

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และปลาป่น

4.1.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และปลาป่น

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และเนื้อปลาป่นพบว่าองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันแสดงดังตารางที่ 2 ส่วนปริมาณอะไมโลสของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณร้อยละ 7.98 และ 24.84 ตามลำดับ เนื่องจากแป้งทั้งสองชนิดเป็นแป้งทางการค้า จึงทำให้แป้งข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณร้อยละ 7.98 ซึ่งเป็นปริมาณที่ค่อนข้างสูง แตกต่างจากรายงานของกรมวิชาการเกษตรที่พบว่า ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 0-2 แต่การที่ปริมาณอะไมโลสของข้าวเหนียวมีปริมาณสูงกว่าเนื่องจากเมล็ดข้าวที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นข้าวเหนียวที่ได้จากโรงสี ซึ่งไม่ใช่ข้าวที่เป็นเมล็ดพันธุ์จึงอาจมีการปนเปื้อนเมล็ดข้าวบางส่วนจากข้าวเจ้าที่ได้จากโรงสี ทำให้ปริมาณอะไมโลสของข้าวเหนียวสูงกว่าที่ควรเป็น ซึ่งค่าคุณภาพของข้าวเหนียวจากการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Varavinit *et al.*, (2002) ได้ทำการทดลองโดยใช้แป้งข้าวเหนียวเชิงการค้า และได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่ามีปริมาณอะไมโลส โปรตีน ไขมัน และเถ้า เท่ากับ ร้อยละ 5.00, 7.78, 0.37 และ 0.24 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจากที่วิเคราะห์ได้ในการทดลองนี้เล็กน้อย สำหรับแป้งมันสำปะหลังที่ใช้ในการทดลองมีค่าคุณภาพที่สอดคล้อง Sriroth *et al.*, (1999) รายงานว่าสตาร์ชมันสำปะหลัง 4 พันธุ์ได้แก่ ระยอง 1 ระยอง 60 ระยอง 90 และเกษตรศาสตร์ 50 พบปริมาณของอะไมโลสอยู่ในช่วงร้อยละ 14-28 โปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 0.15-0.30 ไขมันประมาณร้อยละ 0.01 เถ้าร้อยละ 0.08-0.15 และฟอสฟอรัสร้อยละ 2.04-2.45 ซึ่งมีค่าที่แตกต่างจากที่วิเคราะห์ได้ในการทดลองนี้เล็กน้อย โดยปริมาณที่ต่างกันอาจเกิดจากสายพันธุ์ที่ใช้ อายุ ฤดูกาลการเก็บเกี่ยว และวิธีที่ใช้ในการสกัด (Moorthy, 2002) ดังนั้นข้าวเหนียวที่ใช้ในการศึกษานี้จึงเป็นสมบัติที่ใช้จริงในการแปรรูปทางอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และปลาป่น

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)		
	แป้งข้าวเหนียว	แป้งมันสำปะหลัง	ปลาป่น
ความชื้น	12.25±0.14	11.82±0.54	8.42±0.87
โปรตีน	5.67±0.12	0.18±0.03	32.10±0.60
ไขมัน	0.75±0.16	0.44±0.48	7.33±0.77
เถ้า	0.24±0.03	0.15±0.11	6.00±0.54
เส้นใย	0.85±0.14	0.57±0.22	1.48±0.89
อะไมโลส	7.98±0.45	24.84±0.05	-

หมายเหตุ ค่าที่แสดงคือ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

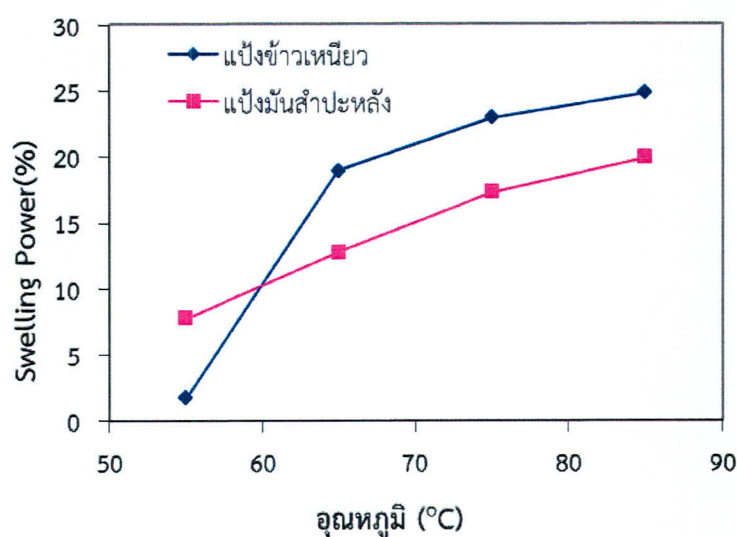
4.1.2 กำลังการพองตัวและ water soluble index ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง

เมื่อนำแป้งทั้ง 2 ชนิดมาเติมน้ำและนำไปให้ความร้อนจะได้สารแขวนลอยและเม็ดแป้งเกิดการพองตัวและบางส่วนของเม็ดแป้งจะละลายออกมา เนื่องจากกำลังการพองตัวนิยามเป็นน้ำหนักของเม็ดแป้งที่เพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเม็ดแป้งพองตัวได้อย่างอิสระในน้ำ สำหรับ water soluble index แสดงเป็นน้ำหนักของแข็งทั้งหมดในสารแขวนลอยที่สามารถละลายได้ ซึ่งสมบัติทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กัน (กล้านรงค์, 2542)

เมื่อพิจารณากำลังการพองตัวของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังพบว่า เมื่ออุณหภูมิของการให้ความร้อนแก่ตัวอย่างทั้งสองเพิ่มขึ้น ค่า swelling power กำลังการพองตัวจะเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2) โดยที่ค่า water soluble index เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน (ภาพที่ 3) จากค่า swelling power และค่า water soluble index ของแป้งทั้งสองชนิด พบว่าที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แป้งทั้งสองชนิดมีค่า swelling power และค่า water soluble index ต่ำเนื่องจากอุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดการเจลลิตไนเซชันของแป้งทั้งสองชนิด (จากการศึกษาโดยใช้ RVA) มีอุณหภูมิตั้งแต่ 63-74 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่อให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พันธะไฮโดรเจนคลายลง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำแล้วพองตัวอย่างรวดเร็วและถาวร (Wurzburg, 1986) ด้วยเหตุนี้ น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปในเม็ดแป้งทำให้มีค่ากำลังการพองตัวและค่า water soluble index สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ในส่วนแป้งข้าวเหนียว ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่า swelling power และ water soluble index ที่ต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง อาจจะเป็นเนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีของปริมาณโปรตีนที่สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง Chrastil (1990); Hamaker และ Griffin (1993) พบว่าโปรตีนมีผลต่อการพองตัวของเม็ดสตาร์ชของข้าว เพราะโครงสร้างของโปรตีนชนิดที่มีพันธะซัลไฟด์คู่ที่เกาะอยู่กับเม็ดสตาร์ชจะเข้าขวางการดูดซึมน้ำและการพองตัวของเม็ดสตาร์ช ณ อุณหภูมินี้ และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 65-75 องศาเซลเซียส ค่า swelling power และ water soluble index ของแป้งข้าวเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้นสูงอย่างมาก และมีค่าที่สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะ

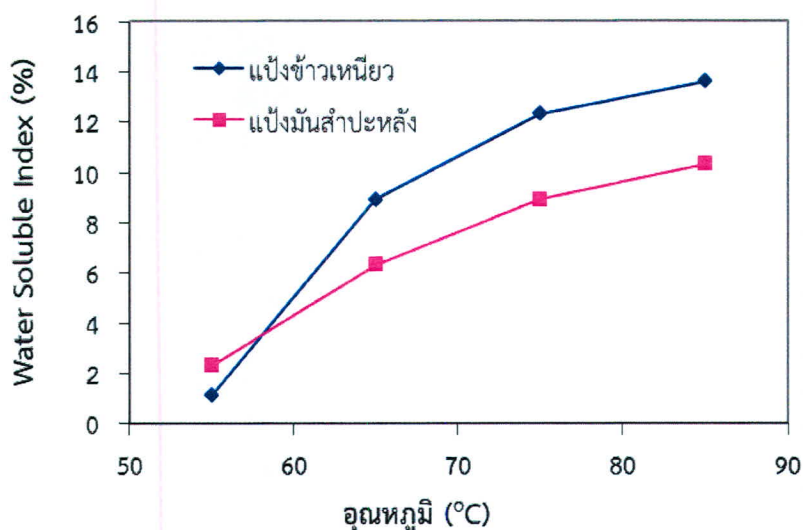
โปรตีนที่เกาะอยู่กับเม็ดสตาร์ชอาจแปลงสภาพ (denature) ไป เช่น ออริเซนิน (oryzenin) ซึ่งเป็นโปรตีนหลักในข้าวจะมีช่วงอุณหภูมิการแปลงสภาพ (denaturation temperature) เท่ากับ 45-62 องศาเซลเซียส (Teo *et al.*, 2000) ทำให้ไม่สามารถขัดขวางการดูดซับน้ำและการพองตัวของเม็ดสตาร์ช เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 85 องศาเซลเซียส ค่า swelling power และ water soluble index ของแป้งทั้งสองชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย



ภาพที่ 2 ค่า Swelling power ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิต่างๆ

นอกจากนี้ปริมาณของอะไมโลสและองค์ประกอบของแป้งมีความสัมพันธ์กับค่า swelling power การพองตัวของเม็ดแป้ง จากการทดลองพบว่าเมื่ออุณหภูมิของการให้ความร้อนแก่ข้าวเพิ่มขึ้น ค่า swelling power และค่า water soluble index ของข้าวทั้งสองชนิดจะสูงขึ้น โดยแป้งข้าวเหนียวให้ค่า swelling power และค่า water soluble ที่สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณ อะไมโลสที่ต่ำกว่า เนื่องจากอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้นทำให้พองตัวได้ต่ำ (กล้าณรงค์, 2542) โดย Tester and Morrison (1990) พบว่าการพองตัวเป็นสมบัติของอะไมโลเพกติน ซึ่งอะไมโลสเป็นตัวที่ต้านการพองตัวในธัญพืช จากการศึกษา กำลังการพองตัวของข้าวบาร์เลย์ชนิด waxy และ non-waxy พบว่า ข้าวบาร์เลย์ชนิด waxy ให้ค่า กำลังการพองตัวที่สูงกว่าชนิด non-waxy Tasi *et al.* (1997) ชี้ให้เห็นว่าสตาร์ชที่มีปริมาณของอะไมโลสต่ำโครงสร้างของสตาร์ชมีความคงตัวที่ต่ำ เกิดการจับตัวกันอย่างหลวมสามารถพองตัวได้อย่างอิสระในระหว่างการให้ความร้อน สตาร์ชที่มีอะไมโลสสูงความแข็งแรงของโครงสร้างมีมากกว่าทำให้ไม่สามารถพองตัวได้อย่างอิสระ Lii *et al.* (1996) พบว่า ปริมาณของอะไมโลสมีผลต่อโครงสร้างที่คงตัวของเม็ดสตาร์ชและในทางตรงกันข้ามกลับมีผลต่อการพองตัวของเม็ดสตาร์ช Sasaki and Matsuki (1998) พบว่า กำลังการพองตัวของสตาร์ชขึ้นอยู่กับปริมาณการอุ้มน้ำโดยพันธะไฮโดรเจน พันธะไฮโดรเจนในอะไมโลสซึ่งเป็นเกลียวจะถูกทำลายในระหว่างการเกิดเจลลิตีในเซชัน และถูก

แทนที่ด้วยพันธะไฮโดรเจนของน้ำ และค่ากำลังการพองตัวจะขึ้นกับปริมาณความร้อนของการเจลาตินไนเซชันด้วย



ภาพที่ 3 ค่า Water soluble index ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิต่างๆ

4.1.3 การวิเคราะห์ความหนืดด้วย RVA

เมื่อพิจารณาชนิดของแป้งที่มีต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดแบบรวดเร็วด้วยเครื่อง RVA ของแป้งข้าวเหนียว และแป้งมันสำปะหลัง ได้ค่า Pasting profiles ดังตารางที่ 3 โดยพิจารณาจากค่าความหนืดสูงสุด (Peak viscosity, RVU) อุณหภูมิการเกิดเจลาตินไนซ์ (Pasting temperature, °C) ผลต่างของค่าความหนืดสูงสุดกับต่ำสุด (Breakdown, RVU) ค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity, RVU) และเซตแบค (Set back) จากการทดลองพบว่าเมื่อเริ่มให้ความร้อนแก่สารแขวนลอยจนกระทั่งถึงอุณหภูมิช่วงหนึ่ง เม็ดแป้งจะดูดน้ำไว้ในปริมาณมาก และพองตัวหลายเท่าจากขนาดของเม็ดแป้งเดิมอย่างรวดเร็วจนเกิดการพองตัวแบบไม่ผันกลับเรียกว่า เจลาตินไนซ์ เมื่ออุณหภูมิของสารแขวนลอยสูงขึ้นกว่าอุณหภูมิเจลาตินไนซ์ เม็ดแป้งจะพองตัวอย่างมากทำให้สารแขวนลอยมีความหนืดมากขึ้นขณะที่มีการกวน (shearing) อยู่ อุณหภูมิที่เริ่ม (onset) มีการเพิ่มขึ้นของความหนืดอย่างมาก เรียกว่า pasting temperature จากการทดลองแป้งทั้งสองชนิดมีค่าของอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินไนซ์ที่ต่างกัน โดยแป้งข้าวเหนียวมีอุณหภูมิในการเกิดเจลาตินไนซ์ที่ต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากสตาร์ชที่รวมตัวกันในเม็ดแป้งของข้าวเหนียวประกอบด้วยอะไมโลสในปริมาณที่ต่ำมาก (Matz, 1991) นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมี เช่น สัดส่วนของปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพกติน ปริมาณไขมัน รวมทั้งการจัดเรียงตัวของโมเลกุลภายในเม็ดแป้ง (Wurzburg, 1986) ส่งผลให้เม็ดแป้งมีความแข็งแรงไม่มากนัก สามารถดูดน้ำและพองตัวเกิดความหนืดได้ง่ายเมื่อถึงอุณหภูมิเจลาตินไนซ์ อันเนื่องจากปริมาณอะไมโลสที่ต่ำกว่าแป้งข้าวเหนียว

ความหนืดสูงสุดที่ต่างกันโดยแป้งข้าวเหนียวมีค่าดังกล่าวสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังซึ่งสอดคล้องกับค่า swelling power ข้าวเหนียวมีการคั้นตัวต่ำกว่าข้าวเจ้า เนื่องจากข้าวเหนียวประกอบด้วยโมเลกุลของอะไมโลเพกตินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งโครงสร้างของอะไมโลเพกตินที่มีกิ่งก้านมาก ทำให้การจัดเรียงโครงสร้างชิดกันเป็นไปได้น้อยกว่า ซึ่งแตกต่างจากข้าวเจ้าซึ่งมีอะไมโลสในปริมาณสูง Newport Scientific (1995); Jane *et al.*(1999) พบว่า โดยทั่วไปธัญพืชชนิด waxy จะมีค่าอุณหภูมิเจลลิตไนซ์ที่ต่ำ มี peak viscosity ที่สูง และ setback ต่ำกว่าธัญพืชชนิด non-waxy

ตารางที่ 3 ค่า pasting profile ของแป้งข้าวเหนียวและแป้งมันสำปะหลัง

ชนิดแป้ง	อุณหภูมิการเกิดเจลลิตไนซ์ (°ซ)	ความหนืด (RVU)				
		ความหนืดสูงสุด	ความหนืดต่ำสุด	ผลต่างความหนืดสูงสุดและต่ำสุด	ความหนืดสุดท้าย	เซตแบค
ข้าวเหนียว	63.30±0.30	277.71±1.71	133.51±9.33	144.20±6.20	169.37±4.19	35.86±3.41
มันสำปะหลัง	74.33±0.52	253.79±13.14	118.71±8.62	135.08±7.10	196.59±7.88	77.88±7.71

4.2 การพัฒนาสูตรส่วนผสมต่างๆ และการยอมรับด้านประสาทสัมผัส

4.2.1 การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค

จากการสำรวจโดยการออกแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภคเป้าหมายซึ่งเป็นกลุ่มผู้บริโภคที่บริโภคอาหารขบเคี้ยว ที่มีอายุตั้งแต่ 11 ปีขึ้นไปจำนวน 100 คน เกี่ยวกับการบริโภคอาหารขบเคี้ยวและข้อมูลเบื้องต้นที่นำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวด้วยแบบสอบถาม ร่วมกับการสัมภาษณ์เกี่ยวกับลักษณะทางประชากรศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 4 จากการสำรวจข้อมูลพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชายร้อยละ 57.0 เพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 43.0 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 15-30 ปี คิดเป็นร้อยละ 49.0 มีระดับการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 45.00 ส่วนใหญ่มีอาชีพนักเรียน / นักศึกษา รองลงมาคืออาชีพอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 64.0 และ 11.0 ตามลำดับ และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 57.0

ตารางที่ 4 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภคจากการสำรวจผู้บริโภค

ปัจจัย	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	ชาย	57.0
	หญิง	43.0
อายุ	ต่ำกว่า 15 ปี	26.0
	15-30 ปี	49.0
	31-45 ปี	15.0
	46-60 ปี	7.0
	มากกว่า 60 ปี	3.0
การศึกษาปัจจุบัน	ต่ำกว่ามัธยม	5.0
	มัธยม/เทียบเท่า	32.0
	อนุปริญญา/ปวส.	7.0
	ปริญญาตรี	45.0
	ปริญญาโท	9.0
	ปริญญาเอก	2.0
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	64.0
	รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	10.0
	ธุรกิจส่วนตัว	8.0
	พนักงานบริษัทเอกชน	7.0
	อื่นๆ	11.0
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 5,000 บาท	57.0
	5,001-10,000 บาท	18.0
	10,001-15,000 บาท	12.0
	15,001-20,000 บาท	4.0
	20,001-25,000 บาท	7.0
	มากกว่า 25,000 บาท	2.0

4.2.2 พฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยวและอาหารขบเคี้ยวจากข้าว

จากการสำรวจด้านพฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยวและอาหารขบเคี้ยวจากที่ทำจากแป้งข้าวเหนียวหรืออาหารขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียวจากกลุ่มตัวอย่างของผู้บริโภคเป้าหมาย

พบว่าในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากกลุ่มตัวอย่างผู้บริโภครู้จักอาหารขบเคี้ยวจากมันฝรั่งมากที่สุดที่ร้อยละ 89.0 รองลงมาคือ อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากปลา (เช่น ทาโร่ พิชโซ) ที่ร้อยละ 86 และอาหารขบเคี้ยวที่ทำจากแป้งแบบพองกรอบร้อยละ 63.0 ทั้งนี้พฤติกรรมการบริโภคที่เกี่ยวข้องกับอาหารขบเคี้ยวที่รู้จักมักสอดคล้องกับกลุ่มของผู้บริโภค เพราะกลุ่มผู้บริโภครู้จักกล่าวส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลในการตัดสินใจซื้อมาจากกลุ่มเพื่อนหรือบุคคลที่สนิทที่บริโภคผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนั้นอยู่แล้ว จึงทำให้รู้จักผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกัน เพราะอิทธิพลจากวัฒนธรรม สังคม และจิตวิทยาของผู้บริโภคในการตัดสินใจซื้อสินค้าหรือบริการ (ศิริวรรณ และคณะ, 2540) สำหรับประเภทของอาหารขบเคี้ยวที่รับประทานบ่อยมากที่สุดโดยผู้บริโภคจะรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากปลาบ่อยที่สุดร้อยละ 34.0 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประเภทของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผู้บริโภครู้จัก

ปัจจัย	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
ประเภทของอาหารขบเคี้ยวที่ผู้บริโภครู้จัก (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
	จากแป้งแบบแผ่นกรอบ (ปาร์ตี้ ทวิสตี)	54.0
	จากแป้งแบบพองกรอบ (ฮานามิ คาราด้า)	63.0
	จากถั่ว (โก้แก่ กรีนนัท)	46.0
	จากมันฝรั่ง (เลย์ เทสโต)	89.0
	จากข้าวโพด (ป๊อปคอร์น คอร์นพัพฟ์)	35.0
	จากข้าว (ข้าวตัง นางเล็ด)	48.0
	จากปลาหมึก (เต๋าทอง สควิดดี้)	15.0
	จากปลา (ทาโร่ พิชโซ)	83.0
ประเภทของอาหารขบเคี้ยวที่รับประทานบ่อยที่สุด		
	จากแป้งแบบแผ่นกรอบ (ปาร์ตี้ ทวิสตี)	7.0
	จากแป้งแบบพองกรอบ (ฮานามิ คาราด้า)	9.0
	จากถั่ว (โก้แก่ กรีนนัท)	7.0
	จากมันฝรั่ง (เลย์ เทสโต)	25.0
	จากข้าวโพด (ป๊อปคอร์น คอร์นพัพฟ์)	5.0
	จากข้าว (ข้าวตัง นางเล็ด)	12.0
	จากปลาหมึก (เต๋าทอง สควิดดี้)	1.0
	จากปลา (ทาโร่ พิชโซ)	34.0

จากการสอบถามผู้บริโภคเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ทำจากข้าวเหนียว ที่กลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายเคยรับประทานมากที่สุดคือ โดโซะ ชินมัย ที่ร้อยละ 83.0 รองลงมาได้แก่ นางเล็ดหรือข้าวแต่นที่ร้อยละ 79.0 เมื่อสอบถามถึงความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียว พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความชอบต่อผลิตภัณฑ์ในระดับที่ชอบ

ที่ร้อยละ 67.0 สำหรับความถี่ในการรับประทานอาหารขบเคี้ยวจากข้าวดังกล่าว ผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างรับประทานอย่างน้อย 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ เท่ากับร้อยละ 34.0 รับประทาน 2-3 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 23.0 นอกจากนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะรับประทานทุกผลิตภัณฑ์ที่ทำจากข้าวเหนียวได้ ทั้งในกลุ่มของอาหารคาวและอาหารหวาน เช่น ข้าวเหนียวกั๊กกับข้าว ข้าวเหนียวเปียก ข้าวเหนียวปิ้ง ข้าวหลาม เป็นต้น ในการซื้อผลิตภัณฑ์มารับประทานผู้บริโภคส่วนใหญ่ซื้อผลิตภัณฑ์จากร้านสะดวกซื้อที่ร้อยละ 67.0 ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าว

ปัจจัย	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
อาหารขบเคี้ยวจากข้าวที่เคยรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
	ข้าวตัง	58.0
	นางเล็ดหรือข้าวแต๋น	79.0
	โดโสะ ชินมัย	83.0
	ข้าวเหนียวปิ้ง	53.0
	ข้าวหลาม	41.0
ความชอบในการรับประทานอาหารขบเคี้ยวจากข้าว		
	ชอบ	67.0
	เฉยๆ	32.0
	ไม่ชอบ	1.0
ความถี่ในการรับประทานอาหารขบเคี้ยวจากข้าว		
	ทุกวัน	2.0
	3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	34.0
	1 ครั้งต่อสัปดาห์	22.0
	2-3 ครั้งต่อเดือน	23.0
	1 ครั้งต่อเดือน	19.0
สถานที่ที่ซื้ออาหารขบเคี้ยวจากข้าว (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
	ร้านค้าทั่วไป	52.0
	ซูเปอร์มาร์เก็ต	38.0
	ร้านขายของชำ	18.0
	ร้านขายของฝาก	32.0
	ตลาดสด	2.0
	ร้านสะดวกซื้อ เช่น เซเว่น อีเลฟเว่น	67.0

สำหรับการให้คะแนนความสำคัญที่มีต่อเหตุผลของการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวในคุณลักษณะต่างๆ ที่สอบถาม ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความ

กรอบ และคุณค่าทางโภชนาการ พบว่ากลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้คะแนนความสำคัญของเหตุผลดังกล่าวทุกคุณลักษณะอยู่ในระดับปานกลางถึงมากที่สุด โดยให้คะแนนความสำคัญเฉลี่ยต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์มากที่สุดเท่ากับ 4.33 คะแนน รองลงมาคือ ความสำคัญของความกรอบเท่ากับ 4.15 คะแนน และค่าความสำคัญของคุณค่าทางโภชนาการมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 จากข้อมูลเพิ่มเติมที่ได้จากกลุ่มผู้บริโภคตัวอย่างเห็นว่าหากรสชาติ ความกรอบและคุณค่าทางโภชนาการมีน้อยก็จะใช้เหตุผลอื่นๆ มาช่วยพิจารณาในการเลือกซื้อมากขึ้น เช่น ความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลักษณะอื่นๆ หรือเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อย่างอื่นทดแทนกันได้หรือมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เป็นต้น ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คะแนนความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าว

ปัจจัยที่พิจารณาในการเลือกซื้อ	ความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อ ¹ (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย ²
	1	2	3	4	5	
ลักษณะปรากฏ (เช่น สี รูปร่าง)	8.0	12.0	42.0	32.0	6.0	3.16
กลิ่น	3.0	15.0	32.0	39.0	11.0	3.40
รสชาติ	2.0	2.0	11.0	31.0	54.0	4.33
ความกรอบ	3.0	2.0	7.0	53.0	35.0	4.15
คุณค่าทางโภชนาการ	2.0	4.0	21.0	31.0	42.0	4.07

หมายเหตุ ¹ คะแนนความสำคัญในการใช้พิจารณาเลือกซื้อ

1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด

² คะแนนความสำคัญเฉลี่ย = (คะแนนความสำคัญ × ความถี่) / จำนวนผู้บริโภค

สำหรับระดับของปัญหาที่พบในการรับประทานอาหารขบเคี้ยวจากข้าวในคุณลักษณะที่สอบถาม ได้แก่ ลักษณะที่อมน้ำมัน รสชาติ (ไม่ตรงตามที่คาดหวัง) เนื้อสัมผัสที่แข็งหรือเหนียวติดฟัน และเหม็นหืน พบว่ากลุ่มผู้บริโภคตัวอย่างพบปัญหาทุกปัญหาในการรับประทานอยู่ในระดับน้อยถึงระดับปานกลาง ส่วนปัญหาที่พบมากที่สุดคือ เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ มีระดับคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 3.21 ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ระดับของปัญหาที่พบในการรับประทานอาหารขบเคี้ยวจากข้าว

ระดับปัญหาที่พบ	ความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อ ¹ (ร้อยละ)					ค่าเฉลี่ย ²
	1	2	3	4	5	
ลักษณะการอมน้ำมัน	11.0	35.0	30.0	12.0	12.0	2.79
รสชาติ	17.0	24.0	28.0	20.0	11.0	2.84
เนื้อสัมผัส (แข็ง/เหนียวติดฟัน)	2.0	16.0	53.0	17.0	12.0	3.21
เหม็นหืน	7.0	35.0	32.0	14.0	12.0	2.89

หมายเหตุ ¹ คะแนนความสำคัญในการใช้พิจารณาเลือกซื้อ

1 = น้อยที่สุด 2 = น้อย 3 = ปานกลาง 4 = มาก 5 = มากที่สุด

² คะแนนความสำคัญเฉลี่ย = (คะแนนความสำคัญ × ความถี่) / จำนวนผู้บริโภค

4.2.3 แนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าว

จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามทัศนคติของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างในเรื่องของแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวเกี่ยวกับ ลักษณะ รูปร่าง สี และรสชาติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในการพัฒนาแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ทัศนคติของผู้บริโภคต่อแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าว

ปัจจัย	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
รูปร่างของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากข้าวเหนียว	แผ่นสี่เหลี่ยม	73.0
	แผ่นสามเหลี่ยม	18.0
	แผ่นวงกลม	6.0
	ลักษณะเป็นแท่งกลม (ขนมปังขำไก่)	2.0
	อื่นๆ (รูปสัตว์ต่างๆ หรือสามมิติ เป็นต้น)	1.0
สีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียว	สีเหลือง	24.0
	สีน้ำตาล	74.0
	สีอื่นๆ (สีแดง เขียว เป็นต้น)	2.0
รสชาติของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียว	รสเค็ม	69.0
	รสหวาน	27.0
	อื่นๆ (ทั้งรสหวานและเค็ม มีความเผ็ด เป็นต้น)	4.0
กลิ่นรส	กลิ่นรสบาร์บีคิว	66.0
	กลิ่นรสกุ้ง	2.0
	กลิ่นรสไก่	1.0
	กลิ่นรสเนย	3.0
	กลิ่นรสกระเทียม	15.0
	กลิ่นรสคาราเมล	5.0
	กลิ่นรสกระเพรา	2.0
	กลิ่นรสซอซโคเลต	6.0

พบว่า กลุ่มผู้บริโภคเห็นว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวควรมีรูปทรงเป็นทรงสี่เหลี่ยมร้อยละ 73.0 รูปทรงสามเหลี่ยมร้อยละ 18.0 กลุ่มผู้บริโภคมีความเห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรมีสีเหลืองร้อยละ 24.0 และมีสีน้ำตาลร้อยละ 74.0 ส่วนในด้านของรสชาติผลิตภัณฑ์อยากให้ผลิตภัณฑ์มีรสเค็มร้อยละ 69.0

จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามทัศนคติของผู้บริโภคในเรื่องของการพัฒนากลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ โดยทำการพิจารณาถึงกลิ่นรสของอาหารขบเคี้ยวที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและเป็นที่นิยมจำนวน 8 กลิ่นรส ได้แก่ กลิ่นรสบาร์บีคิว กลิ่นรสกุ้ง กลิ่นรสไก่ กลิ่นรสเนย กลิ่นรสกระเทียม กลิ่นรสคาราเมล กลิ่นรสกระเพรา และกลิ่นรสช็อคโกแลต พบว่าผู้บริโภคมีระดับความชอบต่อกลิ่นรสบาร์บีคิวมากที่สุดที่ร้อยละ 66.0

4.2.2 การศึกษาปริมาณการใช้วัตถุดิบหลักที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรพื้นฐาน

การพัฒนาสูตรอาหารขบเคี้ยวเพื่อใช้ในการพิจารณาคัดเลือก โดยทำการผันแปรปริมาณของแป้งข้าวเหนียวที่ร้อยละ 45-70 แป้งมันสำปะหลังที่ร้อยละ 20-40 และปลาป่นที่ร้อยละ 5-15 ทำการจัดสิ่งทดลองแบบ mixture design ได้สิ่งทดลองที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง พบว่าการผันแปรปริมาณของแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และปลาป่น ที่ต่างกัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากการนำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอด (dried pellet) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มาศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอด ในด้านปริมาณความชื้นและวอเตอร์แอกติวิตี พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอดมีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 10.45-11.80 โดยปริมาณความชื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วงของปริมาณความชื้นที่กำหนดในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอดทั่วไปที่อยู่ในช่วงร้อยละ 10-14 ซึ่งปริมาณความชื้นดังกล่าวจะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอดเกิดการระเหยของน้ำส่งผลให้เกิดการพองตัว เนื่องจากการขยายตัวในระหว่างการระเหยน้ำในกระบวนการทอด (Matz, 1984 และ Gordon, 1990) นอกจากนี้องค์ประกอบของอะไมโลสและโปรตีนที่ใช้เป็นส่วนผสมมีผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะโครงสร้างที่เป็นรูพรุนภายในโดยเกิดจากร่างแหที่เกิดขึ้นระหว่างอะไมโลสกับโปรตีนในระหว่างการทอด นอกจากนี้หากปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอดที่มากเกินไปจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดมีลักษณะอมน้ำมันและมีความกรอบลดลง รวมถึงส่งผลให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาจสั้นลงเนื่องจากการเสื่อมเสียที่เกิดจากไขมัน (Moreira, 1999)

ตารางที่ 10 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอด

สิ่งทดลอง ¹	คุณลักษณะ							ค่าสี	
	ความชื้น (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	วอเตอร์ แอกติวิตี้	L*	a*	b*
1	10.56±0.18 ^c	9.49±0.85 ^a	0.19±0.05 ^c	8.81±0.78 ^a	70.96±0.33 ^e	0.521±0.01 ^{ab}	38.62±0.52 ^a	5.17±0.20 ^{ab}	15.30±0.31 ^a
2	10.63±0.34 ^c	2.43±0.15 ^c	0.41±0.03 ^a	2.88±0.11 ^d	83.66±0.13 ^a	0.518±0.01 ^b	39.21±0.39 ^a	3.83±0.63 ^b	11.25±0.20 ^c
3	11.80±0.16 ^a	2.33±0.17 ^c	0.39±0.06 ^a	3.29±0.04 ^d	82.23±0.29 ^b	0.503±0.00 ^c	35.58±0.15 ^b	6.90±0.43 ^a	12.84±0.52 ^b
4	11.27±0.27 ^b	5.92±0.15 ^b	0.27±0.01 ^b	4.10±0.02 ^c	78.48±0.41 ^c	0.521±0.00 ^{ab}	35.24±0.11 ^b	7.86±0.24 ^a	13.32±0.39 ^b
5	10.69±0.32 ^c	8.85±0.26 ^a	0.22±0.04 ^{bc}	5.32±0.03 ^b	74.92±0.28 ^d	0.535±0.00 ^a	35.18±0.24 ^b	4.63±0.30 ^b	11.75±0.24 ^{bc}
6	10.45±0.14 ^c	6.44±0.23 ^b	0.40±0.01 ^a	4.06±0.02 ^c	78.61±0.14 ^c	0.529±0.01 ^{ab}	37.93±0.17 ^{ab}	4.12±0.41 ^b	11.07±0.12 ^c

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวตั้งแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

¹ ปริมาณแป้งข้าวเหนียว+แป้งมันสำปะหลัง+เนื้อมีปลาปน ของแต่ละสิ่งทดลอง (ร้อยละ)

สิ่งทดลองที่ 1 = 45+40+15

สิ่งทดลองที่ 2 = 55+40+5

สิ่งทดลองที่ 3 = 70+25+5

สิ่งทดลองที่ 4 = 70+20+10

สิ่งทดลองที่ 5 = 65+20+15

สิ่งทดลองที่ 6 = 61+29+10

ส่วนค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้เป็นค่าหนึ่งที่แสดงถึงความสามารถของน้ำในการเกิดปฏิกิริยาหลายชนิดในอาหารและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สามารถใช้ประเมินคุณภาพและอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารได้ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ได้จากอัตราส่วนของความดันไอของน้ำในตัวอย่างต่อความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ (Spices and Hosney, 1982) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์ก่อนทอดมีปริมาณร้อยละ 0.50-0.54 ซึ่งปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้มีค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยในการศึกษานี้มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ต่ำกว่า 0.600 ซึ่งปริมาณดังกล่าว Salguero, Gomez' and Carmona (1993) พบว่าถ้าปริมาณของวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่มีค่ามากกว่า 0.600 อาจก่อให้เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์พวกเชื้อราได้ในระยะเวลาของการเก็บรักษาทำให้อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ลดลง เพราะเชื้อราสามารถเจริญเติบโตและก่อให้เกิดอันตรายได้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่มากกว่า 0.600 ในด้านของปริมาณโปรตีนและเถ้าของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอด พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่มีปริมาณของเนือปลาปนในปริมาณที่สูงทำให้มีปริมาณของโปรตีนและเถ้าในปริมาณที่สูง แต่ให้ผลในทางตรงกันข้ามกับปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่จะมีมากเมื่อมีการเติมปริมาณของเนือปลาปนที่น้อย ดังตารางที่ 10 สำหรับค่าสีของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวก่อนทอดที่ได้มีค่า L^* , a^* และ b^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าความสว่างของสี (L^*) อยู่ในช่วง 35.19-39.25 ค่าความเป็นสีแดง (a^*) อยู่ในช่วง 3.83-11.07 และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) อยู่ในช่วง 11.07-15.30

สำหรับคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส โดยนำผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวก่อนทอดทั้ง 6 สิ่งทดลองมาทอดที่ 200 องศาเซลเซียส เวลา 20 วินาที ได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 11 พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวได้ โดยปริมาณความชื้นของอาหารขบเคี้ยวที่ผ่านการทอดมีปริมาณความชื้นอยู่ร้อยละ 1.50-1.59 ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนทอด เนื่องจากในกระบวนการทอดน้ำและไอน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ก่อนทอดจะเคลื่อนที่ออกจากรูอาหารที่มีขนาดใหญ่ก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นน้ำมันจะเข้าไปแทนที่น้ำและไอน้ำที่เคลื่อนที่ออกไป (Fellow, 1990) ทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นดังกล่าวไม่เกินมาตรฐานอุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบและ Crispy cereal snacks ที่กำหนดไว้คือ ไม่เกินร้อยละ 3.0 และ 4.0 ตามลำดับ (มอก. 701-2530 และ มอก. 1534-2541) ในด้านของค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผ่านการทอดมีค่าอยู่ในช่วง 0.320-0.376 ให้ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 12

ปริมาณน้ำมันที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทอด เกิดจากน้ำมันที่ใช้ทอดเข้าแทนที่น้ำและไอน้ำที่เคลื่อนที่ออกจากอาหาร (Fellow, 1990) ปริมาณน้ำมันของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวหลังจากทอดที่ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที พบว่าปริมาณน้ำมันที่ได้มีปริมาณที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 38.01-40.45

สีในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผ่านการทอดเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Morera, 1999) โดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ จากการให้ความร้อนและการส่งผ่านมวล ทั้งนี้การเกิดสีในอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวหลังทอดเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสี

น้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์จนได้สารสีน้ำตาล โดยสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของปลาป่น ทั้งนี้เนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดระหว่างหมู่เอมีโนของโปรตีนกับน้ำตาลรีดิวซ์ขณะทอด (Suknark et al., 1999) ดังตารางที่ 11 พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ของสิ่งทดลองที่ 1 และ 5 ให้ค่าความสว่างต่ำสุด คือ 58.31 และ 59.26 ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าสี a^* และ b^* ของอาหารขบเคี้ยวจากสิ่งทดลองดังกล่าว มีผลต่อค่าสี a^* และ b^* ที่ลดลง

การใช้ปริมาณแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และปลาป่น ที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความแข็งปรากฏ อัตราส่วนการพองตัว และความหนาแน่น มีค่าที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 11 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.03-8.86 N, 2.78-3.03 และ 0.11-0.16 g/cm³ ตามลำดับ ซึ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีพื้นผิวที่ไม่เรียบทำให้การวัดค่าในบางตัวอย่างมีความแปรปรวน จึงอาจส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างได้ จากการศึกษาพบว่า การเพิ่มปริมาณปลาป่นมีผลทำให้ค่าความหนาแน่น และอัตราส่วนการพองตัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับในสูตรอื่นๆ ที่มีปริมาณแป้งข้าวเหนียวแตกต่างกันจะมีค่าความหนาแน่นและอัตราส่วนการพองตัวแตกต่างกันตามปริมาณแป้งที่ผันแปรด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพกทินในแป้งข้าว โดยปริมาณแอมิโลสจะขัดขวางการพองตัวของเม็ดแป้ง มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีการพองตัวลดลง (Lii et al., 1996) Chen and Yeh (2001) พบว่า แป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสมาก จะมีการพองตัวของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าแป้งข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสน้อย หรือหากโครงสร้างของสตาร์ชมีความซับซ้อนจะทำให้เม็ดแป้งเกิดการแตกตัวได้ยาก มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้พองตัวลดลง (Krog, 1973) นอกจากนี้ การเพิ่มปริมาณโปรตีนในส่วนผสมทำให้มีปริมาณสตาร์ชที่ลดลงซึ่งส่งผลให้การขยายตัวของผลิตภัณฑ์ลดลง (Chaiyakul et al., 2009)

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่า อาหารขบเคี้ยวมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด น้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม และยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขนมกรอบจากธัญชาติ (มอก.1534-2541) ที่กำหนดให้ขนมกรอบจากธัญชาติต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อกรัม ราไม่เกิน 10 โคโลนีต่อกรัม

ตารางที่ 11 ค่าคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวทอดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วินาที

สิ่งทดลอง ¹	คุณลักษณะ										
	ความชื้น (ร้อยละ) ^{ns}	ไขมัน (ร้อยละ)	ความแข็ง ปรากฏ (N)	วอเตอร์ แอคทีวิตี	ค่าสี			อัตราส่วนการ พองตัว	ความ หนาแน่น โดยรวม (g/cm ³)	จุลินทรีย์ ทั้งหมด (โคโลนี/ กรัม)	ยีสต์และ รา (โคโลนี/ กรัม)
					L*	a*	b*				
1	1.50±0.87	38.01±0.43 ^{bc}	8.86±1.37 ^a	0.332±0.01 ^b	58.31±0.75 ^c	5.94±0.60 ^{cd}	45.71±0.93 ^c	3.01±0.28 ^a	0.12±0.00 ^b	<10	<10
2	1.50±0.15	39.01±1.35 ^{ab}	7.33±0.73 ^b	0.376±0.01 ^e	65.39±0.66 ^a	7.92±0.49 ^c	47.25±0.81 ^{bc}	2.95±0.23 ^{ab}	0.11±0.00 ^c	<10	<10
3	1.52±0.85	40.45±0.82 ^a	7.03±1.32 ^b	0.355±0.01 ^d	64.58±0.69 ^b	12.73±0.44 ^b	57.39±0.85 ^a	2.93±0.16 ^{ab}	0.13±0.01 ^b	<10	<10
4	1.52±0.91	38.25±1.04 ^{bc}	8.08±1.18 ^a	0.351±0.00 ^a	64.38±0.27 ^b	16.73±0.45 ^a	44.62±0.65 ^c	3.03±0.05 ^a	0.13±0.00 ^b	<10	<10
5	1.58±0.67	39.44±1.95 ^{ab}	7.10±0.96 ^b	0.320±0.00 ^c	59.26±0.63 ^c	4.86±0.51 ^d	49.49±0.37 ^b	2.85±0.13 ^b	0.16±0.00 ^a	<10	<10
6	1.59±0.40	38.29±1.17 ^{bc}	8.72±1.62 ^a	0.349±0.00 ^a	62.38±0.53 ^{bc}	6.11±0.84 ^c	48.33±0.77 ^b	2.78±0.58 ^c	0.13±0.01 ^b	<10	<10

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

¹ ปริมาณแป้งข้าวเหนียว+แป้งมันสำปะหลัง+เนื้อปลาป่น ของแต่ละสิ่งทดลอง (ร้อยละ)

สิ่งทดลองที่ 1 = 45+40+15

สิ่งทดลองที่ 2 = 55+40+5

สิ่งทดลองที่ 3 = 70+25+5

สิ่งทดลองที่ 4 = 70+20+10

สิ่งทดลองที่ 5 = 65+20+15

สิ่งทดลองที่ 6 = 61+29+10

ตารางที่ 12 คะแนนความเข้มของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน

สิ่งทดลอง ¹	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส								ความชอบรวม
	สีน้ำตาล	การพองตัว	กลิ่นน้ำมัน	กลิ่นปลา	รสเค็ม	ความกรอบ ^{ns}	การอมน้ำมัน	น้ำมันตกค้าง	
1	9.30±0.27 ^a	5.73±0.51 ^c	6.51±0.22 ^{ab}	7.04±0.91 ^{ab}	8.77±0.86 ^a	7.96±0.78	6.84±1.08 ^{ab}	7.03±0.45 ^{ab}	4.80±1.62 ^c
2	8.53±0.45 ^a	7.53±0.46 ^{ab}	6.48±0.06 ^{ab}	7.01±0.55 ^{ab}	8.56±0.98 ^a	8.34±0.60	7.16±1.11 ^{ab}	7.27±0.27 ^{ab}	5.10±1.73 ^c
3	6.75±0.97 ^b	7.79±0.56 ^{ab}	7.12±0.44 ^{ab}	6.82±0.61 ^b	6.79±1.19 ^{cd}	8.22±0.74	7.01±0.91 ^{ab}	7.34±1.02 ^{ab}	6.20±0.97 ^b
4	8.54±0.14 ^a	8.44±0.22 ^a	7.40±0.51 ^a	7.82±0.65 ^a	8.08±0.44 ^{ab}	7.88±0.65	7.90±0.81 ^a	7.85±0.80 ^{ab}	7.50±0.92 ^a
5	7.15±0.37 ^b	6.85±0.24 ^b	6.19±0.24 ^b	5.78±0.51 ^c	6.29±0.52 ^d	7.87±0.78	6.64±1.03 ^b	6.55±1.26 ^b	6.30±0.82 ^b
6	7.08±0.58 ^b	7.76±0.29 ^{ab}	6.30±0.48 ^{ab}	7.08±0.89 ^{ab}	7.52±0.86 ^{bc}	8.37±0.65	6.80±1.09 ^{ab}	6.72±1.13 ^b	6.72±1.34 ^b

หมายเหตุ : ^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

¹ ปริมาณแป้งข้าวเหนียว+แป้งมันสำปะหลัง+เนื้ปลาป่น ของแต่ละสิ่งทดลอง (ร้อยละ)

สิ่งทดลองที่ 1 = 45+40+15

สิ่งทดลองที่ 2 = 55+40+5

สิ่งทดลองที่ 3 = 70+25+5

สิ่งทดลองที่ 4 = 70+20+10

สิ่งทดลองที่ 5 = 65+20+15

สิ่งทดลองที่ 6 = 61+29+10

ตารางที่ 13 คะแนนของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวด้วยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน 30 คน

สิ่งทดลอง ¹	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส						
	สีน้ำตาล	การพองตัว	กลิ่นปลา	รสเค็ม	ความกรอบ	การอมน้ำมัน	ความชอบรวม
1	3.77±1.41 ^d	3.50±1.25 ^c	4.90±2.35 ^{bc}	4.20±2.51 ^{cd}	4.97±2.25 ^d	4.90±1.88 ^b	4.67±2.02 ^c
2	7.57±1.38 ^a	6.17±1.76 ^b	5.87±1.96 ^a	5.47±2.26 ^b	7.17±1.44 ^{ab}	6.07±2.18 ^a	7.07±1.46 ^a
3	6.20±2.27 ^{bc}	7.20±1.54 ^a	5.30±2.17 ^{bc}	6.93±1.78 ^a	7.53±1.20 ^a	5.90±2.06 ^a	7.33±1.40 ^a
4	6.47±1.14 ^b	6.13±1.36 ^b	5.53±1.53 ^{ab}	5.37±2.11 ^b	6.43±1.72 ^{bc}	6.20±1.67 ^a	6.57±1.10 ^{ab}
5	3.60±2.09 ^d	4.03±1.71 ^c	4.43±1.61 ^c	3.87±2.27 ^d	6.23±1.87 ^{bc}	4.90±1.84 ^b	4.33±1.73 ^c
6	5.43±1.89 ^c	5.67±1.56 ^b	5.73±1.39 ^{ab}	5.20±1.95 ^{bc}	6.00±2.42 ^c	5.70±1.97 ^{ab}	6.00±1.34 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

¹ ปริมาณแป้งข้าวเหนียว+แป้งมันสำปะหลัง+เนื้อปลาป่น ของแต่ละสิ่งทดลอง (ร้อยละ)

สิ่งทดลองที่ 1 = 45+40+15

สิ่งทดลองที่ 2 = 55+40+5

สิ่งทดลองที่ 3 = 70+25+5

สิ่งทดลองที่ 4 = 70+20+10

สิ่งทดลองที่ 5 = 65+20+15

สิ่งทดลองที่ 6 = 61+29+10

4.2.3 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความเข้ม โดยใช้สเกลแบบเส้นความยาว 15 เซนติเมตร และผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ดังตารางที่ 12 พบว่า ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และปลาป่น ในปริมาณที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อคะแนนความเข้มในด้านคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ โดยผู้ทดสอบได้กำหนดคุณลักษณะในด้านต่างๆ ก่อนทำการทดสอบได้ค่าคุณลักษณะที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ สีสน้ำตาล การพองตัว กลิ่นน้ำมัน กลิ่นปลา รสเค็ม ความกรอบ การอมน้ำมัน กลิ่นรสน้ำมันตกค้าง และความชอบรวม จากการทดสอบพบว่า การเพิ่มปริมาณของปลาป่นมีผลต่อความเข้มของคุณลักษณะของสีน้ำตาลที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การพองตัว และความกรอบของผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวร่วมกับการลดปริมาณของปลาป่นส่งผลให้ค่าการพองตัวมีค่าที่สูงขึ้น ในด้านคุณลักษณะอื่นๆ เช่น กลิ่นปลา รสเค็ม การอมน้ำมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามปริมาณของสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา โดยมีแนวโน้มให้ค่าจากการทดลองที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัดค่าทางกายภาพ และเคมี

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้วยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ดังตารางที่ 13 พบว่าปริมาณของแป้งข้าวเหนียว แป้งมันสำปะหลัง และปลาป่น มีอิทธิพลต่อคะแนนความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในด้านต่างๆ ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อทำการเพิ่มปริมาณของแป้งข้าวเหนียวมีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบของคุณลักษณะในด้าน การพองตัว ความกรอบ และความชอบรวม ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณของอะไมโลสและอะไมโลเพกตินลดลงเมื่อมีการเพิ่มแป้งข้าวเหนียว นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณของปลาป่นทำให้ค่าการพองตัว และความกรอบลดลง เนื่องจากปลาป่นที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของโปรตีนเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการสร้างโครงสร้างร่างแหของโปรตีนและสารประกอบอะไมโลสและอะไมโลเพกติน เพราะเมื่อแป้งได้รับความร้อนเกิดการเจลาติไนซ์ของแป้งทำให้เกิดการรวมตัวกันของสารประกอบอสังฐานของอะไมโลสและโปรตีนได้ง่ายขึ้น (Friedman, 1996) มีผลทำให้ลดอัตราการพองตัวขององค์ประกอบอะไมโลสที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ลดลงได้ จึงทำให้ไปขัดขวางการพองตัวของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยการใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 70 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 20 และปลาป่นร้อยละ 10 ให้ค่าคะแนนความชอบรวมสูงสุด และให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในแต่ละคุณลักษณะอยู่ในระดับชอบปานกลาง ยกเว้นในคุณลักษณะด้าน กลิ่นปลาและรสเค็มที่อยู่ในระดับชอบ นอกจากนี้คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน ให้ผลการทดลองและการยอมรับด้านประสาทสัมผัสที่สูง สามารถสรุปได้ว่า สิ่งทดลองที่ใช้แป้งข้าวเหนียวร้อยละ 70 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 20 และปลาป่นร้อยละ 10 เป็นปริมาณของส่วนผสมที่เหมาะสม ร่วมกับการใช้ผงปรุงแต่งกลิ่นรสบาร์บิควิที่ผ่านการคัดเลือกจากกลุ่มผู้บริโภคในปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผ่านการทอด เพื่อนำไปศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวต่อผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ และระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อไป

4.3. ศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวต่อผู้บริโภค

4.3.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

จากการสำรวจผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถามกับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายซึ่งบริโภคอาหารขบเคี้ยว ที่มีอายุตั้งแต่ 11 ปีขึ้นไป จำนวน 300 คน เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผ่านการพัฒนาแล้ว โดยใช้วิธีทดสอบผู้บริโภคแบบ Central location test พบว่าผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงร้อยละ 61.3 เพศชายคิดเป็นร้อยละ 38.7 อายุของผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วงอายุระหว่าง 15-30 ปี มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 47.7 รองลงมาคืออายุต่ำกว่า 15 ปี ร้อยละ 27.3 มีระดับการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 54.3 ส่วนใหญ่มีอาชีพนักเรียน / นักศึกษา รองลงมาคือรับราชการ/วิสาหกิจ คิดเป็นร้อยละ 79.9 และ 8.0 ตามลำดับ และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนต่ำกว่า 5,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 72.3 ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ลักษณะทางประชากรศาสตร์

ปัจจัย	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
เพศ	ชาย	38.7
	หญิง	61.3
อายุ	ต่ำกว่า 15 ปี	27.3
	15-30 ปี	47.7
	31-45 ปี	15.7
	46-60 ปี	7.0
	มากกว่า 60 ปี	2.3
การศึกษา	ต่ำกว่ามัธยม	15.3
	มัธยม/เทียบเท่า	19.0
	อนุปริญญา/ปวส.	7.0
	ปริญญาตรี	54.3
	ปริญญาโท	3.0
	ปริญญาเอก	1.4
อาชีพ	นักเรียน/นักศึกษา	79.9
	รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	8.0
	ธุรกิจส่วนตัว	2.3
	พนักงานบริษัทเอกชน	5.7
	อื่นๆ	4.3
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 5,000 บาท	72.3
	5,001-10,000 บาท	10.7
	10,001-15,000 บาท	4.7
	15,001-20,000 บาท	9.0
	20,001-25,000 บาท	2.7
	มากกว่า 25,000 บาท	0.7

4.3.2 พฤติกรรมการบริโภคอาหารขบเคี้ยว

สำหรับพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวของกลุ่มผู้บริโภคทั้งหมด 300 คน พบว่าความถี่ในการบริโภคส่วนใหญ่ผู้บริโภครับประทานอาหารขบเคี้ยวแล้วแต่โอกาสร้อยละ

37.7 รองลงมาคือรับประทาน 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ที่ร้อยละ 28.3 โดยช่วงของเวลาที่นิยมรับประทานคือช่วงเวลา 15.01-18.00 น. ที่ร้อยละ 34.7 จากข้อมูลเบื้องต้นดังกล่าวนี้ทำให้ทราบว่ากลุ่มผู้บริโภคนิยมบริโภคอาหารขบเคี้ยวในระหว่างเวลาหลังรับประทานอาหารกลางวันไปจนถึงก่อนเวลารับประทานอาหารเย็นมากกว่าช่วงเวลาอื่นๆ สำหรับสถานที่ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมซื้อจากร้านสะดวกซื้อร้อยละ 48.3 รองลงมาได้แก่ซูเปอร์มาร์เก็ตที่ร้อยละ 29.0 ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ปัจจัย	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว	มากกว่า 3-4 ครั้ง/สัปดาห์	28.3
	3-4 ครั้ง/สัปดาห์	20.0
	น้อยกว่า 1-2 ครั้ง/สัปดาห์	9.0
	น้อยกว่า 1 ครั้ง/สัปดาห์	5.0
	แล้วแต่โอกาส	37.7
ช่วงเวลาในการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว	06.01-09.00 น.	4.7
	09.01-12.00 น.	13.0
	12.01-15.00 น.	28.3
	15.01-18.00 น.	34.7
	18.01-21.00 น.	8.7
	หลังเวลา 21.00 น.	10.7
สถานที่ในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว	ร้านขายของชำ	22.7
	ร้านสะดวกซื้อ (เช่น เซเว่นอีเลฟเว่น ท็อปมาร์ท)	48.3
	ซูเปอร์มาร์เก็ต (เช่น โลตัส บิ๊กซี)	29.0

4.3.3 การทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์

เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปดำเนินการทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค พบว่าคะแนนความชอบของกลุ่มผู้บริโภคจากแบบทดสอบ 9-point hedonic scale ดังตารางที่ 16 ผู้บริโภคกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ให้คะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในด้านของรูปร่าง สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ และความชอบรวม เฉลี่ยอยู่ในระดับชอบปานกลาง เท่ากับร้อยละ 23.0, 28.0, 24.0, 28.0, 38.7 และ 42.3 ตามลำดับ โดยผู้บริโภคมีข้อคิดเห็นต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ว่ามีรูปลักษณะไม่แตกต่างจากอาหารขบเคี้ยวที่มีจำหน่ายในท้องตลาด รวมทั้ง สี และรสชาติของผลิตภัณฑ์ด้วย

ตารางที่ 16 ระดับคะแนนความชอบเฉลี่ยที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ทำการศึกษา

ระดับความชอบ	คะแนนความชอบที่มีต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ร้อยละ)					
	รูปร่าง	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ	ความชอบรวม
ไม่ชอบมากที่สุด	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ไม่ชอบมาก	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ไม่ชอบปานกลาง	1.0	0.0	6.0	0.0	1.0	0.0
ไม่ชอบเล็กน้อย	2.3	2.0	8.7	5.3	2.3	1.3
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	35.3	21.3	21.3	11.7	8.0	7.0
ชอบเล็กน้อย	29.0	25.0	26.0	26.3	22.7	21.0
ชอบปานกลาง	23.0	28.0	24.0	28.0	38.7	42.3
ชอบมาก	6.0	17.7	12.3	20.7	24.3	19.3
ชอบมากที่สุด	3.3	6.0	1.7	8.0	3.0	9.0

เมื่อทำการทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค พบว่ากลุ่มผู้บริโภคให้การยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ทำการศึกษาที่ร้อยละ 94.3 และไม่ยอมรับที่ร้อยละ 5.7 โดยผู้บริโภคที่ไม่ให้การยอมรับให้ข้อคิดเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด รวมถึงความแปลกใหม่ในรูปร่างของผลิตภัณฑ์ จากกลุ่มผู้บริโภคให้ความคิดเห็นของราคาขายผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในซองอะลูมิเนียมพอยด์ลามิเนตพลาสติก ที่มีปริมาตรบรรจุที่ 50 กรัม ให้เท่ากับราคาขายท้องตลาดที่ร้อยละ 49.3 และมีความคิดเห็นว่าราคาควรน้อยกว่าท้องตลาดอยู่ที่ร้อยละ 32.7 สำหรับความคิดเห็นที่มีต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเมื่อมีการออกวางจำหน่าย พบว่ากลุ่มผู้บริโภคตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่ร้อยละ 59.3 โดยในการเลือกซื้อผู้บริโภคได้นำปัจจัยในด้านของรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ รูปแบบของภาชนะบรรจุ และคุณค่าทางโภชนาการมาประกอบการพิจารณาในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว

ปัจจัย	ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (ร้อยละ)
การยอมรับต่อผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว		
	ยอมรับ	94.3
	ไม่ยอมรับ	5.7
ราคาขายที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนาดบรรจุ 50 กรัม		
	น้อยกว่าท้องตลาด (น้อยกว่า 10 บาท/ซอง)	32.7
	เท่ากับท้องตลาด (ราคา 10 บาท/ซอง)	49.3
	มากกว่าท้องตลาด (มากกว่า 10 บาท/ซอง)	18.0
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อออกจำหน่าย		
	ซื้อ	59.3
	ไม่ซื้อ	35.0
	ไม่แน่ใจ	5.7

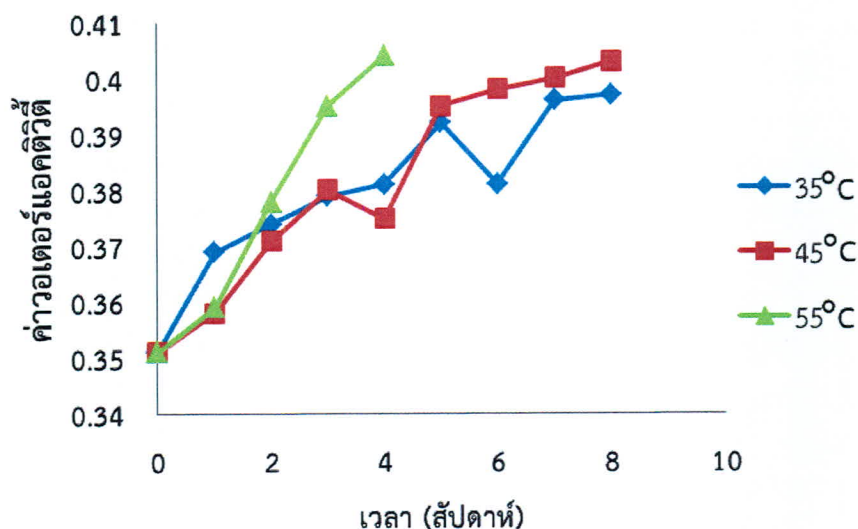
4.4 การศึกษาอายุการเก็บรักษา

การทดสอบอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่ผ่านการพัฒนาและการยอมรับจากผู้บริโภคโดยทำการศึกษาที่สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส ทำการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เก็บในแต่ละสภาวะทุก 1 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยศึกษาถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ปริมาณความชื้น ค่า TBA และคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบ การศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และได้พิจารณาปัจจัยคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีร่วมด้วยได้ผลดังนี้

4.4.1 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บต่อคุณภาพทางกายภาพ และเคมี

การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ เป็นค่าที่ใช้บ่งชี้ถึงปริมาณน้ำอิสระในอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้น จากผลการศึกษาค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์อาหารที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ที่การเก็บรักษาที่สภาวะของอุณหภูมิที่แตกต่างกันดังภาพที่ 4 พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ขึ้นลงไม่คงที่ เนื่องจากในสภาวะการเก็บรักษาไม่ได้พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของความชื้นสัมพัทธ์ที่อาจเกิดขึ้นซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงด้วย แต่ในการศึกษาได้พิจารณาผลของอุณหภูมิที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของผลิตภัณฑ์ที่ได้เก็บรักษาในแต่ละอุณหภูมิมีความแตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มของค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Fennema (1996) กล่าวว่า การเพิ่มอุณหภูมิในการเก็บรักษา 10 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มขึ้น 0.030-0.200 ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และค่าวอเตอร์แอกติวิตีนั้นยังส่งผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีและชีวเคมีที่มีผลต่อความคงตัวของอาหารด้วย ซึ่งมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เป็นต้น เช่นเดียวกับ Labuza และ Schmidl (1985) กล่าวว่า การเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิสูงมักทำ

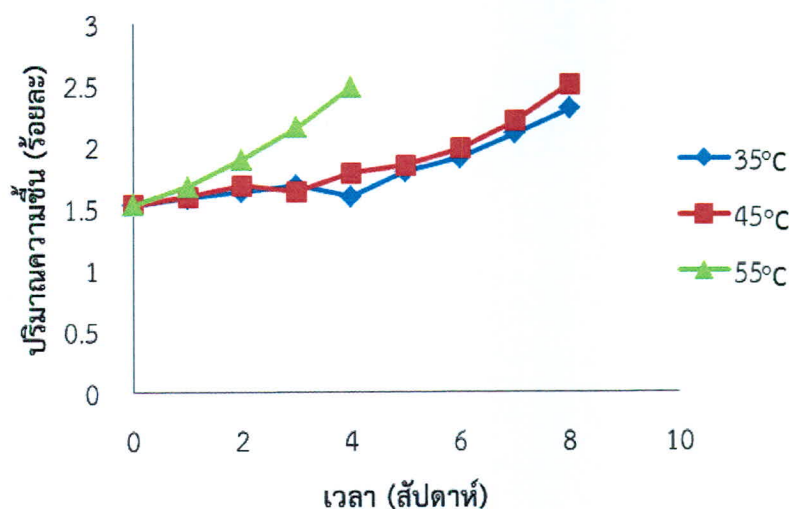
ให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของอาหารเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมีผลให้เกิดปฏิกิริยาที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของอาหารนั้นถูกเร่งให้เกิดเร็วกว่าความจริงทำให้การทำนายอายุการเก็บรักษาอาจมีข้อผิดพลาดได้ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่เพิ่มขึ้นแสดงปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลให้ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 4 เนื่องจากผู้ทดสอบไม่ยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพในด้านปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ ปริมาณความชื้นของอาหารขบเคี้ยวจากข้าวเหนียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับค่าวอเตอร์แอกทิวิตี้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 5 ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นตลอดเวลาในระหว่างการศึกษอายุการเก็บรักษา และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นมากกว่า อาหารขบเคี้ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 1.52-2.30, 1.52-2.52 และ 1.52-2.48 ตามลำดับ ซึ่ง Labuza และ Schmidl (1985) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ระหว่างอายุการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากความชื้นมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและปฏิกิริยาเคมีที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารขบเคี้ยว ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่เกิดขึ้นขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิในการเก็บรักษา คุณสมบัติของภาชนะบรรจุ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงกว่ามีการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่มากกว่าเนื่องจาก การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงทำให้พอลิเมอร์ที่เป็นโครงสร้างภายในฟิล์มของภาชนะที่ใช้บรรจุผลิตภัณฑ์มีความเป็นอิสระมากขึ้น ทำให้ความสามารถใน

