

ผลของขนาดอนุภาคและไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณภาพของก๋วยเตี๋ยว Effect of Particle Size of Rice Flour and Hydrocolloids on Rice Noodles Qualities

คำรบ สมะวรรณะ*

Khamrop Samavardhana

คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

*E-mail : khamrop@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดอนุภาคจากแป้งข้าวร่วมกับการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งที่ผ่านกระบวนการโม่ในกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ 3 ระดับ คือ โม่แป้ง 1, 2 และ 3 รอบ พบว่าเมื่อจำนวนรอบการโม่แป้งเพิ่มขึ้นขนาดอนุภาคเฉลี่ยของแป้งมีขนาดลดลง คือ 12, 10 และ 9 μm ตามลำดับ มีผลให้คุณภาพของเนื้อสัมผัสด้านค่าต้านทานแรงดึงของเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อจำนวนรอบการโม่แป้งเพิ่มขึ้น ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการลวกและผัด พบว่ามีค่าคะแนนความชอบรวมของเส้นก๋วยเตี๋ยวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อศึกษาการเติมไฮโดรคอลลอยด์ในก๋วยเตี๋ยวได้แก่ ผงบุก CMC (Carboxy Methyl Cellulose) และกาวกัม ปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าต้านทานแรงดึงของก๋วยเตี๋ยวที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าต้านทานแรงดึงสูงกว่าไม่เติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าต่ำกว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

คำสำคัญ : ขนาดอนุภาค แป้งข้าวเจ้า ก๋วยเตี๋ยว โซเดียมเบนโซเอต วอเตอร์แอกติวิตี

Abstract

This research aimed to study the effects of particle size of rice flour with the use of hydrocolloids on rice noodles qualities. Particle size was varied at three levels based on the milling cycles: 1, 2 and 3 times. It was found that the average particle size reduced to 12, 10 and 9 μm , respectively, as the milling cycle increased. Particle size significantly affected the tensile strength of the rice noodles ($p < 0.05$). However, sensory evaluation

results found that overall acceptability was not significantly different ($p>0.05$). Hydrocolloids which included konjac powder, CMC (Carboxy methyl cellulose) and guar gum were used at 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5%. It was found that the tensile strength of the rice noodles with the use of hydrocolloids significantly increased ($p<0.05$) when compared to the control sample without the use of hydrocolloids. Moreover, water activities of the rice noodles with hydrocolloids were lower than those of the control samples. Total plate count and yeast and mold count also increased as the storage time increased.

Key Words : particle size, rice flour, rice noodle, sodium benzoate, water activity

* เนื้อหาบางส่วนได้นำเสนอในการประชุมวิชาการโครงการงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ภาคปัสเตอร์

บทนำ

ก๋วยเตี๋ยว (rice noodles) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นแปรรูปจากแป้งข้าวเจ้าประเภทหนึ่งที่ได้รับคามนิยมสูงในการบริโภค เนื่องจากหารับประทานง่ายและใช้เวลาในการปรุงสั้นได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งในและต่างประเทศ สามารถรับประทานทดแทนการบริโภคข้าวหรือขนมปังซึ่งเป็นอาหารหลักได้ และมีความสะดวก (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2540) ในกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวต้องนำข้าวท่อนมาผ่านการแช่น้ำและไม้อัดด้วยไอน้ำ โดยจำนวนรอบของการไม่มีความสำคัญทำให้ขนาดอนุภาคของแป้งที่ผ่านการบดแตกต่างกัน ส่งผลต่ออุณหภูมิการเกิดเจลลาติในเซชันและการยอมรับคุณภาพทางด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ (Kerr *et al.*, 2000) นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่มีการเติมแป้งมันสำปะหลังในปริมาณที่มากขึ้นทำให้มีเนื้อสัมผัสที่เหนียวไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค Gurkin (2002) ได้ศึกษาในการใช้ไฮโดรคอลลอยด์เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ tortilla พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ปริมาณ 0.1-0.3 ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น คุณภาพของเนื้อสัมผัส การจับตัวกับน้ำ และการเกาะติดกันดีขึ้น ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมีอายุการเก็บที่นานขึ้น เพิ่มความคงตัว และรักษาความยืดหยุ่นได้ดี

จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ศึกษาขนาดอนุภาคของแป้งที่ผ่านการไม่และการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ เพื่อปรับปรุงให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของข้าวท่อนพันธุ์เส้าไห้และแป้งมันสำปะหลัง

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ ของข้าวท่อนพันธุ์เส้าไห้และแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า ตามวิธีการของ A.O.A.C. (1995) ปริมาณอะไมโลสตามวิธีการของ Juliano, (1971) ค่าSwelling Power และค่า Water Soluble Index ตามวิธีการของ Tasi *et al.*, (1997) การวัดค่าการเปลี่ยนแปลงความหนืดแบบรวดเร็วด้วยเครื่อง RVA ตามวิธีการของ Newport Scientific, (1995)

2 ศึกษาขนาดอนุภาคของข้าวท่อนที่ผ่านกระบวนการไม่จำนวนรอบที่ต่างกัน

นำน้ำแป้งไปหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยด้วยวิธี sieve analysis โดยใช้ชุดตะแกรงร่อนมาตรฐานที่ประกอบด้วยตะแกรงขนาด 80, 100, 120, 140, 170 และ 270 เมช นำตัวอย่างน้ำแป้งจำนวน 200 กรัม ที่ผ่านการม่ด้วยม่หินไฟฟ้า 1, 2 และ 3 รอบ ร่อนผ่านชุดตะแกรงขนาดใหญ่ไปยังขนาดเล็กถัดลงมา โดยใช้น้ำประมาณ 4 ลิตรช่วยในการร่อนผ่านตะแกรง นำส่วนที่เหลือค้างที่อยู่บนตะแกรงไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่แล้วนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์แป้งที่ค้างบนตะแกรงร่อนและขนาดตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ ตามวิธีการของคำรบ (2546) ; Kee *et al.*, (1998)

3. กรรมวิธีการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

นำข้าวท่อนล้างทำความสะอาด นำมาแช่น้ำในอัตราส่วนข้าวท่อนต่อน้ำ เท่ากับ 1: 2 นาน 3 ชั่วโมง นำข้าวท่อนที่ผ่านการแช่น้ำไปม่ด้วยม่หินไฟฟ้า โดยใช้อัตราส่วนในการม่ข้าวท่อนกับน้ำ 2: 1 จำนวน 1, 2 และ 3 รอบ นำส่วนผสม(แป้งมันสำปะหลัง mix starch, mix phosphate และ 3A) ผสมลงในน้ำแป้งปรับความหนืดของน้ำแป้งที่ 1,150 องศาโบเม (Baume Hydrometer) บ่มน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 18 ชั่วโมง ตักน้ำแป้งใส่ถาดสแตนเลสขนาด 15.5 x 25.5 เซนติเมตร นำไปนึ่งในลังถึงเป็นเวลา 5 นาที นำแผ่นก๋วยเตี๋ยวที่นึ่งสุกไปทดสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัส และคุณภาพด้านประสาทสัมผัสต่อไป

4. ศึกษาสมบัติของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านกระบวนการไม่จำนวนรอบที่ต่างกัน

4.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว วัดค่าต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA.XT.Plus, England) ตัวอย่างละ 10 ซ้ำ ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยแสดงในหน่วย g (Hormdok and Noomhorm, 2007)

4.2 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว โดยใช้ผู้ทดสอบที่ฝึกฝน 30 คน (นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม) โดยแยกตัวอย่างทดสอบออกเป็น 2 ประเภทคือเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการลวกและผัด ในการเตรียมตัวอย่างโดยนำเส้นก๋วยเตี๋ยวลวกในน้ำเดือดนาน 10 วินาที นำใส่ถ้วย ราดน้ำซุปร้อน ก๋วยเตี๋ยวผัดเตรียมโดยนำเส้นผัดน้ำมันพืชและเติมซีอิ๊วดำ ผัดนาน 2 นาที นำตัวอย่างทั้งสองมาทดสอบในคุณลักษณะด้านสี เนื้อสัมผัส (ความเรียบเนียนของพื้นผิว) ความเหนียว การกระจายตัวของเส้น และความชอบรวม ใช้วิธี 9-Point Hedonic Scale

5. ศึกษาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีต่อค่าอวเตอร์แอคติวิตีของการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

ศึกษาชนิดและปริมาณของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีผลต่อค่าอวเตอร์แอคติวิตีของเส้นก๋วยเตี๋ยว ได้แก่ ผงบุก Carboxy methyl cellulose (CMC) และ กวักม โดยศึกษาปริมาณการใช้สารแต่ละชนิด ได้แก่ ผงบุก กวักม และ CMC ในปริมาณ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยตัวอย่างที่เติมไฮโดรคอลลอยด์จะไม่เติมโซเดียมเบนโซเอต เปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน (เติมโซเดียมเบนโซเอต)

6. ศึกษาสมบัติของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการเติมไฮโดรคอลลอยด์

6.1 ลักษณะเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการเติมไฮโดรคอลลอยด์ วัดค่าต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยเครื่อง Texture Analyzer (ดังข้อที่ 4.1)

6.2 ศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการเติมไฮโดรคอลลอยด์ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว 30 คน (ดังข้อที่ 4.2)

6.3 ปริมาณโซเดียมเบนโซเอตของเส้นก๋วยเตี๋ยวตามวิธีการของ วันเพ็ญ (2541)

6.4 ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ของเส้นก๋วยเตี๋ยว ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์-รา (AOAC., 1995)

7. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ผลการคำนวณด้วย ANOVA และคำนวณค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

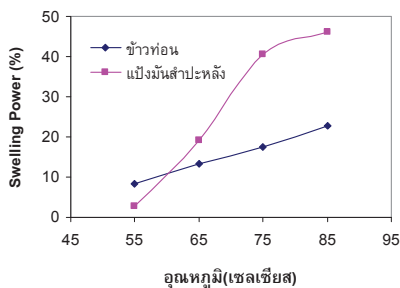
1 องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของข้าวท่อนพันธุ์เส้าไห้และแป้งมันสำปะหลัง

จากการศึกษา พบว่าข้าวท่อนมีปริมาณโปรตีน 5.97 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณ 0.47 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากข้าวท่อนที่ใช้เป็นฟาล์ว แต่แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนไขมัน เยื่อใยน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จึงจัดเป็นสตาร์ช (สมาคมการค้าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2531) งามชื่น คงเสรี (2549) กล่าวว่าปริมาณอะไมโลสของข้าวที่เหมาะสมในการนำมาผลิตก๋วยเตี๋ยวคือ 27-33 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษพบว่าข้าวท่อนมีปริมาณอะไมโลส 29.23 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ในแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลส 24.84 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 1

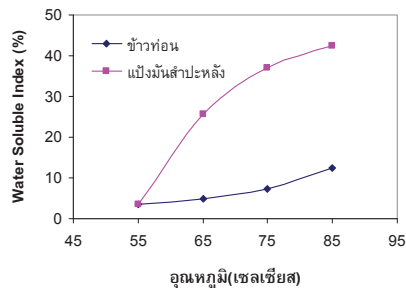
ตารางที่ 1 คุณภาพทางเคมีของข้าวท่อนเส้าไห้และ แป้งมันสำปะหลัง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% น้ำหนักเปียก)	
	ข้าวท่อนเส้าไห้	แป้งมันสำปะหลัง
ความชื้น	9.95±0.14	11.82±0.14
โปรตีน	5.97±0.12	0.47±0.09
ไขมัน	0.35±0.48	0.75±0.16
เถ้า	0.48±0.82	0.15±0.03
เส้นใย	0.53±0.67	0.85±0.14
อะไมโลส	29.23±0.43	24.84±0.45

นำแบ่งทั้ง 2 ชนิดมาวิเคราะห์ค่า Swelling Power และ Water Soluble Index พบว่าค่า Swelling Power ของข้าวท่อน และแป้งมันสำปะหลังมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของการให้ความร้อน แก่ตัวอย่างทั้งสองเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 1 (ก) และ (ข)



(ก) ค่า Swelling Power



(ข) ค่า Water Soluble Index

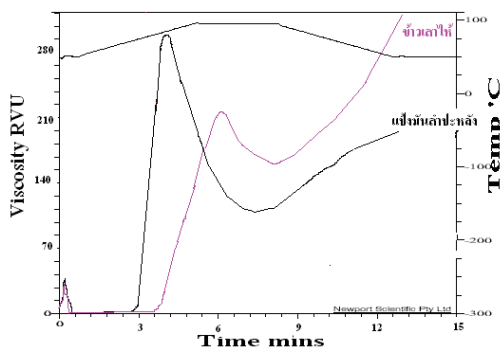
ภาพที่ 1 ค่า Swelling Power (ก) และค่า Water Soluble Index (ข) ของข้าวท่อนเส้าให้และแป้งมัน

สำปะหลังที่อุณหภูมิ 55 – 85 องศาเซลเซียส

โดยที่ค่า water soluble index เพิ่มขึ้นด้วยดังภาพที่ 1 (ข) จากค่า Swelling Power และค่า water soluble index ของแป้งทั้งสองชนิด พบว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แป้งทั้งสองมีค่า Swelling Power และค่า water soluble index ต่ำเนื่องจากอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดการเจลลิตในเซชันของแป้งทั้งสองชนิด (จากการศึกษาโดยใช้ RVA) มีอุณหภูมิตั้งแต่ 74-88 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พันธะไฮโดรเจนคลายลง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำแล้วพองตัวอย่างรวดเร็วและถาวร (Wurzburg, 1986) ด้วยเหตุนี้ น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในเม็ดแป้งทำให้มีค่ากำลังการพองตัวและค่า Water Soluble Index สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น รวมถึงปริมาณอะไมโลสและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งมีความสัมพันธ์กับค่า Swelling Power และ Water Soluble Index จากคุณภาพทางเคมีของแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณอะไมโลสต่ำกว่า และองค์ประกอบของแป้งมีความบริสุทธิ์สูงกว่าข้าวท่อน ทำให้มีค่า Swelling Power และ Water Soluble Index ที่สูงกว่า

การเปลี่ยนแปลงความหนืดแบบรวดเร็วด้วยเครื่อง RVA ของแป้งข้าวท่อนและแป้งมันสำปะหลัง จะได้ค่า Pasting Profiles ดังภาพที่ 2 พบว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 50 ถึง 95 องศาเซลเซียส ได้ค่า peak viscosity ที่เกิดจากเม็ดแป้งได้รับความร้อนจนถึงจุดเจลลิตในซ้แล้วเมื่อให้ความร้อนต่อไป เม็ดแป้งจะพองตัวเต็มที่ทำให้เกิดความหนืดที่เพิ่มขึ้นสูงสุดแล้วแตกออกในที่สุด

ระหว่างการคนของใบพัด โมเลกุลของอะไมโลสที่มีขนาดเล็กจะกระจายตัวออกมาจากเม็ดแป้ง ความหนืดของสารละลายแป้งจะลดต่ำลง โดยค่า peak viscosity ของแป้งข้าวท่อนมีค่าเท่ากับ 217.71 RVU ต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 283.79 RVU ค่า pasting temperature เป็นค่าที่บอถึงการเกิดเจลลิตไนซ์ของแป้ง โดยแป้งข้าวท่อนซึ่งมีค่าเท่ากับ 88.5 องศาเซลเซียส สูงกว่าแป้งมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 77.3 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 2 กราฟ RVA pasting profiles ของข้าวท่อนและแป้งมันสำปะหลัง

