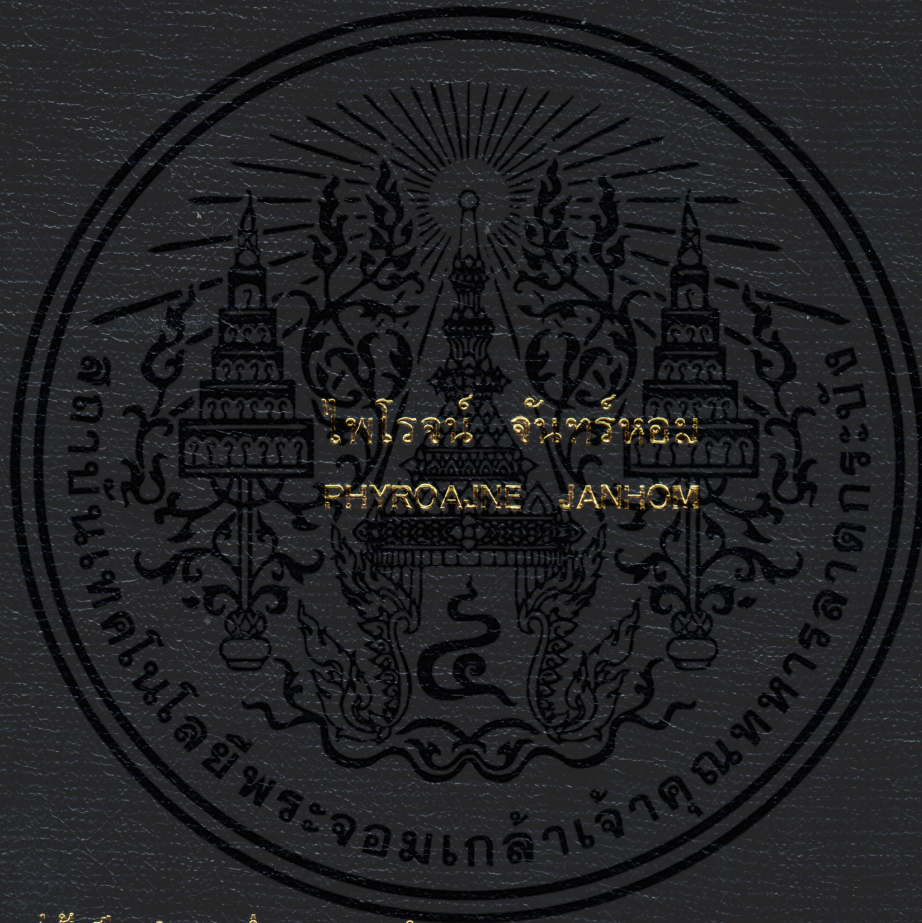


การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าของยาด้านเชื้อรา Ketoconazole
และยาปฏิชีวนะ Enrofloxacin โดยใช้ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน
ประยุกต์ใช้กับเซลล์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

ELECTROCHEMICAL ANALYSIS OF KETOCONAZOLE ANTIFUNGAL AND
ENROFLOXACIN ANTIBIOTIC DRUGS USING BORON-DOPED DIAMOND
THIN FILM ELECTRODE APPLIED TO HOME MADE CELL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษามหาบัณฑิตศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1739-4

การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าของยาด้านเชื้อรา Ketoconazole
และยาปฏิชีวนะ Enrofloxacin โดยใช้ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน
ประยุกต์ใช้กับเซลล์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

ELECTROCHEMICAL ANALYSIS OF KETOCONAZOLE ANTIFUNGAL AND
ENROFLOXACIN ANTIBIOTIC DRUGS USING BORON-DOPED DIAMOND
THIN FILM ELECTRODE APPLIED TO HOME MADE CELL



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...60499...
วัน,เดือน,ปี - 3 ก.ค. 2549

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548
ISBN 974-15-1739-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTROCHEMICAL ANALYSIS OF KETOCONAZOLE ANTIFUNGAL AND
ENROFLOXACIN ANTIBIOTIC DRUGS USING BORON-DOPED DIAMOND THIN FILM
ELECTRODE APPLIED TO HOME MADE CELL



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN CHEMISTRY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-1739-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าของยาต้านเชื้อรา Ketoconazole และยาปฏิชีวนะ Enrofloxacin โดยใช้ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนประยุกต์ใช้กับเซลล์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

นักศึกษา

นายไพโรจน์ จันทร์หอม

รหัสนักศึกษา

43065503

ปริญญา

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต

สาขาวิชา

เคมี (เคมีวิเคราะห์)

พ.ศ.

2548

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

รศ. ดร. อรวรรณ ชัยลภากุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการสร้างเซลล์เคมีไฟฟ้าสำหรับการวิเคราะห์ยาโดยใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ตัวยาคีศึกษา ได้แก่ คีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ โดยใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรี ในการศึกษายาคีโตโคนาโซลละลายในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และยาเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 พบว่าขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนให้ค่าสัญญาณกระแสไฟฟ้าไซคลิกโวลแทมโมแกรมของยาเทียบกับสัญญาณกระแสไฟฟ้าพื้นสูงกว่าขั้วไฟฟ้ากลาสซีคาร์บอน การวิเคราะห์ในระบบฉีดไหลใช้เซลล์เคมีไฟฟ้าแบบ thin-layer กับขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ศึกษาแอมเพอร์โรเมทริกของยาทั้งสองชนิดที่ได้จากไฮโดรไดนามิกโวลแทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลให้ศักย์ไฟฟ้าที่ 0.78 V และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ให้ศักย์ไฟฟ้าที่ 1.30 V ซิดจำกัดการตรวจวัดของยาแต่ละชนิดที่สามเท่าของสัญญาณรบกวน ($S/N \geq 3$) ของคีโตโคนาโซลเท่ากับ 2.0 ppm และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เท่ากับ 1.0 ppm และความเข้มข้นกับปริมาณกระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงในช่วง 3.3-150.0 ppm และ 6.6-100.0 ppm สำหรับคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตามลำดับ

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้กับตัวอย่างยาในยาเตรียมที่เป็นยาเม็ดในคีโตโคนาโซล และยาผงเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Electrochemical Analysis of Ketoconazole Antifungal and Enrofloxacin Antibiotic Drugs using Boron-doped Diamond Thin Film Electrode Applied to Home Made cell
Student	Mr. Phyroajne Janhom
Student ID.	43065503
Degree	Master of Science
Programme	Chemistry (Analytical Chemistry)
Year	2005
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Arunee Kongsakphaisal
Thesis Co-advisor	Assoc. Prof. Dr. Orawan Chailapakul

ABSTRACT

In this research, the home made electrochemical cell for electrochemical analysis of drugs using boron-doped diamond thin film (BDD) electrode has been studied. Drugs including ketoconazole (KE) and Enrofloxacin-HCl (EN-HCl) were investigated by cyclic voltammetry (CV) in 0.10 M phosphate buffer in methanol 20 % (v/v) pH 7.5 (for KE) and 0.10 M phosphate buffer pH 5.5 (for EN-HCl). At the BDD electrode, well-defined and highly reproducible cyclic voltammograms were obtained with current signal to background ratios higher than that obtained from GC electrode. Flow injection analysis (FIA) with amperometric detection using home made thin-layer electrochemical flow through cell using BDD electrode was studied. The Hydrodynamic voltammograms of drugs exhibited at 0.78 V for KE and 1.30 V for EN-HCl. A significant low detection limits ($S/N \geq 3$) at 2.0 ppm for KE and 1.0 ppm for EN-HCl. The current-concentration relationships were found to be rectilinear over the range 3.3-150.0 ppm and 6.6-100 ppm for KE and EN-HC, respectively.

The purpose method was further applied to real drug samples in pharmaceutical preparation. These were ketoconazole tablet and enrofloxacin powder. The results obtained were satisfactory.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล เสมอแม่คนที่สองที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนให้ความรู้ และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า และรศ.ดร. อรวรรณ ชัยลภากุล ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือสิ่งต่าง ๆ

ขอขอบคุณ ผศ. คณิตา ตั้งคนานารักษ์ ดร. วินัย อวงพิพัฒน์ และดร. วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ กรรมการสอบหัวข้อ และโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ อ.พรทิพย์ ศัพอนันท์ รศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล รศ.ดร.มาลินี ชัยศุภกิจสินธ์ อ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และผศ.ดร.เมธิชญชัย ไชยสิทธิ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณการสนับสนุนทุนในการวิจัยจากแหล่งเงินงบประมาณแผ่นดิน แหล่งเงินรายได้ของหน่วยงาน และแหล่งเงินทุนจากหน่วยงานภายนอกที่ให้การสนับสนุนการวิจัยนี้

ขอขอบคุณภาควิชาเคมีที่ให้ความอนุเคราะห์สารเคมี เครื่องมือ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ และสถานที่สำหรับทำการวิจัยนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาเคมีที่ให้ความช่วยเหลือ และแนะนำสิ่งต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ต่าง ๆ ให้แก่ข้าพเจ้า

(นาย ไพโรจน์ จันทร์หอม)

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	XIV
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของวิทยานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.4 คำจำกัดความ.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 เทคนิคทางเคมีไฟฟ้า.....	5
2.1.1 Potential step voltammetry.....	5
2.1.2 Linear sweep voltammetry.....	8
2.1.3 ไส้คลิกโวลแทมเมตรี.....	10
2.1.3.1 การแปรผลข้อมูล.....	12
2.1.3.2 ระบบที่เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้.....	13
2.1.3.3 ระบบที่เป็นปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ และกึ่งผันกลับได้.....	15
2.2 การตรวจวัดด้วยแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง.....	16
2.3 ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน.....	20
2.4 ยา.....	23
2.4.1 ยาซีโตโคนาโซล.....	23
2.4.1.1 สมบัติทางเคมีของซีโตโคนาโซล.....	23
2.4.1.2 คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของยาด้านเชื้อราซีโตโคนาโซล.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.1.3 ผลกระทบข้างเคียงของยาด้านเชื้อราคีโตโคนาโซล.....	23
2.4.1.4 ปริมาณยาด้านเชื้อราคีโตโคนาโซลที่ใช้ในการรักษา.....	24
2.4.1.5 ข้อควรระวังและข้อห้ามในการใช้ยา.....	24
2.4.2 ยาเอ็นโรฟลอกซาซิน.....	24
2.4.2.1 สมบัติทางเคมีของเอ็นโรฟลอกซาซิน.....	25
2.4.2.2 คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน.....	25
2.4.2.3 ผลข้างเคียง.....	25
2.4.2.4 ขนาดของยาที่ใช้และการให้ยา.....	26
2.4.2.5 การให้ยาเกินขนาด หรือความเป็นพิษ.....	26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	26
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	29
3.1 สารเคมี.....	29
3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	29
3.3 การสร้างเซลล์ที่ใช้ในการศึกษาทางเคมีไฟฟ้า.....	30
3.3.1 การสร้างเซลล์สำหรับการศึกษาทางเคมีไฟฟ้าในระบบบอญิง.....	30
3.3.2 การสร้างเซลล์สำหรับการศึกษาทางเคมีไฟฟ้าในระบบจืดไหลต่อเนื่อง.....	31
3.4 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์.....	34
3.5 การดำเนินการวิจัย.....	34
3.5.1 การศึกษาไซคลิกโวลแทมเมตรี.....	34
3.5.3.1 การศึกษากระแสพื้น.....	34
3.5.3.2 การศึกษา pH ที่เหมาะสม.....	35
3.5.3.3 การศึกษา scan rate ที่เหมาะสม.....	35
3.5.3.4 การศึกษาช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง.....	36
3.5.2 การตรวจวัดยาในระบบจืดไหลต่อเนื่องโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมตรี.....	36
3.5.2.1 การศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมตรี.....	36
3.5.2.2 การศึกษาปริมาณสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบจืดไหลต่อเนื่อง.....	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.2.3 การศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลาย.....	37
3.5.2.4 การศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน.....	38
3.5.2.5 การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์.....	39
3.5.2.6 การศึกษาความเที่ยง.....	39
3.5.2.7 การศึกษาความเสถียรภาพของชีวไฟฟ้าทำงาน.....	39
3.5.2.8 การศึกษาความแม่นยำ.....	39
3.5.2.9 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ยาตัวอย่าง.....	40
3.5.2.9.1 ยาเม็ดคีโตโคนาโซล.....	40
3.5.2.9.2 ยาผงเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	40
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	42
4.1 ไชคลิกโวลแทมเมตรี.....	42
4.1.1 การศึกษากระแสพื้น.....	42
4.1.2 การศึกษา pH ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์.....	43
4.1.1.1 คีโตโคนาโซล.....	43
4.1.1.2 เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	46
4.1.3 การศึกษา scan rate ที่เหมาะสม.....	50
4.1.3.1 คีโตโคนาโซล.....	50
4.1.3.2 เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	53
4.1.4 การศึกษาช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง.....	55
4.1.4.1 คีโตโคนาโซล.....	55
4.1.4.2 เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	58
4.2 การตรวจวัดยาในระบบฉีดไหลต่อเนื่องโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีค.....	61
4.2.1 การศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมตรี.....	61
4.2.1.1 คีโตโคนาโซล.....	61
4.2.1.2 เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.2 การศึกษาปริมาตรสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง.....	64
4.2.2.1 คีโตโคนาโซล.....	64
4.2.2.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	65
4.2.3 การศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลาย.....	67
4.2.3.1 คีโตโคนาโซล.....	67
4.2.3.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	68
4.2.4 การศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน.....	70
4.2.4.1 คีโตโคนาโซล.....	70
4.2.4.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	70
4.2.5 การศึกษาขีดจำกัดในการวิเคราะห์.....	72
4.2.6 ความเที่ยง.....	73
4.2.7 การศึกษาความเสถียรภาพของหัวไฟฟ้าทำงาน.....	73
4.2.8 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หยาตัวอย่าง.....	74
4.2.8.1 ยาเม็ดคีโตโคนาโซล.....	75
4.2.8.2 ยาผงเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์.....	78
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ.....	82
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	82
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	82
เอกสารอ้างอิง.....	83
ภาคผนวก ก การเตรียมสารละลายเตรียมสารมาตรฐาน.....	87
ภาคผนวก ข การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์.....	89
ภาคผนวก ค การคำนวณการคำนวณพื้นที่การเกิดปฏิกิริยาของหัวไฟฟ้า ทำงาน และคำนวณ ปริมาตรภายในเซลล์.....	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง การศึกษา pH ที่เหมาะสม.....	95
ภาคผนวก จ การศึกษา scan rate ที่เหมาะสม.....	100
ภาคผนวก ฉ การศึกษาช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง.....	109
ภาคผนวก ช การศึกษาปริมาตรสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง.....	117
ภาคผนวก ซ การศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลาย.....	128
ภาคผนวก ฌ การศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมตรี.....	135
ภาคผนวก ญ การศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน.....	137
ภาคผนวก ฎ การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ยาตัวอย่าง.....	140
ประวัติผู้เขียน.....	149



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่า k และ α ของเซลล์เคมีไฟฟ้าแต่ละชนิด.....	17
3.1 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษากระแสพื้น.....	34
3.2 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา pH ที่เหมาะสม.....	35
3.3 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา scan rate ที่เหมาะสม.....	35
3.4 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง.....	36
3.5 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมตรี.....	37
3.6 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาปริมาณสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหล ต่อเนื่อง.....	37
3.7 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลาย.....	38
3.8 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน.....	38
4.1 ข้อมูลที่ได้จากการการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 และ scan rate 50 mV/s ที่ ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และขั้วกลาสคาร์บอน.....	46
4.2 ข้อมูลที่ได้จากการการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอ ไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M scan rate 50 mV/s pH 5.50 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และกลาสคาร์บอน.....	49
4.3 ค่า recovery ของยาคีโตโคนาโซลตัวอย่างด้วยการตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีใน ระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า $n=3$	75
4.4 ค่า recovery ของยาเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างด้วยการตรวจวัดโดยเทคนิคแอม เพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า $n=3$ ของวิธีการวิเคราะห์.....	77
4.5 ค่า recovery ในการสลายตัวของยาเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างด้วยการตรวจวัด โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า $n=3$	79
4.6 ค่า recovery ของยาเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างด้วยการตรวจวัดโดยเทคนิคแอม เพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า $n=3$ ของวิธีการวิเคราะห์.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) scan rate 50 mV/s และ pH 4.50-9.00 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	97
ง.2 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M scan rate 50 mV/s และ pH 3.00-6.50 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	99
จ.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	102
จ.2 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน.....	104
จ.3 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	106
จ.4 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน.....	108
ฉ.1 ข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	111
ฉ.2 ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	111
ฉ.3 ข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน.....	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฉ.4 ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน.....	113
ฉ.5 ข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-500 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	115
ฉ.6 ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-500 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	115
ช.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.50-0.90 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราการไหลในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % pH 7.5 ที่ 1 mL/min.....	110
ช.2 ข้อมูลจากสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.80-1.50 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราการไหลในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	126
ช.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50-500 μ L และอัตราการไหลในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	131
ช.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50-500 μ L และอัตราการไหลในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฅ.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และ อัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 1.00 mL/min.....	136
ฅ.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลของสารละลาย เคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	136
ญ.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 10-150 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	138
ญ.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	139
ฎ.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของ สารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	142
ฎ.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของ สารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ฎ.3 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	144
ฎ.4 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	146
ฎ.5 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์.....	146
ฎ.6 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์.....	148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การให้ศักย์ไฟฟ้าใน potential step Voltammetry.....	5
2.2 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับเวลาที่ได้จากการให้ศักย์ไฟฟ้าช่วง V_1 ถึง V_2 ของสารละลาย Fe^{3+}	6
2.3 ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในขั้นของการแพร่ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน ณ เวลาต่าง ๆ.....	6
2.4 รูปแบบการให้ศักย์ไฟฟ้าของ linear sweep voltammetry (A) แสดงศักย์ไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ และ(B) แสดง linear sweep voltammogram.....	8
2.5 linear sweep voltammograms ที่ scan rate ต่าง ๆ ของสารละลาย Fe^{3+}	9
2.6 การบันทึก linear sweep voltammogram โดยใช้ค่า voltage sweep rate ค่าเดียวกัน แต่มีค่าคงที่ของ reduction rate (k_{red}) ต่างกัน.....	10
2.7 การให้ศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับเวลาของไซคลิกโวลแทมเมตรี.....	11
2.8 ไซคลิกโวลแทมโมแกรม.....	12
2.9 การแปรผลข้อมูลของไซคลิกโวลแทมโมแกรม.....	13
2.10 การเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นบนขั้วไฟฟ้าของ Specie.....	13
2.11 รูปลักษณะของ ไซคลิกโวลแทมโมแกรมสำหรับปฏิกิริยาเคมีของ Nernst.....	14
2.12 ลักษณะขั้วไฟฟ้าทำงานแบบต่าง ๆ ของเซลล์เคมีไฟฟ้าแบบไหลต่อเนื่อง.....	19
2.13 เซลล์แบบ thin-layer ที่ใช้สำหรับเคมีไฟฟ้าแบบไหลต่อเนื่อง.....	19
2.14 รูปองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าแบบไหลต่อเนื่องที่ออกแบบโดย S.M. Lunte C.E. Lunte และ P.T. Kissinger.....	20
2.15 องค์ประกอบของเครื่อง Microwave plasma-enhanced CVD สร้างโดย ASTeX.....	21
2.16 ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ของขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนที่ก่อตัวบนซิลิกอนชนิดพี สร้างโดยวิธี Microwave-enhanced CVD.....	22
2.17 กระแสพื้นของขั้วไฟฟ้าทำงานในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.10 M pH 7.5..	22
2.18 โครงสร้างทางเคมีของยาด้านเชื้อราคิโตโคนาโซล.....	23
2.19 โครงสร้างทางเคมีของยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน.....	25
3.1 แสดงส่วนประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบยูนิงที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น.....	30
3.2 แสดงองค์ประกอบเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบฉีดไหลต่อเนื่องที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น.....	31
3.3 แสดงเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบฉีดไหลต่อเนื่องที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น.....	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 ขนาดท่อและทิศทางการไหลของสารละลายภายในเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบชนิดไหลต่อเนื่องที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น.....	32
3.5 แสดงทิศทางการไหลของสารละลายในระบบชนิดไหลต่อเนื่องที่ใช้ศึกษาทางเคมีไฟฟ้าโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรี.....	33
4.1 เปรียบเทียบไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M ใน เมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน(—) และกลาสสิคาร์บอน(—) โดยใช้ scan rate 50 mV/s.....	42
4.2 ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M pH 5.5ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน(—) และกลาสสิคาร์บอน(—) และใช้ scan rate 50 mV/s....	43
4.3 พล็อตค่า pH กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 4.0-9.0 ที่ขั้วไฟฟ้าฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	44
4.4 ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 4.0 ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของ โดยใช้ scan rate 50 mV/s.....	44
4.5 เปรียบเทียบไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 (—) ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน โดยใช้ scan rate 50 mV/s.....	45
4.6 เปรียบเทียบไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 (—) ที่ได้จากขั้วไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอน โดยใช้ scan rate 50 mV/s.....	45
4.7 แสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคีโตโคนาโซล.....	46
4.8 พล็อตค่า pH กับปริมาณกระแสไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M pH 3.00-6.50 ที่ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 ไชคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 4.0 ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	48
4.10 ไชคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 (—) ที่วัดได้จากขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	48
4.11 ไชคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 (—) ที่วัดได้จากขั้วไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	49
4.12 แสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอ็นโรฟลอกซาซีน.....	49
4.13 พล็อตค่า scan rate (10-500 mV/s) กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไชคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนในสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5.....	51
4.14 พล็อตค่า scan rate ^{0.5} กับค่าของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไชคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนในสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5.....	51
4.15 พล็อตค่า scan rate (10-500 mV/s) กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไชคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอนในสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5.....	52
4.16 พล็อตค่า scan rate ^{0.5} กับค่าของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไชคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอนในสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5.....	52
4.17 พล็อตค่า scan rate (10-750 mV/s) กับค่าของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไชคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนในสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5.....	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.18	พลอตค่า scan rate ^{1,2} กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5.....	54
4.19	พลอตค่า scan rate (10-750 mV/s) กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของไฟฟ้าทำงานกลาสลิคาร์บอนในสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5.....	54
4.20	พลอตค่า scan rate ^{1,2} กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสลิคาร์บอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5.....	55
4.21	พลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-500 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	56
4.22	พลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-250 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	56
4.23	พลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-500 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 กับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แกขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนจากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรม และ scan rate 50 mV/s.....	57
4.24	พลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-1000 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสลิคาร์บอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	57
4.25	พลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-1000 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 กับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แกขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสลิคาร์บอนจากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรม และ scan rate 50 mV/s.....	58
4.26	พลอตค่าความเข้มข้นของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-500 ppm) ในฟอสเฟต 0.1 M pH 5.5 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.27	59
พลอตค่าความเข้มข้นของเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-100 ppm) ในฟอสเฟต 0.1 M pH 5.5 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s.....	
4.28	60
พลอตค่าความเข้มข้นของเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-500 ppm) ในฟอสเฟต 0.1 M pH 5.5 กับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนจากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรม และ scan rate 50 mV/s.....	
4.29	60
การซ้อนทับของไซคลิกโวลแทมโมแกรมของเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น (99.639, 253.858 และ 499.253 ppm) ในฟอสเฟต 0.1 M pH 5.5 และใช้ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน.....	
4.30	61
พลอตศักย์ไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1 mL/min.....	
4.31	62
พลอตศักย์ไฟฟ้ากับค่า (S/B) ที่ได้จากการคำนวณสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1 mL/min.....	
4.32	63
พลอตศักย์ไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	
4.33	63
พลอตศักย์ไฟฟ้ากับค่า (S/B) ที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.34 ผลอบปริมาณสารตัวอย่าง (50-500 μ L) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนต่อเนื่องของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V อัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1 mL/min.....	64
4.35 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนที่ปริมาณสารตัวอย่างต่าง (50-500 μ L) ของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1 mL/min.....	65
4.36 ผลอบปริมาณสารตัวอย่าง (50-500 μ L) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนต่อเนื่องของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	66
4.37 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนที่ปริมาณสารตัวอย่างต่าง (50-500 μ L) ที่ฉีดเข้าสู่ระบบของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M (v/v) pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	66
4.38 การพลอตอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 (0.50-2.00 ml/min) กับสัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V และปริมาณสารตัวอย่าง 50 μ L	67
4.39 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาณสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ 0.50-2.00 mL/min.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.40 การพลอตอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M (v/v) pH 5.5 (0.50-2.00 ml/min) กับสัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีของระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V และปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L.....	69
4.41 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีของระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M (v/v) pH 5.5 ที่ 0.50-2.00 ml/min.....	69
4.42 พลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-150 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีของระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	70
4.43 พลอตค่าความเข้มข้นของเอ็นโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-250 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีของระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M pH 5.50 ที่ 1.00 mL/min.....	71
4.44 พลอตค่าความเข้มข้นของเอ็นโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-100 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M pH 5.50 ที่ 1.00 mL/min.....	71
4.45 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 2 ppm และศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1.00 mL/min.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.46 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 1 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M (v/v) pH 5.5 ที่ 1.00 ml/min.....	72
4.47 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M (v/v) pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	74
4.48 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M (v/v) pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	74
4.49 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน.....	76
4.50 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์.....	76
4.51 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนแบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์.....	77
4.52 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	79
4.53 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน.....	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.54 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน.....	81
ค.1 พื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	93
ง.1 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) scan rate 50 mV/s และ pH 4.50-9.00 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	96
ง.2 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M scan rate 50 mV/s และ pH 3.00-6.50 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	98
จ.1 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	101
จ.2 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน.....	103
จ.3 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	105
จ.4 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน.....	107
ฉ.1 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน.....	110
ฉ.2 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน.....	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ฉ.3 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมของเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-500 ppm ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือ โบรอน.....	114
ฉ.4 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมของเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100-500 ppm ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน..	116
ข.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.50-0.90 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % pH 7.5 ที่ 1 mL/min.....	118
ข.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.80 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	120
ข.3 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.90 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	120
ข.4 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.00 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	121
ข.5 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.10 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.6 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.20 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	122
ข.7 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.25 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	122
ข.8 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.28 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	123
ข.9 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	123
ข.10 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.35 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	124
ข.11 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความ เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.40 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหล ของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	124

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.12 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.50 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min.....	125
ข.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	129
ข.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ใน ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 100 μ L และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	129
ข.3 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ใน ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 250 μ L และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	130
ข.4 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ใน ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 500 μ L และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....	130
ข.5 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
<p>ข.6 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 100 μL และอัตราเร็วในการไหลของ สารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....</p>	132
<p>ข.7 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 250 μL และอัตราเร็วในการไหลของ สารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....</p>	133
<p>ข.8 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 500 μL และอัตราเร็วในการไหลของ สารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....</p>	133
<p>ญ.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....</p>	138
<p>ญ.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 1.00 mL/min.....</p>	139
<p>ฎ.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงาน ฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคี โตโคนาโซลตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และ อัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min.....</p>	141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ฎ.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์.....	142
ฎ.3 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์.....	144
ฎ.4 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min.....	145
ฎ.5 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์.....	146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

ฏ.6 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์.....

148



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์ปริมาณยาที่ผลิตจากโรงงาน สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง คือความถูกต้อง และความรวดเร็วของการวิเคราะห์ เพื่อให้ยาที่ผลิตมีคุณภาพ และได้มาตรฐานตามสำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยากำหนด โดยอาศัยองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้อง เช่น เทคนิคในการวิเคราะห์ สารเคมี เครื่องมือวิเคราะห์ และความจำเป็นในการวิเคราะห์ เป็นต้น ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานในการวิเคราะห์ยาโดยทั่วไป สิ่งที่ได้กล่าวมานี้เป็นผลทำให้เกิดข้อจำกัดหลายประการในการวิเคราะห์ เช่น เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์บางเครื่องมีราคาสูงเป็นการยากที่โรงงานผลิตยาจัดหามาใช้งาน มีความจำเป็นต่อสารที่วิเคราะห์ต่ำ ทำให้ความถูกต้องในการวิเคราะห์น้อย ใช้เวลาในการวิเคราะห์นาน เครื่องมือมีความซับซ้อน ผู้ทำการวิเคราะห์ต้องมีประสบการณ์ และความชำนาญสูง อายุการใช้งานของอุปกรณ์บางชิ้นสั้น และสิ่งที่สำคัญเครื่องมือเหล่านั้นต้องนำเข้าจากต่างประเทศทำให้ประเทศไทยต้องเสียดุลการค้า เมื่อเครื่องมือเกิดการชำรุดหรือเสียหาย อันเนื่องมาจากการใช้งาน ผู้ใช้ไม่สามารถทำการบำรุงรักษาหรือซ่อมแซมได้ จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญเฉพาะด้านในการซ่อมหรือต้องส่งซ่อมยังต่างประเทศต้องใช้ระยะเวลาซ่อมนาน จึงเป็นปัญหาที่สำคัญของโรงงานที่ผลิตยา และหน่วยงานที่รับผิดชอบ จากปัญหาต่าง ๆ ที่พบ จึงเป็นประเด็นสำคัญของการศึกษา และพัฒนาเครื่องมือทางเคมีวิเคราะห์ในครั้งนี้ เพื่อให้เป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นต่อยาที่วิเคราะห์ ใช้ปริมาณสารเคมีในการวิเคราะห์น้อย ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์สั้น และเป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างได้โดยใช้วัสดุภายในประเทศลดการนำเข้าอุปกรณ์ และเครื่องมือจากต่างประเทศ

เทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณยามีหลายเทคนิคด้วยกัน เทคนิคหนึ่งที่ได้รับค่านิยมใช้ คือเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical techniques) ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความจำเพาะสูงมาก อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีความซับซ้อนน้อย ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญที่สุด คือ ขั้วไฟฟ้าทำงาน (Working electrode) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สามารถสร้าง และพัฒนาใช้ในห้องปฏิบัติการได้ จึงเป็นประเด็นสำคัญของการนำเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณยา

ขั้วไฟฟ้าทำงานที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้ามีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งขั้วไฟฟ้าทำงานแต่ละชนิด มีคุณสมบัติ และประสิทธิภาพแตกต่างกัน เช่น ช่วงศักย์ไฟฟ้าของการทำงาน อายุการใช้งานที่แตกต่างกัน เป็นต้น และเมื่อพิจารณาคุณสมบัติต่าง ๆ ของขั้วไฟฟ้าทำงานแต่ละชนิดแล้วพบว่า ขั้วไฟฟ้าทำงานชนิดกึ่งตัวนำ (Semiconductor electrode type) ที่เป็นขั้วฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน (Boron-doped diamond thin film electrode) มีคุณสมบัติที่ดี คือเป็นวัสดุที่มีความแข็ง และทนทาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการกัดกร่อนของกรด-เบส ช่วงศักย์ไฟฟ้าของการใช้งานกว้าง อายุการใช้งานที่ยาวนาน และให้สัญญาณของการวิเคราะห์ด้วยเคมีไฟฟ้าที่ชัดเจนส่งผลทำการวิเคราะห์ปริมาณยาที่มีความถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ จากข้อดีที่ได้กล่าวมาผู้วิจัยจึงได้นำฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมาเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณยาต้านเชื้อราซิโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในครั้งนี้

ยาต้านเชื้อราซิโตโคนาโซลอยู่ในกลุ่ม Imidazole เป็นยาที่มีสมบัติในการรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิด และ Gram-positive microorganism ในบริเวณปาก คอ บริเวณผิวหนัง และทางเดินอาหาร และใช้รักษาผู้ติดเชื้อราจากการติดเชื้อ HIV และยาต้านเชื้อรานี้เป็นยาอันตรายต่อดับ แต่มีความสามารถในการรักษาที่ดีว่า Fluconazole และมีราคาถูกกว่า รูปแบบยาที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไปจะเป็นแบบครีม เม็ด และอื่น ๆ [1, 2] เป็นต้น

ยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์มีสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรียพวก Pseudomonas เป็นยาที่ใช้สำหรับสัตว์ อยู่ในกลุ่มยา Fluoroquinolone ซึ่งมีความสามารถลดการทำงานของเอนไซม์ DNA gyrase จากแบคทีเรีย ที่จะนำไปใช้ในการคัดลอก DNA ส่งผลทำให้วง DNA ของเซลล์เป็นแบบขดที่แน่นมากขึ้น ส่งผลทำให้การสร้าง DNA gyrase แบบปกติลดลงแบคทีเรียจึงไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้ รูปแบบยาที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยทั่วไปจะเป็นแบบเม็ด ผง และอื่น ๆ [3] เป็นต้น

การวิเคราะห์ยาต้านเชื้อราซิโตโคนาโซลโดยทั่วไปใช้เทคนิคการวิเคราะห์หลายเทคนิคด้วยกัน ประกอบด้วยเทคนิค Spectrophotometry และ Spectrofluorimetry [4] เทคนิค HPLC ตรวจวัดโดย UV-VIS spectroscopy [5, 6] และ Mass spectrometry [7] เทคนิค Capillary zone electrophoresis [6] เทคนิค Electrochemistry เช่น Voltammetry [8, 9, 10, 11, 12] เป็นต้น

การวิเคราะห์ยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ โดยทั่วไปจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ซึ่งประกอบด้วยเทคนิค Spectrophotometry และ Spectrofluorimetry [13] เทคนิค HPLC ตรวจวัดโดย UV-VIS spectroscopy [14, 15] Mass spectrometry [16] และ Fluorescence [17] เทคนิค Capillary zone electrophoresis [18] เทคนิค Electrochemistry เช่น Voltammetry [19, 20] เป็นต้น

ซึ่งแต่ละเทคนิคที่ได้กล่าวมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน เช่น เทคนิค HPLC และเทคนิค capillary zone electrophoresis ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่นาน เสียปริมาณสารที่ใช้ในการวิเคราะห์มาก เป็นต้น ส่วนเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่สั้น มีความจำเพาะที่สูงมาก และปริมาณสารที่ใช้ในการวิเคราะห์น้อย จึงเป็นเหตุผลของการนำเทคนิคทางเคมีไฟฟ้ามาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เพื่อให้งานวิจัยมีความสะดวก และรวดเร็วมากขึ้น ผู้วิจัยจึงนำระบบฉีดไหลต่อเนื่อง (Flow injection system) มาผนวกกับเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า เพื่อให้การวิเคราะห์ยาต้านเชื้อราซิโตโคนาโซลและยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่สั้น ผลที่ได้มีความแม่นยำถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษา และพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณยาต้านเชื้อราคีโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ โดยใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนกับระบบจืดไหลต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นข้อมูล และเป็นแนวทางในการศึกษาทางด้านเคมีวิเคราะห์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างเซลล์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าทั้งในระบบอยู่นิ่ง และระบบจืดไหลต่อเนื่อง
2. ศึกษาการนำขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมาใช้ทางเคมีไฟฟ้า เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อราคีโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์
3. พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าให้ใช้ร่วมกับระบบจืดไหล เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณยาต้านเชื้อราคีโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในยาเตรียมได้

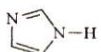
1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาทางเคมีไฟฟ้าและการตรวจวัดยาด้านเชื้อราคีโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยใช้ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนด้วยระบบจืดไหลต่อเนื่อง มีขอบเขตการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและพัฒนาเซลล์สำหรับการวิเคราะห์โดยเทคนิคเคมีไฟฟ้าทั้งระบบที่อยู่นิ่ง และในระบบจืดไหลต่อเนื่อง
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของอิเล็กโทรไลต์ช่วย และสารละลายเคลื่อนที่ใช้ในเทคนิคทางไซคลิกโวลเทมเมทรี และเทคนิคแอมเพอโรเมทรีเพื่อใช้ในการตรวจวัดยาด้านเชื้อราคีโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์
3. ศึกษาการนำขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนเพื่อใช้ในการตรวจวัดยาด้านเชื้อราคีโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยใช้เทคนิคทางแอมเพอโรเมทรีในระบบจืดไหลต่อเนื่อง

1.4 คำจำกัดความ

1. ยาต้านเชื้อราคีโตโคนาโซล คือ ยาต้านเชื้อราในกลุ่ม Imidazole มีโครงสร้างหลักคือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ คือ ยาปฏิชีวนะพวก Pseudomonas ใช้สำหรับสัตว์ อยู่ในกลุ่ม Fluoroquinolone

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถประดิษฐ์เซลล์เคมีไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปริมาณสาร ราคาถูก และใช้วัสดุภายในประเทศ
2. สามารถนำขั้วไฟฟ้าชนิดฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมาประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้าได้
3. สามารถวิเคราะห์หาปริมาณของยาต้านเชื้อราคีโตโคนาโซล และยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ ที่มีราคาถูก ใช้งานง่าย สะดวก และใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ที่น้อย
4. เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงของการนำขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และเซลล์เคมีไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ยาในกลุ่มต่าง ๆ ต่อไป



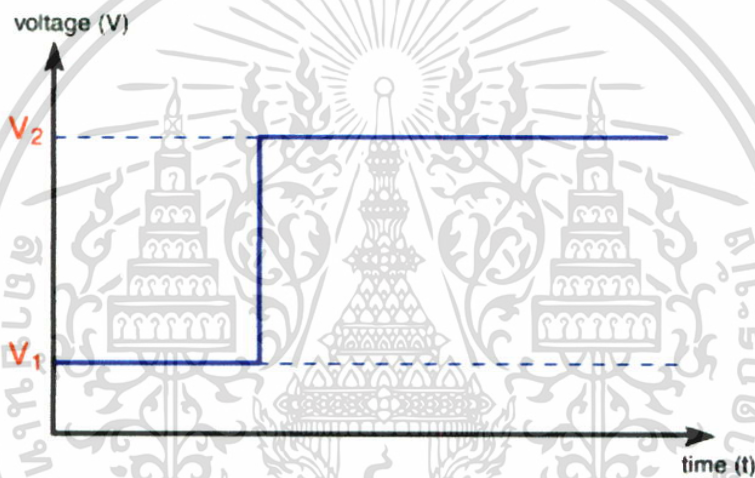
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคนิคทางเคมีไฟฟ้า

2.1.1 Potential step voltammetry [21]

เป็นเทคนิคที่ให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ขั้วไฟฟ้าทำงานในระบบสารละลายอยู่นิ่ง โดยให้ศักย์ไฟฟ้าจาก V_1 ถึง V_2 ดังรูปที่ 2.1

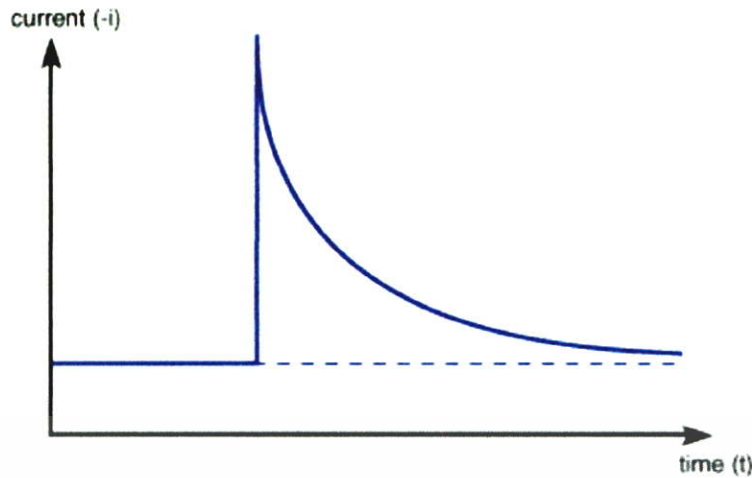


รูปที่ 2.1 การให้ศักย์ไฟฟ้าใน potential step Voltammetry [21]

โดยพิจารณาการเกิดปฏิกิริยาของ Fe^{3+}

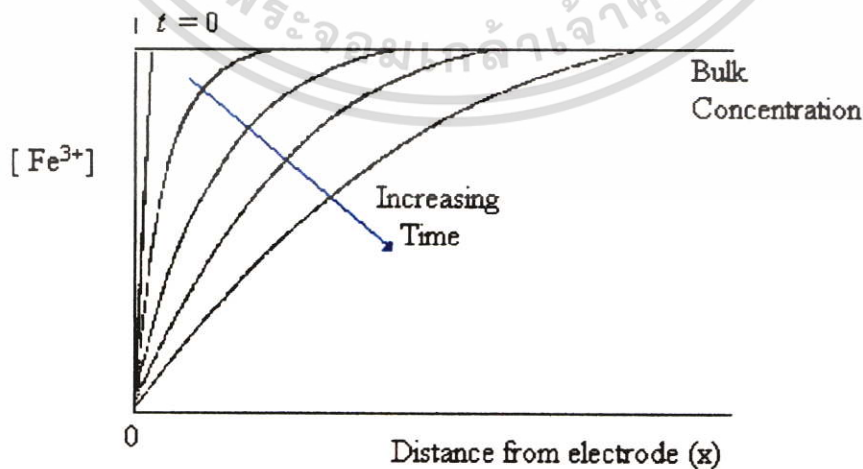


การให้ศักย์ไฟฟ้าในช่วง V_1 ถึง V_2 โดยที่ศักย์ไฟฟ้า V_1 คงที่ Fe^{3+} ไม่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ส่วน ศักย์ไฟฟ้า V_2 คงที่เป็นศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้ Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} ซึ่งเกิดปฏิกิริยารีดักชันภายใต้สภาวะนี้จะเกิด สัญญาณกระแสไฟฟ้าเทียบกับเวลาที่ให้ศักย์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับเวลาที่ได้จากการให้ศักย์ไฟฟ้าช่วง V_1 ถึง V_2 ของสารละลาย Fe^{3+} [21]

จะเห็นได้ว่าเมื่อเริ่มให้ศักย์ไฟฟ้าคงที่ V_2 จะเกิดสัญญาณกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งศักย์ไฟฟ้า V_2 เป็นศักย์ไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาของ Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} และเมื่อให้ศักย์ไฟฟ้า V_2 ต่อเนื่องไป Fe^{3+} ที่บริเวณผิวหน้าขั้วไฟฟ้าทำงานจะลดลงทำให้เกิดความแตกต่างของความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในชั้นการแพร่ โดยอัตราการแพร่จะถูกควบคุมด้วยความแตกต่างของความเข้มข้นในชั้นการแพร่กับความเข้มข้นของสารละลาย bulk ดังนั้นจะเกิดการแพร่ของ Fe^{3+} มาสู่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน การแพร่นี้จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับค่า diffusion flux เช่น ที่ระยะเวลาเวลาสั้น ๆ ค่าของ diffusion flux จะมีค่าสูงทำให้ระยะห่างของชั้นการแพร่กับความเข้มข้นของ bulk มีระยะห่างน้อย ถ้ายังคงให้เกิดปฏิกิริยาอิเล็กโทรไลซิสโดยให้ศักย์ไฟฟ้า V_2 ต่อไปจะทำให้ความเข้มข้นที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานลดลงและส่งผลทำให้กระแสไฟฟ้านลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.3 ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในชั้นของการแพร่ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน ณ เวลาต่างๆ [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นในชั้นการแพร่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน ณ เวลาต่าง ๆ ความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในชั้นการแพร่จะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นซึ่งสังเกตจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ ณ เวลาต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2.2 และใช้สมการที่ (2.2-2.5) ในการอธิบาย

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Fe^{3+} เทียบกับเวลา จะสามารถอธิบายได้ว่าความเข้มข้นของ Fe^{3+} จะแปรผกผันกับเวลาที่เพิ่มขึ้น และแปรผกผันกับระยะห่างในชั้นการแพร่ดังแสดงในสมการที่ (2.2)

$$\frac{\delta [Fe^{3+}]}{\delta t} = D_{Fe^{3+}} \left(\frac{\delta^2 [Fe^{3+}]}{\delta x^2} \right) \quad (2.2)$$

เมื่อ x คือระยะห่างระยะห่างจากผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน

เมื่อพิจารณาปริมาณกระแสไฟฟ้าของการเกิดอิเล็กโทรไลซิสในปฏิกิริยารีดักชันแล้วจะเห็นว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของ Fe^{3+} ดังแสดงในสมการที่ (2.3)

$$i_c = -nFAk_{red} [Fe^{3+}]_{surface} \quad (2.3)$$

เมื่อพิจารณาปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในสารละลาย bulk แล้วพบว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของ Fe^{3+} ในสารละลาย bulk โดยเกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลในเทอมของ flux โดยใช้สมการที่ (2.4) ในการอธิบาย

$$|i_c| = nFAk_{red} [Reactant]_{bulk} \left(\frac{D}{\pi t} \right)^{1/2} \quad (2.4)$$

และเมื่อพิจารณาสมการที่ (2.4) พบว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะเป็นฟังก์ชันแปรผกผันกับรากที่สองของเวลา (\sqrt{t}) ดังแสดงในสมการที่ (2.5)

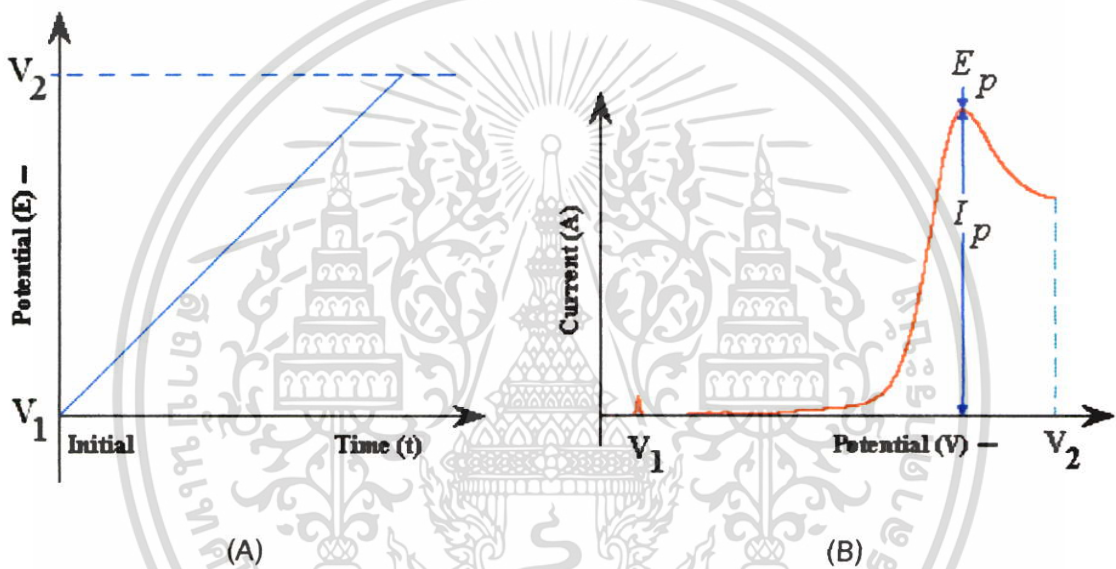
$$i \text{ vs. } \frac{1}{\sqrt{t}} \quad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 Linear sweep voltammetry [21]

เป็นเทคนิคที่กำหนดช่วงศักย์ไฟฟ้าแก่ขั้วไฟฟ้าทำงาน โดยเพิ่มค่าศักย์ไฟฟ้าจาก V_1 ถึง V_2 ในลักษณะที่เป็นเส้นตรงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ขั้วไฟฟ้าทำงานจะเพิ่มตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยค่าอัตราศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามเวลาเรียกว่าค่า scan rate ซึ่งสามารถคำนวณจากค่าความชันของการให้ศักย์ไฟฟ้า

ในการบันทึกโวลแทมโมแกรมสามารถบอกคุณสมบัติของสารได้ คือ (1) อัตราเร็วของการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนในการเกิดปฏิกิริยา (2) ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้า และ (3) บอกราคาศักย์ไฟฟ้าที่เกิดปฏิกิริยาเมื่อใช้ scan rate ค่าหนึ่ง ๆ



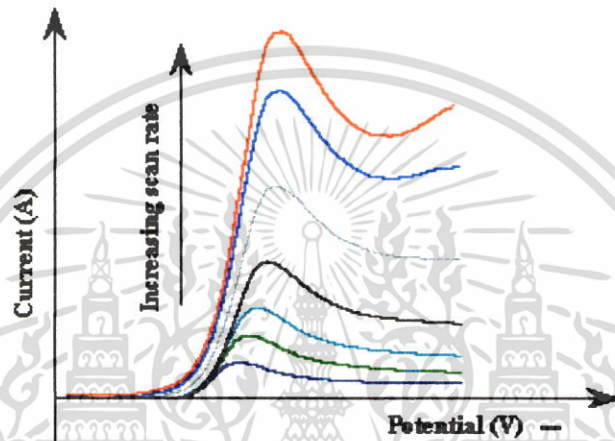
รูปที่ 2.4 รูปแบบการให้ศักย์ไฟฟ้าของ linear sweep voltammetry (A) แสดงศักย์ไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ และ(B) แสดง linear sweep voltammogram [21]

