

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี



นางสาวอมิตา บุญมาก  
นางสาวอัมพิกา จงเจริญสุข

ร.ว.  
๑๒๙๘๗  
๒๕๕๐

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน.....107887  
วัน,เดือน,ปี..... ๘...๙... 2553

b.....122.12A1X..  
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Determination of Nitrite in Water Samples by Spectrophotometry




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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โครงการพิเศษ** การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี  
**นักศึกษา** นางสาวอมิตา บุญมาก  
 นางสาวอัมพิกา จงเจริญสุข  
**ภาควิชา** เคมี คณะวิทยาศาสตร์  
**สาขา** เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์  
**ปีการศึกษา** 2550  
**อาจารย์ที่ปรึกษา** ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล	
กรรมการ	อ.พรทิพย์ ศัพท์อนันต์	
กรรมการ	ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ	วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

  
 (ผศ.ดร.ชลอ จารุสุทธิรักษ์)  
 หัวหน้าภาคเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ	การวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี
นักศึกษา	นางสาวอมิตา บุญมาก นางสาวอัมพิกา จงเจริญสุข
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขา	เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำด้วยเทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตหลังจากทำปฏิกิริยากับไนไตรท์ ได้สภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โดยใช้อัตราส่วนผสมของสารละลาย คือ สภาวะที่เหมาะสมมีสัดส่วนการผสมดังนี้ คือ สารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดต ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ จำนวน 3 มิลลิลิตร สารละลายกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 2 โมลาร์ จำนวน 3 มิลลิลิตร สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 0.025% (v/v) จำนวน 2 มิลลิลิตร ได้กราฟมาตรฐานที่มีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของไนไตรท์ 6.67-66.7 ppm ลำดับการเติมรีเอเจนต์ไม่มีผลกับการทดลอง สารละลายไนไตรท์จะมีความเสถียรอยู่ในระยะเวลา 2 วัน ปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เป็น 1:1 ผลการวิเคราะห์หาไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำจากวิธีที่พัฒนาขึ้นเทียบกับวิธีมาตรฐาน ให้ค่า recovery ในช่วง 96.65%–112.44% และจากการทดสอบ t-test พบว่าทั้ง 2 วิธี ได้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับความมั่นใจ 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Special Project Title</b>	Determination of Nitrite in Water Samples by Spectrophotometry
<b>Name</b>	Miss Amita Boonmak Miss Ampika Jongcharoensuk
<b>Department</b>	Chemistry Faculty of Science
<b>Program</b>	Industrial Chemistry-Analytical Instrumentation
<b>Academic Year</b>	2007
<b>Special Project Adviser</b>	Dr. Wiboon Praditweangkum

### Abstract

The purpose of this special project is aimed to study the analysis method of nitrite in water samples with spectrophotometry, decreasing in absorbance of ammonium metavanadate is detected after reacted with nitrite. The ratio of mixed solution for this method is optimized at 0.01 M ammonium metavanadate 3 mL, 2 M sulfuric acid 3 mL and 0.025%(v/v) hydrogen peroxide 2 mL. The linearity range of the calibration graph was over 6.67-66.7 ppm of nitrite. The order of addition of the reagents were not effective in the experiment. The stability of the color complex was in two days period. The ratio of stoichiometry between ammonium metavanadate and hydrogen peroxide was 1:1 at the same concentration. The recovery for determination of nitrite in water samples by development method compared with standard method were in the range of 96.65%–112.44%. The results of development method as same as standard method at 95% confidence level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์ของโครงการเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและความกรุณาจากทุกๆท่าน ขอขอบพระคุณ ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้คำแนะนำและข้อคิดมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งให้คำปรึกษามาโดยตลอด รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกด้าน และกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัวที่ให้ความรัก ความเข้าใจ และคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด รวมถึงขอบใจเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดการทำโครงการพิเศษนี้

คณะผู้จัดทำสำนึกในพระคุณของทุกๆท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยดี จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นางสาวอมิตา บุญมาก

นางสาวอัมพิกา จงเจริญสุข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

### หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
1.4 ขั้นตอนการทำการวิจัยและดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ไนไตรท์ (Nitrite)	3
2.2 แอมโมเนียมเมตาวานาเดต	5
2.3 เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry)	6
2.4 การเก็บตัวอย่างน้ำ	10
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	19
3.2 การเตรียมสารละลายเคมี	20
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 การศึกษาผลกระทบของสารละลายแอมโมเนียมเมตา วานาเดตที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	30
4.2 การศึกษาผลกระทบของสารละลายกรดต่างๆที่มีต่อ ไนไตรท์ไอออน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การศึกษาผลกระทบของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อ ไนไตรท์ไอออน	33
4.4 การศึกษาผลกระทบของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	34
4.5 การศึกษาผลของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนไตรท์ ไอออน	35
4.6 การศึกษาความเสถียรของสีของไนไตรท์ไอออนที่ระยะเวลาต่างๆ	36
4.7 การศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียม เมตาวานาเดต และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	37
4.8 การหาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำ	39
4.9 การศึกษาการหา %recovery ของปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำ โดยวิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีมาตรฐาน	42
4.10 การศึกษาความแตกต่างระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน โดยใช้ตาราง t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	45
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	50
ภาคผนวก ข	52
ภาคผนวก ค	54
ภาคผนวก ง	55
ภาคผนวก จ	56
ภาคผนวก ฉ	60

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงเลขออกซิเดชันและสีต่าง ๆ ของสารละลาย	5
3.1 การศึกษาผลของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	22
3.2 การศึกษาผลของสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	23
3.3 การศึกษาผลของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	23
3.4 การศึกษาผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	24
3.5 การศึกษาผลของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	24
3.6 การศึกษาความเสถียรของสีของไนไตรท์ไอออนที่ระยะเวลาต่างๆ	26
3.7 การศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดต และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	27
4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีต่อ ไนไตรท์ไอออน	30
4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	31
4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	33
4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนไตรท์ ไอออน	34
4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงจากการศึกษาผลของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อ ไนไตรท์ไอออน	35
4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของความเสถียรของสีของไนไตรท์ไอออนที่ระยะ เวลาต่าง ๆ	36
4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย แอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 10 mL และ 25 mL	37
4.8.1 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่งน้ำเสีย โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น	39
4.8.2 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่งน้ำเสีย โดยวิธีมาตรฐาน	40
4.8.3 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่งน้ำสะอาด โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น	41
4.8.4 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่งน้ำสะอาด โดยวิธีมาตรฐาน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.9.1 แสดงค่า %recovery ของปริมาณไนโตรเจนตัวอย่างน้ำโดยวิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีมาตรฐาน	43
4.10 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน โดยใช้ตาราง t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มี ต่อไนไตรท์ไอออน	31
4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	32
4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน	33
4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนไตรท์ ไอออน	34
4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลาย แอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	38
4.8.1 แสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น	39
4.8.2 แสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีมาตรฐาน	40
4.8.3 แสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น	41
4.8.4 แสดงความเข้มข้นของไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีมาตรฐาน	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำมาก เพราะเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์สารหลายชนิด ที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของพืชและสัตว์ เช่น เป็นส่วนประกอบของ โปรตีน และไขมันบางชนิด ไนโตรเจนเมื่อเข้าสู่แหล่งน้ำแล้ว จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารประกอบหลายรูป ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับพืช, สัตว์ และ สภาพแวดล้อมภายในแหล่งน้ำนั้นอย่างมาก

เมื่อสารประกอบไนโตรเจนเข้ามาอยู่ในระบบนิเวศของแหล่งน้ำแล้ว จะเกิดขบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพจากสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) ที่พบมากในโปรตีน ซึ่งพืชและสัตว์สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต ไปเป็นสารอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic nitrogen) ได้แก่ ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ), ไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ), แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) และ ก๊าซไนโตรเจน ( $\text{N}_2$ ) และจากสารอนินทรีย์ ไปเป็นสารอินทรีย์ กระบวนการเหล่านี้เกิดขึ้นได้ทั้งปฏิกิริยาทางเคมี ที่ไม่มีหรือมีสิ่งมีชีวิตเป็นผู้ดำเนินการก็ได้ ปฏิกิริยาเคมีที่มีสิ่งมีชีวิตเป็นผู้ดำเนินการ ได้แก่ การรับเข้าทางชีวภาพ (Biological assimilation) การย่อยสลาย (Decomposition) ซึ่งเกิดเป็นวงจร จากนั้นไนโตรเจน จะถูกออกไปจากระบบโดยการ เปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจน ให้เป็นก๊าซไนโตรเจน (Denitrification)

สารประกอบไนโตรเจนที่ถูกสังเคราะห์แล้ว และถูกใช้ไปโดยพืชหรือสัตว์ ซึ่งอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่ถูกปล่อยออกมาในน้ำ เช่น ขี้ก้าง เศษอาหาร ซากแพลงค์ตอน จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และเชื้อราบางชนิด เป็นการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (aerobic condition) สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน จะถูกย่อย ได้เป็นแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Ammonification

จากนั้น แอมโมเนียจะถูก oxidized อีกขั้นหนึ่งโดย Nitrifying bacteria ซึ่งได้แก่แบคทีเรียในสกุล Nitrosomonas แบคทีเรียชนิดนี้ สามารถใช้ แอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) แล้วเปลี่ยนให้เป็นไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ) อย่างไรก็ตาม ไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ) อาจเกิดจากปฏิกิริยา reduction ของ ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) โดยสาหร่ายเซลล์เดียวในสกุล Chlorella ซึ่งสามารถลดออกซิเจนในไนเตรทได้ ไนไตรท์ ( $\text{NO}_2^-$ ) จะถูกเปลี่ยนให้เป็น ไนเตรท ( $\text{NO}_3^-$ ) โดยการเติมออกซิเจน ซึ่งแบคทีเรียที่สามารถใช้ในไตรท์ ได้แก่แบคทีเรียในสกุล Nitrobacter พืชสามารถใช้ ไนเตรทในการเจริญเติบโต และใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน ในแหล่งน้ำที่มีไนเตรทสูง อาจทำให้มีการเพิ่มปริมาณของพืชน้ำ อย่างรวดเร็ว (Eutrophication) และเป็นสาเหตุทำให้สัตว์น้ำได้รับผลกระทบ จากการที่ปริมาณออกซิเจนลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเวลากลางคืน มีแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยน ไนโตรทให้อยู่ในรูปของ ก๊าซไนโตรเจน ( $N_2$ ) คือ Dinitrifying bacteria ภายใต้ภาวะที่ไม่มีออกซิเจน จากนั้นจึงปลดปล่อย  $N_2$  สู่อากาศ และระเหยออกไปสู่บรรยากาศ [1,2]

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทในตัวอย่างน้ำ เพื่อเป็นการชี้วัดคุณภาพอื่นๆ ที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพของน้ำ

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทในตัวอย่างน้ำ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี

## 1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี
2. เปรียบเทียบผลการทดลองวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทโดยวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน
3. ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทที่พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทในตัวอย่างน้ำ

## 1.4 ขั้นตอนการทำการวิจัยและดำเนินงาน

1. สืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. วางแผนการทดลองโดยจัดหาอุปกรณ์ สารเคมี สารตัวอย่าง และเครื่องมือที่ใช้
3. ดำเนินการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี
4. ใช้วิธีการวิเคราะห์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทในตัวอย่างน้ำ เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี
2. สามารถนำวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทที่พัฒนาขึ้นนี้ไปประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรทในตัวอย่างน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

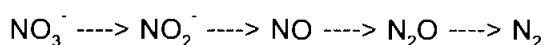
### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ไนไตรท์ (Nitrite)

ไนไตรท์เป็นสภาวะรูปหนึ่งของไนโตรเจนในวัฏจักรไนโตรเจน โดยไนไตรท์สามารถถูกรีดิวซ์ไปเป็นแอมโมเนียด้วยกระบวนการที่เรียกว่า Denitrification ในสภาวะไร้ออกซิเจน ไนไตรท์สามารถถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรทได้โดยกระบวนการที่เรียกว่า Nitrification การออกซิเดชันและรีดักชันนี้อาจเกิดในโรงงานบำบัดน้ำเสีย ในระบบการจ่ายน้ำ และในน้ำธรรมชาติ ไนไตรท์อาจเข้าสู่ระบบประปาได้โดยการใช้เป็นตัวขัดขวางการกัดกร่อน (Corrosion inhibitor) น้ำส่วนใหญ่จะพบปริมาณไนไตรท์ไม่มากนัก เนื่องจากสารนี้จะถูกออกซิไดซ์ให้เป็นไนเตรทได้ง่าย มักจะพบไนไตรท์ความเข้มข้นไม่เกิน 0.1 mg/L ในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ส่วนสำหรับน้ำดื่มปริมาณไนไตรท์ที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 2 mg/L ด้วยเหตุนี้ในการหาปริมาณไนไตรท์ในน้ำจึงต้องใช้วิธีที่ sensitive ในการวิเคราะห์ ในการเก็บรักษาตัวอย่างที่จะทำการหาไนไตรท์ ควรทำการวิเคราะห์ทันทีที่เก็บตัวอย่างมา เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของไนไตรท์ไปเป็นไนเตรท หรือแอมโมเนีย สำหรับการเก็บรักษาในระยะเวลาล้นๆ 1-2 วัน ให้แช่แข็งที่  $-20^{\circ}\text{C}$  หรือเก็บที่  $4^{\circ}\text{C}$  [1,2]

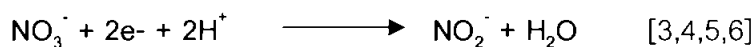
#### การสะสมของไนไตรท์เกิดขึ้นเนื่องจาก

1. ขบวนการ ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) ที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจาก ขาดออกซิเจน และความไม่ สมดุลย์ของสัดส่วนระหว่าง คาร์บอน กับ ไนโตรเจน (C : N ratio)
2. ขบวนการ ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ที่ไม่สมบูรณ์ เพราะขบวนการ Denitrification ที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ในสภาวะตามธรรมชาติเป็นไปได้ยาก เนื่องจาก จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยประกอบหลายๆ อย่าง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบ ต้องใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก เพื่อดึงอิเล็กตรอนออก (Electron Transfer System; ETS) จึงเกิดการสะสมของไนไตรท์ขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขบวนการไนเตรตรีดักชั่น (Nitrate reduction) ในสภาวะการขาดออกซิเจนที่พื้นบ่อ จะมีจุลินทรีย์บางชนิด สามารถดึงออกซิเจนจากไนเตรทมาใช้ จนเกิดเป็นไนไตรท์ และมีการสะสมเกิดขึ้น



### ผลกระทบเนื่องจาก ไนไตรท์ (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

ไนไตรท์ทำให้ฮีโมโกลบินในเลือดของสัตว์น้ำมีประสิทธิภาพในการรับออกซิเจนลดลง เมื่อไนไตรท์ถูกดูดซึมเข้าไปในตัวสัตว์น้ำ จะทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินในเลือดเกิดสารประกอบเมทีโมโกลบิน (Methemoglobin) ขึ้นมา ทำให้เฟอร์รัส (Ferrous, Fe<sup>2+</sup>) ที่เป็นองค์ประกอบบริเวณขอบฮีโมโกลบินถูกออกซิไดซ์เป็นเฟอร์ริก (Ferric ion, Fe<sup>3+</sup>) มีผลให้เมทีโมโกลบินไม่สามารถรับออกซิเจนได้ทำให้สัตว์น้ำมีโลหิตจางกว่าปกติ (Anemia) ซึ่งเรียกว่าโรคเลือดสีน้ำตาล (Brown blood disease) แต่เลือดพวกครัสตาเซียนจะเป็นฮีโมไซยานิน (Hemocyanin) ซึ่งมีคอปเปอร์เป็นองค์ประกอบแทนที่เฟอร์ริก ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจึงแตกต่างกันออกไปไม่เป็นที่ทราบแน่นอน ความเป็นพิษของไนไตรท์ต่อปลาและสัตว์น้ำจะแตกต่างกันออกไป เช่น ความเป็นพิษที่ 96-hr LC50 สำหรับปลาน้ำจืดทั่วไปประมาณ 0.66-200 mg/L ขณะที่ความเป็นพิษสำหรับพวกครัสตาเซียนน้ำจืดประมาณ 8.5-15.4 mg/L และกุ้งก้ามกรามจะเจริญเติบโตลดลงถ้ามีความเข้มข้นไนไตรท์ 1.8-6.2 mg/L [7,8]

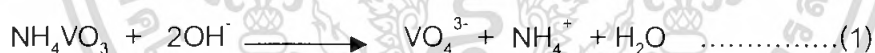
### ความเป็นพิษ

ไนไตรท์สามารถถูกดูดซับและรวมตัวกับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เป็น เมทีโมโกลบิน (methemoglobin) ซึ่งส่งผลให้การลำเลียงออกซิเจนทำได้ลดลง นอกจากนี้อาการอื่นๆที่พบคือ ปลายนิ้วมือนิ้วเท้า ริมฝีปาก มีสีซีขาวคล้ำ ปวดศีรษะ วิงเวียน หน้ามืดคล้ายจะเป็นลม ช็อก หมดสติ และชักกระตุกของกล้ามเนื้อ หรือแม้แต่สมองได้รับอันตรายจากการขาดออกซิเจน และทำให้เสียชีวิตได้ [9]

