



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาคุษฎีบัณฑิต (เกษตรเขตร้อน)

ปริญญา

เกษตรเขตร้อน

โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวาน  
ทดแทนน้ำตาล

The Development of Reduced-Calorie Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Lek)  
by Using Fat Replacer and Sugar Replacer

นามผู้วิจัย นางสาวธีรนุช ฉายศิริโชค

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญชัญญ์ อุตัยพัฒนาชีพ, D.Sc. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์วารุณี วารัญญานนท์, Ph.D. )

ประธานสาขาวิชา

( รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตต์, D.Agr. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงาน โดยการใช้สารทดแทนไขมัน  
และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

The Development of Reduced-Calorie Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Lek)  
by Using Fat Replacer and Sugar Replacer

โดย

นางสาวธีรนุช ฉายศิริโชติ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เกษตรเขตร้อน)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธีรนุช นายศิริโชติ 2554: การพัฒนาขนมเป็ยะเล็กลดพลังงาน โดยการใช้สารทดแทนไขมัน และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ปริญาปรัชญาดุสิตบัณฑิต (เกษตรเขตร้อน) สาขาวิชา เกษตรเขตร้อน โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ, D.Sc. 249 หน้า

ขนมเป็ยะเป็นขนมอบแบบหนึ่งซึ่งผู้บริโภคนิยมขนมเป็ยะเล็กใ้สะดวก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิต ต้นทุนการผลิต และอายุการเก็บในสภาวะการบรรจุต่าง ๆ ของขนมเป็ยะเล็กลด พลังงาน การพัฒนาสูตรและกรรมวิธีการผลิตแบ่งเป็นส่วนเปลือกและส่วนไส้ โดยส่วนเปลือกมีการลดไขมัน และใช้สารทดแทนไขมันคือ อินูลินเจด และมอลโตเดกซ์ทรินเจด พบว่าผู้ทดสอบชอบสูตรที่เปลือกชั้นนอกลด ไขมันร้อยละ 45 แล้วใช้อินูลินเจดร้อยละ 50 แทนที่ไขมันในสูตรที่ลดไขมันนั้น สูตรของเปลือกคือ เปลือก ชั้นในประกอบด้วยแป้งเค้กร้อยละ 28.77 และเนยขาวร้อยละ 11.51 เปลือกชั้นนอกประกอบด้วยแป้งสาลี อเนกประสงค์ร้อยละ 32.88 เนยขาวร้อยละ 2.94 อินูลินเจดร้อยละ 2.94 น้ำตาลทรายร้อยละ 6.57 และน้ำร้อยละ 14.39 ส่วนไส้มีการลดน้ำมันและน้ำตาล แล้วใช้สารละลายอินูลินทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวาน ทดแทนน้ำตาล คือ สารละลายซอร์บิทอล และมาลติทอลมีผลให้ขนมเป็ยะเล็กมีเปลือกแข็งเพิ่มขึ้น การขยายตัว ลดลง ไ้สุร่วน หยวบ มีสีเหลืองและรสหวานลดลง ผู้ทดสอบยอมรับขนมเป็ยะเล็กซึ่งอบควันเทียนที่ใ้สะดวก ลดน้ำมันร้อยละ 25 และไม่ลดน้ำตาล แล้วใช้สารละลายอินูลินร้อยละ 80 ร่วมกับสารละลายมาลติทอลร้อยละ 10 ในเกณฑ์ขอบปานกลาง สูตรของไส้ประกอบด้วยถั่วเขียวและเปลือกนึ่งสุก บดร้อยละ 53.69 น้ำตาลทราย ร้อยละ 28.99 สารละลายมาลติทอลร้อยละ 3.22 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 2.82 และสารละลายอินูลินร้อยละ 11.28 ขนมเป็ยะเล็กนี้มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.842 ความแข็ง 2041.55 กรัม การแตกเปราะ 1587.79 กรัม ความสามารถในการ คั้นตัว 0.292 มิลลิเมตร ความสามารถในการเกาะตัว 0.117 และความทนทานในการบดเคี้ยว 88.85 กรัม. มิลลิเมตร เปลือกมีสีเหลือง (L\*74.65, a\*5.73 และ b\*38.69) ไ้มีสีเหลือง (L\*69.67, a\*5.23 และ b\*44.52) เส้น ผ่านศูนย์กลาง 3.70 เซนติเมตร สูง 3.35 เซนติเมตร และปริมาตรจำเพาะ 1.20 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ขนม เป็ยะเล็ก 100 กรัมมีพลังงานทั้งหมด, คอเลสเตอรอล, ไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันทรานส์เท่ากับ 340.89 กิโล แคลอรี, 5.23 มิลลิกรัม, 5.62 กรัม และ 0 กรัมตามลำดับ โดยลดปริมาณไขมันและพลังงานทั้งหมดจากสูตร พื้นฐานร้อยละ 69.44 และ 25.51 ตามลำดับ ซึ่งมีต้นทุนการผลิตต่อชิ้น 0.79 บาท โดยมีอายุการเก็บที่ อุณหภูมิห้องในฟิล์มพลาสติก ON/PE 2 สัปดาห์ และเมื่อบรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน 4 สัปดาห์ ในฟิล์ม พลาสติก KON/PE 5 สัปดาห์ และเมื่อบรรจุพร้อมสารดูดกลิ่น 6 สัปดาห์ ซึ่งเมื่อเวลาการเก็บนานขึ้นขนมเป็ยะ เล็กมีความแข็ง ความร่วน และค่าความหืน (TBA) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีทั้งส่วนเปลือก ส่วนไส้ และวิเคราะห์รวม กลิ่นฉ่ำ กลิ่นควันเทียนอบ และการยอมรับโดยรวมลดลง

Teeranuch Chysirichote 2011: The Development of Reduced-Calorie Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Lek) by Using Fat Replacer and Sugar Replacer. Doctor of Philosophy (Tropical Agriculture), Major Field: Tropical Agriculture, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Associate Professor Anchanee Utaipatanacheep, D.Sc. 249 pages.

Flaky Chinese pastry (Pia) is one of baked products which most consumers prefer the small size stuffed with mungbean conserve. The objectives of this research were to develop the formula and process of reduced-calorie flaky Chinese cake (Kha-Nom Pia Lek), calculate cost and evaluate its shelf life. To develop the formula and process, the study was separated into crust and filling parts. The crust was reduced fat and added the fat replacers, maltodextrin gel and inulin gel. The result indicated that panelists liked the product, in which the fat content in outer crust was reduced by 45% and replaced by 50% of its weight with inulin gel at a moderate level. The formula of crust included inner and outer layers. The inner crust consisted of 28.77% cake flour and 11.51% shortening. The outer crust was composed of 32.88% all-purpose flour, 2.94% shortening, 2.94% inulin gel, 6.57% sugar and 14.39% water. The filling was reduced oil and sugar and added inulin solution, a fat replacer, combining with sorbitol solution and maltitol solution, sugar replacers. The results showed that the crust of pastry was harder and less expanded, but the filling stuff was friable, rough, yellow-less and sweet-less. Pastry with 80% (w/w) inulin solution of oil and 10% (w/w) maltitol solution of sugar in 25% reduced-oil filling was accepted by trained panelists. Moreover, consumers liked this pastry at moderate level. Concerning to the formula of filling consisted of 53.69% mashed, steamed, peeled-mungbean, 28.99% sugar, 3.22% maltitol solution, 2.82% rice bran oil and 11.28% inulin solution. The qualities of this product were water activity ( $a_w$ ) 0.842, hardness 2041.55 g, fracturability 1587.79 g, springiness 0.292 mm, cohesiveness 0.117 and chewiness 88.85 g.mm. The crust was yellow ( $L^*$  74.65,  $a^*$  5.73 and  $b^*$  38.69). The filling was yellow ( $L^*$  69.67,  $a^*$  5.23 and  $b^*$  44.52). The product's diameter was 3.70 cm, height was 3.35 cm. and specific volume was 1.20 cm<sup>3</sup>/g. The 100 g of product contained total calories, cholesterol, total saturated fat and trans fatty acid were 340.89 kcal, 5.23 mg, 5.62 g and 0 g, respectively. Comparing with the standard formula, fat and total calories of this formula could be reduced by 69.44% and 25.51%, respectively. The production cost of this pastry was 0.79 baht per piece. The shelf-life at room temperature was 2 weeks in ON/PE bag, 4 weeks in ON/PE bag with oxygen absorber, 5 weeks in KON/PE bag and 6 weeks in KON/PE with oxygen absorber. The long time storage led to the increases in the hardness, friability and TBA value, while the moisture content,  $a_w$  of both crust and filling, bean odor, candle-smoke fragrant and overall acceptance were decreased.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.วารุณี วารัญญานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์รอง ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้า วิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ ดร.น้ำฝน ศีตะจิตต์ ผู้ทรงคุณวุฒิ และ ดร.นื่องนุช ศิริวงศ์ ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณผู้ทดสอบ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ฝึกปฏิบัติการอาหารนานาชาติ และเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการหลักสูตร วิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต รวมถึงเจ้าหน้าที่ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ กำลังใจ และให้คำแนะนำต่าง ๆ

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่ได้อบรมและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ธีรนุช นายศิริ โชติ

มิถุนายน 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(11)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(19)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	39
ผลและวิจารณ์ผล	48
สรุปและข้อเสนอแนะ	150
สรุป	150
ข้อเสนอแนะ	152
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	153
ภาคผนวก	165
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณภาพ	166
ภาคผนวก ข แบบสอบถามและแบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	171
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางสถิติ	182
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	249

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สาเหตุที่บุคคลบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ	13
2	ผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำที่นิยม	13
3	ตัวอย่างสารทดแทนไขมันชนิด Carbohydrate-based fat replacers	23
4	สูตรพื้นฐานของขนมเปี๊ยะเล็กไส้ถั่วหวาน	39
5	ลักษณะของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรพื้นฐาน	49
6	ลักษณะของก้อนโดและขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก	50
7	คุณภาพทางกายภาพของขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก	52
8	คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของสารทดแทนไขมัน	54
9	ลักษณะของส่วนผสมและขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก	56
10	คุณภาพทางกายภาพของขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก	60
11	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก	62
12	ลักษณะของส่วนผสมไส้ถั่วหวานเมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลในไส้ถั่วหวาน	63
13	ลักษณะของขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลในไส้ถั่วหวาน	64
14	คุณภาพทางกายภาพของขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลในไส้ถั่วหวาน	69
15	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเปี๊ยะเล็กที่ใส่มิมีการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาล	72

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ลักษณะของส่วนผสมใ้ส้ถั่วกวนเมื่อมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย	76
17	ลักษณะของขนมเปียะเล็กที่ใ้ส้ถั่วกวนใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (ไม่ได้ทำไข่แดงและอบควันเทียน)	77
18	คุณภาพทางกายภาพของขนมเปียะเล็กที่ใ้ส้ถั่วกวนใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (ไม่ได้ทำไข่แดงและอบควันเทียน)	81
19	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเปียะเล็กที่ใ้ส้ถั่วกวนใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (ไม่ได้ทำไข่แดงและอบควันเทียน)	84
20	คุณภาพทางกายภาพของขนมเปียะเล็กอบควันเทียนที่ใ้ส้ถั่วกวนมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย	88
21	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเปียะเล็กอบควันเทียนที่ใ้ส้ถั่วกวนมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย	91
22	ระดับคะแนนความชอบ (Hedonic scale) ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของขนมเปียะเล็กอบควันเทียนที่ใ้ส้ถั่วกวนมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย	93
23	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมเปียะเล็กสูตรพื้นฐาน (สูตร A) และขนมเปียะเล็กลดพลังงาน	95
24	ต้นทุนวัตถุดิบของขนมเปียะเล็กลดพลังงาน และกับขนมเปียะสูตรพื้นฐาน (สูตร A) 1 สูตร (ได้ 24 ชิ้น)	97
25	ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ	99
26	การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปียะลดพลังงาน	100

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
27	คะแนนการทดสอบความชอบของผู้บริโภคก่อนและหลังทราบข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเบี๊ยะลดพลังงาน โดยใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล	101
28	คุณภาพทางจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บของขนมเบี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A)	126
29	คุณภาพทางจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บของขนมเบี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงาน	127
30	อายุการเก็บรักษาของขนมเบี๊ยะเล็กทั้ง 8 ตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์และการยอมรับโดยรวมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส	149
<b>ตารางผนวกที่</b>		
ค1	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเบี๊ยะเล็กที่ได้มีการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)	183
ค2	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเบี๊ยะเล็กที่ได้มีการทดแทนน้ำมันและน้ำตาลโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)	184
ค3	การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเบี๊ยะเล็กอบควันเทียนที่ได้มีการทดแทนน้ำมันและน้ำตาลโดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)	185
ค4	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนเปลือกของขนมเบี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	186
ค5	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนเปลือกของขนมเบี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงาน ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	187
ค6	การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนเปลือกของขนมเบี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	188
ค7	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเบี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	189

## สารบัญญัตราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค8	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนใ้ล้ถ้วกวนของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน ในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	190
ค9	การว้เครษห้ท้งสถิติ ค้ววอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนใ้ล้ถ้วกวนของ ขนมเป็ยะเล็กท้ง 2 สูตรในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	191
ค10	ค้ววอเตอร์แอกติวิตี้ท้งส่วนเปล็อกและส่วนใ้ล้ถ้วกวนของขนมเป็ยะเล็ก สูตรควบคุม (สูตร A) ในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	192
ค11	ค้ววอเตอร์แอกติวิตี้ท้งส่วนเปล็อกและส่วนใ้ล้ถ้วกวนของขนมเป็ยะเล็ก สูตรลดพลังงานในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	193
ค12	การว้เครษห้ท้งสถิติ ค้ววอเตอร์แอกติวิตี้ท้งส่วนเปล็อกและ ส่วนใ้ล้ถ้วกวนของขนมเป็ยะเล็กท้ง 2 สูตรในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษ การเก็บร้กษษต้งง	194
ค13	ค้วควมแข็ง (hardness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	195
ค14	ค้วควมแข็ง (hardness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภษษณะบรรรจุ ที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	196
ค15	การว้เครษห้ท้งสถิติ ค้วควมแข็ง (hardness) ของขนมเป็ยะเล็กท้ง 2 สูตร ในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	197
ค16	ค้วการแตกเปลรษะ (fracturability) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	198
ค17	ค้วการแตกเปลรษะ (fracturability) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน ในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	199
ค18	การว้เครษห้ท้งสถิติ ค้วการแตกเปลรษะ (fracturability) ของขนมเป็ยะเล็ก ท้ง 2 สูตรในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	200
ค19	ค้วควมสษมรถในการค้บค้ด (springiness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภษษณะบรรรจุที่ระยษเวลษการเก็บร้กษษต้งง	201

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค20	ค่าความสามารถในการคืนตัว (springiness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	202
ค21	การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความสามารถในการคืนตัว (springiness) ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	203
ค22	ค่าความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	204
ค23	ค่าความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	205
ค24	การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	206
ค25	ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	207
ค26	ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	208
ค27	การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	209
ค28	ร้อยละของความชื้นเฉลี่ยของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	210
ค29	ร้อยละของความชื้นเฉลี่ยของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	211
ค30	การวิเคราะห์ทางสถิติ ร้อยละของความชื้นเฉลี่ยของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	212
ค31	ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis-TBA) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	213
ค32	ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis-TBA) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	214

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค33	การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis-TBA) ของ ขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	215
ค34	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะ ปรากฏส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	216
ค35	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะ ปรากฏส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	217
ค36	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	218
ค37	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	219
ค38	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	220
ค39	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	221
ค40	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ (สีเหลือง) ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	222
ค41	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ (สีเหลือง) ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	223

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค42	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไส้ (สีเหลือง) ของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	224
ค43	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นถั่วของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	225
ค44	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นถั่วของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	226
ค45	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นถั่วของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	227
ค46	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	228
ค47	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	229
ค48	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	230
ค49	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	231

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค50	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของ ขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	232
ค51	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาท สัมผัสด้านกลิ่นหืนของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	233
ค52	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของ ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	234
ค53	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม ของส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	235
ค54	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาท สัมผัสด้านความนุ่มของส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะ บรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	236
ค55	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของ ส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	237
ค56	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่ม ของส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	238
ค57	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความนุ่มของส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	239
ค58	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วน ของส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	240

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค59	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนของ ส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	241
ค60	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความร่วนของส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	242
ค61	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	243
ค62	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บ รักษาต่าง ๆ	244
ค63	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านรสหวานของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	245
ค64	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ โดยรวมของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	246
ค65	คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ โดยรวมของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ	247
ค66	การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านการยอมรับโดยรวมของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ	248

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สูตรโครงสร้างของมอลโตเดกซ์ทริน	20
2	สูตรโครงสร้างของอินูลิน	22
3	สูตรโครงสร้างของซอร์บิทอล	32
4	สูตรโครงสร้างของมาลติทอล	33
5	กรรมวิธีการผลิตขนมเปียะ	40
6	กรรมวิธีการผลิตไส้ถั่วกวน	41
7	สารทดแทนไขมันสำหรับการผลิตส่วนเปลือก (a) อินูลินเจล และ (b) มอลโตเดกซ์ทรินเจล	54
8	ลักษณะขนมเปียะที่เปลือกลดปริมาณไขมันร้อยละ 45 และเติมสารทดแทนไขมันระดับต่างๆ	57
9	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของคุณลักษณะลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏส่วนไส้ สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ และรสหวานของขนมเปียะเล็กที่ไส้มีการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลโดยวิธี ratio profile test (RPT)	73
10	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของคุณลักษณะลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏส่วนไส้ สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ และรสหวานของขนมเปียะเล็กที่ไส้ถั่วกวนมีการใช้สารละลาย Inulin (I) ทดแทนน้ำมันร่วมกับ Sorbitol (Sor) หรือ Maltitol (Mal) ทดแทนน้ำตาลโดยวิธี ratio profile test (RPT)	85
11	เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของคุณลักษณะลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏส่วนไส้ สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว กลิ่นควันเทียน ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ และรสหวานของขนมเปียะเล็กที่ไส้ถั่วกวนมีการใช้สารละลาย Inulin (I) ทดแทนน้ำมันร่วมกับ Sorbitol (Sor) หรือ Maltitol (Mal) ทดแทนน้ำตาลโดยวิธี ratio profile test (RPT)	92

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	<p>ขนมเป็ยะเล็กทาใจที่ผิวหน้าและอบควันเทียน (a) สูตรพื้นฐาน (สูตร A) และ (b) สูตรที่พัฒนา</p>	95
13	<p>ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	106
14	<p>ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ส่วนไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	107
15	<p>ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้รวมของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้รวมของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้รวมและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าวอเตอร์แอกติวิตี้รวมและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	108

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	<p>ค่าความแข็งของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	114
17	<p>ค่าการแตกเปราะของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าการแตกเปราะของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแตกเปราะและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแตกเปราะและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	115
18	<p>ค่าความสามารถในการคืนตัวของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการคืนตัวของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการคืนตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการคืนตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	116

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	<p>ค่าความสามารถในการเกาะตัวของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่าง การเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการเกาะตัวของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการเกาะตัวและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการเกาะตัวและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	117
20	<p>ค่าความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียน ทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนทานในการบดเคี้ยวและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนทานในการบดเคี้ยวและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	118
21	<p>ปริมาณความชื้นของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและระยะเวลาการเก็บรักษาของ ขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและระยะเวลาการเก็บรักษา ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	120

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	<p>ค่าความหืน (Thiobarbituric acid-TBA) ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงค่าความหืนของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหืนและระยะเวลาการเก็บรักษาของ ขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหืนและระยะเวลาการเก็บรักษาของ ขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	123
23	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของ ขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือก และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือก และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	129
24	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ของ ขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	131

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านสีของไส้ (สีเหลือง) ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านสีของไส้ (สีเหลือง) ของ ขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านสีของไส้ (สีเหลือง) และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านสีของไส้ (สีเหลือง) และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	133
26	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นถั่วของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่าง การเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นถั่วของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นถั่วและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นถั่วและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	137
27	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบ และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบ และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	138

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	ความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ้งหินของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่าง การเก็บรักษา (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ้งหินของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ้งหินและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ้งหินและระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน	139
29	ความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือกของ ขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือก และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือก และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน	142
30	ความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้ของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้และระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้และระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน	143

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
31	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของไส้ของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของไส้และ ระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของไส้และ ระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	144
32	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านรสหวานของไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านรสหวานของไส้ของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านรสหวานของไส้และระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านรสหวานของไส้และระยะเวลา การเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	146
33	<p>ความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมของไส้ของขนมเป็ยะเล็ก อบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา</p> <p>(a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมของไส้ของ ขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร</p> <p>(b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมของไส้ และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม</p> <p>(c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมของไส้ และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน</p>	148

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สูตร A	=	สูตรขนมเปียะเล็กของ U.F.M.
สูตร B	=	สูตรขนมเปียะเล็กของนวัตน์
Con+ON/PE	=	สูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE
Con+ON/PE+O	=	สูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน
Con+KON/PE	=	สูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE
Con+KON/PE+O	=	สูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน
CRF	=	การลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก
I	=	Inulin solution
IG	=	Inulin gel
Kon/PE	=	Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/ Low Density Polyethylene
MG	=	Maltodextrin gel
Mal	=	Maltitol solution
ON/PE	=	Oriented Nylon/Low Density Polyethylene
Re+ON/PE	=	สูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE
Re+ON/PE+O	=	สูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน
Re+KON/PE	=	สูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE
Re+KON/PE+O	=	สูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน
RF	=	การลดปริมาณน้ำมันในส่วนไส้ถั่วกวน
RS	=	การลดปริมาณน้ำตาลในส่วนไส้ถั่วกวน
Sor	=	Sorbitol solution

**การพัฒนาขนมเปี๊ยะลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนไขมัน  
และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล**

**The Development of Reduced-Calorie Flaky Chinese Pastry (Kha-Nom Pia Lek)  
by Using Fat Replacer and Sugar Replacer**

**คำนำ**

ปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญและใส่ใจต่อสุขภาพมากขึ้น มีการจำกัดอาหารประเภทไขมันและคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูง เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคอ้วน ความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดแข็งตัว ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสูง รวมถึงเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งและโรคอื่น ๆ (มลศิริ, 2545; Elizabeth and Eimear, 2001) จากการสำรวจขององค์การอนามัยโลกพบว่าทั่วโลกมีผู้ที่ภาวะน้ำหนักเกินมากกว่า 1.6 พันล้านคน ในจำนวนนี้กว่า 400 ล้านคนเป็นโรคอ้วน และคาดว่าจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2558 ทั่วโลกจะมีผู้ใหญ่ น้ำหนักตัวเกินมาตรฐาน ประมาณ 2.3 ล้านคน และมีคนอ้วนประมาณ 700 ล้านคน ในส่วนของประเทศไทยปีพ.ศ. 2547 พบผู้มีเป็นโรคอ้วนร้อยละ 35 หรือประมาณ 15 ล้านคน และในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาพบว่า ในกลุ่มอายุ 20-29 ปี มีภาวะโรคอ้วนเพิ่มเกือบ 7 เท่าตัว จากร้อยละ 3 เป็นร้อยละ 21 ในกลุ่มอายุ 40-49 ปี อ้วนเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าตัว (Jitmarin *et al.*, 2010) จึงมีการแนะนำว่าควรบริโภคอาหารที่มีไขมันไม่เกินร้อยละ 30 ของพลังงานทั้งหมด โดยมีไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าร้อยละ 10 (Glueck *et al.*, 1994; Calorie Control Council, 2004) และพบว่าขนมอบเป็นหนึ่งในอาหารที่ผู้บริโภคต้องการให้มีการลดพลังงาน ซึ่งขนมเปี๊ยะหรือปิ้งจัดเป็นขนมอบประเภทหนึ่งที่ยอดนิยมในปัจจุบันมีการนำขนมเปี๊ยะรูปแบบต่าง ๆ มาใช้ในเทศกาล เช่น ไหว้พระจันทร์ ตรุษจีน หรือใช้เป็นอาหารว่าง เป็นของฝาก (นวรรตน์, ม.ป.ป.) ขนมเปี๊ยะจะทำด้วยแป้งมีเปลือกเป็นชั้น ๆ มีไส้บรรจุภายในมีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นเปลือกประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมันหรือน้ำมัน น้ำ น้ำตาล เกลือ อาจมีไข่ผสมอยู่ด้วย มีไส้ทั้งคาวและหวาน เช่น ไส้ถั่วเขียว ไส้ถั่วแดง ไส้ถั่วดำ ไส้ฟัก อาจมีการแต่งหน้าด้วย วิธีการทำให้สุกด้วยการอบหรือปิ้ง ลักษณะของเปี๊ยะที่คั้นส่วนที่เป็นแป้งเปลือกจะมีแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ผิวหน้าไม่ปริแตก ไส้ไม่แตกทะลุออกมาภายนอก ยกเว้นกรณีที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมเปี๊ยะชนิดนั้นๆ ต้องมีสี กลิ่น และรสชาติตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ขนมเปี๊ยะที่ผู้บริโภคนิยมส่วนใหญ่คือขนมเปี๊ยะเล็กไส้ถั่วกวน (ศิธรณ์, 2546; ปิยนุช, 2547)

ในการผลิตขนมเปี๊ยะลดพลังงานจะเป็นการลดปริมาณไขมันลง และมีการพัฒนาโดยใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และลักษณะทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

การศึกษานี้จึงเป็นการศึกษาการใช้สารทดแทนไขมัน (fat replacer) เพื่อลดระดับการใช้ไขมันในส่วนของเปลือกและไส้ตัวขนมร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (sugar replacer) ซึ่งจะเป็นผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาทั้งรูปแบบการบรรจุและบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมในการผลิตขนมเปี๊ยะ เพื่อให้มีคุณภาพและสามารถเก็บรักษาขนมเปี๊ยะได้นานที่สุด โดยยังมีคุณภาพที่ผู้บริโภคมองยอมรับ ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาขนมอบเพื่อสุขภาพและเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภค

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล
2. ศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงาน
3. ศึกษาต้นทุนการผลิตของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงาน
4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค
5. ศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานในสภาวะการบรรจุแบบต่างๆ

## การตรวจเอกสาร

### 1. ขนมเปี๊ยะ

ขนมเปี๊ยะ หมายถึง ขนมชนิดหนึ่งทำด้วยแป้งเป็นชั้น ๆ มีไส้บรรจุภายใน มีขนาดต่างกัน ส่วนที่เป็นแป้งประกอบด้วยแป้งสาลี ไขมัน หรือน้ำมัน น้ำ น้ำตาล เกลือ และส่วนประกอบอื่นที่เหมาะสม อาจมีไข่ผสมอยู่ด้วย มีไส้ทั้งหวานและหวาน เช่น ไส้ถั่วเขียว ไส้ถั่วแดง ไส้ถั่วดำ ไส้ฟัก ไส้เผือก ไส้งาดำ อาจมีการแต่งหน้าด้วยก็ได้ วิธีการทำให้ออกด้วยการอบหรือปิ้ง สำหรับขนมเปี๊ยะขนาดเล็กของจังหวัดภูเก็ตและพังงาจะมีชื่อเป็นภาษาท้องถิ่นว่า เต้าซ้อ ลักษณะทั่วไปของขนมเปี๊ยะนั้นส่วนที่เป็นแป้งต้องมีลักษณะเป็นแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ผิวหน้าไม่ปริแตก ไส้ไม่แตกทะลุออกมาภายนอก ยกเว้นกรณีที่เป็นลักษณะเฉพาะของขนมเปี๊ยะชนิดนั้น ๆ ต้องมีสี กลิ่นหอม และรสชาติกลมกล่อมตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

#### 1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทำขนมเปี๊ยะ

1.1.1 แป้งสาลี แป้งสาลีมีโปรตีน 2 ชนิดรวมกันคือ กลูเตนิน (glutenin) และไกลอะดีน (gliadin) เมื่อแป้งสาลีผสมกับน้ำจะทำให้เกิดกลูเตน (gluten) มีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่น กลูเตนนี้ทำหน้าที่เก็บก้ำและเป็นโครงสร้างของขนม แป้งสาลีที่นิยมใช้ในการทำขนมเปี๊ยะส่วนใหญ่จะใช้แป้งอเนกประสงค์ เพราะมีปริมาณโปรตีนสูงปานกลาง (ร้อยละ 10-12) ทำให้โครงสร้างของเปลือกขนมแข็งแรง ไม่เปราะหักง่าย มีความนุ่มเมื่อรับประทาน ถ้านำแป้งสาลีที่มีโปรตีนสูง เช่น แป้งขนมปังมาทำขนมเปี๊ยะจะพบว่าสัดส่วนของไขมันและน้ำที่ใช้ในส่วนผสมอาจไม่เพียงพอ เพราะแป้งขนมปังมีปริมาณโปรตีนสูง (ร้อยละ 12-14) สามารถดูดน้ำได้มาก กลูเตนเกิดขึ้นเร็ว ลักษณะเปลือกขนมที่สุกจะมีความแข็งกระด้าง ไม่กรอบร่วน แต่ถ้าใช้แป้งเค้กซึ่งมีโปรตีนในแป้งต่ำ (ร้อยละ 7-10) มีความสามารถดูดน้ำได้น้อย เปลือกขนมที่อบสุกจะเปราะบาง ร่วน หักง่าย แต่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเปลือกขนมชั้นในได้ เพื่อช่วยให้เปลือกขนมเปี๊ยะมีความนุ่มมากขึ้น (จิตรนา และ อรอนงค์, 2550; ทิพวรรณ, 2548; นวรัตน์, ม.ป.ป.)

1.1.2 น้ำ น้ำเป็นของเหลวที่ใช้ผสมกับแป้งเพื่อให้เกิดเป็นโด (dough) น้ำทำให้โปรตีนในแป้งรวมตัวกันเกิดกลูเตนซึ่งมีโครงสร้างคล้ายฟองน้ำ ช่วยควบคุมความหนืดของโด ช่วยควบคุมอุณหภูมิของโด ช่วยละลายส่วนผสมอื่น ๆ ให้กระจายอย่างสม่ำเสมอและรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้สตาร์ชเปื่อยและเกิดการพองตัว ทำให้ย่อยง่าย ช่วยให้เอนไซม์ทำงานรวมถึงปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ดี ช่วยให้เก็บผลิตภัณฑ์ได้ดี ปริมาณน้ำเป็นตัวกำหนดความแข็งของผลิตภัณฑ์ ถ้าโดและเกินไปจะเหนียวเหนอะหนะติดมือและเครื่องมือ ทำการปั้นเป็นรูปร่างได้ยากและไม่สม่ำเสมอ ถ้าโดแห้งเกินไปจะผสมยาก ปั้นทำรูปร่างยาก ไม่สามารถขึ้นฟูได้เต็มที่ ขนาดของขนมจะเล็ก เนื้อขนมจะแน่น (ทัศนีย์และอโณทัย, 2542) ในปัจจุบันมีการใส่สารบางชนิดแทนน้ำ ทำให้อาหารมีความชื้นต่ำแต่เนื้อสัมผัสนุ่ม สารพวกนี้ได้แก่ humectant (ณรงค์, 2538) ในการผลิตขนมเบี๊ยะนั้น น้ำที่นิยมใช้คือ น้ำประปา เนื่องจากเป็นน้ำที่มีความกระด้างปานกลาง 50-100 ppm มีแร่ธาตุในปริมาณที่เหมาะสม กลูเตนจับตัวกันพอเหมาะ โดที่ได้ไม่แข็งหรืออ่อนจนเกินไป (อุสาห, 2537)

1.1.3 น้ำตาล ในการผลิตขนมเบี๊ยะนิยมใช้น้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสเป็นหลัก ทั้งส่วนของเปลือกและไส้ ในบางครั้งมีการใช้น้ำตาลในรูปเบะแซด้วย (นวรรณ์, ม.ป.ป.) น้ำตาลทำให้เกิดสีน้ำตาลที่ผิวของขนม ให้ความหวานและความชุ่มชื้นแก่ไส้ โดยปกติไส้ขนมเบี๊ยะมักมีรสหวานจัด เพื่อช่วยให้ขนมเก็บได้นานเพราะน้ำตาลช่วยให้เกิดความนุ่ม มีผลให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีปริมาตรที่ดีเนื่องจากน้ำตาลป้องกันการเกิดเจลในสตาร์ชและการแข็งตัวของโปรตีน (อุสาห, 2537) น้ำตาลทำให้ค่าออกเตอร์แอคทีวิตี (water activity- $a_w$ ) ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (ปิยะนุช, 2545) และช่วยป้องกันการหืนของผลิตภัณฑ์เนื่องจากการละลายของน้ำตาลทำให้ออกซิเจนในน้ำตาลลง น้ำเชื่อมที่มีน้ำตาลร้อยละ 60 จะมีออกซิเจนเหลืออยู่เพียง 1 ใน 6 ของออกซิเจนที่เคยละลายได้เท่านั้น (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2535) ด้านการตกผลึกของน้ำตาลนั้นเมื่อนำน้ำเชื่อมที่มีอุณหภูมิสูงมาทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิหนึ่งน้ำเชื่อมจะอิมตัว ถ้าอุณหภูมิลดต่ำกว่าจุดนี้ปริมาณน้ำตาลจะอยู่ในรูปของสารละลายได้มากกว่าปริมาณที่ควรละลายได้เรียกว่า อิมตัวยิ่งยวด (super-saturation) ถ้าน้ำเชื่อมมีสภาพอิมตัวยิ่งยวดมากเกินไป เมื่อปล่อยให้เย็นน้ำเชื่อมจะแข็งตัวทันทีโดยไม่มีโอกาสเกิดผลึก ขนาดของผลึกขึ้นอยู่กับอัตราการเกาะตัวของโมเลกุลของน้ำตาลและปริมาณจุดกลางซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของผลึก ซึ่งอัตราการเกิดจุดกลางและอัตราการเกาะตัวนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของน้ำตาล ความเข้มข้น อุณหภูมิ การกวน สิ่งเจือปน และเวลา เป็นต้น โดยปกติน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีจะเกิดผลึกยาก น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นมากจะมีอัตราการเกาะตัวสูง และถ้าน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นน้อยจะมีอัตราการเกาะตัวช้า สำหรับอุณหภูมิที่เริ่มเกิดผลึกก็มีผลต่อขนาดของผลึก ถ้าอุณหภูมิเริ่มเกิดผลึกสูงจะทำให้น้ำตาลละลายเกินจุดอิมตัวน้อย

จะเกิดผลึกขนาดใหญ่ ถ้าอุณหภูมิเริ่มเกิดผลึกต่ำลงมากปริมาณน้ำตาลที่ละลายเกินจุดอิ่มตัวจะสูงขึ้น ผลึกจะมีขนาดเล็กลง สำหรับการกวนเป็นการช่วยให้เกิดจุดกลางมากขึ้นและป้องกันไม่ให้โมเลกุลของน้ำตาลเกาะจุดกลางให้มีขนาดใหญ่เกินไปเนื่องจากการกวนทำให้ผลึกมีการกระทบกันตลอดเวลา โมเลกุลจึงไม่สามารถเกาะจนเกิดผลึกใหญ่ได้ ซึ่งในการตกผลึกของน้ำตาลถ้ามีสิ่งเจือปนจะทำให้อัตราการตกผลึกช้าลงเนื่องจากผลึกได้ดูดซับสารเจือปนไว้ที่ผิว สิ่งเจือปนจะขัดขวางการเกาะกันของโมเลกุลน้ำตาลจึงเกิดผลึกขนาดเล็ก สารต่าง ๆ ที่นิยมเติมเพื่อขัดขวางการตกผลึกของน้ำตาลซูโครสคือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และแป้ง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลึก ผลึกที่มีขนาดเล็กจะละลายน้ำที่อยู่ระหว่างผลึก น้ำตาลจะไปเกาะรวมกับผลึกขนาดใหญ่ ยิ่งเก็บไว้นานยิ่งทำให้น้ำตาลมีผลึกใหญ่ขึ้น เมื่อผลิตภัณฑ์หยาดการใส่ไขมันสามารถป้องกันการเกิดผลึกใหญ่ได้ดี ไขมันจะเคลือบผิวของผลึกไว้ ป้องกันไม่ให้โมเลกุลของน้ำตาลเกาะเป็นผลึกใหญ่ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อละเอียดและนุ่ม

1.1.4 ไขมันและน้ำมัน ไขมันที่นิยมทำขนมเบี๊ยะในสมัยก่อนจะใช้ไขมันหมูเพราะมีความแข็งตัว ให้กลิ่นรสที่ดี ทำให้นมนุ่มนวลรับประทาน และแยกชั้นดี แต่ปัจจุบันผู้ทำขนมเบี๊ยะมีความจำเป็นในธุรกิจการขายได้ทุกกลุ่มผู้บริโภค เพื่อความสะดวกต่อการใช้ และราคาถูกจึงนิยมใช้น้ำมันพืชซึ่งเป็นน้ำมันที่ได้จากเมล็ดแห้งของพืชน้ำมัน มีปริมาณไขมันร้อยละ 100 (จิตรนา และ อรอนงค์, 2550; นวรัตน์, ม.ป.ป.) องค์การอาหารและเกษตร (FAO) และองค์การอนามัยโลก (WHO) และ The American Heart Association แนะนำให้บริโภคไขมันไม่เกินร้อยละ 30 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน และควรมีสัดส่วนของไขมันพืชต่อไขมันสัตว์เท่ากับ 3:1 หรือ 1:1 เป็นอย่างน้อย และมีการแนะนำให้บริโภคอาหารที่มีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated Fatty Acid-MUFA) สูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (Saturated Fatty Acid-SFA) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated Fatty Acid-PUFA) น้ำมันมะกอกจะมีปริมาณ MUFA มากที่สุด รองลงมาคือน้ำมัน canola น้ำมันรำข้าว และน้ำมันปาล์ม แม้ว่าการประกอบอาหารมักใช้น้ำมันปาล์ม เพราะน้ำมันปาล์มไม่มีกลิ่น สามารถเก็บได้นาน แต่น้ำมันรำข้าวมีสัดส่วนของกรดไขมันทั้ง 3 ชนิดคือ SFA, MUFA และ PUFA ในสัดส่วนที่เหมาะสมคือใกล้เคียงกับสัดส่วนที่แนะนำ น้ำมันปาล์มแม้ว่าจะมีปริมาณ MUFA สูงพอควร แต่น้ำมันปาล์มมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงด้วย (นัยนา และ เรวดี, 2545) เนยขาวก็สามารถนำมาทำขนมเบี๊ยะได้เช่นเดียวกับน้ำมันพืช ถ้าต้องการให้ขนมเบี๊ยะมีสีขาวและมีความกรอบเล็กน้อยจะใช้เนยขาวแทนน้ำมันพืชได้ในอัตราส่วนที่เท่ากัน นอกจากนี้เนยขาวยังช่วยให้ขนมเบี๊ยะแห้งไม่อมน้ำมัน เพราะเนยขาวมีคุณสมบัติเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (จิตรนา และ อรอนงค์, 2550; นวรัตน์, ม.ป.ป.)

การใช้ไขมันหรือน้ำมันในการทำขนมเปียะช่วยทำให้เกิดความคงตัว ทำให้มีลักษณะโครงสร้างเฉพาะ ช่วยหล่อลื่นทำให้กลูเตนหรือแป้งขาดออกจากกันเป็นส่วนเล็กๆ ทำให้ร่วน แยกชั้น และมีกลิ่นรสที่ดี (นวรรตน์, ม.ป.ป.) เมื่อใส่น้ำมันหรือไขมันลงในแป้งสาธิตจะทำให้ความเหนียวของแป้งลดลงโดยน้ำมันไปเคลือบเม็ดแป้ง หรือไขมันแยกกลูเตนออกจากกันเป็นก้อนเล็กๆ ไม่เกาะกัน น้ำมันจะทำให้แป้งนุ่มได้ขึ้นอยู่กับความสามารถเคลือบผิวของเม็ดแป้ง ส่วนไขมันขึ้นอยู่กับความสามารถแผ่เป็นแผ่นบาง การกระจายตัว การเกาะตัวระหว่างไขมันกับเม็ดแป้งหรือโปรตีน ความเข้มข้นของไขมัน สารช่วยกระจายไขมัน และวิธีการผสม ด้านความสามารถแผ่เป็นแผ่นบางนั้น ไขมันที่อยู่ในรูปกึ่งแข็งจะแผ่เป็นแผ่นบางได้มากและทำให้หล่อลื่นได้ในพื้นที่มากกว่า แป้งจะนุ่ม แต่ถ้าไขมันเหลวเกินไป ไขมันจะแยกตัวออกก่อนที่จะผสมกัน ทำให้ไขมันกระจุกกระจายอยู่ในรูปของเม็ดไขมัน โอกาสที่จะตัดกลูเตนจึงมีน้อยมาก แป้งจึงไม่นุ่มมาก ด้านการกระจายตัว น้ำมันสามารถทำให้แป้งนุ่มได้ดีถ้าสามารถเคลือบผิวของเม็ดแป้งหรือโปรตีนได้หมด น้ำจะไม่สามารถเข้าไปถึงเม็ดแป้งหรือโปรตีนได้ จึงไม่เกิดกลูเตน การลดปริมาณน้ำมันลงจะทำให้ผิวของเม็ดแป้งหรือโปรตีนเหลืออยู่บ้าง น้ำจึงมีโอกาสสัมผัสกับเม็ดแป้งหรือโปรตีน กลูเตนจึงเกิดขึ้นบ้าง ก้อนแป้งจึงเหนียวมากขึ้น ด้านการเกาะตัวระหว่างไขมันกับเม็ดแป้งหรือโปรตีน การเกาะตัวของกรดไขมันที่เป็น non-polar ซึ่งถูกดึงไปอยู่ในส่วนที่เป็นน้ำมันจะมีผลต่อการเคลือบผิวของเม็ดแป้งมาก ดังนั้นน้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูงจะเคลือบผิวเม็ดแป้งได้ดีกว่า น้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวต่ำ ด้านความเข้มข้นของไขมัน ไขมันสามารถจับอากาศได้และเพิ่มความหนืดของก้อนแป้งให้มากขึ้นขณะทำการผสม การเพิ่มไขมันมากเกินไปจะทำให้ความหนืดของก้อนแป้งสูงขึ้นมากจนกระทั่งการขยายตัวขณะถูกความร้อนเป็นไปได้ยาก ทำให้ปริมาตรเล็กลง ด้านสารช่วยกระจายไขมันจะทำให้อากาศกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอซึ่งจะช่วยให้นวมพองตัว และมีเนื้อนุ่ม ส่วนด้านวิธีการผสม การเลือกใช้วิธีผสมขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ น้ำมันหรือไขมันที่ใช้ และปริมาณกลูเตนที่ต้องการให้เกิดขึ้น วิธีการที่ใช้แป้งผสมกับน้ำมันก่อนจะทำให้ไขมันเคลือบผิวเม็ดแป้งหรือโปรตีนไว้ น้ำไม่สามารถเข้าไปถึงเม็ดแป้งหรือโปรตีนได้ แป้งจะไม่เกิดกลูเตนขึ้น ก้อนแป้งจะไม่เหนียว การผสมแบบนี้ไขมันจะทำหน้าที่ได้ดีกว่าไขมัน เพราะสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า ถ้าแป้งมีโปรตีนต่ำหรือใช้น้ำมันน้อย การผสมควรตีไขมันให้เกิดฟองก่อน หรือควรผสมให้น้ำสัมผัสกับแป้งก่อน แต่การผสมอย่างรุนแรงหรือผสมนานจะทำให้แป้งเหนียวมากขึ้น ถึงแม้จะผสมแบบใดก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากชั้นน้ำมันหรือไขมันที่หุ้มเม็ดแป้งหรือโปรตีนจะแตกออก น้ำมีโอกาสสัมผัสเม็ดแป้งหรือโปรตีนมากขึ้น (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2535)

1.1.4.1 น้ำมันรำข้าว ได้จากการสกัดรำข้าวที่เหลือจากการสีข้าว มีน้ำมันประมาณร้อยละ 12-16 (อบเชย และ ขนิษฐา, 2544) มีกรดไขมันอิสระสูงมาก เพราะรำข้าวมีเอนไซม์ไลเปสสูง เมื่อนำรำข้าวใหม่มาสกัดน้ำมันออกจะมีกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 4-6 ถ้าเก็บรำข้าวปล่อยทิ้งไว้ค่าความเป็นกรด (acid value) ของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประมาณร้อยละ 1 ต่อชั่วโมง (นิธิยา, 2548) น้ำมันรำข้าวมีจุดเดือดสูงกว่า  $100^{\circ}\text{C}$  ไม่เป็นไขและไม่แข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง และที่  $4^{\circ}\text{C}$  หรือแม้ที่  $-18^{\circ}\text{C}$  มีส่วนประกอบหลักเป็นไขมันไตรกลีเซอไรด์ประมาณร้อยละ 95.8 โดยน้ำหนัก ไม่มีคอเลสเตอรอล ที่เหลือเป็นสารประกอบที่ละลายในไขมัน ได้แก่ สารกันการออกซิไดส์ชนิดต่าง ๆ (antioxidant) และสารพวกไฟโตสเตอรอล ในน้ำมันรำข้าวมีกรดไขมันอิ่มตัว : กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว : กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน เป็น 1:2.5:2 ซึ่งมีกรดไขมันอิ่มตัวน้อย ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน มีสัดส่วน 1.5:1 ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับค่าที่แนะนำของ National Research Council และ Japa's Ministry of Health ที่ระบุในน้ำมันปรุงประกอบอาหารควรมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็น 1.4:1 เพื่อให้ผลดีต่อสุขภาพ น้ำมันรำข้าวมีสารป้องกันการออกซิไดส์หลายชนิด ได้แก่ แอลฟา-โทโคเฟอรอล โทโคไตรอีนอล และโอรีไซแนอล ทั้งโทโคเฟอรอลและโทโคไตรอีนอลเป็นสารในกลุ่มวิตามินอี โทโคเฟอรอลมีทั่วไปในน้ำมันพืชทุกชนิด โทโคไตรอีนอลมีในน้ำมันพืชบางชนิด สำหรับโอรีไซแนอลมีเฉพาะในน้ำมันรำข้าวเท่านั้น ซึ่งโอรีไซแนอลมีฤทธิ์การป้องกันการออกซิไดส์มากกว่าโทโคไตรอีนอล และโทโคไตรอีนอลมีฤทธิ์การป้องกันการออกซิไดส์มากกว่าโทโคเฟอรอล สารป้องกันการออกซิไดส์ทั้ง 3 ชนิดนี้ช่วยทำให้น้ำมันรำข้าวคงสภาพได้นานในอุณหภูมิต่ำหรือสูง หรือแม้อุณหภูมิที่สูงมากในขณะปรุงประกอบอาหาร เช่น ทอด โดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพทั้งด้านกลิ่น รส และสี และคุณสมบัติทางเคมี นอกจากนี้โอรีไซแนอลและโทโคไตรอีนอลยังช่วยลดระดับไขมันในเลือด รำข้าวยังมีสารประกอบกลุ่มไฟโตสเตอรอลและกลุ่มไตรเทอปีนแอลกอฮอล์ ในน้ำมันรำข้าวมีไฟโตสเตอรอลมากกว่าน้ำมันพืชหลายชนิด ไฟโตสเตอรอลหลายชนิดจะลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล สารกลุ่มไตรเทอปีนแอลกอฮอล์ไม่มีผลต่อการลดคอเลสเตอรอลในเลือด แต่สารกลุ่มไตรเทอปีนแอลกอฮอล์ และไฟโตสเตอรอลจับกับ ferulic acid เป็นโอรีไซแนอลซึ่งเป็นเอสเทอร์โมเลกุลใหญ่ที่กั้นการออกซิไดส์ และลดการดูดซึมของคอเลสเตอรอล (นัยนา และ เรวดี, 2545)

1.1.4.2 เนยขาว เนยขาวมีสีขาว ไม่มีกลิ่นรส มีปริมาณไขมันร้อยละ 100 ทำจากน้ำมันพืช เช่น มะพร้าว ปาล์ม ฝ้าย หรือไขมันจากสัตว์ หรือทั้ง 2 ชนิด โดยนำน้ำมันไปผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชัน (hydrogenation) ซึ่งเป็นการผ่านก๊าซไฮโดรเจนภายใต้ความดันที่มี

นิกเกิดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้น้ำมันเปลี่ยนจากของเหลวเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง (อุสาค์, 2537; จิตธนา และ อรอนงค์, 2550; Samuel and Theresa, 1978) ไขมันที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทพายจะต้องคงรูป แห้ง เหนียว และมีความคงตัวสม่ำเสมอ สามารถกระจายเป็นแผ่นบางระหว่างชั้นของแผ่นโด (dough) ได้โดยไม่จับเป็นก้อน ลักษณะพิเศษของไขมันที่ใช้ทำพายคือการคงรูป (plasticity) และความแข็ง ซึ่งความคงรูปจำเป็นต่อการแยกเป็นชั้นของไขมันระหว่างชั้นของโดในระหว่างที่นวดและม้วนทบไปมาหลายครั้ง ส่วนความแข็งนั้นมีความสำคัญมาก เนื่องจากไขมันที่นิ่มและเยิ้มจะถูกโดดูดซับไว้ ทำให้ไม่สามารถแยกชั้นของโดได้ (Jo, 1999)

1.1.5 ไข่ การทำขนมเปี๊ยะส่วนใหญ่จะใช้ไข่ไก่ หน้าที่ของไข่ในขนมเปี๊ยะคือ ทำให้ขนมมีสีเข้มขึ้น เพิ่มคุณค่าทางอาหาร และเพิ่มรสชาติ อาจใช้ไข่สำหรับการผสมขนมเปี๊ยะบางประเภท และใช้ไข่แดงทาหน้าขนมเพื่อให้เกิดสีสวยและนารับประทาน ในส่วนไส้ขนมจะใช้ในรูปของไข่เค็มเพื่อช่วยให้ขนมมีรสชาติดียิ่งขึ้น (นวรรตน์, ม.ป.ป.)

1.1.6 ไส้ขนมเปี๊ยะ ไส้ขนมส่วนใหญ่นิยมใช้เมล็ดถั่วต่าง ๆ เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ เมล็ดบัว โดยการนำไปกวนซึ่งนิยมใช้น้ำมันกวนแทนน้ำกะทิ เพราะน้ำกะทิทำให้ไส้มีการอายุการเก็บสั้น บุคง่าย ดังนั้นการใช้น้ำมันพืชจะช่วยให้ไส้ไม่บูด นอกจากมีกลิ่นหืน (นวรรตน์, ม.ป.ป.) ซึ่งน้ำมันพืชจะมีสารป้องกันความหืนอยู่ด้วยไม่มากนักน้อย สารเหล่านี้มีอยู่ในเมล็ดพืชและคงอยู่ในน้ำมันที่สกัดออกมาและหลังจากที่ทำให้บริสุทธิ์แล้ว (ณรงค์ และ อัญชนีย์, 2535)

## 1.2 ขั้นตอนการทำขนมเปี๊ยะ

ขนมเปี๊ยะมีขั้นตอนการทำยุ่งยากกว่าการทำผลิตภัณฑ์ขนมอบชนิดอื่น มีขั้นตอนดังนี้ (นวรรตน์, ม.ป.ป.)

### 1.2.1 การทำเปลือกขนมเปี๊ยะ มีการทำ 2 ส่วนคือ

1.2.1.1 เปลือกชั้นใน โดยนำแป้งผสมกับไขมันด้วยเครื่องผสม ใช้ความเร็วปานกลางนวดจนกระทั่งไขมันกับแป้งผสมรวมกันสามารถปั้นเป็นก้อนได้เมื่อผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม

1.2.1.2 เปลือกชั้นนอก โดยผสมแป้ง น้ำ น้ำตาลทราย และไขมันหรือน้ำมัน ด้วยเครื่องผสม ใช้ความเร็วปานกลาง ควบคุมพอเข้ากันไม่ต้องเนียนมาก เพราะจะมีการรีดแป้ง ซึ่งทำให้ส่วนผสมมีความเนียนมากขึ้น

1.2.2 การรีดแป้ง ลักษณะขนมเปี๊ยะโดยทั่วไปจะมีลักษณะเปลือกเป็นแผ่นบางๆ เป็นชั้นหลายชั้น โดยนำเปลือกชั้นนอกหุ้มเปลือกชั้นใน คลึงด้วยไม้คลึงแป้ง รีดแล้วม้วนหรือพับทบแป้ง ทำ 2 ครั้ง จากนั้นรีดให้แบนแล้วห่อไส้ ทำรูปร่างตามชนิดของขนมเปี๊ยะนั้นๆ การรีดและพับทบมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโครงสร้างที่เป็นชั้นของเปลือกชั้นในและเปลือกชั้นนอกสลับกันไป ซึ่งเมื่อนำไปอบ ความร้อนจะทำให้ไขมันที่อยู่ในโดเดือดและขยายตัวทำให้ชั้นโดแต่ละชั้นพองตัวขึ้น นอกจากนี้การรีดคลึงแต่ละครั้งควรพักอย่างน้อยประมาณ 10-15 นาที เพื่อให้กลูเตนได้มีการพักตัว หลังจากการถูกรีด ถ้ามีการพักตัวไม่เพียงพอเมื่อนำมารีดแล้วเปลือกจะหดตัว ผิวหน้าของเปลือกขาด และเป็นสาเหตุทำให้เปลือกของขนมเปี๊ยะไม่เป็นชั้น เพราะชั้นของน้ำมันและชั้นของแป้งนั้นเกิดการรวมตัวกัน

1.2.3 การห่อไส้ ขนมเปี๊ยะโดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของไส้มากกว่าเปลือก การห่อต้องใช้ความระมัดระวังไม่ให้เปลือกแตก ไส้ทะลักออกมา ผู้ทำจึงต้องตะล่อมเปลือกที่รีดบางแล้วให้หุ้มไส้ที่ละน้อยจนมิด

1.2.4 การตกแต่งหน้าขนม ก่อนนำขนมเปี๊ยะเข้าอบ จะตกแต่งหน้าขนมเปี๊ยะด้วยไข่หรือไข่แดง ไข่ขาว ไข่ดำ ผักชี หรือประทับตราชื่อร้านของผู้ผลิต นิยมตกแต่งให้มีสีแดงสด การแต้มสีควรรอให้สีแห้งจึงนำเข้าอบ พอสีแห้งจึงนำออกมาทาไข่แล้วอบต่อ เพื่อช่วยให้สีที่แต้มไม่เลอะเทอะ

1.2.5 การอบขนมเปี๊ยะ ถาดอบที่ใช้ทำขนมเปี๊ยะในสมัยก่อนจะใช้ถาดเหล็ก เพื่อการนำความร้อนได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ปัจจุบันถาดเหล็กมีราคาแพงและน้ำหนักมาก จึงใช้ถาดอะลูมิเนียมแทน ถาดที่ใช้อบควรทาน้ำมันหรือเนยขาวบาง ๆ บนถาด เพราะถ้าน้ำมันมากขนมเปี๊ยะจะไหม้รวมกัน ในส่วนของอุณหภูมิที่ใช้อบมักใช้ 180-200 °C หรือ 350-400 °F

1.3 สาเหตุการเสื่อมเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมอบ สามารถแยกได้ 3 ส่วนดังนี้ (อุสาคี, 2537)

1.3.1 การเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ จุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมอบเสื่อมเสีย จุลินทรีย์ที่สำคัญคือเชื้อรา บางกรณีอาจพบแบคทีเรียและยีสต์บ้าง ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไม่สะอาดและสุขอนามัยของผู้ผลิตไม่ดี แบคทีเรียที่พบมากที่สุดได้แก่ *Bacillus mesentericus*, *Serratia marcescens* และ *Leuconostoc mesenteroides* ส่วนแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษตรวจพบน้อยมาก ถ้าพบส่วนใหญ่จะเป็นแค่ไส้ครีมต่างๆ เช่น *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* และ *Salmonella* เป็นต้น ยีสต์ที่ตรวจพบมักเป็นสายพันธุ์ที่ทนแรงออกซิไดคได้ เช่น *Saccharomyces bacillii* var. *Osmophilus* จะให้แอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เนื่องจากเชื้อราเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดของการเสื่อมเสียคุณภาพ อายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ขนมอบจึงมักกำหนดจากระยะเวลาที่สังเกตไม่พบเชื้อราบนผลิตภัณฑ์ นิยมเรียกว่า Mould-Free Shelf Life

1.3.2 ความเก่า (staling) เกี่ยวข้องกับการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมปังเป็นส่วนใหญ่ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทั้งกายภาพและเคมี ทำให้เปลือกขนมปังเหนียว ไม่กรอบ ส่วนเนื้อนุ่มและสีขาวขุ่น โดยไม่เกี่ยวข้องกับการสูญเสีย น้ำ กลิ่นเริ่มผิดปกติ อะไมโลสจะแยกตัวจากเม็ดแป้ง เกิดเป็นตะกอนขาวขุ่น และกลูเตนสูญเสีย น้ำ การเสื่อมเสียนี้จะเริ่มต้นตั้งแต่ขนมปังออกจากเตาอบ และเสื่อมคุณภาพจนกระทั่งไม่เหมาะที่จะบริโภคภายใน 2-5 วัน การใช้ Modified Atmosphere Packaging (MAP) สามารถช่วยชะลอการเสื่อมเสียนี้ได้บ้าง

1.3.3 การเพิ่มหรือลดความชื้น โดยผลิตภัณฑ์ขนมอบโดยทั่วไปมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลประมาณร้อยละ 79-97 ( $a_w$  0.79-0.97) เมื่อเก็บไว้ในอากาศจะมีแนวโน้มสูญเสีย น้ำ ทำให้เนื้อสัมผัสส่วนและแห้ง ผลิตภัณฑ์บางชนิดมีส่วนแบ่งและส่วนครีมหรือส่วนไส้ซึ่งมีความชื้นแตกต่างกัน เกิดการถ่ายเทความชื้นระหว่างกันทำให้เนื้อสัมผัสผิดปกติ นอกจากนี้การบรรจุผลิตภัณฑ์ขนมอบในภาชนะปิด อาจเกิดหยดน้ำภายในภาชนะเป็นสาเหตุให้ผิวผลิตภัณฑ์เปียกชื้นมากขึ้น เชื้อราเจริญเติบโตได้ง่าย ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขโดยการเลือกวัสดุบรรจุที่มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเหมาะสม

การเสื่อมเสียของนมเปื่อยเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแป้งซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสเปลี่ยนไป การเสื่อมเสียจากการเจริญจุลินทรีย์ประเภทที่เจริญบนผิวหน้า และการเกิดกลิ่นหืน ซึ่งนมเปื่อยเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบเป็นปัญหาที่มักพบหลังจากการเก็บเป็นระยะเวลาหนึ่ง และนมเปื่อยมักบรรจุในถุงพลาสติกที่ไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของอากาศและไอน้ำที่ดี จะมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1-2 สัปดาห์ เนื่องจากมีออกซิเจนที่อยู่ในภาชนะบรรจุมีผลต่อการเจริญของเชื้อรา ดังนั้นหากทำให้ภายในภาชนะบรรจุไม่มีออกซิเจนก็จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของนมเปื่อยได้ (สุภาภรณ์, ม.ป.ป.)

## 2. อาหารลดพลังงาน

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการอาหารที่มีพลังงานและไขมันลดลง ได้มีการศึกษาวิจัยและผลิตสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานแทนน้ำตาลที่ไม่ให้พลังงานหรือพลังงานน้อย และได้นำมาใช้เป็นส่วนผสมสำคัญในการผลิตอาหารลดพลังงาน จากผลการวิจัยและพัฒนาทำให้อาหารลดพลังงานและอาหารพลังงานต่ำในปัจจุบันมีลักษณะน่ารับประทาน ทำให้ได้รับความนิยมมากขึ้น ไม่เพียงแต่ผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักยังมีผู้บริโภคทั่วไปที่เลือกบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารพลังงานต่ำเพื่อสุขภาพที่ดีขึ้น (มลศิริ, 2545)

### 2.1 สาเหตุที่มีการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ

Calorie Control Council (2004) ได้รายงานการสำรวจประชากรทั่วประเทศอเมริกาเกี่ยวกับสาเหตุที่มีการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำในปี 2000 ดังนี้ การบริโภคเพื่อการมีชีวิตที่มีสุขภาพดีขึ้น รับประทานหรือดื่มเพื่อสุขภาพ ลดไขมัน ลดพลังงาน ลดคอเลสเตอรอล ควบคุมน้ำหนัก ดูแลรูปร่าง ลดน้ำหนักเพื่อให้ได้รสชาติแปลกใหม่ น่าพอใจ และการรักษาโรค (ตารางที่ 1) และสำรวจผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำที่นิยม ได้แก่ นมไขมันต่ำ เนยแข็งและผลิตภัณฑ์จากนม เช่น โยเกิร์ต ครีมเปรี้ยว น้ำสลัดและซอส เนยเทียม ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาหารว่างจำพวกมันฝรั่งทอด ไอศกรีมและขนมหวานแช่แข็ง อาหารมื่อเย็น เค้กและขนมอบต่าง ๆ และลูกกวาด (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 1** สาเหตุที่บุคคลบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำ

สาเหตุ	ผู้บริโภค (ร้อยละ)
- มีชีวิตที่มีสุขภาพดีขึ้น	70
- รับประทานหรือดื่มเพื่อสุขภาพ	57
- ลดไขมัน	57
- ลดพลังงาน	51
- ลดคอเลสเตอรอล	49
- ควบคุมน้ำหนัก	47
- ดูแลรูปร่าง	43
- ลดน้ำหนัก	38
- ได้รสชาติแปลกใหม่	32
- รักษาโรค	31

ที่มา: Calorie Control Council (2000)

**ตารางที่ 2** ผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำที่นิยม

ผลิตภัณฑ์อาหาร	ผู้บริโภค (ร้อยละ)
- นมไขมันต่ำ	72
- เนยแข็งและผลิตภัณฑ์จากนม (โยเกิร์ต ครีมเปรี้ยว)	63
- น้ำสลัดและซอส	58
- เนยเทียม	43
- ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์	43
- อาหารว่างพวกมันฝรั่งทอด	42
- ไอศกรีมและขนมหวานแช่แข็ง	41
- อาหารมือเย็น	33
- เล็กและขนมอบต่าง ๆ	31
- ลูกกวาด	17

ที่มา: Calorie Control Council (2000)

## 2.2 วิธีการผลิตอาหารลดพลังงาน (มลศิริ, 2545; Calorie Control Council, 2004)

การผลิตอาหารลดพลังงานโดยการลดไขมันหรือน้ำตาลในอาหารจะมีผลต่อลักษณะและรสชาติของอาหาร เพราะไขมันและน้ำตาลอาจทำหน้าที่หลายอย่างในอาหาร ดังนั้นผู้ผลิตจะต้องเข้าใจหน้าที่หรือบทบาทของไขมันและน้ำตาลในอาหารนั้น และใช้สารหลายชนิดเพื่อชดเชยหน้าที่ที่สารทดแทนไขมันหรือทดแทนน้ำตาลไม่มี ไม่ใช่เพียงลดส่วนของไขมันหรือน้ำตาลแล้วใช้สารทดแทนเข้าแทนที่โดยตรงแบบกรั่มต่อกรั่ม ไขมันที่มีในอาหารจะมีคุณภาพแตกต่างกันตามชนิดของกรดไขมัน ถ้าต้องการลดไขมันจึงควรเลือกลดส่วนของไขมันที่มีผลเสียต่อสุขภาพถ้าบริโภคในปริมาณมาก ได้แก่ ไขมันชนิดอิ่มตัว คอเลสเตอรอล หรือไขมันที่มี trans fatty acids เพราะจะทำให้ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงขึ้น ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ นอกจากนี้การลดพลังงานในอาหารอาจใช้วิธีลดน้ำตาล ซึ่งอาหารบางชนิดมีปริมาณน้ำตาลมากทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสได้รับพลังงานเกินความต้องการและอ้วนได้ จึงมีความต้องการให้มีการใช้สารที่มีความหวานเหมือนน้ำตาลแต่ไม่ให้พลังงานหรือมีพลังงานน้อยกว่าน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ มากขึ้น

การผลิตอาหารลดพลังงานอาจทำได้โดยการลดสารอาหารไขมันและแทนที่ด้วยสารอื่นที่ให้พลังงานน้อยกว่าหรือไม่มีพลังงาน หรือใช้สารทดแทนไขมันที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันทดแทนส่วนของไขมันในอาหาร หรือทดแทนส่วนของสารที่ให้พลังงานในอาหาร ได้แก่ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนด้วยน้ำและใช้สารช่วยจับน้ำไว้ในโครงสร้าง หรือใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลซูโครส หรือเพิ่มใยอาหาร (dietary fibers) ซึ่งไม่ให้พลังงาน

## 2.3 การจัดทำฉลากโภชนาการและอวดอ้างบนฉลาก

การจัดทำฉลากโภชนาการแสดงปริมาณไขมัน และอวดอ้างบนฉลากเป็นผลิตภัณฑ์ลดไขมันตามความเหมาะสมของปริมาณที่ลดลง ได้แก่ (มลศิริ, 2545; Calorie Control Council, 2004; Oreopoulou, 2006)

2.3.1 reduced calorie ใช้เมื่ออาหารมีพลังงานลดลงอย่างน้อย 1/4 เมื่อเทียบกับที่มีในอาหารประเภทใกล้เคียงกัน

2.3.2 reduced or less fat ใช้เมื่อมีการลดไขมันในอาหารนั้นไปอย่างน้อย 1/4 ของสูตรปกติ

2.3.3 reduced or less cholesterol ใช้เมื่อมีการลดคอเลสเตอรอลในอาหารนั้นเป็นอย่างน้อย 1/4 ของสูตรปกติ และมีไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค

2.3.4 light or lite ใช้เมื่ออาหารนั้นมีพลังงานลดลง 1/3 หรือลดไขมันลงไปร้อยละ 50 จากสูตรอาหารปกติ

2.3.5 low-calorie ใช้เมื่ออาหารมีพลังงานน้อยกว่าหรือเท่ากับ 40 กิโลแคลอรีต่อ 1 หน่วยบริโภค หรือต่ำกว่า 0.4 กิโลแคลอรีต่อกรัมของอาหารนั้น

2.3.6 low-fat ใช้เมื่ออาหารมีไขมันน้อยกว่า 3 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค

2.3.7 low cholesterol ใช้เมื่ออาหารมีคอเลสเตอรอลน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 มิลลิกรัม และมีไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค

2.3.8 calorie free ใช้เมื่ออาหารมีพลังงานน้อยกว่า 5 กิโลแคลอรีต่อ 1 หน่วยบริโภค

2.3.9 fat-free ใช้เมื่ออาหารมีไขมันน้อยกว่า 0.5 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค

2.3.10 saturated fat free ใช้เมื่ออาหารมีไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า 0.5 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค และมี *trans fatty acids* ไม่เกินร้อยละ 1 ของกรดไขมันทั้งหมด

2.3.11 cholesterol free ใช้เมื่อมีคอเลสเตอรอลน้อยกว่า 2 มิลลิกรัม และมีไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภค

2.3.12 lean และ extra lean ทั้ง 2 คำนี้ใช้กับเนื้อสัตว์โดย lean หมายถึงเนื้อสัตว์ที่มีไขมันน้อยกว่า 10 กรัม ไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า 4 กรัม และคอเลสเตอรอลน้อยกว่า 95 มิลลิกรัมต่อเนื้อสัตว์ 100 กรัม ส่วน extra lean จะใช้กับเนื้อสัตว์ที่มีไขมันน้อยกว่า 5 กรัม ไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า 2 กรัม และคอเลสเตอรอลน้อยกว่า 95 มิลลิกรัมต่อเนื้อสัตว์ 100 กรัม

### 3. สารทดแทนไขมัน (Fat Replacers)

สารทดแทนไขมัน (fat replacers) เป็นสารผสมอาหารที่ใช้ทดแทนไขมันเพื่อผลิตอาหารลดไขมันหรืออาหารลดพลังงาน สารเหล่านี้จะมีพลังงานน้อยกว่าไขมันหรือไม่ให้พลังงาน เพราะไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ (มาลี, 2538; มลศิริ, 2545; Akoh, 1998)

3.1 คุณสมบัติของสารทดแทนไขมัน ได้แก่ (จันทรัตน์, 2539; มลศิริ, 2545; Oreopoulou, 2006)

3.1.1 มีพลังงานน้อยกว่า 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม

3.1.2 มีความปลอดภัย ผลิตจากวัตถุดิบที่ไม่เป็นพิษ หรือถ้าเป็นสารสังเคราะห์ต้องไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ เช่น ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน

3.1.3 ไม่มีสี กลิ่น รส หรือถ้ามีต้องไม่ทำให้อาหารมีกลิ่นรสหรือเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับ

3.1.4 ราคาไม่สูงเกินกว่าราคาไขมันปกติ

3.1.5 มีคุณสมบัติหรือหน้าที่เหมือนไขมัน ได้แก่ มีเนื้อสัมผัสของอาหารในปาก (mouthfeel) สามารถทาติดอาหาร (spreadability) มีกลิ่นรสคล้ายไขมันหรือช่วยให้มีการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสเหมือนหน้าที่ของไขมัน สามารถนำความร้อน ช่วยยืดอายุการเก็บอาหาร เพราะช่วยลด water activity ( $a_w$ ) ของอาหารได้เหมือนไขมัน ช่วยในการดูดซึมวิตามินที่ละลายในไขมัน คือ วิตามินเอ ดี อี และเค และให้กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) คือ linoleic acid และ  $\alpha$ -linolenic acid

3.1.6 มีความเสถียร สามารถทนอุณหภูมิในการหุงต้มหรือแปรรูปได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงหรือเสียคุณลักษณะที่ดี

3.1.7 สามารถปรับจุดหลอมเหลวให้เหมาะกับการใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้

### 3.1.8 มีอายุการเก็บนานอย่างน้อย 1 ปี

3.1.9 ไม่ขัดขวางการดูดซึมสารอาหารอื่น ไม่จับกับสารอาหารหลัก วิตามินหรือกลีเซอรอลใด ๆ และไม่มีผลข้างเคียงของสารที่ไม่ถูกย่อยโดยระบบของร่างกายเมื่อบริโภค เช่น การระบายท้อง เป็นต้น

## 3.2 ชนิดของสารทดแทนไขมัน

มีการแบ่งตามโครงสร้างทางเคมีและที่มาได้ 3 กลุ่มใหญ่ คือ

3.2.1 สารทดแทนไขมันจากคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate-based fat replacers) เป็นสารทดแทนไขมันที่ได้มาจากคาร์โบไฮเดรต จัดเป็นสารทดแทนไขมันกลุ่มใหญ่ที่สุด ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม แต่เนื่องจากสามารถมีพันธะกับน้ำได้ประมาณ 3 เท่าของน้ำหนัก จึงมีความเป็นไปได้ในการแทนที่ไขมัน 4 ส่วน ด้วยสารทดแทนไขมัน 1 ส่วน น้ำ 3 ส่วน (Marshall and Arbuckle, 1996) เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากการบริโภคอาหารไขมันต่ำอย่างแท้จริงจะใช้ดัชนีบ่งชี้ถึงผลกระทบของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อร่างกายคือ ค่า Glycemic Index (GI) ซึ่งอาหารที่มีค่า GI จะเหมาะสำหรับผู้ที่ควบคุมน้ำหนักและมีปัญหาาระดับน้ำตาลในเลือดสูง โดยค่า GI ของอาหารเป็นค่าที่บ่งบอกผลกระทบของอาหารที่มีต่อระดับน้ำตาลในเลือด โดยอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายจะมีค่า GI สูง หลังจากบริโภคอาหารดังกล่าวระดับน้ำตาลในเลือดจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว (ปริญญา, 2547) สารทดแทนไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้แก่

3.2.1.1 สตาร์ชและอนุพันธ์ของสตาร์ช (Starch and starch derivatives) มีทั้งชนิดไม่ดัดแปร (native starch) และชนิดดัดแปร (modified starch) ให้พลังงาน 1 ถึง 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม เมื่อให้ความร้อนเกิด gelatinization ขึ้นเหนียว หรือเกิดเป็นเจล อาจใสหรือข้นขึ้นกับชนิดของแป้ง สามารถใช้แป้งทดแทนหน้าที่ไขมันเพื่อทำให้เกิดความข้นเหนียว ความลื่นในปากคล้ายมีไขมันได้ แป้งที่ใช้ทดแทนไขมันได้ดี ได้แก่ แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งมันสำปะหลัง ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง เช่น ใส้ขนม ขนมอบ น้ำสลัด low-fat spread เป็นต้น (White, 1993; Giese, 1996; Calorie Control Council, 2004)

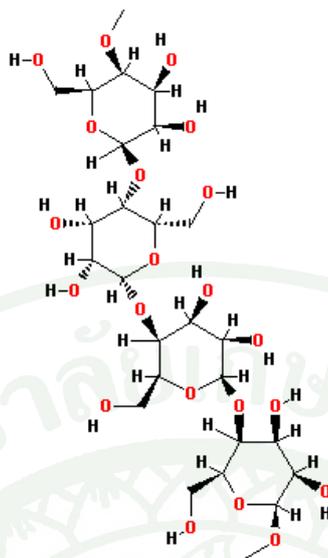
3.2.1.2 กัม (Gums) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีโมเลกุลใหญ่และเมื่อมีน้ำ จะเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrophilic hydrocolloids) ทำให้มีความหนืดหรือเกิดเป็นเจล อาจมาจากพืช สัตว์ หรือจุลินทรีย์ ไม่ได้ใช้แทนไขมันโดยตรง แต่ใช้เพื่อทำให้เกิดความข้นหนืด เพราะใช้เพียงร้อยละ 0.1-0.5 โดยใช้ร่วมกับสารทดแทนไขมันอื่นเพื่อทำหน้าที่เป็นสารคงตัว และสารที่ทำให้เกิดเจล ตัวอย่างเช่น guar gum, xanthan gum, carrageenan, gum arabic และ pectin นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ น้ำสลัด นม ไอศกรีม เป็นต้น (มลศิริ, 2545; Giese, 1996)

3.2.1.3 เซลลูโลส (Cellulose) มีการใช้เป็นสารทดแทนไขมันร่วมกับไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) อื่น เช่น กัม หรือเพกติน อาจใช้ในสภาพของเซลลูโลสแห้งบดเป็นผง (powdered cellulose) หรือที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพ เช่น microcrystalline cellulose, sodium carboxymethyl cellulose, methyl cellulose (MC) และ hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC) เป็นต้น สำหรับ powdered cellulose จัดเป็นสารผสมอาหารในกลุ่มที่มีความปลอดภัย (Generally Recognized As Safe-GRAS) นิยมใช้แทนส่วนของไขมันในซอสที่มีไขมัน ใสในแป้งชุบทอด หรือในโคนัทซึ่งจะช่วยลดการดูดซับน้ำมันในอาหารทอด ใช้ในผลิตภัณฑ์เค้กลดไขมันซึ่งช่วยให้ขึ้นฟูได้ดี ช่วยรักษาฟองอากาศและไม่ทำให้เค้กยุบตัว (มลศิริ, 2545; Giese, 1996; Akoh, 1998)

3.2.1.4 โพลีเดกซ์โตรส (Polydextrose) เป็นสารสังเคราะห์ประกอบด้วย glucose polymer, sorbitol และ citric acid หรือ phosphoric acid ในอัตราส่วน 89:10:1 ซึ่งผลิตจำหน่ายในรูปแบบที่เป็นทั้งของเหลวหรือเป็นผงได้ 4 รูปคือ เป็นผงทั้งหยาบและละเอียด (Pfizer, Inc.; A.E. Staley), type N (70% solution), type K (powder) และ type F (powder, Litesse<sup>®</sup>, Pfizer, Inc.) มีสีขาวถึงสีน้ำตาลอ่อน ละลายน้ำได้ดี และให้สารละลายที่มีความข้นหนืด ไม่ให้รสหวาน หากใช้ในปริมาณสูงจะมีรสขม มี pH 2.5-3.5 สามารถใช้แทนไขมันบางส่วนในผลิตภัณฑ์อาหาร ช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสัมผัส รวมทั้งช่วยลดความชื้น และช่วยชะลอการเกิด staling ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ โพลีเดกซ์โตรสจะถูกย่อยได้เพียงบางส่วนในร่างกายให้พลังงาน 1 กิโลแคลอรีต่อกรัม ดังนั้นจะช่วยลดพลังงานจากซูโครสได้ร้อยละ 25 หรือลดพลังงานจากไขมันได้ร้อยละ 11 นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เค้ก ขนมปัง โคนัท น้ำสลัด ไอศกรีม เป็นต้น (John and Brett, 2004; Oregon State University, 2005) แต่มีข้อจำกัดเนื่องจากจะไปเพิ่มปริมาณน้ำในลำไส้เล็กช่วงล่าง จึงมีผลทำให้ท้องเสียได้ที่ปริมาณโพลีเดกซ์โตรส 90 กรัมต่อวัน ดังนั้นอาหารที่มีโพลีเดกซ์โตรสมากกว่า 15 กรัมต่อ 1 หน่วยบริโภคจะต้องระบุค่าเตือนบนฉลากด้วย (มาลี, 2538; มลศิริ, 2545; John and Brett, 2004)

3.2.1.5 Z-trim เป็นสารทดแทนไขมันที่ไม่ให้พลังงาน ได้จากส่วนเซลลูโลสของเปลือกข้าวโอ๊ต ถั่วเหลือง ข้าวสาลี ข้าวโพด หรือข้าวเจ้า ผ่านการทำให้บริสุทธิ์และบดละเอียด เมื่อนำน้ำสามารถอุ้มน้ำเกิดเป็นเจลได้ ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เนยแข็ง เนื้อแปรรูป เป็นต้น (มลศิริ, 2545; Kathryn and John, 2004; Industrial Manufactory, 2005)

3.2.1.6 มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) จัดเป็นสารผสมอาหารกลุ่ม GRAS ไม่มีความหวาน สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหาร ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม ได้จากการย่อยสลายแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง ด้วยเอนไซม์หรือกรด เป็นสารโพลีเมอร์ของน้ำตาลที่ประกอบด้วย D-glucose units เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  และเมื่อนำไปใช้เป็นสารทดแทนไขมันจะใช้ในรูปของ gel หรือ sol โดยมีอัตราส่วนของน้ำ : Maltodextrin คือ 3:1 จึงให้พลังงานเพียง 1 กิโลแคลอรีต่อกรัม และมีค่า Dextrose Equivalent (D.E.) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 ใช้เป็นสารทดแทนไขมันได้เพราะให้ความหนืด ช่วยจับน้ำไว้ในโครงสร้าง ช่วยให้เกิดความชื้นในปาก (เพ็ญศรี, 2541; มลศิริ, 2545; Inglett and Grisamore, 1991; Kathryn and John, 2004) การจำแนกประเภทของมอลโตเดกซ์ทรินโดยทั่วไปมักพิจารณาค่า D.E. เป็นหลัก ค่า D.E. ที่แตกต่างกันทำให้มอลโตเดกซ์ทรินที่มีสมบัติทางกายภาพที่ต่างกัน นอกจากการใช้ค่า D.E. ซึ่งแสดงถึงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในผลิตภัณฑ์เป็นดัชนีในการบ่งชี้สมบัติของมอลโตเดกซ์ทรินแล้ว การวัดปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่มีค่า Degree of Polymerization (D.P.) เป็นการวัดอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ในการจำแนกประเภทของมอลโตเดกซ์ทริน เนื่องจากสมบัติทางเคมีกายภาพของมอลโตเดกซ์ทรินนั้นขึ้นกับสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน เมื่อค่า D.E. ของมอลโตเดกซ์ทรินสูงขึ้น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่มีค่า D.P. ต่ำ ๆ จะสูงขึ้น ทำให้การละลายของมอลโตเดกซ์ทรินดีขึ้น (จิรารัตน์, 2537)



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างของมอลโตเตทราซิน

ที่มา: Brenda Enzyme Information System (2006)

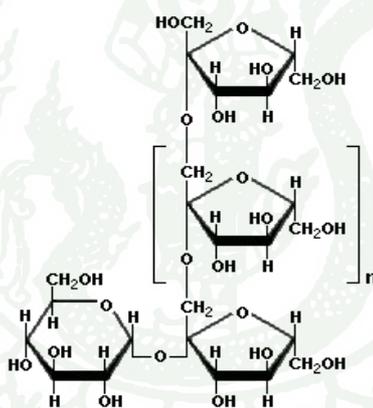
3.2.1.7 Oatrim ได้จากการย่อยสลายเปลือกหรือรำข้าวโอ๊ต โดยกระบวนการ conversion ของ  $\alpha$ -amylase ในแป้งข้าวโอ๊ตเปลี่ยนเป็น amyloextrins เมื่อผ่านเอนไซม์จะได้ soluble fiber เรียกว่า  $\beta$ -glucan ซึ่งจะรวมตัวกับ amyloextrins เป็น  $\beta$ -glucan-amyloextrins เรียกว่า oatrim (Inglett, 1995) ถ้าใช้ในรูปผงจะให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม ถ้าทำให้อุดน้ำ 3 เท่า ก่อนนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันจะให้พลังงานเพียง 1 กิโลแคลอรีต่อกรัม มีค่า D.E. ต่ำเพียง 3.0-5.0 ให้ความมันเหมือนอาหารนั้นมีไขมัน สามารถใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมหวาน เนื้อแปรรูป ถ้าใช้ในรูปเจลจะมีลักษณะคล้ายไขมัน (shortening or fat like gel) ในลักษณะปรากฏ ความหนืด รสชาติ รวมทั้งเนื้อสัมผัส และความรู้สึกจากการกิน (มลศิริ, 2545; Inglett, 1995; Kathryn and John, 2004)

3.2.1.8 อินูลิน (Inulin หรือ oligofructose หรือ polyfructans) พบได้ในพืชและผลไม้ เช่น รากชิคอรี่ (chicory root) หัวพืชตระกูลรักเร่ (dahlia tuber) และเยรูซาเลม อาร์ติโชก (Jerusalem artichoke) เป็นต้น ส่วนใหญ่ได้จากรากชิคอรี่ซึ่งมีปริมาณอินูลินร้อยละ 15-20 โพลีเมอร์ของคาร์โบไฮเดรตชนิดนี้ประกอบด้วยโมเลกุลของฟรุกโตส 22-60 โมเลกุลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ  $\beta(1 \rightarrow 2)$  และมีโมเลกุลของกลูโคสอยู่บริเวณปลายต่อกับพันธะ  $\alpha(1 \rightarrow 2)$  ซึ่งมีค่า D.P.