การวัดกระแสไฟฟ้าของ linear sweep voltammetry จะเป็นการบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าเทียบกับศักย์ไฟฟ้าที่ให้ ยกตัวอย่างเช่นในการเกิดปฏิกิริยาของ Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} ($Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$) โดยให้ scan rate คงที่ค่าเดียวตลอดการทดลอง ดังรูป 2.4 (A) และทำการพลอตค่ากระแสไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าจากซ้ายไปขวา ค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับศักย์ไฟฟ้า และให้ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด หลังจากนั้นก็ลดลง ซึ่งศักย์ไฟฟ้าที่ให้กระแสไฟฟ้าสูงสุดคือศักย์ไฟฟ้าของการเกิดปฏิกิริยาจาก Fe^{3+} เป็น Fe^{2+} ณ กระแสไฟฟ้าสูงสุดนั้นจะมีการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่เร็วมากเมื่อเทียบกับค่า voltage sweep rate ดังนั้นบริเวณผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานจะเกิดสมดุลไดนามิกเกิดขึ้น ซึ่งเราเรียกว่าสมดุลเคมีไฟฟ้าโดยใช้สมการสมดุลของ Nernst ในการอธิบาย ดังแสดงในสมการที่ (2.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = E^\circ + \frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]} \right) \quad (2.6)$$

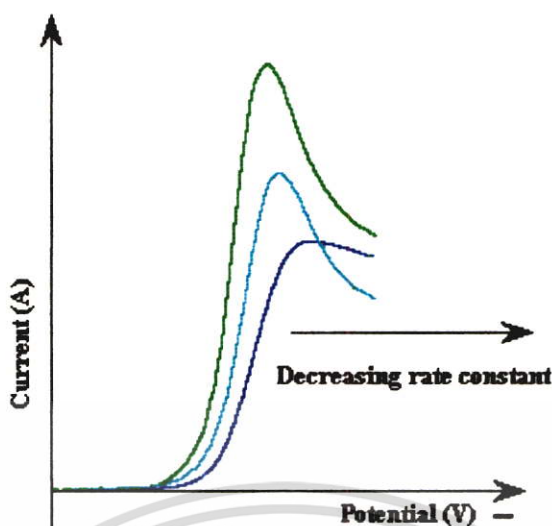
จากสมการที่ (2.6) สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของความเข้มข้น Fe^{3+}/Fe^{2+} กับศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่าง ๆ (E) และ E° เป็นค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน โดยตำแหน่งศักย์ไฟฟ้าที่สมดุลจะเกิดการเลื่อนไปตาม E°



รูปที่ 2.5 linear sweep voltammograms ที่ scan rate ต่าง ๆ ของสารละลาย Fe^{3+}

รูปที่ 2.5 แสดง linear sweep voltammogram ที่ scan rates ต่าง ๆ ของสารละลาย Fe^{3+} พบว่าปริมาณกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามค่า scan rate ที่เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาขนาดของ diffusion layer ที่บริเวณผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานแล้วจะเห็นว่า ค่าของ diffusion layer จะแปรผันตรงกับค่า scan rate เมื่อค่า scan rate มีค่ามากขึ้น ค่าของ diffusion layer สูงขึ้นตาม เป็นผลทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานได้เร็วมากขึ้นส่งผลทำให้มีปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น

ในกรณีที่ปฏิกิริยาเกิดการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนเร็ว ปฏิกิริยานั้นจะเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับได้ และในกรณีที่ปฏิกิริยามีการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนช้าจะเกิดปฏิกิริยาแบบกึ่งย้อนกลับ หรือแบบย้อนกลับไม่ได้

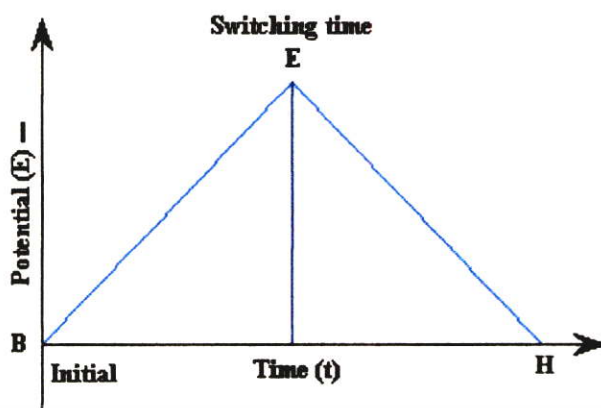


รูปที่ 2.6 การบันทึก linear sweep voltammogram โดยใช้ค่า voltage sweep rate ค่าเดียวกัน แต่มีค่าคงที่ของ reduction rate (k_{red}) ต่างกัน

รูปที่ 2.6 แสดงผลการให้ voltage sweep rate คงที่ค่าเดียว แต่มีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยารีดักชัน (k_{red}) ต่างกัน จะทำให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าต่างกัน และตำแหน่งของ E_p เลื่อนตำแหน่งไป และเมื่อค่าของ k_{red} สูงปริมาณกระแสไฟฟ้าก็จะสูงด้วย

2.1.3 ไชคลิกโวลแทมเมตรี [22, 23]

ไชคลิกโวลแทมเมตรีเป็นเทคนิคที่ให้ศักย์ไฟฟ้าในลักษณะสามเหลี่ยมหน้าจั่วแก่ขั้วไฟฟ้าทำงาน ดังแสดงตามรูปที่ 2.7 ซึ่งพัฒนาโดย Nicholson และ Shain [22] เป็นเทคนิคที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เพื่อใช้ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าของสารบริเวณผิวหน้าขั้วไฟฟ้าทำงาน ตลอดจนใช้ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการวิเคราะห์โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าอื่น ๆ ต่อไป การบันทึกกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการให้ศักย์ไฟฟ้าแก่ขั้วไฟฟ้าทำงาน โดยจะทำการพลอตค่ากระแสไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่าไชคลิกโวลแทมโมแกรม (cyclic voltammogram) ดังรูปที่ 2.8

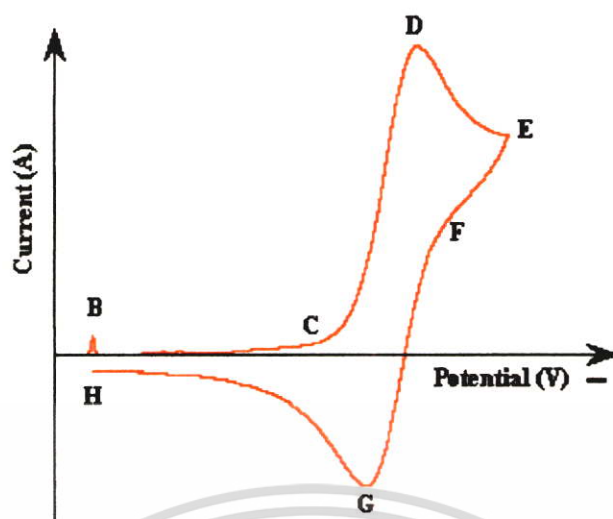


รูปที่ 2.7 การให้ศักย์ไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับเวลาของไซคลิกโวลแทมเมตรี

การให้ศักย์ไฟฟ้าในไซคลิกโวลแทมเมตรีจะเป็นการให้ศักย์ไฟฟ้าตามค่า scan rate เมื่อเทียบกับเวลาจนถึงจุดสูงสุดและลดศักย์ไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามด้วย scan rate เดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่วัสดุไฟฟ้าทำงานกับเวลา ณ จุดต่าง ๆ ตามความสัมพันธ์ในสมการที่ (2.7)

$$V = \frac{dE}{dt} \quad (2.7)$$

การเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ในเคมีไฟฟ้า เช่นการให้ศักย์ไฟฟ้าในทิศทางที่เป็นลบแก่ขั้วไฟฟ้าทำงาน สารที่อยู่ในรูปของออกซิไดซ์ตอนเริ่มแรกของการให้ศักย์ไฟฟ้ายังไม่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน จนกระทั่งให้ศักย์ไฟฟ้าใกล้จะถึง E° จะเริ่มเกิดกระแสแคโทดิกเกิดขึ้น ($O + e^- \rightarrow R$) จนกระทั่งมีการให้ศักย์ไฟฟ้าในทิศทางย้อนกลับจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ($R \rightarrow e^- + O$) และให้กระแสแอนอดิก



รูปที่ 2.8 โวลต์แอมป์ไซคลิกโวลแทมโมแกรม

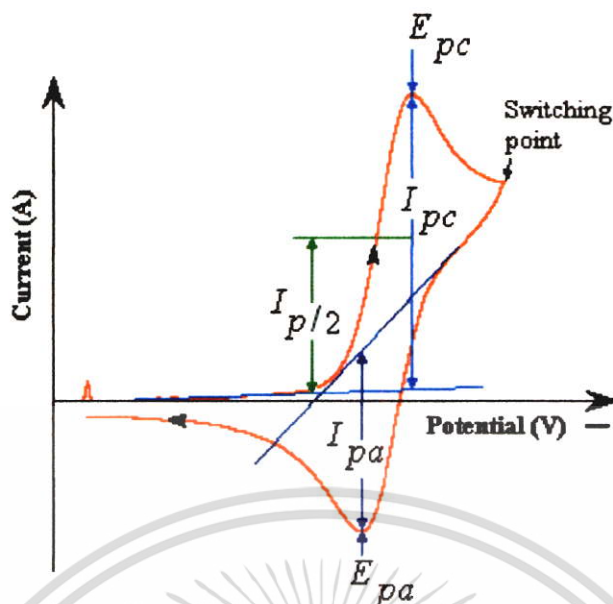
จากรูปที่ 2.8 สามารถแสดงตำแหน่งในโวลต์แอมป์ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการเกิดปฏิกิริยาที่ตำแหน่งศักย์ไฟฟ้าต่างๆ

- B เป็นจุดเริ่มการให้ศักย์ไฟฟ้า
- C เป็นจุดที่เริ่มเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- D เป็นพีคแอโนดิก
- E เป็นจุดที่เปลี่ยนศักย์ไฟฟ้าในทิศทางบวก
- F เป็นจุดที่เริ่มเกิดปฏิกิริยารีดักชัน
- G เป็นพีคแคโทดิก
- H เป็นจุดสิ้นสุดการให้ศักย์ไฟฟ้า

2.1.3.1 การแปรผลข้อมูล

การแปรผลข้อมูลของโวลต์แอมป์ไซคลิกโวลแทมโมแกรมจะแปรผลเพื่อหาค่าของศักย์ไฟฟ้าที่ให้จากค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ซึ่งพัฒนาโดย Nicholson และ Shain [22]

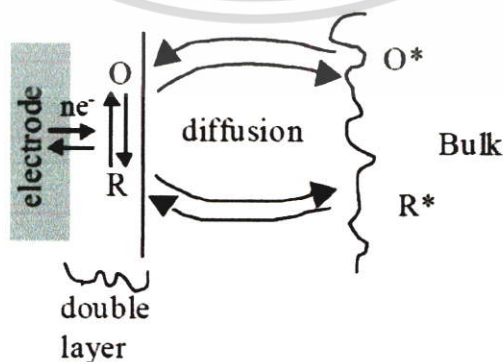
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การแปรผลข้อมูลของไซคลิกโวลแทมโมแกรม

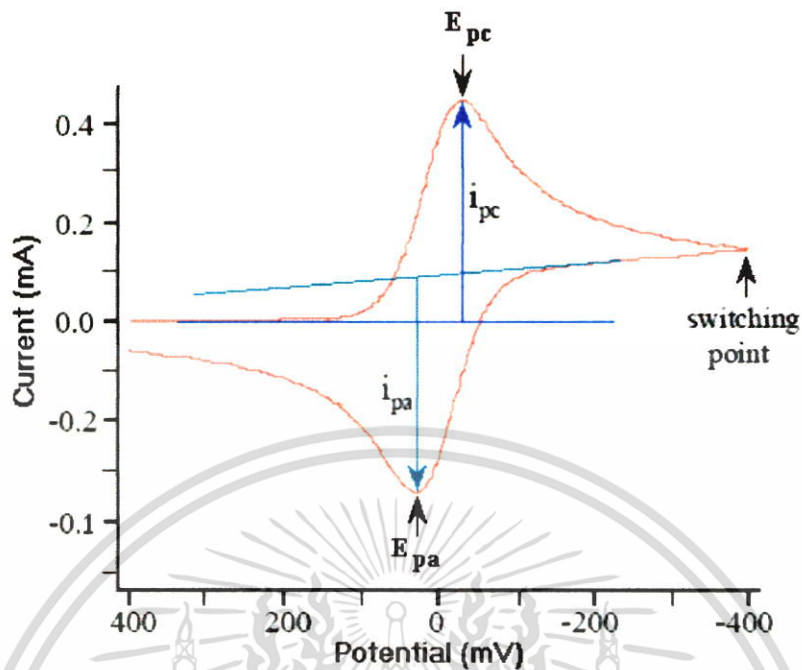
2.1.3.2 ระบบที่เป็นปฏิกิริยาผันกลับได้ [23]

ในระบบที่เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ (reversible reaction) จะต้องเป็นระบบที่มีการเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเมื่อพิจารณาสมการ $O + ne^- \rightleftharpoons R$ ตามรูปที่ 2.10 แสดงปฏิกิริยาของสารออกซิไดส์ที่อยู่ในรูป O รับอิเล็กตรอนจากขั้วไฟฟ้าเปลี่ยนอยู่ในรูป R และเกิดการแพร่ของของสารในชั้นการแพร่ของสารละลาย กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการแพร่นี้ เรียกว่า กระแสแคโทดิก (cathodic current) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เรียกว่า ปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) และเมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าในทิศทางตรงข้ามจะเกิดปฏิกิริยาของสารรีดิวส์ (reduced) ที่อยู่ในรูปของ R ให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนไปเป็น O กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการแพร่นี้เรียกว่ากระแสแอนอดิก (anodic current) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation)



รูปที่ 2.10 การเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นบนขั้วไฟฟ้าของ Specie [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 รูปลักษณะของ ไซคลิกโวลแทมโมแกรมสำหรับปฏิกิริยาเคมีของ Nernst

รูปที่ 2.11 แสดงไซคลิกโวลแทมโมแกรมของปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ จากการให้ ศักย์ไฟฟ้าตามรูปที่ 2.7 ซึ่งสามารถใช้สมการของ Randles-Sevcik ในการอธิบายดังแสดงในสมการที่ (2.8)

$$i_p = (2.69 \times 10^5) n^{3/2} A C D^{1/2} \nu^{1/2} \quad (2.8)$$

เมื่อค่า n	คือ จำนวนของอิเล็กตรอน
A	คือ พื้นที่ของอิเล็กโทรดในการเกิดปฏิกิริยา (cm^2)
C	คือ ความเข้มข้นของสารละลาย (mol/cm^3)
D	คือ diffusion coefficient (cm^2/s)
ν	คือ scan rate (V/s)

เงื่อนไขการพิจารณาของการเกิดปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่ผันกลับได้ของ Nernst สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การแยกกันของ $\Delta E_p = (E_{pa} - E_{pc})$ ต้องมีค่าแตกต่างเป็น $\Delta E_p = 59/n$ mV ที่ 25 °C

2. ค่าของ E_p ไม่ขึ้นกับ scan rate

3. i_p นั้นจะเป็นฟังก์ชันเส้นตรงกับค่า $v^{1/2}$

4. อัตราส่วนของพีค $\frac{i_{pa}}{i_{pc}}$ ต้องมีค่าเท่ากับ 1 ทุก scan rate

5. ค่าของ $E^o = \frac{(E_{p,a} + E_{p,c})}{2}$

6. ค่าของ $E_{p/2} = E_{1/2} \pm \frac{0.028}{n} V$

2.1.3.3 ระบบที่เป็นปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ และกึ่งผันกลับได้ [22, 23, 24, 25]

ในกระบวนการที่เป็นปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้ (Irreversible reaction) จะมีการแลกเปลี่ยนของอิเล็กตรอนในการเกิดปฏิกิริยาที่ช้าทำให้เกิดพีคเดี่ยว และเกิดการเลื่อนของศักย์ไฟฟ้าโดยการเลื่อนของศักย์ไฟฟ้านั้นขึ้นอยู่กับค่า scan rate ที่ใช้ สามารถใช้สมการที่ (2.9) ในการอธิบาย

$$E_p = E^o + \left(\frac{RT}{\alpha n_a F} \right) \left[-0.78 + \ln \left(\frac{k^o}{D^{1/2}} \right) - \frac{1}{2} \ln \left(\frac{\alpha n_a F v}{RT} \right)^{1/2} \right] \quad (2.9)$$

เมื่อ α คือ transfer coefficient

k^o คือค่าคงที่ของปฏิกิริยาการเคลื่อนที่อิเล็กตรอน (heterogeneous rate)

n_a คือ จำนวนอิเล็กตรอนในขั้นตอนการกำหนดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการอิเล็กโทรด (the number of electrons in the rate-determination step of electrode process)

E_p คือค่าศักย์ไฟฟ้าที่มีกระแสสูงสุด

ซึ่งค่าศักย์ไฟฟ้าของพีค (peak potential) (E_p) และค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งพีค (half-peak potential) ($E_{p/2}$) ที่ 25 °C จะแตกต่างกันเท่ากับ $|E_p - E_{p/2}| = \frac{1.857RT}{\alpha F} = \frac{47.7}{\alpha}$ mV และปริมาณ

กระแสไฟฟ้าสามารถใช้สมการที่ (2.9) ในการอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_p = (2.99 \times 10^5) n(\alpha n_\alpha)^{1/2} ACD^{1/2} \nu^{1/2} \quad (2.10)$$

ค่าปริมาณกระแสจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับความเข้มข้นสารละลาย แต่ปริมาณกระแสที่เกิดจากการให้ศักย์ไฟฟ้าในทิศทางย้อนกลับจะลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของ α เช่น ถ้าค่าของ $\alpha = 0.5$ อัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าในปฏิกิริยาผันกลับได้หารด้วยกระแสในปฏิกิริยาที่ผันกลับไม่ได้ (reversible/irreversible) จะมีค่าเท่ากับ 1.27 ซึ่งค่าของกระแสไฟฟ้าในปฏิกิริยาที่ผันกลับไม่ได้ จะมีค่าเป็น 80% ของกระแสไฟฟ้าในปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ส่วนในกรณีปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ค่า k^0 จะอยู่ระหว่าง $10^{-5} - 10^{-1}$ cm/s ปริมาณของกระแสไฟฟ้าจะถูกควบคุมโดยความเร็วในการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอน และการเคลื่อนที่ของมวล รูปร่างของไซคลิกโวลแทมโมแกรมจะเป็นฟังก์ชันของ $k^0 / \sqrt{\pi aD}$ (เมื่อ $a = nF\nu / RT$) เมื่ออัตราส่วนของ $k^0 / \sqrt{\pi aD}$ มีค่าเพิ่มขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับได้ ถ้าอัตราส่วนมีค่าลดลงจะเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับไม่ได้

2.2 การตรวจวัดด้วยแอมเพอโรเมทรีในระบบจลน์ต่อเนื่อง [27, 28, 29]

เป็นวิธีการทางเคมีไฟฟ้าใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ในระบบจลน์ต่อเนื่อง (FIA) เพื่อใช้ตรวจวัดปริมาณสารเคมี และโดยใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์สั้น เริ่มเกิดขึ้นในกลางปี ค.ศ. 1970 ใช้หลักการทาง electrochemical voltammetry (อาศัยหลักที่ว่าเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสาร) กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมาจากกระบวนการแพร่ (diffusion) และการนำพาไอออน (convection) ที่ผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงานโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันของสารที่ทำกรวิเคราะห์เรียกกระบวนการนี้ว่าไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมทรี (hydrodynamic voltammetry) ในสภาวะที่ทำกรวิเคราะห์ต้องมีการเคลื่อนที่ของสารละลายอยู่ตลอดเวลา และเกิด polarizing ขึ้น ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในการวัดประกอบด้วยขั้วหลัก 3 ขั้วคือ

1. ขั้วไฟฟ้าทำงาน (working electrode)
2. ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (reference electrode)
3. ขั้วไฟฟ้าช่วย (auxiliary electrode)

การตรวจวัดในแอมเพอโรเมทริกเป็นการให้ศักย์ไฟฟ้าคงที่ และวัดปริมาณกระแสจำกัด หรือกระแสสูงสุด ซึ่งจะเป็นไปตามสภาวะไฮโดรไดนามิกที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน ในการอธิบายปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขั้วไฟฟ้าทำงานชนิดขั้วของแข็งในระบบไหลต่อเนื่อง สามารถอธิบายได้ดังสมการ (2.11-2.13)

$$i_l = knFD(Sc)^{1/3} \omega(Re_x)^\alpha \tag{2.11}$$

$$Sc = \nu D^{-1} \tag{2.12}$$

$$Re_x = \nu l^{-1} \tag{2.13}$$

- เมื่อ Sc คือ Schmidt number
- ν คือ kinematic viscosity
- Re_x คือ modified Reynold number
- ν คือ ค่าเฉลี่ย linear velocity ของสารละลาย
- l คือ ความยาวของขั้วไฟฟ้าทำงาน

ตารางที่ 2.1 ค่า k และ α ของเซลล์เคมีไฟฟ้าแต่ละชนิด

ชนิดของเซลล์	ค่า k	α
Tubular	8.0	$l^{2/3} r^{2/3}$ (0.33)
Thin-layer	0.8	b (0.5)
Wall-jet	0.5	a (0.75)

- เมื่อ l คือ ความยาว
- r คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของขั้วไฟฟ้าทำงานแบบท่อ
- b คือ ความสูงของขั้วไฟฟ้าทำงานแบบ thin-layer
- a คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของสารละลายไหลเข้าในเซลล์แบบ wall-jet

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสสูงสุดหรือ flow injection peak (i_p) กับปริมาณของกระแสที่มีการไหลของสารละลายภายใต้สภาวะ steady-state (i_{ss}) สามารถใช้สมการที่ (2.14) ในอธิบาย

$$i_p = i_{ss} \left[\frac{3.4V_s}{\pi a^2} \right] \left[\frac{D}{\nu_f} (0.5V_s + V_R) \right]^{1/2} \tag{2.14}$$

- เมื่อ V_s คือ ปริมาตรสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าสู่ระบบฉีดไหล
- a คือ รัศมีของท่อในระบบฉีดไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

v_f คือ อัตราการไหลของสารละลายในระบบฉีดไหล

V_R คือ ปริมาตรภายในเซลล์ที่เกิดปฏิกิริยา

ในสภาวะแอมเพอโรเมทริกที่มีการเคลื่อนที่ของสารละลายตลอดเวลานั้น ทำให้ความหนาของชั้น boundary ที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้าทำงานลดลง เป็นผลให้วัดปริมาณกระแสไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น และจะมีค่ามากขึ้นตามอัตราการไหลของสารละลายในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง ซึ่งสามารถอธิบายโดยใช้สมการที่ (2.11)

ในการหาค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้เซลล์แบบต่าง ๆ ดังได้แสดงในสมการที่ (2.15-2.18) และแสดงลักษณะของขั้วไฟฟ้าทำงานแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.12

Tubular

$$i = 1.61nFC \left(\frac{DA}{r} \right)^{2/3} v^{1/3} \quad (2.15)^b$$

Planar (parallel flow in channel)

$$i = 1.47nFC \left(\frac{DA}{r} \right)^{2/3} v^{1/3} \quad (2.16)^b$$

Planar (perpendicular flow)

$$i = 0.903nFCD^{2/3} v^{-1/6} A^{3/4} U^{1/2} \quad (2.17)^b$$

Wall-jet

$$i = 0.898nFCD^{2/3} v^{-5/12} a^{-1/2} A^{3/8} v^{3/4} \quad (2.18)^b$$

^bเมื่อ

a คือ เส้นผ่าศูนย์กลางกลางของท่อไหลเข้าของเซลล์แบบ wall-jet

A คือ พื้นที่ของขั้วไฟฟ้าทำงาน (cm^2)

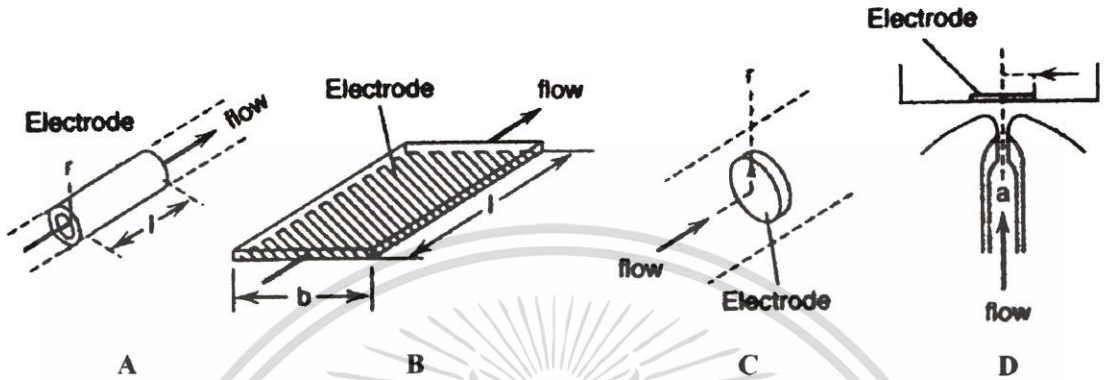
b คือ ความสูงของท่อ

C คือ ความเข้มข้นของสารละลาย (mol/cm^3)

D คือ diffusion coefficient (cm^2/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ν คือ kinematic viscosity
- r คือรัศมีของอิเล็กโทรดแบบท่อ
- v คือค่าเฉลี่ยอัตราเร็วในการไหล (cm^3/s)
- U คือความหนืดในการไหล (cm/s)

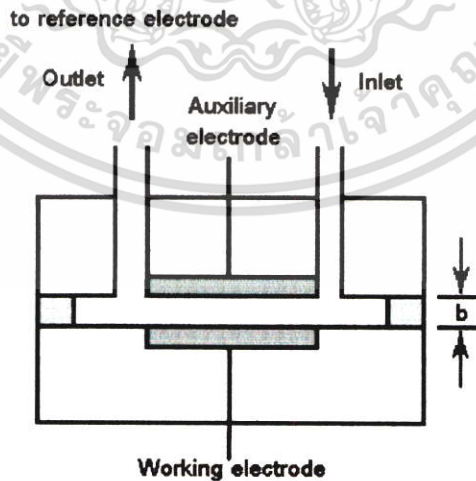


รูปที่ 2.12 ลักษณะขั้วไฟฟ้าทำงานแบบต่างๆ ของเซลล์เคมีไฟฟ้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง [25]

- A คือ tubular electrode
- B คือ planar electrode (parallel flow in channel)
- C คือ planar electrode (perpendicular flow)
- D คือ wall-jet electrode

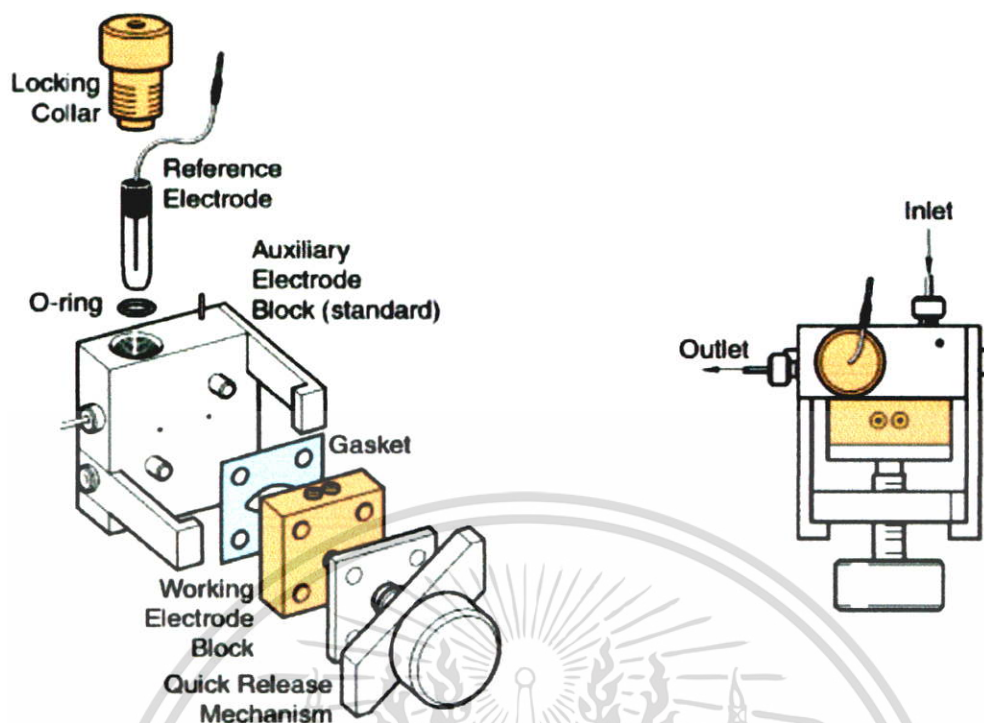
เซลล์เคมีไฟฟ้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่องแบบ thin-layer ที่ออกแบบโดย S.M. Lunte C.E.

Lunte และ P.T. Kissinger มีลักษณะตามรูปที่ 2.13-2.14



รูปที่ 2.13 เซลล์แบบ thin-layer ที่ใช้สำหรับเคมีไฟฟ้าแบบไหลต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 รูปองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าแบบไหลต่อเนื่องที่ออกแบบโดย S.M. Lunte
C.E. Lunte และ P.T. Kissinger [30]

2.3 ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน [31]

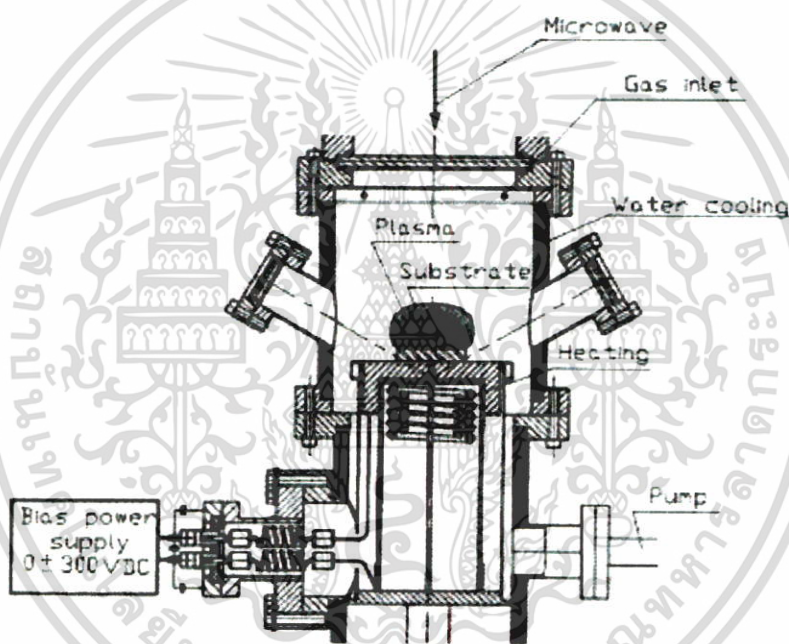
วัสดุที่นิยมใช้เป็นขั้วไฟฟ้าทางเคมีไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น carbon fiber glassy carbon และ graphite เป็นต้น เมื่อพิจารณาโครงสร้างในระดับ 10^{-6} เมตรแล้ว จะเห็นได้ว่าการรวมตัวกันเป็นลักษณะแบบ six-membered aromatic rings ซึ่งคาร์บอนสร้างพันธะแบบ sp^3 ส่งผลทำให้อิเล็กตรอนภายในโมเลกุล หรือระหว่างโมเลกุลสามารถเคลื่อนได้

การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้วัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบมาใช้ในทางเคมีไฟฟ้านั้น ได้มีการศึกษามานานกว่า 30 ปี โดยมีการศึกษาในโครงสร้างลักษณะต่าง ๆ โดยพิจารณาจากความสามารถการนำไฟฟ้า และในลักษณะของสารกึ่งตัวนำ โดยเฉพาะในฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมีผู้สนใจอย่างมากที่จะนำมาเป็นวัสดุทางเคมีไฟฟ้า โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีทางฟิสิกส์ และทางอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความเหมาะสมมาเป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน จะต้องมีความหนาของโบรอนที่เจืออยู่มากกว่าหรือเท่ากับ $10^{19}/\text{cm}^3$

เหตุผลที่นำฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมาใช้ในทางเคมีไฟฟ้านั้นมาจากสมบัติที่ดีหลายประการของฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ได้แก่ มีความแข็งแรง ความต้านทานต่ำ ไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมี ความสามารถนำความร้อนได้ดี มีความสามารถให้แสงผ่านได้ ตลอดจนมีค่า $E_g = 5.5 \text{ eV}$ ซึ่งเป็นค่าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

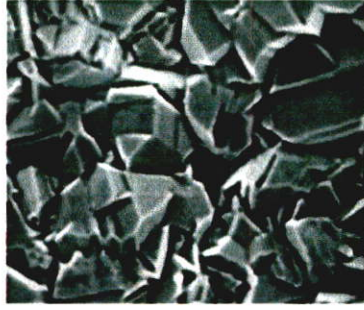
กว้างมาก เป็นต้น และโครงสร้างของคาร์บอนในโมเลกุลของเพชรนั้นมีการจัดเรียงตัวที่เป็นแบบ six-member rings และสร้างพันธะแบบ sp^3 โดยแต่ละวงจะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน ส่วนการเจือโบรอนในเพชรนั้นโบรอนจะอยู่ระหว่างอะตอมภายในโมเลกุลโดยไม่สร้างพันธะกับโมเลกุลของคาร์บอน ซึ่งจะทำให้เกิดลักษณะของ electron hole ขึ้น ทำให้อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ภายในโมเลกุลได้ และระหว่างโมเลกุลตึงขึ้น การเจือโบรอนจะทำในขั้นตอนการสร้างเพชรเพื่อให้มีสมบัติการนำไฟฟ้า โดยปริมาณของการเจือโบรอนจะต้องมีปริมาณ 10,000 ppm B/C ส่งผลทำให้ความต้านทานของฟิล์มเพชรเจือโบรอนมีความต้านทานน้อยกว่า $0.1 \Omega\text{-cm}$ เพื่อให้มีสมบัติที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นขั้วไฟฟ้าทำงาน วิธีการที่นิยมในการสร้างเพชรคือ hot-filament หรือ microwave-assisted chemical vapor deposition (CVD) ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 องค์ประกอบของเครื่อง Microwave plasma-enhanced CVD สร้างโดย ASTeX [32]

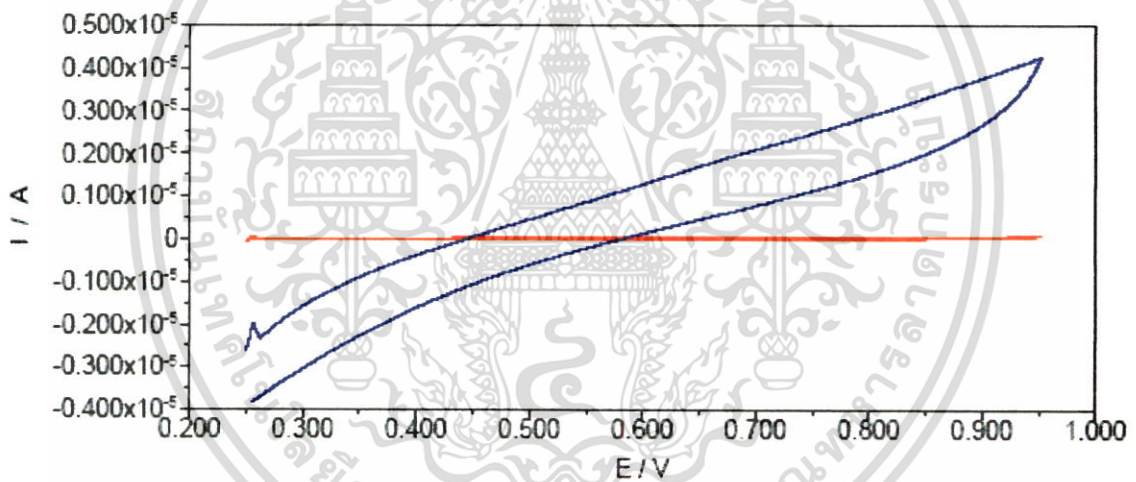
รูปที่ 2.16 เป็นรูปที่แสดงผิวของฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนที่ก่อตัวบนซิลิกอนชนิดพีสร้างโดยวิธี Microwave-enhanced CVD และถ่ายภาพโดยใช้เครื่อง SEM (Scanning electron micrograph)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ภาพถ่ายจากเครื่อง SEM ของชั้นไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนที่ก่อตัวบนซิลิกอนชนิดพีสร้างโดยวิธี Microwave-enhanced CVD [31]

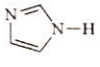
ในการพิจารณาสมบัติทางเคมีไฟฟ้าของฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนจะเห็นได้ว่า ค่ากระแสพื้น (Background current) ของชั้นไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมีค่ากระแสพื้นที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับชั้นไฟฟ้าทำงานที่เป็นคาร์บอนดังแสดงได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 กระแสพื้นของชั้นไฟฟ้าทำงานในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.10 M pH 7.5 (—) ชั้นฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และ (—) ชั้นไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอน

2.4 ยา

2.4.1 ยาคีโตโคนาโซล [1, 2]

ยาด้านเชื้อราคิโตโคนาโซลเป็นยาในกลุ่ม Imidazole มีโครงสร้างหลักคือ  และสูตรโครงสร้างทางเคมีของ คีโตโคนาโซล ดังแสดงในรูปที่ 2.18

2.4.1.1 สมบัติทางเคมีของคิโตโคนาโซล

คิโตโคนาโซลมีชื่อ IUPAC คือ (cis-1-Acetyl-4-[4-[[2-(2, 4-dichlorophenyl)-2-(1H-imidazol-1-yl)methyl]-1, 3-dioxolan-4-yl]methoxy]phenyl]piperazine) มี $pK_a = 2.95$ และ 6.54 มีสูตรเคมีคือ $C_{26}H_{28}Cl_2N_4O_4$ และมีองค์ประกอบทางเคมีคือ C 58.76 % H 5.31 % Cl 13.34 % N 10.54 % และ O 12.04 %



2.4.1.2 คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของยาด้านเชื้อราคิโตโคนาโซล

ยาด้านเชื้อราคิโตโคนาโซล เป็นยาที่มีสมบัติในการรักษาโรคที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิด และ gram-positive microorganism ในบริเวณปาก คอ บริเวณผิวหนัง ทางเดินอาหาร และใช้รักษาโรคผิวหนังจากการติดเชื้อราจากการติดเชื้อ HIV และยาด้านเชื้อราชนิดนี้เป็นยาที่เป็นอันตรายต่อดับ แต่มีความสามารถในการรักษาที่ดีว่า Fluconazole และมีราคาที่ถูกกว่า

2.4.1.3 ผลกระทบข้างเคียงของยาด้านเชื้อราคิโตโคนาโซล

ยาด้านเชื้อรา คิโตโคนาโซล จะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของต่อมสุจิในขั้นตอนระหว่างการเจริญเติบโต การพัฒนาของต่อมสุจิ และการเคลื่อนไหวของต่อมสุจิในหลอดทดลอง ผลต่อต่อม pituitary หรือต่อม hypothalamus ซึ่งยาด้านเชื้อรา คิโตโคนาโซล มีสูตรโครงสร้างที่คล้ายกับสารที่เป็นสารยับยั้งการทำงานของ cytochrome P-450 และกรณีที่ได้รับประทานยาด้านเชื้อราคิโตโคนาโซล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปริมาณที่สูงเป็นระยะเวลาอันยาวนานอาจทำให้เกิดการอักเสบของตับ และในกรณีที่ได้รับประทานยาลดกรด ในกระเพาะอาหาร ยาต้านฮีสตามีน(H_2 blocker) และยาแอนตี้โคลิเนอร์จิก รวมด้วยกับยาต้านเชื้อรา คีโตโคนาโซล ทำให้สภาวะ pH ในกระเพาะอาหารลดลงซึ่งส่งผลทำให้การดูดซึมของยานี้ลดลง ในกรณีที่ได้รับประทานยานี้ร่วมกับสุราจะมีความเป็นพิษต่อตับที่สูงมากเพิ่มขึ้น เพราะสามารถละลายได้ดี ในสุราส่งผลทำให้เกิดการดูดซึมของยาได้ได้ดีว่าปกติทำให้เกิดอาการอาเจียนเกิดขึ้น

2.4.1.4 ปริมาณยาด้านเชื้อราคีโตโคนาโซลที่ใช้ในการรักษา

รูปแบบของยาด้านเชื้อรา คีโตโคนาโซล ที่ใช้ในการรักษาจะอยู่ในลักษณะที่เป็น เม็ด คริม และแชมพู ในกรณีที่เป็นเม็ดใช้รับประทาน สำหรับผู้ใหญ่รับประทานวันละ 1 ครั้ง ๆ ละ 200-400 mg สำหรับเด็กที่มีอายุมากกว่า 2 ปีขึ้นไป รับประทานวันละ 1 ครั้ง ๆ ละ 3.3-6.6 mg/kg/day ส่วนในกรณีที่เป็นครีมมีปริมาณยา คีโตโคนาโซล 2 % โดยน้ำหนัก ใช้ทาวันละ 1-2 ครั้ง ส่วนในกรณีเป็นแชมพูใช้สระผมอย่างน้อยทุก ๆ 3 วัน และยาด้านเชื้อรา คีโตโคนาโซล ทุกรูปแบบใช้ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

2.4.1.5 ข้อควรระวังและข้อห้ามในการใช้ยา

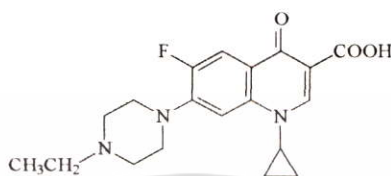
หากต้องใช้ยาระยะยาวหรือผู้ที่มีโรคตับต้องตรวจการทำงานของตับเป็นระยะ และหากมีอาการตัวเหลืองตาเหลือง หรือคลื่นไส้อาเจียนให้แจ้งแพทย์ หากต้องใช้ยาชนิดอื่นต้องแจ้งแพทย์ โดยเฉพาะยาแก้โรคกระเพาะอาหาร เช่น cimetidine ranitidine ไม่ควรใช้ในคนท้องหรือให้นมเด็ก

2.4.2 ยาเอ็นโรฟลอกซาซิน [3]

ยาปฏิชีวนะ เอ็นโรฟลอกซาซิน เป็นยาปฏิชีวนะพวก Pseudomonas ที่ใช้สำหรับสัตว์ อยู่ในกลุ่ม Fluoroquinolone เอ็นโรฟลอกซาซินเป็นยาปฏิชีวนะที่ถือได้ว่าเป็นชนิดใหม่ ใช้ได้ดีสำหรับการรักษาการติดเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด ไม่ควรใช้ในลูกสุนัขที่กำลังเจริญเติบโต (growing dogs) แม่สุนัขตั้งท้อง หรือกำลังเลี้ยงลูก (ให้น้ำนม) เนื่องจากจะมีผลต่อการพัฒนาของข้อ (developing joints) ผลข้างเคียงที่เกิดขึ้นกับสุนัขโตพบได้น้อย

2.4.2.1 สมบัติทางเคมีของเอ็นโรฟลอกซาซิน

เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์มีชื่อ IUPAC คือ 1-cyclopropyl-7-(-4-ethyl-1-piperazinyl)-6-fluoro-1,4-dihydro-4-oxo-3-quinolinecarboxylic acid-hydrochloric มีสูตรเคมีคือ $C_{19}H_{22}FN_3O_3$ -HCl และมีองค์ประกอบทางเคมีคือ C 63.50 % H 6.17 % F 5.29 % N 11.69 % และ O 13.36 %



เอ็นโรฟลอกซาซินมีมวลโมเลกุล = 359.39 g/mole

รูปที่ 2.19 โครงสร้างทางเคมีของยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน

2.4.2.2 คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาของยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซิน

ยาปฏิชีวนะเอ็นโรฟลอกซาซินมีสมบัติด้านเชื้อแบคทีเรียพวก Pseudomonas เป็นยาที่ใช้สำหรับสัตว์ อยู่ในกลุ่มยา Fluoroquinolone ซึ่งมีความสามารถลดการทำงานของเอนไซม์ DNA gyrase จากแบคทีเรีย ซึ่งนำไปใช้ในการตัดลอก DNA ส่งผลทำให้วง DNA ของเซลล์แน่นมากขึ้นเป็นแบบขาด ซึ่งโดยปกติจะไม่เป็นแบบขาด และลดการสร้าง DNA gyrase ส่งผลทำให้แบคทีเรียไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้

เป็นยาปฏิชีวนะที่ใช้รักษาได้ดีจากการติดเชื้อแบคทีเรียทั้ง แกรมบวก (gram positive bacteria) และ แกรมลบ (gram negative bacteria) โดยเฉพาะการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ (urinary tract) ผิวหนัง (skin) ต่อมลูกหมาก (prostate) ระบบทางเดินอาหาร (gastrointestinal system) ตับ (liver) และปอด (lung)

2.4.2.3 ผลข้างเคียง

ผลข้างเคียงที่อาจพบได้คือ สัตว์อาจมีความอยากอาหารน้อยลง หรือเบื่ออาหาร อาเจียน (vomiting) ท้องเสีย (diarrhea) หรือมีอาการชัก (seizures) ในสัตว์ที่มีความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system disorders) อาจพบปฏิกิริยาการแพ้ (allergic reactions) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.4 ขนาดของยาที่ใช้และการให้ยา

สุนัข ใช้ขนาด 2.3 - 9 mg/pound ด้วยการกินทุก 24 ชั่วโมง โดยอาจจะให้เพียงครั้งเดียว (single dose) หรือแบ่งให้ 2 ครั้ง ห่างกัน 12 ชั่วโมง

แมว ใช้ขนาด 1.75 - 2.3 mg/pound ด้วยการกินทุก 24 ชั่วโมง โดยอาจจะให้เพียงครั้งเดียว (single dose) หรือแบ่งให้ 2 ครั้ง ห่างกัน 12 ชั่วโมง แมวไม่ควร ได้รับยาชนิดนี้มากกว่า 2.3 mg/pound ต่อตัวต่อวัน

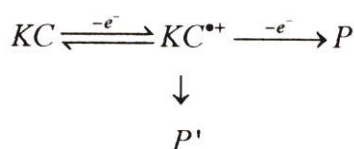
2.4.2.5 การให้ยาเกินขนาด หรือความเป็นพิษ

สัตว์อาจจะเบื่ออาหาร อาเจียน หรือท้องเสีย

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pablo Arranz และคณะ [8] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมทางไฟฟ้าเคมีของ ketoconazole ในสารละลายบัฟเฟอร์ของ Britton-Robinson โดยศึกษาการเกิดปฏิกิริยารีดักชันบนขั้วไฟฟ้าทำงานแบบ hanging mercury drop electrode (HMDE) ซึ่งเกิดพีคที่ -1.6 V (เมื่อเทียบกับขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl/sat.KCl) ช่วง pH ที่ศึกษาคือ 4.7-9.6 การเกิดปฏิกิริยารีดักชันของ ketoconazole เกิดแบบย้อนกลับไม่ได้ และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นถูกควบคุมโดยกระบวนการดูดซับของ ketoconazole โดยความสัมพันธ์ของค่ากระแสไฟฟ้ากับค่าความเข้มข้นของ ketoconazole ในเทคนิค polarography และ voltammetry ให้ค่าที่ได้มีความแตกต่างกัน เมื่อใช้เทคนิค adsorptive stripping differential pulse voltammetry (AdS-DPV) มีขีดจำกัดในการตรวจวัด (detection limit (DL)) คือ 5.3×10^{-11} M ซึ่งทั้งสองเทคนิคคือ DPP และ AdS-DPV อยู่ในตัวกลางที่เป็นน้ำสามารถประยุกต์ใช้เพื่อหาความเข้มข้นของ ketoconazole ในเจล และในปัสสาวะ

Mojtaba Shamsipur และ Khalil Farhadi [9] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมทางเคมี และการหาปริมาณของคีโตโคนาโซลจากยาเตรียม โดยศึกษาการเกิดออกซิเดชันของคีโตโคนาโซลด้วยโวลแทมเมทรีที่เกิดขึ้นบนขั้วหมุน (Rotating disk electrode) และการควบคุมศักย์ไฟฟ้าเพื่อให้เกิดสปีโนคลอโรฟอร์มโดยเกิดบนขั้วไฟฟ้าทำงานที่เป็นแพลทินัม (Pt) ทอง (Au) และ กราฟิติคาร์บอน (GC) ซึ่งใช้ Tetrabutylammium perchlorate เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ช่วย ปฏิกิริยาของคีโตโคนาโซลที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันดังที่ได้แสดงนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณของคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคโวลแทมเมตรีด้วย Differential pulse ที่เกิดบนขั้วไฟฟ้าทำงาน Pt ที่มีความเข้มข้นในช่วง 3.0×10^{-6} - 1.0×10^{-4} M สามารถประยุกต์ใช้วิเคราะห์หาปริมาณคีโตโคนาโซลในรูปแบบที่เป็นยาเม็ด และยาครีม

