

การวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำโดยเทคนิคอะตอมิกสเปกโตรสโกปี
แอดซอร์พทีฟ แคโทดิก สตรีปิง โวลแทมเมตรี

หนังสืออ้างอิง
ใช้เฉพาะในห้องสมุด

อัญญา งามเจือ

24 ต.ค. 2546

TH 000 6944

161236

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี (เน้นเคมีวิเคราะห์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

พฤษภาคม 2545

ISBN 974-616-523-2

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี (เน้นเคมีวิเคราะห์) ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)

..... กรรมการ
(ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์)

..... กรรมการ
(ดร.สมศักดิ์ ศิริไชย)

..... กรรมการ
(ดร.ธนิดา ปะบุญเรือง)

..... กรรมการ
(ดร.บุษกรรณ์ ผ่องใส)

..... กรรมการ
(ดร.พิชัย สนั่นแจ้ง)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี (เน้นเคมีวิเคราะห์) ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 31 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2545

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษา และช่วยแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณี เทอดเทพพิทักษ์ ซึ่งเป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และดร.สมศักดิ์ สิริไชย กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ จึงขอกราบของพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร. พิชัย สนแจ้ง ดร. สมศักดิ์ สิริไชย ดร. ธนิตา ปะบุญเรือง และ ดร. บุญกรณ์ ผ่องใส คณะกรรมการสอบปากเปล่าที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณแม่ น้อง ๆ คณะครู-อาจารย์โรงเรียนปลวกแดงพิทยาคม และเพื่อนๆ ปรียญาโท ที่ให้โอกาส กำลังใจช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในทุก ๆ ด้าน

อัญชนา งามเจือ

40910653 : สาขาวิชา : เคมี (เน้นเคมีวิเคราะห์) ; วท.ม. (เคมี)

คำสำคัญ : โครเมียม / วิธีวิเคราะห์โวลติค / แคโทดิก สทริปปิง โวลแทมเมตรี

อัญชนา จาเจือ : การวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำโดยเทคนิคตะตะโวลติค แออดซอร์พทิฟ แคโทดิก สทริปปิง โวลแทมเมตรี (DETERMINATION OF CHROMIUM (VI) IN WATER BY CATALYTIC ADSORPTIVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY)

อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ดร.อรุณี เทอดเทพพิทักษ์ Ph.D. (เคมีไฟฟ้า), ดร. สมศักดิ์ สิริไชย Ph.D.

(เคมีวิเคราะห์) 89 หน้า. ISBN 974-616-523-2

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีวิเคราะห์โครเมียม (VI) ในน้ำด้วยวิธีตะตะโวลติค แออดซอร์พทิฟ แคโทดิก สทริปปิง โวลแทมเมตรี ซึ่งเกิดกระบวนการดูดซับของสารเชิงซ้อนโครเมียม (III) กับ ไดเอทิลลิโนไดรเอมีนเพนตะอะซิติก แอซิด (DTPA) เกาะบนขั้วไฟฟ้าหยาบปรอทแบบแวน มี สภาวะของเครื่องมือที่เหมาะสมดังนี้ ขั้วไฟฟ้าหยาบปรอทแบบแวนเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน ซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์ เป็นขั้วไฟฟ้าอ้างอิง และกลาสซ์คาร์บอนเป็นขั้วไฟฟ้าช่วย โดยสารละลายใน โวลแทมเมตริก เซลล์มีความเข้มข้นดังนี้โซเดียมอะซิเตด บัฟเฟอร์ เข้มข้น 0.02 โมลต่อลิตร pH 6.0 โซเดียมไนเตรดเข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร DTPA เข้มข้น 2.5×10^{-3} โมลต่อลิตร ทำการดิโพซิชั่นที่ ศักย์ไฟฟ้า -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และสแกนศักย์ -0.8 ถึง -1.4 โวลต์ ใช้สแควร์ เวฟที่มีความถี่ 100 เฮิร์ตซ์ modulation amplitude เท่ากับ 49.95 โวลต์ และ step potential เท่ากับ 2.55 โวลต์ พิก ของโครเมียม (VI) ขึ้นที่ -1.22 ± 0.05 โวลต์ มีขีดจำกัดการวิเคราะห์โครเมียม (VI) เท่ากับ 0.0250 ไมโครกรัมต่อลิตร (ใช้เวลาดิโพซิชั่นนาน 60 วินาที) มีช่วงความเข้มข้นเป็นเส้นตรงถึง 3.030 ไมโครกรัมต่อลิตร (ใช้เวลาดิโพซิชั่น นาน 60 วินาที) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ของการ วิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร เท่ากับ 3.342 % (ทำการ วิเคราะห์ 11 ครั้ง) และไม่มีผลรบกวนของไอออนแต่ละตัวของโคบอลต์ นิกเกิล สังกะสี แมงกานีส ทองแดง ที่ความเข้มข้น 150, 500, 300, 300, 500 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ แต่มี ไอออนของแมกนีเซียมและเหล็ก (III) ที่ความเข้มข้น 1,000 และ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จะรบกวน การวิเคราะห์ ซึ่งสามารถกำจัดไอออนของแมกนีเซียมที่รบกวนได้ด้วยเรซิน Strong acid ion exchanger Type I จำนวน 5 กรัม เมื่อนำวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้กับตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้คือ ตัวอย่างน้ำทะเล น้ำแร่ น้ำประปา และน้ำทิ้งหลังการบำบัดจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่ามีความ เข้มข้นของโครเมียม (VI) อยู่ในช่วง 0.128 ± 0.017 ถึง 7.345 ± 0.491 ไมโครกรัมต่อลิตร

