หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สภาวะในการดัดแปรที่เหมาะสม คือ ให้แป้งมีความเข้มข้นร้อยละ 35-40 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรในน้ำปราศจากไอออน โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 1.5 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างของปฏิกิริยาเป็น 8 อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ใช้ OSA เป็นปริมาณร้อยละ 1.0 -20 น้ำหนักต่อน้ำหนักของแป้ง ได้ระดับการแทนที่ (Degree of substitution: DS) จากการไตรเตรตด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอลโดยวิธี back titration method จากการวิเคราะห์ alkaline saponification: Whistler and Paschall (1967) สำหรับ OSAST เป็น 0.035 - 0.042

5.1.2. แป้งดัดแปรที่ได้แสดงพีคที่ตำแหน่ง1701 -1722 ซม$^{-1}$ ของหมู่เอสเทอร์คาร์บอนีล แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน ในแป้งมันสำปะหลังที่ดัดแปร ดังเช่นที่พบในแป้งดัดแปรทั่วไปตามเอกสารอ้างอิง ส่วนหมู่คาร์บอกซิเลตนั้นปรากฏพีคที่ประมาณ 1550-1562 cm^{-1} เห็นได้ชัดเจนในสูตรแป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วย OSA ที่มีระดับการแทนที่เป็น 0.03-0.04

5.1.3 แป้งมันสำปะหลังที่ไม่ได้ผ่านการดัดแปรมีค่าการดูดความชื้นสูงสุดที่ร้อยละ 12 เมื่อทำการดัดแปรเป็น OSAST แล้วส่งผลให้ค่าร้อยละการดูดความชื้นมีค่าลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 7.75-7.35ตามค่าระดับการแทนที่จาก 0.01 ถึง 0.04

5.1.4 การดูดพลังงานของแป้งที่ไม่ผ่านการดัดแปรและแป้งออกทีนิลซักซิเนต (OSAST) ในกระบวนการ gelatinizationอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 58- 75 องศาเซลเซียสมีค่าในช่วง 2.0-3.1 จูลต่อกรัมซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5.1.5 แป้งมันสำปะหลังเมื่อเกิดเจลาติไนเซชันสมบูรณ์แล้วเม็ดแป้งจะแตกตัวอย่างสมบูรณ์ไม่พบอนุภาคใดๆแขวนลอยอยู่จึงมีค่าร้อยละการยอมให้แสงส่องผ่านสูงที่สุด ส่วนแป้ง OSAST นั้นมีค่าการร้อยละการส่องผ่านอยู่ในช่วงประมาณ 15-65 โดยที่มีระดับการแทนที่ของหมู่ออกทีนิลซักซิเนตที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น ค่าร้อยละการยอมให้แสงส่องผ่านลดลง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่พบส่วนของถุงหุ้มภายนอกของเม็ดแป้งกระจายตัวอยู่ อีกทั้งในสายโซ่โมเลกุลของแป้งจากที่เคยมีหมู่ที่ชอบน้ำ คือ หมู่ไฮดรอกซิล ถูกแทนที่ด้วยหมู่ออกทีนิลซักซิเนตซึ่งเป็นหมู่ไม่ชอบน้ำคือ มีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิก ส่งผลให้ ความสามารถในการเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ลดลงจึงมีความไม่ชอบน้ำสูงขึ้น เมื่อเกิดเป็นเจลสมบูรณ์จึงมี ค่าร้อยละการยอมให้แสงส่องผ่านจึงลดลงตามระดับการแทนที่ที่เพิ่ม

5.16 จากสมบัติเชิงวิทยากระแสพบว่าแป้ง OSAST ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตรในน้ำมีความหนืดเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการแทนที่เพิ่มสูงขึ้นและ OSAST ที่มีค่าระดับการแทนที่ 0.04 นั้นให้ค่าความหนืดเริ่มต้นสูงสุดและมีสมบัติทิกโซทรอปีเด่นชัด มีพฤติกรรมแบบทิกโซทรอปีของสารละลายแป้ง OSAST เกิดจากหมู่ไม่ชอบน้ำเกิดการเชื่อมต่อเป็นโครงสร้างสามมิติ ซึ่งเป็นพฤติกรรมของพอลิเมอร์ที่เรียกว่า “แอสโซซิเอทีฟพอลิเมอร์”

5.1.7 ที่อัตราส่วนสารละลายแป้ง OSAST มีค่าระดับการแทนที่ในช่วง 0.011- 0.040 ต่อปริมาณอะคริลิกสไตรีนพอลิเมอร์ร่วม (ASD) ที่อัตราส่วนเป็น 0.02 : 100 และสมบัติทิกโซทรอปีเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยโดยที่อัตราเฉือนต่ำนั้น (<5 ต่อวินาที) ความหนืดมีค่าค่อนข้างสูงแสดงถึงความคงตัวที่ดีขณะเก็บและที่อัตราเฉือนเพิ่มสูงขึ้น (>5 ต่อวินาที) ค่าความหนืดเฉือนจะลดลงโดยแสดงการไหลแบบแรงเฉือนลด (shear thinning) โดยที่อัตราส่วนเป็น 0.02 : 100 นี้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วย OSA ที่ระดับการแทนที่สูงเป็น 0.03-0.04 มีประสิทธิภาพการเพิ่มความข้นหนืดได้ดีกว่าสูตรแป้งดัดแปรที่มีระดับการแทนที่ต่ำ (<0.03) อย่างไรก็ตามจากการสังเกตลักษณะสัณฐานวิทยาของแป้งเจลด้วยกล้องจุลทรรศน์โดยใช้แสง พบว่า แป้งมันสำปะหลังดัดแปรด้วย OSA ที่มีค่าระดับการแทนที่ตั้งแต่ 0.03 พบลักษณะของถุงเม็ดแป้งที่เรียกว่า “starch granule ghost" หรือ “ghost remnant" ซึ่งอาจส่งผลต่อสมบัติวิสโคอิลาสติกของระบบได้

5.1.8 การเพิ่มประสิทธิภาพของสูตรที่มีค่าระดับการแทนที่น้อยกว่า 0.03 โดยการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างสารละลายแป้ง OSAST ต่อปริมาณอะคริลิกสไตรีนพอลิเมอร์ร่วม (ASD) เป็น 0.08 : 100 โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อความเข้มข้นของแป้ง OSAST เพิ่มสูงขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาณของสายโซ่อัลคิล ทำให้โอกาสที่จะเกิดการเกาะเกี่ยวกันมีมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ค่ามอดุลัส ค่าความหนืดเชิงซ้อน ค่าความหนืดเฉือน และสมบัติทิกโซทรอปีเพิ่มสูงขึ้น และสูงขึ้นตามค่าระดับการแทนที่ที่เพิ่มสูงขึ้น จาก 0.11 จนถึง 0.20 ขณะที่ค่าเหล่านั้นมีค่าลดลงเมื่อระดับการแทนที่เป็น 0.03 และ 0.04

5.1.9 สำหรับการเติมกรดและเบสนั้นส่งผลต่อสมบัติเชิงวิทยากระแสของสูตรสารเคลือบใสซึ่งจะกระทบต่อการนำไปใช้งาน โดยอาจมีผลต่อความเสถียรในการเก็บและขนส่งเนื่องจากการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างทำให้สารดัดแปรสมบัติเชิงวิทยากระแสด้อยประสิทธิภาพลง ค่ามอดุลัสและความหนืดลดลง แต่ยังคงคุณสมบัติทิกโซทรอปีไว้ได้

5.1.10 การเติมไทเทเนียมไดออกไซด์ในสูตรสารเคลือบสีส่งผลต่อสมบัติวิทยากระแสได้แก่ ความหนืด สมบัติทิกโซทรอปีและสมบัติแรงเฉือนลด เนื่องจากอนุภาคดังกล่าวไปรบกวนกลไกการเพิ่มความข้นหนืดจากอันตรกิริยาระหว่างหมู่อัลคิลของแป้งดัดแปร โดยพบว่า ระบบที่ใช้แป้ง OSAST ที่ระดับการแทนที่ 0.016 นั้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสมบัติวิทยากระแสเนื่องจากการมี

สมบัติคล้ายเจลที่ความเค้นต่ำ มีช่วง LVE กว้างจึงมีความเสถียรสูง แสดงสมบัติแบบแรงเฉือนลดและทิกโซทรอปีที่ชัดเจน

5.1.11 สมบัติทางกายภาพของฟิล์มสารเคลือบใสเมื่อแห้งตัวนั้นมีค่าความเงาใกล้เคียงกันแต่มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อใช้แป้ง OSAST ที่มีระดับการแทนที่เพิ่มสูงขึ้น ส่วนค่าการยึดติด พบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากอะคริลิกสไตรีนพอลิเมอร์ร่วม (ASD) ที่ใช้มีค่าอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วต่ำมาก (15 องศาเซลเซียส) ทำให้ความแข็งแรงของฟิล์มต่ำมากและแป้ง OSAST ไม่ได้ทำให้สมบัติด้านการยึดติดเปลี่ยนแปลง ส่วนสมบัติการไหลให้ได้ระนาบของฟิล์มสารเคลือบใสมีค่าลดลงหนึ่งระดับแต่ช่วยเพิ่มการต้านทานการไหลย้อยเมื่อใช้แป้งดัดแปร OSAST สำหรับฟิล์มของสูตรสารเคลือบสีที่มีปริมาณผงไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นร้อยละ 37.5 โดยปริมาตรไม่ระเหยและสารเคลือบมีปริมาณของแข็งรวมร้อยละ 54.02 นั้น พบว่า ให้สมบัติความเงาลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มสารเคลือบใสที่ไม่มีแป้ง ส่วนสมบัติด้านการยึดติด การไหลให้ได้ระนาบและความต้านทานการไหลย้อยของฟิล์มสารเคลือบสีไม่แตกต่างกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1การต้มแป้งมันสำปะหลังดัดแปรควรให้แน่ใจว่าอนุภาคเม็ดแป้งแตกตัวได้หมดในน้ำก่อนนำมาใช้ หรือหาวิธีในการแยกส่วนที่มีถุงหุ้มภายนอกเม็ดแป้งสำหรับ OSAST ที่มีระดับการแทนที่สูงกว่า 0.03 อย่างไรก็ตามการที่มีถุงหุ้มภายนอกเม็ดแป้งในระบบนั้น ช่วยเสริมสมบัติการไหล โดยเฉพาะความหนืด จึงอาจนำ OSAST ที่มีระดับการแทนที่สูงกว่า 0.03 มาใช้งานรูปแบบอื่นได้

5.2.2 ตัวปรับสมบัติเชิงวิทยากระแสโดยใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปรนั้นมีช่วงความเข้มข้นและปริมาณการใช้งานที่ค่อนข้างแคบ โดยหากใช้มากหรือน้อยเกินไปก็จะทำให้ค่าความหนืดลดลง จึงควรทำการศึกษาเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมมาใช้ในระบบสารเคลือบฐานน้ำ

5.2.3 ควรมีการศึกษาผลของการคืนตัวของแป้งและแป้งดัดแปรต่อสมบัติต่างๆ ของสารเคลือบใสและสูตรสารเคลือบสี