

## บทที่ 7

### สรุปอภิปรายและข้อ เสนอแนะ

#### 7.1 ขั้นการเตรียมบรอต

พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมบรอตคือ ต้องเตรียมบรอตที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยใช้อุณหภูมิ  $60^{\circ}$  เซลเซียส แล้วจึงนำไปประเหยให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

#### 7.2 ขั้นการทำไมโครสเฟียร์

พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการทำเจลสเฟียร์คือ ปริมาณเซอร์แฟคแตนท์ อุณหภูมิของตัวทำละลายอินทรีย์ ปริมาณน้ำ ความถ่วงจำเพาะของสารละลายอินทรีย์ ความเข้มข้นของบรอต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง น้ำหนักที่ใช้กวด ความดันของก๊าซที่ใช้ดันบรอตทยลงมา และอุณหภูมิของการผสม ADUN กับสารละลายผสม HMTA กับยูเรีย

เมื่ออุณหภูมิผสมของ ADUN กับสารละลายผสม HMTA กับยูเรียสูงกว่า  $0^{\circ}$  เซลเซียส บรอตจะแข็งตัวและจุดตันบริเวณปลายรูตีบก่อนที่จะคิสเพอร์สเสิร์จ เนื่องจากความร้อนจากตัวทำละลายอินทรีย์ลอยขึ้นมากระทบบริเวณปลายท่อรูตีบทำให้ HMTA สลายตัวก่อนที่จะทยลงมาเป็นเจลสเฟียร์ และยิ่งขนาดของท่อรูตีบเล็กการจุดตันจะยิ่งมีมากขึ้น การใช้น้ำหนักกวดและก๊าซดัน จะช่วยให้บรอตไหลได้เร็วขึ้น ปริมาณเซอร์แฟคแตนท์ที่เหมาะสมคือ 0.02 เปอร์เซ็นต์เพื่อป้องกันเจลสเฟียร์ติดกันเอง ติดข้างคอฉลิมน์ และป้องกันการบิดเบี้ยวของเจลสเฟียร์ ความถ่วงจำเพาะของสารละลายอินทรีย์เท่ากับ 1.4 ความเข้มข้นของ U ในบรอตไม่ควรต่ำกว่า 1.25 โมล/ลิตรเพื่อไม่ให้เจลสเฟียร์ลอยจับกัน เป็นก้อนและจุดตันบริเวณต้นคอฉลิมน์ ควรให้ความร้อนแก่ตัวทำละลายอินทรีย์สม่ำเสมอตลอดคอฉลิมน์ เพื่อไม่ให้เจลสเฟียร์แตกเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ อายุการใช้งานของตัวทำละลายอินทรีย์สั้นเมื่อมีน้ำในตัวทำละลายสูงทำให้เจลสเฟียร์ลอย อัตราเร็วของการเกิดหยดแปรผันโดยตรงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อรูตีบ น้ำหนักที่กวดและความดันของก๊าซ



### 7.3 ขั้นการล้าง ทำให้แห้งและเผาประสาน

พบว่าไมโครสเฟียร์จะแตกเมื่อทำให้แห้งจากตัวทำละลายอินทรีย์ก่อนที่จะนำมาล้าง ควรให้สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่มี pH สูงกว่า 9.5 จะทำให้ U บางส่วนละลายปนมากับน้ำล้าง ดังนั้น pH ที่เหมาะสมสำหรับการล้างคือ 8.5 และอุณหภูมิที่ล้างเท่ากับ 40°C

การทำให้แห้งทำได้ทั้งในหม้อน้ำมันมีไอน้ำผ่านและด้วยการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 170 และ 80°C เซลเซียสตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนภายใต้สภาวะการล้างเดียวกันพบว่า ปริมาณคาร์บอนที่ได้จากการทำให้แห้งด้วยหม้อน้ำมันมีไอน้ำผ่านเท่ากับ 3.38 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การทำให้แห้งด้วยตู้อบที่ 80°C และ 170°C มีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่ 1.90 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์

การเผาประสานโดยให้อุณหภูมิเพิ่มและลดอุณหภูมิ 200°C เซลเซียสต่อชั่วโมงจะทำให้ไมโครสเฟียร์ที่ได้แตกเป็นส่วนมาก ไมโครสเฟียร์เม็ดที่ไม่แตกจะมีความเปราะ ส่วนไมโครสเฟียร์ที่ได้จากการเพิ่มและลดอุณหภูมิ 100°C เซลเซียส/ชั่วโมง จะได้เม็ดดี เป็นส่วนใหญ่เปอร์เซ็นต์การแตกน้อยมากหรือไม่มีเลย การใช้เตาเผาที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นสูง ในการเผาประสานมีส่วนทำให้ไมโครสเฟียร์แตกได้มากกว่าเตาเผาที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำ

### 7.4 ขั้นการวิเคราะห์ขนาดของไมโครสเฟียร์

ผลจากการทดลองนี้พบว่า ขนาดของไมโครสเฟียร์ในแต่ละสภาวะของการเกิดหดยมีการกระจายตัวต่ำและขนาดที่ได้ค่อนข้างโตขนาดสูงสุดของไมโครสเฟียร์ที่ได้มี เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1000 ไมโครเมตร โดยได้จากการหยุดด้วยการใช้น้ำหนักกดและการใช้ก๊าซดัน

และขนาดเล็กที่สุดน้อยกว่า 300 ไมโครเมตร โดยได้จากการใช้ก๊าซดัน การใช้น้ำหนักกดและการปล่อยให้บรอหทยเองให้ไมโครสเฟียร์ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน การกระจายตัวของขนาดค่อนข้างต่ำ คือมีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 600 ไมโครเมตรจนถึงมากกว่า 1000 ไมโครเมตรแล้วแต่สภาวะ การใช้ก๊าซดันและเขย่าด้วยความถี่ให้ไมโครสเฟียร์ที่มีขนาดต่าง ๆ มากมายตั้งแต่ขนาดเล็กกว่า 300 ไมโคร เมตร จนถึง 1000 ไมโครเมตร และยังพบว่า การทำให้เกิดหยุดด้วยการเขย่าไม่เหมาะกับการทดลองนี้ เนื่องจากจะต้องให้ปลายท่อรูตีบจุ่มอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์หรือมีตัวทำละลาย

อินทรีย์ที่มีอุณหภูมิค่าไหลผ่าน เพื่อช่วยพาหยาบรทลงมา แต่เนื่องจากปัญหาเรื่อง เครื่องมือจึงต้องให้ปลายท่อรูตีบจุ่มอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ในขณะที่เขย่า ดังนั้นจึงทำให้ท่อรูตีบตันขณะที่ทดลอง

#### 7.5 ขั้นการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของไมโครสเฟียร์โดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยพบว่า มีปริมาณคาร์บอนเหลืออยู่ 0.17-10 เปอร์เซ็นต์จากการทำให้แห้งแล้วและเมื่อนำไปเผาประสานแล้วจำนวนคาร์บอนลดลงเหลือ 0.1 เปอร์เซ็นต์

#### 7.6 ขั้นการวิเคราะห์อัตราส่วนของ O/U

เมื่อนำไมโครสเฟียร์ที่ได้จากการทำรีดักชันและเผาประสานใหม่ ๆ มาวิเคราะห์อัตราส่วนของ O และ U พบว่าอัตราส่วนระหว่าง O/U มีค่าประมาณ 2 ในขณะที่ไมโครสเฟียร์ที่ผ่านการรีดักชันและเผาประสานมาเป็นเวลานานและไม่ได้เก็บไว้ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อยมีค่าตั้งแต่ 2.5 ขึ้นไป แสดงว่าเกิดการออกซิไดซ์กับอากาศขณะที่เก็บเอาไว้ จึงควรให้อยู่ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อย

#### 7.7 ขั้นการวิเคราะห์ความหนาแน่น $UO_2$ ไมโครสเฟียร์

ความหนาแน่นของ  $UO_2$  ไมโครสเฟียร์ทำโดยการแทนที่ในน้ำ ได้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างสูงและความหนาแน่นอยู่ในช่วง 8.35-8.52 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 76.4-80.5 เปอร์เซ็นต์ของค่าทฤษฎี โดยได้จากการเผาประสานที่อุณหภูมิ  $1200^{\circ}$  เซลเซียส แม้ว่าจะเพิ่มเวลาในการเผาแล้วก็ตาม ค่าความหนาแน่นก็ยังไม่สูงกว่านี้

