

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในน้ำเสีย
ด้วยวิธีดีฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมตรี



T107851



นายชูเกียรติ วรพจน์พนมกร
นางสาววิสาข์ มานะสมบูรณ์พันธ์

รฟ.
รฟ 64 รฟ
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....107851
วัน,เดือน,ปี.....ร.ล.ย. 2553

b. 1221562A
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Determination of Nitrate and Nitrite in Discharge Water by Differential Pulse Voltammetric Analysis



Mr. Chukiat Vorapojpanomkorn
Miss Wisa Manasomboonphan

**A Special Project submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for
the Degree of Bachelor of Science**

Major in Industrial Chemistry – Analytical Instrumentation

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

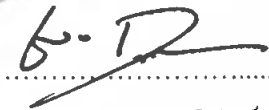
Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในน้ำเสียด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี
นักศึกษา นายชูเกียรติ วรพจน์พนมกร 47050839
 นางสาววิสาข์ มานะสมบุญพันธ์ 47050861
ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา เคมีอุตสาหกรรม-เครื่องมือวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2550
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

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


 (ผศ.ดร.ชตอ จารุสุทธิรักษ์)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ	การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในน้ำเสียด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลเทมเมทรี		
นักศึกษา	นายชูเกียรติ	วรพจน์พนมกร	47050839
	นางสาววิสาข์	มานะสมบุรณ์พันธ์	47050861
ภาควิชา	เคมี คณะวิทยาศาสตร์		
สาขาวิชา	เคมีอุตสาหกรรม – เครื่องมือวิเคราะห์		
ปีการศึกษา	2550		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล		

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณของไนไตรต์ในน้ำเสียด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โดยการป้อนศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง -800 mV พบว่าสามารถวัดศักย์พีคได้ที่ $-600 \text{ mV} \pm 50 \text{ mV}$ ความสัมพันธ์เชิงเส้นของกราฟการเติมสารมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากกว่า 0.9995 สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้ค่า %RSD มีค่าอยู่ในช่วง 0.1384-34.7448 % มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.002-0.0443 มีค่า LOD = 0.0077 ppm. และ LOQ = 0.0254 ppm. สำหรับการวิเคราะห์ไนเตรตด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลเทมเมทรี โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนเตรดที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 และ 5.0 ppm. และป้อนศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง -350 mV พบว่าสามารถวัดศักย์พีคได้ที่ $-100 \text{ mV} \pm 50 \text{ mV}$ ความสัมพันธ์เชิงเส้นของกราฟมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากกว่า 0.9954 สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้ค่า %RSD มีค่าอยู่ในช่วง 0.0164-3.0477 % มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่อยู่ในช่วง 0.0002-0.0172 มีค่า LOD = 0.030938 ppm. และ LOQ = 1.02095 ppm. ผลการศึกษา แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณไนไตรต์ด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน เป็นวิธีที่สามารถนำไปใช้ได้ แต่สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณของไนเตรตโดยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลเทมเมทรีโดยการสร้างกราฟมาตรฐาน เป็นวิธีที่ยู่ยากกว่า

Special Project Title Determination of Nitrate and Nitrite in Discharge Water By
Differential Pulse Voltammetric Analysis

Name Mr.Chukiat Vorapojpanomkorn 47050839
Miss Wisa Manasomboonphan 47050861

Department Chemistry

Program Industrail Chemistry – Analytical Instrumentation

Academic Year 2007

Special Project Advisor Assoc. Prof. Arunee Kongsakphaisal

ABSTRACT

The determination of nitrite and nitrate in discharge water has been studied. To determine nitrite in water sample by Differential pluse voltammetry method using 10 ppm. Sodium nitrite solution ,peak potential was -600 ± 50 mV, the coefficient of determination of standard addition curve was more 0.9995 ,%RSD was 0.1384 – 34.7448 % ,LOD was 0.0077 ppm. and LOQ was 0.0254 ppm. To determine notrate in water sample by Differential pluse voltammetry method using 100 ppm. Sodium nitrate solution, peak potential was -100 ± 50 mV, hthe correlation coefficient of standard curve was 0.9954 ,%RSD was 0.0002 – 0.0172 % ,LOD was 0.30938 ppm. and LOQ was 1.02095 ppm. The studies indicated that the method use determination for determine of nitrite in the water as a quality control tool but that method for determine of nitrate in the water as not well.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปด้วยดีในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากความร่วมมือและความกรุณาของทุกท่าน ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และคณะกรรมการ ที่กรุณาตรวจสอบดูแลและเอาใจใส่เป็นอย่างดีจนโครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณสุภัทร บานเย็น ที่กรุณาให้ความรู้ในการใช้เครื่อง VA Trace Analyzer และมอบความกรุณา ความเมตตาในทุกๆเรื่อง เพื่อให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องธุรการ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการภาควิชาเคมี รวมทั้งแม่บ้านที่คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในทุกๆด้าน

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพยิ่ง ญาติ พี่น้อง และเพื่อนฯ รวมถึงรุ่นพี่รุ่นน้อง ทุกๆคนที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือในทุกๆด้านจนโครงการนี้สำเร็จในที่สุด

นายชูเกียรติ วรพจน์พนมกร
นางสาววิสาข์ มานะสมบุญพันธ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ไนไตรต์และไนเตรดในน้ำ.....	3
2.2 ความเป็นพิษของของไนเตรดและไนไตรต์.....	4
2.3 ทฤษฎีและหลักการของโวลแทมเมทรี.....	5
2.4 ปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องในการทดลอง.....	14
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	17
3.1 สารเคมี.....	17
3.2 ตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย.....	17
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ในงานวิจัย.....	18
3.4 การดำเนินงานวิจัย.....	19
3.4.1 การเตรียมสารละลาย Supporting electrolyte.....	19
3.4.2 การเตรียมสารละลายโคเฟนิลเอมีน.....	19
3.4.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 1000 ppm.....	19
3.4.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm.....	19
3.4.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรด เข้มข้น 1000 ppm.....	19
3.4.6 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรด เข้มข้น 100 ppm.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4.7 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์.....	20
3.4.7.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของไนไตรต์ในการวิเคราะห์.....	20
3.4.7.2 การศึกษาศักย์ของพีค (Peak Potential).....	20
3.4.7.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของไนเตรตในการวิเคราะห์.....	21
3.4.7.4 การศึกษาศักย์พีค (Peak Potential).....	21
3.4.8 การตรวจวัดปริมาณไนไตรต์ในตัวอย่างด้วยวิธี Differential pulse voltammetry โดยเทคนิค Standard addition.....	21
3.4.8.1 เทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน (standard addition).....	21
3.4.8.2 การศึกษาขีดจำกัดการวัด (Detector of limit) และขีดจำกัดเชิงปริมาณ (Detector of quantitative).....	21
3.4.9 การตรวจวัดปริมาณ ไนเตรตในตัวอย่างด้วยวิธี Differential pulse voltammetry.....	22
3.4.9.1 การศึกษาขีดจำกัดการวัด (Detector of limit) และขีดจำกัดเชิงปริมาณ (Detector of quantitative).....	22
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	23
4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์.....	23
4.1.1 ศึกษาศักย์พีค (Peak potential) ที่ให้ค่ากระแสของไนไตรต์.....	23
4.1.2 ศึกษาศักย์พีค (Peak potential) ที่ให้ค่ากระแสของไนเตรต.....	24
4.2 การศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์.....	25
4.2.1 ขีดจำกัดการตรวจพบ (Detection of limit) และขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิง ปริมาณ (Quantitation of limit).....	25
4.2.2 ปริมาณของไนไตรต์ และไนเตรตในตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์ได้ โดยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลแทมเมทรี.....	26
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	28
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	28
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	28
บรรณานุกรม.....	29

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก แสดงสัญญาณของไนโตรที่บันทึกโดยวิธีดีฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	31
ภาคผนวก ข ตารางแสดงสัญญาณที่วัดได้จากน้ำตัวอย่าง.....	43
ภาคผนวก ค แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตร (NO_2^-) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดีฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	51
ภาคผนวก ง แสดงสัญญาณของไนเตรตที่บันทึกโดยวิธีดีฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี.....	63
ภาคผนวก จ ตารางแสดงสัญญาณที่วัดได้จากน้ำตัวอย่างและกราฟมาตรฐานของสารละลาย มาตรฐานโซเดียมไนเตรต (NaNO_3) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดีฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี.....	73
ภาคผนวก ฉ การคำนวณปริมาณความเข้มข้นของไนโตร และไนเตรตในสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตร และ โซเดียมไนเตรต.....	76
ภาคผนวก ช สูตรสำหรับการคำนวณ.....	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงสถานะเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี Differential pulse voltammetry โดยเทคนิค Standard addition.....	21
4.1 แสดงค่าศักย์พีกของ NO_2^- โดยทำการวัดดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมโมแกรม.....	23
4.2 แสดงค่าศักย์พีกของ NO_3^- โดยทำการวัดดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมโมแกรม.....	24
4.3 แสดงค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (Detection of limit) และขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Quantitation of limit) ของการวิเคราะห์ที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของการหาปริมาณของไนไตรต์และไนเตรตในระดับ ppm.....	25
4.4 แสดงปริมาณของไนไตรต์ในตัวอย่างน้ำ 10 ตัวอย่างที่ได้จากการวัด โดยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรีร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	26
4.5 แสดงปริมาณของไนเตรตในตัวอย่างน้ำที่ได้จากการวัด โดยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี.....	26
ข.1 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดสารละลายแบบลงค์ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL.....	44
ข.2 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองวัด 4 ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL. ครั้งที่ 1.....	44
ข.3 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองวัด 4 ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL. ครั้งที่ 2.....	44
ข.4 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL. ครั้งที่ 1.....	45
ข.5 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL. ครั้งที่ 2.....	45
ข.6 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากแยกเข้คลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL. ครั้งที่ 1.....	45
ฉ.1 แสดงการคำนวณหาค่า $S_{y/x}$ ของไนไตรต์จากกราฟมาตรฐานของไนไตรต์.....	78
ฉ.2 แสดงการคำนวณหาค่า $S_{y/x}$ ของไนไตรต์จากกราฟมาตรฐานของไนเตรต.....	79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.7 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากแยกเข้าคลอง ลาดกระบังด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	46
ข.8 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากกลางคลอง ลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	46
ข.9 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากกลางคลอง ลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	46
ข.10 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลอง ภายในสนามบิน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	47
ข.11 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลอง ภายในสนามบินด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	47
ข.12 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลอง ท้ายสนามบิน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	47
ข.13 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลอง ท้ายสนามบิน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	48
ข.14 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลอง ท้ายสนามบิน(ลาดกระบัง) ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	48
ข.15 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลอง ท้ายสนามบิน(ลาดกระบัง) ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	48

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.16 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคั้งน้ำมัน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	49
ข.17 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคั้งน้ำมัน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	49
ข.18 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากโรงสูบน้ำคลอง ลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	49
ข.19 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากโรงสูบน้ำคลอง ลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	50
ข.20 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายใน ลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	50
ข.21 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายใน ลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	50
จ.1 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไนเตรด (NaNO_3) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี.....	74
จ.2 แสดงสัญญาณที่วัดน้ำตัวอย่าง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธี ดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี.....	75

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้วไฟฟ้าช่วยเพลตตินัม.....	6
2.2 ขั้วไฟฟ้าแบบดิสก์.....	7
2.3 ขั้วไฟฟ้าแบบปรอทหยด.....	8
4.1 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างกระแสไฟฟ้าที่วัดได้กับความเข้มข้นของไนไตรต์.....	27
4.2 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างกระแสไฟฟ้าที่วัดได้กับความเข้มข้นของไนเตรต.....	27
ก.1 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดสารละลาย เบลงค์ โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	32
ก.2 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก คลองวัด 4 โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	33
ก.3 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก คลองลาดกระบัง โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	34
ก.4 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก แยกเข้าคลองลาดกระบัง โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	35
ก.5 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก กลางคลองลาดกระบัง โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	36
ก.6 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก คลองภายในสนามบิน โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	37
ก.7 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก คลองท้ายสนามบิน โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	38
ก.8 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก คลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	39
ก.9 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก คลังน้ำมัน โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	40
ก.10 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากโรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	41
ก.11 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากคลองภายในลาดกระบัง โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.1 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากแหล่งที่ ได้จากการวัดด้วยวิธี ดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL	52
ก.2 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำคลองวัด4 ที่ได้จาก การวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	52
ก.3 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำคลองวัด4 ที่ได้ จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติม สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	53
ก.4 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำคลองลาดกระบังที่ ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติม สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	53
ก.5 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำคลองลาดกระบังที่ ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติม สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	54
ก.6 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำแยกเข้าคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	54
ก.7 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำแยกเข้าคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	55
ก.8 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำกลางคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	55
ก.9 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำกลางคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	56

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.10 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	56
ก.11 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	57
ก.12 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	57
ก.13 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสาร ละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	58
ก.14 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับ เทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	58
ก.15 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับ เทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	59
ก.16 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคั่งน้ำมัน ที่ได้จากการวัดด้วย วิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไน ไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	59
ก.17 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคั่งน้ำมัน ที่ได้จากการวัดด้วย วิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียม ไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก.18 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำโรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	60
ก.19 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำโรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	61
ก.20 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1.....	61
ก.21 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO ₂) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2.....	62
ง.1 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลาย แบลงค์	64
ง.2 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนเตรดเข้มข้น 0.5 ppm.	65
ง.3 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนเตรดเข้มข้น 1.0 ppm.	66
ง.4 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนเตรดเข้มข้น 2.0ppm.	67
ง.5 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนเตรดเข้มข้น 3.0 ppm.	68
ง.6 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลาย มาตรฐาน โซเดียมไนเตรดเข้มข้น 5.0ppm.....	69
ง.7 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากที่กั้นน้ำนิคมลาดกระบัง.....	70
ง.8 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากคลองหน้าโรงงานจอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน.....	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ง.9 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของ ในเทรตที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากคลองหน้าโรงงานยูนิเวอร์.....	72
จ.1 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนเตรต(NaNO_3) ที่ได้จากการวัดด้วย วิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล พลัส โวลแทมเมทรี.....	74



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการพิเศษ

น้ำ เป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตน้ำถูกนำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค และน้ำเมื่อใช้แล้วก็จะถูกปล่อยทิ้ง ออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติอีกครั้งหนึ่งระบบหมุนเวียนดังกล่าว ได้ก่อให้เกิดปัญหาขึ้น เมื่อถูกนำมาใช้ในครัวเรือนการเกษตร และการอุตสาหกรรม ในอัตราสูงและถูกปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำในลักษณะ ของน้ำเสียที่มีปริมาณมากเกินขีดความสามารถที่แหล่งน้ำธรรมชาติจะปรับตัวได้ทัน ทำให้น้ำมีคุณภาพเลวลงและในที่สุดก็กลายเป็นน้ำเน่าเสียสิ่งมีชีวิตที่เคยอาศัยอยู่ในน้ำก็ไม่อาจดำรงชีวิต อยู่ต่อไปได้อีก

การบำบัดน้ำเสียโดยเคมี เป็นขบวนการบำบัดที่ต้องการแยกหรือกำจัดสารเคมี หรือสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียที่บำบัดโดยทางกายภาพ หรือชีวภาพได้ยากหรือไม่ได้เลย เช่น โลหะหนัก สารพิษ สภาพความเป็นกรด ค่างสูงๆ การฆ่าเชื้อโรค เป็นต้น ในขบวนการบำบัดน้ำเสีย อาจมีขั้นตอนการบำบัดโดยเคมี ในขั้นตอนสุดท้ายเพื่อทำให้น้ำใสสะอาดและปราศจากเชื้อโรค สามารถนำน้ำที่ผ่านการบำบัดโดยวิธีนี้ไปใช้สำหรับบริโภคได้

ไนเตรตและไนไตรต์เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายและเป็นพิษต่อร่างกายถึงชีวิตได้ ถ้าได้รับในปริมาณมาก คือ ไนไตรต์สามารถไปออกซิไดซ์ฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ทำให้เม็ดเลือดแดงหมดสภาพในการลำเลียงออกซิเจนได้อีกและช่วยก่อให้เกิดสารไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogen) โดยปริมาณของโซเดียมไนเตรต (หรือโพแทสเซียมไนเตรต) และโซเดียมไนไตรต์ (หรือโพแทสเซียมไนไตรต์) จากความเป็นพิษของสารประกอบไนเตรตและไนไตรต์ในน้ำเสีย จึงทำให้คณะผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของการศึกษาการตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ซึ่งวิธีที่ใช้นี้เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายสะดวก รวดเร็ว และให้ผลที่น่าเชื่อถือได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อที่สามารถตรวจวัดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ได้อย่างง่ายสะดวกและให้ผลในเวลาอันรวดเร็ว
2. เพื่อให้ได้ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่มีประสิทธิภาพและใช้งานได้จริง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ผลที่มีความเที่ยงและความแม่นยำ
2. ทราบปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในน้ำเสีย เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดระบบการบำบัดน้ำเสียในแต่ละโรงงาน

1.4 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ตัวอย่าง
2. นำเทคนิคมาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไนโตรต์และไนเตรดในน้ำ

ไนโตรต์ เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารแอมโมเนียถ้าพบในน้ำมีไนโตรต์แสดงว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังไม่เสร็จสิ้นสมบูรณ์ แต่สำหรับในน้ำประปาไม่ควรมีสารไนโตรต์อยู่ในน้ำประปาเลยแม้แต่น้อยเพราะไม่ควรมีสารอินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในน้ำประปาตามมาตรฐานของการประปาฯ ซึ่งได้กำหนดให้มีค่าไนโตรต์ในโตรเจน ไม่เกิน 0.001 มก./ลิตร ของไนโตรเจน

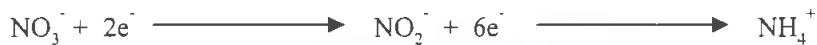
ไนเตรด เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารไนโตรต์ ซึ่งเกิดมาจากสารแอมโมเนีย ถ้าพบว่ามีสารไนเตรดในน้ำแสดงว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำได้ถูกย่อยสลายจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ และโดยทั่วไปจะไม่มีผลอันตรายต่อสุขภาพถ้าในน้ำมีสารไนเตรดอยู่เกินกว่า 45 มก./ลิตร ของ NO_3 หรือ 10 มก./ลิตร ของ N น้ำประปานั้นจะเป็นอันตรายต่อเด็กทารก โดยสารไนเตรดจะทำให้เกิดอาการตัวเขียวตัวคล้ำและชัก ทำให้เสียชีวิตได้ (Blue baby หรือ Methemoglobinemia) ปัญหานี้แนะนำให้พิจารณาน้ำประปาที่ใช้ในโรงพยาบาล ซึ่งนำน้ำจากแม่น้ำที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนมา คาดว่าจะมีปริมาณไนเตรดมากและไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยวิธีผลิตน้ำประปาทั่วไป

วัฏจักรของไนโตรเจน

ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนรูปอยู่เสมอ จากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์หรืออยู่ในรูปก๊าซและมีการเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างสารต่างๆ เหล่านี้ตลอดเวลา โดยมีจุลินทรีย์บางชนิดเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการเปลี่ยนรูปนั้นๆ ก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศจะรวมกับไฮโดรเจนโดยกระบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งจะเกิดโดยกรรมวิธีทางโรงงานอุตสาหกรรม หรือโดยการตรึงของจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้เปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจน ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต เมื่อสัตว์กินพืชก็จะได้รับสารประกอบไนโตรเจนจากพืชภายหลังที่พืชและสัตว์ตายลง เกิดการสลายตัวของซากพืชซากสัตว์พร้อมกับการปล่อยสารประกอบไนโตรเจนออกมาซึ่งถูกย่อยสลายไปเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย (NH_3) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นเหล่านี้พืชอาจนำไปใช้หรือถูกออกซิไดส์โดยจุลินทรีย์บางชนิด ในกระบวนการไนตริฟิเคชันให้เป็นพวกไนเตรด ซึ่งไนเตรดละลายน้ำได้ดีพืชจะดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย โดยกระบวนการรีดิวซ์ไนเตรด ซึ่งไนเตรดบางส่วนจะถูกชะล้างไปไหลลงสู่ดินชั้นล่างหรือแม่น้ำลำคลองซึ่งอาจถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจนหรือไนตรัสออกไซด์กระบวนการต่างๆ ดังกล่าวเรียกว่า วัฏจักรไนโตรเจน

ไนเตรดที่พืชดูดขึ้นไปส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการสร้างสารประกอบอินทรีย์หลายชนิด ส่วนที่เหลือยังคงเป็นไนเตรดไอออนที่สะสมอยู่ในเซลล์พืชนั้น ถ้าสภาพแวดล้อมในดินเหมาะสมแก่การสะสมไนเตรด พืชจะดูดไนเตรดจากดินเข้าไปมาก และถ้าพืชมีความสามารถในการเปลี่ยนไนเตรดให้เป็นอินทรีย์สารได้น้อยหรือสภาพแวดล้อมไม่อำนวยก็จะมีไนเตรดสะสมอยู่ในพืชมากขึ้น

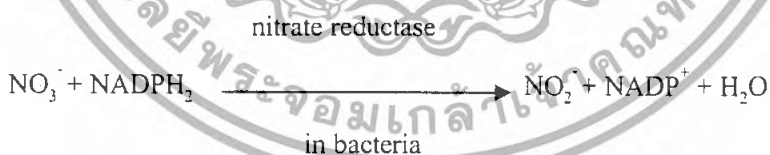
สำหรับขั้นตอนที่ไนเตรดเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งต่อไปจะกลายเป็นโปรตีนในพืชนั้น เกี่ยวข้องกับเอนไซม์หลายชนิด เช่น ไนเตรดรีดักเตส (Nitrate reductase) และไนไตรต์รีดักเตส (Nitrite reductase)



ในกระบวนการดังกล่าว ถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรดเร็วกว่ากระบวนการรีดักชันของไนไตรต์ จะทำให้ไนไตรต์สะสมอยู่ในพืช ซึ่งไนไตรต์จะเป็นพิษกับเซลล์ของพืชมาก ในทางตรงกันข้ามถ้ากระบวนการรีดักชันของไนเตรดเกิดขึ้น ทำให้ไนเตรดสะสมในพืชมากขึ้น

2.2 ความเป็นพิษของไนเตรดและไนไตรต์

สารที่เป็นพิษโดยตรงต่อร่างกายคือไนไตรต์ แต่ไนเตรดก็มีโอกาสเปลี่ยนไปเป็นไนไตรต์ได้ด้วยกระบวนการรีดักชัน ทั้งก่อนการบริโภคและหลังจากที่อาหารเข้าสู่ระบบทางเดินอาหารแล้ว ซึ่งไนเตรดเมื่อถูกรีดิวซ์จะได้ไนไตรต์ โดยที่ไนเตรดในสถานะแวดล้อมต่างๆ ไปในอาหารจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นไนไตรต์โดยจุลินทรีย์บางชนิด ดังสมการ



ถ้าบริโภคไนเตรดและไนไตรต์ในปริมาณที่สูงเกินกว่ากำหนด จะทำให้มีความเสี่ยงในการได้รับอันตรายจากการเป็นพิษของไนไตรต์ เพราะไนไตรต์ที่ทำให้เกิดอันตรายได้โดยตรง และโดยอ้อมต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์

อันตรายโดยตรงเรียกว่าอาการเมทฮีโมโกลบินิเมีย (methemoglobinemia) ซึ่งจะมีอาการพิษตั้งแต่เล็กน้อย คือ ตัวเขียวเนื่องจากขาดออกซิเจน (cyanosis) และอาจถึงตายได้ในทารกที่อายุต่ำกว่า 6 เดือน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทารกที่อายุต่ำกว่า 3 เดือน จะแสดงอาการพิษจากเมทฮีโมโกลบินิเมียที่รุนแรงกว่าเด็กโตและผู้ใหญ่ โดยที่อาการเมทฮีโมโกลบินิเมียเกิดเนื่องจากไนไตรต์จะออกซิไดซ์ (oxidise) Fe^{2+} ในโมเลกุลของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ไปเป็น Fe^{3+} ซึ่งกลายเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ทำให้ไม่สามารถขนส่งออกซิเจนได้ตามปกติ ซึ่งถ้ารุนแรงไปใช้

ผิวหนังของทารกจะมีสีเขียวคล้ำหรือสีเขียวน้ำเงิน จึงเรียกอาการนี้ว่า blue baby syndrome และไนโตรตยังเป็นสาเหตุของความผิดปกติในร่างกายอีกหลายอย่าง เช่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติและหอบ เป็นต้น

อันตรายโดยอ้อมของไนเตรตและไนโตรต คือ การที่ไนเตรตทำปฏิกิริยาไนโตรเซชัน (nitrosation) กับสารประกอบเอมีนทุติยภูมิ (secondary amine) เอไมด์ (amide) กวานิดีน (guanidine) และยูเรีย (urea) ได้สารประกอบ N-nitroso คือ ไนโตรซามีน (nitrosamines) และไนโตรซามิด (nitrosamides) ซึ่งสารทั้งสองเป็นสารก่อมะเร็งทั้งคู่ และพบว่าการเกิดสารไนโตรซามีนอาจเกิดจากไนตรัสออกไซด์ ที่เกิดจากการแตกตัวของไนเตรตและไนโตรต ดังนั้นการใช้ไนเตรตและไนโตรตเติมลงในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาจก่อให้เกิดสารที่ทำให้เกิดมะเร็งขึ้นได้ในผู้บริโภค

