

การเตรียมและการทำสารประกอบแบเรียมให้บริสุทธิ์จากแร่แบไรต์โดยเทคนิคฟลูอิดเบชัน



นางสาว กรรณิการ์ สังข์เจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-567-042-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

011900

I15051614

PREPARATION AND PURIFICATION OF BARIUM COMPOUNDS  
FROM BARITE BY FLUIDIZATION TECHNIQUE

Miss Kannikar Sangcharoen

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemistry

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเตรียมและการทำสารประกอบแบเรียมให้บริสุทธิ์จากแร่แบไรต์  
โดยเทคนิคฟลูอิดเซชัน

โดย

นางสาว กรรณิการ์ สังข์เจริญ

ภาควิชา

เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ศาสตราจารย์ ดร. สัมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชรราษฎร์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.เผด็จ สิทธิสุนทร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ศาสตราจารย์ ดร. สัมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

..... กรรมการ  
(ดร. สิทธิชัย สิทธิพัฒน์ไพฑูริย์)

..... กรรมการ  
(คุณประเสริฐ กุมารจันทร์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเตรียมและการทำสารประกอบแบเรียมให้บริสุทธิ์จากแร่แบไรต์ โดยเทคนิคฟลูอิดเซชัน
ชื่อนิสิต	นางสาว กรรณิการีย์ สังข์เจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ แม้น อมรสิทธิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. สัมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2529



บทคัดย่อ

การเตรียมสารประกอบต่าง ๆ ของแบเรียมจากแร่แบไรต์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้แร่แบไรต์ที่มีสีขาว ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นแบเรียมซัลเฟต 89.91 % สตรอนเทียมซัลเฟต 2.25 % เหล็กออกไซด์ 0.42 % แคลเซียมออกไซด์ 4.74 % , แมกนีเซียมออกไซด์ 0.02 % อะลูมินา 0.22 % ซิลิกา 0.12 % ปริมาณความชื้น  $0.07 \pm 0.01$  % ความถ่วงจำเพาะ  $4.136 \pm 0.002$  และปริมาณน้ำหนัที่หายไปเมื่อเผา เท่ากับ  $0.016 \pm 0.01$  % การทดลองได้ใช้วิธีเผาแร่แบไรต์กับโซเดียมคาร์บอเนต, ถ่านไม้, ถ่านโค้ก และถ่านลิกไนต์ โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ขนาดของแร่ อัตราส่วน โดยน้ำหนักที่ใช้ผสม อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการเผา เป็นต้น จากการทดลองพบว่าแบเรียมซัลเฟตในแร่ถูกเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 90 % เมื่อเผากับโซเดียมคาร์บอเนต 86.00 % , 90.21 % และ 55.64 % เมื่อเผากับถ่านไม้, ถ่านโค้ก และถ่านลิกไนต์ ตามลำดับ แต่เมื่อเผาแร่แบไรต์กับถ่านไม้ โดยใช้กระบวนการฟลูอิดเซชันที่สภาวะพอเหมาะ แบเรียมซัลเฟตในแร่จะถูกเปลี่ยนแปลงไป 72.54 % ได้แก่ดำ (Black ash) ผลิตภัณฑ์ที่ได้นี้ เมื่อนำไปละลายน้ำจะได้สารละลายที่ใช้เตรียมสารประกอบแบเรียมต่าง ๆ ต่อไป รวมทั้งเตรียมลิโทโปน ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมการทำสีอีกด้วย





กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ แมน อมรสิทธิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และ  
ศาสตราจารย์ ดร. สัมศักดิ์ ตำรงค์เลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งเป็นผู้ควบคุมการวิจัยที่  
คอยให้คำแนะนำด้วยความกรุณาตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสุรวิทย์ สิงไพศาล หัวหน้าฝ่ายสำรวจธรณีเคมี กองเศรษฐธรณีวิทยา  
กรมทรัพยากรธรณี ที่กรุณาให้ใช้อุปกรณ์เครื่องมือบางชนิดในการวิเคราะห์

ขอขอบคุณ คุณเอกนิษฐ์ สุวรรณสิงห์ ผู้อำนวยการกองเศรษฐกิจและเผยแพร่  
คุณสุธรรม แยมนิยม นักธรณีวิทยา กองเศรษฐธรณีวิทยา และคุณโกรรีระ กิตติศรีไฉ่ว จาก  
บริษัทโซบู ประเทศไทยจำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือด้านตัวอย่างแร่แบไรต์

