2.3(10) 0.6 4.2.3(47)

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 มกราคม –มิถุนายน 2557
Phranakhon Rajabhat Research Journal Vol. 9 No. 1 January-June 2014

การปรับปรุงเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่ผ่านการสเตอริไลส์ในถุงเพาช์

TEXTURAL IMPROVEMENT OF STERILZED WIDE STRIP RICE NOODLE IN POUCH

อุทัยวรรณ ฉัตรธง และอังสนา ไชยแดง
Utaiwan Chattong and Angsana Chaidaeng

อาจารย์คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
nuwongs@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาชนิดและปริมาณของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์ โดยใช้สตาร์ชมันสำปะหลัง ดัดแปรทางเคมีแบบพันธะข้าม (Cross-linked modified tapioca starch; CMS) ร้อยละ 12 14 และ 16 โดยน้ำหนัก และโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride; NaCl) ร้อยละ 0.2 และ0.5 โดยน้ำหนัก เป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส พบว่า การเติม CMS ร้อยละ 14 และNaCl ร้อยละ 0.5 เป็นปริมาณที่เหมาะสม การเพิ่มปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสทั้งสองชนิด มีผลให้ความหนืดของน้ำแป้งผสมสูง และการเพิ่มปริมาณ CMS มีผลให้ค่าแรงตัด (cutting force) แรงกดสูงสุด (hardness) และความเหนียวติดกัน (adhesiveness) เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การเติม CMS ร้อยละ 14 และ NaCl ร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี ความเหนียว ความนุ่ม กลิ่นรส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด การสเตอริไลส์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์ที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15.42 นาที (F_0 =3.82 นาที) เป็นสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม โดยผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยต่อการบริโภคและเป็นไปตามมาตรฐานประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 301) พ.ศ. 2549

คำสำคัญ

ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ สตาร์ชดัดแปรทางเคมีแบบพันธะข้าม เนื้อสัมผัส ถุงเพาช์ การสเตอริไลส์

ของผู้บริโภค (โสภิดา สืบวงษา, 2550) จึงต้องมีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวหลังการสเตอริไลส์ โดยใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสชนิดต่างๆ เช่น สตาร์ชจากถั่วแดง สตาร์ชจากถั่วมะแฮะ (Pigeonpea) สตาร์ชจากแป้งมันฝรั่ง สตาร์ชจากแป้งข้าวโพด รวมถึงสตาร์ชดัดแปรทางกายภาพ และสตาร์ชดัดแปรทางเคมี (Tan et al., 2009)

สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรทางเคมีแบบพันธะข้าม (cross-linked modified tapioca starch) เป็นสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในเส้นก๋วยเตี๋ยวแทนการใช้สตาร์ชมันสำปะหลังที่ไม่มีการดัดแปร ซึ่งมีราคาถูก แต่เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตได้มีลักษณะนิ่มและไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ส่วนการใช้สตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรทางเคมีแบบพันธะข้าม ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้มีสมบัติด้านความเหนียว ความใส ความสามารถในการดูดซับน้ำ และการสูญเสียเนื่องจากการละลายที่ดีกว่า รวมถึงผู้บริโภคชื่นชอบเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้รับการปรับปรุงนี้มากกว่า (Kasemsuwan et al., 1998; Tan et al., 2009) เกลือเป็นส่วนผสมหนึ่งที่มีความสำคัญในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว เนื่องจากเกลือสามารถปรับปรุงสมบัติการขึ้นรูปเป็นแผ่นโดยเฉพาะเมื่อมีการดูดซับน้ำไว้ในปริมาณสูง เกลือช่วยเพิ่มกลิ่นรสให้มีความรู้สึกในปาก (mouth-feel) ปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้มีเส้นที่นุ่มแต่เหนียวกว่าเส้นที่ไม่ได้เติมเกลือ นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Fu, 2008)

การสเตอริไลเซชัน (sterilization) เป็นกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เพื่อทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ของจุลินทรีย์ให้หมดไป (Frobisher et al., 1974) แต่การให้ความร้อนสูงดังกล่าว มีผลให้คุณค่าทางโภชนาการ สี กลิ่นรส และลักษณะเนื้อสัมผัสสูญเสียไป ดังนั้นจึงต้องให้ความร้อนที่เรียกว่า การสเตอริไลส์ระดับการค้า (commercial sterilization) ซึ่งเป็นการให้ความร้อนที่เพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อนมากที่สุด จุลินทรีย์ก่อโรคทุกชนิด จุลินทรีย์สร้างสารพิษ และจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียรวมถึง สปอร์ของจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่เก็บรักษา (รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, 2535) โดยใช้ถุงรีทอร์ตเพาช์ ซึ่งสามารถทนความร้อนและความดันระหว่างการฆ่าเชื้อได้เช่นเดียวกับกระป๋องและขวดแก้ว แต่มีน้ำหนักเบา เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ (Hersom & Hulland, 1969) เปิดง่ายปลอดภัย และสามารถอุ่นรับประทานได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่มีต่อของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่เพื่อการสเตอริไลส์ในถุงเพาช์ ซึ่งเป็นการ

ตารางที่ 1 ส่วนผสมซนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่

สิ่งทดลอง	CMS (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	NaCl (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
1	12	0.2
2	12	0.5
3	14	0.2
4	14	0.5
5	16	0.2
6	16	0.5

นำน้ำแป้งผสมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสผลิตเป็นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่และตรวจสอบสมบัติ ได้แก่ การพองตัวของเส้นในระหว่างการต้ม (swelling index) ตามวิธีการของ Lee et al. (2005) ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียในระหว่างการต้ม (cooking loss) ตามวิธีการของ Lii and Chang (1981) วัดเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่อง Texture analyzer (Mohamed et al., 2006) และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point Hedonic Scale) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) โดยผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว 30 คน ร่วมกับโรงงานก๋วยเตี๋ยวนิตย์ สวรรคโลก ทดสอบคุณลักษณะด้านสี ความเหนียว ความนุ่ม กลิ่นรส และความชอบรวม โดยวางแผนการทดลองด้านประสาทสัมผัสแบบสุ่มบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design, RCBD) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หากพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan New's Multiple Range Test (DMRT)

3. ศึกษาผลของความร้อนในระดับการสเตอริไลส์ที่ 121 องศาเซลเซียส ต่อสมบัติของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์

ผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่มีชนิดและปริมาณสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมจากข้อ 2 บรรจุในถุงเพาช์ นำไปฆ่าเชื้อด้วยเครื่อง water spray retort ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส กำหนดค่าเวลาเป็นนาทีที่ทำลายจุลินทรีย์ได้ ณ อุณหภูมิฆ่าเชื้อ 121 องศาเซลเซียสหรือ F_0 ให้อยู่ในช่วง 3.0-4.0 นาที (โสภิดา สืบวงษา, 2550 ; กระทรวงสาธารณสุข, 2549) ตรวจสอบคุณภาพด้านต่างๆ คือ ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000) วัดเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture analyzer (Mohamed et al., 2006) วิเคราะห์คุณภาพ

ตารางที่ 2 สมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งข้าวเจ้า CMS และแป้งมันสำปะหลัง

วัตถุดิบแป้ง	peak viscosity (cP)	breakdown (cP)	final viscosity (cP)	setback (cP)
แป้งข้าวเจ้า	2,742.00±28.58^{c}	864.33±60.35^{c}	3,630.33±46.80^{b}	1,752.67±78. 12^{a}
CMS	6,193.00±60.51^{a}	1,850.67±35.56^{b}	6,046.00±69.07^{a}	1,703.67±95.44^{a}
แป้งมันสำปะหลัง	4,683.56±89.95^{b}	2,877.67±51.25^{a}	2,690.33±58.80^{c}	951.00±20.81^{b}

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

2. ศึกษาชนิดและปริมาณของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์

การตรวจสอบสมบัติทางความร้อนของน้ำแป้งผสมที่ใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในระดับที่แตกต่างกัน 6 สิ่งทดลอง พบว่า การใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในปริมาณที่สูงขึ้นมีผลให้ค่าอุณหภูมิเริ่มต้น (onset temperature; T_o) อุณหภูมิสุดท้าย (conclusion temperature; T_c) และพลังงานเอนทัลปี (enthalphy; ΔH) ในการเกิดเจลาติไนเซชันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่าอุณหภูมิสูงสุด (peak temperature; T_p) ในการเกิดเจลาติไนเซชัน โดยค่า T_p ของน้ำแป้งผสมทั้ง 6 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 75.33-77.19 องศาเซลเซียส และพบว่าการใช้ CMS ร้อยละ 16 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.5 มีผลให้ค่า T_o สูงที่สุด แต่พบว่ามีผลให้ค่า T_c และค่า ΔH ในการเกิดเจลาติไนเซชันต่ำที่สุด (ตารางที่ 3)

ยังพบว่ากำลังการละลายของน้ำแป้งผสมที่อุณหภูมิ 65 75 และ 85 องศาเซลเซียส มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลให้กำลังการละลายของน้ำแป้งผสมทุกอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลง และการใช้ CMS ร้อยละ 16 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.5 มีค่ากำลังการละลายของน้ำแป้งผสมทุกอุณหภูมิต่ำที่สุด (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 สมบัติการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำแป้งผสมที่มีปริมาณการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl แตกต่างกัน

CMS : NaCl	peak viscosity (cP)	breakdown^{ns} (cP)	final viscosity (cP)	setback (cP)
12.0 : 0.2	2,233.20±16.90^{b}	330.20±40.11	3,368.20±16.72^{d}	1,445.20±48.91^{d}
12.0 : 0.5	2,269.40±30.06^{b}	337.00±16.84	3,530.40±89.20^{c}	1,478.00±31.69^{cd}
14.0 : 0.2	2,250.20±24.28^{b}	325.60±47.33	3,460.00±52.31^{c}	1,495.40±64.15^{bcd}
14.0 : 0.5	2,342.60±21.61^{a}	337.80±33.54	3,466.60±52.80^{c}	1,521.80±27.70^{abc}
16.0 : 0.2	2,362.20±34.74^{a}	332.60±16.89	3,585.40±39.69^{b}	1,556.80±32.94^{ab}
16.0 : 0.5	2,376.00±69.01^{a}	324.20±37.92	3,791.00±56.63^{a}	1,579.20±56.38^{a}

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

การวัดค่าการพองตัวของเส้นก๋วยเตี๋ยวและร้อยละของเนื้อแป้งที่สูญเสียระหว่างการต้ม พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีค่าการพองตัวของเส้นและร้อยละของเนื้อแป้งที่สูญเสียระหว่างการต้มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในปริมาณสูงขึ้น มีผลให้ค่าการพองตัวของเส้นและร้อยละของเนื้อแป้งที่สูญเสียระหว่างต้มมีแนวโน้มลดลง ซึ่งการใช้ CMS ร้อยละ 16 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.5 ให้ค่าทั้งสองต่ำที่สุด (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 การพองตัวของเส้นและร้อยละเนื้อแป้งที่สูญเสียในระหว่างการต้มของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่มีปริมาณการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl แตกต่างกัน

CMS : NaCl	การพองตัวของเส้นระหว่างการต้ม (กรัม)	ร้อยละของเนื้อแป้งที่สูญเสียระหว่างการต้ม
12.0 : 0.2	1.91 ± 0.14^{a}	2.73 ± 0.02^{a}
12.0 : 0.5	1.87 ± 0.12^{a}	2.52 ± 0.15^{b}
14.0 : 0.2	1.71 ± 0.06^{ab}	2.01 ± 0.10^{c}
14.0 : 0.5	1.73 ± 0.05^{ab}	1.62 ± 0.44^{d}
16.0 : 0.2	1.77 ± 0.06^{ab}	1.76 ± 0.13^{d}
16.0 : 0.5	1.52 ± 0.03^{ab}	1.69 ± 0.13^{d}

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีการใช้สารปรับปรุงเนื้อสัมผัสทั้ง 6 สิ่งทดลอง พบว่า การใช้ CMS และ NaCl ในปริมาณสูงขึ้น มีผลให้ค่าแรงตัด (cutting force) แรงกดสูงสุด (hardness) และความเหนียวติดกัน (adhesiveness) ของเส้นก๋วยเตี๋ยว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีผลให้ค่าแรงตัด แรงกดสูงสุดและความเหนียวติดกันของเส้นก๋วยเตี๋ยวสูงขึ้น ซึ่งการใช้ CMS ร้อยละ 16 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.5 ให้ค่าแรงตัดสูงที่สุด ในขณะที่ให้ค่าแรงกดสูงสุดและความเหนียวติดกันสูงรองจากการใช้ CMS ร้อยละ 16 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.5 ซึ่งทั้งสองสิ่งทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 9 คะแนนความชอบจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่มีปริมาณการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl แตกต่างกัน

CMS : NaCl	คะแนนคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (คะแนน)				
	สี	ความเหนียว	ความนุ่ม	กลิ่นรส	ความชอบรวม
12.0 : 0.2	7.38 ± 1.85^{b}	6.88 ± 2.30^{bc}	7.63 ± 0.74^{ab}	7.13 ± 1.13^{b}	7.25 ± 0.71^{b}
12.0 : 0.5	7.38 ± 1.85^{b}	6.38 ± 2.07^{c}	7.38 ± 0.92^{ab}	7.25 ± 0.89^{b}	6.88 ± 1.46^{b}
14.0 : 0.2	7.25 ± 1.83^{b}	6.63 ± 1.60^{bc}	6.88 ± 1.25^{b}	7.13 ± 1.25^{b}	6.88 ± 1.55^{b}
14.0 : 0.5	8.63 ± 0.52^{a}	8.38 ± 0.92^{a}	8.38 ± 1.06^{a}	8.50 ± 0.53^{a}	8.75 ± 0.46^{a}
16.0 : 0.2	7.75 ± 1.28^{b}	6.75 ± 1.91^{bc}	7.50 ± 1.96^{ab}	7.38 ± 0.92^{b}	6.88 ± 1.13^{b}
16.0 : 0.5	7.63 ± 1.77^{b}	7.63 ± 1.77^{abc}	7.25 ± 1.67^{b}	7.38 ± 0.92^{b}	6.63 ± 1.50^{b}

หมายเหตุ: อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

3. ผลของความร้อนในระดับการสเตอริไลเซชันที่ 121 องศาเซลเซียส ต่อการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์

การผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ที่พัฒนาแล้วนำไปให้ความร้อนระดับสเตอริไลส์ที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15.42 นาที คำนวณค่า F_0 ได้เท่ากับ 3.82 นาที จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพ พบว่า ปริมาณความชื้นมีค่าร้อยละ 54.44±0.60 ค่า pH เท่ากับ 6.31±0.01 มีค่าแรงตัดเท่ากับ 214.29±5.69 กรัม ส่วนค่าแรงกดสูงสุดมีค่า 5,385.70±93.59 กรัม

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยา พบว่า ตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ส่วนโคลิฟอร์ม (Coliform) และ E. coli มีปริมาณน้อยกว่า 3 ต่ออาหาร 1 กรัม ซึ่งตรวจโดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number) นอกจากนี้ผลการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่ามีปริมาณไม่เกิน 10,000 ต่ออาหาร 1 กรัม ส่วนยีสต์และรามีปริมาณไม่เกิน 100 ต่ออาหาร 1 กรัม ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดตามมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 301) พ.ศ. 2549 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท จึงสามารถยืนยันได้ว่าสภาวะที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเพียงพอต่อการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรค และจุลินทรีย์ที่ทำให้

ดัดแปรสตาร์ชแบบพันธะข้ามด้วยวิธีทางเคมี โดยทั่วไปมักใช้ฟอสฟอรัสออกซีคลอไรด์ และโซเดียมไตรเมตาฟอสเฟตที่มีหมู่ฟอสเฟตทำปฏิกิริยาครอสลิงกิงค์กับหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลสตาร์ช จึงเกิดพันธะโควาเลนต์เชื่อมขวางระหว่างสายพอลิเมอร์ในสภาพแขวนลอย ซึ่งพันธะดังกล่าวจะช่วยเสริมพันธะไฮโดรเจนที่ทำหน้าที่ยึดโครงสร้างของเม็ดสตาร์ชไว้ให้มีความแข็งแรงมากขึ้น (โสภิดา สืบวงษา, 2550) ดังนั้นเจลของ CMS จึงเป็นเจลที่มีความแข็งแรง ซึ่งจะทำให้ได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความคงทนต่ออุณหภูมิสูงได้ปานกลาง และมีเนื้อสัมผัสเหนียวกว่าแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Han et al. (2011) ที่เปรียบเทียบความหนืดของสตาร์ชจากข้าวเจ้ากับสตาร์ชจากมันฝรั่ง พบว่าสตาร์ชจากข้าวมีค่าความหนืดทุกค่าต่ำกว่าสตาร์ชจากมันฝรั่ง ทั้งนี้เนื่องจากสตาร์ชจากธัญพืชมีผลึกชนิดเอ (A-type crystals) ซึ่งมีค่าความหนืดต่ำกว่าสตาร์ชที่ผลิตจากพืชหัวซึ่งมีผลึกชนิดบี (B-type crystals) และจากพฤติกรรมด้านความหนืด พบว่า สตาร์ชจากข้าวเจ้าเพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้ในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีคุณภาพดีได้ ดังนั้นการเสริม CMS ในเส้นก๋วยเตี๋ยวจึงทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีเนื้อสัมผัสที่เหนียวมากขึ้น

2. ชนิดและปริมาณของสารปรับปรุงเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์

การวัดอุณหภูมิและพลังงานที่ใช้ในการเกิดเจลาติไนเซชันของน้ำแป้งผสมสารปรับปรุงเนื้อสัมผัส จะเห็นได้ว่า เมื่อใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลให้ค่า T_o สูงขึ้น และมีแนวโน้มให้ค่า T_p สูงขึ้น หมายถึง อุณหภูมิในการเกิด เจลาติไนเซชันสูงขึ้น แป้งจะสุกได้ช้ากว่าการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในปริมาณต่ำ ทั้งนี้เกิดจากการใช้ CMS เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มปริมาณพันธะข้าม (crosslink) ให้มากขึ้น แต่มีผลให้ค่า T_c และค่า ΔH มีแนวโน้มต่ำลง ซึ่งหมายถึง น้ำแป้งผสมมีพลังงานในการเกิดเจลน้อยลง แสดงให้เห็นว่าเม็ดสตาร์ชมีความทนต่อความร้อนได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chatakanonda *et al.* (2000) ที่ได้ทดสอบสมบัติการเกิด เจลาติไนเซชันของสตาร์ชข้าวเจ้าดัดแปร ด้วยเครื่อง DSC พบว่า T_o และ T_p ในการเกิดเจลาติไนเซชันจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับของการเกิดพันธะข้ามที่สูงขึ้น นอกจากนี้ Choi and Kerr (2004) รายงานว่าการเกิดพันธะข้ามของเม็ดสตาร์ชที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความทนต่อความร้อนได้สูงขึ้นและสามารถให้ความร้อนได้ระยะเวลานานขึ้น โดยพันธะข้ามที่เกิดขึ้นจะเกิดระหว่างสายสตาร์ชซึ่งเป็นพันธะที่มีความแข็งแรงมากขึ้น (Singh *et al.*, 2007) นอกจากนี้ปริมาณ NaCl ที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มให้อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับ Fu (2008) ซึ่งรายงานว่าการเติมเกลือในเส้นก๋วยเตี๋ยวจะทำให้ใช้เวลาในการสุกสั้นลง

ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าวิเคราะห์ดังกล่าว การเพิ่มปริมาณ CMS เป็นการเพิ่มพันธะโควาเลนต์ระหว่างโมเลกุลแป้งมากขึ้น และพันธะที่เกิดมีความแข็งแรงมาก ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนืดที่เกิดขึ้น โดยกำลังการพองตัวและการละลายนี้จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณการเกิดการพันธะระหว่างสตาร์ชในส่วนที่มีการจัดเรียงตัวอย่างไม่เป็นระเบียบ (amorphous domain) กับส่วนที่จัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ (crystalline domain) (Kaur et al., 2010) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณ CMS จึงมีผลให้กำลังการพองตัวและการละลายของเม็ดแป้งลดลง

การวัดค่าการพองตัวของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่และร้อยละ เนื้อแป้งที่สูญเสียระหว่างการต้ม โดยการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในปริมาณสูงขึ้น มีผลให้ค่าการพองตัวของเส้นและร้อยละเนื้อแป้งที่สูญเสียระหว่างต้มมีแนวโน้มลดลง ซึ่งการใช้ CMS ร้อยละ 16 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.5 ให้ค่าทั้งสองต่ำที่สุด ทั้งนี้การเพิ่มปริมาณ CMS มีผลให้เกิดการเชื่อมข้ามระหว่างโมเลกุลของสตาร์ชดังที่กล่าวมาแล้ว และสอดคล้องกับงานวิจัยของ โสภิดา สืบวงษา (2550) ที่พบว่า การพองตัวของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสตาร์ชมันสำปะหลังดัดแปรร้อยละ 6 มีการพองตัวของเส้นในระหว่างการต้มต่ำ ลงกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าผสมสตาร์ช มันสำปะหลังดัดแปรร้อยละ 3 เมื่อพิจารณา NaCl พบว่า เส้นก๋วยเตี๋ยวสูตรที่ใช้ NaCl ร้อยละ 0.5 มีปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียในระหว่างการต้มน้อยกว่าการใช้ NaCl ร้อยละ 0.2 ทั้งนี้อาจเนื่องจาก NaCl มีสมบัติเป็น platicizer สามารถดูดซับ (absorb) น้ำได้ (Farahnaky et al., 2009) จึงมีผลให้ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียระหว่างการต้มลดลง เมื่อใช้ NaCl ในปริมาณสูงกว่า

การวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยวัดค่าแรงตัด ความแน่นแข็ง และความเหนียวติดกัน (adhesiveness) พบว่า ค่าแรงทั้ง 3 ชนิดนี้เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจาก CMS ทำให้เกิดโครงร่างตาข่ายที่มีความยืดหยุ่น (elastic network) ดังนั้นก๋วยเตี๋ยวที่เพิ่ม CMS จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่เหนียวมากขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรอนงค์ นัยวิกุล และคณะ (2536) ที่ได้ตรวจสอบผลของสตาร์ชดัดแปรแบบครอสลิงค์ที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ โดยผสมสตาร์ชดัดแปรแบบครอสลิงค์ร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 พบว่า ก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งผสมสตาร์ชดัดแปรแบบครอสลิงค์มีเนื้อสัมผัสดีกว่าก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้า โดยมีความเหนียว และความยืดหยุ่นมากขึ้น โดยการผสมสตาร์ชดัดแปรแบบครอสลิงค์ในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้ก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียว และความยืดหยุ่นมากขึ้น ส่วนการเติม NaCl ในเส้นก๋วยเตี๋ยวจะส่งผลให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม แต่มีความยืดหยุ่น (elastic) มากกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ไม่ได้เติม

แน่นแข็ง และความเหนียวติดกันที่มีค่าต่ำที่สุดเมื่อใช้ CMS ร้อยละ 12 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.2

ดังนั้นการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในปริมาณมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันและค่าความหนืดของน้ำแป้งผสมมีค่ามากขึ้น กำลังการพองตัวและการละลายมีแนวโน้มลดลง ซึ่งเกิดจากปริมาณ CMS ที่เพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มพันธะโควาเลนต์ระหว่างโมเลกุลแป้งจากการเกิดพันธะไฮโดรเจนที่มีอยู่เดิม และเป็นพันธะที่มีความแข็งแรง ซึ่งเมื่อผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีความเหนียวซึ่งสอดคล้องกับการพองตัวของเส้นและปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียในระหว่างการต้มเส้นก๋วยเตี๋ยว และจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส การใช้ CMS ร้อยละ 14 ร่วมกับ NaCl ร้อยละ 0.5 ได้รับคะแนนในคุณลักษณะด้านสี ความเหนียว ความนุ่ม กลิ่นรส และความชอบรวมสูงที่สุด ดังนั้นการใช้ CMS ร่วมกับ NaCl ในระดับนี้จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์ ที่เนื้อสัมผัสของเส้นมีความเหนียวและผู้บริโภคชื่นชอบ

3. ผลของความร้อนในระดับการสเตอริไลเซชันที่ 121 องศาเซลเซียส ต่อการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์

การให้ความร้อนระดับสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15.42 นาที คำนวณค่า F_0 ได้ 3.82 นาที เป็นสภาวะการฆ่าเชื้อที่เหมาะสมกับก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์ ซึ่งไม่มีผลให้เนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวขาดง่าย ทั้งนี้เนื่องจากรีทอร์ทเพาช์เป็นภาชนะบรรจุที่มีความหนาน้อยกว่ากระป๋องและขวดแก้ว สามารถถ่ายเทความร้อนได้รวดเร็ว จึงช่วยลดระยะเวลาในการฆ่าเชื้อลงได้ประมาณร้อยละ 30-50 ทำให้อาหารบรรจุรีทอร์ทเพาช์ มีคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัสความแน่นแข็ง กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการดีกว่าอาหารบรรจุกระป๋อง (Mermelstien, 1978) และสอดคล้องกับงานวิจัยของโสภิดา สืบวงษา (2550) ที่ศึกษาการฆ่าเชื้อก๋วยเตี๋ยวคั่วไก่บรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ใช้เวลาการฆ่าเชื้อนาน 30 นาที คำนวณค่า F_0 ได้เท่ากับ 7.41 นาที เปรียบเทียบกับการฆ่าเชื้อก๋วยเตี๋ยวคั่วไก่บรรจุรีทอร์ทเพาช์ ที่อุณหภูมิเดียวกันแต่ใช้เวลาการฆ่าเชื้อนาน 15 นาที คำนวณค่า F_0 ได้เท่ากับ 7.58 นาที ซึ่งอาหารบรรจุรีทร์อทเพาช์ ใช้เวลาในการฆ่าเชื้อน้อยกว่าอาหารบรรจุกระป๋องถึงร้อยละ 50 ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ในถุงเพาช์ที่ผ่านความร้อนสูงนี้ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 7.12±0.83 คะแนน อยู่ในช่วงชอบปานกลางถึงชอบมาก นอกจากนี้ตรวจวิเคราะห์ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 37 และ 55 องศาเซลเซียส ส่วนปริมาณโคลิฟอร์ม E. coli จุลินทรีย์ทั้งหมดยีสต์และรามีปริมาณไม่เกินมาตรฐานของประกาศกระทรวงสาธารณสุข

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2549). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 301 เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2546). เทคโนโลยีของแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมพ์เพ็ญ ถิรพร. (2533). ผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมแป้งข้าวเจ้าต่อคุณภาพเส้นก๋วยเตี๋ยว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2545). การวางแผนและการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส. เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. (2535). วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

โสภิดา สืบวงษา. (2550). การพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวเพื่อการสเตอริไลเซชันและการประยุกต์ในก๋วยเตี๋ยวคั่วไก่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล. (2550). ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์.

อรอนงค์ นัยวิกุล; จิตธนา แจ่มเมฆ; สินีนาถ จริยโชติเลิศ; นุชฤดี ศิริบุญ; ณรงค์ เอื้อวัฒนะชาคร และนรินทร ชิโน- สุนทรากร. (2536). ก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่กึ่งสำเร็จรูป. วารสารเกษตรศาสตร์, 27, 74-78.

อิสราภรณ์ เอ็มรัตน์; ยุรี วันดี; สันทณีย์ ปัญจอานนท์; ดุษฎี อุตภาพ จุรีรัตน์ พุดตาลเล็ก และวิไล รังสาดทอง. (2554). การดัดแปรแป้งพุทธรักษาด้วยวิธีครอสลิงกิงค์โดยใช้โซเดียมไตรเมทาฟอสเฟต. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ, 34, 357-368.

AOAC. (2000). Official Method of Analysis. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemistry. Arlington: Virginia.

Beta, T., & Corke, H. (2001). Noodle quality as relate to sorghum starch properties. Cereal Chemistry, 78(4), 417-420.

Lee, S.Y., Woo, K.S., Lim, J.K., Kim, H.I., Lim, S.T. (2005). Effect of processing variables on texture of sweet potato starch noodles prepared in a nonfreezing process. **Cereal Chemistry,** 82(4), 475-478.

Lii, C.H., & Chang, S.H. (1981). Characterization of red bean (Phaseolus radiatus var. Aurea) starch and its noodle quality. **Journal Food Science,** 46, 78-80.

Mermelstein, N.H. (1978). Retort pouch earns: food technology industrial achievement award. **Food Technology,** 32(6), 22-33.

Mestres, C., Colonna, P., & Buleon, A. (1988). Characteristics of starch networks within rice flour noodles and mungbean starch vermicelli. **Journal of Food Science,** 53, 1809-1812.

Mohamed, A., Peterson, S.C., Grant, L.A., & Duarte, P.R. (2006). Effect of jet-cooked wheat gluten/lecithin blends on maize and rice starch retrogradation. **Journal of Cereal Science,** 43, 293- 300.

Sandhu, K.S., Kaur, M, Mukesh. (2010). Studies on noodle quality of potato and rice starches and their blends in relation to their physicochemical, pasting and gel textural properties. **LWT - Food Science and Technology,** 43, 1289-1293.

Singh, J, Kaur L, McCarthy OJ. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications-A review. **Food Hydrocolloids,** 21, 1-22.

Tan, H.Z, Li, Z.-G., & Tan, B. (2009). Starch noodles: History, classification, materials, processing, structure, nutrition, quality evaluating and improving. **Food Research International,** 42, 551–576.

Yoenyongbuddhagal, S., & Noomhorm, A. (2002). Effect of physical properties of high-amylose Thai rice flours on vermicelli quality. **Cereal Chemistry,** 79(4), 481-485.