

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

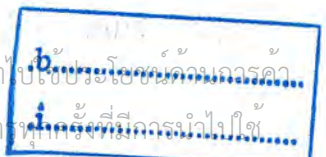
คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55569
วัน,เดือน,ปี 19 พ.ศ. 2548



Determination of Nitrogen Dioxide in Ambient Air by Passive Sampler



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the

Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut' s Institute of Technology Ladkrabang

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยอุปกรณ์
พาสซีฟ

นักศึกษา

นางสาวเจตินางค์ บุญไชยพฤกษ์
นางสาวชนัญชญา คาวสุใจ
นางสาวณัฐนิชา สุภาสวัสดิ์

ภาควิชา

เคมี

สาขาวิชา


เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ ดร.สุวรรณี จรรยาพูน	
กรรมการ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย	
กรรมการ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	
กรรมการ อ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	



(ผศ.ดร.ประยงค์ ดวงดี)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเชิงงานในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยอุปกรณ์พาสซีฟ	
นักศึกษา	นางสาวเจดณางค์	บุญใบชัยพฤกษ์
	นางสาวชนัญชญา	ดาวสุโข
	นางสาวณัฐนิชา	สุภาสวัสดิ์
ภาควิชา	เคมี	
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม	
ปีการศึกษา	2546	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์	

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยอุปกรณ์พาสซีฟที่ทำขึ้นเองในห้องทดลอง โดยในโครงการงานวิจัยนี้ทำการศึกษา 3 ปีวิจัย ปีวิจัยแรกเป็นการศึกษาส่วนประกอบที่เหมาะสมสำหรับผลิตอุปกรณ์พาสซีฟ คือการศึกษาหาสิ่งกีดขวาง 3 ชนิด คือ กระดาษกรองใยแก้ว กระดาษกรองเซลลูโลส และกระดาษเทฟลอน ปีวิจัยที่สองจะนำการศึกษาหาสารเคมีสำหรับเคลือบที่เหมาะสม ซึ่งสารเคมีที่ทำกรศึกษามี 2 ชนิด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์และไตรเอทานอลามีนผสมกับโพแทสเซียมคาร์บอเนต โดยจะหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์พาสซีฟเทียบกับวิธีมาตรฐานที่ระยะเวลา 290 และ 360 นาที ปีวิจัยสุดท้ายทำการศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสซีฟที่ระยะเวลา 1 วัน 7 วันและ 14 วัน จากการศึกษาดังปีวิจัยที่กล่าวในช่วงต้นพบว่า สิ่งกีดขวาง และสารเคมีสำหรับเคลือบที่เหมาะสมในการผลิตอุปกรณ์พาสซีฟ คือ กระดาษกรองใยแก้วและโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์ เมื่อนำอุปกรณ์ที่ผลิตได้มาทำการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศเปรียบเทียบกับวิธีแอดทิฟโดยจะทำการเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลา 290 และ 360 นาที พบว่าอุปกรณ์พาสซีฟมีประสิทธิภาพเท่ากับ 0.09 และ 0.94 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาอุปกรณ์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันพบว่ามีความเข้มข้นของไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น นอกจากปีวิจัยดังกล่าวที่ทำการศึกษาแล้วยังได้นำอุปกรณ์พาสซีฟที่ผลิตได้ไปทำการ फैาระวังมลพิษในอากาศแบบติดตัวบุคคลอีกด้วย จากผลการทดลอง โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่มที่มีกิจกรรมแตกต่างกัน เพื่อศึกษาปริมาณ NO_2 ที่ได้รับ พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะมีความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์สูงที่สุด และกลุ่มตัวอย่างที่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลจะมีค่าน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Determination of Nitrogen Dioxide in Ambient Air by Passive Sampling
Name	Miss Jirdnapang Boombaichaiyapruk Miss Chanunchida Daosukho Miss Natnicha Suphasawad
Department	Chemistry
Program	Environmental Resources Chemistry
Academic Year	2003
Special Project Advisor	Krongkaew Tippayasak

Abstract

A determination of nitrogen dioxide by using passive sampler which made in the laboratory was studied. To find the optimum conditions for the passive sampler, 3 variable parameters were investigated: passive barriers, impregnated chemicals and storage time. Firstly, three types of passive barrier were studied, glass filter, cellulose filter and teflon membrane. Secondly, mixtures of sodium hydroxide and sodium iodide, triethanolamine and potassium carbonate were studied as a type of impregnated chemical. Thirdly, storage times at 1, 7 and 14 days were examined to find lifetime of the nitrogen dioxide passive sampler. It was found that the mixture of sodium hydroxide and sodium iodide was the optimum impregnated chemical and cellulose filter was the optimum passive barrier compare with the active method. To test passive sampler performance, air samples in laboratory were collected both with passive and active methods and then analyzed to determine the average concentration of nitrogen dioxide in the ambient air. The results from passive and active ratio were 0.90 and 0.94 for 290 and 360 minutes, respectively. For storage time, the longer time, nitrite concentration was gradually increased. Three groups of volunteer students who had different transportation were studied to determine the nitrogen dioxide exposure. The nitrogen dioxide passive samplers were attached on their shirt containing 3 sets of samples and 2 blanks. The highest concentration of nitrogen dioxide was detected on the students travelling by public transport and the lowest was detected on the one travelling by private car.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับการดูแล เอาใจใส่ ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ตลอดจนสิ่งที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ในการทำโครงการพิเศษแก่ผู้จัดทำ ของคณาจารย์ในการตรวจทานและแก้ไขโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่ให้ความรู้ คอยดูแล ช่วยเหลือ แนะนำในสิ่งที่ดีๆ และความเอาใจใส่ดูแลต่อโครงการพิเศษนี้เป็นอย่างมาก ทั้งด้านการทดลอง และข้อมูลที่จำเป็นสำหรับโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุรธรรมิ จรรยาพูน ผศ.พิศมัย ชัยรัตน์อุทัย ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ อาจารย์คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษที่ให้ความอนุเคราะห์ตรวจทาน และแก้ไขโครงการพิเศษนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรัก และความห่วงใยมาตลอดเวลาที่ผู้จัดทำได้ ศึกษาและทำโครงการพิเศษนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณเปรมณี บุญวัฒน์ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความสะดวกในการเก็บอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในการทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านความคิด แรงงาน และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ที่ห้องธุรการภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องขอใช้ห้องปฏิบัติการในการทำโครงการพิเศษนอกเวลา ตลอดจนดำเนินการต่างๆ ภายในภาควิชาเคมีที่ทำให้แก่นักศึกษาอย่างพวกเรา

ขอขอบคุณ เพื่อนๆทุกคนที่คอยเป็นห่วง ให้กำลังใจ ดูแลกันมาตลอดเวลาที่เรียนมาด้วยกัน ขอขอบคุณสำหรับมิตรภาพที่ดี และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษครั้งนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

นางสาวเจิดคนภางค์ บุญใบชัยพฤกษ์

นางสาวชนัญชญา ดาวสุใจ

นางสาวณัฐมิษา สุภาสวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการศึกษาโครงการวิจัย	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี และ หลักการ	
2.1 แก๊สไนโตรเจนออกไซด์	4
2.1.1 ชนิดของไนโตรเจนออกไซด์	4
2.1.2 คุณสมบัติ และความเป็นพิษ	4
2.1.3 แหล่งกำเนิดของไนโตรเจนไดออกไซด์	5
2.1.4 ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อร่างกายมนุษย์	5
2.2 ทฤษฎี และหลักการทำงานของอุปกรณ์พาสตีฟ	8
2.2.1 การใช้งานและการประยุกต์ใช้	10
2.2.2 ข้อดีและข้อจำกัดของอุปกรณ์พาสตีฟ	13
บทที่ 3 การวิจัย และ การดำเนินการ	
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	14
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	16
3.4 วิธีการทดลอง	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การหาส่วนประกอบที่ดีที่สุดในการผลิตอุปกรณ์ฟาสตีฟ	31
4.1.1 ชนิดของสิ่งกีดขวางและชนิดของสารละลายที่ใช้สำหรับเคลือบ	31
4.2 การหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ฟาสตีฟเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน	33
4.3 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาอุปกรณ์ฟาสตีฟ	34
4.3.1 ระยะเวลาการเก็บรักษาอุปกรณ์ 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน	34
4.4 การแผ่รังสีมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล	35
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 การหาส่วนประกอบที่ดีที่สุดในการผลิตอุปกรณ์ฟาสตีฟ	37
5.2 การหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ฟาสตีฟเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน	37
5.3 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาอุปกรณ์ฟาสตีฟ	37
5.4 การแผ่รังสีมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล	38
5.5 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น	38
5.6 ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก ก การคำนวณ	43
ภาคผนวก ข ชนิดและการเตรียมน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อคน	6
ตารางที่ 2.1 ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อคน(ต่อ)	7
ตารางที่ 3.1 แสดงการจัดเตรียมอุปกรณ์พาสตีฟ	18
ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานพาสตีฟ	19
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดและจำนวนของอุปกรณ์พาสตีฟของการวัดภาคสนาม	29
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ของอุปกรณ์พาสตีฟ โดยเปรียบเทียบชนิดของสิ่งกีดขวาง และสารละลายที่ใช้เคลือบ	31
ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพของวิธีพาสตีฟเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีแอกทีฟที่ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 290 และ 360 นาที	33
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสตีฟ 1 วัน 7 วันและ 14 วัน	34
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 11-15 กุมภาพันธ์ 2547	35
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศด้วยวิธีแอกทีฟ ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 11-15 กุมภาพันธ์ 2547	35
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 17-21 กุมภาพันธ์ 2547	36
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศด้วยวิธีแอกทีฟ ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 17-21 กุมภาพันธ์ 2547	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า	
รูปที่ 2.2	รูปลักษณะ และส่วนประกอบอุปกรณ์พาสตีฟ	12
รูปที่ 3.1	อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างอากาศวิธีแอกทีฟ	24
รูปที่ 4.1	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ ระหว่างวิธีแอกทีฟและวิธีพาสตีฟ ที่เวลาเก็บตัวอย่าง 290 นาที	32
รูปที่ 4.2	แสดงกราฟความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ ระหว่างวิธีแอกทีฟและวิธีพาสตีฟ ที่เวลาเก็บตัวอย่าง 360 นาที	33
รูปที่ 4.3	แสดงกราฟความเข้มข้นของไนโตรเจนที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาอุปกรณ์พาสตีฟ นาน 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์และคำย่อ

°C	=	องศาเซลเซียส
IC	=	ไอออนโครมาโทกราฟี
K	=	เคลวิน
K ₂ CO ₃	=	โพแทสเซียมคาร์บอเนต
m ⁻¹	=	ต่อเมตร
m ² /s	=	ตารางเมตรต่อวินาที
mol/m ³	=	โมลต่อลูกบาศก์เมตร
NaI	=	โซเดียมไอโอไดด์
NaOH	=	โซเดียมไฮดรอกไซด์
ppb	=	ส่วนในพันล้านส่วน
ppm	=	ส่วนในล้านส่วน
s	=	วินาที
T	=	อุณหภูมิ
TEA	=	ไตรเอทิลามีน
ม.ค.	=	ไมโครลิตร
ชม.	=	ชั่วโมง
มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาที่ศึกษาวิจัย

จากการที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ทำให้ทราบว่าไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เกิดจากการที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนในอากาศจากกระบวนการเผาไหม้ แหล่งผลิตไนโตรเจนออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม โรงผลิตไฟฟ้า การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ปล่อยไอเสียออกมาสู่บรรยากาศภายนอก นอกจากนี้แหล่งสำคัญภายในบ้านเรือนที่ปล่อยไนโตรเจนออกไซด์ออกมา ได้แก่ เตาแก๊สที่ใช้ประกอบอาหาร เป็นต้น (Garrett *et al.*, 1999) ไนโตรเจนออกไซด์จึงจัดว่าเป็นสารมลพิษที่ต้องตรวจวัดในบรรยากาศทั่วไป (Criteria air pollutants) เนื่องจากเป็นสารที่สามารถก่อให้เกิดความเป็นพิษ ระคายเคืองต่อผู้รับสัมผัส เป็นต้นเหตุของการเกิดฝนกรด และยังเป็นสารตั้งต้นในการเกิดโอโซนโดยที่มีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และจากการศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่า ปัญหาที่เกิดจากไนโตรเจนออกไซด์มีแนวโน้มที่สูงขึ้น เช่น ในปี พ.ศ. 2539 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย 1 ชั่วโมง ในเขตกรุงเทพมหานคร อยู่ในช่วง 0-154 ppb สำหรับปี พ.ศ. 2540 มีปริมาณลดลง โดยตรวจวัดได้ในช่วง 0-188 ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป (ค่าเฉลี่ยในเวลา 24 ชั่วโมง ไม่เกินกว่า 170 ppb) และมีแนวโน้มสูงขึ้น ไนโตรเจนออกไซด์เป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อมนุษย์ โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจ ซึ่งมนุษย์จะไต่กลิ่นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระดับ 230 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หากมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดกลิ่นเพิ่มขึ้น สำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคหอบหืดจะมีอาการเร็วขึ้น หรือทำให้เกิดความเจ็บป่วยมากขึ้น ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายในการรักษาเพิ่มขึ้น เพื่อเฝ้าระวังปัญหาดังกล่าว จึงต้องมีการตรวจหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศอยู่เสมอ

โดยปกติแล้วจะใช้วิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์ในการตรวจวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ แต่เนื่องจากวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์นี้เป็นวิธีที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า การดำเนินงานยุ่งยาก ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาสูงซึ่งทำให้การตั้งสถานีตรวจวัด ทำได้น้อยจุด และครอบคลุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ทำให้ไม่สามารถฝังระวางในบริเวณที่มีสถานะแวดล้อมย่อยได้ ดังนั้น จึงได้ทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์พาสตีฟเพื่อใช้ในการเก็บวิเคราะห์ไนโตรเจนไดออกไซด์ เนื่องจากอุปกรณ์พาสตีฟมีขนาดเล็ก สะดวกต่อการใช้งาน ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกหลายครั้ง (Garrett *et al.*, 1999)

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาวิธีการผลิตอุปกรณ์พาสตีฟในการตรวจวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้แก่ สิ่งกีดขวาง และสารเคมีสำหรับเคลือบ ที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์พาสตีฟในด้านระยะเวลาการเก็บรักษา
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่คำนวณได้จากการเก็บตัวอย่าง โดยใช้อุปกรณ์พาสตีฟ และค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้จากวิธีแอดทิฟ
4. เพื่อทดลองใช้งานอุปกรณ์พาสตีฟที่ผลิตได้ โดยหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในห้องปฏิบัติการ และ ภาคสนาม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- ### 1.3.1 ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์พาสตีฟในการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศโดยตัวแปรต้น ได้แก่ ระยะเวลาในการรับสัมผัส ระยะเวลาในการเก็บรักษา สิ่งกีดขวางที่ใช้ในอุปกรณ์พาสตีฟ สารเคมีที่ใช้เคลือบกระดาษกรอง
- ตัวแปรตาม ได้แก่ ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่วิเคราะห์ได้ ชนิดของสิ่งกีดขวาง ได้แก่ กระดาษเพปลอน กระดาษกรองใยแก้ว และ กระดาษกรองเซลลูโลส เบอร์ 42

สารเคมีที่ใช้เคลือบกระดาษกรอง โดยใช้

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไอโอไดด์ ($\text{NaOH} + \text{NaI}$)
2. ไตรเอทาโนลามีนร้อยละ 20 และ โพแทสเซียมคาร์บอเนต ($20\% \text{TEA} + \text{K}_2\text{CO}_3$)

ระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ทำการศึกษา ได้แก่ 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับมลพิษด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ

- 1.ระยะเวลาต่าง ๆ ในการรับสัมผัสกับตัวอย่างอากาศ ณ สถานที่ต่าง ๆ
- 2.ชนิดสิ่งกีดขวางที่ใช้ศึกษาและสารเคมีที่ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายกระดวยกรอง
- 3.ระยะเวลาในการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสตีฟ ก่อนนำมาทำการรับสัมผัส

