

## ผลของผงดักด้ไหมอีรี่ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์บราวนี่

### EFFECT OF ERI SILKWORM PUPA POWDER ON QUALITY CHANGES OF BROWNIES

อินทิรา ลิจันทรพร\* นันทชนก นันทะไชย และ ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Intira Lichanporn\*, Nanchanok Nanthachai and Palida Tunganurat

Division of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology,

Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Thanyaburi, Pathumthani 12110

\*E-mail: intira\_l@rmutt.ac.th

Received: 10-05-2023

Revised: 14-06-2023

Accepted: 15-06-2023

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงดักด้ไหมอีรี่ต่อสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยพบว่าผงดักด้ไหมอีรี่มีสีน้ำตาลอ่อนเป็นผงละเอียด วัดค่าสี  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 42.040 และ 5.32 ตามลำดับ มีปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร และเถ้าร้อยละ 5.20 0.025 72.77 16.51 4.75 และ 5.66 ตามลำดับ มีปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (water activity; aw) เท่ากับ 0.55 ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 44.09 mg Trolox eq./g และ 8.41 mg Gallic eq./100g จากการนำผงดักด้ไหมอีรี่ไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งพบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมในบราวนี่ที่ใช้ผงดักด้ไหมอีรี่ร้อยละ 10 มากที่สุดโดยมีค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 39.47 0.85 และ 2.22 ตามลำดับ ส่วนเนื้อสัมผัส ค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 94.28 นิวตัน และองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร โปรตีน ไขมัน และโยอาหารร้อยละ 31.82 16.92 1.14 0.87 10.29 32.73 และ 2.91 ตามลำดับ ส่วนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 43.61 mg Trolox eq./g และ 3.02 mg Gallic eq./100g เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน

**คำสำคัญ:** ดักด้ไหมอีรี่ สารต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด บราวนี่

## ABSTRACT

This research aims to study the effect of Eri silkworm pupa powder on the physical properties, chemical composition, and sensory liking of brownies. It was found that Eri silkworm pupa powder had a light brown color and a fine powder consistency. The measured color values  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  were 42, 0.40, and 5.32, respectively. Moisture, carbohydrate, protein, fat, crude fiber, and ash contents of Eri silkworm pupa powder were 5.20%, 0.025%, 72.77%, 16.51%, 4.75%, and 5.66% of the total, while water activity ( $a_w$ ) was 0.55. The bioactive compounds, including antioxidants and phenolic compounds, were found to be 44.09 mg Trolox equivalent/g and 8.41 mg Gallic equivalent/100g, respectively. Eri silkworm pupa powder was incorporated into brownies, replacing wheat flour at 0, 10, 20, 30, and 40% of the starch weight. In sensory evaluations, the brownies containing 10% Eri silkworm pupa powder received the highest rating in overall preference, with  $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$  values of 39.47, 0.85, and 2.22, respectively. The firmness was determined to be 94.28 N. The chemical composition of the product, in terms of carbohydrates, moisture, ash, free water content, protein, fat, and fiber, was found to be 31.82%, 16.92%, 1.14%, 0.87%, 10.29%, 32.73%, and 2.91%, respectively. After storage for 6 days, the brownies contained antioxidants and phenolic compounds equivalent to 43.61 mg Trolox eq./g and 3.02 mg Gallic eq./100g.

**Keywords:** Eri silk pupae, antioxidant, total phenolic content, brownie

## บทนำ

บราวนีเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่นิยมรับประทานเป็นอาหารว่างได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากสะดวกต่อการบริโภค และได้รับอิทธิพลการบริโภคอาหารจากตะวันตก และจัดอยู่ในกลุ่มของคุกกี้ซึ่งมีเนื้อสัมผัสอยู่ระหว่างเค้กและคุกกี้ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่ให้พลังงาน ไขมัน และน้ำตาลสูง แต่ให้ใยอาหารน้อย ดังนั้นการบริโภคอาหารประเภทนี้บ่อย ๆ จึงเป็นสาเหตุของความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด และเบาหวาน (Jonjait et al., 2007) ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้สูงอายุชื่นชอบและนิยมรับประทานเนื่องจากรสชาติที่ถูกปาก มีลักษณะนิ่มและเคี้ยวกลืนได้ง่าย บริโภคเป็นอาหารหลักหรืออาหารว่างได้ อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่ทำมาจากแป้งสาลีมีองค์ประกอบของกลูเตนที่ส่งผลให้ผู้บริโภคบางกลุ่มที่แพ้งลูเตนไม่สามารถรับประทานได้โดยผู้บริโภคกลุ่มนี้คิดเป็นร้อยละ 1 ของประชากรทั่วโลก ดังนั้นในหลายประเทศจึงหันมาให้ความสำคัญต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ปลอดจากกลูเตน (Gluten-free Foods) วางจำหน่ายมากขึ้น (Gallagher, 2009) บราวนีเป็นผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อย่างหนึ่งที่รู้จักกันทั่วไปและรับประทานง่าย โดยมีลักษณะคล้ายเค้กช็อกโกแลตเข้มข้น แต่เนื้อแน่นกว่าเค้ก เพราะมีปริมาณผงฟูน้อย บราวนีนิยมอบในถาดแบนรูปสี่เหลี่ยมสูง 1 นิ้ว แล้วตัดแบ่งเป็นชิ้นลักษณะสี่เหลี่ยม อย่างไรก็ตามมีหลายงานวิจัยที่ศึกษาการทดแทนการใช้แป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนีเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่แพ้งลูเตน และผู้สูงอายุที่ได้รับโปรตีนไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายเพราะเคี้ยวเนื้อสัตว์ได้น้อยลง ดังเช่นงานวิจัยของ Boonsean et al. (2021) ได้พัฒนาบราวนีจากถั่วสามสี โดยเลือกใช้เป็นตัวดำ:ถั่วขาว:ถั่วแดง ร้อยละ 50:25:25 (M1) 25:50:25 (M2) และ 25:25:50 (M3) ของปริมาณแป้งสาลี จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสพบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบบราวนีอัตราส่วนสูตร M2 สูงสุด มีค่าคะแนน

ความชอบอยู่ในช่วง 6.8 - 7.5 (ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง) สำหรับบรานี้ถั่วสามสีอัตราส่วนสูตร M2 นั้น มีค่าสี  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 6.75 2.24 และ 1.18 ตามลำดับ และปริมาณน้ำอิสระเท่ากับ 0.75 บรานี้จากถั่วสามสี มีปริมาณโปรตีน และใยอาหารเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 14.31 และ 67.72 ตามลำดับ และเมื่อทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ บรานี้จากถั่วสามสีอัตราส่วนสูตร M2 กับผู้บริโภคจำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคทั่วไปให้การยอมรับและตัดสินใจซื้อ ร้อยละ 88 อย่างไรก็ตามการใช้โปรตีนจากแหล่งอื่นโดยเฉพาะโปรตีนจากดักแด้ไหมอีรี่ที่มีรายงานวิจัยว่ามีโปรตีนสูง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับอาหารสำหรับผู้สูงอายุ

ดักแด้ไหมอีรี่มาจากการเลี้ยงไหมอีรี่เป็นอาชีพเสริมเพื่อสร้างรายได้ให้ครอบครัว มีการรวมกลุ่มของเกษตรกร เข้ารับการฝึกอบรมการเลี้ยงไหมอีรี่ การต้มลอกขาว การย้อมสี การปั่นเส้นใย และได้ใช้ประสบการณ์และภูมิปัญญา ในแต่ละท้องถิ่นปรับปรุงวิธีการเลี้ยงเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น จังหวัดสระแก้วเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเลี้ยงไหมอีรี่ โดยใช้ใบมันสำปะหลังเป็นอาหาร ประโยชน์ของไหมอีรี่ เช่น เส้นใยไหมใช้ทอเป็นเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม ผ้ามาวัน ผ้าปูเตียง ผ้าปูโต๊ะ และทอเป็นพรม ตัวหนอนไหมและดักแด้เป็นอาหารของคนได้ มีปริมาณไขมันในดักแด้ในในระดับที่ปลอดภัย ต่อการบริโภคมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยพบว่าดักแด้มีโปรตีนสูงถึงร้อยละ 54 และมีไขมัน ร้อยละ 26 ซึ่งเป็น ไขมันดี ดักแด้ไหมอีรี่มีเลขชี้ตึกถึงบริสุทธิ์ที่มีคุณสมบัติต่อต้านอนุมูลอิสระได้สูงมาก และเป็น emulsifier ที่ดี คือ ทำให้ emulsion มีความคงตัวสูง (Jintasataporn et al., 2001) นอกจากนั้นยังพบว่าดักแด้ไหมอีรี่มีความมันและมีรสชาติ อร่อยถูกปากเกษตรกรและผู้คนที่ทั่วไป และยังมีคุณค่าทางอาหารสูง ตัวหนอนไหมและดักแด้สามารถพัฒนาเป็นอาหาร เลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี เช่น เป็ด ไก่ หมู และปลา โดยเฉพาะหนอนไหมวัย 3 และ 4 ที่ถูกคัดทิ้งไหมอีรี่ยังสามารถพัฒนา เป็นอาหารสำหรับปลา เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น เเร่งสีในปลาประเภทปลาสวยงาม อย่างไรก็ตามการนำดักแด้ไหมอีรี่ มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ด้านเบเกอรี่ยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของผงดักแด้ไหมอีรี่ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ เคมี และความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บรานี้

## วิธีการ

นำดักแด้ที่ได้หลังจากต้มรังไหม และนำตัวดักแด้มาอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง ความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 จากนั้นนำตัวอย่างที่อบแห้งแล้วไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดสมุนไพร และร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 212 ไมครอน บรรจุในถุงปิดสนิทป้องกันอากาศ และความชื้น นำมาศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยี การเกษตร จากนั้นศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของดักแด้ไหมอีรี่โดยนำตัวอย่าง ดักแด้ที่ผ่านการบดแล้วไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพจำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 30 กรัม นำไปวิเคราะห์ผลดังนี้ วัดค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (รุ่น Color Reader CR-10 Plus, Osaka, Japan) แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าสีเขียว-แดง ( $a^*$ ) และค่าสีน้ำเงิน-เหลือง ( $b^*$ ) วัดความชื้นด้วยเครื่องวิเคราะห์ความชื้น (รุ่น DW-105 MW, Shanghai, China) วิเคราะห์หาสารประกอบหลัก (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้นด้วยวิธี hot air oven ไขมันด้วยวิธี Soxhlet โปรตีน ด้วยวิธี Kjeldahl method ใยอาหาร (Crude fiber) เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2000) สารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Iqbal et al., 2005) และปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Pongpien, 2008)

ศึกษาผลของผงดักแด้ไหมอีรี่ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และความชอบทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์บรานี้ โดยนำผงหนอนไหมอีรี่ไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บรานี้ วางแผนการทดลองแบบสุ่ม อย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 3 ซ้ำ แบ่งสิ่งทดลองเป็น 5 สิ่งทดลองดังนี้

ผงผักแต่ใหม่อีร์ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง ทำการผลิตบราวนีด้วยการชั่งวัตถุดิบดังนี้ แป้งเอนกประสงค์ (150 กรัม) ผงโกโก้ (25 กรัม) น้ำตาลทราย (120 กรัม) เกลือ (1.5 กรัม) ไข่ไก่ (150 กรัม) นมข้นจืด (45 กรัม) เนยสดละลาย (150 กรัม) กลิ่นวนิลา (1.5 กรัม) จากนั้นเตรียมร่อนแป้งเอนกประสงค์ผสมกับผงโกโก้ เกลือ น้ำตาลทรายให้เป็นเนื้อเดียวกันและพักไว้ เติมน้ำตาลทรายในส่วนผสมแป้งที่เตรียมพักไว้ใช้ไม้พายพลาสติกคนให้เนื้อเนียนเข้ากัน หลังจากนั้นเติมนมข้นจืดใช้พายคนตลอดเวลา เติมนเนยสดที่ละลาย กลิ่นวนิลา คนจนเข้ากันอีกครั้ง นำภาตสแตนเลสทาไขมันบุทึบด้วยกระดาษไขเพื่อป้องกันการติดของตัวผลิตภัณฑ์บราวนีกับภาชนะ จากนั้นนำส่วนผสมที่เตรียมไว้เทใส่ภาตสแตนเลสที่เตรียมไว้ อบบราวนีด้วยอุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 30 นาทีหรือจนบราวนีสุก นำบราวนีออกจากพิมพ์ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง และตัดเป็นชิ้นตามต้องการ บรรจุในถุงพอยด์ขนาด 7 x 7 เซนติเมตร เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 วัน อ้างอิงตามงานวิจัยของ Chodnakarin et al. (2021) นำผลิตภัณฑ์บราวนีมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้การทดสอบความชอบ (hedonic test) แบบ 5 สเกล (คะแนน 1 = ไม่ชอบมาก และ คะแนน 5 = ชอบมาก) ในเรื่องสี กลิ่นรสปกติของบราวนี ความหวาน ความชุ่มชื้น ความแน่นเนื้อ และความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบทั่วไปที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไป จำนวน 30 คน เสริฟตัวอย่างละ 1 ชิ้น (วางในภาตพลาสติก) ตีตรัส 3 ตัว จัดตัวอย่างให้ผู้ทดสอบแบบสมดุล (Balance order) นำตัวอย่างบราวนีมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี  $L^* a^* b^*$  และความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus ใช้ aluminum cylinder probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. เพื่อวัด firmness) ทดสอบคุณค่าทางโภชนาการ ทั้งองค์ประกอบทางเคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพวันแรกและวันสุดท้ายดังนี้ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน และปริมาณเส้นใยตามวิธีของ AOAC (2000) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (Iqbal et al., 2005) และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Pongpien, 2008)

การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยผงใหม่อีร์แทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ในผลิตภัณฑ์บราวนีวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ส่วนการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completed Block Design (RCBD) วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติโดย Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95

### ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของผงผักแต่ใหม่อีร์ พบว่าผงผักแต่ใหม่อีร์มีสีน้ำตาลอ่อนเป็นผงละเอียด วัดค่าสี  $L^* a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 42.04 และ 5.32 ปริมาณความชื้นเมื่อวัดด้วยเครื่อง moisture analyzer และความชื้นด้วยวิธี hot air oven เท่ากับร้อยละ 5.02 และ 5.20 มีองค์ประกอบหลักได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โยอาหาร และเถ้าร้อยละ 0.025 72.77 16.51 4.75 และ 5.66 ตามลำดับ มีค่า Water activity ( $a_w$ ) เท่ากับ 0.55 ส่วนสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้แก่ สารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 44.09 mg Trolox eq./g และ 8.41 mg Gallic eq./100g ดังตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผงผักแต่ใหม่อีร์มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูงถึงร้อยละ 72.77 และ 16.51 ซึ่งสูงกว่างานวิจัยของ Longvah et al. (2011) และ Nowak et al. (2016) ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 49-54 ในขณะที่ Pratum Sri et al. (2009) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหนอนไหมอีร์ในรูปน้ำหนักแห้ง และโปรตีนไฮโดรไลเซต พบว่าหนอนไหมอีร์

มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 52.46 และไขมันร้อยละ 3.59 ไขมันที่สกัดได้จากหนอนไหมอีรี่เป็นกรดลิโนเลอิก (linoleic; 18:2 n-6) และกรดกลูทอโนเลอิก (linolenic; 18:3 n-3) (Jintasataporn et al., 2001)

**ตารางที่ 1** องค์ประกอบทางกายภาพ เคมี และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของดักแด้ไหมอีรี่

| องค์ประกอบของดักแด้ไหมอีรี่                     | ปริมาณ       |
|-------------------------------------------------|--------------|
| ค่าสี                                           |              |
| L*                                              | 42.00 + 1.61 |
| a*                                              | 0.40 + 0.22  |
| b*                                              | 5.32 + 0.77  |
| ความชื้น ด้วยเครื่อง moisture analyzer (ร้อยละ) | 5.02 + 0.20  |
| ความชื้นด้วยวิธี hot air oven (ร้อยละ)          | 5.20 + 0.12  |
| คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)                           | 0.025 + 6.66 |
| โปรตีน (ร้อยละ)                                 | 72.77 + 6.13 |
| ไขมัน (ร้อยละ)                                  | 16.51 + 0.51 |
| ใยอาหาร (ร้อยละ)                                | 4.75 + 0.39  |
| เถ้า (ร้อยละ)                                   | 5.66 + 3.86  |
| Water activity (aw)                             | 0.55 + 0.005 |
| สารต้านอนุมูลอิสระ(mg Trolox eq./g)             | 44.09 + 0.26 |
| สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg Gallic eq./100g)    | 8.41 + 0.43  |

จากการนำผงดักแด้ไหมอีรี่ไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งมาผลิตบราวนี่ พบว่าจากการประเมินทางประสาทสัมผัสจากจำนวนผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 30 คน ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านสีไม่แตกต่างกันในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลี และให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 และ 10 รองลงมาคือบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 20 และ 30 ส่วนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นต่ำสุด (ตารางที่ 2) อีกทั้งผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบด้านรสชาติในบราวนี่ที่ใช้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 และ 20 มากกว่าบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 และ 40 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมผู้ทดสอบชิมให้คะแนนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่สูงไม่แตกต่างจากบราวนี่ที่ไม่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ อย่างไรก็ตามการใส่ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 และ 40 ส่งผลให้ผู้บริโภคให้คะแนนด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมน้อยสุดทั้งนี้ผงดักแด้ไหมอีรี่มีกลิ่นเฉพาะตัว เมื่อใช้ในปริมาณสูงจึงทำให้บราวนี่มีกลิ่นของผงดักแด้ไหมอีรี่ และเนื้อสัมผัสแตกต่างซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 4 แสดงปริมาณเนื้อสัมผัสของบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 และ 40 มีค่าสูงกว่าบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 และ 20 ดังนั้นจึงทำให้มีคะแนนด้านกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสน้อย

**ตารางที่ 2** การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน

| Eri silkworm<br>pupa powder<br>(%) | Sensory liking (score) |                          |                           |                          |                             |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
|                                    | Color <sup>ns</sup>    | Odor <sup>*</sup>        | Taste <sup>*</sup>        | Texture <sup>*</sup>     | Overall liking <sup>*</sup> |
| 0                                  | 3.92 + 1.50            | 3.79 <sup>a</sup> + 1.23 | 3.68 <sup>a</sup> + 1.36  | 3.94 <sup>a</sup> + 1.70 | 4.02 <sup>a</sup> + 1.07    |
| 10                                 | 3.93 + 1.20            | 3.74 <sup>a</sup> + 1.11 | 3.63 <sup>a</sup> + 1.10  | 4.00 <sup>a</sup> + 1.20 | 3.94 <sup>a</sup> + 1.05    |
| 20                                 | 3.78 + 1.00            | 3.39 <sup>b</sup> + 1.35 | 3.52 <sup>ab</sup> + 1.20 | 3.46 <sup>b</sup> + 1.65 | 3.72 <sup>b</sup> + 1.10    |
| 30                                 | 3.50 + 1.25            | 3.37 <sup>b</sup> + 1.54 | 3.18 <sup>c</sup> + 1.84  | 3.46 <sup>b</sup> + 1.02 | 3.06 <sup>c</sup> + 1.28    |
| 40                                 | 3.56 + 1.30            | 2.79 <sup>c</sup> + 1.02 | 3.00 <sup>c</sup> + 1.04  | 3.07 <sup>c</sup> + 1.04 | 3.03 <sup>c</sup> + 1.60    |

**หมายเหตุ :** a-d ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ( $p < 0.05$ ) และ ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ( $p > 0.05$ ) คะแนนในตารางหมายถึง คะแนน 1= ไม่ชอบมาก และ คะแนน 5 = ชอบมาก

จากการนำผงดักแด้ไหมอีรี่ไปทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์บราวนี่ โดยใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้งพบว่าค่า  $L^*$  ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 10 และ 40 มีค่า  $L^*$  มากที่สุดเท่ากับ 45.38 และ 46.55 ตามลำดับ ส่วนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 30 มีค่า  $L^*$  น้อยที่สุดเท่ากับ 32.90 ส่วนบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 20 และ 30 มีค่า  $L^*$  เท่ากับ 36.10 38.53 และ 32.90 (ตารางที่ 3) เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บราวนี่ 6 วัน พบว่าบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 และ 30 มีค่า  $L^*$  เพิ่มขึ้น ในขณะที่บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 10 20 และ 40 มีค่า  $L^*$  ลดลงจากวันแรก ค่าสี  $a^*$  เป็นลบ แสดงถึงสีแดง และ  $a^*$  เป็นบวก แสดงสีเขียว บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีค่า  $a^*$  เท่ากับ -0.10 0.01 0.75 2.35 และ 1.94 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ค่า  $a^*$  มีค่าเพิ่มขึ้นในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 และ 20 ในขณะที่การเพิ่มผงดักแด้ไหมอีรี่ในบราวนี่ร้อยละ 30 และ 40 มีค่า  $a^*$  ลดลง ค่าสี  $b^*$  เป็นบวกแสดงสีเหลือง  $b^*$  เป็นลบแสดงสีน้ำเงิน บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีค่า  $a^*$  เท่ากับ -0.25 0.08 0.65 1.92 และ 1.51 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ค่า  $a^*$  มีค่าเท่ากับ 1.34 2.22 1.80 1.32 และ 2.80 ในบราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผลิตภัณฑ์บราวนี่ใช้ช็อกโกแลตที่มีสีน้ำตาลเข้มเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้บราวนี่ทุก สูตรมีสีน้ำตาลเข้มและมีการใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีซึ่งผงดักแด้ไหมอีรี่เป็นวัตถุดิบที่มีสีน้ำตาล นอกจากนี้การที่บราวนี่ทุกสูตรมีสีน้ำตาลเข้มน่าจะเป็นผลร่วมของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยไม่ใช้เอนไซม์ ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนและน้ำตาลรีดิวซ์ที่เกิดขึ้น ระหว่างการอบบราวนี่โดยมีอุณหภูมิและค่าพีเอชเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Purlis, 2010) บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 และ 40 มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน เนื้อสัมผัสมีค่าลดลง (ตารางที่ 4) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโปรตีนกลูเตนมักพบมากในแป้งสาลีแต่ไม่พบในผงดักแด้ไหมอีรี่ ดังนั้นเมื่ออัตราส่วนของผงดักแด้ไหมอีรี่เพิ่มมากขึ้นในขณะที่ปริมาณแป้งสาลิลดลงทำให้ปริมาณกลูเตนลดลงส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงน้อยลงจึงทำให้ค่าความแน่นเนื้อลดต่ำลง ซึ่งสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์โดนัทที่ทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งข้าวหอมนิล ที่มีค่าการคั้นตัว และค่าการเกาะตัวลดลงเมื่อระดับการทดแทนด้วยแป้งข้าวหอมนิลเพิ่มมากขึ้น (Sirichokworakit et al., 2016) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์บราวนี่ใช้แป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่

ทดแทนแป้งสาลีมีค่าความแน่นเนื้อและค่าการคืนตัวของผลิตภัณฑ์บราวนี่ลดลงเมื่อปริมาณแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่เพิ่มมากขึ้น (Sinchaipanit et al., 2017)

**ตารางที่ 3** ลักษณะทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน

| Eri<br>silkworm<br>pupa<br>powder<br>(%) | Color                     |                           |                           |                           |                           |                           |
|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                          | <i>L</i> <sup>*</sup>     |                           | <i>a</i> <sup>*</sup>     |                           | <i>b</i> <sup>*</sup>     |                           |
|                                          | Days after storage        |                           |                           |                           |                           |                           |
|                                          | 0                         | 6                         | 0                         | 6                         | 0                         | 6                         |
| 0                                        | 36.10 ± 1.09 <sup>c</sup> | 40.35 ± 0.33 <sup>a</sup> | -0.10 ± 0.10 <sup>c</sup> | 0.32 ± 0.10 <sup>b</sup>  | -0.25 ± 0.37 <sup>c</sup> | 1.34 ± 0.63 <sup>c</sup>  |
| 10                                       | 45.38 ± 0.20 <sup>a</sup> | 39.47 ± 1.44 <sup>a</sup> | 0.01 ± 0.31 <sup>c</sup>  | 0.85 ± 0.58 <sup>ab</sup> | 0.08 ± 0.09 <sup>c</sup>  | 2.22 ± 0.39 <sup>ab</sup> |
| 20                                       | 38.53 ± 2.26 <sup>b</sup> | 33.80 ± 3.75 <sup>b</sup> | 0.75 ± 0.20 <sup>b</sup>  | 1.25 ± 0.94 <sup>ab</sup> | 0.65 ± 0.14 <sup>b</sup>  | 1.80 ± 0.61 <sup>bc</sup> |
| 30                                       | 32.90 ± 1.29 <sup>d</sup> | 40.16 ± 0.65 <sup>a</sup> | 2.35 ± 0.50 <sup>a</sup>  | 0.48 ± 0.27 <sup>b</sup>  | 1.92 ± 0.56 <sup>a</sup>  | 1.32 ± 0.20 <sup>c</sup>  |
| 40                                       | 46.55 ± 0.54 <sup>a</sup> | 40.90 ± 0.81 <sup>a</sup> | 1.94 ± 0.08 <sup>a</sup>  | 1.76 ± 0.24 <sup>a</sup>  | 1.51 ± 0.06 <sup>a</sup>  | 2.80 ± 0.19 <sup>a</sup>  |

หมายเหตุ : a-d ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

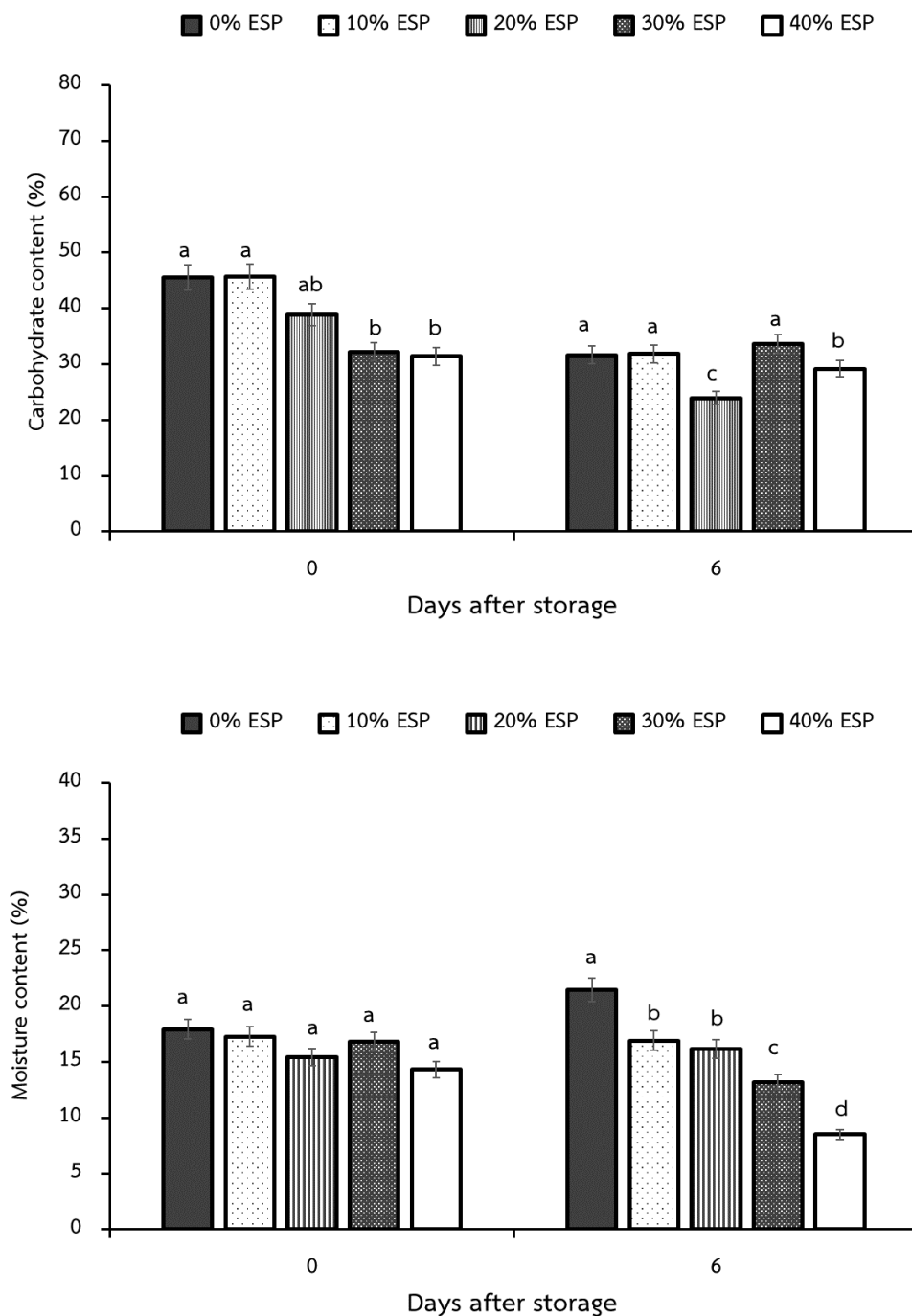
**ตารางที่ 4** ลักษณะทางกายภาพด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน

| Eri silkworm pupa<br>powder (%) | Firmness (N)                |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                 | Days after storage          |                             |
|                                 | 0                           | 6                           |
| 0                               | 86.55 ± 7.24 <sup>b</sup>   | 85.94 ± 3.63 <sup>b</sup>   |
| 10                              | 95.00 ± 6.99 <sup>b</sup>   | 94.28 ± 17.40 <sup>b</sup>  |
| 20                              | 94.14 ± 4.40 <sup>b</sup>   | 99.21 ± 5.23 <sup>b</sup>   |
| 30                              | 128.56 ± 9.28 <sup>ab</sup> | 124.89 ± 13.49 <sup>a</sup> |
| 40                              | 171.22 ± 54.44 <sup>a</sup> | 105.90 ± 7.72 <sup>ab</sup> |

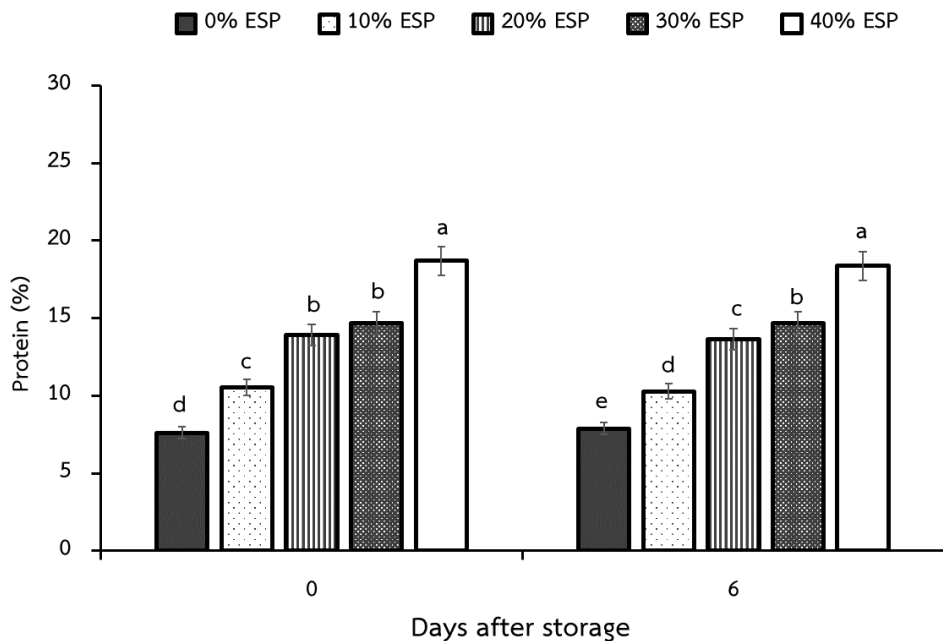
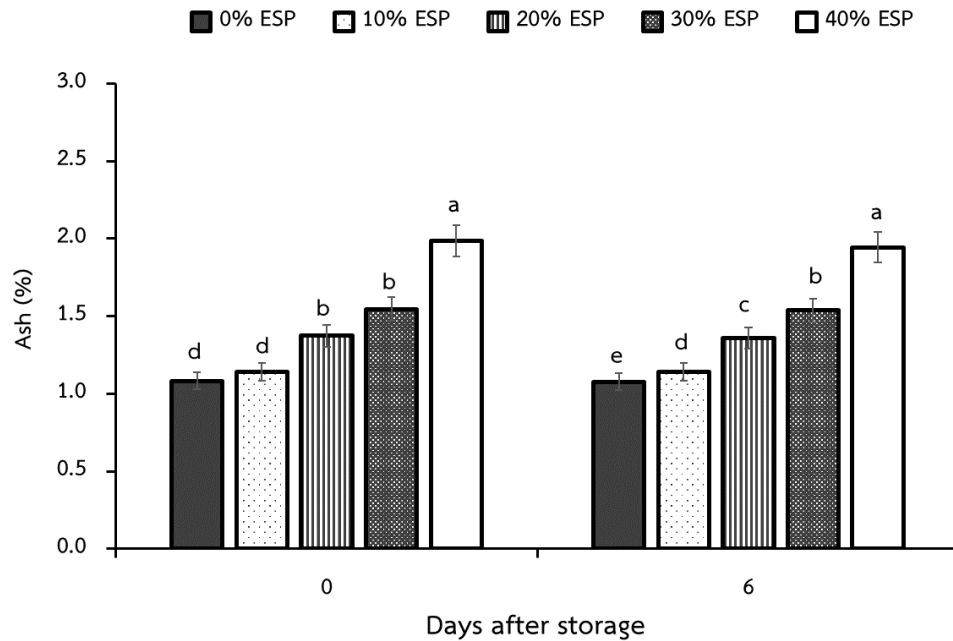
หมายเหตุ : a-d ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 ( $p \leq 0.05$ )

