

# ผลของแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดทอด

## Effect of Jackfruit Seed Starch on Deep-Fried Snack Product Qualities

รศพร เจียมจริยธรรม\*

Rossaporn Jiamjariyatam\*

ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Department of Home Economics, Faculty of Science, Srinakharinwirot University

Received : 13 September 2017

Accepted : 21 December 2017

Published online : 9 January 2018

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว และศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดทอด จากการสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด ได้แก่ ความกรอบและความพอง ปัจจัยที่ค้ำประกันการตัดสินใจเลือกซื้อขนมขบเคี้ยวได้แก่ ความเค็ม และปริมาณน้ำมัน/ไขมัน ส่วนผสมที่ผู้บริโภคคาดหวังให้เติมลงในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดใหม่ได้แก่ แครอท และผู้บริโภคร้อยละ 77 มีความสนใจในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุน การศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยแปรอัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนที่ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคของขนมขบเคี้ยว พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทำให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีจำนวนและขนาดของโพรงอากาศลดลง ทางด้านคุณภาพเคมีพบว่าเมื่อปริมาณสตาร์ชเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0 เป็น ร้อยละ 75 ขนมขบเคี้ยวมีปริมาณน้ำมันลดลงจากร้อยละ 27.49 เป็นร้อยละ 19.55 จากการทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวพบว่าคะแนนความแข็งด้านความแข็ง และความกรอบของขนมขบเคี้ยวเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณสตาร์ชเมล็ดขนุนเพิ่มขึ้น ( $p \leq 0.05$ ) แต่ส่งผลให้ขนมขบเคี้ยวมีการอมน้ำมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) จากการทดสอบความชอบของผู้ทดสอบด้วย 7-point hedonic scale พบว่า ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่เตรียมโดยใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 75:25 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด

**คำสำคัญ :** ขนมขบเคี้ยว แป้งเมล็ดขนุน ความกรอบ การอมน้ำมัน

\*Corresponding author. E-mail : rossaporn@g.swu.ac.th

## Abstract

The purpose of this study was to survey the attitude to consumer on snack product and investigate the effect of jackfruit seed starch on deep-fried snack product qualities. From consumer survey, the impact textural characteristics affecting purchase decision were crispness and puffiness. Saltiness and lipid or oil content affected purchasing behavior. Carrot was ingredient that consumer expected to add in developed snack. The 77% consumer demanded the developed snack from jackfruit seed starch. The effect of jackfruit seed starch on snack product quality was investigated by varying the ratios of wheat flour to jackfruit seed starch at 100:0, 75: 25, 50:50 and 25: 75. From microstructure analysis of snacks, it was found that, the amount of jackfruit flour increased, the number and size of air cell of snack products decreased. In terms of chemical quality, increasing jackfruit seed starch content of 0% to 75%, the oil content decreased from 27.49% to 19.55%. From sensory attributes analysis, the hardness and crispness of snack product increased as jackfruit seed starch increased ( $p \leq 0.05$ ) but significantly decreased oil absorption of snack product ( $p \leq 0.05$ ). From consumer acceptance using 7-point hedonic scale, the snack product prepared from the ratios of wheat flour to jackfruit seed starch at 75:25 received the highest overall acceptance score.

**Keywords :** snack, jackfruit seed starch, crispness, oil absorption

## บทนำ

เมล็ดขนุนเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการบริโภคเนื้อขนุน ซึ่งเมล็ดขนุนเป็นส่วนที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงประมาณร้อยละ 60-80 รวมทั้งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 13.50 และใยอาหารร้อยละ 3.19 (Ocloo *et al.*, 2010) แต่มีปริมาณไขมันต่ำ (Tulyathan *et al.*, 2002) อีกทั้งยังมีปริมาณแอมิโลสที่สูงร้อยละ 26-38 (Kittipongpatana & Kittipongpatana, 2011; Zhang *et al.*, 2016) ปัจจุบันขนมขบเคี้ยวเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในตลาด โดยมีกรรมวิธีการผลิตจากการทอด การอบ หรือการย่าง โดยกลุ่มที่นิยมมากที่สุดคือขนมขบเคี้ยวที่ทอดน้ำมันท่วม (Blanford, 1982) สำหรับการทอดน้ำมันท่วม ในระหว่างการทอดอาหารจะได้รับความร้อน โดยมีน้ำมันถ่ายเทความร้อนซึ่งส่งผลทำให้น้ำภายในผลิตภัณฑ์อาหารมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเดือดได้ จากนั้นน้ำภายในผลิตภัณฑ์จะระเหยจากภายในออกสู่ภายนอกซึ่งจะดันผนังของผลิตภัณฑ์อาหารและสร้างเป็นโพรงอากาศภายในผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำความชื้นหรือน้ำในผลิตภัณฑ์อาหารออกจากผลิตภัณฑ์และมีลักษณะกรอบ ในขณะที่น้ำมันสามารถแทรกผ่านจากพื้นผิวด้านนอกเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ (Gamble *et al.*, 1987; Saguy & Pinthus, 1995; Southern *et al.*, 2000) โดยปัจจัยหนึ่งในการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์อาหารมาจากโครงสร้างภายในเมล็ดแป้ง (Roger, 1990; Shi & Daigle, 1999; Yokoyama, 2004; Dogan *et al.*, 2005a; Dogan *et al.*, 2005b) ซึ่งแป้งที่มีปริมาณแอมิโลสที่สูงจะทำให้ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง อีกทั้งช่วยให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวมีความกรอบเพิ่มขึ้น (Jiamjariyatam *et al.*, 2015) อัตราส่วนของแอมิโลสต่อแอมิโลเพกตินมีผลต่ออัตราการพองตัว, ปริมาตรและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว กล่าวคือแอมิโลเพกตินจะช่วยให้อัตราการพองตัว มีน้ำหนักเบา ส่วนแอมิโลสจะลดการพองตัวหรือทำให้ปริมาตรจำเพาะลดลง แต่จะไปช่วยลดการดูดซับน้ำมันระหว่างทอด ผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดจะต้องมีปริมาณแอมิโลสและแอมิโลเพกตินในแป้ง

ในอัตราส่วนที่เหมาะสมแตกต่างกันไป แป้งที่มีแอมิโลสร้อยละ 5 – 20 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติตามต้องการ คือ มีการพองตัวดี และไม่ดูดซับน้ำมันมากเกินไป ในกรณีวัตถุดิบมีปริมาณแอมิโลสมากกว่าร้อยละ 50 จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแน่นพองตัวได้ยากและแข็งกรอบ แป้งมีแอมิโลเพกตินสูงจะทำให้เจลแป้งมีลักษณะเหนียวและยืดออกได้ดี เมื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจะพองตัวออกได้มาก เมื่อสัมผัสกับอากาศจะอ่อนตัวและไม่กรอบ ซึ่งมีผลต่อการดูดซับน้ำมันในการทอดด้วยการพองตัวยิ่งมาก การดูดซับน้ำมันจะเพิ่มมากขึ้น (Jiamjariyatam & Atiwittaporn, 2016) แป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณแอมิโลสร้อยละ 29.7 และมีแป้งทนย่อยที่สูง (Resistant starch) ร้อยละ 30 (Kittipongpatana & Kittipongpatana, 2015) เมื่อแป้งมีปริมาณแอมิโลสสูงจะทำให้ลดการดูดซับน้ำมันและการพองตัว แต่จะให้ความกรอบเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ทอด (Sajjaanantakul, 2003) ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวและศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนที่มีต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดทอด

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### 1. การสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของตัวแทนกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ดำเนินการสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของตัวแทนกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสร้างกรอบแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค เก็บข้อมูลจากการทำแบบสอบถามตัวแทนกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายในการศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) จำนวน 48 คน ไม่จำกัดเพศ อายุระหว่าง 15-40 ปี ณ บริเวณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร โดยในเนื้อหาของแบบสอบถามได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ทำแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 พฤติกรรมของผู้บริโภคและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว และส่วนที่ 3 ลักษณะผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ตัวแทนกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายต้องการ

#### 2. การสกัดแป้งเมล็ดขนุน

นำเมล็ดขนุนพันธุ์ทองประเสริฐมาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นสกัดแป้งเมล็ดขนุนตามวิธีของ Rengsutthi & Charoenrein (2011) โดยใช้น้ำต่อเมล็ดขนุน 3 ต่อ 1 ส่วน นำไปบดและกรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 200 mesh จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณความชื้น 9.15 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณโปรตีน 6.61 ไขมัน 1.09 ใยอาหารและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 0.09, 0.02, 0.03, 0.25 และ 99.04 กรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

#### 3. การศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

จากการสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวซึ่งพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความสนใจแครอทในการเติมเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว ในงานวิจัยนี้จึงใช้แครอทเป็นส่วนผสมในการผลิต จากผลการทดลองเบื้องต้น พบว่า สามารถแปรปริมาณแครอทได้ในช่วงร้อยละ 0-30 จึงจะสามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ จึงกำหนดปริมาณส่วนผสมโดยแปรแป้งสาลีต่อแครอทที่ 4 ระดับ ได้แก่ 100:0, 85:15, 75:25 และ 70:30 โดยควบคุมปริมาณน้ำมันพืชและน้ำค่างที่ร้อยละ 20 และ 25 ตามลำดับ โดยปั่นแครอทเข้ากับน้ำสะอาด นำแครอทปั่นมาขนาดกบแป้งและน้ำมันพักแป้งโด 15 นาที จากนั้นนึ่งแป้งโดให้มีขนาดกว้าง 0.5 เซนติเมตร ยาว 5 เซนติเมตร และหนา 0.5 เซนติเมตร แช่แป้งโดในตู้แช่เยือกแข็ง อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และนำไปทอดที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที คัดเลือกสูตรพื้นฐานที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดด้วย 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบ

ปานกลาง, 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 4 = เฉยๆ, 5 = ชอบเล็กน้อย, 6 = ชอบปานกลาง และ 7 = ชอบมาก) โดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน เพื่อหาอัตราส่วนของแป้งต่อแครอทที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

#### 4. การศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีและแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพทางกายภาพ, เคมี และทางประสาทสัมผัส

กำหนดปริมาณแป้งสาลี : แป้งเมล็ดขนุนที่ 4 ระดับ ได้แก่ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 โดยใช้ปริมาณน้ำมัน ร้อยละ 20 และน้ำคั่งที่ร้อยละ 25 โดยใช้ปริมาณแครอทที่ร้อยละ 25 ของน้ำหนักแป้งผสมทั้งหมด ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนี้

##### 4.1 คุณภาพทางกายภาพ

ศึกษาลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยใช้เครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) (JEOL: JSM-5800LV; Jeol Ltd., Tokyo, Japan) เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์โดยดูทั้งส่วนของพื้นผิวและส่วนตัดขวางของผลิตภัณฑ์

##### 4.2 คุณภาพทางเคมี

ศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนต่อปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว โดยนำผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากทอดมาทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน โดยใช้วิธี Soxhlet's method (AOAC, 1990) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

##### 4.3 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

กำหนดคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และอธิบายคำศัพท์ โดยคุณลักษณะที่นำมาใช้ในการทดสอบ คือ ความแข็ง (Hardness) ความกรอบ (Crispness) และการอมน้ำมัน (Oil absorption) ทำการวัดความเข้มของประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ผู้ทดสอบเป็นนิสิตภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวโดยพัฒนาคำศัพท์ ได้แก่ ความแข็ง ความกรอบ ความเปราะ ความร่วน และการอมน้ำมัน และคัดเลือกคำศัพท์ที่ใช้สำหรับทดสอบผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ความแข็ง ความกรอบ และการอมน้ำมัน จากนั้นฝึกฝนผู้ทดสอบเป็นเวลา 36 ชั่วโมง และให้ผู้ทดสอบประเมินความเข้มของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากสเกล 0 – 15 (น้อยถึงมาก) โดยมีตัวอย่างอ้างอิงในแต่ละคุณลักษณะเป็นผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดที่แสดงคุณลักษณะนั้นๆ ของผลิตภัณฑ์ ทางด้านความแข็งประเมินจากแรงที่ใช้ในการทำให้อย่างแตกด้วยฟันกราม และประเมินความกรอบจากเสียงที่ได้ยินขณะกัดผลิตภัณฑ์ด้วยฟันหน้า

##### 5. การทดสอบความชอบ

ทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ซึ่งเป็นการศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) โดยให้คะแนนความชอบด้วย 7-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมาก, 2 = ไม่ชอบปานกลาง, 3 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 4 = เฉยๆ, 5 = ชอบเล็กน้อย, 6 = ชอบปานกลาง และ 7 = ชอบมาก) ทำการทดสอบชิมขนมขบเคี้ยวที่ใช้แป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุน เพื่อหาสูตรขนมขบเคี้ยวที่ผู้ทดสอบชอบมากที่สุด โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design (RCBD)

##### 6. วิเคราะห์ผลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

## ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของตัวแทนกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

จากการสำรวจพฤติกรรม และทัศนคติของตัวแทนกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย จำนวน 48 คน อายุระหว่าง 15 – 40 ปี ณ บริเวณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ทำให้ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

ปัจจัย	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	28	58
ชาย	20	42
อายุ		
15 - 20 ปี	12	25
21 - 26 ปี	12	25
27 - 32 ปี	12	25
33 - 40 ปี	12	25

ตารางที่ 2 พฤติกรรมการบริโภคและทัศนคติในการบริโภคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในท้องตลาด

พฤติกรรม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ความถี่ในการบริโภค		
1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	16	33
3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	13	27
5-6 ครั้งต่อสัปดาห์	6	13
> 6 ครั้งต่อสัปดาห์	9	19
อื่นๆ	4	8
ลักษณะเนื้อสัมผัสที่ผู้บริโภคใช้พิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว		
ความกรอบ	39	81
ความพอง	4	8
ความแข็ง	1	2
ความร่วน	1	2
ความเหนียว	3	6
ปัจจัยในการเลือกซื้อขนมขบเคี้ยวในท้องตลาด		
คุณค่าทางสารอาหาร	5	10
ปริมาณน้ำมัน	6	13
ความเค็ม	36	75
ลักษณะเนื้อสัมผัส	1	2

**ตารางที่ 3** ความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาใหม่

ปัจจัยที่ต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ส่วนผสมที่ต้องการเดิม		
มะเขือเทศ	8	35
แครอท	12	55
พื้กทอง	1	5
หอมหัวใหญ่	1	5
คุณค่าทางสารอาหารที่ต้องการ		
ไขมันต่ำ	31	65
น้ำตาลต่ำ	10	21
โซเดียมต่ำ	6	12
ผงชูรสต่ำ	1	2
ปัจจัยในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นใหม่		
ลักษณะปรากฏ	5	10
รสชาติ	24	50
รูปร่าง	1	2
ส่วนผสม	5	10
คุณค่าทางสารอาหาร	13	27
สนใจผลิตภัณฑ์จากแป้งเมล็ดขนุนหรือไม่		
สนใจ	37	77
ไม่สนใจ	11	23

จากตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามเป็นหญิง 28 คน คิดเป็นร้อยละ 58 และ ชาย 20 คน คิดเป็นร้อยละ 42 อายุ 15 - 20 ปี, 21 - 26 ปี, 27 - 32 ปี, 33 - 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 25 ส่วนที่ 2 จากข้อมูลพฤติกรรมของผู้บริโภคและการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว พบว่าผู้บริโภคบริโภคขนมขบเคี้ยว 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 33 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 27 และมากกว่า 6 ครั้ง จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 19 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อมากที่สุด คือความกรอบ จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 81 ปัจจัยที่ค้ำประกันในการตัดสินใจเลือกซื้อขนมขบเคี้ยวในท้องตลาด คือความเค็ม จำนวน 36 คน คิดเป็นร้อยละ 75 ดังตารางที่ 2 ส่วนที่ 3 ได้ข้อมูลผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผู้บริโภคต้องการ ในด้านความต้องการให้ใช้สิ่งใดในการเพิ่มคุณค่าทางอาหารชนิดของผักที่ผู้บริโภคเลือกมากที่สุดคือแครอท จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 55 คุณค่าทางโภชนาการที่ต้องการในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว คือน้ำมัน/ไขมันต่ำร้อยละ 65 น้ำตาลน้อยร้อยละ 21 และเกลือเล็กน้อยร้อยละ 12 และหากมีผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพที่พัฒนาขึ้นใหม่วางขายในท้องตลาด สิ่งที่พิจารณาประกอบการซื้อ คือ รสชาติ จำนวน 24 คน คิดเป็น

ร้อยละ 50 คุณค่าทางโภชนาการ จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 27 และหากมีผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุน ผู้บริโภคมีความสนใจจำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 77 และไม่สนใจ จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 23 ดังตารางที่ 3 จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 2 และ 3 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในท้องตลาดและที่พัฒนาขึ้นใหม่ คือ ความเค็มและรสชาติ โดยผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการเลือกซื้อขนมขบเคี้ยวที่มีความเค็มน้อยและมีรสชาติเป็นธรรมชาติ จึงนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ผู้บริโภคต้องการโดยเสริมในส่วนของแครอท และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ตรงกับความต้องการในด้านความเค็มน้อยและรสชาติที่เป็นธรรมชาติ ดังนั้นจึงไม่มีการเติมแต่งรสชาติใดๆ ในผลิตภัณฑ์และมีปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์เท่ากับร้อยละ 0

2. การศึกษาสูตรพื้นฐานของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ทางด้านลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว แสดงดังตารางที่ 4 พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแครอทในขนมขบเคี้ยวมากขึ้น จะทำให้ลักษณะของขนมขบเคี้ยวมีการพองตัวลดลง เนื่องจากส่วนของแครอทมีปริมาณเยื่อใยอาหารสูง ซึ่งเมื่อเติมลงไป ในผลิตภัณฑ์จะทำให้ปลดปล่อยของเหลวในแป้งสาไลให้ลดลง จึงทำให้มีกลูเตนที่สามารถสร้างเป็นโครงสร้างยืดหยุ่นและเก็บกักก๊าซได้น้อยลง จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์พองตัวน้อยลง จากการศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาไลและแครอทต่อคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ทั้ง 4 ระดับโดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีอัตราส่วนแป้งสาไลต่อแครอทเท่ากับ 100:0 มีสีขาวซีด เนื้อสัมผัสแข็งและมีความร่วน ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่มีอัตราส่วนแป้งสาไลต่อแครอทเท่ากับ 85:15 มีสีเหลืองอ่อน มีความกรอบมากกว่าอัตราส่วน 100:0 อัตราส่วนแป้งสาไลต่อแครอทเท่ากับ 75:25 มีสีเหลืองทอง เนื้อสัมผัสกรอบมัน และอัตราส่วนแป้งสาไลต่อแครอทเท่ากับ 70:30 มีสีเหลืองทอง บริเวณผิวมีฟองอากาศ และเนื้อแป้งมีความชื้นมาก โดยสูตรที่ใช้ปริมาณส่วนผสม แป้งสาไลต่อแครอท เท่ากับ 75:25 ผู้ทดสอบมีการยอมรับสูงที่สุดในระดับชอบมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4 จึงเลือกสูตรนี้มาเป็นสูตรพื้นฐานในการแปรปริมาณแป้งสาไลต่อแป้งเมล็ดขนุนในขั้นตอนต่อไป

**ตารางที่ 4** ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งสาไลต่อแครอทในอัตราส่วน 100:0, 85:15, 75:25 และ 70:30 และ ความชอบโดยรวม

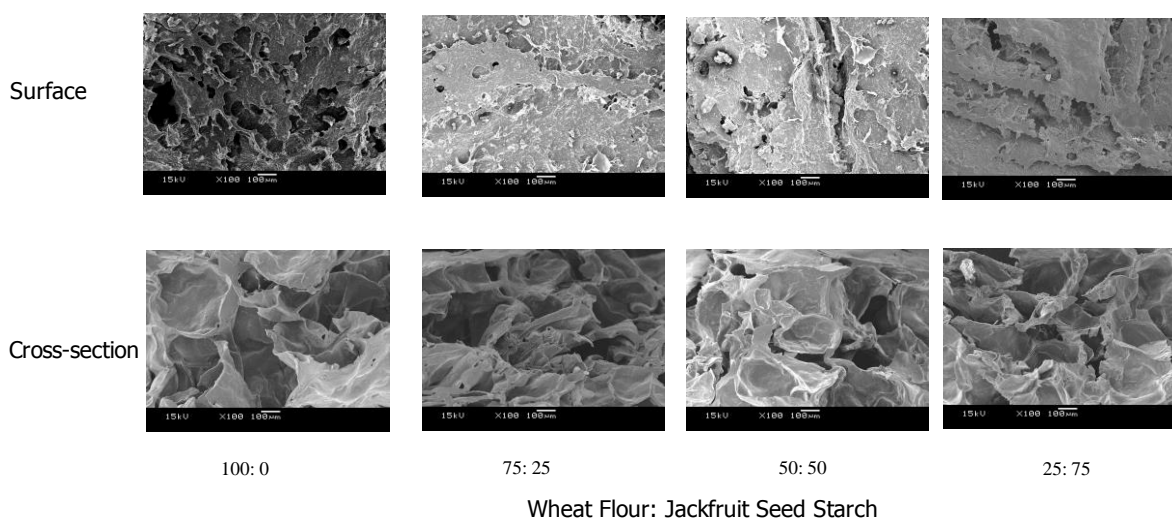
อัตราส่วนของแป้งสาไลต่อแครอท	ลักษณะขนมขบเคี้ยว	ความชอบโดยรวม
100: 0		4.7 <sup>d</sup> ± 1.5
85: 15		5.4 <sup>c</sup> ± 1.3
75: 25		6.8 <sup>a</sup> ± 1.1
70: 30		5.7 <sup>b</sup> ± 1.2

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-d) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### 3. การศึกษาอัตราส่วนของแป้งสาลีและแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางเคมีและทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

#### 3.1 ศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนต่อลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

จากการศึกษาโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope พบว่า ขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเป็น 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีโครงสร้างภาคตัดขวางที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนพื้นผิวมีโครงสร้างที่แตกต่างกันในด้านรูพรุนหรือโพรงอากาศภายในผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนจะทำให้มีปริมาณโพรงอากาศลดลงและขนาดเล็ก ดังแสดงในภาพที่ 1 การเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์ทำให้โครงสร้างผนังเซลล์ของโพรงอากาศแข็งแรงมากขึ้นเนื่องจากแป้งเมล็ดขนุนมีปริมาณแอมิโลสที่สูง ทำให้เจลแป้งที่สร้างมีความแข็งแรง และต้านทานการขยายตัวของไอน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีโพรงอากาศที่เล็กและมีความละเอียด (Jiamjariyatam *et al.*, 2015)



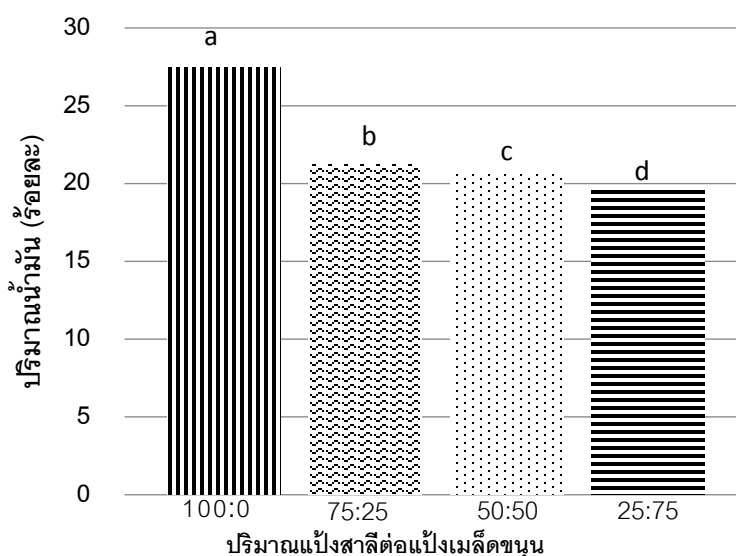
**ภาพที่ 1** ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งสาลีและแป้งเมล็ดขนุนในอัตราส่วนที่ต่างกันโดยส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

#### 3.2 ศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนต่อปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

จากการศึกษาปริมาณการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเป็น 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 พบว่าปริมาณการดูดซับน้ำมันของขนมขบเคี้ยวทั้ง 4 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยสูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 100:0 มีปริมาณน้ำมันมากที่สุดคือ ร้อยละ 27.49 เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวส่งผลให้ปริมาณน้ำมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 25:75 มีปริมาณการดูดซับน้ำมันน้อยที่สุดเพียง ร้อยละ 19.55 ดังแสดงในภาพที่ 2 จากการศึกษาน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว พบว่า



ขนมขบเคี้ยวสูตรที่มีปริมาณแป้งเมล็ดขนุนสูงขึ้นไปจะมีปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ลดลง โดยในสูตรที่มีอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเป็น 25:75 ซึ่งเป็นสูตรที่มีปริมาณแป้งเมล็ดขนุนสูงที่สุดมีปริมาณน้ำมันเพียงแค่อ้อยละ 19.55 เนื่องจากในแป้งเมล็ดขนุนจะมีปริมาณแอมิโลสที่ค่อนข้างสูง โดยอยู่ในช่วงร้อยละ 26-38 (Mukprasert & Sajjaanantakul, 2004; Kittipongpatana & Kittipongpatana, 2011; Zhang *et al.*, 2016) ส่งผลให้ขนมขบเคี้ยวมีแนวโน้มการพองตัวลดลง ทำให้มีพื้นที่ในการสัมผัสกับน้ำมันน้อยลง สำหรับกลไกในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอด จะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในเม็ดแป้งคือแอมิโลสและแอมิโลเพคตินที่ระว่วไหลออกจากเม็ดแป้งในระหว่างที่ทำให้สุก โดยแอมิโลสจะมีการเชื่อมต่อกันภายในโครงสร้าง และในขณะที่ทอดจะมีไพรออากาศเกิดขึ้นพร้อมกับน้ำมันจะแทรกผ่านเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ (Krokida *et al.*, 2000; Llorca *et al.*, 2007) หากผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอมิโลสที่สูงจะสร้างผนังเซลล์ที่แข็งแรง จึงยับยั้งการแทรกผ่านของน้ำมันเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ น้ำมันในผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจึงมีปริมาณน้อยกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแอมิโลสต่ำ



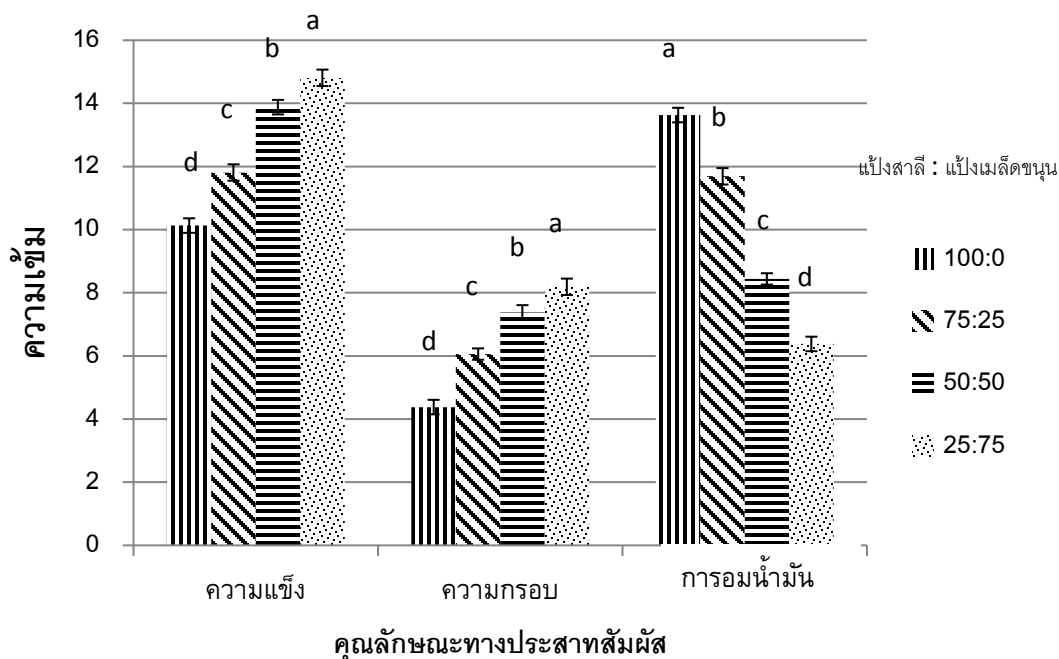
ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนที่อัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-d) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### 3.3 ศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว

ขนมขบเคี้ยวทั้ง 4 สูตรที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเป็น 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีความเข้มของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยว โดยพบว่าความแข็ง ความกรอบ การอมน้ำมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และการเพิ่มแป้งเมล็ดขนุนส่งผลให้ขนมขบเคี้ยวมีความแข็ง ความกรอบ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แต่ส่งผลให้ขนมขบเคี้ยวมีการอมน้ำมันลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 3 จากการทดสอบเชิงพรรณนาในการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุน พบว่า เมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ขนมขบเคี้ยวมีความแข็ง และความกรอบเพิ่มขึ้น ในขณะที่การอมน้ำมันลดลง

เนื่องจากปริมาณแอมิโลสที่สูงของแป้งเมล็ดขนุนทำให้โครงสร้างร่างแหที่เกิดจากสายโซ่ของแอมิโลสเชื่อมต่อกันและมีความแน่นมากขึ้น ส่งผลต่อความแข็งและความกรอบของผลิตภัณฑ์ (Jiamjariyatam *et al.*, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับกับงานวิจัยของ Sajjaanantakul (2546) ที่รายงานว่าเมื่อแป้งมีปริมาณแอมิโลสมากขึ้นจะทำให้การดูดซับน้ำมันและการพองตัวของขนมขบเคี้ยวลดลง อีกทั้งยังส่งผลให้ความกรอบเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์แผ่นแป้งข้าวเจ้าทอด นอกจากนี้ Jiamjariyatam *et al.* (2015) ได้รายงานการเพิ่มปริมาณแอมิโลสในแผ่นแป้งจากร้อยละ 0.12-19 จะทำให้การดูดซับน้ำมันมีแนวโน้มลดลงในผลิตภัณฑ์พองกรอบ

