หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

1. แป้งชุบทอดทางการค้าที่มีจำหน่ายภายในประเทศ ส่วนใหญ่มีแป้งสาลีเป็นส่วนผสมหลัก แป้งอื่นที่นิยมใช้เป็นส่วนผสมได้แก่ แป้งข้าวโพด และแป้งข้าวเจ้า ตัวอย่างแป้งชุบทอดที่ศึกษามีสมบัติที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิแป้งสุก ระหว่าง 64.13-69.00°C ความหนืดเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 95°C และ 50°C ระหว่าง 130-175 และ 203-275 บี.ยู. ตามลำดับ paste เกิดการคืนตัวต่ำ โดยมีความหนืดของการคืนตัวทั้งหมดระหว่าง 40-145 บี.ยู. มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ ปริมาณอะไมโลสและโปรตีนร้อยละ 19.08-20.91 และ 9.56-10.28 ตามลำดับ

2. ความเร็วของเครื่องกวน มีผลทำให้สมบัติของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ที่ได้แตกต่างจาก native flour เมื่อความเร็วของเครื่องกวนสูงขึ้น คือมีระดับ 110 รอบต่อนาที ทำให้ความหนืดของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ ไม่ปรากฏเป็นยอดสูงสุด ความหนืดที่ 95°C และ 50°C ลดลง เสถียรภาพความหนืดระหว่าง heating cycle สูงขึ้น แต่ paste เกิดการคืนตัวน้อยลงและมีอะไมโลสสูงขึ้น

3. ในการแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต พบว่า

3.1 ความเร็วของเครื่องกวนที่ใช้เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้สม่ำเสมอและดีขึ้น ความเร็วของเครื่องกวนที่ระดับ 110 รอบต่อนาที มีผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ดีกว่าที่ระดับ 60 รอบต่อนาที โดยพิจารณา อุณหภูมิแป้งสุก ความหนืดสูงสุด ความหนืดที่ 95°C และ 50°C ความหนืดที่ 95°C นาน 20 นาที เสถียรภาพความหนืดระหว่าง heating cycle การคืนตัวของ paste รวมทั้งปริมาณอะไมโลส

3.2 ในการแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าโดยใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1.4 1.7 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 2 ระดับ คือ 50°C และ 55°C เวลา 3 ระดับ คือ 1.5 3.0 และ 4.5 ชั่วโมง กำหนดให้ pH คงที่ คือ 11.00 $\pm$ 0.10 ความเร็วของเครื่องกวน 110 รอบต่อนาที พบว่า แต่ละปัจจัยที่ศึกษาคือ ปริมาณสาร อุณหภูมิ และเวลา มีผลต่อปฏิกิริยา เมื่อปริมาณสาร อุณหภูมิ หรือเวลาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้

อุณหภูมิแป้งสุกของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพสูงขึ้น ความหนืดที่ 95°C และ 50°C ลดลงเสถียรภาพความหนืดระหว่าง heating cycle สูงขึ้น paste เกิดการคืนตัวน้อยลง แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสและอะไมโลส์สูงขึ้น

3.3 สำหรับอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย พบว่า ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตกับเวลา อุณหภูมิกับเวลา และอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าว มีความสัมพันธ์ในทิศทางเสริมกัน คือ เมื่อแต่ละปัจจัยมีระดับสูงขึ้น มีผลทำให้ปฏิกิริยา cross-linking เกิดได้ดีขึ้น

4. สำหรับองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญคือปริมาณฟอสฟอรัส (X) และอะไมโลส (Y) ในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ มีความสัมพันธ์กันแบบพาราโบลาตามสมการ

$$Y = 20.94 + 0.58X + 0.015X^2 \quad (R^2 = 0.976)$$

และปริมาณฟอสฟอรัส (X) กับอุณหภูมิแป้งสุก (Y) มีความสัมพันธ์กันแบบพาราโบลา ตามสมการ

$$Y = 71.99 - 0.61X + 0.15X^2 \quad (R^2 = 0.974)$$

ปริมาณอะไมโลส (X) มีความสัมพันธ์กับความหนืดของการคืนตัวทั้งหมด (Y) แบบเอกซ์โปเนนเชียล ตามสมการ $Y = 2.80*10^{12}e^{-0.99x}$ $(R^2 = 0.947)$

5. ในการคัดเลือกแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพจากสภาวะต่างๆ โดยใช้สมบัติของแป้งชุบทอดทางการค้าเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำ ซึ่งมีเกณฑ์สำคัญได้แก่ อุณหภูมิแป้งสุก และปริมาณอะไมโลส เกณฑ์ลำดับรองได้แก่ ความหนืดที่ 95°C และ 50°C และ ความหนืดของการคืนตัวทั้งหมด พบว่าแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ที่อุณหภูมิ 50°C และแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.7 ที่อุณหภูมิ 55°C เวลา 4.5 ชั่วโมงเท่ากัน มีสมบัติเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดมากกว่าสภาวะอื่น

6. การพัฒนาสูตรแป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างกัน ซึ่งคำนวณโดยวิธี mixture design ได้ผลดังนี้

6.1 แป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์และแป้งขนมปังไม่มีผลทำให้สมบัติที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิแป้งสุก ปริมาณอะไมโลส ความหนืดที่ 95°C และ 50°C และความหนืดของการคืนตัวทั้งหมดของแป้งชุบทอดแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณโปรตีนซึ่งพบว่าสูตรที่ใช้แป้งขนมปังทุกสูตรมีโปรตีนสูงกว่าสูตรที่ใช้แป้งเอนกประสงค์

6.2 ชนิดและปริมาณของแป้งที่ใช้เป็นส่วนผสมในแป้งชุบทอด มีผลต่อสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ดังนี้

อุณหภูมิแป้งสุก แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพมีผลทำให้อุณหภูมิแป้งสุกของแป้งชุบทอดสูงขึ้น เนื่องจากมีการสร้างพันธะฟอสเฟตไดเอสเทอร์เชื่อมระหว่างโมเลกุลในเม็ดแป้ง แป้งขนมปังมีผลทำให้อุณหภูมิแป้งสุกต่ำลง เนื่องจากมีอะไมโลสต่ำและมีเม็ดแป้งเสียหาย แต่แป้งข้าวโพด มีผลทำให้อุณหภูมิแป้งสุกสูงขึ้น เนื่องจากมีอะไมโลสสูง

ความหนืดที่ 95°C แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพทำให้ความหนืดต่ำลง เนื่องจากมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่แข็งแรง และแป้งขนมปังทำให้ความหนืดต่ำเช่นกัน เนื่องจากเม็ดแป้งดูดน้ำและพองตัวได้น้อย ประกอบกับมีโปรตีนในปริมาณมาก แต่แป้งข้าวโพดมีสมบัติดูดน้ำ และพองตัวได้มากกว่า จึงทำให้ความหนืดสูงขึ้น

ความหนืดที่ 50°C แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพทำให้ความหนืดต่ำลง เพราะอะไมโลสมีขนาดโมเลกุลไม่เหมาะสม จึงจับกับอะไมโลเพคตินแล้วเกิดโครงสร้างสามมิติได้น้อย แป้งขนมปังทำให้ความหนืดต่ำเช่นกัน เพราะเม็ดแป้งเสียหายในระหว่างการบด ทำให้โมเลกุลอะไมโลสมีขนาดไม่เหมาะสมและมีอะไมโลสปริมาณต่ำ แต่แป้งข้าวโพดทำให้ความหนืดสูงขึ้น เพราะมีขนาดโมเลกุลอะไมโลสเหมาะสมและปริมาณมาก

การคืนตัวของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพทำให้การคืนตัวต่ำลงเพราะมีขนาดโมเลกุลอะไมโลสไม่เหมาะสม แป้งขนมปังมีผลทำให้การคืนตัวต่ำลง เนื่องจากมีขนาดโมเลกุลเล็กและปริมาณต่ำ แต่แป้งข้าวโพดมีขนาดและปริมาณที่เหมาะสมมากกว่า จึงทำให้เกิดการคืนตัวสูงขึ้น

ปริมาณอะไมโลส แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพทำให้ปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น เพราะมีการเชื่อมโยงระหว่างสาขาของอะไมโลเพคติน ให้มีลักษณะคล้ายอะไมโลสมากขึ้น แต่แป้งขนมปังทำให้ปริมาณอะไมโลสต่ำลง และแป้งข้าวโพดทำให้ปริมาณอะไมโลสสูงขึ้น

