

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



การศึกษาค่าคีย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง
สารประกอบเอซิลไอเดรโซนกับเหล็ก

รฟ.
๓๓๕๙๓
๒๕๓๕

นางสาวทัศนร เตชะพิสิษฐ์
นายภิญโญ เกิดก่อเกียรติกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๓๕

๖๑๒๕๔๑๕๑๔ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Study of Electrochemical Potential
of Complex Formation between Acyl Hydrazone and Iron**

Miss Tussaporn Tejaphisit

Mr. Pinyo Keardkorkierdkul

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

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ludkrabang

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง
สารประกอบเอซิลไอเดรโซนกับเหล็ก

โดย น.ส. ศักพร เตชะนิลธิษฐ์
นายภิญโญ เกิดก่อเกียรติกุล

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

ผศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ชิววัน มงคลอัครวัฒน์

(ผศ.ดร. ชิววัน มงคลอัครวัฒน์)

คณะกรรมการโครงการพิเศษ

ศุภิสรา ตรีทิพย์

(ผศ.ดร. ศุภิสรา ตรีทิพย์)

อ. คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์

(อ. คณิตา ตั้งคณานุกรักษ์)

(ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล)

(ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

หัวหน้าภาค

ประธานกรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้ในประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง
สารประกอบเอซิลไอเดรโซนกับเหล็ก

นักศึกษา น.ส. ทศพร เตชะนิลธิษฐ์
นายภิญโญ เกิดก่อเกียรติกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล
ผศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบพิริดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ และสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่มีค่า pH เท่ากับ 6.00 ที่ 27°C, 7.18 ที่ 25°C และ 6.98 ที่ 26°C ตามลำดับ และทำการศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ กับไอออนของเหล็กในอัตราส่วน 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมง ตามลำดับ

Special Project Title Study of Electrochemical Potential of
Complex Formation between Acyl Hydrazone
and Iron

Name Miss Tussaporn Tejaphisit
Mr. Pinyo Keardkorkierdkul

Special Project Advisor Asst. Prof. Dr. Nipon Wongvisetsirikul
Asst. Prof. Arunee Kongsakphaisal

Department Chemistry

Academic Year 1992

Abstract

This special project was measured electrochemical potentials of pyridoxal thio-carbohydrazone hydrochloride in electrolyte solutions such as potassium chloride solution (pH = 6.00 at 27°C), Britton-Robinson buffer (pH = 7.18 at 25°C) and phosphate buffer (pH = 6.98 at 26°C) and electrochemical potentials of complex formation between pyridoxal thio-carbohydrazone hydrochloride and iron in mole ratio = 1:1 after mixing 20 minutes, 1, 2, 3 and 20 hours, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

อันเนื่องด้วยโครงการพิเศษนี้ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 1 ปี ได้ลุล่วงเสร็จสิ้นลงโดยสมบูรณ์แล้ว ทั้งนี้ต้องกราบขอบพระคุณ ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล และ ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล ที่กรุณาให้ข้อมูล และคำแนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการดำเนินงานด้วยดีตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ศักดิ์ ไตรศักดิ์ และ อ.คณิตา ตั้งคณาบุรุษ ที่กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบ และแก้ไขรายงานให้มีความถูกต้อง ทั้งยังให้คำแนะนำเกี่ยวกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับโครงการพิเศษ ขอกราบขอบพระคุณ อ.ปัทมา สีนหาวงค์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในเรื่องสารเคมี รวมทั้งพี่ ๆ ที่ห้องปฏิบัติการทุกท่าน สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่าน ที่ให้คำสั่งสอนและความช่วยเหลือจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้จัดทำ

19/03/93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงการงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงการงานพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
- กลไกการยับยั้งเชื้อมาเลเรีย	5
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินการ	10
- สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	10
- การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง	11
- วิธีทดลอง	12
- สภาวะการทดลองของเครื่องโพลาริกราฟ	14
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	15
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	33
ภาคผนวก	ช
เอกสารอ้างอิง	ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
<u>ตารางที่ 1</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลาย B6, TCH, SC, Fe(II), Fe(III) และ PTCH ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 27 °C)	18
<u>ตารางที่ 2</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลาย B6, TCH, SC, Fe(II), Fe(III) และ PTCH ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)	19
<u>ตารางที่ 3</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลาย B6, TCH, SC, Fe(II), Fe(III) และ PTCH ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)	20
<u>ตารางที่ 4</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II) ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 27 °C)	21
<u>ตารางที่ 5</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II) ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)	22
<u>ตารางที่ 6</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II) ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)	23

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

<u>ตารางที่ 7</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ $Fe(II)$ กับ PTCH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ PTCH ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 27 °C)	24
<u>ตารางที่ 8</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ $Fe(II)$ กับ PTCH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ PTCH ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)	25
<u>ตารางที่ 9</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ $Fe(II)$ กับ PTCH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ PTCH ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)	26
<u>ตารางที่ 10</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(II)$ เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 27 °C)	27
<u>ตารางที่ 11</u> : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(II)$ ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)	29

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

<u>ตารางที่ 12:</u> แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(II)$ ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)	29
<u>ตารางที่ 13:</u> แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(III)$ ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 27 °C)	30
<u>ตารางที่ 14:</u> แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(III)$ ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)	31
<u>ตารางที่ 15:</u> แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(III)$ ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)	32

สารบัญภาพ

	หน้า
<p><u>รูปที่ 1</u> : แสดงเส้นลเปกตราของการดูดกลืนทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของการออกซิเดชัน ภายใต้สภาวะที่ไร้ออกซิเจนของสารประกอบเชิงซ้อน $L2-9-Fe(II)$ ไปเป็น $L2-9-Fe(III)$ ในอัตราส่วน $L2-9/Fe(II)$ เท่ากับ 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมง</p>	19
<p><u>รูปที่ 2</u> : แสดงกลไกการฆ่าเชื้อมาเลเรียของ $L2-9$ โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระบนสายโซ่ DNA ของเชื้อพลาสโมเดียมและทำให้สายโซ่ DNA แตกในที่สุด</p>	19
<p><u>รูปที่ 3</u> : แสดงกลไกการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นภายในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง $L2-9$ กับเหล็ก</p>	20

บทที่ 1

บทนำ

มาเลเรียเป็นโรคซึ่งเกิดจากเชื้อในตระกูลสปอโรซัว (class sporozoa) จี้นัสนพลาสมอดียม (genus plasmodium) ซึ่งเป็นสัตว์เซลล์เดียวที่รู้จักกันดี โรคนี้พบมากในเขตร้อน (tropical zones) และบริเวณเขตใกล้ร้อน (subtropical zones) ในประเทศไทยพบอยู่ทั่วไปยกเว้นกรุงเทพฯ มีมากในบริเวณป่าเขา และพบน้อยในเขตเมือง เชื้อมาเลเรียแต่ละชนิดจะกระจายในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันออกไป เช่น พี.ฟาลซิพารัม (P. falciparum) พบมากในเขตร้อน พี.ไวแว็กซ์ (P. vivax) พบทั่วไปทั้งในเขตร้อนและเขตหนาว พี.มาลารีอิ (P. malariae) พบกระจายทั่วไป แต่พบน้อย จากการสำรวจในประเทศไทย เมื่อปีพ.ศ.2529 พบ พี.ฟาลซิพารัม 60 เปอร์เซ็นต์ พี.ไวแว็กซ์ 38 เปอร์เซ็นต์ แต่ในภาคใต้จะพบเชื้อมาเลเรียทั้งสองชนิดเท่า ๆ กัน

ในอดีตเราเคยเชื่อกันว่า มาเลเรียเป็นโรคที่ไม่มีทางรักษา ต่อมาพบว่า สารที่สกัดได้จากเปลือกของต้นชิงโกนาสามารถให้รักษาโรคมาเลเรีย เนื่องจากเปลือกของต้นชิงโกนามีสารควินินซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อมาเลเรีย ต่อมาพบว่าเชื้อมาเลเรียมีความสามารถในการต้านยาเหล่านี้ จึงได้มีการสังเคราะห์สารชนิดต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการทำลายเชื้อมาเลเรีย และสารชนิดหนึ่งที่ได้ทำการศึกษา คือสารที่สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของเหล็กได้เป็นอย่างดี และเมื่อไม่นานมานี้ ได้มีผู้เสนอกลไกการฆ่าเชื้อมาเลเรียว่า เกิดอนุมูลอิสระบนสาย DNA ของเชื้อมาเลเรีย โดยอนุมูลอิสระได้จากปฏิกิริยารีดอกซ์ภายใน ของสารประกอบเชิงซ้อนของสารประกอบเอซิล-ไอเดรโซนกับเหล็ก โดยมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนภายในโมเลกุล จาก Fe(II) กลายเป็น Fe(III) ดังนั้น โครงการพิเศษจึงจัดทำขึ้น เพื่อศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชิงซ้อนของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนกับไอออน Fe(II) และกับไอออน Fe(III) ที่เกิดขึ้น โดยจากค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนกับไอออน Fe(III) จะสามารถใช้ในการพิจารณาต่อไปได้ว่า รีดิวซ์ซิงเอเจนต์ (reducing agent) ตัวใดในร่างกายที่สามารถรีดิวซ์ Fe(III) ให้กลับมาเป็น Fe(II) เพื่อใช้ในการเกิดอนุมูลอิสระต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน ไอออนของ Fe(II) และไอออนของ Fe(III)
2. เพื่อศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนกับไอออน Fe(II) และ กับไอออน Fe(III)

วิธีการดำเนินงานโดยย่อ

1. หาสภาวะการทดลองที่เหมาะสมที่ใช้ในการหาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน โดยใช้พริตดอกซิลไฮโดรคลอไรด์
2. วัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน ไอออนของ Fe(II) และไอออนของ Fe(III)
3. วัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนในสภาวะที่มีไอออนของ Fe(II) และสภาวะที่มีไอออนของ Fe(III)

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

มาเลเรียเป็นโรคที่พบบ่อยในเขตร้อน (tropical zones) และบริเวณใกล้เคียง (subtropical zones) ในประเทศไทยมีการกระจายอยู่ทั่วไป สาเหตุของโรคมาเลเรียเกิดจากเชื้อตระกูลสปอโรซัว (class sporozoa) จินัสพลาสโมเดียม (genus plasmodium) ซึ่งเป็นสัตว์เซลล์เดียวที่รู้จักกันดี และที่สำคัญมีด้วยกัน 4 ชนิด ได้แก่

1. พลาสโมเดียมไวแวกซ์ (plasmodium vivax) พบทั่วไปทั้งเขตร้อนและเขตหนาว
2. พลาสโมเดียมมาลารีอิ (plasmodium malariae) พบกระจายทั่วไปแต่มีน้อย
3. พลาสโมเดียมโอวาเล (plasmodium ovale) มีเฉพาะในแอฟริกาและอเมริกาใต้เท่านั้น
4. พลาสโมเดียมฟาลซิพารัม (plasmodium falciparum) พบมากในเขตร้อน

ในประเทศไทยเชื้อมาเลเรียชนิด พลาสโมเดียมฟาลซิพารัม (พี. ฟาลซิพารัม) พบมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ โดยกระจายในทุก ๆ พื้นที่ ซึ่งนับว่ามีความสำคัญมากที่สุด แมลงที่เป็นพาหะนำเชื้อมาเลเรียได้แก่ ยุงก้นปล่องตัวเมีย (Anopheles) และเชื้อมาเลเรียทุกชนิดมีวงจรชีวิตเหมือนกันดังนี้

วงจรชีวิตในยุง

เอกสารนี้เป็นเพียงกัตคนที่มีเชื้อมาเลเรียระยะแกมีโตซัยท์ ไม่นานจะเข้าไปในกระเพาะอาหาร ไม่ว่าจะวิธีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหาร โดยแกมีท (gamete) ตัวผู้จะแบ่งตัวและผสมกับแกมีทตัวเมีย จากนั้นจะเข้าไปใน
 กระเพาะอาหารของยุง แล้วเจริญเติบโตเป็นซีสต์ เรียกว่า โอโอซีสต์ ซึ่งภายในจะมี
 สปอโรซอยท์ (sporozoites) อยู่มากมาย เมื่อเจริญเต็มที่แล้วซีสต์จะแตกออก
 สปอโรซอยท์จะกระจายไปทั่วภายในต่อมน้ำลายของยุง ซึ่งวงชีวิตในยุงจะกินเวลาประมาณ
 7-20 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น

วงจรชีวิตในคน

เมื่อยุงที่มี เชื้อมาลาเรียกัดคนก็จะปล่อยเชื้อสปอโรซอยท์ (sporozoites)
 เข้าสู่กระแสเลือดของคนอย่างรวดเร็ว จากนั้นเชื้อก็เข้าสู่เซลล์ของตับทำให้เกิดระยะก่อน
 เข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดง (Pre-erythrocytic stage) และใช้เวลาฟักตัวประมาณ
 5-10 วัน เซลล์ตับจะแตกออกและปล่อยเชื้อเมอโรซอยท์ (merozoite) เข้าสู่กระแส
 เลือดและเจริญเติบโตต่อไปในเม็ดเลือดแดง ในกรณีของเชื้อพลาสโมเดียมฟาลซิพารัม
 เมื่อออกจากเซลล์แล้วจะไม่กลับเข้าสู่เซลล์ใหม่อีก

เมื่อเชื้อมาลาเรียเข้าไปเจริญในเม็ดเลือดแดงจะเรียกระยะนี้ว่า
 Erythrocytic cycle เชื้อมาลาเรียจะเจริญเป็นโทรโฟซอยท์ (trophozoite)
 เมื่อทดสอบด้วยการย้อมสีจะเห็นเป็นวงแหวน (ring form) หรือ โทรโฟซอยด์ระยะ
 เริ่มต้น จากนั้นจะขยายตัวโตขึ้นในรูปร่างอะโมบอยด์ (amoeboid form) และซิชอนท์
 (schizont) ซึ่งมีเมอโรซอยท์หลายตัว ขึ้นกับชนิดของเชื้อมาลาเรียสำหรับเชื้อพลาส-
 โมเดียมฟาลซิพารัม แล้วจะมีเมอโรซอยท์ประมาณ 8-12 ตัว จากนั้นเม็ดเลือดแดงจะ
 แตกออก เมอโรซอยท์ก็จะเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงอื่นต่อไป โดยที่ระยะเวลาการ
 เจริญเติบโตในเม็ดเลือดแดงนี้จะกินเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง และจะทำให้มีอาการ
 ไข้หนาวสั่นเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการแตกของเม็ดเลือดแดงนั่นเอง

ปัญหาที่สำคัญสำหรับโรคมาเลเรียที่เป็นอยู่ในขณะนี้ คือ การดื้อยาของเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 มาเลเรีย และการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของเชื้อมาเลเรียที่ดื้อยา ทำให้มีการพัฒนา
 ไม่วารณินใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยารักษาโรคมะเร็งเรื้อรังชนิดใหม่ ๆ นอกจากนี้แล้ว ยังพบว่า เชื้อมาเลเรียไวต่อการออกซิเดชัน และยาหลายชนิดสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระได้ ทำให้มีผู้พยายามค้นหาถึงความว่องไวในการต้านโรคมะเร็งเรื้อรังของมัน

เหล็กเป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ยกเว้น แลคโตบาซิลลัส เหล็กมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการติดเชื้อ เชื้อที่บุกรุกเข้าไปจะแย่งเหล็กกับเซลล์เม็ดเลือดแดง เนื่องจากถ้าเชื้อก่อโรคไม่สามารถรับเหล็กได้เพียงพอ การแพร่ของเชื้อจะช้าลงและทำให้มีการติดเชื้อน้อยลง

การคีเลทกับโลหะเหล็ก (Iron chelation) อาจเป็นพื้นฐานของการต้านโรคมะเร็งเรื้อรังชนิดใหม่ ผลจากห้องปฏิบัติการยังสนับสนุนความเป็นไปได้ที่ว่า การจับเหล็กกับส่วนที่มีความว่องไวทางรีดอกซ์ (redox active sequestering agents) อาจเพิ่มฤทธิ์ทำให้เกิดผลกระทบทางชีวภาพ โดยทั้งเพิ่มฤทธิ์ทำลายทางออกซิเดชัน คือเกิดอนุมูลอิสระ หรือในทางตรงข้าม คืออาจยับยั้งฤทธิ์นี้

เดสเฟอริออกซามิน ซึ่งเป็นคีเลเตอร์เอเจนต์ที่มีความจำเพาะต่อเหล็กตัวหนึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อมาเลเรีย พลาสโมเดียมฟาลซิพารัม (พี. ฟาลซิพารัม) ในสัตว์ทดลอง (in vitro) ดังนั้นจึงมีค่านคว้าวิจัยหาคุณสมบัติเป็นยาต้านเชื้อมาเลเรียของคีเลเตอร์เหล็กตัวอื่น ๆ เพื่อมาใช้ในการรักษาโรคมะเร็งเรื้อรัง และได้มีผู้ทำการศึกษาและสังเคราะห์คีเลเตอร์ของเหล็กกลุ่มใหม่ที่ประกอบด้วย เอซิลไอเตรโซน และฟิรโดกซัล

กลไกการยับยั้งเชื้อมาเลเรีย

เมื่อเชื้อพลาสโมเดียมฟาลซิพารัมเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงแล้ว จะเจริญเติบโตโดยการกินอาหารแบบฟาโกไซโตซิส (phagocytosis) ซึ่งในเซลล์เม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบินที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กและโปรตีนอยู่มากกว่า 30% เชื้อพลาสโมเดียมฟาลซิพารัมจะทำการปลดปล่อยเหล็กออกมา และทำการย่อยให้เป็นฮีมาติน (hemein) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ก่อให้เกิดอาการปัสสาวะเป็นสีดำในผู้ป่วยนั้นเอง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาค้นคว้าของศาสตราจารย์ชาโรม ซาเรล ได้ตั้งสมมติฐานว่ามีกลไกอยู่ 3 ชนิด ที่มีความเป็นไปได้ในการฆ่าเชื้อมาเลเรียในร่างกายมนุษย์ได้ วิธีการแรกก็คือ กระบวนการกำจัดเหล็กโดยคีเลเตอร์ จะมีผลทำให้เชื้อมาเลเรียไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้และตายในที่สุด อีกสองวิธีนั้นจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อมาเลเรีย ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 อย่าง คือ

(1) ไลโฟฟิลิกคีเลเตอร์ (lypophilic chelator)

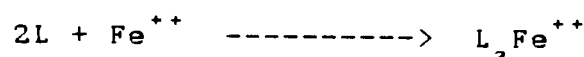
(2) เฟอรัสไอออน (ferrous ion)

(3) โมเลกุลออกซิเจน

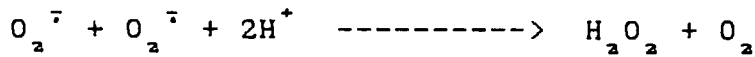
วิธีที่สอง จะคล้ายกับการทำงานของบลีโอมัยซิน (Bleomycin: B1m) ซึ่งสามารถทำให้เกิดการแตกหักของโมเลกุลดีเอ็นเอ โดยปฏิกิริยารีดอกซ์ด้วยเหล็ก B1m จะทำหน้าที่สองอย่างในเวลาเดียวกันคือเกิดพันธะกับดีเอ็นเอด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งจะเกิดพันธะกับไอออนโลหะ สำหรับสารประกอบเอซิลไฮดรอกไซด์ เช่น PIH ก็เช่นเดียวกันคือส่วนของเอริลจะเกิดพันธะกับดีเอ็นเอ ในขณะที่ส่วนของ 2-ไฮดรอกซีอะโรมาติกไฮโปเมทีนิก จะเกิดพันธะกับเหล็กไอออน ซึ่งสามารถจะอธิบายปฏิกิริยาได้ดังนี้



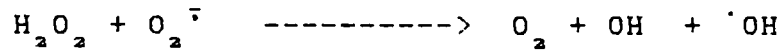
และวิธีการสุดท้ายคือ การรีดิวซ์โมเลกุลออกซิเจนโดยสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสมบัติเป็นตัวให้อิเลคตรอนคือ $(L_2 \text{Fe}^{++})$ ไปเป็นซูเปอร์ออกไซด์แรดิคัล $(\text{O}_2^{\cdot -})$ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า ดิสมิวเตชัน ด้วยเอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ ดิสมิวเตส ให้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งจะถูกเอนไซม์เปลี่ยนให้เป็นน้ำ (H_2O) ในที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สำหรับเชื้อมาเลเรียเองก็สามารถผลิต H_2O_2 ออกมาได้เช่นกัน ซึ่ง
เมื่อมี Fe^{++} ปรากฏอยู่ก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยาอาร์เบอร์-ไวส์
(Haber-Weiss reaction)

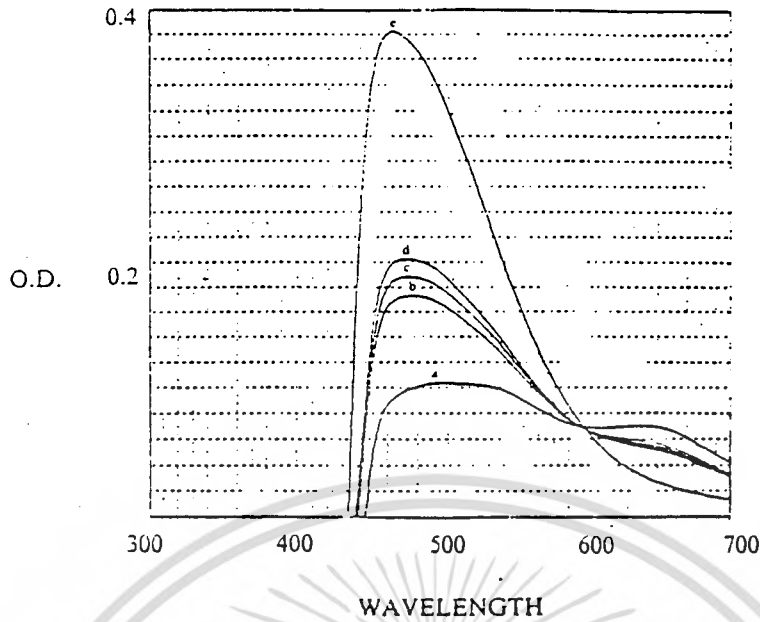


ในปี 1990 Sarel ได้ทำการศึกษาโดยใช้สารประกอบเอซิลไฮเดรโซนใน
การยับยั้งการเติบโตของเชื้อมาเลเรียที่ติดต่อยาคลอโรควิน คือ 1-[N-ethoxycarbo-
nylmethyl pyridoxylum]-2-[2'-pyridyl]hydrazide bromide [code
name(L2-9)] พบว่าคีเลเตอร์ L2-9 (หรือเขียนได้เป็น L^+X^-) จำนวน 10 M มี
ผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อมาเลเรียในสัตว์ทดลอง (in vitro) แต่เมื่อผสม
คีเลเตอร์ให้เชื่อมด้วยเฟอร์รัส(II)ไอออน หรือเฟอร์ริก(III)ไอออน จะมีการยับยั้งผล
การต้านเชื้อมาเลเรียบางส่วน และทั้งนี้ DFO ยังมีผลห้ามฤทธิ์ในการยับยั้งคีเลเตอร์
L2-9 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การฆ่าเชื้อมาเลเรียเกี่ยวข้องกับสารมัธยันต์อนุมูลอิสระ และ
ที่สำคัญ คือ จากการศึกษาพบว่า ขณะที่สารประกอบเชิงซ้อนของ L2-9 ระหว่าง
เฟอร์รัส(II)ไอออน [$L^+X^- - Fe(II)$] เหนี่ยวนำทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่ตำแหน่งคาร์บอน
(carbon-centered free radical) ทั้งที่มีเซลล์พาราสิต และ ไม่มีเซลล์พาราสิต
แต่สำหรับสารประกอบเชิงซ้อนของ L2-9 กับ เฟอร์ริก(III)ไอออน [$L^+X^- - Fe(III)$]
สามารถเหนี่ยวนำได้เฉพาะในเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น

จากการศึกษาทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า ภายใต้สภาวะขาดออกซิเจน
ที่ pH มีค่าเท่ากับ 5.0-5.6 ปฏิกิริยาระหว่างลิแกนด์ (L2-9) และ $Fe(II)$ จะเกิด
สารประกอบสีเขียว ซึ่งมีแถบการดูดกลืนที่ $\epsilon_{L2-9-Fe(II)}^{507\text{ nm}} = 5.25 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$
และภายในเวลา 30-60 ชั่วโมง คีเลท L2-9 กับ $Fe(II)$ ซึ่งมีสีเขียวจะค่อย ๆ เปลี่ยน
เป็น คีเลท L2-9 กับ $Fe(III)$ ซึ่งมีสีแดงที่ล้นน้อย ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนที่

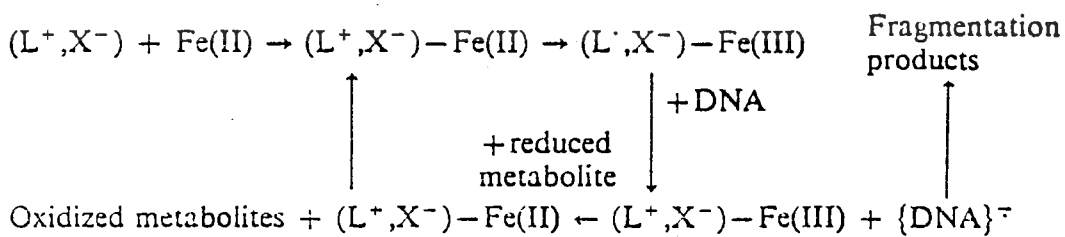
$$\epsilon_{L2-9-Fe(III)}^{474\text{ nm}} = 19.05 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1} \quad \text{ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงสเปกตร้าของ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
L2-9-Fe(II) ที่ค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็น L2-9-Fe(III) ในระยะเวลาต่าง ๆ
ไม่วารณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 : แสดงเส้นสเปกตราของการดูดกลืนทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของการออกซิเดชันภายใต้สภาวะที่ไร้ออกซิเจนของสารประกอบเชิงซ้อน L2-9-Fe(II) ไปเป็น L2-9-Fe(III) ในอัตราส่วนโมล L2-9/Fe(II) เท่ากับ 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมง

อย่างไรก็ตามการออกฤทธิ์ของเหล็กจะขึ้นกับลิแกนด์ที่มาจับด้วย ถ้าลิแกนด์ต่างชนิดกันจะเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ การออกฤทธิ์ และการจับโลหะทรานสิชัน เนื่องจากไอออนเหล็กซึ่งอยู่ภายใต้ปฏิกิริยารีดอกซ์ สามารถเหนี่ยวนำทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระ และคาดว่ามีการโคคลายกันนี้เกิดขึ้นในการออกฤทธิ์ เป็นยาฆ่า เชื้อมาเลเรีย ดังแสดงตามแผนภาพข้างล่างนี้



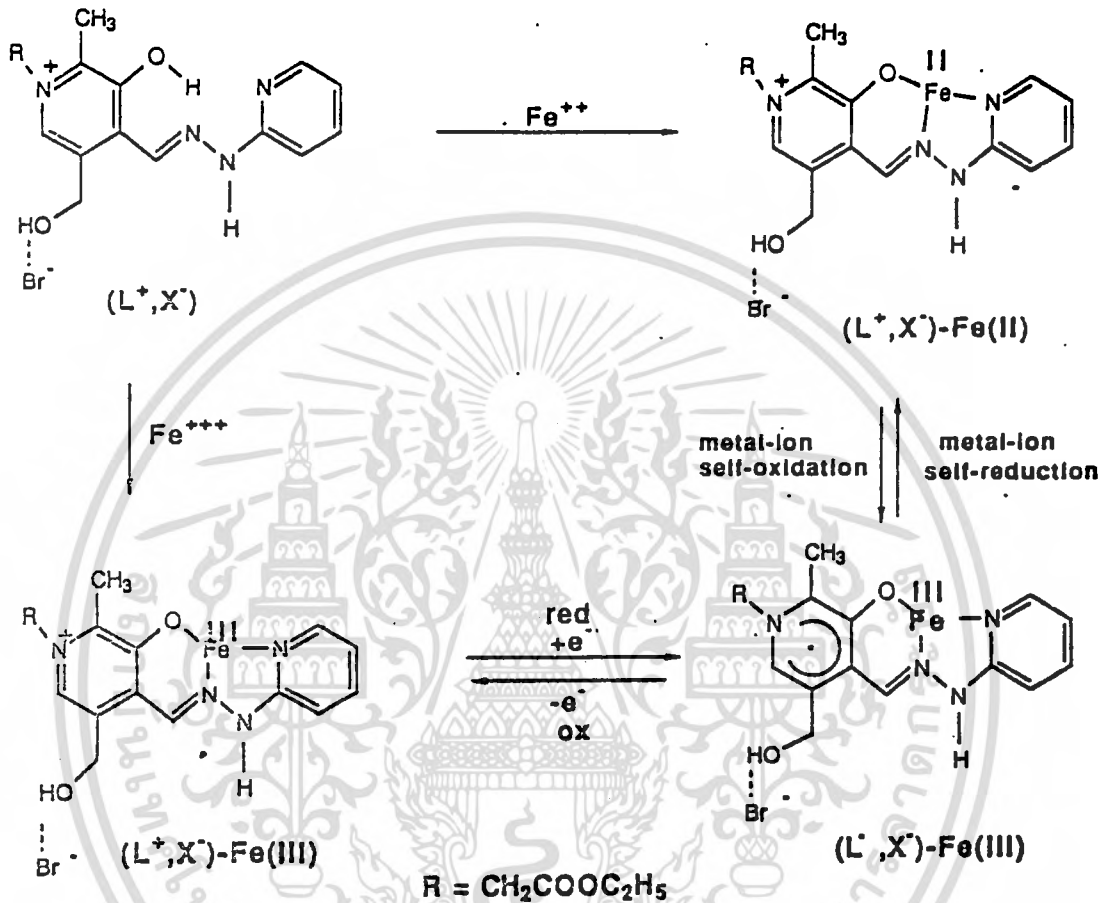
รูปที่ 2 : แสดงกลไกการฆ่าเชื้อมาเลเรียของ L2-9 โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระบนสายโซ่ DNA ของเชื้อพาราสิต และทำให้สายโซ่ DNA แตกในที่สุด การคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันที่จริง L2-9 เหนียวน้ำทำให้เกิดคาร์บอนอนุมูลอิสระ

ตั้งพิสูจน์โดย

ELECTRON SPIN RESONANCE SPECTROSCOPY อนุมูลอิสระเกิดมาจากปฏิกิริยารีดอกซ์
ภายในของ $(L2-9)-Fe(II)$ ระหว่าง $(L^+, X^-)-Fe(II)$ ไปยัง $(L^+, X^-)-Fe(III)$

CHART



รูปที่ 3 : แสดงกลไกการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นภายใน
สารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง L2-9 กับเหล็ก

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินการ

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

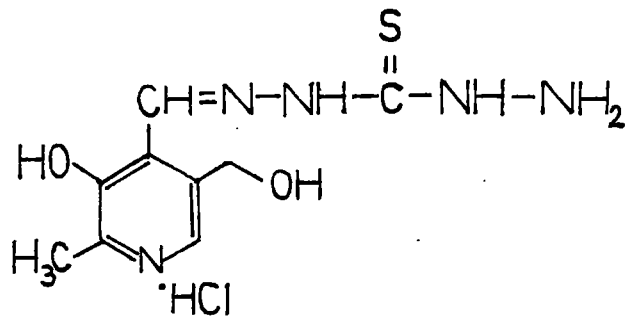
สารเคมี	เกรด	บริษัท
นิริตอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (B6)	ห้องทดลอง	Fluka
ไทโอคาร์โบไฮดาไซด์ (TCH)	ห้องทดลอง	Fluka
ซิมคาร์บาไซด์ (SC)	ห้องทดลอง	Fluka
โพแทสเซียม คลอไรด์	วิเคราะห	Fluka
แอมโมเนียมเพอร์ล(II) ซัลเฟตเอกซะไฮเดรต (Fe(II))	วิเคราะห	Fluka
เพอร์ล(III) ไนเตรต (Fe(III))	วิเคราะห	BDH
กรดอะซิติก	วิเคราะห	Carlo Erba
กรดฟอสฟอริก	วิเคราะห	Carlo Erba
กรดบอริก	วิเคราะห	Carlo Erba
โซเดียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห	Fluka
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	วิเคราะห	Carlo Erba
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนอโรฟอสเฟต	วิเคราะห	BDH

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. Polarograph " Metrohm "
2. pH meter CG 840 " Schott "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบเอซิลไอเดรโซนที่นำมาศึกษา



พริดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH)

(Pyridoxal thio-carbohydrazone hydrochloride)

การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

สารละลายของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารประกอบเอซิลไอเดรโซน

ก. สารละลายพริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (B6)

ชั่งน้ำหนักของสาร (B6) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่

ปราศจากไอออน ได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

ข. สารละลายไทโอคาร์โบไฮดาไซด์ (TCH)

ชั่งน้ำหนักของสาร (TCH) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่

ปราศจากไอออน ได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

สารละลายของสารประกอบเอซิลไอเดรโซน

ชั่งน้ำหนักของสารประกอบพริดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์

(PTCH) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตร

ให้พอดี สารละลายที่ได้ใสและมีสีเหลือง เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน ๆ จะมีสีเหลืองเข้มขึ้นเรื่อย ๆ

สารละลายของเหล็ก

ก. สารละลายแอมโมเนียมเฟอร์รัส(II)ซัลเฟตเอกซะไฮเดรต (Fe(II))

ชั่งน้ำหนักของสาร (Fe(II)) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วย

น้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน ได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

แล้วนำสารละลายที่เตรียมไว้มาใช้ในการทดลองต่อไป

ไม่วารณมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. สารละลายเฟอร์ริก(III)ไนเตรต (Fe(III))

ซึ่งน้ำหนักของสาร (Fe(III)) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วย น้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตรให้พอดี จะได้สารละลายสีส้ม เนื่องจาก เฟอร์ริก(III) เป็นสารละลายที่ละลายน้ำได้น้อยกว่าเฟอร์รัส(II) เพราะฉะนั้นจึงต้อง ให้ความร้อนเพื่อช่วยในการละลาย

สารละลายอิเล็กโทรไลต์

ก. สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์

ซึ่งน้ำหนักโพแทสเซียมคลอไรด์ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำ กลั่นที่ปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

ข. สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

เตรียมบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ ที่มี pH ต่าง ๆ ได้ ตามตารางใน ภาคผนวก ก

ค. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ละลายไดไฮเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโคเดคะไฮเดรต 7.16 กรัมและ โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 2.8 กรัม ในน้ำจนครบปริมาตร 1 ลิตร

วิธีการทดลอง

ก. การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของเหล็ก สารตั้งต้นในการสังเคราะห์สาร ประกอบไฮเดรโซน และสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน

ปีเปตสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และนิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (B6) ที่ มีความเข้มข้น 1×10^{-3} โมลต่อลิตร ลงในโพลาริกราฟีเซลล์ แล้ววัดค่าศักย์ไฟฟ้า โดยใช้เครื่องโพลาริกราฟ

ทำการทดลองเช่นเดิม โดยเปลี่ยนจากนิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (B6)

เป็น สารดังต่อไปนี้ 1. ไทโอคาร์โบไฮเดรราไซด์ (TCH) 2. แอมโมเนียมเฟอร์รัส(II) ไนเตรต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ซัลเฟตเอกซ์ไฮเดรต (Fe(II)) 3. เพอริค(III)ไฮดรอกไซด์ (Fe(III)) และ
4. สารประกอบพริตดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH)

ข. การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเหล็กกับสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนในอัตราส่วนต่าง ๆ

ปีเปตสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แอมโมเนียมเฟอร์รัส(II)ซัลเฟตเอกซ์ไฮเดรต (Fe(II)) ที่มีความเข้มข้น 1×10^{-3} โมลต่อลิตร และสารประกอบพริตดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) ที่มีความเข้มข้น 1×10^{-3} โมลต่อลิตร ลงในโพลาริกราฟีเซลล์ แล้ววัดหาค่าศักย์ไฟฟ้าโดยใช้เครื่องโพลาริกราฟ ในอัตราส่วนโมลของสาร (Fe(II)) : สาร (PTCH) เท่ากับ 1:0.5, 1:1, 1:2, 1:3, 1:5

ทำการทดลองเช่นเดิม โดยเปลี่ยนอัตราส่วนโมลของสาร (Fe(II)) : สาร (PTCH) เป็น 0.5:1, 1:1, 2:1, 3:1, 5:1

ค. การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน กับเหล็ก ในอัตราส่วนโมล 1:1

ปีเปตสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แอมโมเนียมเฟอร์รัส(II)ซัลเฟตเอกซ์ไฮเดรต (Fe(II)) ที่มีความเข้มข้น 1×10^{-3} โมลต่อลิตร และพริตดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) ที่มีความเข้มข้น 1×10^{-3} โมลต่อลิตร ในอัตราส่วนโมล 1:1 ลงในโพลาริกราฟีเซลล์ แล้ววัดหาค่าศักย์ไฟฟ้าโดยใช้เครื่องโพลาริกราฟ เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1 ช.ม., 2 ช.ม., 3 ช.ม. และ 20 ช.ม.

ทำการทดลองเช่นเดิม โดยเปลี่ยนจากแอมโมเนียมเฟอร์รัส(II)ซัลเฟตเอกซ์ไฮเดรต (Fe(II)) เป็น เพอริค(III)ไฮดรอกไซด์ (Fe(III))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะการทดลองของเครื่องโพลารोगราฟ

แบบที่ใช้ (mode)	: AC _{1T}
ค่าศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้น (U)	: 0.000 โวลต์
ค่าศักย์ไฟฟ้าที่สิ้นสุด (U)	: -2.000 โวลต์
เวลาการหยดของปรอท (t_{drop})	: 0.4 วินาที
ความว่องไวของเครื่อง (sense)	: 1×10^{-7} A/mm
แอมป์ริจูด (U^{\sim})	: 15 มิลลิโวลต์
มิลลิเมตรต่อเวลาการหยดของปรอท (mm/t_{drop})	: 0.5 มิลลิเมตร/0.4วินาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบ

นิริดอกซ์ไทโอคาร์โบไฮเดรชันไฮโดรคลอไรด์ (PTCH)

จากผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ PTCH โดยใช้สารละลายนิริดอกซ์ไฮโดรคลอไรด์ (B6) ในน้ำ เข้มข้น 1×10^{-3} โมลต่อลิตร โดยใช้สารละลายอิเล็กโทรไลต์ดังต่อไปนี้ สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ที่มี pH = 6.00 ที่ 27°C สารละลายบริตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ ที่มี pH = 7.18 ที่ 25°C และสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ที่มี pH = 6.98 ที่ 26°C ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -1.502 โวลต์

ในสารละลายบริตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์: ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.768 โวลต์

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.760 โวลต์

จากค่าศักย์ไฟฟ้าของ B6 ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง -2.000 โวลต์ ดังนั้นจึงใช้สภาวะดังกล่าวในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรชัน

4.2 การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารประกอบ

นิริดอกซ์ไทโอคาร์โบไฮเดรชันไฮโดรคลอไรด์ (PTCH)

จากการศึกษาวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ PTCH ซึ่งประกอบด้วยนิริดอกซ์ไฮโดรคลอไรด์ (B6) และไทโอคาร์โบไฮดาไซด์ (TCH) โดยใช้สภาวะเดียวกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าไม่ได้อยู่ในช่วงที่วัด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัพเฟอร์: ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.168 โวลต์

ในสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.176 โวลต์

ส่วนผลของฟิรดอกซิลไฮโดรคลอไรด์ (B6) ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 4.1

4.3 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบฟิรดอกซิลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH)

ผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ PTCH ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ $-0.653, -1.000$ โวลต์

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัพเฟอร์: ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ $-0.136, -0.240, -0.348, -1.120, -1.509$ โวลต์

ในสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ $-0.104, -0.216, -0.819, -1.084, -1.482$ โวลต์

4.4 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซิลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ $Fe(II)$

จากผลการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน โดยผสม PTCH กับ $Fe(II)$ ในอัตราส่วนโมล PTCH/ $Fe(II)$ เท่ากับ $0.5:1, 1:1, 2:1, 3:1, 5:1, 1:0.5, 1:2, 1:3$ และ $1:5$ ตามลำดับ จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4-9

เมื่อการพิจารณาอัตราส่วนโมลของ PTCH ที่เปลี่ยนแปลง จะพบว่า นั้นที่ได้พบที่ $1:1$ ไม่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการเกิดชนิดของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(II)$ คือเท่าไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การศึกษาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบ

นิตรดอกซ์ไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II)

และ กับ Fe(III)

จากผลการศึกษาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) และ Fe(III) อัตราส่วนโมล 1:1 หลังการผสม PTCH/Fe(II) หรือ Fe(III) ที่เวลา 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมง จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10-15 พบว่า ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้ทดสอบทั้ง 3 ชนิด จะเกิดหลายฟิสิกในช่วงศักย์ไฟฟ้าที่ทำการวัด ซึ่งจากผลงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถระบุได้ว่า สภาพที่ใช้ในการวัดนี้ สารประกอบเอซิลไฮเดรโซนสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของเหล็กได้หลายสปีชีส์ ทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ระบุได้ชัดเจนว่าสารประกอบเชิงซ้อนของ PTCH กับเหล็กแต่ละสปีชีส์ จะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเท่าใด และเมื่อดูฟิสิกที่เวลาต่าง ๆ ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) จะมีลักษณะคล้ายกับฟิสิกของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(III) และสีของสารละลายสารประกอบเชิงซ้อน PTCH กับ Fe(II) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ให้สีของสารละลายเหมือนสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(III) แสดงว่าสารประกอบเชิงซ้อนของ PTCH กับ Fe(II) นั้น Fe(II) จะถูกออกซิไดซ์กลายเป็น Fe(III) อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 1 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลาย B6, TCH, SC, Fe(II), Fe(III) และ PTCH

