

การสกัดและการหาปริมาณแทนทาลัม ในโอเปี่ยม
และคีมุกในแร่ชามาสโคทจากหางแร้คีมุก



นางกาญจนา สิริอุปถัมภ์

007129

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2525

ISBN 974-561-109-3

THE EXTRACTION AND DETERMINATION OF TANTALUM NIOBIUM
AND TIN IN SAMARSKITE MINERAL FROM TIN-TAILING



Mrs. Kanchana Siri-Upathum

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1982

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การสกัดและการหาปริมาณแทนทาลัม ในโอเปี่ยม และคีนุกในแรชามาสไกต์จากทางแร่คีนุก

โดย

นางกาญจนา ศิริอุปถัมภ์

ภาควิชา

นิวเคลียร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับเป็น
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สุพรรณ บุนนาค

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพรรณ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

สุวรรณ แสงเพชร

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร)

เจตน์ สิริสุนทร

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. เจตน์ สิริสุนทร)

แมน อมรสิทธิ์

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์)

ชยากริต ศิริอุปถัมภ์

..... กรรมการ
(อาจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Ta_2O_5 7.50 \pm 0.64 % Nb_2O_5 6.59 \pm 0.38 % SnO_2 46.60 \pm 0.56 %
 U_3O_8 1.44 \pm 0.05 % ThO_2 1.06 \pm 0.01 % La_2O_3 1.29 \pm 0.01 %
 Ce_2O_3 2.97 \pm 0.03 % Pr_2O_3 0.29 \pm 0.2 % Nd_2O_3 0.59 \pm 0.04 %
 Sm_2O_3 0.37 \pm 0.04 % Gd_2O_3 0.31 \pm 0.04 % Dy_2O_3 0.56 \pm 0.02 %
และ Er_2O_3 0.44 \pm 0.01 %



Thesis Title The Extraction and Determination of Tantalum
Niobium and Tin in Samarskite mineral from
Tin-tailing

Name Mrs. Kanchana Siri-Upathum

Thesis Advisor Associate Professor MAEN AMORASIT

Department Nuclear Technology

Academic Year 1981

ABSTRACT

The extraction of Tantalum Niobium and Tin in Samarskite mineral from tin-tailing was studied by fusion with KHSO_4 . The fusion mixture was dissolved in 5 : 4 : 11 of $\text{HCl} : \text{HF} : \text{H}_2\text{O}$ and ion-exchange chromatography technique was applied for the separation of Tantalum and Niobium. Tantalum was quantitatively eluted from the anion-exchange resin, Dowex-1 x 8, 100-200 mesh by the solution of 14 % NH_4Cl -4 % NH_4F and Niobium was eluted by 14 % NH_4Cl -4 % HF solution.

Tantalum contents in the samples and eluted were determined using both methods of Neutron Activation Analysis (NAA) and Spectrophotometry. Niobium contents were determined by X-ray fluorescence and Spectrophotometric techniques. Trace amount of Tin in the extracting solution was determined by Spectrophotometric and X-ray fluorescence techniques. The analytical results for Samarskite mineral were also found to be as follows : Ta_2O_5

7.50 \pm 0.64 %, Nb₂O₅ 6.59 \pm 0.38 %, SnO₂ 46.60 \pm 0.56 %, U₃O₈
1.44 \pm 0.05 %, ThO₂ 1.06 \pm 0.01 %, La₂O₃ 1.29 \pm 0.01 %, Ce₂O₃
2.97 \pm 0.03 %, Pr₂O₃ 0.29 \pm 0.2 %, Nd₂O₃ 0.59 \pm 0.04 %, Sm₂O₃
0.37 \pm 0.04 %, Gd₂O₃ 0.31 \pm 0.04 %, Dy₂O₃ 0.56 \pm 0.02 % and
Er₂O₃ 0.44 \pm 0.01 %

กิติกรรมประกาศ

กราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพชร หัวหน้าภาควิชา
นิวเคลียร์เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มให้การศึกษาคนควา และกรุณาให้ความสนับ-
สุนนในการทำวิทยานิพนธ์นี้

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์ หัวหน้าภาควิชา-
เคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและแนะนำทั้งด้านวิชาการและ
การปฏิบัติงานวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผช.คร. ประพันธ์ คุสกุล ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ

ขอขอบพระคุณ คุณสุชาติ มงคลพันธุ์ รองเลขาธิการสำนักงานพลังงาน-
ปรมาณูเพื่อสันติ ที่กรุณาอนุญาตให้ใช้เครื่องวัดรังสี และเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
ตลอดจนอุปกรณ์อื่น ๆ

ขอขอบพระคุณ คร.กวรรติกา ศิริเสนา ผู้อำนวยการกองเคมี พปส. ที่กรุณา
อนุญาตให้ทำการทดลองใต้ที่กองเคมี

ขอขอบคุณ อาจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำ
ขอบคุณ อาจารย์ นเรศวร จันทน์ขาว ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองทางคาน
เอกซเรย์ ฟลูออเรสเซนซ์ ขอขอบคุณ อาจารย์ มาละที หัยคุปต์ ที่ช่วยเหลือทางคาน
เอกสารและอุปกรณ์การทดลอง

ขอขอบคุณ คุณปฐม แหยมเกตุ ผู้อำนวยการกองขจัดกากกัมมันตรังสี พปส.
ที่กรุณาอนุญาตให้ใช้เครื่องวัดรังสีและเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ตลอดจนสารเคมี
ขอบคุณ คุณมณฑา เศษกำแหง ที่ช่วยเหลือในคานเอกสารการทดลอง ตลอดจนพี่ ๆ
และน้อง ๆ กข. ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกให้ขณะที่ปฏิบัติงานทดลองที่ กข.

ขอขอบคุณ คุณชาญชัย อัครวิญญูชัย คุณอาภรณ์ ศิริอุดมรัตน์ คุณสุรัตน์
มีชั้นทอง และคุณพิศาล ทั้งพิทยกุล ที่ให้ความช่วยเหลือในคานการทดลอง คุณทวีศักดิ์
ทันตวิวัฒน์นนท์ คุณบุรุษพร เปรมพิรกุล คุณศิริรัตน์ พิรมนตรี ที่ให้ความช่วยเหลือใน
คานอุปกรณ์การทดลอง คุณนิภา แก้วชวง และคุณประสงค์ ชุ่มกี ช่วยเหลือในคานการ
พิมพ์และโรเนียว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ช
รายการภาพประกอบ	ซ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของการทดลอง	4
2 การสกัดไนโอเบียม แทนทาลัม และคีมุกจากแร่	6
2.1 การสกัดด้วยไพโรซัลเฟต	6
2.2 การสกัดโดยการหลอมกับโปแตสเซียม หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโซเดียมเปอร์ออกไซด์	8
2.3 การสกัดด้วยโซเดียมโบเรต	8
2.4 การสกัดด้วยกรดไฮโครฟลูออริก	9
2.5 การสกัดโดยการทำคลอรีเนชัน	10
3 การแยกไนโอเบียม แทนทาลัม โดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน	12
3.1 หลักการทั่วไป	12

3.2 หลักการหาปริมาณสารละลายขณะที่ชะล้างเอาธาตุที่ค้างการออก
จากเรซินมากที่สุด 14

3.3 เทคนิคการแยกไนโอเบียม และแทนทาลัม โดยวิธีแลกเปลี่ยน
ไอออน 15

บทที่

4 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 17

4.1 อุปกรณ์ 17

4.2 สารเคมี 17

5 การทดลอง 24

5.1 การวิเคราะห์แร่ซามาสโคท โดยใช้เทคนิคทางเอกซเรย์ ฟลูออ-
เรสเซนซ์ 24

5.1.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ 24

5.1.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ 29

5.2 การหลอมแร่ซามาสโคทด้วยโปแตสเซียมโบรไมด์ 30

5.2.1 การหลอมสารมาตรฐานแทนทาลัมและไนโอเบียม 30

5.2.2 การหลอมแร่ซามาสโคท 31

5.3 การศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแทนทาลัม ไนโอเบียม และซีบุก
โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี 32

5.3.1 การหาปริมาณแทนทาลัม โดยวิธีทางสเปกโตรโฟโตเมทรี 35

5.3.1.1 การศึกษาลักษณะแถบของพหุสเปกตรัมของ
แทนทาลัมกับเมซิลไวโอเลต 35

3.2 หลักการหาปริมาณสารละลายต่างที่ต่างเอาธาตุที่ของการ
ออกจากเรซินมากที่สุด 14

3.3 เทคนิคการแยกไนโอเปียม และแทนทาลัม โดยวิธีแลกเปลี่ยน
ไอออน 15

บทที่

4 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 17

4.1 อุปกรณ์ 17

4.2 สารเคมี 17

5 การทดลอง 24

5.1 การวิเคราะห์แรชามาสโคป โดยใช้เทคนิคทางเอกซเรย์ ฟลูออ-
เรสเซนซ์ 24

5.1.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ 24

5.1.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ 29

5.2 การหลอมแรชามาสโคปด้วยโปแตสเซียมโบรไมด์เฟต 30

5.2.1 การหลอมสารมาตรฐานแทนทาลัมและไนโอเปียม 30

5.2.2 การหลอมแรชามาสโคป 31

5.3 การศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแทนทาลัม ไนโอเปียม และกิบุก
โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี 32

5.3.1 การหาปริมาณแทนทาลัม โดยวิธีทางสเปกโตรโฟโตเมทรี 35

5.3.1.1 การศึกษาลักษณะแถบซอพซันสเปกตรัมของ
แทนทาลัมกับเมซิลไวโอเล็ต 35

5.3.1.2	การศึกษาความเสถียรของสีของสารประกอบ เชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต ..	36
5.3.1.3	การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณของ แทนทาลัม โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี ...	36
5.3.1.4	การศึกษาผลของคลอไรด์ที่มีต่อการดูดกลืนแสง ของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีของแทนทาลัมกับ เมธิลไวโอเลต	39
5.3.1.5	การศึกษาผลของฟลูออไรด์ที่มีต่อการดูดกลืน แสงของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีของแทน- ทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	39
5.3.1.6	การศึกษาผลของตัวรบกวนอื่น ๆ ที่มีต่อการ ดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีของ แทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	40
5.3.2	การหาปริมาณของไนโอเบียม โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี	42
5.3.2.1	การศึกษาลักษณะแอมซอพชั่นสเปกตรัมของสาร ประกอบเชิงซ้อนของไนโอเบียมกับไซโอไซยา- เนต	43
5.3.2.2	การศึกษาความเสถียรของสีของสารประกอบ เชิงซ้อนของไนโอเบียมกับไซโอไซยาเนต .	44
5.3.2.3	การทำกราฟมาตรฐานในการหาปริมาณของ ไนโอเบียม โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี	44