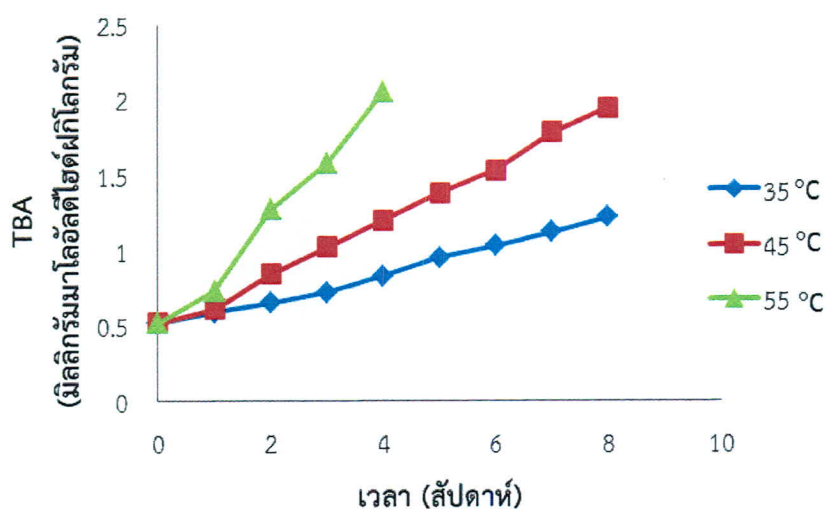
การกั้นการซึมผ่านของไอน้ำมีลดลง ความชื้นสามารถเข้าไปในภาชนะที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เปราะบางขึ้นถึงระดับความหืนของผลิตภัณฑ์ ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 6 อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในช่วง 0.52–1.22, 0.52–1.94 และ 0.52–2.05 มิลลิกรัมมาโลแอลดีไฮด์/กิโลกรัม ตามลำดับ Pearson (1976) กล่าวว่า ค่าปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นค่าที่สามารถบ่งบอกถึงความหืนของอาหารได้ Taladgis *et al.*, (1962) กล่าวว่า อาหารที่มีส่วนประกอบของไขมันและน้ำมันที่มีการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาออกซิเดชันจะพบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณของอนุพันธ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน รวมถึงอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากการสัมผัสกับออกซิเจนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่อยู่ในสภาวะดังกล่าวด้วย (Allen, 1996) จากการตรวจสอบปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของอาหารขบเคี้ยวที่เก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ พบว่า ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของผลิตภัณฑ์ที่เก็บที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 และ 55 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์เกิดจากผลของปฏิกิริยาออกซิเดชัน (auto-oxidation) ที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบของ

ผลิตภัณฑ์กับออกซิเจนในอากาศ และมีอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา Shamberger et al. (1977) กล่าวว่า ปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริกของอาหารทั่วไปที่สามารถยอมรับได้ต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมมาโลแอลดีไฮด์/กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ศึกษาได้ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ การยอมรับของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวมีค่าคะแนนการยอมรับเท่ากับ 5.0 และ 4.9 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ สอดคล้องกับปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริกที่มีค่าเท่ากับ 2.05 มิลลิกรัมมาโลแอลดีไฮด์/กิโลกรัมตามลำดับ แต่ทั้งนี้แล้วยังขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้และเทคนิคในการวิเคราะห์



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณ TBA ของผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส

4.4.2 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35, 45 และ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษามีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชื้นของสีน้ำตาล กลิ่นปลา กลิ่นหืน ความกรอบ และการยอมรับ ในคุณลักษณะจากการทดสอบ พบว่าอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความชื้นของคุณลักษณะในด้านของ สีน้ำตาล กลิ่นปลา และความกรอบของผลิตภัณฑ์ ที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 18, 19 และ 20 ตามลำดับ สอดคล้องกับ Labuza (1982) ซึ่งอธิบายว่าผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปจะมีความกรอบลดลงเมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นมากกว่าร้อยละ 3.5 จากการศึกษาอาหารขบเคี้ยวทั้ง 2 ชนิด มีความชื้นเพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บ จึงทำให้อาหารขบเคี้ยวมีความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการระเหยของน้ำในผลิตภัณฑ์ออกมาภายนอก น้ำที่ระเหยออกมานั้นไปเกาะอยู่บริเวณผิวบนของ

อาหารขบเคี้ยวทำให้ลักษณะผิวของอาหารขบเคี้ยวมีความเหนียวเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น

คุณลักษณะความชุ่มชื้นในด้านความชุ่มชื้นของกลืนหีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้เป็นดัชนีบ่งบอกอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และได้พิจารณาปัจจัยคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีร่วมด้วย โดยปัจจัยคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สำคัญคือ กลืนหีน พบว่า การเก็บรักษาอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียวที่อุณหภูมิ 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 สัปดาห์ คะแนนการยอมรับอยู่ในช่วงยอมรับได้ มีคะแนนการยอมรับเฉลี่ยที่ 7.0 และ 5.1 ตามลำดับ อาหารขบเคี้ยวที่เก็บที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาการเก็บผ่านไป 4 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ มีค่าคะแนนการยอมรับเฉลี่ยเท่ากับ 4.8 ทั้งนี้เนื่องจากกลืนหีนที่เกิดขึ้นทั้งสองช่วงอุณหภูมิที่เก็บรักษามีค่าความชุ่มชื้นด้านกลืนหีนเท่ากับ 2.34 ส่วนปริมาณกรดไทโอบาร์บิทริกที่อุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 2.05 มิลลิกรัมมาโลแอลดีไฮด์/กิโลกรัม

ตารางที่ 18 ค่าคะแนนความชุ่มชื้นของคุณลักษณะที่ทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	คุณลักษณะ				
	สีน้ำตาล ^{ns}	กลืนปลา ^{ns}	กลืนหีน	ความกรอบ ^{ns}	การยอมรับ
0	7.14	7.68	0.00 ^e	7.83	10.0
1	7.19	7.78	0.00 ^e	7.93	9.5
2	7.16	7.76	0.16 ^d	7.86	9.4
3	7.23	7.75	0.31 ^d	7.89	9.0
4	7.19	7.79	0.74 ^c	7.81	8.5
5	7.20	7.76	1.17 ^b	7.88	8.0
6	7.27	7.67	1.34 ^{ab}	7.96	7.8
7	7.22	7.72	1.73 ^a	7.92	7.7
8	7.24	7.74	1.86 ^a	7.88	7.0

หมายเหตุ ระดับการยอมรับ 1-2 = ไม่ยอมรับมากที่สุด 3-5 = ไม่ยอมรับ 6-8 = ยอมรับได้ 9-10 = ยอมรับมากที่สุด

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 19 ค่าคะแนนความเข้มข้นของคุณลักษณะที่ทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	คุณลักษณะ				
	สีน้ำตาล ^{ns}	กลิ่นปลา ^{ns}	กลิ่นหืน	ความกรอบ ^{ns}	การยอมรับ
0	7.14	7.68	0.00 ^g	7.83	10.0
1	7.16	7.72	0.00 ^g	7.96	9.2
2	7.20	7.64	0.39 ^f	7.94	8.7
3	7.21	7.70	0.67 ^e	7.89	7.9
4	7.17	7.69	0.98 ^d	7.91	7.2
5	7.18	7.66	1.17 ^d	7.88	6.9
6	7.22	7.72	1.48 ^c	7.84	6.1
7	7.19	7.69	1.93 ^b	7.92	5.5
8	7.16	7.70	2.12 ^a	8.00	5.1

หมายเหตุ ระดับการยอมรับ 1-2 = ไม่ยอมรับมากที่สุด 3-5 = ไม่ยอมรับ 6-8 = ยอมรับได้ 9-10 = ยอมรับมากที่สุด

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 20 ค่าคะแนนความเข้มข้นของคุณลักษณะที่ทดสอบทางประสาทสัมผัสของอาหารขบเคี้ยวจากแป้งข้าวเหนียว ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

สัปดาห์ที่	คุณลักษณะ				
	สีน้ำตาล ^{ns}	กลิ่นปลา ^{ns}	กลิ่นหืน	ความกรอบ ^{ns}	การยอมรับ
0	7.14	7.68	0.00 ^d	7.83	10.0
1	7.16	7.69	0.00 ^d	7.85	8.7
2	7.19	7.71	0.46 ^c	7.98	7.0
3	7.14	7.68	1.21 ^b	7.89	5.9
4	7.17	7.70	2.34 ^a	7.84	4.8

หมายเหตุ ระดับการยอมรับ 1-2 = ไม่ยอมรับมากที่สุด 3-5 = ไม่ยอมรับ 6-8 = ยอมรับได้ 9-10 = ยอมรับมากที่สุด

^{ns} ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)