การศึกษาวิธีการสกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมที่มีในประเทศไทย

นางพรณี รัตนสุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2523

000254

I15243941

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาวิธีการสกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมที่มีในประเทศไทย
โดย	นางพรณี รัตนสุวรรณ
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์แม้น อมรสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์สุวรรณ แสงเพ็ชร์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย สุกาญจนัจที)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพัฒน์ อรรถยุกติ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์แม้น อมรสิทธิ์)

ลิขสิทธิ์บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY OF EXTRACTION OF URANIUM FROM URANIUM ORE IN THAILAND

Mrs. Koranee Ratanasuwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1980

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาวิธีการสกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมที่มีในประเทศไทย
ชื่อนิสิต นางพรณี รัตนสุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์แม้น อมรสิทธิ์
ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2522

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการสกัดและหาปริมาณยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมที่ได้จากแหล่งแร่ยูเรเนียม ประตูตีหมา อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย ได้ทำการวิเคราะห์แร่ยูเรเนียมโดยใช้เทคนิคทางอะตอมมิกแอปซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี พบว่ามีธาตุที่เป็นองค์ประกอบและมีปริมาณมาก ได้แก่ ซิลิกอน, อะลูมิเนียม, ทองแดง โปแตสเซียม เหล็ก และธาตุที่มีปริมาณน้อย ได้แก่ โซเดียม แมกนีเซียม แมงกานีส ส่วนธาตุที่มีปริมาณน้อยมาก ได้แก่ ตะกั่ว แคลเซียม สังกะสี และนิคเกิล ปริมาณของซิลิกา พบว่า มีปริมาณสูงอยู่ระหว่าง 50 – 60% การวิเคราะห์หาปริมาณของยูเรเนียมได้ใช้วิธีทางสเปคโตรโฟโตเมตรีโดยทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารไดเบนโซอิลมีเทน และกับสารอาร์เซนาโซ III พบว่ายูเรเนียมเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอาร์เซนาโซ III ได้ผลดีกว่า จึงเลือกใช้เป็นวิธีหาปริมาณของยูเรเนียมในแร่และสารละลายตัวอย่างต่าง ๆ

ก่อนที่จะมีการสกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมนั้นได้ศึกษาเกี่ยวกับสภาวะต่าง ๆ ในการย่อยสลายแร่ (leaching conditions) เช่น ปริมาณของกรดซัลฟุริค, เวลา และอุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลายแร่ทั้งในกรณีที่มีการเติมและไม่มีการเติมออกซิแดนท์ สภาวะที่เหมาะสมในการย่อยแร่ขนาด 100 เมส หนัก 100 กรัม จะต้องใช้กรดซัลฟุริคเข้มข้น (ถ.พ.1.76) หนัก 316.8 กรัม ผสมกับแมงกานีสไดออกไซด์ประมาณ 5 กรัม แล้วต้มที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง โดยมีการคนตลอดเวลา จะสามารถละลายแร่ออกมาได้ 77%

ในการหาปริมาณของยูเรเนียมในแร่ ปรากฏว่ามีธาตุยูเรเนียมอยู่ 0.0144 ± 0.0012% จากผลของการศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายที่ได้จากการต้มแร่กับกรดซัลฟุริคด้วยตัวสกัดต่าง ๆ กัน พบว่าอะลามีน-336 ในตัวทำละลาย 3040 สกัดยูเรเนียมได้ดีกว่าตัวสกัดอื่น ๆ.

Thesis Title : A Study of Extraction of Uranium from Uranium Ore in Thailand.

Name : Mrs. Koranee Ratanasuwan

Thesis Advisor : Associate Professor MAEN AMORASIT

Department : Nuclear Technology

Academic Year : 1979

ABSTRACT

The extraction and determination of Uranium in Uranium ore from KhonKaen province of Thailand was made by the techniques of Atomic Absorption Spectrophotometry. The ore samples contained Si, Al, Cu K and Fe in relatively large quantities and Na, Mg, Mn in smaller amounts. Trace elements such as Pb, Ca, Zn and Ni were also found. The percentage of silica (SiO_2) in the samples was in the range of 50 - 60.

The spectrophotometric techniques studied involved the formation of complexes of Uranium with either dibenzoyl-methane or arsenazo III compounds. The latter method was found to be suitable. The percentage of Uranium in the ore samples was found to be 0.0144 ± 0.0012.

Also studied was the technique of extraction by sulphuric acid leaching. Effects of parameters such as acid concentration, heating time, temperature, particle sizes and oxidants on the rate and degree of Uranium extraction were investigated. A leaching yield of about

77% was obtained from 100 grams of sample, 316.8 grams of concentrated sulphuric acid, 5 grams of oxidant (MnO_2) of 100 mesh size and 8 hours leaching time at 80° c

The extraction of Uranium from a leaching liquor using various extractants was studied. Alamine-336 in solvent 3040 was found to be a good solvent.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์แม้น อมรสิทธิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำตลอดจนการตรวจทานแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์สุวรรณ แสงเพ็ชร์ ซึ่งเป็นหัวหน้าภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเลือกหัวข้อวิทยานิพนธ์นี้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติสืบไป ขอขอบคุณ คุณมาลี บะวงษ์ และอาจารย์จากโรงเรียนมัธยมสาธิต มศว.ประสานมิตร ที่เกี่ยวข้องกับการพิมพ์ การเขียนภาพ และการพิสูจน์อักษร ตลอดจนการอัดสำเนาด้วยความรอบคอบอย่างดียิ่ง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ และสิ่งที่จะลืมเสียมิได้ก็คือ ขอขอบคุณภาควิชาเคมี (จุฬาฯ) ตลอดจนอาจารย์ที่เกี่ยวข้องที่ได้กรุณาให้ความสะดวกในการใช้เครื่องอีเลคโตรนิคต่าง ๆ ในการทดลองตลอดมา.

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตารางประกอบ .....

รายการรูปประกอบ .....

บทที่

1 บทนำ 1

2 ทฤษฎี 10

2.1 ขบวนการย่อยและการสกัดยูเรเนียมจากแร่ 10

2.2 สภาพการย่อยสลายแร่ด้วยกรด 10

2.3 ความเข้มข้นของกรด 11

2.4 ออกซิเดชันของยูเรเนียม 11

2.5 อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มแร่ 12

2.6 ผลของการบดแร่ 12

2.7 การสกัดยูเรเนียมออกจากสารละลาย 12

2.7.1 การสกัดยูเรเนียมด้วย TBP 13

2.7.2 การสกัดยูเรเนียมที่อยู่ในรูปแอนไอออน (Anionic complexes) 13

2.7.3 การสกัดเอายูเรเนียมออกจากชั้นของสารอินทรีย์ ให้มาอยู่ในชั้นของน้ำ (stripping step) 13

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่		หน้า
	2.8 การวิเคราะห์หาปริมาณของยูเรเนียมโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมตรี (Spectrophotometry)	14
	2.8.1 ใช้วิธีทำให้เกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อนกับสารไซโอไซยาเนต	14
	2.8.2 ใช้วิธีทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารไดเบนโซอิลมีเทน	14
	2.8.3 การวิเคราะห์ยูเรเนียมโดยใช้วิธีทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอาร์เซนาโซ III	14
3	วิธีทำการทดลอง (Experimental Procedure)	18
	3.1 เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	18
	3.2 การเตรียมสารตัวอย่าง	21
	3.3 การศึกษาหาองค์ประกอบที่เป็นธาตุอื่น ๆ ในแร่ยูเรเนียม	21
	3.3.1 การหาปริมาณของซิลิกา (Silica)	21
	3.3.2 การหาปริมาณของซิลิกาและสิ่งที่ไม่ละลายในกรด	21
	3.3.3 การวิเคราะห์หาธาตุต่าง ๆ	22
	3.3.4 การทำกราฟมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุต่าง ๆ	25
	3.3.5 การวิเคราะห์หาปริมาณของแต่ละธาตุในแร่ยูเรเนียมโดยวิธีทางอะตอมมิกแอปซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตเมตรี	25
	3.4 การศึกษาหาวิธีที่เหมาะสม สำหรับหาปริมาณของยูเรเนียมโดยวิธีทางสเปกโตรโฟโตเมตรี	25

บทที่ หน้า

3.4.1 การศึกษาหาปริมาณของยูเรเนียมโดยวิธีทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารไดเบนโซอิลมีเทน (DBM) 26
3.4.1.1 การเตรียมสารละลายต่าง ๆ 26
3.4.1.2 การศึกษาลักษณะของแอปซอร์ปชันสเปกตรา (Absorption Spectra) 27
3.4.1.3 การศึกษาผลของ DBM ที่มีต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียม . 27
3.4.1.4 การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียม กับความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม 28
3.4.1.5 การศึกษาหาปริมาณของยูเรเนียมโดยวิธีสกัดละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วย TOPO ในไซโครเฮกเซน..... 28
3.4.2 การศึกษาหาปริมาณของยูเรเนียมโดยวิธีทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอาร์เซนาโซ III .. 29
3.4.2.1 การเตรียมสารละลายต่าง ๆ 29
3.4.2.2 การศึกษาอิทธิพลของ pH และเวลาที่มีผลต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียมกับสารอาร์เซนาโซ III 31

บทที่ หน้า

3.4.2.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของยูเรเนียมกับค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อน 32

3.4.2.4 การศึกษาหาปริมาณของยูเรเนียมโดยใช้วิธีสกัดด้วย TOPO ในไซลีนและการทำกราฟมาตรฐาน 32

3.5 การหาปริมาณยูเรเนียมในแร่ยูเรเนียม 33

3.6 การศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียม 34

3.6.1 การหาปริมาณที่เหมาะสมของกรดซัลฟุริคที่ใช้ละลายแร่ยูเรเนียม เมื่อไม่ใส่ออกซิแดนท์ 34

3.6.2 การหาปริมาณที่เหมาะสมของกรดซัลฟุริคที่ใช้ละลายแร่ยูเรเนียม เมื่อใส่ออกซิแดนท์ 35

3.6.3 การหาเวลาที่เหมาะสมในการละลายแร่ด้วยกรดซัลฟุริค เมื่อไม่ใส่ออกซิแดนท์ 36

3.6.4 การหาเวลาที่เหมาะสมในการละลายแร่ด้วยกรดซัลฟุริค เมื่อใส่ออกซิแดนท์ 36

3.6.5 การหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการละลายแร่ยูเรเนียม เมื่อใส่ออกซิแดนท์ 37

3.7 การศึกษาวิธีหาปริมาณยูเรเนียมในแร่ตัวอย่าง โดยอาศัยการสกัดยูเรเนียมจากสารละลาย (leach liquor) ด้วย TOPO ในไซลีน 37

บทที่ หน้า

3.8 การศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม ด้วย TBP ใน IMK (1 : 4 โดยปริมาตร) 38

3.9 การศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วย TBP ในน้ำมันก๊าดซึ่งมีเปอร์เซนต์ต่าง ๆ กัน 39

3.10 การศึกษาหาวิธีสกัด เพื่อแยกเอายูเรเนียมออกมาจากสารอื่น และให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วยอะลามีน-336.. 40

3.10.1 การเตรียมสารละลายต่าง ๆ 40

3.10.2 การศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วยอะลามีน-336 ในตัวทำละลาย 3040 41

3.10.3 การศึกษาหาอัตราส่วนของอะลามีนที่จะใช้ในการสกัดต่อสารละลายที่จะสกัด 42

3.10.4 การสกัดยูเรเนียมจากแร่ตัวอย่างด้วยอะลามีน-336 ในตัวทำละลาย 3040 42

4 ผลการทดลอง 44

4.1 ผลของการศึกษาหาองค์ประกอบที่เป็นธาตุอื่นในแร่ยูเรเนียม 44

4.2 ผลการหาปริมาณของซิลิกาและปริมาณของสารอื่นที่ไม่ละลายในกรด 45

4.3 ผลการศึกษาหาคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์ของแร่ยูเรเนียมโดยอะตอมมิกแอปซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี 46

4.4 ผลของการใช้สารละลายมาตรฐานยูเรเนียมทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนด้วย DBM 56

บทที่ หน้า

4.5 ผลของการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ด้วย TOPO ในไซโครเฮกเซน 60

