บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

5.1.1 การเตรียมแป้งมันเทศทำได้ในลักษณะเดียวกับพืชหัว เช่นมันฝรั่ง โดยมีประสิทธิภาพการสกัดแป้งจากมันเทศมากกว่าร้อยละ 70 และให้ผลผลิตแป้งร้อยละ 9 - 18 (น้ำหนักสด)

ตัวแปรที่มีผลต่อร้อยละของผลผลิตแป้ง คือ สายพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวหัวมันเทศ แต่เนื่องจากสายพันธุ์ของมันเทศที่ปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ อีกทั้งอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของแต่ละสายพันธุ์ยังมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นปัญหาต่อการคัดเลือกวัตถุดิบเพื่อให้สามารถผลิตแป้งได้มาก ในการคัดเลือกวัตถุดิบอาจพิจารณาได้จากปริมาณความชื้นในหัวมันเทศ ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงแบบผกผันกับร้อยละของผลผลิตแป้ง คือ มันเทศควรมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 80.75 จึงจะสามารถให้ผลผลิตของแป้งมากกว่าร้อยละ 10.00 (น้ำหนักเปียก)

5.1.2 แป้งมันเทศที่สกัดได้มีองค์ประกอบทางเคมีคิดเป็นร้อยละโดยสังเขปดังนี้

ปริมาณความชื้น	12.75 $\pm$ 0.41
ปริมาณแป้ง (โดยน้ำหนักแห้ง)	91.97 $\pm$ 3.71
ปริมาณอะไมโลส (โดยน้ำหนักแห้ง)	37.33 $\pm$ 1.62
ปริมาณโปรตีน (โดยน้ำหนักแห้ง)	0.07 $\pm$ 0.02
ปริมาณไขมัน (โดยน้ำหนักแห้ง)	0.09 $\pm$ 0.06
ปริมาณฟอสฟอรัส (โดยน้ำหนักแห้ง, $x10^{-2}$)	0.37 $\pm$ 0.15
ปริมาณเถ้า (โดยน้ำหนักแห้ง)	0.84 $\pm$ 0.20

สายพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวเป็นตัวแปรที่มีผลร่วมกันต่อร้อยละของปริมาณแป้งและปริมาณไขมัน ทำให้แป้งมันเทศที่สกัดได้จากสายพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ มีความบริสุทธิ์ของแป้งแตกต่างกัน นั่นคือ หากคัดเลือกวัตถุดิบโดยไม่คำนึงถึงตัวแปรทั้งสองดังกล่าว อาจเป็นสาเหตุให้แป้งมันเทศที่ผลิตขึ้นในแต่ละครั้งไม่มีความสม่ำเสมอในด้านความบริสุทธิ์ของแป้ง

5.1.3 สมบัติด้านกายภาพ-เคมีของแป้งมันเทศที่สกัดได้ มีลักษณะที่สำคัญทั่วไปดังนี้

ขนาดของเม็ดแป้ง(ไมครอน)	10.21 $\pm$ 1.70
รูปร่างของเม็ดแป้ง	Circular
	Oval
	Polygonal (พบเป็นส่วนมาก)
pH ของแป้งเปียก	6.62 $\pm$ 0.08
ลักษณะของแป้งเปียก	Slight opacity,firm gel
อุณหภูมิการเกิดเจล ($^{\circ}$C)	68-81
ลักษณะของ Brabender visco-amylogram ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6	ให้ peak viscosity และเกิดการคืนตัวปานกลาง
Critical concentration value ที่ 95 $^{\circ}$C (กรัม/100 ลบ.ซม.)	2.03 $\pm$ 0.33
รูปแบบการพองตัว	Two stage
การพองตัวที่ 95 $^{\circ}$C	50.72 $\pm$ 8.32
รูปแบบการละลาย	Log model
รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการพองตัวและร้อยละของการละลาย	Simple linear model
	Log model
	Exponential model

ตัวแปรที่มีบทบาทสมบัติทางกายภาพ-เคมีของแป้งมันเทศ คือ อายุการเก็บเกี่ยวของมันเทศ

5.1.4 แป้งมันเทศที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 จากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน มีเสถียรภาพต่อความร้อนและการกวนดีกว่าแป้งจากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 3 เดือน อีกทั้งยังให้แป้งเปียกที่มีความหนืดสูงกว่า สำหรับแป้งมันเทศที่สกัดได้จากสายพันธุ์โอกุดซึ่งเป็นสายพันธุ์หนึ่งที่พบมากในท้องตลาด ให้แป้งเปียกที่มีเสถียรภาพต่อความร้อน การกวน และมีความหนืดสูงกว่าแป้งมันเทศที่สกัดมาจากสายพันธุ์อื่น ๆ ที่ศึกษา ทั้งนี้พิจารณาได้จาก Brabender visco-amylogram โดยที่ความสามารถในการพองตัวและการละลายให้ผลสอดคล้องกับ Brabender visco-amylogram

5.1.5 การคืนตัวของแป้งที่สกัดจากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน จะสูงกว่าแป้งที่สกัดจากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 3 เดือน และสามารถจำแนกแป้งมันเทศตามผลต่างของความหนืดที่เพิ่มขึ้นในช่วง cooling cycle ได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1: ผลต่างความหนืดประมาณ 60 บี.ยู. ได้แก่
สายพันธุ์กระต่าย
สายพันธุ์ พม.พจ. 2 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 3 เดือน
สายพันธุ์ พม.03-2 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 3 เดือน

กลุ่มที่ 2: ผลต่างความหนืดประมาณ 100 บี.ยู. ได้แก่
สายพันธุ์ TIS 8250 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 3 และ 4 เดือน
สายพันธุ์โนริน 03 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 3 เดือน

กลุ่มที่ 3: ผลต่างความหนืดประมาณ 150 บี.ยู. ได้แก่
สายพันธุ์โนริน 03 พม.พจ.2 และพม.03-2 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน

กลุ่มที่ 4: ผลต่างความหนืดประมาณ 200 บี.ยู. ได้แก่
สายพันธุ์โอกุด

5.1.6 ความสามารถในการพองตัว และการละลายของแป้งมันเทศ แปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ รูปแบบการพองตัวของแป้งมันเทศโดยส่วนรวมเป็นแบบ two stage รูปแบบการ

ละลายของแป้งมันเทศโดยส่วนรวมมีลักษณะเป็นกราฟลอกการิทึม (logarithm model) แป้งที่สกัดจากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 3 เดือนจะมีความสามารถในการละลายสูงกว่ามันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน และมีลักษณะสอดคล้องกับรูปแบบการพองตัว ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการพองตัวและการละลายของแป้งมันเทศพบใน 3 ลักษณะ คือ แบบเส้นตรง ลอกการิทึม และเอ็กซ์โปเนนเชียล แต่ส่วนมากจะพบเป็นเส้นตรง หรือ ลอกการิทึม โดยแป้งที่สกัดได้จากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 3 เดือนจะให้ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง และจากมันเทศอายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน (ยกเว้นสายพันธุ์ พม.พจ.2) จะให้ความสัมพันธ์แบบลอกการิทึม

5.1.7 การทดสอบเสถียรภาพของแป้งมันเทศ พิจารณาคัดเลือกแป้งมันเทศจากสายพันธุ์โอกุด และโนริน 03 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 4 เดือน เป็นแป้งทดสอบ ซึ่งเกณฑ์สำคัญในการคัดเลือก คือ สมบัติทางกายภาพ-เคมี โดยมีข้อมูลจากองค์ประกอบทางเคมีและผลผลิตของแป้งเป็นส่วนประกอบการพิจารณา

5.1.7.1 แป้งทดสอบมีเสถียรภาพหรือสามารถแสดงสมบัติของความหนืดตามปกติต่อความเป็นกรดเป็นด่างได้ในช่วง pH 4.5-6.5 (optimum pH) pH ที่ต่ำกว่า optimum จะมีผลต่อเสถียรภาพของแป้งมากกว่าที่ pH สูงกว่า และความแตกต่างของรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืดใน heating-cooling cycle อันเนื่องจากผลของ pH จะเกิดขึ้นหลังจากให้ความร้อนแก่แป้งเปียกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้การคืนตัวของแป้งเปียกในช่วง cooling cycle ที่ pH ต่าง ๆ มีความแตกต่างกัน กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง pH กับ อัตราส่วนของความหนืดของแป้งเปียกที่เพิ่มขึ้นในช่วง cooling มีลักษณะเป็นเส้นโค้งคว่ำ

5.1.7.2 ความเข้มข้นของแป้งมันเทศทำให้แป้งเปียกมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงความหนืดใน heating-cooling cycle แตกต่างกัน ความเข้มข้นของแป้งมันเทศทดสอบที่ทำให้แป้งเปียกมีเสถียรภาพต่อความหนืดได้ดี คือ น้อยกว่าร้อยละ 6 โดยมีความหนืดเมื่อสิ้นสุด heating-cooling cycle ประมาณ 200-300 บี.ยู. สำหรับแป้งมันเทศที่สกัดจาก

สายพันธุ์โอกุดให้ความหนืดที่จุดนี้สูงกว่าถึง 2 เท่า คือ ประมาณ 400-600 บี.ยู. ดังนั้นเมื่อพิจารณาบทบาทของความเข้มข้นของแป้งมันเทศที่มีต่อความหนืดที่จุดดังกล่าวจึงควรคำนึงถึงสายพันธุ์ของมันเทศที่นำมาใช้ในการสกัดแป้ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้แป้งมันเทศที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ

อนึ่ง สำหรับแป้งมันเทศจากสายพันธุ์โอกุดนอกจากจะมีเสถียรภาพต่อความร้อนและการกวนดีกว่าแป้งมันเทศสายพันธุ์อื่น ยังให้แป้งเปียกที่มีความหนืดสูงกว่าเมื่อมีความเข้มข้นของแป้งเปียกเท่ากัน ลักษณะนี้อาจทำให้ปริมาณการใช้แป้งมันเทศจากสายพันธุ์โอกุดสามารถใช้ในปริมาณที่ต่ำกว่าแป้งมันเทศจากสายพันธุ์อื่น ๆ ซึ่งเป็นทางหนึ่งที่ทำให้สามารถลดต้นทุนเกี่ยวกับปริมาณการใช้แป้งได้

5.1.7.3 การเก็บแป้งเปียกที่เตรียมจากแป้งมันเทศที่สกัดได้ ความเข้มข้นร้อยละ 6 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้ความหนืดของแป้งเปียกเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับความหนืดในขณะที่แป้งเปียกมีอุณหภูมิลดลงเป็น 25 องศาเซลเซียสหลังจากได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นั่นคือ การคืนตัวที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเกิดขึ้นได้ไม่มากนัก

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการหาข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่มีผลต่อการผลิตและสมบัติของแป้งจากมันเทศที่ปลูกในประเทศไทย ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันเทศในประเทศ และเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจในการนำแป้งมันเทศไปใช้ประโยชน์ ตลอดจนการปรับปรุงแป้งมันเทศให้มีสมบัติที่ต้องการ ดังนั้นเพื่อให้การใช้ประโยชน์จากแป้งมันเทศเป็นไปอย่างกว้างขวาง จึงควรจะมีการศึกษาวิจัยต่อไปเพื่อการนี้ เช่น การใช้แป้งมันเทศเป็น thickener agent ในผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องที่มี pH สูงกว่า 4.5 ผลขององค์ประกอบอาหารต่อสมบัติของแป้งมันเทศ การแปรสภาพแป้งมันเทศให้มีเสถียรภาพที่ดีต่อความร้อนและ pH ต่ำกว่า 4.5 เพื่อใช้กับอาหารประเภทที่มีความเป็นกรดมาก เป็นต้น

อนึ่ง การพิจารณาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ของอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันเทศในประเทศต้องอาศัยข้อมูลทั้งในเชิงเทคโนโลยีการผลิตและเศรษฐศาสตร์ ซึ่งข้อมูลในเชิงเทคโนโลยีการผลิตสามารถพิจารณาได้จากผลงานวิจัยนี้ ดังนั้นเพื่อให้อุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันเทศมีความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์อย่างแน่ชัด จึงควรศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทั้งนี้อาจจะต้องมีการนำเทคโนโลยีจากแขนงต่าง ๆ เข้ามามีส่วนช่วยในการแก้ไขปัญหาในเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป เช่น การปรับปรุงสายพันธุ์ของมันเทศให้มีผลผลิตมากขึ้นและทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี (ปัจจุบันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยกรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการปรับปรุงสายพันธุ์ของมันเทศ และส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปเพาะปลูก) ซึ่งในที่สุดจะเป็นผลให้วัตถุดิบที่ใช้ผลิตแป้งมันเทศมีราคาต่ำลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย