การสกัดและการหาปริมาณของธาตุที่สำคัญบางชนิดในกากแร่ดีบุก

นางอรุณี คงศักดิ์ไพศาล

006459

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชาเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2521

i18266629

EXTRACTION AND DETERMINATION OF SOME IMPORTANT ELEMENTS IN TIN SLAG

Mrs.Arunee Kongsakpaisan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University

1978

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดและการหาปริมาณของธาตุที่สำคัญบางชนิดในกากแร่ดีบุก
โดย	นางอรุณี คงศักดิ์ไพศาล
แผนกวิชา	เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ แม้น อมรสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีรวรรณ พันธุมนาวิน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ชัยยุทธ ขันธปราบ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริ วโรทัย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ แม้น อมรสิทธิ์)

ลิขสิทธิ์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสกัดและการหาปริมาณของธาตุที่สำคัญบางชนิดในกากแร่ดีบุก
ชื่อนิสิต นางอรุณี กงศักดิ์ไพศาล
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ แม้น อมรสิทธิ์
แผนกวิชา เคมี
ปีการศึกษา 2521

บทคัดย่อ

กากแร่ดีบุก (tin slag) ถือว่าเป็นผลพลอยได้ที่สำคัญอย่างหนึ่งจากการถลุงดีบุก เพราะในกากแร่ดีบุกมีธาตุที่มีคุณค่าปนอยู่ด้วย ในการศึกษาหาปริมาณของธาตุต่าง ๆ ในกากแร่ดีบุกนั้นได้ทำการวิเคราะห์สารตัวอย่างซึ่งเป็น LOT TIN SLAG และ LOW TIN SLAG โดยใช้เทคนิคทาง X-ray fluorescence และ Atomic Absorption Spectrophotometry ปรากฏว่าในสารตัวอย่างชนิดแรกมีธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบมากกว่าชนิดหลัง ก็อมีธาตุ Na, Mg, Mn, Cr, Fe, Al, Sn, Ti, Pb, Ta, Nb, W, Zr, La, Pr, Nd, Gy, Dy, และ Ce ส่วนปริมาณนั้นมีอยู่มากน้อยแตกต่างกันไป

ในการศึกษาหาวิธีสกัดเอาธาตุที่สำคัญซึ่งมี Ta, Nb, Ti, W, Mo และ Fe ออกมาจากสารตัวอย่าง ได้ศึกษาโดยใช้เทคนิคทางแลกเปลี่ยนอิออน (ion-exchange) จากการนำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานไปหลอมกับโปแตสเซียมไพโรซัลเฟตในเบ้าพลาตินัม แล้วละลายด้วยสารละลายแอมโมเนียมออกซาเลตข้น 4 % นำสารละลายที่ได้ไปผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วย anion exchange resin, Amberlite IRA-400 โลหะอิออนแต่ละชนิดจะถูกล้างออกจากคอลัมน์ด้วยสารละลายผสมต่าง ๆ กันที่เหมาะสม จากการทดลองวิเคราะห์ของผสมที่เตรียมขึ้นโดยมีโลหะดังกล่าวอย่างละ 10 มิลลิกรัม ปรากฏว่าวิธีนี้สามารถแยก Fe ออกมาได้ 95.00 % , Ti 93.70 % , Nb 82.30 % , Ta 94.00 % W 81.60 % และ Mo ได้ 91.30 % ส่วนผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างกากแร่ดีบุกได้แสดงการเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการวิเคราะห์วิธีอื่น ๆ ไว้ด้วย

Thesis Tittle : Extraction and Determination of Some Important Elements in Tin Slag.

Name : Mrs. Arunee Kongsakpaisan

Thesis Advisor : Associate Professor MAEN AMORASIT

Department : Chemistry

Acadamic Year : 1978

ABSTRACT

Tin slag is an important by-product of the tin smelting industry because it contains some valuable metals. The analysis of LOT TIN SLAG and LOW TIN SLAG samples have been made using both X-ray fluorescence and atomic absorption spectrophotometric techniques. It contains Sn, Al, Na, Mg, Mn, Cr, Fe, Si, Sn, Ti, Pb, Ta, Nb, W, Zr, La, Pr, Nd, Gd, Dy and Ce in various concentrations.

The extraction of some important elements, namely Ta, Nb, Ti, W, Mo and Fe, from the samples were studied using ion-exchange chromatography technique. The sample was fused in a platinum crucible with potassium pyrosulfate, and the melts were dissolved with 4 % ammonium oxalate solution. The resulting solutions containing these metal ions were introduced to anion exchange resin, Amberlite IRA-400, to induce separation. The anion-exchange behavior of the ions that contained two or more reagents and ...

the separation conditions were studied. The percent recovery of the elements, after separation of 10 mgs. of each, was found to be as follows : 95.00 % Fe, 82.30 % Nb, 94.00 % Ta, 93.70 % Ti, 81.60 % W, and 91.30 % Mo. The analytical results for tin slag were recorded and compared with those obtained from other methods.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ แม้น อมรสิทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและปรึกษาด้วยความกรุณาตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ชัยยุทธ ชันชปราบ ซึ่งเป็นหัวหน้าแผนกวิชาธรณีวิทยา ซึ่งกรุณาให้ใช้เครื่องบดสำหรับบดสารตัวอย่างในครั้งนี้ ขอขอบคุณคุณประยูร เปรื่องแสง ซึ่งกรุณาเขียนภาพประกอบต่าง ๆ และขอขอบพระคุณอาจารย์ในแผนกวิชาเคมีที่ให้ความช่วยเหลือโดยตลอดมา

ขอขอบคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ

กิตติกรรมประกาศ ช

รายการตารางประกอบ ฌ

รายการรูปประกอบ ฒ

บทที่

1. บทนำ 1

2. การสกัดและการหาปริมาณธาตุที่สำคัญในกากแร่คีบุก

2.1 กรรมวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการสกัดธาตุที่สำคัญออกจากกากแร่คีบุก 7

2.2 กรรมวิธีต่าง ๆ ในการแยกธาตุที่สำคัญ 10

2.3 การศึกษาวิธีหาปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่จะมีในสารตัวอย่าง 21

3. เทคนิคโครมาโตกราฟีในการแลกเปลี่ยนอิออน

3.1 ชนิดของสารแลกเปลี่ยนอิออน 27

3.2 คุณสมบัติที่สำคัญของตัวแลกเปลี่ยนอิออนในอุดมคติ 34

3.3 คุณสมบัติของอิออนที่แลกเปลี่ยน 34

3.4 คุณสมบัติของเรซินแลกเปลี่ยนอิออน 35

3.5 คุณสมบัติของสารละลาย 36

3.6 สมดุลการแลกเปลี่ยนอิออน 37

3.7 ความจุของการแลกเปลี่ยนอิออน 40

3.8 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย 41

4. วิธีทำการทดลอง

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 44

4.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 47

4.3 การเก็บและเตรียมสารตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา 48

4.4 การศึกษาสารละลายและการเตรียมสารละลายของธาตุต่าง ๆ จาก สารตัวอย่าง 48

4.5 การศึกษาทางคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์โดย Atomic Absorption Spectrophotometric Technique 50

4.6 การหาปริมาณธาตุที่สำคัญในกากแร่ดีบุก โดยใช้ X-ray Fluorescence Technique 51

4.7 การศึกษาหาวิธีวิเคราะห์ธาตุที่สำคัญที่จะใช้เทคนิคการแลกเปลี่ยนอิออน 59

4.8 การศึกษาเทคนิคการแลกเปลี่ยนอิออนของโลหะกับเรซิน 75

4.9 การแยกโลหะอิออนที่ศึกษาจากสารละลายของสารตัวอย่างกากแร่ดีบุก โดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟีในการแลกเปลี่ยนอิออน 76

5. ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1 การศึกษาทางคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์โดย Atomic Absorption Spectrophotometry 80

5.2 ผลของปริมาณวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง X-ray Fluorescence 89

5.3 การศึกษาวิธีหาปริมาณแทนทาลัม 93

5.4 การศึกษาวิธีหาปริมาณไนโอเบียม 104

5.5 การศึกษาวิธีหาปริมาณทังสเตน 113

5.6 การศึกษาวิธีหาปริมาณไทเทเนียม 118

5.7 การศึกษาวิธีหาปริมาณโมลิบดีนัม 120

5.8 การศึกษาวิธีหาปริมาณเหล็ก 122

5.9 การศึกษาเทคนิคการแลกเปลี่ยนอิออนของโลหะกับเรซิน 124

6. สรุปผลของการทดลองและข้อเสนอแนะ 147
บรรณานุกรม 150
ประวัติผู้เขียน 155

รายการตารางประกอบการทดลอง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่าความยาวคลื่นช่วงปริมาณที่เหมาะสม ความกว้างของ Slit ค่าคลาดการวัดของการหาปริมาณธาตุบางชนิดโดยใช้เครื่องอะตอมมิคแอปซอรปชัน.....	22
3.1	แสดงคุณสมบัติบางประการของเรซินชนิดแลกเปลี่ยนอิออนบวกบางชนิด..	32
3.2	แสดงคุณสมบัติบางประการของเรซินชนิดแลกเปลี่ยนอิออนลบบางชนิด...	33
4.1	แสดงค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ความยาวคลื่น ความกว้างของและชนิดของเปลวไฟที่ใช้กับเครื่องอะตอมมิคแอปซอรปชัน.....	52
4.2	แสดงปริมาณของสารประกอบที่ใช้เตรียมสารมาตรฐานเพื่อใช้หาปริมาณของธาตุในกากแร่ดีบุก (LOT TIN SLAG).....	53
4.3	แสดงปริมาณของสารประกอบที่ใช้เตรียมสารมาตรฐานเพื่อใช้หาปริมาณของธาตุในกากแร่ดีบุก (LOW TIN SLAG)	54
4.4	แสดงพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเลคตรอนรอบนิวเคลียส และพลังงานรังสีเอ็กซ์เฉพาะตัว.....	55–56
4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรังสีเอ็กซ์กับหมายเลขของของเครื่องแยกวัดพลังงาน	57
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานต่าง ๆ ของธาตุแต่ละชนิด	80
5.2	แสดงปริมาณของธาตุต่าง ๆ เป็นเปอร์เซนต์ที่วิเคราะห์ได้จากสารตัวอย่างกากแร่ดีบุก (LOT TIN SLAG) โดยวิธีอะตอมมิคแอปซอรปชัน	83
5.3	แสดงปริมาณของธาตุต่าง ๆ เป็นเปอร์เซนต์ที่วิเคราะห์ได้จากสารตัวอย่างกากแร่ดีบุก (LOW TIN SLAG) โดยวิธีอะตอมมิคแอปซอรปชัน	84

ตารางที่ หน้า

5.4 แสดงผลการวิเคราะห์ของสารตัวอย่าง (LOT TIN SLAG) โดยเทคนิคทาง X-ray fluorescence. 89

5.5 แสดงผลการวิเคราะห์ของสารตัวอย่าง (LOW TIN SLAG) โดยเทคนิคทาง X-ray fluorescence. 90

5.6 แสดงค่า pHและค่าAbsorbance ของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนทาลัมและไพโรแกลลอลในกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ 94

5.7 แสดงค่า pH และค่า Absorbanceของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนทาลัมและไพโรแกลลอลในสารละลายกรดไฮโดร-คลอริกที่อุณไลกรด..... 98

5.8 แสดงค่า Absorbance ของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนแทนทาลัมและไพโรแกลลอลที่เวลาต่าง ๆ 99

5.9 แสดงค่า Absorbance ของโลหะต่าง ๆ ในสารละลายไพโรแกลลอลที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร 100

5.10 แสดงความสัมพันธ์ของแทนทาลัมกับค่าAbsorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนทาลัมและไพโรแกลลอล ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร 102

5.11 แสดงค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไนโอเบียมกับไพโรแกลลอล ที่ pH 4.7-8.5 ที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร... 106

5.12 แสดงค่า Absorbance ของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไนโอเบียมและไพโรแกลลอล ที่ pH ประมาณ 7 ที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร กับเวลาที่เปลี่ยนไป..... 108

ตารางที่ หน้า

5.13 แสดงค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างธาตุไนโอเบียม แทนทาลัม ทังสเตน โมลิบดีนัม และไทเทเนียมกับไพโรแกลลอล ที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร..... 109

5.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไนโอเบียมกับไพโรแกลลอล ที่ความยาวคลื่น 355 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของไนโอเบียม..... 111

5.15 แสดงค่า Absorbance ของทังสเตนที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในการหาปริมาณทังสเตนโดยเครื่องอะตอมมิคแอปซอรปชัน..... 113

5.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างทังสเตนและไทโอไซยาเนต ที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร กับความเข้มข้นของทังสเตน..... 115

5.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance และความเข้มข้นของไทเทเนียมในสารละลายต่าง ๆ 118

5.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโมลิบดีนัมในสารละลายต่าง ๆ กัน..... 120

5.19 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก..... 122

5.20 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนใน 0.5 โมลาร์กรดออกซาลิคกับกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน..... 125

5.21 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนในสารละลาย 0.5โมลาร์กรดออกซาลิค–0.01 โมลาร์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน..... 125

5.22 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนในสารละลาย 0.1โมลาร์กรดซิตริก และกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน..... 126

5.23 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนในสารละลาย 0.1โมลาร์กรดซิตริก–0.01 โมลาร์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน..... 126

ตารางที่ หน้า

5.24 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนในสารละลาย 0.1โมลาร์ กรดทาร์ทาริก และกรดไฮโดรคลอริค ซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน..... 127

5.25 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนในสารละลาย 0.1โมลาร์ กรดทาร์ทาริค–0.01 โมลาร์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน 127

5.26 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโมลิบดีนัมอิออนในสารละลายแอมโมเนียม ซิเตรต,แอมโมเนียมคลอไรด์ และในสารละลายโปแตสเซียมซิเตรต ซึ่งมี ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน..... 128

5.27 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโมลิบดีนัมอิออนในสารละลายผสมของ 10 % แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซิเตรต ที่มีความเข้มข้นต่างๆ 128

5.28 แสดงปริมาณร้อยละของโลหะอิออนต่างๆที่แยกออกมาได้ โดยใช้เทคนิค การแลกเปลี่ยนอิออน..... 136

5.29 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่สำคัญในกากแร่ดีบุก(LOT TIN SLAG) โดยใช้เทคนิคการแลกเปลี่ยนอิออน..... 138

5.30 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่สำคัญในกากแร่ดีบุก (LOW TIN SLAG) โดยใช้เทคนิคการแลกเปลี่ยนอิออน..... 139

6.1 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างกากแร่ดีบุก (LOT TIN SLAG) โดยวิธีต่าง ๆ 149

6.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างกากแร่ดีบุก (LOW TIN SLAG) โดยวิธีต่าง ๆ 149

รายการรูปประกอบการทดลอง

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (distribution coefficient) ที่ 25 องศาเซลเซียส ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีความเข้มข้นต่างๆ	14
2.2	แสดงการดูดซับของธาตุบางชนิดจากสารละลาย HCl-HF.....	16
2.3	แสดงการแยกโดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออนของธาตุไทเทเนียม เซอร์โคเนียม ไนโอเบียม แทนทาลัม ทังสเตน และโมลิบดีนัม ซึ่งมีปริมาณธาตุละ 20 มิลลิกรัม	20
4.1	แสดงเครื่องเก็บสารละลายทีละส่วน (fraction collectors)	46
4.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพลังงานรังสีเอ็กซ์ กับหมายเลขช่องของเครื่องแยกวัดพลังงานชนิด 1024 ช่อง.....	58
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของโลหะอะลูมิเนียมและดีบุก.....	85
5.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของโลหะแมงกานีส และเหล็ก.....	86
5.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของโลหะแมกนีเซียม โซเดียม และไทเทเนียม.....	87
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของโลหะโครเมียม.....	88
5.5	แสดงลักษณะสเปกตราของรังสีเอกซ์ของสารมาตรฐาน และสารตัวอย่างกากแร่ดีบุก(LOT TIN SLAG)	91
5.6	แสดงลักษณะสเปกตราของรังสีเอกซ์ของสารมาตรฐานและสารตัวอย่างกากแร่ดีบุก (LOW TIN SLAG)	92

รูปที่ หน้า

5.7 แสดงลักษณะAbsorption Spectra ที่ได้จากสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนทาลัมและไพโรแกลลอล..... 95

5.8 แสดงผลของกรดไฮโดรกลอริกที่มีต่อAbsorption Spectra ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนทาลัมและไพโรแกลลอล..... 96

5.9 แสดงผลของกรดไฮโดรกลอริกที่มีต่อ Absorbance ของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนทาลัมและไพโรแกลลอล..... 97

5.10 แสดงลักษณะของ Absorption Spectra ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างTi, Ta, Mo และ Nb กับไพโรแกลลอลในกรด เมื่อเทียบกับสารละลายไพโรแกลลอล..... 101

5.11 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Absorbance กับความเข้มข้นของแทนทาลัม..... 103

5.12 แสดงลักษณะของAbsorption Spectra ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไนโอเบียมและไพโรแกลลอลที่ pH ของสารละลายเป็น 7.45... 105

5.13 แสดงค่า Absorbance ของสารละลายของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไนโอเบียมกับไพโรแกลลอลที่ pH ต่างๆ กัน 107

5.14 แสดงลักษณะของAbsorption Spectra ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง Ti, Mo, W และ Nb กับไพโรแกลลอลที่ pH ประมาณ 7 เมื่อเทียบกับสารละลายไพโรแกลลอล..... 110

5.15 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าAbsorbance กับความเข้มข้นของไนโอเบียม..... 112

5.16 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายทังสเตน..... 114

5.17 แสดงลักษณะของ Absorption Spectra ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างทังสเตนกับไทโอไซยาเนต เมื่อเทียบกับน้ำ..... 116

5.18 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างทังสเตนและไทโอไซยาเนตกับความเข้มข้นของทังสเตน..... 117

รูปที่ หน้า

5.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของไทเทเนียม ในสารละลายต่าง ๆ กัน 119

5.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโมลิบดีนัมในสารละลายต่าง ๆ 121

5.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก..... 123

5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนต่างๆ ในสารละลายผสมกรดไฮโดรคลอริค-กรดออกซาลิคกับความเข้มข้นต่างๆกัน 129

5.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนต่างๆ ในสารละลายผสมของกรดไฮโดรคลอริค-กรดออกซาลิค-ไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์กับความเข้มข้นต่าง ๆ กันของกรดไฮโดรคลอริค..... 130

5.24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนต่าง ๆ ในสารละลายผสมกรดไฮโดรคลอริค-กรดซิตริคกับความเข้มข้นต่างๆกัน..... 131

5.25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนต่าง ๆ ในสารละลายผสมของกรดไฮโดรคลอริค-กรดซิตริค 0.1 โมลาร์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.01 โมลาร์ กับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริค..... 132

5.26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนต่างๆ ในสารละลายผสมของกรดไฮโดรคลอริค-กรดทาร์ทาริคกับความเข้มข้นต่างๆ 133

5.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของโลหะอิออนต่างๆ ในสารละลายผสมของกรดไฮโดรคลอริค-กรดทาร์ทาริค-ไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์กับความเข้มข้นต่าง ๆ กันของกรดไฮโดรคลอริค..... 134

5.28 แสดงลักษณะกราฟการล้างดูดซับ (elution graph) ของไทเทเนียมออกจากเรซินด้วยสารละลายต่าง ๆ กัน..... 140

5.29 แสดงลักษณะกราฟการล้างดูดซับ (elution graph) ของไนโอเบียมออกจากเรซินด้วยสารละลายต่าง ๆ กัน..... 141

รูปที่ หน้า

5.30 แสดงลักษณะกราฟการล้างดูดซับ (elution graph) ของแทนทาลัม ออกจากเรซินด้วยสารละลายต่าง ๆ 142

5.31 แสดงลักษณะกราฟการล้างดูดซับ (eletion graph) ของโมลิบดีนัม ออกจากเรซินในสารละลาย 10 % แอมโมเนียมกลอไรด์ .....
–10 % แอมโมเนียมซิเตรต..... 143

5.32 แสดงลักษณะกราฟการล้างดูดซับ (elution graph) ของทังสเตน 10 มิลลิกรัม ออกจากเรซินด้วยสารละลาย 10 % แอมโมเนียมกลอไรด์ –10 % แอมโมเนียมซิเตรต..... 144

5.33 แสดงลักษณะกราฟการล้างดูดซับ (elution graph) ของเหล็ก ออกจากเรซินด้วยสารละลายต่าง ๆ กัน..... 145

5.34 แสดงลักษณะกราฟการล้างดูดซับ (elution graph) ของเหล็ก ไทเทเนียม ไนโอเบี่ยม แทนทาลัม ทังสเตน และโมลิบดีนัม อย่างละ 10 มิลลิกรัม ด้วยสารละลายต่าง ๆ 146