## 2.2 แอมโมเนียมเมตาวานาเดต

แอมโมเนียมเมตาวานาเดต (ammonium metavanadate) เป็นสารประกอบตัวหนึ่งของธาตุวานาเดียม โดยที่โลหะวานาเดียมเป็นธาตุทรานซิชันที่มีจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมด 23 อิเล็กตรอนและมีการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอน ดังนี้  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$  หรือ  $[Ar] 3d^3 4s^2$  จากการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนจะเห็นว่า เลขออกซิเดชันที่สูงที่สุดที่เป็นไปได้คือ +5 ถ้าต้องการให้วานาเดียมมีเลขออกซิเดชันอื่นๆอีก ก็สามารถทำได้โดยการรีดิวซ์วานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +5 โดยใช้ตัวรีดิวซ์ที่มีความแรงต่างๆกัน เช่น  $SO_2$  เป็นตัวรีดิวซ์ ก็สามารถรีดิวซ์วานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +5 ให้เป็น +4 และ +3 ได้ แต่ถ้าต้องการให้มีเลขออกซิเดชันต่ำๆลงไปอีกก็ทำได้โดยใช้ตัวรีดิวซ์ที่มีความแรงกว่า  $SO_2$  เป็นตัวรีดิวซ์ เช่น ใช้ซิงก์อามัลกัม (Zn/Hg) เป็นตัวรีดิวซ์

ในการทดลองนี้จะเริ่มต้นจากสารประกอบของวานาเดียมคือ  $NH_4VO_3$  (ammonium metavanadate) ซึ่งเป็นวานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชันเป็น +5 และตัวรีดิวซ์ที่เหมาะสมอีกหลายชนิดจะทำให้ได้สารประกอบของวานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชันตั้งแต่ +4, +3 และ +2 โดยจะมีสีแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งวานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชันเป็น +5 นี้ เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่า pH มากกว่า 12 แอมโมเนียมเมตาวานาเดต จะเกิดปฏิกิริยาได้กับไฮดรอกไซด์ไอออน ( $OH^-$ ) ทำให้วานาเดียม +5 อยู่ในรูปของ  $VO_4^{3-}$  ซึ่งเป็นสารละลายไม่มีสี ดังสมการที่ 1



ตารางที่ 2.1 แสดงเลขออกซิเดชันและสีต่างๆ ของสารละลาย

ออกซิเดชัน	ไอออนในสารละลายที่เป็นกรด	สี
+5	$VO_2^+$	เหลือง
+4	$VO^{2+}$	น้ำเงิน
+3	$V^{3+}$	เขียว
+2	$V^{2+}$	ม่วง

ถ้าเลขออกซิเดชัน +5 นี้อยู่ในสารละลายที่มี pH น้อยกว่า 2 แล้ววานาเดียมเลขออกซิเดชัน +5 จะอยู่ในรูปของ  $VO_2^+$  ซึ่งเป็นสารละลายสีเหลือง แต่ถ้านำแอมโมเนียมเมตาวานาเดตไปละลายในสารละลายกรดโดยตรง จะเกิด  $V_2O_5$  (vanadium pentoxide) ซึ่งเป็นตะกอนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีส้มแดงซึ่งละลายได้น้อยมากในน้ำ จะไม่ทำให้เกิด  $\text{VO}_2^+$  ขึ้นตามต้องการ ดังนั้นในการเตรียมสารละลาย  $\text{VO}_2^+$  ทำได้โดยการละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดต ในสารละลายเบสแก่ที่มี pH มากกว่า 12 ให้ได้วานาเดียมเลขออกซิเดชัน +5 ในรูปของ  $\text{VO}_2^+$  ตามต้องการ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังแสดงในสมการที่ 2



ปฏิกิริยา (2) จะเกิดขึ้นเร็วมากไม่สามารถทำให้  $\text{VO}_4^{3-}$  กลายเป็น  $\text{V}_2\text{O}_5$  ได้แต่ถ้าในการสะเทินเบสด้วยกรดแล้วทำให้ pH ของสารละลายอยู่ในช่วงปานกลาง วานาเดียมของเลขออกซิเดชัน +5 จะอยู่ในรูปของ polymeric oxyanion เช่น  $[\text{VO}_3(\text{OH})]^{2-}$ ,  $[\text{V}_2\text{O}_6(\text{OH})]^{3-}$  และ  $[\text{VO}_2(\text{OH})_2]^-$  เป็นต้น วานาเดียมที่มีเลขออกซิเดชัน +2, +3 และ +4 เมื่ออยู่ในสารละลายน้ำ วานาเดียมเลขออกซิเดชัน +4 จะอยู่ในรูปของแคตไอออน  $\text{VO}^{2+}$  (vanadyl ion) ส่วนเลขออกซิเดชัน +3 และ +2 จะอยู่ในรูปของ hydrate ion คือ  $\text{V}^{3+}$  และ  $\text{V}^{2+}$  ซึ่งจะถูกล้อมรอบด้วยโมเลกุลของน้ำ [10]

### 2.3 เทคนิคสเปกโทรโฟโตเมทรี (Spectrophotometry)

#### หลักการของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

UV-VIS Spectrophotometer เป็นเทคนิคการวิเคราะห์สารโดยใช้หลักการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิล ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 นาโนเมตร (nm) ของสารเคมีนั้น ได้แก่ สารอินทรีย์ (organic compound) สารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือสารอนินทรีย์ (inorganic compound) โดยนำสารตัวอย่างใส่ในเซลล์ควอร์ตซ์ (quartz) แล้ววางในบริเวณใกล้แหล่งกำเนิดแสง สารตัวอย่างจะดูดกลืนรังสี หรือแสงบางส่วนไว้ แสงที่ไม่ดูดกลืนจะผ่านออกมายังเครื่องวัดแสง (photomultiplier tube) เครื่องวัดแสงจะทำการวัดปริมาณแสงที่ออกมา โดยการหักล้างกับปริมาณของแสงก่อนดูดกลืน จากนั้นจะทำการประมวลผลเป็น curve หรือสเปกตรัม ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) และค่าความยาวคลื่น [11,12]

## ส่วนประกอบของเครื่อง

### 1. ต้นกำเนิดแสง (Light Source)

ต้นกำเนิดแสงที่ใช้ในงานทางสเปกโทรโฟโตเมตรีนั้น ควรจะต้องมีลักษณะดังนี้

- (1) จะต้องให้ลำแสง (beam of radiation) ที่มีกำลังพอจะวัดได้ด้วยมาตรแสง (photometer)
- (2) จะต้องให้การแผ่รังสี (radiation) ออกมาตลอดเวลาในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการ
- (3) จะต้องให้การแผ่รังสีที่คงที่ตลอดเวลา นั่นคือ  $P_0$  มิฉะนั้นแล้วผลของการวิเคราะห์จะไม่แม่นยำหรือไม่มีความเที่ยง

สำหรับเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์นั้น ต้นกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ตเป็นหลอดไฮโดรเจน (hydrogen lamp) หรือหลอดดีวเทอเรียม (deuterium lamp) ให้แสงอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 185–375 nm ซึ่งเกิดจากการคายพลังงานของไฮโดรเจน หรือดีวเทอเรียมอะตอมที่อยู่ในสถานะกระตุ้น ช่องที่จะให้แสงออกจากหลอดจะต้องทำด้วยควออร์ตซ์หรือ fused silica ทั้งหลอดดีวเทอเรียมและหลอดไฮโดรเจนมีอายุการใช้งานจำกัด แต่หลอดดีวเทอเรียมซึ่งมีราคาแพงกว่าจะมีอายุการใช้งานมากกว่า และให้ความเข้มของแสงมากกว่าด้วย

หลอดทังสเตน (tungsten filament lamp) ใช้ไส้หลอดเป็นโลหะทังสเตน เมื่อใช้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไป ลวดทังสเตนจะถูกเผาให้ร้อน และเปล่งแสงออกมาอยู่ในช่วง 320–2500 nm ถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ลักษณะของสเปกตรัมจะเคลื่อนที่ไปทางความยาวคลื่นสั้นมากขึ้น แต่อายุหลอดก็สั้นเข้าเช่นกัน จึงได้มีการปรับปรุงให้หลอดมีอายุยาวขึ้นโดยใส่แก๊สไอโอดีนหรือแก๊สโบรมีนที่ความดันต่ำเข้าไปในหลอดที่ทำด้วย fused silica เรียกว่า หลอดควออร์ตซ์-แฮโลเจน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันนี้

### 2. โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator)

เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก (คือเป็นแสงที่ประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ) ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก โมโนโครเมเตอร์จะประกอบไปด้วย

- (1) ช่องที่ปล่อยให้แสงเข้า (entrance slit) เพื่อให้แสงที่เข้ามาแรงพอที่จะผ่านออกไปยังสารตัวอย่าง โดยติดต่อกันที่ที่แสงผ่าน
- (2) กระจกและเลนส์ (mirror และ lens) เพื่อทำให้แสงเกิดการสะท้อนไปมาในเครื่อง บางครั้งทำให้แสงเกิดการรวมกัน และบางครั้งทำให้แสงกลายเป็นลำแสงขนาน
- (3) ส่วนที่ใช้ทำให้แสงกระจายออกเป็นความยาวคลื่นต่าง ๆ กันเพื่อให้เหมาะแก่

การเลือกใช้ อุปกรณ์ส่วนนี้อาจประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิลเตอร์ (filters) ประกอบด้วยกระจกสีต่าง ๆ ทำให้เป็นแผ่นกลม เพื่อให้สะดวกแก่การเปลี่ยนด้วยการหมุนแผ่นกลมนั้น หรืออาจใช้วิธีเลื่อนไปมาตามแนวนอนก็ได้ ฟิลเตอร์ชนิดนี้จะให้ความกว้างของแถบคลื่นแสงขนาด 25 nm

ปริซึม (prism) ปริซึมสามารถแยกแสงออกเป็นความยาวคลื่นต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการหักเหและการสะท้อนของแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกัน แต่ปัจจุบันเลิกใช้แล้ว เพราะมีปัญหาหลายอย่าง

เกรตติง (grating) เกรตติงที่มีใช้กันมีอยู่ 2 แบบ

- ทรานสมิซชันเกรตติง (transmission grating) ทำด้วยวัสดุโปร่งใสเอให้แสงผ่านได้ เป็นกระจกแล้วนำมาขีดให้เป็นร่องขนานกัน เกรตติงชนิดนี้ไม่ค่อยนิยมใช้กันแล้ว

- รีเฟล็กชันเกรตติง (reflection grating) หรือเกรตติงแบบสะท้อนแสง เป็นเกรตติงที่ใช้การสะท้อนแสง ดังนั้นผิวหน้าของร่องวัสดุที่ใช้ทำจะต้องเรียบและสะท้อนแสงได้ เกรตติงที่ใช้ในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิลควรจะต้องมีจำนวนร่อง 300–2000 ร่อง (grooves) ต่อมิลลิเมตร แต่ที่ใช้กันทั่วไปจะอยู่ในราว 1200 ร่องต่อมิลลิเมตร

(4) ช่องแสงออก (exit slit) เป็นส่วนที่ปล่อยให้แสงที่ผ่านสารตัวอย่างแล้วผ่านไป ยังมาตรวจวัดแสง ตลอดจนเป็นส่วนที่ช่วยตัดแสงที่รบกวนอีกด้วย โดยทั่วไปช่องแสงเข้าและช่องแสงออกมักจะเปิดเท่ากัน หรือสามารถปรับได้ตามต้องการ

### 3. ส่วนที่วางสารตัวอย่างเพื่อวัด (Cell Compartment)

เซลล์ที่บรรจุสารตัวอย่างและสารเปรียบเทียบแล้วนำไปใส่ที่สำหรับวัด ซึ่งส่วนนี้จะมีฝาปิดเพื่อกันแสงจากภายนอกจะเข้าไป

- เซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง (sample cell) บางครั้งเรียกว่าคิวเวทท์ (cuvettes) ที่ใช้กันโดยทั่วไปมีดังนี้

เซลล์ที่ทำด้วยแก้วธรรมดา จะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิล เพราะเนื้อแก้วธรรมดาดูดกลืนแสงในช่วงยูวีได้

เซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา (silica) และควอartz (quartz) ใช้ได้ทั้งช่วงยูวีและวิสิเบิล

### 4. เครื่องวัดแสง (Radiation Detector)

ทำหน้าที่แปลงพลังงานแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เครื่องวัดแสงที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

- มีสภาพไวสูง คือ แม้กำลังของแสงจะเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อยก็สามารถตรวจวัดได้

- การตอบรับแสงเป็นแบบสภาพเชิงเส้น (linearity of response) คือ ถ้าแสงตกกระทบมีมากก็วัดได้มาก แสงตกกระทบน้อยก็จะวัดได้น้อย

- ระดับของสัญญาณรบกวนจะต้องมีน้อย (low noise level)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การตอบสนองต่อแสงขึ้นอยู่กับความถี่หรือความยาวคลื่นของแสง
- เครื่องจะต้องมีเสถียรภาพดี (stability) ค่าที่วัดได้ไม่ควรแปรปรวนมาก
- ราคาถูก

#### 5. เครื่องขยาย-แยกสัญญาณและประมวลผล (Signal Processors and Data Read Out)

สัญญาณที่ได้จากเครื่องวัดจะนำไปเข้ากระบวนการของระบบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ขยายสัญญาณให้มากขึ้น หรืออาจเปลี่ยนสัญญาณ D.C. เป็น A.C. หรือ A.C. เป็น D.C. อาจมีการกรองสัญญาณที่ไม่ต้องการออกไป หรือนำสัญญาณที่ได้ไปแยกออก

จากนั้นสัญญาณที่ได้ซึ่งเป็นผลของการวิเคราะห์หึ่งได้เสนออกมามีหลายรูปแบบ โดยต่อเข้ากับ

- มิเตอร์ มีสเกลอ่านทั้งที่เป็น linear scale และ logarithm scale บอกค่า absorbance และ % transmittance
- ดิจิตัลมิเตอร์ (digital meter) โดยเสนค่าที่วัดได้ออกมาเป็นตัวเลข บอกค่า absorbance และ % transmittance หรือ concentration
- เครื่องบันทึกเรคอร์ดเดอร์ หรือพริ้นเตอร์ ซึ่งสามารถเขียนสเปกตรัม พิมพ์ข้อมูลที่ต้องการได้ หรือเขียนกราฟก็ได้
- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นเครื่องที่สามารถควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ใช้ในการคำนวณผลการทดลอง พิมพ์ข้อมูลและผลการทดลองทั้งหมดได้ ตลอดจนถึงสาเหตุของการขัดข้องได้ด้วย [13,14,15]

#### ข้อควรปฏิบัติในการใช้งาน

เพื่อให้การใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสงมีความผิดพลาดน้อยที่สุดควรปฏิบัติดังนี้

1. เลือกใช้วิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม
2. เลือกสารตัวอย่างที่เหมาะสม (ไม่ขุ่นหรือมีสีอื่น ๆ เจือปนมาก)
3. ตั้งเครื่องมือในที่ที่มีฝุ่นน้อย ความชื้นต่ำ อุณหภูมิไม่สูง
4. ใช้เครื่องควบคุมโวลต์ ถ้าโวลต์ของกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องมือมีค่าเปลี่ยนแปลงเกิน 10% (198–242 โวลต์)
5. อุ่นเครื่องให้เพียงพอก่อนใช้งาน
6. ตรวจสอบสภาพความเสื่อมของหลอดไฟกำเนิดแสงเป็นระยะ ๆ
7. ปิดหลอดไฟกำเนิดแสงเมื่อไม่ได้ใช้งาน
8. ปิดช่องแสงออกเมื่อไม่ได้วัดความเข้มของแสง
9. ใช้คววเวทที่สะอาดและมีค่าความแตกต่าง %T ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ควรวัดสารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยก่อนสารละลายที่มีความเข้มข้นมากตามลำดับ
11. มีการบำรุงรักษาเครื่องมือเป็นระยะ ๆ และสม่ำเสมอ [16]

## 2.4 การเก็บตัวอย่างน้ำ

### ความสำคัญของการเก็บตัวอย่างน้ำ

คุณภาพของน้ำสามารถตรวจสอบได้ด้วยการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างของน้ำนั้น ตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาปัญหา ซึ่งในการวิเคราะห์น้ำครั้งหนึ่ง ๆ ต้องสิ้นเปลืองเวลา และค่าใช้จ่ายสูงมาก จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ความรอบคอบ และระมัดระวังอย่างมากในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้เป็นตัวแทนที่แท้จริงของแหล่งน้ำ กล่าวคือ คุณสมบัติของตัวอย่างน้ำที่เก็บมาต้องเหมือนหรือใกล้เคียงที่สุดกับน้ำในแหล่งที่เก็บ ทั้งนี้ต้องรีบนำส่งตัวอย่างวิเคราะห์ทันที หรือทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ก่อน เพราะคุณภาพที่เก็บมาจะไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามสภาพแวดล้อมและความสะอาด-สกปรกของน้ำนั้น

ดังนั้นการเก็บตัวอย่างน้ำที่ถูกต้องและการเก็บรักษาคุณภาพของตัวอย่างน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญยิ่ง ควรปฏิบัติตามดังรายละเอียดในตอนต่อไป

### การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์

#### 1. ภาชนะที่บรรจุตัวอย่าง

โดยทั่วไปขวดเก็บตัวอย่างมักเป็นขวดโพลีเอทิลีน (Polyethylene) หรือขวดแก้ว อย่างหนา ควรมีขนาดใหญ่ประมาณ 500 - 1000 ลบ.ซม. และมีฝาเกลียวปิดมิดชิด ควรใช้ขวดที่มีปากกว้าง เพื่อให้ทำความสะอาดได้ง่ายและสามารถเก็บตัวอย่างน้ำได้อย่างรวดเร็ว ปากขวดไม่ควรเล็กกว่า 5 ซม. โดยปกติขวดพลาสติกที่มีคุณภาพดีจะใช้เก็บตัวอย่างได้เหมาะสมกว่าขวดแก้ว เนื่องจากมีน้ำหนักเบากว่า และไม่แตกง่าย อย่างไรก็ตามลักษณะของภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำจะต้องเลือกให้เหมาะสม สำหรับดัชนีแต่ละชนิดก่อนใช้ขวดเก็บตัวอย่างทุกครั้งควรล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง

#### การเขียนฉลากติดขวดตัวอย่าง

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำเสร็จแล้ว ควรปิดฝาให้สนิท ปิดฉลาก (Label) ไว้ทุกใบ โดยฉลากจะต้องแจ้งข้อมูลที่จำเป็นให้ละเอียด สิ่งที่ควรบันทึกรายละเอียดไว้มีดังนี้

- สถานที่เก็บตัวอย่าง
- จุดเก็บตัวอย่างอาจบอกเป็นรหัสจุดเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัน เวลา ของการเก็บตัวอย่าง
- แหล่งน้ำของตัวอย่าง
- วิธีการรักษา
- ดัชนีที่ต้องการวิเคราะห์
- ชื่อ-สกุล ของผู้เก็บตัวอย่าง

## 2. ขนาดหรือปริมาตรของตัวอย่าง

ปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่เก็บจะมากหรือน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ของแต่ละดัชนี ซึ่งควรเก็บให้มากกว่าที่ต้องการเล็กน้อย เพราะในกรณีที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากการวิเคราะห์หรือต้องยืนยันผล จะได้มีตัวอย่างเพียงพอในการวิเคราะห์ซ้ำ และในบางครั้งต้องใช้ตัวอย่างน้ำกลั้ว (rinse) ภาชนะที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย

## 3. วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวว่าควรเก็บกี่ครั้งและเก็บ ณ บริเวณใดของแหล่งน้ำ เพราะจะขึ้นอยู่กับสภาพของแหล่งน้ำ และวัตถุประสงค์ของการศึกษาเป็นสำคัญ ในทางปฏิบัติก่อนการเก็บตัวอย่างน้ำต้องล้างขวดให้สะอาดก่อนนำมาใช้ และเมื่อจะเก็บตัวอย่างน้ำให้ใช้น้ำตัวอย่างนั้นเขย่าล้างขวดอีก 2-3 ครั้ง แล้วจึงทำการเก็บตัวอย่างตามวิธีการต่อไป โดยใช้ขวดพลาสติกขนาด 1-2 ลิตร เก็บน้ำให้เต็มขวดจนล้น และเมื่อเก็บตัวอย่างแล้วต้องปิดจุกให้แน่น

ก. น้ำประปา น้ำก๊อก หรือน้ำที่มาจากระบบการส่งน้ำตามท่อ ก่อนเก็บตัวอย่างควรไขน้ำทิ้งสักครู่ เพื่อเป็นการทำความสะอาดท่อให้น้ำจนแน่ใจว่าน้ำตัวอย่างจะเป็นตัวแทนของน้ำในระบบนั้นได้ จึงทำการเก็บตัวอย่างจากก๊อก

ข. น้ำบ่อ น้ำบาดาล หรือน้ำเจาะที่สูบขึ้นมา ควรเก็บตัวอย่างเมื่อได้สูบน้ำขึ้นมานานพอสมควร จนกระทั่งน้ำได้ดินได้ไหลซึมเข้ามาในบ่อเต็มที่ จึงทำการเก็บตัวอย่างจากหัวสูบ

ค. น้ำแม่น้ำ ลำธาร และคลองที่มีน้ำไหล ซึ่งจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามความลึก อัตราการไหล และระยะห่างจากฝั่ง ดังนั้น ถ้ามีเครื่องมือเก็บตัวอย่าง ควรเก็บตัวอย่างน้ำจากผิวน้ำจนถึงก้นแม่น้ำตรงกลางลำน้ำ แล้วเอามารวมกันเป็นตัวอย่างรวมคิดตามการไหลของน้ำ หรืออาจเก็บเป็นตัวอย่างแยก โดยเก็บจากกลางลำน้ำที่จุดกึ่งกลางของความลึกจึงจะนับว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่สุด แต่ถ้าไม่มีเครื่องมือเก็บตัวอย่าง ให้ใช้ขวดเก็บตัวอย่างที่สะอาด ล้างด้วยน้ำตัวอย่างนั้นอีก 2-3 ครั้ง แล้วจุ่มลงในผิวน้ำที่ระดับความลึกประมาณ 1 ฟุต หรือ ณ จุดที่จะใช้น้ำนั้น

ง. น้ำทะเลสาบ สระ หนองบึง อ่างเก็บน้ำที่มีความลึกและความกว้าง เป็นน้ำนิ่ง คุณสมบัติของน้ำในบริเวณต่าง ๆ จะแตกต่างกันไปในแนวตั้งและแนวนอน นอกจากนี้คุณสมบัติการค้ำไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อมและฤดูกาลอีกด้วย การเลือกบริเวณและระดับความลึก จึงขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา ควรเก็บตัวอย่างแยกเฉพาะจุด โดยทั่วไปจะจุ่มเก็บในระดับความลึกประมาณ 1 ฟุต หรือตามความเหมาะสม

จ. น้ำใสโครก น้ำเสีย หรือน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม คุณภาพของน้ำและอัตราการไหล จะผันแปรไปตลอดเวลา จึงควรเก็บตัวอย่างแยกทุกๆ ช่วงเวลา ณ จุดเดียวกัน แล้วจึงนำมารวมเป็นตัวเดียวรวมเพื่อการวิเคราะห์เป็นค่าเฉลี่ย ทำให้ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย นอกจากนี้คุณสมบัติของน้ำใสโครกนั้นคงที่ ก็อาจเก็บตัวอย่างเป็นตัวแยกแยกก็ได้ โดยทั่วไปมักใช้ตัวอย่างรวมในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง เป็นมาตรฐาน ถือเป็นค่าตัวอย่างเฉลี่ย ทั้งนี้ปริมาณที่เก็บต้องเป็นสัดส่วนกับอัตราการไหล ณ จุดเก็บ

- น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้เก็บตัวอย่างน้ำจากหลายๆ จุด ที่ปล่อยน้ำออกมา หรือที่จุดรวมของน้ำทิ้ง
- น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน ให้เก็บจากท่อระบายน้ำใสโครก
- น้ำทิ้งจากระบบกำจัดน้ำเสีย ให้เก็บจากจุดต่างๆ ตามขั้นตอนการกำจัด

#### ชนิดของตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำที่จะเก็บมาวิเคราะห์มีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับวิธีการ เวลา และสถานที่เก็บตัวอย่าง โดยทั่วไปมี 3 ชนิด คือ 1) Grab หรือ Catch samples 2) Composite samples และ 3) Integrated samples

#### 1. Grab หรือ Catch samples

ตัวอย่างซึ่งเก็บที่เวลาและสถานที่ที่กำหนดแน่นอน จะได้ตัวอย่างที่ดี สามารถเป็นตัวแทนในเวลาและจุดที่เก็บนั้น อย่างไรก็ตามเมื่อคุณสมบัติของน้ำค่อนข้างจะคงที่ในระยะเวลาหนึ่งหรือในทุก ๆ บริเวณ ข้อมูลที่ได้ก็สามารถเป็นตัวแทนของแหล่งน้ำแห่งนั้นได้

สำหรับการวิเคราะห์คุณลักษณะที่จะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บตัวอย่างเอาไว้ ไม่ควรใช้ตัวอย่างผสม (composite samples) จะต้องทำการวิเคราะห์จาก Grab samples เท่านั้น รวมทั้งต้องทำทันทีหรือให้เร็วที่สุดหลังจากเก็บตัวอย่าง และนิยมวิเคราะห์ที่จุดเก็บตัวอย่างเลย เช่น การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซที่ละลายน้ำทั้งหมด อุณหภูมิ คลอรีนที่ตกค้าง (residual chlorine) ซัลไฟด์ที่ละลายน้ำ (dissolved sulfide) และ pH การเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolve oxygen) หรือคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) เนื่องจาก pH และอุณหภูมิจะสามารถทำให้มีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบอนินทรีย์บางประเภท เช่น เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ความเป็นด่าง (alkalinity) หรือความกระด้าง (hardness) สำหรับตัวอย่างผสมที่เก็บในเวลาต่างกันนั้นจะใช้เพื่อวิเคราะห์เฉพาะคุณลักษณะที่ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บตัวอย่างและการเก็บรักษาตัวอย่างนี้ (preservation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. การเก็บตัวอย่างน้ำแบบรวม (Composite sample)

เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำที่จุดต่างๆ ในระยะเวลาต่างๆกันหลายๆครั้งต่อช่วงการผลิต ในระยะเวลาสม่ำเสมอ ปริมาณการเก็บสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำทิ้ง เมื่อเก็บได้ที่ช่วงเวลาหนึ่งๆ จะเอาไปรวมกันไว้ในถังใบเดียวกันซึ่งควบคุมอุณหภูมิประมาณ 10 °C การเก็บวิธีนี้ต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างนาน แต่ลดเวลาในการวิเคราะห์และค่าสารเคมีลงได้มาก และการขนย้ายตัวอย่างน้ำก็ไม่เสียเวลามาก เพราะจำนวนตัวอย่างน้อยลง การเก็บตัวอย่างแบบนี้มีข้อบกพร่องเหมือนกัน เช่น ในขณะที่ถ่ายตัวอย่างน้ำทิ้งลงสู่ถังอาจทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้น้ำตัวอย่างจากกระบวนการผลิตอย่างสมบูรณ์ ควรเก็บน้ำทั้งแบบ grab และ composite และไม่เฉพาะแต่เก็บจากท่อน้ำทิ้งรวมเท่านั้น ต้องเก็บจากจุดต่างๆในกระบวนการผลิตที่มีน้ำทิ้งออกมาด้วย

ระยะเวลาความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำขึ้นกับคุณสมบัติของน้ำนั้นๆ และอัตราการไหลของน้ำ ในกรณีของ grab อาจเก็บทุกๆ ชั่วโมง ถ้าน้ำทิ้งนั้นมีการเปลี่ยนแปลงง่าย ถ้าไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงอาจจะเก็บทุกๆ 2, 4, 8, 12 หรือ 24 ชม.ต่อครั้งก็ได้ ส่วนการเก็บตัวอย่างน้ำแบบรวม (composite) ควรเก็บตัวอย่างภายใน 24 ชม. ไม่ควรเกินกว่านี้ ถ้าคุณลักษณะของน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากอาจเก็บทั้งหมดภายใน 8-12 ชม. ก็พอ

ในการเก็บตัวอย่างน้ำแบบรวมนั้นจะต้องเก็บปริมาณตัวอย่างให้สัมพันธ์กับอัตราการไหลของปริมาณน้ำทิ้ง เครื่องมือและวิธีการวัดมีหลายแบบด้วยกัน การเลือกเครื่องมือและวิธีการที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญมาก เช่น การวัดอัตราการไหลในท่อปลายปิดและน้ำเต็มท่อ ใช้ venturi meter, flow nozzle, rotameter เป็นต้น

ถ้าต้องการวัดอัตราการไหลในท่อปลายเปิดที่น้ำไหลเต็มท่อ ต้องใช้ nozzle and orifices หรือ vertical open method ถ้าน้ำไหลไม่เต็มท่อต้องใช้ California pipe method เป็นต้น หรือการวัดอัตราการไหลสำหรับรางระบายน้ำเปิด (open channel) ต้องใช้ current meter หรือวัดความเร็วผิวน้ำและพื้นที่หน้าตัดรางหรือ Weir เป็นต้น

## 3. Integrated samples

ตัวอย่างที่เอา Grab sample จากหลายๆบริเวณมารวมเข้าด้วยกันเรียกว่า Integrated sample นิยมใช้กับตัวอย่างที่เก็บจากแม่น้ำ ลำธาร ซึ่งมักมีคุณสมบัติของน้ำที่แตกต่างกันตามความกว้าง ความลึก

ในทะเลสาบธรรมชาติและทะเลสาบที่มนุษย์สร้างขึ้นก็มักจะมี ความแตกต่างขององค์ประกอบทั้งในด้านแนวลึก (vertical) และแนวราบ (horizontal) ในสถานะส่วนใหญ่แล้วเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของน้ำในแต่ละบริเวณจะมีความสำคัญกว่าค่ารวมและค่าเฉลี่ย ในกรณีเช่นนี้จึงควรวิเคราะห์ตัวอย่างเฉพาะจุดไปจะเหมาะสมกว่าทำ Integrated sample

การเตรียม Integrated sample นั้นจะต้องใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างซึ่งสามารถกำหนดความลึกที่ต้องการโดยปราศจากการปนเปื้อนจากน้ำในความลึกที่ไม่ต้องการ ความรู้เกี่ยวกับปริมาตรการเคลื่อนที่และองค์ประกอบของน้ำที่ต่างความลึกและส่วนต่าง ๆ ของแหล่งน้ำนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องทำ ดังนั้นการเก็บตัวอย่างแบบ Integrated sample นั้นค่อนข้างจะซับซ้อนและต้องอาศัยเทคนิคของผู้เก็บตัวอย่าง

### วิธีการเก็บรักษาคุณสมบัติของตัวอย่างน้ำ

เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาแล้ว ควรนำส่งเพื่อทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะหากปล่อยทิ้งไว้อาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมีและชีวะ จากสารประกอบน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำ ทำให้คุณสมบัติน้ำเปลี่ยนแปลงไปได้ซึ่งส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับความสะอาด หรือความสกปรกของน้ำ ระยะเวลาที่ยอมให้มากที่สุดที่จะเก็บตัวอย่างไว้ก่อนทำการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมีเป็นดังนี้

- น้ำสะอาด (unpolluted water) 72 ชั่วโมง
- น้ำค่อนข้างสกปรก (Slightly polluted water) 48 ชั่วโมง
- น้ำสกปรก (polluted water) 24 ชั่วโมง

ดังนั้นหากมีความจำเป็นไม่สามารถนำส่งตัวอย่างน้ำ เพื่อทำการวิเคราะห์ได้ทันที ต้องทำการเก็บรักษาคุณสมบัติของน้ำตัวอย่าง หรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวะให้ช้าลงด้วยการใช้สารเคมี หรือวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่ง แล้วแต่คุณสมบัติที่ต้องการวิเคราะห์ แต่วิธีการที่สะดวกเหมาะสมที่สุด และใช้ได้กับการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ เพื่อการวิเคราะห์หลายรายการ คือ การเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มืด และอุณหภูมิต่ำ ( $4^{\circ}\text{C}$ ) จนถึงเวลาที่จะทำการวิเคราะห์พอจะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลง และลดความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการส่งวิเคราะห์ช้าลงได้บ้าง

สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำให้คงสภาพใกล้เคียงตัวอย่างในสภาพธรรมชาติมากที่สุดค่านึงถึงปัจจัยต่อไปนี้คือ ช่วงเวลาระหว่างการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์โดยทั่วไป ถ้าวิเคราะห์ให้เร็วที่สุดจะได้ผลที่นำใจไว้มากกว่าตัวอย่างที่ทิ้งไว้เป็นเวลานาน ส่วนคุณลักษณะทางฟิสิกส์จำเป็นต้องวิเคราะห์ทันทีขณะเก็บตัวอย่าง ในการวิเคราะห์จะไม่สามารถกำหนดช่วงเวลาแน่นอนที่จะเก็บตัวอย่างไว้ก่อนการวิเคราะห์โดยน้ำไม่เปลี่ยนคุณภาพ เพราะจะขึ้นกับ (ก) ลักษณะของตัวอย่าง (ข) ปัจจัยที่ต้องการวิเคราะห์ และ (ค) เก็บรักษาตัวอย่างไว้นานเกินควร ซึ่งอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสารรักษาสภาพ (preservatives) ส่วนใหญ่จะมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ ดังนั้นถ้าเป็นไปได้การวิเคราะห์ทันทีที่ดีที่สุด การเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ ( $4^{\circ}\text{C}$ ) เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการเก็บตัวอย่างไว้เพียง 1 วัน จะนิยมใช้ preservative ต่อเมื่อมั่นใจว่าจะไม่รบกวนต่อการวิเคราะห์ โดยใส่ preservative ทันทีและเหมาะสมกับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์

Preservation นั้นโดยทั่วไปต้องการลดปฏิกิริยาทางชีวภาพ ลด Hydrolysis ของสารประกอบเคมี และลดการระเหยของสารบางตัว วิธีการจะทำโดยใช้วิธีควบคุม pH หรือเติมสารเคมีแล้วแช่ตู้เย็นหรือแช่แข็ง

### การเก็บรักษาตัวอย่างขณะขนส่งมายังห้องปฏิบัติการ

เมื่อเก็บตัวอย่างเรียบร้อยแล้ว ขณะทำการขนส่งตัวอย่างมายังห้องปฏิบัติการต้องระวังอย่าให้ตัวอย่างเหล่านั้นโดนแสง ควรมีอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium foil) ปิดครอบปากขวดตัวอย่างไว้ และตัวอย่างทั้งหมดต้องแช่เย็นในภาชนะแช่เย็นที่เป็นกระติกน้ำแข็งหรือโฟมที่เรียกว่า shipment containers และควรมีวาวโซลิน้ำที่ละลายออกทิ้งได้ การใส่น้ำแข็งต้องระวังอย่าใส่จนล้นหรือมากเกินไปควรใส่ให้เสมอกับระดับปากขวด การเก็บตัวอย่างลงในกระติกน้ำแข็งต้องเรียงอย่างเป็นระเบียบ ระวังอย่าให้ขวดตัวอย่างล้มได้ [17,18]

## 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

M.S. Abdul และคณะ [19] ได้มีการนำเทคนิคสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ มาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรที่ในตัวอย่างน้ำ ดิน และในรากของพืช วิธีนี้เป็นวิธีพื้นฐานที่ใช้ศึกษาการขจัดสีของไนโตรที่ โดยการจัดรูปแบบเชิงซ้อนระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับวานาเดตในสภาวะที่เป็นกรด การขจัดสีของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าว จะนำมาหาปริมาณไนโตรที่ได้โดยนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร วิธีนี้จะศึกษาผลของความเข้มข้นแอมโมเนียมเมตาวานาเดต ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ กรดซัลฟูริก กรดชนิดต่างๆ การเติมรีเอเจนต์ในปริมาณต่างๆ และความเสถียรของสี สีของสารประกอบเชิงซ้อนนี้มีความเสถียรประมาณ 2 วัน และค่าคงที่ความเสถียรของสารประกอบเชิงซ้อนคำนวณได้จากวิธีของ Job's Method ความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานจะอยู่ในช่วงความเข้มข้นของไนโตรที่  $6.67\text{-}66.7\ \mu\text{g/mL}$  ซึ่งมีค่า molar absorptivity  $0.276 \times 10^3\ \text{mol}^{-1}\ \text{cm}^{-1}$  และมีค่า sensitivity  $0.1667\ \mu\text{gcm}^{-2}$  วิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรที่ในตัวอย่างดิน น้ำเสีย และรากของพืช

Y. Kiso และคณะ [20] ได้ทำการทดสอบแบบ spot test สำหรับไนเตรทและไนไตรท์เป็นการควบคุมการเคลื่อนย้ายไนโตรเจน เพื่อให้การทดสอบสะดวกขึ้นในการทดสอบนี้จะนำส่วนหนึ่งของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วมาทดสอบ ในวิธีนี้จะนำไนไตรท์ไอออนในตัวอย่งน้ำมาทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟานิลิกและ 1-แนฟทอลที่มาจากสี่อ้อมแอนไอออนนิกเอโซ เมื่อสารละลายเกิดขึ้นก็จะนำไปผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วยอนุภาค PVC ที่เคลือบด้วย benzyl cetyl dimethyl ammonium chloride (BCDMA) และ biphenyl ความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจนจะถูกตรวจวัดได้โดยใช้แถบสี (CBL) สีที่ตรวจพบจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไนไตรท์ในช่วงความเข้มข้นที่ 4-20 mg-N/L ความเข้มข้นของไนไตรท์และไนเตรทจะถูกตรวจวัดหลังจากซึ่งค้มาทำให้จำนวนไนไตรท์ลดลง วิธีนี้สามารถนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนไตรท์-ไนโตรเจนและไนไตรท์ไนเตรท-ไนโตรเจน ในตัวอย่างน้ำเสียได้ โดยจะมีความเข้มข้น 114 mg/L และ 73.9 mg/L ตามลำดับ

G.F. Wang และคณะ [21] ได้มีการเสนอวิธีที่ไวต่อการวิเคราะห์ไนไตรท์และไนเตรทพร้อมๆกันสำหรับตัวอย่างน้ำและผลไม้ วิธีนี้เป็นการหาปริมาณไนไตรท์โดยทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไดอาโซ และทำให้ไนเตรทเปลี่ยนเป็นไนไตรท์โดยใช้คอลัมน์ Cd-Cu redactor ภายใต้สภาวะที่เป็นกรด ไนไตรท์จะให้เกลือไดอาโซเนียมแคตไอออนซึ่งทำปฏิกิริยากับ sulfanilamide (SAM) ในช่วง pH 2.0-5.0, sulfamethizole (SM) ในช่วง pH 1.8-5.6 และ sulfadimidine (SD) ในช่วง pH 1.8-4.0 แคตไอออนที่เกิดขึ้นจะไปรวมตัวกับ sodium 1-naphthol-4-sulfonate (NS) ในช่วง pH 9.0-12.0 สำหรับปฏิกิริยาระหว่าง SAM-NS pH ช่วง 8.6-12.0 สำหรับปฏิกิริยาระหว่าง SM-NS และ pH ช่วง 9.4-12.0 สำหรับปฏิกิริยาระหว่าง SD-NS โดยจะบรรจุ naphthalene-tetradecyldimethyl-benzylammonium (TDBA)-iodine(I) ในคอลัมน์ โดยส่วนที่เป็นของแข็งจะละลายออกจากคอลัมน์โดยใช้ dimethyl formamide (DMF) ปริมาตร 5 mL จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่มีความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร สำหรับ SAM-NS 537 นาโนเมตร สำหรับ SM-NS และที่ 530 นาโนเมตร สำหรับ SD-NS กราฟมาตรฐานจะมีความเป็นเส้นตรงที่ไนไตรท์-ไนโตรเจน 30-600 ng และไนเตรท-ไนโตรเจน 22-450 ng ในช่วง 15 mL สุดท้ายของสารละลาย ค่า detection limit ของไนไตรท์-ไนโตรเจน คือ 1.4 ng/mL ไนเตรท-ไนโตรเจน คือ 1.1 ng/mL สำหรับ SAM-NS ส่วนของ SM-NS ค่า detection limit ของไนไตรท์-ไนโตรเจน คือ 1.2 ng/mL และไนเตรท-ไนโตรเจน คือ 0.89 ng/mL และของ SD-NS ค่า detection limit ของไนไตรท์-ไนโตรเจน คือ 1.0 ng/mL และไนเตรท-ไนโตรเจน คือ 0.75 ng/mL วิธีนี้จะให้ผลดีในกรณีที่ระดับของไนเตรทและไนไตรท์ในตัวอย่างน้ำและผลไม้มีปริมาณน้อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A. Aydina และคณะ [22] ได้เสนอวิธี solid phase spectrophotometry ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและมีความไว สำหรับการวิเคราะห์ไนไตรท์และไนเตรทในน้ำ โดยอาศัยปฏิกิริยาของ Griess เพื่อดูดซับสีย้อมที่มาจากไนไตรท์เข้าไปยังชั้นบางๆที่ทำจากโพลีโพลีเอทิลีน (PUF) ที่มีค่า preconcentration factor มากกว่า 140 ก่อนที่จะนำตัวอย่างน้ำไปทำปฏิกิริยา Griess จะต้องทำให้ปริมาณของไนเตรทลดลงก่อนโดยใช้หลอดไล่โลหะแคดเมียม การตรวจวัด spectrophotometric ของสีย้อมโดยตรงในเฟสโพลีเมอร์ของแข็ง จะตรวจวัดไนไตรท์และไนเตรทได้เล็กน้อย คือ 5 และ 40 ng/mL ตามลำดับ ในการวิเคราะห์จะต้องคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพราะจะมีผลกระทบต่อองค์ประกอบและการดูดซับสีย้อมเข้าไปยัง PUF จึงมีการนำวิธีนี้มาใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในตัวอย่างน้ำธรรมชาติ

M.N. Abbas และคณะ [23] ได้ทำการพัฒนาเทคนิค spectrophotometric ให้มีความรวดเร็ว ง่าย และมีความจำเพาะเจาะจงในการวิเคราะห์ไนไตรท์ในน้ำ โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์ ในสภาวะที่เป็นกรด ไนไตรท์จะทำปฏิกิริยากับกรดบาริบิทริก เกิดเป็นอนุพันธ์ของไนไตรท์กับกรดไวลอลูริก จากกฎของเบียร์ จะวิเคราะห์ไนไตรท์ในช่วงความเข้มข้น 0.00-3.22 ppm ที่ความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร จะได้ค่า molar absorptivity  $15,330 \pm 259.7$  หรือประมาณ 95% ได้ค่า SD เท่ากับ 355.57 และ %RSD เท่ากับ 2.32% วิธีนี้จะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสาร มีความจำเพาะเจาะจง และทนต่อสิ่งรบกวน จึงนำวิธีนี้มาประยุกต์ใช้ในการหาไนไตรท์ในน้ำธรรมชาติ โดยทำกราฟมาตรฐานของ ปริมาณไนไตรท์  $1.66 \mu\text{gNO}_2$  จากสารละลายที่นำมาวิเคราะห์ 100 mL ซึ่งค่าที่ได้จะสอดคล้องกับปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน 9.5 ppb ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดที่ตรวจพบในตัวอย่างน้ำ ไนไตรท์ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า  $3.0 \mu\text{gNO}_2/\text{L}$  เมื่อนำมาเจือจางด้วยตัวอย่างจะให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องขึ้น โดยค่า %RSD ที่ได้จะมีค่าน้อยกว่า 0.5% จากผลการทดลอง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลของวิธีมาตรฐาน *N*-(1-naphtyl) ethylenediamine dihydrochloride พบว่าค่าที่ได้จากทั้ง 2 วิธีให้ผลเหมือนกัน แต่วิธีนี้จะง่ายต่อการประยุกต์ใช้ในงานจริงมากกว่าวิธีมาตรฐาน

M. Baezaa และคณะ [24] ได้เสนอรายงานที่อธิบายถึงวิธีการวิเคราะห์ไนไตรท์ โดยการฉีดสารอย่างต่อเนื่อง วิธีสเปกโทรโฟโตเมตริก เป็นวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาไนไตรท์โดยตรงด้วยการทำปฏิกิริยา Griess-Ilosvay ในวิธีนี้จะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีย้อมสีม่วงที่ได้จากการทำปฏิกิริยาที่ความยาวคลื่น 555 nm ในการทดลองสารตัวอย่างและรีเอเจนต์จะถูกดูดไปผสมกันโดยใช้ขั้นตอนของ reverse flow ทำให้สารของเราเกิดการ overlap กัน ซึ่งการเกิด overlap นี้ จะให้ผลดีเหมือนกับการที่เลือกปริมาณที่จะฉีดสารเข้าไปในเครื่องเอง วิธีนี้ให้ผลดี มีประสิทธิภาพ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดต่อแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานง่าย ในการหาไนโตรเจนในช่วงความเข้มข้น 0.0–3.0 และ 0.0–20.0 ppm โดยได้ค่า detection limit คือ 0.048 และ 0.4 ppm ตามลำดับ ต่อจากนั้นระบบนี้จะทำการ calibrate และหาความเข้มข้นของไนโตรเจนออกมาเองโดยอัตโนมัติ การทดลองนี้จะให้ประยุกต์ในการหาตัวอย่างที่มีหลาย ๆ ความเข้มข้น ที่มาจาก Waste Water Treatment Plant (WWTP) โดยวิธีนี้นั้นจะทำการวัดได้ 12 ตัวอย่างใน 1 ชั่วโมง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

##### สารเคมี

1. แอมโมเนียมเมตาวานาเดต ( $\text{NH}_4\text{VO}_3$ ) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka
2. โซเดียมไนไตรท์ ( $\text{NaNO}_2$ ) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka
3. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka
4. กรดซัลฟูริก ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka
5. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka
6. กรดฟอสฟอริก ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) เกรดวิเคราะห์ จากบริษัท Fluka

##### อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. ขวดวัดปริมาตร
3. ปิเปต
4. ขวดพลาสติก
5. กระจกตวง
6. ลูกยาง
7. หลอดหยด
8. แท่งแก้วคนสาร
9. ช้อนตักสาร
10. กรวยแก้ว
11. เทอร์โมมิเตอร์
12. กระดาษกรอง Whatman No. 1
13. ขวดสีชา
14. เซลล์ควอตซ์
15. ซินเตอร์กลาส
16. กระจกน้ำกลั่น
17. กระดาษทิชชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 18. บุชเนอร์

**เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

1. เครื่อง UV-visible Spectrophotometer รุ่น UV-160 ยี่ห้อ Shimadzu
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก รุ่น Sartorius AC 210
3. เตาให้ความร้อน

**3.2 การเตรียมสารละลายเคมี****3.2.1 การเตรียมสารละลายสต็อกแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีความเข้มข้น 0.01 M**

1. ชั่งแอมโมเนียมเมตาวานาเดตมา 0.2925 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร
2. นำไปละลายด้วยน้ำอุ่น คนจนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
3. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วถ่ายใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

**3.2.2 การเตรียมสารละลายสต็อกโซเดียมไนไตรท์ที่มีความเข้มข้น 667  $\mu\text{g}/\text{mL}$** 

1. ชั่งโซเดียมไนไตรท์มา 0.10 กรัมโดยใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่งใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
2. ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. ถ่ายสารละลายลงในขวดสีชา แล้วเก็บให้พ้นแสง

**3.2.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ เข้มข้น 1 mg-N/L**

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไนไตรท์เข้มข้น 667  $\mu\text{g}/\text{mL}$  จำนวน 2.5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 500 มิลลิลิตร
2. ปรับปริมาตรจนครบ 500 มิลลิลิตร ก็จะได้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของไนไตรท์ 1 mg-N/L

**3.2.4 การเตรียมน้ำยาซัลฟานิลาไมด์**

1. ปิเปตกรด HCl เข้มข้น จำนวน 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณครึ่งขวด
2. ชั่งซัลฟานิลาไมด์ ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ ) 2.5 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร แล้วเติมน้ำกลั่นจน

เอกสารนี้เป็น ครบ 250 มิลลิลิตร สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.5 การเตรียมน้ำยาเอ็นอีดี

1. ชั่งแนฟทิล เอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ 0.25 กรัม ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 250 มิลลิลิตร

### 3.2.6 การเตรียมสารละลายสต็อกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.025 %

1. ปิเปตสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 50% มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
2. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา 2.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. เก็บสารละลายที่เตรียมได้เอาไว้ในตู้เย็น

### 3.2.7 การเตรียมสารละลายสต็อกไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 %

1. ปิเปตสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 50% มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
2. ปิเปตสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. เก็บสารละลายที่เตรียมได้เอาไว้ในตู้เย็น

### 3.2.8 การเตรียมสารละลายสต็อกกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 2 M

1. ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 18 M มา 27.7 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ที่เติมน้ำกลั่นไว้แล้วประมาณครึ่งขวด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
2. ถ่ายสารละลายลงในขวดสีชา

### 3.2.9 การเตรียมสารละลายสต็อกกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 4 M

1. ปิเปตสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 18 M มา 55.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ที่เติมน้ำกลั่นไว้แล้วประมาณครึ่งขวด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
2. ถ่ายสารละลายลงในขวดสีชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

#### 3.3.1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท์ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวานาเดต

ทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรท์ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวานาเดตด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรี ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะการทดลอง คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมเมตาวานาเดต ความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สภาพความเป็นกรด-เบส (pH)

##### 3.3.1.1 การศึกษาผลของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีต่อไนโตรท์ไอออน

- เตรียมสารละลายดังตารางที่ 3.1 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตรโดยจะเตรียมทั้งหมด 6 ชุด ชุดละ 5 ขวด

ตารางที่ 3.1 การศึกษาผลของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีต่อไนโตรท์ไอออน

ชุดที่	สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% (mL)	สารละลายโซเดียมไนโตรท์ (mL)	สารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดต เข้มข้น 0.05M (mL)	สารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดต เข้มข้น 0.01M (mL)	กรดซัลฟูริก เข้มข้น 2M (mL)
1	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	-	3
2	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	1.5	-	3
3	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	0.5	-	3
4	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	-	2	3
5	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	-	1	3
6	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	-	3	3

- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
- นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

##### 3.3.1.2 การศึกษาผลของสารละลายกรดต่างๆที่มีต่อไนโตรท์ไอออน

- เตรียมสารละลายดังตารางที่ 3.2 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร โดยจะเตรียมทั้งหมด 3 ชุด ชุดละ 5 ขวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 การศึกษาผลของสารละลายกรดต่างๆที่มีต่อไนไตรท์ไอออน

ชุดที่	สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% (mL)	สารละลายโซเดียมไนไตรท์ (mL)	สารละลายแอมโมเนียมเมตาดีทริก เข้มข้น 0.01M (mL)	สารละลายกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 2M (mL)	กรดฟอสฟอริก เข้มข้น 2M (mL)	กรดซัลฟูริก เข้มข้น 2M (mL)
1	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	3	-	-
2	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	-	3	-
3	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	-	-	3

2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

### 3.3.1.3 การศึกษาผลของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน

1. เตรียมสารละลายดังตารางที่ 3.3 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร โดยจะเตรียมทั้งหมด 4 ชุด ชุดละ 5 ขวด

ตารางที่ 3.3 การศึกษาผลของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน

ชุดที่	สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% (mL)	สารละลายโซเดียมไนไตรท์ (mL)	สารละลายแอมโมเนียมเมตาดีทริก เข้มข้น 0.01M (mL)	กรดซัลฟูริก เข้มข้น 2M (mL)	กรดซัลฟูริก เข้มข้น 4M (mL)
1	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	3	-
2	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	2	-
3	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	1	-
4	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	-	3

2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1.4 การศึกษาผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนโตรทีโอซอน

1. เตรียมสารละลายดังตารางที่ 3.4 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร โดยจะเตรียมทั้งหมด 3 ชุด ชุดละ 5 ขวด

ตารางที่ 3.4 การศึกษาผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนโตรทีโอซอน

ชุดที่	สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.1% (mL)	สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% (mL)	สารละลายโซเดียมไนโตรทีโอไซด์ (mL)	สารละลายแอมโมเนียมเมตาฟอสเฟต เข้มข้น 0.01M (mL)	กรดซัลฟูริก เข้มข้น 2M (mL)
1	1	-	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	3
2	0.5	-	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	3
3	-	3	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	3
4	-	2	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0	3	3

2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

### 3.3.1.5 การศึกษาผลของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนโตรทีโอซอน

1. เตรียมสารละลายดังตารางที่ 3.5 ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร โดยจะเตรียมทั้งหมด 5 ชุด ชุดละ 1 ขวด และมีลำดับการเติมรีเอเจนต์แตกต่างกัน

ตารางที่ 3.5 การศึกษาผลของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนโตรทีโอซอน

ชุดที่	ลำดับการเติมรีเอเจนต์
1	A + B + C + D
2	A + C + B + D
3	B + D + C + A
4	B + A + D + C
5	B + C + D + A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยที่ : A คือ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% จำนวน 2 มิลลิลิตร  
 B คือ สารละลายไซเตียมไนไตรท์ เข้มข้น 667  $\mu\text{g}/\text{mL}$  จำนวน 0.3 มิลลิลิตร  
 C คือ สารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดต เข้มข้น 0.01M จำนวน 3 มิลลิลิตร  
 D คือ สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 2M จำนวน 3 มิลลิลิตร

2. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

### 3.3.1.6 การศึกษาความเสถียรของสีของไนไตรท์ไอออนที่ระยะเวลาต่างๆ

1. ปิเปตสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.025% มา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 17 ขวด
2. ปิเปตสารละลายไซเตียมไนไตรท์ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละขวด
3. เติมแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีความเข้มข้น 0.01 M ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรทุกขวด
4. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ตามระยะเวลาดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การศึกษาความเสถียรของสีของไนโตรที่ไอออนที่ระยะเวลาต่างๆ

ขวดที่	เวลาที่นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (นาที)
1	วัดทันทีหลังจากเตรียมสารเสร็จ
2	5
3	10
4	15
5	20
6	30
7	45
8	60
9	90
10	120
11	150
12	180
13	210
14	240
15	300
16	หลังจากเตรียมสารไว้ 1 วัน
17	หลังจากเตรียมสารไว้ 2 วัน
18	หลังจากเตรียมสารไว้ 3 วัน
19	หลังจากเตรียมสารไว้ 4 วัน

### 3.3.1.7 การศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

1. เติมสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.01 M ลงในขวดวัดปริมาตร 10 mL โดยเติมในอัตราส่วนตามตารางที่ 3.7 ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 การศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ขวดที่	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0.01 M (ml)	NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub> 0.01 M (ml)
1	0.5	4.5
2	1.0	4.0
3	1.5	3.5
4	2.0	3.0
5	2.5	2.5
6	3.0	2.0
7	3.5	1.5
8	4.0	1.0
9	4.5	0.5

2. เติมสารละลายไนไตรท์ 667 ppm 0.1 ml และสารละลายกรดซัลฟูริก 2 M 3 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 แต่เปลี่ยนขวดวัดปริมาตรจากขนาด 10 ml เป็นขนาด 25 ml

### 3.3.2 การทำกราฟมาตรฐานไนไตรท์

1. ปิเปตสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.025% มา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 10 ขวด
2. ปิเปตสารละลายไฮเดียมไนไตรท์ ปริมาตร 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละขวด ตามลำดับ
3. เติมแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีความเข้มข้น 0.01 M ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรทุกขวด
4. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3 การทำการมาตรฐานไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ

1. เตรียมสารละลายไนโตรเจนเข้มข้น 13 ระดับ จากสารละลาย 1 mg-N/L ดูดสารละลายมาตรฐานไนโตรเจน 1 mg-N/L ใส่ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตรจำนวน 13 ขวด ปริมาตรดังนี้ 0, 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0 และ 50.0 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ครบ 50 มิลลิลิตร ก็จะได้สารละลายมาตรฐานไนโตรเจนเข้มข้น 0.000 , 0.002, 0.010, 0.020, 0.040, 0.060, 0.080, 0.100, 0.200, 0.400, 0.600, 0.800 และ 1.000 mg-N/L ตามลำดับ

2. เติมน้ำยา ซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 2 นาที

3. เติมน้ำยา เอ็นอีดี 1 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่าง เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 20 นาที ถึง 2 ชั่วโมง

4. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

### 3.3.4 การหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีมาตรฐาน

1. ตัวอย่างน้ำที่นำมาวิเคราะห์จะต้องเก็บไว้ไม่เกิน 12 ชั่วโมง

2. นำตัวอย่างน้ำไปกรองด้วย กระดาษกรอง Whatman No. 1

3. ตวงน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองแล้ว ให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวง ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

4. เติมน้ำยาซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 2 นาที

5. เติมน้ำยาเอ็นอีดี 1 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่าง เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 2 ชั่วโมง (หากน้ำมีไนโตรเจนมากสีจะเกิดให้เห็นทันทีที่เติมเอ็นอีดี)

6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

### 3.3.5 การหา%recoveryของปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

1. ปิเปตสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.025% มา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร

2. ปิเปตสารละลายไซเตียมไนโตรเจนเข้มข้น 667 ppm ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละขวด

3. เติมน้ำแอมโมเนียมเมตาวานาเดตที่มีความเข้มข้น 0.01 M ปริมาตร 3 มิลลิลิตร และกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร

4. เติมน้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร

### 3.3.6 การหา%recoveryของปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายโซเดียมไนโตรเจนเข้มข้น 667 ppm ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรแต่ละขวด
2. เติมตัวอย่างน้ำ 1 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. ปิเปตสารละลายที่เตรียมไว้มา 0.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. เติมน้ำยา ซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 2 นาที
5. เติมน้ำยา เอ็นอีดี 1 มิลลิลิตร ลงในน้ำตัวอย่าง เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 2 ชั่วโมง
6. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและอภิปรายผล

จากการทดลองหาผลกระทบของสารละลายต่างๆที่มีผลต่อปริมาณไนโตรที่ไอออนโดยศึกษาจากค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรที่ จากนั้นศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรที่ในตัวอย่างน้ำตามวิธีมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธีที่พัฒนาขึ้น ได้ผลการทดลองดังนี้

#### 4.1 การศึกษาผลกระทบของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

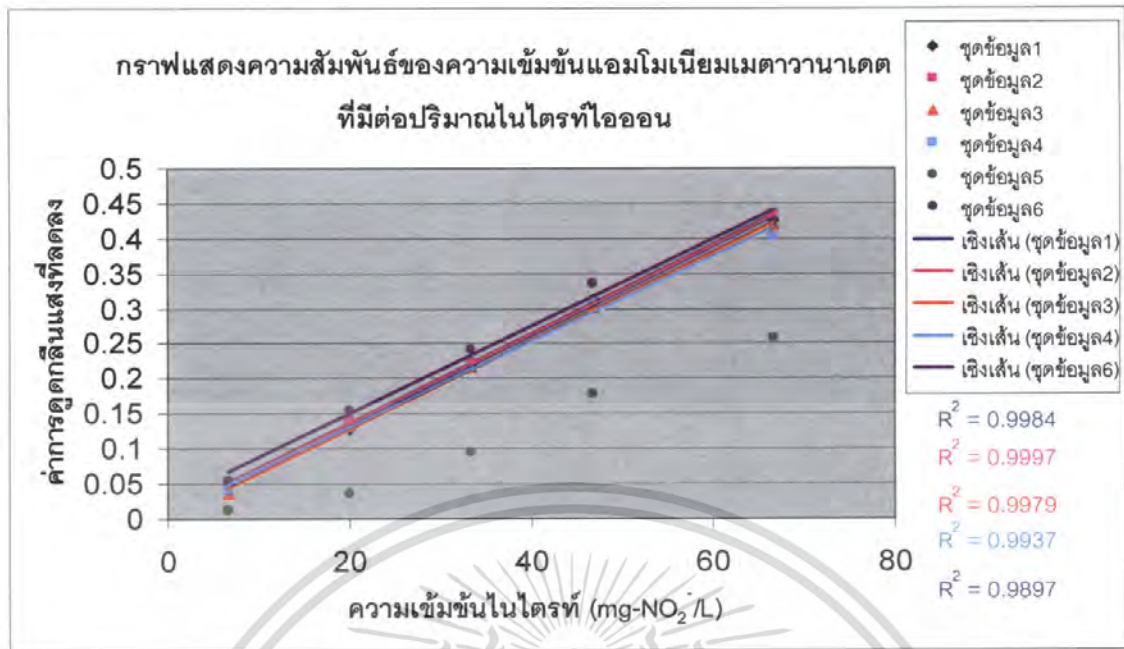
ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตที่มีต่อไนโตรที่ไอออน แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

ชุดที่	สารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตเข้มข้น 0.05M (mL)	สารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดตเข้มข้น 0.01M (mL)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายชุดที่				
			1	2	3	4	5
1	3	-	0.049	0.127	0.218	0.312	0.426
2	1.5	-	0.048	0.137	0.221	0.301	0.432
3	0.5	-	0.032	0.132	0.214	0.299	0.416
4	-	2	0.039	0.129	0.214	0.308	0.401
5	-	1	0.012	0.036	0.094	0.177	0.257
6	-	3	0.056	0.146	0.231	0.320	0.444

หมายเหตุ ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลง คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่หักลบจากแบลนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายแอมโมเนียมเมตาวันาเดตที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมเมตาวันาเดตหนึ่ง ๆ ถ้าปริมาตรที่เติมลงไปน้อย จะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงน้อยกว่าขวดที่เติมลงไปปริมาตรที่มากกว่า และจะพบว่าสารละลายในชุดที่ 6 มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้เตรียมกราฟมาตรฐานซึ่งแสดงความเป็นเส้นตรงมากที่สุด

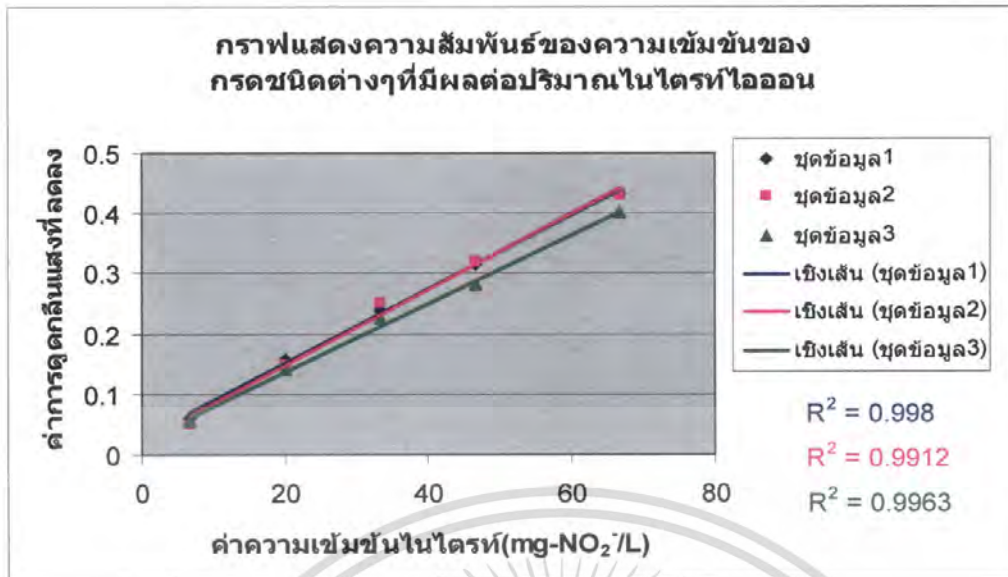
#### 4.2 การศึกษาผลกระทบของสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน แสดงดังตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

ชุดที่	กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 2M (mL)	กรดฟอสฟอริก เข้มข้น 2M(mL)	กรดซัลฟูริกเข้มข้น เข้มข้น 2M (mL)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของ สารละลายขวดที่				
				1	2	3	4	5
1	3	-	-	0.060	0.156	0.238	0.314	0.432
2	-	3	-	0.048	0.149	0.250	0.318	0.428
3	-	-	3	0.054	0.138	0.225	0.281	0.400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

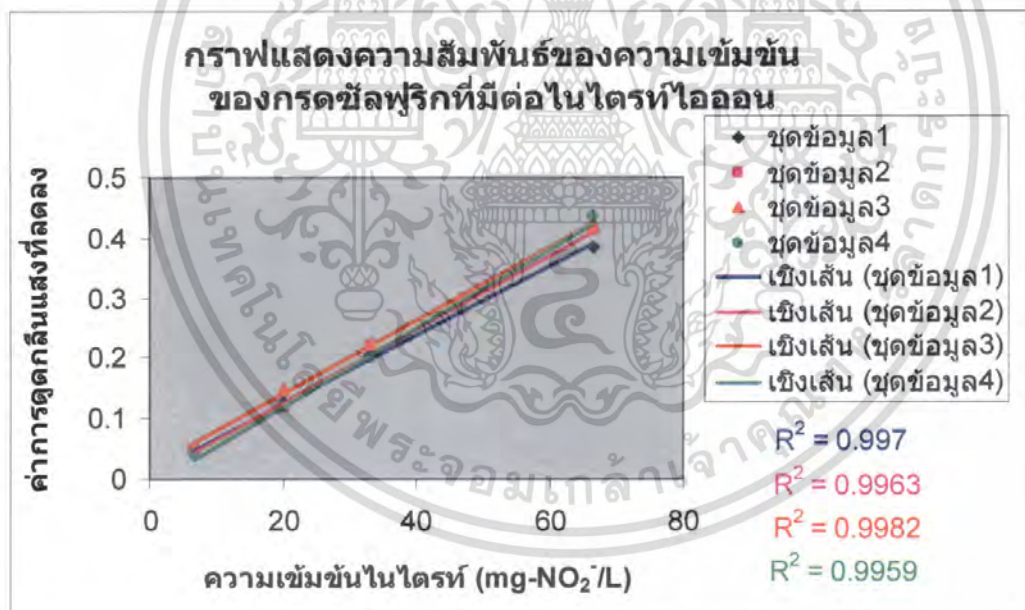
จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า การใช้กรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริกจะให้กราฟมาตรฐานที่มีความเป็นเส้นตรงสูงกว่ากรดฟอสฟอริก จึงเลือกใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟูริกก็ได้ แต่จากการทดลองพบว่าเมื่อความเข้มข้นของไนโตรที่สูงขึ้นมากกว่าช่วงที่ทำการทดลองนี้การใช้กรดไฮโดรคลอริกจะให้กราฟมาตรฐานที่ไม่เป็นเส้นตรงแล้ว ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณกรดเพียงพอที่จะทำให้กราฟมาตรฐานมีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของไนโตรที่สูง ๆ จึงเลือกใช้กรดซัลฟูริก

#### 4.3 การศึกษาผลกระทบของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน

ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน แสดงดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน

ชุดที่	กรดซัลฟูริก เข้มข้น 2M (mL)	กรดซัลฟูริก เข้มข้น 4M (mL)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายชุดที่				
			1	2	3	4	5
1	3	-	0.040	0.126	0.207	0.284	0.384
2	2	-	0.048	0.119	0.218	0.277	0.410
3	1	-	0.050	0.147	0.224	0.300	0.421
4	-	3	0.042	0.117	0.201	0.282	0.435



รูปที่ 4.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน

จากตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่ากรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้น 2 M มีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์มากกว่าความเข้มข้นที่ 4 M เนื่องจากความเข้มข้นที่ 4 M มีความเป็นเส้นตรงน้อยที่สุด จากผลการทดลอง ชุดที่ 1, 2 และ 3 มีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันและไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

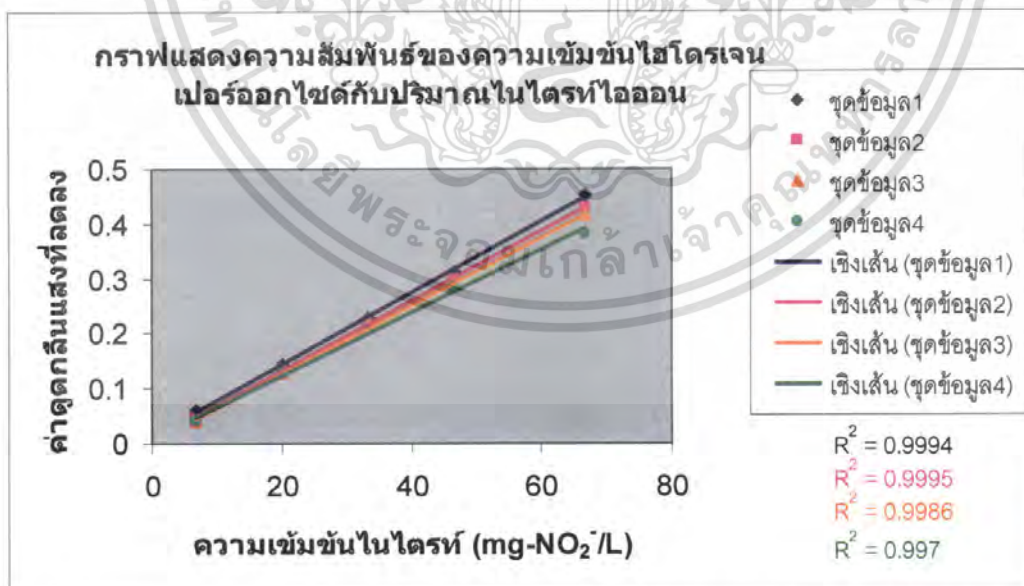
ผลกระทบในการวิเคราะห์ จึงเลือกสารละลายในชุดที่ 1 มาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรต์ เพื่อให้มีปริมาณกรดเพียงพอครอบคลุมช่วงการวิเคราะห์

#### 4.4 การศึกษาผลกระทบของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนโตรต์ไอออน

ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนโตรต์ไอออน แสดงดังตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนโตรต์ไอออน

ชุดที่	สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.1% (mL)	สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% (mL)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลาย				
			ชุดที่				
			1	2	3	4	5
1	1	-	0.060	0.143	0.229	0.313	0.453
2	0.5	-	0.046	0.135	0.219	0.297	0.431
3	-	3	0.039	0.129	0.217	0.287	0.415
4	-	2	0.040	0.126	0.207	0.284	0.384



รูปที่ 4.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนโตรต์ไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 4.4 และรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หนึ่ง ๆ ถ้าความเข้มข้นมากกว่า ค่าการดูดกลืนแสงก็จะมากกว่าชุดที่ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่า จากผลการทดลองทั้ง 4 ชุดนี้ ได้ค่าความเป็นเส้นตรงไม่แตกต่างกันมากจึงเลือกปริมาณของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025 % ในชุดที่ 4

#### 4.5 การศึกษาผลของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงจากการศึกษาผลของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน

ชุดที่	ลำดับการเติมรีเอเจนต์	ค่าการดูดกลืนแสง
1	A + B + C + D	0.320
2	A + C + B + D	0.320
3	B + D + C + A	0.322
4	B + A + D + C	0.321
5	B + C + D + A	0.320

โดยที่ : A คือ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% จำนวน 2 มิลลิลิตร

B คือ สารละลายไซเดียมไนโตรที่ เข้มข้น 667  $\mu\text{g}/\text{mL}$  จำนวน 0.3 มิลลิลิตร

C คือ สารละลายแอมโมเนียมเมตาวันนาเดต เข้มข้น 0.01M จำนวน 3 มิลลิลิตร

D คือ สารละลายกรดซัลฟูริก เข้มข้น 2M จำนวน 3 มิลลิลิตร

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าลำดับการเติมรีเอเจนต์ไม่ว่าจะเป็นแบบไหนแต่เมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะพบว่ามีความใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าลำดับการเติมไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรที่ไอออน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 การศึกษาความเสถียรของสีของไนโตรทีโอออนที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการทดลองศึกษาความเสถียรของสีของไนโตรทีโอออนที่ระยะเวลาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของความเสถียรของสีของไนโตรทีโอออนที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ขวดที่	เวลาที่นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (นาที)	ค่าการดูดกลืนแสง
1	วัดทันทีหลังจากเตรียมสารเสร็จ	0.412
2	5	0.414
3	10	0.413
4	15	0.412
5	20	0.416
6	30	0.412
7	45	0.412
8	60	0.414
9	90	0.413
10	120	0.416
11	150	0.414
12	180	0.416
13	210	0.414
14	240	0.412
15	300	0.413
16	หลังจากเตรียมสารไว้ 1 วัน	0.412
17	หลังจากเตรียมสารไว้ 2 วัน	0.414
18	หลังจากเตรียมสารไว้ 3 วัน	0.211
19	หลังจากเตรียมสารไว้ 4 วัน	0.108

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า สารจะมีความเสถียรของสีอยู่ในระยะเวลา 2 วัน ซึ่งในระยะเวลา 2 วันนี้เมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง จะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำสารที่เตรียมไว้เกิน 2 วัน ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะพบว่าค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงเกินครึ่งหนึ่งของค่าเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

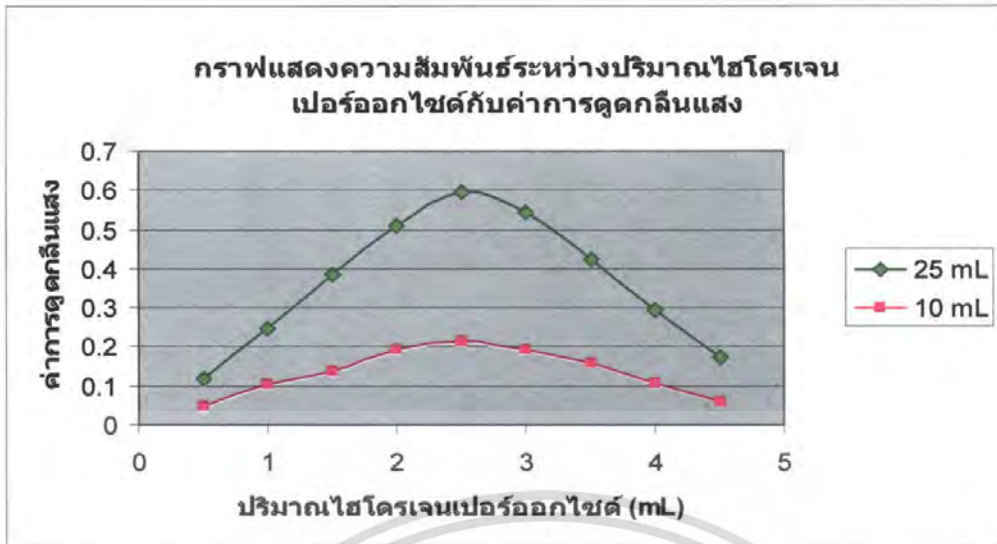
#### 4.7 การศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

ผลการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แสดงดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการศึกษาปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร และ 25 มิลลิลิตร

ขวดที่	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 0.01 M (ml)	NH <sub>4</sub> VO <sub>3</sub> 0.01 M (ml)	ค่าการดูดกลืนแสง	
			ขนาด 10 mL	ขนาด 25 mL
1	0.5	4.5	0.117	0.043
2	1.0	4.0	0.244	0.100
3	1.5	3.5	0.382	0.132
4	2.0	3.0	0.508	0.189
5	2.5	2.5	0.594	0.210
6	3.0	2.0	0.539	0.189
7	3.5	1.5	0.421	0.153
8	4.0	1.0	0.293	0.103
9	4.5	0.5	0.170	0.054

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 4.7** แสดงค่าการดูดกลืนแสงของปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

จากตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ปริมาตรไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 2.5 มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารในช่วงนี้มีความเหมาะสมมากที่สุด

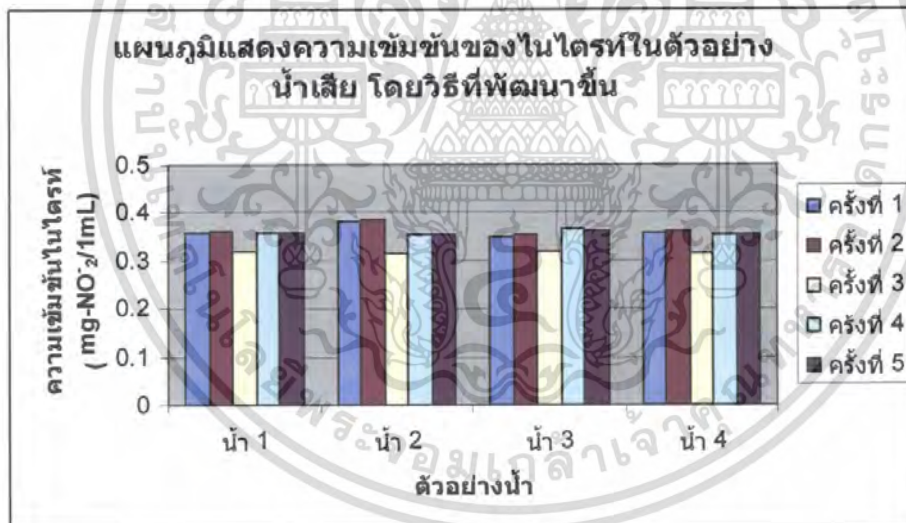
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.8 การหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ

ผลการทดลองศึกษาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ แสดงดังตารางที่ 4.8.1 – 4.8.4

ตารางที่ 4.8.1 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /1mL)						SD	CV	%CV
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย			
น้ำ 1	0.3576	0.3608	0.3195	0.3589	0.3574	0.3508	0.0176	0.0502	5.0171
น้ำ 2	0.3802	0.3866	0.3150	0.3529	0.3559	0.3581	0.0282	0.0787	7.8749
น้ำ 3	0.3511	0.3527	0.3180	0.3665	0.3635	0.3504	0.0193	0.0551	5.5080
น้ำ 4	0.3592	0.3624	0.3165	0.3544	0.3559	0.3497	0.0188	0.0538	5.3760

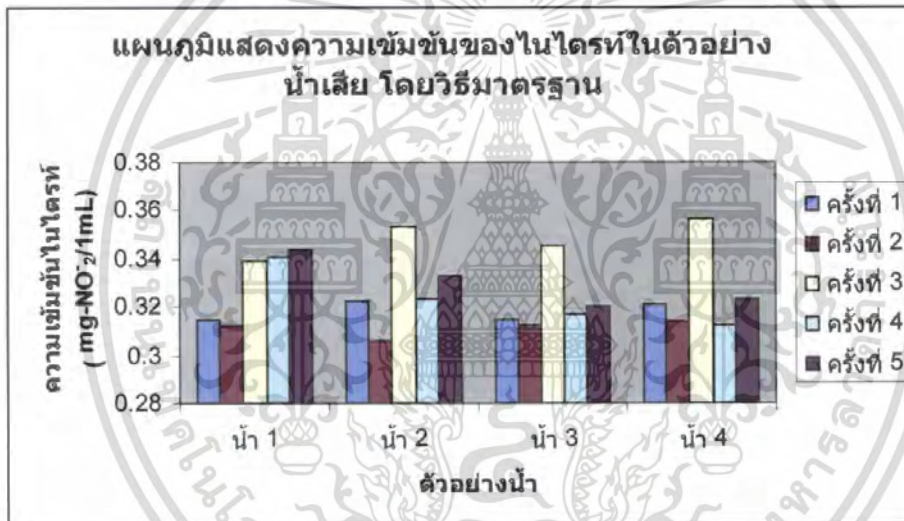


รูปที่ 4.8.1 แสดงความเข้มข้นของไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8.2 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg-NO <sub>2</sub> /1mL)						SD	CV	%CV
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย			
น้ำ 1	0.3342	0.3536	0.3369	0.3390	0.3472	0.3422	0.0080	0.0234	2.3378
น้ำ 2	0.3332	0.3424	0.3349	0.3359	0.3472	0.3382	0.0059	0.01745	1.7445
น้ำ 3	0.3434	0.3363	0.3369	0.3390	0.3410	0.3393	0.0029	8.547x10 <sup>-3</sup>	0.8547
น้ำ 4	0.3454	0.3495	0.3462	0.3410	0.3369	0.3438	0.0049	0.0142	1.4252

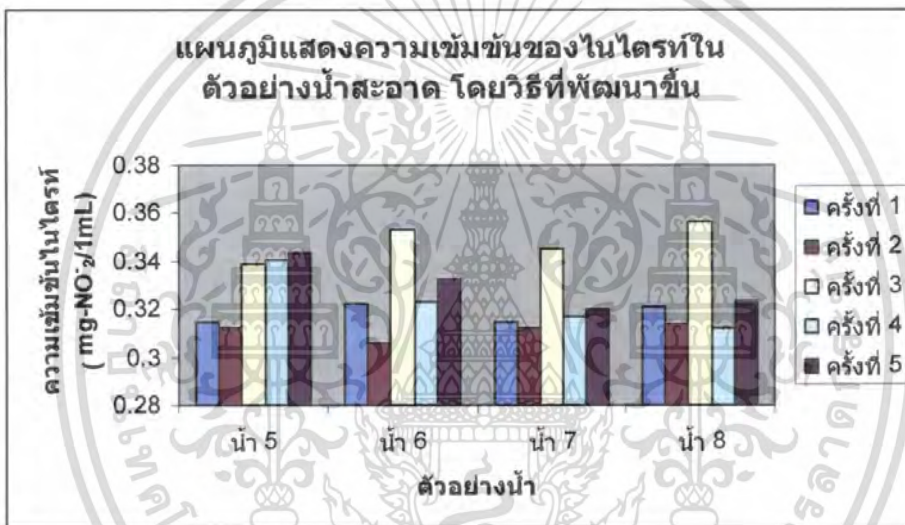


รูปที่ 4.8.2 แสดงความเข้มข้นของไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8.3 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนโตรทรีไนต์ในตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /1mL)						SD	CV	%CV
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย			
น้ำ 5	0.3148	0.3121	0.3390	0.3409	0.3441	0.3302	0.0154	0.0466	4.66
น้ำ 6	0.3226	0.3057	0.3533	0.3235	0.3330	0.3276	0.0174	0.0531	5.31
น้ำ 7	0.3148	0.3121	0.3454	0.3171	0.3203	0.3219	0.0135	0.0419	4.19
น้ำ 8	0.3210	0.3137	0.3565	0.3124	0.3235	0.3254	0.0180	0.0553	5.53

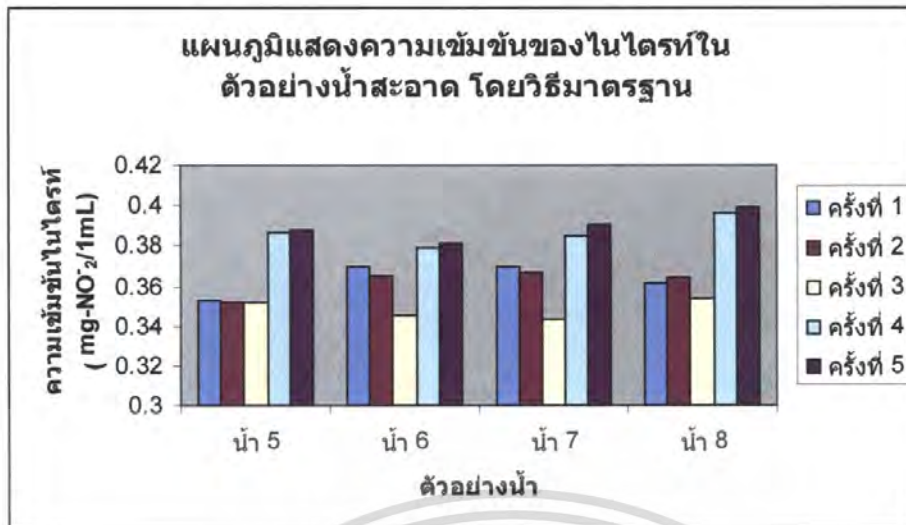


รูปที่ 4.8.3 แสดงความเข้มข้นของไนโตรทรีไนต์ในตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 4.8.4 ตารางแสดงความเข้มข้นของไนโตรทรีไนต์ในตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความเข้มข้น (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /1mL)						SD	CV	%CV
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย			
น้ำ 5	0.3529	0.3516	0.3516	0.3873	0.3883	0.3663	0.0196	0.0535	5.35
น้ำ 6	0.3702	0.3653	0.3453	0.3792	0.3812	0.3682	0.0144	0.0391	3.91
น้ำ 7	0.3702	0.3674	0.3432	0.3853	0.3903	0.3713	0.0185	0.0498	4.98
น้ำ 8	0.3611	0.3642	0.3537	0.3964	0.3995	0.3750	0.0213	0.0568	5.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8.4 แสดงความเข้มข้นของไนโตรทในตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีมาตรฐาน

#### 4.9 การศึกษาการหา %recovery ของปริมาณไนโตรทในตัวอย่างน้ำโดยวิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีมาตรฐาน

ผลการทดลองศึกษาการหา %recovery ของปริมาณไนโตรทในตัวอย่างน้ำโดยวิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า %recovery ของปริมาณไนโตรเจนตัวอย่างน้ำโดยวิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ความเข้มข้นไนโตรเจนที่พบในตัวอย่าง (ppm)	ความเข้มข้นไนโตรเจนที่เติม (ppm)	วิธีที่พัฒนาขึ้น		วิธีมาตรฐาน	
			ปริมาณไนโตรเจนที่พบ (ppm)	%Recovery	ปริมาณไนโตรเจนที่พบ (ppm)	%Recovery
น้ำ 1	nd	0.3335	0.3508	105.19	0.3422	102.61
น้ำ 2	nd	0.3335	0.3581	107.38	0.3382	101.41
น้ำ 3	nd	0.3335	0.3504	105.07	0.3393	101.74
น้ำ 4	nd	0.3335	0.3497	104.86	0.3438	103.09
น้ำ 5	nd	0.3335	0.3302	99.01	0.3663	109.84
น้ำ 6	nd	0.3335	0.3276	98.23	0.3682	110.40
น้ำ 7	nd	0.3335	0.3219	96.65	0.3713	111.33
น้ำ 8	nd	0.3335	0.3254	97.57	0.3750	112.44

หมายเหตุ nd = not detected

#### 4.10 การศึกษาความแตกต่างระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานโดยใช้ตาราง t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการทดลองศึกษาความแตกต่างระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานโดยใช้ตาราง t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงดังตารางที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าความแตกต่างระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานโดยใช้ตาราง t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอย่าง	วิธีมาตรฐาน	วิธีที่พัฒนาขึ้น	$D_i$	$D_i - D$	$(D_i - D)^2$	$t_{ตาราง}$	$t_{คำนวณ}$
น้ำ 1	0.3122	0.3508	$-8.6 \times 10^{-3}$	-0.0248	$6.15 \times 10^{-4}$	1.90	1.53
น้ำ 2	0.3382	0.3581	-0.0199	-0.0361	$1.30 \times 10^{-3}$		
น้ำ 3	0.3393	0.3504	-0.0114	-0.0276	$7.62 \times 10^{-4}$		
น้ำ 4	0.3438	0.3497	$-5.9 \times 10^{-3}$	-0.0221	$4.88 \times 10^{-4}$		
น้ำ 5	0.3663	0.3302	0.0361	0.0199	$3.96 \times 10^{-4}$		
น้ำ 6	0.3682	0.3276	0.0406	0.0244	$5.95 \times 10^{-4}$		
น้ำ 7	0.3713	0.3219	0.0494	0.0332	$1.10 \times 10^{-3}$		
น้ำ 8	0.3750	0.3254	0.0496	0.0334	$1.12 \times 10^{-3}$		

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลการทดลองของทั้ง 2 วิธีมีค่า  $t_{คำนวณ}$  น้อยกว่าค่า  $t_{ตาราง}$  จึงยอมรับและสรุปได้ว่าทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันาเดตด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมตรี และเป็นการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ในตัวอย่งน้ำ ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. เมื่อทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของแอมโมเนียมเมตาวันาเดตด้วยวิธีสเปกโทรโฟโตเมตรี พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณไนไตรท์ในช่วงความเข้มข้น 6.67 – 66.7ppm คือ สภาวะที่ประกอบด้วยสารละลายไฮโดรเจน เปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025% สารละลายแอมโมเนียมเมตาวันาเดตที่มีความเข้มข้น 0.01 M และกรดซัลฟูริกที่มีความเข้มข้น 2 M ในอัตราส่วน 2:3:3 มิลลิลิตร ตามลำดับ

2. จากการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายแอมโมเนียมเมตาวันาเดตที่มีต่อไนไตรท์ไอออน พบว่า ที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมเมตาวันาเดตหนึ่ง ๆ ถ้าปริมาตรที่เติมลงไปน้อย จะทำให้ค่าการดูดกลืนแสงน้อยกว่าจุดที่เติมลงไป ปริมาตรที่มากกว่า และจะพบว่า สารละลายในชุดที่ใช้สารละลายแอมโมเนียมเมตาวันาเดตเข้มข้น 0.01 M ในปริมาตร 3 มิลลิลิตร มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้เตรียมกราฟมาตรฐานซึ่งแสดงความเป็นเส้นตรงมากที่สุด

3. จากการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายกรดต่าง ๆ ที่มีต่อไนไตรท์ไอออน พบว่า การใช้กรดไฮโดรคลอริกและกรดซัลฟูริกจะให้กราฟมาตรฐานที่มีความเป็นเส้นตรงสูงกว่ากรดฟอสฟอริก จึงเลือกใช้กรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟูริกก็ได้ แต่จากการทดลองพบว่า เมื่อความเข้มข้นของไนไตรท์สูงขึ้นมากกว่าช่วงที่ทำการทดลองนี้ การใช้กรดไฮโดรคลอริกจะให้กราฟมาตรฐานที่ไม่เป็นเส้นตรงแล้ว ดังนั้นเพื่อให้ปริมาณกรดเพียงพอที่จะทำให้กราฟมาตรฐานมีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นของไนไตรท์สูง ๆ จึงเลือกใช้กรดซัลฟูริก

4. จากการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายกรดซัลฟูริกที่มีต่อไนไตรท์ไอออน พบว่า กรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้น 2 M มีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์มากกว่าความเข้มข้นที่ 4 M เนื่องจากความเข้มข้นที่ 4 M มีความเป็นเส้นตรงน้อยที่สุด จากผลการทดลอง ถ้าใช้กรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้น 2 M จะพบว่า มีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันและไม่มีผลกระทบในการวิเคราะห์ จึงเลือกสารละลายในชุดที่ใช้กรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้น 2 M ปริมาตร 3 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรท์ เพื่อให้มีปริมาณกรดเพียงพอครอบคลุมช่วงการวิเคราะห์

5. จากการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หนึ่ง ๆ ถ้าความเข้มข้นมากกว่า ค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงก็จะมากกว่าชุดที่ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่า จากผลการทดลองทั้ง 4 ชุดนี้ ได้ค่าความเป็นเส้นตรงไม่แตกต่างกันมากจึงเลือกสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 0.025 % ปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรที่

6. จากการทดลองศึกษาผลกระทบของลำดับการเติมรีเอเจนต์ที่มีต่อไนโตรที่ไอออน พบว่าลำดับการเติมรีเอเจนต์ไม่ว่าจะเป็นแบบไหนแต่เมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าลำดับการเติมไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรที่ไอออน

7. จากการทดลองศึกษาความเสถียรของสีของไนโตรที่ไอออนที่ระยะเวลาต่าง ๆ พบว่าสารจะมีความเสถียรของสีอยู่ในระยะเวลา 2 วัน ซึ่งในระยะเวลา 2 วันนี้เมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อนำสารที่เตรียมไว้เกิน 2 วัน ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงจะลดลงเกินครึ่งหนึ่งของค่าเริ่มต้น

8. จากการทดลองศึกษาผลกระทบของปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ พบว่า ปริมาณสารสัมพันธ์ระหว่างสารละลายแอมโมเนียมเมตาวานาเดตและสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ปริมาตรไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เท่ากับ 2.5 มิลลิลิตร แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารในช่วงนี้มีความเหมาะสมมากที่สุด

9. การศึกษาการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ระหว่างวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรที่ในตัวอย่างน้ำ พบว่า ทั้ง 2 วิธีมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรที่ในตัวอย่างน้ำใกล้เคียงกัน แต่วิธีที่พัฒนาขึ้นไม่จำเป็นต้องควบคุมความเป็นกรด-เบสและอุณหภูมิ จึงสามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีมาตรฐาน

## เอกสารอ้างอิง

- [1] [http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter1/chapter1\\_nitrogen1.htm](http://www.il.mahidol.ac.th/course/ecology/chapter1/chapter1_nitrogen1.htm)
- [2] <http://www.fisheries.go.th/cf-chan/visit-water-room/nitrite/nitrite-page.htm>
- [3] ดร.มันสิน ตันตกุลเวศม์. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2540.
- [4] กรรณิการ์ สิริสิงห. **เคมีของน้ำ น้ำไนโตรเจนและการวิเคราะห์**. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏจันทรเกษม. พิมพ์ครั้งที่ 3 , 2544.
- [5] เกษมศรี ชับช้อน. **คู่มือการวิเคราะห์ดิน พืช ปุ๋ยและน้ำ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2537.
- [6] สุรางค์ อนุกุล. **ปฏิบัติการเคมีคุณภาพวิเคราะห์**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ครั้งที่ 3 พ.ศ.2538 จ.กรุงเทพฯ.
- [7] ดร.ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**. คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2, 2543.
- [8] ธรรมรักษ์ ละอองนวล. **การวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**. คณะเกษตรและอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.
- [9] [http://www2.se-ed.net/shrimpzone/research/article/research\\_nitrogen\\_effect.htm](http://www2.se-ed.net/shrimpzone/research/article/research_nitrogen_effect.htm)
- [10] พรทิพย์ ศัพทอนันต์. **ปฏิบัติการเคมีทั่วไป**. โครงการตำรา สจล. คณะวิทยาศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2541.
- [11] แม้น อมรสิทธิ์, อมร เพชรสม. **หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ**. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์ พ.ศ.2534 จ.กรุงเทพฯ.
- [12] รศ.ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์, ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์. **สเปกโทรสโกปีด้านการวิเคราะห์**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2547.
- [13] ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์, เปรมใจ จรัสดำรงนิตย์. **อุปกรณ์และเทคนิคทางห้องปฏิบัติการ**.
- [14] เย็นหทัย แน่นหนา. **สเปกโทรสโกปี สำหรับเคมีอินทรีย์**. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2549.
- [15] รศ.ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. **เครื่องมือวิทยาศาสตร์**. โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท, พิมพ์ครั้งที่ 2, พ.ศ.2539, จ.ขอนแก่น.
- [16] ดร.ชูศักดิ์ ลิ้มสกุล และคณะ. **คู่มือปฏิบัติการ การใช้และการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ สำหรับพนักงานห้องปฏิบัติการทดลอง**. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2533.
- [17] [http://www.allaquaworld.com/rsa/rsa\\_check\\_water.htm](http://www.allaquaworld.com/rsa/rsa_check_water.htm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [18] <http://irrigation.rid.go.th/rid15/ppn/om/Soil%20sampling.htm>
- [19] Mansour S. Abdul Galil, Mahadevaiah, M.S. Yogendra Kumar, G. Nagendrappa\*.  
A simple and rapid spectrophotometric method for the determination of nitrite by its decolorizing effect on peroxovanadate complex. *Spectrochimica Acta Part A*, xxx (2006) xxx-xxx.
- [20] Y. Kiso <sup>a</sup>, Yong-Jun Jung <sup>a,\*</sup>, Kazumichi Kuzawa <sup>a</sup>, Yasunori Seko <sup>a</sup>, Yoshihiro Saito <sup>b</sup>, Toshiro Yamada <sup>c</sup>, Masahiro Nagai <sup>d</sup>. Visual determination of nitrite and nitrate in waters by color band formation method. *Chemosphere*, 64 (2006) 1949-1954.
- [21] G.F. Wang, M. Satake, Horita. Spectrophotometric determination of nitrate and nitrite in water and some fruit samples using column preconcentration. *Talanta*, 46 (1998) 671-678.
- [22] Adnan Aydin<sup>a,\*</sup>, Özgen Ercan<sup>b</sup>, Sülün Tascioglu<sup>b</sup>. A novel method for the spectrophotometric determination of nitrite in water. *Talanta*, 66 (2005) 1181-1186.
- [23] M.N. Abbas, G.A. Mostafa. Determination of traces of nitrite and nitrate in water by solid phase spectrophotometry. *Analytica Chimica Acta*, 410 (2000) 185-192.
- [24] M. Baeza<sup>a,b,\*</sup>, J. Bartroli<sup>a</sup>, J. Alonso<sup>a</sup>. Autoadaptative sequential injection system for nitrite determination in wastewaters. *Talanta*, 68 (2005) 245-252.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

## Standard Reduction Potentials in Aqueous Solution at 25°C

Half-reaction	$E^\circ$ (V)
$\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li}_{(s)}$	-3.05
$\text{Cs}^+ + e^- \rightarrow \text{Cs}_{(s)}$	-2.92
$\text{K}^+ + e^- \rightarrow \text{K}_{(s)}$	-2.92
$\text{Rb}^+ + e^- \rightarrow \text{Rb}_{(s)}$	-2.92
$\text{Ba}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ba}_{(s)}$	-2.90
$\text{Sr}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Sr}_{(s)}$	-2.89
$\text{Ca}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ca}_{(s)}$	-2.87
$\text{Na}^+ + e^- \rightarrow \text{Na}_{(s)}$	-2.71
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}_{(s)}$	-2.37
$\text{Be}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Be}_{(s)}$	-1.70
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Al}_{(s)}$	-1.66
$\text{Mn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mn}_{(s)}$	-1.18
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}_{(s)}$	-0.76
$\text{Cr}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Cr}_{(s)}$	-0.74
$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}_{(s)}$	-0.44
$\text{Cr}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Cr}^{2+}$	-0.41
$\text{Cd}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cd}_{(s)}$	-0.40
$\text{Tl}^+ + e^- \rightarrow \text{Tl}_{(s)}$	-0.34
$\text{Co}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Co}_{(s)}$	-0.28
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}_{(s)}$	-0.25

**Best  
Reducing  
Agents**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Standard Reduction Potentials in Aqueous Solution at 25°C (ต่อ)

	Half-reaction	$E^\circ$ (V)
Oxidizing power increases ↓	$\text{Sn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}_{(s)}$	-0.14
	$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}_{(s)}$	-0.13
	$2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_{2(g)}$	0.00
	$\text{S}_{(s)} + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{S}_{(g)}$	0.14
	$\text{Sn}^{4+} + 2e^- \rightarrow \text{Sn}^{2+}$	0.15
	$\text{Cu}^{2+} + e^- \rightarrow \text{Cu}^+$	0.15
	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	0.34
	$\text{NO}_3^- + 2e^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	0.42
	$\text{Cu}^+ + e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$	0.52
	$\text{I}_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2\text{I}^-$	0.53
	$\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$	0.77
	$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^- \rightarrow 2\text{Hg}_{(l)}$	0.79
	$\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}_{(s)}$	0.80
	$\text{Hg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Hg}_{(l)}$	0.85
	$2\text{Hg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}$	0.92
	$\text{VO}_2^+ + 2\text{H}^+ + e^- \rightarrow \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	1.00
	$\text{Br}_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Br}^-$	1.07
	$\text{O}_{2(g)} + 4\text{H}^+ + 4e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	1.23
Best Oxidizing Agents	$\text{Cl}_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2\text{Cl}^-$	1.36
	$\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Au}_{(s)}$	1.50
	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	1.77

↑  
Reducing  
power  
increases

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

## ตารางสรุปการเก็บและการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์

ปัจจัย	ภาชนะ <sup>1</sup>	ปริมาตร <sup>2</sup> (mL)	การเก็บรักษา	ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง	
				แนะนำ <sup>3</sup>	สูงสุด <sup>4</sup>
ความเป็นกรด	P,G(B)	100	ที่มืด 4°C	24 ชม.	14 วัน
ความเป็นด่าง	P,G	200	ที่มืด 4°C	24 ชม.	14 วัน
บีโอดี	P,G	1000	ที่มืด 4°C	6 ชม.	14 วัน
คาร์บอนอินทรีย์ และ ปริมาณรวม	G	100	วิเคราะห์ทันที หรือปรับ pH <2 ด้วยกรดซัลฟูริก เก็บที่มืด 4°C	7 วัน	28 วัน
คาร์บอนไดออกไซด์	P,G	100	วิเคราะห์ทันที	-	-
ซีโอดี	P,G	100	วิเคราะห์ทันที หรือปรับ pH <2 ด้วยกรดซัลฟูริก เก็บที่มืด 4°C	7 วัน	28 วัน
คลอโรฟิลล์	P,G	500	ที่มืด 0°C	30 วัน	-
ความกระด้าง	P,G	100	ปรับ pH <2 ด้วยกรดไนตริก	6 เดือน	6 เดือน
โลหะทั่วไป	P(A),G(A)	200	ปรับ pH <2 ด้วยกรดไนตริก (กรองทันทีถ้าเป็นโลหะละลาย น้ำ)	6 เดือน	6 เดือน
ปรอท	P(A),G(A)	500	ปรับ pH <2 ด้วยกรดไนตริก เก็บที่มืด 4°C	28 วัน	28 วัน
ไนโตรเจน -แอมโมเนีย	P,G	500	วิเคราะห์ทันที หรือปรับ pH <2 ด้วยกรดซัลฟูริก เก็บที่มืด 4°C	7 วัน	28 วัน
-ไนโตรท์	P,G	100	วิเคราะห์ทันที หรือเก็บที่มืด -20°C หรือเติมเมอร์คิวริกคลอ ไรด์ 40 mg/L	-	2 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางสรุปการเก็บและการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ (ต่อ)

ปัจจัย	ภาชนะ <sup>1</sup>	ปริมาตร <sup>2</sup> (mL)	การเก็บรักษา	ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง	
				แนะนำ <sup>3</sup>	สูงสุด <sup>4</sup>
-ไนเตรท	P,G	100	ปรับ pH 2 ด้วยกรดซัลฟูริก เก็บที่ มีด 4°C	2 วัน	2 วัน
-อินทรีย์ไนโตรเจน	P,G	500	ปรับ pH <2 ด้วยกรดซัลฟูริก เก็บที่ มีด 4°C	7 วัน	28 วัน
สารประกอบอินทรีย์ -ยาปราบศัตรูพืช	G(S)	-	ที่มีด 0°C (เติม Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 100 mg/L ถ้ามีคลอรีนตกค้าง)	7 วัน	7 วัน
ออกซิเจนละลายน้ำ -วัดโดยอิเล็กโทรด -วัดโดยการไตเตรท	G ขวดบีโอดี	300 300	วิเคราะห์ทันที การไตเตรท ยึดเวลาได้บ้าง หลังจากใส่กรด	- 8 ชม.	1 ชม. 8 ชม.
พีเอช (pH)	P,G	-	วิเคราะห์ทันที	2 ชม.	2 ชม.
ฟอสเฟต	G(A)	100	-10°C (ถ้าเป็นฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ให้กรองทันที)	2 วัน	2 วัน
ซัลเฟต	P,G	100	ที่มีด 4°C	28 วัน	28 วัน
ซัลไฟด์	P,G	100	เติม 2N zinc acetate 4 หยด/100 mL เก็บที่มีด 4°C	28 วัน	28 วัน
อุณหภูมิ	P,G	-	วิเคราะห์ทันที	-	-
ความขุ่น	P,G	-	ที่มีด	24 ชม.	24 ชม.