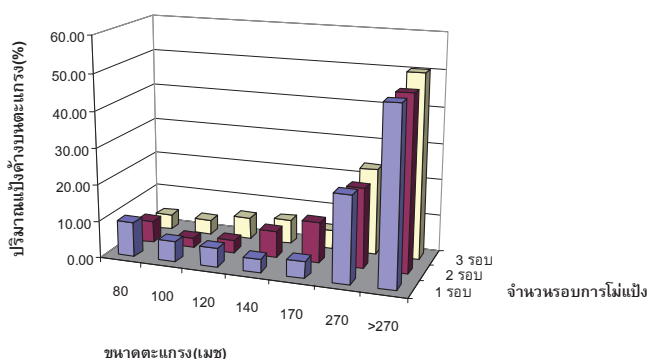
เมื่อระบบลดอุณหภูมิลงจาก 95 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส จะมีการจัดเรียงตัวใหม่ระหว่างโมเลกุลพอลิเมอร์เกิดขึ้น โดยเฉพาะโมเลกุลของอะไมโลสจะเกิดการเรียงตัวเป็นโครงร่างแหสามมิติขึ้น โดยโมเลกุลของอะไมโลสที่ออกมาจากเม็ดแป้งที่ใกล้กันจะเข้ามาเรียงตัวกันและเกาะเกี่ยวกันเอง เกิดพันธะไฮโดรเจนขึ้นระหว่างโมเลกุลของอะไมโลสทำให้ได้ลักษณะโครงสร้างใหม่จะจัดเรียงตัวใหม่เกิดเป็นเจล (Smith, 1979) ในช่วงนี้ของกราฟ RVA (ความหนืดที่เพิ่มขึ้นจากความหนืดต่ำสุดจนถึงความหนืดสุดท้าย) จะเรียกว่า setback ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการรีโทรกราเดชันหรือกระบวนการที่มีการจัดระเบียบใหม่ของโมเลกุล ค่า setback จึงมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในการทดลอง พบว่า ค่า setback ของแป้งข้าวท่อนมีค่าเท่ากับ 189.09 RVU มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่า peak viscosity ในแป้งมันสำปะหลังมีค่า setback เท่ากับ 77.88 RVU ลดลงเมื่อเทียบกับ peak viscosity

สตาร์ชที่รวมตัวกันในเม็ดแป้งของแป้งมันสำปะหลังมีอะไมโลสในปริมาณที่ต่ำกว่าข้าวท่อน จึงทำให้เม็ดแป้งมีความแข็งแรงไม่มากนักสามารถดูดน้ำและพองตัวเกิดความหนืดได้ง่ายเมื่อถึงอุณหภูมิเจลลิตไนเซชัน ดังนั้นแป้งมันสำปะหลังจึงให้ค่า pasting temperature และการคืนตัวต่ำกว่า

ข้าวท่อนอันเนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่ต่ำกว่า เนื่องจากโครงสร้างของอะไมโลเพกตินที่มีกิ่งก้านมาก ทำให้การจัดเรียงโครงสร้างชิดกันเป็นไปได้น้อยกว่า ซึ่งแตกต่างจากข้าวเจ้าซึ่งมีอะไมโลสในปริมาณสูง

2. ขนาดอนุภาคของข้าวท่อนที่ผ่านกระบวนการไม่จำนวนรอบที่ต่างกัน

จากการศึกษาขนาดอนุภาคโดยวิธี sieve analysis ของน้ำแป้งข้าวท่อนพันธุ์เส้าให้ที่ผ่านการไม่ด้วยไม่หินไฟฟ้าจำนวน 1, 2 และ 3 รอบ พบว่า จำนวนรอบของการไม่ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณและอนุภาคเฉลี่ยของแป้งข้าว โดยเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการไม่จาก 1, 2 และ 3 รอบ ปริมาณแป้งที่ค้ำบนตะแกรงที่มีความละเอียดต่ำมีแนวโน้มลดลงตามรอบการไม่ที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงขนาดอนุภาคเฉลี่ยที่เล็กลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ($p>0.05$) เมื่อผ่านรอบการไม่ที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 12, 10 และ $9\ \mu\text{m}$ ตามลำดับ เนื่องจากผลของจำนวนรอบการไม่แป้งที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อแรงที่ใช้ในการทำให้เม็ดข้าวแตกตัวซึ่งส่งผลให้ปริมาณของแป้งข้าวที่ผ่านการไม่มีแนวโน้มและขนาดของอนุภาคเฉลี่ยหลังการไม่ลดลง ดังภาพที่ 3

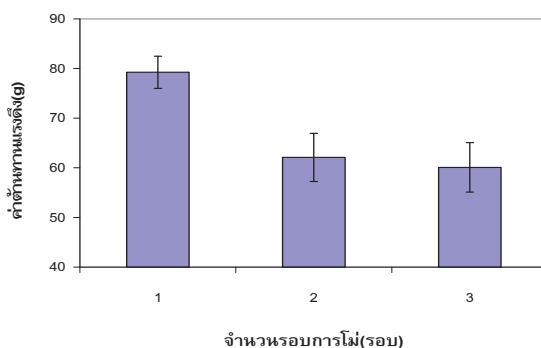


ภาพที่ 3 การกระจายตัวของข้าวที่ผ่านการไม่ด้วยจำนวนรอบที่ต่างกัน

ด้านปริมาณของแป้งที่ค้ำอยู่บนตะแกรง พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการไม่ ปริมาณแป้งที่ค้ำบนตะแกรงขนาด 80-100 เมช มีปริมาณแป้งค้ำบนตะแกรงอยู่ที่ 4.00-6.45 เปอร์เซ็นต์และลดลงตามจำนวนรอบของการไม่ที่เพิ่มขึ้น โดยแป้งที่ผ่านการไม่ส่วนมากจะค้ำบนตะแกรงขนาด 270 และ มากกว่า 270 เมช เท่ากับ 23.03 และ 48.62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความละเอียดของแป้งที่ผ่านการไม่และจำนวนรอบที่เพิ่มขึ้น

3. สมบัติทางกายภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว

3.1 คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของก๋วยเตี๋ยวลดด้วยเครื่อง Texture Analyzer โดยนำน้ำแป้งที่ผ่านการม่จำนวน 1, 2 และ 3 รอบ มาผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวมาทดสอบค่าต้านทานแรงดึง พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรอบของการม่ค่าต้านทานแรงดึงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากขนาดอนุภาคของแป้งที่เล็กมีผลต่อการเกิด gelatinization และ retrogradation ในกระบวนการผลิตที่ดีกว่าและส่งผลถึงคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์โดยขนาดอนุภาคที่เล็กกว่าทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวเกิดความยืดหยุ่นได้ดีกว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากขนาดอนุภาคที่ใหญ่ ข้าวที่ผ่านการม่ 1 รอบ ให้ค่าต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 79.25 g แต่ไม่พบความแตกต่างของข้าวที่ผ่านการม่ที่ 2 และ 3 รอบ มีค่าเท่ากับ 62.1 g และ 60.1 g ตามลำดับ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ค่าต้านทานแรงดึงของก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการม่แป้งในจำนวนรอบที่แตกต่างกัน