ปริมาณโปรตีน แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพมีปริมาณโปรตีนต่ำและส่วนใหญ่เป็นกลูเตลิน ซึ่งมีสมบัติแตกต่างจากกลูเต้น แต่แป้งขนมปังมีโปรตีนสูงกว่าแป้งข้าวเจ้าประมาณ 2 เท่า และเป็นกลูเต้นซึ่งสามารถเกิดโครงสร้างที่เก็บก๊าซได้ดี แต่แป้งข้าวโพดมีผลต่อโปรตีนน้อยมาก

6.3 ชนิดและปริมาณของแป้งที่ใช้มีผลต่อลักษณะคุณภาพทั่วไป ดังนี้

สี แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพมีผลทำให้สีอ่อนลงเนื่องจากมีโปรตีนต่ำ แต่แป้งขนมปังทำให้มีสีเข้ม เพราะมีโปรตีนสูงกว่า สำหรับแป้งข้าวโพดมีผลต่อสีน้อยมาก

ความกรอบ แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ และแป้งข้าวโพดมีผลทำให้ความกรอบสูงขึ้น เนื่องจากมีอุณหภูมิแป้งสุกและปริมาณอะไมโลสสูง แต่แป้งขนมปังทำให้ความกรอบลดลง

การพองตัวภายหลังการทอด แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพและแป้งข้าวโพด ทำให้การพองตัวต่ำลง เพราะมีอะไมโลสสูงและไม่มีโปรตีนที่มีสมบัติเก็บก๊าซได้ดีเหมือนกลูเต้น แต่แป้งขนมปังทำให้เกิดการพองตัวได้ดี เพราะมีอะไมโลเพคติน รวมทั้งกลูเต้นในปริมาณมาก

การอมน้ำมัน แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพและแป้งข้าวโพด ทำให้ผลิตภัณฑ์อมน้ำมันน้อยลง เพราะเกิดการพองตัวต่ำ แต่แป้งขนมปังทำให้ผลิตภัณฑ์อมน้ำมันมาก เพราะมีการพองตัวสูง

6.4 การนำแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมเพียงชนิดเดียว มีอุณหภูมิแป้งสุกและปริมาณอะไมโลสสูงกว่าแป้งชุบทอดทางการค้า และมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดอยู่ในระดับเดียวกัน แต่มีปริมาณโปรตีน ตลอดจนลักษณะคุณภาพทั่วไป คือ สี ความกรอบ และการยอมรับรวมต่ำกว่า ยกเว้นมีการอมน้ำมันน้อยกว่า สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้แป้งผสม พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ แป้งขนมปัง และแป้งข้าวโพด (ร้อยละ) 40:55:5 มีสมบัติต่างๆ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับเดียวกับแป้งชุบทอดทางการค้า แต่มีอุณภูมิแป้งสุกและปริมาณอะไมโลสสูงกว่า รวมทั้งการอมน้ำมันน้อยกว่าซึ่งเป็นสมบัติที่ดีสำหรับผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ พบว่า แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตมีสมบัติแตกต่างจาก native flour คือ มีอุณหภูมิแป้งสุกและเสถียรภาพความหนืดระหว่าง heating cycle สูงขึ้น แต่มีความหนืดและเกิดการคืนตัวต่ำลง สามารถนำไปใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามในปัจจุบันผลิตภัณฑ์กุ้งชุบทอดแช่เยือกแข็งเป็นที่นิยมของผู้บริโภคมากขึ้น มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้น จึงควรมีการศึกษา เพื่อนำแป้งแปรสภาพด้วยวิธี cross-linking ไปใช้ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าว นอกจากนี้ควรมีการศึกษาโดยเลือกใช้สารเคมีกลุ่มอื่น ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยาแล้วให้โมโนสตาร์ชฟอสเฟต มากกว่าไดสตาร์ชฟอสเฟต เพราะโมโนสตาร์ชฟอสเฟตมีสมบัติที่ป้องกันการเกิดการคืนตัวได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความกรอบสูง หรืออาจมีการนำแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพไปใช้ในผลิตภัณฑ์ประเภทอื่น เช่น snack food ซึ่งมีส่วนผสมคล้ายแป้งชุบทอด คือ มีแป้งเป็นส่วนผสมหลัก มีน้ำตาล หรือ เกลือเป็นสารปรุงแต่งรสชาติ และต้องผ่านการทอดแบบ deep-fat-frying ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิสูง เพื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะพองกรอบ และอมน้ำมันน้อยเช่นเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย