บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

จากการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส กัวร์กัม และการนึ่งโดจากแป้งข้าว สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส และกัวร์กัม

1. ผลการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่แปรปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และปริมาณน้ำ (ตารางที่ 4-1) พบว่า ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 15 และ 20 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และน้ำปริมาณ 85 90 และ 95 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีอิทธิพลร่วมกันต่อ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีเหลือง น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม ค่าความแข็งของบะหมี่ และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว (ตารางที่ 4-2) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความสว่างลดลง และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโปรตีนที่มากขึ้น ทำให้บะหมี่มีโครงสร้างทึบแสง ส่งผลต่อการสะท้อนแสงได้น้อยลง ทำให้บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความสว่างลดลง อีกทั้งโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมีรงควัตถุสีเหลือง (Flavonol) เป็นสารสีในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) (Gan et al., 2009) จึงทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวซึ่งมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดในส่วนผสมมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ปริมาณน้ำยังมีผลต่อค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น และค่าเป็นสีเหลืองลดลง ซึ่งปริมาณน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งแรงของโครงสร้างของเส้นบะหมี่ (Park & Kim, 1990) โดยปริมาณน้ำที่มากขึ้นจะทำให้บะหมี่ขาดง่าย ขาดความยืดหยุ่น และแฉะ (Oh et al., 1985b; Hatcher et al.. 1999)ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำมากขึ้น ส่งผลให้เส้นที่อัดได้มีปริมาณโปรตีนลดลง ส่งผลให้โครงสร้างทำให้เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจาก

แป้งข้าวมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นและค่าความเป็นสีเหลืองลดลง

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบค่าสีของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพทางด้านสีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับลักษณะของบะหมี่ทอดดังภาพที่ 4-1 พบว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีสีเหลืองกว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดซึ่งมีสีเหลืองลงในผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว

1.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้ม

จากผลการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้ม (ตารางที่4-3) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมโปรตีนถั่วเหลือง และน้ำในปริมาณที่แตกต่างกัน มีผลให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มและปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกอยู่ในช่วง 6 นาที ถึง 8 นาที

จากการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ทำให้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกเพิ่มขึ้นเนื่องจาก โปรตีนถั่วเหลืองมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ (John, 1979; Preeti, Kumar, Sabapathy, & Bawa, 2008) ทำให้ปริมาณน้ำที่สตาร์ชใช้ในการพองตัวระหว่างที่สตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์ลดลง ส่งผลต่อการเกิดเจลาติไนซ์ของสตาร์ชเกิดไม่สมบูรณ์ หรือเกิดเจลาติไนซ์ได้ช้าลง (Whalen, Bason, Booth, Walker, & William, 1997) ส่วนน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น เนื่องจาก โปรตีนถั่วเหลืองมีคุณสมบัติการดูดซับน้ำ โดยเฉพาะโปรตีนถั่วเหลืองสกัดสามารถดูดซับน้ำได้สูงประมาณ 150-400 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนัก (Preeti et al., 2008) เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น Whalen et al. (1997) กล่าวว่า ส่วนประกอบของเมล็ดธัญชาติบางอย่าง ได้แก่ โปรตีน และส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด เมื่อผสมอยู่กับสตาร์ชจะดูดซับน้ำที่เม็ดสตาร์ชจะนำไปใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชัน หรือทำให้สตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์ไม่สมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้การเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองจึงทำให้สตาร์ชในเส้นบะหมี่เกิดเจลาติไนซ์ไม่สมบูรณ์ อาจส่งผลต่อโครงสร้างของเส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวขาดความเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้สตาร์ช หรือองค์ประกอบภายในเส้นกระจายตัวออกมาในน้ำที่ใช้ในการต้ม จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มขึ้น รวมทั้งต้องใช้เวลาในการคืนรูปนานขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ

Collins and Pangloli (1997) ที่ศึกษาผลของการเติมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (Defatted Soy Flour) ปริมาณ 0 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง ในผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งสาลี พบว่า เมื่อเติมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Sudha et al. (2011) ศึกษาการเติมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันปริมาณ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง ในบะหมี่ทอดกึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลี จากนั้นนำบะหมี่ที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพหลังการต้ม พบว่า เมื่อเติมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเพิ่มขึ้นทำให้บะหมี่ทอดกึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลีมีน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น

จากการทดลอง พบว่า ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีน้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งที่สูญเสียในระหว่างการต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีส่วนผสมส่วนใหญ่ คือ แป้งข้าว และโปรตีนถั่วเหลืองสกัดซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเส้นบะหมี่ โดยเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้งจะทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวแตกออก ทำให้มีความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติ โดยมีอะไมโลสที่ออกจากเม็ดสตาร์ชพยายามเกาะเกี่ยวกันเอง และส่วนอื่นด้วยพันธะไฮโดรเจนจึงทำให้กลับมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการนี้เรียกว่า การเกิดเจล (Gel Formation) ซึ่งเจลที่ได้จะมีความแข็งแรง (Wurzburg & Szymasaki, 1970) ในขณะเดียวกันเมื่อเติมน้ำในส่วนผสมโปรตีนสามารถละลายน้ำ ซึ่งความสามารถในการละลายขึ้นอยู่กับ สมดุลระหว่างการเกิดพันธะไฮโดรเจน (โปรตีน-น้ำ) และการเกิดพันธะนอนโพลาร์ (โปรตีน-โปรตีน) ในระหว่างการละลาย และเมื่อนำไปให้ความร้อนในขั้นตอนการนึ่งโด การนึ่งเส้น และการทอด โปรตีนถั่วเหลืองจะสามารถเกิดเจล โดยเมื่อให้ความร้อนโปรตีนจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (เกิดการคลายเกลียวของสายโปรตีน) จากนั้นในสภาวะที่อุณหภูมิลดต่ำลงสายโปรตีนจะเรียงตัวเข้าหากันเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ (Utsumi, Matsumara, & Mori, 1997) เกิดเป็นโครงสร้างเจลที่แข็งแรง แต่อย่างไรก็ตาม การที่โปรตีนเกิดเจลที่ดีได้นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณที่เหมาะสม ดังนั้นจะเห็นว่าการเพิ่มปริมาณน้ำเป็นการทำให้สตาร์ช และโปรตีนเกิดเป็นเจลที่สมบูรณ์มากขึ้นซึ่งทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่มีความแข็งแรง ทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มแตกต่างจากผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ โดยผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีน้ำหนักที่ได้หลังการต้ม และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มสูงกว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100

เปอร์เซ็นต์ มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก เท่ากับ 8 นาที น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม เท่ากับ 244.60 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากแป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตน เมื่อนำแป้งมานวดกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมทำให้เกิดโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่น และมีความแข็งแรง เมื่อนำมาผลิตบะหมี่จะทำให้ได้เส้นบะหมี่มีความยืดหยุ่น แข็งแรง ไม่ขาด และแตกเปราะง่าย (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด แต่โปรตีนถั่วเหลืองสกัดไม่สามารถเกิดเป็นโครงสร้างที่แข็งแรงได้เหมือนโปรตีนกลูเตนจากแป้งสาลี (ปาริฉัตร หงสประภาส, 2548; อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550; Liu, 1997) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม มีค่าเท่ากับ 8.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว

1.3 ผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า และค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว (ตารางที่4-4) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด มีผลทำให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวเพิ่มขึ้น เนื่องจากโปรตีนถั่วเหลืองเมื่อเกิดเป็นเจลจะเกิดเป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide Bond) เกิดเป็นโครงร่างตาข่ายที่แข็งแรง (Liu, 1997) ทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่มีโปรตีนถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบมีเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดทำให้ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง โดยการยึดเกาะที่ผิวหน้า แสดงถึง การติดกันของเส้นบะหมี่ ติดภาชนะ ซึ่งเกิดจากที่สตาร์ชเกิดเจลาติไซน์ที่ผิว (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) ดังนั้นปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดมากขึ้นมีผลต่อการเกิดเจลาติไนซ์ของสตาร์ชได้ไม่สมบูรณ์หรือน้อยลงด้วย ทำให้ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Paulsen (1961) พบว่า เมื่อเติมแป้งถั่วเหลืองปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มะกะโรนีมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลง เช่นเดียวกับการทดลองของ Sudha et al. (2011) ศึกษาการเติมแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมัน (Defatted Soy Flour) ปริมาณ 5 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง ในบะหมี่ทอดกึ่งสำเร็จรูปจากแป้งสาลี พบว่า ปริมาณแป้งถั่วเหลืองสกัดไขมันเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความแข็งของบะหมี่เพิ่มขึ้น

เมื่อปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว ทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าด้านความแข็งลดลง และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจาก ปริมาณน้ำที่เหมาะสมมีผลทำให้เม็ดสตาร์ชยึดเกาะติดกันได้ดี แต่ถ้าปริมาณน้ำที่มากเกินไป มีผลให้โดแฉะ เหนียวติดมือ จะทำให้เส้นติดกัน และขาดง่าย (Dexter, Mastsuo, & Dronzek, 1979) ในขณะที่ถ้าปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปจะทำ

ให้โดแข็ง ยากต่อการดึงยืด เส้นจะแตกเปราะและขาดง่าย (Park & Kim, 1990) สอดคล้องกับการทดลองของ Hatcher et al. (1999) โดยพบว่าปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 28 จนถึง 34 จะทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านต่าง ๆ ลดลง เช่นเดียวกับ Yili et al. (2009) ศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์บะหมี่ (Chinese White Noodles) ที่ระดับ 33 35 และ 37 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง จากนั้นนำโดที่ผ่านการรีด ไปวัดค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า พบว่า ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีคุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างจากผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ โดยผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็ง เท่ากับ 1274.97 กรัม และมีค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า เท่ากับ 15.27 กรัม-วินาที และมีค่าความต้านต่อการดึงขาด เท่ากับ 13.68 กรัม โดยที่ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความแข็งสูงกว่า และมีค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดได้ เนื่องจากเมื่อนำผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมาคืนรูปตามเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (ตารางที่ 4-3) เส้นบะหมี่ที่ได้มีลักษณะขาด ทั้งนี้เนื่องจาก แป้งสาลีมีโปรตีนกลูเตนเมื่อนำแป้งมานวดกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมทำให้เกิดโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่น และมีความแข็งแรง เมื่อนำมาผลิตบะหมี่จะทำให้ได้เส้นบะหมี่ที่มีความยืดหยุ่น แข็งแรง ไม่ขาด และแตกเปราะง่าย (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) ซึ่งต่างจากโครงสร้างของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่แม้จะการเติมโปรตีนถั่วเหลืองทดแทนโปรตีนกลูเตนแล้วก็ตาม แต่โปรตีน ถั่วเหลืองสกัดไม่สามารถเกิดโครงสร้างเป็นร่างแหได้เหมือนโปรตีนกลูเตน (John, 1979) ดังนั้นจึงทำให้บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวไม่มีความยืดหยุ่นได้เหมือนกับบะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์

1.4 ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

จากคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 15 และ 20 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และน้ำปริมาณ 85 90 และ 95 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธีทดสอบแบบ 9-Point Hedonic Scale (ตารางที่ 4-5) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวทั้ง 9 สูตร มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ โดยผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งผู้ทดสอบชิมให้

เหตุผลว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ มีเนื้อสัมผัสนุ่ม และไม่มีกลิ่นของถั่วเหลือง ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 15 และ 20 กรัม และน้ำปริมาณ 85 90 และ 95 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ได้รับคะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 4.40 คะแนน ถึง 6.44 คะแนน (ไม่ชอบเล็กน้อย ถึง ชอบเล็กน้อย) ด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 4.64 คะแนน ถึง 6.12 คะแนน (ไม่ชอบเล็กน้อย ถึง ชอบเล็กน้อย) ลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 4.04 คะแนน ถึง 5.60 คะแนน (ไม่ชอบเล็กน้อย ถึง เฉย ๆ) และด้านความชอบโดยอยู่ในช่วง 4.04 คะแนน ถึง 6.04 คะแนน (ไม่ชอบเล็กน้อย ถึง ชอบเล็กน้อย) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัม และน้ำปริมาณ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส เท่ากับ 5.60 คะแนน และความชอบโดยรวม 6.04 คะแนน มีคะแนนรองจากผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาคัดเลือกปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และปริมาณน้ำที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งข้าวที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ ค่าความแข็งต่ำ และมีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูง จากผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัม และน้ำปริมาณ 85 90 และ 95 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย (6.5 6 และ 6 นาที ตามลำดับ) ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ (16.23 16.29 และ15.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็งต่ำ (1772.47 1761.90 และ1750.07 กรัม ตามลำดับ) (แสดงดังตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4) แต่อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 กรัม และน้ำปริมาณ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด และมีคะแนนรองจากบะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4-5) ผู้วิจัยจึงพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 กรัม และน้ำปริมาณ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ไปศึกษาในการทดลองข้อที่ 2 ต่อไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2 ผลการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส

จากการเตรียมผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว ที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และน้ำ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม (ที่ได้จากผลการทดลองในตอนที่ 1 ข้อที่ 1) มาเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส โดยแปรปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 5 ระดับ คือ 0 1 2 3 และ 4 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม แล้วตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี โครงสร้างทางจุลภาค คุณภาพของบะหมี่หลังการต้ม ลักษณะเนื้อสัมผัส และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสได้ผลดังต่อไปนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากผลการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว (ตารางที่ 4-6) พบว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ในปริมาณที่แตกต่างกันมีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ขณะที่มีค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว มีผลทำให้ค่าความสว่าง อยู่ในช่วง 74.66 ถึง 74.14 ค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 2.47 ถึง 3.31 และ ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 25.48 ถึง 26.84 เนื่องจากเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมโยงสายโปรตีนระหว่างกลุ่มเอมีนอิสระ (Free Amine Group) ของไลซีน และกลุ่มแกรมม่า-คาร์บอกซีเอไมด์ (Gamma-Carboxyaminde Group) ของกลูตามีน ส่งผลให้เกิดพันธะโควาเลนซ์ที่แข็งแรงทั้งในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุลของสายโปรตีน ทำให้เกิดโปรตีนสายยาวเป็นร่างแหที่แน่น (Wu & Corke, 2005) จึงอาจเป็นสาเหตุให้เมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส จึงทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีความทึบแสงมากขึ้น ส่งผลต่อการสะท้อนแสงเกิดขึ้นได้น้อยลง ซึ่งอาจทำให้การสะท้อนแสงให้เกิดความเด่นชัดของเม็ดสีของโปรตีนถั่วเหลืองสกัดซึ่งมีสีเหลืองนั้นอาจเป็นผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Wu and Corke (2005) ศึกษาผลของคุณภาพบะหมี่แห้งจากแป้งสาลี โดยเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับเอนไซม์ต่างกันต่อบะหมี่ที่ทำจากแป้งสาลีคุณภาพดี และแป้งสาลีคุณภาพต่ำ พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีผลทำให้บะหมี่ที่ทำจากแป้งทั้ง 2 ประเภทมีค่าความสว่างลดลง และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น

2.2 ผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค

ผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสต่อโครงสร้างทางจุลภาค (ภาพที่ 4-2) พบว่า พื้นที่ตัดขวางภายในของเส้นบะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ มีช่องอากาศขนาดเล็ก ๆ ใกล้เคียงกันกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ เมื่อสังเกตภายในช่องอากาศ มีลักษณะคล้ายเส้นใยเชื่อมโยงกันซึ่งเป็นลักษณะของโปรตีนกลูเตนของแป้งสาลี ในขณะที่พื้นที่ตัดขวางภายในเส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส มีบริเวณช่องอากาศขนาดใหญ่กระจายอยู่ ซึ่งช่องอากาศนี้อาจเกิดจากการที่น้ำในส่วนผสมได้รับความร้อนจากการทอด และระเหยกลายเป็นไอ ออกไปจากโครงสร้างของเส้นบะหมี่เหลือแต่เพียงช่องว่าง ทั้งนี้เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส พบว่า ช่องอากาศขนาดใหญ่มีปริมาณลดลงมีโครงสร้างที่แน่นขึ้น เห็นเป็นพื้นที่ที่เป็นส่วนทึบมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากเกิดการเชื่อมข้ามระหว่าง ไลซีน และกลูตามีน ทำให้โครงสร้างภายในของเส้นบะหมี่แน่นขึ้น (Autio et al., 2005) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Aalami and Leelavathi (2008) ได้ศึกษาการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับ 0 0.5 1 1.5 2 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง ในผลิตภัณฑ์สปาเกตตีจากแป้งสาลี เมื่อนำเส้นสปาเกตตีส่องกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า สปาเกตตีที่เพิ่มเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสโพรงอากาศมีขอบหนา และโครงสร้างแน่นขึ้น

2.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้ม

จากผลการตรวจสอบคุณภาพของหลังการต้มของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว (ตารางที่ 4-7) จากการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตา - มิเนสมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก เท่ากับ 6 นาที และเมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว ทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 227.40 เปอร์เซ็นต์ ถึง 247.17 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลงแต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) อยู่ในช่วง 15.36 เปอร์เซ็นต์ ถึง 16.41 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจาก เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยาการเชื่อมโยงสายโปรตีนระหว่างกลุ่มเอมีนอิสระ (Free Amine Group) ของไลซีน และกลุ่มแกรมม่า-คาร์บอกซีเอไมด์ (Gamma-Carboxyamide Group) ของกลูตามีน ส่งผลให้เกิดพันธะโควาเลนซ์ที่แข็งแรงทั้งในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุลของสายโปรตีน ทำให้เกิดโปรตีนสายยาวเป็นร่างแหที่แน่น (Autio et al., 2005) จึงอาจส่งผลให้เส้นบะหมี่ดูดซับน้ำในระหว่างการต้มน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Wu and Corke (2005) ศึกษาการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ ระดับ 0 0.1 0.5 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง ในผลิตภัณฑ์บะหมี่แห้งที่ทำจากแป้งสาลีทางการค้าที่มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน คือ Red Bicycle และ

Sandow พบว่า เมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น ทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลง เช่นเดียวกับ Aalami and Leelabathi (2008) ศึกษาผลของเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับ 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้งต่อคุณภาพของสปาเกตตี พบว่าเมื่อเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลง

2.4 ผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัส

จากผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว (ตารางที่ 4-8) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่แตกต่างกันมีลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 1751.08 กรัม ถึง 2359.29กรัม ในขณะที่ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 21.81 กรัม-วินาที ถึง 13.78 กรัม-วินาที ทั้งนี้เนื่องจากการเชื่อมโยงสายโปรตีนระหว่างกลุ่มเอมีนอิสระ (Free Amine Group) ของไลซีน และกลุ่มแกรมม่า-คาร์บอกซีเอไมด์ (Gamma-Carboxyamide Group) ของกลูตามีน ส่งผลให้เกิดการเชื่อมประสานของโปรตีนโดยพันธะโควาเลนซ์ที่แข็งแรงทั้งในโมเลกุล และระหว่างโมเลกุลของสายโปรตีน ทำให้เกิดโปรตีนสายยาวเป็นร่างแหที่แน่นขึ้น (Autio et al., 2005) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Wu and Cork (2005) ศึกษาผลของคุณภาพบะหมี่แห้ง จากแป้งสาลีคุณภาพดี และแป้งสาลีคุณภาพต่ำ โดยการเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่ระดับต่าง ๆ พบว่า เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีผลให้บะหมี่แห้งที่ทำจากแป้งสาลีทั้ง 2 ชนิด มีค่าความต้านต่อการดึงขาด ค่าความแข็ง เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่มีส่วนผสมของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และเติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณต่าง ๆ เมื่อนำไปคืนรูปพบว่าเส้นบะหมี่ที่ได้มีลักษณะขาดไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดได้ ทั้งนี้แม้ว่าเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีสมบัติในการเชื่อมข้ามของสายโพลีเปปไทด์ของโปรตีนในโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Gan et al., 2009) แต่อย่างไรก็ตามการเชื่อมข้ามดังกล่าวไม่เหมือนกับโครงสร้างที่ยืดหยุ่นของกลูเตนจึงไม่สามารถทำให้เส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าววัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดได้

2.6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส (ตารางที่ 4-9) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสในปริมาณที่แตกต่างกันได้รับคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้าน

สีอยู่ในช่วง 6.03 คะแนน ถึง 6.70 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) และคะแนนด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 5.40 คะแนน ถึง 5.73 คะแนน (เฉย ๆ) สำหรับคะแนนด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 5.43 คะแนน ถึง 6.63 คะแนน (เฉย ๆ ถึง ชอบเล็กน้อย) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสปริมาณ 2 3 และ 4 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีคะแนนความชอบโดยรวมสูง และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งได้รับคะแนนความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 6.23 คะแนน ถึง 6.63 คะแนน ตามลำดับ (ชอบเล็กน้อย)

เมื่อพิจารณาคัดเลือกปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เหมาะสมจาก มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ ค่าความแข็งต่ำ และมีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูง จากผลการทดลองพบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 2 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ได้รับคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 6.63 คะแนน มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย เท่ากับ 6 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ เท่ากับ 15.91เปอร์เซ็นต์ และคุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง เท่ากับ 1857.49กรัม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ไปศึกษาในการทดลองตอนที่ 3 ต่อไป

3 ผลการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยกัวร์กัม

เตรียมผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม น้ำปริมาณ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม (ที่ได้จากผลการทดลองในตอนที่ 1 ข้อที่ 2) และแปรปริมาณกัวร์กัม 5 ระดับ คือ 0 1 2 3 และ 4 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ได้ผลการทดลองดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัม (ตารางที่ 4-10) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความเป็นสีเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่มากขึ้น มีค่าความสว่างมากขึ้น อยู่ในช่วง 74.98 ถึง 77.75 และมีค่าความเป็นสีแดงลดลง อยู่ในช่วง 2.18 ถึง 2.70 แต่มีค่าความเป็นสีเหลืองลดลงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($p \geq 0.05$) อยู่ในช่วง 25.3 ถึง 25.86 เนื่องจากกัวร์กัมสามารถช่วยทำให้เกิดความมันวาวที่ผลิตภัณฑ์ (นิธิยา รัตนปนนท์, 2549) ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมเกิดสะท้อนแสงได้มากขึ้นจึงทำให้ค่าความสว่างมีค่ามากขึ้น

3.2 ผลการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัม โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ภาพที่ 4-6) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมมีช่องอากาศกระจายอยู่ทั่วพื้นผิวภาพตัดขวางของเส้นบะหมี่ เมื่อปริมาณกัวร์กัมมากขึ้น เส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีโครงสร้างแน่นขึ้น จำนวนช่องอากาศมีปริมาณลดลง และเห็นเป็นพื้นที่ที่เป็นส่วนทึบมากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของกัวร์กัม (ภาพที่ 2-6) เป็นพอลิเมอร์สายยาวของกาแล็กโทแมนแนนในโมเลกุลประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนส และมีแขนงของน้ำตาล กาแล็กโทส กัวร์กัมสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบเม็ดสตาร์ช โดยกาแล็กโตแมนแนนสามารถเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับอะไมโลสด้วยพันธะไฮโดรเจน และทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ (3-Dimension Network) (Kruger, Ferrero, & Zaritzky, 2003; Sudhakar, Singhal. & Kulkarni, 1996) ซึ่งเห็นได้จากการที่เส้นบะหมี่มีโครงสร้างที่แน่นขึ้น เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Sewata and Masubon (2011) ศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อโครงสร้างทางจุลภาคในผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จชนิดอบแห้งจากแป้งสาลี โดยเติมกัวร์กัมปริมาณ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง พบว่า เส้นบะหมี่ที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่มากขึ้นโครงสร้างของเส้นบะหมี่มีความแน่นขึ้น และช่องอากาศมีขอบที่หนาขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมกัวร์กัม และเมื่อปริมาณกัวร์กัมมากขึ้นโครงสร้างในภายแน่นขึ้น และโพรงมีขอบที่หนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง

3.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้ม

จากการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์บะหมี่หลังการต้ม (ตารางที่ 4-11) พบว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกันมีคุณภาพหลังการต้มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เมื่อปริมาณกัวร์กัมมากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกลดลง อยู่ในช่วง 6 นาที ถึง 4 นาที น้ำหนักที่ได้หลังต้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 242.42 ถึง 288.54 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างต้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 8.47 ถึง 15.69 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก โครงสร้างของกัวร์กัมประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) และมีหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl Group) จึงทำให้มีคุณสมบัติในการจับกับน้ำ (Water Binding) และอุ้มน้ำได้ดี (นิธิยา รัตนปนนท์, 2549) ทำให้เวลาที่เหมาะสมที่ทำให้สุกลดลง

น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง ทั้งนี้เนื่องจากกัวร์กัมสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบเม็ดสตาร์ช และกาแล็กโตแมนแนนสามารถเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับอะไมโลสด้วยพันธะไฮโดรเจน และทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ (Sudhakar, Singhal, & Kulkarni, 1996; Kruger, Ferrero, & Zaritzky, 2003) อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีโครงสร้างของเส้นที่แข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง สอดคล้องกับผลการทดลองของ สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ และคณะ (2545) ได้วิจัยเพื่อปรับปรุงให้เส้นขนมจีนแห้งสามารถคืนรูปได้เร็วกว่าเดิม โดยการทดลองเติมไฮโดรคอลลอยด์หลายชนิด ผลการทดลองพบว่า การใช้กัวร์กัมผสมลงในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้ง ทำให้เส้นขนมจีนแห้งสามารถคืนรูปด้วยการต้มในน้ำเดือดด้วยเวลา 3 นาที จากเวลา 7-8 นาที และสอดคล้องกับการทดลองของ Sewata and Masubon (2011) ศึกษาผลของไฮโดร - คอลลอยด์ต่อคุณภาพหลังการต้มของผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูปชนิดอบแห้งจากแป้งสาลี ปริมาณ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง พบว่า เมื่อเติมกัวร์กัมในปริมาณที่มากขึ้นทำให้น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของแข็งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมกัวร์กัม

3.4 ผลการตรวจสอบคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

ผลการตรวจสอบคุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัม (ตารางที่ 4-12) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกันมีผลต่อคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่มากขึ้น มีผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 1862.60 ถึง 3722.62 กรัม ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 17.65 ถึง 27.62 กรัม-วินาที และค่าความต้านทานต่อการดึงขาดของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมในปริมาณ 2 ถึง 4 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง มีค่าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 11.65-12.79 กรัม เนื่องจาก กัวร์กัมมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืด ช่วยอุ้มน้ำ (นิธิยา รัตนปนนท์, 2549) หากเติมเข้าไปในระบบที่มีสตาร์ชสามารถเกิดโครงสร้างร่างแหล้อมรอบเม็ดสตาร์ช และกาแล็กโต-แมนแนนสามารถเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับอะไมโลสด้วยพันธะไฮโดรเจน และทำให้เกิดโครงสร้างคล้ายร่างแหสามมิติ (Sudhakar, Singhal, & Kulkarni, 1996; Kruger, Ferrero, & Zaritzky, 2003) อาจส่งผลให้บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีโครงสร้างของเส้นที่แข็งแรง ทำให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความแข็ง และค่าความต้านทานต่อการดึงขาดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ngadi and Yu (2004) ศึกษาผลการเติมกัวร์กัมในผลิตภัณฑ์บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โดยแปรปริมาณกัวร์กัม 0-0.37 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแป้ง พบว่า เมื่อใช้กัวร์กัมในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้คุณภาพลักษณะเนื้อสัมผัสด้านการต้านทานต่อการดึงขาดสูงขึ้น

ในขณะที่ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมปริมาณ 0 และ 1 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อการถึงขาดได้ เนื่องจากเมื่อนำเส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมาคืนรูปตามเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก (ตารางที่ 4-11) เส้นบะหมี่มีลักษณะขาดเป็นเส้นเล็ก ๆ ทำให้มีความยาวไม่พอสำหรับใช้ในการวัดค่าต้านทานต่อการดึงขาดได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเติมกัวร์กัมในปริมาณ 0 กรัม และ 1 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม อาจมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะช่วยให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีความแข็งแรงมากพอที่จะสามารถนำไปวัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดได้ โดยการเติมกัวร์กัมเพิ่มขึ้นในปริมาณ 2 ถึง 4 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม อาจทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีความแข็งแรง เมื่อนำไปคืนรูป เส้นที่ได้ไม่ขาด และมีความยาวพอสำหรับในการวัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาด

3.5 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการนำผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบ (ตารางที่ 4-13) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมในปริมาณที่แตกต่างกันมีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมได้รับคะแนนการประเมินความชอบด้านสี อยู่ในช่วง 6.07 คะแนน ถึง 6.17 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) ความชอบด้านกลิ่น อยู่ใช่วง 5.93 คะแนน ถึง 6.10 คะแนน (เฉย ๆ ถึง ชอบเล็กน้อย) สำหรับคะแนนการประเมินความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งได้รับคะแนนการประเมินด้านลักษณะเนื้อสัมผัส อยู่ในช่วง 5.70 คะแนน ถึง 7.03 คะแนน (เฉย ๆ ถึง ชอบปานกลาง) และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 5.80 คะแนน ถึง 6.97 คะแนน (เฉย ๆ ถึง ชอบเล็กน้อย) แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมปริมาณ 3 และ 4 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ได้คะแนนการประเมินคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิต ($p \geq 0.05$) ทั้งนี้ผู้ทดสอบชิมให้เหตุผลว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมทั้งสองสูตรลักษณะเนื้อสัมผัสยืดหยุ่น และเส้นบะหมี่มีความยาวสม่ำเสมอ ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้านการต้านทานต่อการดึงขาด โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมในปริมาณ 3 และ 4 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีลักษณะเนื้อสัมผัสยืดหยุ่น มีค่าการต้านทานต่อการดึงขาด เท่ากับ 12.29 กรัม และ 12.79 กรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาคัดเลือกปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมจาก มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ ค่าความแข็งต่ำ และมีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูง จากผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่

ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมปริมาณ 3กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ได้รับคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 6.63 คะแนนใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย เท่ากับ 4 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ เท่ากับ 9.20 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง เท่ากับ 3412.75 กรัม และด้านความต้านทานต่อการดึงขาดสูง เท่ากับ 12.29 กรัม ผู้วิจัยจึงพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เติมกัวร์กัมปริมาณ 3 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มาตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีในการทดลองตอนที่ 3 ต่อไป

ตอนที่ 2 ผลการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยการนึ่งโด

เตรียมผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และน้ำปริมาณ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม (ตามผลการทดลองที่ได้จากตอนที่ 1 ข้อที่ 1) โดยแปรเวลานึ่งโดจากแป้งข้าว 5 ระดับ คือ 3 5 7 9 และ 11 นาที จากนั้นนำโดที่ได้มาผลิตบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์อัตราการเกิดเจลาติไนซ์

ผลการวิเคราะห์การอัตราการเกิดเจลาติไนซ์โดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโด โดยอาศัยหลักการการทำปฏิกิริยาระหว่างอะไมโลสกับไอโอดีน ซึ่งอะไมโลสสามารถรวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับไอโอดีนจะให้สารสีน้ำเงิน (Galliard & Bowler, 1987) แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร และคำนวณเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Birch & Priestley, 1973) (ดังภาคผนวก ค) จากการวิเคราะห์อัตราการเกิดเจลาติไซน์โดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่เวลา 3 5 7 9 และ 11 นาที พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยเวลาที่แตกต่างกัน มีอัตราการเกิดเจลาติไนซ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4-14) โดยที่เวลาในการนึ่งโดจากแป้งข้าวมากขึ้น ทำให้อัตราการเกิดเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อยู่ในช่วง 23.94 เปอร์เซ็นต์ ถึง 73.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับภาพที่ 4-6 จะเห็นว่า ก้อนโดจากแป้งข้าวที่ผ่านการนึ่งที่เวลา 3 5 7 9 และ 11 นาที เมื่อใช้เวลาในการนึ่งโดจากแป้งข้าวนานขึ้น พบว่า บริเวณตรงขอบของก้อนโดมีส่วนใสที่หนาขึ้น ซึ่งเกิดจากการที่โดจากแป้งข้าวเกิดเจลาติไนซ์บางส่วนจากบริเวณผิวเข้าสู่บริเวณใจกลางของก้อนโด โดยปกติเมื่อให้ความร้อนแก่น้ำแป้ง เม็ดสตาร์ชเกิดการพองตัวโดยอุ้มน้ำเข้าไปเพิ่มขึ้นในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากความร้อนไปทำให้พันธะไฮโดรเจนที่เกาะเกี่ยวกันเองในบริเวณอสัณฐาน (Amorphous Zone) ของอะไมโลเพกทินคลายตัวลง สามารถจับกับโมเลกุลของน้ำทำให้เม็ดสตาร์ชพองขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อให้ความร้อนต่อเม็ดสตาร์ชจะพองตัวอย่างรวดเร็ว แรงยึดระหว่างโมเลกุลใน

เม็ดสตาร์ชจะอ่อนแอลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดสตาร์ชจะดูดซึมน้ำเข้าไปมาก และเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ โครงสร้างของเม็ดสตาร์ชจะสลายตัวไป โมเลกุลของอะไมโลสจะละลายไปในน้ำ (ซึ่งถ้าเหวี่ยงแยกส่วนใส และหยดสารละลายไอโอดีนลงไปในส่วนใสจะเกิดสีน้ำเงินขึ้น) ทั้งหมด เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า เจลาติไนเซชัน หรือการสุกของแป้ง (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ทั้งนี้การเกิดเจลาติไนซ์ของแป้งขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ คือ ปริมาณน้ำ หรือความชื้น และอุณหภูมิ (Fang & Chinnan, 2004) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ระยะเวลาในการนึ่งมากขึ้น โดจากแป้งข้าวมีอัตราการเกิดเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ ดารารัตน์ นาคลออ, อาภัสรา แสงนาค และ กุลยา ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ (2554) ศึกษาวิธีการเตรียมแป้ง พรีเจลาติไนซ์จากเมล็ดขนุนโดยนำไปต้มในน้ำเดือด แปรระยะเวลาในการต้มเมล็ดขนุนเป็น 15 30 และ 45 นาที พบว่า ระดับการเกิดเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้น เท่ากับ 16.70 30.54 และ 30.61 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ การทดลองของ Beleia, Butarelo, and Silva (2006) ซึ่งพบว่าการต้มมันสำปะหลังสายพันธ์ IAPAR-19 Pioneira ในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส มีอัตราการเกิดเจลาติไนซ์เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการต้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 63.80 เปอร์เซ็นต์ เป็น 98 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ระยะเวลาในการต้มเพิ่มขึ้นจาก 3 นาที เป็น 12 นาที

2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยเวลาที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4-15) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากจากการนึ่งโดที่เวลาแตกต่างกันมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อใช้เวลาในการนึ่งโดมากขึ้น พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความสว่างมากขึ้น อยู่ในช่วง 74.36 ถึง 77.58 ค่าความเป็นสีแดงลดลง อยู่ในช่วง 2.62 ถึง 2.18 และค่าความเป็นสีเหลืองลดลง อยู่ในช่วง 24.66 ถึง 23.91 โดยกระบวนการนึ่งทำเพื่อให้แป้งเกิดเจลาติไนต์ โดยปกติโมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลจำนวนมาก ซึ่งยึดติดกันด้วยพันธะไฮโดรเจน เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะคลายลง เม็ดสตาร์ชจะดูดน้ำได้มากขึ้นพร้อมกับพองตัวมากขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) ดังนั้น การนึ่งโดเป็นการทำแป้งให้สุก แป้งที่ได้จะมีความพองตัวมากขึ้น และมีความใสกว่าแป้งปกติ ชุลีกร วัชรารัตน์ (2549) กล่าวว่า แป้งข้าวที่ผ่านการดัดแปรแบบพรีเจลาติไนซ์ มีค่าความสว่างมากกว่าแป้งที่ไม่ผ่านการดัดแปร ดังนั้นจึงเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น ทำให้เส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ได้จึงมีความสว่าง (มีส่วนใส) มากขึ้นด้วย ส่งผลต่อค่าสีผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ทุกตัวอย่างทอดที่อุณหภูมิ 145 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที เท่ากัน

2.3 ผลการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้ม

จากการตรวจสอบคุณภาพหลังการต้มของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4-16) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันมีคุณภาพหลังการต้มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่า เมื่อใช้เวลาในการนึ่งโดมากขึ้นทำให้เวลาที่เหมาะสมในการต้มให้สุกลดลง อยู่ในช่วง 7 นาที ถึง 5 นาที น้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลง อยู่ในช่วง 257.06 เปอร์เซ็นต์ ถึง 246.83 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง อยู่ในช่วง 16.62 เปอร์เซ็นต์ ถึง 11.84 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่ระยะเวลา 9 นาที และ 11 นาที มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกต่ำที่สุด คือ 5 นาที และมีปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) มีค่าเท่ากับ 12.29 เปอร์เซ็นต์ และ 11.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยปกติเม็ดแป้งได้รับความร้อนจะดูดซึมน้ำ และพองตัวขยายใหญ่ขึ้น เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายโมเลกุลของน้ำจะเข้าจับกับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ น้ำบริเวณรอบ ๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง ทำให้เม็ดแป้งเคลื่อนไหวได้ยาก เกิดความหนืดขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2543) แป้งที่ผ่านการพรีเจลาติไนซ์มาแล้ว เมื่อให้ความร้อนอีกครั้งความหนืดจะลดลง เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนบางส่วนถูกทำลาย ดังนั้นแป้งที่เกิดเจลาติไนซ์แล้วไม่สามารถดูดน้ำ หรือดูดน้ำได้น้อยกว่าแป้งดิบ (ชุลีกร วัชรารัตน์, 2549) ส่งผลต่อเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุก และน้ำหนักที่ได้หลังการต้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ ชุลีกร วัชรารัตน์ (2549) ซึ่งทดลองผลิตผลิตกัณฑ์บะหมี่พร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากแป้งข้าว โดยนำแป้งข้าวพันธ์กข 6ไปดัดแปรด้วยวิธีการพรีเจลาติไนซ์ แล้วนำแป้งที่ได้ตรวจสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวด้วยเครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดอย่างรวดเร็ว (RVA) พบว่า เวลาที่เกิดจุดสูงสุดของความหนืด (Peak Time) เท่ากับ 1.73นาที ความหนืดสูงสุด (Peak Viscosity) เท่ากับ 281.24 RVU ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแป้งดิบที่มีเวลาที่เกิดจุดสูงสุดของความหนืด เท่ากับ 3.80 นาที และค่าความหนืดสูงสุด เท่ากับ 364.08 RVU ส่วนปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยเวลาที่แตกต่างกันมีค่าลดลง เนื่องจาก เมื่อเพิ่มเวลาในการนึ่งโดทำให้อัตราการเกิดเจลาติไนซ์มากขึ้น (ตารางที่ 4-14) มีผลทำให้เกิดความแข็งแรงของโครงสร้างของเส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว โดยการเกิดเจลของสตาร์ชเกิดเมื่อสตาร์ชได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชันแล้ว เมื่อให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวแตกออก ทำให้มีความหนืดลดลง เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติ โดยมีอะไมโลสที่ออกจากเม็ดสตาร์ชพยายามเกาะเกี่ยวกันเอง และส่วนอื่นด้วยพันธะไฮโดรเจนจึงทำให้กลับมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการนี้

เรียกว่า การเกิดเจล (Gel Formation) ซึ่งเจลที่ได้จะมีความแข็งแรง (Weak Gel) (Wurzburg & Szymasaki, 1970) ดังนั้นเมื่อสตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์มากขึ้น จึงทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวมีความแข็งแรงมากขึ้น จึงทำให้ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวลดลง

2.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4-17) พบว่า เมื่อเพิ่มเวลาในการนึ่งโดผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า และค่าความต้านต่อการดึงขาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยเวลาที่เพิ่มขึ้นจาก 5 นาที เป็น 11 นาที มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 1467.52 กรัม ถึง 2558.75 กรัม ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 11.05 ถึง 27.29 กรัม-วินาที โดยที่ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่ใช้ระยะเวลา 9 นาที และ 11 นาที มีค่าความต้านทานต่อการดึงขาดสูงสุด เท่ากับ 12.03 กรัม และ 13.57 กรัม ตามลำดับ เนื่องจาก โดยปกติเมื่อนำแป้งข้าวมาผลิตบะหมี่จะไม่สามารถผลิตได้ ทั้งนี้เพราะขาดโปรตีนกลูเตนที่มีในแป้งสาลีซึ่งเมื่อนำแป้งสาลีมานวดกับน้ำ สามารถเกิดโครงสร้างโดที่มีความแข็งแรง และยืดหยุ่น ดังนั้นเพื่อการปรับปรุงคุณภาพของแป้งข้าว โดยการทำให้แป้งเกิดเจลาติไนซ์บางส่วน หรือแป้งพรีเจลาติไนซ์ ซึ่งสตาร์ชที่ผ่านการเจลาติไนซ์มีหน้าที่ยึดเกาะ (Binder) (Lai, 2001) จึงสามารถเชื่อมประสานให้ส่วนผสมกันเป็นโด ทำให้สามารถอัดออกมาเป็นเส้นได้ ทั้งนี้แป้งพรีเจลาติไนซ์สามารถให้โครงสร้างโด (Give Body) และช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Sivaramakrishnan, Senge, & Chattopadhyay, 2004) โดยเมื่อสตาร์ชได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่เกิดเจลาติไนเซชั่นแล้ว เมื่อให้ความร้อนต่อไปจะทำให้เม็ดสตาร์ชพองตัวแตกออก เมื่อปล่อยให้เย็นตัวลงจะเกิดการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างร่างแหสามมิติ โดยมีอะไมโลสที่ออกจากเม็ดสตาร์ชพยายามเกาะเกี่ยวกันเอง และส่วนอื่นด้วยพันธะไฮโดรเจนจึงทำให้กลับมีความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการนี้เรียกว่า การเกิดเจล (Gel Formation) ซึ่งเจลที่ได้จะมีความแข็งแรง (Wurzburg & Szymasaki, 1970) ดังนั้นการใช้เวลาในการนึ่งโดจากแป้งข้าวนานขึ้น ทำให้สตาร์ชเกิดเจลาติไนซ์มากขึ้น (ตารางที่ 4-14) และเกิดเป็นเจลในที่สุดซึ่งทำให้โครงสร้างของเส้นบะหมี่จากแป้งข้าวที่ผลิตได้มีอัตราส่วนของการเกิดเจลมากขึ้น ทำให้เส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีโครงสร้างที่แข็งแรงมากขึ้น จึงมีผลให้คุณภาพด้านความแข็ง ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า และความต้านทานต่อการดึงขาดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองของ ชุลีกร วัชรารัตน์ (2549) ที่ผลิตผลิตภัณฑ์บะหมี่พร้อมบริโภคแช่เยือกแข็งจากแป้งข้าว โดยนำแป้งข้าวพันธุ์กข6 ไปดัดแปรด้วยวิธีการพรีเจลาติไนซ์

แล้วนำแป้งที่ได้ตรวจสอบคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวด้วยเครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดอย่างรวดเร็ว (RVA) พบว่า แป้งข้าวพันธ์กข6 ที่ผ่านการพรีเจลาติไนซ์มีค่าเซตแบค เท่ากับ 51.00 ซึ่งสูงกว่าแป้งข้าวพันธุ์กข6 ที่ไม่ผ่านการดัดแปร อรพรรณ กัลปนายุทธ (2547) กล่าวว่า ค่าเซตแบคเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเลือกพันธุ์ข้าวในการผลิตอาหารเส้น เพราะแสดงถึงความแข็งของเจล ซึ่งเป็นสมบัติที่ต้องการสำหรับอาหารเส้น และส่งผลถึงความแน่นแข็งของเนื้อสัมผัส แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่เวลา 3 5 และ 7 นาที ไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดได้ เนื่องจาก เส้นบะหมี่ขาดหลังจากการนำไปคืนรูป แสดงให้เห็นว่าที่ระยะเวลาในการนึ่งโดจากแป้งข้าวดังกล่าวทำให้สตาร์ชในส่วนผสมเกิดเจลาติไนซ์ไม่มากพอที่จะทำให้เกิดโครงสร้างของเส้นบะหมี่ที่แข็งแรงได้ จึงทำให้เส้นขาดจนไม่สามารถวัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดได้ แต่อย่างไรก็ตามการเกิดเจลของสตาร์ชในปริมาณที่มากพอจะสามารถช่วยให้เส้นบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีโครงสร้างที่แข็งแรง และสามารถวัดค่าความต้านทานต่อการดึงขาดหลังการนำเส้นไปคืนรูปได้

2.5 ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส

จากการนำผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกันไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการทดสอบความชอบ (ตารางที่ 4-18) พบว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดทุกตัวอย่างมีคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้าน ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี และกลิ่นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p\geq0.05$) ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่เวลา 3 5 7 9 และ 11 นาที ได้รับคะแนนความชอบด้านสี อยู่ในช่วง 6.07 ถึง 6.27 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) ความชอบด้านกลิ่น อยู่ในช่วง 6.07 ถึง 6.23 (ชอบเล็กน้อย) คะแนน ความชอบด้านลักษณะเนื้อสัมผัส อยู่ในช่วง 4.90 ถึง 7.03 คะแนน (ไม่ชอบเล็กน้อย ถึง ชอบปานกลาง) และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 4.93 ถึง 7.10 (ไม่ชอบเล็กน้อย ถึง ชอบปานกลาง) คะแนน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่ระยะเวลา 9 นาที และ 11 นาที (อัตราการเกิดเจลาติไนซ์ เท่ากับ 60.31 และ70.03 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแป้งทั้งหมด) ได้รับคะแนนการประเมินคุณภาพด้านความชอบโดยรวมสูงสุดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p\geq0.05$) ซึ่งได้รับคะแนน เท่ากับ 7.07 คะแนน และ 7.10 คะแนน (ชอบปานกลาง) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบลักษณะเนื้อสัมผัสด้านการต้านทานต่อการดึงขาด โดยพบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่เวลา 9 นาที และ 11 นาที มีลักษณะเนื้อสัมผัสด้านการต้านทานต่อการดึงขาดสูงสุด เท่ากับ 12.03 กรัม และ 13.57 กรัม ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาคัดเลือกเวลานึ่งโดที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่มีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ ค่าความแข็งน้อยต่ำ และมีค่าความด้านทานต่อการดึงขาดสูง จากผลการทดลอง พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดที่เวลา 9 นาที ได้รับคะแนนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 7.07 คะแนน ใช้เวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกน้อย เท่ากับ 5 นาที ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มต่ำ เท่ากับ 12.29 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง เท่ากับ 2550.04 กรัม ด้านความด้านทานต่อการดึงขาดสูง เท่ากับ 12.03 กรัม ผู้วิจัยจึงพิจารณาคัดเลือกการนึ่งโดจากแป้งข้าวที่เวลา 9 นาที ซึ่งมีปริมาณการเกิดเจลาติไนซ์จากแป้งข้าว 60.31 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแป้งทั้งหมด มาศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในการทดลองตอนที่ 3 ต่อไป

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี และบะหมี่ทอดทางการค้า

จากผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวเตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม น้ำ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 2 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และกัวร์กัม 3 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม (จากผลการทดลองในตอนที่ 1) ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากการนึ่งโดเตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม น้ำ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และนึ่งโดที่เวลา 9 นาที (จากผลการทดลองในตอนที่ 2) ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดทางการค้า (ตารางที่ 4-19) พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดทุกตัวอย่างมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ใยอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) โดยผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวจากผลการทดลองในตอนที่ 1 มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 8.27 11.47 15.25 1.47 63.56 และ 1.98 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวจากผลการทดลองในตอนที่ 2 มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 7.48 11.82 16.11 1.52 63.06 และ 1.87 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 5.66 10.63 15.02 1.72 66.97 และ 1.93 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดทางการค้ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 3.56 9.06 15.85

1.56 69.97 และ 1.95 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวทั้งสองตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดทางการค้า พบว่า ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวทั้งสองตัวอย่างมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดทางการค้า เนื่องมาจากผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวทั้งสองมีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองสกัดลงไปในปริมาณ 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง ในขณะที่โปรตีนในผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี 100 เปอร์เซ็นต์ และผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดทางการค้า น่าจะมาจากแป้งสาลี ซึ่งโดยปกติแป้งสาลีที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์บะหมี่จะมีโปรตีนประมาณ 8 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ (อรอนงค์ นัยวิกลุ, 2550) โดยโปรตีนถั่วเหลืองเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพดี และมีกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด เช่น ลูซีน ไลซีน เมทไทโอนีน ฟีนิวอะลามีน และวาลีน เป็นต้น (Kola et al., 1985) นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวทั้งสองสูตร ยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่ปราศจากกลูเตนซึ่งปลอดภัยสำหรับผู้ที่แพ้โปรตีนกลูเตน แต่อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวทั้งสองตัวอย่าง มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป ประเภทที่ 1 (เส้นบะหมี่ที่ทำแห้งโดยการทอดด้วยน้ำมัน) ด้านคุณลักษณะทางเคมี คือ ปริมาณความชื้นไม่เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไขมันไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานอุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป, 2548)

สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส และกัวร์กัม สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 15 และ 20 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และน้ำ 85 90 และ 95 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีอิทธิพลร่วมกันต่อ ค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง ของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้ม น้ำหนักที่ได้หลังการต้ม ค่าความแข็ง และค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้า โดยปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองสกัด และปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการผลิตบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว คือ โปรตีนถั่วเหลืองสกัดปริมาณ 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และน้ำปริมาณ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม โดยบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกเท่ากับ 6 นาที น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเท่ากับ 249.31 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเท่ากับ 16.29 เปอร์เซ็นต์ค่าความแข็งเท่ากับ1761.90 กรัม ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเท่ากับ 22.57 กรัม-วินาที และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด 6.04 คะแนน รองจากผลิตภัณฑ์บะหมี่จากแป้งข้าวสาลี 100 เปอร์เซ็นต์

2. ปริมาณเอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนสที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว คือ ปริมาณ 2 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ทั้งนี้บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกเท่ากับ 6 นาที น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเท่ากับ 241.59 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเท่ากับ 15.91 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งเท่ากับ1857.49 กรัม ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเท่ากับ 17.05 กรัม-วินาที และมีคะแนนการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 6.63 คะแนน

3. ปริมาณกัวร์กัมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว คือ ปริมาณ 3 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม ทั้งนี้บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวมีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกเท่ากับ 4 นาที น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเท่ากับ 282.82 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเท่ากับ 9.20 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งเท่ากับ 3412.75 กรัม ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเท่ากับ 27.36 กรัม-วินาที ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดเท่ากับ 12.29 กรัม และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 6.90 คะแนน

ตอนที่ 2 ผลการปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าวด้วยการนึ่งโด สรุปผลได้ดังนี้

1. ระยะเวลาในการนึ่งโดที่เหมาะสมสำหรับเตรียมผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว คือ 9 นาที ทั้งนี้มีอัตราการเกิดเจลาติไนซ์เท่ากับ 60.31 เปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักแป้ง มีเวลาที่เหมาะสมในการต้มบะหมี่ให้สุกเท่ากับ 5 นาที น้ำหนักที่ได้หลังการต้มเท่ากับ 246.83 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่สูญเสียระหว่างการต้มเท่ากับ 12.29 เปอร์เซ็นต์ ค่าความแข็งเท่ากับ 2550.04 กรัม ค่าการยึดเกาะที่ผิวหน้าเท่ากับ 26.08 กรัม-วินาที ค่าความต้านทานต่อการดึงขาดเท่ากับ 12.03 กรัม และมีคะแนนการยอมรับโดยรวมเท่ากับ 7.07 คะแนน

ตอนที่ 3 ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของบะหมี่ทอด สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวเตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม น้ำ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม เอนไซม์ทรานส์กลูตามิเนส 2 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และกัวร์กัม 3 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 8.27 11.47 15.25 1.47 63.56 และ 1.98 กรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวที่เตรียมจากโปรตีนถั่วเหลืองสกัด 10 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม น้ำ 90 กรัมต่อน้ำหนักแป้ง 100 กรัม และนึ่งโดที่เวลา 9 นาที มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารทั้งหมด เท่ากับ 7.48 11.82 16.11

1.52 63.06 และ 1.87 กรัมต่อ 100 กรัม ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าวทั้งสองตัวอย่างมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการใช้ส่วนผสมชนิดอื่น เพื่อให้สามารถเตรียมบะหมี่ด้วยวิธีการตัดเช่นเดียวกับการผลิตบะหมี่ในระดับอุตสาหกรรม

2. ควรมีการศึกษาการใช้โปรตีนจากแหล่งอื่น เพื่อปรับปรุงคุณภาพของบะหมี่ทอดจากแป้งข้าว

4. อาจเปลี่ยนแปลงวิธีการพรีเจลาติไนซ์แป้ง เพื่อให้สะดวก และลดเวลาในขั้นตอนการผลิต

5. ควรมีการศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์บะหมี่ทอดจากแป้งข้าว บะหมี่ทอดจากแป้งสาลี และบะหมี่ทอดทางการค้า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University