

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอลในเครื่องดื่ม

แอลกอฮอล์ด้วยระบบ Flow Injection Analysis (FIA)



นางสาวปัทมา คำอู่่น
นางสาวแพรวพรรณ อินโปชา
นางสาววรรณิศา ชเนศบูรพาทรัพย์

วท.
21533ก
2650

เลขหมู่.....107874

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี - 8 ส.ย. 2553

b.....12213627
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม- เครื่องมือวิเคราะห์

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Determination of Acetaldehyde and Ethanol in Alcoholic Beverage
by Flow Injection Analysis (FIA)**



**A Special Project submitted in Partial Fulfillment of 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 การพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณ อะซีทาลดีไฮด์และเอทานอลใน เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ด้วยเทคนิค Flow Injection Analysis (FIA)

นักศึกษา นางสาวปัทมา คำอุ่น รหัสนักศึกษา 47050464
 นางสาวแพรวพรรณ อินโปธา รหัสนักศึกษา 47050473
 นางสาววรรณิศา ชเนศบุรพาทรัพย์ รหัสนักศึกษา 47050481

ภาควิชา เคมี
 สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
 อาจารย์ที่ปรึกษา คร.ณัฐวุฒิ เจริงชั้น
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	
กรรมการ ผศ.ศณิศา ตั้งคณานุกรักษ์	
กรรมการ คร.ณัฐวุฒิ เจริงชั้น	


 (ผศ. ดร. ชลอ จารุสุทธิรักษ์)
 หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณ อะซีทัลดีไฮด์และเอทานอลใน		
	เครื่องคัมแอลกอฮอล์ด้วย Flow Injection Analysis (FIA)		
นักศึกษา	นางสาวปีพามา	คำอูน	รหัสนักศึกษา 47050464
	นางสาวแพรวพรรณ	อิน โปธา	รหัสนักศึกษา 47050473
	นางสาววรรณิศา	ธนศบูรพาทรัพย์	รหัสนักศึกษา 47050481
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์		
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์		
ปีการศึกษา	2550		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ณัฐวุฒิ	เชิงชั้น	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รศ.อรุณี	คงศักดิ์ไพศาล	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการพัฒนาเทคนิค Flow injection Analysis (FIA) ร่วมกับเชื้อเลือกผ่านที่ยอมให้เฉพาะแก๊สผ่าน (Gas Diffusion) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล โดยอะซีทัลดีไฮด์จะแพร่ผ่าน Gas Diffusion เข้าสู่กระแสของสารละลายผสมระหว่างมอร์โฟลีนกับโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ เกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์สีฟ้า ถูกตรวจวัดด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 600 nm ในโครงการนี้ได้ออกแบบระบบ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบแรกจะตรวจวัดเฉพาะอะซีทัลดีไฮด์ที่มีอยู่ในสารตัวอย่างเท่านั้น ในระบบที่สองจะตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์ที่เกิดจากเอทานอลทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในการศึกษาหาปริมาณของอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล กราฟมาตรฐานอยู่ในช่วง 10-50 % v/v และ 1×10^{-3} - 5×10^{-3} M ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ ($n=10$) เท่ากับ 4.4955 % , 2.1410% ของเอทานอล 10%v/v และ 50 %v/v ตามลำดับ สำหรับอะซีทัลดีไฮด์ 1×10^{-3} M และ 5×10^{-3} M มี ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ ($n=10$) เท่ากับ 3.6635% , 2.9470% ตามลำดับ ในการใช้ Gas Diffusion นั้นทำให้วิธีวิเคราะห์นั้นมีความจำเพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้นในการวิเคราะห์ปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Determination of Acetaldehyde and Ethanol in Alcoholic Beverage by Flow Injection Analysis
Name	Miss Patthama Kumoun Miss Prawpan Inpota Miss Wannisa Thanateboorapashup
Department	Chemistry
Program	Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Dr. Nathawut Choengchan
Special Project co-advisor	Assoc.Prof.Arunee Kongsakphaisal

ABSTRACT

This work presents a simple flow injection analysis (FIA) system with gas-diffusion (GD) for selective detection of acetaldehyde and ethanol. By means of GD, acetaldehyde in injected zone of standard/ sample solution is permeated from donor stream of water, through a hydrophobic membrane (fitted inside a GD unit), into a mixed reagent stream of sodiumnitroprusside and morpholine. Blue-colored complex is developed and is consequently monitored at 600 nm. For determination of ethanol, oxidation of ethanol, using acidic permanganate as donor stream, to become acetaldehyde was carried out with subsequent detection of acetaldehyde. The system provides the linear working range of acetaldehyde and ethanol in the concentration range of 1×10^{-5} - 5×10^{-5} M and of 10-50 % (v/v), respectively. By using the GD, selective analysis of acetaldehyde and ethanol from matrix can be achieved. The system can also be exploited for speciation of acetaldehyde and ethanol.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีในครั้งนี้ ได้รับความกรุณาและความช่วยเหลือ ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา คร.ณัฐวุฒิ เชิงชัน รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาลและรวมทั้งคณะกรรมการซึ่งประกอบด้วย คร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ และ ผศ.คณิตา ตั้งคณานุรักษ์ที่สละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบ ให้คำปรึกษา ช่วยแก้ไขปัญหา และเอาใจใส่ดูแลเป็นอย่างดี จนโครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ นายสุรินทร์ เหล่าพระจันทร์ เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี รวมทั้งแม่บ้านที่คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกๆด้าน

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง และเพื่อนร่วมรุ่นที่เป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือในทุกด้านจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นางสาวปีتما คำอ่อน

นางสาวแพรวพรรณ อินโปธา

นางสาววรรณิศา ธนศบูรพาทรัพย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและแรงจูงใจในการทำงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตในการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หลักการของ Flow Injection Analysis (FIA)	3
2.2 การกระจาย (dispersion)	4
2.3 การกระจายที่ถูกควบคุม	5
2.4 ส่วนประกอบของเครื่องมือ	7
2.5 FIA ร่วมกับ Gas-diffusion (GD) เพื่อการวิเคราะห์สารระเหย อย่างจำเพาะเจาะจง	9
2.6 เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer หลักการวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์ และเอทานอลด้วย FIA-GD	10
2.7 หลักการวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์ และเอทานอลด้วย FIA-GD	11
2.8 การสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์	18
3.2 วิธีการทดลอง	19
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการวิเคราะห์หาปริมาณ อะซีทัลดีไฮด์	27
4.2 พัฒนาระบบ FI เพื่อวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	41
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับระบบ FIA	6
ตารางที่ 2.2 แสดงรายชื่องานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เอทานอล	12
ตารางที่ 2.3 แสดงรายชื่องานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์	15
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์	27
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μ L	29
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเอทานอล เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μ L	31
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ ที่ช่วงความเข้มข้น 1×10^{-3} - 5×10^{-3} M	33
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเอทานอล ที่ช่วงความเข้มข้น 10-50 % v/v	34
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่วัดซ้ำ 10 ครั้ง	36
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแม่นยำ (% recovery)	36
ตารางที่ ๓.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ทำการวัดซ้ำ 10 ครั้ง	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงระบบ FIA RC: reaction coil	3
รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ sample zone ในกระแสตัวพา	4
รูปที่ 2.3 แสดงถึงการทำงานของ Peristaltic pump	7
รูปที่ 2.4 แสดงถึงระบบการทำงานของ Injection valve	7
รูปที่ 2.5 แสดงถึง Mixing coil	8
รูปที่ 2.6 แสดงระบบ FIA ร่วมกับ GD เพื่อการวิเคราะห์สารระเหยอย่างจำเพาะเจาะจง	9
รูปที่ 2.7 แสดงภาพถ่ายของ GD unit	9
รูปที่ 3.1 แสดงระบบ FI เพื่อวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล	20
รูปที่ 3.2 แสดงภาพถ่ายระบบ FI-GD เพื่อใช้วิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล	21
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์	27
รูปที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยาระหว่าง สารละลายผสม มอร์โฟลิ กับ โซเดียมไนโตรพรัสไซด์	28
รูปที่ 4.3 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL	29
รูปที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL	30
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายเอทานอล เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL	31
รูปที่ 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเอทานอล เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL	32
รูปที่ 4.7 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์	33
รูปที่ 4.8 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ในช่วงความเข้มข้น 1×10^{-3} - 5×10^{-3} M	34
รูปที่ 4.9 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเอทานอล	35
รูปที่ 4.10 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอลในช่วงความเข้มข้น 10-50 % v/v	36
รูปที่ 4.11 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์เมื่อลากเส้นตัดแกน y	39
รูปที่ 4.12 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเมื่อลากเส้นตัดแกน y	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข	
รูปที่ ข.1 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100 μL	45
รูปที่ ข.2 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 300 μL	45
รูปที่ ข.3 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 500 μL	46
ภาคผนวก ค	
รูปที่ ค.1 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอล เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100 μL	47
รูปที่ ค.2 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอล เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 300 μL	47
รูปที่ ค.3 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอล เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 500 μL	48
ภาคผนวก ง	
รูปที่ ง.1 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ 1×10^{-3} M วัดซ้ำ 10 ครั้ง	50
รูปที่ ง.2 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ 5×10^{-3} M วัดซ้ำ 10 ครั้ง	50
รูปที่ ง.3 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอล 10 % v/v วัดซ้ำ 10 ครั้ง	51
รูปที่ ง.4 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอล 10 % v/v วัดซ้ำ 10 ครั้ง	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

ในกระบวนการผลิตเครื่องคั้นแอลกอฮอล์ เช่น เหล้า เบียร์ ไวน์ และน้ำหมักชีวภาพ สามารถทำได้โดยนำวัตถุดิบธรรมชาติ ได้แก่ พืช ผัก ผลไม้ มาหมักกับจุลินทรีย์ซึ่งจะได้ผลผลิตคือเอทานอล อย่างไรก็ตามในระหว่างขั้นตอนการหมัก นอกจากจะเกิดเอทานอลแล้ว ยังอาจเกิดอะซิทัลดีไฮด์ด้วย เนื่องจากสภาวะการหมักไม่เหมาะสมเช่น อุณหภูมิสูง หรือกระบวนการหมักยังไม่สิ้นสุด ทำให้จุลินทรีย์ยังไม่เปลี่ยนอะซิทัลดีไฮด์ให้เป็นเอทานอล ถ้าอะซิทัลดีไฮด์ เข้าสู่ร่างกายจะทำให้ คอแห้ง ไอ ปวดหัว นอกจากนี้อะซิทัลดีไฮด์ยังจัดเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่งอีกด้วย ในประเทศไทย กรมสรรพสามิตได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์เครื่องคั้นแอลกอฮอล์ โดยระบุให้มีปริมาณเอทานอลอยู่ในช่วง 15-40 ดีกรี และปริมาณอะซิทัลดีไฮด์ ไม่เกิน 160 ppm [1]

ดังนั้นการวิเคราะห์อะซิทัลดีไฮด์และเอทานอลในเครื่องคั้นแอลกอฮอล์จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ในแง่ของ การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคเมื่อเลือกซื้อเครื่องคั้นแอลกอฮอล์

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการพิเศษ

พัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาอะซิทัลดีไฮด์และเอทานอล โดยใช้เทคนิคโฟลอินเจกชันและใช้เครื่อง ฮิว-วลิเบด สเปกโทรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องตรวจวัด

1.3 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

1. สืบค้นและทบทวนสารอ้างอิงเกี่ยวกับวิธีวิเคราะห์อะซิทัลดีไฮด์และเอทานอล
2. การทดลองเบื้องต้น เพื่อศึกษาว่าสามารถทำปฏิกิริยาที่เลือกไว้ (จะกล่าวในรายละเอียดในบทที่ 2) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอะซิทัลดีไฮด์และเอทานอลได้
3. พัฒนาระบบโฟลอินเจกชันและหาสภาวะที่เหมาะสมของการทดลอง
4. ศึกษาคุณลักษณะเด่นของการวิเคราะห์
5. ประยุกต์ใช้กับตัวอย่างจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ระบบวิเคราะห์ที่สะดวก รวดเร็ว และสามารถพัฒนาให้ระบบวิเคราะห์แบบอัตโนมัติได้ เพื่อใช้เป็นวิธีสำหรับควบคุมคุณภาพของการผลิตเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ประเภท เหล้า เบียร์ ไวน์



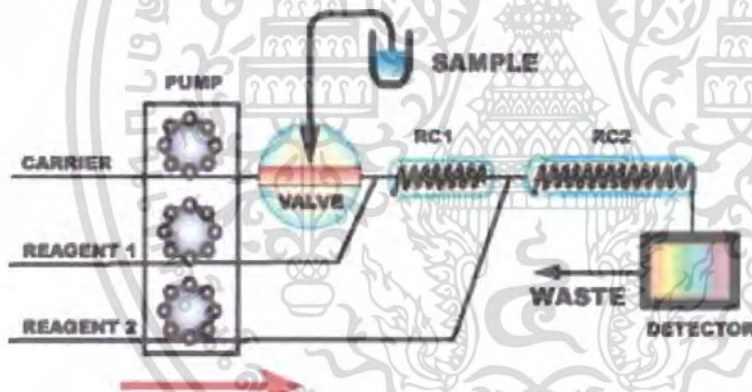
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการของ Flow Injection Analysis (FIA) [2]

FIA เป็นวิธีการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติซึ่งอาศัยหลักการพื้นฐาน คือ มีการฉีดสารละลายตัวอย่างปริมาณน้อยๆ (30-200 ไมโครลิตร) ผ่านทาง injection port ของเครื่อง FIA เข้าสู่กระแสตัวพา ซึ่งอาจเป็นรีเอเจนต์ และ/หรือ ตัวทำละลายที่ไหลอย่างต่อเนื่องภายในท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก (0.35-0.9 mm.) โดยปราศจากอากาศัน ด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสมและคงที่ตลอด ซึ่งควบคุมได้โดยการใช้เพอร์ิสต์ลิกปั๊ม (peristaltic pump) สารตัวอย่างจะผสมกับกระแสตัวพา แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น เช่น เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีการเปลี่ยนสี การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช และกระแสไฟฟ้า เป็นต้น แล้วติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่องตรวจวัดที่เหมาะสม แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงระบบ FIA RC: reaction coil [3]

ระยะทางระหว่างจุดฉีดสารตัวอย่างจนกระทั่ง ถูกพาเข้าสู่เครื่องตรวจวัดนั้น sample zone จะผสมกับสารตัวพา และ/หรือรีเอเจนต์ แล้วเกิดการกระจายตัว (dispersion) และการแพร่บางส่วน เกิดปฏิกิริยาที่เป็นไปได้ระหว่างสารตัวพากับกระแสตัวพา การแพร่จะเกิดขึ้นมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอัตราการไหล เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ ความยาวของท่อ และสัมประสิทธิ์การแพร่ของสปีชีส์ที่มีอยู่ ดังนั้นการกระจายตัวหรือการเจือจางของ sample zone สามารถควบคุมและปรับให้เหมาะสมตามความต้องการของการวิเคราะห์นั้นๆ โดยเลือกปริมาตรของการฉีดสารตัวอย่าง อัตราการไหลของกระแสตัวพา ความยาวของ reaction coil และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อที่ใช้ให้เหมาะสม

รูปร่างของ sample zone ในการกระแสตัวพาที่ถ่วงไหล ที่เวลาดังกล่าว กันสามารถแสดงได้
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ดังรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าหลังจากการฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าสู่ระบบ FIA นั้น sample zone จะมี
 เมื่อการฉีดเข้าสู่ระบบ FIA นั้น sample zone จะมี

concentration profile เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก ดังรูป 2.2.1 ขณะที่ sample zone เคลื่อนที่ไปภายในท่อ จะเกิด band broadening หรือการกระจายตัวขึ้น รูปร่างของ sample zone นี้เกิดจากปรากฏการณ์ 2 อย่าง คือ

1. การนำพา (convection) เกิดจากการไหลแบบ laminar เนื่องจากเมื่อของเหลวไหลผ่านท่อ ความเร็วที่ผนังท่อจะมีค่าเป็นศูนย์ และที่จุดศูนย์กลางของท่อจะมีความเร็วสูงสุด ดังนั้นเมื่อมี sample zone อยู่ในกระแสตัวพา sample zone นั้นจะมีลักษณะเป็นพาราโบลา ดังรูป 2.2.2

2. การแพร่ (diffusion) มี 2 แบบ คือ radial diffusion ซึ่งมีทิศตั้งฉากกับทิศทางการไหลของสารละลาย และ longitudinal diffusion ซึ่งมีทิศทางการไหลขนานกับทิศทางการไหลของสารละลาย



รูปที่ 2.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ sample zone ในกระแสตัวพาที่กำลังไหลเป็นฟังก์ชันของเวลาและรูปร่างของสัญญาณจากการวิเคราะห์ที่ได้แต่ละแบบ

2.2.1 ไม่เกิดการแพร่กระจาย

2.2.2 การแพร่กระจายเนื่องจากการพา

2.2.3 การแพร่กระจายโดยการพา และการแพร่ตั้งฉากกับการไหล

2.2.4 การแพร่กระจายเนื่องจากการแพร่

2.2 การกระจาย (dispersion) [4]

ขณะที่ sample zone เคลื่อนที่ผ่านท่อเล็กๆ ในระบบ FIA นั้นการกระจายตัวของ sample zone จะเพิ่มขึ้น นั่นคือค่าสัมประสิทธิ์การกระจายจะมีค่ามาก สามารถคำนวณหาค่า สัมประสิทธิ์การกระจายได้ดังต่อไปนี้

$$D = \frac{C^0}{C}$$

D คือสัมประสิทธิ์การกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
C คือความเข้มข้นเริ่มต้นขององค์ประกอบก่อนการกระจายตัว
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C คือความเข้มข้นที่จุดสูงสุดของการกระจายตัว

ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (D) สามารถหาได้โดยการนิศสารละลายที่ทราบความเข้มข้น C เข้าไปในระบบ FIA วัดค่าการดูดกลืนแสงใน flow-through cell หลังจากทำกราฟมาตรฐาน คำนวณหาค่า C จาก Beer's law

สัมประสิทธิ์การกระจาย (D) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราการไหล ความยาวของท่อ และขนาดหรือปริมาตรของสารตัวอย่าง เมื่อนิศสารตัวอย่างปริมาณมาก สัมประสิทธิ์การกระจายจะมีค่าเป็น 1 ภายใต้สภาวะเช่นนี้จะไม่มีการผสมของสารตัวอย่างกับสารในกระแสตัวพาเกิดขึ้นจึงไม่มีการแพร่ของสารตัวอย่างเกิดขึ้นด้วย ในการวิเคราะห์โดยวิธี FIA ส่วนมากต้องการให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารตัวอย่างกับกระแสตัวพาซึ่งในกรณีนี้สัมประสิทธิ์การกระจาย จะมีค่ามากกว่า 1 เสมอ

2.3 การกระจายที่ถูกควบคุม

พบว่าเทคนิค FIA จะมีการกระจายตัว 3 แบบ คือ การกระจายตัวแบบจำกัด การกระจายตัวแบบปานกลาง และการกระจายตัวอย่างมาก ซึ่งมีค่าการกระจายอยู่ในช่วง 1-3, 3-10 และมากกว่า 10 ตามลำดับ

2.3.1 การกระจายตัวแบบจำกัด

มีการกระจายตัวของ sample zone น้อยมาก ($D=1-3$) ใช้เมื่อต้องการวิเคราะห์หาองค์ประกอบเดิมของสารตัวอย่างที่เคลื่อนที่ถึงเครื่องตรวจวัดโดยไม่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น เช่น ต้องการหาค่าความเป็นกรด ค่าง การนำไฟฟ้า หรือ ionic strength ของสารตัวอย่างสารละลายที่ใช้เป็นกระแสตัวพานั้นจะไม่มีผลกระทบต่อวิเคราะห์สารตัวอย่างแต่อย่างใด เพียงแต่ทำหน้าที่เป็นตัวพาสารตัวอย่างเข้าสู่เครื่องตรวจวัดเท่านั้น การกระจายตัวของ sample zone แบบนี้เหมาะสำหรับใช้วิธีวิเคราะห์สาร คือ FIA-AAS, FIA-ICP-AES และใช้กับระบบ FIA ที่ใช้เครื่องตรวจวัดทางไฟฟ้า

2.3.2 การกระจายตัวแบบปานกลาง

sample zone มีการกระจายบ้างในกระแสตัวพาที่ทำหน้าที่เป็นรีเอเจนต์ และ/หรือ ตัวทำละลายก่อนที่จะเข้าสู่เครื่องตรวจวัด การกระจายตัวของ sample zone แบบนี้มีค่า $D = 3-10$ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์โดยวิธี FIA เป็นส่วนมาก เพราะเป็นเวลาที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดการผสมของสารตัวอย่างกับกระแสตัวพาและสารละลายรีเอเจนต์ ทำให้เกิดสารประกอบหรือสารประกอบเชิงซ้อนที่ดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ คายแสงแบบฟลูออเรสเซนซ์ ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องตรวจวัดได้ เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำโดยวิธี FIA colorimetric การหาปริมาณเหล็กในน้ำตัวอย่างโดยวิธี FIA colorimetric ทำได้โดยการนิศเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายตัวอย่างเข้าสู่ระบบ FIA เหล็ก (III) จะทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์เช่น 1,10-phenanthroline ให้สารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีแดงก่อนแล้วจึงเข้าสู่เครื่องตรวจวัด การกระจายของ sample zone แบบนี้จะต้องรอให้สารทำปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ก่อน นอกจากนี้ยังใช้กับเทคนิคที่มีการวัดความขุ่นอีกด้วย เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟต ความสูงของพีคจะลดลงเมื่อการกระจายตัว sample zone เพิ่มขึ้น

2.3.3 การกระจายตัวอย่างมาก

จะมีการกระจายตัวอย่างมากในกระแสตัวพา ซึ่งมีค่า D มากกว่า 10 ถ้าใช้ความยาวท่อที่ทำให้ mixing coil หรือ reaction part ระหว่างจุดฉีดสารตัวอย่างถึงจุดตรวจวัดยาวเกินไป พีคที่ได้จะกว้างมาก การกระจายตัวของ sample zone แบบนี้เหมาะสำหรับวิเคราะห์สาร โดยวิธี FIA-titrimetry ความกว้างของพีคที่จุดกึ่งกลางของความสูงของพีคเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารที่จะวิเคราะห์ซึ่งใช้สำหรับวิเคราะห์เชิงปริมาณได้

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ไม่จำเป็นต้องเกิดแบบ steady state เสมอไป สิ่งสำคัญก็คือสถานะที่ใช้ในการทดลองทั้งของสารละลายมาตรฐาน และสารตัวอย่างต้องเหมือนกันทุกประการ คือ ระยะเวลาที่สารตัวอย่างอยู่ในระบบ (residence time), อุณหภูมิ และการแพร่ของสารตัวอย่าง ต้องคงที่ ส่วนปริมาณหรือความเข้มข้นของสารตัวอย่างทราบได้โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่เครื่องตรวจวัดอาจบันทึกได้โดยใช้เครื่องบันทึกสัญญาณ (recorder) หรือคอมพิวเตอร์ สัญญาณของสารละลายมาตรฐานและสารตัวอย่างสามารถศึกษาได้จากความสูงพีค ความกว้างพีค พื้นที่ใต้พีค เป็นต้น

ระบบ FIA เป็นระบบที่ใช้เวลาตอบสนองสั้น ใช้เวลาเป็นวินาทีซึ่งทำให้วิเคราะห์รวดเร็ว วิเคราะห์ได้หลายตัวอย่างในเวลาอันสั้น ใช้ตัวอย่างและรีเอเจนต์ในปริมาณน้อยระดับไมโครลิตร ระบบ FIA ที่พร้อมใช้งาน จะใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที ในการวิเคราะห์ตัวอย่างซึ่งต่างจากเทคนิควิเคราะห์ทั่วไป

ตารางที่ 2.1 แสดงพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับระบบ FIA

พารามิเตอร์	สถานะที่ใช้
ปริมาตรสารตัวอย่างที่ใช้ฉีด	40-200 ไมโครลิตร
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ	0.35-0.9 มิลลิเมตร
อัตราการไหล	0.5-2.5 มิลลิลิตรต่อนาที
ความยาวของ mixing coil	10-200 เซนติเมตร
ปริมาตรของ flow through cell	8-40 ไมโครลิตร

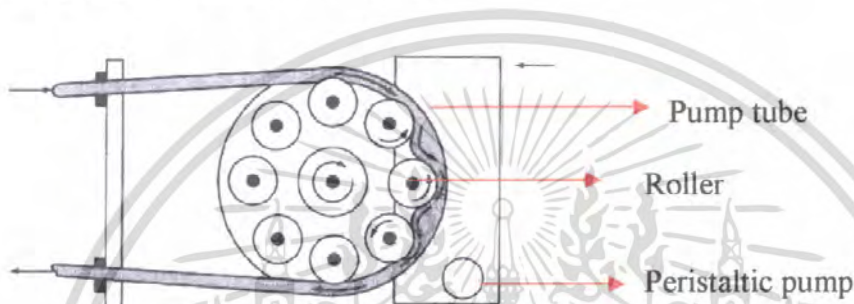
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่ได้นำมาตีพิมพ์เผยแพร่ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการตอบสนอง	20-60 วินาที
Sample throughput	60-200 ต่อชั่วโมง

2.4 ส่วนประกอบของเครื่องมือ

1. หน่วยของการขับเคลื่อน (Propulsion unit) คือส่วนของปั๊ม ปั๊มที่ใช้มักเป็นปั๊มกำลังขับเคลื่อนสูง เพื่อเป็นตัวขับเคลื่อนรีเอเจนต์และตัวอย่างเข้าสู่ตัวตรวจวัด เช่น

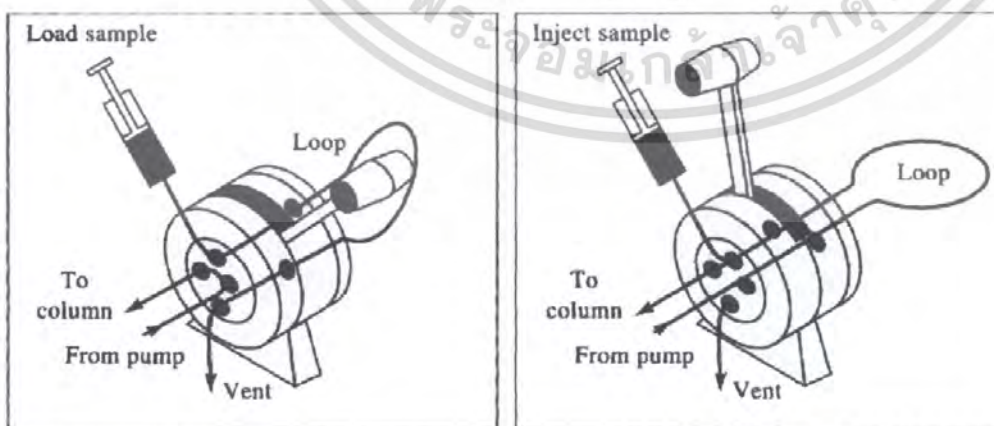
- Peristaltic pump มีกลไกการทำงานดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงถึงการทำงานของ Peristaltic pump

2. ระบบของการฉีด (Injection port) คือส่วนที่ฉีดตัวอย่างเข้าสู่กระแสน้ำพาหรือกระแสของรีเอเจนต์