3.2 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ผ่านการลวกและผัด พบว่าเส้นที่ผ่านการลวก ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณลักษณะด้าน สี เนื้อสัมผัส ความเหนียว การกระจายตัวของเส้น และความชอบรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยคุณลักษณะต่างๆ มีแนวโน้มของคะแนนการยอมรับลดลงเมื่อรอบของการม่แป้งเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวลวก โดยผู้ทดสอบ

จำนวนรอบ การไม่(รอบ)	สี	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความเหนียว ^{ns}	การกระจาย ตัวของเส้น	ความชอบรวม ^{ns}
1	7.10±1.02 ^a	6.95±0.83	6.65±1.09	7.15±1.14 ^a	7.05±1.05
2	6.45±0.89 ^b	6.60±1.14	6.20±1.15	6.40±1.14 ^b	6.70±0.86
3	6.80±0.56 ^{ab}	6.55±0.94	6.60±1.10	6.70±1.38 ^{ab}	6.95±1.19

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns แสดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นที่ผ่านการผัด พบว่า คุณลักษณะในด้านความเหนียว การกระจายตัวของเส้นลดลงเมื่อเพิ่มรอบของการไม่แปงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดเนื้อสัมผัส ส่วนคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดโดยผู้ทดสอบ

จำนวนรอบ การไม่(รอบ)	เนื้อสัมผัส ^{ns}	ความเหนียว	การกระจายตัวของเส้น	ความชอบรวม ^{ns}
1	6.80±1.02	7.30±1.08 ^a	6.65±1.18 ^a	7.45±1.00
2	6.10±1.21	6.80±1.01 ^{ab}	6.25±1.29 ^{ab}	6.85±0.99
3	6.15±1.14	6.55±0.69 ^a	5.75±1.21 ^b	6.80±0.95

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

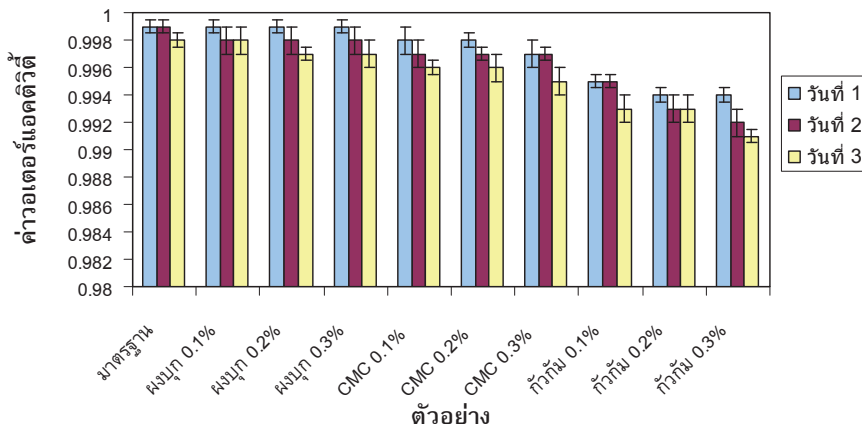
ns แสดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการศึกษาจำนวนรอบของการไม่แบ่งและสมบัติของเส้นก้วยเดี่ยว พบว่าเมื่อเพิ่มจำนวนรอบการไม่แบ่งทำให้ขนาดอนุภาคเฉลี่ยมีขนาดที่เล็กลง โดยก้วยเดี่ยวที่ผลิตจากการไม่แบ่ง 1 รอบ มีคะแนนการยอมรับสูงสุด จึงใช้การไม่แบ่ง 1 รอบเพื่อใช้ในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

4. ชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของไฮโดรคอลลอยด์ที่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีของการผลิตเส้นก้วยเดี่ยว

นำแป้งที่ผ่านการไม่ 1 รอบเติม ผงบุก CMC และกัวกัมลงในเส้นก้วยเดี่ยวที่ปริมาณ 0.1 - 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อใช้กัวกัมที่ปริมาณ 0.1 - 0.5 เปอร์เซ็นต์ทำให้ได้เส้นก้วยเดี่ยวที่มีลักษณะเหนียวนุ่ม ได้เส้นสีขาวใส มีความยืดหยุ่นที่ดีและมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นก้วยเดี่ยวมาตรฐาน และเส้นก้วยเดี่ยวที่เติมกัวกัมนี้อาจมีค่าของวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่าเติม ผงบุก และ CMC แต่การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในปริมาณที่ 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เนื้อสัมผัสที่เหนียวและติดถาด เส้นก้วยเดี่ยวลอกจากถาดยาก จึงไม่นำปริมาณดังกล่าวมาศึกษา

นำเส้นก้วยเดี่ยวมาตรฐาน และเส้นก้วยเดี่ยวที่เติมผงบุก CMC และกัวกัมปริมาณ 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เก็บรักษาระยะเวลา 3 วัน พบว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตีของเส้นก้วยเดี่ยวมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยเส้นก้วยเดี่ยวที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่าเส้นก้วยเดี่ยวมาตรฐาน เมื่อพิจารณาถึงชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ที่ศึกษา พบว่าการใช้กัวกัม จะให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำที่สุด รองลงมาคือ CMC และผงบุก ตามลำดับ ดังภาพที่ 5 สอดคล้องกับการศึกษาของ Ward and Andon (1993) อธิบายบทบาทของไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวช่วยรักษาคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสและลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี โดยไฮโดรคอลลอยด์ที่เติมลงไปจะช่วยห่อหุ้มอนุภาคของสตาร์ชและสร้างโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงรอบๆ สตาร์ช ช่วยควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำ และรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์

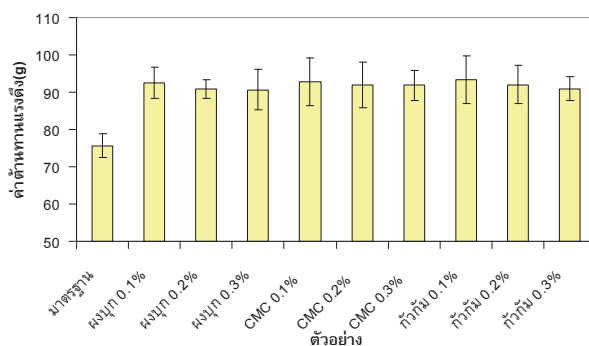


ภาพที่ 5 ค่าอเวอเทอแอดติวิตี้ของเส้นก๊วยเตี๋ยวมาตรฐานและที่มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ

ค่าอเวอเทอแอดติวิตี้ที่วัดได้ทั้งที่มีการเติมและไม่เติมโซเดียมเบนโซเอตที่วัดได้ระหว่างการเก็บรักษามีค่าใกล้เคียง 1.000 และมีค่าการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยค่าอเวอเทอแอดติวิตี้ที่ได้จากการศึกษาอยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยค่าอเวอเทอแอดติวิตี้ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียสูงที่สุดมีค่ามากกว่า 0.90 (สมุนทา, 2545) ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เส้นก๊วยเตี๋ยวดูดซับน้ำ และอายุการเก็บรักษาสั้น

5. สมบัติของเส้นก๊วยเตี๋ยวที่ผ่านการเติมไฮโดรคอลลอยด์

5.1 คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของก๊วยเตี๋ยวที่ผ่านการเติมไฮโดรคอลลอยด์ พบว่าการเติมไฮโดรคอลลอยด์ทำให้ผลิตภัณฑ์มีค่าต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐาน(ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์) การเติมก๊วกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์ให้ค่าต้านทานแรงดึงสูงสุดเท่ากับ 93.3 g และตัวอย่างมาตรฐานมีค่า 75.62 g เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ช่วยปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ทำให้มีค่าต้านทานแรงดึงที่เพิ่มขึ้นดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ค่าต้านทานแรงดึงของเส้นก้วยเตี๋ยวมาตรฐานและที่มีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ

5.2 การทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของเส้นก้วยเตี๋ยว พบว่าเส้นที่ผ่านการลวก ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณลักษณะด้านสี และความเรียบเนียนที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่คุณลักษณะด้านความเหนียว ความนุ่ม และความชอบรวมผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) โดยก้วยเตี๋ยวที่ผ่านการเติมไฮโดรคอลลอยด์มีคะแนนในการยอมรับที่สูงกว่ามาตรฐาน และความชอบรวมของก้วยเตี๋ยวที่เติมกักน้ำ 0.1 เปอร์เซ็นต์มีคะแนนสูงสุดดังตารางที่ 4 และผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก้วยเตี๋ยวมัด พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการประเมินคุณภาพด้านความเหนียว ความเรียบเนียน ความนุ่ม และความชอบรวมของเส้นก้วยเตี๋ยวที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มากกว่าเส้นมาตรฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ดังตารางที่ 5 จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก้วยเตี๋ยวที่ผ่านการลวกและมัด ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับเส้นก้วยเตี๋ยวที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มากกว่าเส้นก้วยเตี๋ยวที่ไม่ได้เติมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) เนื่องจากให้คุณลักษณะในด้านความเหนียว และความนุ่มมากกว่า ดังนั้นสามารถใช้ไฮโดรคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิดเติมลงในกระบวนการผลิตก้วยเตี๋ยวซึ่งมีการยอมรับคุณภาพทางด้านประสาทที่ผ่านการลวกและมัดได้ดีกว่าการไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก้วยเตี๋ยวลวกโดยผู้ทดสอบ

ตัวอย่าง	สี ^{ns}	ความเหนียว	ความเรียบเนียน ^{ns}	ความนุ่ม	ความชอบรวม
มาตรฐาน	6.03±1.06	5.40±1.22 ^{ab}	5.80±1.07	5.56±1.19 ^b	5.73±1.17 ^b
ผงบุก 1%	6.13±0.74	5.36±1.17 ^b	5.90±1.21	5.46±1.28 ^b	5.76±1.45 ^{ab}
ผงบุก 2%	6.26±0.97	5.76±0.94 ^a	5.93±1.04	6.13±1.07 ^a	6.43±1.04 ^a

