บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีความพยายามในการสังเคราะห์ และผลิตวัสดุอนุภาคแบบใหม่ โดยมุ่งเน้นให้วัสดุอนุภาคเหล่านั้นมีสมบัติพิเศษเพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการใช้งานในรูปแบบใหม่ๆของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นสารดูดซับสมรรถนะสูง วัสดุรองรับตัวเร่งปฏิกิริยา วัสดุสำหรับทำตัวกรองน้ำทะเล หรือการใช้เป็นส่วนประกอบของขั้วไฟฟ้าเพื่อใช้ในตัวเก็บประจุแบบสองชั้นที่มีขนาดเล็กมากเพื่อใช้ในอุปกรณ์สื่อสารสมัยใหม่ หรือใช้ในเซลล์เชื้อเพลิง

ในบรรดาวัสดุดังกล่าววัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนที่ได้มาจากกระบวนการเผาให้เป็นคาร์บอน (Carbonization) ของรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจล หรือ RF Gel ได้รับความสนใจอย่างมากเป็นพิเศษเนื่องจากเป็นวัสดุที่เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน (Carbon precursor) ที่มีสภาพความพรุนสูง (Porosity) และสามารถควบคุมลักษณะสมบัติรูพรุน เช่น ปริมาตรรูพรุน พื้นที่ผิวจำเพาะ ขนาดรัศมีรูพรุนได้ง่ายหลายเทคนิควิธี เช่น การควมคุมสัดส่วนของสารตั้งต้นในการทำปฏิกิริยา การควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างในสภาวะการเตรียมเริ่มแรก เป็นต้น โดยรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจล (RF Gel) เป็นวัสดุตั้งต้นที่มีความเหมาะสมในการเตรียมเป็นคาร์บอนที่มีรูพรุนในช่วงไมโครพอร์และเมโซพอร์ได้

โดยปกติแล้ว RF Gel เตรียมจากปฏิกิริยา โซล-เจล โพลีคอนเดนเซชัน (Sol-gel Polycondensation) ระหว่างรีโซซินอลกับฟอร์มอลดีไฮด์ในน้ำโดยมีโซเดียมคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดด่าง (Basic Catalyst) เมื่อปฏิกิริยาดำเนินไปจนกระทั่งกลายเป็นเจลแล้วจึงนำเจลดังกล่าวไปอบแห้งเพื่อดึงน้ำซึ่งได้จากปฏิกิริยาโพลีคอนเดนเซชันออกจากรูพรุน ซึ่งจะได้รีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจลที่มีรูพรุน หลังจากนั้นเมื่อรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจลถูกเผาให้เป็นคาร์บอนจะได้คาร์บอนเจลที่มีรูพรุนตามมา

วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ รูพรุนเมโซที่มีการจัดเรียงตัวแบบสุ่ม และรูพรุนเมโซที่มีการจัดเรียงตัวแบบเป็นระเบียบ วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซที่มีการจัดเรียงตัวแบบเป็นระเบียบแสดงคุณสมบัติที่น่าสนใจมากมายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย กลไกการสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซที่มีการจัดเรียงตัวแบบเป็น

ระเบียบเริ่มจากปฏิกิริยาระหว่างแหล่งกำเนิดสารอินทรีย์ (Organic precursor) และแม่แบบ (Template) โดยการให้โมเลกุลหน่วยย่อยวางตัวเข้าด้วยกันอย่างเป็นระเบียบด้วยตนเอง (self-assembly) มีกลไกมากมายในการสังเคราะห์วัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซที่มีการจัดเรียงตัวแบบเป็นระเบียบ อย่างไรก็ตามมักจะนิยมใช้วิธีการไฮโดรเทอร์มอล (Hydrothermal treatment) และวิธีการระเหยตัวทำละลายเพื่อให้โมเลกุลหน่วยย่อยวางตัวเข้าด้วยกันอย่างเป็นระเบียบด้วยตัวเอง (Evaporation-Induced Self-Assembly (EISA)) แต่เมื่อใช้วิธีสังเคราะห์โดยการใช้ลมร้อน พบว่าขนาดของรูพรุนที่ได้จะเกิดการหดตัวทำให้รูพรุนกลายเป็นรูพรุนขนาดไมโครเพื่อที่จะให้ได้คาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซที่มีการจัดเรียงตัวแบบเป็นระเบียบ สารลดแรงตึงผิวไตรบล็อกโคพอลิเมอร์ (Triblock copolymer) จะถูกใช้เป็นโครงสร้างแม่แบบที่ให้รูพรุนที่มีลักษณะรูปแบบเดียวกันจากการสร้างไมเซล (micelle) สารลดแรงตึงผิว เช่น พลูโรนิค F127 และพลูโรนิค P123 มักถูกใช้เป็นแม่แบบชนิดซอฟท์ (Soft template) เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุที่มีรูพรุนแบบเมโซที่มีพื้นที่ผิวสูง และรูพรุนมีขนาดเท่ากันเพื่อศักยภาพในการประยุกต์ผลิตวัสดุอื่น ๆ ต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นรูพรุนที่มีขนาดใหญ่ของคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซยังมีคุณสมบัติที่น่าสนใจคือ สามารถถ่ายเทมวลสารภายในรูพรุนได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบไมโคร โดยพวกมันสามารถใช้เป็นวัสดุรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับสารตั้งต้นที่มีโมเลกุลใหญ่ได้อีกด้วย

