

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
สารบัญ.....	III
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
คำย่อและสัญลักษณ์.....	XIV
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 คำจำกัดความ.....	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>4</b>
2.1 โคออลต์.....	4
2.2 โคออลต์ออกไซด์.....	6
2.3 ขั้วไฟฟ้าฟลูออรีนทินออกไซด์.....	8
2.4 ขั้วไฟฟ้าคาร์บอนพิมพ์สกรีน.....	9
2.5 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	10
2.5.1 การใช้งานของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	11
2.6 หลักการทางเคมีไฟฟ้าทั่วไป.....	12
2.6.1 การถ่ายเทมวลในสารละลาย.....	13
2.6.1.1 ไมเกรชั่น.....	13
2.6.1.2 การแพร่.....	14
2.6.1.3 การพา.....	14
2.6.2 กระบวนการที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้า.....	15

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 การวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า.....	17
2.7.1 เซลล์โวลแทมเมตรี.....	17
2.7.2 ขั้วไฟฟ้า.....	19
2.7.3 เทคนิคโวลแทมเมตรี.....	21
2.7.3.1 เทคนิคการวิเคราะห์ในกลุ่มโวลแทมเมตรี.....	21
2.8 เทคนิคการพอกพูนด้วยไฟฟ้า.....	33
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>42</b>
3.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	42
3.1.1 สารเคมีที่ใช้.....	42
3.1.2 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสร้างขั้วไฟฟ้าคาร์บอนพิมพ์สกรีน.....	42
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	43
3.2 การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์.....	42
3.2.1 การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์.....	42
3.3 การเตรียมขั้วไฟฟ้าคาร์บอนพิมพ์สกรีน.....	44
3.4 การเตรียมโพลีเมอร์ออกไซด์ด้วยวิธีการพอกพูนทางไฟฟ้าบนขั้วไฟฟ้า ทिनออกไซด์เจือ ฟลูออรีน.....	45
3.5 ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโพลีเมอร์คลอไรด์ที่เหมาะสมในการพอกพูนทาง ไฟฟ้าบนขั้วไฟฟ้าทिनออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	46
3.6 ศึกษาลักษณะทางกายภาพของขั้วไฟฟ้าทिनออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วย โพลีเมอร์ออกไซด์.....	46
3.6.1 สแกนนิ่งอิเล็กตรอน ไมโครสโกปี.....	46
3.6.2 เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโทมิเตอร์.....	47
3.7 ศึกษาประสิทธิภาพของขั้วไฟฟ้าทिनออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโพลีเมอร์ ออกไซด์.....	47
3.8 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	47

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.8.1 ศึกษาสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	47
3.8.2 ศึกษาค่าพีเอชของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	48
3.8.3 ศึกษาอัตราการสแกนที่เหมาะสม.....	49
3.9 ศึกษาช่วงของความเป็นเส้นตรง.....	50
3.10 ศึกษาขีดจำกัดของการวิเคราะห์.....	51
3.11 การประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	52
3.12 การวิเคราะห์ค่าร้อยละของการคืนกลับ.....	52
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....</b>	<b>53</b>
4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโคบอลต์คลอไรด์ที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิคการพอกพูนทางไฟฟ้าบนผิวหน้าขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	53
4.2 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ.....	55
4.2.1 ผลจากการทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด.....	55
4.2.2 ผลจากการทดสอบด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโทมิเตอร์.....	56
4.3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยอนุภาคโคบอลต์ออกไซด์.....	58
4.4 ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	59
4.4.1 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม.....	59
4.4.2 พีเอชที่เหมาะสม.....	61
4.4.3 อัตราการสแกนที่เหมาะสม.....	63
4.5 ช่วงความเป็นเส้นตรงของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	66
4.6 ขีดจำกัดการตรวจวัด.....	70
4.7 การประยุกต์ในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง.....	70
4.8 การศึกษาค่าร้อยละของการคืนกลับ.....	72

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	74
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	74
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	74
เอกสารอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก ก การเตรียมสารละลายมาตรฐาน.....	80
ก.1 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์.....	80
ก.2 การเตรียมสารละลายโคบอลต์คลอไรด์ ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) 1.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.1 โมลาร์.....	80
ก.3 การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.10 โมลาร์.....	80
ก.4 การเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.10 โมลาร์.....	80
ก.5 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ความเข้มข้น 1.00 โมลาร์.....	80
ก.6 การเตรียมสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรตความเข้มข้น 10.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1.00 โมลาร์.....	81
ก.7 การเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	81
ก.7.1 การเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลาย โพแทสเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.10 โมลาร์.....	81
ก.7.2 การเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้น 0.10 โมลาร์.....	82
ก.7.3 การเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลาย ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์.....	82
ก.7.4 การเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 1.00 โมลาร์.....	82
ภาคผนวก ข การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์.....	84
ข.1 การเตรียมสารละลายไดโพแทสเซียม ไฮโดรเจนฟอสเฟต 1.00 โมลาร์.....	85

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ข.2 การเตรียมสารละลายไดไฮโดรเจน โพแทสเซียมเพอร์คลอเรต 1.00 โมลาร์.....	85
ข.3 การเตรียมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ 0.1 โมลาร์ .....	85
<b>ภาคผนวก ค แสดงกราฟของเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ในปฏิบัติการเกิด</b>	
<b>โคบอลต์ออกไซด์.....</b>	<b>86</b>
ค.1 แสดงกราฟของเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ปฏิบัติการในการเกิด	
โคบอลต์ออกไซด์.....	87
<b>ภาคผนวก ง ไชคลิกโวลแทมโมแกรมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....</b>	<b>89</b>
ง.1 กราฟแสดงโวลแทมโมแกรมในการพอกพูนทางไฟฟ้า.....	90
<b>ภาคผนวก จ ไชคลิกโวลแทมโมแกรมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....</b>	<b>91</b>
จ.1 กราฟแสดงไชคลิกโวลแทมโมแกรมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	92
<b>ภาคผนวก ฉ ช่วงความเป็นเส้นตรงในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....</b>	<b>93</b>
ฉ.1 กราฟแสดงความเป็นเส้นตรงในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของ	
ขี้ไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	94
ฉ.2 กราฟแสดงความเป็นเส้นตรงในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของ	
ขี้ไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์.....	95
<b>ภาคผนวก ช การคำนวณขีดจำกัดการตรวจวัด.....</b>	<b>96</b>
ช.1 แสดงการคำนวณขีดจำกัดการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของขี้	
ไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	97
ช.2 แสดงการคำนวณขีดจำกัดการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ของ	
ขี้ไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	98
<b>ภาคผนวก ซ การคำนวณค่าร้อยละของการคืนกลับของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์..</b>	<b>101</b>
ซ.1 แสดงการคำนวณค่าร้อยละของการคืนกลับของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์	
ออกไซด์ในน้ำยาล้างแผลตามร่างกายตามกฎพยานาคู.....	102
ซ.2 แสดงการคำนวณค่าร้อยละของการคืนกลับของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์	
ออกไซด์ในน้ำยาล้างแผลในช่องหู ช่องปากตราเลือดขาว.....	103
<b>ภาคผนวก ฌ แสดงค่าร้อยละของการคืนกลับตามข้อกำหนด AOAC.....</b>	<b>104</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงคุณสมบัติทั่วไปของโคบอลต์ออกไซด์.....	7
3.1 แสดงสถานะที่ใช้ในการศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ สารละลายโคบอลต์คลอไรด์.....	46
3.2 แสดงสถานะที่ใช้ในการศึกษาสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม.....	48
3.3 แสดงสถานะที่ใช้ในการศึกษาค่าพีเอชของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่เหมาะสม.....	48
3.4 แสดงสถานะที่ใช้ในการศึกษาหาอัตราการสแกนที่เหมาะสม.....	49
3.5 แสดงความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในระบบขณะทำการตรวจวัด ในช่วงเวลาต่างๆ.....	51
4.1 แสดงค่าร้อยละของการคืนกลับของการวิเคราะห์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	72
ก.1 แสดงปริมาณของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1.00 โมลาร์ ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายต่างๆ เพื่อเตรียมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.10 มิลลิโมลาร์.....	83
ข.1 แสดงอัตราการผสมเพื่อปรับค่าพีเอชของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์.....	85
ข.1 แสดงตารางการคำนวณขีดจำกัดการตรวจวัดของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	97
ข.2 แสดงตารางการคำนวณขีดจำกัดการตรวจวัดของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน ที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์.....	98
ข.1 ตารางแสดงการคำนวณค่าร้อยละของการคืนกลับในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในน้ำยาล้างแผลตามร่างกายตามกฎพยานาคู่.....	102
ข.2 ตารางแสดงการคำนวณค่าร้อยละของการคืนกลับในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในน้ำยาล้างแผลในช่องหู ช่องปากตราเลือดดาว.....	103

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของขั้วไฟฟ้าฟลูออรีนทินออกไซด์ .....	8
2.2 ลักษณะโดยทั่วไปของขั้วไฟฟ้าคาร์บอนพิมพ์สกรินที่ใช้ในงานวิจัย.....	10
2.3 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....	10
2.4 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่สถานะแก๊สและของแข็ง.....	11
2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของไอออนแบบไม่เกรชัน.....	13
2.6 แสดงการนำพามวลจากชั้นสารละลายไปยังผิวหน้าอิเล็กโทรดด้วยการแพร่.....	14
2.7 แสดงการนำพามวลจากชั้นสารละลายไปยังผิวหน้าอิเล็กโทรดด้วยการพา.....	15
2.8 รูปแบบแสดงกระบวนการที่ผิวหน้าขั้วไฟฟ้า.....	16
2.9 แสดงกระบวนการดูดซับหรือกระบวนการอัดประจุที่รอยต่อเมื่อให้ศักย์ไฟฟ้า เป็นค่าลบกับอิเล็กโทรด.....	17
2.10 แสดงช่วงศักย์ไฟฟ้าที่สามารถให้แกขั้วไฟฟ้าแพลทินัม คาร์บอนและเมอร์คิวรี ในอิเล็กโทรไลต์เกลือหนุชนิดต่างๆ.....	20
2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาแบบเทคนิคโพลาริกราฟี.....	22
2.12 โพลาริแกรมของเทคนิคโพลาริกราฟี.....	22
2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับเวลา เมื่อมีการหยุดปรอท.....	23
2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับศักย์ไฟฟ้า โดยการทำให้โพลาริกราฟี....	23
2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาของเทคนิคแอมเพอโรเมทรี.....	24
2.16 กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิคแอมเพอโรเมทรี.....	24
2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาของพัลส์โวลแทมเมทรีแบบพัลส์ปกติ...	25
2.18 กราฟแสดงโวลแทมโมแกรมของพัลส์โวลแทมเมทรีแบบพัลส์ปกติ.....	25
2.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาของพัลส์โวลแทมเมทรี แบบดิฟเฟอเรนเชียล.....	26
2.20 กราฟแสดงโวลแทมโมแกรมของพัลส์โวลแทมเมทรีแบบดิฟเฟอเรนเชียล.....	26
2.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาของพัลส์โวลแทมเมทรี แบบสแควร์ – เวฟ.....	26
2.22 กราฟแสดงโวลแทมโมแกรมของพัลส์โวลแทมเมทรีสแควร์–เวฟ.....	27

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาของเทคนิคสทริปปิงโวลแทมเมตรี.....	27
2.24 โวลแทมโมแกรมที่ได้ของเทคนิคสทริปปิงโวลแทมเมตรี.....	27
2.25 โวลเทจโปรแกรมของไซคลิกโวลแทมเมตรี.....	28
2.26 แสดงไซคลิกโวลแทมโมแกรม.....	28
2.27 สามารถแสดงตำแหน่งในไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการเกิดปฏิกิริยา ที่ตำแหน่งศักย์ไฟฟ้าต่างๆ.....	30
2.28 ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของปฏิกิริยาที่ผันกลับไม่ได้ และผันกลับได้ไม่สมบูรณ์.....	32
2.29 เปรียบเทียบไซคลิกโวลแทมโมแกรมของปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ กับที่ผันกลับไม่ได้ และผันกลับได้ไม่สมบูรณ์.....	32
3.1 ลายสกรีนชั้นต่างๆ ของขั้วไฟฟ้าคาร์บอนพิมพ์สกรีน.....	43
4.1 ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนในสารละลาย โคบอลต์คลอไรด์ที่มีความเข้มข้นในช่วง 0.10 ถึง 10.00 มิลลิโมลาร์ในสารละลาย โพแทสเซียมคลอไรด์ 0.10 โมล สแกนศักย์ไฟฟ้าในช่วง -1.1 ถึง +1.1 โวลต์ (เทียบกับ ขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์) อัตราการสแกน 50 มิลลิโวลต์ต่อวินาที.....	53
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโคบอลต์คลอไรด์ ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ กับกระแสไฟฟ้าที่ได้ จากสัญญาณไซคลิกโวลแทมโมแกรมที่ศักย์ไฟฟ้าเท่ากับ 0.662 โวลต์ ของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	54
4.3 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100,000 เท่า ของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	55
4.4 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100,000 เท่า ของ ขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์.....	56
4.5 กราฟจากเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโทมิเตอร์ของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	57
4.6 กราฟจากเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโทมิเตอร์ของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน ที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์.....	57

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.7	ไอซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนเทียบกับ ไอซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับแต่งด้วยโคบอลต์ ออกไซด์เมื่อทำการตรวจวัดสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอร์เรตความเข้มข้น 10.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น1.00 โมลาร์ (เทียบกับขั้ว อ้างอิงไฟฟ้าซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์) อัตราการสแกน 50 มิลลิโวลต์ต่อวินาที.....	58
4.8	ไอซคลิกโวลแทมโมแกรมของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1.00 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่างๆ ด้วยขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน ที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์สแกน ศักย์ไฟฟ้าในช่วง -1.0 ถึง +1.0 โวลต์ (เทียบกับขั้วอ้างอิงซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์) อัตราการสแกน 50 มิลลิโวลต์ต่อวินาที.....	60
4.9	ไอซคลิกโวลแทมโมแกรมของการตรวจวัดสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิโมลาร์ ในบัฟเฟอร์ฟอสเฟตพีเอช 5.8, 6.0, 6.2, 6.5, 6.7 และ 7.0 ของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ด้วยขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ สแกนศักย์ไฟฟ้าในช่วง -1.0 ถึง +1.0 โวลต์ (เทียบกับขั้วอ้างอิงซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์) อัตราการสแกน 50 มิลลิโวลต์ต่อวินาที.....	61
4.10	ไอซคลิกโวลแทมโมแกรมของการตรวจวัดสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิ โมลาร์ ในบัฟเฟอร์ฟอสเฟตพีเอช 7.0, 7.2, 7.4, 7.6, 7.8 และ 8.0 ของ สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ด้วยขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วย โคบอลต์ออกไซด์ สแกนศักย์ไฟฟ้าในช่วง -1.0 ถึง +1.0 โวลต์.....	62
4.11	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับค่าพีเอช 5.8, 6.0, 6.2, 6.5, 6.7, 7.0, 7.2, 7.4, 7.6, 7.8 และ 8.0 ของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ซึ่งใช้เป็นสารละลาย อิเล็กโทรไลต์ในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ด้วยขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์ เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์.....	62

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า	
4.12		
ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1.00 มิลลิโมลลาร์ ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตพีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลลาร์ ด้วยขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์ สแกนศักย์ไฟฟ้าในช่วง -1.0 ถึง +1.0 โวลต์ (เทียบกับขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์) อัตราการสแกน 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 มิลลิโวลต์ต่อวินาที.....		64
4.13		
ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1.00 มิลลิโมลลาร์ ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตพีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลลาร์ ด้วยขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์ สแกนศักย์ไฟฟ้าในช่วง -1.0 ถึง +1.0 โวลต์ (เทียบกับขั้วไฟฟ้าอ้างอิง ซิลเวอร์/ซิลเวอร์คลอไรด์) อัตราการสแกน 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 และ 900 มิลลิโวลต์ต่อวินาที.....		64
4.14		
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสแกนกับกระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณ ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์ ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิโมลลาร์ ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตพีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลลาร์.....		65
4.15		
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรากที่สองของอัตราการสแกนกับกระแสไฟฟ้าที่ได้จากสัญญาณ ไซคลิกโวลแทมโมแกรมของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์ ในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1.00 มิลลิโมลลาร์ ในสารละลายบัฟเฟอร์ฟอสเฟตพีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลลาร์.....		66
4.16		
แอมเพอโรแกรมของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนในการตรวจวัด ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.76 โวลต์.....		67
4.17		
แอมเพอโรแกรมของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ ในการตรวจวัด ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.76 โวลต์.....		67
4.18		
เปรียบเทียบแอมเพอโรแกรมระหว่างขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนกับขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์ ที่ศักย์ไฟฟ้า 0.76 โวลต์.....		68

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและกระแส ที่อยู่ในช่วงความเป็นเส้นตรงของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีน.....	69
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและกระแส ที่อยู่ในช่วงความเป็นเส้นตรงของการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ของขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์.....	69
4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกระแสไฟฟ้าในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ของสารละลายตัวอย่างตัวอย่างน้ำยาล้างแผลตามร่างกายตามรังกายตามรังกายตามรังกาย.....	71
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับกระแสไฟฟ้าในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ของสารละลายตัวอย่าง น้ำยาล้างแผลในช่องหู ช่องปากตราเลือดดาว.....	71
ค.1 กราฟจากเครื่องอิเล็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ของ โคบอลต์ไฮดรอกไซด์ ( $\text{Co}(\text{OH})_2$ ).....	87
ค.2 กราฟจากเครื่องอิเล็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ของ โคบอลต์ออกไซด์ ( $\text{Co}_2\text{O}_4$ ).....	87
ค.3 กราฟจากเครื่องอิเล็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ของ โคบอลต์ออกไซด์ ( $\text{Co}_2\text{O}_4$ ) และ โคบอลต์ออกไซด์ไฮดรอกไซด์ ( $\text{CoOOH}$ ).....	88
ง.1 แสดงไวแทมโมแกรมของการพอกพูนทางไฟฟ้าของสารละลายโคบอลต์คลอไรด์ ความเข้มข้น 0.50 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ในช่วงศักย์ไฟฟ้า -1.1 ถึง +1.1 โวลต์ อัตราการสแกน 50 มิลลิโวลต์ต่อวินาที.....	90
จ.1 แสดงไซคลิกโวลแทมโมแกรมในการตรวจวัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 0.10 มิลลิโมลาร์ ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์ ด้วยขั้วไฟฟ้าทินออกไซด์เจือฟลูออรีนที่ปรับปรุงด้วยโคบอลต์ออกไซด์.....	92
ฉ.1 แสดงกราฟจากการพลอตระหว่างกระแสกับความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์.....	94
ฉ.2 แสดงกราฟจากการพลอตระหว่างกระแสกับความเข้มข้นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 7 ความเข้มข้น 0.10 โมลาร์.....	95

## คำย่อและสัญลักษณ์

$R^2$	ค่าความเป็นเส้นตรง (Relative coefficient)
mM	มิลลิโมลาร์
mmol.L <sup>-1</sup>	มิลลิโมลาร์
M	โมลาร์
% w/w	หน่วยความเข้มข้นร้อยละน้ำหนักต่อน้ำหนัก (Wight by Weight)
% v/v	หน่วยความเข้มข้นร้อยละปริมาตรต่อปริมาตร (Volume by Volume)
% w/v	หน่วยความเข้มข้นร้อยละน้ำหนักต่อปริมาตร (Weight by Volume)
μm	ไมโครเมตร
nm	นาโนเมตร
μA	ไมโครแอมแปร์
V	โวลต์
mV/s	มิลลิโวลต์ต่อวินาที
μM	ไมโครโมลาร์
%Recovery	ค่าร้อยละของการคืนกลับ
ppm	หนึ่งในล้านส่วน
ppb	หนึ่งในพันล้านส่วน
°C	องศาเซลเซียส
FCC	โครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์แบบหนึ่งในหนึ่งหน่วยเซลล์ ประกอบด้วยจุดผลึกทั้งหมด 4 จุด ได้แก่ 8 มุม มุมละ 1/8 จุด (คิดเป็น 1 จุด) และตรงกลางผิวหน้า 6 ด้าน ด้านละ 1/2 จุด (คิดเป็น 3 จุด)
g/cm <sup>3</sup>	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
cm <sup>2</sup>	ตารางเซนติเมตร
cal/g	ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว
cal/sec cm <sup>2</sup> °C/cm	ค่าการนำความร้อน
% IACS	ความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้า