อยู่ในช่วง 3-250 ขึ้นอยู่กับชนิดพืช เวลาในการเก็บเกี่ยว และกระบวนการผลิต (มลศิริ, 2545; ปริญา, 2547; Roberfloid, 1999; Kathryn and John, 2004) ตัวอย่างที่ใช้ทางการค้า ได้แก่ Frutafit<sup>®</sup> inulin จาก Sensus สกัดจากรากชิคอรี่ นำมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์และอบแห้งเป็นผง (spray dried) (Gibson, 1994) อินูลินที่ผลิตได้ และมีค่าเฉลี่ยในช่วง 9-25 มีทั้งชนิดสายยาว (long-chain inulins) ได้แก่ Frutafit<sup>®</sup> TEX เป็นอินูลินที่มีความยาวของเส้นใยสูง และชนิดสายสั้น (short-chain inulins) ซึ่งเตรียมจากน้ำตาลซูโครส และใช้เอนไซม์ fructosyltransferases ย่อยหรือเตรียมจาก endo-inulinase จากอินูลินธรรมชาติ (Diederick, 2004) อินูลินละลายน้ำได้ดีโดยเฉพาะในน้ำร้อน (Tanya, 2002) ละลายได้เพียงเล็กน้อยในน้ำเย็นและแอลกอฮอล์ (Paul, 1997) มีความคงตัวสูง รสชาติหวานเล็กน้อย และไม่มีผลข้างเคียงต่อระบบประสาทสัมผัส (สุจิตตา, 2546) Kim *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดเจลของอินูลิน พบว่าด้านคุณสมบัติการละลายน้ำ อินูลินไม่ละลายที่อุณหภูมิ 25 °C และเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การละลายจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้อินูลินผงละลายในน้ำถ้าปริมาณอินูลินน้อยกว่าร้อยละ 5 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) จะไม่แสดงโครงสร้างเจล ซึ่งช่วงที่ดีที่สุดของการเกิดเจลคือความเข้มข้นร้อยละ 20-30 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 80-90 °C เป็นเวลา 3-5 นาที ที่ pH 6-8 และทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

อินูลินเป็นแหล่งเส้นใยและมีคุณสมบัติในด้านการปรับปรุงรสชาติ และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ สามารถทดแทนไขมันเพราะให้ความข้นหนืดและความมันเหมือนครีม (มลศิริ, 2545; ปริญา, 2547; Roberfloid, 1999) อินูลินถูกนำมาใช้เพื่อประโยชน์เชิงเทคนิคและเสริมสร้างโภชนาการที่ดีให้ผลิตภัณฑ์อาหารและได้รับความนิยมมากขึ้น ประโยชน์ในเชิงเทคนิค ได้แก่ การนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมันและน้ำตาล โดยใช้ร่วมกับสารให้ความหวานประเภทที่มีความเข้มข้นสูง (high intensity sweeteners) ใช้เป็นสารเพิ่มปริมาตร (bulking agent) ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีพลังงานต่ำ ใช้เป็นสารเชื่อมเนื้อและสร้างลักษณะเนื้อสัมผัสให้กับอาหาร นอกจากนี้ยังอาจใช้เป็นสารยึดเกาะและเติมเต็มสำหรับการอัดเม็ด ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้อินูลินกับอาหารหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์นม ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ขนมหวาน ผลิตภัณฑ์ทาขนมปังแบบ spread ซึ่งมีไขมันต่ำหรือปราศจากไขมัน สำหรับประโยชน์ด้านคุณค่าทางโภชนาการพบว่า อินูลินเป็นพรีไบโอติก (pre-biotic) ช่วยการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในทางเดินอาหาร อินูลินจะต่อต้านกระบวนการย่อยและไฮโดรไลซิสภายในกระเพาะและลำไส้เล็กของร่างกายมนุษย์ ดังนั้น อินูลินจะถูกขับเข้าสู่ลำไส้ใหญ่โดยตรง และจะถูกหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์เกิดเป็นกรดไขมันสายสั้น (SCFA) เช่น acetate, propionate และ butyrate ภายในบริเวณลำไส้ใหญ่ตอนต้น (caecum หรือ proximal colon) และกรดไขมันสายสั้นเหล่านี้ ร่างกายจะนำไปใช้โดยผ่านกระบวนการทาง

เมทาบอลิซึมเพื่อสร้างแหล่งพลังงาน อินูลินจะให้พลังงานเพียง 1.5 กิโลแคลอรีต่อกรัมเมื่อเทียบกับฟรุกโตสซึ่งให้พลังงาน 3.9 กิโลแคลอรีต่อกรัม อินูลินจะถูกหมักโดย *Bifidobacterium* และ *Lactobacillus* ดังนั้นการบริโภคอินูลินจะเป็นการช่วยเพิ่มแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในบริเวณลำไส้ (Gibson, 1995; Kruse, 1999; Diederick, 2004; Oreopoulou, 2006) ร่างกายต้องการได้รับอินูลินในปริมาณ 5-20 กรัมต่อวัน (Roberfroid, 1998) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนเชื้อเริ่มต้นของ *Bifidobacterium* ในแต่ละบุคคล ถ้ามีระดับต่ำก็ต้องบริโภคอินูลินในปริมาณที่สูงขึ้น กระบวนการทางเมทาบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจนของอินูลินไม่เพียงแต่สร้างกรดไขมันสายสั้นเท่านั้น แต่ยังสามารถสร้างแก๊สบางชนิด (โดยเฉพาะไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์) ซึ่งจะเกิดกับสารใดก็ได้ที่สามารถหมักได้เมื่อเข้าสู่ลำไส้ใหญ่ ซึ่งการเติมอินูลินในปริมาณ 15-20 กรัมต่อวันจะมีผลให้กระเพาะอาหารมีแก๊สมากผิดปกติ แต่ไม่ทำให้เกิดอาการอื่น เช่น ท้องอืด เสียดท้อง และไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความสม่ำเสมอและความถี่ของการถ่ายอุจจาระ (Causey, 2000)



$n = \text{approx. } 35$

ภาพที่ 2 สูตรโครงสร้างของอินูลิน

ที่มา: Antonio (2005)

ตารางที่ 3 ตัวอย่างสารทดแทนไขมันชนิด Carbohydrate-based fat replacers

Replacer	Trade name (Developers)	Conc. Used (%solid)	Special features
- Corn starch	Steller <sup>TM</sup> (A.E.Staley)		Acid hydrolyzed; forms miroparticulate gel; extends life in laminated pastries up to 2 weeks
- Potato maltodextrin	Paselli SA2 (Avebe America Inc.)	>20	Enzymatically hydrolyzed; used in dips dressing, frozen desserts, and bakery products
- Tapioca dextrin	N-Oil <sup>®</sup> , Instant N-Oil <sup>®</sup> (National Starch & Chemical)	20-35	Used for frozen desserts, salad dressings
- Tapioca maltodextrin	Instant N-Oil <sup>®</sup> II (National Starch & Chemical)	30-40	
- Waxy corn maltodextrin	N-Lite <sup>TM</sup> B (National Starch & Chemical)	25-30	Used as gel in laminated doughs; extends shelf life and replaces up to 100% shortening
- Polymer of dextrose, sorbitol, citric acid	Polydextrose (Pfizer)		

ที่มา: มาลี (2538); Frye and Setser (1993)

3.2.2 สารทดแทนไขมันจากโปรตีน (Protein-based fat replacers) เป็นสารทดแทนไขมันที่ได้มาจากโปรตีนนม ไข่ ถั่วเหลือง ข้าวสาลี หรือเจลาติน (Giese, 1996) ที่ผ่านกระบวนการ microparticulation (shear under heat) ซึ่งผ่านความร้อนทำให้โปรตีนตกตะกอน และผ่านการ blending และ shearing เพื่อทำให้โปรตีนเป็นเม็ดเล็ก กลมผิวเรียบ ขนาดที่เล็กมากทำให้ลิ้นไม่สามารถรู้สึกว่ามีลักษณะเป็นเม็ด แต่ให้ความรู้สึกว่าเป็นของเหลว มีความมัน ลื่นเหมือนครีม (ball bearing property) (Marshall and Arbuckle, 1996; Akoh, 1998) ผลิตภัณฑ์นี้มีชื่อทางการค้าว่า Simplese ผลิตโดยบริษัท NutraSweet Kelco Co. ได้รับอนุญาตจาก FDA ให้ใช้เป็นสารผสมอาหารในกลุ่ม GRAS ในปี 1990 และในปี 1994 อนุญาตให้ใช้แทนไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน แซ่แข็ง โยเกิร์ต เนยเทียม เนยแข็ง ครีมเปรี้ยว น้ำสลัด และอาหารอื่นที่ไม่ผ่านการอบหรือทอด เพราะ Simplese เป็นโปรตีนเมื่อได้รับความร้อนสูงจะเสียสภาพได้ ด้านพลังงานจะให้ 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม แต่ในการใช้จริง Simplese จะอยู่ในสภาพ hydrated protein โดยโปรตีน 1 กรัม และน้ำ 2 กรัม สามารถทดแทนไขมัน 3 กรัม ดังนั้นจะได้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีแทน 27 กิโลแคลอรี (มลศิริ, 2545; Akoh, 1998)

3.2.3 สารทดแทนไขมันจากไขมัน (Fat-based or Lipid-based fat replacers) เป็นสารทดแทนไขมันจากกรดไขมันเป็นกลุ่มที่มีคุณสมบัติคล้ายไขมันมากกว่าสารทดแทนไขมันชนิดอื่น เนื่องจากมีโครงสร้างคล้ายไขมัน โดยกรดไขมันบางตัวในโครงสร้างของไขมันถูกเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการทางเคมี ทำให้ร่างกายไม่สามารถย่อยและดูดซึมได้ จึงไม่ให้พลังงาน (ประเสริฐ, 2543; มลศิริ, 2545) สารทดแทนไขมันที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ ได้แก่

3.2.3.1 ซูโครส โพลีเอสเทอร์ (Sucrose fatty acid polyester-SPE) สารนี้มีชื่อทั่วไปว่า Olestra และมีชื่อทางการค้าว่า Olean คุณสมบัติของ Olestra ขึ้นกับชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ ไม่ให้พลังงานเพราะไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ไลเปส ทำให้ไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย (Gershoff, 1995; Akoh, 1998) ในปี 1996 คณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration, USFDA of FDA) ได้อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านความร้อนสูง การอบ การทอด เช่น มันฝรั่งทอด ชีสพาย แครกเกอร์ เป็นต้น (Anonymous, 1990; Akoh, 1998) ทำให้อาหารมีพลังงานลดลง แต่การที่ไม่ถูกดูดซึมและเคลื่อนที่ผ่านไปสู่ลำไส้ใหญ่โดยไม่เปลี่ยนแปลงจะมีผลทำให้สารที่ละลายในไขมัน โดยเฉพาะวิตามิน ไม่ถูกดูดซึมไปด้วย และยังพบว่า การบริโภค Olestra มากเกินไปจะทำให้อุจจาระเหลว จึงกำหนดให้มีการระบุฉลากของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สารทดแทนไขมันชนิดนี้ (มลศิริ, 2545; Akoh, 1998)

3.2.3.2 ซูโครส เอสเตอร์ (Sucrose fatty acid esters) เป็นสารทดแทนไขมันที่คล้ายกับ Olestra มีคุณสมบัติเป็น emulsifier คือมีทั้งส่วนที่เป็น lipophilic คือส่วนที่เป็นกรดไขมัน และส่วนที่เป็น hydrophilic คือ hydroxyl groups (มลศิริ, 2545)

3.2.3.3 คาร์โบไฮเดรต เอสเตอร์ และ โพลีออล เอสเตอร์ (Carbohydrate fatty acid esters and polyol fatty acid esters) เป็นสารทดแทนไขมันที่มีกรดไขมันต่อกับคาร์โบไฮเดรตหรือต่อกับสาร polyols เช่น trehalose, raffinose, stachyose, sorbitol เป็นต้น ตัวอย่างเช่น Sorbestrin ผลิตโดยบริษัท Pfizer เป็น Sorbitol polyesters ซึ่งมีกรดไขมัน 3-5 โมเลกุลมาต่อกับ sorbitol ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในขนมอบ น้ำสลัด และอาหารทอดได้ (มลศิริ, 2545)

3.2.3.4 อิมัลซิฟายเออร์ (Emulsifiers) สารทดแทนไขมันที่มีคุณสมบัติทั้ง hydrophilic และ lipophilic ตัวอย่างเช่น lecithin, mono- or diglycerides, sucrose fatty acid esters, sodium stearoyl-2-lactylate, polyglycerol esters เป็นต้น ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในขนมอบ เนยเทียม นม ขนมหวานต่าง ๆ เป็นต้น (Frye and Setser, 1993; Calorie Control Council, 2004)

3.2.3.5 Structured lipids เป็นสารทดแทนไขมันที่มีโครงสร้างเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่มีทั้งกรดไขมันทั้งชนิดสายสั้น สายกลาง และสายยาว กับ -OH ของ glycerol (มลศิริ, 2545) ได้แก่ Medium chain triglycerides (MCTs), Caprenin และ Salatrim

### 3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมอบ

Leslie (1999) ศึกษาการใช้มอลโตเดกซ์ทริน เพื่อทดแทนไขมันในเค้ก (High-ratio white -layer cake) โดยนำมอลโตเดกซ์ทรินเจล (Maltodextrin gel) เป็นสารทดแทนไขมันร่วมกับ High-Fructose Corn Syrup-90 (HFCS-90) ซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวาน โดยใช้มอลโตเดกซ์ทรินเจลแทนที่ส่วนไขมันปริมาณร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีผลทำให้ปริมาตรลดลง มีความหยาบมากและความหวานน้อยลง จากการทดสอบทั้งด้านกายภาพและด้านประสาทสัมผัส สรุปได้ว่าการผลิตเค้กผู้บริโภครอบรับได้สามารถใช้มอลโตเดกซ์ทรินเจลแทนที่ไขมันได้จนถึงร้อยละ 75 ร่วมกับ HFCS-90

Elizabeth and Eimear (2001) ศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบที่นำมาทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เพสตรี (พายร่วน) โดยสารทดแทนไขมันที่ใช้ได้แก่ Gelite, N-Lite D และ Pectose Paste พบว่า Gelite และ Pectose Paste ทำให้โคยึดหยุ่น ง่ายต่อการรีดแผ่น แต่ N-Lite D ทำให้โคเปราะ และร่วน หลังการอบพบว่าพายที่มี Gelite และ Pectose Paste ให้ลักษณะดีกว่าพายสูตรที่มีไขมันเต็ม (สูตรควบคุม) เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Ranking Preference พบว่าผู้ชิมจัดลำดับความชอบทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางและพายที่มี Gelite และ Pectose Paste จะแข็งมากขึ้น แต่ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏและกลิ่นรส

Praznik (2002) ศึกษาผลของการเติมอินูลินในการผลิตขนมปัง พบว่า (1) คุณสมบัติการรวมตัวกับน้ำของอินูลินจะทำให้ความหนืดของโดขนมปังเปลี่ยนแปลงไป ในช่วงเวลาหมักหลังการนวดแป้ง 60 นาที โดขนมปังอ้างอิงที่ไม่มีการเติมอินูลินลงไปเปรียบเทียบกับโดที่มีการเติม Frutafit® inulin ลงไปร้อยละ 5 มีทั้งการเติมลงไปผสมกับแป้งโดยตรงและเติมหลังจากนวดแป้งไปแล้ว 5 นาที ซึ่งโดที่เติมอินูลินจะมีความหนืดเล็กน้อย ทำให้ปริมาณของขนมปังลดลงไปบ้าง แต่สามารถปรับปรุงได้ด้วยการเติมยีสต์ลงไปหรือใช้ wheat gluten เพื่อให้ขนมปังมีปริมาตรเท่ากับขนมปังที่ผลิตจากโดอ้างอิง (2) อินูลินมีคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยารีดิวซ์ (reducing power) จึงอาจไปเพิ่มการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (maillard reaction) ในขนมปังได้ ซึ่งการลดอุณหภูมิหรือเวลาที่ใช้ในการอบจะช่วยป้องกันไม่ให้เปลือกขนมปังเกิดสีน้ำตาลที่เข้มเกินไป (3) ยีสต์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมปังจะใช้เอนไซม์อินเวอร์เทส (invertase) ย่อยน้ำตาลและมีการไฮโดรไลซ์โมเลกุลอินูลินสายสั้นจึงอาจเกิดความเสียหายที่ อินูลินจะสูญหายไปในช่วงการหมักให้ขึ้นฟู (rising process) ซึ่งอยู่กับเวลาในการหมัก ความเข้มข้นของยีสต์ และชนิดของอินูลิน พบว่าการสูญเสียอินูลินจะน้อยมากเมื่อมีการใช้อินูลินธรรมชาติ (Frutafit® IQ) หรืออินูลินสายยาว (Frutafit® TEX) การเสริมอินูลินประเภทสายยาวจึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดในการเสริมเส้นใยอาหารลงไป ขนมปัง

Zoulias *et al.* (2002) ได้ใช้สารทดแทนไขมันจากคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ โพลีเดกซ์โตรส (Litesse), มอลโตเดกซ์ทริน (C\*delight MD01970), ผลิตภัณฑ์จากข้าวโอ๊ต (dairytrim) และอินูลิน (Raftiline) ส่วนสารทดแทนไขมันจากโปรตีน ได้แก่ ซิมเพลส (Simplese Dry 100) นำมาทดแทนไขมันในคุกกี้สูตรควบคุมที่ระดับร้อยละ 11.5, 23.0, 35.0 และ 50 ทำรูปร่างมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตรหนา 3 มิลลิเมตร เมื่ออบสุกทิ้งไว้เย็นที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง แล้วเก็บเข้าถุง PVC เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นวิเคราะห์เนื้อสัมผัสโดยใช้แรงกด (compression test) พบว่าถ้าเพิ่ม

โพลีเดกซ์โตรสหรือ dairytrim จะทำให้คุกกี้แข็ง แต่ถ้าเพิ่มมอลโตเดกซ์ทริน, ซิมเพลส หรืออินูลิน จะให้ผลตรงกันข้ามซึ่งคุกกี้ไขมันต่ำนี้จะนุ่มขึ้นและแตกเปราะได้ง่าย

O'Brien *et al.* (2003) ศึกษาผลของสารทดแทนไขมันได้แก่ อินูลินผง (Inulin powder) อินูลินเจล (Inulin gel) และซิมเพลส (Simplese) ที่มีต่อคุณสมบัติของก้อนโดและคุณภาพของขนมปังจากแป้งสาลี พบว่าการเติมอินูลินเจลจะเพิ่มการดูดน้ำ ขนมปังสูตรควบคุมและที่เติมอินูลินเจลจะให้ปริมาตรใกล้เคียงกันซึ่งจะมีปริมาตรมากกว่าขนมปังที่เติมซิมเพลสและอินูลินผง ขนมปังที่เติมอินูลินเจลจะมีคุณภาพใกล้เคียงกับขนมปังสูตรควบคุม ซึ่งการใช้อินูลินเจลร้อยละ 2.5 จะเป็นสารทดแทนไขมันที่มีประสิทธิภาพที่สุด

Pimdit *et al.* (2008) ศึกษาผลการใช้สารทดแทนไขมันต่อคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของพายชั้นลดไขมัน โดยศึกษาสารทดแทนไขมันจากคาร์โบไฮเดรตได้แก่ มอลโตเดกซ์ทรินเจล (Maltodextrin gel) และผงเซลลูโลส (Powdered cellulose) สารทดแทนไขมันจากโปรตีน ได้แก่ โปรตีนเวย์ (WPC-80%) และสารทดแทนไขมันจากไขมัน ได้แก่ Salatrim พบว่า Salatrim ทำให้พายชั้นมีลักษณะปรากฏที่ดีแต่มีกลิ่นคล้ายยาง ส่วนโปรตีนเวย์ มอลโตเดกซ์ทรินเจล และผงเซลลูโลสทำให้พายชั้นมีความแน่นและการเกิดชั้นน้อยกว่าพายชั้นสูตรไขมันเต็ม เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า มีไขมันร้อยละ 12.88-15.86 และค่าพลังงาน 318.73-348.80 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ซึ่งต่ำกว่าพายชั้นสูตรไขมันเต็ม ในขณะที่ค่าความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีของพายชั้นลดไขมันสูงกว่าพายชั้นสูตรไขมันเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า พายชั้นลดไขมันได้รับคะแนนความชอบต่ำกว่าพายชั้นสูตรไขมันเต็ม ซึ่งพายไขมันลดไขมันที่ใช้มอลโตเดกซ์ทรินเจลได้รับคะแนนสูงกว่าพายชั้นลดไขมันตัวอย่างอื่น

เนตรนภิส และคณะ (2541) ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมัน Oatrim-5 ในการทำขนมอบและขนมไทย โดยนำสารละลาย Oatrim-5 ร้อยละ 15 แทนกะทิในขนมไทย สามารถใช้ Oatrim-5 ระหว่างร้อยละ 60-100 คือ ขนมหม้อแกง (80% Oatrim-5) ถั่วกวน (100% Oatrim-5) และสังขยาทาขนมปัง (100% Oatrim-5) ขณะที่การใช้เจลของ Oatrim-5 ร้อยละ 25 ทดแทนเนยสดในขนมอบสามารถใช้ Oatrim-5 ระหว่างร้อยละ 50-70 คือ คุกกี้ข้าวเม่า (60% Oatrim-5) เค้กกล้วยหอม (70% Oatrim-5) และบราวนี่ (70% Oatrim-5) ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้ง 6 ชนิดที่พัฒนาขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐานมีปริมาณไขมันรวม ไขมันอิ่มตัว และคอเลสเตอรอลลดลงระหว่างร้อยละ 25.19-95.08

ขนมไทยมีปริมาณไขมันอิ่มตัวลดลงต่ำกว่า 1 ใน 3 ของสูตรมาตรฐาน ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่เติม Oatrim-5 ระดับต่าง ๆ จะมีคุณลักษณะ สี กลิ่น รสชาติไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $\alpha=0.05$ ) แต่มีผลต่อเนื้อสัมผัส ทำให้ความนุ่มลดลง เช่น คุกกี้ และถั่วงวน ขณะที่เค้กกล้วยหอมและบราวนี่มีความชื้นสูง การเลือกชนิดผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ Oatrim-5 เป็นส่วนผสมเพื่อทดแทนไขมันให้ได้อาหารพลังงานหรือไขมันต่ำควรพิจารณาถึงความชื้นของผลิตภัณฑ์ต้องมากกว่าร้อยละ 20 ขณะเดียวกันควรมีส่วนผสมของธัญชาติ ถั่ว หรือพืชหัวบางชนิดเพื่อเพิ่มความชื้นให้มีความนุ่มยิ่งขึ้น

เพ็ญศรี (2541) ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบและสารอิมัลซิฟายเออร์ในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ โดยใช้สารอิมัลซิฟายเออร์ 3 ชนิดคือ ซูโครสเอสเทอร์ โมโนกลีเซอไรด์ และโพลีซอร์เบต 60 และใช้สารทดแทนไขมัน 3 ชนิดคือ โพลีเดครทอสโมลโตเดคซ์ทริน และ N-Lite B<sup>®</sup> พบว่า เค้กเนยที่ใช้ซูโครสเอสเทอร์ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์มีคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าเค้กเนยที่ใช้สารอิมัลซิฟายเออร์อื่น สำหรับการแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันทำให้คะแนนการยอมรับของเค้กเนยลดลงเมื่อระดับการแทนที่เพิ่มขึ้น พบว่าสามารถแทนที่ไขมันด้วยมอลโตเดคซ์ทรินได้ถึงร้อยละ 60 โดยน้ำหนักไขมัน โดยมีปริมาตรและคะแนนการยอมรับรวมสูงกว่าเค้กเนยที่ใช้สารทดแทนไขมันอื่น ส่วนสถานะที่เหมาะสมในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำโดยใช้สารอิมัลซิฟายเออร์ร่วมกับสารทดแทนไขมันด้วย Response Surface Methodology คือใช้ซูโครสเอสเทอร์ร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนักแป้งเป็นสารอิมัลซิฟายเออร์ร่วมกับมอลโตเดคซ์ทรินแทนที่ไขมันที่ร้อยละ 52 โดยน้ำหนักไขมันเมื่อวิเคราะห์ห่อหุ้มประกอบทางเคมี พบว่ามีความชื้นร้อยละ 18.12 โปรตีนร้อยละ 5.63 ไขมันร้อยละ 8.33 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 62.27 เถ้าร้อยละ 0.15 และค่าพลังงาน 346 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ซึ่งสามารถลดไขมันลงร้อยละ 48.38 และมีพลังงานลดลงร้อยละ 15.17 เมื่อเทียบกับสูตรควบคุมในการระหว่างการศึกษาพบว่าเค้กเนยสูตรควบคุมและเค้กเนยแคลอรีต่ำเก็บได้นานที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน และอย่างน้อย 5 วัน ที่อุณหภูมิในตู้เย็นโดยไม่เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงในระหว่างเก็บพบว่าปริมาณความชื้นลดลง ค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และปริมาณแบคทีเรีย รา ยีสต์เพิ่มขึ้น

ศิริวงศ์ (2548) ศึกษาการพัฒนาเค้กเนยลดไขมันและโคเลสเตอรอลโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design ศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณโปรตีนที่ทดแทนไขไก่ ปริมาณอินูลินที่ทดแทนเนยสด และกลีซินเนย และหาสูตรที่เหมาะสมโดยใช้เทคนิค RSM พบว่าสามารถใช้อินูลินทดแทนเนยสดได้ร้อยละ 63 และใช้โปรตีนเวย์ทดแทนไขไก่ร้อยละ 55 ซึ่งเค้กที่

ได้มีปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลลดลงจากสูตรพื้นฐานร้อยละ 58.37 และ 60.54 ตามลำดับ มีกรดไขมันอิ่มตัว 1.91 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ซึ่งผู้บริโภครู้สึกให้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลาง

#### 4. สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (Intense Sweeteners or Sugar Replacers)

สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (Intense sweeteners or sugar replacers) เป็นสารให้รสหวานคล้ายน้ำตาลทรายแต่มีพลังงานน้อยกว่าหรือไม่ให้พลังงาน ซึ่งมีการนำมาใช้แทนส่วนของน้ำตาลทรายในอาหารที่มีน้ำตาลมาก ทำให้ผู้บริโภคมีทางเลือกในการบริโภคอาหารที่มีความหวานโดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับพลังงาน

##### 4.1 คุณสมบัติของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (มลศิริ, 2545)

ในปัจจุบันยังไม่มีสารให้ความหวานใดที่มีคุณภาพครบถ้วน จึงอาจจำเป็นต้องใช้หลายชนิดร่วมกัน (mixed blend) หรือใช้น้ำตาลปริมาณน้อยร่วมกับสารทดแทนน้ำตาล ซึ่งสารที่ใช้ทดแทนน้ำตาลเพื่อผลิตอาหารพลังงานต่ำควรมีคุณสมบัติดังนี้

- 4.1.1 มีพลังงานน้อยกว่า 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม หรือไม่ถูกดูดซึมจึงไม่ให้พลังงาน
- 4.1.2 ผลิตจากวัตถุดิบและใช้กระบวนการผลิตที่ปลอดภัย
- 4.1.3 ให้ความหวานเท่ากับหรือมากกว่าน้ำตาลซูโครส และไม่มีสี กลิ่น รสชาติอื่น หรือทำให้อาหารเปลี่ยนสี กลิ่น หรือรสเป็นในทางที่ไม่พึงประสงค์
- 4.1.4 มีหน้าที่ในอาหารเหมือนน้ำตาล เช่น ทำให้เกิดสีน้ำตาล เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการหมัก เพิ่มกลิ่นรส ลดอุณหภูมิเยือกแข็ง ควบคุมการเคลื่อนที่ของน้ำ ทำให้เกิดแรงดันออสโมติก ให้ความหวาน ทำให้อาหารนุ่ม ให้ความหนืดและให้ปริมาตรแก่อาหาร มีความปลอดภัย ไม่ทำให้ฟันผุ และมีราคาไม่สูงกว่าน้ำตาลทรายมากเกินไป

## 4.2 ชนิดของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

วัตถุที่ให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่นิยมใส่นำอาหารสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สารสังเคราะห์ให้ความหวาน และ โพลีออล

4.2.1 สารสังเคราะห์ให้ความหวาน (Artificial sweeteners) เป็นสารสังเคราะห์ที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต และไม่มีคุณค่าทางโภชนาการหรือมีน้อยมาก สารกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 200-300 เท่า อาจเรียกรวมกันว่า น้ำตาลเทียม ซึ่งไม่ควรให้เด็กรับประทานอาหารที่ใช้วัตถุให้ความหวานทดแทนน้ำตาล เนื่องจากเป็นวัยกำลังเจริญเติบโต มีความต้องการสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และถ้าบริโภคปริมาณมากจะได้รับผลกระทบต่อร่างกายมากกว่าผู้ใหญ่ สารที่ใช้ได้แก่ (มลศิริ, 2545; ศกถวรรณ, 2548; American Dietetic Association, 2004)

4.2.1.1 ซัคคาริน (Saccharin) หรือ ซันทาสกร มีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 300 เท่า ถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิสูง ได้มีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า เมื่อได้รับสารนี้ในปริมาณมาก จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ บางรายอาจมีอาการแพ้ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ผื่นเป็นผื่นแดง และอาจมีอาการชักได้

4.2.1.2 อะซีซัลเฟม เค (Acesulfame K หรือ acesulfame potassium) มีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครสประมาณ 200 เท่า ไม่ให้พลังงาน ไม่ทำให้ฟันผุ ทนความร้อน และการเปลี่ยน pH ได้ดี มีค่า ADI ไม่เกิน 9 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ซึ่งมีผลข้างเคียงคือ จะช่วยกระตุ้นการหลั่งอินซูลิน ทำให้น้ำตาลในเลือดต่ำ (hypoglycemia)

4.2.1.3 แอสปาร์เทม (Aspartame) มีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครสประมาณ 200 เท่า จัดเป็นสารประเภทโปรตีนที่ให้พลังงาน 4 กิโลแคลอรีต่อกรัม แต่ใช้ในปริมาณน้อยเพราะมีความหวานมาก จึงทำให้ได้รับแคลอรีน้อย และถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิสูง มีค่า ADI เท่ากับ 50 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เป็นสารที่กำลังนิยมในปัจจุบัน มีผลข้างเคียงเนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็น คือ ฟีนิลอลานีน (phenylalanine) เป็นส่วนประกอบ จึงถูกห้ามใช้ในผู้ป่วยที่เป็นโรคอันเนื่องมาจากความผิดปกติทางพันธุกรรมที่เรียกว่า ฟีนิลคีโตนูเรีย (phenylketonuria)

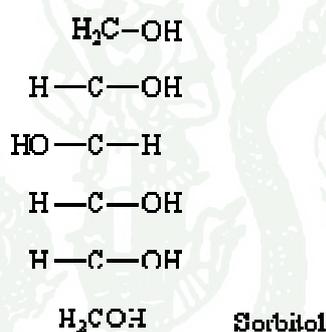
– PKU) ซึ่งร่างกายไม่สามารถสร้างเอนไซม์ phenylalanine hydroxylase ที่ใช้และกำจัดฟีนิลอลานีนได้ ร่างกายจึงเปลี่ยน ฟีนิลอลานีนเป็นสารพิษที่อันตรายต่อสมองซึ่งโรคนี้มักตรวจพบตั้งแต่วัยเด็ก

4.2.2 โพลีออล (Polyols) คือ น้ำตาลแอลกอฮอล์ (sugar alcohols) หรือโพลีไฮดริคแอลกอฮอล์ (polyhydric alcohol) เป็นสารที่ให้รสหวานได้จากกระบวนการเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) ในน้ำตาลทราย โดยมีนิกเกิลเป็นตัวเร่ง (catalyst) จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่ทำให้แคลอรีต่ำกว่าน้ำตาลซูโครส เพราะการดูดซึมสารกลุ่มนี้ในร่างกายจะช้ากว่าน้ำตาลทำให้ส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายก่อนที่จะดูดซึมเข้าไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย การใช้โพลีออลแทนน้ำตาลซูโครสมีข้อดีนอกจากจะช่วยให้ร่างกายได้รับแคลอรีต่ำแล้วยังไม่ทำให้ฟันผุ เพราะจุลินทรีย์ในปาก เช่น *Streptococcus mutans* ไม่สามารถใช้น้ำตาลแอลกอฮอล์ได้ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาคุณภาพของอาหารให้ดีขึ้น เช่น ไม่มีผลต่อการเกิด millard reaction จึงไม่เกิดสีน้ำตาลในขนมอบ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ ช่วยรักษาความชื้นในอาหาร ทำให้มีอายุการเก็บนานขึ้นเพิ่มความหนืดให้กับอาหาร เพิ่มปริมาตรให้แก่อาหาร และให้ความรู้สึกเย็นในปาก จึงเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารรวมถึงการแบ่งบรรจุด้วย สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่มีอินซูลินต่ำสามารถบริโภคโพลีออลได้ เพราะร่างกายจะใช้อินซูลินในการย่อยสลายน้อย แต่มีผลข้างเคียงที่กระทบต่อร่างกายคือโพลีออลจะมีฤทธิ์เป็นยาระบาย (laxative effect) เกิดแก๊ส ทำให้ท้องอืดเมื่อบริโภคสารกลุ่มนี้ในปริมาณมากต่อครั้งจะทำให้ท้องเสียได้ (กล้าณรงค์, 2542; มลศิริ, 2545; ศกถาวรณ, 2548; Calorie Control Council, 2003; American Dietetic Association, 2004; Aurora, 2005)

ชนิดของโพลีออล (Polyols) ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบและขนมหวานได้แก่

4.2.2.1 ซอร์บิทอล (Sorbitol) เป็น monosaccharide polyol ให้ความหวานประมาณ 0.5-0.6 เท่า หรือร้อยละ 50-60 ของน้ำตาลซูโครส ให้พลังงาน 2.6 กิโลแคลอรีต่อกรัม ซอร์บิทอลมีอีกชื่อหนึ่งตามสูตรโครงสร้างว่า D-glucitol และเมื่อพิจารณาเมตาบอลิซึมของซอร์บิทอลพบว่ามีความใกล้เคียงกับเมตาบอลิซึมของน้ำตาล โดยเมตาบอลิซึมของซอร์บิทอลจะเกิดขึ้นที่ตับและถูกดูดซึมผ่านเซลล์เยื่อบุลำไส้ด้วยวิธี passive diffusion การดูดซึมจะดำเนินไปอย่างช้า ๆ ดังนั้นถ้าร่างกายได้รับ ซอร์บิทอลจำนวนมากจะไม่สามารถเมตาบอลิซึมได้หมด ส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมจะผ่านไปทีลำไส้ใหญ่และเป็นสาเหตุของโรค osmotic diarrhea ระดับซอร์บิทอล

ที่เหมาะสมในการบริโภคคือ 15-20 กรัมต่อวัน ซึ่งเป็นระดับที่สามารถเมตาบอลิซึมได้หมด ไม่ถูกขับถ่ายออกมา (Emodi, 1982; Calorie Control Council, 2004) ซอร์บิทอลพบได้ตามธรรมชาติในผัก ผลไม้ หรืออาจผลิตจากน้ำตาลข้าวโพด (corn syrup) (ศกถาวรณ, 2548) ส่วนในทางการค้า นั้นซอร์บิทอลผลิตขึ้นโดยการไฮโดรจิเนทหรือการรีดิวซ์กลูโคส คุณสมบัติที่สำคัญของซอร์บิทอล ได้แก่ ความสามารถในการละลายน้ำ ความสามารถในการดูดความชื้น มีความคงตัวต่ออนุมูลอิสระ นอกจากนี้ซอร์บิทอลจัดอยู่ในรายชื่ออาหารกลุ่ม GRAS ดังนั้นจึงมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย เช่น การนำมาใช้ในอาหารสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคเบาหวานเนื่องจากซอร์บิทอลมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลและถูกดูดซึมในร่างกายได้ช้า การนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ เพื่อช่วยเก็บรักษาความชื้นให้ผลิตภัณฑ์มีความชุ่มชื้นตลอดการเก็บรักษา (Calorie Control Council, 2004) และยังมีการนำไปใช้ในขนมเปียะเพื่อลดระดับ วอเตอร์แอคทีวิตีเป็นผลให้ยืดอายุการเก็บรักษาได้ (ปิยะนุช, 2545)

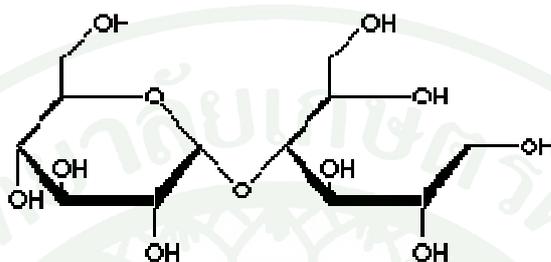


ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของซอร์บิทอล

ที่มา: Wikipedia (2006)

4.2.2.2 มอลติตอล (Maltitol) เป็น disaccharide polyol ให้ความหวานใกล้เคียงน้ำตาลซูโครส ประมาณ 0.7-0.8 เท่าหรือร้อยละ 70-80 ของน้ำตาลซูโครส ให้พลังงาน 2.1 กิโลแคลอรีต่อกรัม มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า 4-O-D-Glucopyranosyl-D-Glucitol ซึ่งมีสีขาว ไม่มีกลิ่น มีรสหวาน และสามารถใช้กับผู้ที่มีความอ้วน มอลติตอลจะไม่เพิ่มปริมาณกลูโคสในเลือดหรือระดับของอินซูลินเนื่องจากมอลติตอลจะถูกดูดซึมอย่างช้า ๆ ส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมจะผ่านสู่ลำไส้ใหญ่ และอาจทำให้ขับถ่ายมากขึ้น มอลติตอลจัดอยู่ในรายชื่ออาหารกลุ่ม GRAS สามารถใช้เป็นสารให้กลิ่นรส ปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของอาหาร เป็นตัวเก็บรักษาความชุ่มชื้นให้กับอาหาร

ให้ความชื้นและทำให้อยู่ตัวขึ้น มีระดับการใช้ในแฮมและเยลลี่ร้อยละ 55 ในลูกอมแบบนุ่มร้อยละ 85 ลูกอมแบบแข็งร้อยละ 99.5 ในคุกกี้และสปองจ์เค้กร้อยละ 30 (มลศิริ, 2545; ศกฉวรรณ, 2548; Roquette, 2003; Calorie Control Council, 2006)



ภาพที่ 4 สูตรโครงสร้างของมอลติคอส

ที่มา: Wikipedia (2006)

## 5. ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารลดพลังงาน

การผลิตอาหารลดพลังงานด้วยการลดไขมันหรือน้ำตาลจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งมวลและหน้าที่ของสารเหล่านี้ในอาหาร (มลศิริ, 2545) ไขมันมีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภคเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากมีผลต่อลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส ความรู้สึกในปาก และมีบทบาทหลายประการที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (Hatchwell, 1994 ; Kathryn and John, 2004) กลิ่นรสเป็นความรู้สึกร่วมกันทั้งความรู้สึกในปาก (เนื้อสัมผัส) รสชาติและกลิ่น ความรู้สึกในปากและรสชาติรับรู้ได้ในปาก ส่วนกลิ่นรสรับรู้ได้เมื่อสารให้กลิ่นรสถูกปลดปล่อยเข้าไปอยู่ในส่วนของ headspace ในปาก แล้วส่งผ่านไปยัง olfactory epithelium ในจมูก ซึ่งองค์ประกอบหลักของอาหารนั้น ไขมันและน้ำมันมีบทบาทต่อกลิ่นรสมากที่สุด (De Roos, 1997) ผู้ผลิตอาหารจะต้องเข้าใจบทบาทหน้าที่ของไขมันในอาหารนั้น และเมื่อลดปริมาณลงจะเกิดผลกระทบอย่างไรในผลิตภัณฑ์ และต้องหาสารใดบ้างเพื่อมาใช้ทดแทนส่วนที่หายไป ในปัจจุบันยังไม่มีสารทดแทนไขมันชนิดใดที่มีคุณสมบัติและหน้าที่เหมือนไขมันอย่างแท้จริงแต่ไม่ให้อาหารลดพลังงาน และยังไม่มีการใช้สารใดที่ให้ความหวานและหน้าที่เหมือนน้ำตาลทรายทุกประการ หรือสารที่มีความใกล้เคียงก็มักมีราคาแพง และการที่ต้องใช้สารหลายชนิดเพื่อทดแทนหน้าที่บางอย่างที่หายไป ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารลดพลังงานหลายชนิดยังคงมีราคาแพงกว่าอาหารทั่วไปจึงเป็นการยากที่จะทำให้ผู้บริโภคยอมรับแม้จะ

รู้ว่าช่วยลดพลังงานได้ โดยส่วนใหญ่อาหารลดพลังงาน ไม่ได้ผลิตเพื่อเด็กแต่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้ใหญ่ที่อ้วนหรือต้องการลดน้ำหนัก แต่เนื่องจากการผลิตในรูปแบบอาหารหลายชนิด รวมทั้งอาหารที่เด็กชอบรับประทาน เช่น ขนมหวาน ขนมอบ ไอศกรีม เครื่องดื่ม เป็นต้น ผู้ผลิตอาหารจึงควรพิจารณาความปลอดภัยและความจำเป็นที่ต้องผลิตอาหารลดพลังงานชนิดที่เด็กชอบรับประทานหรือควรมีข้อมูลเตือนผู้บริโภคที่มีอายุน้อย แต่เดิมนั้นการผลิตอาหารลดพลังงานมีเป้าหมายเพื่อช่วยให้ผู้บริโภคลดพลังงานที่ได้รับต่อวัน อาจเนื่องจากเมื่อบริโภคอาหารไขมันต่ำทำให้ผู้บริโภคหิวเร็วจึงบริโภคอาหารอื่นมากขึ้น หรือผู้บริโภคเห็นว่าได้รับประทานอาหารลดไขมันแล้วจึงไม่ระมัดระวังในการบริโภคอาหารอื่น ทำให้กินจุบจิบมากขึ้น (มลศิริ, 2545)

Terry (2001) ศึกษาเกี่ยวกับอุปสรรคในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมอบลดไขมัน โดยใช้การสัมภาษณ์แบบเผชิญหน้ากับกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมขนมอบ ได้แก่ ผู้แทนจำหน่ายวัตถุดิบ (8 ราย) ผู้ผลิต (12 ราย) และผู้ขาย (4 ราย) สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันต่ำจะต้องมีการกวดขันในการแสดงฉลากอย่างมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะยากในการผลิตและคุณภาพที่ได้ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์มาตรฐานทั่วไปทั้งเรื่องกลิ่นรส เนื้อสัมผัสและความรู้สึกในปาก การยอมรับด้านความสดมีน้อย และอาจมีอายุการเก็บที่สั้นกว่าด้วย ด้านผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นมีส่วนสัมพันธ์กับวัตถุดิบบางส่วนที่ใช้แทนไขมันและบุคคลเหล่านั้นมีความรู้จำกัดมีผลให้การพัฒนาหยุดชะงักลงได้ ทั้งนี้ยังไม่มีแหล่งความรู้ด้านนี้โดยตรง ด้านผู้บริโภคจะมีความเข้าใจว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบลดไขมันนั้นจะมีคุณภาพต่ำและโดยทั่วไปผู้บริโภคก็ไม่ต้องการจ่ายเงินเพิ่มขึ้นจากราคาผลิตภัณฑ์ขนมอบทั่วไป

อย่างไรก็ตามจากผลการสำรวจในประเทศอเมริกา พบว่าผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำหรือปราศจากไขมันที่มีขายในท้องตลาดมีส่วนช่วยลดปริมาณการบริโภคไขมันทั้งหมดใน 1 วันของคนอเมริกันลงได้ แม้ว่าจะไม่มีส่วนช่วยในการลดน้ำหนัก (Stubbs, 2001)

## 6. การใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน (Oxygen Absorber)

ออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์อาหารมีบทบาทต่อการเสื่อมเสียของอาหารทั้งด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ สามารถทำปฏิกิริยา oxidation กับสารประกอบในอาหาร เช่น ไขมัน วิตามิน ดังนั้นอาหารที่มีไขมันสูงหรือสูญเสียวิตามิน ได้ง่ายควรบรรจุภายใต้บรรยากาศที่ปราศจากก๊าซออกซิเจน ก๊าซออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ แบคทีเรียที่ชอบอากาศและเชื้อรา การบรรจุอาหารในสภาพไร้ก๊าซออกซิเจนหรือมีออกซิเจนต่ำกว่าร้อยละ 0.1 สามารถป้องกัน

การเสื่อมเสียคุณภาพอาหารจากจุลินทรีย์ได้ ก๊าซออกซิเจนยังมีผลต่อการเจริญและการฟักไข่ของ หนอนและแมลงต่าง ๆ และสามารถทำปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ทำให้คุณภาพ ด้านสีของอาหารลดลง (งามทิพย์, 2537) การกำจัดออกซิเจนออกจากบรรจุภัณฑ์จึงเป็นวิธีหนึ่ง ที่ช่วยรักษาคุณภาพของอาหารให้คงความสด การใช้ก๊าซเฉื่อย ( $N_2$ ,  $CO_2$ ) และสุญญากาศในการ บรรจุอาหารเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้กันในปัจจุบัน ต่อมาได้มีการพัฒนาสารดูดออกซิเจนขึ้นในประเทศ ญี่ปุ่นและใช้กันแพร่หลาย สารดูดออกซิเจนที่พัฒนาขึ้นมีหลายชนิดที่มีคุณสมบัติเป็นตัว ดูดออกซิไดซ์ สารที่นิยมใช้ในการผลิตและจำหน่ายมากในปัจจุบัน ได้แก่ ผงเหล็ก การใช้สารดูด ออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์อาหารจะสามารถดึงออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ให้เหลือน้อยกว่าร้อยละ 0.1 และสามารถรักษาสภาวะภายในบรรจุภัณฑ์ในสภาวะไร้ออกซิเจนเป็นเวลาหลายเดือน ปัจจุบัน ได้มีการพัฒนารูปแบบของสารดูดออกซิเจนให้มีรูปลักษณะต่าง ๆ เช่น เป็นเม็ด แผ่นกระดาษ และเป็นผงบรรจุในซอง (วารุณี และ Takashi, 2540)

Smith *et al.* (1986) พบว่าเชื้อราจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ในบรรยากาศรอบ ๆ ผลิภัณฑ์มีน้อยกว่าร้อยละ 0.4 วัสดุที่ทำภาชนะบรรจุนั้นมักป้องกันก๊าซ ออกซิเจนผ่านได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นระหว่างการเก็บรักษาในภาชนะที่มีการควบคุมปริมาณก๊าซนี้ ให้ต่ำกว่าร้อยละ 0.4 ตลอดอายุการเก็บรักษาจำเป็นต้องใช้สารที่สามารถดูดกลืนก๊าซนี้ได้ สารดูดกลืนออกซิเจนที่ใช้ทั่วไปทำจากผงเหล็กบรรจุอยู่ในซองกระดาษเคลือบพลาสติก เมื่อนำ ซองนี้ไปใส่ในภาชนะ ความชื้นของผลิภัณฑ์จะทำให้ผงเหล็กเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกลายเป็น สนิมเหล็ก ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะถูกนำไปใช้ ทำให้ความเข้มข้นลดลงอย่างรวดเร็วจนถึง ร้อยละ 0.05 หรือต่ำกว่า นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนที่ซึมผ่านเข้ามาระหว่างกาเก็บรักษาก็จะถูกสารนี้ ดูดกลืนไว้ ดังนั้นการเลือกใช้สารดูดกลืนที่มีปริมาณเหมาะสมจะทำให้สามารถควบคุมความเข้มข้น ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะมิให้เกินร้อยละ 0.4 ได้ตลอดอายุการเก็บรักษาของผลิภัณฑ์ เชื้อรา ก็ไม่สามารถเจริญเติบโตได้

Sigalit and Sam (1998) ทำการประยุกต์ใช้สารดูดกลืนออกซิเจนเพื่อช่วยยืดอายุการเก็บ ของขนมปังกรอบที่บรรจุในกระป๋องที่ปิดสนิททั้งที่มีและไม่มีตัวดูดกลืนออกซิเจน และเก็บไว้ ที่ 25 °C และ 35 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่าการเกิดออกซิเดชันของไขมันจะเริ่มขึ้นทันที หลังจากการอบ อุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลถึงอัตราการหายไปของออกซิเจน ในกระป๋อง ตัวดูดกลืนออกซิเจนจะลดตัวเสกซานอลลงได้อย่างมีนัยสำคัญในระยะเวลา 10 สัปดาห์ ที่ 25 °C และ 35 °C ตามลำดับ การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ขนมปังกรอบที่เก็บโดยไม่มี

สารดูดกลิ่นออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นหืนจากปฏิกิริยาออกซิเดชันหลังจาก 24 สัปดาห์ที่ 25 °C และ 35 °C

งามทิพย์ และคณะ (2541) ศึกษาผลของการบรรจุแบบแอดตีฟ 3 วิธี คือ (1) Modified Atmosphere Packaging (MAP) ประกอบด้วย CO<sub>2</sub> 60% + N<sub>2</sub> 40% (2) N<sub>2</sub> 100% และ (3) การใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ต่อการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิรสใบเตยระหว่างการเก็บรักษาโดยเปรียบเทียบกับบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติและศึกษาผลของวัสดุบรรจุต่อประสิทธิภาพของการบรรจุดังกล่าว ใช้บรรจุภัณฑ์คือฟิล์ม oriented polypropylene/polyethylene (OPP/PE) และ polyethylene terephthalate/polyethylene/artificial insemination/ethylene-co-methacrylic acid (PET/PE/Al/EMAA) เป็นวัสดุบรรจุ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิเกิดจากเชื้อราและการสูญเสียความชื้นเป็นสำคัญ การบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติจะเก็บได้ 5 วัน พบว่าการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีอายุการเก็บมากกว่า 31 วัน

สุภาภรณ์ และคณะ (2549) ศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะไส้ลำไยโดยบรรจุขนมเปี๊ยะแต่ละชั้นในซองพลาสติกชนิดโพลีโพรพิลีน (polypropylene-PP) และบรรจุรวมในซองใหญ่ซึ่งเป็นฟิล์มประกบ 2 ชั้นชนิด NYLON/PET พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนและบรรจุในกล่องกระดาษอีกชั้น เก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่าขนมเปี๊ยะมีอายุการเก็บโดยประมาณ 3 เดือน ซึ่งร้อยละของความชื้นและค่ากรดไขมันไอบูริค (TBA value) มีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า Water Activity (a<sub>w</sub>) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ และเมื่อเก็บได้ 3 เดือนพบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยรวม คุณลักษณะด้านสี กลิ่นหอม กลิ่นหืน และเนื้อสัมผัสส่วนเปลือกขนมเปี๊ยะระหว่างตัวอย่างทดลองและผลิตภัณฑ์ที่ผลิตใหม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. วัสดุ
  - 1.1 แป้งสาลีเนกประสงค์ ตราว่าว
  - 1.2 แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก ตราบัวแดง
  - 1.3 เนยขาวจากไขมันปาล์ม ตราครีมทอป
  - 1.4 น้ำมันรำข้าว ตราลิง
  - 1.5 น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล
  - 1.6 ถั่วเขียวเลาะเปลือก ตราไร่ทิพย์
  - 1.7 สารทดแทนไขมัน ได้แก่
    - 1.7.1 อินูลิน (Inulin-Raftiline HP) ค่า D.P. > 23 บริษัท D.P.O. (Thailand) Co.Ltd.
    - 1.7.2 มอลโตเดกซ์ทริน (Maltodextrin) ค่า D.E. 10 ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Abbra Corporation Co.Ltd.
  - 1.8 สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ได้แก่
    - 1.8.1 ซอร์บิทอล (Sorbitol 70%)
    - 1.8.2 มอลติตอล (Maltitol 70%) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท Pure Chem Co.Ltd.
  - 1.9 ไข่ไก่
  - 1.10 เทียนอบ ตราถาวรขนสาร
2. อุปกรณ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมเบี๊ยะ
  - 2.1 อุปกรณ์งานครัว
  - 2.2 เครื่องชั่งชนิดหยابและละเอียด
  - 2.3 เครื่องผสมอาหาร ยี่ห้อ Kitchen Aid พร้อมหัวตีรูปใบไม้ รุ่น SKPM50
  - 2.4 กระทะทองเหลือง
  - 2.5 เทอร์โมมิเตอร์
  - 2.6 นาฬิกาจับเวลา
  - 2.7 เต้าอบไฟฟ้า ยี่ห้อ EKA Model 648E
  - 2.8 ไม้ค้ำแป้ง
  - 2.9 ถาดอบ แผ่นรองอบ และตะแกรงพักขนม
  - 2.10 ถูพลาสติกจากฟิล์มพลาสติก ได้แก่

2.10.1 ชนิด Oriented Nylon/Low Density Polyethylene (ON/PE) ขนาด 145x220x30 มิลลิเมตร ความหนา 15/40 ไมครอน อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 16 กรัม/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 30-120 มิลลิเมตร/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ

2.10.2 ชนิด Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyethylene (KON/PE) ขนาด 145x220x30 มิลลิเมตร ความหนา 15/50 ไมครอน อัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 7 กรัม/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ และอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 6-10 มิลลิเมตร/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ

2.11 ถาดพลาสติกแบบ 9 หลุม

2.12 เครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์

2.13 สารดูดกลืนออกซิเจน (Oxygen Absorber) ตรา Wonderkeep รุ่น RP-100 จากบริษัทเจนจรัสซัพพลาย จำกัด

### 3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

#### 3.1 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.1 เครื่องวัดสี (Chromameter) ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น Color Flex

3.1.2 เครื่องวัดค่า Water Activity ( $a_w$ ) ยี่ห้อ Hygro Lab รุ่น Rotronic

3.1.3 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Stable Micro System, Model TA-XT2i, England

3.1.4 เวอร์เนีย (Vernier caliper)

3.1.5 กระบอกตวง

#### 3.2 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1 ชุดวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis)

3.2.2 ชุดวิเคราะห์ Total Saturated Fats

3.2.3 ชุดวิเคราะห์ Cholesterol

3.2.4 ชุดวิเคราะห์ Trans Fatty Acid

3.2.5 ชุดวิเคราะห์การเกิดกลีโธนิน (Thiobarbituric analysis – TBA)

#### 3.3 อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.3.2 อุปกรณ์การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

3.3.3 ตู้บ่มเชื้อ (Incubator)

3.3.4 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)

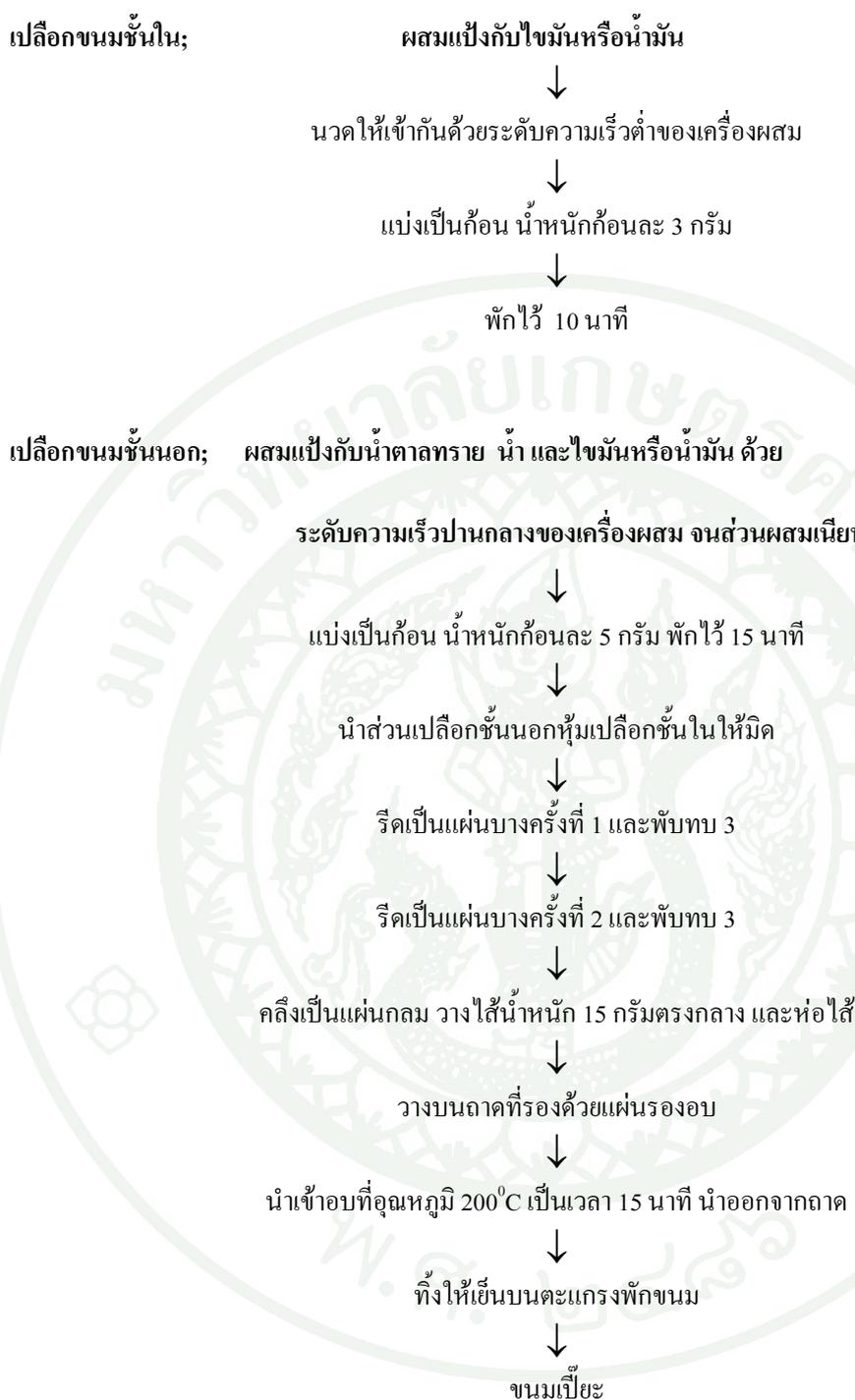
## วิธีการ

### 1. การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมเปียะเล็กลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

1.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมเปียะเล็ก จากสูตร A คือสูตรของโรงเรียนสอนผลิตขนมและอาหารมาตรฐานยูเอฟเอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ (2538) และสูตร B คือสูตรของ นวรัตน์ (ม.ป.ป.) ประเมินจากลักษณะของส่วนเปลือกและส่วนไส้ถั่วกวนระหว่างการผสม ความสะดวกในการห่อไส้ และลักษณะขนมเปียะที่ได้

#### ตารางที่ 4 สูตรพื้นฐานของขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวน

ส่วนผสม	สูตร A (ร้อยละ)	สูตร B (ร้อยละ)
<u>เปลือก</u>		
<u>เปลือกชั้นใน</u>		
แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก	27.45	34.44
เนยขาว	10.98	15.74
<u>เปลือกชั้นนอก</u>		
แป้งสาลีเนกประสงค์	31.37	24.60
เนยขาว	10.20	9.84
เบะแซ	-	0.62
<u>น้ำตาลทราย</u>		
น้ำ	6.27	7.38
<u>ไส้</u>		
ถั่วเขียวเลาะเปลือกนึ่ง	51.28	43.48
บด	30.77	39.13
<u>น้ำตาลทราย</u>		
น้ำมันรำข้าว	17.95	17.39



ภาพที่ 5 กรรมวิธีการผลิตขนมเปี๊ยะ

ที่มา: โรงเรียนสอนอาหารและขนมมาตรฐานยูเอฟเอ็มฟู๊ดเซนเตอร์ (2538); นวรัตน์ (ม.ป.ป.)

แช่ถั่วเขียวเลาะเปลือกในน้ำ 2 ชั่วโมงจนนุ่ม



นึ่งจนสุก บดละเอียด



ผสมกับน้ำตาลทรายและน้ำมันพืช



กวนที่ 80°C เวลา 20 นาที

ภาพที่ 6 กรรมวิธีการผลิตไส้ถั่วกวน

ที่มา: โรงเรียนสอนอาหารและขนมมาตรฐานยูเอฟเอ็มฟู้ดเซนเตอร์ (2538)

## 1.2 การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตส่วนเปลือกของขนมเปียะเล็กลดพลังงาน

1.2.1 การศึกษาผลการลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือก วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยให้สูตรพื้นฐานซึ่งมีไขมันเต็มเป็นสูตรควบคุม ทำการลดไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอกร้อยละ 15, 30, 45 และ 60 ของปริมาณไขมันห่อส่วนเปลือกชั้นนอกกับส่วนเปลือกชั้นใน อัตราส่วนเปลือกชั้นนอกต่อเปลือกชั้นใน คือ 5 กรัม ต่อ 3 กรัม ริดเป็นแผ่นและพับทบ 3 ทำ 2 ครั้ง นำมาห่อไส้ถั่วกวนก้อนละ 15 กรัม นำเข้าอบที่อุณหภูมิ 200°C เป็นเวลา 15 นาที ทำการประเมินจากลักษณะส่วนผสม ความสามารถในการริดแผ่น เนื้อสัมผัส สี ขนาดและปริมาตรของขนมเปียะดังกล่าว ก คัดเลือกสูตรที่ลดปริมาณไขมันได้มากที่สุด โดยยังมีความสามารถในการผลิตผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ผิวหน้าไม่ปริแตก สำหรับการทดลองต่อไป

## 1.2.2 การศึกษาคุณภาพของสารทดแทนไขมันสำหรับการผลิตส่วนเปลือก

1.2.2.1 การเตรียมอินูลินเจล โดยนำอินูลินผงร้อยละ 20 ผสมกับน้ำเดือดร้อยละ 80 โดยน้ำหนัก ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิ 80-90°C เป็นเวลา 3 นาที แช่เย็นที่ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Kim *et al.*, 2001; Zoulias *et al.*, 2002)

1.2.2.2 การเตรียมมอลโตเดกซ์ทรินเจล โดยนำมอลโตเดกซ์ทรินผงร้อยละ 30 ผสมกับน้ำเดือดร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก คนให้เข้ากัน และผสมที่อุณหภูมิ  $72 \pm 1^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 15 นาที แช่เย็นที่  $5.5^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจาก Leslie, 1999)

วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัส ดัชนีการแตก ก และสี และคุณภาพทางเคมีของเจล ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ (Proximate Analysis)

1.2.3 การศึกษาเปรียบเทียบการแทนที่ของสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือก วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยนำส่วนเปลือกขนมเปียะลดไขมันที่คัดเลือกจากข้อ 1.2.1 มาเติมสารทดแทนไขมันที่เตรียมจากข้อ 1.2.2 คือ อินูลินเจลและมอลโตเดกซ์ทรินเจลในระดับการแทนที่ในสูตร 4 ระดับ คือ ร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 โดยน้ำหนักไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก รวมเป็น 8 สิ่งทดลอง ทำการประเมินจากลักษณะ ส่วนผสม ความสามารถในการรีดแผ่น การทดสอบทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัส สี ขนาด และ ปริมาตรของขนมเปียะ ดัชนีการแตก ก การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เมื่อตัวอย่างน้อยกว่า หรือเท่ากับ 6 ตัวอย่าง และแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์สมดุล (Balanced Incomplete Block Design, BIB) เมื่อตัวอย่างมากกว่า 6 ตัวอย่าง ให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ดัชนีการแตก ข1 จากนั้นคัดเลือกสารทดแทนไขมันและปริมาณที่เหมาะสม คือ สามารถแทนที่ไขมันได้มากที่สุด โดยยังมีความสามารถในการผลิต ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น บางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ผิวหน้าไม่ปริแตก และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ เพื่อใช้ในการศึกษาส่วนไส้ขนมเปียะข้อ 1.3 ต่อไป

### 1.3 การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตไส้ถั่วกวนของขนมเปียะเล็กลดพลังงาน

1.3.1 การศึกษาผลการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลในไส้ถั่วกวน โดยจัดตั้งทดลองแบบ Factorial และวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยให้สูตรพื้นฐานเป็นสูตรควบคุม ทำการลดน้ำมันลงร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 ของปริมาณน้ำมัน และลดน้ำตาลทรายลงร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณน้ำตาลทราย รวมเป็น 16 สิ่งทดลอง กวนส่วนผสมในกระทะที่อุณหภูมิ  $80^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 20 นาที นำเปลือกที่ศึกษาได้จากข้อ 1.2.3 มาห่อ นำเข้าอบที่อุณหภูมิ  $200^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 15 นาที ทำการประเมินจาก

ลักษณะส่วนผสม ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ( $a_w$ ) เนื้อสัมผัส สี ขนาด ปริมาตรจำเพาะดังภาคผนวก ก และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เมื่อตัวอย่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ตัวอย่าง และแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์สมดุล (Balanced Incomplete Block Design, BIB) เมื่อตัวอย่างมากกว่า 6 ตัวอย่าง ให้คะแนนเพื่อทดสอบเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี ratio profile test (RPT) ดังภาคผนวก ข2 โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจำนวน 12 คน คัดเลือกไส้ถั่วกวนสูตรที่ลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลทรายได้มากที่สุด มีลักษณะแห้งพอปั้นได้ มีเนื้อสัมผัสนุ่มสะดวกในการห่อ ผลิตภัณฑ์ที่อบสุกแล้วใส่ไม่ไหลทะลุออกมา และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับที่ผู้ทดสอบต้องการ เพื่อใช้ในการศึกษาในข้อ 1.3.2 ต่อไป

1.3.2 การศึกษาการแทนที่ของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในไส้ถั่วกวน จัดสิ่งทดลองแบบ Factorial และวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ศึกษา 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือสารทดแทนไขมันชนิดเดียวกับที่คัดเลือกได้ในข้อที่ 1.2.3 ในรูปสารละลายความเข้มข้นร้อยละ 15 ในน้ำเดือด (ดัดแปลงจาก เนตรนภิสและคณะ, 2541) ที่ระดับร้อยละ 80, 90 และ 100 โดยน้ำหนักน้ำมัน และปัจจัยที่ 2 คือสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ได้แก่ ซอร์บิทอล และมาลติตอลที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 โดยน้ำหนักน้ำตาล รวมเป็น 9 สิ่งทดลองกวนส่วนผสมในกระทะที่อุณหภูมิ  $70^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 15 นาที นำเปลือกที่ศึกษาได้จากข้อ 1.2.3 มาห่อ นำเข้าอบที่อุณหภูมิ  $200^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 15 นาที ทำการประเมินจากลักษณะส่วนผสม ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ( $a_w$ ) เนื้อสัมผัส สี ขนาด ปริมาตรจำเพาะดังภาคผนวก ก และการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) เมื่อตัวอย่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ตัวอย่าง และแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์สมดุล (Balanced Incomplete Block Design, BIB) เมื่อตัวอย่างมากกว่า 6 ตัวอย่าง ให้คะแนนเพื่อทดสอบเค้าโครงของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี ratio profile test (RPT) ดังภาคผนวก ข3 โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจำนวน 12 คนและให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ดังภาคผนวก ข4 โดยผู้ทดสอบ 42 คน จากนั้นคัดเลือกปริมาณของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลโดยมีคุณภาพด้านต่าง ๆ ที่สามารถแทนที่ไขมันและน้ำตาลได้มากที่สุด โดยมีลักษณะแห้งพอปั้นได้ มีเนื้อสัมผัสนุ่มสะดวกในการห่อ ผลิตภัณฑ์ที่อบสุกแล้วใส่ไม่ไหลทะลุออกมา มีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบไปตรวจคุณภาพของขนมเปียะเล็กสูตรที่คัดเลือกต่อไป

## 2. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมเป็๊ยะเล็กลดพลังงาน

นำขนมเป็๊ยะเล็กสูตรที่คัดเลือกแล้วและสูตรพื้นฐานมาทดลองผลิตโดยก่อนนำเข้าอบ ทาผิวหน้าขนมด้วยไข่แดง และนำขนมเป็๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรที่อบสุกแล้วทิ้งให้เย็นมาอบควันของ เทียนอบ 2 ชั่วโมง (สุภารัตน์, 2551) จากนั้นทำการศึกษาคุณภาพของขนมเป็๊ยะเล็กลดพลังงานและ ขนมเป็๊ยะเล็กสูตรพื้นฐาน (สูตรควบคุม)

### 2.1 คุณภาพทางกายภาพ

2.1.1 ค่า Water Activity ( $a_w$ ) โดยใช้เครื่องวัดค่า Water Activity

2.1.2 เนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส

2.1.3 ค่าสี ( $L^* a^* b^*$ ) ของเปลือกและไส้ โดยใช้เครื่องวัดสี

2.1.4 ขนาดของผลิตภัณฑ์โดยใช้ Vernier caliper

2.1.5 ปริมาตรจำเพาะของขนมเป็๊ยะ โดยการแทนที่ด้วยวา

### 2.2 คุณภาพทางเคมี

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมี (Proximate Analysis) (AOAC, 2000)

2.2.2 ปริมาณ Total Saturated Fats (Based on Compendium of Methods for Food Analysis, Thailand (2003) (ศูนย์ประกันคุณภาพอาหาร, 2550)

2.2.3 ปริมาณ Cholesterol (AOAC, 2000)

2.2.4 ปริมาณ Trans Fatty Acids (AOAC, 2000)

ปริมาณ Total Saturated Fats, Cholesterol และ Trans Fatty Acids ส่งวิเคราะห์ศูนย์ประกันคุณภาพ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

## 2.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

### 2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)

### 2.3.2 *Staphylococcus aureus* โดยใช้ 3M<sup>TM</sup> Petrifilm<sup>TM</sup> Staph Express Count Plate (AOAC, 2003)

### 2.3.3 *Bacillus cereus* (BAM, 2001)

### 2.3.4 ยีสต์และรา (BAM, 2001)

## 3. การศึกษาต้นทุนการผลิตของขนมเปียะเล็กสดพลังงาน

คำนวณต้นทุนการผลิตของขนมเปียะเล็กสดพลังงานจากน้ำหนักของขนมเปียะที่ทำได้ใน 1 สูตร เปรียบเทียบกับขนมเปียะเล็กสูตรพื้นฐาน ต้นทุนการผลิตคือราคาของวัตถุดิบตามจำนวนที่ใช้จริงทั้งหมดรวมกับต้นทุนอื่น ๆ ร้อยละ 5 ของต้นทุนจริง รายละเอียดของราคาต้นทุนต่างๆ คือ ราคาต่อหน่วย (Unit price) ตามราคาที่ย้ายจริงหรือเป็นไปตามใบส่งของ (Invoice) และคิดเป็นต้นทุนวัตถุดิบ (Cost) ที่ใช้ เมื่อรวมต้นทุนทั้งหมดแล้วจะต้องเพิ่มต้นทุนอื่น ๆ (Addition cost) ส่วนใหญ่จะประมาณการเป็นร้อยละ 5 จากต้นทุนจริง ผลรวมทั้งหมดจะได้ค่าเป็นต้นทุนอาหารต่อ 1 ตัวอย่าง (วสีนา และสุวิทย์, 2539; พรดารา, 2544)

## 4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปียะสดพลังงานด้วยวิธี Central Location Test โดยนำขนมเปียะเล็กสดพลังงานที่ก่อนนำเข้าอบ ทาผิวหน้าขนมด้วยไข่แดง และนำขนมเปียะเล็กที่อบสุกแล้วทิ้งให้เย็นมาอบควันของเทียนอบ 2 ชั่วโมง (สุภารัตน์, 2551) ให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ดังภาคผนวก ข5 ทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 150 คน ซึ่งมีอายุ 15 ปีขึ้นไป สถานที่ทดสอบได้แก่ โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต ลาน โพลสวนดุสิต และ โสมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

## 5. การศึกษาอายุการเก็บของขนมเป็ยะเล็กลดพลังงานในสภาวะการบรรจุแบบต่าง ๆ

ศึกษาอายุการเก็บของขนมเป็ยะเล็กลดพลังงาน และขนมเป็ยะเล็กสูตรพื้นฐาน โดยนำขนมเป็ยะเล็กบรรจุใส่ถาดพลาสติกแบบ 9 หลุม (9 ชั้นต่อ 1 ถาด) บรรจุในฟิล์มพลาสติก ได้แก่ ฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE และชนิด KON/PE ซึ่งบรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน และไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $32\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ  $70\pm 5$  จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์จนครบ 3 เดือน จัดตั้งทดลองแบบ Factorial และวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของขนมเป็ยะเล็ก ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน คุณภาพที่ตรวจได้แก่

### 5.1 คุณภาพทางกายภาพ

5.1.1 ค่า Water Activity ( $a_w$ ) โดยใช้เครื่องวัดค่า Water Activity

5.1.2 เนื้อสัมผัสโดยเครื่องวัดค่าลักษณะเนื้อสัมผัส

### 5.2 คุณภาพทางเคมี

5.2.1 ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

5.2.2 ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis – TBA) (AOAC, 1997)

### 5.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

5.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001)

5.3.2 *Staphylococcus aureus* โดยใช้ 3M<sup>TM</sup> Petrifilm<sup>TM</sup> Staph Express Count Plate (AOAC, 2003)

5.3.3 *Bacillus cereus* (BAM, 2001)

5.3.4 ยีสต์และรา (BAM, 2001)

5.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณาโดยปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis, QDA) ให้คะแนนความเข้ม ได้แก่ ลักษณะปรากฏของ ส่วนเปลือกและส่วนไส้ สีของไส้ กลิ่น ได้แก่ กลิ่นฉ่ำ กลิ่นควันเทียนอบ และกลิ่นหืน ความนุ่ม ของส่วนเปลือกและส่วนไส้ ความร่วนของส่วนไส้ รสหวาน ร่วมกับการทดสอบการยอมรับ โดยวิธี Overall Quality Rating (Lawless and Haymann, 1998) โดยคะแนน 1-10 จากไม่ยอมรับมากที่สุดถึงยอมรับมากที่สุด ดังภาคผนวก ข3 ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 12 คน สเกลที่ใช้มีลักษณะ Line Scale

## 6. การวิเคราะห์

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 16.0 ทดสอบความแตกต่างของคะแนนที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และทดสอบแตกต่างด้วยค่า F-test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test – DMRT (ณรงค์, 2537; อนันต์ชัย, 2542)

## ผลและวิจารณ์ผล

### 1. การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมเป็ยะเล็กลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

#### 1.1 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของขนมเป็ยะเล็ก

จากการทดลองสูตรขนมเป็ยะเล็กโดยให้สูตร A คือสูตรของโรงเรียนสอนผลิตขนมและอาหารมาตรฐานยูเอฟเอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ (2538) และสูตร B คือสูตรของนวัตน์ (ม.ป.ป.) พบว่าสูตร A มีลักษณะโคของเปลือกชั้นในที่แห้งแต่สามารถปั้นได้ โคส่วนเปลือกชั้นนอกค่อนข้างเหลว นุ่ม สามารถรีดแผ่น และมีการยึดตัวขณะห่อไส้ง่าย ส่วนไส้ถั่วกวน ขณะกวนส่วนผสมค่อนข้างเหลว เมื่อทิ้งให้เย็นจะมีเนื้อเนียน สามารถปั้นได้ และขนมเป็ยะเล็กที่อบสุกแล้วมีผิวเปลือกเรียบ สีผิวมีความสม่ำเสมอ นุ่ม การแยกชั้นสม่ำเสมอ ไส้เนียน รสหวานปานกลาง สูตร B มีลักษณะโคของเปลือกชั้นในค่อนข้างแห้ง สามารถปั้นได้ โคส่วนเปลือกชั้นนอกมีส่วนผสมแห้ง สามารถรีดแผ่น และยึดตัวขณะห่อไส้ค่อนข้างง่าย ส่วนไส้ถั่วกวน ขณะกวนส่วนผสมเหลวมาก เมื่อทิ้งให้เย็นมีผลึกของน้ำตาลทรายที่ผิวนอก และขนมเป็ยะเล็กที่อบสุกแล้วจะมีผิวเปลือกขรุขระ สีคล้ำ ไม่สม่ำเสมอ แข็ง การแยกชั้นค่อนข้างสม่ำเสมอ ไส้มีผลึกน้ำตาล และรสหวานมาก เมื่อเปรียบเทียบกับสูตร Bพบว่าโคของเปลือกชั้นในมีส่วนผสมของเนยขาวมากกว่าสูตร A จึงทำให้เกิดการแยกชั้นได้ดี แต่โคส่วนเปลือกชั้นนอกของสูตร B มีปริมาณเนยขาว เบะแซ และน้ำตาลทรายมากกว่าสูตร A จึงมีผลต่อการเกิดสีน้ำตาลที่ผิวของผลิตภัณฑ์ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) นอกจากนี้สูตร A มีปริมาณน้ำมากกว่าสูตร B ทำให้มีผลต่อความชื้นหนืดของโค (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) ในส่วนไส้ถั่วกวนนั้นพบว่า สูตรของนวัตน์มีปริมาณน้ำตาลทรายมากกว่าสูตร A จึงทำให้มีความเข้มข้นของน้ำตาลทรายมากกว่าและเมื่อทิ้งให้เย็นจะมีโอกาสในการเกิดผลึกของน้ำตาลทรายมากกว่า (ณรงค์ และ อัญชนีย์, 2535) ดังตารางที่ 5

เมื่อทำการประเมินลักษณะของโคส่วนเปลือกชั้นนอกและส่วนไส้ถั่วกวนระหว่างการผสม การห่อไส้ และลักษณะขนมเป็ยะเล็กที่อบสุกแล้ว จึงเลือกขนมเป็ยะเล็กสูตร A เพื่อใช้เป็นสูตรพื้นฐานในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 5 ลักษณะของขนมเป็ยะเล็กสูตรพื้นฐาน

ส่วนประกอบของ ผลิตภัณฑ์	ลักษณะทางกายภาพ	
	สูตร A	สูตร B
ลักษณะโดยของ เปลือกชั้นใน	ส่วนผสมแห้ง สามารถปั้นได้	ส่วนผสมค่อนข้างแห้ง สามารถปั้นได้
ลักษณะโดยของ เปลือกชั้นนอก	ส่วนผสมค่อนข้างเหลว ผิวเรียบ นุ่ม รีดเป็นแผ่นและห่อไส้ได้ง่าย	ส่วนผสมแห้ง รีดเป็นแผ่น และห่อไส้ได้ค่อนข้างง่าย
ไส้ถั่วกวน	ส่วนผสมระหว่างกวนค่อนข้าง เหลว เมื่อทิ้งให้เย็น มีเนื้อสัมผัส เนียน ปั้นเป็นก้อนกลมง่าย	ส่วนผสมระหว่างกวนเหลวมาก เมื่อทิ้งให้เย็นมีน้ำตาลทรายตกผลึก ที่ผิวด้านนอก ปั้นเป็นก้อนกลม ยาก
ขนมเป็ยะเล็กหลัง อบสุก	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีผิว สม่ำเสมอ นุ่ม ชั้นด้านในสม่ำเสมอ และแยกเป็นแผ่นบางหลายชั้น ชัดเจน	ส่วนเปลือกมีผิวขรุขระ ไม่เรียบ สีคล้ำไม่สม่ำเสมอ และแข็ง เมื่อหั่นหรือบิจะแตกร่วน ชั้นด้านในค่อนข้างสม่ำเสมอ
	ส่วนไส้มีความเนียน รสหวาน ปานกลาง	ส่วนไส้มีน้ำตาลตกผลึก รสหวานมาก

## 1.2 การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กลดพลังงาน

### 1.2.1 การศึกษาผลการลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือก

จากการทดลองลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก (CRF) ของขนมเป็ยะเล็กร้อยละ 15, 30, 45 และ 60 ของปริมาณไขมัน เปรียบเทียบกับขนมเป็ยะเล็กสูตร A ที่มีไขมันเต็ม (CRF0) เป็นสูตรควบคุมสำหรับการทดลองนี้ พบว่า การลดปริมาณไขมันร้อยละ 15, 30 และ 45 ของปริมาณไขมัน (CRF15, CRF30 และ CRF45) ลักษณะส่วนผสมที่ได้และขนมเป็ยะเล็กหลังอบสุกใกล้เคียงกับสูตรควบคุม แต่เมื่อลดปริมาณไขมันลงร้อยละ 60 ของปริมาณไขมัน (CRF60) จะทำให้ส่วนผสมยึดตัวเมื่อรีดแผ่นและห่อไส้ได้น้อยลง ขนมเป็ยะเล็กมีผิวแห้งและแข็งเพิ่มขึ้น การแยกชั้นเกิดขึ้นเล็กน้อยดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ลักษณะของก้อนโดและขนมเป็ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก

ลักษณะ	สูตรเปลือกชั้นนอกที่ลดปริมาณไขมัน				
	CRF0 (สูตรควบคุม)	CRF15	CRF30	CRF45	CRF60
ก้อนโด (เปลือก ชั้นนอก)	โดยรวมเป็นก้อน ค่อนข้างเหลว ผิวเรียบ นุ่ม รีด เป็นแผ่นและ ห่อไส้ได้ง่าย	โดยรวมเป็นก้อน ค่อนข้างเหลว (แห้งกว่าสูตร A เล็กน้อย) ผิวเรียบ นุ่ม รีดเป็นแผ่น และห่อไส้ได้ง่าย	โดยรวมเป็นก้อน ค่อนข้างนุ่ม ยึดหยุ่น ผิวเรียบ รีดเป็นแผ่นและ ห่อไส้ได้ง่าย	โดยรวมเป็นก้อน ค่อนข้างนุ่ม ยึดหยุ่น ผิวเรียบ รีดเป็นแผ่นและ ห่อไส้ได้ค่อนข้าง ง่าย	โดยรวมเป็นก้อน ค่อนข้างเหนียว หนืด ยึดหยุ่น รีดเป็นแผ่นและ ห่อไส้ได้ค่อนข้าง ง่าย
ขนมเป็ยะเล็ก หลังอบสุก (ส่วนเปลือก)	ผิวเรียบ สีเหลืองน้ำตาล อ่อน มีการขยายตัว นุ่ม ชั้นด้านใน สม่ำเสมอ และ แยกเป็นแผ่นบาง หลายชั้นชัดเจน	ผิวเรียบ สีเหลือง น้ำตาลอ่อน มีการขยายตัว นุ่ม ชั้นด้านใน สม่ำเสมอ และ แยกเป็นแผ่นบาง หลายชั้นชัดเจน	ผิวเรียบ สีเหลือง น้ำตาลอ่อน มีการขยายตัว เล็กน้อย ค่อนข้าง นุ่ม ชั้นด้านใน สม่ำเสมอ และ แยกเป็นแผ่น บางหลายชั้น ชัดเจน	ผิวเรียบ สีเหลือง น้ำตาลอ่อน มีการขยายตัว เล็กน้อย ค่อนข้าง นุ่ม ชั้นด้านใน สม่ำเสมอ และ แยกเป็นแผ่นบาง หลายชั้นชัดเจน	ผิวเรียบ สีเหลือง น้ำตาลอ่อน มีการขยายตัว น้อยมาก ค่อนข้าง แห้งและแข็ง เล็กน้อย การแยกชั้น เกิดเล็กน้อย และไม่สม่ำเสมอ

จากการทดสอบคุณภาพทางกายภาพของขนมเป็ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก โดยให้สูตร CRF0 เป็นสูตรควบคุม ได้แก่ ลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสีของเปลือก ขนาดและปริมาตรจำเพาะ ดังตารางที่ 7 พบว่า

เนื้อสัมผัส การลดปริมาณไขมันมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสในด้านความแข็ง (hardness) การแตกเปราะ (fracturability) ความสามารถในการคืนตัว (springiness) ความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) และความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่การลดไขมันมีผลให้ความแข็งแรง การแตกเปราะ ความสามารถในการเกาะตัว และความทนทานในการบดเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความสามารถในการคืนตัวมีแนวโน้มลดลง

สี การลดไขมันในส่วนเปลือกมีผลต่อค่าสีเปลือกน้อยมาก โดยค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และพบว่า การลดไขมันมีผลให้ค่าสีเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เพราะไขมันมีผลต่อความมันเงาของผลิตภัณฑ์ (จิตรนา และ อรอรอนงค์, 2550) การลดไขมันจึงมีผลต่อค่าสีด้วย

ขนาดและปริมาตรจำเพาะ การลดไขมันในส่วนเปลือกมีผลต่อขนาดและปริมาตรจำเพาะของขนมเปี๊ยะเล็กเล็กน้อย โดยทั้งเส้นผ่านศูนย์กลางของขนมเปี๊ยะเล็กและความสูงของขนมเปี๊ยะเล็กไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และมีผลต่อปริมาตรจำเพาะของขนมเปี๊ยะเล็กโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตามการลดไขมันเป็นผลให้การแผ่ขยายด้านข้างและการขยายตัวของขนมเปี๊ยะเล็กมีแนวโน้มลดลง

จากตารางที่ 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่าถ้าลดไขมันในส่วนเปลือกจะทำให้โคที่ได้อิ่มความนุ่มลดลง ความเหนียวเพิ่มขึ้น ความสามารถในการรีดแผ่นของโคและการห่อไส้ลดลง ซึ่งสูตร CRF 60 มีส่วนผสมที่เหนอะหนะ การยึดตัวเมื่อรีดแผ่นน้อยลง ยากต่อการห่อไส้และเสียเวลาทำรูปร่าง อย่างไรก็ตามขนมเปี๊ยะเล็กหลังอบสุกแล้วมีคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสมีความแข็งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ไม่มีความแตกต่างกันนักเนื่องจากขนมเปี๊ยะเล็กมีปริมาณไส้มากกว่าปริมาณเปลือก และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยส่วนเปลือกจึงได้รับความชื้นจากส่วนไส้ ทำให้ส่วนเปลือกมีความนุ่มเพิ่มขึ้นหลังจากอบสุกแล้ว (สุภาภรณ์ และคณะ, 2549; ปิยะนุช, 2545) การขยายตัวและการเกิดขึ้นของเปลือกระหว่างเปลือกชั้นนอกและเปลือกชั้นในที่เกิดจากขั้นตอนการพับทบน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากไขมันจะช่วยให้ขนมเปี๊ยะเล็กมีเนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม ช่วยหล่อลื่นกลูเตน (gluten) ให้ขยายตัวได้ดีโดยโครงสร้างของกลูเตน (gluten network) มีผลต่อการเพิ่มขนาดและปริมาตร (จิตรนา และ อรอรอนงค์, 2550) ในด้านค่าสีแสดงให้เห็นว่าถ้าลดไขมันในส่วนเปลือกจะทำให้สีเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะสีเปลือกส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดน้ำตาลไหม้ (caramelization) และการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ของน้ำตาล ซึ่งทุกสูตรจะมีปริมาณน้ำตาลทรายคงที่ แต่การลดไขมันอาจมีผลต่อค่าสีได้ เพราะน้ำมันหรือไขมันมีหน้าที่เป็นสื่อนำความร้อนนอกเหนือจากน้ำในส่วนผสม และยังมีผลต่อความมันเงาของขนมเปี๊ยะเล็กด้วย

ตารางที่ 7 คุณภาพทางกายภาพของขนมเป็ยาะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก

คุณภาพทางกายภาพ	ขนมเป็ยาะเล็กที่เปลือกชั้นนอกลดปริมาณไขมัน				
	CRF0 (สูตรควบคุม)	CRF15	CRF30	CRF45	CRF60
คุณลักษณะเนื้อสัมผัส					
Hardness <sup>ns</sup> (g)	1879.73±4.61	1880.30±4.65	1882.51±3.67	1885.97±3.71	1889.93±5.21
Fracturability <sup>ns</sup> (g)	1584.93±5.94	1585.90±5.46	1585.99±5.44	1586.95±4.41	1610.73±4.19
Springiness <sup>ns</sup> (mm)	0.32±0.02	0.31±0.02	0.31±0.01	0.30±0.01	0.30±0.01
Cohesiveness <sup>ns</sup>	0.09±0.01	0.10±0.01	0.10±0.00	0.10±0.01	0.11±0.00
Chewiness <sup>ns</sup> (g.mm)	74.20±1.64	74.40±1.83	75.20±2.01	75.99±1.33	78.14±3.07
ค่าสี					
ความสว่าง (L*)	70.80±1.10 <sup>c</sup>	71.47±0.78 <sup>c</sup>	72.00±0.47 <sup>b</sup>	72.28±0.32 <sup>b</sup>	73.42±1.16 <sup>a</sup>
สีแดง (a*) <sup>ns</sup>	1.62±0.19	1.53±0.10	1.47±0.08	1.48±0.27	1.44±0.15
สีเหลือง (b*) <sup>ns</sup>	16.42±0.31	16.44±0.12	16.30±1.18	16.34±0.98	16.30±1.21
ขนาด (cm.)					
เส้นผ่านศูนย์กลาง <sup>ns</sup>	3.95±0.05	3.93±0.76	3.95±0.05	3.93±0.06	3.95±0.09
ความสูง <sup>ns</sup>	3.17±0.06	3.18±0.03	3.20±0.00	3.20±0.00	3.20±0.00
ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)	1.31±0.02 <sup>a</sup>	1.29±0.01 <sup>a</sup>	1.28±0.01 <sup>b</sup>	1.28±0.01 <sup>b</sup>	1.27±0.01 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากการประเมินลักษณะส่วนผสม ความสามารถในการรีดแผ่น เนื้อสัมผัส สี ขนาดและปริมาณของขนมเปี๊ยะเล็กที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม จึงคัดเลือกสูตรที่ลดปริมาณไขมัน ในส่วนเปลือกชั้นนอกร้อยละ 45 ของปริมาณไขมัน (CRF45) ซึ่งเป็นสูตรที่ลดปริมาณไขมันได้ มากที่สุดในการทดลองนี้ โดยยังมีความสามารถผลิตขนมเปี๊ยะเล็กที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง ผิวหน้าไม่ปริแตก เพื่อทำการทดลองต่อไป

### 1.2.2 การศึกษาคุณภาพของสารทดแทนไขมันสำหรับการผลิตส่วนเปลือก

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของสารทดแทนไขมันคือ อินูลินเจล (IG) และมอลโต เดกซ์ทรินเจล (MG) ดังภาพที่ 7 พบว่า อินูลินเจลมีลักษณะปรากฏเป็นของเหลวข้นคล้ายครีม ก่อนข้างหนืด มีสีขาว ด้านคุณภาพทางกายภาพมีความแข็งของเจล 5.25 กรัม ค่าความสว่าง (L\*) 88.39 ค่าสีแดง (a\*) 0.06 และค่าสีเหลือง (b\*) 4.98 ด้านองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ น้ำร้อยละ 76.10 ไขมันและโปรตีนร้อยละ 0 โยอาหารร้อยละ 1.20 เถ้าร้อยละ 0.03 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 23.87 และคำนวณพลังงานได้ 95.48 กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม ส่วนมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีลักษณะ ปรากฏเป็นของเหลวข้นคล้ายครีม มีความหนืดมาก สีน้ำตาลอ่อน ด้านคุณภาพทางกายภาพมีความ แข็งของเจล 8.43 กรัม ค่าความสว่าง (L\*) 69.75 ค่าสีแดง (a\*) (-0.34) และค่าสีเหลือง (b\*) 5.97 ด้านองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ น้ำร้อยละ 45.5 ไขมันร้อยละ 0.02 โปรตีนร้อยละ 0.02 โยอาหาร ร้อยละ 0 เถ้าร้อยละ 0.08 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 54.38 และคำนวณพลังงานได้ 217.78 กิโล แคลอรีต่อ 100 กรัม เมื่อเปรียบเทียบสารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิดกับเนยขาวพบว่า ด้านคุณภาพทาง กายภาพนั้นมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีความแข็งของเจลและสีคล้ำมากกว่าอินูลินเจลและเนยขาว ทั้งนี้ เพราะมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีสีครีมและในกระบวนการเตรียมที่ให้ความร้อนนานเพื่อให้ส่วนผสม ข้นหนืด เป็นการระเหยน้ำในส่วนผสมออก จึงทำให้ค่าความสว่าง (L\*) ลดลงได้ (Leslie, 1999) และด้านองค์ประกอบทางเคมีของเนยขาวจะมีปริมาณไขมันและพลังงานที่คำนวณได้มากกว่าสาร ทั้ง 2 ชนิด เนื่องจากเนยขาวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ ไขมัน ในขณะที่สารทั้ง 2 ชนิดเป็นสาร ทดแทนไขมันกลุ่มที่ได้มาจากคาร์โบไฮเดรต และด้วยกระบวนการเตรียมจึงทำให้มีปริมาณน้ำและ คาร์โบไฮเดรตมากกว่าเนยขาว (มลศิริ, 2545; Marshall and Arbuckle, 1996) นอกจากนี้อินูลินเป็น แหล่งของโยอาหารจึงพบว่าอินูลินเจลมีโยอาหารอยู่เล็กน้อยดังตารางที่ 8



(a)



(b)

ภาพที่ 7 สารทดแทนไขมันสำหรับการผลิตส่วนเปลือก (a) อินูลินเจล และ (b) มอลโตเดกซ์ทรินเจล

ตารางที่ 8 คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของสารทดแทนไขมัน

คุณภาพ	เนยขาว	สารทดแทนไขมัน	
		อินูลินเจล	มอลโตเดกซ์ทรินเจล
ทางกายภาพ			
ความแข็งของเจล (g)	2.04±0.78	5.25±0.19	8.43±0.02
ค่าสี			
ความสว่าง (L*)	88.09±0.81	88.39±0.12	69.75±2.07
สีแดง (a*)	(-2.75)±0.04	0.06±0.02	(-0.34)±0.03
สีเหลือง (b*)	12.02±0.01	4.98±0.49	5.97±0.29
ทางเคมี			
น้ำ (%)	15.10	76.10	45.50
ไขมัน (%)	84.90	0	0.02
โปรตีน (%)	0	0	0.02
ใยอาหาร (%)	0	1.20	0
เถ้า (%)	0	0.03	0.08
คาร์โบไฮเดรต (%)	0	23.87	54.38
พลังงาน (kcal/100g)	764.10	95.48	217.78

### 1.2.3 การศึกษาการแทนที่ของสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือก

เมื่อนำขนมเปียะเล็กสูตรเปลือกชั้นนอกมีการลดไขมันร้อยละ 45 ของน้ำหนักไขมัน (CRF45) มาเติมสารทดแทนไขมันคือ อินูลินเจล (IG) และมอลโตเดคซ์ทรินเจล (MG) ที่ระดับร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 ของน้ำหนักไขมันในสูตรพบว่า เปลือกของขนมเปียะเล็กที่แทนที่ไขมันด้วยอินูลินเจลร้อยละ 25 และ 50 (IG25 และ IG50) และมอลโตเดคซ์ทรินเจลร้อยละ 25 (MG25) ก่อนโดมีลักษณะไม่แตกต่างกันคือ มีการรวมตัวเป็นก้อน มีความยืดหยุ่นดี สามารถรีดแผ่นและห่อไส้ได้ง่าย ขนมเปียะเล็กที่อบสุกแล้วส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาลอ่อน ค่อนข้างนุ่ม มีการขยายตัวเล็กน้อย ส่วนเปลือกขนมเปียะเล็กที่แทนที่ไขมันด้วยอินูลินเจลร้อยละ 75 (IG75) และมอลโตเดคซ์ทรินเจลร้อยละ 50 (MG50) ก่อนโดมีลักษณะไม่แตกต่างกันคือ มีการรวมตัวเป็นก้อนเหนียว ค่อนข้างเหนอะหนะ แต่ยังมีความยืดหยุ่น สามารถรีดแผ่นและห่อไส้ได้ค่อนข้างง่าย ขนมเปียะเล็กที่อบสุกแล้วส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล ค่อนข้างแห้ง มีการขยายตัวและเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย สำหรับส่วนเปลือกที่แทนที่ไขมันด้วยมอลโตเดคซ์ทรินเจลร้อยละ 75 (MG75) ก่อนโดค่อนข้างเหลว หนืด ทำให้รีดแผ่นและห่อไส้ค่อนข้างยาก ขนมเปียะเล็กที่อบสุกแล้วมีผิวขรุขระ สีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ แห้งและแข็ง มีไส้ถั่วกวนแตกทะลุออกมาภายนอก นอกจากนี้ส่วนเปลือกที่ทดแทนไขมันด้วยอินูลินเจลและมอลโตเดคซ์ทรินเจลร้อยละ 100 (IG100 และ MG100) พบว่าส่วนผสมค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ไม่สามารถรวมเป็นก้อน จึงรีดเป็นแผ่นเพื่อพับทบและห่อไส้ไม่ได้ เพราะการลดปริมาณไขมันซึ่งช่วยในการหล่อลื่นกลูเตน (gluten) ทำให้ความยืดหยุ่นลดลง (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) และการใช้อินูลินเจลและมอลโตเดคซ์ทรินเจลแทนที่ไขมันนั้น สารทั้ง 2 ชนิดมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากกว่าเนยขาว ปริมาณน้ำเหล่านี้มีผลให้ของเหลวในส่วนผสมของเปลือกมากขึ้น ก่อนโดจึงเหลวและเหนียวเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ที่อบได้มีการขยายตัวน้อยลง ความยืดหยุ่นลดลง เกิดความแข็งเพิ่มขึ้น และการแยกชั้นระหว่างเปลือกชั้นในและเปลือกชั้นนอกที่เกิดจากขั้นตอนการพับทบน้อยลง (เพ็ญศรี, 2541; มลศิริ, 2545) ดังตารางที่ 9 จึงเลือกสูตรเปลือกขนมเปียะเล็ก IG25, IG50, IG75, MG25 และ MG50 ดังภาพที่ 8 ไปทดสอบเนื้อสัมผัส สี ขนาด ปริมาตรจำเพาะ และทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยเปรียบเทียบกับสูตร CRF0 (สูตรควบคุม) และสูตร CRF45 ต่อไป

ตารางที่ 9 ลักษณะของส่วนผสมและขนมเปียะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก

ลักษณะ	สารทดแทนไขมัน (ร้อยละ)							
	อินูลินเจล (IG)				มอลโตเดกซ์ทรินเจล (MG)			
	25	50	75	100	25	50	75	100
ก้อนโด (เปลือกชั้นนอก)	โดยรวมเป็นก้อน นุ่ม ยืดหยุ่น รีดแผ่นและ ห่อไส้ได้ง่าย	โดยรวมเป็นก้อน นุ่ม ยืดหยุ่น รีดแผ่นและ ห่อไส้ได้ง่าย	โดค่อนข้างเหลว และเหนียวมีการ ยึดตัวเมื่อ รีดแผ่นและ ห่อไส้ได้ ค่อนข้างง่าย	โดค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ไม่สามารถรีด แผ่นได้	โดยรวมเป็นก้อน นุ่ม ค่อนข้าง เหนียว ยืดหยุ่น รีดแผ่นและ ห่อไส้ได้ง่าย	โดยรวมเป็นก้อน นุ่ม ค่อนข้าง เหนียว ยืดหยุ่น รีดแผ่นและ ห่อไส้ได้ง่าย	โดค่อนข้างเหลว และเหนียว รีดแผ่นและ ห่อไส้ได้ ค่อนข้างยาก	โดเหลวและ เหนอะหนะมาก ไม่สามารถรีด แผ่นได้
ขนมเปียะเล็ก หลังอบสุก	ผิวเรียบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน ค่อนข้างนุ่ม มีการขยายตัว เล็กน้อย มีการ แยกเป็นแผ่นบาง หลายชั้น	ผิวเรียบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน ค่อนข้างนุ่ม มีการขยายตัว เล็กน้อย มีการ แยกเป็นแผ่นบาง หลายชั้น	ผิวเรียบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน ค่อนข้าง แข็ง มีการ ขยายตัวน้อย มีการแยกเป็น แผ่นบางเล็กน้อย	-	ผิวเรียบ เปลือกมีสีน้ำตาลอ่อน ค่อนข้าง นุ่มมีการขยายตัว เล็กน้อย มีการ แยกเป็นแผ่นบาง หลายชั้น	ผิวเรียบ เปลือกมีสีน้ำตาล ค่อนข้างแห้ง มี การขยายตัวน้อย มีการแยกเป็น แผ่นบางเล็กน้อย	ผิวขรุขระ เปลือกมีสีน้ำตาล ค่อนข้างแห้ง และแข็ง เกิดชั้น ไม่ชัดเจน ใส แดกทะลุออกมา	-



(a)



(b)

ภาพที่ 8 ลักษณะขนมเปี๊ยะเล็กที่เปลือกลดปริมาณไขมันร้อยละ 45 และเติมสารทดแทนไขมันระดับต่างๆ

จากการทดสอบคุณภาพทางกายภาพของขนมเปี๊ยะเล็กที่เปลือกชั้นนอกใช้สูตร IG25, IG50, IG75, MG25 และ MG50 โดยเปรียบเทียบกับโดยเปรียบเทียบกับสูตร CRF0 (สูตรควบคุม) และสูตร CRF45 ดังตารางที่ 10 พบว่า

เนื้อสัมผัส การเติมสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอกเมื่อเปรียบเทียบกับสูตร CRF0 และ CRF45 มีผลให้ความแข็ง (hardness) การแตกเปราะ (fracturability) ความสามารถในการคืนตัว (springiness) และความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ไม่แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการเพิ่มปริมาณสารทดแทนไขมันจะทำให้ค่าเหล่านี้เกี่ยวกับความสามารถในการคืนตัวเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอินูลินเจลและมอลโตเดกซ์ทรินเจลที่ทดแทนไขมันในปริมาณเดียวกันแสดงให้เห็นว่าการใช้มอลโตเดกซ์ทรินเจลจะทำให้ค่าเหล่านี้เกี่ยวกับความสามารถในการคืนตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้อินูลินเจล ทั้งนี้เพราะความแข็งของมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีค่ามากกว่าอินูลินเจลและเนยขาว รวมทั้งมอลโตเดกซ์ทรินเจลและอินูลินเจลมีองค์ประกอบของน้ำมากกว่าเนยขาว (ตารางที่ 9) เมื่อมีการผสมทำให้แป้งสาลีมีโอกาสสัมผัสกับน้ำได้มากกว่าไขมัน จึงเกิดกลูเตนในก้อนโดที่ผสมทำให้มีความเหนียว โดยโดที่แน่นจะทำให้ส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กมีขนาดและรูปร่างของเซลล์อากาศที่ปิดแน่น เปลือกนอกแข็ง (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) ซึ่งคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสมีความแตกต่างกันไม่มากนักเนื่องจากขนมเปี๊ยะเล็กมีปริมาณไส้มากกว่าปริมาณเปลือก และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย (สุภาภรณ์ และคณะ, 2549; ปิยะนุช, 2545)

สี การเติมสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอกเมื่อเปรียบเทียบกับสูตร CRF0 และ CRF45 ทำให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่ทำให้ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการเติมสารทดแทนไขมันได้แก่ อินูลินเจลและมอลโตเดกซ์ทรินเจลทำให้ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณสารทดแทนไขมันพบว่า สีของเปลือกขนมเปี๊ยะเล็กจะมีสีเข้มขึ้น โดยการเติมอินูลินเจลจะทำให้เปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กมีสีเหลืองใกล้เคียงกับสูตร CRF0 และ CRF45 มากกว่าการเติมมอลโตเดกซ์ทรินเจล เป็นเพราะอินูลินเจลมีลักษณะเป็นของเหลวข้นคล้ายครีม มีสีขาวใกล้เคียงกับเนยขาว ส่วนมอลโตเดกซ์ทรินเจลจะทำให้เปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กมีสีเหลืองเข้มมากกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตร CRF0, CRF45 และสูตรที่เปลือกชั้นนอกเติมอินูลินเจลแทนไขมัน เพราะมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีลักษณะเป็นของเหลวข้นคล้ายครีม มีสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) น้อยกว่า และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนยขาว (ตารางที่ 8) และทั้งอินูลินเจลและมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยารีดิวซ์ (Reducing power) จึงอาจไปเพิ่มการเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยามอลลาร์ด (maillard reaction) ในผลิตภัณฑ์ได้ (Leslie, 1999; Diederick, 2004)

ขนาดและปริมาตรจำเพาะ การเติมสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอกเมื่อเปรียบเทียบกับสูตร CRF0 และ CRF45 ทำให้ขนมเปี๊ยะเล็กมีขนาดทั้งเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยการเติมสารทดแทนไขมันมีผลต่อขนาด เมื่อเพิ่มปริมาณสารทดแทนไขมันจะทำให้ขนมเปี๊ยะเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงลดลง ถ้าใช้มอลโตเดกซ์ทรินเจลจะทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางหรือการขยายด้านข้างของขนมเปี๊ยะเล็กมีแนวโน้มมากกว่าการใช้อินูลินเจล แต่การใช้อินูลินเจลจะทำให้ความสูงของขนมเปี๊ยะเล็กมีแนวโน้มมากกว่าการใช้มอลโตเดกซ์ทรินเจล ทั้งนี้เพราะมอลโตเดกซ์ทรินเจลและอินูลินเจลมีองค์ประกอบของน้ำมากกว่าเนยขาว (ตารางที่ 8) ทำให้โปรตีนในแป้งสาธิตมีโอกาสสัมผัสกับน้ำเกิดเป็นกลูเตนในก้อนโด ทำให้มีโครงสร้างจับอากาศ ซึ่งมอลโตเดกซ์ทรินเจลมีความหนืดและความแข็งของเจลมากกว่าอินูลินเจลเป็นผลให้ขนมเปี๊ยะเล็กที่อบสุกแล้วมีการขยายตัวและเกิดการแยกชั้นได้น้อยกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตร CRF0 และ CRF45 ส่วนปริมาตรจำเพาะพบว่าขนมเปี๊ยะเล็กแต่ละตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) แต่การเพิ่มปริมาณของอินูลินเจลมีผลทำให้ขนมเปี๊ยะเล็กมีปริมาตรจำเพาะมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะ อินูลินนั้นมีคุณสมบัติในการดูดน้ำ เมื่อทำเป็นเจลแล้วอาจยังมีส่วนหลงเหลือที่สามารถดูดน้ำในส่วนเปลือกได้ด้วย (O'Brien *et al.*, 2003)

**ตารางที่ 10** คุณภาพทางกายภาพของขนมเป็ญะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก

คุณภาพทางกายภาพ	CRF0 (สูตรควบคุม)	CRF45	สารทดแทนไขมัน (ร้อยละ)				
			อินูลินเจล (IG)			มอลโตเดกซ์ทรินเจล (MG)	
			25	50	75	25	50
<b>คุณลักษณะเนื้อสัมผัส</b>							
Hardness <sup>ns</sup> (g)	1879.73±4.61	1885.97±3.71	1886.42±6.21	1888.56±1.93	1891.77±5.91	1888.97±2.80	1902.58±2.15
Fracturability <sup>ns</sup> (g)	1584.93±5.94	1586.95±4.41	1586.04±1.28	1587.55±3.63	1588.14±1.85	1586.05±4.14	1589.04±2.51
Springiness <sup>ns</sup> (mm)	0.32±0.02	0.30±0.01	0.29±0.15	0.32±0.01	0.31±0.01	0.31±0.00	0.30±0.01
Cohesiveness	0.094±0.20 <sup>cd</sup>	0.096±0.01 <sup>cd</sup>	0.090±0.00 <sup>d</sup>	0.090±0.00 <sup>d</sup>	0.100±0.01 <sup>bc</sup>	0.108±0.00 <sup>ab</sup>	0.114±0.00 <sup>a</sup>
Chewiness <sup>ns</sup> (g.mm)	74.20±1.64	75.99±1.33	75.33±2.23	76.20±2.62	77.73±5.96	75.43±1.63	76.79±2.01
<b>ค่าสี</b>							
ความสว่าง (L*) <sup>ns</sup>	70.80±1.10	72.28±0.32	71.40±0.61	71.03±0.83	71.18±0.67	72.21±0.54	71.71±0.23
สีแดง (a*)	1.62±0.19 <sup>bc</sup>	1.48±0.27 <sup>c</sup>	1.81±0.16 <sup>bc</sup>	1.85±0.09 <sup>bc</sup>	1.98±0.05 <sup>b</sup>	2.47±0.03 <sup>a</sup>	2.52±0.46 <sup>a</sup>
สีเหลือง (b*)	16.42±0.31 <sup>c</sup>	16.34±0.98 <sup>c</sup>	17.16±0.20 <sup>c</sup>	18.81±1.08 <sup>b</sup>	19.30±1.32 <sup>ab</sup>	19.78±0.32 <sup>ab</sup>	20.49±1.14 <sup>a</sup>
<b>ขนาด (cm.)</b>							
เส้นผ่านศูนย์กลาง	3.95±0.05 <sup>a</sup>	3.93±0.06 <sup>a</sup>	3.68±0.08 <sup>b</sup>	3.68±0.03 <sup>b</sup>	3.67±0.03 <sup>b</sup>	3.78±0.15 <sup>b</sup>	3.77±0.10 <sup>b</sup>
ความสูง	3.17±0.06 <sup>ab</sup>	3.20±0.00 <sup>a</sup>	3.15±0.05 <sup>ab</sup>	3.07±0.03 <sup>bc</sup>	3.02±0.08 <sup>cd</sup>	3.00±0.05 <sup>cd</sup>	2.93±0.10 <sup>d</sup>
ปริมาตรจำเพาะ <sup>ns</sup> (cm <sup>3</sup> /g)	1.31±0.02	1.28±0.01	1.27±0.04	1.25±0.02	1.24±0.03	1.28±0.07	1.28±0.02

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยะเล็กที่เติมสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอกเมื่อเปรียบเทียบกับสูตร CRF0 และ CRF45 ด้วยแผนการทดลองแบบกลุ่มในบล็อกไม่สมบูรณ์สมดุล (BIB) กับผู้ทดสอบจำนวน 21 คน ( $t=7$ ,  $k=2$ ,  $r=6$ ,  $b=21$  และ  $\lambda=1$ ) พบว่าความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีของส่วนเปลือก การเกิดชั้น กลิ่น และรสชาติไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนความชอบด้านความนุ่มและความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยขนมเป็ยะเล็กสูตร CRF0, CRF45, IG25, IG50 และ MG25 มีคะแนนความชอบด้านความนุ่มและความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ส่วนสูตร IG75 และ MG50 มีคะแนนความชอบด้านความนุ่มทั้ง 2 ตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ และความชอบรวมอยู่ในเกณฑ์เฉย ๆ และชอบเล็กน้อยตามลำดับ ทั้งนี้เพราะการเพิ่มปริมาณสารทดแทนไขมันมีผลให้ความนุ่ม การแยกชั้น และการขยายตัวของขนมเป็ยะเล็กลดลงดังตารางที่ 11

จากการประเมินจึงคัดเลือกสูตรที่เปลือกชั้นนอกมีการลดไขมันร้อยละ 45 และใช้อินนูลินเจลร้อยละ 50 ของน้ำหนักไขมัน (CRF45/IG50) ซึ่งสามารถทดแทนไขมันได้มากกว่าสูตรอื่น โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในเกณฑ์ชอบปานกลาง และยังมีลักษณะส่วนผสมรวมถึงความสามารถในการผลิตขนมเป็ยะเล็กที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางหลายชั้น ไม่แข็งกระด้าง และผิวหน้าไม่ปริแตกไปศึกษาส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเป็ยะเล็กทดพลังงานต่อไป

ตารางที่ 11 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการแทนที่ไขมันด้วยสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือกชั้นนอก

คุณลักษณะ	CRF0 (สูตรควบคุม)	CRF45	สารทดแทนไขมัน (ร้อยละ)				
			อินูลินเจล (IG)			มอลโตเดกซ์ทรินเจล (MG)	
			25	50	75	25	50
ลักษณะปรากฏ <sup>ns</sup>	6.39	6.40	6.60	7.09	5.77	5.46	5.79
ความนุ่ม	6.65 <sup>a</sup>	6.81 <sup>a</sup>	7.09 <sup>a</sup>	6.74 <sup>a</sup>	5.00 <sup>b</sup>	6.80 <sup>a</sup>	4.90 <sup>b</sup>
สีของส่วนเปลือก <sup>ns</sup>	5.85	6.62	6.15	7.15	5.38	5.23	6.62
การเกิดชั้น <sup>ns</sup>	6.83	6.96	6.94	6.65	6.83	6.43	6.71
กลิ่น <sup>ns</sup>	6.44	6.69	7.03	7.38	6.08	5.58	6.73
รสชาติ <sup>ns</sup>	7.11	6.64	6.61	6.84	6.73	6.50	6.57
ความชอบรวม	7.26 <sup>a</sup>	6.96 <sup>ab</sup>	6.83 <sup>ab</sup>	7.20 <sup>a</sup>	5.43 <sup>b</sup>	6.78 <sup>a</sup>	6.04 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 1.3 การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตไส้ถั่วกวนของขนมเป็ยะเล็กลดพลังงาน

#### 1.3.1 การศึกษาผลการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลในไส้ถั่วกวน

เมื่อนำไส้ถั่วกวนสูตร A (สูตรควบคุม) มาลดปริมาณน้ำมันในสูตรลงร้อยละ 0, 25, 50 และ 75 ของปริมาณน้ำมัน (RF0, RF25, RF50 และ RF75) ร่วมกับการลดปริมาณน้ำตาลทรายในสูตรลงร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 ของปริมาณน้ำตาลทราย (RS0, RS10, RS20 และ RS30) พบว่า การลดปริมาณน้ำมันและการลดปริมาณน้ำตาลทรายมีผลต่อเนื้อสัมผัส สี และรสชาติของไส้ถั่วกวนได้และขนมเป็ยะเล็กโดยไส้ถั่วกวนสูตร RF0/RS0, RF0/RS10, RF25/RS0, RF25/RS10, RF50/RS0 และ RF50/RS10 มีลักษณะค่อนข้างเหลว เนื้อเนียน สามารถปั้นได้ มีน้ำมันเยิ้มเล็กน้อย สีเหลืองค่อนข้างเข้ม รสหวานมากถึงปานกลาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลทรายในส่วนผสม

ดังตารางที่ 12 และเมื่อนำมาห่อด้วยเปลือกที่ลดไขมันร้อยละ 45 และเติมอินูลินเจลเป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 50 (CRF45/I50) จากข้อ 1.2.3 นำเข้าอบจนสุกพบว่า ขนมเปียะเล็กที่ได้มีผิวเรียบค่อนข้างนุ่ม ขยายตัวเล็กน้อย ส่วนเปลือกสามารถแยกเป็นแผ่นบางได้โดยใส่ถั่วกวนมีความชื้นสีเหลืองอ่อนกว่าสูตรพื้นฐานเล็กน้อย มีรสหวานค่อนข้างมากถึงปานกลาง แต่ถ้าวัดปริมาณน้ำมันในส่วนผสมร้อยละ 75 (RF75) ร่วมกับการลดปริมาณน้ำตาลทรายทุกระดับ พบว่าขณะกวนใส่จะติดกระทะ เมื่อทิ้งให้เย็นใส่ถั่วกวนมีลักษณะค่อนข้างแห้ง ร่วน และถ้ามีการลดปริมาณน้ำตาลทรายเพิ่มขึ้น สีเหลืองของใส่จะยิ่งอ่อนลง และรสหวานลดลง สำหรับใส่ถั่วกวนที่มีการลดปริมาณน้ำตาลทรายในส่วนผสมร้อยละ 20 และ 30 (RS20 และ RS30) ร่วมกับการลดปริมาณน้ำมันทุกระดับ ใส่ถั่วกวนที่ได้จะมีลักษณะแห้ง ร่วน หยิบ สีเหลืองอ่อน และรสหวานลดลง และถ้ามีการลดปริมาณน้ำมันเพิ่มขึ้นจะยิ่งทำให้ใส่ที่ได้แห้ง และติดกระทะง่ายขึ้นดังตารางที่ 13

การลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลในใส่ถั่วกวนของขนมเปียะเล็กมีผลต่อความชุ่มชื้น ความนุ่ม และการขยายตัวของขนมเปียะเล็กที่ได้ เพราะน้ำมันและน้ำตาลมีผลต่อความนุ่ม ชุ่มชื้น เนื้อสัมผัสเรียบเนียน และการขยายตัวข้างของขนม ซึ่งน้ำตาลทรายหรือน้ำตาลซูโครสมีการ ละลายน้ำได้ดีจึงเกิดผลึกยาก ถ้าน้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้นมากจะมีอัตราการเกาะตัวสูง และถ้าน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นน้อยจะมีอัตราการเกาะตัวน้อย โดยการกวนเป็นการช่วยให้เกิดจุดกลางมากขึ้นและป้องกันไม่ให้โมเลกุลของน้ำตาลเกาะจุดกลางให้มีขนาดใหญ่เกินไป เนื่องจากการกวนทำให้ผลึกมีการกระทบกันตลอดเวลา โมเลกุลจึงไม่สามารถเกาะจนเกิดผลึกใหญ่ได้ และน้ำมันในส่วนผสมสามารถป้องกันการเกิดผลึกใหญ่ได้ดี น้ำมันจะเคลือบผิวของผลึกไว้ ป้องกันไม่ให้โมเลกุลของน้ำตาลเกาะเป็นผลึกใหญ่ ทำให้ใส่ถั่วกวนมีเนื้อละเอียดและนุ่ม (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2535; รุ่งนภา, 2543; อบเชย และ ขนิษฐา, 2544) นอกจากนี้น้ำตาลยังมีผลต่อรสหวาน การเกิดสีของขนมจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (ปฏิกิริยาการเมลไลเซชัน-caramelization และปฏิกิริยาเมลลาร์ด-maillard reaction) และการเกิดสารประกอบของกลิ่นหอมในผลิตภัณฑ์ (อุสาห์, 2537; จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) ดังนั้นจึงเลือกขนมเปียะเล็กที่มีใส่ถั่วกวนสูตร RF0/RS0 (สูตรควบคุม), RF0/RS10, RF25/RS0, RF25/RS10, RF50/RS0 และ RF50/RS10 ไปทดสอบค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) เนื้อสัมผัส สี ขนาด ปริมาตรจำเพาะ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 12 ลักษณะของส่วนผสมไส้ถั่วกวนเมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลในไส้ถั่วกวน

ส่วนไส้ที่มีการลด น้ำตาล- RS (ร้อยละ)	ส่วนไส้ที่มีการลดน้ำมัน-RF (ร้อยละ)			
	0	25	50	75
0 (สูตรควบคุม)	ค่อนข้างเหลว และมีน้ำมันเยิ้ม เนื้อเนียน ปั้นเป็นก้อนได้ง่าย สีเหลืองเข้ม รสหวานมาก	ค่อนข้างเหลว มีน้ำมันเยิ้มเล็กน้อย ปั้นเป็นก้อนได้ง่าย สีเหลืองเข้ม รสหวานค่อนข้างมาก	เหลวปานกลาง มีน้ำมันเยิ้มเล็กน้อย เนื้อค่อนข้างเนียน ปั้นเป็นก้อนได้ สีเหลืองค่อนข้างเข้ม รสหวาน ปานกลาง	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ เล็กน้อย ไส้ค่อนข้างแห้ง เนื้อหยาบ ร่วน ไม่สามารถปั้นเป็นก้อนได้ สีเหลืองปานกลาง รสหวานปานกลาง
10	ค่อนข้างเหลว และมีน้ำมันเยิ้ม เล็กน้อย เนื้อเนียน ปั้นเป็นก้อน ได้ง่าย สีเหลืองเข้ม รสหวานมาก	ค่อนข้างเหลว มีน้ำมันเยิ้มเล็กน้อย เนื้อค่อนข้างเนียน ปั้นเป็นก้อนได้ สีเหลืองเข้ม รสหวานค่อนข้างมาก	เหลวปานกลาง มีน้ำมันเยิ้มน้อยมาก เนื้อค่อนข้างเนียน ปั้นเป็นก้อนได้ สี เหลืองค่อนข้างเข้ม รสหวานปานกลาง	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ เล็กน้อย ไส้ค่อนข้างแห้ง เนื้อหยาบ ร่วน ไม่สามารถปั้นเป็นก้อนได้ สีเหลืองปานกลาง รสหวานปานกลาง
20	ค่อนข้างแห้ง เนื้อค่อนข้างเนียน ปั้นเป็นก้อนได้ สีเหลืองค่อนข้างเข้ม รสหวานปานกลาง	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ เล็กน้อย ไส้มีความแห้ง เนื้อค่อนข้าง เนียน ปั้นเป็นก้อนได้ สีเหลือง ค่อนข้างเข้ม รสหวานปานกลาง	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ ไส้ค่อนข้างแห้ง เนื้อสัมผัสไม่เนียน ปั้นเป็นก้อนได้เล็กน้อย สีเหลือง ปานกลาง รสหวานปานกลาง	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ ค่อนข้างมาก ไส้มีความแห้ง เนื้อ หยาบ ร่วน ไม่สามารถปั้นเป็นก้อน ได้ สีเหลืองค่อนข้างอ่อน รสหวาน ปานกลาง
30	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ เล็กน้อย ไส้ค่อนข้างแห้ง เนื้อ ค่อนข้างเนียน ปั้นเป็นก้อนได้ สี เหลืองปานกลาง รสหวานปานกลาง	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ ไส้ค่อนข้างแห้ง เนื้อสัมผัสไม่เนียน ปั้นเป็นก้อนได้เล็กน้อย สีเหลือง ค่อนข้างอ่อน รสหวานปานกลาง	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะ ค่อนข้างมาก ไส้มีความแห้ง เนื้อ หยาบ ร่วน ไม่สามารถปั้นเป็นก้อน ได้ สีเหลืองอ่อน รสหวานเล็กน้อย	ขณะกวนส่วนผสมติดกระทะมาก ไส้มีความแห้งมาก เนื้อหยาบ ร่วน ไม่สามารถปั้นเป็นก้อนได้ สีเหลือง อ่อน รสหวานเล็กน้อย

ตารางที่ 13 ลักษณะของขนมเปียะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลในไส้ถั่วกวน

ส่วนไส้ที่มีการลด น้ำตาล-RS (ร้อยละ)	ส่วนไส้ที่มีการลดน้ำมัน-RF (ร้อยละ)			
	0	25	50	75
0	(สูตรควบคุม) ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลือง นุ่มปานกลาง มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบาง ได้หลายชั้น ส่วนไส้ค่อนข้างแฉะ นุ่มมาก สีเหลืองเข้ม รสหวานค่อนข้างมาก	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลือง นุ่มปานกลาง มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบางได้ หลายชั้น ส่วนไส้แฉะเล็กน้อย นุ่มปานกลาง สีเหลืองเข้ม รสหวานค่อนข้างมาก	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลืองค่อนข้างอ่อน และนุ่ม เล็กน้อย มีการขยายตัวเล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบางได้เล็กน้อย ส่วนไส้ชั้นเล็กน้อย นุ่มเล็กน้อย สีเหลืองค่อนข้างเข้ม รสหวาน ปานกลาง	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีเหลือง อ่อนมาก มีความแข็งเล็กน้อย มีการขยายตัวน้อยมาก แยกเป็นแผ่น บางได้เล็กน้อย ส่วนไส้แห้ง ร่วนเล็กน้อย สีเหลืองปานกลาง รสหวาน ปานกลาง
10	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลือง นุ่มปานกลาง มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบางได้ หลายชั้น ส่วนไส้ค่อนข้างแฉะ นุ่มมาก สีเหลืองเข้ม รสหวานค่อนข้างมาก	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลือง นุ่มปานกลาง มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบางได้ หลายชั้น ส่วนไส้ค่อนข้างแฉะ นุ่ม ปานกลาง สีเหลืองค่อนข้างเข้ม รสหวานค่อนข้างมาก	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีเหลือง อ่อน และนุ่มเล็กน้อย มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบาง ได้เล็กน้อย ส่วนไส้ค่อนข้างแห้ง สีเหลือง ปานกลาง รสหวานปานกลาง	ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีเหลือง อ่อนมาก แข็งปานกลาง มีการ ขยายตัวน้อยมาก แยกเป็นแผ่นบาง ได้เล็กน้อย ส่วนไส้แห้ง ร่วนเล็กน้อย สีเหลืองค่อนข้างอ่อน รสหวาน เล็กน้อย

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ส่วนไส้ที่มีการลด น้ำตาล-RS (ร้อยละ)	ส่วนไส้ที่มีการลดน้ำมัน-RF (ร้อยละ)			
	0	25	50	75
20	<p>ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลือง นุ่มเล็กน้อย มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ค่อนข้าง ร่วน สีเหลืองปานกลาง รสหวาน ปานกลาง</p>	<p>ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลืองอ่อน นุ่มเล็กน้อย เหนียว มีการขยายตัวเล็กน้อย แยกเป็น แผ่นบางได้เล็กน้อย</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ร่วนปานกลาง สีเหลืองปานกลาง รสหวาน ปานกลาง</p>	<p>ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีเหลือง อ่อน แข็งเล็กน้อย มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบาง ได้เล็กน้อย</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ร่วนค่อนข้างมาก สีเหลืองอ่อน รสหวานเล็กน้อย</p>	<p>ส่วนเปลือกมีผิวก่อนข้างเรียบ สีเหลืองอ่อนมาก แข็งปานกลาง มีการขยายตัวน้อย ไม่สามารถแยก เป็นแผ่นบางได้</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ร่วนค่อนข้างมาก สีเหลืองอ่อน รสหวานเล็กน้อย</p>
30	<p>ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีน้ำตาล เหลือง แข็งเล็กน้อย มีการขยายตัว เล็กน้อย แยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ร่วนเล็กน้อย สีเหลืองปานกลาง รสหวาน เล็กน้อย</p>	<p>ส่วนเปลือกมีผิวเรียบ สีเหลือง ปานกลาง แข็งปานกลาง มีการ ขยายตัวน้อย แยกเป็นแผ่นบาง ได้เล็กน้อย</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ร่วน สีเหลืองอ่อน รสหวานเล็กน้อย</p>	<p>ส่วนเปลือกมีผิวก่อนข้างเรียบ สีเหลืองอ่อน แข็งปานกลาง มีการ ขยายตัวน้อย แยกเป็นแผ่นบาง ได้น้อยมาก</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ร่วนมาก สีเหลืองอ่อน รสหวานเล็กน้อย</p>	<p>ส่วนเปลือกมีผิวก่อนข้างเรียบ สีเหลืองอ่อนมาก แข็ง มีการ ขยายตัวน้อยมาก ไม่สามารถแยก เป็นแผ่นบางได้</p> <p>ส่วนไส้มีความแห้ง ร่วนมาก สีเหลือง อ่อน รสหวานเล็กน้อย</p>

เมื่อนำขนมเปียะเล็กที่มีไส้ถั่วกวนสูตร RF0/RS0 (สูตรควบคุม), RF0/RS10, RF25/RS0, RF25/RS10, RF50/RS0 และ RF50/RS10 ไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ดังตารางที่ 14 พบว่า

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) การลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลในไส้ถั่วกวนทำให้ไส้ถั่วกวนมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มขึ้นโดยอยู่ในช่วง 0.80-0.86 และเมื่อนำแต่ละสูตรไปห่อด้วยเปลือกพบว่า ขนมเปียะเล็กมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.795-0.848 ซึ่งการลดปริมาณน้ำตาลมีผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งนี้เพราะน้ำตาลมีหน้าที่ลดความอิสระของน้ำ โดยของเหลวบางส่วนในส่วนผสมจะละลายน้ำตาลและช่วยลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี (กล้าณรงค์, 2542; รั้งสินี, 2550) และจากการทดลองพบว่า การลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลมีอิทธิพลร่วมกันทำให้ขนมเปียะเล็กมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

เนื้อสัมผัส ขนมเปียะเล็กมีคุณลักษณะความแข็ง (hardness) ความสามารถในการคืนตัว (springiness) ความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) และความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลในไส้ถั่วกวนมีอิทธิพลต่อคุณลักษณะดังกล่าว โดยทำให้ความแข็ง ความสามารถในการเกาะตัว และความทนทานในการบดเคี้ยวเพิ่มขึ้น ส่วนความสามารถในการคืนตัวลดลง แต่การลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลไม่มีอิทธิพลต่อการแตกเปราะ (fracturability) ของขนมเปียะเล็กซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) เป็นเพราะน้ำตาลช่วยเก็บความชื้น ทำให้เกิดความนุ่ม เนื้อสัมผัสเรียบเนียน รวมถึงเป็นตัวป้องกันการเกิดเจลในสตาร์ชและการแข็งตัวของโปรตีน และน้ำมันก็ยิ่งช่วยให้เกิดเนื้อสัมผัสเฉพาะ นุ่ม ไม่แห้งกระด้าง (จิตชนา และ อรอนงค์, 2550; รั้งสินี, 2550) ซึ่งขนมเปียะเล็กมีปริมาณไส้มากกว่าเปลือก การลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลในไส้จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสด้วย

สี ทั้งส่วนเปลือกและส่วนไส้ของขนมเปียะเล็กมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลในไส้ถั่วกวนมีอิทธิพลต่อสี เมื่อลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลเป็นผลให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้เพราะน้ำมันมีสีเหลืองเข้ม ทำหน้าที่นำความร้อน เคลือบและหล่อลื่นไม่ให้ไส้ที่กวนติดกระทะ ส่วนน้ำตาลทำให้เกิดสีน้ำตาลหรือสีที่เข้มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาคาราเมลไลซ์เซชัน (caramelization)

และปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) (ฉรงค์ และ อัญชนี, 2528; อุสาห์, 2537; รังสินี, 2550) การลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลจึงมีผลทำให้ค่าสีของผลิตภัณฑ์อ่อนลงได้

ขนาดและปริมาตรจำเพาะ ขนมเป็ยะเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนด้านความสูงและปริมาตรจำเพาะแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลระดับที่ทดลองในไส้ ถั่วกวนมีอิทธิพลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยมาก อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำมันและน้ำตาลที่ลดลงใน ไส้ถั่วกวนส่งผลให้ขนมเป็ยะมีการขยายตัวลดลง เนื่องจากน้ำมันจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีปริมาตร เพิ่มขึ้น และน้ำตาลจะช่วยให้เกิดการขยายตัวด้านข้างของผลิตภัณฑ์ (อุสาห์, 2537)

ตารางที่ 14 คุณภาพทางกายภาพของขนมเป็ญะเล็กหลังอบสุกเมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลในไส้ถั่วกวน

คุณภาพทางกายภาพ	ส่วนไส้ที่มีการลดปริมาณน้ำมัน/ปริมาณน้ำตาล					
	RF0/RS0 (สูตรควบคุม)	RF0/RS10	RF25/RS0	RF25/RS10	RF50/RS0	RF50/RS10
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ )	0.795 ±0.01 <sup>c</sup>	0.836 ±0.00 <sup>b</sup>	0.823 ±0.00 <sup>d</sup>	0.839 ±0.00 <sup>b</sup>	0.830 ±0.00 <sup>c</sup>	0.848 ±0.00 <sup>a</sup>
คุณลักษณะเนื้อสัมผัส						
Hardness (g)	1888.56±1.93 <sup>b</sup>	1897.53±1.29 <sup>b</sup>	1919.04±1.53 <sup>b</sup>	1978.60±2.36 <sup>b</sup>	1982.37±3.63 <sup>b</sup>	2140.05±2.67 <sup>a</sup>
Fracturability <sup>ns</sup> (g)	1587.55±3.63	1587.65±2.21	1588.18±3.03	1598.83±2.04	1595.14±2.06	1617.05±2.74
Springiness (mm)	0.315±0.00 <sup>a</sup>	0.309±0.01 <sup>ab</sup>	0.309±0.00 <sup>ab</sup>	0.305±0.00 <sup>abc</sup>	0.297±0.01 <sup>bc</sup>	0.293±0.01 <sup>c</sup>
Cohesiveness	0.090±0.00 <sup>d</sup>	0.095±0.00 <sup>d</sup>	0.102±0.01 <sup>c</sup>	0.111±0.00 <sup>b</sup>	0.118±0.00 <sup>a</sup>	0.119±0.00 <sup>a</sup>
Chewiness (g.mm)	76.20±2.62 <sup>d</sup>	76.50±0.54 <sup>cd</sup>	79.75±2.60 <sup>bc</sup>	80.51±1.01 <sup>b</sup>	80.95±1.29 <sup>b</sup>	85.65±1.95 <sup>a</sup>
ค่าสีของส่วนเปลือก						
ความสว่าง (L*)	71.03±0.83 <sup>c</sup>	75.33±2.42 <sup>b</sup>	77.14±0.51 <sup>ab</sup>	76.75±0.54 <sup>ab</sup>	77.85±0.64 <sup>a</sup>	78.27±0.42 <sup>a</sup>
สีแดง (a*)	1.85±0.09 <sup>ab</sup>	1.57±0.07 <sup>ab</sup>	1.86±0.11 <sup>a</sup>	1.55±0.10 <sup>b</sup>	1.60±0.34 <sup>ab</sup>	1.20±0.03 <sup>c</sup>
สีเหลือง (b*)	18.81±1.08 <sup>a</sup>	19.07±1.65 <sup>a</sup>	18.67±0.73 <sup>a</sup>	18.08±0.73 <sup>ab</sup>	16.82±0.15 <sup>bc</sup>	16.17±0.43 <sup>c</sup>
ค่าสีของส่วนไส้						
ความสว่าง (L*)	56.13±0.29 <sup>c</sup>	57.28±0.80 <sup>dc</sup>	58.19±0.27 <sup>cd</sup>	58.90±0.73 <sup>c</sup>	61.75±1.20 <sup>b</sup>	63.13±0.84 <sup>a</sup>
สีแดง (a*)	9.96±0.26 <sup>a</sup>	9.30±0.22 <sup>b</sup>	9.87±0.12 <sup>ab</sup>	8.41±0.44 <sup>c</sup>	9.30±0.19 <sup>b</sup>	8.48±0.56 <sup>c</sup>
สีเหลือง (b*)	41.87±0.23 <sup>c</sup>	42.04±1.40 <sup>c</sup>	44.50±0.74 <sup>b</sup>	43.12±0.28 <sup>c</sup>	46.05±0.47 <sup>a</sup>	44.68±0.26 <sup>b</sup>

ตารางที่ 14 (ต่อ)

คุณภาพทางกายภาพ	ส่วนใต้ที่มีการลดปริมาณน้ำมัน/ปริมาณน้ำตาล					
	RF0/RS0 (สูตรควบคุม)	RF0/RS10	RF25/RS0	RF25/RS10	RF50/RS0	RF50/RS10
ขนาด (cm.)						
เส้นผ่านศูนย์กลาง <sup>ns</sup>	3.68±0.03	3.70±0.05	3.70±0.05	3.68±0.03	3.68±0.03	3.65±0.03
ความสูง	3.07±0.03 <sup>b</sup>	3.18±0.08 <sup>a</sup>	3.25±0.05 <sup>a</sup>	3.23±0.03 <sup>a</sup>	3.18±0.03 <sup>a</sup>	3.27±0.03 <sup>a</sup>
ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)	1.25±0.02 <sup>a</sup>	1.17±0.03 <sup>b</sup>	1.16±0.03 <sup>b</sup>	1.15±0.05 <sup>b</sup>	1.15±0.04 <sup>b</sup>	1.14±0.03 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ญะเล็กที่ใส่ถั่วควมมีการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลกับผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนมาแล้วจำนวน 12 คน พบว่าลักษณะปรากฏของส่วนเปลือกและส่วนไส้ สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ รสหวาน และการยอมรับโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนความนุ่มของเปลือกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งด้านลักษณะปรากฏของส่วนเปลือกขนมเป็ญะเล็กทุกตัวอย่างอยู่ในเกณฑ์ชุ่มชื้นปานกลาง ด้านลักษณะปรากฏของส่วนไส้อยู่ในเกณฑ์ชุ่มชื้นปานกลางถึงชุ่มชื้นมาก สีของไส้อยู่ในเกณฑ์สีเหลืองอ่อนมากถึงสีเหลืองเข้ม ซึ่งไส้สูตร RF50/RS10 มีสีเหลืองอ่อนมาก ด้านกลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก และรสหวานอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ด้านความร่วนของไส้อยู่ในเกณฑ์ร่วนน้อยถึงปานกลาง ด้านความนุ่มของไส้และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงมาก ดังตารางที่ 15

การลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลทำให้ลักษณะปรากฏของเปลือกและไส้ มีความชุ่มชื้นลดลง สีเหลืองอ่อนลง ความนุ่มของไส้และรสหวานลดลง ความร่วนของไส้เพิ่มขึ้น ซึ่งการลดปริมาณน้ำมันมีอิทธิพลทำให้กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) เพิ่มขึ้น และการลดปริมาณน้ำตาลยังมีอิทธิพลทำให้กลิ่นถั่วแรงขึ้น ทั้งนี้เพราะน้ำมันและน้ำตาลมีบทบาทต่อกลิ่นรสเนื้อสัมผัส และความรู้สึกในปาก ดังนั้นการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาลจึงมีผลต่อการยอมรับรวมของผู้บริโภค (Shepherd, 1988; Hatchwell, 1994; Kathryn and John, 2004) ส่วนความนุ่มของเปลือกนั้นการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลมีอิทธิพลน้อยมาก ทั้งนี้เพราะส่วนผสมของไส้ไม่ได้มีส่วนผสมของน้ำ ดังนั้นความชื้นของไส้จึงมาจากความชื้นของเนื้อถั่วที่แห้งที่สุด (สุภาภรณ์ และคณะ, 2549; ปิยะนุช, 2545) ด้านการยอมรับโดยรวมนั้นการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลทำให้คะแนนการยอมรับโดยรวมลดลงโดยขนมเป็ญะเล็กที่ใส่ลดปริมาณน้ำมันร้อยละ 25 และไม่มีการลดปริมาณน้ำตาล (RF25/RS0) มีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบมากซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) กับขนมเป็ญะเล็กที่มีไส้สูตรพื้นฐาน

เมื่อนำคะแนนของแต่ละคุณลักษณะมาเปรียบเทียบกับค่าคะแนนเฉลี่ยดีเลิศ (Ideal score) เพื่อทดสอบเค้าโครงของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) พบว่าผู้ทดสอบต้องการให้ขนมเป็ญะเล็กมีลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏส่วนไส้ สีเหลืองของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก และรสหวานอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ด้านความนุ่มของไส้อยู่ในเกณฑ์นุ่มมาก ส่วนด้านความร่วนของไส้อยู่ในเกณฑ์ร่วนน้อย เมื่อหาอัตราส่วนเฉลี่ยของตัวอย่าง (S/I) ดังภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 1 จากการประเมินคุณภาพทาง

กายภาพและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ผู้ทดสอบให้คะแนนเฉลี่ยการยอมรับรวมของขนมเป็ยะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร RF25/RS0 อยู่ในเกณฑ์ชอบมากโดยมีคะแนนมากกว่าขนมเป็ยะเล็กตัวอย่างอื่น ดังนั้นจึงเลือกขนมเป็ยะเล็กสูตรนี้ (RF25/RS0) ซึ่งเป็นไส้ถั่วกวนสูตรที่ลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลทรายได้มากที่สุด มีลักษณะแห้งพอปั้นได้ มีเนื้อสัมผัสนุ่ม สะดวกในการห่อขนมเป็ยะเล็กที่อบสุกแล้วไส้ไม่ไหลทะลุออกมา และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับที่ผู้ทดสอบต้องการ เพื่อใช้ในการศึกษาการแทนที่ของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในไส้ถั่วกวนต่อไป

ตารางที่ 15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยะเล็กที่ไส้มีการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาล

คุณลักษณะ	ขนมเป็ยะเล็กที่ไส้ลดปริมาณน้ำมัน/ปริมาณน้ำตาล					
	RF0/RS0 (สูตรควบคุม)	RF0/RS10	RF25/RS0	RF25/RS10	RF50/RS0	RF50/RS10
ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก	6.20±1.01 <sup>a</sup>	5.73±1.02 <sup>ab</sup>	6.06±1.01 <sup>ab</sup>	5.86±1.09 <sup>ab</sup>	4.86±0.88 <sup>bc</sup>	4.24±1.07 <sup>c</sup>
ลักษณะปรากฏส่วนไส้	7.04±1.34 <sup>a</sup>	6.84±1.00 <sup>ab</sup>	7.18±1.02 <sup>a</sup>	4.59±1.08 <sup>c</sup>	5.75±1.04 <sup>b</sup>	3.14±1.06 <sup>d</sup>
สีของไส้	6.83±1.21 <sup>a</sup>	6.33±1.08 <sup>ab</sup>	6.69±1.04 <sup>a</sup>	4.75±0.64 <sup>c</sup>	5.65±1.24 <sup>bc</sup>	2.66±1.05 <sup>d</sup>
กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง)	3.92±1.00 <sup>b</sup>	4.14±0.96 <sup>b</sup>	4.67±1.39 <sup>ab</sup>	5.48±1.28 <sup>a</sup>	4.73±0.52 <sup>ab</sup>	5.61±1.02 <sup>a</sup>
กลิ่นถั่ว	5.08±0.57 <sup>a</sup>	3.89±1.08 <sup>b</sup>	3.68±1.33 <sup>b</sup>	3.93±1.51 <sup>b</sup>	4.33±1.28 <sup>b</sup>	3.58±1.04 <sup>b</sup>
ความนุ่มของเปลือก <sup>ns</sup>	3.39±1.36	3.37±1.17	4.26±1.52	4.18±1.50	4.54±1.55	4.67±1.11
ความนุ่มของไส้	6.04±0.63 <sup>a</sup>	7.05±1.01 <sup>a</sup>	6.79±1.48 <sup>a</sup>	4.66±1.31 <sup>b</sup>	6.82±0.76 <sup>a</sup>	4.35±1.09 <sup>b</sup>
ความร่วนของไส้	2.75±1.35 <sup>c</sup>	2.51±0.91 <sup>c</sup>	3.04±1.02 <sup>c</sup>	4.87±1.39 <sup>b</sup>	4.18±1.05 <sup>b</sup>	5.96±0.33 <sup>a</sup>
รสหวาน	5.77±1.06 <sup>a</sup>	5.65±1.21 <sup>a</sup>	6.30±1.00 <sup>a</sup>	4.05±0.49 <sup>b</sup>	4.41±1.24 <sup>b</sup>	3.75±1.02 <sup>b</sup>
การยอมรับโดยรวม	7.08±1.24 <sup>a</sup>	6.00±0.84 <sup>b</sup>	7.50±0.80 <sup>a</sup>	6.08±1.16 <sup>b</sup>	5.17±1.04 <sup>b</sup>	5.08±1.00 <sup>b</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

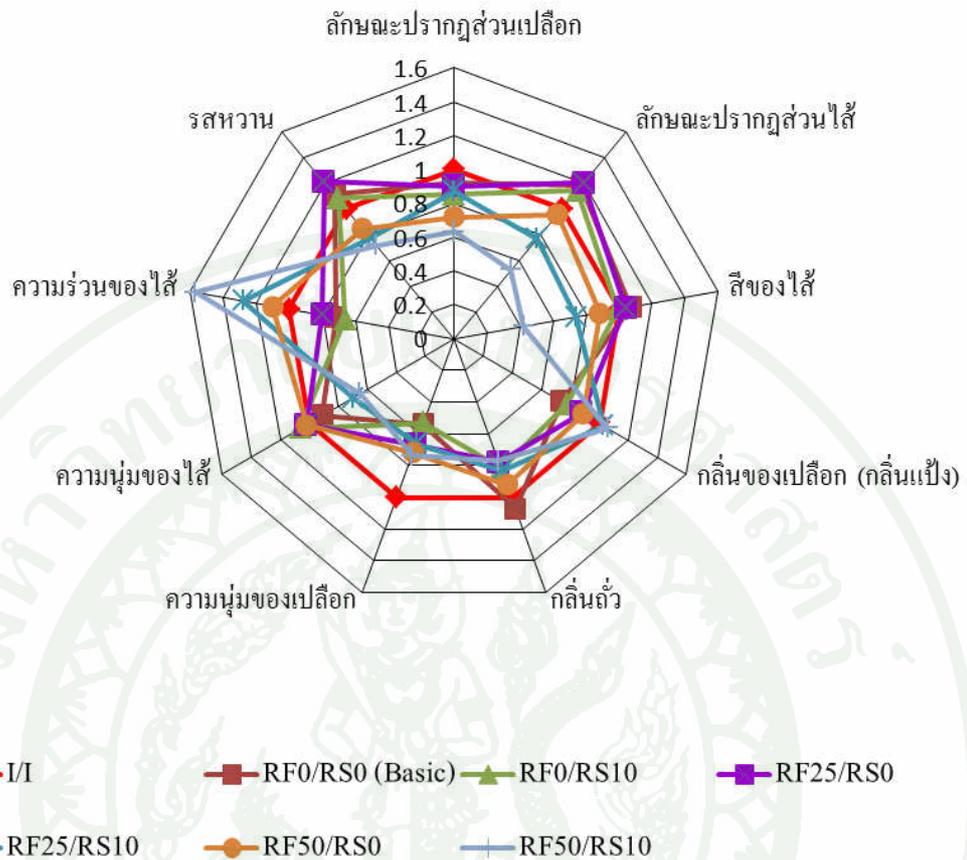
( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เกณฑ์ของคุณลักษณะ 0.10-3.33 คะแนน หมายถึง น้อย

3.34-6.66 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

6.67-10.00 คะแนน หมายถึง มาก



ภาพที่ 9 เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของคุณลักษณะลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏส่วนไส้ สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นตัว ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความแว่นของไส้ และรสหวานของขนมเปียะเล็กที่ไส้มีการลดปริมาณน้ำมันและ ปริมาณน้ำตาล โดยวิธี ratio profile test (RPT)

### 1.3.2 การศึกษาการแทนที่ของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในไส้ถั่วกวน

เมื่อนำไส้ถั่วกวนสูตร A ที่ลดปริมาณน้ำมันลงร้อยละ 25 และไม่ลดปริมาณน้ำตาล (RF25/RS0) ซึ่งเป็นสูตรควบคุมสำหรับการทดลองนี้มาเติมสารทดแทนไขมันคือ สารละลายอินูลิน (I) ความเข้มข้นร้อยละ 15 ที่ระดับร้อยละ 80, 90 และ 100 ของน้ำหนักน้ำมัน (I80, I90 และ I100) ร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลคือซอร์บิทอล (Sor) หรือมาลติตอล (Mal) ที่ระดับร้อยละ 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย พบว่าการแทนที่ของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในไส้ถั่วกวนมีผลต่อลักษณะส่วนผสม เนื้อสัมผัส สี และรสชาติของไส้และขนมเปียะเล็ก โดยส่วนของไส้ถั่วกวน พบว่าการเพิ่มปริมาณสารละลายอินูลินและปริมาณสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทั้งซอร์บิทอลและมาลติตอลจะทำให้ไส้ถั่วกวนเหลว เหนอะหนะเพิ่ม มีสีเหลืองและรสหวานลดลงดังตารางที่ 16 และขนมเปียะเล็ก จะมีเปลือกที่แห้งเพิ่มขึ้น การขยายตัวลดลง ไส้ภายในร่วน สีเหลืองอ่อน และรสหวานลดลงดังตารางที่ 17 ซึ่งไส้ถั่วกวนสูตรที่ใช้สารให้ความหวานทั้ง 2 ชนิดที่ระดับร้อยละ 10 ร่วมกับสารละลายอินูลินร้อยละ 80 และ 90 (I80/Sor10, I90/Sor10, I80/Mal10 และ I90/Mal10) ไส้ถั่วกวนค่อนข้างเนียน มีลักษณะใกล้เคียงกับไส้ถั่วกวนสูตร RF25/RS0 และเมื่อนำไส้ถั่วกวนมาห่อด้วยเปลือกที่ลดไขมันร้อยละ 45 และเติมอินูลินเจลเป็นสารทดแทนไขมันร้อยละ 50 (CRF45/I50) จากข้อ 1.2.3 นำเข้าอบจนสุก พบว่าขนมเปียะเล็กขยายตัวเล็กน้อย เปลือกค่อนข้างแห้ง ไส้ยังมีความชื้น รสหวานปานกลาง ส่วนไส้ถั่วกวนสูตรที่ใช้สารละลายอินูลินร้อยละ 100 (I100) ร่วมกับสารให้ความหวานทั้ง 2 ชนิดทุกระดับ และสูตรที่ใช้สารละลายอินูลินร้อยละ 80 หรือ 90 (I80 หรือ I90) ร่วมกับสารให้ความหวานทั้ง 2 ชนิดที่ระดับร้อยละ 20 และ 30 (Sor20, Sor30, Mal20 หรือ Mal30) ขณะกวนไส้มีการติดกระทะ และเมื่อทิ้งให้เย็น ไส้เหนอะหนะ ไม่เนียน แต่ยังเป็นก้อนได้ และขนมเปียะเล็กมีการขยายตัวเล็กน้อย เปลือกค่อนข้างแห้งและแข็ง ไส้ภายในแห้ง ร่วน หยิบ และมีรสหวานเล็กน้อย

การแทนที่ของสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในไส้ถั่วกวนสูตร RF25/RS0 มีผลทำให้ขนมเปียะเล็กมีเปลือกที่แข็งเพิ่มขึ้น การขยายตัวลดลง ไส้ภายในร่วน หยิบ มีสีเหลืองและรสหวานลดลง เป็นเพราะไส้ถั่วกวนมีสารละลายอินูลินซึ่งมีส่วนประกอบของน้ำ เป็นของเหลวข้น สีขาว มากกว่าน้ำมัน โดยอินูลินสามารถละลายน้ำ มีความคงตัวสูง และทำให้ไส้มีความหนืดเพิ่มขึ้น (สุจิตตา, 2546; Kim and Wang, 2001) น้ำมันมีผลต่อ

ความละเอียด ความนุ่มของไส้ และช่วยหล่อลื่น ป้องกันการติดกระทะขณะกวนไส้ (ณรงค์ และอัญชนีย์, 2535; ออบเชย และชนิษฐา, 2544) การใช้สารละลายอินูลินแทนน้ำมันจึงทำให้ไส้และและหยาบ มีการติดกระทะ และทำให้สีของไส้อ่อนลง ส่วนการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ทั้งซอร์บิทอลและมาลติทอลที่เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันคือ ความสามารถในการละลายน้ำ การดูดความชื้น และความคงตัวต่ออุณหภูมิสูง ไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และมีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครสหรือน้ำตาลทราย (Frye and Setser, 1993; Calorie Control Council, 2005; Calorie Control Council, 2006) ดังนั้นเมื่อใช้สารให้ความหวานทั้ง 2 ชนิดจึงทำให้ไส้ที่กวนได้เหลว ไม่เกิดผลึกน้ำตาล และมีสีเหลืองอ่อน และเมื่อนำมาใช้เป็นไส้ของขนมเปี๊ยะเล็ก จึงทำให้ไส้ดูดความชื้นจากส่วนผสมและจากเปลือก เนื้อสัมผัสของไส้มีความเนียน สีเหลืองและรสหวานน้อยกว่าการใช้น้ำตาลทราย จากการประเมินลักษณะส่วนผสม และขนมเปี๊ยะเล็กที่ได้ จึงเลือกขนมเปี๊ยะเล็กที่มีไส้ถั่วกวนสูตร I80/Sor10, I90/Sor10, I80/Mal10 และ I90/Mal10 ไปทดสอบค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) เนื้อสัมผัส สี ขนาด ปริมาตรจำเพาะ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไป

ตารางที่ 16 ลักษณะของส่วนผสมไส้ถั่วกวนเมื่อมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย

ปริมาณสารละลาย อินูลินที่ทดแทน น้ำมัน (ร้อยละ)	ปริมาณการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (ร้อยละ)					
	ซอร์บิทอล (Sor)			มาลติตอล (Mal)		
	10	20	30	10	20	30
80	ค่อนข้างเหลว เนียน ปั่นเป็นก้อนกลมได้ง่าย สีเหลืองค่อนข้างเข้ม รสหวานปานกลาง	ค่อนข้างเหลว เนียนและ เหนอะหนะเล็กน้อย ปั่น เป็นก้อนกลมได้ง่าย สีเหลืองปานกลาง รส หวานปานกลาง	เหลว เนียนแต่ เหนอะหนะ ปั่นเป็น ก้อนกลมได้ สีเหลือง ปานกลาง รสหวาน เล็กน้อย	ค่อนข้างเหลว เนียน ปั่นเป็นก้อนกลม ได้ง่าย สีเหลือง ค่อนข้างเข้ม รสหวานปานกลาง	ค่อนข้างเหลว เนียนและ เหนอะหนะเล็กน้อย ปั่น เป็นก้อนกลมได้ง่าย สี เหลืองปานกลาง รส หวานปานกลาง	เหลว เนียนแต่ เหนอะหนะ ปั่นเป็น ก้อนกลมได้ สีเหลือง ปานกลาง รสหวาน เล็กน้อย
90	ค่อนข้างเหลว ค่อนข้าง เนียน ปั่นเป็นก้อนกลม ได้ สีเหลืองปานกลาง รสหวานปานกลาง	ค่อนข้างเหลว เนียน เหนอะหนะและติด กระทะเล็กน้อย ปั่น เป็นก้อนกลมได้ สี เหลืองอ่อน รสหวาน เล็กน้อย	เหลว เนียนและ เหนอะหนะเล็กน้อย ติดกระทะเล็กน้อย ปั่น เป็นก้อนกลมได้ สี เหลืองอ่อน รสหวาน เล็กน้อย	ค่อนข้างเหลว ค่อนข้างเนียน ปั่น เป็นก้อนกลมได้ สี เหลืองปานกลาง รส หวานปานกลาง	ค่อนข้างเหลว เนียน เหนอะหนะและติด กระทะเล็กน้อย ปั่นเป็น ก้อนกลมได้ สีเหลือง อ่อน รสหวานเล็กน้อย	เหลว เนียนและ เหนอะหนะเล็กน้อย ติดกระทะเล็กน้อย ปั่นเป็นก้อนกลมได้ สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย
100	ค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ติดกระทะ ปั่นเป็นก้อนกลมได้ สีเหลืองอ่อนมาก รสหวานปานกลาง	ค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ติดกระทะ ปั่นเป็นก้อนกลมได้ สี เหลืองอ่อนมาก รส หวานเล็กน้อย	ค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ติดกระทะ ปั่นเป็นก้อนกลมได้ สี เหลืองอ่อนมาก รส หวานเล็กน้อย	ค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ติด กระทะ ปั่นเป็นก้อน กลมได้ สีเหลือง อ่อนมาก รสหวาน ปานกลาง	ค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ติดกระทะ ปั่นเป็นก้อนกลมได้ สี เหลืองอ่อนมาก รส หวานเล็กน้อย	ค่อนข้างเหลว เหนอะหนะ ติด กระทะ ปั่นเป็นก้อน กลมได้ สีเหลืองอ่อน มาก รสหวานเล็กน้อย

ตารางที่ 17 ลักษณะของขนมเปียะเล็กที่ใส่ถั่วกวนใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (ไม่ได้ทำไข่แดงและอบควันเทียน)

ปริมาณสารละลาย อินูลิน (I)	ปริมาณการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (ร้อยละ)					
	ซอร์บิทอล (Sor)			มาลติตอล (Mal)		
ที่ทดแทนน้ำมัน (ร้อยละ)	10	20	30	10	20	30
80	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง เล็กน้อย พองตัวและแยกเป็น แผ่นบางได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ตรงกลางชั้น สีเหลือง ค่อนข้างเข้ม ส่วนด้านนอกชั้น สีเหลืองอ่อน รสหวาน ปานกลาง	เปลือกมีผิวเรียบ แห้งเล็กน้อย พองตัว และแยกเป็นแผ่นบาง ได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รสหวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง เล็กน้อย พองตัวและแยก เป็นแผ่นบางได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่แห้ง ร่วนและ หยิบมาก ไม่เกาะตัวกัน สีเหลืองอ่อน รสหวาน เล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง เล็กน้อย พองตัวและแยก เป็นแผ่นบางได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ชั้น นุ่ม สีเหลือง เข้ม รสหวานปานกลาง	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง เล็กน้อย พองตัวและแยก เป็นแผ่นบางได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง เล็กน้อย พองตัวและแยก เป็นแผ่นบางได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วนและหยิบมาก เกาะตัวกันน้อย สีเหลือง อ่อน รสหวานเล็กน้อย
90	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง เล็กน้อย พองตัวและแยกเป็น แผ่นบางได้เล็กน้อย สีเหลือง นวล ใส่ตรงกลางชั้นเล็กน้อย สี เหลืองปานกลาง ส่วนด้าน นอกชั้น สีเหลืองอ่อน รส หวานปานกลาง	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง เล็กน้อย พองตัวและแยก เป็นแผ่นบางได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ชั้น ค่อนข้างนุ่ม สี เหลืองปานกลาง รส หวานปานกลาง	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วนและหยิบ เล็กน้อย เกาะตัวกันน้อย สีเหลืองอ่อน รสหวาน เล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ปริมาณสารละลาย อินูลิน (I)		ปริมาณการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล (ร้อยละ)					
		ซอร์บิทอล (Sor)			มาลติตอล (Mal)		
ที่ทดแทนน้ำมัน (ร้อยละ)	10	20	30	10	20	30	
100	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และ แข็ง พองตัวน้อยมากและแยก เป็นแผ่นบางได้เล็กน้อย สี เหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัวกัน น้อย สีเหลืองอ่อน รสหวาน ปานกลาง	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานปานกลาง	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบางได้ เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย	เปลือกมีผิวเรียบแห้ง และแข็ง พองตัวน้อยมาก และแยกเป็นแผ่นบาง ได้เล็กน้อย สีเหลืองนวล ใส่ร่วน หยิบ เกาะตัว กันน้อย สีเหลืองอ่อน รส หวานเล็กน้อย

เมื่อนำขนมเป็ยะเล็กใส่ถั่วกวนสูตร I80/Sor10, I90/Sor10, I80/Mal10 และ I90/Mal10 ไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพโดยเปรียบเทียบกับขนมเป็ยะเล็กใส่ถั่วกวนสูตร RF25/RS0 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม ดังตารางที่ 18 พบว่า

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) ใส่ถั่วกวนที่ใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน ร่วมกับสารให้ความหวานซอร์บิทอลหรือมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.85-0.86 และเมื่อนำใส่ถั่วกวนแต่ละสูตรไปห่อด้วยเปลือกจะได้ขนมเป็ยะเล็กที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีอยู่ในช่วง 0.826-0.829 จากการทดลองพบว่าขนมเป็ยะเล็กแต่ละตัวอย่างมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม แสดงให้เห็นว่าการใช้สารละลายอินูลินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเป็นผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะสารละลายอินูลินสามารถละลายและดูดซับน้ำจึงมีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก

เนื้อสัมผัส ขนมเป็ยะเล็กแต่ละตัวอย่างมีความแข็ง (hardness) ความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) และความหนานหนานในการบดเคี้ยว (chewiness) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) โดยด้านความแข็งได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับซอร์บิทอลหรือมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทราย ส่วนความสามารถในการเกาะตัวและความหนานหนานในการบดเคี้ยวได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน การใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็ง ความสามารถในการเกาะตัว และความหนานหนานในการบดเคี้ยวเพิ่มขึ้น เพราะน้ำมันมีบทบาทต่อความนุ่มและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและใช้สารละลายอินูลินที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวนมากจึงส่งผลต่อความชุ่มชื้นและความแน่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการใช้สารละลายอินูลินร่วมกับซอร์บิทอล จะทำให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มมากกว่าการใช้ร่วมกับมาลติตอล นอกจากนี้ยังพบว่าขนมเป็ยะเล็กแต่ละตัวอย่างมีการแตกเปราะ (fracturability) และความสามารถในการคืนตัว (springiness) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

สี การใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับซอร์บิทอลหรือมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายมีอิทธิพลต่อสีของส่วนเปลือกและส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็ก ในส่วนเปลือกของขนมเป็ยะแต่ละตัวอย่าง พบว่าค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการใช้สารละลายอินูลินในไส้ถั่วกวนมีอิทธิพลต่อค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ของเปลือก เมื่อเปรียบเทียบสูตรควบคุมพบว่า การใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันทำให้ค่าสีแดง ( $a^*$ ) เพิ่มขึ้น และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ลดลง ในส่วนของไส้ถั่วกวนในขนมเปี๊ยะที่อบสุกแล้วเมื่อตรวจสอบค่าสีพบว่าค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันมีอิทธิพลต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) ของไส้เมื่อเปรียบเทียบไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะแต่ละตัวอย่างกับไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมพบว่า การใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันทำให้ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง ( $a^*$ ) มีค่าลดลง เพราะสารละลายอินูลินมีลักษณะเป็นของเหลวข้น สีขาว มีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก เมื่อนำมาใช้ทดแทนน้ำมันจึงทำให้ไส้หยาบและสีอ่อนลง ส่วนสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทั้งซอร์บิทอลและมาลติทอลมีคุณสมบัติคือไม่เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จึงมีผลต่อการเกิดสีของไส้ไม่มากนัก (Frye and Setser, 1993; Calorie Control Council, 2005; Calorie Control Council, 2006)

ขนาดและปริมาตรจำเพาะ เส้นผ่านศูนย์กลางและปริมาตรจำเพาะของขนมเปี๊ยะเล็กไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนความสูงของขนมเปี๊ยะเล็กมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันมีอิทธิพลต่อความสูงของขนมเปี๊ยะเล็ก เมื่อเปรียบเทียบขนมเปี๊ยะเล็กแต่ละตัวอย่างกับสูตรควบคุมพบว่า การใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันและปริมาณสารละลายอินูลินที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ขนมเปี๊ยะเล็กมีความสูงเพิ่มขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางมีแนวโน้มลดลงแสดงว่า การใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันในไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะมีผลต่อเนื้อสัมผัสทำให้ความแข็งและความสามารถในการเกาะตัวเพิ่มขึ้น และมีอัตราการแผ่ขยายลดลง

**ตารางที่ 18** คุณภาพทางกายภาพของขนมเปียะเล็กที่ใส่ถั่วกวนใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (ไม่ได้ทำใจแดงและอบควันเทียน)

คุณภาพทางกายภาพ	RF25/RS0 (สูตรควบคุม)	ขนมเปียะเล็กที่ใส่ใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล			
		180/Sor10	190/Sor10	180/Mal10	190/Mal10
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) <sup>ns</sup>	0.823±0.00	0.826±0.00	0.829±0.00	0.827±0.00	0.829±0.00
<b>คุณลักษณะเนื้อสัมผัส</b>					
Hardness (g)	1919.04±7.53 <sup>c</sup>	2049.78±5.47 <sup>b</sup>	2133.32±2.47 <sup>a</sup>	2003.11±4.70 <sup>b</sup>	2057.61±6.68 <sup>b</sup>
Fracturability <sup>ns</sup> (g)	1588.18±3.03	1590.04±7.11	1592.55±7.73	1583.77±4.55	1587.77±3.00
Springiness <sup>ns</sup> (mm)	0.309±0.00	0.308±0.00	0.308±0.00	0.307±0.00	0.305±0.00
Cohesiveness	0.102±0.01 <sup>b</sup>	0.132±0.01 <sup>a</sup>	0.138±0.00 <sup>a</sup>	0.133±0.00 <sup>a</sup>	0.139±0.00 <sup>a</sup>
Chewiness (g.mm)	79.75±2.60 <sup>c</sup>	84.18±5.23 <sup>bc</sup>	91.20±2.06 <sup>a</sup>	83.34±0.30 <sup>c</sup>	89.27±1.98 <sup>ab</sup>
<b>ค่าสีของส่วนเปลือก</b>					
ความสว่าง (L*) <sup>ns</sup>	77.80±0.14	77.77±1.18	77.24±0.42	77.45±0.55	77.85±0.64
สีแดง (a*)	1.55±0.98 <sup>b</sup>	2.05±0.11 <sup>a</sup>	2.06±0.02 <sup>a</sup>	2.03±0.02 <sup>a</sup>	2.02±0.01 <sup>a</sup>
สีเหลือง (b*)	18.67±0.73 <sup>a</sup>	17.67±0.15 <sup>b</sup>	17.58±0.09 <sup>b</sup>	17.81±0.11 <sup>b</sup>	17.62±0.19 <sup>b</sup>
<b>ค่าสีของส่วนไส้</b>					
ความสว่าง (L*)	58.19±0.27 <sup>c</sup>	68.91±0.64 <sup>b</sup>	69.39±0.56 <sup>ab</sup>	68.95±0.22 <sup>b</sup>	69.86±0.15 <sup>a</sup>
สีแดง (a*)	10.54±0.53 <sup>a</sup>	6.18±0.07 <sup>b</sup>	6.14±0.30 <sup>b</sup>	6.12±0.07 <sup>b</sup>	6.08±0.03 <sup>b</sup>
สีเหลือง (b*) <sup>ns</sup>	44.50±0.74	44.38±0.46	44.41±0.08	44.53±0.23	44.72±0.50
<b>ขนาด (cm.)</b>					
เส้นผ่านศูนย์กลาง <sup>ns</sup>	3.70±0.05	3.67±0.03	3.67±0.03	3.68±0.03	3.67±0.03
ความสูง	3.25±0.05 <sup>b</sup>	3.33±0.03 <sup>a</sup>	3.37±0.05 <sup>a</sup>	3.37±0.06 <sup>a</sup>	3.38±0.03 <sup>a</sup>
ปริมาตรจำเพาะ <sup>ns</sup> (cm <sup>3</sup> /g)	1.16±0.03	1.20±0.02	1.19±0.02	1.19±0.01	1.18±0.01

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยาะเล็กที่มีไส้ถั่วกวนใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับซอร์บิทอลและมาลติตอลซึ่งเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลเปรียบเทียบกับขนมเป็ยาะเล็กสูตร RF25/RS0 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม โดยทดสอบกับผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนมาแล้วจำนวน 12 คน พบว่าลักษณะปรากฏของส่วนเปลือกและส่วนไส้ของไส้ ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ รสหวาน และการยอมรับโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนกลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) และกลิ่นถั่วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ด้านลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนเปลือก สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก และรสหวานอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ด้านความร่วนของไส้อยู่ในเกณฑ์น้อยถึงปานกลาง ส่วนด้านลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนไส้ ความนุ่มของไส้ และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงมาก ดังตารางที่ 19

ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก สีของไส้ ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ รสหวาน และการยอมรับโดยรวมนั้นได้รับอิทธิพลจากปริมาณของสารละลายอินูลินที่ใช้ทดแทนน้ำมัน สอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพที่การใช้สารละลายอินูลินมีผลทำให้สีเหลืองของไส้อ่อนลง เพราะสารละลายอินูลินมีลักษณะเป็นของเหลวข้น สีขาว และการใช้สารละลายอินูลินร่วมกับซอร์บิทอลทำให้ความแข็งของขนมเป็ยาะเล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือมีความนุ่มน้อยกว่าการใช้สารละลายอินูลินร่วมกับมาลติตอล เมื่อเพิ่มปริมาณสารละลายอินูลินที่ทดแทนน้ำมันมีผลทำให้ความนุ่มของเปลือกและไส้ลดลง แต่ความร่วนของไส้เพิ่มขึ้น เพราะน้ำมันมีผลต่อความนุ่มและความหยาบของผลิตภัณฑ์ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) ด้านรสหวานเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม พบว่าการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันทำให้รสหวานลดลง ทั้งนี้เพราะน้ำมันมีบทบาทต่อรสชาติซึ่งเป็นความรู้สึกร่วมกับความรู้สึกลิ้นในปาก (เนื้อสัมผัส) (De Roos, 1997) และเมื่อใช้สารละลายอินูลินร่วมกับซอร์บิทอลหรือมาลติตอลที่มีความหวานน้อยกว่าน้ำตาลทรายจึงทำให้ผู้บริโภครับรู้ได้ ในด้านลักษณะปรากฏของส่วนไส้ นั้นได้รับอิทธิพลจากปริมาณสารละลายอินูลินที่ทดแทนน้ำมัน และการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายทั้งซอร์บิทอลและมาลติตอลเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่า สารละลายอินูลินและซอร์บิทอลหรือมาลติตอลมีผลต่อความชุ่มชื้นของไส้ถั่วกวน ทั้งนี้เนื่องจากสารละลายอินูลินมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือน้ำ ซึ่งสามารถระเหยได้ในขั้นตอนการกวนไส้และการอบ ถึงแม้ไส้ถั่วกวนจะมีซอร์บิทอลหรือมาลติตอลเป็นสารให้ความหวานที่สามารถอุ้มน้ำและช่วยรักษาความชื้นในผลิตภัณฑ์ (Frye and Setser, 1993; Calorie Control Council, 2005; Calorie Control Council, 2006) แต่การใช้สารนี้

ในไส้ถั่วกวนมีผลทำให้ไส้มีการดูดความชื้นจากส่วนผสมและจากส่วนเปลือก ผู้ทดสอบจึงรับรู้ได้ว่าไส้ถั่วกวนมีความชุ่มชื้นลดลง

เมื่อนำคะแนนของแต่ละคุณลักษณะมาเปรียบเทียบกับค่าคะแนนเฉลี่ยดีเลิศ (Ideal score) เพื่อทดสอบค่าไครงของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) พบว่าผู้ทดสอบต้องการให้ขนมเปียะเล็กมีลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนไส้ สีเหลืองของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก และรสหวาน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ด้านความนุ่มของไส้อยู่ในเกณฑ์นุ่มมาก ส่วนด้านความร่วนของไส้อยู่ในเกณฑ์ร่วนน้อย เมื่อหาอัตราส่วนเฉลี่ยของตัวอย่าง (S/I) ขนมเปียะเล็กที่ไส้ถั่วกวนใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน และซอร์บิทอลหรือมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายในระดับต่างๆ ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับคะแนนดีเลิศมากที่สุดดังนี้ ด้านลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก สีของไส้ ความนุ่มของเปลือก และความนุ่มของไส้ ได้แก่ ขนมเปียะเล็กสูตร RF25/RS0 ด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ กลิ่นถั่ว และความร่วนของไส้ ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I80/Ma110 ด้านกลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I90/Sor10 และ I90/Ma110 ส่วนรสหวาน ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I90/Ma110 ดังภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 2 ผู้ทดสอบมีข้อเสนอแนะว่าตัวอย่างขนมเปียะเล็กที่ทดสอบควรทำไข่แดงที่ผิวหน้าเพื่อเพิ่มสีและความเงา ร่วมกับการอบควันของเทียนอบเพื่อให้ขนมเปียะเล็กที่มีลักษณะเดียวกับขนมเปียะเล็กที่ผู้ทดสอบคุ้นเคยและมีการจำหน่ายโดยทั่วไป ดังนั้นจึงนำตัวอย่างขนมเปียะเล็กเหล่านี้ไปทาผิวหน้าด้วยไข่แดงของไข่ไก่ก่อนนำเข้าอบจากนั้นนำขนมเปียะเล็กที่อบสุกและเย็นแล้วมาอบควันของเทียนอบ 2 ชั่วโมง (สุภารัตน์, 2551) แล้วจึงทดสอบค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ ) เนื้อสัมผัส สี ขนาด ปริมาตรจำเพาะ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสอีกครั้ง

ตารางที่ 19 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยาะเล็กที่ใส่ถั่วกวนใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย (ไม่ได้ทำไข่แดงและอบควันเทียน)

คุณลักษณะ	RF25/RS0 (สูตร ควบคุม)	ขนมเป็ยาะเล็กที่ใส่ใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล			
		I80/Sor10	I90/Sor10	I80/Mal10	I90/Mal10
		ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก	6.18±0.80 <sup>a</sup>	5.30±0.46 <sup>ab</sup>	4.15±0.27 <sup>c</sup>
ลักษณะปรากฏส่วนไส้	7.11±0.98 <sup>a</sup>	5.33±0.90 <sup>bc</sup>	5.17±0.66 <sup>c</sup>	5.97±0.76 <sup>b</sup>	5.88±0.75 <sup>b</sup>
สีของไส้	6.62±1.05 <sup>a</sup>	4.88±0.42 <sup>b</sup>	4.27±0.83 <sup>b</sup>	5.15±0.74 <sup>b</sup>	5.14±1.03 <sup>b</sup>
กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) <sup>ns</sup>	4.49±0.87	4.78±0.81	4.87±0.99	4.83±0.83	4.88±0.40
กลิ่นถั่ว <sup>ns</sup>	3.68±0.93	4.37±1.03	3.97±0.86	4.44±0.89	4.36±0.58
ความนุ่มของเปลือก	5.24±0.90 <sup>a</sup>	4.49±0.76 <sup>b</sup>	4.37±0.70 <sup>b</sup>	4.68±0.79 <sup>ab</sup>	4.56±0.65 <sup>b</sup>
ความนุ่มของไส้	6.83±1.02 <sup>a</sup>	5.09±0.96 <sup>bc</sup>	4.25±0.72 <sup>d</sup>	5.43±0.59 <sup>b</sup>	4.72±0.98 <sup>cd</sup>
ความร่วนของไส้	3.02±0.42 <sup>b</sup>	4.36±1.00 <sup>a</sup>	5.09±0.95 <sup>a</sup>	4.22±0.94 <sup>a</sup>	4.92±1.17 <sup>a</sup>
รสหวาน	6.35±1.02 <sup>a</sup>	5.08±0.59 <sup>b</sup>	4.92±0.82 <sup>b</sup>	5.50±0.50 <sup>b</sup>	5.12±0.78 <sup>b</sup>
การยอมรับโดยรวม	7.17±0.69 <sup>a</sup>	6.54±0.81 <sup>b</sup>	5.83±0.75 <sup>c</sup>	6.83±0.71 <sup>ab</sup>	5.96±0.72 <sup>c</sup>

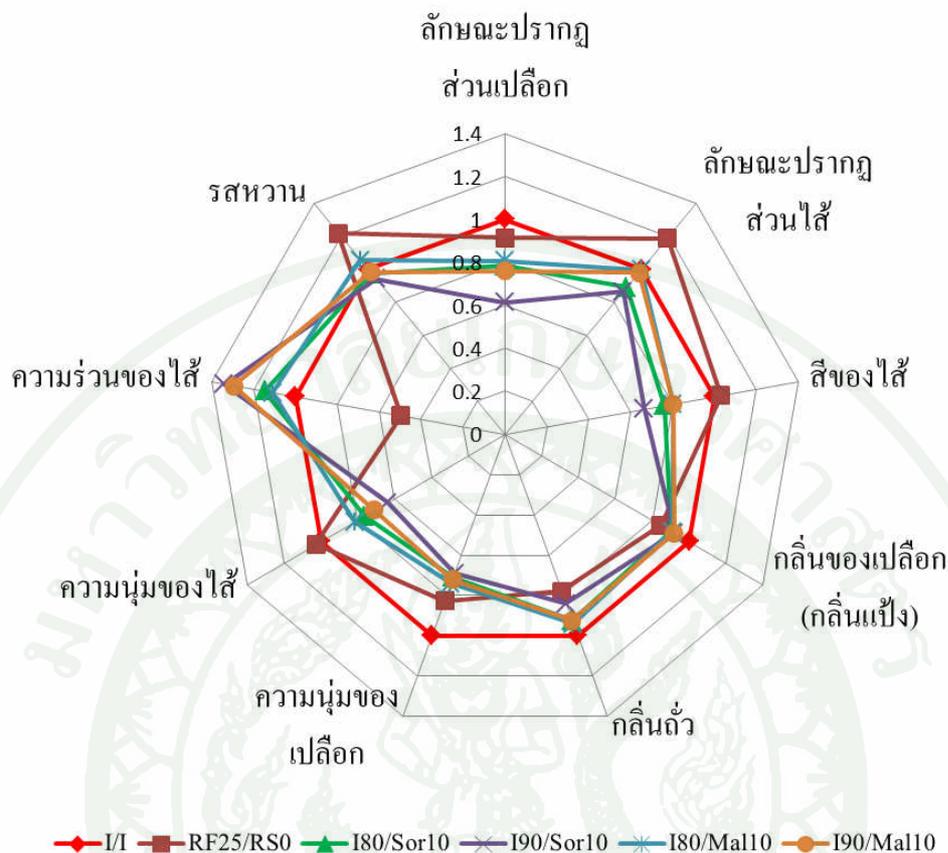
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เกณฑ์ของคุณลักษณะ 0.10-3.33 คะแนน หมายถึง น้อย

3.34-6.66 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

6.67-10.00 คะแนน หมายถึง มาก



**ภาพที่ 10** เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของคุณลักษณะลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏส่วนไส้ สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ และรสหวานของขนมเป็ยาะเล็กที่ใส่ถั่วกวนมีการใช้สารละลาย Inulin (I) ทดแทนน้ำมันร่วมกับ Sorbitol (Sor) หรือ Maltitol (Mal) ทดแทนน้ำตาล (ไม่ได้ทำไขแดงและอบควันเทียน) โดยวิธี ratio profile test (RPT)

เมื่อนำขนมเป็ยาะเล็กแต่ละตัวอย่างไปทาผิวหน้าด้วยไขแดงก่อนนำเข้าอบ จากนั้นนำขนมเป็ยาะเล็กที่อบสุกและเย็นแล้วอบควันของเทียนอบ นำไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพ ดังตารางที่ 20 พบว่า

ค่าอเวออร์แอคทิวิตี ( $a_w$ ) ขนมเป็ยาะเล็กสูตรควบคุมมีค่าอเวออร์แอคทิวิตี 0.832 ส่วนขนมเป็ยาะเล็กตัวอย่างอื่นมีค่าอเวออร์แอคทิวิตีอยู่ในช่วง 0.842-0.852 ขนมเป็ยาะเล็กแต่ละตัวอย่างมีค่าอเวออร์แอคทิวิตีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน และการใช้ซอร์บิทอลหรือมัลติทอลทดแทนน้ำตาลทราย

ซึ่งการใช้สารละลายอินูลินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นเป็นผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะอินูลินสามารถละลายและดูดซับน้ำ ทำให้มีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวนมาก นอกจากนี้ยังพบว่า ตัวอย่างขนมเปียะเล็กที่ใส่ถั่วกวนใช้มาลติตอลจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีน้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้ซอร์บิทอล และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ทาผิวหน้าด้วยไขแดงและอบควันเทียนพบว่า ทั้งขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมและขนมเปียะเล็กตัวอย่างอื่นที่ทาผิวหน้าด้วยไขแดงและอบควันเทียน มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะไขแดงมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 48 (วรรณวิบูลย์, 2543) การทาไขแดงที่ผิวหน้าขนมเปียะเล็กในขณะที่อุณหภูมิและเวลาอบเท่าเดิมจึงเป็นการเพิ่มความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตีให้แก่ขนมเปียะเล็กได้

เนื้อสัมผัส ขนมเปียะเล็กแต่ละตัวอย่างมีความแข็ง (hardness) ความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) และความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันพบว่า การใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความแข็ง ความสามารถในการเกาะตัว และความทนทานในการบดเคี้ยวเพิ่มขึ้น เป็นเพราะน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารมีบทบาทต่อความนุ่มและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการลดปริมาณน้ำมันและใช้สารละลายอินูลินที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวนมากจึงส่งผลต่อความชุ่มชื้นและความแน่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการใช้สารละลายอินูลินร่วมกับซอร์บิทอลจะทำให้ความแข็งของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มที่มากกว่าการใช้ร่วมกับมาลติตอลและยังพบว่าขนมเปียะเล็กแต่ละตัวอย่างมีการแตกเปราะ (fracturability) และความสามารถในการคืนตัว (springiness) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ผิวหน้าไม่ทาไขแดงพบว่า คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง ความสามารถในการเกาะตัว และความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเปียะเล็กทุกตัวอย่างที่ผิวหน้าทาไขแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะไขแดงที่ทาผิวหน้าซึ่งเป็นของเหลวประกอบด้วยโปรตีน เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการตกตะกอน (coagulation) (อบเชย และชนิษฐา, 2544) การทาไขแดงยังเป็นการเพิ่มความชื้นและความหนืดที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ (Kuragano *et al.*, 2005) จะทำให้แป้งสาทิมีโอกาสสัมผัสกับน้ำได้เพิ่มขึ้น เมื่อได้รับความร้อนสตาร์ช (starch) เกิดเจลาติไนซ์ (gelatinized) และกลูเตน (gluten) เริ่มแข็งตัว ทำให้น้ำที่กลูเตนดูดซับไว้เคลื่อนตัวมายังสตาร์ช ช่วยให้เกิดเจลาติไนซ์สมบูรณ์ เมื่อถูกความร้อนต่อไปภายนอกของผลิตภัณฑ์ จะมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในจึงทำให้เกิดผิวแข็งด้านนอก (อุส่าห์, 2537)

สี ส่วนเปลือกของขมเป็ยะเล็กแต่ละตัวอย่างที่ทาไข่แดงและอบควันเทียน มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการใช้ สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน เมื่อเปรียบเทียบกับขมเป็ยะเล็กที่ไม่ทาไข่แดงพบว่า ขมเป็ยะเล็กที่ทาไข่แดงมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ลดลง ค่าสีแดง ( $a^*$ ) และค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะ ไข่แดงมีรงควัตถุ (pigment) ของแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) (อบเชย และ ขมิ้นชัน, 2544) จะทำให้ขมเป็ยะเล็กมีผิวหน้าสีเหลืองเข้ม ส่วนไส้ถั่วกวนของขมเป็ยะเล็กมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าสีแดง ( $a^*$ ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ไม่มีความแตกต่างอย่างทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน มีลักษณะเช่นเดียวกับขมเป็ยะเล็กที่ไม่ทาไข่แดง แสดงให้เห็นว่าการทาไข่แดงที่ผิวหน้าไม่มีผลต่อสีของไส้ถั่วกวนที่อยู่ภายใน

ขนาดและปริมาตรจำเพาะ ขมเป็ยะเล็กแต่ละตัวอย่างมีเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนความสูงและปริมาตรจำเพาะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน ทำให้ไส้ถั่วกวนมีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับขมเป็ยะเล็กที่ไม่ทาไข่แดงพบว่า ความสูงและปริมาตรจำเพาะของขมเป็ยะเล็กที่ทาไข่แดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

**ตารางที่ 20** คุณภาพทางกายภาพของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนที่ใช้ถั่วกวนมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย

คุณภาพทางกายภาพ	RF25/RS0 (สูตรควบคุม)	ขนมเป็ยะเล็กที่ใช้ใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล			
		180/Sor10	190/Sor10	180/Mal10	190/Mal10
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ )	0.832±0.00 <sup>c</sup>	0.852±0.00 <sup>a</sup>	0.854±0.00 <sup>a</sup>	0.842±0.00 <sup>b</sup>	0.843±0.00 <sup>b</sup>
<b>คุณลักษณะเนื้อสัมผัส</b>					
Hardness (g)	2022.76±7.17 <sup>b</sup>	2069.79±5.04 <sup>b</sup>	2159.96±1.51 <sup>a</sup>	2041.55±5.64 <sup>b</sup>	2090.27±4.08 <sup>ab</sup>
Fracturability <sup>ns</sup> (g)	1595.86±4.04	1596.59±5.19	1597.28±9.22	1587.79±5.34	1590.20±0.51
Springiness <sup>ns</sup> (mm)	0.293±0.01	0.291±0.00	0.287±0.01	0.292±0.01	0.292±0.01
Cohesiveness	0.099±0.00 <sup>c</sup>	0.121±0.00 <sup>b</sup>	0.130±0.00 <sup>a</sup>	0.117±0.01 <sup>b</sup>	0.130±0.00 <sup>a</sup>
Chewiness (g.mm)	82.62±2.65 <sup>c</sup>	87.55±1.70 <sup>bc</sup>	94.38±3.75 <sup>a</sup>	88.85±0.65 <sup>b</sup>	93.88±3.52 <sup>a</sup>
<b>ค่าสีของส่วนเปลือก</b>					
ความสว่าง (L*)	73.03±0.06 <sup>b</sup>	74.67±0.30 <sup>a</sup>	74.91±0.13 <sup>a</sup>	74.65±0.35 <sup>a</sup>	74.80±0.20 <sup>a</sup>
สีแดง (a*)	5.44±0.82 <sup>b</sup>	5.72±0.17 <sup>a</sup>	5.77±0.14 <sup>a</sup>	5.73±0.09 <sup>a</sup>	5.76±0.11 <sup>a</sup>
สีเหลือง (b*) <sup>ns</sup>	38.15±0.32	38.61±0.57	38.41±0.69	38.69±1.90	38.56±0.43
<b>ค่าสีของส่วนไส้</b>					
ความสว่าง (L*)	58.20±0.22 <sup>b</sup>	68.78±2.22 <sup>a</sup>	69.43±0.68 <sup>a</sup>	69.67±1.51 <sup>a</sup>	70.58±1.57 <sup>a</sup>
สีแดง (a*)	9.91±0.13 <sup>a</sup>	5.61±0.57 <sup>b</sup>	5.79±0.48 <sup>b</sup>	5.23±0.45 <sup>b</sup>	5.36±0.33 <sup>b</sup>
สีเหลือง (b*) <sup>ns</sup>	44.71±0.33	44.19±0.35	43.90±0.16	44.52±0.57	44.63±0.63
<b>ขนาด (cm.)</b>					
เส้นผ่านศูนย์กลาง <sup>ns</sup>	3.72±0.03	3.68±0.03	3.68±0.03	3.70±0.05	3.68±0.03
ความสูง	3.22±0.03 <sup>b</sup>	3.32±0.03 <sup>a</sup>	3.35±0.00 <sup>a</sup>	3.35±0.00 <sup>a</sup>	3.35±0.00 <sup>a</sup>
ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)	1.17±0.01 <sup>b</sup>	1.20±0.01 <sup>a</sup>	1.19±0.01 <sup>a</sup>	1.20±0.02 <sup>a</sup>	1.19±0.01 <sup>a</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยาะเล็กที่ใส่ถั่วกวนใช้สารละลาย อินูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับซอร์บิทอล และมาลติตอลซึ่งเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล เปรียบเทียบกับขนมเป็ยาะเล็กสูตร RF25/RS0 ซึ่งเป็นสูตรควบคุม ซึ่งผิวหน้าทาไข่แดงและอบควันเทียน โดยทดสอบกับผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนมาแล้วจำนวน 12 คน พบว่าลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนเปลือก กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) และกลิ่นถั่วไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนไส้ สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่นควันเทียนอบ ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ รสหวาน และการยอมรับโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยตัวอย่างขนมเป็ยาะเล็กมีความร่วนของไส้อยู่ในเกณฑ์น้อยถึงปานกลาง ด้านสีเหลืองของเปลือก สีเหลืองของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก และรสหวานอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ด้านความชุ่มชื้นของเปลือก ความชุ่มชื้นของไส้ กลิ่นควันเทียนอบ ความนุ่มของไส้ และการยอมรับโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงมาก คุณลักษณะทั้งหมดนี้ได้รับอิทธิพลจากการใช้สารละลาย อินูลินทดแทนน้ำมัน โดยด้านสีเหลืองของไส้ นั้นได้รับอิทธิพลจากการใช้ซอร์บิทอลหรือ มาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายร่วมด้วย คะแนนที่ได้รับนั้นสอดคล้องกับการทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับขนมเป็ยาะเล็กที่ไม่ทาไข่แดงและอบควันเทียนพบว่า ขนมเป็ยาะเล็กที่ทาไข่แดงและอบควันเทียนมีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของเปลือก สีเหลืองของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ และรสหวานอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกัน ส่วนด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้มีคะแนนเพิ่มขึ้นอยู่ในเกณฑ์ชุ่มชื้นมาก และเปลือกมีสีอยู่ในเกณฑ์สีเหลืองปานกลาง ทั้งนี้เพราะไข่แดงมีรงควัตถุ (pigment) คือ แชนโทฟิลล์ (xanthophyll) และไขมันเป็นองค์ประกอบจึงทำให้ผิวหน้าของขนมเป็ยาะเล็กมีสีเหลืองและเงามัน (อุสาห์, 2537; ออบเชย และ ขนิษฐา, 2544) ด้านกลิ่นควันเทียนอบนั้นให้ผลให้ความเข้มของกลิ่นเปลือก (กลิ่นของแป้ง) และกลิ่นถั่วลดลงเล็กน้อย โดยขนมเป็ยาะเล็กสูตรควบคุมมีกลิ่นของควันเทียนอบแรงกว่าขนมเป็ยาะเล็กตัวอย่างอื่น เป็นเพราะขนมเป็ยาะเล็กสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันในส่วนผสมมากกว่าตัวอย่างอื่นจึงสามารถดูดซับกลิ่นได้ดีกว่า โดยไขมันจะทำหน้าที่เป็นตัวพา (carrier) คือเป็นตัวละลายโมเลกุลของสารให้กลิ่นรสได้ ซึ่งขณะที่ไขมันละลาย สารให้กลิ่นรส สารให้กลิ่นรสจะถูกปล่อยสู่หน่วยรับกลิ่นรส ถ้ามีปริมาณของไขมันไม่เพียงพอสำหรับเป็นตัวพากลิ่นรสจะทำให้รับกลิ่นรสได้รวดเร็วและมีแนวโน้มว่ากลิ่นรสนั้นจะหายไปเร็วกว่าปกติ (Marshall and Arbuckle, 1996) การเพิ่มปริมาณสารละลาย Inulin ทดแทนน้ำมันในขนมเป็ยาะเล็กจึงมีผลให้ความเข้มของกลิ่นควันเทียนอบลดลงด้วย ในด้านการยอมรับโดยรวมพบว่าผู้ทดสอบมีความชอบขนมเป็ยาะเล็กที่ทาไข่แดงและอบควันเทียนเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 21

เมื่อนำคะแนนของแต่ละคุณลักษณะมาเปรียบเทียบกับค่าคะแนนเฉลี่ยดีเลิศ (Ideal score) เพื่อทดสอบเค้าโครงของผลิตภัณฑ์โดยวิธี Ratio Profile Test (RPT) พบว่าผู้ทดสอบต้องการให้ขนมเปียะเล็กมีลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏ (ความชุ่มชื้น) ของส่วนไส้ สีของเปลือก สีเหลืองของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว กลิ่นวันเทียนอบ ความนุ่มของเปลือก และรสหวานอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ด้านความนุ่มของไส้อยู่ในเกณฑ์นุ่มมาก ส่วนด้านความร่วนของไส้อยู่ในเกณฑ์ร่วนน้อย เมื่อหาอัตราส่วนเฉลี่ยของตัวอย่าง (S/I) ขนมเปียะเล็กที่ไส้ถั่วกวนใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมัน และซอร์บิทอลหรือมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายในระดับต่าง ๆ ที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับคะแนนดีเลิศเฉลี่ยมากที่สุดดังนี้ ด้านลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I90/Sor10 และ I80/Mal10 ด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้และกลิ่นถั่ว ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I80/Sor10 ด้านสีของเปลือก ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I80/Sor10, I80/Mal10 และ I90/Mal10 ด้านสีของไส้ ความนุ่มของเปลือกและความนุ่มของไส้ ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร RF25/RS0 ด้านกลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I90/Sor10, I80/Mal10 และ I90/Mal10 ด้านกลิ่นวันเทียนอบ ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I80/Sor10 และ I80/Mal10 ด้านความร่วนของไส้และรสหวาน ได้แก่ ขนมเปียะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I80/Mal10) ดังภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 3

ตารางที่ 21 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเปี๊ยะเล็กรอบควันเทียนที่ใส่ถั่วกวนมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย

คุณลักษณะ	RF25/RS0 (สูตรควบคุม)	ขนมเปี๊ยะเล็กรอบควันเทียนที่ใส่ใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล			
		180/Sor10	190/Sor10	180/Mal10	190/Mal10
ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก <sup>ns</sup>	6.41±0.80	6.93±0.84	6.76±1.05	6.78±0.90	6.71±0.87
ลักษณะปรากฏส่วนไส้	7.02±0.76 <sup>a</sup>	6.07±1.03 <sup>b</sup>	5.44±0.88 <sup>c</sup>	6.16±0.96 <sup>b</sup>	5.54±0.85 <sup>c</sup>
สีของเปลือก	6.26±0.93 <sup>a</sup>	5.84±0.82 <sup>b</sup>	5.75±0.76 <sup>b</sup>	5.84±0.82 <sup>b</sup>	5.80±0.80 <sup>b</sup>
สีของไส้	6.51±0.71 <sup>a</sup>	5.04±0.71 <sup>bc</sup>	4.43±0.88 <sup>c</sup>	5.38±0.72 <sup>b</sup>	5.18±0.81 <sup>b</sup>
กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) <sup>ns</sup>	4.43±0.87	4.63±1.11	4.83±0.86	4.83±0.76	4.84±0.83
กลิ่นถั่ว <sup>ns</sup>	3.62±0.79	4.11±0.94	3.66±0.72	4.03±0.76	3.74±0.48
กลิ่นควันเทียนอบ	7.04±0.84 <sup>a</sup>	6.25±0.78 <sup>b</sup>	5.67±0.78 <sup>c</sup>	6.25±0.78 <sup>b</sup>	5.71±0.81 <sup>c</sup>
ความนุ่มของเปลือก	5.73±0.81 <sup>a</sup>	5.30±0.79 <sup>b</sup>	4.99±0.66 <sup>c</sup>	5.31±0.74 <sup>b</sup>	5.03±0.61 <sup>bc</sup>
ความนุ่มของไส้	6.87±0.96 <sup>a</sup>	5.15±0.95 <sup>bc</sup>	4.29±0.71 <sup>d</sup>	5.51±0.54 <sup>b</sup>	4.78±0.93 <sup>cd</sup>
ความร่วนของไส้	3.01±0.22 <sup>c</sup>	4.21±0.91 <sup>ab</sup>	4.90±0.88 <sup>a</sup>	4.12±0.84 <sup>b</sup>	4.71±1.02 <sup>ab</sup>
รสหวาน	6.15±1.06 <sup>a</sup>	5.03±0.63 <sup>b</sup>	4.98±0.82 <sup>b</sup>	5.23±0.45 <sup>b</sup>	5.07±0.72 <sup>b</sup>
การยอมรับโดยรวม	7.42±0.60 <sup>a</sup>	7.13±0.53 <sup>a</sup>	6.42±0.82 <sup>b</sup>	7.46±0.45 <sup>a</sup>	6.50±0.71 <sup>b</sup>

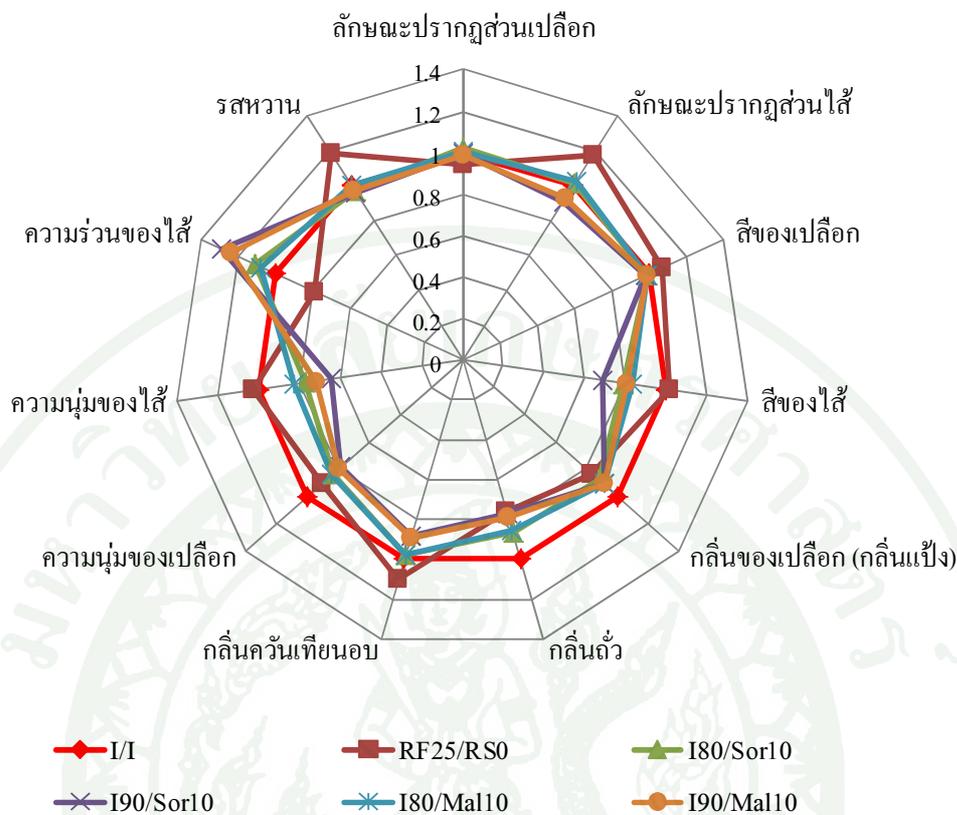
หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เกณฑ์ของคุณลักษณะ 0.10-3.33 คะแนน หมายถึง น้อย

3.34-6.66 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

6.67-10.00 คะแนน หมายถึง มาก



**ภาพที่ 11** เค้าโครงผลิตภัณฑ์ของคุณลักษณะลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก ลักษณะปรากฏส่วนไส้ สีของเปลือก สีของไส้ กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง) กลิ่นถั่ว กลิ่นควันเทียน ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ ความร่วนของไส้ และรสหวานของขนมเปี๊ยะเล็กที่ใส่ถั่ว กวนมีการใช้สารละลาย Inulin (I) ทดแทนน้ำมันร่วมกับ Sorbitol (Sor) หรือ Maltitol (Mal) ทดแทนน้ำตาล โดยวิธี ratio profile test (RPT)

เมื่อทดสอบเค้าโครงของขนมเปี๊ยะเล็กอบควันเทียนด้วยวิธี Ratio Profile Test (RPT) โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนแล้วจึงนำตัวอย่างขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 5 ตัวอย่างไปทดสอบความชอบโดยให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale จากผู้ทดสอบจำนวน 42 คน เพื่อคัดเลือกปริมาณสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายที่เหมาะสมกับขนมเปี๊ยะเล็ก พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีของไส้ ความนุ่มของเปลือก ความนุ่มของไส้ และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนด้านกลิ่นและรสหวานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยผู้ทดสอบให้คะแนน

ความชอบคุณลักษณะทุกด้านในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนนความชอบ 6-7) ดังตารางที่ 22

จากการทดสอบพบว่าขนมเป็ยะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I80/Ma110 ได้คะแนนความชอบในเกณฑ์ชอบปานกลาง มีคะแนนความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) กับขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมรวมถึงขนมเป็ยะเล็กสูตรนี้ยังได้คะแนนจากการทดสอบเค้าโครงผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับคะแนนเฉลี่ยดีเลิศ (Ideal score) ดังนั้นจึงคัดเลือกขนมเป็ยะเล็กไส้ถั่วกวนสูตร I80/Ma110 ไปตรวจสอบคุณภาพต่อไป

**ตารางที่ 22** ระดับคะแนนความชอบ (Hedonic scale) ต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านต่าง ๆ ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนที่ใส่ถั่วกวนมีการใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย

คุณลักษณะ	RF25/RS0 (สูตรควบคุม)	ขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนที่ใส่ใช้สารทดแทนไขมันร่วมกับ สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล			
		I80/Sor10	I90/Sor10	I80/Ma110	I90/Ma110
ลักษณะปรากฏ	7.03±0.51 <sup>a</sup>	6.63±0.81 <sup>ab</sup>	6.34±1.33 <sup>b</sup>	7.03±0.86 <sup>a</sup>	6.59±0.51 <sup>ab</sup>
สีของไส้	7.25±0.52 <sup>a</sup>	6.22±0.31 <sup>c</sup>	6.09±0.52 <sup>c</sup>	6.91±0.96 <sup>ab</sup>	6.59±0.91 <sup>bc</sup>
กลิ่น <sup>ns</sup>	6.28±0.64	6.47±0.41	6.25±0.21	6.56±0.84	6.38±1.00
ความนุ่มของเปลือก	6.78±1.01 <sup>b</sup>	6.59±1.04 <sup>b</sup>	6.63±0.94 <sup>b</sup>	7.31±1.00 <sup>a</sup>	6.91±0.96 <sup>ab</sup>
ความนุ่มของไส้	7.06±0.84 <sup>a</sup>	6.09±0.33 <sup>bc</sup>	5.94±0.50 <sup>c</sup>	6.81±0.81 <sup>a</sup>	6.56±0.80 <sup>ab</sup>
ความร่วนของไส้ <sup>ns</sup>	6.50±0.81	6.25±0.30	6.00±0.43	6.75±0.42	6.22±0.43
รสหวาน <sup>ns</sup>	6.94±0.86	6.53±0.73	6.28±0.30	6.78±0.21	6.38±0.61
ความชอบรวม	7.03±0.64 <sup>a</sup>	6.28±0.22 <sup>b</sup>	6.25±0.20 <sup>b</sup>	6.91±0.51 <sup>a</sup>	6.75±0.95 <sup>ab</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ )

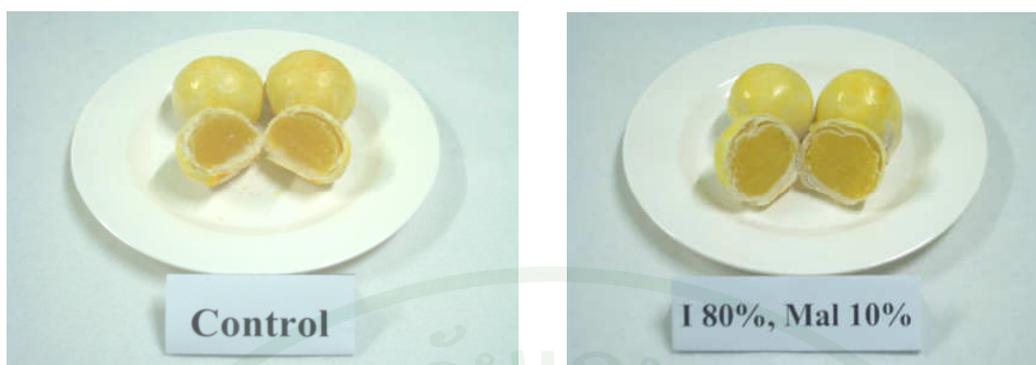
ns หมายถึง ค่าที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

## 2. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมเป็๊ยะเล็กลดพลังงาน

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมเป็๊ยะเล็กสูตรพื้นฐาน (สูตร A) เป็นสูตรควบคุม และขนมเป็๊ยะเล็กที่ใส่ถั่วกวนใช้สารละลายอินูลินร้อยละ 80 ของน้ำหนัก น้ำมันร่วมกับมาลติตอลร้อยละ 10 ของน้ำหนักน้ำตาลทราย (I80/Ma110) ซึ่งเป็นสูตรที่พัฒนาแล้ว ดังภาพที่ 12 และ จากตารางที่ 23 พบว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรที่พัฒนาแล้วมีค่าเอนทัลปีและเนื้อสัมผัสด้านความแข็งเพิ่มขึ้น แต่มีปริมาตรจำเพาะและการแผ่ขยายด้านข้างลดลง ส่วนค่าสีของใส่ถั่วกวนมีสีเหลืองอ่อนกว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรพื้นฐานเพราะขนมเป็๊ยะเล็กสูตรที่พัฒนานี้เป็นผลิตภัณฑ์ลดไขมันและมีการใช้สารละลายอินูลินทดแทนไขมัน นอกจากนี้ยังใช้สารละลายมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายซึ่งทั้งไขมันและน้ำตาลทรายมีบทบาทต่อความนุ่ม การขยายขนาด และการเกิดสีของผลิตภัณฑ์ (จิตรนา และ อรอนงค์, 2550)

ด้านองค์ประกอบทางเคมีของขนมเป็๊ยะเล็กสูตรที่พัฒนามีปริมาณไขมันและพลังงานทั้งหมดลดลงจากขนมเป็๊ยะเล็กสูตรพื้นฐานร้อยละ 69.44 และ 25.51 ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย จึงสามารถระบุว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรที่พัฒนานี้เป็นขนมเป็๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานได้ นอกจากนี้ยังพบว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรที่พัฒนามีปริมาณคอเลสเตอรอล 1.57 มิลลิกรัม และมีไขมันอิ่มตัว 1.69 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค (30 กรัม) ซึ่งกฎหมายได้กำหนดว่าเมื่อมีการลดไขมันในอาหารนั้นไปอย่างน้อยร้อยละ 25 ของสูตรปกติ สามารถระบุว่าเป็นอาหารลดไขมัน (reduced fat) และถ้ามีคอเลสเตอรอลน้อยกว่า 2 มิลลิกรัม และมีไขมันอิ่มตัวน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 กรัมต่อหนึ่งหน่วยบริโภค ก็สามารถระบุว่าเป็นอาหารคอเลสเตอรอลฟรี (cholesterol free) ดังนั้นขนมเป็๊ยะเล็กสูตรที่พัฒนานี้จึงเป็นได้ทั้งขนมเป็๊ยะเล็กลดพลังงาน (reduced calorie) ลดไขมัน (reduced fat) และคอเลสเตอรอลฟรี (cholesterol free)

ด้านผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ตามปริมาณที่กฎหมายกำหนดคือ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า  $10^6$  cfu/g *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ต้องน้อยกว่า 100 cfu/g ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 cfu/g ซึ่งในขนมเป็๊ยะเล็กสูตรพื้นฐานและสูตรที่พัฒนาแล้ว ไม่พบโคโคเน็ของจุลินทรีย์ดังกล่าวบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ทั้งนี้เพราะขนมเป็๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรนี้มีการผ่านความร้อนที่สูงมากคืออุณหภูมิสูงถึง  $200^{\circ}\text{C}$  (จันทิมา และ ศรีอยุธยา, 2549)



(a)

(b)

ภาพที่ 12 ขนมเป็ยะเล็กทาไข่ที่ผิวหน้าและอบควันเทียน (a) สูตรพื้นฐาน (สูตร A) และ (b) สูตรที่พัฒนา

ตารางที่ 23 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของขนมเป็ยะเล็กสูตรพื้นฐาน (สูตร A) และ ขนมเป็ยะเล็กสูตรที่พัฒนา

คุณภาพ	ขนมเป็ยะเล็กสูตรพื้นฐาน	ขนมเป็ยะเล็กสูตรที่พัฒนา
ทางกายภาพ		
ค่าวอเตอร์แอกติวิตี ( $a_w$ )	0.827±0.00	0.842±0.00
เนื้อสัมผัส		
Hardness (g)	1907.40±2.91	2041.55±5.64
Fracturability (g)	1592.34±1.75	1587.79±5.34
Springiness (mm)	0.298±0.02	0.292±0.01
Cohesiveness	0.094±0.00	0.117±0.01
Chewiness (g.mm)	87.76±2.70	88.85±0.65
ค่าสีของส่วนเปลือก		
ความสว่าง (L*)	72.85±0.56	74.65±0.35
สีแดง (a*)	5.69±0.25	5.73±0.09
สีเหลือง (b*)	38.57±0.62	38.69±1.90
ค่าสีของส่วนไส้		
ความสว่าง (L*)	56.52±0.19	69.67±1.51
สีแดง (a*)	10.33±0.69	5.23±0.45
สีเหลือง (b*)	44.38±0.16	44.52±0.57

ตารางที่ 23 (ต่อ)

คุณภาพ	ขนมเปียะเล็กสูตรพื้นฐาน	ขนมเปียะเล็กสูตรที่พัฒนา
ทางกายภาพ (ต่อ)		
ขนาด (cm.)		
เส้นผ่านศูนย์กลาง	3.95±0.05	3.70±0.05
ความสูง	3.17±0.03	3.35±0.00
ปริมาตรจำเพาะ (cm <sup>3</sup> /g)	1.31±0.01	1.20±0.02
ทางเคมี		
ความชื้น (ร้อยละ)	15.44	21.97
โปรตีน (ร้อยละ)	7.30	8.44
ไขมัน (ร้อยละ)	25.56	7.81
เถ้า (ร้อยละ)	0.73	0.63
เยื่อใย (ร้อยละ)	1.37	1.94
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	49.60	59.21
พลังงานทั้งหมด (Kcal/100 g)	457.64	340.89
คอเลสเตอรอล (mg/100 g)	6.43	5.23
ไขมันอิ่มตัว (g/100g)	6.15	5.62
กรดไขมันทรานส์ (g/100g)	0.07	0.00
ทางจุลินทรีย์		
จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	<10	<10
<i>Staphylococcus aureus</i> (cfu/g)	<10	<10
<i>Bacillus cereus</i> (cfu/g)	<10	<10
ยีสต์และรา (cfu/g)	<10	<10

หมายเหตุ <10 cfu/g หมายถึง ไม่พบโคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (Growth was not found)

### 3. การศึกษาด้านทุนการผลิตของขนมเปียะเล็กลดพลังงาน

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตขนมเปียะเล็กลดพลังงานกับขนมเปียะเล็กสูตรพื้นฐาน (สูตร A) เป็นสูตรควบคุม โดยส่วนผสม 1 สูตรจะได้ขนมเปียะเล็กจำนวน 24 ชิ้น แบ่งคำนวณราคาวัตถุดิบเป็น 3 ส่วน คือ เปลือกชั้นใน เปลือกชั้นนอก และไส้ถั่วกวน พบว่าขนมเปียะเล็กสูตรพื้นฐานมีต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้จริงทั้งหมด 20.05 บาท และมีต้นทุนอื่น ๆ ร้อยละ 5 ของต้นทุนจริง

1.00 บาท ดังนั้นต้นทุนการผลิต คือ 21.05 บาท และต้นทุนการผลิตต่อชิ้น คือ 0.88 บาท ส่วนขนมเป็ยาะเล็กลดพลังงานมีต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้จริงทั้งหมด 17.95 บาท และมีต้นทุนอื่น ๆ ร้อยละ 5 ของต้นทุนจริง 0.90 บาท ดังนั้นต้นทุนการผลิต คือ 18.85 บาท และต้นทุนการผลิตต่อชิ้นคือ 0.79 บาท ดังตารางที่ 24 ดังนั้นขนมเป็ยาะเล็กลดพลังงานจะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าขนมเป็ยาะสูตรพื้นฐาน 2.20 บาทต่อ 1 สูตร และ 0.09 บาทต่อ 1 ชิ้น

**ตารางที่ 24** ต้นทุนวัตถุดิบของขนมเป็ยาะเล็กสูตรพื้นฐาน (สูตร A) และกับขนมเป็ยาะลดพลังงาน 1 สูตร (ได้ 24 ชิ้น)

ส่วนผสม	ราคา (บาท/ กิโลกรัม)	สูตรพื้นฐาน (สูตร A)			สูตรลดพลังงาน		
		ร้อยละ	ปริมาณที่ ใช้ (กรัม)	ราคา/ปริมาณ ที่ใช้จริง (บาท)	ร้อยละ	ปริมาณที่ ใช้ (กรัม)	ราคา/ปริมาณ ที่ใช้จริง (บาท)
<b>เปลือกชั้นใน</b>							
แป้งสาลีสำหรับทำเค้ก	43.00	71.43	52.50	2.26	71.43	52.50	2.26
เนยขาว	75.00	28.57	21.00	1.58	28.57	21.00	1.58
<b>รวม</b>	-	100.00	73.50	<b>3.84</b>	100.00	73.50	<b>3.84</b>
<b>เปลือกชั้นนอก</b>							
แป้งสาลีเนกประสงค์	35.00	50.95	62.00	2.17	55.06	67.00	2.35
เนยขาว	75.00	16.56	20.15	1.51	4.92	5.99	0.45
น้ำตาลทราย	23.50	10.19	12.40	0.29	11.01	13.40	0.32
น้ำ	-	22.30	27.13	-	24.09	29.30	-
อินูลินเจลด	45.65	-	-	-	4.92	5.99	0.27
<b>รวม</b>	-	100.00	121.68	<b>3.97</b>	100.00	121.68	<b>3.39</b>
<b>ไส้</b>							
ถั่วเขียวเลาะเปลือกนึ่ง บด	17.69	51.28	250	4.42	53.69	260.00	4.60
น้ำตาลทราย	23.50	30.77	150	3.53	28.99	140.40	3.30
มาลติคอลล	42.8	-	-	-	3.22	15.60	0.67
น้ำมันพืช	49.00	17.95	87.5	4.29	2.82	13.65	0.67
สารละลายอินูลิน	27.03	-	-	-	11.28	54.60	1.48
<b>รวม</b>	-	100.00	487.5	<b>12.24</b>	100.00	484.25	<b>10.72</b>
<b>รวมต้นทุนวัตถุดิบ</b>	-	-	-	<b>20.05</b>	-	-	<b>17.95</b>
<b>รวมต้นทุนอื่นร้อยละ 5</b>	-	-	-	<b>21.05</b>	-	-	<b>18.85</b>

#### 4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานด้วยวิธี Central Location Test (CLT) ให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale ทำการทดสอบกับผู้บริโภคจำนวน 150 คนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ณ โรงเรียนการอาหารนานาชาติสวนดุสิต ตานโพลสวนดุสิต และโฮมเบเกอรี่ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต โดยแบ่งเพศชายหญิงจำนวนเท่ากัน พบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามมีช่วงอายุจำนวนมากที่สุดคือ มากกว่า 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 29.3 รองลงมาคือ อายุ 21-25 ปี ร้อยละ 25.3 ด้านระดับการศึกษาจำนวนมากที่สุดคือปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาคือ มัธยมศึกษาหรือปวช. ร้อยละ 22 ด้านอาชีพจำนวนมากที่สุดคือ พนักงานบริษัทเอกชน คิดเป็นร้อยละ 24.7 รองลงมาคือ นักเรียน/นักศึกษา และพนักงานรัฐวิสาหกิจอย่างละร้อยละ 22.7 ด้านรายได้ต่อเดือนจำนวนมากที่สุดคือ มากกว่า 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 39.3 รองลงมาคือ ช่วง 5,001-10,000 บาท ร้อยละ 24.7 ส่วนด้านการบริโภคขนมเปี๊ยะพบว่า เคยบริโภคร้อยละ 98 และไม่เคยบริโภคร้อยละ 2 ดังตารางที่ 25

ด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานก่อนทราบข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงาน โดยใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล พบว่ามีการยอมรับคิดเป็นร้อยละ 90 และไม่ยอมรับคิดเป็นร้อยละ 10 ซึ่งผู้บริโภคที่ไม่ยอมรับให้เหตุผลว่าผลิตภัณฑ์นี้ไม่มีรูปร่างที่แปลกใหม่และเนื้อสัมผัสไม่นุ่ม ด้านการตัดสินใจซื้อหลังทราบข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะลดพลังงาน พบว่าตัดสินใจซื้อร้อยละ 67.3 โดยมีเหตุผลคือ มีความชอบขนมเปี๊ยะอยู่แล้ว ผลิตภัณฑ์นี้มีรสไม่หวานมาก นำรับประทาน มีประโยชน์มากกว่าขนมเปี๊ยะทั่วไป และยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของอาหารเพื่อสุขภาพ ด้านผู้บริโภคที่ไม่แน่ใจว่าจะซื้อหรือไม่ซื้อร้อยละ 29.3 มีเหตุผลคือ ไม่ชอบรับประทานขนมเปี๊ยะแต่อาจซื้อเป็นของขวัญ ไม่ทราบราคาและต้องพิจารณาบรรจุภัณฑ์ประกอบการตัดสินใจด้วย มีความคุ้นเคยกับขนมเปี๊ยะที่เป็นของเดิมมากกว่า รวมถึงไม่แน่ใจและไม่ชอบสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ส่วนผู้บริโภคที่ไม่ซื้อคิดเป็นร้อยละ 3.3 เป็นเพราะไม่ชอบรับประทานขนมเปี๊ยะอยู่แล้ว ดังตารางที่ 26

จากข้อมูลผลการทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงาน พบว่าผู้บริโภคยอมรับด้านลักษณะปรากฏอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อย ส่วนด้านสีของเปลือก สีของไส้ การเกิดชั้นของเปลือก กลิ่น ความนุ่ม รสชาติ และความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อผู้บริโภคทราบข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงาน

พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น โดยอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังตารางที่ 27 ทั้งนี้ผู้บริโภคมีข้อเสนอแนะคือ ควรเพิ่มการเกิดชั้นของเปลือก เพิ่มสีที่ผิวหน้า และควรลดขนาดชิ้นของผลิตภัณฑ์ลง

ตารางที่ 25 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามการยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
<b>เพศ</b>		
ชาย	75	50.0
หญิง	75	50.0
<b>อายุ</b>		
15-20 ปี	12	8.0
21-25 ปี	38	25.3
26-30 ปี	23	15.3
31-35 ปี	20	13.3
36-40 ปี	13	8.7
มากกว่า 40 ปี	44	29.4
<b>ระดับการศึกษา</b>		
ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	5	3.3
มัธยมศึกษา/ปวช.	33	22.0
อนุปริญญา/ปวส.	6	4.0
ปริญญาตรี	90	60.0
สูงกว่าปริญญาตรี	16	10.7
<b>อาชีพ</b>		
นักเรียน/นักศึกษา	34	22.7
ข้าราชการ	16	10.7
รัฐวิสาหกิจ	34	22.7
พนักงานบริษัทเอกชน	37	24.7
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	12	8.0
อื่น ๆ	17	11.2

## ตารางที่ 25 (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรศาสตร์	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
รายได้ต่อเดือน		
น้อยกว่า 5,000 บาท	22	14.7
5,001-10,000 บาท	37	24.7
10,001-15,000 บาท	17	11.3
15,001-20,000 บาท	15	10.0
มากกว่า 20,000 บาท	59	39.3
การบริโภคขนมเปี๊ยะ		
เคย	147	98.0
ไม่เคย	3	2.0

## ตารางที่ 26 การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะลดพลังงาน

ข้อมูลสำรวจ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
การยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ*		
ยอมรับ	135	90.0
ไม่ยอมรับ	15	10.0
การตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ**		
ซื้อ	101	67.3
ไม่แน่ใจ	44	29.3
ไม่ซื้อ	5	3.3

หมายเหตุ \* หมายถึง ก่อนทราบข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะลดพลังงาน โดยใช้สารทดแทนไขมัน และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

\*\* หมายถึง หลังทราบข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะลดพลังงาน โดยใช้สารทดแทนไขมัน และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

ตารางที่ 27 คะแนนการทดสอบความชอบของผู้บริโภคก่อนและหลังทราบข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะลดพลังงาน โดยใช้สารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบก่อนทราบ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ ลดพลังงาน	คะแนนความชอบหลังทราบ ข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ ลดพลังงาน
	ความชอบโดยรวม *	7.10
ลักษณะปรากฏ	6.35	-
สีของเปลือก	6.69	-
สีของไส้	7.24	-
การเกิดชั้นของเปลือก กลั่น	6.87	-
ความนุ่ม	7.14	-
รสชาติ	7.34	-
	7.23	-

หมายเหตุ \* หมายถึง ค่าคุณลักษณะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### 5. การศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานในสภาวะการบรรจุแบบต่าง ๆ

จากการศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงาน (Re) โดยใช้ขนมเปี๊ยะเล็กสูตร A เป็นสูตรควบคุม (Con) ศึกษา 3 ปีจัย คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ ได้แก่ ชนิด Oriented Nylon/Low Density Polyethylene (ON/PE) และชนิด Oriented Nylon Coated with Polyvinylidene Chloride/Low Density Polyethylene (KON/PE) และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ได้แก่ การไม่ใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน (O) ขนมเปี๊ยะเล็กจะถูกรักษาในสภาพพลาสติกแบบ 9 หลุม (9 ชิ้นต่อ 1 ถาด) ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ( $32 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ  $70 \pm 5$  จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างทุก 1 สัปดาห์จนครบ 3 เดือน โดยจะให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นตัวบ่งชี้อายุการเก็บรักษา ซึ่งคะแนนการยอมรับนั้นมีการตั้งเกณฑ์การไม่ยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะเล็กเมื่อผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับเฉลี่ยน้อยกว่า 5.5 คะแนน เนื่องจากผู้ทดสอบไม่ยอมรับก่อนที่จะเกิดการเสื่อมเสียทางเคมีและจุลินทรีย์ ดังนั้นในแต่ละตัวอย่างจึงทำการวัดคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นวันสุดท้ายต่างกัน

แต่ได้ทำการวัดคุณภาพด้านเคมีและกายภาพจนเมื่อพบว่าตัวอย่างมีการเสื่อมคุณภาพทางจุลินทรีย์ โดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2549) ตัวอย่างที่ศึกษาในการทดลองนี้มีทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ได้แก่

- (1) ขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE (Con+ON/PE)
- (2) ขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน (Con+ON/PE+O)
- (3) ขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE (Con+KON/PE)
- (4) ขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน (Con+KON/PE+O)
- (5) ขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE (Re+ON/PE)
- (6) ขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด ON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน (Re+ON/PE+O)
- (7) ขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE (Re+KON/PE)
- (8) ขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานบรรจุในถุงพลาสติกชนิด KON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน (Re+KON/PE+O)

## 5.1 คุณภาพทางกายภาพ

5.1.1 ค่าอเตอร์แอกติวิตี้ การเปลี่ยนแปลงค่าอเตอร์แอกติวิตี้ ( $a_w$ ) จะทำการศึกษาแยกเป็นส่วนเปลือก ส่วนไส้ถั่วกวน และวิเคราะห์รวมของทั้งส่วนเปลือกและส่วนไส้ถั่วกวน

ค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนเปลือก เมื่อวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนเปลือก พบว่า เปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมทุกตัวอย่าง และขนมเป็ยะเล็ก Re+ON/PE ในแต่ละสัปดาห์มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีสูงกว่าขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นเพราะส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีการใช้อินนูลินเจลดแทนไขมัน ทั้งนี้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมจะเพิ่มอย่างรวดเร็วในสัปดาห์แรกและมีค่าค่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ต่อมาจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บ ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน ยกเว้นขนมเป็ยะเล็ก Re+ON/PE จะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานทุกตัวอย่างจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในสัปดาห์แรก ต่อมาจะมีค่าคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 4 และเริ่มมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 5 จนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บของแต่ละตัวอย่างดังภาพที่ 13 (a) และในช่วงสัปดาห์เดียวกันทั้งขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมและสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนเปลือกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 4 และ ตารางผนวกที่ 5 ตามลำดับ ซึ่งค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 13 (b) และ ภาพที่ 13 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บ มากกว่าชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลืนออกซิเจนนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

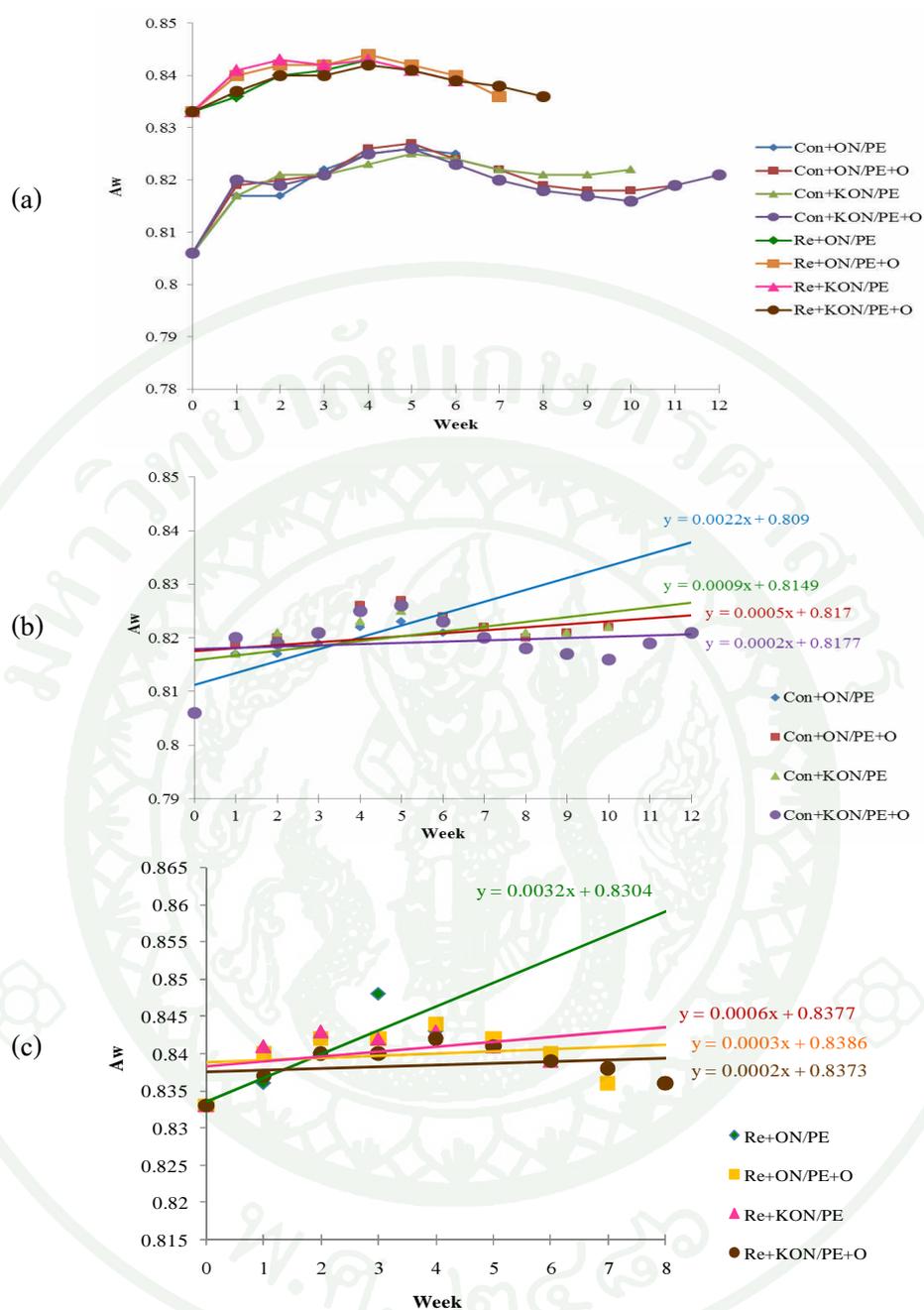
ค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนไส้ถั่วกวน เมื่อวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนไส้ พบว่า ไส้ถั่วกวนในขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละสัปดาห์ยกเว้นขนมเป็ยะเล็ก Con+ON/PE+O มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยส่วนไส้จะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงเล็กน้อยในสัปดาห์แรก และมีค่าค่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ต่อมาจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บ ส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานทุกตัวอย่างมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์แรก และลดลงอย่าง ช้า ๆ ในสัปดาห์ต่อมาจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บ ดังภาพที่ 14 (a) และในช่วงสัปดาห์เดียวกันทั้งขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการบรรจุมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนไส้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 7 และ ตารางผนวกที่ 8 ตามลำดับ สำหรับชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุไม่มีผลต่อค่าวอเตอร์แอกติวิตีส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมและสูตรลดพลังงานมากนัก

แต่มีแนวโน้มว่าฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE มีผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กมีอัตราการลดลงเร็วกว่าฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE โดยอัตราการลดลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีแนวโน้มสูงกว่าไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม ดังภาพที่ 14 (b) และภาพที่ 14 (c) อาจเป็นเพราะไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานใช้สารละลายอินูลินที่มีความเข้มข้นสูงทดแทนน้ำมันพืชร่วมกับสารละลายมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายจึงทำให้ไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีเริ่มต้นสูงกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม นอกจากนี้ไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างมีค่าสูงจึงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สมดุลมีค่าสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ปกติของอากาศ ดังนั้นในระหว่างการเก็บรักษาไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างจึงมีแนวโน้มสูญเสียความชื้น ทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไส้ลดลงและไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กแห้งลง (ปิยะนุช, 2545) อย่างไรก็ตามการใช้สารดูดกลืนออกซิเจนนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตีที่ส่วนเปลือกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

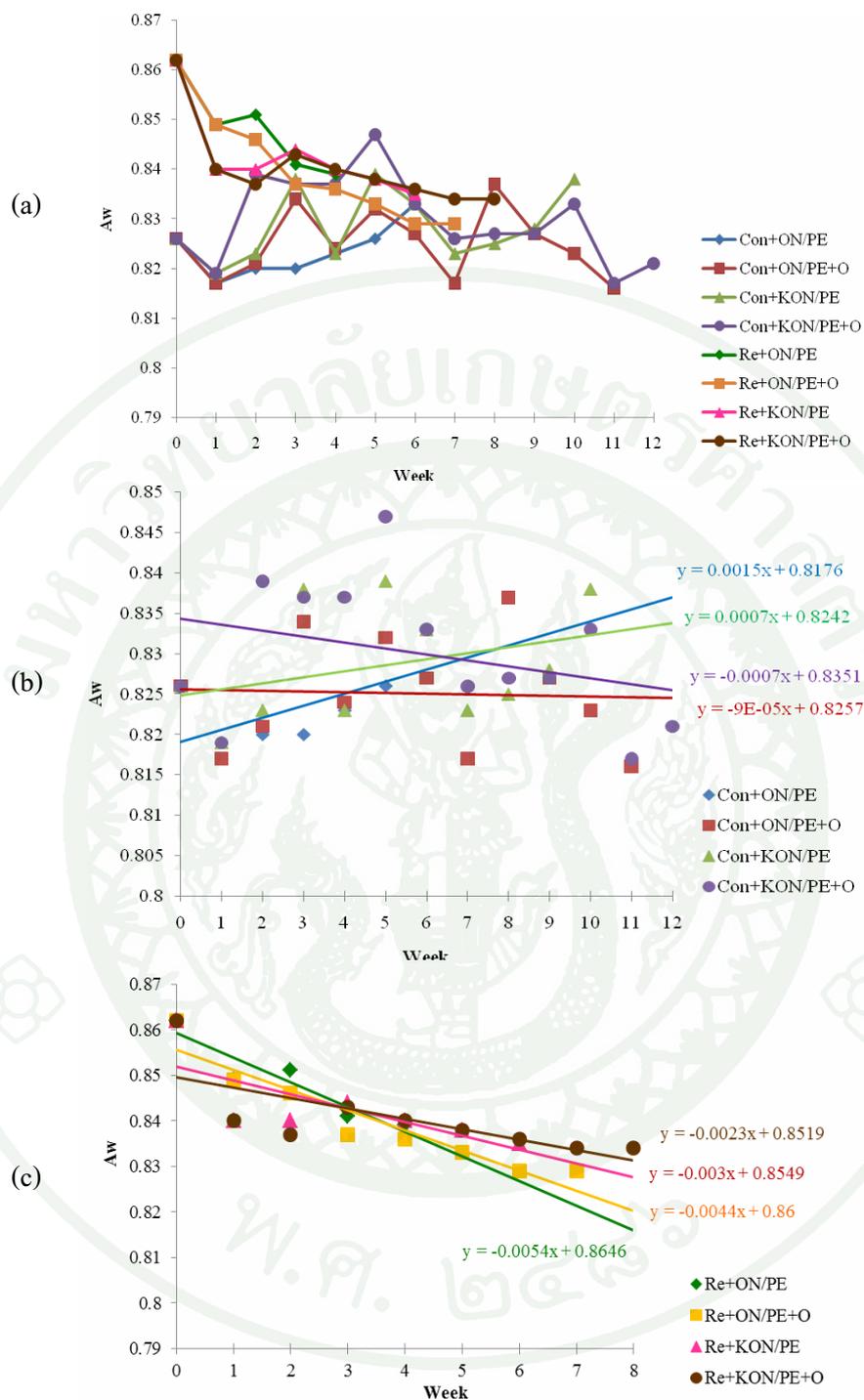
ค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวม เมื่อวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวมของทั้งส่วนเปลือกและส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเปี๊ยะเล็กในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ขนมเปี๊ยะเล็ก Con+ON/PE+O และ Con+KON/PE+O มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวมในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) ดังภาพที่ 15 (a) ซึ่งในช่วงสัปดาห์เดียวกันยกเว้นสัปดาห์ที่ 2 และ สัปดาห์ที่ 7 พบว่า ขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานยกเว้นขนมเปี๊ยะเล็ก Re+KON/PE ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) โดยในทุกช่วงสัปดาห์เดียวกันนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 10 และตารางผนวกที่ 11 ตามลำดับ ซึ่งขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวมสูงกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวมของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 15 (b) และภาพที่ 15 (c) จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวมของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บและชนิดของฟิล์มพลาสติก ( $p\leq 0.05$ ) ซึ่งขนมเปี๊ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE จะมีค่าต่ำกว่าที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE ส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวมของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บ ( $p\leq 0.05$ ) เป็นเพราะขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีส่วนเปลือกที่ใช้อินูลินเจลดแทนไขมัน และส่วนไส้มีการใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันและใช้สารละลายมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายทำให้มีความชื้นสูง

จึงมีผลให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้เริ่มต้นของทั้งส่วนเปลือกและส่วนไส้มีระดับที่สูงกว่าขนมเปียะเล็ก สูตรควบคุม และในการเก็บรักษานั้นขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรมีการระเหยของไอน้ำจากตัวอย่าง ระบายสู่บรรยากาศภายนอกซึ่งแสดงผลสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นของตัวอย่าง ทั้งนี้การใช้ สารดูดกลืนออกซิเจนนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้รวมของขนมเปียะเล็ก ทั้ง 2 สูตร ( $p>0.05$ )

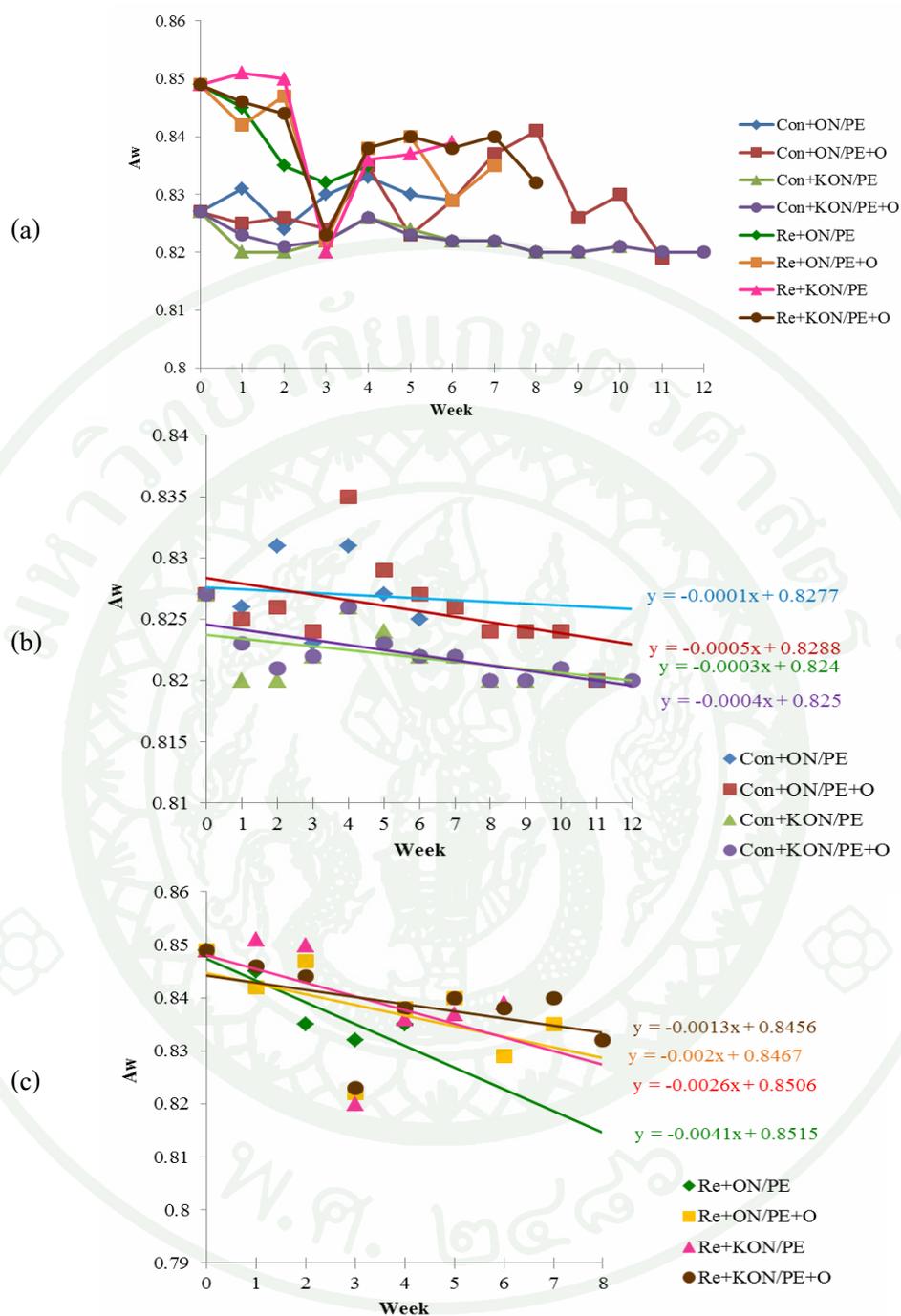
จากผลการวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ทั้งส่วนเปลือก ไส้ถั่วกวน และการวิเคราะห์รวมข้างต้น สอดคล้องกับผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมเปียะไส้ลำไย ของสุภาภรณ์ และคณะ (2549) ที่รายงานว่าค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของขนมเปียะไส้ลำไยทั้งส่วนเปลือก ส่วนไส้ และวิเคราะห์รวมมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บ 3 เดือน แต่ให้ผลตรงข้ามกับผลการศึกษาศูนย์กลางอายุการเก็บรักษาโดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้และบรรจุภัณฑ์ของปิยะนุช (2545) ที่รายงานว่า ขนมเปียะมีการเคลื่อนย้ายปริมาณน้ำอิสระจากส่วนไส้ไปยังส่วนเปลือกและแสดงความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยขนมเปียะจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วนเปลือกเพิ่มขึ้นและค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วนไส้ลดลง สาเหตุนี้อาจเกิดจากขนาดของขนมเปียะที่ใช้ในการทดลองของปิยะนุช (2545) มีเส้นผ่านศูนย์กลางของขนมเปียะที่มากกว่าและมีส่วนเปลือกที่หนากว่า ในขณะที่ขนมเปียะที่ใช้ในการทดลองของสุภาภรณ์และคณะ (2549) และขนมเปียะที่ใช้ในการทดลองนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยและส่วนเปลือกมีความบาง ทำให้การถ่ายโอนปริมาณน้ำอิสระจากส่วนไส้ไปยังส่วนเปลือกเกิดขึ้นพร้อมกับการถ่ายโอนปริมาณน้ำอิสระจากส่วนเปลือกไปยังบรรยากาศเหนือผิวหน้า (งามทิพย์, 2550; สุภาภรณ์และคณะ, 2549) นอกจากนี้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของส่วนเปลือกและส่วนไส้มีค่าใกล้เคียงกันทำให้การเปลี่ยนแปลงเห็นได้ไม่ชัดเจนในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของขนมเปียะเล็กทุกตัวอย่างพบว่ามีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้อยู่ระหว่าง 0.80-0.85 จะมีความเสี่ยงต่อการเจริญของเชื้อราได้ (งามทิพย์, 2550; รังสิณี, 2550; สุภาภรณ์ และคณะ, 2549)



ภาพที่ 13 ค่าอัตรแอคตีวิตี่ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงค่าอัตรแอคตีวิตี่ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตรแอคตีวิตี่ส่วนเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษา  
 ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตรแอคตีวิตี่ส่วนเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษา  
 ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน



ภาพที่ 14 ค่าอัตรแอคติวิตี้ส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงค่าอัตรแอคติวิตี้ส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตรแอคติวิตี้ส่วนไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตรแอคติวิตี้ส่วนไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน



ภาพที่ 15 ค่าอัตรแอคตีวิตี้รวมของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

- (a) การเปลี่ยนแปลงค่าอัตรแอคตีวิตี้รวมของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- (b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตรแอคตีวิตี้รวมและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม
- (c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตรแอคตีวิตี้รวมและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

5.1.2 เนื้อสัมผัส ทำการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมเป็๊ยะเล็กทั้ง 8 ตัวอย่าง ได้แก่ ความแข็ง (hardness) การแตกเปราะ (fracturability) ความสามารถในการคืนตัว (springiness) ความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) และความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness)

ความแข็ง (hardness) เมื่อวิเคราะห์ค่าความแข็งพบว่า ค่าความแข็งของขนมเป็๊ยะเล็กทุกตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งขนมเป็๊ยะเล็กลดพลังงานทุกตัวอย่างมีความแข็งเริ่มต้นที่สูงกว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรควบคุมทุกตัวอย่าง โดยความแข็งของแต่ละตัวอย่างมีการลดลงในสัปดาห์แรก จากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 3 และเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในสัปดาห์ที่ 4 จนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บ ดังภาพที่ 16 (a) ซึ่งขนมเป็๊ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 11 นั้นตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเป็๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่เก็บรักษายกเว้นสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 13 และ 14 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความแข็งของขนมเป็๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 16 (b) และภาพที่ 16 (c) ทั้งนี้ขนมเป็๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีค่าความแข็งมากกว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรควบคุม อัตราการเพิ่มขึ้นของความแข็งของขนมเป็๊ยะเล็กสูตรควบคุมจะมีแนวโน้มสูงกว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรลดพลังงาน จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของขนมเป็๊ยะเล็กทั้ง 8 ตัวอย่างมีผลมาจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษากับชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุ ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมเป็๊ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE มีความแข็งมากกว่าขนมเป็๊ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE เล็กน้อย ส่วนการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็งของขนมเป็๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตร ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้อาจมีผลมาจากความชื้นและค่าอวอเตอร์แอกติวิตี้ของขนมเป็๊ยะเล็ก ถ้ามีความชื้นสูงทำให้ค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุลสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์ปกติของอากาศ ขนมเป็๊ยะเล็กจึงมีแนวโน้มที่จะสูญเสียความชื้นในอากาศและทำให้มีความแห้งและแข็งกระด้างในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเป็นลักษณะของความเก่า (staling) ของผลิตภัณฑ์ (จิตธนา และอรอนงค์, 2550; งามทิพย์ และคณะ, 2541) ซึ่งขนมเป็๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานจะมีปริมาณความชื้นสูงกว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรควบคุม จึงมีผลให้ขนมเป็๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีอัตราการเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งต่ำกว่าขนมเป็๊ยะเล็กสูตรควบคุม ทั้งนี้การใช้ฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE และชนิด KON/PE ที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำที่ต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการสูญเสียความชื้นของขนมเป็๊ยะเล็กจนทำให้มีความแข็งกระด้าง

ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมยังมีปริมาณไขมันในส่วนผสมสูงจึงทำให้ค่าความแข็งที่วัดได้น้อยกว่าค่าความแข็งของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

การแตกเปราะ (fracturability) เมื่อวิเคราะห์การแตกเปราะพบว่า ค่าการแตกเปราะของขนมเป็ยะเล็กทุกตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าการแตกเปราะของแต่ละตัวอย่างมีการลดลงในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ (สัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 4) ต่อมาจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (สัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 7) และเริ่มมีค่าคงที่ในช่วงต่อมาจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บดังภาพที่ 17 (a) ซึ่งขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุ ในช่วงสัปดาห์ที่เก็บรักษาหกวัน สัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่เก็บรักษาตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 จนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 16 และตารางผนวกที่ 17 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าการแตกเปราะของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 17 (b) และ ภาพที่ 17 (c) จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าการแตกเปราะของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมมีผลมาจากอิทธิพลร่วมของทั้ง 3 ปัจจัย คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) โดยเมื่อเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ตัวอย่างที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่านี้สูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE และในภาชนะบรรจุเดียวกันถ้าไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่านี้สูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน ส่วนขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานนั้นมีผลมาจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บกับชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่านี้เป็นไปในลักษณะเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความแข็ง ทั้งนี้เพราะผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์ แอคติวิตีระหว่าง 0.78 ถึง 0.97 รวมถึงขนมเป็ยะเล็กในการทดลองนี้เมื่อเก็บไว้นานจะมีแนวโน้มสูญเสียความชื้นได้ ทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แห้งและแข็งเพิ่มขึ้น (งามทิพย์ และคณะ, 2541)

ความสามารถในการคืนตัว (springiness) เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการคืนตัวพบว่า ความสามารถในการคืนตัวของขนมเป็ยะเล็ก Con+ON/PE และ Re+ON/PE ที่เก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) อาจเป็นเพราะขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 ตัวอย่างมีอายุการเก็บสั้นจึงไม่ส่งผลให้ความสามารถในการคืนตัวของแต่ละสัปดาห์

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้ ในขณะที่ความสามารถในการคืนตัวของขนมเปี๊ยะเล็กตัวอย่างอื่นๆ (Con+ON/PE+O, Con+KON/PE, Con+KON/PE+O, Re+ON/PE+O, Re+KON/PE และ Re+KON/PE+O) ที่เก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างมีความสามารถในการคืนตัวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงสัปดาห์แรก และค่อย ๆ ลดลงจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บ ดังภาพที่ 18 (a) ซึ่งในช่วงสัปดาห์เดียวกัน ขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการบรรจุทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 19 และตารางผนวกที่ 20 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการคืนตัวของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลง โดยอัตราการลดลงของความสามารถในการคืนตัวของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีแนวโน้มสูงกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมเล็กน้อยดังภาพที่ 18 (b) และภาพที่ 18 (c) ตามลำดับ และจากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการคืนตัวของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรเป็นผลมาจากระยะเวลาการเก็บ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็ง และค่าการแตกเปราะที่เพิ่มขึ้น เนื้อสัมผัสมีความร่วนและแห้ง จึงทำให้การคืนตัวเมื่อกัดลดลงได้ ส่วนชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่านี้

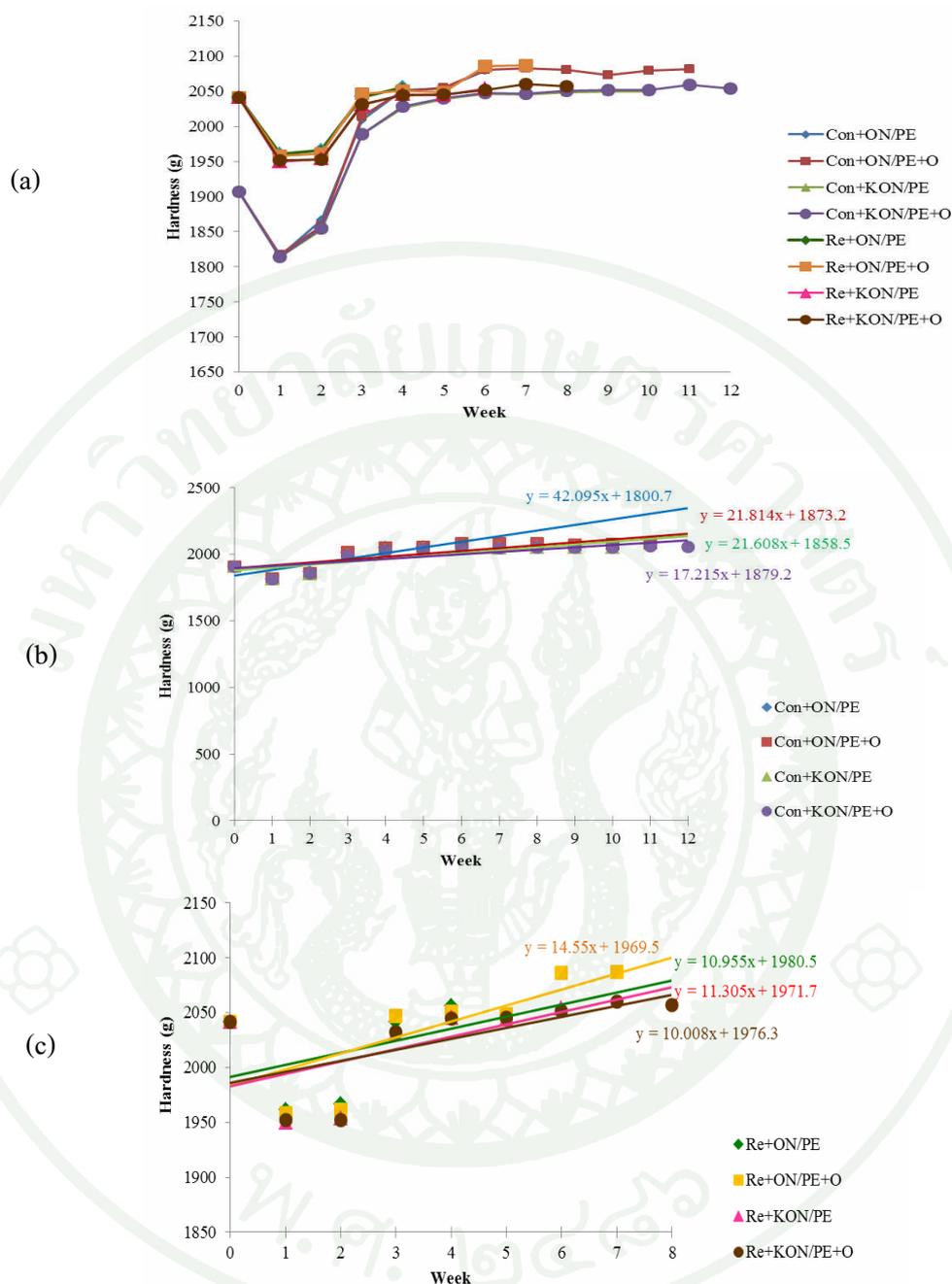
ความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) เมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการเกาะตัวพบว่า ความสามารถในการเกาะตัวของขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างจะมีค่าสามารถในการเกาะตัวเพิ่มขึ้นในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นจะมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บ ดังภาพที่ 19 (a) ซึ่งในสัปดาห์เดียวกัน ขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการบรรจุทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 22 และตารางผนวกที่ 23 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความสามารถในการเกาะตัวของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 19 (b) และภาพที่ 19 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการเกาะตัวของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรนี้เป็นผลมาจากระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุนั้นมีผลเล็กน้อย ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานนั้นเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บรักษาโดยชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่านี้ ( $p > 0.05$ ) การเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการเกาะตัวของขนมเปี๊ยะเล็กในระหว่างการเก็บรักษา สอดคล้องกับผลของค่าวอเตอร์แอกติวิตีและปริมาณความชื้นที่ลดลง เป็นเพราะขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีการลดปริมาณไขมันร่วมกับการใช้ไขมันเจลาตแทนไขมันในส่วนเปลือก และมีการลดปริมาณน้ำมัน

จากนั้นใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับสารละลายมาลติตอลทดแทนน้ำตาลทรายในส่วน  
ของไส้ ซึ่งทั้งอินูลินเจล สารละลายอินูลิน และสารละลายมาลติตอลมีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนวน  
มากจึงส่งผลต่อความชุ่มชื้นและความแน่นของขนมเปี๊ยะ เมื่อมีการเก็บรักษาที่นานขึ้นขนมเปี๊ยะ  
เล็กที่มีความชื้นสูงนี้จะเกิดการถ่ายเทความชื้นจากภายในตัวอย่างออกสู่บรรยากาศรอบๆ ทำให้  
เนื้อสัมผัสมีลักษณะร่วนและแยกตัวจากกันมากขึ้น (งามทิพย์ และคณะ, 2541) จึงส่งผลให้  
ค่าความสามารถในการเกาะตัวลดลง นอกจากนี้ระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะเล็กยังเกิดสเตลลิง  
(staling) ทำให้มีความแห้ง (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) ซึ่งการเลือกภาชนะบรรจุที่สามารถ  
ป้องกันการซึมผ่านของน้ำได้ จะทำให้การเกิดสเตลลิงนั้นช้าลงได้ (งามทิพย์, 2550; พชรินทร์,  
2547) สอดคล้องกับผลการศึกษาอายุการเก็บแบตเตอรี่ที่ลดพลังงานจากฟลาวมันสำปะหลังพันธุ์  
เกษตรศาสตร์-50 ของพชรินทร์ (2547) ที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น เค้กจะมี  
ความแข็งเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าความสามารถในการเกาะตัวจะลดลง

ความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) เมื่อวิเคราะห์ความทนทานในการ  
บดเคี้ยวพบว่า ความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างที่เก็บรักษาในแต่ละ  
สัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยค่าความทนทานในการบดเคี้ยว  
ของแต่ละตัวอย่างมีการลดลงในช่วงสัปดาห์แรก จากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุด  
อายุการเก็บ ดังภาพที่ 20 (a) ซึ่งในขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วง  
สัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 8 และสัปดาห์ที่ 10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )  
ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 25 และตารางผนวกที่ 26 ตามลำดับ  
เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่าความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้ม  
เพิ่มขึ้นดังภาพที่ 20 (b) และภาพที่ 20 (c) จากการศึกษาขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีอัตรา  
การเพิ่มขึ้นของค่าความทนทานในการบดเคี้ยวสูงกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมเล็กน้อย  
การเปลี่ยนแปลงของค่านี้ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลมาจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลา  
การเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงาน  
นั้นพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุต่างก็มีผลต่อการ  
เปลี่ยนแปลงของค่านี้ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ  
ค่านี้ ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้ระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นทำให้ขนมเปี๊ยะเล็กมีความแข็งและความร่วนเพิ่มขึ้น  
ซึ่งเป็นลักษณะของความเก่า (staling) ของผลิตภัณฑ์ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550) ซึ่งเกิดขึ้นหลัง  
การอบเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากด้านในไปยังผิวหน้าของผลิตภัณฑ์

และเกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบระหว่างโพลีเมอร์ของแป้ง ไขมัน และโปรตีนขัดขวางการรวมตัวของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ซึ่งผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีความชื้นสูงจะเกิดลักษณะความเก่า (staling) ง่ายกว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีความชื้นต่ำ (Smith, 1993) และการใช้ฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุทั้ง 2 ชนิดก็มีผลต่อค่าความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเปียะเล็กน้อย

ผลการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของเนื้อสัมผัสของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการบรรจุแสดงให้เห็นว่าขนมเปียะเล็กมีความแข็ง การแตกเปราะ และความทนทานในการบดเคี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนความสามารถในการคืนตัวและความสามารถในการเกาะตัวนั้นมีแนวโน้มลดลง โดยขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานจะมีแนวโน้มการลดลงของค่าทั้งสองสูงกว่าขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม ทั้งนี้ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุก็มีผลต่อเนื้อสัมผัสโดยฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE จะมีผลในการคุ้มครองขนมเปียะเล็กให้มีอายุการเก็บนานขึ้น (งามทิพย์, 2550) ส่วนการบรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัสเพียงเล็กน้อย

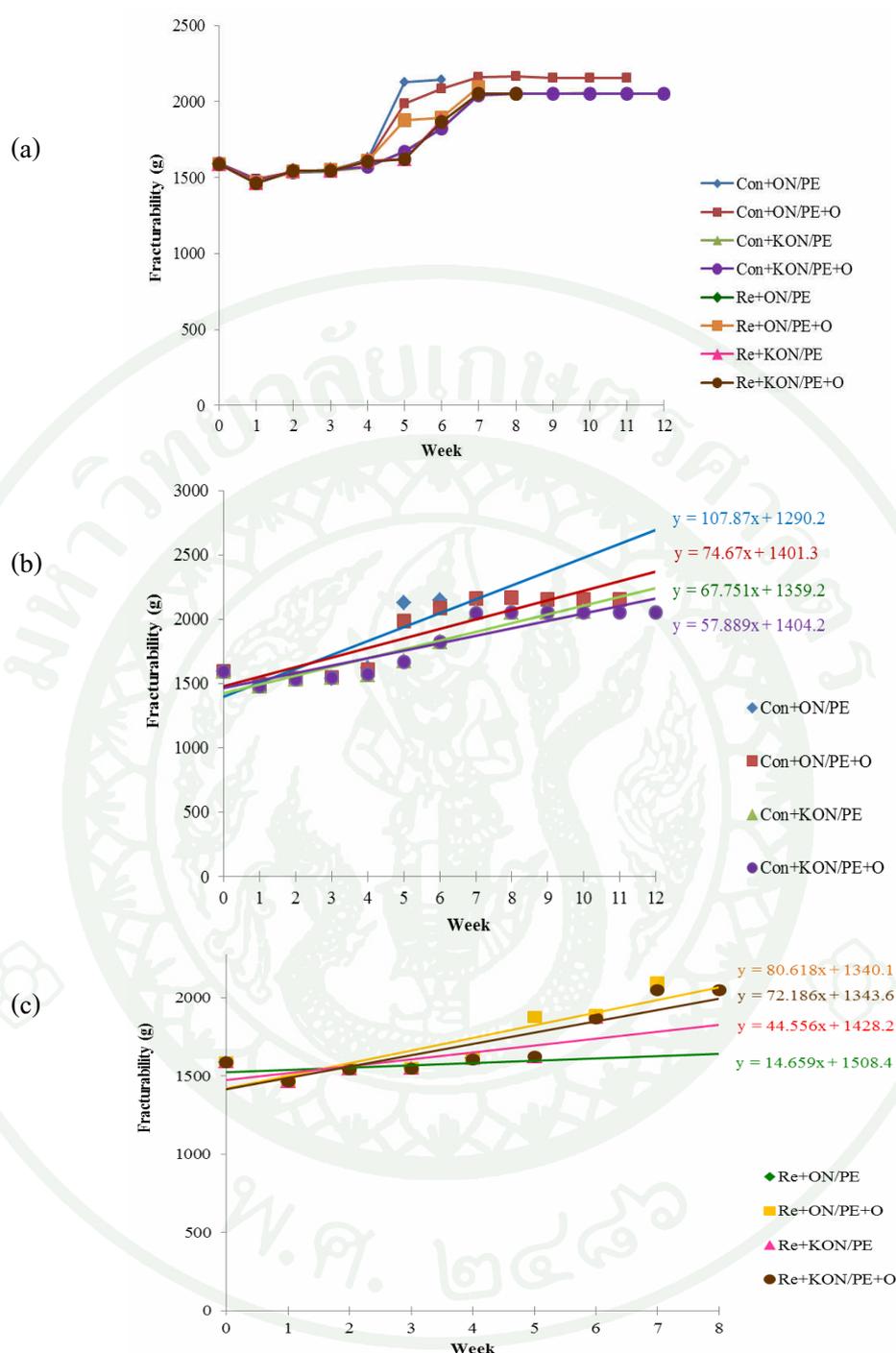


ภาพที่ 16 ค่าความแข็งของขมมนเป็ยะเล็กรอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

(a) การเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของขมมนเป็ยะเล็กรอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร

(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและระยะเวลาการเก็บรักษาของขมมนเป็ยะเล็กรสูตรควบคุม

(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและระยะเวลาการเก็บรักษาของขมมนเป็ยะเล็กรสูตรลดพลังงาน

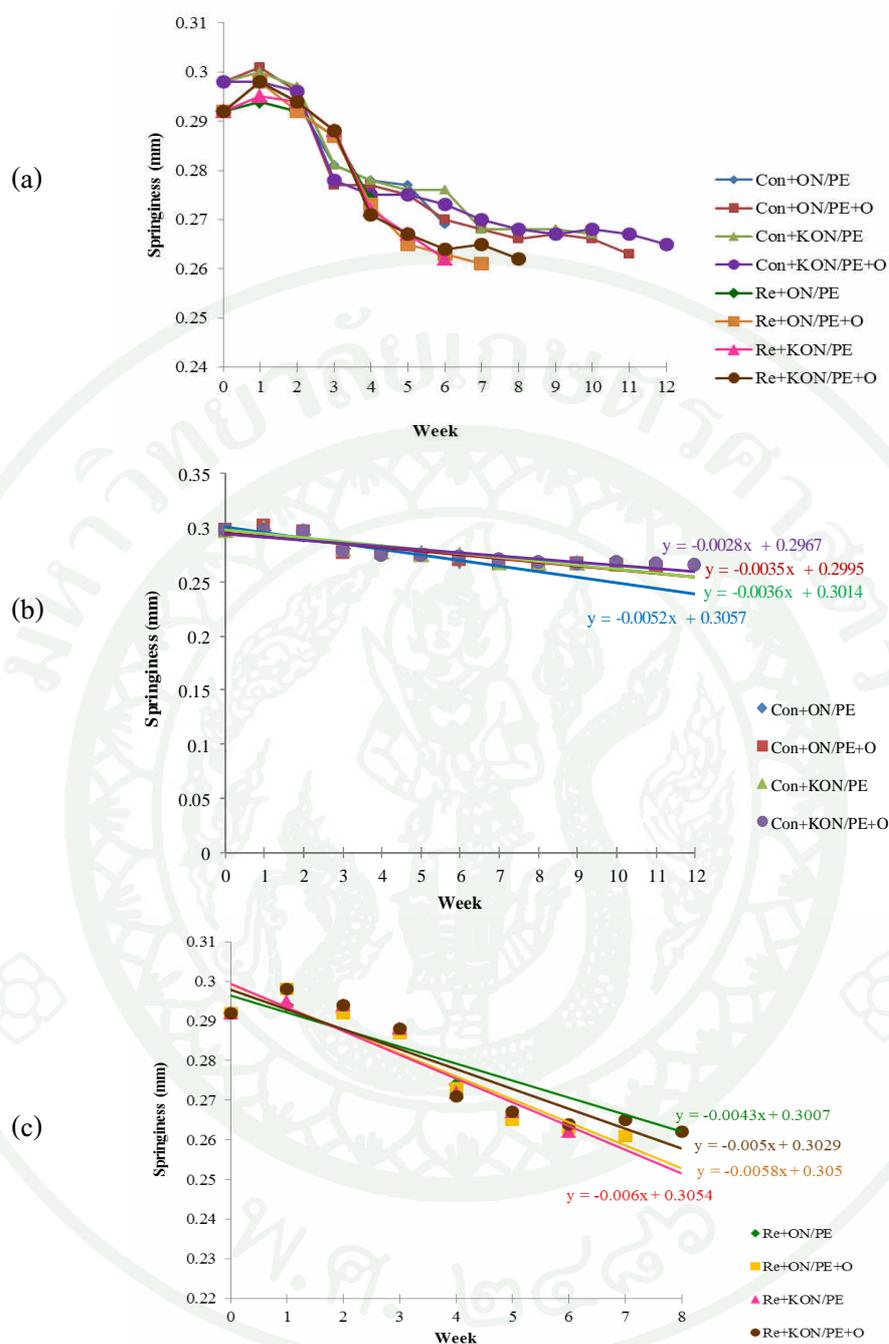


ภาพที่ 17 ค่าการแตกเปราะของขมมเป็ยะเล็ก็อบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

(a) การเปลี่ยนแปลงค่าการแตกเปราะของขมมเป็ยะเล็ก็อบควันเทียนทั้ง 2 สูตร

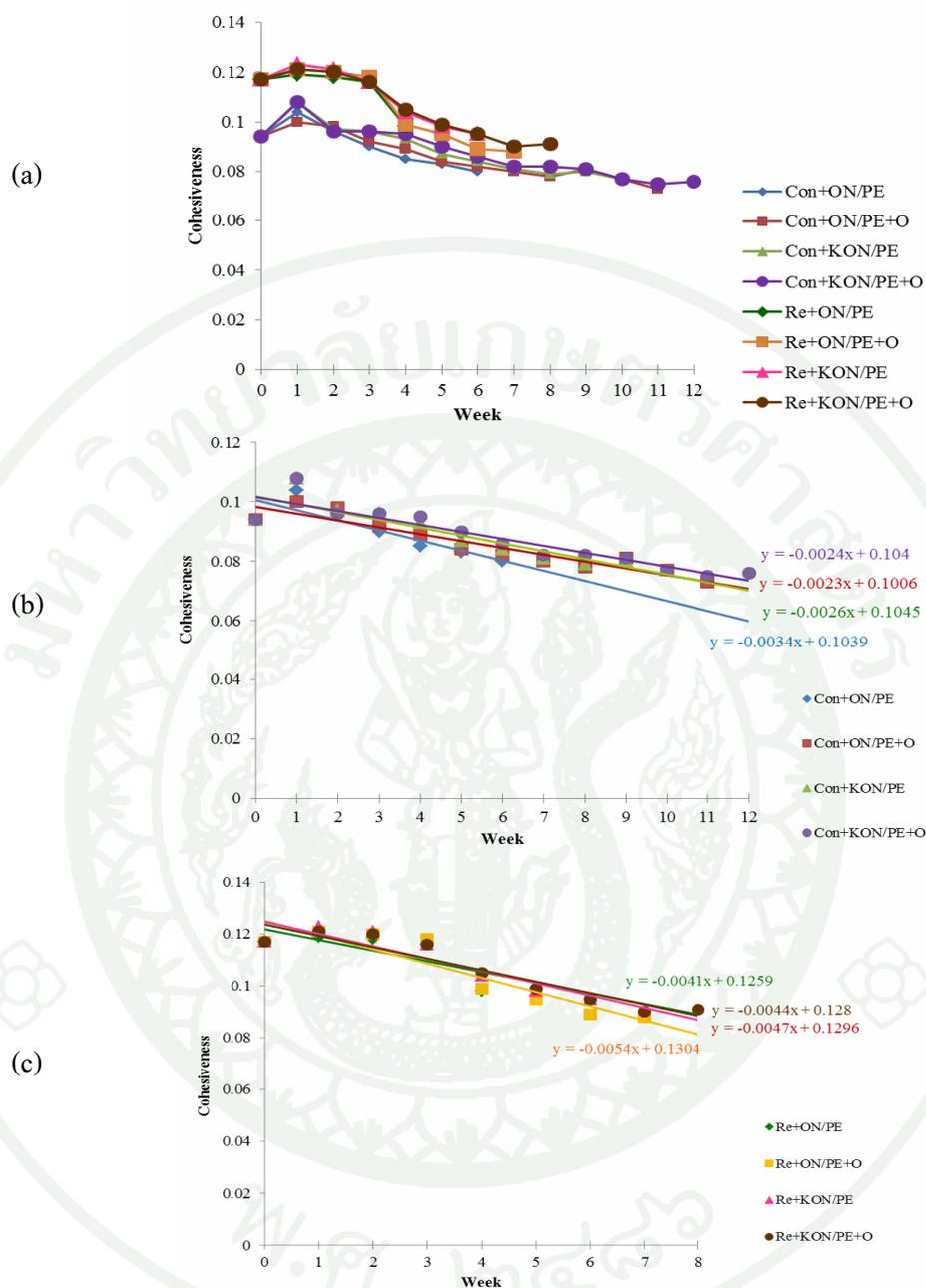
(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแตกเปราะและระยะเวลาการเก็บรักษาของขมมเป็ยะเล็ก็อบควันเทียน

(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการแตกเปราะและระยะเวลาการเก็บรักษาของขมมเป็ยะเล็ก็อบควันเทียนลดพลังงาน

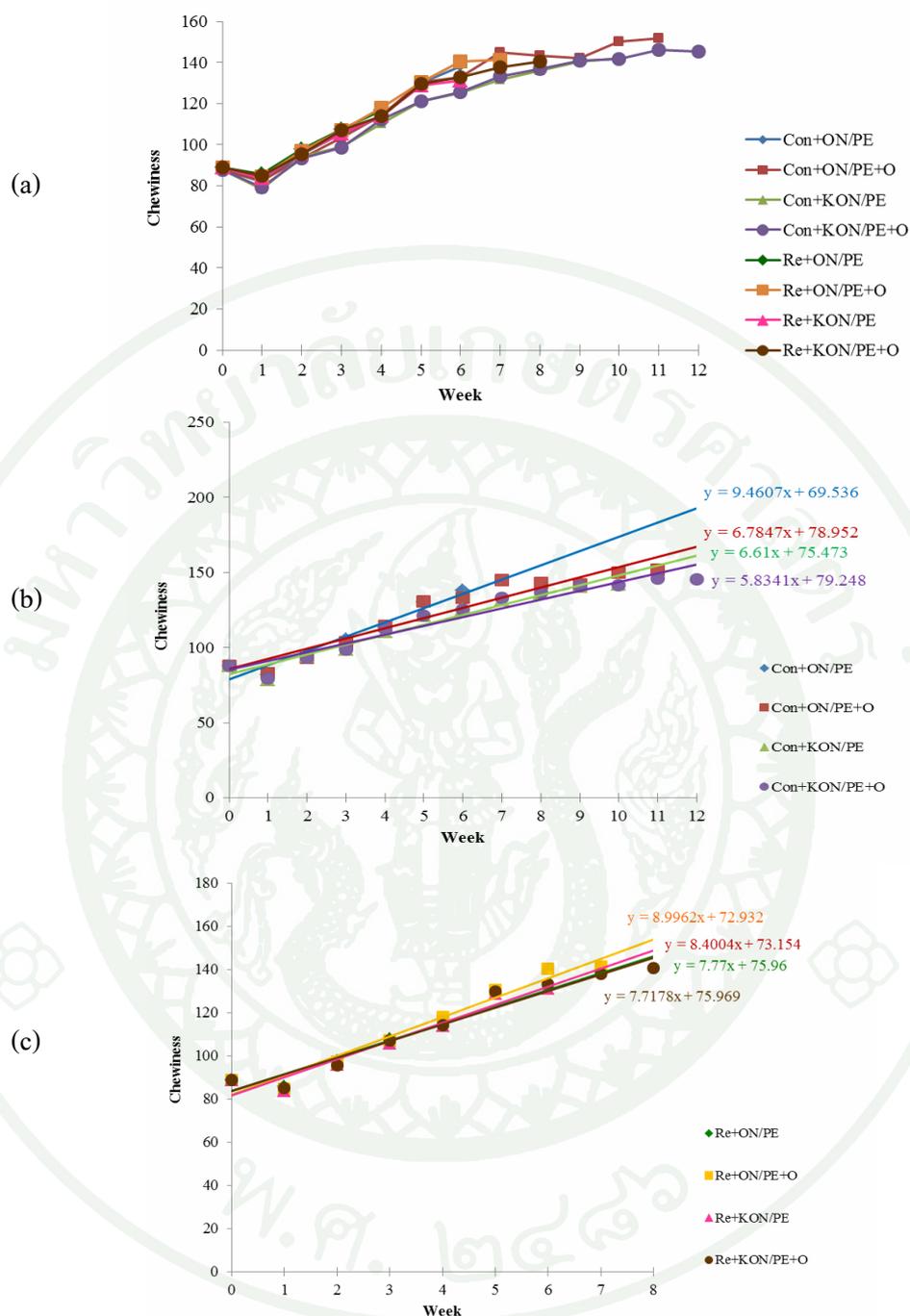


ภาพที่ 18 ค่าความสามารถในการคืนตัวของขมมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

- (a) การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการคืนตัวของขมมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- (b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการคืนตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของขมมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม
- (c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการคืนตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของขมมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน



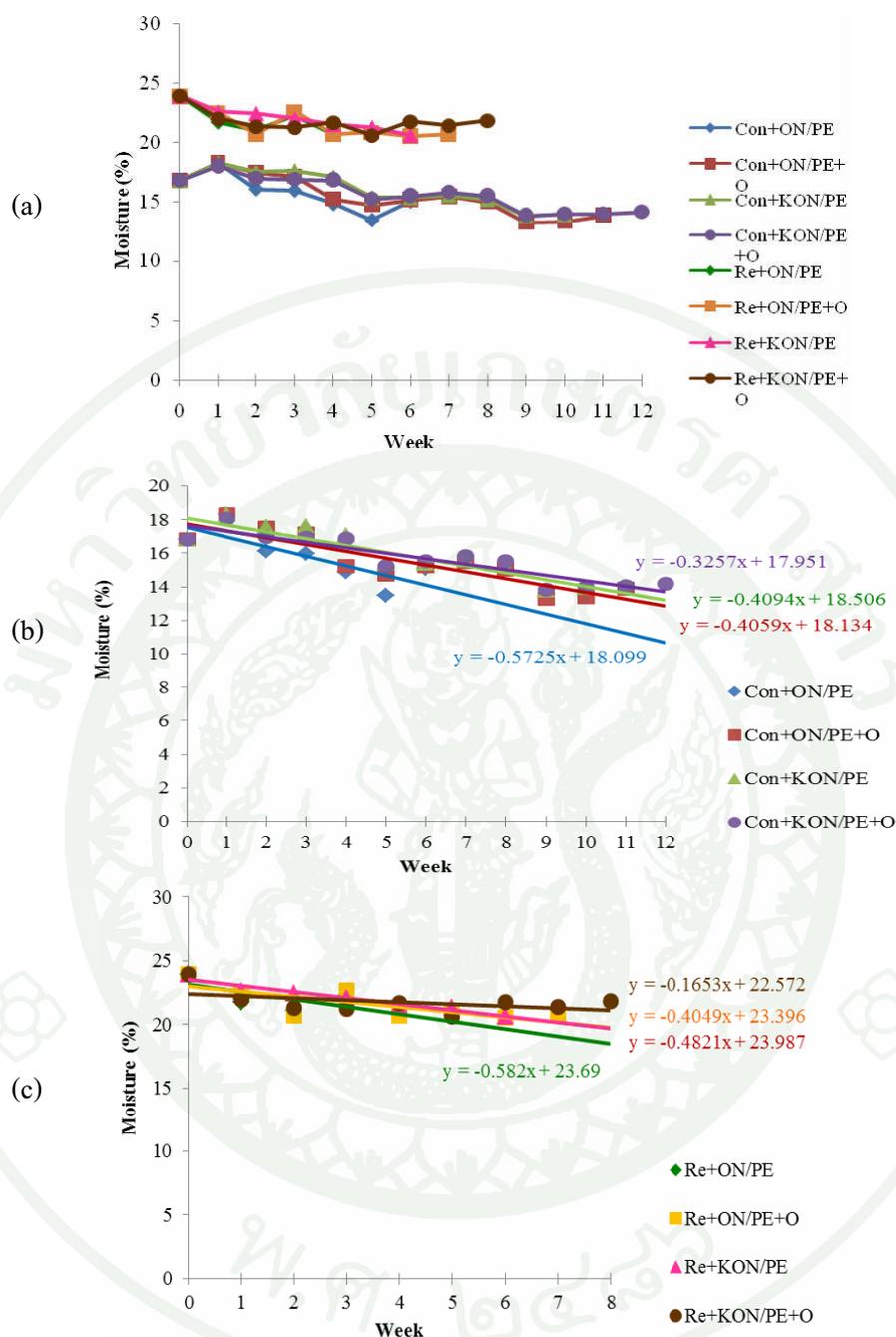
ภาพที่ 19 ค่าความสามารถในการเกาะตัวของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการเกาะตัวของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการเกาะตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการเกาะตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน



ภาพที่ 20 ค่าความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเปี๊ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงค่าความทนทานในการบดเคี้ยวของขนมเปี๊ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนทานในการบดเคี้ยวและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความทนทานในการบดเคี้ยวและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

## 5.2 คุณภาพทางเคมี

5.2.1 ปริมาณความชื้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาของขนมเปี๊ยะเล็กแต่ละตัวอย่างพบว่าขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างมีความชื้นในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีปริมาณความชื้นสูงกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมซึ่งขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมในลักษณะการบรรจุต่างๆ มีความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 1 และเริ่มลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานจะมีความชื้นเริ่มลดลงตั้งแต่สัปดาห์แรก ดังภาพที่ 21 (a) ซึ่งขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 28 และตารางผนวกที่ 29 ตามลำดับ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงความชื้นยังเกิดร่วมกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏภายนอก คือ ผิวหน้าขนมเปี๊ยะเล็กมีความชื้นและหลุดลอกเป็นแผ่น และเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 21 (b) และภาพที่ 21 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงความชื้นของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุกับการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานนั้นเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บรักษา ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุมีผลต่อค่านี้อย่างเล็กน้อย ทั้งนี้ในระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีการระเหยของไอน้ำจากตัวอย่างระบายสู่บรรยากาศภายนอก และไอน้ำส่วนหนึ่งมีการควบแน่นกลับสู่ตัวอย่างทำให้ร้อยละของความชื้นมีการเพิ่มขึ้น จากนั้นมีการถ่ายโอนน้ำเข้าสู่ภาวะสมดุล มวลน้ำในตัวอย่างมีค่าเท่ากับไอน้ำที่อยู่เหนือผิวหน้าในภาชนะบรรจุ จึงไม่มีการถ่ายโอนน้ำจากตัวอย่างสู่บริเวณผิวหน้า แต่ยังมีถ่ายโอนน้ำจากบรรยากาศเหนือผิวหน้าของตัวอย่างสู่บรรยากาศภายนอกภาชนะบรรจุจึงทำให้ตัวอย่างมีความชื้นลดลง (งามทิพย์, 2550; สุภาภรณ์ และคณะ, 2549) ดังนั้นการบรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE จึงมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นสูงกว่าการบรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE เนื่องจากฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 16 กรัม/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ กับฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ที่มีอัตราการซึมผ่านของไอน้ำ 7 กรัม/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการบรรจุตัวอย่างร่วมกับสารดูดกลิ่นออกซิเจนก็มีผลให้ปริมาณความชื้นของตัวอย่างมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่น้อยลง



ภาพที่ 21 ปริมาณความชื้นของขนมเปียะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

(a) การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของขนมเปียะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร

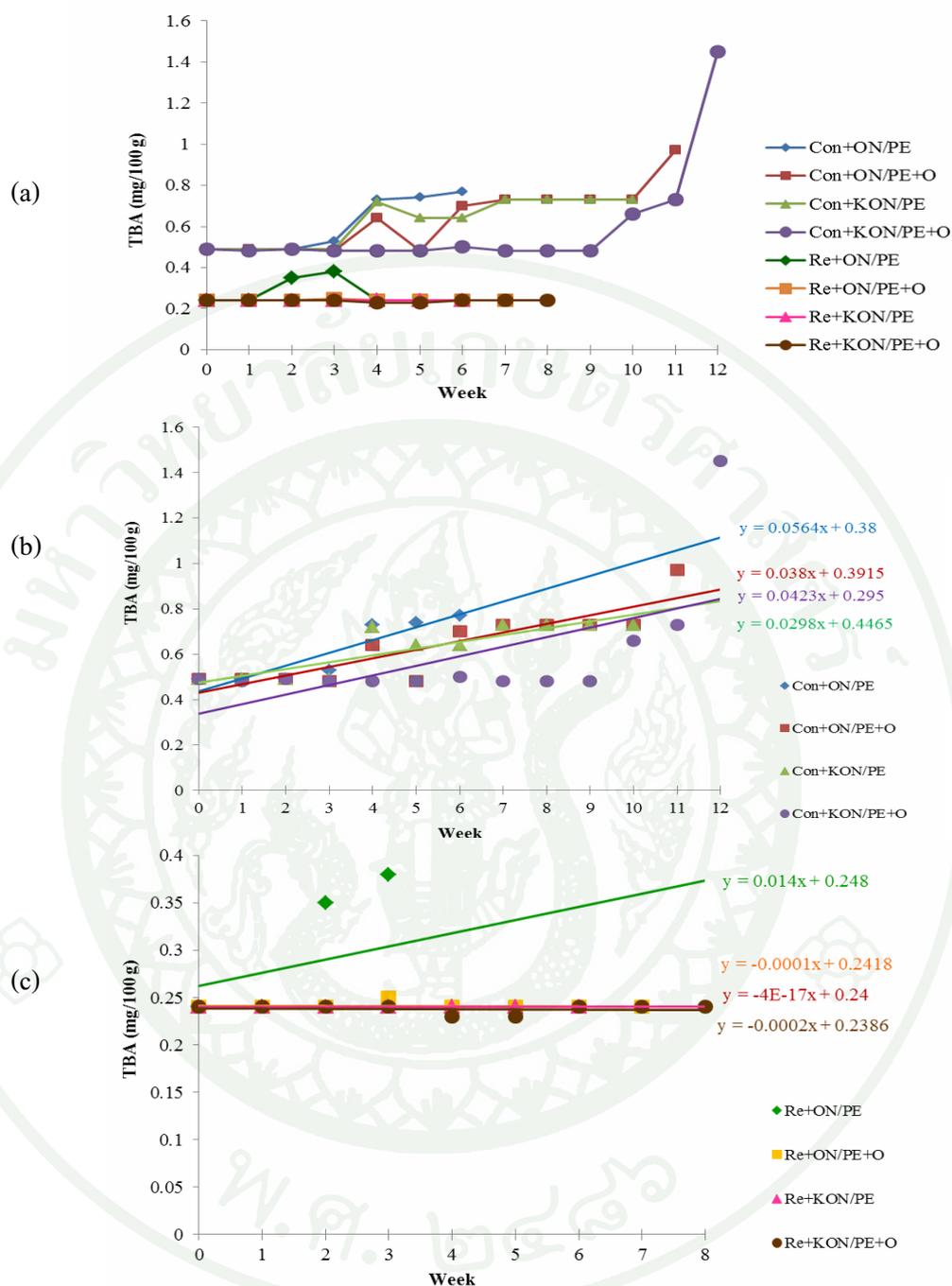
(b) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเปียะเล็ก  
สูตรควบคุม

(c) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเปียะเล็ก  
สูตรลดพลังงาน

5.2.2 ค่าความหืน โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไธโอบาบิฟูริก (Thiobarbituric acid-TBA value) ในระหว่างการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะเล็กแต่ละตัวอย่าง พบว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมทุกตัวอย่างและขนมเปี๊ยะเล็ก Re+ON/PE มีค่า TBA แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานตัวอย่างอื่น (Re+ON/PE+O, Re+KON/PE และ Re+KON/PE+O) มีค่า TBA ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมจะมีค่า TBA เริ่มต้นที่ 0.49 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมอาหาร ซึ่งสูงกว่าค่า TBA เริ่มต้นของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานคือ 0.24 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมอาหาร โดยขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมทุกตัวอย่างและขนมเปี๊ยะเล็ก Re+ON/PE จะมีค่าคงที่ในช่วงสัปดาห์ที่ 0 ถึงสัปดาห์ที่ 2 และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ต่อมาจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บของแต่ละตัวอย่าง โดยขนมเปี๊ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE หรือที่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีค่าคงที่มากกว่าขนมเปี๊ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE หรือที่ไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานทุกตัวอย่าง ยกเว้นขนมเปี๊ยะเล็ก Re+ON/PE จะมีค่า TBA ต่ำกว่าและมีความคงที่มากกว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม ดังภาพที่ 22 (a) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกันขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุที่เก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 11 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 31 ส่วนขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุที่เก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยตัวอย่าง Re+ON/PE มีความแตกต่างกับตัวอย่างที่บรรจุในลักษณะอื่นดังตารางผนวกที่ 32 เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ค่า TBA ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่า TBA ของขนมเปี๊ยะเล็ก Re+ON/PE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในขณะที่ค่า TBA ของตัวอย่างที่บรรจุในลักษณะอื่นมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ดังภาพที่ 22 (b) และภาพที่ 22 (c) จากการศึกษาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของค่า TBA ของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรเป็นผลมาจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) โดยตัวอย่างที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE ที่ไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า TBA สูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุในลักษณะอื่น

ผลการวิเคราะห์ค่า TBA ที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในขนมเปี๊ยะเล็กที่ส่งผลให้เกิดกลิ่นหืน ขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีค่าแอดคิวิตีรวมอยู่ในช่วง 0.80 ถึง 0.86 ซึ่งเป็นช่วงที่ปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นได้ดีเนื่องจากการเกิดปฏิกิริยานี้เกี่ยวข้องกับโมเลกุลของน้ำในอาหาร (Labuza and Hyman, 1998) โดยขนมเปี๊ยะ

เล็กสูตรลดพลังงานมีค่า TBA น้อยกว่าสูตรควบคุม แสดงว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานจะเกิดปริมาณมาโลนัลดีไฮด์ (malonaldehyde) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในอัตราที่ช้ากว่าขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานได้ลดปริมาณไขมันและใช้อินนูลินเจลดแทนไขมันในส่วนเปลือกและมีการลดปริมาณน้ำมันและใช้สารละลายอินนูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับสารละลายมาลิตอลที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทรายในส่วนไส้ ทำให้ขนมเปี๊ยะเล็กนี้มีปริมาณน้ำมากและน้ำส่วนใหญ่ยังอยู่ในรูปน้ำที่ถูกยึดไว้ในสารละลายอินนูลิน และสารละลายมาลิตอลด้วยแรงที่ค่อนข้างแข็งแรงจึงทำให้น้ำอิสระในขนมเปี๊ยะเล็กที่ทำหน้าที่ให้สารต่างๆ เกิดการแพร่ผ่านได้ดีนั้นมีปริมาณลดลง ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันมีแนวโน้มลดลงตามด้วย สอดคล้องกับผลการลดไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ด้วยแป้งบุกของอดิศักดิ์ และคณะ (2541) ที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณกรดไฮโอบาบิทรูริก (TBA) มีอัตราการเพิ่มขึ้นในเค้กสูตรควบคุมมากกว่าเค้กลดไขมันด้วยสารละลายแป้งบุก นอกจากนี้การบรรจุโดยวิธีแอดตีฟด้วยการใช้ฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำต่ำ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีผลต่อค่า TBA ด้วย สอดคล้องกับผลการบรรจุแบบแอดตีฟเพื่อเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิของงามทิพย์ และคณะ (2541) ที่พบว่าการใช้ฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดีและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนจะช่วยเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิได้ อย่างไรก็ตามพบว่าขนมเปี๊ยะเล็กที่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน หรือบรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำต่ำกว่าชนิด ON/PE จะมีค่า TBA ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9 เป็นต้นไปเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับขนมเปี๊ยะเล็กที่ไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนหรือบรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE ทั้งนี้เพราะการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์นั้นออกซิเจนจะถูกดูดซับไปในช่วงแรกเท่านั้น แต่ออกซิเจนจากภายนอกฟิล์มพลาสติกยังคงแพร่เข้ามาได้จนกระทั่งทำให้ประสิทธิภาพของสารดูดกลิ่นออกซิเจนนี้หมดไป ทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในเพิ่มขึ้นได้ แต่ฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำได้ดีกว่าชนิด ON/PE จึงทำให้การเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซิเจนในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE เกิดขึ้นช้ากว่าชนิด ON/PE (งามทิพย์, 2550) สอดคล้องกับผลการยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือโดยใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ และสารดูดกลิ่นออกซิเจนของพรชัยและวิรงรอง (2550) ที่แสดงว่าการใช้ถุงอลูมิเนียมฟอยล์และถุง PVDC (Polyvinylidene Chloride-K) ร่วมกับสารดูดกลิ่นออกซิเจนสามารถยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือได้



ภาพที่ 22 ค่าความหืน (TBA) ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

(a) การเปลี่ยนแปลงค่าความหืนของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร

(b) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหืนและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม

(c) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหืนและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตร

ลดพลังงาน

### 5.3 คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์โดยใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขนมเปียะที่มีเกณฑ์ต่อตัวอย่าง 1 กรัม คือ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องน้อยกว่า  $1 \times 10^6$  โคโลนี *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ต้องน้อยกว่า 100 โคโลนี ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนี (สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

จากผลการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ ขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมมีอายุการเก็บตามลำดับจากน้อยไปหามาก คือ ตัวอย่าง Con+ON/PE (เก็บได้ 6 สัปดาห์), Con+KON/PE (เก็บได้ 10 สัปดาห์), Con+ON/PE+O (เก็บได้ 11 สัปดาห์) และ Con+KON/PE+O (เก็บได้ 12 สัปดาห์) ดังตารางที่ 28 ส่วนขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานมีอายุการเก็บตามลำดับจากน้อยไปหามาก คือ ตัวอย่าง Re+ON/PE (เก็บได้ 4 สัปดาห์), Re+KON/PE (เก็บได้ 6 สัปดาห์), Re+ON/PE+O (เก็บได้ 7 สัปดาห์) และ Re+KON/PE+O (เก็บได้ 8 สัปดาห์) ดังตารางที่ 29

เมื่อเปรียบเทียบชนิดของขนมเปียะเล็ก พบว่า ขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมสามารถเก็บได้นานกว่าขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงาน เป็นเพราะขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานใช้อินนูลินเจลดแทนไขมันในส่วนเปลือกและใช้สารละลายอินนูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับสารละลายมาลดติดออลที่ใช้ทดแทนน้ำตาลทรายในส่วนไส้ จึงมีปริมาณน้ำสูงกว่าขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม โดยมีความชื้นร้อยละ 23.92 และค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวม 0.849 ส่วนขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมมีความชื้นร้อยละ 16.81 และค่าวอเตอร์แอกติวิตีรวม 0.827 เป็นผลให้จุลินทรีย์ในขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานมีโอกาสดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วกว่าในขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม ซึ่งการเสื่อมเสียด้านคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรมักเกิดจากยีสต์และรา โดยเฉพาะบริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์ เป็นเพราะระหว่างการเก็บมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นร่วมกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏที่สังเกตได้จากที่ผิวหน้าจะขึ้นและลอกเป็นแผ่น จากนั้นจะพบเส้นใยราที่ผิวหน้าชัดเจนขึ้น ส่วน *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* พบน้อยมาก ทั้งนี้เพราะขนมเปียะเล็กมีการอบโดยผ่านความร้อนที่สูงมากและใช้เวลานาน (จิตรนา และอรอนงค์, 2550; จันทิมา และสร้อยทอง, 2549) อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตีในช่วง 0.85-0.95 ทำให้น้ำอิสระ (free water) ภายในผลิตภัณฑ์ถูกจุลินทรีย์นำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ (ณรงค์, 2538) เมื่อเปรียบเทียบชนิดฟิล์มพลาสติก พบว่า ขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE จะมีอายุการเก็บที่นานกว่าฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE และปัจจัยการใช้สารดูดกลืนออกซิเจนจะทำให้

ขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรที่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนมีแนวโน้มที่อายุการเก็บนานกว่า การไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนจะช่วยดูดซับก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์จะมีผลให้ยีสต์ รา และจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโตเกิดขึ้นได้ช้าลง (งามทิพย์, 2550) สอดคล้องกับผลการศึกษการบรรจุแบบแอกตีฟเพื่อเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิของงามทิพย์ และคณะ (2541) ที่แสดงให้เห็นว่าการเสื่อมเสียคุณภาพของขนมโมจิเกิดจากเชื้อราซึ่งการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสูงกว่าการบรรจุภายใต้การปรับสภาพบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุ (Modified Atmosphere Packaging-MAP) ที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ร้อยละ 60 ร่วมกับก๊าซไนโตรเจน (N<sub>2</sub>) ร้อยละ 40 และการบรรจุภายใต้ก๊าซไนโตรเจน (N<sub>2</sub>) ร้อยละ 100 โดยต้องใช้ฟิล์มพลาสติกที่มีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนต่ำมากเท่านั้น ดังนั้นขนมเป็ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE พร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีอายุการเก็บเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 28 คุณภาพทางจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A)

ระยะเวลา (สัปดาห์)	TPC (cfu/g)				Yeast & Mold (cfu/g)				<i>B.cereus</i> (cfu/g)				<i>S.aureus</i> (cfu/g)			
	Con+ ON/PE	Con+ ON/PE+O	Con+ KON/PE	Con+ KON/PE+O	Con+ ON/PE	Con+ ON/PE+O	Con+ KON/PE	Con+ KON/PE+O	Con+ ON/PE	Con+ ON/PE+O	Con+ KON/PE	Con+ KON/PE+O	Con+ ON/PE	Con+ ON/PE+O	Con+ KON/PE	Con+ KON/PE+O
0	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	10	<10	<10	<10	30	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
6	10	10	10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	20	<10	<10
7	3.5x10 <sup>2</sup>	<10	<10	<10	2.7x10 <sup>2</sup>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
8	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10
9	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10
10	-	<10	10	<10	-	<10	10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10
11	-	<10	25	<10	-	15	5.3x10 <sup>2</sup>	15	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10
12	-	2.6x10 <sup>2</sup>	-	1.1x10 <sup>2</sup>	-	1.2x10 <sup>2</sup>	-	75	-	<10	-	<10	-	<10	-	<10

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์ เนื่องจากขนมเปียะเล็กหมดอายุการเก็บรักษาแล้ว

ตารางที่ 29 คุณภาพทางจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บของขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงาน

ระยะเวลา (สัปดาห์)	TPC (cfu/g)				Yeast & Mold (cfu/g)				<i>B.cereus</i> (cfu/g)				<i>S.aureus</i> (cfu/g)			
	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+	Re+
	ON/PE	ON/PE+O	KON/PE	KON/PE+O	ON/PE	ON/PE+O	KON/PE	KON/PE+O	ON/PE	ON/PE+O	KON/PE	KON/PE+O	ON/PE	ON/PE+O	KON/PE	KON/PE+O
0	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	1.3x10 <sup>2</sup>	<10	20	<10	50	<10	40	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	7.1x10 <sup>2</sup>	<10	30	65	6.1x10 <sup>2</sup>	<10	60	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
6	-	20	10	20	-	10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10
7	-	45	1.3x10 <sup>2</sup>	1.1x10 <sup>2</sup>	-	30	2.7x10 <sup>2</sup>	20	-	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10
8	-	2.4x10 <sup>3</sup>	-	2.7x10 <sup>2</sup>	-	1.4x10 <sup>3</sup>	-	60	-	<10	-	<10	-	<10	-	<10
9	-	-	-	3.4x10 <sup>3</sup>	-	-	-	1.1x10 <sup>2</sup>	-	-	-	<10	-	-	-	<10

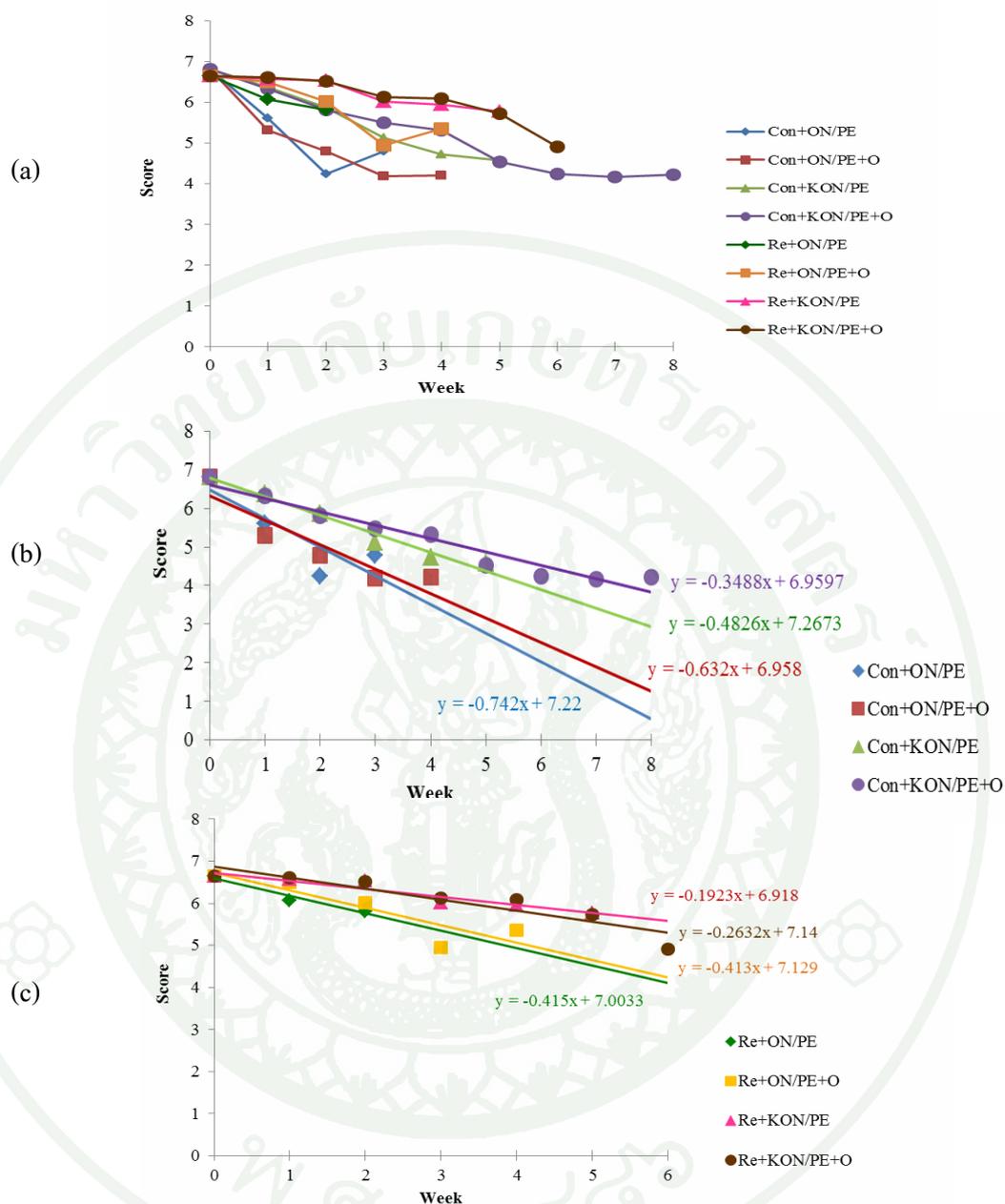
หมายเหตุ - หมายถึง ไม่ได้ตรวจวิเคราะห์ เนื่องจากขนมเปียะเล็กหมดอายุการเก็บรักษาแล้ว

## 5.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทำการศึกษาคูณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยะเล็กด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณนา (Quantitative Descriptive Analysis-QDA) ด้วยการให้คะแนนความเข้มทำการประเมินโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 12 คน ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านลักษณะปรากฏของส่วนเปลือกและส่วนไส้ สีของไส้ กลิ่น ได้แก่ กลิ่นถั่ว กลิ่นควันเทียนอบ และกลิ่นหืน ความนุ่มของส่วนเปลือกและส่วนไส้ ความร่วนของส่วนไส้ และรสหวาน ร่วมกับการทดสอบการยอมรับโดยรวม

5.4.1 ลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก เมื่อวิเคราะห์คะแนนความเข้มลักษณะปรากฏของส่วนเปลือก พบว่า ขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน ขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการบรรจุที่เก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 34 และตารางผนวกที่ 35 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความชุ่มชื้นของส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 23 (a) ภาพที่ 23 (b) และภาพที่ 23 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บ ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนการเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานเป็นผลจากการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษากับชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ ( $p \leq 0.05$ )

ลักษณะปรากฏของส่วนเปลือกที่มีความชุ่มชื้นลดลงในระหว่างการเก็บเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณความชื้นที่ลดลง และขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีความแห้ง แข็งกระด้าง ซึ่งเป็นลักษณะของความเก่า (staling) ของผลิตภัณฑ์ โดยฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ที่ใช้บรรจุขนมเป็ยะเล็กนั้นมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำต่ำกว่าฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE จึงช่วยชะลอการสูญเสียความชื้นของขนมเป็ยะเล็กได้ ทั้งนี้การบรรจุพร้อมกับสารดูดกลิ่นออกซิเจนก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชุ่มชื้นส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่น้อยลง

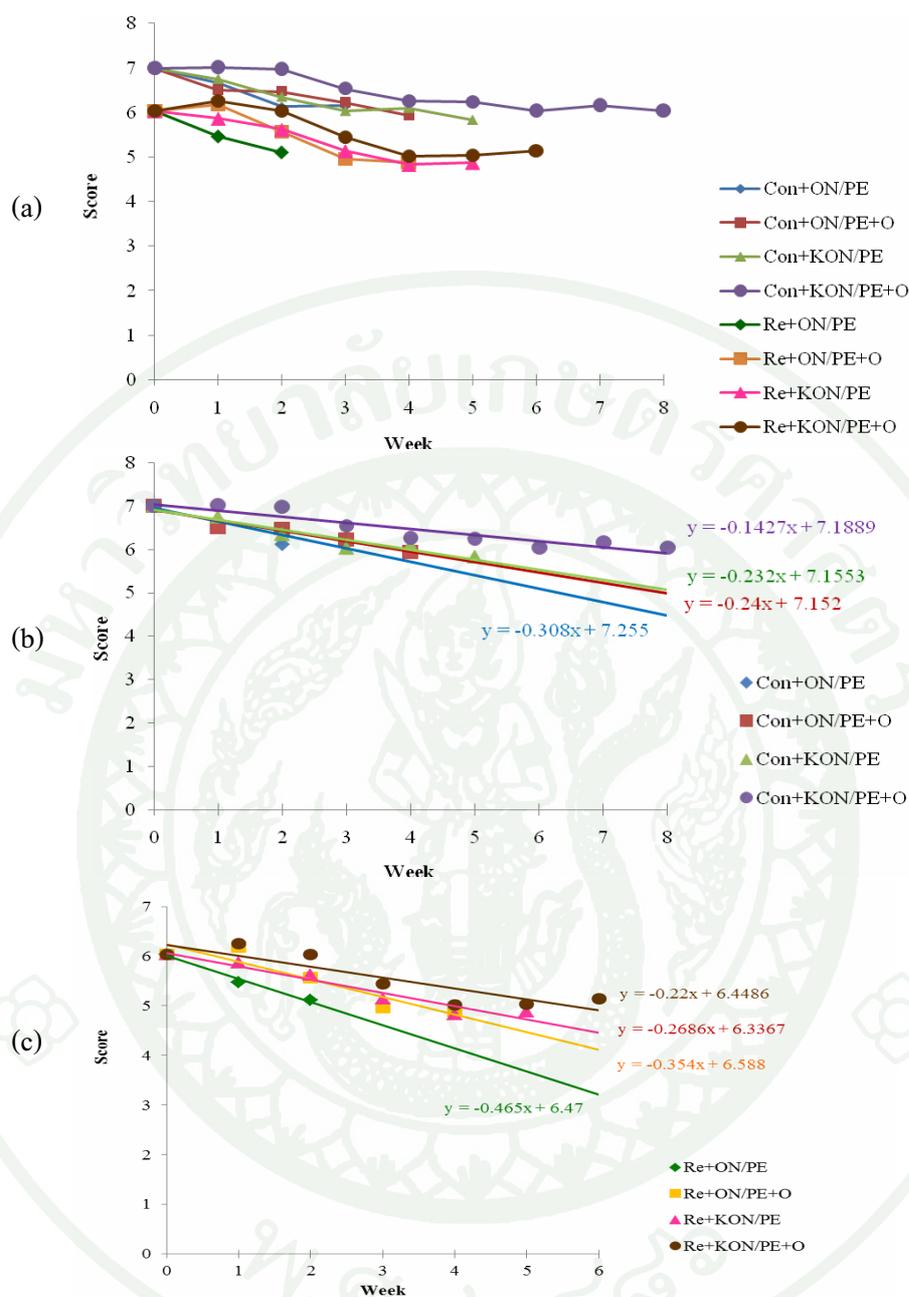


ภาพที่ 23 ความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

- (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม
- (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

5.4.2 ลักษณะปรากฏของส่วนไส้ เมื่อวิเคราะห์คะแนนความเข้มลักษณะปรากฏของส่วนไส้ พบว่าขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน ขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการบรรจุที่เก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 37 และตารางผนวกที่ 38 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความชุ่มชื้นของส่วนไส้ของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 24 (a) ภาพที่ 24 (b) และภาพที่ 24 (c) โดยไส้ของตัวอย่างทั้ง 2 สูตรที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE ที่ไม่ได้บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีอัตราการลดลงของความชุ่มชื้นสูงกว่าไส้ของขนมเปียะเล็กที่บรรจุในลักษณะอื่น จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของลักษณะปรากฏส่วนไส้ของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษาและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน และอิทธิพลร่วมของชนิดของฟิล์มพลาสติกและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานพบว่า อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ ( $p \leq 0.05$ )

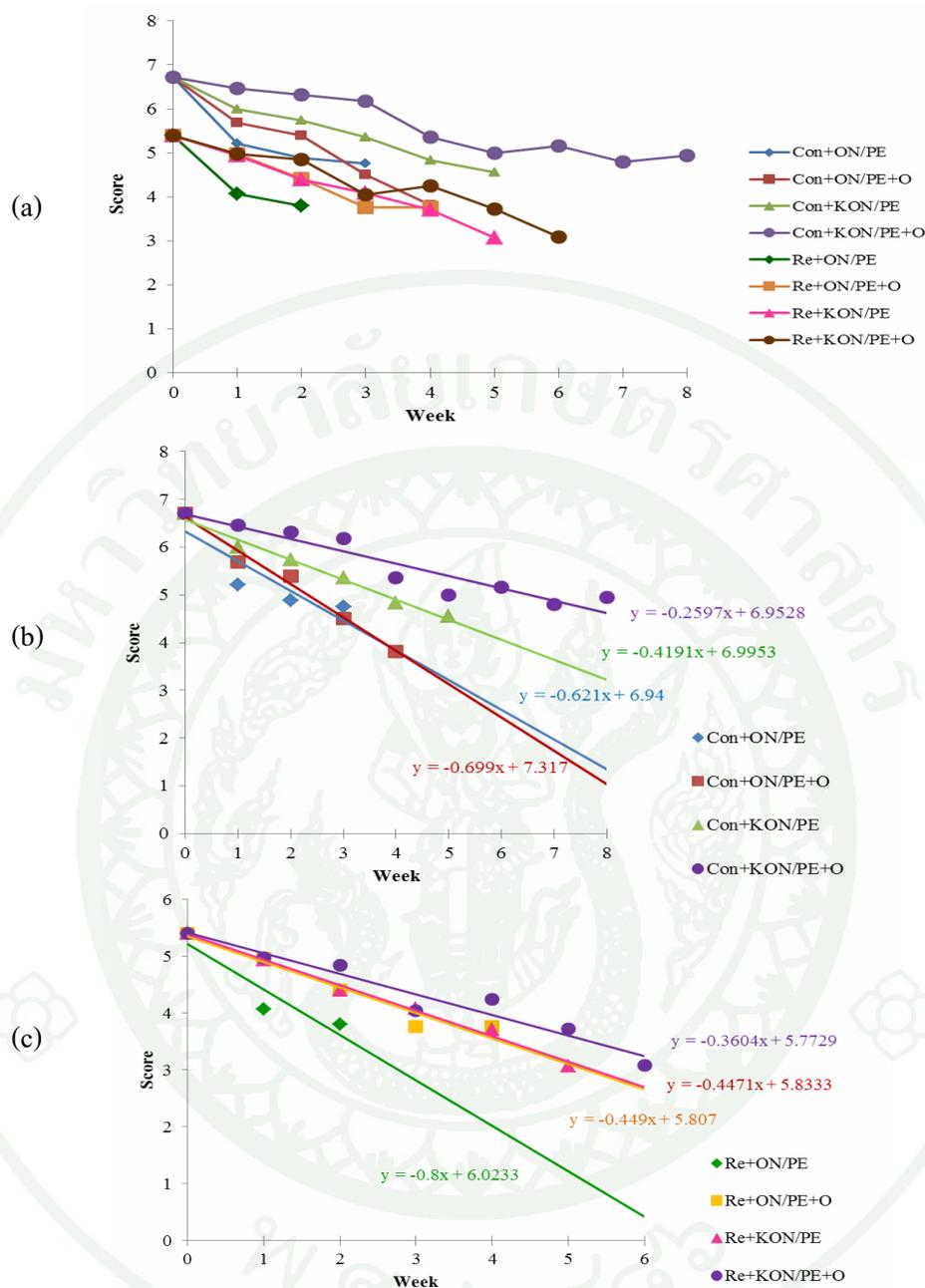
ลักษณะปรากฏของส่วนไส้ที่มีความชุ่มชื้นลดลงในระหว่างการเก็บเป็นไปในลักษณะเดียวกับลักษณะปรากฏส่วนเปลือกซึ่งสอดคล้องกับผลของปริมาณความชื้นที่ลดลง และอาจเป็นเพราะขนมเปียะเล็กมีทั้งส่วนเปลือกและส่วนไส้ที่มีความชื้นและค่าออกซิเจนแอคทีวิตีที่แตกต่างกันจึงมีการถ่ายเทความชื้นระหว่าง 2 ส่วนนี้ (งามทิพย์ และคณะ 2541) ซึ่งผู้บริโภคที่ผ่านการฝึกฝนสามารถสังเกตเห็นได้ โดยเฉพาะขนมเปียะเล็กที่เก็บไว้นานนั้นจะเห็นผิวหน้าของตัวอย่างขึ้นและลอกเป็นแผ่น เมื่อพิจารณาค่าความชื้นและค่าออกซิเจนแอคทีวิตีของขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานที่มีค่าสูงกว่าขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม ขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานจึงมีโอกาสสูญเสียความชื้นและร่วนแห้งได้สูงกว่าขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม นอกจากนี้การบรรจุขนมเปียะเล็กด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ก็มีผลทำให้การสูญเสียความชื้นของส่วนไส้ในขนมเปียะเล็กเกิดขึ้นช้าลง



ภาพที่ 24 ความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

- การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม
- ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

5.4.3 สีของไส้ เมื่อวิเคราะห์คะแนนความเข้มด้านสีของไส้ที่มีสีเหลือง พบว่า ขนมนเปี้ยะเล็กทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมนเปี้ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมนเปี้ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 40 และตารางผนวกที่ 41 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น สีเหลืองของไส้ทั้งขนมนเปี้ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มอ่อนลงดังภาพที่ 25 (a) ภาพที่ 25 (b) และภาพที่ 25 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของสีเหลืองของไส้ของขนมนเปี้ยะเล็กทั้ง 2 สูตรเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสีเหลืองของไส้ที่อ่อนลงในระหว่างการเก็บอาจเนื่องมาจากเหตุผลที่ทำให้ขนมนเปี้ยะเล็กมีลักษณะเปลือกและไส้ที่ร่วนแห้ง นอกจากนี้ขนมนเปี้ยะเล็กสูตรลดพลังงานยังมีการใช้สารละลายมาลดกลิ่นที่มีคุณสมบัติเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ทดแทนน้ำตาลทรายในส่วนผสมของไส้ถั่วกวนในระหว่างการเก็บรักษาจึงเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (millard reaction) ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลได้น้อยกว่าการใช้น้ำตาลทราย ดังนั้นความเข้มของสีจึงเกิดน้อยกว่าไส้ของขนมนเปี้ยะเล็กสูตรควบคุมโดยฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ในบรรจุภัณฑ์ก็มีผลต่อสีเหลืองของไส้จนทำให้ผู้บริโภคมองเห็นความแตกต่างของสีได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับผลการลดไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ด้วยแป้งบุกของอดิศักดิ์และคณะ (2541) ที่แสดงว่าระหว่างการเก็บผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น และมีค่าสีเหลือง ( $b^*$ ) ลดลง



ภาพที่ 25 ความเข้มเฉลี่ยด้านสีของใบ (สีเขียว) ของขนมเปี๊ยะเด็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

- (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนใบของขนมเปี๊ยะเด็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนใบและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนม เปี๊ยะเด็กสูตรควบคุม
- (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนใบและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเปี๊ยะเด็กสูตรลดพลังงาน

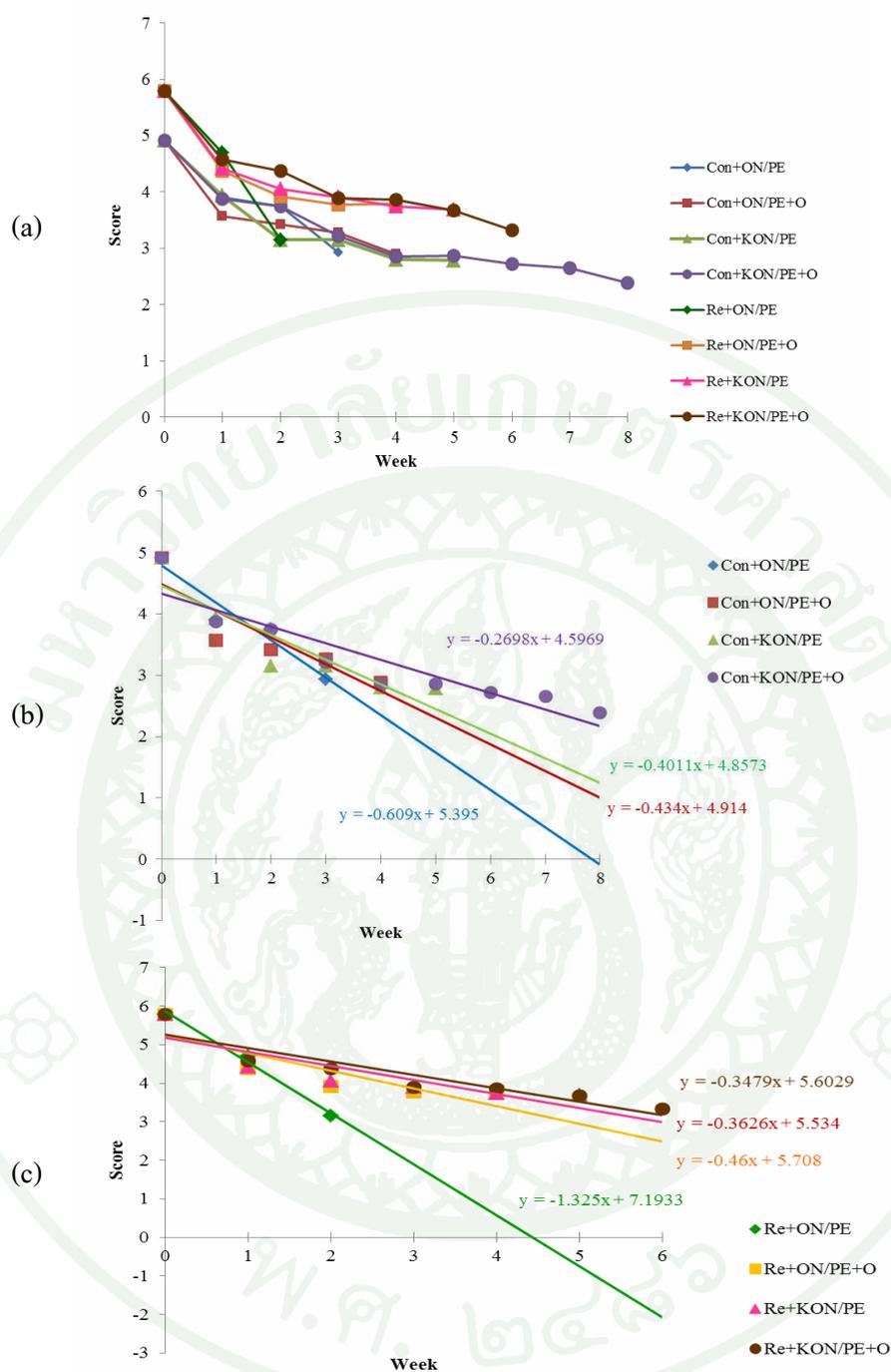
5.4.4 กลิ่นถั่ว เมื่อวิเคราะห์คะแนนความเข้มข้นกลิ่นถั่ว พบว่า ขนมน้ำเป็ยะเล็ก ทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งกลิ่นถั่วในขนมน้ำเป็ยะเล็กทุกตัวอย่างมีแนวโน้มลดลง โดยกลิ่นถั่วจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง สัปดาห์แรก จากนั้นสัปดาห์ต่อมากลิ่นถั่วจะลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน มีกลิ่นถั่วแรงกว่าขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุม ดังภาพที่ 26 (a) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน กลิ่นถั่วของขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ส่วนขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุก็ไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ยกเว้นในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ที่ขนมน้ำเป็ยะเล็ก Re+ON/PE มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 43 และตาราง ผนวกที่ 44 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น กลิ่นถั่วของทั้งขนมน้ำเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตร มีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 26 (b) และภาพที่ 26 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของ กลิ่นถั่วในขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บรักษา ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้ชนิดของ พลาสติกที่ใช้บรรจุและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนไม่ส่งผลต่อกลิ่นถั่วในตัวอย่าง ( $p > 0.05$ ) ส่วนขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานพบว่า อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์ม พลาสติกที่บรรจุมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้การใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนไม่ส่งผลต่อ กลิ่นถั่วของตัวอย่างนี้ ( $p > 0.05$ )

5.4.5 กลิ่นควันเทียนอบ เมื่อวิเคราะห์คะแนนความเข้มข้นกลิ่นควันเทียนอบ พบว่า ขนมน้ำเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน กลิ่นควันเทียนอบในขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุม ในแต่ละลักษณะการบรรจุที่เก็บรักษาในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุไม่มีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุมมีกลิ่นควันเทียน อบแรงกว่าขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน ดังตารางผนวกที่ 46 และตารางผนวกที่ 47 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น กลิ่นควันเทียนอบในขนมน้ำเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลง ดังภาพที่ 27 (a) ภาพที่ 27 (b) และภาพที่ 27 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของกลิ่น ควันเทียนอบในขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิด ของพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลด พลังงานพบว่าเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บรักษา ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้ชนิดของพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนไม่ส่งผลต่อกลิ่นควันเทียนอบในตัวอย่างนี้ ( $p > 0.05$ )

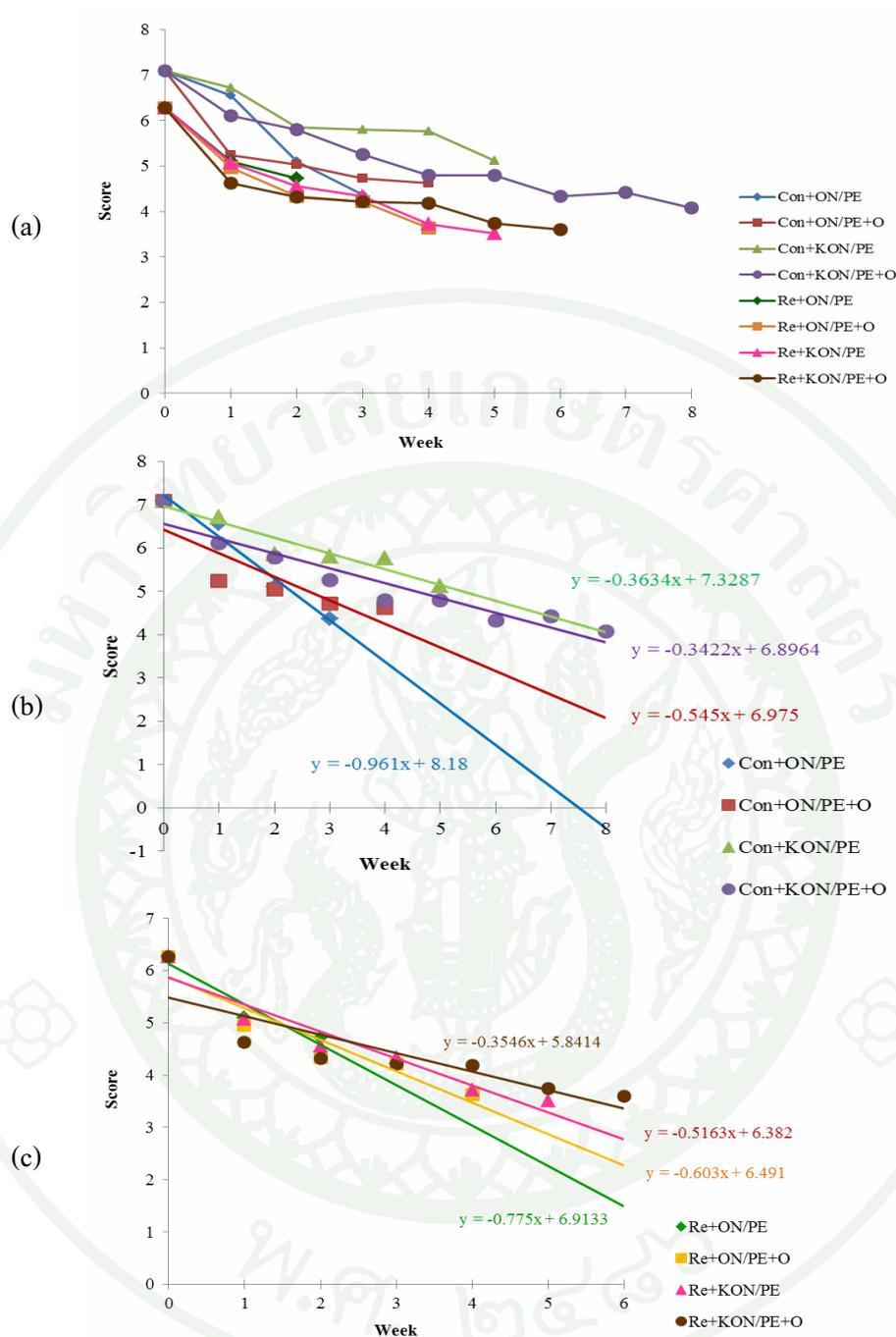
5.4.6 กลิ่นหืน เมื่อวิเคราะห์คะแนนความเข้มด้านกลิ่นหืน พบว่า ขนมนเป็ยะเล็ก ทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน กลิ่นหืนในขนมนเป็ยะเล็กสูตรควบคุมในช่วงสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 3 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมนเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 4 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยขนมนเป็ยะเล็กสูตรควบคุมมีกลิ่นหืนแรงกว่าขนมนเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน ดังตารางผนวกที่ 49 และตารางผนวกที่ 50 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น กลิ่นหืนในขนมนเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 28 (a) ภาพที่ 28 (b) และภาพที่ 28 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนในขนมนเป็ยะเล็กสูตรควบคุมเป็นผลมาจากชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษาและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ด้านการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นหืนในขนมนเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานพบว่า เป็นผลจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งขนมนเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE จะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของกลิ่นหืนสูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE และตัวอย่างที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิดเดียวกันที่ไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นของกลิ่นหืนสูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน

จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความเข้มของกลิ่นทั้ง 3 กลิ่นในระหว่างการเก็บรักษาของขนมนเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการบรรจุพบว่า ขนมนเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานจะมีกลิ่นฉุนแรงกว่าขนมนเป็ยะเล็กสูตรควบคุม ในขณะที่ขนมนเป็ยะเล็กสูตรควบคุมจะมีกลิ่นฉุนอ่อนและกลิ่นหืนที่แรงกว่าขนมนเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน แสดงให้เห็นว่าขนมนเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานที่ส่วนเปลือกลดปริมาณไขมันและส่วนไส้ลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลทราย ร่วมกับการใช้อินนูลินเจลและสารละลายอินนูลินเพื่อทดแทนไขมัน นอกจากนี้ยังใช้สารละลายมาดิทอลทดแทนน้ำตาล ซึ่งทั้งน้ำมันและน้ำตาลมีบทบาทต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550; Marshall and Arbuckle, 1996) ในขณะที่ขนมนเป็ยะเล็กสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันมากกว่าจึงมีการดูดซับกลิ่นฉุนอ่อนได้ดี และยังมีแนวโน้มทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้มากขึ้น นอกจากนี้ฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE ที่มีอัตราการซึมผ่านของออกซิเจน 30-120 มิลลิเมตร/ตารางเมตร.24 ชั่วโมง.บรรยากาศ ทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน จึงเป็นผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นฉุนอ่อนและกลิ่นหืนสูงกว่าขนมนเป็ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 6-10 มิลลิเมตร/ตารางเมตร.

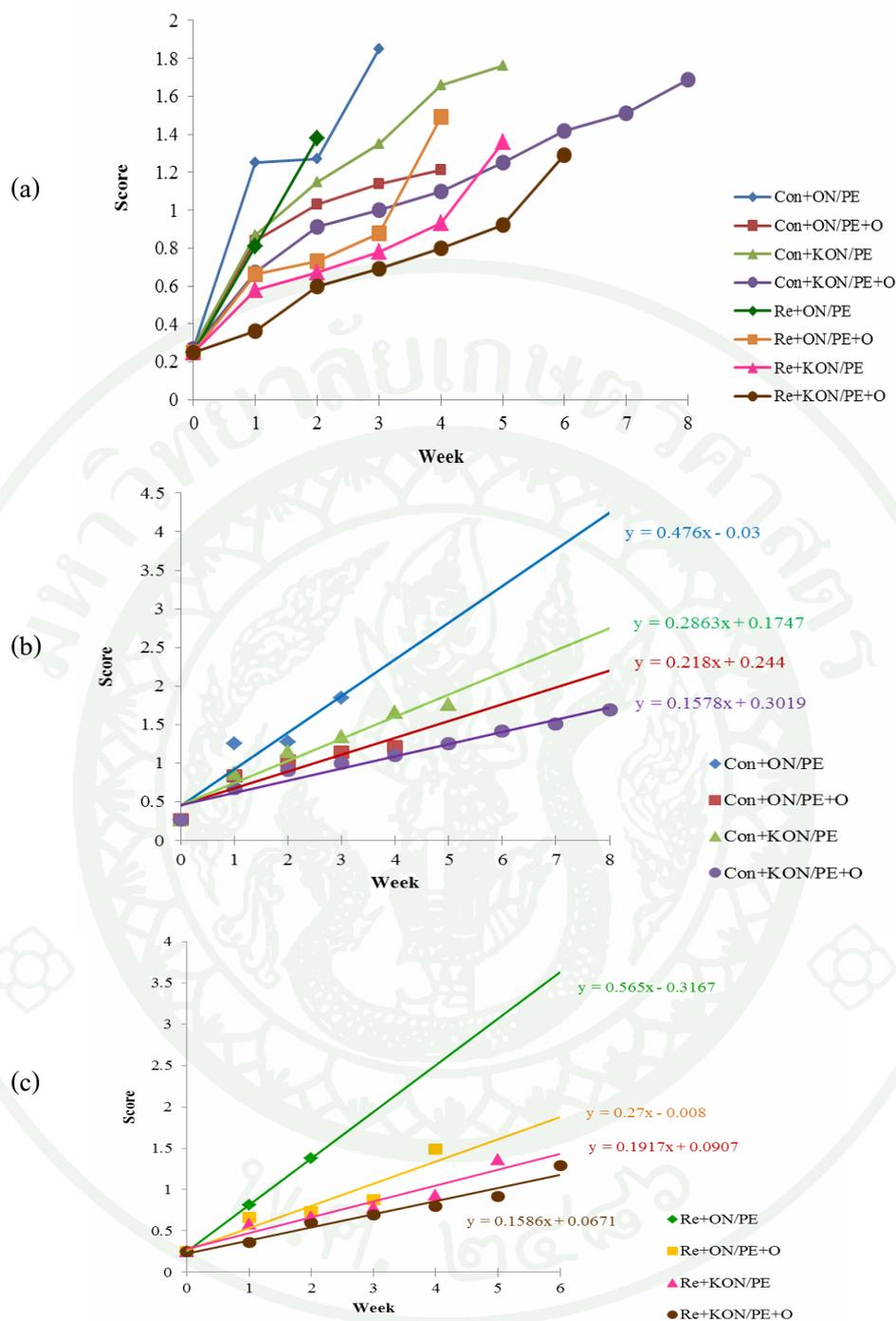
24 ชั่วโมง.บรรยากาศ ด้านการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนมีบทบาทต่อการดูดซับออกซิเจนที่มีผลช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ค่าความหืน (TBA) ของขนมเปี๊ยะเล็กที่เพิ่มขึ้นข้างต้น และแสดงให้เห็นว่าการใช้ฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ร่วมกับสารดูดกลิ่นออกซิเจนสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะไส้ลำไยของสุภาภรณ์ และคณะ (2549) ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นหอมลดลงและกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา แต่ให้ผลตรงข้ามกับผลการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปี๊ยะ โดยการใช้สารลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้และบรรจุภัณฑ์ของปิยะนุช (2545) ที่รายงานว่า ระดับคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นน้ำมัน กลิ่นถั่ว และกลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาซึ่งมีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำและระดับวอเตอร์แอกติวิตี้ขององค์ประกอบต่างๆ อันเกิดจากการเคลื่อนย้ายความชื้นภายในผลิตภัณฑ์นั้นมีอิทธิพลต่อคุณภาพดังกล่าวในระดับที่น้อยมากทำให้การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพเหล่านี้เกิดขึ้นในอัตราต่ำมากจนไม่สามารถสังเกตได้ โดยขนมเปี๊ยะในการทดลองของปิยะนุช (2545) มีเปลือกหนาและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่มีความแตกต่างกับขนมเปี๊ยะในการทดลองนี้และการทดลองของสุภาภรณ์ และคณะ (2549) ที่มีเปลือกบางและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก



**ภาพที่ 26** ความสัมพันธ์ด้านกลิ่นตัวของขนมเปียะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นตัวของขนมเปียะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นตัวและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงาน



ภาพที่ 27 ความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเปี๊ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเปี๊ยะเล็กอบควันเทียน  
 ทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบและระยะเวลาการเก็บ  
 รักษาของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบและระยะเวลาการเก็บ  
 รักษาของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงาน



ภาพที่ 28 ความเข้มเฉลี่ยด้านกลืนหินของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านกลืนหินของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลืนหินและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านกลืนหินและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

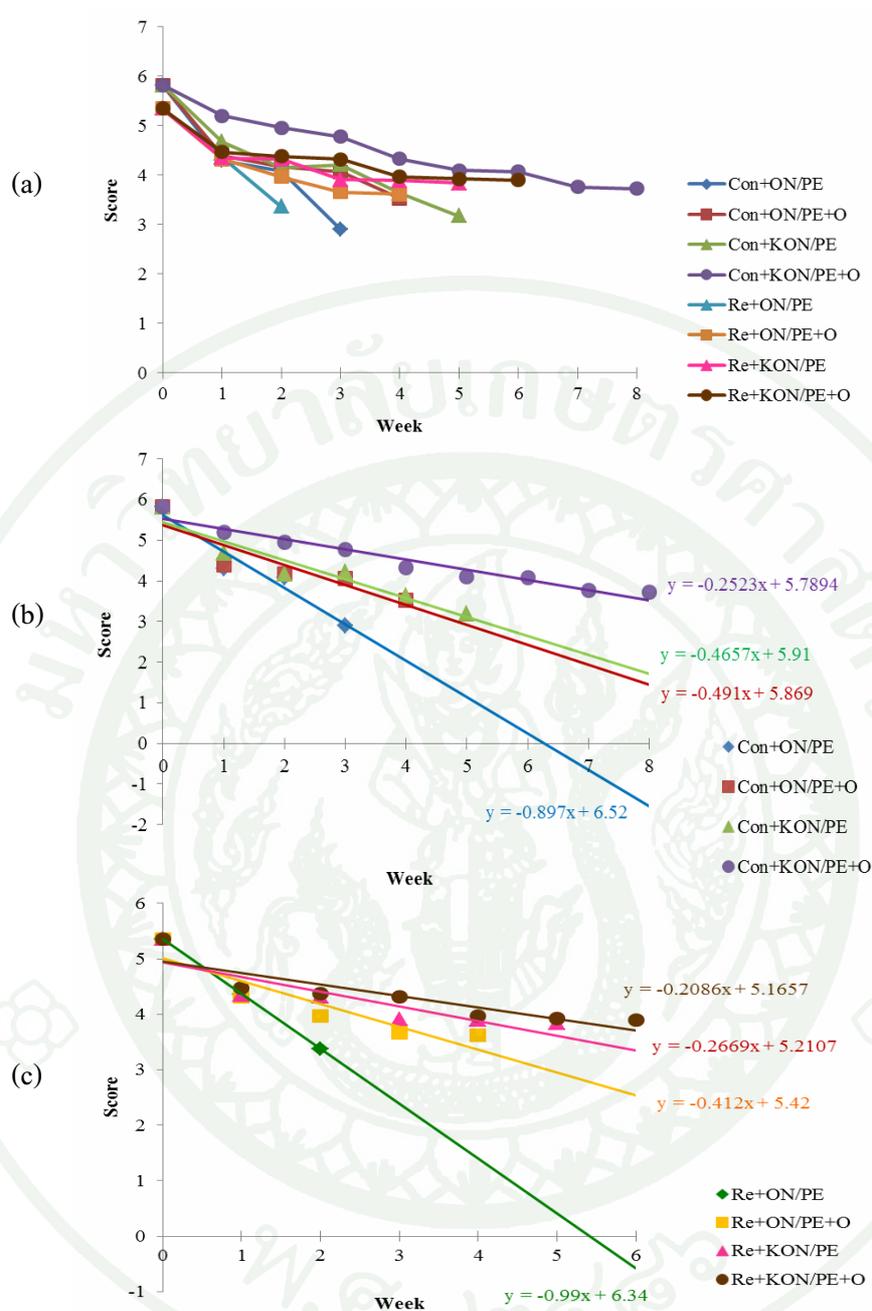
5.4.7 ความนุ่มของเปลือก เมื่อวิเคราะห์คะแนนความแข็งด้านความนุ่มของเปลือกพบว่า ขนมอบีเยะเล็กทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน พบว่าสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุมีความนุ่มของเปลือกในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุมีความนุ่มของเปลือกในช่วงสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 52 และตารางผนวกที่ 53 ตามลำดับ ซึ่งตลอดอายุการเก็บขนมอบีเยะเล็กสูตรควบคุมได้คะแนนความแข็งเฉลี่ยมากกว่าสูตรลดพลังงาน เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความนุ่มของเปลือกทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 29 (a) ภาพที่ 29 (b) และภาพที่ 29 (c) จากการศึกษาพบว่า ด้านความนุ่มของเปลือกของสูตรควบคุมเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนด้านความนุ่มของเปลือกของสูตรลดพลังงานเป็นผลจากการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้ขนมอบีเยะเล็กทั้ง 2 สูตรที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE ที่ไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีอัตราการลดลงของความนุ่มของเปลือกสูงกว่าตัวอย่างที่บรรจุในลักษณะอื่น

5.4.8 ความนุ่มของไส้ เมื่อวิเคราะห์คะแนนความแข็งด้านความนุ่มของไส้พบว่า ขนมอบีเยะเล็กทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน สูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุมีความนุ่มของไส้ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 55 และตารางผนวกที่ 56 ตามลำดับ ซึ่งตลอดอายุการเก็บนั้นขนมอบีเยะเล็กสูตรควบคุมได้คะแนนความแข็งเฉลี่ยมากกว่าสูตรลดพลังงาน เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความนุ่มของไส้ของขนมอบีเยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 30 (a) ภาพที่ 30 (b) และภาพที่ 30 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงด้านความนุ่มของไส้ของสูตรควบคุมเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บ และอิทธิพลร่วมของชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุและการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ด้านสูตรลดพลังงานพบว่า ทั้งระยะเวลาการเก็บ ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนต่างก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านนี้ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้ขนมอบีเยะเล็กทั้ง 2 สูตรที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE จะมีอัตราการลดลงของความนุ่มของไส้สูงกว่าที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE นอกจากนี้ขนมอบีเยะเล็ก

ที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิดเดียวกันและไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนจะมีอัตราการลดลงของความนุ่มของไส้สูงกว่าที่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน

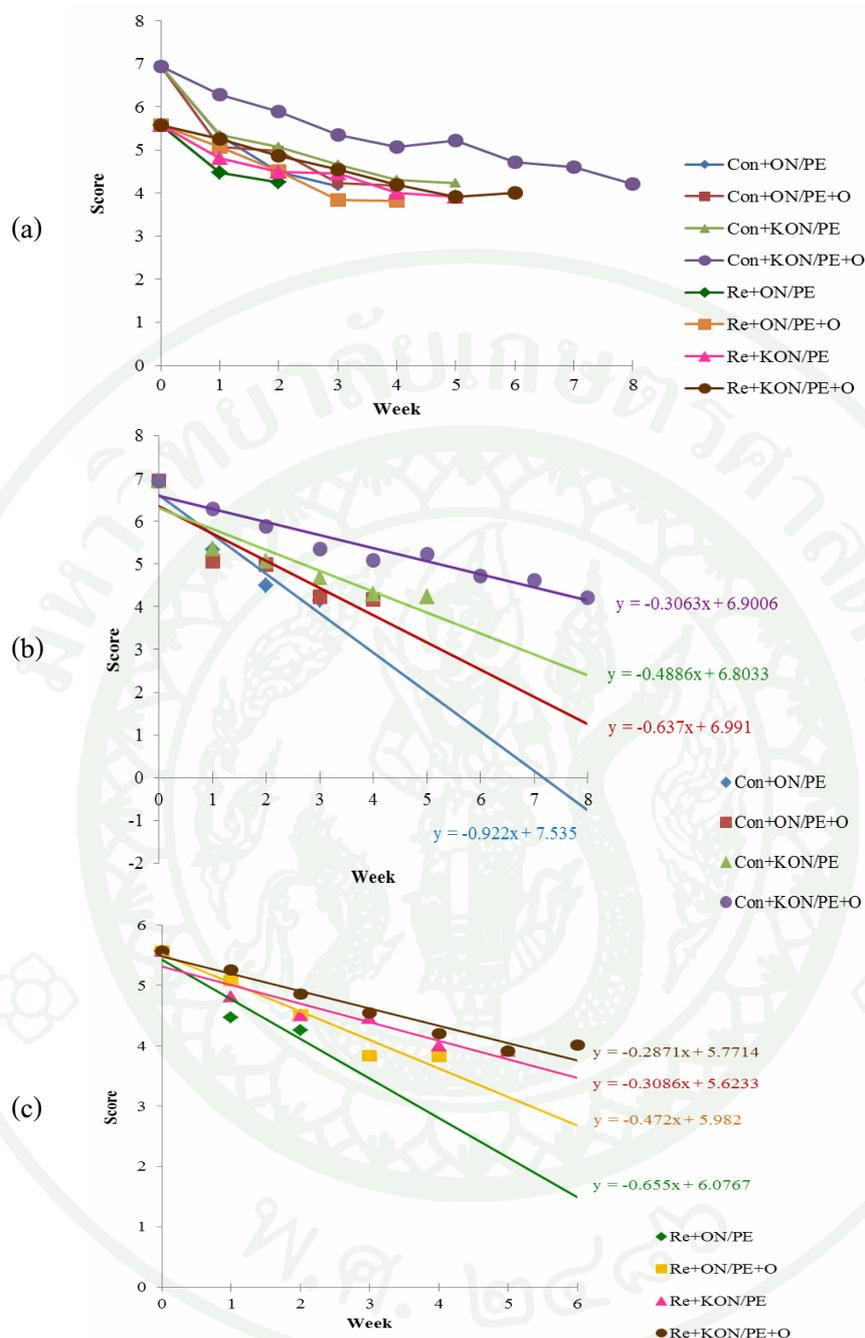
5.4.9 ความร้อนของไส้ เมื่อวิเคราะห์คะแนนความแข็งด้านความร้อนของไส้ พบว่าขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งความร้อนของไส้ของสูตรควบคุมทุกตัวอย่างและขนมเปี๊ยะเล็ก Re+ON/PE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มเก็บรักษา ส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานอีก 3 ตัวอย่าง (Re+ON/PE+O, Re+KON/PE และ Re+KON/PE+O) มีความร้อนลดลงในช่วงสัปดาห์แรก ต่อจากนั้นความร้อนของไส้จะเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่สิ้นสุดอายุการเก็บรักษาดังภาพที่ 31 (a) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน ความร้อนของไส้ของสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุ ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนสูตรลดพลังงานในแต่ละลักษณะการบรรจุมีความร้อนของไส้ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 58 และตารางผนวกที่ 59 ตามลำดับ โดยตลอดอายุการเก็บนั้นสูตรลดพลังงานได้คะแนนความแข็งเฉลี่ยมากกว่าสูตรควบคุมจากการศึกษาพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น ความร้อนของไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นดังภาพที่ 31 (b) และภาพที่ 31 (c) ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ )

จากผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความแข็งด้านเนื้อสัมผัสในระหว่างการเก็บแสดงให้เห็นว่าขนมเปี๊ยะเล็กมีความแข็งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสข้างต้นทั้งความแข็ง การแตกเปราะ และความทนทานในการบิดเคี้ยวที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กมีความนุ่มลดลงและความร้อนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับความสามารถในการเกาะตัวที่มีค่าลดลง ทั้งนี้เนื้อสัมผัสทางประสาทสัมผัสทั้งส่วนเปลือกและไส้ที่เปลี่ยนแปลงนั้นมีสาเหตุเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัส โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นขนมเปี๊ยะเล็กที่มีความชื้นสูงจะถ่ายเทความชื้นภายในตัวอย่างสู่บรรยากาศรอบๆ ทำให้เนื้อสัมผัสมีความร้อน แยกจากกัน (งามทิพย์ และคณะ, 2541; งามทิพย์, 2550) และมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะของความเก่า (staling) ของผลิตภัณฑ์ทำให้ความนุ่มลดลง (จิตธนา และ อรอนงค์, 2550)

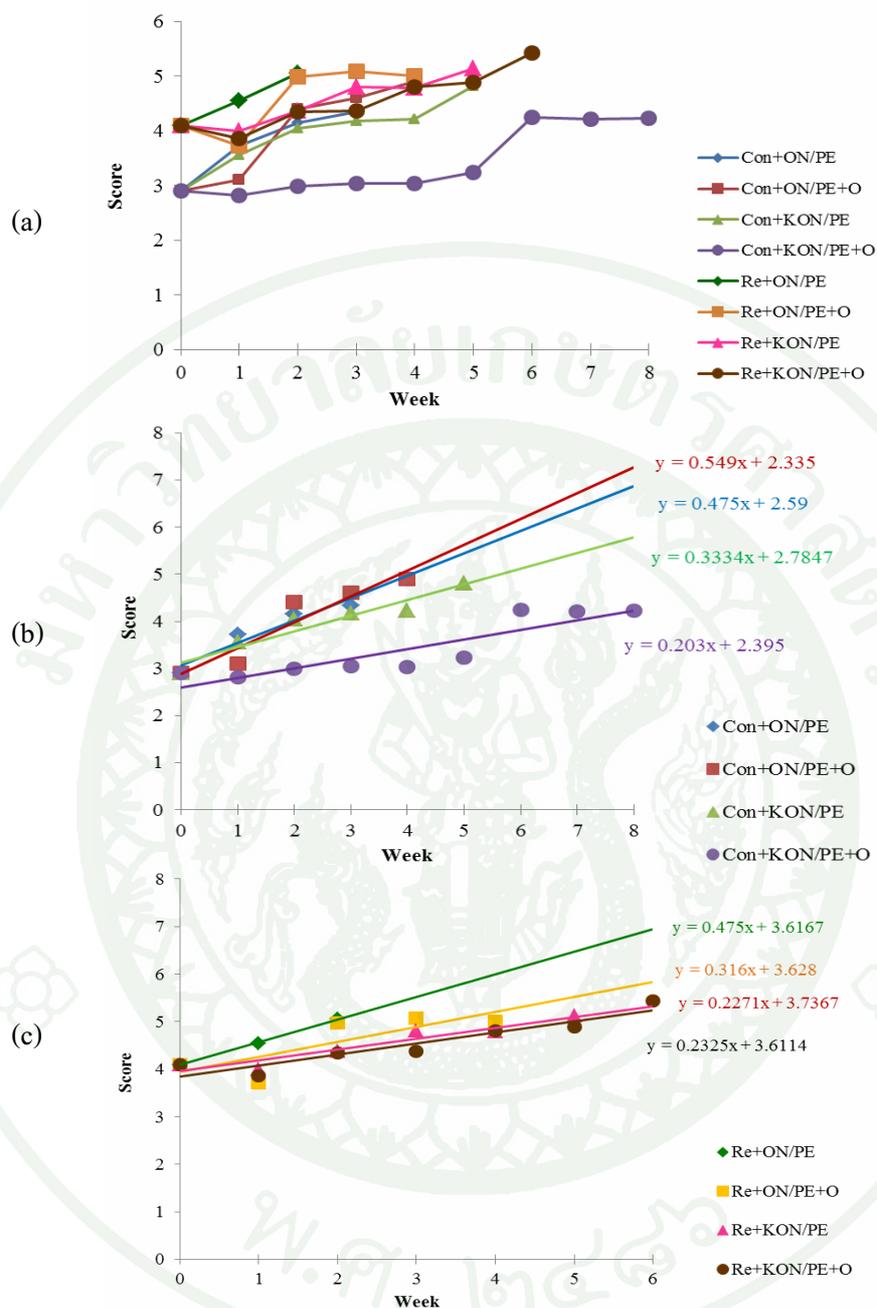


ภาพที่ 29 ความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

- (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือกของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม
- (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของเปลือกและระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

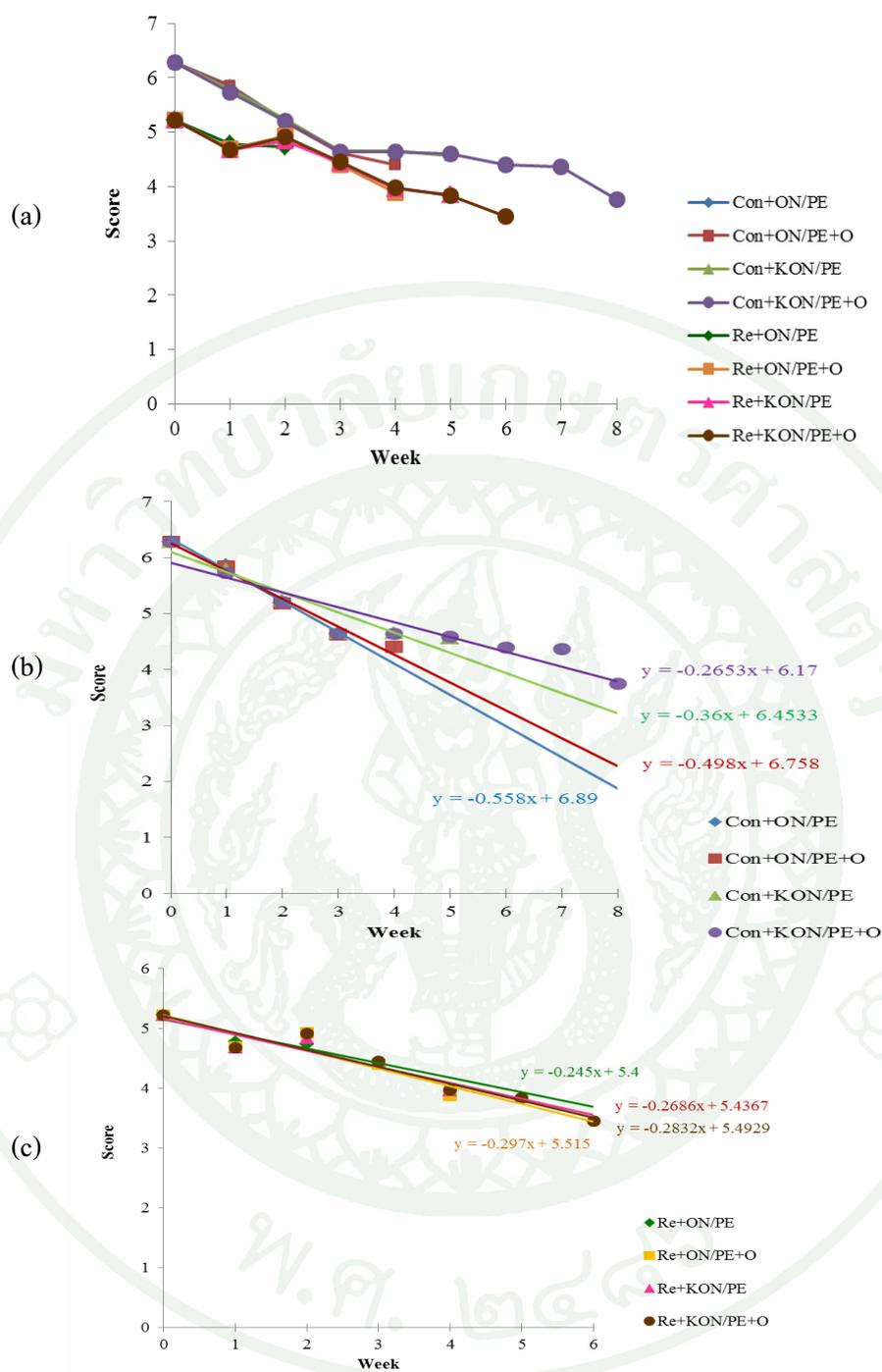


- ภาพที่ 30** ความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา
- (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม
- (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ด้านความร่วนของไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของไส้ของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียน ทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของไส้และระยะเวลาการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

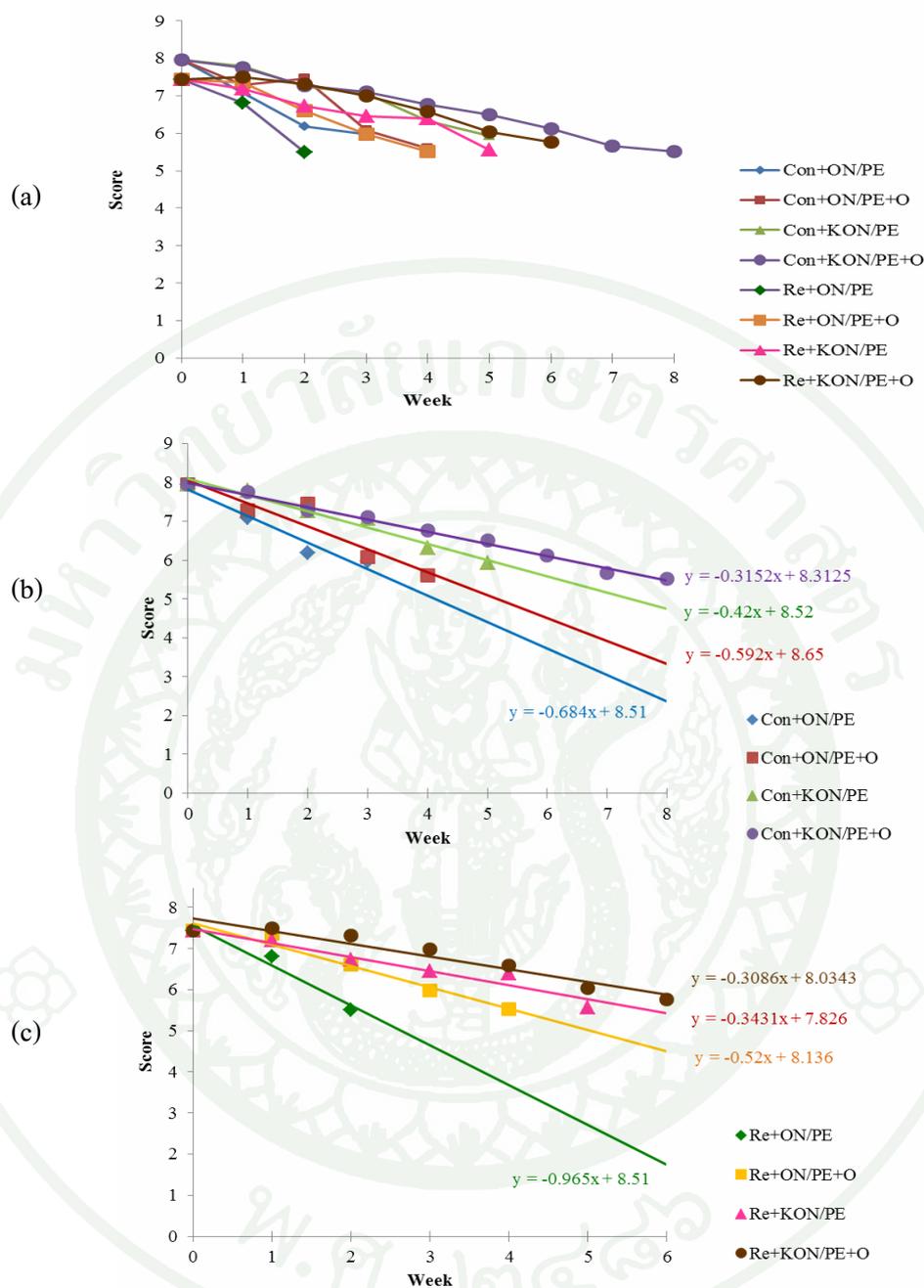
5.4.10 รสหวาน เมื่อวิเคราะห์คะแนนความเข้มข้นรสหวาน พบว่า ขนมน้ำเป็ยะเล็ก ทั้ง 2 สูตรทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบในช่วงสัปดาห์เดียวกัน ขนมน้ำเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในแต่ละลักษณะการเก็บไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 61 และตารางผนวกที่ 62 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น รสหวานของขนมน้ำเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลง ดังภาพที่ 32 (a) ภาพที่ 32 (b) และภาพที่ 32 (c) ซึ่งเป็นผลจากระยะเวลาการเก็บรักษา ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนปัจจัยชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจนนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ ( $p > 0.05$ ) ทั้งนี้จากการวิเคราะห์คะแนนความเข้มข้นรสหวานที่ลดลงจะเห็นได้ว่าขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีส่วนเปลือกลดปริมาณไขมันและทดแทนด้วยอินูลินเจล ส่วนนี้ได้รับการลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาลทรายแล้วใช้สารละลายอินูลินทดแทนน้ำมันร่วมกับสารละลายมาลติตอลที่มีความหวาน 0.7 ถึง 0.8 เท่าของน้ำตาลทราย จึงทำให้มีปริมาณน้ำมันและน้ำตาลทรายต่ำกว่าขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุม และจากการลดลงของปริมาณความชื้น ในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า ขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานจะมีอัตราการลดลงของความชื้น ในลักษณะการบรรจุเดียวกันสูงกว่าขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุม ซึ่งปริมาณน้ำและน้ำมันในผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการละลายสารให้รสภายในปาก โดยมีน้ำลายของผู้ทดสอบมาช่วยละลายสารนั้นให้เข้าไป สัมผัสกับปุ่มรับรสได้ดีขึ้น (ณรงค์, 2537) ดังนั้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นจึงเป็นผลให้ขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีความเข้มข้นของรสหวานน้อยกว่าขนมน้ำเป็ยะเล็กสูตรควบคุม



ภาพที่ 32 ความเข้มเฉลี่ยด้านรศหวานของขนมเปี้ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา  
 (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านรศหวานของขนมเปี้ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร  
 (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านรศหวานและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเปี้ยะเล็กสูตรควบคุม  
 (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านรศหวานและระยะเวลาการเก็บรักษาของ  
 ขนมเปี้ยะเล็กสูตรลดพลังงาน

5.4.11 การยอมรับโดยรวม เมื่อทำการวิเคราะห์ พบว่าขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตร ทุกตัวอย่างในแต่ละสัปดาห์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบ ในช่วงสัปดาห์เดียวกัน ขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมในแต่ละลักษณะการบรรจุในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึงสัปดาห์ที่ 5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังตารางผนวกที่ 64 และตารางผนวกที่ 65 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มขึ้น การยอมรับโดยรวมของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรมีแนวโน้มลดลงดังภาพที่ 33 (a) ภาพที่ 33 (b) และภาพที่ 33 (c) จากการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของการยอมรับโดยรวมของสูตรควบคุมเป็นผลจากอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน ( $p \leq 0.05$ ) ส่วนสูตรลดพลังงาน พบว่าเป็นผลจากการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน และอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการเก็บรักษาและชนิดของฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ ( $p \leq 0.05$ )

จากการวิเคราะห์คะแนนการยอมรับโดยรวมเพื่อใช้ในการกำหนดอายุการเก็บของขนมเป็ยะเล็กที่มีการกำหนดเกณฑ์การไม่ยอมรับเมื่อคะแนนการยอมรับโดยรวมเฉลี่ยน้อยกว่า 5.5 คะแนน ดังตารางที่ 30 โดยขนมเป็ยะเล็กจะมีระยะเวลาการเก็บตามที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับเป็นสัปดาห์สุดท้ายตามลำดับจากน้อยไปหามาก คือ Re+ON/PE (สัปดาห์ที่ 2), Con+ON/PE (สัปดาห์ที่ 3), Con+ON/PE+O และ Re+ON/PE+O (สัปดาห์ที่ 4), Con+KON/PE และ Re+KON/PE (สัปดาห์ที่ 5), Re+KON/PE+O (สัปดาห์ที่ 6) และ Con+KON/PE+O (สัปดาห์ที่ 8) ซึ่งขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมได้รับการยอมรับโดยรวมมากกว่าขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน ขนมเป็ยะเล็กที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ได้รับการยอมรับโดยรวมมากกว่าที่บรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE และขนมเป็ยะเล็กที่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจนได้รับการยอมรับโดยรวมมากกว่าไม่บรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน ทั้งนี้สูตรลดพลังงานมีการลดไขมันและน้ำตาลทรายจากสูตรควบคุมโดยใช้อินูลินเจลและสารละลายอินูลินเป็นสารทดแทนไขมันร่วมกับสารละลายมาลติตอลเป็นสารทดแทนน้ำตาลทราย ทั้งนี้ปริมาณน้ำตาลมีผลให้มีการดูดซับน้ำในส่วนผสม ในขณะที่อินูลินและมาลติตอลเป็นสารละลาย เมื่อเก็บรักษาไว้นานจะมีการระเหยของน้ำสู่บรรยากาศได้มากกว่า ทำให้ความชุ่มชื้นของไส้ สีของไส้ กลิ่นควันเทียนอบ กลิ่นหืน ความนุ่มของเปลือกและไส้ และรสหวานในระหว่างการเก็บน้อยกว่าขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม ซึ่งการใช้ฟิล์มพลาสติกที่ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและก๊าซออกซิเจนได้ดีร่วมกับสารดูดกลิ่นออกซิเจนในการบรรจุก็มีผลต่อลักษณะของขนมเป็ยะเล็กนั้นในระหว่างการเก็บรักษาด้วย



ภาพที่ 33 ความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมของนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนในระหว่างการเก็บรักษา

- (a) การเปลี่ยนแปลงความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมของนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนทั้ง 2 สูตร
- (b) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมและระยะเวลาการเก็บรักษาของนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม
- (c) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวมและระยะเวลาการเก็บรักษาของนมเป็ยะเล็กสูตรทดลอง

อายุการเก็บ ณ อุณหภูมิห้องของขนมเป็ยะเล็กที่พิจารณาจากคุณภาพทางจุลินทรีย์และคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังตารางที่ 30 ขนมเป็ยะเล็ก Con+ON/PE มีอายุการเก็บ 3 สัปดาห์, Con+ON/PE+O มีอายุการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 4 สัปดาห์, Con+KON/PE มีอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ และ Con+KON/PE+O มีอายุการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 8 สัปดาห์ ส่วนขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานพบว่า มีอายุการเก็บสั้นกว่าขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุมในลักษณะการบรรจุเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาเกี่ยวกับอุปสรรคในการพัฒนาขนมอบลดไขมันของ Terry (2001) ที่แสดงให้เห็นว่าขนมอบลดไขมันมีกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวมถึงอายุการเก็บต่ำกว่าขนมอบทั่วไป ทั้งนี้ขนมเป็ยะเล็ก Re+ON/PE มีอายุการเก็บ 2 สัปดาห์, Re+ON/PE+O มีอายุการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 4 สัปดาห์, Re+KON/PE+O มีอายุการเก็บ 5 สัปดาห์ และ Re+KON/PE+O มีอายุการเก็บเพิ่มขึ้นเป็น 6 สัปดาห์ ดังนั้นเพื่อให้ขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นานจึงบรรจุขนมเป็ยะเล็กนี้ในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ร่วมกับสารดูดกลิ่นออกซิเจนซึ่งเก็บได้นาน 6 สัปดาห์

ตารางที่ 30 อายุการเก็บรักษาของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 8 ตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้เกณฑ์คุณภาพทางจุลินทรีย์และการยอมรับโดยรวมจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชนิด	ขนมเป็ยะเล็ก		อายุการเก็บ (สัปดาห์)	
	ฟิล์มพลาสติก	สารดูดกลิ่นออกซิเจน	จุลินทรีย์	การยอมรับโดยรวม
สูตรควบคุม	ON/PE	ไม่ใช้	6	3
		ใช้	11	4
	KON/PE	ไม่ใช้	10	5
		ใช้	12	8
สูตรลดพลังงาน	ON/PE	ไม่ใช้	4	2
		ใช้	7	4
	KON/PE	ไม่ใช้	6	5
		ใช้	8	6

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

1. การศึกษาสูตรและกรรมวิธีการผลิตขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนไขมัน และสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล เริ่มจากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของโรงเรียนสอนผลิตขนม และอาหารมาตรฐานยูเอฟเอ็ม ฟู้ดเซ็นเตอร์ (สูตร A) จากนั้นศึกษาในส่วนเปลือกโดยลดปริมาณ ไขมันและใช้สารทดแทนไขมันคือ อินูลินเจล และมอลโตเดกซ์ทรินเจล ขนมเปี๊ยะเล็กที่ได้มีความ แข็งเพิ่มขึ้น ปริมาตรจำเพาะและการเกิดชั้นมีแนวโน้มลดลง ผู้ทดสอบชอบสูตรที่เปลือกชั้นนอกมี การลดไขมันร้อยละ 45 และใช้อินูลินเจลร้อยละ 50 แทนที่ไขมันในสูตรที่ลดไขมันซึ่งปรับจาก สูตร A โดยสูตรของเปลือก ได้แก่ เปลือกชั้นในประกอบด้วยแป้งเค้กร้อยละ 28.77 และเนยขาว ร้อยละ 11.51 ส่วนเปลือกชั้นนอกประกอบด้วยแป้งสาลีอเนกประสงค์ร้อยละ 32.88 เนยขาวร้อยละ 2.94 อินูลินเจล ร้อยละ 2.94 น้ำตาลทรายร้อยละ 6.57 และน้ำร้อยละ 14.39 โดยให้คะแนน ความชอบในเกณฑ์ชอบปานกลาง เมื่อศึกษาในส่วนไส้โดยลดปริมาณน้ำมันและน้ำตาล แล้วใช้ สารละลายอินูลินทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล คือ สารละลายซอร์บิทอล และมาลติตอลมีผลให้ขนมเปี๊ยะเล็กมีเปลือกที่แข็งเพิ่มขึ้น การขยายตัวลดลง ไส้มีความร่วน หยาบ มีสีเหลืองและรสหวานลดลง ผู้ทดสอบยอมรับขนมเปี๊ยะเล็กที่ไส้ถั่วกวนลดปริมาณน้ำมัน ร้อยละ 25 และไม่ลดปริมาณน้ำตาลซึ่งปรับจากสูตร A แล้วใช้สารละลายอินูลินร้อยละ 80 ร่วมกับ สารละลายมาลติตอลร้อยละ 10 โดยมีการทาผิวหน้าด้วยไข่แดงของไข่ไก่ก่อนนำเข้าอบ และอบ ควันเทียนอบหลังอบสุกตามข้อเสนอแนะของผู้ทดสอบ ซึ่งสูตรไส้ถั่วกวนในขนมเปี๊ยะเล็ก ประกอบด้วยถั่วเขียวและเปลือกนึ่งสุก บด ร้อยละ 53.69 น้ำตาลทรายร้อยละ 28.99 สารละลาย มาลติตอล ร้อยละ 3.22 น้ำมันรำข้าวร้อยละ 2.82 และสารละลายอินูลิน ร้อยละ 11.28 โดยให้ คะแนนความชอบในเกณฑ์ชอบปานกลาง

2. การศึกษาคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ โดยขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานมีคุณภาพ ทางกายภาพคือ ค่าวอเตอร์แอกติวิตี 0.842 เนื้อสัมผัสได้แก่ ค่าความแข็ง 2041.55 กรัม ค่าการแตก เปราะ 1587.79 กรัม ค่าความสามารถในการคืนตัว 0.292 มิลลิเมตร ค่าความสามารถในการเกาะตัว 0.117 และค่าความทนทานในการบดเคี้ยว 88.85 กรัม.มิลลิเมตร ด้านค่าสีของส่วนเปลือกมีสีเหลือง ( $L^*74.65$ ,  $a^*5.73$  และ  $b^*38.69$ ) ส่วนไส้มีสีเหลือง ( $L^*69.67$ ,  $a^*5.23$  และ  $b^*44.52$ ) ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 3.70 เซนติเมตร ความสูง 3.35 เซนติเมตร และปริมาตรจำเพาะ 1.20 ลูกบาศก์

เซนติเมตรต่อกรัม องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น (ร้อยละ) 21.97 โปรตีน (ร้อยละ) 8.44 ไขมัน (ร้อยละ) 7.81 เถ้า (ร้อยละ) 0.63 เยื่อใย (ร้อยละ) 1.94 คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ) 59.21 ขนมเปี้ยวเล็ก 100 กรัม (ประมาณ 5 ชิ้น) จะมีพลังงานทั้งหมด 340.89 กิโลแคลอรี คอเลสเตอรอล 5.23 มิลลิกรัม ไขมันอิ่มตัว 5.62 กรัม กรดไขมันทรานส์ 0 กรัม โดยสามารถลดปริมาณไขมันและพลังงานทั้งหมดจากขนมเปี้ยวเล็กสูตรพื้นฐานร้อยละ 69.44 และ 25.51 ตามลำดับ และ 1 หน่วยบริโภค (30 กรัม) มีปริมาณคอเลสเตอรอล 1.57 มิลลิกรัม และมีไขมันอิ่มตัว 1.69 กรัม จึงสามารถระบุว่าเป็นผลิตภัณฑ์ลดพลังงาน (reduced calorie) ลดไขมัน (reduced fat) และคอเลสเตอรอลฟรี (cholesterol free) และผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ไม่พบโคโลนีของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, ยีสต์และรา

3. การศึกษาต้นทุนการผลิตขนมเปี้ยวเล็กสูตรพื้นฐานมีต้นทุนการผลิตต่อชิ้น 0.88 บาท ส่วนขนมเปี้ยวเล็กลดพลังงานมีต้นทุนการผลิตต่อชิ้น 0.79 บาท ซึ่งขนมเปี้ยวเล็กลดพลังงานจะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าขนมเปี้ยวเล็กสูตรพื้นฐาน 0.09 บาทต่อ 1 ชิ้น

4. การศึกษาการยอมรับขนมเปี้ยวเล็กลดพลังงานของผู้บริโภคที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป จำนวน 150 คน พบว่า ด้านการยอมรับผลิตภัณฑ์ก่อนทราบข้อมูลมีการยอมรับร้อยละ 90 และไม่ยอมรับร้อยละ 10 ด้านการตัดสินใจซื้อหลังทราบข้อมูล มีการตัดสินใจซื้อร้อยละ 67.3 ไม่แน่ใจว่าจะซื้อหรือไม่ซื้อร้อยละ 29.3 และตัดสินใจไม่ซื้อร้อยละ 3.3 ส่วนผลการทดสอบความชอบโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และหลังจากผู้บริโภคทราบข้อมูลแล้วได้ให้คะแนนความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้นอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก

5. การศึกษาอายุการเก็บของขนมเปี้ยวเล็กลดพลังงานโดยใช้ขนมเปี้ยวเล็กสูตร A เป็นสูตรควบคุม ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพคือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ชนิดฟิล์มพลาสติกที่ใช้บรรจุ และการใช้สารดูดกลิ่นออกซิเจน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่า ขนมเปี้ยวเล็กลดพลังงานมีอายุการเก็บสั้นกว่าขนมเปี้ยวเล็กสูตรควบคุมในลักษณะการบรรจุเดียวกัน ซึ่งขนมเปี้ยวเล็กลดพลังงานมีอายุการเก็บดังนี้ เมื่อบรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด ON/PE 2 สัปดาห์ และเมื่อบรรจุพร้อมสารดูดกลิ่นออกซิเจน 4 สัปดาห์ แต่เมื่อบรรจุในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE 5 สัปดาห์ และเมื่อบรรจุพร้อมสารดูดกลิ่น 6 สัปดาห์ โดยไม่มีการเสียมเสียด้านจุลินทรีย์และยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สามารถเก็บได้นานจึงควรบรรจุขนมเปี้ยวเล็กในฟิล์มพลาสติกชนิด KON/PE ร่วมกับสารดูดกลิ่นออกซิเจน และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

ขนมเปี๊ยะเล็กทุกตัวอย่างจะมีการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ มีความแข็ง ความร่วน และค่าความชื้น (TBA) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีทั้งส่วนเปลือก ส่วนไส้ และวิเคราะห์รวม กลิ่นถั่ว กลิ่นควันเทียนอบ และการยอมรับโดยรวมลดลง

#### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาถึงกระบวนการยืดอายุการเก็บของขนมเปี๊ยะเล็กลดพลังงานให้นานขึ้น เช่น การศึกษาสภาวะการเก็บรักษา และรูปแบบการบรรจุ เป็นต้น
2. ควรมีการศึกษาโดยนำสารทดแทนไขมันและสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นที่มีพลังงานสูง

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542. สารให้ความหวาน. จาร์พา เทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. 2550. ภาษีกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, วชิร ชิวศรีรุ่งเรือง และสุทธาทิพย์ ลูกอินทร์. 2541. การบรรจุแบบแอคทีฟเพิ่มอายุการเก็บของขนมโมจิ. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 32: 452-460.

จันทร์รัตน์ เลิศมนโนรัตน์. 2539. การใช้ผงเซลลูโลสที่สกัดจากกากอ้อยในผลิตภัณฑ์เค้กช็อกโกแลตแคลอรีต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทิมา จาปะเกษตร และสร้อยทอง สายหยุดทอง. 2549. การปนเปื้อนของ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* ในไอศกรีมและเบเกอรี่. อาหาร. 36(1): 65-73.

จิตชนา แจ่มเมฆ และ อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2548. Pastry - (ขนมเปี๊ยะ). แหล่งที่มา: <http://www.ku.ac.th/agri/pastry>, 7 ตุลาคม 2548.

\_\_\_\_\_. ม.ป.ป. ผลิตภัณฑ์อาหารจีนจากแป้งสาลี. เอกสารอบรมวิชาชีพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิรารัตน์ ทัดตติยกุล. 2537. การผลิตมอลโตเด็กซ์ทรินจากแป้งมันสำปะหลังโดยใช้เอนไซม์แอลฟา-อะมิเลสที่ทนความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจนจรัสเคมีซัพพลาย. ม.ป.ป. คู่มือแนะนำการใช้สารดูดซับออกซิเจน Wonderkeep. เจนจรัสเคมีซัพพลาย, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ นิยมวิทย์ และ อัญชนีย์ อุทัยพัฒนาชีพ. 2535. วิทยาศาสตร์การประกอบอาหาร.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2537. การชิมอาหาร: ทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติ. วี.บี.บุ๊คเซนเตอร์ (เค.ยู.), กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดิศรณ์ มาริษชัย. 2546. แวดวงส่งออก. ผู้ส่งออก. 17(387): 66-74.

ทัศนีย์ โรจนไพบุลย์ และอโณทัย โรจนไพบุลย์. 2542. เบเกอร์. เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีอาหารและเครื่องคั้น หน่วยที่ 7. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ทิพวรรณ เฟื่องเรือง. 2548. ขนมเปี้ยะ. แหล่งที่มา : <http://www.tipfood.com>, 7 ตุลาคม 2548.

นวรรตน์ เอี่ยมพิทักษ์. ม.ป.ป. ขนมเปี้ยะและขนมไหว้พระจันทร์. สำนักพิมพ์แม่บ้าน, กรุงเทพฯ.

นัยนา บุญทวีวัฒน์ และ เรวดี จงสุวัฒน์. 2545. น้ำมันรำข้าว ทางเลือกเพื่อสุขภาพของคนไทย. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิธิยา รัตนปนนท์. 2548. วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เนตรนภิส วัฒนสุขชาติ, เพ็ญใจ ดังคณะกุล, พยอม อัดถวิบูลย์กุล, ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์ และ สายพิณ มณีพันธ์. 2541. การใช้สารทดแทนไขมัน Oatrim-5 ในการทำงานนมอบและขนมไทย. อาหาร 28(2): 97-110.

บริษัทยูเอฟเอ็มฟู้ดเซนเตอร์ (มหาชน) จำกัด. 2538. เอกสารอบรมหลักสูตรขนมเปี้ยะ. โรงเรียนสอนการผลิตขนมและอาหารมาตรฐาน, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สุทธิประสิทธิ์. 2543. **ลิติต**. เอกสารการสอนชุดวิชา เคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร หน่วยที่ 4. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ปริญญา เริงพิทักษ์. 2547. สารทดแทนไขมัน: อีกแนวทางเพื่อเพิ่มคุณค่าในผลิตภัณฑ์อาหาร. **Asia Pacific Food Ind. Thailand**. 2(8): 33-35.

ปิยะนุช คันโซ. 2545. การยืดอายุการเก็บรักษาขนมเปียะโดยใช้สารลดค่าออกซิเดชันแอสคอร์บิก และบรรจุภัณฑ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะนุช พิทักษ์บุญยรัตน์. 2547. **ข่าวส่งออก ใน ประชาชาติธุรกิจ**. แหล่งที่มา: <http://www.smc.go.th/websmc>, 3 มิถุนายน 2548.

พัชรินทร์ เพชรมาก. 2547. การพัฒนาผลิตภัณฑ์แบตเตอรี่ถักถักพลังงานจากฟลาวมันสำปะหลัง พันธุ์เกษตรศาสตร์-50. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรชัย ราชตะนงพันธ์ และ วิรงรอง ทองดีสุนทร. 2550. การยืดอายุการเก็บข้าวซ้อมมือโดยใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ และสารดูดกลิ่นออกซิเจน. **ว.วิทย.เกษตร**. 38: 5 (พิเศษ): 229-233.

พรดารา เขตต์ทองคำ. 2544. **ขนมเบื้องไทยจากแป้งเมล็ดขนุน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เพ็ญศรี วงษ์จันทร์เพ็ญ. 2541. การใช้สารทดแทนไขมันที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบและสารอิมัลซิไฟเออร์ในการผลิตเค้กเนยแคลอรีต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มาลี จิรวงศ์ศรี. 2538. **สารทดแทนไขมัน: ทางเลือกเพื่อสุขภาพ**. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

มลศิริ วีโรทัย. 2545. **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ**. บริษัท พัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด, กรุงเทพฯ.

รังสีณี โสธรวิทย์. 2550. **เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2543. **คาร์โบไฮเดรต**. เอกสารการสอนชุดวิชา เคมีและจุลชีววิทยาของอาหาร หน่วยที่ 2. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกฤษกร. 2543. **ไข่และผลิตภัณฑ์**. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วศินา จันทศิริ และสุวิทย์ เกษรศรี. 2539. **การวางแผนและการประยุกต์รายการอาหาร**. เอกสารการสอนชุดวิชา การจัดการและการบริการอาหารในภัตตาคาร หน่วยที่ 7. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

วารุณี วารัญญานนท์ และ Takahi Hirata. 2540. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารในประเทศญี่ปุ่น. **อาหาร** 27(1): 1-13.

ศกถวรรณ จงสงวนดี. 2548. **ระวัง! SUGAR FREE**. แหล่งที่มา: [http:// www.thaiaixois.online.fr/etc/bee.htm](http://www.thaiaixois.online.fr/etc/bee.htm), 18 สิงหาคม 2549.

ศิริวงศ์ เสน่ห์ลักษณ์. 2548. **การพัฒนาเค้กเนยลดไขมันและโคเลสเตอรอล**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ประกันคุณภาพอาหาร. 2550. **Compendium of Methods for Food Analysis, 1<sup>st</sup> ed. 2003**. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจิตตา เรืองรัศมี. 2546. Inulin และ Oligofructose เส้นใยอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย. **อาหาร** 33(2): 94-98.

สุภาภรณ์ พิศพันธ์, พรภัทรา ศรีนรคุตร และ เรวดี มีสัตย์. 2549. การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ขนมเปียะไส้ลำไย. **อาหาร** 36(2): 147-156.

สุภารัตน์ ยอดศิริวิชัยกุล. 2551. **ช่องทางทำกิน ใน เดลินิวส์**. ฉบับอาทิตย์ที่ 2 พฤศจิกายน 2551.

น.23.

สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมเปี้ยะ**.

มพช.115/2549.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, จารุวรรณ จันทรัตน์, เอกชัย จารุเนตรวิลาส และ สุชาลีณี น้อยสุวรรณ.

2541. การลดไขมันในผลิตภัณฑ์เค้กและคุกกี้ด้วยแป้งบุก. **อาหาร** 28(2): 111-123.

อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการตลาด**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุสาห์ เจริญวัฒนา. 2537. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เบเกอรี่**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อบเชย วงศ์ทอง และ ขนิษฐา พูนผลกุล. 2544. **หลักการประกอบอาหาร**.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Akoh. C.C. 1998. Fat replacers. **Food Tech.** 52(3): 47-53.

AOAC. 1997. **Official Methods of Analysis of Association of Official 17<sup>th</sup> ed.** Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD.

\_\_\_\_\_. 2000. **Official Methods of Analysis of Association of Official 17<sup>th</sup> ed.** Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.

\_\_\_\_\_. 2003. **Association of Official Analytical Chemist, Official Method 2003.11.** 3M<sup>TM</sup>  
 Petrifilm<sup>TM</sup> Staph Express Count Plate Method for the Enumeration of Staphylococcus  
 aureus in Selected Types of Meat, Seafood, and Poultry. **AOAC International**  
 86: 947

- American Dietetic Association. 2004. Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. **J. of the Amer. Dietetic Associ.** 104(2): 255-275.
- Anonymous. 1990. Fat substitute update. **Food Tech.** 44(3): 92, 94, 97.
- Antonio, Z. 2005. **Carbohydrates-chemical structure.** **Scientific Psychic.** Available Source: <http://www.scientificpsychic.com/fitness/inulin.gif>, September 1, 2006.
- Aurora, A. S. 2005. **Sugars and sweeteners in foods.** Food Safety and Technology, University of Hawai'i. Available Source: <http://www.d-et.com/articlePool/Sweetener2005.pdf>, August 18, 2006.
- Brenda Enzyme Information System. 2006. **Cyclomaltodextrinase.** The Comprehensive Enzyme Information System. Available Source: [www.brenda.uni-koeln.de/Mol/Mol.image](http://www.brenda.uni-koeln.de/Mol/Mol.image), August 18, 2006.
- Calorie Control Council. 2004a. **Fat replacers: food ingredients for healthy eating.** Available Source: <http://www.caloriecontrol.org/fatreprint.htm>, January 26, 2006.
- Calorie Control Council. 2004b. **Reduced-calorie sweeteners: sorbitol.** Available Source: <http://www.caloriecontrol.org/sorbitol.htm>, May 31, 2006.
- \_\_\_\_\_. 2005. **Polyols in sugar free and reduced calorie food and beverages.** Available Source: <http://www.caloriecontrol.org/redcalqa.htm>, August 18, 2006.
- \_\_\_\_\_. 2006. **Reduced-calorie sweeteners: maltitol.** Available Source: <http://www.caloriecontrol.org/maltitol.htm>, August 24, 2006.

- Causey, J.J. 2000. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. **Nutr. Res.** 20: 191-201.
- De Roos, K.B. 1997. How lipids influence food flavor. **Food Tech.** 51(1): 60-62.
- Diederick, M. 2004. Inulin applications in bread. **Asia Pacific Food Ind. Thailand.** 2(10): 28-31.
- Elizabeth, D. and G. Eimear. 2001. **Functional Ingredients as Fat Replacers in Cakes and Pasties.** The National Food Centre, Ireland.
- Emodi, A. 1982. Polyols: chemistry and application, pp. 49-61. *In* D.R.Lineback and G.E. Inglett, eds. **Food Carbohydrates.** The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut.
- Frye, A.M. and C.S.Setser. 1993. Bulking agents and fat substitutes, pp. 211-251 *In* A.M.Alschul, ed. **Low-Calorie Foods Handbook.** Mercel Dekker, Inc., New York.
- Gershoff, S.N. 1995. Nutrition evaluation of dietary fat substitutes. **Nutr.Rev.** 53(11): 305-313.
- Gibson, G.R. 1994. Non-digestible oligosaccharides and bifidobacteria – implications for health. **Int. Sugar J.** 1994(96): 381-87.
- Giese, J. 1996. Fats, oils, and fat replacers. **Food Tech.** 50(4): 78-83.
- Glueck, O.J., P.A. Streicher, E.K.Illig, and K.D. Weber. 1994. Dietary fat substitutes. **Nutr. Res.** 14(10): 1605-1619.
- Hatchwell, L.C. 1994. Overcoming flavor challenges in low-fat frozen desserts. **Food Tech.** 48(2): 98-102.

Industrial-Manufacturing. 2005. **Fat substitute reduces calories of everyday meals without affecting taste.** Available Source: <http://www.industrialnewsupdate.com/news/food-processing.htm>, January 28, 2006.

Inglett, G.E. and S.B. Grisamore. 1991. Maltodextrin fat substitute lowers cholesterol. **Food Tech.** 45(6): 104.

\_\_\_\_\_. 1995. Fat substitute, oatrim, use in food products and health benefits. **Rept. Presented at 19<sup>th</sup> World Congress of Food Sci. and Tech.** Budapest.

Jitnarin, N., V. Kosulwat, N. Rojroongwasinkul, A. Boonpradern, C.K. Haddock and Walker S. C. Poston. 2010. *Risk Factors for overweight and obesity among Thai adults: results of the national Thai food consumption survey.* **Nutrients J.** 2(1): 60-74.

Jo, S. 1999. **Temperature controlled texture analysis of fats and oils.** **Int. Food Marketing Tech.** Available Source: [http://www.library.uru.ac.th/webdb/images/TA\\_of\\_fats\\_and\\_oils.htm](http://www.library.uru.ac.th/webdb/images/TA_of_fats_and_oils.htm), October 15, 2006.

John, D.V. and P. Brett. 2004. Polydextrose. Technical Bullentin. Available Source: <http://www.medallionlabs.com/polydextrose.htm>, January 26, 2006.

Kathryn, C. and M. John. 2004. **Filling in for fat-redesigned fat replacers create more options. Functional Foods & Nutraceuticals Connecting the global supply marketplace.** Available Source: <http://www.ffnmag.com./fatreplacer.htm>, January 28, 2006.

Kim, Y., M.N. Faqih and S.S. Wang. 2001. Factors affecting gel formation of inulin. **Carbohydrate Polymers.** 46: 135-145.

- Kruse, H.P. 1999. Effects of inulin in faecal bifidobacteria in human subjects. **Br.J.Nutr.** 82: 375-382.
- Kuragano T., Y. Ikeda and Y. Wada. 2005. The effect of egg yolk on the distension and microscopic structure of biscuits. **J. of Cookery Sci. of Japan.** 38(1):21-29.  
Available source: <http://sciencelinks.jp/j-east/article/200508/000020050805A0250440.php>, February 25, 2010.
- Labuza, T.P. and C.R. Hyman. 1998. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends in Food Sci.&Tech.** 9: 47-55.
- Lawless, T.H. and H. Heymann. 1998. **Sensory Evaluation of Food Principles and Practices.** Chapman and Hall, Inc., New York.
- Lee, C.C., R.C. Hosney and E. Varriano-Marston. 1982. Development of a laboratory scale single stage cake mix. **Cereal Chem.** 59(2): 389-392.
- Leslie, L.A. 1999. **Evaluation of a Maltodextrin Gel as Partial Replacement for Fat in a High-Ratio White-Layer Cake Formulation.** Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Marshall, R.T. and W.S. Arbuckle. 1996 . **Ice Cream.** 5<sup>th</sup> ed., Chapman & Hall, New York.
- O'Brien, C.M., A.Mueller, A.G.M.Scannell and E.K. Arendt. 2003. Evaluatin of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. **J. Food Eng.** 56: 265-267.
- Ooraikul, B. 1991. Modified atmosphere packaging of bakey products, pp. 49-117 . *In* Ooraikul, B.and Stilis, M.E., eds. **Modified atmosphere packaging of food.** Ellis Horwood Limited, England.

- Oregon State University. 2005. **Polydextrose**. Available Source: <http://www.food.oregonstate.edu/sugar/polydextrose.htm>, January 26, 2006.
- Oreopoulou, V. 2006. Fat replacers, 193-208. In Y.H.Hui (eds.). **Bakery Products Science and Technology**. Blackwell Publishing., Iowa.
- Paul, B. 1997. **Effects of the in vitro fermentation of oligofructose and inulin by bacteria growing in the human large intestine**. Available Source: <http://www.medherb.com>. February 14, 2006.
- Pimdit, K., N. Therdthai and K. Jangchud. 2008. Effects of fat replacers on the physical, chemical and sensory characteristics of puff pastry. **Kasetsart J. (Nat.Sci.)** 42: 739-746.
- Powrie, W.D. and M.A.Tung. 1976. Food dispersions, p.539. Cited K. Schmidt, A. Landy, J.Reynolds and L.N.Yee. Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. **J. Food Sci.** 58(4): 761-763, 779.
- Praznik, W. 2002. Soluble dietary fibres in Jerusalem artichoke powders: composition and application in bread. **Nahrung Food** 46: 151-157.
- Roberflood, M.B. 1998. The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. **J. Nutr.**, 128: 11-19.
- \_\_\_\_\_. 1999. Concepts in functional foods : the case of inulin and oligofructose. **J. Nutr.** 129(75): 1398s-1401s.
- Roquette, L. 2003. **Maltitol: a complete, functional sugar substitute**. Food Tech. mag. Available Source: <http://www.innovfoodtech.com>, August 24, 2006.

Samuel, A.M. and D.M. Theresa. 1978. **Cookie and Cracker Technology**. The AVI Publishing Company, Inc., Connecticut.

Sigalit, B. and I.S. Sam. 1998. Oxygen absorbers for extension of crackers shelf-life.

**Lebensm. –Wiss. U. –Tech.** 31: 1-i.

Smith, J.P., B. Oraikul, W.J. Koersen, E.D. Jackson and R.A. Lawrence. 1986. Novel approach to oxygen control in modified atmosphere packaging of bakery products. **Food Microbiol.** 3: 315-320.

\_\_\_\_\_. 1993. Baked Product, 134-165. *In* R.T. Party (eds.). **Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Foods**. Champ & Hall., New York.

Stubbs, R.J. 2001. The effect of ingesting Olestra-based foods on feeding behavior and energy balance in humans. **Critical Rev. in Food Sci. and Nutr.** 41(5): 363-386.

Tanya, Z. 2002. **The ecosystem in your gut: how probiotics work**. Available Source: <http://www.dietandbody.com>, January 26, 2006.

Terry, S. 2001. Technical constraints in the development of reduced-fat bakery products. **Proc. of the Nutr. Soc.** 60: 489-496.

U.S. Food and Drug Administration. 2001a. **Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001 (US-FDA), Total Plate Count or Aerobic Chapter 3**. Available source: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm063346.htm>, February 25, 2010.

U.S. Food and Drug Administration. 2001b. **Bacteriological Analytical Manual Online**

**Edition 2001 (US-FDA), Bacillus cereus Chapter 14.** Available source:

<http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm070875.htm>, February 25, 2010.

\_\_\_\_\_. 2001c. Bacteriological Analytical Manual Online Edition 2001 (US-FDA), Yeasts,

Molds and Mycotoxins Chapter 18. Available source: <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/LaboratoryMethods/BacteriologicalAnalyticalManualBAM/ucm071435.htm>, February 25, 2010.

White, C.H. 1993. Low-fat dairy products, pp.253-271. *In* A.M. Altschul, ed. **Low-Calorie**

**Foods Handbook.** Mercel Dekker, Inc., New York.

Wikipedia. 2006a. **The Free Encyclopedia: sorbitol.** Available Source:

<http://en.wikipedia.org/wiki/Sorbitol>. September 7, 2006.

\_\_\_\_\_. 2006b. **The Free Encyclopedia: maltitol.** Available Source: <http://en.wikipedia.org/wiki/Maltitol>, September 7, 2006.

Zoulias, E.I., V. Oreopoulou and C. Tzia. 2002. Textural properties of low-fat cookies

containing carbohydrate- or protein-based fat replacers. **J. Food Eng.** 55: 337-342.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก  
การวิเคราะห์คุณภาพ

### การวิเคราะห์คุณภาพทางเนื้อสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของเนยขาว เจลของสารทดแทนไขมัน และผลิตภัณฑ์ขนมเปียะเล็กโดยใช้เครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Stable Micro System, รุ่น TA-XT2i)

การวัดค่าความแข็งของเนยขาว อินูลินเจล และมอลโตเกกซ์ตรินเจล (Hardness) โดยใช้หัววัดแรงกด (Compression) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (P/6) ความเร็วในการทดสอบ (Test speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที โดยระยะทางที่กดตัวอย่าง 50% Strain

การวัดค่าคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมเปียะเล็ก (Texture Profile Analysis-TPA) โดยใช้หัววัดแรงกด (Compression) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (P/50) ความเร็วในการทดสอบ (Test speed) เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อนาที โดยระยะทางที่กดตัวอย่าง 50% Strain

## การวัดปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) โดยการแทนที่ด้วยงา (Lee et al., 1982)

### วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์
2. เติมเมล็ดงาลงในภาชนะโลหะที่มีขนาดใหญ่กว่าผลิตภัณฑ์จนเต็ม และปาดให้เมล็ดงาเสมอกับขอบภาชนะ อ่านปริมาตรของเมล็ดงาที่เติมนั้นโดยใช้กระบอกลอย
3. วางผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะ เติมเมล็ดงาลงไปจนเต็ม อ่านปริมาตรของเมล็ดงาที่ใช้เติมนั้นโดยใช้กระบอกลอย

### วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาตรจำเพาะ} = \frac{\text{ปริมาตรของผลิตภัณฑ์}}{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์}}$$

หมายเหตุ ปริมาตรของผลิตภัณฑ์ = ปริมาตรของเมล็ดงาในข้อ 2 - ปริมาตรของเมล็ดงาในข้อ 3

### การวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตี

ทำการวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตีของส่วนเปลือก ไข่ถั่วกวน และรวม (เปลือกกรวมกับไข่ถั่วกวน) ของผลิตภัณฑ์ของขนมเปียะเล็กด้วยเครื่องวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตี (Hygro Lab รุ่น Rotranic) โดยการนำตัวอย่างที่ต้องการวัดมาทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ในถ้วยพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร สูง 1.5 เซนติเมตร บรรจุตัวอย่างประมาณ 2 ใน 3 ของความจุของถ้วยนำไปวัดระดับวอเตอร์แอกติวิตีโดยวางถ้วยลงใน chamber ของเครื่องวัด ทิ้งไว้จนสภาพภายใน chamber สมดุลที่อุณหภูมิ 25°C จึงอ่านค่าที่แสดงบนเครื่องวัด

## การวิเคราะห์หาค่า Thiobarbituric analysis (TBA) (AOAC, 1997)

### สารเคมี

1. 1-butanol บริสุทธิ์ มีน้ำไม่เกินร้อยละ 5
2. 2-Thiobarbituric acid (AR grade)

### การเตรียม Thiobarbituric acid reagent

เตรียมโดยการละลาย 2-Thiobarbituric acid ปริมาณ 20 มิลลิกรัมใน 1-butanol ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ที่ไว้ค้างคืน หรือใช้เครื่องอัลตราโซนิกช่วยในการละลาย จากนั้นกรองหรือเข้าเครื่องเหวี่ยงขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรโดยใช้ 1-butanol ซึ่งสารนี้ต้องเก็บในตู้เย็นและต้องใช้ภายใน 1 สัปดาห์

### วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง 50-200 มิลลิกรัม ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม 1-butanol ลงไปเล็กน้อย เพื่อละลายตัวอย่าง จากนั้นปรับปริมาตรที่เหลือโดยเติม 1-butanol ลงไป
2. ปิเปตตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองที่มีจุกแก้วที่แห้ง จากนั้นปิเปต Thiobarbituric acid reagent 5 มิลลิลิตร ใส่ลงไป ปิดจุกแก้วแล้วผสมให้เข้ากันดี จากนั้นใส่ลงในอ่างน้ำที่ควบคุมอุณหภูมิที่  $95 \pm 0.5$  °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
3. ทำ blank โดยใช้ น้ำกลั่น แทนตัวอย่าง
4. เมื่อครบเวลา นำหลอดตัวอย่างมาทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิห้องโดยการให้น้ำไหลผ่านเพื่อลดความร้อน
5. นำสารละลายที่ได้ใส่ลงใน glass cell ขนาด 10 มิลลิเมตร วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

## การคำนวณ

$$TBA = \frac{50*(A-B)}{m}$$

m

A = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง

B = ค่าการดูดกลืนแสงของ blank

m = มวลเป็นมิลลิกรัมของตัวอย่าง

50 = ค่าตัวแปรที่ใช้เมื่อเตรียมตัวอย่าง โดยใช้ volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร และใช้ glass cell ขนาด 10 มิลลิเมตร



### แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อศึกษาการแทนที่ของสารทดแทนไขมันในส่วนเปลือก

ชื่อผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

ตัวอย่าง ขนมเปี๊ยะเล็กไส้ถั่วกวน

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตาม  
คำอธิบายคะแนนความชอบ และกรูณาบ้วนปากด้วยน้ำทุกครั้งก่อนการทดสอบตัวอย่างต่อไป

ชอบมากที่สุด	9 คะแนน	ไม่ชอบเล็กน้อย	4 คะแนน
ชอบมาก	8 คะแนน	ไม่ชอบปานกลาง	3 คะแนน
ชอบปานกลาง	7 คะแนน	ไม่ชอบมาก	2 คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6 คะแนน	ไม่ชอบมากที่สุด	1 คะแนน
เฉย ๆ	5 คะแนน		

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง	_____	_____
ลักษณะปรากฏ		_____	_____
สีของส่วนเปลือก		_____	_____
การเกิดชั้นของส่วนเปลือก		_____	_____
กลิ่น		_____	_____
ความนุ่มของส่วนเปลือก		_____	_____
รสชาติ		_____	_____
ความชอบรวม		_____	_____

หมายเหตุ รสชาติของผลิตภัณฑ์ในที่นี้ หมายถึง ความรู้สึกขณะที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในปาก รวมถึงความรู้สึกหลังจาก  
กลืนผลิตภัณฑ์ไปแล้ว (aftertaste)

ข้อเสนอแนะ

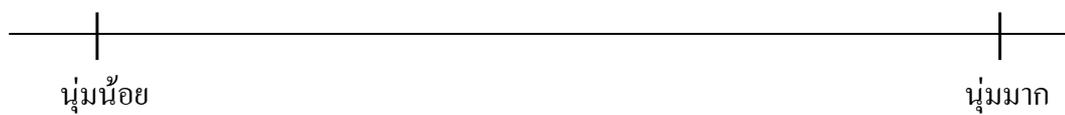
---



---



ความนุ่มของส่วนเปลือก



ความนุ่มของส่วนไส้



ความร่วนของส่วนไส้



รสหวาน



การยอมรับโดยรวม





กลิ่นหืน		
ไม่มีกลิ่น		มีกลิ่นแรงมาก
ความนุ่มของส่วนแป้ง		
นุ่มน้อย		นุ่มมาก
ความนุ่มของส่วนไส้		
นุ่มน้อย		นุ่มมาก
ความร่วนของส่วนไส้		
ร่วนน้อย		ร่วนมาก
รสหวาน		
หวานน้อย		หวานมาก
การยอมรับคุณภาพโดยรวม		
น้อยที่สุด		มากที่สุด

**แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อระดับคะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของ  
ขนมเปี๊ยะเล็กกอบวันเทียน**

ชื่อผู้ทดสอบ \_\_\_\_\_ วันที่ \_\_\_\_\_

ตัวอย่าง ขนมเปี๊ยะเล็กไส้ถั่วกวนลดพลังงาน

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างตามคำอธิบาย  
คะแนนความชอบ และกรูณาบ้วนปากด้วยน้ำทุกครั้งก่อนการทดสอบตัวอย่างต่อไป

ชอบมากที่สุด	9 คะแนน	ไม่ชอบเล็กน้อย	4 คะแนน
ชอบมาก	8 คะแนน	ไม่ชอบปานกลาง	3 คะแนน
ชอบปานกลาง	7 คะแนน	ไม่ชอบมาก	2 คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6 คะแนน	ไม่ชอบมากที่สุด	1 คะแนน
เฉย ๆ	5 คะแนน		

	รหัสตัวอย่าง				
คุณลักษณะ					
ลักษณะปรากฏ	_____	_____	_____	_____	_____
สีของไส้	_____	_____	_____	_____	_____
กลิ่น	_____	_____	_____	_____	_____
ความนุ่มของส่วนแป้ง	_____	_____	_____	_____	_____
ความนุ่มของไส้	_____	_____	_____	_____	_____
ความร่วนของไส้	_____	_____	_____	_____	_____
รสชาติ	_____	_____	_____	_____	_____
ความชอบรวม	_____	_____	_____	_____	_____

หมายเหตุ รสชาติของผลิตภัณฑ์ในที่นี่ หมายถึง ความรู้สึกขณะที่ผลิตภัณฑ์อยู่ในปาก รวมถึงความรู้สึกหลังจาก  
กลืนผลิตภัณฑ์ไปแล้ว (aftertaste)

ข้อเสนอแนะ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## แบบสอบถาม

### การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ

**คำชี้แจง :** แบบสอบถามนี้เป็นการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปียะ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประกอบการทำวิทยานิพนธ์ของนางสาวธีรนุช ฉายศิริโชติ นิสิตปริญญาเอกสาขาวิชาเกษตรเขตร้อน (อาหารและโภชนาการ) คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังนั้นจึงใคร่ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามให้สมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ และจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามมา ณ โอกาสนี้

ธีรนุช ฉายศิริโชติ

ผู้วิจัย

## ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

### 1. เพศ

- ชาย  หญิง

### 2. อายุ

- 15-20 ปี  21-25 ปี  
 26-30 ปี  31-35 ปี  
 36-40 ปี  มากกว่า 40 ปี

### 3. ระดับการศึกษา

- ต่ำกว่ามัธยมศึกษา  มัธยมศึกษา/ปวช.  
 อนุปริญญา/ปวส. ปริญญาตรี  
 สูงกว่าปริญญาตรี

### 4. อาชีพ

- นักเรียน/นักศึกษา  ข้าราชการ  
 รัฐวิสาหกิจ  พนักงานบริษัทเอกชน  
 ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย  อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

### 5. รายได้ต่อเดือน

- น้อยกว่า 5,000 บาท  5001-10,000 บาท  
 10,001-15,000 บาท  15,001-20,000 บาท  
 มากกว่า 20,000 บาท

### 6. ท่านเคยบริโภคขนมเปียะหรือไม่

- เคย  ไม่เคย

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ

7. กรุณาทดสอบตัวอย่างโดยพิจารณา สี และ กลิ่น แล้วให้คะแนนความชอบโดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องตามที่ท่านรู้สึก และชิมตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบในปัจจุบันด้านกลิ่นรส ความนุ่ม ความร่วน และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะ

คุณลักษณะ	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
ลักษณะปรากฏ									
สีของเปลือก									
สีของไส้									
การเกิดชั้นของเปลือก									
กลิ่น									
ความนุ่ม									
รสชาติ									
ความชอบโดยรวม									

8. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ขนมเปี๊ยะนี้หรือไม่

ยอมรับ

ไม่ยอมรับ เพราะ .....

ตอนที่ 3 ข้อมูลการทดสอบผลิตภัณฑ์ขนมเปียะลดพลังงานโดยใช้สารทดแทนไขมันและ  
สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

คำอธิบาย ขนมเปียะที่ท่านได้ทดสอบนี้เป็นขนมเปียะที่มีการพัฒนาโดยมีพลังงานลดลงร้อยละ 25 ของสูตรปกติ ซึ่งมีการลดปริมาณไขมันและน้ำตาล มีการใช้อินูลิน (Inulin) เป็นสารทดแทนไขมัน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติก (Prebiotic) ช่วยการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบทางเดินอาหาร และใช้มาลติทอล (Maltitol) ซึ่งมีความหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลทรายแต่ให้พลังงานน้อยกว่าน้ำตาลทราย

9. เมื่อท่านทราบข้อมูลดังกล่าวเกี่ยวกับขนมเปียะลดพลังงานแล้ว ท่านมีความเห็นอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์นี้ กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนความชอบด้านล่างตามที่ท่านรู้สึก

ปัจจัย	ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉยๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
ความชอบโดยรวม									

10. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ขนมเปียะนี้จำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

- ซื้อ เพราะ .....
- ไม่แน่ใจ เพราะ .....
- ไม่ซื้อ เพราะ .....

11. ข้อเสนอแนะ .....
- .....

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี  
ผู้ดำเนินการวิจัย



ภาคผนวก ค  
การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ค1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยะเล็กที่ได้มีการลดปริมาณน้ำมันและปริมาณน้ำตาล โดยวิธี Ratio Profile Test (RPT)

คุณลักษณะ	I	ขนมเป็ยะเล็กที่ใส่ลดปริมาณน้ำมัน/ปริมาณน้ำตาล											
		RF0/RS0 (สูตรควบคุม)		RF0/RS10		RF25/RS0		RF25/RS10		RF50/RS0		RF50/RS10	
		S	S/I	S	S/I	S	S/I	S	S/I	S	S/I	S	S/I
ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก	6.76	6.20	<b>0.92</b>	5.73	<b>0.85</b>	6.06	<b>0.90</b>	5.86	<b>0.87</b>	4.86	<b>0.72</b>	4.24	<b>0.63</b>
ลักษณะปรากฏส่วนไส้	5.98	7.04	<b>1.18</b>	6.84	<b>1.14</b>	7.18	<b>1.20</b>	4.59	<b>0.77</b>	5.75	<b>0.96</b>	3.14	<b>0.53</b>
สีของไส้	6.41	6.83	<b>1.07</b>	6.33	<b>0.98</b>	6.69	<b>1.03</b>	4.75	<b>0.74</b>	5.65	<b>0.88</b>	2.66	<b>0.42</b>
กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง)	5.30	3.92	<b>0.74</b>	4.14	<b>0.78</b>	4.67	<b>0.88</b>	5.48	<b>1.03</b>	4.73	<b>0.89</b>	5.61	<b>1.06</b>
กลิ่นถั่ว	4.73	5.08	<b>1.07</b>	3.89	<b>0.82</b>	3.68	<b>0.78</b>	3.93	<b>0.83</b>	4.33	<b>0.92</b>	3.58	<b>0.77</b>
ความนุ่มของเปลือก	6.33	3.39	<b>0.54</b>	3.37	<b>0.53</b>	4.26	<b>0.67</b>	4.18	<b>0.66</b>	4.54	<b>0.72</b>	4.67	<b>0.74</b>
ความนุ่มของไส้	6.66	6.04	<b>0.91</b>	7.05	<b>1.06</b>	6.79	<b>1.02</b>	4.66	<b>0.70</b>	6.82	<b>1.03</b>	4.35	<b>0.65</b>
ความร่วนของไส้	3.80	2.75	<b>0.72</b>	2.51	<b>0.66</b>	3.04	<b>0.80</b>	4.87	<b>1.28</b>	4.18	<b>1.1</b>	5.96	<b>1.57</b>
รสหวาน	5.21	5.77	<b>1.11</b>	5.65	<b>1.08</b>	6.30	<b>1.21</b>	4.05	<b>0.78</b>	4.41	<b>0.85</b>	3.75	<b>0.72</b>

หมายเหตุ S คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างขนมเป็ยะเล็ก

I คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยดีเลิศ

S/I คือ อัตราส่วนเฉลี่ยของตัวอย่างขนมเป็ยะเล็ก

**ตารางผนวกที่ ๑๒** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยะเล็กที่ใช้มีการทดแทนน้ำมันและน้ำตาล โดยวิธี Ratio Profile Test (ไม่ได้ทำไขแดงและอบ  
ควันเทียน)

คุณลักษณะ	I	RF25/RS0		ขนมเป็ยะเล็กที่ใช้ใช้ สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล							
		(สูตรควบคุม)		I80/Sor10		I90/Sor10		I80/Ma110		I90/Sor10	
		S	S/I	S	S/I	S	S/I	S	S/I	S	S/I
ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก	6.76	6.18	<b>0.91</b>	5.30	<b>0.78</b>	4.15	<b>0.61</b>	5.45	<b>0.81</b>	5.14	<b>0.76</b>
ลักษณะปรากฏส่วนไส้	5.98	7.11	<b>1.19</b>	5.33	<b>0.89</b>	5.17	<b>0.86</b>	5.97	<b>1.00</b>	5.88	<b>0.98</b>
สีของไส้	6.41	6.62	<b>1.03</b>	4.88	<b>0.76</b>	4.27	<b>0.67</b>	5.15	<b>0.80</b>	5.14	<b>0.80</b>
กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง)	5.30	4.49	<b>0.85</b>	4.78	<b>0.90</b>	4.87	<b>0.92</b>	4.83	<b>0.91</b>	4.88	<b>0.92</b>
กลิ่นถั่ว	4.73	3.68	<b>0.78</b>	4.37	<b>0.93</b>	3.97	<b>0.84</b>	4.44	<b>0.94</b>	4.36	<b>0.92</b>
ความนุ่มของเปลือก	6.33	5.24	<b>0.83</b>	4.49	<b>0.71</b>	4.37	<b>0.69</b>	4.68	<b>0.74</b>	4.56	<b>0.72</b>
ความนุ่มของไส้	6.66	6.83	<b>1.03</b>	5.09	<b>0.77</b>	4.25	<b>0.64</b>	5.43	<b>0.82</b>	4.72	<b>0.71</b>
ความร่วนของไส้	3.80	3.02	<b>0.50</b>	4.36	<b>1.15</b>	5.09	<b>1.34</b>	4.22	<b>1.11</b>	4.92	<b>1.29</b>
รสหวาน	5.21	6.35	<b>1.22</b>	5.08	<b>0.97</b>	4.92	<b>0.95</b>	5.50	<b>1.06</b>	5.12	<b>0.98</b>

หมายเหตุ S คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างขนมเป็ยะเล็ก

I คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยดีเลิศ

S/I คือ อัตราส่วนเฉลี่ยของตัวอย่างขนมเป็ยะเล็ก

**ตารางผนวกที่ ๓** การทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมเป็ยะเล็กอบควันเทียนที่ได้มีการทดแทนน้ำมันและน้ำตาล โดยวิธี Ratio Profile Test

คุณลักษณะ	I	RF25/RS0		ขนมเป็ยะเล็กที่ใส่ไข่ สารทดแทนไขมันร่วมกับสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล							
		(สูตรควบคุม)		I80/Sor10		I90/Sor10		I80/Mal10		I90/Sor10	
		S	S/I	S	S/I	S	S/I	S	S/I	S	S/I
ลักษณะปรากฏส่วนเปลือก	6.76	6.41	<b>0.95</b>	6.93	<b>1.03</b>	6.76	<b>1.00</b>	6.78	<b>1.00</b>	6.71	<b>0.99</b>
ลักษณะปรากฏส่วนไส้	5.98	7.02	<b>1.17</b>	6.07	<b>1.01</b>	5.44	<b>0.91</b>	6.16	<b>1.03</b>	5.54	<b>0.93</b>
สีของเปลือก	5.88	6.26	<b>1.07</b>	5.84	<b>0.99</b>	5.75	<b>0.98</b>	5.84	<b>0.99</b>	5.80	<b>0.99</b>
สีของไส้	6.41	6.51	<b>1.01</b>	5.04	<b>0.79</b>	4.43	<b>0.69</b>	5.38	<b>0.84</b>	5.18	<b>0.81</b>
กลิ่นของเปลือก (กลิ่นแป้ง)	5.30	4.43	<b>0.84</b>	4.63	<b>0.87</b>	4.83	<b>0.91</b>	4.83	<b>0.91</b>	4.84	<b>0.91</b>
กลิ่นถั่ว	4.73	3.62	<b>0.77</b>	4.11	<b>0.87</b>	3.66	<b>0.77</b>	4.03	<b>0.85</b>	3.74	<b>0.79</b>
กลิ่นควันเทียนอบ	6.41	7.04	<b>1.10</b>	6.25	<b>0.97</b>	5.67	<b>0.88</b>	6.25	<b>0.97</b>	5.71	<b>0.89</b>
ความนุ่มของเปลือก	6.33	5.73	<b>0.91</b>	5.30	<b>0.84</b>	4.99	<b>0.79</b>	5.31	<b>0.84</b>	5.03	<b>0.80</b>
ความนุ่มของไส้	6.66	6.87	<b>1.03</b>	5.15	<b>0.77</b>	4.29	<b>0.65</b>	5.51	<b>0.83</b>	4.78	<b>0.72</b>
ความร่วนของไส้	3.80	3.01	<b>0.79</b>	4.21	<b>1.11</b>	4.90	<b>1.29</b>	4.12	<b>1.08</b>	4.71	<b>1.24</b>
รสหวาน	5.21	6.15	<b>1.18</b>	5.03	<b>0.97</b>	4.98	<b>0.96</b>	5.23	<b>1.00</b>	5.07	<b>0.97</b>

หมายเหตุ S คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยของตัวอย่างขนมเป็ยะเล็ก

I คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยดีเลิศ

S/I คือ อัตราส่วนเฉลี่ยของตัวอย่างขนมเป็ยะเล็ก

**ตารางผนวกที่ ค4** ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนเปลือกของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A)  
ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Aw)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	0.806±0.00 <sup>d/A</sup>	0.806±0.00 <sup>c/A</sup>	0.806±0.00 <sup>c/A</sup>	0.806±0.00 <sup>d/A</sup>
1	0.817±0.00 <sup>c/A</sup>	0.819±0.00 <sup>b/A</sup>	0.817±0.01 <sup>b/A</sup>	0.820±0.01 <sup>bc/A</sup>
2	0.817±0.00 <sup>c/A</sup>	0.820±0.00 <sup>b/A</sup>	0.821±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.819±0.00 <sup>bc/A</sup>
3	0.822±0.01 <sup>b/A</sup>	0.821±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.821±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.821±0.00 <sup>abc/A</sup>
4	0.825±0.00 <sup>a/A</sup>	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>	0.823±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.825±0.00 <sup>ab/A</sup>
5	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>	0.827±0.01 <sup>a/A</sup>	0.825±0.01 <sup>a/A</sup>	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>
6	0.825±0.00 <sup>a/A</sup>	0.824±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.824±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.823±0.01 <sup>abc/A</sup>
7	-	0.822±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.822±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.820±0.00 <sup>abc/A</sup>
8	-	0.819±0.00 <sup>b/A</sup>	0.821±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.818±0.00 <sup>bc/A</sup>
9	-	0.818±0.00 <sup>b/A</sup>	0.821±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.817±0.00 <sup>c/A</sup>
10	-	0.818±0.00 <sup>b/A</sup>	0.822±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.816±0.00 <sup>c/A</sup>
11	-	0.819±0.00 <sup>b/A</sup>	-	0.819±0.00 <sup>bc/A</sup>
12	-	-	-	0.821±0.00 <sup>abc/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓5** ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ในส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ( $A_w$ )			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	0.833±0.00 <sup>c/A</sup>	0.833±0.00 <sup>a/A</sup>	0.833±0.00 <sup>a/A</sup>	0.833±0.00 <sup>a/A</sup>
1	0.836±0.00 <sup>c/A</sup>	0.840±0.01 <sup>a/A</sup>	0.841±0.01 <sup>a/A</sup>	0.837±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.840±0.01 <sup>bc/A</sup>	0.842±0.00 <sup>a/A</sup>	0.843±0.01 <sup>a/A</sup>	0.840±0.02 <sup>a/A</sup>
3	0.848±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.842±0.01 <sup>a/A</sup>	0.842±0.01 <sup>a/A</sup>	0.840±0.02 <sup>a/A</sup>
4	0.843±0.00 <sup>a/A</sup>	0.844±0.00 <sup>a/A</sup>	0.843±0.00 <sup>a/A</sup>	0.842±0.01 <sup>a/A</sup>
5	-	0.842±0.00 <sup>a/A</sup>	0.841±0.00 <sup>a/A</sup>	0.841±0.01 <sup>a/A</sup>
6	-	0.840±0.00 <sup>a/A</sup>	0.839±0.00 <sup>a/A</sup>	0.839±0.00 <sup>a/A</sup>
7	-	0.836±0.00 <sup>a/A</sup>	-	0.838±0.00 <sup>a/A</sup>
8	-	-	-	0.836±0.00 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

ตารางผนวกที่ ๑๖ การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าพารามิเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็ก  
 ทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	.002	39	4.646E-5	3.845	.000
	Intercept	50.453	1	50.453	4175449.478	.000
	Week	.001	11	7.358E-5	6.090	.000
	Package	2.138E-5	1	2.138E-5	1.769	.187
	Absorber	1.480E-5	1	1.480E-5	1.225	.272
	Week * Package	3.822E-5	10	3.822E-6	.316	.975
	Week * Absorber	9.614E-5	9	1.068E-5	.884	.543
	Package * Absorber	6.806E-7	1	6.806E-7	.056	.813
	Week * Package * Absorber	3.724E-5	5	7.447E-6	.616	.688
	Error	.001	80	1.208E-5		
	Total	80.868	120			
	Corrected Total	.003	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	.002	25	6.079E-5	1.159	.319
	Intercept	38.588	1	38.588	735732.166	.000
	Week	.001	7	.000	2.177	.051
	Package	2.719E-5	1	2.719E-5	.518	.475
	Absorber	2.306E-5	1	2.306E-5	.440	.510
	Week * Package	8.637E-5	6	1.440E-5	.274	.946
	Week * Absorber	5.785E-5	5	1.157E-5	.221	.952
	Package * Absorber	2.521E-6	1	2.521E-6	.048	.827
	Week * Package * Absorber	.000	3	3.619E-5	.690	.562
	Error	.003	52	5.245E-5		
	Total	55.054	78			
	Corrected Total	.004	77			

ตารางผนวกที่ ๓7 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ( $A_w$ )			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>	0.826±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>
1	0.817±0.01 <sup>a/A</sup>	0.817±0.00 <sup>b/A</sup>	0.819±0.01 <sup>a/A</sup>	0.819±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.820±0.01 <sup>a/A</sup>	0.821±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.823±0.01 <sup>a/A</sup>	0.839±0.02 <sup>a/A</sup>
3	0.820±0.01 <sup>a/A</sup>	0.834±0.01 <sup>a/A</sup>	0.838±0.01 <sup>a/A</sup>	0.837±0.01 <sup>a/A</sup>
4	0.823±0.01 <sup>a/A</sup>	0.824±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.823±0.01 <sup>a/A</sup>	0.837±0.02 <sup>a/A</sup>
5	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>	0.832±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.839±0.02 <sup>a/A</sup>	0.847±0.02 <sup>a/A</sup>
6	0.833±0.03 <sup>a/A</sup>	0.827±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.833±0.02 <sup>a/A</sup>	0.833±0.02 <sup>a/A</sup>
7	-	0.817±0.01 <sup>b/A</sup>	0.823±0.00 <sup>a/A</sup>	0.826±0.02 <sup>a/A</sup>
8	-	0.837±0.01 <sup>a/A</sup>	0.825±0.02 <sup>a/A</sup>	0.827±0.02 <sup>a/A</sup>
9	-	0.827±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.828±0.01 <sup>a/A</sup>	0.827±0.02 <sup>a/A</sup>
10	-	0.823±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.838±0.01 <sup>a/A</sup>	0.833±0.02 <sup>a/A</sup>
11	-	0.816±0.00 <sup>b/A</sup>	-	0.817±0.01 <sup>a/A</sup>
12	-	-	-	0.821±0.00 <sup>a/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓8** ค่าแวลเตอร์แอกติวิตี้ในส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานใน  
ภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าแวลเตอร์แอกติวิตี้ (Aw)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	0.862±0.00 <sup>a/A</sup>	0.862±0.00 <sup>a/A</sup>	0.862±0.00 <sup>a/A</sup>	0.862±0.00 <sup>a/A</sup>
1	0.849±0.00 <sup>b/A</sup>	0.849±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.840±0.01 <sup>b/A</sup>	0.840±0.01 <sup>b/A</sup>
2	0.851±0.01 <sup>b/A</sup>	0.846±0.02 <sup>abc/A</sup>	0.840±0.00 <sup>b/A</sup>	0.837±0.01 <sup>b/A</sup>
3	0.841±0.01 <sup>b/A</sup>	0.837±0.02 <sup>bc/A</sup>	0.844±0.00 <sup>b/A</sup>	0.843±0.01 <sup>b/A</sup>
4	0.839±0.00 <sup>b/A</sup>	0.836±0.01 <sup>bc/A</sup>	0.840±0.01 <sup>b/A</sup>	0.840±0.02 <sup>b/A</sup>
5	-	0.833±0.01 <sup>bc/A</sup>	0.838±0.00 <sup>b/A</sup>	0.838±0.02 <sup>b/A</sup>
6	-	0.829±0.01 <sup>c/A</sup>	0.835±0.00 <sup>b/A</sup>	0.836±0.01 <sup>b/A</sup>
7	-	0.829±0.00 <sup>c/A</sup>	-	0.834±0.01 <sup>b/A</sup>
8	-	-	-	0.834±0.00 <sup>b/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๑๑** การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าพารามิเตอร์แอกติวิตี้ในส่วน ไล่ถั่วกวนของขนมเป็ยาะเล็ก  
 ทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยาะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	.007	39	.000	1.147	.298
	Intercept	51.380	1	51.380	333525.176	.000
	Week	.004	11	.000	2.345	.015
	Package	.001	1	.001	3.703	.058
	Absorber	.000	1	.000	.784	.379
	Week * Package	.001	10	9.272E-5	.602	.808
	Week * Absorber	.001	9	6.061E-5	.393	.935
	Package * Absorber	5.689E-5	1	5.689E-5	.369	.545
	Week * Package * Absorber	.000	5	9.262E-5	.601	.699
	Error	.012	80	.000		
	Total	82.177	120			
	Corrected Total	.019	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	.004	25	.000	2.146	.010
	Intercept	38.890	1	38.890	537747.410	.000
	Week	.001	7	.000	2.227	.047
	Package	1.026E-6	1	1.026E-6	.014	.906
	Absorber	3.470E-5	1	3.470E-5	.480	.492
	Week * Package	.001	6	.000	1.505	.195
	Week * Absorber	3.537E-5	5	7.074E-6	.098	.992
	Package * Absorber	9.188E-6	1	9.188E-6	.127	.723
	Week * Package * Absorber	6.896E-6	3	2.299E-6	.032	.992
	Error	.004	52	7.232E-5		
	Total	55.051	78			
	Corrected Total	.008	77			

**ตารางผนวกที่ 10** ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ทั้งส่วนเปลือกและส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Aw)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	0.827±0.00 <sup>a/A</sup>	0.827±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.827±0.00 <sup>a/A</sup>	0.827±0.00 <sup>a/A</sup>
1	0.826±0.00 <sup>a/A</sup>	0.825±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.820±0.01 <sup>a/A</sup>	0.823±0.01 <sup>abc/A</sup>
2	0.831±0.00 <sup>a/A</sup>	0.826±0.00 <sup>ab/B</sup>	0.820±0.00 <sup>a/C</sup>	0.821±0.00 <sup>bc/C</sup>
3	0.823±0.00 <sup>a/A</sup>	0.824±0.00 <sup>b/A</sup>	0.822±0.00 <sup>a/A</sup>	0.822±0.00 <sup>bc/A</sup>
4	0.831±0.02 <sup>a/A</sup>	0.835±0.02 <sup>a/A</sup>	0.826±0.01 <sup>a/A</sup>	0.826±0.00 <sup>ab/A</sup>
5	0.827±0.01 <sup>a/A</sup>	0.829±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.824±0.00 <sup>a/A</sup>	0.823±0.00 <sup>abc/A</sup>
6	0.825±0.00 <sup>a/A</sup>	0.827±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.822±0.00 <sup>a/A</sup>	0.822±0.00 <sup>bc/A</sup>
7	-	0.826±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.822±0.00 <sup>a/B</sup>	0.822±0.00 <sup>bc/B</sup>
8	-	0.824±0.01 <sup>b/A</sup>	0.820±0.00 <sup>a/A</sup>	0.820±0.00 <sup>c/A</sup>
9	-	0.824±0.01 <sup>b/A</sup>	0.820±0.00 <sup>a/A</sup>	0.820±0.01 <sup>c/A</sup>
10	-	0.824±0.00 <sup>b/A</sup>	0.821±0.00 <sup>a/A</sup>	0.821±0.00 <sup>bc/A</sup>
11	-	0.820±0.01 <sup>b/A</sup>	-	0.820±0.00 <sup>c/A</sup>
12	-	-	-	0.820±0.00 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค11** ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ทั้งส่วนเปลือกและส่วนไส้ถั่วกวนของขนมเปียะเล็ก  
สูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ ( $A_w$ )			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	0.849±0.01 <sup>a/A</sup>	0.849±0.01 <sup>a/A</sup>	0.849±0.01 <sup>a/A</sup>	0.849±0.01 <sup>a/A</sup>
1	0.845±0.00 <sup>a/A</sup>	0.842±0.01 <sup>a/A</sup>	0.851±0.00 <sup>a/A</sup>	0.846±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.835±0.02 <sup>a/A</sup>	0.847±0.01 <sup>a/A</sup>	0.850±0.02 <sup>a/A</sup>	0.844±0.01 <sup>a/A</sup>
3	0.832±0.02 <sup>a/A</sup>	0.822±0.00 <sup>a/A</sup>	0.820±0.01 <sup>b/A</sup>	0.823±0.00 <sup>a/A</sup>
4	0.835±0.02 <sup>a/A</sup>	0.838±0.01 <sup>a/A</sup>	0.836±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.838±0.01 <sup>a/A</sup>
5	-	0.840±0.02 <sup>a/A</sup>	0.837±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.840±0.02 <sup>a/A</sup>
6	-	0.829±0.03 <sup>a/A</sup>	0.839±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.838±0.03 <sup>a/A</sup>
7	-	0.835±0.00 <sup>a/A</sup>	-	0.840±0.01 <sup>a/A</sup>
8	-	-	-	0.832±0.01 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ 12** การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าพารามิเตอร์แอกติวิตี้ที่ส่วนเปลือกและส่วนไส้ถั่วกวน  
ของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเปียะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	.001	39	3.772E-5	2.040	.004
	Intercept	51.063	1	51.063	2761405.873	.000
	Week	.001	11	5.344E-5	2.890	.003
	Package	.000	1	.000	20.586	.000
	Absorber	3.040E-6	1	3.040E-6	.164	.686
	Week * Package	.000	10	1.255E-5	.679	.741
	Week * Absorber	3.696E-5	9	4.106E-6	.222	.990
	Package * Absorber	5.556E-8	1	5.556E-8	.003	.956
	Week * Package * Absorber	5.578E-5	5	1.116E-5	.603	.698
	Error	.001	80	1.849E-5		
	Total	81.431	120			
	Corrected Total	.003	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	.005	25	.000	.875	.633
	Intercept	38.578	1	38.578	171368.690	.000
	Week	.004	7	.001	2.249	.045
	Package	.000	1	.000	.499	.483
	Absorber	6.125E-7	1	6.125E-7	.003	.959
	Week * Package	.000	6	5.399E-5	.240	.961
	Week * Absorber	.000	5	3.354E-5	.149	.979
	Package * Absorber	1.200E-5	1	1.200E-5	.053	.818
	Week * Package * Absorber	.000	3	.000	.573	.635
	Error	.012	52	.000		
	Total	54.767	78			
	Corrected Total	.017	77			

**ตารางผนวกที่ ค13** ค่าความแข็ง (hardness) ของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในสถานะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Hardness (g)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	1907.40±2.91 <sup>d/A</sup>	1907.40±2.91 <sup>e/A</sup>	1907.40±2.91 <sup>e/A</sup>	1907.40±2.91 <sup>f/A</sup>
1	1815.15±7.01 <sup>f/A</sup>	1816.99±3.00 <sup>g/A</sup>	1814.17±3.53 <sup>g/A</sup>	1814.10±4.65 <sup>h/B</sup>
2	1866.66±7.76 <sup>e/A</sup>	1857.83±5.41 <sup>f/AB</sup>	1852.35±1.79 <sup>f/B</sup>	1854.96±2.29 <sup>g/B</sup>
3	2009.56±3.32 <sup>c/A</sup>	2014.19±3.53 <sup>d/A</sup>	1989.40±3.01 <sup>d/B</sup>	1988.91±2.19 <sup>e/B</sup>
4	2051.75±7.34 <sup>b/A</sup>	2050.88±6.16 <sup>c/A</sup>	2026.56±4.77 <sup>c/B</sup>	2028.05±3.34 <sup>d/B</sup>
5	2053.79±2.89 <sup>b/A</sup>	2054.58±5.54 <sup>c/A</sup>	2038.90±4.83 <sup>b/B</sup>	2040.40±8.20 <sup>c/B</sup>
6	2079.50±5.56 <sup>a/A</sup>	2080.17±3.21 <sup>ab/A</sup>	2046.76±4.94 <sup>a/B</sup>	2047.49±3.25 <sup>bc/B</sup>
7	-	2082.86±5.85 <sup>a/A</sup>	2045.73±1.69 <sup>a/B</sup>	2046.69±3.10 <sup>bc/B</sup>
8	-	2081.16±1.49 <sup>a/A</sup>	2048.26±3.71 <sup>a/B</sup>	2051.19±5.05 <sup>b/B</sup>
9	-	2073.17±3.99 <sup>b/A</sup>	2049.74±2.01 <sup>a/B</sup>	2052.03±5.76 <sup>ab/B</sup>
10	-	2079.27±3.97 <sup>ab/A</sup>	2050.21±3.26 <sup>a/B</sup>	2051.84±1.45 <sup>ab/B</sup>
11	-	2081.45±3.63 <sup>a/A</sup>	-	2059.39±3.30 <sup>a/B</sup>
12	-	-	-	2053.59±4.83 <sup>ab/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ 14** ค่าความแข็ง (hardness) ของขนมเป็ยละเอียดสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่  
ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ ที่	Hardness (g)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	2041.55±5.64 <sup>b/A</sup>	2041.55±5.64 <sup>c/A</sup>	2041.55±5.64 <sup>b/A</sup>	2041.55±5.64 <sup>c/A</sup>
1	1961.13±2.04 <sup>c/A</sup>	1958.38±5.70 <sup>d/AB</sup>	1949.49±5.60 <sup>d/B</sup>	1951.73±4.05 <sup>c/AB</sup>
2	1966.46±5.33 <sup>c/A</sup>	1961.15±1.91 <sup>d/A</sup>	1953.69±4.44 <sup>d/B</sup>	1952.35±1.43 <sup>c/B</sup>
3	2041.88±3.18 <sup>b/A</sup>	2046.77±2.54 <sup>bc/A</sup>	2030.82±4.61 <sup>c/B</sup>	2032.01±2.71 <sup>d/B</sup>
4	2055.95±2.94 <sup>a/A</sup>	2050.55±2.63 <sup>b/AB</sup>	2045.32±5.24 <sup>ab/B</sup>	2044.70±3.20 <sup>c/B</sup>
5	-	2048.18±4.57 <sup>bc/A</sup>	2043.93±4.18 <sup>b/A</sup>	2045.54±3.56 <sup>c/A</sup>
6	-	2085.92±5.18 <sup>a/A</sup>	2053.56±4.29 <sup>a/B</sup>	2051.62±4.71 <sup>b/B</sup>
7	-	2087.21±2.19 <sup>a/A</sup>	-	2060.21±0.91 <sup>a/B</sup>
8	-	-	-	2057.29±2.09 <sup>ab/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่าง  
มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ 15** การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความแข็ง (hardness) ของขนมเป็๊ยะเล็กทั้ง 2 สูตร  
ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็๊ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	951310.095	39	24392.567	1243.502	.000
	Intercept	3.002E8	1	3.002E8	1.530E7	.000
	Week	882342.782	11	80212.980	4089.155	.000
	Package	9925.468	1	9925.468	505.988	.000
	Absorber	9.524	1	9.524	.486	.488
	Week * Package	2578.264	10	257.826	13.144	.000
	Week * Absorber	54.656	9	6.073	.310	.970
	Package * Absorber	7.158	1	7.158	.365	.548
	Week * Package * Absorber	118.090	5	23.618	1.204	.315
	Error	1569.282	80	19.616		
	Total	4.822E8	120			
	Corrected Total	952879.377	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	160454.797	25	6418.192	420.457	.000
	Intercept	2.258E8	1	2.258E8	1.479E7	.000
	Week	148357.842	7	21193.977	1388.423	.000
	Package	3006.634	1	3006.634	196.965	.000
	Absorber	12.905	1	12.905	.845	.362
	Week * Package	1251.565	6	208.594	13.665	.000
	Week * Absorber	88.836	5	17.767	1.164	.339
	Package * Absorber	18.850	1	18.850	1.235	.272
	Week * Package * Absorber	38.876	3	12.959	.849	.473
	Error	793.769	52	15.265		
	Total	3.191E8	78			
	Corrected Total	161248.566	77			