40910653 : MAJOR : CHEMISTRY ; M.Sc.

KEYWORD : CATALYTIC METHODS / CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY /
CHROMIUM

ANCHANA NGAJUA : DETERMINATION OF CHROMIUM (VI) IN WATER BY
CATALYTIC ADSORPTIVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY.

THESIS ADVISOR : ARUNEE THERDTEPPITAK Ph.D., SOMSAK SIRICHAH Ph.D. 89 P.

ISBN 974-616-523-2

The purpose of this study was to determine chromium (VI) in aqueous solution using cathodic stripping voltammetry (CSV), preceded by adsorptive collection of complex species with diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) on a hanging mercury drop electrode (HMDE). The optimized conditions used were 0.02 M acetate buffer (pH 6.0), 0.5 M sodium nitrate and 2.5 mM DTPA. The solution was deaerated by purging for 5 min. with oxygen-free, water saturated nitrogen. Then a new mercury drop was made, the potential of the HMDE was set to -1.0 V vs Ag/AgCl which the solution was stirred. Adsorption of the Cr (III) - DTPAH₂ complex on the HMDE. A potential scan was carried out using the square wave modulation at a frequency of 100 Hz, a modulation amplitude of 49.95 V and step potential of 2.55 V. The scan direction was towards more negative potentials and reduction peak corresponding with chromium appeared at -1.22 ± 0.05 V. The limit of detection for chromium (VI) in water was 0.0250 $\mu\text{g/L}$ at a deposition time of 60 s. The linear range with the chromium (VI) concentration up to 3.030 $\mu\text{g/L}$. (deposition time 60 s) The relative standard deviation of a determination (RSD) of 2 $\mu\text{g/L}$ chromium (VI) in water using the optimized conditions was 3.342 % ($n = 11$). No interfering effect was observed by the addition of cobalt (150 $\mu\text{g/L}$), nickel (500 $\mu\text{g/L}$), zinc (300 $\mu\text{g/L}$), manganese (II) (300 $\mu\text{g/L}$) and copper (500 $\mu\text{g/L}$). The ions interfering effect was observed by the addition of magnesium (1,000 mg/L) and iron (III) (0.1 mg/L). The interference by magnesium ion was eliminated by a strong acid ion exchanger Type I. The proposed method was applied to determine concentration of chromium (VI) in seawater, mineral water, tap water and waste water. The concentration of chromium (VI) was in the range from 0.128 ± 0.017 to 7.345 ± 0.491 $\mu\text{g/L}$.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ

บทที่

1 บทนำ.....	1
วัตถุประสงค์.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตของการศึกษา.....	2
สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาการศึกษา.....	3
2 ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ทฤษฎีโวลเทมเมตรี.....	4
พัลส์ โวลเทมเมตรี.....	5
คิฟเฟอเรนเชียล พัลส์.....	5
สแควร์ เวฟ.....	7
สทรีปปีง โวลเทมเมตรี.....	7
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ.....	23
อุปกรณ์และสารเคมี.....	23
วิธีดำเนินการ.....	25
การเตรียมเครื่องแก้ว.....	25
วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ.....	25

การเตรียมสารเคมี.....	25
ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม (VI).....	33
ศึกษาผลของ pH ของสารละลายโซเดียมอะซิเตต บัฟเฟอร์ และความเข้มข้น ของสารละลายโซเดียมอะซิเตต บัฟเฟอร์ ลิแกนด์ (DTPA) และคะตะลิสต์ (โซเดียมไนเตรด).....	34
การหาความเที่ยงและขีดจำกัดในการวิเคราะห์ของโครเมียม (VI).....	35
การหาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์โครเมียม (VI).....	37
ศึกษาสารรบกวน.....	37
การเตรียมตัวอย่าง.....	39
วิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในตัวอย่างน้ำโดยวิธี Standard addition.....	40
4 ผลการทดลอง.....	42
ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์.....	42
หาศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในการ deposition.....	42
หาค่า Step potential , modulation amplitude และความถี่ที่ เหมาะสม.....	43
ศึกษาผลของ pH และความเข้มข้นของสารละลายบัฟเฟอร์, ลิแกนด์ และ คะตะลิสต์.....	45
หา pH ที่เหมาะสมของสารละลายโซเดียมอะซิเตต บัฟเฟอร์.....	45
หาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายโซเดียมอะซิเตต บัฟเฟอร์.....	47
หาความเข้มข้นที่เหมาะสมของลิแกนด์ (DTPA).....	48
หาความเข้มข้นที่เหมาะสมของคะตะลิสต์ (โซเดียมไนเตรด).....	50
การหาความเที่ยงและขีดจำกัดในการวิเคราะห์ของโครเมียม (VI).....	51
การหาช่วงการเป็นเส้นตรง (linear range) ในการวิเคราะห์โครเมียม.....	52
ศึกษาสารรบกวนต่อการวิเคราะห์โครเมียม (VI).....	56
ศึกษาผลการรบกวนของไอออนแต่ละตัว (Mg, Co, Ni, Zn, Mn, Cu, Fe) ที่มีผลต่อการวิเคราะห์โครเมียม (VI).....	56

ผลการรบกวนของไอออนผสม (Co, Ni, Zn, Mn)	
ที่มีผลต่อการวิเคราะห์โครเมียม (VI).....	60
ศึกษาการกำจัดสารรบกวนก่อนการวิเคราะห์โครเมียม (VI).....	60
หาปริมาณกรัมเรซิน.....	60
การทดสอบประสิทธิภาพของคอลัมน์ใช้ในการกำจัดแมกนีเซียม	
ไอออน.....	61
วิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมในตัวอย่างน้ำ โดยวิธี Standard addition.....	61
5 สรุป อภิปรายผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	65
สรุปและอภิปรายผลการทดลอง.....	65
ข้อเสนอแนะ.....	70
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก.....	75
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	89

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สถานะการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุปริมาณน้อย ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี ACSV.....	11
2 สถานะการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุปริมาณน้อย ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี ACSV โดยใช้ตะกอน.....	13
3 วิธี ACSV ที่ใช้ตะกอน.....	13
4 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ศักย์ไฟฟ้าต่าง ๆ กันในการ deposition.....	42
5 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ค่า step potential ต่าง ๆ กัน.....	43
6 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ค่า modulation amplitude ต่าง ๆ กัน.....	44
7 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่ค่า Frequency ต่าง ๆ กัน.....	45
8 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่สารละลายโซเดียมอะซิเตตเข้มข้น 2.0 โมลต่อลิตร ปรับค่า pH ต่าง ๆ กัน.....	45
9 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่สารละลายโซเดียมอะซิเตตที่ค่า pH 6.0 ที่ความเข้มข้น ต่าง ๆ กัน.....	47
10 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่สารละลายไดเอทิลลิ้น ไตรเอมีนเพนตะอะซิติก แอซิด (DTPA) มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน.....	49
11 ตำแหน่งของฟีก ค่ากระแส (พื้นที่ฟีก) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เข้มข้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร ที่สารละลายโซเดียมไนเตรดมีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน.....	50

12	การวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตรโดยวิธี Standard addition เพื่อหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์.....	51
13	ค่ากระแส (พื้นที่พีค) ของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ใช้เวลา deposition 60 วินาที.....	51
14	ช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์โครเมียม (VI) ใช้เวลา deposition 20 วินาที ที่ $E_d = -1.0$ โวลต์ vs Ag/AgCl.....	53
15	ช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์โครเมียม (VI) ใช้เวลา deposition 60 วินาที ที่ $E_d = -1.0$ โวลต์ vs Ag/AgCl.....	54
16	ผลของแมกนีเซียมไอออนที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 20 วินาที).....	56
17	ผลของโคบอลต์ไอออนที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 20 วินาที).....	57
18	ผลของนิกเกิลไอออนที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 20 วินาที).....	58
19	ผลของสังกะสีไอออนที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 20 วินาที).....	58
20	ผลของแมงกานีสไอออนที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 20 วินาที).....	59
21	ผลของคอปเปอร์ไอออนที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 20 วินาที).....	59
22	ผลของเหล็กไอออนที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 20 วินาที).....	60
23	ผลของไอออนผสม Co, Ni, Zn, Mn ที่มีต่อการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร(ใช้เวลา deposition นาน 10 วินาที).....	60
24	จำนวนกรัมของเรซินที่ใช้กำจัดแมกนีเซียมไอออน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรที่อยู่ในสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 1 ไมโครกรัมต่อลิตร.....	61
25	การทดสอบประสิทธิภาพของคอลัมน์ใช้ในการกำจัดแมกนีเซียมไอออน โดยใช้เรซิน Ion exchange I.....	61

