สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แช 2
ส่วน 2

การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง สารประกอบเอซิลไฮเดรโซนกับเหล็ก

นางสาวดัชนี เกิดไกร

วค.
ว 3311
2536

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

61252444

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2536

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

Miss Datchanee Keardkrai

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

1993

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนกับเหล็ก

โดย น.ส.ดัชนี เกิดไกร

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

รักษาการหัวหน้าภาควิชา

(ผศ. นงนุช เภตรานุวัฒน์)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

ประธานกรรมการ

(ดร.สุวรรณ ไชยสิทธิ์)

กรรมการ

(อ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์)

กรรมการ

(ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล)

กรรมการ

(ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนกับเหล็ก

นักศึกษา น.ส.ลัชนี เกิดไกร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล

ผศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2536

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์โดยวิธีโพลาโรกราฟี ในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ชนิดต่างๆได้แก่ สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ และสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีค่า pH เท่ากับ 6.00 ที่ 25 °C 7.01 ที่ 25 °C และ 6.98 ที่ 25 °C ตามลำดับ และทำการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์กับไอออนของเหล็กในอัตราส่วน 1:0.5, 1:1, 1:2,1:3, 1:4, และ 1:5 ตามลำดับ รวมทั้งทำการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์กับไอออนของเหล็กในอัตราส่วน 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมงตามลำดับ

Special Project Title	Study of Electrochemical Potential of Complex Formation between Acyl Hydrazone and Iron
Name	Miss Datchanee Keardkrai
Special Project Advisor	Asst. Prof. Dr. Nipon Wongvisetsirikul Asst. Prof. Arunee Kongsakphaisd
Department	Chemistry
Acadamic Year	1993

Abstract

This special project was measured electrochemical potentials of pyridoxal oxalic acid hydrazone hydrochloride by Polarography in electrolyte solutions such as potassium chloride solution (pH = 6.00 at 25 °C), Britton-Robinson buffer (pH = 7.01 at 25 °C) and phosphate buffer (pH = 6.98 at 25 °C) and electrochemical potentials of complex formation between pyridoxal oxalic acid hydrazone hydrochloride and iron with mole ratio = 1:0.5,1:1,1:2, 1:3, 1:4 ,1:5 and in mole ratio = 1:1 after mixing 20 minutes, 1, 2, 3 and 20 hours, respectively

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล ผศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์ และ ผศ.ดร. ประยงค์ ดวงดี เป็นอย่างสูงที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจสอบโครงงานพิเศษคือ ดร. สุวรรณ ไชยสิทธิ์ และ อ.กรองแก้ว ทิพยศักดิ์

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องทดลองทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลอง โดยตลอดและขอขอบคุณทุกท่านที่ได้มีส่วนช่วยให้การดำเนินงานสำเร็จไปด้วยดี

ลัชนี เกิดไกร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงงานพิเศษภาษาอังกฤษ	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	13
- สภาวะการทดลองของเครื่องโพลาโรกราฟ	14
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	15
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	33
ภาคผนวก	ซ
เอกสารอ้างอิง	ฌ

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารละลาย PH, OH Fe(II), Fe(III) และ POAH ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 25 °C)	18
ตารางที่ 2 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารละลาย PH, OH, Fe(II), Fe(III) และ POAH ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C)	19
ตารางที่ 3 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารละลาย PH, OH, Fe(II), Fe(III) และ POAH ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)	20
ตารางที่ 4 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II) ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 25 °C)	21
ตารางที่ 5 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II) ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C)	22
ตารางที่ 6 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II) ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)	23

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 7 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ POAH ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 25 °C) 24

ตารางที่ 8 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ POAH ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C) 25

ตารางที่ 9 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ POAH ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C) 26

ตารางที่ 10: แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 25 °C) 27

ตารางที่ 11: แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C) 28

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 12: แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง 29
POAH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1
เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)

ตารางที่ 13: แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง 30
POAH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1
เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH = 6.00 ที่ 25 °C)

ตารางที่ 14: แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง 31
POAH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1
เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
(pH = 7.01 ที่ 25 °C)

ตารางที่ 15: แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง 32
POAH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1
เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม.
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 1 :	แสดงเส้นสเปกตราของการดูดกลืนทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของการออกซิเดชัน ภายใต้สภาวะที่ไร้ออกซิเจนของสารประกอบเชิงซ้อน L2-9-Fe(II) ไปเป็น L2-9-Fe(III) ในอัตราส่วน L2-9/Fe(III) เท่ากับ 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมง	7
รูปที่ 2 :	แสดงกลไกการฆ่าเชื้อมาเลเรียของ L2-9 โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระบนสายโซ่ DNA ของเชื้อพาราสิตและทำให้สายโซ่ DNA แตกในที่สุด	8
รูปที่ 3 :	แสดงกลไกการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นภายในสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง L2-9 กับเหล็ก	9

บทที่ 1

บทนำ

จากการศึกษาเกี่ยวกับโรคมาเลเรีย พบว่าผู้ป่วยที่เป็นโรคนี้จะเป็นผู้อาศัยอยู่ในเขตร้อน โดยเฉพาะในแอฟริกาและเอเชียซึ่งรวมทั้งประเทศไทยด้วย สาเหตุของโรคเกิดจากการได้รับเชื้อมาเลเรียเข้าสู่ร่างกายซึ่งเป็นเชื้อในตระกูลสปอโรซัว (class sporozoa) จีนัสพลาสโมเดียม (genus plasmodium) สำหรับยาที่สำคัญที่ใช้ในการรักษาโรคมาเลเรียได้แก่ ยากลุ่มควิโนลีน (quinoline) มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อมาเลเรียชนิดฟาลซิปาลัมและไวแวกซ์ในระยะที่อยู่ในเซลเม็ดเลือดแดง อาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นคือ หูอื้อ วิงเวียน คลื่นไส้ ตาพร่า ยากลุ่มพาบาอะมิโนเบนโซอิกแอซิดแอนตาโกนิสท์ (PABA ahtagonist) มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อมาเลเรียชนิดฟาลซิปาลัมและไวแวกซ์ในระยะที่อยู่ในเซลเม็ดเลือดแดง อาการข้างเคียงที่เกิดขึ้นคือ หูอื้อ วิงเวียน คลื่นไส้ ตาพร่า เป็นผื่นตามผิวหนังและยาที่เข้าไปยับยั้งเอ็นไซม์ไดไฮโดรโฟเลต (dihydrofolate reductase inhibitors) มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อมาเลเรียชนิดฟาลซิปาลัมระยะที่อยู่ในเม็ดเลือดแดงและเซลลับ

ต่อมาพบว่าเชื้อมาเลเรียมีความสามารถในการต้านยาเหล่านี้จึงได้มีการสังเคราะห์สารชนิดต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการทำลายเชื้อมาเลเรีย และสารชนิดหนึ่งที่ได้ทำการศึกษา คือสารที่สามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของเหล็กได้เป็นอย่างดี และเมื่อไม่นานมานี้ ได้มีผู้เสนอกลไกการฆ่าเชื้อมาเลเรียว่า เกิดอนุมูลอิสระบนสาย DNA ของเชื้อมาเลเรีย โดยอนุมูลอิสระได้จากปฏิกิริยารีดอกซ์ภายใน ของสารประกอบเชิงซ้อนของสารประกอบเอชิลไฮเดรโซนกับเหล็ก โดยมีการถ่ายเทอิเล็กตรอนภายในโมเลกุล จาก Fe(II) กลายเป็น Fe(III) ดังนั้น โครงงานพิเศษจึงจัดทำขึ้น เพื่อศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนของสารประกอบเอชิลไฮเดรโซนกับไอออน Fe(II) และกับไอออน Fe(III) ที่เกิดขึ้น โดยจากค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อน ของสารประกอบเอชิลไฮเดรโซนกับไอออน Fe(III) จะสามารถใช้ในการพิจารณาต่อไปได้ว่า รีดิวซ์ชิงเอเจนต์ (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 โดยใช้นิริคอกซิลไฮโดรคลอไรด์
2. วัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน ไอออนของ Fe(II) และไอออนของ Fe(III)
3. วัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนในสภาวะที่มีไอออนของ Fe(II) และสภาวะที่มีไอออนของ Fe(III)

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

มาเลเรียเป็นโรคที่พบมากในเขตร้อน (tropical zones) และบริเวณใกล้เคียง (subtropical zones) ในประเทศไทยมีกระจายอยู่ทั่วไป สาเหตุของโรคมาเลเรียเกิดจากเชื้อตระกูลสปอโรซัว (class sporozoa) จีนัสพลาสโมเดียม (genus plasmodium) ซึ่งเป็นสัตว์เซลเดียวที่รู้จักกันดี และที่สำคัญมีด้วยกัน 4 ชนิด ได้แก่

1. พลาสโมเดียมไวแวกซ์ (plasmodium vivax) พบทั่วไปทั้งเขตร้อนและเขตหนาว

2. พลาสโมเดียมมาลาริอิ (plasmodium malariae) พบกระจายทั่วไปแต่มีน้อย

3. พลาสโมเดียมโอวาเล (plasmodium ovale) มีเฉพาะในแอฟริกาและอเมริกาใต้เท่านั้น

4. พลาสโมเดียมฟาลซิปารัม (plasmodium falciparum) พบมากในเขตร้อน

ในประเทศไทยเชื้อมาเลเรียชนิด พลาสโมเดียมฟาลซิปารัม (พี.ฟาลซิปารัม) พบมากถึง 70 เปอร์เซนต์ โดยกระจายในทุก ๆ พื้นที่ ซึ่งนับว่ามีความสำคัญมากที่สุด

แมลงที่เป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรียได้แก่ ยุงก้นปล่องตัวเมีย (Anopheles) และเชื้อมาลาเรียทุกชนิดมีวงจรชีวิตเหมือนกันดังนี้

วงจรชีวิตในยุง

เมื่อยุงกัดคนที่มีเชื้อมาลาเรียระยะแกมีโตซัยท์ เชื้อจะเข้าไปในกระเพาะอาหารโดยแกมีท (gamete) ตัวผู้จะแบ่งตัวและผสมกับแกมีทตัวเมีย จากนั้นจะเข้าไปในกระเพาะอาหารของยุง แล้วเจริญเติบโตเป็นซีสท์ เรียกว่า โอโอซีสท์ ซึ่งภายในจะมีสปอโรซอยท์ (sporozoites) อยู่มากมาย เมื่อเจริญเต็มที่แล้วซีสท์จะแตกออกสปอโรซอยท์จะกระจายไปทั่วภายในต่อมน้ำลายของยุง ซึ่งวงชีวิตในยุงจะกินเวลาประมาณ 7-20 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้น

วงจรชีวิตในคน

เมื่อยุงที่มีเชื้อมาลาเรียกัดคนก็จะปล่อยเชื้อสปอโรซอยท์ (sporozoites) เข้าสู่กระแสเลือดของคนอย่างรวดเร็ว จากนั้นเชื้อก็เข้าสู่เซลของตับทำให้เกิดระยะก่อนเข้าสู่เซลเม็ดเลือดแดง (Pre-erythrocytic stage) และใช้เวลาพักตัวประมาณ 5-10 วัน เซลตับจะแตกออกและปล่อยเชื้อเมอโรซอยท์ (merozoite) เข้าสู่กระแสเลือดและเจริญเติบโตต่อไปในเม็ดเลือดแดง ในกรณีของเชื้อพลาสโมเดียมฟาลซิปารัม เมื่อออกจากเซลตับแล้วจะไม่กลับเข้าสู่เซลตับใหม่อีก

เมื่อเชื้อมาลาเรียเข้าไปเจริญในเม็ดเลือดแดงจะเรียกระยะนี้ว่า Erythrocytic cycle เชื้อมาลาเรียจะเจริญเป็นโทรโฟซอยท์ (trophozoite) เมื่อทดสอบด้วยการย้อมสีจะเห็นเป็นวงแหวน (ring form) หรือ โทรโฟซอยท์ระยะเริ่มต้น จากนั้นจะขยายตัวโตขึ้นในรูปอะโมบอรด์ (amoeboid form) และชิซอนท์ (schizont) ซึ่งมีเมอโรซอยท์หลายตัว ขึ้นกับชนิดของเชื้อมาลาเรียสำหรับเชื้อพลาสโมเดียมฟาลซิปารัม แล้วจะมีเมอโรซอยท์ประมาณ 8-12 ตัว จากนั้นเม็ดเลือดแดงจะแตกออก เมอโรซอยท์ก็จะเข้าสู่เซลเม็ดเลือดแดงอื่นต่อไป โดยที่ระยะเวลาการเจริญเติบโตในเม็ดเลือดแดงนี้จะกินเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง และจะทำให้มีอาการไข้หนาวสั่นเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการแตกของเม็ดเลือดแดงนั่นเอง

ปัญหาที่สำคัญสำหรับโรคมาลาเรียที่เป็นอยู่ในขณะนี้ คือ การดื้อยาของเชื้อมาเลเรีย และการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของเชื้อมาเลเรียที่ดื้อยา ทำให้การพัฒนายารักษาโรคมาเลเรียชนิดใหม่ ๆ นอกจากนี้แล้ว ยังพบว่า เชื้อมาเลเรียไวต่อการออกซิเดชัน และยาหลายชนิดสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระได้ ทำให้มีผู้พยายามค้นหาถึงความว่องไวในการต้านโรคมาเลเรียของมัน

เหล็กเป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ยกเว้น แลคโตบาซิลัส เหล็กมีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการติดเชื้อ เชื้อที่บุกรุกเข้าไปจะแย่งเหล็กกับเซลเม็ดเลือดแดง เนื่องจากถ้าเชื้อก่อโรคไม่สามารถรับเหล็กได้เพียงพอ การแพร่ของเชื้อจะช้าลงและทำให้มีการติดเชื้อน้อยลง

การคีเลทกับโลหะเหล็ก (Iron chelation) อาจเป็นพื้นฐานของการต้านโรคมาเลเรียรุ่นใหม่ ผลจากห้องปฏิบัติการยังสนับสนุนความเป็นไปได้ที่ว่า การจับเหล็กกับส่วนที่มีความว่องไวทางรีดอกซ์ (redox active sequestering aparts) อาจเพิ่มฤทธิ์ทำให้เกิดผลกระทบทางชีวภาพ โดยทั้งเพิ่มฤทธิ์ทำลายทางออกซิเดชัน คือเกิดอนุมูลอิสระ หรือในทางตรงข้าม คืออาจยับยั้งฤทธิ์นี้

เดสเฟอริออกซามีน ซึ่งเป็นคีเลเตอร์เอเจนต์ที่มีความจำเพาะต่อเหล็กตัวหนึ่ง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อมาเลเรีย พลาสโมเดียมฟาลซิปารัม (พี. ฟาลซิปารัม) ในสัตว์ทดลอง (in vitro) ดังนั้น จึงมีค้นคว้าวิจัยหาคุณสมบัติเป็นยาต้านเชื้อมาเลเรียของคีเลเตอร์เหล็กตัวอื่น ๆ เพื่อมาใช้ในการรักษาโรคมาเลเรียและได้มีผู้ทำการศึกษาและสังเคราะห์คีเลเตอร์ของเหล็กกลุ่มใหม่ที่ประกอบด้วยเอชิลไฮเดรโซน และพิริดอกซัล

กลไกการยับยั้งเชื้อมาเลเรีย

เมื่อเชื้อพลาสโมเดียฟาลซิปารัมเข้าสู่เซลเม็ดเลือดแดงแล้ว จะเจริญเติบโตโดยการกินอาหารแบบฟาโกไซโตซิส (phagocytosis) ซึ่งในเซลเม็ดเลือดแดงจะมีฮีโมโกลบินที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กและโปรตีนอยู่มากกว่า 30% เชื้อพลาสโมเดียฟาลซิปารัมจะทำการปลดปล่อยเหล็กออกมา และทำการย่อยให้เป็นฮีมาติน (hematin) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ก่อให้อาการปัสสาวะเป็นสีดำในผู้ป่วยนั่นเอง

จากการศึกษาค้นคว้าของศาสตราจารย์ชารอม ชาเรล ได้ตั้งสมมติฐานว่ามีกลไกอยู่ 3 ชนิด ที่มีความเป็นไปได้ในการฆ่าเชื้อมาเลเรียในร่างกายมนุษย์ได้ วิธีการแรกก็คือ กระบวนการกำจัดเหล็กโดยคีเลเตอร์ จะมีผลทำให้เชื้อมาเลเรียไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้และตายในที่สุด อีกสองวิธีนั้นจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งจะทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อมาเลเรีย ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 อย่าง คือ

(1) ไลโพฟิลิกคีเลเตอร์ (lipophilic chelator)

(2) เฟอร์รัสไอออน (ferrous ion)

(3) โมเลกุลออกซิเจน

วิธีที่สอง จะคล้ายกับการทำงานของบลีโอมัยซิน (Bleomycin:Blm) ซึ่งสามารถทำให้เกิดการแตกหักของโมเลกุลดีเอ็นเอ โดยปฏิกิริยารีดอกซ์ด้วยเหล็ก Blm จะทำหน้าที่สองอย่างในเวลาเดียวกันคือเกิดพันธะกับดีเอ็นเอด้านหนึ่ง อีกด้านหนึ่งจะเกิดพันธะกับไอออนโลหะ สำหรับสารประกอบเอชิลไฮเดรโซน เช่น PIH ก็เช่นเดียวกัน คือส่วนของเอริลจะเกิดพันธะกับดีเอ็นเอ ในขณะที่ส่วนของ 2-ไฮดรอกซีอะโรมาติกไอโซเมทินิล จะเกิดพันธะกับเหล็กไอออน ซึ่งสามารถจะอธิบายปฏิกิริยาได้ดังนี้

$$2\,PIH + Fe(II) \longrightarrow (PIH)_2Fe(III)$$

$$(PIH)_2Fe(III) + O_2 \longrightarrow (PIH)_2Fe(III)\text{-}O_2 + e^-$$

$$DNA + e^- \longrightarrow (DNA)^-$$

$$(DNA)^- \longrightarrow \text{Fragmentation products}$$

และวิธีการสุดท้ายคือ การรีดิวซ์โมเลกุลออกซิเจนโดยสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสมบัติเป็นตัวให้อิเลคตรอนคือ (L_2Fe^{++}) ไปเป็นซุปเปอร์ออกไซด์แรดิคัล (O_2^-) ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า ดีสมิวเตชัน ด้วยเอนไซม์ซุปเปอร์ออกไซด์ ดีสมิวเตส ให้สารประกอบเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งจะถูกเอนไซม์เปลี่ยนให้เป็นน้ำ (H_2O) ในที่สุด

$$2L + Fe^{++} \longrightarrow L_2Fe^{++}$$

$$L_2Fe^{++} \longrightarrow L_2Fe^{++} + O_2^-$$

$$O_2^- + O_2^- + 2H^+ \longrightarrow H_2O_2 + O_2$$

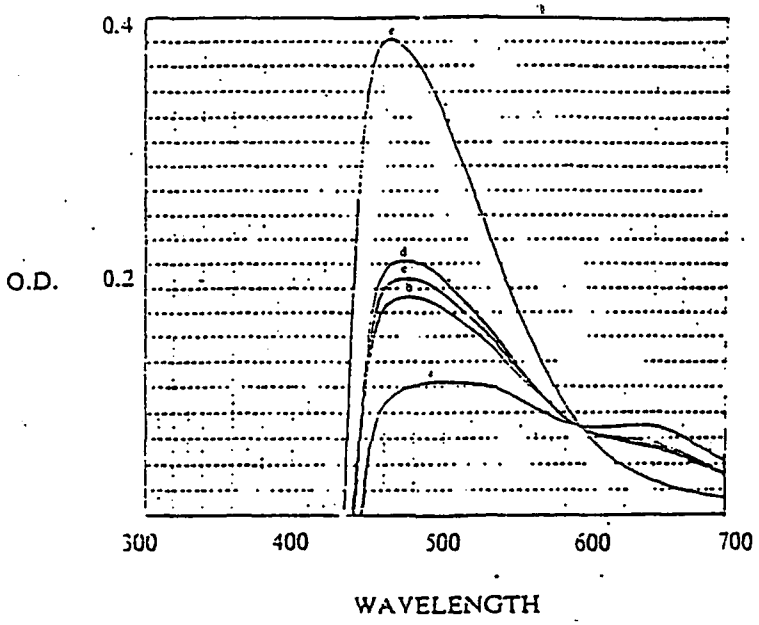
สำหรับเชื้อมาเลเรียเองก็สามารถผลิต H_2O_2 ออกมาได้เช่นกันซึ่งเมื่อมี Fe^{++}ปรากฏอยู่ก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า ปฏิกิริยาฮาร์เบอร์-ไวส์ (Haber-Weiss reaction)

$$H_2O_2 + O_2^- \longrightarrow O_2 + \bar{O}H + \dot{O}H$$

ในปี 1990 Sarel ได้ทำการศึกษาโดยใช้สารประกอบเอซิลไฮเดรโซนในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อมาเลเรียที่ดื้อต่อยาคลอโรควิน คือ 1-[N-ethoxycarbonylmethyl pyridoxylinium]-2-[2'-pyridyl]hydrazide bromide [code name(L2-9)] พบว่าคีเลเตอร์ L2-9 (หรือเขียนได้เป็น L^+X^-) จำนวน 10 M มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อมาเลเรียในสัตว์ทดลอง (in vitro) แต่เมื่อผสมคีเลเตอร์ให้อิ่มตัวด้วยเฟอรัส (II) ไอออนหรือเฟอริค (III) ไอออน จะมีการยับยั้งผลการต้านเชื้อมาเลเรียบางส่วน และทั้งนี้ DFO ยังมีผลห้ามฤทธิ์ในการยับยั้งคีเลเตอร์ L2-9 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการฆ่าเชื้อมาเลเรียเกี่ยวข้องกับสารมัธยันต์อนุมูลอิสระ และที่สำคัญ คือ จากการศึกษาพบว่า ขณะที่สารประกอบเชิงซ้อนของ L2-9 ระหว่างเฟอรัส (II) ไอออน [L^+X^--Fe(II)] เหนี่ยวนำทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่ตำแหน่งคาร์บอน (Carbon-centered free radical) ทั้งที่มีเซลพาราสิต และไม่มีเซลพาราสิตแต่สำหรับสารประกอบเชิงซ้อนของ L2-9 กับเฟอริค(III)ไอออน [L^+X^--Fe(III)] สามารถเหนี่ยวนำได้เฉพาะในเซลที่มีชีวิตเท่านั้น

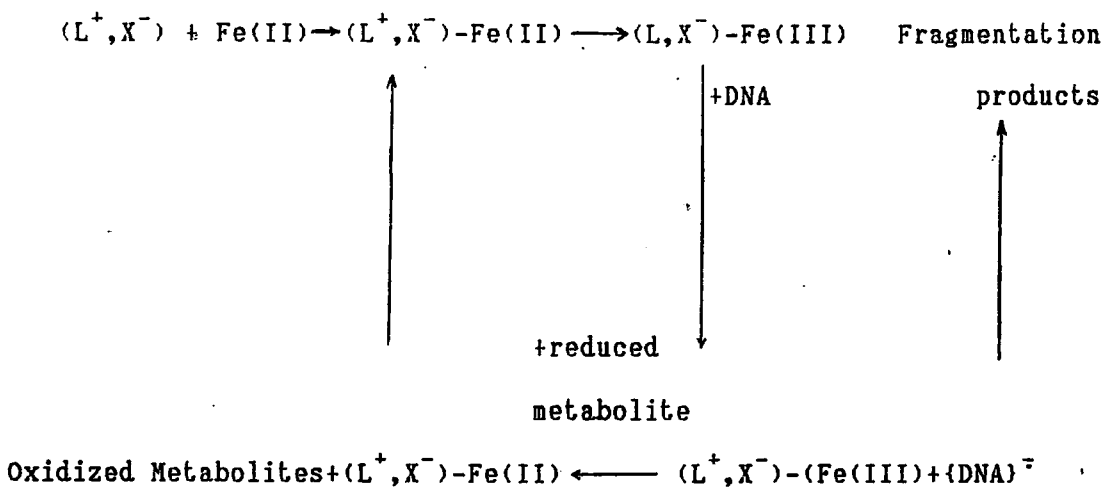
จากการศึกษาทางสเปกโตโฟโตมิเตอร์ พบว่า ภายใต้สภาวะขาดออกซิเจนที่ pH มีค่าเท่ากับ 5.0-5.6 ปฏิกิริยาระหว่างลิแกนด์ (L2-9) และ Fe(II) จะเกิดสารประกอบสีเขียว ซึ่งมีแถบการดูดกลืนที่ $\varepsilon^{507\ nm}_{L2\text{-}9\text{-}Fe(II)}$ = 5.25 $mM^{-1}CM^{-1}$ และภายในเวลา

30-60 ชั่วโมง คีเลท L2-9 กับ Fe(II) ซึ่งมีสีเขียวจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็น คีเลท L2-9 กับ Fe(III) ซึ่งมีสีแดงทีละน้อย ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนที่ $\varepsilon^{447\ nm}_{L2\text{-}9\text{-}Fe(III)} = 19.05\ mM^{-1}\ cm^{-1}$ ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงสเปกตราของ L2-9-Fe(II) ที่ค่อย ๆเปลี่ยนไปเป็น L2-9-Fe(III) ในระยะเวลาต่าง ๆ



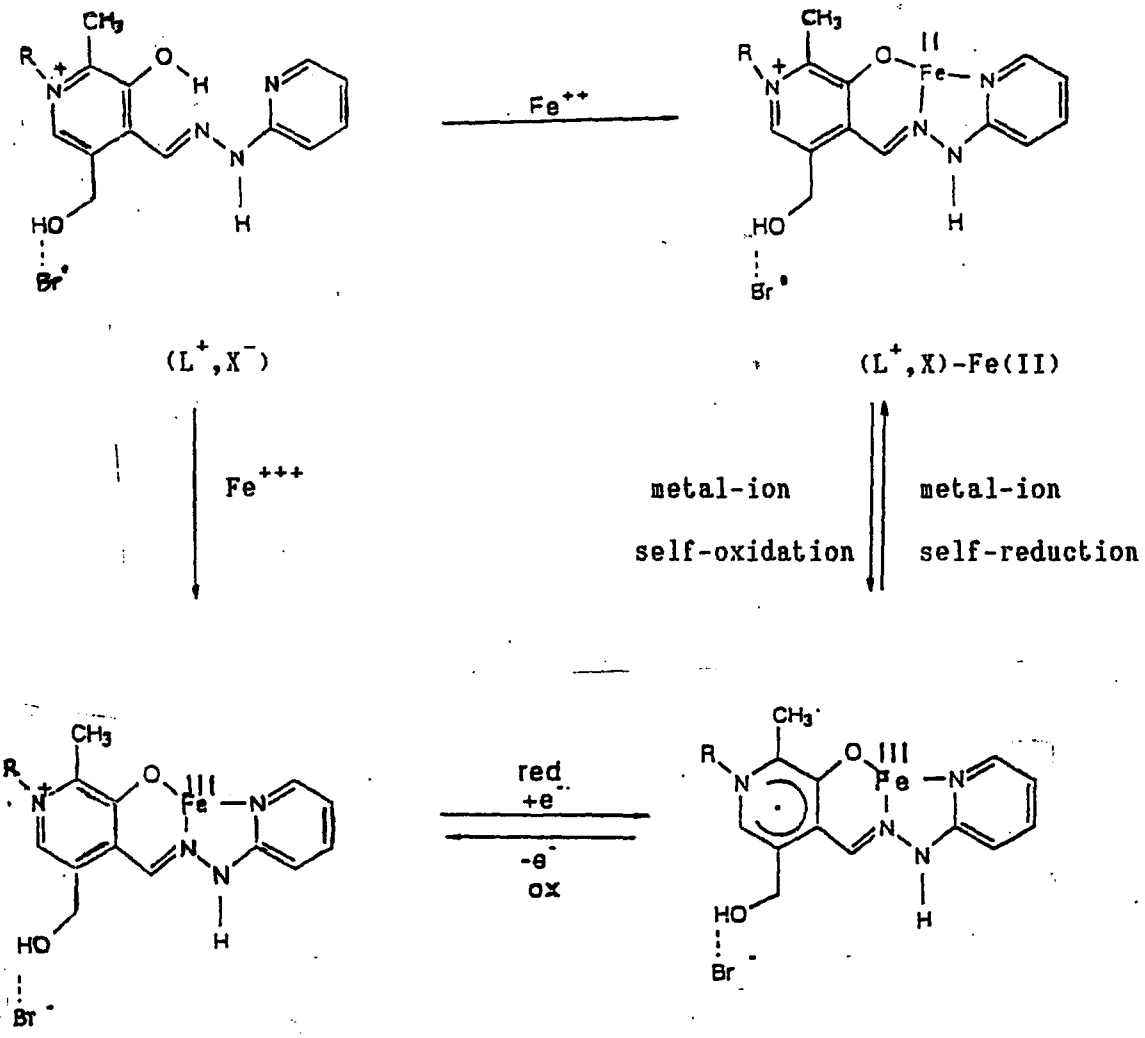
รูปที่ 1 : แสดงเส้นสเปกตราของการดูดกลืนทางสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของการออกซิเดชันภายใต้สภาวะที่ไร้ออกซิเจนของสารประกอบเชิงซ้อน L2-9-Fe(II) ไปเป็น L2-9-Fe (III) ในอัตราส่วนโมล L2-9/Fe(II) เท่ากับ 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมง

อย่างไรก็ตามการออกฤทธิ์ของเหล็กจะขึ้นกับลิแกนด์ที่มาจับด้วย ถ้าลิแกนด์ต่างชนิดกันจะเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ การออกฤทธิ์ และการจับโลหะทรานสิชันเนื่องจากไอออนเหล็กซึ่งอยู่ภายใต้ ปฏิกิริยารีดอกซ์ สามารถเหนี่ยวนำทำให้เกิดการสร้างอนุมูลอิสระ และคาดว่ามีกลไกคล้ายกันนี้เกิดขึ้นในการออกฤทธิ์เป็นยาฆ่าเชื้อมาเลเรียดังแสดงตามแผนภาพต่อไปนี้



<u>รูปที่ 2</u> : แสดงกลไกการฆ่าเชื้อมาเลเรียของ L2-9 โดยการเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระบนสายโซ่ DNA ของเชื้อพาราสิตและทำให้สายโซ่ DNA แตกในที่สุด

อันที่จริง L2-9 เหนี่ยวนำทำให้เกิดคาร์บอนอนุมูลอิสระ ดังพิสูจน์โดย ELECTRON SPIN RESONANCE SPECTROSCOPY อนุมูลอิสระเกิดมาจากปฏิกิริยารีดอกซ์ภายในของ (L2-9)-Fe(II) ระหว่าง (L^+,X^-)-Fe(II) ไปยัง (L^+,X^-)-Fe(III) ดังกลไกต่อไปนี้



รูปที่ 3 : แสดงกลไกการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นภายใน
สารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง L2-9 กับเหล็ก

บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินการ

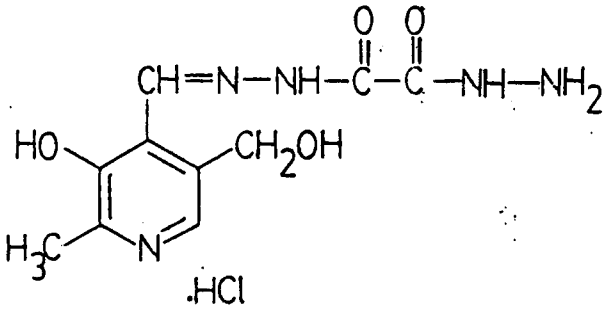
สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	เกรด	บริษัท
พิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (PH)	วิเคราะห์	Fluka
ออกซาลิกไดไฮเดรไซด์ (OH)	วิเคราะห์	Fluka
โพแทสเซียม คลอไรด์	วิเคราะห์	Fluka
แอมโมเนียมเฟอรัส(II) ซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต (Fe(II))	วิเคราะห์	Fluka
เฟอริค (III) ไนเตรต (Fe(III))	วิเคราะห์	BDH
กรดอะซิติก	วิเคราะห์	Carlo Erba
กรดฟอสฟอริค	วิเคราะห์	Carlo Erba
กรดบอริค	วิเคราะห์	Carlo Erba
โซเดียมไฮดรอกไซด์	วิเคราะห์	Fluka
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต	วิเคราะห์	Carlo Erba
โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนออโธฟอสเฟต	วิเคราะห์	BDH

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

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

สารประกอบเอซิลไฮเดรโซนที่นำมาศึกษา



พิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์

(Pyridoxal oxalic acid hydrazone hydrochloride)(POAH)

การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

สารละลายของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารประกอบเอซิลไฮเดรโซน

ก. สารละลายพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (PH)

ชั่งน้ำหนักของสาร (PH) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน ได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

ข. สารละลายออกซาลิกไดไฮเดรไซด์ (OH)

ชั่งน้ำหนักของสาร (OH) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน ได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

สารละลายของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน

ชั่งน้ำหนักของสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตรให้พอดี สารละลายที่ได้ใสและมีสีเหลือง เมื่อตั้งทิ้งไว้นาน ๆ จะมีสีเหลืองเข้มขึ้นเรื่อย ๆ

สารละลายของเหล็ก

ก. สารละลายแอมโมเนียมเฟอรัส (II) ซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต (Fe(II))

ชั่งน้ำหนักของสาร (Fe(II)) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน ได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

ข. สารละลายเฟอริค (III) ไนเตรต (Fe(III))

ชั่งน้ำหนักของสาร (Fe(III)) ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน แล้วปริมาตรให้พอดี จะได้สารละลายสีส้ม

สารละลายอิเล็กโตรไลต์

ก. สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์

ชั่งน้ำหนักโพแทสเซียมคลอไรด์ให้ได้น้ำหนักตามต้องการ ละลายด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตรให้พอดี

ข. สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

เตรียมบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ ที่มี pH ต่าง ๆได้ ตามตารางในภาคผนวก ช

ค. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตโดเดคะไฮเดรต 7.16 กรัม และโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 2.8 กรัม ในน้ำจนครบปริมาตร 1 ลิตร

วิธีทดลอง

ก. การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของเหล็ก สารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารประกอบไฮเดรโซน และสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน

ปิเปตสารละลายอิเล็กโตรไลต์ และพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์(PH) ที่มีความเข้มข้น $1x10^{-3}$ โมลต่อลิตร ลงในโพลาโรกราฟิกเซล แล้ววัดหาค่าศักย์ไฟฟ้าโดยใช้เครื่องโพลาโรกราฟ

ทำการทดลองเช่นเดิม โดยเปลี่ยนจากพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (PH) เป็นสารดังต่อไปนี้ 1. ออกซาลิกไดไฮเดรไซด์ (OH) 2. แอมโมเนียมเฟอรัส (II) ซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต (Fe(II)) 3. เฟอริค (III) ไนเตรต (Fe(III)) และ 4. สารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH)

ข. การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเหล็กกับสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนในอัตราส่วนต่าง ๆ

ปิเปตสารละลายอิเล็กโตรไลต์ แอมโมเนียมเฟอรัส (II) ซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต (Fe(II)) ที่มีความเข้มข้น $1x10^{-3}$ โมลต่อลิตร และสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) ที่มีความเข้มข้น $1x10^{-3}$ โมลต่อลิตรลงในโพลาโรกราฟิกเซล แล้ววัดหาค่าศักย์ไฟฟ้าโดยใช้เครื่องโพลาโรกราฟในอัตราส่วนโมลของสาร (Fe(II)):สาร (POAH) เท่ากับ 1:0.5, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5

ทำการทดลองเช่นเดิมโดยเปลี่ยนอัตราส่วนโมลของสาร(Fe(II)) : สาร(POAH) เป็น 0.5:1, 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1

ค. การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน กับเหล็ก ในอัตราส่วนโมล 1:1

ปิเปตสารละลายอิเล็กโตรไลต์ แอมโมเนียมเฟอรัส(II)ซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต (Fe(II)) ที่มีคามเข้มข้น $1x10^{-3}$ โมลต่อลิตร และพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) ที่มีความเข้มข้น $1x10^{-3}$ โมลต่อลิตร ในอัตราส่วนโมล 1:1 ลงในโพลาโรกราฟิกเซล แล้ววัดหาค่าศักย์ไฟฟ้าโดยใช้เครื่องโพลาโรกราฟ เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1 ช.ม., 2 ช.ม., 3 ช.ม. และ 20 ช.ม.

ทำการทดลองเช่นเดิม โดยเปลี่ยนจากแอมโมเนียมเฟอรัส (II) ซัลเฟตเฮกซะไฮเดรต (Fe(II)) เป็น เฟอริค (III) ไนเตรต (Fe(III))

สภาวะการทดลองของเครื่องโพลาโรกราฟ

แบบที่ใช้ (mode)	: AC_{1T}
ค่าศักย์ไฟฟ้าเริ่มต้น (U)	: 0.000 โวลต์
ค่าศักย์ไฟฟ้าที่สิ้นสุด (U)	: -2.000 โวลต์
เวลาการหยดของปรอท(t_{drop})	: 0.4 วินาที
ความว่องไวของเครื่อง (sense)	: $1x10^{-7}$ A/mm
แอมปริจูด (U~)	: 15 มิลลิโวลต์
มิลลิเมตรต่อเวลาการหยดของปรอท (mm/t_{drop})	: 0.5 มิลลิเมตร/0.4 วินาที

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การหาสภาวะที่เหมาะสมในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบพิริดอกซัลออกชาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH)

จากผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ POAH โดยใช้สารละลายพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (PH)ในน้ำ ความเข้มข้นเท่ากับ $1x10^{-3}$ โมลต่อลิตร โดยใช้สารละลายอิเล็กโตรไลต์ดังต่อไปนี้ สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่มี pH = 6.00 ที่ 25 C สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ที่มี pH = 7.01 ที่ 25 C และสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มี pH = 6.98 ที่ 25 C ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -1.552 โวลต์
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์: ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.784 โวลต์
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.800 โวลต์

จากค่าศักย์ไฟฟ้าของ PH ที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง -2.000 โวลต์ ดังนั้นจึงใช้สภาวะดังกล่าวในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเอซิลไฮเดรโซน

4.2 การศึกษาค่าศักย์ไฟฟ้าของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารประกอบพิริดอกซัลออกชาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH)

จากการศึกษาวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ POAH ซึ่งประกอบด้วยพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์ (PH) และออกชาลิกไดไฮเดรไซด์ (OH) โดยใช้สภาวะเดียวกันได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ คือ -1.552 โวลต์ สำหรับ PH
และค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ-1.680 โวลต์ สำหรับ OH
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์: ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ คือ -0.784 โวลต์ สำหรับ PH
และค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ-1.704 โวลต์ สำหรับ OH

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ คือ -0.800 โวลต์ สำหรับ PH และค่าศักย์ไฟฟ้าไม่ได้อยู่ในช่วงที่วัด สำหรับ OH

4.3 การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH)

ผลการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ (POAH) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3 พบว่า

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดคือ -0.632,-1.272, -1.640 โวลต์

ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.056,-0.816, -1.470, -1.696 โวลต์

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.072,-0.832, -1.096,-1.472,-1.592,-1.700, -1.804 โวลต์

4.4 การศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe (II)

จากผลการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน โดยผสม POAH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล POAH/Fe(II) เท่ากับ 0.5:1, 1:1, 2:1, 3:1, 5:1, 1:0.5, 1:1,1:2, 1:3 และ 1:5 ตามลำดับจะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4-9

เมื่อการพิจารณาอัตราส่วนโมลของ POAH ที่เปลี่ยนแปลง จะพบว่า พื้นที่ใต้พีคที่ได้ไม่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการเกิดพีคของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) คือเท่าไร

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

4.5 การศึกษาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) และ กับ Fe(III)

จากผลการศึกษาการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) และ Fe(III) อัตราส่วนโมล 1:1 หลังการผสม POAH/Fe(II) หรือ Fe(III) ที่เวลา 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ชั่วโมง จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10-15 พบว่า ในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ที่ใช้ทดสอบทั้ง 3 ชนิด จะเกิดหลายพีคในช่วงศักย์ไฟฟ้าที่ทำการวัด ซึ่งจากผลงานวิจัยที่ผ่านมา สามารถระบุได้ว่า สภาวะที่ใช้ในการวัดนี้สารประกอบเอซิลไฮเดรโซนสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับไอออนของเหล็กได้หลายสปีชีส์ ทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ระบุได้ชัดเจนว่าสารประกอบเชิงซ้อนของ POAH กับเหล็กแต่ละสปีชีส์ จะมีค่าศักย์ไฟฟ้าเท่าใด และเมื่อดูพีคที่เวลาต่าง ๆ ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) จะมีลักษณะคล้ายกับพีคของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(III) และสีของสารละลายประกอบเชิงซ้อนPOAH กับ Fe(II) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ให้สีของสารละลายเหมือนสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(III) แสดงว่าสารประกอบเชิงซ้อนของ POAH กับ Fe(II) นั้น Fe(II) จะถูกออกซิไดซ์กลายเป็น Fe(III) อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 1 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารละลาย PH, OH, Fe(II), Fe(III) และPOAH ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 25 °C)

	PH	OH	Fe(II)	Fe(III)
พีคที่ 1	-1.552	-1.680	-1.520	-1.710
พีคที่ 2	-	-	-	-
พีคที่ 3	-	-	-	-

	POAH
พีคที่ 1	-0.632
พีคที่ 2	-1.272
พีคที่ 3	-1.640

ตารางที่ 2 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารละลาย PH, OH, Fe(II), Fe(III) และ POAH ในสารละลายบริคตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C)

	PH	OH	Fe(II)	Fe(III)
พีคที่ 1	-0.784	-1.704	-1.560	-
พีคที่ 2	-	-	-	-
พีคที่ 3	-	-	-	-

	POAH
พีคที่ 1	-0.056
พีคที่ 2	-0.816
พีคที่ 3	-1.470
พีคที่ 4	-1.696

ตารางที่ 3 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารละลาย PH, OH, Fe(II), Fe(III) และ POAH ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)

	PH	OH	Fe(II)	Fe(III)
พีคที่ 1	-0.800	-	-1.640	-
พีคที่ 2	-	-	-	-
พีคที่ 3	-	-	-	-

	POAH
พีคที่ 1	-0.072
พีคที่ 2	-0.832
พีคที่ 3	-1.096
พีคที่ 4	-1.472
พีคที่ 5	-1.592
พีคที่ 6	-1.700
พีคที่ 7	-1.804

ตารางที่ 4 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH
โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II)
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH = 6.00 ที่ 25 °C)

	อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : POAH					
	0.5:1	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
พีคที่ 1	-0.736	-0.712	-0.690	-0.698	-0.696	-0.696
พีคที่ 2	-1.168	-	-	-1.520	-1.504	-1.496
พีคที่ 3	-1.480	-1.480	-1.480	-1.520	-1.504	-1.496
พีคที่ 4	-1.648	-1.648	-1.640	-	-	-

ตารางที่ 5 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH
โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II)
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25°C)

	อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : POAH					
	0.5:1	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
พีคที่ 1	-0.288	-0.288	-2.288	-0.344	-0.352	-
พีคที่ 2	-0.854	-0.864	-0.856	-0.864	-0.864	-0.863
พีคที่ 3	-1.104	-1.120	-1.104	-	-	-
พีคที่ 4	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-	-
พีคที่ 5	-1.560	-1.560	-1.560	-1.600	-1.600	-

ตารางที่ 6 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH
โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ Fe(II)
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)

	อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : POAH					
	0.5:1	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
พีคที่ 1	-0.312	-0.312	-0.290	-0.290	-0.290	-0.304
พีคที่ 2	-0.880	-0.864	-0.880	-0.880	-0.888	-
พีคที่ 3	-1.104	-1.104	-1.104	-1.104	-1.112	-
พีคที่ 4	-1.480	-1.472	-1.472	-1.472	-1.472	-1.472
พีคที่ 5	-1.704	-1.704	-1.704	-1.704	-1.712	-1.712

ตารางที่ 7 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH
โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ POAH
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH = 6.00 ที่ 25 °C)

	อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : POAH					
	1:0.5	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
พีคที่ 1	-	-0.704	-0.696	-0.680	-0.672	-0.664
Area	-	0.224	0.072	0.115	0.160	0.184
พีคที่ 2	-	-0.920	-0.920	-0.896	-0.896	-0.880
Area	-	0.002	0.008	0.012	0.020	0.011
พีคที่ 3	-	-	-1.332	-1.328	-1.328	-1.328
Area	-	-	0.028	0.056	0.083	0.093
พีคที่ 4	-1.488	-1.488	-1.472	-1.472	-1.456	-1.440
Area	0.006	0.006	0.007	0.019	0.016	0.028
พีคที่ 5	-1.656	-1.656	-1.664	-1.664	-1.672	-1.667
Area	0.016	0.043	0.093	0.129	0.190	0.288

ตารางที่ 8 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH
โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ POAH
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C)

	อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : POAH					
	1:0.5	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
พีคที่ 1	-0.288	-0.288	-0.289	-0.288	-0.288	-0.288
Area	0.047	0.163	0.201	0.399	0.437	0.403
พีคที่ 2	-0.872	-0.864	-0.864	-0.856	-0.856	-0.856
Area	0.016	0.038	0.079	0.110	0.132	0.144
พีคที่ 3	-1.112	-1.112	-1.128	-1.128	-1.128	-1.140
Area	0.013	0.031	0.086	0.126	0.161	0.168
พีคที่ 4	-	-1.280	-1.296	-1.296	-1.304	-1.304
Area	-	0.002	0.005	0.013	0.010	0.013
พีคที่ 5	-	-1.568	-	-1.544	-1.552	-1.560
Area	-	0.012	0.031	0.052	0.051	0.060
พีคที่ 6	-	-1.728	-1.736	-1.736	-1.736	-1.744
Area	-	0.005	0.011	0.023	0.034	0.120

ตารางที่ 9 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของ Fe(II) กับ POAH
โดยการเปลี่ยนจำนวนโมลของ POAH
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)

	อัตราส่วนโมลของ Fe(II) : POAH					
	0.5:1	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
พีคที่ 1	-0.280	-0.312	-0.318	-0.312	-0.312	-0.344
Area	0.011	0.059	0.158	0.309	0.433	0.332
พีคที่ 2	-0.880	-0.880	-0.872	-0.864	-0.862	-0.856
Area	0.004	0.017	0.049	0.071	0.012	0.207
พีคที่ 3	-1.118	-1.118	-1.118	-1.120	-1.124	-1.128
Area	0.008	0.025	0.084	0.129	0.181	0.218
พีคที่ 4	-	-	-1.320	-1.520	-1.312	-1.312
Area	-	-	0.006	0.010	0.021	0.034
พีคที่ 5	-1.440	-1.512	-1.512	-1.512	-1.520	-1.528
Area	0.007	0.015	0.011	0.030	0.107	0.081
พีคที่ 6	-	-1.720	-1.720	-1.720	-1.720	-1.728
Area	0.005	0.007	0.026	0.025	0.069	0.047

ตารางที่ 10 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 25 °C)

	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
	20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พีคที่ 1	-0.712	-0.696	-0.718	-0.728	-0.704
พีคที่ 2	-1.328	-1.320	-1.328	-	-
พีคที่ 3	-1.472	-1.464	-1.472	-1.472	-1.472
พีคที่ 4	-1.640	-1.632	-1.648	-1.656	-1.648

ตารางที่ 11 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายบริดตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C)

	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
	20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พีคที่ 1	-0.286	-0.289	-0.286	-0.289	-0.289
พีคที่ 2	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864	-0.864
พีคที่ 3	-1.112	-1.112	-1.112	-1.120	-1.120
พีคที่ 4	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424	-1.424
พีคที่ 5	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616	-1.616
พีคที่ 6	-1.728	-1.744	-1.728	-1.728	-1.744

ตารางที่ 12 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25°C)

	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
	20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พีคที่ 1	-0.312	-0.312	-0.320	-0.320	-0.320
พีคที่ 2	-0.952	-0.952	-0.952	-0.952	-0.952
พีคที่ 3	-1.112	-1.112	-1.112	-1.112	-1.112
พีคที่ 4	-1.504	-1.504	-1.504	-1.504	-1.504
พีคที่ 5	-1.712	-1.712	-1.712	-1.712	-1.712

ตารางที่ 13 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH = 6.00 ที่ 25 °C)

	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
	20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พีคที่ 1	-0.664	-0.664	-0.672	-0.664	-0.664
พีคที่ 2	-1.464	-1.464	-1.472	-1.464	-1.464
พีคที่ 3	-1.712	-1.712	-1.791	-1.712	-1.712

ตารางที่ 14 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายบริลตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH = 7.01 ที่ 25 °C)

	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
	20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พีคที่ 1	-0.296	-0.296	-0.304	-0.294	-0.304
พีคที่ 2	-0.855	-0.855	-0.856	-0.852	-0.872
พีคที่ 3	-1.188	-1.112	-1.104	-1.096	-1.120

ตารางที่ 15 : แสดงค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1, 2, 3 และ 20 ช.ม. ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH = 6.98 ที่ 25 °C)

	ค่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป				
	20 นาที	1 ช.ม.	2 ช.ม.	3 ช.ม.	20 ช.ม.
พีคที่ 1	-0.323	-0.320	-0.316	-0.328	-0.312
พีคที่ 2	-0.878	-0.878	-0.872	-0.884	-0.872
พีคที่ 3	-1.112	-1.107	-1.108	-1.118	-1.112
พีคที่ 4	-1.712	-1.712	-1.720	-1.720	-1.712

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนกับ Fe(II) พบว่า

1) สภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าโดยเครื่องโพลาโรกราฟ คือ ช่วงศักย์ไฟฟ้า : 0 ถึง -2.000 โวลต์

สารละลายอิเล็กโตรไลต์ : สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

2) ค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ ในสภาวะดังกล่าว แสดงค่าศักย์ไฟฟ้า ดังนี้

ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.632,-1.272, -1.640 โวลต์

ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.056,-0.816, -1.470,-1.696 โวลต์

ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ : ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้คือ -0.072,-0.832, -1.096,-1.472,-1.592,-1.700, -1.804 โวลต์

3) ไม่สามารถหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ กับ Fe(II) ได้จากการดูพื้นที่ใต้พีคเหล็ก เนื่องจากความไม่แน่นอนของพื้นที่ใต้พีค แต่โครงงานพิเศษนี้ได้ทำการศึกษาอัตราส่วนโมลของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) ที่ 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที, 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง, 3 ชั่วโมง และ 20 ชั่วโมง

4)ไม่สามารถระบุค่าศักย์ไฟฟ้าของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง พิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์กับ Fe(II)ในแต่ละสปีชีส์ได้เนื่องจากในสารละลายสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กกับสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์สามารถเกิดได้หลายสปีชีส์

5) สำหรับการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ

-สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล Fe(II): POAH เท่ากับ 0.5:1 1:1 2:1 3:1 4:1 5:1

-สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์กับ Fe(II)ในอัตราส่วนโมล POAH : Fe(II) เท่ากับ 1:0.5 1:1 1:2 1:3 1:4 1:5

พบว่าการเปลี่ยนชนิดของสารละลายอิเลคโตรไลต์มีผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้าน้อยมาก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือโพลาโรแกรมที่ได้มีลักษณะคล้ายกัน ทั้งนี้เนื่องมาจาก pH ของสารละลายอิเลคโตรไลต์มีค่าใกล้เคียงกัน แต่สิ่งที่ต่างกันคือพื้นที่ใต้พีกซึ่งเนื่องมาจากจำนวนโมลที่ต่างกัน

6) สำหรับการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของ สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล Fe(II): POAH เท่ากับ 1:1 ที่เวลา 20 นาที 1 2 3 และ 20 ชั่วโมง

ในสารละลายอิเล็กโตรไลต์ : สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร

(pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

สารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

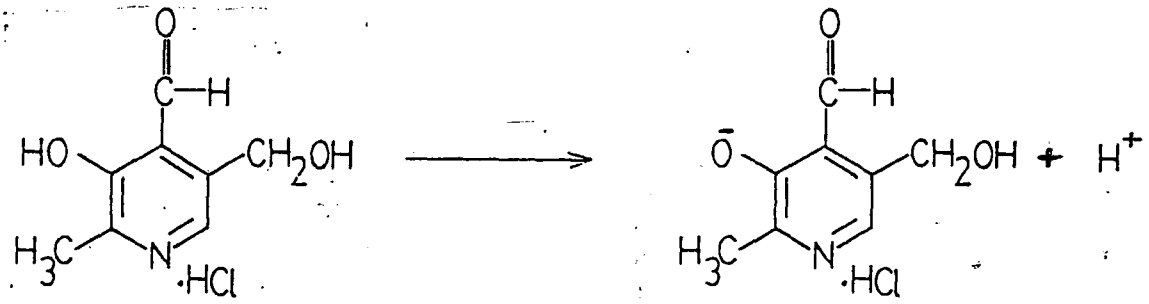
(pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

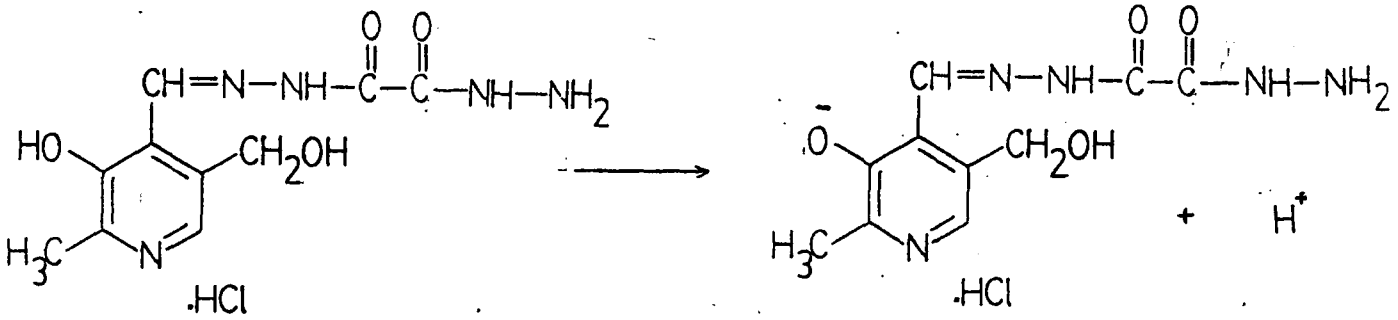
(pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

พบว่าการเปลี่ยนชนิดของสารละลายอิเลคโตรไลต์ มีผลต่อค่าศักย์ไฟฟ้าน้อยมากหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือโพลาโรแกรมที่ได้มีลักษณะคล้ายกันทั้งนี้เนื่องมาจาก pH ของสารละลายอิเลคโตรไลต์มีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อพิจารณาพีคที่ระยะเวลาต่างๆของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe (II) จะมีลักษณะคล้ายกับพีคของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(III) และสีของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe(II) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วซึ่งมีสีเหมือนกับสีของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง POAH กับ Fe (III) แสดงว่า Fe (II) จะต้องถูกออกซิไดซ์กลายเป็น Fe (III)อย่างรวดเร็ว

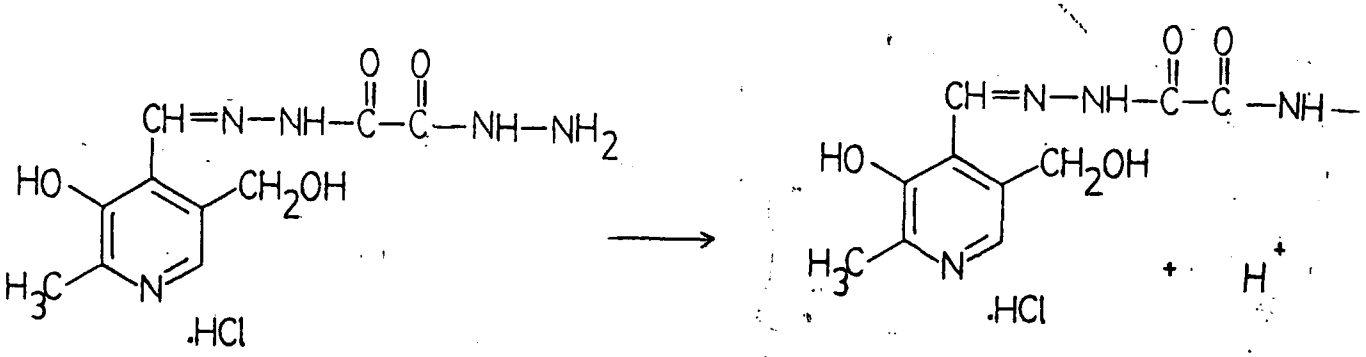
7) เมื่อพิจารณารูปที่ 9 ซึ่งมีพีคเกิดขึ้นที่ค่าศักย์ไฟฟ้าประมาณ-0.7โวลต์นั้นสามารถคาดคะเนปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้คือ



8) เมื่อพิจารณารูปที่ 12 ซึ่งมีพีคเกิดขึ้นที่ค่าศักย์ไฟฟ้าประมาณ -0.8 และ -1.6 โวลต์ นั้นสามารถคาดคะเนปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้คือ



และ



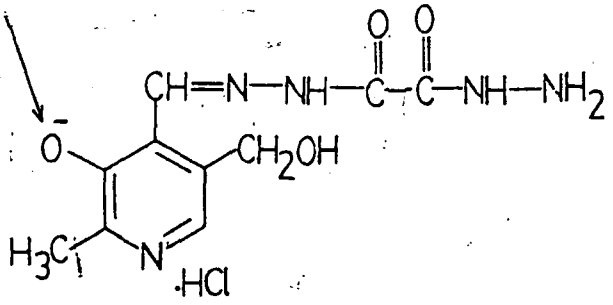
9) เนื่องจากการเปลี่ยนชนิดของสารละลายอิเลคโตรไลต์ มีผลต่อโพลาโรแกรมน้อยมาก ดังนั้นในการอธิบายผลสรุปการทดลอง จะใช้รูปที่ 12 แทน

เมื่อพิจารณารูปที่ 21 จะมีพีคเกิดขึ้น 6 พีคที่ค่าศักย์ไฟฟ้าประมาณ -0.3 ,-0.8, -1.1,-1.3,-1.5, และ-1.7 โวลต์

-สำหรับค่าศักย์ไฟฟ้าประมาณ -0.8 โวลต์ สามารถคาดคะเนปฏิกริยาที่เกิดขึ้นได้คือเหมือนกับปฏิกริยาของรูปที่ 12 แสดงว่า

-มีการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนขึ้นเพราะที่อัตราส่วนโมลซึ่งมี Fe (II)มากกว่า POAH พีค (i_d) จะต่ำหรือที่อัตราส่วนโมลที่มี POAH มากกว่า Fe (II) พีคจะสูง

-เป็นไปได้ที่ Fe (II) จะจับที่



-เป็นไปได้ที่ G-NH_2 มีส่วนในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน

-เป็นไปได้ที่สารประกอบเชิงซ้อนที่ได้จะมีลักษณะแบบ Bidentate

ผลซึ่งยังหาปฏิกริยามาอธิบายได้คือ พีคที่มีค่าศักย์ไฟฟ้าประมาณ -0.3,-1.1,-1.5 โวลต์ แต่ทราบพฤติกรรมของทั้ง 3 พีคคือเมื่อ Fe(II):POAH เปลี่ยนไปในทางที่ POAH มากขึ้นพีคจะโตขึ้นแต่ถ้าไม่มี Fe (II) พีคจะไม่เกิด จึงอาจเป็นไปได้ที่พีคทั้ง3นี้เป็นพีคแสดงการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งไม่สามารถหาปฏิกริยามาอธิบายได้ เนื่องจากข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ยังไม่เพียงพอ

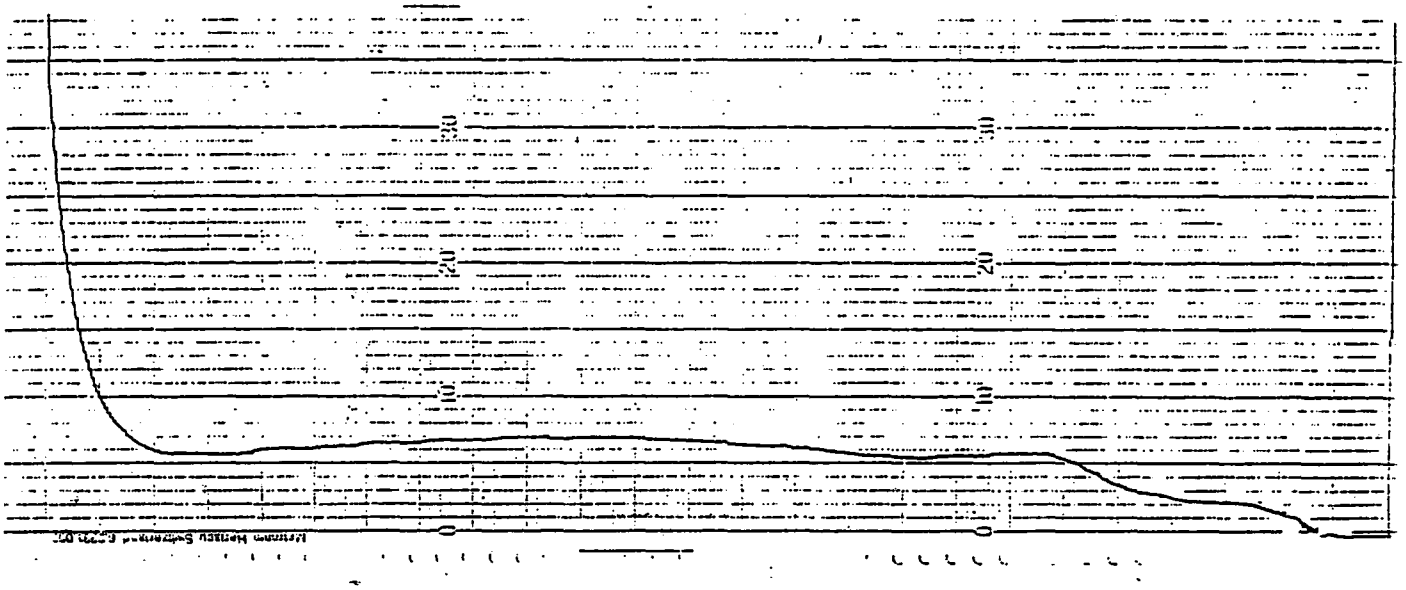
ข้อเสนอแนะ ควรทำการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าจาก pH ที่ต่ำไปสูงหรือจากกรดไปเบสเพื่อที่จะทำให้ได้ข้อมูลสำหรับการวิจัยมากขึ้น

ภาคผนวก ช

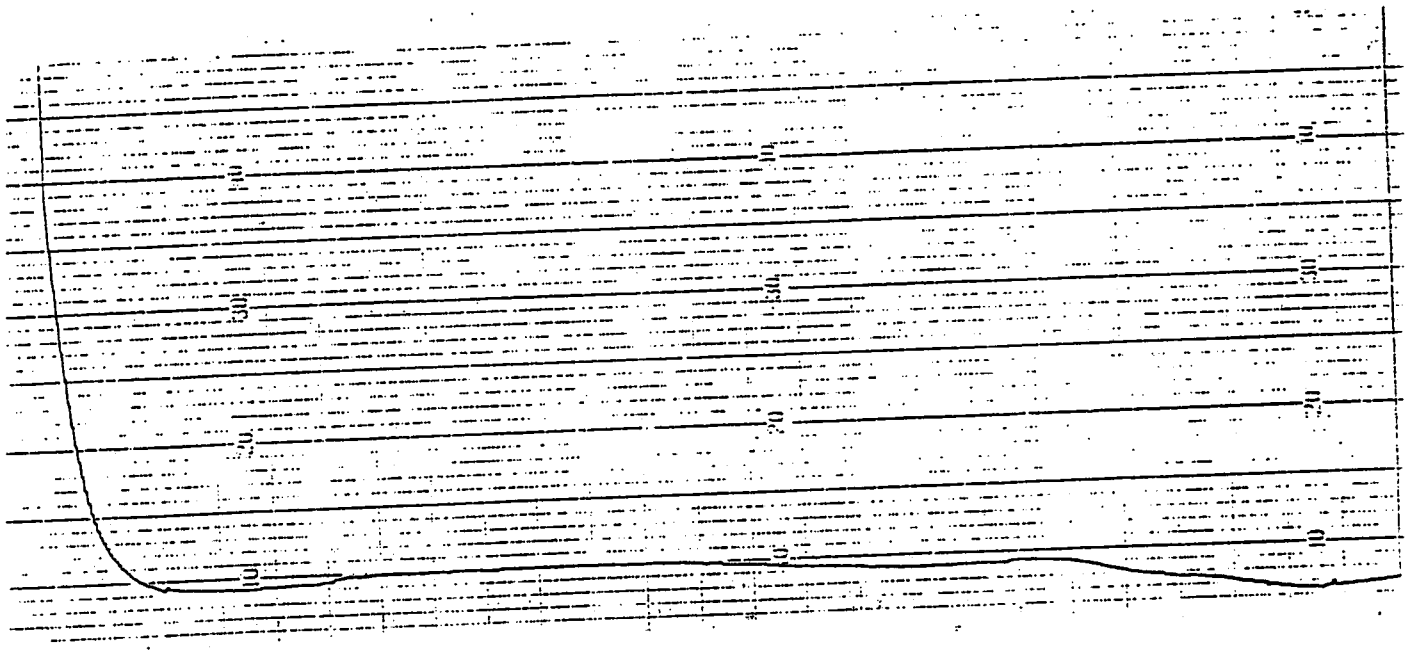
การเตรียมสารละลายบริตตัน-โรบินสัน บัฟเฟอร์ที่มี pH ใด ๆ

สารละลายบริตตัน-โรบินสัน บัฟเฟอร์ ประกอบด้วย สารละลายกรดแอซิติก 0.04 โมลต่อลิตร สารละลายกรดไฮโดรเจนฟอสเฟต 0.04 โมลต่อลิตร สารละลายกรดบอริค 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

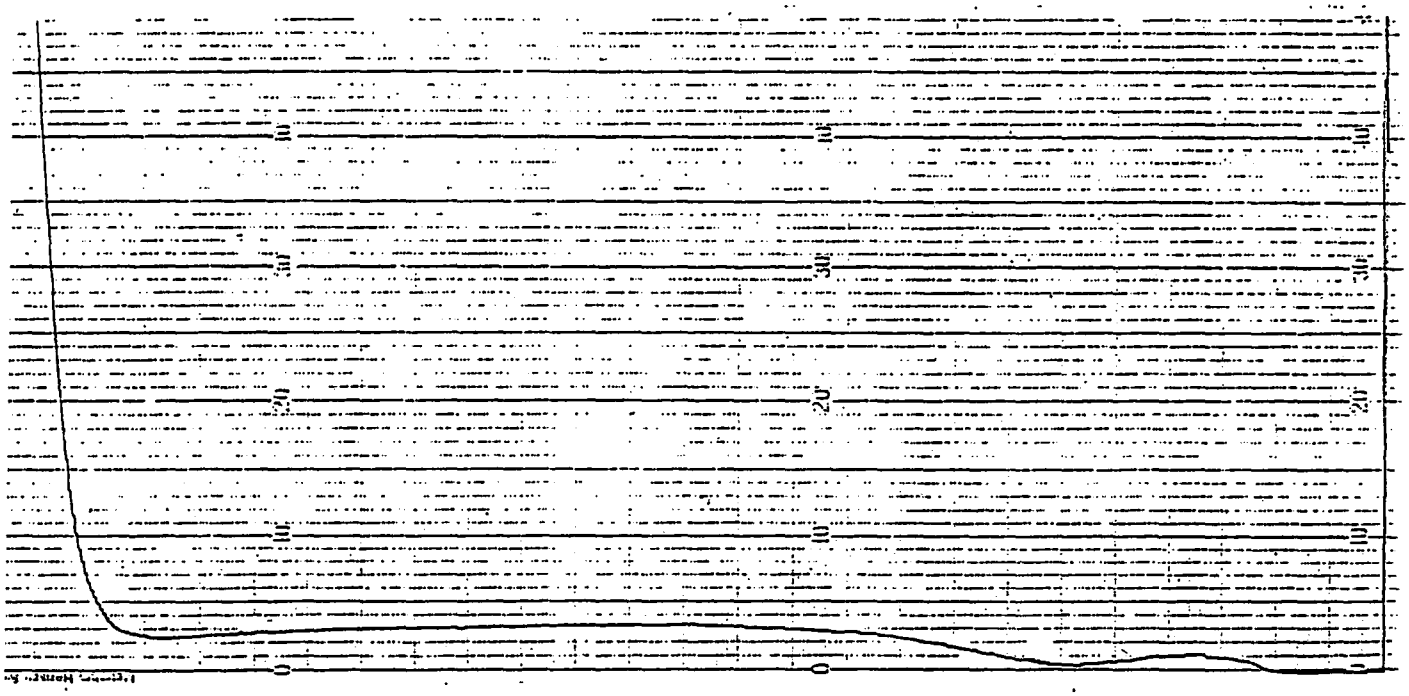


รูปที่ 1 แสดงโพลาโรแกรมของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

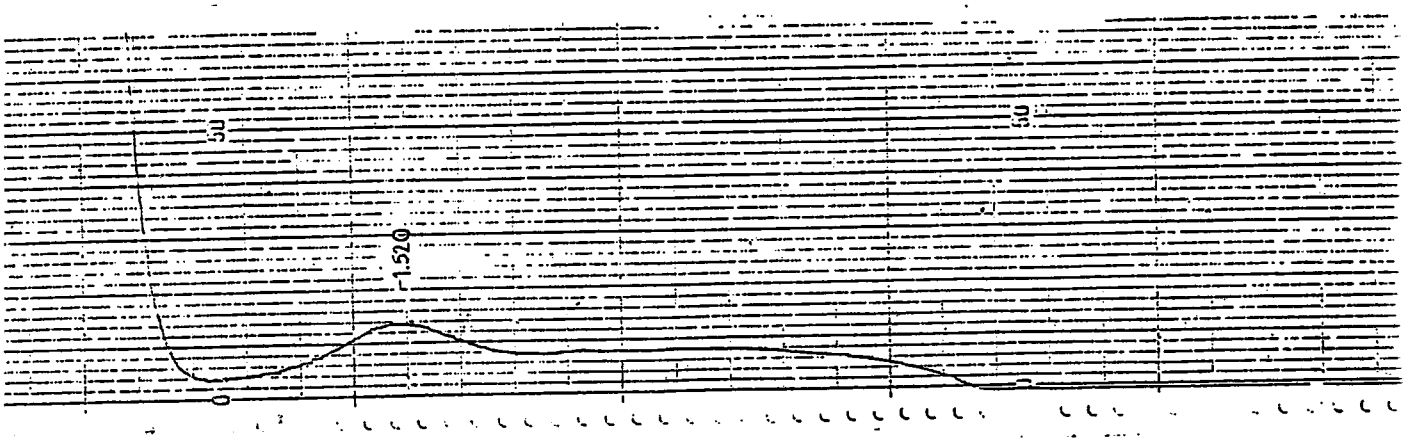


รูปที่ 2 แสดงโพลาโรแกรมของสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์

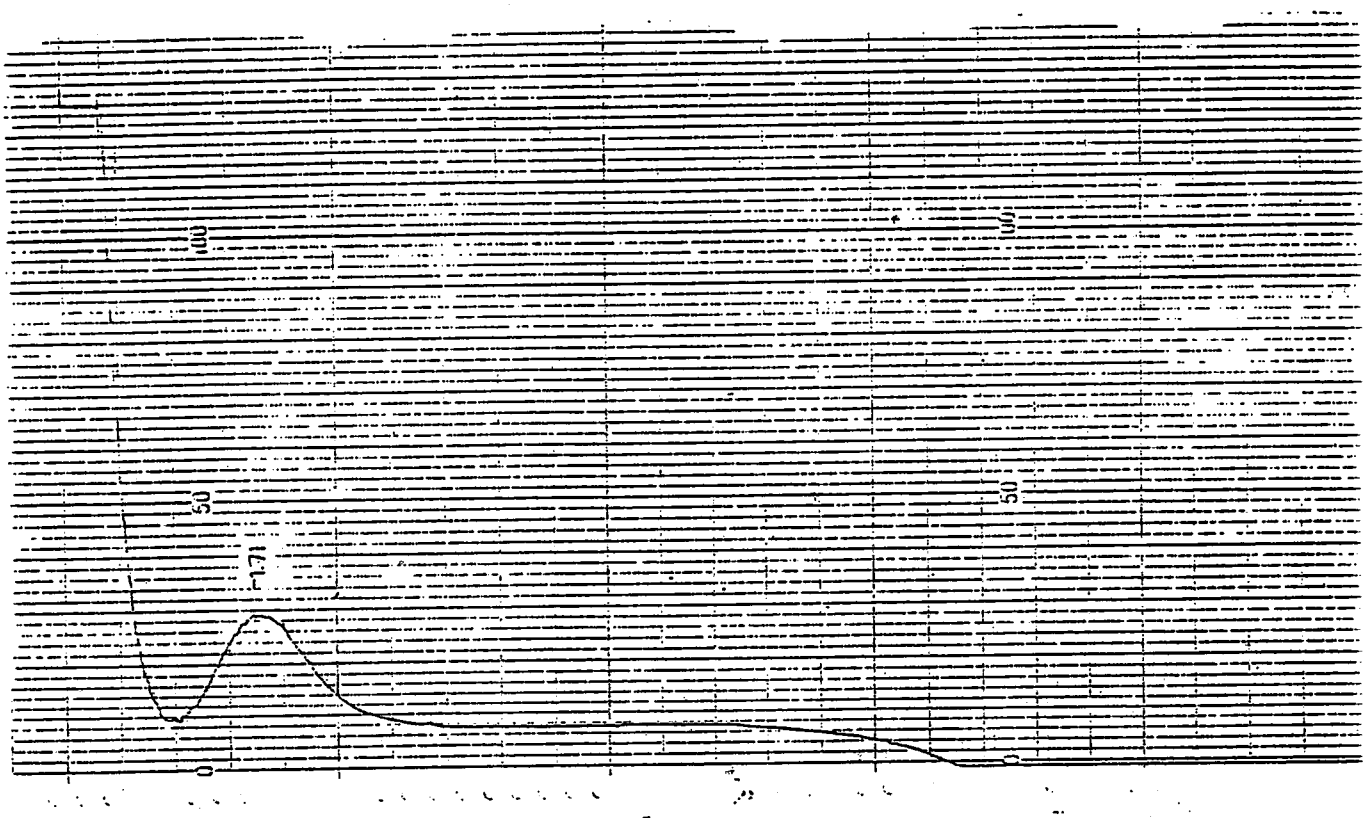
(pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



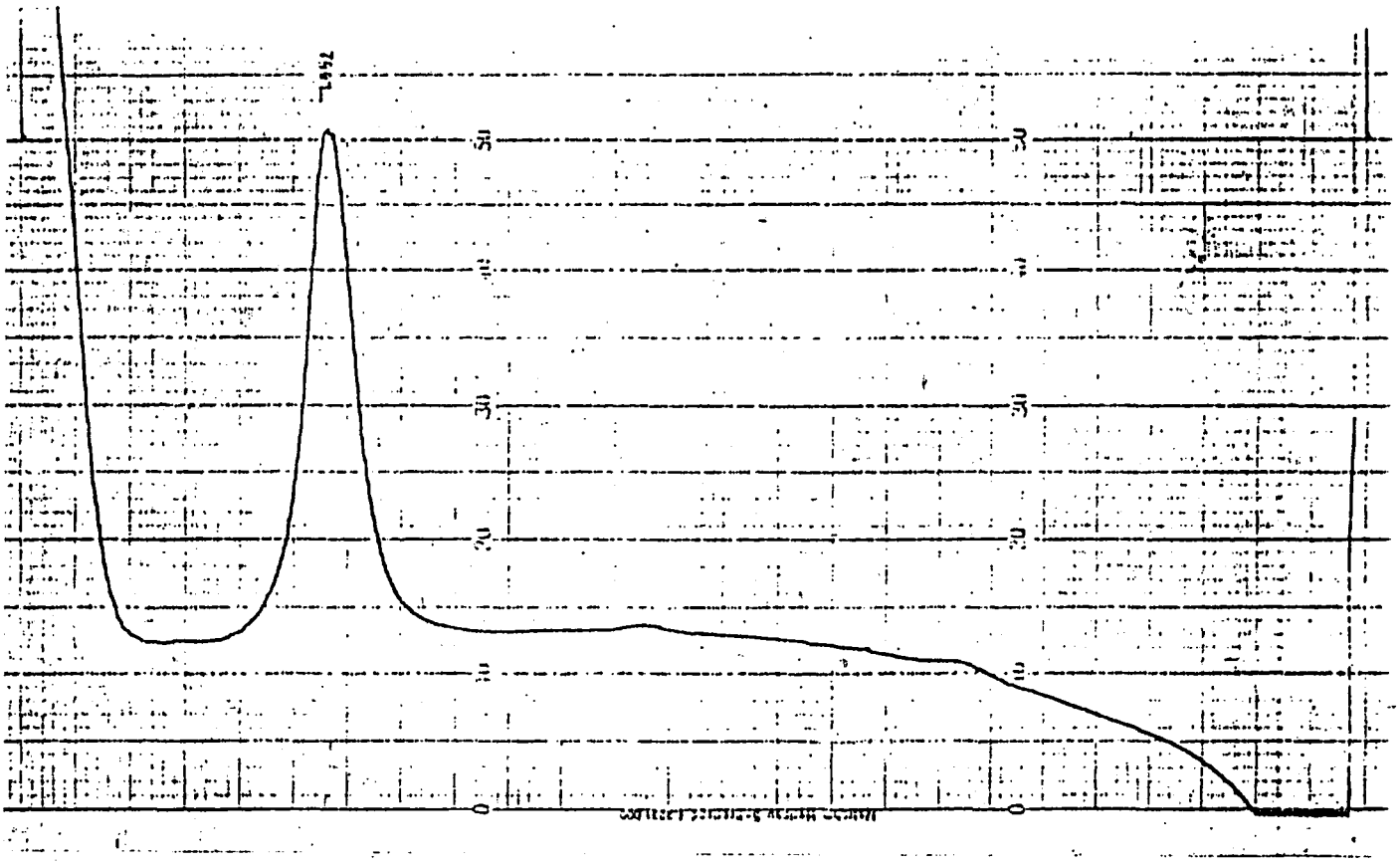
รูปที่ 3 แสดงโพลาโรแกรมของสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



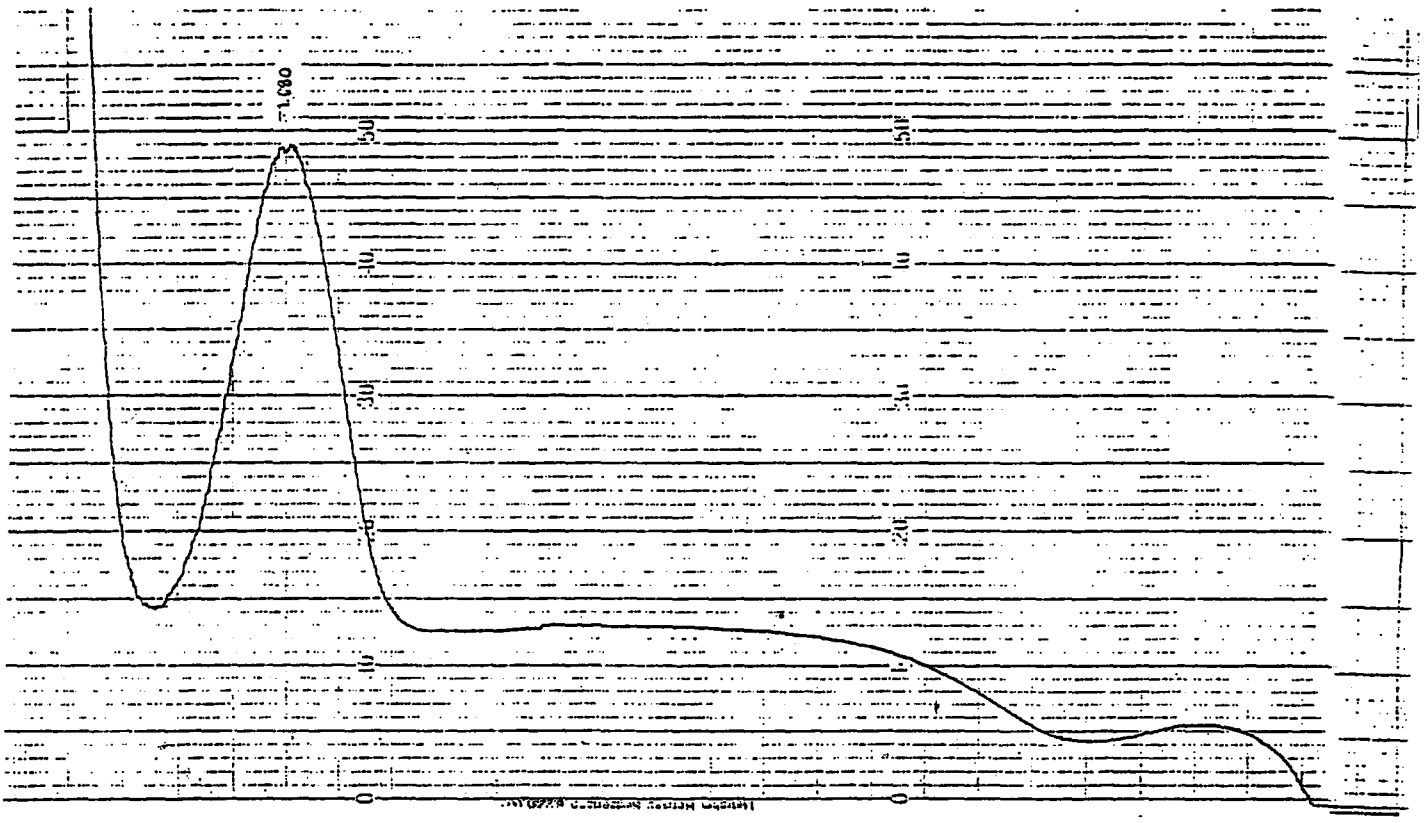
รูปที่ 4 แสดงโพลาโรแกรมของไอออนของเหล็ก(II) (Fe(II))
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



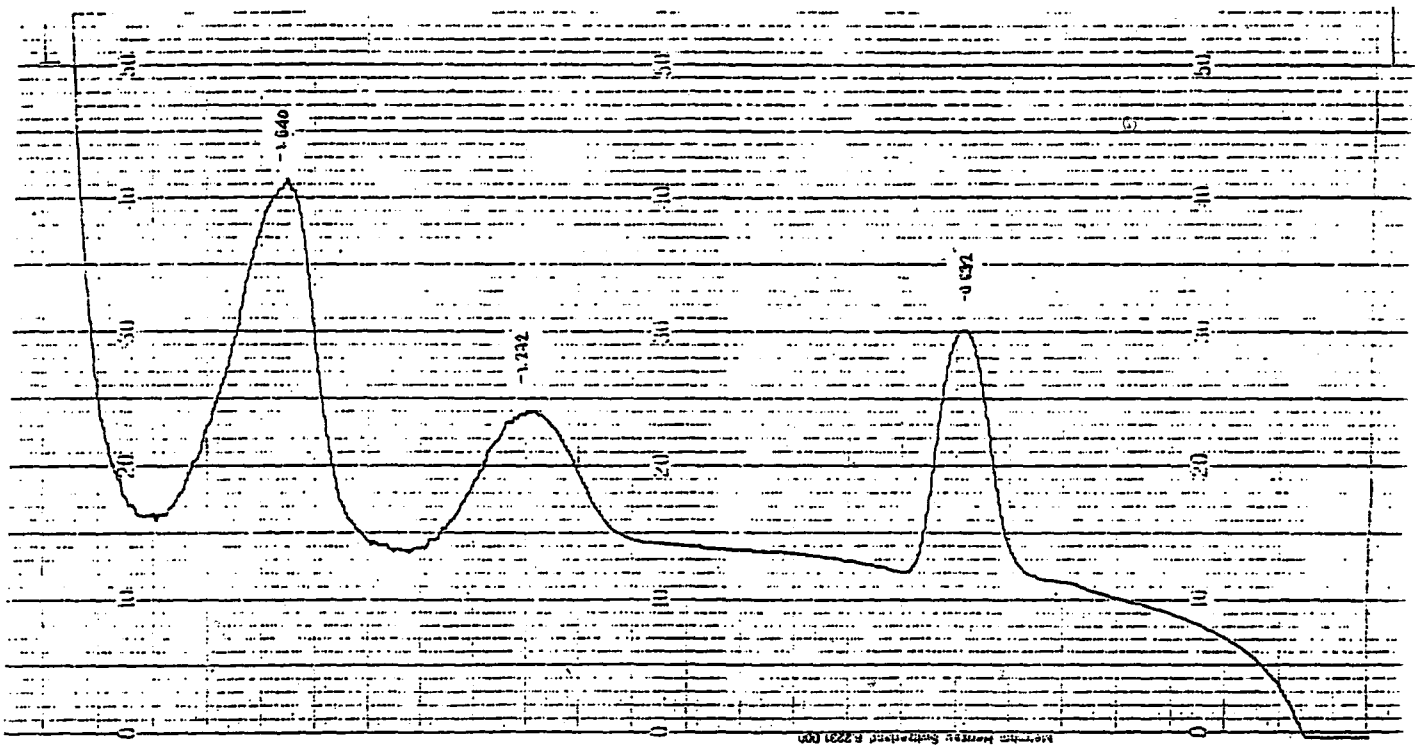
รูปที่ 3 แสดงโพลาโรแกรมของไอออนของเหล็ก(III) (Fe(III))
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



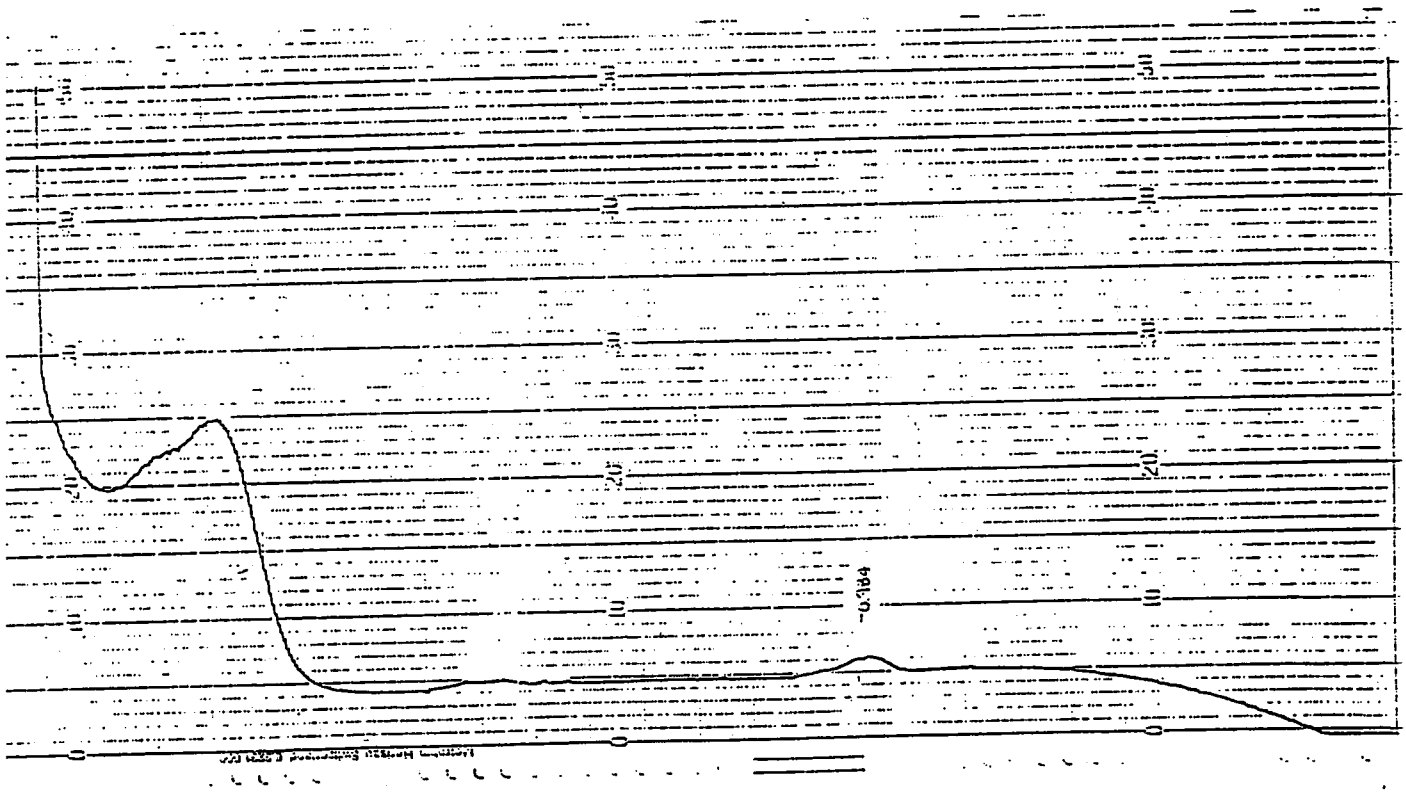
รูปที่ 6 แสดงโพลาโรแกรมของพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



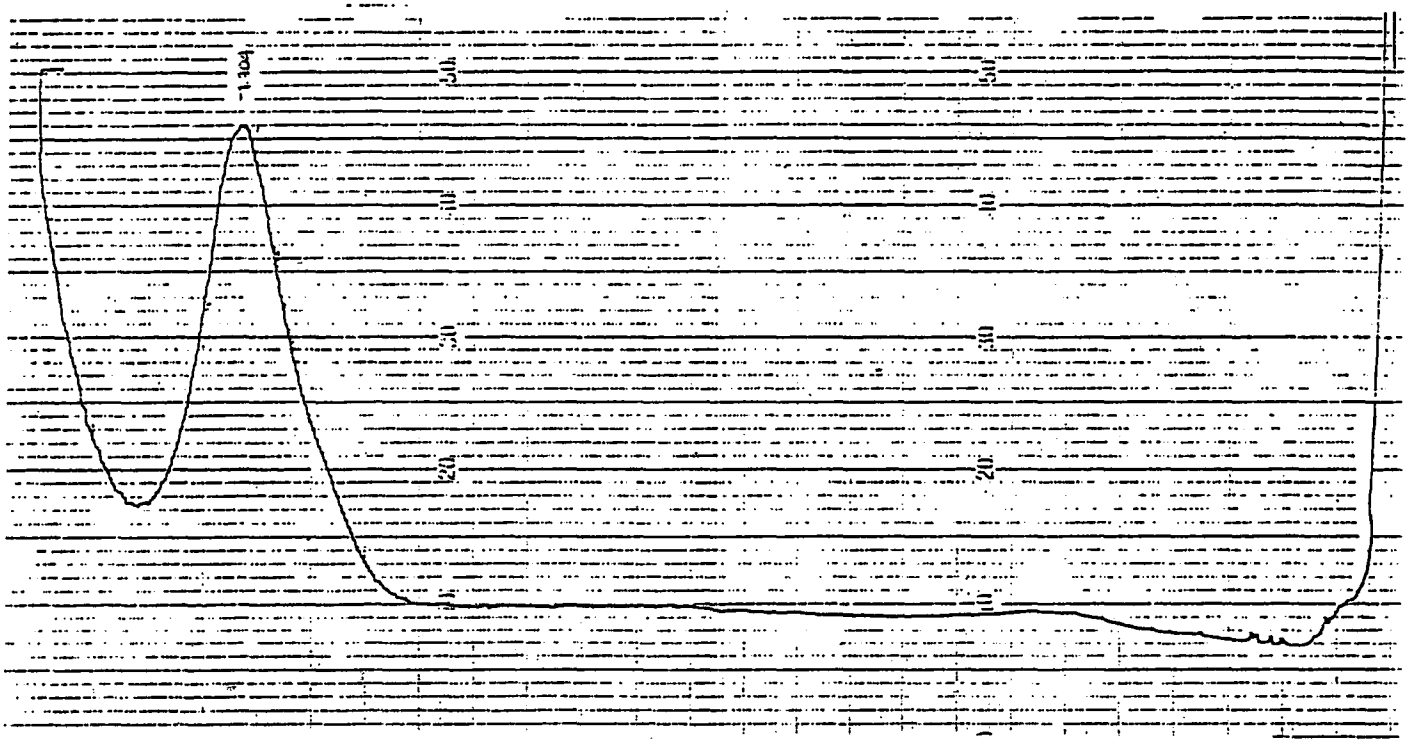
รูปที่ 7 แสดงโพลาโรแกรมของออกซาลิกไดไฮเดรไซด์
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



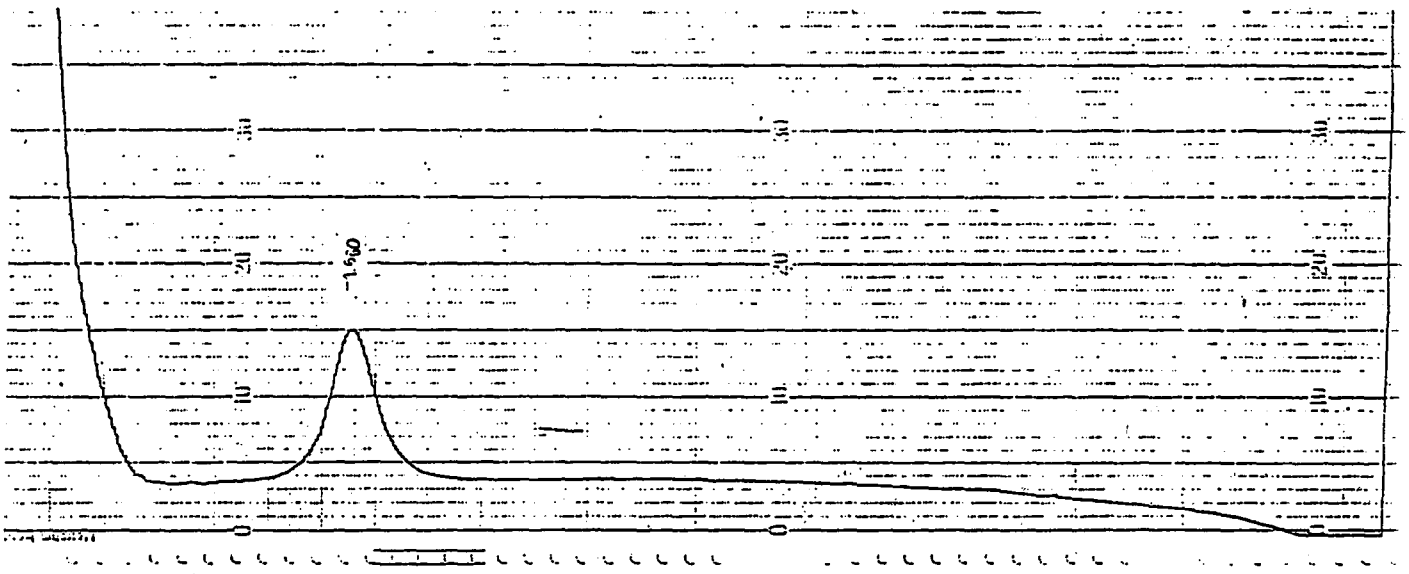
รูปที่ 8 แสดงโพลาโรแกรมของพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์
ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร
(pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



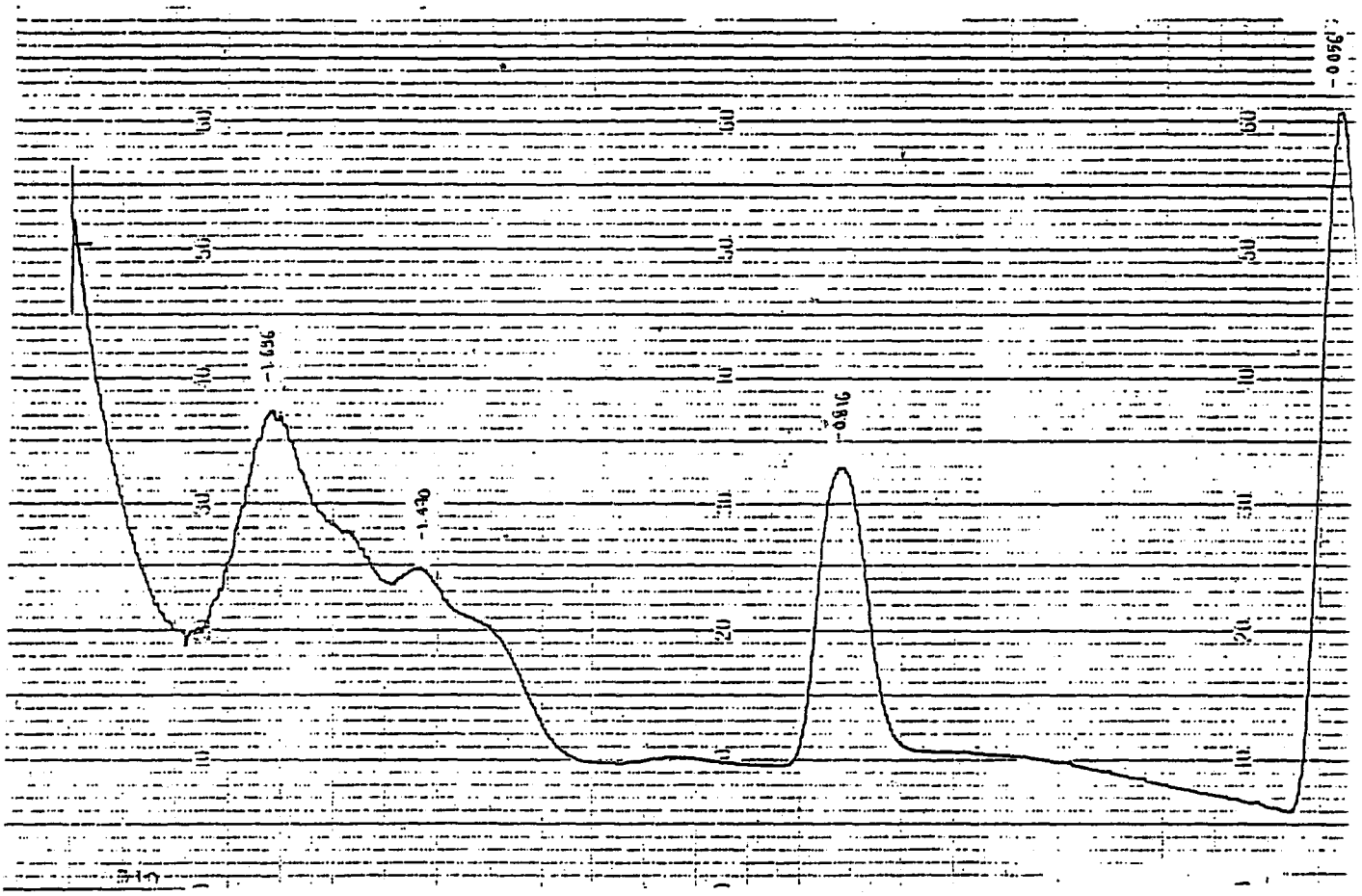
รูปที่ 9 แสดงโพลาโรแกรมของพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



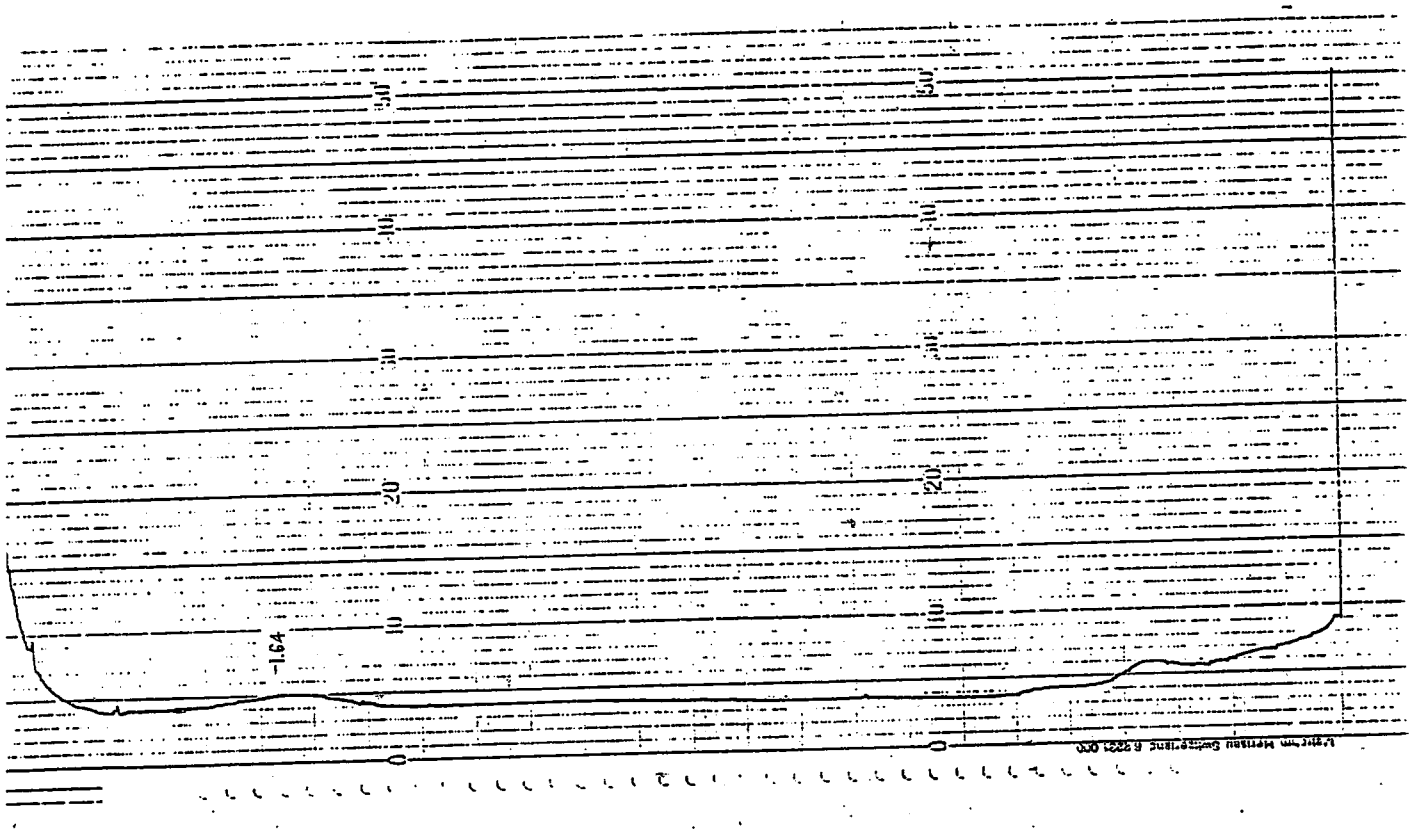
รูปที่ 10 แสดงโพลาโรแกรมของออกซาลิกไดไฮเดรไซด์
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



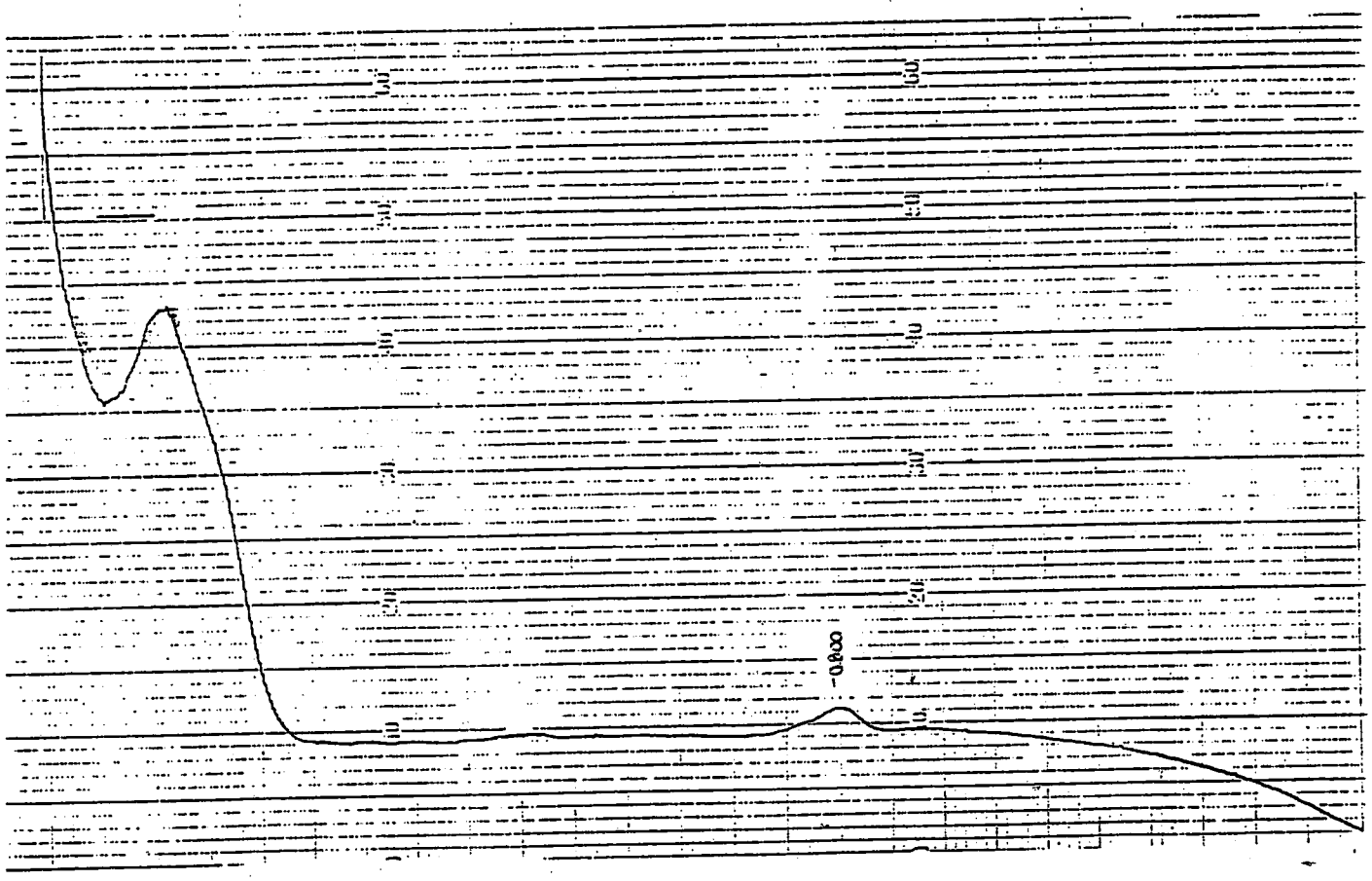
รูปที่ 11 แสดงโพลาโรแกรมของไอออนของเหล็ก(II) (Fe(II))
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



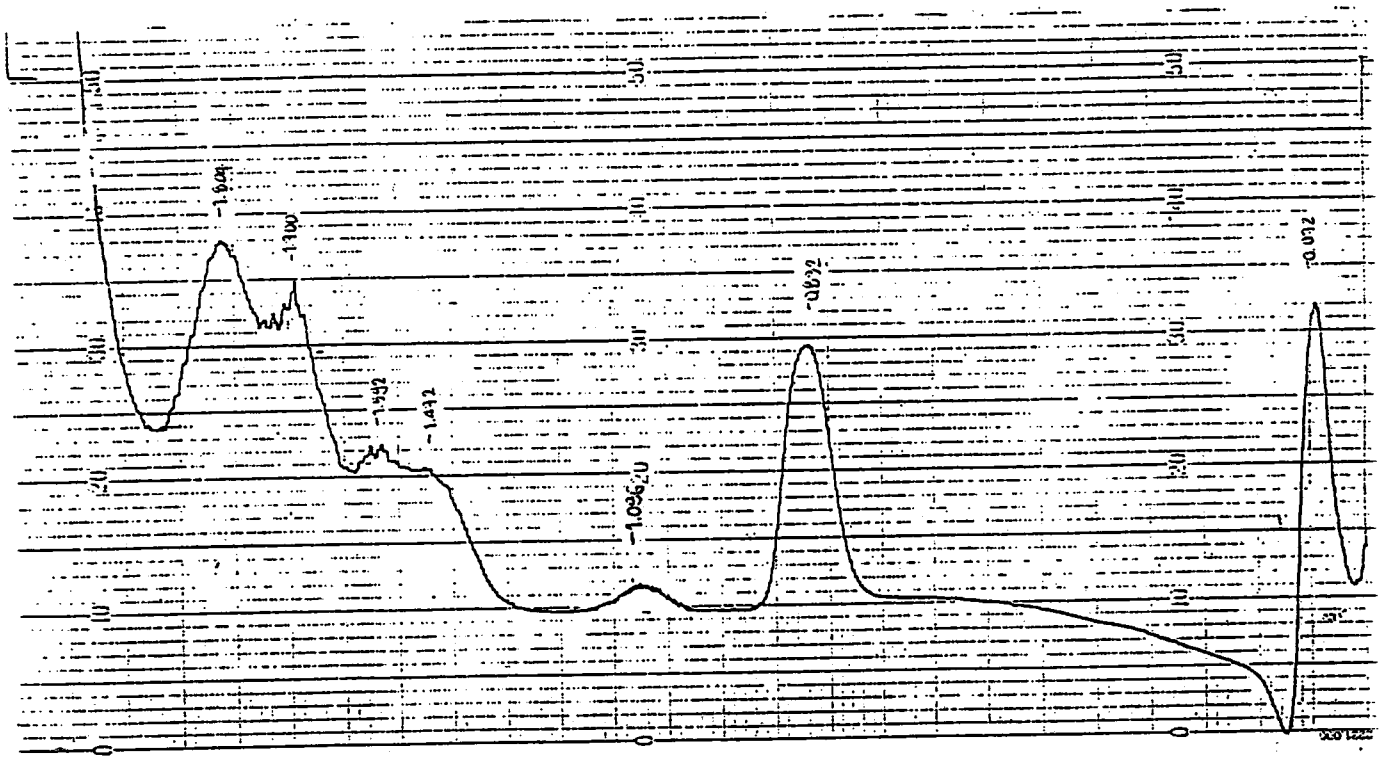
รูปที่ 12 แสดงโพลาโรแกรมของพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์
ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



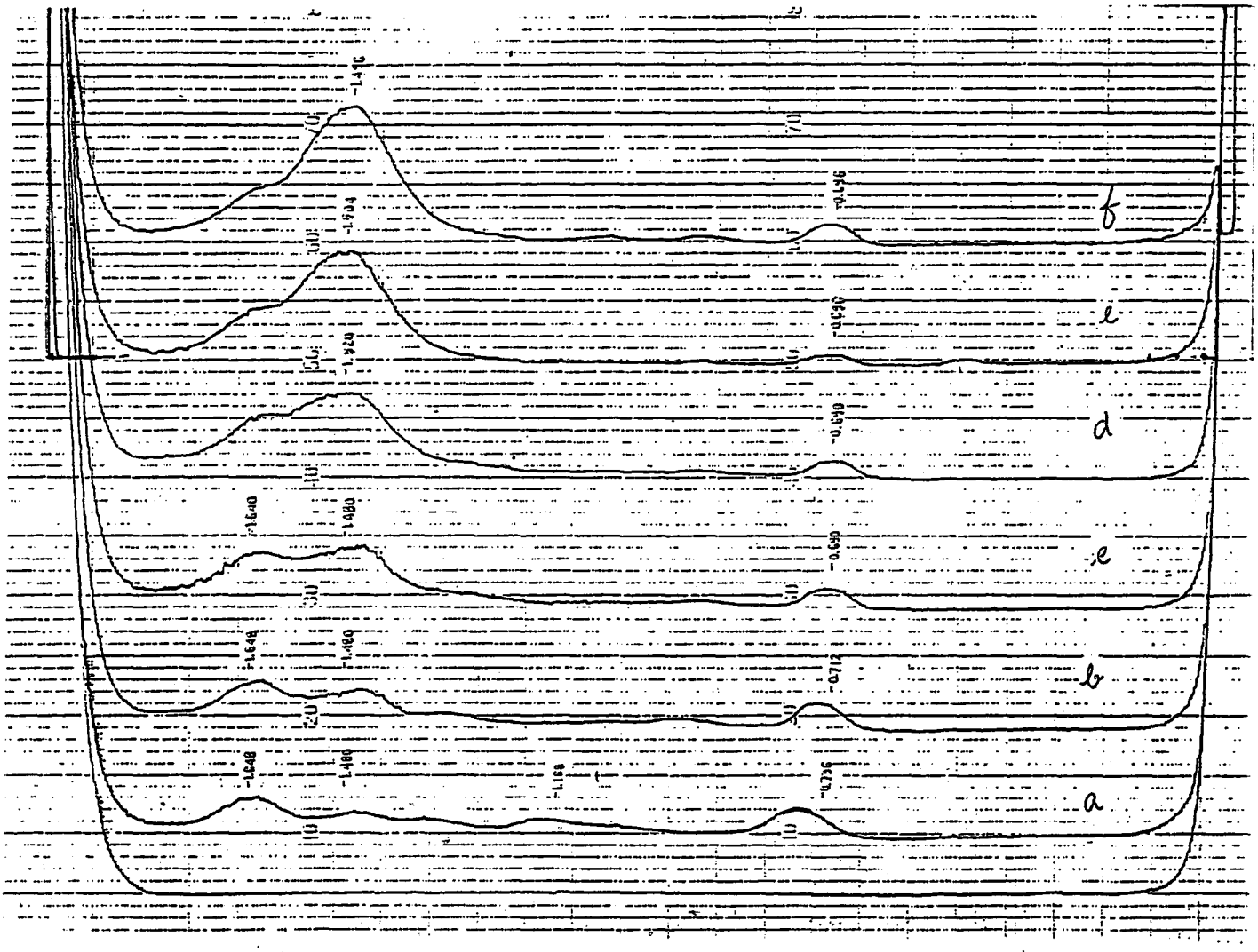
รูปที่ 13 แสดงโพลาโรแกรมของไอออนของเหล็ก(II) (Fe(II))
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



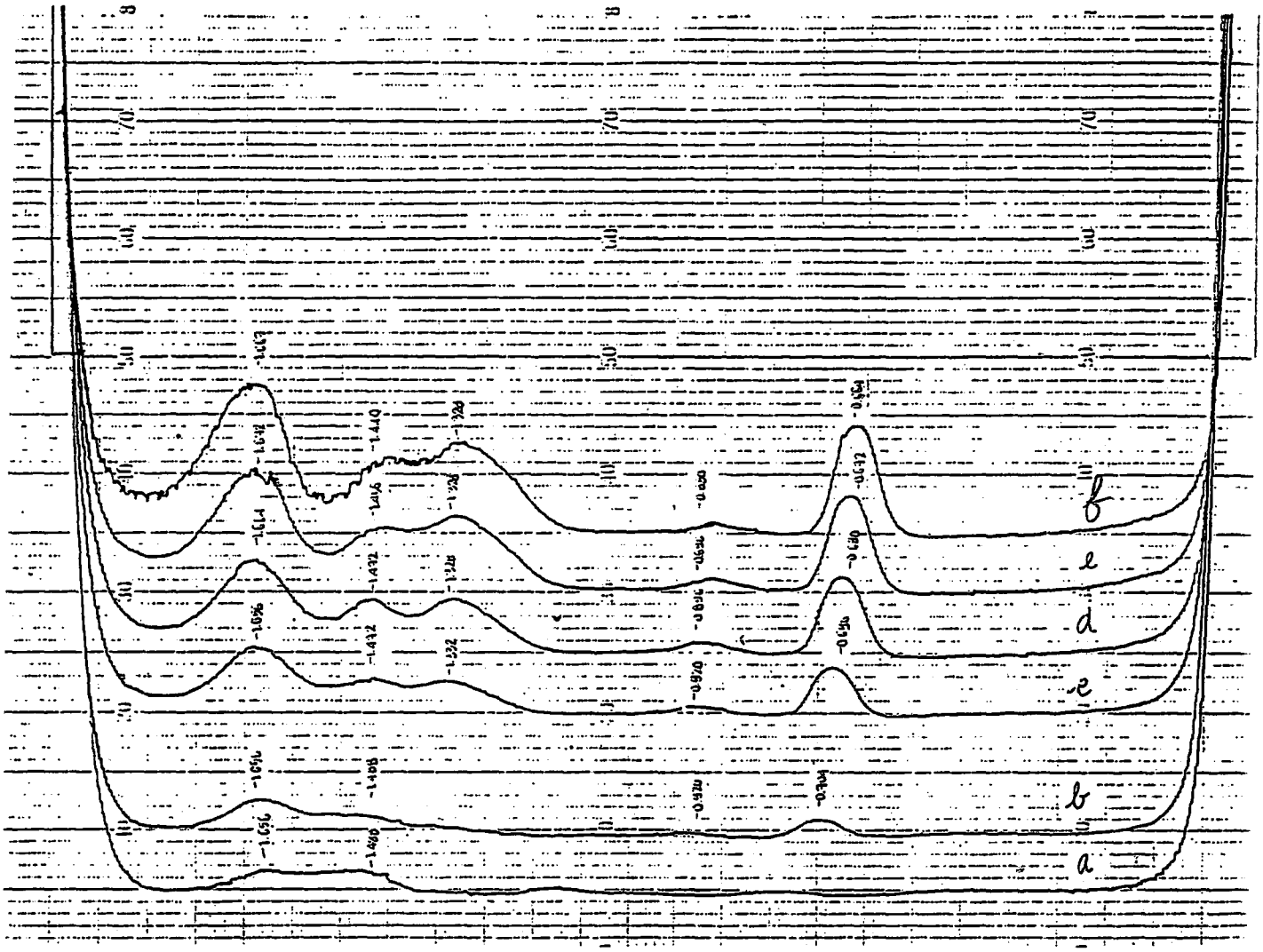
รูปที่ 14 แสดงโพลาโรแกรมของพิริดอกซัลไฮโดรคลอไรด์
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