**ตารางผนวกที่ 16** ค่าการแตกเปราะ (fracturability) ของขนมเป็ยาะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Fracturability (g)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	1592.34 ±1.75 <sup>d/A</sup>	1592.34±1.75 <sup>g/A</sup>	1592.34±1.75 <sup>d/A</sup>	1592.34±1.75 <sup>e/A</sup>
1	1488.70±4.42 <sup>f/A</sup>	1489.70±1.43 <sup>j/A</sup>	1477.52±3.43 <sup>h/B</sup>	1479.08±1.15 <sup>i/B</sup>
2	1536.39±2.48 <sup>e/A</sup>	1537.11±1.10 <sup>i/A</sup>	1531.84±4.30 <sup>g/A</sup>	1535.78±1.65 <sup>h/A</sup>
3	1541.50±3.10 <sup>e/A</sup>	1546.92±2.91 <sup>h/A</sup>	1544.93±2.58 <sup>f/A</sup>	1547.82±2.33 <sup>g/A</sup>
4	1619.12±1.36 <sup>c/A</sup>	1609.67±2.02 <sup>f/B</sup>	1567.91±6.23 <sup>e/C</sup>	1571.48±2.56 <sup>f/C</sup>
5	2129.44±2.74 <sup>b/A</sup>	1986.02±1.39 <sup>e/B</sup>	1674.13±3.54 <sup>c/C</sup>	1670.45±1.76 <sup>d/C</sup>
6	2144.43±3.88 <sup>a/A</sup>	2085.93±3.73 <sup>d/B</sup>	1820.77±1.07 <sup>b/C</sup>	1823.39±3.25 <sup>c/C</sup>
7	-	2160.71±4.13 <sup>b/A</sup>	2049.86±3.56 <sup>a/B</sup>	2042.34±3.32 <sup>b/C</sup>
8	-	2167.65±3.50 <sup>a/A</sup>	2052.71±4.77 <sup>a/B</sup>	2050.64±4.43 <sup>a/B</sup>
9	-	2153.90±4.93 <sup>c/A</sup>	2053.94±3.08 <sup>a/B</sup>	2053.85±4.92 <sup>a/B</sup>
10	-	2154.04±5.41 <sup>c/A</sup>	2056.67±4.23 <sup>a/B</sup>	2050.63±3.86 <sup>a/B</sup>
11	-	2156.20±3.51 <sup>bc/A</sup>	-	2054.42±4.04 <sup>a/B</sup>
12	-	-	-	2050.90±1.52 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๑๗** ค่าการแตกเปราะ (fracturability) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในสถานะ  
บรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Fracturability (g)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	1587.79±5.34 <sup>b/A</sup>	1587.79±5.34 <sup>c/A</sup>	1587.79±5.34 <sup>d/A</sup>	1587.79±5.34 <sup>e/A</sup>
1	1463.50±5.66 <sup>c/A</sup>	1466.26±3.74 <sup>h/A</sup>	1461.42±2.80 <sup>f/A</sup>	1464.29±2.48 <sup>g/A</sup>
2	1541.93±5.01 <sup>d/A</sup>	1540.65±3.05 <sup>g/A</sup>	1542.93±3.22 <sup>c/A</sup>	1544.59±4.35 <sup>f/A</sup>
3	1551.49±4.74 <sup>c/A</sup>	1550.19±2.22 <sup>f/A</sup>	1547.22±3.01 <sup>e/A</sup>	1546.34±2.77 <sup>f/A</sup>
4	1617.09±4.36 <sup>a/A</sup>	1610.56±4.24 <sup>d/AB</sup>	1609.01±3.86 <sup>c/B</sup>	1605.59±2.52 <sup>d/B</sup>
5	-	1877.06±1.79 <sup>c/A</sup>	1621.16±0.39 <sup>b/B</sup>	1623.40±5.72 <sup>c/B</sup>
6	-	1893.36±5.93 <sup>b/A</sup>	1875.13±4.06 <sup>a/B</sup>	1868.78±4.28 <sup>b/B</sup>
7	-	2097.33±3.35 <sup>a/A</sup>	-	2049.88±2.11 <sup>a/B</sup>
8	-	-	-	2050.02±3.55 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค18** การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าการแตกเปราะ (fracturability) ของขนมเปี้ยวเล็ก  
ทั้ง 2 สูตร ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเปี้ยวเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		Sig.
		of Squares	df	Square	F	
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	8.378E6	39	214820.800	18689.426	.000
	Intercept	2.510E8	1	2.510E8	2.184E7	.000
	Week	7010786.298	11	637344.209	55448.994	.000
	Package	338031.477	1	338031.477	29408.764	.000
	Absorber	6328.209	1	6328.209	550.555	.000
	Week * Package	440273.241	10	44027.324	3830.380	.000
	Week * Absorber	14168.815	9	1574.313	136.965	.000
	Package * Absorber	5785.688	1	5785.688	503.355	.000
	Week * Package * Absorber	11803.054	5	2360.611	205.373	.000
	Error	919.539	80	11.494		
	Total	4.065E8	120			
	Corrected Total	8378930.740	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	2.890E6	25	115584.219	7727.889	.000
	Intercept	1.557E8	1	1.557E8	1.041E7	.000
	Week	2369767.363	7	338538.195	22634.453	.000
	Package	20977.494	1	20977.494	1402.542	.000
	Absorber	22.282	1	22.282	1.490	.228
	Week * Package	77250.144	6	12875.024	860.816	.000
	Week * Absorber	159.200	5	31.840	2.129	.077
	Package * Absorber	8.105	1	8.105	.542	.465
	Week * Package * Absorber	5.776	3	1.925	.129	.943
	Error	777.752	52	14.957		
	Total	2.183E8	78			
	Corrected Total	2890383.237	77			

ตารางผนวกที่ ๑๑ ค่าความสามารถในการคืนตัว (springiness) ของขนมนเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Springiness (mm)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	0.298±0.02 <sup>a/A</sup>	0.298±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.298±0.02 <sup>a/A</sup>	0.298±0.02 <sup>a/A</sup>
1	0.298±0.01 <sup>a/A</sup>	0.301±0.01 <sup>a/A</sup>	0.300±0.00 <sup>a/A</sup>	0.298±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.294±0.03 <sup>a/A</sup>	0.296±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.297±0.02 <sup>a/A</sup>	0.296±0.03 <sup>ab/A</sup>
3	0.281±0.01 <sup>a/A</sup>	0.277±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.281±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.278±0.00 <sup>abc/A</sup>
4	0.278±0.02 <sup>a/A</sup>	0.277±0.03 <sup>ab/A</sup>	0.278±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.275±0.01 <sup>abc/A</sup>
5	0.277±0.01 <sup>a/A</sup>	0.275±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.276±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.275±0.01 <sup>abc/A</sup>
6	0.269±0.02 <sup>a/A</sup>	0.270±0.05 <sup>ab/A</sup>	0.276±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.273±0.01 <sup>abc/A</sup>
7	-	0.268±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.268±0.02 <sup>b/A</sup>	0.270±0.01 <sup>bc/A</sup>
8	-	0.266±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.268±0.02 <sup>b/A</sup>	0.268±0.03 <sup>c/A</sup>
9	-	0.267±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.268±0.01 <sup>b/A</sup>	0.267±0.00 <sup>c/A</sup>
10	-	0.266±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.267±0.00 <sup>b/A</sup>	0.268±0.01 <sup>c/A</sup>
11	-	0.263±0.01 <sup>b/A</sup>	-	0.267±0.00 <sup>c/A</sup>
12	-	-	-	0.265±0.01 <sup>c/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค20** ค่าความสามารถในการคืนตัว (springiness) ของขนมเปี้ยะเล็กสูตรลดพลังงาน  
ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Springiness (mm)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	0.292±0.01 <sup>a/A</sup>	0.292±0.01 <sup>a/A</sup>	0.292±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.292±0.01 <sup>a/A</sup>
1	0.294±0.01 <sup>a/A</sup>	0.298±0.03 <sup>a/A</sup>	0.295±0.02 <sup>a/A</sup>	0.298±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.292±0.01 <sup>a/A</sup>	0.292±0.01 <sup>a/A</sup>	0.294±0.00 <sup>a/A</sup>	0.294±0.01 <sup>a/A</sup>
3	0.287±0.03 <sup>a/A</sup>	0.287±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.288±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.288±0.00 <sup>a/A</sup>
4	0.274±0.03 <sup>a/A</sup>	0.273±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.272±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.271±0.00 <sup>b/A</sup>
5	-	0.265±0.01 <sup>b/A</sup>	0.267±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.267±0.01 <sup>b/A</sup>
6	-	0.263±0.01 <sup>b/A</sup>	0.262±0.03 <sup>b/A</sup>	0.264±0.01 <sup>b/A</sup>
7	-	0.261±0.00 <sup>b/A</sup>	-	0.265±0.01 <sup>b/A</sup>
8	-	-	-	0.262±0.02 <sup>b/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค21** การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความสามารถในการคืนตัว (springiness) ของขนม  
เป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	.017	39	.000	1.604	.038
	Intercept	5.841	1	5.841	22120.563	.000
	Week	.014	11	.001	4.782	.000
	Package	4.617E-5	1	4.617E-5	.175	.677
	Absorber	5.581E-6	1	5.581E-6	.021	.885
	Week * Package	.000	10	1.053E-5	.040	1.000
	Week * Absorber	7.180E-5	9	7.978E-6	.030	1.000
	Package * Absorber	1.168E-5	1	1.168E-5	.044	.834
	Week * Package * Absorber	1.690E-5	5	3.381E-6	.013	1.000
	Error	.021	80	.000		
	Total	9.275	120			
	Corrected Total	.038	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	.014	25	.001	2.404	.004
	Intercept	4.273	1	4.273	18236.425	.000
	Week	.012	7	.002	7.383	.000
	Package	1.317E-5	1	1.317E-5	.056	.814
	Absorber	1.013E-5	1	1.013E-5	.043	.836
	Week * Package	4.294E-5	6	7.156E-6	.031	1.000
	Week * Absorber	3.883E-5	5	7.765E-6	.033	.999
	Package * Absorber	1.875E-7	1	1.875E-7	.001	.978
	Week * Package * Absorber	5.625E-7	3	1.875E-7	.001	1.000
	Error	.012	52	.000		
	Total	6.113	78			
	Corrected Total	.026	77			

ตารางผนวกที่ ค22 ค่าความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Cohesiveness			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	0.094±0.00 <sup>abc/A</sup>	0.094±0.00 <sup>abc/A</sup>	0.094±0.00 <sup>abcd/A</sup>	0.094±0.00 <sup>ab/A</sup>
1	0.104±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.100±0.01 <sup>a/A</sup>	0.108±0.01 <sup>a/A</sup>	0.108±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.096±0.00 <sup>a/A</sup>	0.098±0.00 <sup>a/A</sup>	0.097±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.096±0.01 <sup>ab/A</sup>
3	0.090±0.00 <sup>abc/A</sup>	0.092±0.01 <sup>abc/A</sup>	0.096±0.01 <sup>abc/A</sup>	0.096±0.00 <sup>ab/A</sup>
4	0.085±0.02 <sup>bc/A</sup>	0.089±0.01 <sup>abcd/A</sup>	0.093±0.01 <sup>bcd/A</sup>	0.095±0.01 <sup>ab/A</sup>
5	0.083±0.00 <sup>bc/A</sup>	0.084±0.01 <sup>abcd/A</sup>	0.087±0.00 <sup>bcd/A</sup>	0.090±0.02 <sup>bc/A</sup>
6	0.080±0.01 <sup>c/A</sup>	0.082±0.01 <sup>bcd/A</sup>	0.084±0.00 <sup>bcd/A</sup>	0.086±0.02 <sup>bc/A</sup>
7	-	0.080±0.01 <sup>cd/A</sup>	0.081±0.01 <sup>cd/A</sup>	0.082±0.01 <sup>bc/A</sup>
8	-	0.078±0.01 <sup>cd/A</sup>	0.079±0.01 <sup>de/A</sup>	0.082±0.00 <sup>bc/A</sup>
9	-	0.081±0.01 <sup>bcd/A</sup>	0.080±0.01 <sup>de/A</sup>	0.081±0.01 <sup>bc/A</sup>
10	-	0.077±0.01 <sup>cd/A</sup>	0.077±0.01 <sup>c/A</sup>	0.077±0.00 <sup>c/A</sup>
11	-	0.073±0.01 <sup>d/A</sup>	-	0.075±0.00 <sup>c/A</sup>
12	-	-	-	0.076±0.00 <sup>c/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค23** ค่าความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) ของขนมเปี้ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Cohesiveness			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	0.117±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.117±0.01 <sup>a/A</sup>	0.117±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.117±0.01 <sup>a/A</sup>
1	0.119±0.02 <sup>a/A</sup>	0.121±0.01 <sup>a/A</sup>	0.123±0.01 <sup>a/A</sup>	0.121±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.118±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.120±0.00 <sup>a/A</sup>	0.121±0.01 <sup>ab/A</sup>	0.120±0.00 <sup>a/A</sup>
3	0.116±0.00 <sup>ab/A</sup>	0.118±0.00 <sup>a/A</sup>	0.116±0.02 <sup>ab/A</sup>	0.116±0.01 <sup>ab/A</sup>
4	0.098±0.00 <sup>a/A</sup>	0.099±0.01 <sup>b/A</sup>	0.104±0.00 <sup>bc/A</sup>	0.105±0.01 <sup>abc/A</sup>
5	-	0.095±0.00 <sup>a/A</sup>	0.098±0.00 <sup>c/A</sup>	0.099±0.00 <sup>bc/A</sup>
6	-	0.089±0.01 <sup>a/A</sup>	0.095±0.00 <sup>c/A</sup>	0.095±0.02 <sup>c/A</sup>
7	-	0.088±0.01 <sup>a/A</sup>	-	0.090±0.00 <sup>c/A</sup>
8	-	-	-	0.091±0.01 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค24** การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความสามารถในการเกาะตัว (cohesiveness) ของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเปียะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	.010	39	.000	3.464	.000
	Intercept	.569	1	.569	7603.237	.000
	Week	.009	11	.001	10.966	.000
	Package	.000	1	.000	3.841	.053
	Absorber	2.302E-5	1	2.302E-5	.308	.581
	Week * Package	.000	10	1.349E-5	.180	.997
	Week * Absorber	4.825E-5	9	5.361E-6	.072	1.000
	Package * Absorber	6.806E-7	1	6.806E-7	.009	.924
	Week * Package * Absorber	2.757E-5	5	5.514E-6	.074	.996
	Error	.006	80	7.478E-5		
	Total	.931	120			
	Corrected Total	.016	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	.012	25	.000	5.331	.000
	Intercept	.624	1	.624	7192.171	.000
	Week	.010	7	.001	16.700	.000
	Package	.000	1	.000	1.699	.198
	Absorber	9.407E-6	1	9.407E-6	.108	.743
	Week * Package	.000	6	1.873E-5	.216	.970
	Week * Absorber	7.618E-6	5	1.524E-6	.018	1.000
	Package * Absorber	1.752E-5	1	1.752E-5	.202	.655
	Week * Package * Absorber	6.063E-6	3	2.021E-6	.023	.995
	Error	.005	52	8.681E-5		
	Total	.914	78			
	Corrected Total	.016	77			

ตารางผนวกที่ ค25 ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ของขนมเบี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในสถานะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Chewiness (g.mm)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	87.76±2.70 <sup>f/A</sup>	87.76±2.70 <sup>g/A</sup>	87.76±2.70 <sup>h/A</sup>	87.76±2.70 <sup>h/A</sup>
1	81.92±4.74 <sup>f/A</sup>	82.62±3.23 <sup>h/A</sup>	78.44±2.54 <sup>i/A</sup>	79.14±4.16 <sup>i/A</sup>
2	95.33±2.37 <sup>c/A</sup>	93.33±2.48 <sup>f/A</sup>	94.04±2.44 <sup>g/A</sup>	93.19±3.22 <sup>g/A</sup>
3	105.33±3.10 <sup>d/A</sup>	103.55±4.31 <sup>c/A</sup>	98.78±3.74 <sup>f/A</sup>	98.55±1.17 <sup>f/A</sup>
4	113.33±3.15 <sup>c/A</sup>	114.44±3.86 <sup>d/A</sup>	110.44±1.54 <sup>e/A</sup>	112.14±2.93 <sup>e/A</sup>
5	129.92±2.50 <sup>b/A</sup>	130.52±1.83 <sup>c/A</sup>	121.19±3.98 <sup>d/B</sup>	121.27±3.55 <sup>d/B</sup>
6	138.06±4.46 <sup>a/A</sup>	132.91±3.86 <sup>c/A</sup>	125.32±3.23 <sup>d/B</sup>	125.39±2.83 <sup>d/B</sup>
7	-	144.76±2.00 <sup>b/A</sup>	131.75±1.87 <sup>c/B</sup>	133.15±3.83 <sup>c/B</sup>
8	-	143.15±2.11 <sup>b/A</sup>	136.06±3.08 <sup>bc/B</sup>	136.67±3.34 <sup>bc/B</sup>
9	-	142.06±2.41 <sup>b/A</sup>	140.62±1.01 <sup>ab/A</sup>	140.73±3.80 <sup>ab/A</sup>
10	-	149.96±1.76 <sup>a/A</sup>	142.06±2.68 <sup>a/B</sup>	141.70±1.95 <sup>ab/B</sup>
11	-	151.57±3.95 <sup>a/A</sup>	-	146.04±1.43 <sup>a/A</sup>
12	-	-	-	145.39±3.75 <sup>a/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓26** ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงาน  
ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	Chewiness (g.mm)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	88.85±0.65 <sup>d/A</sup>	88.85±0.65 <sup>f/A</sup>	88.85±0.65 <sup>e/A</sup>	88.85±0.65 <sup>g/A</sup>
1	85.62±3.20 <sup>d/A</sup>	84.57±3.75 <sup>f/A</sup>	83.49±2.68 <sup>f/A</sup>	84.89±3.57 <sup>g/A</sup>
2	97.58±3.21 <sup>c/A</sup>	97.11±4.07 <sup>c/A</sup>	95.76±3.48 <sup>d/A</sup>	95.49±4.47 <sup>f/A</sup>
3	107.58±2.19 <sup>b/A</sup>	107.11±0.62 <sup>d/A</sup>	105.49±4.40 <sup>c/A</sup>	106.89±3.28 <sup>e/A</sup>
4	116.72±4.35 <sup>a/A</sup>	117.72±2.59 <sup>c/A</sup>	113.92±1.21 <sup>b/A</sup>	114.07±2.95 <sup>d/A</sup>
5	-	130.45±3.40 <sup>b/A</sup>	128.76±2.37 <sup>a/A</sup>	129.59±1.52 <sup>c/A</sup>
6	-	140.36±2.17 <sup>a/A</sup>	131.02±4.37 <sup>a/B</sup>	132.92±3.30 <sup>bc/B</sup>
7	-	141.15±3.04 <sup>a/A</sup>	-	137.70±1.81 <sup>ab/A</sup>
8	-	-	-	140.62±2.25 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

ตารางผนวกที่ ค27 การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความทนทานในการบดเคี้ยว (chewiness) ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	59680.685	39	1530.274	162.465	.000
	Intercept	1058000.935	1	1058000.93	112324.744	.000
	Week	51206.912	11	5	494.226	.000
	Package	793.376	1	4655.174	84.230	.000
	Absorber	2.405	1	793.376	.255	.615
	Week * Package	308.401	10	2.405	3.274	.001
	Week * Absorber	35.702	9	30.840	.421	.920
	Package * Absorber	7.999	1	3.967	.849	.360
	Week * Package * Absorber	15.707	5	7.999	.334	.891
	Error	753.530	80	3.141		
	Total	1783098.341	120	9.419		
	Corrected Total	60434.215	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	28607.131	25	1144.285	120.757	.000
	Intercept	687022.190	1	687022.190	72501.617	.000
	Week	23491.328	7	3355.904	354.149	.000
	Package	99.053	1	99.053	10.453	.002
	Absorber	2.373	1	2.373	.250	.619
	Week * Package	60.413	6	10.069	1.063	.397
	Week * Absorber	3.428	5	.686	.072	.996
	Package * Absorber	2.517	1	2.517	.266	.608
	Week * Package * Absorber	5.166	3	1.722	.182	.908
	Error	492.750	52	9.476		
	Total	1009837.749	78			
	Corrected Total	29099.880	77			

ตารางผนวกที่ ค28 ร้อยละของความชื้นเฉลี่ยของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าความชื้น (%)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	16.81±0.17 <sup>b/A</sup>	16.81±0.17 <sup>b/A</sup>	16.81±0.17 <sup>b/A</sup>	16.81±0.17 <sup>abc/A</sup>
1	18.31±0.36 <sup>a/A</sup>	18.31±0.52 <sup>a/A</sup>	18.28±0.52 <sup>a/A</sup>	18.05±0.09 <sup>a/A</sup>
2	16.10±0.79 <sup>bc/A</sup>	17.50±0.25 <sup>ab/A</sup>	17.54±0.84 <sup>ab/A</sup>	16.98±1.46 <sup>ab/A</sup>
3	15.99±0.19 <sup>bc/B</sup>	17.17±0.87 <sup>b/A</sup>	17.60±0.10 <sup>ab/A</sup>	16.91±0.30 <sup>ab/A</sup>
4	14.87±0.82 <sup>d/B</sup>	15.23±0.39 <sup>c/AB</sup>	17.08±0.46 <sup>b/A</sup>	16.85±1.96 <sup>ab/A</sup>
5	13.49±0.21 <sup>e/B</sup>	14.74±1.44 <sup>cd/AB</sup>	15.36±0.72 <sup>c/A</sup>	15.23±0.85 <sup>cde/AB</sup>
6	15.09±0.89 <sup>cd/A</sup>	15.20±0.58 <sup>c/A</sup>	15.36±0.60 <sup>c/A</sup>	15.52±0.54 <sup>bcd/A</sup>
7	-	15.47±0.44 <sup>c/A</sup>	15.56±0.60 <sup>c/A</sup>	15.83±0.82 <sup>bc/A</sup>
8	-	15.01±0.65 <sup>c/A</sup>	15.22±0.14 <sup>c/A</sup>	15.53±0.93 <sup>bcd/A</sup>
9	-	13.26±0.21 <sup>e/A</sup>	13.80±0.18 <sup>d/A</sup>	13.85±0.54 <sup>e/A</sup>
10	-	13.37±0.28 <sup>e/A</sup>	13.94±0.19 <sup>d/A</sup>	13.99±0.40 <sup>de/A</sup>
11	-	13.87±0.50 <sup>de/A</sup>	-	14.01±0.36 <sup>de/A</sup>
12	-	-	-	14.15±0.55 <sup>de/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

ตารางผนวกที่ ค29 ร้อยละของความชื้นเฉลี่ยของขนมเป็ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุ  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ค่าความชื้น (%)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	23.92±0.33 <sup>a/A</sup>	23.92±0.33 <sup>a/A</sup>	23.92±0.33 <sup>a/A</sup>	23.92±0.33 <sup>a/A</sup>
1	21.72±1.12 <sup>b/A</sup>	22.52±0.91 <sup>a/A</sup>	22.59±1.09 <sup>ab/A</sup>	21.98±0.79 <sup>b/A</sup>
2	21.08±0.33 <sup>b/A</sup>	20.73±0.60 <sup>b/A</sup>	22.46±0.50 <sup>ab/A</sup>	21.33±0.93 <sup>b/A</sup>
3	22.26±0.62 <sup>ab/A</sup>	22.62±0.38 <sup>a/A</sup>	22.02±0.47 <sup>ab/A</sup>	21.23±0.95 <sup>b/A</sup>
4	20.74±1.92 <sup>b/A</sup>	20.71±1.15 <sup>b/A</sup>	21.54±1.95 <sup>b/A</sup>	21.68±1.12 <sup>b/A</sup>
5	-	20.85±1.11 <sup>b/A</sup>	21.28±1.22 <sup>b/A</sup>	20.59±0.95 <sup>b/A</sup>
6	-	20.55±1.08 <sup>b/A</sup>	20.60±1.60 <sup>b/A</sup>	21.76±1.10 <sup>b/A</sup>
7	-	20.69±0.40 <sup>b/A</sup>	-	21.40±0.76 <sup>b/A</sup>
8	-	-	-	21.82±1.13 <sup>b/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓0** การวิเคราะห์ทางสถิติ ร้อยละของความชื้นเฉลี่ยของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรใน  
ภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	262.987	39	6.743	14.457	.000
	Intercept	18282.848	1	18282.848	39196.945	.000
	Week	235.709	11	21.428	45.940	.000
	Package	13.629	1	13.629	29.220	.000
	Absorber	2.409	1	2.409	5.164	.026
	Week * Package	8.334	10	.833	1.787	.076
	Week * Absorber	1.724	9	.192	.411	.926
	Package * Absorber	4.479	1	4.479	9.603	.003
	Week * Package * Absorber	2.762	5	.552	1.184	.324
	Error	37.315	80	.466		
	Total	29730.957	120			
	Corrected Total	300.302	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	51.725	25	2.069	1.950	.021
	Intercept	26008.744	1	26008.744	24515.196	.000
	Week	19.718	7	2.817	2.655	.020
	Package	3.613	1	3.613	3.405	.071
	Absorber	.002	1	.002	.002	.963
	Week * Package	8.957	6	1.493	1.407	.230
	Week * Absorber	5.297	5	1.059	.999	.428
	Package * Absorber	1.897	1	1.897	1.788	.187
	Week * Package * Absorber	1.063	3	.354	.334	.801
	Error	55.168	52	1.061		
	Total	36378.507	78			
	Corrected Total	106.893	77			

ตารางผนวกที่ ค31 ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis-TBA) ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	TBA (mg/100 g)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	0.49±0.01 <sup>b/A</sup>	0.49±0.01 <sup>d/A</sup>	0.49±0.01 <sup>b/A</sup>	0.49±0.01 <sup>d/A</sup>
1	0.49±0.01 <sup>b/A</sup>	0.49±0.01 <sup>d/A</sup>	0.49±0.00 <sup>b/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/A</sup>
2	0.49±0.01 <sup>b/A</sup>	0.49±0.01 <sup>d/A</sup>	0.49±0.00 <sup>b/A</sup>	0.49±0.01 <sup>d/A</sup>
3	0.53±0.64 <sup>b/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/A</sup>	0.49±0.00 <sup>b/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/A</sup>
4	0.73±0.02 <sup>a/A</sup>	0.64±0.14 <sup>c/A</sup>	0.72±0.01 <sup>a/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/A</sup>
5	0.74±0.04 <sup>a/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/B</sup>	0.64±0.14 <sup>a/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/B</sup>
6	0.77±0.02 <sup>a/A</sup>	0.70±0.06 <sup>bc/AB</sup>	0.64±0.05 <sup>a/B</sup>	0.50±0.03 <sup>d/C</sup>
7	-	0.73±0.01 <sup>b/A</sup>	0.73±0.02 <sup>a/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/B</sup>
8	-	0.73±0.01 <sup>b/A</sup>	0.73±0.01 <sup>a/A</sup>	0.48±0.00 <sup>d/B</sup>
9	-	0.73±0.00 <sup>b/A</sup>	0.73±0.01 <sup>a/A</sup>	0.48±0.01 <sup>d/B</sup>
10	-	0.73±0.00 <sup>b/A</sup>	0.73±0.01 <sup>a/A</sup>	0.66±0.05 <sup>c/B</sup>
11	-	0.97±0.01 <sup>a/A</sup>	-	0.73±0.01 <sup>b/B</sup>
12	-	-	-	1.45±0.03 <sup>a/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓32** ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis-TBA) ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงาน  
ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	TBA (mg/100 g)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	0.24±0.01 <sup>b/A</sup>	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>
1	0.24±0.00 <sup>b/A</sup>	0.24±0.00 <sup>a/A</sup>	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>
2	0.35±0.09 <sup>a/A</sup>	0.24±0.00 <sup>a/B</sup>	0.24±0.01 <sup>a/B</sup>	0.24±0.01 <sup>a/B</sup>
3	0.38±0.04 <sup>a/A</sup>	0.25±0.01 <sup>a/B</sup>	0.24±0.01 <sup>a/B</sup>	0.24±0.01 <sup>a/B</sup>
4	0.24±0.00 <sup>b/A</sup>	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>	0.24±0.00 <sup>a/A</sup>	0.23±0.01 <sup>a/A</sup>
5	-	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>	0.24±0.00 <sup>a/A</sup>	0.23±0.01 <sup>a/A</sup>
6	-	0.24±0.00 <sup>a/A</sup>	0.24±0.00 <sup>a/A</sup>	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>
7	-	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>	-	0.24±0.01 <sup>a/A</sup>
8	-	-	-	0.24±0.00 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓3** การวิเคราะห์ทางสถิติ ค่าความหืน (Thiobarbituric analysis-TBA) ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	4.018	39	.103	72.630	.000
	Intercept	31.412	1	31.412	22147.111	.000
	Week	3.614	11	.329	231.631	.000
	Package	.243	1	.243	171.583	.000
	Absorber	.299	1	.299	210.962	.000
	Week * Package	.187	10	.019	13.211	.000
	Week * Absorber	.191	9	.021	14.958	.000
	Package * Absorber	.001	1	.001	.768	.384
	Week * Package * Absorber	.026	5	.005	3.720	.004
	Error	.113	80	.001		
	Total	50.943	120			
	Corrected Total	4.131	119			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	.089	25	.004	8.799	.000
	Intercept	3.402	1	3.402	8396.301	.000
	Week	.013	7	.002	4.594	.000
	Package	.015	1	.015	36.915	.000
	Absorber	.013	1	.013	32.384	.000
	Week * Package	.013	6	.002	5.343	.000
	Week * Absorber	.010	5	.002	5.062	.001
	Package * Absorber	.011	1	.011	25.923	.000
	Week * Package * Absorber	.011	3	.004	9.357	.000
	Error	.021	52	.000		
	Total	4.896	78			
	Corrected Total	.110	77			

**ตารางผนวกที่ ค34** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือก			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	6.81±0.69 <sup>a/A</sup>	6.81±0.69 <sup>a/A</sup>	6.81±0.69 <sup>a/A</sup>	6.81±0.69 <sup>a/A</sup>
1	5.61±0.78 <sup>b/B</sup>	5.31±0.74 <sup>b/B</sup>	6.37±0.55 <sup>ab/A</sup>	6.33±0.48 <sup>b/A</sup>
2	4.25±0.80 <sup>c/C</sup>	4.79±0.44 <sup>c/B</sup>	5.87±0.40 <sup>b/A</sup>	5.82±0.46 <sup>c/A</sup>
3	4.79±0.48 <sup>c/B</sup>	4.19±0.21 <sup>d/C</sup>	5.13±0.80 <sup>c/AB</sup>	5.49±0.41 <sup>cd/A</sup>
4	-	4.21±0.82 <sup>d/B</sup>	4.72±0.77 <sup>c/AB</sup>	5.32±0.45 <sup>d/A</sup>
5	-	-	4.57±0.75 <sup>c/A</sup>	4.53±0.43 <sup>c/A</sup>
6	-	-	-	4.25±0.38 <sup>c/A</sup>
7	-	-	-	4.16±0.40 <sup>c/A</sup>
8	-	-	-	4.23±0.47 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค35** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กสุตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือก			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	6.64±0.49 <sup>a/A</sup>	6.64±0.49 <sup>a/A</sup>	6.64±0.49 <sup>a/A</sup>	6.64±0.49 <sup>a/A</sup>
1	6.07±0.49 <sup>b/B</sup>	6.50±0.43 <sup>a/A</sup>	6.57±0.33 <sup>a/A</sup>	6.61±0.30 <sup>a/A</sup>
2	5.81±0.49 <sup>b/B</sup>	6.01±0.44 <sup>b/B</sup>	6.53±0.35 <sup>a/A</sup>	6.51±0.44 <sup>ab/A</sup>
3	-	4.95±0.53 <sup>c/B</sup>	6.01±0.48 <sup>b/A</sup>	6.12±0.44 <sup>bc/A</sup>
4	-	5.35±0.47 <sup>d/B</sup>	5.95±0.36 <sup>b/A</sup>	6.09±0.55 <sup>c/A</sup>
5	-	-	5.77±0.40 <sup>b/A</sup>	5.73±0.64 <sup>c/A</sup>
6	-	-	-	4.91±0.44 <sup>d/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓36** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านลักษณะปรากฏส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	176.031	31	5.678	19.849	.000
	Intercept	4440.980	1	4440.980	15523.355	.000
	Block	16.308	11	1.483	5.182	.000
	Week	100.025	7	14.289	49.948	.000
	Package	41.491	1	41.491	145.030	.000
	Absorber	.115	1	.115	.401	.527
	Week * Package	1.787	3	.596	2.082	.103
	Week * Absorber	2.664	4	.666	2.328	.057
	Package * Absorber	.398	1	.398	1.391	.240
	Week * Package * Absorber	3.545	2	1.772	6.195	.002
	Error	62.938	220	.286		
	Total	6748.076	252			
	Corrected Total	238.969	251			
	สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	65.308	28	2.332	12.960
Intercept		5474.092	1	5474.092	30416.716	.000
Block		7.491	11	.681	3.784	.000
Week		43.679	5	8.736	48.540	.000
Package		15.544	1	15.544	86.372	.000
Absorber		1.016	1	1.016	5.646	.019
Week * Package		3.673	3	1.224	6.803	.000
Week * Absorber		.264	4	.066	.366	.832
Package * Absorber		.580	1	.580	3.221	.074
Week * Package * Absorber		.042	1	.042	.232	.631
Error		33.654	187	.180		
Total		7896.097	216			
Corrected Total		98.962	215			

ตารางผนวกที่ ๓๓7 คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ส่วนไส้ของขนมเปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	7.00±0.35 <sup>a/A</sup>	7.00±0.35 <sup>a/A</sup>	7.00±0.35 <sup>a/A</sup>	7.00±0.35 <sup>a/A</sup>
1	6.66±0.33 <sup>b/BC</sup>	6.51±0.30 <sup>b/C</sup>	6.75±0.39 <sup>a/B</sup>	7.02±0.41 <sup>a/A</sup>
2	6.13±0.41 <sup>c/C</sup>	6.48±0.35 <sup>bc/B</sup>	6.35±0.39 <sup>b/B</sup>	6.97±0.38 <sup>a/A</sup>
3	6.15±0.27 <sup>c/BC</sup>	6.23±0.28 <sup>c/B</sup>	6.03±0.35 <sup>bc/C</sup>	6.54±0.37 <sup>b/A</sup>
4	-	5.94±0.29 <sup>d/B</sup>	6.10±0.43 <sup>bc/AB</sup>	6.26±0.41 <sup>bc/A</sup>
5	-	-	5.83±0.36 <sup>c/B</sup>	6.24±0.28 <sup>bc/A</sup>
6	-	-	-	6.05±0.46 <sup>c/A</sup>
7	-	-	-	6.16±0.44 <sup>c/A</sup>
8	-	-	-	6.04±0.38 <sup>c/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค38** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ ส่วนใสของขนมเปียะเล็กสุตรคพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏส่วนใส			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	6.04±0.35 <sup>a/A</sup>	6.04±0.35 <sup>a/A</sup>	6.04±0.35 <sup>a/A</sup>	6.04±0.35 <sup>a/A</sup>
1	5.47±0.42 <sup>b/C</sup>	6.18±0.38 <sup>a/A</sup>	5.87±0.32 <sup>ab/B</sup>	6.26±0.30 <sup>a/A</sup>
2	5.11±0.30 <sup>c/C</sup>	5.57±0.33 <sup>b/B</sup>	5.62±0.30 <sup>b/B</sup>	6.04±0.31 <sup>a/A</sup>
3	-	4.96±0.33 <sup>c/C</sup>	5.14±0.31 <sup>c/B</sup>	5.44±0.32 <sup>b/A</sup>
4	-	4.88±0.31 <sup>c/B</sup>	4.83±0.40 <sup>d/B</sup>	5.02±0.36 <sup>c/A</sup>
5	-	-	4.88±0.33 <sup>cd/B</sup>	5.04±0.32 <sup>c/A</sup>
6	-	-	-	5.14±0.34 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค39** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านลักษณะปรากฏส่วนไส้ของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่  
ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเปียะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean	F	Sig.
		of Squares	df			
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	50.487	31	1.629	32.520	.000
	Intercept	6987.630	1	6987.630	139527.092	.000
	Block	20.014	11	1.819	36.330	.000
	Week	78.257	7	11.180	14.772	.000
	Package	42.093	1	42.093	55.621	.000
	Absorber	7.250	1	7.250	9.580	.002
	Week * Package	1.620	3	.540	.714	.545
	Week * Absorber	.564	4	.141	.186	.945
	Package * Absorber	1.268	1	1.268	1.675	.197
	Week * Package * Absorber	2.193	2	1.096	1.449	.237
	Error	174.818	220	.757		
	Total	7416.374	252			
	Corrected Total	301.821	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	67.014	28	2.393	127.105	.000
	Intercept	4531.342	1	4531.342	240649.160	.000
	Block	18.768	11	1.706	90.613	.000
	Week	63.967	5	12.793	22.523	.000
	Package	8.397	1	8.397	14.783	.000
	Absorber	10.200	1	10.200	17.957	.000
	Week * Package	.293	3	.098	.172	.915
	Week * Absorber	1.965	4	.491	.865	.486
	Package * Absorber	1.520	1	1.520	2.676	.103
	Week * Package * Absorber	.742	1	.742	1.306	.254
	Error	3.521	187	.019		
	Total	6400.021	216			
	Corrected Total	70.535	215			

**ตารางผนวกที่ ค40** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไข่ (สีเหลือง) ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านสีของไข่ (สีเหลือง)			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	6.71±0.61 <sup>a/A</sup>	6.71±0.61 <sup>a/A</sup>	6.71±0.61 <sup>a/A</sup>	6.71±0.61 <sup>a/A</sup>
1	5.21±0.97 <sup>b/C</sup>	5.69±0.94 <sup>b/BC</sup>	5.99±0.91 <sup>b/AB</sup>	6.46±0.85 <sup>a/A</sup>
2	4.88±0.94 <sup>b/C</sup>	5.39±0.88 <sup>b/BC</sup>	5.74±0.90 <sup>b/AB</sup>	6.31±0.79 <sup>a/A</sup>
3	4.75±0.93 <sup>b/BC</sup>	4.50±0.92 <sup>c/C</sup>	5.35±0.91 <sup>bc/B</sup>	6.18±0.95 <sup>a/A</sup>
4	-	3.81±0.81 <sup>d/B</sup>	4.83±0.95 <sup>cd/A</sup>	5.35±0.89 <sup>b/A</sup>
5	-	-	4.55±0.87 <sup>d/A</sup>	4.99±0.82 <sup>b/A</sup>
6	-	-	-	5.16±0.74 <sup>b/A</sup>
7	-	-	-	4.79±0.81 <sup>b/A</sup>
8	-	-	-	4.94±0.79 <sup>b/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค41** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของไข่ (สีเหลือง) ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านสีของไข่ (สีเหลือง)			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	5.40±0.29 <sup>a/A</sup>	5.40±0.29 <sup>a/A</sup>	5.40±0.29 <sup>a/A</sup>	5.40±0.29 <sup>a/A</sup>
1	4.07±0.75 <sup>b/B</sup>	4.97±0.77 <sup>ab/A</sup>	4.94±0.83 <sup>ab/A</sup>	4.98±0.84 <sup>a/A</sup>
2	3.80±0.67 <sup>b/B</sup>	4.41±0.79 <sup>b/AB</sup>	4.40±0.86 <sup>bc/AB</sup>	4.85±0.84 <sup>a/A</sup>
3	-	3.76±0.81 <sup>c/A</sup>	4.09±0.79 <sup>cd/A</sup>	4.05±0.76 <sup>b/A</sup>
4	-	3.76±0.85 <sup>c/A</sup>	3.71±0.58 <sup>d/A</sup>	4.24±0.78 <sup>b/A</sup>
5	-	-	3.07±0.86 <sup>c/B</sup>	3.72±0.65 <sup>b/A</sup>
6	-	-	-	3.08±0.65 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค42** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านสีของไส้ (สีเหลือง) ของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเปียะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean	F	Sig.
		of Squares	df			
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	50.487	31	1.629	32.520	.000
	Intercept	6987.630	1	6987.630	139527.092	.000
	Block	20.014	11	1.819	36.330	.000
	Week	78.257	7	11.180	14.772	.000
	Package	42.093	1	42.093	55.621	.000
	Absorber	7.250	1	7.250	9.580	.002
	Week * Package	1.620	3	.540	.714	.545
	Week * Absorber	.564	4	.141	.186	.945
	Package * Absorber	1.268	1	1.268	1.675	.197
	Week * Package * Absorber	2.193	2	1.096	1.449	.237
	Error	174.818	220	.757		
	Total	7416.374	252			
	Corrected Total	301.821	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	100.062	28	3.574	6.607	.000
	Intercept	2712.926	1	2712.926	5015.913	.000
	Block	11.327	11	1.030	1.904	.041
	Week	63.967	5	12.793	23.654	.000
	Package	8.397	1	8.397	15.525	.000
	Absorber	10.200	1	10.200	18.859	.000
	Week * Package	.293	3	.098	.181	.909
	Week * Absorber	1.965	4	.491	.908	.460
	Package * Absorber	1.520	1	1.520	2.810	.095
	Week * Package * Absorber	.742	1	.742	1.372	.243
	Error	101.142	187	.541		
	Total	3971.564	216			
	Corrected Total	201.203	215			

**ตารางผนวกที่ ค43** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นตัวของนม  
 เปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษา  
 ต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นตัว			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	4.91±0.67 <sup>a/A</sup>	4.91±0.67 <sup>a/A</sup>	4.91±0.67 <sup>a/A</sup>	4.91±0.67 <sup>a/A</sup>
1	3.90±0.82 <sup>b/A</sup>	3.57±0.96 <sup>b/A</sup>	3.93±0.79 <sup>b/A</sup>	3.88±0.75 <sup>b/A</sup>
2	3.75±0.93 <sup>b/A</sup>	3.42±0.82 <sup>b/A</sup>	3.15±0.85 <sup>c/A</sup>	3.75±0.86 <sup>bc/A</sup>
3	2.93±0.67 <sup>c/A</sup>	3.27±0.83 <sup>b/A</sup>	3.15±0.86 <sup>c/A</sup>	3.22±0.84 <sup>cd/A</sup>
4	-	2.89±0.65 <sup>b/A</sup>	2.80±0.68 <sup>c/A</sup>	2.85±0.50 <sup>de/A</sup>
5	-	-	2.78±0.57 <sup>c/A</sup>	2.86±0.71 <sup>de/A</sup>
6	-	-	-	2.72±0.64 <sup>de/A</sup>
7	-	-	-	2.65±0.65 <sup>de/A</sup>
8	-	-	-	2.39±0.62 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค44** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นตัวของ  
ขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษา  
ต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นตัว			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	5.79±0.75 <sup>a/A</sup>	5.79±0.75 <sup>a/A</sup>	5.79±0.75 <sup>a/A</sup>	5.79±0.75 <sup>a/A</sup>
1	4.70±0.55 <sup>b/A</sup>	4.37±0.75 <sup>b/A</sup>	4.42±0.65 <sup>b/A</sup>	4.58±0.60 <sup>b/A</sup>
2	3.14±0.66 <sup>c/B</sup>	3.92±0.66 <sup>bc/A</sup>	4.05±0.66 <sup>bc/A</sup>	4.37±0.73 <sup>bc/A</sup>
3	-	3.77±0.57 <sup>c/A</sup>	3.90±0.64 <sup>bc/A</sup>	3.89±0.63 <sup>cd/A</sup>
4	-	3.79±0.58 <sup>c/A</sup>	3.74±0.75 <sup>c/A</sup>	3.86±0.74 <sup>cd/A</sup>
5	-	-	3.69±0.77 <sup>c/A</sup>	3.67±0.59 <sup>d/A</sup>
6	-	-	-	3.32±0.57 <sup>d/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค45** การวิเคราะห์ทางสถิติคะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านกลิ่นฉุนของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่างๆ

ขนมเปียะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	96.873	31	3.125	5.738	.000
	Intercept	1993.464	1	1993.464	3660.147	.000
	Block	12.198	11	1.109	2.036	.026
	Week	38.198	7	5.457	10.019	.000
	Package	1.763E-7	1	1.763E-7	.000	1.000
	Absorber	.015	1	.015	.027	.870
	Week * Package	.851	3	.284	.521	.669
	Week * Absorber	1.230	4	.307	.565	.689
	Package * Absorber	.939	1	.939	1.725	.190
	Week * Package * Absorber	2.231	2	1.115	2.048	.131
	Error	119.821	220	.545		
	Total	2917.914	252			
	Corrected Total	216.694	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	84.345	28	3.012	7.545	.000
	Intercept	2729.726	1	2729.726	6837.437	.000
	Block	11.846	11	1.077	2.698	.003
	Week	25.445	5	5.089	11.648	.000
	Package	1.704	1	1.704	3.901	.050
	Absorber	.636	1	.636	1.455	.229
	Week * Package	3.410	3	1.137	2.601	.053
	Week * Absorber	2.820	4	.705	1.614	.172
	Package * Absorber	.001	1	.001	.003	.954
	Week * Package * Absorber	1.332	1	1.332	3.050	.082
	Error	86.503	187	.437		
	Total	3708.425	216			
	Corrected Total	159.002	215			

**ตารางผนวกที่ ค46** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นควันเทียนอบ  
ของขนมเป็ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบ			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	7.09±0.89 <sup>a/A</sup>	7.09±0.89 <sup>a/A</sup>	7.09±0.89 <sup>a/A</sup>	7.09±0.89 <sup>a/A</sup>
1	6.55±0.76 <sup>a/A</sup>	5.23±0.74 <sup>b/B</sup>	6.71±0.77 <sup>a/A</sup>	6.11±0.71 <sup>b/A</sup>
2	5.10±0.71 <sup>b/B</sup>	5.04±0.86 <sup>b/B</sup>	5.85±0.84 <sup>b/A</sup>	5.79±0.71 <sup>bc/A</sup>
3	4.37±0.77 <sup>c/C</sup>	4.72±0.80 <sup>b/BC</sup>	5.80±0.46 <sup>b/A</sup>	5.26±0.66 <sup>cd/AB</sup>
4	-	4.62±0.75 <sup>b/B</sup>	5.77±0.59 <sup>b/A</sup>	4.80±0.62 <sup>de/B</sup>
5	-	-	5.12±0.34 <sup>c/A</sup>	4.80±0.62 <sup>de/A</sup>
6	-	-	-	4.33±0.78 <sup>ef/A</sup>
7	-	-	-	4.42±0.69 <sup>ef/A</sup>
8	-	-	-	4.07±0.52 <sup>f/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

ตารางผนวกที่ ค47 คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นควันเทียนอบ  
ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษา  
ต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นควันเทียนอบ			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	6.27±0.78 <sup>a/A</sup>	6.27±0.78 <sup>a/A</sup>	6.27±0.78 <sup>a/A</sup>	6.27±0.78 <sup>a/A</sup>
1	5.10±0.76 <sup>b/A</sup>	4.96±0.60 <sup>b/A</sup>	5.07±0.54 <sup>b/A</sup>	4.63±0.53 <sup>b/A</sup>
2	4.72±0.73 <sup>b/A</sup>	4.34±0.82 <sup>bc/A</sup>	4.55±0.76 <sup>bc/A</sup>	4.32±0.64 <sup>bc/A</sup>
3	-	4.21±0.86 <sup>cd/A</sup>	4.33±0.74 <sup>c/A</sup>	4.22±0.87 <sup>bcd/A</sup>
4	-	3.63±0.85 <sup>d/A</sup>	3.72±0.57 <sup>d/A</sup>	4.18±0.81 <sup>bcd/A</sup>
5	-	-	3.51±0.75 <sup>d/A</sup>	3.74±0.60 <sup>cd/A</sup>
6	-	-	-	3.60±0.69 <sup>d/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค48** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นควันเทียนอบของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา การเก็บรักษาต่างๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	173.870	31	5.609	11.306	.000
	Intercept	5015.375	1	5015.375	10109.955	.000
	Block	6.342	11	.577	1.162	.315
	Week	75.355	7	10.765	21.700	.000
	Package	16.873	1	16.873	34.012	.000
	Absorber	8.968	1	8.968	18.078	.000
	Week * Package	2.560	3	.853	1.720	.164
	Week * Absorber	7.876	4	1.969	3.969	.004
	Package * Absorber	.023	1	.023	.045	.832
	Week * Package * Absorber	3.847	2	1.924	3.878	.022
	Error	109.138	220	.496		
	Total	7390.762	252			
	Corrected Total	283.008	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	107.687	28	3.846	7.771	.000
	Intercept	3223.337	1	3223.337	6512.882	.000
	Block	11.812	11	1.074	2.170	.018
	Week	38.333	5	7.667	15.491	.000
	Package	.050	1	.050	.100	.752
	Absorber	.105	1	.105	.212	.646
	Week * Package	2.138	3	.713	1.440	.233
	Week * Absorber	3.003	4	.751	1.517	.199
	Package * Absorber	.033	1	.033	.066	.798
	Week * Package * Absorber	.300	1	.300	.607	.437
	Error	92.550	187	.495		
	Total	4372.498	216			
	Corrected Total	200.236	215			

**ตารางผนวกที่ ค49** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของ  
ขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นหืน			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	0.27±0.20 <sup>c/A</sup>	0.27±0.20 <sup>c/A</sup>	0.27±0.20 <sup>d/A</sup>	0.27±0.20 <sup>f/A</sup>
1	1.25±0.15 <sup>b/A</sup>	0.84±0.39 <sup>b/B</sup>	0.87±0.30 <sup>c/B</sup>	0.67±0.38 <sup>c/B</sup>
2	1.27±0.50 <sup>b/A</sup>	1.03±0.23 <sup>ab/A</sup>	1.15±0.18 <sup>b/A</sup>	0.91±0.41 <sup>de/A</sup>
3	1.85±0.36 <sup>a/A</sup>	1.14±0.28 <sup>a/BC</sup>	1.35±0.32 <sup>b/B</sup>	1.00±0.17 <sup>cd/C</sup>
4	-	1.21±0.27 <sup>a/B</sup>	1.66±0.49 <sup>a/A</sup>	1.10±0.15 <sup>cd/B</sup>
5	-	-	1.76±0.42 <sup>a/A</sup>	1.25±0.24 <sup>bc/B</sup>
6	-	-	-	1.42±0.29 <sup>b/A</sup>
7	-	-	-	1.51±0.30 <sup>ab/A</sup>
8	-	-	-	1.69±0.45 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๕0** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นหืนของ  
ขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านกลิ่นหืน			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	0.25±0.19 <sup>c/A</sup>	0.25±0.19 <sup>c/A</sup>	0.25±0.19 <sup>d/A</sup>	0.25±0.19 <sup>d/A</sup>
1	0.81±0.36 <sup>b/A</sup>	0.66±0.38 <sup>b/A</sup>	0.58±0.41 <sup>c/AB</sup>	0.36±0.21 <sup>d/B</sup>
2	1.38±0.42 <sup>a/A</sup>	0.73±0.40 <sup>b/B</sup>	0.67±0.42 <sup>bc/B</sup>	0.60±0.45 <sup>c/B</sup>
3	-	0.88±0.38 <sup>b/A</sup>	0.78±0.22 <sup>bc/A</sup>	0.69±0.21 <sup>bc/A</sup>
4	-	1.49±0.14 <sup>a/A</sup>	0.93±0.30 <sup>b/B</sup>	0.80±0.35 <sup>bc/B</sup>
5	-	-	1.36±0.23 <sup>a/A</sup>	0.92±0.33 <sup>b/B</sup>
6	-	-	-	1.29±0.17 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค51** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นหืนของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	36.671	31	1.183	11.280	.000
	Intercept	239.424	1	239.424	2282.967	.000
	Block	1.571	11	.143	1.362	.193
	Week	18.119	7	2.588	24.681	.000
	Package	2.073	1	2.073	19.770	.000
	Absorber	8.360	1	8.360	79.711	.000
	Week * Package	.256	3	.085	.814	.487
	Week * Absorber	1.114	4	.279	2.656	.034
	Package * Absorber	.316	1	.316	3.017	.084
	Week * Package * Absorber	.188	2	.094	.897	.409
	Error	23.072	220	.105		
	Total	423.055	252			
	Corrected Total	59.743	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	25.871	28	.924	9.050	.000
	Intercept	114.953	1	114.953	1125.874	.000
	Block	1.616	11	.147	1.439	.159
	Week	15.030	5	3.006	29.441	.000
	Package	5.651	1	5.651	55.346	.000
	Absorber	2.986	1	2.986	29.248	.000
	Week * Package	1.213	3	.404	3.962	.009
	Week * Absorber	.633	4	.158	1.549	.190
	Package * Absorber	.389	1	.389	3.809	.052
	Week * Package * Absorber	.645	1	.645	6.319	.013
	Error	19.093	187	.102		
	Total	198.265	216			
	Corrected Total	44.964	215			

**ตารางผนวกที่ ค52** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของ  
ส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุ  
ที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของส่วนเปลือก			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	5.82±0.41 <sup>a/A</sup>	5.82±0.41 <sup>a/A</sup>	5.82±0.41 <sup>a/A</sup>	5.82±0.41 <sup>a/A</sup>
1	4.30±0.65 <sup>b/B</sup>	4.39±0.59 <sup>b/B</sup>	4.68±0.42 <sup>b/B</sup>	5.20±0.22 <sup>b/A</sup>
2	4.09±0.69 <sup>b/B</sup>	4.18±0.60 <sup>b/B</sup>	4.16±0.42 <sup>c/B</sup>	4.96±0.44 <sup>bc/A</sup>
3	2.90±0.44 <sup>c/C</sup>	4.06±0.50 <sup>b/B</sup>	4.21±0.40 <sup>c/B</sup>	4.78±0.51 <sup>c/A</sup>
4	-	3.53±0.37 <sup>c/B</sup>	3.63±0.38 <sup>d/B</sup>	4.33±0.54 <sup>d/A</sup>
5	-	-	3.18±0.57 <sup>e/B</sup>	4.10±0.32 <sup>d/A</sup>
6	-	-	-	4.07±0.48 <sup>de/A</sup>
7	-	-	-	3.76±0.44 <sup>e/A</sup>
8	-	-	-	3.73±0.40 <sup>e/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค53** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของ  
ส่วนเปลือกของขนมเปี๊ยะเล็กสุตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของส่วนเปลือก			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	5.35±0.35 <sup>a/A</sup>	5.35±0.35 <sup>a/A</sup>	5.35±0.35 <sup>a/A</sup>	5.35±0.35 <sup>a/A</sup>
1	4.36±0.66 <sup>b/A</sup>	4.32±0.68 <sup>b/A</sup>	4.35±0.71 <sup>b/A</sup>	4.47±0.73 <sup>b/A</sup>
2	3.37±0.65 <sup>c/B</sup>	3.97±0.37 <sup>bc/A</sup>	4.32±0.48 <sup>bc/A</sup>	4.38±0.55 <sup>bc/A</sup>
3	-	3.66±0.59 <sup>c/B</sup>	3.91±0.49 <sup>cd/AB</sup>	4.32±0.45 <sup>bcd/A</sup>
4	-	3.62±0.59 <sup>c/A</sup>	3.89±0.53 <sup>cd/A</sup>	3.97±0.31 <sup>cd/A</sup>
5	-	-	3.84±0.35 <sup>d/A</sup>	3.93±0.63 <sup>cd/A</sup>
6	-	-	-	3.90±0.56 <sup>d/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค54** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านความนุ่มของส่วนเปลือกของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่  
ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	108.322	31	3.494	15.263	.000
	Intercept	3080.582	1	3080.582	13456.179	.000
	Block	2.567	11	.233	1.020	.430
	Week	52.354	7	7.479	32.670	.000
	Package	19.133	1	19.133	83.573	.000
	Absorber	15.881	1	15.881	69.371	.000
	Week * Package	2.259	3	.753	3.290	.022
	Week * Absorber	2.430	4	.608	2.654	.034
	Package * Absorber	.334	1	.334	1.461	.228
	Week * Package * Absorber	2.807	2	1.404	6.131	.003
	Error	50.366	220	.229		
	Total	4587.603	252			
	Corrected Total	158.688	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	45.423	28	1.622	5.606	.000
	Intercept	2712.431	1	2712.431	9373.379	.000
	Block	6.265	11	.570	1.968	.034
	Week	12.471	5	2.494	8.619	.000
	Package	6.513	1	6.513	22.506	.000
	Absorber	1.674	1	1.674	5.784	.017
	Week * Package	2.807	3	.936	3.234	.024
	Week * Absorber	.990	4	.248	.856	.492
	Package * Absorber	.207	1	.207	.716	.399
	Week * Package * Absorber	.756	1	.756	2.613	.108
	Error	54.113	187	.289		
	Total	3741.821	216			
	Corrected Total	99.536	215			

**ตารางผนวกที่ ค55** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของ  
ส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของส่วนไส้			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	6.94±0.47 <sup>a/A</sup>	6.94±0.47 <sup>a/A</sup>	6.94±0.47 <sup>a/A</sup>	6.94±0.47 <sup>a/A</sup>
1	5.34±0.53 <sup>b/B</sup>	5.07±0.60 <sup>b/B</sup>	5.35±0.40 <sup>b/B</sup>	6.28±0.45 <sup>b/A</sup>
2	4.49±0.68 <sup>c/C</sup>	4.98±0.46 <sup>b/B</sup>	5.07±0.39 <sup>b/B</sup>	5.89±0.42 <sup>c/A</sup>
3	4.15±0.44 <sup>c/C</sup>	4.24±0.37 <sup>c/C</sup>	4.67±0.57 <sup>c/B</sup>	5.36±0.41 <sup>d/A</sup>
4	-	4.17±0.45 <sup>c/B</sup>	4.30±0.51 <sup>cd/B</sup>	5.08±0.38 <sup>de/A</sup>
5	-	-	4.23±0.58 <sup>d/B</sup>	5.23±0.35 <sup>d/A</sup>
6	-	-	-	4.71±0.45 <sup>ef/A</sup>
7	-	-	-	4.61±0.48 <sup>f/A</sup>
8	-	-	-	4.22±0.45 <sup>g/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค56** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความนุ่มของ  
ส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กสุตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่างๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านความนุ่มของส่วนไส้			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	5.57±0.45 <sup>a/A</sup>	5.57±0.45 <sup>a/A</sup>	5.57±0.45 <sup>a/A</sup>	5.57±0.45 <sup>a/A</sup>
1	4.47±0.41 <sup>b/C</sup>	5.08±0.43 <sup>b/AB</sup>	4.82±0.50 <sup>b/BC</sup>	5.26±0.40 <sup>a/A</sup>
2	4.26±0.52 <sup>b/B</sup>	4.51±0.32 <sup>c/AB</sup>	4.50±0.48 <sup>b/AB</sup>	4.86±0.39 <sup>b/A</sup>
3	-	3.84±0.46 <sup>d/B</sup>	4.46±0.37 <sup>b/A</sup>	4.55±0.31 <sup>b/A</sup>
4	-	3.83±0.34 <sup>d/A</sup>	4.00±0.41 <sup>c/A</sup>	4.20±0.36 <sup>c/A</sup>
5	-	-	3.91±0.52 <sup>c/A</sup>	3.91±0.49 <sup>c/A</sup>
6	-	-	-	4.01±0.52 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค57** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านความนุ่มของส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่  
ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	132.663	31	4.279	18.664	.000
	Intercept	4368.609	1	4368.609	19052.561	.000
	Block	1.739	11	.158	.690	.748
	Week	63.075	7	9.011	39.298	.000
	Package	19.883	1	19.883	86.716	.000
	Absorber	11.192	1	11.192	48.811	.000
	Week * Package	.476	3	.159	.692	.558
	Week * Absorber	.902	4	.225	.983	.417
	Package * Absorber	4.580	1	4.580	19.973	.000
	Week * Package * Absorber	1.194	2	.597	2.603	.076
	Error	50.444	220	.229		
	Total	6403.958	252			
	Corrected Total	183.108	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	55.863	28	1.995	10.817	.000
	Intercept	3127.159	1	3127.159	16954.062	.000
	Block	2.470	11	.225	1.217	.278
	Week	31.966	5	6.393	34.661	.000
	Package	4.746	1	4.746	25.732	.000
	Absorber	2.565	1	2.565	13.907	.000
	Week * Package	.784	3	.261	1.417	.239
	Week * Absorber	1.066	4	.266	1.444	.221
	Package * Absorber	.005	1	.005	.029	.864
	Week * Package * Absorber	.111	1	.111	.600	.439
	Error	34.492	187	.184		
	Total	4358.621	216			
	Corrected Total	90.355	215			

**ตารางผนวกที่ ค58** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนของ  
ส่วนไส้ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุ  
ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของส่วนไส้			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	2.90±0.58 <sup>c/A</sup>	2.90±0.58 <sup>c/A</sup>	2.90±0.58 <sup>d/A</sup>	2.90±0.58 <sup>b/A</sup>
1	3.72±0.59 <sup>b/A</sup>	3.11±0.43 <sup>c/B</sup>	3.56±0.60 <sup>c/A</sup>	2.82±0.48 <sup>b/B</sup>
2	4.15±0.53 <sup>ab/A</sup>	4.40±0.56 <sup>b/A</sup>	4.04±0.50 <sup>b/A</sup>	2.99±0.53 <sup>b/B</sup>
3	4.34±0.49 <sup>a/A</sup>	4.60±0.44 <sup>ab/A</sup>	4.18±0.49 <sup>b/A</sup>	3.04±0.60 <sup>b/B</sup>
4	-	4.90±0.46 <sup>a/A</sup>	4.22±0.42 <sup>b/B</sup>	3.03±0.56 <sup>b/C</sup>
5	-	-	4.81±0.51 <sup>a/A</sup>	3.23±0.52 <sup>b/B</sup>
6	-	-	-	4.24±0.37 <sup>a/A</sup>
7	-	-	-	4.21±0.38 <sup>a/A</sup>
8	-	-	-	4.23±0.41 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค59** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความร่วนของ  
ส่วน ใสของขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลา  
การเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านความร่วนของส่วน ใส			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	4.10±0.55 <sup>c/A</sup>	4.10±0.55 <sup>b/A</sup>	4.10±0.55 <sup>bc/A</sup>	4.10±0.55 <sup>d/A</sup>
1	4.55±0.28 <sup>b/A</sup>	3.72±0.37 <sup>c/B</sup>	4.00±0.41 <sup>c/B</sup>	3.86±0.45 <sup>cd/B</sup>
2	5.05±0.31 <sup>a/A</sup>	4.98±0.45 <sup>a/A</sup>	4.37±0.41 <sup>b/B</sup>	4.34±0.48 <sup>c/B</sup>
3	-	5.08±0.41 <sup>a/A</sup>	4.80±0.48 <sup>a/A</sup>	4.37±0.31 <sup>c/B</sup>
4	-	5.00±0.39 <sup>a/A</sup>	4.79±0.31 <sup>a/A</sup>	4.80±0.39 <sup>b/A</sup>
5	-	-	5.13±0.41 <sup>a/A</sup>	4.89±0.35 <sup>b/A</sup>
6	-	-	-	5.43±0.22 <sup>a/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มี  
ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓60** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านความร่วนของส่วนไส้ของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุ ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		Sig.
		of Squares	df	Square	F	
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	113.224	31	3.652	15.220	.000
	Intercept	2701.397	1	2701.397	11256.856	.000
	Block	5.501	11	.500	2.084	.023
	Week	58.315	7	8.331	34.715	.000
	Package	24.778	1	24.778	103.250	.000
	Absorber	19.594	1	19.594	81.650	.000
	Week * Package	5.543	3	1.848	7.699	.000
	Week * Absorber	2.215	4	.554	2.308	.059
	Package * Absorber	8.056	1	8.056	33.570	.000
	Week * Package * Absorber	3.023	2	1.512	6.299	.002
	Error	52.795	220	.240		
	Total	3888.518	252			
	Corrected Total	166.019	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	52.312	28	1.868	13.060	.000
	Intercept	3412.129	1	3412.129	23852.286	.000
	Block	4.128	11	.375	2.624	.004
	Week	39.330	5	7.866	54.987	.000
	Package	7.788	1	7.788	54.444	.000
	Absorber	3.254	1	3.254	22.746	.000
	Week * Package	2.333	3	.778	5.437	.001
	Week * Absorber	1.842	4	.461	3.220	.014
	Package * Absorber	.801	1	.801	5.601	.019
	Week * Package * Absorber	.642	1	.642	4.487	.035
	Error	26.751	187	.143		
	Total	4696.478	216			
	Corrected Total	79.063	215			

ตารางผนวกที่ ๑๖1 คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของขนม  
เปียะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านรสหวาน			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	6.28±0.40 <sup>a/A</sup>	6.28±0.40 <sup>a/A</sup>	6.28±0.40 <sup>a/A</sup>	6.28±0.40 <sup>a/A</sup>
1	5.86±0.38 <sup>b/A</sup>	5.84±0.38 <sup>b/A</sup>	5.79±0.24 <sup>b/A</sup>	5.73±0.43 <sup>b/A</sup>
2	5.20±0.40 <sup>c/A</sup>	5.18±0.27 <sup>c/A</sup>	5.23±0.49 <sup>c/A</sup>	5.21±0.37 <sup>c/A</sup>
3	4.64±0.22 <sup>d/A</sup>	4.62±0.44 <sup>d/A</sup>	4.65±0.35 <sup>d/A</sup>	4.64±0.43 <sup>d/A</sup>
4	-	4.40±0.40 <sup>d/A</sup>	4.65±0.38 <sup>d/A</sup>	4.64±0.36 <sup>d/A</sup>
5	-	-	4.56±0.46 <sup>d/A</sup>	4.59±0.42 <sup>d/A</sup>
6	-	-	-	4.39±0.39 <sup>d/A</sup>
7	-	-	-	4.36±0.37 <sup>d/A</sup>
8	-	-	-	3.75±0.39 <sup>e/A</sup>

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๑๖2** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวานของขนมเปียะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านรสหวาน			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	5.22±0.30 <sup>a/A</sup>	5.22±0.30 <sup>a/A</sup>	5.22±0.30 <sup>a/A</sup>	5.22±0.30 <sup>a/A</sup>
1	4.78±0.39 <sup>b/A</sup>	4.69±0.40 <sup>bc/A</sup>	4.68±0.39 <sup>bc/A</sup>	4.68±0.36 <sup>bc/A</sup>
2	4.73±0.43 <sup>b/A</sup>	4.93±0.34 <sup>ab/A</sup>	4.83±0.29 <sup>b/A</sup>	4.91±0.27 <sup>b/A</sup>
3	-	4.40±0.37 <sup>c/A</sup>	4.44±0.41 <sup>c/A</sup>	4.45±0.40 <sup>c/A</sup>
4	-	3.88±0.39 <sup>d/A</sup>	3.96±0.35 <sup>d/A</sup>	3.97±0.39 <sup>d/A</sup>
5	-	-	3.85±0.27 <sup>d/A</sup>	3.84±0.33 <sup>d/A</sup>
6	-	-	-	3.45±0.30 <sup>e/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๓63** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านรสหวานของขนมเปียะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บ  
รักษาต่าง ๆ

ขนมเปียะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	101.554	31	3.276	22.916	.000
	Intercept	4398.123	1	4398.123	30765.398	.000
	Block	2.704	11	.246	1.720	.070
	Week	66.021	7	9.432	65.975	.000
	Package	.049	1	.049	.342	.559
	Absorber	.005	1	.005	.038	.846
	Week * Package	.404	3	.135	.943	.421
	Week * Absorber	.016	4	.004	.028	.998
	Package * Absorber	.001	1	.001	.004	.953
	Week * Package * Absorber	.006	2	.003	.019	.981
	Error	31.450	220	.143		
	Total	6339.256	252			
	Corrected Total	133.005	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	51.050	28	1.823	14.851	.000
	Intercept	3089.376	1	3089.376	25164.966	.000
	Block	2.470	11	.225	1.829	.052
	Week	33.292	5	6.658	54.237	.000
	Package	.021	1	.021	.168	.682
	Absorber	.030	1	.030	.245	.621
	Week * Package	.101	3	.034	.274	.844
	Week * Absorber	.202	4	.050	.411	.801
	Package * Absorber	.003	1	.003	.022	.882
	Week * Package * Absorber	.068	1	.068	.552	.459
	Error	22.957	187	.123		
	Total	4308.999	216			
	Corrected Total	74.007	215			

**ตารางผนวกที่ ๓64** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม  
ของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรควบคุม (สูตร A) ในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บ  
รักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับโดยรวม			
	Con+ON/PE	Con+ON/PE+O	Con+KON/PE	Con+KON/PE+O
0	7.95±0.68 <sup>a/A</sup>	7.95±0.68 <sup>a/A</sup>	7.95±0.68 <sup>a/A</sup>	7.95±0.68 <sup>a/A</sup>
1	7.09±0.71 <sup>b/B</sup>	7.29±0.50 <sup>b/AB</sup>	7.79±0.75 <sup>ab/A</sup>	7.75±0.56 <sup>ab/A</sup>
2	6.19±0.69 <sup>c/B</sup>	7.46±0.70 <sup>ab/A</sup>	7.25±0.76 <sup>bc/A</sup>	7.27±0.63 <sup>bc/A</sup>
3	5.97±0.65 <sup>c/B</sup>	6.07±0.71 <sup>c/B</sup>	7.06±0.65 <sup>c/A</sup>	7.10±0.71 <sup>c/A</sup>
4	-	5.60±0.52 <sup>c/B</sup>	6.32±0.68 <sup>d/A</sup>	6.77±0.67 <sup>cd/A</sup>
5	-	-	5.93±0.55 <sup>d/B</sup>	6.50±0.44 <sup>d/A</sup>
6	-	-	-	6.11±0.60 <sup>ef/A</sup>
7	-	-	-	5.66±0.55 <sup>fg/A</sup>
8	-	-	-	5.52±0.56 <sup>g/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ๑๖5** คะแนนความเข้มเฉลี่ยของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับ โดยรวมของขนมเปี๊ยะเล็กสูตรลดพลังงานในภาชนะบรรจุที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	คะแนนความเข้มเฉลี่ยด้านการยอมรับ โดยรวม			
	Re+ON/PE	Re+ON/PE+O	Re+KON/PE	Re+KON/PE+O
0	7.43±0.72 <sup>a/A</sup>	7.43±0.72 <sup>a/A</sup>	7.43±0.72 <sup>a/A</sup>	7.43±0.72 <sup>a/A</sup>
1	6.81±0.53 <sup>b/A</sup>	7.35±0.67 <sup>a/A</sup>	7.19±0.69 <sup>ab/A</sup>	7.49±0.64 <sup>a/A</sup>
2	5.50±0.38 <sup>c/C</sup>	6.61±0.73 <sup>b/B</sup>	6.72±0.68 <sup>bc/B</sup>	7.31±0.58 <sup>a/A</sup>
3	-	5.97±0.51 <sup>c/B</sup>	6.46±0.69 <sup>c/AB</sup>	6.99±0.73 <sup>ab/A</sup>
4	-	5.52±0.44 <sup>c/C</sup>	6.39±0.36 <sup>c/B</sup>	6.58±0.37 <sup>b/A</sup>
5	-	-	5.56±0.56 <sup>d/B</sup>	6.04±0.37 <sup>c/A</sup>
6	-	-	-	5.76±0.49 <sup>c/A</sup>

**หมายเหตุ** ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์เล็ก) ในแนวตั้ง หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของสัปดาห์ในตัวอย่างเดียวกัน  
 ตัวอักษรที่ต่างกัน (ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่) ในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ของตัวอย่างในสัปดาห์เดียวกัน

**ตารางผนวกที่ ค66** การวิเคราะห์ทางสถิติ คะแนนความเข้มแข็งของคุณภาพทางประสาทสัมผัส  
ด้านการยอมรับโดยรวมของขนมเป็ยะเล็กทั้ง 2 สูตรในภาชนะบรรจุที่  
ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ

ขนมเป็ยะเล็ก	Source	Type III Sum		Mean		
		of Squares	df	Square	F	Sig.
สูตรควบคุม (สูตร A)	Corrected Model	146.833	31	4.737	11.669	.000
	Intercept	7629.042	1	7629.042	18794.960	.000
	Block	4.796	11	.436	1.074	.383
	Week	107.986	7	15.427	38.005	.000
	Package	27.025	1	27.025	66.579	.000
	Absorber	6.919	1	6.919	17.045	.000
	Week * Package	5.048	3	1.683	4.146	.007
	Week * Absorber	4.502	4	1.125	2.773	.028
	Package * Absorber	2.392	1	2.392	5.893	.016
	Week * Package * Absorber	2.468	2	1.234	3.040	.050
	Error	89.300	220	.406		
	Total	11537.829	252			
	Corrected Total	236.133	251			
สูตรลด พลังงาน	Corrected Model	105.637	28	3.773	12.574	.000
	Intercept	6514.407	1	6514.407	21711.631	.000
	Block	10.007	11	.910	3.032	.001
	Week	70.590	5	14.118	47.053	.000
	Package	22.172	1	22.172	73.895	.000
	Absorber	12.055	1	12.055	40.179	.000
	Week * Package	5.293	3	1.764	5.881	.001
	Week * Absorber	1.526	4	.382	1.272	.283
	Package * Absorber	.882	1	.882	2.938	.088
	Week * Package * Absorber	.116	1	.116	.387	.534
	Error	56.108	187	.300		
	Total	9397.272	216			
	Corrected Total	161.745	215			

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวธีรนุช ฉายศิริโชติ
เกิดวันที่	9 ตุลาคม 2516
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ศศ.บ. (ศึกษาศาสตร์-คหกรรมศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คศ.บ. (โภชนาการชุมชน) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช คศ.บ. (ธุรกิจอาหาร) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช คศ.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	หลักสูตรคหกรรมศาสตร์ โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาบุคลากร มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต