

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายส์เสริมโปรตีนจากด้วงสาคร DEVELOPMENT OF FRENCH FRIES SUPPLEMENTED WITH PROTEIN FROM RED PALM WEEVIL

ณัฐพงศ์ เมธินธรังสรรค์* และ ดวงเดือน วัฏฏานุรักษ์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปทุมธานี 13180

Nathapong Matintarangson* and Duangduan Wattanuruk
Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage,
Pathum Thani, 13180

*E-mail: nathapong@vru.ac.th

Received: 04-07-2025

Revised: 16-06-2026

Accepted: 16-06-2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงด้วงสาครและผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายส์เสริมโปรตีนจากด้วงสาคร ผลการทดลองพบว่าสูตรอาหารที่ 1 ได้แก่ สาครบด, กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (Effective Microorganisms; EM) กากน้ำตาล อาหารหมู รำข้าว และน้ำเปล่า เสริมโปรตีนถั่วเขียวบด 100 กรัม มีปริมาณโปรตีนสูงสุดมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผงโปรตีนด้วงสาครที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่ 2-3 และสูตรอาหารที่ 4 เป็นชุดควบคุม โดยมีปริมาณโปรตีนในผงด้วงสาครเท่ากับร้อยละ 46.5 และเมื่อนำมาพัฒนาสูตรเฟรนช์ฟรายส์พบว่าเฟรนช์ฟรายส์สูตรที่ 3 ที่เสริมผงหนอนด้วงสาครร้อยละ 30 ค่าองค์ประกอบทางเคมีสูงสุด (ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้า) มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพพบว่าค่า a_w มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.88 ความชื้น มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 2.17-2.96 และผลการวิเคราะห์ค่าสีของค่าความสว่าง (L^*) อยู่ระหว่าง 32.26-39.34 ค่าสีแดง (a^*) อยู่ระหว่าง 3.56-5.90 และค่าสีเหลือง (b^*) อยู่ระหว่าง 4.16-7.72 โดยค่าสีทุกค่าของทุกสูตรเฟรนช์ฟรายส์ต่ำกว่าสูตรเฟรนช์ฟรายส์ (ควบคุม) อย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

คำสำคัญ: แมลง โปรตีน พัฒนาผลิตภัณฑ์ เฟรนช์ฟรายส์ ด้วงสาคร

ABSTRACT

The objectives of this study were to develop a diet formula for rearing the red palm weevil and develop protein-supplemented french fries. The experimental results found that diet formula 1 consisted mashed sago, Effective Microorganisms; EM, molasses, pig feed, rice bran, plain water and 100 grams of bean protein had the highest of protein content significantly different ($p < 0.05$)

when compared to powder protein of red palm weevil from diet formulas 2, 3 and 4 (control). The protein content was the highest at 46.54%. When developing the french fries formula, it was found that the French fries formula 3 supplemented with 30% red palm weevil powder had the highest chemical composition values (moisture, carbohydrate, protein, fat and ash) with a significantly different ($p<0.05$). When analyzing the physical properties, it was found that the aw value was between 0.22-0.88, the moisture value was between 2.17-2.96 percent, and the color analysis results of the brightness value (L^*) were between 32.26-39.34, the red value (a^*) was between 3.56-5.90, and the yellow value (b^*) was between 4.16-7.72. The color values of all french fries formulas were significantly lower than those of the French fries (control) formula ($p<0.05$).

