

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ศึกษาการดูดซับไนโตรเจนขึ้นในอากาศด้วยหลอดดูดซับที่เตรียมขึ้นโดย
ใช้ซิลิกาจากแกลบข้าวเป็นแพคกิ้ง



นายอานัติ กานต์วิศิษฎ์

นายศุทธิ วิรุฬหะพันธุ์ศรี

นางสาวสาวิตรี คุ่มยา

ม.ท.
๒๖/๘ค
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 107855
วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ย. 2553

b. 1221422x
i.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาเคมีอุตสาหกรรม - เครื่องมือวิเคราะห์

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**The study of adsorption of nitrobenzene in air by the preparation
sorbent tube with rice husk silica packing**

Mr. Aanut Kanwisit

Mr. Suthi Wirunhapansri

Miss Sawitree Koomya

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the
Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year 2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง ศึกษาการดูดซับ ไนโตรเจนชั้นในอากาศด้วยหลอดดูดซับที่เตรียมขึ้นโดยใช้ซิลิกาจากแกลบข้าวเป็นแพคกิ้งจ

นักศึกษา นายอานัติ กานต์วิศิษฐ์ รหัสประจำตัว 47050499
 นายศุทธิ วิรุฬหะพันธุ์ศรี รหัสประจำตัว 47050864
 นางสาวสาวิตรี คู่้มยา รหัสประจำตัว 47050868

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

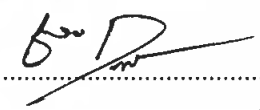
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์

ปีการศึกษา 2550

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. คณิดา ตั้งคณานุกรักษ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ผศ. พรหมวรรณ ศรีนาค	
กรรมการ	อ. ปัทมา ลีพหาวงศ์	
กรรมการ	รศ. คณิดา ตั้งคณานุกรักษ์	


 (ผศ.ดร. ชลอ จารุสุทธิรักษ์)
 หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	ศึกษาการดูดซับไนโตรเจนซินในอากาศด้วยหลอดดูดซับที่เตรียมขึ้นโดยใช้ชลิทจากแคลบข้าวเป็นแพคกิ้ง		
นักศึกษา	นายอาณัติ กานต์วิศิษฎ์	รหัสประจำตัว	47050499
	นายศุทธิ วิรุฬพะพันธุ์ศรี	รหัสประจำตัว	47050864
	นางสาวสาวิตรี กุ่มยา	รหัสประจำตัว	47050868
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์		
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์		
ปีการศึกษา	2550		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.กณิดา ตังคณานุกรักษ์		

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อศึกษาการดูดซับไนโตรเจนซินในอากาศด้วยหลอดดูดซับที่เตรียมขึ้นโดยบรรจุชลิทที่สังเคราะห์ได้จากแคลบข้าวลงในหลอดแก้ว (8 mm i.d. x 7 cm) อัตราการไหลของแก๊สที่เหมาะสมที่ไหลผ่านเข้าไปในหลอดดูดซับที่พบจากการศึกษาเท่ากับ 250 มิลลิลิตรต่อนาที หลอดดูดซับที่เตรียมขึ้นถูกตรวจสอบความใช้ได้พบว่าได้ค่าร้อยละการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 5.84 ร้อยละการคืนกลับเท่ากับ 91.53 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9992 ชีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้เท่ากับ 0.70 ppm ชีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดและรายงานได้เท่ากับ 2.34 ppm ดังนั้นหลอดดูดซับที่เตรียมได้นี้ มีความเหมาะสมที่นำไปใช้ในการตรวจวัดปริมาณไนโตรเจนซินในอากาศ

Special Project Title	The study of adsorption of nitrobenzene in air by the preparation sorbent tube with rice husk silica packing
Name	Mr. Aanut Kanwisit Mr. Suthi Wirunhapansri Miss Sawitree Koomya
Department	Chemistry
Program	Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Assoc. Prof. Kanita Tangkananurak

ABSTRACT

The objective of this special project was aimed to study the adsorption of nitrobenzene by the sorbent tube which packing synthesized rice husk silica into glass tube (8 mm i.d. x 7 cm). The optimum flow rate of gas pass to sorbent tube found was 250 mL/min. The established sorbent tube was validated by determining the percentage of relative standard deviation obtained was 5.84, the recovery percentage was 91.53, the regression coefficient (R^2) was 0.9992, the limit of detection was 0.70 ppm and the limit of quantification was 2.34. Therefore, this preparation sorbent tube was suitable for the measurement of nitrobenzene in air.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สืบเนื่องมาจากความร่วมมือและการได้รับความดูแลเอาใจใส่ ช่วยเหลือ แนะนำ รวมถึงความกรุณาของทุกๆท่าน ทั้งท่านอาจารย์ที่ปรึกษา คณะกรรมการ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับผู้จัดทำ ที่ให้ความกรุณาติดตาม ตรวจสอบแก้ไขและดูแลเอาใจใส่จนโครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ. คณิตา ตังคณานุรักษ์ เป็นอย่างสูงที่คอยให้คำแนะนำคำปรึกษา ตลอดจนคอยช่วยเหลือ แก้ไขในการทำโครงการพิเศษนี้ตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผศ.พรพรยวรรณ ศรีนาค และ อ.ปัทมา ลิฬหาวงศ์ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่ให้ความกรุณาตรวจสอบ แก้ไขโครงการพิเศษนี้ให้มีความสมบูรณ์ถูกต้องยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโท ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา ดูแลและคอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ ปริชญานิพนธ์ของคุณดำรงศักดิ์ เจษฎากัททรกุล ที่เป็นแหล่งความรู้เป็นอย่างดี และหนังสือโครงการพิเศษอีกหลายๆ เล่มของพี่ๆ ที่ให้ความรู้พวกเราเป็นอย่างมาก ขอบคุณมากๆ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือ คณะวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีทั้งตึกจุฬารัตนวลัยลักษณ์และตึกวิทย์เก่า รวมทั้งคุณป้าแม่บ้านที่คอยอำนวยความสะดวก และคอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติ พี่น้อง และเพื่อนๆ ตลอดจนรุ่นพี่และรุ่นน้องทุกๆ คนที่คอยให้กำลังใจ และคอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจนโครงการนี้สำเร็จลุล่วงในที่สุด

นอกจากนี้ บุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือที่มีได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นายอณัติ กานต์วิศิษฐ์
นายศุทธิ วิรุฬหะพันธุ์ศรี
นางสาวสาวิตรี คุ้มยา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 แกลบข้าว	4
2.2 ซิลิกา	7
2.2.1 โครงสร้างพื้นฐาน	8
2.2.2 คุณลักษณะ	9
2.2.3 รูปแบบของซิลิกา	9
2.2.3.1 ซิลิกาแบบผลึก (crystallization silica)	9
2.2.3.2 ซิลิกาแบบผลึกขนาดเล็ก (Microcrystallization Silica)	12
2.2.3.3 ซิลิกาแบบอสัณฐาน (Noncrystallization Silica)	13
2.2.3.3.1 ซิลิกาแบบวีเทรียส (Vitreous silica (Silica glass))	13
2.2.3.3.2 ซิลิกาแบบอสัณฐาน	13
2.2.4 วิธีการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว	14
2.3 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds – VOCs)	18
2.3.1 ไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene)	19
2.3.2 พาราไนโตรคลอโรเบนซีน (4 - Nitrochlorobenzene)	22
2.3.3 ไนโตรโทลูอิน (<i>o</i> - , <i>m</i> - , <i>p</i> - Nitrotoluene).	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 แหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยง่าย	28
2.4.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ	28
2.4.2 แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์	28
2.5 ผลกระทบที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อสิ่งแวดล้อม	29
2.5.1 ผลกระทบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อมนุษย์และสัตว์	29
2.5.2 ปฏิกริยาเคมีของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ	33
2.6 การป้องกันและแก้ไขปัญหที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย	34
2.6.1 การจัดการควบคุมสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย	34
2.7 แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC)	35
2.7.1 บทนำ	35
2.7.2 หลักการ	36
2.7.3 ประเภท	36
2.7.4 เครื่องมือ	38
2.7.5 ข้อดีและข้อจำกัด	40
2.7.6 หลักการทำงานของ FID	41
2.7.7 เทคโนโลยี	43
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	48
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	48
3.1.1. สารเคมี	48
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์	48
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง	50
3.2.1. การเตรียมอนุภาคซิลิกาจากแกลบข้าว	50
3.2.1.1 การเตรียมสารละลาย	50
3.2.1.2 สารละลายโซเดียมเมทาซิลิกาจากแกลบข้าว	50
3.2.1.3 การเตรียมอนุภาคซิลิกาจากสารละลาย	50
โซเดียมเมทาซิลิเกต	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1.4 วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอนุภาค ซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว	51
3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมหลอดดูดซับ (Sorbent Tube)	51
3.2.3 การเตรียมสารละลาย	52
3.2.4 การเตรียมกราฟมาตรฐาน	54
3.2.5 ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับไนโตรเบนซีน ของซิลิกาที่ เตรียมจากแกลบข้าวขนาด 20/50 เมช	55
3.4.6 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนในตัวอย่าง	56
3.4.7 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนใน สารละลาย Spiked sample	56
3.3 ประเมินผล ทดสอบความใช้ได้ของวิธี	57
3.3.1 การศึกษาการตอบสนองความเป็นเส้นตรง (Linearity)	57
3.3.2 การศึกษาความเที่ยง (Precision) ของการฉีด	57
3.3.3 การศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์	58
3.3.4 การศึกษาค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดและรายงานได้ อย่างมี ความถูกต้องและแม่นยำ (Limit of Quantitation; LOQ)	58
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	59
4.1 ศึกษาการเตรียมอนุภาคซิลิกาจากแกลบข้าว	59
4.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของอนุภาคซิลิกาที่ เตรียมจากแกลบข้าว	59
4.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน และศึกษา การตอบสนองความเป็นเส้นตรง (Linearity)	60
4.3 ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับไนโตรเบนซีนของซิลิกาที่เตรียม จากแกลบข้าวขนาด 20/50 เมช	63
4.3.1 ศึกษาอัตราการไหลที่เหมาะสม	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.2 ศึกษาช่วงความเข้มข้นที่ชิลิกาที่เตรียมจากแคลบข้าว สามารถดูดซับได้	64
4.4 การศึกษาความเที่ยง (precision) ของการฉีด	65
4.5 การศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์	66
4.6 ศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้น	66
4.7 การศึกษาค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดและรายงานได้อย่างมีความถูกต้องและแม่นยำ (Limit of Quantitation; LOQ)	66
4.8 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนในอากาศ	67
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก(ก)	72
ภาคผนวก(ข)	80

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของเกลบข้าว	6
ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของเกลบจากพันธุ์ข้าวเหนียวละข้าวเจ้า	7
ตารางที่ 2.3 อัตราของการละลายของซิลิกา	15
ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	27
ตารางที่ 2.5 แหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไป ของกรุงเทพมหานคร	28
ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่าย ที่มีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ	31
ตารางที่ 2.7 ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เป็นสารก่อมะเร็ง และชนิดของมะเร็งที่พบ	32
ตารางที่ 2.8 แสดงความรุนแรงของอาการเมื่อได้รับสารเบนซิน ที่ความเข้มข้น และระยะเวลาต่างๆ	32
ตารางที่ 2.9 เครื่องตรวจวัดทั่วๆ ไปที่ใช้ในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี	40
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพื้นที่ใต้พีคกลีบและเวลาการคงไว้ (Retention time) ของ สารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	62
ตารางที่ 4.2 แสดงพื้นที่ใต้พีคในโครเบนซินที่อัตราการไหลต่างๆ	63
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้	65
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเที่ยงของการฉีดสาร	65
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าร้อยละของการกลับคืนของปริมาณไนโตรเบนซินใน ตัวอย่างอากาศ	66
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเบนซินในตัวอย่างอากาศ	67
ตารางที่ ก.1 แสดงผลการทดลองค่าพื้นที่ใต้พีคและ Retention time ของ สารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ	73
ตารางที่ ก.2 แสดงพื้นที่ใต้พีคในโครเบนซินที่อัตราการไหลต่างๆ	75
ตารางที่ ก.3 แสดงค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้	76
ตารางที่ ก.4 แสดงค่าความเที่ยงของการฉีดสาร	76
ตารางที่ ก.5 แสดงผลการวัดหาปริมาณไนโตรเบนซินในสารละลายตัวอย่างกับ spiked sample และ ค่า %Recovery	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ ก.6 แสดงผลการวัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อหาค่า LOD และ LOQ	78
ตารางที่ ก.7 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเบนซีนในตัวอย่างอากาศ	79



สารบัญญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แกลบข้าว	4
รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายข้าวโพด และภาคตัดขวางแสดงโครงสร้างที่มีความพรุนสูง	5
รูปที่ 2.3 การจัดเรียงตัวแบบทรงสี่หน้าของซิลิกา	8
รูปที่ 2.4 รูปแบบการจัดเรียงตัวของ โครงสร้างแบบผลึกและแบบอสัณฐาน	8
รูปที่ 2.5 แสดงวัฏภาคของซิลิกา	10
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างสามมิติของควอทซ์ (a) คือรูปแบบโครงสร้างโมเลกุล (b) คือโครงสร้างทรงสี่หน้าของเฟลมเวิร์ค (flame work)	11
รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างสามมิติของคริสโตบาไลต์ (a) คือรูปแบบ โครงสร้างโมเลกุล (b) คือโครงสร้างทรงสี่หน้าของเฟลมเวิร์ค (flame work)	11
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างสามมิติของไตรโคไมท์ (a) คือรูปแบบโครงสร้าง โมเลกุล (b) คือ โครงสร้างทรงสี่หน้าของเฟลมเวิร์ค (flame work)	12
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างสามมิติของโคไซด์ รูปโครงสร้างทรงสี่หน้าแบบเฟลมเวิร์ค (Flame work)	12
รูปที่ 2.10 ความสามารถในการละลายของซิลิกาอสัณฐานเมื่อเทียบกับค่าพีเอช	17
รูปที่ 2.11 เครื่อง แก๊สโครมาโทกราฟ ยี่ห้อ Varian รุ่น CP-3800	37
รูปที่ 2.12 แผนผังแสดงลักษณะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ	37
รูปที่ 2.13 คอตัมน์ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ	39
รูปที่ 2.14 Flame Ionization Detector (FID)	43
รูปที่ 3.1 แสดงหลอดดูดซับที่บรรจุซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว	52
รูปที่ 3.2 แสดงการตรวจวัดค่าอัตราการไหลด้วยเครื่อง Ultra flow meter	53
รูปที่ 3.3 แสดงการเก็บตัวอย่างอากาศกับชุดอุปกรณ์จำลองอากาศที่มีไอระเหยของ ไนโตรเบนซีน	53
รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงการเก็บตัวอย่างอากาศกับชุดอุปกรณ์จำลองอากาศที่มีไอระเหยของ ไนโตรเบนซีน	54
รูปที่ 3.5 แสดงการเก็บไนโตรเบนซีนโดยฉีดเข้าหลอดดูดซับโดยตรง (ด้านที่ ปิดปลายด้วยใยแก้ว)	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.1 ลักษณะพื้นผิว รูปร่างและขนาดของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมจากแคลบข้าว โดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20/50 เมช ด้วยกำลังขยาย 1000, 5000, 10000 และ 25000 เท่า	59
รูปที่ 4.2 แสดงการกระจายตัวของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมจากแคลบข้าว	60
รูปที่ 4.3 รูปโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 100 ppm	61
รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน	62
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับพื้นที่ใต้พีคในโตรเบนซีน	64
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน ไนโตรเบนซีนกับ ความเข้มข้นไนโตรเบนซีนที่ตรวจวัดได้ (Detector response)	67
รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน	73
รูปที่ ก.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย มาตรฐานไนโตรเบนซีนกับ ความเข้มข้นไนโตรเบนซีนที่ ตรวจวัดได้ (detector response)	78
รูปที่ ข.1 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 10 ppm ครั้งที่ 1	81
รูปที่ ข.2 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 10 ppm ครั้งที่ 2	82
รูปที่ ข.3 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 10 ppm ครั้งที่ 3	83
รูปที่ ข.4 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 20 ppm ครั้งที่ 1	84
รูปที่ ข.5 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 20 ppm ครั้งที่ 2	85
รูปที่ ข.6 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 20 ppm ครั้งที่ 3	86
รูปที่ ข.7 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 40 ppm ครั้งที่ 1	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.8 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 40 ppm ครั้งที่ 2	88
รูปที่ ข.9 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 40 ppm ครั้งที่ 3	89
รูปที่ ข.10 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 1	90
รูปที่ ข.11 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 2	91
รูปที่ ข.12 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 3	92
รูปที่ ข.13 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 4	93
รูปที่ ข.14 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 5	94
รูปที่ ข.15 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 6	95
รูปที่ ข.16 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 7	96
รูปที่ ข.17 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 80 ppm ครั้งที่ 1	97
รูปที่ ข.18 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 80 ppm ครั้งที่ 2	98
รูปที่ ข.19 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 80 ppm ครั้งที่ 3	99
รูปที่ ข.20 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 100 ppm ครั้งที่ 1	100
รูปที่ ข.21 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 100 ppm ครั้งที่ 2	101

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.22 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 100 ppm ครั้งที่ 3	102
รูปที่ ข.23 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1	103
รูปที่ ข.24 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2	104
รูปที่ ข.25 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3	105
รูปที่ ข.26 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1	106
รูปที่ ข.27 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2	107
รูปที่ ข.28 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3	108
รูปที่ ข.29 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 350 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1	109
รูปที่ ข.30 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 350 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2	110
รูปที่ ข.31 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 350 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3	111
รูปที่ ข.32 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 400 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1	112
รูปที่ ข.33 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 400 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2	113
รูปที่ ข.34 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 400 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3	114
รูปที่ ข.35 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 450 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ข.36 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 450 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2	116
รูปที่ ข.37 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 450 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3	117
รูปที่ ข.38 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 500 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1	118
รูปที่ ข.39 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 500 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2	119
รูปที่ ข.40 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 500 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3	120
รูปที่ ข.41 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน เข้มข้น 200 ppm ที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1, 2 และ 3	121

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย

แหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิด ไฟไหม้ป่า กิจกรรมของมนุษย์ เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเครื่องสำอางค์ การผลิตสีย้อมผ้า การผลิตยาฆ่าแมลง การเกิดฟอร์มาลีน ตัวทำลายอินทรีย์ปิโตรเลียม การเผาและการกลั่นถ่านหิน

สารประกอบในกลุ่มของสารประกอบไนโตรอะโรมาติก (Nitroaromatic compounds) เป็นกลุ่มของสารประกอบอะโรมาติกที่เกิดจากการผลิตสีย้อมผ้า จัดเป็นสารเคมีที่อันตรายต่อสุขภาพ ลักษณะทางกายภาพส่วนใหญ่จะเป็นของแข็งและมีของเหลวบ้างบางประเภท สีของสารชนิดนี้จะเป็นสีเหลือง มีลักษณะของกลิ่นเฉพาะตัว อันตรายต่อร่างกาย หากสัมผัสทางหายใจจะมีอันตรายเนื่องจากไอระเหยและละออง จะก่อให้เกิดการระคายเคืองเยื่อเมือกและทางเดินหายใจส่วนบน กระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ ความดันโลหิตต่ำลง หายใจถี่เร็ว และรู้สึกอ่อนเพลีย ถ้าสัมผัสปริมาณมากจะทำให้อาการโคม่าและตายได้ เนื่องจากระบบหายใจล้มเหลว หากสัมผัสทางผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง สารนี้สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังได้อย่างรวดเร็วจะทำให้เกิดการสูญเสียชั้นไขมันของผิวหนังทำให้ผิวหนังแห้งแตก และเกิดผื่นแดง ทำให้เกิดเมทิลโมโกลบีน ผิวหนังมีอาการเจ็บวคล้ำเนื่องจากขาดออกซิเจน กล้ามเนื้อกระดูกอย่างแรงจะทำให้หัวใจเต้นเร็ว อาการชักและอาจตายได้ หากกลืนกินเข้าไปทำให้ลำตัวเขียวคล้ำเนื่องจากขาดออกซิเจน ไม่ได้สติ ปวดศีรษะ ไอ คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ หายใจเร็ว ง่วงซึม ความดันโลหิตต่ำ ระคายเคืองต่อเยื่อเมือกของปากและลำคอ ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินอาหาร อ่อนเพลีย ทำให้เกิดอาการชักตุกอย่างรุนแรง กล้ามเนื้อหดเกร็ง และอาจจะทำให้ตายได้ หากสัมผัสถูกตาทำให้เกิดการระคายเคือง คาแดง และปวดตา ทำให้เยื่อเมือกตาอักเสบ เกิดตาแดง สายตาพร่ามัว การก่อบะเร็งและความผิดปกติอื่นๆ สารนี้สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังมีผลทำให้ระบบประสาทส่วนกลางถูกกดทำให้ปวดศีรษะ ง่วงนอน เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และการสัมผัสปริมาณมาก อาจทำให้อาการโคม่าและตายได้ มีผลกระทบต่อกรมมองเห็นเพราะระบบเส้นประสาทส่วนกลางถูกทำลาย สายตาพร่ามัว ตับถูกทำลาย ไตถูกทำลาย โรคโลหิตจาง ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วนบน การ

ได้รับสารติดต่อกันเป็นเวลานานสารนี้จะทำลายไต อวัยวะเพศชาย ไต ม้าม ตับเพราะเป็นสารก่อมะเร็ง โดยปกติอาการจะรุนแรงขึ้นหลังจากการสัมผัส 12-18 ชั่วโมง

ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction) สารที่เข้ากันไม่ได้คือ ตัวรีดิวซ์เข้มข้น เบสแก่ สารออกซิไดซ์อย่างแรง โลหะอัลคาไลด์ กรดซัลฟูริก กรดไนตริกเข้มข้น แอลดีไฮด์ แอซัลคลอไรด์โปแตสเซียม โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ พรอท ไดมethylซัลเฟต ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ สภาวะที่ต้องหลีกเลี่ยงคือ ความร้อน เปลวไฟร้อน ประกายไฟ และแหล่งจุดติดไฟอื่นๆ ค่าความคงตัว สารนี้คงตัวจะไม่เกิดอันตรายจากการเกิดพอลิเมอร์ขึ้น สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว คือ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts) เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ มีผลเสียระยะยาวต่อสภาวะแวดล้อม ในน้ำห้ามทิ้งลงสู่ระบบน้ำ เมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดสารผสมที่มีพิษ ไม่สามารถเจือจางได้ และอาจเกิดการผสมกับอากาศเหนือผิวน้ำ ให้ไอของสารที่ระเหยได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำทิ้ง หากมีการใช้และจัดการสารเคมีอย่างเหมาะสมน้ำเสียหรือดิน สารนี้คาดว่าจะไม่ก่อให้เกิดการสะสมทางชีวภาพ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาของคุณดำรงศักดิ์ (2547) ผู้วิจัยได้เตรียมซัลฟิดาขึ้นเองจากแกลบข้าว เนื่องจากแกลบข้าวมีปริมาณซัลฟิดาถึง 18.8 – 22.3% และนอกจากนี้แกลบข้าวยังเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งจากภาคการเกษตร สามารถหาได้ง่าย เพราะในประเทศไทยเป็นประเทศที่ปลูกข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเตรียมหลอดดูดซับที่ภายในบรรจุซัลฟิดาที่เตรียมจากแกลบข้าวเพื่อใช้ในการศึกษาคุณสมบัติในการดูดซับไนโตรเบนซีนในอากาศของซัลฟิดาที่เตรียมจากแกลบข้าว และใช้ในการตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene) ที่พบในอากาศ เพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการนำเข้าหลอดดูดซับจากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับไนโตรเบนซีนในอากาศด้วยหลอดดูดซับที่เตรียมขึ้น โดยบรรจุซัลฟิดาที่เตรียมจากแกลบข้าว เพื่อใช้ตรวจวัดไนโตรเบนซีนในอากาศ
2. เพื่อเพิ่มคุณค่าของซัลฟิดาที่เตรียมได้จากแกลบข้าว

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เตรียมซึลิกาจากแกลบข้าว และนำมาวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของอนุภาคซึลิกาที่เตรียมขึ้นมา
2. บรรจุซึลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวลงในหลอดแก้ว
3. นำหลอดแก้วที่อยู่ในบรรจุด้วยซึลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว มาทำการวัดค่าอัตราการไหลของแก๊สเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม
4. ตรวจวัดหาไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene) โดยเก็บตัวอย่างอากาศซึ่งใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบบุคคล (Personal air sampling pump) ร่วมกับหลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ความยาว 7 เซนติเมตร ภายในบรรจุด้วยซึลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว และวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-FID
5. หาความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

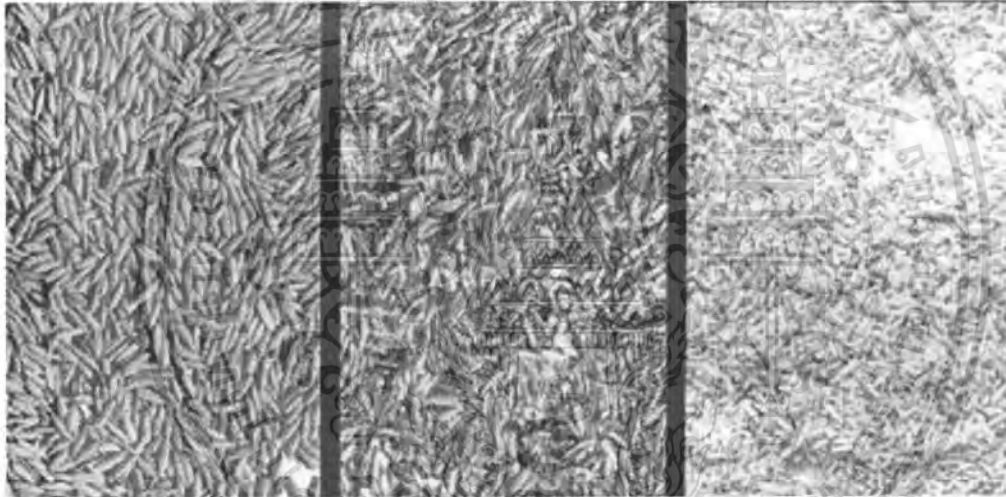
1. ทำให้สามารถทราบถึงคุณสมบัติในการดูดซับไนโตรเบนซีนของซึลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว
2. สามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อและการนำเข้าของหลอดดูดซับจากต่างประเทศ
3. สามารถใช้เทคโนโลยีในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดใหม่ๆ และพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ให้ทันสมัยมากขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 แกลบข้าว (Hull หรือ husk)

เป็นส่วนที่ห่อหุ้มผลทั้งหมด หรือข้าวกล้องทั้งหมด (Caryopsis) มีลักษณะเป็นเปลือกไม้แข็ง ผิวหยาบ แยกเป็นสองฝาประกบกันห่อหุ้มข้าวกล้องตามแนวยาว เรียกว่า เปลือกฝาใหญ่ (lemma) และเปลือกฝาเล็ก (palea) ขอบเปลือกทั้ง 2 ฝา มีลักษณะเป็นตะขอเกี่ยวกันดังแสดงในรูปที่ 2.1 ทำให้สามารถควบคุมรูปร่างและขนาดของเมล็ดข้าว



รูปที่ 2.1 แกลบข้าว [5]

เมื่อเราพิจารณาแกลบให้ชัดเจน โดยนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นพื้นผิวของแกลบมีรูปร่างคล้ายข้าวโพด คือมีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเล็กเรียงกันเป็นแนว และโครงสร้างภายใน มีความพรุนมาก เพื่อใช้เป็นทางลำเลียงน้ำและอาหารนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แสดงพื้นผิวที่มีลักษณะคล้ายข้าวโพด และภาคตัดขวางแสดงโครงสร้างที่มีความพรุนสูง [6]

โครงสร้างนี้เกิดจากส่วนสำคัญสองส่วนคือ ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์จำพวกเซลลูโลส ลิกนิน และส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งมีซิลิกา (SiO_2) เป็นองค์ประกอบหลัก ธรรมชาติได้สรรสร้างให้องค์ประกอบทั้งสองส่วนนี้ผสมกลมกลืนกันอย่างน่าพิศวง หากเรารู้จักนำสมบัติเด่นของแกลบมาใช้ เช่น ความพรุนของแกลบ หรือ ซิลิกาในแกลบที่มีขนาดเล็กจิวระดับนาโนเมตร (เท่ากับหนึ่งในสิบล้านส่วนของมิลลิเมตร) เป็นต้น ก็จะเกิดประโยชน์อย่างประมิมค่ามิได้

ตัวอย่างเช่น การนำซิลิกาและสารอินทรีย์มาใช้ประโยชน์โดยตรง เรื่องนี้โรงสีข้าวคุ้นเคยเป็นอย่างดี คือการเผาแกลบ เพื่อใช้พลังงานจากสารอินทรีย์และขายแกลบให้กับอุตสาหกรรมอื่นที่ไม่ต้องการซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์มากนัก แต่ถ้าเราควบคุมการเผาให้เหมาะสม ผลผลิตขั้นที่ได้จะเป็นซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีความละเอียดมาก สามารถใช้ในงานที่ทำให้มูลค่าเพิ่มสูงขึ้นมาก เช่น ใช้เป็นองค์ประกอบในยาสีฟัน ในเครื่องสำอาง ในสีทาบ้าน ในโทนเนอร์ (Toner) สำหรับเครื่องพิมพ์ เป็นต้น

นอกจากนี้ ยังสามารถนำแกลบและแกลบมาแปรรูปเป็นสารประกอบซิลิกอนอื่นๆ ได้อีก เช่น ซิลิกอน (Si) ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซิลิกอนไนไตรด์ (Si_3N_4) ซิลิโคน เป็นต้น

- ซิลิกอน เป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ใช้เป็นแผ่นรองแผงวงจรรวม ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น
- ซิลิกอนคาร์ไบด์ / ซิลิกอนไนไตรด์ เป็นสารประกอบที่มีความแข็งเกือบเทียบเท่าเพชร ทำให้สามารถใช้งาน ได้อย่างกว้างขวาง ในอุตสาหกรรมการผลิต
- ซิลิโคนและสารประกอบซิลิกอนอื่นๆ เป็นสารที่อุตสาหกรรมเคมีและปิโตรเคมีมีความต้องการใช้เป็นอย่างมาก

ประโยชน์จากการใช้แกลบยังมีอีกมาก ปัจจุบันอาจจะยังไม่มีหรือนำมาใช้จริงในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากคู่แข่ง ของการใช้ซิลิกาจากแกลบ ก็คือซิลิกาจากทราย ยังมีราคาถูกและหาได้ง่ายนั่นเอง แต่ถ้าพิจารณาถึงการแปรรูปซิลิกาให้เป็นสารประกอบต่างๆ ที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเผยแพร่งานวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์หรือต้องการนำข้อมูลไปใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าซิลิกาจากแกลบที่มีขนาดเล็กมากระดับนาโนเมตร (เมื่อเทียบกับทรายที่มีขนาดระดับ มิลลิเมตร) ต้องการพลังงานในการแปรรูปน้อยกว่าหลายสิบหลายร้อยเท่า

นอกจากนี้ การเกี่ยวกันของฟางแกลบทั้งสองแตกต่างกันตามพันธุ์ หากแกลบและผลหรือ เมล็ดข้าวกล้องที่อยู่ภายในอัดตัวกันแน่นจะมีผลช่วยให้การเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บ ลำบากขึ้นผิวนอกของเปลือกอาจมีขนแข็ง (pubescent paddy) ขนแข็งนี้เมื่อหักหลุดจากเปลือกจะ ก่อให้เกิดความระคายเคืองต่อผิวหนัง ดังนั้นในการปรับปรุงพันธุ์จึงมีความพยายามพัฒนาพันธุ์ ข้าวที่เมล็ดมีผิวแกลบเรียบ (glabrous paddy) ส่วนของแกลบมีประมาณ 17-24% โดยน้ำหนักของ ข้าวเปลือก สีเปลือกส่วนใหญ่มี 2 สี คือ สีฟางและสีน้ำตาล และมีสีอื่นๆอยู่บ้าง เช่น สีดำ แดง เขียว แกรมเทา ข้าวแกลบมีองค์ประกอบของโปรตีน 1.9-3.0% ไขมัน 0.3-0.8% คาร์โบไฮเดรต 26.5-5.29% เยื่อใย (crude fiber) 34.5-45.9% เถ้า (ash) 13-2-21.0% นอกจากนี้แกลบยังอุดมไปด้วย สารซิลิกา (silica) ซึ่งมีอยู่สูงถึง 18.8-22.3% และมีลิกนิน (lignin) อยู่ 9-20% ดังแสดงจากตารางที่ 2.1 ทั้งนี้ แกลบของพันธุ์ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีความแตกต่างกันในองค์ประกอบเพียงเล็กน้อย หรือไม่ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของแกลบข้าว

องค์ประกอบ	ปริมาณ
โปรตีน % (N x 6.25)	1.9 – 3.0
ไขมัน %	0.3 – 0.8
เยื่อใย %	34.5 – 45.9
คาร์โบไฮเดรต %	26.5 – 29.8
เถ้า %	13.2 – 21.0
Silica %	18.8 – 22.3
Calcium มก./ก.	0.6 – 1.3
Phosphorus มก./ก.	0.3 – 0.7
Lignin %	9 – 20
Cellulose %	28 – 36
Pentosan %	21 – 22
Hemicellulose %	12
ส่วนที่สามารถย่อยได้ %	9.3 – 9.5

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของแกลบจากพันธุ์ข้าวเหนียวละข้าวเจ้า

องค์ประกอบ	IR29 (ข้าวเหนียว)	IR32 (ข้าวเจ้า)
โปรตีน % (N x 6.25)	1.6	1.5
ไลซีน (lysine) ก./16.8 ก. N	4.4	3.9
Neutral detergent fiber %	72.5	72.2
Hemicellulose %	5.1	3.0
Cellulose %	31.3	34.9
Lignin %	13.8	13.2
Silica %	22.3	21.1
พลังงาน MJ/กก.	11.1	11.3
ส่วนที่ละลายได้ % น้ำหนัก		
6 M urea	5	3
0.5 M KOH	12	12
4.27 M KOH	21	19
6 M NaOH -- 0.81 M boric acid	13	11
ส่วนที่เหลือ	49	55

อย่างไรก็ดี ถึงแม้ผู้ผลิตจะเห็นว่าการใช้แกลบหรือเถ้าแกลบแทนทรายจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้มาก แต่การเปลี่ยนกระบวนการผลิตก็ยังคงต้องการใช้การลงทุนสูงในเบื้องต้น จึงยังชะลอการลงทุนไว้ก่อน ในอนาคตอันใกล้ด้วยเหตุผลด้านวิกฤตพลังงาน, ด้านสิ่งแวดล้อม, ด้านคุณภาพชีวิต ชาวนาหรือด้านความสามารถในการแข่งขัน ตลอดจนการเกิดตลาดใหม่ที่มีผลตอบแทนคุ้มค่า (Niche market) อาจทำให้มีความต้องการแกลบสูงมาก จนชาวนาเปลี่ยนมาขายแกลบเป็นหลักแล้ว แกลบข้าวก็เป็นได้

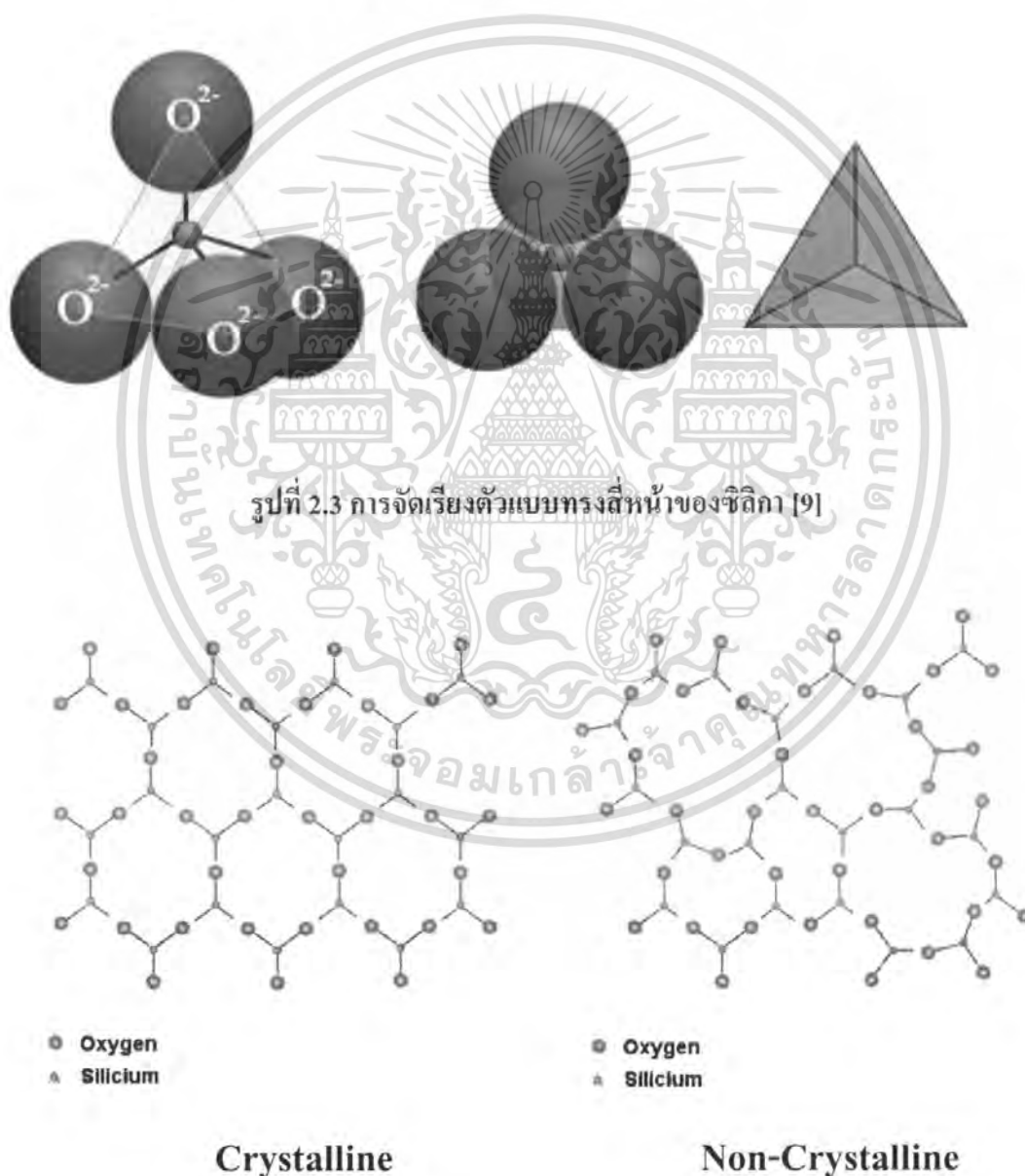
2.2 ซิลิกา [2]

ซิลิกาหรือซิลิกอนไดออกไซด์(SiO_2) เป็นสารประกอบที่เกิดจากการรวมตัวระหว่างธาตุซิลิกอนและออกซิเจน ซึ่งธาตุทั้งสองนี้มีปริมาณมากที่สุดในโลก ซิลิกาเป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 โครงสร้างพื้นฐาน

หน่วยย่อยพื้นฐานทางโครงสร้างของซิลิกา และเกลือซิลิเกต ส่วนใหญ่เป็นการจัดเรียงตัวแบบทรงสี่หน้า (Tetrahedral) ของออกซิเจน 4 อะตอมอยู่ล้อมรอบซิลิกอนซึ่งเป็นอะตอมกลาง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 โดยโครงสร้างของซิลิกาจะมีลักษณะเป็นโครงร่างตาข่าย 3 มิติแบบไม่รู้จบ (infinite three dimension network) รูปแบบการจัดเรียงตัวของโครงสร้างแบบตาข่าย (crystalline) และแบบอสัณฐาน (amorphous) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 รูปแบบการจัดเรียงตัวของโครงสร้างแบบผลึกและแบบอสัณฐาน [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออยู่ภายใต้เงื่อนไขของระบบการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

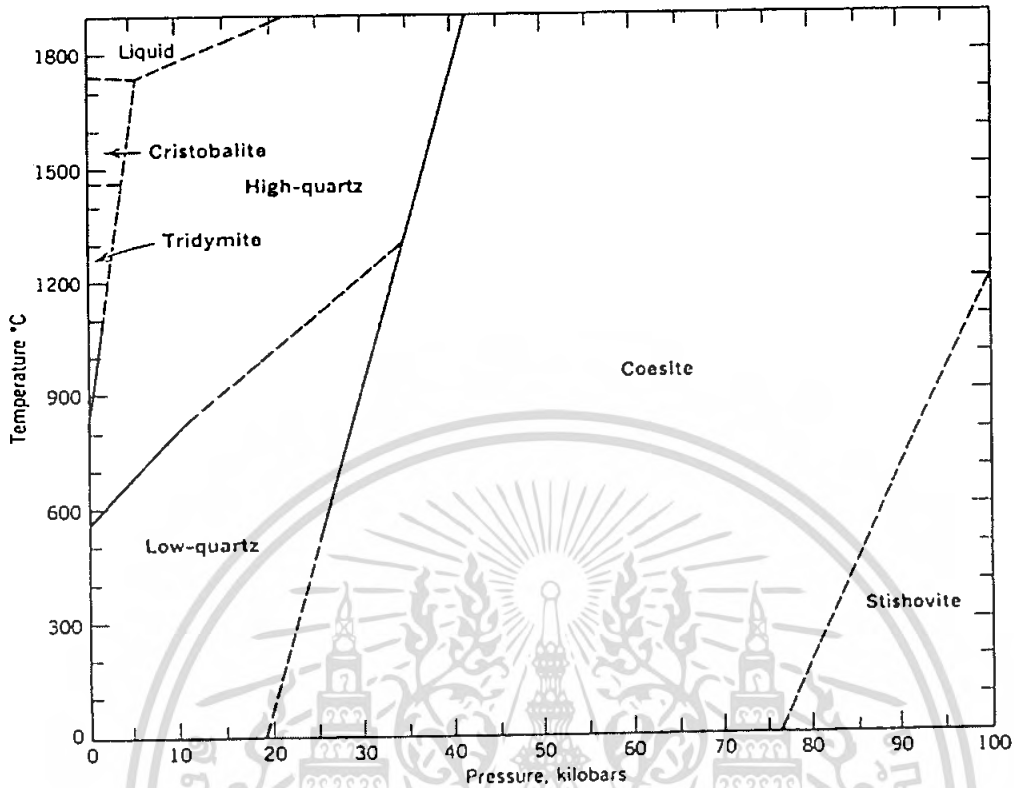
2.2.2 คุณสมบัติ

ที่อุณหภูมิปกติที่ทนต่อสารเคมีหลายชนิด แต่ซิลิกาสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในหลายรูปแบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูง หรือเมื่อปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ผลิตภัณฑ์ที่กลายเป็นไอออน ความว่องไวของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับรูปแบบของปฏิกิริยาและสถานะหน่วยย่อยของตัวอย่าง มีหลายสถานะที่ซิลิกาแบบอสัณฐาน (amorphous silica) มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามากกว่าซิลิกาแบบที่เป็นผลึก (crystalline silica) พื้นผิวของซิลิกาแบบอสัณฐานจะมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาเนื่องจากพื้นผิวของซิลิกาแบบอสัณฐานมีหมู่ไฮดรอกซิลไฮดรอกซิล (hydroxylsilanol group) ซึ่งครึ่งหนึ่งของหมู่ไฮดรอกซิลไฮดรอกซิลจะยังคงอยู่แม้จะให้ความร้อนถึง 400 องศาเซลเซียส กรดทั่วไปไม่สามารถทำให้ซิลิกาเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ยกเว้นกรดไฮโดรฟลูออริก (hydrofluoric acid, HF)

2.2.3 รูปแบบของซิลิกา

2.2.3.1 ซิลิกาแบบผลึก (crystallization silica)

ที่ความดันบรรยากาศซิลิกาแบบผลึกมี 3 รูปแบบคือ ควอตซ์ (Quartz) เสถียรที่อุณหภูมิต่ำกว่า 870 องศาเซลเซียส ไตรไคไมท์ (tridymite) เสถียรที่อุณหภูมิประมาณ 870 - 1470 องศาเซลเซียส และคริสโตบาลไลท์ (cristobalite) เสถียรที่อุณหภูมิ 1470 องศาเซลเซียส ถึงจุดหลอมเหลวที่ประมาณ 1723 องศาเซลเซียส ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและวัฏภาคต่างๆของซิลิกาแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งรูปแบบทั้งหมดทุก โครงสร้างของซิลิกามีหน่วยเป็นซิลิเกตเตตระฮีดรอน (SiO_4 -tetrahedral) ซึ่งเชื่อมอยู่กับออกซิเจนทุกอะตอม โดยเป็นการใช้อะตอมของออกซิเจนร่วมกันระหว่างอะตอมซิลิกอน 2 อะตอม อย่างไรก็ตาม โครงสร้างเหล่านี้มีความแตกต่างกันในรายละเอียด

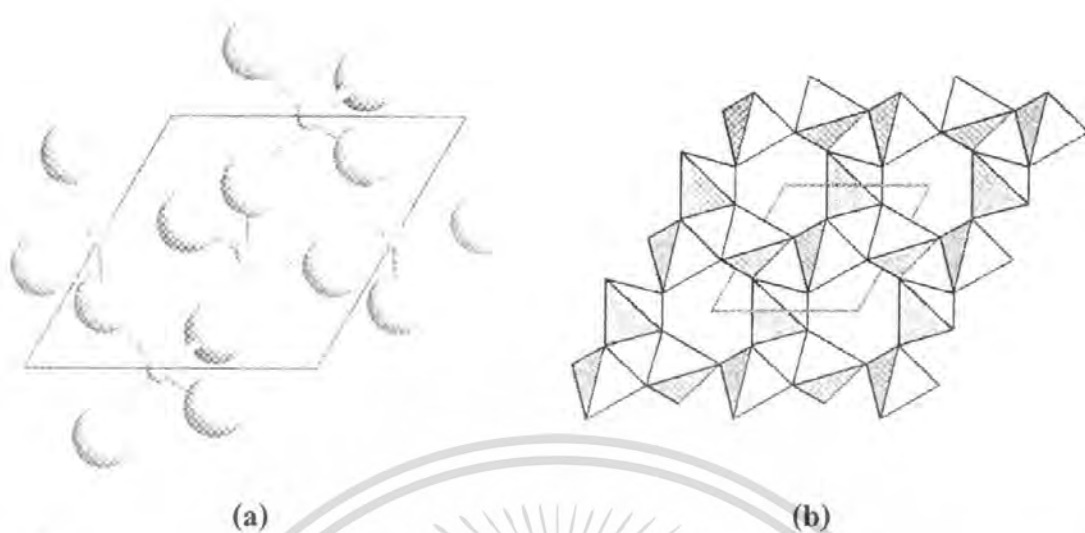


รูปที่ 2.5 แสดงวัฏภาคของซิลิกา [8]

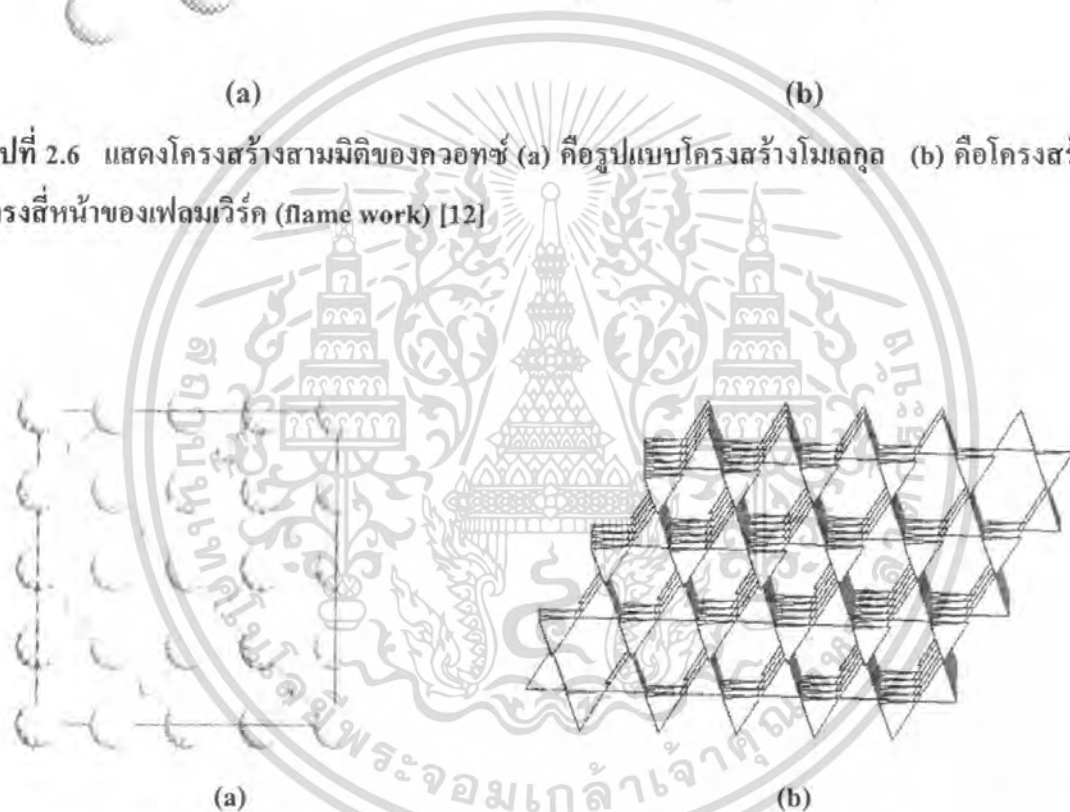
ทั้งควอทซ์, ไตรโคไมท์ และคลิสโตบาไลท์ เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงโมเลกุล (transformation) ระหว่างซิลิกา 3 รูปแบบทั่วไปและรูปวitreous (Vitreous) ดังนี้



สำหรับซิลิกาแบบที่เป็นผลึกที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ Keatite, Coesite, Stishovite และ Silica W

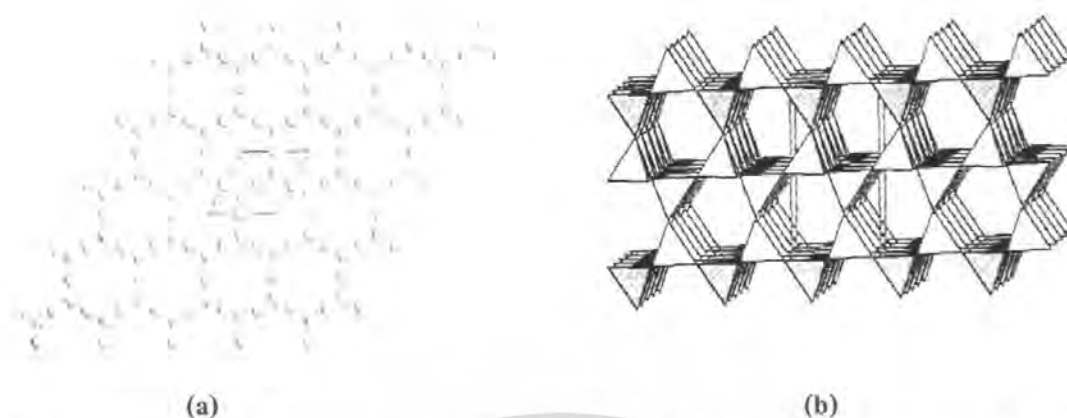


รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างสามมิติของควอทซ์ (a) คือรูปแบบโครงสร้างโมเลกุล (b) คือโครงสร้างทรงสี่หน้าของเฟลมเวิร์ค (flame work) [12]



รูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างสามมิติของคริสโตบาลิต์ (a) คือรูปแบบโครงสร้างโมเลกุล (b) คือโครงสร้างทรงสี่หน้าของเฟลมเวิร์ค (flame work) [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างสามมิติของไตรโคไมท์ (a) คือรูปแบบโครงสร้างโมเลกุล (b) คือโครงสร้างทรงสี่หน้าของเฟลมเวิร์ค (flame work) [12]



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างสามมิติของโคไซด์ รูปโครงสร้างทรงสี่หน้าแบบเฟลมเวิร์ค (flame work) [12]

2.2.3.2 ซิลิกาแบบผลึกขนาดเล็ก (Microcrystallization Silica)

จะพบได้ตามแหล่งธรรมชาติซึ่งมาจากซิลิกาแบบอสัณฐาน ของสิ่งมีชีวิตซึ่งต่อมาเกิดการจับตัวกันมากขึ้น จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงจากซิลิกาแบบอสัณฐานเป็นซิลิกาแบบผลึกขนาดเล็ก โดยใช้ระยะเวลาในทางธรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.3 ซิลิกาแบบอสัณฐาน (Noncrystallization Silica)

รูปแบบของอสัณฐานจะรวมถึงซิลิกาแบบวีเทรียส (Vitreous silica) และซิลิกาแบบอสัณฐานชนิดต่างๆ

2.2.3.3.1 ซิลิกาแบบวีเทรียส (Vitreous silica (Silica glass))

เตรียมด้วยการหลอมซิลิกาแบบผลึกหรือควอทซ์แซนด์ให้เป็นซิลิกาที่เป็นของเหลวจากนั้นจึงทำซูปเปอร์คูลิ่ง โครงสร้างของวีเทรียสเป็นโครงสร้างตาข่ายต่อเนื่องแบบสุ่มของซิลิกเตตระไฮดรอนซึ่งเชื่อมต่อกันเป็นมุม สมบัติของซิลิกาแบบวีเทรียสคุณภาพจะสูงคือความทนทานต่อสารเคมีสูง มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่ำ มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันสูง มีความต้านทานทางไฟฟ้าสูงและมีความโปร่งแสงสูงโดยเฉพาะแสงอัลตราไวโอเล็ต

2.2.4.3.2 ซิลิกาแบบอสัณฐาน

ซิลิกาแบบอสัณฐานใช้ความหมายแทนซิลิกา โครงสร้างขาดลักษณะทางผลึกสามารถตรวจสอบเอกลักษณ์โดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน(X-ray diffraction (XRD)) โดยซิลิกาชนิดนี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ วีเทรียส, ซิลิกาเอ็มซึ่งเกิดจากการฉายรังสี (irradiation) ซิลิกาแบบอสัณฐานหรือซิลิกาแบบผลึกด้วยนิวตรอนความเร็วสูง (high speed neutron) และประเภทสุดท้ายคือ ซิลิกาแบบอสัณฐานขนาดเล็ก ซึ่งรวมถึงโซลเจลพาวเดอร์และพอร์สกลาส ซึ่งทั้งหมดมีอนุภาคน้อยกว่าไมครอน และมีพื้นที่ผิวสูง โดยทั่วไปมีพื้นที่ผิวมากกว่า 3 ตารางเมตรต่อกรัม ซิลิกาเป็นสารที่สามารถเกิดพอลิเมอร์ได้โดยการเกาะเกี่ยวทางอนุภาคเชื่อมต่อกันจนโซ่และโครงสร้างตาข่าย

ซิลิกาโซล (silica sole) และซิลิกาโคลลอยด์คอลล (colloidal silica) ซิลิกาโซลจะหมายถึงอนุภาคคอลลอยด์คอลลของซิลิกาอสัณฐานจะกระจายตัวสม่ำเสมอในสารละลายซิลิกาโซลซึ่งมีสภาพเป็นเจล หรือไม่ตกตะกอนแม้ทิ้งไว้เป็นเวลามากกว่า 50 ปี โซลมีซิลิกาอยู่มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และอนุภาคจะมีขนาดถึง 300 นาโนเมตร อย่างไรก็ตามอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 700 นาโนเมตร จะเกิดการตกตะกอนอย่างช้าๆ สถานภาพของโซลจะขึ้นอยู่กับหลายๆ ปัจจัย พีเอชจะต้องมากกว่า 11 จึงจะคงสภาพประจุกับขนาดอนุภาคซิลิกา ซึ่งเป็นการป้องกันการจับตัว ประจุที่ผิวจะถูกทำให้เป็นกลางโดยเกลือที่ละลายอยู่ ซึ่งจะเสถียรที่ความเข้มข้นของเกลือต่ำในช่วงพีเอชต่ำโซลจะอยู่ในสภาพกึ่งเสถียร (metastable) การเกิดเจล และการจับตัวจะเกิดขึ้นได้ง่ายแม้มีไอออนของฟลูออไรด์ (fluoride ion) เพียงเล็กน้อย ในช่วงที่พีเอชต่ำนี้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้ เช่น แอลกอฮอล์ จะต้านการเกิดเจล แต่อย่างไรก็ตามการเกิดเจลจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ

สูง ยิ่งถ้ามีปริมาณในโซลสูงการเกิดเจลจะง่ายขึ้น ส่วนลักษณะผิวของอนุภาคซิลิกาก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการควบคุมเสถียรภาพของโซล

ซิลิกาเจลแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ เจลความหนาแน่นปกติ (regular-density gel) ซึ่งเตรียมได้โดยการทำในแอซิกจะได้อนุภาคที่มีขนาดเล็กมากและมีพื้นที่ผิวสูง(750-800 ตารางเมตรต่อกรัม) ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน (pore diameter) เท่ากับ 2.2 – 2.6 นาโนเมตร และปริมาณของรูพรุน (pore volume) ประมาณ 0.37 – 2.40 มิลลิลิตรต่อกรัม เจลความหนาแน่นปกติมีน้ำอยู่ประมาณ 6 เปอร์เซนต์ น้ำจะเกาะอยู่ที่ผิวซึ่งมีหมู่ไฮดรอกซิลอยู่ ดังนั้นจะดูดซับน้ำได้มาก

ชนิดที่สองคือ ซิลิกาความหนาแน่นปานกลาง (Intermediate-density) มีพื้นที่ผิวดำ (300 – 350 ตารางเมตรต่อกรัม) ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน (pore diameter) เท่ากับ 12 – 16 นาโนเมตร และปริมาณของรูพรุน (pore volume) มาก ประมาณ 0.9 – 1.1 มิลลิลิตรต่อกรัม ขนาดของอนุภาคใหญ่กว่าเจลความหนาแน่นปกติ ด้วยเหตุผลที่มีขนาดของรูพรุนใหญ่ ซิลิกาความหนาแน่นปานกลางจึงดูดน้ำได้ดีที่ความชื้นสูง ชนิดสุดท้ายคือ ซิลิกาความหนาแน่นต่ำ (low – density gel) มีพื้นที่ผิวดำ (100 – 200 ตารางเมตรต่อกรัม) ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน (pore diameter) เท่ากับ 18 – 22 นาโนเมตร และปริมาณของรูพรุน (pore volume) มาก ประมาณ 1.4 – 2.0 มิลลิลิตรต่อกรัม

ซิลิกาที่เกิดจากการตกตะกอน (Precipitated silica) เกิดจากการรวมตัวของอนุภาคไม่จำกัด (unlimited particles) ของคอลลอยด์คอลล ซึ่งยังไม่เชื่อมโยงกันเป็นโครงข่ายขนาดใหญ่ในระหว่างกระบวนการเตรียมซิลิกาที่เกิดจากการตกตะกอน เกิดได้จากทั้งวัฏภาคที่เป็นไอ (vapor phase) และโดยตกตะกอนจากสารละลาย

การนำซิลิกาอัญฐานไปใช้นั้นขึ้นอยู่กับรูปแบบและความบริสุทธิ์ ส่วนใหญ่ถูกใช้เป็นตัวกรองและวัสดุเสริมแรง (Reinforce materials) สำหรับยาง ใช้ปรับปรุงในการคงไว้ของหมึกพิมพ์ (ink retention) ของกระดาษใช้เป็นเม็ดสี (pigment) และสารกรอง (filter) ในสีและสารเคลือบ (coating) ใช้เป็นสารขัดถู (abrasive) ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) และใช้ทำตัวนำไฟฟ้า (electric insulator) เป็นต้น

2.2.5 วิธีการผลิตซิลิกาจากแกลบข้าว [1]

ซิลิกาอัญฐานเป็นรูปแบบซิลิกาที่มีความสามารถในการละลาย(ทำปฏิกิริยา)ได้ดีที่สุด จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าอุณหภูมิที่ 700 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุดในการเผาแกลบ สามารถกำจัดองค์ประกอบของคาร์บอนในแกลบข้าวให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และที่อุณหภูมิเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวแล้วแก่ลพบที่ไต้ยั้งคงซิลิกาในรูปอสัญฐานอยู่และจากข้อมูลความสามารถของการละลายของซิลิกา (Silica solubility) ในน้ำที่พีเอช 0 – 14 ดังแสดงในรูปที่ 2.8 พบว่าซิลิกาอสัญฐานสามารถละลายได้ดีมาก ในช่วงพีเอชมากกว่า 10 ขึ้นไป ทั้งนี้ในงานวิจัยที่ผ่านมาจึงเลือกใช้เบสคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในการละลายซิลิกา, ค่า ΔH_{sol} (Enthalpy of solution) มีค่าเป็นลบ(มีประโยชน์คือลดพลังงานที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนแก่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (ทำให้เกิดเจลที่พีเอชน้อยกว่า 7 มีขนาดอนุภาคน้อยลง) จุดเดือดสูง และราคาไม่สูงมากนัก การละลายของซิลิกาในรูปแบบต่างๆ ในตัวทำละลายต่างชนิดกันดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อัตราของการละลายของซิลิกา

ชนิดของซิลิกา	ตัวทำละลาย	อุณหภูมิ (°C)	Rate(approx) (mg m ⁻² hj ⁻¹)	อ้างอิง
ควอทซ์	Water	25	4 x 10 ⁻⁸	Van Lier
		90	0.001	
	0.2 M catechol (pH9.6)	25	0.029	
	Ringer's solution (0.9%NaCl , 0.1% NaHCO ₃)	25	0.006	Stöber
	NaOH (0.05 - 0.40 N)	25	0.13 ^a	Bergman
		37	0.5 ^a	Bergman
		25	0.015 ^b	Bergman , Klosrekotter and Robock
				Bergman
		25	2.8 – 3.0	Bergman
	0.01 M HF	25	110	Iler (unpublished)
	1.0 M HF	90	550	Bergman ,Klosrekotter and Robock
	Saturated catechol in conc. NH ₄ OH	25	0.008	
	0.8 M catechol (pH 8.5)			

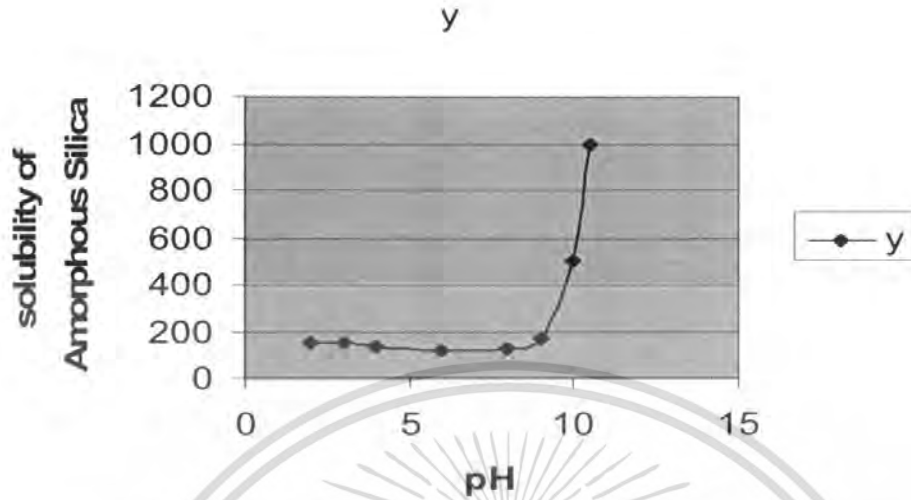
Vitreous	Ringer's solution	25	0.08	Stöber
	NaOH (0.05 - 0.40 N)	25	0.6 ^a	Bergman
	1 -5 % HF	25	2 -10 x 10 ⁵	Strauss and Bauer
	24 -14 HF	25	2 -10 x 10 ⁵	Strauss and Bauer
	1.13 M HF	25	1600	Pliskin and Lehman
	0.34 M HNO ₃	32	1800	Blumberg and Stavrinou
	1.0 HF			
Vitreous	0.1 M HF	32	180	Blumberg and Stavrinou
	0.1 M HF	25	136 - 150	Bergman
	0.8 M catechol (pH 8.5)	25	0.083	Bauman ,Klosrekotter and Robock
	Std. Catechol - NH ₄ OH	90	110	Iler (unpublished)
Cristobalite	0.1 M HF	25	24	Bergman
ไตรโคไมท์	0.1 M HF	25	28	Bergman
Coesite	0.8 M catechol (pH 8.5)	25	0.0025	Bauman ,Klosrekotter and Robock

^{ARate} for "rapidly soluble" surface layer

^{BRate} after surface layer removed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

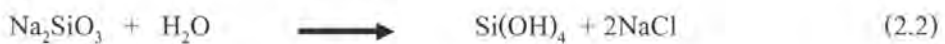


รูปที่ 2.10 ความสามารถในการละลายของซิลิกาอสัณฐานเมื่อเทียบกับค่าพีเอช

ขั้นตอนต่อไปจะนำแก้วเคลือบที่ได้ไปทำปฏิกิริยารีฟลักซ์ (Reflux) กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารละลายโซเดียมซิลิเกต (Na₂SiO₃) ดังแสดงในสมการที่ 2.1



จากงานวิจัยที่ผ่านมาเลือกใช้อุณหภูมิในการรีฟลักซ์ที่ 85 -95 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่ไม่ต่ำหรือสูงเกินไปเพราะถ้าเลือกใช้อุณหภูมิสูงจำเป็นต้องมีหม้อต้มอัดความดันและถ้าใช้อุณหภูมิต่ำซิลิกาที่ได้อาจจะไม่สมบูรณ์ หลังจากผ่านขั้นตอนนี้แล้วนำสารละลายที่ได้มากรองเพื่อแยกสารประกอบคาร์บอนที่ไม่ละลายออกและนำสารละลายที่ได้มากวนด้วยเครื่องกวนที่มีใบพัด ค่อยๆ ปรับพีเอชของสารละลายมาที่พีเอชเท่ากับ 10 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) หรือกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄) เมื่อทิ้งสารละลายไว้สักครู่จะเกิดสีขาวขุ่น สามารถเขียนปฏิกิริยาขึ้นได้ดังสมการที่ 2.2 และการเกิดโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ของกรดซิลิซิก (silicic) เป็นเจลของซิลิกา



จากนั้นค่อยๆ ปรับพีเอชให้ลดลงจนถึงพีเอชเท่ากับ 1 ทั้งสารละลายไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายมาปรับพีเอชให้เป็น 7 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) กวนสารละลายตลอดเวลา ทั้งไว้ชักรูจะเกิดเจล นำเจลที่ได้ไปทำให้เป็นผงด้วยเครื่องพ่นแห้ง (spray dryer) จะได้ผงซิลิกาเจล นำผงซิลิกาเจลที่ได้มาผ่านตะแกรงร่อนอนุภาคเพื่อคัดขนาดตามที่ต้องการ

หมายเหตุ : ขนาดของอนุภาคซิลิกาเจลที่ผลิตได้ด้วยวิธีนี้จะมีปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของอนุภาคของซิลิกาเจลที่ผลิตได้ดังนี้คือ พีเอชในขณะที่เกิดเจล, ความเร็วของการหมุนใบพัดกวน, อุณหภูมิของสารละลายขณะเกิดเจล, ความเร็วของการเกิดจุดเจลเข้าสู่ส่วนผลิตละอองฝอย (atomizer) ของเครื่องพ่นแห้ง และความเร็วของการหมุนของส่วนผลิตละอองฝอยของเครื่องพ่นแห้ง

2.3 สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds – VOCs)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย ประกอบด้วยอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนและไฮโดรเจน อาจมีออกซิเจนหรือคลอรีนร่วมด้วยสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติ จัดเป็นสารมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตราย (Hazardous Air Pollutants: HAPs หรือ Toxic Air Pollutants หรือ Air Toxic) แหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยง่าย ได้แก่ สีทาบ้าน ควันบุหรี่ น้ำยาฟอกสี สารตัวทำละลายในพิมพ์ อุปกรณ์รถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม น้ำยาซักแห้ง น้ำยาสำหรับข้อมผมและน้ำยาดัดผม สารฆ่าแมลงสารที่เกิดจากการเผาไหม้ สารอินทรีย์ระเหยง่ายเมื่อสะสมในสิ่งแวดล้อมจำนวนมากในช่วงเวลาหนึ่ง จะมีผลกระทบต่อสุขภาพและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (ประสงค์ และไมตรี, 2544)

สารอินทรีย์ระเหยง่ายสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของโมเลกุล เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ

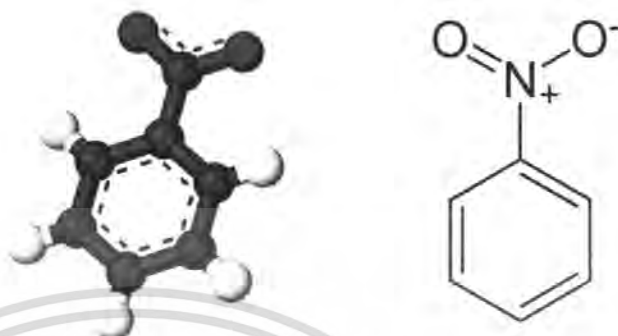
1. Non-chlorinated VOCs หรือ Non-halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่ไม่มีที่ไม่มีคลอรีนในโมเลกุล ประกอบด้วย aliphatic hydrocarbons เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง และกลุ่มสาร aromatic hydrocarbons เช่น สารตัวทำละลายเคมี สารกลุ่มนี้มาจากสิ่งแวดล้อม การเผาไหม้ของขยะ พลาสติก สารตัวทำละลาย สีทาวัสดุ เป็นต้น

2. Chlorinated VOCs หรือ Halogenated hydrocarbons ได้แก่ กลุ่มไฮโดรคาร์บอนระเหยที่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล ได้แก่ สารเคมีที่สังเคราะห์ใช้ในอุตสาหกรรม สาร Chlorinated VOCs นี้มีความเป็นพิษมากกว่าและเสถียรตัวในสิ่งแวดล้อมมากกว่าสาร non-chlorinated VOCs เพราะมีโครงสร้างที่มีพันธะระหว่างไฮโดรคาร์บอนและธาตุกลุ่มฮาโลเจนที่มีความทนทานมาก ยากต่อการสลายตัวในธรรมชาติ มีความคงตัวสูงและสะสมได้นาน สลายตัวทางชีวภาพได้ยาก ครอบคลุมการทำงานของสารพันธุกรรม หรือยับยั้งปฏิกิริยาชีวเคมีในเซลล์ และมีฤทธิ์ในการก่อมะเร็งหรือกระตุ้นการเกิดมะเร็งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene) [13]

- สูตรโครงสร้าง :



- สูตรโมเลกุล : $C_6H_5NO_2$

- สถานะ : ของเหลวสีเหลือง

- ชื่อเรียกอื่นๆ : Nitrobenzol; Mirbane oil; Essence of mirbane; Oil of mirbane; Essence of Myrbane; Oil of myrbane

- การใช้ประโยชน์ (Uses)

ใช้เป็นสารละลายในห้อง, เป็นสีย้อมประมณูมิ, ผลิตภัณฑ์ในตริก, ใช้ในการเตรียมสารอะนิลีน

- ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัว

สารนี้คงตัวจะไม่เกิดอันตรายจากการเกิดพอลิเมอร์เซชัน

สารเข้ากันไม่ได้

สารรีดิวซ์เข้มข้น, โลหะ, สารออกซิไดซ์เข้มข้น, กรดเข้มข้น, โปแตสเซียม, โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์, ปะรอก, ไดเมทิลซัลไฟ, GLYCEROL, สารอนิลิน, NITROGEN TETROXIDE, สารจากการสลายตัวของออกไซด์ของไนโตรเจน, คาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์

สภาวะที่ควรหลีกเลี่ยง

ความร้อน เปลวไฟ แหล่งจุดติดไฟอื่นๆ ความเย็น แสงสว่าง

- การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

1. อันตรายจากการเกิดอัคคีภัยและการระเบิดผิดปกติ ไอรระเหยจะไหลไปบนพื้นสู่แหล่งจุดติดไฟและเกิดไฟย้อนกลับมาได้

2. ภาชนะบรรจุที่เปิดสนิทเมื่อสัมผัสกับความร้อนอาจเกิดการระเบิดได้

3. สัมผัส กับสารออกซิไดซ์เข้มข้น จะทำให้เกิดเพลิงไหม้

4. ทำให้เกิดก๊าซพิษ ออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สาระดับเพลิงในกรณีเกิดเพลิงไหม้ให้ใช้น้ำฉีดเป็นฝอย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้งหรือโฟมธรรมดา
6. กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่เหมาะสมและเครื่องหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) พร้อมหน้ากากแบบเต็มหน้า
7. ให้เคลื่อนย้ายภาชนะบรรจุออกจากพื้นที่ที่เกิดเพลิงไหม้ ถ้าทำได้โดยปราศจากความเสียหายต่อการเกิดอันตราย
8. ใช้น้ำฉีดหล่อเย็นเพื่อควบคุมภาชนะบรรจุที่ถูกเพลิงไหม้

- การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

1. ขั้นตอนในการปฏิบัติในเหตุการณ์หกรั่วไหลหรือการปล่อย
2. สวมใส่เครื่องช่วยหายใจชนิดที่มีถังอากาศในตัว (SCBA) และชุดป้องกันสารเคมีแบบคลุมทั้งตัว
3. ปิดกั้นแหล่งจุดติดไฟ ไม่มีลูกโซติช่วง
4. การสูบบุหรี่หรือทำให้เกิดเปลวไฟในบริเวณนี้ได้โดยการรั่วไหล ถ้าทำได้โดยปราศจากเสียง
5. ใช้ละอองน้ำฉีดเพื่อลดไอ
6. ระเหยดูดซับด้วยทรายหรือสิ่งวัสดุอื่น ๆ ที่สามารถดูดซึมไม่ติดไฟ
7. เก็บในภาชนะบรรจุสำหรับนำไปกำจัดต่อไป
8. ฉีดล้างบริเวณหกรั่วไหลด้วยน้ำ

- อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ

การหายใจเข้าไปทำให้ลำตัวเขียวคล้ำเนื่องจากขาดออกซิเจน ไม่ได้สติ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน เวียนศีรษะ หายใจเร็ว ความดันโลหิตต่ำ ระบายเคืองต่อเยื่อปอด เมื่อยล้า อ่อนเพลีย อาการชักกระตุกอย่างรุนแรง และอาจทำให้ตายได้

สัมผัสทางผิวหนัง

การสัมผัสผิวหนังจะระคายเคืองและสามารถซึมผ่านผิวหนังได้อย่างรวดเร็ว จะทำให้หัวใจเต้นเร็วอาการชัก และอาจตายได้

กินหรือกลืนเข้าไป

การกลืนหรือกินเข้าไปทำให้ลำตัวเขียวคล้ำเนื่องจากขาดออกซิเจน ไม่ได้สติ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียนเวียนศีรษะ หายใจเร็ว ความดันโลหิตต่ำระคายเคืองต่อเยื่อปอด เมื่อยล้า อ่อนเพลีย อาการชักกระตุกอย่างรุนแรง และอาจทำให้ตายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมผัสดูกตา

สัมผัสดูกตาทำให้เกิดการระคายเคือง

ความผิดปกติอื่น ๆ

ระบบเส้นประสาทส่วนกลางถูกทำลาย สายตาพร่ามัว ตับถูกทำลาย ไต ถูกทำลาย โรคโลหิตจาง ระคายเคืองต่อทางเดินหายใจส่วน

- การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป

ถ้าหายใจเข้าไปให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าไม่หายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจลำบากต้องให้ออกซิเจน

กินหรือกลืนเข้าไป

การกินหรือการกลืนเข้าไปให้เรียกแพทย์ และทำให้มีสติตลอดเวลา รีบทำให้อาเจียนทันที

สัมผัสดูกผิวหนัง

สัมผัสดูกผิวหนังกรณีที่สัมผัสดูกผิวหนังให้ฉีดล้างผิวหนังโดยทันทีด้วยน้ำปริมาณมากๆ อย่างน้อย 15 นาที ถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่เปื้อนออกล้างทำความสะอาดบริเวณที่เปื้อนเปื้อนทั้งหมดบนร่างกายรวมทั้งบนศีรษะ และเล็บให้มากที่สุด

สัมผัสดูกตา

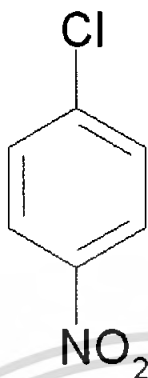
ถ้าสัมผัสดูกตา ในกรณีที่สัมผัสดูกตาให้ฉีดล้างทันทีด้วยน้ำปริมาณมากๆ อย่างน้อย 15 นาที

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ, ห้ามทิ้งลงสู่ระบบน้ำ, น้ำเสีย หรือดิน

2.3.2 พาราไนโตรคลอโรเบนซีน (4 - Nitrochlorobenzene) [13]

- สูตรโครงสร้าง:



- สูตรโมเลกุล : $C_6H_4ClNO_2$

- สถานะ : ของแข็งสีเหลือง

- ชื่อเรียกอื่นๆ : Nitrochlorobenzene, 1,4-Chloronitrobenzene, 4-Nitrochlorobenzene PNCB, 4-Chloro-1-nitrobenzene, Para-Nitrochlorobenzene (1-Chloro-4-Nitrobenzene)

- การใช้ประโยชน์ (Uses)

ใช้ทำสีข้อมผ้า

- ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

ความคงตัว

สารนี้มีความเสถียรที่อุณหภูมิและความดันปกติ

สารที่เข้ากันไม่ได้

สารออกซิไดซ์

- สารเคมีอันตรายที่เกิดจากการสลายตัว: ไฮโดรเจนคลอไรด์ ไนโตรเจนออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน

- การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

1. สารดับเพลิงที่เหมาะสมให้ใช้น้ำ ผงเคมีแห้ง โฟมเคมี หรือโฟมด้านแอลกอฮอล์

2. เมื่อเกิดเพลิงไหม้จะเกิดฟุ้ง/ก๊าซเป็นพิษที่มีอันตราย

3. ในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) ที่ได้รับรอง จาก MSHA/NIOSH และชุดป้องกันสารเคมีชนิดปิดคลุมเต็มตัว

- การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

1. ให้เก็บกวาดส่วนที่หกรั่วไหลใส่ภาชนะบรรจุที่เหมาะสมสำหรับนำไปกำจัด

2. ให้หยุดการรั่วไหล ถ้าสามารถทำได้โดยปราศจากความเสียหายอันตราย

3. หลีกเลี่ยงการทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ระบายอากาศและ ล้างบริเวณสารหกรั่วไหล หลังจากสารเคมีถูกเก็บกวาดเรียบร้อยแล้ว
5. ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสม

- อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ

การหายใจเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจและมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง

สัมผัสทางผิวหนัง

การสัมผัสถูกผิวหนัง ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง ทำให้เกิดภูมิแพ้ เมื่อกลับไปสัมผัสกับสารนี้อีกครั้ง

กินหรือกลืนเข้าไป

การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินอาหาร ตับและไตถูกทำลายเกิดอาการลำตัวเขียวคล้ำเนื่องจากสภาวะขาดออกซิเจน

สัมผัสถูกตา

การสัมผัสถูกตาจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา

ความผิดปกติอื่นๆ

สัมผัสเรื้อรังเป็นอันตรายต่อดับและไต ทำให้เป็นโรคโลหิตจาง และเกิดความผิดปกติของเซลล์เลือดทำให้อ่อนเพลีย วิงเวียน ปวดศีรษะ นอนไม่หลับ และน้ำหนักลด

- การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป

ถ้าหายใจเข้าไปให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกไปที่ที่มีอากาศบริสุทธิ์ ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วยนำส่งไปพบแพทย์

กินหรือกลืนเข้าไป

ถ้ากลืนหรือกินเข้าไป ถ้าผู้ป่วยยังมีสติอยู่และรู้สึกตัวให้ดื่มน้ำหรือนม 4 แก้วนำส่งแพทย์

สัมผัสถูกผิวหนัง

ถ้าสัมผัสถูกผิวหนังให้ล้างออกทันทีด้วยสบู่และน้ำอย่างน้อย 15 นาที พร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่เปื้อนออกทันที

สัมผัสถูกตา

ถ้าสัมผัสถูกตาให้ฉีดล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ อย่างน้อย 15 นาที กระทบตาขึ้นลง นำส่งไปพบแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นๆ

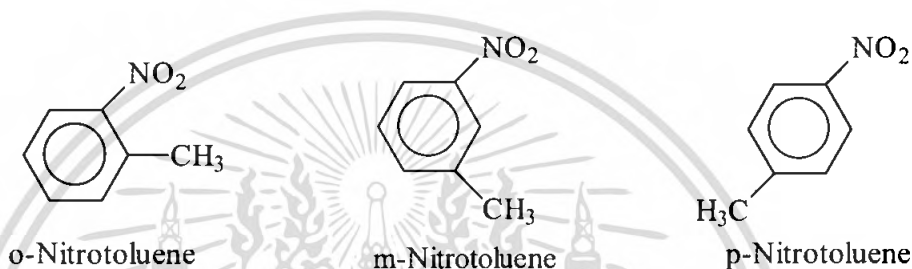
แจ้งต่อแพทย์ และรักษาอาการและให้การสนับสนุน

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ หากมีการจัดการหรือกำจัดอย่างไม่เหมาะสม

2.3.3 ไนโตรโทลูอีน (*o*-, *m*-, *p*- Nitrotoluene) [13]

- สูตรโครงสร้าง :



- สูตรโมเลกุล: $C_7H_7NO_2$

- สถานะ: ของเหลวเหลืองใส

- ชื่อเรียกอื่นๆ : ONT; 2-Nitrotoluol; Onitrophenylmethane; MNT; 3-nitrotoluol; Alpha Methylnitrobenzene; 4-Nitrotoluol; PNT; P-nitrophenylmethane;

- การใช้ประโยชน์ (Uses)

ใช้เป็นสีข้อม

- ความคงตัวและการเกิดปฏิกิริยา (Stability and Reaction)

1. สารที่เข้ากันไม่ได้: ตัวรีดิวซ์ สารออกซิไดซ์ และเบสแก่
2. สภาวะที่ต้องหลีกเลี่ยง: ความร้อน, เปลวไฟ
3. สารอันตรายจากการสลายตัวหรือเผาไหม้: เกิดก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์

- การเกิดอัคคีภัยและการระเบิด (Fire and Explosion)