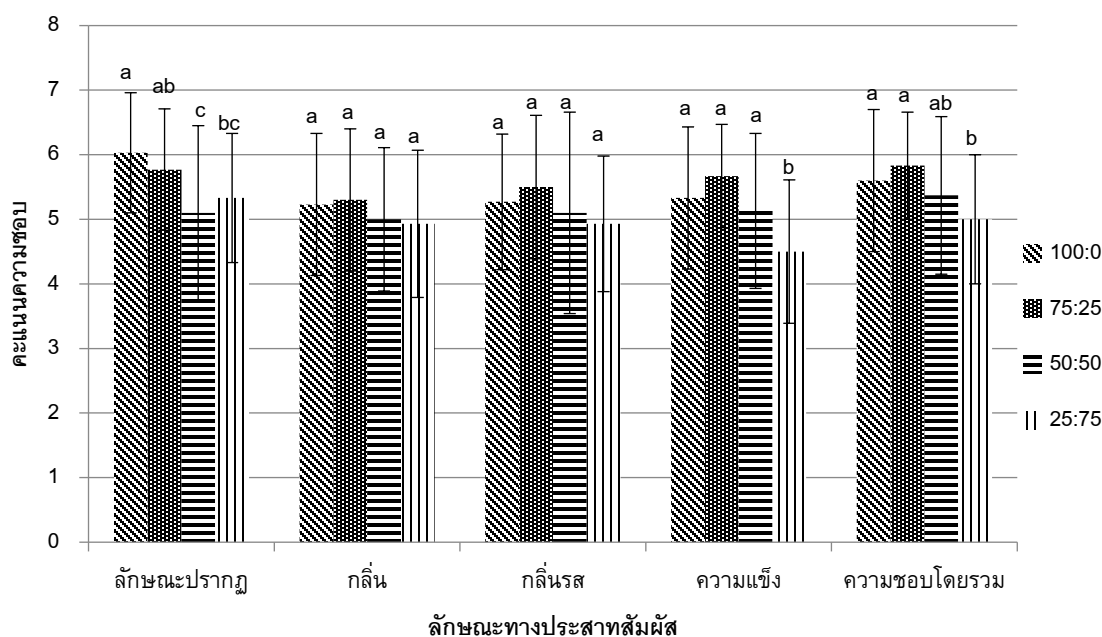


**ภาพที่ 3** ลักษณะทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากแป้งสาลีและแป้งเมล็ดขนุนในอัตราส่วน 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75  
 หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-d) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

#### 4. การทดสอบความชอบ

จากการเปรียบเทียบความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยว พบว่า ขนมขบเคี้ยวที่มีอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง และความชอบโดยรวม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ในส่วนของคะแนนความชอบด้านกลิ่น และกลิ่นรส แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ซึ่งผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏในขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 100:0 สูงที่สุดโดยอยู่ในระดับชอบปานกลาง (6.03) ส่วนด้านกลิ่นรส ความแข็ง และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจต่อขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 75:25 สูงที่สุด

โดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย และผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏในขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 50:50 น้อยที่สุดโดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย (5.10) ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่น กลิ่นรส ความแข็ง และความชอบโดยรวม ผู้ทดสอบมีความพึงพอใจต่อขนมขบเคี้ยวที่ใช้อัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 27:75 น้อยที่สุดโดยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของแป้งเมล็ดขนุนทำให้คะแนนความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ดังแสดงในภาพที่ 4 จากการศึกษาความชอบทางประสาทสัมผัสของขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุนในสูตรที่ใช้อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนเท่ากับ 100:0, 75:25, 50:50 และ 25:75 พบว่า การเพิ่มปริมาณของแป้งเมล็ดขนุนในขนมขบเคี้ยวส่งผลต่อคะแนนในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส ความแข็ง และความชอบโดยรวม โดยเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดขนุนมากขึ้นพบว่าคะแนนความชอบขนมขบเคี้ยวลดลง เนื่องจากปริมาณแป้งเมล็ดขนุนจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวทำให้มีความแข็งมากขึ้น และสีผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังทอดมีความเข้มขึ้น นอกจากนี้แป้งเมล็ดขนุนยังมีกลิ่นเฉพาะตัว โดยอัตราส่วนแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบมากที่สุดเท่ากับ 75:25



ภาพที่ 4 ความชอบของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากแป้งเมล็ดขนุน

หมายเหตุ : ตัวอักษร (a-c) ที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

### สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวพบว่าผู้บริโภคมีความต้องการขนมขบเคี้ยวที่มีความกรอบและรสชาติดี และควรมีความเค็มและไขมันต่ำ สำหรับผักหรือผลไม้ที่ต้องการให้เสริมในผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว คือ แครอทเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ในงานวิจัยจึงศึกษาปริมาณแครอทที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ โดยการใช้แป้งสาลีต่อแครอทในอัตราส่วน 75:25 ส่งผลให้คะแนนความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์สูงสุดโดยอยู่ในระดับชอบมากที่สุด จึงเลือก

แครอทที่ร้อยละ 25 ของน้ำหนักแป้งผสมทั้งหมดมาใช้ สำหรับการศึกษาผลของแป้งเมล็ดขนุนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยว พบว่าปริมาณแป้งเมล็ดขนุนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพ, เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุนทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดของโพรงอากาศเล็กลงแต่มีปริมาณน้อยลง นอกจากนี้ปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดขนุน ส่งผลให้มีความแข็ง ความกรอบเพิ่มขึ้น แต่การอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ลดลงและความชอบของผู้ทดสอบมีคะแนนต่ำลง โดยผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณแป้งสาลีต่อแป้งเมล็ดขนุนที่ผู้ทดสอบให้คะแนนมากที่สุดได้แก่ 75:25 ดังนั้นจึงสามารถใช้ปริมาณแครอทและแป้งเมล็ดขนุนในปริมาณดังกล่าวเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภททอดอื่นๆได้ และปริมาณการอมน้ำมันที่ลดลงจากการเติมแป้งเมล็ดขนุนทำให้ได้ขนมขบเคี้ยวที่เป็นอาหารไขมันต่ำ

### กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เงินรายได้คณะวิทยาศาสตร์) ประจำปีงบประมาณ 2560

### เอกสารอ้างอิง

- AOAC. (1990). Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Blenford, D.E. (1982). What is snack food flavoring, ingredients, processing and packing. *Journal of Food Science*, 4(11), 30-37.
- Dogan, S.F., Sahin, S., & Sumnu, G. (2005a). Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering*, 71, 127–132.
- Dogan, S.F., Sahin, S., & Sumnu, G. (2005b). Effects of batters containing different protein types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets. *European Food Research and Technology*, 220, 502–508.
- Gamble, M.H., Rice, P., & Selman, J.D. (1987). Relationship between oil uptake and moisture loss during frying potato slices from CV record UK tubers. *International Journal of Food Science and Technology*, 22, 233–241.
- Jiamjariyatam, R., Kongpensook, V., & Pradiprasena, P. (2015). Effects of amylose content, cooling rate and aging time on properties and characteristics of rice starch gels and puffed products. *Journal of Cereal Science*, 61, 16-25.
- Kittipongpatana, O.S., & Kittipongpatana, N. (2011). Preparation and physicochemical properties of modified jackfruit starches. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 1766-1773.
- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., & Maroulis, Z.B. (2000). Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44, 39 – 46.

- Llorca, E., Hernando, I., Perez-Munuera, I., Quiles, A., Larrea, V., & Angeles Lluch, M. (2007). The structure of starch granules in fried battered products. *Food Hydrocolloid*, 21, 1407-1412.
- Moreira, R.G., Sun, X., & Chen, Y. (1997). Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *Journal of Food Engineering*, 31(5), 485-498.
- Mukprasirt, A., & Sajjaanantakul, K. (2004). Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) compared with modified starches. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 271-276.
- Ocloo, F.C.K., Bansa, D., Boatin, R., Adom, T., & Agbemavor, W.S. (2010). Physico-chemical, function and pasting characteristics of flour produced from Jackfruits seeds. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 903-908.
- Rengsutthi, K., & Charoenrein, S. (2011). Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chili sauce. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 1309-1313.
- Roger, M.B. (1990). Functionality of corn in food coatings. In Kulp, K. & Loewe, R. (Eds.), *Batter and Breadings in Food Processing*. (pp. 29–49). St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.
- Saguy, I.S., & Pinthus, E.J. (1995). Oil uptake during deep-fat frying-factors and mechanism. *Food Technology*, 49, 142–145.
- Sajjaanantakul, K. (2003). Effects of amylose content and frying conditions on characteristic of fried rice chip. In *Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry*. (pp. 259-267). Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)
- Shi, F.F., & Daigle, K.W. (1999). Oil uptake properties of fried batters from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1611–1615.
- Southern, C.R., Chen, X.D., Farid, M.M., Howard, B., & Eyres, L. (2000). Determining internal oil uptake and water content of fried thin potato crisps. *Food Bioproducts Processing*, 78, 119–125.
- Tulyathan, V., Tananuwong, K., Songjinda, P., & Jaiboon, N. (2002). Some physicochemical properties of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam*) seed flour and starch. *Science Asia*, 28, 37-41.
- Yamane, T. (1967). *Statistics, an Introductory Analysis*, 2<sup>nd</sup> Ed., New York: Harper and Row.
- Yokoyama, W. (2004). Nutritional properties of rice and rice bran. In *Rice: Chemistry and Technology*. (pp. 595–609). St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.

Zhang, Y., Zhu, K., He, S., Tan, L., & Kong, X. (2016). Characterizations of high purity starches isolated from five different jackfruit cultivars. *Food Hydrocolloid*, 52, 785-794.