ตารางที่	หน้า
26 ปริมาณโครเมียม (VI) ที่วิเคราะห์ได้ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ.....	62
27 สรุปสถานะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โครเมียม (VI).....	66
28 คุณสมบัติของ Strongly acidic cation exchange ของ Ion exchange type I.....	76
29 ปริมาณไอออนที่มีอยู่ในน้ำทะเล.....	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะสัญญาณกระตุ้นในโวลแทมเมตรี.....	4
2 สัญญาณกระตุ้นของเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียล พัลส์.....	5
3 สัญญาณกระตุ้นของเทคนิคสแควร์ เวฟ.....	6
4 แสดงขั้นตอนการเกิด adsorptive accumulation และ cathodic stripping ของสาร เชิงซ้อนโลหะไอออน.....	9
5 แสดงขั้นตอนอิเล็กโทรฟิฟ แคโทดิก สทริปปิง โวลแทมเมตรี.....	9
6 แผนผังการวิเคราะห์โครเมียม (VI) ในตัวอย่างน้ำ.....	41
7 กราฟระหว่างค่ากระแสกับ pH ค่าต่าง ๆ ของสารละลายโซเดียมอะซิเตด ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 10 วินาที.....	47
8 กราฟระหว่างค่ากระแสกับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมอะซิเตด ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 10 วินาที.....	48
9 กราฟระหว่างค่ากระแสกับความเข้มข้นของสารละลายDTPA ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 10 วินาที.....	50
10 กราฟระหว่างค่ากระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 60 วินาที.....	52
11 กราฟแสดงช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์โครเมียม (VI) ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที.....	53
12 กราฟแสดงช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์โครเมียม (VI) ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 60 วินาที.....	54
13 กราฟแสดงช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงในการวิเคราะห์โครเมียม (VI) ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl ก) ใช้เวลา deposition 20 วินาที ข) ใช้เวลา deposition 60 วินาที.....	55
14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโครเมียม (VI) กับแมกนีเซียมไอออนที่ ความเข้มข้นต่าง ๆ ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที.....	56

15	กราฟแท่งแสดงปริมาณโครเมียม (VI) ในตัวอย่างน้ำที่สถานีต่าง ๆ.....	63
16	ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลสถานีกัน อ่าวใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลสถานีกันอ่าว ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที.....	64
17	ตัวอย่างโวลแทมโมแกรมของสารละลายมาตรฐานโครเมียม (VI) เพิ่มขึ้น 2 ไมโครกรัมต่อลิตร.....	67
18	ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำประปาใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำประปาใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที.....	78
19	ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำแร่ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 10 วินาที ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำแร่ใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 10 วินาที.....	79
20	ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลเทียมใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลเทียมใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที.....	80
21	ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเลสถานีข้าง โรงงานที่ฟิไอใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d ที่ 60 วินาที ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล สถานีข้างโรงงานที่ฟิไอใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d ที่ 60 วินาที.....	81
22	ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล สถานีปากน้ำใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 30 วินาที ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำ ทะเลสถานีปากน้ำใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 30 วินาที.....	82

- 23 ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล
สถานะมาตรฐานใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที
ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI)
ในน้ำทะเลสถานะมาตรฐานใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20
วินาที..... 83
- 24 ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล
สถานะแหลมแทนใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 60 วินาที
ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI)
ในน้ำทะเลสถานะแหลมแทนใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 60
วินาที..... 84
- 25 ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทะเล
สถานะหาดวนใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20 วินาที
ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม
(VI) ในน้ำทะเลสถานะหาดวนใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 20
วินาที..... 85
- 26 ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทิ้งหลังการ
บำบัดอุตสาหกรรมน้ำมันใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 60 วินาที
ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI)
ในน้ำทิ้งหลังการบำบัดอุตสาหกรรมน้ำมันใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d
นาน 60 วินาที..... 86
- 27 ก) โวลแทมโมแกรมของการวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียม (VI) ในน้ำทิ้งหลังการ
บำบัดอุตสาหกรรมสีย้อมใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d นาน 60 วินาที
ข) กราฟ Standard addition ระหว่างกระแสกับความเข้มข้นของโครเมียม (VI)
ในน้ำทิ้งหลังการบำบัดอุตสาหกรรมสีย้อมใช้ E_d ที่ -1.0 โวลต์ vs Ag/AgCl และ t_d
นาน 60 วินาที..... 87
- 28 แสดง protonation ของ DTPA เป็นฟังก์ชันกับค่า pH ในน้ำจืด (บน) ในน้ำทะเล
(ล่าง)..... 88