หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาหาองค์ประกอบของแร่ยูเรเนียม ซึ่งเป็นแร่ที่มีธาตุยูเรเนียมอยู่ และเป็นแร่ที่ละลายได้ในกรดค่อนข้างยาก ทั้งนี้เพราะพบว่าในแร่นี้มีซิลิกาถึง 50.9 ± 1.17% ดังแสดงในตารางที่ 4.1 แต่ถ้าหาปริมาณของสารที่ไม่ละลายในกรดด้วยแล้วจะพบว่ามีถึง 63.07 ± 0.95% ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งนับว่าแร่ยูเรเนียมมีสารที่ไม่ค่อยละลายในกรดมาก หรือมีสารพวกวัตถุทนไฟมาก ดังนั้นในการที่จะแยกเอายูเรเนียมออกมาจึงทำได้ยากขึ้น แต่ถ้าจะทำให้ยูเรเนียมละลายออกมาได้มากขึ้น จำเป็นจะต้องบดแร่ให้ละเอียดมาก ๆ ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงขึ้น จากการศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการละลายแร่นี้ โดยใช้แร่ที่บดไม่ละเอียดนัก (ขนาด 100 เมส) มาต้มกับกรดซัลฟุริคเข้มข้นปริมาณต่าง ๆ กัน โดยใช้เวลาในการต้ม 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ดังการทดลองที่3.6.1ผลของการทดลองอยู่ในตารางที่4.13 ซึ่งจะพบว่าถ้าจะละลายแร่นี้ให้ได้ดีที่สุด ควรใช้กรดซัลฟุริค 18 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อแร่ 10 กรัม หรือใช้กรดหนัก 316.8 กรัมต่อแร่ 100 กรัม ซึ่งจะละลายแร่ออกมาได้ 42.28% และยังพบว่าถ้าใส่ออกซิแดนท์ คือ แมงกานีสไดออกไซด์ลงไปด้วย 0.5 กรัมต่อแร่ 10 กรัม จะทำให้การละลายของแร่ดีขึ้นเป็น 58.38% ดังแสดงอยู่ในการทดลองที่ 3.6.2 นอกจากนี้ยังได้ศึกษาหาเวลาที่เหมาะสมในการต้มแร่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งที่มีและไม่มีออกซิแดนท์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.14 และพบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดควรเป็น 8 ชั่วโมง เพราะถ้าต้มนานกว่านี้การละลายจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแต่ต้องเสียพลังงานมาก อาจจะไม่คุ้มค่าก็ได้ ส่วนการศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการต้มแร่ว่าควรจะเป็นเท่าไร ดังการทดลองที่3.6.5 ซึ่งใช้แร่ 10 กรัม ใส่แมงกานีสไดออกไซด์ 0.5 กรัม ต้มกับกรดซัลฟุริคเข้มข้น 18 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน จากผลการทดลองดังแสดงใน

ตารางที่ 4.15 รูปที่ 4.14 จะพบว่าถ้าต้มที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส แร่จะละลายได้น้อยกว่าต้มที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียสเพียง 8% แต่ถ้าต้มที่อุณหภูมิประมาณ 100 – 120 องศาเซลเซียส การละลายของแร่จะเพิ่มขึ้นเพียง 2% เท่านั้น ดังนั้นในการต้มแร่กับกรดเพื่อจะละลายเอายูเรเนียมออกมาให้มากที่สุด ควรต้องทำในสภาวะดังนี้คือ ใช้ปริมาณของกรดต่อแร่เป็น 316.8 กรัม ต่อ 100 กรัม โดยมีออกซิแดนท์ คือ แมงกานีสไดออกไซด์ผสมอยู่ด้วยประมาณ 5% แล้วต้มที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