บางงานวิจัยได้มีการสังเคราะห์ทรงกลมที่มีรูพรุนแบบเมโซโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยองค์กรแรกที่ริเริ่มคือ สถาบันวิจัยแห่งชาติซานเดีย (Sandia National Laboratory) (Baccile และคณะ, 2003) โดยได้ทำการสังเคราะห์อนุภาคซิลิกาขึ้นมา การควบคุมลักษณะสัณฐานวิทยาและโครงสร้างผลึกไปพร้อม ๆ กันนั้นเป็นความท้าทายสำหรับการผลิตวัสดุอนุภาคแบบใหม่ โดยอาจอธิบายหลักการการสร้างรูพรุนแบบเมโซในกระบวนการ EISA ได้ดังนี้คือ เมื่อเกิดการระเหยของตัวทำละลายจะทำให้เกิดการสร้างไมเซล(micelle) ของสารลดแรงตึงผิวและเกิดการสร้างวัฏภาคเมโซในลำดับต่อมาระหว่างสารลดแรงตึงผิวและแหล่งกำเนิดคาร์บอน (Carbon precursor) จากนั้นจะเกิดปฏิกิริยาคอนเดนเซชันเพื่อสร้างพอลิเมอร์ขึ้น กระบวนการนี้สามารถทำให้เกิดวัสดุที่มีรูพรุนแบบเมโซได้ โดยสามารถกำหนดลักษณะสัณฐานวิทยาได้ เช่น ฟิล์มโดยการปั่น หรือจุ่มเคลือบ หรือทรงกลมโดยการอบแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งในกรณีนี้ โซลจะถูกพ่นออกมาในรูปของละอองฝอยเมื่อผ่านหัวพ่นให้เป็นละอองหลังจากนั้นจะถูกอบแห้งก่อนที่จะทำการเก็บอนุภาค ซึ่งมีความแตกต่างกับแบบฟิล์ม การระเหยตัวทำละลายในระหว่างขั้นตอนการอบแห้งนั้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อลักษณะสัณฐานวิทยาที่ได้สุดท้ายของอนุภาค และการจะเกิดเป็นอนุภาค

ของแข็งได้นั้นจะต้องให้ปฏิกิริยาดำเนินไปอย่างช้าเพียงพอเพื่อให้แน่ใจว่าได้มีการสร้างอนุภาคที่มีความหนาแน่นเกิดขึ้น และต้องมีความเร็วพอที่จะหลีกเลี่ยงการที่อนุภาคจะรวมเข้ากันเป็นก้อน (Alonso และคณะ, 2004)

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์รีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจลและคาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซโดยวิธีการที่ให้โมเลกุลหน่วยย่อยของสารอินทรีย์วางตัวเข้าด้วยกันอย่างเป็นระเบียบด้วยตัวเอง (Organic–organic self-assembly) โดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยของสารละลายที่ประกอบด้วยรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน (Carbon precursor) และสารลดแรงตึงผิวไตรบล็อกโคพอลิเมอร์ (พลูโรนิค F127) เป็นแม่แบบ (Template) โดยใช้กรดไฮโดรคลอริค โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา นอกจากนี้ยังศึกษาการเตรียมรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจลโดยใช้กรดไฮโดรคลอริคผสมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และศึกษาอิทธิพลที่มีต่อลักษณะโครงสร้างรูพรุน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์คาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซโดยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยของสารละลายที่ประกอบด้วยรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอน (Carbon precursor) และสารลดแรงตึงผิวไตรบล็อกโคพอลิเมอร์ (พลูโรนิค F127) เป็นแม่แบบ (Template)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ขั้นตอนการเตรียมรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจล ก่อนการอบแห้ง

- อัตราส่วนเชิงโมลของ รีโซซินอล/ฟอร์มอลดีไฮด์เป็น 1:1,1:1.4
- ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ คือ ไฮโดรคลอริค โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรคลอริคผสมโซเดียมไฮดรอกไซด์
- ระยะเวลาในการบ่มสาร (Aging)

1.3.2 ขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอย

- อุณหภูมิขาเข้าของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจาก 160-180 องศาเซลเซียส

1.3.3 ขั้นตอนการเผาให้เป็นคาร์บอน (Carbonization)

- อุณหภูมิการเผาให้เป็นคาร์บอนที่ 300 องศาเซลเซียส, 400 องศาเซลเซียส, 800 องศาเซลเซียส ขั้นละ 3 ชั่วโมง ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน

1.3.4 วิเคราะห์รีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจลโดยใช้เครื่องวัดความหนืด (viscometer) และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของรีโซซินอล-ฟอร์มอลดีไฮด์เจลโดยใช้เทคนิคการกระตุ้นสารด้วยพลังงานแสงช่วงแสงอินฟราเรด Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

1.3.5 วิเคราะห์อนุภาคคาร์บอนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องผ่าน กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนแบบส่องกราด และไอโซเทอร์มการดูดซับ-คายซับไนโตรเจน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้รับความรู้เกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งแบบพ่นฝอยในการสังเคราะห์คาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซที่มีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบ

1.4.2. ได้รับความรู้ในการสังเคราะห์คาร์บอนที่มีรูพรุนแบบเมโซที่มีการจัดเรียงตัวเป็นระเบียบโดยวิธีการที่ให้โมเลกุลหน่วยย่อยของสารอินทรีย์วางตัวเข้าด้วยกันอย่างเป็นระเบียบ ด้วยตัวเอง (Organic–organic self-assembly)