#### 7.8 การเปรียบเทียบผลจากโซล-เจล โดยอินเทอร์นอลเจลเช้นกับดีไฮเดรชัน

สำหรับผลการวิจัยนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการโซล-เจลโดยวิธีดีไฮเดรชัน ซึ่งกระทำแล้วที่ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี (27) พบว่า มีตัวแปรเหมือนกันคือ ปริมาณร้อยละของเซอร์ฟัคแตนท์ ปริมาณน้ำในตัวทำละลายอินทรีย์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตีบ ปริมาณคาร์บอนที่เหลือ เมื่อใช้วิธีดีไฮเดรชันเท่ากับ 0.6-2.5 เปอร์เซ็นต์ หลังทำให้แห้งและลดลงเหลือ

0.126-0.340. เปอร์เซนต์ ส่วนกระบวนการโซล-เจล โดยอินเทอร์นอลเจ เลชันมีคาร์บอน เหลืออยู่ 0.17-10 เปอร์เซนต์หลังจากทำให้แห้งและ 0.1 เปอร์เซนต์หลังจากเผาที่อุณหภูมิสูงแล้ว ความหนาแน่นของไมโครสเฟียร์จากวิธีดีไฮเดรชันได้ 80-90 เปอร์เซนต์ของค่าทฤษฎี ส่วนวิธี อินเทอร์นอลเจ เลชันได้ 76-80 เปอร์เซนต์ของค่าทฤษฎี เมื่อใช้อุณหภูมิในการเผาประสานเท่ากัน คือ  $1200^{\circ}$  เซลเซียส ขนาดของไมโครสเฟียร์หลังจากเผาแล้ว 100-200 ไมโครเมตรด้วยวิธี ดีไฮเดรชัน ส่วนอินเทอร์นอลเจ เลชันได้ตั้งแต่ไม่น้อยกว่า 300 ถึงมากกว่า 1000 ไมโครเมตรแล้ว แต่สภาวะการหยุด

กระบวนการโซล-เจลโดยอินเทอร์นอลเจ เลชันมีข้อดีคือ ขั้นตอนการทำงานน้อย วิธีการไม่ยุ่งยาก ตลอดกระบวนการยูเรเนียมอยู่ในรูปสารประกอบ U(VI) จึงไม่ต้องระวัง เรื่องการถูกออกซิไดซ์และสามารถเปลี่ยนเป็น  $UO_2$  ได้โดยการรีดิวซ์พร้อม ๆ กับการเผา ประสานในบรรยากาศของ  $Ar-4\%H_2$  ขณะที่วิธีดีไฮเดรชันต้องทำโซลให้อยู่ในรูป U(IV) จึงต้องให้โซลและไมโครสเฟียร์อยู่ในบรรยากาศของก๊าซเฉื่อยตลอดเวลา เพื่อป้องกันการถูก ออกซิไดซ์ นอกจากนี้กระบวนการโซล-เจลโดยอินเทอร์นอลเจ เลชันยังสามารถเตรียมไมโคร สเฟียร์ได้ทั้งขนาดเล็กและใหญ่ ขณะที่วิธีดีไฮเดรชันเตรียมได้แต่ขนาดเล็ก

ข้อเสียของวิธีอินเทอร์นอลเจ เลชันคือต้องเก็บบรอตไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า  $0^{\circ}$  เซลเซียส จึงจะมีอายุการเก็บมาก

## 7.9 ข้อเสนอแนะ

7.9.1 ควรใช้ฟลูอิดไนซ์ซัลในการทำให้เกิดหยุด เพื่อป้องกันการอุดตันของปลาย ท่อรูตีบ เนื่องจากเกิดเจ เลชัน

7.9.2 การให้ความร้อนแก่คอลัมน์ด้วยหลอดความร้อน ควรใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำ

7.9.3 ควรทำการเผาประสานที่อุณหภูมิสูงกว่า  $1200^{\circ}$  เซลเซียส เพื่อเพิ่มความ หนาแน่นของไมโครสเฟียร์

7.9.4 การวิเคราะห์ความหนาแน่นของไมโครสเฟียร์โดยการแทนที่น้ำมีความ เบี่ยงเบน มาตรฐานสูงมากควรทดลองหาโดยวิธีอื่น ๆ ควบคู่กัน