1.3.3 นำอุปกรณ์พาสตีฟไปใช้ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศแบบติดตัวบุคคล

- 1.กลุ่มตัวอย่างที่เดินทาง โดยรถโดยสารสาธารณะ
- 2.กลุ่มตัวอย่างที่พักอาศัยบริเวณใกล้สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3.กลุ่มตัวอย่างที่เดินทาง โดยรถยนต์ส่วนบุคคล

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.ทำให้ทราบถึงผลของสิ่งกีดขวาง สารเคมีที่ใช้เคลื่อนซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับใน ไตรเจน ไดออกไซด์ด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ
- 2.ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์พาสตีฟเมื่อเก็บรักษาที่ระยะเวลาต่างกัน
- 3.ทราบถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์พาสตีฟเมื่อเทียบกับวิธีมาตรฐาน
- 4.ทราบถึงความเข้มข้นใน ไตรเจน ไดออกไซด์ในอากาศในห้องปฏิบัติการ และภาคสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และ หลักการ

2.1 แก๊สไนโตรเจนออกไซด์

ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) เป็นแก๊สในกลุ่มไนโตรเจนและออกซิเจนที่รวมตัวในรูปแบบต่าง ๆ ตามจำนวนอะตอมของแก๊สทั้งสองชนิด

2.1.1 ชนิดของไนโตรเจนออกไซด์

ออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในบรรยากาศ มีหลายตัว เช่น ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไนโตรเจนออกไซด์ (NO), ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2), ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์ (N_2O_3), ไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) และ ไดไนโตรเจนพentakซออกไซด์ (N_2O_5) แต่ที่พบในบรรยากาศ ในปริมาณที่มากกว่า และก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ได้แก่

- 1) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)
- 2) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO)
- 3) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

สำหรับ NO_2 ที่ 25°C . ที่ความกดดัน 1 บรรยากาศ หรือ 760mm Hg ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ 1 ppm จะมีค่าเท่ากับ 1800 ไมโครกรัมต่อลบ.ม

2.1.2 คุณสมบัติ และความเป็นพิษ

- 1) N_2O เป็นแก๊สเฉื่อย มีคุณสมบัติเป็นยาสลบ
- 2) NO เป็นแก๊สไม่มีสี ในบรรยากาศทั่วไปพบน้อยกว่า 0.5 ppm
- 3) NO_2 เป็นแก๊สสีน้ำตาล ถ้ามีจำนวนมากจะมองเห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 แหล่งกำเนิดของไนโตรเจนไดออกไซด์

ไนโตรเจนไดออกไซด์นั้นมีสภาพเป็นแก๊สที่อุณหภูมิปกติ แก๊สทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ไฟผ่า ไฟแลบ ภูเขาไฟระเบิด ปฏิกริยาของจุลินทรีย์ในดิน หรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ คือ การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม ทำกรดไนตริก ซุปโลหะ ทำกรดกำมะถัน และทำวัตถุระเบิด เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบปริมาณรวมทั้งโลกของแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติและมนุษย์แล้ว พบว่าธรรมชาติเป็นต้นเหตุมากกว่ามนุษย์ถึงประมาณยี่สิบเท่า

การใช้เชื้อเพลิงของมนุษย์เป็นส่วนสำคัญซึ่งทำให้เกิดไนโตรเจนไดออกไซด์ และมีไนตริกออกไซด์เป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 90-95 โดยปริมาตร การเกิดไนตริกออกไซด์มีอุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สุด กล่าวคือ เกิดแก๊สไนตริกออกไซด์ เมื่อมีการสันดาปที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นยานยนต์จึงก่อให้เกิดแก๊สนี้

แก๊สไนตริกออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับโอโซนในบรรยากาศเกิดเป็นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์และออกซิเจน ในทางตรงกันข้าม แสงแดดทำให้ไนโตรเจนไดออกไซด์แตกตัวทำให้เกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ ดังสมการที่ 1



2.1.4 ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อร่างกายมนุษย์

คนเริ่มได้กลิ่นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระดับ 230 ไมโครกรัมต่อลบ.ม. หากมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดกลิ่นเร็วขึ้น แต่ผู้ที่สูดหายใจแก๊สนี้ที่ระดับ 140 ไมโครกรัมต่อลบ.ม. จะสามารถปรับสายตาให้เข้ากับควมมืดได้ไม่ดีเท่าเดิม ผู้ป่วยด้วยโรคหอบหืดอาจมีอาการหอบหืดเร็วขึ้นหากได้รับแก๊สนี้ที่ระดับ 190 ไมโครกรัมต่อลบ.ม. ร่วมกับสารกระตุ้นให้หลอดลมตีบ แต่บรรดาแม่บ้านชาวอเมริกันซึ่งใช้เตาอบแก๊ส และสูดหายใจแก๊สนี้ที่ระดับ 940 ไมโครกรัมต่อลบ.ม กลับไม่ปรากฏมีผลร้ายต่อระบบทางเดินหายใจแต่ประการใด อย่างไรก็ตามความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจคนทั่วไปเริ่มต้นเมื่อร่างกายรับแก๊สที่ 1,300-3,800 ไมโครกรัมต่อลบ.ม. และที่ระดับ 1,320-1,880 ไมโครกรัมต่อลบ.ม. ผู้รับแก๊สยังสามารถออกกำลังกายได้ดังเดิม (ตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อคน

ความเข้มข้น		ระยะเวลาที่ รับแก๊ส	ผลที่เกิดขึ้น
มก./ลบ.ม.	ppm		
0.23	0.12	-	ได้กลิ่น
1.3-3.8	0.7-2.0	10 นาที	เพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศทั้งการหายใจเข้าและออก
0.190	0.1	1 ชม./วัน	เพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศ และเพิ่มอาการตีบตันของทางเดินหายใจของผู้ป่วยเป็นหืด
560-940	300-500 ?	-	เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ
47-140	27-75	≤ 1 ชม.	เป็นโรคหลอดลมอักเสบ (bronchitis) หรือ bronchopneumonia
0.094		1 ปี	เมื่อเปรียบเทียบกับเมืองที่มีแก๊สในระดับ 0.043 มก./ม ³ ไม่ปรากฏมีความแตกต่างกันในการทำงานของปอดหรือโรคทางเดินหายใจเรื้อรังในผู้ไม่สูบบุหรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 ผลของไนโตรเจนไดออกไซด์ต่อคน (ต่อ)

ความเข้มข้น		ระยะเวลาที่รับแก๊ส	ผลที่เกิดขึ้น
มก./ม. ³	ppm		
≥ 0.940	0.50	1 ปี	ไม่ปรากฏว่าเกิดโรคทางเดินหายใจ อย่างเฉียบพลันต่อแม่บ้าน โรคทางเดินหายใจอย่างเฉียบพลันต่อแม่บ้านซึ่งประกอบอาหารด้วยเตาอบแก๊ส เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้เตาอบไฟฟ้า

ที่มา : WHO Environmental Criteria : 4 “Oxides of Nitrogen” 1977

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลเฉียบพลันระหว่างแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์กับไนตริกออกไซด์ที่มีต่อการทำงานของปอดแล้วพบว่า ไนตริกออกไซด์มีอันตรายน้อยกว่าอย่างชัดเจน

การศึกษาทางด้านระบาดวิทยาไม่ปรากฏผลชัดเจนที่ควร แต่ก็มีส่วนร่วมสนับสนุนผลของแก๊สนี้ที่มีต่อระบบการหายใจของคน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมลพิษอื่นที่มีปรากฏอยู่ร่วมกันอาจมีผลส่งเสริมด้วยก็ได้ อย่างไรก็ตามพบว่าตำรวจผู้ซึ่งลาดตระเวนในย่านจอแจของเมืองบอสตัน สหรัฐอเมริกา มีอาการของโรคระบบทางเดินหายใจอย่างเรื้อรังเพิ่มขึ้นบ้างเมื่อย่านนั้นมีแก๊สนี้ที่ระดับประมาณ 100 ไมโครกรัมต่อลบ.ม. โดยเฉลี่ย และมีแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 91 ไมโครกรัมต่อลบ.ม. ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มตรวจที่ทำงานชานเมือง

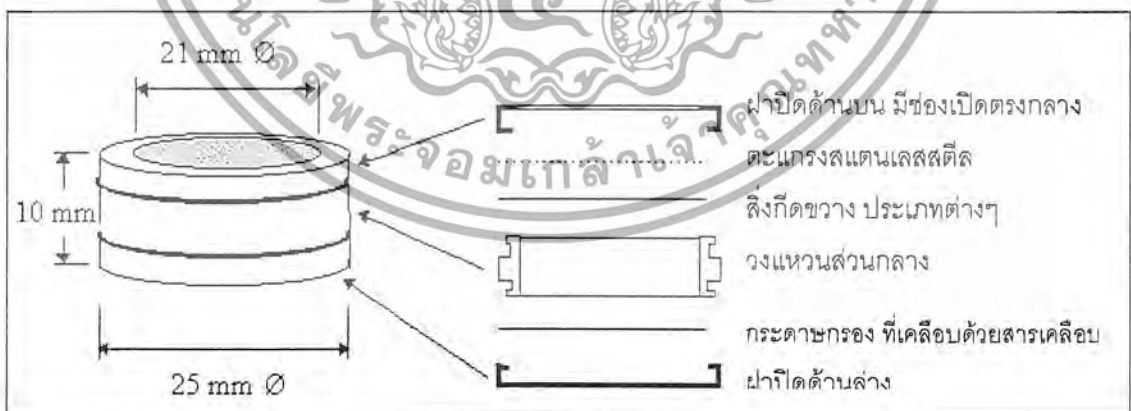
ในการเชื่อมโยง การผลิตทางอุตสาหกรรมต่างๆ ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ตลอดจนยุ่งฉาบเก็บเมล็ดพืชต่างๆ อาจเกิดมีแก๊สไนโตรเจนออกไซด์เกิดขึ้นได้ หากมิได้มีมาตรการการควบคุม และป้องกันเพียงพอ เมื่อได้รับแก๊สนี้ในระดับต่ำขณะปฏิบัติงานดังกล่าว ก็อาจมีผลต่อร่างกาย กล่าวคือ เริ่มตั้งแต่มีอาการบวมของเนื้อเยื่อในหลอดลมตอนบนเมื่อแก๊สมีระดับต่ำ และจะลุกลามถึงหลอดลมส่วนลึกในระบบ จนถึงมีอาการปอดบวม หากได้รับแก๊สนี้ที่ระดับความเข้มข้นสูง ปฏิกริยาของร่างกายในกรณีหลังนี้แบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ ในขั้นต้นจะมีอาการ ไอ หายใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรยากาศได้ตั้งสมการที่ 4 ซึ่งต้องนำมาถึงปัจจัยที่แปรผันขณะที่ทำการเก็บในภาคสนามซึ่งจำเป็นต้องมีการพิสูจน์ (Validation) ความสัมพันธ์ด้วย นอกจากนี้ การใช้อุปกรณ์พาสตีฟมีขีดจำกัดคือความเข้มข้นที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยตามเวลาที่รับสัมผัส ไม่สามารถรายงานผลได้ทันทีและไม่สามารถรายงานค่าความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาสั้นได้ ค่าต่ำสุดที่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมลพิษ ระยะเวลาที่รับสัมผัส และขีดจำกัดของเครื่องมือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

$$C_{air} = \frac{M \times L}{D \times A \times T} \quad \dots\dots(4)$$

รูปทรงอุปกรณ์แบบพาสตีฟทั้งแบบแผ่น (Badge, Cassette type) และแบบหลอด (Tube type) ปัจจุบันมีการจำหน่ายเชิงพาณิชย์ในต่างประเทศ เช่น อุปกรณ์พาสตีฟสำหรับไอระเหยง่ายของยี่ห้อ SKC มีลักษณะเป็นแผ่นเมมเบรนเคลือบด้วยสารดูดซับแบบหลอดบรรจุสารดูดซับไอสารอินทรีย์ของยี่ห้อ Perkin Elmer แบบ Cassette สำหรับเก็บไอโซน ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ของยี่ห้อ Ogawa และที่ผลิตโดย CSIRO ประเทศออสเตรเลีย ในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์พาสตีฟตามที่ มีการวิจัยและพัฒนา โดย Ayers, G, et al. และปรับปรุงโดย The Gippsland Centre for Environmental Science, Monash University, Australia สำหรับรูปทรงอุปกรณ์พาสตีฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ไนโตรเจนไดออกไซด์มีอัตราการเก็บตัวอย่างที่สัมพันธ์กับรูปทรง เท่ากับ 41.2 ต่อเมตร และมีค่าสัมประสิทธิ์การแพร่เท่ากับ $1.54 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$



รูปที่ 2.2 ลักษณะ และส่วนประกอบอุปกรณ์พาสตีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว การวิเคราะห์ระดับมลพิษในอากาศมีความจำเป็นต้องตรวจวัดเพื่อเฝ้าระวังปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ดังนั้น อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟจึงเป็นแนวทางที่ดีและสามารถพัฒนาต่อไปได้ ให้เหมาะสมกับงาน เช่น การจัดทำฐานข้อมูลมลพิษในพื้นที่เขตเมือง ซึ่งไม่สามารถตั้งสถานีตรวจวัดถาวรได้

2.2.1 การใช้งานและการประยุกต์ใช้

Carmichael และคณะ (1995)

ทำการศึกษาถึงการดูดซับด้วยสารเคมี และการดูดซับโดยโมเลกุลอื่น หรือเรียกว่าวิธีการโครมาโทกราฟี โดยที่การดูดซับด้วยสารเคมี ตัวดูดซับที่ดีจะต้องเสถียร และเหมาะสมกับปริมาณของมลสารที่ต้องการวิเคราะห์ อีกทั้งเมื่อทำปฏิกิริยากับมลสารแล้วจะต้องกลายเป็นสารที่คงตัว และมีเสถียรภาพ ลักษณะของแก๊สทั้งสองชนิดที่ทำการศึกษา คือ

1. แก๊สอินทรีย์ เช่น ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แอมโมเนีย และโอโซน จะถูกดูดซับโดยปฏิกิริยาทางเคมีของสารที่เคลือบบนกระดาษกรองโดยสารเคมีแต่ละชนิดประกอบด้วยรีเอเจนต์เฉพาะสำหรับแก๊สที่ต้องการวัด (Palmer *et al*, 1976) ผลจากปฏิกิริยาดังกล่าวจะถูกสกัดออกจากกระดาษกรองด้วยตัวทำละลาย โดยอาศัยการสกัดของเครื่องอัลตราโซนิก จากการศึกษาก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นว่า การตรวจวัดแก๊สอินทรีย์ด้วยอุปกรณ์พาสซีฟมีประสิทธิภาพ เพราะสามารถตรวจวัดความเข้มข้นของมลสารได้ในช่วงกว้าง
2. แก๊สอินทรีย์ และสารระเหย โดยส่วนใหญ่อุปกรณ์พาสซีฟสำหรับตรวจวัดแก๊สอินทรีย์ และสารระเหยจะอยู่ในรูปของการใช้สารดูดซึม และวิธีโครมาโทกราฟี เช่น ไฮโดรคาร์บอน (เบนซีน โทลูอีน ไซลีน) จะถูกดูดซับอยู่ในคอลัมน์ ซึ่งความสามารถในการดูดซึมจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารดูดซึม โดยชนิดของอุปกรณ์และสารดูดซึมที่นิยมใช้กัน เช่น Tenax TA, Chromosorb 106 และ Poropak Q สำหรับสารระเหยพวกปิโตรเลียมมักมีคอลัมน์ 2 คอลัมน์ โดยนิยมใช้แบบ Chromosorb 106 และถ่านหิน เป็นระบบที่ออกแบบให้มีการใช้ตัวดูดซับหลายชนิดในบรรยากาศทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bush และคณะ (1999)

ได้ทำการศึกษาความถูกต้องของหลอดการแพร่ในการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ในประเทศอังกฤษ โดยทำการติดตั้งหลอดการแพร่ไว้ ณ 17 เมือง ซึ่งเป็นเมืองที่มีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ ด้วยวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์ โดยมีระยะเวลาในการศึกษามากกว่า 1 ปี ซึ่งทำการควบคุมปัจจัยทางด้านเวลา ลักษณะของหลอดการแพร่ และลักษณะการติดตั้งหลอดการแพร่ ปัจจัยทางด้านเวลาในการศึกษาจะแบ่งระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ช่วง คือ 2 และ 4 สัปดาห์ ปัจจัยด้านลักษณะของหลอด แบ่งหลอดที่ใช้ในการศึกษาเป็น 2 ประเภท คือ หลอดแบบธรรมดา และหลอดที่มีลักษณะทึบแสง สำหรับปัจจัยสุดท้ายของการศึกษา คือ ลักษณะการติดตั้ง จะแบ่งการติดตั้งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ การติดตั้งแบบที่มีอุปกรณ์กันลม และไม่มีอุปกรณ์กันลม ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่วัดได้จะนำมาเปรียบเทียบกับวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลการตรวจวัดด้วยหลอดการแพร่ที่มีอุปกรณ์กันลม และไม่มีอุปกรณ์กันลมได้ดังนี้ ทั้งหลอดการแพร่แบบธรรมดาและหลอดการแพร่สีดำที่มีอุปกรณ์กันลมจะอ่านค่าได้มากกว่าวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์ 8-9% และ 2-6% ตามลำดับ แต่หลอดการแพร่ที่ไม่มีอุปกรณ์กันลมจะอ่านค่าได้ต่ำกว่าวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์ 9-10%

Heal และคณะ (1999)

ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของแสงที่มีต่อการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์ฟอสฟอรัส โดยทำการศึกษาในแง่ของวัสดุที่นำมาทำอุปกรณ์ฟอสฟอรัส ซึ่งในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ หลอดอะคริลิก หลอดที่หุ้มด้วยฟลอยด์ และ หลอดที่ทำจากควอทซ์ โดยทำการศึกษามสพิษ 3 ชนิด คือ ไนโตรเจนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และโอโซน และได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดดังกล่าวใน 3 เมือง โดยในการศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบผลกับวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์ ที่ระยะเวลาการศึกษา 2 และ 4 สัปดาห์ ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า ค่าที่วัดได้จากหลอดที่มีฟลอยด์หุ้มจะมีค่ามากที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกับวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์ และค่าที่ได้จากหลอดควอทซ์ ซึ่งแสงสามารถทะลุผ่านได้จะมีค่าน้อยที่สุด โดยที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 และ 4 สัปดาห์มีผลสอดคล้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรองแก้ว และ วงศ์พันธ์ (2546)

ได้นำอุปกรณ์ฟาสตีฟไปประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่คำนวณได้จากวิธีฟาสตีฟและความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่คำนวณได้จากวิธีมาตรฐาน โดยทำการเลือกวิธีเคมีลูมิเนสเซนซ์เป็นวิธีมาตรฐาน และทำการเก็บตัวอย่างมลพิษนาน 24 ชั่วโมง ณ สถานีตรวจวัด 2 แห่ง คือ สถานีตรวจวัดมหาวิทยาลัยรามคำแหง และสถานีตรวจวัดการเคหะแห่งชาติ (คลองจั่น) ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่อชั่วโมงในการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมงของไนโตรเจนไดออกไซด์ ณ สถานีตรวจวัดการเคหะแห่งชาติ (คลองจั่น) ทั้งวิธีฟาสตีฟ และวิธีมาตรฐานมีความสัมพันธ์ปานกลาง คือ $y = 1.2035x - 0.3291$ $R^2 = 0.6477$ ความสัมพันธ์ ณ สถานีตรวจวัดอีกแห่ง พบว่ามีค่าดีกว่า คือ $y = 0.59x - 0.8699$ $R^2 = 0.6016$ ระดับต่ำที่สุดที่ตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ (Limit of Detection , LOD) ของอุปกรณ์ฟาสตีฟ เท่ากับ 5 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb)

กลิ่นประทุม (2546)

ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์อย่างง่ายอย่างง่ายในการตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ปนเปื้อนด้วยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) โดยที่ได้ทำการพัฒนาอุปกรณ์การเก็บตัวอย่างโดยใช้อุปกรณ์ที่ทำจากวัสดุที่ไม่ใช่แก้ว เช่น กล้องฟิล์มถ่ายรูปซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวจะมีหลักการทำงานอย่างเดียวกับอุปกรณ์ฟาสตีฟ คืออาศัยหลักการแพร่ของอากาศ ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้ไตรเอทานอลามีนเป็นสารเคมีสำหรับดูดซับไนโตรเจนออกไซด์ จากการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบถึงระดับแนวโน้มของไนโตรเจนไดออกไซด์ในช่วงที่ทำการศึกษา คือ ปริมาณการปนเปื้อนของไนโตรเจนออกไซด์จากบริเวณริมถนนจะมีปริมาณการปนเปื้อนใกล้เคียงกัน โดยที่ในวันทำงานจะมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าวันหยุด ซึ่งจะมีความเข้มข้นมากขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะและความหนาแน่นของการจราจร และในฤดูหนาวจะมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าในฤดูฝน เนื่องจากหลายปัจจัย เช่น สภาพการระบายอากาศที่ลดลง ประกอบกับการที่ฤดูหนาวเป็นฤดูการท่องเที่ยว ทำให้มีการใช้ยานพาหนะในการเดินทางเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ข้อดีและข้อจำกัดของอุปกรณ์พาสตีฟ

จากการที่ได้มีผู้ทำการศึกษาก่อนหน้านี้ทำให้ทราบการตรวจวัดใน โตรเจน ไดออกไซด์ด้วย อุปกรณ์พาสตีฟมีข้อดีและมีข้อจำกัดดังนี้ คือ (Hopper *et al*, 2003)

ข้อดี

1. มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา ง่ายและสะดวกในการติดตั้ง
2. มีขนาดเล็กเหมาะสมกับการใช้ตรวจวัดแบบบุคคล
3. ปกติคือสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง
4. สามารถใช้ตรวจวัดมลสาร ได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว
5. สามารถใช้ตรวจวัดมลสารในสภาวะย่อยได้
6. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และบำรุงรักษาต่ำ จึงสามารถทำการตรวจวัดได้ เป็นบริเวณกว้าง

ข้อจำกัด

1. ไม่สามารถตรวจวัดความเข้มข้นสูงสุดของมลสารได้
2. ผลการตรวจวัดอาจคลาดเคลื่อนเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้น
3. ความไวในการตรวจวัดด้วยอุปกรณ์พาสตีฟต่ำกว่าการตรวจวัดด้วยวิธี แอควีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินการ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตอนที่ 1 การเตรียมอุปกรณ์พาสตีฟ

1. การทำการเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบ (Coating Solution)
2. ความสะอาดกระดาษกรองและพลาสติก
3. วิธีประกอบอุปกรณ์พาสตีฟ และ วิธีเก็บรักษา
4. ชนิดและจำนวนของอุปกรณ์พาสตีฟที่ใช้ในการศึกษา

ตอนที่ 2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1. เครื่องมือและอุปกรณ์
2. สารเคมี
3. วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ตอนที่ 3 การเก็บตัวอย่างด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ

1. การเก็บตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ
2. การเก็บตัวอย่างภาคสนาม
3. การจัดทิวแบลงค์

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นในโตรเจนไดออกไซด์ด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ

1. การสกัดสารบนกระดาษกรอง
2. การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นในโตรเจน ไดออกไซด์ด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ

ตอนที่ 5 การเก็บตัวอย่าง NO₂ ด้วยวิธีแอดทีฟ

1. สารเคมี
2. วิธีการทดลอง

ตอนที่ 6 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสต็อกในโทรสต์

1. เครื่องมือและอุปกรณ์
2. สารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 7 การนำอุปกรณ์ฟาสตีฟไปเฟ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

1. เครื่องมือและอุปกรณ์
2. วิธีการทดลอง
3. การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยอุปกรณ์ฟาสตีฟไปเฟ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- | | |
|--|---------------------------------|
| 1. เมทานอล (methanol) | เกรตวิเคราะห์ (LAB SCAN) |
| 2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide) | เกรตวิเคราะห์ (CARLO ERBA) |
| 3. โซเดียมไอโอดด์ (Sodium Iodide) | เกรตวิเคราะห์ (CARLO ERBA) |
| 4. โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Potassium Carbonate) | เกรตวิเคราะห์ (CARLO ERBA) |
| 5. ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine) | เกรตวิเคราะห์ (UNILAB) |
| 6. โซเดียมไนไตรต์ (Sodium Nitrite) | เกรตวิเคราะห์ (MERCK) |
| 7. กรดซัลฟานิลิก (Sulfanilic acid) | เกรตวิเคราะห์ (UNILAB) |
| 8. กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) | เกรตวิเคราะห์ (BDH LABORATORY) |
| 9. กรดอะซิติก (Acetic acid) | เกรตวิเคราะห์ (MERCK) |
| 10. กรดเกลือ (Hydrochloric) | เกรตวิเคราะห์ (FISHER CHEMICAL) |
| 11. ซัลฟานิลามายด์ (Sulfanilamide) | เกรตวิเคราะห์ (CARLO ERBA) |
| 12. โซเดียมออกซาเลต (Sodium Oxalate) | เกรตวิเคราะห์ (CARLO ERBA) |
| 13. โพแทสเซียมเปอร์มันังกานेट (Potassium permanganate) | เกรตวิเคราะห์ (CARLO ERBA) |
| 14. NEDH (N-1-Naphthylethylene Diaminedihydrochloride) | เกรตวิเคราะห์ (FLUKA CHEMIKA) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบ (Coating Solution)

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไอโอดด์

-วิธีการดำเนินการ

ละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.44 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงเล็กน้อยประมาณ 1 มล.

เติมโซเดียมไอโอดด์ 3.95 กรัม ปรับปริมาตรด้วยเมทานอล จนได้ปริมาตร 50 มล.

2. ไตรเอทานอลามีน และ โพแทสเซียมคาร์บอเนต

-วิธีการดำเนินการ

ละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนต 20 มก. ด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงในขวดวัดปริมาตร 100 มล.

เปิดไตรเอทานอลามีนจำนวน 2 มล. เปิดลงสารละลายโพแทสเซียมคาร์บอเนตข้างต้น

ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงจนมีปริมาตร 100 มล.

3. วิธีประกอบอุปกรณ์ฟาสตีฟ และ วิธีเก็บรักษา

1. เปิดตะแกรง Stainless Steel ลงในบริเวณฝาด้านบน
2. เปิดกระดาษกรองซึ่งใช้เป็นตัวรองความ Stainless Steel และประกอบเข้ากับวงแหวน
3. เคลือบกระดาษกรอง Whatman no.42 ด้วย Coating Solution ด้วยไมโครปิเปต โดยใช้ปริมาตร 50 ไมโครลิตรแล้วทิ้งให้แห้ง
4. เปิดกระดาษกรองที่ผ่านการเคลือบด้วย Coating Solution ลงในฝาด้านล่าง และประกอบเข้ากับวงแหวน
5. เปลี่ยนจากกระดาษกรองเป็นเทฟลอน และกระดาษกรองใยแก้ว ซึ่งใช้เป็นทางผ่านของอากาศตามลำดับ
6. เก็บคลาสเสีทเปิดถุงพลาสติกซิปล็อคติดฉลาก ให้สัมผัสกับอากาศน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ชนิดและจำนวนของอุปกรณ์พาสตีฟที่ใช้ในการศึกษา ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงการจัดเตรียมอุปกรณ์พาสตีฟ

สิ่งกีดขวาง	Triethanoamide (TEA) + K_2CO_3		NaOH+NaI	
	ตัวอย่าง	แบบลงค์	ตัวอย่าง	แบบลงค์
กระดาษกรองใยแก้ว	3	2	3	2
เทฟลอน	3	2	3	2
เซตลูโลส	3	2	3	2
รวม	9	6	9	6

ตอนที่ 2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน และกราฟมาตรฐาน

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ UV/Vis 6405 LABQUIP

2. หลอดทดลองขนาด 16×150 มม.

2. สารเคมี

1. น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงที่ใช้เตรียมสารเคมีหลอดทดลองต้องปราศจากไนไตรต์

2. สารละลายโซเดียม ไอโอไดด์ สำหรับเจือจาง

- ละลายโซเดียมไอโอไดด์ 0.79 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 1 ลิตร

3. สารละลายมาตรฐานสต็อกไนไตรต์

- ละลายโซเดียมไนไตรต์ 0.69 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 100 มล.

4. สารทำให้เกิดสี (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

-วิธีการดำเนินการ

ละลายกรดซัลฟานิลิก 0.8 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 10 มล.

เติมกรดฟอสฟอริก 0.8 มล.

ละลาย N-1-Naphthylethylene Diaminedihydrochloride 0.02 กรัม

ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงให้เป็น 100 มล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในหน่วยงานเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สารมาตรฐานปฏิบัติงาน (working standard) (เตรียมใหม่ทุกครั้ง)

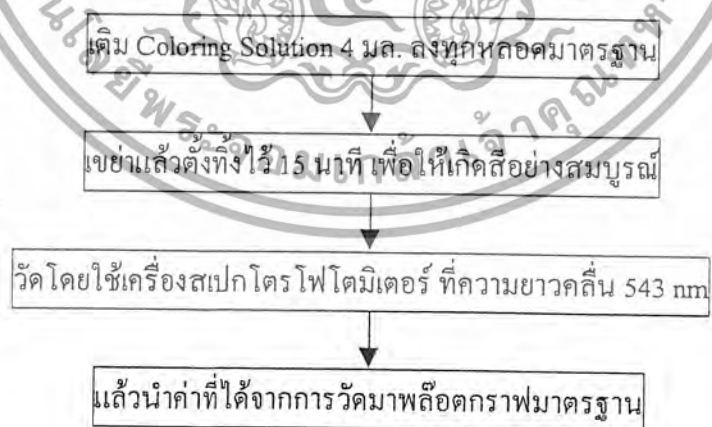
-ปิเปต 1 มล.ของสารละลายมาตรฐานสต็อกไนไตรต์ ด้วยไมโครปิเปต แล้ว
ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล.ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอไดด์

3. วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายสารมาตรฐานปฏิบัติงานและโซเดียมไฮโอไดด์ ลงในหลอด
ทดลองตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงปริมาณสารต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน

ความเข้มข้นสุดท้าย ของไนไตรต์ (μM)	ปริมาตร สารมาตรฐาน ปฏิบัติงาน (mL)	ปริมาตร โซเดียมไฮโอไดด์ (mL)	ปริมาตรรวม
75	1.5	0.5	2.0
50	1.0	1.0	2.0
20	0.4	1.6	2.0
10	0.2	1.8	2.0
5	0.1	1.9	2.0
0	0.0	2.0	2.0

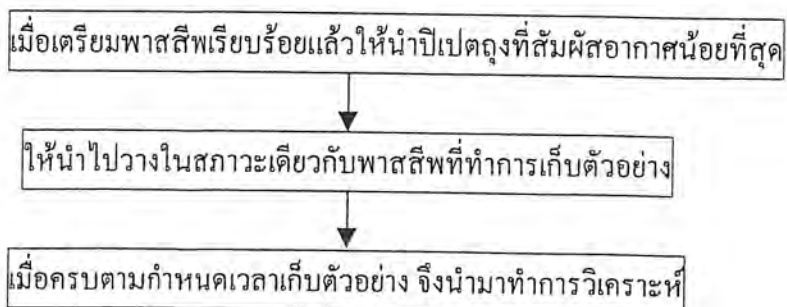


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 3 การเก็บตัวอย่างด้วยอุปกรณ์พาสตีฟ

1. การเก็บตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

-วิธีการดำเนินการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การจัดทำแหล่งสำหรับการตรวจวัดภาคสนาม

-วิธีการดำเนินการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 5 การเก็บตัวอย่าง NO_2 ด้วยวิธีเอกทิฟ

1. สารเคมี

1. น้ำปราศจากไนเตรด เช่น น้ำดีไอไอโนซ์
2. N-(1-Naphthyl)-Ethylenediamine Dihydrochloride สารละลายสต็อกเข้มข้น 0.1% (NEDH 0.1%)

-วิธีการดำเนินการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวัง

- หลีกเลี่ยงการสัมผัสของสารละลายนี้กับอากาศทั้งในช่วงการเตรียม, การใช้ และการทำให้เกิดสี เนื่องจากไนโตรเจนไดออกไซด์ จากอากาศอาจดูดซึมเข้าไป จะทำให้สารเคมีเกิดปฏิกิริยาไปแล้ว
- ก่อนใช้งานต้องนำมาทำให้อุณหภูมิสารละลายเท่าอุณหภูมิห้องก่อน และรับนำส่วนที่เหลือเก็บในตู้เย็นตามเดิม สามารถเก็บได้นานหลายเดือน

2. สารละลายสต็อกไนไตรต์ (NO_2^-)

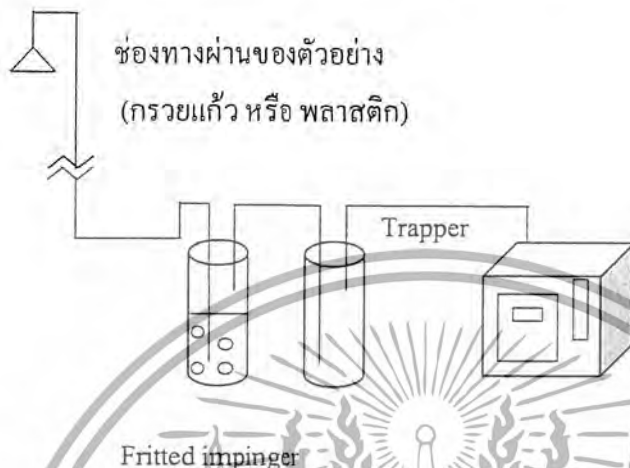
-วิธีการดำเนินการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลอง

1. การเก็บตัวอย่าง ต่ออุปกรณ์เก็บตัวอย่างดังรูป



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างอากาศแบบวิธีแอคทีฟ

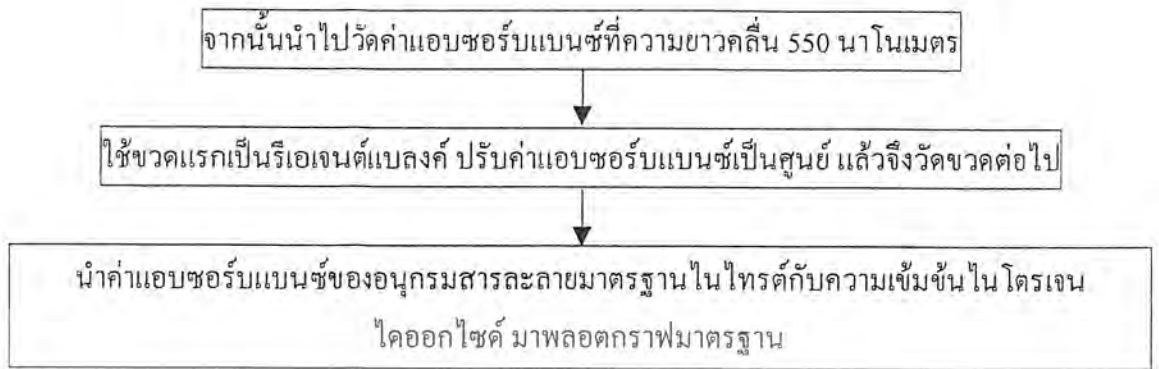
2. ทำการเปรียบเทียบอัตราการไหลของปั๊มอากาศให้ได้ 0.4 ลิตรต่อนาที ก่อนทำการเก็บตัวอย่าง
 3. เปิดสารละลายสำหรับดูดซึ่มมา 4 มล. ลงอิมพิงเจอร์ที่แห้งสนิท
 4. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยเปิดปั๊มให้อัตราการไหล 0.4 ลิตรต่อนาที นาน 60 นาที (หรือขึ้นกับความเข้มข้นใน โครเจนไดออกไซด์ ในอากาศ)
 5. การเทียบสีกับสารมาตรฐาน
- วิธีการดำเนินการ

เปิดสารละลายมาตรฐานไนโตรเจนเป็นอนุกรม 0, 0.2, 0.4, 0.6 และ 1.0 มล.ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มล. ตามลำดับ (แต่ละขวดจะเทียบเท่าไนโตรเจนไดออกไซด์ 1, 2, 4, 6 และ 10 ไมโครลิตร ตามลำดับ)

เจือจางแต่ละขวด ด้วยสารละลายสำหรับดูดซึ่ม จนถึงขีดวัดปริมาตร

ผสมให้เข้ากันและทิ้งไว้อย่างน้อย 15 นาที เพื่อให้เกิดสีอย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



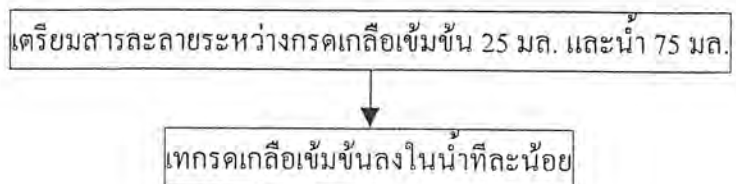
6. นำสารละลายดูดซึมที่ซักร้อยอย่างอากาศผ่าน มาวัดค่าแอมซอร์บแนนซ์ เหมือนการเทียบสีกับสารมาตรฐานและนำค่าแอมซอร์บแนนซ์ที่ได้ไปเทียบหาค่าไมโครลิตรของ NO_2

ข้อสังเกต

- กรณีที่ทำกรวัดสีในวันเดียวกัน ไม่ทัน ถ้าปิดจุกสนิทอาจมีการสูญเสียของค่าแอมซอร์บแนนซ์ 3-4 % ต่อวัน แต่ถ้ามีแก๊สซึ่งเป็นสารออกซิไดส์หรือรีดิวซ์อย่างแรงในตัวอย่างอากาศ อาจทำให้มีผลต่อไนโตรเจนไดออกไซด์ จึงควรวัดสีทันทีที่เป็นไปได้เพื่อลดการสูญเสียดังกล่าว
- การหาค่าไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศด้วยวิธีนี้สามารถวิเคราะห์ได้ในช่วง 0.005-5 ส่วนในล้านส่วน

ตอนที่ 6 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายสต็อกไนโตรเจน

1. เครื่องมือและอุปกรณ์
 1. สเปกโทรโฟโตมิเตอร์
 2. หลอดทดลองขนาด 50 มล. หรือหลอดเนสเลอร์
 2. สารเคมี
 1. น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง
 2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นและน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง ในอัตราส่วน 1 ต่อ 3
- วิธีการดำเนินการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สารทำให้เกิดสี สารละลายซัลฟานิลamayด์

-วิธีการดำเนินการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะไทเทรตต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้ลดต่ำกว่า 85 °C (ปกติโซเดียมออกซาลेट 100 มก. จะใช้โพแทสเซียมเปอร์มันงานิตประมาณ 6 มล.)

การไทเทรตต้องทำแบบลค์ด้วย โดยใช้ น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 100มล. กับกรดซัลฟิวริก เจือจาง (1+1) 10 มล. ความเข้มข้นของ โพแทสเซียมเปอร์มันงานิต สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 8

$$\text{ความเข้มข้นของ } KMnO_4 (N) = \frac{\text{น้ำหนัก } Na_2C_2O_4 \text{ (กรัม)}}{(A - B) \times 0.33505} \quad \dots\dots(8)$$

A คือ ปริมาตร $KMnO_4$ ที่ใช้ไทเทรตกับ $Na_2C_2O_4$ (มล.)

B คือ ปริมาตร $KMnO_4$ ที่ใช้กับแบบลค์ (มล.)

ค่า A, B ต้องได้จากการไทเทรตหลายๆ ครั้ง นำค่าเฉลี่ยมาใช้โดยที่โพแทสเซียมเปอร์มันงานิต 0.05 N 1 มล. จะสมมูลกับแกลกเซียม 1.002 มก.

3. สารละลายสต็อกไนไตรต์

-วิธีการดำเนินการ

ให้ใช้ $NaNO_2$ reagent grade เนื่องจากไนไตรต์ถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายและใช้ขวดที่เพิ่งเปิดใหม่ ๆ มาเตรียมสารละลายสต็อกไนไตรต์

ละลาย $NaNO_2$ 1.232 กรัม ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงที่ปราศจากไนไตรต์เจือจางจนได้ ปริมาตร 1 ลิตร เติมคลอโรฟอร์ม 1 มล. เพื่อรักษาให้คงตัว (1 มล. = 250 ไมโครกรัมไนโตรเจน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดลอง

-วิธีการดำเนินการ



A = ปริมาณไนไตรต์ไนโตรเจนในสารละลายสต็อกไนไตรต์ (มก.ต่อมล.)

B = สารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์มังกาเนตจะเท่ากับ $J + 50$ มล.

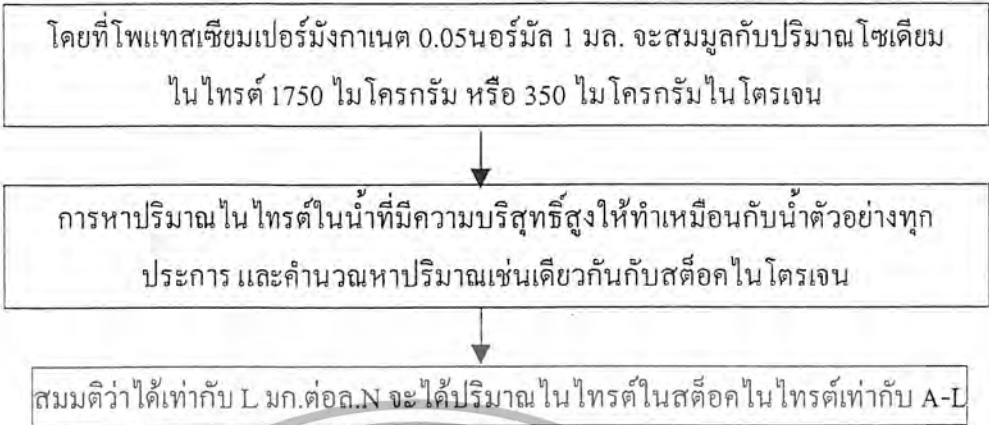
C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน โพแทสเซียมเปอร์มังกาเนตจะเท่ากับ 0.05 นอร์มัล

D = ปริมาณ โซเดียมออกซาเลตที่เติมลงไป (มล.)

E = ความเข้มข้นของ โซเดียมออกซาเลตเท่ากับ 0.05 นอร์มัล

F = ปริมาณสารละลายสต็อกโซเดียมไนไตรต์ที่นำมาไทเทรต (มล.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตอนที่ 7 การนำอุปกรณ์ฟาสตีฟ ไปเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์ฟาสตีฟ
2. กระดาษขาวสองหน้า
3. เข็มกลัด
4. ถุงซิปล็อก
5. ป้ายฉลาก (label)

2. วิธีการทดลอง

แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มตัวอย่างที่เดินทางโดยตรงโดยสารสาธารณะ กลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคล และกลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่พักอาศัยอยู่บริเวณใกล้สถานี แต่ละกลุ่มจะแบ่งย่อยเป็น 3 กลุ่ม โดยจะให้ตัวแทนแต่ละกลุ่ม ทำการติดอุปกรณ์ฟาสตีฟและรับสัมผัสเป็นเวลา 5 วัน ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดและจำนวนของอุปกรณ์ฟาสตีฟของการวัดภาคสนาม

การเดินทาง ตัวอย่างที่	รถโดยสารสาธารณะ		รถยนต์ส่วนบุคคล		หอพัก	
	ตัวอย่าง	แบลงค์	ตัวอย่าง	แบลงค์	ตัวอย่าง	แบลงค์
1	3	2	3	2	3	2
2	3	2	3	2	3	2
3	3	2	3	2	3	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 6 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ผลความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยอุปกรณ์พาสซีฟไปฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคลทำเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ผลในหัวข้อ 3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 การหาส่วนประกอบที่ดีที่สุดในการผลิตอุปกรณ์พาสตีฟ

4.1.1 ชนิดของสิ่งกีดขวางและชนิดของสารละลายที่ใช้สำหรับเคลือบ

จากการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้อุปกรณ์พาสตีฟที่เตรียมไว้เป็นระยะเวลา 290 และ 360 นาที วัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ของอุปกรณ์พาสตีฟโดยเปรียบเทียบชนิดของสิ่งกีดขวาง และสารละลายที่ใช้สำหรับเคลือบ

สารละลาย สำหรับเคลือบ	ชนิดสิ่งกีดขวาง	ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb) (n = 3 แบบลงค = 2)			
		290 นาที		360 นาที	
		แอคทีฟ	พาสตีฟ	แอคทีฟ	พาสตีฟ
NaOH+NaI	กระดาษกรองใยแก้ว	16	14.39	24.40	23.04
	กระดาษกรองเซลลูโลส	16	5.29	24.40	14.66
	กระดาษฟลอรอน	16	2.53	24.40	11.87
TEA+K ₂ CO ₃	กระดาษกรองใยแก้ว	16	5.99	24.40	6.28
	กระดาษกรองเซลลูโลส	16	0.98	24.40	8.38
	กระดาษฟลอรอน	16	1.38	24.40	7.68

หมายเหตุ : ปริมาตรน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงที่ใช้สกัด 5 มล.

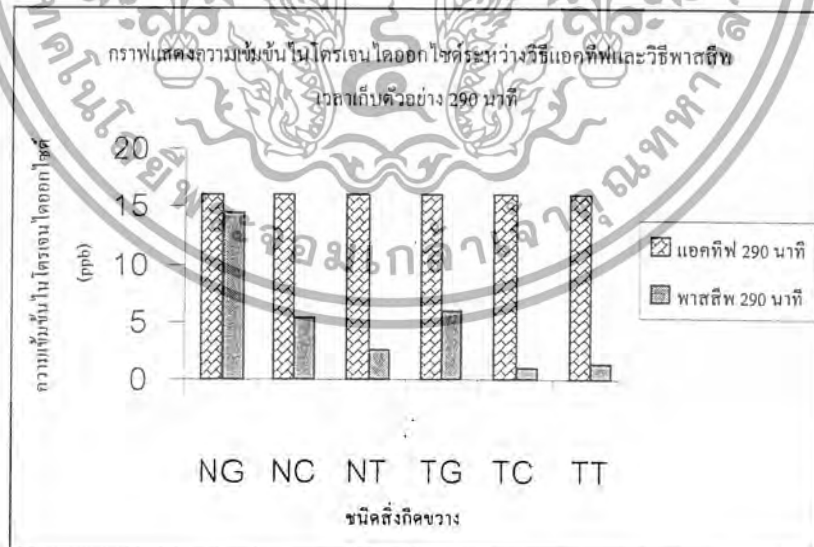
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศวิธีแอกทิฟเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีพาสตีฟได้ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์

จากการทดลองที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 290 นาที ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากวิธีแอกทิฟมีค่า 16 ppb และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากอุปกรณ์พาสตีฟ พบว่าชนิดของสารละลายที่ใช้สำหรับเคลือบ และชนิดของสิ่งกีดขวาง ที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากวิธีแอกทิฟมากที่สุด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์ (NaOH+ NaI) และกระดาษกรองใยแก้ว ตามลำดับ มีค่า 14.39 ppb

