

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

ชุดต้นแบบสำหรับตรวจวัดอะซีตัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

A Prototype for Determination of Acetaldehyde and Formaldehyde in Air

ชื่อผู้วิจัย

1. นายณัฐวุฒิ

เชิงชั้น

2. นางสาวสุภาพร

โกกิลาร์ตน์

RCH
RA
1226
กบ 3215

ลงทะเบียน.....
เลขทะเบียน 115210
วัน,เดือน,ปี... 22 ก.พ. 2553

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

b. 1226/กบ 3215
i.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล ที่ให้ความช่วยเหลือให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีในการทำงาน

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ และขอขอบพระคุณแหล่งเงินทุนสนับสนุนโครงการจากคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายณัฐวุฒิ

เชิงชั้น

นางสาวสุภาพร

โกกิลรัตน์

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ ชุดต้นแบบสำหรับตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

A Prototype for Determination of Acetaldehyde and Formaldehyde in Air

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก เงินงบประมาณรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2553 จำนวนเงิน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม ปี 2552 ถึง เดือน 30 กันยายน ปี 2553

หน่วยงานและผู้ดำเนินการวิจัยพร้อมหน่วยงานที่สังกัดและเลขโทรศัพท์

ดร.ณัฐวุฒิ เชิงชัน (หัวหน้าโครงการ) สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง โทร 02-329-8400-11 ต่อ 653 E-mail: nchoengchan@gamil.com และ

kcnathaw@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเทคนิคโพลอินเจกชันร่วมกับวิธีการเก็บตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ โดยอาศัยการทำปฏิกิริยากับฟลอรอกลูชินอลภายใต้สภาวะเบส เกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์สีส้มแดง ก่อนจะถูกตรวจวัดด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 530 nm ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกที่บรรจุน้ำกลั่นมาเป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่าง และได้นำเทคนิคโพลอินเจกชันที่เป็นระบบอัตโนมัติมาใช้ในการวิเคราะห์ ทำให้วิธีนี้สามารถวิเคราะห์ได้ง่าย รวดเร็ว และประหยัด ในการศึกษาหาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ กราฟมาตรฐานที่ได้อยู่ในช่วง $1 \times 10^{-3} - 7 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และสมการเส้นถดถอย (regression equation) คือ $y = 124.4X + 0.025$ ($r^2 = 0.992$) สำหรับความเที่ยงของการตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 1.04, 0.18 และ 0.53 % ที่ความเข้มข้น 1×10^{-3} , 3×10^{-3} และ $5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ ค่าร้อยละของการวิเคราะห์คืนกลับ พบว่ามีค่าใกล้ 100 % ดังนั้นจะเห็นว่าวิธีนี้มีความแม่นยำและความเที่ยงสูง จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์โดยใช้ฟลอรอกลูชินอล พบว่ามีความไวต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟลอรอกลูชินอลเป็นรีเจนต์ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับฟอร์มัลดีไฮด์ ดังนั้นวิธีที่พัฒนาขึ้นจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้วิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์

Abstract

This work presents a simple flow injection analysis (FIA) system and a method development for samples collection for determination of acetaldehyde/formaldehyde in air. Detection is based on reaction of acetaldehyde/formaldehyde with phloroglucinol under alkaline medium at room temperature. The spectrophotometric measurement was conducted at 530 nm of an orange product of the reaction for acetaldehyde/formaldehyde. Advantages of the method are simple, rapid and economic. The system provides the linear working range of formaldehyde in the concentration range of 1×10^{-3} - 7×10^{-3} mol L⁻¹ with regression equation: $y = 124.4X \mp 0.025$ ($r^2 = 0.992$). Relative standard deviation (RSD, n=5) were 1.04, 0.18 and 0.53 % when 1, 3 and 5×10^{-3} mol L⁻¹ formaldehyde were injected. Analytical recovery was very near to 100%. Therefore, it was suitable for exploiting as a method for determination of formaldehyde. However, for acetaldehyde, sensitivity is relatively low. It may be due to phloroglucinol is specific only to formaldehyde. Therefore, the developed system is not appropriate to acetaldehyde.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
สารบัญเรื่อง	IV-V
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1-2
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของ โครงการวิจัย	2-3
1.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3-4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย	5
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 สารเคมี	6
2.2 เครื่องมือ	6
2.3 วิธีดำเนินการ	6-8
2.3.1 เทคนิคโพลอินเจกชันสำหรับตรวจวัดปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์	6-7
2.3.2 วิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับเก็บตัวอย่าง	7-8
บทที่ 3 อภิปรายและวิจารณ์ผลการทดลอง	
3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์	10-11
3.2 การพัฒนาระบบโพลอินเจกชันเพื่อวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์	11-17
3.2.1 อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายฟลูออโรลูซีนอล	11-12
3.2.2 อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	12-13
3.2.3 อิทธิพลของอัตราการไหล	13-14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.4 อิทธิพลของปริมาณสารตัวอย่างที่เข้าสู่ระบบ	14-15
3.2.5 อิทธิพลของความยาวหลอดผสม	15-17
3.3 คุณลักษณะเด่นของวิธีวิเคราะห์	17
3.4 การประยุกต์ใช้กับตัวอย่างอากาศ	18-19
บทที่ 4 สรุปผลการทดลอง	20
บรรณานุกรม	21

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างและค่าการกลับคืน	18

สารบัญภาพ

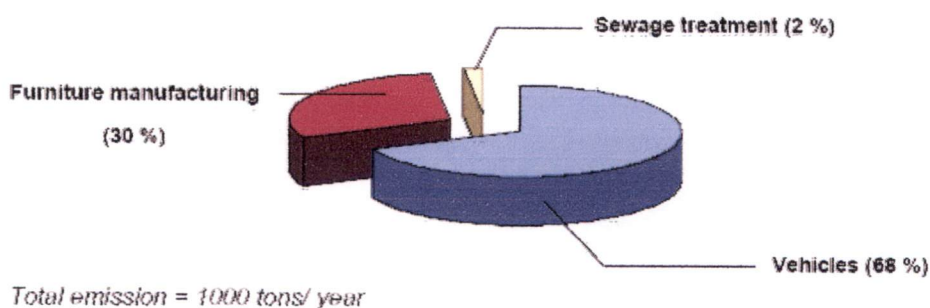
	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงแหล่งของการปล่อยอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์สู่อากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล	1
รูปที่ 1.2 จำนวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ ตั้งแต่ปี 1967 ถึง 2007	3
รูปที่ 2.1 แสดงระบบ FI เพื่อวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์หรือฟอร์มัลดีไฮด์	7
รูปที่ 2.2 แสดงกระบอกกึ่งขยายปริมาตร 60 ml ที่ดัดแปลงเป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง	7
รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศโดยอาศัยวิธีการที่พัฒนาขึ้น	8
รูปที่ 3.1 แสดงปฏิกิริยาระหว่างสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์และสารละลายฟลอรอกลูซินอลในสถานะเบส	9
รูปที่ 3.2 แสดงสเปกตรัมของผลิตภัณฑ์ของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์, ฟอร์มัลดีไฮด์และสารละลายผสมระหว่างอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายผสมระหว่างฟลอรอกลูซินอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	10
รูปที่ 3.3 แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายฟลอรอกลูซินอลที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์	ii
รูปที่ 3.4 แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์	12
รูปที่ 3.5 แสดงผลของอัตราการไหลของสารละลายฟลอรอกลูซินอลที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์	13
รูปที่ 3.6 แสดงผลของอัตราการไหลของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์	14
รูปที่ 3.7 แสดงผลของปริมาณสารตัวอย่างที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์	15
รูปที่ 3.8 แสดงผลของความยาว Mc_1 ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์	16
รูปที่ 3.9 แสดงผลของความยาว Mc_2 ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์	17
รูปที่ 3.10 แสดงสัญญาณที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ	18

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อะซีทัลดีไฮด์ (C_2H_4O) และฟอร์มาลดีไฮด์ (CH_2O) คือสารอินทรีย์ประเภทอัลดีไฮด์ที่มีหมู่คาร์บอนิลเป็นองค์ประกอบ จัดเป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds; VOCs) ประเภทที่ไม่มีธาตุคลอรีนในโมเลกุล (Non-chlorinated VOCs) มีการนำสารตัวนี้มาใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย

การปนเปื้อนของสารทั้งสองตัวสู่อากาศมาจาก 2 ปัจจัย คือ จากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ เช่น โรงงาน อุตสาหกรรม และจากแหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ เช่น ยานพาหนะ โดยปนมากับไอเสีย จากการสำรวจและประเมินคุณภาพอากาศโดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในปี 2550 ซึ่งเก็บตัวอย่างอากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พบว่า แหล่งของการปล่อยอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์สู่อากาศมากที่สุด [1] คือ ยานพาหนะ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1.1 แสดงแหล่งของการปล่อยอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์สู่อากาศในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

พิษของอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์ คือ เป็นสารก่อมะเร็ง หากสูดดมเป็นเวลานานๆจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ หอบหืด หรือเสียชีวิต หากได้รับในปริมาณมากเกินไป ดังนั้น การวัดและติดตามปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง ในแง่ของการเฝ้าระวังและป้องกันปัญหาหมอกพิษในอากาศ

วิธีสำหรับตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ ตามมาตรฐานของ American Society of Testing and Materials (ASTM) [2] และ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [3-5] คือ การใช้แผ่นเก็บตัวอย่างอากาศซึ่งทำจากเยื่อเลือกผ่านที่เคลือบตัวดูดซับคือ

2,4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงกับแก๊สอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ แก๊สทั้งสองจะแพร่ผ่านเยื่อเลือกผ่านดังกล่าว จากนั้นจะชะแก๊สทั้งสองด้วยตัวทำละลาย แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์โดยการแยกอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ออกจากกัน ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) หรือ Gas Chromatograph (GC) ต่อไป วิธีนี้เป็นวิธีที่กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ใช้เป็นวิธีมาตรฐาน ข้อดีของวิธีดังกล่าวคือ มีความแม่นยำสูง แต่ยังมี ข้อเสียที่สำคัญจากขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการตรวจวัด ดังนี้

1. ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง จำเป็นต้องมีขั้นตอนการจับและชะแก๊สทั้งสองออกมาให้อยู่ในสารละลายทำให้ใช้เวลาในการเตรียมตัวอย่างนานและเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเพราะมีหลายขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง

2. ขั้นตอนการตรวจวัด ไม่ว่าจะใช้เครื่อง HPLC หรือ GC ในการตรวจวัดก็ตาม มักใช้เวลานานกว่าจะรู้ผล (มากกว่า 10 นาที ต่อหนึ่งตัวอย่าง) ไม่เหมาะสำหรับกรณีที่มีตัวอย่างเป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจต้องทิ้งตัวอย่างไว้นานกว่าจะได้วิเคราะห์ ในระหว่างรอแก๊สทั้งสองอาจจะระเหยไป ทำให้การวิเคราะห์และการประเมินความเป็นพิษผิดพลาด อีกทั้งเครื่องมือยังมีราคาแพงเพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

จากข้อเสียดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดให้มีประสิทธิภาพ โดยจะพัฒนา ‘ชุดตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในควันไอเสียยานพาหนะแบบใหม่’ ที่ประกอบด้วย (1) ชุดเก็บตัวอย่างอากาศอย่างง่าย และ (2) เครื่องตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ที่มีประสิทธิภาพดีกว่าหรืออย่างน้อยเท่าเทียมกับแบบเดิม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาวิธีอย่างง่ายสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ
2. เพื่อสร้างชุดตรวจวัดต้นแบบสำหรับวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ที่วิเคราะห์ได้ง่ายมีความแม่นยำสูงและรู้ผลวิเคราะห์เร็ว
3. เพื่อใช้ชุดที่พัฒนาขึ้นนี้ในการติดตามระดับความเข้มข้นของอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัย มีแนวคิดที่จะพัฒนาขั้นตอนการเก็บตัวอย่างและการตรวจวัดให้มีประสิทธิภาพ ดังนี้

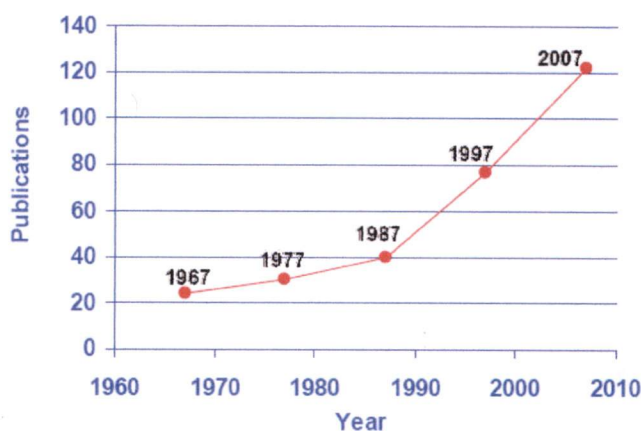
การเก็บตัวอย่าง จะพัฒนาอุปกรณ์อย่างง่ายใช้เก็บตัวอย่างอากาศ อุปกรณ์ดังกล่าวมุ่งเน้นให้ทำ
ได้สะดวก โดยใช้กระบอกฉีดยาบรรจุน้ำกลั่นเป็นอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง น้ำกลั่นทำหน้าที่เป็น
สารละลายตัวดูดซับ สาเหตุที่ใช้น้ำกลั่นเพราะหาง่ายและราคาถูกกว่ามากเมื่อเทียบกับ DNPH อีกทั้งยัง
ไม่เป็นพิษ มีรายงานพบว่า สามารถใช้น้ำกลั่นเป็นตัวดูดซับแก๊สทั้งสองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังจะ
กล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 1.4 (การทบทวนวรรณกรรม)

การตรวจวัด จะพัฒนาหลักการตรวจวัดอาศัยหลักการไหลของของเหลวปริมาณน้อยๆ
ร่วมกับการใช้น้ำยาทดสอบซึ่งเตรียมจากสารเคมีที่มีความจำเพาะเจาะจงในการทำปฏิกิริยากับอะซีทัลดี
ไฮด์หรือฟอร์มัลดีไฮด์ แล้วจะนำหลักการที่พัฒนาขึ้นนี้ไปต่อยอดสร้างเป็นชุดเครื่องมือต้นแบบที่รู้ผล
วิเคราะห์เร็วและมีความแม่นยำสูง

ในโครงการนี้ จะทดลองนำชุดต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ไปตรวจหาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และ
ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศในเขตพื้นที่ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง และละแวกใกล้เคียง เพื่อเป็นการเฝ้าระวังมลพิษและประเมินคุณภาพอากาศต่อไป

1.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

มีงานวิจัยเป็นจำนวนมาก เสนอวิธีการหาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศด้วย
เทคนิคทางเคมีวิเคราะห์ต่างๆ ผลงานตีพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์แก๊สทั้งสองนี้ในอากาศตั้งแต่ปี
1967 ถึง 2007 มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมาก (ดังรูปที่ 2) ทั้งนี้เป็นเพราะคณะนักวิจัยต่างๆ เล็งเห็นถึงปัญหา
ทางมลพิษในอากาศจากแก๊สทั้งสอง



รูปที่ 1.2 จำนวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ
ตั้งแต่ปี 1967 ถึง 2007 ที่มา: SciFinder Scholar

ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศสรุปได้ดังนี้

S. Houdier และคณะ [6] เสนอการตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์โดยเปลี่ยนให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ของคาร์บอนิลโดยใช้ Dansyloxamine เกิดเป็นสารประกอบออกซิมีเทอร์ซึ่งวิเคราะห์ต่อด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟี โดยใช้เฟสที่ไม่มีขั้ว และตรวจวัดความเข้มของฟลูออเรสเซนซ์

R. Pal และคณะ [7] นำเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟต่อกับระบบที่ชะสารด้วยความร้อน (Thermal Desorption) ซึ่งใช้วิเคราะห์หาอะซีทัลดีไฮด์ (โดยไม่ทำเป็นอนุพันธ์) ในความเข้มข้นระดับ ppb

Y. Saito และคณะ [8] พัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาสารประกอบในตัวอย่างควันบุหรี่ที่เก็บจากในอากาศ อุปกรณ์ดังกล่าวทำจากหลอดที่เคลือบด้วยพอลิเมอร์ใช้ในการสกัด เพื่อเปลี่ยนสารที่ต้องการวิเคราะห์ให้อยู่ในรูปอนุพันธ์ของอะซีทัลดีไฮด์ที่ระเหยได้แล้ววัดปริมาณโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี

F. Sandner และคณะ [9] ใช้ตัวดูดซับเป็น DNPH เพื่อเก็บตัวอย่างอากาศแล้วชะออกด้วยตัวทำละลายแล้วจึงวิเคราะห์ต่อด้วยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีที่ตรวจวัดโดยอ่านค่าการดูดกลืนแสง

A. Sakuragawa และคณะ [10] ศึกษาคุณลักษณะของอนุพันธ์ DNPH เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบคาร์บอนิล เช่น อะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ ในอากาศ โดยใช้เทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีและแมสสเปกโทรสโคปี (LC-MS) หลังจากสารประกอบคาร์บอนิลถูกดักจับในคอลัมน์ C18 ที่บรรจุอนุภาคซึ่งเคลือบด้วย DNPH จะชะคอลัมน์ด้วยอะซีโตไนไทรล์ ก่อนนำไปฉีดเข้าเครื่อง LC-MS ต่อไป

P. Sritharathikun และคณะ [11] ใช้ระบบวิเคราะห์ที่อาศัยหลักการไหลอย่างต่อเนื่องของของเหลวปริมาณน้อยๆ ที่เรียกว่า Flow injection analysis [12] เพื่อวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์ในอากาศ โดยใช้น้ำเป็นสารละลายดูดซับ แล้วทำการวัดปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์โดยวัดทั้งค่าการดูดกลืนแสงและค่าการเรืองแสงหลังจากที่ ฟอร์มัลดีไฮด์ ทำปฏิกิริยากับ acetylacetone และ ammonium acetate ที่ pH 5.6-5.8 และวิธีในลักษณะนี้ Q. Li และคณะ [13] ยังได้นำเสนอด้วยเช่นเดียวกัน

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ที่สรุปมานั้น ล้วนแล้วแต่ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่ ราคาแพง และส่วนใหญ่ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของโครงการวิจัย

1. วิธีอย่างง่ายและสะดวกสำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ เพื่อตรวจวัดอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์
2. ชุดเครื่องมือต้นแบบสำหรับวัดปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งมีข้อดี คือมีความแม่นยำสูง รู้ผลเร็ว รองรับการวิเคราะห์ที่มีตัวอย่างเป็นจำนวนมาก เหมาะสำหรับการตรวจวัดแบบคัดกรองและแบบที่ต้องการทราบปริมาณที่แน่นอน
3. สามารถประเมินมลพิษทางอากาศที่เกิดจากอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มาลดีไฮด์ในบริเวณคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และใกล้เคียงได้

2. วิธีดำเนินการ

2.1 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นสารเคมีเกรดวิเคราะห์ (A.R. grade) น้ำปราศจากไอออนที่ใช้ในการเตรียมสารละลายได้จากกระบวนการ Milli-Q

สารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ ความเข้มข้น 1 mol L^{-1} ใช้เป็นสารละลายสต็อก เตรียมโดยเจือจางจากฟอร์มัลดีไฮด์ (UNIVER) เข้มข้น 38% v/v ด้วยน้ำปราศจากไอออน

สารละลายอะซีทัลดีไฮด์ ความเข้มข้น 1 mol L^{-1} ใช้เป็นสารละลายสต็อก เตรียมโดยเจือจางจากอะซีทัลดีไฮด์ (Riedel-de Haen) เข้มข้น 99.9% v/v ด้วยน้ำปราศจากไอออน

สารละลายฟลูออโรโรกนูชินอล เข้มข้น 0.5% w/v เตรียมโดยละลายฟลูออโรโรกนูชินอล (Fluka) จำนวน 0.5 กรัม ในน้ำปราศจากไอออน

สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 mol L^{-1} เตรียมโดยละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Lab-scan) จำนวน 2.81 กรัม ในน้ำปราศจากไอออน

2.2 เครื่องมือ

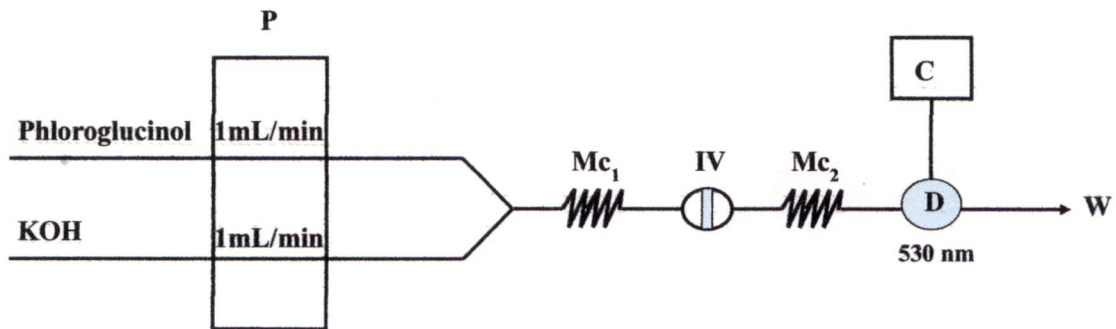
การตรวจวัดสัญญาณใช้เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของ Jasco รุ่น V-630 ในการขับเคลื่อนสารละลายจะใช้ peristaltic pump (4 channels) การนำสารตัวอย่างเข้าสู่ระบบจะใช้ Six port injection valve ท่อนำส่งสารเป็นชนิด Tygon ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 0.95 mm และ poly (tetrafluoro ethylene) (PTFE) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 1 mm

2.3 วิธีดำเนินการ

2.3.1 เทคนิคโพลินเจกชันสำหรับตรวจวัดปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์

แผนผังของระบบโพลินเจกชัน (FI) ที่ใช้สำหรับตรวจวัดปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์แสดงดังรูปที่ 2.1 การทดลองทำโดยฉีดสารละลายมาตรฐานอะซีทัลดีไฮด์หรือฟอร์มัลดีไฮด์ปริมาณน้อยๆ (ระดับไมโครลิตร) ลงในกระแสน้ำของสารละลายฟลูออโรโรกนูชินอลและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ผสมกันอย่างอัตโนมัติโดยใช้ปั๊มดูดสารละลายทั้งสองให้ไหลเข้ามาบรรจบกันอย่างต่อเนื่องตลอดการวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์หรือฟอร์มัลดีไฮด์จะทำปฏิกิริยากับสารละลายผสมระหว่างฟลูออโรโรกนูชินอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีสีและเข้า

ผู้เครื่อง UV-VIS spectrophotometer เพื่อตรวจวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 nm ซึ่งค่าการดูดกลืนแสงจะแปรผันตรงกับผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น นั่นก็คือปริมาณอะซีทัลดีไฮด์หรือฟอร์มัลดีไฮด์นั่นเอง



รูปที่ 2.1 แสดงระบบ FI เพื่อวิเคราะห์ อะซีทัลดีไฮด์หรือฟอร์มัลดีไฮด์ P: Peristaltic Pump, Mc_1 และ Mc_2 : Mixing coil 1 และ 2 ตามลำดับ, IV: Injection valve, D: Detector, C: computer และ W: Waste

2.3.2 วิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับเก็บตัวอย่าง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างทำจากกระบอกฉีดยาพลาสติก แสดงดังรูปที่ 2.2