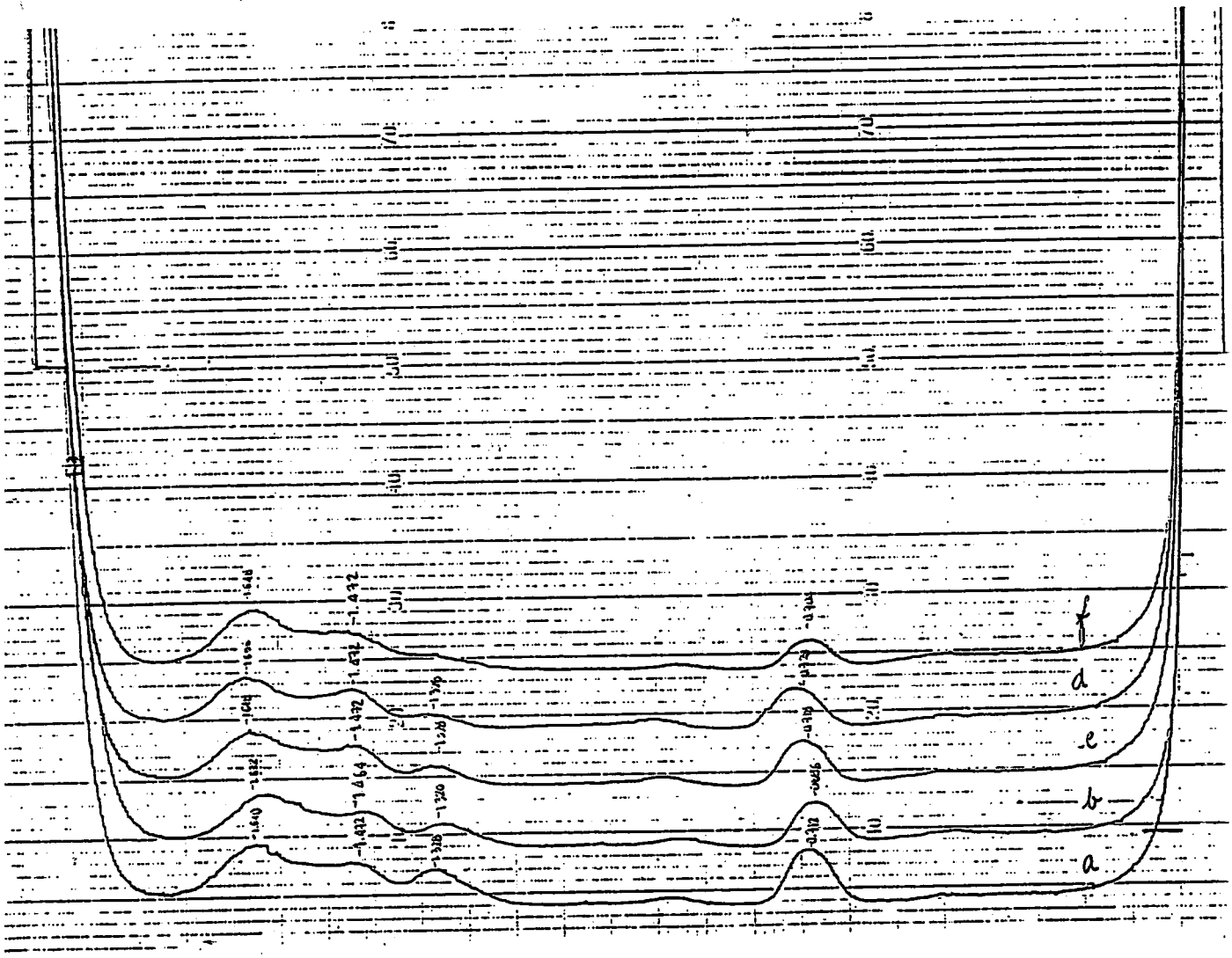
รูปที่ 15 แสดงโพลาโรแกรมของพิริดอกซีลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์
ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



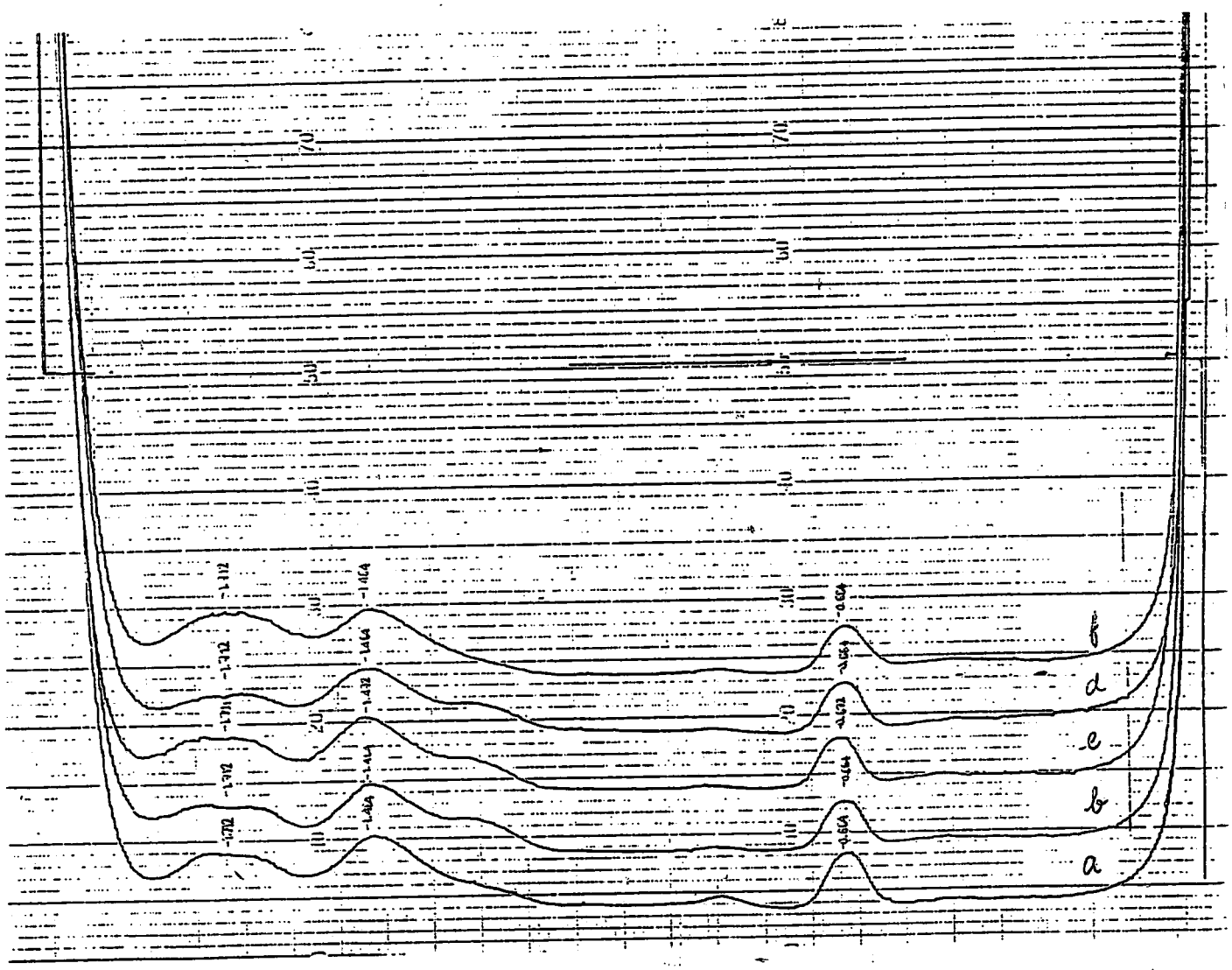
รูปที่ 16 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II)ในอัตราส่วนโมล Fe(II): POAH เท่ากับ a)0.5:1 b)1:1 c)2:1 d)3:1 e)4:1 และ f)5:1 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส



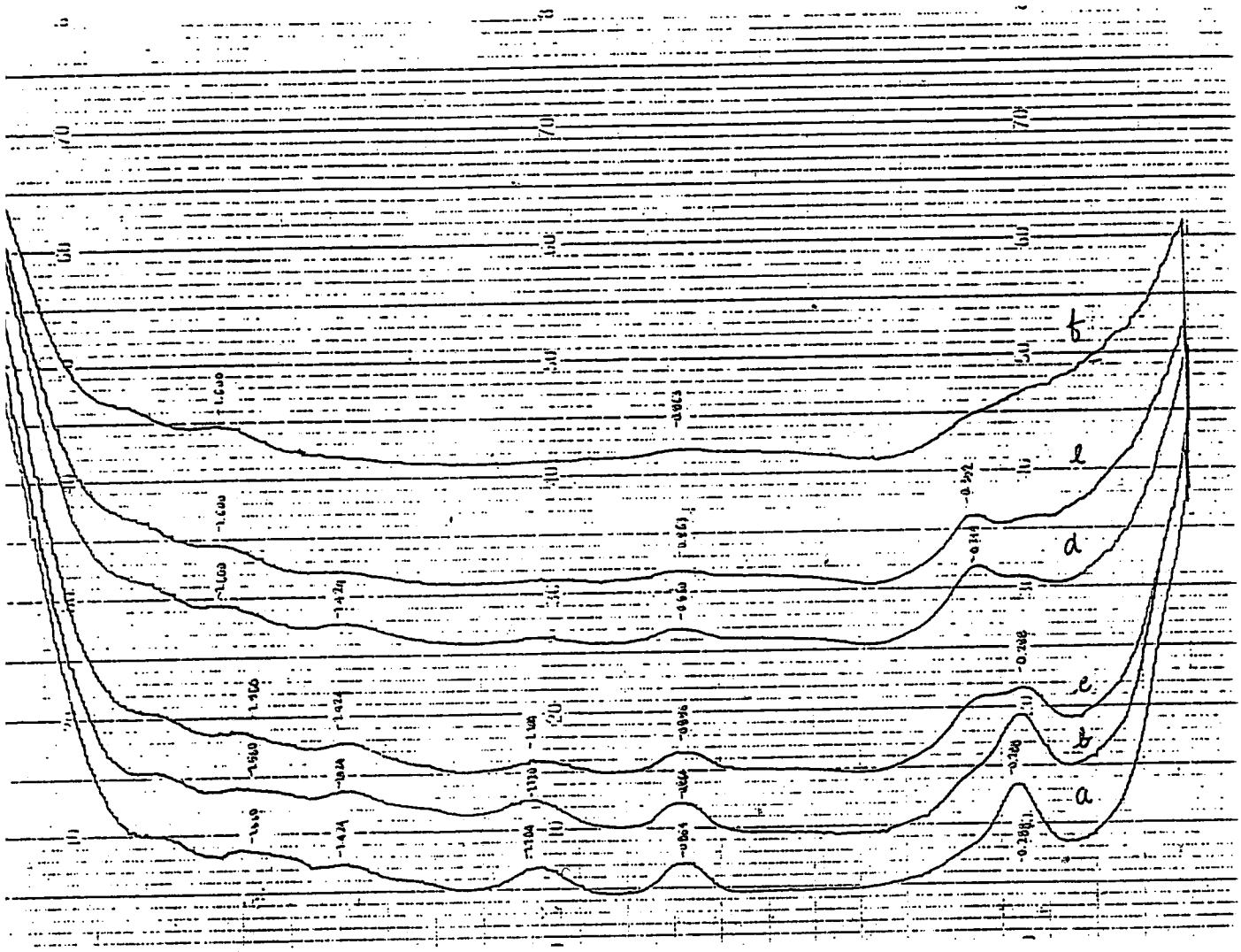
รูปที่ 17 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล Fe(II):POAH เท่ากับ a)1:0.5 b)1:1 c)1:2 d)1:3 e)1:4 และ f)1:5 ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



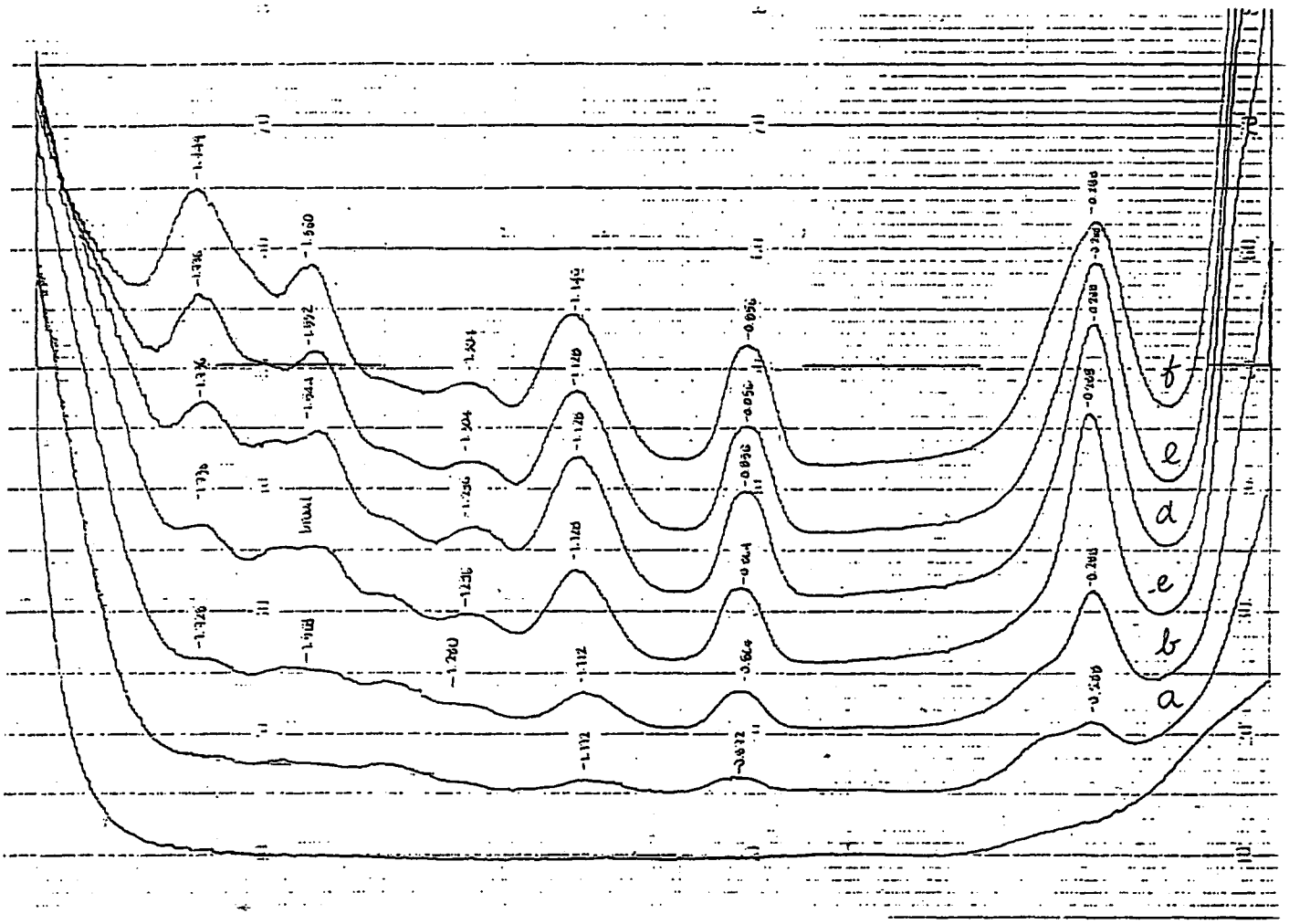
รูปที่ 18 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a) 20 นาที b) 1 ชั่วโมง c) 2 ชั่วโมง d) 3 ชั่วโมง และ f) 20 ชั่วโมง ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



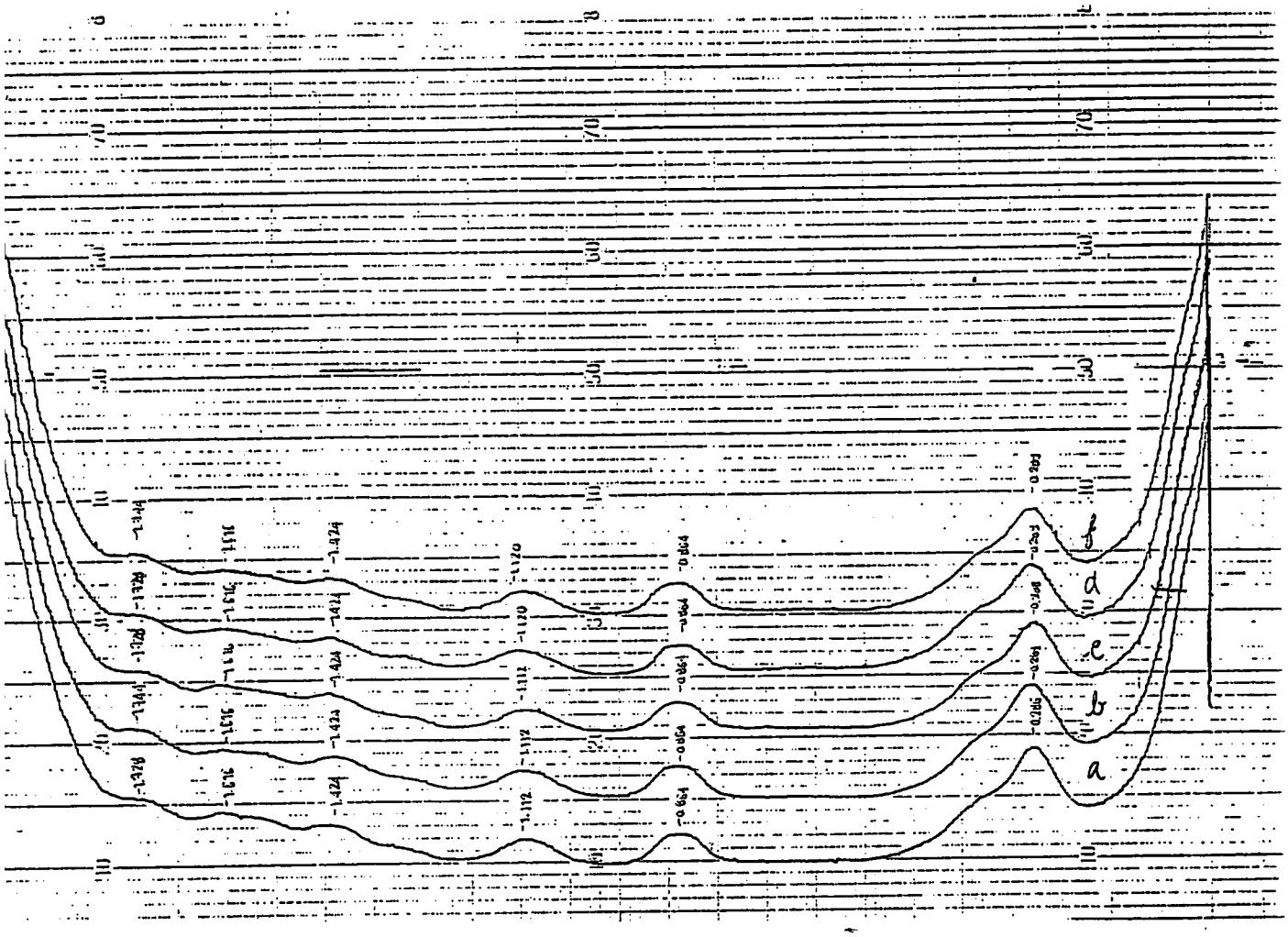
รูปที่ 19 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(III) ในอัตราส่วนโมล 1:1เมื่อเวลาผ่านไป a)20 นาที b)1 ชั่วโมง c)2 ชั่วโมง d)3 ชั่วโมง และf) 20 ชั่วโมง ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลิตร (pH มีค่า 6.00 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