1. สารนี้จะระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อน
2. สารนี้ไวต่อการสันตะเหือน
3. ใช้สารดับเพลิงประเภทฉีดน้ำให้เป็นฝอย คาร์บอนไดออกไซด์ ผงเคมีแห้ง หรือโฟมที่เหมาะสม
4. ขั้นตอนการดับเพลิงรุนแรงโดยการสวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว

(SCBA) และชุดป้องกันสารเคมีสัมผัสถูกผิวหนังและตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อันตรายจากการเกิดเพลิงไหม้จะทำให้เกิดฟุ้งที่เป็นพิษออกมา

6. สารนี้เหมือนกับสารส่วนใหญ่ที่อยู่ในรูปของฝุ่นผงที่สามารถทำให้เกิดการระเบิดเนื่องจากฝุ่นได้

- การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill)

1. วิธีการปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุรั่วไหล ให้อพยพคนออกจากพื้นที่ที่หกรั่วไหล
2. เก็บกวาดใส่ในถุงและเก็บไว้เพื่อนำไปกำจัด
3. ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) รองเท้าบูทและถุงมือยาง
4. หลีกเลี่ยงฝุ่นที่เกิดขึ้น
5. ระบายอากาศพื้นที่และล้างบริเวณหกรั่วไหลหลังจากสารเคมีถูกเก็บกวาดเรียบร้อยแล้ว
6. ป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกรั่วไหล ไหลลงสู่ที่ระบายน้ำ แม่น้ำ และแหล่งน้ำอื่นๆ

- อันตรายต่อสุขภาพอนามัย (Health Effect)

สัมผัสทางหายใจ

การหายใจเข้าไปจะมีอันตรายเนื่องจากไอระเหยและละอองจะก่อให้เกิดการ ระคายเคือง เยื่อเมือกและทางเดินหายใจส่วนบน เกิดอาการปวดศีรษะเวียนศีรษะหัวใจเต้นเร็วผิดปกติความดันโลหิตต่ำลง หายใจถี่เร็ว ผิวหนังเป็นสีเขียวคล้ำและรู้สึกอ่อนเพลีย

สัมผัสทางผิวหนัง

การสัมผัสผิวหนังจะก่อให้เกิดการระคายเคือง สารนี้สามารถดูดซึมผ่านผิวหนังได้ ทำให้เกิดเมทฮีโมโกลบิน ผิวหนังมีอาการเขียวคล้ำเนื่องจากขาดออกซิเจน กล้ามเนื้อกระตุกอย่างแรง

กินหรือกลืนเข้าไป

การกลืนหรือกินเข้าไปจะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อทางเดินอาหาร ปวด ศีรษะ หัวใจเต้นเร็ว หายใจติดขัด และอาการกล้ามเนื้อหดเกร็งอย่างรุนแรง

สัมผัสดวงตา

การสัมผัสดวงตาจะก่อให้เกิดการระคายเคือง ตาแดง และปวดตาได้

ความผิดปกติอื่นๆ

การได้รับสารติดต่อกันเป็นเวลานานสารนี้จะทำลายไต อวัยวะเพศชาย ม้าม ตับ สารนี้เป็นสารก่อมะเร็ง

- การปฐมพยาบาล (First Aid)

หายใจเข้าไป

ถ้าหายใจเข้าไปให้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกสู่บริเวณที่มีอากาศบริสุทธิ์ถ้าผู้ป่วยหยุดหายใจให้

ช่วยผายปอด ถ้าหายใจติดขัดให้ออกซิเจนช่วยนำ ส่งไปพบแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กินหรือกลืนเข้าไป

ถ้ากลืนหรือกินเข้าไปให้ผู้ป่วยดื่มน้ำปริมาณมาก ๆ กระตุ้นให้เกิดการ อาเจียนนำส่งไปพบแพทย์

สัมผัสผิวหนัง

ถ้าสัมผัสถูกผิวหนัง ให้ฉีดล้างผิวหนังทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที ทาด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลพร้อมถอดเสื้อผ้าและรองเท้าที่ปนเปื้อน สารเคมีออก

สัมผัสสูดดม

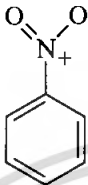
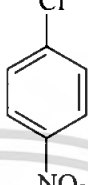
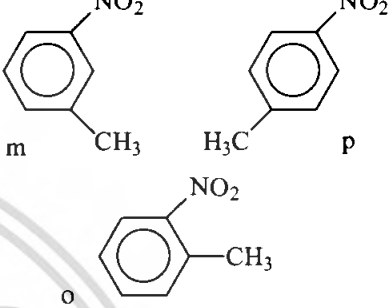
ถ้าสัมผัสสูดดมให้ฉีดล้างตาทันทีด้วยน้ำปริมาณมากอย่างน้อย 15 นาที ใช้นิ้วถ่างตาเปิดให้กว้างจนมั่นใจว่าล้างออกหมด

- ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts)

1. ห้ามทิ้งลงสู่ระบบน้ำ น้ำเสีย หรือดิน
2. เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
3. มีผลเสียระยะยาวต่อสภาวะแวดล้อมในน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติของสารอินทรีย์ระเหยง่าย [14]

คุณสมบัติ	หน่วย	Nitrobenzene	p- Nitrobenzene	o-,m-,p- Nitrotoluene
สูตรอย่างง่าย		$C_6H_5NO_2$	$C_6H_4ClNO_2$	$C_7H_7NO_2$
สูตรโครงสร้าง				
ความถี่จำเพาะ (น้ำ=1)		1.2	1.2980	1.163 – 1.392
จุดหลอมเหลว/ จุดเยือกแข็ง	°C	6	83 – 84	-10 - 51
จุดเดือด	°C	211	242	225 - 238
ความดันไอที่ 20 องศาเซลเซียส	mm Hg	< 1	0.019	0.11
ความหนาแน่น ไอ (อากาศ=1)	ที่ 20 °C	3.4	5.4	4.72
ค่าการละลาย น้ำ	g/100ml	0.1-1	0.03	ไม่ละลายในน้ำ (ละลายได้ในตัวทำละลาย)
pH	ที่ 20 °C	8.1	7	7
น้ำหนัก โมเลกุล	gms	123.11	157.56	137.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 แหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ระเหยง่าย

2.4.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

ส่วนใหญ่มาจาก กระบวนการทางชีวภาพ เช่น กระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต โดยการปล่อยหรือคายจากต้นไม้ กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตในทะเล

2.4.2 แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์

แหล่งกำเนิดหลักมาจากยานพาหนะ เช่น ไอเสีย ไอระเหยจากน้ำมันเชื้อเพลิง ตัวทำละลายที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเคมี การผลิตพลาสติก และเรซิน ไอระเหยจากงานกลั่นน้ำมัน และโรงงานปิโตรเคมี หมึกพิมพ์และการเกษตร ตัวอย่างของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศทั่วไปของกรุงเทพมหานคร แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แหล่งกำเนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศโดยทั่วไปของกรุงเทพมหานคร [14]

ประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษ	แหล่งกำเนิด
เกษตรกรรม	การเผาไหม้กลางแจ้ง
การคมนาคมขนส่ง	การระเหยของน้ำมันเชื้อเพลิงและไอเสียรถยนต์
เหมืองแร่และการระเบิดหิน	เหมืองถ่านหิน
หัตถอุตสาหกรรม	อาหาร เครื่องดื่ม และบุหรี่ การทอผ้า และการทำเครื่องหนัง ผลิตภัณฑ์จากไม้ กระจก และการพิมพ์
อุตสาหกรรมเคมี	แอมโมเนีย และแอมโมเนียมซัลเฟต เรซินสังเคราะห์ พลาสติก และเส้นใย สี น้ำยาขัดเงา และแลคเกอร์ ถ่านคาร์บอน และหมึกพิมพ์
อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน	ผลิตภัณฑ์จากน้ำมัน และถ่านหิน
อุตสาหกรรมที่ผลิตจากแร่โลหะ	ผลิตภัณฑ์จากแก้ว และดินเหนียว
อุตสาหกรรมโลหะพื้นฐาน	เหล็ก และเหล็กกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ผลกระทบที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อสิ่งแวดล้อม

2.5.1 ผลกระทบของสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่อมนุษย์และสัตว์

สารอินทรีย์ระเหยง่ายสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ การหายใจ ได้รับทางปอด การกิน การดื่มทางปาก และการสัมผัสทางผิวหนัง หลังจากการเข้าสู่ร่างกายแล้วจะผ่านเข้าสู่ตับ ซึ่งจะมี เอนไซม์และวิถีทางเมตาบอลิซึม (Metabolism) หลากหลายที่แตกต่างกัน การศึกษากลไกการเกิด พิษของสารอินทรีย์ระเหยง่ายนั้น ต้องอาศัยความรู้ด้านเภสัชวิทยาและพิษจุลศาสตร์ อย่าง สารพิษ ถูกเปลี่ยนแปลงทางเมตาบอลิซึมในตับ ทำให้เกิดผลกระทบหลายด้านดังนี้

1. การเป็นสารก่อเกิดมะเร็ง (Carcinogenicity) สารนี้จัดเป็นสารก่อมะเร็งตามบัญชีรายชื่อ IARCNTPACGIH เป็นสารที่กระตุ้นให้มีการสร้างเม็ดเลือดขาวมากกว่าปกติ เรียกภาวะเช่นนี้ว่า ลิวคีเมีย (Leukemia) หรือมะเร็งเม็ดเลือดขาว มีพิษต่อไขกระดูก เกิดภาวะโลหิตจางแบบที่ไม่มีการ เกิดขึ้นใหม่ของเม็ดเลือดแดง เนื่องจากไขกระดูกไม่ทำงานหรือถูกทำลายไป กลุ่มคนที่พบว่ามี ความไวต่อสารอินทรีย์ระเหยง่ายคือ ผู้หญิง หญิงมีครรภ์ ผู้ที่ติดหรือเป็นโรคพิษสุราเรื้อรัง ได้มีการศึกษา ถึงการเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง โดยได้รับทางปากและการสูดดม พบว่าเพิ่มการเกิดมะเร็ง หรือเนื้องอกในเนื้อเยื่อหลายชนิด โดยเฉพาะเยื่อบุผิว ช่องปาก ผิวหนัง จมูก ปอด ตับ หลอดลม ค่อม้านม และรังไข่ ทำให้เกิดโรคมะเร็งบางชนิดได้ เช่น เบนซีนจะก่อให้เกิดมะเร็งต่อระบบ น้ำเหลือง ปอด กระเพาะปัสสาวะ

2. การเป็นสารก่อเกิดการกลายพันธุ์ (Mutagenicity) เนื่องจากทำให้เกิดการหักของ โครโมโซม มีความผิดปกติของโครงสร้างและจำนวน โครโมโซม ของระบบอวัยวะต่างๆ เช่น เม็ด เลือดแดง ตับ ไต ประสาท ก่อให้เกิดการทำลาย DNA ในเซลล์เม็ดเลือดได้

3. การเสริมพิษและการต่อต้านพิษ พบว่าสารหรือองค์ประกอบใดๆที่ทำให้กระบวนการ เมตาบอลิซึมของเบนซีนเปลี่ยนแปลงไป ย่อมมีผลให้ความเป็นพิษของเบนซีนเปลี่ยนแปลงไปด้วย นอกจากนี้ ความเป็นพิษอาจมากขึ้นหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆได้แก่ ชนิดของสัตว์ วิธีการและ ปริมาณที่ได้รับ

4. ความเป็นพิษต่อระบบประสาท (Neurotoxicity) มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลางคล้ายพวก ยานอนหลับ ทำให้การส่งกระแสประสาทผิดปกติได้ มักจะมีอาการทางประสาท จิตใจกังวล หาก ได้รับอย่างเฉียบพลัน อาจมีอาการเคลิบเคลิ้มในระยะแรก ต่อมาจะปวดศีรษะ มึนงง อ่อนเพลีย เดิน โหเซะ สับสน ความอยากอาหารลดลง สูญเสียการตอบสนองต่อแสงจ้า กระพริบตาอย่างควบคุม ไม่ได้ หายใจลำบากและมีอาการร่วมหลายอย่าง ชัก หมดสติ และถึงตายได้ในที่สุด เพราะหัวใจ หยุดทำงาน ทั้งนี้เนื่องจากระบบประสาทส่วนกลางถูกกด ไม่สามารถควบคุมการหายใจได้ เด็กที่ คลอดออกมาแล้วมักมีอาการท้องเสียบ่อยกว่าเด็กกลุ่มอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การระคายเคืองเบื้องต้น (Primary irritation) ฤทธิ์แสบและระคายเคือง จะระคายเคืองต่อผิวหนังและตาในระดับปานกลาง หากกระเด็นเข้าตาจะทำให้เยื่อตาอักเสบ สำหรับที่ผิวหนังจะก่อให้เกิดอาการระคายเคืองบริเวณที่ได้รับสัมผัส ผิวหนังมีอาการบวมแดง อักเสบ แสบร้อน เป็นตุ่มพอง บวมน้ำ โรคผิวหนัง และขนร่วง

6. ผลต่อการพัฒนาของตัวอ่อน (Embryo tropic action) และความผิดปกติที่เกิดในทารก (Teratogenicity) สารแพร่ผ่านรกได้ ทำให้ทารกมีน้ำหนักลดลง มีจำนวนกระดูกผิดปกติ มีความผิดปกติของการสร้างเม็ดเลือด ทำให้ทารกคลอดพิการ เกิดการกลายเพศ ไตเสื่อม

7. ความเป็นพิษต่อภูมิคุ้มกัน (Immunotoxicity) ระบบภูมิคุ้มกันถูกรบกวนหรือทำลาย ศักยภาพทางการป้องกัน โรคการติดเชื้อจะลดและพร้อมลงจากเดิม เป็นผลเนื่องมาจากความเป็นพิษที่ไขกระดูก ร่างกายสร้างแอนติบอดีขึ้นเพื่อต่อต้านเนื้อเยื่อตัวเอง จำนวนเม็ดเลือดชนิดต่างๆลดลง มีการเปลี่ยนแปลงของเม็ดเลือดขาวชนิด lymphocytes ม้ามโต มีผลทำให้ภูมิคุ้มกันต้านต่อเชื้อแบคทีเรียลดลง โดยดูจากอัตราการติดเชื้อที่เพิ่มขึ้น

8. ความผิดปกติต่อการสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นหมัน มีผลกระทบต่อประจำเดือนในเพศหญิงได้ คือทำให้มีเลือดออกมามากผิดปกติ บางรายพบภาวะโลหิตจางเมื่อตั้งครรภ์ แต่เมื่อคลอดออกมากลับไม่พบความผิดปกติ แต่บางรายก็แท้ง ความเป็นพิษต่อร่างกายจะมากขึ้นอยู่กับปัจจัยดังต่อไปนี้ (ประสงค์ และไมตรี, 2544)

8.1) ช่วงครึ่งชีวิตของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในร่างกาย ในเลือด การตรวจวัดสารระเหยในเลือดสามารถบอกประวัติการได้รับ หรือการสัมผัสสารนั้นได้

8.2) สภาวะความสมบูรณ์ของร่างกาย ขึ้นอยู่กับสภาวะในร่างกายและปฏิกิริยาทางเมตาบอลิซึม ในตับและเนื้อเยื่อ แปรสภาพให้เป็นพิษมากขึ้นหรือน้อยลงได้ และขึ้นอยู่กับปริมาณแอลกอฮอล์หรือสารเคมีอื่นในกระแสเลือดและเนื้อเยื่อด้วย เช่น การดื่มเหล้าหรือดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ จะเพิ่มการดูดซึมและเพิ่มระดับของ 2-butanone และ acetone ในเลือด

8.3) ระบบการขับถ่ายของเสีย การขับสารพิษทั้ง สารนี้ถูกขับโดยตรงผ่านไต ขับออกมาทางปัสสาวะ ปล่อยพร้อมกับลมหายใจออก และโดยทางอ้อมผ่านตับ น้ำดี ถ้าสารนั้นถูกขับออกทั้งได้ง่าย ความเป็นพิษจะน้อยลงกว่าสารเคมีที่ถูกขับทั้งได้ยากตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่าย ที่มีผลกระทบต่อเชื้อเชื้อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ แสดงดังตารางที่ 2.6 ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เป็นสารก่อมะเร็ง และชนิดของมะเร็งที่พบ แสดงดังตารางที่ 2.7 และตารางที่ 2.8 แสดงความรุนแรงของอาการเมื่อได้รับสารเบนซินที่มีความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างสารอินทรีย์ระเหยง่าย ที่มีผลกระทบต่อเนื้อเยื่อ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ [14]

สารอินทรีย์ระเหยง่าย	บริเวณที่เกิดผลกระทบ	ผลกระทบต่อสุขภาพ
Benzene	ไขกระดูก, เม็ดเลือดแดง และระบบประสาท	ทำลายไขกระดูก เม็ดเลือดแดง แดก โรคโลหิตจาง และอาการหนือโรคทางประสาทส่วนกลาง
Dichlorobenzene(methylene Chloride, DCM)	ตับ, ไต, เลือด, ผิวหนัง, ตา และระบบทางเดินหายใจตอนบน	ฤทธิ์แสบ-ระคายเคือง ปอดบวม โรคตับ กดประสาทส่วนกลาง อาจหมดสติและตายได้
Ethyl alcohol (methylene)	ตับ, ระบบประสาทส่วนกลาง และ รก	ตับเสื่อม ตับแข็ง เร่งการเกิดมะเร็งตับ มีอาการกดประสาท ทำให้ทารกคลอดพิการ
Ethyl benzene (ethylbenzol) n-Hexane	ตา, จมูก และ ระบบประสาทส่วนกลาง	ทำให้ระคายเคือง แสบตา แสบจมูก กดประสาทส่วนกลาง ทำให้ปวดหัว สับสนงุนงง อาจหมดสติได้
Methyl alcohol (methanol)	ไต และ ระบบประสาทส่วนกลาง	ตับเสื่อม อาการกดประสาท ทำให้ตาบอด
Tolulene (methylbenzene, toluol)	ระบบประสาทส่วนกลาง	อาการทางประสาทส่วนกลาง
Trichlorobenzene	ตับ และ ไต	ตับแข็ง ตับเสื่อม ไตเสื่อม
1,1,1-Trichloroethane (methylchloroform)	เส้นประสาท, ตับ และ ไต	อาการทางประสาทส่วนกลาง ชัก
Xylene (dimethylbenzene)	ผิวหนังและเส้นประสาท	ระคายเคือง โรคผิวหนัง และอาการจากการกดประสาทส่วนกลาง
o-, m-, p-Nitrotoluene	จมูก, ผิวหนัง, กิน และตา	เวียนศีรษะ หัวใจเต้นเร็ว อ่อนเพลีย หนักกระดูก ตาแดง ได้รับนานๆจะทำลายไตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักพิมพ์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เป็นสารก่อมะเร็ง และชนิดของมะเร็งที่พบ [14]

ชนิดของสารอินทรีย์ระเหยง่าย	ชนิดของมะเร็งที่พบ
Benzene	มะเร็งเม็ดเลือดขาว
Dichloropropane	-
Ethylbenzene	-
Dichloroethane	-
Pentachlorophenol	-
Toluene	-
Hexachlorobenzene	-
Dibromochloropropane	-
Trihalomethanes	-
Trihalomethenes	-
Trichloroacetylene	มะเร็งปอด
o-, m-, p-Nitrotoluene	มะเร็งผิวหนัง

ตารางที่ 2.8 แสดงความรุนแรงของอาการเมื่อได้รับสารเบนซีน ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ [14]

ความเป็นพิษของเบนซีน (ppm)	ระยะเวลาที่ได้รับ	ความรุนแรงของอาการ
20000	5-10 นาที	ทำให้ตายได้
2500	30 นาที	เป็นอันตรายต่อชีวิต
1500	60 นาที	ทำให้เกิดอาการพิษต่างอย่างรุนแรง
500	60 นาที	ทำให้เกิดอาการพิษต่างอย่างรุนแรง
50-150	5 ชั่วโมง	ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย
25	8 ชั่วโมง	ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย

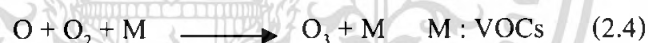
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ปฏิกริยาเคมีของสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ

ไอระเหยของสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของไนโตรเจนในบรรยากาศโดยมีความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้เกิดก๊าซโอโซน (O_3) โดยเป็นโอโซนระดับพื้นดินซึ่งจัดเป็นโอโซนที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์หรือเกิดปรากฏการณ์โฟโตเคมีคอลสม็อก (Photochemical Smog) ซึ่งมีลักษณะเหมือนหมอกสีขาวๆปกคลุมอยู่ทั่วไปในอากาศ

โดยทั่วไปแล้วก๊าซโอโซนก่อให้เกิดการระคายเคืองตาและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ความสามารถในการทำงานของปอดลดลง เหนื่อยเร็ว โดยเฉพาะในเด็ก คนชรา และคนที่ เป็นโรคปอดเรื้อรัง ปัจจุบันก๊าซโอโซนเป็นสารมลพิษทางอากาศที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม รongจากฝุ่นละออง ทำให้ต้องมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดย สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง ได้จัดตั้งระบบเครือข่ายจัดการตรวจสอบคุณภาพอากาศของประเทศไทย

ในกระบวนการเกิดปฏิกิริยานี้ขั้นแรก NO_2 จะเกิด ปฏิกริยาโฟโตลิซิส (Photolysis) ทำให้เกิดอะตอมออกซิเจน (O) ซึ่งต่อมาอะตอมจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (O_2) ทำให้เกิดโอโซน (O_3) และ O_3 ก็จะทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO) ทำให้เกิดจาก NO_2 แล้วกลับไปเริ่มต้น ปฏิกริยาโฟโตลิซิสอีก ดังแสดงในสมการ 2.3 – 2.5



ความเข้มข้นของโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ มีค่าระหว่าง 200-500 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1-0.25 ส่วนในล้านส่วน) อาจมีผลต่อปอดของเด็ก ระบบทางเดินหายใจ เกิดการระคายเคืองตา ถึงระดับความเข้มข้นของโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์อยู่ระหว่าง 200-294 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1-0.15 ส่วนในล้านส่วน) จะลดความสามารถในการออกกำลังกายและปอดของผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจเรื้อรังจะลดการทำงานลงเนื่องจากโอโซนมีความเข้มข้นตามธรรมชาติสูงอยู่แล้ว จึงไม่สามารถนำอัตราส่วนความปลอดภัย (Safety Factor) มาใช้ได้ประกอบกับโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ ในช่วงระยะเวลาสั้นมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยในเวลา 8 หรือ 24 ชั่วโมง ด้วยเหตุผลดังกล่าว ในการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ จึงให้กำหนดค่าความเข้มข้นสูงสุดของโฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ ในรูปโอโซนในหนึ่งชั่วโมง ไม่เกิน 200 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หรือ 0.10 ส่วนในล้านส่วน [13]

2.6 การป้องกันและแก้ไขปัญหที่เกิดจากสารอินทรีย์ระเหยง่าย

การควบคุมสารเคมีอินทรีย์ระเหยง่ายได้ดีที่สุด คือ การป้องกันมิให้มีการใช้สารที่อันตรายสูงต่อสุขภาพโดยไม่จำเป็น หรือหากจำเป็นใช้ ก็ต้องมีวิธีการลดอันตราย ความเสี่ยง และความเป็นพิษให้เหลือน้อยที่สุด โดยมีให้สารเคมีมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม [13], [14]

2.6.1 การจัดการควบคุมสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย ณ แหล่งกำเนิด

1. การควบคุมไอระเหยของตัวทำละลาย เป็นการควบคุมการแพร่กระจายของไอระเหยออกสู่บรรยากาศในขณะที่บรรจุตัวทำละลายจากสายการผลิตลงสู่ถังเก็บของโรงงาน โดยดักเก็บไอระเหยของตัวทำละลายจากถังเก็บขณะที่ทำการบรรจุ และต้องนำไปผ่านกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ (Vapor Recovery) โดยไม่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก

2. การควบคุมไอระเหยของตัวทำละลายขณะบรรจุตัวทำละลายสู่ถังเก็บ เก็บในบริเวณที่มีการระบายอากาศเพียงพอ โดยระบบระบายอากาศที่ใช้จะต้องเป็นระบบที่ป้องกันการเกิดประกายไฟและอุปกรณ์เครื่องมือไฟฟ้าที่ใช้จะต้องป้องกันการระเบิดควรเก็บห่างจากแหล่งจุดติดไฟ ประกายไฟ เปลวไฟ พื้นผิวที่ร้อน ความร้อน สารออกซิไดซ์ สารกัดกร่อน และสารที่เข้ากันไม่ได้ การควบคุมในขั้นตอนนี้เป็นการควบคุมการแพร่กระจายของไอระเหยของตัวทำละลายไปสู่บรรยากาศในขณะที่ถ่ายเทตัวทำละลายจากรถขนส่งลงสู่ถังเก็บ โดยการเก็บไอระเหยที่สะสมในถังเก็บผ่านระบบท่อเข้าสู่ถังขนส่งของรถขนส่ง นำกลับไปยังโรงงานผู้ผลิต เพื่อเข้าสู่ระบบการนำกลับมาใช้ใหม่ หรืออาจกำจัดทิ้งอย่างถูกต้องต่อไป

3. การควบคุมไอระเหยของตัวทำละลายที่รถขนส่ง รถขนส่งเป็นตัวกลางที่นำตัวทำละลายจากโรงงานผลิตส่งไปยังสถานประกอบการหรือโรงงานของลูกค้าที่นำตัวทำละลายนั้นไปใช้ ในขณะเดียวกันต้องนำไอระเหยของตัวทำละลายจากโรงงานลูกค้ากลับมายังโรงงานผู้ผลิต ปัจจุบันการถ่ายเทตัวทำละลายของรถขนส่งเป็นแบบ Top loading ซึ่งต้องเปิดช่องคนลง (Man hold) ด้านบน แล้วจึงเติมตัวทำละลาย ทำให้ไอระเหยทั้งหมดที่อยู่ในถังของรถขนส่งที่เกิดขึ้นระหว่างการเติมจะพุ่งกระจายออกสู่บรรยากาศ ในการควบคุมไอระเหยจึงควรใช้ระบบเติมตัวทำละลายจากด้านล่าง (Bottom Loading) พร้อมติดตั้งระบบควบคุมไอระเหยเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

4. การกำจัดกรณีรั่วไหล (Leak and Spill) วิธีการปฏิบัติในกรณีเกิดการรั่วไหล ให้กั้นแยกพื้นที่ที่เกิดอุบัติเหตุหกรั่วไหล สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสม จัดให้มีการระบายอากาศในบริเวณที่เกิดการหกรั่วไหล และให้เคลื่อนย้ายแหล่งจุดติดไฟทั้งหมดออกไป ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยทราย ดิน และวัสดุดูดซับที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสารนี้ กรณีการหกรั่วไหลเล็กน้อย ให้ดูดซับส่วนที่หกรั่วไหลด้วยวัสดุดูดซับที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับสาร และเก็บใส่ภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรจุที่เหมาะสม ทำการติดฉลากภาชนะบรรจุ แล้วล้างบริเวณสารหกแล้วไหล หลังจากสารเคมีถูกเก็บกวาดเรียบร้อยแล้ว วัสดุดูดซับสารที่เปราะเปื้อนจะต้องได้รับการกำจัดเช่นเดียวกับของเสียกรณีหกแล้วไหลรุนแรง ให้ทำการติดต่อหน่วยฉุกเฉิน ต้องป้องกันไม่ให้สารเคมีที่หกแล้วไหลลงสู่ท่อระบายน้ำ แม่น้ำ และบริเวณที่อับอากาศ กรณีเกิดเพลิงไหม้ให้สวมใส่อุปกรณ์ช่วยหายใจชนิดมีถังอากาศในตัว (SCBA) ชนิดปิดคลุมเต็มตัว ให้ทำการหยุดการรั่วไหลก่อนที่จะเกิดการลุกติดไฟ หากสามารถทำได้อย่างปลอดภัย

5. การทำลายสารอินทรีย์ระเหยง่ายทางเคมี ได้มีการนำสาร Oxidizers หลายชนิด เช่น ก๊าซโอโซน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และโปตัสเซียมเปอร์แมงกานेट มาใช้เพื่อทำลายโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สารอินทรีย์ระเหยง่ายสลายตัว และหมดความเป็นพิษได้

6. การทำลายทางชีวภาพมีการวิจัย Co-meatbolism method ที่จะใช้จุลินทรีย์หลายชนิดรวมกันที่สามารถทำปฏิกิริยาทางชีวเคมีกับสารอินทรีย์ระเหยง่ายได้ โดยอาศัยเอนไซม์ของแบคทีเรียทั้งชนิด anaerobic และ aerobic bacteria จะทำให้เกิด oxidation, reduction, dehalogenation ฯลฯ และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (TCE, PCE, DCM, benzene, toluene) จะถูกทำลายและหมดความเป็นพิษได้

ในทางการแพทย์ได้มีการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารอินทรีย์ไอระเหยเข้าไปในร่างกายและเกิดมีอาการป่วย ต้องใช้วิธีการล้างออก การขับออกในทุกรูปแบบ ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพให้ทั่วถึง ก่อนที่สารเคมีนั้นจะสะสมและเกิดความเป็นพิษ วิธีการรักษานั้นกระทำได้ยากและสิ้นเปลืองการรักษา การรักษาผู้ป่วยนั้นมีความลำบากยุ่งยากมาก การควบคุมโดยการป้องกันและการลดความเสี่ยงต่อสารอินทรีย์ไอระเหยในระดับต่างๆ จะเป็นวิธีการที่ดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2.7 แก๊สโครมาโทกราฟี (Gas Chromatography, GC) [16]

2.7.1 บทนำ

แก๊สโครมาโทกราฟีเป็นหนึ่งในเทคนิคของการแยกการและวิเคราะห์สาร โดยเทคนิคนี้ใช้สำหรับการแยกสารผสมที่สามารถทำให้กลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิพอเหมาะ เครื่องมือรุ่นใหม่ๆ ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาทั้งในส่วนของอุปกรณ์และเทคนิคเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นด้านการแพทย์ พลังงาน และสิ่งแวดล้อม

2.7.2 หลักการ

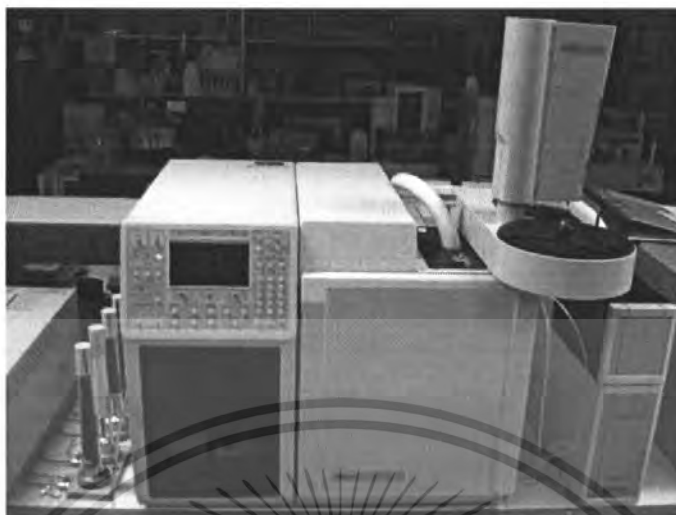
เทคนิคโครมาโทกราฟีทุกประเภทจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกัน นั่นคือ ทำการแยกองค์ประกอบของสารที่กระจายอยู่ระหว่างเฟสที่ไม่ผสมกัน 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (stationary phase) และเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) องค์ประกอบของสารตัวอย่างซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างจากเฟสทั้งสองจะเคลื่อนที่ที่ผ่านด้วยอัตราเร็วที่แตกต่างกัน เมื่อองค์ประกอบของสารเคลื่อนที่ผ่านออกจากระบบจะถูกชะและผ่านไปยังเครื่องตรวจวัดซึ่งจะทำการรายงานผลออกมาในรูปแบบของโครมาโทแกรมเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป สิ่งที่ทำให้เทคนิคโครมาโทกราฟีแต่ละเทคนิคมีความแตกต่างกันคือ เฟสเคลื่อนที่ สำหรับแก๊สโครมาโทกราฟีจะมีเฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊สนั่นเอง

2.7.3 ประเภท

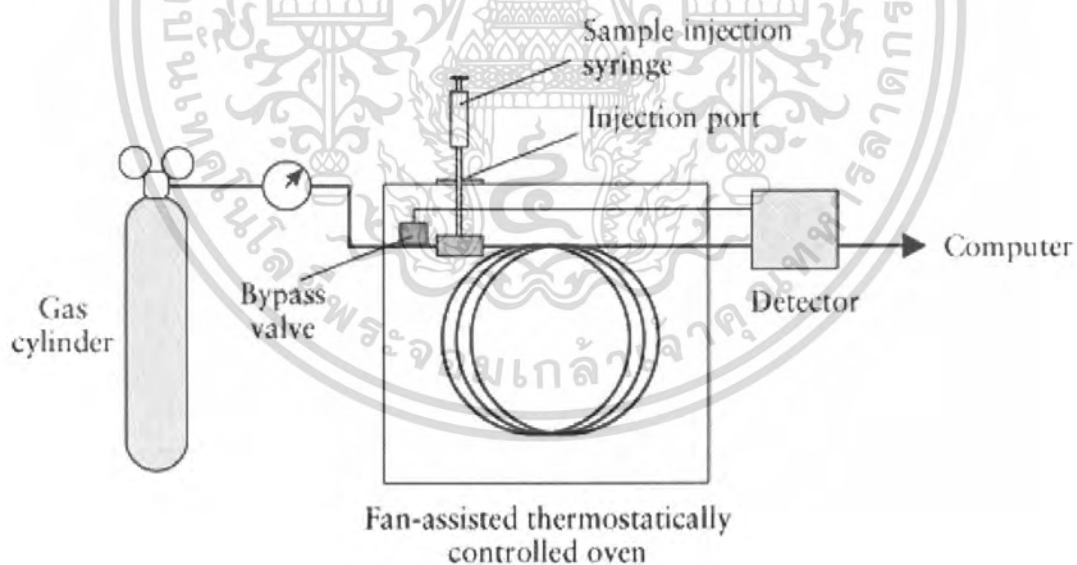
นอกจากการจำแนกประเภทของเทคนิคโครมาโทกราฟีด้วยเฟสเคลื่อนที่แล้ว เราสามารถใช้เฟสอยู่กับที่ในการแยกย่อยประเภทของแก๊สโครมาโทกราฟีได้ 2 ประเภท คือ

1. แก๊สโครมาโทกราฟีแบบของแข็ง (Gas-solid Chromatography, GSC) โครมาโทกราฟีประเภทนี้จะใช้ของแข็ง เช่น ซิลิกาเจลเป็นเฟสอยู่กับที่ กลไกการแยกสารที่เกิดขึ้นเป็นแบบดูดซับ ดังนั้นการแยกสารจะดีหรือไม่ดีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการดูดซับของสารที่บรรจุในคอลัมน์แต่โดยทั่วไปแล้วโครมาโทกราฟีชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก

2. แก๊สโครมาโทกราฟีแบบของเหลว (Gas-liquid Chromatography, GLC) โครมาโทกราฟีประเภทนี้จะใช้ของเหลวเป็นเฟสอยู่กับที่ ดังนั้นจึงต้องทำการเคลือบของเหลวให้เป็นชั้นบางๆ บนของแข็งเฉื่อยที่เรียกว่า solid supporter กลไกการแยกสารที่เกิดขึ้น เป็นแบบพาร์ทิชันซึ่งสามารถใช้ได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างมากและให้ผลการทดลองที่ดีกว่า GSC จึงทำให้ GLC เป็นที่นิยมใช้



รูปที่ 2.11 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ยี่ห้อ Varian รุ่น CP-3800



รูปที่ 2.12 แผนผังแสดงลักษณะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 เครื่องมือ

ลักษณะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟโดยทั่วไป จะประกอบด้วยส่วนต่าง 4 ส่วน ดังนี้

1. Gas supply unit แก๊สที่ใช้เป็นเฟสเคลื่อนที่จะต้องเป็นแก๊สเฉื่อย โดยปกติแล้วจะใช้ ไนโตรเจน ฮีเลียม อาร์กอน หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งการเรียกชนิดของแก๊สจะขึ้นกับชนิดของเครื่องตรวจวัด เฟสเคลื่อนที่นี้จะถูกนำเข้าสู่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟผ่านทางตัวควบคุมอัตราการไหลเพื่อรักษาให้มีอัตราการไหลคงที่ถ้าอัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เวลาในการหน่วงเหนี่ยวเปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ เพื่อจะให้ความแม่นยำมีค่าไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์จะต้องทำการควบคุมอัตราการไหลให้มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน +2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเรื่องยากในการควบคุมเพราะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการทำโปรแกรมอุณหภูมิก็จะส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงความหนืดและอัตราการไหลของแก๊ส ดังนั้นเครื่องรุ่นใหม่ ๆ จึงมีระบบไมโครโปรเซสเซอร์ในการควบคุมอัตราการไหลเพื่อแก้ไขปัญหา

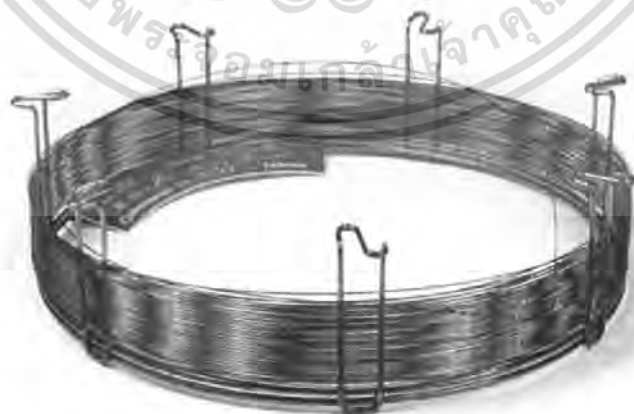
2. Sampling unit หลังจากที่เปิดให้แก๊สพาหะผ่านเข้าสู่ส่วนต่างๆ ของเครื่องมือแล้ว สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกฉีดผ่านมาทางส่วนของ Sampling unit ที่ประกอบด้วยเครื่องฉีดสารและตู้อบ ซึ่งในส่วนนี้สารตัวอย่างจะถูกทำให้ระเหยกลายเป็นไอแล้วส่งผ่านเข้าสู่คอลัมน์ เพื่อทำการแยกองค์ประกอบต่างๆ การใช้เครื่องฉีดสารแต่ละชนิดจะขึ้นกับสถานะของตัวอย่างและชนิดของคอลัมน์แต่วิธีการที่ง่ายที่สุดคือการใช้เข็มฉีดสารตัวอย่างผ่าน septum ไปยังส่วนที่ทำให้สารระเหยกลายเป็นไอซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเดือดของสาร 50 องศาเซลเซียส สำหรับแพ็คคอลัมน์ สารตัวอย่างที่ฉีดจะต้องมีปริมาณ 10-20 ไมโครลิตร ในขณะที่คาปิลารีคอลัมน์จะใช้ตัวอย่างเพียง 10-3 ไมโครลิตร โดยใช้ตัว splitter สำหรับเครื่องมือในปัจจุบันจะมีระบบฉีดสารแบบอัตโนมัติ มีระบบที่คอยควบคุมอุณหภูมิของตู้อบเพื่อให้วิเคราะห์ได้เร็วขึ้น สามารถทำความสะอาดคอลัมน์ ปรับปรุงประสิทธิภาพของการแยกสามารถเลือกการระเหยสำหรับการฉีดสารเข้าสู่คอลัมน์โดยตรงจากส่วนบนของคอลัมน์และสามารถลดปัญหาการสลายตัวของสารที่ไม่เสถียรภาพได้

3. Column unit คอลัมน์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในการแยกสาร โดยทั่วไปแล้ว คอลัมน์สำหรับแก๊สโครมาโทกราฟมี 2 ประเภทคือ แพ็คคอลัมน์ และคาปิลารีคอลัมน์ แพ็คคอลัมน์จะมี Solid support ซึ่งโดยส่วนใหญ่คือ diatomaceous earth ซึ่งเป็นตัวยึดเฟสอยู่กับที่ มีความยาว 1.5-10 เมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2-4 มิลลิเมตร ในขณะที่คาปิลารีคอลัมน์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในน้อยกว่าระดับมิลลิเมตรถึง 10 เท่า และสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ wall-coated open tubular (WCOT) ซึ่งผนังภายในถูกเคลือบไว้ด้วยเฟสอยู่กับที่เป็นของเหลว และ support-coated open tubular (SCOT) ซึ่งผนังถูกเคลือบไว้ด้วยสารเช่น diatomaceous earth เป็นชั้นบางๆ เพื่อดูดซับเฟสอยู่กับที่ โดยทั่วไปแล้ว SCOT จะมีประสิทธิภาพน้อยกว่า WCOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่อย่างไรก็ตามทั้งคู่ก็มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแพ็คเกจคอยล์ นอกจากคอยล์แล้วในส่วนนี้ยังต้องใช้คู่อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอุณหภูมิคอยล์ อุณหภูมิของคอยล์นั้นจะถูกควบคุมไม่ให้มีการเปลี่ยนแปลงเกินกว่า 10 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยทั่วไปอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ และมีค่าสูงกว่าจุดเดือดของตัวอย่างในช่วง 2-30 นาทีในช่วงของการชะสาร อุณหภูมิที่ต่ำจะทำให้การแยกที่ดีแต่จะทำให้เวลาในการชะสารเพิ่มขึ้น และถ้าตัวอย่างมีช่วงของการเดือดที่กว้างจะต้องอาศัยการทำโปรแกรมอุณหภูมิเข้าช่วย