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH = 6.00 ที่ 27 °C)

		B6	TCH	Fe(II)	Fe(III)
พิกัดที่ 1	X_{avg}	-1.502	-	-1.520	-1.472
	S.D.	0.0251	-	-	-

		PTCH	SC
พิกัดที่ 1	X_{avg}	-0.653	-0.432
	S.D.	0.0119	-
พิกัดที่ 2	X_{avg}	-1.000	-1.768
	S.D.	0.0175	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลาย B6, TCH, SC, Fe(II), Fe(III) และ PTCH

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25°C)

		B6	TCH	SC	Fe(II)	Fe(III)
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.768	-0.168	-	-1.47 i	-
	S.D.	-	-	-	-	-

		PTCH
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.136
	S.D.	0.0080
พิกัดที่ 2	X_{av}	-0.240
	S.D.	0.0000
พิกัดที่ 3	X_{av}	-0.848
	S.D.	0.0000
พิกัดที่ 4	X_{av}	-1.120
	S.D.	0.0000
พิกัดที่ 5	X_{av}	-1.509
	S.D.	0.0078

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
หมายเหตุ : i คือ พิกัดมีขนาดเล็กมาก
 ไม่วารณินได้ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลาย B6, TCH, SC, Fe(II), Fe(III) และ PTCH

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)

		B6	TCH	SC	Fe(II)	Fe(III)
พิกัดที่ 1	X_{uv}	-0.76	0.176	-	-1.44 i	-
	S.D.	-	-	-	-	-

		PTCH
พิกัดที่ 1	X_{uv}	-0.104
	S.D.	0.0098
พิกัดที่ 2	X_{uv}	-0.216
	S.D.	0.0080
พิกัดที่ 3	X_{uv}	-0.819
	S.D.	0.0056
พิกัดที่ 4	X_{uv}	-1.084
	S.D.	0.0040
พิกัดที่ 5	X_{uv}	-1.482
	S.D.	0.0067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 หมายเหตุ : i คือ พิกัดมีขนาดเล็กมาก
 ไม่วารณได้ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH

โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II)

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

(pH = 6.00 ที่ 27°C)

		อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : PTCH				
		0.25:1	0.5:1	1:1	2:1	5:1
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.700	-0.667	-0.675	-0.675	-0.708
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 2	X_{av}	-0.917	broad	-	-	-
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 3	X_{av}	-1.192	-1.175	-1.083	-1.050	-1.030
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 4	X_{av}	broad	-1.560	-1.560	-1.560	-1.540
	S.D.	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH

โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II)

ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)

		อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : PTCH				
		0.5:1	1:1	2:1	3:1	5:1
พิกัดที่ 1	X_{avg}	-0.868	-0.844	-0.856	broad	broad
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 2	X_{avg}	-1.160	-1.200	-1.200	-1.196	-1.196
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 3	X_{avg}	-1.524	-1.524	-1.484	-1.460	-1.428
	S.D.	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH
 โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II)
 ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)

		อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : PTCH			
		0.5:1	1:1	2:1	3:1
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.864	-0.844	-0.852	-0.868
	S.D.	-	-	-	-
พิกัดที่ 2	X_{av}	-1.124	-1.144	-1.150	broad
	S.D.	-	-	-	-
พิกัดที่ 3	X_{av}	-	-1.388	-1.384	-1.392
	S.D.	-	-	-	-
พิกัดที่ 4	X_{av}	-1.496	-1.484	-1.476	-
	S.D.	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH

โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ PTCH

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

(pH = 6.00 ที่ 27 °C)

		อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : PTCH			
		1:0.5	1:1	1:1.25	1:2.25
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.750	-0.667	-0.667	-0.633
	S.D.	-	-	-	-
	area	0.0260	0.0509	0.0659	0.1263
พิกัดที่ 2	X_{av}	-1.083	-1.067	-1.067	-1.050
	S.D.	-	-	-	-
	area	0.0152	0.0208	0.0218	0.0268
พิกัดที่ 3	X_{av}	-1.583	-1.583	-1.583	-1.583
	S.D.	-	-	-	-
	area	0.0358	0.0337	0.0332	0.0386

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH

โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ PTCH

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)

		อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : PTCH			
		1:0.5	1:1	1:2	1:3
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.872	-0.872	-0.856	-0.864
	S.D.	-	-	-	-
	area	0.0036	0.0061	0.0115	0.0155
พิกัดที่ 2	X_{av}	broad	-1.092	-1.148	-1.128
	S.D.	-	-	-	-
	area	0.0024	0.0041	0.0055	0.0064
พิกัดที่ 3	X_{av}	-1.472	-1.484	-1.512	-1.500
	S.D.	-	-	-	-
	area	0.0206	0.0185	0.0141	0.0185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของ Fe(II) กับ PTCH

โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ PTCH

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26°C)

		อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : PTCH				
		1:0.5	1:1	1:2	1:3	1:5
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.864	-0.880	-0.856	-0.868	-0.864
	S.D.	-	-	-	-	-
	area	0.0050	0.0114	0.0134	0.0162	0.0328
พิกัดที่ 2	X_{av}	-1.084	-1.196	-1.140	-1.120	-1.126
	S.D.	-	-	-	-	-
	area	0.0030	0.0056	0.0058	0.0052	0.0090
พิกัดที่ 3	X_{av}	-1.484	-1.472	-1.492	-1.516	-1.496
	S.D.	-	-	-	-	-
	area	0.0303	0.0318	0.0254	0.0241	0.0278

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 27 °C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พิกัดที่ 1	X_{av}	-	-	-	-	-0.365
	S.D.	-	-	-	-	0.0338
พิกัดที่ 2	X_{av}	-0.608	-0.613	-0.610	-0.608	-0.619
	S.D.	0.0131	0.0785	0.0010	0.0160	0.0507
พิกัดที่ 3	X_{av}	-1.003	-1.000	-0.992	-0.976	-0.864
	S.D.	0.0075	0.0080	0.0000	0.0000	0.0277
พิกัดที่ 4	X_{av}	broad	broad	broad	-1.356	-1.427
	S.D.	-	-	-	0.0360	0.0457

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25°C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พิกัดที่ 1	X_{av}	-0.043	-0.037	-	-	-
	S.D.	0.0038	0.0038	-	-	-
พิกัดที่ 2	X_{av}	-0.186	-0.194	-0.192	-0.184	-
	S.D.	0.0131	0.1159	0.0000	0.0065	-
พิกัดที่ 3	X_{av}	-0.837	-0.835	-0.835	-0.829	-0.827
	S.D.	0.0131	0.0066	0.0066	0.0998	0.0075
พิกัดที่ 4	X_{av}	-1.141	-1.141	-1.120	-1.120	-1.108
	S.D.	0.0151	0.0151	0.0000	0.0000	0.0245
พิกัดที่ 5	X_{av}	-1.328	-1.333	-	-	-
	S.D.	0.0000	0.0075	-	-	-
พิกัดที่ 6	X_{av}	-1.515	-1.503	-1.491	-1.491	-1.491
	S.D.	0.0076	0.0190	0.0010	0.0010	0.0010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26°C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พิกัดที่ 1	X_{avg}	-0.037	-0.037	-	-	-
	S.D.	0.0075	0.0075	-	-	-
พิกัดที่ 2	X_{avg}	-0.181	-0.184	-0.179	-0.173	-
	S.D.	0.0038	0.0113	0.0100	0.0136	-
พิกัดที่ 3	X_{avg}	-0.821	-0.832	-0.821	-0.811	-0.808
	S.D.	0.0076	0.0131	0.0076	0.0076	0.0065
พิกัดที่ 4	X_{avg}	-1.125	-1.120	-1.115	-1.104	-1.099
	S.D.	0.0140	0.0131	0.0076	0.0000	0.0010
พิกัดที่ 5	X_{avg}	-1.323	-1.323	-	-	-
	S.D.	0.0076	0.0110	-	-	-
พิกัดที่ 6	X_{avg}	-1.485	-1.479	-1.479	-1.479	-1.481
	S.D.	0.0038	0.0019	0.0019	0.0019	0.0050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(III)$ ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH = 6.00 ที่ 27°C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พีดที่ 1	X_{avg}	-0.320	-0.320	-0.320	-0.320	-0.320
	S.D.	-	-	-	-	-
พีดที่ 2	X_{avg}	-0.592	-0.584	-0.592	-0.592	-0.560
	S.D.	-	-	-	-	-
พีดที่ 3	X_{avg}	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864
	S.D.	-	-	-	-	-
พีดที่ 4	X_{avg}	-1.312	-1.360	-1.360	-1.376	-1.376
	S.D.	-	-	-	-	-
พีดที่ 5	X_{avg}	-1.536	-1.520	-1.520	-1.520	-1.520
	S.D.	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พิกที่ 1	X_{avg}	-0.152	-0.043	-	-	-
	S.D.	0.0080	0.0055	-	-	-
พิกที่ 2	X_{avg}	-0.236	-0.180	-0.180	-0.180	-
	S.D.	0.0120	0.0040	0.0040	0.0040	-
พิกที่ 3	X_{avg}	-0.816	-0.832	-0.820	-0.824	-0.816
	S.D.	0.0160	0.0000	0.0040	0.0080	0.0000
พิกที่ 4	X_{avg}	-1.112	-1.124	-1.116	-1.112	-1.100
	S.D.	0.0080	0.0040	0.0120	0.0080	0.0000
พิกที่ 5	X_{avg}	-1.328	-1.328	-	-	-
	S.D.	0.0000	0.0000	-	-	-
พิกที่ 6	X_{avg}	-1.512	-1.496	-1.480	-1.504	-1.488
	S.D.	0.0080	0.0080	0.0080	0.0160	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ยของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พิกัดที่ 1	X_{avg}	-0.064	-0.040	-	-	-
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 2	X_{avg}	-0.192	-0.160	-0.160	-0.160	-
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 3	X_{avg}	-0.784	-0.816	-0.816	-0.816	-0.816
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 4	X_{avg}	-1.136	-1.120	-1.104	-1.104	-1.100
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 5	X_{avg}	-1.312	-1.312	-	-	-
	S.D.	-	-	-	-	-
พิกัดที่ 6	X_{avg}	-1.496	-1.488	-1.472	-1.472	-1.488
	S.D.	-	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาริวิจยและข้อเสนอแนะ

การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างฟิรดอกซัลไทโอคาร์โบ-ไอเตรโซนกับ $Fe(II)$ พบว่า

- 1) สภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยเครื่องโพลารोगราฟ คือ ช่วงศักย์ไฟฟ้า : 0 ถึง -2.000 โวลต์
 สารละลายอิเล็กโทรไลต์ : สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH มีค่า 6.00 ที่ 27 องศาเซลเซียส)
 สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัพเฟอร์ (pH มีค่า 7.18 ที่ 25 องศาเซลเซียส)
 สารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ (pH มีค่า 6.98 ที่ 26 องศาเซลเซียส)
- 2) ค่าศักย์ไฟฟ้าของฟิรดอกซัลไฮโดรคลอไรด์และไทโอคาร์โบไฮดาไซด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้น จะไม่ปรากฏให้เห็นบนค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบฟิรดอกซัลไทโอคาร์โบไอเตรโซนไฮโดรคลอไรด์ แสดงให้เห็นว่า ในระหว่างการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบฟิรดอกซัลไทโอคาร์โบไอเตรโซนไฮโดรคลอไรด์ จะไม่เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

- 3) ค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบฟิรดอกซัลไทโอคาร์โบไอเตรโซนไฮโดรคลอไรด์ ในสภาวะดังกล่าว แสดงค่าศักย์ไฟฟ้า ดังนี้
 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.653, -1.000 โวลต์
 ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัพเฟอร์: ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.136, -0.240, -0.848, -1.120, -1.509 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ $-0.104, -0.216,$
 $-0.819, -1.084, -1.482$ โวลต์

4) ไม่สามารถหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ กับ $Fe(II)$ ได้จากการดูพื้นที่ใต้พีคหลัก เนื่องจากความไม่แน่นอนของพื้นที่ใต้พีค แต่โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนโมลของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ $Fe(II)$ ที่ 1:1

5) ไม่สามารถระบุค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างฟิรดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ กับ $Fe(II)$ ในแต่ละสปีชีส์ได้ เนื่องจากในสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กกับสารประกอบฟิรดอกซัลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ สามารถเกิดได้หลายสปีชีส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสารละลายปริมาตร-โรบินสัน บัฟเฟอร์ที่มี pH ใด ๆ

สารละลายปริมาตร-โรบินสัน บัฟเฟอร์ ประกอบด้วย สารละลายกรดแอสติก 0.04 โมลต่อลิตร สารละลายกรดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.04 โมลต่อลิตร สารละลายกรดบอริก 0.04 โมลต่อลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมลต่อลิตร จำนวน x มิลลิลิตรดังนี้

pH	สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ x มิลลิลิตร
1.98	5.0
2.21	10.0
2.56	15.0
3.29	20.0
4.10	25.0
4.56	30.0
5.02	35.0
5.72	40.0
6.37	45.0
6.80	50.0
7.00	52.5
7.24	55.0
7.96	60.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของพรีดอกซ์ไฮโดรคลอไรด์
 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
 (pH = 6.00 ที่ 27 °C)

ครั้งที่	พีค 1
1	-1.506
2	-1.512
3	-1.512
4	-1.490
5	-1.500
6	-1.515
7	-1.500
8	-1.495
9	-1.495

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ

สารประกอบพรีดอกซ์ไทโอคาร์โบไฮเดรโซนาไฮโดรคลอไรด์
 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
 (pH = 6.00 ที่ 27 °C)

ครั้งที่	พีก 1	พีก 2
1	-0.672	-1.024
2	-0.640	-1.008
3	-0.656	-0.976
4	-0.656	-0.984
5	-0.640	-1.008

ตารางที่ 3 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ

สารประกอบพรีดอกซ์ไทโอคาร์โบไฮเดรโซนาไฮโดรคลอไรด์
 ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
 (pH = 7.18 ที่ 25 °C)

ครั้งที่ 1	พีก 1	พีก 2	พีก 3	พีก 4	พีก 5
1	-0.144	-0.240	-0.848	-1.120	-1.520
2	-0.128	-0.240	-0.848	-1.120	-1.498

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ

สารประกอบพิริดอกซิลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

(pH = 7.18 ที่ 25 °C)

ครั้งที่ 1	พิก 1	พิก 2	พิก 3	พิก 4	พิก 5
1	-0.096	-0.224	-0.824	-1.080	-1.488
2	-0.104	-0.208	-0.816	-1.080	-1.488
3	-0.120	-0.224	-0.816	-1.088	-1.472
4	-0.096	-0.208	-0.820	-1.088	-1.480

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 27 °C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
ครั้งที่ 1	พีด 1	-	-	-	-	-0.432
	พีด 2	-0.592	-0.608	-0.600	-0.592	-0.600
	พีด 3	-1.008	-1.008	-0.992	-0.976	-0.864
	พีด 4	broad	broad	broad	-1.320	-1.432
ครั้งที่ 2	พีด 1	-0.368	-0.352	-0.344	-0.344	-0.312
	พีด 2	-0.608	-0.592	-0.608	-0.624	-0.568
	พีด 3	-1.008	-0.928	-0.904	-0.880	-0.816
	พีด 4	broad	-1.304	-1.328	-1.392	-1.456
ครั้งที่ 3	พีด 1	-	-	-	-	-0.352
	พีด 2	-0.624	-0.640	-0.624	-	-0.688
	พีด 3	-0.992	-0.992	-0.992	-	-0.912
	พีด 4	-1.584	-1.584	-1.568	-	-1.392

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
ครั้งที่ 1	พีด 1	-0.040	-0.040	-	-	-
	พีด 2	-0.192	-0.184	-0.192	-0.184	-
	พีด 3	-0.832	-0.840	-0.840	-0.840	-0.832
	พีด 4	-1.1521	-1.152	-1.120	-1.120	-1.100
	พีด 5	-1.328	-1.328	-	-	-
	พีด 6	-1.520	-1.504	-1.488	-1.488	-1.504
ครั้งที่ 2	พีด 1	-0.048	-0.032	-0.040	-	-
	พีด 2	-0.176	-0.192	-0.192	-0.176	-
	พีด 3	-0.848	-0.832	-0.832	-0.816	-0.816
	พีด 4	-1.120	-1.120	-1.120	-1.120	-1.104
	พีด 5	-1.328	-1.328	-1.328	-	-
	พีด 6	-1.520	-1.504	-1.504	-1.504	-1.488

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 (ต่อ): แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCM กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
ครั้งที่ 3	พิก 1	-0.040	-0.040	-	-	-
	พิก 2	-0.192	-0.208	-0.192	-0.192	-
	พิก 3	-0.832	-0.832	-0.832	-0.832	-0.832
	พิก 4	-1.152	-1.152	-1.120	-1.120	-1.120
	พิก 5	-1.328	-1.344	-1.360	-1.344	-1.360
	พิก 6	-1.504	-1.500	-1.480	-1.480	-1.480

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26 °C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
ครั้งที่ 1	พีด 1	-0.032	-0.032	-	-	-
	พีด 2	-0.184	-0.200	-0.192	-0.192	-
	พีด 3	-0.816	-0.848	-0.816	-0.816	-0.816
	พีด 4	-1.152	-1.136	-1.120	-1.104	-1.100
	พีด 5	-1.328	-1.334	-	-	-
	พีด 6	-1.488	-1.476	-1.476	-1.476	-1.476
ครั้งที่ 2	พีด 1	-0.032	-0.032	-	-	-
	พีด 2	-0.184	-0.176	-0.168	-0.168	-0.136
	พีด 3	-0.832	-0.832	-0.832	-0.816	-0.808
	พีด 4	-1.104	-1.104	-1.104	-1.104	-0.098
	พีด 5	-1.328	-	-	-	-
	พีด 6	-1.488	-1.480	-1.480	-1.480	-1.488

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 (ต่อ) : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCM กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 26°C)

		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
ครั้งที่ 3	พีด 1	-0.048	-0.048	-0.048	-	-
	พีด 2	-0.176	-0.176	-0.176	-0.160	-
	พีด 3	-0.816	-0.816	-0.816	-0.800	-0.800
	พีด 4	-1.120	-1.120	-1.120	-1.104	-1.100
	พีด 5	-1.312	-1.312	-	-	-
	พีด 6	-1.480	-1.480	-1.480	-1.480	-1.480

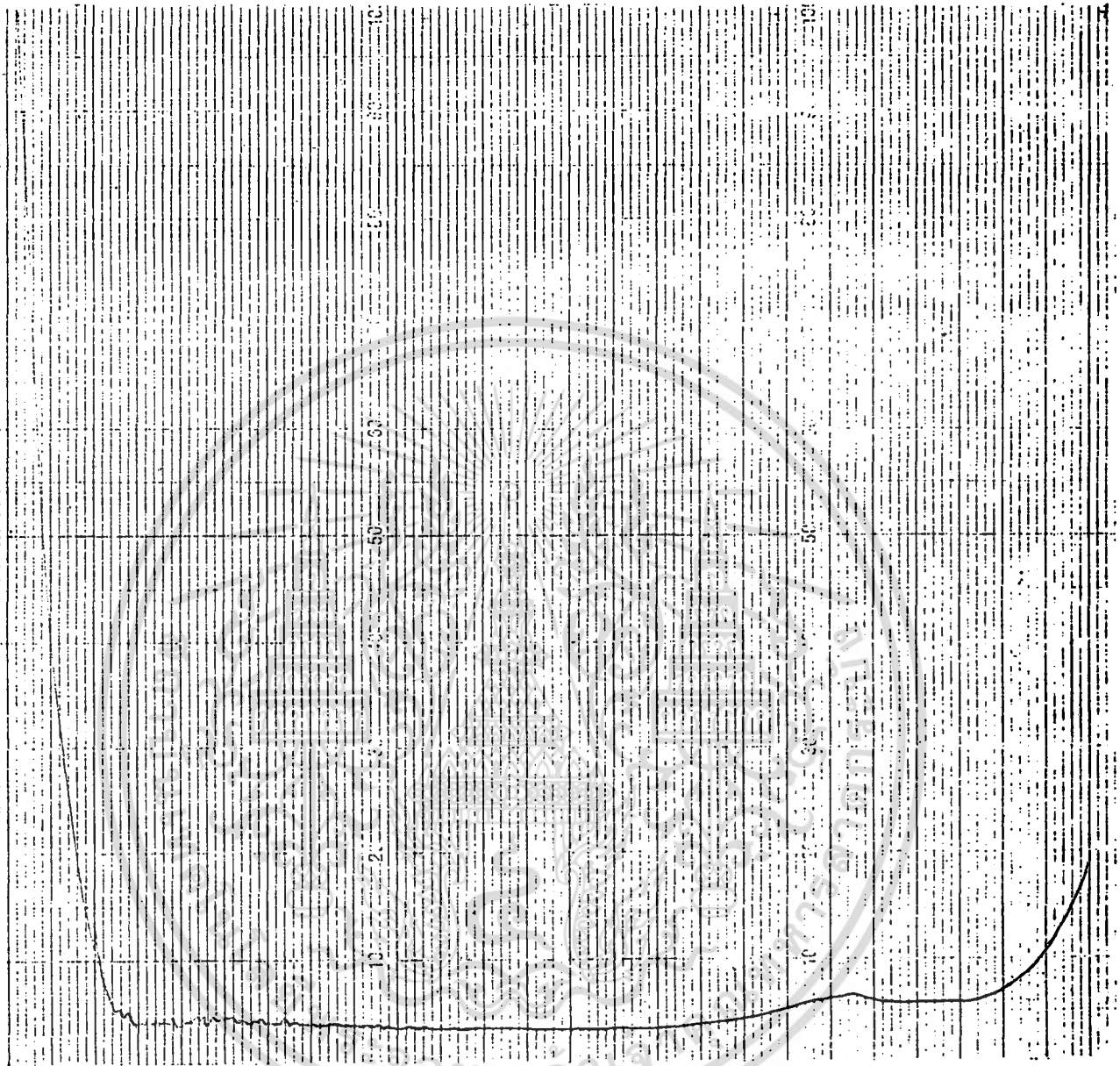
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 : แสดงผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง PTCH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.

ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.18 ที่ 25 °C)

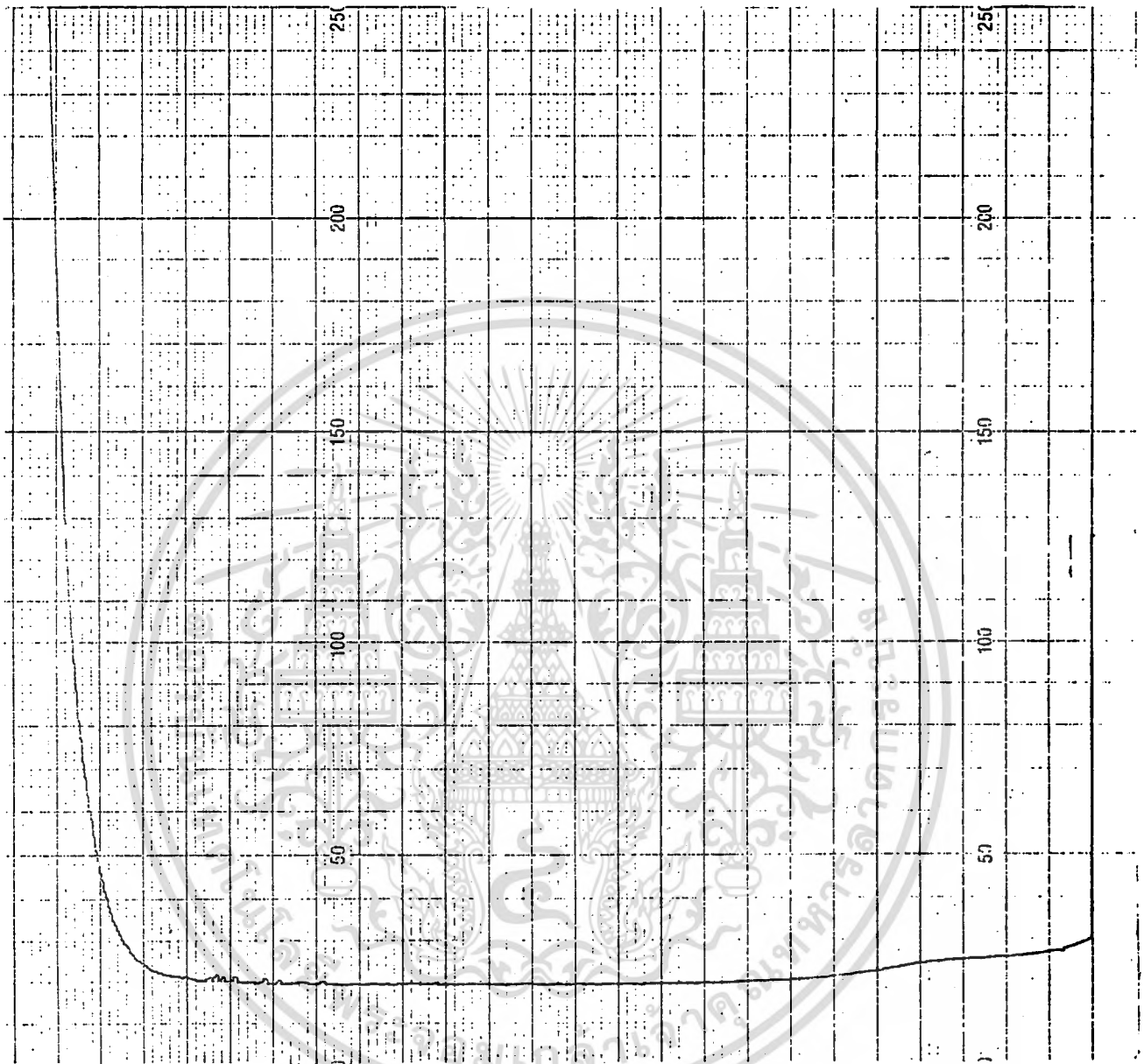
		ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
		20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
ครั้งที่ 1	พีด 1	-0.160	-0.048	-	-	-
	พีด 2	-0.248	-0.184	-0.184	-0.184	-
	พีด 3	-0.800	-0.832	-0.816	-0.816	-0.816
	พีด 4	-1.120	-1.128	-1.128	-1.120	-1.100
	พีด 5	-1.328	-1.328	-	-	-
	พีด 6	-1.520	-1.488	-1.488	-1.488	-1.488
ครั้งที่ 2	พีด 1	-0.144	-0.037	-	-	-
	พีด 2	-0.224	-0.176	-0.176	-	-
	พีด 3	-0.832	-0.832	-0.824	-0.832	-
	พีด 4	-1.104	-1.120	-1.104	-1.104	-
	พีด 5	-	-	-	-	-
	พีด 6	-1.504	-1.504	-1.472	-1.520	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



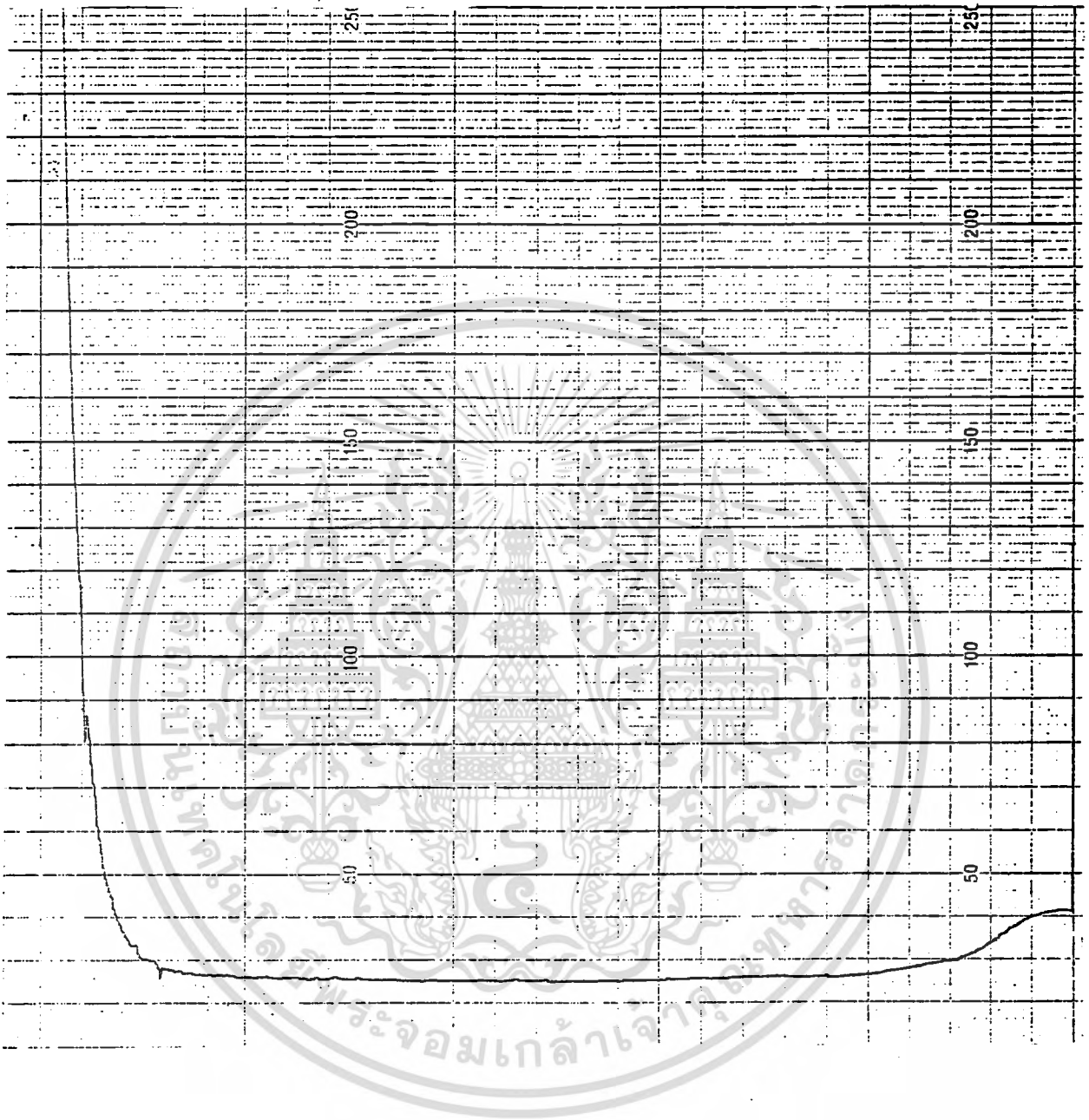
รูปที่ 1: แสดงโพลารแกรมของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH = 6.00 ที่ 27 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



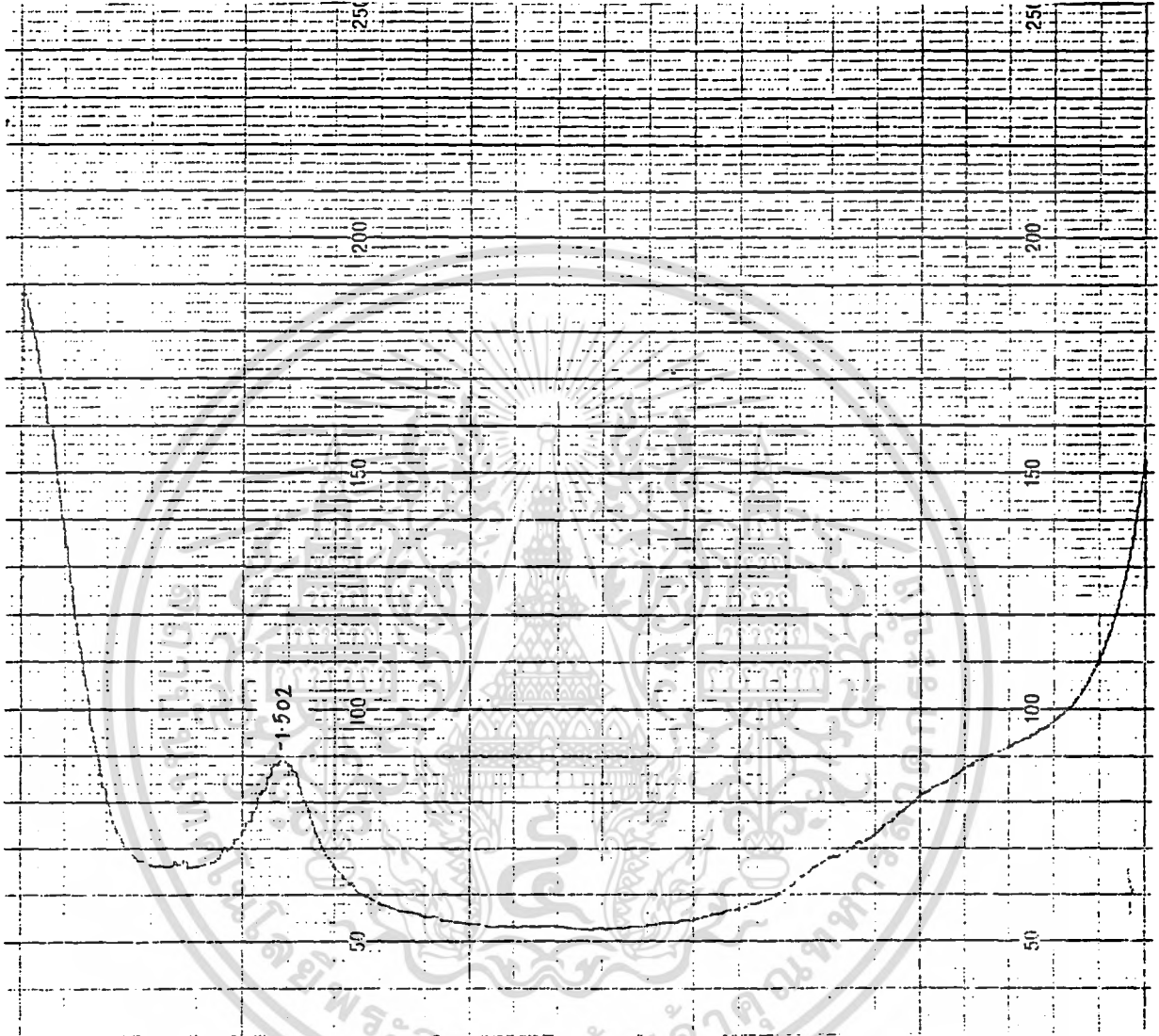
รูปที่ 2: แสดงโฟลโรแกรมของสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัพเฟอร์
(pH = 7.18 ที่ 25 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



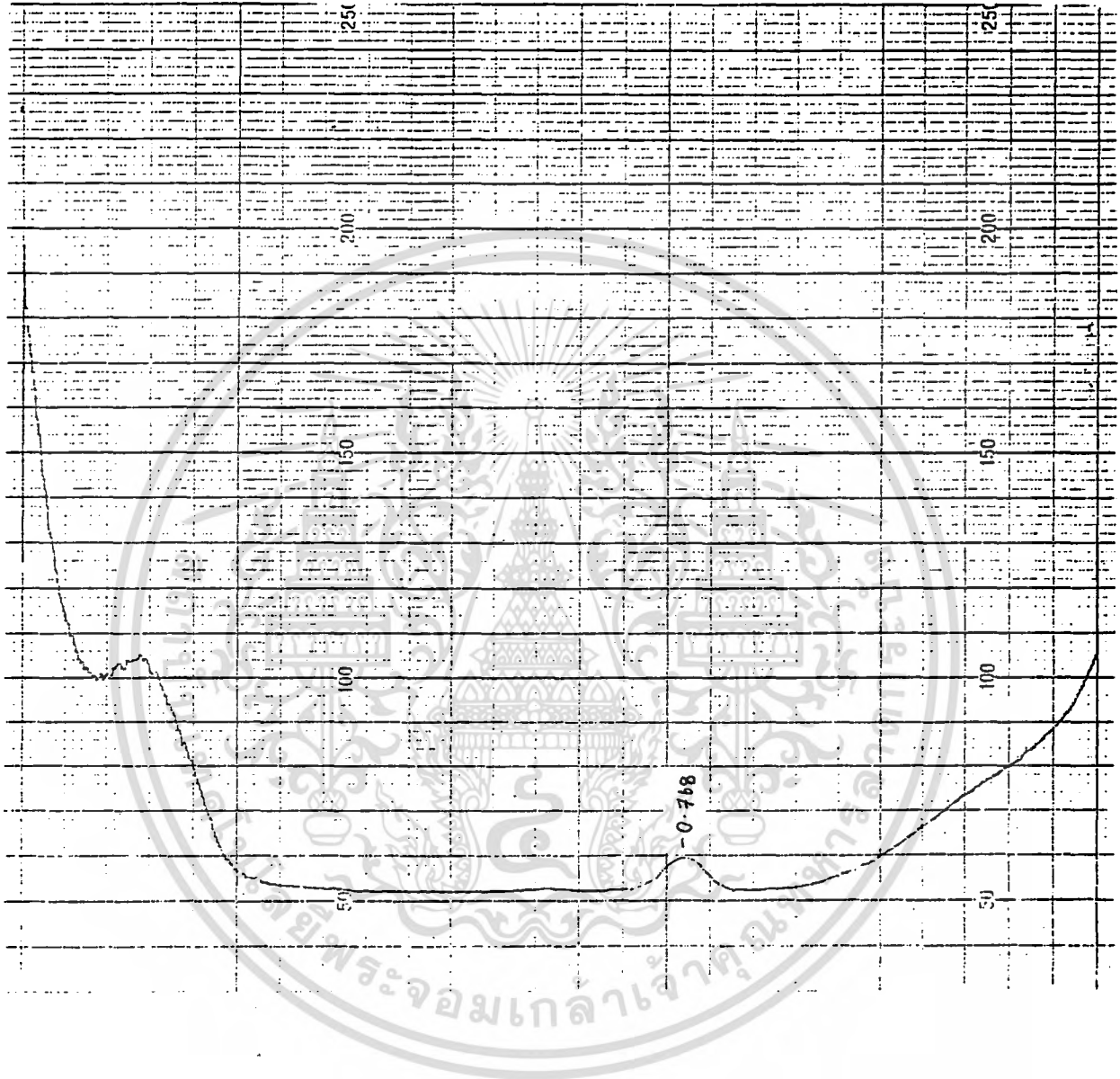
รูปที่ 3: แสดงโพลารแกรมของสารละลายพอลิเอทิลีนไกลคอล
(pH = 6.98 ที่ 26 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4: แสดงโพลารแกรมของพีริตอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (B6)
 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
 (pH = 6.00 ที่ 27 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

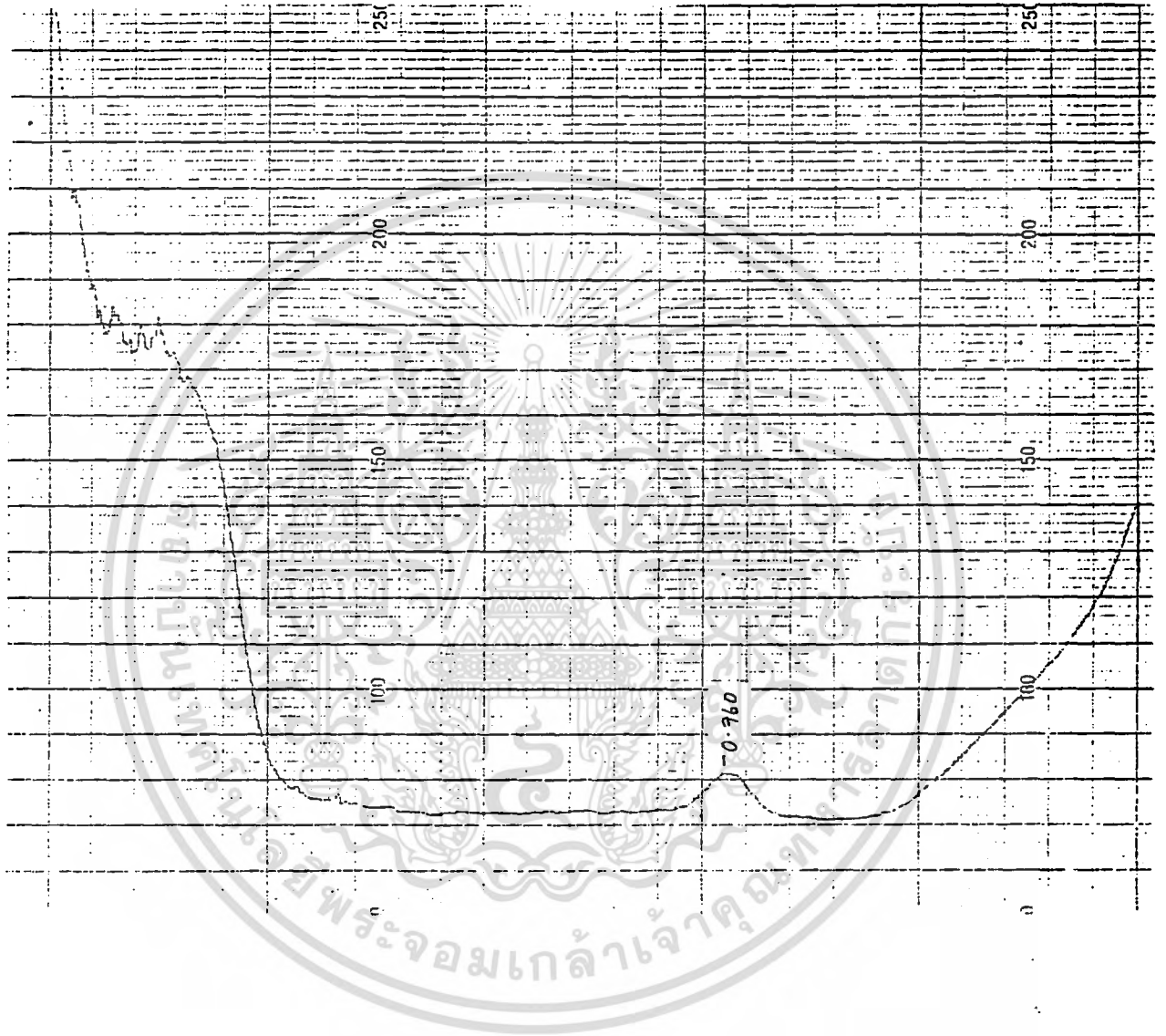


รูปที่ 5: แสดงโพลารแกรมของนิริดอกซ์ไฮโดรคลอไรด์ (B6)

