สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 เยื่อแผ่นสังเคราะห์ 4

1.2 กระบวนการที่ใช้เยื่อแผ่นสังเคราะห์ 6

1.2.1 กระบวนการไดอะไลซิส 6

1.2.2 กระบวนการอิเล็กโทรไดอะไลซิส 8

1.2.3 กระบวนการออสโมซิสผันกลับ 11

1.2.4 นาโนฟิลเตรชัน 12

1.2.5 กระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน 14

1.2.6 กระบวนการไมโครฟิลเตรชัน 16

1.2.7 กระบวนการแก๊สเพอร์มิเอชัน 19

1.2.8 กระบวนการเพอร์แวปพอเรชัน 21

1.2.9 เยื่อแผ่นเหลว 25

1.3 การทำความสะอาดและการเก็บรักษาเยื่อแผ่น 26

บทสรุป 29

คำถามท้ายบท 30

บทที่ 2 เยื่อแผ่นเหลว

2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย 31

2.2 เยื่อแผ่นเหลว 33

2.2.1 เยื่อแผ่นเหลวที่ไม่พยุงด้วยตัวรองรับ 34

2.2.1.1 เยื่อแผ่นเหลวในหอสกัด 35

2.2.1.2 เยื่อแผ่นเหลวแบบปั่นกวน 35

2.2.1.3 เยื่อแผ่นเหลวในหอสกัดแบบพลัลส์ของ Boyadzhiev 36

2.2.1.4 เยื่อแผ่นเหลวแบบอิมัลชัน 37

2.2.1.5 เยื่อแผ่นเหลวเทียมโดยอาศัยสนามไฟฟ้าสถิต 39

2.2.2 เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยตัวรองรับ 41
2.2.2.1 เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยตัวรองรับแบบแผ่นแบน 41
2.2.2.2 เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยแผ่นม้วน 42
2.2.2.3 เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 43
2.3 การเตรียมสารละลายป้อน สารละลายนำกลับและเยื่อแผ่นเหลว 45
2.3.1 การเตรียมสารละลายป้อน 45
2.3.2 การเตรียมสารละลายนำกลับ 46
2.3.3 การเตรียมเยื่อแผ่นเหลว 46
2.4 ชนิดของสารสกัด 47
2.4.1 สารสกัดชนิดกรด และสารสกัดชนิดคีเลต 47
2.4.2 สารสกัดชนิดเบส 48
2.4.3 สารสกัดชนิดซอลเวต 49
2.5 ตัวทำละลายอินทรีย์ 50
บทสรุป 50
คำถามท้ายบท 51

บทที่ 3 กลไกการถ่ายเทมวล

3.1 กลไกการถ่ายเทมวล 52
3.1.1 การแพร่ซึมอย่างง่าย 52
3.1.2 การแพร่ซึมอย่างง่ายและเกิดปฏิกิริยาเคมี 54
3.1.3 การแพร่ซึมอย่างง่ายที่มีสารสกัด 54
3.1.4 การแพร่ซึมอย่างง่ายที่มีสารสกัดและปฏิกิริยาเคมี 55
3.2 การถ่ายเทมวลในเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 55
3.2.1 เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 57
3.2.2 การแพร่ซึมผ่านเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 58
3.2.3 การเตรียมและการดำเนินการของระบบเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 61

3.3 กลไกการถ่ายเทมวลในเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 62
3.4 การประยุกต์ใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงในการนำกลับ
ไอออนสารหนูและปรอท 67
3.4.1 การเลือกผ่านไอออนสารหนู 68
3.4.1.1 การสกัดไอออนสารหนูโดยใช้ Aliquat 336 69
3.4.1.2 การสกัดไอออนสารหนูโดยใช้ Cyanex 301 70
3.4.1.3 การสกัดไอออนสารหนูโดยใช้สารสกัด Cyanex 923
ที่เป็นสารสกัดชนิดกลาง 72
3.4.2 การเลือกผ่านไอออนปรอท 73
3.4.3 การเลือกผ่านไอออนสารหนูและปรอทพร้อมกัน 74
3.4.3.1 สัมประสิทธิ์การกระจายและค่าคงที่สมดุลการสกัด 78
3.4.3.2 สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน 80
3.4.3.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวล 81
บทสรุป 84
คำถามท้ายบท 86

บทที่ 4 การสกัดไอออนโลหะผ่านระบบเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง

4.1 กระบวนการสกัดไอออนซีเรียมด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 87
4.2 กระบวนการสกัดไอออนโลหะด้วยเยื่อแผ่นเหลว
ที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงระบบหอสกัดเดี่ยว 88
4.3 การสกัดแบบเสริมฤทธิ์ 90
4.4 อุปกรณ์และรูปแบบการทำงานของระบบที่ใช้ในการทดลอง 106
4.4.1 อุปกรณ์ 106
4.4.2 รูปแบบการทำงานของระบบ 109
4.5 การเตรียมสารละลายป้อน สารละลายนำกลับและเยื่อแผ่นเหลว 112
4.6 การทดลอง 112

4.7 การวิเคราะห์ 114

4.7.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ 114

4.7.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ 115

4.8 เทคนิคการวิเคราะห์ 115

4.8.1 การแยกสารเคมี 115

4.8.2 การไตเตรท 115

4.8.3 การวิเคราะห์ทางไฟฟ้า 115

4.8.4 การวิเคราะห์ผ่านระบบสเปคโตรสโคปี 115

4.8.5 เครื่องวิเคราะห์แมสสเปคโตรเมตตริ 115

4.9 เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ไอออนโลหะ 116

4.9.1 ตัวอย่างรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ICPS 117

4.9.1.1 การเตรียมสารละลายก่อนการวิเคราะห์ 119

4.9.1.2 การวิเคราะห์ 119

4.9.1.3 การบำรุงรักษาเครื่อง ICP สเปกโทรมิเตอร์ 120

4.9.2 ตัวอย่างรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ด้วย AAS 121

บทสรุป 121

คำถามท้ายบท 123

บทที่ 5 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

5.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเยื่อแผ่นเหลวที่มีตัวพยุงชนิดราบ 124

5.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 142

5.2.1 แบบจำลองการสกัด 143

5.2.2 แบบจำลองการนำกลับ 147

5.3 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าฟลักซ์
ในระบบเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 158

บทสรุป 166

คำถามท้ายบท 168

บทที่ 6 กราฟทำนายผลการสกัดไอออนโลหะ

6.1 การสร้างสมการสมดุลการถ่ายเทมวลของไอออนโลหะผ่านระบบเยื่อแผ่นเหลว ที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง 169

6.2 กราฟทำนายผลการสกัดไอออนโลหะด้วยกระบวนการสกัดด้วยเยื่อแผ่นเหลว ที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงสำหรับระบบ 1 มอดูล 172

6.2.1 การสร้างเส้นสมดุล 172

6.2.2 การสร้างเส้นปฏิบัติการ 174

6.2.3 การกำหนดพิกัด 175

6.2.4 การลากเส้นกราฟ 176

6.3 กราฟทำนายผลการสกัดไอออนโลหะด้วยกระบวนการสกัดด้วยเยื่อแผ่นเหลว ที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงสำหรับระบบ 2 มอดูล 179

6.3.1 การกำหนดพิกัด 180

6.3.2 การลากเส้นกราฟ 181

6.4 กราฟทำนายผลการสกัดไอออนโลหะแบบกะด้วยกระบวนการสกัด ด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงสำหรับระบบ " n " หอ 185

6.5 การสกัดด้วยระบบกะผ่านกระบวนการเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง โดยการทำงานแบบเสริมฤทธิ์ 186

6.5.1 การสกัดแบบเสริมฤทธิ์ชนิดที่มีสารสกัดมากกว่า 1 ชนิดผสมกัน 186

6.5.2 การสกัดแบบเสริมฤทธิ์ชนิดที่มีสารสกัดมากกว่า 1 ชนิดแยกกัน 187

6.5.3 การกำหนดพิกัดสำหรับการสกัดด้วยระบบเสริมฤทธิ์ด้วยสารสกัด 2 ชนิด และใช้ 2 หอสกัด 187

6.6 การคำนวณโดยอาศัย MATLAB สำหรับการสกัดไอออนโลหะ 193

6.7 การสร้างกราฟสำหรับการสกัดแบบเสริมฤทธิ์ 201

6.8 การคำนวณโดยอาศัย MATLAB สำหรับการสกัดไอออนโลหะแบบเสริมฤทธิ์ 205

บทสรุป 211

คำถามท้าย 213

เอกสารอ้างอิง 214
ภาคผนวก ก 260
ภาคผนวก ข 312
ภาคผนวก ค 351
อภิธานศัพท์ 360
รายการสัญลักษณ์ 366
ประมวลคำย่อ 373
ดรรชนี 375
ประวัติผู้แต่ง 379