

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษากระบวนการเตรียม SP-M ด้วยเทคนิค RESS-Microencapsulation ภายใต้บรรยากาศ scCO_2 ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 การศึกษาลักษณะพื้นฐานวิทยาของกำมะถัน พาราฟินแว็กซ์ และ SP-M

จากการศึกษาการเตรียมอนุภาคกำมะถันและพาราฟินแว็กซ์และ SP-M ด้วยเทคนิค RESS และเทคนิค RESS-Microencapsulation ผ่านการฉีดพ่นไปยังสารละลาย EG ความเข้มข้น 15 v/v% ที่อุณหภูมิและความดันก่อนการขยายตัว 90 °C และ 160 bar พบว่าลักษณะของอนุภาคกำมะถัน พาราฟินแว็กซ์ และ อนุภาค SP-M หลังผ่านเทคนิคดังกล่าวมีลักษณะทรงกลมขนาดเล็กไม่ติดกันเป็นกลุ่มก้อน โดยอนุภาคกำมะถันมีขนาดประมาณ 1.7 μm และ อนุภาคพาราฟินแว็กซ์มีขนาดประมาณ 4.0 μm และพบว่าสามารถเตรียม SP-M ที่มีลักษณะเป็นทรงกลมโดยมีขนาดใหญ่กว่าขนาดอนุภาคกำมะถันและพาราฟินแว็กซ์ โดยที่สัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นของกำมะถัน 40 w/w% อนุภาคมีขนาดประมาณ 4.5 μm และมีพื้นผิวขรุขระเนื่องจากมีอนุภาคขนาดเล็กเคลือบหุ้มในลักษณะแบบ Encapsulation ที่ไม่สมบูรณ์ หรือ Deposition และที่สัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นของกำมะถัน 60 w/w% อนุภาค มีขนาดประมาณ 6.7 μm และมีพื้นผิวค่อนข้างเรียบและเกิดลักษณะ Encapsulation ที่สมบูรณ์ และเมื่อวิเคราะห์พื้นผิวของ SP-M ด้วยเทคนิค EDX จะพบสัญญาณของกำมะถันเคลือบหุ้มอยู่บนพื้นผิวของพาราฟินแว็กซ์หรือเกิดเป็นอนุภาค SP-M

5.2 การศึกษาผลของสภาวะอิมัลชันของการละลายต่อการเตรียม SP-M

ผลของสารละลายอิมัลชันของระบบต่อขนาดอนุภาคและสัดส่วนธาตุเชิงปริมาณโดยน้ำหนักบนพื้นผิวของ SP-M ด้วยเทคนิค RESS ผ่านการฉีดพ่นไปยังสารละลาย EG ความเข้มข้น 15 v/v% อุณหภูมิและความดันก่อนการขยายตัว 90 °C และ 160 bar ตามลำดับ โดยผลสมการที่สัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นของกำมะถัน 40 w/w% 7 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณพาราฟินแว็กซ์ที่ผสมเริ่มต้นมากกว่าและต่ำกว่าสภาวะการละลาย หรือ $s > 1$ และ $s < 1$ พบว่าอนุภาค SP-M ที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม โดยกรณีที่สารละลายมีความอิมัลชันด้วยพาราฟินแว็กซ์อนุภาคจะมีขนาดประมาณ 6.0 μm ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอนุภาค SP-M ในกรณีที่สารละลายไม่อิมัลชันซึ่งมีขนาดประมาณ 4.5 μm เนื่องจากกรณีที่สารละลายมีความอิมัลชันด้วยพาราฟินแว็กซ์จะมีปริมาณพาราฟินแว็กซ์ใน scCO_2

มากกว่า เมื่อวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณด้วยเทคนิค EDX พบว่ากรณี $s > 1$ หรือที่สภาวะอิ่มตัวของ การละลายของพาราฟินแวกซ์สัดส่วนโดยน้ำหนักของกัมมะถันบริเวณพื้นผิวของ SP-M มีปริมาณเฉลี่ย 24.96 w/w% ซึ่งมีสัดส่วนโดยน้ำหนักของกัมมะถันมากกว่าอนุภาค SP-M ในกรณีที่ $s < 1$ หรือ สารละลายไม่อิ่มตัวด้วยพาราฟินแวกซ์ ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 16.97 w/w%

5.3 ผลของระยะเวลาในการละลายต่อการเตรียม SP-M

การเตรียม SP-M ด้วยเทคนิค RESS ผ่านการฉีดพ่นไปยังสารละลาย EG ความเข้มข้น 15 v/v% (30 °C) ร่วมกับการปั่นกววน 150 rpm โดยการเปิดวาล์วฉีดพ่น ¼ รอบ ที่อุณหภูมิและความดันก่อนการขยายตัว 90 °C และ 160 bar โดยผสมสารที่สัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นของกัมมะถัน 40 w/w% 7 $s > 1$ เวลาในการดำเนินการก่อนการฉีดพ่น 20, 40, 60, 90 และ 120 min พบว่าเมื่อเวลาในการดำเนินการก่อนการฉีดพ่นเพิ่มจาก 20, 40 และ 60 min สัดส่วนกัมมะถันจะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว โดยสัดส่วนลดลงจาก 27.49 ลดลงเหลือ 25.47 w/w% และสัดส่วนจะเริ่มคงที่และมีค่าประมาณ 25.0 และ 24.96 w/w% ที่เวลา 90 และ 120 min ตามลำดับ ทั้งนี้ในช่วงระยะเวลาเริ่มต้น 20 min สัดส่วนกัมมะถันจะมีค่าสูงสุดเนื่องจากช่วงระยะเวลานี้สั้นๆ ดังกล่าว กัมมะถันซึ่งมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าพาราฟินแวกซ์จะเกิดการแพร่ไปยังวัฏภาค $scCO_2$ ได้อย่างรวดเร็วกว่าพาราฟินแวกซ์ สัดส่วนคาร์บอนอะตอมซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของพาราฟินแวกซ์จะมีสัดส่วนเพิ่มมากขึ้นหรือมีสัดส่วนกัมมะถันบนพื้นผิว SP-M ลดลง ที่เวลา 40 และ 60 min ทั้งนี้ที่เวลา 90 และ 120 min สัดส่วนดังกล่าวจะมีค่าคงที่เนื่องจากคู่สารดังกล่าวเข้าสู่สมดุลของการละลาย ในขณะที่ขนาดอนุภาค SP-M จะมีขนาดเล็กลงเมื่อเวลาในการดำเนินการเพิ่มขึ้น

5.4 การศึกษาผลของความดันก่อนการขยายตัวต่อการเตรียม SP-M

ผลของความดันก่อนการขยายตัวของระบบต่อขนาดอนุภาคและสัดส่วนธาตุเชิงปริมาณโดยน้ำหนักบนพื้นผิวของ SP-M ด้วยเทคนิค RESS ผ่านการฉีดพ่นไปยังสารละลาย EG ความเข้มข้น 15 v/v% อุณหภูมิก่อนการขยายตัวคงที่ 90 °C ความดันก่อนการขยายตัว 120, 160 และ 180 bar ตามลำดับ โดยผสมสารที่สัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นของกัมมะถัน 40 w/w% $s > 1$ พบว่าอนุภาค SP-M ที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม เมื่อความดันก่อนการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้นขนาดอนุภาค SP-M จะมีขนาดเล็กลงจาก 5.0 เป็น 3.0 μm การเพิ่มความดันก่อนการขยายตัวจาก 120 เป็น 180 bar จะส่งผลให้ สัดส่วนโดยน้ำหนักของกัมมะถันในอนุภาค SP-M มีปริมาณลดลงจาก 24.96 เป็น 19.20 w/w% เนื่องจากการเพิ่มความดันจะส่งผลให้สัดส่วนความสามารถในการละลายใน $scCO_2$ ของพาราฟินแวกซ์เพิ่มขึ้นมากกว่ากัมมะถัน

5.5 ผลของสัดส่วนเริ่มต้นระหว่างกำมะถันและพาราฟินแว็กซ์ต่อการเตรียม SP-M

ผลของสัดส่วนเริ่มต้นระหว่างกำมะถันและพาราฟินแว็กซ์ต่อขนาดอนุภาคและสัดส่วนธาตุเชิงปริมาณโดยน้ำหนักบนพื้นผิวของ SP-M ด้วยเทคนิค RESS ผ่านการฉีดพ่นไปยังสารละลาย EG ความเข้มข้น 15 v/v% อุณหภูมิก่อนการขยายตัวคงที่ 90 °C ความดันก่อนการขยายตัว 160 bar และ $s > 1$ ตามลำดับโดยผสมสารที่สัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นของกำมะถัน 40-60 w/w% $s > 1$ ทั้งนี้เพื่อศึกษาผลของอันตรกิริยาเริ่มต้นของคู่สารผสมที่ส่งผลต่อการเตรียม SP-M พบว่าเมื่อสัดส่วนน้ำหนักเริ่มต้นของกำมะถันเพิ่มขึ้นจาก 40-60 w/w% $s > 1$ สัดส่วนธาตุเชิงปริมาณของกำมะถันบนพื้นผิว SP-M มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นจาก 19.21 เป็น 28.00 w/w% เมื่อเพิ่มสัดส่วนเริ่มต้นโดยน้ำหนักของกำมะถันพบว่าขนาดของ SP-M ดังกล่าวมีขนาดใหญ่ขึ้นจาก 3.1 เป็น 6.7 μm โดยสัดส่วนเริ่มต้นของกำมะถัน 30 และ 40 w/w% จะเกิดการเคลือบหุ้มแบบ Deposition บนพื้นผิวของพาราฟินแว็กซ์ และเมื่อเพิ่มสัดส่วนเริ่มต้นของกำมะถันเป็น 50 และ 60 w/w% จึงมีปริมาณกำมะถันที่ละลายใน scCO_2 เพิ่มขึ้น อนุภาค SP-M ที่เตรียมได้จึงมีลักษณะการเคลือบหุ้มแบบ Encapsulation ที่สมบูรณ์และมีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณกำมะถันบนพื้นผิว SP-M

5.6 ข้อเสนอแนะ

การศึกษานันตรกิริยาของคู่สารระหว่างกำมะถันและพาราฟินแว็กซ์เพิ่มเติม เพื่อศึกษาพฤติกรรมการแพร่และการละลายของสารคู่ผสมใน scCO_2 ที่ส่งผลต่อลักษณะฐานวิทยาศาสตร์และสัดส่วนธาตุเชิงปริมาณบนพื้นผิวของ SP-M