Mojtaba Shamsipur และ Khalil Farhadi [10] ทำการศึกษาการเกิดออกซิเดชันของคีโตโคนาโซลด้วยเทคนิคโวลแทมเมตรีในขั้วไฟฟ้าทำงานคาร์บอนเพสต์ (carbon paste) ผลจากการศึกษาพบว่า การเกิดปฏิกิริยาของคีโตโคนาโซลเป็นแบบย้อนกลับไม่ได้ และเกิดกระบวนการ adsorption-extraction ที่บริเวณผิวหน้าของขั้วไฟฟ้าทำงาน หลังจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของ pH และตัวแปรต่าง ๆ แล้วพบว่าสัญญาณที่ได้จากเทคนิคโวลแทมเมตรีด้วย differential pulse และ linear sweep ให้ผลของกระแสที่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล ซึ่งช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง คือ 2.4×10^{-8} - 4.8×10^{-7} และ 9.1×10^{-7} - 1.0×10^{-5} M ตามลำดับ โดยสามารถวิเคราะห์คีโตโคนาโซลในปัสสาวะ และในยาเตรียม

Tu-zhi Peng Qiong Cheng และ Catherine F. Yang [11] ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับ และพฤติกรรมทางเคมีไฟฟ้าของ ketoconazole ที่ใช้ด้านเชื้อราในปาก บนขั้วไฟฟ้าทำงาน glassy carbon electrode โดยกระบวนการดูดซับของ ketoconazole ที่บริเวณผิวหน้าขั้วไฟฟ้าทำงานซึ่งเกิดแบบ Frumkin isotherm ด้วย interaction factor (α) คือ 0.985 และค่า adsorptive coefficient (β) คือ 1.98×10^6 L mol⁻¹ โดยมีค่าพลังงานของ Gibbs ในการดูดซับ (The Gibbs energy of adsorption (ΔG)) คือ -3.592×10^4 J mol⁻¹ ที่ 25 °C ซึ่งวิธีการที่ใช้ทางเคมีไฟฟ้านี้ เป็นวิธีการที่มีความสามารถในการตรวจวัดได้ดีสำหรับการวิเคราะห์ในยาเม็ดโดยมีขีดจำกัดการตรวจวัด คือ 4.0×10^{-11} M และมีความสัมพันธ์ของค่า stripping current และความเข้มข้นของ ketoconazole ที่เป็นเส้นตรงอยู่ในระหว่าง 10^{-6} - 10^{-10} mol L⁻¹

Douglas W. Hoffman และคณะ [12] ทำการวิเคราะห์หาปริมาณยาต้านเชื้อราคีโตโคนาโซลโดยเทคนิค HPLC และตรวจวัดโดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าด้วยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคีโตโคนาโซลที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอนด้วยการให้ศักย์ไฟฟ้าที่ +1.0 V ซึ่งทำให้มีความสามารถในการตรวจวัดคีโตโคนาโซลได้ดีกว่าการใช้การตรวจวัดการดูดกลืนรังสี ultraviolet หรือ fluorescence ซึ่งเทคนิคนี้สามารถตรวจวัดในตัวอย่างที่เป็นเลือด และน้ำลาย ของผู้ป่วยหลังได้รับยา

M. Rizk และคณะ [19] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมในการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคโวลแทมเมตรีของ Enrofloxacin Sparfloxacin และ Fleroxacin โดยการให้ direct current (DC) differential pulse (DPP) และ alternating current (AC) ในยาโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ Britton-Robinson pH ในช่วง 4.0-11.98 โดยการเกิดปฏิกิริยาของสารทั้งสามชนิดเกิดแบบย้อนกลับไม่ได้ และการเกิดปฏิกิริยาของสารโดยการแพร่ที่บริเวณหน้าขั้วไฟฟ้าทำงานจะถูกควบคุมด้วยคุณสมบัติการดูดซับ (adsorption property) ช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นกับกระแสไฟฟ้าของ Enrofloxacin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sparfloxacin และ Fleroxacin คือ 4×10^{-5} – 5×10^{-4} M 1×10^{-5} – 2×10^{-4} M และ 1×10^{-5} – 4×10^{-4} M ที่ใช้ DC ในการตรวจวัดตามลำดับ และ 1×10^{-6} – 4×10^{-5} M 1×10^{-6} – 1×10^{-4} M และ 2×10^{-6} – 8×10^{-5} M ที่ใช้ DPP ในการตรวจวัดตามลำดับ ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด (S/N=3) สำหรับ Enrofloxacin และ Sparfloxacin เท่ากับ 1×10^{-7} M และสำหรับ Fleroxacin เท่ากับ 2×10^{-7} M โดยวิธีการนี้สามารถทำการตรวจวัดได้ในยาเตรียม และในของเหลวจากสิ่งมีชีวิต

A. Navalón และคณะ [20] ได้ทำการศึกษาวิธีการวิเคราะห์ 2 วิธีที่ใช้หาปริมาณของ enrofloxacin ในยาที่มีจำหน่าย และในปัสสาวะ โดยใช้เทคนิค adsorptive stripping voltammetry (AdSV) กับวิธีการวิเคราะห์โดยทั่วไปของการวิเคราะห์หาปริมาณ enrofloxacin ในยาเตรียม และประยุกต์ใช้กับตัวอย่างแบบต่าง ๆ ที่เป็นของเหลวของสิ่งมีชีวิตในรูปของ ciprofloxacin ซึ่งช่วงความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง คือ 4–25 และ 18–55 ngml⁻¹ ตามลำดับ โดยใช้การให้ศักย์ไฟฟ้าของการเกาะติด (accumulation potential) คือ -0.3 V เป็นระยะเวลา 180 หรือ 60 s



บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 สารเคมี

- คีโตโคนาโซล (Ketoconazole; $C_{26}H_{28}Cl_2N_4O_4$) 99.5 % (w/w) (องค์การเภสัชกรรม ประเทศไทย)
- เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ (Enrofloxacin-HCl; $C_{19}H_{22}FN_3O_3$ -HCl) 99.5 % (w/w) (Xinchang guobang chemicals, China)
- ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Di-potassium hydrogenphosphate; K_2HPO_4) 98 % (w/w) (CARLO ERBA, Italia)
- โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogenphosphate; KH_2PO_4) 99.5 % (w/w) (BDH, UK)
- กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid; H_3PO_4) 87 % (w/v) (J.B.Baker, USA)
- โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium Hydroxide; KOH): 99.5 % (w/w) (BDH, UK)
- เมทานอล (Methanol; CH_3OH) (LAB-SCAN, Thailand)
- แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen gas; N_2) 99.999 % (v/v) (TIG, Thailand)

3.2 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

- ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน (Boron-doped diamond thin films electrode) บนแผ่นซิลิกอนไดออกไซด์ขนาดกว้าง 1 cm ยาว 3 cm ของ (Professor A. Fujishima (The University of Tokyo))
- ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน (Glassy carbon electrode) พื้นที่ผิว 0.07 cm^2 ของ BAS
- ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (Reference Electrodes) รุ่น MF-2078 ของ BAS ชนิด Ag/AgCl
- เซลล์เคมีไฟฟ้าระบบยูนิ่งที่ประดิษฐ์ขึ้น
- เซลล์เคมีไฟฟ้าระบบจืดไหลต่อเนื่องที่ประดิษฐ์ขึ้น
- เครื่องควบคุมศักย์ไฟฟ้า และวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า (Autolab Potentiostat) รุ่น PGSTAT20 ของบริษัท Ecochemie
- ชุดอุปกรณ์ในระบบจืดไหลที่ประดิษฐ์ขึ้น
- เครื่องวัด pH รุ่น 716 DMS Titrino ของบริษัท Metrohm

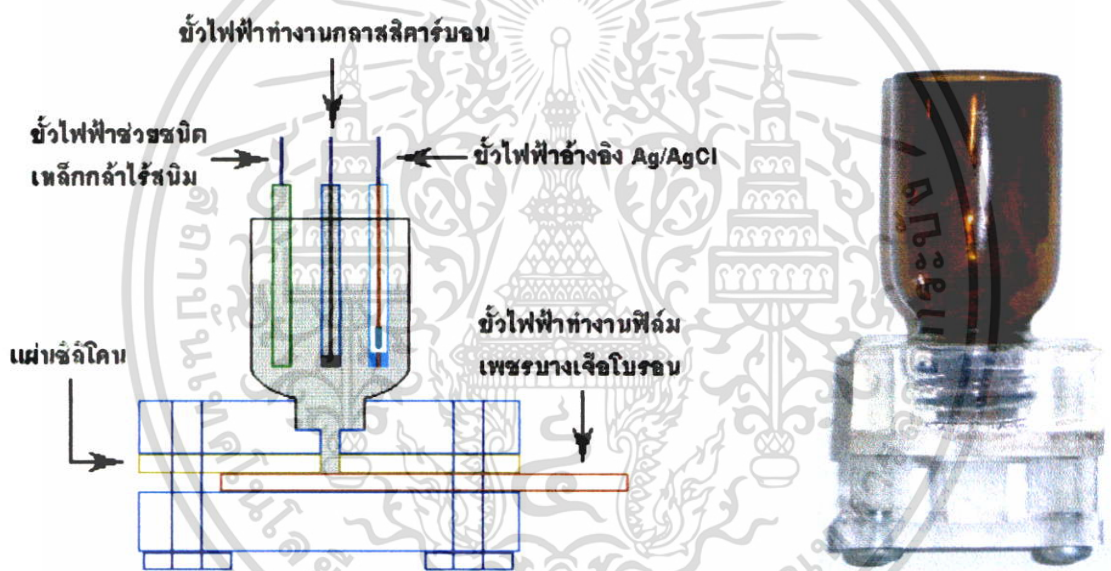
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การสร้างเซลล์ที่ใช้ในการศึกษาทางเคมีไฟฟ้า

การวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนาเซลล์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย 2 ระบบ คือ ระบบที่อยู่นิ่ง และระบบฉีดไหลต่อเนื่อง เพื่อใช้ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาของยามาตรฐาน และใช้วิเคราะห์หาปริมาณยาแต่ละชนิด

3.2.1 การสร้างเซลล์สำหรับการศึกษาทางเคมีไฟฟ้าในระบบอยู่นิ่ง

โดยปกติเซลล์ที่ใช้สำหรับการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีในเทคนิคทางเคมีไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้งาน และอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกันต้องมีลักษณะที่จำเพาะเจาะจง เช่น ขั้วไฟฟ้าทำงานจะต้องมีลักษณะเป็นแท่ง ซึ่งไม่สามารถใช้กับการวิจัยในครั้งนี้ได้ เพราะในการวิจัยในครั้งนี้ใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานที่มีลักษณะเป็นแผ่นดังรูปที่ 3.1



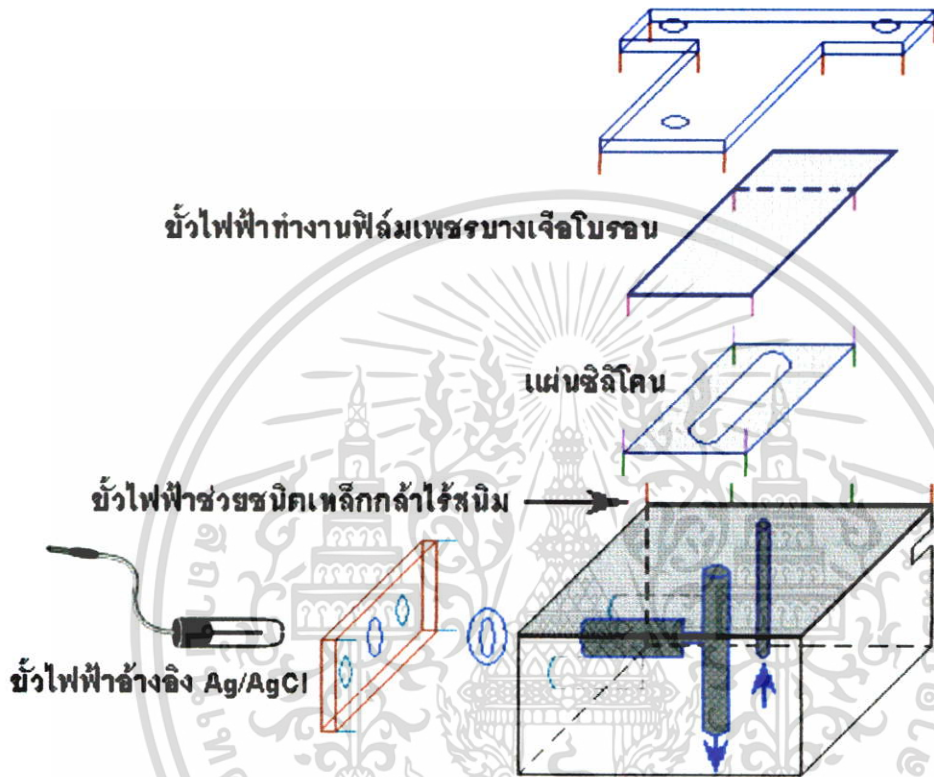
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบอยู่นิ่งและภาพถ่ายเซลล์เคมีไฟฟ้าที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น

วัสดุที่ใช้ทำเซลล์ในระบบอยู่นิ่ง คืออะคริลิก (PMMA; Polymethyl methacrylate) โดยมีขนาดกว้าง 4 cm ยาว 4 cm และมีนอตเหล็กกล้าไร้สนิมจำนวน 2 ตัว ที่ใช้ยึดขั้วไฟฟ้าทำงานกับแผ่นซิลิคอนขนาดกว้าง 1 cm ยาว 1.5 cm หนา 1 mm โดยมีรูเป็นรูปวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 mm และมีพื้นที่เกิดปฏิกิริยา 0.07 cm^2 [ภาคผนวก ค.1] ขั้วไฟฟ้าที่ใช้ในเซลล์ในระบบอยู่นิ่งประกอบด้วย 3 ขั้ว คือ ขั้วไฟฟ้าทำงาน 2 ชนิด คือขั้วฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และขั้วกลาสสิคาร์บอน ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl และขั้วไฟฟ้าช่วยชนิดแท่งเหล็กกล้าไร้สนิม ดังแสดงในรูปที่ 3.1

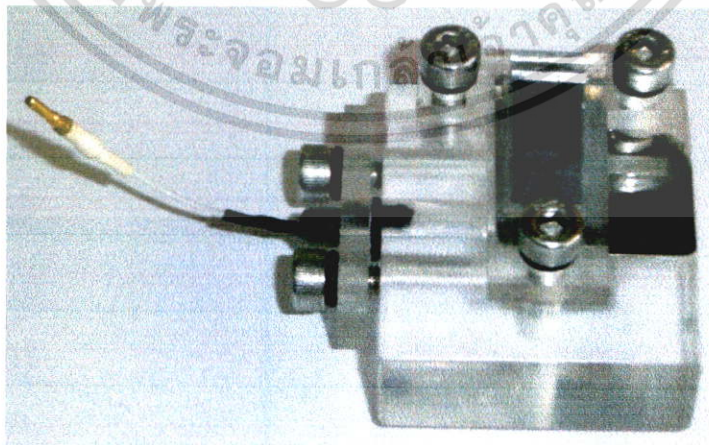
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การสร้างเซลล์สำหรับการศึกษาทางเคมีไฟฟ้าในระบบจลน์ไหลต่อเนื่อง

สำหรับการศึกษาทางเคมีไฟฟ้าโดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบจลน์ไหลต่อเนื่องโดยทั่วไปมีราคาสูงมาก ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเซลล์ที่ใช้ในระบบนี้ให้มีราคาที่ถูกลง และให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าเซลล์ที่มีอยู่ในท้องตลาด โดยใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกลง สามารถประดิษฐ์ขึ้นได้เอง ดังแสดงในรูปที่ 3.2-3.3



รูปที่ 3.2 องค์ประกอบเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบจลน์ไหลต่อเนื่องที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น



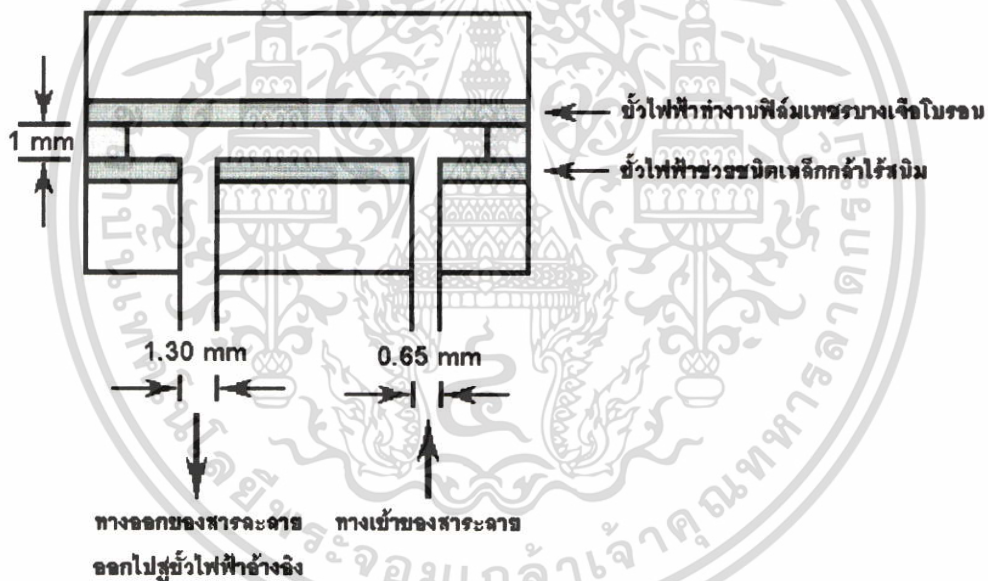
รูปที่ 3.3 เซลล์เคมีไฟฟ้าระบบจลน์ไหลต่อเนื่องที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

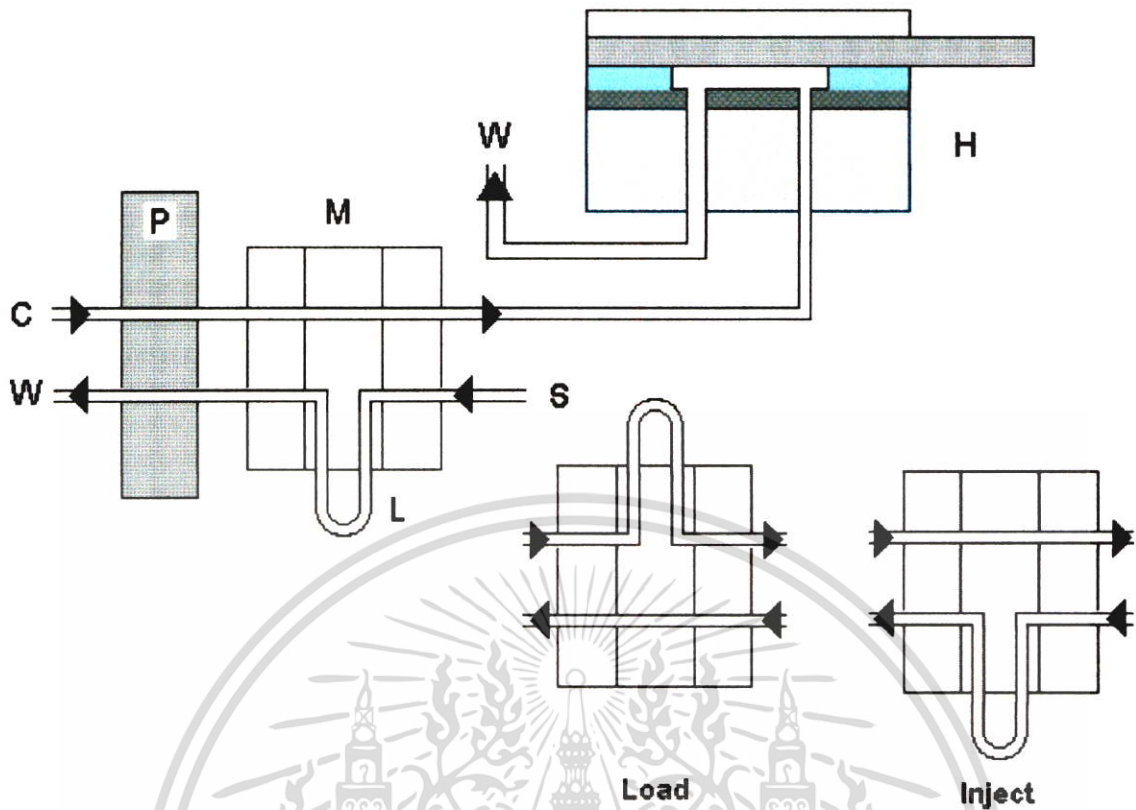
วัสดุที่ใช้ทำเซลล์ในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง คืออะคริลิกโดยมีขนาด กว้าง 4 cm ยาว 5 cm สูง 1.7 cm และมีน็อตเหล็กกล้าไร้สนิมจำนวน 5 ตัว ที่ใช้ยึดขั้วไฟฟ้าอ้างอิงจำนวน 2 ตัว และใช้ยึดขั้วไฟฟ้าทำงานจำนวน 3 ตัว โดยมีแผ่นซิลิโคนขนาดกว้าง 1 cm ยาว 1.5 cm หนา 1 mm เจาะเป็นรูปวงรีโดยมีขนาดกว้าง 3 mm ยาว 1.8 cm พื้นที่เกิดปฏิกิริยา 0.52 cm^2 และปริมาตร $520 \mu\text{L}$ [ภาคผนวก ค.2 และ ค.3]

เมื่อประกอบเซลล์เคมีไฟฟ้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่องแล้วจะประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว คือ ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง Ag/AgCl และขั้วไฟฟ้าช่วยชนิดแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม ดังแสดงในรูปที่ 3.2-3.3

ทิศทางการไหลของสารละลายในเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบฉีดไหลต่อเนื่องนั้นมีทิศทางการไหล 2 ทิศทาง คือทางไหลเข้าของสารละลายมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.65 mm และทางไหลออกของสารละลายมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.30 mm ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ขนาดท่อและทิศทางการไหลของสารละลายภายในเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบฉีดไหลต่อเนื่องที่ผู้วิจัยออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น



รูปที่ 3.5 ทิศทางการไหลของสารละลายในระบบฉีดไหลต่อเนื่องที่ใช้ศึกษาทางเคมีไฟฟ้าโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมตรี

C คือทางเข้าของสารละลายเคลื่อนที่ P คือ Peristaltic pump M คือ Manual injection H คือ เซลล์เคมีไฟฟ้าระบบฉีดไหลต่อเนื่องที่ออกแบบและประดิษฐ์ขึ้น W คือ ทางออกของสารละลาย L คือ ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ฉีดเข้าไปในระบบ และ S คือ ทางเข้าของสารละลายตัวอย่าง

ในรูปที่ 3.4 แสดงทิศทางการไหลของสารละลายในระบบฉีดไหลต่อเนื่องที่ใช้ศึกษาทางเคมีไฟฟ้าโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมตรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน ประกอบด้วย Peristaltic pump ยี่ห้อ GILSON อุปกรณ์ฉีดสารตัวอย่าง และตัวเซลล์เคมีไฟฟ้าต่อกับเครื่อง Autolab Potentiostat รุ่น PGSTAT20

3.4 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

สารละลายบัฟเฟอร์ที่เตรียมขึ้นใช้น้ำปราศจากไอออน (Deionized water) ที่ผลิตจากเครื่อง Milli-Q (Milford, MA, USA) ในการเตรียม

การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

เตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 4.0-9.0 เพื่อใช้ศึกษาหา pH ที่เหมาะสมของคีโตโคนาโซล [ภาคผนวก ข.3]

เตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 3.0-6.5 เพื่อใช้ศึกษาหา pH ที่เหมาะสมของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ [ภาคผนวก ข.4]

3.5 การดำเนินการวิจัย

3.5.1 การศึกษาไซคลิกโวลแทมเมตรี

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาของยามาตรฐานแต่ละชนิดนั้นใช้เทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี โดยการวัดกระแสไฟฟ้าเทียบกับศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่ระบบ ด้วยเครื่องควบคุมศักย์ไฟฟ้าและวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า AUTOLAB PGSTAT20

ช่วงของศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการศึกษาในเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีของคีโตโคนาโซล คือ 0.25-0.75 V และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ คือ 0.80-1.50 V เมื่อเทียบกับศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฟฟ้าอ้างอิงชนิด Ag/AgCl

3.5.1.1 การศึกษากระแสพื้น

การศึกษาระแสพื้นในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ช่วยที่เป็นตัวทำละลายของยาแต่ละชนิด โดยจะศึกษาโดยเปรียบเทียบปริมาณกระแสพื้นที่วัดจากขั้วไฟฟ้าทำงาน 2 ชนิด คือ ขั้วฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และขั้วกลาสสิคาร์บอน

ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษากระแสพื้น

สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์	Scan rate (mV/s)
0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5	50
0.10 M pH 5.5	

3.5.1.2 การศึกษา pH ที่เหมาะสม

การศึกษา pH ที่เหมาะสมจะศึกษาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายยามาตรฐานคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงสภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา pH ที่เหมาะสม

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	Scan rate (mV/s)	สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์	pH
คีโตโคนาโซล	100	50	0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v)	4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5 และ 9.0
เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์			0.10 M	3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0 และ 6.5

3.5.1.3 การศึกษา scan rate ที่เหมาะสม

การศึกษา Scan rate ที่เหมาะสมจะศึกษาโดยการเปรียบเทียบปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้กับค่า Scan rate ที่ให้แก่ขั้วไฟฟ้าทำงานของยามาตรฐานคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ โดยใช้ขั้วไฟฟ้าทำงาน 2 ชนิด คือขั้วฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และขั้วกลาสคาร์บอน สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงสภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษา Scan rate ที่เหมาะสม

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์	Scan rate (mV/s)
คีโตโคนาโซล	100	0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH ได้จากการทดลองที่ 3.5.1.2	10, 25, 50, 100, 250, 500 และ 750
เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์		0.10 M pH ได้จากการทดลองที่ 3.5.1.2	

3.5.1.4 การศึกษาช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง

การศึกษาช่วงความเข้มข้นที่เป็นเป็นเส้นตรงในระบบอยู่นิ่งของสารละลายยา มาตรฐานคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ จะศึกษาโดยการเปรียบเทียบปริมาณ กระแสไฟฟ้ากับความเข้มข้นของยามาตรฐานแต่ละชนิด และเปรียบเทียบจากช่วงไฟฟ้าทำงาน 2 ชนิด คือ ช่วงไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเนื้อโบรอน และช่วงกลาสคาร์บอน สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดง ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงสภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์	Scan rate (mV/s)
คีโตโคนาโซล	10, 25, 50, 100,	0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH ได้จากการทดลองที่ 3.5.1.2	50
เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์	250 และ 500	0.10 M pH ได้จากการทดลองที่ 3.5.1.2	

3.5.2 การตรวจวัดยาในระบบฉีดไหลต่อเนื่องโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรี

การนำระบบฉีดไหลต่อเนื่องมาใช้ร่วมกับเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรี ประกอบด้วยอุปกรณ์ คือ injection port ท่อสำหรับนำสารละลายเคลื่อนที่ขนาดต่าง ๆ และ Peristaltic pump ดังแสดงในรูปที่ 3.4

3.5.2.1 การศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมทรี

การศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมทรีเป็นการศึกษาเพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมในระบบฉีดไหลต่อเนื่องก่อนการตรวจวัดปริมาณยาโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรี โดยบันทึกปริมาณ กระแสไฟฟ้าพื่นเทียบกับปริมาณกระแสไฟฟ้าของยามาตรฐานคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ ปริมาตรของยามาตรฐานที่ฉีดเข้าระบบ 50 μL และอัตราการไหล 1 mL/min โดยสภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมตรี

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์	ศักย์ไฟฟ้า (V)
คีโตโคนาโซล	100	0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5	0.50, 0.60, 0.70, 0.75, 0.78, 0.80, 0.83, 0.85 และ 0.90
เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์		0.10 M pH 5.5	0.80, 0.90, 1.00, 1.10, 1.20, 1.25, 1.28, 1.30, 1.35, 1.40, และ 1.50

3.5.2.2 การศึกษาปริมาณสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

การศึกษาปริมาณสารตัวอย่างที่เหมาะสมในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง โดยศึกษาปริมาณกระแสไฟฟ้าของสารละลายยามาตรฐานคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาปริมาณสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ปริมาณของสาร (μL)
คีโตโคนาโซล	100	0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5	ศักย์ไฟฟ้าของสารแต่ละชนิด ได้จากการทดลองที่ 3.5.2.1	50, 100, 250 และ 500
เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์		0.10 M pH 5.5		

3.5.2.3 การศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลาย

การศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลายในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง จะทำการศึกษาปริมาณกระแสไฟฟ้าของสารละลายเทียบกับอัตราเร็วในการไหลของสารละลายในระบบ สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลาย

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	สารละลาย ฟอสเฟตบัพเฟอร์	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ปริมาตรของสาร (μL)	อัตราเร็วในการไหล (mL/min)
คีโตโคนาโซล	100	0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5	ศักย์ไฟฟ้าของสารแต่ละชนิด ได้จากการทดลองที่ 3.5.2.1	ปริมาตรของสารได้จากการทดลองที่ 3.5.2.2	0.50, 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 1.75 และ 2.00
เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์		0.10 M pH 5.5			

3.5.2.4 การศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

การศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของสารละลายยามาตรฐานจะศึกษาโดยการเปรียบเทียบปริมาณกระแสไฟฟ้ากับความเข้มข้นของยามาตรฐานแต่ละชนิด โดยวัดปริมาณกระแสที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ สภาวะที่ใช้ในการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 สภาวะที่ใช้ในการทดลองศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน

สาร	ความเข้มข้น (ppm)	สารละลาย ฟอสเฟตบัพเฟอร์	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ปริมาตรของสาร (μL)	อัตราเร็วในการไหล (mL/min)
คีโตโคนาโซล	10, 25, 50, 100, และ 250	0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5	ศักย์ไฟฟ้าของสารแต่ละชนิด ได้จากการทดลองที่ 3.5.2.1	ปริมาตรของสารได้จากการทดลองที่ 3.5.2.2	อัตราเร็วในการไหล ได้จากการทดลองที่ 3.5.2.3
เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์		0.10 M pH 5.5			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.5 การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์

การศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (Detection limit) จะเป็นการศึกษาปริมาณของยา มาตรฐานที่น้อยที่สุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ โดยอาศัยกราฟมาตรฐานในการทดลองที่ 3.5.2.4 โดยเทียบ ค่ากระแสไฟฟ้าซึ่งเป็น 3 เท่าของสัญญาณรบกวน ($S/N \geq 3$) มาเทียบกับกราฟมาตรฐานเพื่อหาความ เข้มข้นของขีดจำกัดการวิเคราะห์ของยาแต่ละชนิด

3.5.2.6 การศึกษาความเที่ยง

การศึกษาความเที่ยง (Precision) ของการวิเคราะห์สามารถหาได้ค่า Repeatability และค่า Reproducibility โดยค่าของ Repeatability หาได้จากการฉีดสารละลายยามาตรฐานคือโตโคนา ซิล และเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการทดลอง 3.5.2.4 ฉีดจำนวน 5 ซ้ำ และค่า Reproducibility หาได้จากการฉีดสารละลายยามาตรฐานคือโตโคนาซิล และเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 45 ซ้ำ โดยวันทำการวิเคราะห์ต่างกันโดยใช้สภาวะใน การทดลองที่ 3.5.2.4 และผลของค่า Repeatability และค่า Reproducibility ที่ได้จากการทดลอง พิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสัมประสิทธิ์ของการผันแปร (% RSD) ของการ วิเคราะห์

3.5.2.7 การศึกษาความเสถียรภาพของขั้วไฟฟ้าทำงาน

การศึกษาความเสถียรภาพของขั้วไฟฟ้าทำงานทำการศึกษาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัด ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบบนทอง โดยใช้สภาวะในการทดลองที่ 3.5.2.4 ของสารละลาย มาตรฐานคือโตโคนาซิล และเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ช่วงความเข้มข้น 100 ppm ฉีด 45 ซ้ำ และ ทำการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การลดลงของสัญญาณในเทคนิคแอมเพอโรเมทรีของระบบชนิดไหลต่อเนื่อง

3.5.2.8 การศึกษาความแม่นยำ

การศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) ของการวิเคราะห์พิจารณาจากค่า % recovery ที่ได้ จากการคำนวณการเติมสารละลายยามาตรฐานคือโตโคนาซิล และเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ใน เทคนิคการเติมสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนในสารละลายยาตัวอย่างแต่ละชนิดตามการ ทดลองที่ 3.5.2.9

3.5.2.9 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ยาตัวอย่าง

การวิเคราะห์ปริมาณยาในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยเทคนิคแอมเพอริโรเมทรีของคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ สามารถที่จะหาปริมาณยาในตัวอย่างโดยใช้เทคนิคการเติมสารละลายมาตรฐาน (Standard addition method)

3.5.2.9.1 ยาเม็ดคีโตโคนาโซล

ตัวอย่างยาคีโตโคนาโซลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณคีโตโคนาโซลโดยระบบฉีดไหลต่อเนื่อง คือ Kenazole® (Sinopharm (Thai) Thailand)

ชั่งน้ำหนักหาค่าเฉลี่ยยาเม็ดคีโตโคนาโซลจำนวน 20 เม็ด และนำยาเม็ดทั้งหมดบดให้เป็นผง ชั่งผงยาคีโตโคนาโซลให้มีปริมาณยา 100 mg โดยประมาณโดยให้น้ำหนักที่แน่นอน นำมาละลายในเมทานอลจำนวน 25 mL กรองด้วยเมมเบรน ขนาด 0.45 μm และนำสารละลายที่ได้จากการกรองมาปรับปริมาตรให้เป็น 50 mL ในขวดปริมาตร ด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 โดยความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายยาตัวอย่างมีคีโตโคนาโซล 2000 ppm โดยประมาณ

นำสารละลายยาตัวอย่างคีโตโคนาโซลมา 0.50 mL ใส่ขวดปริมาตรขนาด 25 mL จำนวน 6 ขวด แต่ละขวดเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) และ pH 7.50 จำนวน 15 mL และเติมสารละลายยามาตรฐานคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 2000 ppm จำนวน 0.10 0.20 0.30 0.40 และ 0.50 mL ในแต่ละขวดตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) และ pH 7.50 ให้ถึงขีดปริมาตร สุดท้ายแต่ละขวดจะมีความเข้มข้นของยามาตรฐานคีโตโคนาโซลในสารละลาย คือ 0 8 16 24 32 และ 40 ppm ตามลำดับ

3.5.2.9.2 ยาผงเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

ตัวอย่างยาเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยระบบฉีดไหลต่อเนื่อง คือ HiEn 2000 (Sinopharm (Thai) Thailand) จะมีปริมาณเอ็นโรฟรอกซาซิน 20 % (w/w)

ชั่งผงยาเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ให้มีปริมาณยา 100 mg โดยประมาณให้น้ำหนักที่แน่นอน มาละลายในน้ำปราศจากไอออนจำนวน 25 mL กรองด้วยเมมเบรนขนาด 0.45 μm และนำสารละลายที่ได้จากการกรองมาปรับปริมาตรให้เป็น 50 mL ในขวดปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายยาตัวอย่างมีเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 2000 ppm โดยประมาณ

นำสารละลายยาตัวอย่างเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์มา 0.50 mL ใส่ขวด ปริมาตรขนาด 25 mL จำนวน 6 ขวด แต่ละขวดเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M และ pH 5.50 จำนวน 15 mL และเติมสารละลายยามาตรฐานเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 2000 ppm จำนวน 0 0.10 0.20 0.30 0.40 และ 0.50 mL ในแต่ละขวดตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วย สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M และ pH 5.5 ให้ถึงขีดปริมาตร สูดทำยแต่ละขวดจะมีความเข้มข้น ของสารยามาตรฐานเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ ในสารละลาย คือ 0 8 16 24 32 และ 40 ppm ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

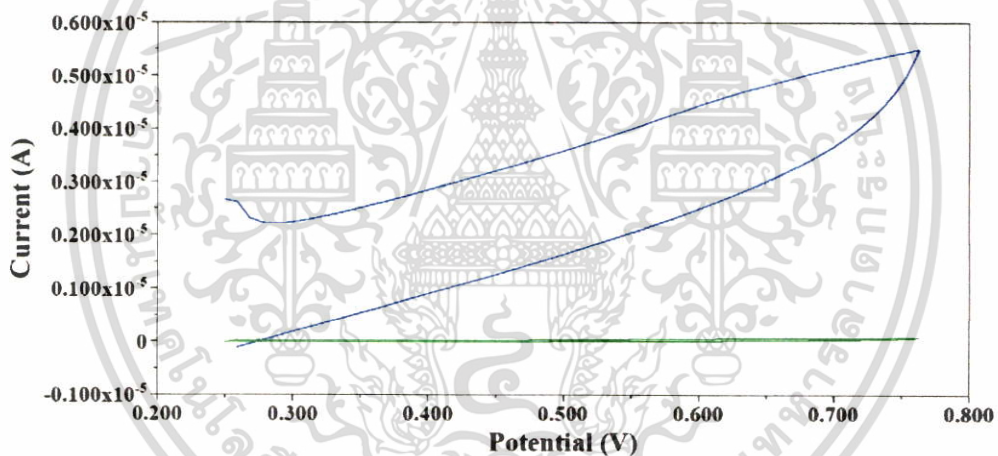
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

4.1 ไชคลิกโวลแทมเมทรี

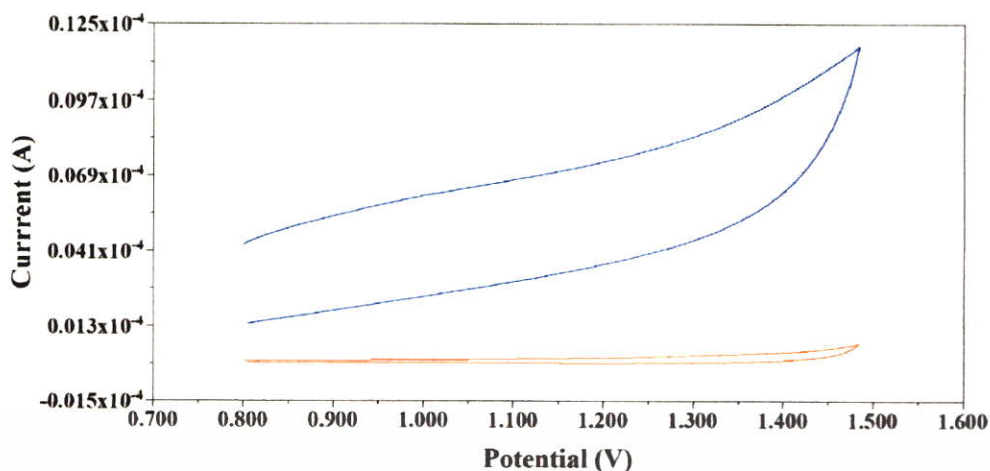
4.1.1 การศึกษากระแสพื้น

ผลการทดลองศึกษากระแสพื้นของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และกลาสสิคาร์บอน โดยใช้สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ซึ่งเป็นสารละลายเคลื่อนที่ (mobile phase) ของคิโตโคนาโซล และสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 ซึ่งเป็นสารละลายเคลื่อนที่ของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ ไชคลิกโวลแทมโมแกรมแสดงในรูปที่ 4.1 ถึง 4.2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบไชคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M ใน เมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน (—) และกลาสสิคาร์บอน(---) โดยใช้ scan rate 50 mV/s

จากไชคลิกโวลแทมโมแกรมที่ในรูปที่ 4.1-4.2 แสดงให้เห็นความแตกต่างของกระแสพื้นที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และกลาสสิคาร์บอนในสารละลายเคลื่อนที่ของยาแต่ละชนิด จะเห็นได้ว่ากระแสพื้นของขั้วกลาสสิคาร์บอนมีค่าที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ส่งผลทำให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าของการเกิดปฏิกิริยาของสาร ณ ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมีสัญญาณที่ชัดเจนมาก



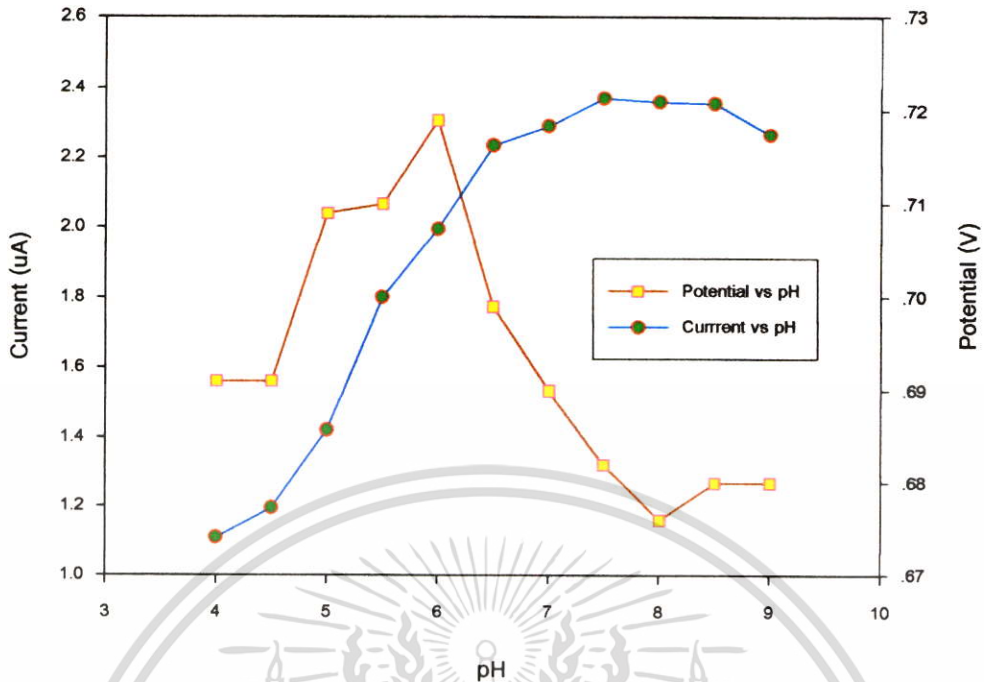
รูปที่ 4.2 ไชคคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน(—) และกลาสลิคาร์บอน(—) และใช้ scan rate 50 mV/s

4.1.2 การศึกษา pH ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

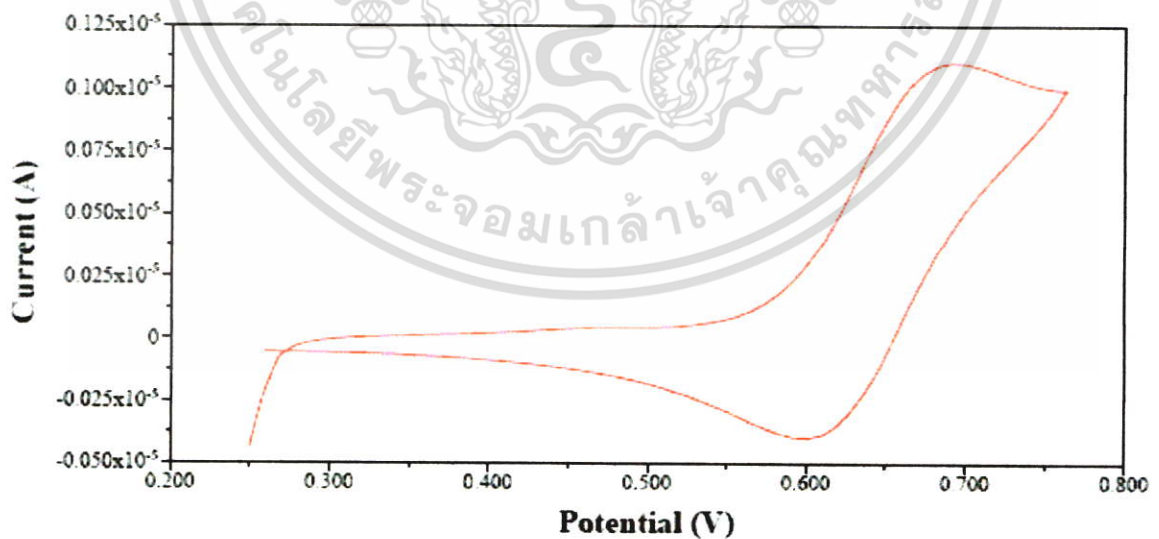
4.1.2.1 คีโตโคนาโซล

ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ที่ pH ต่าง ๆ (ไชคคลิกโวลแทมโมแกรมแสดงในภาคผนวก รูปที่ ง.1) และเมื่อพลอตค่า pH เทียบกับศักย์ไฟฟ้าที่ให้ และปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าเมื่อ pH สูงขึ้น ปริมาณกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่ pH 7.50 แล้วปริมาณกระแสไฟฟ้าก็จะลดลง เหตุที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อ pH สูงขึ้นเพราะคีโตโคนาโซลมีค่า pKa สองค่า คือ $pK_{a1} \approx 6.51$ $pK_{a2} \approx 2.94$ จะเห็นได้ว่า $pK_{a1} \approx 6.51$ การแตกตัวของคีโตโคนาโซลนั้นจะแตกตัวได้ดีที่ pH มากกว่า 6.51 ส่วนศักย์ไฟฟ้านั้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้นศักย์ไฟฟ้าจะเลื่อนไปในทิศทางที่มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าศักย์ไฟฟ้าสูงสุดที่ pH 6.00 หลังจาก pH 6.00 ค่าศักย์ไฟฟ้าสูงสุดจะลดลงเมื่อ pH สูงขึ้น ที่ pH น้อยกว่า 5 การเกิดปฏิกิริยาของคีโตโคนาโซลเป็นแบบกึ่งย้อนกลับ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 และเมื่อ pH สูงขึ้นการเกิดปฏิกิริยาเป็นแบบย้อนกลับไม่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าคีโตโคนาโซลในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ณ pH ต่าง ๆ สรุปได้ว่าที่ pH 7.50 ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงกว่าที่ pH อื่น ๆ ดังนั้นจึงใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่ pH 7.50 ในการวิเคราะห์คีโตโคนาโซล



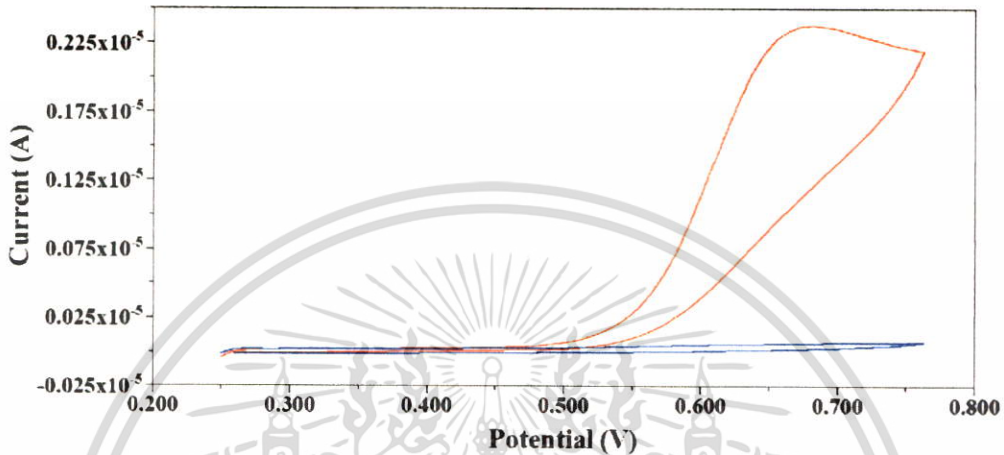
รูปที่ 4.3 พล็อตค่า pH กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 4.00-9.00 ที่ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s



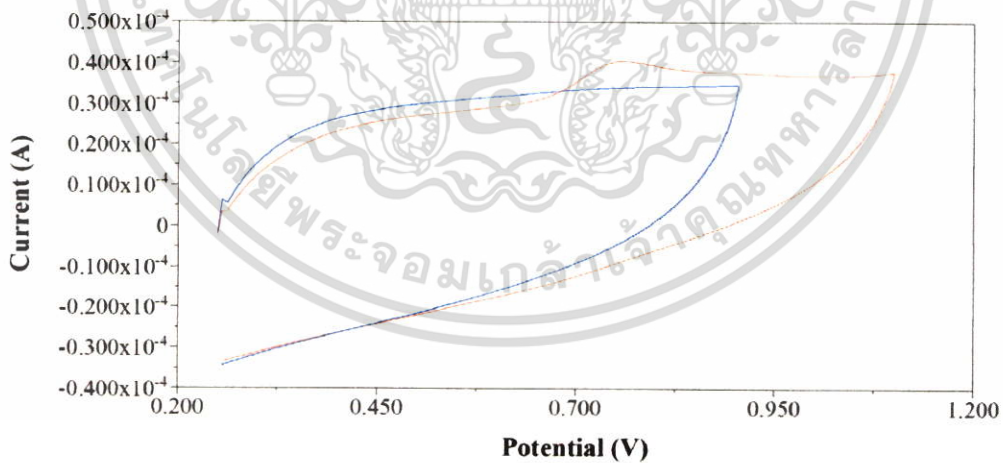
รูปที่ 4.4 ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 4.00 ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของ โดยให้ scan rate 50 mV/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 โดยใช้ scan rate 50 mV/s ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และกลาสสิคาร์บอน ดังแสดงจากรูปที่ 4.5-4.6 สรุปลักษณะไฟฟ้าของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปริมาณกระแสไฟฟ้า และค่า S/B ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 (—) ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน โดยใช้ scan rate 50 mV/s



