

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการสกัดไอออนปรอทโดยใช้กระบวนการเยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยกลวงโดยมีรูปแบบการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับเป็นแบบสวนทางกันและไหลผ่านมอดูลของเส้นใยกลวงครั้งเดียว สารละลายป้อนที่ใช้คือ น้ำทิ้งที่ได้จากหลุมเจาะก๊าซธรรมชาติศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ชนิดของสารสกัด ค่าการคัดเลือกของสารสกัดแต่ละชนิด ความเป็นกรด-เบสในสารละลายป้อน ความเข้มข้นของสารสกัด TOA ในสารละลายเยื่อแผ่นเหลว ความเข้มข้นของสารละลายนำกลับโซเดียมไฮดรอกไซด์ อัตราการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับ อายุการใช้งานของเยื่อแผ่นเหลว และจำนวนหอสกัด สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.5.1 เมื่อทำการเปลี่ยนชนิดของสารสกัดโดยใช้สารสกัด TOA, D2EHPA, Cyanex 923, Lix 84-I, Cyanex 272, TBP, Lix 860, Aliquat 336 ที่ละลายในตัวทำละลายเคโรซีน (Kerosene Jet A-1) และ TOA ที่ละลายในตัวทำละลายทอลูอิน (Toluene) ที่ความเข้มข้น 5 % โดยปริมาตร สารสกัด TOA ที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายทอลูอิน นั้นมีค่าการสกัดและค่าการคัดเลือกที่ดีที่สุด

5.1.2 เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-เบสในสารละลายป้อนในช่วง pH 1 ถึง 7 โดยให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ พบว่า ค่าความเป็นกรด-เบสในสารละลายป้อนที่ให้ค่าร้อยละการสกัดและค่าร้อยละการนำกลับไอออนปรอทสูงสุด คือ $\text{pH} = 2.5$

5.1.3 ผลของความเข้มข้นของสารสกัด TOA ในสารละลายเยื่อแผ่นเหลวในช่วง 0.5 ถึง 6 % โดยปริมาตร ต่อการสกัดและการนำกลับไอออนปรอทเมื่อปัจจัยอื่นๆ คงที่ พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารสกัด TOA เพิ่มขึ้นส่งผลให้การสกัดและการนำกลับไอออนปรอทเพิ่มสูงขึ้น ค่าความเข้มข้นของสารสกัด TOA ที่เหมาะสม คือ 2 % โดยปริมาตร ซึ่งแม้จะใช้ความเข้มข้นสูงกว่านี้ก็ไม่ทำให้ค่าร้อยละการสกัดและค่าร้อยละการนำกลับเพิ่มขึ้น

5.1.4 ผลของความเข้มข้นของสารละลายนำกลับโซเดียมไฮดรอกไซด์ในช่วงความเข้มข้น 0.2 ถึง 1.4 โมลต่อลิตร ต่อการสกัดและการนำกลับไอออนปรอทเมื่อปัจจัยอื่นๆ คงที่ พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะส่งผลให้การสกัดและการนำกลับไอออนปรอทเพิ่มสูงขึ้นและจะคงที่เมื่อความเข้มข้นสูงกว่า 0.5 โมลต่อลิตร ดังนั้นความเข้มข้นของสารละลายนำกลับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม คือ 0.5 โมลต่อลิตร

5.1.5 ผลของอัตราการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับที่ผ่านมอดูลของเส้นใยกลวงในช่วง 50 ถึง 400 มิลลิลิตรต่อนาที โดยให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับจาก 50-100 มิลลิลิตรต่อนาที การสกัดและการนำกลับไอออนปรอทคงที่ แต่จะลดลงเมื่ออัตราการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับมากกว่า 100 มิลลิลิตรต่อนาที ดังนั้นอัตราการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับที่เหมาะสม คือ 100 มิลลิลิตรต่อนาที

5.1.6 ภาวะในการดำเนินการทดลองที่เหมาะสมเมื่อสารละลายป้อนมีไอออนปรอทเจือปน คือ ค่าความเป็นกรด-เบสในสารละลายป้อนมีค่า $\text{pH} = 2.5$ โดยมอดูลของเส้นใยกลวงบรรจุด้วยสารสกัด TOA ความเข้มข้น 2 % โดยปริมาตร และความเข้มข้นของสารละลายนำกลับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลต่อลิตร อัตราการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับมีค่าเท่ากันที่ 100 มิลลิลิตรต่อนาที ทำการทดลองหาอายุการทำงานของเยื่อแผ่นเหลวที่ให้ประสิทธิภาพของการสกัดแยกไอออนโลหะปรอทที่ดีที่สุด พบว่า ระยะเวลาที่เหมาะสม คือ ไม่เกิน 120 นาที และเมื่อทำการทดลองเพิ่มจำนวนหอสกัดที่ 4 หอสกัดพบว่าประสิทธิภาพของการสกัดและการนำกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ค่าร้อยละการสกัดและร้อยละการนำกลับไอออนปรอทเท่ากับ 97.8 และ 59.2 ตามลำดับ

5.1.7 จากการศึกษาแบบจำลองการถ่ายเทมวลของการสกัดไอออนปรอทเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของสารสกัด TOA ในสารละลายเยื่อแผ่นเหลวในมอดูลของเส้นใยกลวงในช่วง 0.5-2 % โดยปริมาตร และศึกษาผลของความเข้มข้นของสารสกัด TOA ต่อการสกัดไอออนปรอทที่เวลาต่างๆ โดยกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ อยู่ในภาวะการดำเนินการทดลองที่เหมาะสมและมีค่าคงที่ สารละลายป้อนมีค่า $\text{pH} = 2.5$ ความเข้มข้นของสารละลายนำกลับโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลต่อลิตร อัตราการไหลของสารละลายป้อนและสารละลายนำกลับมีค่าเท่ากันที่ 100 มิลลิลิตรต่อนาที รูปแบบการไหลเป็นแบบสวนทางกันและไหลผ่านมอดูลของเส้นใยกลวงครั้งเดียว พบว่า

- ค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยาการสกัดไอออนปรอท (K_{ex}) มีค่าเท่ากับ 3.383×10^1 (ลิตรต่อโมล)⁴

- ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายของไอออนปรอท (D) ในปฏิกิริยาการสกัดไอออนปรอท เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของสารสกัด TOA ในสารละลายเยื่อแผ่นเหลวในมอดูลของเส้นใยกลวงเป็น 0.5, 1, 1.5 และ 2 % โดยปริมาตร มีค่าเท่ากับ 3.61×10^{-3} , 7.22×10^{-3} , 1.08×10^{-2} และ 1.44×10^{-2} ตามลำดับ

- ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของไอออนปรอท (P) เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของสารสกัด TOA ในสารละลายเยื่อแผ่นเหลวในมอดูลของเส้นใยกลวงเป็น 0.5, 1, 1.5 และ 2 % โดยปริมาตร มีค่าเท่ากับ 7.096×10^{-3} , 9.176×10^{-3} , 9.983×10^{-3} และ 1.126×10^{-2} เซนติเมตรต่อวินาที ตามลำดับ

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของสารละลายป้อนที่มีไอออนปรอท (k_p) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของเยื่อแผ่นเหลว (k_m) มีค่าเท่ากับ 0.011 และ 1.028 เซนติเมตรต่อวินาที ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของเยื่อแผ่นเหลวมีค่าสูงกว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของสารละลายป้อน ดังนั้นกล่าวได้ว่าขั้นตอนควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา คือ การถ่ายเทมวลของชั้นฟิล์มระหว่างสารละลายป้อนและเยื่อแผ่นเหลว

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เมื่อมีการใช้ระบบนี้อย่างต่อเนื่องอาจทำให้สารสกัดที่ละลายอยู่ในสารละลายเยื่อแผ่นเหลวบางส่วนหลุดออกจากรูพรุนจุลภาคของสารละลายเยื่อแผ่นเหลวของเส้นใยกลวง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดและการนำกลับไอออนปรอทลดลง จึงควรเติมสารสกัดเป็นระยะๆ เพื่อให้แน่ใจว่ามีสารสกัดอยู่ในรูพรุนจุลภาคของเยื่อแผ่นเหลวเพียงพอต่อการสกัดและการนำกลับไอออนปรอท

5.2.2 เครื่อง ICP Atomic Emission Spectrometer ที่ใช้วิเคราะห์ความเข้มข้นของไอออนปรอทมีประสิทธิภาพในการวัดที่จำกัด คือ ไม่สามารถวัดความเข้มข้นของไอออนปรอทที่ต่ำกว่า 20 ppb ได้ ดังนั้นในการวัดความเข้มข้นของไอออนปรอทที่ต่ำกว่า 30 ppb ควรเลือกใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่ให้ค่าความละเอียดมากกว่านี้ เนื่องจากกฎหมายกำหนดให้การปล่อยน้ำเสียอุตสาหกรรมต้องมีไอออนปรอทปนเปื้อนไม่เกิน 10 ppb

5.2.3 ในการวิเคราะห์นั้นเนื่องจากสารละลายมีปริมาณของโซเดียมอยู่สูงจึงต้องมีการเจือจางก่อนนำเข้าเครื่อง ICP เพื่อไม่ให้ส่งผลเสียต่อเครื่องวิเคราะห์ แต่ก็ไม่สามารถเจือจางได้มากนัก เพราะสารละลายมีปริมาณของไอออนยูเรเนียมน้อยถ้ายิ่งเจือจางมากจะทำให้ผลวิเคราะห์ที่ได้นั้นคลาดเคลื่อน ซึ่งถ้ามีวิธีการที่จะแยกไอออนของโซเดียมออกก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ก็จะไม่ส่งผลเสียต่อเครื่องวิเคราะห์

5.2.4 จากผลการทดลองในงานวิจัยนี้ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการเพิ่มขนาดของกระบวนการสกัดและการนำกลับไอออนปรอท เพื่อที่จะนำมาใช้กับสารละลายป้อนที่มีปริมาณมากๆ และประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม