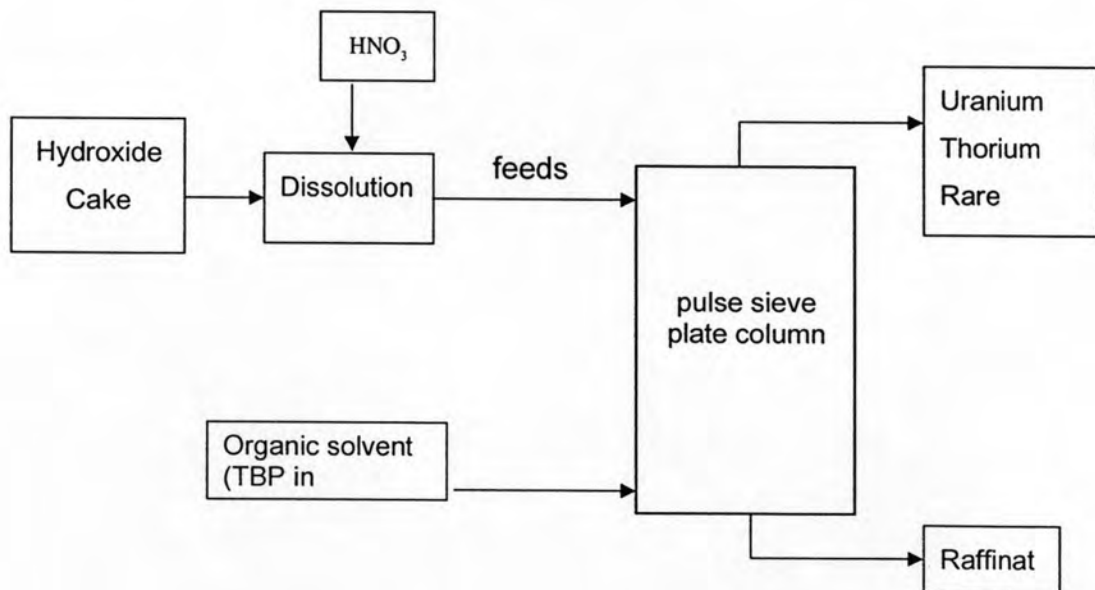




## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้จากการศึกษาปัจจัย ที่มีอิทธิพลต่อการสกัดยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก ในสารประกอบไฮดรอกไซด์ของแร่โมนาไซต์ โดยใช้หอสกัดแบบงานมีรูยัด คัดคงที่และป้อนสารเข้าเป็นช่วงๆ ได้แก่ ค่าจังหวะของการเขย่า (pulse setting number) ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ คือ สารละลาย TBP ในน้ำมันก๊าด (tributyl-phosphate in kerosene) และเวลาในการสกัด โดยงานวิจัยนี้ศึกษาถึงการสกัดแยกยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก จากแร่โมนาไซต์ที่เตรียมให้อยู่ในรูปสารละลายยูเรนิลไนเตรต ซึ่งมีขั้นตอนการสกัดแยกยูเรเนียม ทอเรียมและธาตุหายาก ดังรูปที่ 4.1

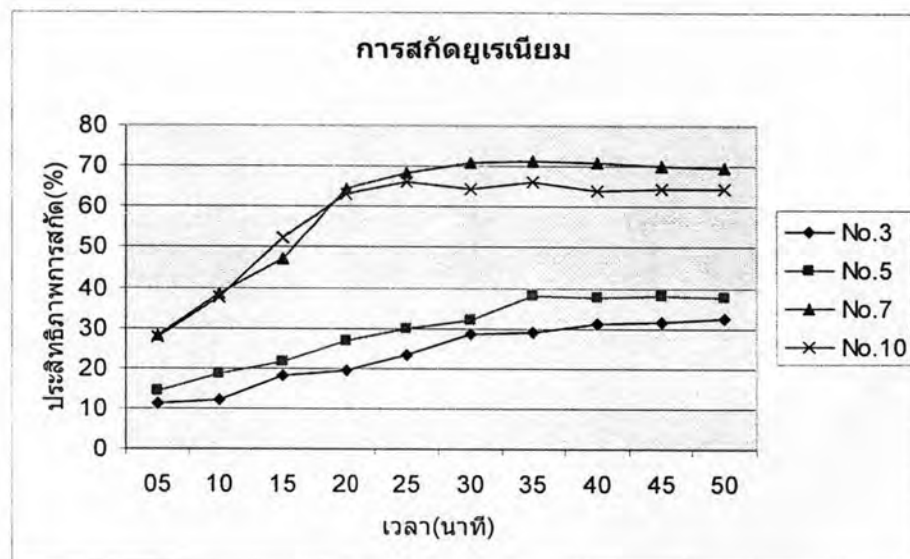


รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการสกัดแยกยูเรเนียม ทอเรียมและธาตุหายาก

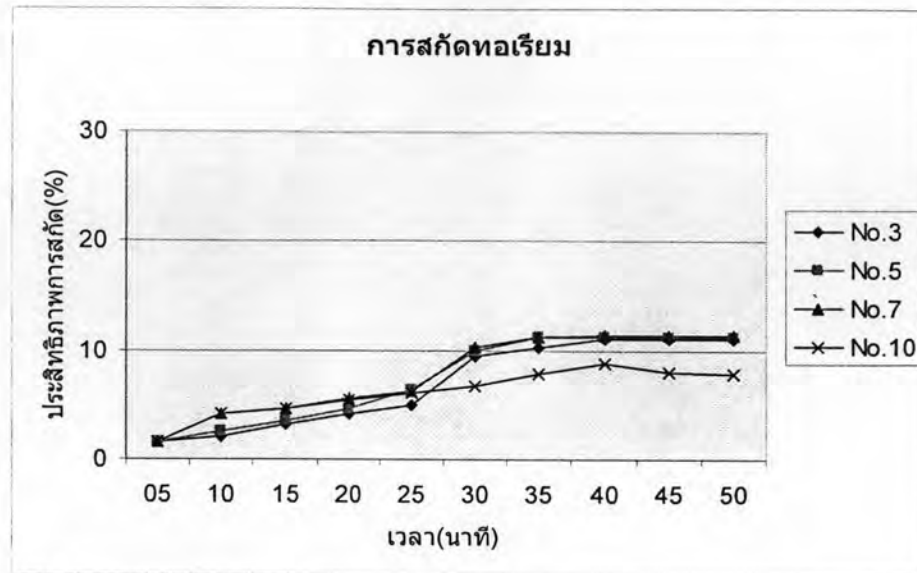
4.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของจังหวะการเขย่าที่มีผลต่อการสกัดยูเรเนียม และทอเรียม โดยให้ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ เท่ากับร้อยละ 5 โดยปริมาตร ความเข้มข้นของกรดไนตริกในสายป้อนเข้า เท่ากับ 3 โมลาร์ และอัตราการไหลเข้าของสายป้อนเข้าต่ออัตราการไหลของสารละลายอินทรีย์ เท่ากับ 1:1

การทดลองนี้ทำการศึกษาเพื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของการปรับตั้งค่าจังหวะของการเขย่า (pulse setting number) ที่มีผลต่อการสกัด โดยศึกษาค่าจังหวะของการเขย่า จำนวน 4 ค่า คือ 3, 5, 7 และ 10 โดยศึกษาค่าจังหวะของการเขย่าที่เหมาะสม ซึ่งพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพของการสกัด และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก ในสารละลายอินทรีย์

ผลการทดลองที่ได้สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของจังหวะของการเขย่าที่มีผลต่อการสกัด ยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การสกัดยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก ออกจากสารประกอบโลหะในสารละลายป้อนที่เวลาการสกัด 40 นาที



รูปที่ 4.2 แสดงผลการสกัดยูเรเนียมที่ค่า pulse setting number เป็น 3, 5, 7 และ 10 ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 5% โดยปริมาตร



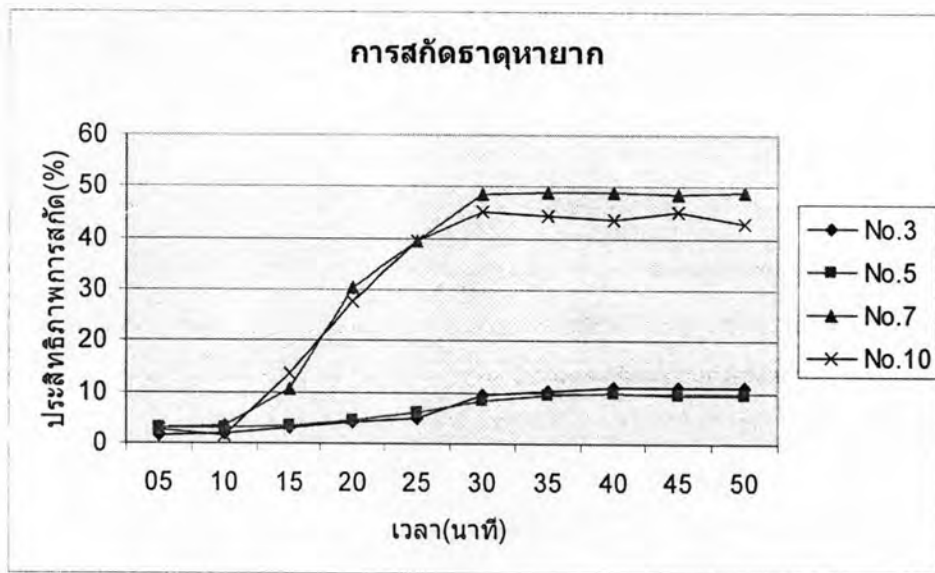
รูปที่ 4.3 แสดงผลการสกัดทอเรียบที่ค่า pulse setting number เป็น 3, 5, 7 และ 10 ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 5% โดยปริมาตร

ความสามารถในการสกัดยูเรเนียมและทอเรียบจะเพิ่มขึ้นเมื่อปรับเพิ่มค่าจังหวะของการเขย่า (pulse setting number) การปรับเพิ่มจังหวะของการเขย่า จะมีผลทำให้สารละลายป้อนและสารละลายอินทรีย์เกิดการปะทะกันได้อย่างทั่วถึง โดยให้ผลการศึกษาดังนี้ ที่ค่าจังหวะของการเขย่าหมายเลข 3 เปอร์เซนต์การสกัดยูเรเนียมเท่ากับ 31.33% และเปอร์เซนต์การสกัดทอเรียบเท่ากับ 11.12 ที่หมายเลข 5 เปอร์เซนต์การสกัดยูเรเนียมเท่ากับ 37.66% และเปอร์เซนต์การสกัดทอเรียบเท่ากับ 11.2 ที่หมายเลข 7 เปอร์เซนต์การสกัดยูเรเนียมเท่ากับ 70.8% และเปอร์เซนต์การสกัดทอเรียบเท่ากับ 11.46% และที่หมายเลข 10 เปอร์เซนต์การสกัดยูเรเนียมเท่ากับ 68.47% และเปอร์เซนต์การสกัดทอเรียบเท่ากับ 8.75% แสดงดังรูปที่ 4.2 – 4.3

ความสัมพันธ์ของจังหวะการเขย่า(pulse setting number) กับเปอร์เซนต์การสกัด คือเมื่อปรับค่าของจังหวะการเขย่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ความถี่ในการเขย่าเพิ่มขึ้น ทำให้สารละลายป้อนและสารละลายอินทรีย์เคลื่อนที่ผ่านแผ่นเพลตเจาะรูเร็วขึ้น สารละลายทั้งสองวัฏภาคจึงแตกตัวออกมีลักษณะเป็นทรงกลมขนาดเล็กๆ และเกิดการปะทะกัน ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลสารระหว่างสารละลายทั้งสองวัฏภาคขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซนต์การสกัดเพิ่มมากขึ้น

ความสัมพันธ์ของจังหวะการเขย่า (pulse setting number) กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของหยดทรงกลมของสารละลายผ่านแผ่นกั้นที่มีรู ทำให้เกิดการแตกตัวออกเป็นหยดทรงกลมเล็กๆ จำนวนมาก มีผลทำให้พื้นที่ผิวสำหรับการแลกเปลี่ยนมวลสารเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการสกัดและสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของยูเรเนียมและทอเรียมจะเพิ่มขึ้นตามทฤษฎีของการสกัด แสดงดังสมการ (2.14)

$$N_A = Ak(-\Delta\theta)$$



รูปที่ 4.4 แสดงผลการสกัดธาตุหายากที่ค่า pulse setting number เป็น 3, 5, 7 และ 10 ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 5% โดยปริมาตร

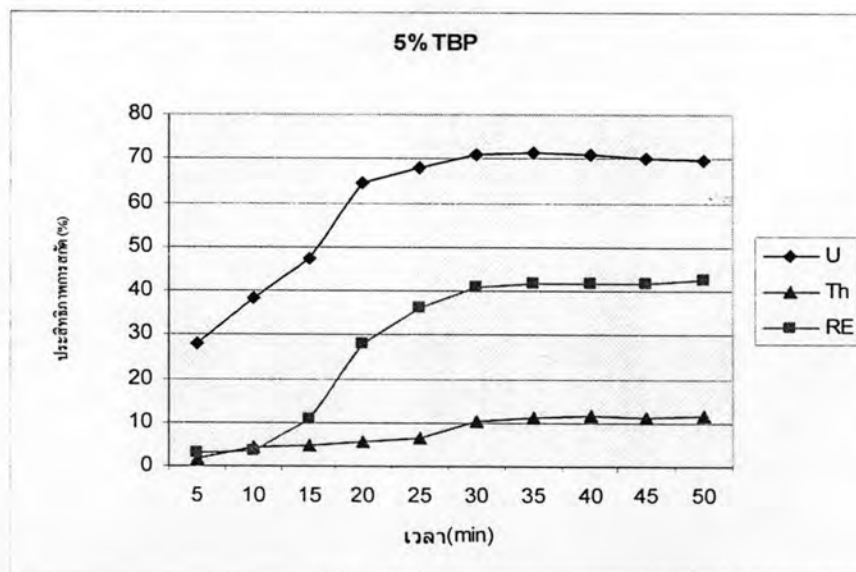
ความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การสกัดธาตุหายากกับค่าจังหวะของการเขย่า แสดงดังรูปที่ 4.4 คือเปอร์เซ็นต์การสกัดธาตุหายากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจังหวะของการเขย่าที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

การศึกษาพบว่าที่ค่าจังหวะของการเขย่า เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์การสกัดยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายากจะลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้อธิบายได้ว่าความเร็วในการปะทะของสารจะเกิดขึ้นสูงมากทำให้การถ่ายเทมวลสารบางส่วนมีการถ่ายเทกลับสู่สารละลายป้อนได้ เพราะภาวการณ์เขย่าไม่เหมาะสมซึ่งก่อให้เกิดความปั่นป่วนในขบวนการสกัด ซึ่งสอดคล้องกับผลของงานวิจัยที่ศึกษามา [1] ดังนั้นการสกัดสามารถเกิดขึ้นได้ดีและเหมาะสมสำหรับกระบวนการนี้คือค่าจังหวะของการเขย่า เท่ากับ 7

4.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ ที่มีผลต่อการสกัดยูเรเนียม ทอเรียมและธาตุหายาก โดยให้จังหวะการเขย่าคงที่ เท่ากับ 7 ความเข้มข้นของกรดไนตริก ในสายป้อนเข้า เท่ากับ 3 โมลาร์ และอัตราการไหลเข้าของสายป้อนเข้าต่ออัตราการไหลของสารละลายอินทรีย์ เท่ากับ 1:1

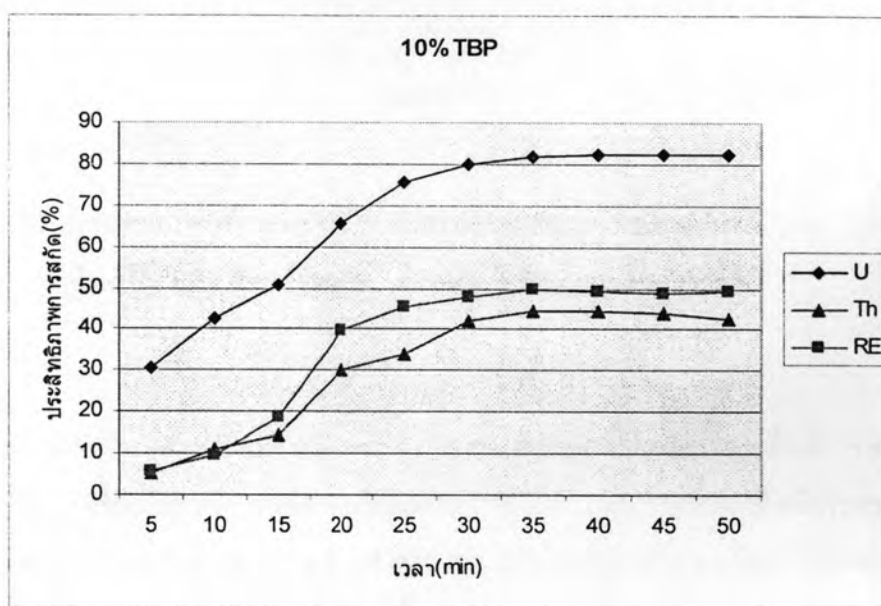
การทดลองนี้ทำการศึกษาเพื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของความเข้มข้นของ TBP ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีผลต่อการสกัด โดยศึกษาที่ความเข้มข้นของ TBP ในตัวทำละลายอินทรีย์เท่ากับ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เพื่อหาความเข้มข้นของ TBP ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม

ผลการทดลองสามารถอธิบายถึงอิทธิพลของความเข้มข้นของ TBP ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีผลต่อการสกัดยูเรเนียม ทอเรียมและธาตุหายาก โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การสกัดยูเรเนียม ทอเรียมออกจากสารละลายโลหะของแรมโมนาไซด์ และค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายากในสารละลายอินทรีย์ สามารถแสดงความสัมพันธ์ของเปอร์เซ็นต์การสกัดยูเรเนียม ทอเรียมและธาตุหายากกับความเข้มข้นของ TBP ดังรูปที่ 4.5-4.8 และตารางที่ 4.1



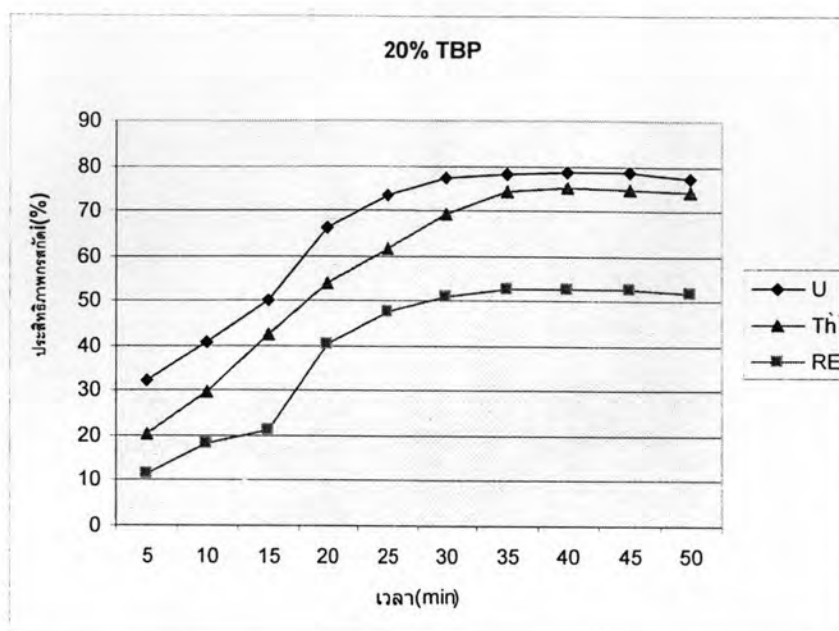
รูปที่ 4.5 แสดงผลการสกัดยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 5% โดยปริมาตร ค่า pulse setting number เท่ากับ 7