Keywords: insect, protein, product development, french fries, red palm weevil

บทนำ

ด้วงสาคุ (Red palm weevil) หรือด้วงวงมะพร้าว ด้วงไฟ ด้วงลานหรือแมงหว้าง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier จัดอยู่ในวงศ์ Curculionidae อันดับ Coleoptera เป็นแมลงเศรษฐกิจมีความสำคัญเป็นแมลงกินได้ (Edible insect) และแหล่งอาหารโปรตีน เดิมทีด้วงสาคุเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญของพืชตระกูลปาล์ม เช่น มะพร้าว ต้นสาคุ หรือต้นลาน ด้วงสาคุจะทำลายมะพร้าวโดยเจาะเข้าไปในลำต้นและส่วนยอด ระยะตัวหนอนจะเจาะเข้าไปกัดกินและเจริญเติบโตอยู่ภายในลำต้นมะพร้าว ตัวหนอนจะกัดกินไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งต้นเป็นโพรงใหญ่ไม่ลำเลียงอาหารไปถึงยอดได้ ทำให้ต้นมะพร้าวตายในที่สุด (Plant Protection Research & Development Office, 2017) ด้วงสาคุมีขนาดลำตัวยาวประมาณ 2.2-3.5 เซนติเมตร ตัวเต็มวัยมีสีน้ำตาลอมส้มหรือสีน้ำตาลปนดำ ปากยาวแบบงวง มีวงโค้ง มีจุดแต้มสีน้ำตาลเข้มด้านบนของอกปล้องแรก จุดแต้มนี้มีหลากหลายรูปแบบ ปีกคู่หน้ามีรอยเป็นเส้น ๆ ตามความยาวของปีก ปีกคลุมไม่มีดลลำตัวเห็นส่วนปลายท้อง ตัวผู้และตัวเมียมีลักษณะแตกต่างกัน โดยตัวผู้จะมีขนเป็นแนวที่ส่วนกลางตามความยาวของวง ตัวเมียมีปลายวงยาวเรียว ตัวเมียใช้เวลาวางไข่ 5-8 สัปดาห์ ในปริมาณเฉลี่ย 400 ฟอง ตัวหนอนมีสีเหลืองปนน้ำตาล ดักแด้เป็นปลอกทำด้วยเศษชิ้นส่วนจากพืชที่กินเป็นอาหาร (Al-Dosary et al. 2016) มีหลายงานวิจัยพบว่าด้วงสาคุอุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์มากมาย เช่น จากงานวิจัยของ Leatemia et al., (2021) พบว่าระยะหนอนวัย 4 และ 5 ของด้วงสาคุมีสารอาหารคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมันวิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะโปรตีนมีปริมาณร้อยละ 27.97 และมีไขมันปริมาณร้อยละ 59.71 นอกจากนี้ยังมีโอมีก้า 3 และ 6 อีกด้วย

เฟรนช์ฟรายส์ (French fries) คือมันฝรั่งหั่นแท่งทอดในน้ำมันท่วมแบบกรอบหรือนุ่มด้านในโรยเกลือ เฟรนช์ฟรายส์เป็นขนมขบเคี้ยวหรืออาหารจานด่วนที่ทานกับซอสมะเขือเทศ มายองเนส น้ำส้มสายชู หรือซอสบาร์บีคิว นอกจากนี้ยังรับประทานกับเนยแข็ง ซอสทาร์ทาร์ หรือน้ำสลัดเทาซันต์ไอแลนด์ รูปแบบเฟรนช์ฟรายส์มีหลากหลาย เช่น แบบงวง แบบหยัก หรือใช้มันเทศแทนมันฝรั่ง Noiduang & Boonpa (2016) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารปรุงด่วน (fast food) มีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก อย่างไรก็ตามอาหารปรุงด่วนที่วางจำหน่ายกันนั้นมีคุณค่าด้านโภชนาการน้อย เนื่องจากมีองค์ประกอบหลักเป็นแป้งและไขมัน เฟรนช์ฟรายส์เป็นอาหารปรุงด่วนชนิดหนึ่งที่มีนิยมนบริโภคกันมาก โดยทั่วไปเฟรนช์ฟรายส์ผลิตจากการนำมันฝรั่งบดหรือโดแป้งมันฝรั่ง

มาผสมกับเครื่องเทศ สารให้กลิ่นรสและสารให้ความคงตัว แล้วนำมาทอดแบบน้ำมันท่วม (deep fat frying) จากงานวิจัยของ Prakash et al., (2010) พบว่าการบริโภคอาหารฟาสต์ฟู้ด (fast food) เช่น เฟรนช์ฟรายส์จะเป็นแหล่งชักนำให้เกิดโรคไขมัน โดยมีการทดลองในหนูทดลองพบว่าค่าของ Cholesterol, Triglyceride, Low Density Lipoprotein (LDL) และ Very Low Density Lipoprotein (VLDL) สูงขึ้นร้อยละ 12.30, 29.48, 25.77 และ 34.66 ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลต่อการเป็นโรคอ้วนและโรคหัวใจ

จากความสำคัญดังกล่าวจึงนำมาสู่งานวิจัยที่จะเลี้ยงด้วงสาควัด้วยสูตรอาหารที่เสริมด้วยโปรตีนจากแหล่งธรรมชาติ ด้วงสาควัเป็นแมลงที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะโปรตีน และหลังจากนั้นนำผงด้วงสาควัที่มีโภชนาการสูงมาพัฒนาผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายส์เสริมโปรตีน ซึ่งจะมีคุณค่าทางโภชนาการขึ้นเหมาะสำหรับผู้บริโภคทั่วไปโดยเฉพาะเยาวชนและผู้ที่ต้องการสารอาหารจากโปรตีน และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์แปรรูปจากแมลงเศรษฐกิจ นอกจากนี้ยังเป็นการต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในการใช้ประโยชน์จากแมลงเป็นแหล่งอาหารทางชีวภาพที่มีคุณค่าโภชนาการสูง และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรจากธรรมชาติอย่างคุ้มค่าเพื่อให้ได้ประโยชน์อย่างสูงสุด

วิธีการ

1. แมลงที่ใช้ในการทดลอง

ตัวเต็มวัยด้วงวงสาควัได้รับความอนุเคราะห์จากฟาร์มด้วงสาควั จ.พัทลุง โดยความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมียด้วงสาควั ให้สังเกตบริเวณวง (Rostrum) เพศผู้จะสั้นและขรุขระ และมีขนสั้นเล็ก ๆ กระจายที่ปลายวง ในขณะที่เพศเมีย วงจะเรียวยาว ไม่มีขนที่ปลายวง (ภาพที่ 1) มาเลี้ยงในสูตรอาหารพื้นฐาน (ชุดควบคุม) และสูตรอาหารเสริมโปรตีน



(a)



(b)

ภาพที่ 1 ความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมียของด้วงสาควั (a) เพศผู้ (b) เพศเมีย
ที่มา: Nangai & Martin (2017)

2. การทดสอบการเปรียบเทียบการเลี้ยงด้วงสาควัในสูตรอาหารพื้นฐานและสูตรอาหารเสริมโปรตีน

นำพ่อแม่พันธุ์ด้วงสาควัจำนวน 5 คู่ มาเลี้ยงในสูตรอาหารพื้นฐาน ประกอบด้วย สาควัสดจากกลุ่มผู้เลี้ยงด้วงสาควั 900 กรัม EM ยี่ห้อคิวเค (Kazu) 15 มิลลิลิตร กากน้ำตาล ยี่ห้อเอ็มโมลาส 15 มิลลิลิตร อาหารหมู 0.5 กิโลกรัม รำข้าว 0.5 กิโลกรัม น้ำเปล่า 2 ลิตร (ชุดควบคุม) และสูตรอาหารเสริมโปรตีน ได้แก่ ถั่วเขียวบด โปรตีนเกษตร และ ผงสาหร่าย ดังนี้

สูตรที่ 1 (เสริมโปรตีนถั่วเขียวบด ยี่ห้อคุณ) ประกอบด้วย สาкупบด 900 กรัม EM 15 มิลลิลิตร กากน้ำตาล 15 มิลลิลิตร อาหารหมู 0.5 กิโลกรัม รำข้าว 0.5 กิโลกรัม น้ำเปล่า 2 ลิตร เสริมโปรตีนถั่วเขียวบด 100 กรัม

สูตรที่ 2 (เสริมโปรตีนเกษตร ยี่ห้อโยตา) ประกอบด้วย สาкупบด 700 กรัม EM 15 มิลลิลิตร กากน้ำตาล 15 มิลลิลิตร อาหารหมู 0.5 กิโลกรัม รำข้าว 0.5 กิโลกรัม และน้ำเปล่า 2 ลิตร เสริมโปรตีนเกษตรบด 100 กรัม

สูตรที่ 3 (เสริมโปรตีนผงสาหร่าย ยี่ห้อ Herbal One) ประกอบด้วย สาкупบด 700 กรัม EM 15 มิลลิลิตร กากน้ำตาล 15 มิลลิลิตร, อาหารหมู 0.5 กิโลกรัม, รำข้าว 0.5 กิโลกรัม และน้ำเปล่า 2 ลิตร เสริมผงสาหร่าย 100 กรัม

สูตรที่ 4 (ชุดควบคุม) ประกอบด้วย สาкупบด 1 กิโลกรัม EM 15 มิลลิลิตร กากน้ำตาล 15 มิลลิลิตร อาหารหมู 0.5 กิโลกรัม รำข้าว 0.5 กิโลกรัม และน้ำเปล่า 2 ลิตร

ทำการผสมอาหารเลี้ยงดั่งสาкупให้เข้ากันในกะละมังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 66.50 เซนติเมตร สูง 20 เซนติเมตร ที่มีฝาปิด หลังจากนั้นนำเปลือกมะพร้าวที่แช่น้ำไว้มาวางปกคลุมบนผิวหน้าอาหารเพื่อเป็นวัสดุสำหรับวางไข่ของด้วงสาкуп และนำกล้วยน้ำว้า 1 ผล วางไว้สำหรับเป็นแหล่งอาหารสำหรับตัวเต็มวัย ปล่อยตัวเต็มวัย ด้วงสาкупจำนวน 5 คู่ (เพศผู้ 5 ตัว เพศเมีย 5 ตัว) ลงในกะละมังเพื่อให้ด้วงสาкупผสมพันธุ์และวางไข่พัฒนาเจริญเติบโตต่อไป นำไปวางไว้ในโรงเลี้ยงแมลงที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design; CRD) แต่ละสูตรอาหารเลี้ยงดั่งสาкупทำการทดลอง 5 ซ้ำ หลังจากเลี้ยงหนอนด้วงสาкупระยะเวลา 15 และ 30 วันให้นำหนอนด้วงสาкупออกเพื่อทำการเปลี่ยนอาหารครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ จนกระทั่งถึงระยะเวลา 40-45 วัน หลังจากนั้นจึงนำด้วงสาкупออกมาเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนต่อไป (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ด้วงสาкуп

3. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

นำพริกแห้งสดมาล้างในสุรอาหารแต่ละสูตรจำนวน 100 ตัว มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น แล้วนำมาอบแห้งในตู้อบแมลงที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน หลังจากนั้นนำมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นเป็นผงละเอียดผ่านรูดะแกรงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 80 แมช (ภาพที่ 3) หลังจากนั้นนำผงพริกแห้งสดมาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนทั้งหมดโดยวิธีเจลดทาล์ (Kjeldahl method) (AOAC, 2000) มีวิธีการดังนี้ นำผงพริกแห้งสด 2.5 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl flask เติม Mixed catalyst: CuSO_4 0.1 กรัม NaSO_4 2 กรัม และ conc. H_2SO_4 25 กรัม จากนั้นนำมาย่อยบนเตาหลุมให้ความร้อนไฟฟ้า (heating mantle) ยี่ห้อ MTOPOS, Korea โดยให้ความร้อนอ่อนๆ แล้วค่อยเพิ่มความร้อนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส รอจนสารละลายมีสีใสทั้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงในหลอดย่อย 10-15 มิลลิตร นำหลอดย่อยมาต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เติมน้ำ 40 เปอร์เซ็นต์ของ NaOH 40-50 มิลลิตร นำ receiving flask ที่มี 4 เปอร์เซ็นต์ของ กรดบอริก (Boric acid) อยู่ 20-25 มิลลิตร และเติม indicator เรียบร้อยแล้วมารองรับสารละลายที่กลั่นได้ กลั่นจนได้สารละลายประมาณ 25 มิลลิตร ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วย 0.1 N กรดไฮโดรคลอริก (HCl) จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพูทำ blank โดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง เปรียบเทียบปริมาณโปรตีนของผงพริกแห้งสดที่เลี้ยงในสุรอาหาร โดยคำนวณหาปริมาณโปรตีนจากสูตร

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 1.4 \times F}{W_t} \quad (1)$$

- A คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
B คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank (มิลลิลิตร)
 W_t คือ น้ำหนักของตัวอย่าง
N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก (N)
F คือ ค่าแฟคเตอร์



ภาพที่ 3 ผงโปรตีนจากตัวงู

4. การพัฒนาเฟรนช์ฟรายส์เสริมโปรตีนจากด้วงสาคร

นำผงด้วงสาครที่วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนสูงสุดมาเสริมโปรตีนในเฟรนช์ฟรายส์ โดยมีอัตราส่วนตามสูตรอาหารดังนี้ สูตรที่ 1 เฟรนช์ฟรายส์ + ผงหนอนด้วงสาครร้อยละ 10, สูตรที่ 2 เฟรนช์ฟรายส์ + ผงหนอนด้วงสาครร้อยละ 20 สูตรที่ 3 เฟรนช์ฟรายส์ + ผงหนอนด้วงสาครร้อยละ 30 และ สูตรที่ 4 เฟรนช์ฟรายส์ (ชุดเปรียบเทียบ) โดยวิธีการขึ้นรูปเฟรนช์ฟรายส์โดยวิธีการผสมผงด้วงเข้าไปในเนื้อ แสดงให้เห็นว่าเป็นแบบบดผสมขึ้นรูป (reconstituted) เพื่อความสม่ำเสมอของสารอาหาร หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ โปรตีน (protein) คาร์โบไฮเดรต (Nitrogen free extract) ไขมัน (Ether extract) การวิเคราะห์เยื่อใยหยาบ (crude fiber) การวิเคราะห์ความชื้น (moisture) เถ้า (ash) โดยวิธี Proximate analysis ตามวิธีของ AOAC (2000) และวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) วัดด้วยเครื่อง Aqua Lab (3TE, USA) ค่าความชื้นวัดด้วยเครื่อง Moisture Analyzer ยี่ห้อ Sartorius (MA37, Germany) ค่าสีวัดด้วยเครื่อง Konica Minolta (CR-400, Japan) วัดค่าเนื้อสัมผัส ได้แก่ ค่าความแข็ง (hardness) และค่าความแตกหัก (fracturability) ด้วยเครื่องวัด Brookfield (CT3, USA)

5. การวิเคราะห์สถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design, CRD) นำค่าเฉลี่ยที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variances (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในผงด้วงสาครที่เลี้ยงในสูตรอาหารต่างชนิดกัน

จากผลการเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในผงด้วงสาครที่เลี้ยงในสูตรอาหารต่างชนิดกัน ได้แก่ สูตรอาหารที่ 1-3 และสูตรอาหารที่ 4 เป็นชุดควบคุม ผลการทดลองพบว่าสูตรอาหารที่ 1 ได้แก่ สาครบด 900 กรัม, EM 15 มิลลิลิตร, กากน้ำตาล 15 มิลลิลิตร, อาหารหมู 0.5 กิโลกรัม, รำข้าว 0.5 กิโลกรัม, น้ำเปล่า 2 ลิตร, เสริมโปรตีนถั่วเขียวบด 100 กรัม มีปริมาณโปรตีนสูงสุดมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผงโปรตีนด้วงสาครที่เลี้ยงในสูตรอาหารที่ 2-3 และสูตรอาหารที่ 4 เป็นชุดควบคุม โดยมีปริมาณโปรตีนในผงด้วงสาครเท่ากับร้อยละ 46.54 ในขณะที่สูตรอาหารที่ 2-3 มีปริมาณโปรตีนในผงด้วงสาครเท่ากับ 43.02 และ 42.46 ในขณะที่ชุดควบคุมมีปริมาณโปรตีนในผงด้วงสาครเท่ากับร้อยละ 38.64 (ตารางที่ 1) สารอาหารในอาหารที่เลี้ยงด้วงสาครเป็นปัจจัยหลักที่มีผลทำให้ด้วงสาครมีสารอาหารสะสมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะแหล่งโปรตีนถ้าให้อาหารเหล่านี้แก่หนอนด้วงสาครในด้วงสาครก็จะมีสารอาหารโปรตีนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากการเลี้ยงหนอนด้วงสาครที่เสริมโปรตีนในสูตรอาหารที่ 1-3 มีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหนอนด้วงสาครที่เลี้ยงจากสูตรอาหารที่ 4 (ชุดควบคุม) จากผลการทดลองหนอนด้วงสาครที่เลี้ยงจากสูตรอาหารที่ 1 ที่เสริมด้วยถั่วเขียวบดมีปริมาณโปรตีนสูงสุด เพราะเป็นแหล่งธัญพืชอาหารโปรตีนที่ดีที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าโปรตีนเป็นแหล่งสารอาหารที่ให้พลังงาน สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อของร่างกาย การเสริมโปรตีนด้วยถั่วเขียวบดในอาหารเลี้ยงด้วงสาครส่งผลให้ด้วงสาครมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับด้วงสาครที่เลี้ยงในสูตรอาหารพื้นฐาน มีหลายงานวิจัย

ที่ทำการทดลองโดยเสริมโปรตีนลงไปในสูตรอาหารพื้นฐานแล้วนำไปให้สัตว์หรือแมลงกินเข้าไปส่งผลให้สัตว์หรือแมลงมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยใช้ถั่วเขียวบดเป็นโปรตีนเสริมในอาหารเลี้ยงตัวงูซึ่งในงานวิจัยของ Sapapporn & Chaumphol (2024) ศึกษาคุณสมบัติของโปรตีนถั่วเขียว พบว่าเมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารและกรดอะมิโน พบว่าอุดมไปด้วยสารอาหารมากมาย ส่วนใหญ่เป็นโปรตีนเท่ากับ 62.05 กรัม/100 กรัม มีกรดอะมิโนจำเป็นปริมาณมาก เช่น ไลซีน ฟีนิลอลานีน และลิวซีน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นถั่วเขียวบดจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนในสูตรอาหารเลี้ยงตัวงู เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้มีค่าเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยของ Sangthong et al., (2022) ทำการศึกษามลของระดับโปรตีนในอาหารชั้นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการใช้ประโยชน์ได้ของโกขนะของแพะพื้นเมืองไทยเพศผู้ พบว่าเมื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในเนื้อแพะมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อแพะที่เลี้ยงในสูตรอาหารพื้นฐาน นอกจากนี้ยังส่งผลให้น้ำหนักของแพะเพิ่มขึ้นด้วย

ตารางที่ 1 ปริมาณโปรตีนของตัวงูที่เลี้ยงในสูตรอาหารแตกต่างกัน

สูตรอาหาร	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)
สูตรอาหาร 1 (ถั่วเขียวบด)	46.54 ^a
สูตรอาหาร 2 (โปรตีนเกษตร)	43.02 ^b
สูตรอาหาร 3 (ผงสาหร่าย)	42.46 ^b
สูตรอาหาร 4 (ควบคุม)	38.64 ^c

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดิ่งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's multiple range test.

2. ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของเฟรนช์ฟรายส์ที่เสริมโปรตีนจากผงหนอนตัวงู

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเฟรนช์ฟรายส์ที่เสริมโปรตีนจากผงหนอนตัวงูในปริมาณที่ต่างกัน ผลการทดลองพบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระ (a_w) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.22-0.48 ความชื้น มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 2.17-2.96 โดยพบว่าจะมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มผงโปรตีนจากตัวงู เนื่องจากผงโปรตีนได้ผ่านกระบวนการอบแห้งทำให้ลดปริมาณน้ำในวัตถุดิบ และผลการวิเคราะห์ค่าสีของค่าความสว่าง (L^*) อยู่ระหว่าง 32.26-39.34 ค่าสีแดง (a^*) อยู่ระหว่าง 3.56-5.90 และค่าสีเหลือง (b^*) อยู่ระหว่าง 4.16-7.72 (ตารางที่ 2) โดยค่าสีทุกค่าของทุกสูตรเฟรนช์ฟรายส์ต่ำกว่าสูตรเฟรนช์ฟรายส์ (ควบคุม) อย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตัวงูเป็นแมลงที่มีโปรตีนสูงสามารถนำมาใช้ในการบริโภคหรือมาเป็นส่วนผสมเสริมคุณค่าทางโภชนาการโดยเฉพาะโปรตีน จากการศึกษาของ Nilklang & Leejoeiwara (2022) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์อาหารจากตัวงูมะพร้าว พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่รู้จักและเคยบริโภคตัวงูมะพร้าวและผลิตภัณฑ์ แปรรูปจากตัวงูมะพร้าว ปัจจุบันที่

มีอิทธิพลต่อการยอมรับการบริโภคผลิตภัณฑ์จากด้วงมะพร้าว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การนำผงโปรตีนจากด้วงสาครมาเสริมกับอาหารหรือขนมที่รับประทานเล่นเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้นจากงานวิจัยของ Songian et al. (2024) ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้เนยสดเสริมโปรตีนจากด้วงสาคร ผลการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการพบว่าด้วงสาครแบบสด มีโปรตีนร้อยละ 7.74 ไขมันร้อยละ 17.89 และโอเมก้า 3 (ALA) ร้อยละ 0.03 ซึ่งมีผลให้คุกกี้เนยสดเสริมโปรตีนจากด้วงด้สนสาคร 100 กรัม มีพลังงาน 566.63 กิโลแคลอรี ไขมันร้อยละ 36.39 โปรตีนร้อยละ 9.32 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 50.46 โอเมก้า 3 (ALA) ร้อยละ 0.10 เถ้าร้อยละ 1.00 กรัม และความชื้นร้อยละ 2.81 โดยปริมาณโปรตีนและไขมันสูงกว่าคุกกี้เนยสดสูตรพื้นฐาน ผลศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อคุกกี้เนยสดเสริมโปรตีนจากด้วงด้สนสาคร ผู้บริโภคทั่วไปร้อยละ 99.17 ให้การยอมรับเพราะผลิตภัณฑ์มีความแปลกใหม่น่าสนใจ รสชาติดี อร่อย และมีคุณค่าทางโภชนาการ และจากงานวิจัยของ Kueachan et al., (2024) ทำการศึกษาศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยผงจิ้งหรีดพันธุ์ทองดำในบราวนี่กรอบที่ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 10, 20 และ 30 ของน้ำหนักแป้ง พบว่าปริมาณผงจิ้งหรีดที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ และเถ้าเพิ่มขึ้น แต่ค่าความสว่าง (L*) ปริมาณน้ำ อีเธอร์ และคาร์โบไฮเดรตของผลิตภัณฑ์ลดลง บราวนี่กรอบที่มีปริมาณผงจิ้งหรีดมากที่สุด (ร้อยละ 30) ให้ค่าความแข็งน้อยที่สุด เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ได้แก่ ความชื้น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน เส้นใยหยาบ และเถ้า เท่ากับร้อยละ 3.57, 52.92, 21.89, 9.40, 10.15 และ 1.76 (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเฟรนช์ฟรายส์ที่เสริมด้วยผงโปรตีนจากด้วงสาคร

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	สูตรควบคุม	ผงสาหร่าย 100 กรัม	โปรตีนเกษตร 100 กรัม	ถั่วเขียวบด 100 กรัม
ปริมาณน้ำอีเธอร์ (a_w)	0.48±0.34 ^a	0.22±0.16 ^b	0.24±0.32 ^b	0.32±0.20 ^b
ความชื้น (moisture)	2.96±0.34 ^a	2.17±0.09 ^b	2.38±0.24 ^b	2.24±0.18 ^b
L*	39.34±1.20 ^a	33.86±0.88 ^b	33.14±1.32 ^b	32.76±1.06 ^b
a*	5.90±0.20 ^a	4.12±0.54 ^b	3.86±0.44 ^b	3.56±0.38 ^b
b*	7.72±1.42 ^a	5.06±0.48 ^b	4.52±0.52 ^b	4.16±0.64 ^b
ค่าความแข็ง (Hardness/g.)	1854±0.32 ^c	2482±1.38 ^a	2265±0.42 ^b	2206±1.63 ^b
ค่าความแตกหัก (Fracturability/g.)	1628±1.68 ^c	2670±1.52 ^a	2238±1.08 ^b	2144±1.24 ^b

หมายถึง ค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง (ดำ = 0, ขาว = 100)

a* หมายถึง สีแดงหรือสีเขียว (+ สีแดง, - สีเขียว)

b* หมายถึง สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน (+ สีเหลือง, - สีน้ำเงิน)