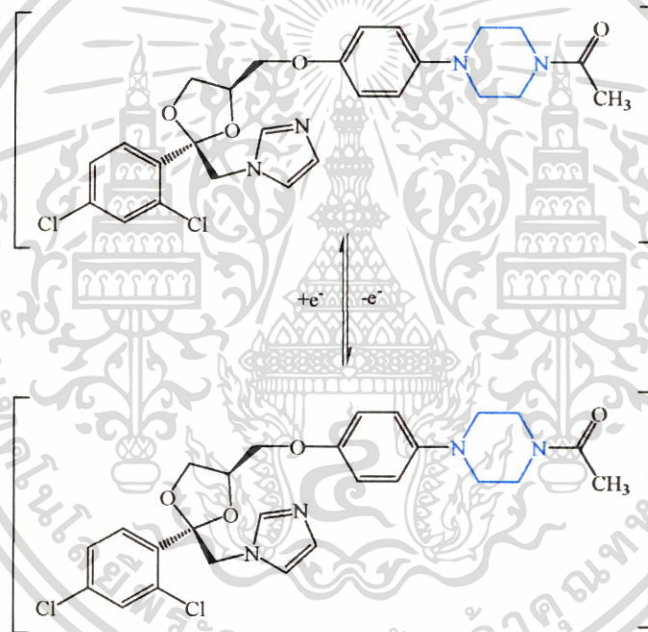
รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 (—) ที่ได้จากขั้วไฟฟ้ากลาสสิคาร์บอน โดยใช้ scan rate 50 mV/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 และ scan rate 50 mV/s ที่ ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และขั้วกลาสสิคาร์บอน

ขั้วไฟฟ้าทำงาน	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่ากระแสไฟฟ้า (μA)	S/B
ฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน	0.682 ± 0.000	2.370 ± 0.014	33.475 ± 0.024
กลาสสิคาร์บอน	0.655 ± 0.000	7.030 ± 0.021	1.065 ± 0.125

การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคีโตโคนาโซลโดยการเสียอิเล็กตรอน 1 ตัว จากคีโตโคนาโซล (KC) เป็น (KC^+) ซึ่งเกิดในวง piperazine ในโมเลกุล [9] ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคีโตโคนาโซล

4.1.2.2 เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

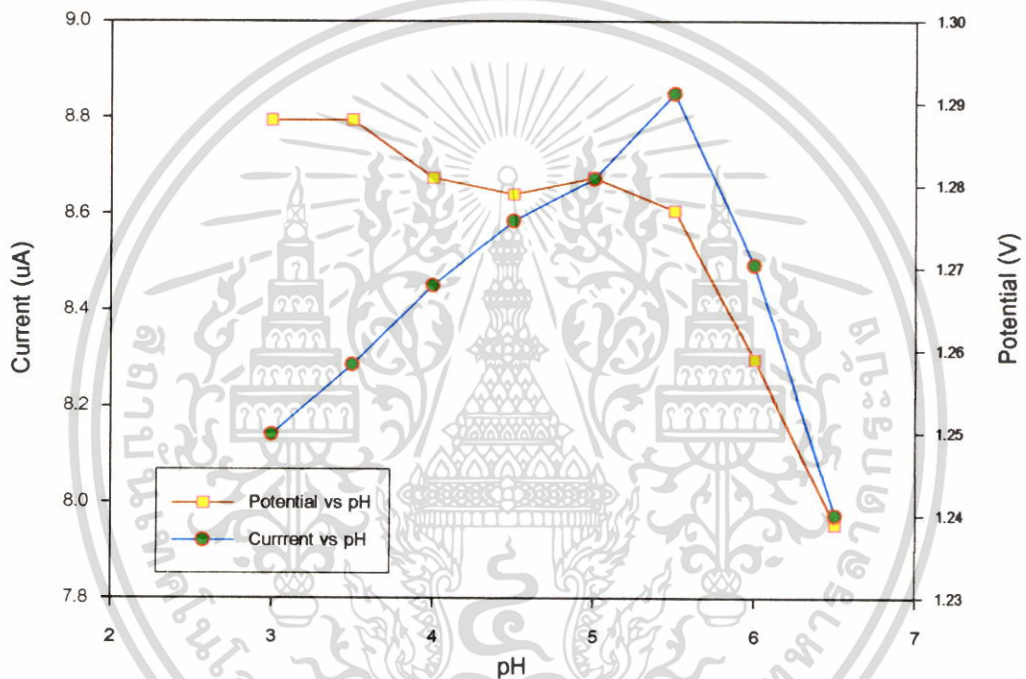
ผลการศึกษา pH ที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ pH ต่าง ๆ แสดงในภาคผนวก ง.2 และจากรูปที่ 4.5 จะเห็นว่าเมื่อ pH สูงขึ้นปริมาณกระแสไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งสูงสุดที่ pH 5.50 เหตุที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นเมื่อ pH สูงขึ้นเพราะเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในสภาวะที่เป็นกรดมีค่า $pK_a \approx 5.00$ การแตกตัวของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์นั้นจะแตกตัวได้ดีที่ pH มากกว่า 5 และปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

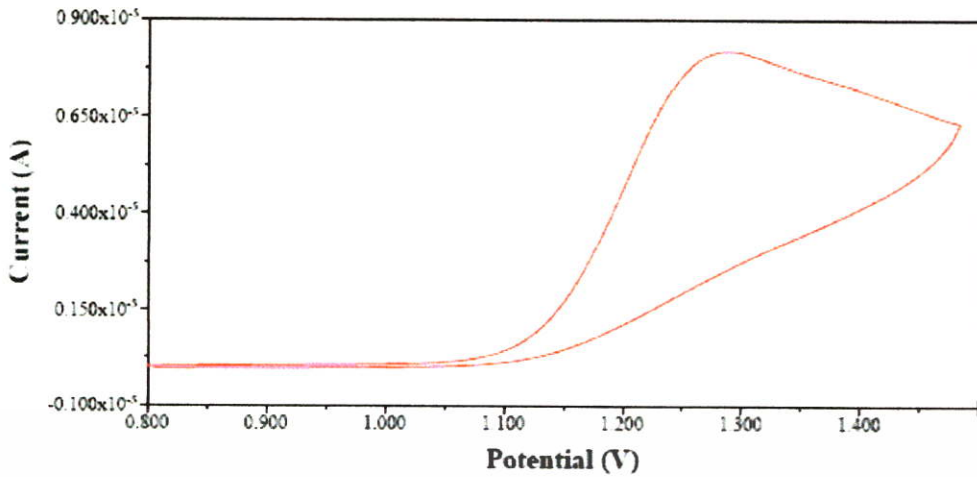
กระแสไฟฟ้าสูงสุดจะลดลง ส่วนศักย์ไฟฟ้านั้นเมื่อ pH เพิ่มขึ้น ศักย์ไฟฟ้าจะเลื่อนไปทางในทิศทางที่มีค่าน้อยลง [ภาคผนวก ง.2]

จากการเปรียบเทียบการซ้อนกันของไซคลิกโวลแทมโมแกรมของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ pH ต่าง ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ง. จะเห็นได้ว่าที่ pH ต่าง ๆ การเกิดปฏิกิริยาของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เกิดแบบกึ่งย้อนกลับดังแสดงในรูปที่ 4.6

ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ณ pH ต่าง ๆ สรุปได้ว่าที่ pH 5.50 ให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงกว่าที่ pH อื่น ๆ ดังนั้นจึงใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 5.50 ในการวิเคราะห์เอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

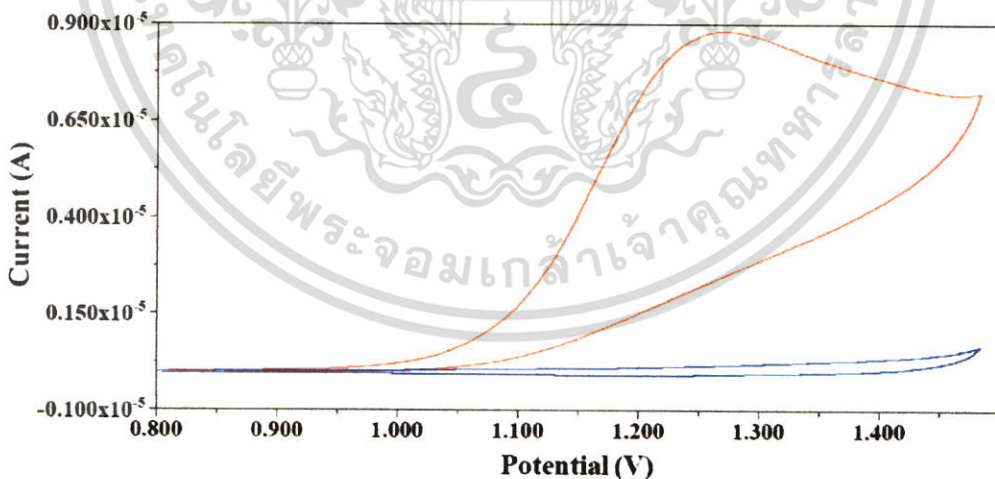


รูปที่ 4.8 พล็อตค่า pH กับปริมาณกระแสไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากการสัณญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 3.00-6.50 ที่ขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s



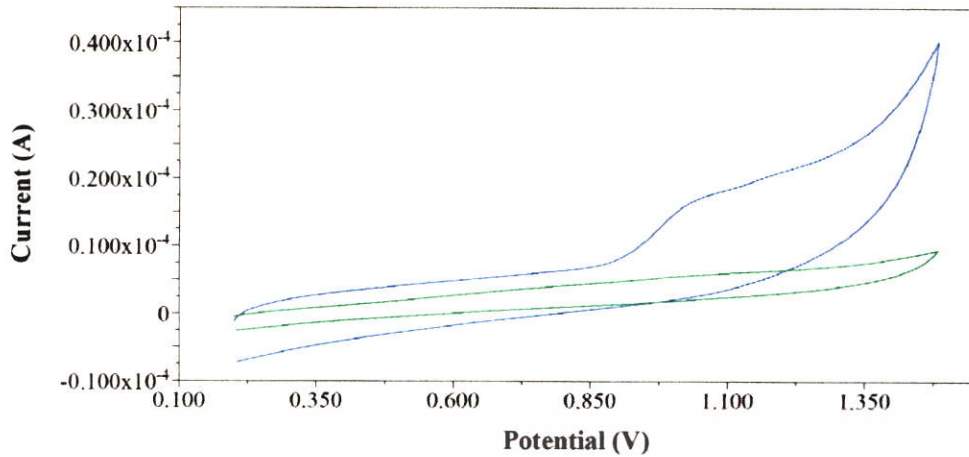
รูปที่ 4.9 ไชคคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 4.0 ที่ได้จากขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s

ไชคคลิกโวลแทมโมแกรมในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และกลาสสิคาร์บอน แสดงในรูปที่ 4.10-4.11 และสรุปศักยภาพไฟฟ้าของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปริมาณกระแสไฟฟ้า และค่า S/B ในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.10 ไชคคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 (—) ที่วัดได้จากขั้วไฟฟ้าฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s

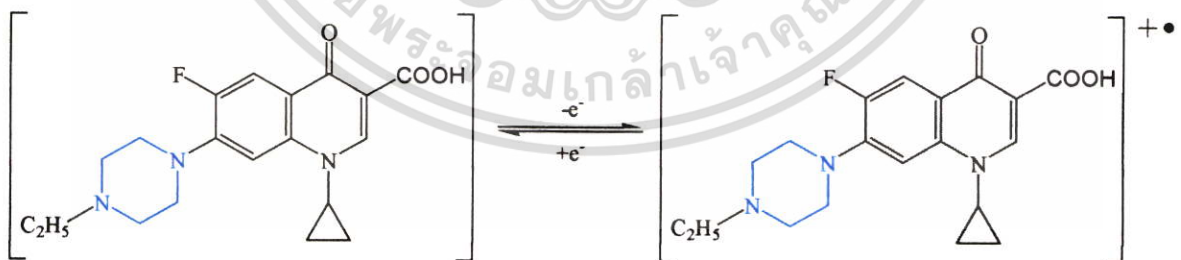
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ไชคลิกโวลแทมโมแกรมของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm (—) กับสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 (---) ที่วัดได้จากขั้วไฟฟ้ากาสซิลิคาร์บอน และใช้ scan rate 50 mV/s

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้จากการการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M scan rate 50 mV/s pH 5.50 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนและกาสซิลิคาร์บอน

ขั้วไฟฟ้าทำงาน	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่ากระแสไฟฟ้า (μA)	S/B
ฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน	1.277 ± 0.007	8.849 ± 0.050	46.574 ± 0.045
กาสซิลิคาร์บอน	1.123 ± 0.000	99.77 ± 0.750	31.724 ± 0.523



รูปที่ 4.12 แสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอ็นโรฟลอกซาซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

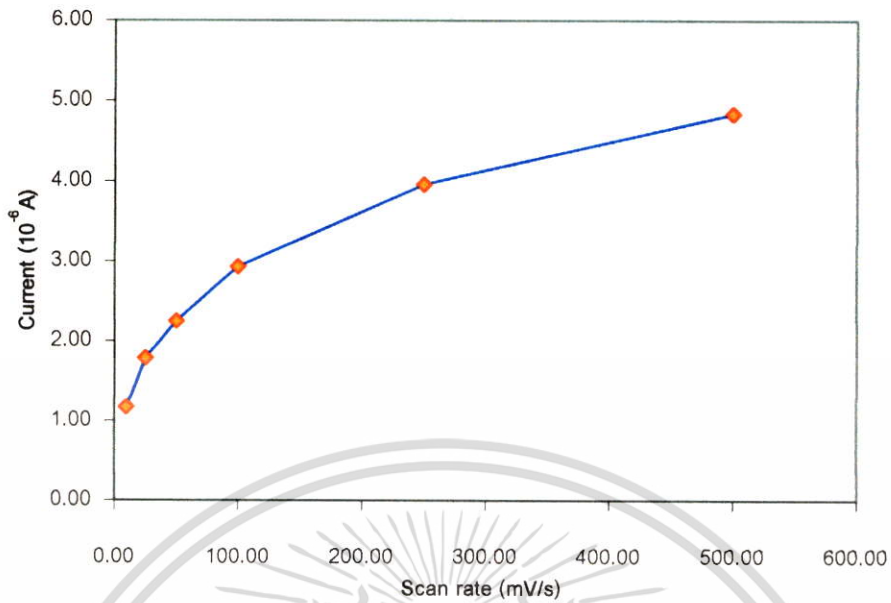
จากรูปที่ 4.12 แสดงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอ็นโรฟลอกซาซีนโดยภายในโมเลกุลของเอ็นโรฟลอกซาซีนมีวง piperazine อยู่ดังนั้นรูปแบบการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดในลักษณะเดียวกันกับคีโตโคนาโซลซึ่งเกิดจากการเสียอิเล็กตรอน 1 ตัว จากเอ็นโรฟลอกซาซีน (EN) เป็น (EN^+) ของวง piperazine ในโมเลกุล

4.1.3 การศึกษา scan rate ที่เหมาะสม

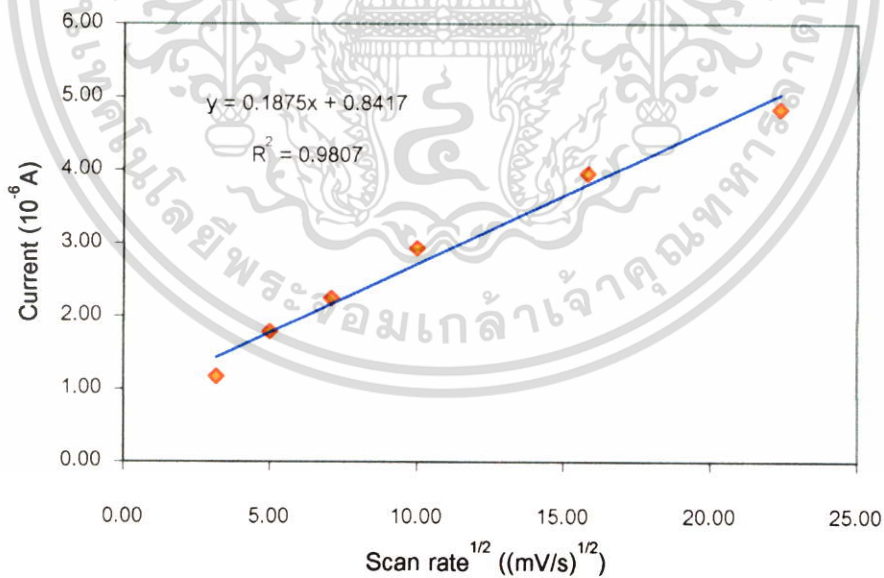
4.1.3.1 คีโตโคนาโซล

ผลการศึกษา scan rate ที่เหมาะสมของสารละลายมาตรฐานคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 และช่วง scan rate ที่ใช้ศึกษา คือ 10-500 mVs^{-1}

เมื่อนำค่า scan rate ที่ให้แก่วัสดุไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และซัลฟิดคาร์บอนมาพลอตกับค่ากระแสไฟฟ้าที่อ่านได้จากไซคลิกโวลแทมโมแกรม ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และ 4.15 ตามลำดับจะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามค่า scan rate ในลักษณะเป็นเส้นโค้ง [ภาคผนวก จ.1] และเมื่อพลอตค่ากระแสไฟฟ้ากับค่า scan rate^{1/2} ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.16 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามค่า scan rate ในลักษณะเป็นเส้นตรง โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9807 และ 0.9950 ของวัสดุไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และซัลฟิดคาร์บอนตามลำดับ จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับไม่ได้ เมื่อพิจารณาค่า R^2 ที่มีค่า ≈ 1 ค่ากระแสที่เกิดขึ้นเกิดจากการแพร่ของยาที่ผิวหน้าวัสดุไฟฟ้าทำงาน และสามารถสรุปได้ว่าการวิเคราะห์คีโตโคนาโซลโดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น ไซคลิกโวลแทมเมตรี หรือ differential pulse voltammetry สามารถใช้ค่า scan rate ได้ในช่วง 10-500 mVs^{-1} แก้ววัสดุไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และซัลฟิดคาร์บอน

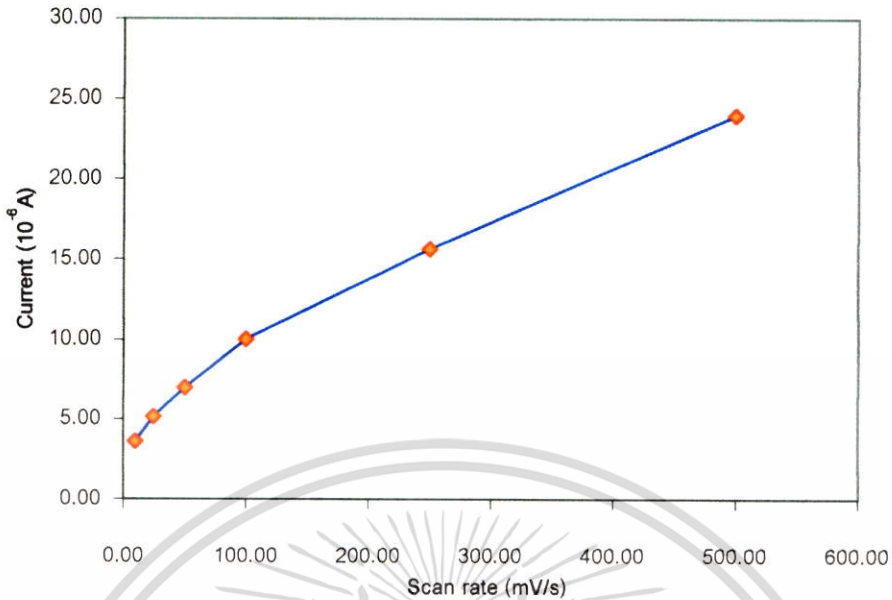


รูปที่ 4.13 พล็อตค่า scan rate (10-500 mV/s) กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50

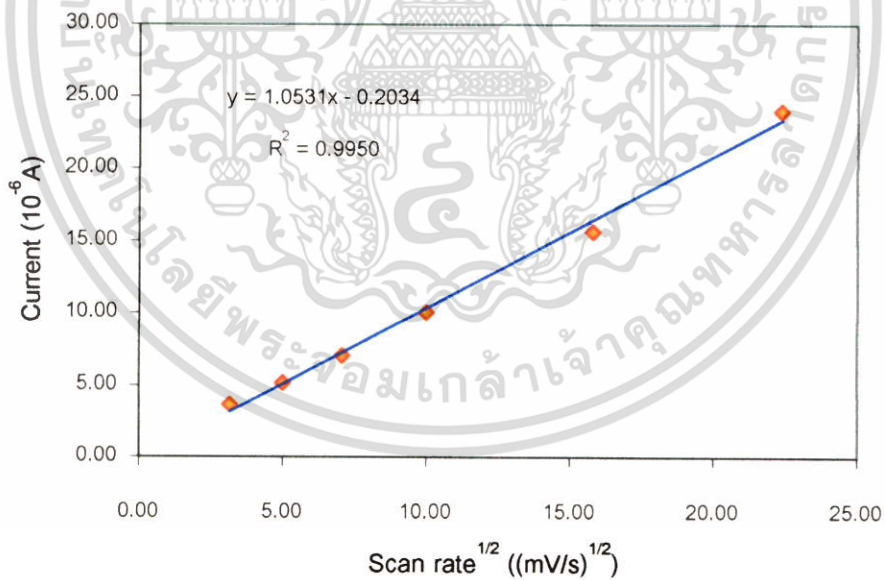


รูปที่ 4.14 พล็อตค่า scan rate^{1/2} กับค่าของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 พล็อตค่า scan rate (10-500 mV/s) กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอนในสารละลายคีโตโคนาโซล ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50



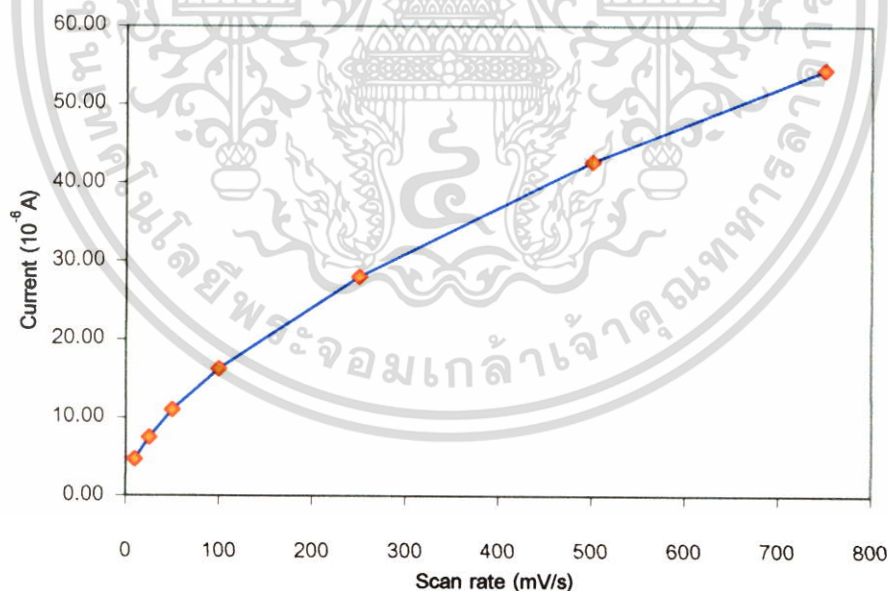
รูปที่ 4.16 พล็อตค่า scan rate^{1/2} กับค่าของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอนในสารละลายคีโตโคนาโซล ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

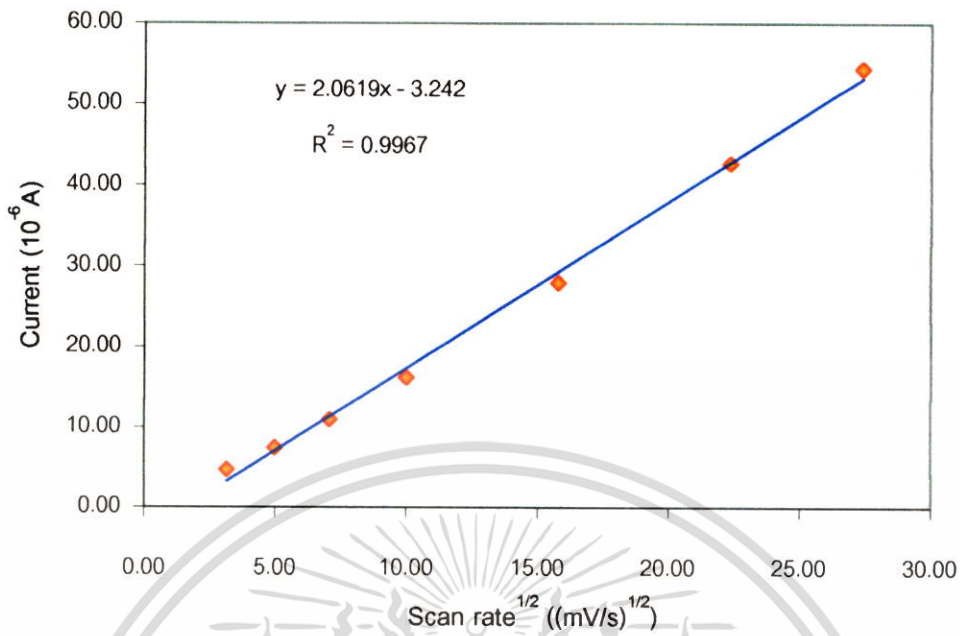
4.1.3.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

ผลการศึกษา scan rate ที่เหมาะสมจากสารละลายมาตรฐานเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.10 M pH 5.50 และโดยช่วง scan rate ที่ใช้ศึกษา คือ 10-750 mVs⁻¹

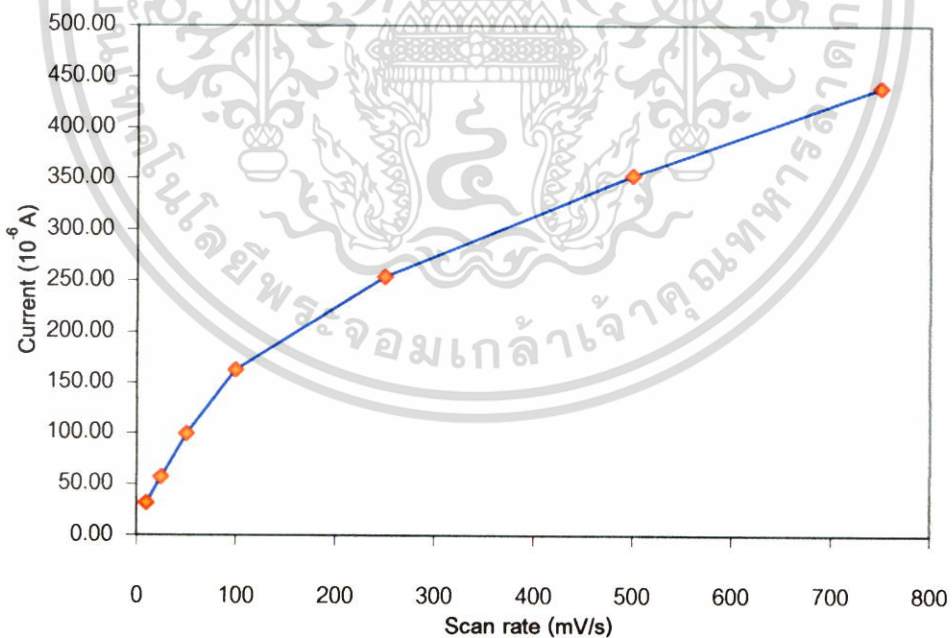
เมื่อนำค่า scan rate ที่ให้แก่วัไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และซั๊กลาสติคาร์บอนมาพลอตกับค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่อ่านได้จากไซคลิกโวลแทมโมแกรม แสดงในรูปที่ 4.17 และ 4.19 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามค่า scan rate ในลักษณะเป็นเส้นโค้ง [ภาคผนวก จ.2] และเมื่อนำค่า และเมื่อพลอตค่ากระแสไฟฟ้ากับค่า scan rate^{1/2} ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และ 4.20 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามค่า scan rate ในลักษณะเป็นเส้นตรง โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.9967 และ 0.9978 ของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และซั๊กลาสติคาร์บอนตามลำดับ จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาที่ย้อนกลับไม่ได้ และเมื่อพิจารณาค่า R² ที่มีค่า ≈ 1 ค่ากระแสที่เกิดขึ้นเกิดจากการแพร่ของยาที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้าทำงาน และสามารถสรุปได้ว่าการวิเคราะห์เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น ไซคลิกโวลแทมเมตรี หรือ differential pulse voltammetry สามารถใช้ค่า scan rate ได้ในช่วง 10-750 mVs⁻¹ แก้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และซั๊กลาสติคาร์บอน



รูปที่ 4.17 พลอตค่า scan rate (10-750 mV/s) กับค่าของปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัณญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50

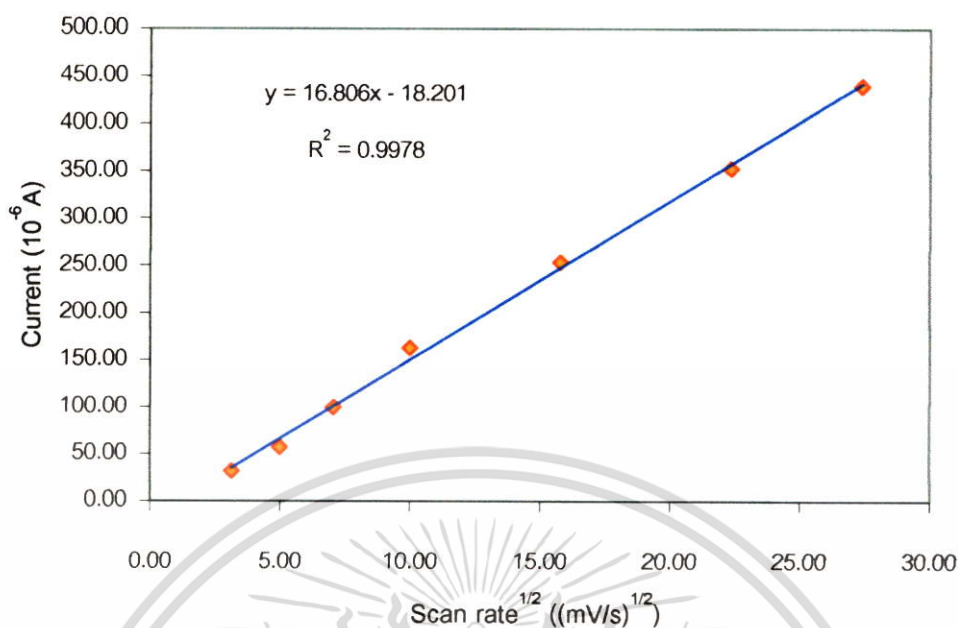


รูปที่ 4.18 พล็อตค่า scan rate^{1/2} กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50



รูปที่ 4.19 พล็อตค่า scan rate (10-750 mV/s) กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอนในสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 พล็อตค่า scan rate^{1/2} กับค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการสัณญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอนของสารละลายเอ็นโรพโรคซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ ความเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50

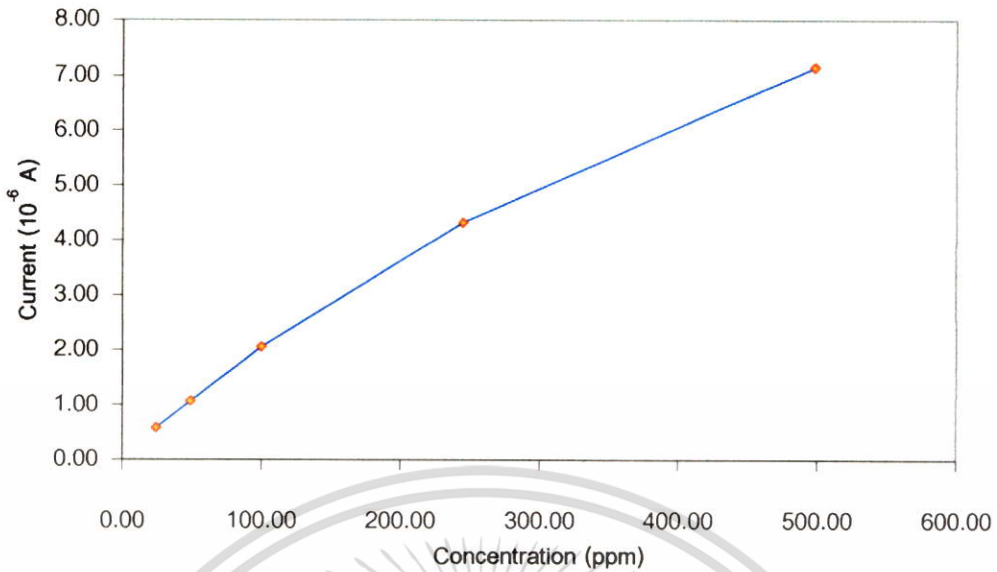
4.1.5 การศึกษาช่วงของความเข้มข้นที่เป็นเส้นตรง

4.1.5.1 คีโตโคนาโซล

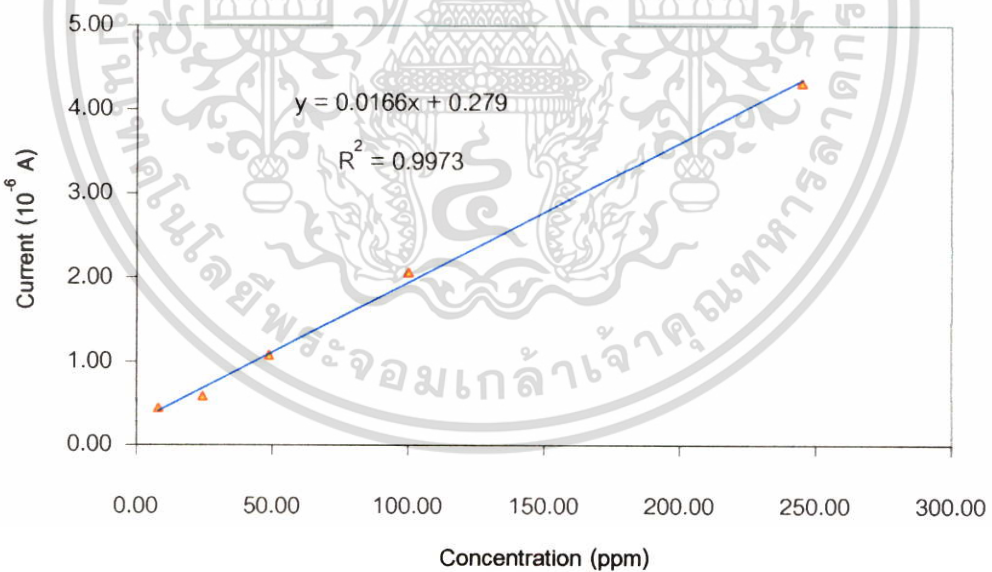
ผลการศึกษาช่วงความเข้มข้นของคีโตโคนาโซลที่เป็นเส้นตรงโดยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และขั้วกลาสคาร์บอน ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50

พบว่าเมื่อใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมีช่วงความเป็นเส้นตรงคือ 10-250 ppm โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.9973 ดังแสดงในรูปที่ 4.22 และเมื่อทำการพลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซลกับศักย์ไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของคีโตโคนาโซลเพิ่มขึ้นค่าของศักย์ไฟฟ้าก็จะเกิดการเลื่อนในทิศทางที่เป็นบวกมากขึ้นจาก 0.74-0.86 V ดังแสดงในรูป 4.23

และเมื่อใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน พบว่ามีช่วงความเป็นเส้นตรงคือ 100-1000 ppm โดยมีค่า R² เท่ากับ 0.9974 ดังแสดงในรูปที่ 4.24 และเมื่อทำการพลอตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซลกับศักย์ไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของคีโตโคนาโซลเพิ่มขึ้นจะทำให้เกิดการเลื่อนของศักย์ไฟฟ้าในทิศทางที่เป็นบวกมากขึ้นจาก 0.74-0.82 V ดังแสดงในรูป 4.25

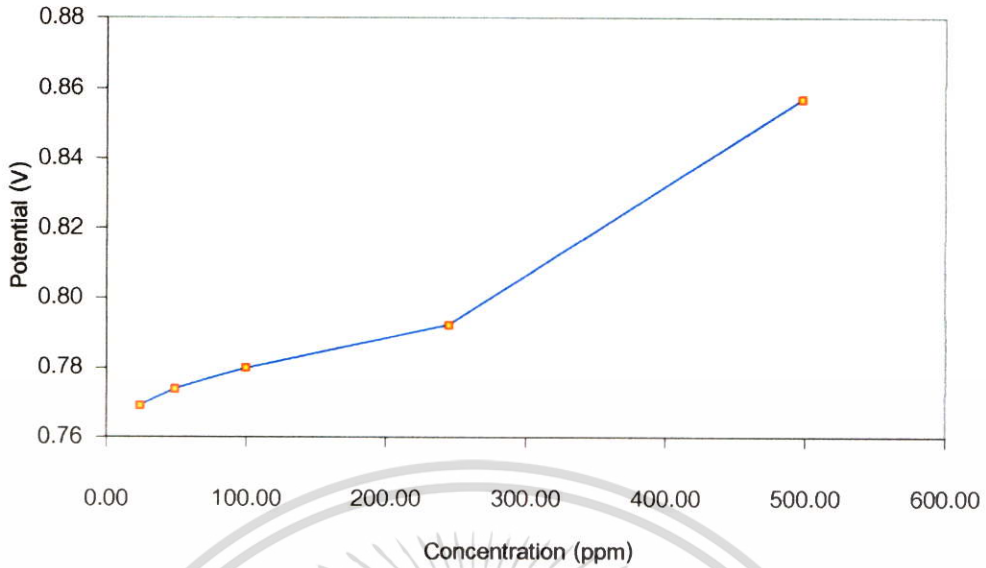


รูปที่ 4.21 พล็อตค่าความเข้มข้นของคิโตโคนาโซล (10-500 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s

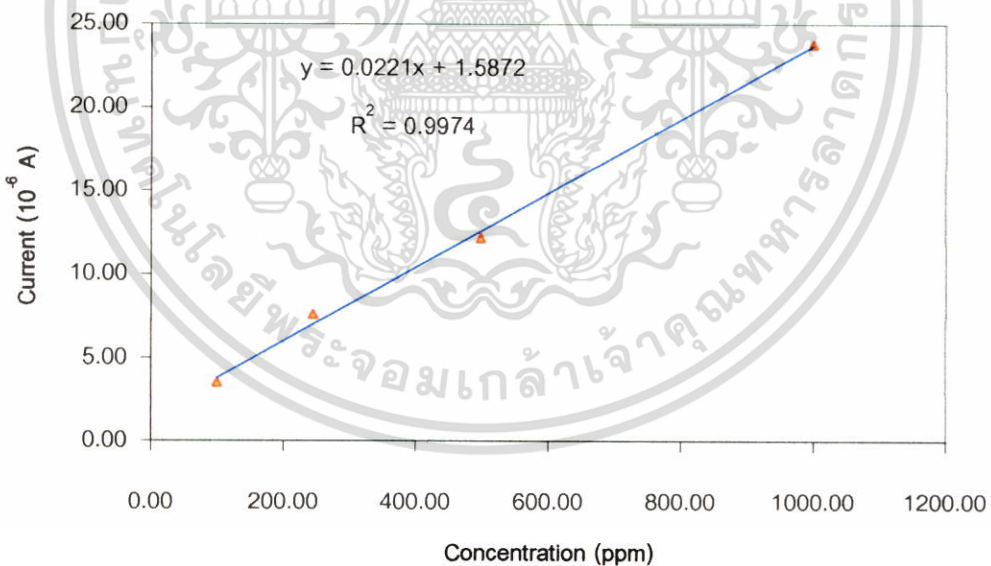


รูปที่ 4.22 พล็อตค่าความเข้มข้นของคิโตโคนาโซล (10-250 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

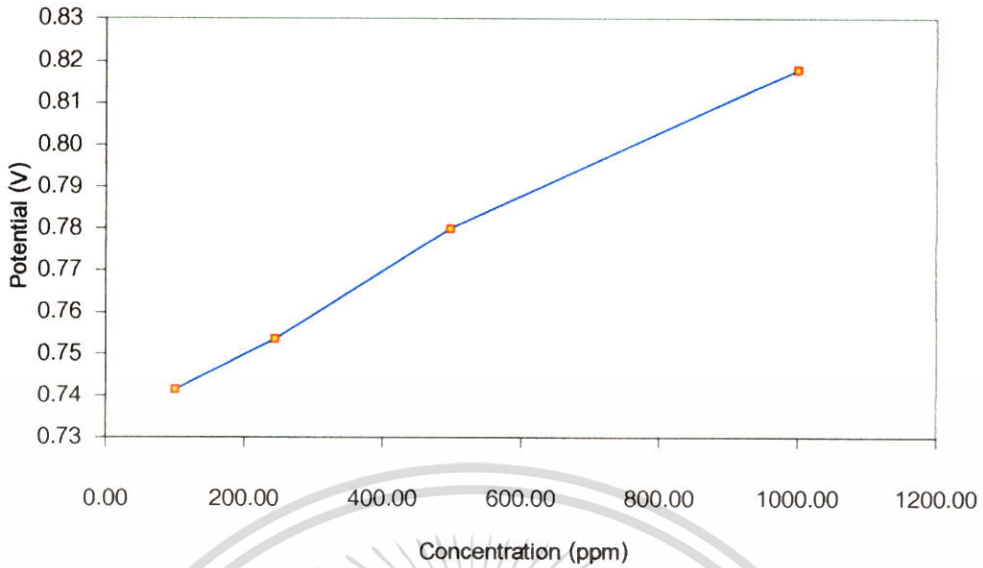


รูปที่ 4.23 พล็อตค่าความเข้มข้นของซีโตโคโคนาโซล (10-500 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 กับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่วัสดุไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนจากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรม และ scan rate 50 mV/s



รูปที่ 4.24 พล็อตค่าความเข้มข้นของซีโตโคโคนาโซล (10-1000 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณ ไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่วัสดุไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน และใช้ scan rate 50 mV/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



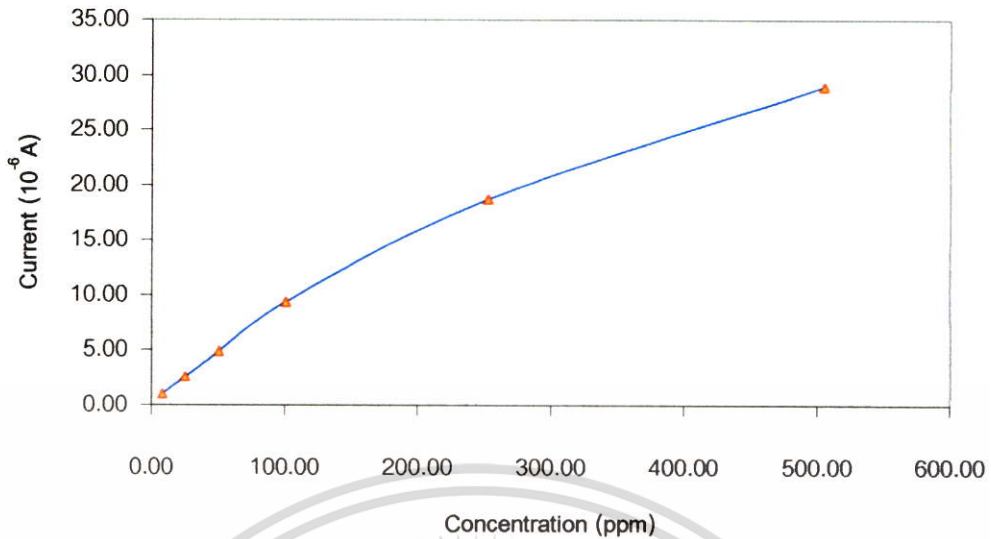
รูปที่ 4.25 พล็อตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-1000 ppm) ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 กับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่วัสดุไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรม และ scan rate 50 mV/s

4.1.5.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

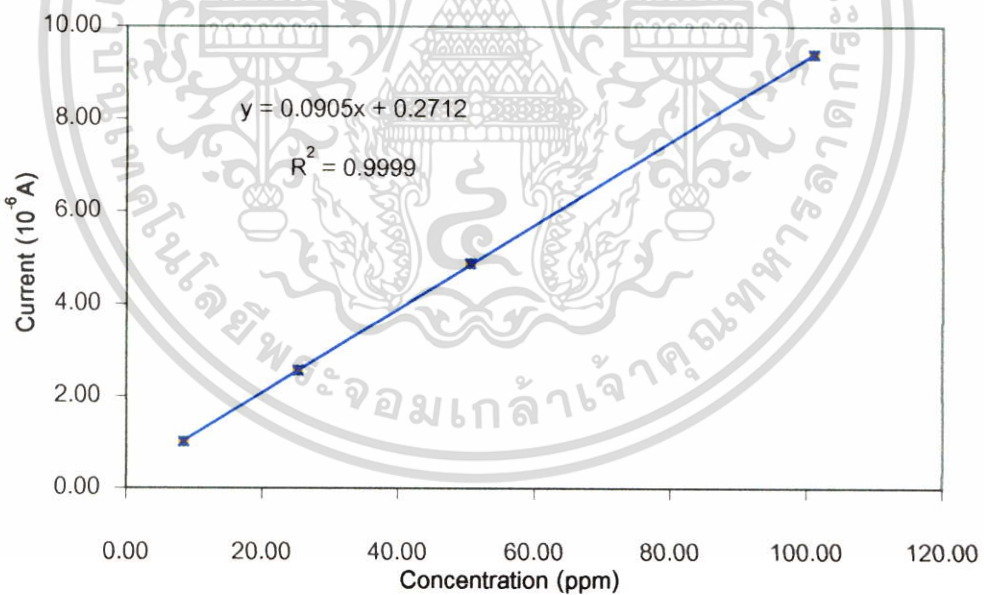
ผลการศึกษาวงความเข้มข้นของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่เป็นเส้นตรงโดยเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรีด้วยวัสดุไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และขั้วกลาสคาร์บอน ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50

เมื่อใช้วัสดุไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนพบว่ามีช่วงความเป็นเส้นตรงคือ 10-100 ppm โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9999 ดังแสดงในรูปที่ 4.27 และเมื่อทำการพลอตค่าความเข้มข้นของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์กับศักย์ไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดการเลื่อนของศักย์ไฟฟ้าในทิศทางที่เป็นบวกมากขึ้นจาก 1.25-1.70 V ดังแสดงในรูป 4.28

และเมื่อใช้วัสดุไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอนความไม่ชัดเจนของสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมน้อยจึงไม่สามารถที่จะบอกตำแหน่งสูงสุดของกระแสไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.29

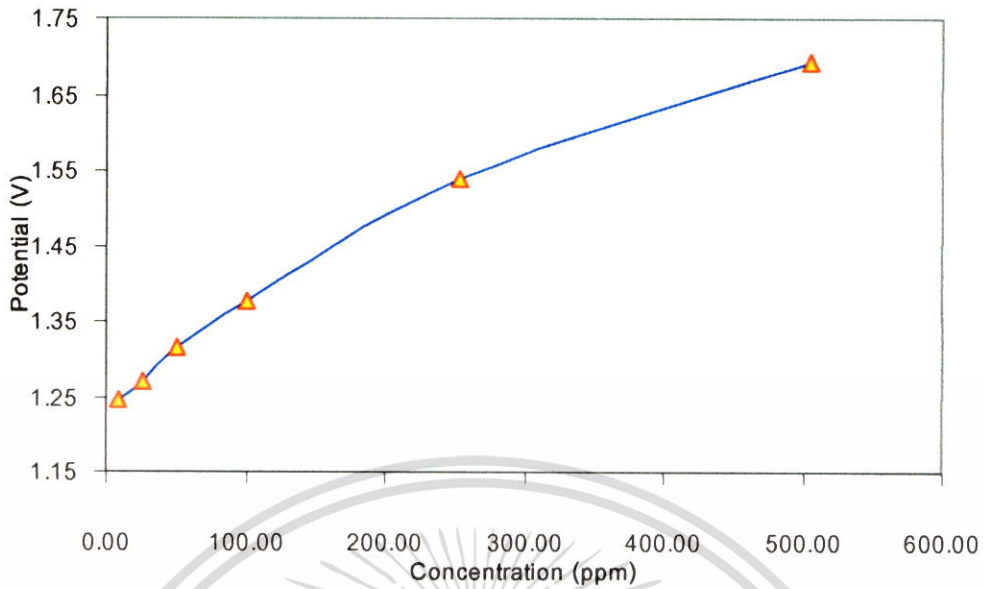


รูปที่ 4.26 พล็อตค่าความเข้มข้นของเอินโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-500 ppm) ในฟอสเฟต 0.10 M pH 5.50 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s