5.3.2.4	การศึกษาลดของการรบกวนของคีมุกต่อ การหาปริมาณไนโอเบียม โดยวิธีสเปค- โทรโฟโตเมตรี	46
5.3.3	การหาปริมาณคีมุก โดยวิธีสเปคโทรโฟโตเมตรี ...	47
5.3.3.1	การทำกราฟมาตรฐานของคีมุก	47
5.4	การวิเคราะห์หาปริมาณแทนทาลัมด้วยเทคนิคทางนิวตรอนแอกทิ- เวชัน	51
5.5	การวิเคราะห์หาปริมาณแทนทาลัมในสารละลายมาตรฐาน ...	51
5.5.1	การศึกษาศักยภาพความสามารถของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ แทนทาลัมในสารละลาย โดยวิธีนิวตรอนแอกทิเวชัน	55
5.6	การศึกษาการแยกแทนทาลัม และไนโอเบียม โดยใช้เทคนิคทาง โครมาโตกราฟี ชนิดแลกเปลี่ยนไอออน	56
5.6.1	การเตรียมคอลัมน์	56
5.6.2	การเตรียมเรซินบรรจุคอลัมน์	56
5.7	การศึกษาการแยกแทนทาลัม และไนโอเบียม โดยวิธีแลกเปลี่ยน ไอออน	58
5.7.1	การแยกแทนทาลัมจากสารละลายมาตรฐาน	58
5.7.2	การแยกไนโอเบียมจากสารละลายมาตรฐาน	58
5.8	การแยกแทนทาลัม และไนโอเบียม ในแร่ซามาสโคท โดยการ แลกเปลี่ยนไอออน	59
5.9	การวิเคราะห์ปริมาณแทนทาลัมที่แยกได้	59

5.9.1	การวิเคราะห์หาปริมาณของแทนทาลัม โดยใช้เทคนิคทางนิวตรอนแอคทีเวชัน	60
5.9.2	การวิเคราะห์หาปริมาณของแทนทาลัมโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี	60
5.10	การวิเคราะห์ปริมาณไนโอเบียมที่แยกได้	60
5.10.1	การวิเคราะห์หาปริมาณของไนโอเบียม โดยใช้เทคนิคทางเอกซเรย์ ฟลูออเรสเซนซ์	60
5.10.2	การวิเคราะห์หาปริมาณของไนโอเบียม โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี	60
5.11	การวิเคราะห์ปริมาณคีนุกที่ถูกสกัดด้วยโปแตสเซียมไนซัลเฟต	62
5.11.1	การวิเคราะห์หาปริมาณคีนุก โดยใช้เทคนิคทางเอกซเรย์-ฟลูออเรสเซนซ์	62
5.11.2	การวิเคราะห์หาปริมาณคีนุก โดยใช้วิธีทางสเปกโตรโฟโตเมตรี	62

บทที่

6	ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	64
6.1	ผลการวิเคราะห์แรชามาสโคปจากทางแร่คีนุกเชิงปริมาณและคุณภาพโดยวิธีทางเอกซเรย์ ฟลูออเรสเซนซ์	64
6.2	ผลการศึกษาการหลอมแรชามาสโคป	68
6.3	ผลการศึกษาหาปริมาณแทนทาลัม ไนโอเบียม และคีนุก โดยวิธีทางสเปกโตรโฟโตเมตรี	69

6.3.1	ผลการหาปริมาณแทนทาลัม โดยวิธีทางสเปกโตรโฟโต-เมตรี	69
6.3.1.1	ผลการศึกษาแอมพลิจูดของสเปกตรัมของสารประกอบเชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	
6.3.1.2	ผลการศึกษาความเสถียรของสีของสารประกอบเชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	69
6.3.1.3	ผลการศึกษาการทำกราฟมาตรฐานของแทนทาลัม	72
6.3.1.4	ผลการศึกษาการรบกวนของคลอไรด์ที่มีต่อการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	74
6.3.1.5	ผลการศึกษาการรบกวนของฟลูออไรด์ต่อการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	76
6.3.1.6	ผลการศึกษาตัวรบกวนอื่น ๆ ที่มีต่อการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	78
6.3.2	ผลการศึกษาการหาปริมาณไนโอเบียม โดยวิธีทางสเปกโตรโฟโตเมตรี	80
6.3.2.1	ผลการศึกษาลักษณะแอมพลิจูดของสเปกตรัมของสารประกอบเชิงซ้อนของไนโอเบียมกับไซโอไฮยานเนต	80