หมายเหตุ: <sup>1</sup>ภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่าง P = ขวดโพลีเอทิลีน G = ขวดแก้ว  
G(A), P(A) = ขวดแก้วและขวดโพลีเอทิลีนที่ล้างด้วยกรดไนไตริกเข้มข้น 50 %  
(B) = ขวดแก้วที่ทำจาก Borosilicate  
G(S) = ขวดแก้วที่ล้างด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

<sup>2</sup>ปริมาตรต่ำสุดของตัวอย่าง

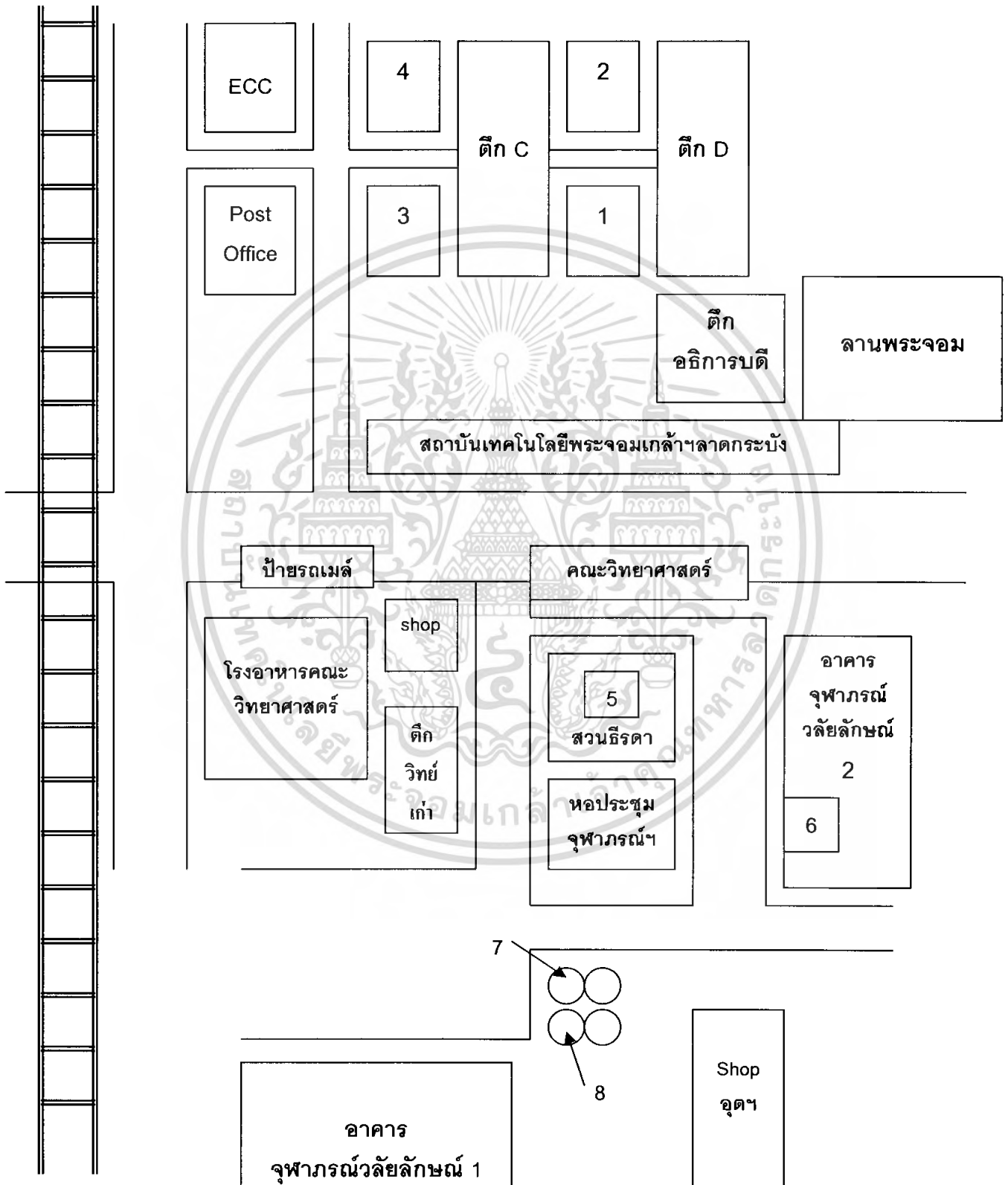
<sup>3</sup>ระยะเวลาที่ควรเก็บ

<sup>4</sup>ระยะเวลาสูงสุดที่เก็บตัวอย่างไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

## แผนผังจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

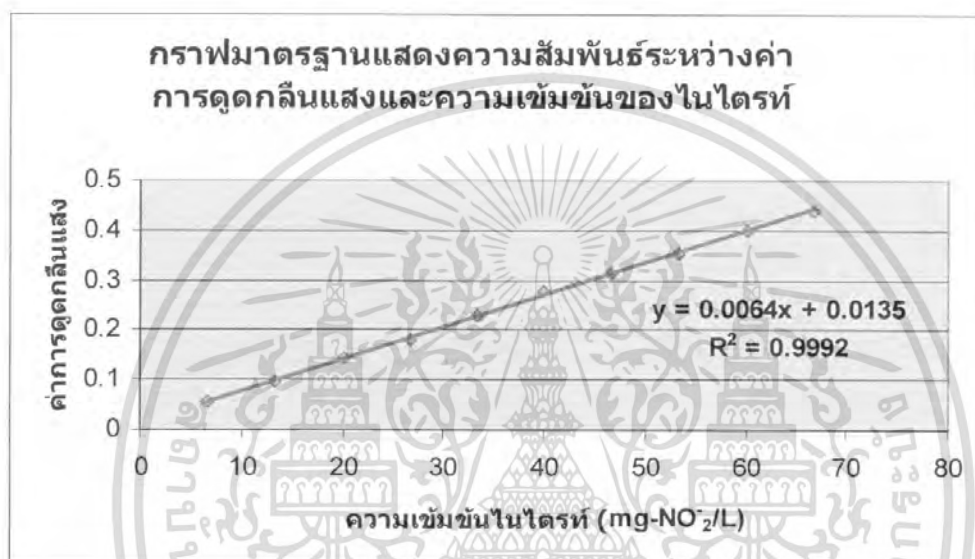


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

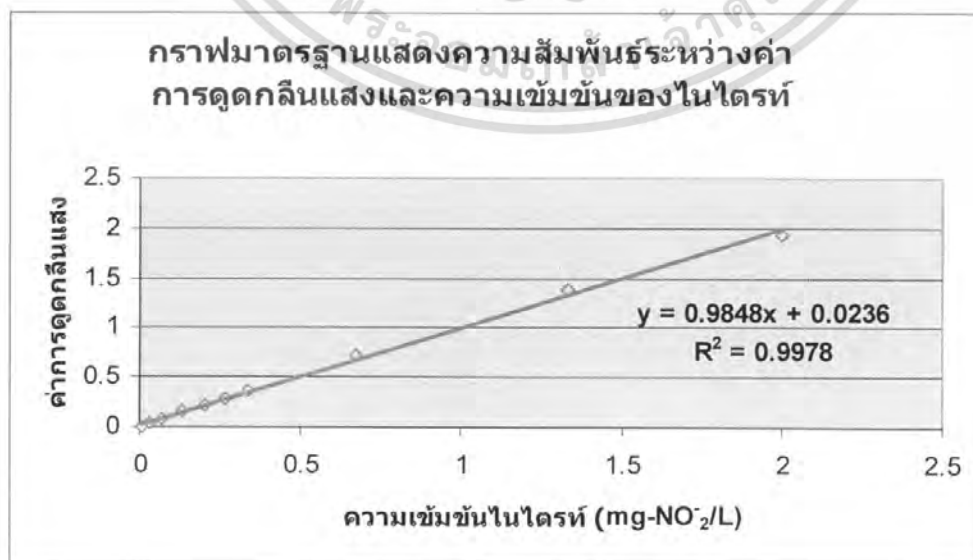
## ภาคผนวก ง

## ตัวอย่างกราฟมาตรฐาน

ตัวอย่างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของไนไตรท์ (วิธีที่พัฒนาขึ้น)



ตัวอย่างกราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของไนไตรท์ (วิธีมาตรฐาน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

## แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ทดลองได้

ตารางที่ 1 ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้นไนไตรท์ (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	ความเข้มข้นไนไตรท์ (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /1mL)	%error
น้ำ 1(1)	0.244	35.7581	0.3576	7.2206
น้ำ 1(2)	0.246	36.0806	0.3608	8.1878
น้ำ 1(3)	0.222	31.9545	0.3195	-4.1843
น้ำ 1(4)	0.248	35.8939	0.3589	7.6280
น้ำ 1(5)	0.247	35.7424	0.3574	7.1737
น้ำ 2(1)	0.258	38.0161	0.3802	13.9914
น้ำ 2(2)	0.262	38.6613	0.3866	15.9259
น้ำ 2(3)	0.219	31.5000	0.3150	-5.5472
น้ำ 2(4)	0.244	35.2879	0.3529	5.8107
น้ำ 2(5)	0.246	35.5909	0.3559	6.7194
น้ำ 3(1)	0.240	35.1129	0.3511	5.2861
น้ำ 3(2)	0.241	35.2742	0.3527	5.7697
น้ำ 3(3)	0.221	31.8030	0.3180	-4.6386
น้ำ 3(4)	0.253	36.6515	0.3665	9.8996
น้ำ 3(5)	0.251	36.3485	0.3635	8.9910
น้ำ 4(1)	0.245	35.9194	0.3592	7.7042
น้ำ 4(2)	0.247	36.2419	0.3624	8.6715
น้ำ 4(3)	0.220	31.6515	0.3165	-5.0929
น้ำ 4(4)	0.245	35.4394	0.3544	6.2650
น้ำ 4(5)	0.246	35.5909	0.3559	6.7194

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำเสีย โดยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้นไนโตรเจน (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /1mL)	%error
น้ำ 1(1)	0.364	0.3342	0.2099
น้ำ 1(2)	0.383	0.3536	6.0274
น้ำ 1(3)	0.370	0.3369	1.0291
น้ำ 1(4)	0.372	0.3390	1.6457
น้ำ 1(5)	0.380	0.3472	4.1120
น้ำ 2(1)	0.363	0.3332	-0.0908
น้ำ 2(2)	0.372	0.3424	2.6624
น้ำ 2(3)	0.368	0.3349	0.4125
น้ำ 2(4)	0.369	0.3359	0.7208
น้ำ 2(5)	0.380	0.3472	4.1120
น้ำ 3(1)	0.373	0.3434	2.9683
น้ำ 3(2)	0.366	0.3363	0.8270
น้ำ 3(3)	0.370	0.3369	1.0291
น้ำ 3(4)	0.372	0.3390	1.6457
น้ำ 3(5)	0.374	0.3410	2.2623
น้ำ 4(1)	0.375	0.3454	3.5801
น้ำ 4(2)	0.379	0.3495	4.8037
น้ำ 4(3)	0.379	0.3462	3.8037
น้ำ 4(4)	0.374	0.3410	2.2623
น้ำ 4(5)	0.370	0.3369	1.0291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้นไนโตรท์ (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L)	ความเข้มข้นไนโตรท์ (mg-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /1mL)	%error
น้ำ 5(1)	0.215	31.4844	0.3148	-5.5940
น้ำ 5(2)	0.218	31.2063	0.3121	-6.4277
น้ำ 5(3)	0.235	33.9048	0.3390	1.6636
น้ำ 5(4)	0.218	34.0952	0.3409	2.2346
น้ำ 5(5)	0.220	34.4127	0.3441	3.1865
น้ำ 6(1)	0.220	32.2656	0.3226	-3.2516
น้ำ 6(2)	0.214	30.5714	0.3057	-8.3315
น้ำ 6(3)	0.244	35.3333	0.3533	5.9470
น้ำ 6(4)	0.207	32.3492	0.3235	-3.0009
น้ำ 6(5)	0.213	33.3016	0.3330	-0.1452
น้ำ 7(1)	0.215	31.4844	0.3148	-5.5940
น้ำ 7(2)	0.218	31.2063	0.3121	-6.4277
น้ำ 7(3)	0.239	34.5397	0.3454	3.5673
น้ำ 7(4)	0.203	31.7143	0.3171	-4.9047
น้ำ 7(5)	0.205	32.0317	0.3203	-3.9528
น้ำ 8(1)	0.219	32.1094	0.3210	-3.7199
น้ำ 8(2)	0.219	31.3651	0.3137	-5.9518
น้ำ 8(3)	0.246	35.6508	0.3565	6.8989
น้ำ 8(4)	0.200	31.2381	0.3124	-6.3325
น้ำ 8(5)	0.207	32.3492	0.3235	-3.0009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำสะอาด โดยวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง	ความเข้มข้นไนไตรท์ (mg-NO <sub>2</sub> /1mL)	%error
น้ำ 5(1)	0.369	0.3529	5.8294
น้ำ 5(2)	0.365	0.3516	5.4404
น้ำ 5(3)	0.365	0.3516	5.4404
น้ำ 5(4)	0.405	0.3873	16.1280
น้ำ 5(5)	0.406	0.3883	16.4324
น้ำ 6(1)	0.386	0.3702	11.0172
น้ำ 6(2)	0.378	0.3653	9.4919
น้ำ 6(3)	0.359	0.3453	3.5508
น้ำ 6(4)	0.397	0.3792	13.6921
น้ำ 6(5)	0.399	0.3812	14.3011
น้ำ 7(1)	0.386	0.3702	11.0172
น้ำ 7(2)	0.380	0.3674	10.1644
น้ำ 7(3)	0.357	0.3432	2.9209
น้ำ 7(4)	0.403	0.3853	15.5190
น้ำ 7(5)	0.408	0.3903	17.0414
น้ำ 8(1)	0.377	0.3611	8.2707
น้ำ 8(2)	0.377	0.3642	9.2196
น้ำ 8(3)	0.367	0.3537	6.0703
น้ำ 8(4)	0.414	0.3964	18.8683
น้ำ 8(5)	0.417	0.3995	19.7817

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก จ

### ตัวอย่างการคำนวณปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีมาตรฐาน

#### วิธีการคำนวณ

เริ่มต้น ใส่สารละลายไนโตรเจนที่มีความเข้มข้น 667 ppm ลงในขวดวัดปริมาตร นั่นคือ

ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 667 มิลลิกรัม

ถ้าในสารละลาย 0.5 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.3335 มิลลิกรัม

#### คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีที่พัฒนาขึ้น

เมื่อเติมสารละลายไนโตรเจนที่มีความเข้มข้น 667 ppm ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับปริมาตรแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตเมทรี ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 31.4844 ppm นั่นคือ

ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 31.4844 มิลลิกรัม

ถ้าในสารละลาย 10 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.3148 มิลลิกรัม

แสดงว่าในสารละลาย 10 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.3148 มิลลิกรัม ซึ่งในสารละลาย 10 มิลลิลิตรมีตัวอย่างน้ำอยู่ 1 มิลลิลิตร ดังนั้นจึงถือได้ว่าน้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.3148 มิลลิกรัม

เริ่มต้นในสารละลายมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.3335 มิลลิกรัมเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงพบว่าปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.3148 มิลลิกรัม

ถ้าในสารละลายมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 100 มิลลิกรัมเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงพบว่าปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 94.3928 มิลลิกรัม

ดังนั้น ค่า %Recovery จะเท่ากับ 94.3928%

#### คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำโดยวิธีมาตรฐาน

เมื่อเติมสารละลายไนโตรเจนที่มีความเข้มข้น 667 ppm ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร นำไปปรับปริมาตรแล้วเปิดออกมา 0.5 มิลลิลิตรใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร นำไปปรับปริมาตรแล้วเติมน้ำยาซัลฟานิลลาไมด์และเติมน้ำยาเอ็นอีดีอย่างละ 1 มิลลิลิตรจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตเมทรี ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 0.3529 ppm นั่นคือ

ในสารละลาย 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.3529 มิลลิกรัม

ถ้าในสารละลาย 50 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 0.0176 มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าในสารละลาย 50 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.0176 มิลลิกรัม ซึ่งในสารละลาย 50 มิลลิลิตรมีตัวอย่างน้ำอยู่ 0.5 มิลลิลิตร ดังนั้นจึงถือได้ว่าน้ำตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร มีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.0176 มิลลิกรัม

ในสารละลาย 0.5 มิลลิลิตร มีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.0176 มิลลิกรัม

ถ้าในสารละลาย 10 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.3529 มิลลิกรัม

แสดงว่าในสารละลาย 10 มิลลิลิตร จะมีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.3529 มิลลิกรัม ซึ่งในสารละลาย 10 มิลลิลิตรมีตัวอย่างน้ำอยู่ 1 มิลลิลิตร ดังนั้นจึงถือได้ว่าน้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตรมีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.3529 มิลลิกรัม

เริ่มต้นในสารละลายมีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.3335 มิลลิกรัมเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงพบว่ามีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 0.3529 มิลลิกรัม

ถ้าในสารละลายมีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 100 มิลลิกรัมเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงพบว่ามีปริมาณไนไตรท์เท่ากับ 105.8171 มิลลิกรัม

ดังนั้น ค่า %Recovery จะเท่ากับ 105.8171%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้