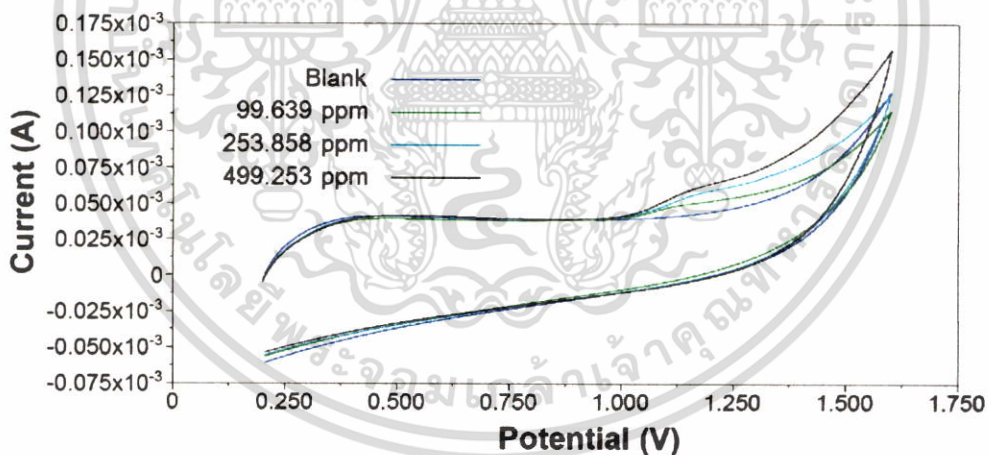


รูปที่ 4.27 พล็อตค่าความเข้มข้นของเอินโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-100 ppm) ในฟอสเฟต 0.10 M pH 5.50 กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน และใช้ scan rate 50 mV/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 พล็อตค่าความเข้มข้นของเอินโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-500 ppm) ในฟอสเฟต 0.10 M pH 5.50 กับค่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้แก่วัไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนจากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรม และ scan rate 50 mV/s



รูปที่ 4.29 การซ้อนกันของไซคลิกโวลแทมโมแกรมของเอินโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น (99.6 253.8 และ 499.2 ppm) ในฟอสเฟต 0.10 M pH 5.50 และใช้ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสสิคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

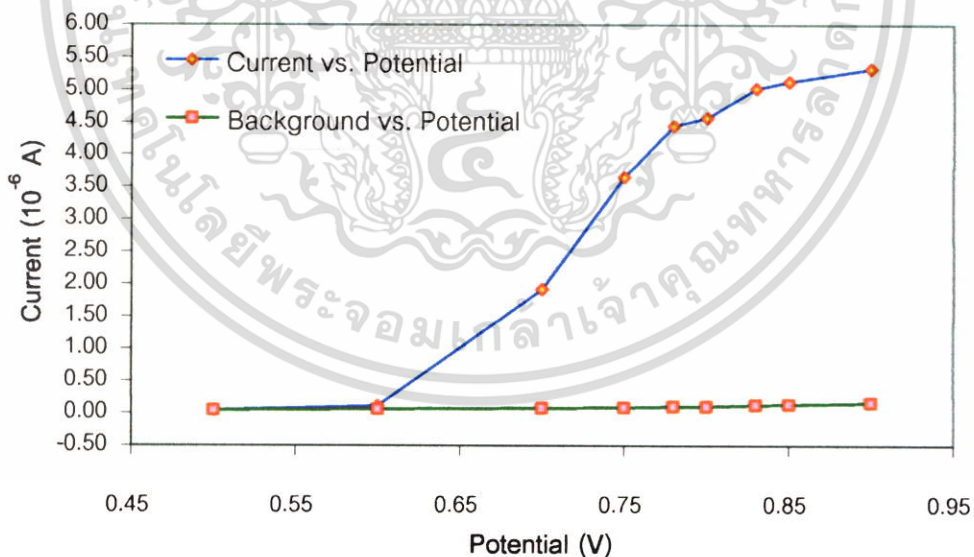
4.2 การตรวจวัดยาในระบบฉีดไหลต่อเนื่องโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรี

4.2.1 การศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมทรี

4.2.1.1 คีโตโคนาโซล

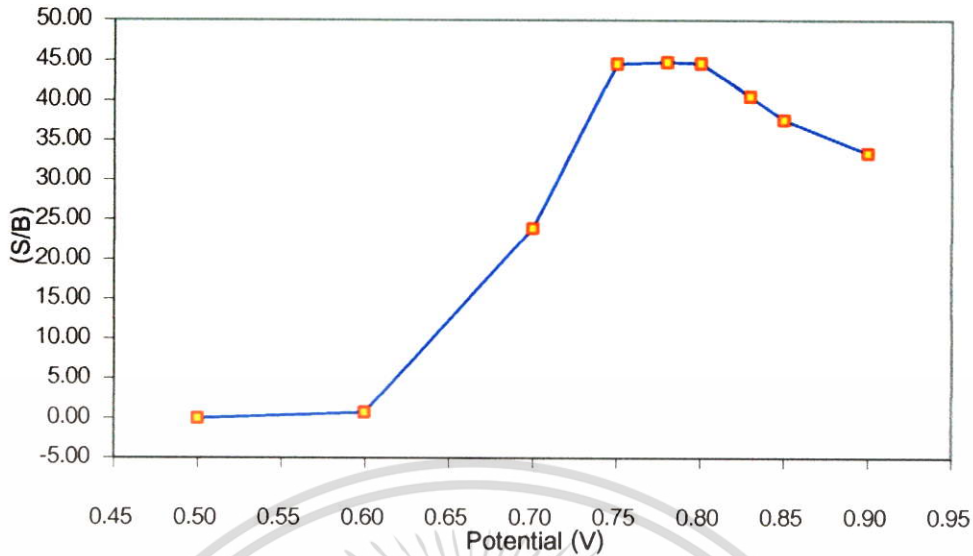
ผลจากการศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมทรีของสารละลายมาตรฐานคีโตโคนาโซล เข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ในช่วงศักย์ไฟฟ้า 0.50-0.90 V โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหล ต่อเนื่อง

เมื่อนำค่าศักย์ไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอร์โรเมทรีของคีโตโคนาโซล และสัญญาณกระแสพื้น (Background current) มาพลอตตั้งแสดงในรูปที่ 4.30 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกระแสไฟฟ้าที่วัดได้นั้นเพิ่มตามศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากกระแสพื้นรวมกับค่ากระแสไฟฟ้าในการเกิดปฏิกิริยาของคีโตโคนาโซล และเพื่อแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างของศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาของคีโตโคนาโซลอย่างแท้จริง สามารถทำการพลอตค่าศักย์ไฟฟ้ากับค่าอัตราส่วนสัญญาณของกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ต่อกระแสพื้น (S/B) ดังในรูปที่ 4.31 จะพบว่าเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าค่าของ (S/B) จะเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดที่ 0.78 V และหลังจากนั้นก็ลดลง ดังนั้นค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจวัดคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยระบบฉีดไหล คือ 0.78 V



รูปที่ 4.30 พลอตศักย์ไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซล ความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1.0 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

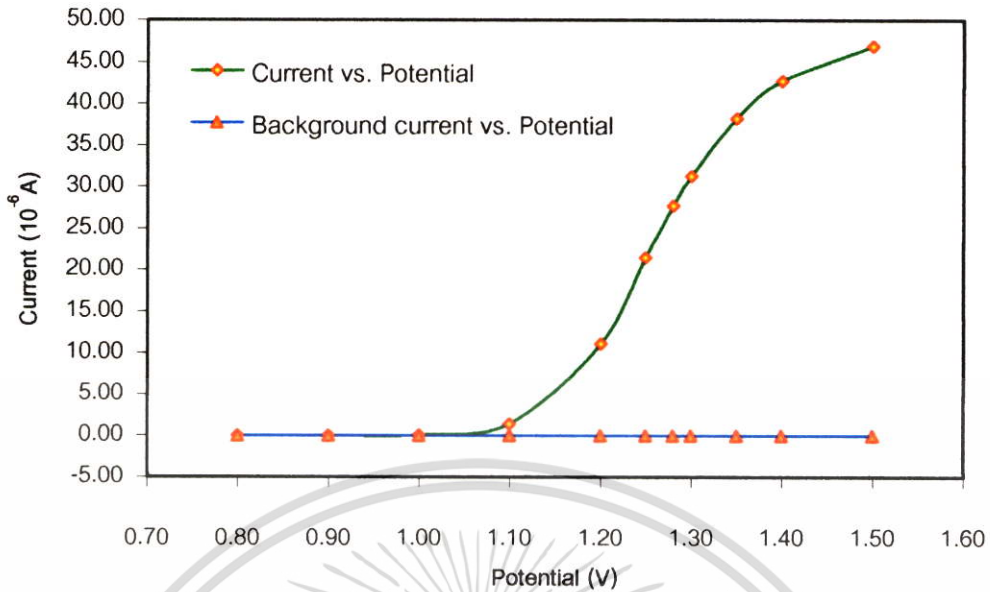


รูปที่ 4.31 พล็อตศักย์ไฟฟ้ากับค่า (S/B) ที่ได้จากการคำนวณสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1.0 mL/min

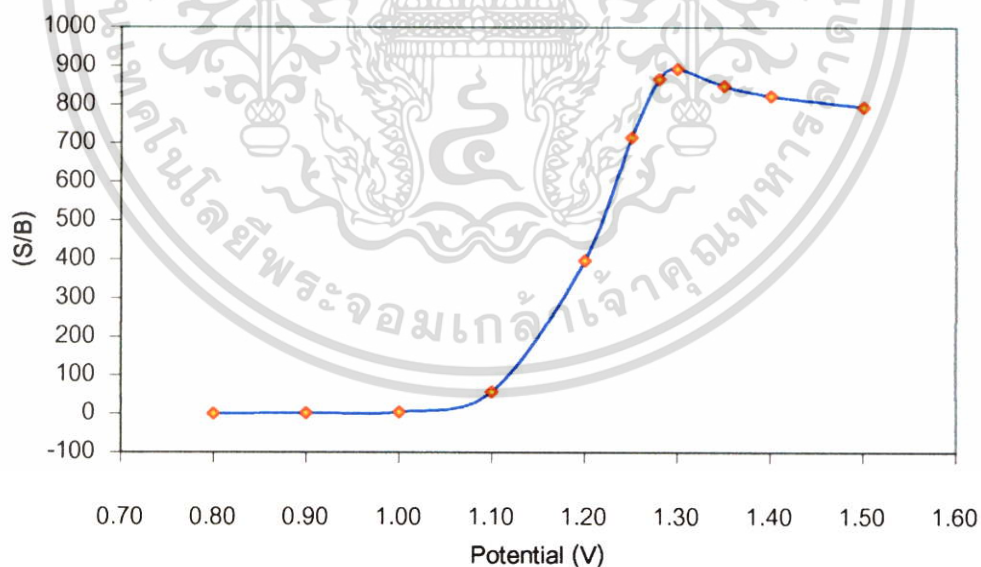
4.2.1.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

จากการศึกษาไฮโดรไดนามิกโวลแทมเมทรีของสารละลายมาตรฐานเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 ในช่วงศักย์ไฟฟ้า 0.80-1.50 V โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

เมื่อนำค่าศักย์ไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอร์โรเมทรีเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ และสัญญาณกระแสพื้นมาพลอต ดังแสดงในรูปที่ 4.32 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวากระแสไฟฟ้าที่วัดได้นั้นเพิ่มตามศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากกระแสพื้นรวมกับค่ากระแสไฟฟ้าในการเกิดปฏิกิริยาของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ และเพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์อย่างแท้จริงสามารถทำการพลอตค่าศักย์ไฟฟ้ากับค่า (S/B) ดังรูปที่ 4.33 จะพบว่าเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าค่าของ (S/B) จะเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดที่ 1.30 V และหลังจากนั้นก็ค่อย ๆ ลดลง ดังนั้นค่าศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจวัดเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยระบบฉีดไหลคือ 1.30 V



รูปที่ 4.32 ผลอดศักย์ไฟฟ้ากับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 ที่ 1.0 mL/min



รูปที่ 4.33 ผลอดศักย์ไฟฟ้ากับค่า (S/B) ที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 ที่ 1.0 mL/min

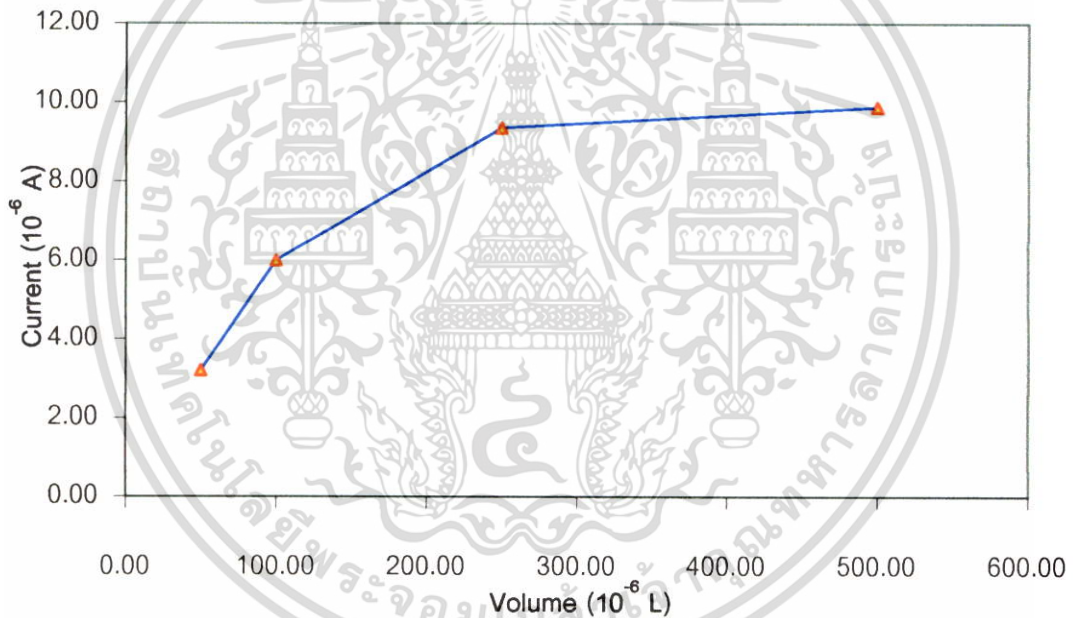
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาปริมาณสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

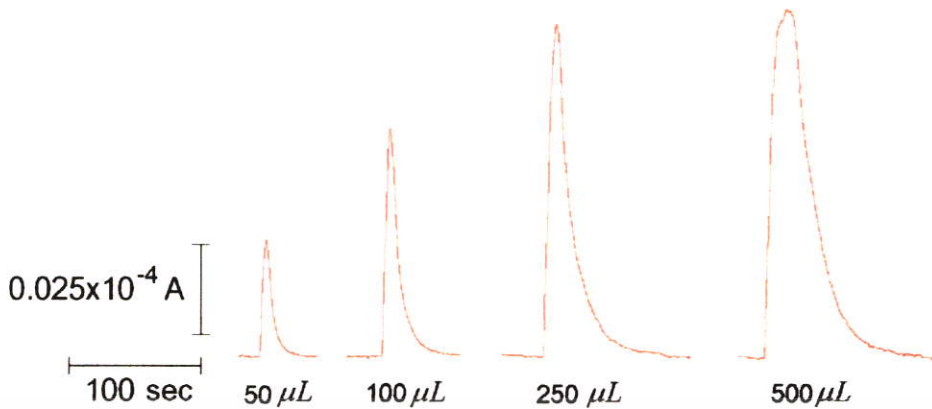
4.2.2.1 คีโตโคนาโซล

ผลจากการศึกษาปริมาณสารตัวอย่าง (50-500 μL) ที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของสารละลายมาตรฐานคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V โดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

เมื่อนำค่าปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าสู่ระบบมาพลอตกับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอโรเมทรีของคีโตโคนาโซลจะพบค่ากระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารตัวอย่างที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.34 และเมื่อแสดงเปรียบเทียบรูปแบบของสัญญาณที่วัดได้ดังแสดงรูปที่ 4.35 ปรากฏว่าที่ปริมาณตัวอย่าง 500 μL มียอดพีก และฐานพีกกว้างขึ้น ดังนั้นสำหรับเซลล์ที่ออกแบบนี้สามารถใช้ปริมาณสารตัวอย่าง คือ 50 100 และ 250 μL สำหรับในการวิเคราะห์คีโตโคนาโซล



รูปที่ 4.34 พล็อตปริมาณสารตัวอย่าง (50-500 μL) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนต่อเนื่องของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V อัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1.0 mL/min

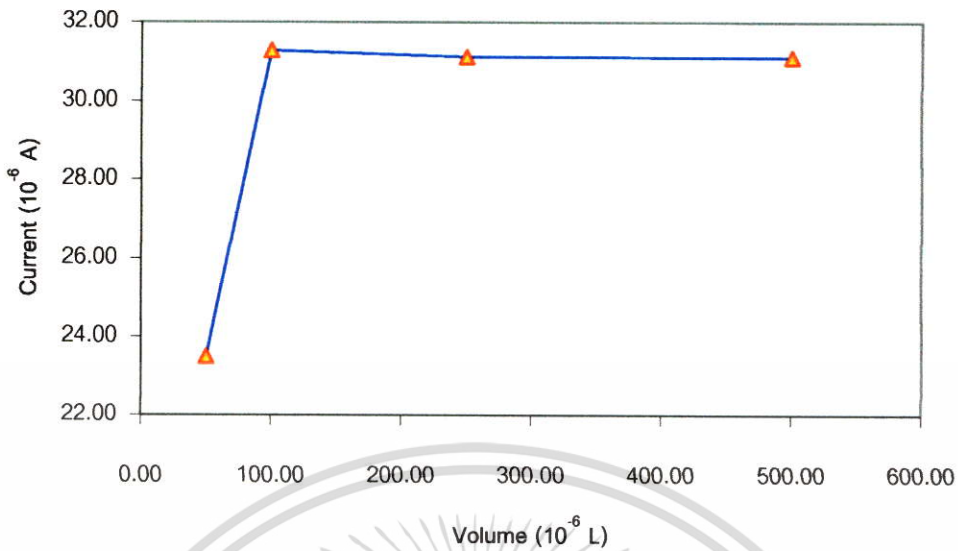


รูปที่ 4.35 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอโรเมตรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนที่ปริมาตรสารตัวอย่างต่าง (50-500 μL) ของสารละลาย ซีโดโค นานาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V และอัตราเร็วในการไหลของสารละลาย เคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1.0 mL/min

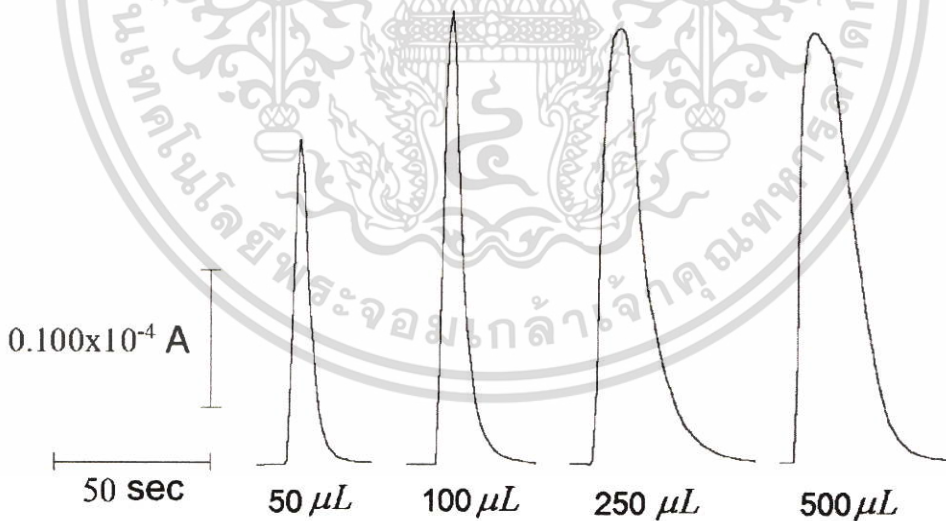
4.2.2.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

ผลจากการศึกษาปริมาตรสารตัวอย่าง (50-500 μL) ที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของสารละลายมาตรฐานเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V โดยเทคนิคแอมเพอโรเมตรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

เมื่อนำค่าปริมาตรสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าสู่ระบบมาพลอตกับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอโรเมตรีของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ จะพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะมีกระแสสูงสุดที่ 100 μL ดังแสดงในรูปที่ 4.36 และเมื่อเปรียบเทียบรูปแบบของสัญญาณในเทคนิคแอมเพอโรเมตรีในรูปที่ 4.37 ปรากฏว่าที่ปริมาตร 250 และ 500 μL มียอดพีก และฐานพีกกว้างขึ้น ดังนั้นสำหรับเซลล์ที่ออกแบบนี้สามารถใช้ปริมาตรสารตัวอย่าง คือ 50 และ 100 μL สำหรับในการวิเคราะห์เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์



รูปที่ 4.36 พล็อตปริมาณสารตัวอย่าง (50-500 μL) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากสัญญาณแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนต่อเนื่องของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 ที่ 1.0 mL/min



รูปที่ 4.37 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนที่ปริมาณสารตัวอย่างต่าง (50-500 μL) ที่ฉีดเข้าสู่ระบบของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M (v/v) pH 5.5 ที่ 1.0 mL/min

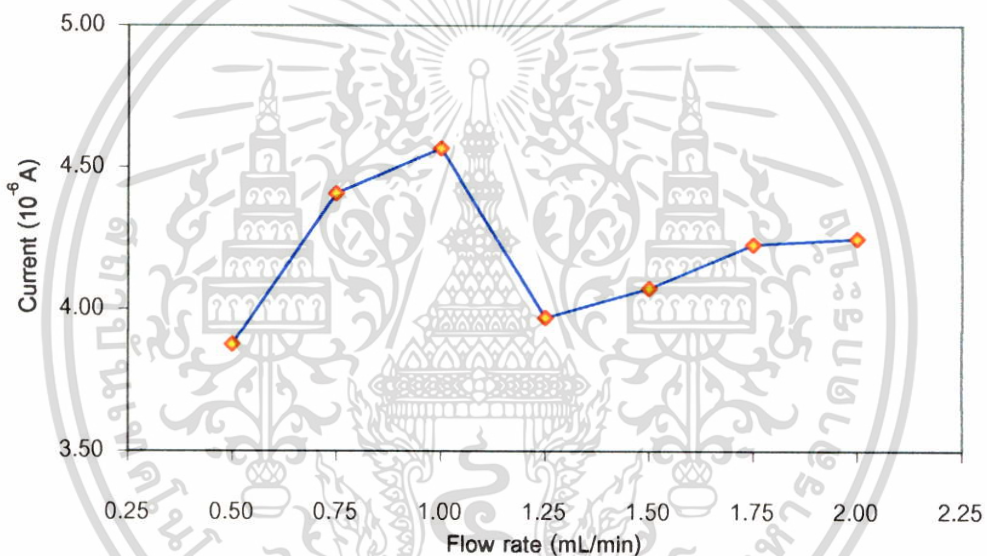
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของสารละลายเคลื่อนที่

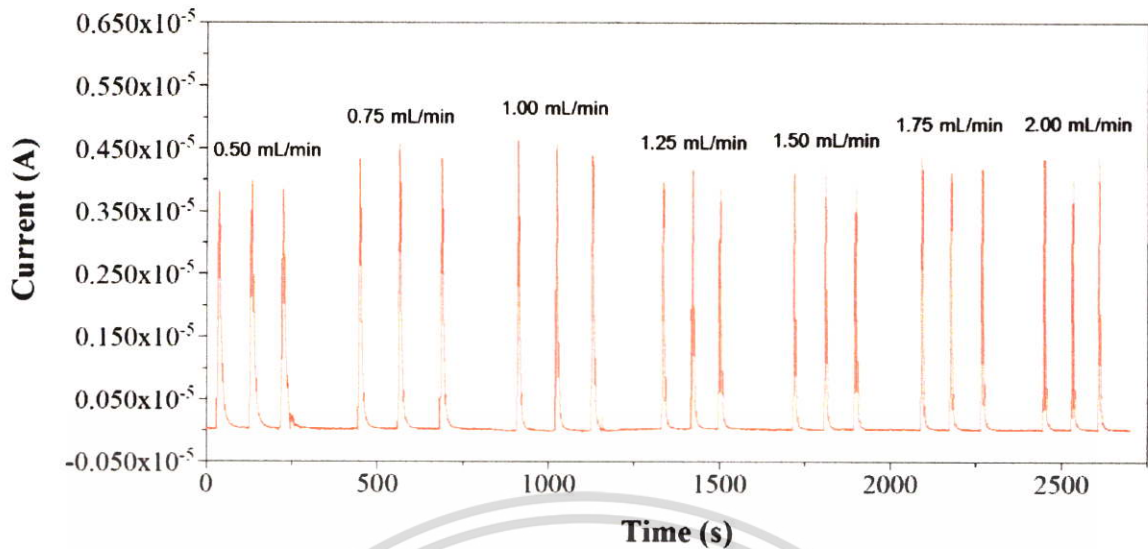
4.2.2.1 คีโตโคนาโซล

จากการศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 (0.50-2.00 mL/min) ของสารละลายเคลื่อนที่ จากสารละลายมาตรฐานคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน จะพบว่ากระแสที่วัดได้จะมีกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ 1.0 mL/min ดังแสดงในรูปที่ 4.38 และ 4.39

ดังนั้นสำหรับเซลล์ที่ออกแบบนี้ใช้อัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ในการตรวจวัดคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหลต่อเนื่องนี้ คือ 1.0 mL/min



รูปที่ 4.38 การพลอตอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 (0.50-2.00 mL/min) กับสัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V และปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L

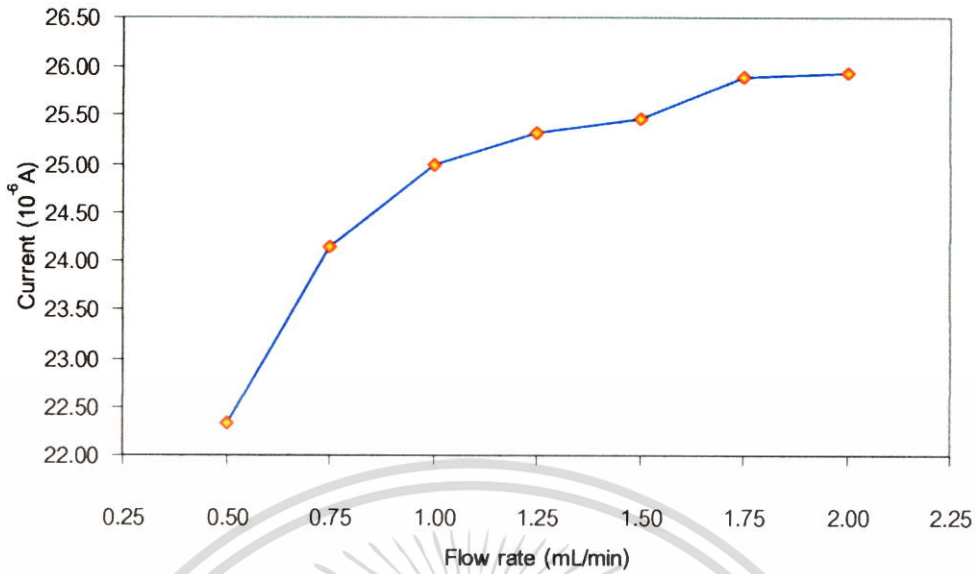


รูปที่ 4.39 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ 0.50-2.00 mL/min

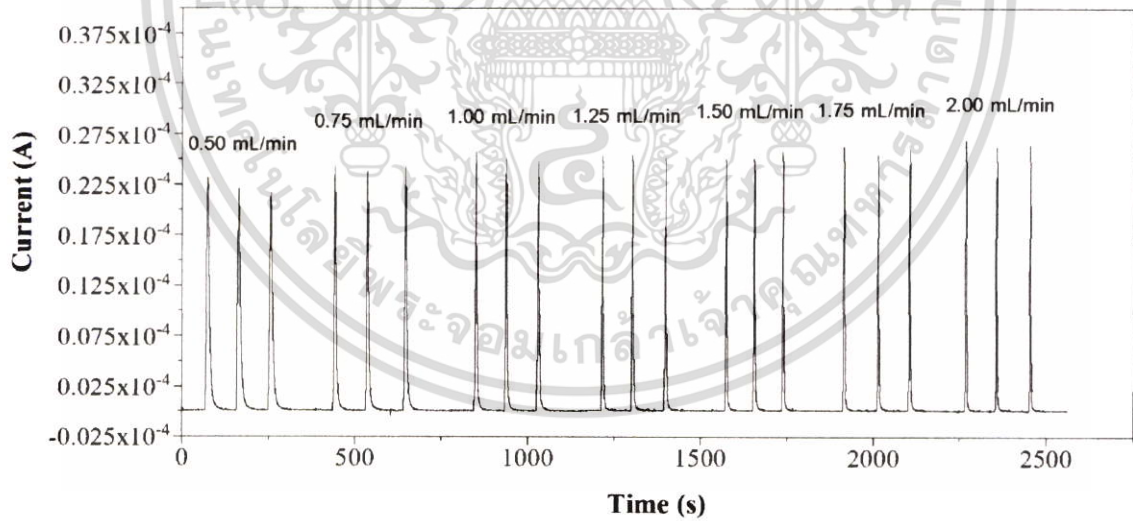
4.2.2.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

จากการศึกษาอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.5 (0.50-2.00 mL/min) จากสารละลายมาตรฐานเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน จะพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะเพิ่มตามอัตราเร็วในการไหลที่เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.40 และ 4.41

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกใช้อัตราเร็วในการไหลของสารเคลื่อนที่ค่าหนึ่งสำหรับการตรวจวัดเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหลต่อเนื่องนี้ คือ 1.0 mL/min



รูปที่ 4.40 การพลอตอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M (v/v) pH 5.5 (0.50-2.00 mL/min) กับสัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีของระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V และปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L

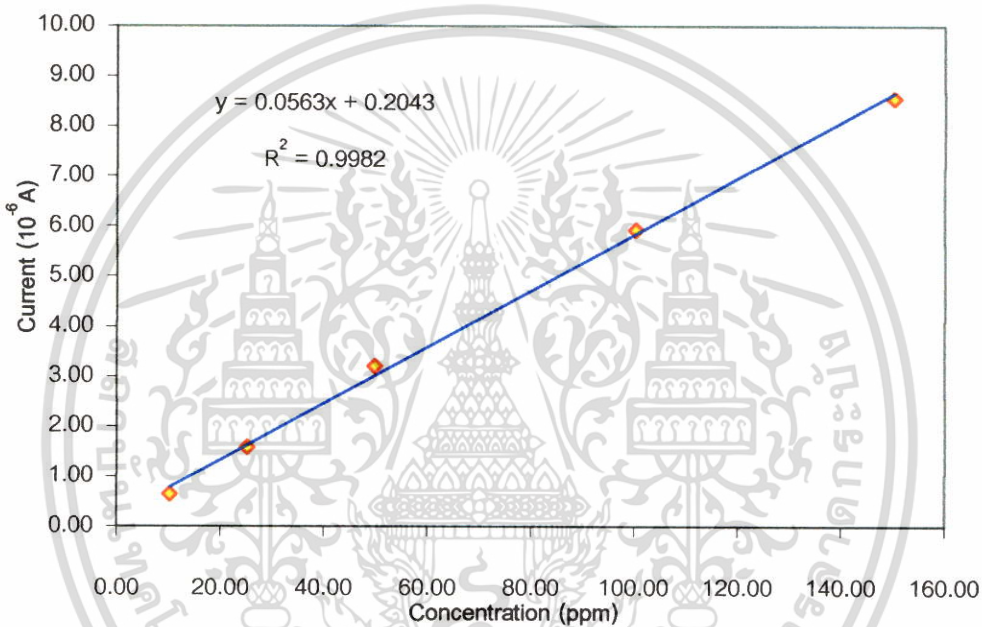


รูปที่ 4.41 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีของระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M (v/v) pH 5.5 ที่ 0.50-2.00 mL/min

4.2.4 การศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง

4.2.4.1 คีโตโคนาโซล

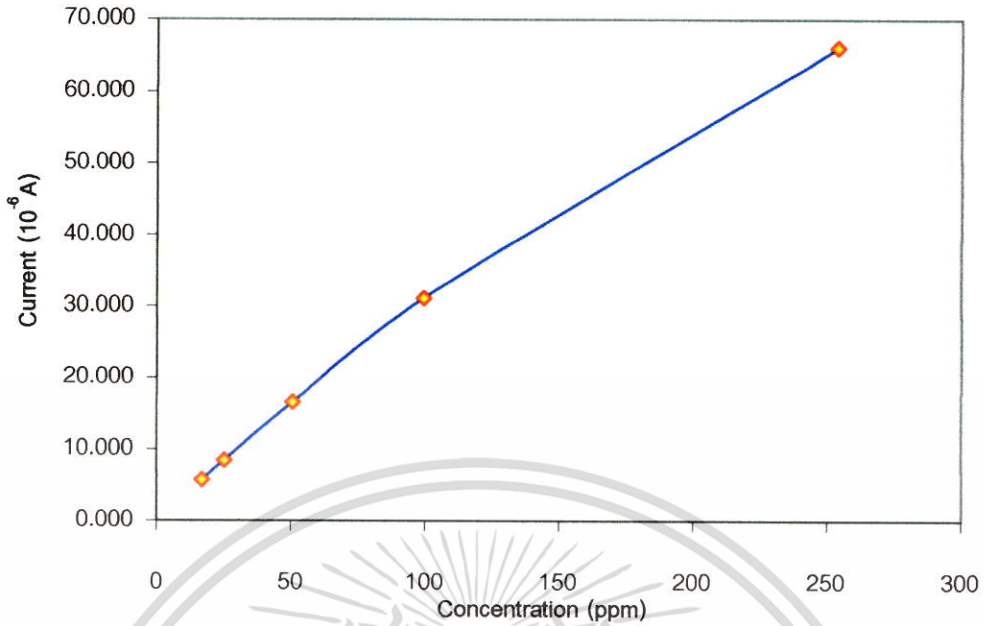
ผลการศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานคีโตโคนาโซลที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1.0 mL/min โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง พบว่ามีช่วงความเป็นเส้นตรงที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 10-150 ppm โดยมีค่า R^2 0.9982 จุดตัดแกน y เท่ากับ 0.2043 และมีความชัน เท่ากับ 0.0563 ดังแสดงในรูป 4.42



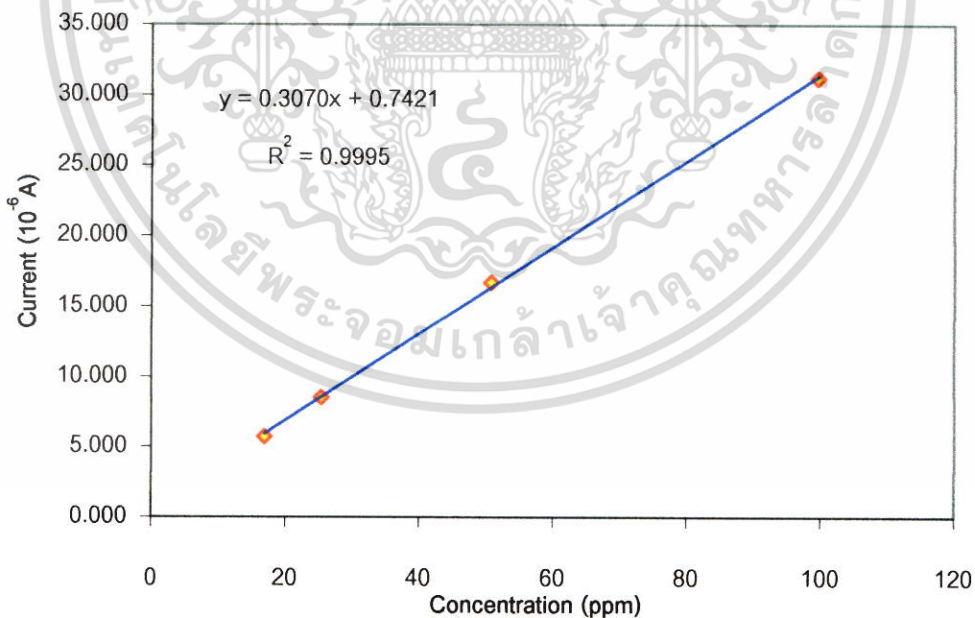
รูปที่ 4.42 พล็อตค่าความเข้มข้นของคีโตโคนาโซล (10-150 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีของระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.0 mL/min

4.2.4.2 เอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

ผลการศึกษาความเป็นเส้นตรงของกราฟมาตรฐานเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในระบบฉีดไหลต่อเนื่อง พบว่ามีช่วงความเป็นเส้นตรงที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 10-100 ppm โดยมีค่า R^2 0.9995 จุดตัดแกน y เท่ากับ 0.7421 และมีความชัน เท่ากับ 0.3070 ดังแสดงในรูป 4.44



รูปที่ 4.43 พล็อตค่าความเข้มข้นของเอินโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-250 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 ที่ 1.0 mL/min

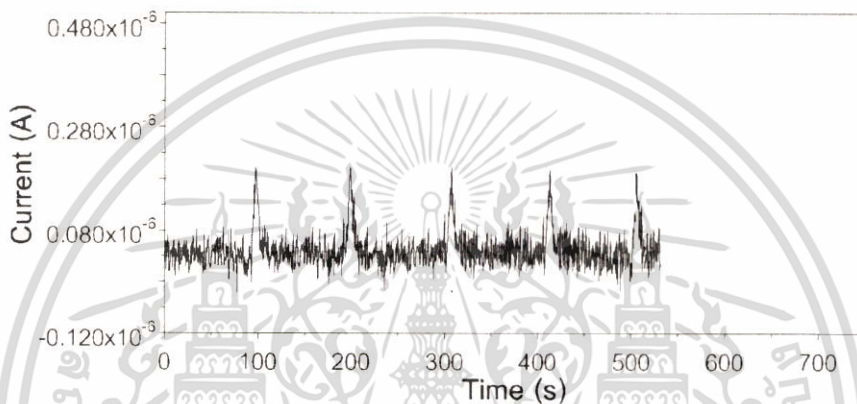


รูปที่ 4.44 พล็อตค่าความเข้มข้นของเอินโรฟรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ (10-100 ppm) กับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณในเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 ที่ 1.0 mL/min

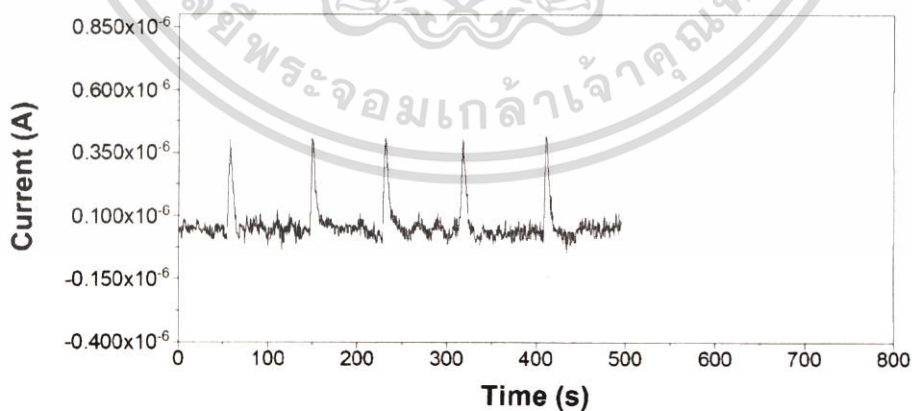
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การศึกษาขีดจำกัดในการวิเคราะห์

ขีดจำกัดในการตรวจวัดคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนทำการคำนวณจากสัญญาณกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นสามเท่าของสัญญาณกระแสไฟฟ้ารบกวน ($S/N \geq 3$) เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐานของยาแต่ละชนิดแล้ว จะมีความเข้มข้นเท่ากับ 2.0 และ 1.0 ppm ตามลำดับ และเมื่อเตรียมสารละลายมาตรฐานของคีโตโคนาโซล ความเข้มข้น 2.0 ppm และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 1.0 ppm แล้วตรวจวัดด้วยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน ดังแสดงในรูป 4.45 และ 4.46



รูปที่ 4.45 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลเข้มข้น 2 ppm และศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.50 ที่ 1.0 mL/min



รูปที่ 4.46 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 1 ppm ที่ ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และใช้อัตราเร็วในการไหลของฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M (v/v) pH 5.5 ที่ 1.0 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

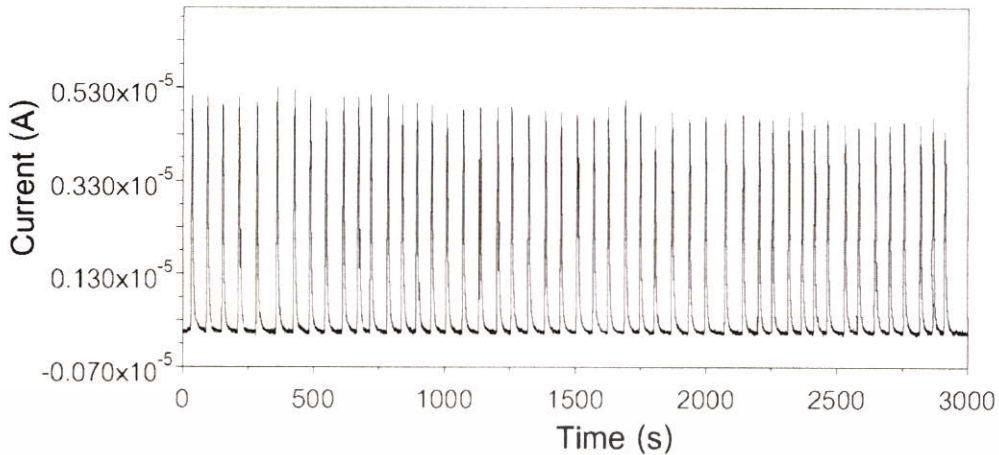
4.2.6 ความเที่ยง

ความเที่ยงในการวิเคราะห์จากค่า repeatability พิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และ สัมประสิทธิ์การผันแปร (%RSD) ของการวัด 5 ซ้ำจากกราฟมาตรฐานคีโตโคนาโซลที่ความเข้มข้น 10-100 ppm และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 10-150 ppm พบว่าค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.014-0.289 และ 0.072-1.282 ค่าสัมประสิทธิ์การผันแปร คือ 4.102 ± 3.224 และ 1.982 ± 1.177 ตามลำดับ ซึ่งค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ สัมประสิทธิ์การผันแปรค่อนข้างสูงเป็นผลมาจากการฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยระบบมือ

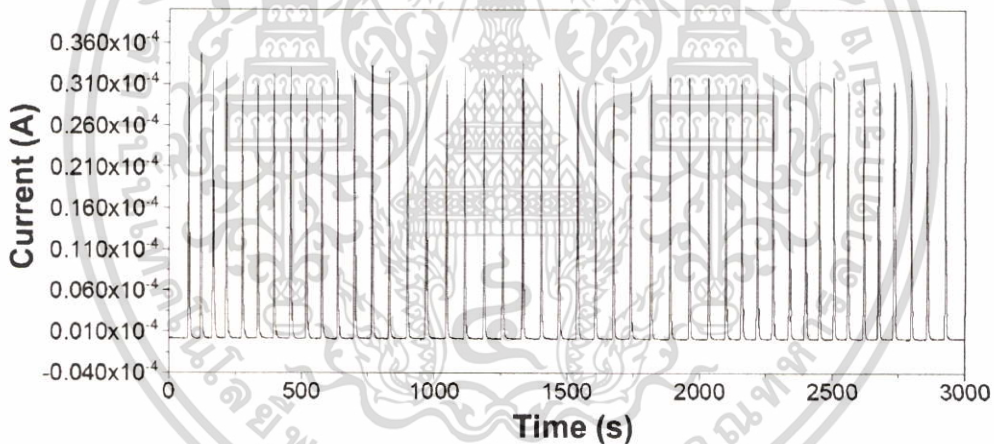
ความเที่ยงในการวิเคราะห์จากค่า reproducibility พิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์การผันแปรของการวัด 45 ซ้ำ จำนวน 2 ชุดการทดลองจากการศึกษาความเสถียรภาพของขั้วไฟฟ้าทำงาน ในการวิเคราะห์คีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 100 ppm พบว่า มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.058-1.157 และ 0.045-0.102 และค่าสัมประสิทธิ์การผันแปรสำหรับคีโตโคนาโซล เท่ากับ 2.267 และ 2.287 และสำหรับเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ เท่ากับ 1.978 และ 1.979

4.2.7 การศึกษาความเสถียรภาพของขั้วไฟฟ้าทำงาน

การศึกษาความเสถียรภาพของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนในการตรวจวัดคีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์จะศึกษาที่ความเข้มข้น 100 ppm ฉีดซ้ำจำนวน 45 ครั้ง พบว่าขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนมีความเสถียรภาพสูงมาก ซึ่งพิจารณาจากค่าของ %RSD คือ 2.267 และ 1.979 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.47 และ 4.48 ซึ่งเมื่อเทียบสัญญาณกระแสไฟฟ้าพีกแรกของการฉีดเป็น 100 % และกระแสไฟฟ้าสุดท้ายของการฉีดซ้ำจำนวน 45 ครั้งของคีโตโคนาโซล คือ 77.95 % และของเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ คือ 88.54 % ของสัญญาณกระแสไฟฟ้าเริ่มต้น



รูปที่ 4.47 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายคิโดโคนาโซลเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และใช้อัตราเร็วในการไหลของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.0 mL/min จำนวน 45 ซ้ำ



รูปที่ 4.48 สัญญาณที่วัดได้จากเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และใช้อัตราเร็วในการไหลของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 ที่ 1.0 mL/min จำนวน 45 ซ้ำ

4.2.8 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การตรวจวัดปริมาณยาในยาเตรียมสามารถตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยวิธีเติมสารมาตรฐานในตัวอย่าง (standard addition method)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.8.1 ยาเม็ดคีโตโคนาโซล

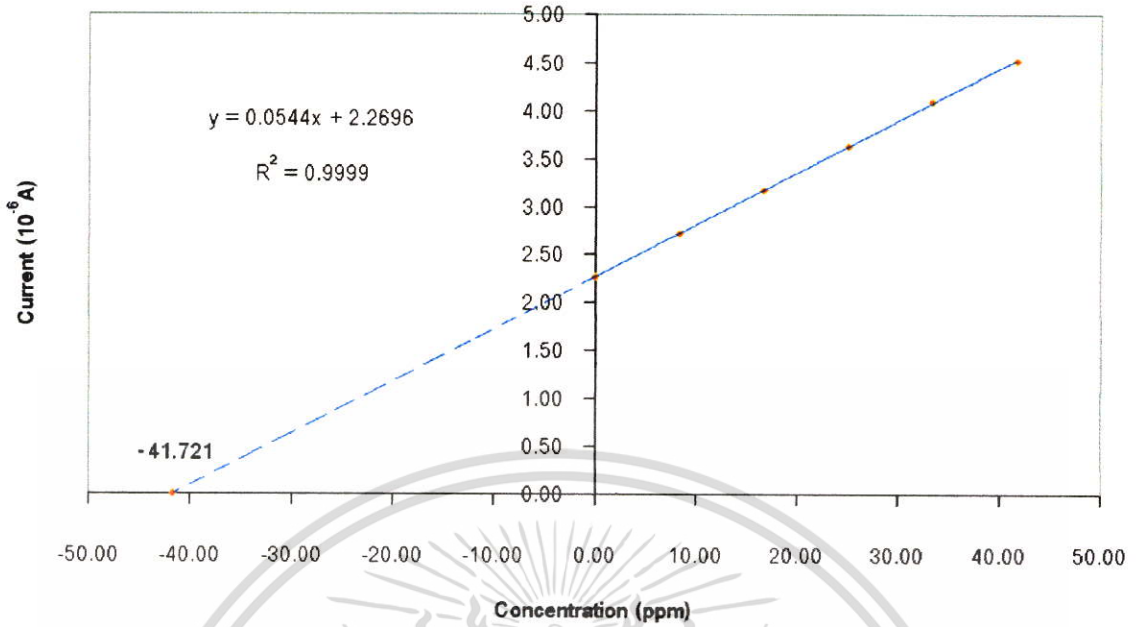
ผลการตรวจวัดปริมาณยาโดยวิธีเติมสารมาตรฐานได้แสดงในรูปที่ 4.49 แสดงกราฟของวิธีการเติมสารมาตรฐานของคีโตโคนาโซลในยาตัวอย่าง ซึ่งจากกราฟสามารถหาค่าความชันได้เท่ากับ $0.0544 \mu\text{A mL} / \mu\text{g}$ และ จุดตัดแกน y เท่ากับ $2.2696 \mu\text{A}$ ความเข้มข้นของคีโตโคนาโซลที่ได้จากการจุดตัดแกน x คือ -41.721 ppm จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่า 5 % มีความแม่นยำ คือ 99.999 %

อาศัยข้อมูลของการวิเคราะห์ยาตัวอย่างแบบเติมสารมาตรฐานเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำแบบ intra-day และ inter-day โดยการหาค่า % recovery ในการสลายตัวของยาในขณะทำการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ค่า % recovery จากผลที่ได้จากการเติมสารมาตรฐานคีโตโคนาโซล 5 ความเข้มข้น คือ 8.348 16.695 25.043 33.391 และ 41.738 ppm และทำการศึกษาจากค่าที่ intra-day และ inter-day ซึ่งค่า % recovery เท่ากับ 99.4-100.7 % และ 99.6-101.8 % ตามลำดับ

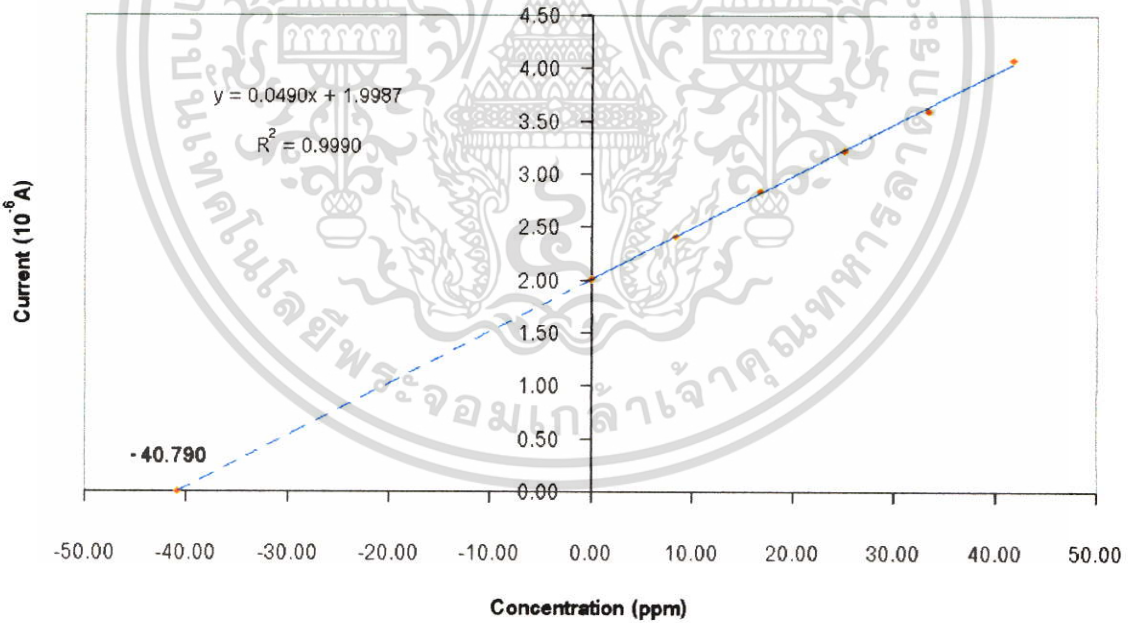
ตารางที่ 4.3 ค่า recovery ในการสลายตัวของยาคีโตโคนาโซลตัวอย่างด้วยการตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า n=3

ความเข้มข้นที่เติม (ppm)	Intra-day		Inter-day	
	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery
8.348	8.310 ± 0.228	99.550 ± 2.736	8.387 ± 0.096	100.472 ± 1.155
16.695	16.607 ± 0.398	99.469 ± 2.384	16.720 ± 0.054	100.150 ± 0.323
25.043	25.197 ± 0.632	100.616 ± 2.522	24.959 ± 0.430	99.663 ± 1.718
33.391	33.561 ± 0.728	100.511 ± 2.182	32.618 ± 0.114	97.687 ± 0.340
41.738	41.509 ± 0.198	99.450 ± 0.475	42.482 ± 0.513	101.783 ± 1.230
200 mg/เม็ด	199.998 mg/เม็ด	99.999	195.534 mg/เม็ด	97.677

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.49 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน

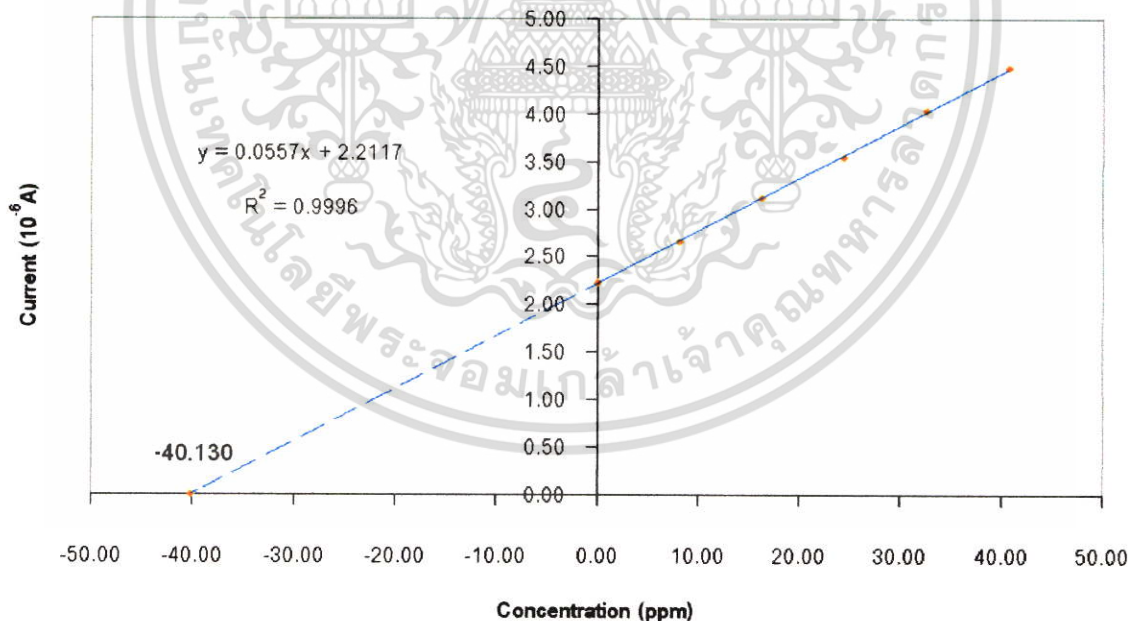


รูปที่ 4.50 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนแบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่า % recovery ของยาตีโตโคนาโซลตัวอย่างด้วยการตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า n=3 ของวิธีการวิเคราะห์

Intra-day			Inter-day		
ความเข้มข้น (ppm)	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery	ความเข้มข้น (ppm)	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery
8.348	8.310 ± 0.228	99.550 ± 2.736	8.139	8.007 ± 0.279	98.371 ± 3.427
16.695	16.607 ± 0.398	99.469 ± 2.384	16.278	16.313 ± 0.478	100.212 ± 2.939
25.043	25.197 ± 0.632	100.616 ± 2.522	24.418	23.913 ± 0.745	97.934 ± 3.051
33.391	33.561 ± 0.728	100.511 ± 2.182	32.557	32.686 ± 0.369	100.398 ± 1.133
41.738	41.509 ± 0.198	99.450 ± 0.475	40.696	40.933 ± 0.204	100.582 ± 0.502
200 mg/เม็ด	199.998 mg/เม็ด	99.999	200 mg/เม็ด	200.001 mg/เม็ด	100.001



รูปที่ 4.51 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาตีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนแบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาศัยข้อมูลของการวิเคราะห์ยาตัวอย่างแบบเติมสารมาตรฐานเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำโดยการทดลองภายในหนึ่งวัน (intra-day) และระหว่างวัน (inter-day) โดยการหาค่า % recovery ของการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ค่า % recovery ของผลที่ได้จากการเติมสารมาตรฐานคีโตโคนาโซล 5 ความเข้มข้น และทำการทดลองสองชุด คือ 8.007 16.313 23.913 32.686 และ 40.933 ppm และทำการศึกษาจากค่าที่ intra-day และ inter-day ซึ่งค่า recovery เท่ากับ 98.9-101.3 % และ 98.3-100.6 %

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ยาคีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องแบบ intra-day และ inter-day ในการสลายตัวของยาพบว่าตัวยามีการสลายตัว และในการวิเคราะห์ปริมาณยาเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์พบว่าได้ 99.999 และ 100.001 % แสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการวิเคราะห์คีโตโคนาโซลโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องมีความสามารถในการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูงมาก

4.2.8.2 ยามงเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

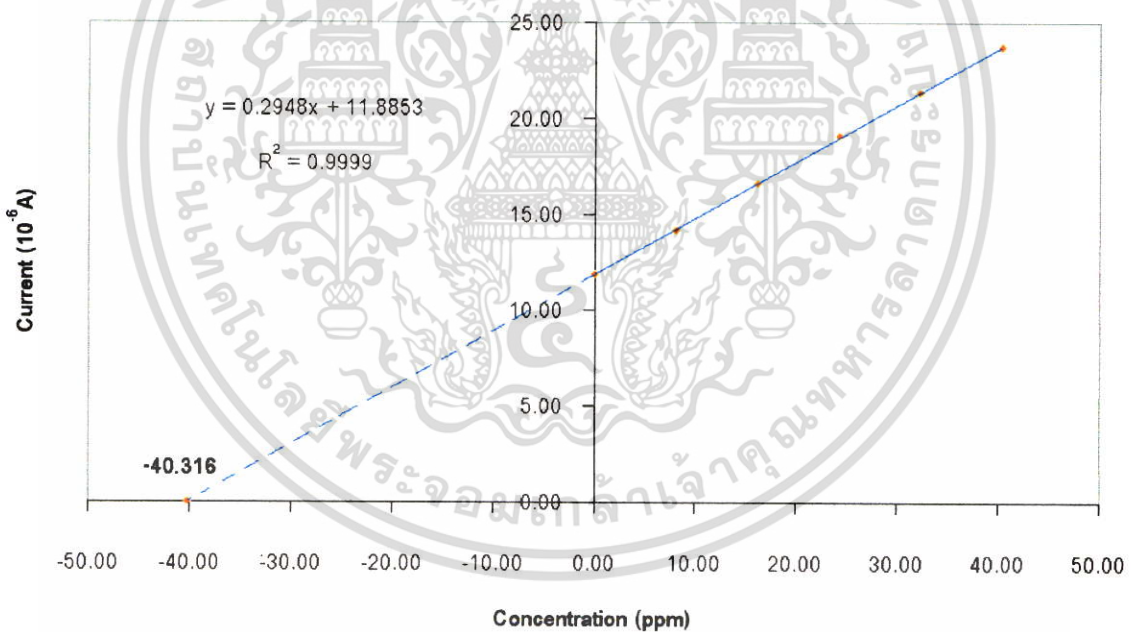
จากรูปที่ 4.47 เป็นรูปแสดงกราฟของวิธีการเติมสารมาตรฐานของเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในยาตัวอย่าง ซึ่งจากกราฟสามารถหาค่าความชันได้เท่ากับ $0.2948 \mu\text{A mL} / \mu\text{g}$ และจุดตัดแกน y เท่ากับ $11.8853 \mu\text{A}$ ความเข้มข้นของเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ที่ได้จากการจุดตัดแกน x คือ -40.316 ppm จากผลการทดลองจะเห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยกว่า 5 %

อาศัยข้อมูลของการวิเคราะห์ยาตัวอย่างแบบเติมสารมาตรฐานเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำ แบบ intra-day และ inter-day โดยการหาค่า % recovery ในการสลายตัวของยาในขณะทำการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ค่า % recovery จากผลที่ได้จากการเติมสารมาตรฐานเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 5 ความเข้มข้น คือ 8.066 16.132 24.198 32.263 และ 40.329 ppm และทำการศึกษาจากค่าที่ intra-day และ inter-day ซึ่งค่า recovery เท่ากับ 98.9-101.3 % และ 96.6-101.6 %

อาศัยข้อมูลของการวิเคราะห์ยาตัวอย่างแบบเติมสารมาตรฐานเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความแม่นยำ แบบ intra-day และ inter-day โดยการหาค่า % recovery ของการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ค่า % recovery จากผลที่ได้จากการเติมสารมาตรฐานเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 5 ความเข้มข้นของสองครั้งการทดลอง คือ 7.978 16.025 24.502 32.189 และ 40.291 ppm และทำการศึกษาจากค่าที่ intra-day และ inter-day ซึ่งค่า recovery เท่ากับ 98.9-101.3 % และ 98.9-101.3 %

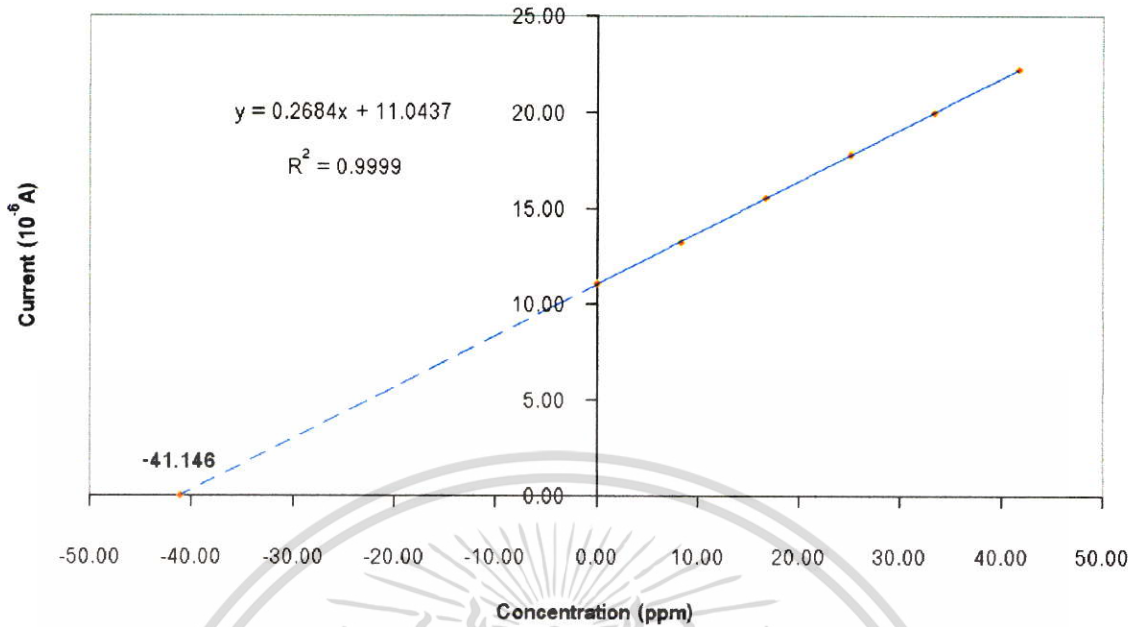
ตารางที่ 4.5 ค่า recovery ในการสลายตัวของยาเอ็นโรพรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างด้วยการตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า n=3

ความเข้มข้นที่เติม (ppm)	Intra-day		Inter-day	
	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery
8.066	7.978 ± 0.126	98.916 ± 1.558	8.070 ± 0.083	96.673 ± 0.988
16.132	16.025 ± 0.179	99.337 ± 1.111	16.773 ± 0.056	100.467 ± 0.334
24.198	24.502 ± 0.013	101.256 ± 0.053	25.099 ± 0.017	100.225 ± 0.067
32.263	32.189 ± 0.138	99.768 ± 0.427	33.327 ± 0.029	99.810 ± 0.087
40.329	40.291 ± 0.010	99.906 ± 0.026	41.772 ± 0.008	100.081 ± 0.019
20 % (w/w)	19.897 % (w/w)	99.487	20.307% (w/w)	101.536



รูปที่ 4.52 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาเอ็นโรพรอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

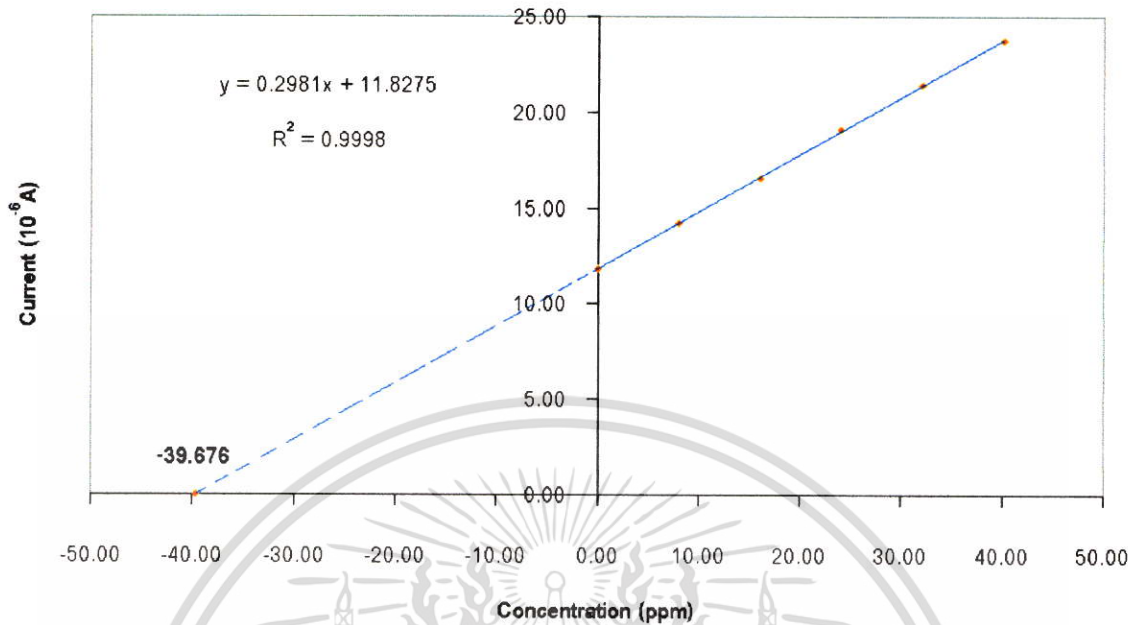


รูปที่ 4.53 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอน แบบ inter-day ในการศึกษา reducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์

ตารางที่ 4.6 ค่า recovery ของยาเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างด้วยการตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องของค่าที่ได้จาก intra-day และ inter-day โดยมีค่า $n=3$ ของวิธีการวิเคราะห์

Intra-day			Inter-day		
ความเข้มข้น (ppm)	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery	ความเข้มข้น (ppm)	ความเข้มข้นที่หาได้ (ppm)	ค่า % recovery
8.066	7.978 ± 0.126	98.916 ± 1.558	8.026	7.993 ± 0.101	99.595 ± 1.253
16.132	16.025 ± 0.179	99.337 ± 1.111	16.051	15.803 ± 0.308	98.455 ± 1.920
24.198	24.502 ± 0.013	101.256 ± 0.053	24.077	24.500 ± 0.005	101.760 ± 0.022
32.263	32.189 ± 0.138	99.768 ± 0.427	32.102	32.278 ± 0.030	100.547 ± 0.092
40.329	40.291 ± 0.010	99.906 ± 0.026	40.128	40.287 ± 0.011	100.396 ± 0.027
20 % (w/w)	19.897 % (w/w)	99.487	20 % (w/w)	19.838 % w/w	99.190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.54 กราฟมาตรฐานแบบการเติมสารมาตรฐานของการวิเคราะห์ยาเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มบางเพชรเจือโบรอนแบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ยาเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องแบบ intra-day และ inter-day ในการสลายตัวของยาเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์พบว่าตัวยามีการสลายตัว และในการวิเคราะห์ปริมาณยาเอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์พบว่าได้ 99.487 และ 99.190 % แสดงให้เห็นได้ว่าวิธีการวิเคราะห์เอ็นโรพรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องมีความสามารถในการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูงมาก

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เซลล์เคมีไฟฟ้าสำหรับการวิเคราะห์คีโตโคนาโซล และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์โดยใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน ทั้งระบบอยู่นิ่ง และระบบฉีดไหลต่อเนื่อง เป็นเครื่องมือที่สามารถนำวัสดุที่สร้างจากวัสดุมีอยู่ภายในประเทศเพื่อนำมาใช้ในงานวิเคราะห์ตัวอย่างยาอย่างมีประสิทธิภาพ ราคาถูก และตรงกับความต้องการในงานเคมีวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของผลสัญญาณไฟฟ้าเมื่อใช้ขั้วไฟฟ้าฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนจะให้ค่าสัญญาณกระแสไฟฟ้าในไซคลิกโวลแทมโมแกรมของยาเทียบกับสัญญาณกระแสไฟฟ้าพื้นที่สูงกว่าขั้วไฟฟ้ากลาสคาร์บอน ซึ่งเป็นข้อดีที่สำคัญของขั้วไฟฟ้าทำงาน และจะเห็นได้ว่าขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนมีความเสถียร และมีประสิทธิภาพที่ดีมาก ซึ่งพิจารณาจากค่าอัตราส่วนของ S/B (signal to background ratio) ที่ได้จากการศึกษาเปรียบเทียบกับขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอนในเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมทรี

การวิเคราะห์ยาคีโตโคนาโซลใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และยาเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 เป็นสารละลายเคลื่อนที่ในระบบฉีดไหลต่อเนื่องโดยเทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน พบว่าศักย์ไฟฟ้าที่ให้กระแสไฟฟ้าสูงสุดของคีโตโคนาโซลให้ศักย์ไฟฟ้าที่ 0.78 V และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ให้ศักย์ไฟฟ้าที่ 1.30 V โดยมีขีดจำกัดการตรวจวัดของคีโตโคนาโซลคือ 2 ppm และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์คือ 1 ppm และช่วงความเข้มข้นกับปริมาณกระแสไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงของคีโตโคนาโซล คือ 3.3-150.0 ppm และเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์คือ 6.6-100.0 ppm และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับตัวอย่างยาที่เป็นยาเม็ดคีโตโคนาโซล และยาผงเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการวิเคราะห์ปริมาณยาโดยใช้เทคนิคแอมเพอร์โรเมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนมีปัญหาที่สำคัญประการหนึ่ง คือมีสัญญาณรบกวนที่สูงจึงทำให้ค่าความสามารถในการตรวจวัดปริมาณยาที่มีความเข้มข้นต่ำมาก ๆ ในระดับ ppb ไม่ได้ และสารที่จะนำมาวิเคราะห์ในเทคนิคนี้จะต้องเป็นสารที่สารเกิดปฏิกิริยาทางเคมีไฟฟ้าเท่านั้นจึงจะทำการวิเคราะห์ได้วิธีการแก้ไขเซลล์ไฟฟ้าเคมีควรทำให้อยู่ใน Faraday's case เพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง(Reference)

- [1] The access project "Ketoconazole." [Online]. Available :
<http://www.aegis.com/factshts/network/access/drugs/keto.html>. 2005.
- [2] Welcome to the Mar Vista Animal Medical Center "Ketoconazole." [Online]. Available :
http://www.marvistavet.com/html/body_ketoconazole.html. 2005
- [3] Welcome to the Mar Vista Animal Medical Center "Enrofloxacin." [Online]. Available :
<http://www.marvistavet.com/html/enrofloxacin.html>. 2005
- [4] P. Y. Khashaba, S. R. El-Shabouri, K. M. Emara and A. M. Mohamed. 2000 "Analysis of some antifungal drugs by spectrophotometric and spectrofluorimetric methods in different pharmaceutical dosage forms" *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 22(2) : 363-376.
- [5] A. M. Di Pietra, V. Cavrini, V. Andrisano and R. Gatti. 1992. "HPLC analytical of imidazole antimicotic drugs in pharmaceutical formulations" *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 10(10-12) : 873-879.
- [6] Ivan Velikinac, Olivera Cudina, Ivana Jankovic, Danica Agbaba and Sote Vladimirov. 2004. "Comparison of capillary zone electrophoresis and high performance liquid chromatography methods for quantitative determination of ketoconazole in drug formulations" *Il Farmaco*. In Press, Corrected Proof, Available online 2 April 2004.
- [7] Yu-Luan Chen, L. Felder, Xiangyu Jiang and Weng Naidong. 2002. "Determination of ketoconazole in human plasma by high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry" *Journal of Chromatography B*. 774(1) : 67-78
- [8] Pablo Arranz, Adela Arranz, José María Moreda, Adolfo Cid and Juan Francisco Arranz. 2003. "Stripping voltammetric and polarographic techniques for the determination of anti-fungal ketoconazole on the mercury electrode" *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 33 : 589-596.
- [9] Mojtaba Shamsipur and Khalil Farhadi. 2000. "Electrochemical Behavior and Determination of Ketoconazole from Pharmaceutical Preparations" *Electroanalysis*. 12(6) : 429-433.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [10] Mojtaba Shamsipur and Khalil Farhadi. 2000. "Adsorptive stripping voltammetric determination of ketoconazole in pharmaceutical preparations and urine using carbon paste electrodes" *Analyst*. 125 : 1639–1643.
- [11] Tu-zhi Peng, Qiong Cheng, Catherine F. Yang. 2001. "Adsorptive behavior and electrochemical determination of the anti-fungal agent ketoconazole" *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry*. 370(8) : 1082-1086.
- [12] Douglas W. Hoffman Kitty Lea Jones-King C. Lewis Ravaris and Robert D. Edkins. 1988. "Electrochemical detection for high-performance liquid chromatography of ketoconazole in plasma and saliva" *Analytical Biochemistry*. 172 : 495-498.
- [13] Samia Mostafa, Mohamed El-Sadek and Esmail Awad Alla. 2002. "Spectrophotometric determination of enrofloxacin and pefloxacin through ion-pair complex formation" *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 28(1) : 173-180.
- [14] Julie Sunderland, Andrew M. Lovering, Caroline M. Tobin, Alasdair P. MacGowan, John M. Roe and Anne A. Delsol. 2004. "A reverse-phase HPLC assay for the simultaneous determination of enrofloxacin and ciprofloxacin in pig faeces" *International Journal of Antimicrobial Agent*.. In Press, Corrected Proof, Available online 16 March 2004.
- [15] Marinês J. e Souza, Celso F. Bittencourt and Lisoni M. Morsch. 2002. "LC determination of enrofloxacin" *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 28(6) : 1195-1199.
- [16] Lesley Johnston, Lindsey Mackay and Meg Croft. 2002. "Determination of quinolones and fluoroquinolones in fish tissue and seafood by high-performance liquid chromatography with electrospray ionisation tandem mass spectrometric detection" *Journal of Chromatography A*. 982(1) : 97-109.
- [17] Olutosin R, Idowu and James O. Peggins. 2004. "Simple, rapid determination of enrofloxacin and ciprofloxacin in bovine milk and plasma by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection" *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 35(1) : 143-153.

- [18] Margarita Hernández, Carme Aguilar, Francesc Borrull and Marta Calull. 2002. "Determination of ciprofloxacin, enrofloxacin and flumequine in pig plasma samples by capillary isotachopheresis–capillary zone electrophoresis" *Journal of Chromatography B*. 772(1) : 163-172
- [19] M. Rizk, F. Belal, F. Ibrahim, S. Ahmed and N. M. EL-Enany. 2000. "Voltammetric analysis of certain 4-quinolones in pharmaceuticals and biological fluids" *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 24(2) : 211-218.
- [20] A. Navalón, R. Blanc, L. Reyes, N. Navas, J.L. Vilchez. 2002. "Determination of the antibacterial enrofloxacin by differential-pulse adsorptive stripping voltammetry" *Analytica Chimica Acta*. 454 : 83–91
- [21] Joseph Wang. 2000. *Analytical Electrochemistry*. 2nd ed. New York : Wiley-VCH.
- [22] Richard S. Nicholson and Irving Shain. 1964. "Theory of stationary electrode polarography" *Analytical Chemistry* 36(4) : 706-723.
- [23] Enzyme Electrode "Cyclic Voltammet." [Online]. Available : http://www.biol.paisley.ac.uk/marco/Enzyme_Electrode/Chapter1/Cyclic_Voltammetry1.htm. 2005
- [24] Department of Chemistry Michigan State University "EXPERIMENT 5. CYCLIC VOLTAMMETRY." [Online]. Available : <http://poohbah.cem.msu.edu/courses/cem419/cem372cyclicvoltammetry.pdf>. 2005.
- [25] Allen J. Bard and Larry R. Faulkner. 2001. *Electrochemical methods*. 2nd ed. New York : John Wiley & Sons.
- [26] Department Of Chemistry & Biochemistry "Introduction." [Online]. Available : <http://www.chemistry.nmsu.edu/studntres/chem435/Lab13/intro.html>. 2005
- [27] Marek Trojanowicz. 2000. *Flow injection analysis*. 1st ed. New Jersey : World scientific publishing.
- [28] Jaromir Ruzika. 1988. *Flow injection analysis*. 2nd Ed. New York : John Wiley & Sons.
- [29] Flow injection "Flow injection" [Online]. Available : <http://www.flowinjection.com>. 2005
- [30] BASi "BASi LCEC Flowcells." [Online]. Available : <http://www.bioanalytical.com/products/lc/flowcells.html>. 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[31] Analytical Chemistry "Boron doped-diamond thin film electrodes" [Online]. Available :
<http://pubs.acs.org/hotartcl/ac/97/oct/boron.html>

[32] S.-Tong Lee, Zhangda Lin and Xin Jiang. 1999. "CVD diamond films: nucleation and growth" *Materials Science and Engineering*. 25 :123-154.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

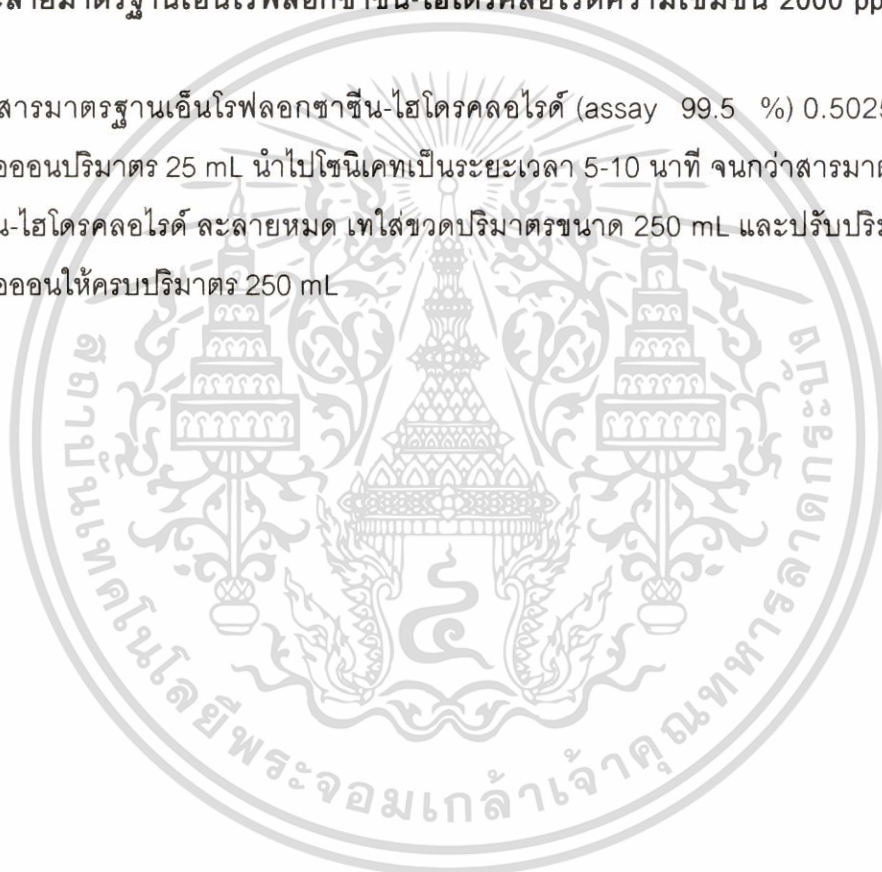
ก.1 สารละลายมาตรฐานคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 2000 ppm ปริมาตร 250 mL

ชั่งสารมาตรฐานคีโตโคนาโซล (assay 99.5 %) 0.5025 g เติมน้ำปริมาตร 25 mL นำไปโซนิเคทเป็นระยะเวลา 5-10 นาที จนกว่าสารมาตรฐานคีโตโคนาโซลละลายหมด เทใส่ขวดปริมาตรขนาด 250 mL และปรับปริมาตรด้วยเมทานอลให้ครบปริมาตร 250 mL

หมายเหตุ ในการเตรียมสารละลายมาตรฐานคีโตโคนาโซลจะเกิดความร้อนเกิดขึ้น ในการปรับปริมาตรขั้นสุดท้ายจะต้องรอให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนจึงปรับปริมาตรให้ครบ 250 mL

ก.2 สารละลายมาตรฐานเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 2000 ppm ปริมาตร 250 mL

ชั่งสารมาตรฐานเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ (assay 99.5 %) 0.5025 g เติมน้ำปราศจากไอออนปริมาตร 25 mL นำไปโซนิเคทเป็นระยะเวลา 5-10 นาที จนกว่าสารมาตรฐานเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ละลายหมด เทใส่ขวดปริมาตรขนาด 250 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ครบปริมาตร 250 mL





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 การเตรียมสารละลายไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.50 M ปริมาตร 1 L

ชั่งไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 88.867 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน นำไปโซนิเคทให้สารไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตละลายหมด เทใส่ในขวดปริมาตรขนาด 1 L และปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำปราศจากไอออน

หมายเหตุ ในการเตรียมสารละลายไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.50 M ปริมาตร 1 L จะเกิดความร้อนเกิดขึ้น ในการปรับปริมาตรขั้นสุดท้ายจะต้องรอให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 L

ข.2 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.50 M ปริมาตร 1 L

ชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 68.387 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน นำไปโซนิเคทให้สารโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตละลายหมด เทใส่ในขวดปริมาตรขนาด 1 L และปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำปราศจากไอออน

หมายเหตุ ในการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.50 M ปริมาตร 1 L จะเกิดความร้อนเกิดขึ้น ในการปรับปริมาตรขั้นสุดท้ายจะต้องรอให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 L

ข.3 การเตรียมสารฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) ปริมาตร 25 mL pH 4.00-9.00

ใช้สารละลายไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.50 M จำนวน 5 mL ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 25 mL เติมน้ำปราศจากไอออนให้มีปริมาตรรวม 15-17 mL โดยประมาณ เติมนเมทานอล 5 mL และปรับ pH ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก หรือสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ได้ pH ที่ต้องการ ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ครบปริมาตร 25 mL

ข.4 การเตรียมสารฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.10 M ปริมาตร 25 mL pH 2.00-6.50

ใช้สารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.5 M จำนวน 5 mL ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 25 mL เติมน้ำปราศจากไอออนให้มีปริมาตรรวม 22-23 mL โดยประมาณ ปรับ pH ด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก หรือสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ให้ได้ pH ที่ต้องการ ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้ครบปริมาตร 25 mL

ข.5 การเตรียมสารฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ปริมาตร 1 L

ชั่งไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 17.773 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน นำไปโซนิเคทให้สารไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตละลายหมด เทใส่ในขวดปริมาตรขนาด 1 L และปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำปราศจากไอออน

หมายเหตุ ในการเตรียมสารละลายไดโพลแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.50 M ปริมาตร 1 L จะเกิดความร้อนเกิดขึ้น ในการปรับปริมาตรขั้นสุดท้ายจะต้องรอให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 L

ข.6 การเตรียมสารฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.10 M pH 5.50 ปริมาตร 1 L

ชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 13.677 กรัม ละลายด้วยสารละลายเมทานอล 20 % (v/v) นำไปโซนิเคทให้สารโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตละลายหมด เทใส่ในขวดปริมาตรขนาด 1 L และปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำปราศจากไอออน

หมายเหตุ ในการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตความเข้มข้น 0.10 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ปริมาตร 1 L จะเกิดความร้อนเกิดขึ้น ในการปรับปริมาตรขั้นสุดท้ายจะต้องรอให้อุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องก่อนจึงปรับปริมาตรให้ครบ 1 L



ภาคผนวก ค
**การคำนวณการคำนวณพื้นที่การเกิดปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้า
 ทำงานและคำนวณปริมาตรภายในเซลล์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 การคำนวณพื้นที่การเกิดปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน และขั้วฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนในเซลล์เคมีไฟฟ้าระบบอูว์นิ่ง

ขั้วไฟฟ้าทำงานมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 mm สามารถคำนวณพื้นที่การเกิดปฏิกิริยาโดยใช้สูตร

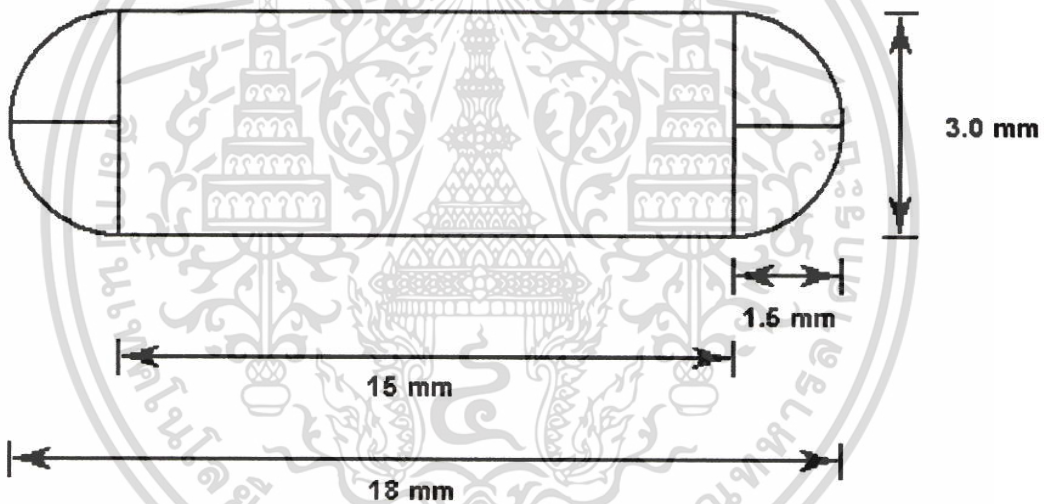
$$\pi r^2$$

เมื่อ $r = 1.5 \text{ mm}$ และ $\pi = \frac{22}{7}$

แทนค่า พื้นที่การเกิดปฏิกิริยา = $\frac{22 \times 1.5^2}{7} = 7.07 \text{ mm}^2 = 0.07 \text{ cm}^2$

ค.2 การคำนวณพื้นที่การเกิดปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

1. การกำหนดพื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนจะถูกกำหนดโดยแผ่นซิลิโคนและมีการเจาะตามรูปด้านล่างนี้



รูปที่ ค.1 พื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยาของขั้วไฟฟ้าทำงานขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

2. คำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าตรงกลาง จากรูปที่ ค.1 กว้าง 3 mm และยาว 15 mm

แทนค่า พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า = $3 \text{ mm} \times 15 \text{ mm} = 45 \text{ mm}^2$

คำนวณพื้นที่ครึ่งวงกลมเมื่อ $r = 1.5 \text{ mm}$ และ $\pi = \frac{22}{7}$

แทนค่า
$$\text{พื้นที่ครึ่งวงกลม} = \frac{22 \times 1.5^2}{7 \times 2} = 3.536 \text{ mm}^2$$

3. คำนวณพื้นที่ของขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนทั้งหมด

แทนค่า

$$\text{พื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยา} = 45 \text{ mm}^2 + (3.536 \text{ mm}^2 \times 2) = 52 \text{ mm}^2 = 0.52 \text{ cm}^2$$

ค.3 การคำนวณปริมาตรภายในของเซลล์

จากการคำนวณพื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยาสามารถคำนวณปริมาตรภายในเซลล์ได้ดังต่อไปนี้
เมื่อ พื้นที่ในการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 52 mm^2 และหนา 1 mm

แทนค่า
$$\text{ปริมาตรภายในเซลล์} = 52 \text{ mm}^2 \times 1 \text{ mm} = 52 \text{ mm}^3 = 520 \mu\text{L}$$



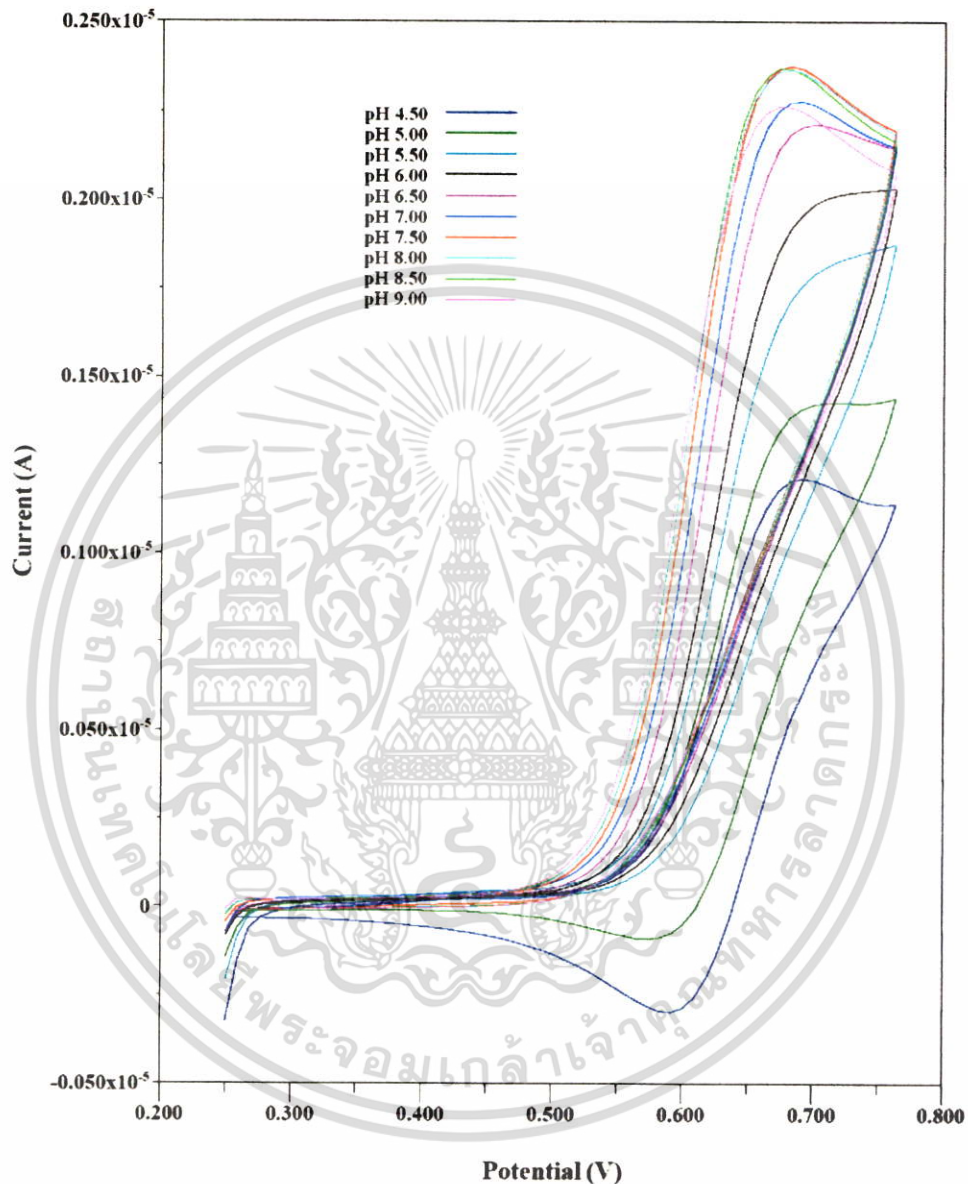
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
การศึกษา pH ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.1 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมและข้อมูลที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) scan rate 50 mV/s และ pH 4.50-9.00 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน



รูปที่ ง.1 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) scan rate 50 mV/s และ pH 4.50-9.00 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

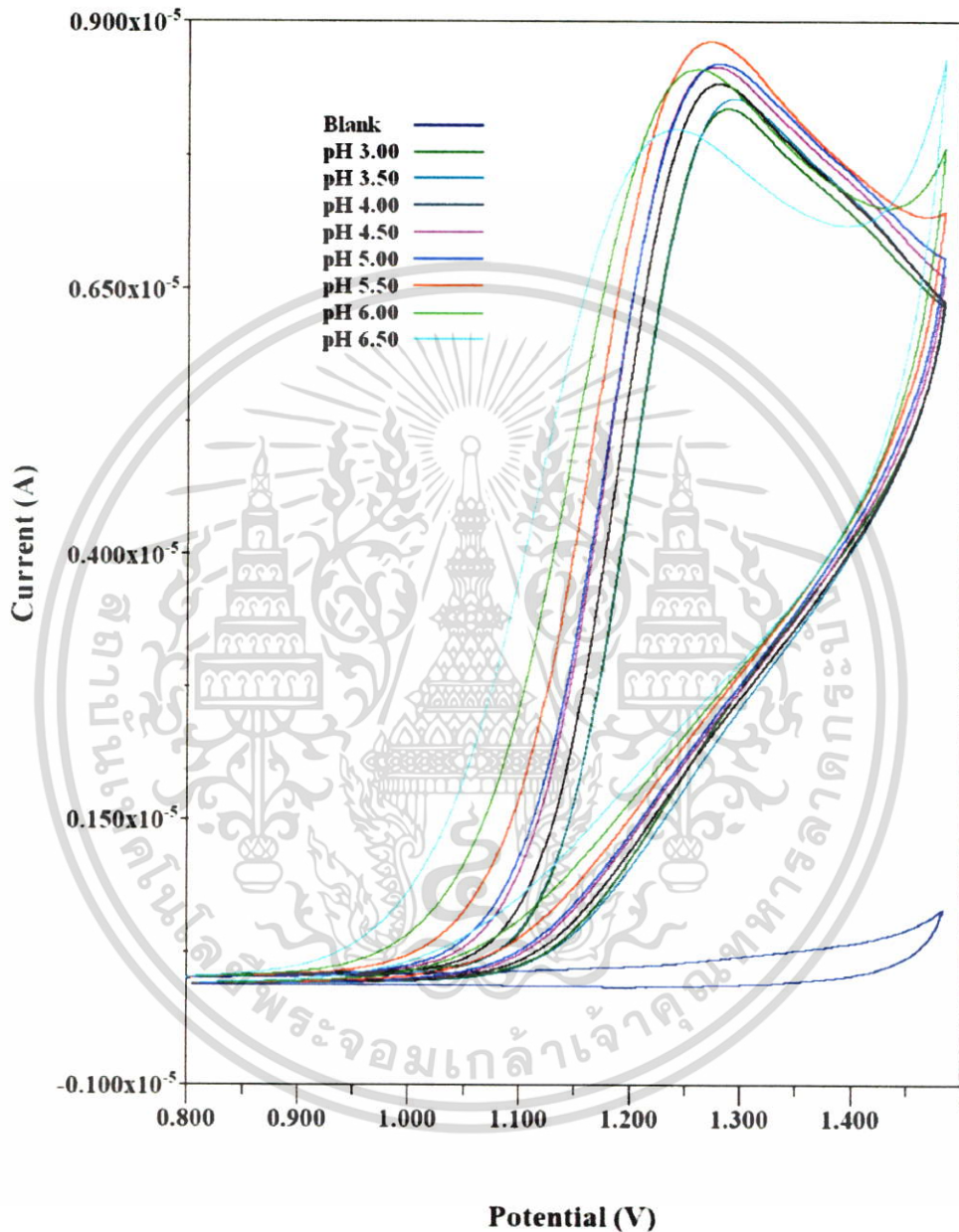
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) scan rate 50 mV/s และ pH 4.50-9.00 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

pH	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (μA)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μA)
4.00	0.691	0.691 ± 0.000	1.12	1.110 ± 0.014
	0.691		1.10	
4.50	0.691	0.691 ± 0.000	1.21	1.195 ± 0.021
	0.691		1.18	
5.00	0.708	0.709 ± 0.001	1.43	1.420 ± 0.014
	0.709		1.41	
5.50	0.710	0.710 ± 0.000	1.81	1.800 ± 0.014
	0.710		1.79	
6.00	0.719	0.719 ± 0.001	2.01	1.995 ± 0.021
	0.718		1.98	
6.50	0.698	0.699 ± 0.001	2.26	2.235 ± 0.035
	0.700		2.21	
7.00	0.690	0.690 ± 0.000	2.30	2.290 ± 0.014
	0.690		2.28	
7.50	0.682	0.682 ± 0.000	2.38	2.370 ± 0.014
	0.682		2.36	
8.00	0.675	0.676 ± 0.001	2.37	2.360 ± 0.014
	0.677		2.35	
8.50	0.682	0.680 ± 0.003	2.36	2.355 ± 0.007
	0.678		2.35	
9.00	0.680	0.680 ± 0.000	2.27	2.265 ± 0.007
	0.680		2.26	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.2 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรมและข้อมูลที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M scan rate 50 mV/s และ pH 3.00-6.50 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน



รูปที่ ง.2 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M scan rate 50 mV/s และ pH 3.00-6.50 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา pH ที่เหมาะสมของสารละลายเอ็นโรฟรอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M scan rate 50 mV/s และ pH 3.00-6.50 ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

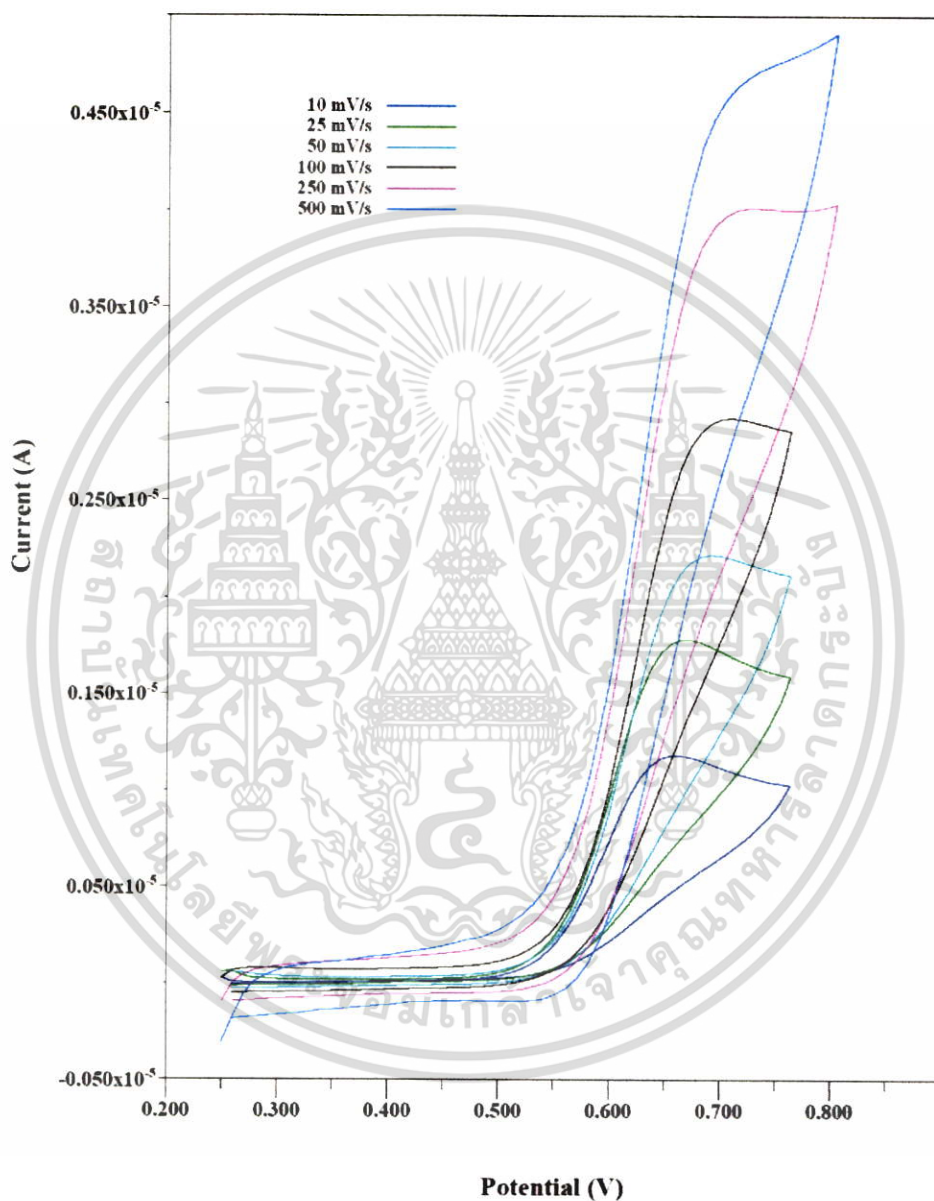
pH	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (μA)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μA)
3.00	1.288	1.288 ± 0.000	8.188	8.141 ± 0.067
	1.288		8.093	
3.50	1.293	1.288 ± 0.004	8.282	8.286 ± 0.005
	1.283		8.289	
4.00	1.279	1.281 ± 0.004	8.423	8.451 ± 0.039
	1.283		8.478	
4.50	1.274	1.279 ± 0.006	8.578	8.585 ± 0.009
	1.283		8.591	
5.00	1.279	1.281 ± 0.000	8.609	8.672 ± 0.088
	1.283		8.734	
5.50	1.274	1.277 ± 0.007	8.813	8.849 ± 0.050
	1.279		8.884	
6.00	1.259	1.259 ± 0.004	8.557	8.492 ± 0.093
	1.259		8.426	
6.50	1.239	1.239 ± 0.004	7.996	7.973 ± 0.033
	1.239		7.950	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรม และข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอน และขั้วกลาสสิคาร์บอน



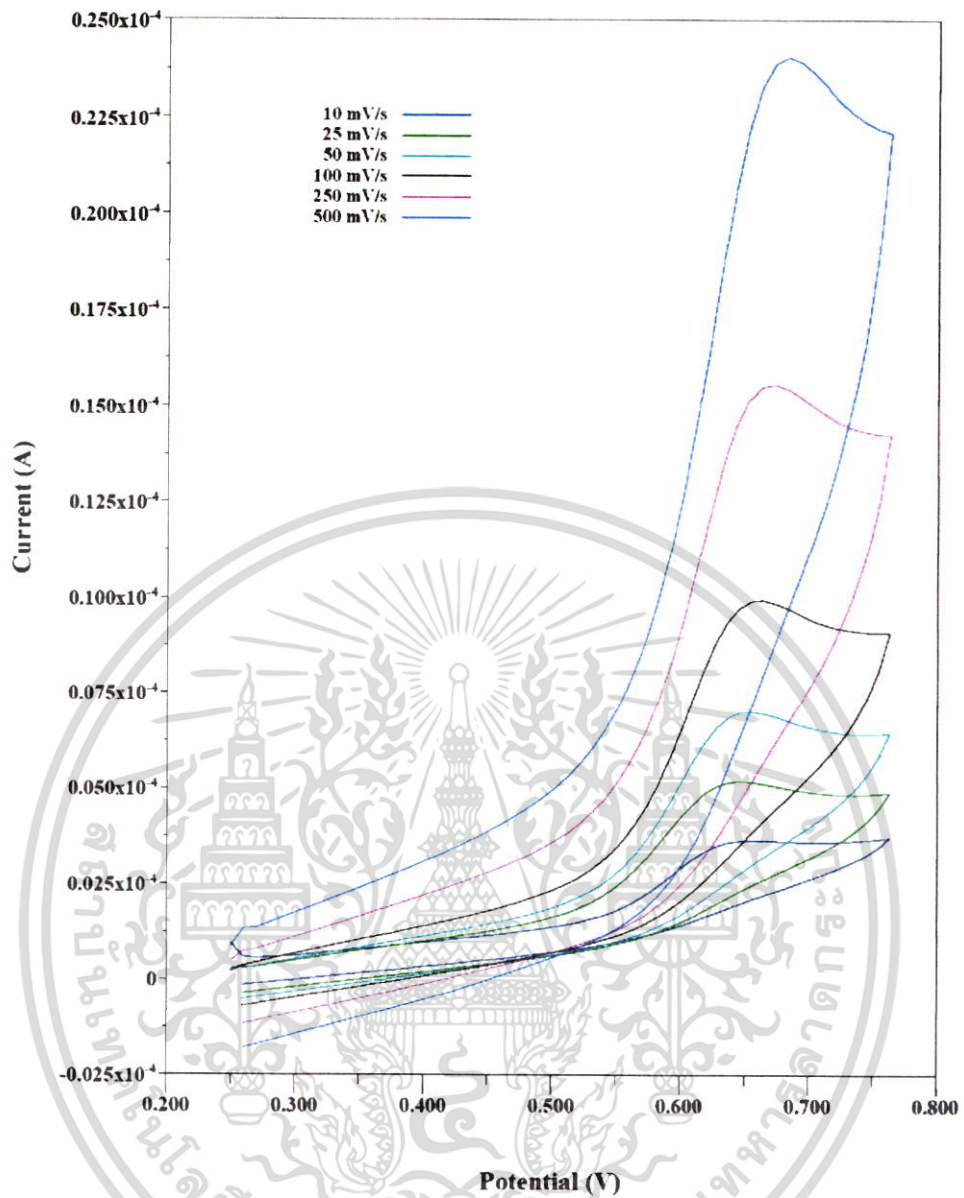
รูปที่ จ.1 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.1 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟต บัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

Scan rate (mV/s)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (μ A)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μ A)
10	0.663	0.663 ± 0.000	1.160	1.170 ± 0.014
	0.663		1.180	
25	0.673	0.673 ± 0.000	1.790	1.790 ± 0.007
	0.673		1.780	
50	0.692	0.692 ± 0.000	2.220	2.250 ± 0.035
	0.691		2.270	
100	0.709	0.709 ± 0.000	2.920	2.930 ± 0.014
	0.709		2.940	
250	0.738	0.738 ± 0.000	4.010	3.960 ± 0.078
	0.738		3.900	
500	0.763	0.763 ± 0.000	4.890	4.840 ± 0.070
	0.763		4.790	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.2 ซิกนัลโวลแทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายลิโดโคโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน

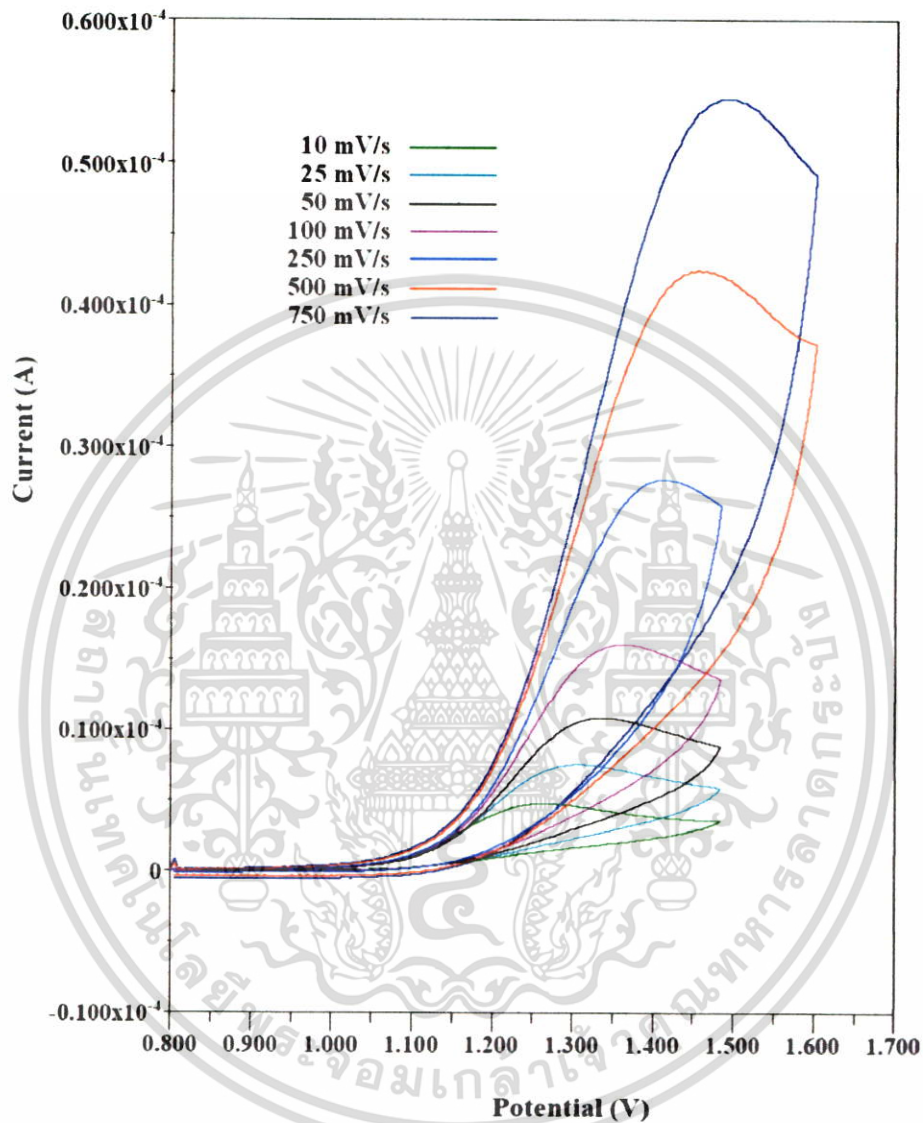
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.2 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายคีโตโคนาโซล 100 ppm ในฟอสเฟต บัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้า ทำงานกลาสสคาร์บอน

Scan rate (mV/s)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (μA)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μA)
10	0.650	0.650 ± 0.000	3.640	3.640 ± 0.000
	0.650		3.640	
25	0.653	0.653 ± 0.000	5.180	5.180 ± 0.000
	0.653		5.180	
50	0.655	0.655 ± 0.000	7.040	7.030 ± 0.021
	0.655		7.010	
100	0.663	0.663 ± 0.000	10.200	10.050 ± 0.212
	0.663		9.900	
250	0.673	0.673 ± 0.000	15.800	15.650 ± 0.212
	0.673		15.500	
500	0.683	0.683 ± 0.000	24.000	24.000 ± 0.000
	0.683		24.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.2 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรมและข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และขั้วกลาสสิคาร์บอน



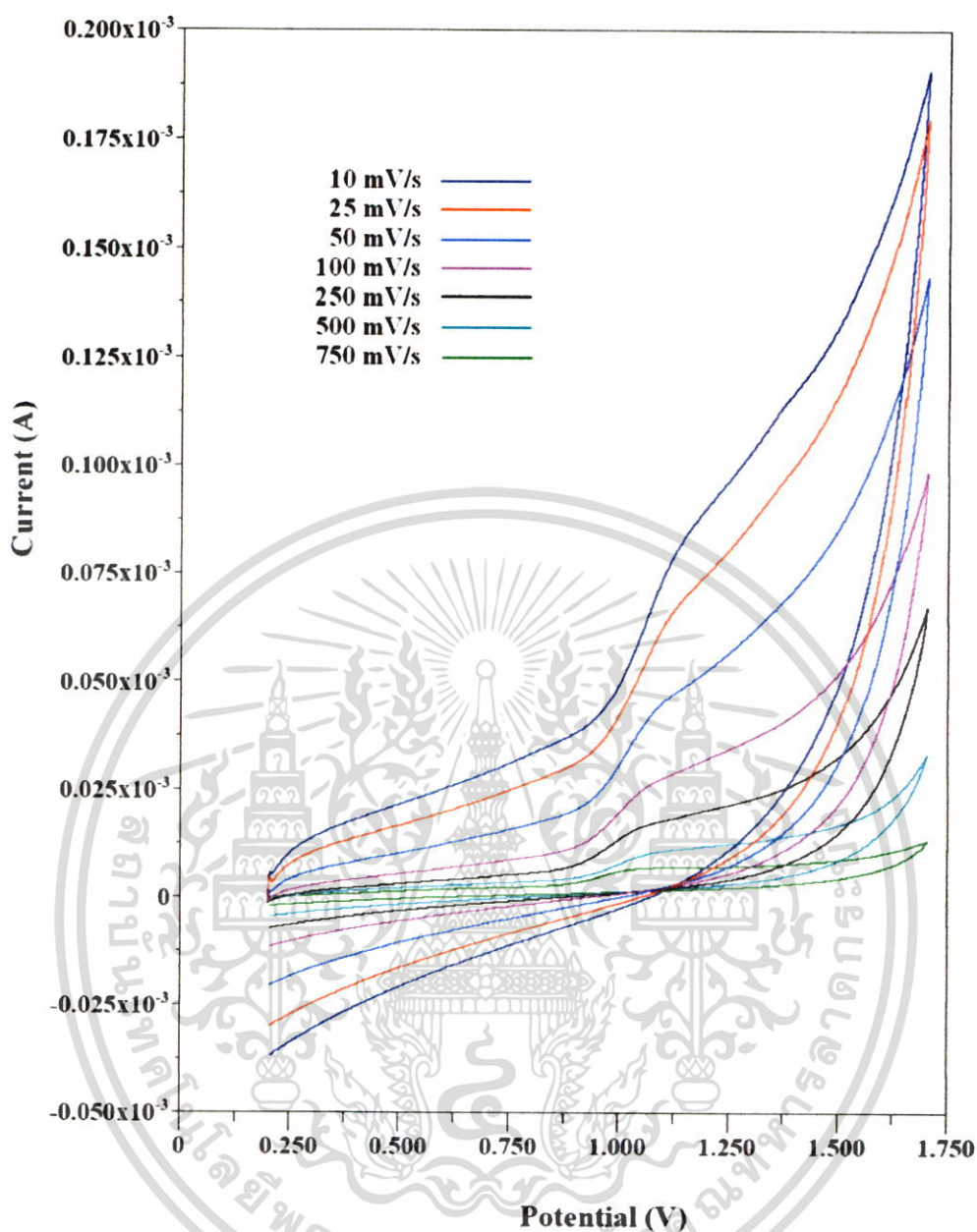
รูปที่ จ.3 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.3 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

Scan rate (mV/s)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (μA)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μA)																																							
10	1.264	1.269 ± 0.007	4.756	4.716 ± 0.057																																							
	1.274		4.676		25	1.308	1.311 ± 0.004	7.556	7.472 ± 0.119	1.313	7.388	50	1.337	1.340 ± 0.004	10.850	10.980 ± 0.184	1.342	11.110	100	1.362	1.367 ± 0.006	16.060	16.260 ± 0.283	1.371	16.460	250	1.410	1.410 ± 0.000	27.630	27.940 ± 0.438	1.410	28.250	500	1.454	1.459 ± 0.007	42.510	42.710 ± 0.276	1.464	42.900	750	1.498	1.496 ± 0.004	54.500
25	1.308	1.311 ± 0.004	7.556	7.472 ± 0.119																																							
	1.313		7.388		50	1.337	1.340 ± 0.004	10.850	10.980 ± 0.184	1.342	11.110	100	1.362	1.367 ± 0.006	16.060	16.260 ± 0.283	1.371	16.460	250	1.410	1.410 ± 0.000	27.630	27.940 ± 0.438	1.410	28.250	500	1.454	1.459 ± 0.007	42.510	42.710 ± 0.276	1.464	42.900	750	1.498	1.496 ± 0.004	54.500	54.430 ± 0.106	1.493	54.350				
50	1.337	1.340 ± 0.004	10.850	10.980 ± 0.184																																							
	1.342		11.110		100	1.362	1.367 ± 0.006	16.060	16.260 ± 0.283	1.371	16.460	250	1.410	1.410 ± 0.000	27.630	27.940 ± 0.438	1.410	28.250	500	1.454	1.459 ± 0.007	42.510	42.710 ± 0.276	1.464	42.900	750	1.498	1.496 ± 0.004	54.500	54.430 ± 0.106	1.493	54.350											
100	1.362	1.367 ± 0.006	16.060	16.260 ± 0.283																																							
	1.371		16.460		250	1.410	1.410 ± 0.000	27.630	27.940 ± 0.438	1.410	28.250	500	1.454	1.459 ± 0.007	42.510	42.710 ± 0.276	1.464	42.900	750	1.498	1.496 ± 0.004	54.500	54.430 ± 0.106	1.493	54.350																		
250	1.410	1.410 ± 0.000	27.630	27.940 ± 0.438																																							
	1.410		28.250		500	1.454	1.459 ± 0.007	42.510	42.710 ± 0.276	1.464	42.900	750	1.498	1.496 ± 0.004	54.500	54.430 ± 0.106	1.493	54.350																									
500	1.454	1.459 ± 0.007	42.510	42.710 ± 0.276																																							
	1.464		42.900		750	1.498	1.496 ± 0.004	54.500	54.430 ± 0.106	1.493	54.350																																
750	1.498	1.496 ± 0.004	54.500	54.430 ± 0.106																																							
	1.493		54.350																																								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.4 ไซคลิกโวลเทมโมแกรมที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสลิคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.4 ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา scan rate ของสารละลายอินโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ 100 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate ต่าง ๆ ที่ขั้วไฟฟ้าทำงาน กลาสสิคาร์บอน

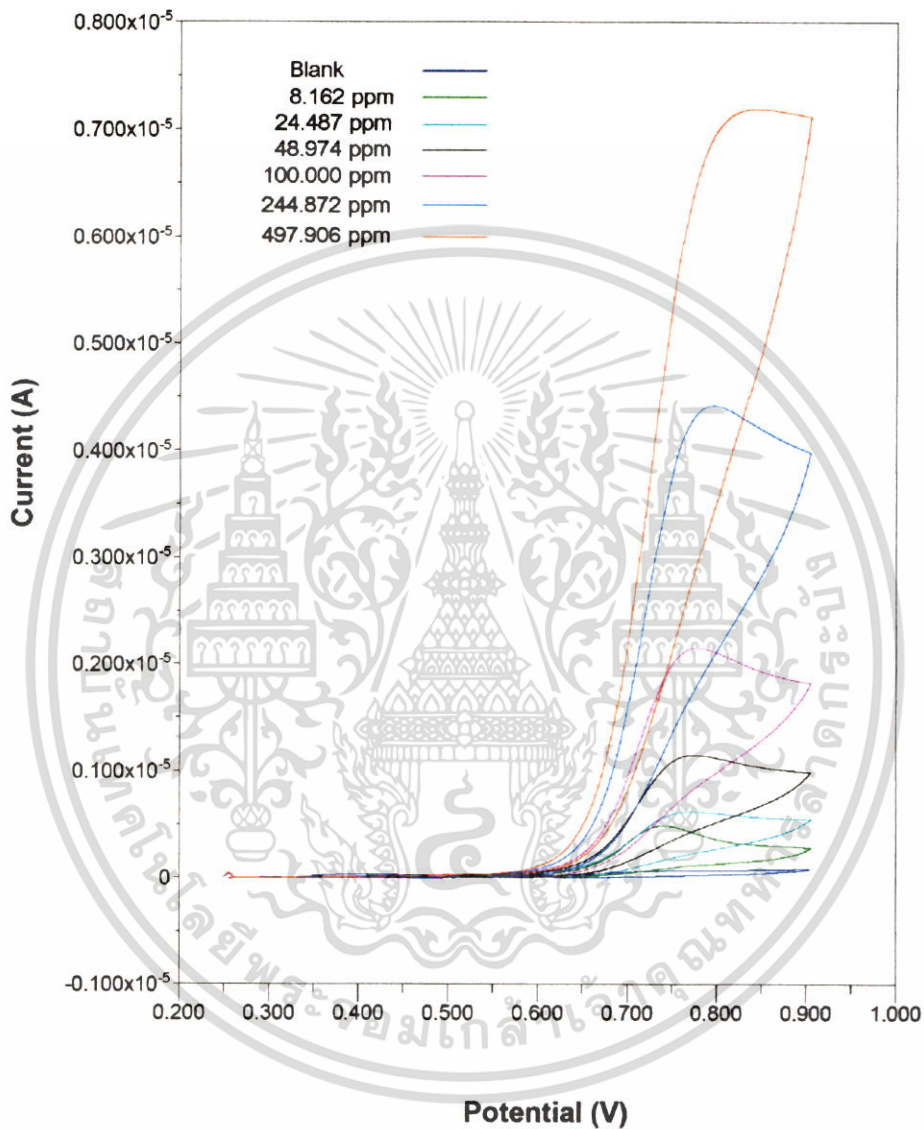
Scan rate (mV/s)	ศักย์ไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (μ A)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μ A)
10	1.059	1.074 \pm 0.021	34.760	31.990 \pm 3.924
	1.089		29.210	
25	1.113	1.113 \pm 0.000	57.660	57.540 \pm 0.170
	1.113		57.420	
50	1.123	1.123 \pm 0.000	99.240	99.770 \pm 0.750
	1.123		100.300	
100	1.162	1.162 \pm 0.000	164.300	162.950 \pm 1.910
	1.162		161.600	
250	1.177	1.177 \pm 0.000	253.900	253.650 \pm 0.354
	1.177		253.400	
500	1.191	1.191 \pm 0.000	348.100	352.900 \pm 6.788
	1.191		357.700	
750	1.235	1.235 \pm 0.000	451.700	439.650 \pm 17.041
	1.235		427.600	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1 ไชคลิกโวลเทมโมแกรม และข้อมูลของไชคลิกโวลเทมโมแกรมของคิตโคนาไซลควม เข้มข้นต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัพเฟอร 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และขั้วกลาสสิคาร์บอน



รูปที่ จ.1 ไชคลิกโวลเทมโมแกรมของคิตโคนาไซลควม เข้มข้นต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัพเฟอร 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

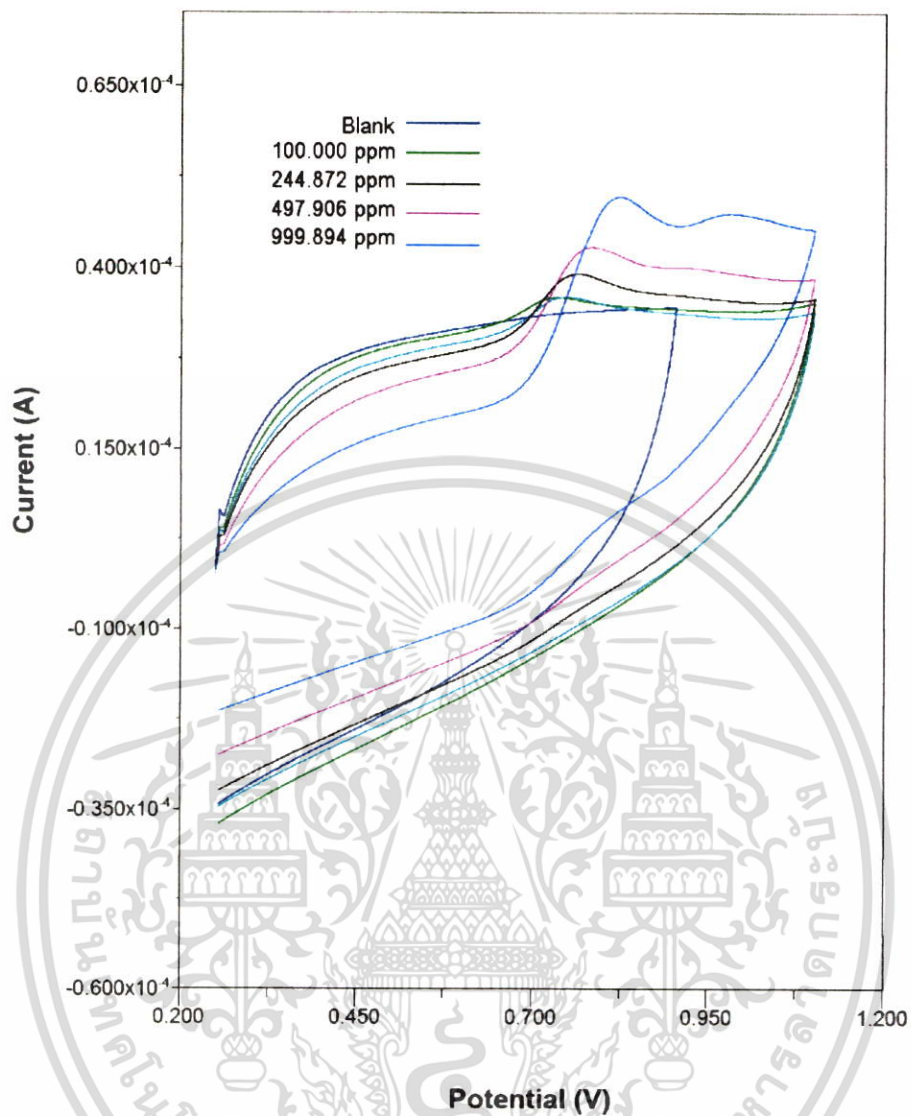
ตารางที่ จ.1 ข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้นต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

ความเข้มข้น (ppm)	กระแสไฟฟ้า (μA)					ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μA)
	1	2	3	4	5	
8.162	0.435	0.476	0.452	0.445	0.439	0.450 ± 0.016
24.487	0.588	0.582	0.586	0.596	0.577	0.586 ± 0.007
48.974	1.104	1.092	1.031	1.050	1.106	1.077 ± 0.034
100.000	2.066	2.072	2.045	2.044	2.089	2.063 ± 0.019
244.872	4.285	4.287	4.344	4.312	4.361	4.318 ± 0.034
497.906	7.154	7.146	7.198	7.140	7.137	7.155 ± 0.025

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้นต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

ความเข้มข้น (ppm)	ศักย์ไฟฟ้า(V)					ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)
	1	2	3	4	5	
8.162	0.744	0.738	0.738	0.738	0.738	0.739 ± 0.003
24.487	0.774	0.768	0.768	0.762	0.774	0.769 ± 0.005
48.974	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774 ± 0.000
100.000	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780 ± 0.000
244.872	0.791	0.791	0.791	0.791	0.797	0.792 ± 0.003
497.906	0.893	0.851	0.845	0.851	0.845	0.857 ± 0.020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.๒ ไชคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน

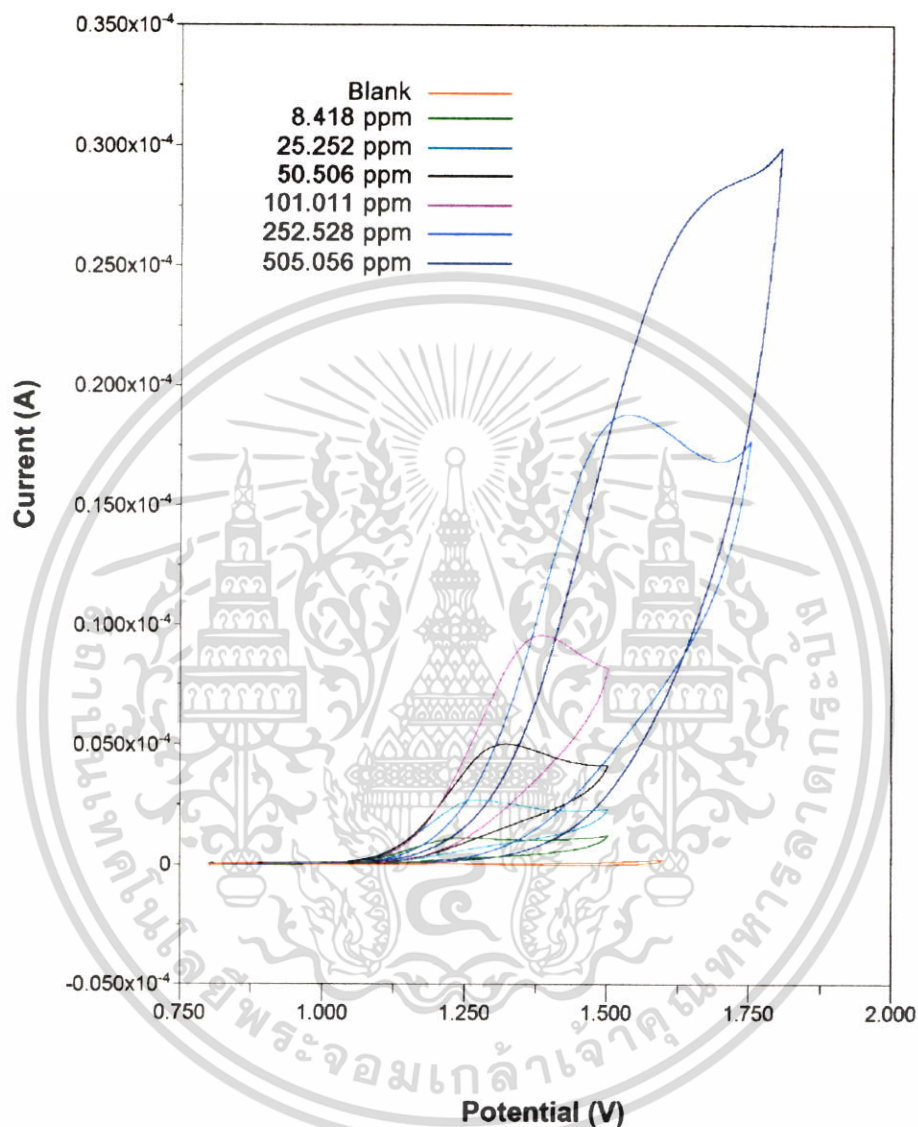
ความเข้มข้น (ppm)	กระแสไฟฟ้า (μA)					ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μA)
	1	2	3	4	5	
100.000	3.577	3.601	3.482	3.418	3.565	3.529 \pm 0.076
244.872	7.418	7.697	7.919	7.466	7.476	7.595 \pm 0.211
497.906	11.600	12.520	11.790	12.610	12.460	12.196 \pm 0.465
999.894	23.250	23.400	23.550	24.100	24.640	23.788 \pm 0.574

ตารางที่ จ.4 ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น ต่าง ๆ ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน

ความเข้มข้น (ppm)	ศักย์ไฟฟ้า (V)					ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)
	1	2	3	4	5	
100.000	0.738	0.744	0.744	0.744	0.738	0.742 \pm 0.003
244.872	0.756	0.750	0.750	0.756	0.756	0.754 \pm 0.003
497.906	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780	0.780 \pm 0.000
999.894	0.815	0.818	0.821	0.821	0.815	0.818 \pm 0.003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.2 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรม และข้อมูลของไชคคลิกโวลเทมโมแกรมของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น ต่าง ๆ ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และขั้วกลาสสิคาร์บอน



รูปที่ จ.3 ไชคคลิกโวลเทมโมแกรมของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-500 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

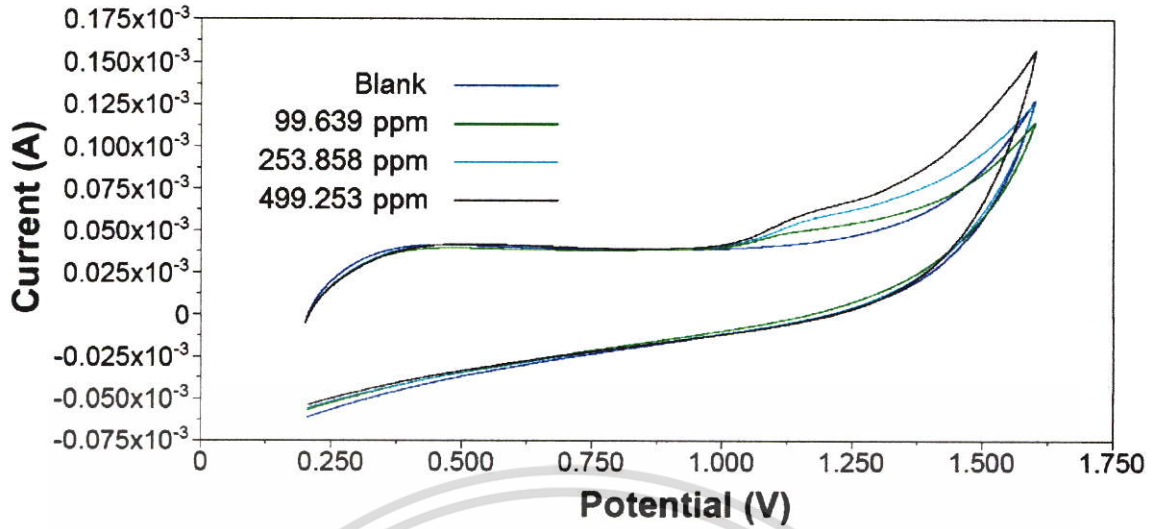
ตารางที่ จ.5 ข้อมูลกระแสไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของเซ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์
ความเข้มข้น 10-500 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s
ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

ความเข้มข้น (ppm)	กระแสไฟฟ้า (μA)					ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (μA)
	1	2	3	4	5	
8.418	1.010	0.997	1.021	1.021	1.007	1.011 ± 0.010
25.252	2.575	2.568	2.516	2.604	2.535	2.560 ± 0.035
50.506	4.934	4.863	4.825	4.919	4.853	4.879 ± 0.046
101.011	9.264	9.414	9.344	9.464	9.499	9.397 ± 0.094
252.528	18.480	9.120	18.770	18.690	18.420	18.696 ± 0.278
505.056	29.120	29.000	29.200	28.400	29.000	28.944 ± 0.316

ตารางที่ จ.6 ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากไซคลิกโวลเทมโมแกรมของเซ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์
ความเข้มข้น 10-500 ppm ในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s
ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน

ความเข้มข้น (ppm)	ศักย์ไฟฟ้า(V)					ค่าเฉลี่ยศักย์ไฟฟ้า (V)
	1	2	3	4	5	
8.418	1.246	1.246	1.246	1.246	1.246	1.246 ± 0.000
25.252	1.264	1.270	1.270	1.276	1.276	1.271 ± 0.005
50.506	1.300	1.312	1.318	1.324	1.324	1.316 ± 0.010
101.011	1.365	1.377	1.377	1.383	1.383	1.377 ± 0.007
252.528	1.568	1.508	1.532	1.538	1.544	1.538 ± 0.022
505.056	1.693	1.696	1.692	1.695	1.692	1.694 ± 0.002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



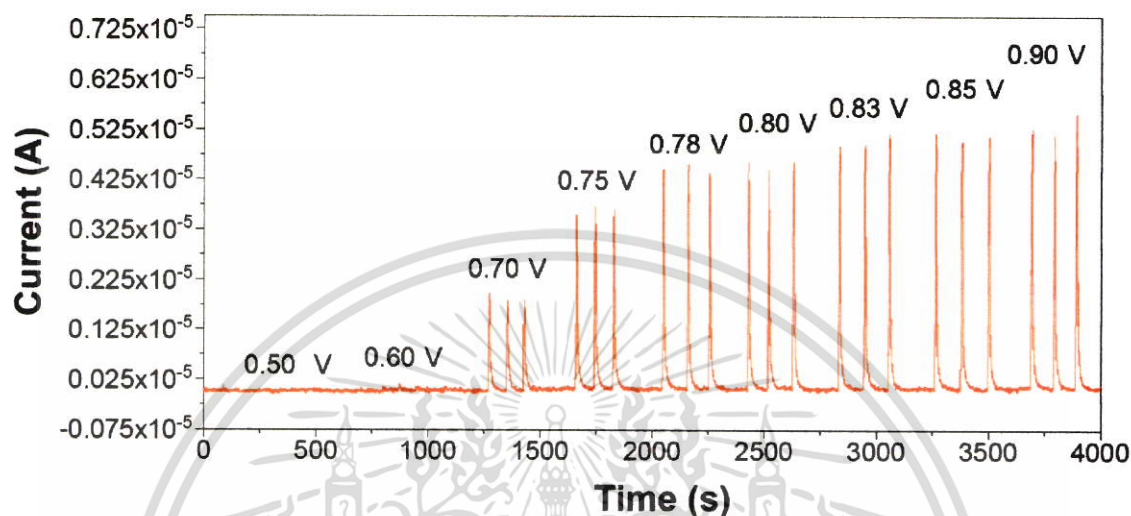
รูปที่ ๔.๔ ไซคลิกโวลเทมโมแกรมของเอินโรฟลอกซาซีน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100-500 ppm ใน ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 และ scan rate 50 mV/s ที่ขั้วไฟฟ้าทำงานกลาสคาร์บอน





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.1 สัญญาณ และข้อมูลการตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วย
 ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอนและข้อมูลของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น
 100 ppm ศักย์ไฟฟ้า 0.5-0.9 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสาร
 ละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % pH 7.5 ที่ 1 mL/min



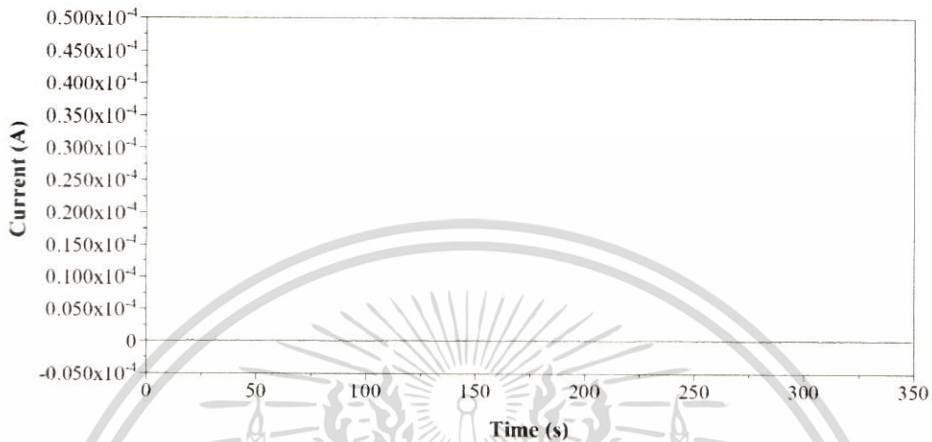
รูปที่ ช.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์ม
 เพชรบางเฉียบโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.50-0.90 V
 ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟต
 บัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % pH 7.5 ที่ 1 mL/min

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคิโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.50-0.90 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % pH 7.5 ที่ 1 mL/min

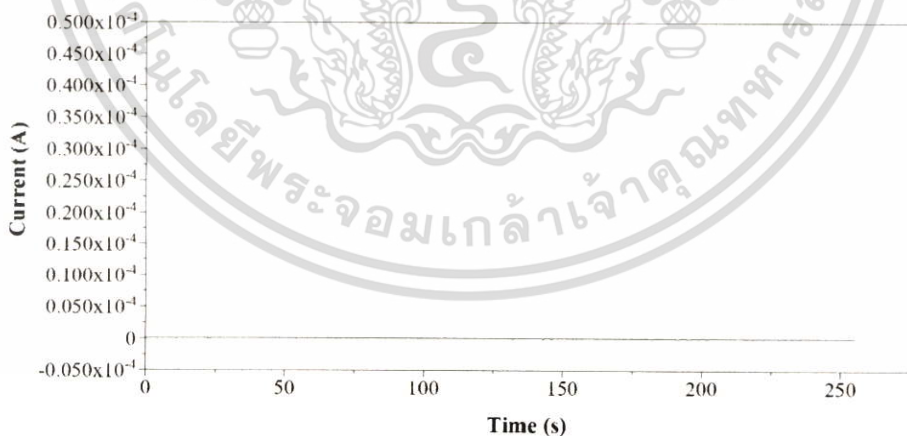
ศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	กระแสพื้น (10^{-6}A)	(S-B)	((S-B)/B) ratios	ค่าเฉลี่ย ((S-B)/B) ratios
0.50	0.044	0.044 ± 0.001	0.043	0.001	0.023	0.013
	0.042			0.001	-0.016	
	0.044			0.001	0.033	
0.60	0.120	0.106 ± 0.012	0.062	0.058	0.935	0.710
	0.098			0.036	0.581	
	0.100			0.038	0.613	
0.70	2.010	1.917 ± 0.081	0.077	1.933	25.104	23.892
	1.860			1.783	23.156	
	1.880			1.803	23.416	
0.75	3.570	3.650 ± 0.072	0.08	3.490	43.625	44.625
	3.710			3.630	45.375	
	3.670			3.590	44.875	
0.78	4.440	4.443 ± 0.055	0.097	4.343	44.773	44.808
	4.500			4.403	45.392	
	4.390			4.293	44.258	
0.80	4.610	4.570 ± 0.069	0.1	4.510	45.100	44.700
	4.490			4.390	43.900	
	4.610			4.510	45.100	
0.83	4.950	5.020 ± 0.121	0.121	4.829	39.909	40.488
	4.950			4.829	39.909	
	5.160			5.039	41.645	
0.85	5.180	5.130 ± 0.050	0.133	5.047	37.947	37.571
	5.080			4.947	37.195	
	5.130			4.997	37.571	
0.90	5.240	5.323 ± 0.227	0.155	5.085	32.806	33.677
	5.150			4.995	32.226	
	5.580			5.580	36.000	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.2 สัญญาณ และข้อมูลการตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.80-1.50 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราการไหลของการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

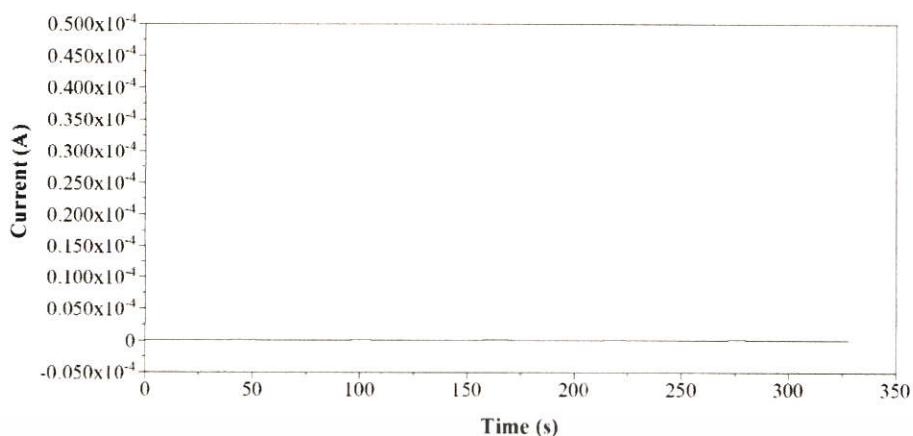


รูปที่ ช.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.80 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราการไหลของการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min



รูปที่ ช.3 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.90 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราการไหลของการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

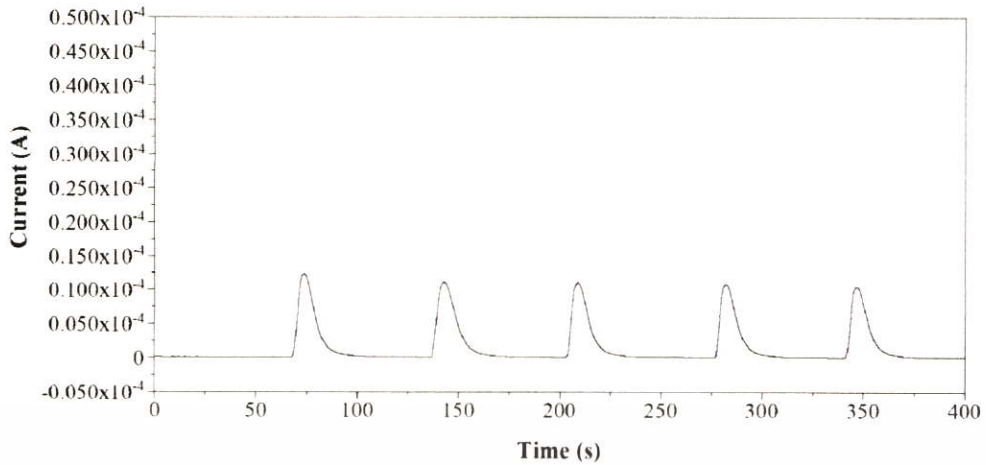
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



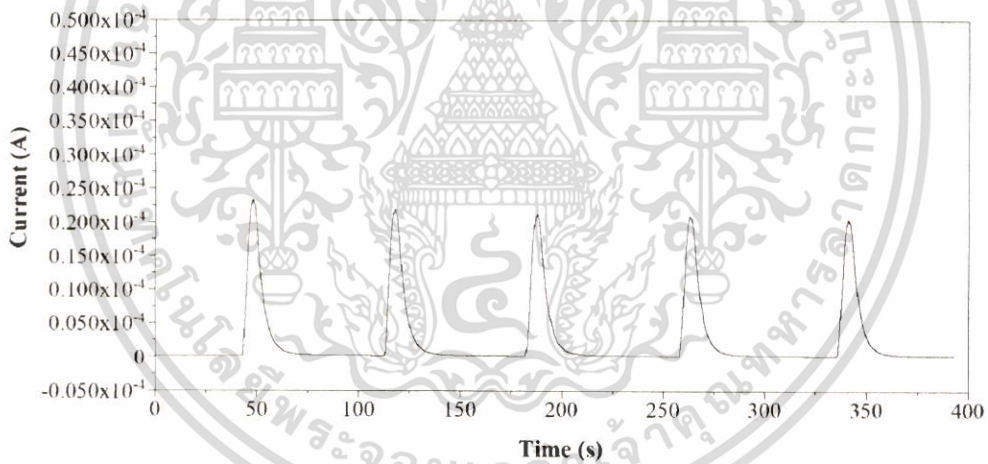
รูปที่ ๔.4 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.00 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min



รูปที่ ๔.5 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.10 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

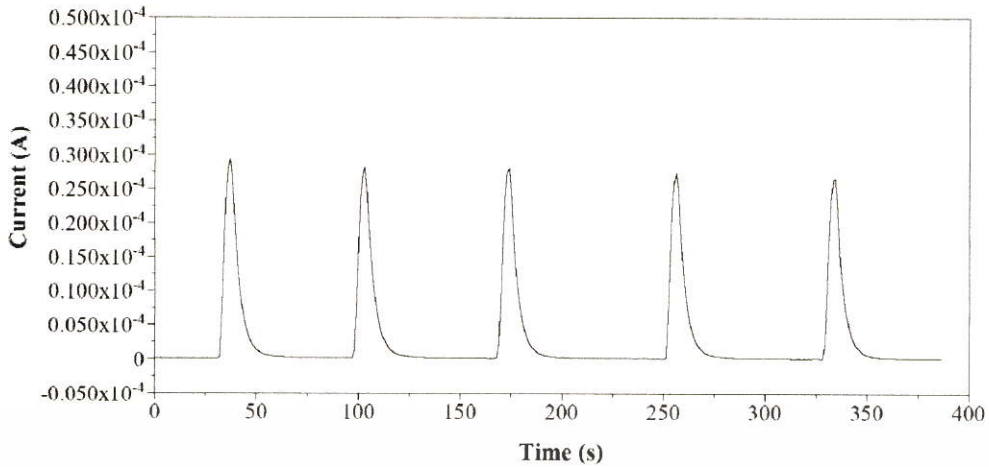


รูปที่ ๖.6 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.20 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

