# บทที่ 5

# สรุปผล และข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผล

5.1.1 การศึกษาคุณภาพของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 และแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ได้เหนี่ยวนำด้วยความร้อนโดยใช้น้ำเป็นสารละลายและระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมงหรือไม่ได้บ่ม พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 และแป้งทนต่อการย่อยไม่มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ไม่ได้รับและได้รับการเหนี่ยวนำด้วยความร้อนมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เส้นใย และปริมาณคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 11.00-11.88, 5.51-5.81, 0.89-0.93, 0.47-0.58, 0.38-0.39 และ 80.53- 81.63 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณแป้งทนต่อการย่อยของแป้งตัวอย่างทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยพบว่าแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ได้รับการเหนี่ยวนำมีปริมาณแป้งทนต่อการย่อยมากกว่าแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ไม่ได้รับการเหนี่ยวนำ (ร้อยละ 13.91 เทียบกับ 2.67) ส่วนปริมาณอะมิโลสของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 พบว่ามีปริมาณเท่ากับร้อยละ 26.73

5.1.2 การเปรียบเทียบวิธีการผลิตแป้งที่ทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 จากแป้งข้าวอะมิโลสสูง

ผลจากการผลิตแป้งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 จากแป้งข้าวอะมิโลสสูงโดยใช้สารละลายที่แตกต่างกัน 10 ชนิด และระยะเวลาในการบ่มที่ 60°ซ หลังผ่านการให้ความร้อนชื้นแตกต่างกัน 4 ระดับ พบว่า การเหนี่ยวนำด้วยน้ำและใช้ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมงหรือไม่ได้บ่ม มีปริมาณแป้งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 มากที่สุด คือ ร้อยละ 13.91 ในขณะที่สารละลายกรดแลคติกความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอลที่ระยะเวลาในการบ่ม 72 ชั่วโมง และสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอลที่ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมงหรือไม่ได้บ่ม มีปริมาณแป้งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 2.33 และ 2.11 ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแป้งที่ย่อยได้ (digestible starch) ของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ใช้สารละลายที่แตกต่างกันและระยะเวลาการบ่มแตกต่างกัน พบว่า การใช้สารละลายกรดแลคติกความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอล ที่ระยะเวลาในการบ่ม 72 ชั่วโมง และสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอลระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมงหรือไม่ได้บ่ม มีปริมาณแป้งที่ย่อยได้ มากที่สุด คือ ร้อยละ 83.48 และ 83.05 ตามลำดับ ขณะที่การใช้น้ำที่ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมงหรือไม่ได้บ่ม มีปริมาณแป้งที่ย่อยได้ น้อยที่สุด คือ ร้อยละ 72.63

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแป้งทั้งหมด (total starch) ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีปริมาณแป้งทั้งหมดอยู่ระหว่างร้อยละ 83.37–87.32

5.1.3 การศึกษาระดับการเกิดเจลาทิไนเซชัน

จากการวิเคราะห์ระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ (% degree of gelatinization) ของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ใช้สารละลายและระยะเวลาในการบ่มต่างกัน พบว่า แป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ใช้น้ำและกรดแลคติกความเข้มข้น 10 mmol/L และระยะเวลาในการบ่ม 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีระดับการ

เกิดเจลาทิไนซ์ที่สูงกว่าตัวอย่างที่ใช้สารละลายเอทานอลและกรดแลคติกความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอล โดยการใช้น้ำและกรดแลคติกความเข้มข้น 10 mmol/L ที่ระยะเวลาในการบ่ม 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีระดับการเกิดเจลาทิไนซ์อยู่ระหว่างร้อยละ 98.64-99.86 ส่วนตัวอย่างที่ใช้สารละลายเอทานอลและกรดแลคติกความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอล ที่ระยะเวลาในการบ่ม 0, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีระดับการเกิดเจลาทิไนซ์ร้อยละ 58.25–59.91

5.1.4 การศึกษาคุณสมบัติทางด้านความร้อน

การเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านความร้อน (thermal properties) ของแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ที่ผ่านการให้ความร้อนชื้นโดยใช้สารละลายที่แตกต่างกันและระยะเวลาในการบ่มแตกต่างกัน พบว่าแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 มีอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน (onset temperature, To) อุณหภูมิสูงสุดของการเปลี่ยนเฟส (peak temperature, Tp) อุณหภูมิสุดท้ายของการเปลี่ยนเฟส (conclusion temperature, Tc) และค่าพลังงานของการเปลี่ยนเฟส ($\Delta$H) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันอยู่ระหว่าง 67.69–68.60°ซ อุณหภูมิสูงสุดของการเปลี่ยนเฟสมีค่า 73.77–74.89°ซ อุณหภูมิสุดท้ายของการเปลี่ยนเฟสมีค่าระหว่าง 81.02–86.05°ซ และค่าพลังงานของการเปลี่ยนเฟส อยู่ระหว่าง 1.17–1.66 J/g

จากการทดลองยังพบว่า เมื่อให้อุณหภูมิในการวิเคราะห์สูงขึ้นมีพีคปรากฏอีก 2 พีค โดยพีคที่หนึ่งคือ พีคส่วนของอะไมโลส-ไขมัน (amylose-lipid complex) ซึ่งแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเปลี่ยนเฟส (onset temperature, To) อุณหภูมิสูงสุดของการเปลี่ยนเฟส (peak temperature, Tp) อุณหภูมิสุดท้ายของการเปลี่ยนเฟส (conclusion temperature, Tc) และค่าพลังงานของการเปลี่ยนเฟส ($\Delta$H) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือ มีค่า To, Tp, Tc และ $\Delta$H อยู่ระหว่าง 135.53 – 137.37°ซ, 135.94 – 136.99°ซ, 139.31 – 142.15°ซ และ 2.07–2.63 J/g ตามลำดับ

ส่วนพีคส่วนที่สอง สันนิษฐานว่าเป็นพีคของแป้งทนต่อการย่อย (resistant starch) โดยพบว่าแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 มีอุณหภูมิเริ่มต้นของการเปลี่ยนเฟส (onset temperature, To) 153.03–159.15°ซ อุณหภูมิสูงสุดของการเปลี่ยนเฟส (peak temperature, Tp) ระหว่าง 154.62–165.57°ซ และอุณหภูมิสุดท้ายของการเปลี่ยนเฟส (conclusion temperature, Tc) อยู่ระหว่าง 175.27–187.68°ซ ซึ่งทั้งหมดนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ค่าพลังงานของการเปลี่ยนเฟส ($\Delta$H) มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าพลังงานของการเปลี่ยนเฟสของตัวอย่างที่ใช้น้ำและมีระยะเวลาในการบ่ม0 ชั่วโมงหรือไม่ได้บ่ม มีค่า $\Delta$H มากที่สุด คือ 1235.50 J/g ในขณะที่สารละลายกรดแลคติก ความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอล ที่ระยะเวลาในการบ่ม 72 ชั่วโมง และสารละลายกรดแลคติก ความเข้มข้น 10 mmol/L ในเอทานอลที่ระยะเวลาในการบ่ม 0 ชั่วโมงหรือไม่ได้บ่ม มีค่าพลังงานของการเปลี่ยนเฟสน้อยที่สุด คือ 878.50 และ 942.10 J/g ตามลำดับ

5.1.5 การศึกษาความคงตัวต่อความร้อนของแป้งที่ทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 จากแป้งข้าวอะมิโลสสูง

การศึกษาความคงตัวต่อความร้อนของแป้งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 พบว่า การใช้อุณหภูมิอบแห้งสูง (160°ซ) ทำให้ปริมาณของแป้งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 ลดลง ยืนยันได้จากค่า k ที่มีค่าเท่ากับ –1.08 โดยสมการถดถอยของอุณหภูมิ 100 , 120 , 140 และ 160°ซ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2$) เท่ากับ 0.93, 0.91, 0.84 และ 0.86 ตามลำดับ

**5.2 ข้อเสนอแนะ**

5.2.1 กระบวนการผลิตแป้งทนต่อการย่อยควรมีการปรับปรุงเพื่อพัฒนาคุณภาพของแป้งและปริมาณแป้งทนต่อการย่อยที่ได้ต่อไป

5.2.2 นำแป้งทนต่อการย่อยชนิดที่ 3 จากแป้งข้าวเจ้าเหลือง 11 ไปใช้เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไป เช่น เค้ก คุกกี้ ขนมเซนเบ้ เส้นก๋วยเตี๋ยว เป็นต้น

5.2.3 สมการถดถอยที่ได้จากการหาความคงตัวต่อความร้อนของแป้งทนต่อการย่อย สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากแป้งข้าวต่อไปได้