4. Detector unit เครื่องตรวจวัดเป็นอุปกรณ์ขั้นสุดท้ายของแก๊สโครมาโทกราฟี ทำหน้าที่ในการตรวจวัดสารที่ถูกชะออกมาจากคอยล์และส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังระบบประมวลผล ซึ่งปัจจุบันจะใช้ระบบควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ซึ่งจะให้รายละเอียดของโครมาโทแกรม ข้อมูลของพีค (พื้นที่ ความสูง ความกว้าง เป็นต้น) การสอบเทียบ การคำนวณ การรายงานผลและหลักการทางสถิติ เครื่องตรวจวัดมีหลายประเภทแต่ละประเภทมีลักษณะเฉพาะตัวแปรในการทำงานและประสิทธิภาพที่แตกต่างกันออกไป ในตารางที่ 2.9 แสดงเครื่องตรวจวัดต่างๆ ไปที่ใช้ในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี เครื่องตรวจวัดและท่อที่เชื่อมระหว่างคอยล์และเครื่องตรวจวัดจะต้องรักษาอุณหภูมิให้สูงกว่าอุณหภูมิของคู่อุปกรณ์ไม่เกิน 15 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างเกิดการควบแน่นตรงบริเวณท่อหรือเครื่องตรวจวัดซึ่งจะส่งผลให้เกิดสัญญาณรบกวนและลดประสิทธิภาพในการตอบสนองของเครื่องตรวจวัดได้



รูปที่ 2.13 คอยล์ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.5 ข้อดีและข้อจำกัด

ข้อดี

แก๊สโครมาโทกราฟีให้ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สูงความหลากหลายในการเลือกใช้เฟสอยู่กับที่ทำให้มีคุณสมบัติการหน่วงเหนี่ยวสารที่แตกต่างกันส่งผลให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้เป็นจำนวนมาก เครื่องตรวจวัดที่ใช้ในแก๊สโครมาโทกราฟีมีความไวสูง สามารถตรวจวัดสารประกอบได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ เนื่องจากเฟสเคลื่อนที่เป็นแก๊สจึงสามารถต่อเข้ากับ

Mass spectrometer ทำให้แก๊สโครมาโทกราฟีกลายเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงมากขึ้น นอกจากนี้แก๊สโครมาโทกราฟียังสามารถใช้ในการวิเคราะห์สารอินทรีย์ปนเปื้อนได้หลายชนิด

ตารางที่ 2.9 เครื่องตรวจวัดต่างๆ ไปที่ใช้ในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

เครื่องตรวจวัด	ประเภท	Support gases	การเลือกจำเพาะ	ความ สามารถในการ ตรวจวัด	Dynamic range
Flam Ionization (FID)	Mass flow	ไฮโดรเจน และอากาศ	สารประกอบอินทรีย์ โดยส่วนใหญ่	100 pg	10 ⁷
Thermal Conductivity (TCD)	ความ เข้มข้น	สาร มาตรฐาน	ใช้งานโดยทั่วๆ ไป	1 ng	10 ⁷
Electron Capture (ECD)	ความ เข้มข้น	Make-up	แฮไลด์ในแคต ไนโตรเปอร์ออกไซด์ แอนไฮไดร โลหะอินทรีย์	50 fg	10 ⁵
Nitrogen-Phosphorus	Mass flow	ไฮโดรเจน และอากาศ	ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส	10 pg	10 ⁶
Flame Photometric (FPD)	Mass flow	ไฮโดรเจน อากาศ ออกซิเจน	กำมะถัน ฟอสฟอรัส ดีบุก โบรอน อาร์เซนิก เจอร์มาเนียม เซเลเนียม โครเมียม	100 pg	10 ³

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Photo Ionization (PID)	ความเข้มข้น	Make-up	อะลิฟาติกส์ อะโรมาติก คีโตน เอสเทอร์ แอลดีไฮด์ เอมีน เฮเทอโรไซคลิก Organosulphurs และโลหะอินทรีย์ บางประเภท	2 pg	107
------------------------	-------------	---------	---	------	-----

ข้อจำกัด

สารตัวอย่างต้องเป็นสารที่ระเหยง่ายเมื่อฉีดเข้าไปที่เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีต้องมีความเสถียร ไม่เกิดการสลายตัวเมื่อถึงอุณหภูมิที่ทำการระเหย นอกจากนี้แก๊สโครมาโทกราฟียังมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์สาร โมเลกุลไม่มีขั้วหรือสารที่มีความเป็นขั้วเพียงเล็กน้อย สามารถแยกโมเลกุลของสารอินทรีย์ได้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถทำให้วิเคราะห์สารต่างๆ ได้เพิ่มขึ้นด้วยการทำอนุพันธ์เทคโนโลยี ในปัจจุบันแก๊สโครมาโทกราฟีได้รับการพัฒนาในทุกๆ ส่วนขององค์ประกอบ รวมไปถึงพัฒนาโปรแกรมซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน การวิเคราะห์และการรายงานผลของเครื่องมือโดยจะแนะนำเทคโนโลยีของเครื่องมือที่มีการใช้งานกันในปัจจุบันโดยแบ่งแยกตามส่วนประกอบของเครื่อง

2.7.6 หลักการทำงานของ FID [10]

แก๊สไฮโดรเจนจะถูกจุดให้ติดด้วย heater ไฟฟ้าซึ่งอยู่ใกล้ๆ กับ Flame jet ทำให้เกิดการเผาไหม้ของแก๊สไฮโดรเจนในบรรยากาศของแก๊สออกซิเจน หรืออากาศตรงหัวเจ็ท (jet) ของ FID แก๊สออกซิเจนหรืออากาศจะทำหน้าที่สองอย่างคือ ช่วยในการเผาไหม้ของออกซิเจน และช่วยพาให้แก๊สที่เผาไหม้แล้วออกไป แก๊สพาและสารตัวอย่างที่เป็นสารประกอบอินทรีย์ จะออกจากคอลัมน์ไปสู่ในเจ็ทของเปลวไฟที่มีอุณหภูมิถึง 2100 องศาเซลเซียส จะเกิดการไอออไนเซชันได้อนุภาคที่มีประจุบวก (positive ion) หรือเรียกว่า คาร์บอนเนียมไอออน (carbonium ion) และอิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนจะวิ่งไปยัง Flame jet อนุภาคที่มีประจุบวกจะวิ่งที่อิเล็กโทรดของตัวเก็บ (collector electrode) ที่อยู่รอบๆ เปลวไฟ ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างเปลวไฟกับอิเล็กโทรดของตัวเก็บ ซึ่งจะวัดออกมาในรูปของกระแสไฟฟ้า (electric current) ประมาณ 10^{-14} แอมแปร์ กระแสไฟฟ้านี้จะเป็นสัดส่วนกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนที่เกิดขึ้นภายในเปลวไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าจะถูกขยายตัวด้วยตัวขยายสัญญาณ (amplifier) แล้วส่งสัญญาณไปยังอิเล็กทรอนิกส์ และบันทึกสัญญาณเป็นโครมาโทแกรมออกมา

คุณสมบัติจำเพาะของ FID

1. FID สามารถตรวจวัดสารระเหยที่กลาเปื้อนได้เกือบทุกชนิดโดยเฉพาะสารประกอบอินทรีย์ (ยกเว้นสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถเกิดไอออกซิเจนในเปลวไฟของแก๊สไฮโดรเจน) สภาพความไวมีค่าเป็น 10^{-2} g/sec FID ให้สภาพไวที่ดีกับสารต่างๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ แต่จะไม่ตอบสนองต่อสารอินทรีย์หรือแก๊สต่างๆ เช่น He , Ar , Kr , Ne , O₂ , N₂ , CS₂ , CO₂ , H₂S , SO₂ , NO , N₂O , NO₂ , NH₃ , CoSiCl , SiHCl₃ , SiF₄ ดังนั้นเราสามารถใช้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายสารตัวอย่างก่อนที่จะฉีดเข้าสู่คอลัมน์ FID จึงถูกใช้เป็นตัววัดสัญญาณเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารมลภาวะทางอากาศ (air pollutants) และปริมาณสารต่างๆ ในเครื่องดื่มจำพวก แอลกอฮอล์ (alcohol beverages)

2. FID มีสภาพไวมากกว่า TCD ถึง 1000 เท่า จึงทำให้ FID มีช่วงความเป็นเส้นตรง 10^7

3. FID ไม่ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ มีขีดจำกัดที่ 400 องศาเซลเซียส

4. สามารถใช้ได้กับแก๊สพาทุกชนิด แต่นิยมใช้แก๊สไฮโดรเจน เปลวไฟของไฮโดรเจนนั้นจะต้องปรับให้มีสัดส่วนที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดการระเบิดหรือจุดไม่ติดไฟ พบว่าอัตราส่วนผสมของแก๊สพา: แก๊สไฮโดรเจน: อากาศ เท่ากับ 1:1:10 จะมีสภาพไวสูง

ภาวะของอัตราการไหลของแก๊สพา แก๊สไฮโดรเจนและอากาศ

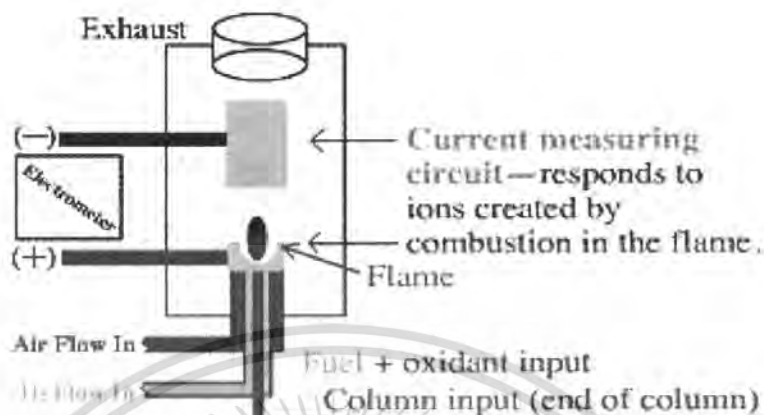
ภาวะของอัตราการไหลของแก๊สแต่ละชนิดที่จะให้สภาพไวและความเสถียรที่ดี โดยทั่วไปแล้วควรมีค่าประมาณดังนี้

อัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจน 30 ml/min หรือ 60 ml/min

อัตราการไหลของแก๊สพา (ไนโตรเจน) 30 ml/min หรือ 60 ml/min

อัตราการไหลของอากาศ 400 ml/min

Flame Ionization Detector (FID)



รูปที่ 2.14 Flame Ionization Detector (FID) [15]

ข้อพึงระวังในการใช้ FID

ใน FID นั้นจะเกิดขบวนการสันดาปจนเปลวไฟจะให้อิออนเกิดขึ้น ดังนั้นจะต้องให้เปลวไฟมีอุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการควบแน่นของน้ำเพราะถ้าอิออนเกิดการควบแน่นอาจจะรวมตัวกับตัวทำละลายหรือตัวอย่างที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบจะทำให้เกิดการกัดกร่อนและทำให้สภาพความไวลดลง

2.7.7 เทคโนโลยี

1. เทคโนโลยีในส่วนของ Gas supply unit

ผู้ผลิตแต่ละรายต่างก็มีการพัฒนาในส่วนของ การควบคุมแก๊สที่มีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ระบบ Advance Pneumatic Control (APC) ที่มีในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ ของ Young Lin Instrument รุ่น Acme 6000 GC หรือ Electronic Pneumatic Control (EPC) ในรุ่น Agilent 6890N network GC ของ Agilent Technologies เป็นระบบที่ควบคุมความดันและการไหลของแก๊สด้วยวาล์วและเซนเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถควบคุมการไหลของสารด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำให้การไหลมีความเสถียรได้รวดเร็วขึ้นและส่งผลให้เครื่องตรวจวัดมีความเสถียรมากขึ้น

โปรแกรมควบคุมความดันที่ใช้ในระบบนี้จะช่วยลดการสลายตัวและการสูญเสียสารใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในวงที่องค์กรเดียวเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปยังบุคคลภายนอกได้ การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบได้รับการออกแบบให้สามารถตั้งค่าต่างๆได้อย่างรวดเร็วและง่ายโดยการตั้งค่าเพียงครั้งเดียวก็สามารถให้ผลที่ถูกต้องและแม่นยำซึ่งช่วยลดปริมาณการทดสอบซ้ำ

นอกจากนี้เครื่องมือเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟของ Agilent Technologies ยังมีเทคโนโลยีที่เรียกว่า Automatically Pressure-mode Selection ซึ่งจะทำการเลือกรูปแบบของความดันที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ได้อย่างอัตโนมัติ โดยจะเลือกรูปแบบเป็น Forward-pressure control ในกรณีการฉีดสารแบบ splitless ซึ่งจะช่วยให้ฉีดสารได้มากขึ้น ลดการสลายตัวและสูญเสียตัวอย่าง ส่วนการฉีดสารแบบ split ระบบจะเลือกการควบคุมความดันแบบ Back-pressure Control ซึ่งจะช่วยลดการเตรียมตัวอย่างและช่วยให้ระบบมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น

2. เทคโนโลยีในส่วนของ Sampling unit และ Column unit

ด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ ของเครื่องฉีดสาร ทำให้การฉีดสารตัวอย่างเป็นไปอย่างอัตโนมัติโดยมีความแม่นยำสูง เครื่องแอสสารของ Young Lin Instrument ได้รับการออกแบบให้สามารถแบ่งความเร็วในการฉีดสารได้ โดยจะแคเร็วกก็ต่อเมื่อต้องการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของตัวอย่างและจะปรับให้ฉีดช้าลงเมื่อสารตัวอย่างที่วิเคราะห์มีความหนืดสูง สำหรับเครื่องฉีดสารที่ใช้ในเครื่อง แก๊สโครมาโทกราฟของ Agilent Technologies มีการใช้โปรแกรมในการควบคุมการระเหยกลายเป็นไอของสารตัวอย่างซึ่งโปรแกรมนี้อาจช่วยให้สามารถฉีดสารได้เพิ่มมากขึ้นประมาณ 10 เท่าทำให้เครื่องมีความไวต่อปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น เหมาะสำหรับการนำไปตรวจวัดการแยกมวลหรือการกระจายตัวของอะตอมด้วยเทคโนโลยี Electronic Flow Control (EFC) ของ Varian CP-3800 GC ทำให้เครื่องฉีดสารมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการควบคุมความดันและอัตราการไหลของสารด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้สามารถเพิ่มปริมาณในการฉีดสารเพื่อให้ความไวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณของแก๊สพาหะโดยการลดอัตราการไหลในระหว่างการฉีดสาร คู่อบคอดัมนั้นเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากอุณหภูมิของตู้จะต้องทำการควบคุมอย่างแม่นยำและรวดเร็วเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง Young Lin Instrument จึงได้มีการนำพัดลมและเครื่องนำความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงมาติดตั้งในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในระยะเวลาที่รวดเร็วและมีความเสถียร โดยอุณหภูมิแต่ละตำแหน่งภายในตู้มีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 0.1 องศาเซลเซียส เพราะถ้าอุณหภูมิภายในตู้ไม่มีความเสถียรจะทำให้เวลาในการหน่วงเหนี่ยวสารมีการเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้เทคโนโลยี Micro-fluidic ของ Agilent Technologies ของตู้อบให้ความเหมาะสม เพื่อให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพในการแยกมากขึ้น และกำจัดกาเกิดหางของพีค สามารถติดตั้งคอดัมนั้นได้ง่ายและป้องกันรอยรั่วของตู้ซึ่งมีอุณหภูมิกว่า 400 องศาเซลเซียส

3. เทคโนโลยีในส่วนของ Detector unit Micro-Electron Capture Detector

เป็นเครื่องตรวจวัดแบบใหม่ของ Agilent's Technology ที่ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดียิ่งขึ้น ลดการทดสอบซ้ำ มีขีดจำกัดการตรวจวัดที่ดี มีความไวสูงเมื่อเทียบกับ ECD แบบเดิมๆ โดยไม่จำเป็นต้องทำการละลายตัวอย่างให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงการทดสอบ Pulsed Discharge Detector (PDD) ก็เป็นเครื่องตรวจวัดอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับการพัฒนามาจาก Young Lin Instrument ซึ่ง PDD สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ PDECE และ PDHID โดย PDECD จะเลือกตรวจวัดสารประกอบที่มีค่าอิเล็กตรอนแอฟฟินิตี้สูงเช่น ฟรีออน สารฆ่าแมลงกลุ่ม Chlorinated และสารประกอบฮาโลเจนประเภทต่างๆ ซึ่งจะสามารถตรวจวัดปริมาณสารเหล่านี้ได้ต่ำสุด (minimum detectable quantity, MDQ) ในระดับ fertogram (10 – 15 g) หรือ pictogram (10 – 12 g) เครื่องตรวจวัดประเภทนี้จะมีคุณสมบัติความไวและการตอบสนองเช่นเดียวกับ ECD และสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส

สำหรับ PDHID เป็นเครื่องตรวจวัดที่มีความไวสูง ไม่ทำลายตัวอย่างและสามารถใช้งานได้ทั่วไป ตอบสนองทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ โดยมี MDQ ต่ำในระดับ ppb นอกจากการพัฒนาองค์ประกอบต่างๆ ของเครื่องมือแล้วยังมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการควบคุมเครื่องมือ ทั้งในส่วนของพัฒนาโปรแกรมให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานอย่างครอบคลุมและมีประสิทธิภาพสูง รวมถึงการนำเทคโนโลยี Ethmet ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องโครมาโทกราฟีรุ่นใหม่เข้ามาช่วยในการควบคุมการวิเคราะห์รายงานผลผ่านทางคอมพิวเตอร์

สรุป

แก๊สโครมาโทกราฟีมีการนำไปใช้ในงานวิเคราะห์ได้หลากหลายประเภท เครื่องมือจึงได้ถูกนำไปพัฒนาเพื่อให้ความสามารถในการตรวจวัดมากขึ้น ดังนั้นการเลือกชนิดของเครื่องจำเป็นต้องดูถึงประสิทธิภาพและความเหมาะสมต่อการใช้งาน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. คำรงค์ศักดิ์ เจษฎาภทธรกุล [1] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ และข้อจำกัดของการใช้ซีเถ้าแกลบข้าวเป็นวัสดุคิบบในการผลิตซิลิกา (silica) ที่มีความบริสุทธิ์เพื่อใช้เป็นของแข็งยึดเกาะ (solid support) ให้เฟสอยู่กับที่ (stationary phase) ที่บรรจุในคอลัมน์ของเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง และนำมาใช้เป็นเฟสอยู่กับที่โดยตรงในเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งทั้งคอลัมน์ HPLC และ GC นี้มีราคาแพงมาก ดังนั้นจุดประสงค์ของโครงการงานวิจัยนี้จะพัฒนาการเตรียมเฟสอยู่กับที่ คือ DMCS หรือ HMDS – silica สำหรับคอลัมน์ GC โดยอาศัยปฏิกิริยาในเซชันกับสารประกอบพวกออร์กาโนคลอโรไซเลน ในกรณีนี้ใช้ DMCS (dimethylchlorosilane) หรือ HMDS (hexamethyldisilazane) ODS-silica bonded phase สำหรับคอลัมน์ HPLC โดยอาศัยปฏิกิริยาในเซชันกับ ODS (octadecylchlorosilane) ซึ่งทำให้ได้เฟสอยู่กับที่ของคอลัมน์ GC และ HPLC ที่ราคาถูก จากนั้นนำคอลัมน์ GC และ HPLC ที่เตรียมได้มาตรวจสอบประสิทธิภาพของคอลัมน์ โดยใช้เทคนิค GC และ HPLC ตามลำดับ

2. V.P. Della, I. Kühn, D.Hotza [2] งานวิจัยนี้ทำเพื่อพัฒนาวิธีเพื่อให้ได้เอกทีฟซิลิกาที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงจากเถ้าของแกลบข้าว ขั้นแรกทำการเผาแกลบข้าวที่อุณหภูมิ 400 , 500 , 600 และ 700 องศาเซลเซียส โดยแต่ละอุณหภูมิจะเผาแกลบเป็นเวลา 1 , 3 และ 6 ชั่วโมงตามลำดับ เพื่อศึกษาว่าอุณหภูมิในการเผาแกลบข้าวและเวลาในการเผาแกลบข้าวที่เหมาะสมให้ได้ปริมาณวิลีออกไซด์ให้มากที่สุด ลดสารคาร์บอนที่มีอยู่ในตัวอย่างและเผองค์ประกอบที่ไม่ต้องการได้มากที่สุด มีการบดซีเถ้าแกลบเพื่อลดขนาดอนุภาคเฉลี่ยและเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะ การวิเคราะห์ทางเคมีในงานวิจัยนี้ได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณซิลิกาในเถ้าแกลบข้าว การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆ ในเถ้าของแกลบข้าว การวิเคราะห์การกระจายของขนาดอนุภาค การวิเคราะห์หาพื้นที่จำเพาะและการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิและเวลาในการเผาแกลบข้าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการคงอยู่ของซิลิกาอสัญฐานในแกลบข้าวและการกำจัดคาร์บอน การเผาแกลบที่ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้ปริมาณของซิลิกามากที่สุด ขนาดอนุภาคเฉลี่ยลดลงจาก 112 ไมโครเมตร เหลือ 33 ไมโครเมตร และหลังจากลด 80 นาที ขนาดอนุภาคเฉลี่ยลดลงจาก 6 ไมโครเมตร เหลือ 0.68 ไมโครเมตร หลังจากเผาพื้นผิวจำเพาะเท่ากับ 45 ตารางเมตรต่อกรัม แต่เมื่อทำการบดพื้นที่ผิวจำเพาะเพิ่มขึ้นเป็น 81 ตารางเมตรต่อกรัม ปริมาณคาร์บอนหลังเผาเท่ากับ 0.14 เปอร์เซ็นต์

3. อุไรวรรณ เขียมอดิศร [3] ได้ทำการศึกษาสัณยภาพและชนิดจำกัดในการแข่งขันของ แกลบข้าวเพื่อเป็นแหล่งซิลิกาที่มีโครงสร้างระดับนาโน แกลบตัวอย่างถูกนำมาผ่านกระบวนการทางเคมีโดยใช้เอนไซม์เซลลูลาลาส และใช้กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ เผลาแกลบข้าวให้เป็นเถาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศที่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ถูกศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ได้แก่ ปริมาณซิลิกา, การกระจายของขนาดอนุภาคในระดับต่างๆ และพื้นที่ผิวจำเพาะ แกลบที่ผ่านกระบวนการทางเคมีด้วยกรด (กรดไฮโดรคลอริก (1:4) หรือกรดซัลฟิวริก (1:4)) จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติอยู่กึ่งกลางฟูมซิลิกา (fumed silica) และซีโรเจล (zerogel) การกระจายของอนุภาคในระดับทุติยภูมิเป็นระบบ log - normal ด้วย มีขนาดอนุภาคที่ประมาณร้อยละ 50 เป็น 26 นาโนเมตร และอัตราส่วนระหว่างขนาดอนุภาคที่มีปริมาณร้อยละ 84 ต่อขนาดอนุภาคที่มี ปริมาณร้อยละ 16 เท่ากับ 2 อัตราส่วนของอนุภาคที่ระดับตติยภูมิอยู่ระหว่าง 0.3 - 30 ไมโครเมตร พื้นที่ผิวจำเพาะถูกวัดจากอนุภาคระดับปฐมภูมิมีค่าถึง 250 ตารางเมตรต่อกรัม ความบริสุทธิ์ของซิลิกาเท่ากับ 99.4 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) เกรดวิเคราะห์ บริษัท LAB SCAN
2. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท LAB SCAN
3. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide) เกรดวิเคราะห์ บริษัท LAB SCAN
4. น้ำกลั่น (Distillation water)
5. แกลบข้าว
6. เมทานอล (Methanol) HPLC chromatographic grade บริษัท Fishex Scientific
7. ไนโตรเบนซีน (Nitrobenzene) เกรดวิเคราะห์ บริษัท MERCK
8. He Carrier gas (99.999%) บริษัท TIG ประเทศสหรัฐอเมริกา
9. H₂ gas (99.999%) บริษัท TIG ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เตาเผาความร้อนสูง (High temperature furnace): CSF 1200, Carbolite Furnaces
2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope; SEM): I455VP/EDAX[®], LEO
3. เครื่องวัดพื้นที่ผิวและขนาดรูพรุน (Surface area Analyzer): Autosorb-1, Quana Chrome
4. เครื่องวัดการกระจายตัวของอนุภาค (Particle size Analyser): Mastersizer X, MaLY=RN
5. แท่นให้ความร้อนและปั่นกวน (Hot plate and Magnetic stirrer): Model type M21/1m
6. ปั๊มดูดอากาศ (Vacuum pump): ASPIRATOR A-35
7. ตู้อบ (Oven): Isotemp Oven, Fisher Scientific
8. เครื่องพีเอชมิเตอร์ (pH meter): Model type 215, Denver Instrument
9. เครื่องร่อนคัดขนาดอนุภาค (Sieve shaker): Refsch typevibro
10. ตะแกรงร่อน (Sieve) ขนาด 20/50 mesh: ASTM E11, Endecotts Ltd.
11. เตาเผาความร้อนสูง (High temperature furnace): CSF 1200, Carbolite Furnaces

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. เครื่อง Gas Chromatography Flame Ionization Detector (GC-FID)
รุ่น CP-3800 บริษัท Varian ประเทศเยอรมัน
13. เครื่อง Personal Air Sampling Pump รุ่น 224-XR บริษัท SKC ประเทศสหรัฐอเมริกา
14. เครื่อง Ultra Flow Meter บริษัท SKC ประเทศสหรัฐอเมริกา
15. หลอดแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 8 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน
6 มิลลิเมตร ยาว 7 เซนติเมตร
16. glass wool
17. urethane foam
18. นาฬิกาจับเวลา
19. Parafilm
20. กระจายฟอยล์
21. ขาดังความสูง 1.5 เมตร
22. ถูงซีป
23. Ultrasonic bath
24. อุปกรณ์เครื่องแก้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1. การเตรียมอนุภาคซิลิกาจากแคลบข้าว

3.2.1.1 การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์

นำสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้นมา 83.6 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 15 % (v/v)

นำสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้นมา 150 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % (w/v)

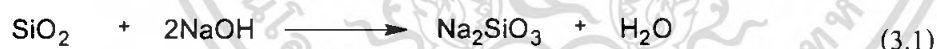
ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ ละลายด้วยน้ำกลั่น เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

4. สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 15 % (v/v)

นำแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 150 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

3.2.1.2 สารละลายโซเดียมเมทาซิลิกาจากแคลบข้าว

การเตรียมสารละลายโซเดียมเมทาซิลิเกตโดยอาศัยปฏิกิริยาต่อไปนี้



เผาเถ้าแคลบที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บดให้ละเอียดแล้วล้างเถ้าแคลบด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์ โดยการแช่ คนด้วยแท่งแม่เหล็กและเครื่องช่วยกวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปกรองด้วยกรวยกรองบุชเนอร์ ล้างด้วยน้ำกลั่นจนน้ำล้างมี pH เป็นกลาง นำเถ้าแคลบไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง

ชั่งเถ้าแคลบ จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำไปต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% (w/v) ที่อุณหภูมิ 80-85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยปริมาตรของน้ำกลั่นที่ใช้คำนวณจากความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % (w/v) จากสมการที่ 3.2

$$NaOH_{required} = \left[\frac{X \cdot \left(\frac{Y\%}{100} \right)}{M.W._{SiO_2}} \right] \times 2(M.W._{NaOH}) \quad (3.2)$$

กำหนดให้	X	คือ น้ำหนักของถ้ำแคลบ (กรัม)
	Y	คือ เปอร์เซ็นต์ของซิลิกาที่มีอยู่ในถ้ำแคลบ (เปอร์เซ็นต์)
	M.W. _{SiO₂}	คือ น้ำหนักโมเลกุลของซิลิกอนไดออกไซด์
	M.W. _{NaOH}	คือ น้ำหนักของโมเลกุลของโซเดียมไฮดรอกไซด์

เมื่อได้สารละลายใส่สีน้ำตาลอ่อนปล่อยสารละลายที่ได้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วกรองสารละลายที่ได้ด้วยกรวยกรองบุชเนอร์ จะได้สารละลายใสของโซเดียมเมทาซิลิเกต

3.2.1.3 การเตรียมอนุภาคซิลิกาจากสารละลายโซเดียมเมทาซิลิเกต

ปรับ pH ของสารละลายโซเดียมเมทาซิลิเกตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 15%(v/v) ให้เป็น 10.00 จะได้เจลเกิดขึ้น แล้วปรับ pH ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 15%(v/v) ให้ลดลงเป็น 1.00 เพื่อให้ทำให้เกิดการกระจายตัว เก็บสารละลายทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปรับ pH ด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 15%(v/v) ให้เป็น 7.00 แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส จนซิลิกาแห้ง

นำอนุภาคซิลิกามาล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น โดยการแช่เป็นเวลา 20 นาที กรองด้วยกรวยกรองบุชเนอร์ แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นจน pH เป็นกลาง อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วคัดแยกขนาดของอนุภาคด้วยการผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20/50 เมช

3.2.1.4 วิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมจากแคลบข้าว

- วิเคราะห์ลักษณะของอนุภาคซิลิกาด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope (SEM)
- วิเคราะห์การกระจายตัวอนุภาคด้วยเทคนิค Light Scattering Analysis (Mastersizer X)

3.2.2 ขั้นตอนการเตรียมหลอดดูดซับ (Sorbent Tube)

ทำการเตรียมหลอดดูดซับ (sorbent tube) เพื่อดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ โดยใช้ตัวดูดซับเป็นซิลิกาที่เตรียมจากแคลบข้าว

Ultra flow meter ดังแสดงในรูปที่ 3.2 นำเครื่อง personal air sampling pump ที่ต่อกับหลอดดูดซับไปทำการเก็บตัวอย่างอากาศกับชุดอุปกรณ์จำลองอากาศที่มีไอระเหยของไนโตรเบนซีนดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยทำการเก็บอากาศเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

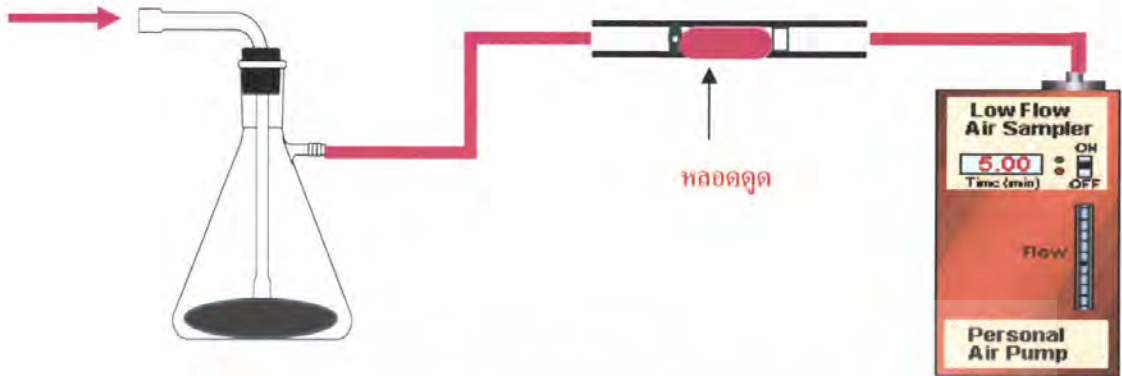


รูปที่ 3.2 แสดงการตรวจวัดค่าอัตราการไหลด้วยเครื่อง Ultra flow meter



รูปที่ 3.3 แสดงการเก็บตัวอย่างอากาศกับชุดอุปกรณ์จำลองอากาศที่มีไอระเหยของไนโตรเบนซีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงการเก็บตัวอย่างอากาศกับชุดอุปกรณ์จำลองอากาศที่มีไอระเหยของไนโตรเบนซีน

2. นำซิติลามาทำการสกัดด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที
3. ทำการเก็บตัวอย่างเช่นเดิมเป็นจำนวน 2 ซ้ำ

3.2.3.5 สารละลาย Spiked sample

1. ทำการเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3.4 เมื่อเก็บเสร็จแล้วฉีดสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนความเข้มข้น 500 ppm เข้าหลอดดูดซับโดยตรง (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว) 100 ไมโครลิตร แล้วปล่อยให้อากาศไหลผ่านที่อัตราการไหลที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองเป็นเวลา 5 นาที

2. นำซิติลามาทำการสกัดด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที

3.2.4 การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1. ฉีดสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนที่ความเข้มข้น 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm ปริมาตร 1 ไมโครลิตร เข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยแต่ละความเข้มข้นทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ตามสถานะเครื่องดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะของเครื่อง Gas Chromatograph

Gas Chromatograph (GC)	: Varian model GC-CP 3800
Detector	: Flame Ionization Detector (FID)
Column	: Rtx-5 30 x 0.25 mm i.d. x 0.25 μ m (Crossbond 5%diphenyl-95% dimethyl polysiloxane)
Injector temperature	: 250°C
Column temperature	: initial temperature 80°C hold for 1 min, ramp rate at 8°C/min until 180°C
Detector temperature	: 300°C
Carrier gas	: He, flow rate 3.0 mL/min

2. พล็อตกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน (แกน x) กับพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ย (แกน y) และใช้วิธี linear test square หาสมการเส้นตรงและคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R^2) จากสมการต่อไปนี้

3.2.5 ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับไนโตรเบนซีน ของซีลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวขนาด 20/50 เมช

3.2.5.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสม

1. หาค่าความแปรปรวนของอัตราการไหล โดยนำสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนความเข้มข้น 500 ppm ฉีดเข้าหลอดดูดซับ (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว) ที่ภายในบรรจุซีลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว 100 ไมโครลิตร แล้วนำหลอดดูดซับไปต่อกับเครื่อง Personal Air Sampling Pump โดยปรับอัตราการไหลเป็น 250, 300, 350, 400, 450 มิลลิลิตรต่ออนาที เป็นเวลา 5 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยก่อนเก็บตัวอย่างทุกครั้งต้องมีการตรวจวัดค่าอัตราการไหลด้วยเครื่อง Ultra flow meter จากนั้นนำซีลิกามาทำการสกัดด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 1 ไมโครลิตร เพื่อหาอัตราการไหลที่เหมาะสม



รูปที่ 3.5 แสดงการเก็บไนโตรเบนซีนโดยฉีดเข้าหลอดดูดซับโดยตรง (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว)

2. หาค่าความแปรปรวนของค่าความเข้มข้น เพื่อหาช่วงความเข้มข้นที่ซีกิภาที่เตรียมจาก แกลบข้าวสามารถดูดซับได้ ด้วยการฉีดสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 200 ppm เข้า หลอดดูดซับ (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว) 100 ไมโครลิตร แล้วนำหลอดดูดซับไปต่อกับเครื่อง Personal Air Sampling Pump โดยใช้อัตราการไหลที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 1. จากนั้นนำซีกิภามาทำ การสกัดด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที นำ สารละลายที่ได้ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 1 ไมโครลิตร

จากนั้นปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนที่ฉีดเข้าหลอดดูดซับเป็น 400, 600 และ 800 ppm ตามลำดับ แล้วทำการทดลองเหมือนเดิม

3.4.6 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนในตัวอย่าง

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.2.3.4 มาฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 1 ไมโครลิตร โดยทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง

3.4.7 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนในสารละลาย Spiked sample

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.2.3.5 มาฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

1 ไมโครลิตร โดยทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ประเมินผล ทดสอบความใช้ได้ของวิธี

ใช้หลักทางสถิติประเมินผลดังนี้

3.3.1 การศึกษาการตอบสนองความเป็นเส้นตรง (Linearity)

นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 3.2.4 มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient; R^2) จากสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{N(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[(N\sum x^2) - (\sum x)^2][N\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

โดยค่า R^2 ต้องไม่น้อยกว่า 0.990

3.3.2 การศึกษาความเที่ยง (Precision) ของการวัด

ศึกษาโดยการนำสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.3.3 มาทำการวัดซ้ำ 7 ครั้ง และคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean; \bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) และร้อยละของการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%Relative Standard Deviation; %RSD) จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Mean} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์

นำผลที่ได้จากการศึกษาในข้อ 3.4.7 มาคำนวณหาค่าร้อยละของการกลับคืน (%Recovery) ของสารละลายตัวอย่าง จากสมการต่อไปนี้

3.3.4 การศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดและรายงานได้ อย่างมีความถูกต้องและแม่นยำ (Limit of Quantitation; LOQ)

นำสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนในข้อ 3.2.3.2 มา 4 ความเข้มข้น แล้วฉีดเข้าหลอดดูดซับ (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว) 100 ไมโครลิตร แล้วนำหลอดดูดซับไปต่อกับเครื่อง Personal Air Sampling Pump โดยปรับอัตราการไหลที่ 250 มิลลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำซิลิกามาทำการสกัดด้วยเมทานอล 1 มิลลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 1 ไมโครลิตร โดยแต่ละความเข้มข้นทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง แล้วนำมาพลอตกราฟระหว่างค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานคำนวณค่าขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) และค่าต่ำสุดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (LOQ) จากสมการต่อไปนี้

$$LOD = \frac{3S_0}{slope}$$

$$LOQ = \frac{10S_0}{slope}$$

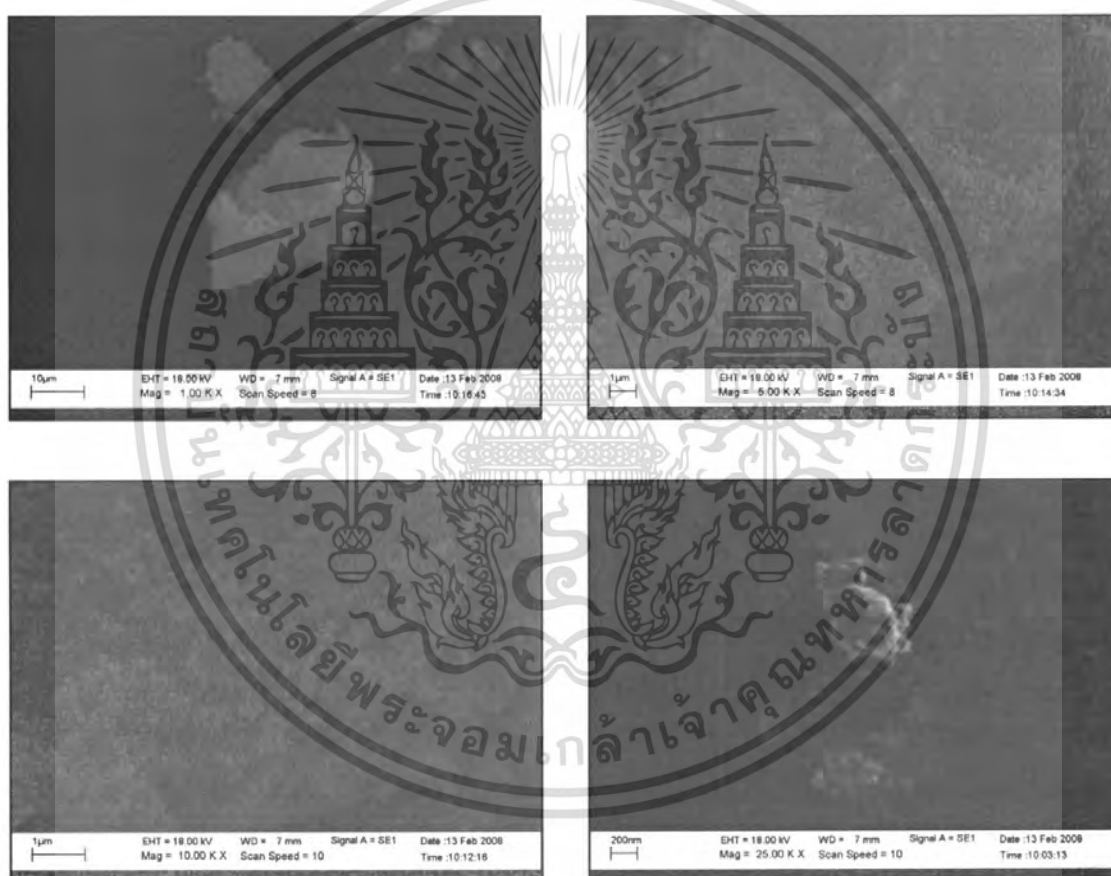
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปราย

4.1 ศึกษาการเตรียมอนุภาคซิลิกาจากแกลบข้าว

4.1.1 การวิเคราะห์หุ้คุณลักษณะทางกายภาพของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว

1. วิเคราะห์ลักษณะอนุภาคซิลิกาด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope



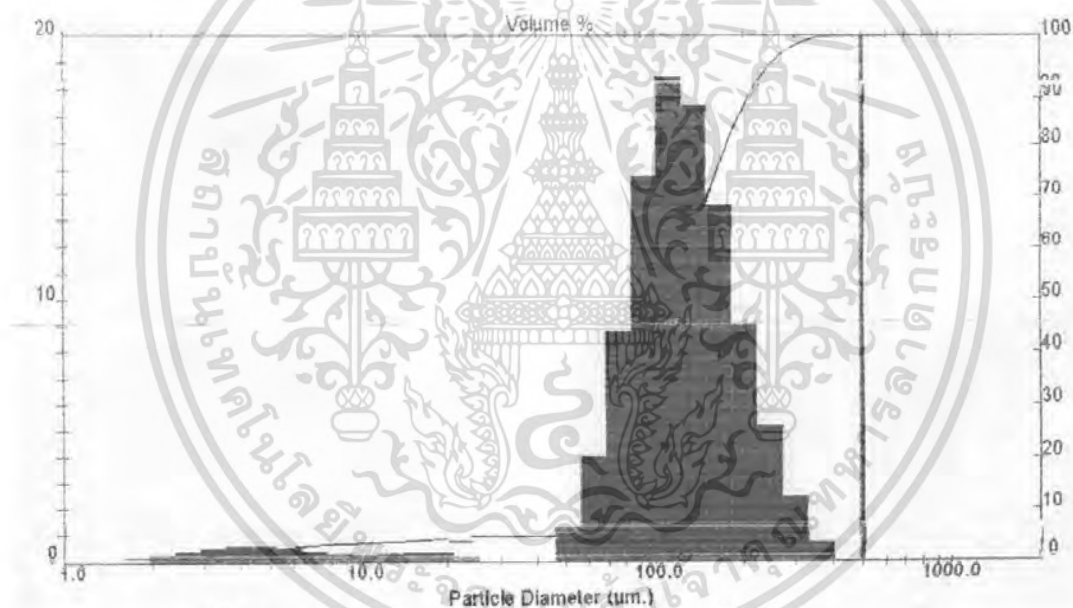
รูปที่ 4.1 ลักษณะพื้นผิว รูปร่างและขนาดของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว โดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20/50 เมช ด้วยกำลังขยาย 1000, 5000, 10000 และ 25000 เท่า

เมื่อนำซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20/50 เมช มาวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและขนาดของอนุภาคด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscope พบว่าอนุภาคซิลิกาที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20/50 เมช มีลักษณะพื้นผิวไม่เรียบ มีความเป็นรูพรุน ขนาดไม่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมำเสมอ รูปร่างของอนุภาคไม่เป็นทรงกลม และเมื่อเพิ่มกำลังขยายให้มากขึ้นเป็น 5000 เท่า พบว่าอนุภาคของซิลิกาติดกันเป็นก้อน แสดงว่าอนุภาคของซิลิกามีขนาดมากกว่า 10 ไมโครเมตร

2. วิเคราะห์การกระจายตัวของอนุภาคซิลิกาด้วยเทคนิค light scattering analysis

จากการศึกษาค่าการกระจายตัวของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว โดยเทคนิค light scattering analysis พบว่า อนุภาคซิลิกาที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20/50 เมช มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 116.81 ไมโครเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยอยู่ในช่วง 121.40 ไมโครเมตร และมีพื้นที่ผิวสัมผัส $0.1065 \text{ m}^2/\text{g}$ ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงการกระจายตัวของอนุภาคซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าว

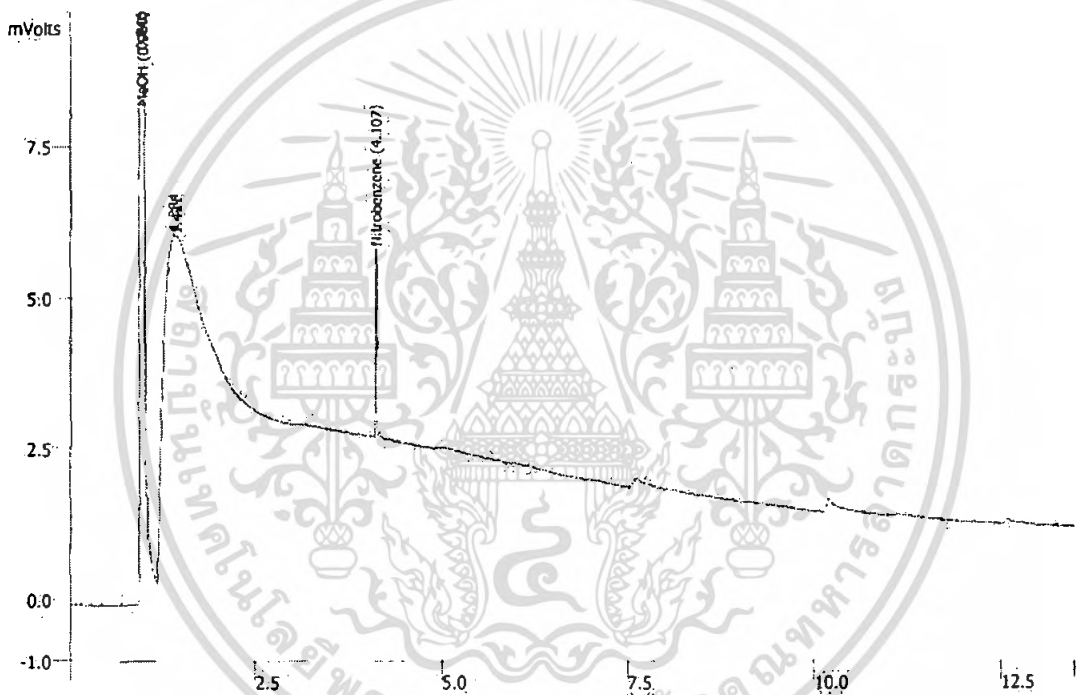
4.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน และศึกษาการตอบสนองความเป็นเส้นตรง (Linearity)

กราฟมาตรฐานไนโตรเบนซีนเตรียมได้จากการนำสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (10, 20, 40, 60, 80 และ 100 ppm) มาฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟได้โครมาโทแกรมมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.3 นำพื้นที่ใต้พีคที่ได้มาพลอตกราฟกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน ซึ่งถูกแยกออกที่เวลา 4.1 นาที (Retention time) จะได้กราฟเส้นตรงดังแสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\c-new-zung\17:03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/18/2008 02:39:59
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb100ppm-8-middle.mth
Injection Date:	03/18/2008 02:23:40	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



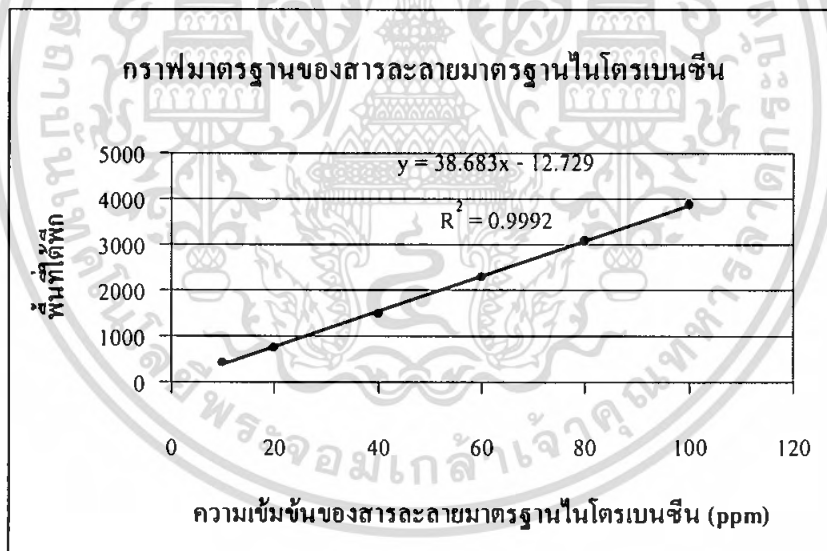
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		23.7997	0.946	0.000	2803261	0.00	BV	0.6		0
2	MeOH	74.5678	0.960	-0.000	8783022	0.00	VB	0.8		0
3		0.4393	1.384	0.000	51746	0.00	BV	0.0		0
4		1.1576	1.421	0.000	136349	0.00	VV	0.0		0
5	Nitrobenzene	0.0356	4.107	0.000	4193	0.00	BB	1.2		0
Totals		100.0000		0.000	11778571					

รูปที่ 4.3 รูปโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซินเข้มข้น 100 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพื้นที่ที่ได้พีกและเวลาการคงไว้ (retention time) ของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน (ppm)	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่ได้พีก	ค่าเวลาการคงไว้
10	429	4.114
20	745	4.111
40	1475	4.109
60	2293	4.105
80	3103	4.101
100	3869	4.109



รูปที่ 4.4 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน

สมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานไนโตรเบนซีน คือ $y = 38.683x - 12.729$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.9992 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ จากนั้นนำสมการเส้นตรงที่ได้นี้ไปใช้ในการหาปริมาณไนโตรเบนซีนในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

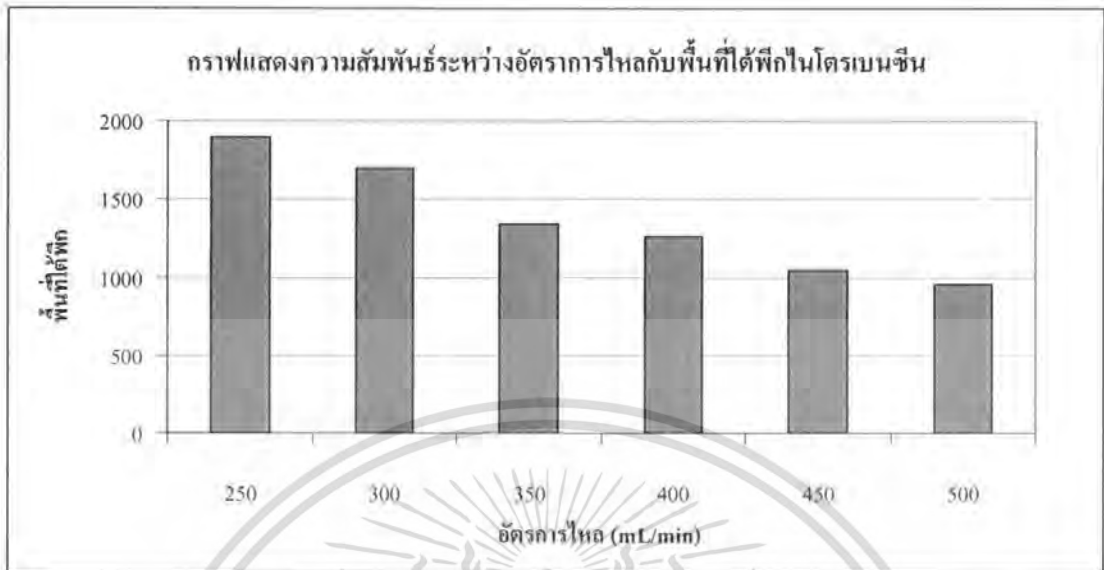
4.3 ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับไนโตรเบนซีนของซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวขนาด 20/50 เมช

4.3.1 ศึกษาอัตราการไหลที่เหมาะสมของแก๊สเข้าสู่หลอดดูดซับ

ศึกษาโดยนำสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ฉีดเข้าหลอดดูดซับที่อยู่ในบรรจุซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวโดยตรง (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว) 100 ไมโครลิตร แล้วนำหลอดดูดซับไปต่อกับเครื่อง personal air sampling pump โดยปรับอัตราการไหลเป็น 250, 300, 350, 400, 450 และ 500 มิลลิเมตรต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำซิลิกามาทำการสกัดด้วยสารละลายเมทานอล 1 ไมโครลิตรแล้วนำเข้าเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic bath) เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงพื้นที่ใต้พีคไนโตรเบนซีนที่อัตราการไหลต่างๆ

อัตราการไหล (mL/min)	พื้นที่ใต้พีค ไนโตรเบนซีน ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นที่ ตรวจวัดได้ (ppm)	ความเข้มข้นของไนโตรเบนซีนที่ ถูกดูดซับ (ppm)
250	1899	49.43	494.29
300	1702	44.32	443.19
350	1345	35.09	350.90
400	1259	32.88	328.84
450	1048	27.41	274.12
500	956	25.04	250.43



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกลับพื้นที่ได้พักในโตรเบนซีน

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นและปริมาณของสารละลายมาตรฐานในโตรเบนซีนคงที่ แต่ปรับเปลี่ยนอัตราการไหลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จะทำให้พื้นที่ได้พักในโตรเบนซีนที่ได้ลดลงตามอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นและเมื่อคำนวณย้อนกลับหาค่าความเข้มข้นเริ่มต้น พบว่าที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที มีค่าความเข้มข้นใกล้เคียงกับค่าความเข้มข้นจริงของสารละลายมาตรฐานในโตรเบนซีน ดังนั้นจากผลการทดลองนี้จะเลือกใช้อัตราการไหลของ personal air sampling pump ที่ 250 มิลลิลิตรต่อนาที เพื่อศึกษาในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป

4.3.2 ศึกษาช่วงความเข้มข้นในโตรเบนซีนที่หลอดดูดซับที่บรรจุซิลิกาที่เตรียมจากเกลบข้าวสามารถดูดซับได้

ศึกษาโดยการเจือสารละลายมาตรฐานในโตรเบนซีนเข้มข้น 200, 400, 600 และ 800 เข้าหลอดดูดซับ (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว) แต่ละหลอดตามลำดับ 100 ไมโครลิตร แล้วนำหลอดดูดซับไปต่อกับเครื่อง Personal Air Sampling Pump โดยใช้อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำซิลิกามาทำการสกัดด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic bath) เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 1 ไมโครลิตร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน ไนโตรเบนซีน (ppm)	ความเข้มข้นที่ตรวจวัด ได้เฉลี่ย (ppm)	ความเข้มข้นไนโตรเบนซีน ที่ถูกดูดซับเฉลี่ย (ppm)
200	20.11	201.05
400	38.17	381.75
600	57.74	577.36
800	77.93	779.34

4.4 การศึกษาความเที่ยง (precision) ของการฉีด

ความเที่ยงของการฉีดสารศึกษาได้โดยการนำสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนมาหนึ่งความเข้มข้นแล้วทำการตรวจวัดซ้ำ 7 ครั้งนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean ; \bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; SD) และร้อยละของการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%Relative Standard Deviation; %RSD)

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเที่ยงของการฉีดสาร

ครั้งที่	พื้นที่ใต้พีค	Retention time
1	2227	4.101
2	2347	4.106
3	2306	4.106
4	2051	4.108
5	1997	4.107
6	2178	4.109
7	2146	4.103
ค่าเฉลี่ย	2179	4.106
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	127.32	±0.003
%RSD	5.84	±0.073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนที่นำมาศึกษาหาความเที่ยง คือ สารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ผลที่ได้จากการวัดซ้ำ 7 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใต้พีคไนโตรเบนซีนเท่ากับ 2179 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 127.32 และค่าร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์เท่ากับ 5.84

4.5 การศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์

ศึกษาได้โดยการตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนใน Spiked sample และตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารมาตรฐานลงไป แต่ละตัวอย่างทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง ได้ร้อยละการกลับคืน (%Recovery) ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าร้อยละของการกลับคืนของปริมาณไนโตรเบนซีนในตัวอย่างอากาศ

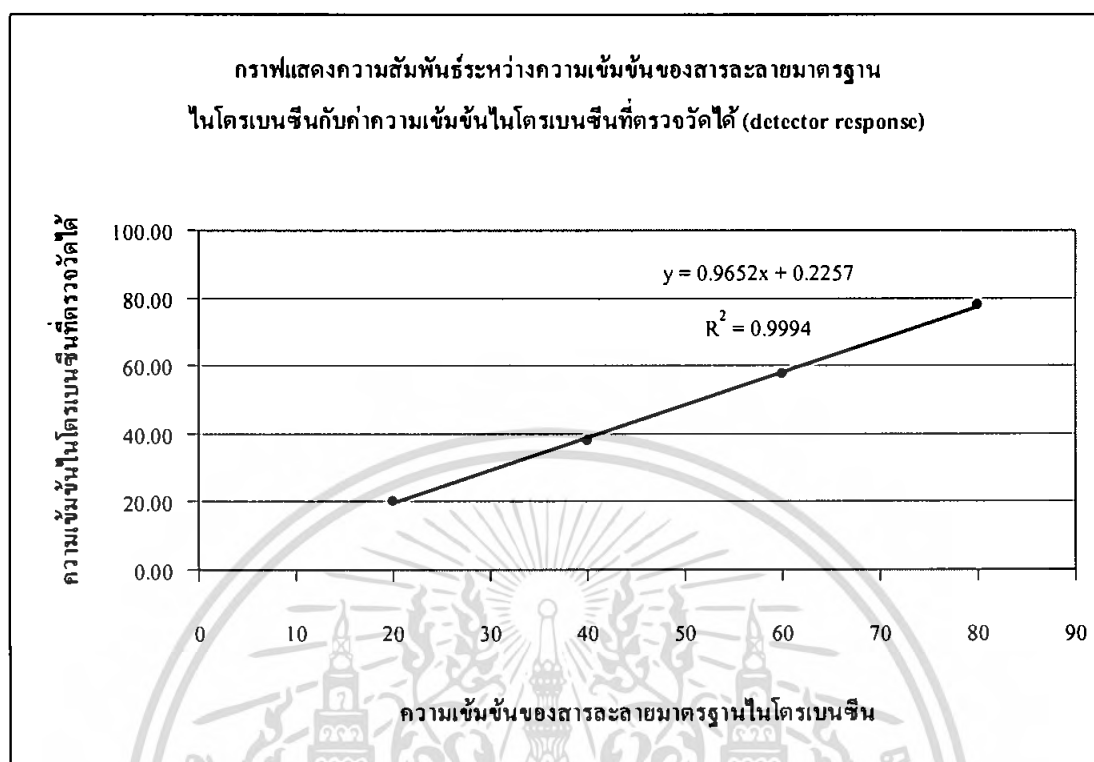
ตัวอย่างอากาศ	ร้อยละของการกลับคืน
ครั้งที่ 1	93.15
ครั้งที่ 2	89.91

4.6 ศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้น

จากกราฟมาตรฐานสารละลายไนโตรเบนซีน รูปที่ 4.4 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ได้เท่ากับ 0.9992

4.7 การศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดและรายงานได้ อย่างมีความถูกต้องและแม่นยำ (Limit of Quantitation; LOQ)

ค่า LOD และ LOQ ศึกษาโดยนำสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนมา 4 ความเข้มข้นแล้วฉีดเข้าหลอดดูดซับ (ด้านที่ปิดปลายด้วยใยแก้ว) 100 ไมโครลิตร แล้วนำหลอดดูดซับไปต่อกับเครื่อง Personal Air Sampling Pump โดยปรับอัตราการไหลที่ 250 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำซิลิกามาทำการสกัดด้วยเมทานอล 1 มิลลิลิตร แล้วนำเข้าเครื่อง Ultrasonic bath เป็นเวลา 30 นาที นำสารละลายที่ได้ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ 1 ไมโครลิตรนำค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นไนโตรเบนซีนที่ตรวจวัดได้มาพลอตกราฟเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน ได้กราฟดังแสดงในรูปที่ 4.6 สมการเส้นตรง คือ $y = 0.9652x + 2.2257$ นำค่าที่ได้จากกราฟ (ค่าจุดตัดบนแกนตั้ง และค่าความชัน) มาคำนวณหา LOD และ LOQ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งได้ค่า LOD เท่ากับ 0.70 ppm และค่า LOQ เท่ากับ 2.34 ppm



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนกับความเข้มข้นไนโตรเบนซีนที่ตรวจวัดได้ (detector response)

4.8 การตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนในอากาศ

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง 3.2.3.4 มาตรวจวัดหาปริมาณไนโตรเบนซีนด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยแต่ละตัวอย่างทำการตรวจวัดซ้ำ 3 ครั้ง ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเบนซีนในตัวอย่างอากาศ

ตัวอย่างอากาศ	$\bar{X} \pm SD$ (ppm)
ตัวอย่างที่ 1	4.86 ± 0.25
ตัวอย่างที่ 2	9.14 ± 0.66

บทที่ 5

สรุป และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติในการดูดซับไนโตรเบนซีนในอากาศด้วยหลอดดูดซับที่บรรจุด้วยซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวและทำการตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีน ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี ที่มีตัวตรวจวัดเป็นชนิดเปลวไอออไนเซชัน (flame ionization) โดยซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20/50 เมช มีลักษณะพื้นที่ผิวไม่เรียบ มีความเป็นรูพรุนรูปร่างของอนุภาคไม่เป็นทรงกลม โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 116.81 ไมโครเมตร และมีพื้นที่ผิวสัมผัส $0.1065 \text{ m}^2/\text{g}$ เมื่อทำการศึกษาคูณสมบัติของหลอดตรวจวัดที่เตรียมได้พบว่าอัตราการไหลที่เหมาะสมของแก๊สจาก personal air sampling pump เข้าสู่หลอดตรวจวัด เท่ากับ 250 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นสภาวะที่ซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวสามารถดูดซับไนโตรเบนซีนได้ดีที่สุด โดยนำสภาวะที่เหมาะสมนี้จะนำไปใช้ศึกษาในขั้นตอนอื่นๆต่อไป

เมื่อตรวจสอบความใช้ได้ของหลอดตรวจวัดพบว่า

ความเที่ยงของหลอดดูดซับ ซึ่งบ่งบอกได้ด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งมีค่าเท่ากับ 127.32 และร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์มีค่าเท่ากับ 5.84 เปอร์เซ็นต์

ความแม่นยำของหลอดดูดซับ ซึ่งบ่งบอกด้วยร้อยละการกลับคืน อยู่ในช่วง 89.91 – 93.15 เปอร์เซ็นต์

ความสัมพัทธ์เชิงเส้นมีค่าเท่ากับ 0.9992

การศึกษาคัดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) มีค่าเท่ากับ 0.70 ppm และขีดจำกัดต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้และรายงานได้ อย่างมีความถูกต้องและแม่นยำ (LOQ) มีค่าเท่ากับ 2.34 ppm

จะเห็นได้ว่าจากค่าทางสถิติทั้งหมดที่รายงานข้างต้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวมีคุณสมบัติในการดูดซับไนโตรเบนซีนในอากาศได้ดี สามารถใช้เป็นแพดกิงจ์ในหลอดดูดซับได้ และให้ผลวิเคราะห์ที่ถูกต้อง เที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ จึงกล่าวได้ว่าสามารถนำหลอดดูดซับที่ภายในบรรจุด้วยซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวไปใช้ประโยชน์ในการตรวจวัดปริมาณไนโตรเบนซีนในอากาศได้

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถระเหยได้ง่าย ดังนั้นในการเตรียมและวิเคราะห์สารตัวอย่างควรทำด้วยความรวดเร็ว และควรมีฝาปิดภาชนะที่บรรจุสารตัวอย่างด้วย
2. เนื่องจากไนโตรเบนซีนเป็นสารที่อันตราย และมีผลต่อสุขภาพ ดังนั้นในการทดลองควรทำด้วยความระมัดระวัง และควรมีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย
3. วิธีทำกราฟมาตรฐาน ควรทำที่สภาวะและวิธีเดียวกับการเก็บตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ดำรงค์ศักดิ์ เกษฎาภัทธกุล, 2547. การผลิตซิลิกาความบริสุทธิ์สูงจากแกลบ เพื่อใช้เป็นของแข็งยัดเกาะให้กับเฟสอยู่กับที่ของคอลัมน์ HPLC และ GC. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี (เคมีวิเคราะห์) คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] V.P. Della, I. Kühn, D.Hotza. 2002. "Rice source husk ah an alternate for active silica production". **Material Letters**. 57: 818 – 821
- [3] อุไรวรรณ ลีลาอนุสร. 2535. "การเตรียมและศึกษาคุณลักษณะของซิลิกาคุณภาพสูงจากแกลบ". วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวัสดุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [4] Ilr R. K. **The chemistry of silica: Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties and Biochemstry**. USA: John Wiley & Sons, Inc. 1979
- [5] แกลบข้าว. ค้นเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2551
[http:// www.mtec.or.th/th/news/cool_stuff/cool14.html](http://www.mtec.or.th/th/news/cool_stuff/cool14.html)
- [6] ข้าว ัญชาติและผลิตภัณฑ์. ค้นเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2551
[http:// www.food.toryod.com/yodfoodPRODUCTcereal.php](http://www.food.toryod.com/yodfoodPRODUCTcereal.php)
- [7] โครงสร้างสามมิติของเฟสซิลิกา. ค้นเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2551
[http:// www.geoclassroom.com/.../tectosilicates.thml](http://www.geoclassroom.com/.../tectosilicates.thml)
- [8] ซิลิกาเฟสไดอะแกรม. ค้นเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2551
[http:// www.geoclassroom.com/.../tectosilicates.html](http://www.geoclassroom.com/.../tectosilicates.html)
- [9] ซิลิเกตเตตระฮีดรอน. ค้นเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2551
[http:// www.earthsci.org/.../basicgeol/miner/miner.html](http://www.earthsci.org/.../basicgeol/miner/miner.html)
- [10] การแยกโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี. ค้นเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2551
<http://www.separationsNOW.com>
- [11] รูปแบบการจัดเรียงตัวของโครงสร้างแบบผลึกและแบบอสัณฐาน. ค้นเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2551
<http://www.solgel.com/articles/april01/strperism.gif>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

- [12] การจัดเรียงตัวแบบทรงสี่หน้าของซิลิกา. ค้นเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2551
<http://www.visionlearning.com/library/modules/mid140...>
- [13] กรมควบคุมมลพิษ, ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย
เคมีภัณฑ์ (MSDS). ค้นเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2550
<http://www.pcd.go.th>
- [14] งานสารเป็นพิษ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2541. ไนโตรเบนซีน. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ
- [15] Flame Ionization Detector (FID). ค้นเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2550
<http://www.shsu.edu/~chemistry/primers/FID2.gif>
- [16] แก๊สโครมาโทกราฟี. รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล. แบบเรียนเคมีวิเคราะห์ 2. ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



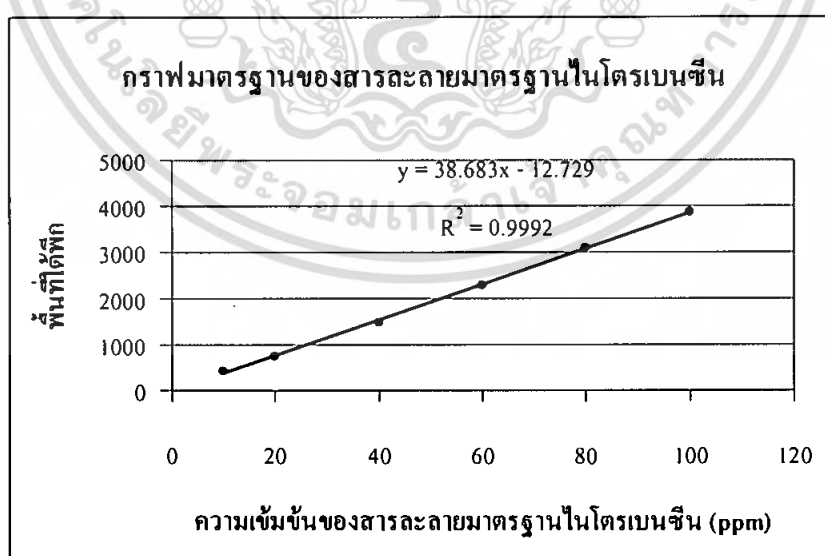
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการวิเคราะห์

ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน และศึกษาการตอบสนองความเป็นเส้นตรง (Linearity)

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการทดลองค่าพื้นที่ที่ได้พิกและ Retention time ของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน (ppm)	พื้นที่ที่ได้พิก			ค่าเฉลี่ยพื้นที่ที่ได้พิก	ค่าเวลาการคงไว้
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
10	439	459	390	429	4.114
20	718	640	878	745	4.111
40	1323	1434	1669	1475	4.109
60	2227	2347	2306	2293	4.105
80	3272	2696	3342	3103	4.101
100	3877	3536	4193	3869	4.109



รูปที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

ก.2 ศึกษาอัตราการไหลที่เหมาะสม

คำนวณค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้

โดยนำค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้พีคในโครเบนซินมาคำนวณหาความเข้มข้น จากสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน $y = 38.683x - 12.729$ ได้ผลดังตารางที่ ก.2

คำนวณค่าความเข้มข้นเริ่มต้น

จาก $M_1V_1 = M_2V_2$

ตัวอย่างการคำนวณที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่ออนาที (ความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้เท่ากับ 49.43 ppm)

$$M_1 (0.1) = 49.43(1)$$

$$M_1 = \frac{49.43 \times 1}{0.1}$$

$$M_1 = 494.29$$

∴ ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 494.29 ppm

ที่อัตราการไหลอื่นๆ ทำการคำนวณเช่นเดียวกันนี้ ได้ผลดังตารางที่ ก.2



ตารางที่ ก.2 แสดงพื้นที่ที่ได้พิกไนโตรเบนซีนที่อัตราการไหลต่างๆ

อัตราการไหล (mL/min)	ครั้งที่	พื้นที่ที่ได้พิกไนโตรเบนซีน	ค่าเฉลี่ย	ความเข้มข้นไนโตรเบนซีนที่ตรวจวัดได้ (ppm)	ความเข้มข้นไนโตรเบนซีนที่ถูกดูดซับเฉลี่ย (ppm)
250	1	1964	1899	49.43	494.29
	2	1813			
	3	1921			
300	1	1627	1702	44.32	443.19
	2	1774			
	3	1704			
350	1	1354	1345	35.09	350.90
	2	1317			
	3	1363			
400	1	1251	1259	32.88	328.84
	2	1259			
	3	1268			
450	1	1033	1048	27.41	274.12
	2	1054			
	3	1056			
500	1	953	956	25.04	250.43
	2	919			
	3	996			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 ศึกษาช่วงความเข้มข้นที่ซิลิกาที่เตรียมจากแกลบข้าวสามารถดูดซับได้
ตารางที่ ก.3 แสดงค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้

ความเข้มข้นสารละลาย มาตรฐานไนโตรเบนซีน (ppm)	ความเข้มข้นที่ ตรวจวัดได้ (ppm)			ความเข้มข้นไนโตรเบน ซีนที่ถูกลดดูดซับเฉลี่ย (ppm)			ความเข้มข้น เฉลี่ย (ppm)
	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	
	1	2	3	1	2	3	
200	20.83	19.23	20.26	208.29	192.26	202.60	201.05
400	38.72	38.02	37.79	387.18	380.20	377.87	381.75
600	58.26	58.29	56.66	582.61	582.87	566.59	577.36
800	74.68	79.20	79.92	746.77	792.01	799.25	779.34

คำนวณค่าความเข้มข้นเริ่มต้น ทำเช่นเดียวกับข้อ ก.2

ก.4 การศึกษาความเที่ยง (precision) ของการวัด
ตารางที่ ก.4 แสดงค่าความเที่ยงของการวัดสาร

ครั้งที่	พื้นที่ได้ฟีก	ค่าเวลาการคงไว้
1	2227	4.101
2	2347	4.106
3	2306	4.106
4	2051	4.108
5	1997	4.107
6	2178	4.109
7	2146	4.103
ค่าเฉลี่ย	2179	4.106
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	127.32	±0.003
%RSD	5.84	±0.073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าพื้นที่ใต้พีคเฉลี่ย

$$\text{จาก } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$\bar{X} = 2179$$

คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{จาก } SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$SD = 127.32$$

คำนวณค่าร้อยละของการเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์

$$\text{จาก } \%RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100$$

$$\%RSD = 5.84$$

ก.5 การศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์

ตารางที่ ก.5 แสดงผลการวัดหาปริมาณไนโตรเบนซีนในสารละลายตัวอย่างกับ spiked sample และ ค่า %Recovery

ตัวอย่าง อากาศ	ความเข้มข้น สารละลาย มาตรฐาน (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ย สารละลาย ตัวอย่าง (ppm)	ความเข้มข้นเฉลี่ย spiked sample (ppm)	%Recovery
ตัวอย่างที่ 1	50	4.86	51.44	93.15
ตัวอย่างที่ 2	50	9.14	54.09	89.91

คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ทำเช่นเดียวกับข้อ ก.4

คำนวณหาร้อยละของการกลับคืน (%Recovery) ตัวอย่างอากาศ

$$\text{จาก } \% \text{ Recovery} = \frac{\bar{C}_{\text{spiked sample}} - \bar{C}_{\text{sample}}}{C_{\text{added}}} \times 100$$

$$\% \text{ Recovery} = \frac{51.44 - 4.86}{50} \times 100$$

$$\% \text{ Recovery} = 93.15$$

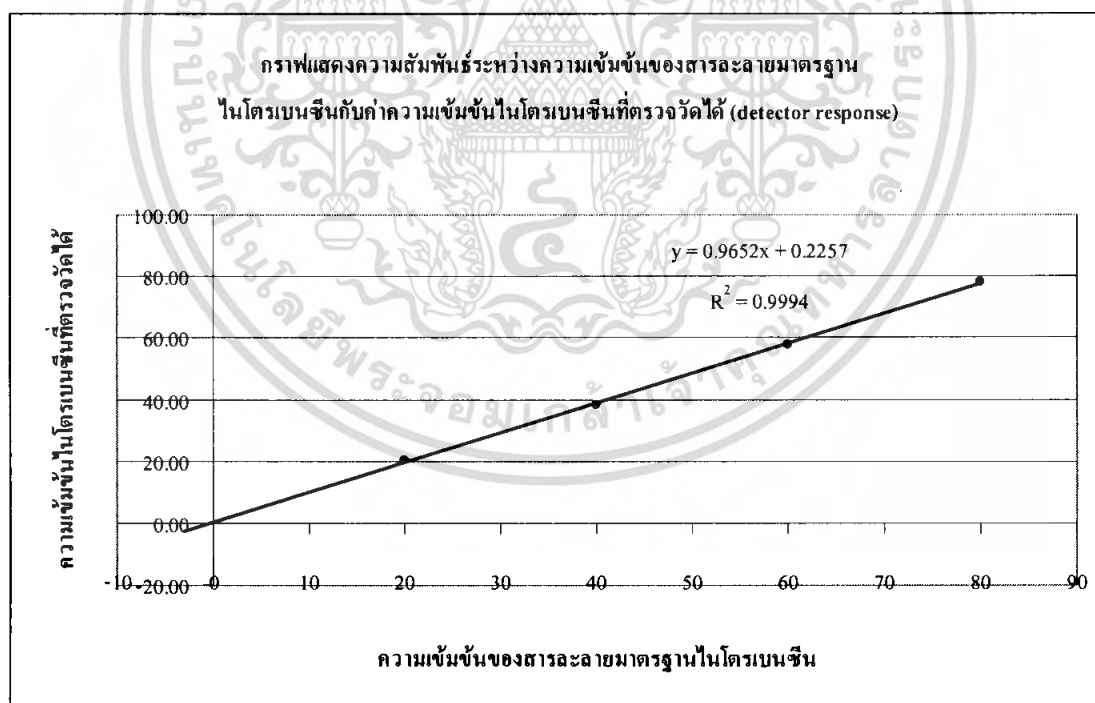
ตัวอย่างอื่นๆ ทำการคำนวณเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.6 การศึกษาค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (Limit of Detection; LOD) และค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดและรายงานได้ อย่างมีความถูกต้องและแม่นยำ (Limit of Quantitation; LOQ)

ตารางที่ ก.6 แสดงผลการวัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อหาค่า LOD และ LOQ

ความเข้มข้นสารละลาย มาตรฐานไนโตรเบนซีน (ppm)	ความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้ (ppm)			ความเข้มข้นไนโตร เบนซีนเฉลี่ย (ppm)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
20	20.83	19.23	20.26	20.11
40	38.72	38.02	37.79	38.18
60	58.26	58.29	56.66	57.74
80	74.68	79.20	79.92	77.93



รูปที่ ก.2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนกับความเข้มข้นไนโตรเบนซีนที่ตรวจวัดได้ (detector response)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ทำเช่นเดียวกับข้อ ก.4

คำนวณค่า LOD และ LOQ

นำค่าเฉลี่ยมาสร้างกราฟ ได้กราฟดังรูปที่ ก.2 ที่มีสมการเส้นตรงเท่ากับ $y = 0.9652x + 0.2257$ ดังนั้น ความชัน (slope) มีค่าเท่ากับ 0.9652 และจุดตัดแกน y (S_0) มีค่าเท่ากับ 0.2257

จาก $LOD = \frac{3S_0}{slope}$

$LOD = 0.70$

จาก $LOQ = \frac{10S_0}{slope}$

$LOQ = 2.34$

ก.7 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเบนซีนในตัวอย่างอากาศ

ตารางที่ ก.7 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเบนซีนในตัวอย่างอากาศ

ตัวอย่างอากาศ	ความเข้มข้นเฉลี่ย สารละลายตัวอย่าง (ppm)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	$\bar{X} \pm SD$ (ppm)
ตัวอย่างที่ 1	4.86	0.25	4.86 ± 0.25
ตัวอย่างที่ 2	9.14	0.66	9.14 ± 0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



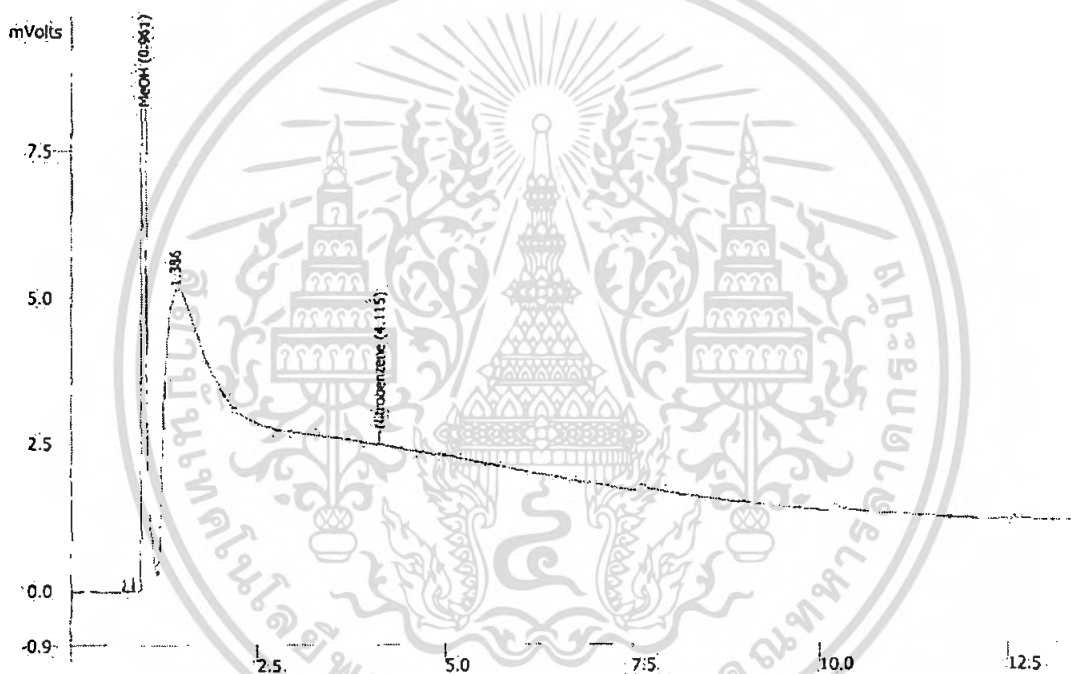
ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการวิเคราะห์จากโครมาโทแกรม

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\lc-new-zung\17-03-51\calibr-	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID-RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 06:06:42
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	6
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nbl0ppm-1-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 01:28:25 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new l.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



Peak No.	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Group
1	MeOH	99.8371	0.961	-0.001	8290681	0.00	BB	0.7		0
2		0.1576	1.386	0.000	13087	0.00	BB	0.0		0
3	Nitrobenzene	0.0053	4.115	-0.000	439	0.00	BB	1.2		0
Totals		100.0000		-0.001	8304207					

รูปที่ ข.1 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 10 ppm ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\c-new-zung\17-03-51\calibr	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 06:52:36
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	4
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nh 10ppm-2-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 06:21:24 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



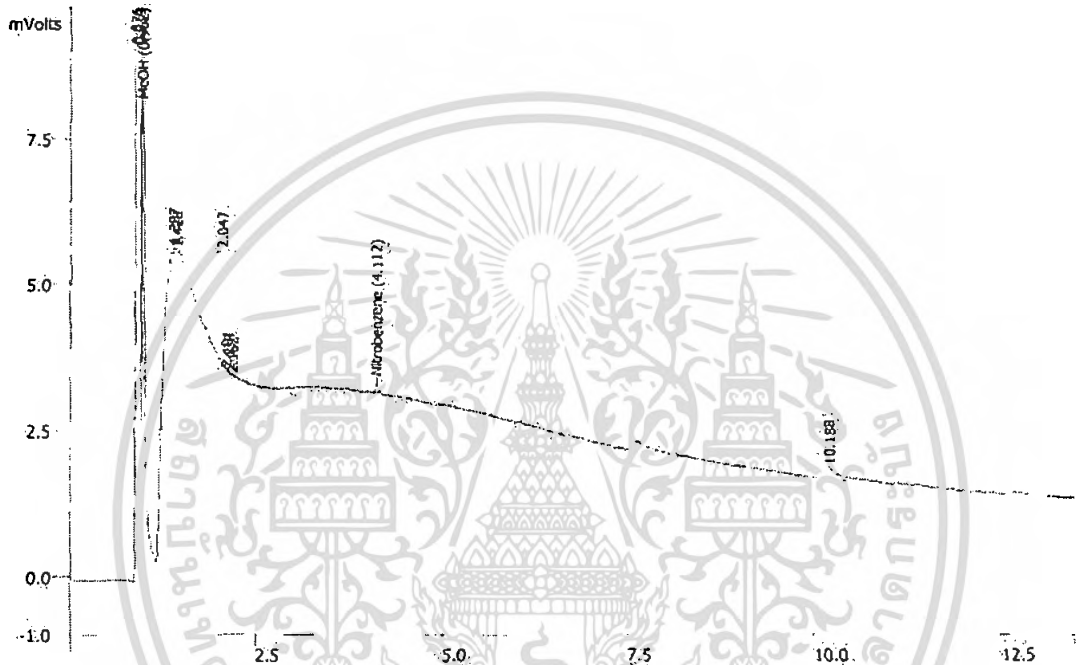
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel. Ret. Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Minutes Status Codes	Group
1		0.0012	0.737	0.000	138	0.00	VB	0.4		0
2	MeOH	78.4637	0.956	0.000	8658059	0.00	BV	0.8		0
3		21.3250	0.988	0.000	2352953	0.00	VP	0.4		0
4		0.1359	1.381	0.000	14995	0.00	PB	0.0		0
5	Nitrobenzene	0.0042	4.114	-0.000	459	0.00	BB	1.3		0
Totals		99.9350		0.000	11026604					

รูปที่ ข.2 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 10 ppm ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/18/2008 02:21:10
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	5
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nib10ppm-4-middle.mth.
Injection Date:	03/18/2008 02:03:15	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	15.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



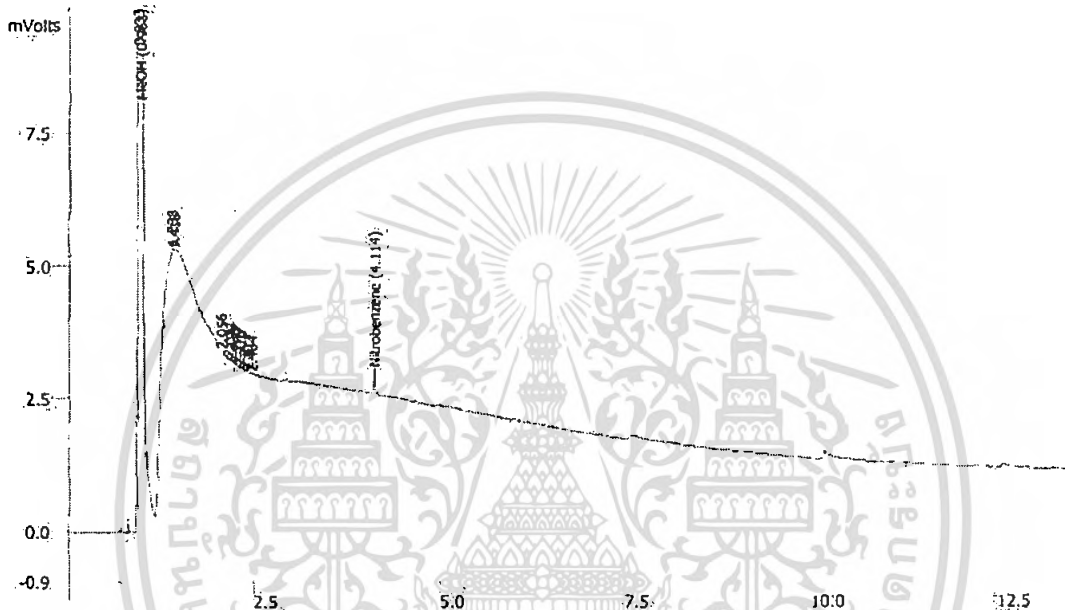
Peak No.	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel. Ret. Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Minutes Codes	Group
1		4.2875	0.876	0.000	361355	0.00	BV	0.5		0
2		8.4217	0.919	0.000	709794	0.00	VV	1.3		0
3	McOH	85.3761	0.962	0.000	7195674	0.00	VB	0.7		0
4		0.5621	1.387	0.000	47373	0.00	BV	0.0		0
5		1.2791	1.428	0.000	107808	0.00	VV	0.0		0
6		0.0254	2.047	0.000	2137	0.00	VV	0.0		0
7		0.0150	2.101	0.000	1267	0.00	VV	0.0		0
8		0.0120	2.138	0.000	1010	0.00	VV	0.0		0
9		0.0061	2.182	0.000	510	0.00	VV	0.0		0
10	Nitrobenzene	0.0046	4.112	-0.000	390	0.00	BB	1.1		0
Totals		99.9896		0.000	8427318					

รูปที่ ข.3 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 10 ppm ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\c-new-zung\17-03-51\calibr	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 06:07:03
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	11
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb20ppm-1-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 02:22:43 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Minutes Status Codes	Group
1		7.1984	0.933	0.000	608839	0.00	BV	0.7		0
2	MeOH	90.6045	0.963	0.000	7663285	0.00	VB	0.6		0
3		0.5450	1.588	0.000	46096	0.00	BV	0.0		0
4		1.4042	1.416	0.000	118769	0.00	VV	0.0		0
5		0.0835	2.056	0.000	7062	0.00	VV	0.0		0
6		0.0241	2.151	0.000	2043	0.00	VV	0.0		0
7		0.0412	2.186	0.000	3487	0.00	VV	0.0		0
8		0.0158	2.243	0.000	1337	0.00	VV	0.0		0
9		0.0194	2.279	0.000	1640	0.00	VV	0.0		0
10		0.0237	2.313	0.000	2006	0.00	VV	0.0		0
11		0.0110	2.371	0.000	929	0.00	VV	0.0		0
12		0.0096	2.411	0.000	808	0.00	VV	0.0		0
13		0.0110	2.464	0.000	933	0.00	VV	0.0		0
14	Nitrobenzene	0.0085	4.114	0.000	718	0.00	BB	1.1		0
Totals		99.9999		0.000	8457952					

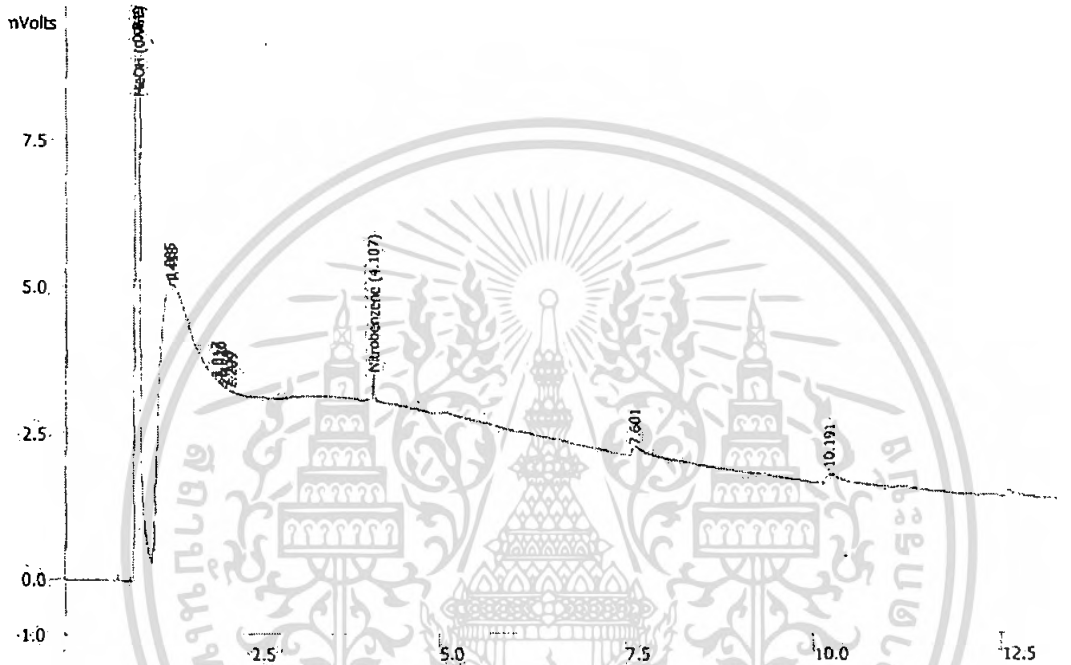
รูปที่ ข.4 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 20 ppm ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File: c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra
 Channel: Middle = FID RESULTS
 Sample ID: Manual Sample
 Operator (Inj): NEE
 Injection Date: 03/17/2008 06:01:37 PM
 Injection Method: c:\star\demo-test\method new\1.inth
 Run Time (min): 13.488
 Workstation:
 Instrument (Inj): Varian Star #1

Operator (Calc): NEE
 Calc Date: 03/17/2008 06:18:24
 Times Calculated: 6
 Calculation Method: liq.nb20ppm-3-middle.mth
 Instrument (Calc): Varian Star #1
 Run Mode: Analysis
 Peak Measurement: Peak Area
 Calculation Type: Percent
 Calibration Level: N/A
 Verification Tolerance: N/A



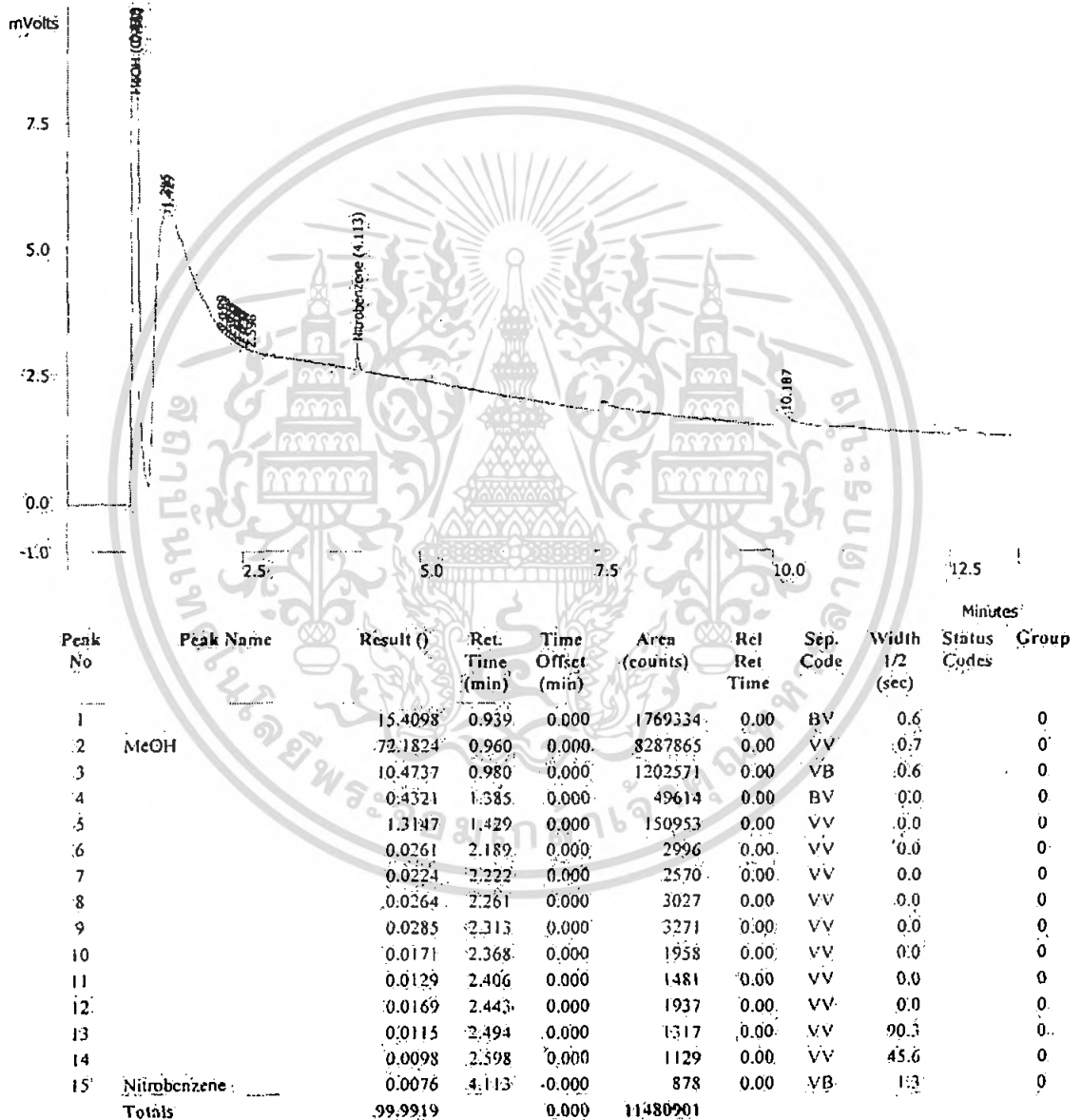
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Group
1		12.1772	0.949	0.000	1011111	0.00	PV	0.5		0
2	MeOH	86.1033	0.963	0.000	7149448	0.00	VJ	0.7		0
3		0.5117	1.385	0.000	42492	0.00	BV	0.0		0
4		1.1061	1.418	0.000	91846	0.00	VV	0.0		0
5		0.0320	2.017	0.000	2660	0.00	VV	0.0		0
6		0.0105	2.070	0.000	875	0.00	VV	0.0		0
7		0.0129	2.114	0.000	1068	0.00	VV	0.0		0
8		0.0112	2.158	0.000	929	0.00	VV	0.0		0
9		0.0089	2.209	0.000	743	0.00	VV	0.0		0
10	Nitrobenzene	0.0077	4.107	0.000	640	0.00	BB	1.1		0
Totals		99.9815		0.000	8301812					

รูปที่ ข.5 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 20 ppm ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 08:12:49
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	9
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb20ppm-4-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 07:54:47 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



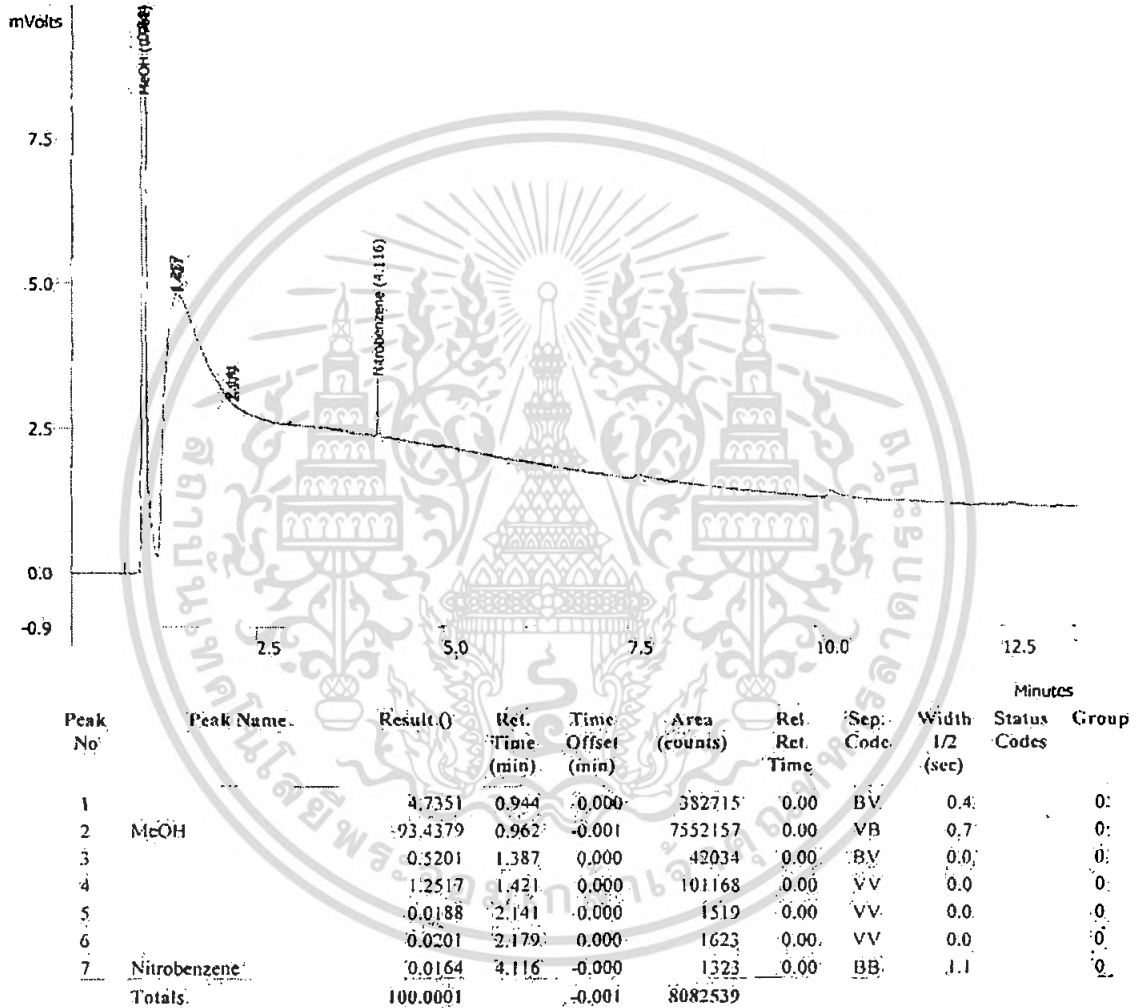
รูปที่ ข.6 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 20 ppm ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File: c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra
 Channel: Middle = FID - RESULTS
 Sample ID: Manual Sample
 Operator (Inj): NEE
 Injection Date: 03/17/2008 02:46:42 PM
 Injection Method: c:\star\demo-test\method.new1.mth
 Run Time (min): 13.488
 Workstation:
 Instrument (Inj): Varian Star #1

Operator (Calc): NEE
 Calc Date: 03/17/2008 06:07:43
 Times Calculated: 2
 Calculation Method: liq.nb40ppm-1-middle.inh
 Instrument (Calc): Varian Star #1
 Run Mode: Analysis
 Peak Measurement: Peak Area
 Calculation Type: Percent
 Calibration Level: N/A
 Verification Tolerance: N/A

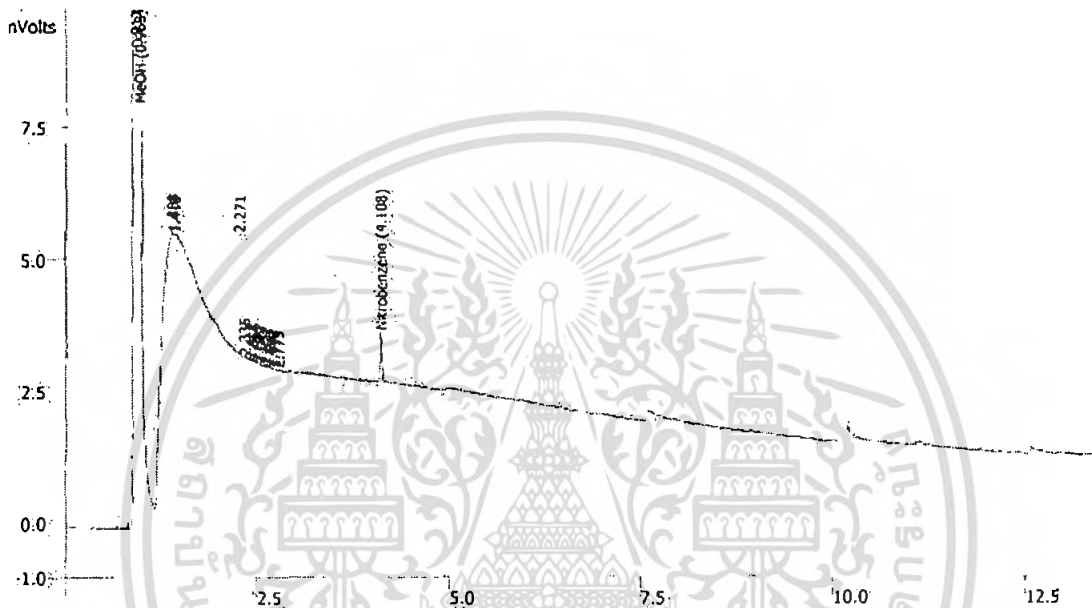


รูปที่ ข.7 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซินเข้มข้น 40 ppm ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 07:29:09
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	9
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb40ppm-2-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 07:12:38 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



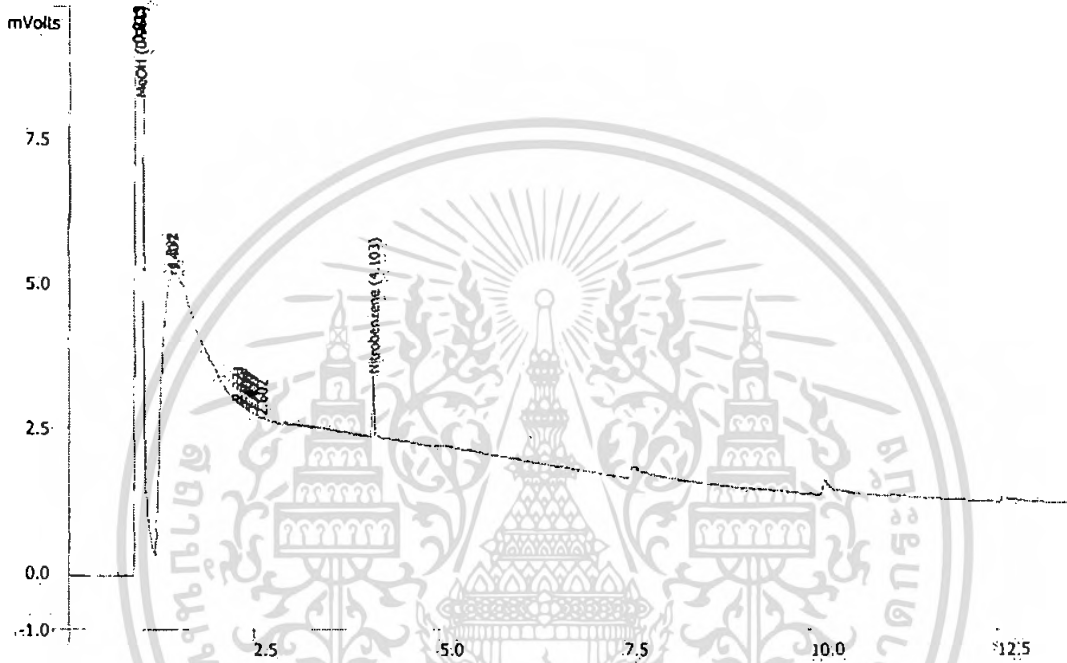
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		29.3383	0.917	0.000	3131806	0.00	PV	1.0		0
2	MeOH	68.4808	0.963	-0.000	7310186	0.00	VP	0.7		0
3		0.4622	1.388	0.000	49339	0.00	PV	0.0		0
4		1.4698	1.418	0.000	156898	0.00	VV	0.0		0
5		0.0389	2.271	0.000	4154	0.00	VV	0.0		0
6		0.0551	2.335	0.000	5666	0.00	VV	0.0		0
7		0.0181	2.412	0.000	1930	0.00	VV	0.0		0
8		0.0318	2.465	0.000	3399	0.00	VV	0.0		0
9		0.0137	2.505	0.000	1460	0.00	VV	0.0		0
10		0.0161	2.548	0.000	1713	0.00	VV	0.0		0
11		0.0217	2.602	0.000	2313	0.00	VV	0.0		0
12		0.0120	2.638	0.000	1276	0.00	VV	0.0		0
13		0.0103	2.682	0.000	1101	0.00	VV	0.0		0
14		0.0096	2.718	0.000	1020	0.00	VV	0.0		0
15		0.0103	2.775	0.000	1096	0.00	VV	0.0		0
16	Nitrobenzene	0.0134	4.108	0.000	1434	0.00	BB	1.2		0
Totals		100.0001		0.000	10674791					

รูปที่ ข.8 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 40 ppm ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File: c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra
 Channel: Middle = FID: RESULTS
 Sample ID: Manual Sample
 Operator (Inj): NEE
 Injection Date: 03/17/2008 07:29:00 PM
 Injection Method: c:\star\demo-test\method new1.mth
 Run Time (min): 13.488
 Workstation:
 Instrument (Inj): Varian Star #1
 Operator (Calc): NEE
 Calc Date: 03/17/2008 08:05:02
 Times Calculated: 7
 Calculation Method: liq.nb40ppm-3-mjddlc.mth
 Instrument (Calc): Varian Star #1
 Run Mode: Analysis
 Peak Measurement: Peak Area
 Calculation Type: Percent
 Calibration Level: N/A
 Verification Tolerance: N/A



Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Ret. Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes	Group
1		16.1760	0.915	0.000	1944566	0.00	BV	0.8			0
2		14.7331	0.933	0.000	1771112	0.00	VV	0.8			0
3	MeOH	67.3255	0.960	0.000	8093399	0.00	VB	0.7			0
4		0.3673	1.382	0.000	44152	0.00	BV	0.0			0
5		1.2390	1.409	0.000	148947	0.00	VV	0.0			0
6		0.0257	2.271	0.000	3095	0.00	VV	0.0			0
7		0.0314	2.328	0.000	3770	0.00	VV	0.0			0
8		0.0184	2.374	0.000	2218	0.00	VV	0.0			0
9		0.0143	2.406	0.000	1724	0.00	VV	0.0			0
10		0.0240	2.459	0.000	2885	0.00	VV	86.7			0
11		0.0151	2.489	0.000	1812	0.00	VV	43.2			0
12		0.0162	2.602	0.000	1947	0.00	VV	43.2			0
13	Nitrobenzene	0.0139	4.103	-0.000	1669	0.00	VB	1.3			0
Totals		99.9999		0.000	12021296						

รูปที่ ข.9 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 40 ppm ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\vic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/18/2008 01:46:02
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb60ppm-6-middle.mth
Injection Date:	03/18/2008 01:26:34	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



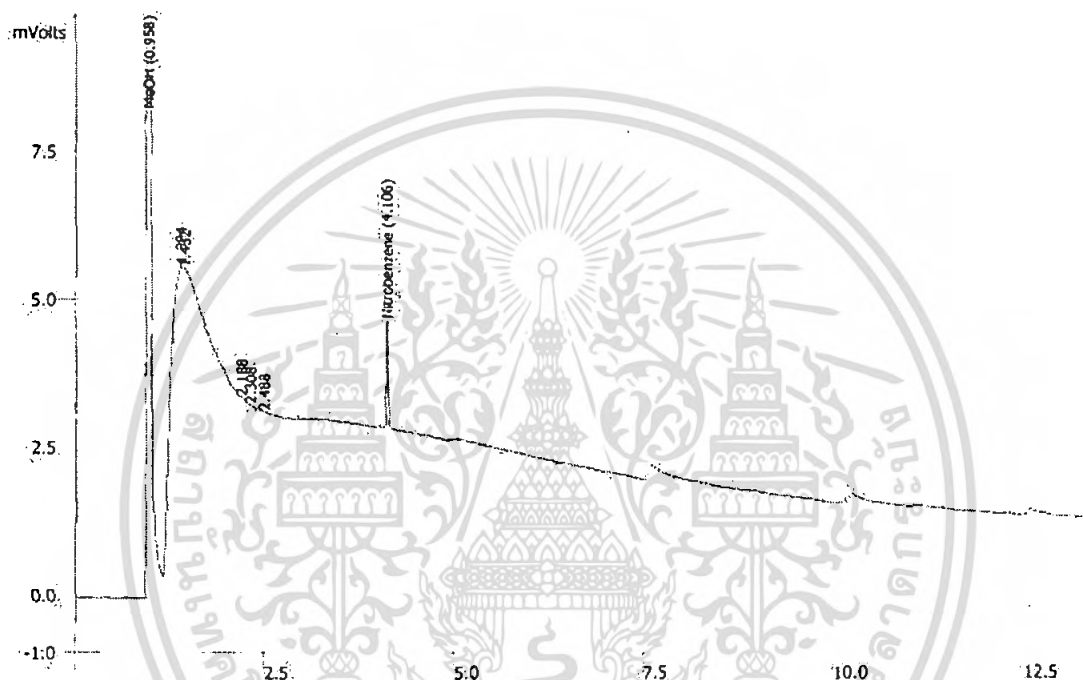
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Minutes Status Codes	Group
1	MeOH	97.5365	0.962	-0.001	3862848	0.00	BB	0.7		0
2		0.5450	1.385	0.000	49527	0.00	TF	0.0		0
3		1.5908	1.412	0.000	144554	0.00	TF	0.0		0
4		0.0698	2.198	0.000	6339	0.00	TF	0.0		0
5		0.0391	2.275	0.000	3549	0.00	TF	0.0		0
6		0.0326	2.328	0.000	2966	0.00	TF	0.0		0
7		0.0311	2.365	0.000	2828	0.00	TF	0.0		0
8		0.0559	2.465	0.000	5078	0.00	TF	0.0		0
9		0.0469	2.532	0.000	4260	0.00	TF	0.0		0
10		0.0278	2.897	0.000	2524	0.00	TF	0.0		0
11	Nitrobenzene	0.0245	4.101	-0.000	2227	0.00	BB	1.1		0
Totals		100.0000		-0.001	9086700					

รูปที่ ข.10 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/18/2008 12:31:19
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb60ppm-5-middle.mth
Injection Date:	03/18/2008 12:15:19	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method-new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



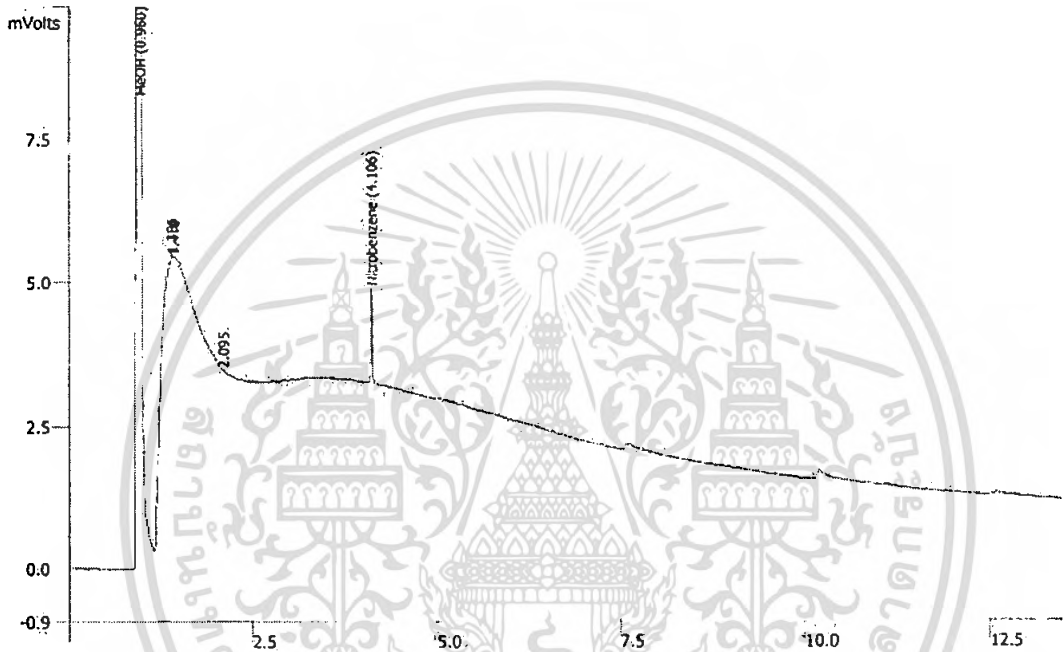
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel. Ret. Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes	Gro
1	MeOH	98.0502	0.958	0.000	10083553	0.00	BP	0.9			0
2		0.4701	1.384	0.000	48350	0.00	PV	0.0			0
3		1.3383	1.432	0.000	137629	0.00	VV	0.0			0
4		0.0704	2.188	0.000	7241	0.00	VV	0.0			0
5		0.0245	2.308	0.000	2522	0.00	VV	0.0			0
6		0.0236	2.488	0.000	2426	0.00	VV	0.0			0
7	Nitrobenzene	0.0228	4.106	0.000	2347	0.00	BB	1.1			0
Totals		99.9999		0.000	10284068						

รูปที่ ข.11 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science:
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\calibration	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID: RESULTS	Calc Date:	03/19/2008 10:29:05
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb60ppm-9-middle.mth
Injection Date:	03/19/2008 10:10:35 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	-Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



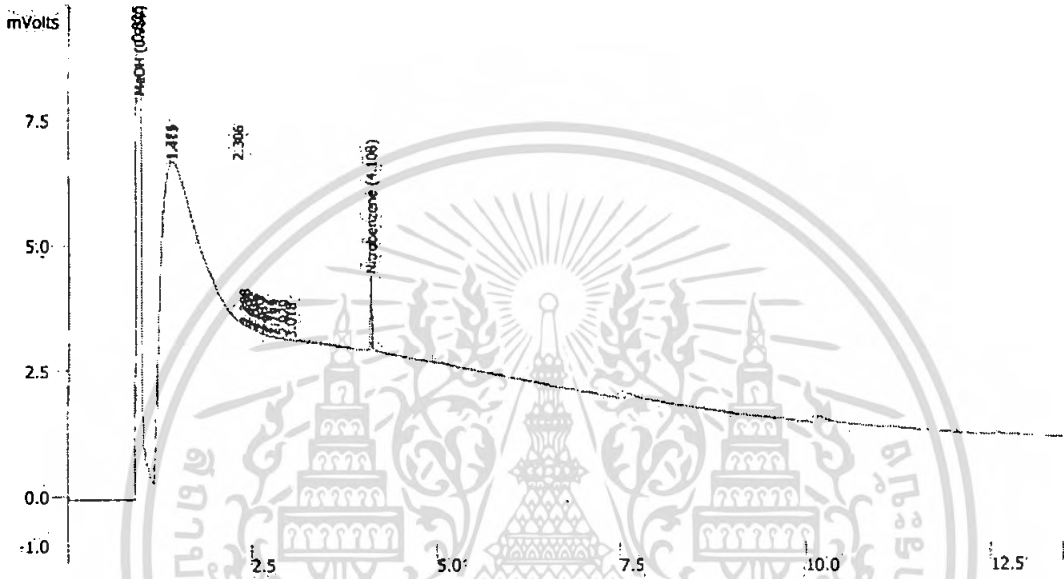
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1	MeOH	98.3295	0.960	-0.000	10268962	0.00	BP	0.7		0
2		0.4579	1.386	0.000	47816	0.00	PV	0.0		0
3		1.1364	1.418	0.000	118682	0.00	VV	0.0		0
4		0.0541	2.095	0.000	5652	0.00	VV	0.0		0
5	Nitrobenzene	0.0221	4.106	-0.000	2306	0.00	BB	1.2		0

รูปที่ ข.12 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\calibration	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/19/2008 11:41:51
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb60ppm-11-middle.mth
Injection Date:	03/19/2008 11:25:42 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13:487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification, Tolerance:	N/A



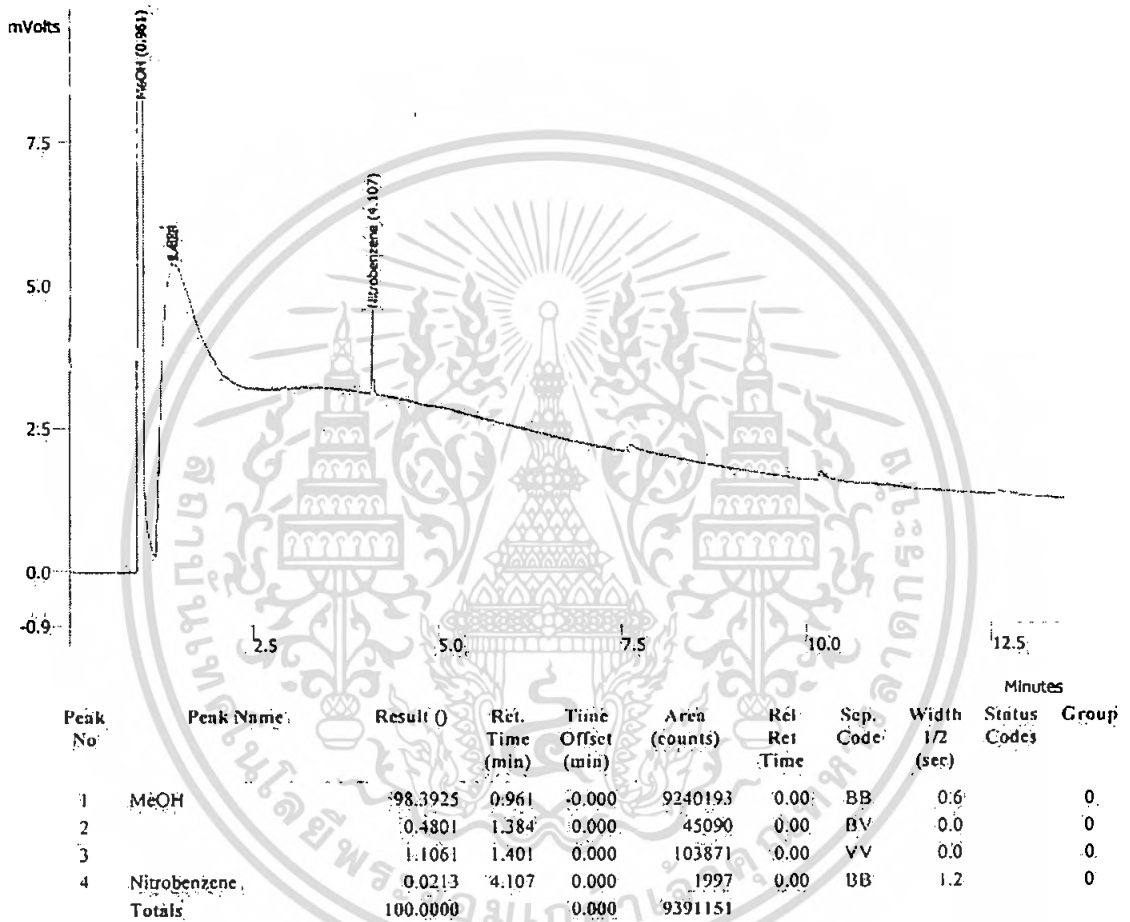
Peak No.	Peak Name	Result ()	Rel. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width I/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		5.9340	0.925	0.000	614597	0.00	BV	0.6		0
2	MeOH	91.0254	0.959	-0.000	9427640	0.00	VP	0.7		0
3		0.5991	1.386	0.000	62048	0.00	PV	0.0		0
4		1.9599	1.415	0.000	202988	0.00	VV	0.0		0
5		0.0853	2.306	0.000	8831	0.00	VV	0.0		0
6		0.0327	2.398	0.000	3389	0.00	VV	0.0		0
7		0.0345	2.431	0.000	3574	0.00	VV	0.0		0
8		0.0303	2.482	0.000	3136	0.00	VV	0.0		0
9		0.0364	2.525	0.000	3767	0.00	VV	0.0		0
10		0.0405	2.585	0.000	4197	0.00	VV	0.0		0
11		0.0433	2.617	0.000	4487	0.00	VV	0.0		0
12		0.0207	2.702	0.000	2140	0.00	VV	0.0		0
13		0.0279	2.755	0.000	2885	0.00	VV	0.0		0
14		0.0225	2.795	0.000	2330	0.00	VV	0.0		0
15		0.0514	2.929	0.000	5328	0.00	VV	0.0		0
16		0.0364	3.018	0.000	3766	0.00	VV	0.0		0
17	Nitrobenzene	0.0198	4.108	0.000	2051	0.00	BB	1.2		0
Totals		100.0001		0.000	10357154					

รูปที่ ข.13 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\calibration	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/19/2008 10:09:29
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb60ppm-8-middle.mtl
Injection Date:	03/19/2008 09:53:19 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method_new\l.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13:48.7	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



รูปที่ ข.14 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data File: c:\start\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra
 Channel: Middle = FID RESULTS
 Sample ID: Manual Sample
 Operator (Inj): NEE
 Injection Date: 03/17/2008 08:32:01 PM
 Injection Method: c:\start\demo-test\method new1.mth
 Run Time (min): 13:487
 Workstation:
 Instrument (Inj): Varian Star #1
 Operator (Calc): NEE
 Calc. Date: 03/17/2008 08:47:15
 Times Calculated: 4
 Calculation Method: liq.nb60ppm-3-middle.mth
 Instrument (Calc): Varian Star #1
 Run Mode: Analysis
 Peak Measurement: Peak Area
 Calculation Type: Percent
 Calibration Level: N/A
 Verification Tolerance: N/A



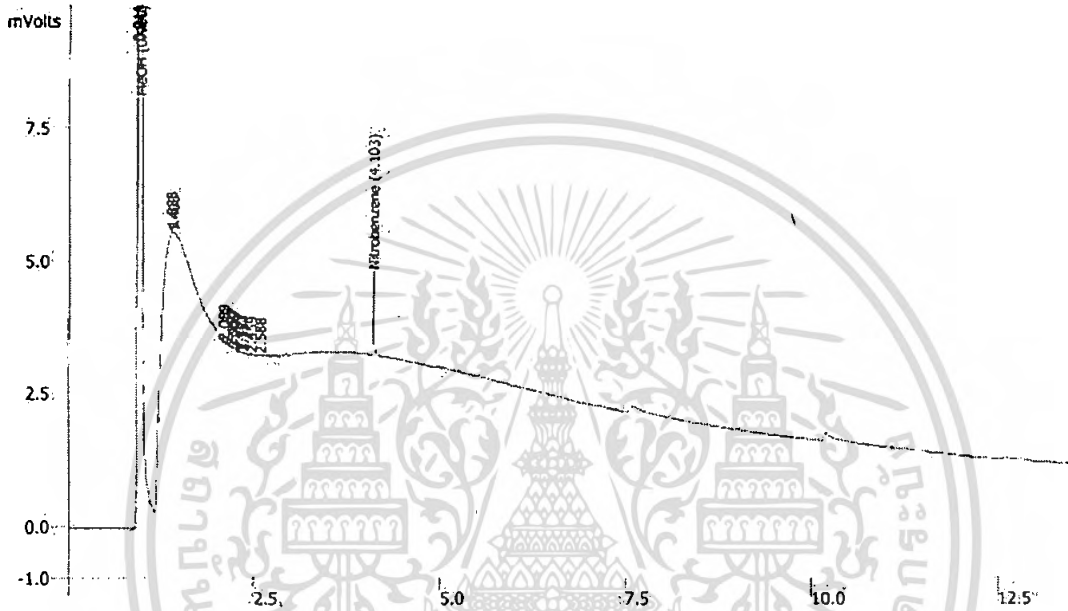
Peak No	Peak-Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time-Offset (min)	Area (counts)	Rel. Ret. Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes	Group
1		27.5130	0.934	0.000	2487590	0.00	BV	1.6			0
2	MeOH	75.2784	0.961	-0.000	8317217	0.00	VB	0.7			0
3		0.4360	1.388	0.000	48172	0.00	TF	0.0			0
4		1.4721	1.422	0.000	162651	0.00	TF	0.0			0
5		0.0931	2.316	0.000	10285	0.00	TF	0.0			0
6		0.0255	2.448	0.000	2817	0.00	TF	0.0			0
7		0.0431	2.498	0.000	4760	0.00	TF	0.0			0
8		0.0234	2.592	0.000	2584	0.00	TF	0.0			0
9		0.0235	2.635	0.000	2593	0.00	TF	0.0			0
10		0.0308	2.765	0.000	3398	0.00	TF	0.0			0
11		0.0213	2.934	0.000	2353	0.00	TF	0.0			0
12		0.0182	3.032	0.000	2010	0.00	TF	0.0			0
13	Nitrobenzene	0.0197	4.109	-0.000	2178	0.00	BB	0.3			0
Totals		100.0001		0.000	11048608						

รูปที่ ข.15 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\calibration	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID: RESULTS	Calc. Date:	03/19/2008 09:51:52
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb60ppm-7-middle.mth
Injection Date:	03/19/2008 09:35:47 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



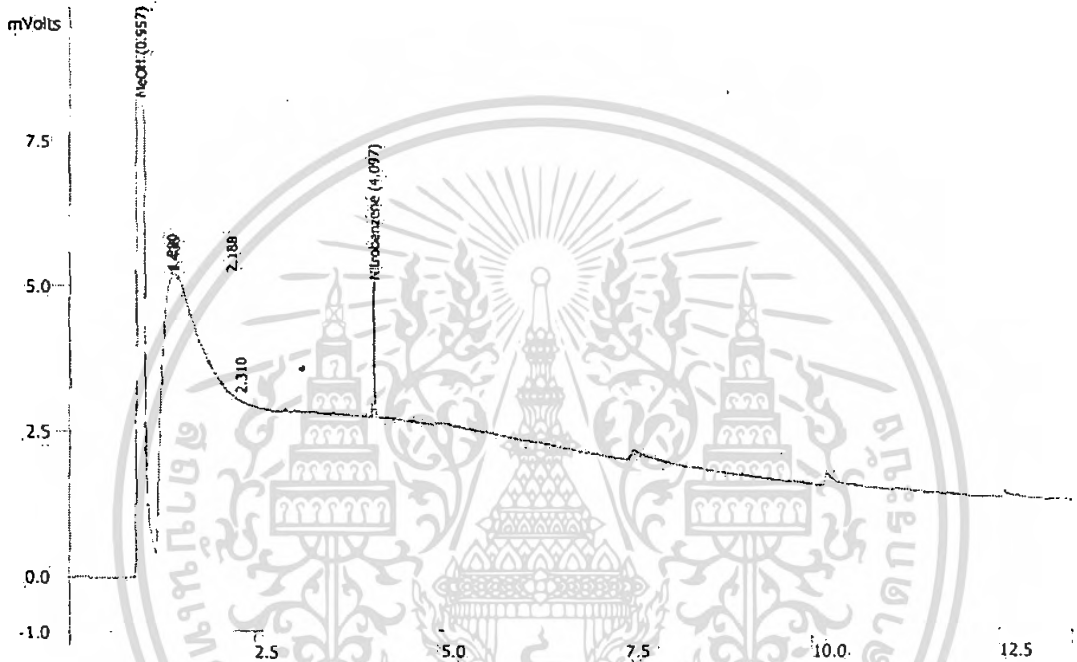
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Minutes Status Codes	Group
1		0.1171	0.911	0.000	10046	0.00	BV	0.7		0
2		9.2426	0.945	0.000	792847	0.00	VV	1.2		0
3	MeOH	88.1075	0.960	0.000	7558000	0.00	VB	0.7		0
4		0.5706	1.383	0.000	48943	0.00	BV	0.0		0
5		1.5821	1.408	0.000	135719	0.00	VV	0.0		0
6		0.0499	2.089	0.000	4283	0.00	VV	0.0		0
7		0.0369	2.138	0.000	3162	0.00	VV	0.0		0
8		0.0609	2.193	0.000	5226	0.00	VV	0.0		0
9		0.0350	2.229	0.000	2999	0.00	VV	0.0		0
10		0.0338	2.269	0.000	2903	0.00	VV	0.0		0
11		0.0439	2.321	0.000	3764	0.00	VV	0.0		0
12		0.0305	2.354	0.000	2619	0.00	VV	0.0		0
13		0.0369	2.459	0.000	3162	0.00	VV	0.0		0
14		0.0272	2.588	0.000	2336	0.00	VV	0.0		0
15	Nitrobenzene	0.0250	4.103	-0.001	2146	0.00	BB	1.2		0
Totals		99.9999		-0.001	8578155					

รูปที่ ข.16 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 60 ppm ครั้งที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 09:41:07
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	4
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb80ppm;2-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 09:21:54 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-tesiv\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13:487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



Peak No.	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1	McOH	98.3131	0.957	0.000	11396095	0.00	BB	0.8		0
2		0.3843	1.380	0.000	44546	0.00	TF	0.0		0
3		1.1542	1.408	0.000	133790	0.00	TF	0.0		0
4		0.0767	2.188	0.000	8896	0.00	TF	0.0		0
5		0.0435	2.310	0.000	5040	0.00	TF	0.0		0
6	Nitrobenzene	0.0282	4.097	0.000	3272	0.00	BB	1.2		0
Totals		100.0000		0.000	11591639					

รูปที่ ข.17 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 80 ppm ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 09:55:29
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb80ppm-3-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 09:38:53 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



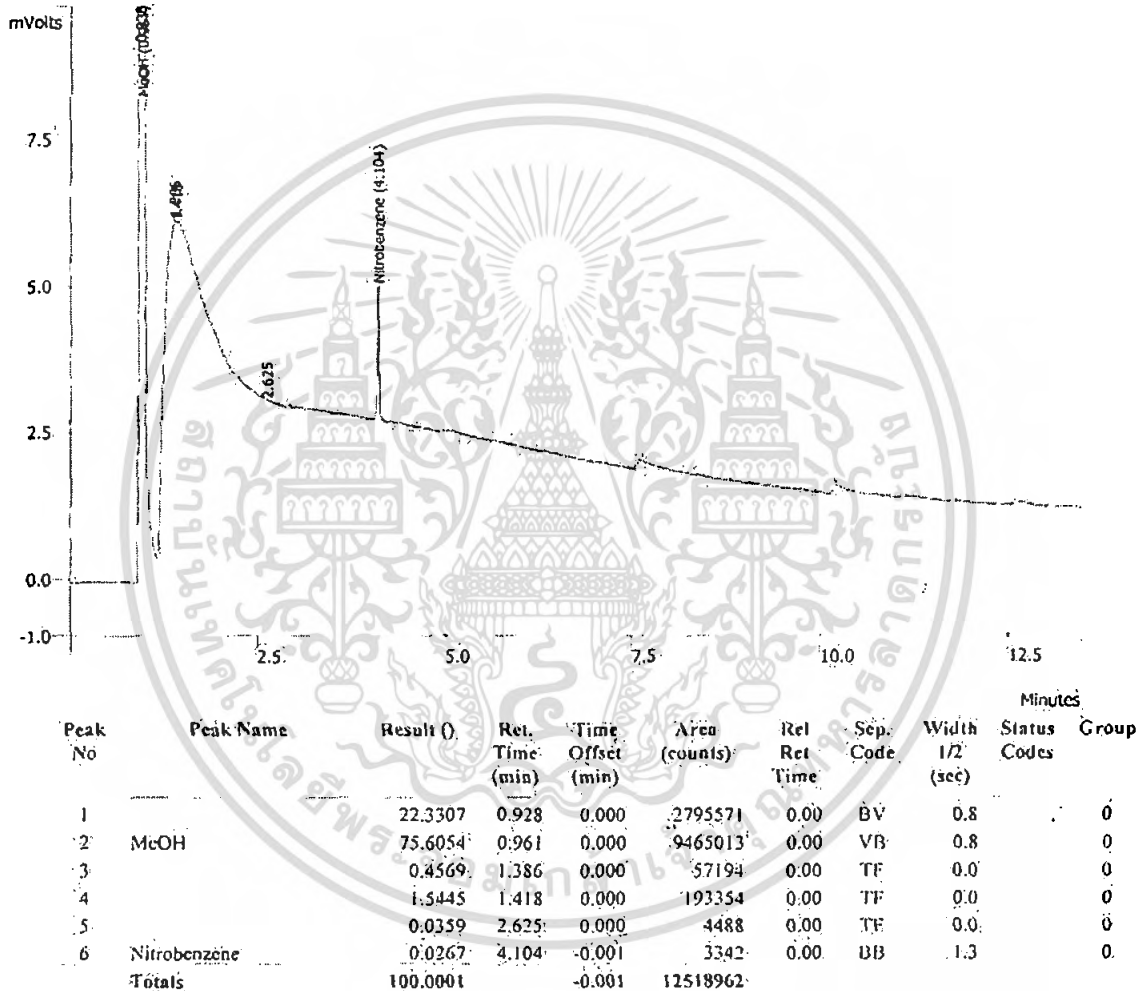
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Ret. Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		17.8517	0.938	0.000	1729299	0.00	PV	0.8		0
2	MeOH	79.7680	0.960	0.000	7727126	0.00	VP	0.7		0
3		0.4814	1.384	0.000	46637	0.00	PV	0.0		0
4		1.6322	1.432	0.000	158110	0.00	VV	0.0		0
5		0.0397	2.322	0.000	3842	0.00	VV	0.0		0
6		0.0285	2.368	0.000	2759	0.00	VV	0.0		0
7		0.0585	2.452	0.000	5665	0.00	VV	0.0		0
8		0.0283	2.592	0.000	2739	0.00	VV	0.0		0
9		0.0358	2.632	0.000	3472	0.00	VV	0.0		0
10		0.0481	2.708	0.000	4661	0.00	VV	0.0		0
11	Nitrobenzene	0.0278	4.102	0.000	2696	0.00	BB	1.2		0
Totals		100.0000		0.000	9687006					

รูปที่ ข.18 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 80 ppm ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID_RESULTS	Calc Date:	03/18/2008 02:01:00
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	Iig.nb80ppm-4-middle.mth
Injection Date:	03/18/2008 01:44:05	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



รูปที่ ข.19 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 80 ppm ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King-mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/17/2008 11:55:03
Sample ID:	Manual_Sample	Times Calculated:	2
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb100ppm-2-middle.mth
Injection Date:	03/17/2008 11:11:14 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



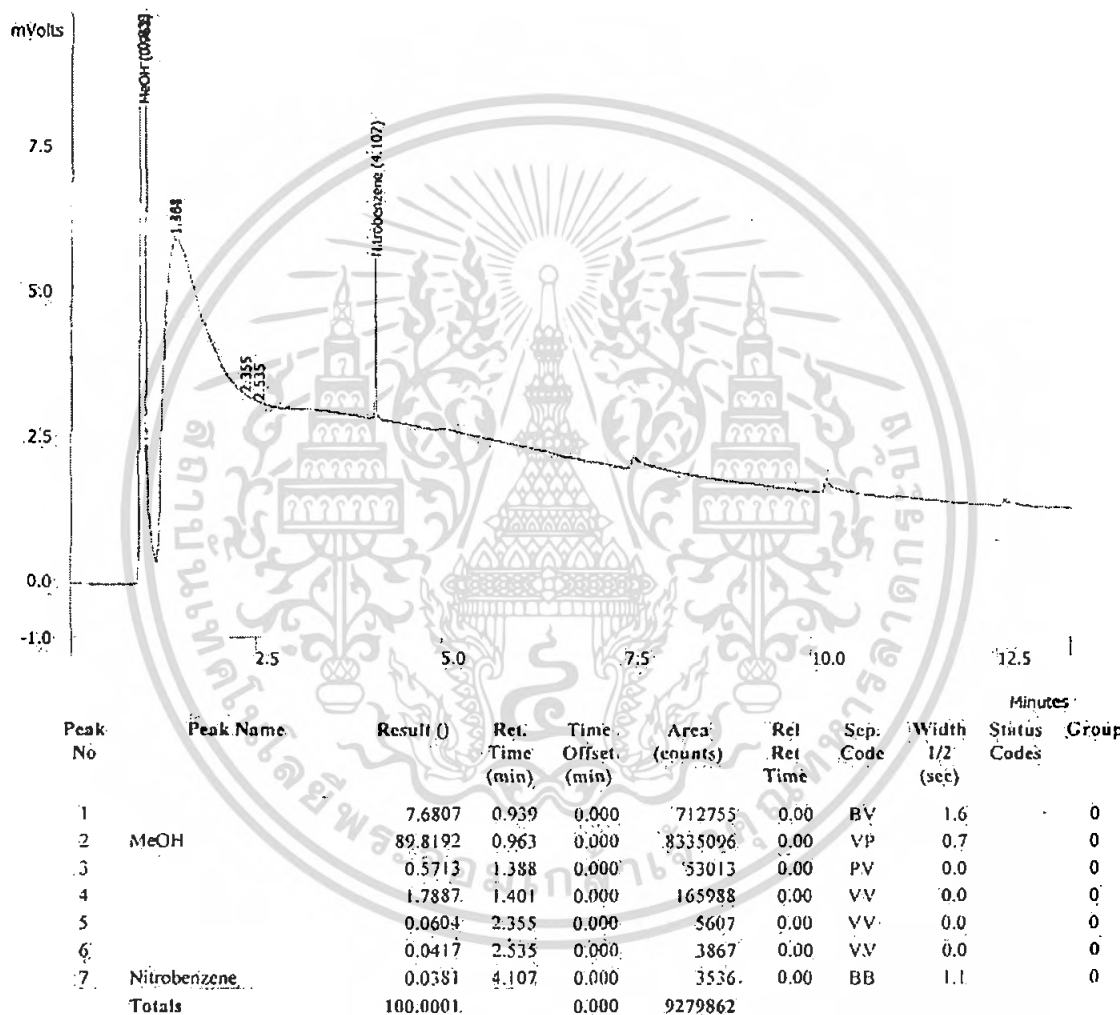
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		17.1790	0.925	0.000	1965446	0.00	BV	0.6		0
2		14.3349	0.940	0.000	1640055	0.00	VV	0.0		0
3	MeOH	66.5945	0.961	-0.000	7619073	0.00	VB	0.7		0
4		0.4414	1.386	0.000	50500	0.00	BV	0.0		0
5		1.2437	1.414	0.000	142295	0.00	VV	0.0		0
6		0.0458	2.162	0.000	5241	0.00	VV	0.0		0
7		0.0345	2.229	0.000	3950	0.00	VV	0.0		0
8		0.0307	2.293	0.000	3510	0.00	VV	0.0		0
9		0.0162	2.353	0.000	1859	0.00	VV	0.0		0
10		0.0106	2.401	0.000	1209	0.00	VV	0.0		0
11		0.0160	2.453	0.000	1835	0.00	VV	0.0		0
12		0.0099	2.494	0.000	1134	0.00	VV	90.1		0
13		0.0088	2.572	0.000	1006	0.00	VV	46.5		0
14	Nitrobenzene	0.0339	4.113	-0.000	3877	0.00	BB	1.3		0
Totals		99.9999		0.000	11440990					

รูปที่ ข.20 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 100 ppm ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESUL1.TS	Calc Date:	03/18/2008 12:49:37
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb100ppm-6-middle.mth
Injection Date:	03/18/2008 12:33:36	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A

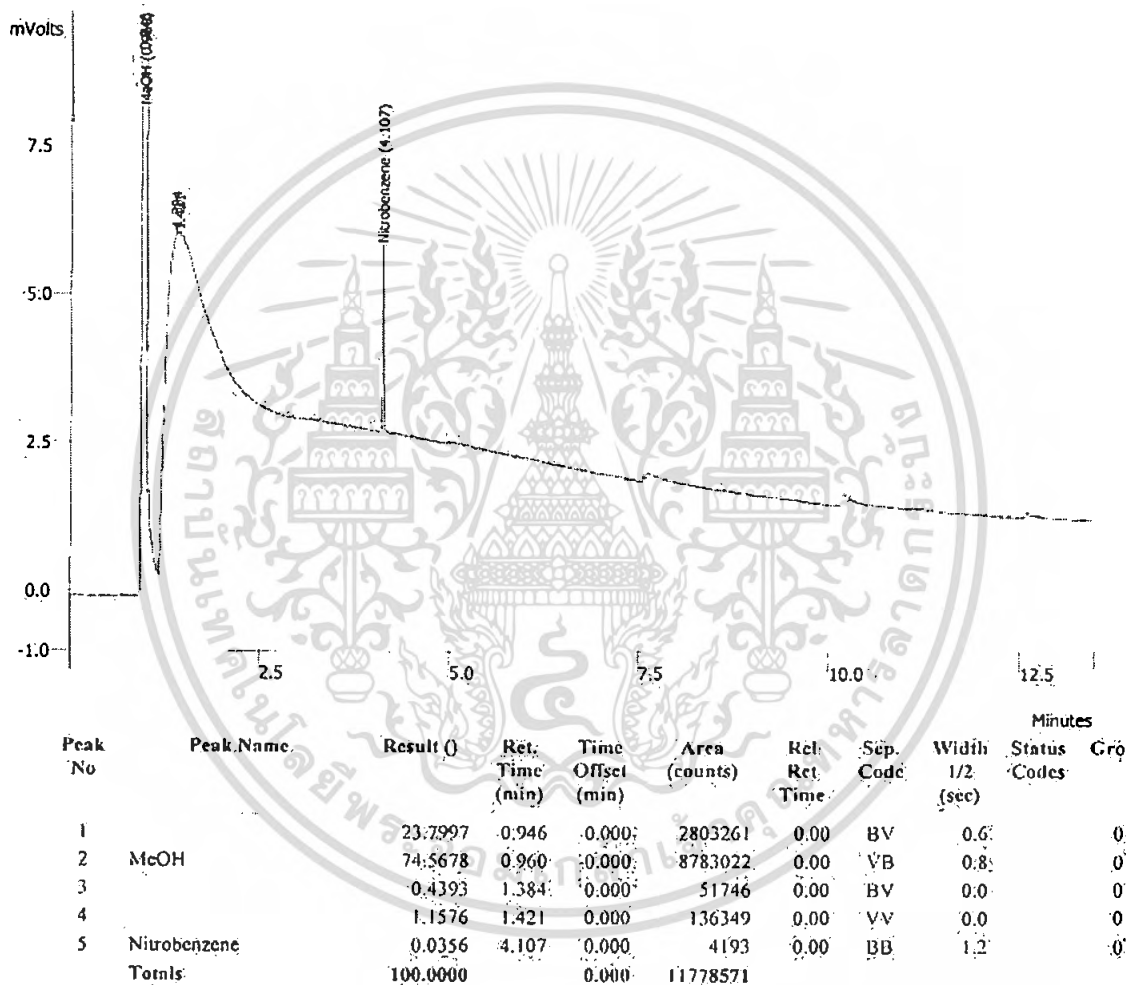


รูปที่ ข.21 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 100 ppm ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King-mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\17-03-51\calibra	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/18/2008 02:39:59
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb100ppm-8-iniddlc.mth
Injection Date:	03/18/2008 02:23:40	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A

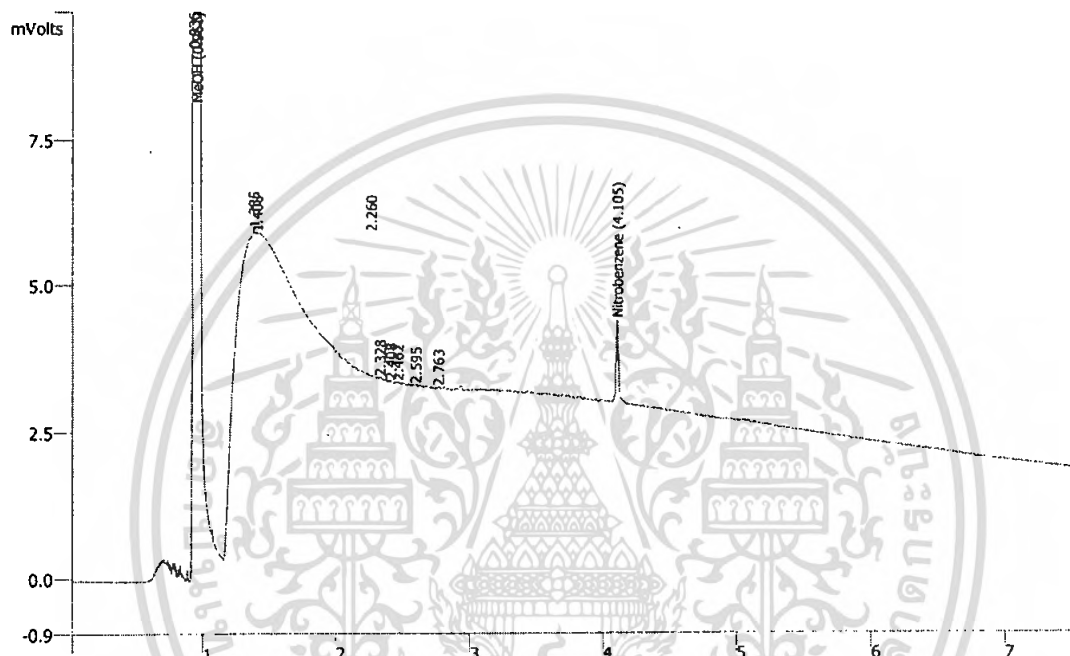


รูปที่ ข.22 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 100 ppm ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/20/2008 04:39:33
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	vary-f1250-f3-middle.mth
Injection Date:	03/20/2008 04:23:34	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



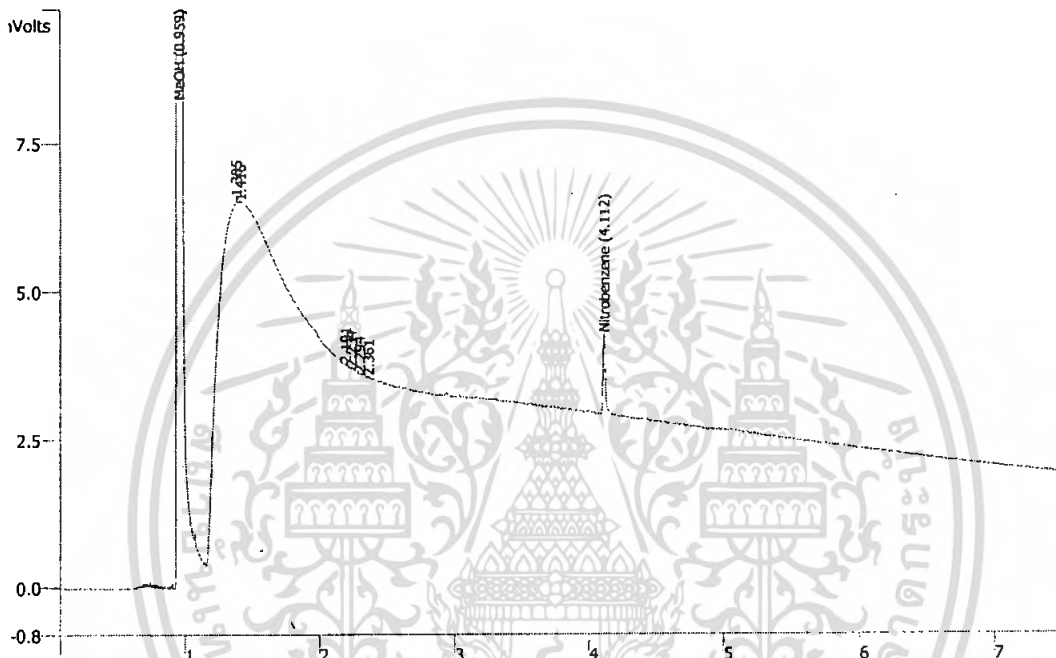
Peak No	Peak Name	Result 0	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		16.4925	0.936	0.000	1725853	0.00	PV	0.6		0
2	MeOH	81.2520	0.961	-0.000	8502561	0.00	VP	0.8		0
3		0.5069	1.385	0.000	53039	0.00	PV	0.0		0
4		1.5240	1.408	0.000	159479	0.00	VV	0.0		0
5		0.0312	2.260	0.000	3264	0.00	VV	0.0		0
6		0.0607	2.328	0.000	6356	0.00	VV	0.0		0
7		0.0246	2.408	0.000	2576	0.00	VV	0.0		0
8		0.0487	2.462	0.000	5099	0.00	VV	0.0		0
9		0.0207	2.595	0.000	2168	0.00	VV	0.0		0
10		0.0199	2.763	0.000	2078	0.00	VV	0.0		0
11	Nitrobenzene	0.0188	4.105	0.000	1964	0.00	BB	1.1		0
Totals		100.0000		0.000	10464437					

รูปที่ ข.23 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/20/2008 04:22:36
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	vary-f250-f2-middle.mth
Injection Date:	03/20/2008 04:07:16	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1	MeOH	97.6609	0.959	0.000	9783827	0.00	PB	0.8		0
2		0.5641	1.385	0.000	56512	0.00	BV	0.0		0
3		1.6277	1.416	0.000	163066	0.00	VV	0.0		0
4		0.0379	2.191	0.000	3798	0.00	VV	0.0		0
5		0.0250	2.234	0.000	2508	0.00	VV	0.0		0
6		0.0321	2.294	0.000	3219	0.00	VV	0.0		0
7		0.0342	2.361	0.000	3424	0.00	VV	0.0		0
8	Nitrobenzenc	0.0181	4.112	-0.000	1813	0.00	BB	1.1		0
Totals		100.0000		0.000	10018167					

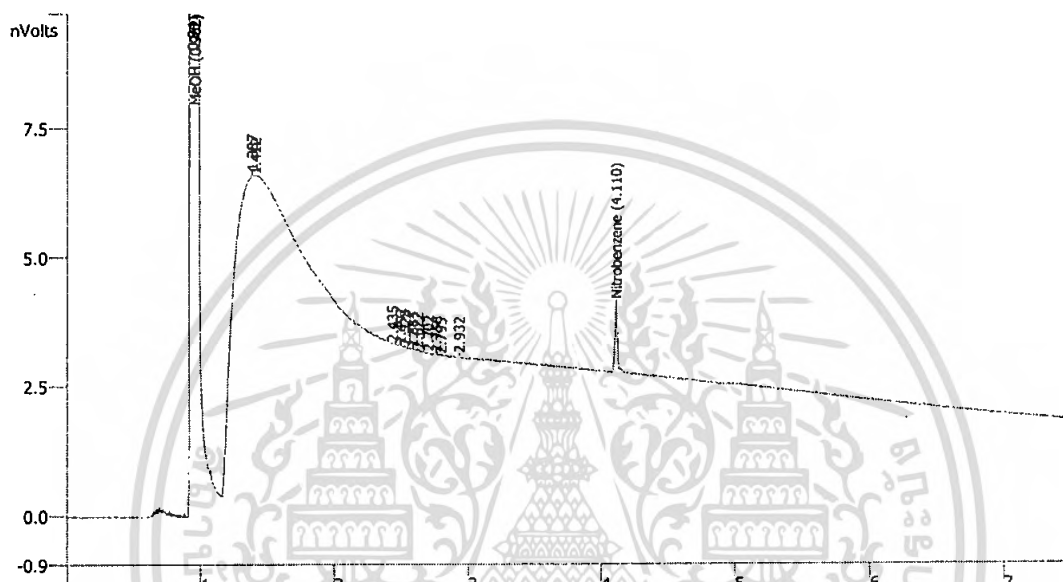
รูปที่ ข.24 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File: c:\star\data\ic-new-zung\real vary
 Channel: Middle = FID RESULTS
 Sample ID: Manual Sample
 Operator (Inj): NEE
 Injection Date: 03/20/2008 12:00:47
 Injection Method: c:\star\demo-test\method new1.mth
 Run Time (min): 13.488
 Workstation:
 Instrument (Inj): Varian Star #1

Operator (Calc): NEE
 Calc Date: 03/20/2008 12:17:32
 Times Calculated: 3
 Calculation Method: vary-f1300-f4-middle.mth
 Instrument (Calc): Varian Star #1
 Run Mode: Analysis
 Peak Measurement: Peak Area
 Calculation Type: Percent
 Calibration Level: N/A
 Verification Tolerance: N/A



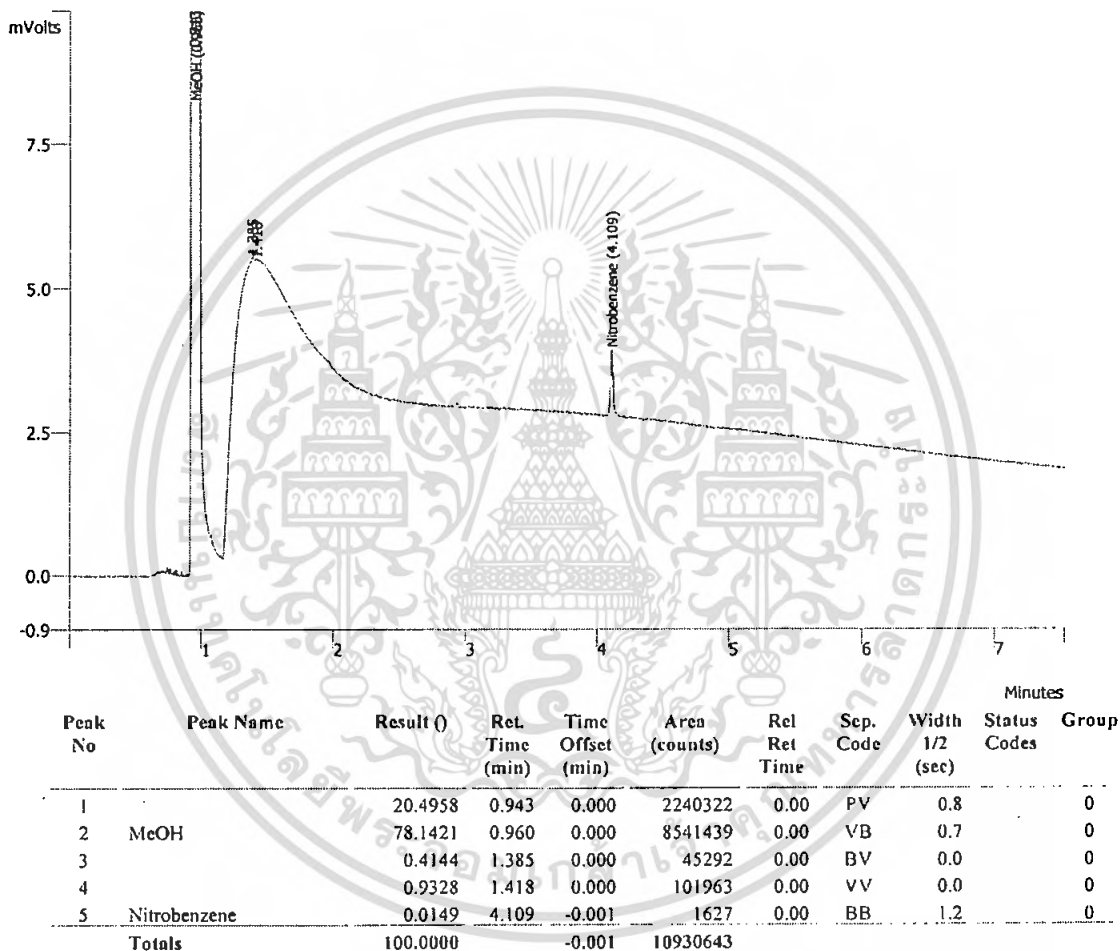
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width I/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		14.7661	0.941	0.000	1793554	0.00	PV	1.1		0
2	MeOH	82.8149	0.962	-0.000	10059022	0.00	VB	0.9		0
3		0.5124	1.387	0.000	62240	0.00	TF	0.0		0
4		1.6826	1.412	0.000	204381	0.00	TF	0.0		0
5		0.0352	2.435	0.000	4281	0.00	TF	0.0		0
6		0.0188	2.492	0.000	2281	0.00	TF	0.0		0
7		0.0256	2.528	0.000	3113	0.00	TF	0.0		0
8		0.0225	2.585	0.000	2734	0.00	TF	0.0		0
9		0.0236	2.622	0.000	2862	0.00	TF	0.0		0
10		0.0171	2.702	0.000	2073	0.00	TF	0.0		0
11		0.0202	2.758	0.000	2452	0.00	TF	0.0		0
12		0.0215	2.795	0.000	2612	0.00	TF	0.0		0
13		0.0236	2.932	0.000	2871	0.00	TF	0.0		0
14	Nitrobenzene	0.0158	4.110	-0.001	1921	0.00	BB	1.2		0
Totals		99.9999		-0.001	12146397					

รูปที่ ข.25 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
 การไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/20/2008 12:36:14
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	vary-f1300-f5-middle.mth
Injection Date:	03/20/2008 12:18:52	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A

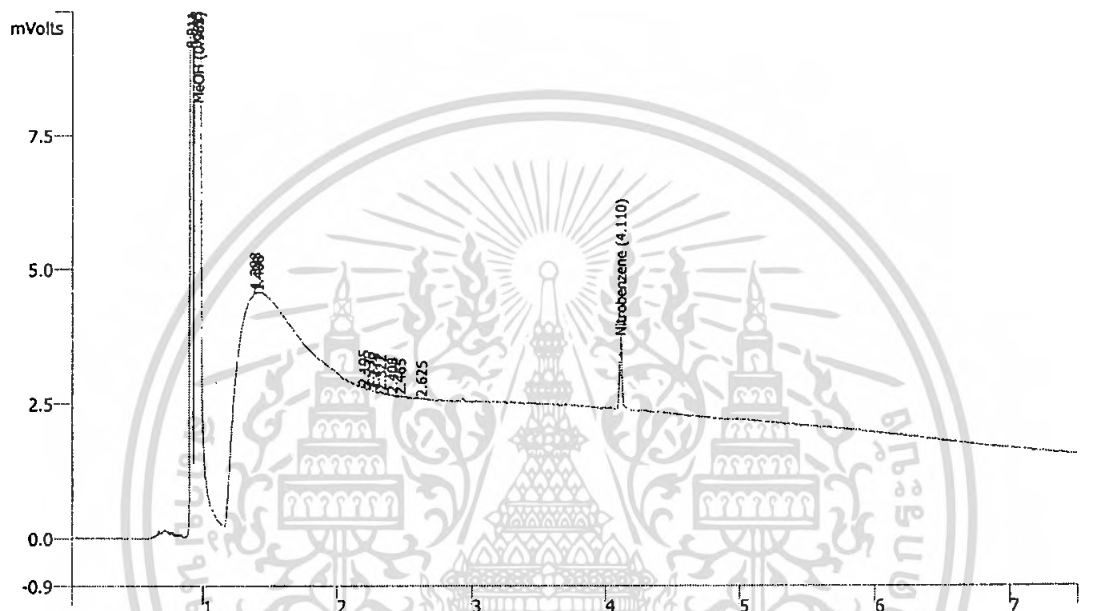


รูปที่ ข.26 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/22/2008 12:00:08
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	liq.nb500ppm0.1ml+meoh1ml-3-middle.
Injection Date:	03/19/2008 08:12:15 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



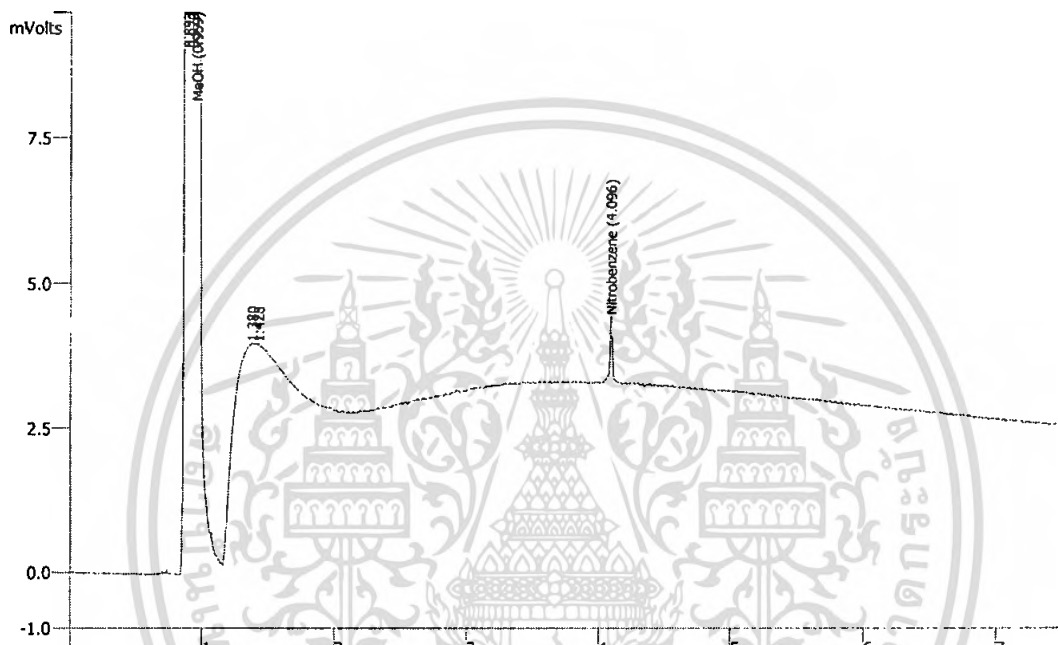
Peak No	Peak Name	Result ()	Rel. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Group
1		0.3591	0.911	0.000	26575	0.00	PV	1.3		0
2		3.5910	0.945	0.000	265754	0.00	VV	1.2		0
3	MeOH	93.5728	0.963	0.000	6924979	0.00	VP	0.6		0
4		0.5417	1.388	0.000	40087	0.00	PV	0.0		0
5		1.6419	1.408	0.000	121511	0.00	VV	0.0		0
6		0.0317	2.195	0.000	2349	0.00	VV	0.0		0
7		0.0368	2.235	0.000	2721	0.00	VV	0.0		0
8		0.0348	2.275	0.000	2576	0.00	VV	0.0		0
9		0.0439	2.322	0.000	3251	0.00	VV	0.0		0
10		0.0309	2.408	0.000	2290	0.00	VV	0.0		0
11		0.0521	2.465	0.000	3854	0.00	VV	0.0		0
12		0.0394	2.625	0.000	2913	0.00	VV	0.0		0
13	Nitrobenzene	0.0240	4.110	0.000	1774	0.00	BB	1.2		0
Totals		100.0001		0.000	7400634					

รูปที่ ข.27 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/22/2008 12:01:59
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	300-3-middlec.mth
Injection Date:	03/21/2008 07:25:12 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



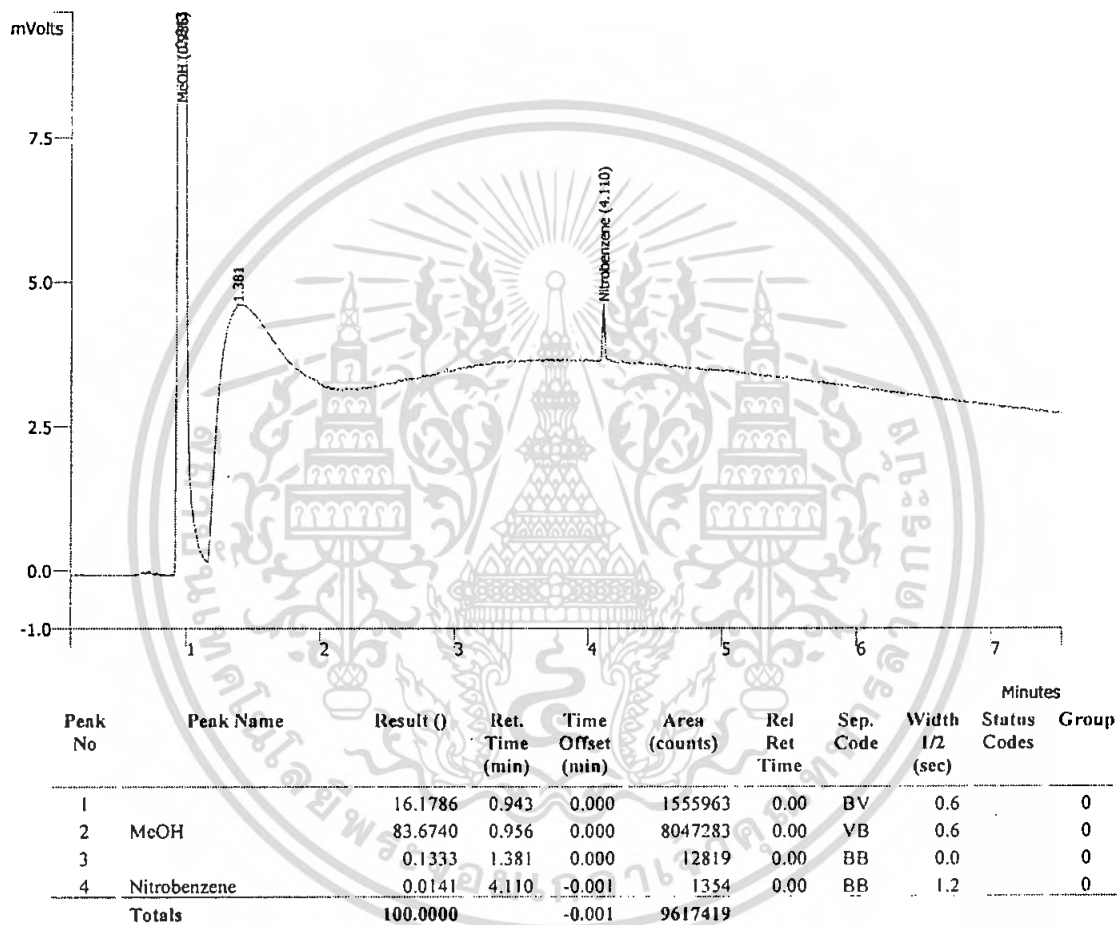
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Minutes Status Codes	Group
1		13.1448	0.893	0.000	1038062	0.00	BV	0.9		0
2		2.3592	0.920	0.000	186307	0.00	VV	0.6		0
3		1.8299	0.929	0.000	144513	0.00	VV	1.1		0
4	MeOH	81.6919	0.959	-0.000	6451333	0.00	VB	0.6		0
5		0.4115	1.380	0.000	32498	0.00	BV	0.0		0
6		0.5411	1.428	0.000	42733	0.00	VB	0.0		0
7	Nitrobenzene	0.0216	4.096	-0.000	1704	0.00	BB	1.1		0
Totals		100.0000		0.000	7897150					

รูปที่ ข.28 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 300 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/21/2008 11:40:10
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	4
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	300-1-middle.mth
Injection Date:	03/21/2008 08:13:00 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	12.367	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A

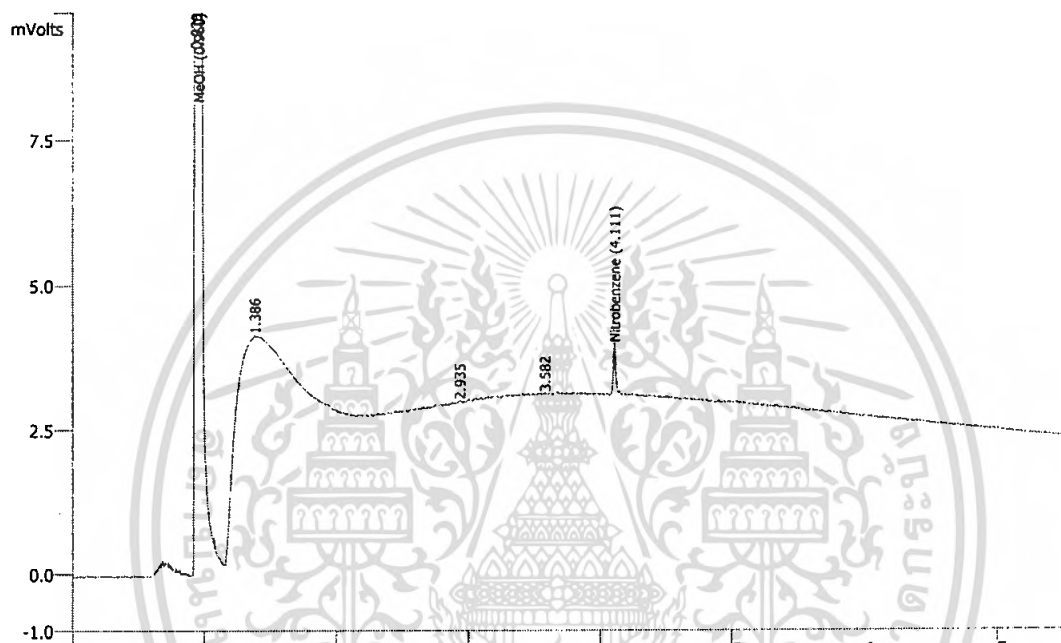


รูปที่ ข.29 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 350 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/21/2008 11:40:10
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	4
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	300-1-middle.mth
Injection Date:	03/21/2008 10:04:56 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



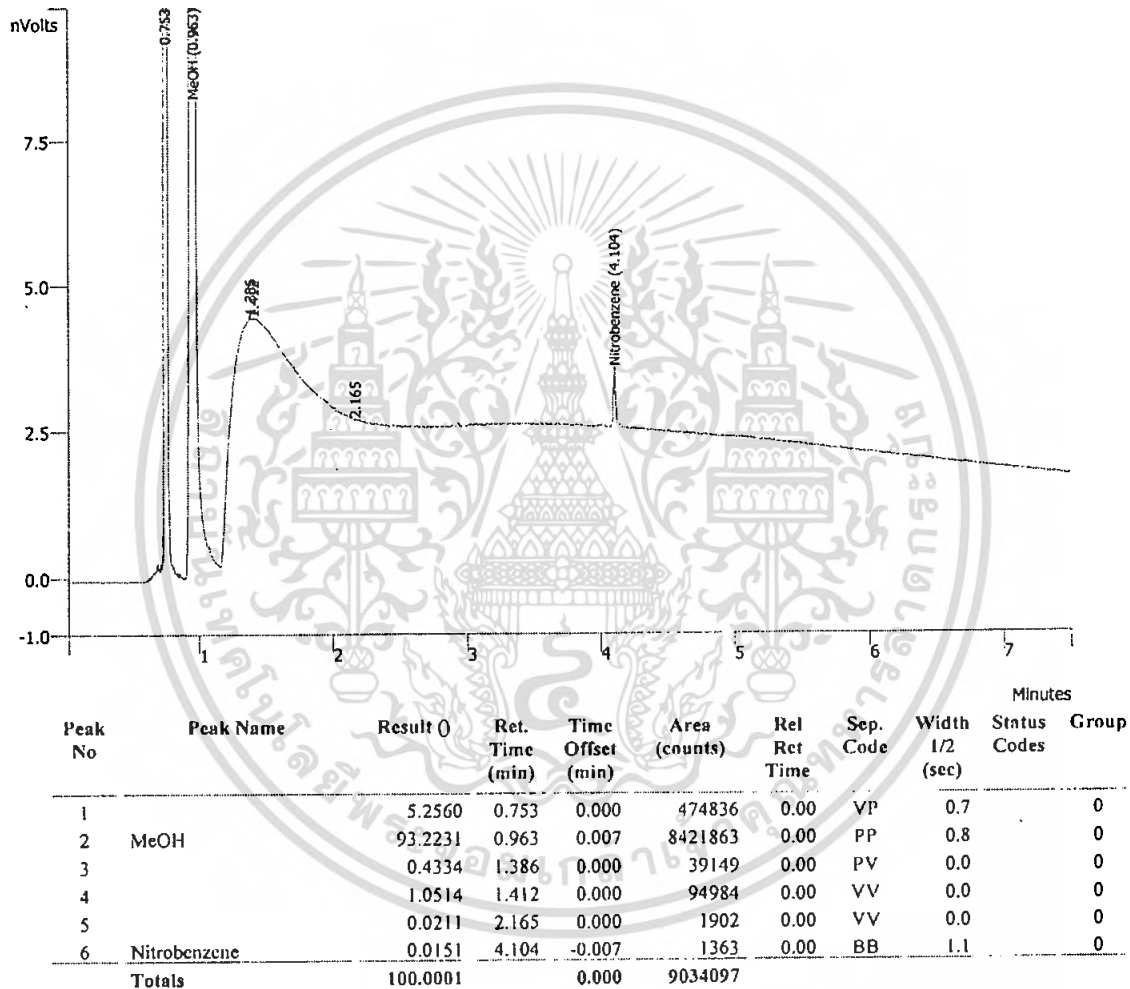
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Minutes Status Codes	Group
1		12.4711	0.939	0.000	988242	0.00	PV	0.8		0
2	MeOH	86.2707	0.960	0.004	6836310	0.00	VP	0.6		0
3		1.1870	1.386	0.000	94059	0.00	PB	0.0		0
4		0.0177	2.935	0.000	1403	0.00	BV	30.6		0
5		0.0370	3.582	0.000	2928	0.00	VV	0.0		0
6	Nitrobenzene	0.0166	4.111	0.000	1317	0.00	BB	1.3		0
Totals		100.0001		0.004	7924259					

รูปที่ ข.30 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
การไหล 350 มิลลิลิตรต่ออนาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/21/2008 11:40:10
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	6
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	300-1-middle.mth
Injection Date:	03/20/2008 12:50:45	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A

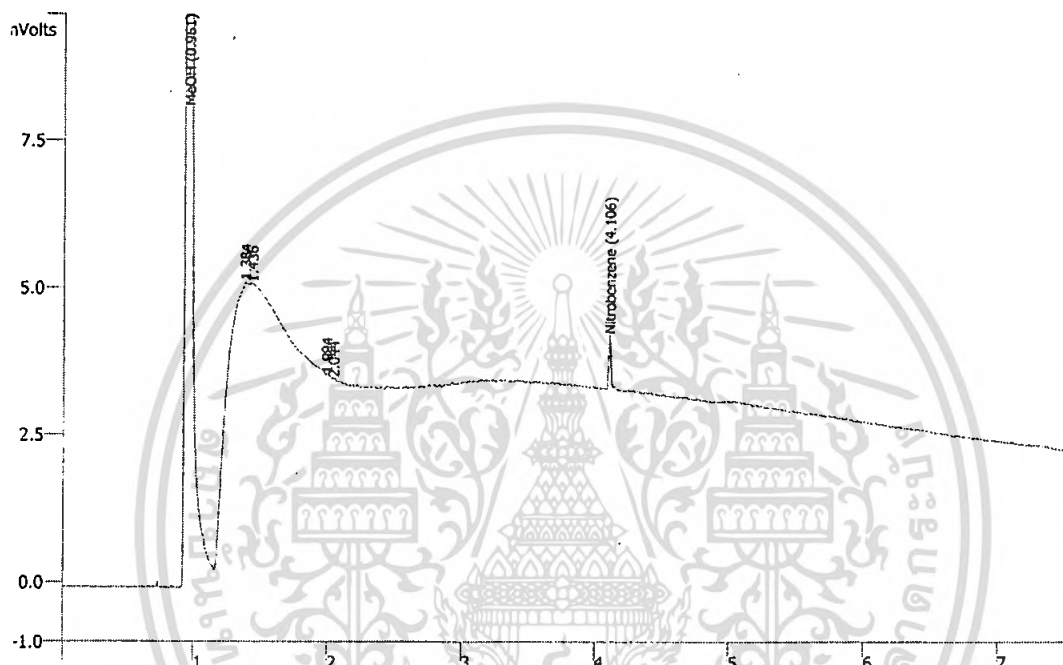


รูปที่ ข.31 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 350 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/21/2008 11:48:49
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	350-1-middle.mth
Injection Date:	03/15/2008 04:10:15	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



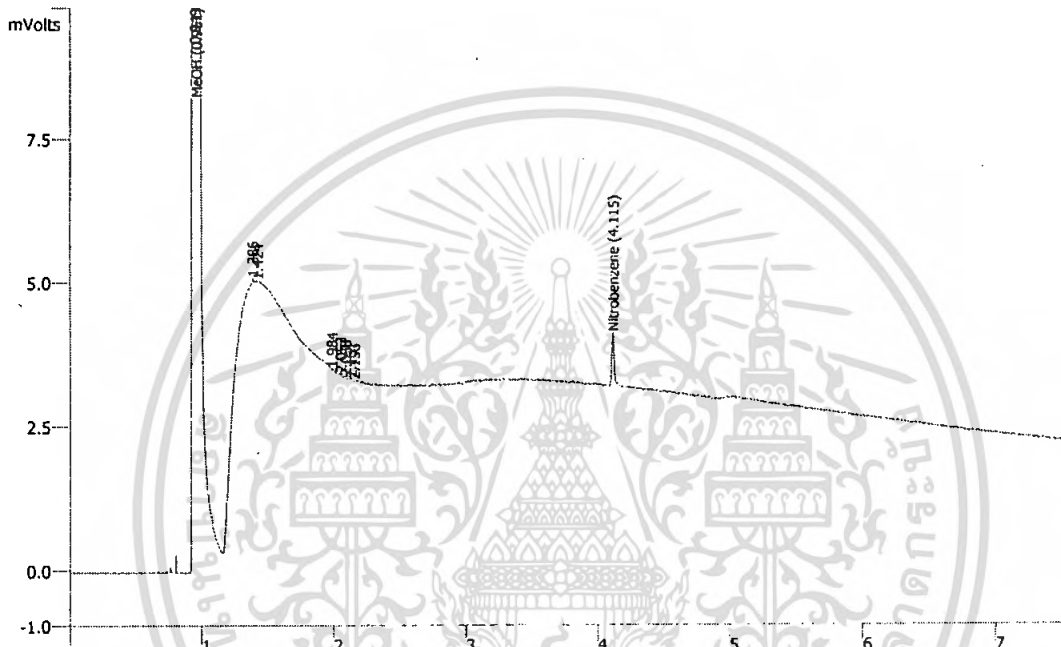
Peak No	Peak Name	Result ()	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1	MeOH	98.6437	0.961	-0.000	10200011	0.00	PB	0.9		0
2		0.4106	1.384	0.000	42458	0.00	BV	0.0		0
3		0.8798	1.436	0.000	90978	0.00	VV	0.0		0
4		0.0234	1.994	0.000	2421	0.00	VV	0.0		0
5		0.0170	2.044	0.000	1759	0.00	VV	0.0		0
6	Nitrobenzene	0.0121	4.106	0.000	1251	0.00	BB	1.2		0
Totals		99.9866		0.000	10338878					

รูปที่ ข.32 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
การไหล 400 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/21/2008 11:49:27
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	350-2-middle.mth
Injection Date:	03/15/2008 03:36:29	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



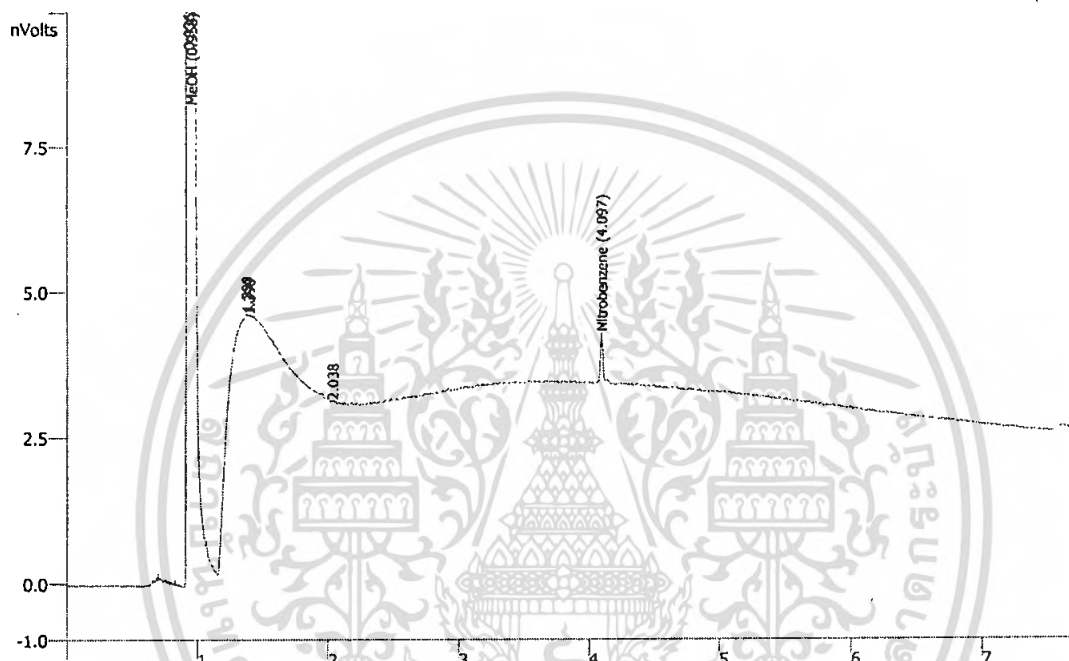
Peak No	Peak Name	Result ()	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		14.8028	0.949	0.000	1486184	0.00	BV	0.6		0
2	MeOH	83.6998	0.961	0.000	8403376	0.00	VP	0.7		0
3		0.4099	1.386	0.000	41155	0.00	PV	0.0		0
4		0.9585	1.424	0.000	96237	0.00	VV	0.0		0
5		0.0459	1.984	0.000	4606	0.00	VV	0.0		0
6		0.0156	2.053	0.000	1562	0.00	VV	0.0		0
7		0.0211	2.088	0.000	2122	0.00	VV	0.0		0
8		0.0141	2.131	0.000	1418	0.00	VV	0.0		0
9		0.0197	2.156	0.000	1983	0.00	VV	0.0		0
10	Nitrobenzene	0.0125	4.115	-0.000	1259	0.00	BB	1.2		0
Totals		99.9999		0.000	10039902					

รูปที่ ข.33 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
การไหล 400 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/21/2008 11:50:38
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	350-3-middle.mth
Injection Date:	03/21/2008 10:47:06 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	7.712	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



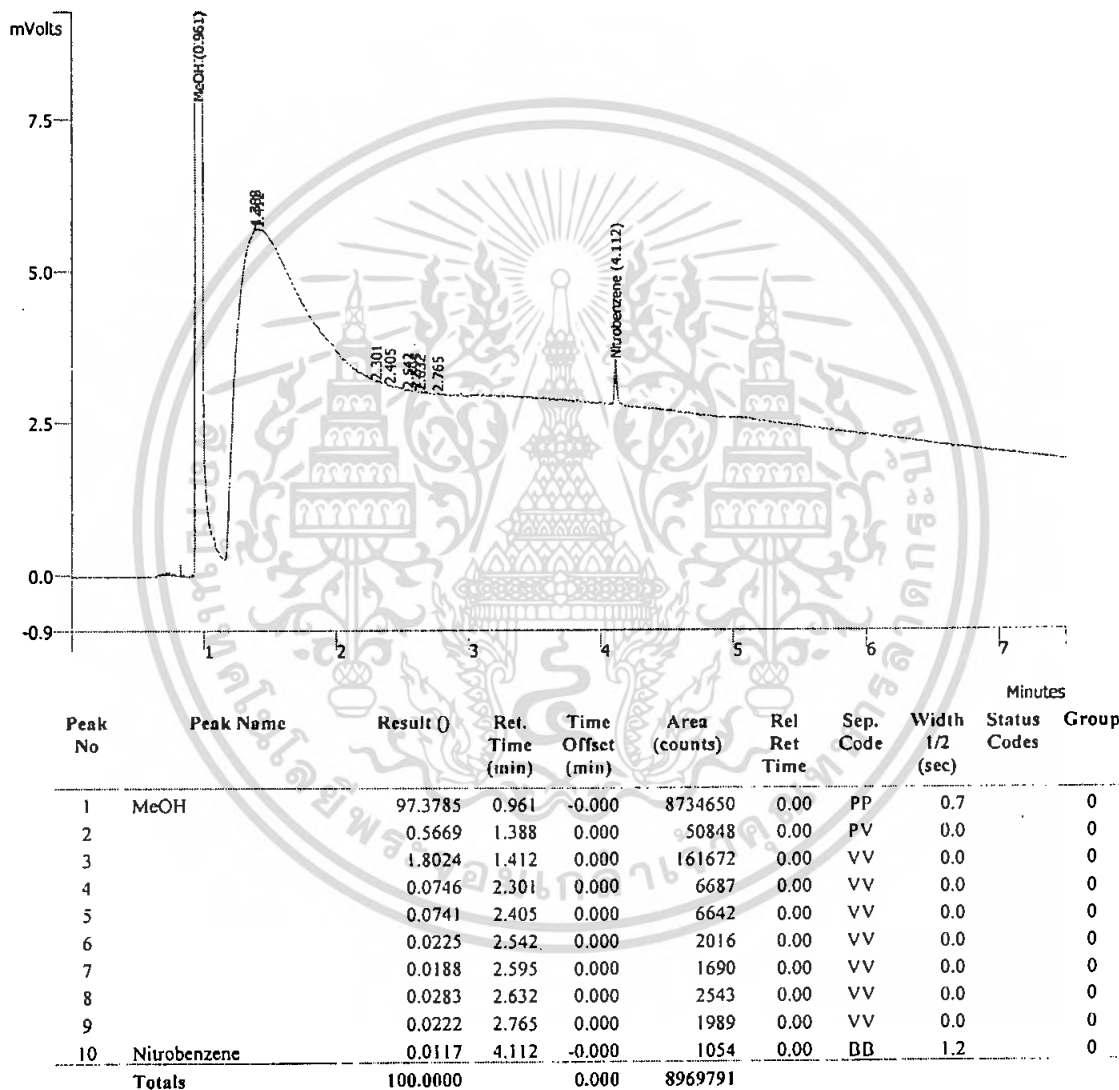
Peak No	Peak Name	Result ()	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1		15.1822	0.936	0.000	1362500	0.00	BV	1.0		0
2	MeOH	83.4686	0.958	-0.000	7490755	0.00	VP	0.6		0
3		0.4446	1.380	0.000	39900	0.00	PV	0.0		0
4		0.8743	1.398	0.000	78463	0.00	VV	0.0		0
5		0.0161	2.038	0.000	1449	0.00	VV	0.0		0
6	Nitrobenzene	0.0141	4.097	-0.001	1268	0.00	BB	1.2		0
Totals		99.9999		-0.001	8974335					

รูปที่ ข.34 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 400 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/20/2008 02:18:29
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	vary-f1350-f5-middle.mth
Injection Date:	03/20/2008 02:03:03	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A

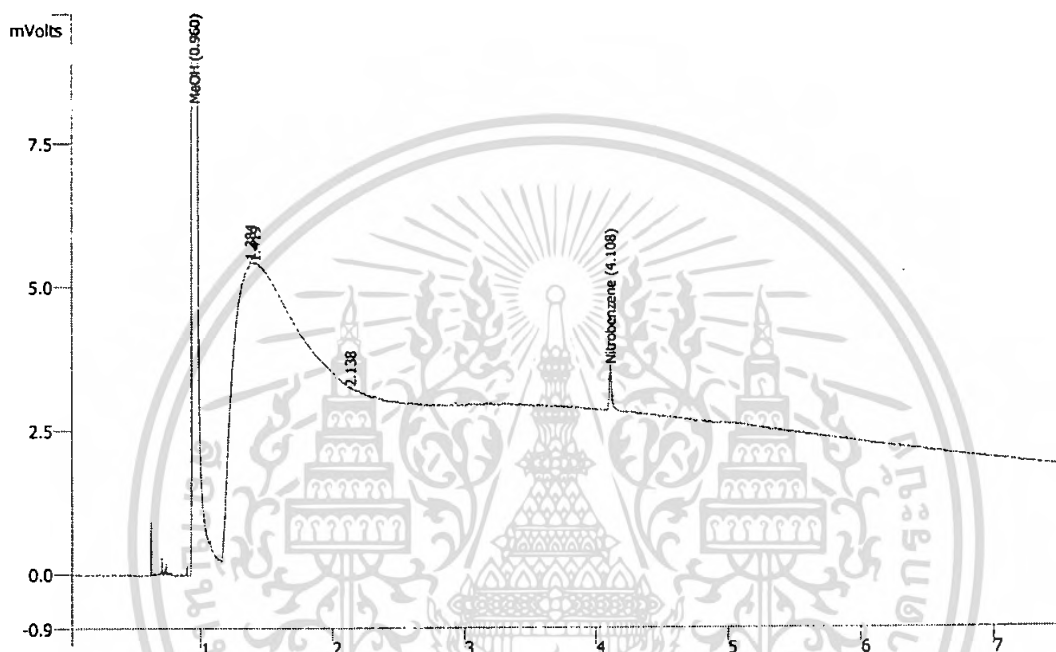


รูปที่ ข.35 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
การไหล 450 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/20/2008 02:53:03
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	vary-f1350-f7-middle.mth
Injection Date:	03/20/2008 02:36:42	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



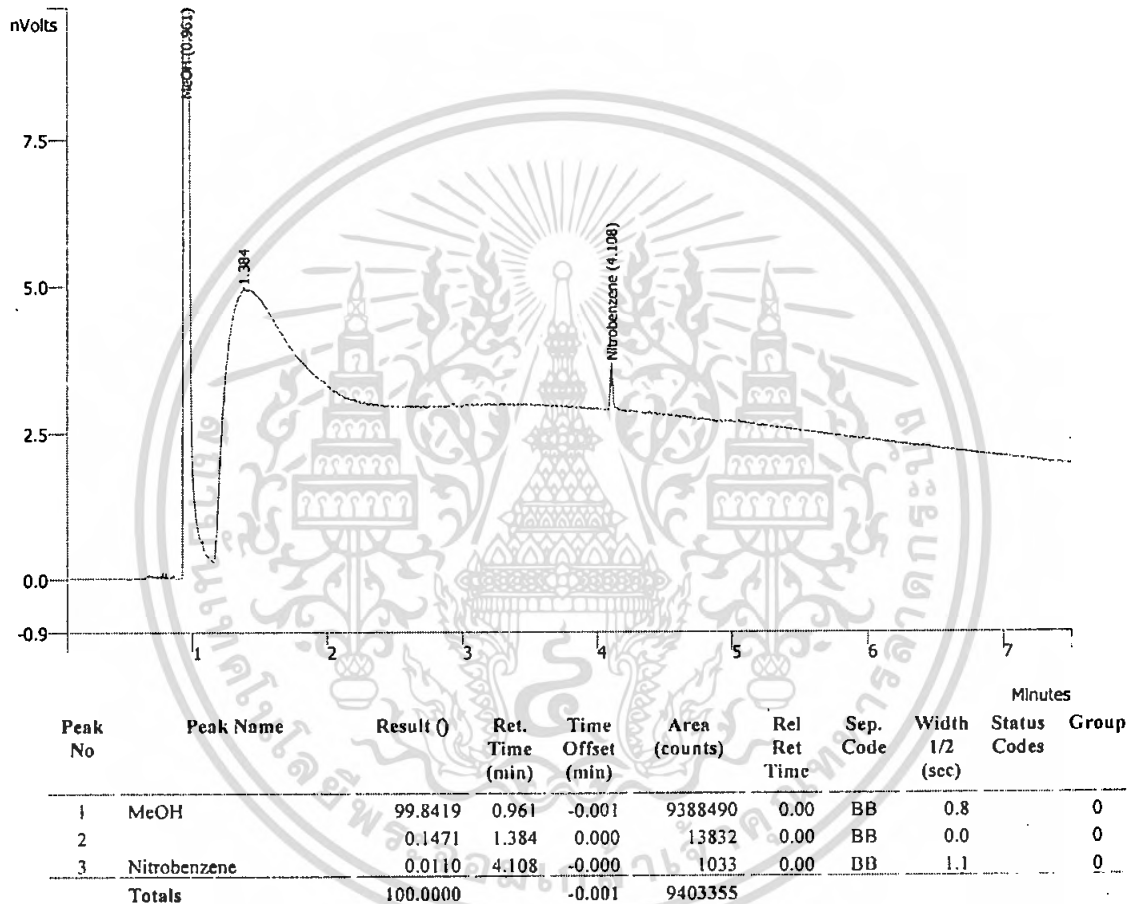
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Minutes Status Codes	Group
1	MeOH	98.2734	0.960	-0.000	9374274	0.00	PB	0.8		0
2		0.4904	1.384	0.000	46778	0.00	BV	0.0		0
3		1.2137	1.419	0.000	115770	0.00	VV	0.0		0
4		0.0115	2.138	0.000	1093	0.00	VV	0.0		0
5	Nitrobenzene	0.0111	4.108	0.000	1056	0.00	BB	1.1		0
Totals		100.0001		0.000	9538971					

รูปที่ ข.36 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 450 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/20/2008 02:34:59
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	3
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	vary-f1350-f6-middle.mth
Injection Date:	03/20/2008 02:19:29	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A

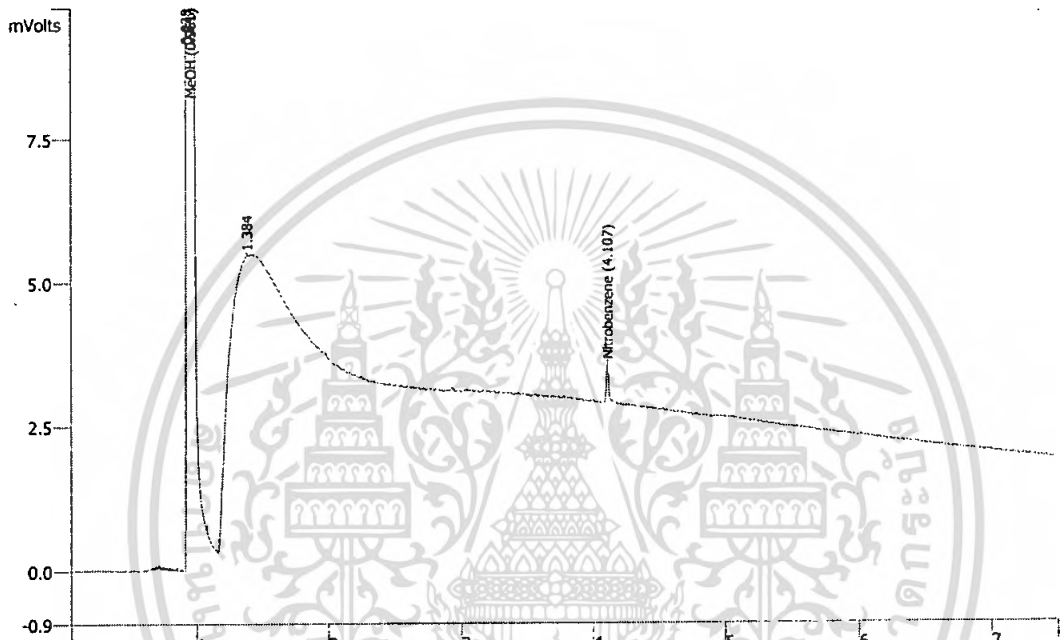


รูปที่ ข.37 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตราการไหล 450 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/22/2008 12:19:44
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	5
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	500-1-middle.mth
Injection Date:	03/19/2008 03:25:41 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



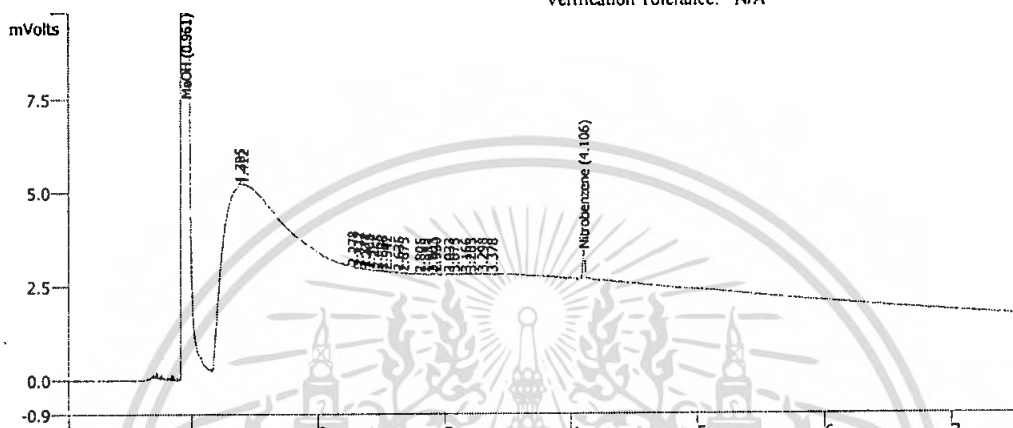
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Group
1		0.1414	0.928	0.000	12517	0.00	BV	0.9		0
2		10.6086	0.947	0.000	939157	0.00	VV	0.5		0
3	MeOH	89.0803	0.961	-0.001	7886126	0.00	VB	0.7		0
4		0.1590	1.384	0.000	14072	0.00	BB	0.0		0
5	Nitrobenzene	0.0108	4.107	0.000	953	0.00	BB	1.1		0
Totals		100.0001		-0.001	8852825					

รูปที่ ข.38 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
การไหล 500 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/22/2008 12:19:44
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	8
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	500-1-middle.mth
Injection Date:	03/19/2008 07:54:05 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.488	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



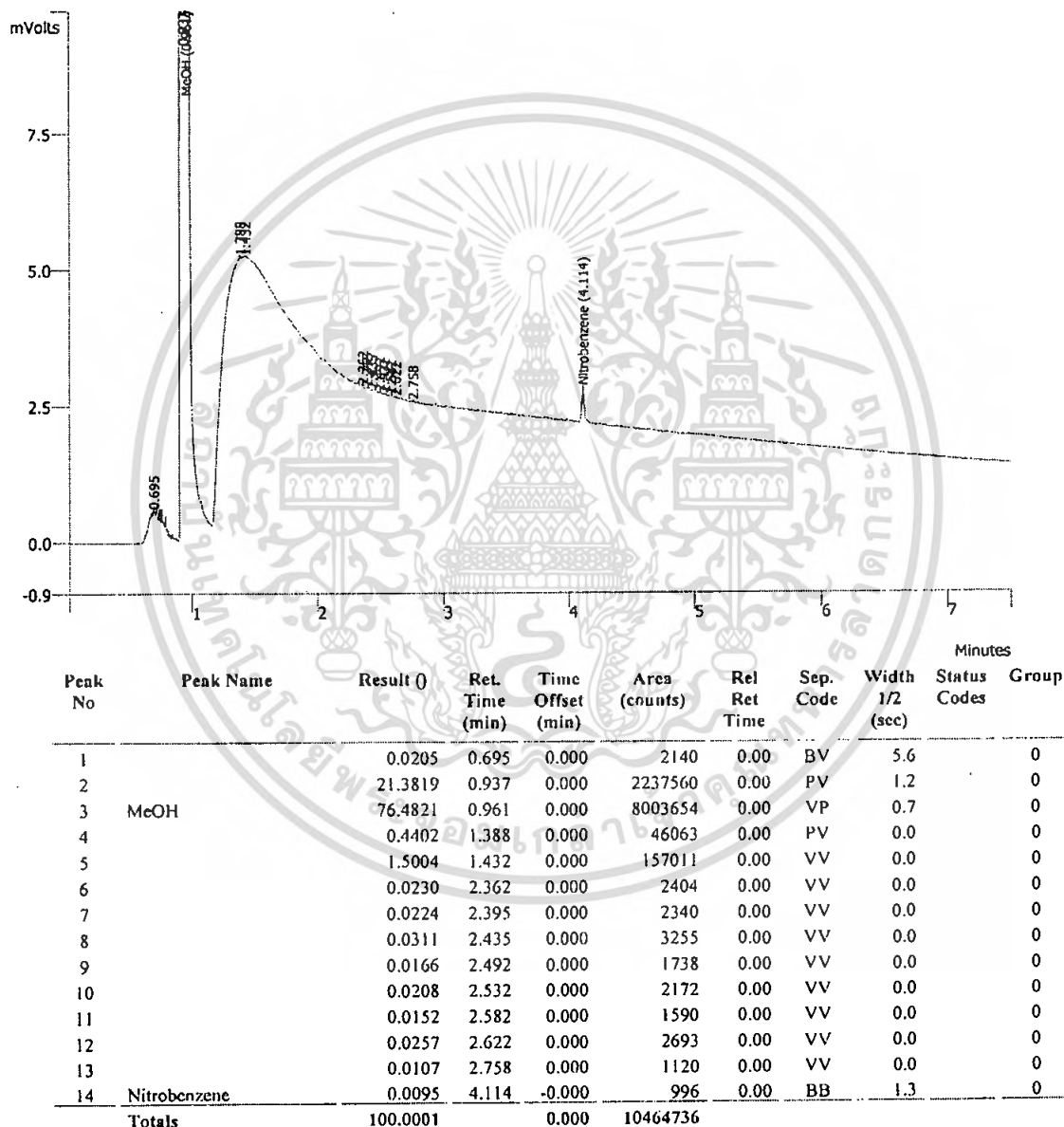
Peak No	Peak Name	Result (%)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Rel Ret Time	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes	Minutes Group
1	MeOH	96.7411	0.961	0.000	7789162	0.00	PP	0.6		0
2		0.5836	1.385	0.000	46986	0.00	PV	0.0		0
3		1.9527	1.412	0.000	157223	0.00	VV	0.0		0
4		0.0426	2.278	0.000	3429	0.00	VV	0.0		0
5		0.0675	2.322	0.000	5437	0.00	VV	0.0		0
6		0.0325	2.372	0.000	2620	0.00	VV	0.0		0
7		0.0385	2.408	0.000	3097	0.00	VV	0.0		0
8		0.0546	2.465	0.000	4400	0.00	VV	0.0		0
9		0.0419	2.508	0.000	3371	0.00	VV	0.0		0
10		0.0734	2.542	0.000	5913	0.00	VV	0.0		0
11		0.0322	2.635	0.000	2591	0.00	VV	0.0		0
12		0.0874	2.675	0.000	7039	0.00	VV	0.0		0
13		0.0249	2.805	0.000	2005	0.00	VV	0.0		0
14		0.0245	2.845	0.000	1974	0.00	VV	0.0		0
15		0.0241	2.903	0.000	1942	0.00	VV	0.0		0
16		0.0242	2.930	0.000	1951	0.00	VV	0.0		0
17		0.0426	3.033	0.000	3432	0.00	VV	0.0		0
18		0.0169	3.075	0.000	1358	0.00	VV	0.0		0
19		0.0331	3.166	0.000	2665	0.00	VV	0.0		0
20		0.0120	3.205	0.000	966	0.00	VV	0.0		0
21		0.0246	3.298	0.000	1982	0.00	VV	0.0		0
22		0.0136	3.378	0.000	1095	0.00	VV	0.0		0
23	Nitrobenzene	0.0114	4.106	-0.001	919	0.00	BB	1.1		0
Totals		99.9999		-0.001	8051557					

รูปที่ ข.39 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
การไหล 500 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

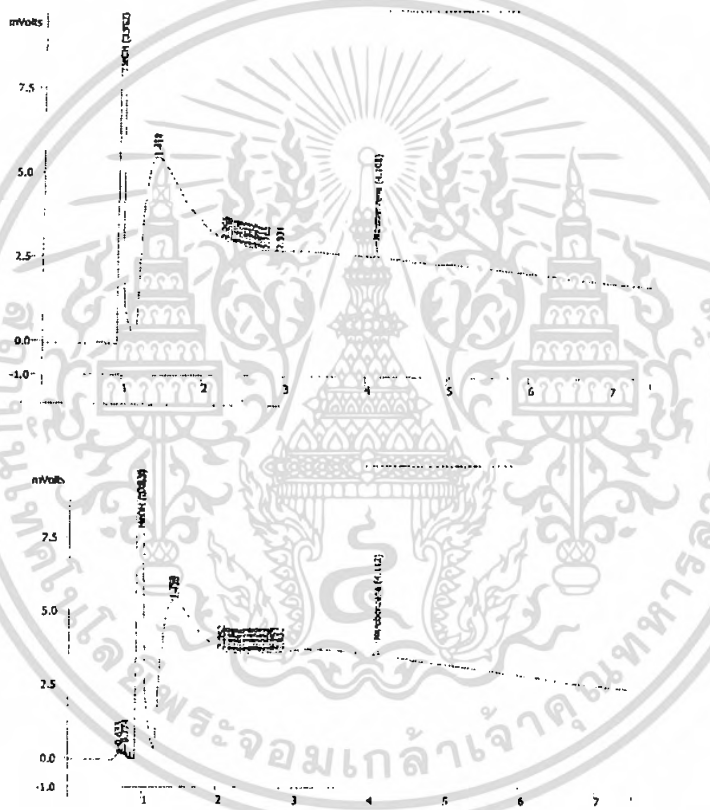
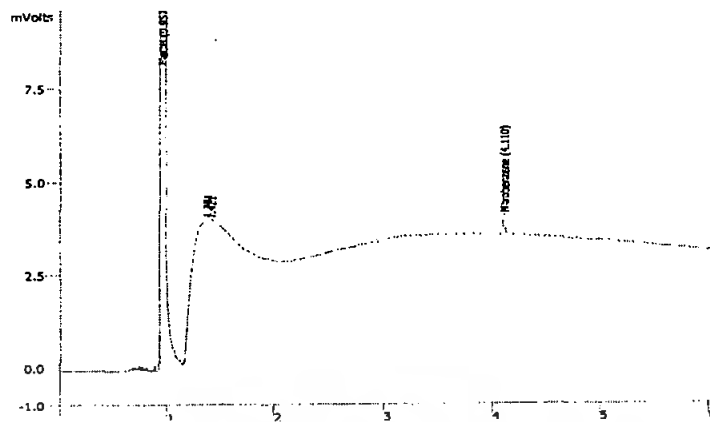
Faculty of Science
King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Data File:	c:\star\data\ic-new-zung\real vary	Operator (Calc):	NEE
Channel:	Middle = FID RESULTS	Calc Date:	03/22/2008 12:21:41
Sample ID:	Manual Sample	Times Calculated:	9
Operator (Inj):	NEE	Calculation Method:	500-3-middle.mth
Injection Date:	03/18/2008 10:50:31 PM	Instrument (Calc):	Varian Star #1
Injection Method:	c:\star\demo-test\method new1.mth	Run Mode:	Analysis
Run Time (min):	13.487	Peak Measurement:	Peak Area
Workstation:		Calculation Type:	Percent
Instrument (Inj):	Varian Star #1	Calibration Level:	N/A
		Verification Tolerance:	N/A



รูปที่ ข.40 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 500 ppm ที่อัตรา
การไหล 500 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ครั้งที่	พื้นที่ใต้พีค ไนโตรเบนซีน	ค่าเวลาการคงไว้
1	793	4.110
2	731	4.108
3	771	4.112

รูปที่ ข.41 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 200 ppm ที่อัตรา

การไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1, 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	พื้นที่ได้พื้ก ไนโตรเบนซีน	ค่าเวลาการคงไว้
1	793	4.110
2	731	4.108
3	771	4.112

รูปที่ ข.41 แสดงโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานไนโตรเบนซีนเข้มข้น 200 ppm ที่อัตราการไหล 250 มิลลิลิตรต่อนาที ครั้งที่ 1, 2 และ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้