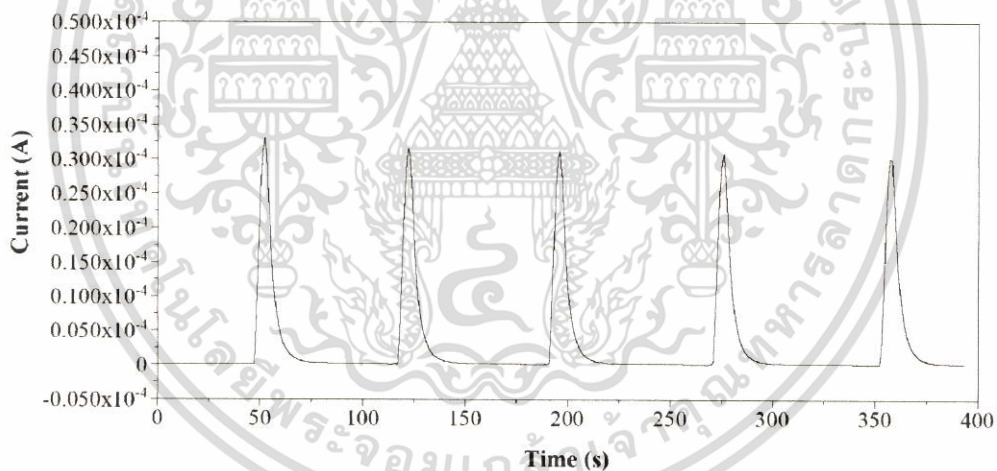


รูปที่ ๖.7 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.25 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

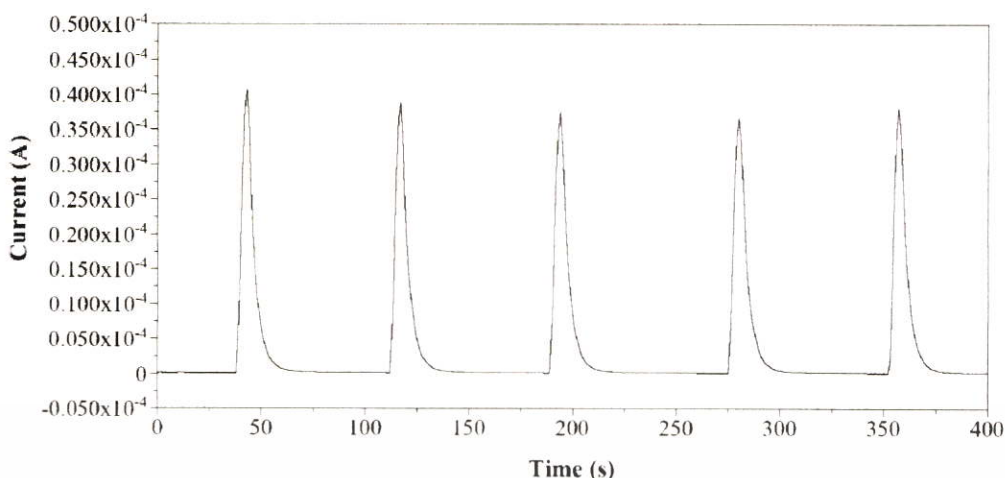


รูปที่ ๗.8 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.28 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

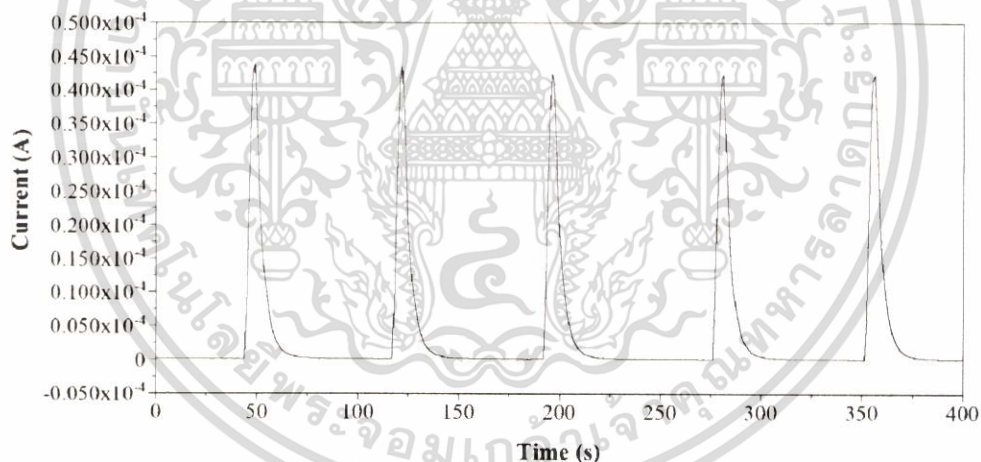


รูปที่ ๗.9 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

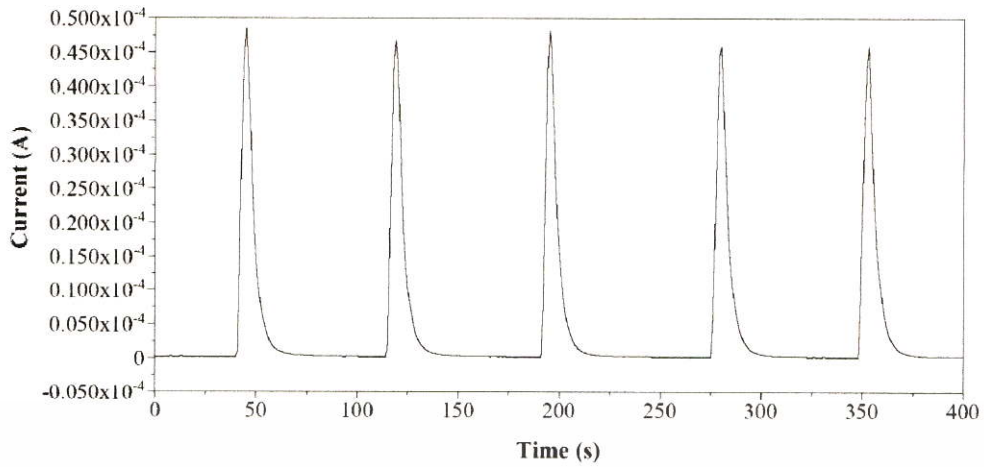


รูปที่ ข.10 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.35 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min



รูปที่ ข.11 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.40 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.12 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.50 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1 mL/min



ตารางที่ ข.2 ข้อมูลจากสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วย
 ขั้วไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-
 ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.80-1.50 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50
 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1
 mL/min

ศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)	กระแสพื้น (10^{-6}A)	(S-B)	((S-B)/B) ratios	ค่าเฉลี่ย ((S-B)/B) ratios
0.80	0.041	0.039 ± 0.002	0.021	0.020	0.969	0.864
	0.038			0.017	0.830	
	0.036			0.015	0.693	
	0.042			0.021	0.978	
	0.039			0.018	0.848	
0.90	0.038	0.045 ± 0.004	0.022	0.017	0.765	1.081
	0.044			0.023	1.043	
	0.047			0.026	1.202	
	0.046			0.025	1.150	
	0.048			0.027	1.244	
1.00	0.124	0.122 ± 0.003	0.023	0.103	4.478	4.370
	0.124			0.103	4.474	
	0.122			0.101	4.374	
	0.120			0.099	4.296	
	0.118			0.097	4.226	
1.10	1.517	1.469 ± 0.033	0.025	1.496	59.840	57.912
	1.482			1.461	58.440	
	1.464			1.443	57.720	
	1.451			1.430	57.200	
	1.430			1.409	56.360	
1.20	12.250	11.132 ± 0.671	0.028	12.229	436.750	396.821
	11.070			11.049	394.607	
	11.050			11.029	393.893	
	10.830			10.809	386.036	
	10.460			10.439	372.821	
1.25	23.260	21.484 ± 1.129	0.03	23.239	774.633	715.433
	21.820			21.799	726.633	
	21.160			21.139	704.633	
	20.840			20.819	693.967	
	20.340			20.319	677.300	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 (ต่อ)

ศักย์ไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6} A)	ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6} A)	กระแสพื้น (10^{-6} A)	(S-B)	((S-B)/B) ratios	ค่าเฉลี่ย ((S-B)/B) ratios
1.28	29.300	27.772 ± 1.041	0.032	29.279	914.969	867.219
	27.980			27.959	873.719	
	27.860			27.839	869.969	
	27.240			27.219	850.594	
	26.480			26.459	826.844	
1.30	32.900	31.282 ± 1.070	0.035	32.879	939.400	893.171
	31.540			31.519	900.543	
	31.200			31.179	890.829	
	30.760			30.739	878.257	
	30.010			29.989	856.829	
1.35	40.620	38.248 ± 1.549	0.045	40.599	902.200	849.489
	38.810			38.789	861.978	
	37.320			37.299	828.867	
	36.620			36.599	813.311	
	37.870			37.849	841.089	
1.40	43.680	42.784 ± 0.747	0.052	43.659	839.596	822.365
	43.510			43.489	836.327	
	42.340			42.319	813.827	
	42.270			42.249	812.481	
	42.120			42.099	809.596	
1.50	48.310	46.890 ± 1.229	0.059	48.289	818.458	794.390
	46.520			46.499	788.119	
	48.070			48.049	814.390	
	45.710			45.689	774.390	
	45.840			45.819	776.593	

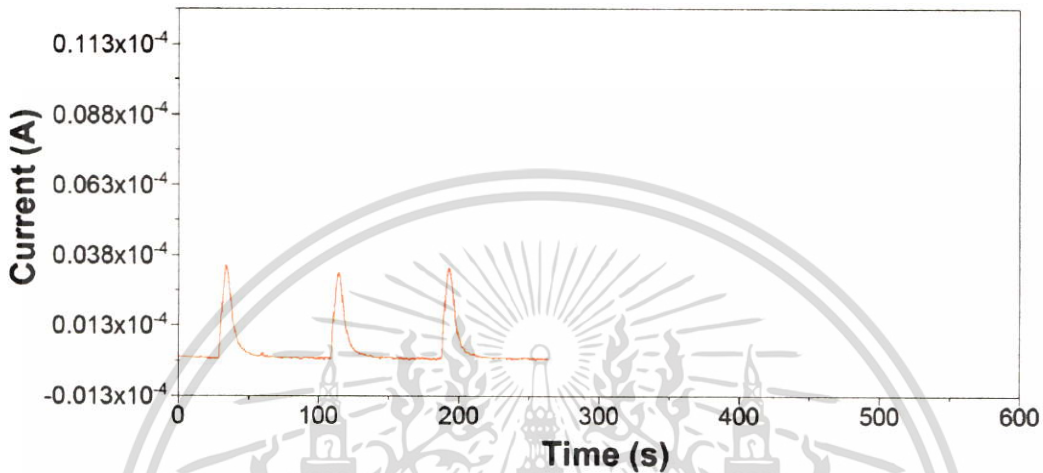
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



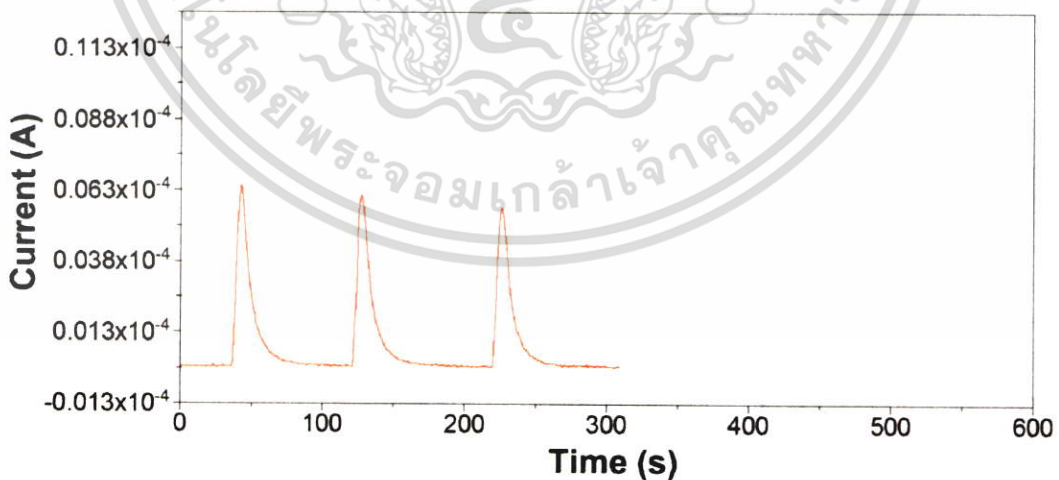
ภาคผนวก ข
**การศึกษาปริมาตรสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ฉีดเข้าในระบบฉีด
 ไหลต่อเนื่อง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50-500 μL และอัตราไหลเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

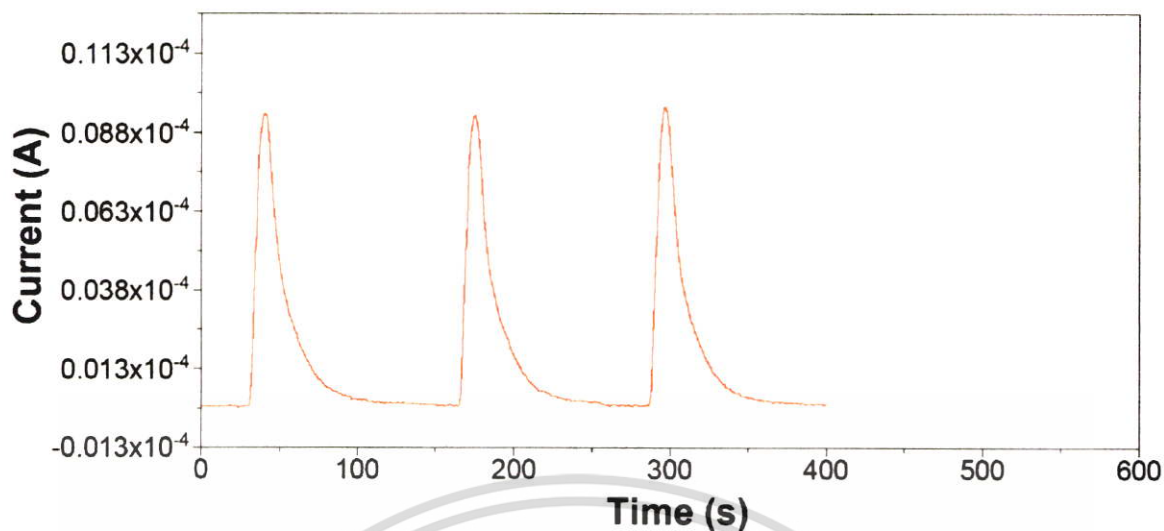


รูปที่ ช.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

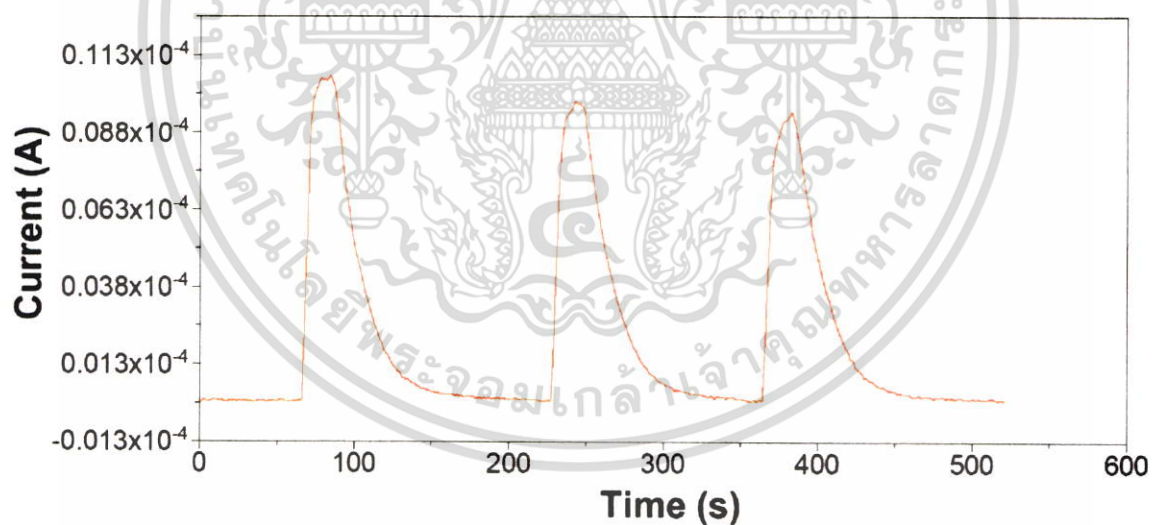


รูปที่ ช.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ใน ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 100 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๓.3 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ใน ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 250 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min



รูปที่ ๓.4 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ใน ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 500 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

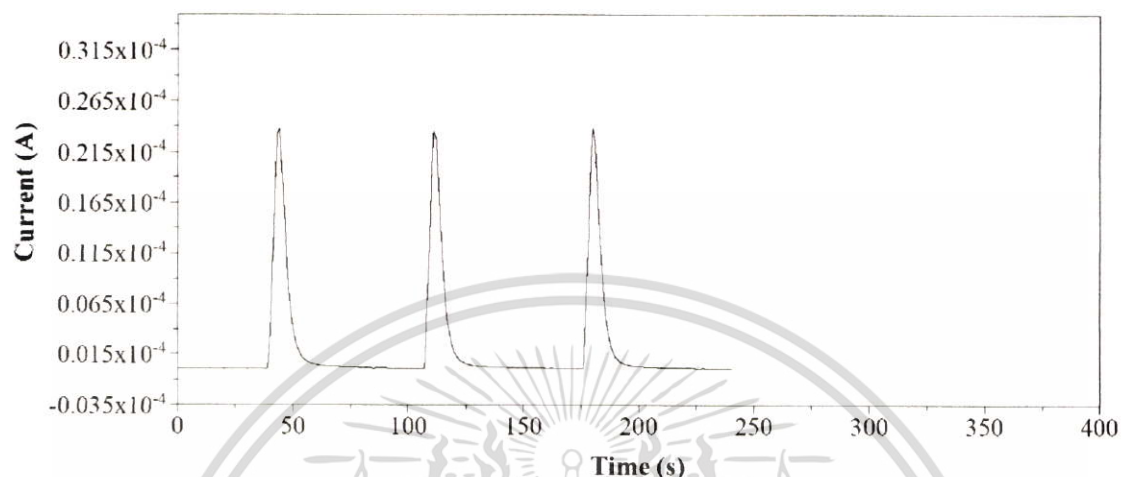
ตารางที่ ซ.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 100 ppm ศักย์ไฟฟ้า 0.65 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50-500 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

ปริมาตรสารตัวอย่าง (μL)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
	1	2	3	
50	3.316	3.079	3.275	3.223 ± 0.127
100	6.357	5.969	5.540	5.955 ± 0.409
250	9.300	9.216	9.494	9.337 ± 0.143
500	10.510	9.694	9.377	9.860 ± 0.585

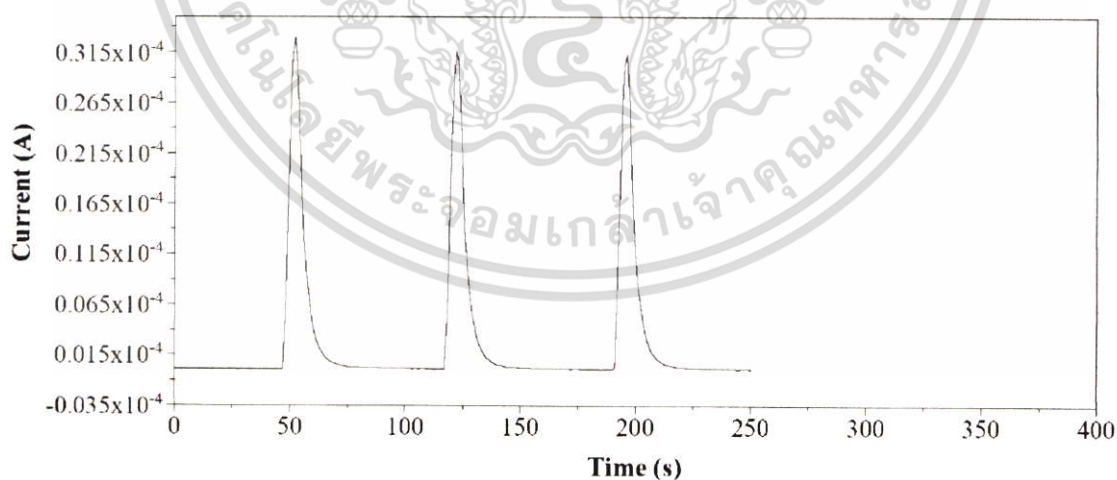


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 100-1000 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

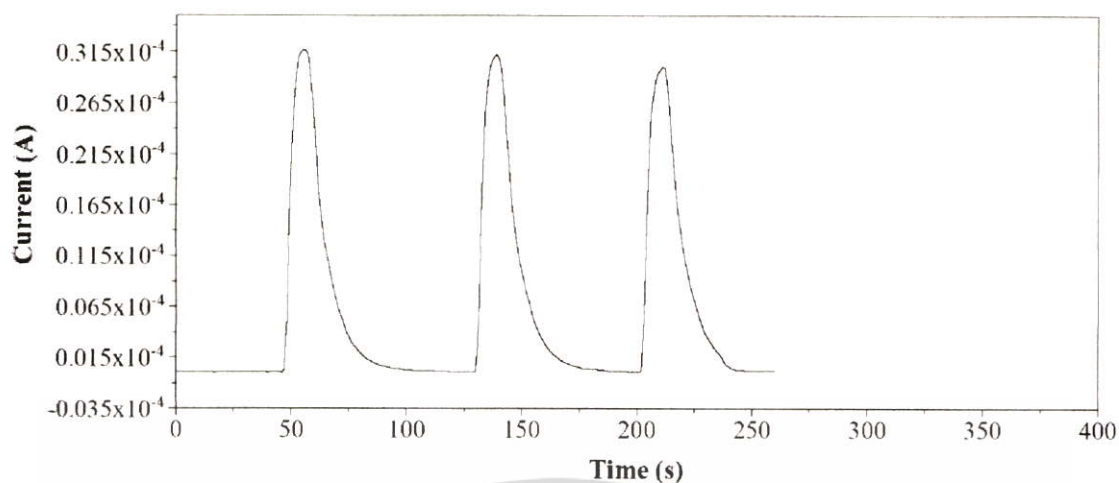


รูปที่ ช.5 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

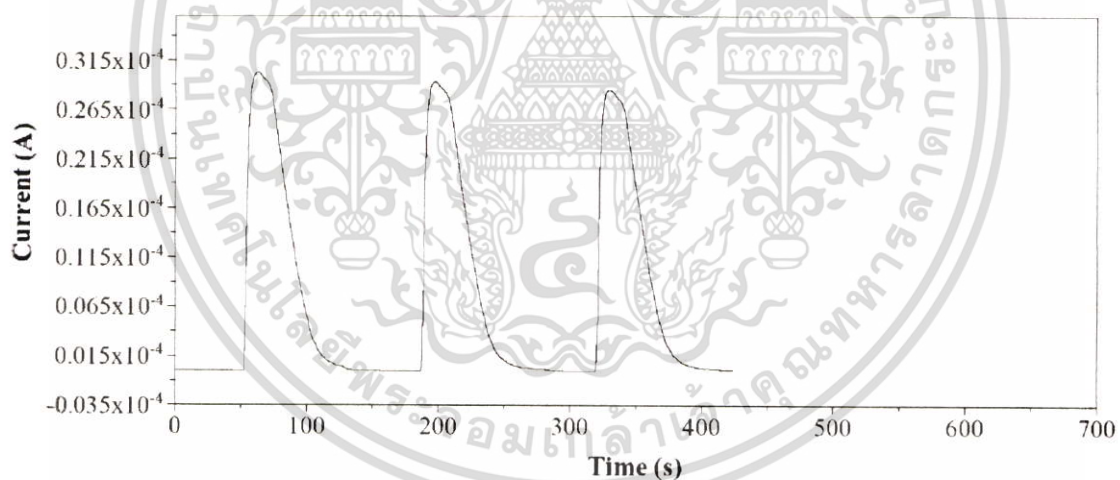


รูปที่ ช.6 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 100 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๗.7 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 250 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min



รูปที่ ๗.8 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรีคในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 500 μL และอัตราเร็วในการไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ซ.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมตริกในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50-500 μL และอัตราเร็วในการไหลของ สารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

ปริมาตรสารตัวอย่าง (μL)	กระแสไฟฟ้า(10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
	1	2	3	
50	23.680	23.400	23.630	23.570 ± 0.149
100	31.520	31.210	30.760	31.163 ± 0.382
250	31.610	31.150	29.940	30.900 ± 0.863
500	30.230	29.330	28.450	29.337 ± 0.890



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฅ
การศึกษาผลของอัตราเร็วในการไหลที่เหมาะสมของ
สารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฅ.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคิตโคนาโซลความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และ อัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 1.00 mL/min

อัตราเร็วในการไหล (mL/min)	กระแสไฟฟ้า (10^6A)			ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^6A)
	1	2	3	
0.50	3.799	3.980	3.851	3.877 ± 0.093
0.75	4.316	4.573	4.335	4.408 ± 0.143
1.00	4.683	4.593	4.426	4.567 ± 0.130
1.25	3.932	4.141	3.835	3.969 ± 0.156
1.50	4.198	4.132	3.887	4.072 ± 0.164
1.75	4.385	4.115	4.183	4.228 ± 0.140
2.00	4.330	4.020	4.400	4.250 ± 0.202

ตารางที่ ฅ.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 100 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

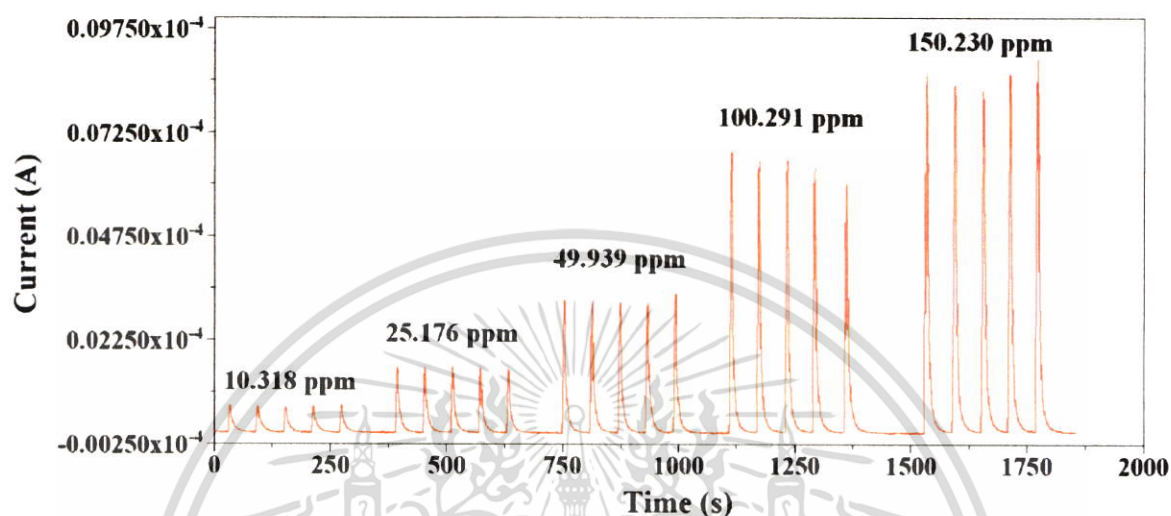
อัตราเร็วในการไหล (mL/min)	กระแสไฟฟ้า (10^6A)			ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^6A)
	1	2	3	
0.50	23.120,	22.100,	21.800	22.340 ± 0.692
0.75	24.320,	23.890,	24.230	24.147 ± 0.227
1.00	25.110,	25.140,	24.750	25.000 ± 0.217
1.25	25.240,	25.470,	25.230	25.313 ± 0.136
1.50	25.100,	25.500,	25.800	25.467 ± 0.351
1.75	26.200,	25.500,	26.000	25.900 ± 0.361
2.00	26.300,	26.200,	25.300	25.933 ± 0.551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญ.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min



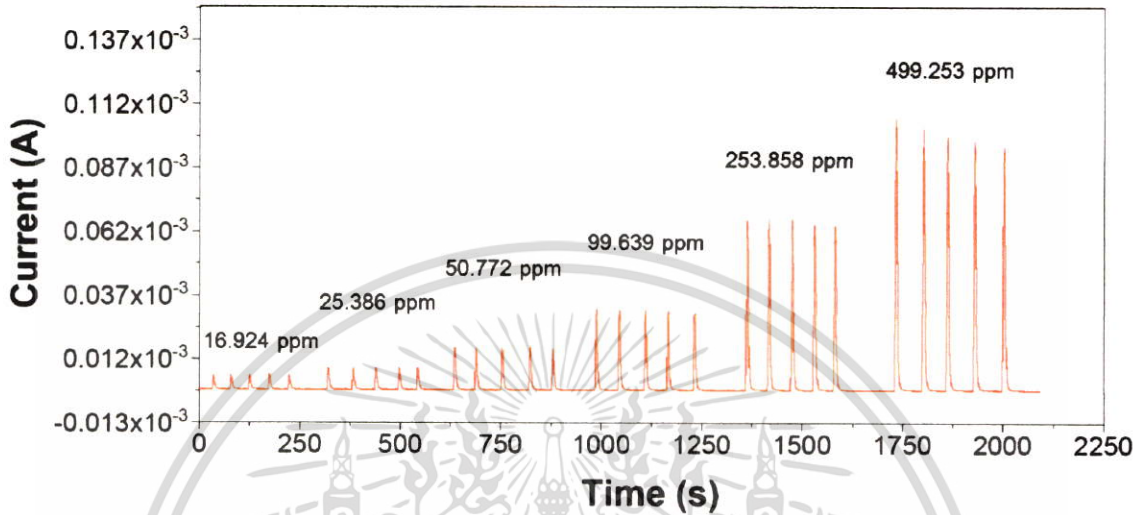
รูปที่ ญ.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

ตารางที่ ญ.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของคีโตโคนาโซลความเข้มข้น 10-150 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

ความเข้มข้น (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)					ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
	1	2	3	4	5	
10.318	0.675	0.645	0.617	0.784	0.665	0.781 ± 0.022
25.176	1.578	1.600	1.590	1.588	1.562	1.583 ± 0.014
49.939	3.202	3.183	3.154	3.141	3.359	3.208 ± 0.088
100.291	6.766	6.525	6.564	6.379	5.991	5.931 ± 0.289
150.230	8.593	8.389	8.245	8.644	8.910	8.556 ± 0.254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญ.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-500 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min



รูปที่ ญ.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.51.00 mL/min

ตารางที่ ญ.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ความเข้มข้น 10-1000 ppm ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μ L และอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

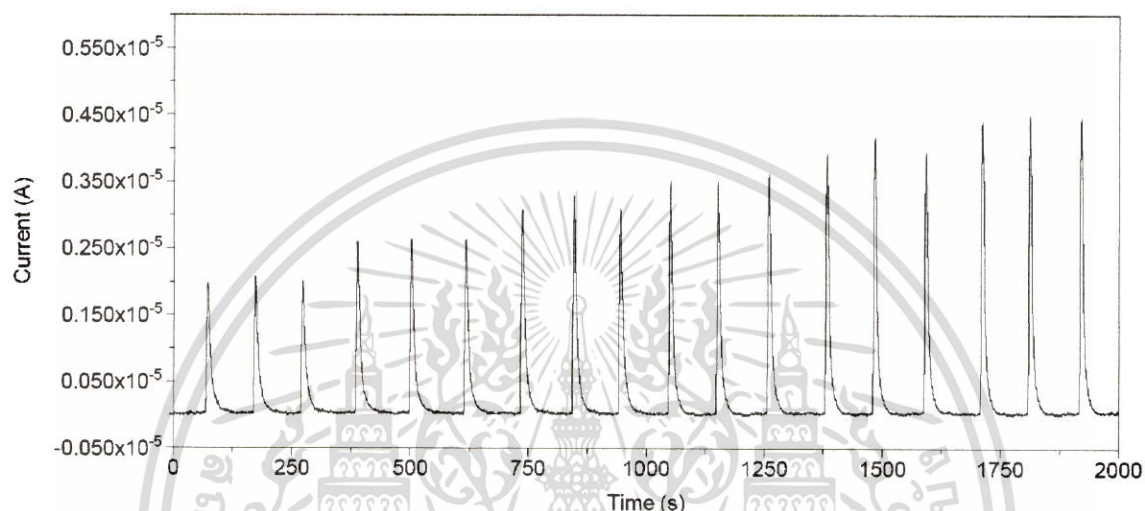
ความเข้มข้น (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6} A)					ค่าเฉลี่ยกระแสไฟฟ้า (10^{-6} A)
	1	2	3	4	5	
16.924	5.398	5.607	5.781	5.931	5.914	5.726 ± 0.225
25.386	8.492	8.466	8.483	8.585	8.630	8.531 ± 0.072
50.772	16.530	16.750	16.870	16.900	16.400	16.690 ± 0.218
99.639	31.720	31.420	31.480	31.070	30.210	31.180 ± 0.590
253.858	66.510	67.060	67.380	64.910	64.540	66.080 ± 1.282

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฎ.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลการหาความเข้มข้นในเม็ดยาแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ intra-day และ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

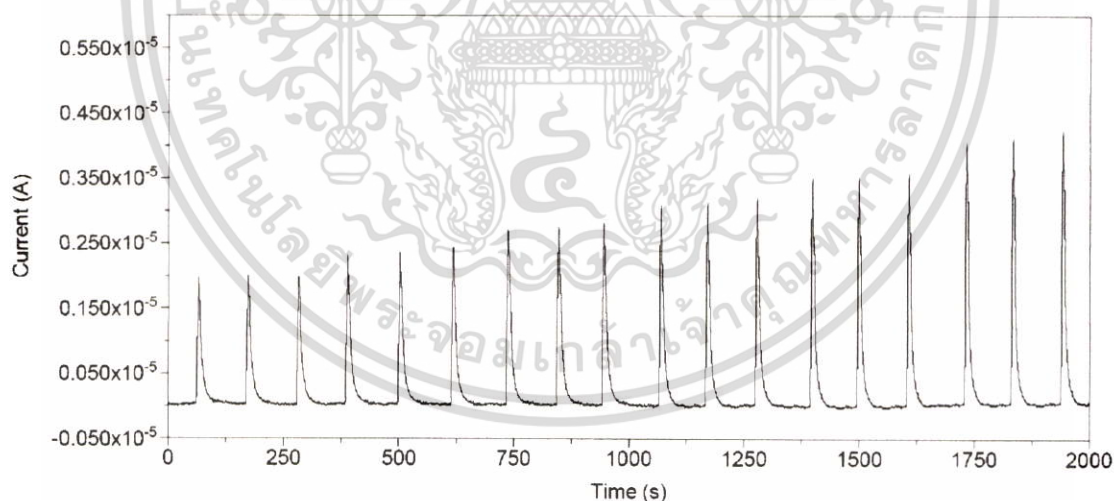


รูปที่ ฎ.1 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นในเม็ดยาแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฎ.1 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอนของการหาความเข้มข้นในเม็ดยาแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min

เติมสารละลาย มาตรฐาน KE ความเข้มข้น 2086.9 ppm (mL)	ความเข้มข้น ที่เติม (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
		1	2	3	
0	0	2.265	2.275	2.264	2.268 ± 0.006
0.10	8.3	2.715	2.716	2.714	2.715 ± 0.001
0.20	16.6	3.160	3.168	3.161	3.163 ± 0.004
0.30	25.0	3.621	3.620	3.630	3.624 ± 0.006
0.40	33.3	4.075	4.101	4.070	4.082 ± 0.017
0.50	41.7	4.520	4.525	4.523	4.523 ± 0.003



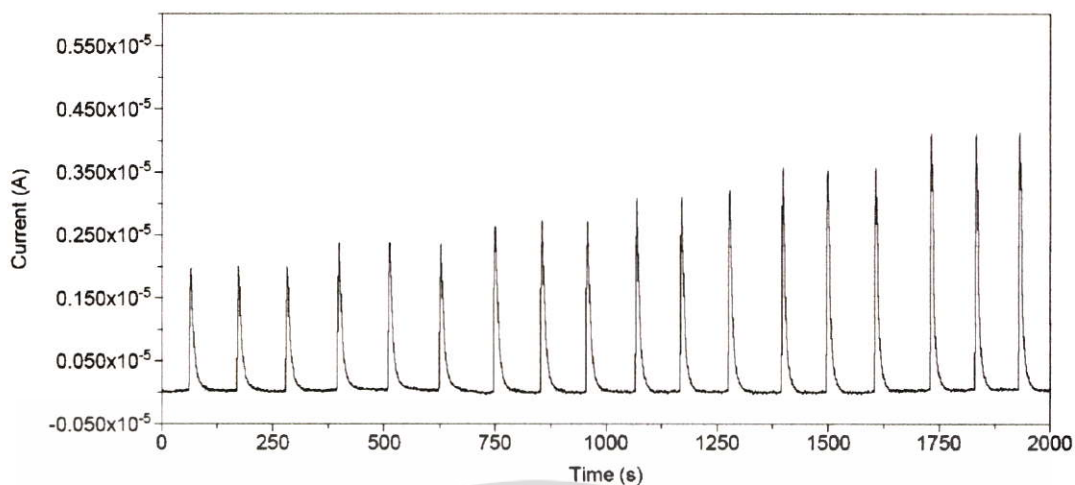
รูปที่ ฎ.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗.2 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโบราณของการหาความเข้มข้นในเม็ดยาแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคิโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ใน การศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์

เติมสารละลาย มาตรฐาน KE ความเข้มข้น 2086.9 ppm (mL)	ความเข้มข้นที่เติม (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
		1	2	3	
0	0	2.004	2.010	2.008	2.007 ± 0.003
0.10	8.3	2.406	2.408	2.415	2.410 ± 0.005
0.20	16.6	2.817	2.816	2.821	2.818 ± 0.003
0.30	25.0	3.204	3.216	3.245	3.222 ± 0.021
0.40	33.3	3.602	3.598	3.591	3.597 ± 0.006
0.50	41.7	4.052	4.089	4.100	4.080 ± 0.025

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



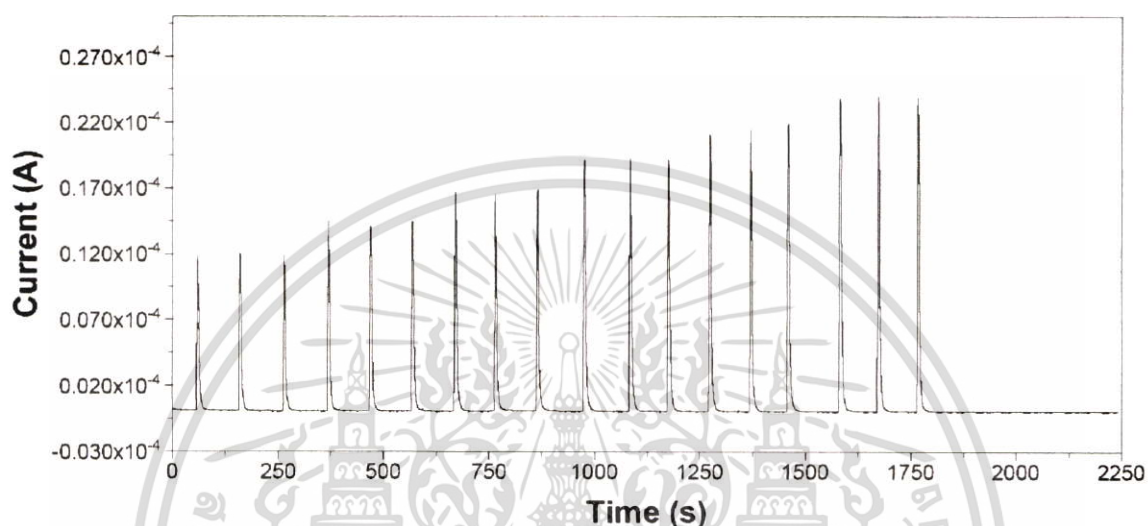
รูปที่ ๓.๓ สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโพรตอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยา ในระหว่างการวิเคราะห์

ตารางที่ ๓.๓ ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเฉียบโพรตอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายคีโตโคนาโซลตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.78 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M ในเมทานอล 20 % (v/v) pH 7.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์

เติมสารละลาย มาตรฐาน KE ความเข้มข้น 2006.5 ppm (mL)	ความเข้มข้นที่เติม (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
		1	2	3	
0	0	2.223	2.245	2.212	2.227 ± 0.017
0.10	8.139	2.675	2.653	2.645	2.658 ± 0.016
0.20	16.278	3.090	3.140	3.131	3.120 ± 0.027
0.30	24.418	3.551	3.499	3.581	3.544 ± 0.041
0.40	32.557	4.052	4.011	4.034	4.032 ± 0.021
0.50	40.696	4.501	4.479	4.495	4.492 ± 0.011

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฎ.2 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอน และข้อมูลการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ intra-day และ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

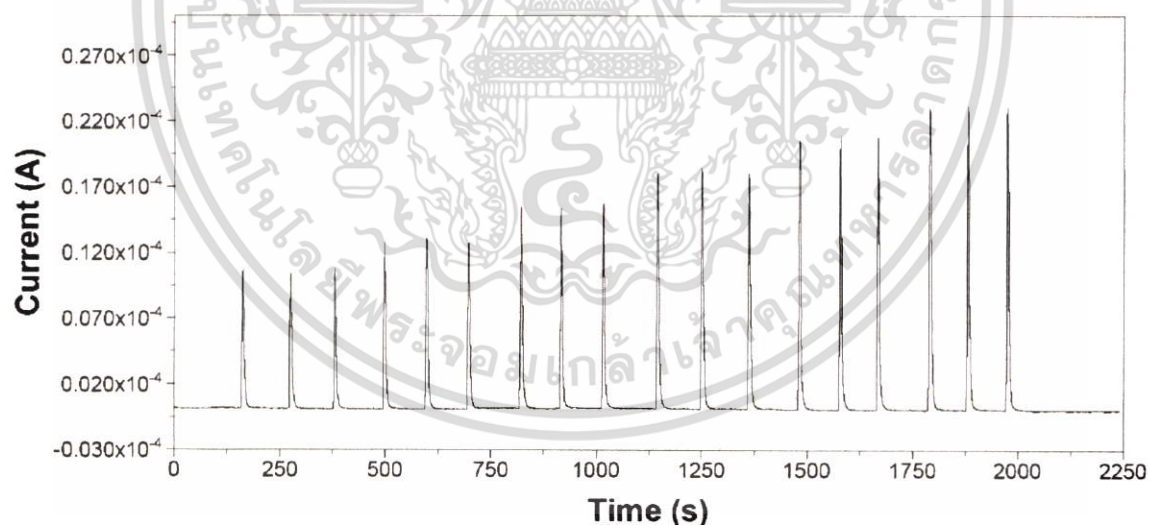


รูปที่ ฎ.4 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยหัวไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓.๔ ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ intra-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min

เติมสารละลาย มาตรฐาน EN-HCl ความเข้มข้น 2016.4 ppm (mL)	ความเข้มข้น ที่เติม (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
		1	2	3	
0	0	11.880	11.945	11.889	11.905 ± 0.035
0.10	8.0	14.245	14.012	14.256	14.171 ± 0.138
0.20	16.1	16.635	16.542	16.632	16.603 ± 0.053
0.30	24.1	19.108	19.102	19.101	19.104 ± 0.004
0.40	32.2	21.325	21.388	21.401	21.371 ± 0.041
0.50	40.3	23.761	23.765	23.759	23.762 ± 0.003

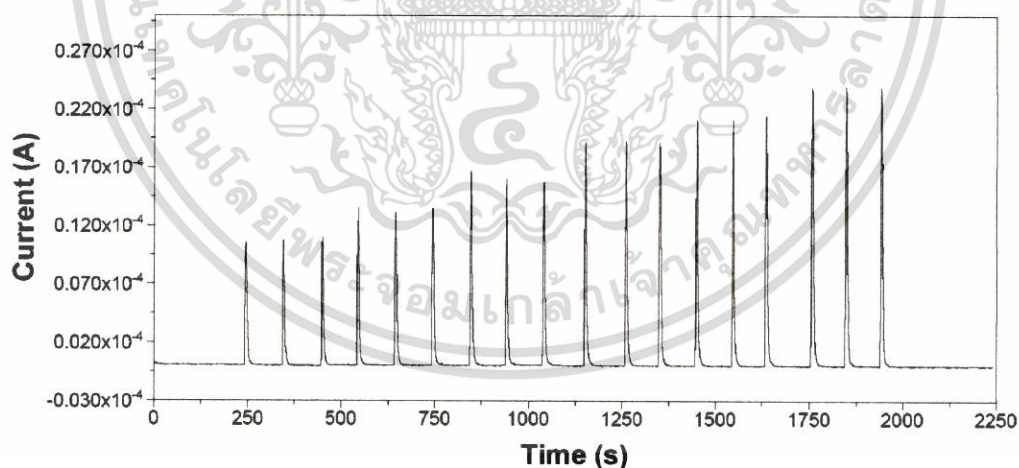


รูปที่ ๓.๕ สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗.5 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของการสลายตัวของยาในระหว่างการวิเคราะห์

เติมสารละลาย มาตรฐาน EN-HCl ความเข้มข้น 2016.4 ppm (mL)	ความเข้มข้น ที่เติม (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
		1	2	3	
0	0	11.101	11.058	11.103	11.087 ± 0.025
0.10	8.0	13.200	13.235	13.194	13.210 ± 0.022
0.20	16.1	15.550	15.529	15.558	15.546 ± 0.015
0.30	24.1	17.780	17.785	17.776	17.780 ± 0.005
0.40	32.2	19.980	19.995	19.991	19.989 ± 0.008
0.50	40.3	22.256	22.257	22.253	22.255 ± 0.002



รูปที่ ๗.6 สัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้าทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของสารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๖.6 ข้อมูลสัญญาณตรวจวัดโดยเทคนิคแอมเพอร์เมทรีในระบบฉีดไหลต่อเนื่องด้วยปั๊มไฟฟ้า ทำงานฟิล์มเพชรบางเจือโบรอนของการหาความเข้มข้นแบบการเติมสารมาตรฐานของ สารละลายเอ็นโรฟลอกซาซิน-ไฮโดรคลอไรด์ตัวอย่างแบบ inter-day ที่ศักย์ไฟฟ้า 1.30 V ปริมาตรสารตัวอย่าง 50 μL และอัตราไหลอัตราไหลของสารละลายเคลื่อนที่ฟอสเฟต บัฟเฟอร์ 0.1 M pH 5.5 ที่ 1.00 mL/min แบบ inter-day ในการศึกษา reproducibility ของวิธีการวิเคราะห์

เติมสารละลาย มาตรฐาน EN-HCl ความเข้มข้น 2006.4 ppm (mL)	ความเข้มข้น ที่เติม (ppm)	กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)			ค่าเฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (10^{-6}A)
		1	2	3	
0	0	11.780	11.800	11.889	11.823 ± 0.058
0.10	8.0	14.245	14.200	14.256	14.234 ± 0.030
0.20	16.1	16.635	16.523	16.455	16.538 ± 0.091
0.30	24.1	19.105	19.102	19.103	19.103 ± 0.002
0.40	32.1	21.400	21.388	21.405	21.398 ± 0.009
0.50	40.1	23.758	23.764	23.759	23.760 ± 0.003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายไพโรจน์ จันทร์หอม
วัน เดือน ปีเกิด	3 กุมภาพันธ์ 2520 ที่จังหวัดเชียงใหม่
ที่อยู่ภูมิลำเนา	51/1 หมู่ 3 ต.สันกำแพง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ 50130 โทร. 0-5339-0884
ที่อยู่ปัจจุบัน	248 ถ.ประดิพัทธ์ สามเสนใน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทร. 0-2278-5516
E-mail	phyroajne@hotmail.com และ phyroajne@yahoo.com
Web site	http://www.kmitl.ac.th/~s3065503/index.html
ประวัติการศึกษา	2543 คุรุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ 2548 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเคมี (เคมีวิเคราะห์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	ออกแบบ Flow thought cell สำหรับระบบ Flow injection analysis ที่ใช้ electrochemical detector เป็นเครื่องมือตรวจวัดในเคมีวิเคราะห์
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2546-ปัจจุบัน	ตำแหน่งนักวิจัยบริษัทซีโนฟาร์ม (ไทย) จำกัด -พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณยาโดยใช้เทคนิค HPLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้