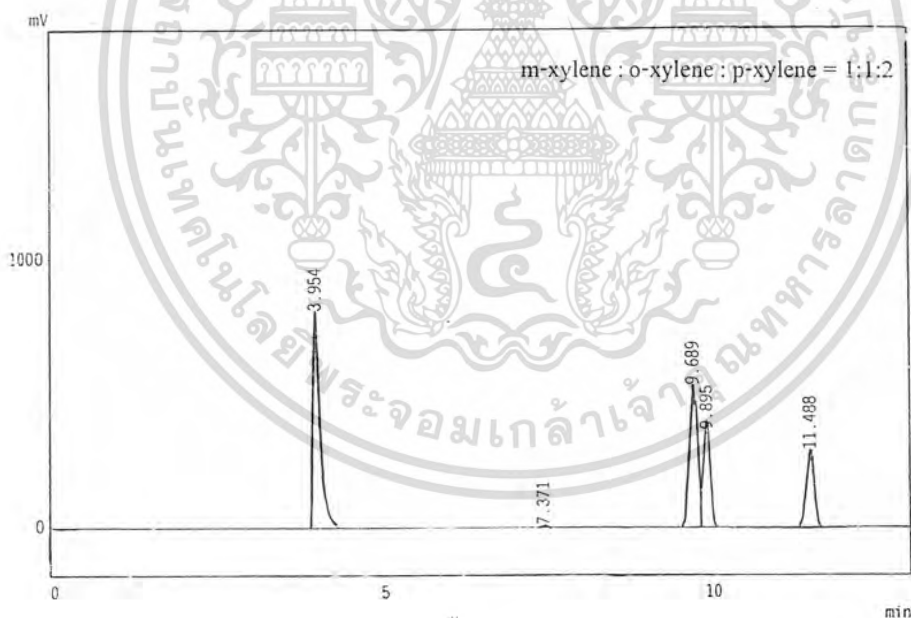
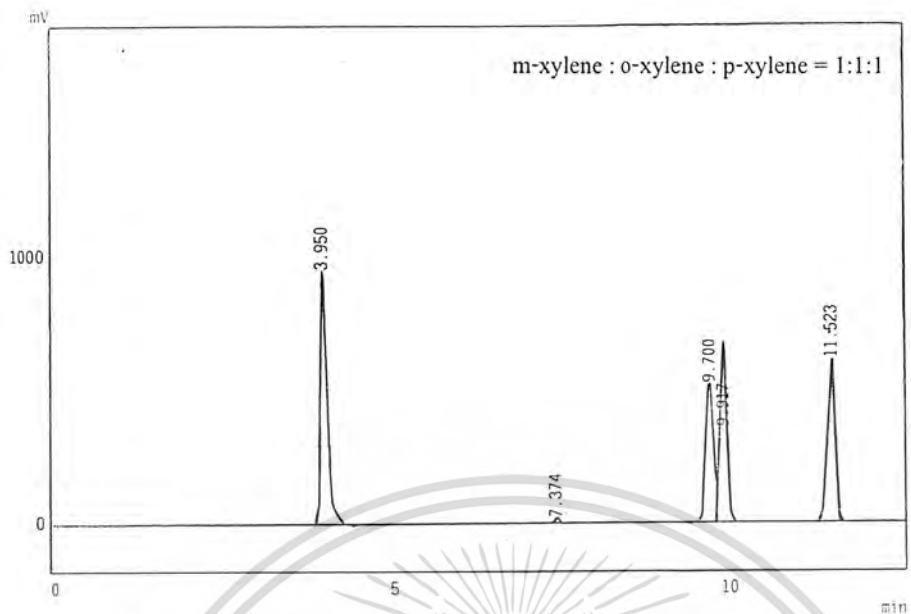
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ. เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 15 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน เมื่ออัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1.5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 15 องศาเซลเซียส/นาที

ชนิดของสารที่ทำการวิเคราะห์	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)			โครมาโตแกรมของข้อมูลจากการวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก จ
	m-xylene	o-xylene	p-xylene	
สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1	11.700	14.762	11.445	รูปที่ จ-65

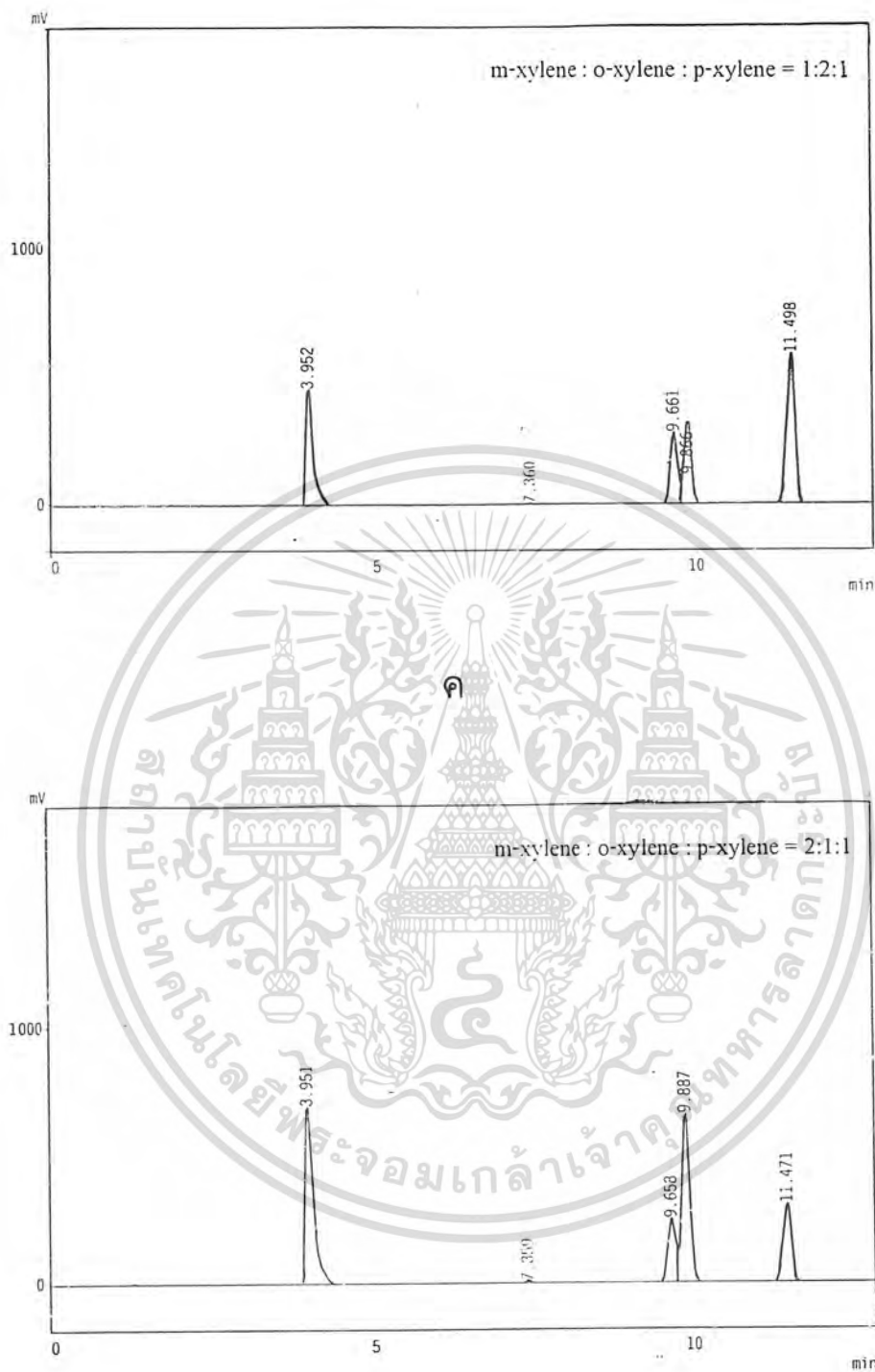
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข

รูปที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์สารผสมระหว่างเฮกเซนกับสารผสมของ m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราการไหลของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที และมีอัตราการเพิ่มของ

อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที สารผสมของ m-xylene, o-xylene และ p-xylene มี
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น (ก) 1:1:1 (ข) 1:1:2 (ค) 1:2:1 และ (ง) 2:1:1 ตามลำดับ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ง

รูปที่ 4.13 แสดงผลการวิเคราะห์สารผสมระหว่างเฮกเซนกับสารผสมของ m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราการไหลของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที และมีอัตราการเพิ่มของ

อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที สารผสมของ m-xylene, o-xylene และ p-xylene มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น (ก) 1:1:1 (ข) 1:1:2 (ค) 1:2:1 และ (ง) 2:1:1 ตามลำดับ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีเหตุบังเอิญและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การแยกไอโซเมอร์ของไซลีน

4.6.1 คอลัมน์ที่บรรจุด้วยซิลิกาไลต์ที่สังเคราะห์ได้

4.6.1.1 การเปรียบเทียบผลที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาทิตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ มีอัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทิตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาทิตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ มีอัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทิตามลำดับ

อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส/นาทิต)	อัตราการไหลของก๊าซพา (มิลลิลิตร/นาทิต)	ค่ารีเทนชันใหม่ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาทิต)		
		m-xylene	o-xylene	p-xylene
2	5	5.07	—	81.69
	15	3.29	—	75.38
	25	1.78	—	69.16
3	5	2.37	—	55.30
	15	4.02	—	52.97
	25	1.90	—	52.61
5	5	2.31	—	37.55
	15	2.59	—	38.06
	25	3.31	—	39.50

ก. การเปรียบเทียบโครมาโตแกรมที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทิตตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาทิต แสดงดังรูปที่ 4.14

ข. การเปรียบเทียบโครมาโตแกรมที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทิตตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาทิต แสดงดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. การเปรียบเทียบโครมาโตแกรมที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังรูปที่ 4.16

4.6.1.2 การเปรียบเทียบผลที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการไหลของแก๊สพา มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการไหลของก๊าซพา มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ

อัตราการไหลของก๊าซพา (มิลลิลิตร/นาที)	อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส/นาที)	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)		
		m-xylene	o-xylene	p-xylene
5	2	5.07	-	81.69
	3	2.37	-	55.30
	5	2.31	-	37.55
15	2	3.29	-	75.38
	3	4.02	-	52.97
	5	2.59	-	35.06
25	2	1.78	-	69.16
	3	1.90	-	52.61
	5	2.31	-	39.50

ก. การเปรียบเทียบโครมาโตแกรมที่มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ และมีอัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังรูปที่ 4.17

ข. การเปรียบเทียบโครมาโตแกรมที่มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ และมีอัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังรูปที่ 4.18

ค. การเปรียบเทียบโครมาโตแกรมที่มีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ และมีอัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังรูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำมาตีพิมพ์หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
หากมีการแก้ไขใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1.3 การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 และ 25 มิลลิลิตร

ก. เมื่ออุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 60, 70, 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที แสดงดังตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.20

ตารางที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 60, 70, 80 และ 100 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที

อัตราการไหลของก๊าซพา (มิลลิลิตร/นาที)	อุณหภูมิใช้งาน (องศาเซลเซียส)	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)		
		m-xylene	o-xylene	p-xylene
15	50	10.98	-	-
	60	9.75	-	-
	70	7.35	-	-
	80	8.09	-	-
	100	-	-	-

ข. เมื่ออุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 70, 80, 150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที แสดงดังตารางที่ 4.35 และรูปที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ ๆ ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อุณหภูมิใช้งาน เป็น 50, 70, 80, 150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่ อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที

อัตราการไหลของก๊าซพา (มิลลิลิตร/นาที)	อุณหภูมิใช้งาน (องศาเซลเซียส)	ค่ารีเทนชันใหม่ ๆ ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)		
		m-xylene	o-xylene	p-xylene
25	50	7.14	-	-
	70	7.06	-	-
	80	2.68	-	-
	150	3.37	-	-
	175	2.67	-	-
	200	2.25	-	-
	225	1.86	-	-
	250	1.63	-	-

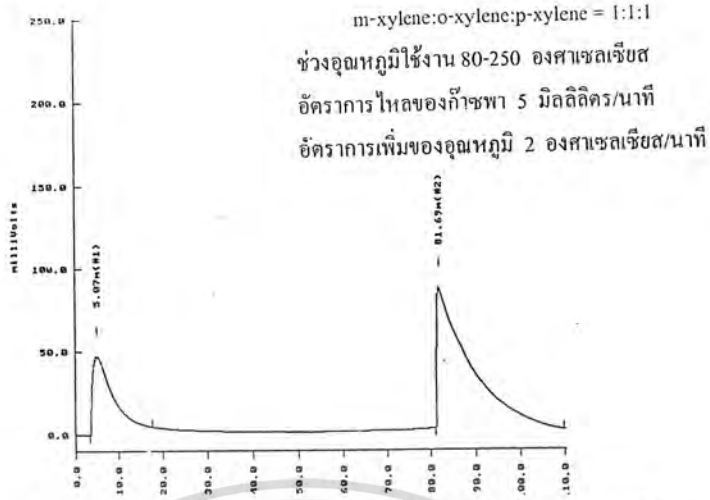
4.6.1.4 การเปรียบเทียบผลที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการไหลของก๊าซพา มีอุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.36 และรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ ๆ ของไอโซเมอร์ของไซลีน ที่อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 และ 25 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งแต่ละอัตราการไหลของก๊าซพา มีอุณหภูมิใช้งานเป็น 50, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

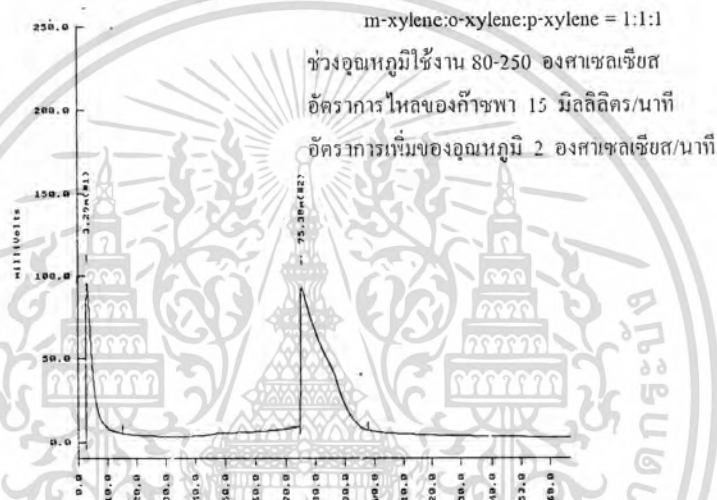
อัตราการไหลของก๊าซพา (มิลลิลิตร/นาที)	อุณหภูมิใช้งาน (องศาเซลเซียส)	ค่ารีเทนชันใหม่ ๆ ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)		
		m-xylene	o-xylene	p-xylene
15	50	10.98	-	-
	70	7.35	-	-
	80	8.09	-	-
25	50	7.14	-	-
	70	7.06	-	-
	80	2.68	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

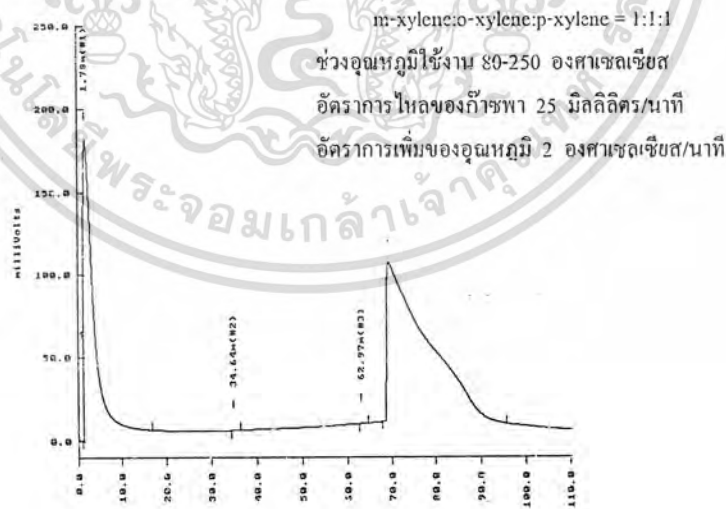
ก



ข



ค

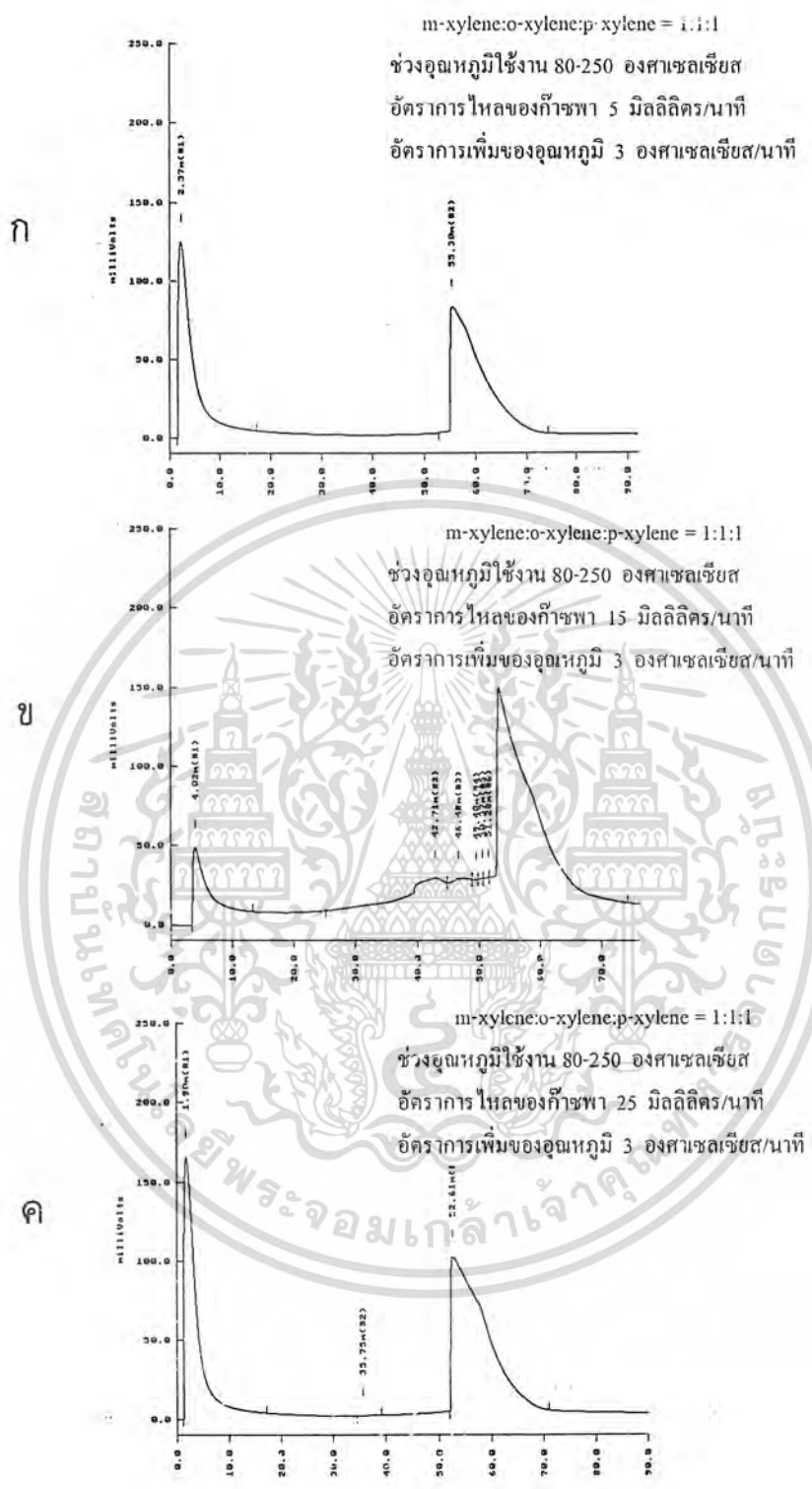


รูปที่ 4.14 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 5 (ข) 15 และ

(ค) 25 มิลลิลิตร/นาที ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที ของสารผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ผลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 5 (ข) 15 และ

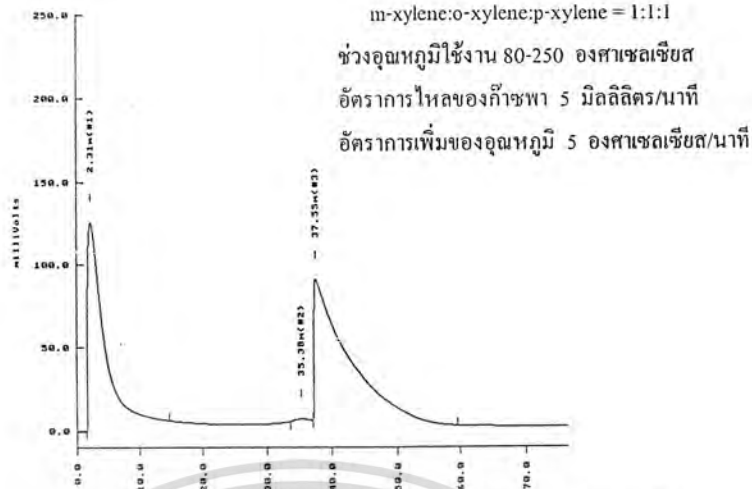
(ค) 25 มิลลิลิตร/นาที ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของสารผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

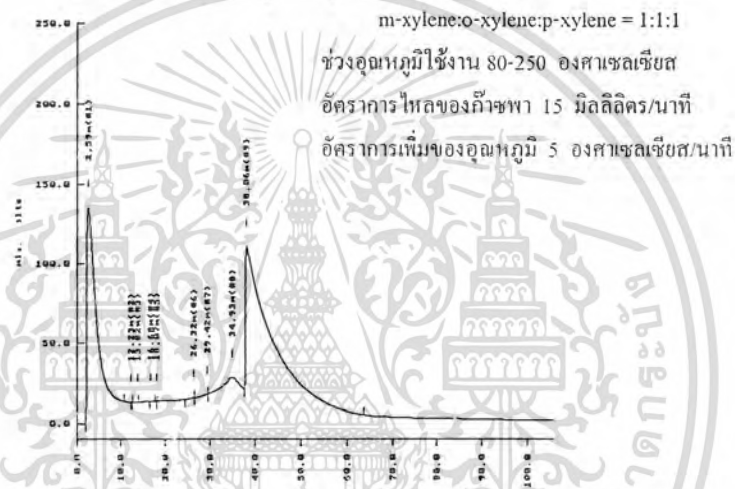
ระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

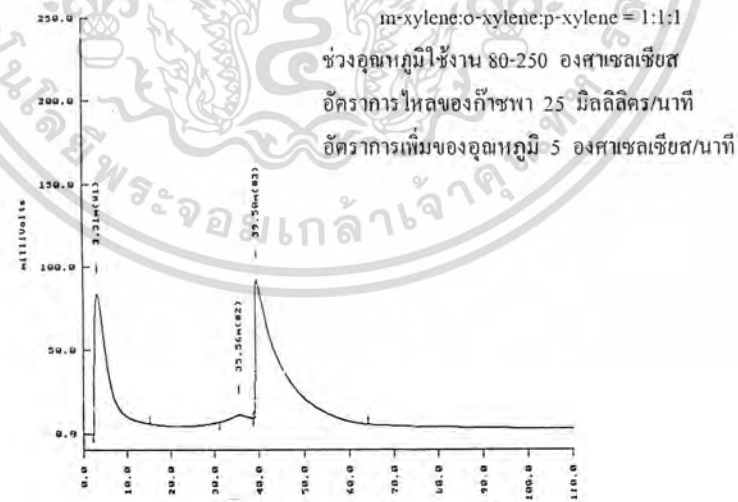
ก



ข



ค

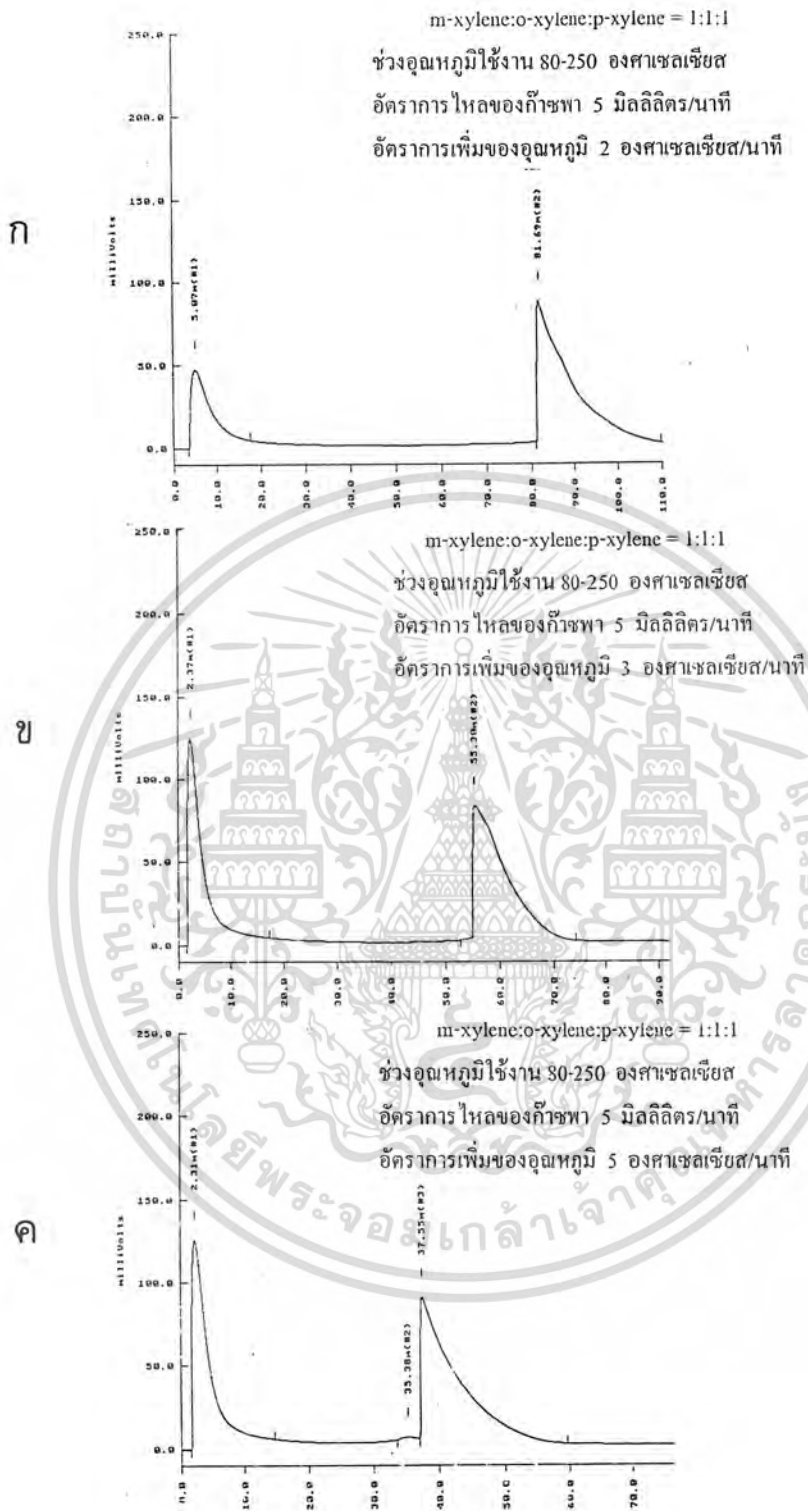


รูปที่ 4.16 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 5 (ข) 15 และ

(ค) 25 มิลลิลิตร/นาที ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของสารผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1

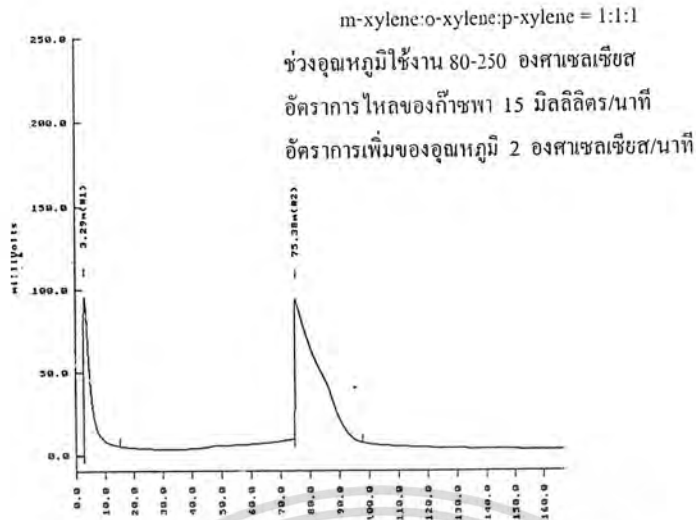
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



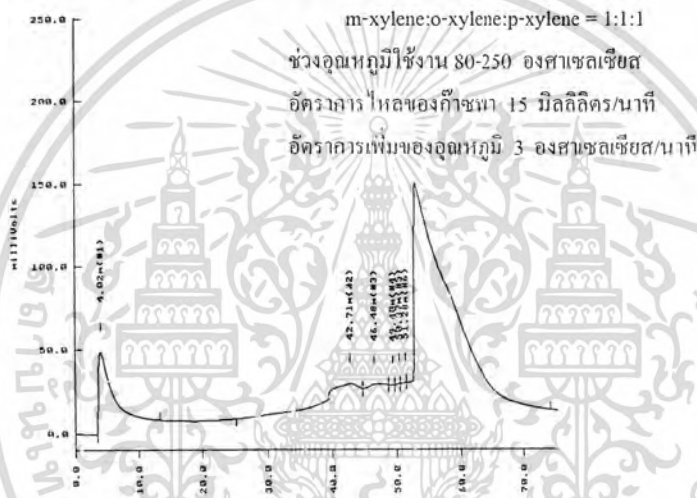
รูปที่ 4.17 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (ก) 2 (ข) 3 และ

(ค) 5 องศาเซลเซียส/นาที ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที ของสารผสม
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

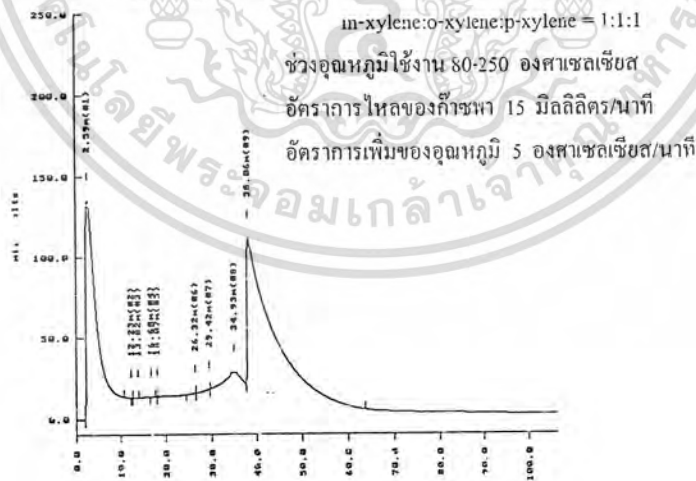
ก



ข

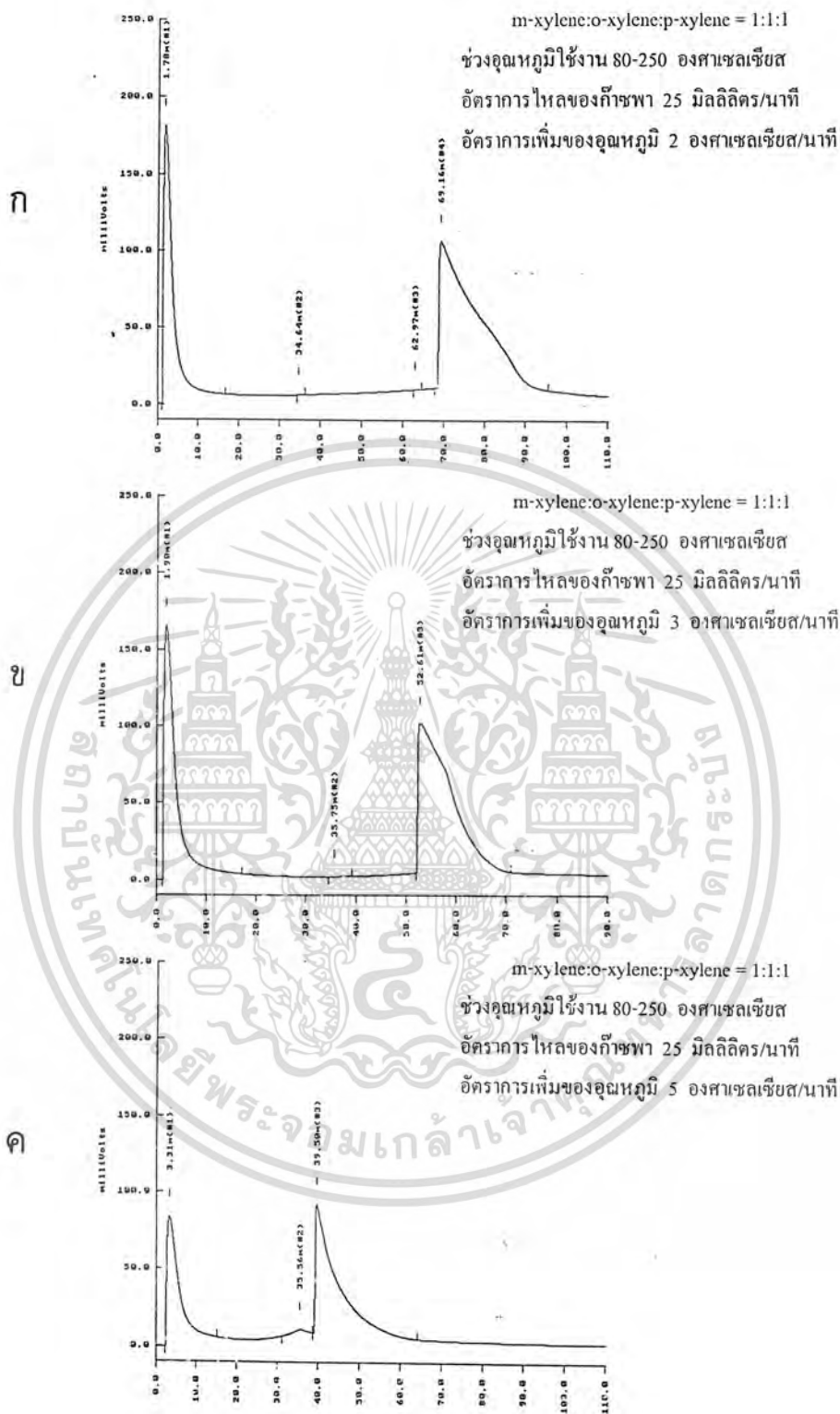


ค



รูปที่ 4.18 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (ก) 2 (ข) 3 และ

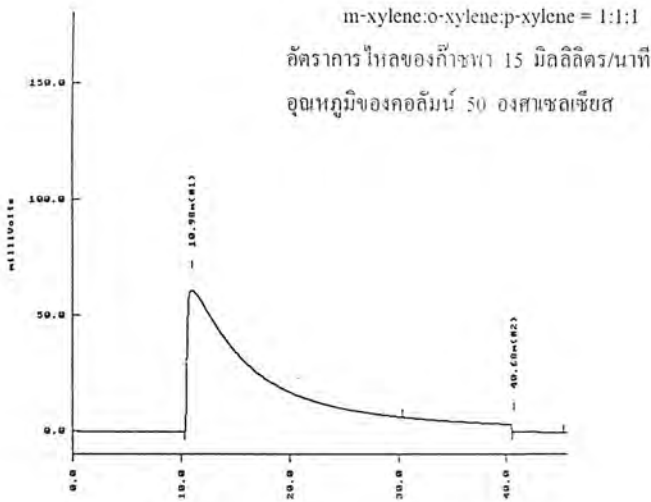
(ค) 5 องศาเซลเซียส/นาที ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที ของสารผสม
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



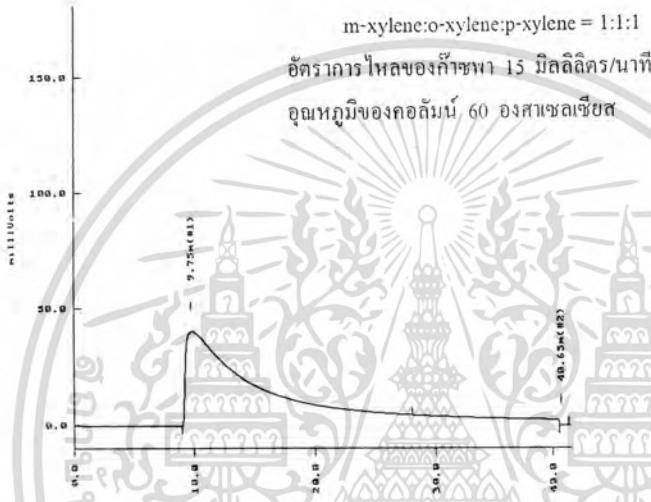
รูปที่ 4.19 แสดงกราฟการเปรียบเทียบผลของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ (ก) 2 (ข) 3 และ

(ค) 5 องศาเซลเซียส/นาที ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที ของสารผสม
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

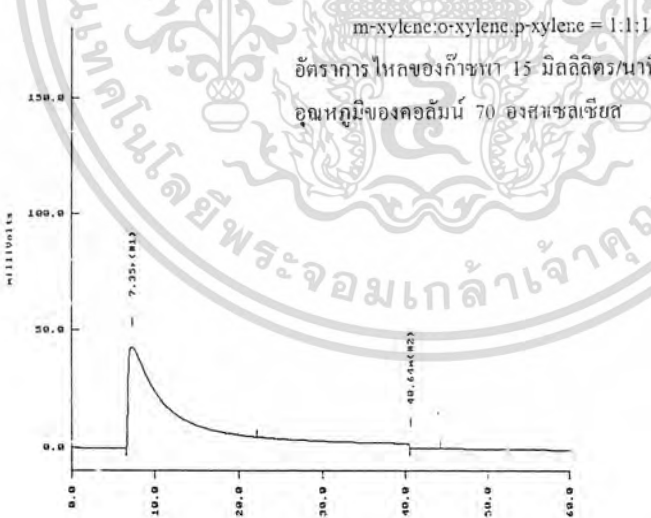
ก



ข



ค



รูปที่ 4.20 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการใช้ของก๊าซเผา 15 มิลลิลิตร/นาที อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 , (ข) 60 , (ค) 70 , (ง) 80 และ (จ) 100 องศาเซลเซียสตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

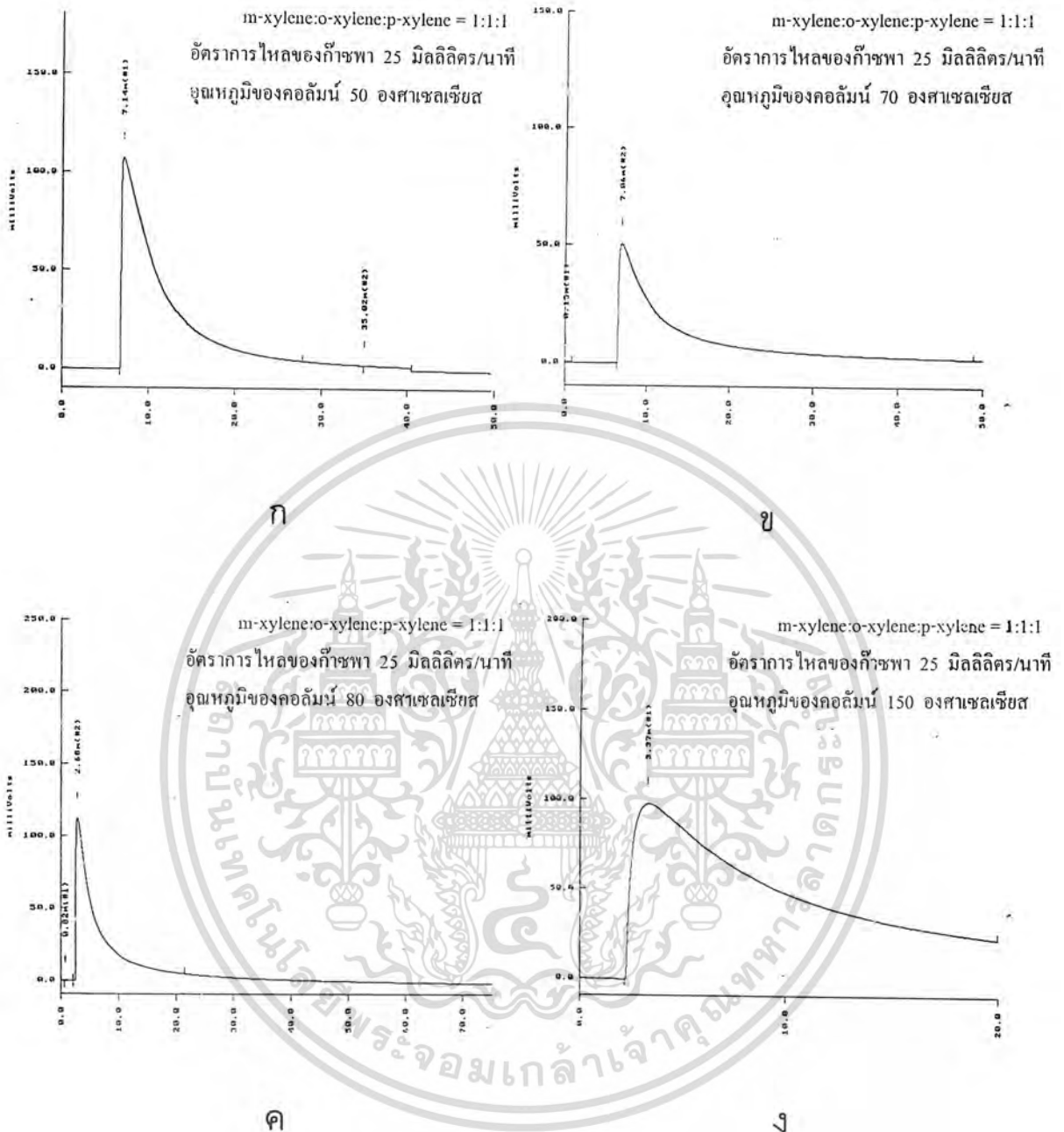


รูปที่ 4.20 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50, (ข) 60, (ค) 70, (ง) 80 และ (จ) 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ตามลำดับ

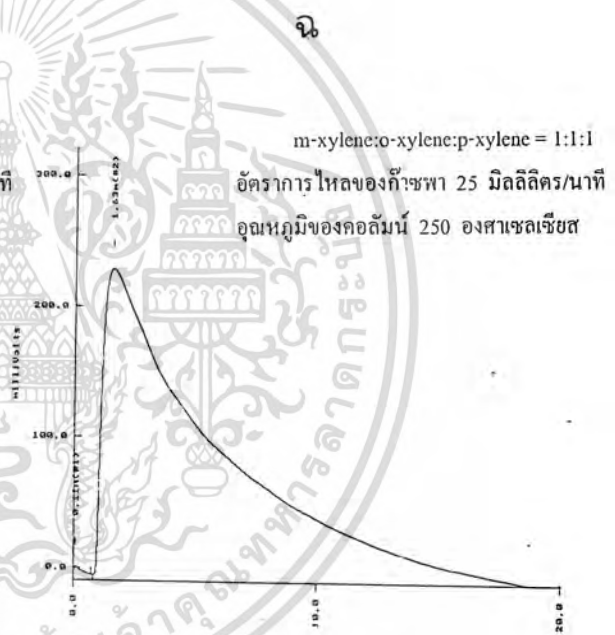
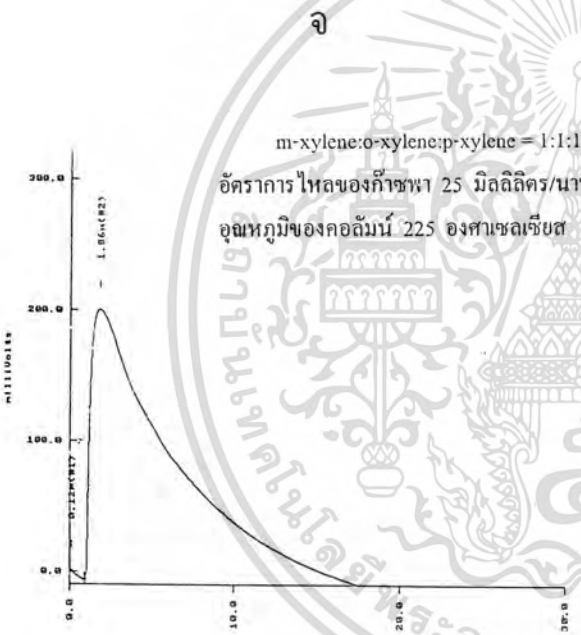
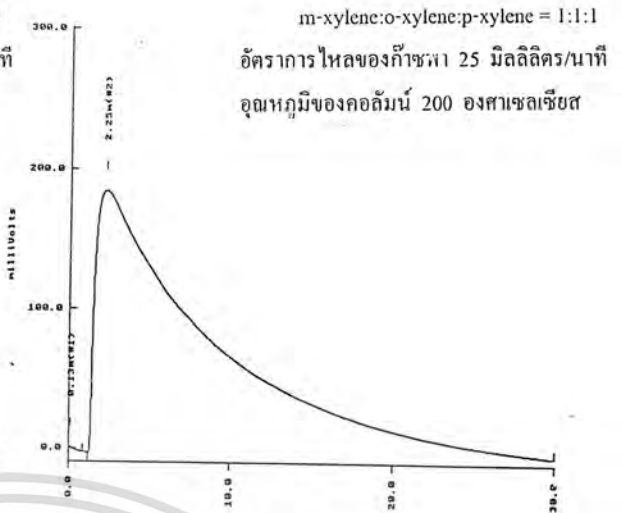
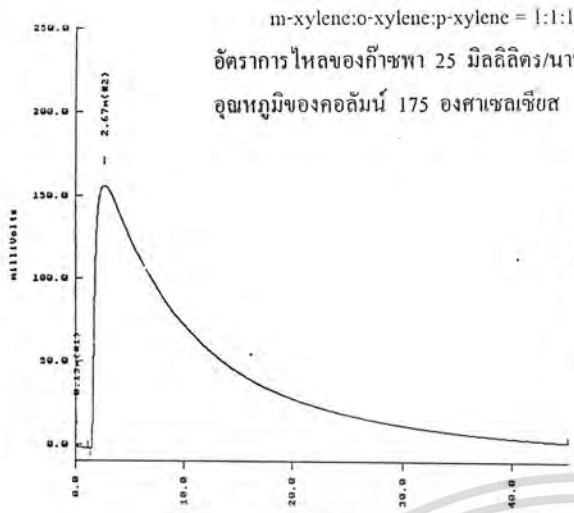
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 , (ข) 70 , (ค) 80 , (ง) 150 (จ) 175 , (ฉ) 200 , (ช) 225 และ (ซ) 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าตีพิมพ์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จ

ข

ค

ง

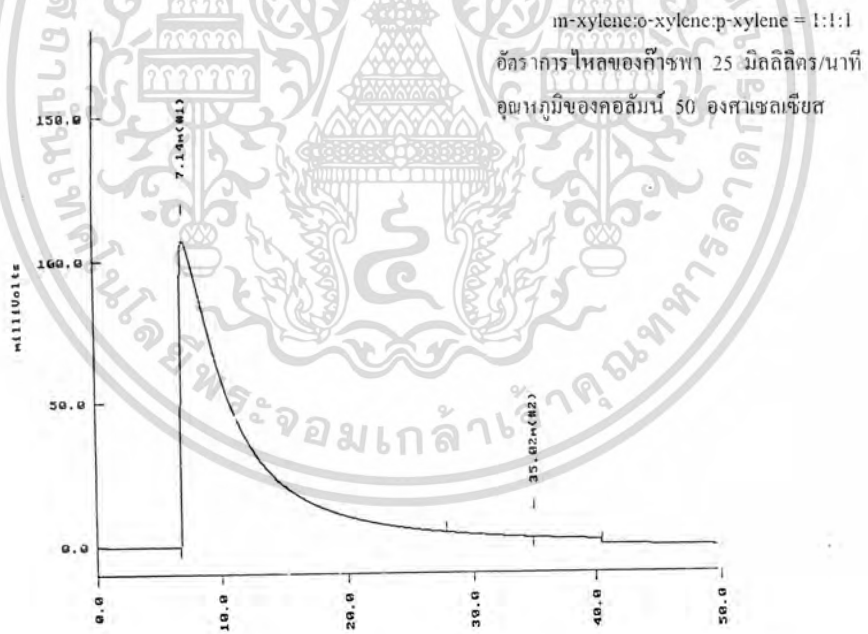
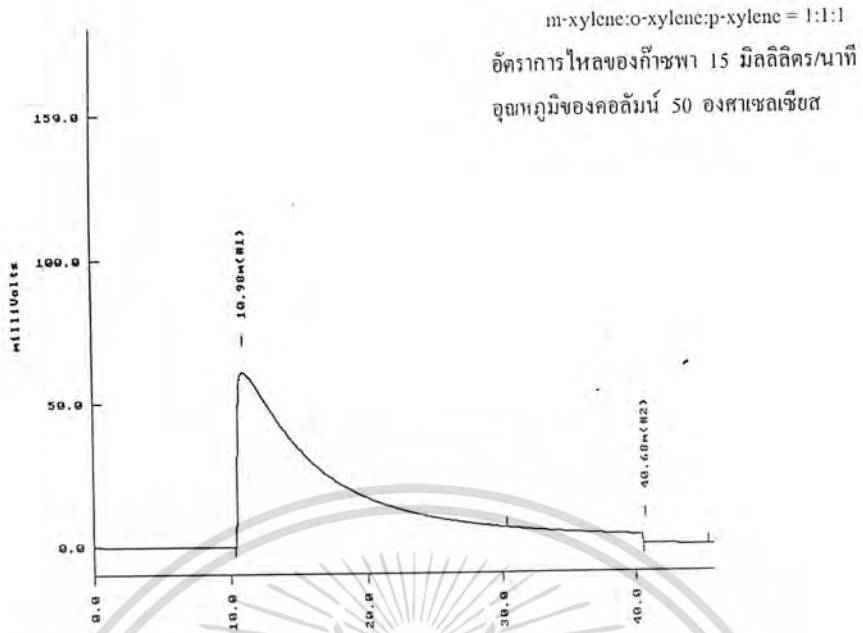
รูปที่ 4.21 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มี

อัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 (ง) 150 (จ) 175 (ฉ) 200 (ช) 225 และ

(ซ) 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารพลังงานเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุขัดแย้งเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

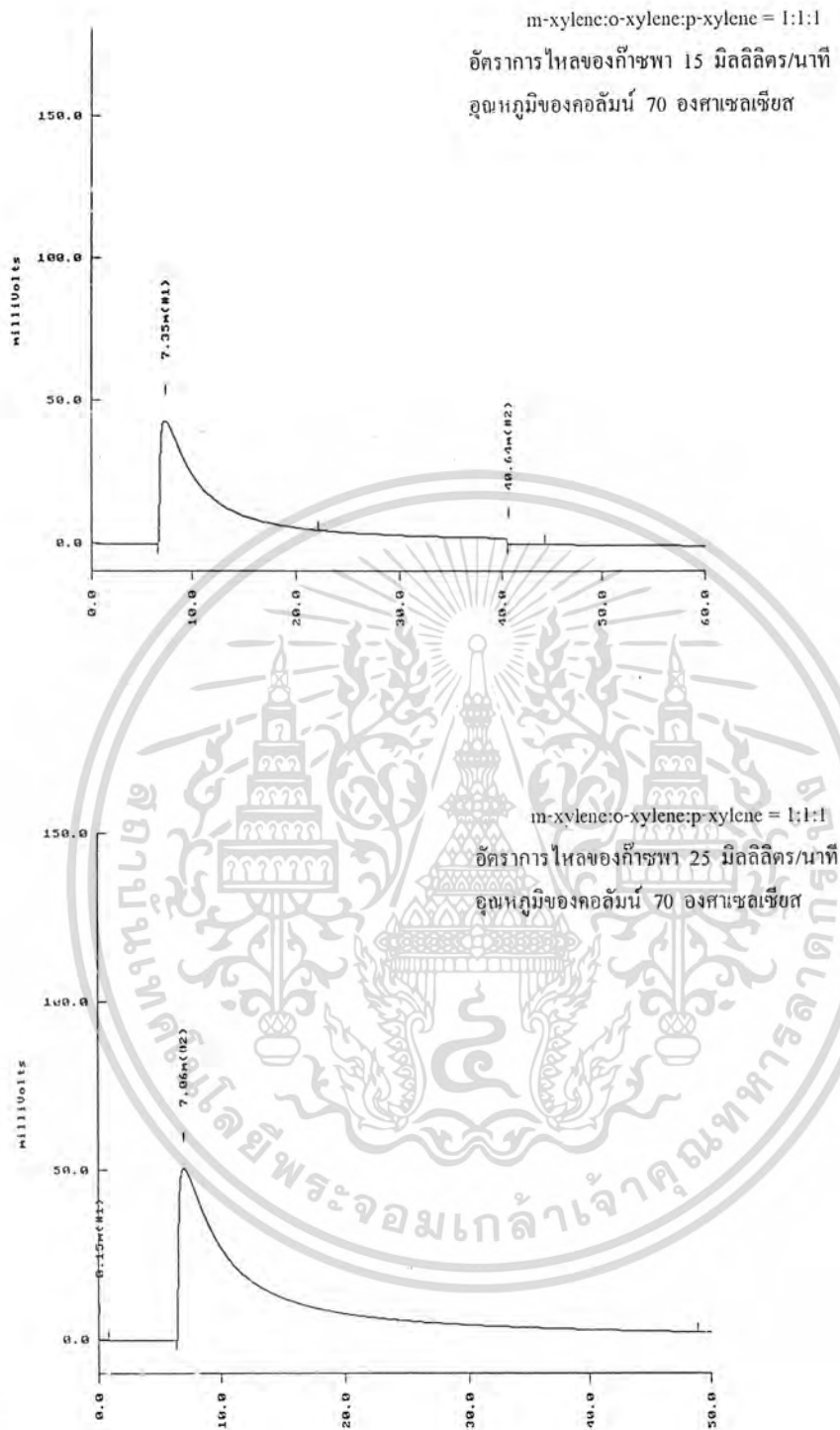


ก

รูปที่ 4.22 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มี

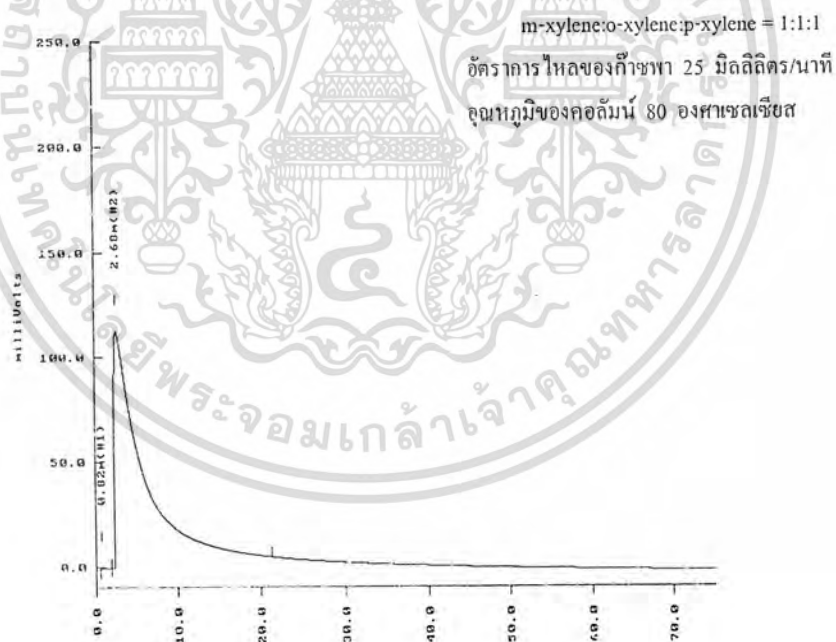
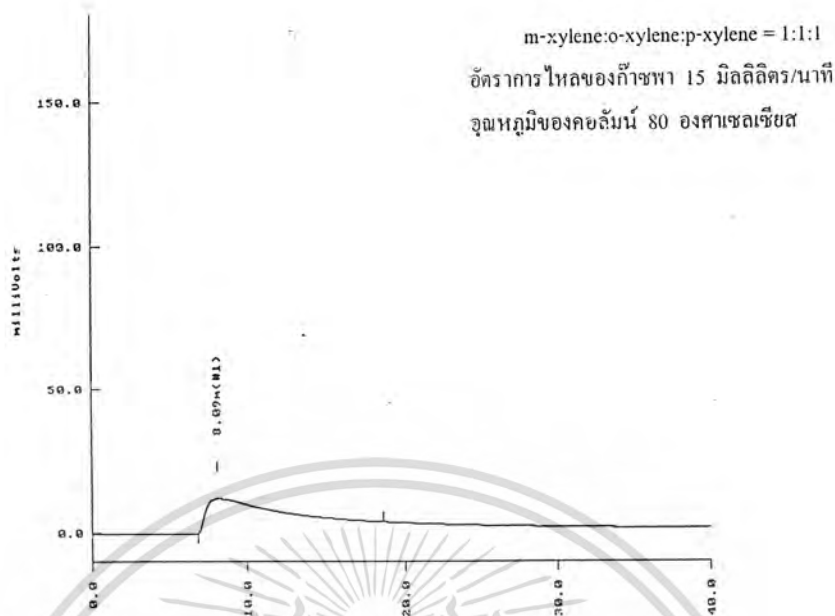
อัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ การค้า
อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 และ (ง) 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข

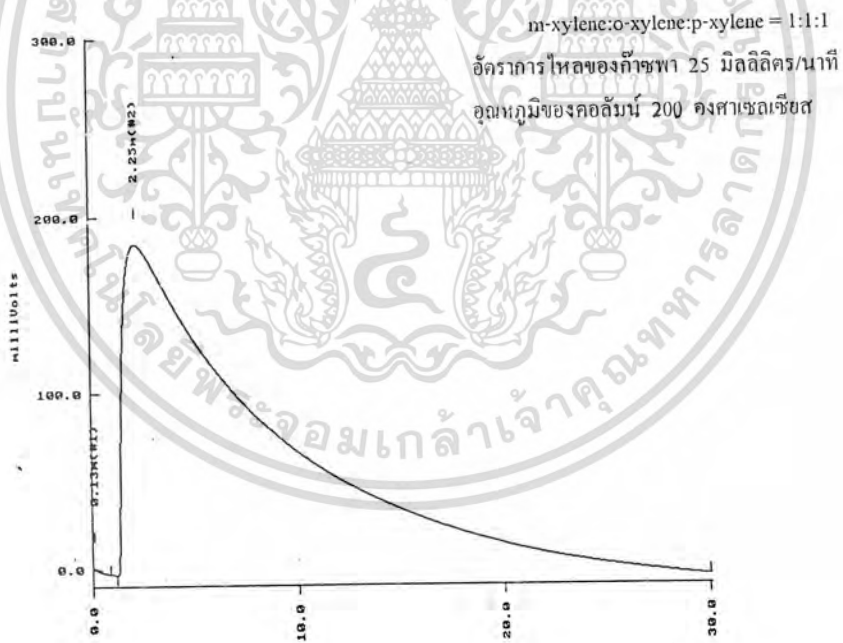
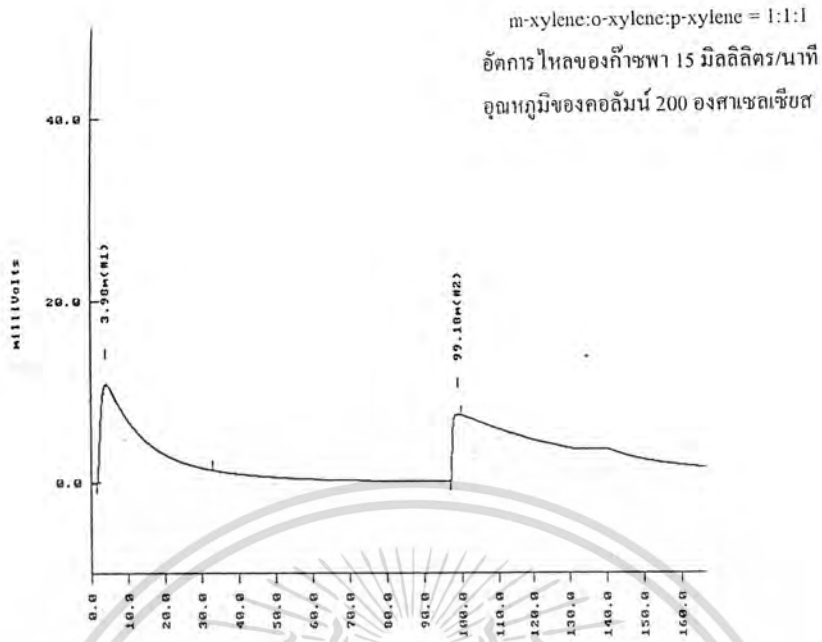
รูปที่ 4.22 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 และ (ง) 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



๒

รูปที่ 4.22 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มี

อัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปประโยชน์ด้านการค้า อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50, (ข) 70, (ค) 80 และ (ง) 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไม่ว่ากรณินใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ผลและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



๗

รูปที่ 4.22 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปประโยชน์ด้านการค้า อุณหภูมิของคอลัมน์ (ก) 50 (ข) 70 (ค) 80 และ (ง) 200 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 คาปิลาารีคอดัมน์ ชนิด DB-WAX

4.6.2.1 การเปรียบเทียบผลของอัตราการใช้ของก๊าซพาที่ 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที แสดงดังตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.23

ตารางที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีนที่อัตราการใช้ของก๊าซพาเป็น 0.5, 1, 1.5 และ 2 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ และมีอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที

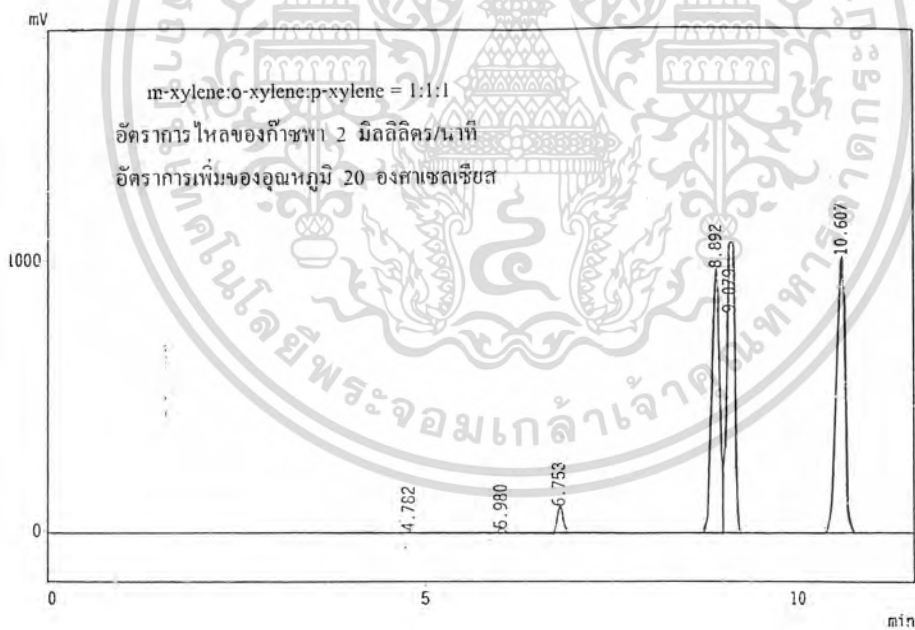
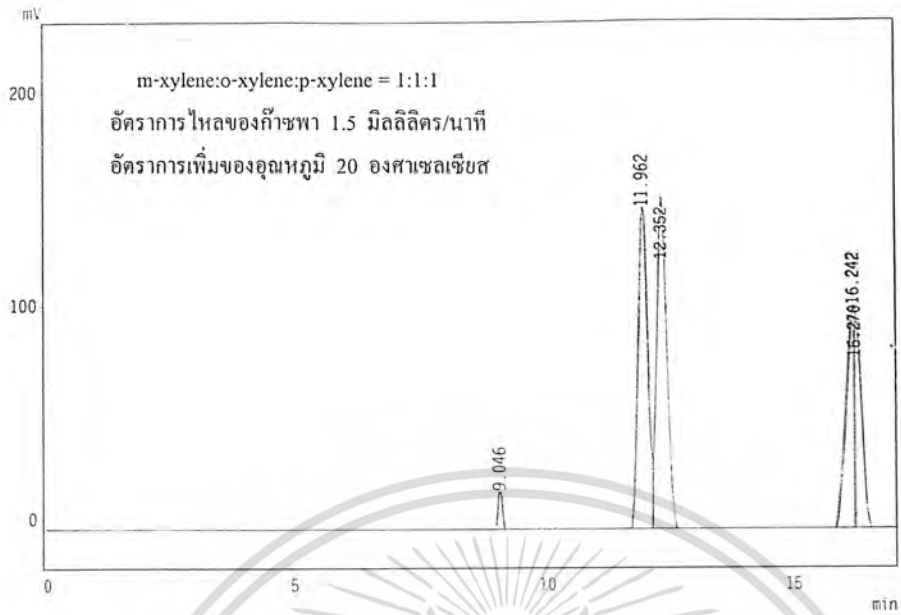
อัตราเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียสต่อนาที)	อัตราการใช้ของก๊าซพา (มิลลิลิตรต่อนาที)	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)		
		m-xylene	o-xylene	p-xylene
20	0.5	—	—	—
	1	24.230	31.415	23.361
	1.5	12.352	11.962	16.242
	2	9.079	10.607	8.892

4.6.2.2 การเปรียบเทียบผลของอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิที่ 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส/นาที และมีอัตราการใช้ของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที แสดงดังตารางที่ 4.38 และรูปที่ 4.24

ตารางที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ของไซลีนที่อัตราเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 10, 15 และ 20 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ และมีอัตราการใช้ของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที

อัตราการใช้ของก๊าซพา (มิลลิลิตรต่อนาที)	อัตราเพิ่มของอุณหภูมิ (องศาเซลเซียสต่อนาที)	ค่ารีเทนชันไทม์ของแต่ละไอโซเมอร์ (นาที)		
		m-xylene	o-xylene	p-xylene
2	10	9.518	11.054	9.314
	15	9.209	10.709	9.013
	20	9.079	10.607	8.892

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



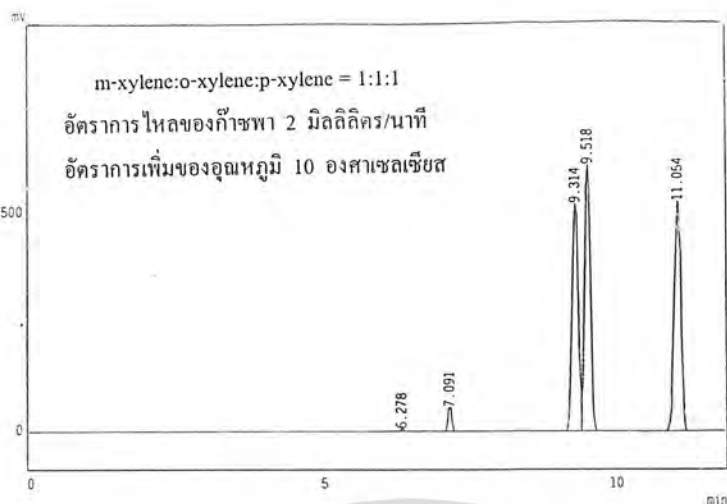
๔

รูปที่ 4.23 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มี

อัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:1:1 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้า
 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา (ก) 0.5 (ข) 1 (ค) 1.5 และ (ง) 2 มิลลิลิตร/นาที ตามลำดับ
 ไม่สามารถใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

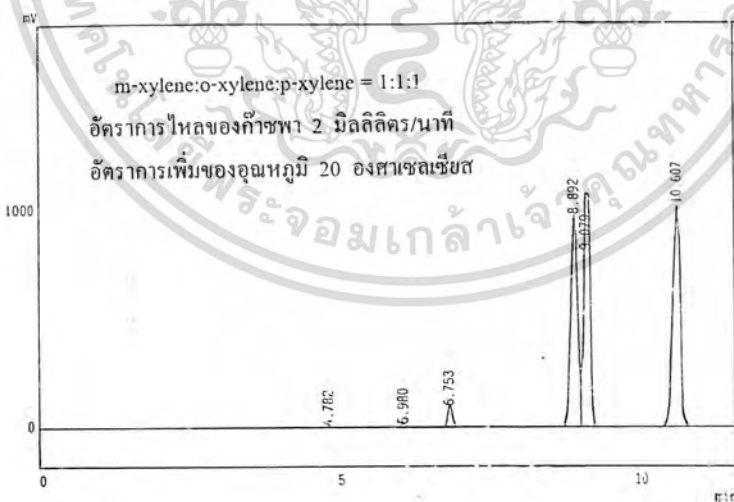
ก



ข



ค



รูปที่ 4.24 แสดงกราฟการเปรียบเทียบสารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ที่มี

อัตราส่วน โดยปริมาตรเป็น 1:1:1 ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที อัตรา
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 การเพิ่มของอุณหภูมิ (ก) 10 (ข) 15 และ (ค) 20 องศาเซลเซียส/นาที ตามลำดับ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป วิจารณ์ผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์สารบริสุทธิ์ที่แต่ละไอโซเมอร์ของไซลีน พบว่า ถ้าเป็นแพคคอลลัมน์ ลำดับการแยกของสารไอโซเมอร์ของไซลีนเป็นดังนี้ คือ m-xylene, p-xylene และ o-xylene ตามลำดับ แต่ถ้าเป็นคาปิลลารีคอลลัมน์ ลำดับการแยกของสารไอโซเมอร์ของไซลีน เป็นดังนี้ คือ p-xylene, m-xylene และ o-xylene ตามลำดับ
2. จากการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, p-xylene และ o-xylene ตามลำดับ ในอัตราส่วนโดยปริมาตร 1:1:1 พบว่า ถ้าเป็นแพคคอลลัมน์ พีคของ p-xylene และ o-xylene จะไม่เกิดการแยกออกจากกัน แต่ถ้าเป็นคาปิลลารีคอลลัมน์ พีคของ m-xylene และ p-xylene จะไม่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน
3. จากการทดลอง วิธีการโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้น จะให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่า การโปรแกรมอุณหภูมิคงที่ ดังตัวอย่างเช่น รูปที่ 4.12 ที่มีอัตราการไหลของแก๊สพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิของคอลลัมน์ 250 องศาเซลเซียส กับรูปที่ 4.16 ที่มีอัตราการไหลของ แก๊สพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที จะพบว่า ที่ช่วงเวลาการวิเคราะห์ที่เท่ากัน รูปที่ 4.16 จะปรากฏพีค 2 พีค ในขณะที่รูปที่ 4.12 จะปรากฏ เพียงพีคเดียว
4. จากรูปที่ 4.14 และ 4.15 แสดงให้เห็นว่าที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง เมื่อ อัตราการไหลของก๊าซพามากขึ้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่ารีเทนชันโทม์ของสารไอโซเมอร์แต่ละตัว มีค่าน้อยลง โดยเฉพาะ p-xylene ที่จะมีค่ารีเทนชันโทม์ลดลงมากเมื่อเทียบกับไอโซเมอร์ตัวอื่น ๆ แต่ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที ในรูปที่ 4.16 พบว่า อัตราการไหลของ ก๊าซพา มากขึ้น จะทำให้ค่ารีเทนชันโทม์ของสารไอโซเมอร์แต่ละตัวมีค่ามากขึ้น กราฟเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.1 และ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากรูปที่ 4.17-4.19 แสดงให้เห็นว่าที่อัตราการไหลของก๊าซพาคงที่ค่าหนึ่ง เมื่ออัตราการเพิ่มของอุณหภูมิมากขึ้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่ารีเทนชันไทม์ของสารไอโซเมอร์แต่ละตัวมีค่าน้อยลง กราฟเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.3 และ 5.4

6. จากรูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าทั้งคอลัมน์ที่ใช้งานในช่วงอุณหภูมิต่ำ คือ ที่ 50, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และคอลัมน์ที่ใช้งานในช่วงอุณหภูมิสูง คือ ที่ 150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ รีเทนชันไทม์มีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น กราฟเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 5.5 และ 5.6

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

1. จากการทดลอง เมื่อใช้แพคคอลัมน์ลำดับการแยกของไอโซเมอร์ของไซลีน คือ m-xylene, p-xylene และ o-xylene ตามลำดับ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก m-xylene มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของรูพรุนของซิลิกาไลต์ ทำให้ไม่สามารถผ่านเข้าไปในรูพรุนได้ จึงเกิดการดูดซับภายในรูพรุนได้น้อยกว่าไอโซเมอร์อื่น ๆ ส่วน o-xylene ไม่สามารถผ่านเข้าไปในรูพรุนได้ แต่คาดว่าอาจเกิดอันตรกิริยากับพื้นผิวของซิลิกาไลต์ ทำให้เกิดการแยกได้ช้าที่สุด ส่วนในกรณีของคาปิลลารีคอลัมน์ ลำดับการแยกของไอโซเมอร์ของไซลีน คือ p-xylene, m-xylene และ o-xylene ตามลำดับ อาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก p-xylene มีค่า Partition coefficient น้อยที่สุด และ o-xylene มีค่า Partition coefficient มากที่สุด จึงทำให้แยกออกมาได้ช้าที่สุด

2. จากการทดลองโดยใช้แพคคอลัมน์ p-xylene และ o-xylene ไม่เกิดการแยก อาจเนื่องจาก o-xylene เกิดอันตรกิริยากับพื้นผิวของซิลิกาไลต์นานกว่าระยะเวลาที่ p-xylene เกิดการดูดซับและคายออกจากรูพรุนเล็กน้อย จึงทำให้พีคของ p-xylene ครอบคลุมพีคของ o-xylene ไปด้วย ส่วนในกรณีคาปิลลารีคอลัมน์ พีคของ p-xylene และ m-xylene ไม่เกิดการแยกกันอย่างชัดเจน อาจเนื่องมาจาก m-xylene และ p-xylene มีค่า Partition coefficient ใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นความสามารถในการกระจายตัวในเฟสที่อยู่กับที่ได้ใกล้เคียงกัน ค่ารีเทนชันไทม์ของไอโซเมอร์ทั้งสองจึงมีค่าใกล้เคียงกัน เป็นเหตุให้พีคของไอโซเมอร์ทั้งสองแยกออกจากกันไม่ได้ไม่สมบูรณ์

3. ความไม่สม่ำเสมอในการทดลองมีสาเหตุมาจากการบรรจุคอลัมน์ และขนาดของเฟสที่อยู่กับที่ ซึ่งทั้งสองปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ยากต่อการควบคุมในคอลัมน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

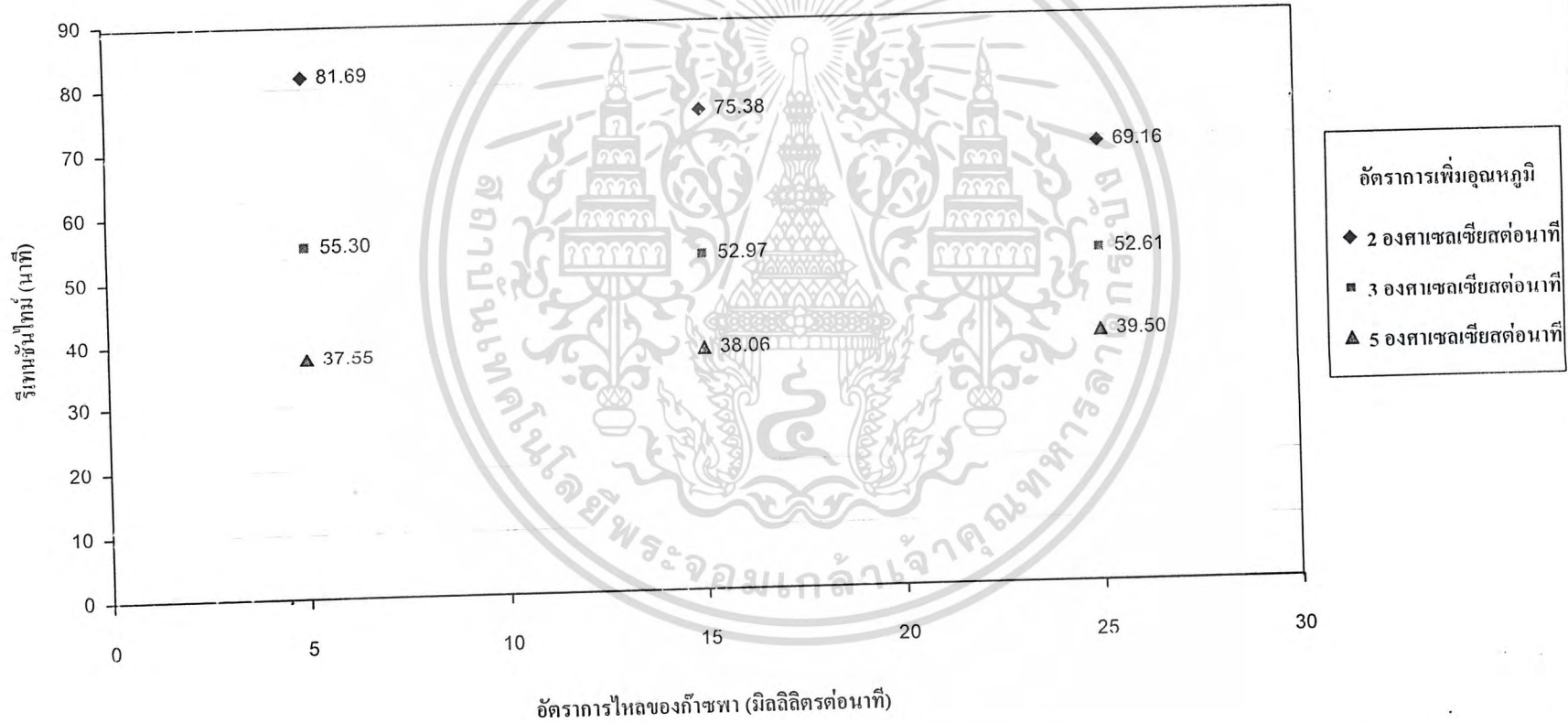
1. จากการทดลองพบว่าคอลัมน์ที่ใช้งานในช่วงอุณหภูมิต่ำ คือที่ 50, 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และที่อุณหภูมิสูง คือ ที่ 150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่ารีเทนชันไทม์มีค่าลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น
2. จากการทดลอง เมื่อใช้แพคคอลัมน์ ไม่สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยก p-xylene และ o-xylene ออกจากกันได้ ดังนั้น จึงควรทำการเปลี่ยนแปลงสภาวะให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อสามารถหาสภาวะในการแยกได้ดียิ่งขึ้น
3. จากการทดลองใช้คอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว ความยาว 220 เซนติเมตร ควรทำการทดลองโดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดและความยาวของคอลัมน์ เช่น ใช้คอลัมน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว ความยาว 500 เซนติเมตร เพื่อศึกษาผลของการแยกจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะดังกล่าว
4. ในขั้นตอนการบรรจุคอลัมน์ ควรมีอุปกรณ์ช่วยในการบรรจุ เพื่อให้การบรรจุมีความสม่ำเสมอ และควรมีการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดของซิลิกาไลต์ที่ใช้บรรจุในคอลัมน์ที่มีผลต่อการแยกไอโซเมอร์ของไซลีนต่อไป
5. จากการทดลองพบว่า ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่ง การเพิ่มอัตราการไหลของก๊าซพาจะทำให้ค่ารีเทนชันไทม์ลดลง แต่ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที การเพิ่มอัตราการไหลของก๊าซพาจะทำให้รีเทนชันไทม์เพิ่มขึ้น จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมและทำการทดลองซ้ำ
6. ในการศึกษาเรื่องการดูดซับ ควรทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญ เช่น การหาพื้นที่ผิวในการดูดซับ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ของ m-xylene จากตารางที่ 4.32 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาทึ อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาทึ



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ของ p-xylene จากตารางที่ 4.32 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที



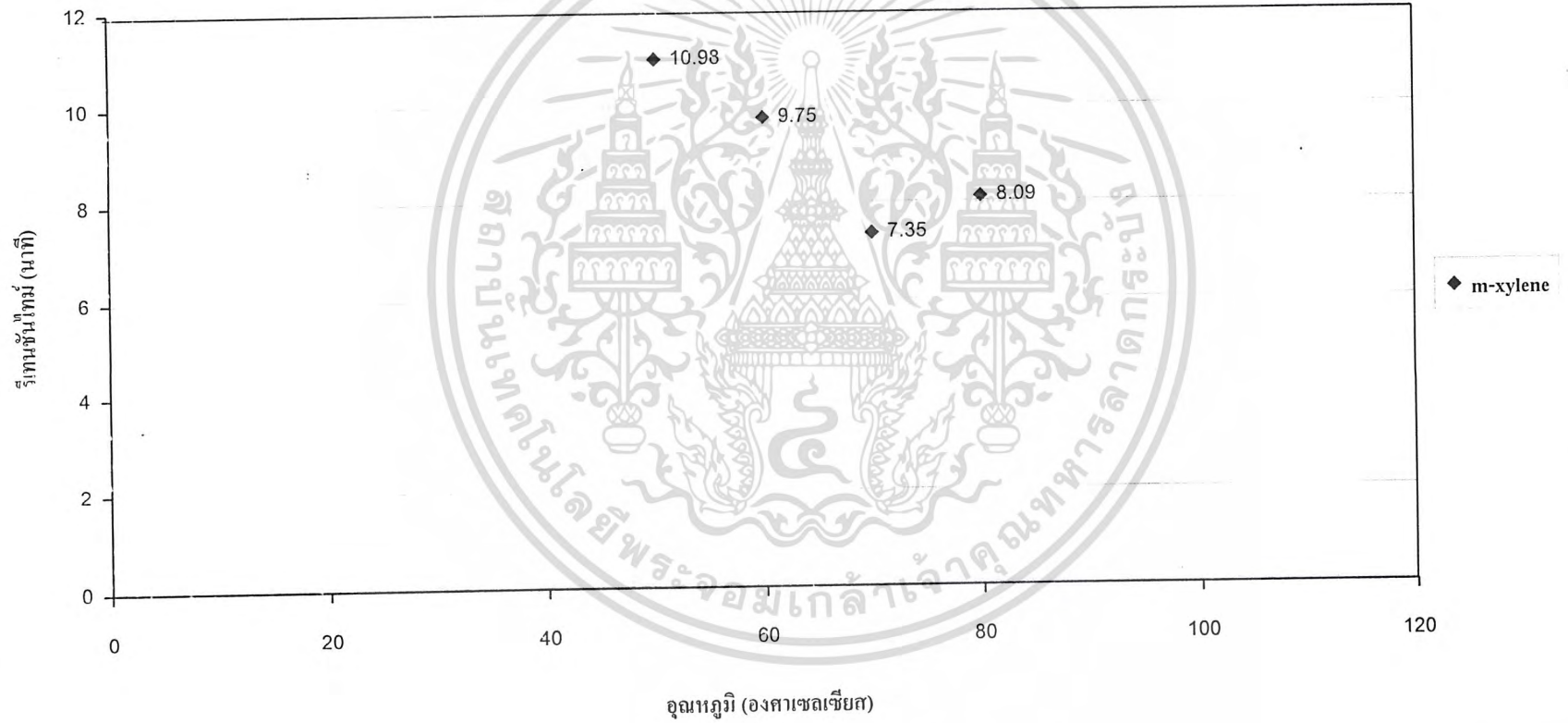
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ m-xylene จากตารางที่ 4.33 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที



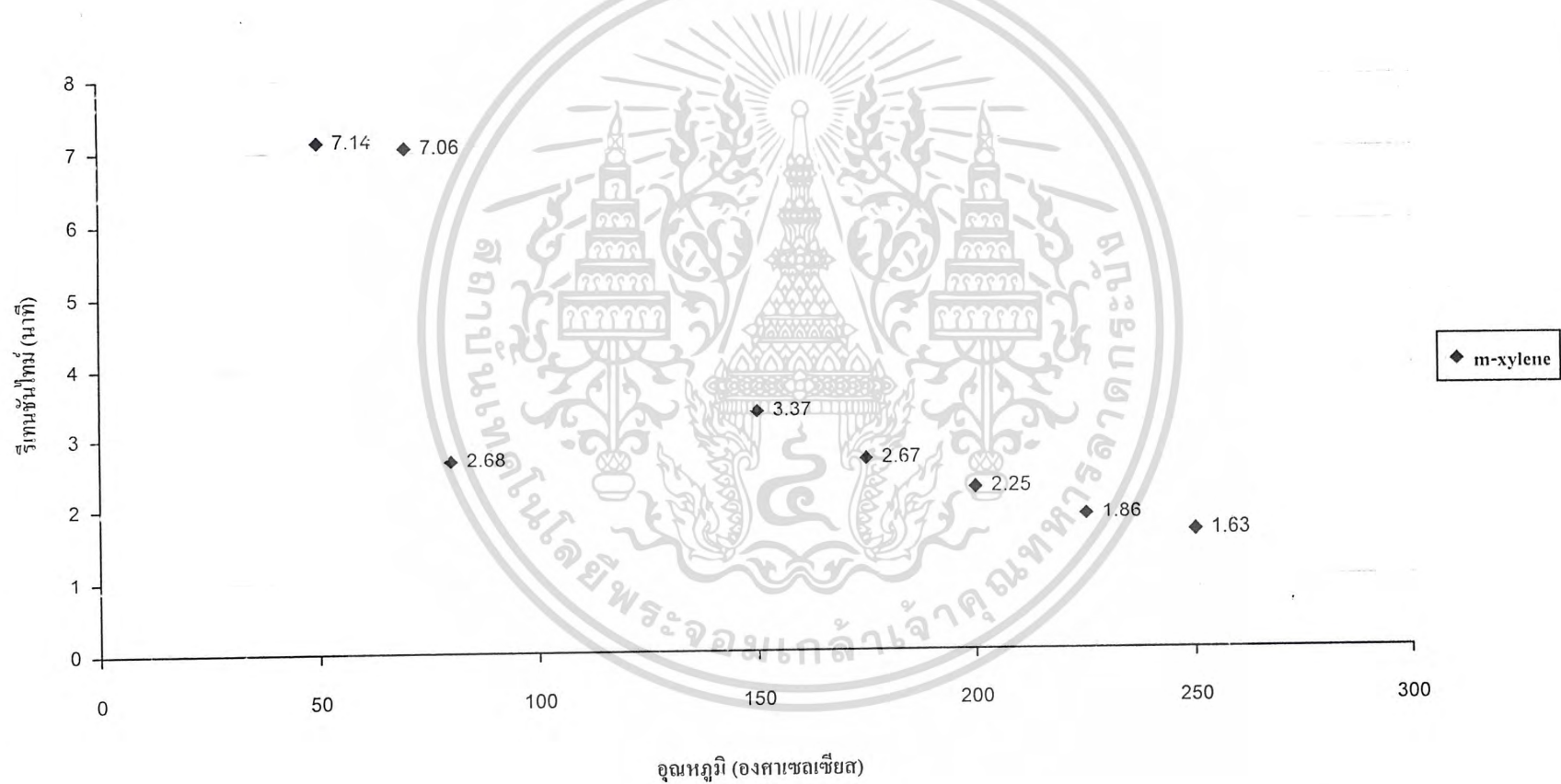
รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันไทม์ของ p-xylene จากตารางที่ 4.33 ที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2, 3 และ 5 องศาเซลเซียส/นาที อัตราการไหลของก๊าซพา 5, 15 และ 25 มิลลิลิตร/นาที



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของ m-xylene จากตารางที่ 4.34 ที่อุณหภูมิ 50, 60, 70, 80 และ 100 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่ารีเทนชันใหม่ของไอโซเมอร์ของไซลีนจากตารางที่ 4.35 ที่อุณหภูมิ 50, 70, 80, 150, 175, 200, 225 และ 250 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที



รายการอ้างอิง

1. Chen X, Ping ZH, Long YC, "Separation properties of alcohol-mixture through silicalite-I-filled silicone rubber membranes by pervaporation", JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE, 1998, Vol. 67: 4, p. 629-639
2. Hans H. Funke, Michael G. Kovalchick, John L., and Richard D. Noble, "Separation of Hydrocarbon Isomer Vapors with Silicalite Zeolite Membranes", Ind. Eng. Chem Res., 1996, Vol. 35, p. 1575-1582
3. <http://icarus.uic.edu/~rpeddi3/zeolites/zeo.html>
4. บรรจง เลิศโรจน์ชูสิทธิ์ และคณะ, "ผลของโครงสร้างทางโทโปโลยีของตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ต่อการสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง", ปรึชญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540
5. <http://trigger.ch.umist.ac.uk:8081/zeolites/web/zeochap1.htm>
6. Donald W. Breck., Zeolite Molecular Sieves, United States of America : A Wiley – Inter Science Publication , 1973
7. <http://icarus.uic.edu/~rpeddi3/zeolites/struc.html>
8. Dyer, A., An introduction to Zeolite Molecular Sieves, Types Bath Press Ltd. , Bath , 1988
9. ดร. ตะวัน สุขน้อย, เอกสารประกอบการเรียนการสอน เรื่องซีโอไลต์และสารมีรูพรุนที่เกี่ยวข้อง, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2540
10. เกศนที น้อยปิ่น และคณะ, "การศึกษาอิทธิพลของสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาซีโอไลต์ชนิด FAU และ EMT", ปรึชญานิพนธ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2539
11. <http://trigger.ch.umist.ac.uk:8081/zeolites/web/zeochap7.htm>
12. Encyclopedia of chemical technology, 3rd edition, KIRK-OTHMER, Vol. 24
13. แม้น ยมรสิทธิ์ และคณะ, หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ผศ.ดร. นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, เทคนิคการแยกสารโดยวิธีโครมาโตกราฟี, ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534
15. ดร.ไพศาล นาคพัฒน์, เอกสารประกอบการเรียนการสอน เรื่องแนะนำแก๊สโครมาโตกราฟี, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
16. รศ.ธวัชชัย ศรีวิบูลย์, เคมีวิเคราะห์ 2, พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2537
17. <http://www.scimedia.com/chem~ed/sep/chromato.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

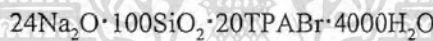
ภาคผนวก ก

ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณปริมาณสารที่ใช้

ในการสังเคราะห์ซิลิกาไลต์

และตารางการสังเคราะห์

การสังเคราะห์ซีโอไลต์ตามสูตรเจด



มวล โมเลกุล	Na_2O	=	62.00	กรัม/กรัม โมล
	SiO_2	=	60.00	กรัม/กรัม โมล
	TPABr	=	266.27	กรัม/กรัม โมล
	H_2O	=	18.00	กรัม/กรัม โมล

ต้องการน้ำทั้งหมด 90 กรัม หรือ คิดเป็นจำนวน 5 โมล โดยหารด้วย 800 ตลอด

20/800 TPABr = 0.025 โมล หรือคิดเป็นน้ำหนัก 6.650 กรัม

24/800 Na_2O = 0.030 โมล หรือคิดเป็นน้ำหนัก 2.400 กรัม

100/800 SiO_2 = 0.125 โมล หรือคิดเป็นน้ำหนัก 7.500 กรัม

4000/800 H_2O = 5.000 โมล หรือคิดเป็นน้ำหนัก 90.000 กรัม

คำนวณ

Na_2O ได้จาก NaOH โดยสมการเคมีเป็นดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

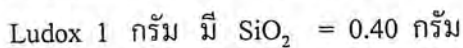
จากสมการได้ว่า



ต้องการ 0.03 โมล Na_2O ดังนั้นต้องใช้ $\text{NaOH} = 2 \times 0.03 = 0.06 \text{ โมล} = 2.40 \text{ กรัม}$

มี H_2O เกิดขึ้น $= 0.03 \times 1 \times 18 = 0.54 \text{ กรัม}$

SiO_2 ได้จาก Ludox (40% wt SiO_2) ดังนั้น



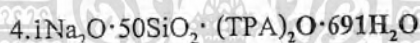
ถ้าต้องการ SiO_2 7.5 กรัม ดังนั้นจะมาจาก Ludox $= 7.5/0.4 = 18.75 \text{ กรัม}$

มี H_2O ในสารละลาย Ludox $= 18.75 \times 0.6 = 11.25 \text{ กรัม}$

ดังนั้นต้องเติม H_2O เพียง $90 - 0.54 - 11.25 = 78.21 \text{ กรัม}$

หมายเหตุ ทำการสังเคราะห์ในภาชนะสังเคราะห์ความดันสูงที่มีปริมาตร 120 มิลลิลิตร

การสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 ตามสูตร



มวลโมลทุก	Na_2O	=	62.00	กรัม/กรัมโมล
	SiO_2	=	60.00	กรัม/กรัมโมล
	$(\text{TPA})_2\text{O}$	=	388.26	กรัม/กรัมโมล
	H_2O	=	18.00	กรัม/กรัมโมล
	TPAOH	=	203.139	กรัม/กรัมโมล

ต้องการน้ำทั้งหมด 85.7793 กรัม หรือ คิดเป็นจำนวน 4.4581 โมล โดยหารด้วย 145 ตลอด

1/145 $(\text{TPA})_2\text{O} = 0.00689 \text{ โมล}$ หรือคิดเป็นน้ำหนัก 2.6776 กรัม

4.1/145 $\text{Na}_2\text{O} = 0.02827 \text{ โมล}$ หรือคิดเป็นน้ำหนัก 1.7531 กรัม

50/145 $\text{SiO}_2 = 0.34483 \text{ โมล}$ หรือคิดเป็นน้ำหนัก 20.6896 กรัม

691/145 $\text{H}_2\text{O} = 4.76551 \text{ โมล}$ หรือคิดเป็นน้ำหนัก 85.7793 กรัม

คำนวณ

Na_2O ได้จาก NaOH โดยสมการเคมีเป็นดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการได้ว่า



$$\begin{aligned} \text{ต้องการ } 0.02827 \text{ โมล } \text{Na}_2\text{O} \text{ ดังนั้นต้องใช้ } \text{NaOH} &= 2 \times 0.02827 = 0.05654 \text{ โมล} \\ &= 2.2616 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

$$\text{มี } \text{H}_2\text{O} \text{ เกิดขึ้น} = 0.02827 \times 1 \times 18 = 0.50886 \text{ กรัม}$$

SiO_2 ได้จาก Ludox (40% น้ำหนัก SiO_2) ดังนั้น

$$\text{Ludox } 1 \text{ กรัม มี } \text{SiO}_2 = 0.40 \text{ กรัม}$$

$$\text{ถ้าต้องการ } \text{SiO}_2 \text{ } 20.6896 \text{ กรัม ดังนั้นจะมาจาก Ludox} = 20.6896/0.4 = 51.724 \text{ กรัม}$$

$$\text{มี } \text{H}_2\text{O} \text{ ในสารละลาย Ludox} = 51.724 \times 0.6 = 31.034 \text{ กรัม}$$

$(\text{TPA})_2\text{O}$ ได้จาก TPAOH (สารละลาย 20%) โดยสมการเคมีเป็นดังนี้



จากสมการได้ว่า



$$\begin{aligned} \text{ถ้าต้องการ } 0.00689 (\text{TPA})_2\text{O} \text{ ดังนั้นจะมาจาก TPAOH} &= [2 \times 0.00689 \times 203.139]/0.2 \\ &= 13.996 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

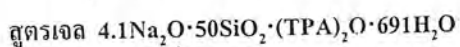
$$\text{มี } \text{H}_2\text{O} \text{ ผสมอยู่ในสารละลาย TPAOH (สารละลาย 20\%)} = 11.197 \text{ กรัม}$$

$$\text{มี } \text{H}_2\text{O} \text{ เกิดขึ้น} = 0.00698 \times 18 = 0.12402 \text{ กรัม}$$

$$\text{ดังนั้นต้องเติม } \text{H}_2\text{O} \text{ เพียง} = 85.7793 - 0.50886 - 31.032 - 11.197 - 0.12402 = 42.917 \text{ กรัม}$$

หมายเหตุ ทำการสังเคราะห์ในภาชนะสังเคราะห์ความดันสูง ที่มีปริมาตร 120 มิลลิลิตร

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ US1

วันที่ทำการสังเคราะห์ 17 สิงหาคม 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.26	2.27
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	51.72	51.72
TPAOH	203.139	20%	14.04	14.1
น้ำกลั่น	18.00	-	42.91	42.91

Crystallization

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
200	วันที่ 17 ต.ค. 41	วันที่ 20 ต.ค. 41
	เวลา 19.30 น.	เวลา 19.30 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
110	วันที่ 21 ต.ค. 41	วันที่ 21 ต.ค. 41
	เวลา 9.00 น.	เวลา 17.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม

สูตรเจล $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สัญลักษณ์ S1

วันที่ทำการสังเคราะห์ 3 สิงหาคม 2541

เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.47
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.77
TPABr(s)	266.27	-	6.65	6.67
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.21

Crystallization

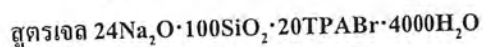
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 3 ต.ค. 41	วันที่ 7 ต.ค. 41
	เวลา 20.15 น.	เวลา 8.30 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 7 ต.ค. 41	วันที่ 10 ต.ค. 41
	เวลา 18.00 น.	เวลา 14.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S2

วันที่ทำการสังเคราะห์ 3 สิงหาคม 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.41
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.77
TBABr(s)	266.27	-	6.65	6.66
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.2

Crystallization

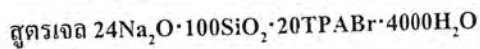
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าสู่ตู้อบ		นำออกจากตู้อบ	
175	วันที่	3 ต.ค. 41	วันที่	7 ต.ค. 41
	เวลา	20.15 น.	เวลา	8.30 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าสู่ตู้อบ		นำออกจากตู้อบ	
100	วันที่	7 ต.ค. 41	วันที่	10 ต.ค. 41
	เวลา	18.00 น.	เวลา	14.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S3

วันที่ทำการสังเคราะห์ 17 สิงหาคม 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.41
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.75
TBABr(s)	266.27	-	6.65	6.65
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.21

Crystallization

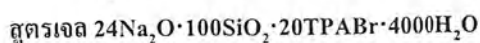
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าสู่ตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 17 ต.ค. 41	วันที่ 21 ต.ค. 41
	เวลา 19.20 น.	เวลา 7.20 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าสู่ตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 24 ต.ค. 41	วันที่ 24 ต.ค. 41
	เวลา 10.30 น.	เวลา 16.15 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S4

วันที่ทำการสังเคราะห์ 29 ตุลาคม 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.40
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.75
TBABr(s)	266.27	-	6.65	6.65
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.21

Crystallization

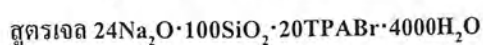
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
175 °C	วันที่ 29 ต.ค. 41	วันที่ 2 พ.ย. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.15 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 2 พ.ย. 41	วันที่ 3 พ.ย. 41
	เวลา 18.00 น.	เวลา 8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S5

วันที่ทำการสังเคราะห์ 29 ตุลาคม 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M.W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.40
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.76
TBABr(s)	266.27	-	6.65	6.65
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.21

Crystallization

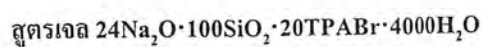
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 29 ต.ค. 41	วันที่ 2 พ.ย. 41
	เวลา 19.55 น.	8.15 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 2 พ.ย. 41	วันที่ 3 พ.ย. 41
	เวลา 18.00 น.	เวลา 8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S6

วันที่ทำการสังเคราะห์ 9 พฤศจิกายน 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 45 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	0.96	0.96
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	7.50	7.51
TBABr(s)	266.27	-	2.66	2.66
น้ำกลั่น	18.00	-	31.28	31.28

Crystallization

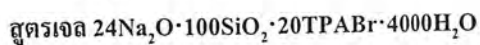
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ		นำออกจากตู้อบ	
175	วันที่	9 พ.ย. 41	วันที่	13 พ.ย. 41
	เวลา	19.55 น.	เวลา	8.15 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ		นำออกจากตู้อบ	
100	วันที่	13 พ.ย. 41	วันที่	16 พ.ย. 41
	เวลา	18.00 น.	เวลา	8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S7

วันที่ทำการสังเคราะห์ 9 พฤศจิกายน 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 45 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	0.96	0.96
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	7.50	7.51
TBABr(s)	266.27	-	2.66	2.66
น้ำกลั่น	18.00	-	31.28	31.28

Crystallization

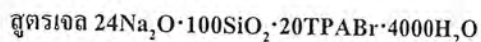
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 9 พ.ย. 41	วันที่ 13 พ.ย. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.15 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 13 พ.ย. 41	วันที่ 16 พ.ย. 41
	เวลา 18.00 น.	เวลา 8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S8

วันที่ทำการสังเคราะห์ 9 พฤศจิกายน 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.40
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.75
TBABr(s)	266.27	-	6.65	6.66
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.21

Crystallization

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้าตู้อบ	น้ำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 9 พ.ย. 41	วันที่ 13 พ.ย. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.15 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้าตู้อบ	น้ำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 13 พ.ย. 41	วันที่ 16 พ.ย. 41
	เวลา 18.00 น.	เวลา 8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม

สูตรเจด $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สัญลักษณ์ S9

วันที่ทำการสังเคราะห์ 30 พฤศจิกายน 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.4
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.75
TBABr(s)	266.27	-	6.65	6.66
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.21

Crystallization

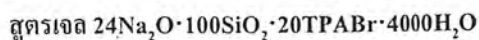
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้าตู้อบ	น้ำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 30 พ.ย. 41	วันที่ 4 ธ.ค. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.15 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	น้ำเข้าตู้อบ	น้ำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 4 ธ.ค. 41	วันที่ 5 ธ.ค. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีโอไลต์ตาม



สัญลักษณ์ S10

วันที่ทำการสังเคราะห์ 30 พฤศจิกายน 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 120 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.40	2.4
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	18.75	18.75
TBABr(s)	266.27	-	6.65	6.65
น้ำกลั่น	18.00	-	78.21	78.21

Crystallization

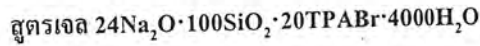
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 30 พ.ย. 41	วันที่ 4 ธ.ค. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.15 น.

Dry

อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 4 ธ.ค. 41	วันที่ 5 ธ.ค. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในการสังเคราะห์ซีไอโอดีตาม



สัญลักษณ์ S11

วันที่ทำการสังเคราะห์ 30 พฤศจิกายน 2541 เวลา 17.00-19.00 น.

ปริมาตรของ Autoclave 100 มิลลิลิตร

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล(M W.)	ความเข้มข้น	น้ำหนักที่ต้องการชั่ง(กรัม)	น้ำหนักที่ชั่งจริง(กรัม)
NaOH(s)	40.00	-	2.13	2.14
Ludox(sol)	60.00(SiO ₂)	40%	16.66	16.65
TBABr(s)	266.27	-	5.92	5.92
น้ำกลั่น	18.00	-	69.52	69.51

Crystallization

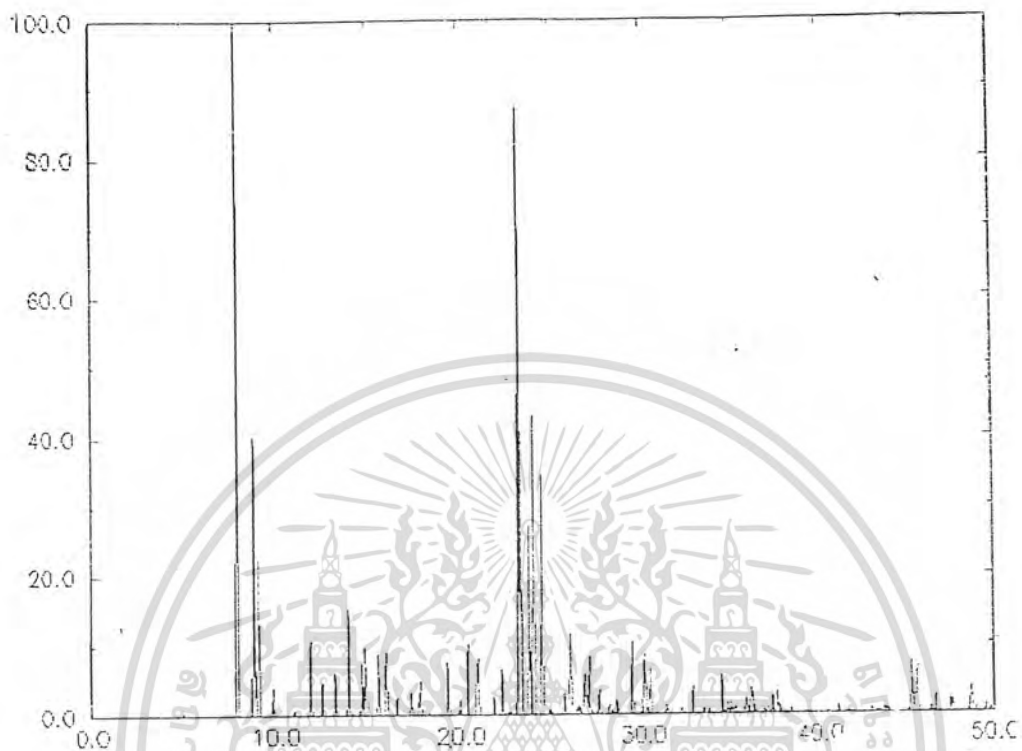
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
175	วันที่ 30 พ.ย. 41	วันที่ 4 ธ.ค. 41
	เวลา 19.55 น.	8.15 น.

Dry

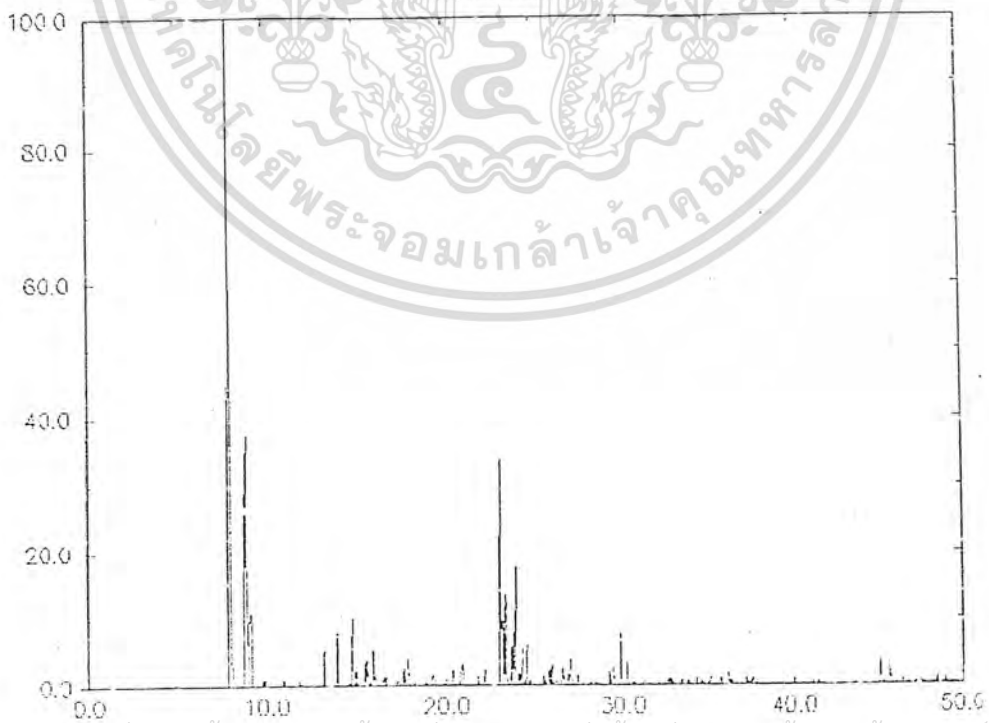
อุณหภูมิของตู้อบ(องศาเซลเซียส)	นำเข้าตู้อบ	นำออกจากตู้อบ
100	วันที่ 4 ธ.ค. 41	วันที่ 5 ธ.ค. 41
	เวลา 19.55 น.	เวลา 8.30 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตรวจด้วยเครื่อง X-ray Diffraction (XRD) และกราฟมาตรฐาน

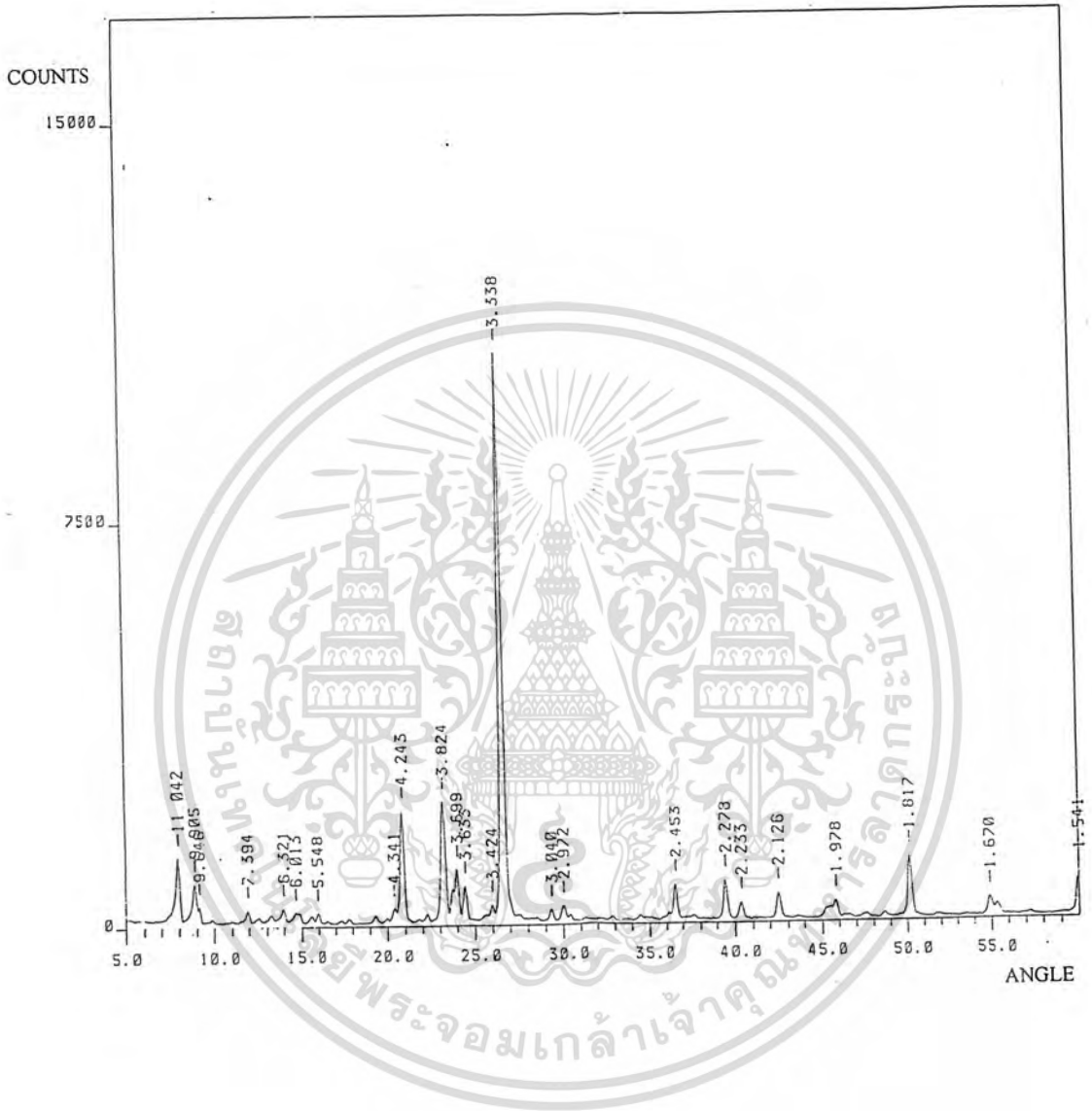


X-ray Diffraction pattern มาตรฐานของซิลิกาไนต์ ก่อนคลื่น



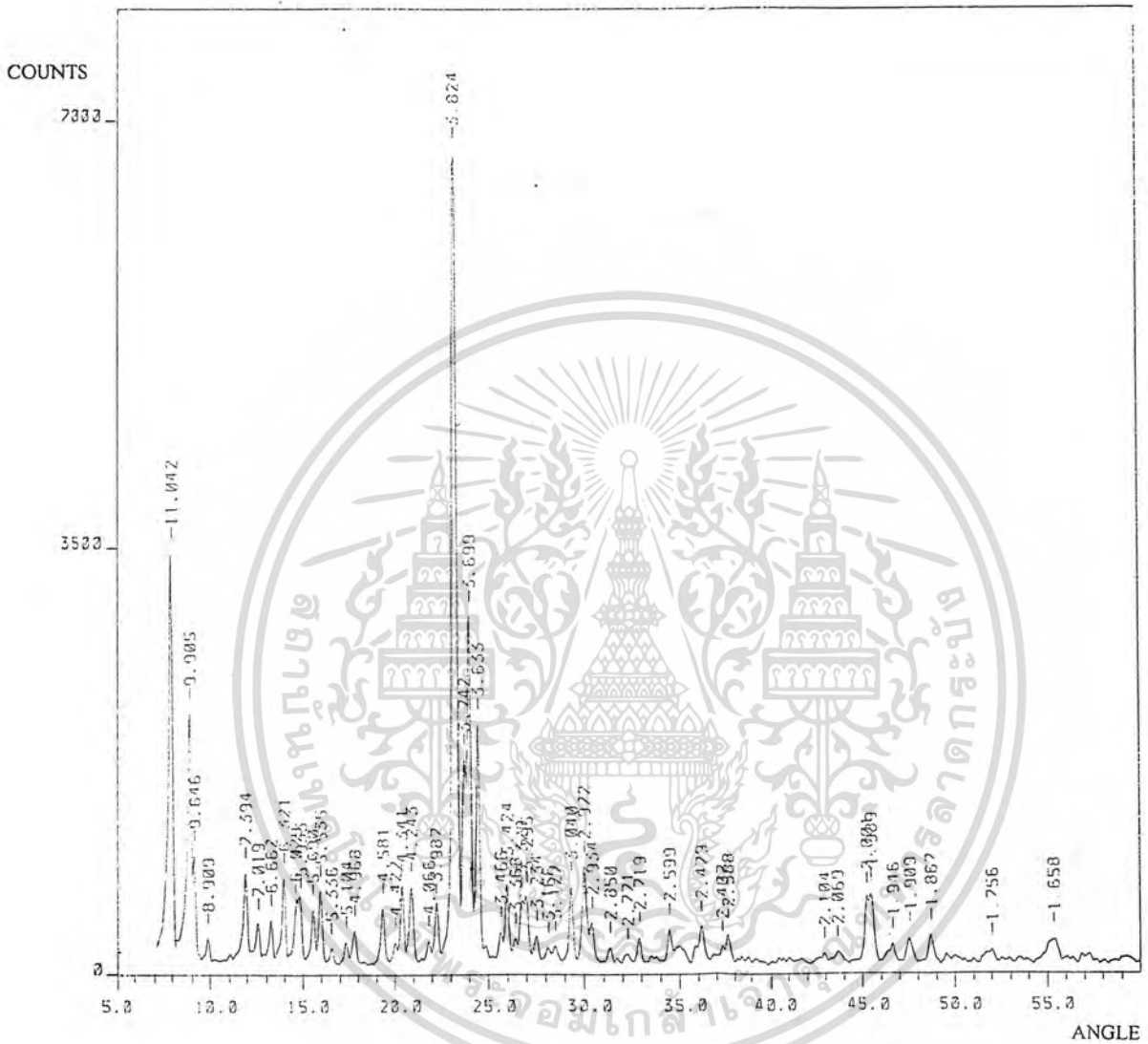
X-ray Diffraction pattern มาตรฐานของซิลิกาไนต์ หลังคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