จากการศึกษาหาองค์ประกอบที่เป็นธาตุอื่น ๆ (นอกจากซิลิกา) โดยใช้เทคนิคทางอะตอมมิกแอปซอร์ปชัน พบว่า แร่ยูเรเนียมนี้มี Al, Na, K, Mg, Mn, Fe, Si, Cu, Ni, Pb, Zn, Ca ธาตุที่มีเปอร์เซนต์สูงได้แก่ Si, Al, K, Fe และ Cu นอกนั้นเป็นพวกที่มีน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแร่ยูเรเนียมนี้เป็นสารประกอบพวกอะลูมิโนซิลิเกต

ในการหาปริมาณของยูเรเนียมนั้น จำเป็นจะต้องใช้วิธีทางสเปคโตรโฟโตเมตรี เนื่องจากวิธีทางอะตอมมิกแอปซอร์ปชันไม่ดีพอ วิธีหาปริมาณของยูเรเนียมในแร่นี้ครั้งแรกได้ทดลองใช้วิธีทำให้ยูเรเนียมเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนด้วยสารไดเบนโซอิล-มีเทน ดังการทดลองที่ 3.4.1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุด แต่จากการทดลองพบว่าวิธีนี้ได้ผลไม่ดีในหลาย ๆ อย่าง เป็นต้นว่า Absorption spectra เปลี่ยนแปลงเสมอ และค่า Absorbance ที่วัดได้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของไดเบนโซอิลมีเทนด้วย ทำให้ควบคุมยาก ดังตารางที่ 4.6 และรูปที่ 4.7 อย่างไรก็ตาม ยังได้ทดลองทำการสกัดยูเรเนียม จากสารละลายมาตรฐานด้วย TOPO ในไซโครเฮกเซน แล้วนำไปทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนด้วยไดเบนโซอิลมีเทน ผลการทดลองอยู่ในตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าผลจากการทดลองออกมาไม่ใคร่ดีจึงได้ศึกษาหาวิธีใหม่

การศึกษาวิธีหาปริมาณของยูเรเนียมโดยใช้วิธีทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอาร์เซนาโซ III โดยใช้สารละลายมาตรฐานยูเรเนียมทำการศึกษาเพื่อหา

สภาวะที่เหมาะสมตามการทดลองที่ 3.4.2.2 ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.9 ตารางที่ 4.9 ซึ่งจะเห็นว่าสารประกอบเชิงซ้อนของยูเรเนียมกับสารอาร์เซนาโซ III เป็นสารละลายสีม่วง ให้ Absorption spectra ที่ λ_{max} 653 นาโนเมตร โดยที่ pH อยู่ในช่วง 1 – 3.65 สารประกอบเชิงซ้อนนี้จะเสถียรมาก แม้ทิ้งไว้ 60 นาที ก็ยังวัดค่า Absorbance ได้คงที่ จากการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของยูเรเนียมกับค่า Absorbance ปรากฏว่าได้เป็นเส้นตรง แสดงว่าเป็นไปตามกฎของ Beer จากนั้นจึงได้ทำการศึกษาหาวิธีสกัด แยกเอายูเรเนียมออกมาให้บริสุทธิ์ เพื่อจะนำไปหาปริมาณอีกครั้งหนึ่ง ในขั้นแรกได้ใช้สารละลายมาตรฐานยูเรเนียมแล้วทำการสกัดด้วย TOPO ในไซลีน ดังการทดลองที่3.4.2.4และเมื่อนำไปทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอาร์เซนาโซ III แล้ววัดค่า Absorbance เพื่อหาเปอร์เซนต์การสกัด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11 ซึ่งจะเห็นว่า TOPO ในไซลีนสามารถสกัดยูเรเนียมออกมาได้สูงสุด 86.67% หรือประมาณ 85 – 87% โดยใช้อัตราส่วนโดยปริมาตรของสารละลายต่อปริมาตรของตัวสกัดเป็น 1 : 1 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ของค่า Absorbance หลังการสกัดกับความเข้มข้นของยูเรเนียมก็ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.11

เมื่อได้วิธีหาปริมาณยูเรเนียมที่เหมาะสมแล้ว จึงได้นำมาใช้เป็นวิธีหาปริมาณยูเรเนียมในแร่จากสารละลายที่ได้จากการละลายแร่ทั้งหมด ดังแสดงในการทดลองที่ 3.5 ผลของการทดลองแสดงอยู่ในตารางที่ 4.12 ซึ่งพบว่า แร่ยูเรเนียมนี้มีธาตุยูเรเนียมอยู่ 0.0144 ± 0.0012% ซึ่งนับว่าน้อย แต่สามารถหาทางทำให้เข้มข้นขึ้นได้ โดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายบางชนิด

การศึกษาหาวิธีสกัดยูเรเนียม ออกจากสารละลาย ได้ทำการทดลองโดยใช้วิธีสกัดด้วย TOPO ในไซลีน โดยใช้อัตราส่วน O:a เป็น 1 : 1 ดังรายละเอียดในการทดลองที่ 3.4.2.4 ซึ่งใช้สารตัวอย่างเป็นสารละลายมาตรฐานยูเรเนียม ผลของการทดลองแสดงในตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.11 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถ

ของ TOPO ว่าสามารถสกัด เอายูเรเนียมออกมาได้อย่างมากที่สุด 86.67% หรืออยู่ในช่วง 85 – 87% และใช้เป็นวิธีหาปริมาณของยูเรเนียมจากแร่ และจากสารละลายในกรดของแร่ด้วย ดังผลของการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11 – 4.16

เนื่องจาก TOPO นั้นราคาค่อนข้างแพง ถ้านำมาใช้ในการสกัด จากแร่จำนวนมากคงจะสิ้นเปลืองและแพง เพื่อที่จะหาตัวสกัด ที่มีราคาถูกกว่า คงจะได้แก่ TBP ซึ่งใช้กันโดยทั่วไป ขั้นแรกใช้ TBP ใน IMK ซึ่งมีอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็น 1:4 แล้วใช้สกัดยูเรเนียม จากสารละลายมาตรฐานก่อน และใช้อัตราส่วนของ O:a เป็น 1:1 % ของการสกัดได้ จะอยู่ในช่วง 60 – 70% แต่ค่าสูงสุดที่ทำการทดลองได้มีค่า % การสกัด ได้ถึง 75% ผลของการทดลองแสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.15 เนื่องจาก TBP ละลายได้ในน้ำมันก๊าด จึงได้ลองใช้วิธีสกัดด้วย TBP ซึ่งมีความเข้มข้น 93% ในน้ำมันก๊าด สาเหตุที่ใช้ TBP ที่มีความเข้มข้น 93% นั้น เนื่องจากพบว่าที่ความเข้มข้นอันนี้ TBP สามารถสกัดยูเรเนียมได้ดีที่สุดแต่สกัดในสารละลายกรดไนตริก(17) ดังนั้นขั้นแรกจึงได้ลองสกัด ในสารละลายยูเรเนียมมาตรฐานที่เป็นกลางคือในน้ำก่อน เพื่อดูความสามารถในการสกัดของ TBP เมื่อสกัดออกมาอยู่ในชั้นของ TBP แล้ว จะต้องสกัดกลับให้ไปอยู่ในชั้นของน้ำ โดยเขย่ากับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต จากนั้นจึงจะนำไปหาปริมาณของยูเรเนียมโดยทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารอาร์เซนาโซ III ผลของการทดลองอยู่ในตารางที่ 4.18 รูปที่ 4.16 ซึ่งพบว่า TBP ข้น 93% ในน้ำมันก๊าดสามารถสกัดยูเรเนียมได้ อยู่ในช่วง 60 – 70% เพื่อที่จะศึกษาว่าถ้าจะสกัดยูเรเนียมจากแร่ที่ต้มกับกรดซัลฟุริคแล้วจะเห็นว่าสารละลายมีกรดซัลฟุริคอยู่ ดังนั้นจึงสมควรที่จะได้ศึกษาดูว่ากรดซัลฟุริคมีบทบาทต่อการสกัดยูเรเนียมหรือไม่ จึงได้ทดลองใช้ TBP ในน้ำมันก๊าดที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ไปสกัดสารละลายยูเรเนียมข้น 200 ppm. หรือ 0.02% ในกรดซัลฟุริคที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันด้วย ดังรายละเอียดการทดลองที่ 5.9.2 ผลของการทดลองแสดงในตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่า % การสกัดได้ต่ำกว่าในน้ำมาก คือสกัดได้น้อยกว่า 30% แม้จะใช้ TBP ข้นถึง 80% ก็ตาม นับเป็น