4.6 ผลของการศึกษาอิทธิพลของ pH และเวลาที่มีต่อการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียมกับสารอาร์เซนาโซ III 62

4.7 ผลของการทดลองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของยูเรเนียมกับค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียมกับสารอาร์เซนาโซ III 64

4.8 ผลของการศึกษาการสกัด ยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม ด้วย TOPO ในไซลีน 66

4.9 ผลการหาปริมาณยูเรเนียมในแร่ยูเรเนียมโดยวิธีหลอมกับโซเดียมคาร์บอเนต ชนิดแห้ง 67

4.10 ผลของการศึกษาหาปริมาณของกรดซัลฟุริคที่มีผลต่อการละลายของแร่ยูเรเนียม 69

4.11 ผลของการศึกษาเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการละลายแร่ยูเรเนียม 71

4.12 ผลของการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มแร่ยูเรเนียม 73

4.13 ผลของการศึกษาวิธีหาปริมาณยูเรเนียมในแร่ยูเรเนียมโดยอาศัยการสกัดยูเรเนียมด้วย TOPO ในไซลีน 75

4.14 ผลของการศึกษาหาปริมาณของยูเรเนียมโดยวิธีสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วย TBP ใน IMK 76

บทที่ หน้า

4.15 ผลของการศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วย TBP ในน้ำมันก๊าด 78

4.16 ผลของการศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมในกรดซัลฟุริกด้วย TBP ในน้ำมันก๊าด 80

4.17 ผลของการศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วยอะลามีน-336 ในตัวทำละลาย 5040 82

4.18 ผลของการศึกษาการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วยอะลามีน เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัด 84

4.19 ผลของการศึกษาการสะกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมด้วยอะลามีน โดยใช้อัตราส่วนโดยปริมาตรของชั้นอะลามีนกับชั้นน้ำ เท่ากับ 0.4 86

5 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ 87

ข้อเสนอแนะ 92

บรรณานุกรม 94

รายการตารางประกอบการทดลอง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงการเกิดสีจากปฏิกิริยาของสารอาร์เซนาโซ III	17
3.1	แสดงปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ ความยาวคลื่น ความกว้างของ slit และชนิดของเปลวไฟที่ใช้กับเครื่องอะตอมมิคแอปซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ในการทำคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์	23
4.1	แสดงผลการวิเคราะห์ซิลิกาในแร่ยูเรเนียม	44
4.2	แสดงผลการวิเคราะห์ซิลิการวมกับสารอื่นที่ไม่ละลายในกรด	45
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานของธาตุต่าง ๆ	46
4.4	แสดงปริมาณของธาตุและสารประกอบเป็นเปอร์เซนต์ที่วิเคราะห์ได้จากแร่ยูเรเนียมโดยวิธีอะตอมมิกแอปซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี	54
4.5	แสดงผลการวิเคราะห์หินทรายโดยวิธีอะตอมมิกแอปซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตเมตรี (28).....	55
4.6	แสดงผลของการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance ของสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียมกับความเข้มข้นต่าง ๆ ของไดเบนโซอิลมีเทน	56
4.7	แสดงผลของการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมเมื่อทำให้เกิดสารเชิงซ้อนด้วยสารไดเบนโซอิลมีเทน	59
4.8	แสดงผลของการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วยสารละลาย TOPO ในไซโครเฮกเซน แล้วทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนด้วยสารไดเบนโซอิลมีเทน	60

ตารางที่ หน้า

4.9 แสดงผลการวัดค่า Absorbance ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ของสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียมกับสารอาร์เซนาโซ III ที่ pH 0.95 – 3.65 62

4.10 แสดงผลการวัดค่า Absorbance กับความเข้มข้นต่าง ๆ ของยูเรเนียมในสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม เมื่อทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนด้วยสารอาร์เซนาโซ III ที่ pH 1 – 3.5 64

4.11 แสดงผลของการสกัดสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วย TOPO ในไซลีน 66

4.12 แสดงผลของการวิเคราะห์หาปริมาณของยูเรเนียมในแร่ตัวอย่างโดยการสกัดด้วย TOPO ในไซลีน 67

4.13 แสดงผลของปริมาณกรดซัลฟุริคที่ใช้ต่อการละลายของแร่ยูเรเนียม 69

4.14 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการละลายแร่ยูเรเนียม 71

4.15 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการละลายของแร่ยูเรเนียม 73

4.16 แสดงผลของการหาปริมาณของยูเรเนียมในแร่ยูเรเนียมโดยใช้วิธีสกัดแร่ยูเรเนียมที่เป็นสารละลายด้วย TOPO ในไซลีน 75

4.17 แสดงผลของการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันด้วย TBP ใน IMK แล้วทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนด้วยสารอาร์เซนาโซ III..... 76

4.18 แสดงผลของการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ด้วย TBP ในน้ำมันก๊าด แล้วนำมาสกัดด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 78

ตารางที่ หน้า

4.19 แสดงผลของการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม ซึ่งละลายอยู่ในกรดซัลฟุริคด้วย TBP ในน้ำมันก๊าด 80

4.20 แสดงผลของการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม โดยใช้อัตราส่วนของชั้นอะลามีนต่อชั้นน้ำ เท่ากับ 1 : 2 82

4.21 แสดงผลของการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม ด้วยอะลามีน โดยการเปลี่ยนอัตราส่วนของอะลามีนกับน้ำ 84

4.22 แสดงผลของการสกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมซึ่งอยู่ในสารละลาย กรด ด้วยอะลามีน 86

รายการรูปประกอบการทดลอง

รูปที่ หน้า

4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของอะลูมิเนียม และซิลิคอน 49

4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของโปแตสเซียมและทองแดง 50

4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของโซเดียม และแมกนีเซียม 51

4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของแมงกานีส และเหล็ก 52

4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของตะกั่ว 53

4.6 แสดงลักษณะของ Absorption Spectra ของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดจากยูเรเนียมกับสารไดเบนโซอิลมีเทน เมื่อความเข้มข้นของยูเรเนียมที่ใช้เป็น 1 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และ 2 ไมโครกรัม / ลูกบาศก์เซนติเมตร..... 57

4.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับเปอร์เซนต์ของ DBM 58

4.8 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม 61

4.9 แสดงการเกิดแอปซอร์ปชันสเปกตรา ของสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมเข้มข้น 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน ด้วยสารอาร์เซนาโซ III 63

รูปที่ หน้า

4.10 กราฟมาตรฐาน (Calibration curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม เมื่อทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนด้วยสารอาร์เซนาโซ III 65

4.11 กราฟมาตรฐานแสดงการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วย TOPO ในไซลีน และทำให้เกิดสีด้วยสารอาร์เซนาโซ III 68

4.12 แสดงปริมาณของกรดซัลฟุริคที่มีต่อการละลายแร่ยูเรเนียม 70

4.13 แสดงผลของเวลาที่ใช้ในการต้มแร่ยูเรเนียมกับกรดซัลฟุริค ... 72

4.14 แสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อการละลายของแร่ยูเรเนียม ซึ่งต้มกับกรดนาน 4 ชั่วโมง 74

4.15 กราฟแสดงการสกัดยูเรเนียม จากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วย TBP ใน IMK (1 : 4 โดยปริมาตร) 77

4.16 กราฟแสดงการสกัดยูเรเนียมจากสารละลายมาตรฐานยูเรเนียมด้วย TBP ในน้ำมันก๊าด 93% (โดยปริมาตร) 79

4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดซัลฟุริคกับเปอร์เซนต์ของการสกัด เมื่อใช้ TBP ในน้ำมันก๊าด ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ 81

4.18 กราฟมาตรฐาน (Calibration curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Absorbance กับความเข้มข้นของยูเรเนียมที่สกัดได้เมื่อใช้อะลามีน-336 ในตัวทำละลาย 3040 เป็นตัวสกัด 83

4.19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kd กับอัตราส่วนโดยปริมาตรของอะลามีน-336 ต่อสารละลายน้ำ 86

4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kd กับอัตราส่วนโดยปริมาตรของอะลามีน-336 ในตัวทำละลาย 3040 92