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

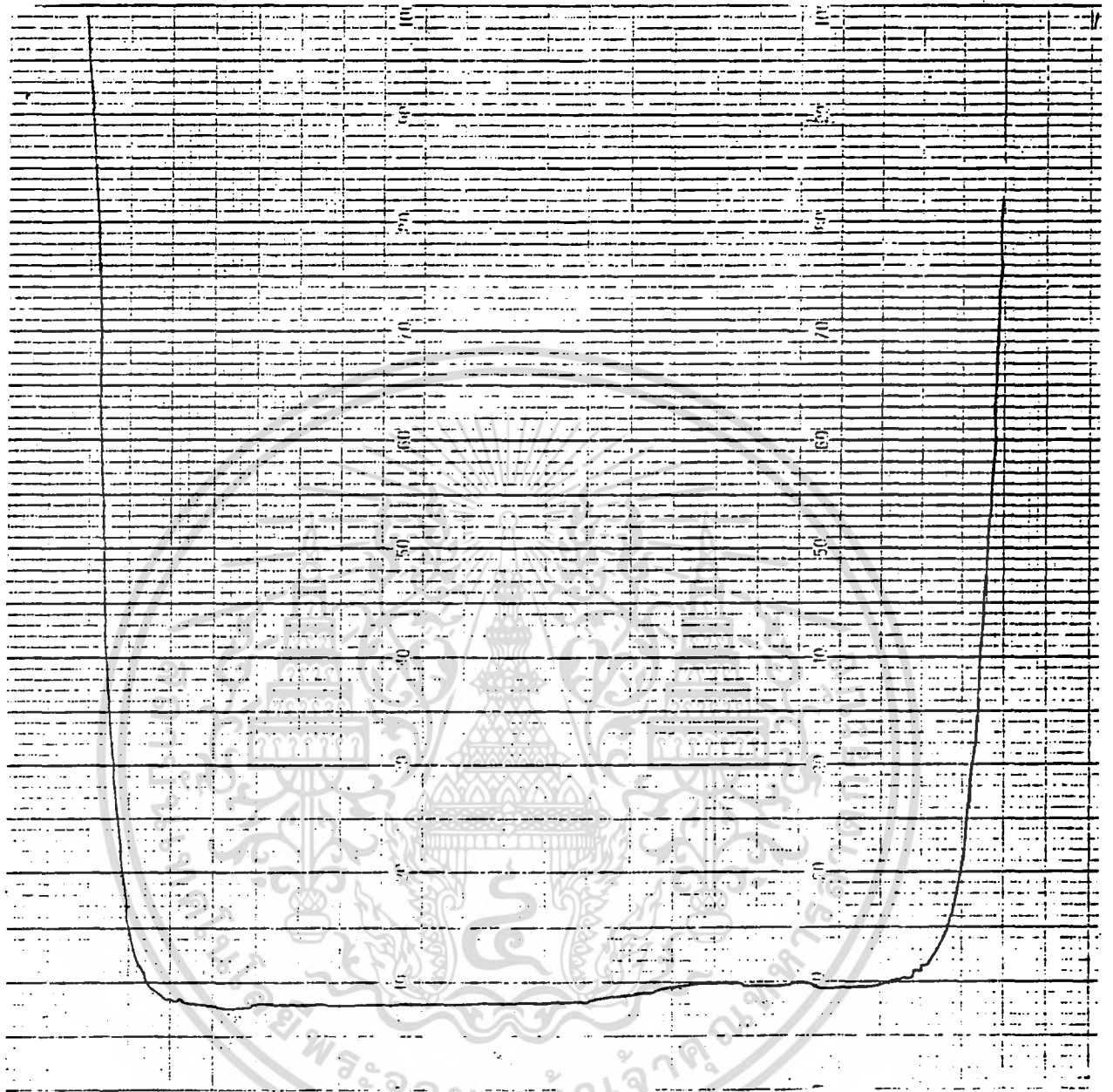
(pH = 7.18 ที่ 25 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6: แสดงโวลตาโรแกรมของนิรดอกซ์ไฮโดรคลอไรด์ (B6)
 ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
 (pH = 6.98 ที่ 26 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

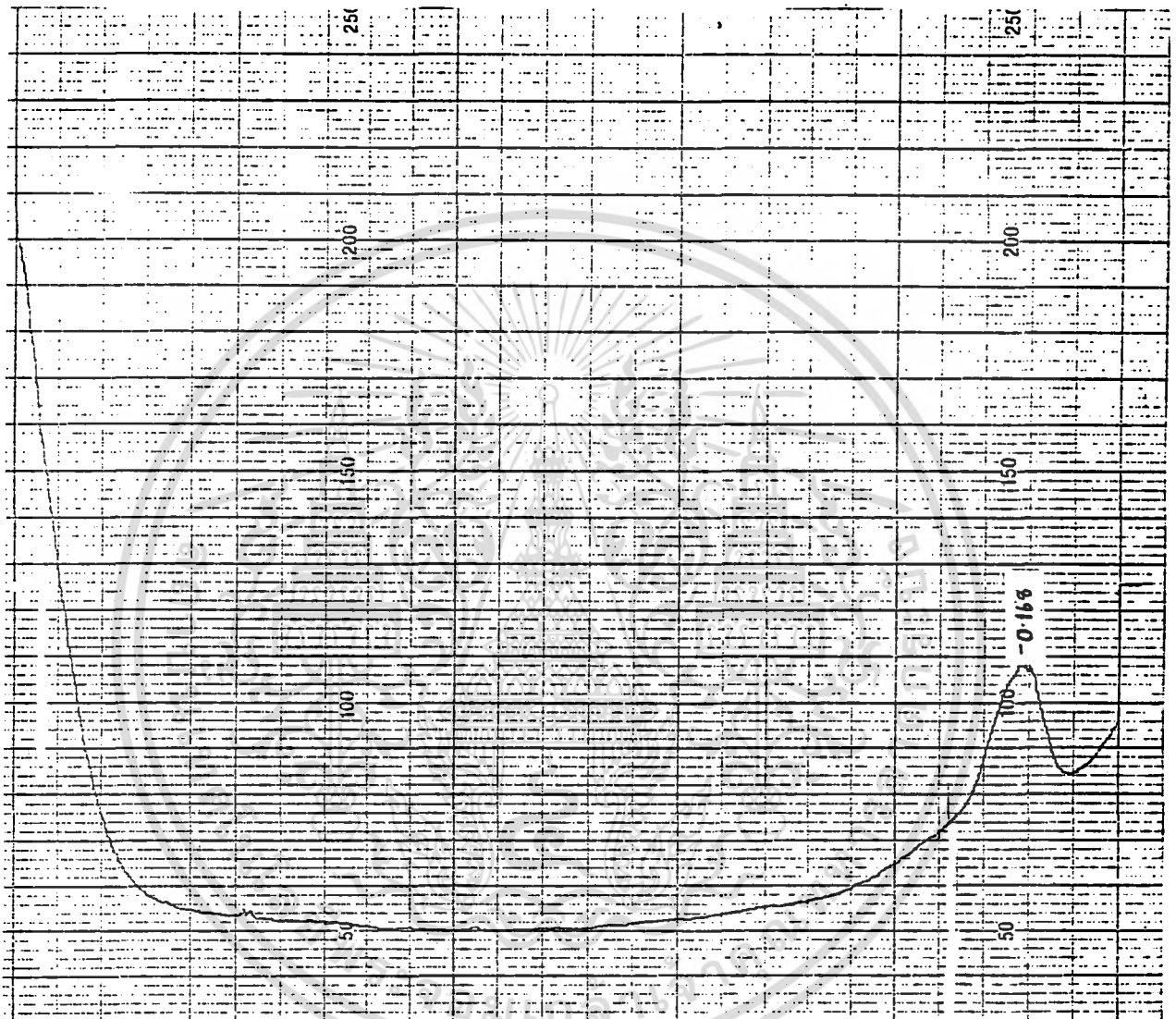


รูปที่ 7: แสดงโพลารแกรมของไทโอคาร์โบไฮดาไซด์ (TCH)

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

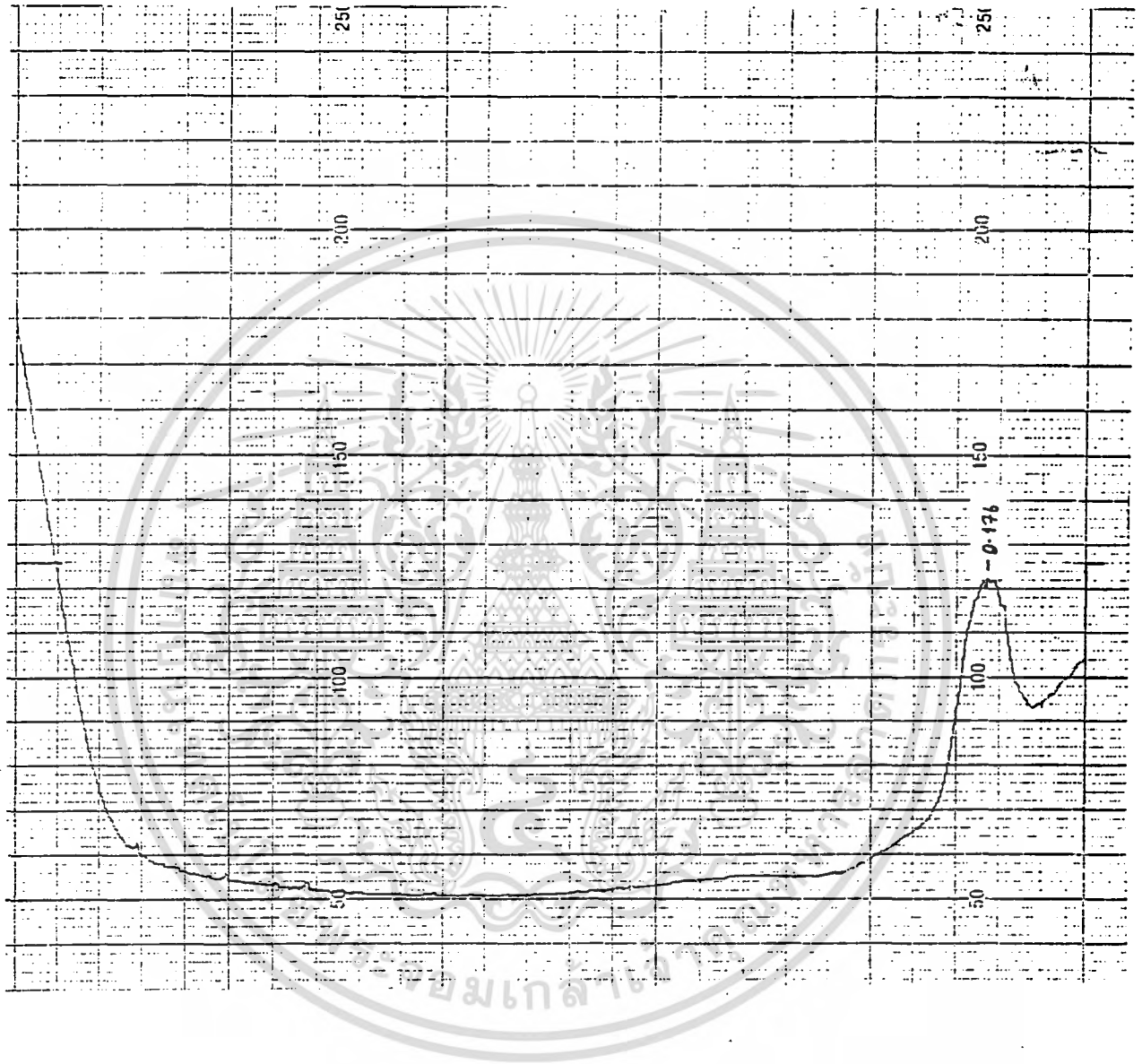
(pH = 6.00 ที่ 27 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



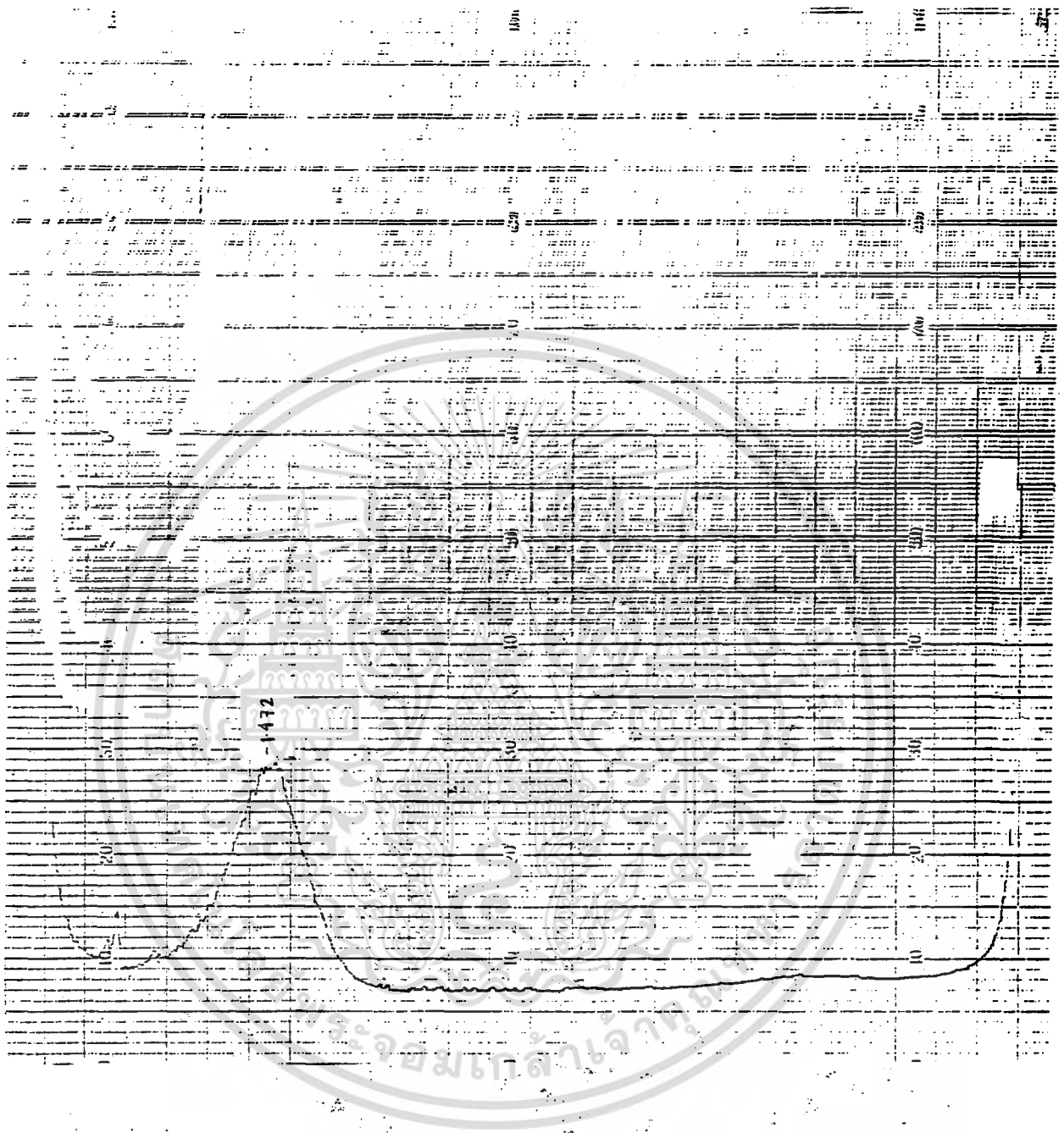
รูปที่ 8: แสดงโพลารแกรมของโทโอคาร์โบไฮดาไซด์ (TCH)
 ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
 (pH = 7.18 ที่ 25 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



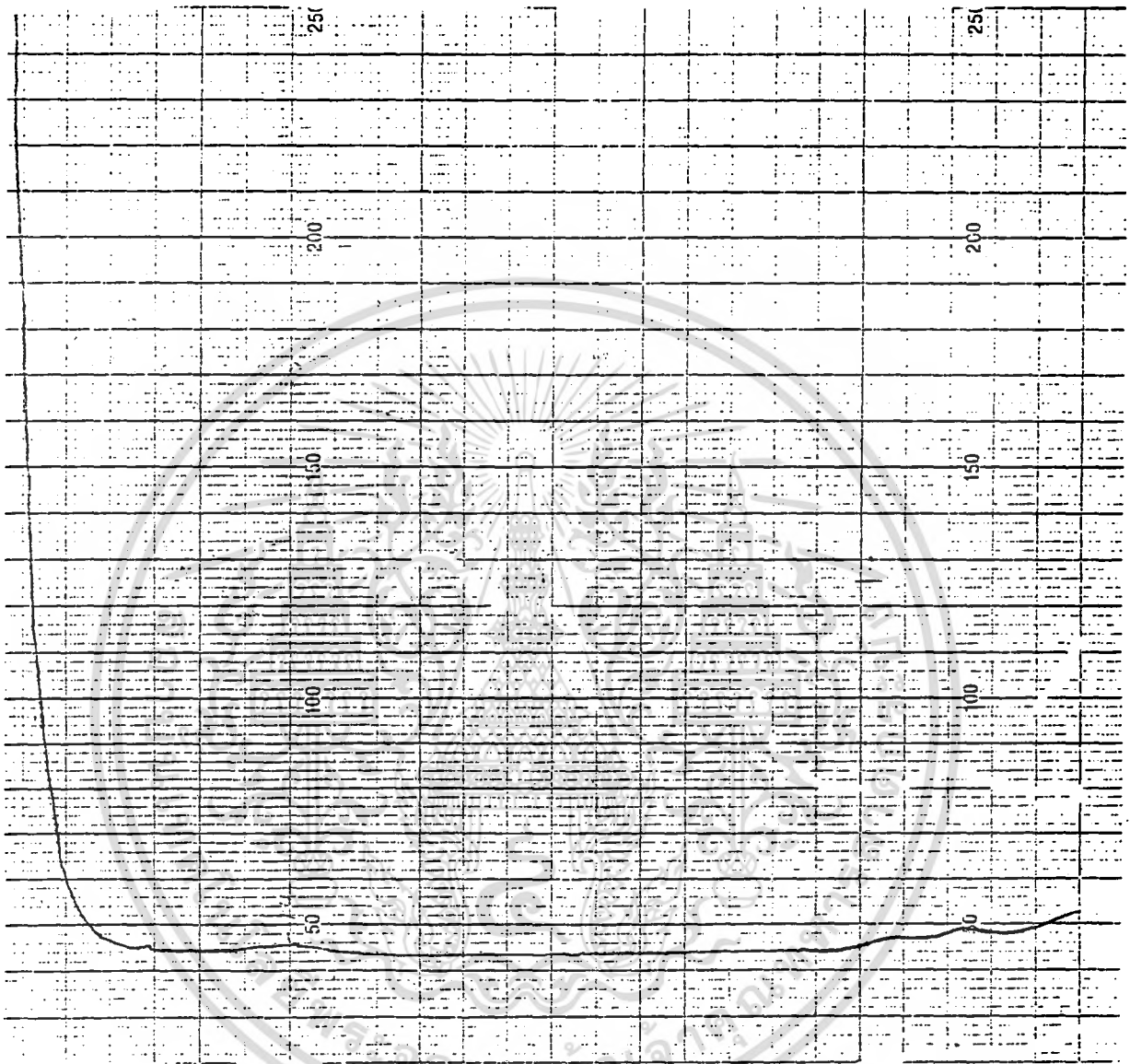
รูปที่ 9: แสดงโพลารแกรมของไทโธคาร์โบไฮดาไซด์ (TCH)
 ในสารประกอบพอลิไพร์โรล
 (pH = 6.98 ที่ 26 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



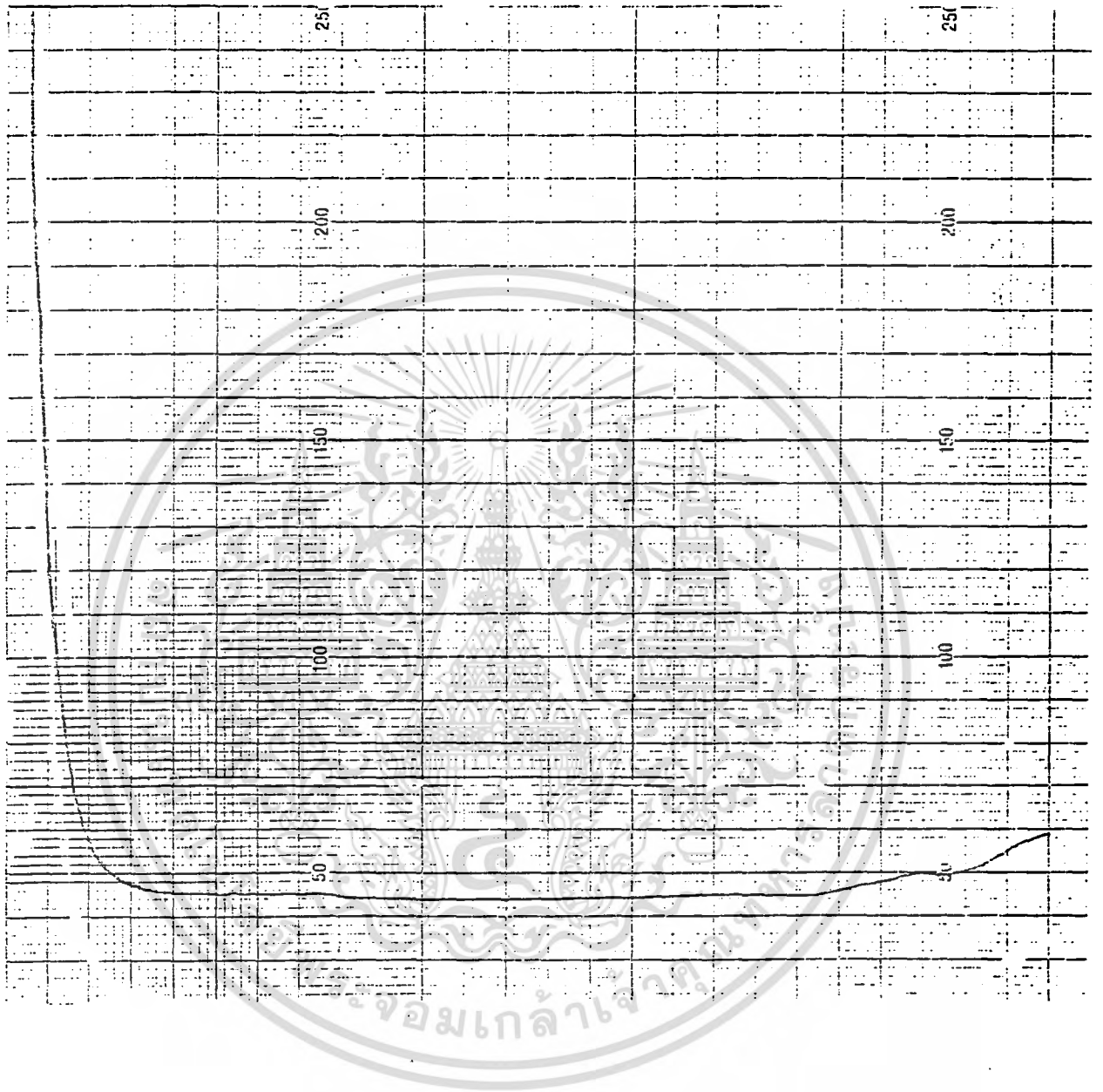
รูปที่ 10: แสดงโพลารแกรมของไอออนของเหล็ก (III) (Fe(III))
 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
 ($\text{pH} = 6.00$ ที่ 27°C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



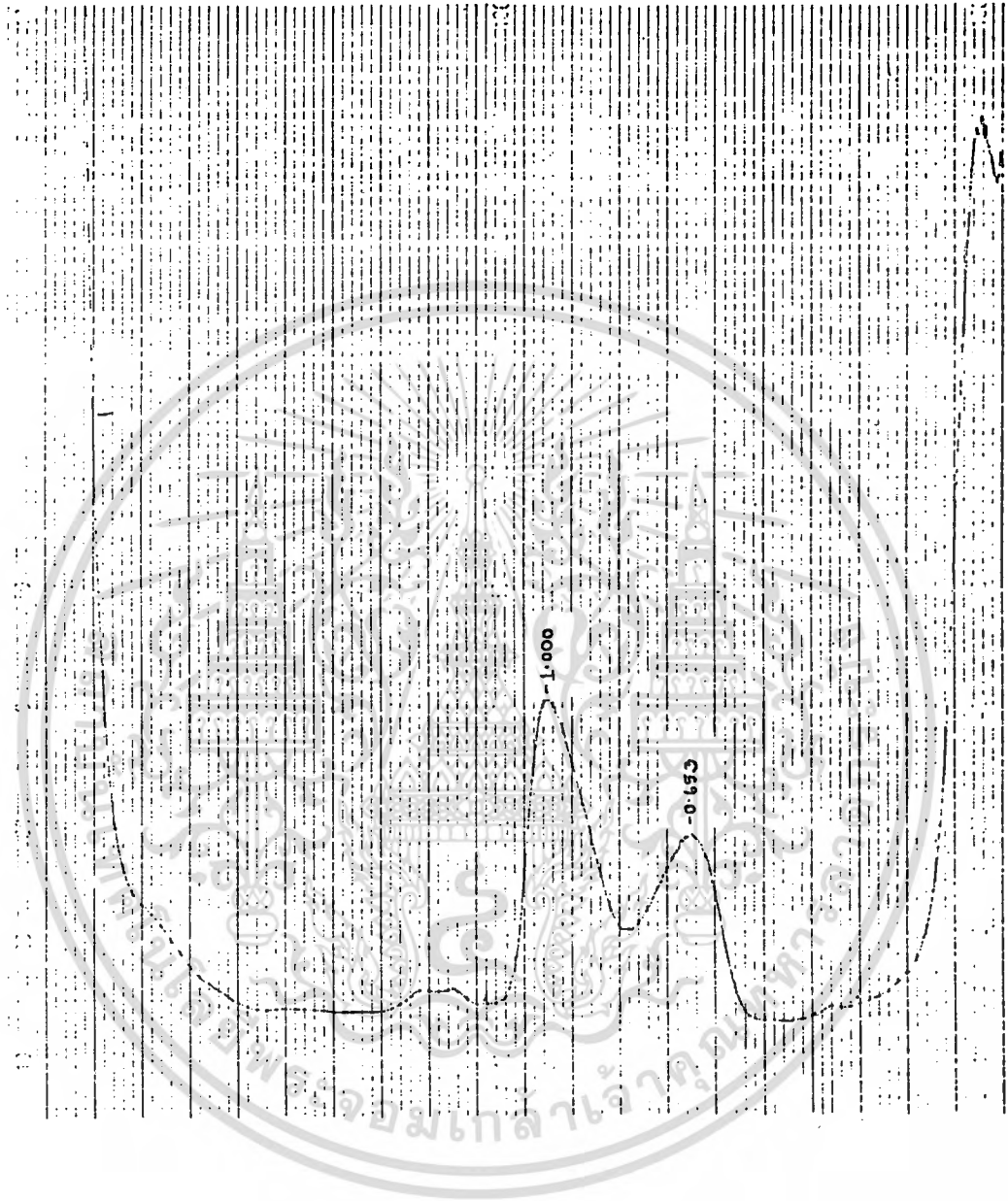
รูปที่ 11: แสดงโพลารแกรมของไอออนของเหล็ก (III) ($Fe(III)$)
 ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
 (pH = 7.18 ที่ 25 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12: แสดงโวลตาโรแกรมของไอออนของเหล็ก (III) (Fe(III))
 ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
 (pH = 6.98 ที่ 26 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

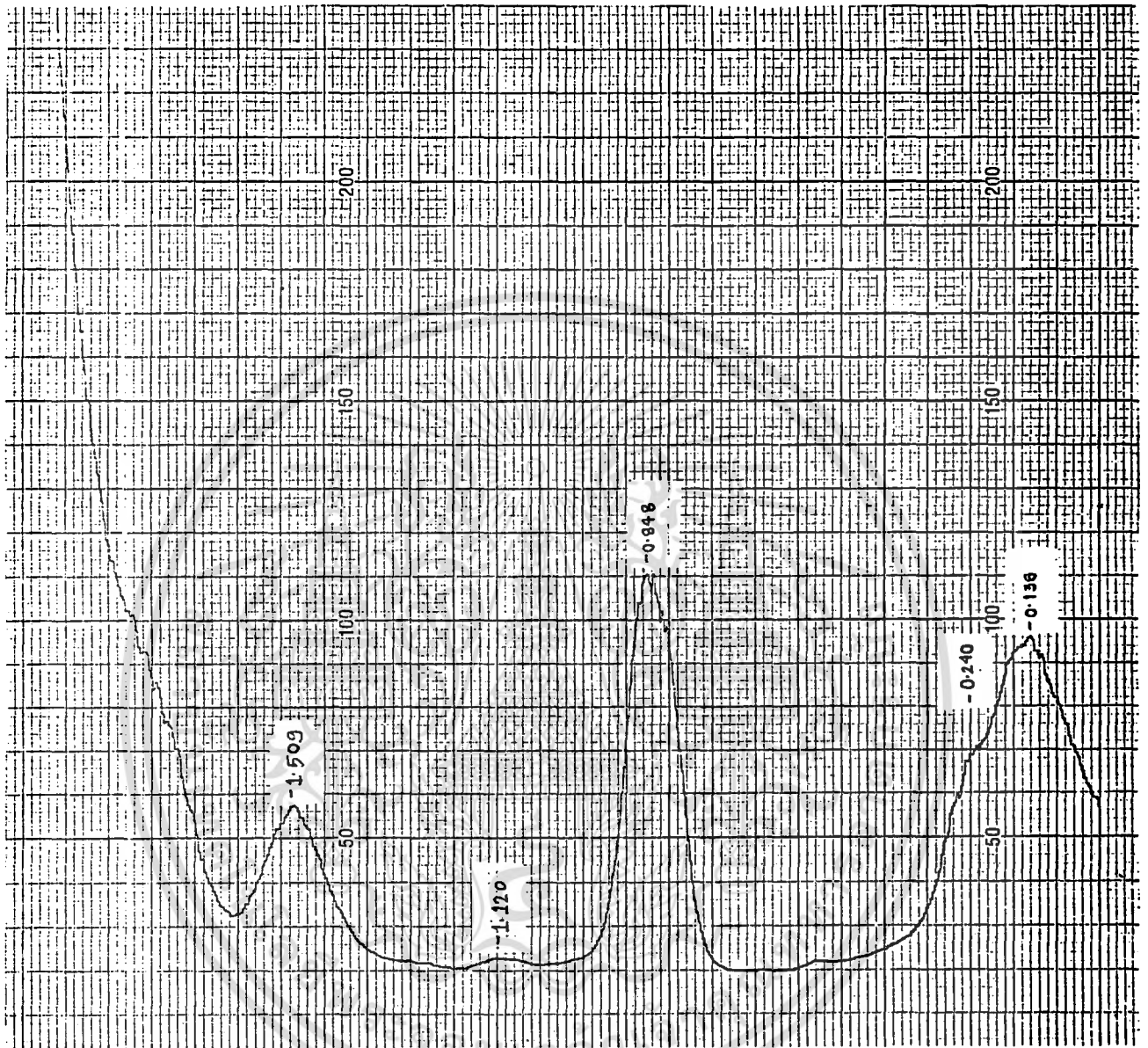


รูปที่ 13: แสดงโพลารแกรมของสารประกอบพิริดอกซิลโทโอคาร์โบไฮเดรโซไฮโดร-
คลอไรด์ (PTCH)

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

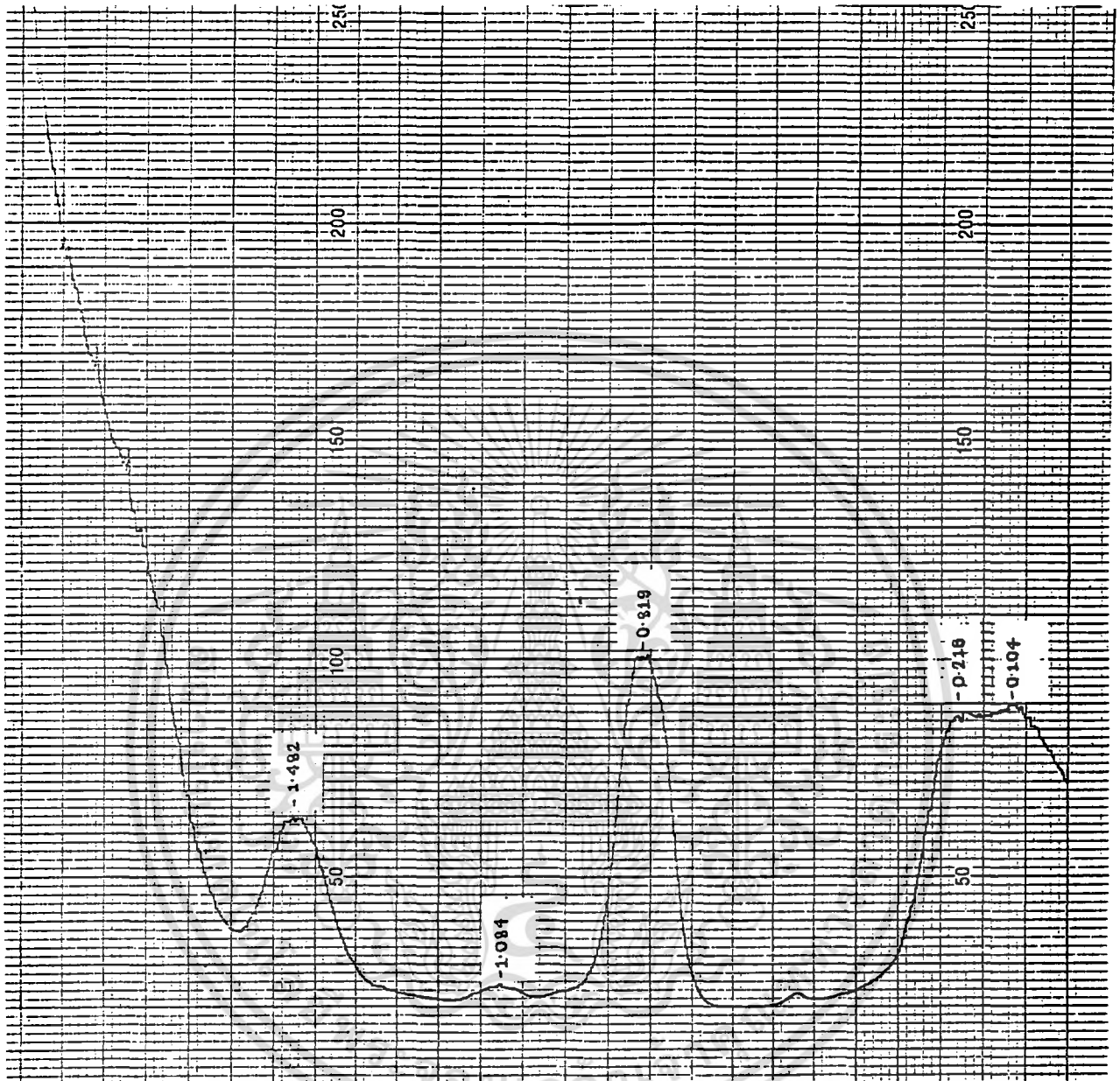
(pH = 6.00 ที่ 27 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



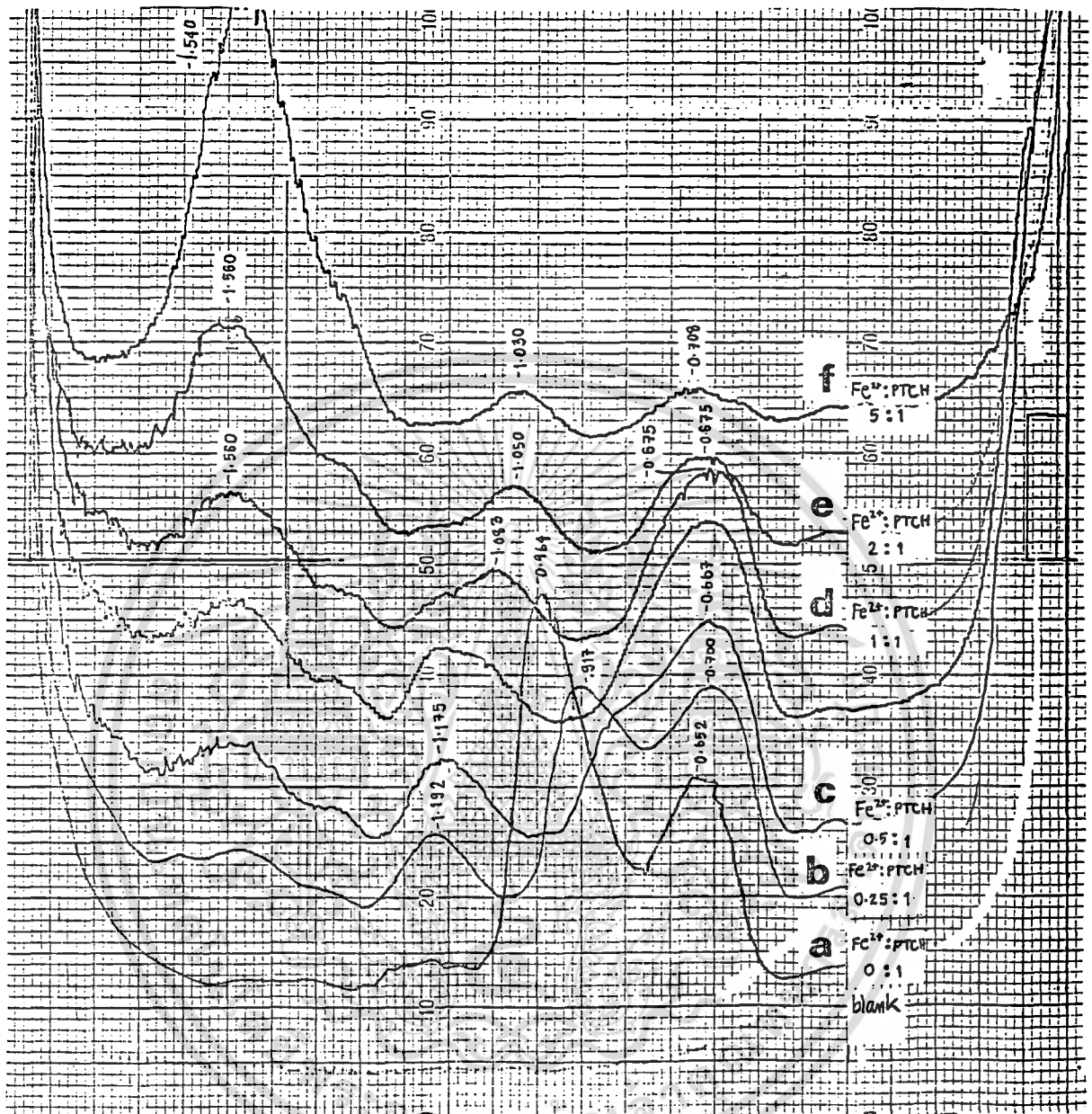
รูปที่ 14: แสดงโพลารแกรมของสารประกอบฟิรดอกซ์ไทโอคาร์โบไฮเดรโซนาไฮโดร-
คลอไรด์ (PTCH)
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
(pH = 7.18 ที่ 25 C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 15: แสดงโพลาไรแกรมของสารประกอบพิริดอกซิลไทโอคาร์โบไฮเดรโซไนโดร-
คลอไรด์ (PTCH)
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
(pH = 6.98 ที่ 26 C)

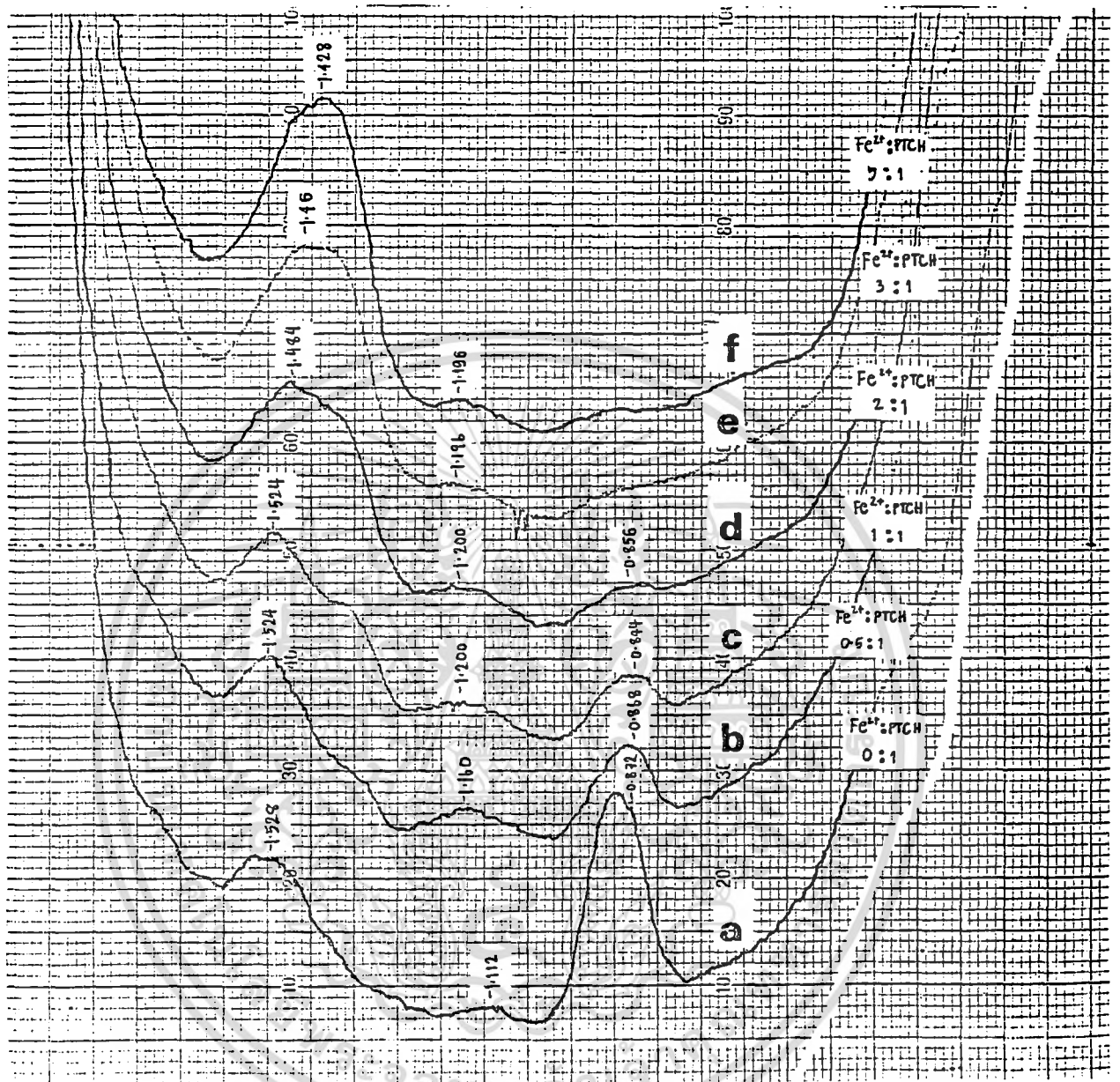
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16: แสดงโพลารแกรมของไอออนของเหล็ก (II) และสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซิลไทโอคาร์โบไฮเดรโซไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II) โดยอัตราส่วนโมล Fe(II):PTCH เท่ากับ a) 0:1 b) 0.25:1 c) 0.5:1 d) 1:1 e) 2:1 และ f) 5:1

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

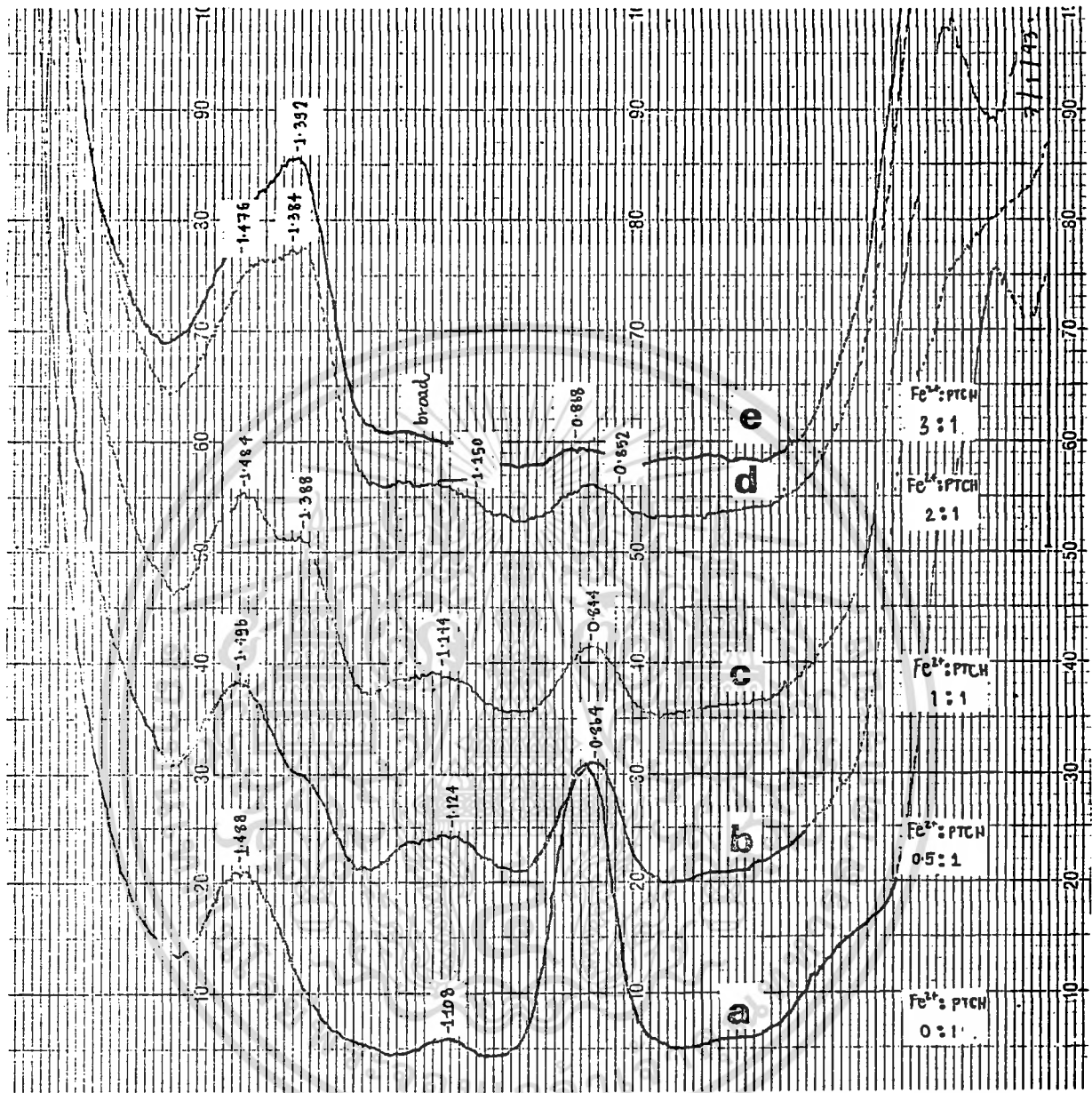
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17: แสดงโพลารแกรมของไอออนของเหล็ก (II) และสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซัลโทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II) โดยอัตราส่วนโมล Fe(II):PTCH เท่ากับ a) 0:1 b) 0.5:1 c) 1:1 d) 2:1 e) 3:1 และ f) 5:1

ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

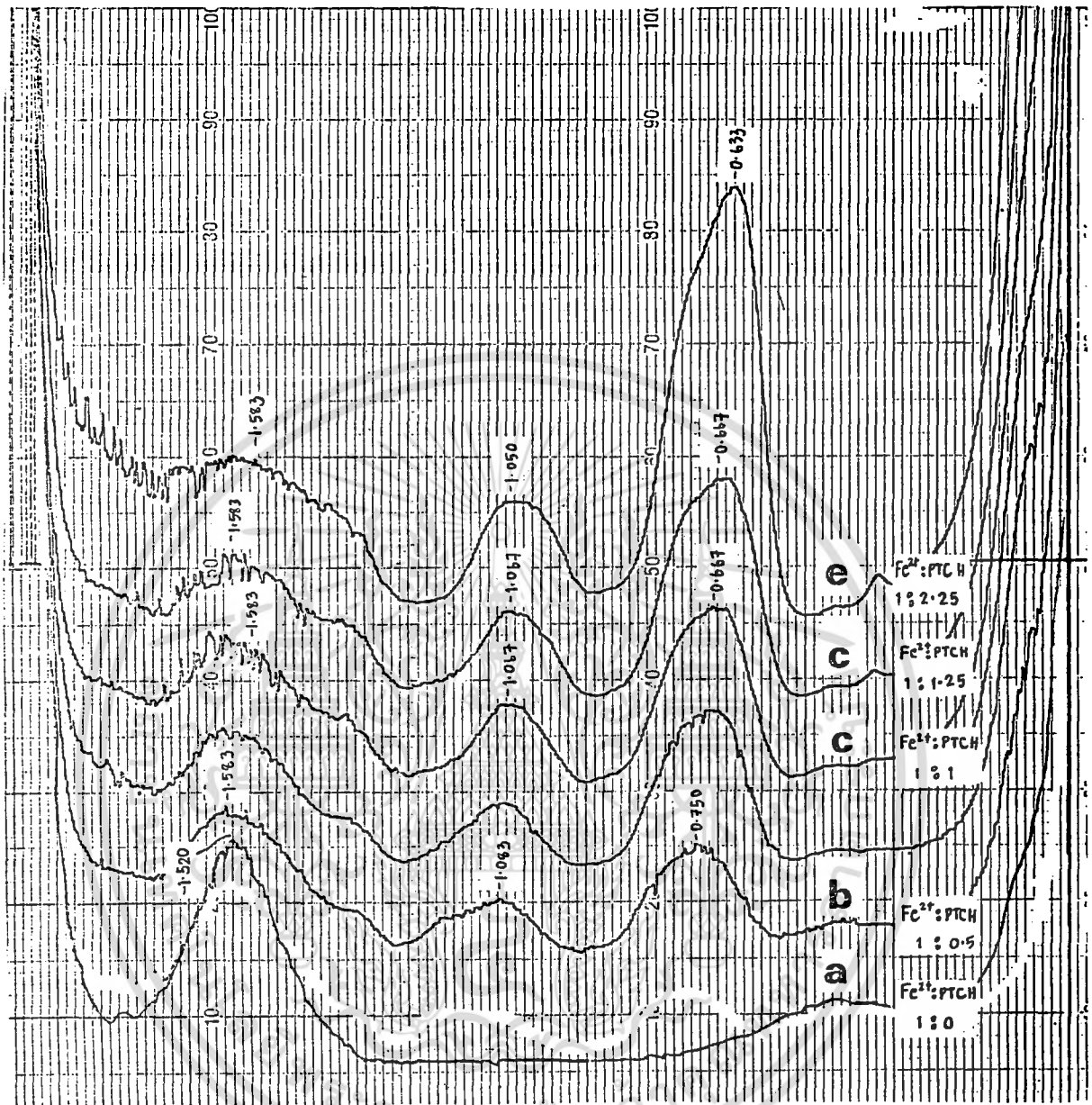
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (pH = 7.18 ที่ 25 °C) ไม่ว่าจะในรูปแบบใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18: แสดงโพลารแกรมของไอออนของเหล็ก (II) และสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซ์ไทโอคาร์โบไฮเดรตไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II) โดยอัตราส่วนโมล Fe(II):PTCH เท่ากับ a) 0:1 b) 0.5:1 c) 1:1 d) 2:1 และ e) 3:1

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

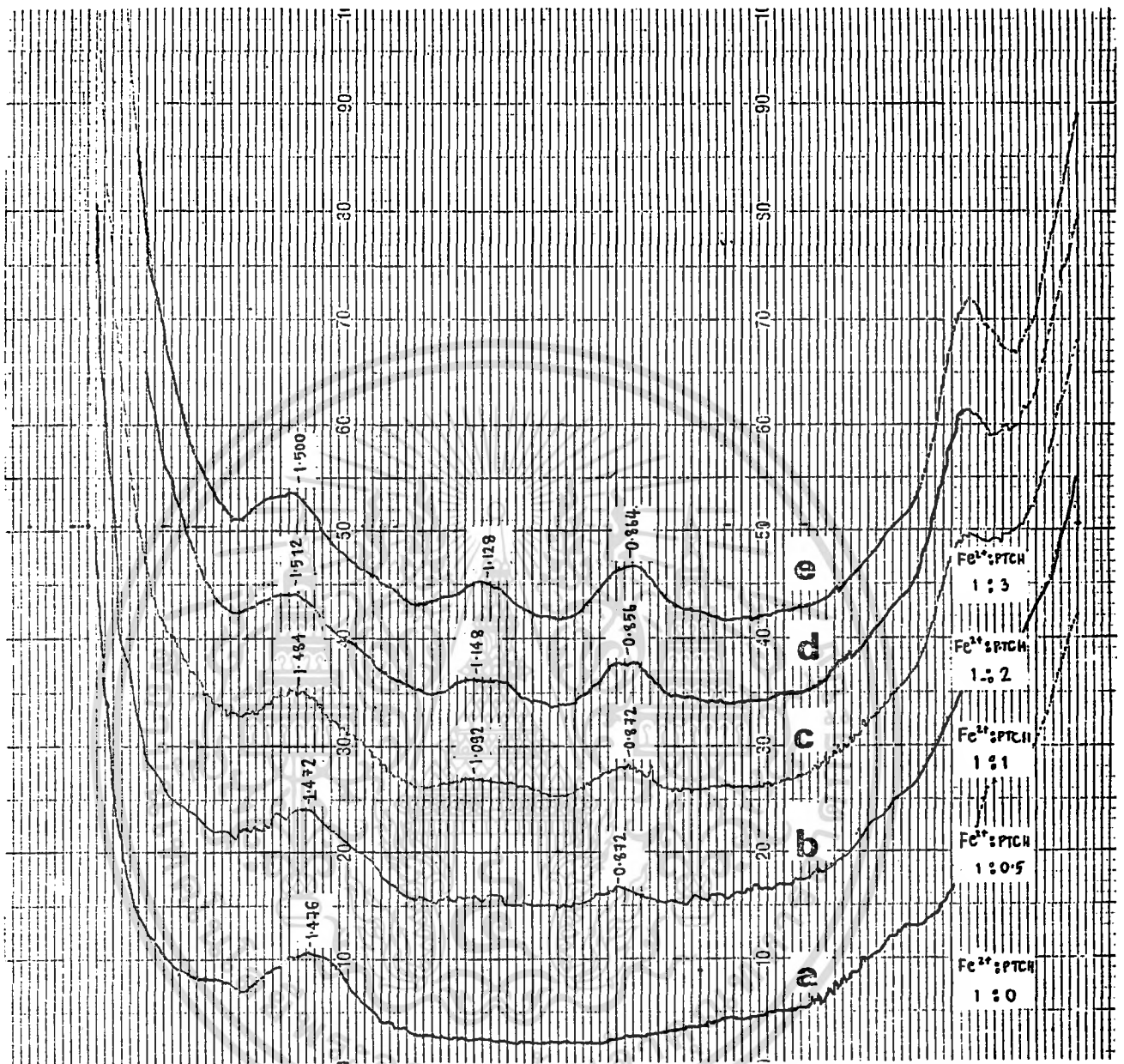
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (pH = 6.98 ที่ 26 C) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19: แสดงโวลตาแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซิลไทโอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II) โดยอัตราส่วนโมล Fe(II):PTCH เท่ากับ a) 1:0 b) 1:0.5 c) 1:1 d) 1:1.25 และ e) 1:2.25

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

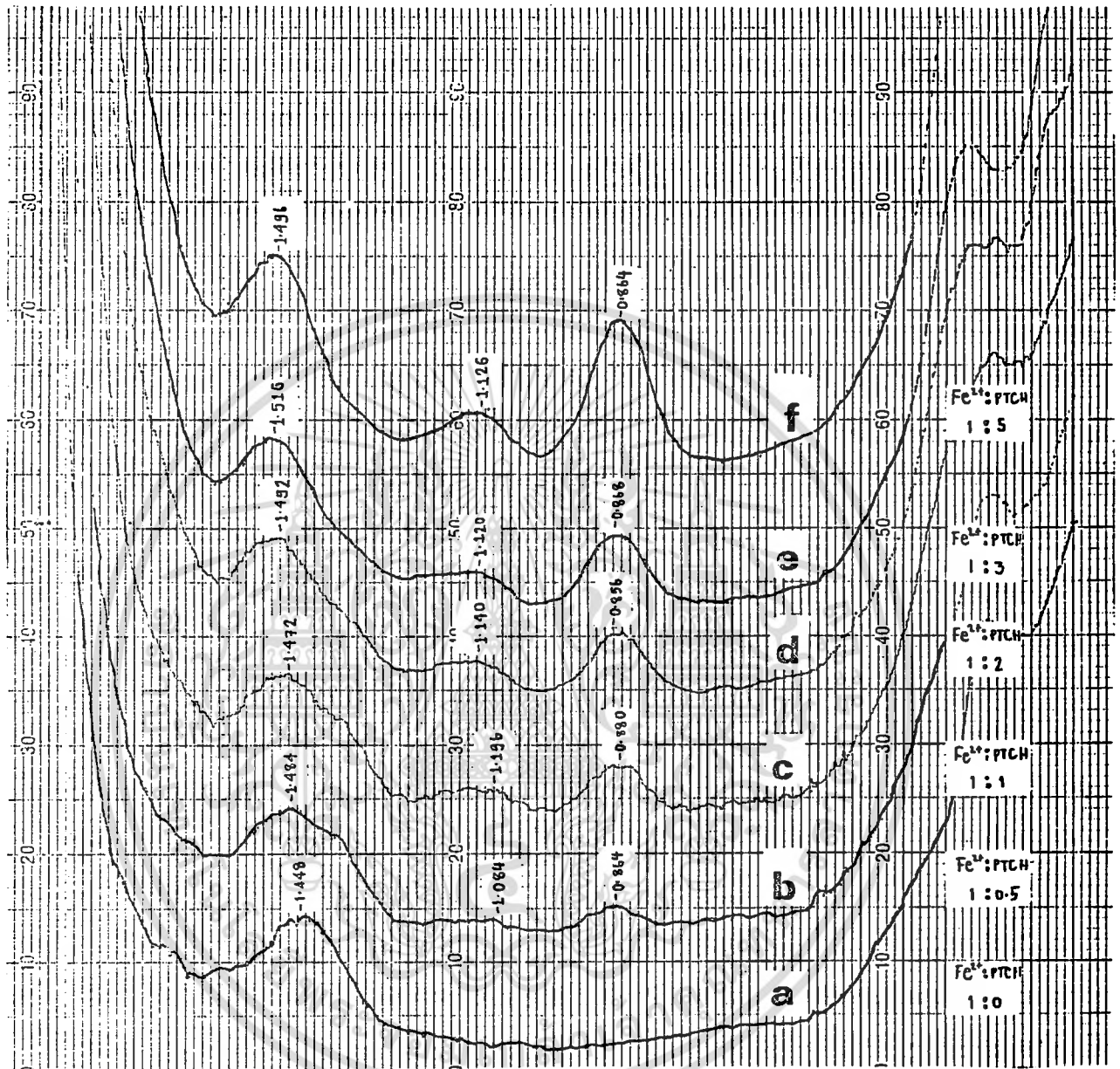
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20: แสดงโวลตาแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซัลไท-
 โอคาร์โบไฮเดรโซไนโตรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II)
 โดยอัตราส่วนโมล Fe(II):PTCH เท่ากับ a) 1:0 b) 1:0.5 c) 1:1
 d) 1:2 และ e) 1:3

ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

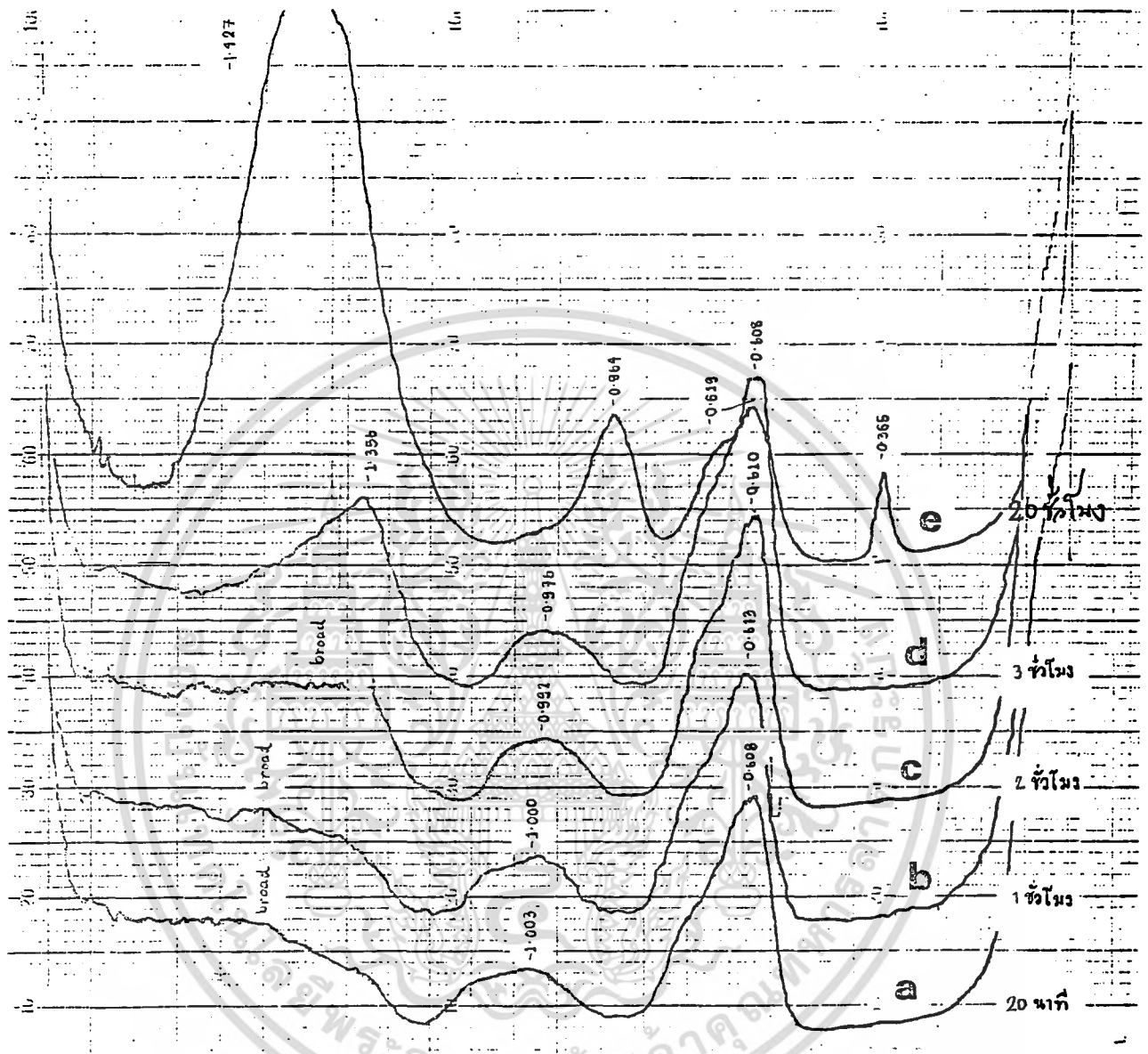
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (pH = 7.18 ที่ 25 °C)
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 21: แสดงโพลารแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซัลไทโ-
 โอคาร์โบไฮเดรชันไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II)
 โดยอัตราส่วนโมล Fe(II):PTCH เท่ากับ a) 1:0 b) 1:0.5 c) 1:1
 d) 1:2 และ e) 1:3

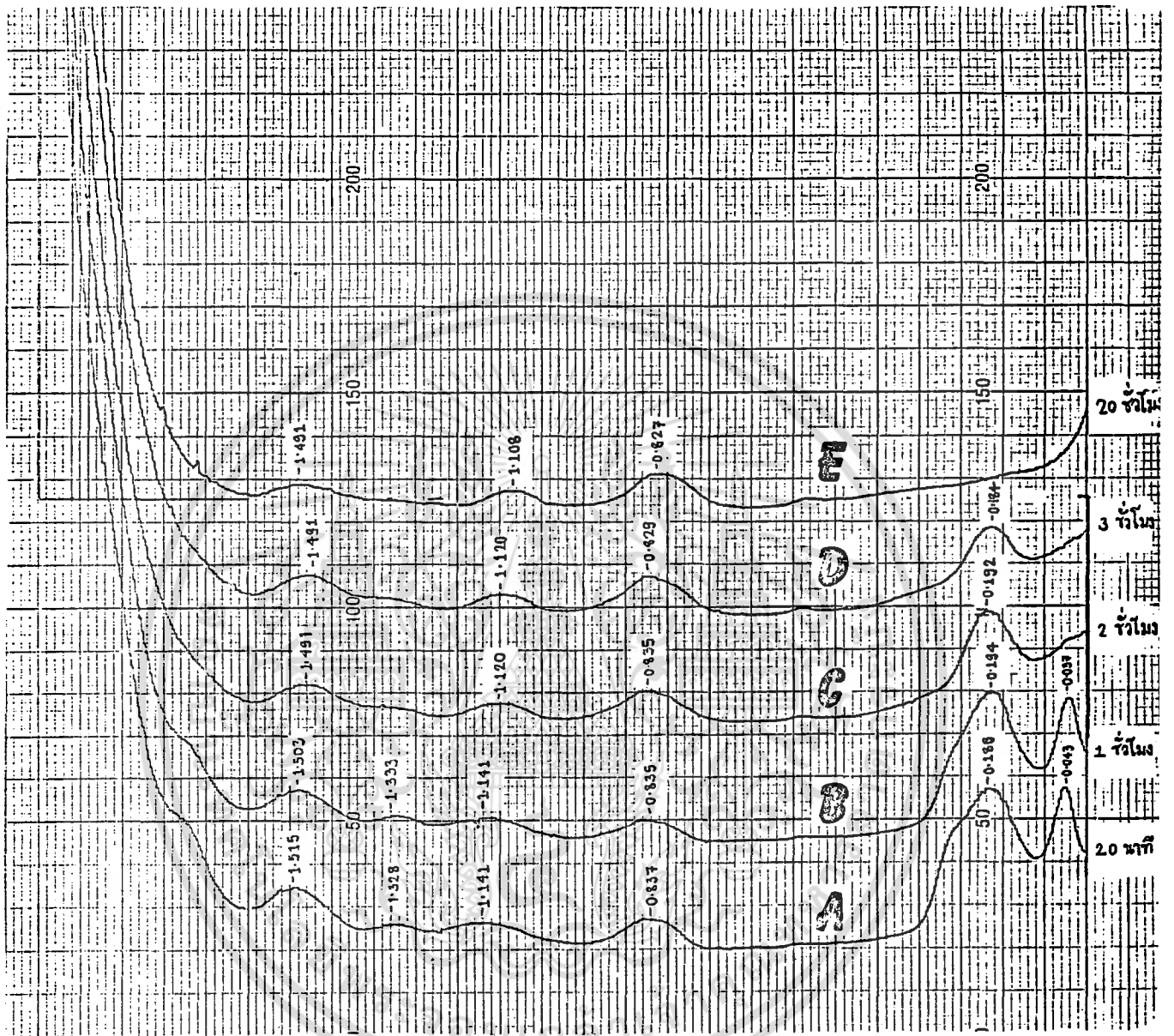
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (pH = 6.98 ที่ 26 C)
 ไม่เว้นกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22: แสดงโพลารแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซ์ไทโอดคาร์โบไฮเดรชันไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ $Fe(II)$ ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a) 20 นาที b) 1 ชั่วโมง c) 2 ชั่วโมง d) 3 ชั่วโมง และ e) 20 ชั่วโมง ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

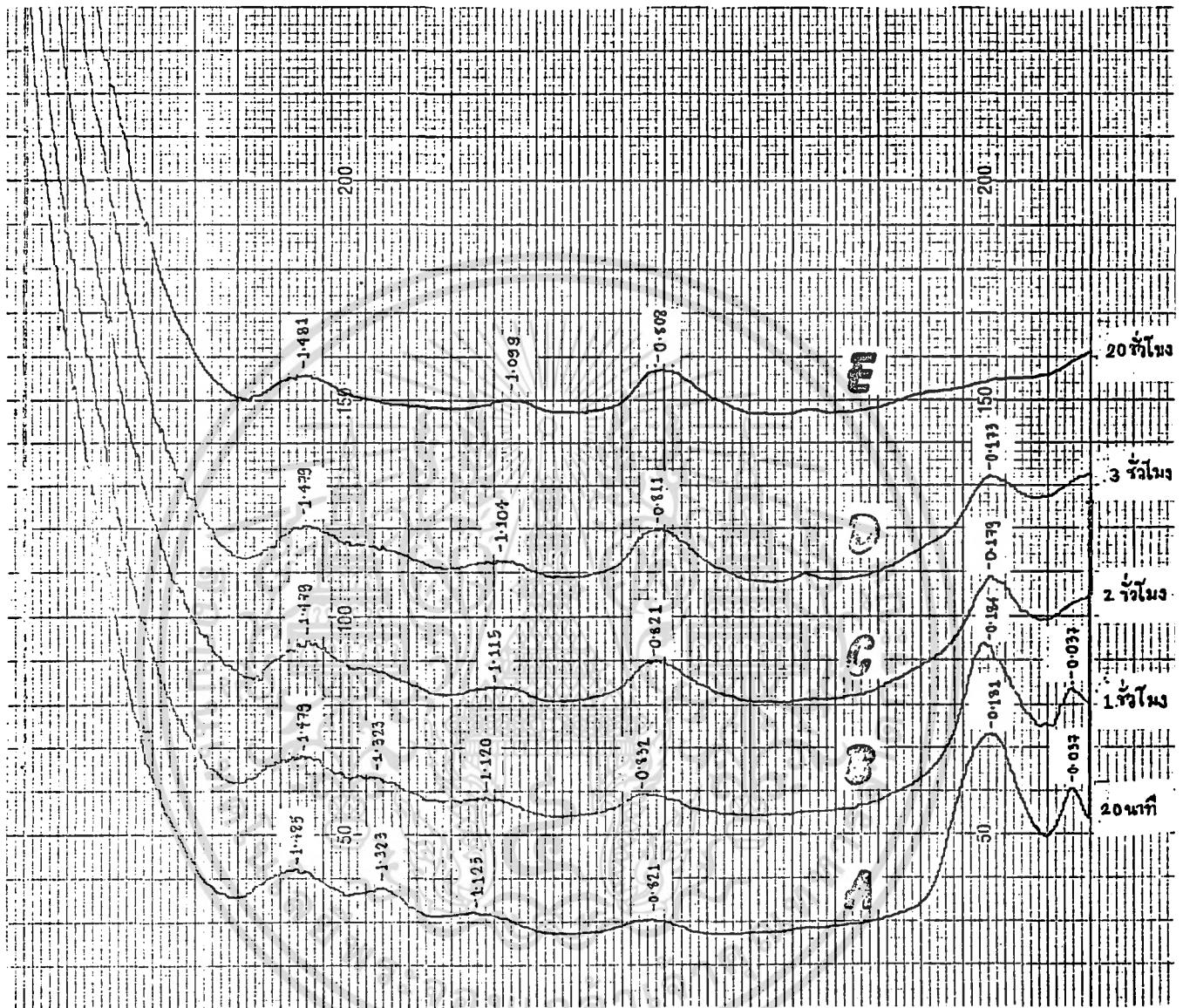


รูปที่ 23: แสดงโพลารแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพริตดอกซ์ไท-
โอดคาร์โบไฮเดรชันไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ $Fe(II)$

ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a) 20 นาที b) 1 ชั่วโมง
c) 2 ชั่วโมง d) 3 ชั่วโมง และ e) 20 ชั่วโมง

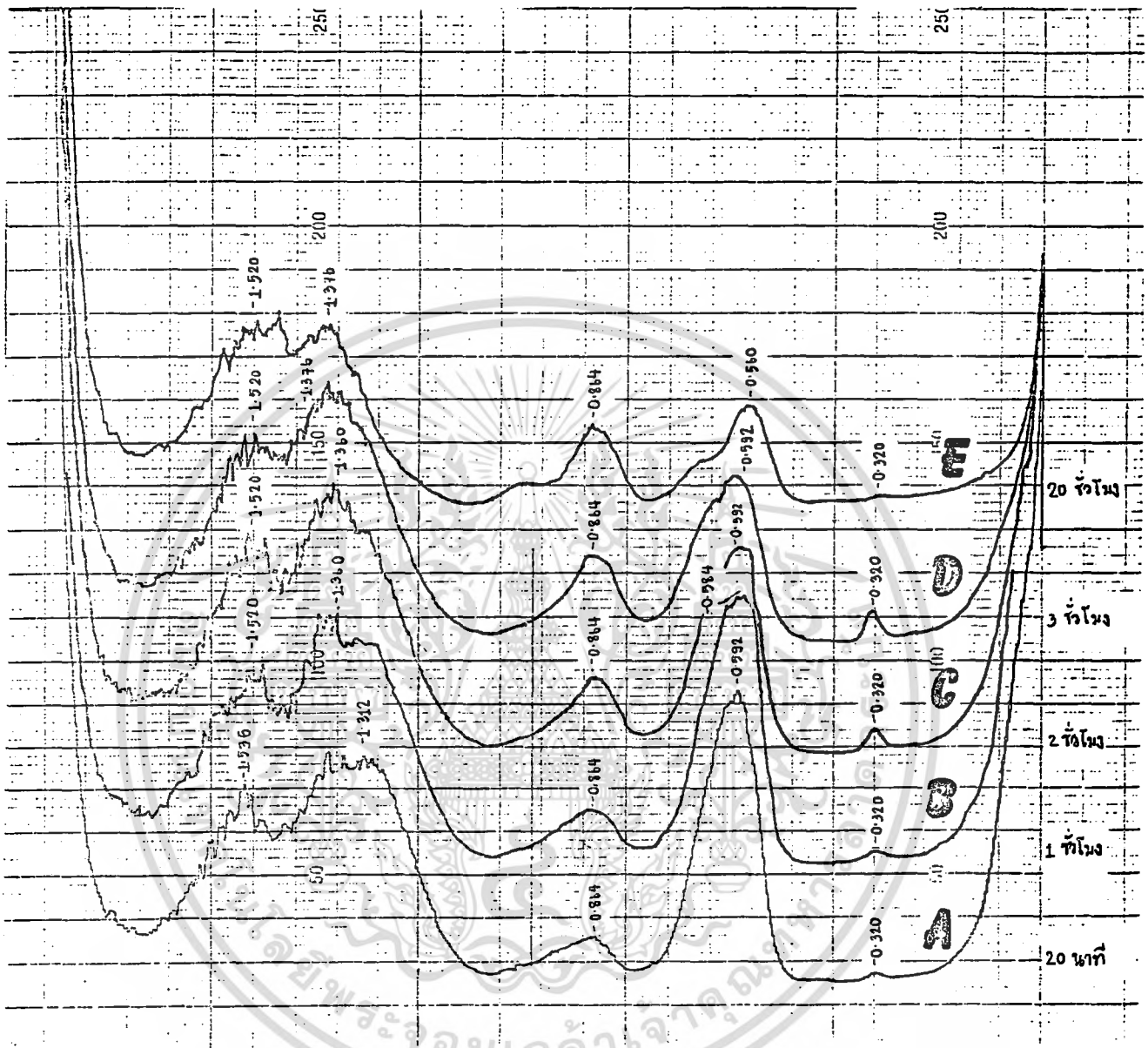
ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(pH = 7.18 ที่ 25 °C)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



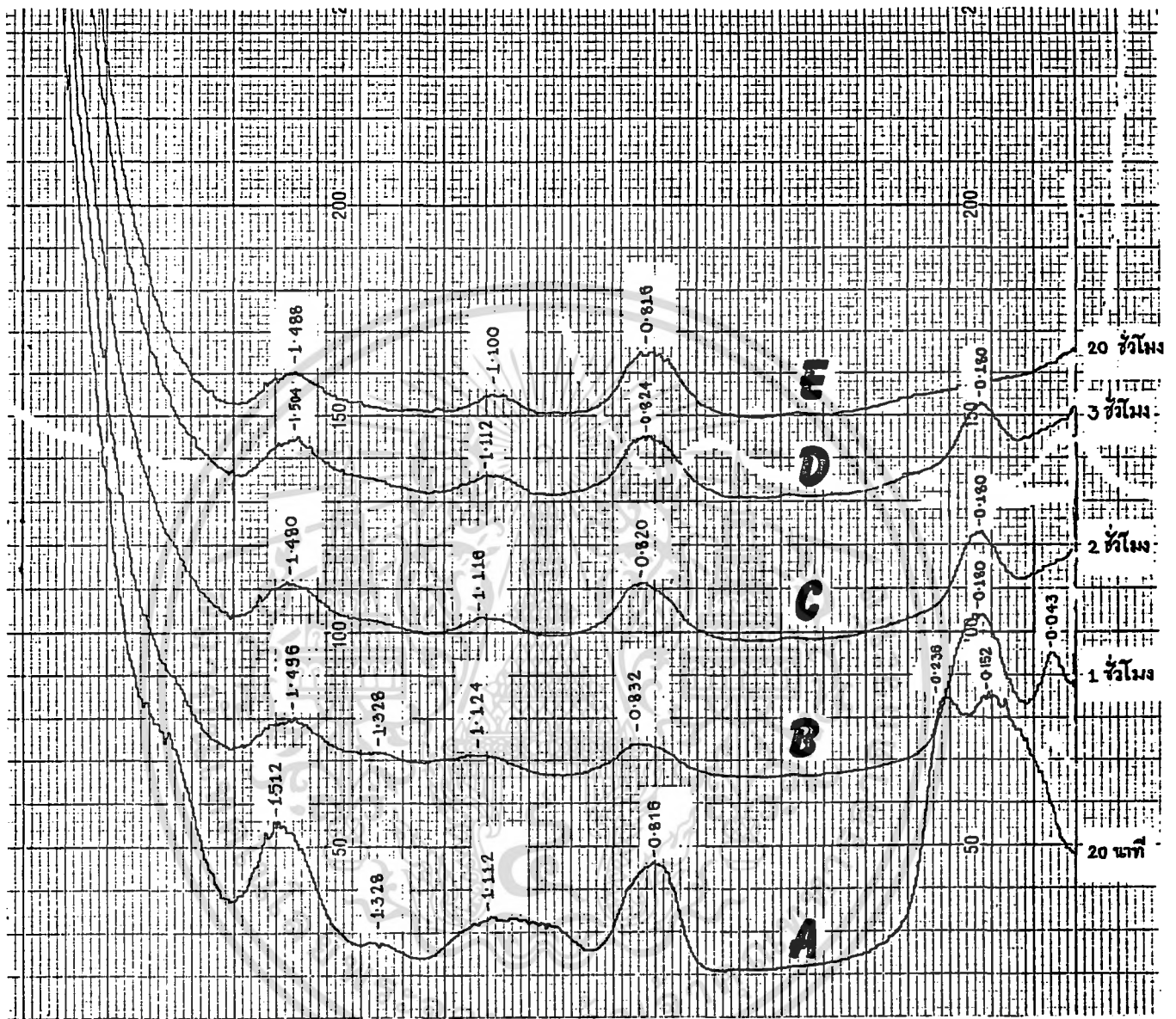
รูปที่ 24: แสดงโพลารแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบฟิรดอกซ์ไท-
 โอคาร์โบไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ Fe(II)
 ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a) 20 นาที b) 1 ชั่วโมง
 c) 2 ชั่วโมง d) 3 ชั่วโมง และ e) 20 ชั่วโมง
 ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (pH = 6.98 ที่ 26 C)
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25: แสดงโวลตาแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพริดอกซัลไท-
 โอคาร์โบไฮเดรชันไฮโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ $Fe(III)$
 ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a) 20 นาที b) 1 ชั่วโมง
 c) 2 ชั่วโมง d) 3 ชั่วโมง และ e) 20 ชั่วโมง
 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (pH = 6.00 ที่ 27 °C) ไม่เว้นกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26: แสดงโพลารแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพริตดอกซิลไท-
 โอคาร์โบไฮเดรโซไนโดรคลอไรด์ (PTCH) กับ $Fe(III)$
 ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a) 20 นาที b) 1 ชั่วโมง
 c) 2 ชั่วโมง d) 3 ชั่วโมง และ e) 20 ชั่วโมง
 ในสารละลายบรีตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็น (pH = 7.18) ที่ 25°C) งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Amankwa, L., Chatten, L.G., and Pons S. "Electrochemical Studies on Minoxidil and its Determination in Tablets by Differential-pulse Polarography" Analyst, 108, 1221-1226, (1983)
2. Iheanacho, E.N., Sarel, S., Samuni, A., Avramovici-Grisaru, S. and Spira, D.T. "Growth inhibition of *Plasmodium falciparum* involving carbon-centered iron-chelate radical (L⁻, X⁻)-Fe(III) based on pyridoxal-betaine. A novel type of antimalarials active against chloroquine-resistant parasites." Free Rad. Res. Comms., 11(4-5), 213-222, (1990)
3. Iheanacho, E.N., Sarel, S., Samuni, A., Avramovici-Grisaru, S. and Spira, D.T. "Fe(II)-Chelates based on Redox-Active Pyridoxal-Betaines as C-Centered Radical causing Single- and Double-Strand Scissions to DNA." Free Rad. Res. Comms., 11(6), pp.307-315, (1990)
4. Luire, Ju., "Handbook of Analytical Chemistry"
5. Wongvisetsirikul, N. "Development of a new Strategy for Antimalarial Drugs." Sc.D. Thesis, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 1991

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

6. สุกุล ครูเสถียร, สุรินทร์ ถาวรทิวังษ์. "การศึกษาคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของ การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบเอซิลไอเดรโซนกับเหล็ก" ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2533



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้