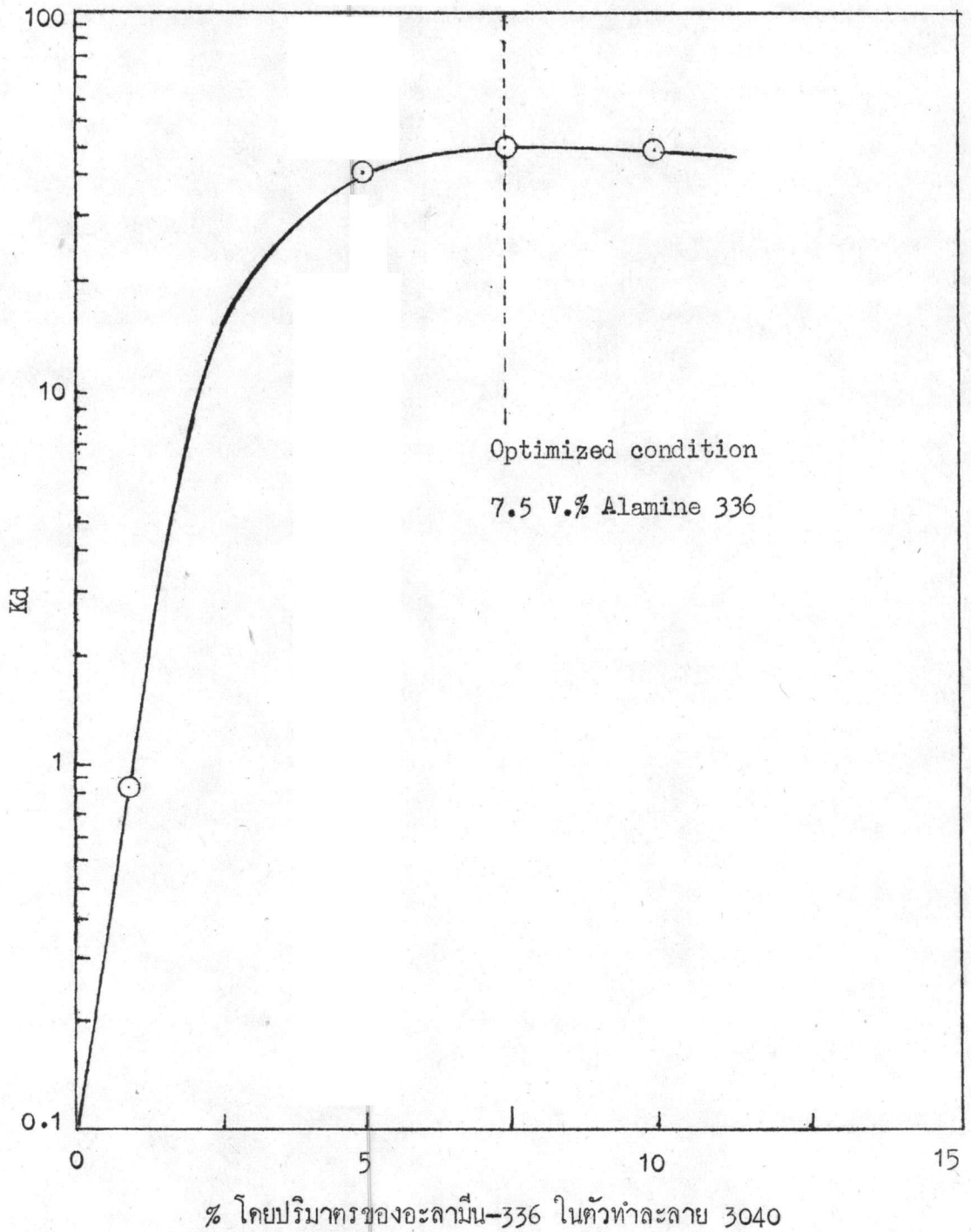
การแสดงให้เห็นว่ากรดซัลฟุริคมีบทบาทที่สำคัญที่ทำให้ TBP สกัดยูเรเนียมได้ % ต่ำ ซึ่งแสดงว่า TBP ไม่เหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวสกัดยูเรเนียม ออกจากแร่ที่ต้มด้วยกรดซัลฟุริค

ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองสกัดยูเรเนียมใหม่ ด้วยสารพวกอะมีน คืออะลามีน 336 ในตัวทำละลาย 3040 (19) โดยใช้อะลามีนข้น 7.5% โดยปริมาตร ซึ่งสกัดยูเรเนียมได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 4.20 แล้วได้ทำการศึกษาหาอัตราส่วนโดยปริมาตรของอะลามีนกับน้ำที่มีผลต่อการสกัด ปรากฏว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดเป็น 1 : 2.5 หรือเท่ากับ 0.4 จากการทดลองใช้สารละลายมาตรฐานยูเรเนียมศึกษาพบว่าเปอร์เซนต์การสกัดยูเรเนียมได้สูงกว่า 93% ดังตารางที่ 4.21 และหาค่า Kd ได้สูงสุด 42.5 ดังกราฟรูปที่ 4.19 เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการสกัดยูเรเนียม เพื่อหาปริมาณในสารละลายจากการต้มกับกรด ปรากฏว่าหาได้ 0.0135 ± 0.0003 กรัมต่อแร่ 100 กรัม ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซนต์การสกัดจะได้ 93 – 96% ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่าการสกัดยูเรเนียมจากแร่ยูเรเนียมควรจะใช้สารพวกอะมีน ซึ่งได้ผลดีกว่า

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ทำในห้องทดลอง ได้ปริมาณของยูเรเนียมเป็นไมโครกรัม เมื่อทำการสกัดด้วยปริมาณของตัวสกัดจำนวนน้อย (ลูกบาศก์เซนติเมตร) ผลปรากฏออกมาเป็นที่น่าพอใจและคิดว่าเป็นไปได้ แต่น่าจะได้ลองทำการทดลองจริง ๆ ใหม่ โดยใช้ปริมาณของแร่ตัวอย่างมากขึ้นเป็นกิโลกรัม ปริมาตรของตัวสกัดที่ใช้ควรเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร หรือถ้าสามารถหาแร่ที่มีเปอร์เซนต์ของยูเรเนียมสูงกว่านี้สัก 3 – 4 เท่า ก็จะดียิ่งขึ้น ซึ่งจะทำให้เห็นว่าความเป็นไปได้ในการทำในสเกลใหญ่จะมีปัญหาหรือไม่ เพราะยังขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องมือต่าง ๆ ที่จะใช้อีกด้วย

สำหรับการทดลองที่เกี่ยวกับอะลามีนนั้น ควรจะได้ทำการทดลองให้ละเอียดกว่านี้ เช่น การหาค่า Kd ต่าง ๆ กัน ตัวทำละลายอะลามีนจำเป็นหรือไม่ที่ต้องใช้ตัวทำละลาย 3040 สิ่งเหล่านี้น่าจะได้ทำการทดลองด้วย เพื่อหาสภาวะที่เหมาะและสิ้นเปลืองน้อยที่สุดก่อนที่จะถึงขนาดตั้งโรงงานสกัดกันจริง ๆ.



รูปที่ 4.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kd กับเปอร์เซนต์โดยปริมาตรของอะลามีน-336 ในตัวทำละลาย 3040