บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

6.1.1 แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่เม็ดแป้งมีการพองตัวสูงและแตกง่ายในสภาวะการผลิตที่รุนแรง มีเสถียรภาพของความหนืดขณะร้อนและการเกิด retrogradation ต่ำ และมีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 14

6.1.2 ในการทำ cross-linking แป้งมันสำปะหลังด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิและ pH ของปฏิกิริยาในช่วงที่ทำการศึกษาไม่มีผลต่อความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพแต่ระดับการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต และระยะเวลาของปฏิกิริยาที่ใช้ paste ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking สูงขึ้น จะมีเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการสร้างพันธะของฟอสเฟตระหว่างโพลิเมอร์ของเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ทำให้แรงยึดภายในโครงสร้างของเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งแปรสภาพลดลง เม็ดแป้งจึงไม่แตกง่ายและสูญเสียความหนืดไป

6.1.3 เมื่อระดับการ cross-linking สูงขึ้น อุณหภูมิแป้งสุกจะเพิ่มขึ้น และความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพจะลดลง เนื่องจากพันธะฟอสเฟตภายในเม็ดแป้งเพิ่มขึ้น ทำให้เม็ดแป้งมีการพองตัวจำกัด จึงทำให้การเกิด gelatinization ของเม็ดแป้งยากขึ้น และความหนืดลดลง ระดับการ cross-linking ที่ทำให้ paste มีความหนืดสูงสุดโดยไม่มีการลดลงของความหนืดระหว่าง heating cycle คือระดับที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 เวลาของปฏิกิริยาคือ 16 ชั่วโมง

6.1.4 สำหรับสมบัติของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ เมื่อปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ใช้ในการ cross-linking สูงขึ้น ปริมาณฟอสเฟตตกค้างในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพจะเพิ่มขึ้น แต่ยังอยู่ในระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้

6.1.5 เสถียรภาพของความหนืดที่อุณหภูมิ 50 °ซ นาน 30 นาที ต่อการย่อยสลายด้วยกรดจะเพิ่มขึ้น เมื่อระดับการ cross-linking สูงขึ้น และความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งลดลง ลักษณะกราฟของความหนืดวัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linkingที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ใกล้เคียงกับของแป้งถั่วเขียวมากที่สุด การเกิด retrogradation ของเจลเมื่อเย็นสูงกว่า แต่เสถียรภาพของเจลต่ำกว่าของแป้งถั่วเขียว

6.1.6 ในการใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในซ๊อสมะเขือเทศ แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในปริมาณการใช้ร้อยละ 1 ทำให้ซ๊อสมะเขือเทศมีคุณภาพในด้านความหนืด ความเป็นเนื้อเดียวกัน ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสดีที่สุด และสามารถรักษาความคงตัวไว้ได้อย่างน้อยเป็นเวลา 6 เดือน ทั้งนี้เพราะเม็ดแป้งมีเสถียรภาพต่อการย่อยสลายด้วยกรดดีขึ้น

6.1.7 การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น สามารถใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linkingที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ทดแทนได้ถึงร้อยละ 50 และวุ้นเส้นที่ได้มีความเหนียวและความยืดหยุ่นของเส้นดีกว่าวุ้นเส้นเกรดเอ แต่การคืนตัว ปริมาณน้ำในวุ้นเส้น และปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มสูงกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพนี้มีเสถียรภาพของเจลเมื่อเย็นต่ำกว่าของแป้งถั่วเขียวเล็กน้อย แต่ความหนืดของเจลสูงกว่า จึงทำให้เส้นมีความเหนียวและยืดหยุ่นดีกว่า

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ในการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ได้แบ่งการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อสมบัติของแป้งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ผลของอุณหภูมิและ pH และปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและเวลาของปฏิกิริยาที่ใช้ ทำให้ไม่ทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรทั้ง 4 ที่มีผลต่อสมบัติของแป้งนั้น มีค่ามากหรือน้อยต่างกันอย่างไร ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาต่อไปโดยวางแผนการวิเคราะห์หาอิทธิพลของตัวแปรทั้ง 4 ไปพร้อมกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.2 ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้เวลาของปฏิกิริยาการ cross-linking เป็น 16 ชั่วโมง และใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตสูงสุดเป็นร้อยละ 2.0 จึงจะทำให้ paste-จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพมีสมบัติที่ต้องการ แต่การใช้เวลานาน 16 ชั่วโมงนี้ทำให้สิ้นเปลือง-พลังงานไฟฟ้า ค่าแรงงานและค่าบำรุงรักษาของเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ ส่วนราคาของโซเดียม-ไตรเมต้าฟอสเฟตที่ใช้ก็มีราคาไม่แพงและสามารถหาซื้อได้ไม่ยาก ดังนั้นการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังนี้จึงควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปโดยการเพิ่มปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต และลดเวลาของปฏิกิริยาลง เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมที่สุด

6.2.3 เนื่องจากสารเคมีที่ใช้ในการ cross-linking ของแป้งมีหลายชนิด จึงควรมีการวิจัยต่อไปในการใช้สารเคมีอื่น ๆ เช่น อีปิคลอโรไฮดริน และ อะดิปิกอันไฮไดรด์ เป็นต้น เพื่อศึกษาความแตกต่างของสมบัติต่าง ๆ ของแป้งที่ได้

6.2.4 การนำแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ทำการ cross-linkingแล้ว มาใช้ทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น แสดงแนวโน้มที่สามารถทดแทนแป้งถั่วเขียวได้มากกว่าร้อยละ 50 ถ้าแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้มีระดับการ cross-linking สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะเม็ดแป้งมีความสามารถในการพองตัวลดลง เสถียรภาพของความหนืดระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้น การเกิด retrogradation และเสถียรภาพของเจลสูงขึ้นซึ่งเป็นสมบัติที่ต้องการในการผลิตวุ้นเส้น จึงน่าที่จะมีการศึกษาวิจัยต่อไปถึงแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ทำให้แป้งมีสมบัติใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียวมากที่สุด และสามารถนำไปทดแทนในการผลิตวุ้นเส้นได้สูงสุด โดยที่วุ้นเส้นนั้นมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นเดียวกับวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งถั่วเขียวล้วน

6.2.5 เนื่องจากในกระบวนการผลิตวุ้นเส้นมีขั้นตอนของการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -4 °ซ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำมาก ทำให้สมบัติของแป้งเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นเพื่อให้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ทำการ cross-linking แล้วมีเสถียรภาพที่อุณหภูมิต่ำ ๆ เพิ่มขึ้น จึงควรมีการศึกษานำแป้งไปแปรสภาพทางเคมีอีกขั้นตอนหนึ่ง โดยการ esterification ด้วยเกลือออร์โธและไพโรฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ กรดไตรโพลีฟอสฟอริก (30) และอะซิติกอันไฮไดรด์ หรือการ etherification ด้วยโพรพิลีนออกไซด์ (25) เป็นต้น แล้วจึงนำแป้งที่ได้ไปทดแทนแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้นเพื่อศึกษาคุณภาพของวุ้นเส้นต่อไป