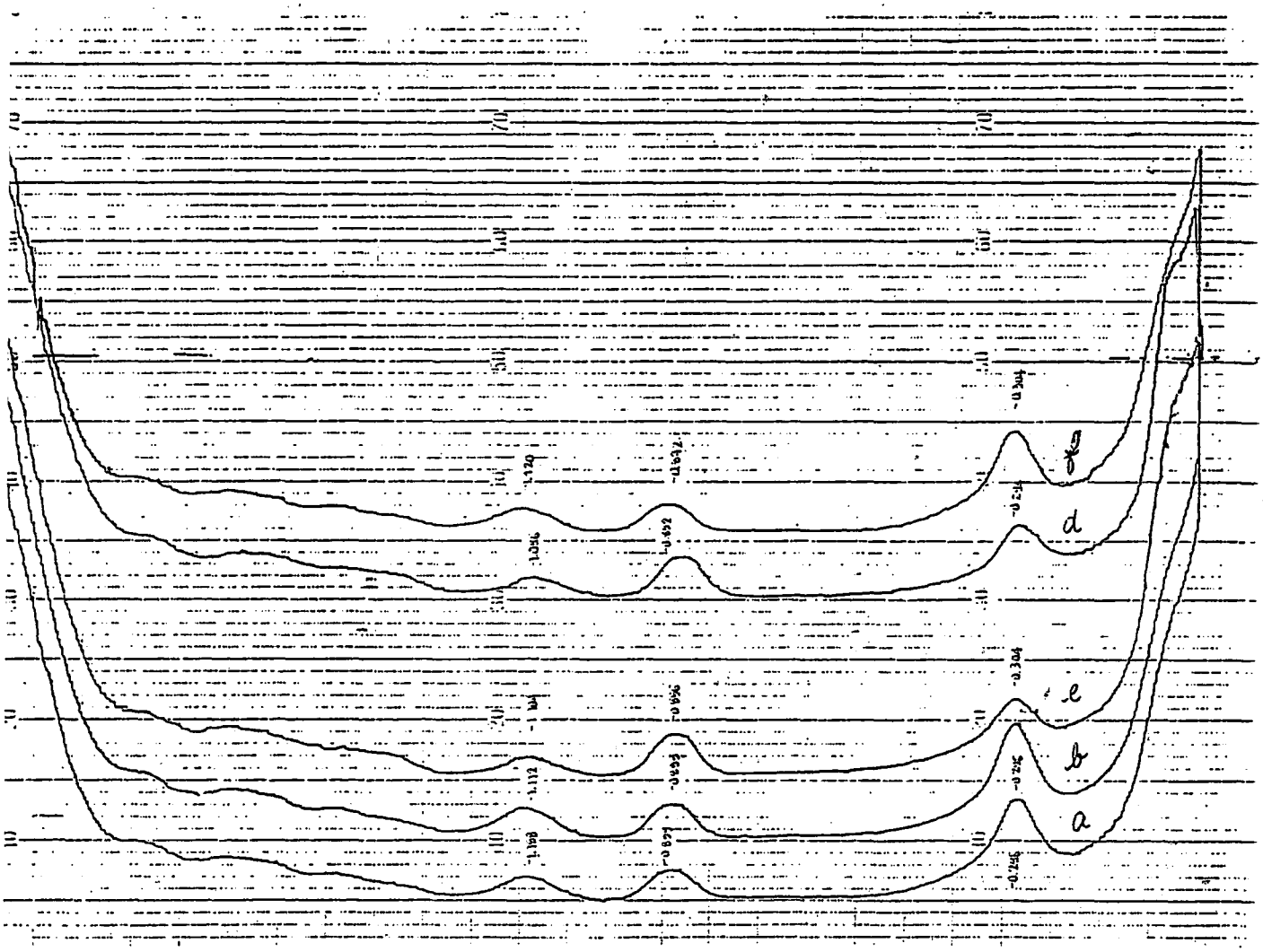
รูปที่ 20 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล Fe(II):POAH เท่ากับ a)0.5:1 b)1:1 c)2:1 d)3:1 e)4:1 และ f)5:1 ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



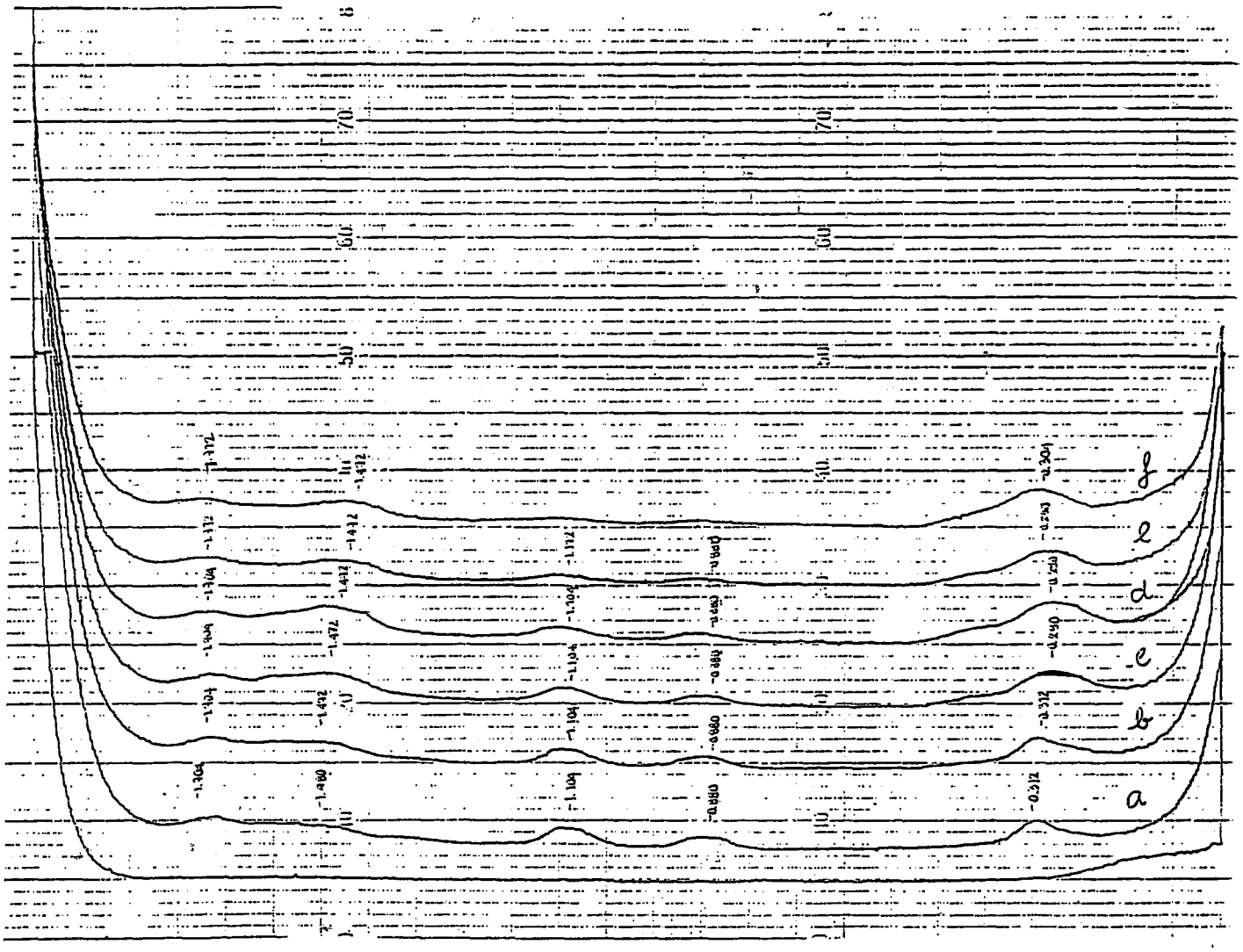
รูปที่ 21 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล Fe(II):POAH เท่ากับ a)1:0.5 b)1:1 c)1:2 d)1:3 e)1:4 และ f)1:5 ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



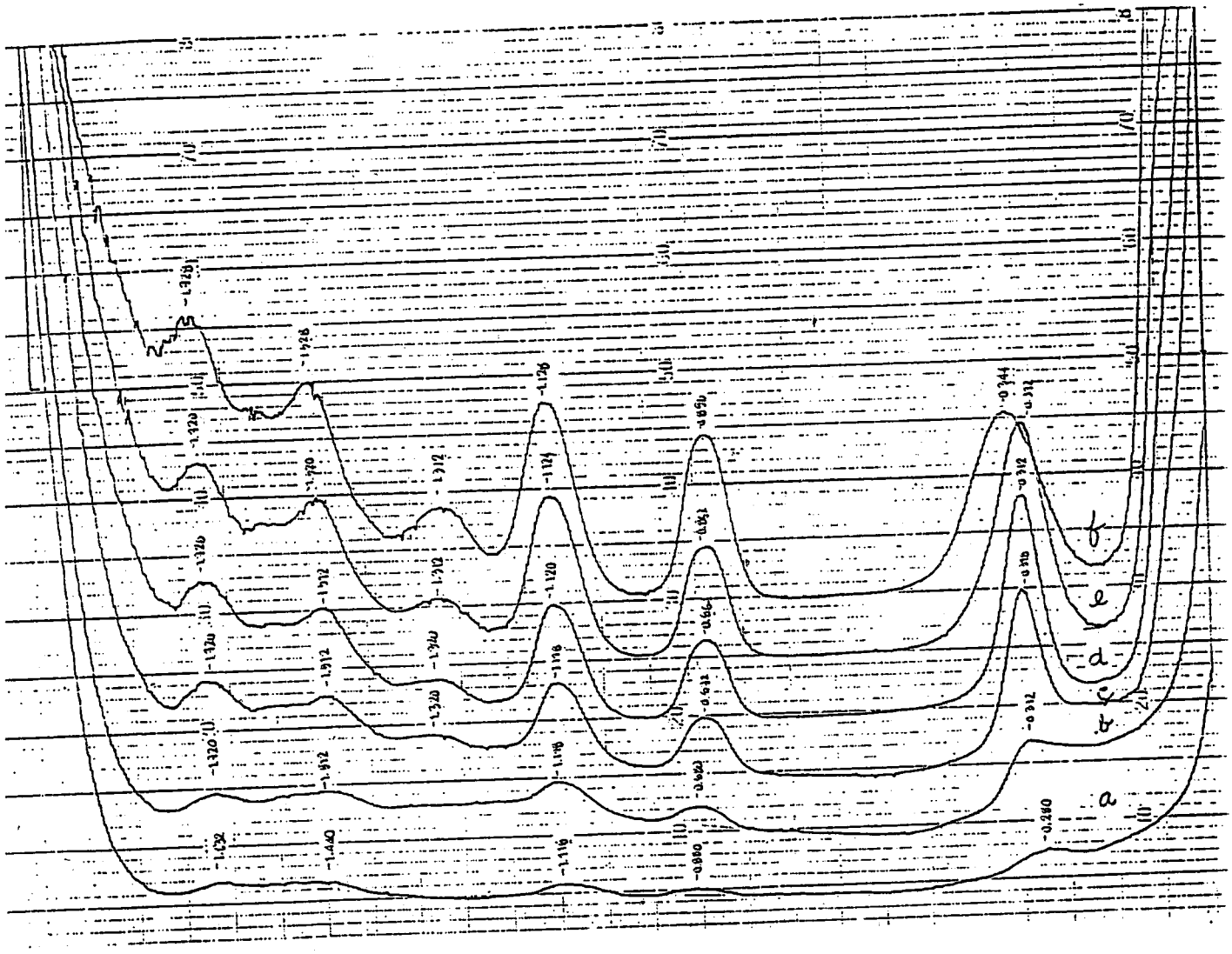
รูปที่ 22 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a) 20 นาที b) 1 ชั่วโมง c) 2 ชั่วโมง d) 3 ชั่วโมง และ f) 20 ชั่วโมง ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



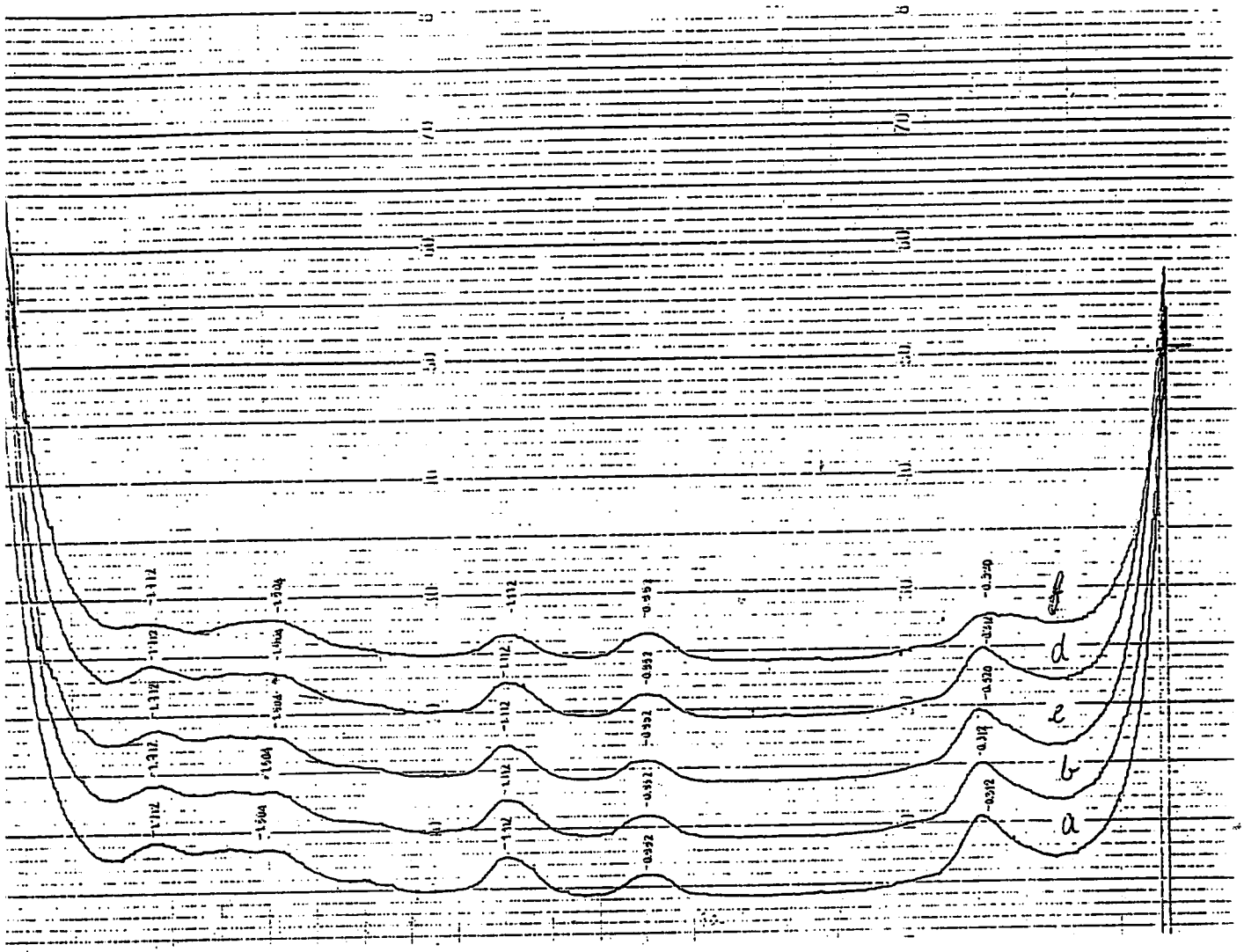
รูปที่ 23 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe (III) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a)20 นาที b)1 ชั่วโมง c)2 ชั่วโมง d)3 ชั่วโมง และf)20 ชั่วโมง ในสารละลายบริตตัน-โรบินสันบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 7.01 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



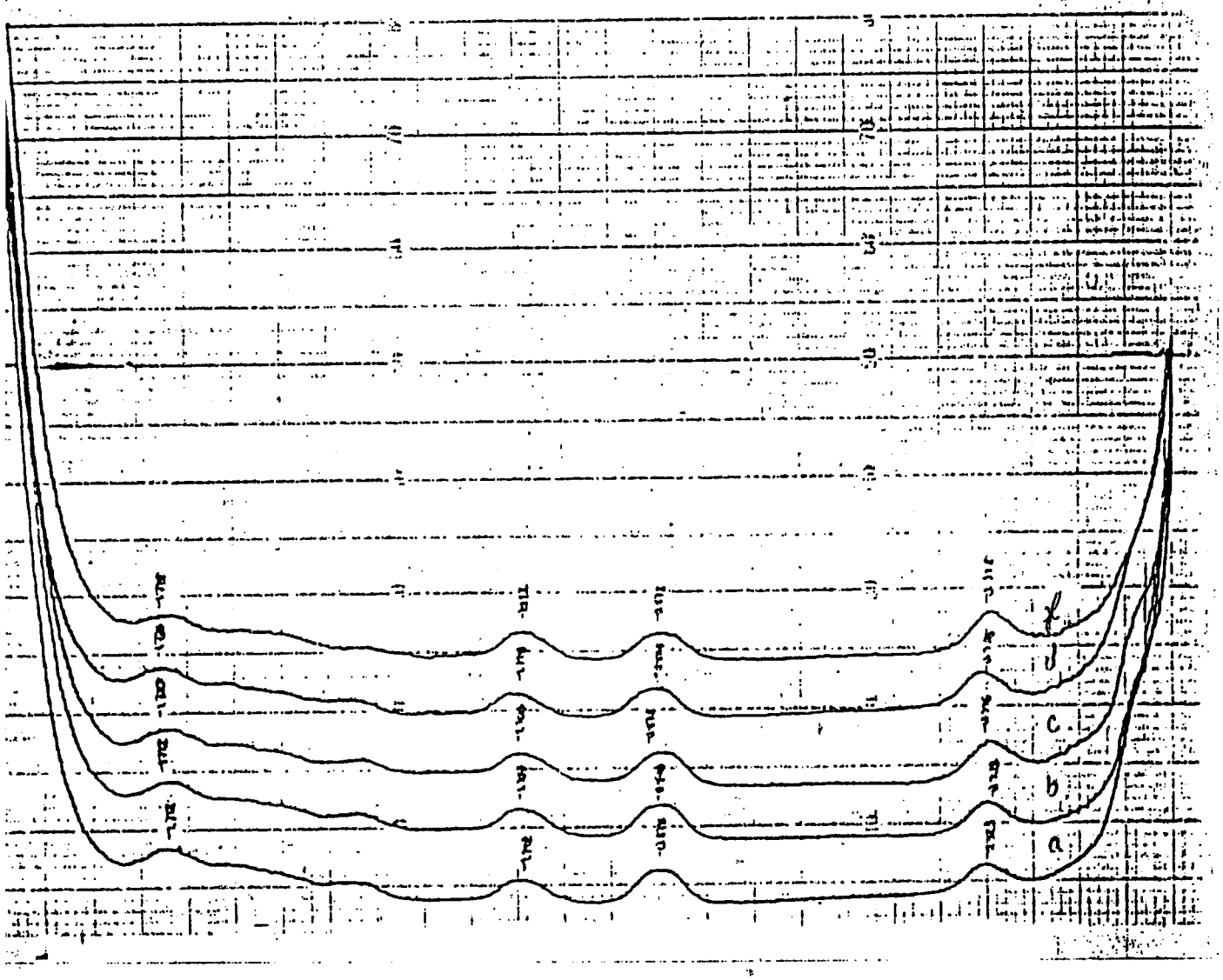
รูปที่ 24 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล Fe(II):POAH เท่ากับ a)0.5:1 b)1:1 c)2:1 d)3:1 e)4:1 และ f)5:1 ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



รูปที่ 25 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบนิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล Fe(II):POAH เท่ากับ a)1:0.5 b)1:1 c)1:2 d)1:3 e)1:4 และ f)1:5 ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 26 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(II) ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a)20 นาที b)1 ชั่วโมง c)2 ชั่วโมง d)3 ชั่วโมง และf)20 ชั่วโมง ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)



รูปที่ 27 แสดงโพลาโรแกรมของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบพิริดอกซัลออกซาลิกแอซิดไฮเดรโซนไฮโดรคลอไรด์ (POAH) กับ Fe(III)ในอัตราส่วนโมล 1:1 เมื่อเวลาผ่านไป a)20 นาที b)1 ชั่วโมง c)2 ชั่วโมง d)3 ชั่วโมง และf)20 ชั่วโมง ในสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์
(pH มีค่า 6.98 ที่ 25 องศาเซลเซียส)

เอกสารอ้างอิง

1. Ewing,G.W., Instrumental Methods of Chemical Analysis , 3 ed ., McGraw - Hill Book Company , New York , 1986
2. Christain, G.D., Analytical Chemistry ,2ed., John Wiley & sons, 1977.
3. Amankwa, L., Chalten,L.G.,and Pons S. " Electrochemical Studies on Minoxidil and its Determination in Tablets by Differential-pulse Polarography " Analyst ,108 ,1221-1226, (1983)
4. สุกุล ตุรุเสถียร , สุรินทร์ ถาวรทวีวงษ์. การศึกษาคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างสารประกอบเอซิลไฮเดรโซนกับเหล็ก ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2533
5. ชวัชชัย ศรีวิบูลย์ เคมีวิเคราะห์ 2 สำนักพิมพ์ตำราและอุปกรณ์ การศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง พ.ศ.2534