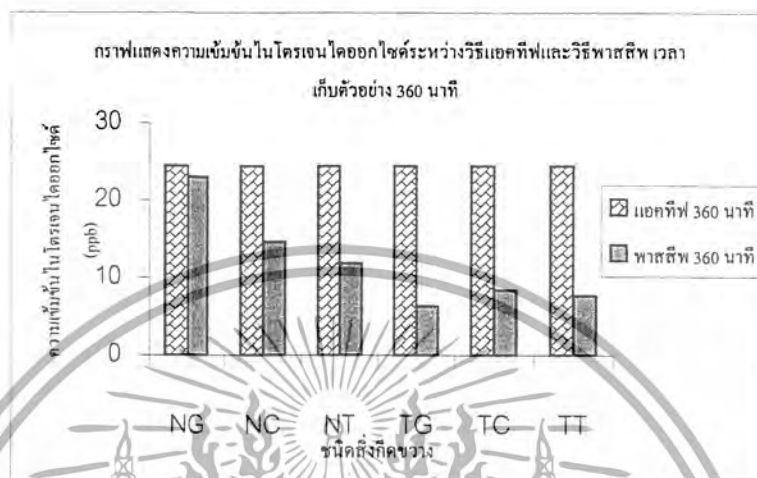
จากการทดลองที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 360 นาที ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากวิธีแอกทิฟมีค่า 24.40 ppb และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากอุปกรณ์พาสตีฟ พบว่าชนิดของสารละลายที่ใช้สำหรับเคลือบ และชนิดของสิ่งกีดขวาง ที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากวิธีแอกทิฟมากที่สุด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไอโอไดด์ (NaOH+ NaI) และกระดาษกรองใยแก้ว ตามลำดับ มีค่า 23.04 ppb

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธีแอกทิฟและวิธีพาสตีฟ ที่เวลาเก็บตัวอย่าง 290 นาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ระหว่างวิธีแอกทีฟ และวิธีพาสซีฟ ที่เวลาเก็บตัวอย่าง 360 นาที



4.2 การหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์พาสซีฟเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพของวิธีพาสซีฟเมื่อเทียบกับวิธีแอกทีฟ ที่ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง 290 และ 360 นาที

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นเฉลี่ยของไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb) (n = 3 แบบตงค์ = 2)		อัตราส่วน พาสซีฟ : แอกทีฟ
	พาสซีฟ	แอกทีฟ	
290	14.39	16	0.90
360	23.04	24.40	0.94

จากการศึกษาในข้อ 4.1 ทำให้สามารถผลิตอุปกรณ์พาสซีฟจากส่วนประกอบที่เหมาะสมได้ และเมื่อนำค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับวิธีแอกทีฟ พบว่ามีประสิทธิภาพ 0.90 และ 0.94 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสตีฟ

4.3.1 เวลาการเก็บรักษาอุปกรณ์ 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน

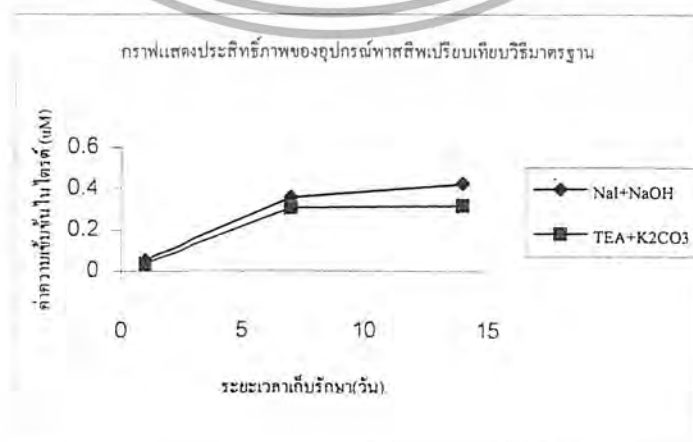
ค่าความเข้มข้นของไนไตรต์ที่ได้จากการนำกระดาษกรองที่เคลือบโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์ และ ไตรเอทานอลามีนผสมกับโพแทสเซียมคาร์บอเนต หลังจากทำการเก็บรักษาอุปกรณ์ที่ระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน แล้วจึงนำมาวัดค่าความเข้มข้นของไนไตรต์ได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงความเข้มข้นของไนไตรต์ในการเก็บรักษาอุปกรณ์ 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน

สารละลายสำหรับเคลือบ	แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของไนไตรต์ (μM)		
	1 วัน	7 วัน	14 วัน
NaOH+NaI	0.055 n = 2	0.357 n = 6	0.424 n = 6
TEA+K ₂ CO ₃	0.037 n = 2	0.308 n = 6	0.318 n = 6

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นไนไตรเจนไดออกไซด์หลังจากทำการเก็บรักษาอุปกรณ์ที่ระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน พบว่าค่าความเข้มข้นไนไตรเจนไดออกไซด์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความเข้มข้นของไนไตรต์ที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาอุปกรณ์พาสตีฟนาน 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

จากการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคลด้วยอุปกรณ์พาสซีฟพบว่า ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจากรถโดยสารสาธารณะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างหอพัก และกลุ่มรถยนต์ส่วนบุคคล ตามลำดับ เนื่องจากมีโอกาสรับสัมผัสมลพิษมากกว่ากลุ่มตัวอย่างอื่น ซึ่งการศึกษาทั้งสองครั้งค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้มีค่าสอดคล้องกันดังแสดงในตารางที่ 4.4 และ 4.6

ตารางที่ 4.4 แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 11 ถึง 15 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

การเดินทาง	ความเข้มข้นเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb) (n = 3, แปลงค = 2)					
	รถโดยสารสาธารณะ		รถยนต์ส่วนบุคคล		หอพัก	
ตัวอย่างที่	แปลงค	ตัวอย่าง	แปลงค	ตัวอย่าง	แปลงค	ตัวอย่าง
1	0.17	3.15	0.13	1.23	0.20	2.78
2	0.13	4.31	0.15	1.75	0.16	2.03
3	0.13	3.01	0.18	1.90	0.23	2.65

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีแอดทีฟ ครั้งที่1 (รับสัมผัส 24 ชม.)

ครั้งที่	ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ (ppb)
1	9.6
2	9.9
3	6.6
4	4.9
5	5.5
เฉลี่ย 5 วัน	7.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 17 ถึง 21 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

การเดินทาง	ความเข้มข้นเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb) (n = 3 แปลงค์ = 2)					
	รถโดยสารสาธารณะ		รถยนต์ส่วนบุคคล		หอพัก	
	แปลงค์	ตัวอย่าง	แปลงค์	ตัวอย่าง	แปลงค์	ตัวอย่าง
ตัวอย่างที่ 1	0.15	3.04	0.13	1.23	0.15	2.80
2	0.09	4.27	0.13	1.41	0.12	2.07
3	0.14	2.87	0.09	1.77	0.08	2.74

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีแอกทีฟครั้งที่ 2 (รับสัมผัส 24 ชม.)

ครั้งที่	ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ (ppb)/ชั่วโมง
1	7.8
2	9.6
3	5.9
4	3.8
5	7.4
เฉลี่ย 5 วัน	6.9

การศึกษาในชั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีแอกทีฟทั้งสองครั้ง ซึ่งค่าความเข้มข้นที่ได้จากวิธีแอกทีฟแสดง ได้ดังตารางที่ 4.5 และ 4.7 ตามลำดับ

สำหรับผลการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคลได้ทำการวางอุปกรณ์พาสซีฟในห้องปฏิบัติการควบคุมไปด้วยโดยให้มีการรับสัมผัสเป็นเวลา 5 วันได้ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.68 และ 2.65 ppb ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 การหาส่วนประกอบที่ดีที่สุดในการผลิตอุปกรณ์พาสตีฟ

ในการผลิตอุปกรณ์พาสตีฟสำหรับตรวจวัดความเข้มข้นในโตรเจนไดออกไซด์ให้มีประสิทธิภาพนั้น สิ่งที่ต้องการที่เหมาะสม คือ กระดาษกรองใยแก้ว และสารเคมีสำหรับเคลือบที่เหมาะสม คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์ โดยดูจากค่าที่คำนวณได้จากการเก็บแบบพาสตีฟมีสัดส่วนใกล้เคียงกับวิธีเก็บแบบแอคทีฟ จากตารางที่ 4.1 ค่าความเข้มข้นในโตรเจนไดออกไซด์ที่วัดได้ในช่วงเวลา 290 นาที จากวิธีพาสตีฟ ค่าที่ได้จากกระดาษกรองใยแก้วที่เคลือบด้วย ไตรเอทานอลามีนผสมกับโพแทสเซียมคาร์บอเนต มีค่า 5.99 bpb และที่เคลือบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์ ได้ค่า 14.39 ppb ในขณะที่ วิธีแอคทีฟมีค่าความเข้มข้นในโตรเจนไดออกไซด์ 16 ppb และซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า จากสิ่งที่ต้องการซึ่งเป็นกระดาษกรองใยแก้ว และสารเคมีสำหรับเคลือบที่ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์ มีค่าใกล้เคียงกับค่าแอคทีฟมากที่สุด

5.2 การหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์พาสตีฟเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน

เมื่อทำการตรวจวัดหาความเข้มข้นของในโตรเจนไดออกไซด์จากอุปกรณ์พาสตีฟที่เหมาะสมเปรียบเทียบกับวิธีแอคทีฟ ที่ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 290 นาที และ 360 นาที พบว่าอุปกรณ์พาสตีฟมีส่วนการเก็บตัวอย่างแบบพาสตีฟกับแอคทีฟ มีค่าใกล้เคียง 1 คือ 0.90 และ 0.94 ตามลำดับ

5.3 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสตีฟ

ในการศึกษานี้จะทำการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสตีฟที่ระยะเวลา 1 วัน 7 วัน และ 14 วัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของในโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นทั้งกรณีที่ใช้สารเคมีสำหรับเคลือบเป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับโซเดียมไอโอไดด์ และ ไตรเอทานอลามีนผสมกับโพแทสเซียมคาร์บอเนต โดยค่าความเข้มข้นของในโตรเจนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจากวันที่ 1 ร้อยละ 30.20 และ 27.10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และที่ระยะเวลาเก็บรักษา 14 วัน จะมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 37.40 และ 28.10 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอุปกรณ์พาสติฟที่ผลิตได้มีคุณสมบัติในการเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ดีใกล้เคียงกับวิธีเอกทีฟ

5.4 การเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

จากการนำอุปกรณ์พาสติฟไปเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศแบบติดตัวบุคคลพบว่า สามารถตรวจวัดค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ได้สอดคล้องกันทั้งสองครั้งที่ทำการศึกษา คือ ครั้งที่ 1 ค่าที่ตรวจวัดได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่เดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะจะมีค่ามากที่สุด (4.31 ppb) และค่าที่ตรวจวัดได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ที่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลจะมีค่าน้อยที่สุด (1.23 ppb) ครั้งที่ 2 ค่าที่ตรวจวัดได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ 2 ที่เดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะจะมีค่ามากที่สุด (4.27 ppb) และค่าที่ตรวจวัดได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ที่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลจะมีค่าน้อยที่สุด (1.23 ppb) แต่อย่างไรก็ตาม ถือว่ากลุ่มตัวอย่างยังรับสัมผัสเกิดไนโตรเจนไดออกไซด์ไม่เกินค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดที่มาตรฐานยอมให้มิได้ในระยะเวลา 8 ชั่วโมงในอากาศ 3000 ppb (OSHA-TWA)

5.5 ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น

1. การเก็บรักษาอุปกรณ์พาสติฟในอุณหภูมิค่า (8 องศาเซลเซียส) เกิดปัญหาในการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสติฟในอุณหภูมิค่า เนื่องจากผู้ทำความสะอาดที่ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมเสีย จึงทำการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสติฟเพียงแต่ที่อุณหภูมิห้องเท่านั้น

5.6 ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาดังปัจจัยด้านอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสติฟ เพื่อให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสติฟ
2. ควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาอุปกรณ์พาสติฟ เพื่อให้ทราบถึงขีดจำกัดทางด้านเวลาที่จะสามารถเก็บรักษาอุปกรณ์พาสติฟ
3. ควรมีการเตรียมสารเคมี หรือสารละลายต่างๆที่ใช้ในการทดลองที่ใช้ในการทดลองให้ใหม่อยู่เสมอ เพื่อป้องกันการปนเปื้อน และ ประสิทธิภาพของสารเคมีที่เปลี่ยนไป
4. ควรใช้อุปกรณ์กันลมทุกครั้งที่ทำการศึกษาตรวจวัดมลสารด้วยอุปกรณ์พาสติฟ เนื่องจากปัจจัยด้านความแปรปรวนของลมมีผลต่อความเข้มข้นของมลสารที่ต้องการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ในการหาความเข้มข้นใน โตรเจน ไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของสารที่ใช้เคลือบคือ ไตรเอทานอลามีน สามารถหาได้ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (IC)

6. น้ำที่ใช้ในการเตรียมอุปกรณ์พาสตีฟจำเป็นต้องมีความบริสุทธิ์สูงตามมาตรฐาน ASTM Type I ดังในระบุในภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และ วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์.2546. “อุปกรณ์พาสซีฟกับการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศในเขตเมือง (Passive Sampler and Air Quality Monitoring in Urban Area)”, เอกสารประกอบการการประชุมวิชาการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมประจำปีครั้งที่15. กรุงเทพฯ :2546.

กตินประทุม ปัญญาปิง. 2546 “การใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศอย่างง่ายในการตรวจสอบคุณภาพอากาศที่ปนเปื้อนด้วยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์(NOx) (Application of Simple Passive Sampler for Determination of NOx)”, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมประจำปีครั้งที่ 16. ภูเก็ต :2546.

Alkins, C.H.F., Sandall, J., Law, D.V., Hough, A.M. and Stevenson, K., 1986, The measurement of Nitrogen dioxide in the outdoor environment using passive diffusion tube samplers, AERE R12133, Harwell Laboratory.

Ayers, G.P., Keywood, M.D., Gillett, R.W., Manins, P.C., Malfroy, M. and Bardsley, T., 1998, Validation of passive diffusion sampler for SO₂ and NO₂ under Australian conditions, Atmospheric Environment, In press.

Broughton, G., Bower J., Clark, H. and Willis, P., 1998, Air pollution in the UK-1996. AEA Technology, NETCEN, culham, for DETR, AEAT 2238, ISBN 0-7058-1756-3.

Bush, T., Mooney, D. and Stevenson, K., 1999, United Kingdom Nitrogen Dioxide Network 1997. AEA Technology, NETCEN, culham, ISBN 0-7058-1774-1.

Campbell, G.W., Stedman, J.R. and Stevenson, K., 1994. A survey of nitrogen dioxide concentrations in the UK using diffusion tubes, July-December 1991, Atmospheric Environment 28, 477-486.

Carmichael, G.R., Ferm, M., Adikary, S., Ahmed, J., Mohan, M., Hong, M.S., Chen, L., Fook, L., Liu, C.M., Soedomo, M., Tran, G., Suksomsank, K., Zhou, D., Arndt, R. and Chen, L.L., 1995, Observed regional distribution of sulfur dioxide in Asia, Water, Air and Soil Pollution 85, 2289-2294.

EU, 1996, Council directive on ambient air quality assessment and management 1996. Official Journal of the European Communities L 296/55.

Garrett, M.H., Hooper, M.A. and Hooper, B.M., 1999, Nitrogen Dioxide in Australian Homes:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ที่นำมาใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Level and Sources. *Journal of the Air and Waste Management Association* volume 49, 76-81.
- Gerboles, M., L., 1993, Validation of measurement by NO₂ passive sampler: a comparison with chemiluminescent monitor. Technical Note TNI/93/107, Environment Institute, Joint Research Center, Ispra Italy.
- Gillet, R.W., Kreibich, H. and Ayers, G.P., 2000, Measurement of Indoor Formaldehyde Concentrations with a Passive Sampler. *Environment Science Technology* 34, 2051-2056.
- Hangarther, M., 2002, Influence of meteorological factors on the performance of diffusive samplers. Institute for Hygiene and Applied and Physiology Federal Institute of Technology, 8092 Zurich, Switzerland.
- Hangarther, M. and Nabholz, M., 1998, Calibration of dispersion models by diffusive samplers. Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- Heal, M.R., O'Donoghue, M.A., Cape, J.N., 1999, Overestimation of urban nitrogen dioxide by passive diffusion tube: a comparative exposure and model study. *Atmospheric Environment* 33, 513-524.
- Hooper, M.A., Panther, Babara., Wanna Liawagul., Krongkaew Tippayasak., Wongpan Limpaseni and Hooper, B.M., 2003, Passive Air Sampler monitoring technology: Value and Application based on Case studies covering outdoor, indoor and personal sampling. Proceedings of the 2nd Regional Conference on Energy Technology towards a Clean Environment. 12-14 February 2003.
- Keywood M.D., Beer, T., Ayer, G.P., Gillett, J. and Manins, P.C., 1998, The use of passive gas samplers to monitor personal exposure to environmental pollutants, *Clean Air Journal (Australia & New Zealand)* 32, 32-36.
- Palmes, E.D., Gunnison, A.F., Dimattio, J. and Tomaczyk, C., 1976, Personal sampler for nitrogen dioxide. *American Industrial Hygiene Association Journal* 37,570-577.
- NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition., 1998, Nitrogen Dioxide : Method 6700, Issue 2, 1-5.
- Smith, S., Uren, S., 1996, London wide nitrogen dioxide diffusion tube survey report 1995. TBV/LWEP/164.P6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The United Kingdom National Air Quality Strategy, Department of Environment, Transport and the Regions (DETR), 1997. The Stationary office, London, ISBN 0-10-135872-5.