ขอขอบคุณ คุณประเสริฐ กุมารจันทร์ หัวหน้าฝ่ายสำรวจแร่โลหะ กองเศรษฐธรณี  
วิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเอกสาร พร้อมทั้งคำแนะนำเกี่ยวกับแร่ทางธรณีวิทยา

ขอขอบคุณ ภาควิชาธรณีวิทยา ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์-  
มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ใช้เครื่องมือในการบดและร่อนตัวอย่าง

ขอขอบคุณ กองฟิลิกส์ สำนักงานพลังงานปรมาณู เพื่อสันติ ที่กรุณาวิเคราะห์ตัวอย่าง  
ด้วยเครื่อง X-ray diffraction

และขอขอบคุณ คุณธงชัย เมธนาวิณ ที่เป็นการกำลังใจอันสำคัญในการวิจัยครั้งนี้ รวม  
ทั้งช่วยเหลือในด้านการจัดทำรูปต่าง ๆ



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย . . . . .	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . .	จ
กิตติกรรมประกาศ . . . . .	ฐ
สารบัญตาราง . . . . .	ฎ
สารบัญรูป . . . . .	ฏ
บทที่	
1. บทนำ . . . . .	1
1.1 สาเหตุและที่มาของปัญหา . . . . .	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัยและขอบเขต . . . . .	3
1.3 ข้อมูลต่าง ๆ ของแบริต์ . . . . .	3
1.3.1 ชนิดและการกำเนิดของแหล่งแร่ . . . . .	4
1.3.2 แหล่งแร่แบริต์ในโลก . . . . .	6
1.3.3 การผลิตแร่แบริต์ของไทย . . . . .	8
1.3.4 สัมบัติของแร่แบริต์ . . . . .	11
2. ทฤษฎี . . . . .	16
2.1 การศึกษาคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ของแบเรียม ในแร่แบริต์ . . . . .	16
2.1.1 เทคนิคของการตกตะกอน . . . . .	17
2.1.2 การใช้เฟลมโฟโตเมตรี . . . . .	18
2.1.3 X-ray fluorescence method . . . . .	19
2.2 ฟลูอิดเซชัน . . . . .	21
2.3 ขบวนการเตรียมเถ้าดำ (สารละลายแบเรียมซัลไฟด์) (black ash process) . . . . .	32
2.4 ขบวนการเตรียมสารประกอบแบเรียมคาร์บอเนต (BaCO <sub>3</sub> ). . . . .	35

2.5	ขบวนการเตรียมสารประกอบแบเรียมคลอไรด์ ( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) . . .	38
2.6	ขบวนการเตรียมสารประกอบแบเรียมไนเตรต ( $Ba(NO_3)_2$ ) . . .	40
2.7	ขบวนการเตรียมสารประกอบแบเรียมซัลเฟต . . . . .	41
2.8	ขบวนการเตรียมลิโทโพน . . . . .	42
3.	การดำเนินการทดลอง เครื่องมือและผลการทดลอง . . . . .	44
3.1	การดำเนินการทดลอง . . . . .	44
3.2	เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง . . . . .	44
3.3	สารตัวอย่างและการเตรียมสารตัวอย่างเพื่อนำไปศึกษา . . . . .	48
3.4	การศึกษาลำดับทางกายภาพและเคมีของแร่แบไรต์ . . . . .	48
3.4.1	การหาปริมาณความชื้น . . . . .	48
3.4.2	การหาน้ำหนักที่หายไปเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง . . . . .	49
3.4.3	การหาความถ่วงจำเพาะของแร่แบไรต์ . . . . .	50
3.5	การศึกษองศ์ประกอบในแร่แบไรต์ . . . . .	51
3.5.1	การวิเคราะห์องค์ประกอบของแร่แบไรต์โดยใช้เทคนิค X-ray Fluorescence Spectrometry (XRFS) . . . . .	51
3.5.1.1	การทำคุณภาพวิเคราะห์ . . . . .	52
3.5.1.2	การทำปริมาณวิเคราะห์ . . . . .	54
3.5.2	การวิเคราะห์องค์ประกอบของแร่แบไรต์โดยใช้เทคนิค Flame Photometry และ Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) . . . . .	54
3.5.3	การวิเคราะห์หาองค์ประกอบในแร่แบไรต์ตามวิธีมาตรฐาน . . . . .	59
3.6	ศึกษาการสกัดแบเรียมออกจากแร่แบไรต์ด้วยวิธีการเผากับโซเดียม คาร์บอเนต . . . . .	60
3.6.1	ศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเผาแร่แบไรต์กับ โซเดียมคาร์บอเนต . . . . .	60
3.6.2	ศึกษาหาปริมาณโซเดียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมที่จะใช้เผา กับแร่แบไรต์ . . . . .	62



3.6.3	ศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมที่จะใช้ เมาแร่แบไรต์กับโซเดียมคาร์บอเนต . . . . .	64
3.6.4	ศึกษาขนาดเม็ดของแร่แบไรต์ที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาเมื่อเผากับโซเดียมคาร์บอเนต . . . . .	64
3.7	ศึกษาการเตรียมแบเรียมซัลไฟด์ (BaS) จากแร่แบไรต์ด้วยการเผาถ่านไม้ . . . . .	68
3.7.1	ศึกษาอุณหภูมิ เวลา และปริมาณที่เหมาะสมในการเผาแร่แบไรต์กับถ่านไม้ . . . . .	69
3.7.2	ศึกษาหาขนาดของถ่านไม้ที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาแร่แบไรต์ . . . . .	78
3.7.3	ศึกษาหาขนาดของแร่แบไรต์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาถ่านไม้ . . . . .	81
3.8	ศึกษาการเตรียมแบเรียมซัลไฟด์จากแร่แบไรต์ด้วยการเผาถ่านหิน . . . . .	84
3.9	ศึกษาการเตรียมแบเรียมซัลไฟด์จากแร่แบไรต์ด้วยการเผาถ่านโค้ก . . . . .	87
3.10	ศึกษาการเตรียมแบเรียมซัลไฟด์จากแร่แบไรต์โดยการเผาถ่านไม้ด้วยเทคนิคฟลูอิดไอเซชัน . . . . .	90
3.10.1	ศึกษาอุณหภูมิ เวลา และปริมาณถ่านที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาแร่แบไรต์กับถ่านไม้แบบฟลูอิดไอเซชัน . . . . .	90
3.10.2	ศึกษาขนาดของแร่แบไรต์ที่เหมาะสมที่ใช้เผาถ่านไม้ในเตาเผาแบบฟลูอิดไอเซชัน . . . . .	96
3.10.3	ศึกษาขนาดของถ่านไม้ที่เหมาะสมที่ใช้เผาแร่แบไรต์ในเตาเผาแบบฟลูอิดไอเซชัน . . . . .	98
3.11	ศึกษาการสกัดสารละลายแบเรียมซัลไฟด์ออกจากถ้ำดำ . . . . .	100
3.11.1	ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์ออกจากถ้ำดำ . . . . .	100

3.11.2	ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์จาก ถ้ำดำ . . . . .	102
3.11.3	ศึกษาขนาดของถ้ำดำ (black ash) ที่เหมาะสม ในการนำมาสกัดแบเรียมซัลไฟด์ได้ดีที่สุด . . . . .	104
3.12	การเตรียมสารประกอบบางชนิดของแบเรียมที่มีประโยชน์ . . . . .	106
3.12.1	วิธีการเตรียมสารประกอบแบเรียมคาร์บอเนต . . . . .	106
3.12.1.1	เตรียมสารประกอบแบเรียมคาร์บอเนต จากการทำปฏิกิริยาไฮดรอกไซด์แบเรียมคาร์บอเนต . . . . .	106
3.12.1.2	เตรียมสารประกอบแบเรียมคาร์บอเนต โดยการไฮโดรไลซิสคาร์บอเนตไดออกไซด์ . . . . .	109
3.12.2	การเตรียมสารประกอบแบเรียมคลอไรด์ . . . . .	110
3.12.2.1	สารประกอบแบเรียมคลอไรด์เตรียมได้ จากสารละลายแบเรียมซัลไฟด์กับกรด ไฮโดรคลอริก . . . . .	110
3.12.2.2	สารประกอบแบเรียมคลอไรด์เตรียมจาก แบเรียมคาร์บอเนตกับกรดไฮโดรคลอริก . . . . .	112
3.12.3	การเตรียมสารประกอบแบเรียมไนเตรต . . . . .	114
3.12.3.1	สารประกอบแบเรียมไนเตรตเตรียม จากสารละลายแบเรียมซัลไฟด์กับกรด ไนตริก . . . . .	114
3.12.3.2	สารประกอบแบเรียมไนเตรตจากแบเรียม คาร์บอเนตกับกรดไนตริก . . . . .	116
3.12.4	การเตรียมสารประกอบแบเรียมซัลเฟต . . . . .	118
3.12.4.1	สารประกอบแบเรียมซัลเฟตจากสาร ละลายแบเรียมซัลไฟด์กับกรดซัลฟูริก . . . . .	118