ผงบุก 3%	6.13±1.03	5.20±1.29 ^b	5.83±1.11	5.80±1.31 ^{ab}	6.13±1.16 ^a
CMC 1%	6.50±0.86	5.90±1.09 ^a	5.96±1.03	6.03±1.29 ^a	6.26±1.08 ^a
CMC 2%	6.26±0.32	6.02±0.79 ^a	5.90±1.09	5.83±1.09 ^{ab}	6.18±1.09 ^a
CMC 3%	6.33±0.87	5.98±0.75 ^a	5.79±0.67	6.02±0.96 ^a	6.13±0.73 ^a
กัวกัม 1%	6.21±0.45	6.00±1.44 ^a	6.06±1.02	6.43±0.93 ^a	6.50±1.22 ^a
กัวกัม 2%	6.49±0.98	5.56±1.48 ^a	5.93±1.17	5.83±1.02 ^{ab}	5.86±1.22 ^{ab}
กัวกัม 3%	6.40±0.45	5.33±1.29 ^b	5.83±1.14	5.50±1.04 ^b	5.50±1.11 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns แสดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.3 ปริมาณโซเดียมเบนโซเอตของเส้นก๋วยเตี๋ยวตามมาตรฐานที่กำหนดไว้คือไม่เกิน 1,000 mg/kg (ส่วนในล้านส่วน) ในก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่ จากการทดลองพบว่าปริมาณโซเดียมเบนโซเอตที่ตรวจพบในเส้นก๋วยเตี๋ยวมาตรฐานปริมาณ 456.48 mg/kg ซึ่งไม่เกินมาตรฐานกำหนด

ตารางที่ 5 แสดงคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวผัดโดยผู้ทดสอบ

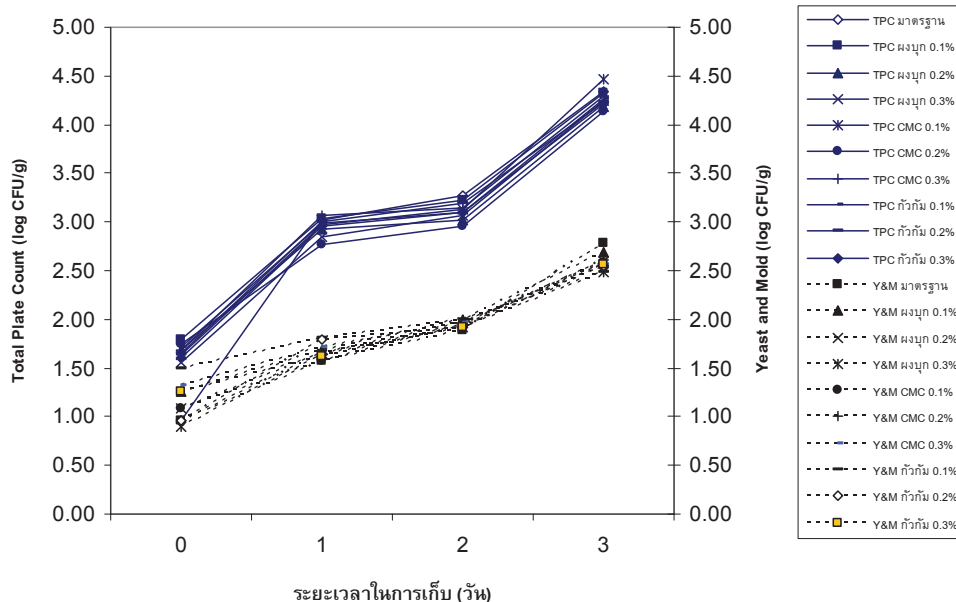
ตัวอย่าง	ความเหนียว	ความเรียบเนียน ^{ns}	ความนุ่ม	ความชอบรวม
มาตรฐาน	5.40 ± 1.09 ^b	5.93 ± 1.12	5.56 ± 0.76 ^b	5.70 ± 0.91 ^b
ผงบุก 1%	6.10 ± 0.46 ^a	6.26 ± 0.98	6.20 ± 1.02 ^a	6.20 ± 0.64 ^a
ผงบุก 2%	5.56 ± 0.83 ^a	6.20 ± 0.62	6.06 ± 0.58 ^a	6.17 ± 0.48 ^a
ผงบุก 3%	5.90 ± 0.76 ^a	6.30 ± 0.87	6.06 ± 0.70 ^a	6.10 ± 0.51 ^a
CMC 1%	5.36 ± 0.94 ^b	6.13 ± 0.91	6.13 ± 0.92 ^a	6.33 ± 0.83 ^a
CMC 2%	5.76 ± 1.14 ^a	6.06 ± 0.84	5.93 ± 0.51 ^{ab}	6.03 ± 0.59 ^a
CMC 3%	5.80 ± 0.81 ^a	6.40 ± 0.45	6.03 ± 0.88 ^a	6.00 ± 1.08 ^a
กัวกัม 1%	5.93 ± 0.81 ^a	6.13 ± 0.84	6.36 ± 0.75 ^a	6.40 ± 0.54 ^a

กัวกัม 2%	5.63 ±1.01 ^a	6.23 ±0.79	6.11 ±0.95 ^a	6.24 ±0.79 ^a
กัวกัม 3%	5.53 ±0.87 ^{ab}	6.29 ±1.14	6.09 ±1.01 ^a	6.10 ±0.62 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns แสดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

5.4 คุณภาพจุลชีววิทยา จากการศึกษปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา พบว่า ปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เส้นก่วยเตี้ยมาตรฐานมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นน้อยกว่าเส้นก่วยเตี้ยที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ อาจเป็นเพราะเส้นก่วยเตี้ยสดเป็นแหล่งอาหารและมีปริมาณความชื้นสูงเหมาะกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว หรืออาจเกิดจากการปนเปื้อนของอุปกรณ์ในกระบวนการผลิต โดยเส้นก่วยเตี้ยมาตรฐานมีปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เริ่มต้นน้อยกว่าเส้นก่วยเตี้ยที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ เนื่องจากการเติมวัตถุดิบเสียคือ โซเดียมเบนโซเอต ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และราของเส้นก่วยเตี้ยที่ผ่านการเก็บรักษาระยะเวลา 3 วัน