- Rotary valve
- Hydrodynamic injection
- Syringe



รูปที่ 2.4 แสดงถึงระบบการทำงานของ Injection valve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **Mixing reactor** คือส่วนที่สารตัวอย่างและรีเอเจนต์เกิดปฏิกิริยากันและสามารถ ออกแบบได้หลากหลาย เช่น อาจทำเป็นท่อขนาดเล็กที่พันรอบแกนเพื่อเพิ่มความยาวให้ยาวมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.5 แสดงถึง Mixing coil

4. **Flow through cell** คือส่วนที่เป็นระบบท่อที่ใช้ลำเลียงรีเอเจนต์และตัวอย่างเข้าสู่ตัวตรวจวัด ซึ่งระบบท่อที่ใช้เป็นท่อที่มีขนาดเล็กและเฉื่อยไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาและทนทานต่อแรงดันเนื่องจากใช้ปั๊มที่มีแรงดันสูง

5. Detector system

▪ Optical

- UV-Vis spectrophotometer
- Diode array and IR spectrophotometer
- Atomic spectrophotometer
- Solid state photometer (LED source)
- Photodiode detector
- Fluorometer , Chemiluminescence detector

▪ Electrochemical

- Conductometer
- Potentiometer (ISE and pH electrode)
- Amperometer
- Coulometer
- Voltammeter

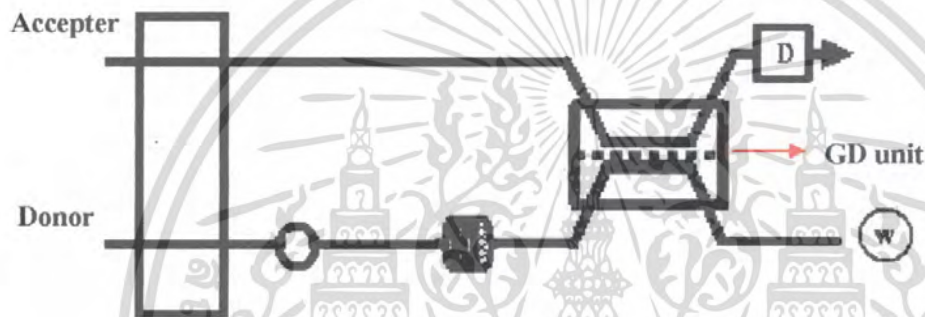
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 FIA ร่วมกับ Gas-diffusion (GD) เพื่อการวิเคราะห์สารระเหยอย่างจำเพาะเจาะจง

GD เป็นอุปกรณ์ที่ภายในประกอบด้วยเยื่อเลือกผ่านที่ยอมให้เฉพาะแก๊สแพร่ผ่านได้เท่านั้น การนำ GD มาใช้ร่วมกับระบบ FIA จะเป็นการเพิ่มความจำเพาะเจาะจงในการวิเคราะห์สารที่ระเหยได้มากขึ้น

การใช้ GD ร่วมกับระบบ FIA นั้น เมื่อฉีดสารตัวอย่างที่ระเหยได้เข้าสู่กระแสของตัวพา (Donor) ที่ไหลอย่างต่อเนื่องมาซึ่ง GD สารตัวอย่างจะแพร่ผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าสู่กระแสของ ตัวรับ (acceptor) เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่อง ตรวจวัดที่เหมาะสม

ระบบ FIA-GD อย่างง่ายสามารถแสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แสดงระบบ FIA ร่วมกับ GD เพื่อการวิเคราะห์สารระเหยอย่างจำเพาะเจาะจง

GD unit สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงภาพถ่ายของ GD unit ซึ่งประกอบด้วย Donor และ Acceptor chamber ที่ประกบกันอยู่ ส่วนที่เห็นเป็นสีขาวนั้นคือ เยื่อเลือกผ่านที่ยอมให้แก๊สเท่านั้นให้แพร่ผ่านไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

แสง UV-Visible จัดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 200-800 นาโนเมตร โดยที่แสงหรือ Radiation เมื่อส่องผ่านสารที่สามารถดูดกลืนแสงได้ แสงจะถูกดูดกลืน เรียกว่า Absorbance (A) โดยสัมพันธ์กับค่า Transmittance (T) ดังนี้

$$A = \log I_0/I$$

I_0 = ความเข้มของแสงที่ตกกระทบ

I = ความเข้มของแสงที่เหลือ (Transmittance)

นอกจากนี้ความสัมพันธ์ตาม Beer's law อื่น ๆ ที่ควรทราบคือ

$$A = abc$$

โดยที่ a = absorbtivity

b = ระยะทางที่แสงต้องผ่าน หรือความกว้างของ cell

c = ความเข้มข้นของตัวอย่าง

นอกจากนี้

$$A = 2 - \log \% T = -\log T = \log \frac{1}{T}$$

$$\text{เมื่อ } T = \frac{I}{I_0}$$

องค์ประกอบของเครื่อง

เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ทุกชนิดประกอบด้วยองค์ประกอบหลักดังนี้คือ

1. แหล่งกำเนิดแสง ให้แสงช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม เช่น ระหว่าง 190-1000 นาโนเมตร
2. Monochromator เป็นส่วนที่ใช้จัดการเกี่ยวกับแสง ทำให้ผู้ใช้เลือกช่วงแสงที่จะนำมาวัดได้
3. ช่องใส่ตัวอย่าง ใช้ใส่ตัวอย่างที่ต้องการวัด
4. Detector / amplifier ใช้วัดแสงที่เหลือจากการดูดกลืนของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 หลักการวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์ และเอทานอลด้วย FIA-GD

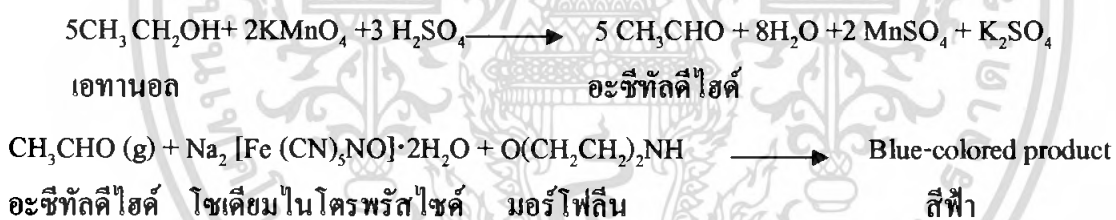
2.7.1 หลักการวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์

อะซีทัลดีไฮด์ จะระเหยผ่านเชื้อเลือกผ่านทำปฏิกิริยากับสารผสมระหว่าง มอร์โฟลีนกับ โซเดียมไนโตรพริสไซด์ เกิดผลิตภัณฑ์สีฟ้าและสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวเท่ากับ 600 นาโนเมตร



2.7.2 หลักการวิเคราะห์เอทานอล

เนื่องจากเอทานอลไม่ทำปฏิกิริยากับสารผสมระหว่างมอร์โฟลีนกับโซเดียมไนโตรพริสไซด์ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยน เอทานอลให้เป็น อะซีทัลดีไฮด์ ซึ่งทำได้โดยใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกานेटในสภาวะกรด อะซีทัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นจะแพร่ผ่านเชื้อเลือกผ่านแล้วเข้าทำปฏิกิริยากับสารละลายผสมต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [5]

ตารางที่ 2.2 แสดงรายชื่องานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์เอทานอล

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ตัวอย่าง	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
1	Kinetic enzymatic determination of ethanol / methanol mixture by the stopped-flow technique	Synthetic mixture (ethanol and methanol)	- เทคนิคที่ใช้ : stopped-flow - สารเคมี : DTNB (Chromogenic reagent) - Detector : UV at 412 nm	Eva Förster, Manuel Silva, Mathias Otto and Dolores Pérez-Bendito, 1993, Talanta, volume 40(6), 855-861
2	Simultaneous enzymatic determination of methanol and ethanol by flow injection analysis	Synthetic mixture (ethanol and methanol)	- เทคนิคที่ใช้ : flow injection - หลักการ : Differential –kinetic enzymatic method และใช้ reactor ที่บรรจุ alcohol oxidase on controlled-pore glass	A.Maquieira, M.D. Luque de Castro and M. Valcarcel, 1987, Micro chemical Journal, volume 36 (3) , 309-315
3	Simultaneous enzymatic spectrophotometric determination of ethanol and methanol by use of artificial neural network for calibration	Binary mixture of ethanol-methanol	- เทคนิคที่ใช้ : enzymatic spectrophotometric	Marcelo Blanco, Jordi Coello, Hortensia Iturriaga, Santiago Maspoch and Marta Porcel, 1999, Analytical Chimica Acta , volume 398 (1) , 83-92

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ตัวอย่าง	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
4	Rapid quality control of spirit drinks and beer using multivariate data analysis of Fourier transform infrared spectra	Spirit drinks and beer (ethanol and methanol)	- เทคนิคที่ใช้ : FT-IR	Lachenmeier, Dirk W. , 2006, Food chemistry, volume date 2007, 101 (2), 825-832
5	Simultaneous quantification of methanol and ethanol in alcoholic beverage using a rapid gas chromatographic method coupling with dual internal standards	Alcoholic beverage (ethanol and methanol)	- เทคนิคที่ใช้ : GC (mega-pore capillary column - Detector : FID - Internal standard : 2-pentanol and acetonitrile	Wang, Mei-Ling, Jih-Terng Choong, and Youk-Meng, 2004, Food Chemistry , volume 88 (4), 609-615
6	Simultaneous Determination of carbohydrates acids, alcohols and metals in foods by high-performance liquid	Juices, isotonic beverage and wine	- เทคนิคที่ใช้ : HPLC-ICP-AES	Paredes, Eduardo Maestre, Salvador E. Prats, Soledad, Jose L., 2006, Analytical Chemistry, volume 78 (19), 6774-6782

ลำดับที่	รายชื่องานวิจัย	ตัวอย่าง	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
11	Gas-liquid chromatographic determination of ethanol and acetaldehyde in tissues	Blood	<ul style="list-style-type: none"> - เทคนิคที่ใช้ : HS-GC - Reagent : sodium nitrile-sulfosalicylic acid 	Clinic Chimica Acta, Volume 116(3), 1981,389-395



ตารางที่ 2.3 แสดงรายชื่องานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หอะซีทัลดีไฮด์

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ตัวอย่าง	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
1	Highly sentivity and selective catalytic determination of formaldehyde and acetaldehyde	Rain water	- เทคนิคที่ใช้ : catalytic spectrophotometer - สารเคมี : N,N-diethyl-p-phenylenediamine (Chromogenic reagent) - Detector : UV at 512 nm	Ashraf AMohameda, Ahmed T. Mubaraka, Zakaria M.H. Marestani a Fawy, 2007, Talanta, volume 74(4), 578-585
2	Headspace gas chromatographic determination of ethanol: The use of factorial design to study effects of blood storage and headspace conditions on ethanol stability and acetaldehyde formation in whole blood and plasma	whole blood and plasma	- เทคนิคที่ใช้ : HS-GC-FID	Lena Kristoffersen, Liv –Ellen Stormhr and Anne Smith-Kielland, 2006, Forensic Science International, volume 161 (2-3) , 151-157
3	Pervaporation-gas chromatography coupling for slurry samples: Determination of acetaldehyde and acetone in food	Yogurt and difference kind of juices	-เทคนิคที่ใช้ GC-FID	E. Priego-Lopez and M.D.Luque de Castro, 2002, Journal of chromatography, volume 976 (1-2) , 399-407

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ตัวอย่าง	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
4	Determination of acetaldehyde in blood by solid phase extraction and high performance liquid chromatography	blood	- เทคนิคที่ใช้ : HPLC+SPE - Reagent : 2,4dinitrophenyl hydrazine -	Weidong Ma and W.R. Klemm, 1997, Alcohol, volume 14(5), 469-472
5	Flow monitoring of NADH consumption in bioassays based on packed-bed reactors bearing NAD ⁺ -Dependent dehydrogenase : Determination of acetaldehyde using alcohol dehydrogenase	Organic and inorganic	- เทคนิคที่ใช้ : Chemiluminescence - Reagent : luminal-potassium hexacyanoferrate(III)	Kenji Sato and Shigeyuki Tanaka, 2001, Analytica chimica Acta, volume 467 (1-2), 225-232
6	Determination of acetaldehyde by flow injection analysis with soluble or immobilized aldehyde hydrogenase	water	- เทคนิคที่ใช้ : FIA - Detector : Spectrophotometer	Ala'ddin M. Almuaid and Alan Townshend, 1987, Analytical Chimica Acta , volume 198, 37-44

ลำดับที่	ชื่องานวิจัย	ตัวอย่าง	รายละเอียด	เอกสารอ้างอิง
7	Individual and simultaneous enzymatic determination of ethanol and acetaldehyde in wines by flow injection analysis	Wine	- เทคนิคที่ใช้ : FIA - Dector : Spectrophotometer	F. Lazaro, M.D. Luque de Castro and M. Valcarcel, 2001, Analytical Chimica Acta , volume 185, 57-64
8	Determination of free acetaldehyde un blood as the dinitrophenylhydrazone derivative by high-performance liquid chromatography	Human blood	- เทคนิคที่ใช้ : HPLC - Reagent :Dinitrophenylhydrazine - Mobile phase : Acetonitrile	D. Lucas, J. F. Menez,F. Berthou, Y. Pennec and H. H. Floch , 1986, Journal of chromatography, volume 382, 67-77
9	Gas-liquid chromatographic analysis of ethanol and acetaldehyde in blood with minimal artifactual acetaldehyde formation	Blood from rat, pig, sheep	- เทคนิคที่ใช้ : GC - Reagent : Perchloric, sodium azine in saline	Nancy A. E. Steenaart, David W. Clarke and James F. Brien, 1985, Journal of pharmacological, volume 14(3), 199-212
10	Determination of acetaldehyde in human blood by a gas chromatographic method with negligible artefactual acetaldehyde formation	Blood	- เทคนิคที่ใช้ : HS-GC - Reagent : sodium nitrile-sulfosalicylic acid	Jytte Molin Christensen, Helle Angelo and Joachim Knop, 1981, Clinic Chimica Acta, Volume 116(3), 389-395