เมื่อนำผลิตภัณฑ์บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 และ 40 ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีการโบไฮเดรตมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน เนื่องจากโปรตีนสามารถเกิดโครงสร้างเชิงซ้อนร่วมกัน ระหว่างอะมิโลสจากแป้งสาลีและโปรตีนจากแมลง (Amylose-protein complex) จึงอาจทำให้ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตลดลงได้ (Fuengkajomfung, 2023) บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 มีการโบไฮเดรตสูงที่สุดทั้งนี้เนื่องจากในสูตรมีปริมาณแป้งสาลีมากที่สุดจึงมีการโบไฮเดรตมากกว่าสูตรที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลี ปริมาณความชื้นที่ลดลงในบรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 ส่งผลต่อบรววนีที่มีลักษณะแตกร่วน (รูปที่ 1) เนื่องจากผงดักแด้ไหมอีรี่ที่ไปทดแทนแป้งสาลีทำให้ปริมาณกลูเตนในผลิตภัณฑ์ลดลงจึงมีความยืดหยุ่นน้อย ซึ่งกลูเตนมีลักษณะเป็นยางเหนียว ยืดหยุ่นได้อีกทั้งกลูเตนยังเป็นตัวเก็บก๊าซไว้ทำให้เกิดโครงสร้างที่จำเป็นของผลิตภัณฑ์และเป็นโครงสร้างแบบฟองน้ำเมื่อได้รับความร้อน (Jammek & Naivikul, 1982) จึงทำให้บรววนีแข็ง แน่น ไม่ยืดหยุ่น และแตกร่วนได้ บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 มีปริมาณเถ้าสูงกว่าทุกสูตร และการเก็บรักษานาน 6 วัน ปริมาณเถ้ามีค่าใกล้เคียงกับวันแรก ทั้งนี้ผงดักแด้ไหมอีรี่ที่วิเคราะห์ได้มีเถ้าในปริมาณเท่ากับร้อยละ 5.66 จึงส่งผลให้เมื่อเพิ่มปริมาณผงดักแด้ไหมอีรี่ในผลิตภัณฑ์บรววนีจึงมีปริมาณเถ้าเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ในปริมาณเพิ่มขึ้น (รูปที่ 2) โดยบรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 40 มีโปรตีนมากที่สุดเนื่องจากมีรายงานว่าการสกัดโปรตีนจากดักแด้ไหมอีรี่มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 59.40 (Sengupta et al., 1995; Sheikh et al., 2018) และในการทดลองนี้ปริมาณโปรตีนที่สกัดได้จากผงดักแด้ไหมอีรี่เท่ากับร้อยละ 72.77 ดังนั้นการทดแทนผงดักแด้ไหมอีรี่ในผลิตภัณฑ์บรววนีจึงไปเพิ่มปริมาณโปรตีนมากขึ้น

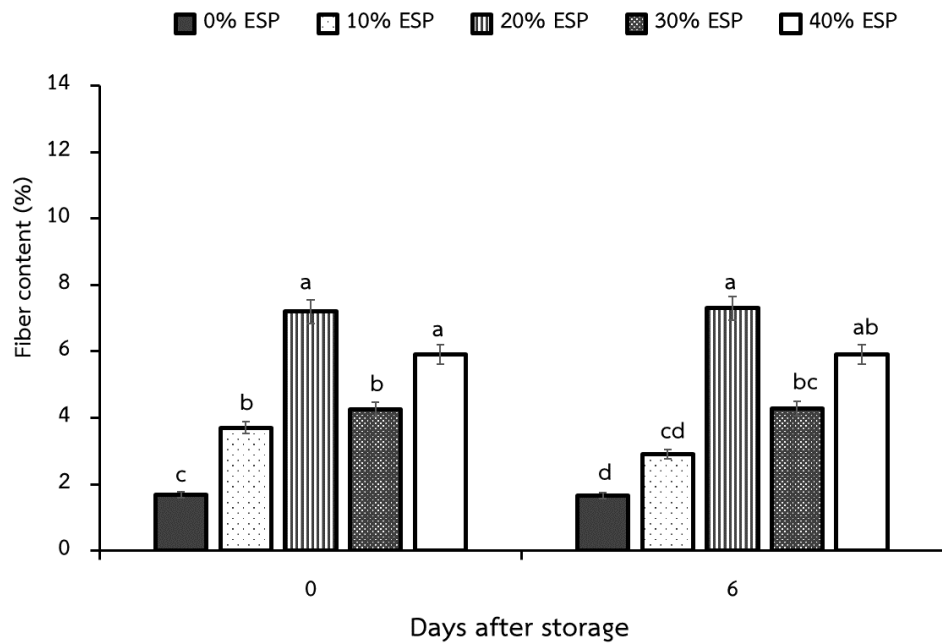
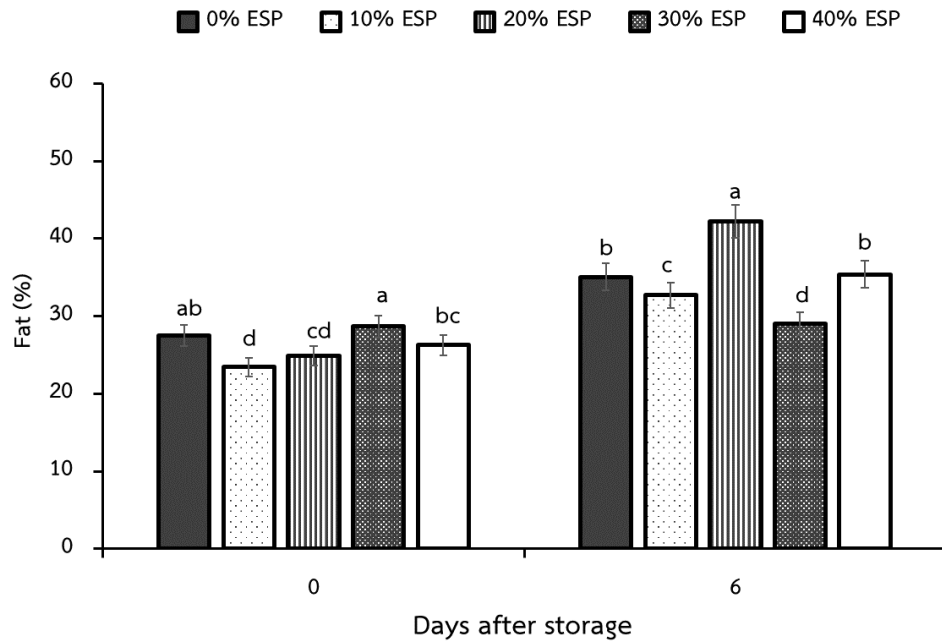
บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีไขมันเท่ากับร้อยละ 27.47 23.45 24.87 28.66 และ 26.30 เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ไขมันเพิ่มขึ้นจากวันแรกเท่ากับร้อยละ 35.04 32.73 42.23 29.07 และ 35.40 ในผลิตภัณฑ์บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณไขมันในผงดักแด้ไหมอีรี่ในการทดลองนี้มีปริมาณเท่ากับร้อยละ 16.51 เมื่อนำทดแทนแป้งสาลีมีปริมาณไขมันเพิ่มขึ้น อาจมาจากส่วนผสมของบรววนีที่มีส่วนผสมของเนย นม และผงโกโก้ และไขมันที่พบในดักแด้ไหมอีรี่เป็นไขมันที่จำเป็น เช่น Palmitoleic acid (16:1, n-7) Elaidic acid (18:1, n-9) Dihomo- $\gamma$ -linolenic acid, DGLA (20:3, n-6) Adrenic acid (22:4, n-6) และ Docosahexaenoic (22:6, n-3) เป็นต้น (Jintasataporn et al., 2001) จากรายงานของ Ekpo & Onigbinde (2005) พบว่าปริมาณไขมันร้อยละ 8.0-8.6 พบในหนอนไหมอีรี่พันธุ์ *Castor tapioca* ซึ่งเป็นวัยก่อนเข้าดักแด้ (prepupae) และวัยดักแด้ (pupae) มีน้อยกว่าในตัวอ่อนของ *Rhynchophorus phoenicis* (ร้อยละ 25) ปริมาณไขมันของหนอนไหมอีรี่ทั้ง 2 วัย เป็นแหล่งน้ำมันที่ดี (Rao, 1994) และยังพบว่าหนอนผีเสื้อที่กินได้ 23 ชนิดใน Zaire ให้พลังงานมากถึง 1923 kJ/100 g (Malaisse และ Parent, 1980) บรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีเส้นใยอาหารเพิ่มขึ้น เท่ากับร้อยละ 1.69 3.71 7.20 4.26 และ 5.91 ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน เส้นใยอาหารเท่ากับร้อยละ 1.66 2.91 7.30 4.29 และ 5.91 ตามลำดับ ในบรววนีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ การทดแทนผงดักแด้ไหมอีรี่ในบรววนีส่งผลให้มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ผงดักแด้ไหมอีรี่ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากผงดักแด้ไหมอีรี่ในการทดลองนี้มีใยอาหารเท่ากับร้อยละ 4.75 ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Longvah et al. (2011) ที่พบใยอาหารในดักแด้อบแห้งเท่ากับร้อยละ 3.45-3.62 (รูปที่ 3)



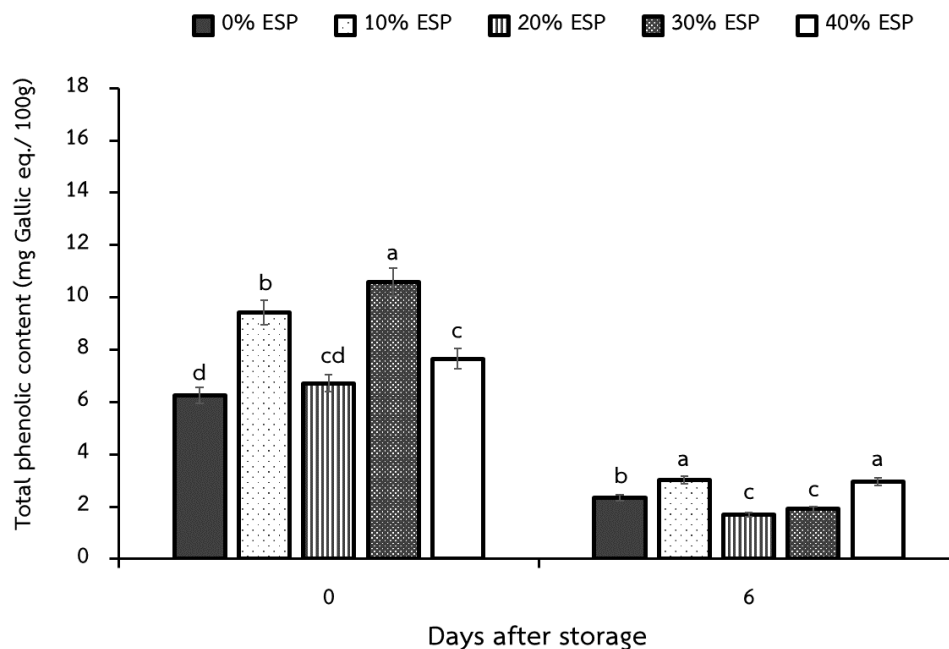
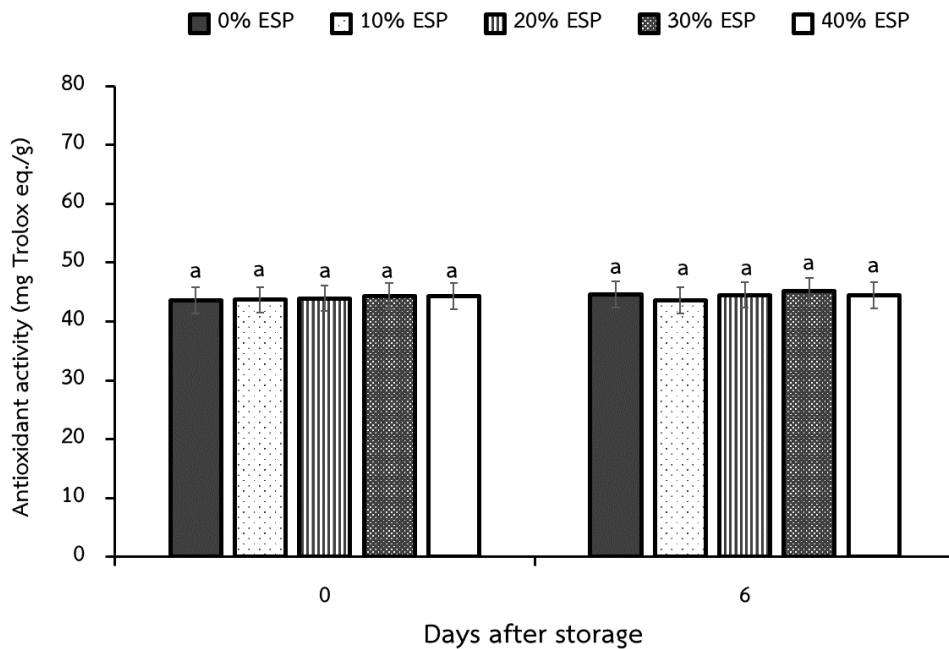
รูปที่ 1 คาร์โบไฮเดรตและความชื้นของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรีทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ตัวอักษรตัวเดียวกันในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 2 ปริมาณเถ้า และโปรตีน ของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด่ไหมอีรีทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



รูปที่ 3 ปริมาณไขมัน และใยอาหารของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด่ไหมอีรี  
ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน  
ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )



**รูปที่ 4** สารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์บราวนี่ที่ใช้ผงดักแด้ใหม่  
อัตราทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ของน้ำหนักแป้ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 วัน  
ตัวอักษรอังกฤษกำกับต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ตัวอักษรตัวเดียวกัน  
ในแต่ละคอลัมน์ในวันเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 43.61 43.69 43.94 44.29 และ 44.31 mg Trolox eq./g ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 44.55 43.61 44.53 45.12 และ 44.51 mg Gallic eq./100g ในบรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ บรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 6.25 9.43 6.72 10.59 และ 7.65 mg Gallic eq./100g เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 6 วัน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงเท่ากับ 2.34 3.02 1.69 1.91 และ 2.96 mg Gallic eq./100g ในบรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 ตามลำดับ (รูปที่ 4) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระพบในไหมเชริชินที่สกัด (SSE) จากหนอนไหมหม่อนไทย (*Bombyx mori*) และหนอนไหมที่ไม่ใช่หม่อน (*Samia ricini*) SSE จากทุกสายพันธุ์พบว่า มีสารประกอบฟลาโวนอยด์เป็นหลัก ได้แก่ (+)-catechin (20.63–145.64 mg/100 g), quercetin (7.89–35.95 mg/100 g) และ (-)-epicatechin (3.36–44.19 mg/100 g) ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ SSE มีค่า  $EC_{50}$  ต่ำ (0.96 mg/ml) ความเข้มข้นของ SSE ที่มี DPPH ลดลงร้อยละ 50 บ่งบอกถึงกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูง ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดของ SSE มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับกิจกรรมการกำจัดของ DPPH และ ABTS (Butkhup et al., 2012) จากการทดลองเมื่อเก็บรักษาบรวานีผ่านไป 6 วัน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลงอาจขึ้นอยู่กับชนิดของสารฟีนอลิกในตัวของผลิตภัณฑ์ (Ploenchit, 2012) นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ภายในเซลล์มีทั้งรูปแบบอิสระ (free form) ซึ่งสามารถละลายน้ำได้และแบบไม่อิสระ (bound form) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เนื่องจากการสร้างพันธะกับสารประกอบอื่น โดยมากมักจะรวมอยู่กับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ หรือรวมตัวกับสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเองหรือกับสารประกอบอื่น ๆ เช่น กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน แอลคาลอยด์ ลิพิด และเทอร์ปีนอยด์ เป็นต้น (Anson et al., 2009) ดังนั้นในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์บรวานีสารประกอบฟีนอลิกอาจอยู่ในรูปไม่อิสระซึ่งอาจสร้างพันธะกับโมเลกุลของน้ำตาลหรือกรดอะมิโนจึงสามารถทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้

## สรุป

การใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีในบรวานีในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้คุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส แตก่วน มีกลิ่นเฉพาะตัวของดักแด้ไหมอีรี่ อย่างไรก็ตามบรวานีที่ใช้ผงดักแด้ไหมอีรี่ทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10 ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมซึ่งมีค่า  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  เท่ากับ 39.47 0.85 และ 2.22 ตามลำดับ ส่วนเนื้อสัมผัสเท่ากับ 94.28 นิวตัน และองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ความชื้น เถ้า ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร โปรตีน ไขมัน และใยอาหารร้อยละ 31.82 16.92 1.14 0.87 10.29 32.73 และ 2.91 ส่วนปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 43.61 mg Trolox eq./g และ 3.02 mg Gallic eq./100g เมื่อเก็บรักษานาน 6 วัน ดังนั้นผงดักแด้ไหมอีรี่จึงเป็นแหล่งของโปรตีน และสามารถนำไปพัฒนาเป็นส่วนประกอบของอาหารประเภทอื่น ๆ ได้อีก

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนอุดหนุนการวิจัย และนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2565 และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ในการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- Anson, N.M., van den Berg, R., Havenaar, R., Bast, A., & Haenen, G.R.M.M. (2009). Bioavailability of ferulic acid is determined by its bioaccessibility. **Journal of Cereal Science**, **49**, 296-300.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA. Methods 925.10, 65.17, 974.24, 992.16.
- Attatham, T. (2021). Erie silk road to green Industry promotion. **Research Community**, **93**, 9.
- Boonsean, S., Boonbai, N., Poonyim, S., Sirisubjareon, A., Ngamnikom, P., & Surin, S. (2021). Development of Healthy Brownie from Three Colored Beans. **Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi**, **20**(1), 30–39.
- Butkhum, L., Jeenphakdee, M., Jorjong, S., Samappito, S., Samappito, W., & Butimal, J. (2012). Phenolic composition and antioxidant activity of Thai and Eri silk sericins. **Food Science and Biotechnology**, **21**, 10.1007/s10068-012-0050-0.
- Chodnakarin, A., Phugan, P., Inkert, S., Sam-ang, P., & Jansukon, E. (2021). Effects of wheat flour substitution with Hom Nin broken rice flour on quality changes of brownie. **Christian University Journal**, **27**(1), 84–96.
- Ekpo, K.E., & Onigbinde, A.O. (2005). Nutritional potentials of the larvae of *Rhynchophorus phoenicis*. **Pakistan Journal of Nutrition**, **4**, 287–290.
- Fuengkajomfung, N. (2023). Effect of various colored rice flours on the quality of cricket protein powder fortified chiffon cake. **Christian University Journal**, **29**(1), 68-79.
- Gallagher, E. (2009). **Gluten-Free Food Science and Technology** (1<sup>st</sup> ed.). Oxford: Wiley-Blackwel.
- Iqbal, S., Bhanger, M.I., & Anwar, F. (2005). Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. **Food Chemistry**, **93**(2), 265–272.
- Jammek, J., & Naivikul, A. (1982). **Introduction to Bakery Technology**. (2<sup>nd</sup> ed.). Kasetsart University. Faculty of Agro-Industry.
- Jintasataporn, O., Tabthipwon, P., & Ohshima, Y. (2001). Chemical composition, lipid class and fatty acid composition of Eri Silkworm (*Philosamia ricini* Boisid). **Proceeding of The JSPS 70<sup>th</sup> International commemorative symposium** (pp. 1637–1638). Tokyo, Japan.
- Jonjaitet, N., Yinglerrattanakul, P., Phammuang, P. & Phungphan, W. (2007). **Trans fat content in baked and fried foods** (Research Report). Bangkok: Division of Nutrition, Department of Health, Ministry of Public Health.
- Longvah, T., Mangthya, K., & Ramulu, P. (2011). Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. **Food Chemistry**, **128**, 400–403.
- Malaisse, F., & Parent, G. (1980). Les chemilles comestibles du shaba meridional (Zaire). **Naturalistes Beges**, **61**, 2–24.

- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., & Charrondiere, U. R. (2016). Review of food composition data for edible insects. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114> [2023, 12 Jan.]
- Ploenchit, J. (2012). **Stability of phenolic-acids in subcritical water** (Research report). Nakronprathom: Silpakorn University.
- Pongpien, W. (2008). **The study of the properties of antioxidants and all phenolic compounds in the hatch** (Master's thesis). Phetchabun: Phetchabun Rajabhat University.
- Pratumsri, N., Tabtipwan, P., Jintastaporn, O., & Srisaporn, P. (2009). Use of protein hydrolysate from Erie silkworm. (*Philosamia ricini*, Boisd) substitutes fishmeal in hybrid catfish feed (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*). 47th: Fisheries. *Kasetsart University Academic Conference* (pp. 154–161). Thailand Research Fund.
- Purlis, E. (2010). Browning development in bakery products. **Journal of Food Engineering**, 99(3), 239-249.
- Rao, P.U. (1994). Chemical composition and nutritional evaluation of spent silkworm pupae. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 42, 2201–2203.
- Sengupta, S., Choudhury, K., Bhattacharya, I. K., & Choudhury S.K. (1995). Effect of feeding muga silk worm pupae waste as a substitute of fishmeal in broiler ration. **Indian Journal of Animal Sciences**, 65(7), 827–829,
- Sheikh, I.U., Bandy, M.T., Baba, I.A., Adil, S., Shaista, S., Nissa, Bushra Zaffer & KH Bul, K.H. (2018). Utilization of silkworm pupae meal as an alternative source of protein in the diet of livestock and poultry: A review. **Journal of Entomology and Zoological studies**, 6(4),1010–1016.
- Sinchaipanit, P., Budpong, K., Disnil, S., & Twichatwitayakul, R. (2017). Influences of rice berry flour as a wheat flour substitute in brownie: textural and quality attributes. **SDU Research Journal Humanities and Social Sciences**, 10(2), 69-80.
- Sirichokworakit, S., Intasen, P., & Angkawut, C. (2016). Quality of donut supplemented with Hom Nin rice flour. **International Scholarly and Scientific Research & Innovation**, 10(7), 443-446.
- =====