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

กระบวนการไม่แบ่งมีผลต่อขนาดอนุภาคของแป้ง และคุณภาพเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยว พบว่า การเพิ่มรอบการไม่ข้าวทำให้ได้เม็ดแป้งมีขนาดที่เล็กลงแต่เมื่อนำมาผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว ผู้ทดสอบให้ความชอบที่ลดลง และค่าต้านทานแรงดึงลดลงเช่นกัน การใช้สารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ช่วยในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของน้ำในอาหารที่สำคัญคือทำให้โมเลกุลของน้ำบางส่วนไม่เคลื่อนที่ ส่วนที่ถูกจับไว้ในไฮโดรคอลลอยด์ก็จะไม่หลุดออกมา การเติมไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์ช่วยให้การเกิดรีโทรกราเดชันช้าลง และควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาได้ (Mandala *et al.*, 2002 ; Adamu and Jin, 2002) ซึ่งการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์ส่วนมากช่วยทำให้คุณภาพด้านเนื้อสัมผัสดีขึ้น สอดคล้องกับ

หากพิจารณาตามมาตรฐานของก๋วยเตี๋ยว มอก.959 - 2533 ซึ่งยอมให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 10^3 CFU/g ยีสต์และราน้อยกว่า 10 CFU/g แต่มอก.959 - 2533 เป็นการกำหนดก๋วยเตี๋ยวเส้นแห้งที่มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 แต่ในขณะนี้ยังไม่มีกำหนดคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวสด จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทาง จุลินทรีย์ของก๋วยเตี๋ยวสดชนิดเส้นใหญ่ดังกล่าวอาจเสนอแนวทางกำหนดคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของก๋วยเตี๋ยวสดชนิดเส้นใหญ่

ก๋วยเตี๋ยวที่ผลิตจากการไม่แบ่ง 1 รอบ ผู้ทดสอบให้การยอมรับมากกว่าที่ 2 และ 3 รอบ เมื่อศึกษาการเติมไฮโดรคอลลอยด์พบว่า การเติมกัวกัมทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีต่ำกว่าการเติมผงบุก CMC และไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราของก๋วยเตี๋ยวมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น และสามารถใส่กัวกัม 0.1 เปอร์เซ็นต์ทดแทนการเติมโซเดียมเบนโซเอตในผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยว

เอกสารอ้างอิง

คำรบ สมวรรณะ. (2546). ผลการเกิดเจลลิตไโนเซชันและรีโทรกราเดชันต่อคุณภาพของ

ขนมขบเคี้ยวจากข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาพัฒนา

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

งามชื่น คงเสรี. (2549). ข้าว...วัตถุดิบสำหรับผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว หลักเกณฑ์การคัดเลือก

วัตถุดิบและวิธีการตรวจวัดคุณภาพ. การประชุมสัมมนาเพื่อระดมความคิดกรอบงานวิจัย

เรื่อง “การพัฒนากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยว”. กรุงเทพฯ : โรงธรรมรามการ
เต็น.

- วันเพ็ญ จิตรเจริญ. (2541). **บทปฏิบัติการเคมีอาหาร**. ลำปาง : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตลำปาง.
- สุมนทนา วัฒนสินธุ์. (2545). **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สมาคมการค้าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย. (2531). **อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย**. กรุงเทพฯ : สมาคมการค้าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2533). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว**. มอก. 959 – 2533.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. (2540). เทคโนโลยีการผลิตและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวสดและอบแห้ง. **วารสารอุตสาหกรรมเกษตร**. 8(3):18, 58-66.
- Adamu, A. and Jin, Z.Y. (2002). Effect of chemical agents on physical and rheological properties of starch-guar gum extrudates. **International J. Food Properties**. 5(2): 261-275.
- A.O.A.C. (1995). Official Methods of Analysis. 15th ed., **The Association of Official Analytical Chemists** Arlington, Virginia.
- Gurkin, S. (2002). Hydrocolloids-ingredients that add flexibility to tortilla processing. **CerealFood World**. 42(2): 41-43.
- Hormdok, R and Noomhorm, A. (2007). Hydrothermal treatment of rice starch for improvement of rice noodle quality. **LWT**. 40:1723-1731.
- Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled rice amylase. **Cereal Sci. Today**. 16:334-338, 340, 360.
- Kee, B.B., B. Klameczynska and Czuchajowska, Z. (1998). Partical size of unsweetened azuki paste as related to cultivar and cooking time. **Journal of Food Sci**. 63(2):322-326.
- Kerr, W.L., Ward, C.D.W., McWatters, K.H. and Resurreccion, A.V.A. (2000). Effect of milling and particle size on functionality and physicochemical properties of cowpea flour. **Cereal Chem**. 77(2):213-220.

- Mandala, I.G., E.D. Palogou and Kostaropoulos, A.E. (2002). Influence of preparation and storage conditions on texture of xanthan-starch mixtures. **Journal Food Eng.** 53: 27-38.
- Newport Scientific. (1995). **Operation manual for the series 4 rapid visco analyzer.** Newport Scientific Pty, Ltd., Australia.
- Smith, R.J. (1979). **Food carbohydrate.** The AVI Publishing Co., Westport, Connecticut.
- Tasi, M.L., C.F. Li and Lii, C.Y. (1997). Effect of granular structures on pasting behaviors of starches. **Cereal Chem.** 74: 750-757.
- Ward, F.M. and Andon, S.A. (1993). Water-soluble gums used in snack food and cereal product. **Cereal Food World.** 38(10): 748-752.
- Wurzburg, O.B. (1986). **Starch in the food industry**, pp.361-395. In T.E. Furia (ed.). CRC. Handbook of Food Additive. Vol. 1. CRC Press, New York.