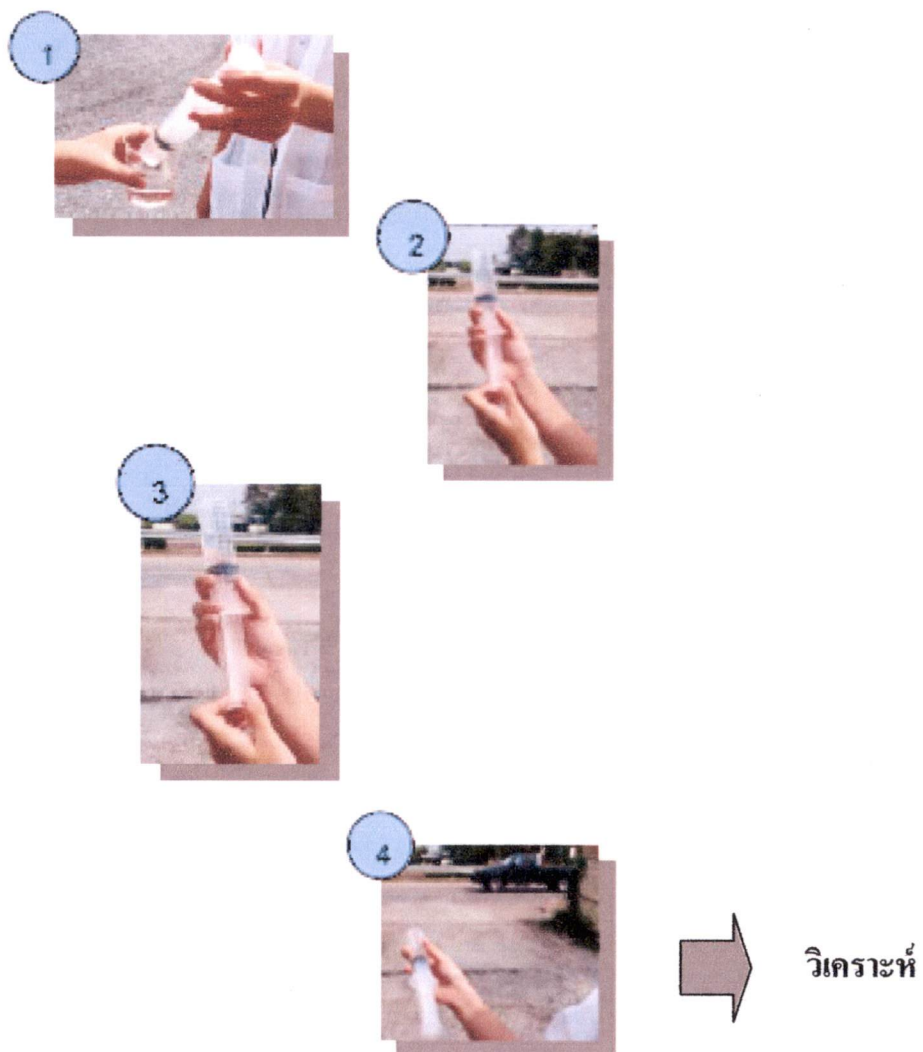


รูปที่ 2.2 แสดงกระบอกฉีดยาปริมาตร 60 ml ที่ดัดแปลงเป็นอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง แสดงเป็นลำดับดังนี้

1. ใช้กระบอกฉีดยาคุณน้ำกลั่น(สารละลายตัวดูดซับ) ไม่ต้องดูจนเต็มกระบอก
2. หันปลายกระบอกสู่อากาศ
3. ดึงก้านสูบลงเพื่อดูดตัวอย่างอากาศ
4. เขย่ากระบอกฉีดยาเพื่อให้อะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ละลายลงสู่น้ำกลั่น
5. นำไปวิเคราะห์หาปริมาณ โดยใช้หลักการที่ได้พัฒนาขึ้นตามหัวข้อที่ 2.3.1

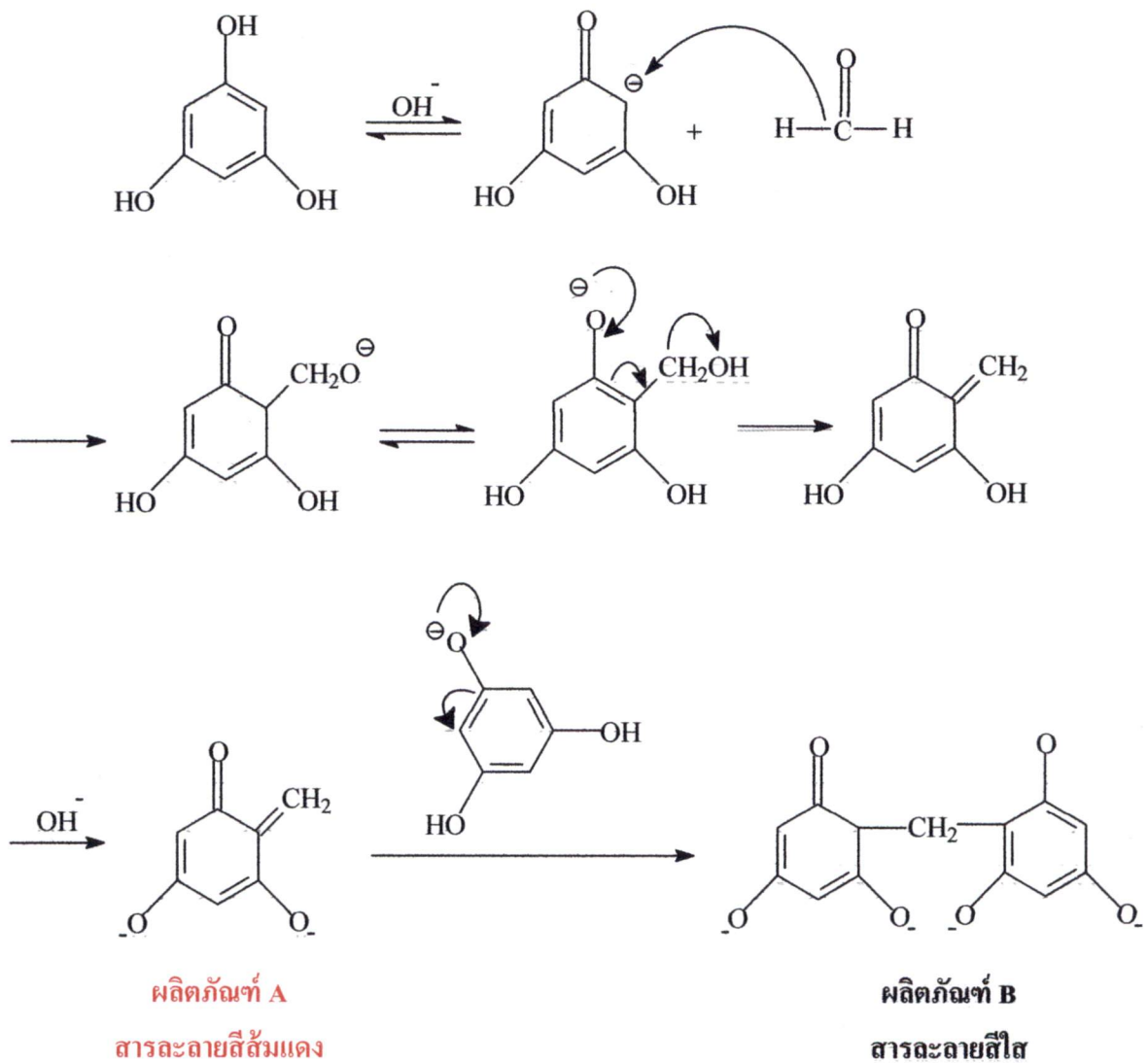
ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง แสดงผังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างอากาศโดยอาศัยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

3. อภิปรายและวิจารณ์ผลการทดลอง

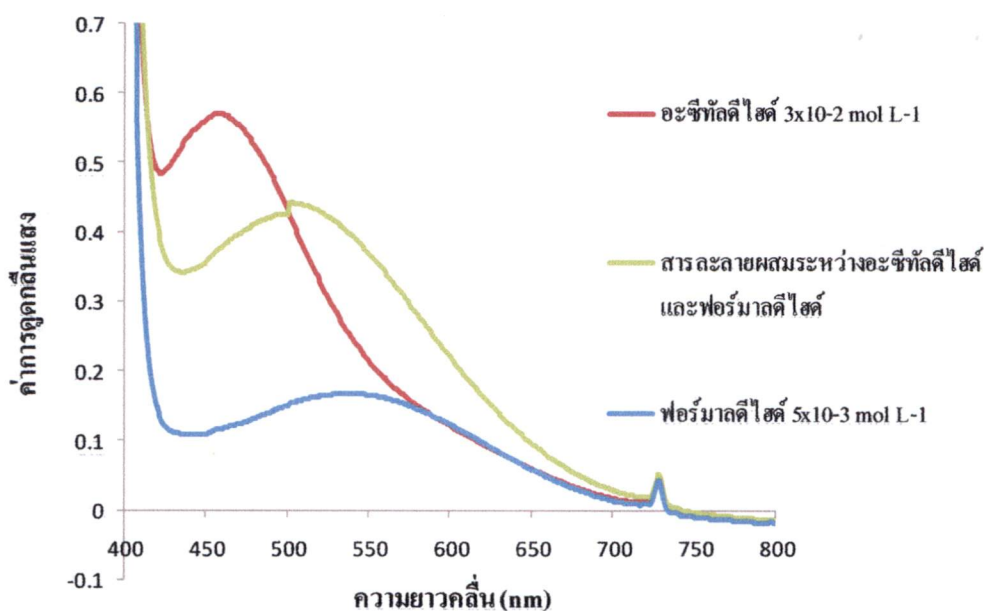
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการหาค่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ด้วยเทคนิคโฟลอินเจกชัน วิธีนี้อาศัยการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่ไม่เสถียรซึ่งสามารถดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิลได้ โดยเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์และสารละลายฟลอรอกูชินอลในสภาวะเบส กลไกการเกิดปฏิกิริยาแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงปฏิกิริยาระหว่างสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์และสารละลายฟลอรอกูชินอลในสภาวะเบส

3.1 การศึกษาความเป็นไปได้ของการวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์

ในการศึกษาความเป็นไปได้ของการวิเคราะห์จะอาศัยปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มัลดีไฮด์หรืออะซีทัลดีไฮด์กับสารละลายผสมระหว่างฟลูออโรโรซินอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โดยสแกนความยาวคลื่นเทียบกับค่าการดูดกลืนแสง เพื่อหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุด สเปกตรัมที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงสเปกตรัมของผลิตภัณฑ์ของสารละลายอะซีทัลดีไฮด์, ฟอร์มัลดีไฮด์และสารละลายผสมระหว่างอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายผสมระหว่างฟลูออโรโรซินอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

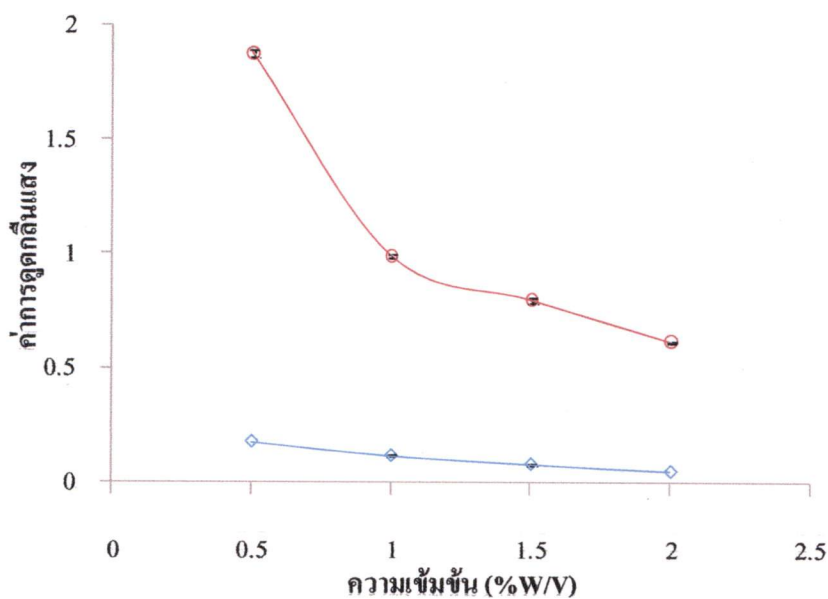
จากสเปกตรัมที่ได้พบว่าผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลายผสมของอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์กับสารละลายผสมของฟลูออโรโรซินอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้สัญญาณเพียงพิกเดียวไม่เกิดการแยกออกเป็นสองพิกตามที่คาดไว้ จึงทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ได้พร้อมกันโดยอาศัยปฏิกิริยาดังกล่าว และเมื่อแยกพิจารณาสเปกตรัมของผลิตภัณฑ์ของอะซีทัลดีไฮด์กับผลิตภัณฑ์ของฟอร์มัลดีไฮด์พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองสามารถดูดกลืนแสงได้มากที่สุดที่ความยาวคลื่น 460 และ 530 nm ตามลำดับ ถึงแม้ว่าอะซีทัลดีไฮด์จะสามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายผสมของฟลูออโรโรซินอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ได้ แต่โดยทั่วไป

แล้วสารละลายฟลูออโรลูซีนอลเป็นรีเอเจนต์ที่มีความจำเพาะเจาะจงกับฟอร์มัลดีไฮด์ แต่ผู้ทำการทดลองสังเกตเห็นว่าอะซีทัลดีไฮด์และฟอร์มัลดีไฮด์ต่างก็เป็นสารประกอบอัลดีไฮด์ทั้งคู่ ด้วยเหตุผลนี้ผู้ทำการทดลองจึงคิดที่จะนำอะซีทัลดีไฮด์มาทำปฏิกิริยากับสารละลายฟลูออโรลูซีนอล แต่จากผลที่ได้พบว่าปฏิกิริยาระหว่างฟลูออโรลูซีนอลและอะซีทัลดีไฮด์มีความไวต่ำ ดังนั้นการนำสารละลายฟลูออโรลูซีนอลมาใช้วิเคราะห์อะซีทัลดีไฮด์จึงไม่เหมาะสม ซึ่งในกรณีนี้เราจะศึกษาในลำดับต่อไป

3.2 การพัฒนาระบบโพลีอินเจกชันเพื่อวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์

3.2.1 อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายฟลูออโรลูซีนอล

โดยทั่วไปปริมาณของรีเอเจนต์ต้องมีมากกว่าสารที่ต้องการวิเคราะห์ เพื่อให้เพียงพอกับการเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลายฟลูออโรลูซีนอลที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ของฟอร์มัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้นระดับต่ำและสูง ในการทดลองจะวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่ความเข้มข้นของสารละลายฟลูออโรลูซีนอลในช่วง 0.5 ถึง 2% w/v ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.3

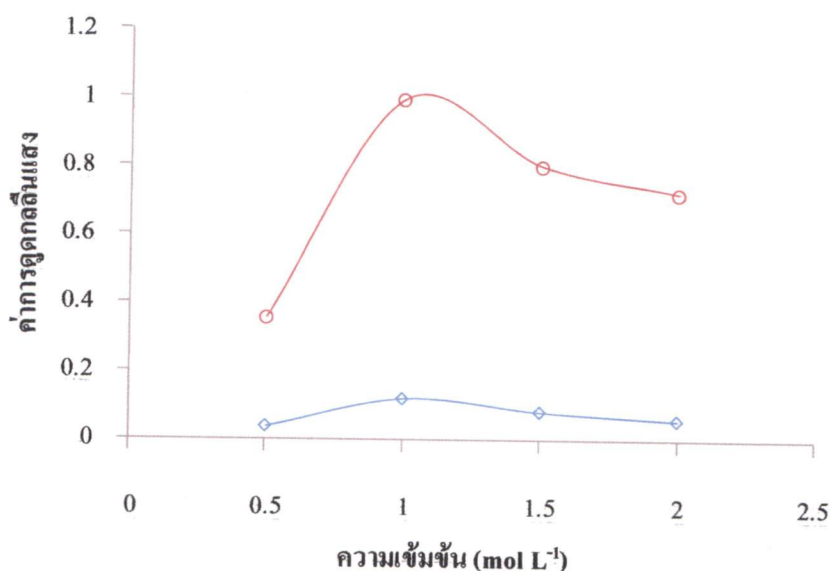


รูปที่ 3.3 แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายฟลูออโรลูซีนอลที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อ \circ และ \diamond คือ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น $1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และ $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายฟลอโรกุชินอลเพิ่มขึ้นจาก 0.5 จนถึง 2% w/v ซึ่งเป็นผลมาจากสีของสารละลายฟลอโรกุชินอลเมื่อผสมกับเบส (มีสีม่วง) ไปรบกวนสีของสารผลิตภัณฑ์ จึงทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ลดลง ดังนั้นความเข้มข้นสารละลายฟลอโรกุชินอลที่เหมาะสมคือ 0.5% w/v

3.2.2 อิทธิพลของความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

ปฏิกิริยาระหว่างสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์และสารละลายฟลอโรกุชินอลจะกระทำภายใต้สภาวะเบส ซึ่งในการทดลองนี้ได้เลือกใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวกลางในการเกิดปฏิกิริยา ในการทดลองจะวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในช่วง 0.5 ถึง 2 mol L⁻¹ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.4



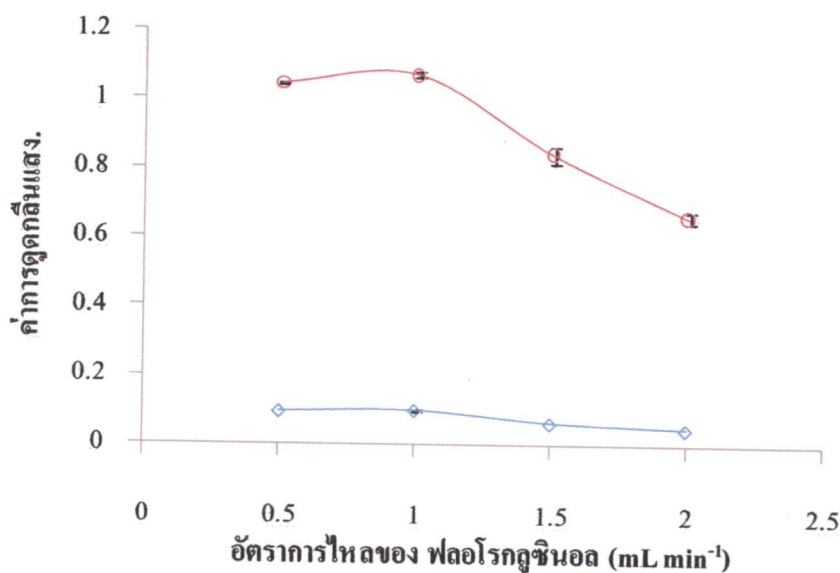
รูปที่ 3.4 แสดงผลของความเข้มข้นสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อ ○ และ ◇ คือ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น 1x10⁻³ mol L⁻¹ และ 1x10⁻² mol L⁻¹ ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นจาก 0.5 จนถึง 1 mol L⁻¹ เนื่องจากปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นเมื่อความเข้มข้นของเบสเพิ่มขึ้นทำให้เกิดสารผลิตภัณฑ์ที่มีสีมากขึ้น (ผลิตภัณฑ์ A ดังรูปที่ 3.1) แต่เมื่อสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 1 จนถึง 2 mol L⁻¹ ค่าการดูดกลืนแสง

ของผลิตภัณฑ์จะลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาที่เร็วขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีซึ่งไม่เสถียรไปอยู่ในรูปผลิตภัณฑ์ที่เสถียรซึ่งไม่มีสีแทน (ผลิตภัณฑ์ B ดังรูปที่ 3.1) ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 1 mol L^{-1}

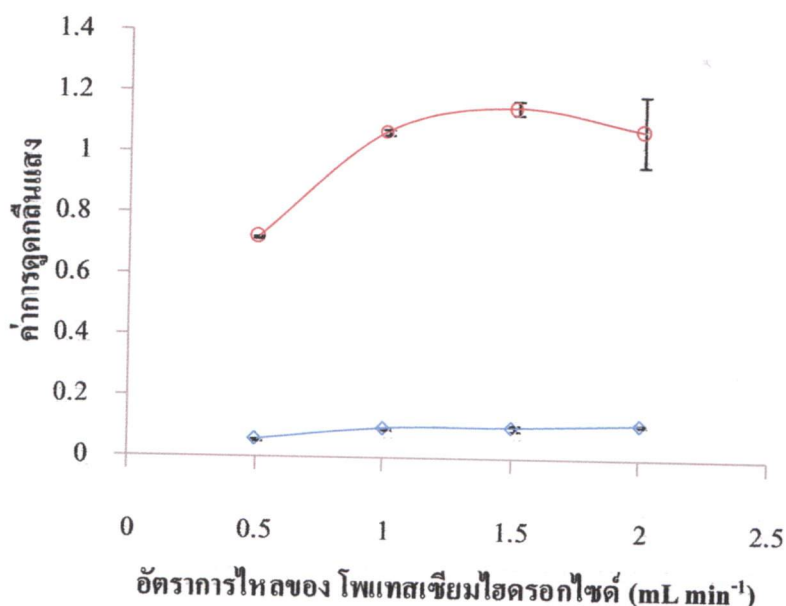
3.2.3 อิทธิพลของอัตราการไหล

การที่อัตราการไหลของรีเอเจนต์มีผลต่อสัญญาณการวิเคราะห์ เนื่องมาจากการแพร่ (dispersion) เมื่อทำการวิเคราะห์สารด้วยอัตราการไหลสูงจะทำให้สารตัวอย่างผ่านระบบไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้สารที่ต้องการวิเคราะห์และรีเอเจนต์ทำปฏิกิริยากันไม่สมบูรณ์และใช้ปริมาณรีเอเจนต์มาก ในขณะที่การวิเคราะห์สารด้วยอัตราการไหลต่ำจะทำให้สารตัวอย่างคงอยู่ในระบบนานเกิดการแพร่กระจายมาก โดยจะส่งผลทำให้ความไวและอัตราเร็วในการวิเคราะห์ลดลง ฉะนั้นจึงได้ทำการศึกษาผลจากอัตราการไหลของสารละลายฟลูออโรซีนอลและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นสารละลายตัวพาที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ ในช่วง 0.5 ถึง 2 mL min^{-1} ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ



รูปที่ 3.5 แสดงผลของอัตราการไหลของสารละลายฟลูออโรซีนอลที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อ \circ และ \diamond คือ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น $1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และ $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นจนถึง 1 mL min^{-1} จากนั้นค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงเมื่ออัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงเลือกอัตราการไหลที่ 1 mL min^{-1} เป็นอัตราการไหลที่เหมาะสม

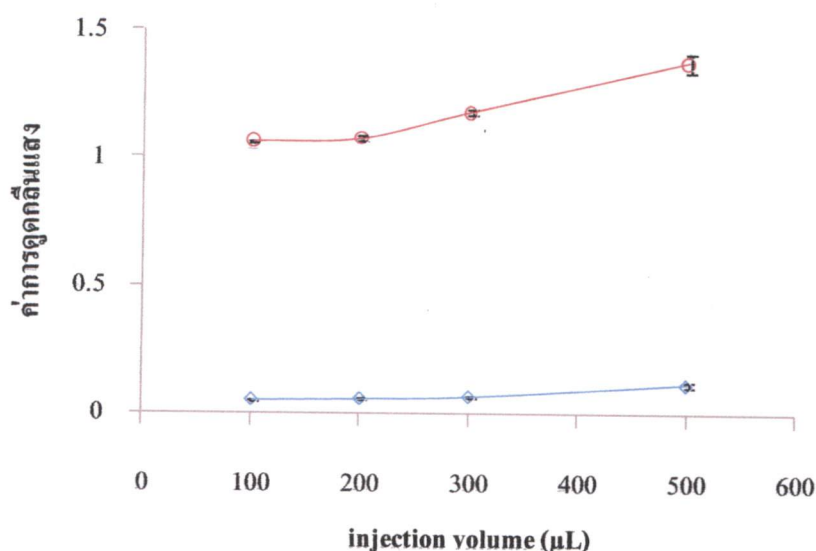


รูปที่ 3.6 แสดงผลของอัตราการไหลของสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อ \circ และ \diamond คือ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น $1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และ $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ

จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลเพิ่มขึ้นจนถึง 1.5 mL min^{-1} จากนั้นค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงเมื่ออัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้น แต่ที่อัตราการไหล 1 mL min^{-1} นี้ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่พอเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ และใช้ปริมาณสารละลายน้อยเมื่อเทียบกับอัตราการไหลที่ 1.5 mL min^{-1} ซึ่งให้ค่าการดูดกลืนแสงที่มากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกอัตราการไหลที่ 1 mL min^{-1} เป็นอัตราการไหลที่เหมาะสม

3.2.4 อิทธิพลของปริมาณสารตัวอย่างที่เข้าสู่ระบบ (Injection volume)

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารตัวอย่างที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ ทำได้โดยเปลี่ยนความยาวของขดลวดที่ใช้สำหรับเก็บสารตัวอย่างในจังหวะการไหล ที่ช่วงปริมาตร $100 - 500 \mu\text{L}$ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.7



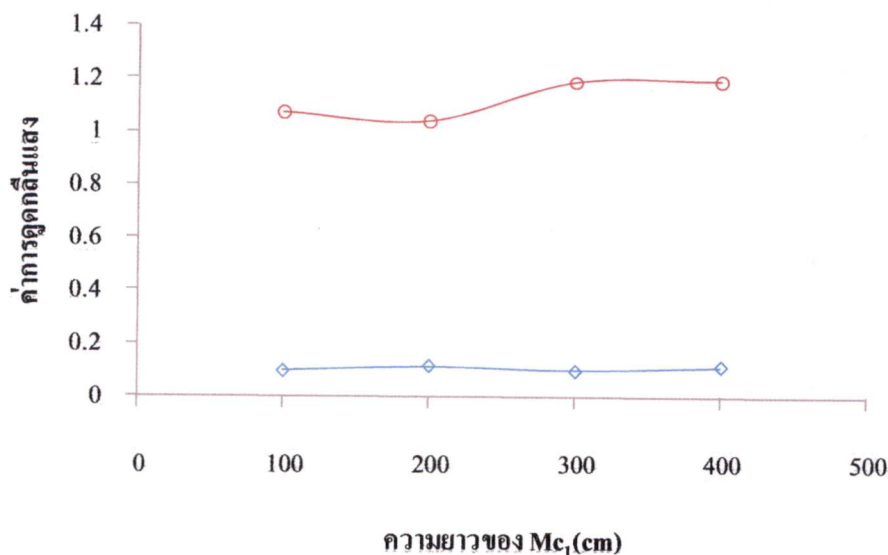
รูปที่ 3.7 แสดงผลของปริมาณสารตัวอย่างที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อ \circ และ \diamond คือ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น $1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และ $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสารตัวอย่างเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากสารตัวอย่างสามารถเกิดปฏิกิริยากับรีเอเจนต์ได้มากขึ้นทำให้มีสารผลิตภัณฑ์เกิดมากขึ้นด้วย ถึงแม้ว่าปริมาณสารตัวอย่างที่ 500 μL จะให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงที่สุด แต่ปริมาณที่ 300 μL นี้ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่พอเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ และใช้ปริมาณสารตัวอย่างน้อยเมื่อเทียบกับที่ปริมาณ 500 μL ดังนั้นจึงเลือกปริมาณที่ 300 μL เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

3.2.5 อิทธิพลของความยาวขดลวดผสม (mixing coils)

ความยาวของ mixing coils มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ โดยถ้าในระบบใช้ความยาวของ mixing coils สั้นจะทำให้สารละลายผสมกันไม่ดีส่งผลให้พีคมีลักษณะหัวแตก แต่ถ้าใช้ความยาวมากเกินไปจะทำให้เกิดการแพร่กระจายมากส่งผลให้ค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าต่ำ ในการทดลองได้ศึกษาอิทธิพลของความยาว mixing coils ตรงตำแหน่งที่สารละลายฟลูออโรลูซีนอลและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ผสมกันแทนด้วย Mc_1 และตรงตำแหน่งที่สารละลายผสม (สารละลายฟลูออโรลูซีนอลและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์) และสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกันซึ่งจะแทนด้วย Mc_2

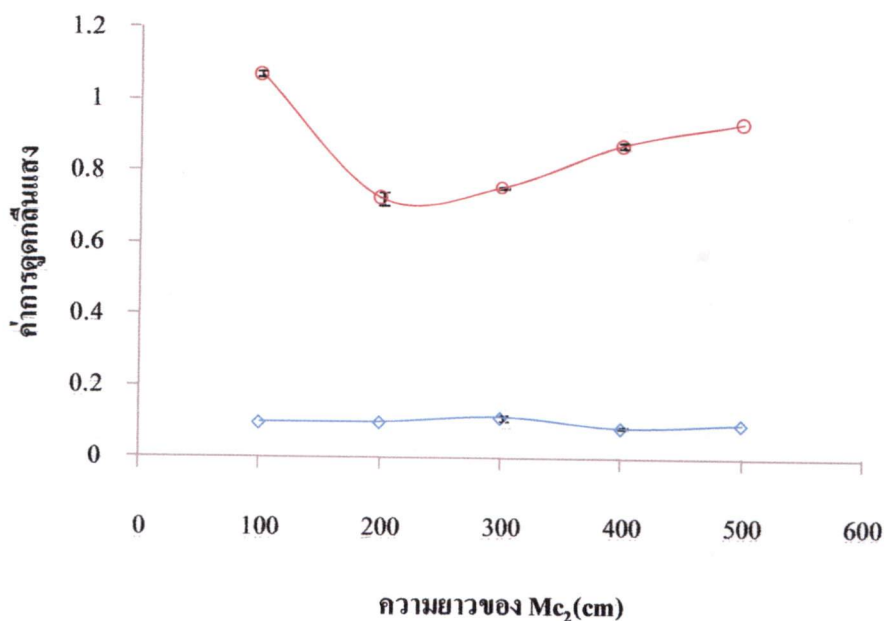
การวิเคราะห์ฟอร์มัลดีไฮด์จะอาศัยการทำปฏิกิริยากับสารละลายฟลอรอกูชินอลภายใต้สภาวะเบส ดังนั้นจึงได้มีการออกแบบระบบที่สามารถผสมรีเอเจนต์และเบสได้โดยอัตโนมัติ สารละลายทั้งสองจะผสมกันตรงส่วน mixing coils ในการทดลองจะศึกษาในช่วงความยาว 100 ถึง 400 cm ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงผลของความยาว M_{c1} ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อ \circ และ \diamond คือ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น $1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และ $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อความยาว M_{c1} เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงเลือกความยาวที่ 100 cm เป็นความยาวที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นความยาวที่สั้นที่สุด ซึ่งเป็นการประหยัดท่อที่นำมาใช้เป็น mixing coils

ในการศึกษาความยาวของ Mixing coils ตรงตำแหน่งที่สารละลายผสม (สารละลายฟลอรอกูชินอลและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์) และสารละลายฟอร์มัลดีไฮด์ผสมกัน จะศึกษาในช่วง 100 ถึง 500 cm ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 3.9

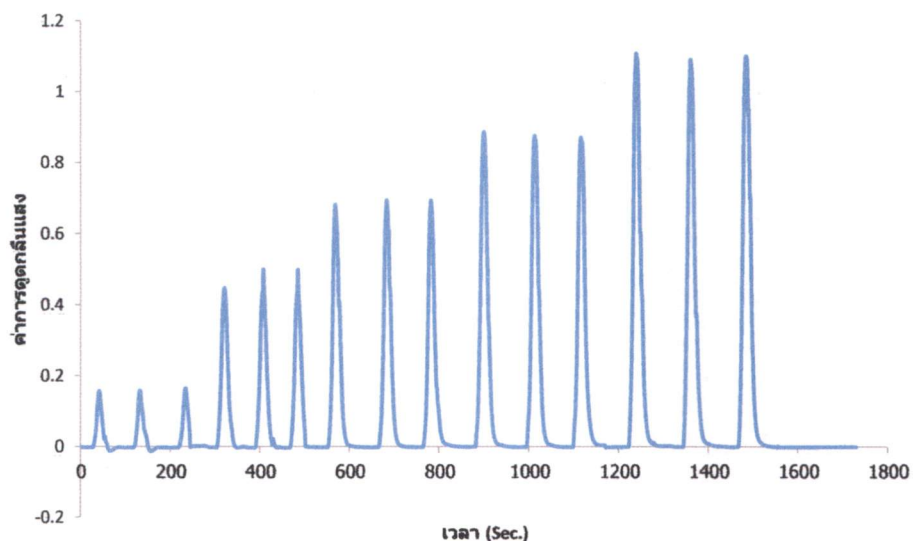


รูปที่ 3.9 แสดงผลของความยาว Mc_2 ที่มีต่อค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ เมื่อ \circ และ \diamond คือ สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์เข้มข้น $1 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และ $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ

ผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าการดูดกลืนแสงมีค่าสูงสุดเมื่อความยาว Mc_2 เท่ากับ 100 cm ดังนั้นจึงเลือกความยาวที่ 100 cm เป็นความยาวที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

3.3 คุณลักษณะเด่นของวิธีวิเคราะห์

ได้มีการศึกษาคุณลักษณะเด่นต่าง ๆ ดังนี้ ช่วงความเป็นเส้นตรงที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ในช่วง $1 \times 10^{-3} - 7 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และสมการเส้นถดถอย (regression equation) คือ $y = 124.4X + 0.025$ ($r^2 = 0.992$) เมื่อ y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น และ x คือ ความเข้มข้นของฟอร์มัลดีไฮด์ (mol L^{-1}) นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาความเที่ยง โดยความเที่ยงของวิธีจะหาจากการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานจำนวน 3 ความเข้มข้นที่ระดับต่างกัน คือ ความเข้มข้นระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ($1, 3$ และ $5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$) ซึ่งแต่ละความเข้มข้นจะวิเคราะห์ซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง แล้วทำการวัดความสูงของพีค (ค่า absorbance) เพื่อนำมาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% RSD) ของแต่ละความเข้มข้น จากการวิเคราะห์จะได้ %RSD เท่ากับ 1.0419, 0.1795 และ 0.5347 % สำหรับความเข้มข้นระดับต่ำ ปานกลาง และสูงตามลำดับ



รูปที่ 3.10 แสดงสัญญาณที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

3.4 การประยุกต์ใช้กับตัวอย่างอากาศ

งานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ด้วยเทคนิคโพลินเจกซ์ที่อาศัยการทำปฏิกิริยากับสารละลายฟลูออโรลูซิโนลภายใต้สภาวะเบส ในขั้นตอนการนำวิธีที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้กับตัวอย่างนั้น จะเลือกวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ที่มาจากควันไอเสียยานพาหนะ เนื่องจากยานพาหนะเป็นแหล่งที่มีการปล่อยฟอร์มาลดีไฮด์ออกสู่อากาศมากที่สุด ความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างควันไอเสียยานพาหนะแสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ที่ตรวจพบในตัวอย่างและค่าการกลับคืน

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mol L ⁻¹)	ค่าการกลับคืน (%)
รถยนต์ 1	n.d.	89
รถยนต์ 2	n.d.	89
รถจักรยานยนต์ 1	n.d.	60
รถจักรยานยนต์ 2	n.d.	90

n.d.: ไม่สามารถตรวจวัดได้

จากตารางจะเห็นว่าวิธีวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถตรวจวัดฟอร์มัลดีไฮด์ในตัวอย่างควันไอเสียยานพาหนะได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟอร์มัลดีไฮด์ที่อยู่ในควันไอเสียมีปริมาณต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดของกราฟมาตรฐาน จึงทำให้ตรวจวัดไม่เจอ แต่เมื่อพิจารณาจากค่าร้อยละของการกลับคืนที่หาได้จากการสไปค์สารละลายมาตรฐานฟอร์มัลดีไฮด์ที่ความเข้มข้น $3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ ลงในสารตัวอย่าง พบว่ามีค่าเข้าใกล้ 100% ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับหาปริมาณฟอร์มัลดีไฮด์ให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง

4.สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้เสนอการวิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์และอะซีทัลดีไฮด์ในอากาศโดยใช้เทคนิคโฟลอินเจกชัน (Flow Injection Analysis (FIA)) ร่วมกับการพัฒนาวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศที่ทำได้ง่ายและสะดวก ระบบโฟลอินเจกชันที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้มีการออกแบบมาให้ง่ายสำหรับการวิเคราะห์ โดยได้มีการใช้ปั๊มดูดสารละลายฟลูออโรซีนอลและสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ไหลเข้ามาบรรจบกันอย่างต่อเนื่องตลอดการวิเคราะห์ซึ่งส่งผลให้สารเกิดการผสมกันอย่างอัตโนมัติก่อนจะทำปฏิกิริยากับฟอร์มาลดีไฮด์ที่มีในตัวอย่างเกิดเป็นผลิตภัณฑ์และตรวจวัดต่อไป

ในการศึกษาความเป็นไปได้สำหรับการวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์และอะซีทัลดีไฮด์โดยอาศัยวิธีที่พัฒนาขึ้น พบว่าสารละลายฟลูออโรซีนอลไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ทำปฏิกิริยากับอะซีทัลดีไฮด์เนื่องจากให้สัญญาณการวิเคราะห์ที่ต่ำเมื่อเทียบกับฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่งการวิเคราะห์หาปริมาณอะซีทัลดีไฮด์จะได้มีการศึกษาและพัฒนาเพื่อหาวิธีอื่นที่ใหม่ที่เหมาะสมต่อไป การหาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์จะอาศัยการสร้างกราฟมาตรฐานที่พลอตระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ กราฟมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง $1 \times 10^{-3} - 7 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ และสมการเส้นถดถอย (regression equation) คือ $y = 124.4X + 0.025$ ($r^2 = 0.992$) สำหรับความเที่ยงของการตรวจวัดจะรายงานเป็น %RSD ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.04, 0.18 และ 0.53 % สำหรับความเข้มข้น 1×10^{-3} , 3×10^{-3} และ $5 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อนำวิธีที่พัฒนาขึ้นมาใช้วิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ในอากาศ พบว่าตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ไม่มีฟอร์มาลดีไฮด์ปนอยู่ ทั้งนี้อาจมาจากฟอร์มาลดีไฮด์ในตัวอย่างมีปริมาณน้อยมากเกินกว่าวิธีวิเคราะห์จะตรวจวัดได้ แต่เมื่อพิจารณาค่าการกลับคืนซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์พบว่าค่าการกลับคืนที่ได้จากการสไปค์สารละลายมาตรฐานฟอร์มาลดีไฮด์ความเข้มข้น $3 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ ลงในสารตัวอย่างมีค่าใกล้เคียง 100% ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์มีความถูกต้อง

ข้อดีของงานวิจัยนี้ที่นำเอาเทคนิคโฟลอินเจกชันร่วมกับวิธีการเก็บตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์และอะซีทัลดีไฮด์ คือ สะดวก สามารถทำได้ง่าย การวิเคราะห์เป็นแบบอัตโนมัติทำให้ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ ใช้สารเคมีและสารตัวอย่างน้อยทำให้ลดต้นทุนในการวิเคราะห์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิเคราะห์ประจำได้

บรรณานุกรม

- [1] จริยา สุขะปาน, เอกสารประกอบการสัมมนาโครงการ Developmental and Emission standards of VOCs, กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
- [2] ASTM, Designation: D 5197-03
- [3] NIOSH 2541
- [4] NIOSH 2016
- [5] NIOSH 2539
- [6] S. Houdier, M. Legrand, D. Boturyn, S. Croze, E. Defrancq, J. Lhomme, *Analytica Chimica Acta* (1999) 253-263.
- [7] R. Pal, K. H. Kim, *Microchemical Journal* (2008)
- [8] Y. Saito, I. Ueta, M. Ogawa, M. Hayashida, K. Jinno, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* (2007) 1-7.
- [9] F. Sandner, W. Dott, J. Hollender, *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (2001) 275-279.
- [10] A. Sakuragawa, T. Yoneno, K. Inoue, T. Okutani, *Journal of Chromatography A* (1999) 403-408.
- [11] P. Sritharathikhun, M. Oshima, S. Motomizu, *Talanta* (2005) 1014-1022.
- [12] www.flowinjection.com
- [13] Qi. Li, P. Sritharathikhun, M. Oshima, S. Motomizu, *Anal. Chim. Acta* 612 (2008) 165-172.