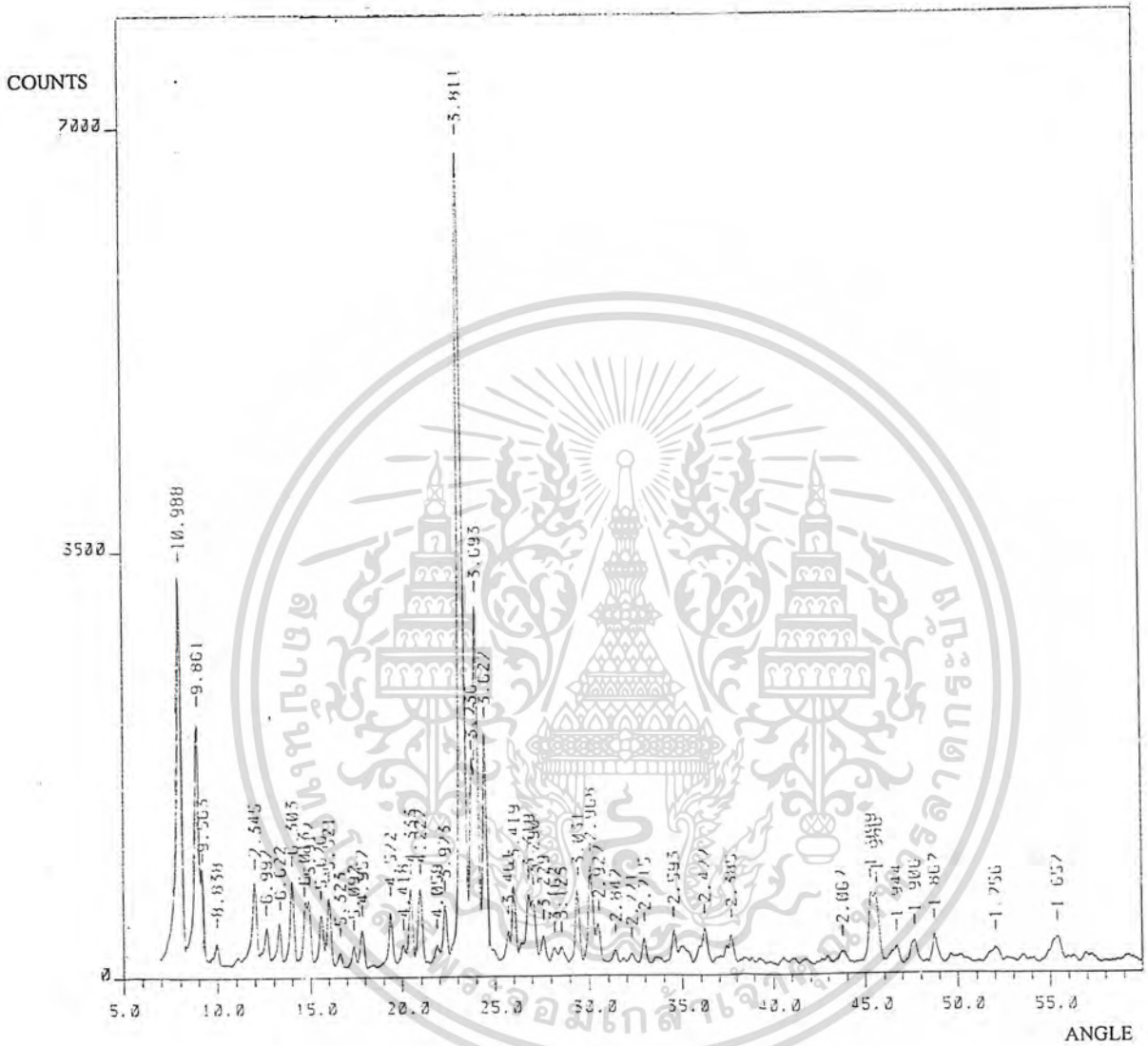
รูปที่ ข-1 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิติกาไลต์ (US1) ก่อนคัลไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

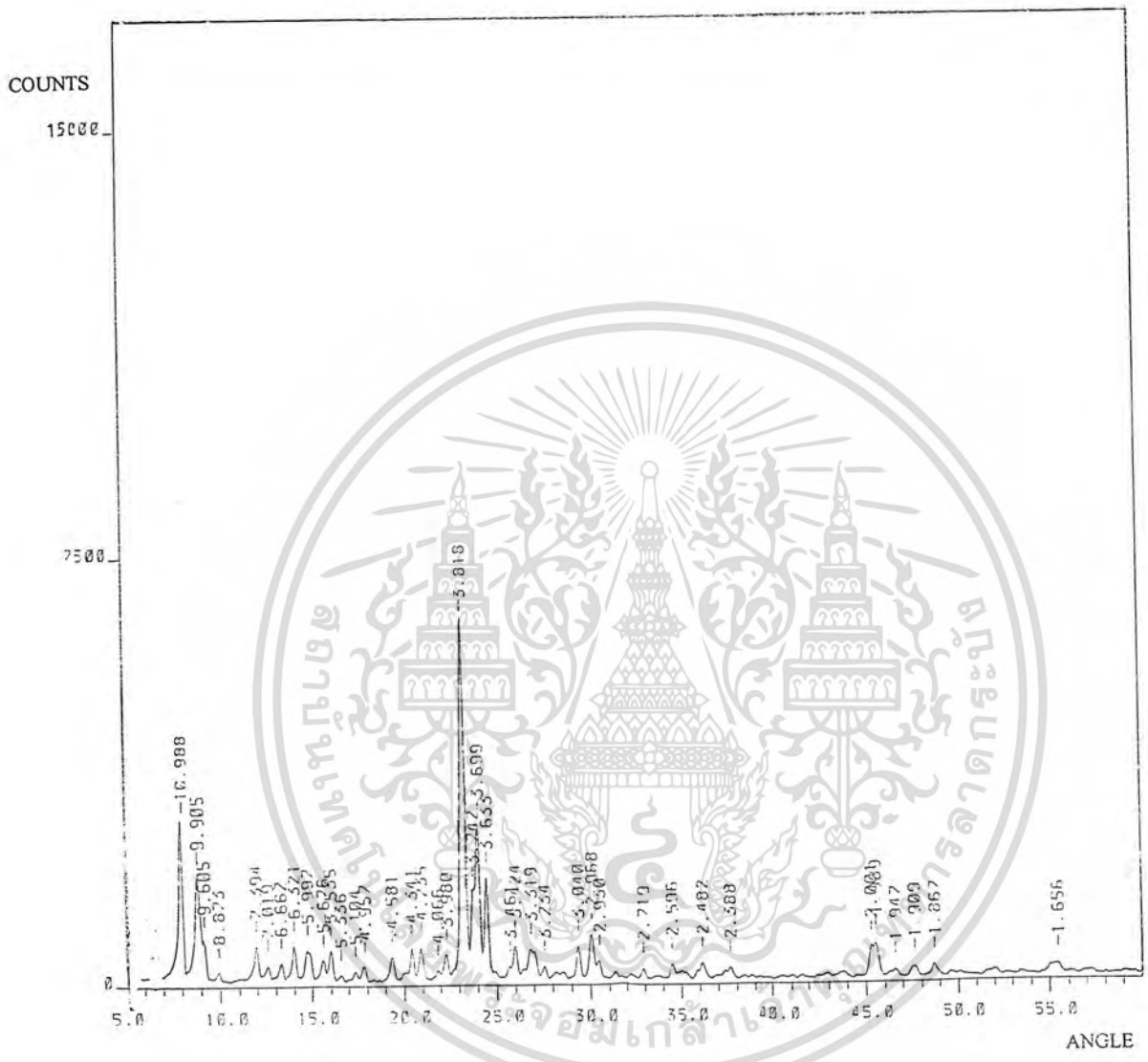


รูปที่ ข-2 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิลิกาไลต์ (S1) ก่อนคัลไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

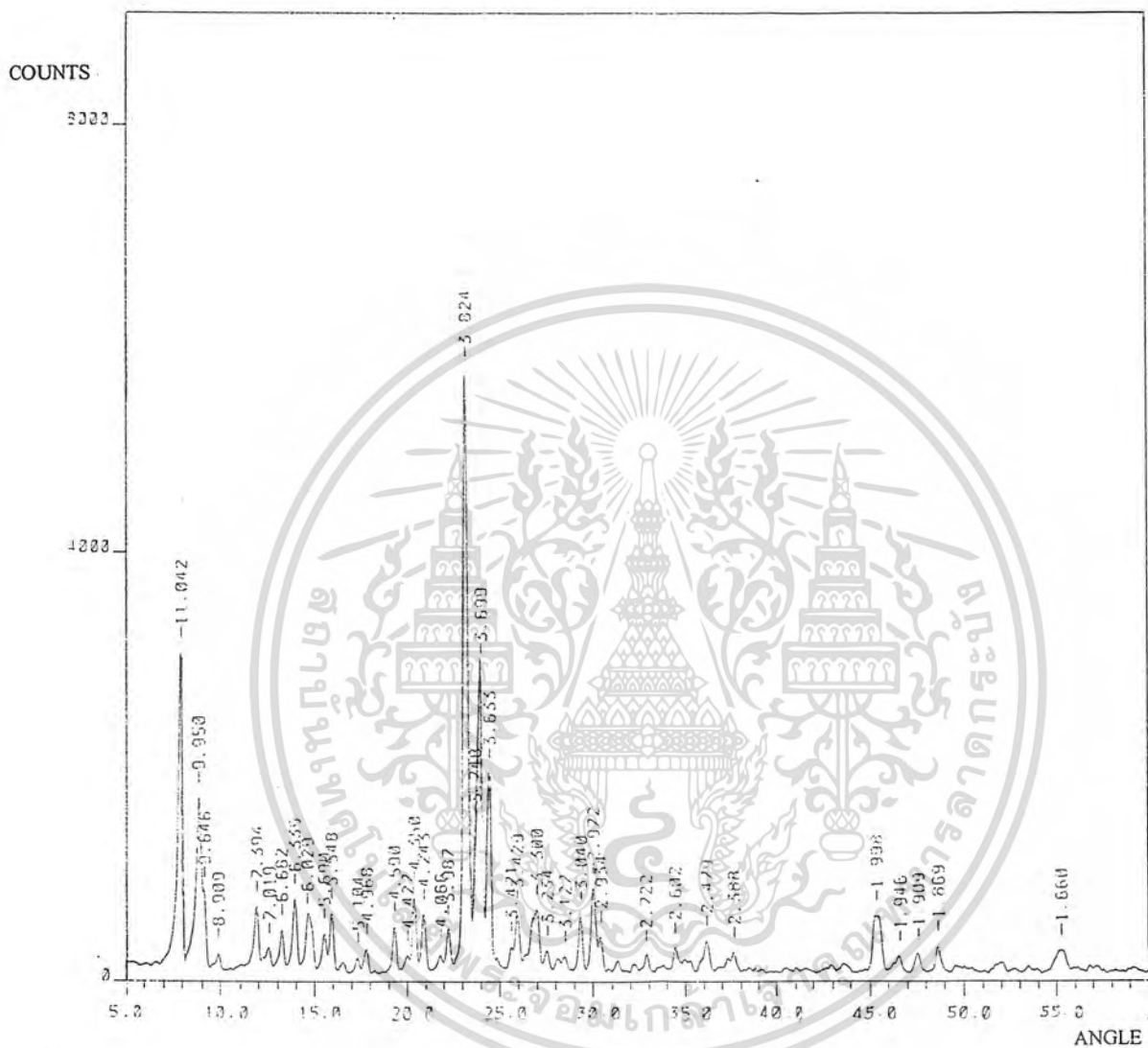


รูปที่ ๗-3 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิลิกาไลต์ (S2) ก่อนกัดไฮดรอกไซด์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

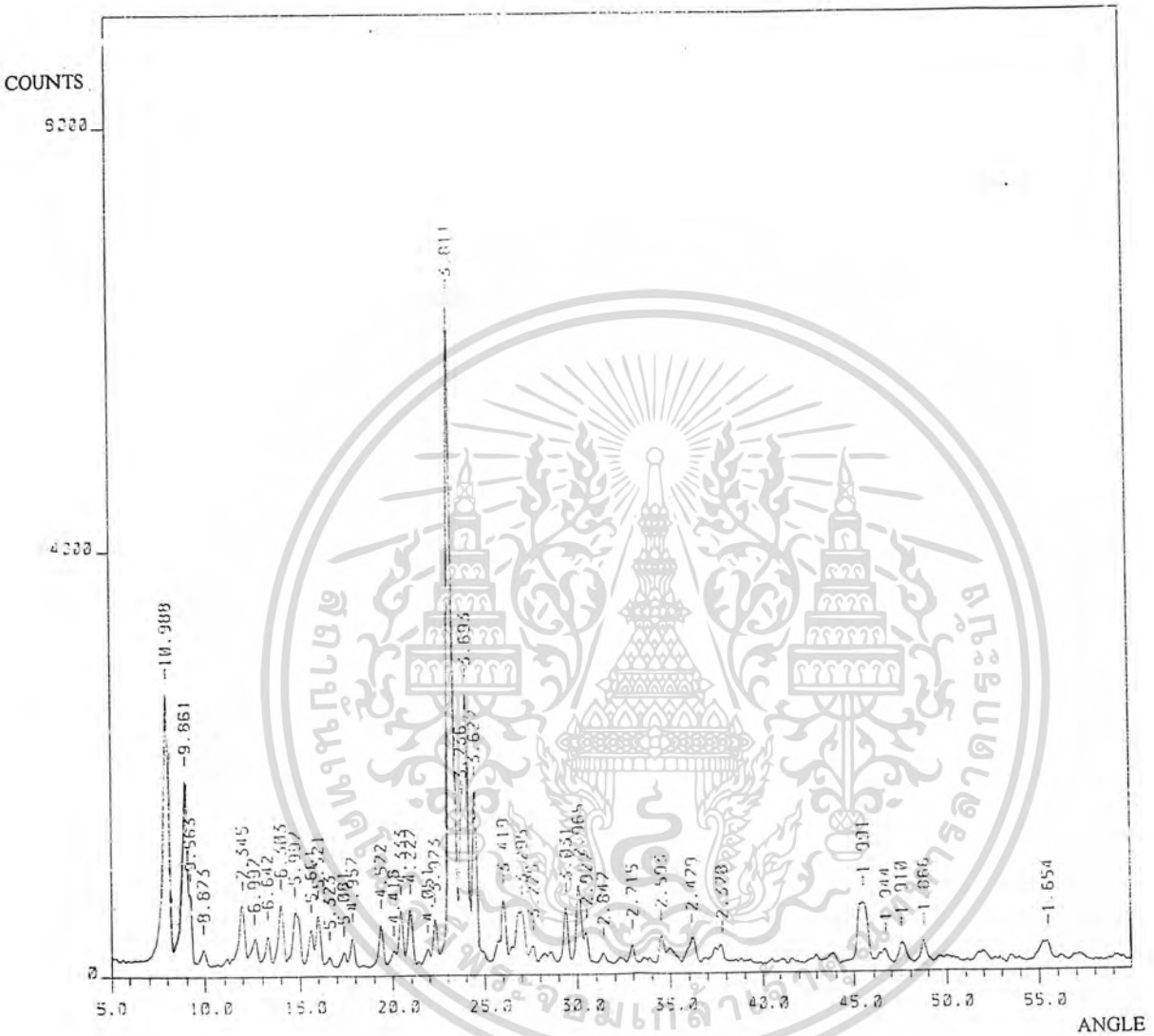


รูปที่ ๗-4 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิลิกาไลต์ (S3) ก่อนตัดไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

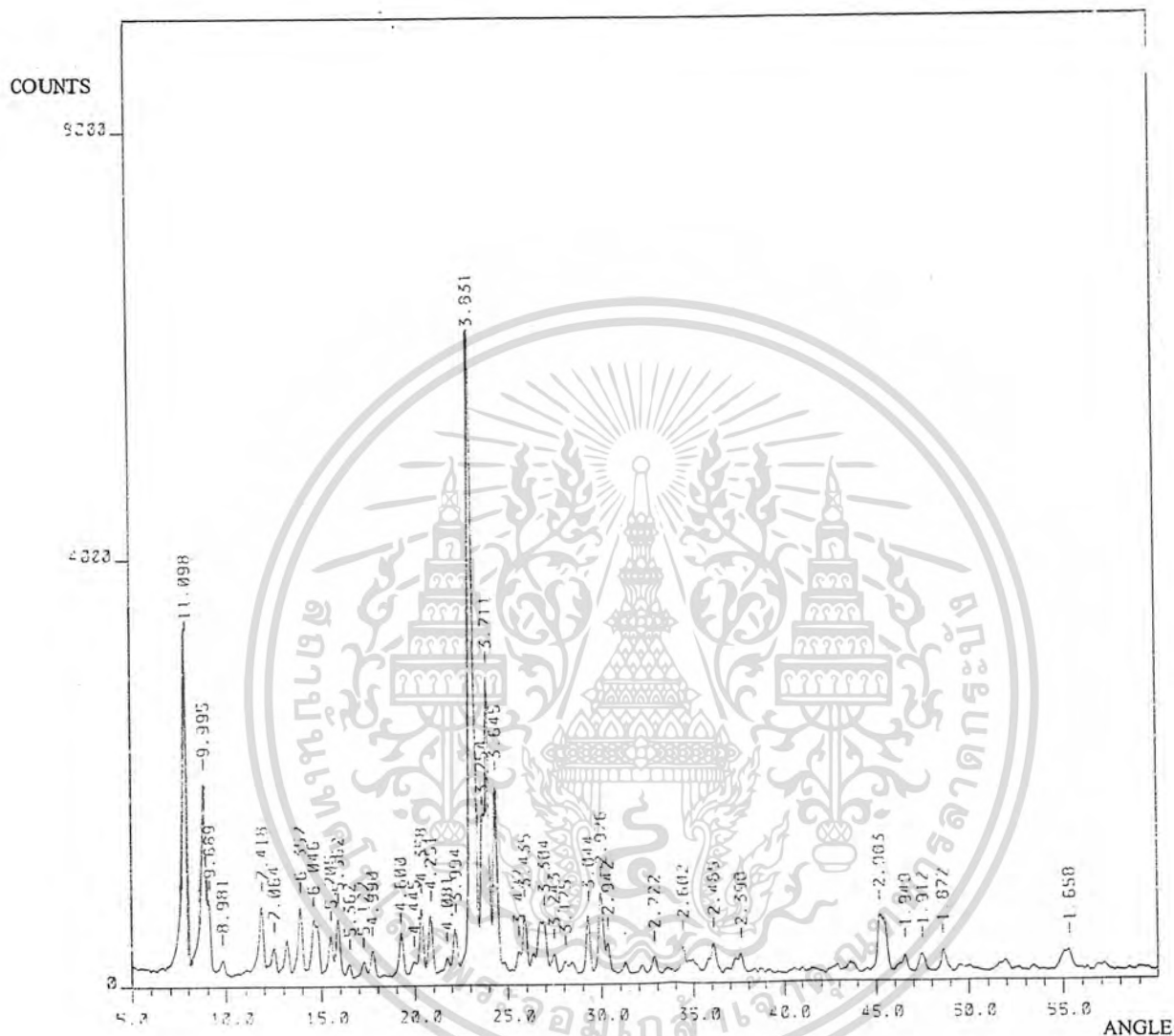


รูปที่ ๗-5 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิติกาไลต์ (S4) ก่อนคัลไซน์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



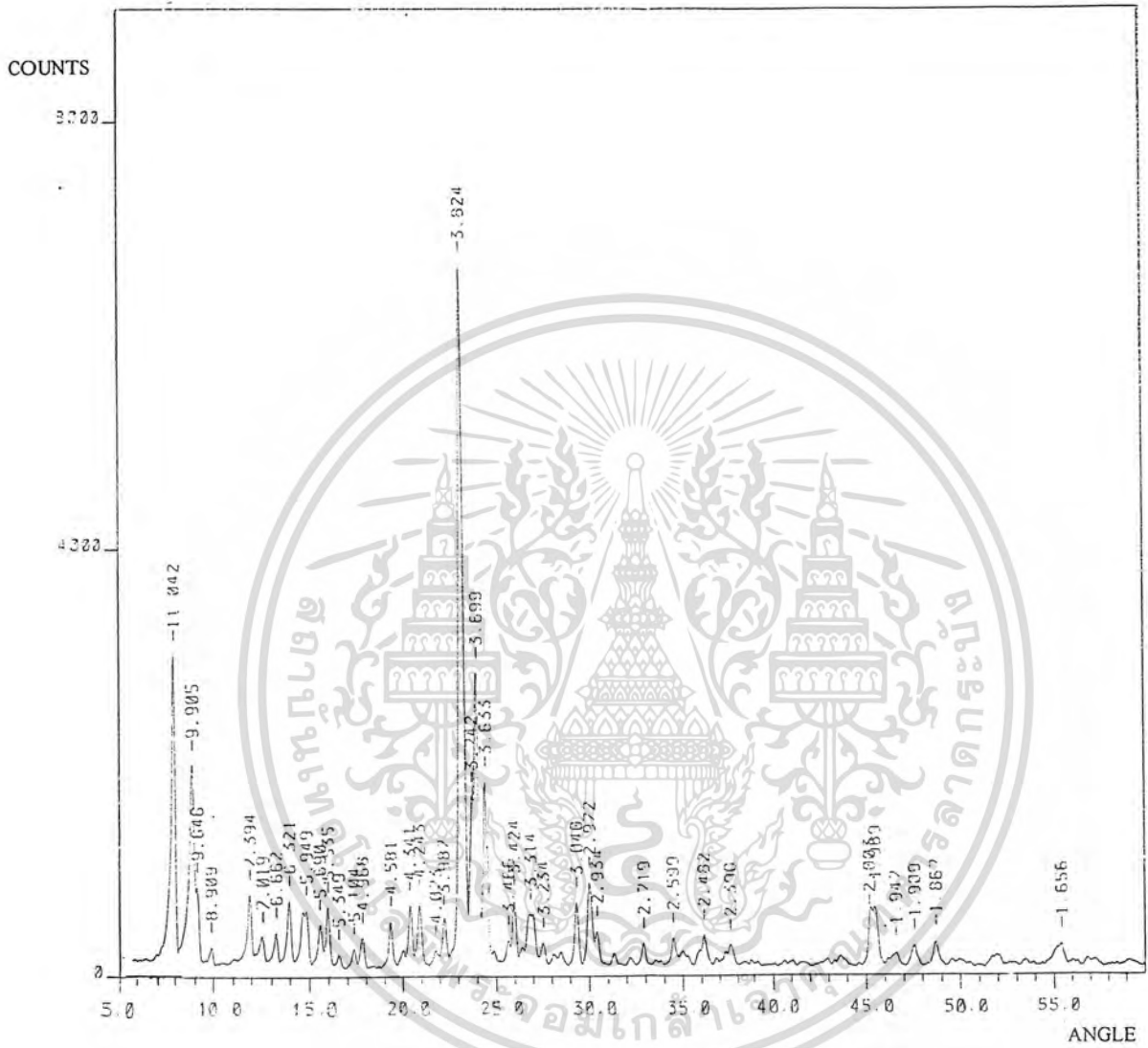
รูปที่ ๖-6 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิลิกาไดคัท (S5) ก่อนคัลซิไนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

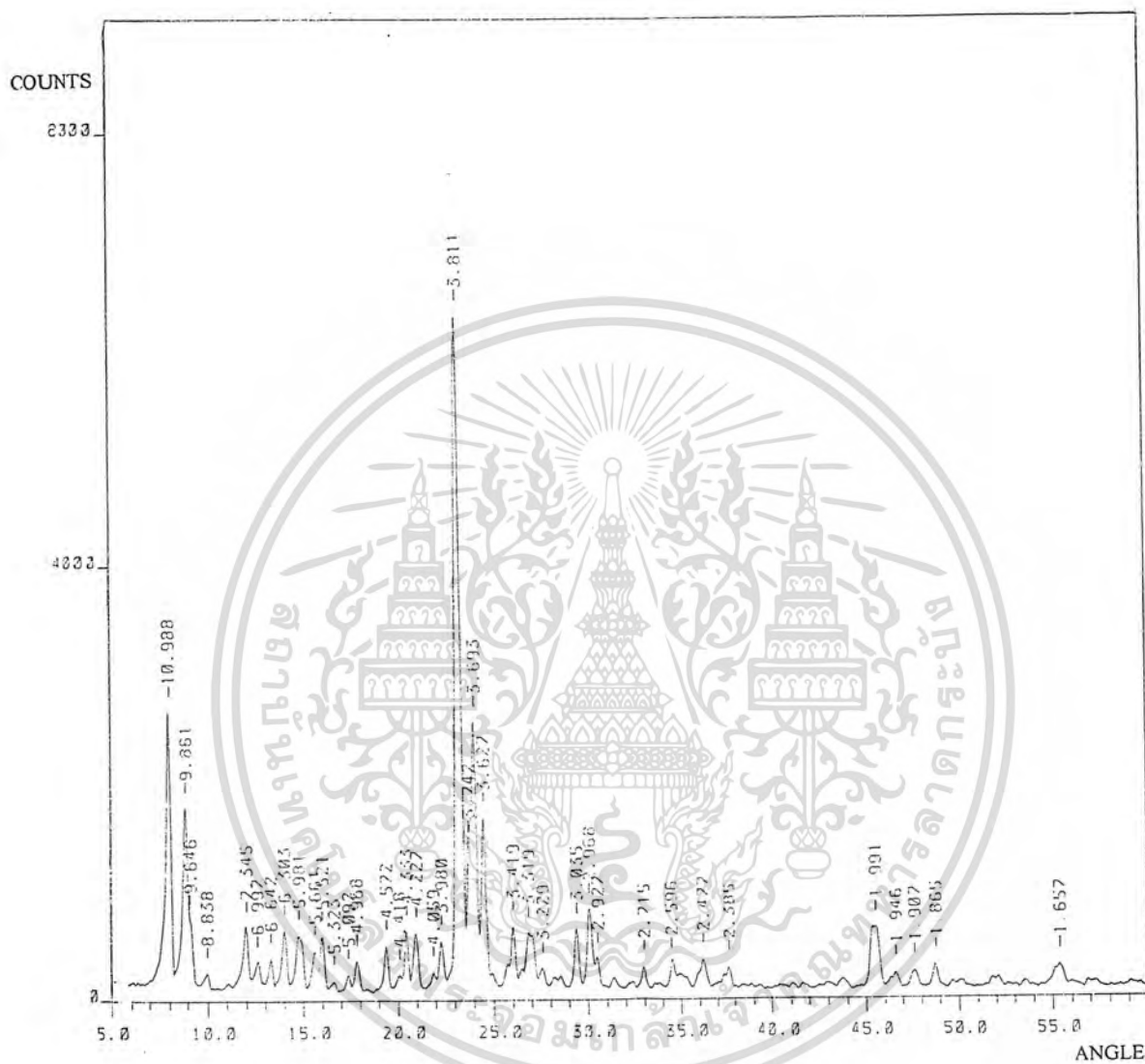


รูปที่ ๗-7 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิติกาไดต์ (S6) ก่อนคัลไลซีน

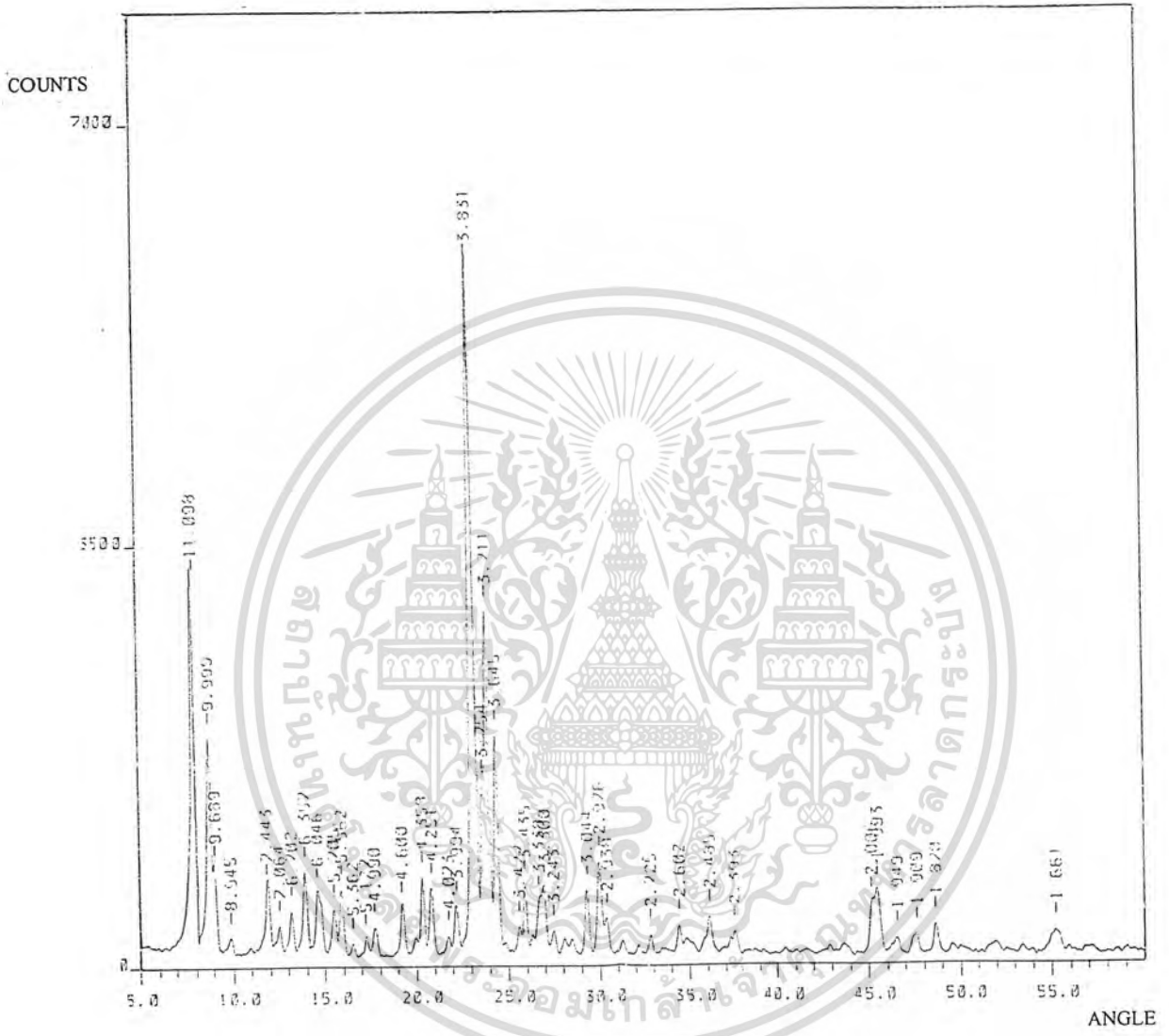
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



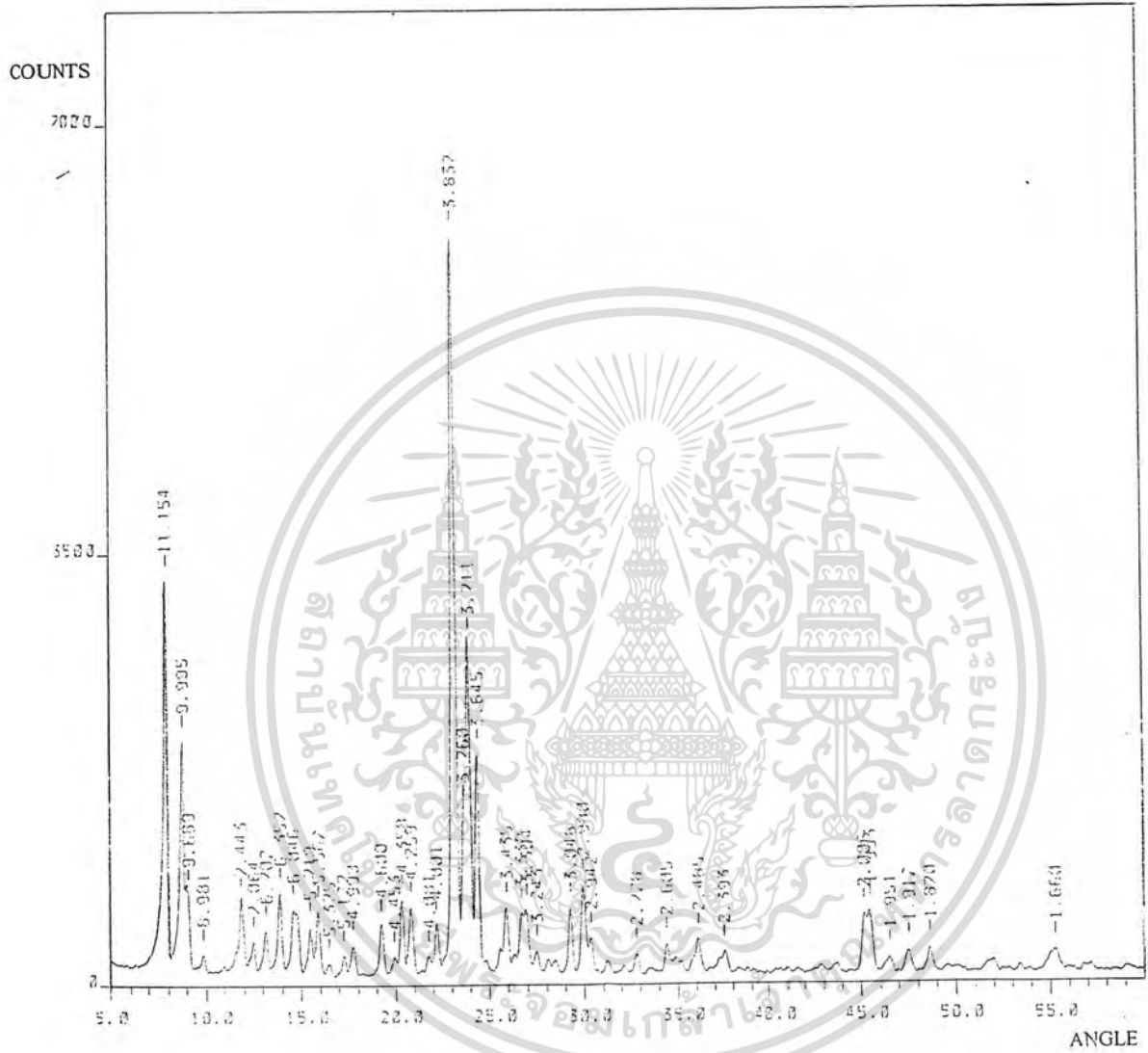
รูปที่ ข-8 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิลิกาไลต์ (S7) ก่อนคัลไลไนซ์
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



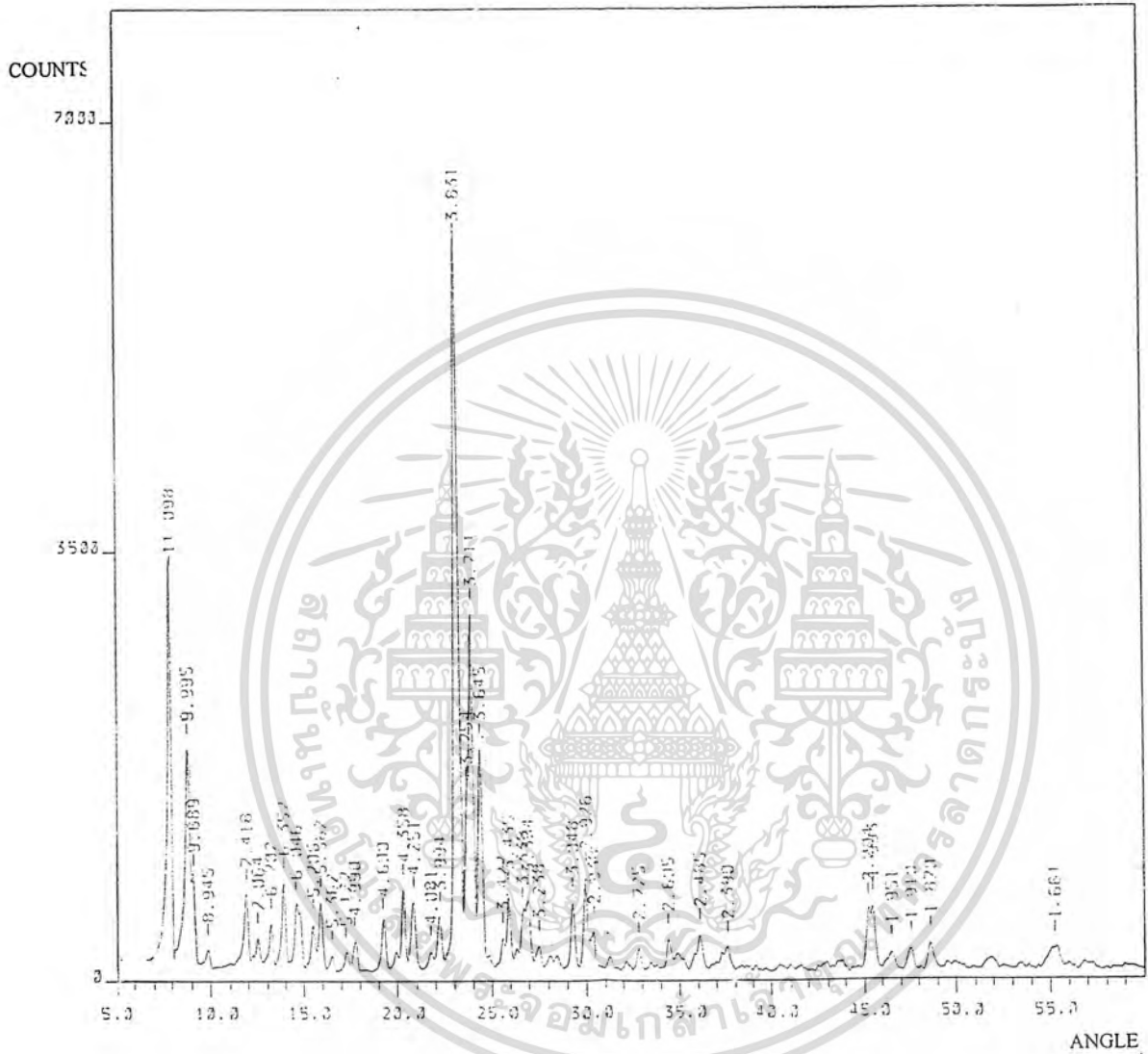
รูปที่ ๑-9 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซัลเฟอร์ (S8) ก่อนคัลไซน์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



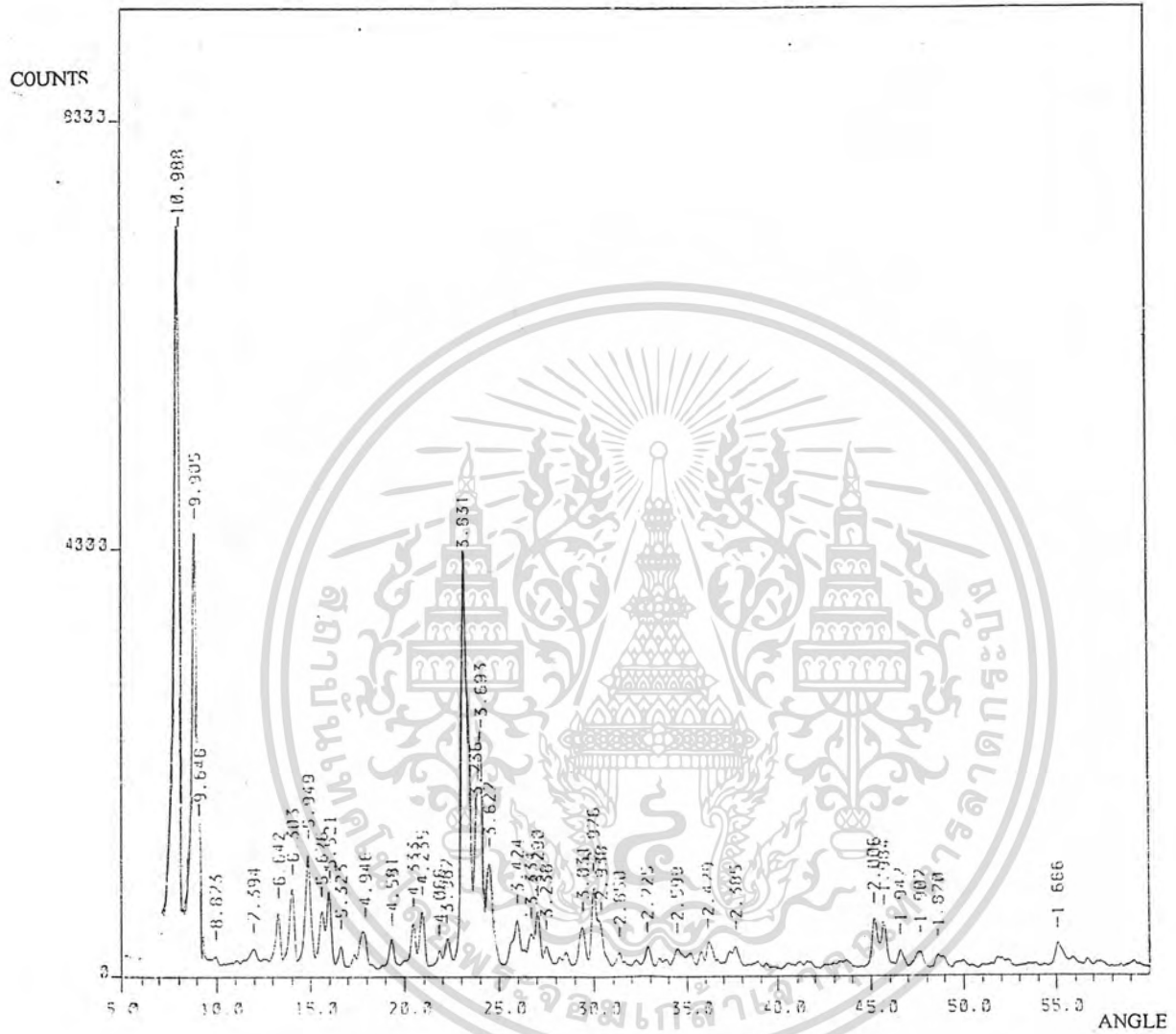
รูปที่ ข-10 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิลิกาไลต์ (S9) ก่อนคัลไซน์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



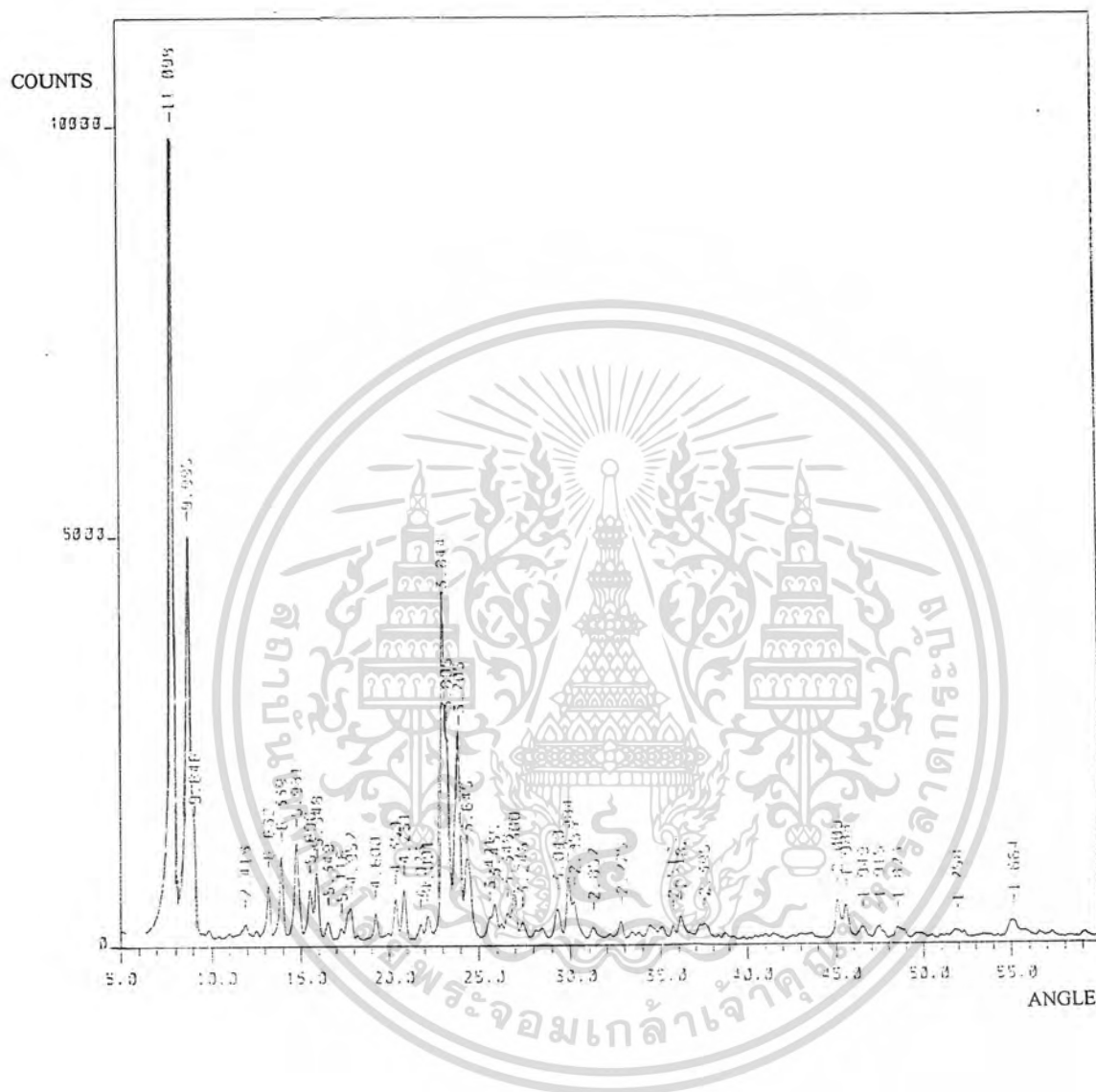
รูปที่ ๗-11 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิลิกาไลต์ (S10) ก่อนคลไลซ์
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



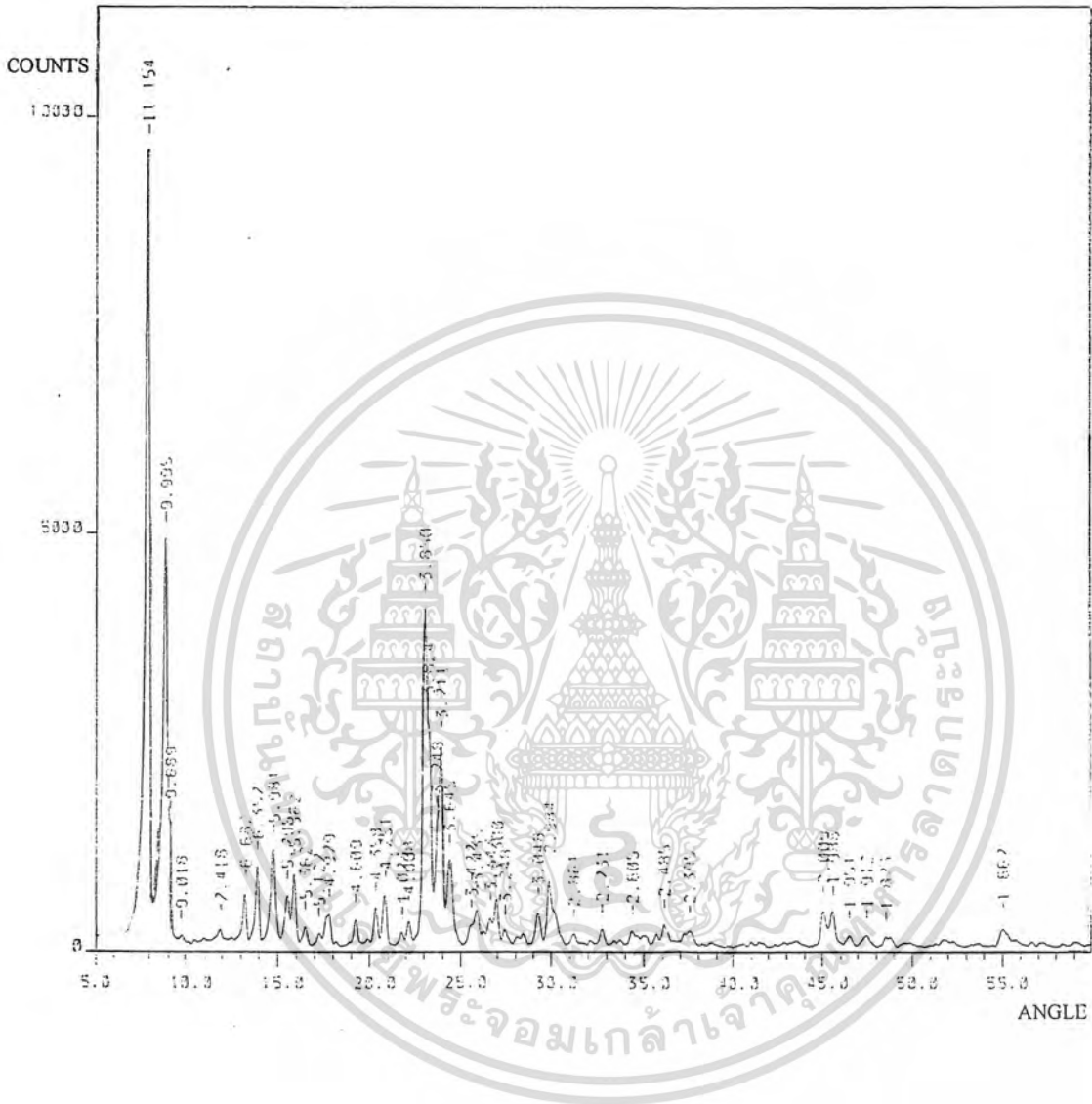
รูปที่ ๗-12 แสดง X-ray Diffraction pattern ของซิติกาไลต์ (S11) ก่อนตัดชิ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-13 แสดง X-ray Diffraction patterns ของซิลิกาไลต์ (S1, S2 และ S3) หลังคลี่ชั้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-14 แสดง X-ray Diffraction patterns ของซิลิกาไลต์ (S4, S5, S6, S7 และ S8) หลังคัลไซน์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗-15 แสดง X-ray Diffraction patterns ของซิติกาไลต์ (S9, S10 และ S11) หลังคัลไซน์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

Scanning Electron Microscope



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปผลึกซิติกาไลต์ (US1)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : US1

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 17 ส.ค. 41

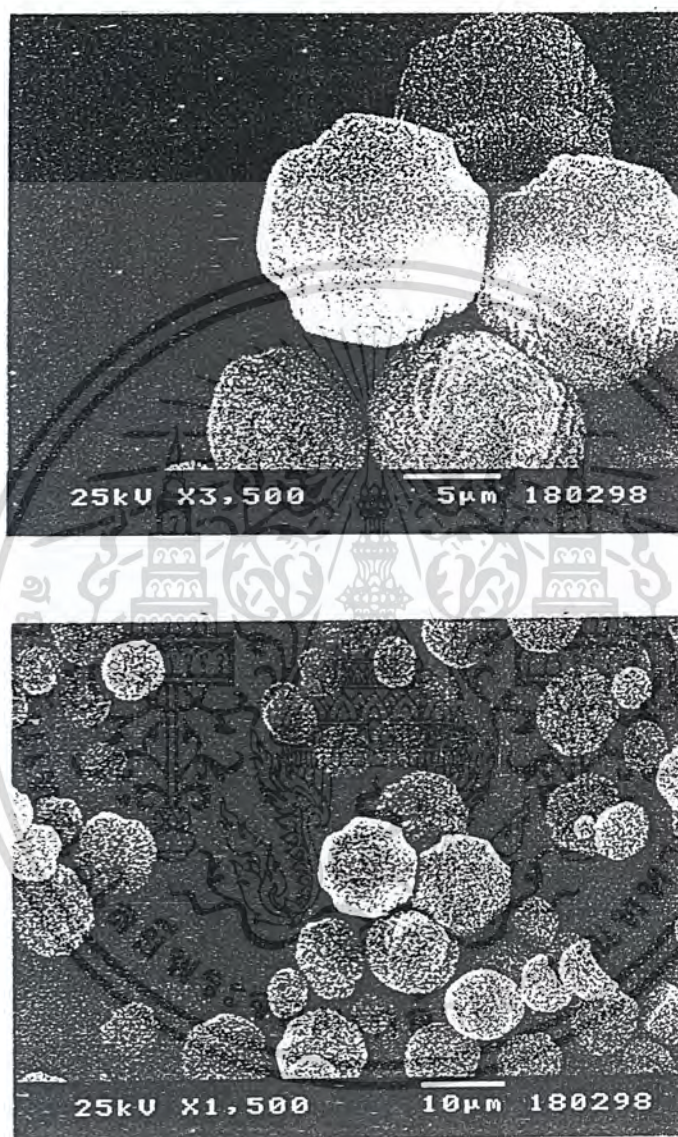
สูตรเจล : $4.1\text{Na}_2\text{O} \cdot 50\text{SiO}_2 \cdot (\text{TPA})_2\text{O} \cdot 691\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ เวลา 72 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ค-1 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิติกาไลต์ US1 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S1)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S1

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 3 ส.ค. 41

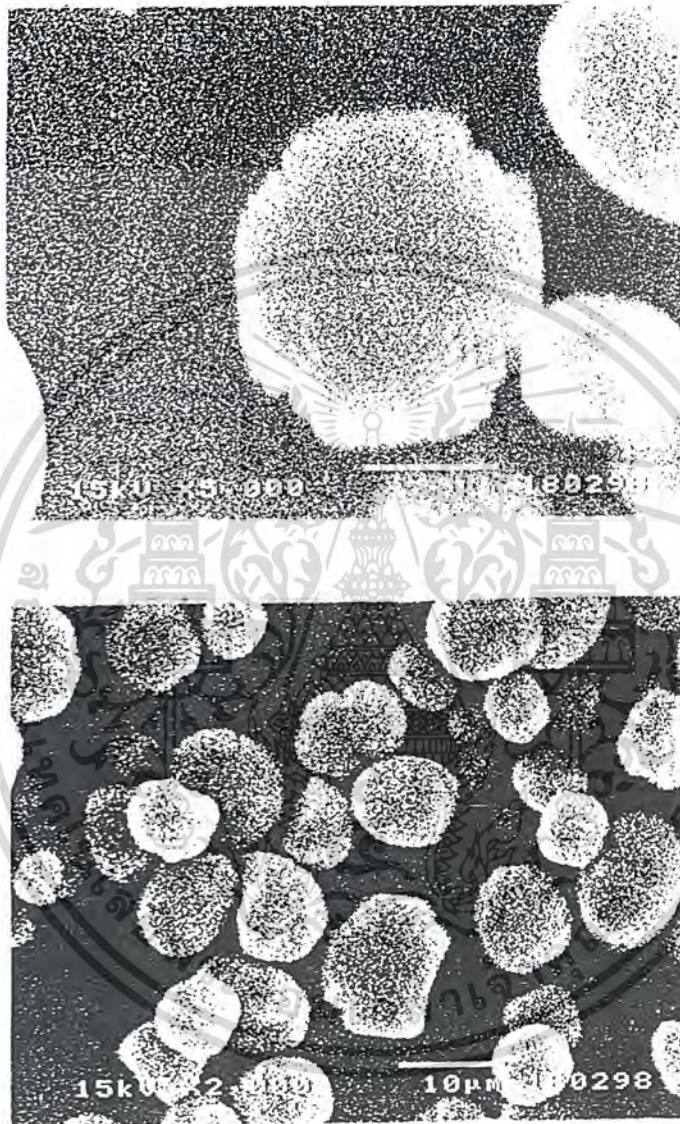
สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175°C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100°C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ค-2 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิลิกาไลต์ S1 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S2)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S2

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 3 ส.ค. 41

สูตรเคมี : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 000\text{H}_2\text{O}$

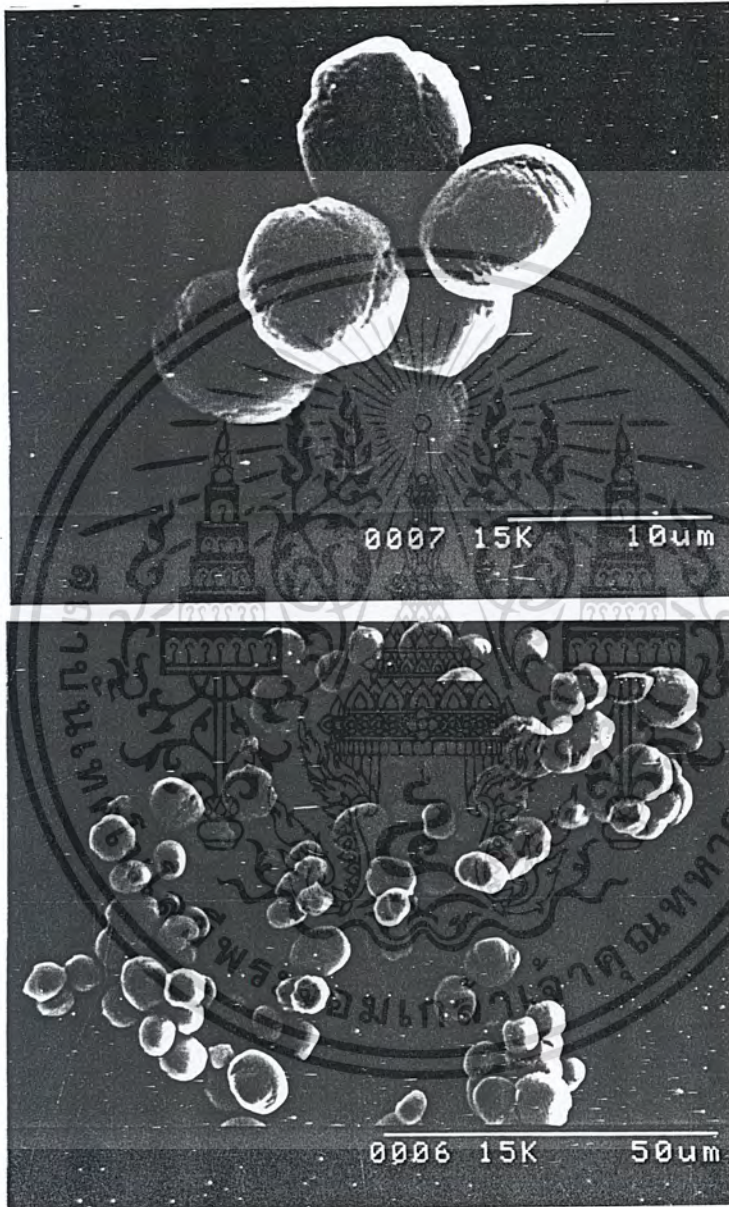
สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175°C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100°C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-3 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิติกาไลต์ S2 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S3)