การสกัดยูเรเนียม ทอเรียมและธาตุหายาก ที่ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 5% โดยปริมาตร พบว่าที่ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 5% ยังไม่สามารถให้เปอร์เซ็นต์การสกัดยูเรเนียมและทอเรียมได้มากนัก คือ ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดยูเรเนียม เท่ากับ 70.08% ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดทอเรียมมีค่า เท่ากับ 11.46% และค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดครสกัดธาตุหายากมีค่า เท่ากับ 42.14% ที่เวลาการสกัด 40 นาที



รูปที่ 4.6 แสดงผลการสกัดยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 10% โดยปริมาตร ค่า pulse setting number เท่ากับ 7

ที่ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 10% โดยปริมาตร ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดยูเรเนียม เท่ากับ 82.44% ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดทอเรียม เท่ากับ 44.40% และการสกัดธาตุหายาก มีค่าเปอร์เซ็นต์การสกัด เท่ากับ 49.56% ที่เวลาการสกัด 40 นาที ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของยูเรเนียม ทอเรียม และ ธาตุหายาก ในสารละลายอินทรีย์มีค่าเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์เพิ่มขึ้น จะสามารถสกัดยูเรเนียม ทอเรียม เพิ่มสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 4.8 แสดงผลการสกัดยูเรเนียม ทอเรียม และธาตุหายาก ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 20% โดยปริมาตร ค่า pulse setting number เท่ากับ 7

การสกัดทอเรียมพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 5% ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดเท่ากับ 11.46% ที่ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 10% ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดทอเรียมเท่ากับ 44.40% ที่ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 15% ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดทอเรียมเท่ากับ 73.28% และที่ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 20% ค่าเปอร์เซ็นต์การสกัดเท่ากับ 74.94%

จากค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของทอเรียม แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ จะมีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของทอเรียมเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของการสกัดทอเรียมมีค่าเพิ่มขึ้น โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ที่เหมาะสมสำหรับการสกัดทอเรียมนั้นมีค่าอยู่ระหว่าง 30%-40% โดยปริมาตร

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของยูเรเนียม ทอเรียม และ ธาตุหายาก ในสารละลายอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างกัน เวลาการสกัด 40 นาที

concentrations of TBP	The Distribution Coefficient (K)		
	Uranium	Thorium	Rare Earth
5%	2.43	0.13	0.96
10%	4.69	0.67	0.98
15%	4.81	2.74	1.06
20%	4.37	2.99	1.10

ผลการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวของยูเรเนียม ทอเรียม และ ธาตุหายากในสารละลายอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เวลาการสกัด 40 นาที จังหวะของการเขย่า เท่ากับ 7 พบว่า ที่ความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์ 15% สามารถสกัดยูเรเนียม ได้ผลดีที่สุด และถ้าต้องการสกัดทอเรียม ควรใช้สารละลายอินทรีย์ที่มีความเข้มข้น 30%-40% โดยปริมาตร เพราะประสิทธิภาพการสกัดและค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวในสารละลายอินทรีย์จะสูงขึ้น แต่การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายอินทรีย์จะมีผลทำให้ธาตุหายากถูกสกัดออกมาได้มากขึ้นด้วย

4.3 ผลการศึกษาอิทธิพลของเวลาของการสกัด ที่มีผลต่อการสกัดยูเรเนียม และทอเรียม โดยให้จังหวะการเขย่าคงที่ เท่ากับ 7 ความเข้มข้นของกรดไนตริกในสายป้อนเข้า เท่ากับ 3 โมลาร์ และอัตรา การไหลเข้าของสายป้อนเข้าต่ออัตราการไหลของสารละลายอินทรีย์ เท่ากับ 1:1

จากผลการทดลองพบว่าเวลาของการสกัดมีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดยูเรเนียม ทอเรียม และ ธาตุหายาก กล่าวคือ เมื่อเริ่มสกัดและเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของยูเรเนียม ทอเรียม และ ธาตุหายาก ทุกๆ 5 นาที ความเข้มข้นของสารที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาการสกัดเพิ่มขึ้น และเมื่อ