Zhou, J. and S. Smith., 1997, Measurement of Ozone concentrations in ambient air is using a Badge-Type passive monitor. Journal of the Air and Waste Management Association volume 47, 67-703.

Saltzman, B.E. And Cook, W.a., 1991, Determination of Nitrogen dioxide content of the Atmosphere (Griess-Saltzman Reaction), Method of Air Sampling and Analysis, 3rd edition, Fifth Printing , Lewis Publishers, INC, P. 389-394.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีแอกทีฟ
(เวลาเก็บตัวอย่าง 290 และ 360 นาที)

วันที่	290 นาที			360 นาที		
	[NO ₂] (μL/mL)	[NO ₂] (ppm)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (μL/mL)	[NO ₂] (ppm)	[NO ₂] (ppb)
10/11/46	0.214	0.018	18	0.206	0.027	27
17/12/46	0.171	0.015	15	0.293	0.020	20
10/01/47	0.149	0.013	13	0.196	0.024	24
15/01/47	0.188	0.016	16	0.184	0.026	26
20/01/47	0.209	0.018	18	0.201	0.025	25
เฉลี่ย	0.186	0.016	16	0.216	0.024	24

ตัวอย่างการคำนวณ

การหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศในหน่วยส่วนในพันล้านส่วน (ppb) โดยวิธีแอกทีฟ ที่เวลาเก็บตัวอย่าง 290 นาที

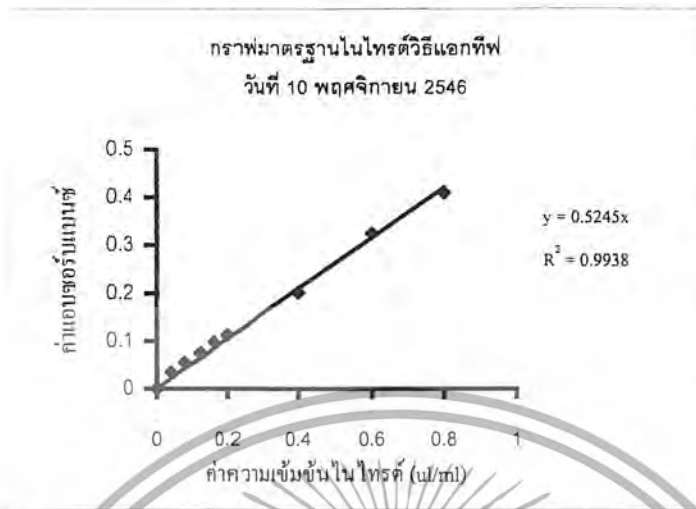
-นำค่าแอบซอร์บแมนซ์ของอนุกรมสารละลายมาตรฐานไนโตรเจนไดออกไซด์ มาพลอตกราฟมาตรฐาน

ตารางที่ 2 แสดงค่าแอบซอร์บแมนซ์สารละลายมาตรฐานและตัวอย่างอากาศของแอกทีฟ
ณ วันที่ 10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546

ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(μL/ml)	ค่าแอบซอร์บแมนซ์
0.00	0.000
0.04	0.034
0.08	0.055
0.12	0.074
0.16	0.097
0.20	0.112
0.40	0.201
0.60	0.324
0.80	0.409
ตัวอย่างอากาศ	0.112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐานไนโตรเจนไดออกไซด์ วิธีแอกทีฟ ณ วันที่ 10 พฤศจิกายน 2546



จากกราฟได้สมการ
เมื่อ

$$y = 0.5245x \quad ; \quad R^2 = 0.9938$$

y = ค่าแอมซอร์บแนนซ์ของตัวอย่างวิธีแอกทีฟ

x = ค่าความเข้มข้นใน ไตรเจน ไดออกไซด์ของตัวอย่างวิธีแอกทีฟ

หน่วยไมโครลิตรต่อมิลลิลิตรของสารดูดซึม

$y = 0.112$ จะได้ค่า

$$x = \frac{0.112}{0.5245}$$

$$x = 0.214 \quad (\mu\text{L/mL})$$

ดังนั้น ค่าความเข้มข้นใน ไตรเจน ไดออกไซด์ของตัวอย่างวิธีแอกทีฟจะได้ 0.214 ไมโครลิตรต่อมิลลิลิตรของสารดูดซึม

$$\text{ppm NO}_2 = \frac{\mu\text{L NO}_2}{\text{mL}} \times \frac{\text{mL ของสารดูดซึม}}{\text{ปริมาตรอากาศที่ภาวะมาตรฐาน}} \quad \text{--(1)}$$

สมมติให้ปริมาตรอากาศที่สภาวะมาตรฐานมีค่า 0.4 ตลอดการทดลอง แล้วนำมาแทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

$$\begin{aligned} \text{ppm NO}_2 &= \frac{(0.214 \times 10)}{0.4 \times 290} \\ &= 0.018 \quad \text{ppm} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนหน่วยเป็น ppb

$$\begin{aligned} \text{ppb} &= \text{ppm} \times 1000 \\ &= 0.018 \times 1000 \\ &= 18 \quad \text{ppb} \end{aligned}$$

ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่บรรยากาศด้วยวิธีแอกทีฟมีค่าเท่ากับ 18 ppb

หมายเหตุ : ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ของวันอื่นทำการคำนวณเช่นเดียวกันดังที่กล่าวมาข้างต้นได้ค่าดังตารางที่ 1

ตารางที่ 3 แสดงค่าแอบซอร์บแมนซ์สารละลายมาตรฐานและตัวอย่างของวิธีแอกทีฟ (290 และ 360 นาที)

ความเข้มข้นไนไตรต์ ($\mu\text{L}/\text{ml}$)	ค่าแอบซอร์บแมนซ์			
	17/12/46	10/01/47	15/01/47	20/01/47
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000
0.04	0.044	0.054	0.038	0.049
0.08	0.065	0.075	0.063	0.061
0.12	0.084	0.094	0.072	0.085
0.16	0.103	0.113	0.084	0.101
0.20	0.122	0.132	0.103	0.132
0.40	0.210	0.220	0.189	0.224
0.60	0.334	0.344	0.293	0.344
0.80	0.419	0.430	0.398	0.423
ตัวอย่างอากาศ (290 นาที)	0.196	0.084	0.093	0.116
ตัวอย่างอากาศ (360 นาที)	0.165	0.196	0.184	0.201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีพาสสิฟ
(เวลาเก็บตัวอย่าง 17400 วินาที = 290 นาที)

ตัวอย่าง	ค่าแอมซอร์เบนท์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)
NG	0.076	0.924	710	17.380
แบลจค์ NG	0.013	0.159	122	2.990
NC	0.034	0.416	320	7.830
แบลจค์ NC	0.011	0.135	104	2.530
NT	0.019	0.233	179	4.370
แบลจค์ NT	0.008	0.098	75	1.840
TG	0.029	0.355	273	6.680
แบลจค์ TG	0.003	0.037	28	0.690
TC	0.016	0.199	153	3.740
แบลจค์ TC	0.012	0.147	113	2.760
TT	0.014	0.171	132	3.220
แบลจค์ TT	0.008	0.098	75	1.840

หมายเหตุ : NG = สิ่งกีดขวางคือ กระจกทรงโฉบแก้ว
สารเคมีที่เคลือบคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไอโอไดด์

NC = สิ่งกีดขวางคือ เซลลูโลส
สารเคมีที่เคลือบคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไอโอไดด์

NT = สิ่งกีดขวางคือ เทฟลอน
สารเคมีที่เคลือบคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไอโอไดด์

TG = สิ่งกีดขวางคือ กระจกทรงโฉบแก้ว
สารเคมีที่เคลือบคือ ไตรเอทานอลามีนผสมกับโพแทสเซียมคาร์บอเนต

TC = สิ่งกีดขวางคือ เซลลูโลส
สารเคมีที่เคลือบคือ ไตรเอทานอลามีนผสมกับโพแทสเซียมคาร์บอเนต

TT = สิ่งกีดขวางคือ เทฟลอน
สารเคมีที่เคลือบคือ ไตรเอทานอลามีนผสมกับโพแทสเซียมคาร์บอเนต

แบลจค์ = กลุ่มควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีพาสลิฟ
(เวลาเก็บตัวอย่าง 21600 วินาที = 360 นาที)

ตัวอย่าง	ค่าแอมซอร์เบแนนซ์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)
NG	0.078	3.590	2226	54.460
เบลงค์ NG	0.045	2.070	1284	31.420
NC	0.064	2.950	1826	44.690
เบลงค์ NC	0.043	1.980	1227	30.020
NT	0.055	2.530	1570	38.400
เบลงค์ NT	0.038	1.750	1084	26.530
TG	0.051	2.350	1455	35.610
เบลงค์ TG	0.042	1.940	1199	29.330
TC	0.053	2.440	1513	37.010
เบลงค์ TC	0.041	1.890	1170	28.630
TT	0.047	2.170	1341	32.820
เบลงค์ TT	0.036	1.660	1027	25.140

ตัวอย่างการคำนวณ

การหาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศในหน่วยส่วนในล้านส่วน (ppb) โดยวิธีพาสลิฟ ที่เวลาเก็บตัวอย่าง 290 นาที

-นำค่าแอมซอร์เบแนนซ์ของอนุกรมสารละลายมาตรฐานไนโตรเจนกับความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ มาพลอตกราฟมาตรฐาน ดังตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงค่าแอบซอร์บแนนซ์สารละลายมาตรฐานและตัวอย่างอากาศของพาสตีฟ
(เวลาเก็บตัวอย่าง 17400 และ 21600 วินาที)

ความเข้มข้นไนโตรต์(μM)	ค่าแอบซอร์บแนนซ์
0	0.000
1	0.055
2	0.098
3	0.170
4	0.285
5	0.343
10	0.888
20	1.641

รูปที่ 2 แสดงกราฟมาตรฐานไนโตรต์วิธีพาสตีฟ ณ วันที่ 10 พฤศจิกายน 2546



จากกราฟได้สมการ
เมื่อ

$$y = 0.0817x ; R^2 = 0.9901$$

y = ค่าแอบซอร์บแนนซ์ของตัวอย่างวิธีพาสตีฟ

x = ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ของตัวอย่างวิธีพาสตีฟ
หน่วยไมโครโมลาร์

$$y = 0.078 \text{ จะได้ค่า } x = \frac{(0.078)}{0.0817}$$

$$x = 0.955 \text{ } (\mu\text{M})$$

ดังนั้น ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ของตัวอย่างวิธีเอกทีฟจะได้ 0.955 ไมโครโมลาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตร $[\text{NO}_2] = \frac{LV[\text{NO}_2]}{\text{TD}}$ ---(2)

เมื่อ $[\text{NO}_2]$ = ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ (nmol/m^3)
 L = ค่าคงที่ของการเก็บตัวอย่าง 41.2 m^3
 V = ปริมาตรของสารสกัด (mL)
 $[\text{NO}_2]$ = ความเข้มข้นไนโตรต (μM)
 T = เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง (sec)
 D = ประสิทธิภาพการแพร่กระจาย $1.54 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

$$[\text{NO}_2] = \frac{41.2 \times 5 \times 0.955}{290 \times 60 \times 1.54 \times 10^{-5}}$$

$$= 734 \text{ nmol/m}^3$$

เปลี่ยนหน่วยเป็น ppb

จากสูตร $[\text{ppb}]_{\text{air}} = [\text{air}] RT \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L}$ ---(3)

เมื่อ

$[\text{air}]$ = ความเข้มข้นในบรรยากาศ (nmol/m^3)
 R = ค่าคงที่ของแก๊ส $0.0821 \text{ (L.atm/mol.K)}$
 T = อุณหภูมิขณะเก็บ (K)

จากสูตร $[\text{ppb}]_{\text{air}} = [\text{air}] RT \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L}$

$$= 734 \times 10^{-9} \times 0.0821 \times 298 \times 0.001$$

$$= 17.38 \text{ ppb}$$

จะได้ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ (ppb) เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $17.38 - 2.99 = 14.39 \text{ ppb}$

หมายเหตุ : ตัวอย่างของพาสสิฟชนิดอื่นก็ทำการคำนวณเช่นเดียวกันดังที่กล่าวมาข้างต้น
 ได้ค่าดังตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นของไนไตรต์ในการเก็บรักษาอุปกรณ์ 1 วัน

สารละลายสำหรับเคลื่อน	ตัวอย่าง	ค่าแอมชอร์รับเบนซ์	ความเข้มข้นไนไตรต์(μM)
NaOH+NaI	1	0.004	0.049
	2	0.005	0.061
	เฉลี่ย	0.045	0.551
TEA+K ₂ CO ₃	1	0.003	0.037
	2	0.003	0.037
	เฉลี่ย	0.003	0.037

หมายเหตุ : ใช้ตาราง 6 ที่เวลา 17400 นาที และรูปที่ 2 ในการคำนวณ

ตารางที่ 8 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นของไนไตรต์ ในการเก็บรักษาอุปกรณ์ 7 และ 14 วัน

สารละลาย สำหรับเคลื่อน	ตัวอย่าง	7 วัน		14 วัน	
		ค่า แอมชอร์รับเบนซ์	ความเข้มข้น ไนไตรต์(μM)	ค่า แอมชอร์รับเบนซ์	ความเข้มข้น ไนไตรต์(μM)
NaOH+NaI	1	0.031	0.379	0.033	0.404
	2	0.029	0.355	0.037	0.453
	3	0.028	0.343	0.037	0.453
	4	0.029	0.355	0.033	0.404
	5	0.030	0.367	0.034	0.416
	6	0.028	0.343	0.034	0.416
	เฉลี่ย	0.029	0.357	0.035	0.424
TEA+K ₂ CO ₃	1	0.025	0.306	0.026	0.318
	2	0.025	0.306	0.027	0.330
	3	0.025	0.306	0.026	0.318
	4	0.026	0.318	0.026	0.318
	5	0.026	0.318	0.026	0.318
	6	0.024	0.294	0.025	0.306
	เฉลี่ย	0.025	0.308	0.026	0.318

หมายเหตุ : ใช้ตาราง 6 ที่เวลา 17400 นาที และรูปที่ 2 ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล กลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ผู้ที่เดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะ) ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 11 ถึง 15 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

กลุ่ม	ตัวอย่าง	ค่า แอมบอร์แบนซ์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
A	แบบลงค์ 1	0.025	1.179	36.515	0.893	$\bar{X} = 0.168$
	แบบลงค์ 2	0.022	1.038	32.133	0.786	
	1	0.445	20.991	649.960	15.902	$\bar{X} = 3.153$ SD = 0.665
	2	0.482	22.736	704.002	17.224	
	3	0.467	22.028	682.093	16.688	
B	แบบลงค์ 1	0.018	0.849	26.291	0.643	$\bar{X} = 0.132$
	แบบลงค์ 2	0.019	0.896	27.751	0.679	
	1	0.595	28.066	869.048	21.262	$\bar{X} = 4.313$ SD = 0.867
	2	0.642	30.283	937.696	22.941	
	3	0.629	29.670	918.708	22.477	
C	แบบลงค์ 1	0.017	0.802	24.830	0.607	$\bar{X} = 0.125$
	แบบลงค์ 2	0.018	0.849	26.291	0.643	
	1	0.458	21.604	668.948	16.366	$\bar{X} = 3.005$ SD = 0.668
	2	0.421	19.858	614.906	15.044	
	3	0.435	20.519	635.355	15.544	

หมายเหตุ : A-C คือ ชื่อแทนอาสาสมัครในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล กลุ่มตัวอย่างที่ 2 (ผู้ที่เดินทางโดยขับรถส่วนตัว) ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 11 ถึง 15 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

กลุ่ม	ตัวอย่าง	ค่า แอมซอร์เบนท์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
D	เบดงค์ 1	0.017	0.802	24.830	0.607	$\bar{X} = 0.132$
	เบดงค์ 2	0.020	0.943	29.212	0.715	
	1	0.200	9.434	292.117	7.147	$\bar{X} = 1.233$ SD = 0.412
	2	0.178	8.396	259.984	6.361	
	3	0.195	9.198	284.814	6.968	
E	เบดงค์ 1	0.021	0.991	30.672	0.750	$\bar{X} = 0.147$
	เบดงค์ 2	0.020	0.943	29.212	0.715	
	1	0.265	12.500	387.055	9.470	$\bar{X} = 1.750$ SD = 0.661
	2	0.284	13.396	414.806	10.149	
	3	0.247	11.651	360.765	8.826	
F	เบดงค์ 1	0.028	1.321	40.896	1.001	$\bar{X} = 0.175$
	เบดงค์ 2	0.021	0.991	30.672	0.750	
	1	0.294	13.868	429.412	10.506	$\bar{X} = 1.895$ SD = 0.432
	2	0.276	13.019	403.122	9.863	
	3	0.299	14.104	436.715	10.685	

หมายเหตุ : D-F คือ ชื่อแทนอาสาสมัครในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล กลุ่มตัวอย่างที่ 3 (ผู้ที่พักอาศัยบริเวณมหาชัย) ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 11 ถึง 15 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

กลุ่ม	ตัวอย่าง	ค่า แอปซอร์เบ้นซ์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
G	แบบลงค์ 1	0.027	1.274	39.436	0.965	$\bar{X} = 0.197$
	แบบลงค์ 2	0.028	1.321	40.896	1.001	
	1	0.406	19.151	592.998	14.508	$\bar{X} = 2.777$ SD = 0.398
	2	0.414	19.528	604.682	14.794	
	3	0.428	20.189	625.130	15.294	
H	แบบลงค์ 1	0.023	1.085	33.593	0.822	$\bar{X} = 0.164$
	แบบลงค์ 2	0.023	1.085	33.593	0.822	
	1	0.299	14.104	436.715	10.685	$\bar{X} = 2.034$ SD = 0.289
	2	0.315	14.858	460.084	11.256	
	3	0.309	14.575	451.321	11.042	
I	แบบลงค์ 1	0.035	1.651	51.120	1.251	$\bar{X} = 0.225$
	แบบลงค์ 2	0.028	1.321	40.896	1.001	
	1	0.414	19.528	604.682	14.794	$\bar{X} = 2.653$ SD = 0.353
	2	0.396	18.679	578.392	14.151	
	3	0.398	18.774	581.313	14.222	

หมายเหตุ : G-I คือ ชื่อแทนอาสาสมัครในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศโดยวิธีแอดทีฟ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 11 ถึง 15 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

ตัวอย่าง	ค่า แอดซอร์เบนต์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
แบบลค์ 1	0.019	0.896	27.751	0.679	$\bar{X} = 0.139$
แบบลค์ 2	0.020	0.943	29.212	0.715	
1	0.390	18.396	569.628	13.936	$\bar{X} = 2.681$ SD = 0.203
2	0.393	18.538	574.010	14.044	
3	0.401	18.915	585.695	14.329	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล กลุ่มตัวอย่างที่ 1 (ผู้ที่เดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะ) ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 17 ถึง 21 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

กลุ่ม	ตัวอย่าง	ค่า แอปซอร์เบ้นซ์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
A	แบบลงค์ 1	0.021	0.968	29.966	0.733	$\bar{X} = 0.154$
	แบบลงค์ 2	0.023	1.060	32.819	0.803	
	1	0.461	21.244	657.815	16.094	$\bar{X} = 3.044$ SD = 0.092
	2	0.456	21.014	650.681	15.919	
	3	0.457	21.060	652.108	15.954	
B	แบบลงค์ 1	0.013	0.599	18.550	0.454	$\bar{X} = 0.087$
	แบบลงค์ 2	0.012	0.553	17.123	0.419	
	1	0.623	28.710	888.978	21.750	$\bar{X} = 4.272$ SD = 0.282
	2	0.617	28.433	880.417	21.540	
	3	0.633	29.171	903.247	22.099	
C	แบบลงค์ 1	0.02	0.922	28.539	0.698	$\bar{X} = 0.136$
	แบบลงค์ 2	0.019	0.876	27.112	0.663	
	1	0.446	20.553	636.411	15.570	$\bar{X} = 2.873$ SD = 0.462
	2	0.421	19.401	600.738	14.698	
	3	0.426	19.631	607.873	14.872	

หมายเหตุ : A-C คือ ชื่อแทนอาสาสมัครในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล กลุ่มตัวอย่างที่ 2 (ผู้ที่เดินทางโดยรถส่วนตัว) ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 17 ถึง 21 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

กลุ่ม	ตัวอย่าง	ค่า แอมซอร์เบนซ์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
D	แบบลงค์ 1	0.018	0.829	25.685	0.628	$\bar{X} = 0.126$
	แบบลงค์ 2	0.018	0.829	25.685	0.628	
	1	0.198	9.124	282.532	6.912	$\bar{X} = 1.234$ SD = 0.107
	2	0.192	8.848	273.971	6.703	
	3	0.194	8.940	276.825	6.773	
E	แบบลงค์ 1	0.019	0.876	27.112	0.663	$\bar{X} = 0.129$
	แบบลงค์ 2	0.018	0.829	25.685	0.628	
	1	0.214	9.862	305.363	7.471	$\bar{X} = 1.412$ SD = 0.213
	2	0.222	10.230	316.779	7.750	
	3	0.226	10.415	322.486	7.890	
F	แบบลงค์ 1	0.013	0.599	18.550	0.454	$\bar{X} = 0.087$
	แบบลงค์ 2	0.012	0.553	17.123	0.419	
	1	0.278	12.811	396.687	9.705	$\bar{X} = 1.772$ SD = 0.386
	2	0.265	12.212	378.137	9.251	
	3	0.256	11.797	365.294	8.937	

หมายเหตุ : D-F คือ ชื่อแทนอาสาสมัครในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล กลุ่มตัวอย่างที่ 3 (ผู้ที่พักอาศัยบริเวณมหาชัย) ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 17 ถึง 21 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

กลุ่ม	ตัวอย่าง	ค่า แอสซอร์เบนต์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
G	แบบลงค้ 1	0.023	1.060	32.819	0.803	$\bar{X} = 0.154$
	แบบลงค้ 2	0.021	0.968	29.966	0.733	
	1	0.421	19.401	600.738	14.698	$\bar{X} = 2.805$ SD = 0.392
	2	0.436	20.092	622.142	15.221	
	3	0.414	19.078	590.749	14.453	
H	แบบลงค้ 1	0.018	0.829	25.685	0.628	$\bar{X} = 0.122$
	แบบลงค้ 2	0.017	0.783	24.258	0.593	
	1	0.303	13.963	432.360	10.578	$\bar{X} = 2.075$ SD = 0.402
	2	0.315	14.516	449.483	10.997	
	3	0.326	15.023	465.180	11.381	
I	แบบลงค้ 1	0.012	0.553	17.123	0.419	$\bar{X} = 0.080$
	แบบลงค้ 2	0.011	0.507	15.696	0.384	
	1	0.395	18.203	563.638	13.790	$\bar{X} = 2.736$ SD = 0.297
	2	0.403	18.571	575.053	14.069	
	3	0.412	18.986	587.896	14.383	

หมายเหตุ : G-I คือ ชื่อแทนอาสาสมัครในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์(ppb)ในการเฝ้าระวังมลพิษทางอากาศติดตัวบุคคล ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 17 ถึง 21 กุมภาพันธ์ 2547 (รับสัมผัส 5 วัน)

อย่าง	ค่า แอมซอร์เบนซ์	[NO ₂] (μM)	[NO ₂] (mol/m ³)	[NO ₂] (ppb)	[NO ₂] (ppb)/day
แปลงค์ 1	0.017	0.783	24.258	0.593	$\bar{X} = 0.122$
แปลงค์ 2	0.018	0.829	25.685	0.628	
1	0.383	17.650	546.515	13.371	$\bar{X} = 2.650$ SD = 0.549
2	0.394	18.157	562.211	13.755	
3	0.414	19.078	590.749	14.453	

ตารางที่ 17 แสดงค่าแอมซอร์เบนซ์สารละลายมาตรฐานและตัวอย่างอากาศของแอกทีฟ ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1

ความเข้มข้น ไนไตรต์ (μL/ml)	ค่าแอมซอร์เบนซ์				
	11/02/47	12/02/47	13/02/47	14/02/47	15/02/47
0.20	0.264	0.258	0.257	0.211	0.209
0.24	0.294	0.358	0.310	0.254	0.264
0.28	0.412	0.379	0.365	0.301	0.304
0.32	0.451	0.411	0.413	0.331	0.352
0.36	0.479	0.460	0.469	0.360	0.383
0.40	0.526	0.500	0.519	0.407	0.436
ตัวอย่างอากาศ	0.748	0.370	0.246	0.145	0.172

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงค่าแอมบอร์รับเบนซ์สารละลายมาตรฐานและตัวอย่างอากาศของแอดทีฟ
ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

ความเข้มข้น ไนโตรเจน ($\mu\text{L}/\text{ml}$)	ค่าแอมบอร์รับเบนซ์				
	17/02/47	18/02/47	19/02/47	20/02/47	21/02/47
0.20	0.224	0.209	0.174	0.275	0.273
0.24	0.265	0.249	0.212	0.326	0.325
0.28	0.314	0.294	0.260	0.377	0.371
0.32	0.373	0.342	0.294	0.423	0.413
0.36	0.424	0.372	0.342	0.446	0.452
0.40	0.465	0.408	0.363	0.496	0.490
ตัวอย่างอากาศ	0.258	0.288	0.312	0.283	0.274

ตารางที่ 19 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีแอดทีฟ
ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 1

วันที่	$[\text{NO}_2]$ ($\mu\text{L}/\text{mL}$)	$[\text{NO}_2]$ (ppm)	$[\text{NO}_2]$ (ppb)
11/02/47	0.555	0.010	9.600
12/02/47	0.284	0.010	9.900
13/02/47	0.190	0.007	6.600
14/02/47	0.141	0.005	4.900
15/02/47	0.159	0.006	5.500
เฉลี่ย	0.266	0.007	7.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงค่าผลการคำนวณความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีแอกทีฟ
ณ ห้องปฏิบัติการ ครั้งที่ 2

วันที่	[NO ₂] (μL/mL)	[NO ₂] (ppm)	[NO ₂] (ppb)
17/02/47	0.224	0.008	7.80
18/02/47	0.277	0.010	9.60
19/02/47	0.340	0.006	5.90
20/02/47	0.219	0.004	3.80
21/02/47	0.214	0.007	7.40
เฉลี่ย	0.255	0.009	6.90



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดและการเตรียมน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ

โดย : อังสนา ฉั่วสุวรรณ

ปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนจำเป็นต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประสิทธิภาพและระบบการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามระบบคุณภาพมาตรฐานสากล เช่น ISO 9000, ISO 14000 ฯลฯ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ก็เช่นกันต้องคำนึงถึงระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานสากลด้วย เช่น ISO/IEC 17025 ซึ่งข้อกำหนดด้านวิชาการ (Technical requirements) ได้ระบุถึงวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม อุปกรณ์ สารเคมี และน้ำบริสุทธิ์ที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด

เมื่อก้าวถึงห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อาจนึกถึงห้องที่เหลี่ยมที่เต็มไปด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ สารเคมีต่างๆมากมาย ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสำคัญทั้งสิ้น แต่ที่สำคัญกว่านั้นคหอผลการวิเคราะห์ต้องมีคุณภาพทั้งในด้านความถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์เชิงปริมาณที่มีปริมาณน้อยมากๆ เช่น ในระดับ ppm จนถึง ppb จำเป็นต้องใช้น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากสารปนเปื้อนในการวิเคราะห์นั้นๆ เมื่อก้าวถึงน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการโดยทั่วไป เรียกกันว่าน้ำกลั่น แต่ที่จริงแล้วน้ำกลั่นเป็นเพียงน้ำชนิดหนึ่งของน้ำที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้นการวิเคราะห์หิวจึยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้น้ำบริสุทธิ์ในหลายขั้นตอน เช่น ใช้สำหรับเตรียมสารละลาย ใช้สำหรับเป็นสารละลายเบสลงค์ ใช้ในการเจือจาง ตลอดจนถึงล้างทำความสะอาดต่างๆ ถ้าน้ำที่นำมาใช้มีสารเจือปนสูงจะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อน ซึ่งจะส่งผลให้การวิเคราะห์ผิดพลาดด้วย

การจำแนกน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการตามเกณฑ์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพซึ่ง Department of Defense ใช้เป็นเกณฑ์กำหนดมาตรฐานของ DoD index และพิมพ์เผยแพร่โดย Standard Specification for Reagent Water จำแนกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ ส่วน American Public Health Association (APHA) ซึ่งจัดทำหนังสือ Standard methods for the Examination of Water and wastewater จำแนกประเภทน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ซึ่งทั้งสองมาตรฐานมีรายละเอียดคล้ายกันดังนี้

ASTM Standard : D1193-99 จำแนกน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการเป็น 4 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

1. Type I : เป็นน้ำที่มีสารปนเปื้อนน้อยที่สุด ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีที่มีความแม่นยำสูงสุดและเบี่ยงเบนน้อยที่สุด น้ำประเภทนี้ควรเตรียมแล้วใช้ทันทีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ที่ต้องการความถูกต้อง และแม่นยำสูงสุด น้ำชนิดนี้อาจมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ได้ประมาณ 30-50 ppb และก๊าซที่ละลายได้ถึง 5 ppm อันเนื่องมาจากการเตรียมที่ผ่าน ion exchange resin น้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับใช้วิเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีปริมาณน้อยมาในระดับ ppb-ppt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Type II : เป็นน้ำที่ขอมให้มีสารปนเปื้อนบ้างเล็กน้อย ใช้สำหรับการวิเคราะห์เชิงปริมาณในระดับ ppm-ppb และการวิเคราะห์ที่ขอมให้มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนได้น้อยมาก

ในการวิเคราะห์ที่ขอมให้มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนน้อยมากอาจใช้น้ำ Type II หรือ Type III นำมาผ่าน membrane filter โดยล้างด้วยน้ำนั้นทิ้งไปประมาณ 10 mL/cm² ของ membrane filter แทนได้

3. Type III : เหมาะสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทั่วไป นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น อุตสาหกรรมฟอกย้อม น้ำสำหรับหม้อต้ม (boiler) เป็นต้น

น้ำทั้ง 3 ประเภท ควรป้องกันไม่ให้เกิดสัมผัสกับอากาศ โดยเก็บในภาชนะที่ทำด้วย Teflon fluorocarbon, titanium, tantalum, block tin, quartz, 18-8 stainless steel, polyethylene หรือพลาสติกที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี

4. Type IV : เป็นน้ำที่ขอมให้มีสารปนเปื้อนมากกว่าน้ำใน 3 ประเภทแรก ใช้สำหรับงานทดลองที่ต้องใช้น้ำในปริมาณมาก ๆ เช่น การเตรียมสารเคมีที่ใช้สังเคราะห์สาร ใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตน้ำ Type I, II, III ใช้ล้างเครื่องแก้ว เป็นต้น นอกจากนี้ยังจัดเป็นน้ำที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำกลั่นสำหรับแบบเคอร์ชนิดตะกั่ว-กรดได้

ถ้าต้องการใช้น้ำชั้นคุณภาพที่เหมาะสมปราศจากเชื้อโรคให้พิจารณาเลือกตามระดับชั้นคุณภาพทางแบคทีเรีย น้ำที่ปราศจากแบคทีเรียอาจเตรียมจาก น้ำ Type ใดๆที่เหมาะสมแล้วทำการต้มที่ 121 °C นาน 20 นาที หรือใช้ autoclave ที่ 103 kPA (15 psi) นาน 20 นาที

น้ำสำหรับห้องปฏิบัติการทั้ง 4 ชนิดที่กล่าวมาแล้วมีคุณสมบัติแสดงดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการทั้ง 4 ชนิด

Quality parameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
Electrical conductivity, max, $\mu\text{S/cm}$ at 298 K (25°C)	0.056	1.0	0.25	5.0
Quality parameter	Type I	Type II	Type III	Type IV
Electrical resistivity, min, $\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ at 298 K (25°C)	18	1.0	4.0	0.2
pH at 298 K (25°C)	-	-	-	5.0 to 8.0
Total organic carbon (TOC), max, $\mu\text{g/L}$	100	50	200	No limit
Sodium, max, $\mu\text{g/L}$	1	5	10	50
Chloride, max, $\mu\text{g/L}$	1	5	10	50
Total silica, max, $\mu\text{g/L}$	3	3	500	No limit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำที่มีการควบคุมปริมาณแบคทีเรียจะมีการจำแนกเฉพาะ ดังนี้

	Type A	Type B	Type C
Maximum heterotrophic bacteria Count.	10/100 mL	10/100 mL	100/10 mL
Endotoxin, EU/ml ^B	< 0.03	0.25	not applicable

^BEU = Endotoxin Units.

Standard methods for the Examination of Water and wastewater จำแนกน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

1. High-quality reagent water จะต้องมีค่าความต้านทานจำเพาะที่ 25 °C มากกว่า 10 megohms-cm (in line) น้ำชนิดนี้เตรียมได้โดย

- การกลั่น (distillation)
- การทำให้ปราศจากไอออน (deionization)
- reverse osmosis แล้วตามด้วย mixed-bed deionizer และ 0.2 µm membrane filter
- reverse osmosis แล้วตามด้วย carbon adsorption and deionization

Mixed-bed deionizers จะทำให้มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในน้ำได้บ้างโดยเฉพาะ mixed-bed resin ใหม่นั้น น้ำชนิดนี้ควรเตรียมแล้วใช้ทันที ค่าความต้านทานจำเพาะที่วัดได้จะไม่บ่งบอกถึงการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ หรือสารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออน แต่จะบอกได้เฉพาะการปนเปื้อนของสารที่แตกตัวเป็นไอออนในระดับ ppb น้ำชนิดนี้ใช้สำหรับการวิเคราะห์ที่ต้องการความถูกต้อง แม่นยำสูงสุด มีสารปนเปื้อนน้อยที่สุดในระดับ ppb-ppt

2. Medium - quality water จะต้องมีค่าความต้านทานจำเพาะที่ 25 °C มากกว่า 1 megohms-cm น้ำชนิดนี้เตรียมได้โดยการกลั่น (distillation) การทำให้ปราศจากไอออน (deionization) น้ำชนิดนี้ อาจเตรียมแล้วเก็บไว้ใช้ได้แต่ต้องเก็บไว้ในวัสดุที่สามารถป้องกันน้ำจากการปนเปื้อนได้ เช่น เก็บใน TFE และแก้วสำหรับการวิเคราะห์สารอินทรีย์ หรือเก็บในพลาสติกสำหรับการวิเคราะห์โลหะ น้ำชนิดนี้ใช้ในงานวิเคราะห์ที่มีปริมาณสูงในระดับ ppm-ppb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Low-quality water น้ำชนิดนี้ใช้ในการวิเคราะห์ที่ทดลองในห้องปฏิบัติการทั่วไป การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ การเตรียมสารเคมี ใช้สำหรับล้างเครื่องแก้ว และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำชั้นสูง น้ำชนิดนี้สามารถเก็บไว้ใช้ได้โดยเก็บในวัสดุที่สามารถป้องกันน้ำจากการปนเปื้อนได้

น้ำสำหรับห้องปฏิบัติการที่กล่าวมาแล้วมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2
ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติของน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการ

Quality parameter	High	Medium	Low
Resistivity, megohm-cm at 25°C	>10	>1	0.1
Conductivity, $\mu\text{mho/cm}$ at 25°C	<0.1	<1	10
SiO ₂ mg/L	<0.05	<0.1	<1

เนื่องจากคุณภาพน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการจัดเป็นน้ำที่ค่อนข้างมีความบริสุทธิ์สูง ปริมาณสารปนเปื้อนต่ำ ดังนั้นการวิเคราะห์คุณภาพน้ำสำหรับห้องปฏิบัติการต้องใช้วิธีการ เครื่องมือ สารเคมีที่เหมาะสม รวมทั้งความชำนาญของผู้วิเคราะห์ด้วย

การเตรียม Reagent water

Type I เตรียมโดยการกลั่นแล้วตามด้วย deionization โดยใช้ mixed-bed ion exchange resin และ 0.2 reverse osmosis membrane filter น้ำที่ใช้เป็นสารตั้งต้นควรมีสภาพการนำไฟฟ้าไม่เกิน 20 $\mu\text{mho/cm}$ at 25°C

Type II เตรียมโดยการกลั่น น้ำที่ใช้เป็นสารตั้งต้นอาจต้องผ่านกรรมวิธีอื่น ๆ มาก่อน เช่น deionization การกลั่น หรือ reverse osmosis ขึ้นอยู่กับสภาพเบื้องต้นของน้ำดิบ

Type III เตรียม โดยการกลั่น deionization , reverse osmosis หรือร่วมกันทั้ง 3 วิธี แล้วกรองด้วย 0.45 μm membrane filter

Type IV เตรียม โดยการกลั่น deionization , reverse osmosis หรือร่วมกันทั้ง 3 วิธี

อย่างไรก็ตามการจำแนกชนิดของ reagent water ต้องจัดตามคุณสมบัติของน้ำที่เตรียมได้ ดังนั้นขั้นตอนและวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเตรียม Reagent water

1. การกลั่น (distillation) เป็นการทำน้ำให้บริสุทธิ์ที่วิธีหนึ่ง ภาชนะที่ใช้ในการกลั่นควรทำจากแก้วชนิด bolosilicate, fuse quartz, tin, titanium ถ้าน้ำที่จะนำมากลั่นมีปริมาณแคลเซียมแมกนีเซียม ไบคาร์บอเนตไอออนสูง จำเป็นต้องกำจัดแร่ธาตุเหล่านี้ก่อน เพื่อป้องกันการเกิดตะกอน โดยวิธี deionization หรือ reverse osmosis ก็ได้ ในการกลั่นควรเติมกรดแร่ เช่น กรดซัลฟูริกลงในขวดกลั่นเล็กน้อย เพื่อกำจัดก๊าซแอมโมเนีย และนำน้ำที่กลั่นได้มาคัมมาน 15 นาที แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว แล้วปิดด้วยหลอดแก้วที่บรรจุโซดาไลม์ หรือแอสคาไรค์ เพื่อป้องกันก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์

2. Deionization เป็นวิธีการทำน้ำให้ปราศจากสิ่งเจือปนประเภทเกลือละลาย โดยใช้ cation และ anion resin ซึ่งเป็นสารโพลีเมอร์โมเลกุลใหญ่ โมเลกุลของ resin เหล่านี้ปลายข้างหนึ่งจะมีประจุเป็นลบ หรือบวก ถ้ามีประจุเป็นลบเรียกว่า cationic resin ถ้ามีประจุเป็นบวกเรียกว่า anionic resin

Resin ที่ใช้ในกระบวนการ ion exchange มีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆ แยกบรรจุ cation resin ไว้ในคอลัมน์แรก และ anion resin ไว้ในคอลัมน์ที่สอง ถ้าจะให้กระบวนการมีประสิทธิภาพสูงจะต้องมีคอลัมน์ที่สาม ซึ่งเป็นของผสมระหว่าง cation และ anion resin อยู่ในคอลัมน์เดียวกัน เมื่อปล่อยให้ผ่านการบำบัดเบื้องต้น เช่น การแยกตะกอนทรายและสารคอลลอยด์ออกไปก่อนแล้วเข้าสู่คอลัมน์ที่ 1 ในคอลัมน์นี้ cation ทั้งหมดจะถูก cation resin จับไว้โดยปฏิกิริยา cation exchange แล้วปล่อย H^+ ออกมา ดังนั้นหากมีคาร์บอเนต หรือไบคาร์บอเนตอยู่จะเกิดการคาร์บอนิกขึ้น จึงควรให้น้ำที่ผ่านคอลัมน์นี้ผ่านเครื่องเคาะอากาศเพื่อไล้ CO_2 ออกจากน้ำก่อนเข้าสู่คอลัมน์ที่สอง ซึ่ง anion ทั้งหมดจะถูก anion resin จับไว้ แล้วปล่อย OH^- ออกมาในน้ำ ทำให้เกิดปฏิกิริยา neutralization กับ H^+ จากคอลัมน์แรกทำให้ไม่มีไอออนเหลืออยู่เลย สำหรับน้ำที่ต้องการความบริสุทธิ์สูงๆ เพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการควรเพิ่มคอลัมน์ที่สาม เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา ion exchange กับ ions ต่างๆ ที่เหลืออยู่จนหมด เมื่อใช้ cation และ anion resin ไปนานๆ cation site จะล้นน้อยลงจนไม่สามารถจับไอออนต่างๆ ได้อีก จะต้องทำการ regenerate resin นั้นๆ น้ำที่เตรียมได้จากวิธีนี้ เรียกว่า deionized water หรือเรียกย่อว่าน้ำ DI

3. Reverse osmosis เป็นวิธีการนำหลักการออสโมซิสมาใช้ โดยทำให้เกิดขบวนการที่ตรงกันข้ามกับการเกิดออสโมซิสคือเพิ่มความดันจำนวนหนึ่งซึ่งมากกว่า osmotic pressure เข้าไปยังสารละลายที่มีความเข้มข้นมากๆ ตัวทำละลายหรือน้ำก็จะไหลผ่านเยื่อ semipermeable membrane ออกมาสู่ยังสารละลายที่เข้มข้นน้อยกว่า ส่วนไอออนหรือสารอื่นๆที่ไม่สามารถผ่านไปได้ก็ยังคงค้างอยู่อีกด้านหนึ่ง โดยปกติใช้ความดันประมาณ 200 psi วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมในการทำน้ำทะเลหรือน้ำกร่อยให้เป็นน้ำจืด ซึ่งต้องใช้ความดันมากกว่าปกติ สำหรับน้ำทะเลใช้ความดันประมาณ 800-1000 psi ส่วนน้ำกร่อยใช้ความดันประมาณ 400-600 psi ในเรื่องอุณหภูมิก็มาให้เยื่อ semipermeable membrane มีปัญหาเรื่องอัดตัวแน่น ปัจจุบันมีการพัฒนาในเรื่องสารที่ใช้เป็นเนื้อเยื่อให้มีคุณภาพสูงขึ้น เช่น cellulose acetate, aramid. Thin film composite โดยที่ cellulose acetate ถูกจุลินทรีย์ทำลายได้ง่ายจึงต้องมีการปรับสภาพก่อน โดยการเติม Cl_2 เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Carbon adsorption วิธีนี้สำหรับใช้กำจัดสารอินทรีย์ และ Cl_2 โดยใช้หลักการดูดซับของ activated carbon ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารนั้น คุณสมบัติทางกายภาพของ activated carbon รวมทั้งวิธีการบรรจุ วิธีการ และความสูงของ activated carbon ในคอลัมน์ รวมทั้งอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านคอลัมน์ด้วย

วิธีเตรียมทั้ง 4 วิธีที่กล่าวมานี้เป็นวิธีที่ใช้กันมากและได้ผลดี สามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นๆอีกเช่น Ultrafiltration, Ultraviolet oxidation เป็นต้น ซึ่งจะไม่กล่าวในที่นี้

วิธีการเตรียม Reagent water ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ความสามารถในการกำจัดสารปนเปื้อนในแต่ละวิธีจะแตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมกับสภาพที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความสามารถในการกำจัดสารปนเปื้อนของแต่ละวิธีในการเตรียม Reagent water

Process	Major Classes of Contaminants *					
	Dissolved Ionoized Solids	Dissolved Ionoized Gases	Dissolved Organics	Particulates	Bacteria	Pyrogen / Endotoxin
Distillation	G-E	P	G	E	E	E
Deionization	E	E	P	P	P	P
Reverse osmosis	G ⁺	P	G	E	E	E
Carbon adsorption	P	P ^E	G-E ^a	P	P	P
Filtration	P	P	P	E	E	P
Ultrafiltration	P	P	G [#]	E	E	E
Ultraviolet oxidation	P	P	G-E ^{**}	P	G ^o	P

หมายเหตุ ตารางนี้คัดลอกมาจาก Preparation and Testing of Reagent water in the Clinical Laboratory ซึ่งได้รับการรับรองจาก National Committee for Clinical Laboratory Standards

ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในตารางนี้มีดังนี้

E = Excellent = กำจัดได้เกือบหมด

G = Good = กำจัดได้เป็นส่วนใหญ่

P = Poor = กำจัดได้เล็กน้อยหรือไม่ได้เลย

+ = ค่าความต้านไฟฟ้าจำเพาะของน้ำที่ได้จากการกลั่นจะต่ำกว่าจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากถ่านน้ำดิบมี H_2S , NH_3 , CO_2 ปนอยู่ การกลั่นจะกำจัดก๊าซเหล่านี้ได้ยาก
 ++ = ค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่เกิดจาก Dissolved ionized solids ในน้ำจะขึ้นอยู่กับน้ำดิบ

ξ = Activated carbon กำจัด Cl_2 โดยขบวนการ adsorbtion

Ⓞ = การเลือกใช้ activated carbon ควรเลือกให้เหมาะสมกับ adsorbent ที่ใช้ควบคู่กัน

= Ultrafilters ที่ใช้ลดปริมาณสารอินทรีย์จะได้ผลดีมากถ้าเลือกให้เหมาะสมกับชนิดสารอินทรีย์ที่ต้องการกำจัด

** = 185 nm Ultraviolet oxidation มีประสิทธิภาพดีมากในการกำจัดสารอินทรีย์

⊗ = 254 nm UV Sterilizer สามารถฆ่า หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้เต็มที่
 ได้กำจัดออก

จะเห็นว่า Reagent water มีหลายประเภท ซึ่งมีคุณภาพต่างกัน และเหมาะสมสำหรับใช้งานต่างกันด้วย ดังนั้นก่อนที่จะเตรียม Reagent water ต้องคำนึงถึงคุณภาพของน้ำ และวัตถุประสงค์ของการใช้งานรวมทั้งคุณภาพน้ำดิบด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Standard methods for the Examination of Water and wastewater. 20th ed. Washington,DC: American Public Health Association, 1998, P.1-36-1-38.
2. American Society for Testing and Materials. Annual book of ASTM standards selection 11volume 11.01 Philadelphia, PA: the society, 1999, P:104-106.
3. Faust, Samuel D. Chemistry for water treatment. Boston: Butterworth Publisher, 1983, P40-45.
4. ศักดิ์ชัย ทักขิณเสถียร การสกัดน้ำบริสุทธิ์ด้วยวิธีรีเวอร์สออสโมซิส เทคนิคการจัดการและวิศวกรรม (9) เม.ย. 2528 62-66.
5. เทวารักษ์ยา เครือคล้าย การทำน้ำสะอาด การอนามัยและสิ่งแวดล้อม (6)2 พ.ศ.-ส.ศ. 2526 33-36.

ที่มา : www.sithiporn.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้