(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S3

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 17 ส.ค. 41

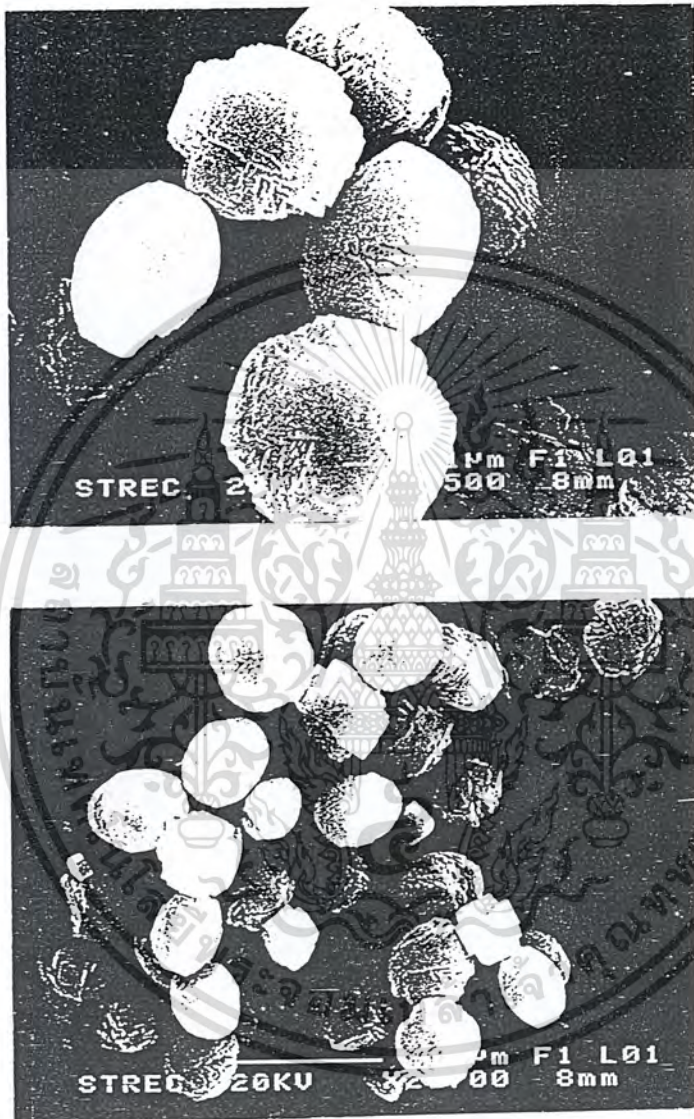
สูตรเจด : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175°C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100°C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ค-4 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิลิกาไลต์ S3 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S4)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S4

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 29 ต.ค. 41

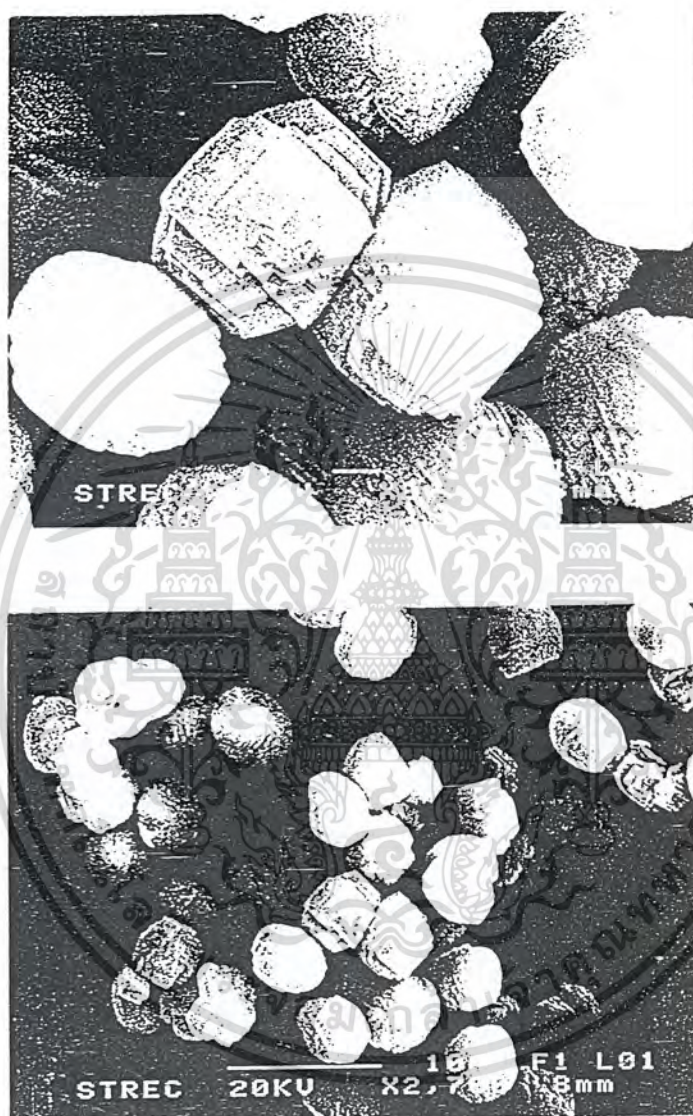
สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175 °C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100 °C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-5 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิติกาไลต์ S4 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S5)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S5

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 29 ต.ค. 41

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175°C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100°C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-6 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิลิกาไลต์ S5 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S6)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S6

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 9 พ.ย. 41

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175°C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100°C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-7 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิติกาไลต์ S6 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S7)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S7

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 9 พ.ย. 41

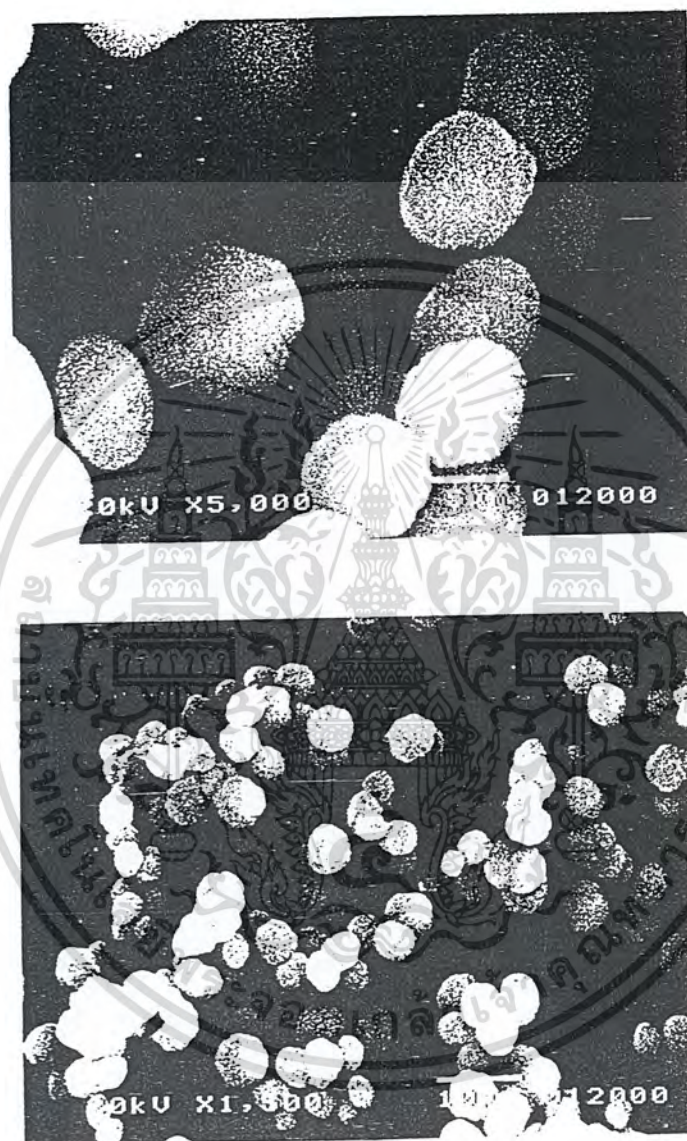
สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175 °C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100 °C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ค-8 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิลิกาไลต์ S7 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S8)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S8

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 9 พ.ย. 41

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175 °C เวลา 84 ชั่วโมง

เอกสารที่มอบให้ : เอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก-9 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิลิกาไลต์ S8 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S9)
(ก่อนการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S9

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 30 พ.ย. 41

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175°C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100°C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูในวงเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-10 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิลิกาไลต์ S9 ก่อนการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S10)
(ก่อนการคัดไซซ์)



สัญลักษณ์ : S10

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 30 พ.ย. 41

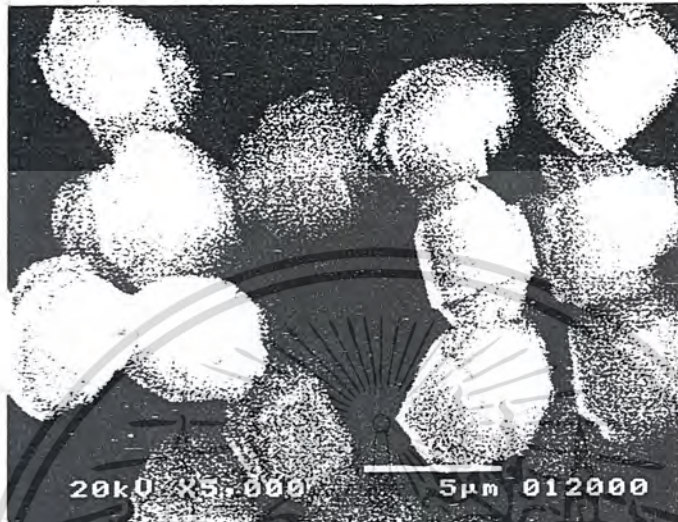
สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ $175\text{ }^\circ\text{C}$ เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ $100\text{ }^\circ\text{C}$ เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใจงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ค-11 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิติกาไลต์ S10 ก่อนการคัดไซซ์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S11)
(ก่อนการคัลไลไนซ์)



สัญลักษณ์ : S11

วันที่ทำการสังเคราะห์ : 30 พ.ย. 41

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สภาวะที่ใช้สังเคราะห์ : อุณหภูมิ 175°C เวลา 84 ชั่วโมง

การอบแห้ง : อุณหภูมิ 100°C เวลา 8 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ค-12 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิลิกาไลต์ S11 ก่อนการคัลไลไนซ์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S1, S2, S3)
(หลังการคัลไซน์)



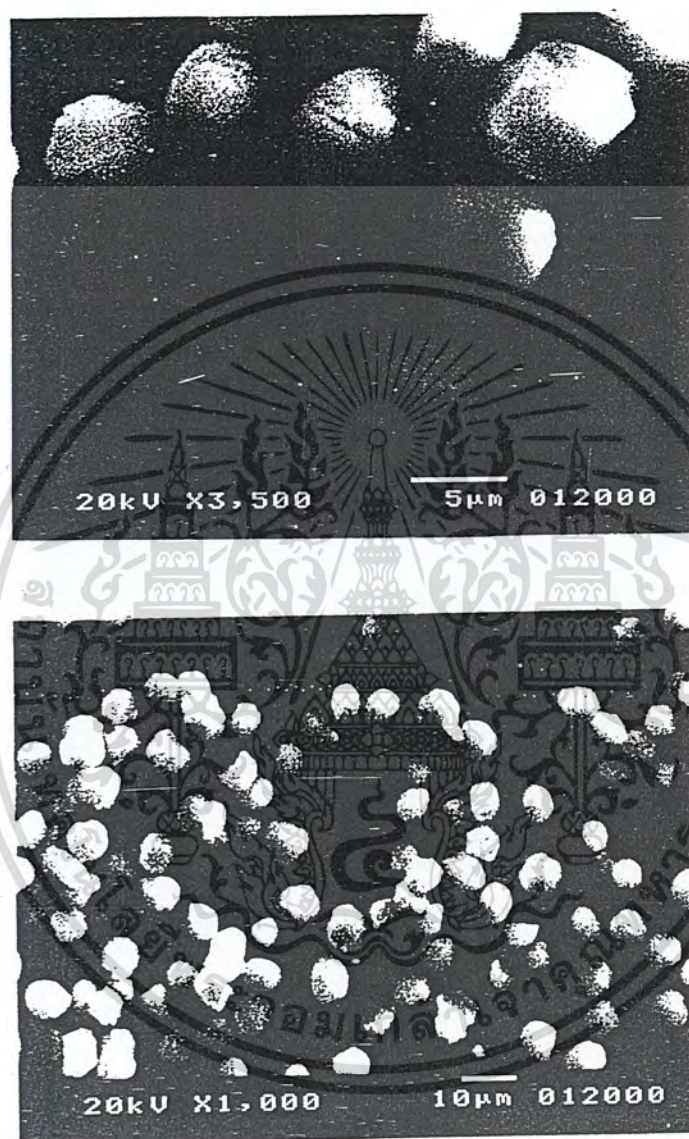
สัญลักษณ์ : S1, S2, S3

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้คัลไซน์ : เพิ่มอุณหภูมิทุก $2^\circ\text{C}/\text{min}$ จนอุณหภูมิถึง 500°C หลังจากนั้นทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-13 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิติกาไลต์ S1, S2 และ S3 หลังการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S4)
(หลังการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S4

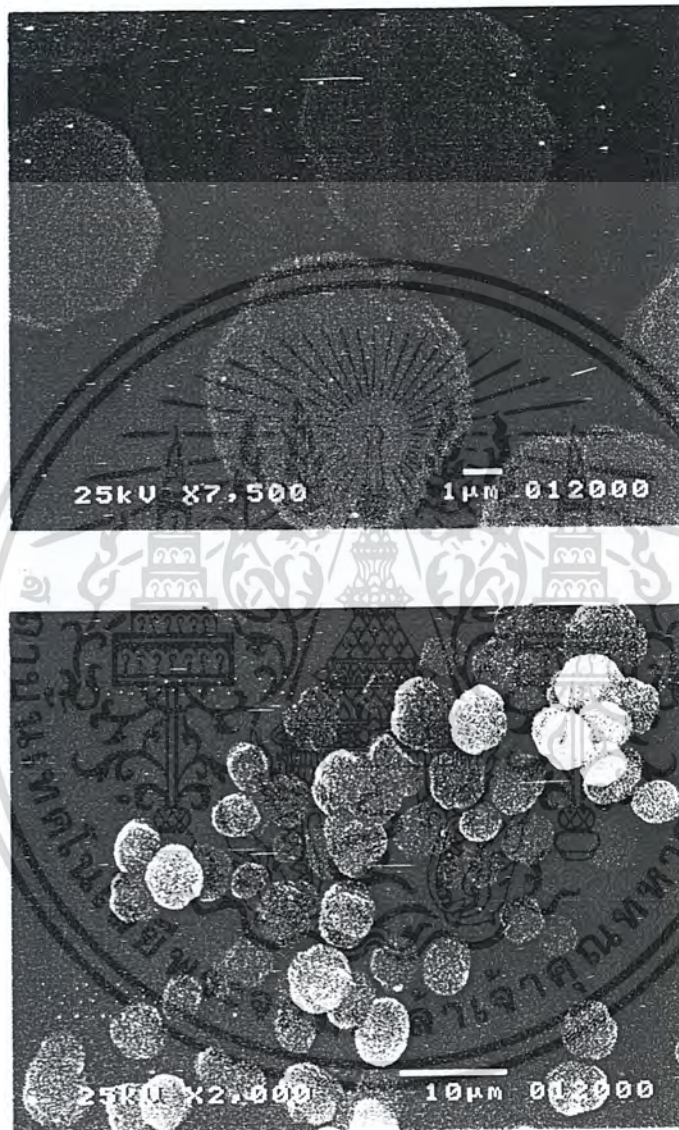
สูตรเจด : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้คัลไซน์ : เพิ่มอุณหภูมิทุก $2^\circ\text{C}/\text{min}$ จนอุณหภูมิถึง 500°C หลังจากนั้นทำการ

คัลไซน์อีก 6 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-14 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิลิกาไลต์ S4 หลังการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S5, S8)
(หลังการคัลไซน์)



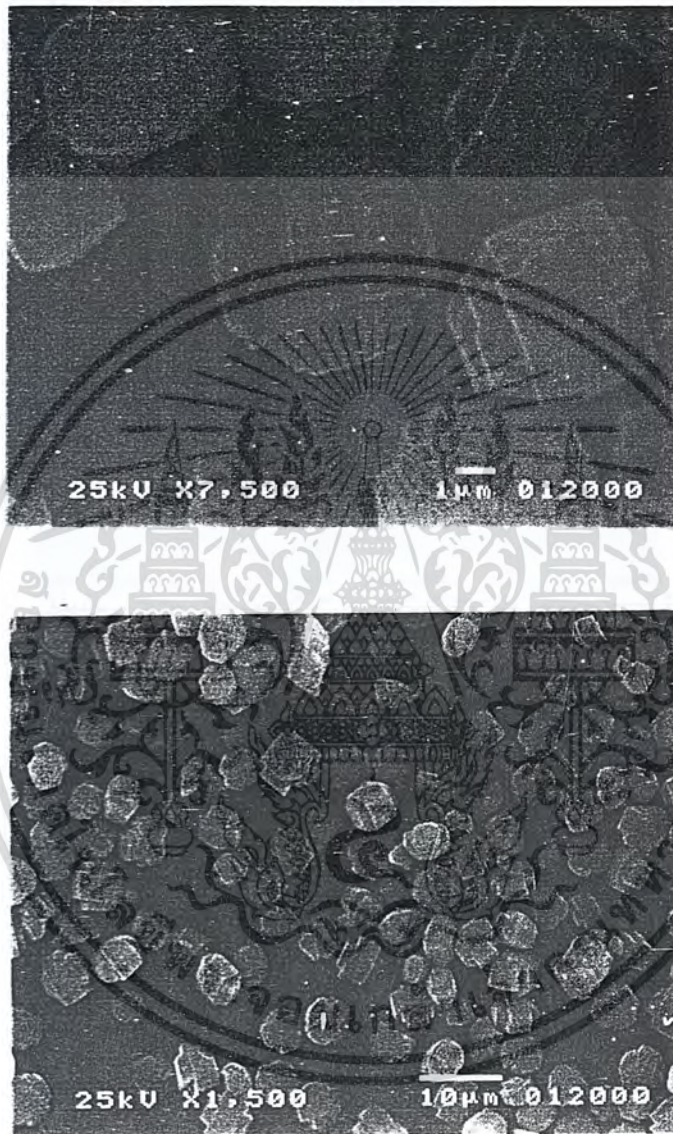
สัญลักษณ์ : S5, S8

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้คัลไซน์ : เพิ่มอุณหภูมิทุก $2^\circ\text{C}/\text{min}$ จนอุณหภูมิถึง 500°C หลังจากนั้นทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-15 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิติกาไลต์ S5 และ S8 หลังการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S6)
(หลังการคัลไซน์)



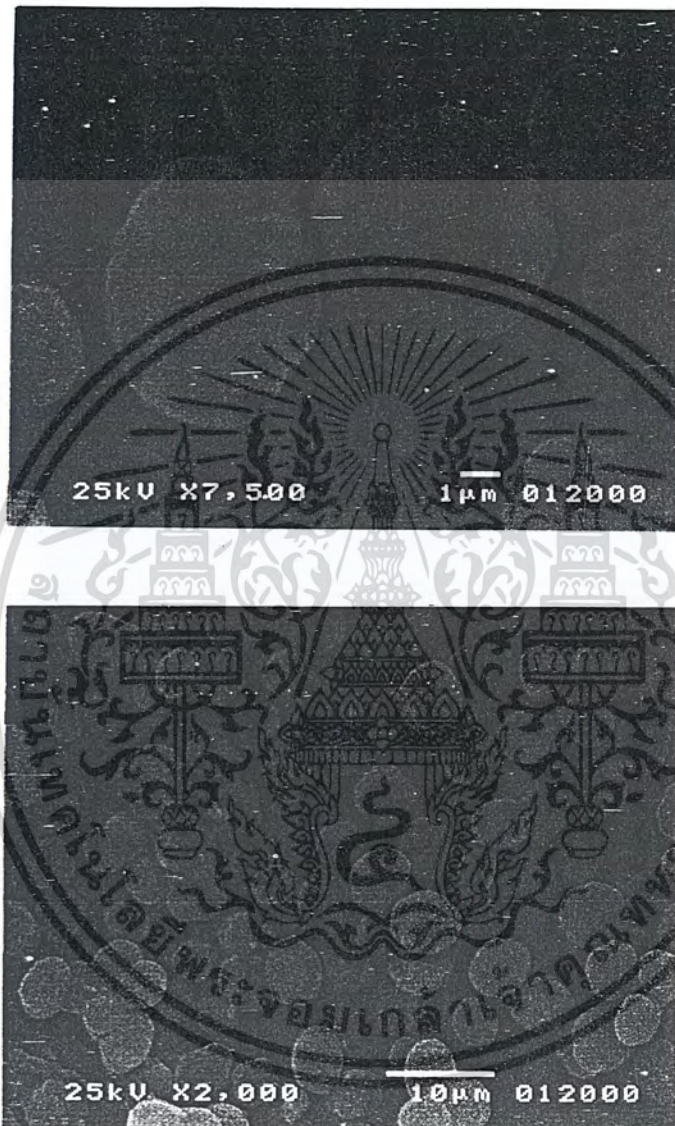
ตัวยุทธภัณฑ์ : S6

สูตรเจด : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้คัลไซน์ : เพิ่มอุณหภูมิทุก $2^\circ\text{C}/\text{min}$ จนอุณหภูมิถึง 500°C หลังจากนั้นทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
รูปที่ ก-16 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิติกาไลต์ S6 หลังการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S7)
(หลังการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S7

สูตรเจด : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้คัลไซน์ : เพิ่มอุณหภูมิทุก $2^\circ\text{C}/\text{min}$ จนอุณหภูมิถึง 500°C หลังจากนั้นทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก-17 แสดงรูปร่างและลักษณะโครงสร้างของซิติกาไลต์ S7 หลังการคัลไซน์

รูปผลึกซิติกาไลต์ (S9, S10)
(หลังการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S9, S10

สูตรเจล : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้คัลไซน์ : เติมอุณหภูมิทุก $2^\circ\text{C}/\text{min}$ จนอุณหภูมิถึง 500°C หลังจากนั้นทำการ

เอกซารนี้เป็นเอกซารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกซารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-18 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิติกาไลต์ S9 และ S10 หลังการคัลไซน์

รูปผลึกซิลิกาไลต์ (S11)
(หลังการคัลไซน์)



สัญลักษณ์ : S11

สูตรเจด : $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$

สถานะที่ใช้คัลไซน์ : เติมอุณหภูมิทุก $2^\circ\text{C}/\text{min}$ จนอุณหภูมิถึง 500°C หลังจากนั้นทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค-18 แสดงรูปร่างและลักษณะ โครงสร้างของซิลิกาไลต์ S11 หลังการคัลไซน์

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

Thermal Gravimetric Analysis

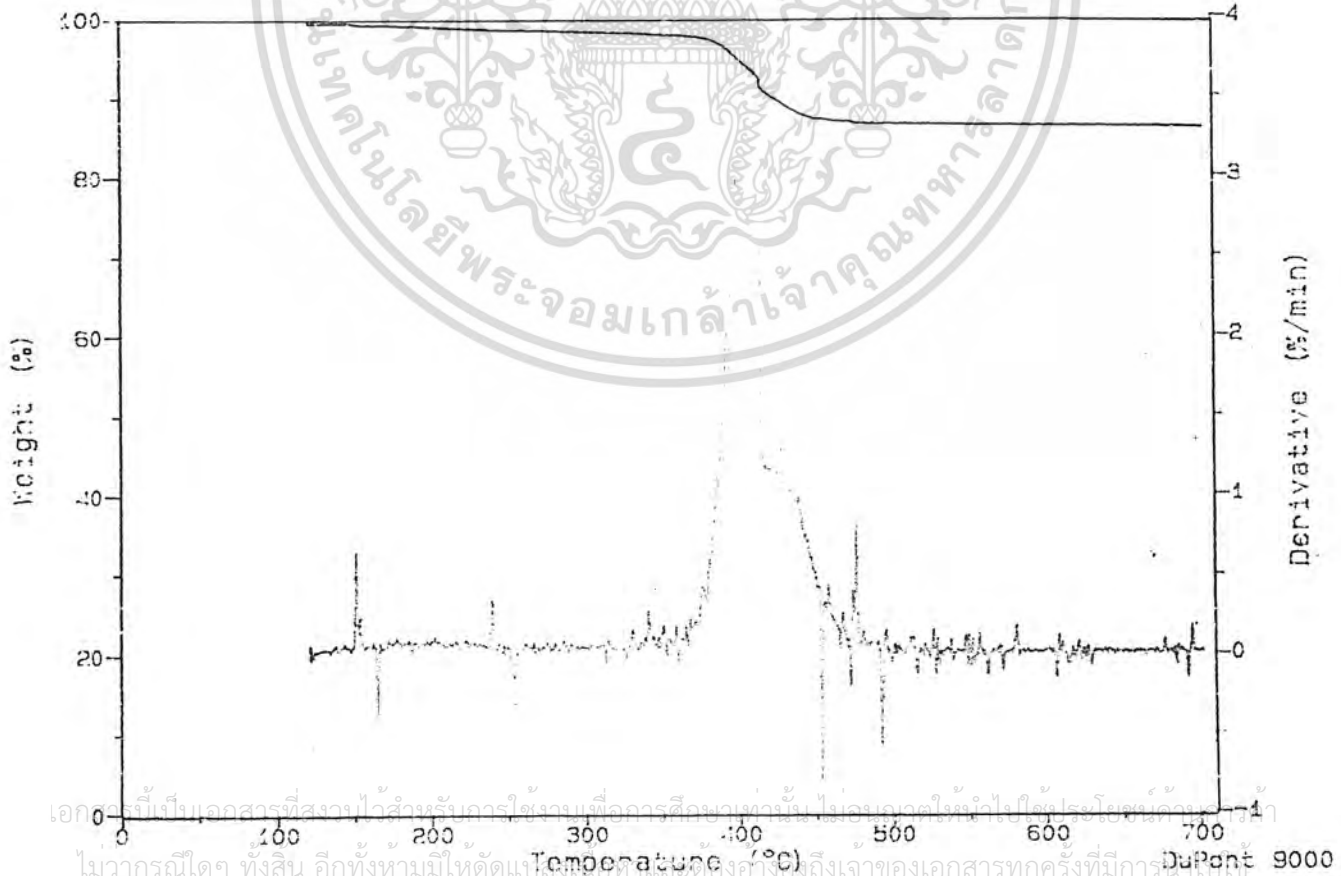
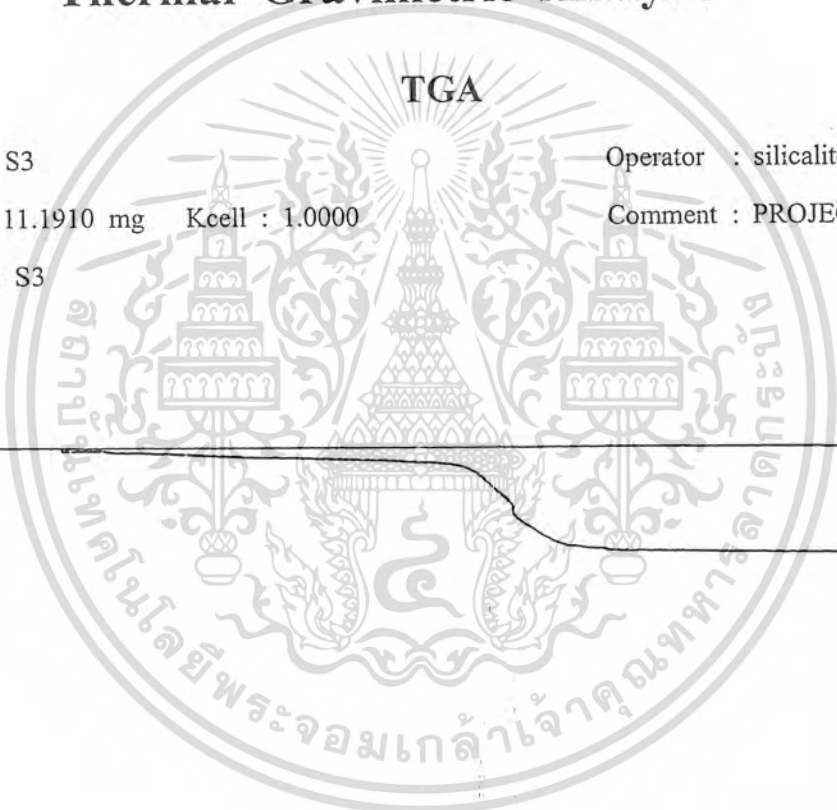
Samp : S3

Size : 11.1910 mg Kcell : 1.0000

Method : S3

Operator : silicalite

Comment : PROJECT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ
หากมีข้อสงสัยใดๆ กรุณาติดต่อฝ่ายเทคนิคของห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก จ

ข้อมูลดิบจากการวิเคราะห์ด้วย เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

1. การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้นของ Packed column

1.1 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที

1.1.1 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 5 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาณสารที่ฉีด	3.5 µL

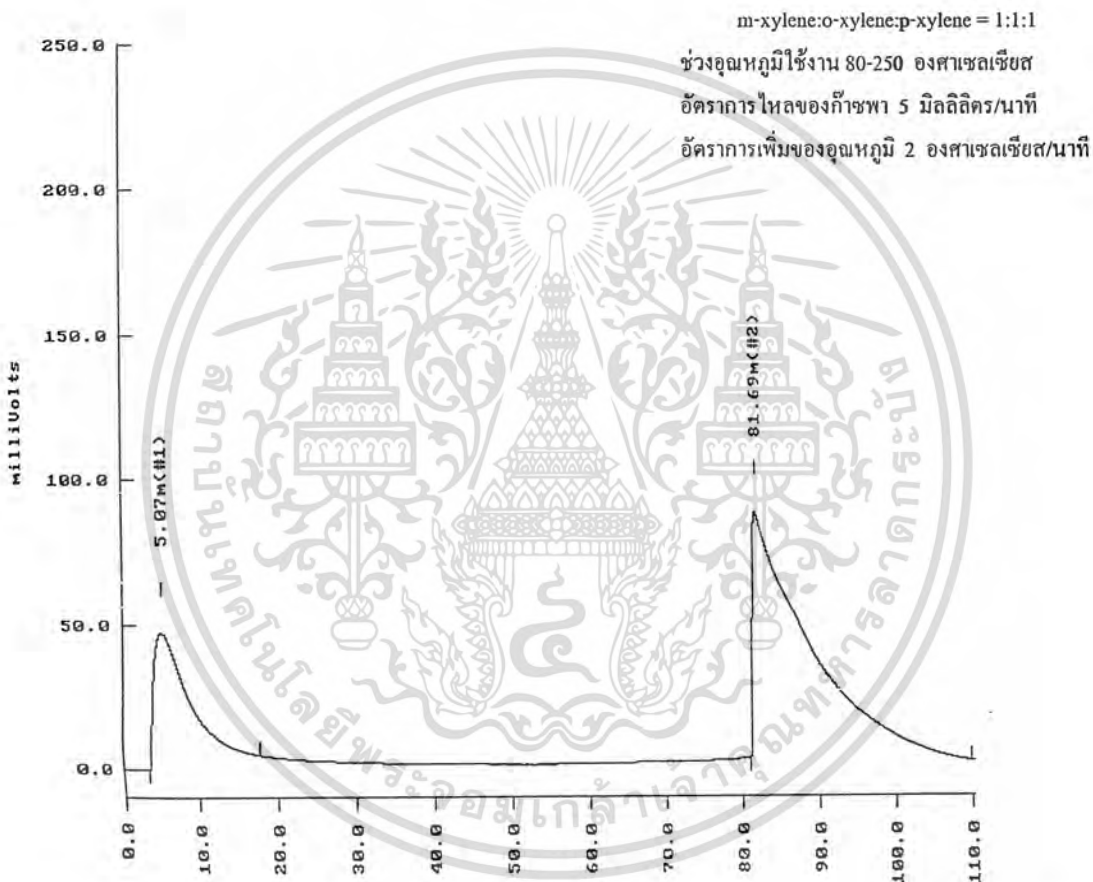
	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	2 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-1 จ-2 จ-3 และ จ-4 ตามลำดับ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่ มิม่เห็นแต่เพียงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 1:13 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 31/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp31-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp31-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DiLUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp31-3-1 recorded at 11:14 am on 31/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



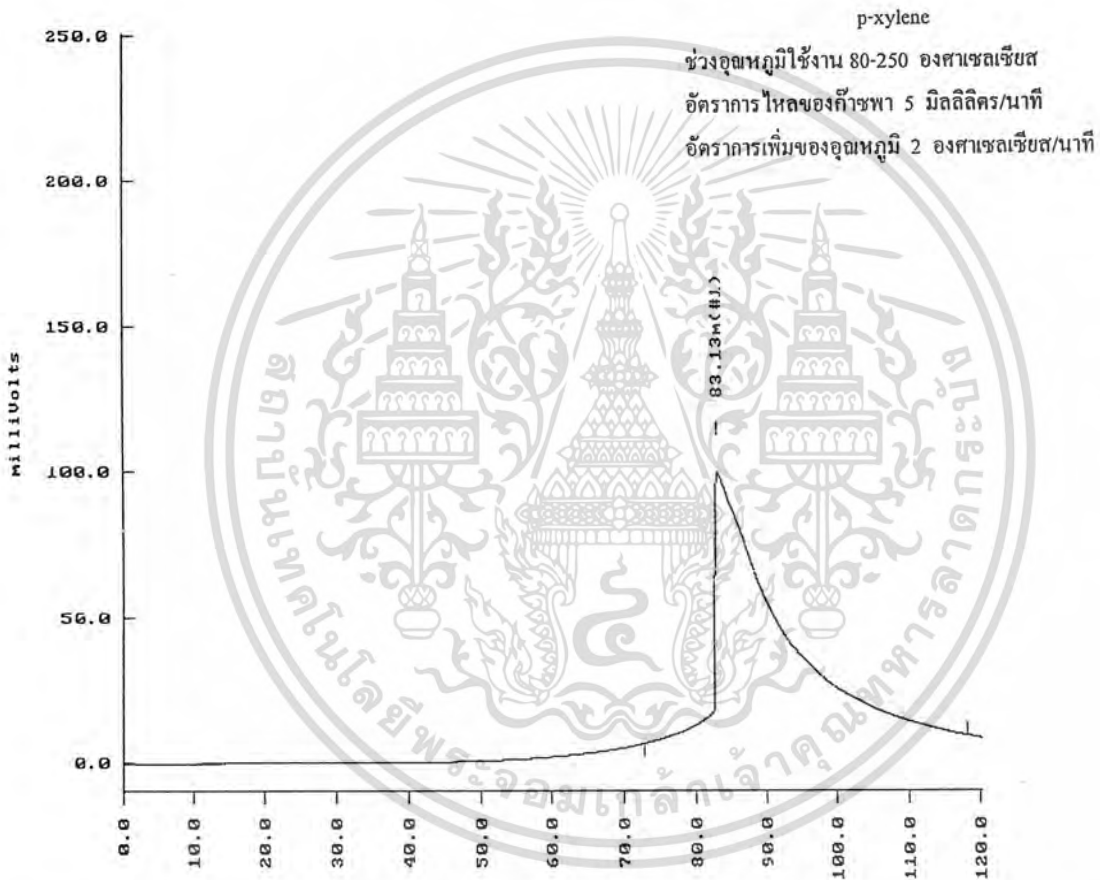
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	5.07	14392.0	277.53	46.5	25.2
2	BB	81.69	42725.7	408.31	84.4	74.8
TCTALS :			57117.6			100.0

รูปที่ จ-1 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้โดยกรมการค้าภายในเพื่อคุ้มครองผลประโยชน์ของประเทศไทยในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ซึ่งทั้งหมดยังเป็นข้อมูลของกรมและต้องสงวนถึงสิทธิเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และ
 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 3:28 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p24-3-1 CHROMATOGRAM FILE : p24-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p24-3-1 recorded at 1:24 pm on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



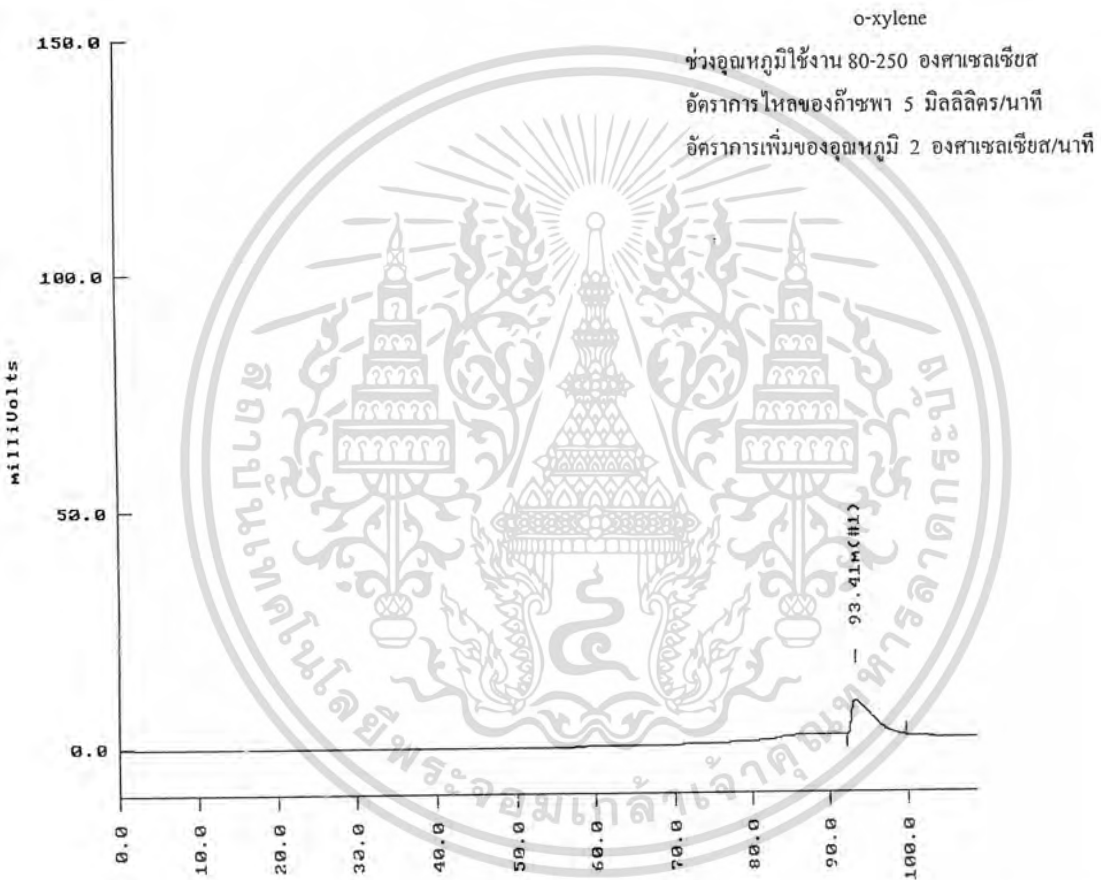
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	83.13	59777.6	-	91.8	100.0
TOTALS :			59777.6			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปยังผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการค้า
 รูปที่ จ-2 แสดงผลจากการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่วากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตัวเลขอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 3:07 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 31/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : o31-3-1 CHROMATOGRAM FILE : o31-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o31-3-1 recorded at 1:15 pm on 31/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



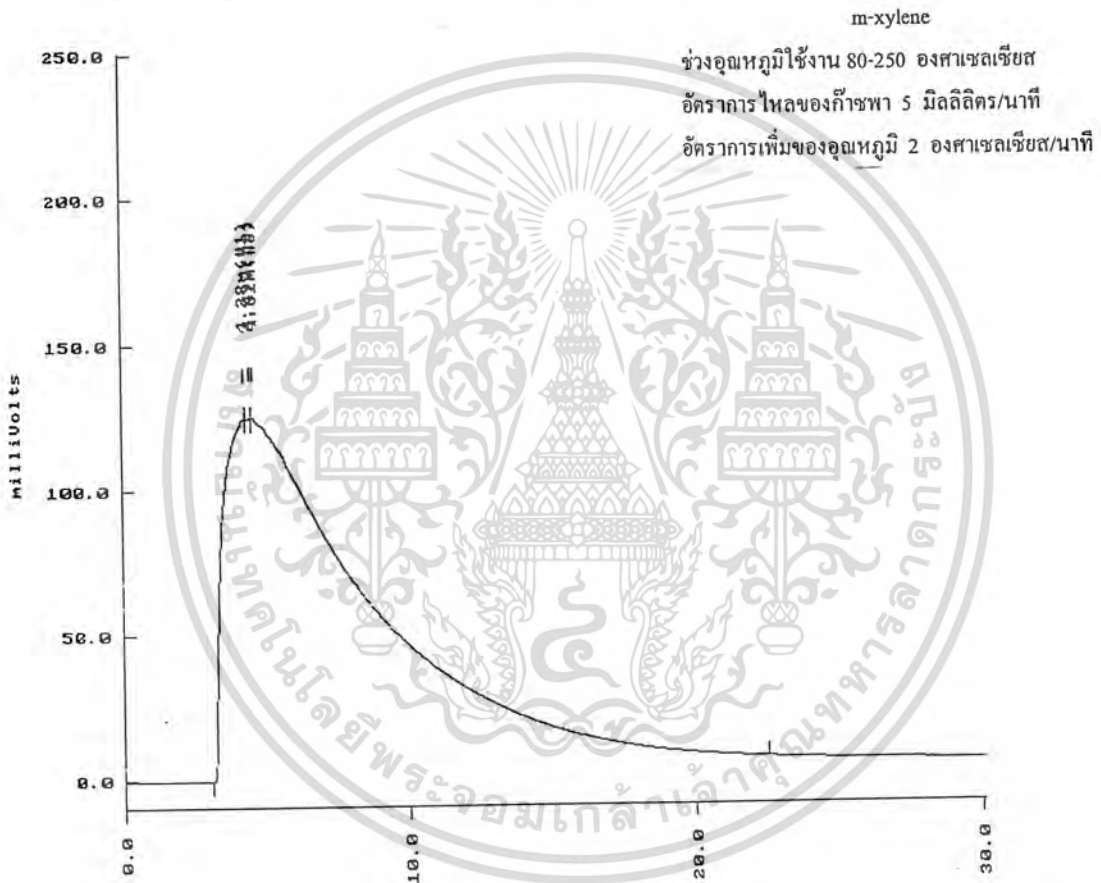
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	93.41	1273.4	-	7.2	100.0
TOTALS :			1273.4			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และข้อมูลในรายงานนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการค้า
 รูปที่ จ-3 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้เป็นของห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาของเจ้าหน้าที่เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 12:30 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : m24-3-3 CHROMATOGRAM FILE : m24-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m24-3-3 recorded at 11:57 am on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	4.28	6843.7	57.49	123.9	15.1
2	PP	4.49	1297.2	-	124.2	2.9
3	PB	4.61	37178.2	-	124.3	82.0
TOTALS :			45319.1			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่จากกรมวิชาการ กระทรวงสาธารณสุข
 รูปที่ จ-4 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งรวมเพิ่มข้อมูลของอุณหภูมิใช้งานของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

1.1.2 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 5 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาตรสารที่ฉีด	3.5 µL

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	3 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

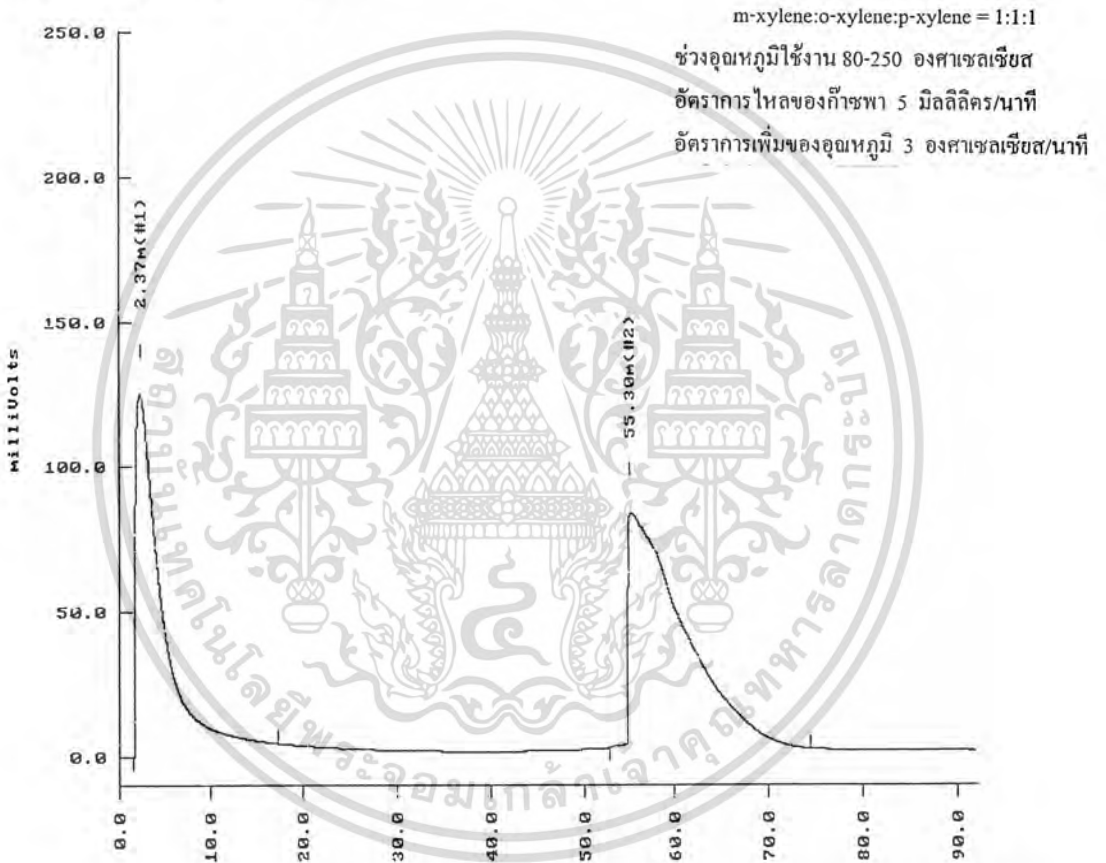
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-5 จ-6 จ-7 และ จ-8 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 4:23 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 30/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp30-3-3 CHROMATOGRAM FILE : sp30-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp30-3-3 recorded at 2:51 pm on 30/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



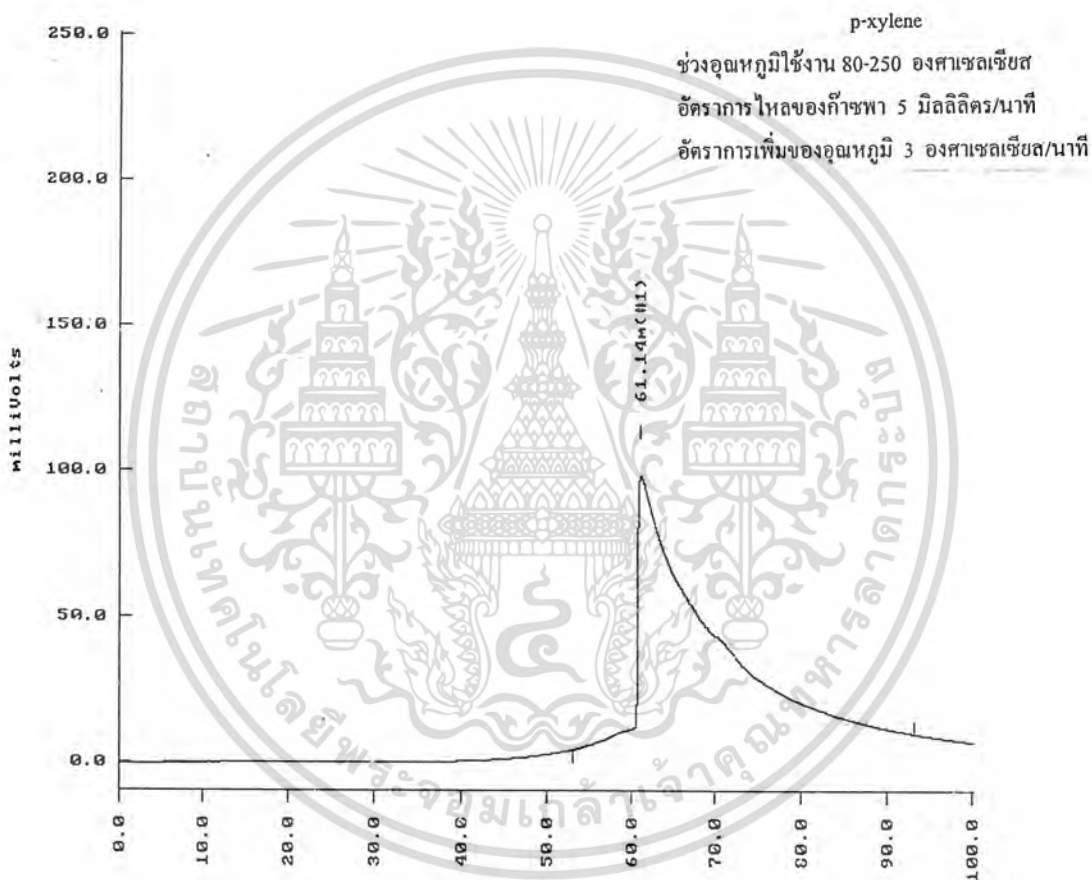
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.37	23941.2	148.64	124.8	41.8
2	BB	55.30	33354.5	365.25	80.4	58.2
TOTALS :			57295.6			100.0

รูปที่ จ-5 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การวิเคราะห์และรายงานผลการวิเคราะห์โดยกรมวิชาการและกรมการคุ้มครองสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และอัตราส่วน 1:1:1 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกข้อมูลและต้องแจ้งกรมวิชาการของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 5:15 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p24-3-2 CHROMATOGRAM FILE : p24-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p24-3-2 recorded at 3:31 pm on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



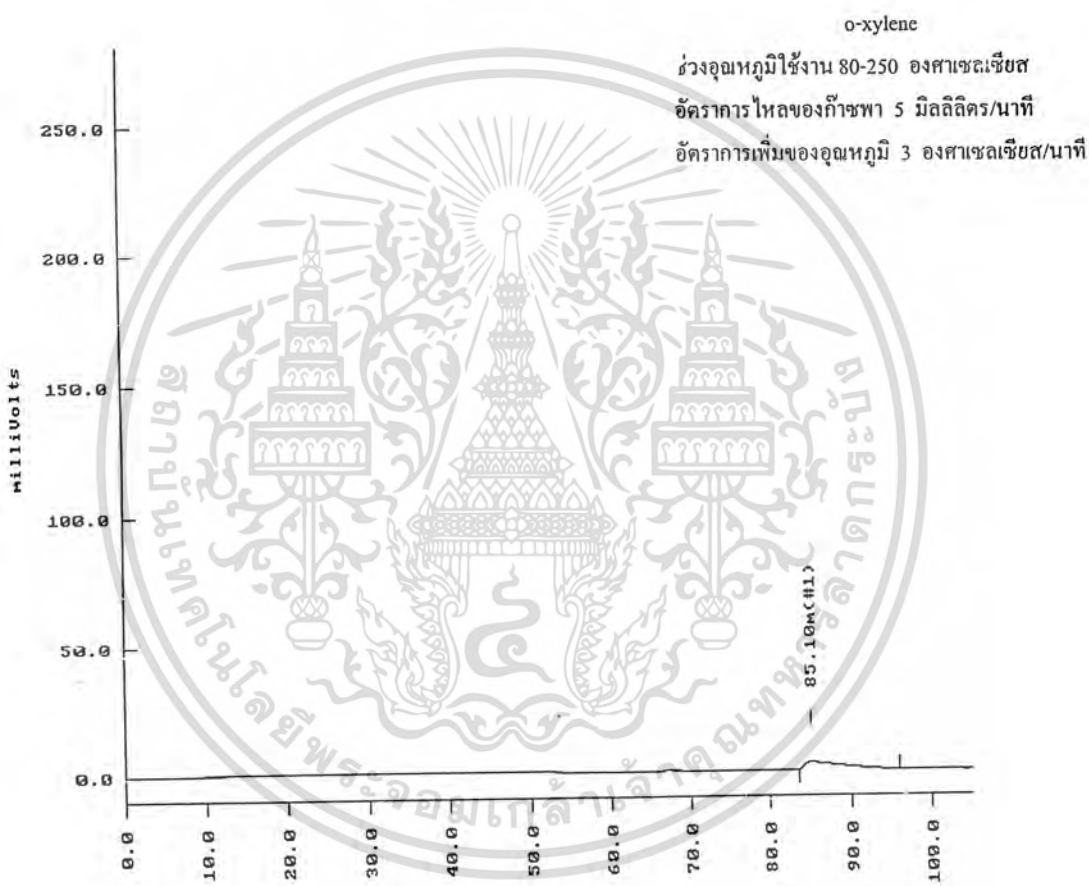
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	61.14	53222.7	421.69	92.4	100.0
TOTALS :			53222.7			100.0

เอกสารนี้เป็นรูปที่ตรวจได้จากผลการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และอุณหภูมิที่คำนวณไปนั้นจะรวมและคงเหลือถึงมือของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 5:58 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 1/4/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o1-4-3 CHROMATOGRAM FILE : o1-4-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o1-4-3 recorded at 4:05 pm on 01/04/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



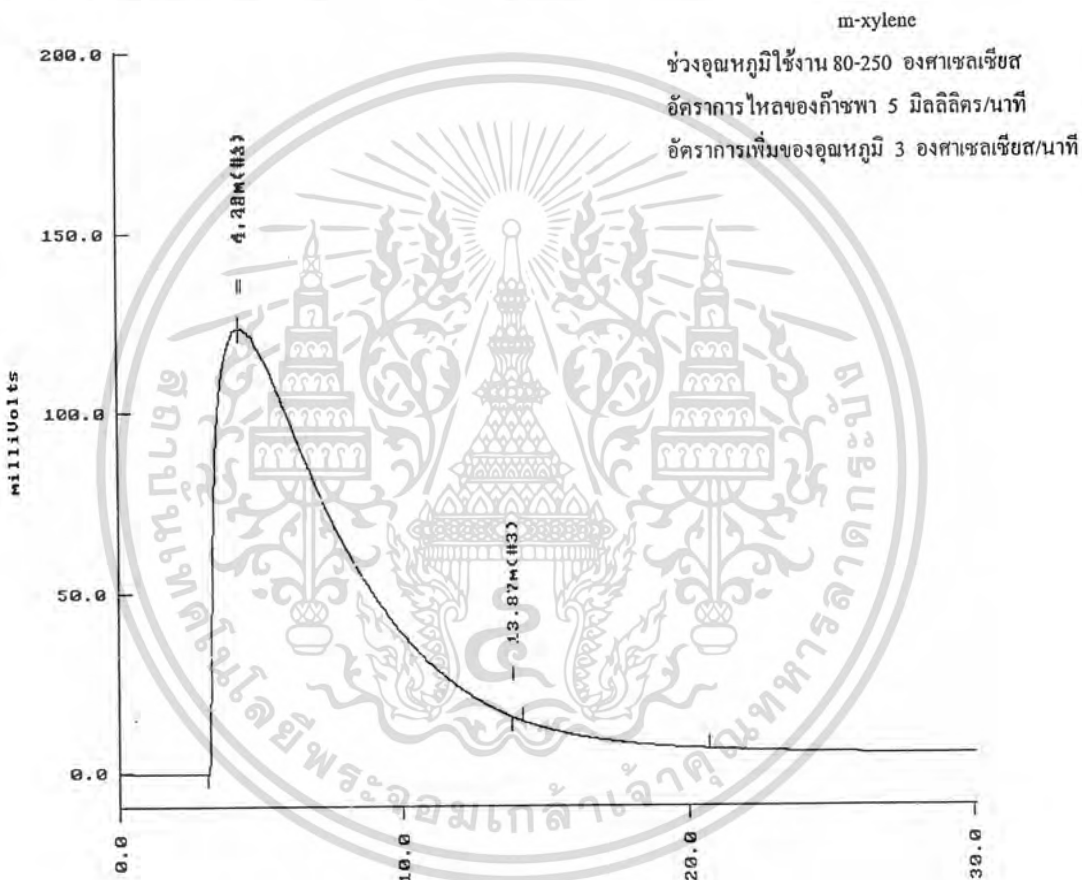
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	85.10	1000.9	322.90	2.9	100.0
TOTALS :			1000.9			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการดำเนินการอื่นได้
 รูปที่ จ-7 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คำปรึกษาและช่วยเหลือทางเทคนิคแก่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 11:55 am DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : m24-3-2 CHROMATOGRAM FILE : m24-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m24-3-2 recorded at 11:21 am on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	4.32	6772.7	57.89	122.9	16.9
2	PB	4.42	33326.9	-	122.9	83.1
3	VT	13.87	1.4	5.19	0.1	0.0
TOTALS :			40100.9			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไปยังผู้รับบริการเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย
 รูปที่ จ-8 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที ในการคำนวณค่า
 ไม่วากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อัตราอุณหภูมิที่คำนวณและค่าอุณหภูมิของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

1.1.3 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 5 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาตรสารที่ฉีด	3.5 µL

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	5 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-9 จ-10 จ-11 จ-12 และ จ-13 ตามลำดับ

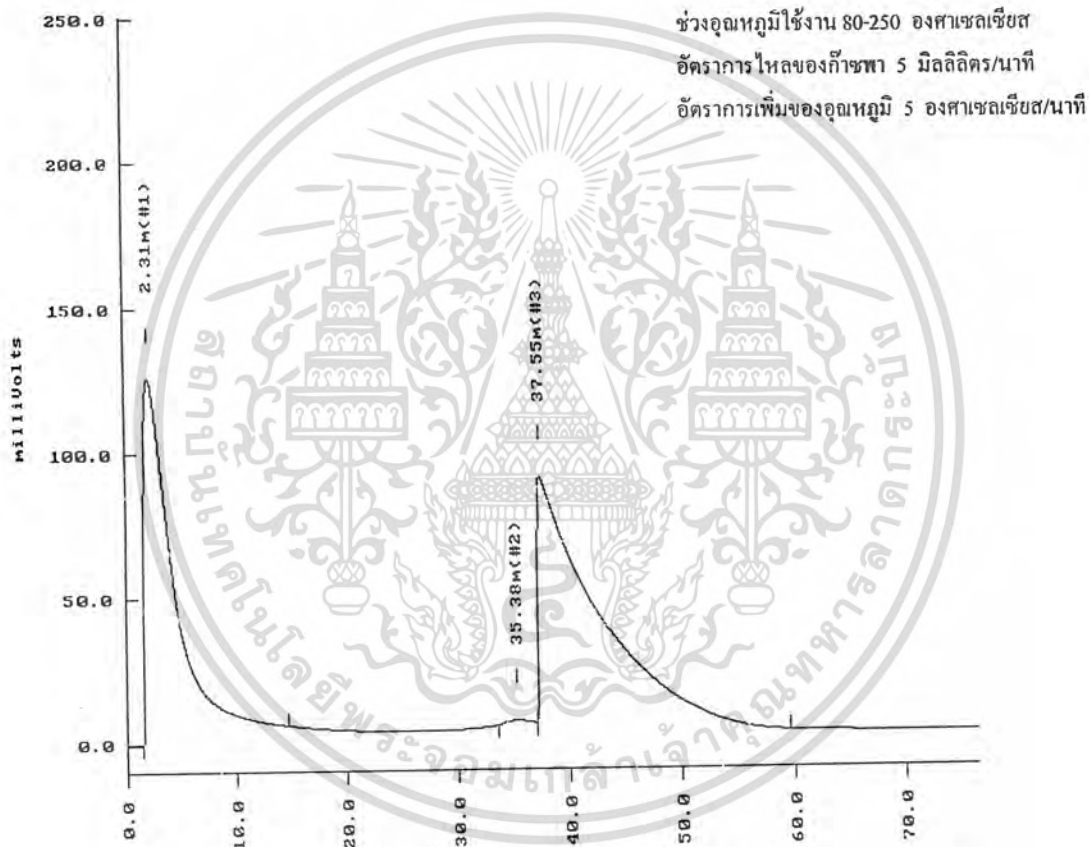
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 2:40 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 30/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp30-3-2 CHROMATOGRAM FILE : sp30-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp30-3-2 recorded at 1:22 pm on 30/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT

m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1



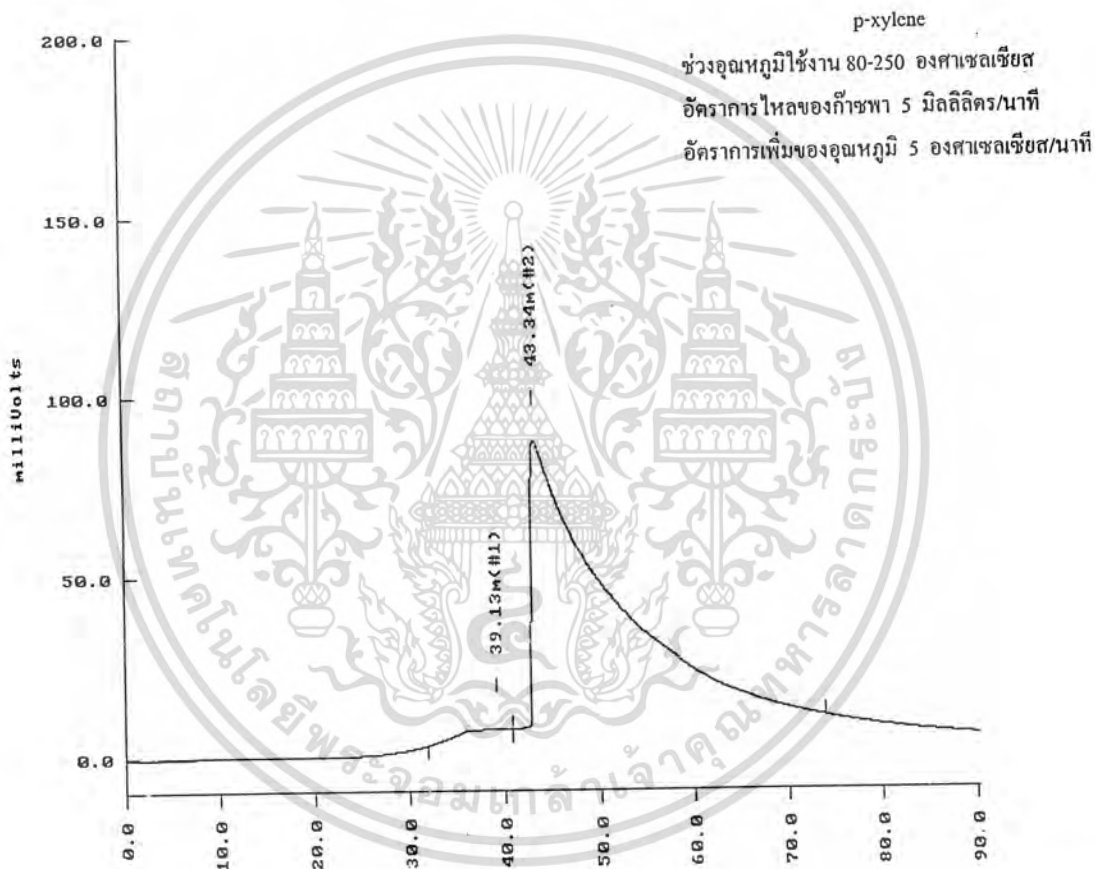
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.31	22709.5	143.90	125.6	41.8
2	BP	35.38	286.5	126.53	1.9	0.5
3	PB	37.55	31273.8	280.32	85.8	57.6
TOTALS :			54269.7			100.0

รูปที่ จ-9 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ข้อมูลอาจไม่ถูกต้องและไม่ควรนำมาใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีไม่คัดแปลงเนื้อหาและแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 6:51 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p24-3-3 CHROMATOGRAM FILE : p24-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p24-3-3 recorded at 5:19 pm on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



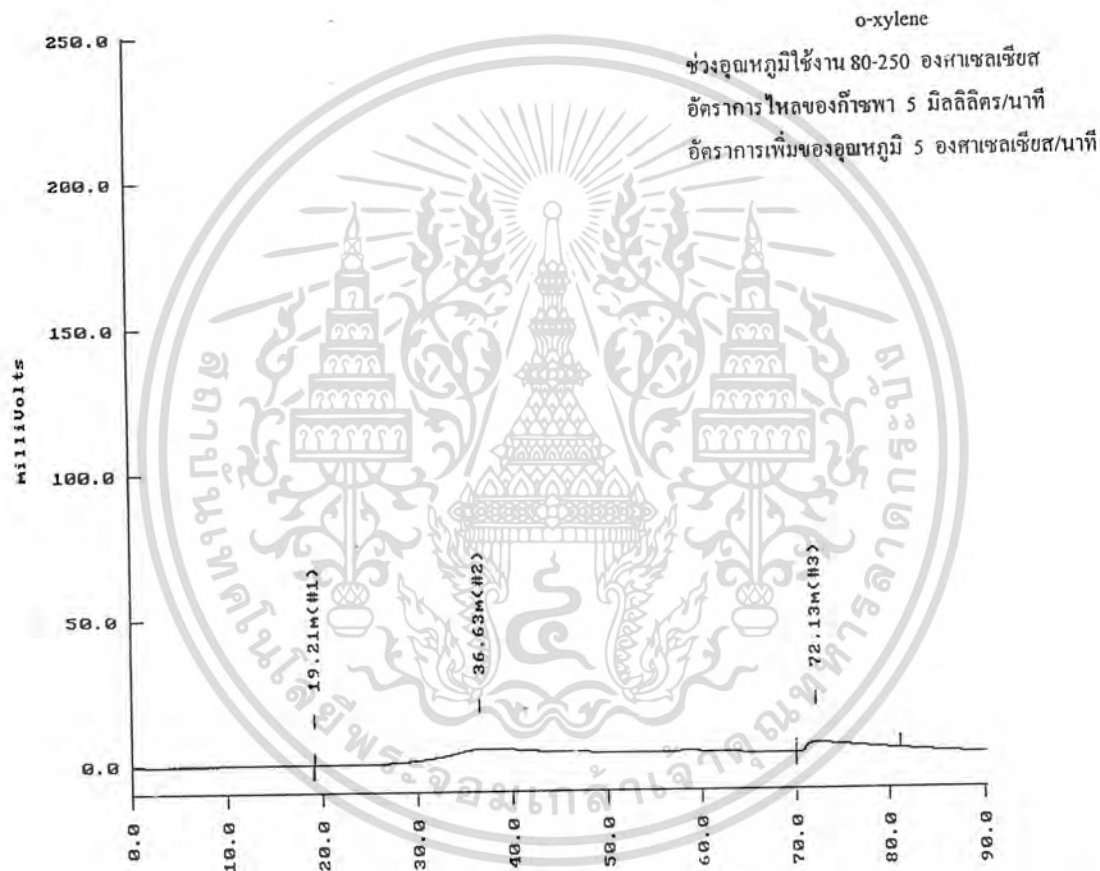
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	39.13	1264.4	316.82	3.2	2.6
2	PB	43.34	48095.9	450.11	82.2	97.4
TOTALS :			49360.3			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำข้อมูลไปใช้ในการค้า
 ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานวิจัยของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 8:28 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : o24-3-1 CHROMATOGRAM FILE : o24-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o24-3-1 recorded at 6:54 pm on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



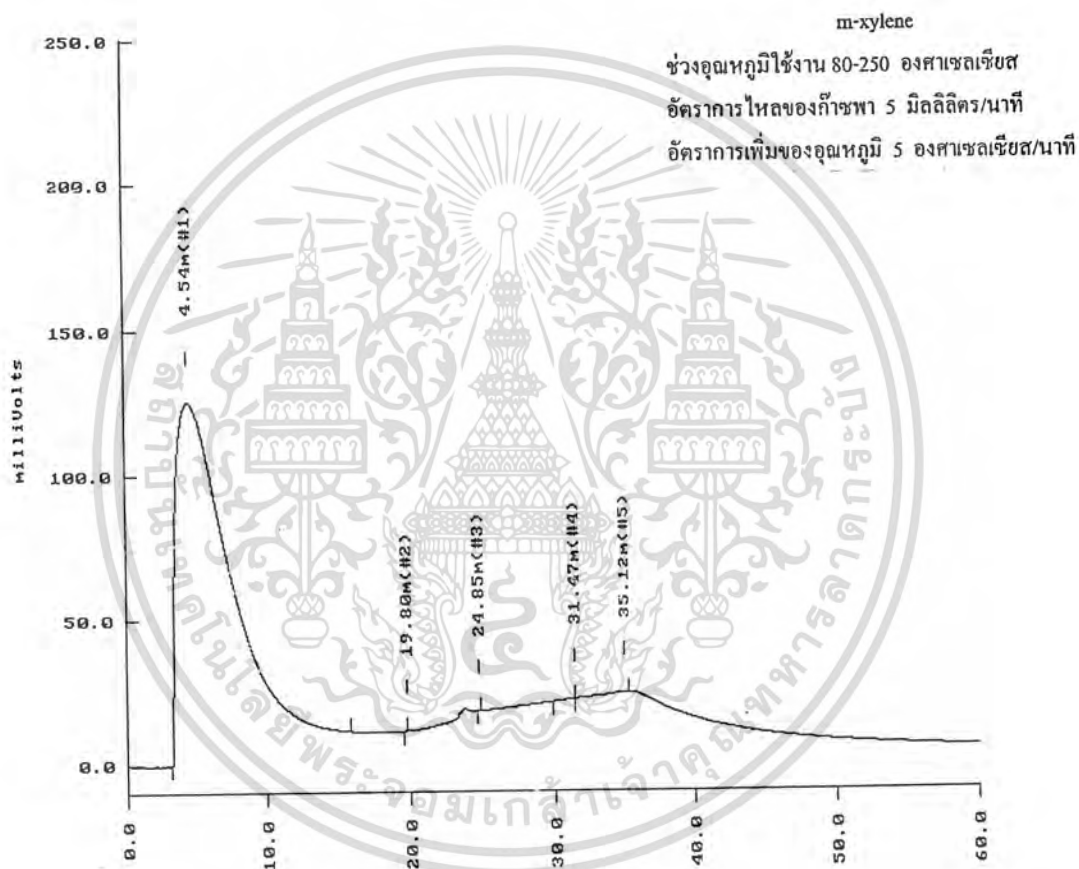
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	19.21	0.5	5.35	0.1	0.0
2	PV	36.63	4963.7	-	4.1	82.0
3	VB	72.13	1088.0	352.10	3.2	18.0
TOTALS :			6052.2			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้เพื่อการพาณิชย์
 รูปที่ จ-11 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที
 และไม่มีการปรับพีคอื่น ๆ อีกทั้งหมดเป็นไปตามข้อกำหนดของงานวิจัยและเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 11:19 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : m24-3-1 CHROMATOGRAM FILE : m24-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m24-3-1 recorded at 10:16 am on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



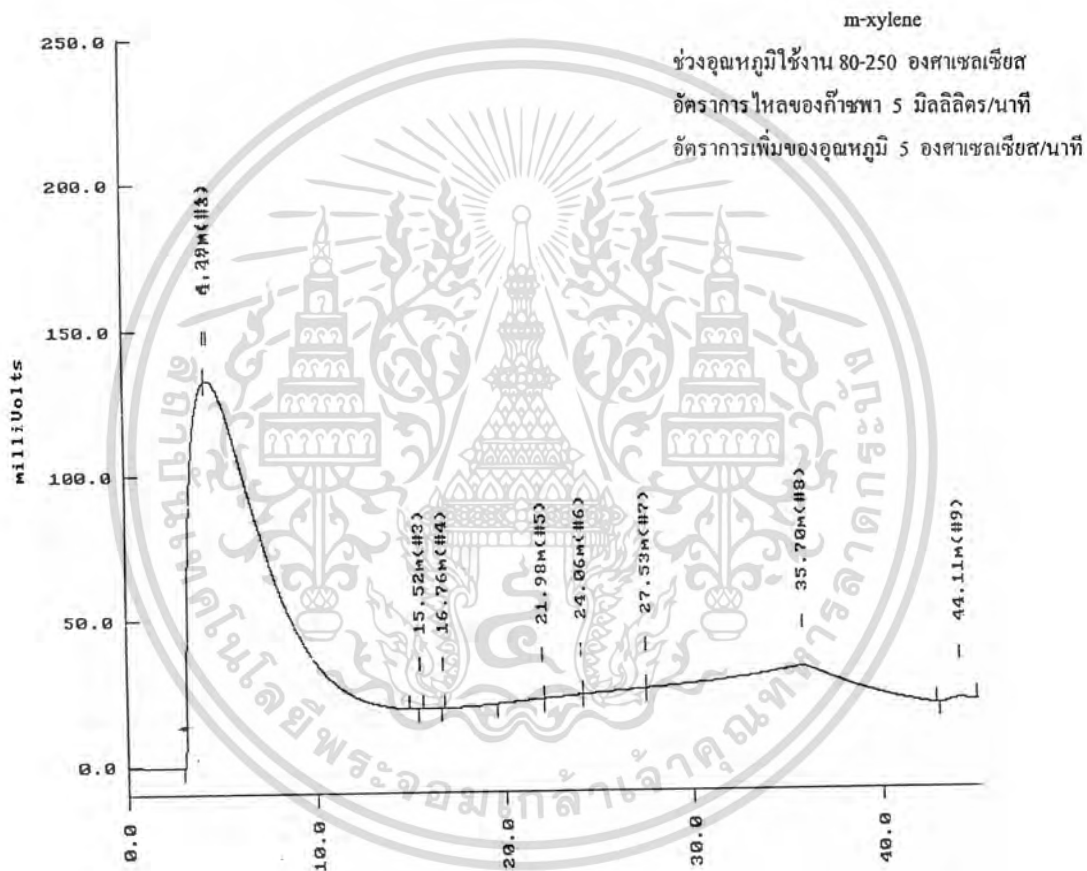
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	4.54	33060.3	248.57	124.3	99.9
2	BV	19.80	0.5	11.68	0.0	0.0
3	BP	24.85	0.4	6.08	0.0	0.0
4	PP	31.47	8.7	28.96	0.2	0.0
5	PB	35.12	29.6	56.94	0.2	0.1
TOTALS :			33099.6			100.0

เอกสารนี้เป็นรูปที่ จ-12 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 1:21 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 24/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : m24-3-4 CHROMATOGRAM FILE : m24-3-4
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m24-3-4 recorded at 12:35 pm on 24/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



เอกสารนี้เป็นรูปที่จ-13 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที การคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	4.32	7751.6	63.76	130.3	18.2
2	PB	4.47	28085.4	199.56	130.3	66.1
3	BB	15.52	0.4	4.38	0.1	0.0
4	BV	16.76	0.3	4.14	0.0	0.0
5	VB	21.98	7.8	116.92	0.1	0.0
6	BP	24.06	102.7	64.97	1.6	0.2
7	PP	27.53	587.1	180.06	4.1	1.4
8	PV	35.70	5903.6	511.11	12.0	13.9
9	VE	44.11	65.4	67.52	1.0	0.2
TOTALS :			42504.4			100.0



เอกสารนี้รูปที่ จ-13 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้นและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาทีของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที

1.2.1 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 15 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาณสารที่ฉีด	3.5 µL

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	2 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

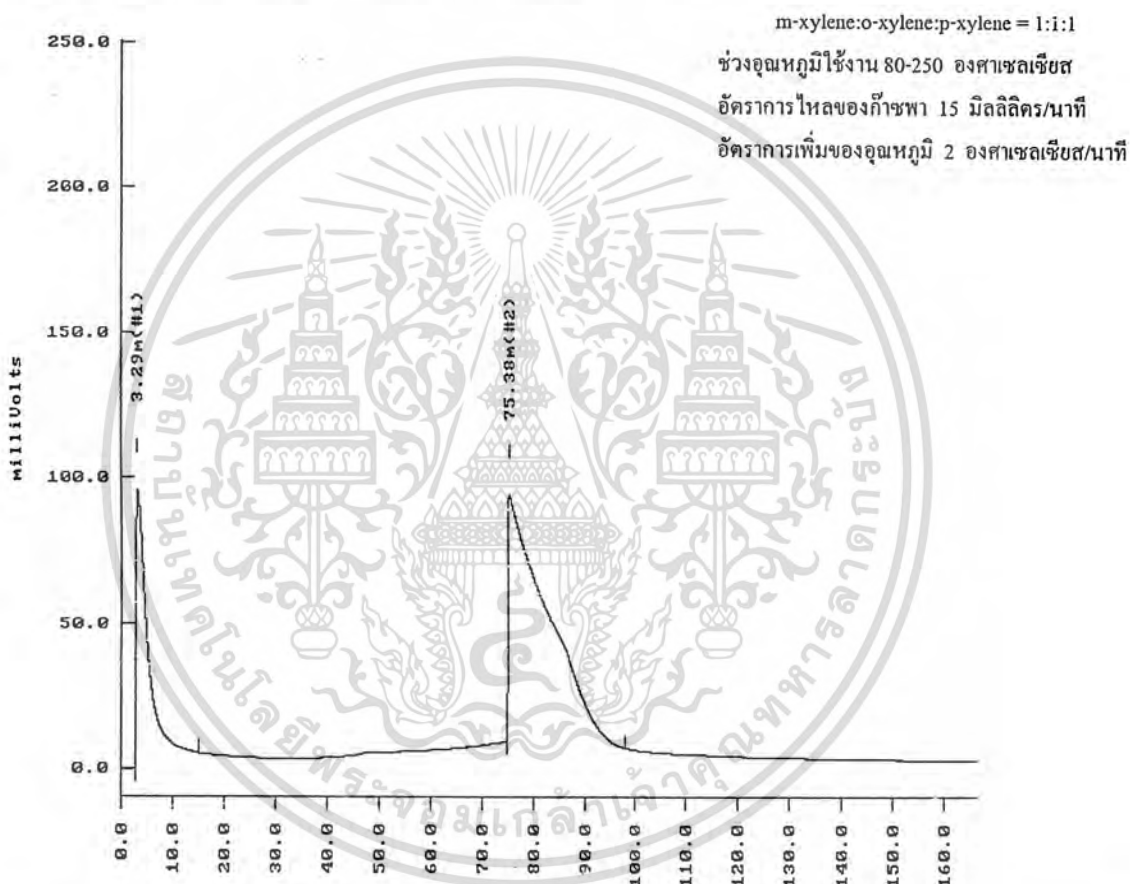
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-14 จ-15 จ-16 จ17 และ จ-18 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 1:12 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 22/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp22-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp22-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp22-3-1 recorded at 10:23 am on 22/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



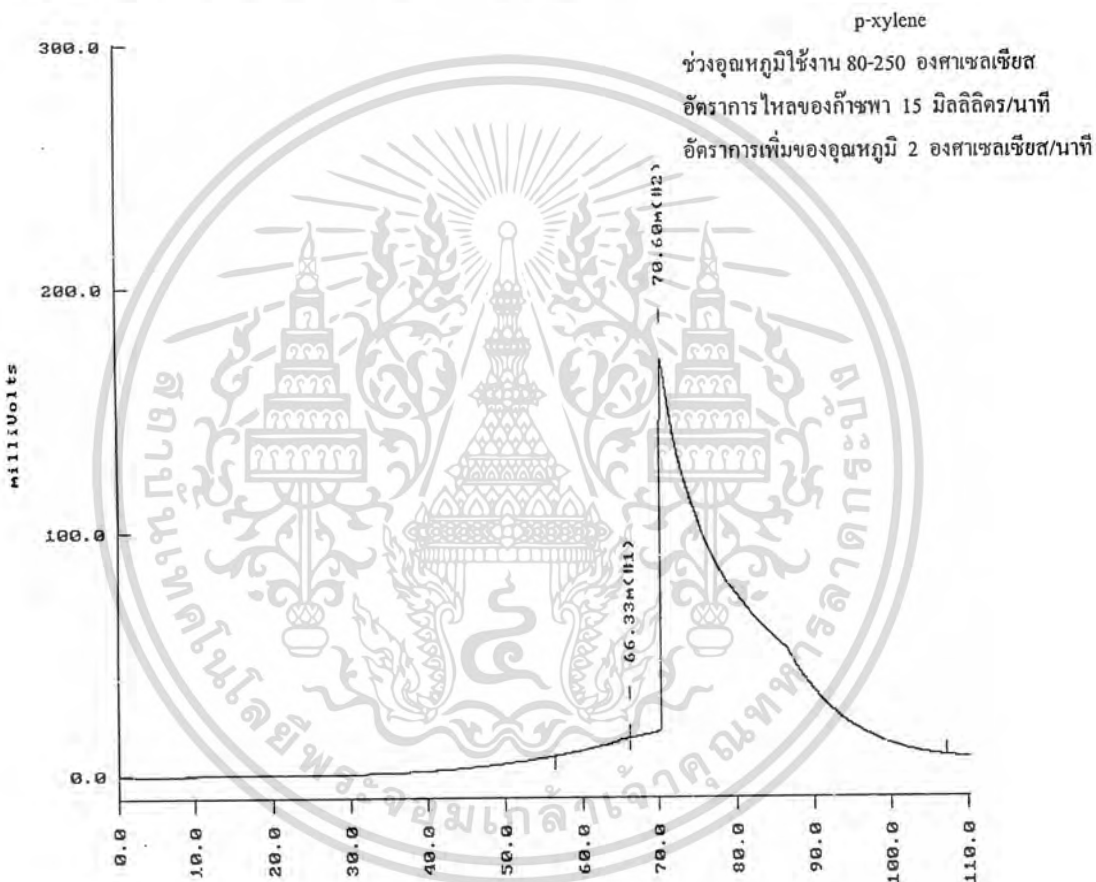
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	3.29	15572.5	125.95	95.2	25.6
2	BB	75.38	45267.1	492.33	84.3	74.4
TOTALS :			60882.1			100.0

รูปที่ จ-14 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สละสิทธิ์การคุ้มครองสิทธิบัตรและข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลการค้า
 อัตราส่ว 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และการค้ำ
 ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อัตรการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที
 อัตรการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาทีของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 8:27 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 22/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p22-3-1 CHROMATOGRAM FILE : p22-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p22-3-1 recorded at 6:35 pm on 22/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



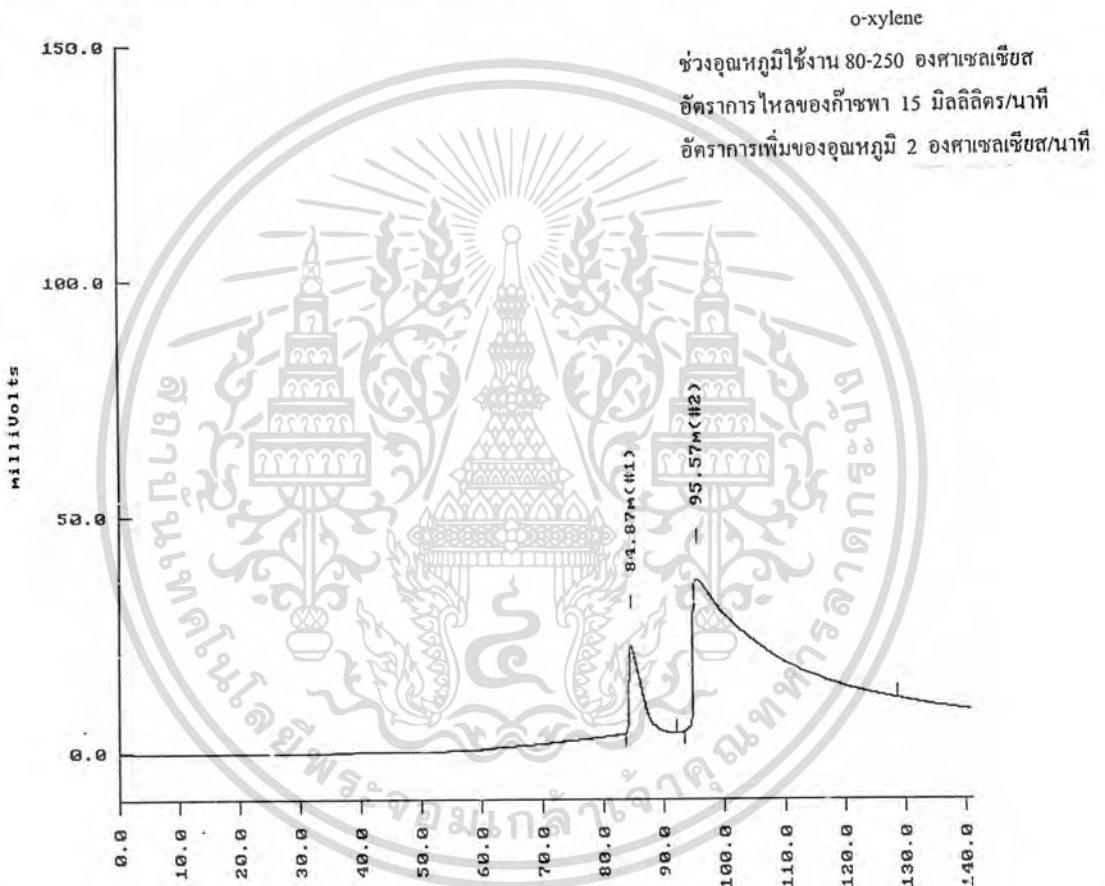
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	66.33	2107.4	268.64	7.4	2.1
2	PB	70.60	99333.6	411.85	162.2	97.9
TOTALS :			101441.0			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำออกจำหน่ายหรือใช้
 รูปที่ จ-15 แสดงผลจากการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 และไม่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 4:50 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 22/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o22-3-2 CHROMATOGRAM FILE : o22-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o22-3-2 recorded at 2:28 pm on 22/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



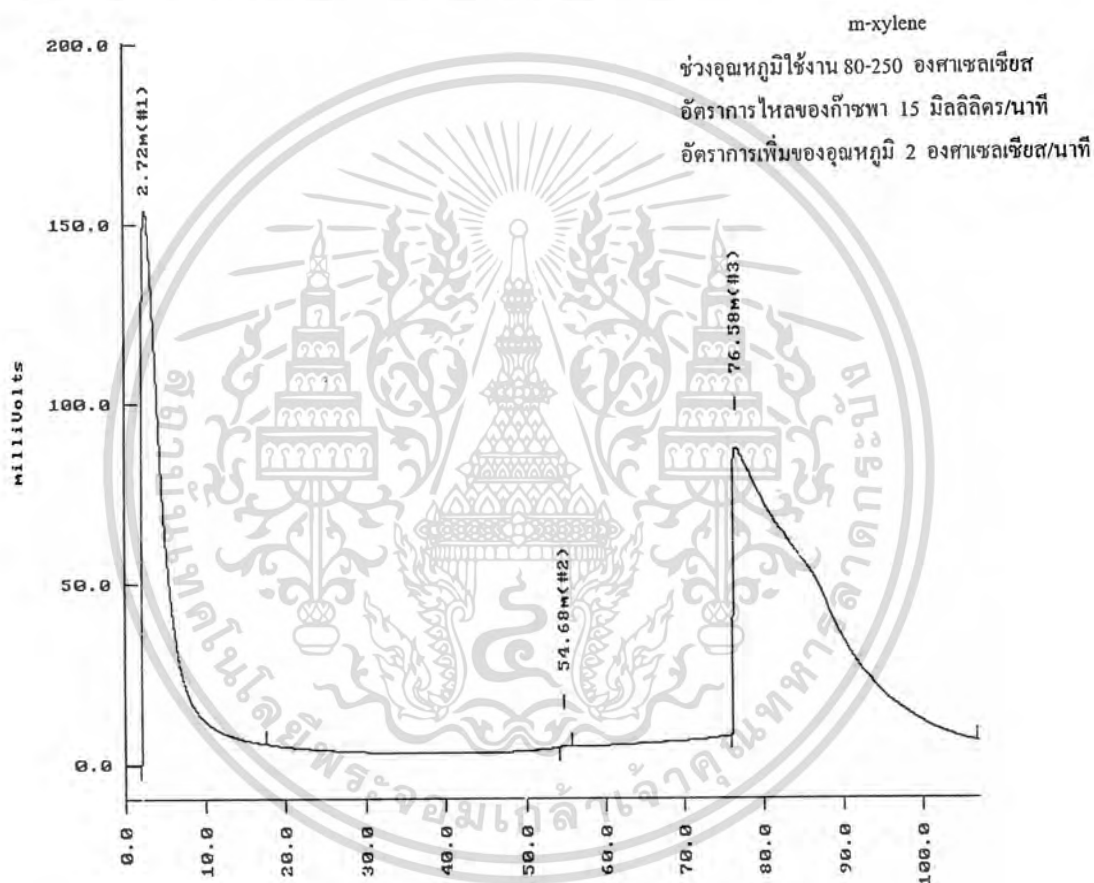
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	84.87	2559.3	131.12	18.4	9.5
2	BB	95.57	24362.8	700.34	31.6	90.5
TOTALS :			26922.1			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้ในทางวิชาการเพื่อการศึกษาค้นคว้าและการค้า
 รูปที่ จ-16 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 และไม่มีการปรับพีค ซึ่งค่าที่ได้คือ 84.87 และ 95.57 และค่าของพื้นที่ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 12:52 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 23/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : m23-3-1 CHROMATOGRAM FILE : m23-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m23-3-1 recorded at 12:20 pm on 23/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



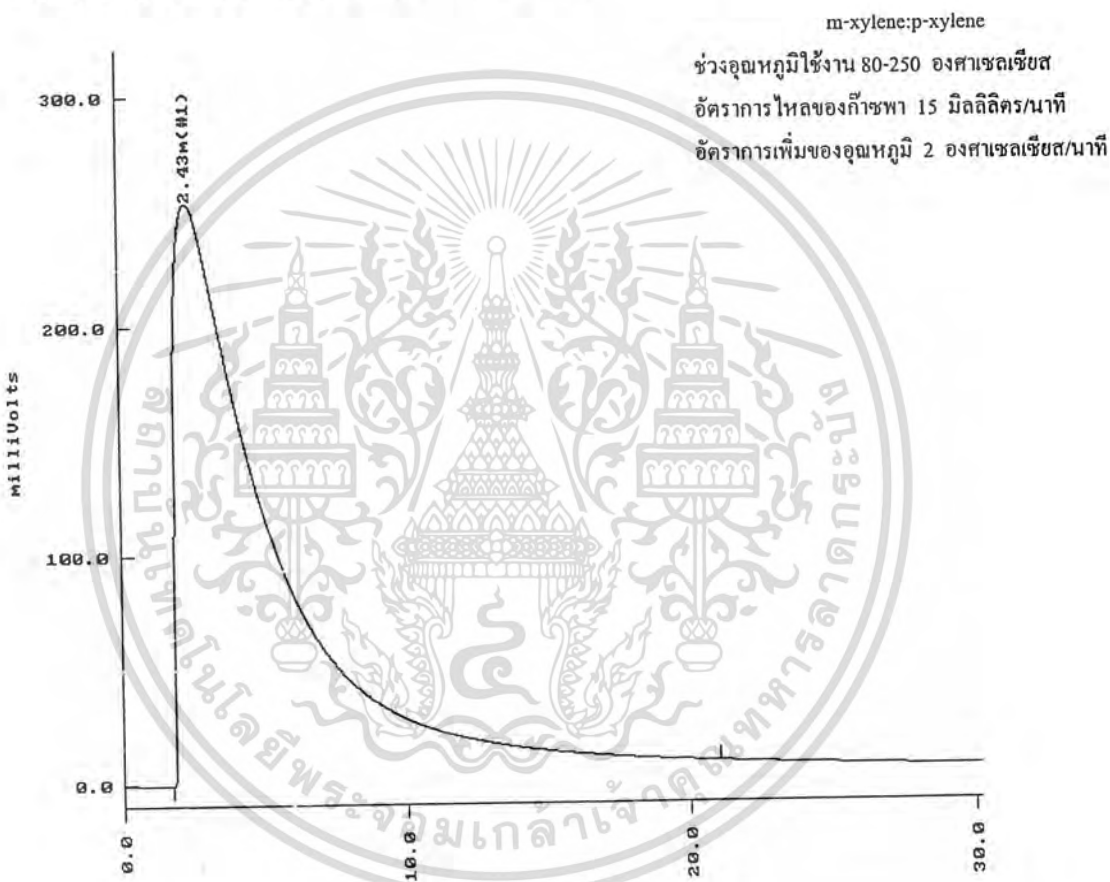
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.43	58921.9	-	253.1	100.0
TOTALS :			58921.9			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นต้นแบบของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 12:15 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 23/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : mp23-3-1 CHROMATOGRAM FILE : mp23-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram mp23-3-1 recorded at 10:27 am on 23/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.72	29404.2	152.38	153.6	34.9
2	BB	54.68	8.2	36.99	0.2	0.0
3	BE	76.58	54878.1	673.36	79.4	65.1
TOTALS :			84290.4			100.0

รูปที่ จ-18 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การนำข้อมูลไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่ม
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อตกลงและเงื่อนไขอื่น ๆ อีกมากมายที่ปรากฏในเอกสารฉบับนี้
 ของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

1.2.2 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 15 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาตรสารที่ฉีด	3.5 µL

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	3 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

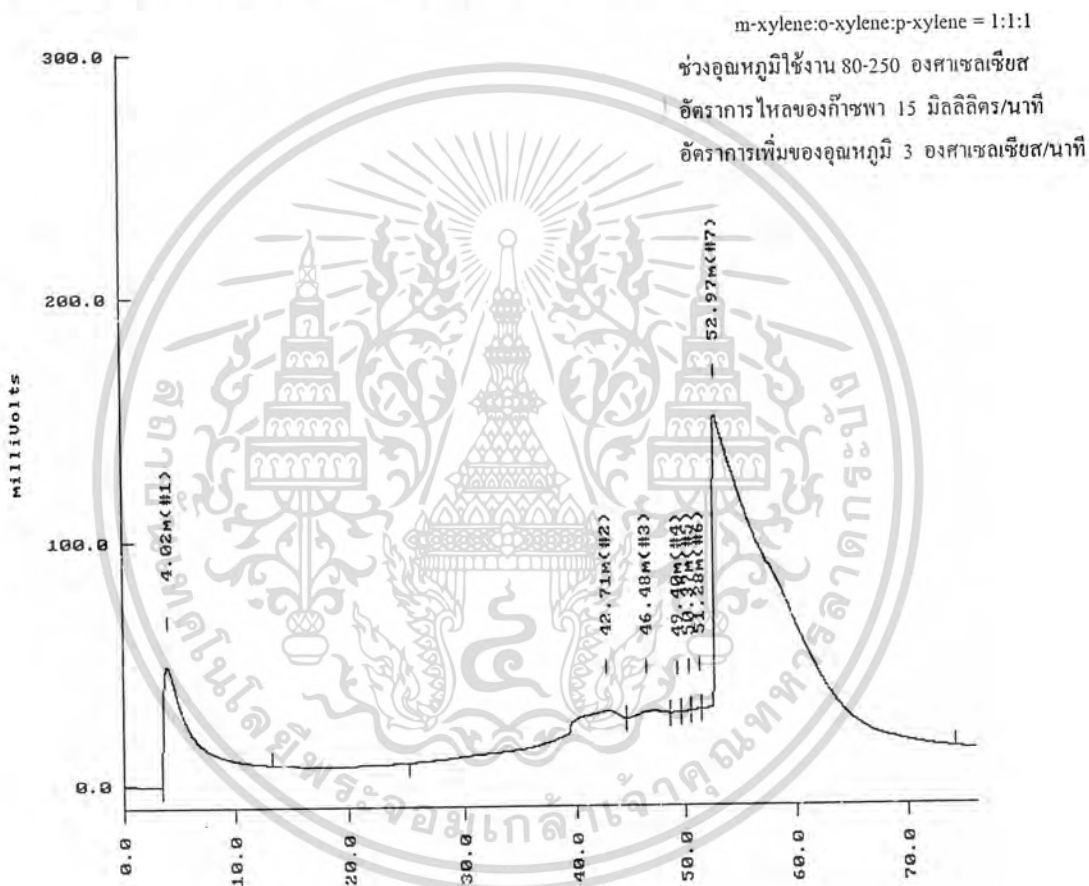
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-19 จ-20 จ-21 จ-22 จ-23 และ จ-24 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 12:19 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 19/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp19-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp19-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp19-3-1 recorded at 10:59 am on 19/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



รูปที่ จ-19 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยกรมวิชาการเพื่อใช้ในการดำเนินงานการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และ
 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	4.02	7986.1	128.55	48.2	10.4
2	BP	42.71	8200.5	267.18	18.7	10.6
3	PP	46.48	4114.7	172.03	18.1	5.3
4	PP	49.40	989.9	49.88	17.4	1.3
5	PP	50.37	928.4	47.94	18.0	1.2
6	PP	51.28	1003.1	50.13	18.4	1.3
7	PB	52.97	53806.5	354.10	138.6	69.9
TOTALS :			77029.3			100.0

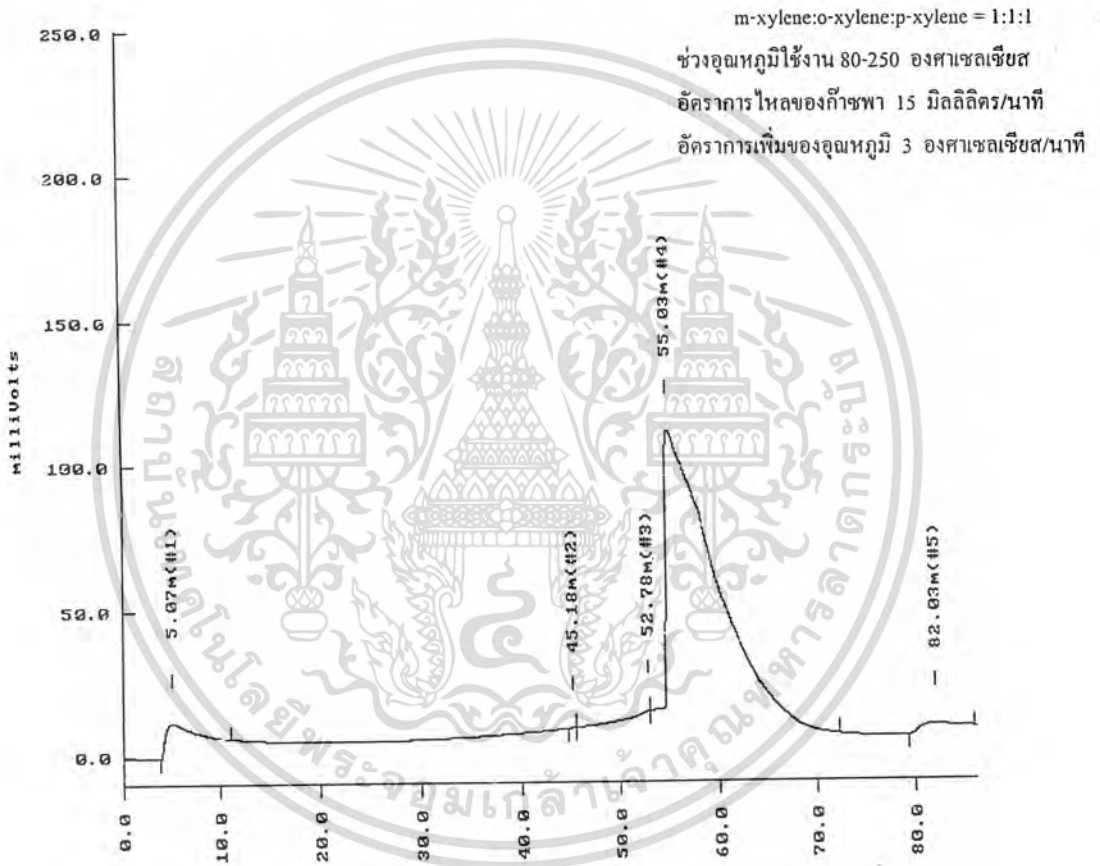


รูปที่ จ-19 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และการค้ำ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น... อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 7:02 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 19/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp19-3-3 CHROMATOGRAM FILE : sp19-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp19-3-3 recorded at 5:35 pm on 19/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



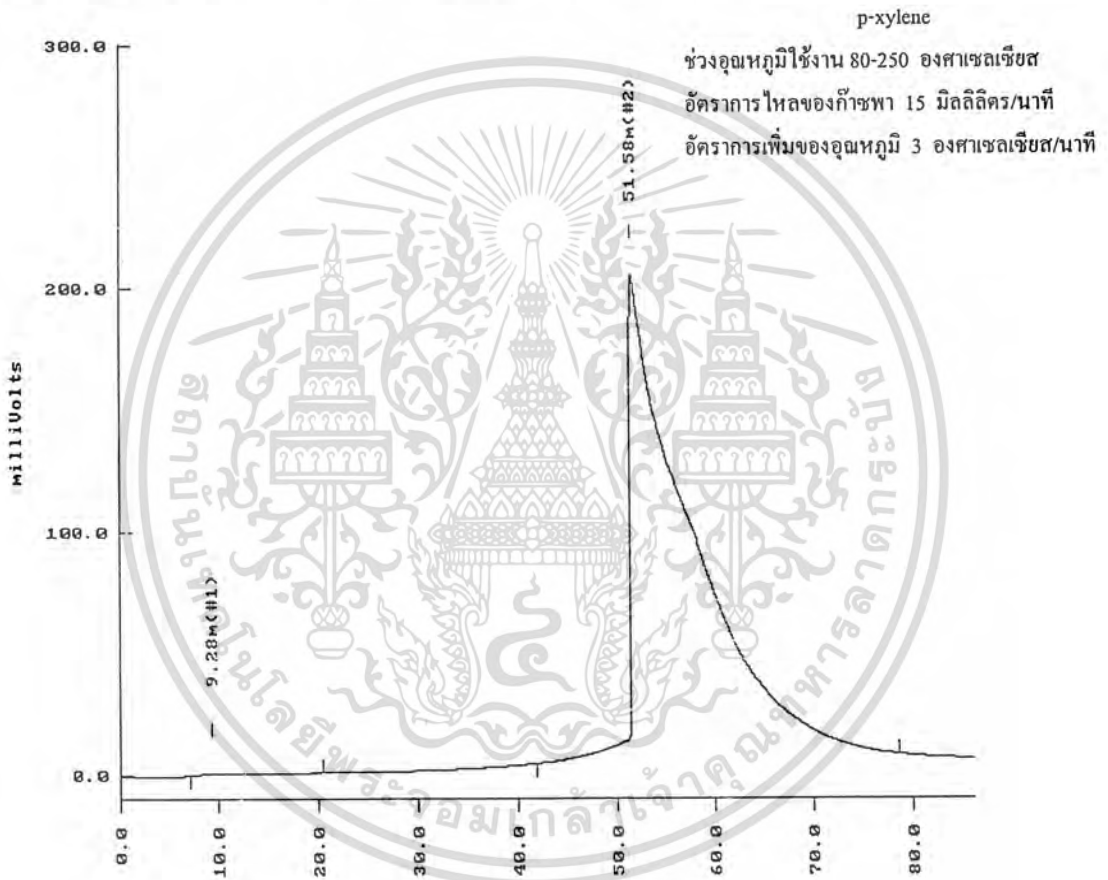
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	5.07	2252.3	221.94	10.7	5.6
2	BP	45.18	8.2	21.41	0.3	0.0
3	PP	52.78	1231.5	160.84	6.4	3.0
4	PB	55.03	36501.0	304.95	102.9	89.9
5	BE	82.03	586.9	244.79	2.5	1.4
TOTALS :			40579.9			100.0

รูปที่ จ-20 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และไม่ผ่านการใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 1:50 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 19/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p19-3-1 CHROMATOGRAM FILE : p19-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p19-3-1 recorded at 12:23 pm on 19/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



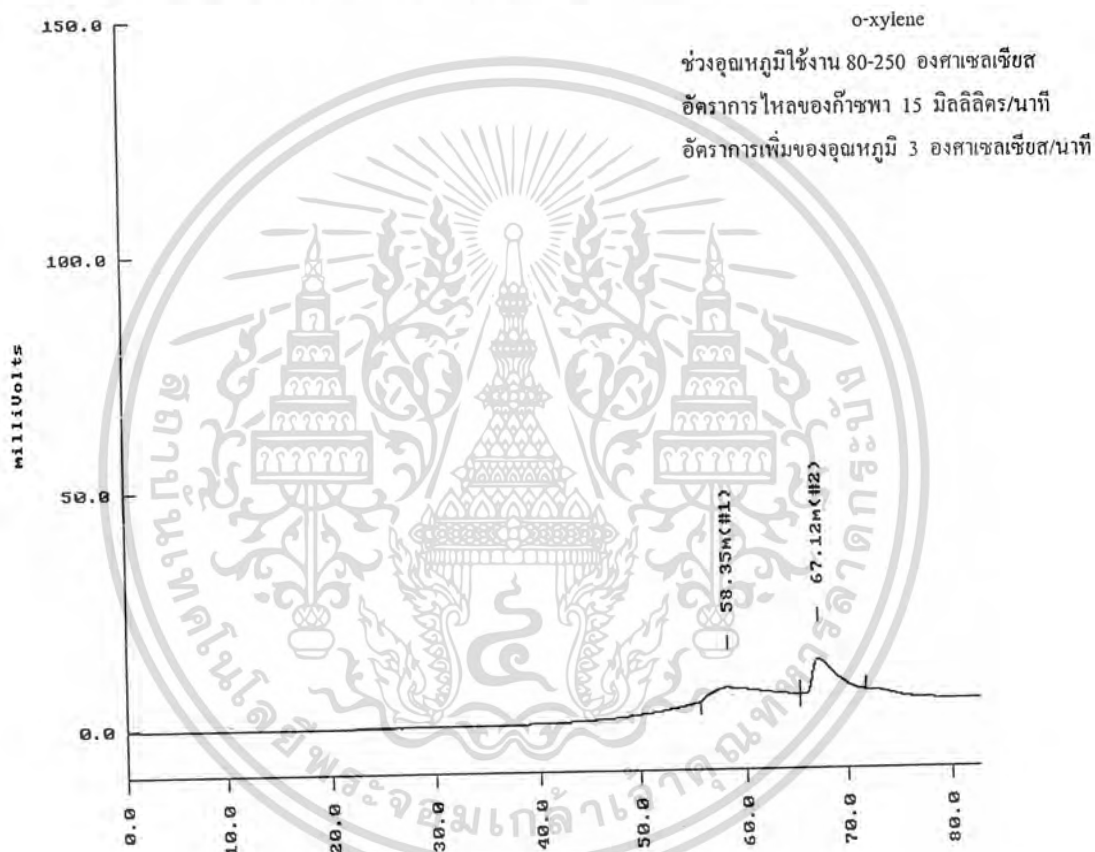
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	9.28	249.0	523.40	0.5	0.3
2	BB	51.58	87234.9	366.64	199.1	99.7
TOTALS :			87483.9			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรรมการบริหารและบุคลากรในหน่วยงานที่ออกเอกสารนี้
 รูปที่ จ-21 แสดงผลจากการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 และไม่มีการฉีดสารมาตรฐานใดๆ ทั้งสิ้น ล้วนขึ้นอยู่กับสัญญาณของมวลและอุณหภูมิของสารตัวอย่าง
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 4:51 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 19/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o19-3-1 CHROMATOGRAM FILE : o19-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o19-3-1 recorded at 3:28 pm on 19/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



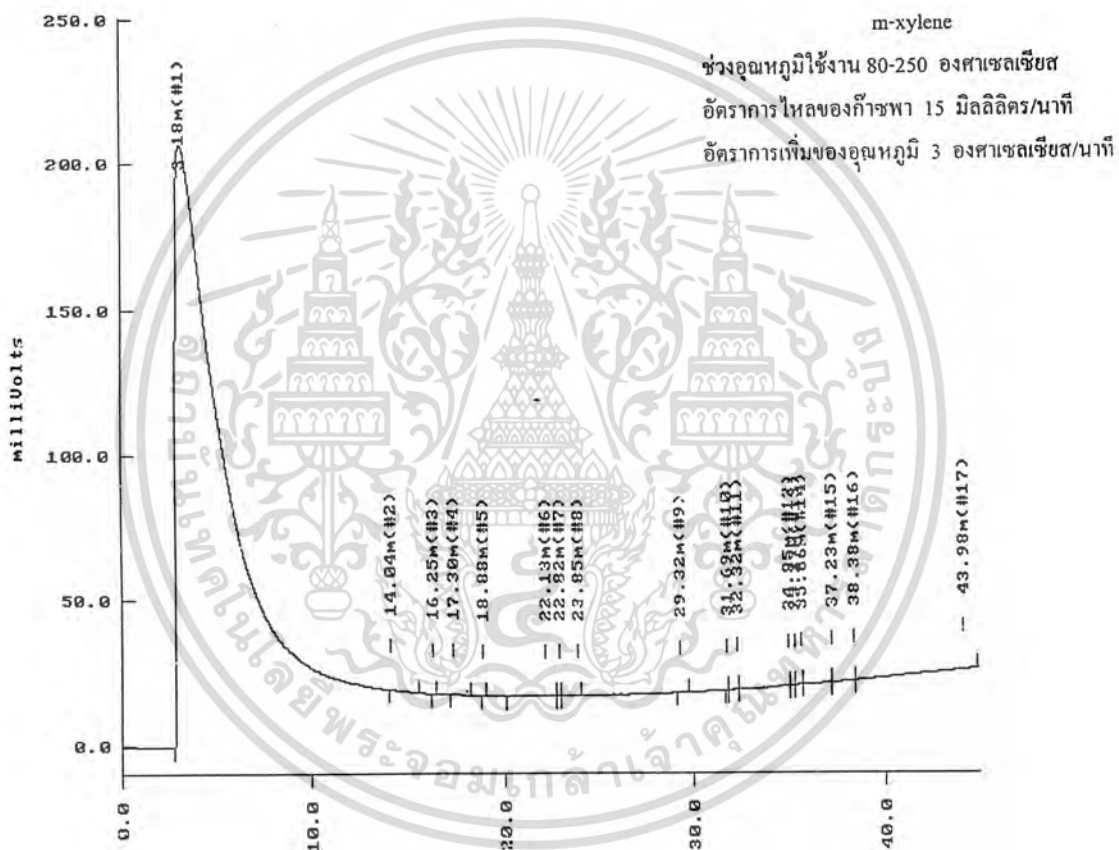
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	58.35	823.4	322.41	2.6	43.6
2	PB	67.12	1072.4	148.24	7.1	56.6
TOTALS :			1895.9			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบแก่ผู้รับบริการและเป็นการคืนทรัพย์สินแก่ผู้ให้บริการ
 รูปที่ จ-22 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นทรัพย์สินของหน่วยงานผู้ให้บริการเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 4:29 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 18/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : m18-3-2 CHROMATOGRAM FILE : m18-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m18-3-2 recorded at 3:43 pm on 18/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการตีพิมพ์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้เพื่อเผยแพร่การค้า
 รูปที่ จ-23 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ซึ่งทั้งหมดนี้คัดลอกปัญหาและต้องรวมถึงถึงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

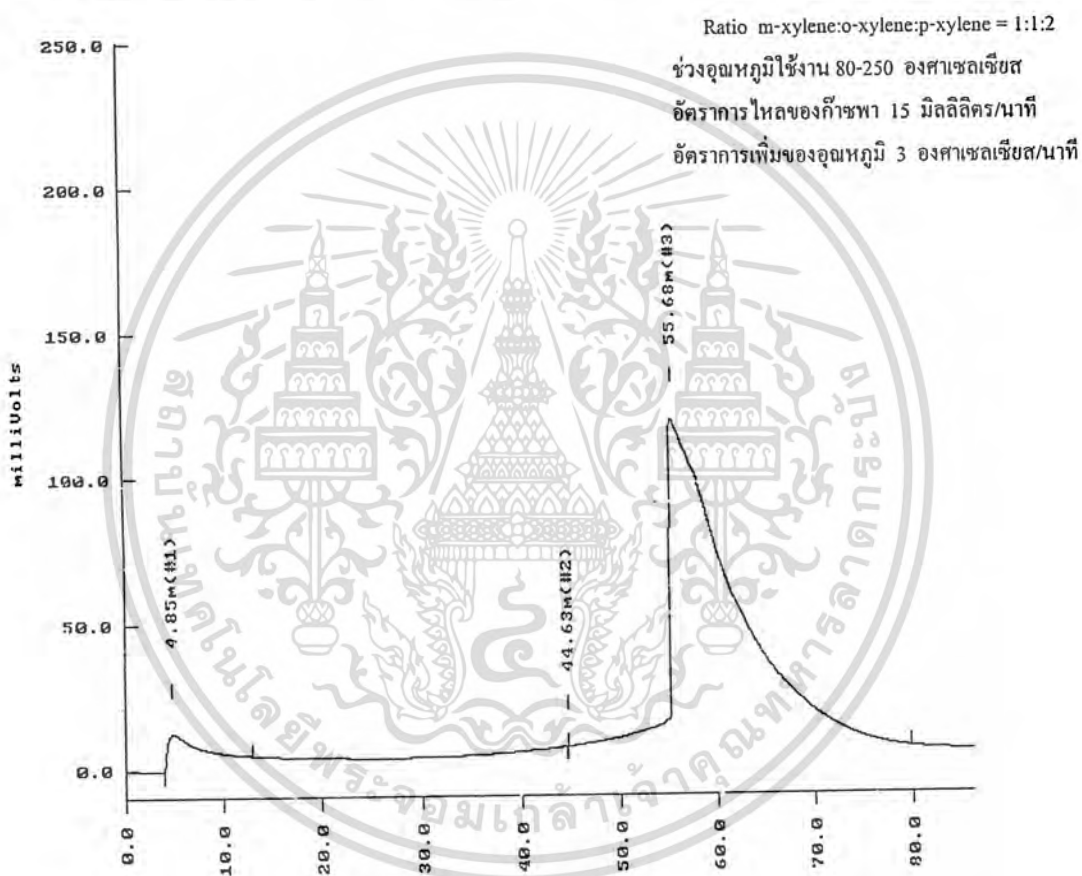
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	3.18	42700.3	146.51	206.5	99.9
2	VT	14.04	11.1	42.22	0.2	0.0
3	VT	16.25	1.0	8.76	0.1	0.0
4	VT	17.30	4.3	24.09	0.1	0.0
5	VT	18.88	0.7	7.06	0.1	0.0
6		22.13	12.0	34.55	0.1	0.0
7	VP	22.82	0.4	7.06	0.1	0.0
8	PT	23.85	1.5	2.68	0.0	0.0
9	BB	29.32	2.3	26.52	0.1	0.0
10	BV	31.69	0.4	4.62	0.1	0.0
11	VV	32.32	1.4	21.17	0.0	0.0
12	VV	34.95	0.4	12.41	0.1	0.0
13	VP	35.27	1.1	6.45	0.1	0.0
14	PP	35.66	3.0	19.95	0.1	0.0
15	PV	37.23	3.3	55.97	0.0	0.0
16	VV	38.38	3.7	19.22	0.1	0.0
17	VE	43.98	25.4	258.42	0.1	0.1
TOTALS :			42772.3			100.0

รูปที่ จ-23 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 เอกสารฉบับนี้แสดงและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของสารละลาย/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของสารละลาย/นาที

 TIME : 3:21 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 19/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : rp19-3-1 CHROMATOGRAM FILE : rp19-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram rp19-3-1 recorded at 1:52 pm on 19/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	4.85	2693.7	224.39	12.1	5.0
2	BP	44.63	0.5	5.35	0.1	0.0
3	PB	55.68	51625.2	355.17	112.1	95.0
TOTALS :			54319.4			100.0

รูปที่ จ-24 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภายในกรมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปยังบุคคลอื่นโดยไม่ผ่านการคัด
 ใ้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น สืบค้นจากหนังสือพิมพ์และสื่อมวลชนอื่น ๆ จากของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 อัตราส่วน 1:1:2 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และ
 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

1.2.3 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH

ดีเทคเตอร์ Flame Ionization Detector (FID)

ก๊าซพา ไนโตรเจน

อัตราการไหล $N_2 = 15$ มิลลิลิตร/นาที

$H_2 = 25$ มิลลิลิตร/นาที

AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที

คอลัมน์ ซิลิกาไลต์ (Silicalite)

ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว

อุณหภูมิ ช่องฉีดสาร 250 °C

ดีเทคเตอร์ 250 °C

คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C

ปริมาณสารที่ฉีด 3.5 μ L

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	5 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

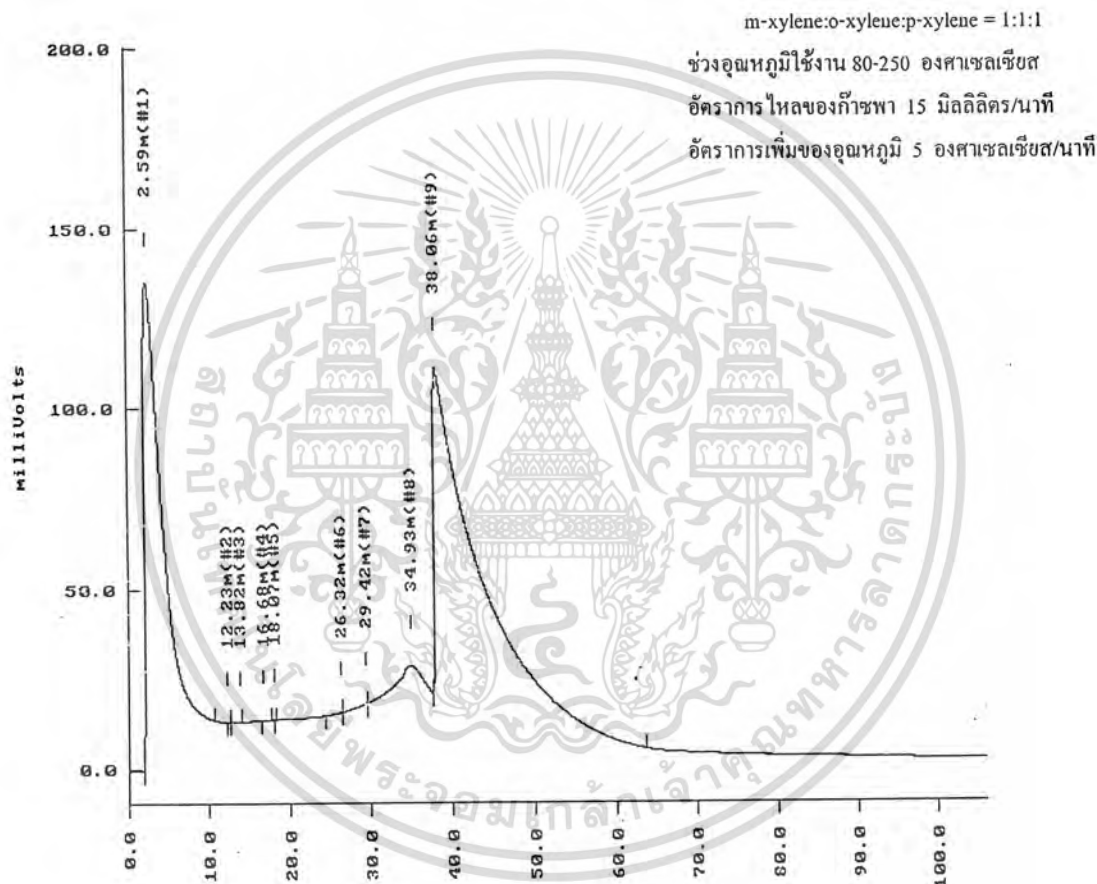
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-25 จ-26 จ-27 จ-28 จ-29 และ จ-30 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 2:43 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 23/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : sp23-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp23-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp23-3-1 recorded at 12:53 pm on 23/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



รูปที่ จ-25 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิ 80-250 องศาเซลเซียส อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.59	20717.8	134.73	134.2	31.9
2	BV	12.23	0.8	13.38	0.1	0.0
3	VB	13.82	0.1	6.08	0.0	0.0
4	BB	16.68	4.5	57.67	0.1	0.0
5	BB	18.07	0.9	7.66	0.1	0.0
6	BP	26.32	84.6	58.16	1.4	0.1
7	PP	29.42	534.8	133.34	4.6	0.8
8	PP	34.93	5264.9	289.08	16.2	8.1
9	PB	38.06	38337.5	272.96	99.1	59.0
TOTALS :			64945.9			100.0

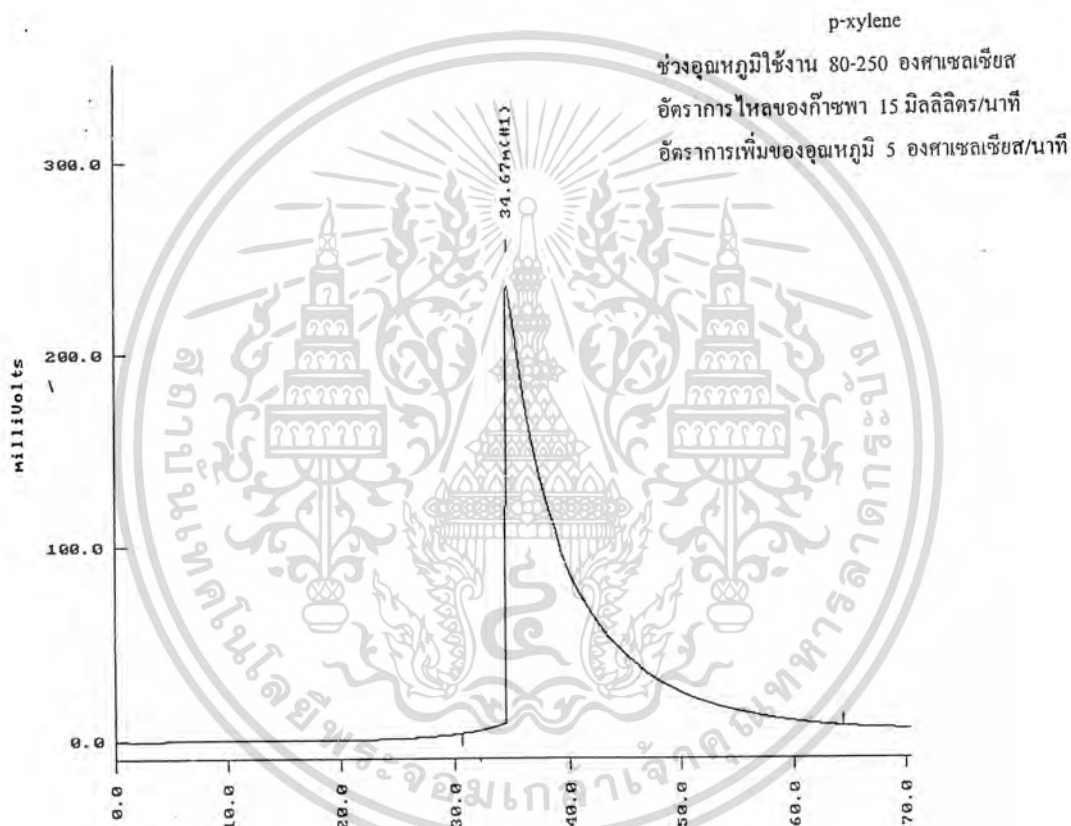


รูปที่ จ-25 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยกรมการมาตรฐานและตรวจสอบคุณภาพ โดยไม่มีการค้า
 อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ อัตราส่วนที่แสดงอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามข้อกำหนดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 7:45 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 23/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p23-3-1 CHROMATOGRAM FILE : p23-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p23-3-1 recorded at 6:31 pm on 23/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



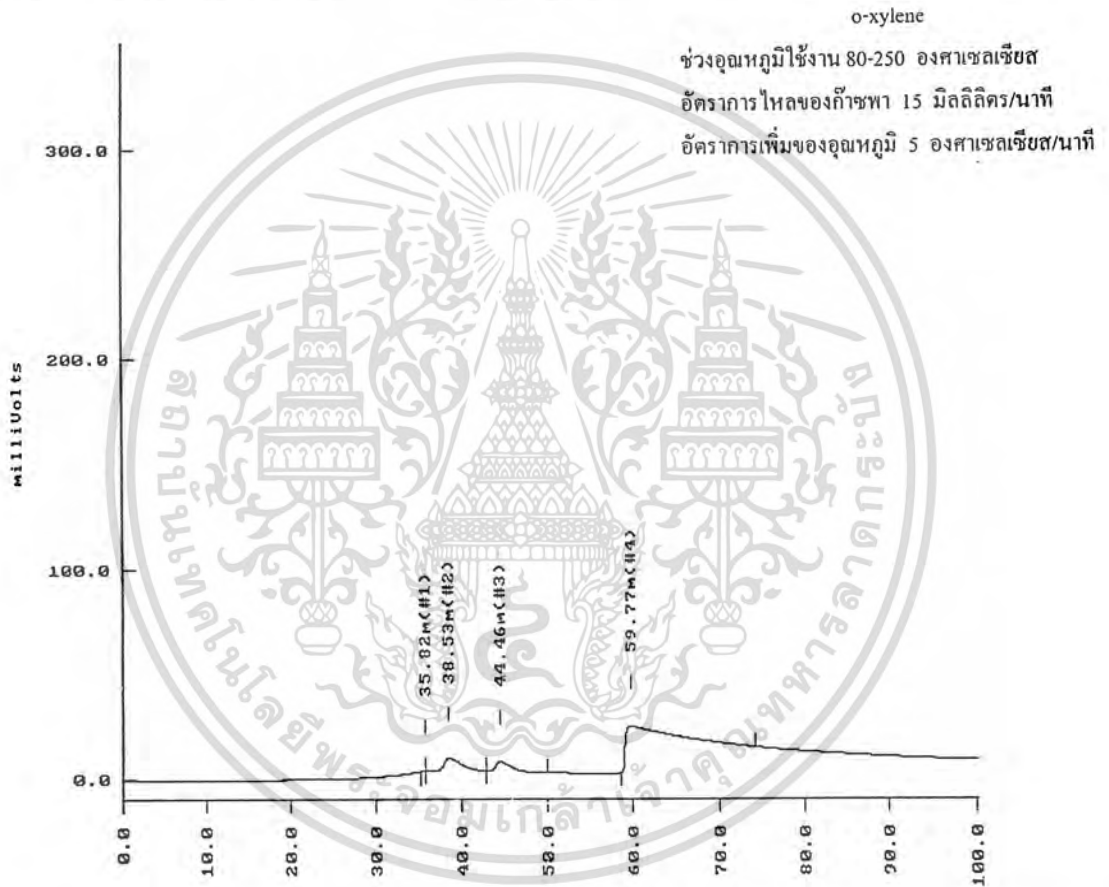
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	34.67	80821.2	226.57	231.0	100.0
TOTALS :			80821.2			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารลับที่จัดทำขึ้นเพื่อการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาทีที่ราคา
 ไม่ต่ำกว่า 100 บาท และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 5:18 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 23/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o23-3-2 CHROMATOGRAM FILE : o23-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o23-3-2 recorded at 3:34 pm on 23/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



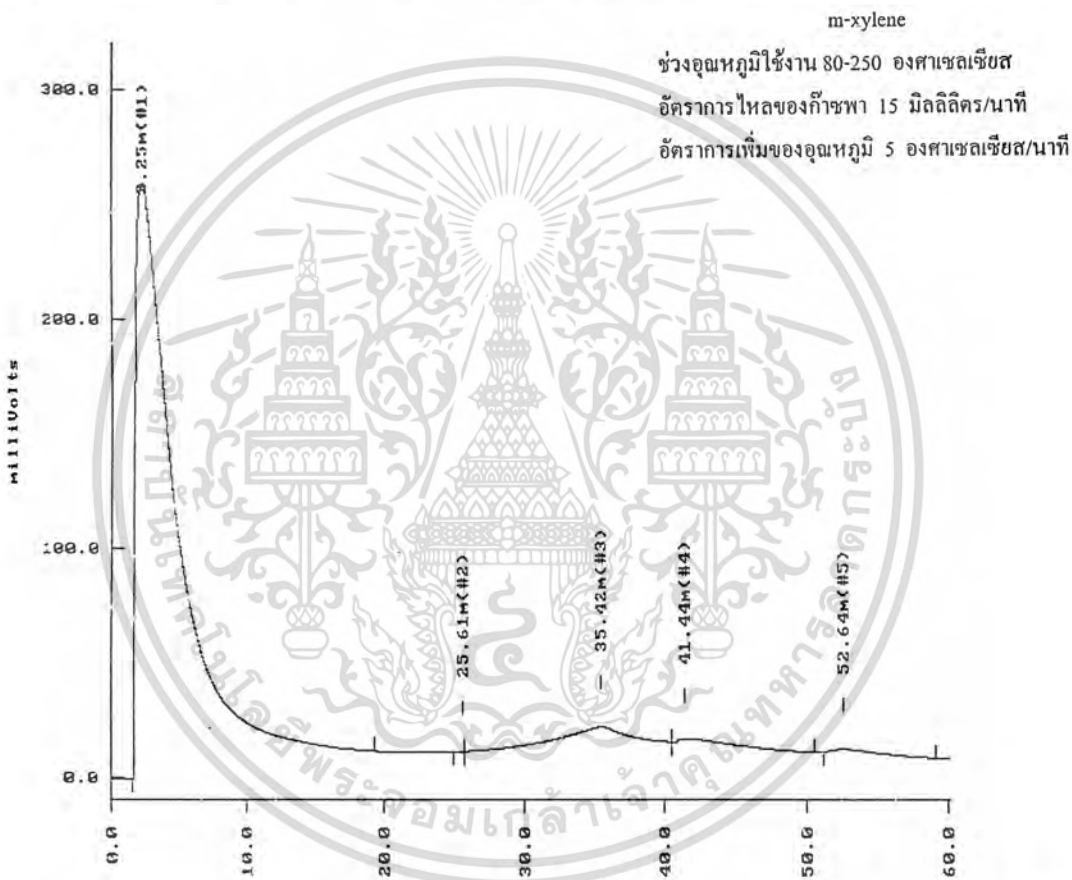
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BF	35.82	6.5	26.28	0.3	0.1
2	PP	38.53	1021.8	130.49	6.7	9.1
3	PB	44.46	640.6	112.50	4.9	5.7
4	BB	59.77	9594.8	567.23	20.9	85.2
TOTALS :			11263.7			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งไปแจ้งการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และแจ้งให้ผู้นับรวมปริมาณของแก๊สและของเหลวไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 6:26 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 23/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : m23-3-2 CHROMATOGRAM FILE : m23-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m23-3-2 recorded at 5:22 pm on 23/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



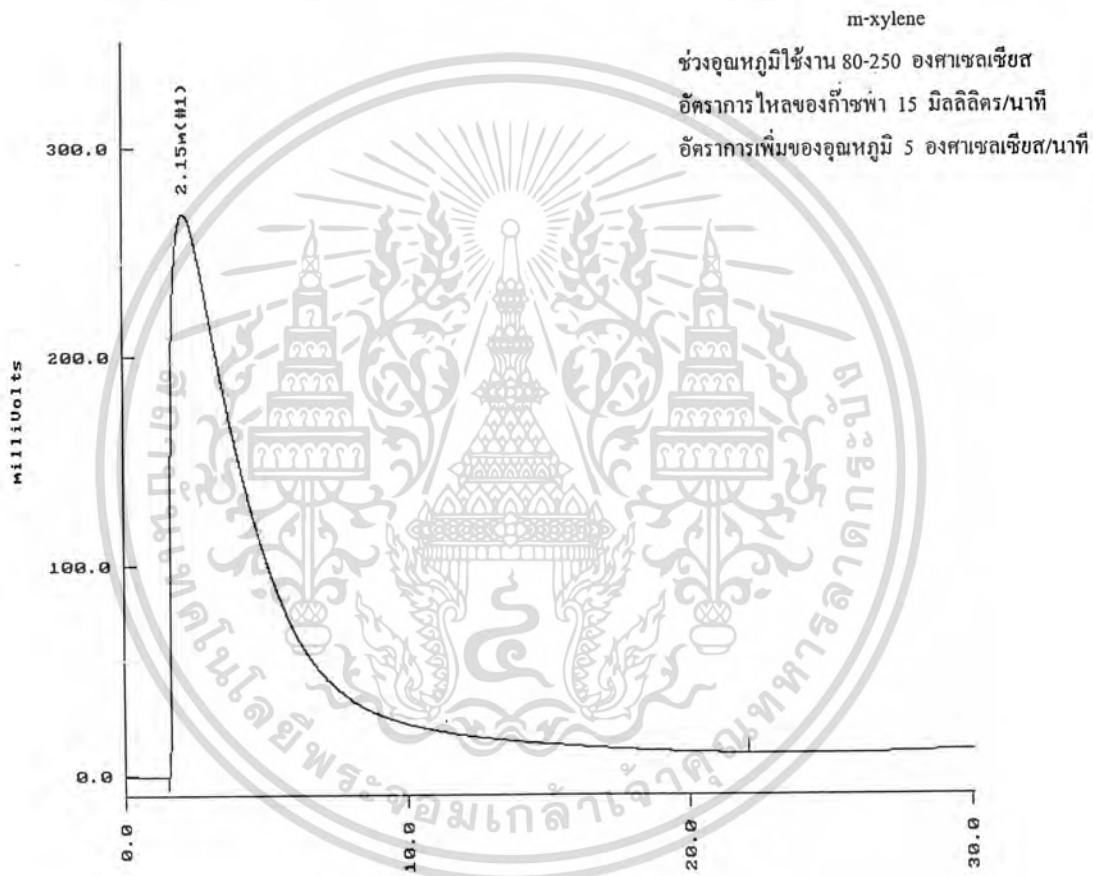
=	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.25	55649.9	167.55	258.8	89.2
2	BP	25.61	4.8	22.87	0.2	0.0
3	PP	35.42	4678.5	396.51	11.1	7.5
4	PB	41.44	1713.4	279.10	5.9	2.7
5	BB	52.64	344.0	177.39	1.6	0.6
TOTALS :			62390.6			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นฉบับแปลของข้อมูลจากเครื่องวิเคราะห์เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 8:20 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 23/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : m23-3-3 CHROMATOGRAM FILE : m23-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m23-3-3 recorded at 7:48 pm on 23/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.15	58058.3	161.83	268.2	100.0
TOTALS :			58058.3			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้เพื่อการค้า
 รูปที่ จ-30 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 และไม่มีการฉีดใดๆ ทั้งสิ้น คือจะเห็นเป็นจุดบนเครื่องและต้องวางเรียงถึงมวลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

1.3 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที

1.3.1 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 2 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาณสารที่ฉีด	3.5 µL

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	2 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

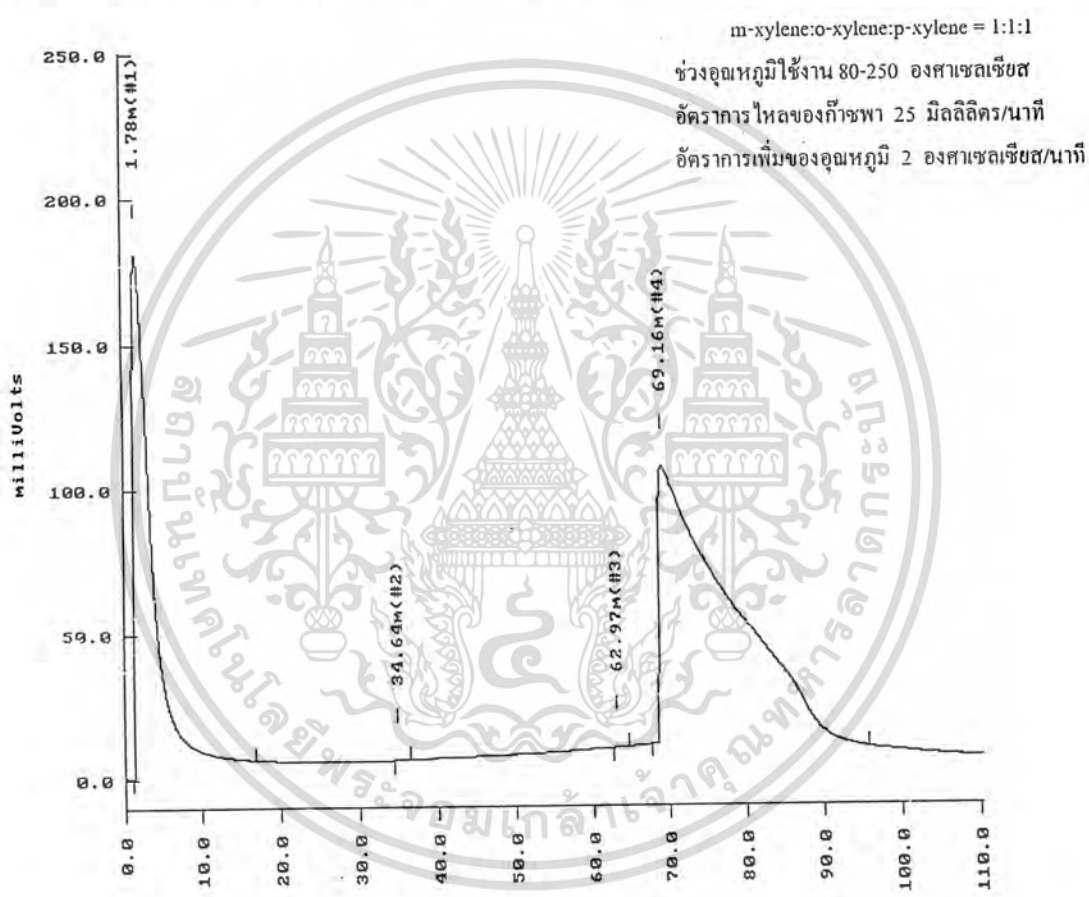
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-31 จ-32 จ-33 และ จ-34 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 12:25 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 29/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp29-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp29-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp29-3-1 recorded at 10:34 am on 29/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



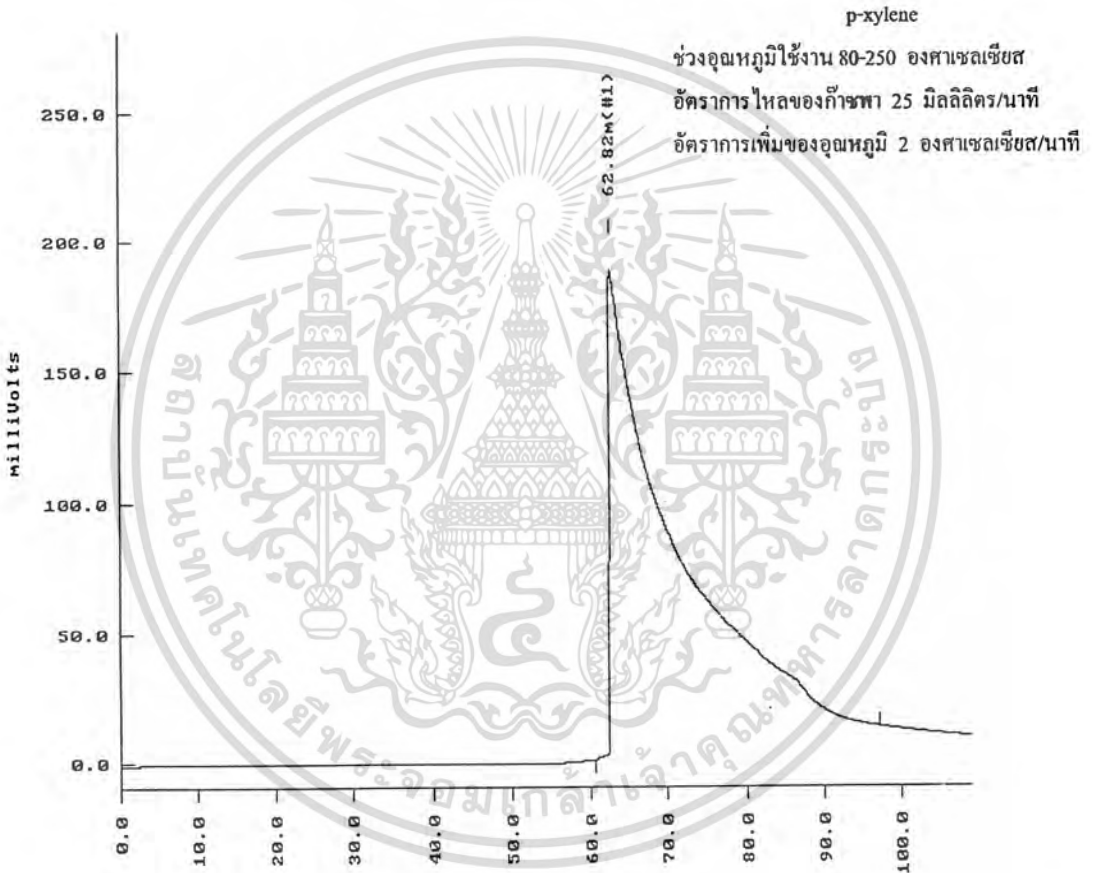
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	1.78	28857.1	127.82	179.9	32.1
2	BB	34.64	15.7	55.97	0.2	0.0
3	BB	62.97	6.6	29.44	0.1	0.0
4	BB	69.16	60977.5	584.18	95.5	67.9
TOTALS :			89856.8			100.0

รูปที่ จ-31 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และไม่ผ่านการคัดกรอง ไม่ผ่านการคัดกรอง และต้องอ้างอิงถึงผลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

TIME : 6:08 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 29/3/99
AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p29-3-1 CHROMATOGRAM FILE : p29-3-1
SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p29-3-1 recorded at 4:17 pm on 29/03/99
Captured by analyst using method : INTEGRAT



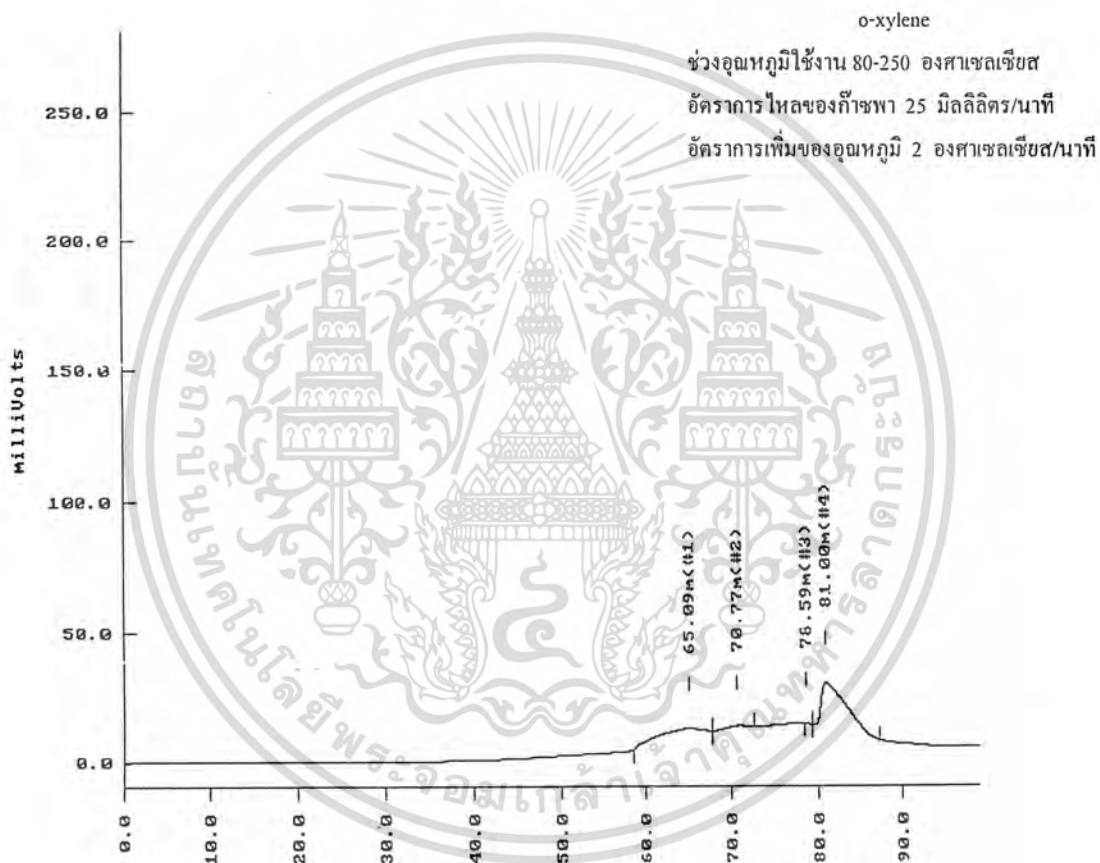
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	62.82	108733.3	403.36	187.1	100.0
TOTALS :			108733.3			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปโดยไม่ได้รับอนุญาต
รูปที่ จ-32 แสดงผลจากการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที
ไม่พบกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังเป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากตัวอย่างจริงในภาชนะเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 4:13 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 29/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : o29-3-1 CHROMATOGRAM FILE : o29-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o29-3-1 recorded at 2:32 pm on 29/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



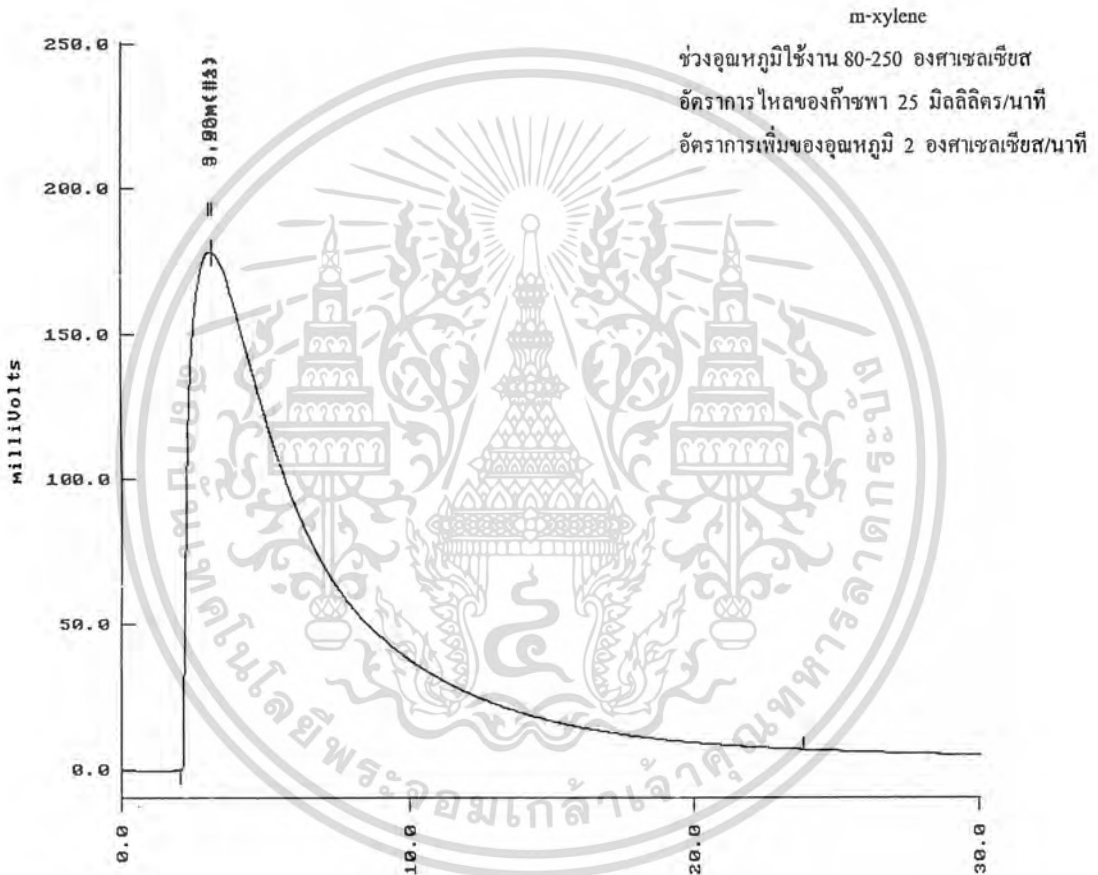
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	65.09	1763.7	393.95	4.2	31.0
2	PB	70.77	296.6	210.24	1.3	5.2
3	BP	78.59	16.6	28.96	0.2	0.3
4	PB	81.00	3612.2	177.35	17.6	63.5
TOTALS :			5689.1			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ในการค้า
 รูปที่ จ-33 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิตร/นาที
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 7:25 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 26/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : m26-3-2 CHROMATOGRAM FILE : m26-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m26-3-2 recorded at 6:53 pm on 26/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	3.09	8965.2	52.29	177.7	16.2
2	PB	3.20	46324.1	179.16	177.4	83.8
TOTALS :			55289.3			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดการศึกษาค่า
 รูปที่ จ-34 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที
 และไม่รวมค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และไม่รวมค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 3 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที

คอลัมน์ ซิลิกาไลต์ (Silicalite)
ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางภายนอก 1/8 นิ้ว

อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C
	ดีเทคเตอร์ 250 °C
	คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาณสารที่ฉีด	3.5 µL

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	3 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

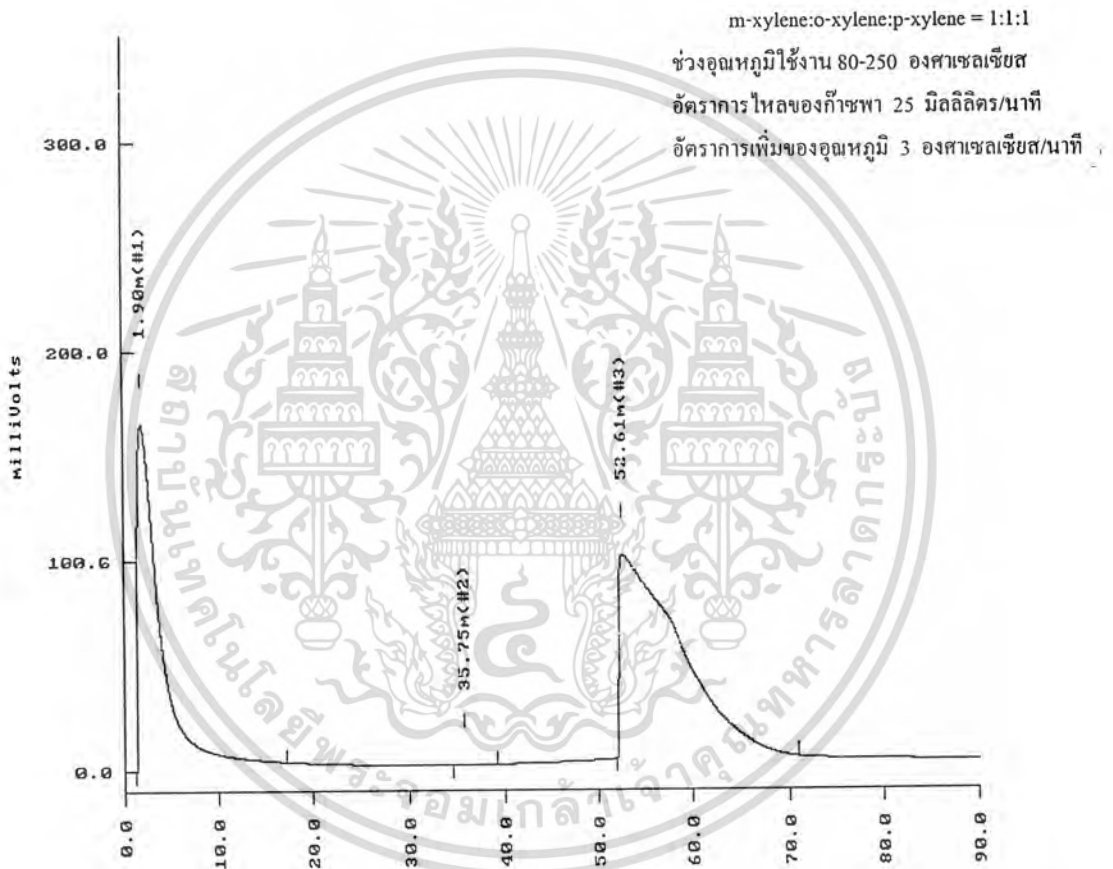
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-35 จ-36 จ-37 และ จ-38 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 12:20 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 30/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp30-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp30-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp30-3-1 recorded at 10:47 am on 30/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



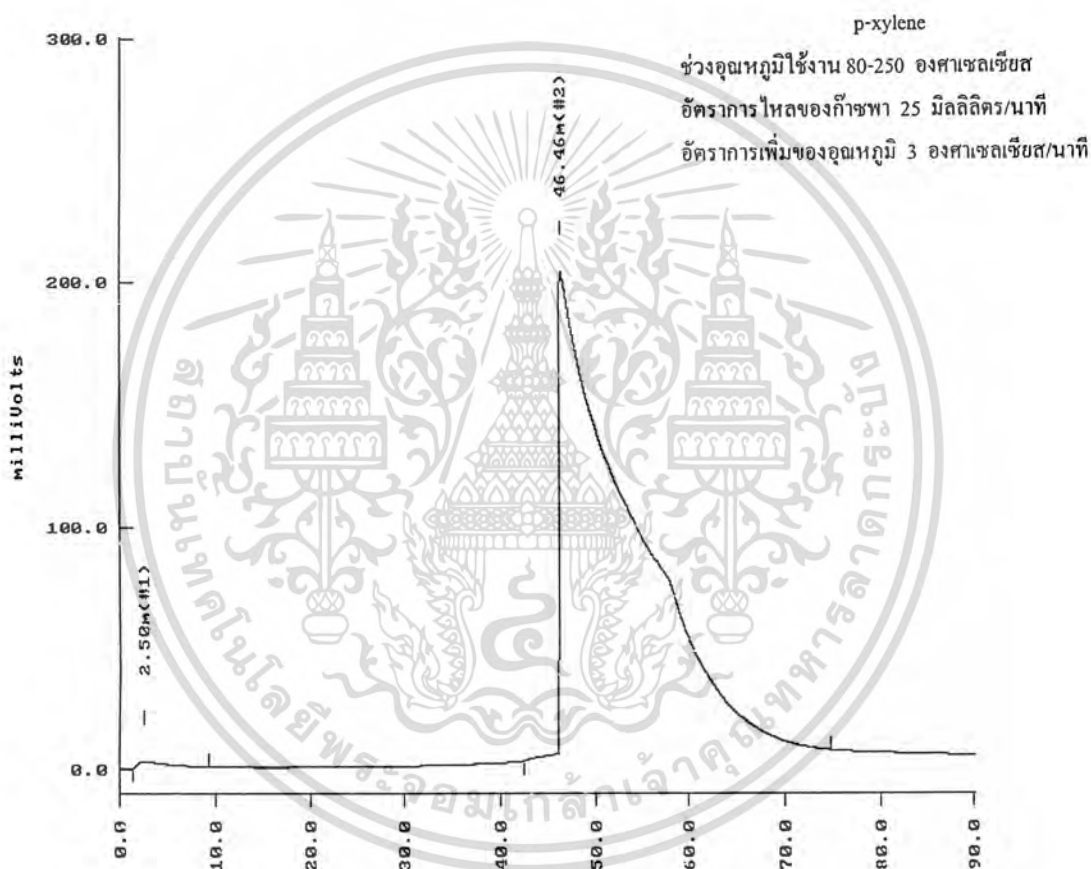
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	1.90	26960.6	-	165.2	38.2
2	BB	35.75	21.8	-	0.1	0.0
3	BB	52.61	43567.6	-	97.0	61.8
TOTALS :			70550.0			100.0

รูปที่ จ-35 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และอัตราค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 8:29 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 29/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : p29-3-2 CHROMATOGRAM FILE : p29-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p29-3-2 recorded at 6:59 pm on 29/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



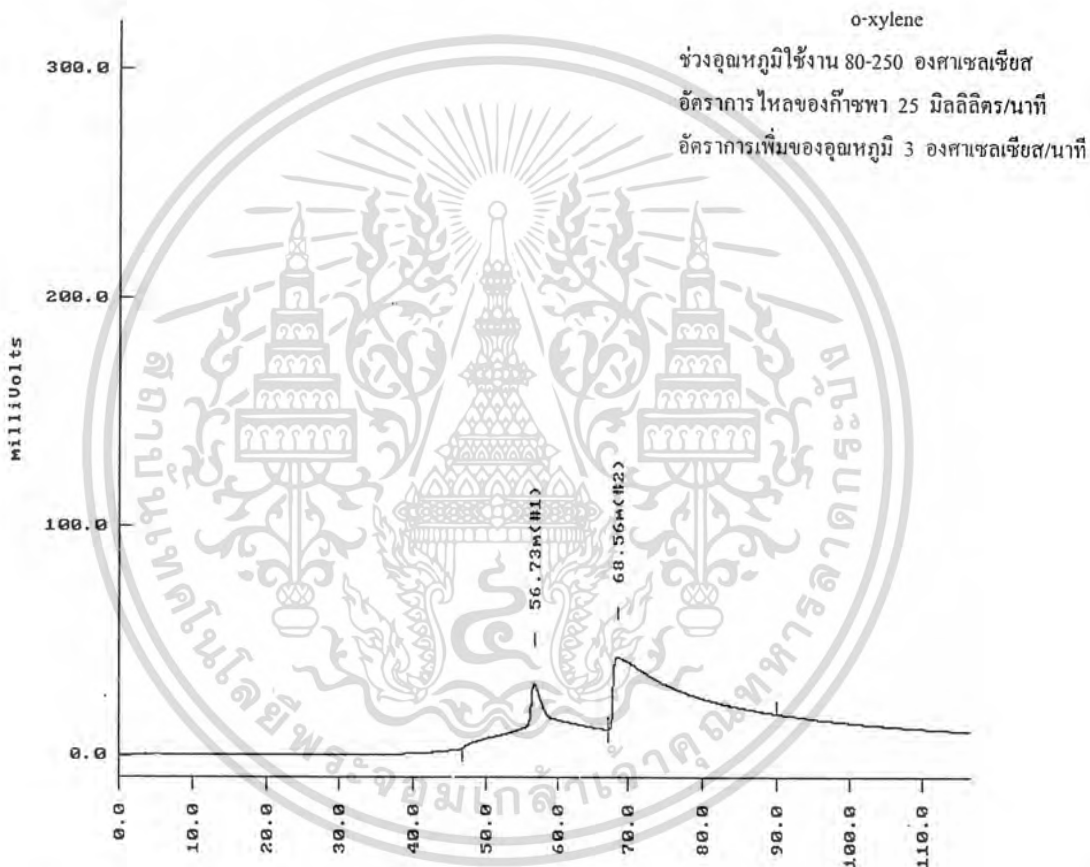
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	2.50	616.2	201.23	2.9	0.6
2	BB	46.46	105796.9	459.12	200.2	99.4
TOTALS :			106413.1			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ จ-36 แสดงผลจากการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหามาใช้โดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 3:02 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 1/4/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o1-4-2 CHROMATOGRAM FILE : o1-4-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o1-4-2 recorded at 12:58 pm on 01/04/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



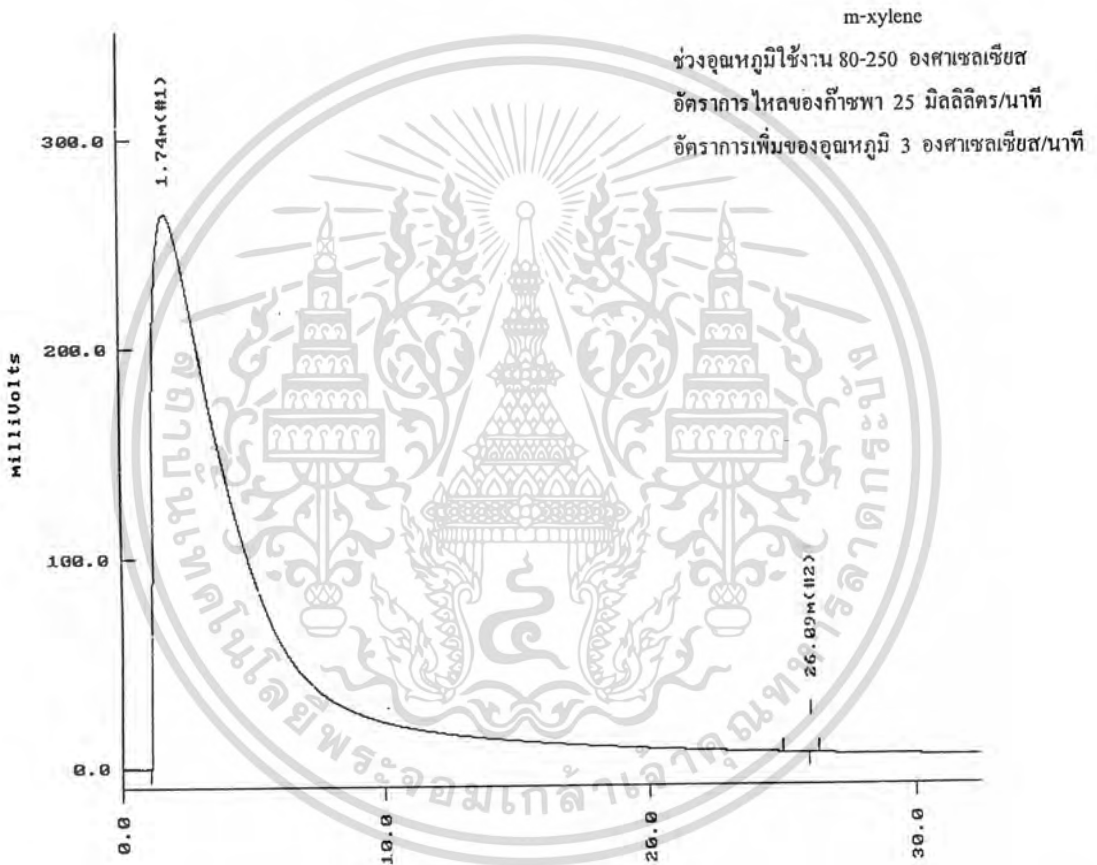
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	56.73	7547.7	123.88	24.9	29.4
2	PB	68.56	18159.9	561.86	32.3	70.6
TOTALS :			25707.7			100.0

เอกสารนี้เป็นรูปที่ จ-37 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที ราคา
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 6:53 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 29/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : m29-3-1 CHROMATOGRAM FILE : m29-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m29-3-1 recorded at 6:16 pm on 29/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	1.74	61489.3	176.66	264.0	100.0
2	BB	26.109	0.4	9.98	0.0	0.0
TOTALS :			61489.3			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูโรงเรียน เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปนอกวงจำกัดในการค้า
 รูปที่ จ-38 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที การค้า
 ไม่ควรตีพิมพ์ ทั้งสิ้น อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับเอกสารและต้องอ้างอิงถึงแหล่งของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

1.3.3 อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 5 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ ช่วง 80-250 °C
ปริมาณสารที่ฉีด	3.5 µL

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	5 °C/min
Temp.	80	250
Hold Time	1	90

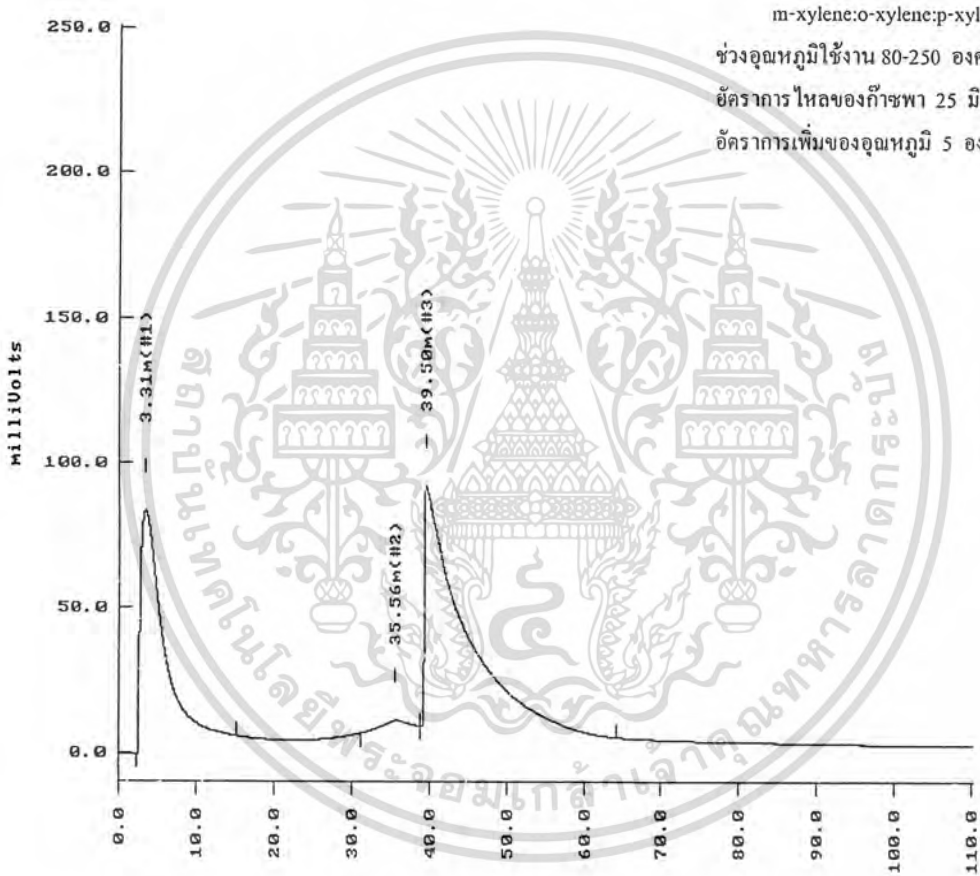
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูปที่ จ-39 จ-40 จ-41 จ-42 จ-43 และ จ-44 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME : 3:15 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 26/3/99
AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp26-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp26-3-1
SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp26-3-1 recorded at 1:24 pm on 26/03/99
Captured by analyst using method : INTEGRAT



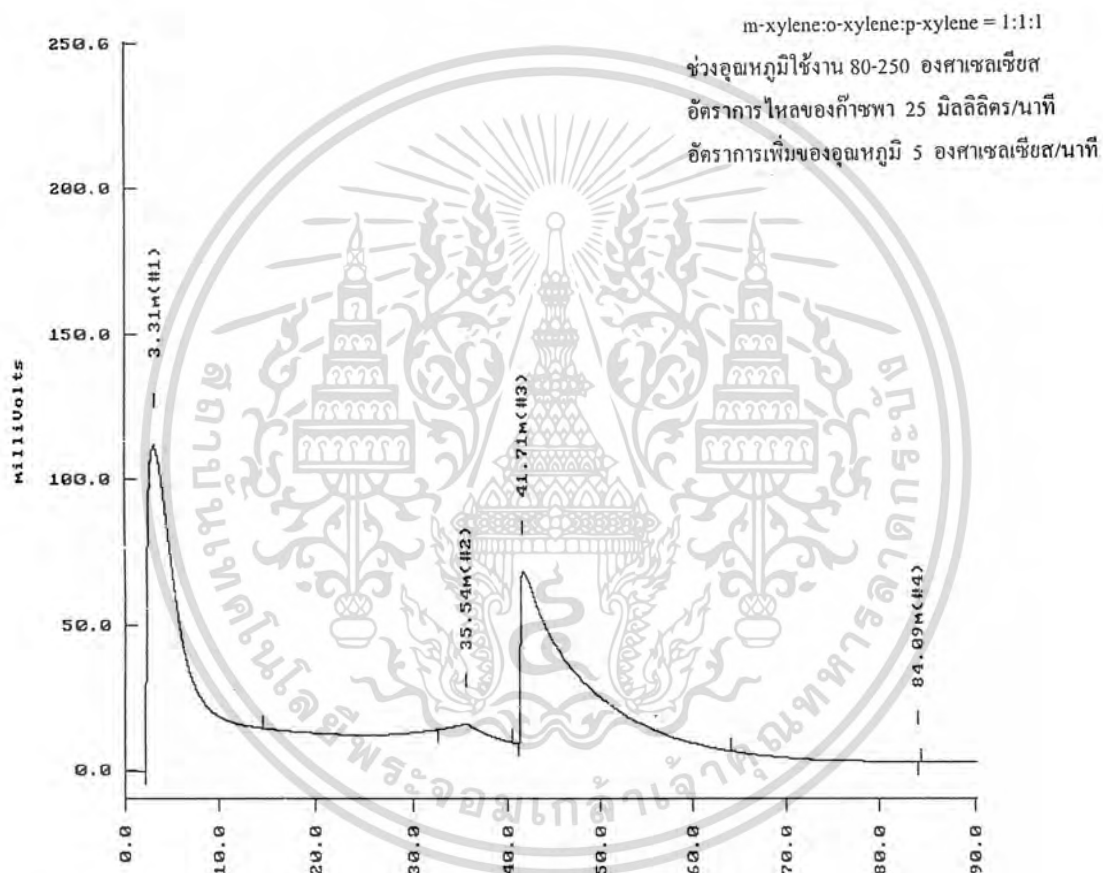
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	3.31	17262.7	172.11	83.3	34.7
2	BP	35.56	1277.1	216.81	4.6	2.6
3	PB	39.50	31156.5	250.13	85.9	62.7
TOTALS :			49696.2			100.0

รูปที่ จ-39 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 4:50 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 26/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp26-3-2 CHROMATOGRAM FILE : sp26-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp26-3-2 recorded at 3:18 pm on 26/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



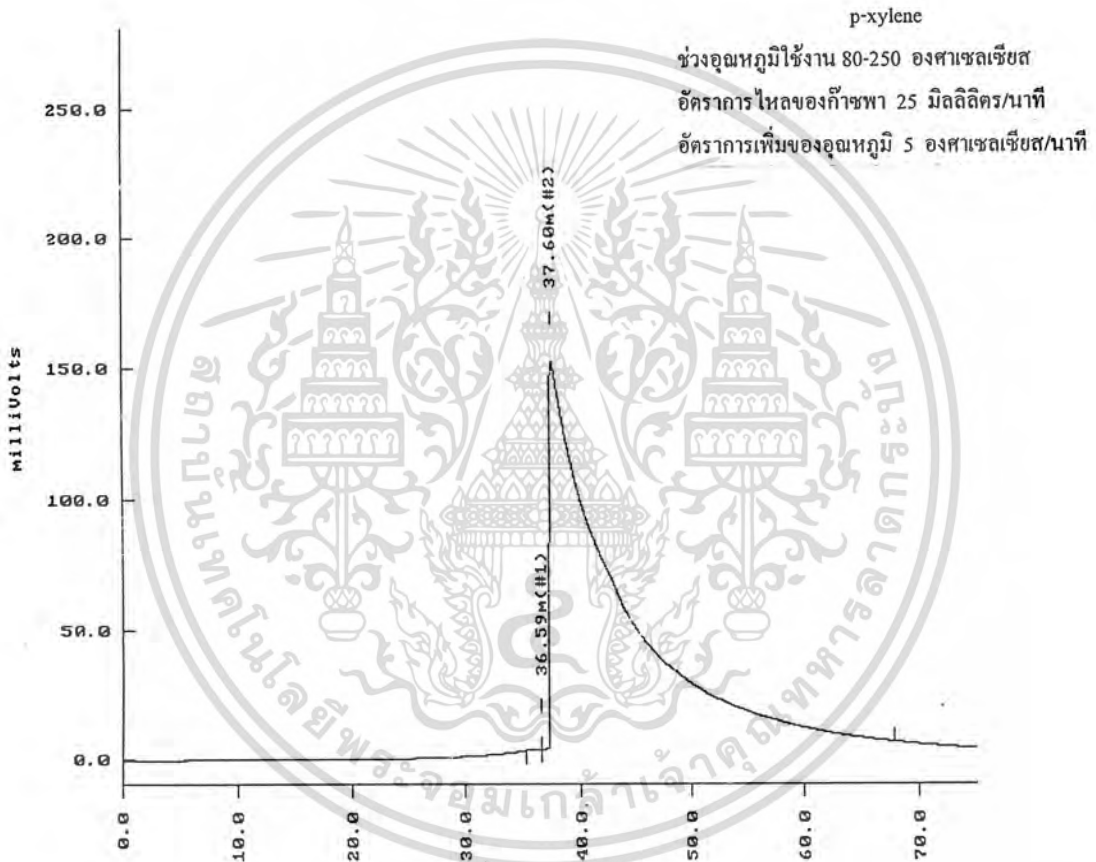
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	3.31	24094.9	187.85	110.5	50.5
2	BB	35.54	659.7	184.20	3.4	1.4
3	BB	41.71	22986.4	280.78	59.2	48.1
4	BE	84.09	0.4	4.38	0.0	0.0
TOTALS :			47741.4			100.0

รูปที่ จ-40 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเด็ดขาดเปลี่ยนแปลงและต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 6:12 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 26/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : p26-3-1 CHROMATOGRAM FILE : p26-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram p26-3-1 recorded at 4:55 pm on 26/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



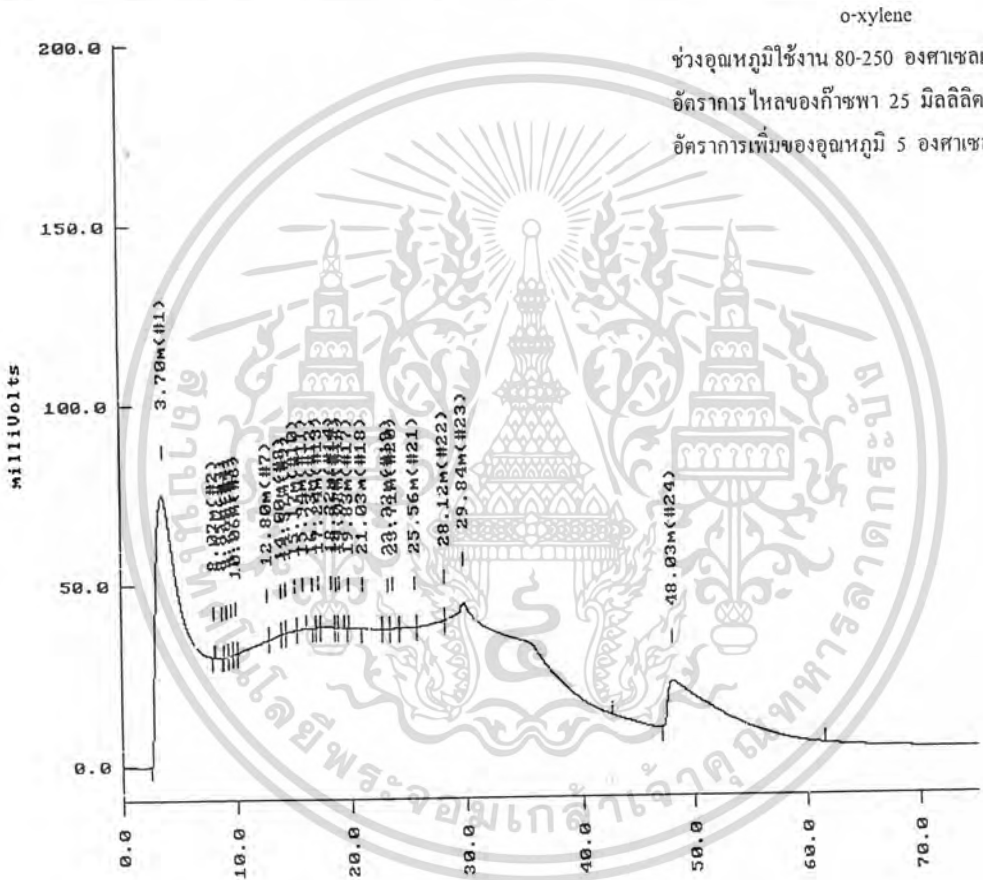
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	36.59	25.7	63.75	0.4	0.0
2	PB	37.60	59806.8	271.06	148.8	100.0
TOTALS :			59832.4			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบให้สำหรับผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องและเชื่อถือได้
 รูปที่ จ-41 แสดงผลจากการวิเคราะห์ p-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ล้วนขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องมือและวิธีการวิเคราะห์เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 11:11 am DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 26/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o26-3-1 CHROMATOGRAM FILE : o26-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o26-3-1 recorded at 9:54 am on 26/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



เอกสารรูปที่ จ-42 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที การคำนวณวากรณ์ใดๆ ทั้งและอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

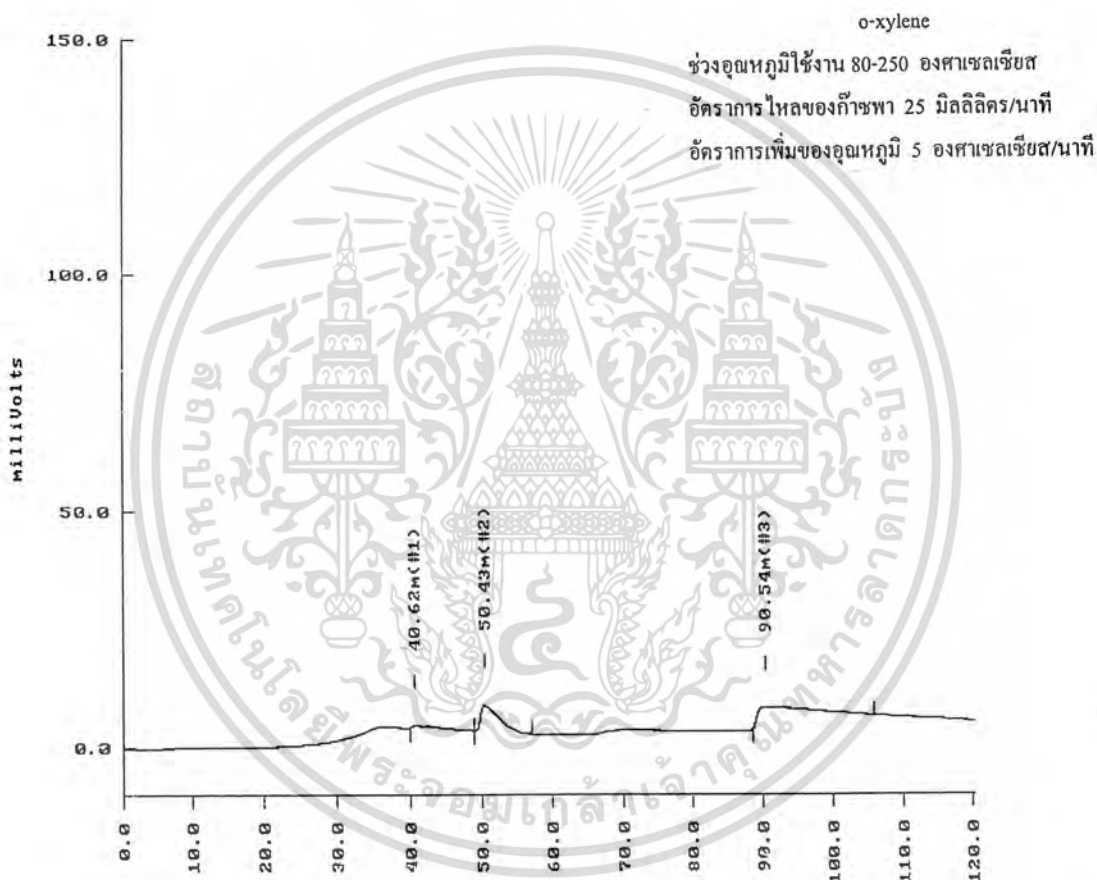
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	3.70	9688.5	144.50	68.9	42.3
2	VT	8.07	0.6	4.14	0.1	0.0
3	BV	8.85	0.5	5.60	0.1	0.0
4	VP	9.26	0.3	6.20	0.1	0.0
5	PB	9.67	1.3	11.68	0.1	0.0
6	BV	10.06	1.8	6.08	0.2	0.0
7	VP	12.80	62.5	41.61	0.8	0.3
8	PP	14.00	57.9	42.58	1.0	0.3
9	PP	14.37	21.6	22.14	1.0	0.1
10	PP	15.17	38.6	47.94	0.8	0.2
11	PB	15.94	15.1	43.07	0.2	0.1
12	BP	16.73	0.9	13.14	0.1	0.0
13	PP	17.24	2.8	13.63	0.2	0.0
14	PV	18.32	15.0	62.78	0.3	0.1
15	VP	18.81	1.1	6.08	0.1	0.0
16	PB	19.02	2.5	14.84	0.2	0.0
17	BB	19.83	0.2	1.70	0.0	0.0
18	BP	21.03	100.1	51.34	0.2	0.4
19	PP	23.32	106.4	43.31	2.7	0.5
20	PP	23.71	155.5	31.63	3.2	0.7
21	PP	25.56	426.0	85.41	5.6	1.9
22	PP	28.12	1191.2	147.21	10.3	5.2
23	PV	29.84	7211.3	318.28	17.0	31.4
24	VB	48.03	3827.9	228.51	13.3	16.7
TOTALS :			22929.5			100.0

รูปที่ จ-42 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นกรณีเห็นผิดและแจ้งข้อผิดและต้องยื่นข้อเท็จจริงของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 1:18 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 26/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o26-3-2 CHROMATOGRAM FILE : o26-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o26-3-2 recorded at 11:17 am on 26/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



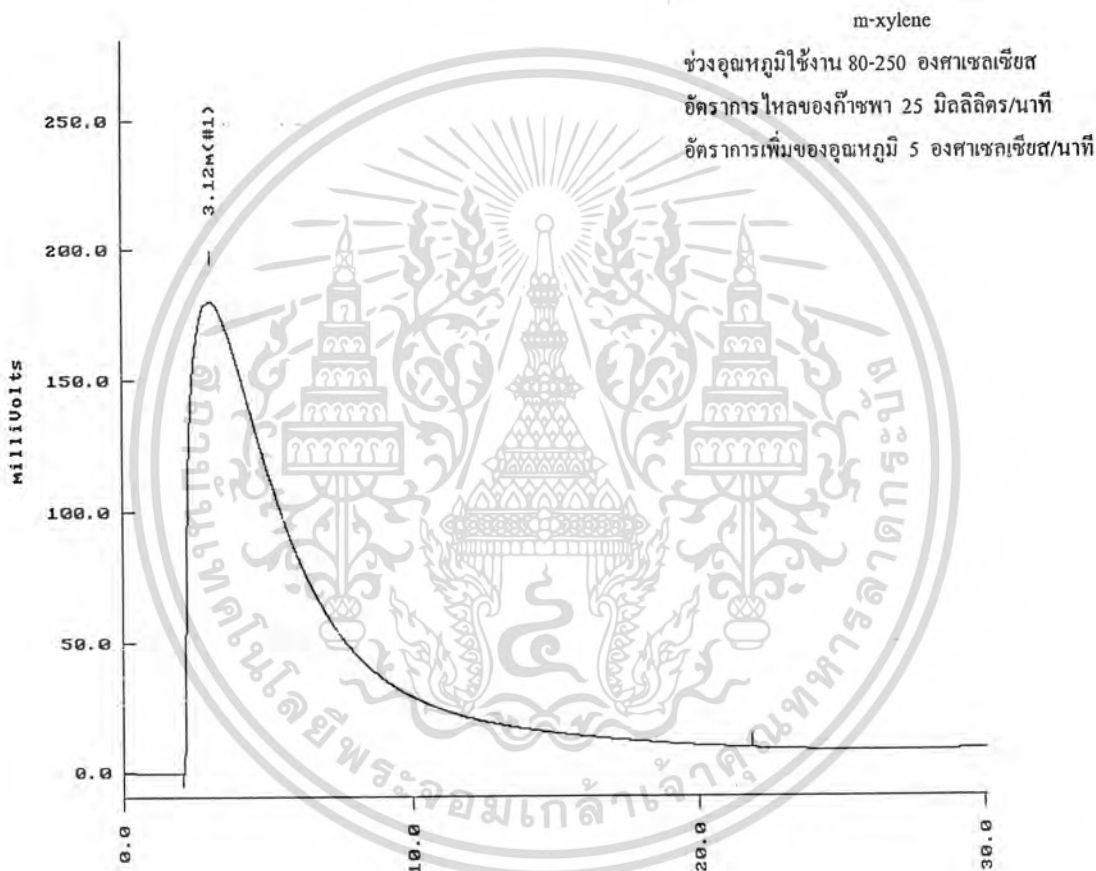
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	40.62	156.5	306.35	0.4	4.3
2	PB	50.43	974.2	158.81	5.6	26.9
3	BB	90.54	2494.0	581.98	4.5	68.8
TOTALS :			3624.7			100.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปยังบุคคลอื่น การค้า
 รูปที่ จ-43 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ถือว่าสงวนลิขสิทธิ์ไว้ก่อนและสงวนสิทธิ์ในเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที

 TIME : 6:48 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 26/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : m26-3-1 CHROMATOGRAM FILE : m26-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m26-3-1 recorded at 6:14 pm on 26/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	3.12	49340.0	213.88	180.2	100.0
TOTALS :			49340.0			100.0

เอกสารรูปที่ จ-44 แสดงผลจากการวิเคราะห์ m-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที ในการค้า
 ไม่วากรณีใดๆ ทั้งนี้และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส/นาที ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การโปรแกรมอุณหภูมิคงที่ของ Packed column

2.1 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 5 มิลลิลิตร/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทกเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 5 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทกเตอร์ 250 °C คอลัมน์ 200 °C
ปริมาตรสารที่ฉีด	3.5 µL

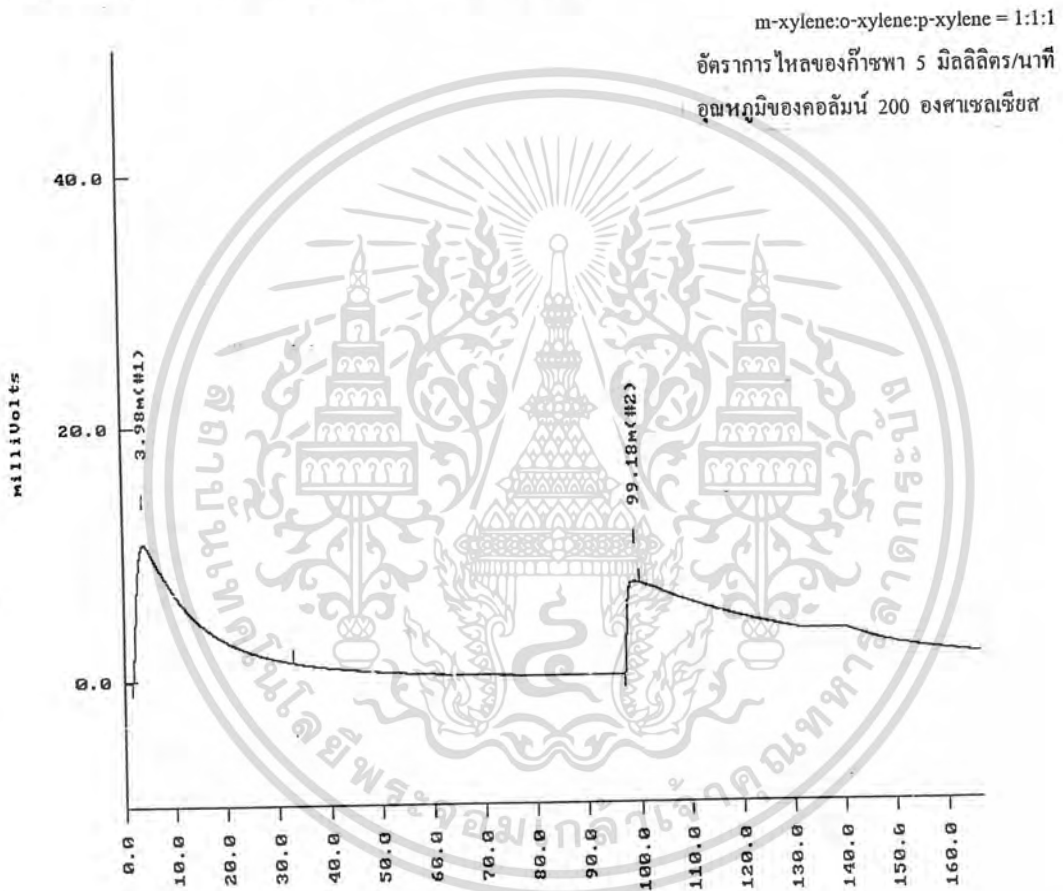
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 8:49 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 1/4/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp5-3-2 CHROMATOGRAM FILE : sp5-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp5-3-2 recorded at 6:03 pm on 01/04/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	3.98	7439.6	-	10.8	94.4
2	BB	99.18	438.4	-	2.4	5.6
TOTALS :			7878.0			100.0

รูปที่ จ-45 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วิเคราะห์ด้วยอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 5 มิลลิลิตร/นาที และ
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 200 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลีโอนอร์ อึ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 15 มิลลิลิตร/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 15 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ 50, 60, 70 และ 80 °C
ปริมาตรสารที่ฉีด	3.5 µL

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-46 จ-47 จ-48 และ จ-49 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

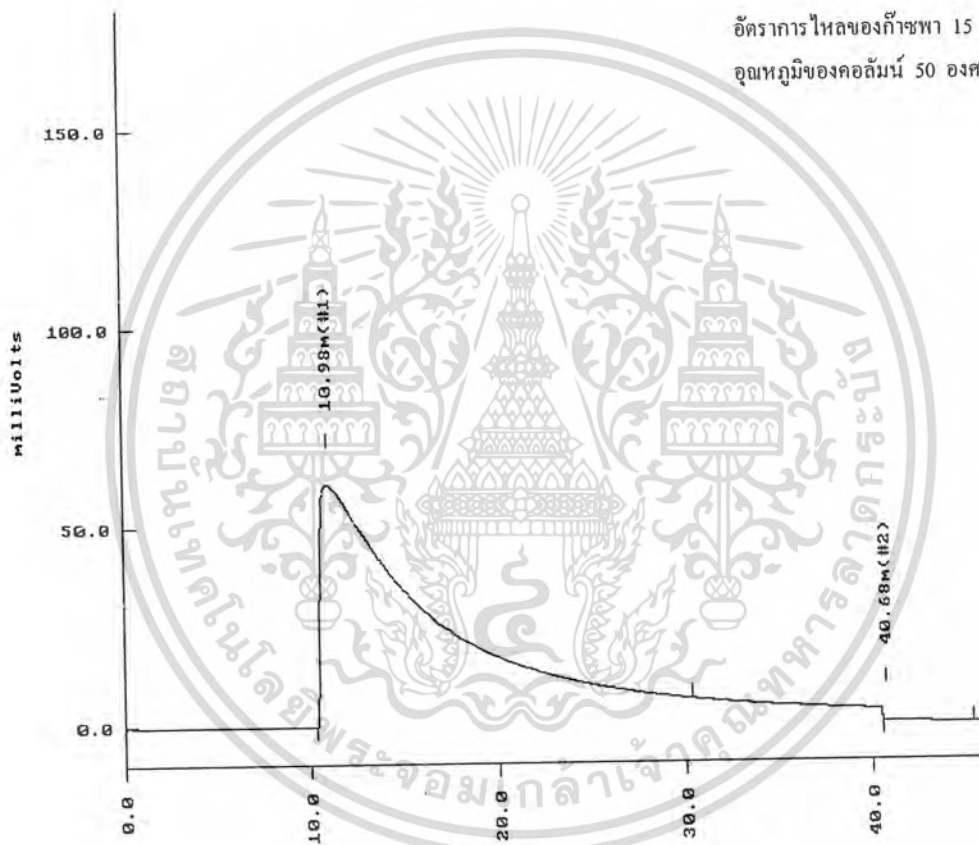
 TIME : 2:26 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 11/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp11-3-5 CHROMATOGRAM FILE : sp11-3-5
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp11-3-5 recorded at 1:37 pm on 11/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT

m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1

อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 50 องศาเซลเซียส



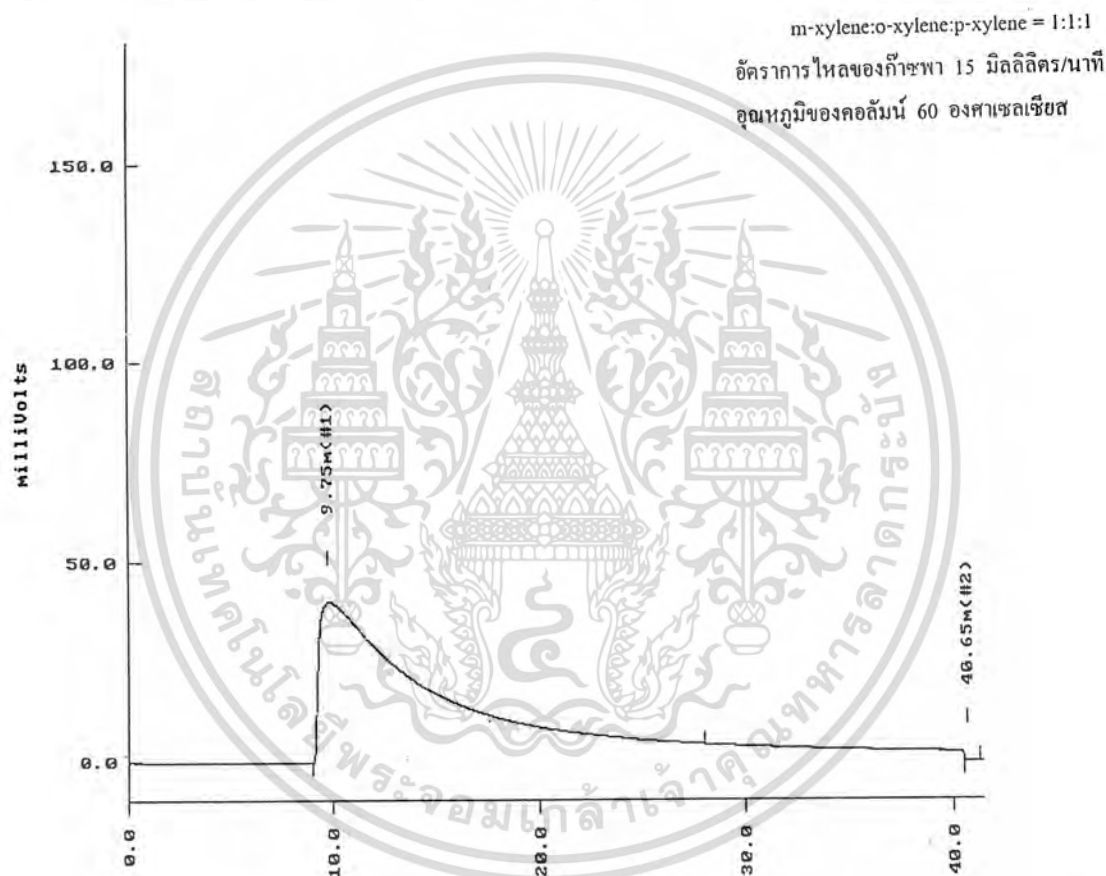
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	10.98	23066.2	-	60.7	99.9
2	BE	40.68	21.1	-	0.2	0.1
TOTALS :						100.0

รูปที่ จ-46 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยปริมาตร ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และผลการค่า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อุณหภูมิของคอลัมน์ 50 องศาเซลเซียส

 TIME : 1:37 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 11/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp11-3-4 CHROMATOGRAM FILE : sp11-3-4
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp11-3-4 recorded at 12:54 pm on 11/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	9.75	14053.8	292.59	40.0	100.0
2	BE	40.65	2.5	25.79	0.1	0.0
TOTALS :			14056.3			100.0

รูปที่ จ-47 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และการค้ำ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์นี้เป็นของ อุตสาหกรรมของ อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 60 องศาเซลเซียส

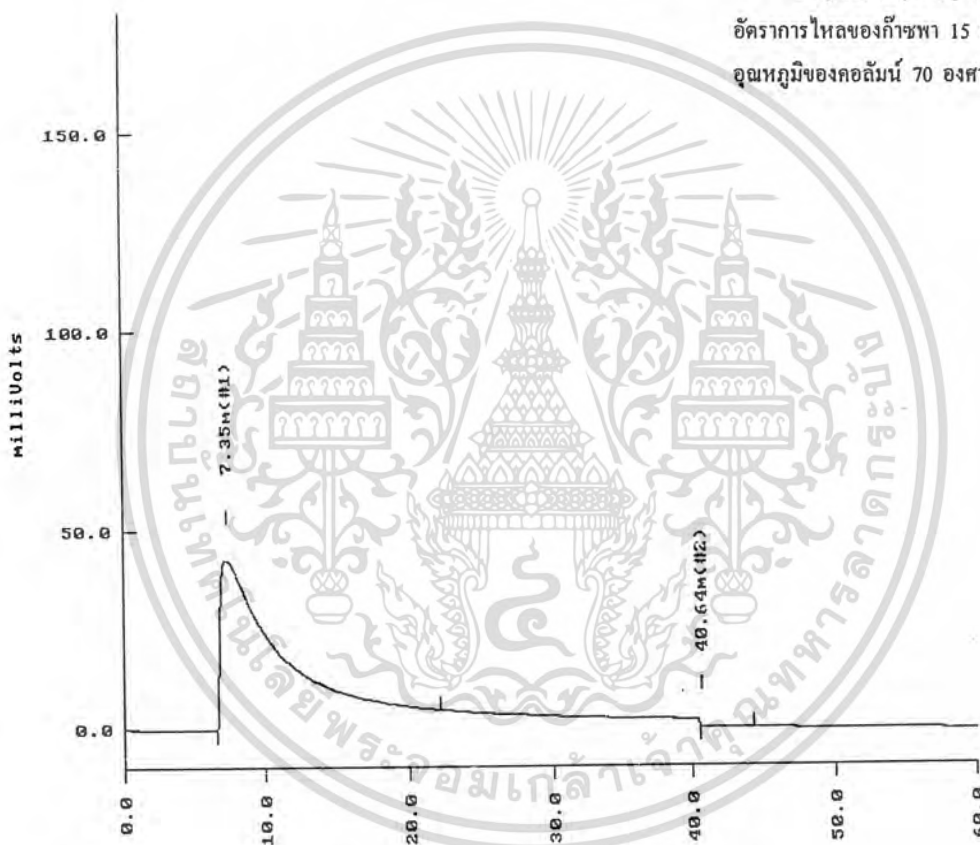
 TIME : 12:29 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 11/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp11-3-3 CHROMATOGRAM FILE : sp11-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp11-3-3 recorded at 11:26 am on 11/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT

m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1

อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 70 องศาเซลเซียส



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	7.35	11926.9	231.95	42.5	99.9
2	BB	40.64	14.6	182.50	0.1	0.1
TOTALS :			11941.6			100.0

รูปที่ จ-48 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งไปสำหรับกรณีการฟ้องคดี อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อัตรการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และอุณหภูมิของคอลัมน์ 70 องศาเซลเซียส
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 70 องศาเซลเซียส

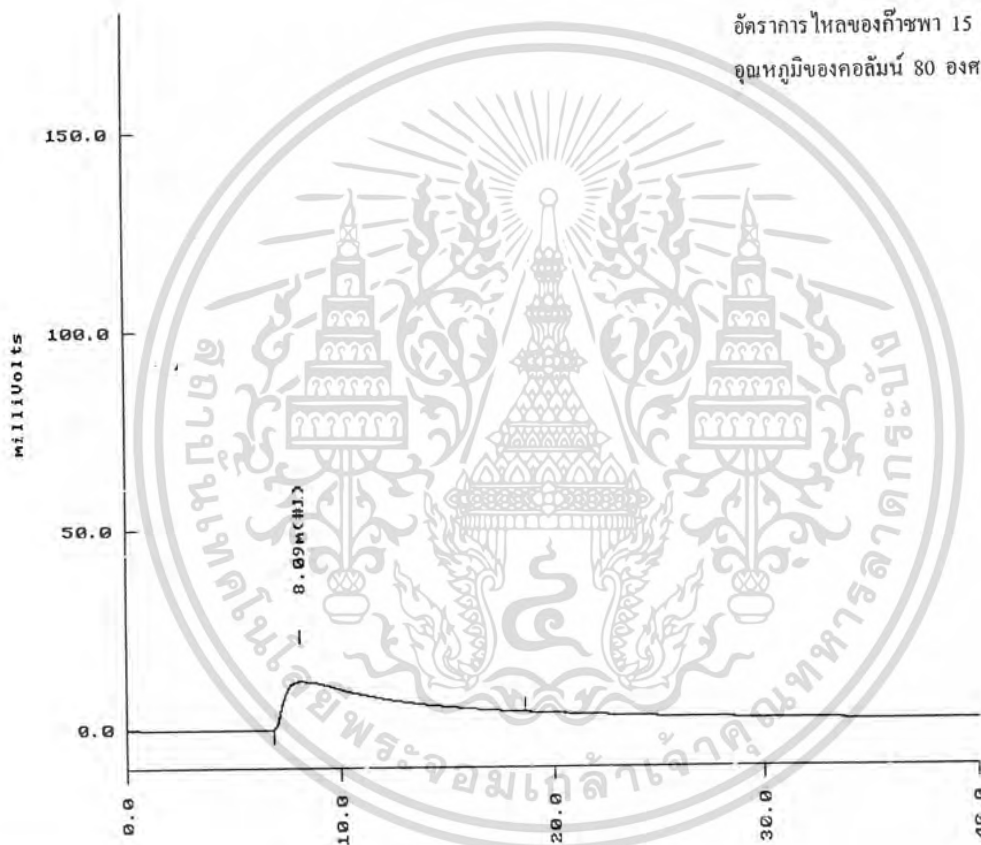
 TIME : 11:23 am DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 11/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp11-3-2 CHROMATOGRAM FILE : sp11-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp11-3-2 recorded at 10:40 am on 11/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT

m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1

อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 80 องศาเซลเซียส



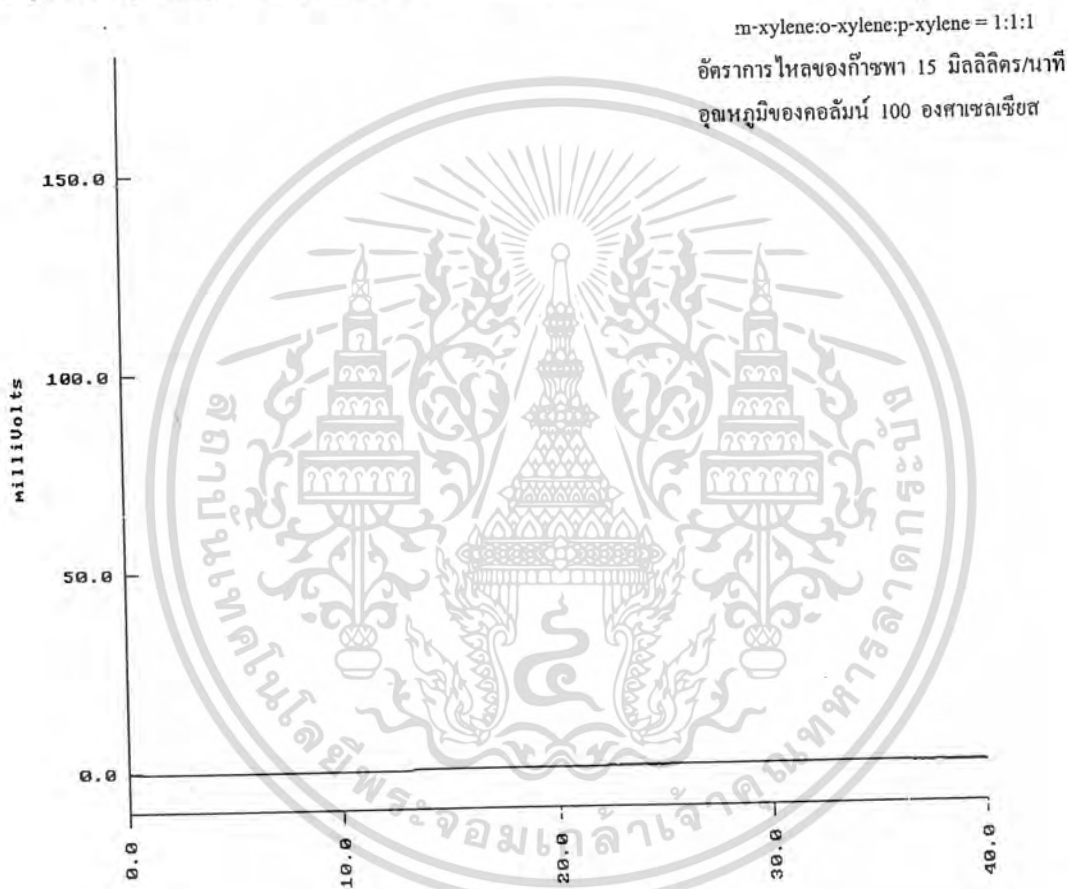
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	8.09	3606.3	313.68	11.6	100.0
TOTALS :			3606.3			100.0

รูปที่ จ-49 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งไปอัยการจังหวัดนนทบุรีที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อัยการจังหวัดนนทบุรีจะส่งเอกสารและตัวอย่างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 80 องศาเซลเซียส

 TIME : 10:36 am DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 11/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp11-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp11-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp11-3-1 recorded at 9:54 am on 11/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT

TOTALS :						

รูปที่ จ-50 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 15 มิลลิลิตร/นาที และ
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 100 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้อุณหภูมิของคอลัมน์ 100 องศาเซลเซียสของห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 25 มิลลิลิตร/นาที

เครื่องมือ	TREMETRICS MODEL 9001 GAS CHROMATOGRAPH
ดีเทคเตอร์	Flame Ionization Detector (FID)
ก๊าซพา	ไนโตรเจน
อัตราการไหล	N ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที H ₂ = 25 มิลลิลิตร/นาที AIR = 175 มิลลิลิตร/นาที
คอลัมน์	ซิลิกาไลต์ (Silicalite) ความยาวคอลัมน์ 220 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 1/8 นิ้ว
อุณหภูมิ	ช่องฉีดสาร 250 °C ดีเทคเตอร์ 250 °C คอลัมน์ 50, 70, 80, 90, 150, 175, 200, 225, และ 250 °C
ปริมาตรสารที่ฉีด	3.5 µL

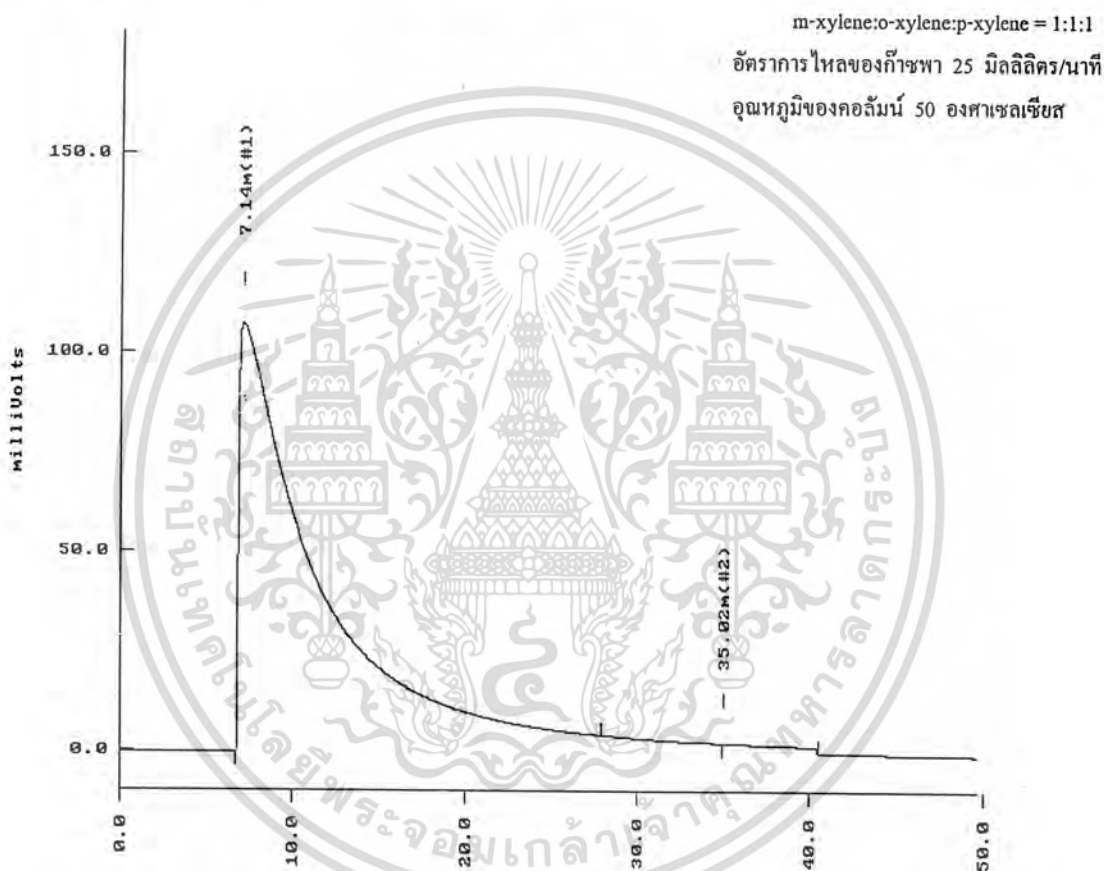
ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-51 จ-52 จ-53 จ-54 จ-55 จ-56 จ-57 จ-58 จ-59 จ-60
จ-61 และ จ-62 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 3:48 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 11/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : sp11-3-6 CHROMATOGRAM FILE : sp11-3-6
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp11-3-6 recorded at 2:56 pm on 11/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	7.14	31767.5	-	107.1	99.2
2	BE	35.02	253.8	-	0.1	0.8
TOTALS :						100.0

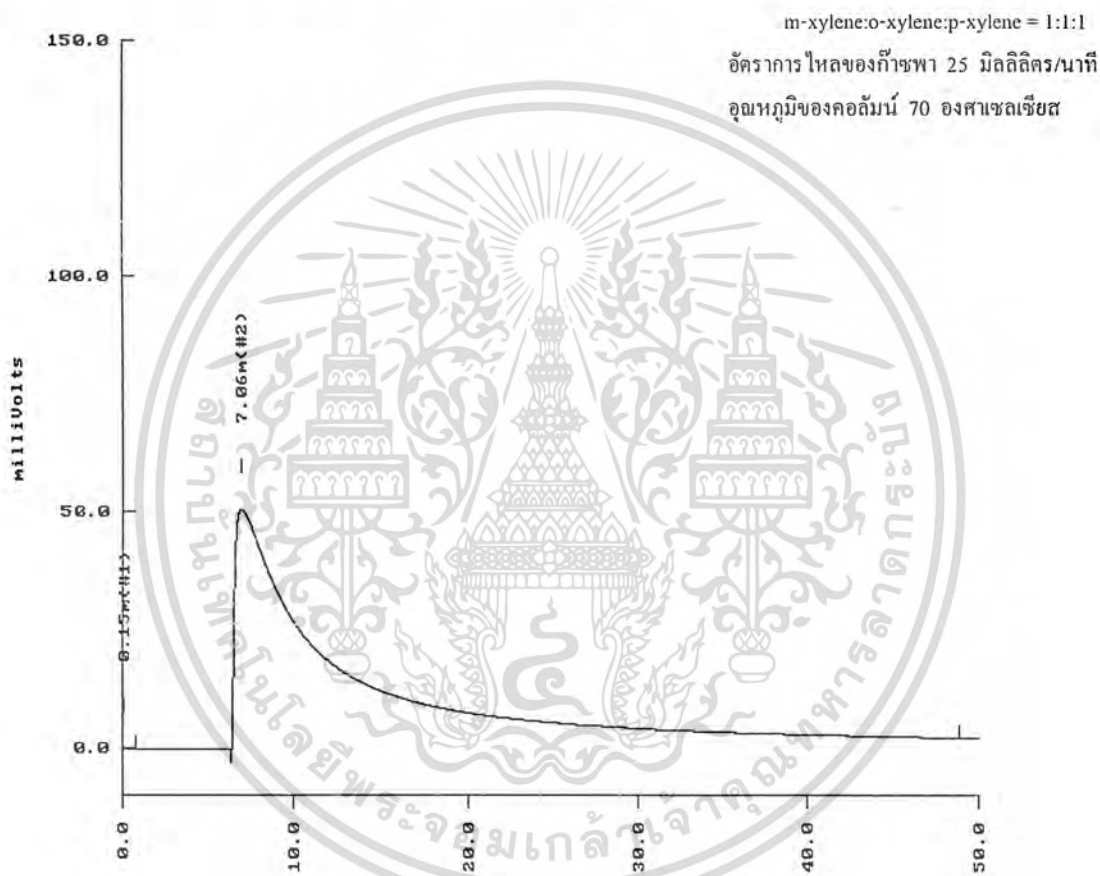
รูปที่ จ-51 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 50 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 3:57 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 4/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : sp4-3-3 CHROMATOGRAM FILE : sp4-3-3
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp4-3-3 recorded at 3:05 pm on 04/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	0.15	2.6	22.02	0.1	0.0
2	BB	7.06	20856.4	228.59	50.9	100.0
TOTALS :			20859.0			100.0

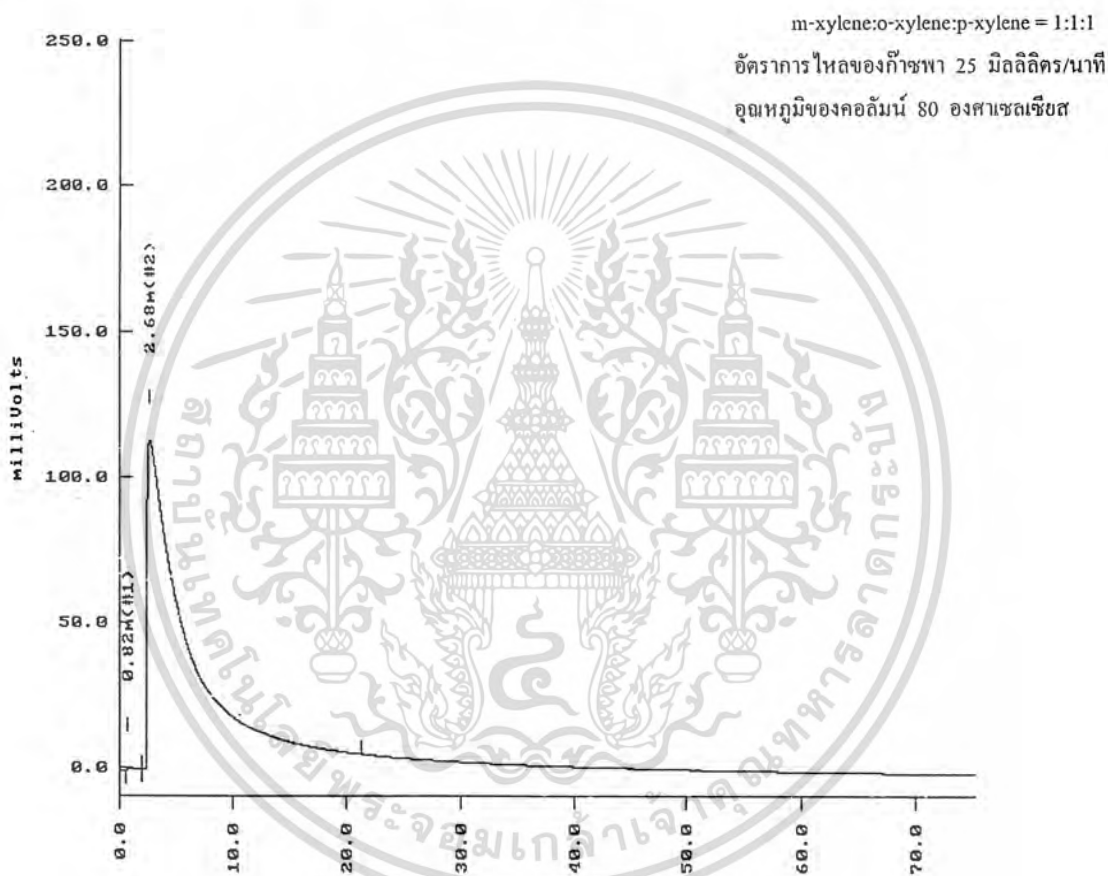
รูปที่ จ-52 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 70 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 2:07 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 4/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : sp4-3-1 CHROMATOGRAM FILE : sp4-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp4-3-1 recorded at 12:52 pm on 04/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BP	0.82	16.8	43.31	0.4	0.1
2	PB	2.68	26703.7	161.27	112.7	99.9
TOTALS :			26720.5			100.0

รูปที่ จ-53 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

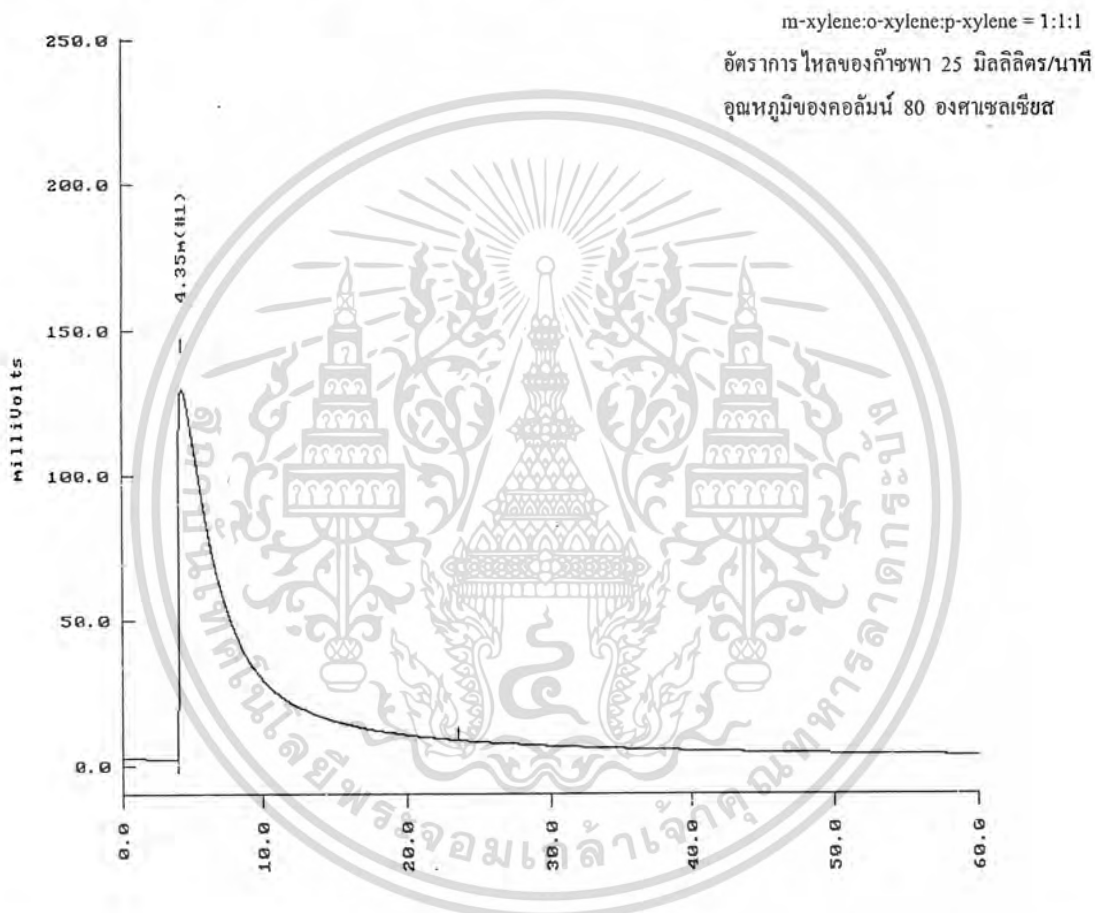
อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 80 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 12:07 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 4/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : som4-3-2 CHROMATOGRAM FILE : som4-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram som4-3-2 recorded at 11:05 am on 04/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	4.35	30426.1	162.32	127.2	100.0
TOTALS :			30426.1			100.0

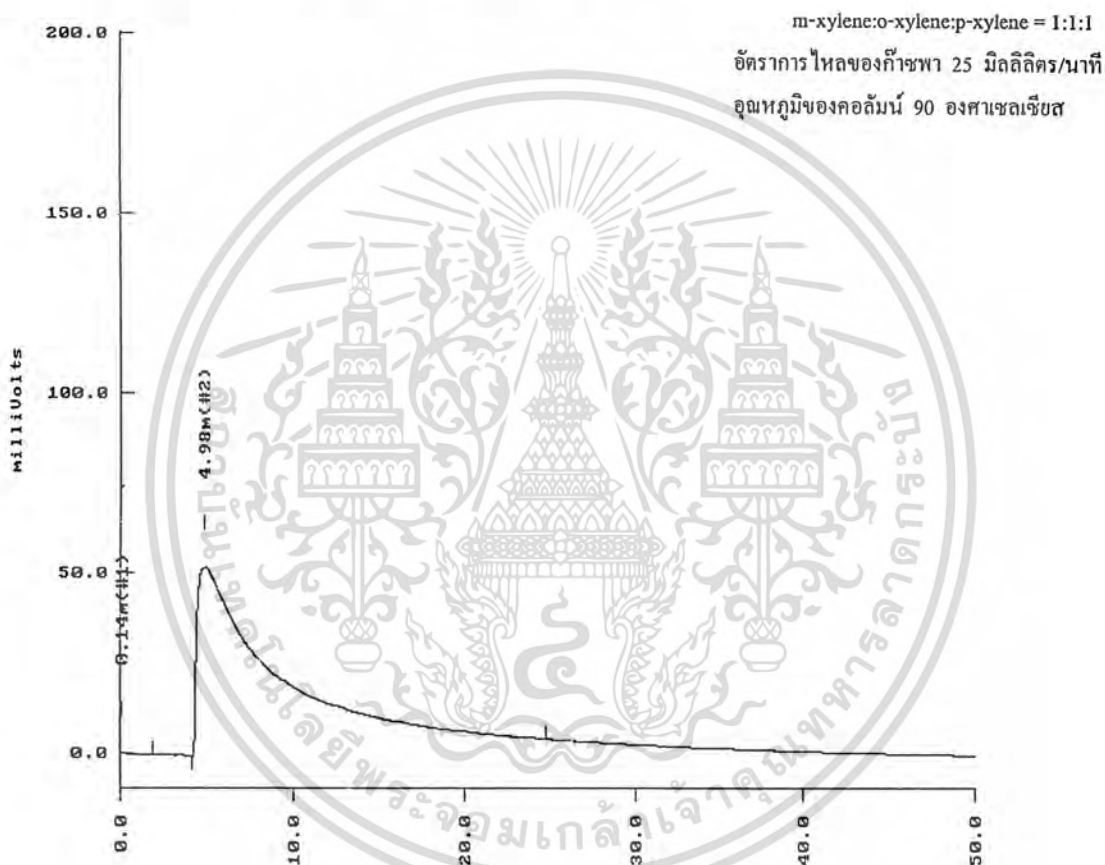
รูปที่ จ-54 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 80 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 3:01 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 4/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : sp4-3-2 CHROMATOGRAM FILE : sp4-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram sp4-3-2 recorded at 2:10 pm on 04/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	0.14	16.7	18.86	0.4	0.1
2	BB	4.98	16823.9	217.94	52.2	99.9
TOTALS :			16840.5			100.0

รูปที่ จ-55 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกมัดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 90 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นหากมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 11:07 am DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 3/3/99
 AREA PERCENT REPORT

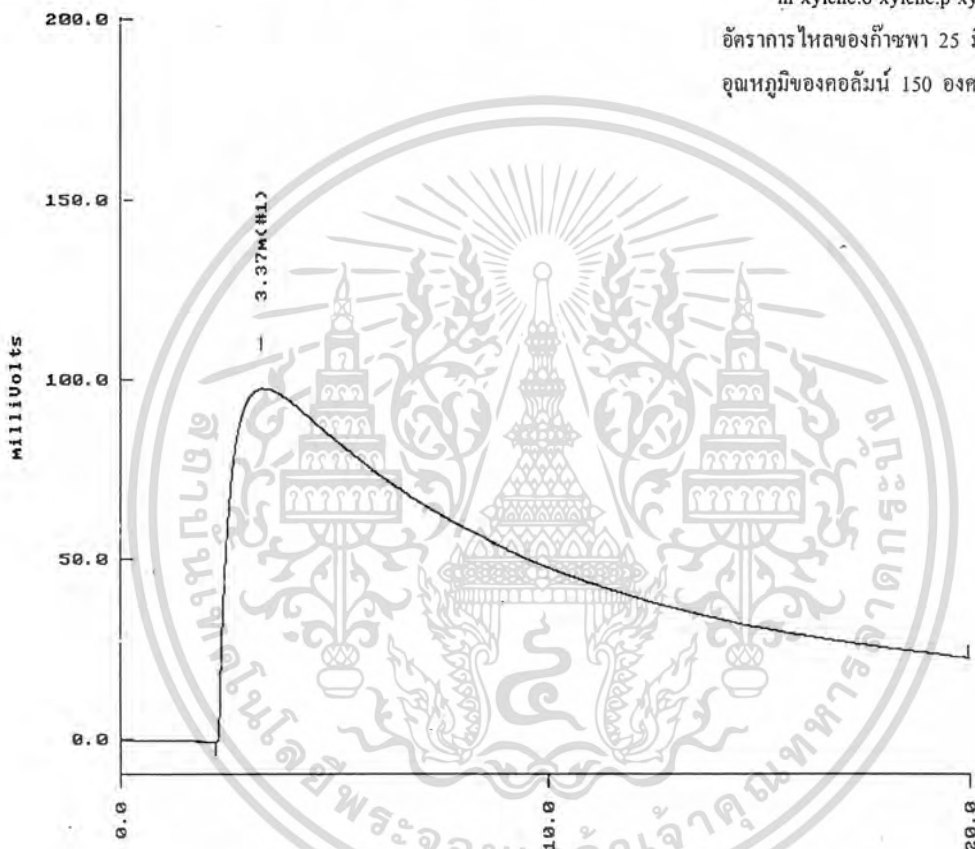
SAMPLE NAME : m-3-3-1 CHROMATOGRAM FILE : m-3-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m-3-3-1 recorded at 10:46 am on 03/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT

m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1

อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ 150 องศาเซลเซียส



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BE	3.37	40535.3	414.58	96.6	100.0
TOTALS :			40535.3			100.0

รูปที่ จ-56 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 150 องศาเซลเซียส

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 12:27 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 3/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o-3-3-1 CHROMATOGRAM FILE : o-3-3-1
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o-3-3-1 recorded at 11:22 am on 03/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



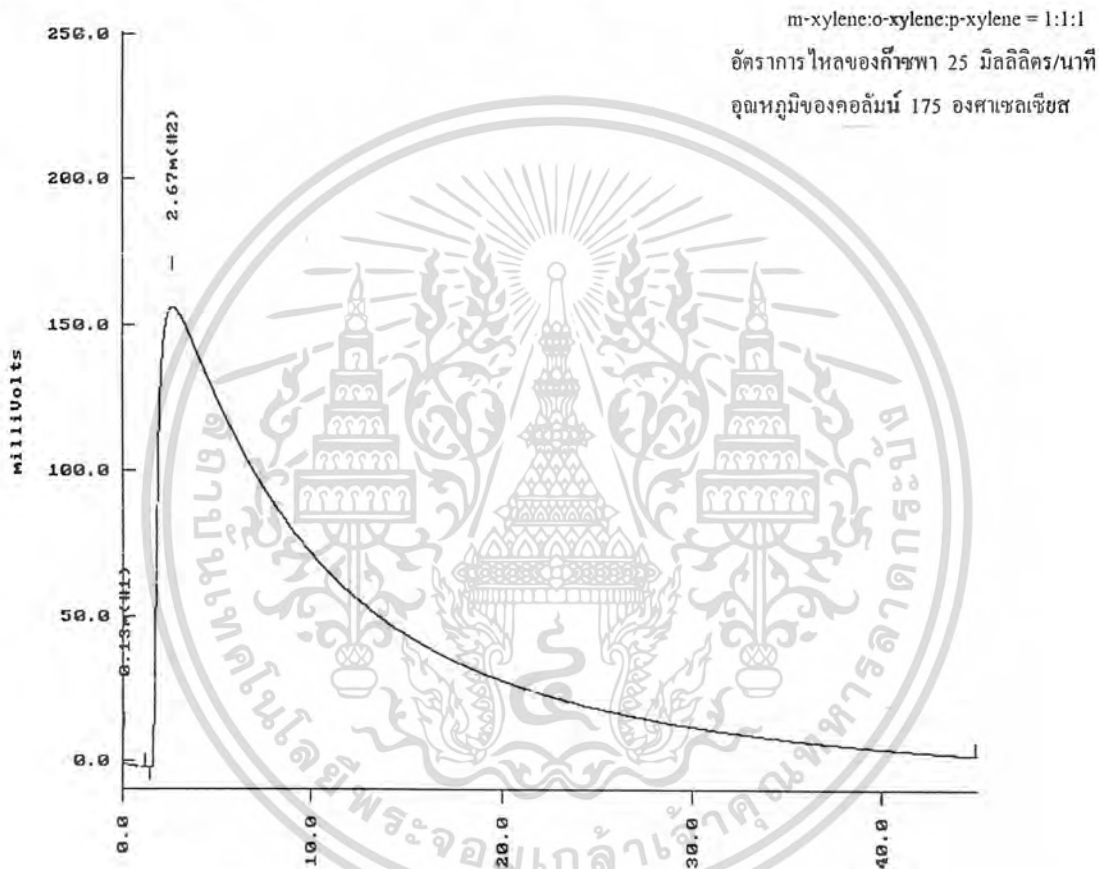
#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	0.1	16.5	15.33	0.8	100.0
TOTALS :			16.5			100.0

รูปที่ จ-57 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า อุณหภูมิของคอลัมน์ 150 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME :1:24 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 3/3/99
 AREA PERCENT REPORT

 SAMPLE NAME : m-3-3-2 CHROMATOGRAM FILE : m-3-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m-3-3-2 recorded at 12:30 pm on 03/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BV	0.13	13.8	14.03	0.6	0.0
2	VB	2.67	10000.4	450.15	157.9	100.0
TOTALS :			100014.2			100.0

รูปที่ จ-58 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 175 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME : 2:10 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 3/3/99
AREA PERCENT REPORT

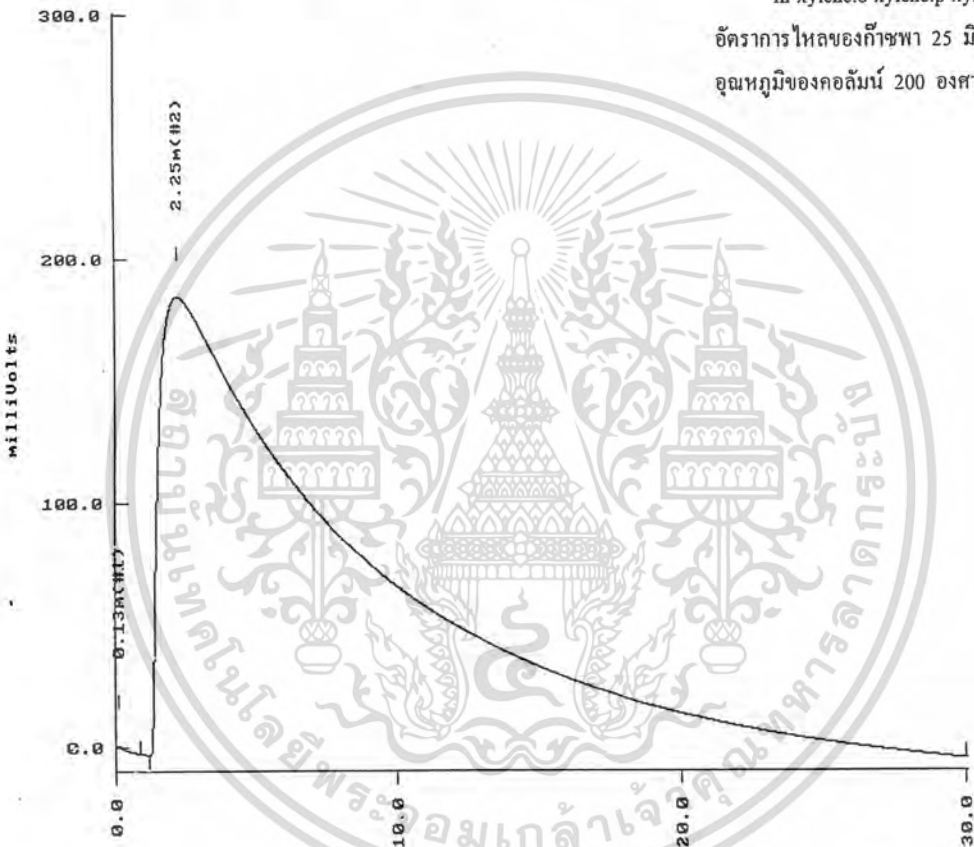
SAMPLE NAME : m-3-3-3 CHROMATOGRAM FILE : m-3-3-3
SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m3-3-3 recorded at 1:39 pm on 03/03/99
Captured by analyst using method : INTEGRAT

m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1

อัตราการใช้ของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ 200 องศาเซลเซียส



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BV	0.13	29.1	10.01	1.7	0.0
2	VE	2.25	91789.1	369.68	187.2	100.0
TOTALS :			91818.2			100.0

รูปที่ จ-59 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อุณหภูมิของคอลัมน์ 200 องศาเซลเซียส

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 2:44 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 3/3/99
 AREA PERCENT REPORT

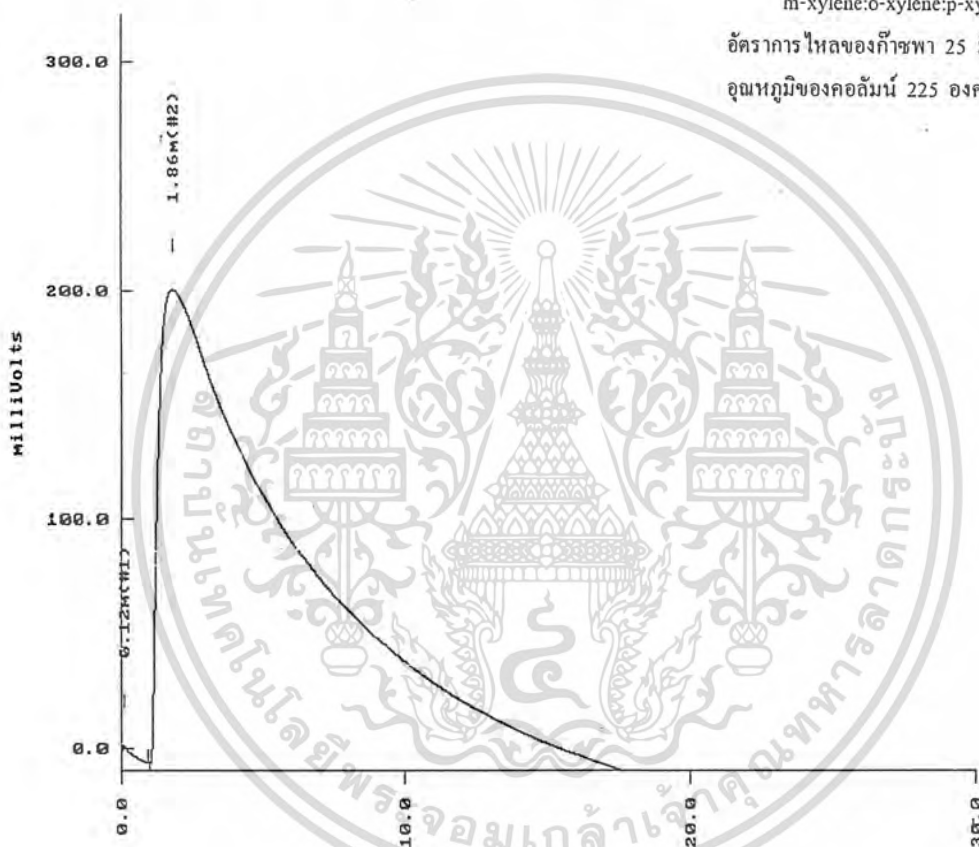
 SAMPLE NAME : m-3-3-4 CHROMATOGRAM FILE : m-3-3-4
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram m-3-3-4 recorded at 2:11 pm on 03/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT

m-xylene:o-xylene:p-xylene = 1:1:1

อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที

อุณหภูมิของคอลัมน์ 225 องศาเซลเซียส



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BV	0.12	64.8	9.77	3.7	0.1
2	VE	1.86	79771.8	271.16	207.3	99.9
TOTALS :			79836.5			100.0

รูปที่ จ-60 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ

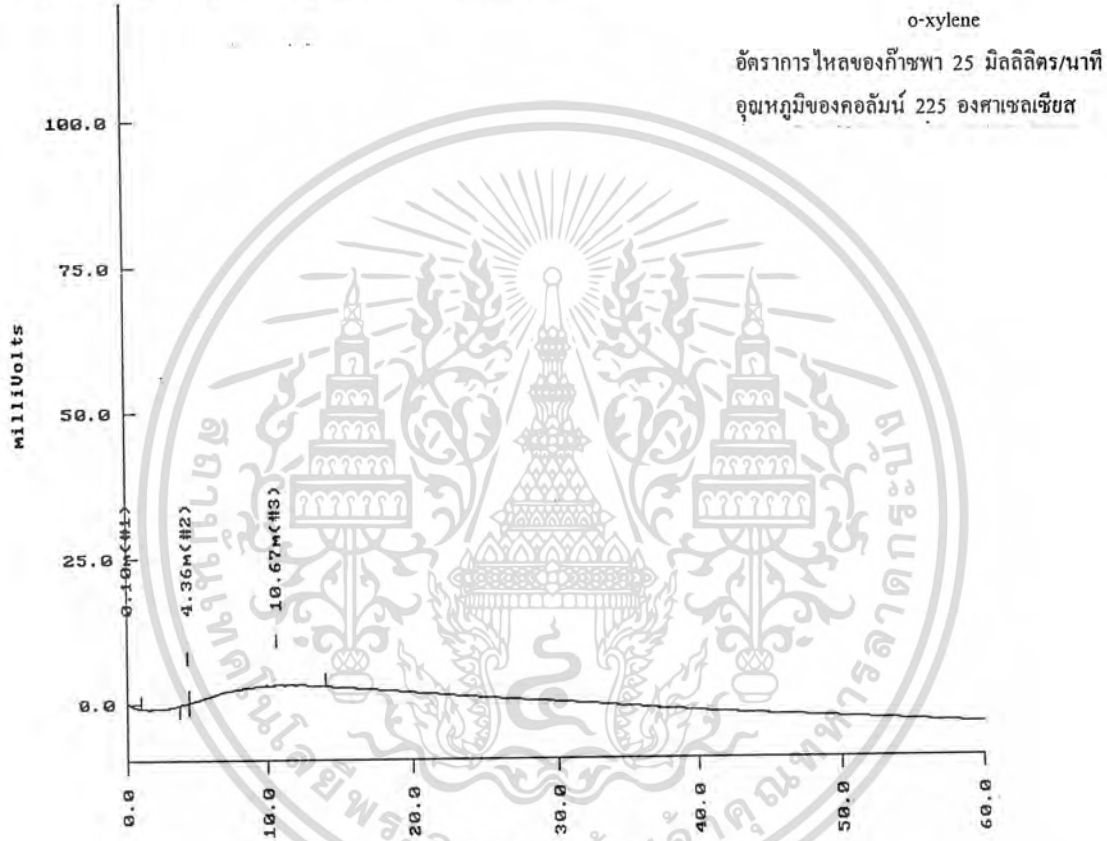
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 225 องศาเซลเซียส

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

 TIME : 4:14 pm DELTA CHROMATOGRAPHY DATA SYSTEM DATE : 3/3/99
 AREA PERCENT REPORT

SAMPLE NAME : o-3-3-2 CHROMATOGRAM FILE : o-3-3-2
 SAMPLE TYPE : SAMP CHROMATOGRAM SOURCE : ACQUIRE
 SAMPLE AMOUNT : 1.00 METHOD NAME : INTEGRAT
 DILUTE : 1.00 INJ : 1 OF 1

Chromatogram o-3-3-2 recorded at 3:10 pm on 03/03/99
 Captured by analyst using method : INTEGRAT



#	TYPE NAME	RET. TIME	AREA	WIDTH	HEIGHT	AREA PERCENT
1	BB	0.10	15.2	11.97	0.8	2.5
2	BP	4.36	5.7	16.30	0.3	1.0
3	PB	10.67	580.7	412.93	1.3	96.5
TOTALS :			601.6			100.0

รูปที่ จ-61 แสดงผลจากการวิเคราะห์ o-xylene ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 25 มิลลิลิตร/นาที และ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อุณหภูมิของคอลัมน์ 225 องศาเซลเซียส
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบงก์เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้นของ Capillary column

3.1 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 0.5 มิลลิลิตร/นาที

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส/นาที

เครื่องมือ GC-17A SHIMADZU
 ดีเทคเตอร์ Flame Ionization Detector (FID)
 ก๊าซพา ไนโตรเจน
 อัตราการไหล $N_2 = 0.5$ มิลลิลิตร/นาที
 คอลัมน์ DB-WAX

ความยาวคอลัมน์ 300 เซนติเมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.53 มิลลิลิตร

อุณหภูมิ ช่องฉีดสาร 200 °C
 ดีเทคเตอร์ 160 °C
 คอลัมน์ 70-100 °C

	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	20 °C/min
Temp.	70	100
Hold Time	0	10

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
14	53.266	146988	26361	V		
15	53.370	101208	22753	V		
16	53.444	16364	20529	V		
17	53.455	8168	20567	V		
18	53.465	219694	20524	V		
19	53.675	72163	14899	V		
20	53.770	25049	13984	V		
21	53.793	8271	13775	V		
22	53.801	35389	13855	V		
23	53.843	26599	13395	V		
24	54.049	157347	15951	V		
25	54.096	42805	17173	V		
26	54.142	60147	18365	V		
27	54.282	184692	23440	V		
28	54.465	300538	31536	V		
29	54.54	108861	33536	V		
30	54.657	255139	37904	V		
31	54.684	61069	38528	V		
32	54.766	205341	41200	V		
33	54.812	241914	42672	V		
34	54.909	127661	43888	V		
35	54.977	149782	44624	V		
36	54.986	131520	44976	V		
37	55.061	128013	43088	V		
38	55.093	414176	43088	V		
39	55.268	692264	36912	V		
40	55.745	116651	10627	VE		
41	69.686	251407	14298	E		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
42	69.846	174689	18845	V		
43	69.982	169429	22423	V		
44	70.039	93557	24095	V		
45	70.110	67631	24909	V		
46	70.176	129615	26461	V		
47	70.247	87033	27793	V		
48	70.258	22050	27792	V		
49	70.307	78872	29065	V		
50	70.320	46353	29053	V		
51	70.358	85730	29013	V		
52	70.501	283058	31456	V		
53	70.593	162410	31296	V		
54	70.661	98212	29406	V		
55	70.697	11398	28531	V		
56	70.701	11443	28766	V		
57	70.708	83532	28664	V		
58	70.766	59017	27012	V		
59	70.801	47739	26617	V		
60	70.834	102163	26638	V		
61	70.915	139236	24753	V		
62	71.009	162235	21342	V		
63	71.155	277755	16391	VE		
		8292586	1710335			

รูปที่ จ-63 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 0.5 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่นอญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1 มิลลิลิตร/นาที

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส

เครื่องมือ GC-17A SHIMADZU

ดีเทคเตอร์ Flame Ionization Detector (FID)

ก๊าซพา ไนโตรเจน

อัตราการไหล $N_2 = 1$ มิลลิลิตร/นาที

คอลัมน์ DB-WAX

ความยาวคอลัมน์ 300 เซนติเมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.53 มิลลิลิตร

อุณหภูมิ

ช่องฉีดสาร 200 °C

ดีเทคเตอร์ 160 °C

คอลัมน์ 70-100 °C

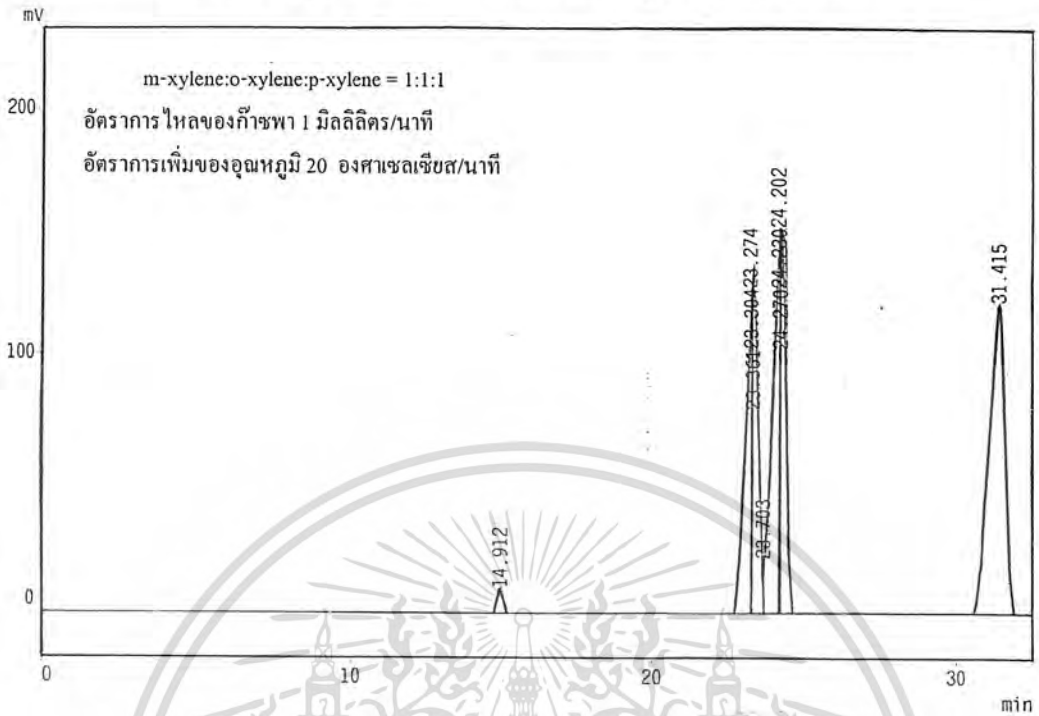
	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	20 °C/min
Temp.	70	100
Hold Time	0	10

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C08



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	14.912	134993	10307	E		
2	23.274	1871316	132352	E		
3	23.304	318131	134816	V		
4	23.361	1883519	141904	V		
5	23.703	17706	22220	V		
6	24.202	2468085	157120	V		
7	24.23	250202	156752	V		
8	24.27	1829485	158720	VE		
9	31.415	4704954	126176	E		
		13478392	1040366			

รูปที่ จ-64 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 1 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

อัตราการใช้ของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส/นาที

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 1.5 มิลลิลิตร/นาที

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 15 และ 20 องศาเซลเซียส

เครื่องมือ GC-17A SHIMADZU

ดีเทคเตอร์ Flame Ionization Detector (FID)

ก๊าซพา ไนโตรเจน

อัตราการไหล $N_2 = 1.5$ มิลลิลิตร/นาที

คอลัมน์ DB-WAX

ความยาวคอลัมน์ 300 เซนติเมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.53 มิลลิลิตร

อุณหภูมิ ช่องฉีดสาร 200 °C

ดีเทคเตอร์ 160 °C

คอลัมน์ 70-100 °C

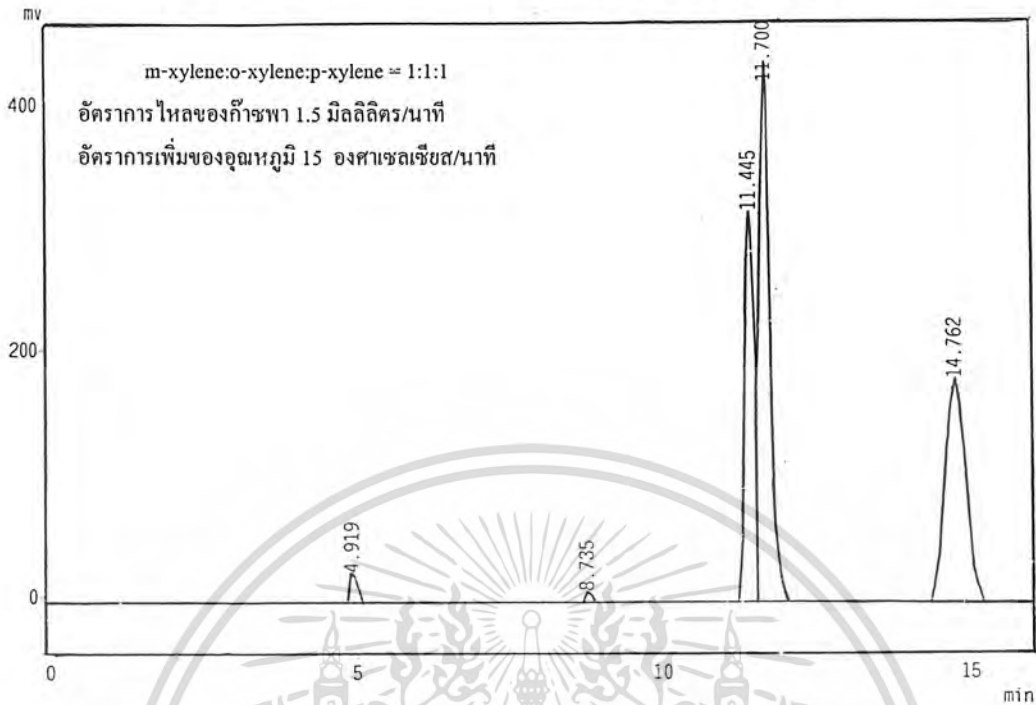
	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	15,20 °C/min
Temp.	70	100
Hold Time	0	10

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-65 และ จ-66 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C08



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	4.919	216156	24874	E		
2	8.735	63559	9574	E		
3	11.445	3456336	316912	E		
4	11.700	5234829	439344	VE		
5	14.762	4199408	180752	E		
		13170287	971455			

รูปที่ จ-65 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 1.5 มิลลิลิตร/นาที และ

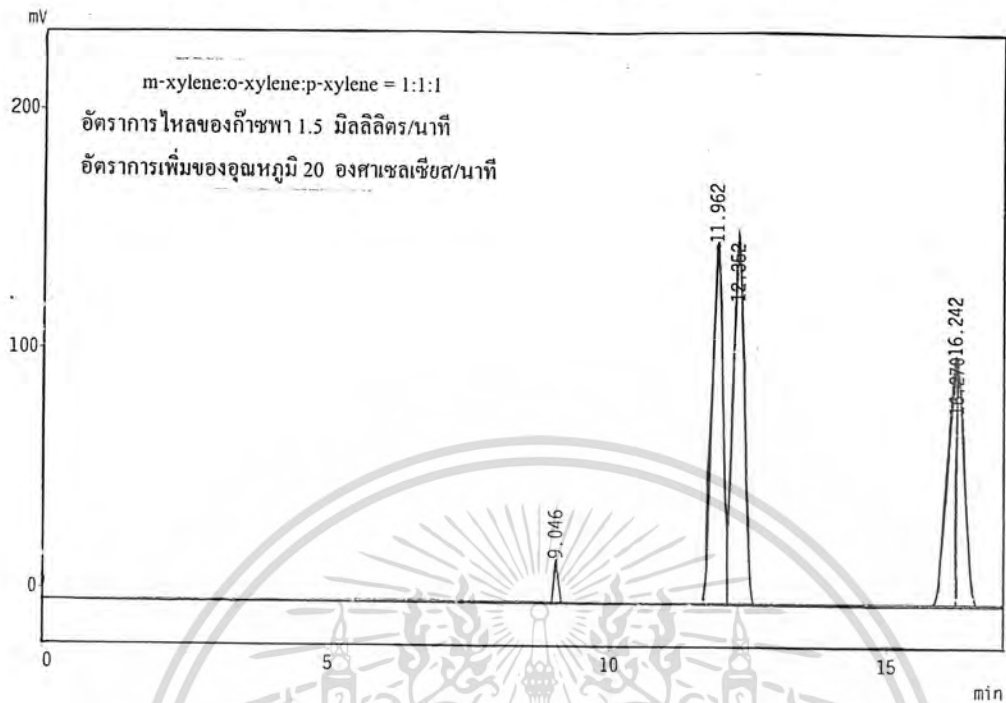
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส/นาที

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C07



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	9.046	106850	18189	E		
2	11.962	1997352	150656	E		
3	12.352	2197536	155760	VE		
4	16.242	1233898	104272			
5	16.270	916170	103312	E		
		6451806	532189			

รูปที่ จ-66 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 1.5 มิลลิลิตร/นาที และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส/นาที อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 อัตราการไหลของก๊าซพาเป็น 2 มิลลิลิตร/นาที

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10 15 และ 20 องศาเซลเซียส

เครื่องมือ GC-17A SHIMADZU
 ดีเทคเตอร์ Flame Ionization Detector (FID)
 ก๊าซพา ไนโตรเจน
 อัตราการไหล $N_2 = 2$ มิลลิลิตร/นาที
 คอลัมน์ DB-WAX

ความยาวคอลัมน์ 300 เซนติเมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.53 มิลลิลิตร

อุณหภูมิ
 ช่องฉีดสาร 200 °C
 ดีเทคเตอร์ 160 °C
 คอลัมน์ 70-100 °C

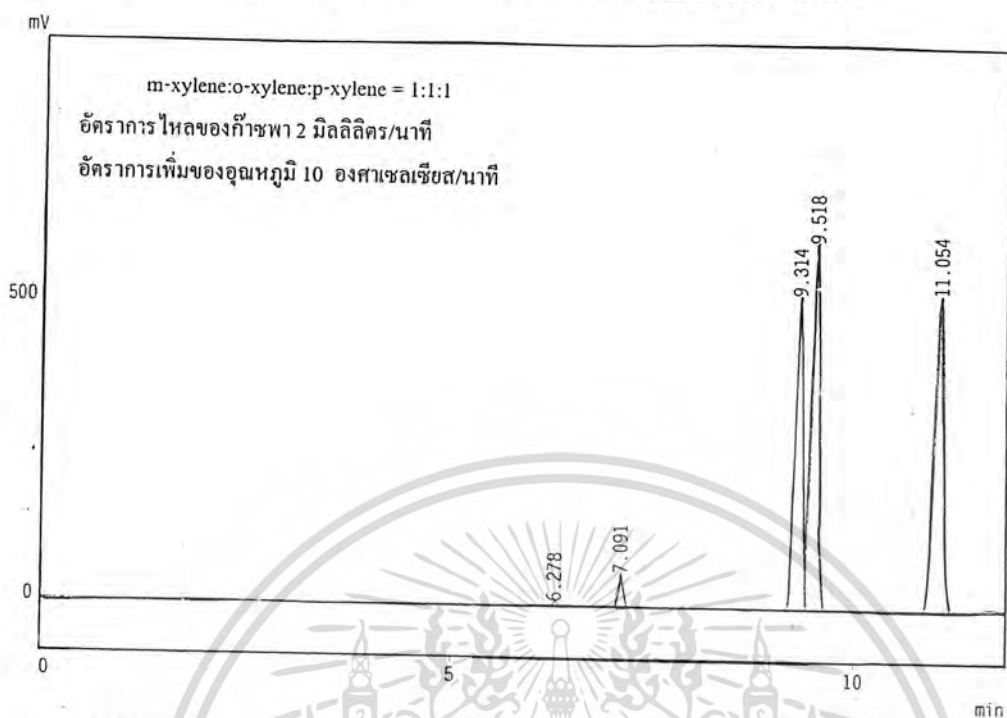
	Initial Temp,	Segment 'A'
Rate	-	10,15 และ 20 °C/min
Temp.	70	100
Hold Time	0	10

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-67 จ-68 และ จ-69 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C11



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	6.278	18636	6349	E		
2	7.091	272295	55664	E		
3	9.314	3641439	520240	E		
4	9.518	3946939	609232	VE		
5	11.054	4053702	524224	E		
		11933009	1715709			

รูปที่ จ-67 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

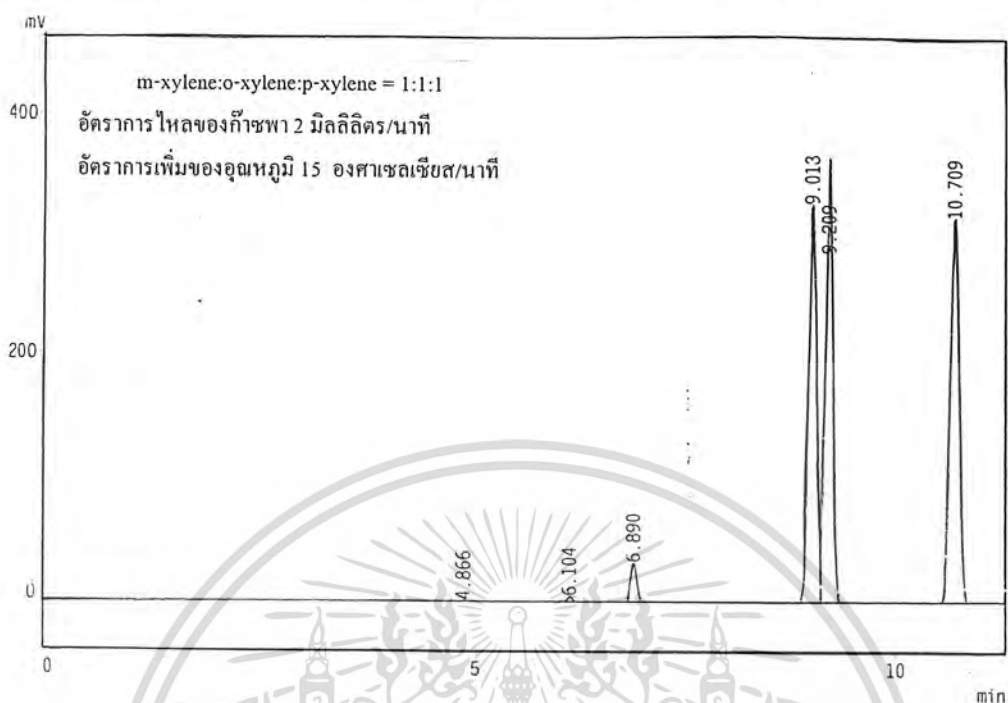
อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C09



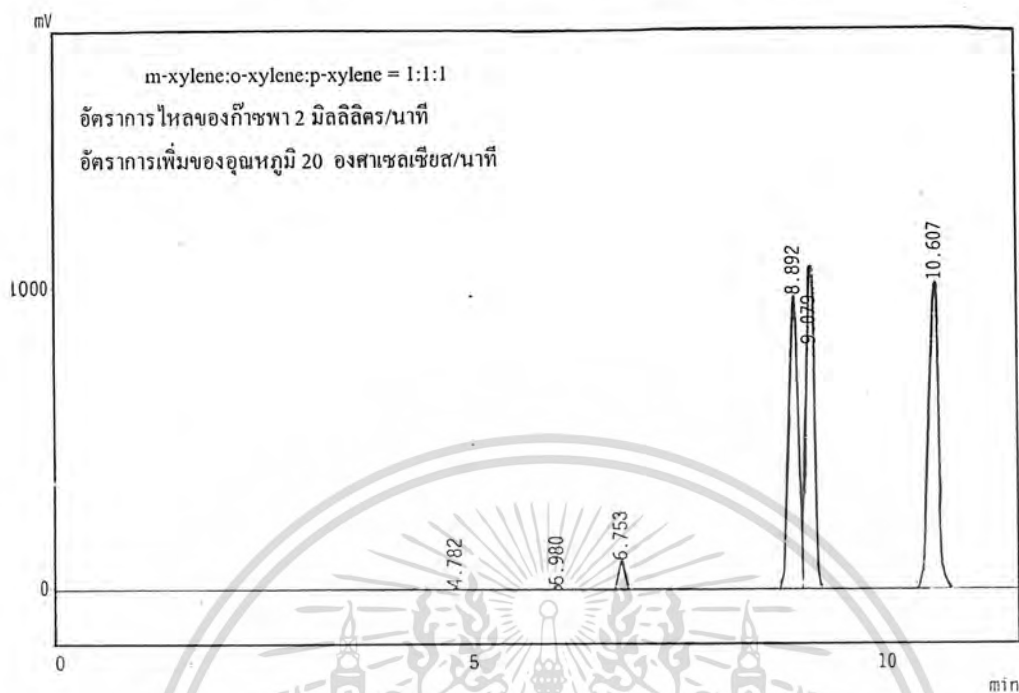
****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	4.866	1083	701			
2	6.104	14752	4373			
3	6.890	157989	3219			
4	9.013	2160858	331120			
5	3.209	2336718	369856			
6	10.709	2395941	319696			
		7067341	1057938			

รูปที่ จ-68 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ในอัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของกรมวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C06



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	4.782	12338	4641	E		
2	5.98	47144	12808	E		
3	6.753	477369	93296	E		
4	8.892	7222529	976064	E		
5	9.079	7672751	1074576	VE		
6	10.607	8468052	1021328	E		
		239001723	3182713			

รูปที่ จ-69 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมระหว่าง m-xylene, o-xylene และ p-xylene ใน

อัตราส่วน 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

อัตราการใช้ของอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส/นาที

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การโปรแกรมอุณหภูมิเชิงเส้นของสารมาตรฐาน โดยวิธี

Internal standard

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 10 องศาเซลเซียส

เครื่องมือ GC-17A SHIMADZU

ดีเทคเตอร์ Flame Ionization Detector (FID)

ก๊าซพา ไนโตรเจน

อัตราการไหล $N_2 = 2$ มิลลิลิตร/นาที

คอลัมน์ DB-WAX

ความยาวคอลัมน์ 300 เซนติเมตร

เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.53 มิลลิลิตร

อุณหภูมิ ช่องฉีดสาร 200 °C

ดีเทคเตอร์ 160 °C

คอลัมน์ 70-100 °C

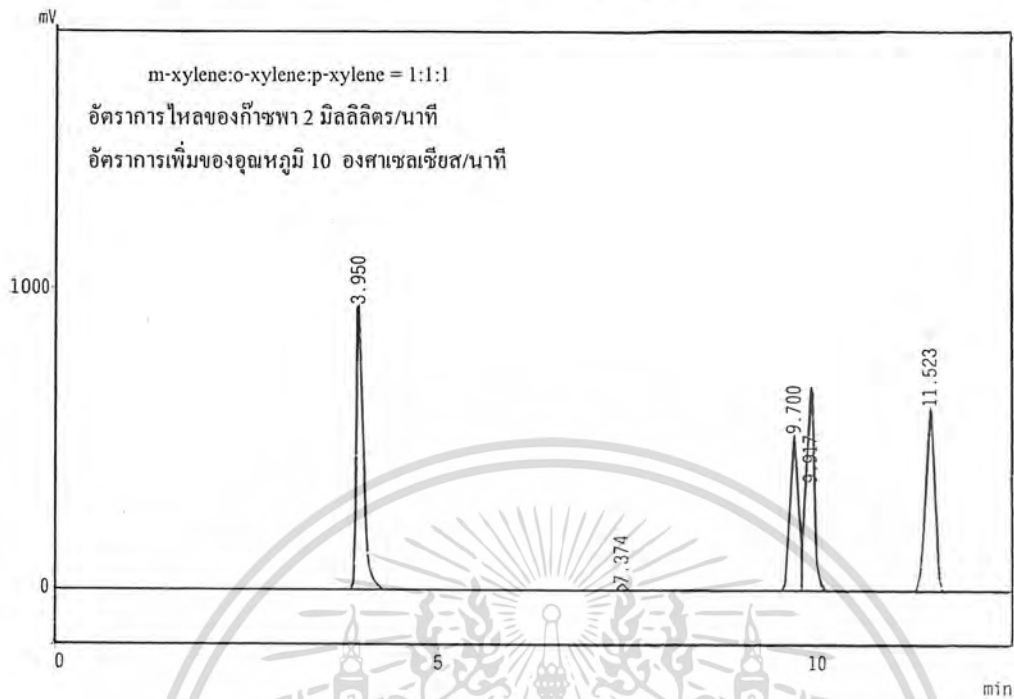
	Initial Temp.	Segment 'A'
Rate	-	10 °C/min
Temp.	70	100
Hold Time	0	10

ผลที่ได้จากการทดลองแสดงดังรูป จ-70 จ-71 จ-72 และ จ-73 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C04



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	3.95	6452656	951952	E	??????	
2	7.374	108066	20126	E		
3	9.7	4263431	522848			
4	9.917	5116964	682240	VE		
5	11.523	5335239	615728	E		
		21273656	2793794			

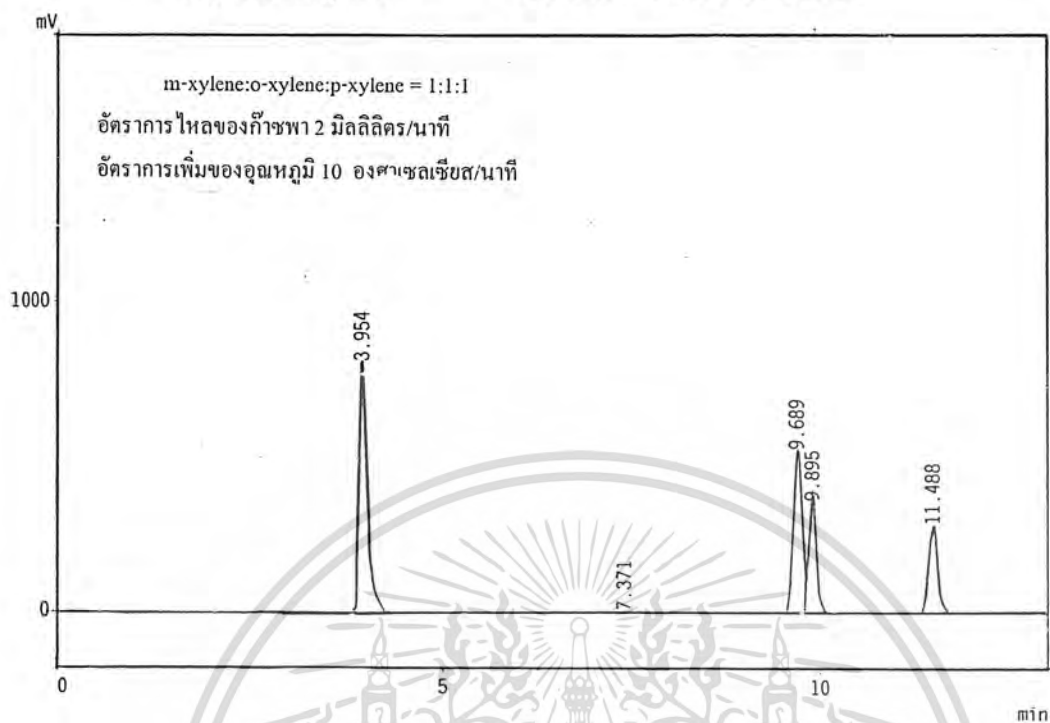
รูปที่ จ-70 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมเฮกเซนกับสารผสมที่มีอัตราส่วนของ m-xylene,

o-xylene และ p-xylene เป็น 1:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้สำหรับดูรายงานผลการศึกษานี้เท่านั้น ไม่ควรเอาไปใช้ในประโยชน์ด้านการค้า
 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C05



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	3.954	5932488	810016	E		
2	7.371	32005	7668	E		
3	9.689	4297797	527392			
4	9.895	2957925	397712	VE		
5	11.488	2501474	288352	E		
		15721689	2031140			

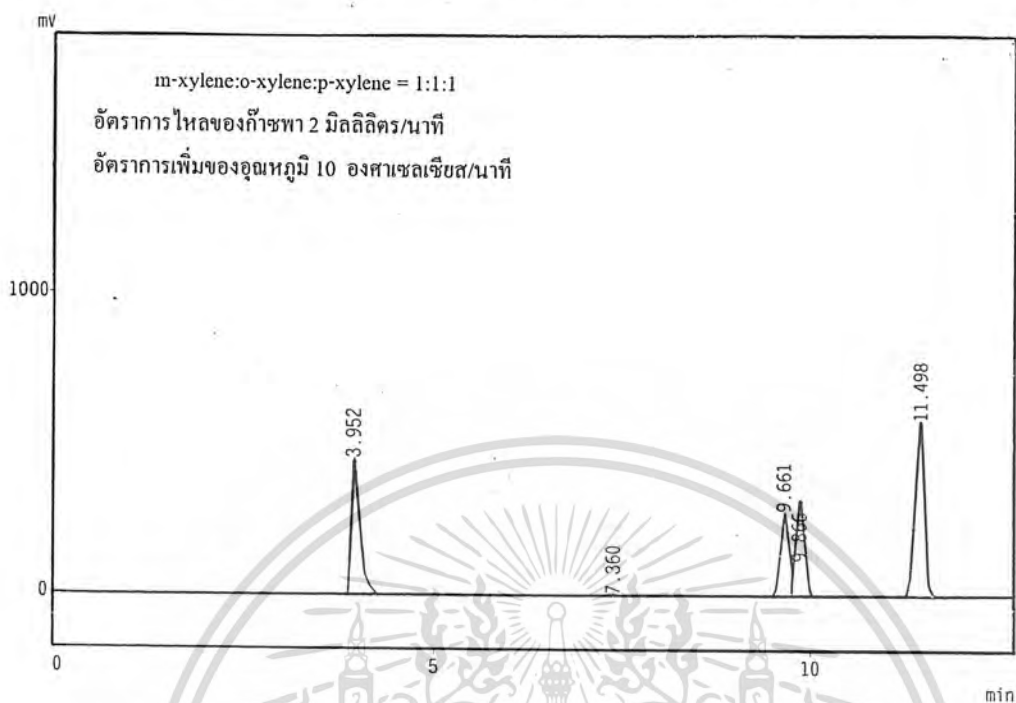
รูปที่ จ-71 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมเฮกเซนกับสารผสมที่มีอัตราส่วนของ m-xylene,

o-xylene และ p-xylene เป็น 1:1:2 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพาหะ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 มลลิลิตร/นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C06



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	3.952	3529404	6349	F		
2	7.36	15165	55664	E		
3	9.661	2242244	520240	E		
4	9.866	2616983	609232	VE		
5	11.498	5274128	524224	E		
		13677924	1641699			

รูปที่ จ-72 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมเฮกเซนกับสารผสมที่มีอัตราส่วนของ m-xylene,

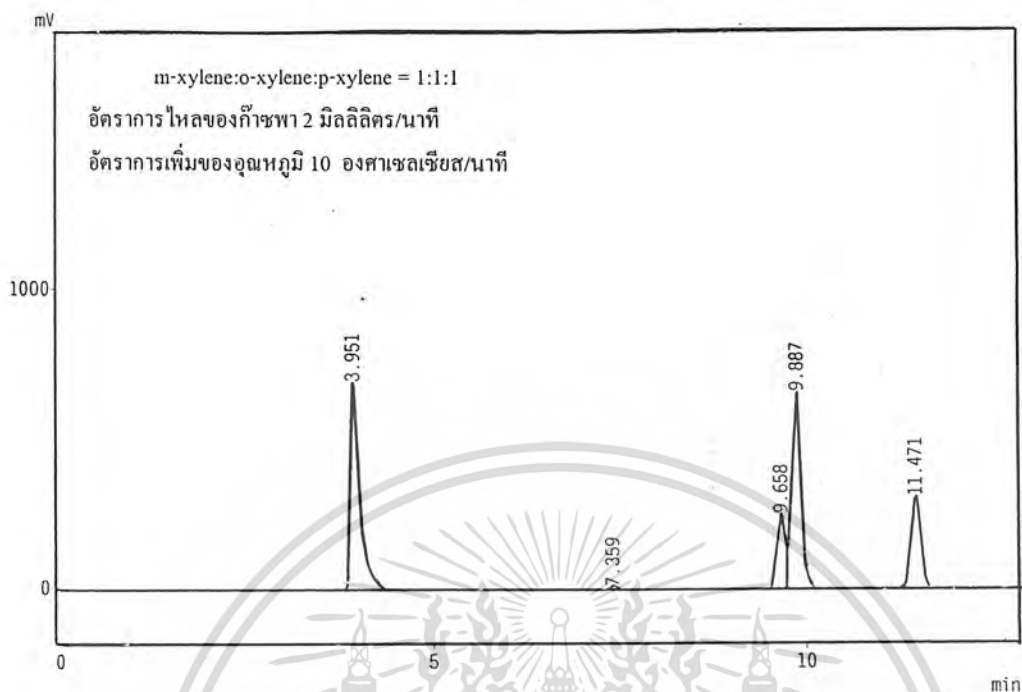
o-xylene และ p-xylene เป็น 1:2:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการไหลของก๊าซพา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้ในการค้า
 มลพิษ/นาฬิกา และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chromatogram

Filename :@CHRM1.C07



****Peak Report****

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	MK	IDNO	CONC
1	3.951	6130046	693184	E		
2	7.359	40961	8683	E		
3	9.658	2077369	249584	E		
4	9.887	5604658	657056	VE		
5	11.471	2773724	307184	E		
		16626758	1915691			

รูปที่ จ-73 แสดงผลจากการวิเคราะห์สารผสมเฮกเซนกับสารผสมที่มีอัตราส่วนของ m-xylene,

o-xylene และ p-xylene เป็น 2:1:1 โดยปริมาตร ที่อัตราการใช้ของก๊าซพา 2

อัตราการใช้ของก๊าซพา 2 มิลลิลิตร/นาที และอัตราการใช้ของอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส/นาที ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง

X-ray Fluorescence

SiO₂ 95.77%

Al₂O₃ <0.1%

Na₂O 0.23%

TiO₂ <0.01%

น้ำหนักซิลิกาไลต์ 0.2938 กรัม

น้ำหนักฟุ้งซิลิกา 1.3844 กรัม

น้ำหนักรวมเป็น 0.2938+1.3844 = 1.6782 กรัม

% โดยน้ำหนักของซิลิกาไลต์ = $(0.2938/1.6782) \times 100 = 17.5069$ เปอร์เซ็นต์

จากเปอร์เซ็นต์ SiO₂ ที่วิเคราะห์ได้ 95.77% จะได้ว่า

% SiO₂ ในซิลิกาไลต์ = $(16.7663/100) \times 1.678 = 0.28137$ กรัม
= 4.6829 โมล

% Al₂O₃ น้อยกว่า 0.1%

ดังนั้นน้ำหนักของ Al₂O₃ น้อยกว่า $(0.1/100) \times 1.678 = 0.0016782$ กรัม
= 1.646×10^{-5} โมล

อัตราส่วน Si/Al เป็น $(4.6829 \times 10^{-3}) / (1.4591 \times 10^{-5}) = 284.52$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

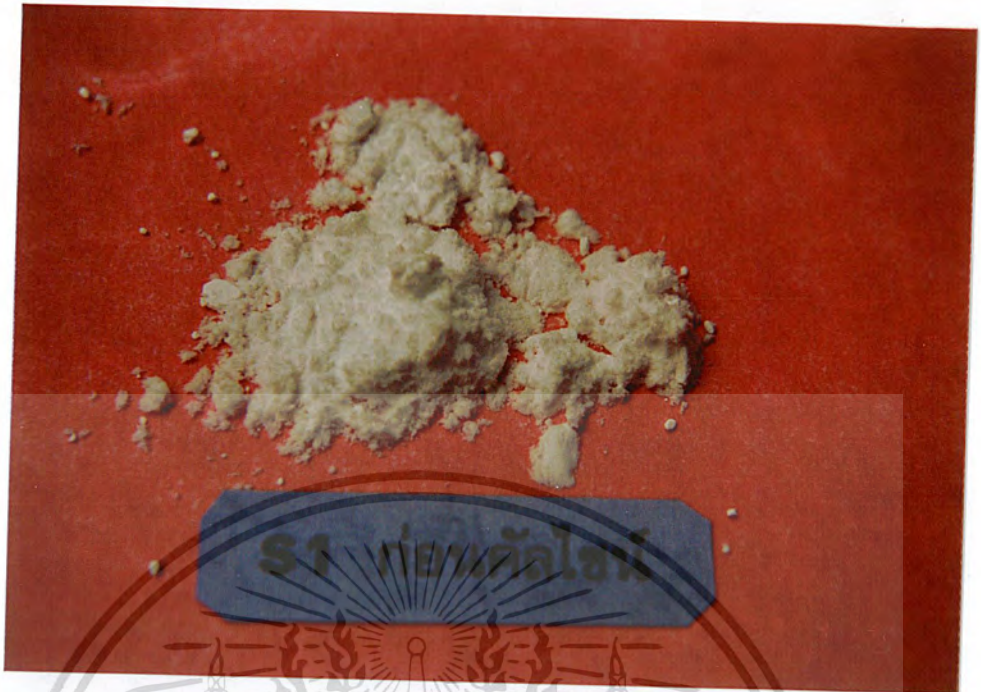
ภาคผนวก ข

รูปแสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

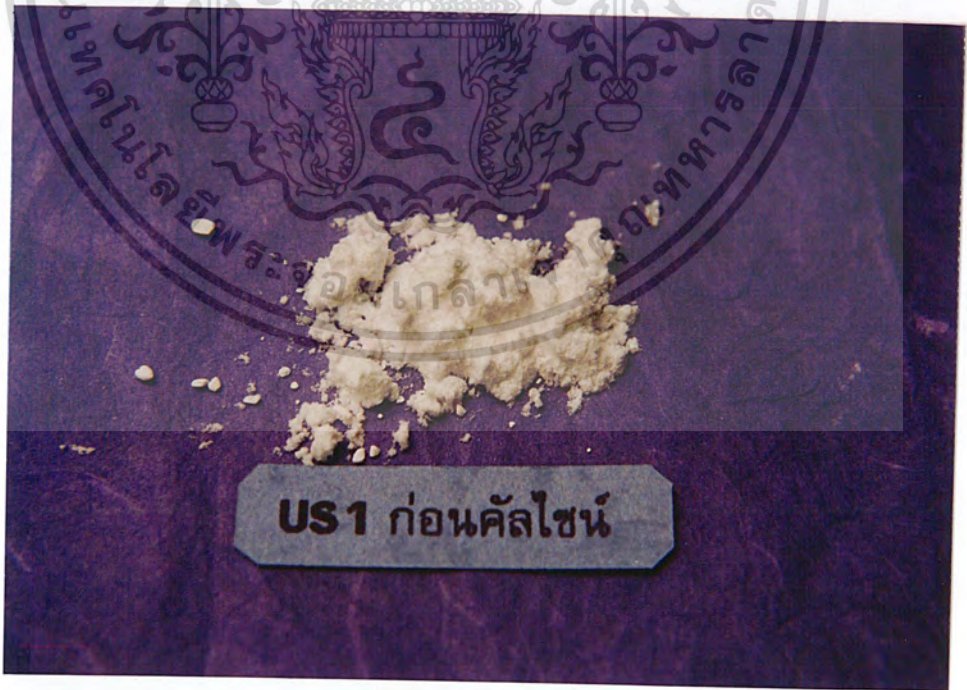


รูปที่ ข-1 แสดงภาชนะสังเคราะห์ภายใต้ความดันสูง (Autoclave)

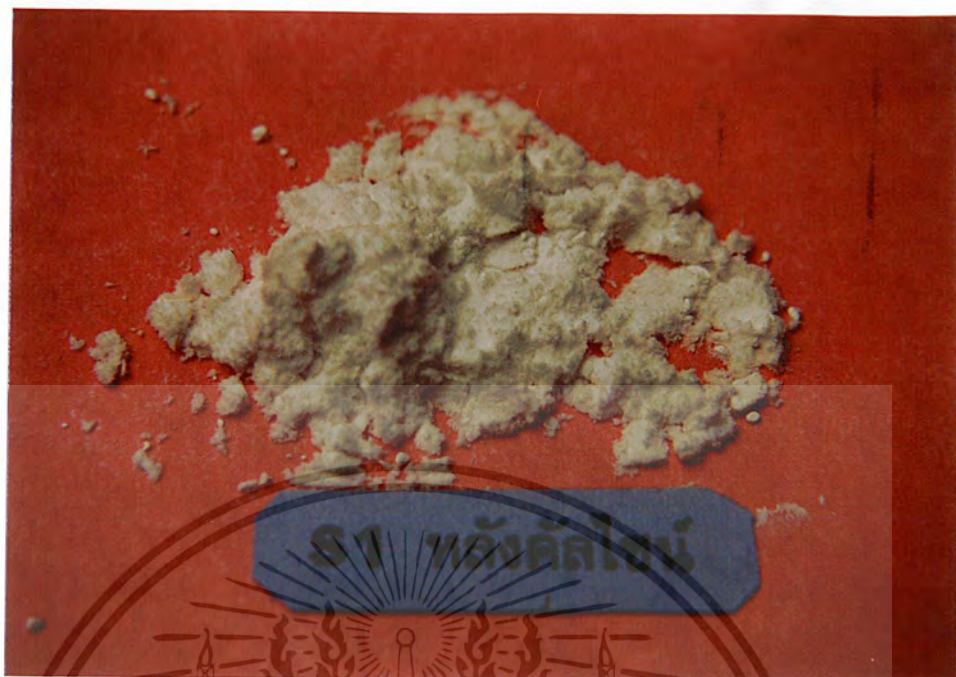
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ซ-2 แสดงลักษณะของซีโอไลต์ที่สังเคราะห์ได้ตามสูตรเจด
 $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ ก่อนคัลไซน์



รูปที่ ซ-3 แสดงลักษณะของซีโอไลต์ที่สังเคราะห์ได้ตาม U.S. Patent หมายเลข 4,061,724 การค้า
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทฯ ซึ่งขอสงวนสิทธิ์ในชื่อและเครื่องหมายการค้า
 ไม่่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ที่มีสูตรเจด $4\text{Na}_2\text{O} \cdot 50\text{SiO}_2 \cdot (\text{TPA})_2\text{O} \cdot 69\text{H}_2\text{O}$ ก่อนคัลไซน์ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

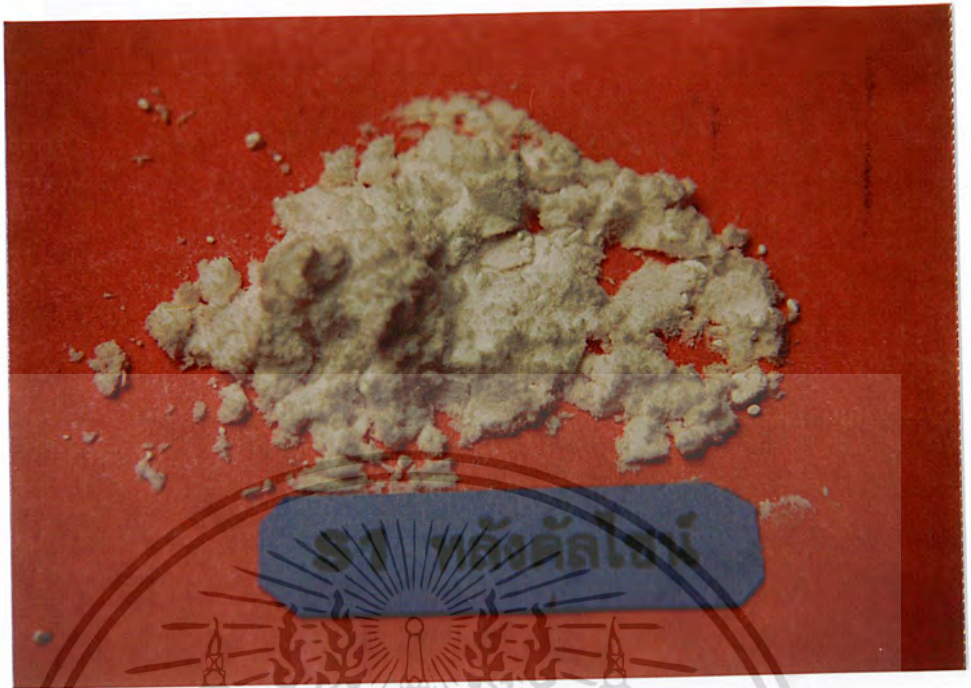


รูปที่ ช-4 แสดงลักษณะของซีโอไลต์ที่สังเคราะห์ได้ตามสูตรเจด
 $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ หลังคัลไชน์

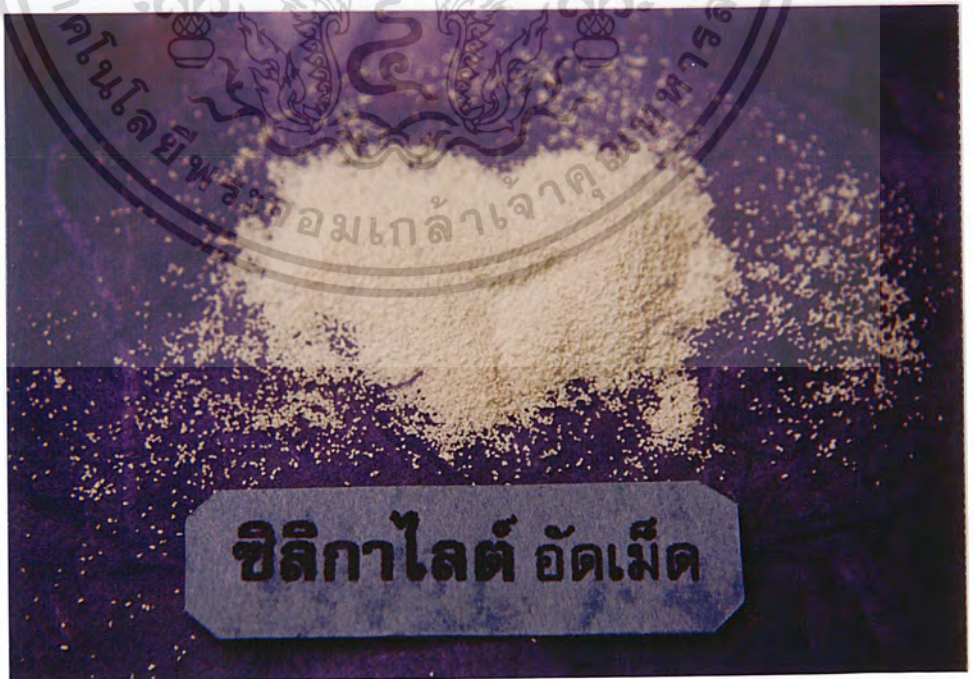


ซิลิกาไลต์ อัดเม็ด

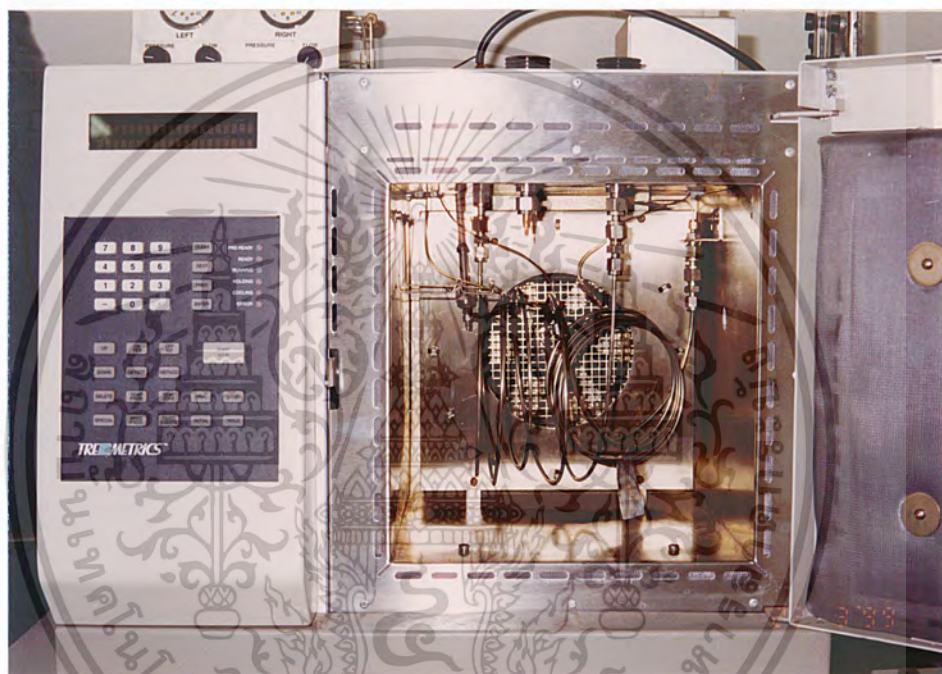
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ รูปที่ ช-5 แสดงลักษณะของซีโอไลต์ที่ทำการอัดเม็ด แล้วคัลขนาดได้ในช่วงเมช 80/100 ใช้



รูปที่ ซ-4 แสดงลักษณะของซีโอไลต์ที่สังเคราะห์ได้ตามสูตรเจต
 $24\text{Na}_2\text{O} \cdot 100\text{SiO}_2 \cdot 20\text{TPABr} \cdot 4000\text{H}_2\text{O}$ หลังคัลไลซีน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น **รูปที่ ซ-5** แสดงลักษณะของซีโอไลต์ที่ทำการอัดเม็ด แล้วคัดขนาดได้ในช่วงเมช 80/100



รูปที่ ช-6 แสดงลักษณะของคอดัมน์ และต่อเข้ากับเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี

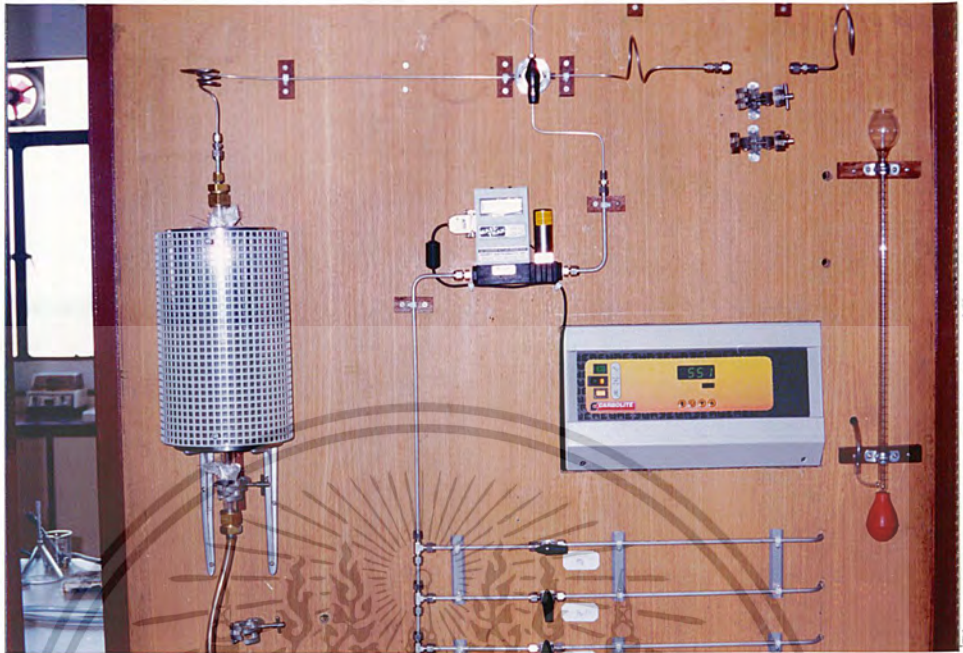
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช-7 แสดงเครื่อง Scanning Electron Microscope



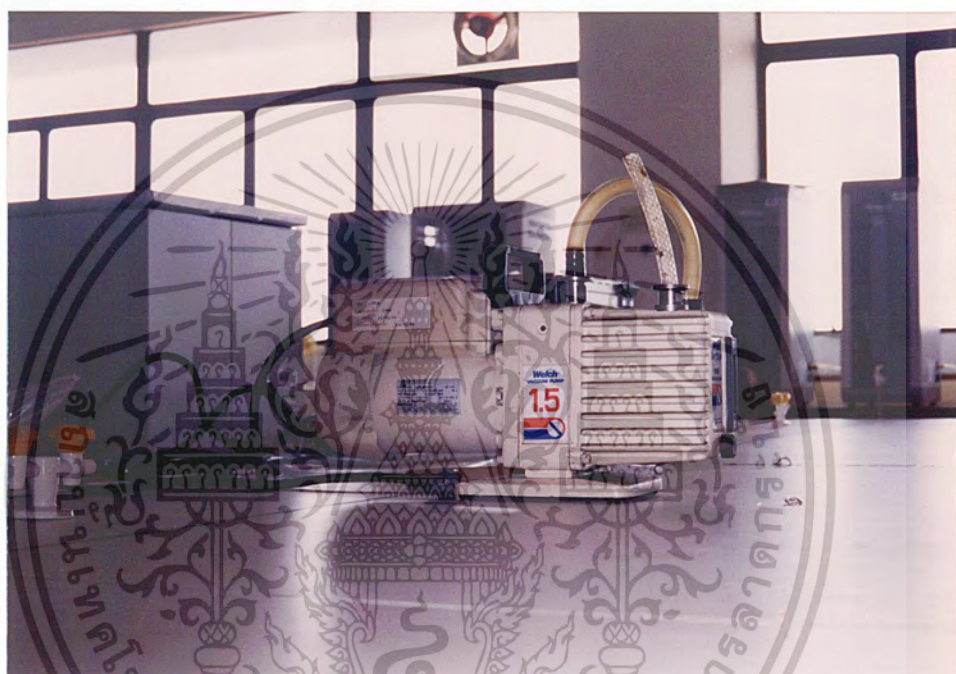
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นองานค้า
รูปที่ ช-8 แสดงเครื่องเคลือบทองเพื่อศึกษา Scanning Electron Microscope
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช-9 แสดงเครื่องอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ ช-10 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้บรรจุก๊าซ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ช-11 แสดงปื้มที่ใช้ในขั้นตอนของการบรรจุคอกั้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗-12 แสดงเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี รุ่น 9001 TREMETRICS
GAS CHROMATOGRAPH



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาหรือข้อมูลทางลิขสิทธิ์ในเอกสารนี้
รูปที่ ๗-13 แสดงเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี รุ่น GC-17A SHIMADZU นำมาใช้