3.2.4.4 ศึกษาความแม่นยำของวิธี

1.เตรียมสารละลายตามตารางที่ 1 โดยแต่ละสภาวะปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน

ตารางที่ 3.1 แสดงการเตรียมสารละลายผสมในสภาวะต่าง ๆ

สภาวะที่ศึกษา	สารละลายผสม		ขวดวัดปริมาตร (mL)
	อะซีทัลดีไฮด์	เอทานอล	
1	$3 \times 10^{-3} \text{ M}$	-	50
2	$3 \times 10^{-3} \text{ M}$	10% v/v	50
3	$3 \times 10^{-3} \text{ M}$	20% v/v	50
4	-	20% v/v	50
5	$1 \times 10^{-3} \text{ M}$	20% v/v	50
6	$3 \times 10^{-3} \text{ M}$	20% v/v	50

2. ใช้ Injection loop ปริมาตร 300 μL เปิดปั๊มให้สารละลายผสมและโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ไหลผ่านระบบตลอดเวลา ด้วยอัตราการไหล 1.0 mL min^{-1}

3. ทำการฉีดสารละลายสภาวะที่ 1 เข้าสู่ที่ 6-port injection valve ในตำแหน่งโหลด โคนฉีดเข้าไปให้เต็ม loop จากนั้น ปรับสวิทช์ 6-port injection valve มายังตำแหน่ง inject

4. ทำซ้ำข้อ 2-3 แต่เปลี่ยนเป็นสภาวะที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ แต่ละสภาวะทำซ้ำ 3 ครั้ง

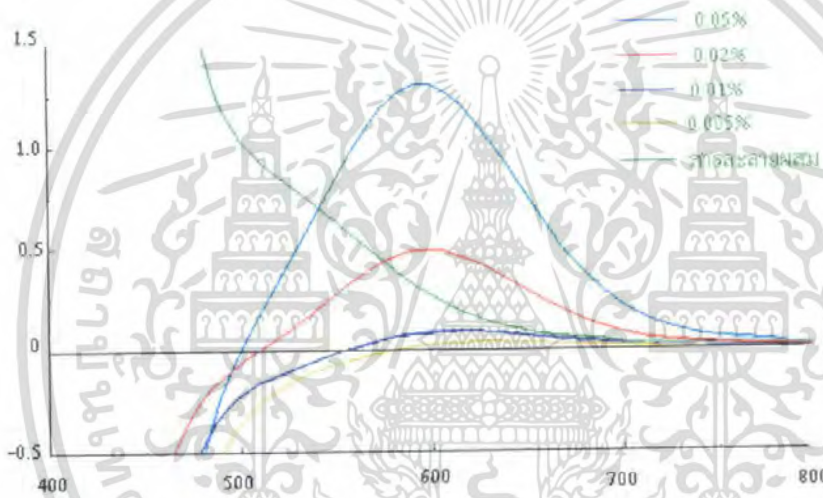
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการวิเคราะห์หาปริมาณ อะซีทัลดีไฮด์

โดยใช้ปฏิกิริยาระหว่างอะซีทัลดีไฮด์กับสารละลายผสม มอร์โฟลีนกับโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยทำการทดลองแบบ Batch ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

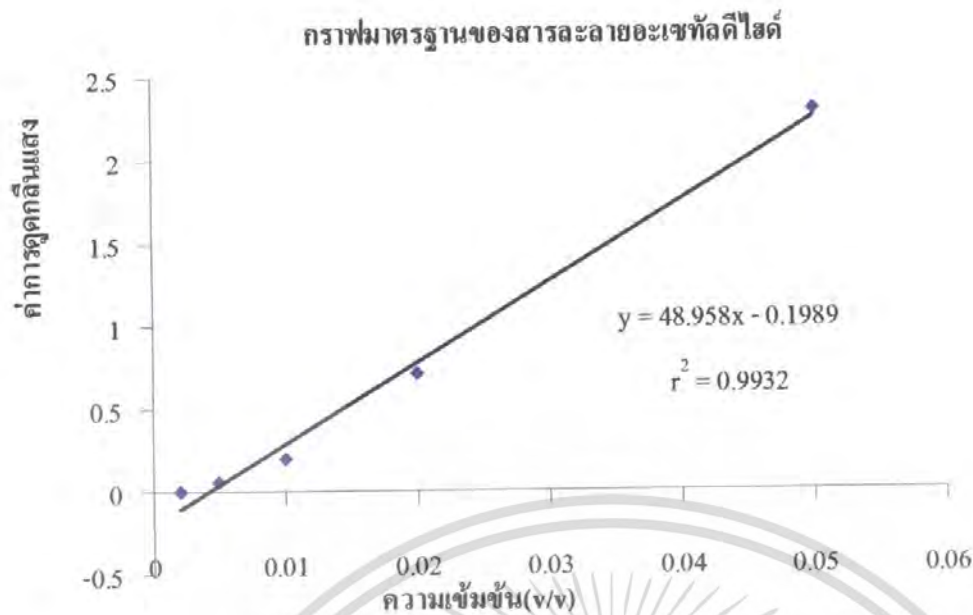


รูปที่ 4.1 แสดงสเปกตรัมของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์ทำปฏิกิริยาระหว่าง สารละลายผสม มอร์โฟลีน กับ โซเดียมไนโตรพรัสไซด์

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ ที่ช่วงความเข้มข้น 0.002-0.05 %v/v

ความเข้มข้น (M)	ค่าการดูดกลืนแสง	SD
0.002	0	0
0.005	0.0198	0.0006
0.01	0.1628	0.0007
0.02	0.5050	0.0111
0.05	1.2217	0.0055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างอะซีทัลดีไฮด์กับสารละลายผสม สามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 600 nm ดังนั้นจึงเลือกความยาวคลื่นนี้ในการตรวจวัดตลอดการทดลอง

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าค่าการดูดกลืนแสงมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับความเข้มข้นของอะซีทัลดีไฮด์ ($r^2 = 0.9932$) ดังนั้นจึงสามารถใช้ปฏิกิริยาระหว่างอะซีทัลดีไฮด์กับสารละลายผสมระหว่าง โซเดียมไนโตรพรัสไซด์กับมอร์โฟลีน ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของอะซีทัลดีไฮด์ได้

4.2 พัฒนาระบบ FI เพื่อวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล

4.2.1 ศึกษาอิทธิพลของ Injection loop

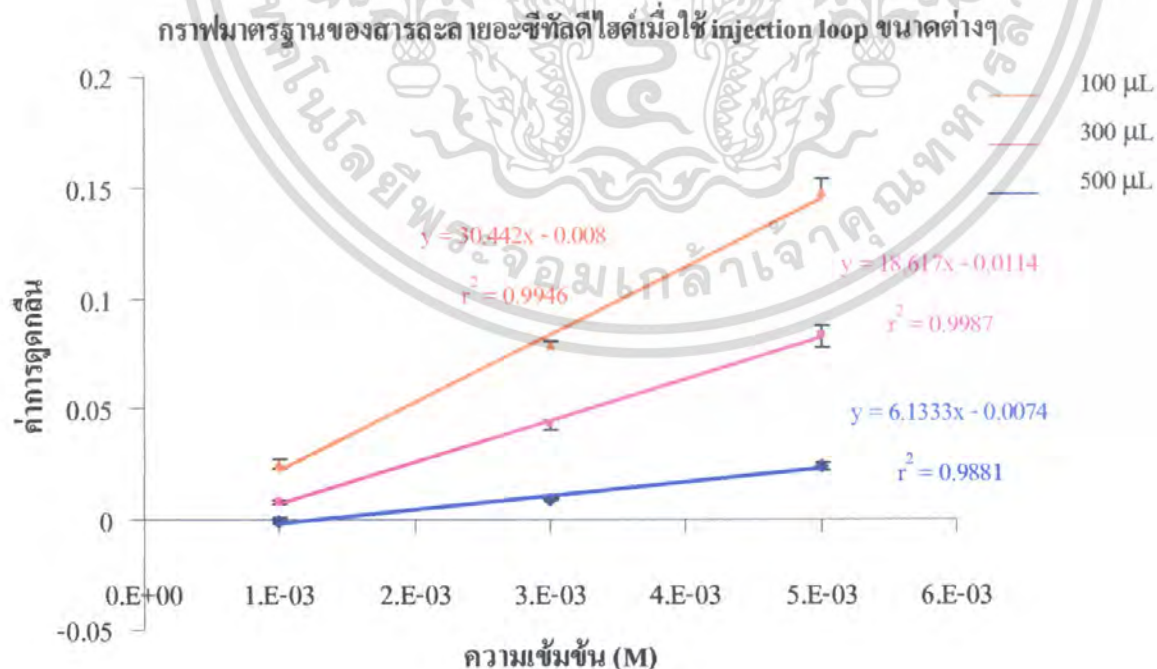
4.2.1.1 Injection loop ของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์

ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ที่ระดับความเข้มข้น $1 \times 10^{-3} M$, $3 \times 10^{-3} M$ และ $5 \times 10^{-3} M$ และ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL

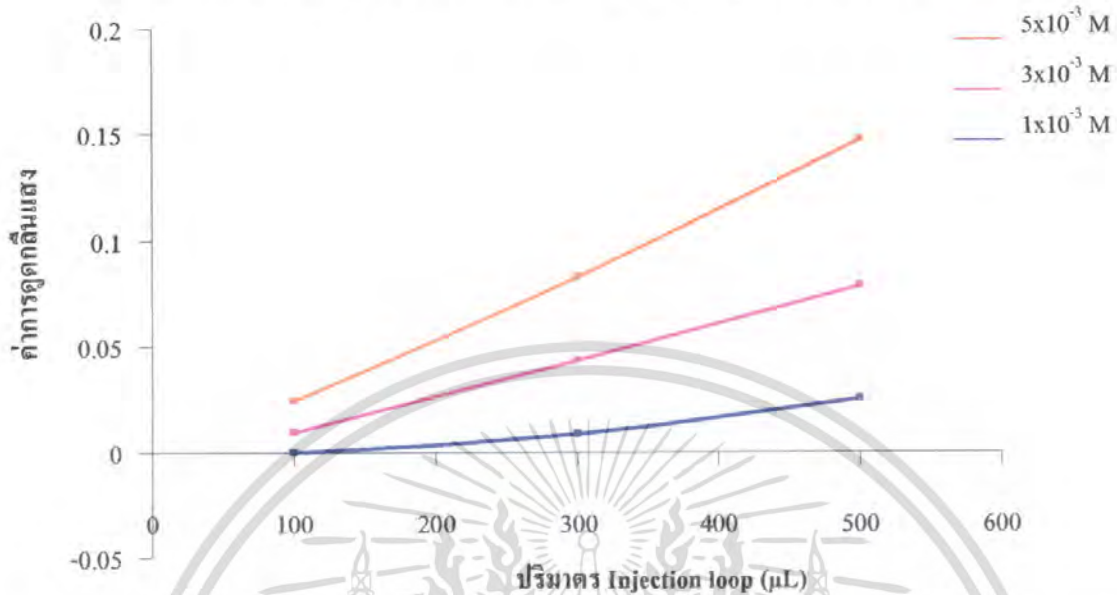
ความเข้มข้น (M)	Injection volume (μL)	ค่าการดูดกลืนแสง	SD
1×10^{-3}	100	-0.0005	0.0014
	300	0.0080	0.0008
	500	0.0250	0.0022
3×10^{-3}	100	0.0094	0.0007
	300	0.0429	0.0019
	500	0.0781	0.0024
5×10^{-3}	100	0.0240	0.0019
	300	0.0825	0.0046
	500	0.1468	0.0063



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายอะซีทิลดีไฮด์ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของอะซีทัลดีไฮด์เมื่อใช้ injection loop ขนาดต่างๆ



รูปที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300, และ 500 µL

จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อใช้ Injection volume เพิ่มขึ้นจะทำให้ความไวในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากมีจำนวนโมลของอะซีทัลดีไฮด์ แพร่เข้าไปทำปฏิกิริยากับสารละลายผสมมากขึ้น ในการศึกษาครั้งต่อไปจะเลือกใช้ Injection volume เท่ากับ 300 µL เนื่องจากให้ความไวในการวิเคราะห์พอเพียงและไม่สิ้นเปลืองมากเกินไป

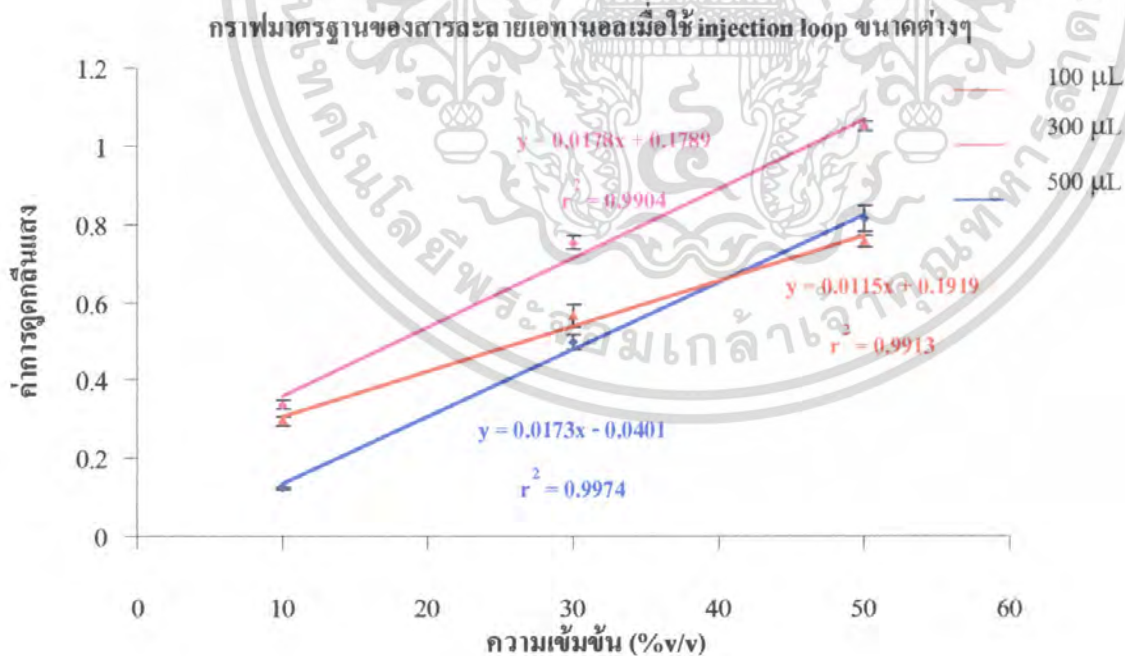
4.2.1.2 Injection loop ของสารละลายเอทานอล

ตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเอทานอลที่ระดับความเข้มข้น 10, 30, และ 50 % v/v เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 µL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายเอทานอลเมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 μL

ความเข้มข้น (% v/v)	Injection volume (μL)	ค่าการดูดกลืนแสง	SD
10	100	0.1223	0.0037
	300	0.3364	0.0011
	500	0.2945	0.0102
30	100	0.4988	0.0200
	300	0.7527	0.0189
	500	0.5621	0.0284
50	100	0.8130	0.0323
	300	1.0477	0.0116
	500	0.7550	0.0144

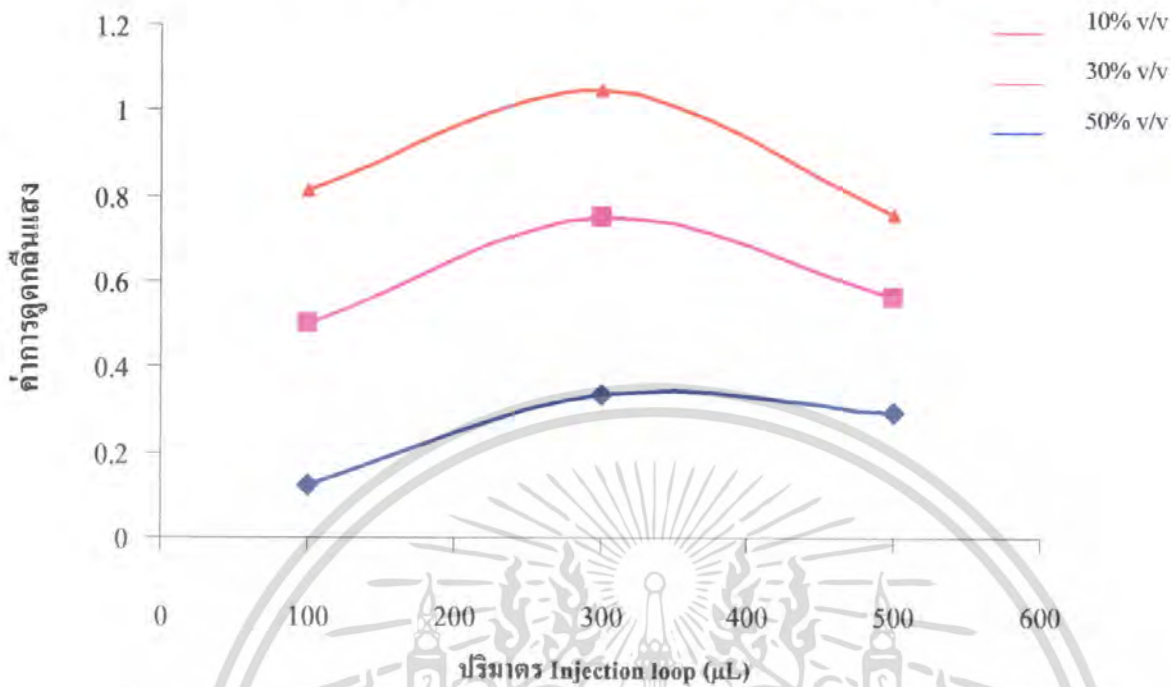


รูปที่ 4.5 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายเอทานอลเมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร

100, 300, และ 500 μL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่าการดูดกลืนแสงของเอทานอลเมื่อใช้ injection loop ขนาดต่างๆ



รูปที่ 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100, 300 และ 500 µL

จากการทดลองจะเห็นว่าเมื่อใช้ Injection volume เพิ่มขึ้นจะทำให้ความไวในการวิเคราะห์เพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากมีจำนวนโมลของอะซีทัลดีไฮด์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเอทานอลกับสารละลายผสม แพร่ขึ้นไปทำปฏิกิริยากับสารละลายผสมมากขึ้น ในการศึกษาครั้งต่อไปจะเลือกใช้ Injection loop เท่ากับ 300 µL เนื่องจากให้ความไวในการวิเคราะห์พอเพียงและไม่สิ้นเปลืองมากเกินไป

4.2.2 ศึกษาคุณลักษณะเด่นของระบบ FIA

4.2.2.1 ศึกษาความเป็นเส้นตรง

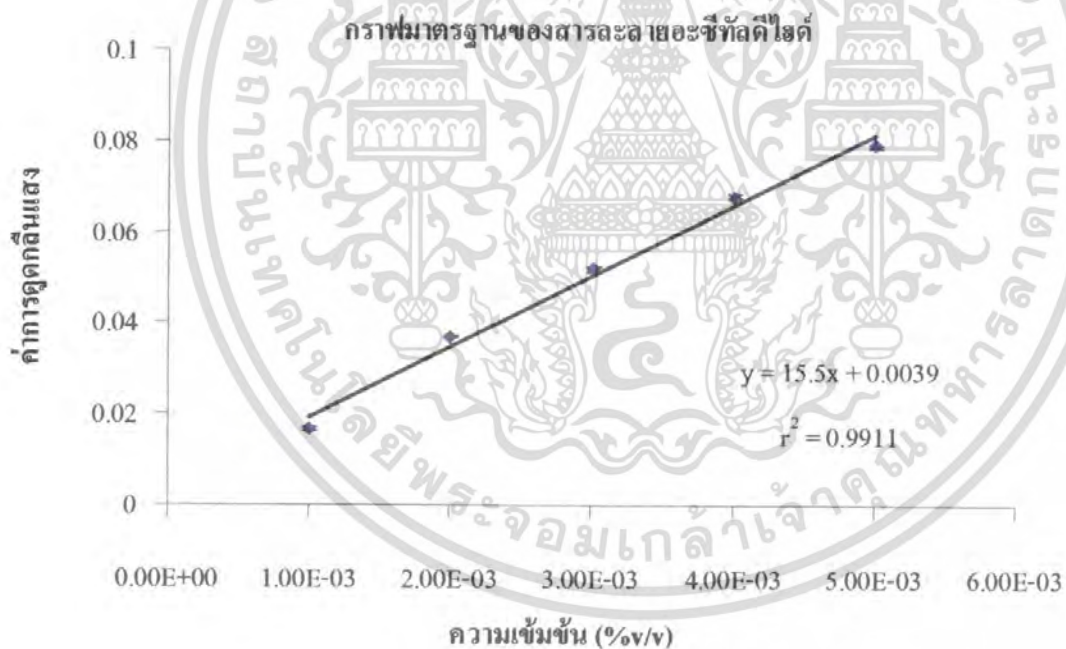
ก. กราฟมาตรฐานสารละลายอะซีทัลดีไฮด์

ศึกษาโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้กราฟในรูปที่ 4.7 ได้สมการเส้นตรงคือ $y = 15.1x + 0.0039$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.9901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

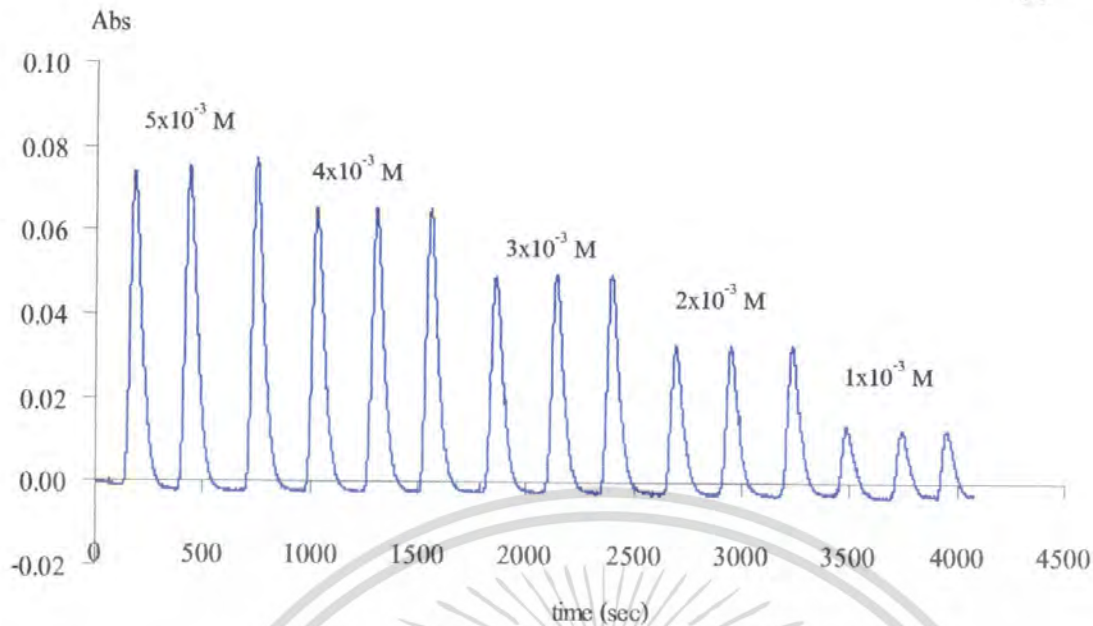
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน อะซีทิลดีไฮด์ในช่วงความเข้มข้น 1×10^{-3} - 5×10^{-3} M

ความเข้มข้น (M)	ค่าการดูดกลืนแสง				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
1×10^{-3}	0.0172	0.0161	0.0169	0.0167	0.0005
2×10^{-3}	0.0373	0.0366	0.0370	0.0370	0.0003
3×10^{-3}	0.0516	0.0523	0.0512	0.0517	0.0005
4×10^{-3}	0.0675	0.0677	0.0673	0.0675	0.0002
5×10^{-3}	0.0788	0.0785	0.0796	0.0790	0.0005



รูปที่ 4.7 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซิติกไฮดรอกซีที่ช่วงความเข้มข้น

$1 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3} \text{ M}$

ข. กราฟมาตรฐานสารละลายเอทานอล

ศึกษาโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้กราฟแสดงใน

รูปที่ 4.9 ได้สมการเส้นตรงคือ $y = 0.032x + 0.0696$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.9931

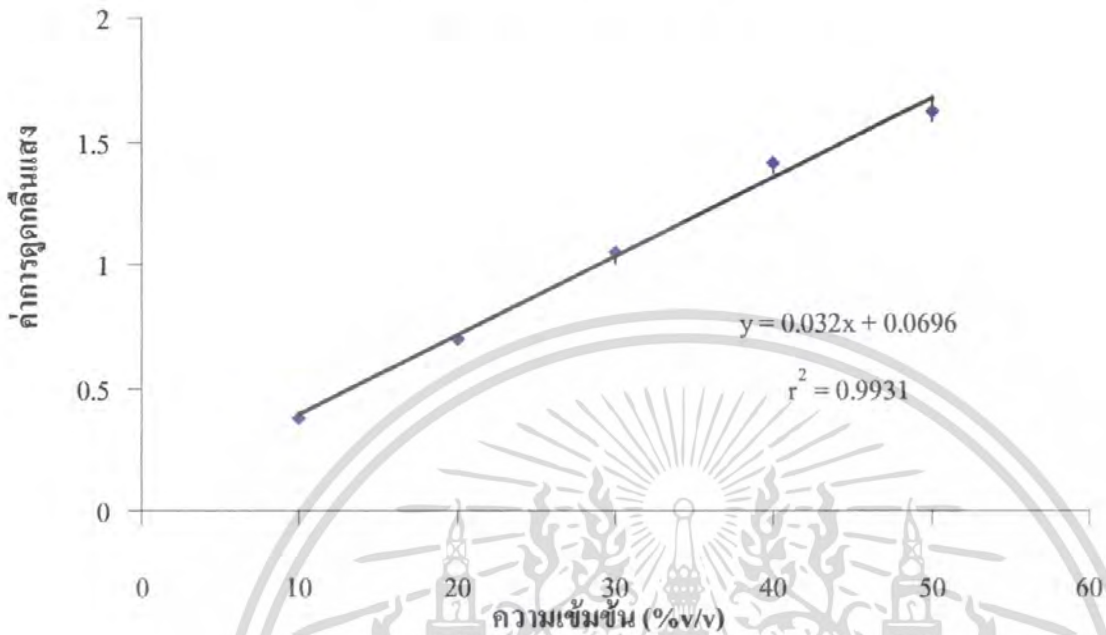
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน เอทานอลที่ช่วงความเข้มข้น

10-50 % v/v

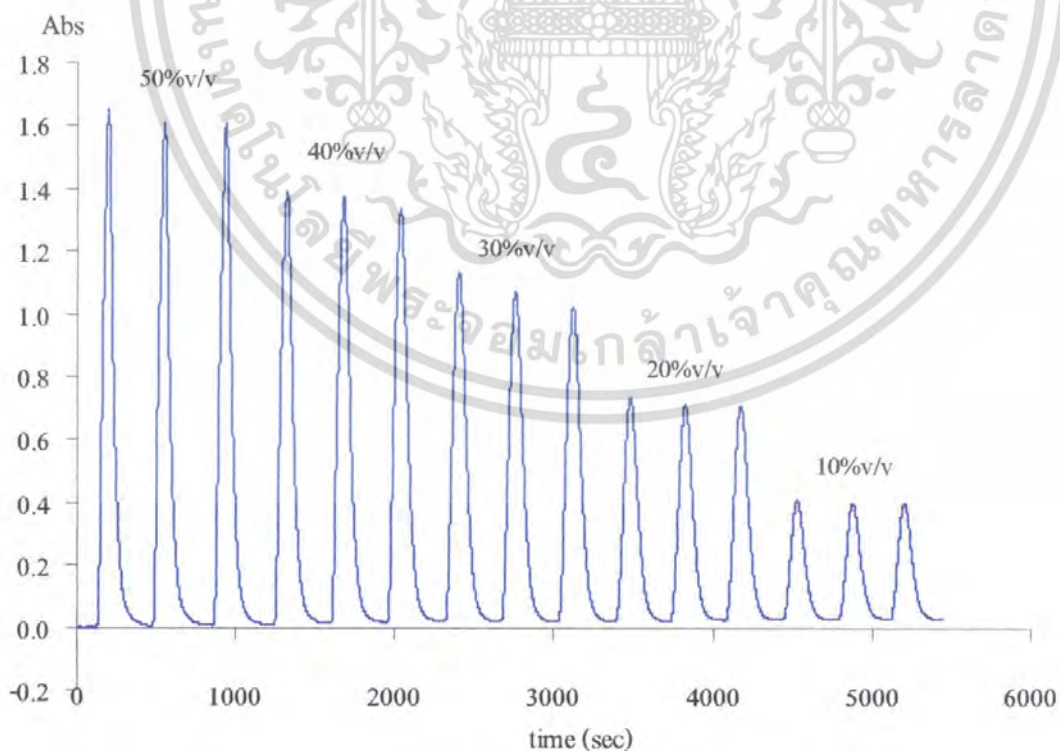
ความเข้มข้น % v/v	ค่าการดูดกลืนแสง				
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	ค่า SD
10	0.3825	0.3729	0.3712	0.3755	0.0006
20	0.7120	0.6882	0.6848	0.6950	0.0148
30	1.0920	1.0505	1.0017	1.0480	0.0045
40	1.4808	1.3883	1.3604	1.4098	0.0063
50	1.6526	1.6008	1.5987	1.6174	0.0305

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟมาตรฐานของสารละลายเอทานอล



รูปที่ 4.9 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเอทานอล



รูปที่ 4.10 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอลที่ช่วงความเข้มข้น

10-50 % v/v เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ศึกษาความเที่ยง

ความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์ Flow Injection Analysis ศึกษาโดยการนำสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ความเข้มข้นที่ระดับ 1×10^{-3} และ 5×10^{-3} M และสารละลายมาตรฐานเอทานอลความเข้มข้นที่ระดับ 10 และ 50 % v/v ทำการตรวจวัดซ้ำ 10 ครั้ง นำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean; \bar{x}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1×10^{-3} (Standard Deviation; SD) และร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่วัดซ้ำ 10 ครั้ง

สารละลาย	ความเข้มข้น	ค่าการดูดกลืนแสง (เฉลี่ย n=10)	ค่า SD	% RSD
อะซีทัลดีไฮด์	1×10^{-3} M	0.1974	0.0072	3.6635
	5×10^{-3} M	1.0680	0.0315	2.9470
เอทานอล	10%v/v	0.4377	0.0197	4.4955
	50%v/v	1.4049	0.0306	2.1814

4.2.2.3 ศึกษาความแม่นยำ

ตรวจค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสมระหว่างอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอลในอัตราส่วนต่างๆ

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแม่นยำ (% recovery)

สถานะที่ ศึกษา	สารละลายผสม		ค่าการ ดูดกลืนแสง	Fund		% Recovery	
	อะซีทัลดีไฮด์	เอทานอล		อะซีทัลดีไฮด์	เอทานอล	อะซีทัลดีไฮด์	เอทานอล
1	3×10^{-3} M	-	0.05179	3.00×10^{-3} M	-	103	-
2	3×10^{-3} M	10% v/v	0.5993	1.41×10^{-2} M	14.9344	473	149
3	3×10^{-3} M	20% v/v	1.0797	2.46×10^{-2} M	29.9470	820	150
4	-	20% v/v	0.6944	-	19.5250	-	98
5	1×10^{-3} M	20% v/v	0.9225	1.44×10^{-2} M	26.1292	1363	131
6	3×10^{-3} M	20% v/v	1.0797	2.46×10^{-2} M	29.9470	744	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการคำนวณ

$$\% \text{ Recovery} = \frac{C_m}{C_s} \times 100$$

โดยที่ C_m คือ ความเข้มข้นของสารละลาย

C_s คือความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

ตัวอย่างการคำนวณ

สถานะที่ 1

- ค่า % recovery ของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์ ได้ตามสามการ โดยความเข้มข้นของอะซีทัลดีไฮด์หาค่าได้จาก กราฟมาตรฐานของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์ $y = 15.5x + 0.0039$

$$X = \frac{Y - 0.0039}{15.5} = 3.09 \times 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Recovery} &= \frac{3.09 \times 10^{-3} \text{ M}}{3.00 \times 10^{-3} \text{ M}} \times 100 \\ &= 102.9892 \end{aligned}$$

- ค่า % recovery ของสารละลายเอทานอลนั้นไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากสถานะที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลเท่ากับ 0 % v/v

สถานะที่ 2

- ค่า % recovery ของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์หาค่า ได้ตามสามการ โดยความเข้มข้นของอะซีทัลดีไฮด์หาได้จากนำค่าการดูดกลืนของสารละลายผสมมาหักลบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานเอทานอล 10 % v/v แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงไปหาค่าความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์ $y = 15.5x - 0.0039$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\text{Signal of acetaldehyde} &= \text{signal of mixed reagent} - \text{signal of standare} \\ &= 0.5993 - 0.0517 \\ &= 0.5475\end{aligned}$$

$$X = \frac{Y - 0.0039}{15.5} = 1.41 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Recovery} &= \frac{1.41 \times 10^{-2}}{3.00 \times 10^{-3}} \times 100 \\ &= 472.6882\end{aligned}$$

- ค่า % recovery ของสารละลายเอทานอลหาได้ตามสามการ โดยความเข้มข้นของเอทานอลหาได้จากนำค่าการดูดกลืนของสารละลายผสมมาหักลบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์ 3×10^{-3} M แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงไปหาค่าความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานของสารละลายเอทานอล $y = 0.032x + 0.0696$

$$\begin{aligned}\text{Signal of acetaldehyde} &= \text{signal of mixed reagent} - \text{signal of standare} \\ &= 0.5993 - 0.3755 \\ &= 0.2237\end{aligned}$$

$$X = \frac{Y - 0.0696}{0.032} = 14.9344$$

$$\begin{aligned}\% \text{ Recovery} &= \frac{14.9344 \% \text{ v/v}}{10.000 \% \text{ v/v}} \\ &= 149.3438\end{aligned}$$

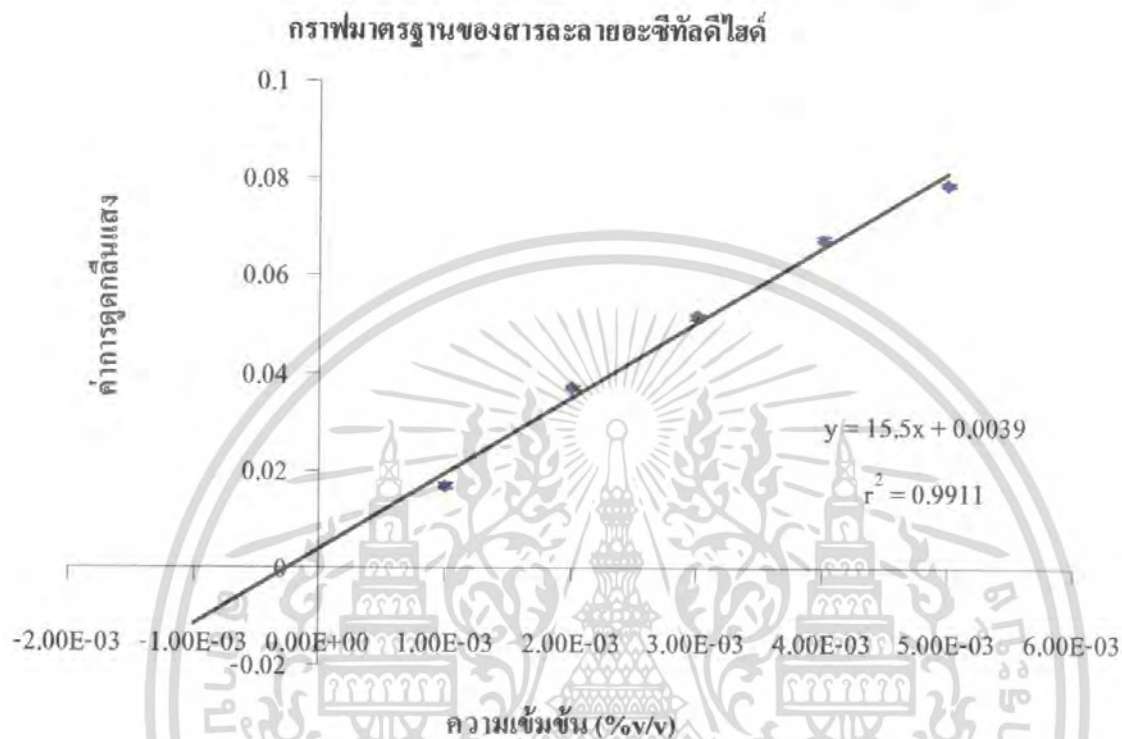
หมายเหตุ สภาวะอื่นๆ ในตารางที่ 4.7 สามารถคำนวณค่า % recovery ได้แบบเดียวกัน โดย
สัญญาณของสารละลายมาตรฐานหาได้จาก ตารางที่ 4.4 ตารางที่ 4.5 สำหรับ อะซีทัลดีไฮด์และ
เอทานอล ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 การหาขีดจำกัดที่ตรวจพบได้ (LOD)

ก. การหาขีดจำกัดที่ตรวจพบได้ของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์

หาค่า LOD ได้จากกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น $1 \times 10^{-3} - 5 \times 10^{-3}$ M



รูปที่ 4.11 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์เมื่อลากเส้นตัดแกน Y

หาค่าที่จุดตัดแกน Y: กำหนดให้ X มีค่าเท่ากับ 0

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } y &= 15.5(0) + 0.0039 \\ y &= 0.0039 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น $S_0 = 0.0039$

จาก $LOD = 3 S_0 / S$

$$LOD = 0.7548 \times 10^{-3}$$

จาก $LOQ = 10 S_0 / S$

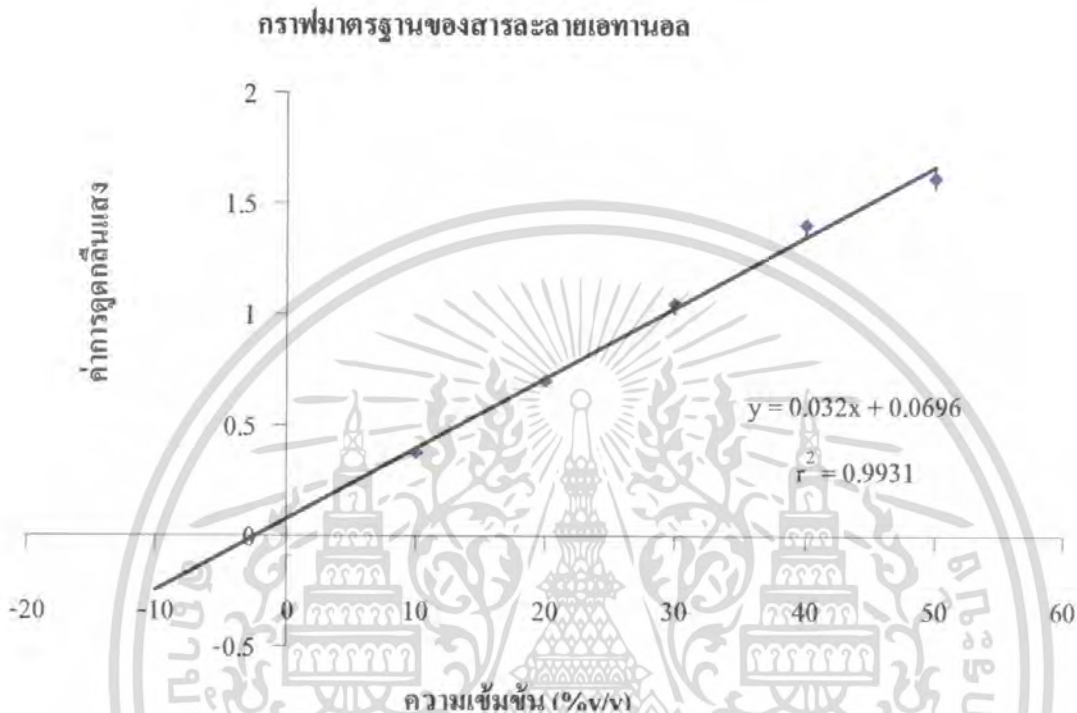
$$LOQ = 2.5161 \times 10^{-3}$$

ดังนั้นความเข้มข้นน้อยที่สุดของอะซีทัลดีไฮด์ที่สามารถตรวจพบได้ เท่ากับ 0.7548×10^{-2} M และความเข้มข้นต่ำสุดที่วัดปริมาณได้คือ 2.5161×10^{-2} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การหาขีดจำกัดที่ตรวจพบได้ของสารละลายเอทานอล

หาค่า LOD ได้จากกราฟมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 10-50 % v/v



รูปที่ 4.12 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเมื่อลากเส้นตัดแกน Y

หาค่าที่จุดตัดแกน Y: กำหนดให้ X มีค่าเท่ากับ 0

$$\text{จะได้ } y = y = 0.032(0) + 0.0696$$

$$y = 0.0696$$

เพราะฉะนั้น $S_b = 0.0696$

$$\text{จาก } LOD = 3 S_b / S$$

$$LOD = 6.5250$$

$$\text{จาก } LOQ = 10 S_b / S$$

$$LOQ = 21.7500$$

ดังนั้นความเข้มข้นน้อยที่สุดที่สามารถตรวจพบได้ของเอทานอลเท่ากับ 6.5250 % v/v และความเข้มข้นต่ำสุดที่วัดปริมาณได้เท่ากับ 21.7500 % v/v

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอลในเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยใช้เทคนิคโฟลอินเจกชัน นั้นจำเป็นต้องหาปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงสำหรับการวิเคราะห์สารตัวอย่าง ดังนั้นในขั้นแรกจึงได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์ โดยใช้สารละลายผสม มอร์โฟลีน กับ โซเดียมไนโตรพรัสไซด์ พบว่า สารละลายผสมมีความจำเพาะเจาะจงในการวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์

โครงการพิเศษนี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบ Flow Injection Analysis (FIA) ร่วมกับ Gas diffusion (GD) unit เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล โดยออกแบบระบบ โฟลอินเจกชัน เป็น 2 ระบบ ได้แก่ ระบบที่ 1 เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณ อะซีทัลดีไฮด์ที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ใช้น้ำเป็นสารละลายตัวพา ระบบที่ 2 เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์ที่เกิดจากเอทานอลและอะซีทัลดีไฮด์ที่มีในสารตัวอย่าง ใช้สารละลายตัวพาเป็น โพแทสเซียมเปอร์แมงกานด

การศึกษาปริมาณของ Injection loop ที่เหมาะสม จะทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตรต่างกัน ได้แก่ 100, 300 และ 500 μL พบว่า Injection loop ปริมาตร 300 μL เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการตรวจหาอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล

การหาปริมาณของอะซีทัลดีไฮด์ได้ทำได้โดยสร้างกราฟมาตรฐาน ซึ่งได้สมการเชิงเส้นเท่ากับ $y = 0.032x + 0.0696$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.9931 และมีความเที่ยงการตรวจวัด %RSD = 3.6635 และ 2.9470 ในระดับความเข้มข้น 1×10^{-3} และ 5×10^{-3} M ตามลำดับ ขีดจำกัดต่ำสุดของอะซีทัลดีไฮด์ที่ตรวจพบได้ (LOD) เท่ากับ 0.7548×10^{-3} M และ ความเข้มข้นต่ำสุดที่วัดปริมาณของอะซีทัลดีไฮด์ได้ (LOQ) เท่ากับ 2.5161×10^{-3} M

การหาปริมาณของเอทานอล ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน ซึ่งได้สมการเชิงเส้นเท่ากับ $y = 0.032x + 0.0696$ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r^2) = 0.9931 และมีความเที่ยงการตรวจวัด %RSD = 4.4955 และ 2.1814 ในระดับความเข้มข้น 10 และ 50 % v/v ตามลำดับ ขีดจำกัดต่ำสุดของเอทานอลที่ตรวจพบได้ (LOD) เท่ากับ 6.5250 % v/v และ ความเข้มข้นต่ำสุดที่วัดปริมาณของเอทานอลได้ (LOQ) เท่ากับ 21.7500 % v/v

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ FI-GD ที่พัฒนาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และเอทานอล สามารถตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์ในช่วงระดับความเข้มข้น 1×10^{-3} - 5×10^{-3} M และสามารถตรวจวัดเอทานอลในช่วงระดับความเข้มข้น 10-50 % v/v ซึ่งอยู่ในช่วงที่ กรมสรรพสามิตได้กำหนดให้เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีปริมาณอะซีทัลดีไฮด์ ไม่เกิน 160 ppm (3.6×10^{-3} M) และปริมาณ เอทานอลอยู่ในช่วง 15-40 % v/v ทั้งนี้ยังคงต้องพัฒนาระบบต่อไป เนื่องจากระบบยังให้ค่าความแม่นยำไม่ดีพอ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. Gas diffusion เมื่อทำการวิเคราะห์ไปประมาณ 20-30 ตัวอย่าง ควรเปลี่ยนเมมเบรนเพราะอาจเกิดการอุดตันจากสิ่งสกปรก ทำให้ค่าที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง และควรทำความสะอาดชุด Gas diffusion ด้วยเพราะอาจมีสิ่งสกปรกเกาะที่ร่องของ Gas diffusion

2. ในการขันน็อตประกอบ Gas diffusion ไม่ควรออกแรงมากเกินไป เพราะจะทำให้ชิ้นงานแตกได้ ซึ่งอาจทำให้สารรั่วออกมา

3. ในการวิเคราะห์เอทานอลควรล้าง Mixing coil ด้วย ascorbic acid เพื่อป้องกันการอุดตันของตะกอน KMnO_4

4. ในการวิเคราะห์ควรเช็ครอยต่อของ tube สม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการรั่วซึมของสาร

5. ในการเปลี่ยนเมมเบรนควรใส่ถุงมือทุกครั้งเพื่อป้องกันสิ่งสกปรกหรือไขมันที่ผิวหนังไปเกาะที่เมมเบรน

เอกสารอ้างอิง

- [1] ราชกิจจานุเบกษา, ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สุรากลั่น, เล่ม 118 ม, 2544
- [2] ชูวดี คงศักดิ์สกุล. 2549. การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียในน้ำเสียด้วยวิธี **Sequential Injection Analysis (SIA)** . โครงการพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี (เคมีวิเคราะห์) คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [3] <http://www.flowinjection.com>
- [4] Z, Fang. 1993. **Flow injection separation and preconcentration**. New York: VCH Pubisher, Inc.
- [5] <http://www.sciencedirect.com>
- [6] Reed:Dennis A , 1986, United states patent, Petroleum alcohol test kit and method of testing petroleum for alcohol content

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

การหาค่า SD คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

การหาค่าความเที่ยง

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

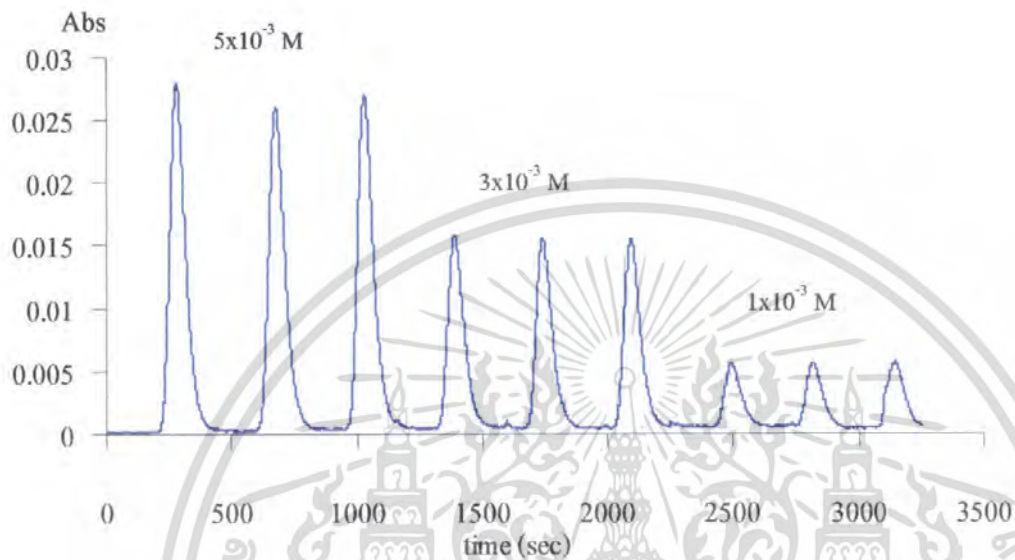
โดยที่ SD = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

\bar{x} = ค่าเฉลี่ย

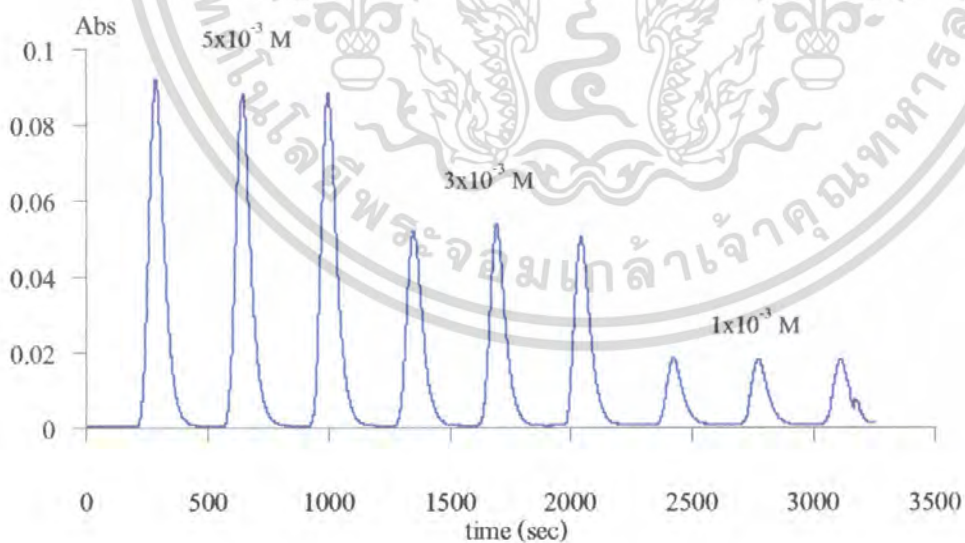
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตรต่างๆ

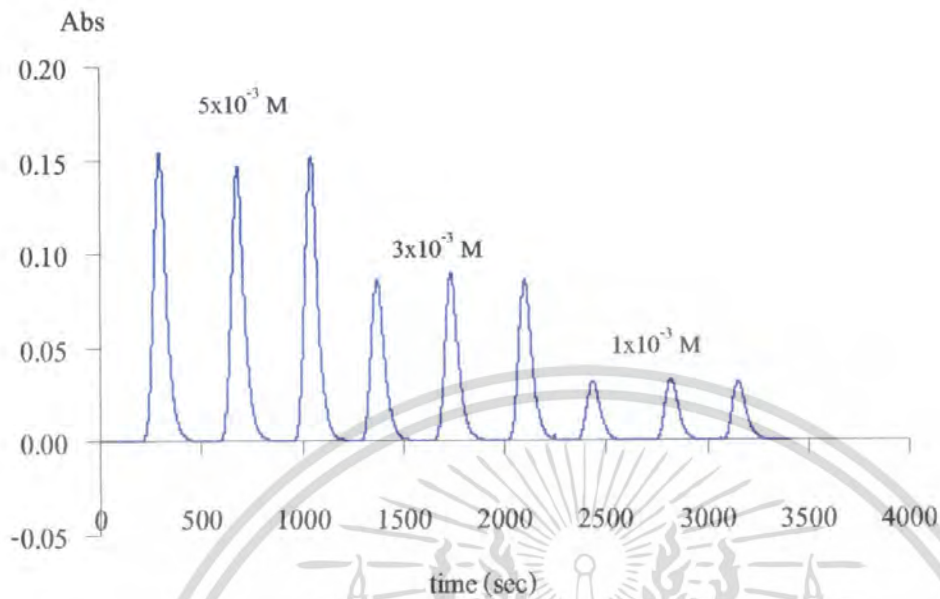


รูปที่ ข.1 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100 µL



รูปที่ ข.2 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 300 µL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

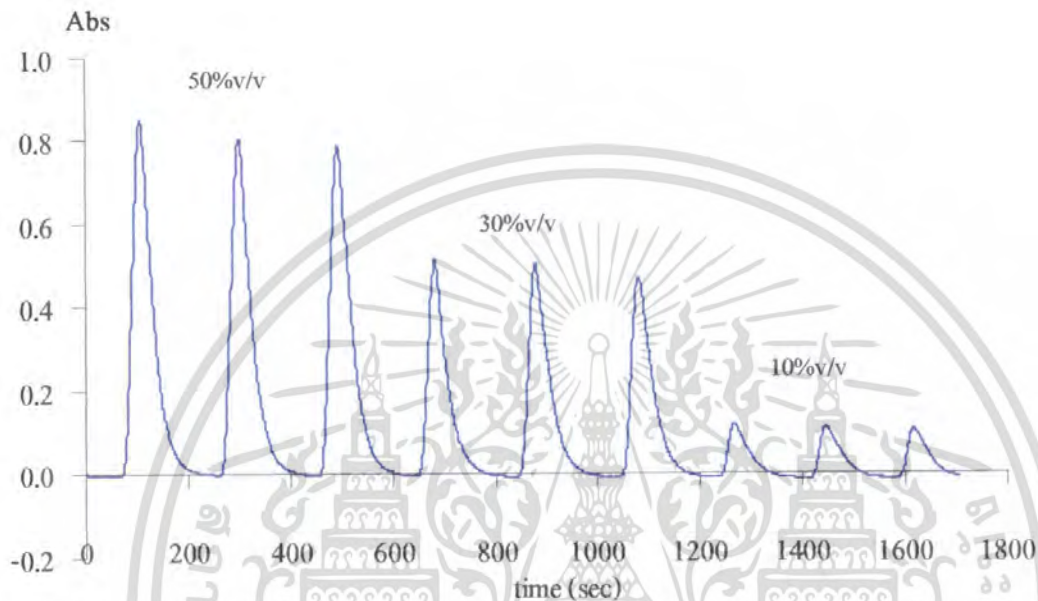


รูปที่ ข.3 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิกไซด์เมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 500 μ L

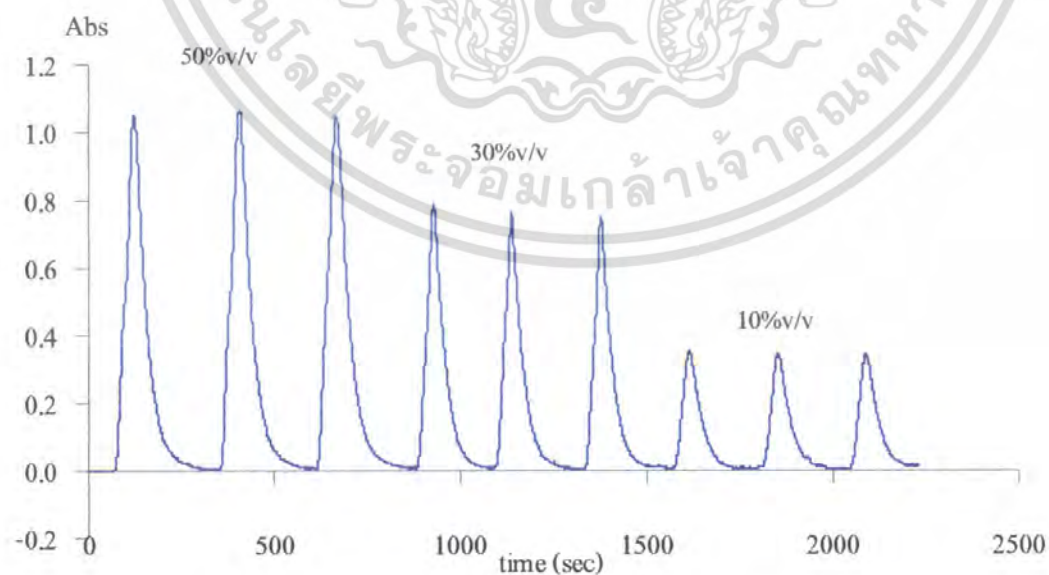
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเมื่อใช้ Injection loop ปริมาตรต่างๆ

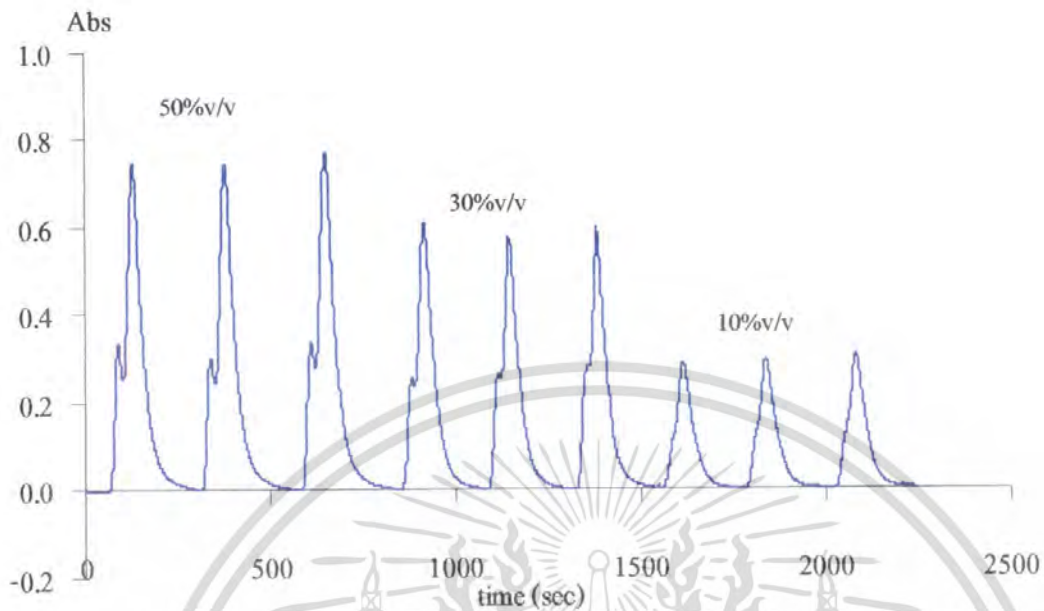


รูปที่ ค.1 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร 100 µL



รูปที่ ค.2 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร

300 µL เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอลเมื่อใช้ Injection loop ปริมาตร

500 μ L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

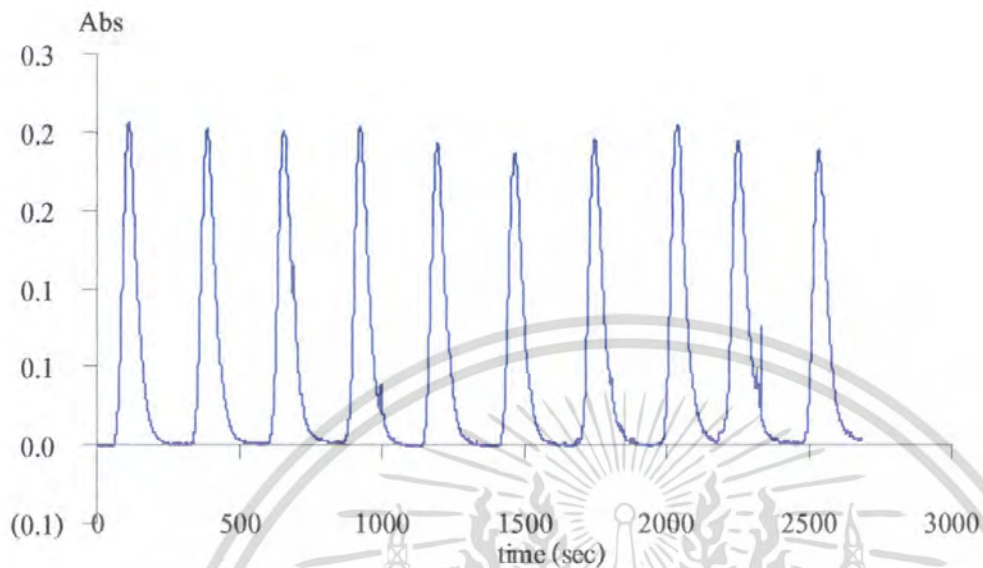
ภาคผนวก ง

ตารางที่ ง.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ทำการวัดซ้ำ 10 ครั้ง

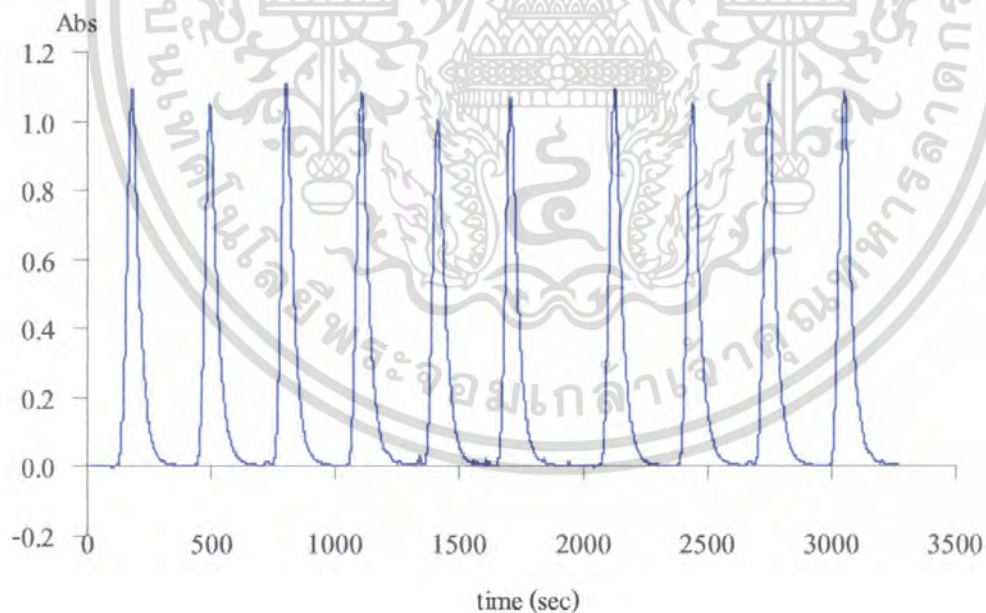
ค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm	ความเข้มข้นของสารละลาย			
	เอทานอล (% v/v)		อะซีทัลดีไฮด์ (M)	
	10	50	1×10^{-3}	5×10^{-3}
ครั้งที่ 1	0.4458	1.4439	0.2089	1.0939
ครั้งที่ 2	0.4314	1.3985	0.2004	1.0464
ครั้งที่ 3	0.4129	1.4075	0.1994	1.102
ครั้งที่ 4	0.4085	1.3879	0.2024	1.0788
ครั้งที่ 5	0.4493	1.3687	0.1935	0.9989
ครั้งที่ 6	0.4458	1.4148	0.1858	1.0634
ครั้งที่ 7	0.4205	1.3636	0.1957	1.0926
ครั้งที่ 8	0.4489	1.4396	0.2052	1.0432
ครั้งที่ 9	0.4407	1.3795	0.1943	1.0899
ครั้งที่ 10	0.4735	1.4453	0.1886	1.0711
ค่าเฉลี่ย	0.4377	1.4049	0.1974	1.068
SD	0.0197	0.030647	0.007233	0.0315
%RSD	4.4955	2.1814	3.6635	2.9470

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดง Profile ของสารละลายอะซีทิลดีไฮด์ เมื่อตรวจวัดซ้ำ 10 ครั้ง



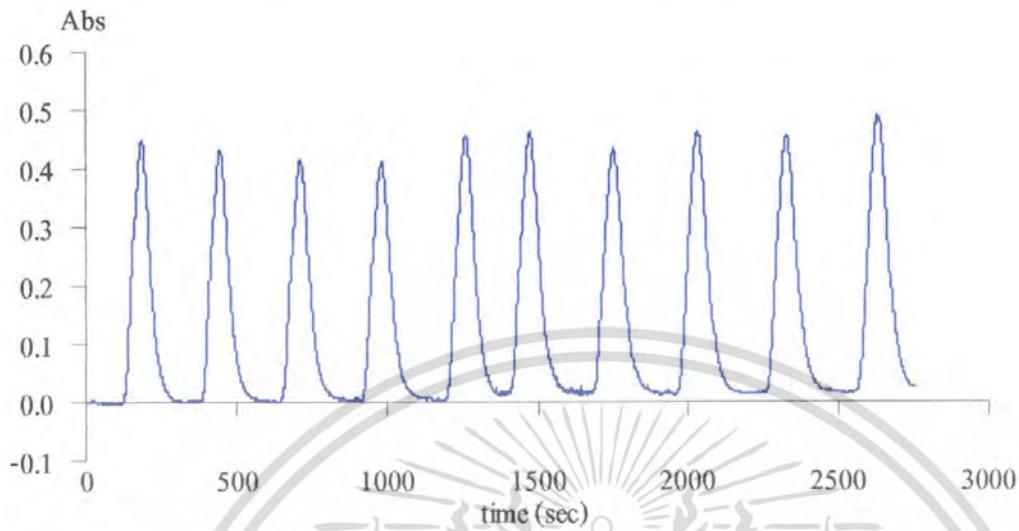
รูปที่ ๓.1 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ $1 \times 10^{-3} \text{ M}$ วัดซ้ำ 10 ครั้ง



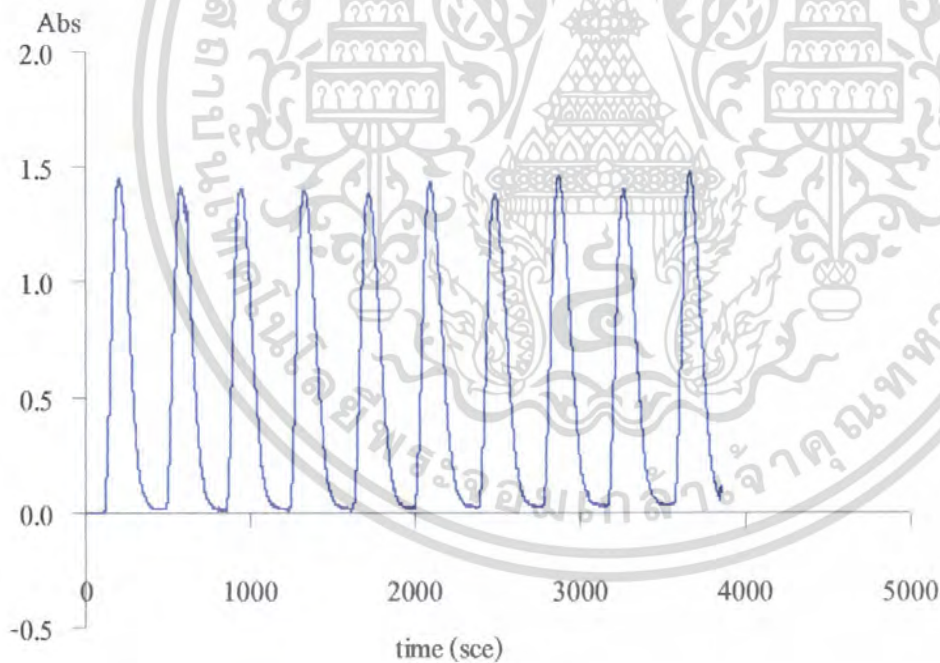
รูปที่ ๓.2 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานอะซีทิลดีไฮด์ $5 \times 10^{-3} \text{ M}$ วัดซ้ำ 10 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดง Profile ของสารละลายเอทานอล เมื่อตรวจวัดซ้ำ 10 ครั้ง



รูปที่ 3.3 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอล 10 % v/v วัดซ้ำ 10 ครั้ง



รูปที่ 3.4 แสดง Profile ของสารละลายมาตรฐานเอทานอล 10 % v/v วัดซ้ำ 10 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้