6.3.2.2	ผลการศึกษาความเสถียรของสีของสารประกอบเชิงซ้อนของไนโอเบียมกับไซโอไฮยาเนต	80
6.3.2.3	ผลการศึกษาการทำกราฟมาตรฐานของไนโอเบียม	81
6.3.2.4	ผลการศึกษาการรบกวนของคัมกุดต่อการหาปริมาณของไนโอเบียม โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี	83
6.3.3	ผลการศึกษาการหาปริมาณคัมกุด โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี	84
6.4	ผลการศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณแทนทาลัม โดยใช้เทคนิคทางนิวตรอนแอคติเวชัน	86
6.5	ผลการศึกษาการแยกแทนทาลัม และไนโอเบียม โดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน	91
6.5.1	ผลการศึกษาการแยกแทนทาลัม โดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน	91
6.5.2	ผลการศึกษาการแยกไนโอเบียม โดยวิธีแลกเปลี่ยนไอออน	91
6.6	ผลการวิเคราะห์คัมกุดที่ถูกลบด้วยโปแตสเซียมโบรไมด์	96

บทที่

7	สรุปผลการทดลองและขอเสนอแนะ	97
	บรรณานุกรม	101
	ประวัติ	102



รายการตารางประกอบ

ช

หน้า

ตารางที่	1.1	แสดงคุณสมบัติทางกายภาพของไนโอเบียม และแทนทาลัม ..	2
	2.1	แสดงส่วนประกอบ และคุณสมบัติของแร่ตระกูลแทนทาลัม และไนโอเบียม	7
	5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของรังสีเอกซ์ของแต่ละธาตุกับหมายเลขของของเครื่องวัดรังสี	25
	5.2	แสดงพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส และพลังงานของรังสีเอกซ์ (KeV)	26
	5.3	แสดงส่วนประกอบทางเคมีของสารมาตรฐานที่เตรียมขึ้น เพื่อใช้ในการหาปริมาณของแร่ทามาสโคท	28
	5.4	แสดงผลของค.ทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ ต่อการดูดกลืนแสงของไนโอเบียมไซโอไซยาเนต	42
	5.5	แสดงผลของตัวรบกวนที่มีต่อการหาปริมาณของไนโอเบียมไซโอไซยาเนต	45
	6.1	แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ในแร่ทามาสโคทเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากग्रูมาเนีย	65
	6.2	แสดงผลการสกัดแทนทาลัมจากแร่ โดยใช้วิธีหลอมด้วยโปแตสเซียมโบรซัลเฟตที่เวลาต่าง ๆ กัน	68
	6.3	แสดงผลการสกัดไนโอเบียมออกจากแร่ โดยใช้วิธีหลอมด้วยโปแตสเซียมโบรซัลเฟตที่เวลาต่าง ๆ กัน	69

	หน้า
ตารางที่ 6.4	แสดงความสามารถของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างแทนทาลัมกับเมซิลไวโอเลต 71
6.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแทนทาลัมเพนตะออกไซด์กับค่า Absorbance 72
6.6	แสดงผลของคลอไรด์ต่อการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารประกอบเชิงซ้อนแทนทาลัมกับเมซิลไวโอเลต 77
6.7	แสดงผลของฟลูออไรด์ต่อการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมซิลไวโอเลต 79
6.8	แสดงผลของสิ่งรบกวนต่อการหาปริมาณของแทนทาลัม โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี 82
6.9	แสดงความสามารถของสารประกอบเชิงซ้อนไนโอเบียมไซโอไซยานเนต 85
6.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโอเบียมเพนตะออกไซด์กับค่า Absorbance 88
6.11	แสดงผลการรบกวนของคิวบ์ต่อการหาปริมาณไนโอเบียม โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี 89
6.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคิวบ์กับค่าการดูดกลืนแสงทั้งแบบสก็ด และไม่สก็ดด้วยโทลูอีน และแสดงเปอร์เซ็นต์การสก็ด 94
6.13	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณ Ta ₂ O ₅ ในสารละลายมาตรฐานที่ต้องการหาปริมาณที่แน่นอน โดยใช้เทคนิคทางนิวตรอนแอกทีเวชัน 95



	หน้า
ตารางที่ 6.14 แสดงสภาวะต่าง ๆ ในการหาขีดความสามารถของการวิเคราะห์สารละลายแทนทาลัม โดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน	90
6.15 แสดงผลการวิเคราะห์แทนทาลัม เมื่อแยกด้วย Ion-exchange	92
6.16 แสดงผลการวิเคราะห์ไนโอเบียมเมื่อแยกด้วย Ion-exchange	93
6.17 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณที่ถูกต้องด้วย $KHSO_4$	96
7.1 แสดงผลการสกัดแทนทาลัม ในไนโอเบียม และคีมุกจากแรชามาสโคทโนทางแรคีมุก	97
7.2 แสดงสารประกอบฟลูออแทนทาลเต (fluotantalate) กับฟลูออโคลัมเบท (fluocolumbate) ที่ไม่ละลายในกรดไฮโครฟลูออริก ซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	98
7.3 แสดงผลการวิเคราะห์แทนทาลัมและไนโอเบียมที่แยกได้โดยใช้วิธีแลกเปลี่ยนไอออน	100

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
4.1	แสดงองค์ประกอบของเครื่อง X-ray fluorescence Spectrometer	22
4.2	แสดงหัววัด Ge/Li	23
4.3	แสดงเครื่องวัดรังสีแกมมา	23
5.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานรังสีเอกซ์ของธาตุ กับหมายเลขของ	27
5.2	แสดง Pulse Height Analysis ของสเปกตรัมของรังสีเอกซ์	30
5.3	แสดงขบวนการวัดการดูดกลืนแสง	32
5.4	แสดงลักษณะแอมพลิจูด สเปกตรัมของ Catechol violet, สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างคิบุก (IV) กับ Catechol violet และ CTAB	48
5.5	แสดงลักษณะของคอลลิมน์	57
6.1	แสดงลักษณะเอกซ์เรย์ สเปกตรัม ของสารมาตรฐานที่สังเคราะห์ขึ้น	
6.2	แสดงลักษณะเอกซ์เรย์ สเปกตรัม ของแร่ซามาสไกท์	67
6.3	แสดงลักษณะแอมพลิจูดสเปกตรัมของสารประกอบเชิงซ้อนของ แทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	70
6.4	กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ แทนทาลัมเพนตะออกไซด์ กับ Absorbance	73
6.5	แสดงผลการรบกวนของคลอไรด์ต่อ Absorbance ของสารประกอบ เชิงซ้อนแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเลต	75

รูปที่	6.6	แสดงผลการรบกวนของฟลูออไรด์ต่อ Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนของแทนทาลัมกับเมธิลไวโอเล็ต	77
	6.7	แสดงลักษณะของแถบซอพซันสเปกตรัมของสารประกอบเชิงซ้อนไนโอเบียมไซโอไซยาเนตที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	79
	6.8	กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโอเบียม กับ Absorbance	82
	6.9	กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคิวบิกกับค่า Absorbance ทั้งแบบสกัดและไม่สกัด	85
	6.10	แสดงแกมมาสเปกตรัมที่ได้จากสารละลายมาตรฐานแทนทาลัม	88
	6.11	แสดงแกมมาสเปกตรัมที่ได้จากสารละลายแทนทาลัมในแรชามาสโคท	89
	6.12	แสดงลักษณะกราฟของการชะล้างไนโอเบียมและแทนทาลัมของสารละลายมาตรฐานออกจากคอลลัมน์	94
	6.13	แสดงลักษณะกราฟของการชะล้างของไนโอเบียมและแทนทาลัมของแรชามาสโคทออกจากคอลลัมน์	95