บทที่	หน้า
3.12.4.2	สารประกอบแบเรียมซัลเฟตเตรียมจากสาร ละลายแบเรียมซัลไฟด์กับโซเดียมซัลเฟต . . . . . 120
3.13	การตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสารประกอบแบเรียมต่าง ๆ . . . . . 122
3.13.1	วิธีการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของแบเรียมคาร์บอเนตใน สารประกอบแบเรียมคาร์บอเนต . . . . . 122
3.12.2	วิธีการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของแบเรียมคลอไรด์, แบเรียมไนเตรต . . . . . 123
3.13.3	วิธีการตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของแบเรียมซัลเฟต . . . . . 124
3.14	การเตรียมลิโทโพน . . . . . 126
3.14.1	การเตรียมสารละลายสังกะสีซัลเฟตจากแร่สังกะสี . . . . . 126
3.14.2	การผสมเพื่อเตรียมลิโทโพน . . . . . 128
3.14.3	การเผาลิโทโพน (calcination) . . . . . 128
3.15	การวิเคราะห์องค์ประกอบในลิโทโพน . . . . . 130
4.	สรุปผลการทดลอง วิจารณ์และข้อเสนอนแนะ . . . . . 131
บรรณานุกรม . . . . .	142
ภาคผนวก . . . . .	147
ก.	แสดงวิธีการคำนวณหาความถ่วงจำเพาะของสาร . . . . . 148
ข.	วิธีการหาปริมาณองค์ประกอบใน black ash ทางการค้า . . . . . 149
ค.	แสดงข้อกำหนดมาตรฐานของสารประกอบแบเรียมต่าง ๆ . . . . . 152
ง.	แสดงการเปรียบเทียบขนาดของ sieve ที่ใช้แต่ละชนิด . . . . . 157
ประวัติผู้เขียน . . . . .	158

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงปริมาณผลผลิตแร่แบไรต์ในประเทศ . . . . .	2
1.2	แสดงมูลค่าการนำเข้าของโซเดียมซัลไฟด์แต่ละปี . . . . .	2
1.3	แสดงปริมาณของธาตุแบเรียม (Ba) ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติอยู่ในแหล่งต่าง ๆ เทียบกับธาตุอื่นในหมู่ 2A โดยคิดเป็น ppm . . . . .	4
1.4	แสดงถึงปริมาณการผลิตแร่แบไรต์ของโลก . . . . .	7
2.1	แสดงถึงค่า pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนแบเรียม . . . . .	17
2.2	ผลของซิลิกาที่มีต่อปฏิกิริยาการเกิดในเตา . . . . .	33
3.1	แสดงผลการหาปริมาณความชื้นของแร่แบไรต์ . . . . .	49
3.2	แสดงผลการหาน้ำหนักที่หายไปเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง . . . . .	50
3.3	แสดงผลการหาความถ่วงจำเพาะของแร่แบไรต์ . . . . .	51
3.4	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญของแร่แบไรต์ โดยเทคนิค X-ray fluorescence spectrometry . . . . .	54
3.5	แสดงค่าต่าง ๆ ที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ โดยใช้เทคนิคทาง AAS . . . . .	56
3.6	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบย่อยในแร่แบไรต์ โดยเทคนิคของ Flame Photometry และ AAS . . . . .	58
3.7	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบย่อยในแร่แบไรต์โดยเทคนิค AAS	59
3.8	แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณขององค์ประกอบในแร่แบไรต์ โดยการใช่วิธี วิเคราะห์ของมาตรฐานการวิเคราะห์แร่ . . . . .	59
3.9	แสดงผลการสกัดแร่แบไรต์ให้ออกมาอยู่ในสารละลายที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน . . . . .	60
3.10	แสดงผลการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของโซเดียมคาร์บอเนตที่ใช้เผากับแร่แบไรต์	62
3.11	แสดงผลการหาเวลาที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเผาแร่แบไรต์กับโซเดียมคาร์บอเนต	64
3.12	แสดงผลการศึกษาขนาดเม็ดของแร่ที่เหมาะสมในการเผา . . . . .	66
3.13	แสดงคุณภาพของถ่านไม้ที่ใช้ในการวิเคราะห์ . . . . .	68

ตารางที่	หน้า
3.14	แสดงผลการทดลองที่ได้จากการเผาแร่แบไรต์กับถ่านไม้ . . . . . 70
3.15	แสดงผลการศึกษาขนาดของถ่านไม้ที่เหมาะสมในการเผาแร่แบไรต์ . . . . . 79
3.16	แสดงผลการทดลองการหาขนาดของเม็ดแร่ที่เหมาะสมในการเผาถ่านไม้ . 82
3.17	แสดงคุณภาพของถ่านหิน . . . . . 84
3.18	แสดงผลการทดลองที่ได้จากการเผาแร่แบไรต์กับถ่านหิน . . . . . 85
3.19	แสดงคุณภาพของถ่านโค้ก . . . . . 87
3.20	แสดงผลการทดลองที่ได้จากการเผาแร่แบไรต์กับถ่านโค้ก . . . . . 88
3.21	แสดงผลการทดลองที่ได้จากการเผาแร่แบไรต์กับถ่านไม้ โดยวิธีฟลูอิดไอเซชัน . 91
3.22	แสดงผลการทดลองที่ได้จากการหาขนาดของแร่ที่เหมาะสมในการเผาแบบ ฟลูอิดไอเซชัน . . . . . 97
3.23	แสดงผลการทดลองที่ได้จากการหาขนาดของถ่านไม้ที่เหมาะสมในการเผาแบบ ฟลูอิดไอเซชัน . . . . . 99
3.24	แสดงผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์จากถ้ำดำ 100
3.25	แสดงผลการทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์ . . . . . 102
3.26	แสดงผลการทดลองหาขนาดของถ้ำดำที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์ 104
3.27	แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมคาร์บอเนตจากโซเดียมคาร์บอเนต 107
3.28	แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมคาร์บอเนตจากกาซคาร์บอนไดออกไซด์ 109
3.29	แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมคลอไรด์จากแบเรียมซัลไฟด์ และกรด ไฮโดรคลอริก . . . . . 110
3.30	แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมคลอไรด์จากสารประกอบแบเรียม คาร์บอเนต . . . . . 112
3.31	แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมไนเตรตจากแบเรียมซัลไฟด์และกรด ไนตริก . . . . . 114
3.32	แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมไนเตรตจากแบเรียมคาร์บอเนตกับ กรดไนตริก . . . . . 116

ตารางที่	หน้า
3.33 แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมซัลเฟต จากสารละลายแบเรียมซัลไฟด์ กับกรดซัลฟูริก . . . . .	118
3.34 แสดงผลการเตรียมสารประกอบแบเรียมซัลเฟตจากสารละลายแบเรียมซัลไฟด์ กับโซเดียมซัลเฟต . . . . .	120
3.35 แสดงผลการวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ของสารประกอบแบเรียม . . . . .	125
3.36 แสดงผลการทดลองการเตรียมสารละลายสังกะสีซัลเฟต . . . . .	126
3.37 องค์ประกอบของแร่สังกะสีจากเหมืองผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. . . . .	127
3.38 แสดงผลการเตรียมลิโทโพน . . . . .	129
3.39 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในลิโทโพน . . . . .	130
ค-1 Specifications for Reagent-Grade Barium Carbonate . . . . .	152
ค-2 Specifications for Reagent-Grade Barium Chloride . . . . .	153
ค-3 Specifications for Reagent-Grade Barium Nitrate . . . . .	154
ค-4 Commercial Specifications for Barium Sulfate . . . . .	155
ค-5 แสดงส่วนประกอบลิโทโพน . . . . .	156

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	แผนที่แสดงที่ตั้งจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทยที่มีแหล่งแร่แบไรต์ . . . . .	10
2.1	แสดงส่วนประกอบของเครื่องเฟลมโฟโตมิเตอร์ . . . . .	18
2.2	แสดงลักษณะของเครื่อง X-ray fluorescent spectrometer . . . . .	20
2.3	แสดงลักษณะของฟลูออโรไบรต . . . . .	23
2.4	แสดงลักษณะฟลูออโรไบรตหลายชิ้นและเบตต่อเนื่อง . . . . .	24
2.5	แสดงเตาที่ใช้ในการถลุงแร่สังกะสี . . . . .	25
2.6	แสดงการถลุงแร่ไพไรต์สำหรับผลิตกาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ . . . . .	26
2.7	แสดงเตาที่ใช้ในการถลุงแร่เหล็ก . . . . .	27
2.8	แสดงการขนถ่ายสิ่งของที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด . . . . .	30
2.9	แสดงการเตรียมแบเรียมคลอไรด์ในฟลูออโรไบรต . . . . .	39
2.10	แสดงขั้นตอนการผลิตลิโทโพน . . . . .	42
3.1	แสดงลักษณะเตาเผาด้วยเทคนิคฟลูออโรไบรตที่ใช้ในการทดลอง . . . . .	46
3.2	แสดง XRF spectra ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในแร่แบไรต์ . . . . .	53
3.3	แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า Intensity กับค่าความเข้มข้นของแบเรียม . . . . .	57
3.4	แสดงผลของการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเผากับโซเดียมคาร์บอเนต . . . . .	61
3.5	แสดงผลการหาอัตราส่วนของโซเดียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมในการเผากับแร่แบไรต์ . . . . .	63
3.6	แสดงผลการหาเวลาที่เหมาะสมในการเผาโซเดียมคาร์บอเนตกับแร่แบไรต์ . . . . .	65
3.7	แสดงผลการหาขนาดของแร่ที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเผากับโซเดียมคาร์บอเนต . . . . .	67
3.8	แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง BaSO <sub>4</sub> ในแร่แบไรต์กับอุณหภูมิและอัตราส่วนที่ผสมกับถ่านไม้ โดยใช้เวลาเผา 1 ชั่วโมง . . . . .	74
3.9	แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง Ba SO <sub>4</sub> ในแร่แบไรต์กับอุณหภูมิและอัตราส่วนที่ผสมกับถ่านไม้โดยใช้เวลาเผา 1.5 ชั่วโมง . . . . .	75

รูปที่

3.10	แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง $BaSO_4$ ในแร่แบไรต์กับอุณหภูมิ และอัตราส่วนที่ผสมกับถ่านไม้โดยใช้เวลาเผา 2 ชั่วโมง . . . . .	76
3.11	แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลง $BaSO_4$ ในแร่แบไรต์กับอุณหภูมิและอัตราส่วนที่ผสมกับถ่านไม้โดยใช้เวลาเผา 2.5 ชั่วโมง . . . . .	77
3.12	แสดงผลของขนาดถ่านไม้ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาเพื่อเผากับแร่แบไรต์ . . . . .	80
3.13	แสดงผลของขนาดเม็ดแร่ที่มีต่อการเกิดปฏิกิริยาเมื่อเผากับถ่านไม้ . . . . .	83
3.14	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเผาสัดส่วนของผลัม ของแร่แบไรต์กับถ่านไม้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน . . . . .	94
3.15	แสดงผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเผาสัดส่วนของผลัม ของแร่แบไรต์กับถ่านไม้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน . . . . .	95
3.16	แสดงผลอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์ออกจากถ้ำดำ . . . . .	101
3.17	แสดงผลการทดลอง การหา เวลาที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์ออกจากถ้ำดำ . . . . .	103
3.18	แสดงผลของขนาดถ้ำดำ (black ash) ที่เหมาะสมในการสกัดแบเรียมซัลไฟด์ออกจากถ้ำดำ . . . . .	105
3.19	แสดง X-Ray Diffraction Pattern ของแบเรียมคาร์บอเนต . . . . .	108
3.20	แสดง X-Ray Diffraction Pattern ของแบเรียมคลอไรด์จากแบเรียมซัลไฟด์ . . . . .	111
3.21	แสดง X-Ray Diffraction Pattern ของแบเรียมคลอไรด์จากแบเรียมคาร์บอเนต . . . . .	113
3.22	แสดง X-Ray Diffraction Pattern ของแบเรียมไนเตรต จาก $BaS$ . . . . .	115
3.23	แสดง X-Ray Diffraction Pattern ของแบเรียมไนเตรตจาก $BaCO_3$ . . . . .	117
3.24	แสดง X-Ray Diffraction Pattern ของแบเรียมซัลเฟตจาก $BaS + H_2SO_4$ . . . . .	119
3.25	แสดง X-Ray Diffraction Pattern ของแบเรียมซัลเฟตจาก $BaS + Na_2SO_4$ . . . . .	121