2.3 ทฤษฎีและหลักการของโวลแทมเมตรี

โวลแทมเมตรีเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมี ที่ต้องให้ศักย์ที่คงที่เข้าไปในวงจร และวัดกระแสที่เกิดขึ้น เซลล์เคมีไฟฟ้าของเทคนิคโวลแทมเมตรี จัดเป็นเซลล์อิเล็กโทรไลต์ สำหรับขั้วไฟฟ้าที่ใช้สำหรับ เทคนิคนี้จะต่างจากเทคนิคโพเทนชิอเมตรี คือ มีการใช้ขั้วไฟฟ้าช่วย (auxiliary electrode) ส่วนมากมักเป็น ขั้วไฟฟ้าช่วยแพลตินัม (platinum wire auxiliary electrode) นอกจากนี้ขั้วไฟฟ้าใช้งานสำหรับเทคนิคนี้มักเป็นขั้วไฟฟ้าจุลภาค (microelectrode) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดโพลาไรเซชันที่ขั้วไฟฟ้าใช้งาน เทคนิคที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์โดยโวลแทมเมตรี ได้แก่

- โพลารอกราฟี
- แอมแปโรเมตรี
- พัลส์โวลแทมเมตรี
- สตรีปิงโวลแทมเมตรี

ขั้วไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเทคนิคโวลแทมเมตรี

1. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ได้แก่

- ขั้วไฟฟ้าคาโทด
- ขั้วไฟฟ้าซิลเวอร์-ซิลเวอร์คลอไรด์

2. ขั้วไฟฟ้าช่วย

ทำหน้าที่ เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดี เป็นขั้วที่รับพลังงานไฟฟ้าจากขั้วไฟฟ้าอ้างอิงส่งต่อผ่านสารละลายไปยังขั้วไฟฟ้าใช้งานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารตัวอย่างที่ขั้วไฟฟ้าจุ่มอยู่โดยขั้วไฟฟ้าร่วมนี้ ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ เกิดขึ้น ตัวอย่างของขั้วไฟฟ้าช่วย เช่น ขั้วไฟฟ้าช่วย

แพลตินัม (ดังรูป)



รูปที่ 2.1 ขั้วไฟฟ้าช่วยแพลตินัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้วไฟฟ้าใช้งาน

ตามที่ได้กล่าวไว้แล้ว ขั้วไฟฟ้าใช้งานสำหรับเทคนิคโวลแทมเมตรี นิยมใช้ขั้วไฟฟ้าจุดภาคที่นิยมได้แก่ ขั้วไฟฟ้าแบบดิสก์ (disc electrode) ขั้วไฟฟ้าหยดปรอทแขวนตัว (hanging mercury drop electrode; HMDE) และขั้วไฟฟ้าหยดปรอท (dropping mercury electrode; DME)

4. ขั้วไฟฟ้าแบบดิสก์

ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้มีขนาดเล็กและใช้งานง่าย ซึ่งถูกสร้างไว้ในพลาสติกขนาดกว้างสูง (6 mm x 7.5 cm) และถูกตรึงไว้กับแผ่นดิสก์ของวัสดุที่ต่างกัน ไป เช่น ทอง แพลตินัม นิกเกิล เงิน หรือ glassy carbon เส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วไฟฟ้าแบบดิสก์มีขนาดเท่ากับ 1.6 mm หรือ 3.0 mm ขึ้นกับชนิดของวัสดุที่เลือกใช้



รูปที่ 2.2 ขั้วไฟฟ้าแบบดิสก์

จากรูป ภายในพลาสติกจะมีแท่งโลหะเล็ก ๆ สอดเข้าไปเพื่อทำการเชื่อมขั้วไฟฟ้ากับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เหมาะสม เช่น คลิปปากจระเข้ หรือ gold-plated female connector ด้านนอกของพลาสติกจะมีขีตึกอเนรูปร่างแหวนครอบไว้ เพื่อที่จะสามารถปรับระดับความลึกที่จะจุ่มขั้วไฟฟ้าชนิดนี้ลงในโวลแทมเมตรีเซลล์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

5. ขั้วไฟฟ้าหยดปรอท

ขั้วไฟฟ้าชนิดนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากปรอทมีศักย์เกินตัวของการเกิดรีดอกซ์ชั้นของไอออนไฮโดรเจนค่อนข้างสูง ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้โดยไม่ถูกรบกวนด้วยการเกิดแก๊สไฮโดรเจน นอกจากนี้ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าใหม่อยู่ตลอดเวลาเนื่องจากการสร้างหยดปรอทใหม่ ๆ ตลอดเวลาและแต่ละหยดปรอทที่เกิดขึ้นใหม่มีผลต่อการเกิดกระแสไฟฟ้าโดยไม่ถูกรบกวนจากหยดปรอทเดิม ปัจจุบันมีการนำ CGME (controlled growth mercury drop electrode) มาใช้เป็นขั้วไฟฟ้าซึ่งสามารถควบคุมขนาดของหยดปรอทแต่ละหยดโดยใช้วาล์วซึ่งตอบสนองต่อการไหลของหยดปรอทได้อย่างดี การเปิดปิดวาล์วจะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ขนาดของหยดปรอทสามารถปรับได้โดยการเปลี่ยนจำนวนของพัลส์หรือความกว้างของพัลส์ CGME แสดงได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

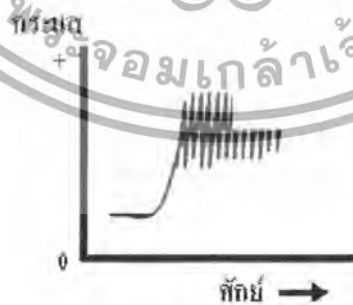
เทคนิคการวิเคราะห์ในกลุ่มโวลแทมเมตรี

1. โพลารอกราฟี (Polarography)

โพลารอกราฟี เป็นเทคนิคของกลุ่มโวลแทมเมตรี (เป็นเทคนิคแรกของการวิเคราะห์โดยโวลแทมเมตรี) ที่มีการใช้ขั้วไฟฟ้าแบบหยดปรอทเป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน เทคนิคนี้เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย และเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด

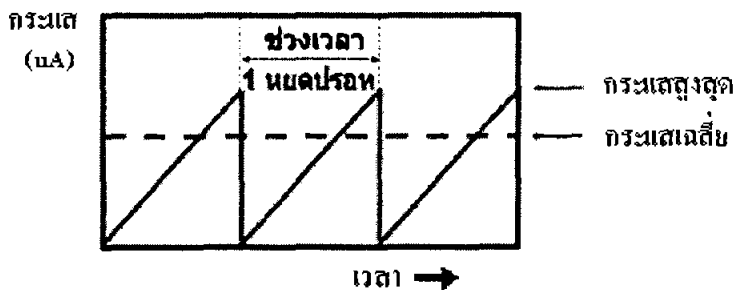
สำหรับการวิเคราะห์โดยโพลารอกราฟีนี้ สัถย์ที่ให้กับขั้วไฟฟ้าจะเป็นแบบ linear-scan นั่นคือ ให้สัถย์กับวงจรในอัตราเร็วที่คงที่หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการเพิ่มสัถย์อย่างเป็นเส้นตรงตามเวลา ดังรูป

สำหรับสัถย์ที่ให้กับวงจร จะต้องเลือกให้อยู่ในช่วงที่เฉพาะ สมมติโดยใช้ voltametric analyzer เป็นตัวควบคุม รวมถึงวัดกระแสที่เกิดขึ้นด้วย โพลาริโกราแกรมของวิธีโพลารอกราฟี แสดงได้ดังรูป



สาเหตุที่โพลาริโกราฟีที่ได้เป็นแบบพื้นเลื้อย ก็เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสระหว่างการหยดปรอทเกิดการแกว่งกวัดของกระแสขึ้น โดยกระแสเริ่มเกิดเมื่อมีการปล่อยปรอทจากปลายหลอดรูเล็กและกระแสขึ้นสูงสุด เมื่อปรอทถูกปล่อยออกมาเต็มหยดพร้อมที่จะหยดลงในสารละลาย ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



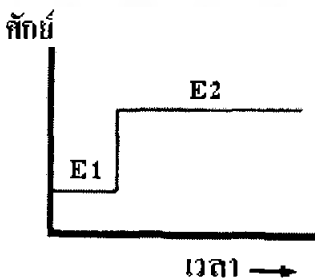
อย่างไรก็ตาม เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว จึงมีการพัฒนาวิธีโพลารोगราฟีแบบใหม่ที่เรียกว่า การทำแทสต์โพลารोगราฟี โดยการควบคุม บันทึกกระแส ก่อนที่จะหยดออกมาจากปลายหลอดรูเล็กในแต่ละหยด ทำให้โพลารोगราฟีที่ไม่เกิดสภาพของฟิโนเลียม ดังรูป



2. แอมแปโรเมตรี

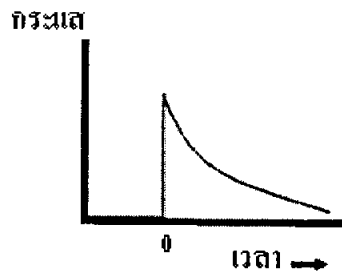
เทคนิคแอมแปโรเมตรี เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ โดยให้ศักย์คงที่แก่ขั้วไฟฟ้าใช้งาน โดยค่าศักย์ที่ให้แก่วงจรนั้น ต้องมีค่าที่เพียงพอ ที่จะทำให้สารตัวอย่างสามารถเกิดปฏิกิริยาที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าได้

สำหรับค่าศักย์ที่ให้แก่วงจร แสดงได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิคแอมแปโรเมทรี แสดงได้ดังรูป



จากรูป จะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไปกระแสจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจาก ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง หรืออาจไม่มีสารตั้งต้นเหลืออยู่เลยก็เป็นได้ความสัมพันธ์ของค่ากระแสที่ลดลงต่อเวลาที่เพิ่มขึ้นแสดงความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการ

$$i(t) = kt^{-1/2}$$

i = กระแส

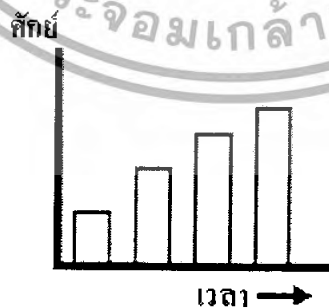
t = เวลา

k = ค่าคงที่

พัลส์โวลแทมเมทรี (Pulse Voltammetry)

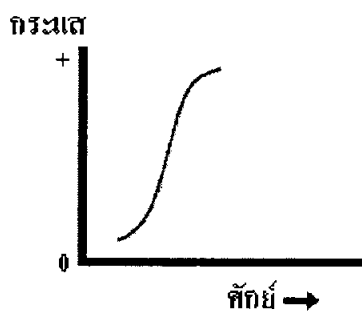
1. พัลส์ปกติ (normal pulse)

เป็นการให้ศักย์กัวยจรไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้น ๆ ต่อทุกหยดของปรอท โดยศักย์ที่ให้นี้มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอกับเวลา สำหรับการวัดกระแสต้องวัดในช่วงเวลาที่หยดปรอทใกล้จะหยดออกจากปลายแก้ว



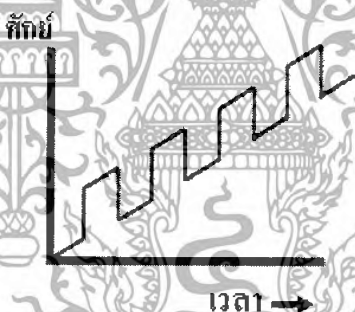
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัลส์โวลแทมโมแกรมที่ได้จะคล้ายกับโพลารแกรมจากวิธีเทสต์ ดังรูป

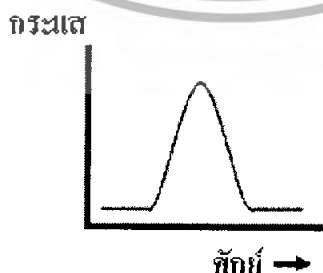


2. ดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ (differential-pulse voltammetry)

เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์โวลแทมเมตรี เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์อย่างมากในการตรวจวัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีปริมาณน้อย ๆ สำหรับสัญญาณกระตุ้นในลักษณะของดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ เป็นการเพิ่มศักย์ที่คงที่ในลักษณะของพัลส์ให้กับขั้วไฟฟ้าที่รับศักย์ปกติในรูปลิเนียร์-สแกนอยู่แล้ว ดังรูป



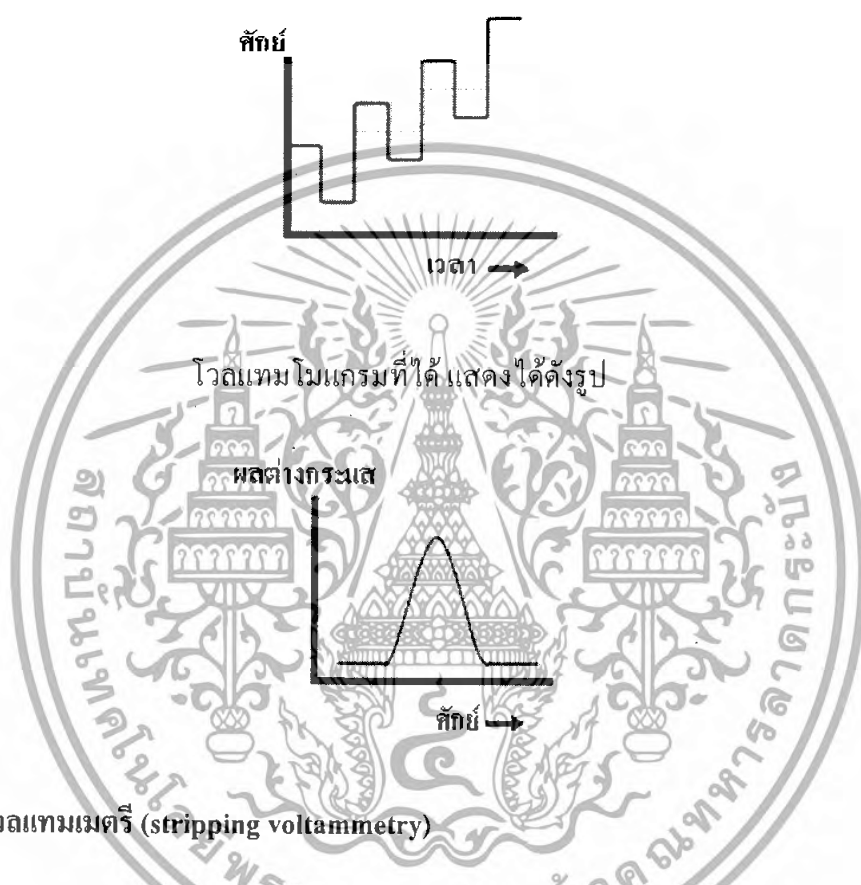
พัลส์โวลแทมโมแกรมที่ได้ มีลักษณะเป็นพีค ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

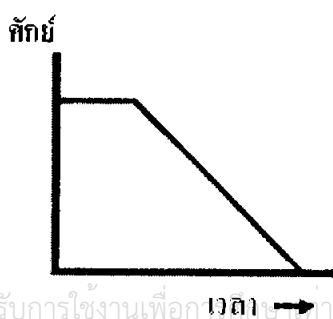
3. สแควร์-เวฟ (square-wave)

สแควร์-เวฟโวลแทมเมทรี จะให้สัญญาณกระตุ้น(ศักย์ที่ต่างจากพัลส์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาคือให้สัญญาณกระตุ้นกับวงจรไฟฟ้าเป็นช่วง ๆ สำหรับวิธีนี้จะให้หยุดปรอทแค่นั้นหยุด เป็นขั้วไฟฟ้าใช้งาน และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นช่วงเวลาสั้นๆ รูปแบบสัญญาณกระตุ้นแบบพัลส์สแควร์-เวฟ แสดงได้ดังรูป



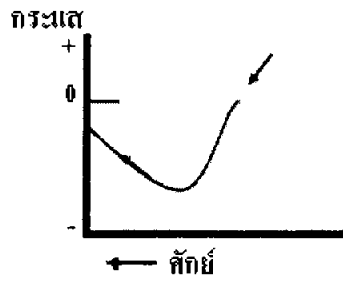
4. สทริปปิงโวลแทมเมทรี (stripping voltammetry)

สทริปปิงโวลแทมเมทรี เป็นเทคนิคที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าสูงมาก นั่นคือสามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างโลหะปริมาณน้อยๆ ได้โดยเทคนิคนี้จะเพิ่มขั้นตอนที่ทำให้สารตัวอย่างมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์โดยวิธีโวลแทมเมทรีต่อไป รูปแบบสัญญาณกระตุ้นแบบสทริปปิง แสดงได้ดังรูป



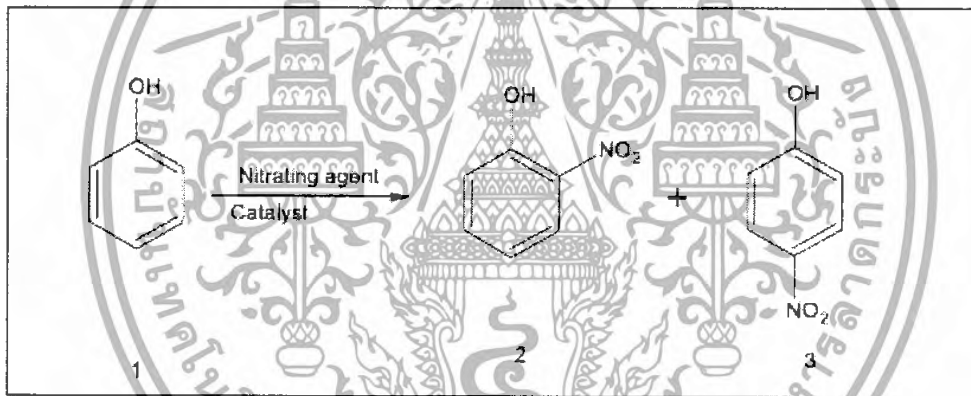
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลแทมโมแกรมที่ได้ แสดงได้ดังรูป



เทคนิคสทรีปิง โวลแทมเมทรี ถูกนำมาประยุกต์ใช้ทั้งทางด้านคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์

2.4 ปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องในการทดลอง



1 = Liquid Phenol

2 = 2-nitrophenol

3 = 4-nitrophenol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kazuaki Ito a and Yohichi Takayama a,b and Nobuyuki Makabea and Ryo Mitsui a and Takeshi Hirokawab (2005)

ศึกษาเทคนิค Ion chromatography ที่มีความรวดเร็ว และ ว่องไวสูง โดยใช้คอลัมน์ชนิด monolithic ODS ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อหาปริมาณไนเตรต (NO_2^-) และ ไนไตรต์ (NO_3^-) ในน้ำทะเล โดยใช้คอลัมน์ชนิด monolithic ODS 2 คอลัมน์ (50 mm × 4.6 mm i.d. + 100 mm × 4.6 mm i.d.) เชื่อมต่อกัน ที่เคลือบ และ ทำให้สมดุลด้วยสารละลายเอควิวส 5 mM cetyltrimethylammonium chloride (CTAC) ซึ่งประสิทธิภาพของคอลัมน์เมื่อใช้ 0.5 M NaCl เป็นเฟสเคลื่อนที่จะไม่ลดลง ทั้งๆ ที่มีการเพิ่มอัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ ฉะนั้น โครมาโทแกรมที่ดีจะได้ออกภายใน 3 นาที สำหรับไนเตรต และ ไนไตรต์ในน้ำทะเลเทียมที่ปราศจากการรบกวนจากไอออนที่มีอยู่ และมีขีดจำกัดที่วัดด้วยระบบยูวีที่ความยาวคลื่นที่ 225 nm พบว่ามี 0.8 และ 1.6 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีการบรรยายถึงลักษณะเฉพาะของ monolithic CTA⁺-coated ODS columns อีกด้วย ซึ่งวิธีการที่เสนอนี้สามารถนำมาใช้ได้เป็นอย่างดีในการวัดที่รวดเร็ว และ ว่องไวของไนเตรต และ ไนไตรต์ ในตัวอย่างน้ำทะเลจริง

Daniel C. Sin and Alan Henshall (1998)

สารประกอบไนเตรตและไนไตรต์เป็นสารที่นิยมเติมลงไปในการผลิตเนื้อสัตว์เพื่อที่จะป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเป็นพิษ ไนไตรต์สามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบเอมีนทุติยภูมิได้เป็นไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง ไนเตรตนั้นถึงแม้ว่าจะมีความเสถียรมากกว่าไนไตรต์ แต่ก็สามารถทำหน้าที่เป็นที่สะสมไนไตรต์ได้ ดังนั้นทั้งไนเตรตและไนไตรต์จึงต้องถูกตรวจสอบเพื่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ในงานวิจัยนี้วิธีที่มีความแม่นยำและว่องไวได้ถูกอธิบายไว้โดยที่ไนเตรตและไนไตรต์จะถูกสกัดออกจากตัวอย่างอาหาร จากนั้นก็ทำการวิเคราะห์โดยไอออนโครมาโทกราฟี ตัวอย่างแฮมและซาลามีที่วางขายตามท้องตลาดถูกวิเคราะห์ด้วยไอออนโครมาโทกราฟีโดยการตรวจวัดการดูดกลืนรังสี UV ซึ่งการดูดกลืนรังสี UV ซึ่งการดูดกลืนรังสี UV นี้จะเฉพาะเจาะจงสำหรับไนเตรตและไนไตรต์โดยที่สารรบกวนจากไอออนอื่น ๆ นั้นจะไม่ปรากฏที่ความเข้มข้นสูง ๆ %Recoveries ของไนเตรตและไนไตรต์นั้นมีค่ามากกว่า 90% วิธีนี้ให้ผลการวิเคราะห์เป็นเส้นตรง ($r^2 = 0.999$) ในช่วงการวิเคราะห์ และ detection limit ของไนเตรตและไนไตรต์ คือ 50 $\mu\text{g/L}$ และ 30 $\mu\text{g/L}$ ตามลำดับ

3. Philip A. Marshall and V. Crige Trenerry (1999)

Capillary ion electrophoresis (CIE) นั้นได้ถูกใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ที่ใช้ในอาหาร ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ คือ ซีส น้ำซूपกะหล่ำปลี น้ำผลไม้ น้ำเปล่าและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์หลากหลายชนิด ในการทดลองนี้ใช้ fused silica capillary column ที่มีขนาด 75 cm. 75 μ m กับ OFM Anion-BT/sodium chloride electrolyte ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ คือ 20 kV อุณหภูมิ 28°C และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 210 nm ปริมาณไนเตรตที่ตรวจพบในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้นมาจากสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ในการทดลองคอนแรกนั้นใช้ไอโอไดด์และทั้งสแตนเป็นสารอ้างอิงภายในแต่ก็ต้องเปลี่ยนมาใช้ไทโอไซยานเนตเนื่องจากความสามารถแยกที่ไม่ดีของคลอไรด์และไอโอไดด์ รูปร่างพีคที่ไม่ดีและพื้นที่พีคที่ไม่สอดคล้องกันของทั้งสแตนเมื่อใช้ไทโอไซยานเนตเป็นสารอ้างอิงภายใน แล้วจะได้ค่าคืนกลับของไนเตรตและไนไตรต์ที่ดี จากข้อมูลที่ได้รับนี้ชี้ให้เห็นว่าวิธีนี้เหมาะสมในการหาปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก 96 % (96 %Sulfuric acid; 96 %H₂SO₄) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
2. ฟีนอล (liq. Phenol; C₆H₅OH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
3. โพแทสเซียมไทโอไซยาเนต (KSCN) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
4. กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (Conc.HClO₄) 70%
5. ไดฟีนิลเอมีน (Diphenyllamine ;(C₆H₅)₂NH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba
6. เมทานอลเกรดวิเคราะห์ (Methanol ,AR Grade ;CH₃OH) บริษัท Carlo Erba
7. สารมาตรฐานไนเตรต เกรดวิเคราะห์ (NaNO₃ ,AR Grade) บริษัท Carlo Erba
8. สารมาตรฐานไนไตรต์ เกรดวิเคราะห์ (NaNO₂ ,AR Grade) บริษัท Carlo Erba
9. น้ำปราศจากไอออน Milli-Q (DI water)

3.2 ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

น้ำเสียที่สุ่มเก็บในวันเดียวกัน ในบริเวณใกล้เคียงกันทั้งหมด

- สุ่มจากนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง บริเวณคลองหน้าบริษัทจอห์นสัน
- สุ่มจากนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง บริเวณคลองที่กักเก็บน้ำ
- สุ่มจากนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง บริเวณคลองหน้าบริษัทยูนิลีเวอร์
- สุ่มจากคลองในวัดปลูกศรัทธา

107851

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1. METROHM 746 VA Trace Analyzer ใช้ร่วมกับ Capillary hanging mercury drop electrode (HMDE) และ Lenseisly 1600 Model recorder มีขดลวดแพลทินัม เป็น counter electrode และ Ag/AgCl เป็น reference electrode
2. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า พร้อมแท่งแม่เหล็กกวน
3. บีกเกอร์ขนาด 50, 100 และ 250 มิลลิลิตร
4. ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 และ 100 มิลลิลิตร พร้อมจุกปิด
5. ปิเปตขนาด 2, 5 และ 10 มิลลิลิตร พร้อมลูกยาง
6. ไมโครปิเปตขนาด 100 μL .
7. แท่งแก้วคน
8. กระจกบอมน้ำกลั่น
9. กระจกบอดวงขนาด 10 และ 25 มิลลิลิตร
10. หลอดหยด
11. ซ้อนตักสาร
12. กระดาษ pH

หมายเหตุ เครื่องแก้วทุกชนิดควรทำความสะอาดโดยการหยดกรดไนตริกเจือจางตามด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน เพื่อกำจัด ไอออนที่ตกค้างภายในภาชนะ

3.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

สารละลายทุกชนิดที่เตรียมขึ้นเพื่อทำการวิเคราะห์ ใช้น้ำปราศจากไอออน (DI Water) ที่ผลิตขึ้นจากเครื่อง Milli-Q (Milford, MA, USA)

3.4.1 การเตรียมสารละลาย Supporting electrolyte: $c(\text{KSCN}) = 0.05 \text{ mol/L}$, $c(\text{HClO}_4) = 0.2 \text{ mol/L}$

ชั่ง KSCN 0.486 กรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออน เดิม 1.72 มิลลิลิตร (HClO_4) 70% ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

3.4.2 การเตรียมสารละลายไดฟีนิลเอมีน, $c((\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{NH}) = 2.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

ชั่ง ไดฟีนิลเอมีน 0.044 กรัม ในสารละลายเมทานอล 40 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3.4.3 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรด์ เข้มข้น 1000 ppm

ชั่ง NaNO_2 0.1 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน เก็บไว้ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานไนไตรด์ เข้มข้น 1000 ppm

3.4.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรด์ เข้มข้น 10 ppm

เปิดสารละลายจากข้อ 3.4.3 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

3.4.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนเตรต เข้มข้น 1000 ppm

ชั่ง NaNO_3 0.1 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน เก็บไว้ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานไนเตรต เข้มข้น 1000 ppm

3.4.6 การเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนเตรต เข้มข้น 100 ppm

เปิดสารละลายจากข้อ 3.4.5 มา 10 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

3.4.7 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

3.4.7.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของไนไตรต์ในการวิเคราะห์

เนื่องจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในหลายสภาวะ ดังนั้นจึงได้กำหนดขอบเขตของสภาวะการใช้งานในเบื้องต้นขึ้นมาเพื่อยึดเป็นหลักในการศึกษาสภาวะต่างๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 สภาวะเบื้องต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี Differential pulse

voltammetry โดยเทคนิค Standard addition

Working electrode	DME
Stirrer speed	2000
Mode	DP
Purge time	300s
Equilibration time	5s
Pulse amplitude	50 mV
Start potential	0 mV
End potential	-800 mV
Voltage step	6 mV
Voltage step time	0.6 s
Sweep rate	10 mV/s

3.4.7.2 การศึกษาศักย์ของพีค (Peak Potential)

ปิเปตน้ำปราศจากไอออน 10 มิลลิลิตร ในถ้วย polarographic ปิเปต supporting electrolyte 3 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายไคฟีนีลเอมีน 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน 4 มิลลิลิตร ทำการบันทึกโวลแทมโมแกรม จากนั้นเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. จำนวน 10 μL . ลงในถ้วย polarographic เดิม ทำการวัดซ้ำ จะทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. จำนวน 100 μL . แล้วนำผลของกระแสที่ได้ไปเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน พบว่าในการศึกษาจะวัดศักย์พีคของไนไตรต์ ตั้งแต่ -50 mV. ถึง -800 mV.

3.4.7.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของไนเตรตในการวิเคราะห์

3.4.7.3.1 เนื่องจากมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในหลายสภาวะ ดังนั้นจึงได้กำหนดขอบเขตของสภาวะการใช้งานในเบื้องต้นขึ้นมาเพื่อยึดเป็นหลักในการศึกษาสภาวะต่างๆดังตารางที่ 3.1

3.4.7.3.2 การศึกษาศักย์พีค (Peak Potential) ที่ให้ค่ากระแสสูงสุดของไนเตรต

ปีเปตน้ำปราศจากไอออน 10 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นปีเปต liquid Phenol 500 μL . เติม 96% H_2SO_4 4 มิลลิลิตรลงในขวดวัดปริมาตร ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปบันทึก voltammogram ที่ช่วงความต่างศักย์ -50 mV. ถึง -800 mV. ด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ (DP) นำกระแสที่บันทึกได้เทียบกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐาน พบว่าในการศึกษาศักย์พีคของไนเตรตเกิดขึ้นที่ $-150 \text{ mV.} \pm 50 \text{ mV.}$

3.4.8 การตรวจวัดปริมาณไนเตรตในตัวอย่างด้วยวิธี Differential pulse voltammetry

โดยเทคนิค Standard addition

นำตัวอย่างน้ำที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์โวลแทมเมตรี โดยเทคนิคการเติมสารมาตรฐาน

3.4.8.1 เทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน (standard addition)

ปีเปตน้ำตัวอย่างมา 10 มิลลิลิตร เติม supporting electrolyte ($\text{KSCN } 0.05 \text{ mol} + \text{HClO}_4 \text{ } 0.2 \text{ mol/L}$) 3 มิลลิลิตร เติม diphenylamine 1 มิลลิลิตร ลงในภาชนะ vassel polarographic ทำการคนแล้วเติมน้ำปราศจากไอออน 4 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ทำการบันทึก voltammogram ที่ช่วงความต่างศักย์ 0 ถึง -800 mV. เติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ 10 ppm. จำนวน 100 μL . ลงไป ทำการบันทึก voltammogram ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ 10 ppm. จำนวน 100 μL . ทำการบันทึก voltammogram แล้วนำผลของกระแสไฟฟ้าที่วัดได้เทียบกับความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานไนไตรต์

3.4.8.2 การศึกษาขีดจำกัดการวัด (Detector of limit) และขีดจำกัดเชิงปริมาณ (Detector of quantitative)

การศึกษาขีดจำกัดการวัด (Detector of limit) เป็นการศึกษาปริมาณที่ต่ำที่สุดของไนไตรต์ที่วัดได้และ ขีดจำกัดเชิงปริมาณ (Detector of quantitative) คือปริมาณที่ต่ำที่สุดของไนไตรต์ที่สามารถวิเคราะห์ได้โดยอาศัยข้อมูลในกราฟมาตรฐาน

3.4.9 การตรวจวัดปริมาณไนเตรดในตัวอย่างด้วยวิธี Differential pulse voltammetry

ปีเปิดน้ำตัวอย่างมา 2 มิลลิลิตร เติม liquid Phenol 500 μL . เติม 96% H_2SO_4 4 มิลลิลิตรลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเย็นแล้วให้นำไปบันทึก voltammogram ที่ช่วงความต่างศักย์ 0 ถึง -800 mV.ทันที ที่สถานะคงตัวตรง นำค่าที่บันทึกได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.4.9.1 การศึกษาขีดจำกัดการวัด (Detector of limit) และขีดจำกัดเชิงปริมาณ (Detector of quantitative)

การศึกษาขีดจำกัดการวัด (Detector of limit) เป็นการศึกษาปริมาณที่ต่ำที่สุดของไนเตรดที่วัดได้และ ขีดจำกัดเชิงปริมาณ (Detector of quantitative) คือปริมาณที่ต่ำที่สุดของไนเตรดที่สามารถวิเคราะห์ได้โดยอาศัยข้อมูลในกราฟมาตรฐาน



บทที่ 4

ผลการทดลอง และ อภิปรายผลการทดลอง

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

4.1.1 ศักย์พีค (Peak potential) ที่ให้ค่ากระแสสูงสุดของไนไตรต์

จากการศึกษาศักย์พีคของ NO_2^- โดยทำการวัดดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลแทมโมแกรม ตั้งแต่ 0 ถึง -800 mV พบว่าศักย์พีคที่เหมาะสมอยู่ในช่วง $-600 \pm 50 \text{ mV}$ ดังรูปที่ก.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าศักย์พีคและกระแสที่วัดได้ของ NO_2^- โดยทำการวัดดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลแทมโมแกรม

ความเข้มข้นของไนไตรต์ (ppm)	ศักย์พีค (mV)	I (nA)	I.mean (nA)
0	- 633	0.1235	0.147
	- 657	0.1705	
0.05525	- 620	14.67	14.45
	- 621	14.23	
0.10989	- 620	29.72	29.55
	- 620	29.38	
0.16393	- 623	45.82	45.53
	- 621	45.24	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ศักยภาพพีค (Peak potential) ที่ให้ค่ากระแสสูงสุดของไนเตรต

จากการศึกษาศักย์พีคของ NO_3^- โดยทำการวัดดิฟเฟอเรนเชียล พลัส โวลแทมโมแกรม ตั้งแต่ 0 ถึง -350 mV พบว่าศักย์พีคที่เหมาะสมอยู่ในช่วง $-100 \pm 50 \text{ mV}$ ดังรูปที่ ง.1 ถึง ง.6

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าศักย์พีคและกระแสที่วัดได้ของ NO_3^- โดยทำการวัดดิฟเฟอเรนเชียล พลัส โวลแทมโมแกรม

ความเข้มข้นของไนเตรต (ppm)	ศักย์พีค (mV)	I (nA)	I.mean (nA)
0	0	0	0
	0	0	
0.365	-136	35.4	35.79
	-135	36.18	
0.73	-128	61.52	61.36
	-128	61.19	
1.46	-135	110.5	110.35
	-135	110.2	
2.19	-131	146.7	146.2
	-132	145.7	
3.65	-137	255.2	255.5
	-138	255.8	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์

4.2.1 ขีดจำกัดการตรวจพบ (Detection of limit) และขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Quantitation of limit) ของตัวอย่างน้ำให้ผลดังตารางที่ 4.3 พบว่ามีขีดจำกัดการตรวจพบและขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณในระดับ ppm.(แสดงการคำนวณในผนวก ฉ)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (Detection of limit) และขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Quantitation of limit) ของการวิเคราะห์ที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐานของการหาปริมาณของ ไนไตรต์ และไนเตรตในระดับ ppm.

สาร	LOD (ppm.)	LOQ(ppm.)
ไนไตรต์	0.00770	0.02540
ไนเตรต	0.30938	1.02095



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปริมาณของไนไตรต์ และไนเตรตในตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี

จากการตรวจวัดตัวอย่างน้ำด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ได้ผลดังตารางที่ 4.6 พบว่ามีค่าขีดจำกัดการตรวจพบ (Detection of limit) และขีดจำกัดของการตรวจวัดเชิงปริมาณ (Quantitation of limit) ของการวิเคราะห์ที่ต่ำในระดับ ppm. ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณของไนไตรต์ในตัวอย่างน้ำ 10 ตัวอย่างที่ได้จากการวัดโดยวิธี ดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรีร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน

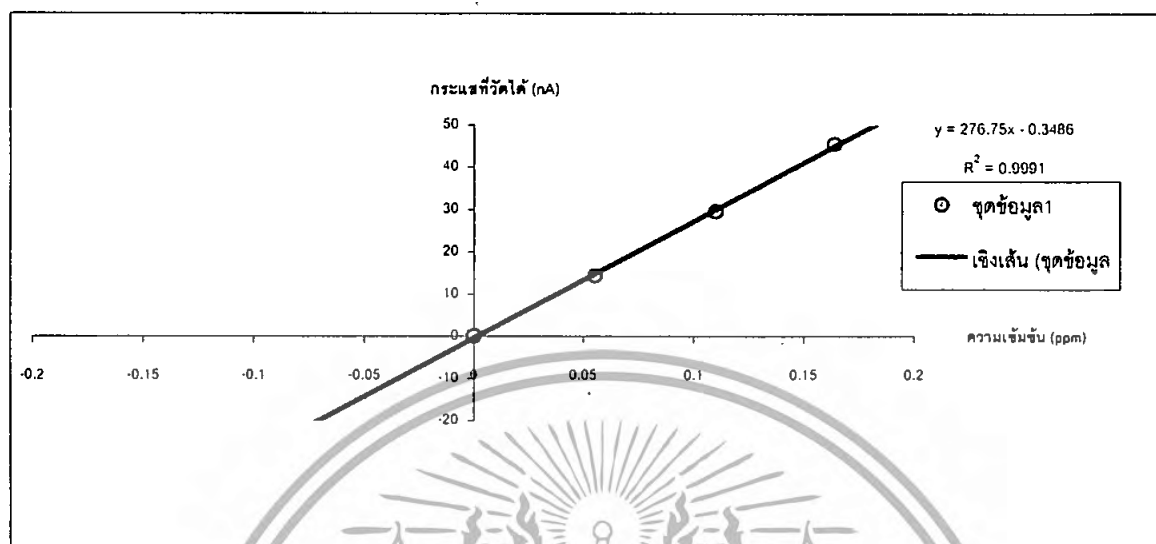
สารตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของไนไตรต์ (ppm)			SD	% RSD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
คลองวัดสี่	0.1534	0.1531	0.15325	0.0002	0.1384
คลองลาดกระบัง	0.1442	0.1342	0.1392	0.0071	5.0798
แยกเข้าคลองลาดกระบัง	0.0666	0.0879	0.07725	0.0151	19.4969
กลางคลองลาดกระบัง	0.0954	0.0983	0.09685	0.0021	2.1173
คลองภายในสนามบิน	0.0989	0.1047	0.1018	0.0041	4.0287
คลองท้ายสนามบิน	0.0961	0.1587	0.1274	0.0443	34.7448
คลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง)	0.1984	0.1973	0.19785	0.0008	0.3931
คลองน้ำมัน	0.0717	0.0588	0.06525	0.0091	13.9796
โรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง	0.032	0.0286	0.0303	0.0024	7.9345
คลองภายในลาดกระบัง	0.0901	0.0644	0.07725	0.0182	23.5245

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณของไนเตรตในตัวอย่างน้ำที่ได้จากการวัดโดยวิธี ดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี

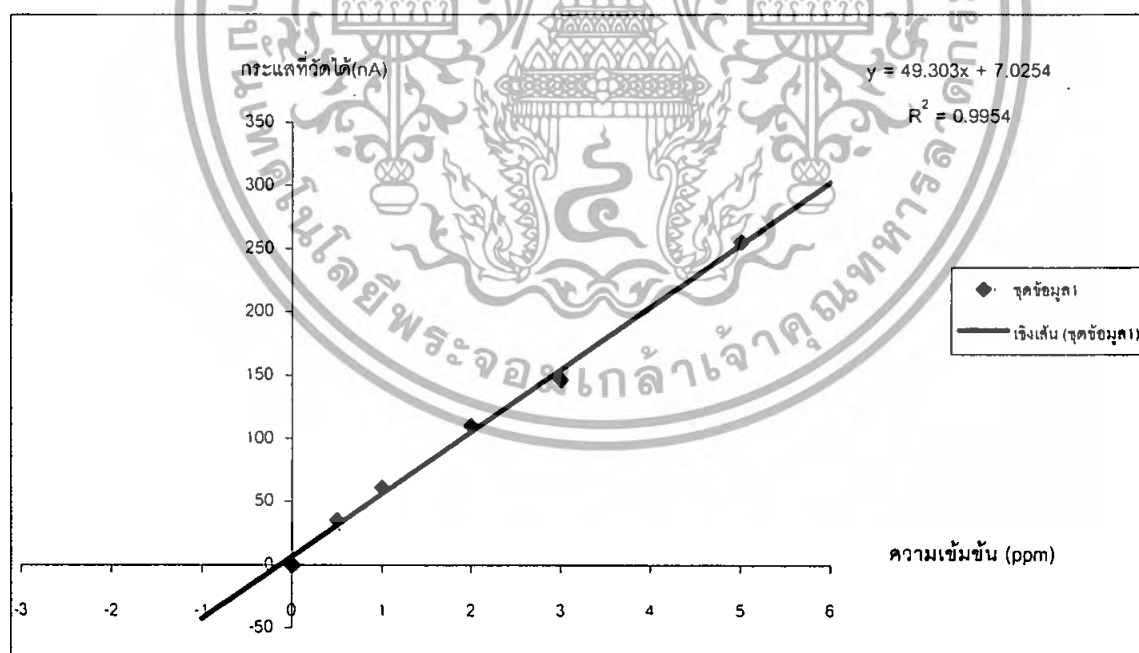
สารตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของไนเตรต (ppm)			SD	% RSD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย		
ที่กั้นน้ำนิคมลาดกระบัง	0.711	0.708	0.709	0.002	0.324
คลองหน้าโรงงานจอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน	0.553	0.577	0.565	0.017	3.048
คลองหน้าโรงงานยูนิเวอร์	1.235	1.236	1.236	0.000	0.016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างกระแสไฟฟ้าที่วัดได้กับความเข้มข้นของไนไตรต์



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างกระแสไฟฟ้าที่วัดได้กับความเข้มข้นของไนเตรต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณของไนไตรต์ในตัวอย่างน้ำเสียโดยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน ที่ระดับความเข้มข้น 0.05525, 0.10989, 0.16393 ppm. โดยการหาปริมาณของไนไตรต์จะทำการวัดศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง -800 mV. ซึ่งไนไตรต์จะเกิด peak potential ที่ศักย์ไฟฟ้า $-600 \text{ mV} \pm 50 \text{ mV}$. สามารถนำเอาค่ากระแสที่บันทึกได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนไตรต์(ppm) กับกระแสที่ทำการบันทึกได้ (nA) พบว่าจากกราฟมาตรฐานที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสีนใจมากกว่า 0.9995 สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียพบว่า % RSD อยู่ในช่วง 0.1384 – 34.7448 % จากการศึกษาพบว่า วิธีการวิเคราะห์นี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถวิเคราะห์หาไนไตรต์ในสารตัวอย่างที่มีปริมาณต่ำในระดับ ppm จากการวิเคราะห์สามารถหาความเข้มข้นของไนไตรต์ได้ผลตามตารางที่ 4.6

ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณของไนเตรตนั้นจะใช้การวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี โดยการวัดสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนเตรดที่มีความเข้มข้น 0, 0.5, 1, 2, 3, 5 ppm. จะทำการวัดที่ศักย์ไฟฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง -350 mV. ซึ่งไนเตรดจะเกิด peak potential ที่ศักย์ไฟฟ้า $-130 \pm 50 \text{ mV}$. สามารถนำเอาค่ากระแสที่บันทึกได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนไตรต์(ppm) กับกระแสที่ทำการบันทึกได้ (nA) พบว่าจากกราฟมาตรฐานที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสีนใจมากกว่า 0.9954 สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเสียพบว่า % RSD อยู่ในช่วง 0.016 – 3.048 % จากการศึกษาพบว่า วิธีการวิเคราะห์นี้เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถวิเคราะห์หาไนไตรต์ในสารตัวอย่างที่มีปริมาณต่ำในระดับ ppm จากการวิเคราะห์สามารถหาความเข้มข้นของไนไตรต์ได้ผลตามตารางที่ 4.7

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณของไนไตรต์ และไนเตรด สามารถทำให้ได้ความถูกต้องและความแม่นยำสูง โดยวิธีอื่นๆ

การวิเคราะห์หาปริมาณของไนเตรตนั้นทำได้ยากเนื่องจากเมื่อทำการเตรียมสารเสร็จจะต้องทำการวัดทันที เพราะมิฉะนั้นจะทำให้ปริมาณของไนเตรดถูกรีดิวซ์ทำให้พบปริมาณไนเตรดที่น้อยกว่าความเป็นจริง

บรรณานุกรม

- กรีซเพชร แสนบุญเวช. (2549). ผลของวัสดุคลุมดินต่อผลผลิต ปริมาณไนเตรตและไนไตรต์ ในหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์ฮอลโล. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จารุพันธ์ ทองแถม, ม.ล. (ม.ป.ป.) สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ณัฐคุณ ขุนภักดี, ตรีพงษ์ ตั้งเต็มทอง และพงศกร อังคทะวิวัฒน์. การเตรียมชุดทดสอบปริมาณในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก. โครงการพิเศษ สาขาวิชาเคมีเครื่องมือวิเคราะห์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เย็นหทัย แน่นหนา. (2549). สเปกโทรสโกปีสำหรับเคมีอินทรีย์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ลักขณา อมรสิน. (2539). คู่มือประกอบการปฏิบัติการวิชาพืชวิทยาสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ภาควิชา เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ลักขณา อมรสินและคณะ. (2544). "การปลูกผักกางต้งให้ได้ผลผลิตสูงและลดปริมาณไนเตรตและไนไตรต์". วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง. 9 (2) : 19-24
- ไนเตรตและไนไตรต์. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2549, จาก <http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/food/files/news/nitrad.htm>
- สับปะรดและผลิตภัณฑ์สับปะรด (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2549, จาก [http://www.dft.moc.go.th/the_files/\\$\\$16/level4/pineapple49.doc](http://www.dft.moc.go.th/the_files/$$16/level4/pineapple49.doc)
- อัญชณี อุตย์พัฒนาชีพและคณะ. (2545). ผลกระทบของปุ๋ยต่อปริมาณไนเตรตและไนไตรต์. ค้นเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2549, จาก http://www.rdi.ku.ac.th/foods/Aunchanee/index_Nitrate.html.10/7/46.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). Official Method of Analysis of AOAC International. 16th ed. vol 2. Virginia : International Suit 400.
- American Academy of Pediatrics. (1970). Infant Methemoglobinemia : The Role of Dietary Nitrate (RE0004). ค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2549, จาก <http://www.aap.org/policy/356.html.12/7/2003>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

Central Science Laboratory.(2002). Nitrate and Nitrite in Foodstuffs. ค้นเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2549, จาก <http://www.csl.gov.uk/prodserv/ana/nutrition/nitrate/nitrate/cfm?CFID=231563&CFTOKEN=23579274.25/3/2003>.

Spectroscopy. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2550, จาก <http://www.sc.chula.ac.th/matsci/Lab/spectroscopy.htm>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

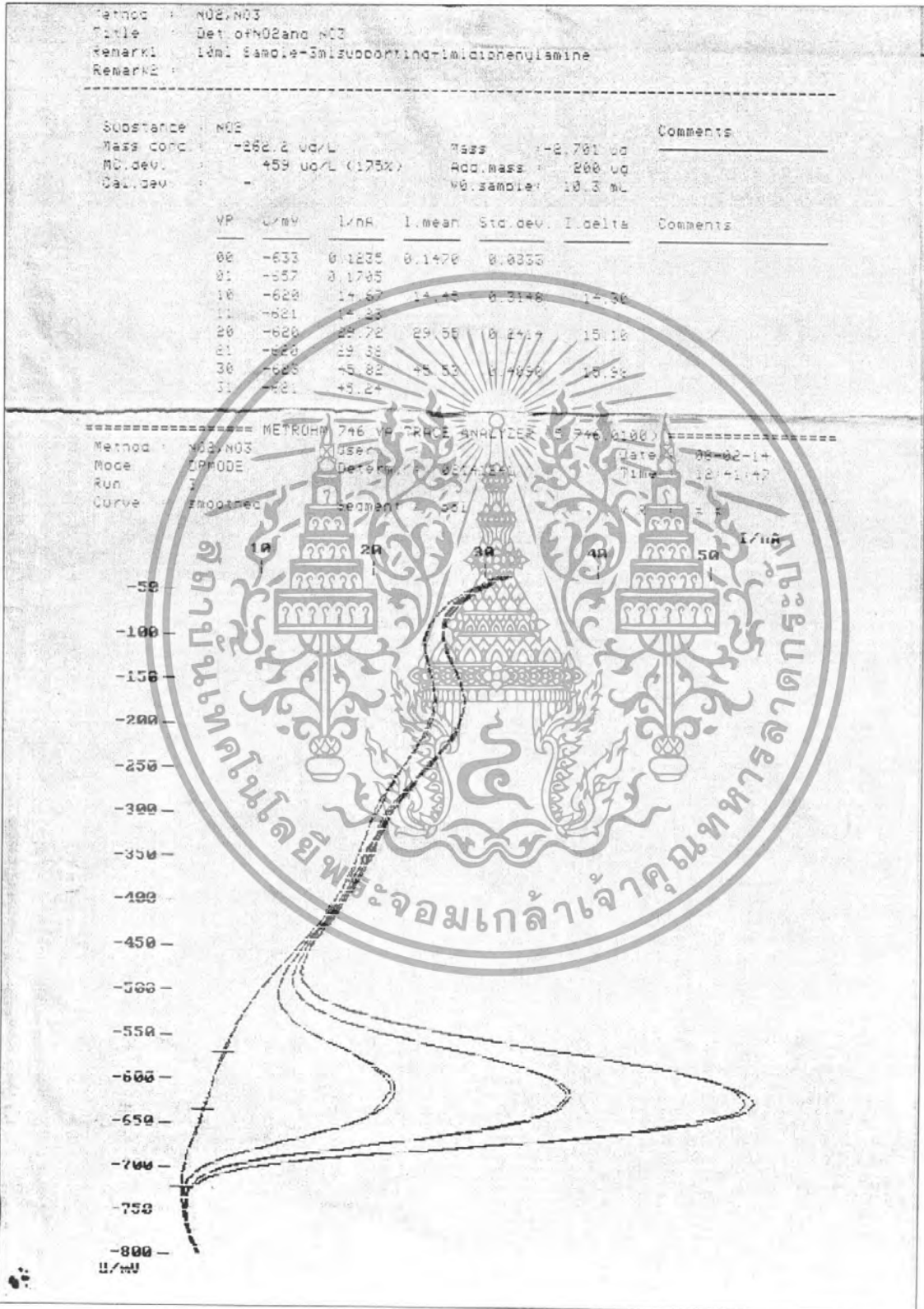
ภาคผนวก ก.

แสดงสัญญาณของไนโทรต์ที่บันทึกโดยวิธีเฟอ์เรนเซิล พัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับ
เทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



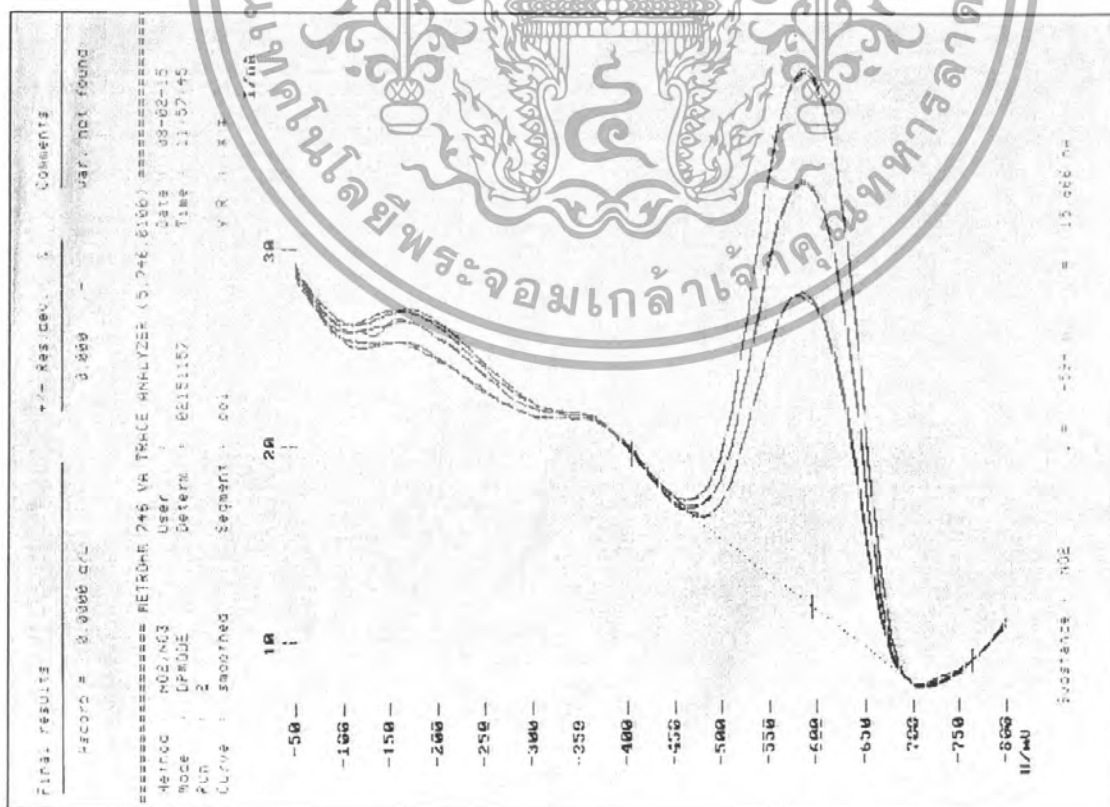
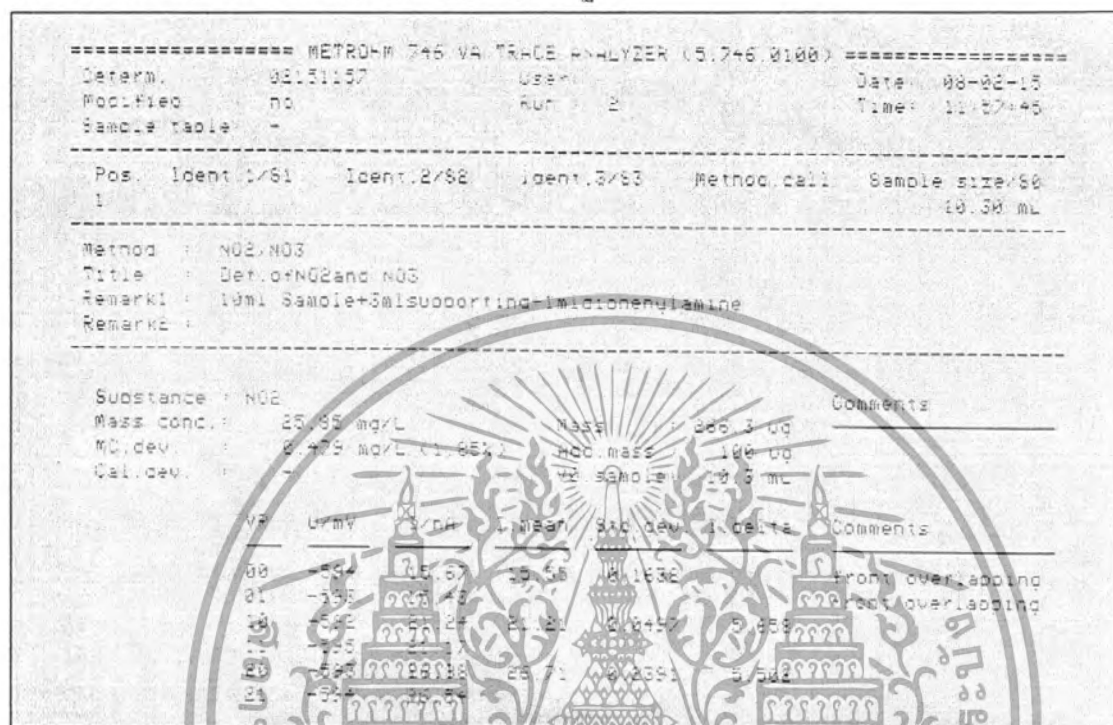
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.1 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลเทจ โมแกรมของไนโตรดที่ได้จากการวัดสารละลายแบบลงค์ โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



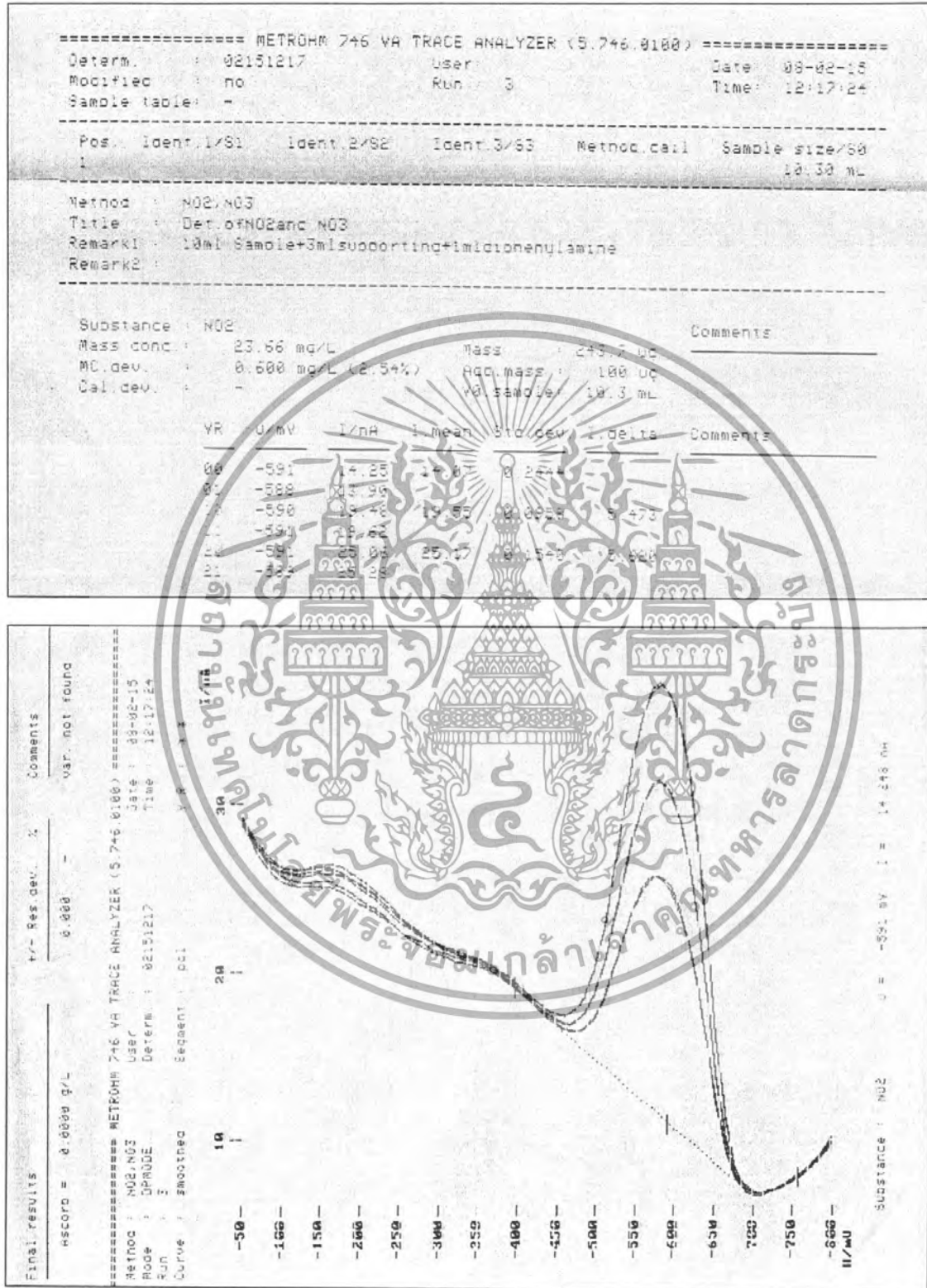
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.2 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนโตรดที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากคลองวัด 4 โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



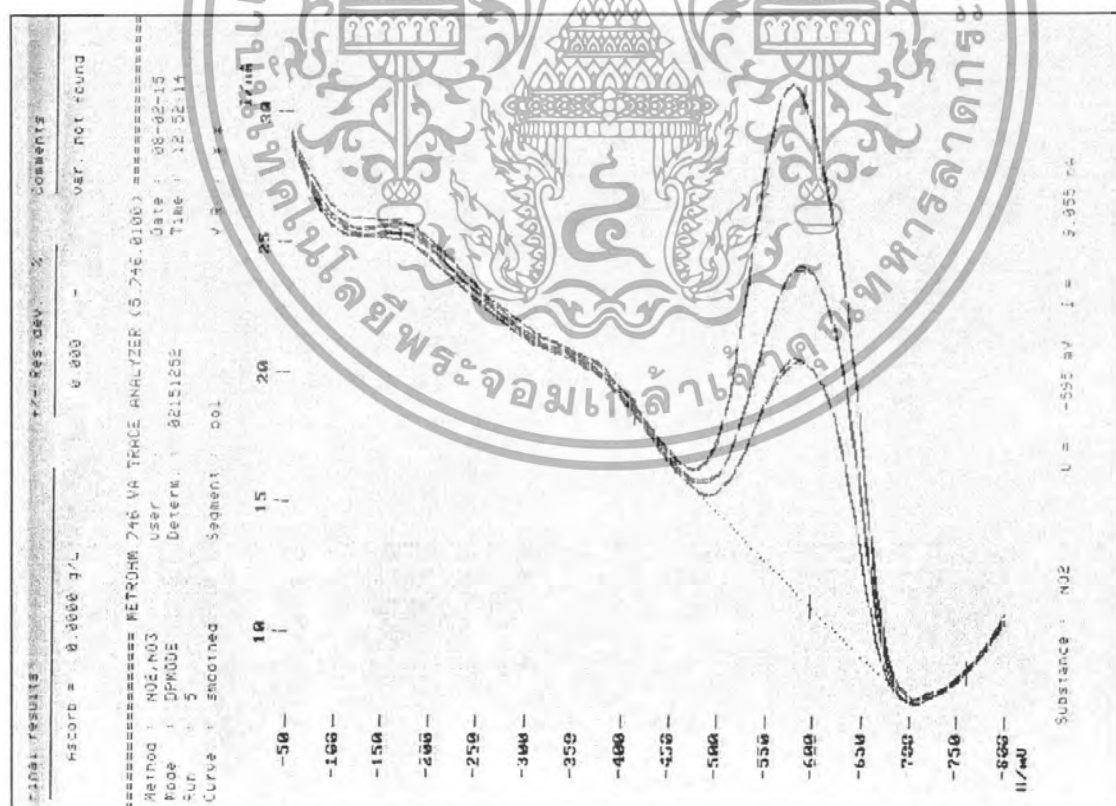
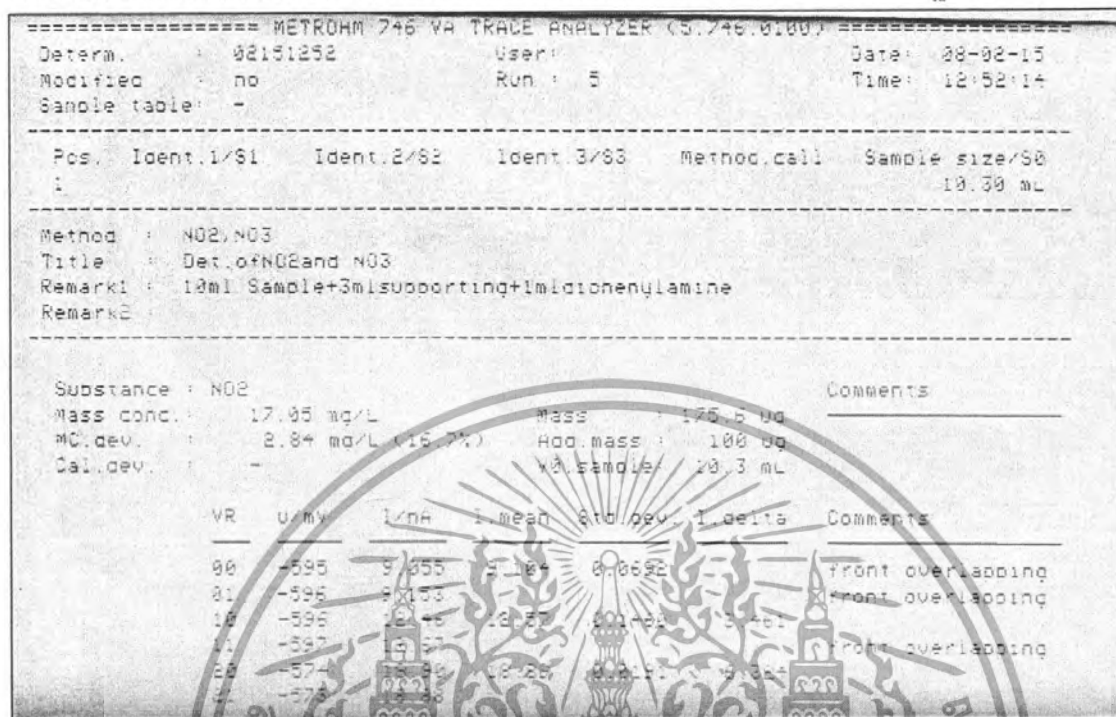
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนโตรดที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากคลองลาดกระบัง โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



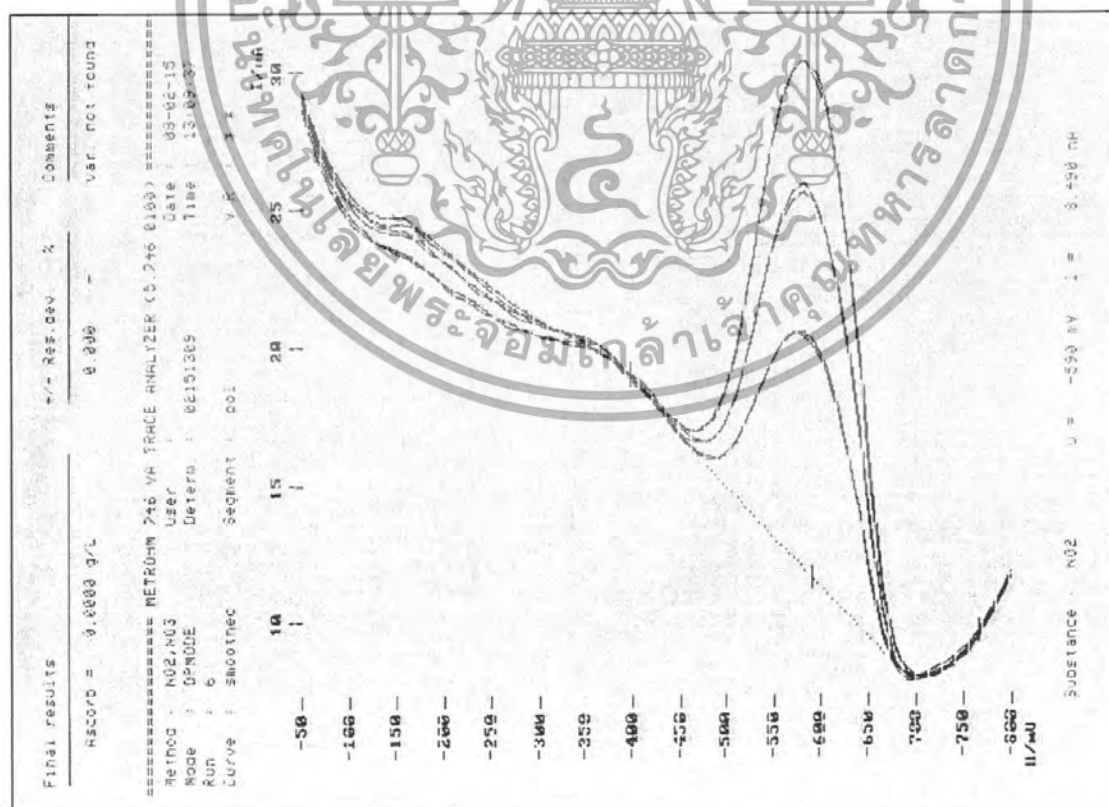
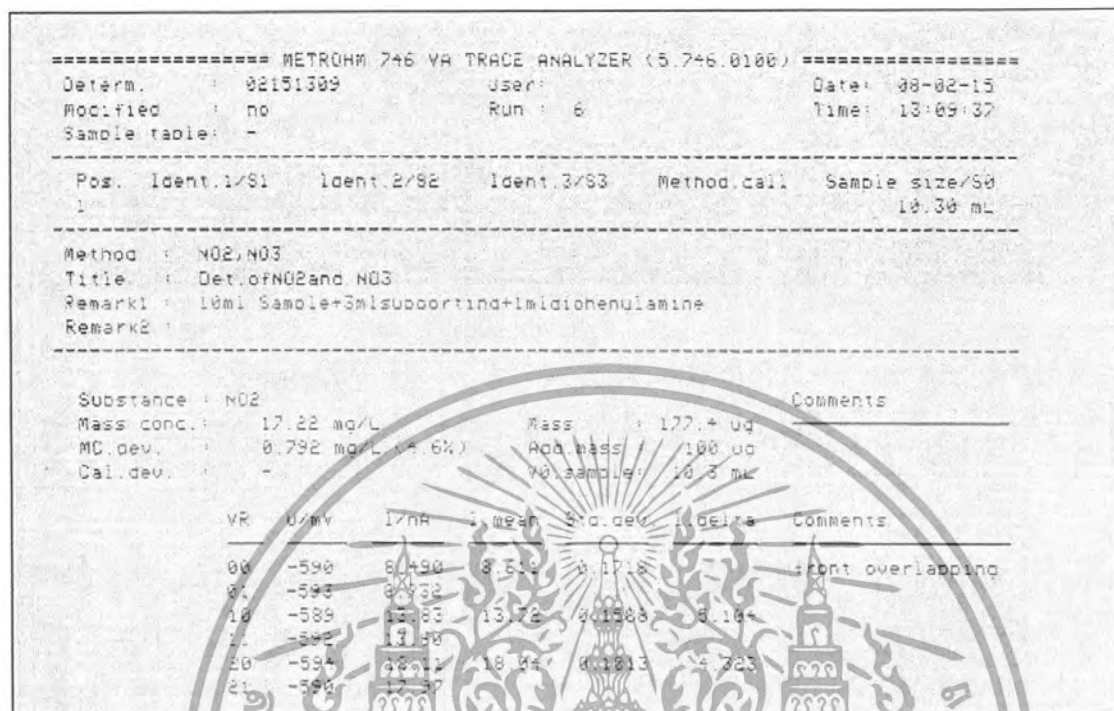
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

รูปที่ ก.5 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนโตรดัดที่ได้จากการวัด
น้ำตัวอย่างจากกลางคลองลาดกระบังโดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



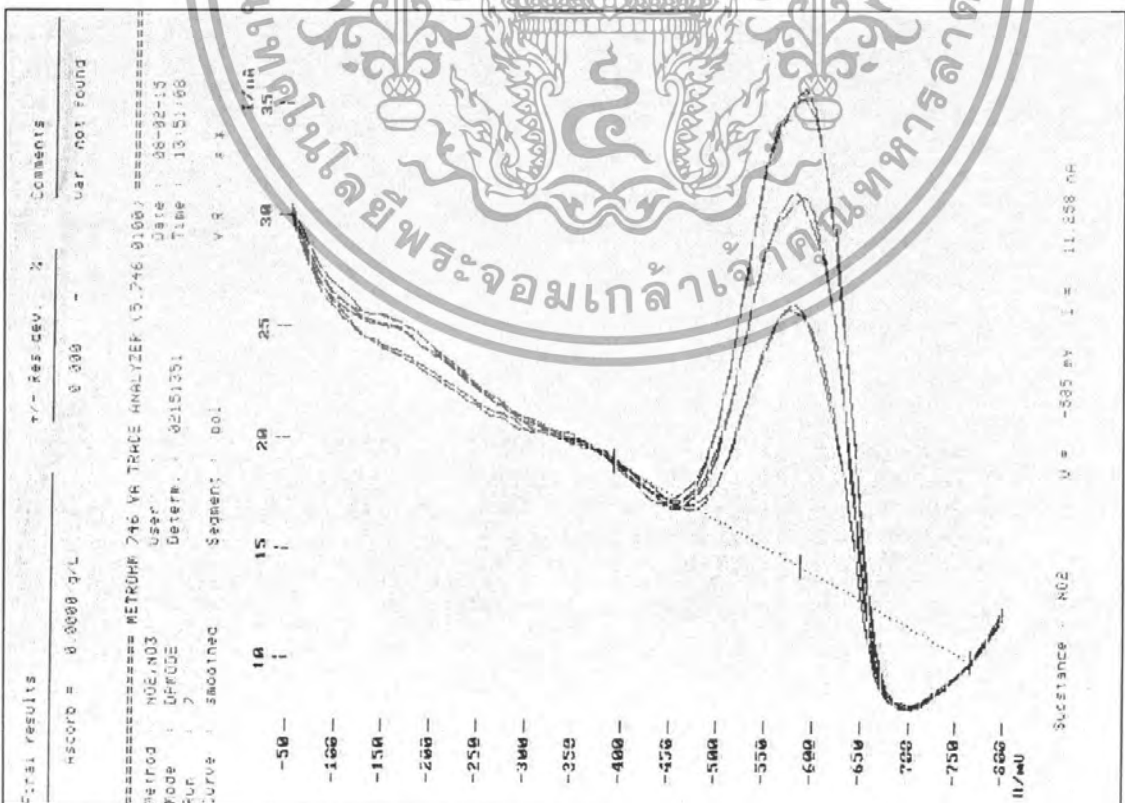
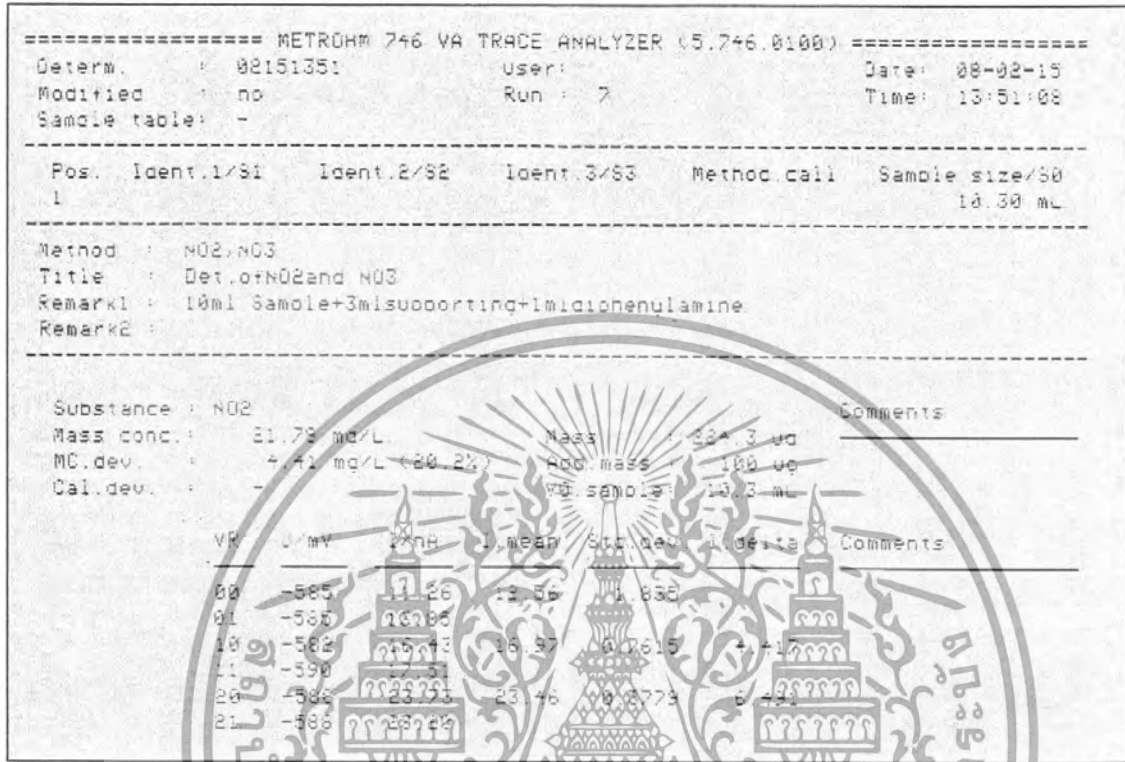
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.6 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายในสนามบินโดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



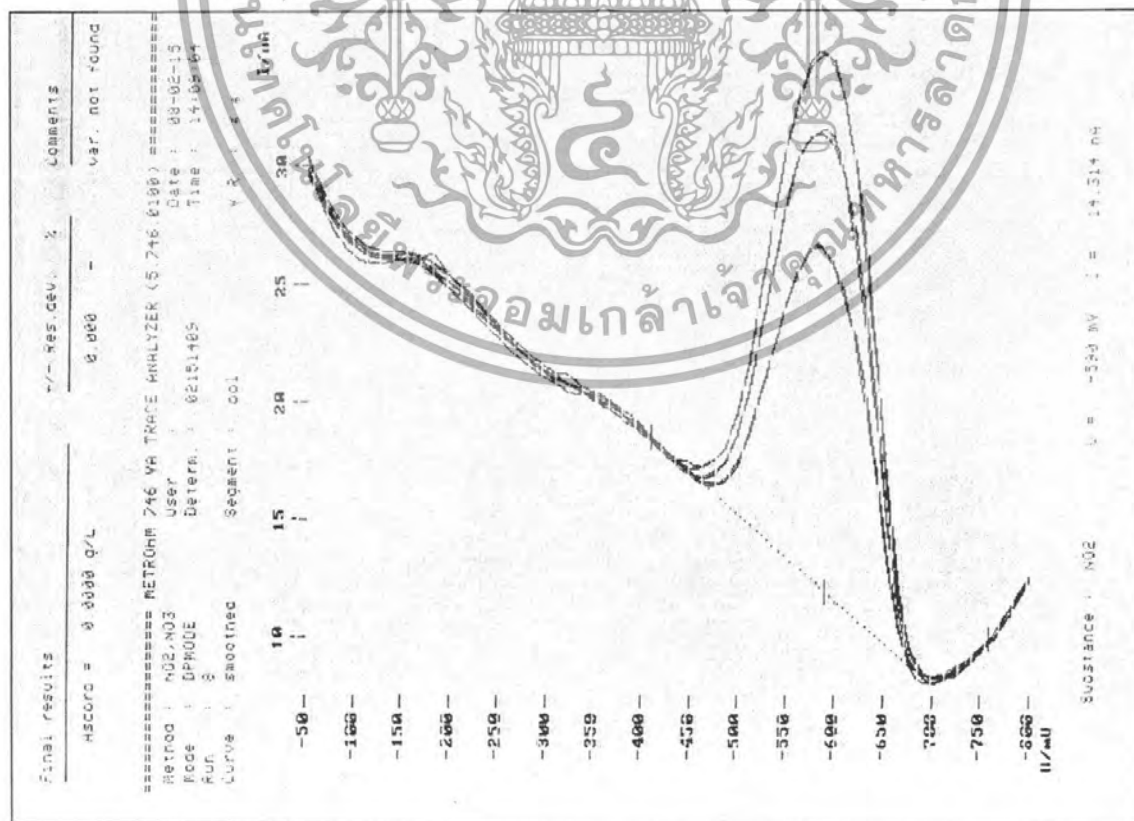
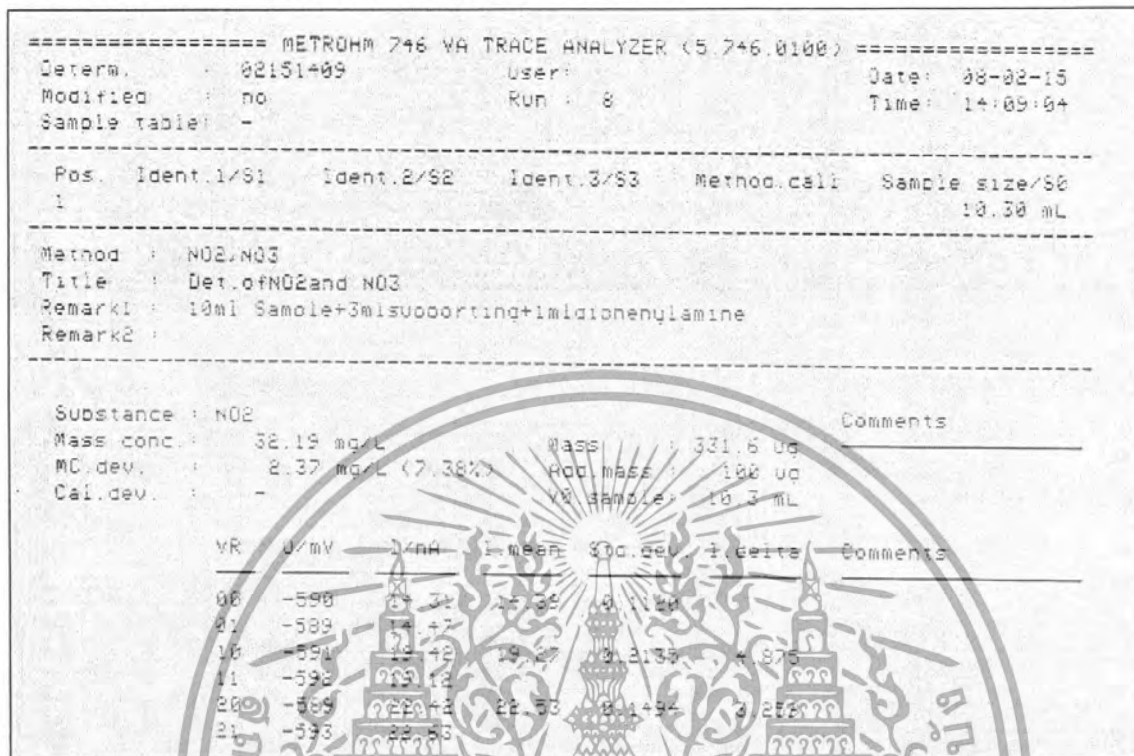
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.7 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนโตรดัดที่ได้จากการวัดนำตัวอย่างจากคลองท้ายสนามบินโดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



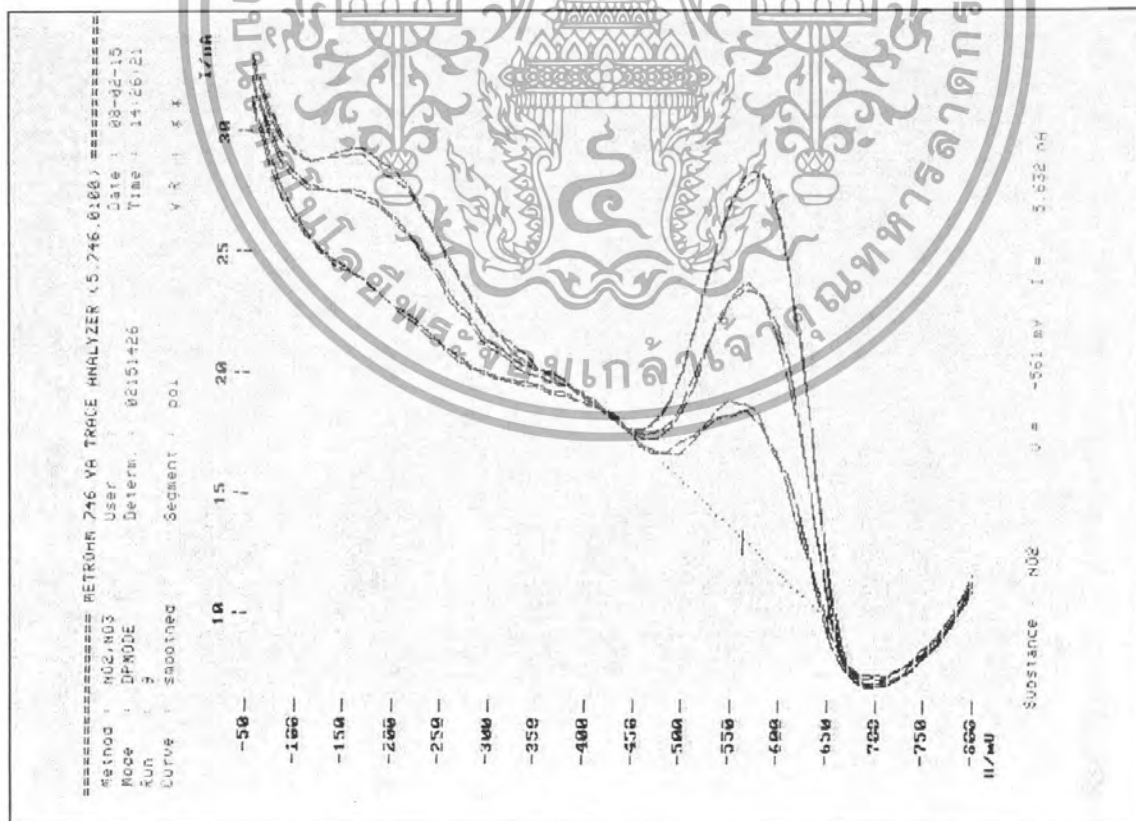
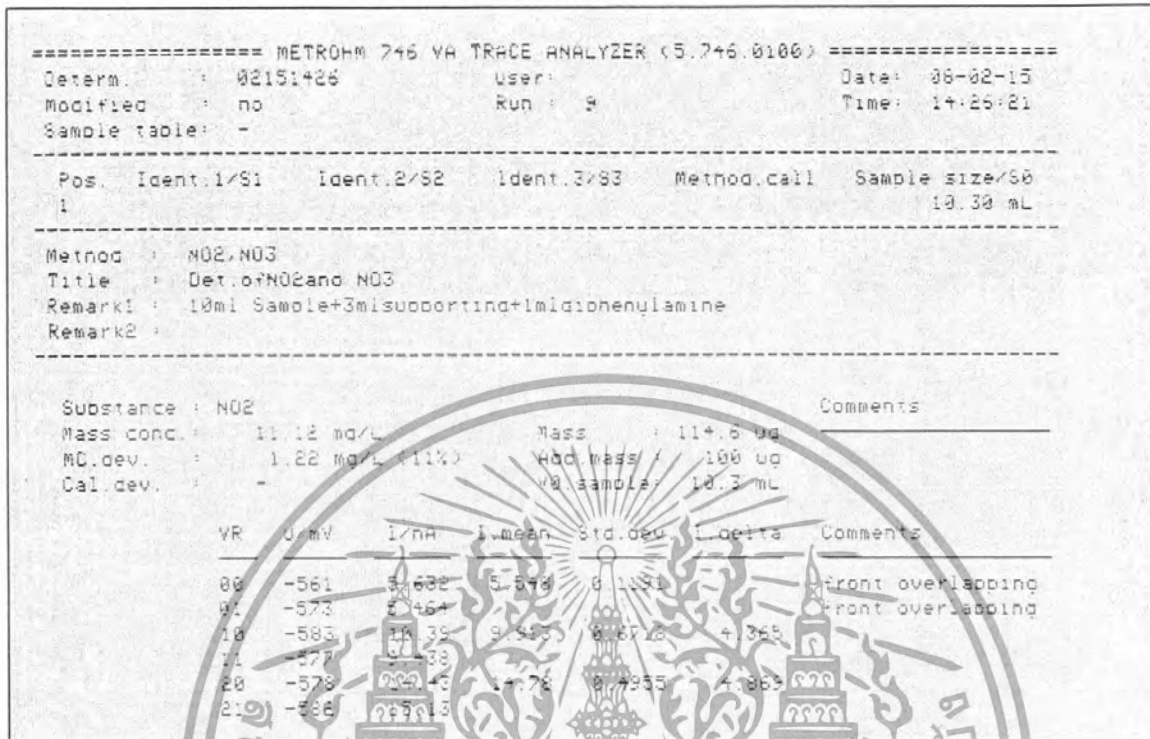
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.8 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนโตรดที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



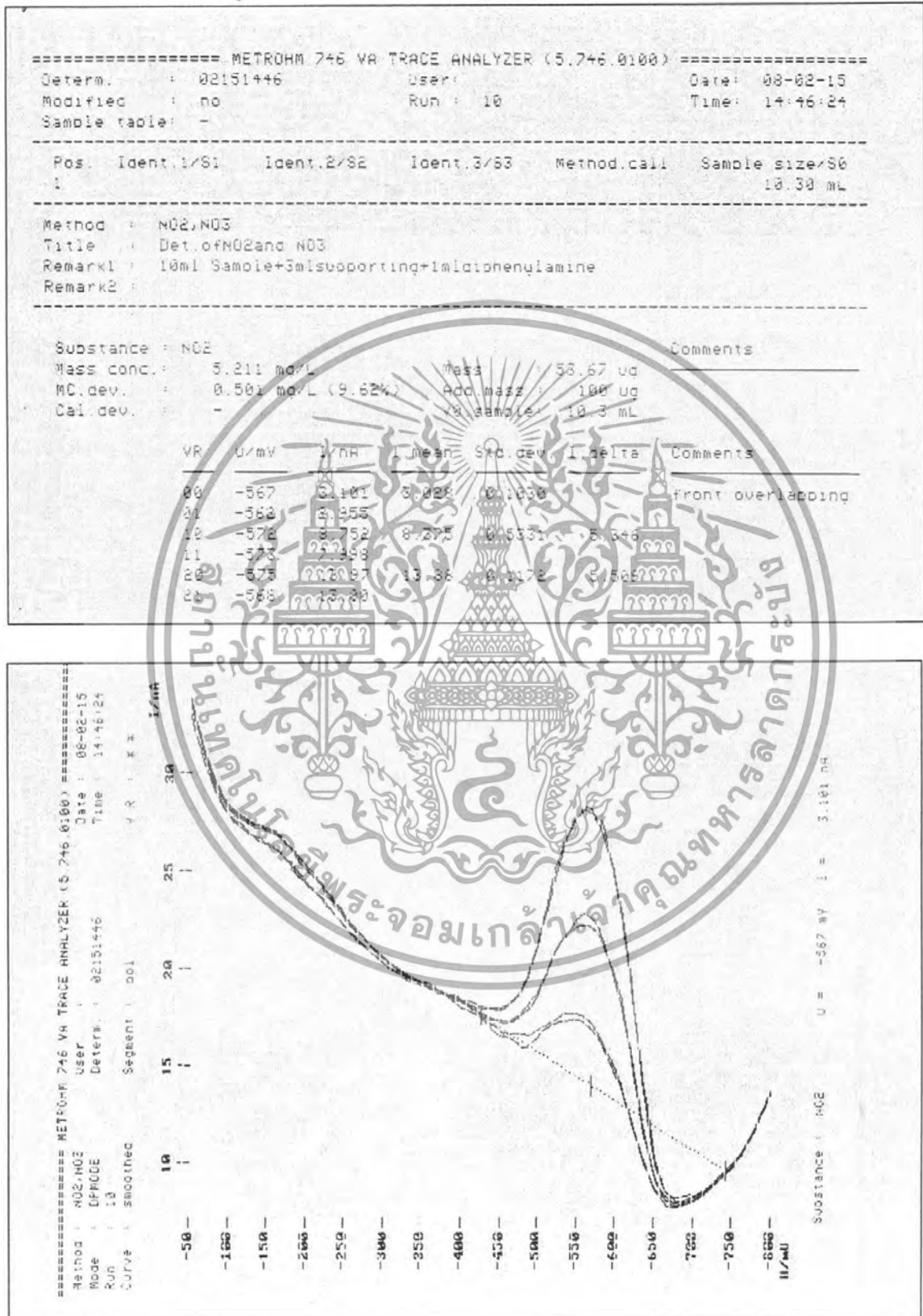
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.9 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจาก คลังน้ำมัน โดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



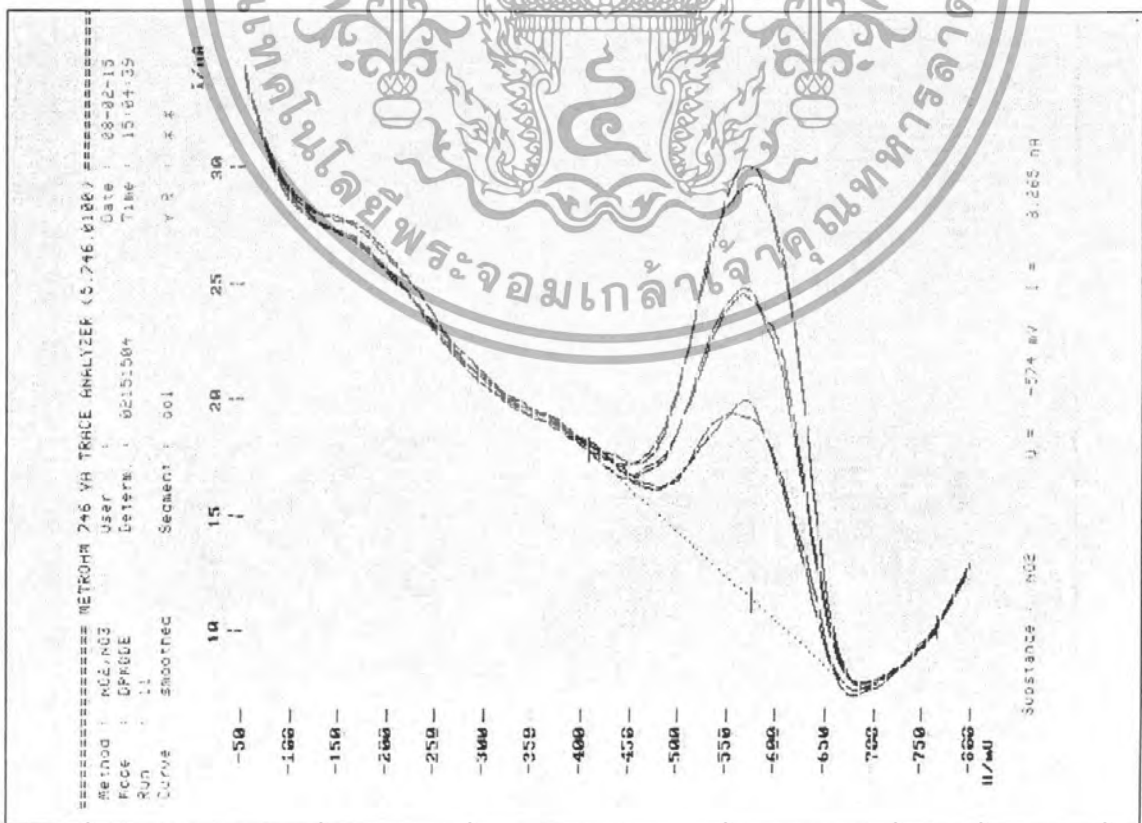
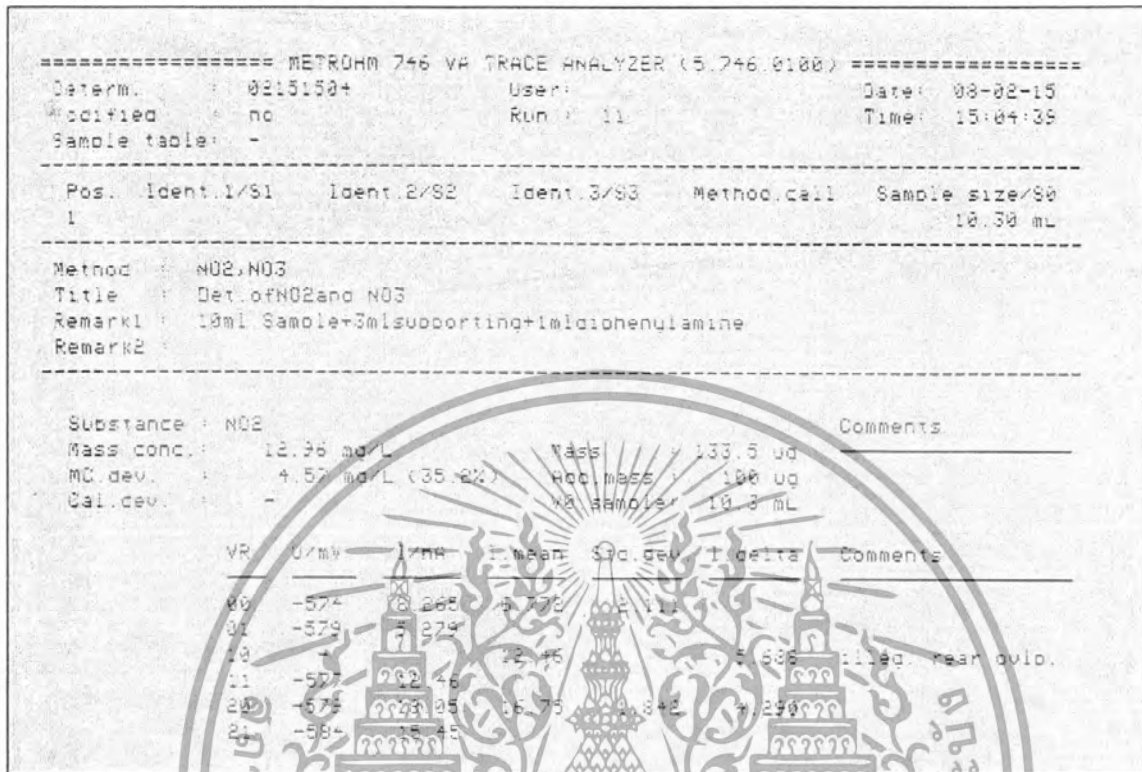
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.10 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากโรงสูบน้ำคลองลาดกระบังโดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.11 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทมโมแกรมของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายในลาดกระบังโดยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้จากการวัดสารละลายเบลงค์ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรด เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน ไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	0.147	0.147	0
0.05525	14.45	0.147	14.303
0.10989	29.55	0.147	29.403
0.16393	45.53	0.147	45.383

ตารางที่ ข.2 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองวัด 4 ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรด เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	15.67	0.147	15.523
0.05525	21.24	0.147	21.093
0.10989	26.88	0.147	26.733

ตารางที่ ข.3 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองวัด 4 ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรด เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	15.43	0.147	15.283
0.05525	21.17	0.147	21.023
0.10989	26.54	0.147	26.393

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้ออกการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	14.25	0.147	14.103
0.05525	19.48	0.147	19.333
0.10989	25.06	0.147	24.913

ตารางที่ ข.5 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้ออกการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	13.9	0.147	13.753
0.05525	19.62	0.147	19.473
0.10989	25.28	0.147	25.133

ตารางที่ ข.6 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้ออกการวัดน้ำตัวอย่างจากแยกเขาคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	6.547	0.147	6.4
0.05525	11.36	0.147	11.213
0.10989	17.08	0.147	16.933

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.7 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของโนไทรด์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากแยกเข้าคลองลาดกระบังด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโนไทรด์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่

2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโนไทรด์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	6.488	0.147	6.341
0.05525	11.47	0.147	11.323
0.10989	14.91	0.147	14.763

ตารางที่ ข.8 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของโนไทรด์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากกลางคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโนไทรด์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่

ที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโนไทรด์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	9.055	0.147	8.908
0.05525	12.46	0.147	12.313
0.10989	18.9	0.147	18.753

ตารางที่ ข.9 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของโนไทรด์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากกลางคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโนไทรด์ เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่

ที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโนไทรด์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	9.153	0.147	9.006
0.05525	12.67	0.147	12.523
0.10989	18.88	0.147	18.733

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.10 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ไดจากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายใน
สนามบิน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่

1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	8.49	0.147	8.343
0.05525	13.83	0.147	13.683
0.10989	18.11	0.147	17.963

ตารางที่ ข.11 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ไดจากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายใน
สนามบินด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่

2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	8.732	0.147	8.585
0.05525	13.6	0.147	13.453
0.10989	17.97	0.147	17.823

ตารางที่ ข.12 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ไดจากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองท้ายสนามบิน
ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	11.26	0.147	11.113
0.05525	16.43	0.147	16.283
0.10989	23.73	0.147	23.583

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.13 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้ออกจากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองท้ายสนามบิน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรด เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	13.85	0.147	13.703
0.05525	17.51	0.147	17.363
0.10989	23.2	0.147	23.053

ตารางที่ ข.14 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้ออกจากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรด เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	14.31	0.147	14.163
0.05525	19.42	0.147	19.273
0.10989	22.42	0.147	22.273

ตารางที่ ข.15 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรดที่ได้ออกจากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรด เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรดที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	14.47	0.147	14.323
0.05525	19.12	0.147	18.973
0.10989	22.63	0.147	22.483

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.16 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลังน้ำมัน ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรต์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	5.632	0.147	5.485
0.05525	10.39	0.147	10.243
0.10989	14.43	0.147	14.283

ตารางที่ ข.17 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลังน้ำมันด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรต์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	5.464	0.147	5.317
0.05525	9.438	0.147	9.291
0.10989	15.13	0.147	14.983

ตารางที่ ข.18 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนโทรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากโรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนโทรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนโทรต์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0	3.101	0.147	2.954
0.05525	8.752	0.147	8.605
0.10989	13.97	0.147	13.823

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.19 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากโรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_s	I_B	$I_s - I_B$
0	2.955	0.147	2.808
0.05525	7.998	0.147	7.851
0.10989	13.8	0.147	13.653

ตารางที่ ข.20 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายในลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่ 1

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_s	I_B	$I_s - I_B$
0	8.265	0.147	8.118
0.05525	12.46	0.147	12.313
0.10989	18.05	0.147	17.903

ตารางที่ ข.21 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าของไนไตรต์ที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่างจากคลองภายในลาดกระบัง ด้วยเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่ 2

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรต์ที่เติม (ppm)	I (nA)		
	I_s	I_B	$I_s - I_B$
0	5.279	0.147	5.132
0.05525	12.46	0.147	12.313
0.10989	15.45	0.147	15.303

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

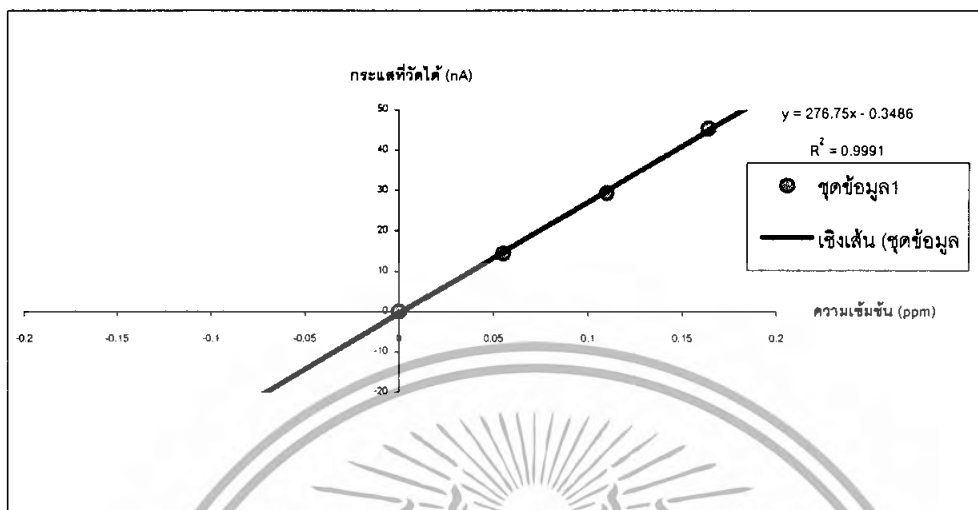


ภาคผนวก ค

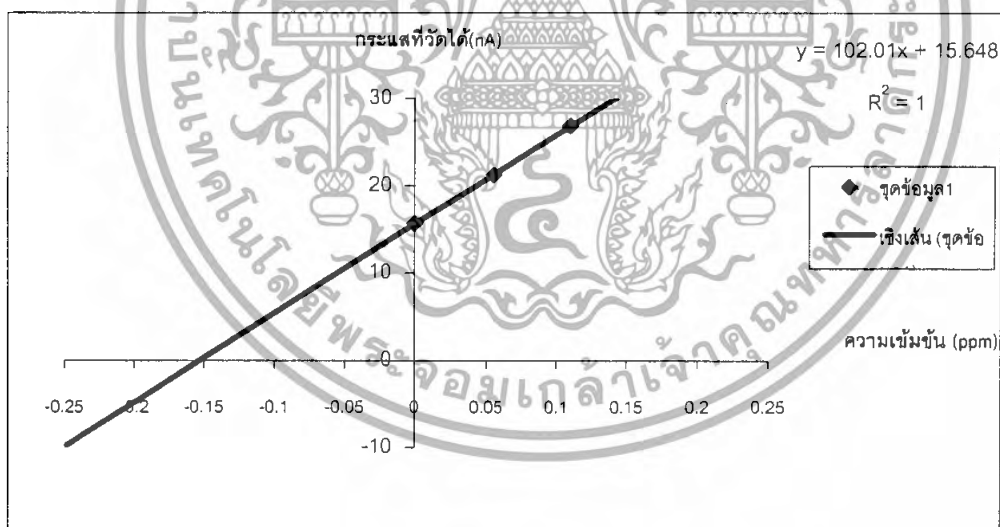
แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรต์ (NO_2) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีเฟอริเรนเซียล
พัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากสารละลายเบลงค์ ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL

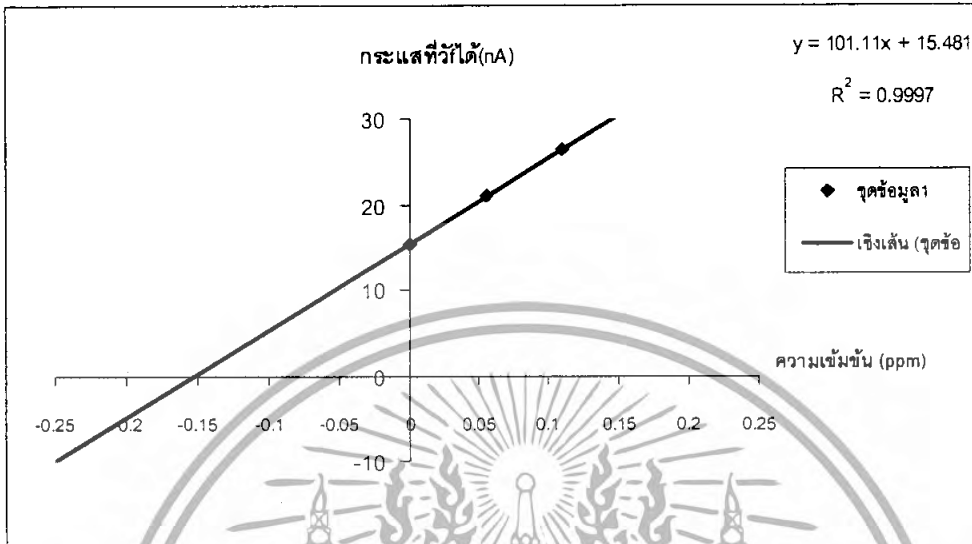


รูปที่ ค.2 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองวัด 4 ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

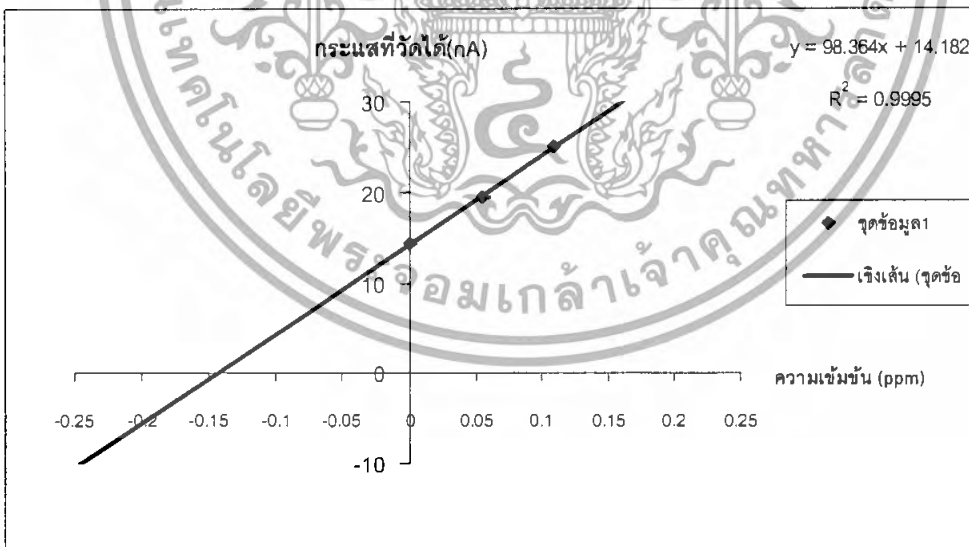


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

รูปที่ ก.3 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO₂) จากตัวอย่างน้ำคลองวัด4 ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟลัส โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

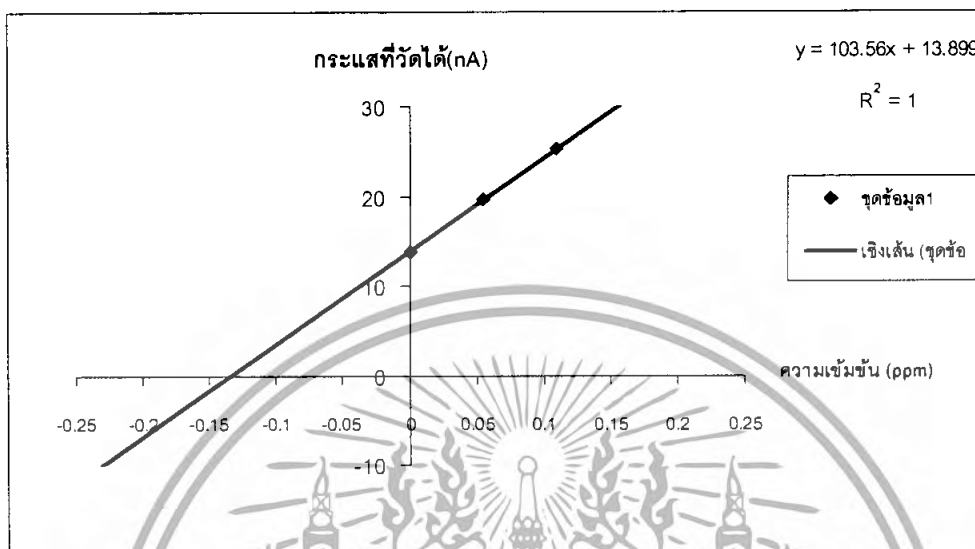


รูปที่ ก.4 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO₂) จากตัวอย่างน้ำคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟลัส โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

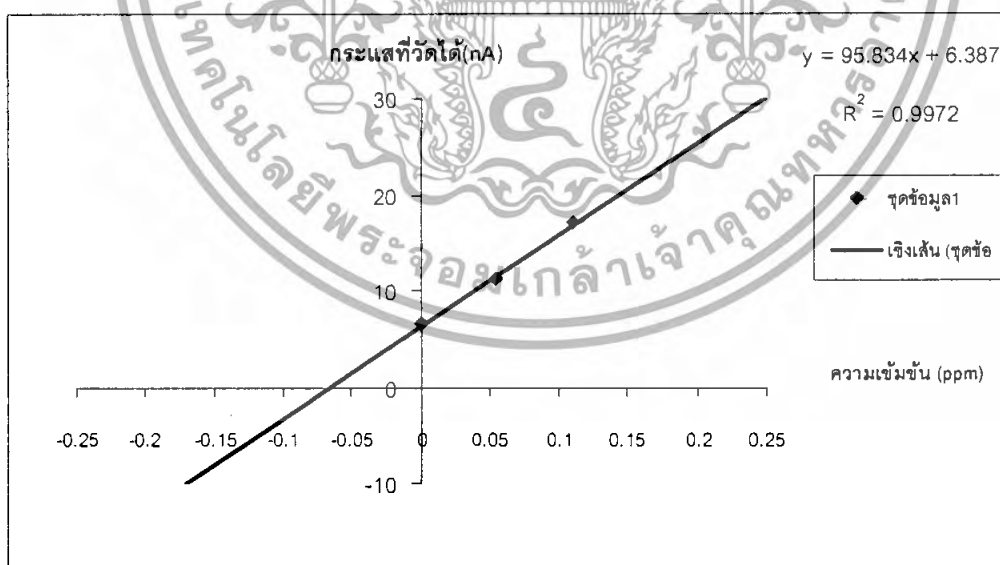


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.5 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พลัส โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

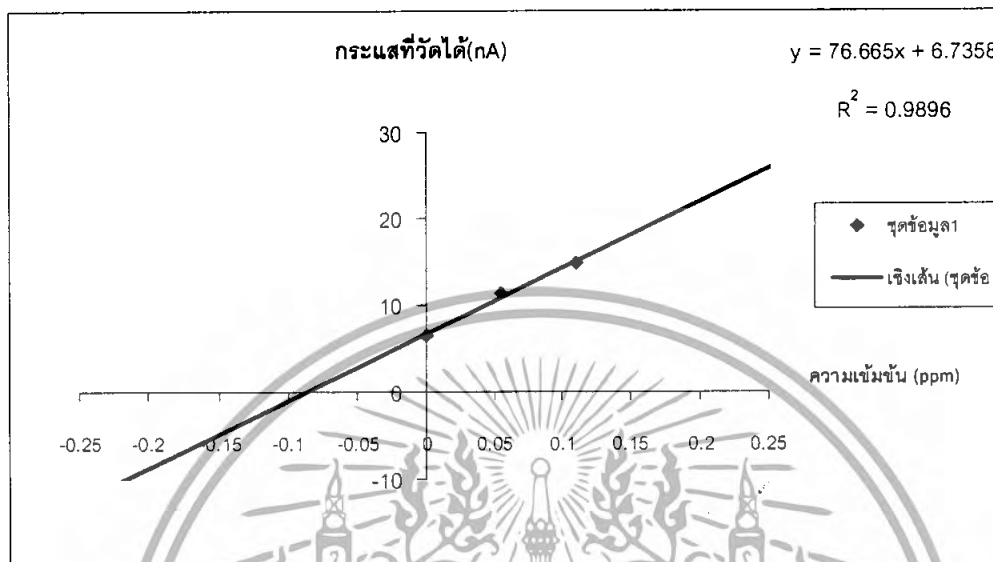


รูปที่ ก.6 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำแยกเขาคองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พลัส โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

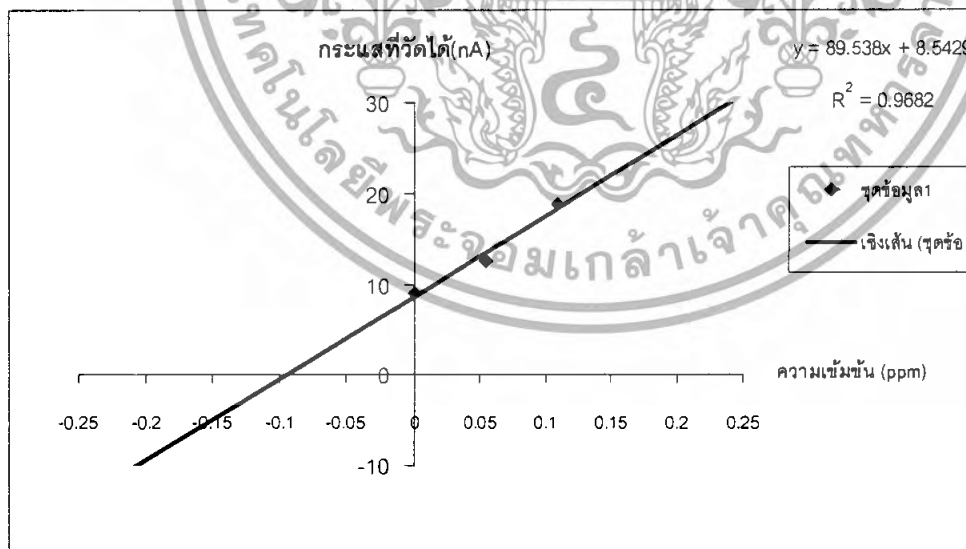


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.7 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำแยกเข้าคอลงลาดกระบ้ง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

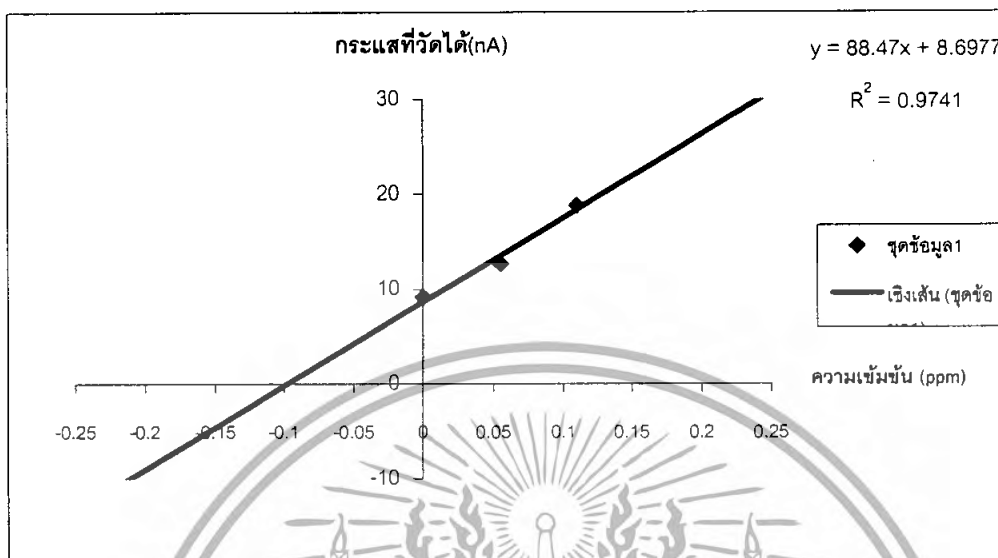


รูปที่ ก.8 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำกลางคลองลาดกระบ้ง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

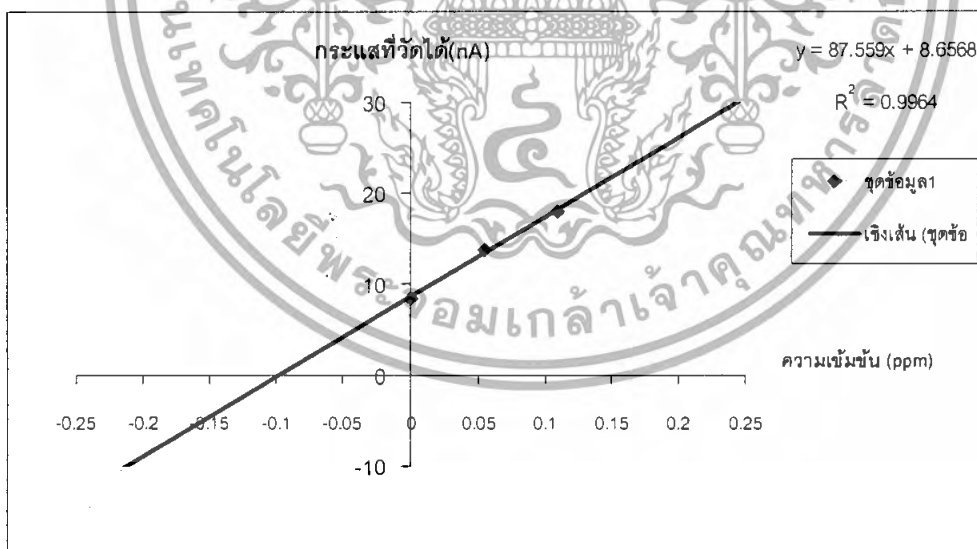


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.9 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำกลางคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

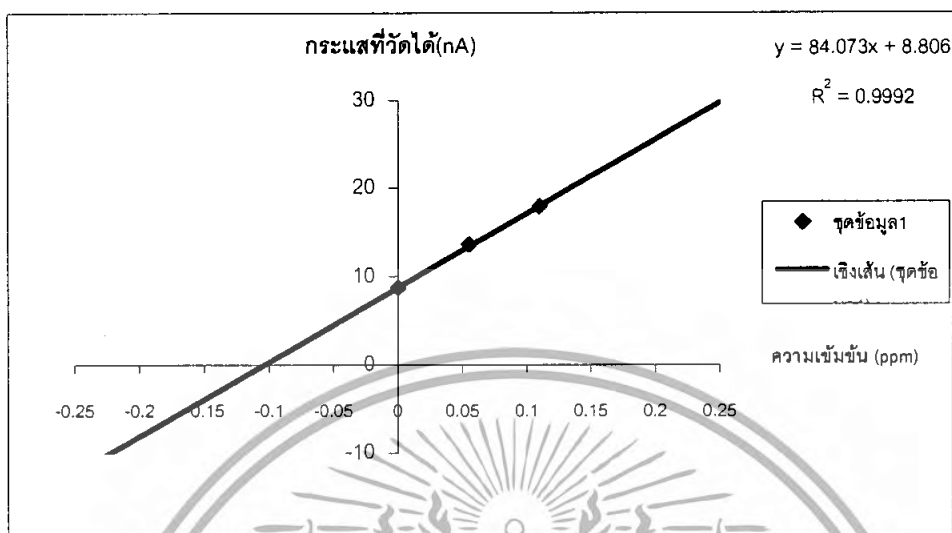


รูปที่ ค.10 แสดงกราฟมาตรฐานของไนไตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์ โวลเทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

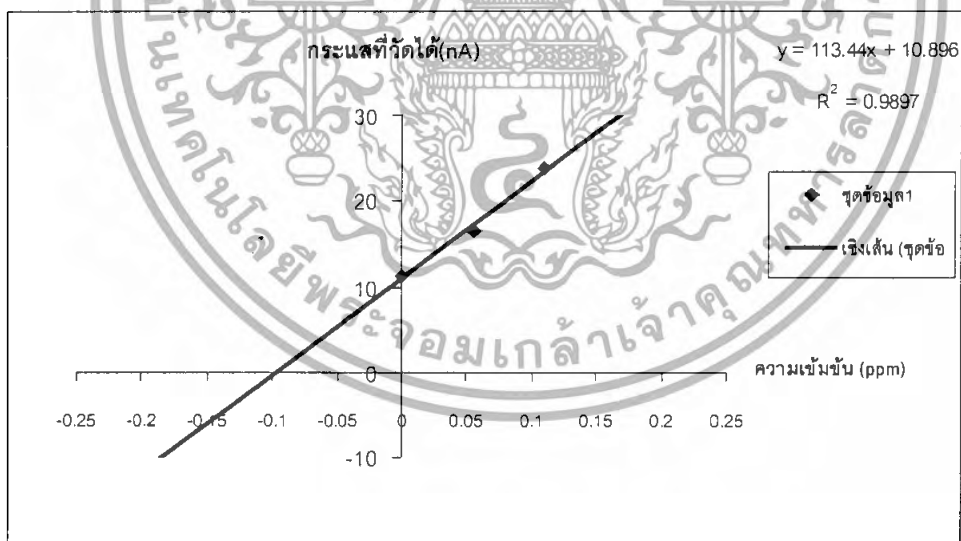


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

รูปที่ ค.11 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟลัสส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรเจนไดออกไซด์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่ 2

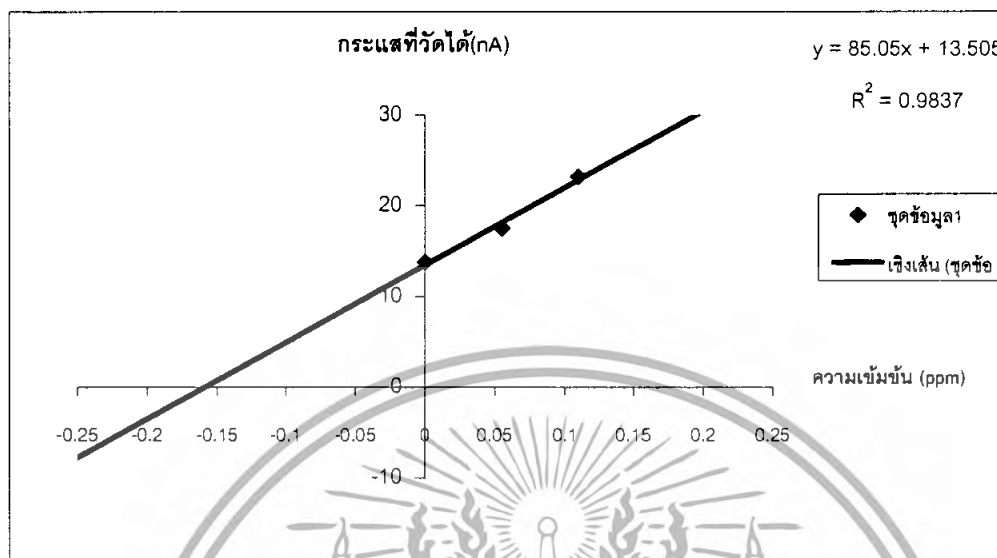


รูปที่ ค.12 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟลัสส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรเจนไดออกไซด์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครึ่งที่ 1

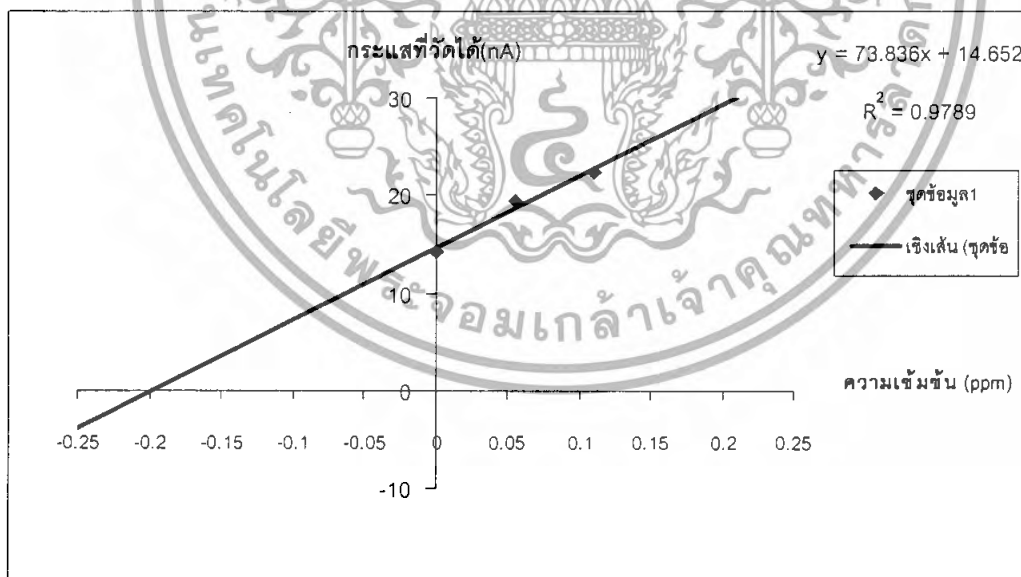


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.13 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO₂) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟลัส โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

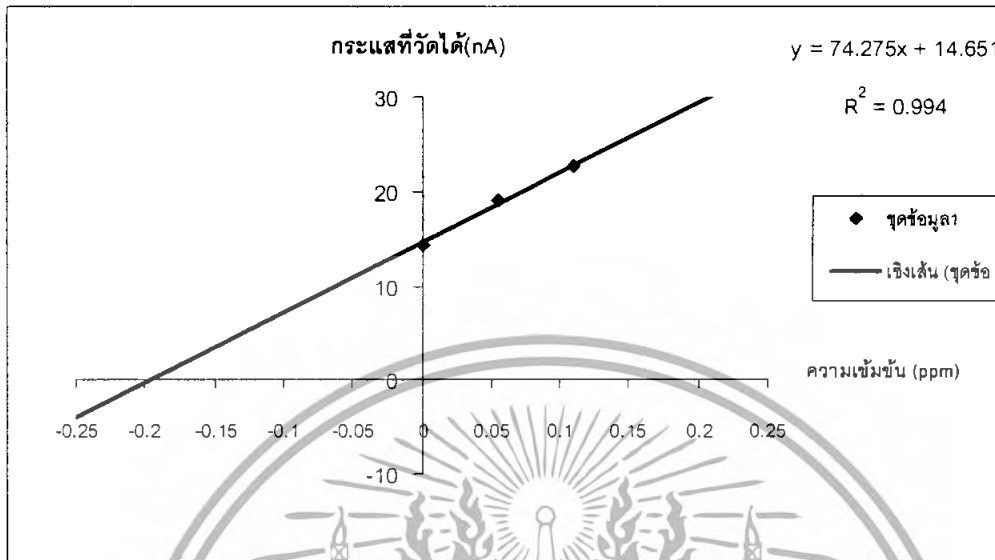


รูปที่ ค.14 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO₂) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟลัส โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

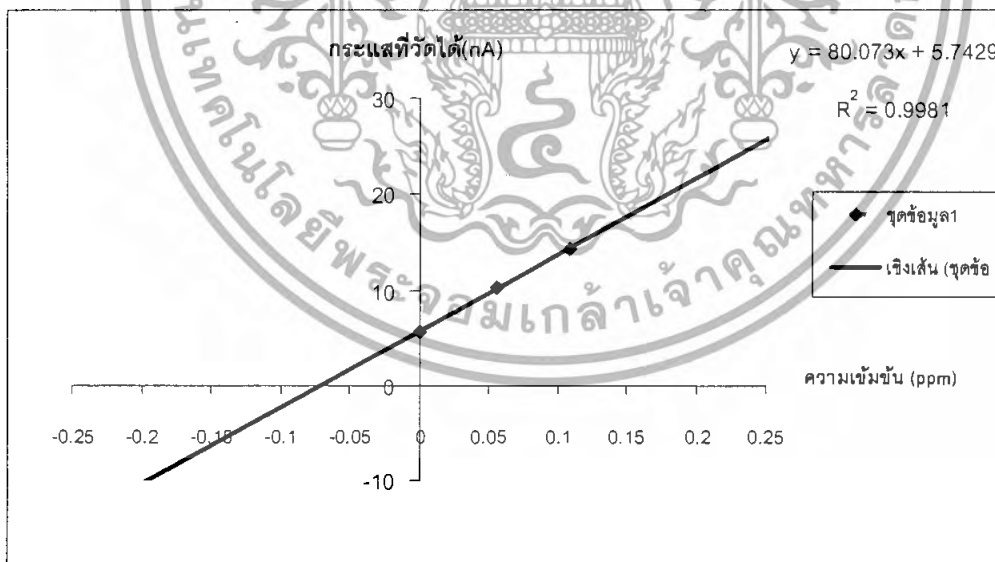


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.15 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองท้ายสนามบิน (ลาดกระบัง) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

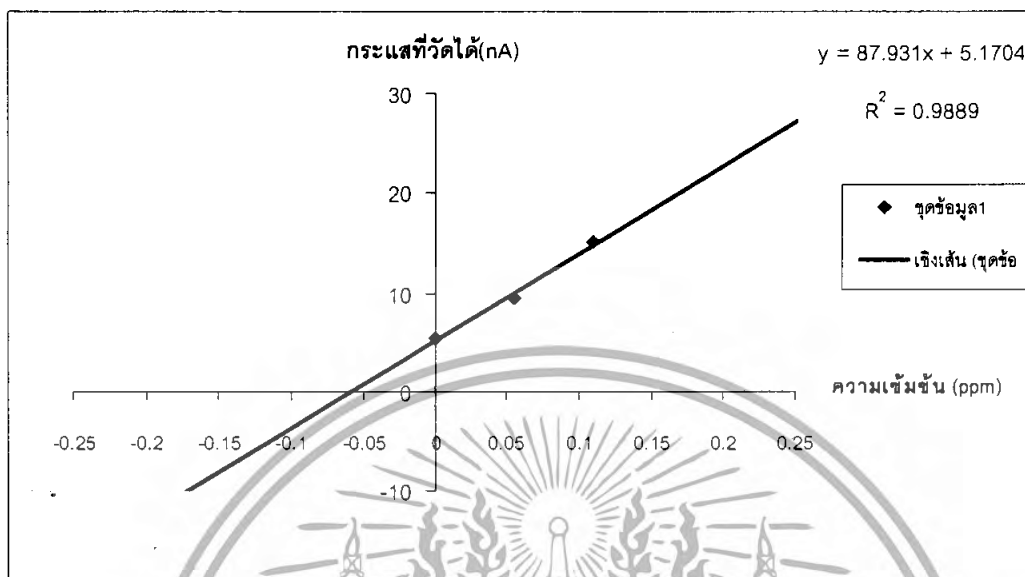


รูปที่ ค.16 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคลองน้ำมัน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอร์เรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมทรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

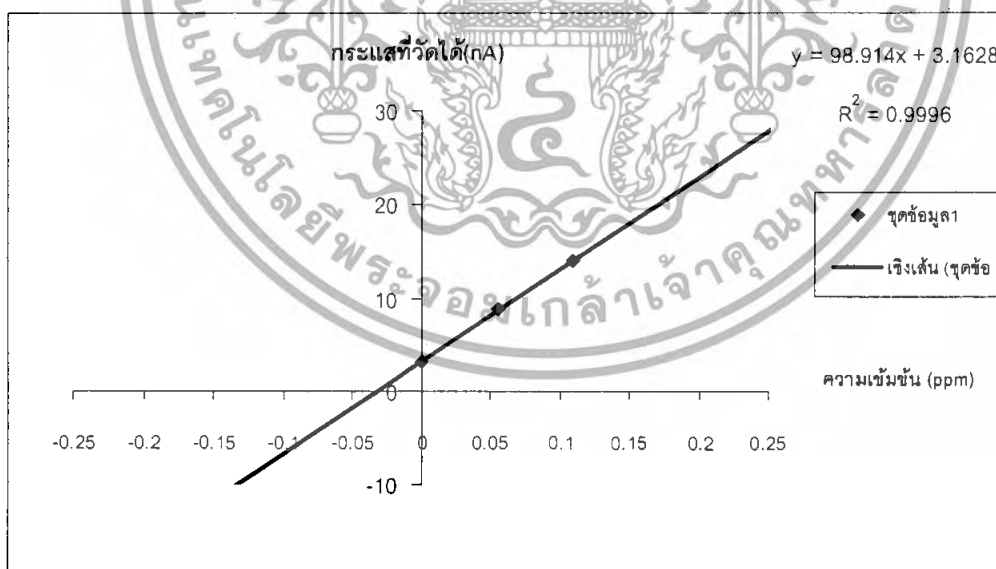


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.17 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำคั่งน้ำมัน ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีเฟอริเฟอเรนเซียล ฟัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

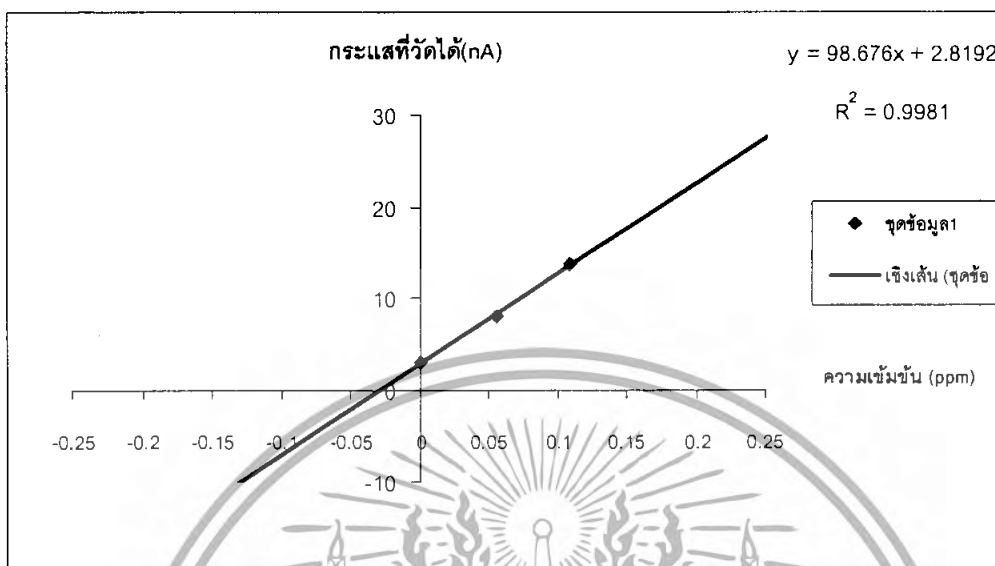


รูปที่ ค.18 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรต์ (NO_2^-) จากตัวอย่างน้ำโรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีเฟอริเฟอเรนเซียล ฟัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรต์เข้มข้น 10 ppm. ครั้งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1

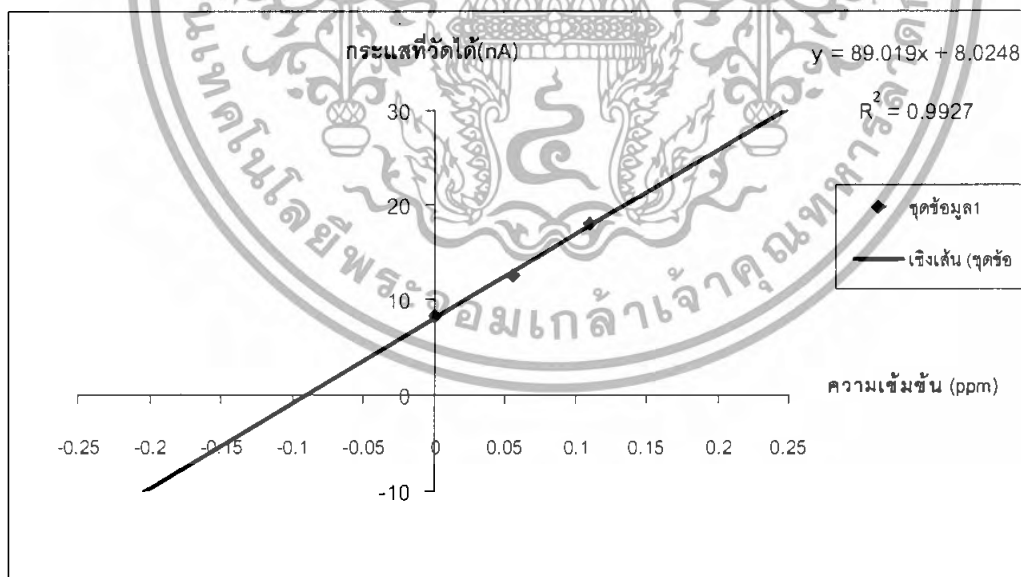


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.19 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO₂) จากตัวอย่างน้ำโรงสูบน้ำคลองลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีเฟอโรซีนเฟอโรซีน พัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2

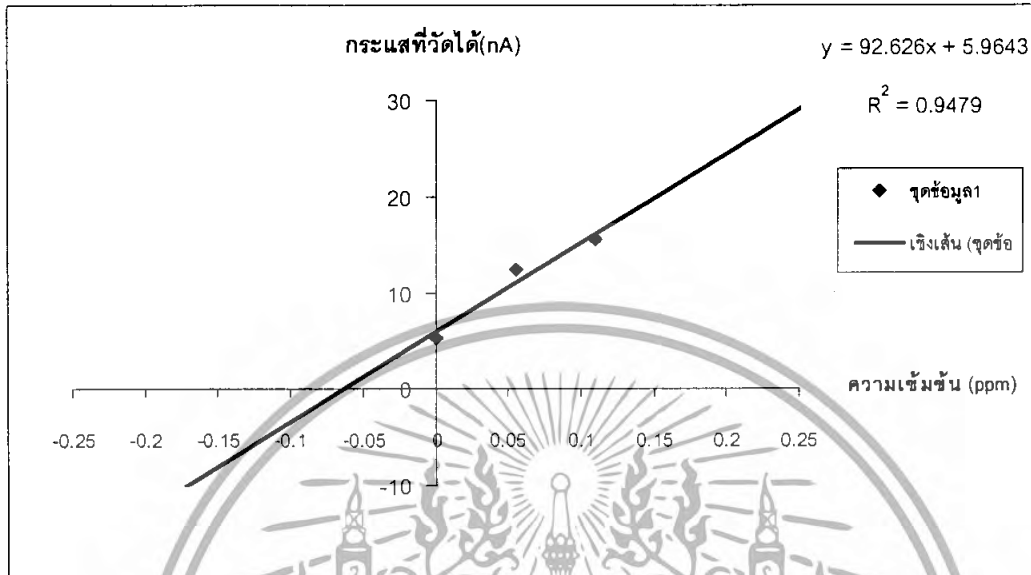


รูปที่ ค.20 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรด (NO₂) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีเฟอโรซีนเฟอโรซีน พัลส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนโตรดเข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.21 แสดงกราฟมาตรฐานของไนโตรไซด์ (NO_2) จากตัวอย่างน้ำคลองภายในลาดกระบัง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล ฟลัสส์ โวลแทมเมตรี ร่วมกับเทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนโตรไซด์เข้มข้น 10 ppm. ครึ่งละ 0.1 mL ครั้งที่ 2



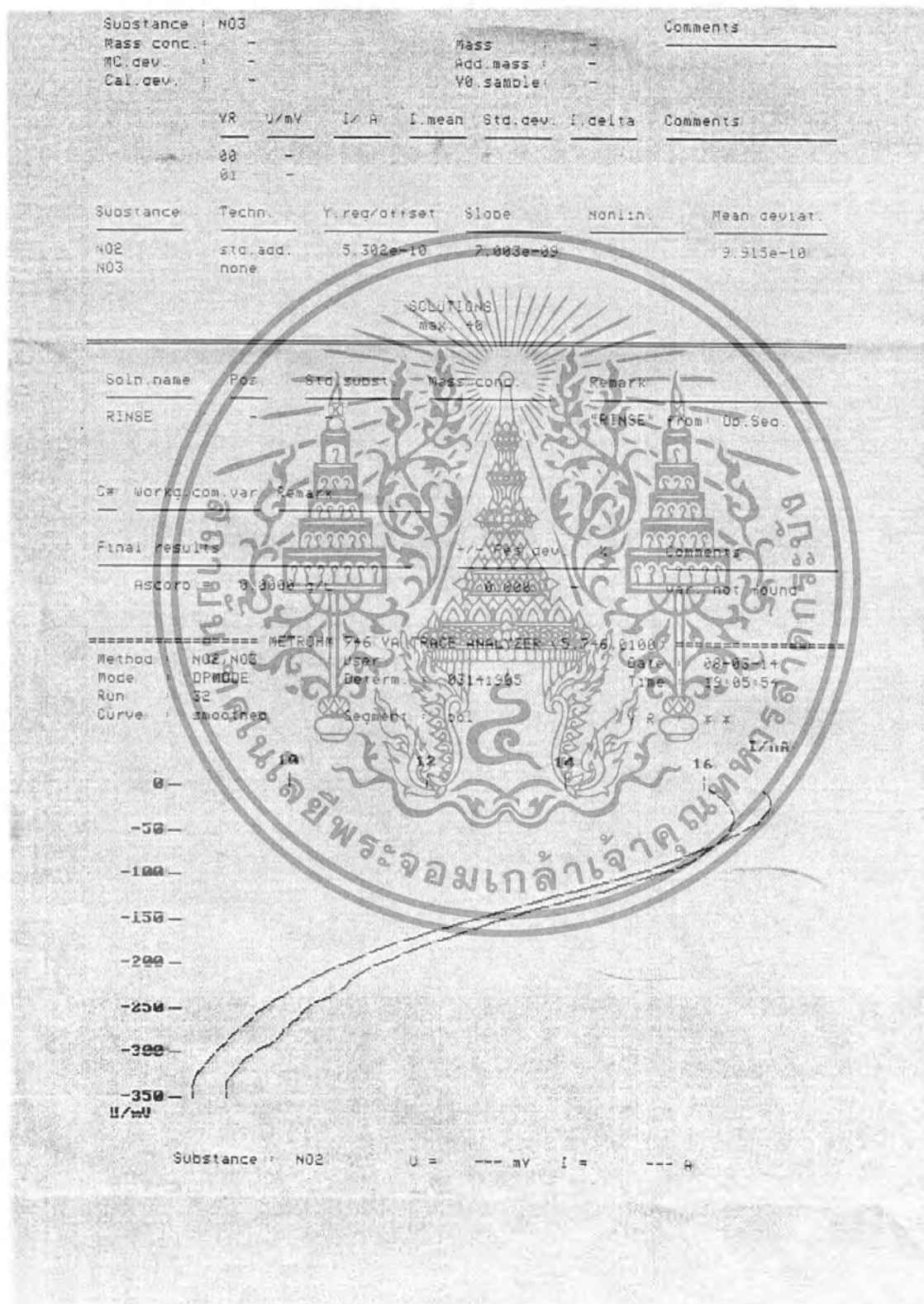
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
 แสดงสัญญาณของไนเตรตที่บันทึกโดยวิธีดีพีพีอาร์เรนเจียล พัลส์ ไวลแทมเมตรี



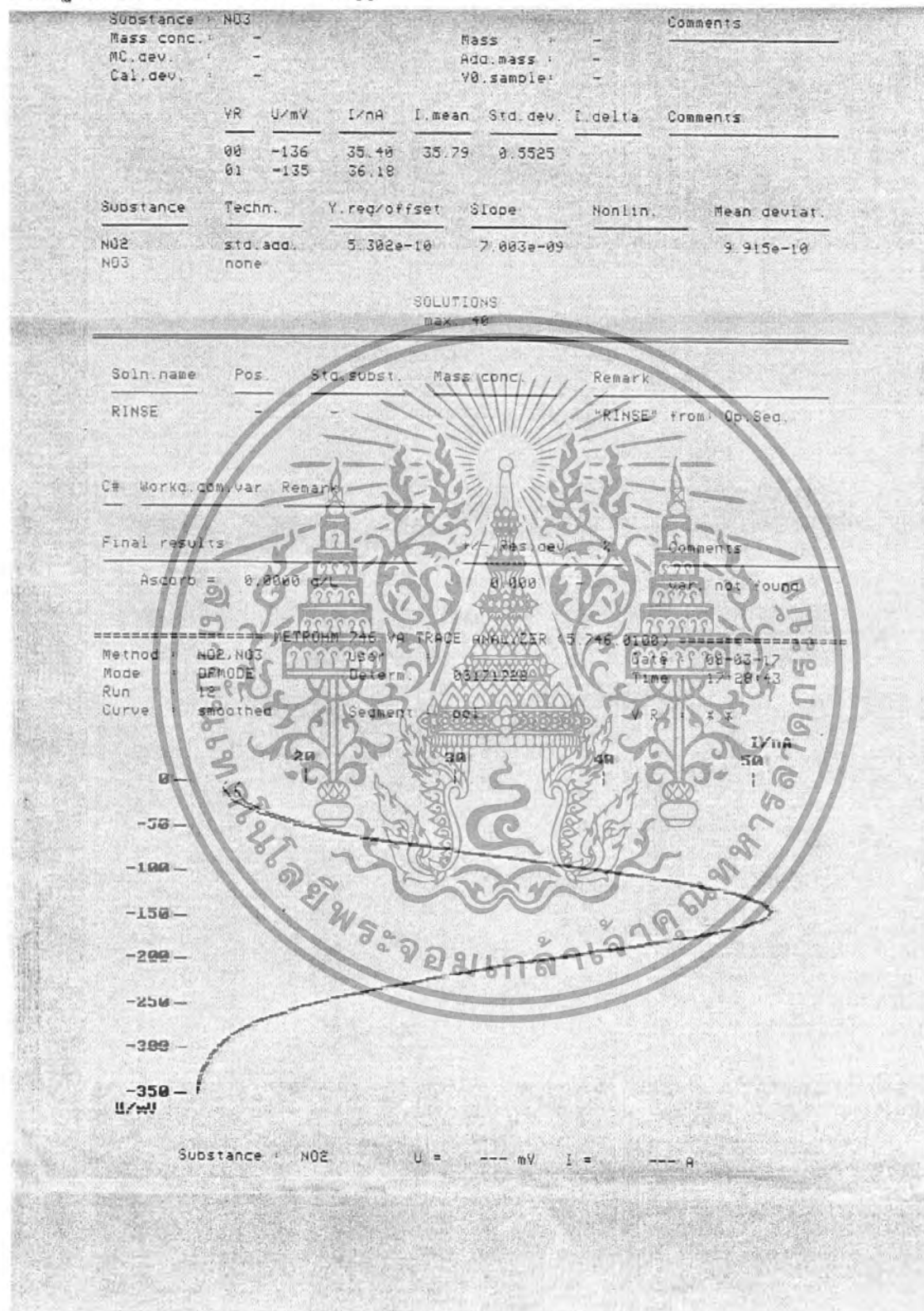
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.1 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลาย แบลงค์



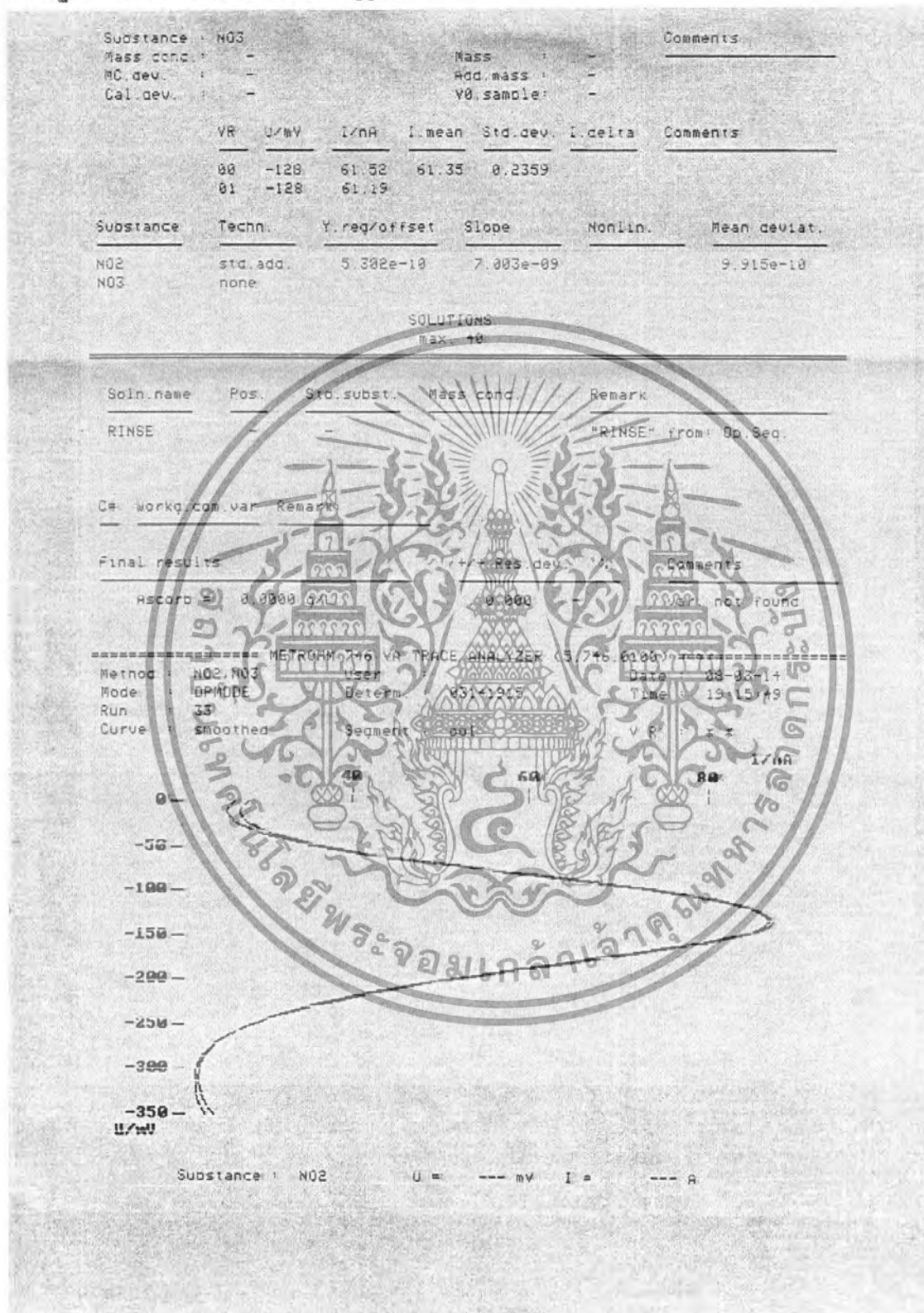
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.2 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลเทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนเตรดเข้มข้น 0.5ppm.



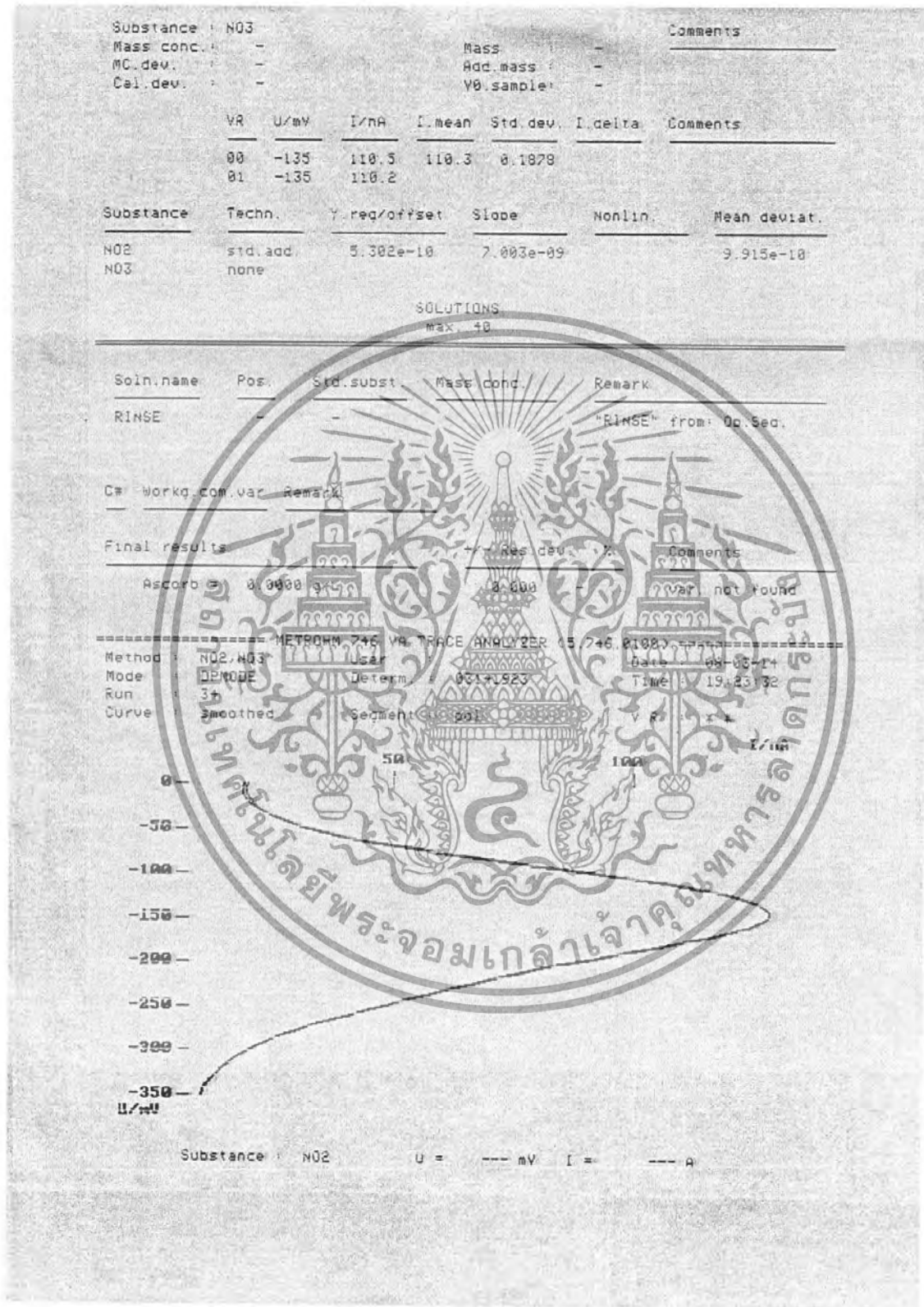
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ๓.๓ แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลเทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนเตรดเข้มข้น 1.0 ppm.



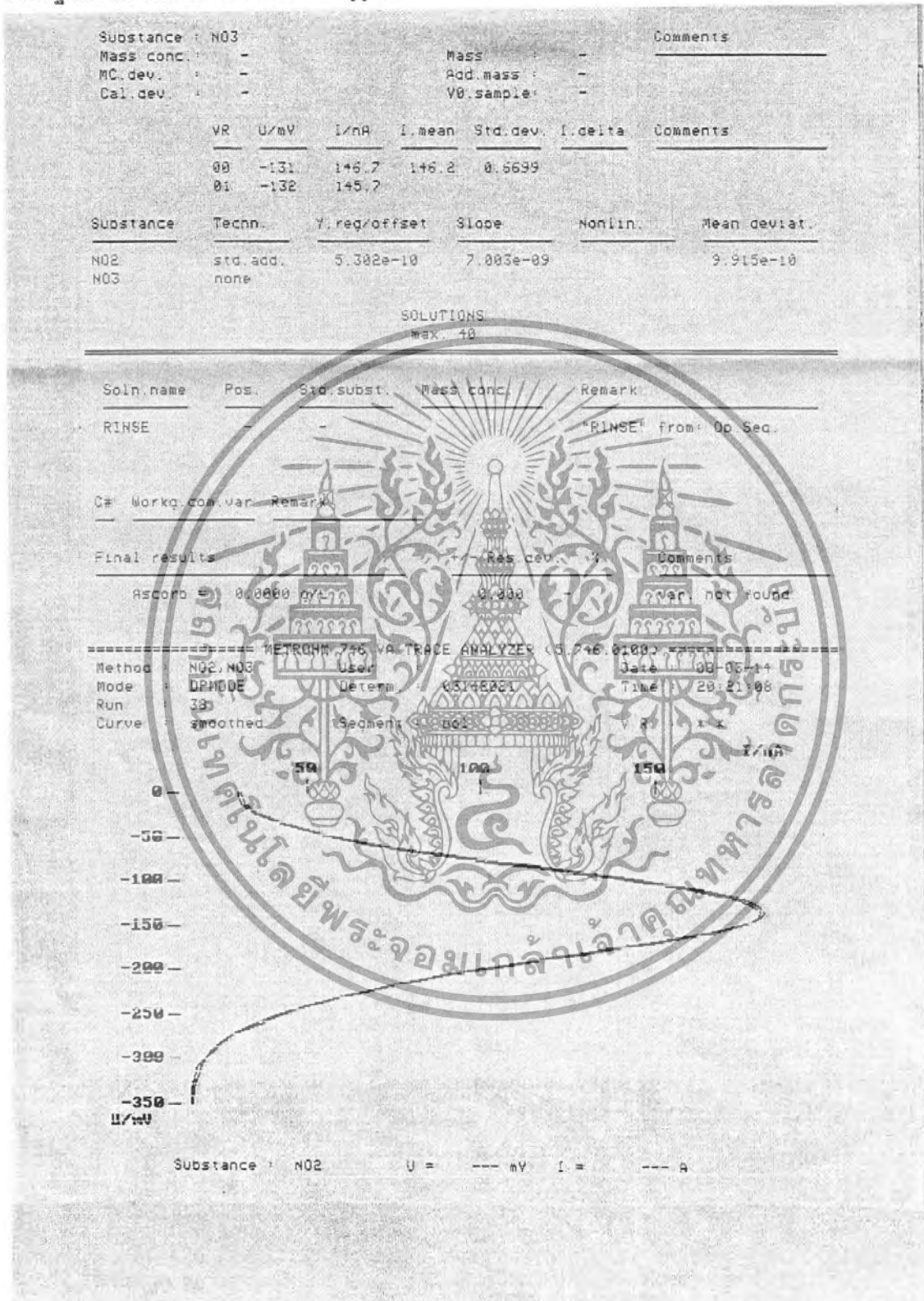
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ๓.4 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนเตรตเข้มข้น 2.0ppm.



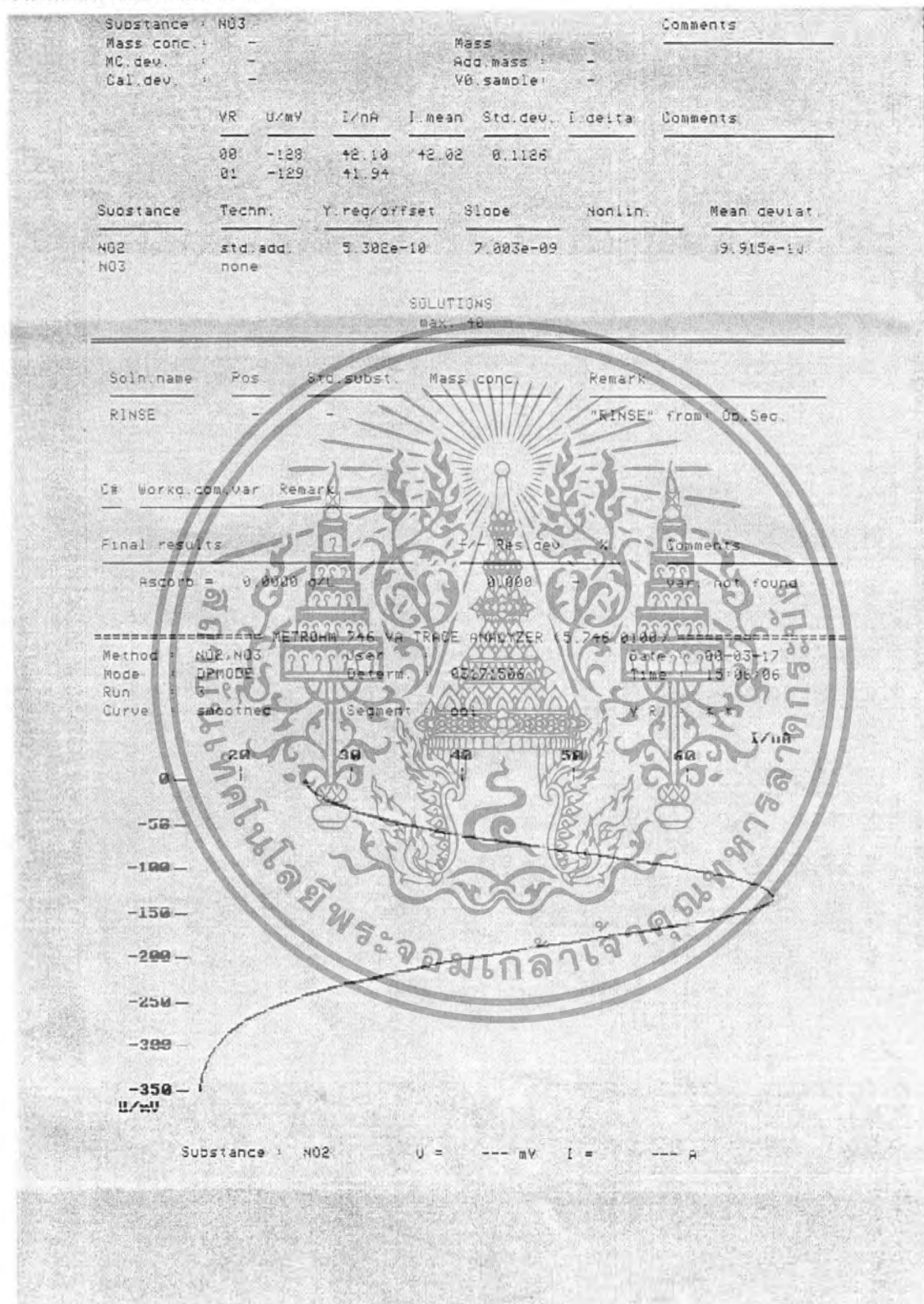
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ๖.๕ แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลเทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนเตรดเข้มข้น 3.0 ppm.



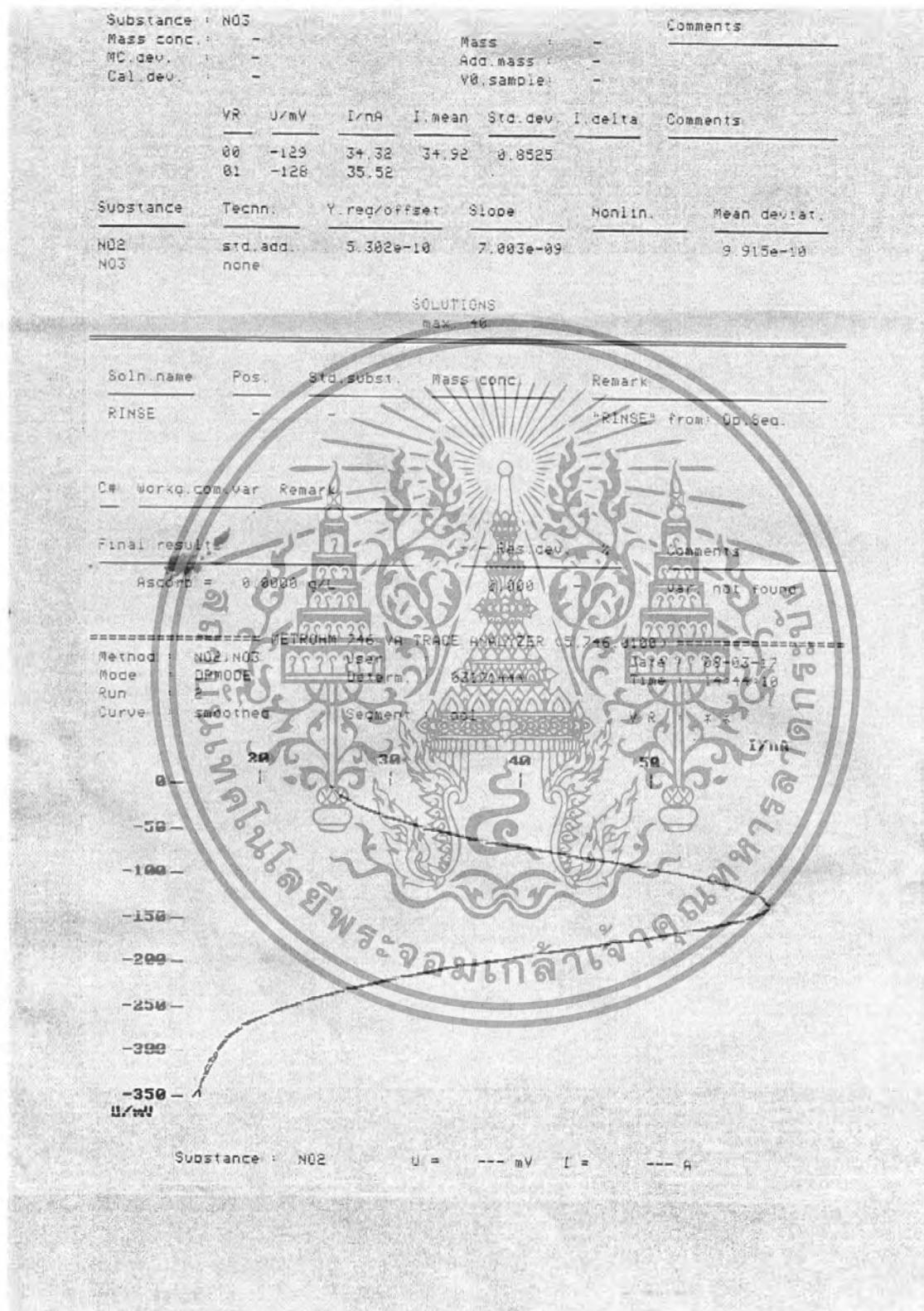
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.7 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากที่ก้นน้ำนิคมลาดกระบัง



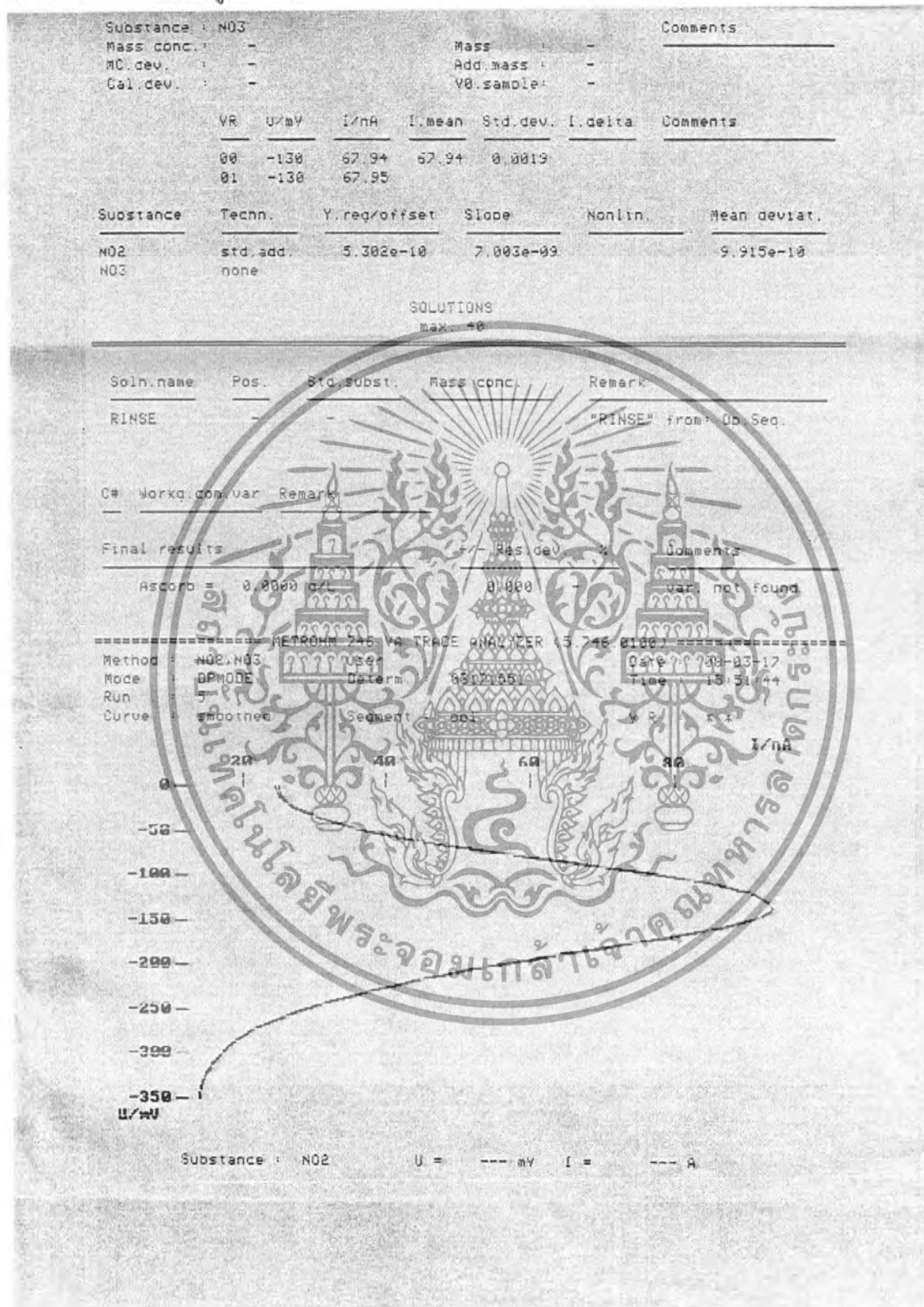
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.8 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลเทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากคลองหน้าโรงงานจอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ง.9 แสดงค่าการวัดกระแสไฟฟ้า และ โวลแทจโมแกรมของไนเตรตที่ได้จากการวัดน้ำตัวอย่าง จากคลองหน้าโรงงานยูตินิวอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

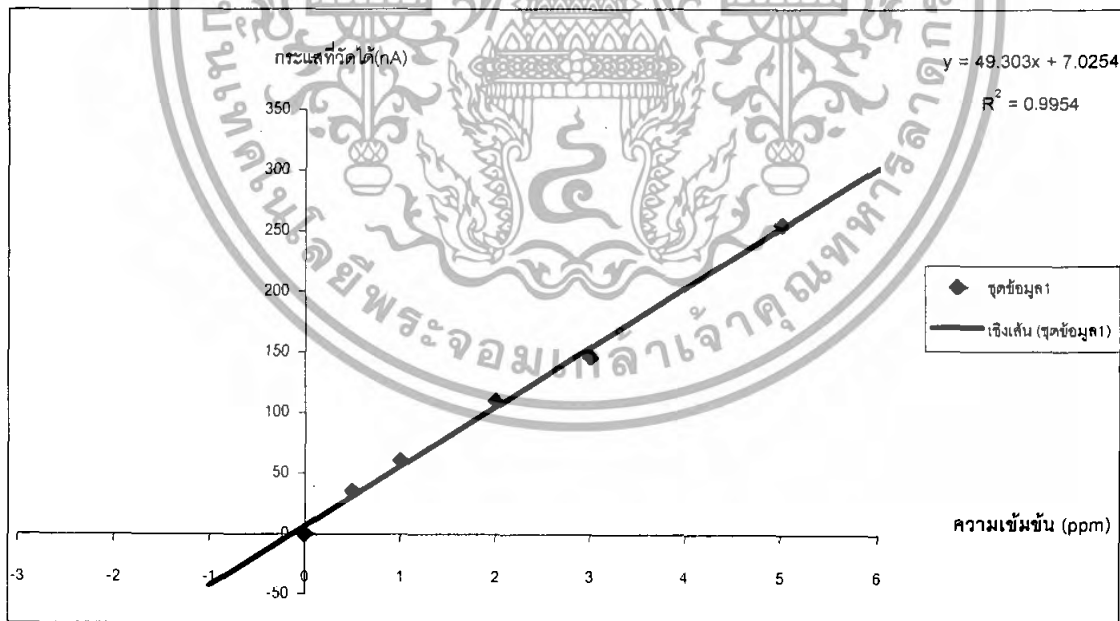
ตารางแสดงสัญญาณที่วัดได้จากน้ำตัวอย่างและกราฟมาตรฐานของการละลายมาตรฐาน โซเดียมไนเตรต (NaNO_3) ที่ได้จากการวัดด้วยวิธีเฟอโรเร็นเซียล ฟัลส์ โวลแทมเมทรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.1 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานของ โซเดียมไนเตรด (NaNO_3) ที่ได้จาก การวัดด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมตรี

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนเตรด (ppm)	I (nA)		
	I_S	I_B	$I_S - I_B$
0.0	0	0	0
0.5	35.79	0	35.79
1.0	61.35	0	61.35
2.0	110.3	0	110.3
3.0	146.2	0	146.2
5.0	255.5	0	255.5

รูปที่ จ.1 แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไนเตรด (NaNO_3) ที่ได้จาก การวัด ด้วยวิธีดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมตรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.2 แสดงสัญญาณที่วัดน้ำตัวอย่าง ที่ได้จากการวัดด้วยวิธี ดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์ โวลแทมเมตรี

ตัวอย่าง	I_1 (nA)	I_2 (nA)	$I_{เฉลี่ย}$ (nA)
ที่กั้นน้ำนิคมลาดกระบัง	42.1	41.94	42.02
คลองหน้าโรงงานจอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน	34.32	35.52	34.92
คลองหน้าโรงงานยูนิเวอร์	67.94	67.95	67.94



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
 การคำนวณปริมาณความเข้มข้นและค่าของไนไตรต์ และไนเตรด ในสารละลาย
 มาตรฐานโซเดียมไนไตรต์และโซเดียมไนเตรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณปริมาณความเข้มข้นของไนไตรต์ในสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์

$$\text{ใช้หลัก } C_1V_1 = C_2V_2$$

เมื่อ C_2 = ความเข้มข้นของไนไตรต์

C_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์

V_2 = ปริมาตรรวมในโพลารोगราฟฟิกเซลล์

V_1 = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์ที่เติมลงไป

ดังนั้น

เติมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์เข้มข้น 10 ppm. จำนวน 0.1 mL. จะมีความเข้มข้นของไนไตรต์ (NO_2^-) เป็น

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$C_2 = (10 \text{ ppm})(0.1 \text{ mL}) / (18.1 \text{ mL})$$

$$= 0.05525 \text{ ppm.}$$

สำหรับปริมาณความเข้มข้นของไนไตรต์ ก็สามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับการคำนวณ

ข้างต้น



การคำนวณค่า $S_{y/x}$ ของไนไตรต์ และไนเตรตในตัวอย่างน้ำ

แสดงการคำนวณค่า $S_{y/x}$ ของไนไตรต์ และไนเตรตในตัวอย่างน้ำ

ตารางที่ ๑.1 แสดงการคำนวณค่า $S_{y/x}$ ของไนไตรต์จากกราฟมาตรฐานของไนไตรต์

X_i (ppm)	Y_i (nA)	\hat{Y}_i (nA)	$(Y_i - \hat{Y}_i)^2$	$\Sigma (Y_i - \hat{Y}_i)^2$	$S_{y/x}$
0	0.147	-0.3486	0.24562	1.01066	0.710866
0.0525	14.45	14.94146	0.24153		
0.10989	29.55	30.06349	0.26367		
0.16393	45.53	45.02025	0.25984		

จากตารางคิดจากระดับความเข้มข้นของสารมาตรฐานไนไตรต์ 0 ppm โดยที่ค่า $\hat{Y} = mx + c$ จากกราฟมาตรฐานรูปที่ ค.1 มีสมการเส้นตรงเป็น $y = 276.75x - 0.3486$ โดยแทนค่า x ด้วย $x_i = 0$ จะได้ $\hat{Y} = 276.75(0) - 0.3486$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\Sigma (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1.01066}{4 - 2}} = 0.710866$$

$$LOD = \frac{3 S_{y/x}}{\text{Slope}} = \frac{3 (0.710866)}{276.75} = 0.0077 \text{ ppm.}$$

$$LOQ = 3.3 LOD = 3.3 * 0.0077 = 0.2543 \text{ ppm.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.๒ แสดงการคำนวณหาค่า $S_{y/x}$ ของไนไตรต์จากกราฟมาตรฐานของไนเตรด

X_i (ppm)	Y_i (nA)	\hat{Y}_i (nA)	$(Y_i - \hat{Y}_i)^2$	$\Sigma(Y_i - \hat{Y}_i)^2$	$S_{y/x}$
0	0	7.036	49.5053	194.004	6.96427
0.365	35.79	31.684	16.85924		
0.73	61.36	56.333	25.27073		
1.46	110.35	105.629	22.28784		
2.19	146.2	154.927	76.16053		
3.65	255.5	253.52	3.9204		

จากกราฟมาตรฐานรูปที่ ๑.๑ มีสมการเส้นตรงเป็น $y = 67.53x + 7.036$ โดยแทนค่า x ด้วย $x_i = 0$ จะได้ $\hat{Y} = 67.53(0) + 7.036$

$$\text{LOD} = \frac{3 S_{y/x}}{\text{Slope}} = \frac{3 (6.96427)}{67.53} = 0.30938 \text{ ppm.}$$

$$\text{LOQ} = 3.3 \text{ LOD} = 3.3 * 0.30938 = 1.02095 \text{ ppm.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.1 แสดงสูตรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad \text{สมการที่ 1.1}$$

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - 2}} \quad \text{สมการที่ 1.2}$$

$$\text{LOD} = \frac{3 S_{y/x}}{\text{Slope}} \quad \text{สมการที่ 1.3}$$

$$\text{LOQ} = 3.3 \text{ LOD}$$

สมการที่ 1.4

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad \text{สมการที่ 1.5}$$

$$\% \text{RSD} = \frac{\text{SD}}{X} \times 100 \quad \text{สมการที่ 1.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้