^{a-c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่อยู่ในแนวนอนเดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองการเปรียบเทียบการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของเฟรนช์ฟรายส์ที่เสริมโปรตีนจากผงหนอนดั่งงา พบว่าเฟรนช์ฟรายส์สูตรที่ 3 ที่เสริมผงหนอนดั่งงา 30 มีค่าองค์ประกอบทางเคมีสูงสุด (ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และเถ้า) มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1, 2 และ สูตรที่ 4 (ควบคุม) โดยมีค่าเท่ากับ 2.50 ± 0.48 , 44.64 ± 1.14 , 47.06 ± 1.60 , 8.36 ± 0.28 และ 8.80 ± 0.74 ในขณะที่สูตรที่ 4 (ควบคุม) มีค่าเท่ากับ 0.46 ± 0.14 , 40.16 ± 1.68 , 40.34 ± 1.80 , 6.08 ± 0.82 , 7.22 ± 0.48 และ 1.04 ± 0.06 (ตารางที่ 3) ในขณะที่สีและรูปร่างของเฟรนช์ฟรายส์จะมีสีโทนสีน้ำตาลรูปทรงอ่อนนุ่ม ไม่แข็งเกินไป รูปทรงเฟรนช์ฟรายส์สามารถเกาะตัวเป็นรูปร่างที่ไม่แตกสามารถนำไปอบหรือทอดในการบริโภคได้ (ภาพที่ 5) จากงานวิจัยของ Dholvitayakhun et al., (2023) ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นอบกรอบเสริมโปรตีนจากจิ้งหรีด พบว่าเสริมผงโปรตีนจากจิ้งหรีดร้อยละ 10 มีคะแนนการยอมรับมากที่สุดอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง (7.27 ± 1.17) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความสว่าง (L^*) 14.43 ค่าสีแดง (a^*) 4.73 ค่าสีเหลือง (b^*) 21.37 ความหนา 0.26 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำอิสระ 0.54 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการประกอบด้วย โปรตีนร้อยละ 24.38 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 48.37 ไขมันร้อยละ 5.32 ปริมาณเถ้าทั้งหมดร้อยละ 6.22 ปริมาณเส้นใยร้อยละ 8.56 ค่าพลังงานความร้อน 423.98 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม และหนึ่งหน่วยบริโภค 30 กรัม มีปริมาณโปรตีน 7 กรัม นอกจากนี้ยังมีการใช้โปรตีนจากแมลงในการเป็นอาหารเสริมอีก เช่น จากงานวิจัยของ Dornchai et al., (2023) ทำการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลง พบว่าการใช้แป้งมันสำปะหลังผงจิ้งหรีดและมันเทศปริมาณ 428, 200 และ 372 กรัม ตามลำดับ มีองค์ประกอบทางเคมีในด้านโปรตีน ในอาหาร และแร่ธาตุสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวเกรียบทางการค้า (ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา) ส่วนอัตราการขยายตัวของผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบเสริมมันเทศและโปรตีนจากแมลงมีค่าไม่แตกต่างจากข้าวเกรียบกุ้ง แต่มีค่าสูงกว่าข้าวเกรียบปลา ($p < 0.05$) โปรตีนจึงเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต การสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ในอนาคตโปรตีนจากเนื้อสัตว์จะขาดแคลนและไม่เพียงพอต่อการบริโภคของประชากรโลก โปรตีนจากแมลงจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะมาทดแทนหรือใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนได้ โดยมีหลายงานวิจัยที่ได้อธิบายว่าโปรตีนจากแมลงมีคุณค่าทางโภชนาการทางอาหารใกล้เคียงกับโปรตีนจากเนื้อสัตว์

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์คุณภาพทางทางเคมีของเฟรนช์ฟรายส์ที่เสริมด้วยผงโปรตีนจากด้วงสาคว

การวิเคราะห์ คุณภาพทางเคมี	ร้อยละน้ำหนักแห้ง (ร้อยละ)			
	สูตรอาหาร 4 (ควบคุม)	สูตรอาหาร 3	สูตรอาหาร 2	สูตรอาหาร 1 (ควบคุม)
ความชื้น	0.46±0.14 ^c	2.50±0.48 ^a	1.34±0.30 ^b	1.26±0.65 ^b
คาร์โบไฮเดรต	40.16±1.68 ^b	44.64±1.14 ^a	41.02±1.60 ^b	40.78±1.36 ^b
โปรตีน	40.34±1.80 ^c	47.06±1.60 ^a	44.84±1.72 ^b	43.76±1.66 ^b
ไขมัน	6.08±0.82 ^b	8.36±0.28 ^a	6.84±0.08 ^b	6.26±0.14 ^b
เถ้า	7.22±0.48 ^b	8.80±0.74 ^a	7.84±0.68 ^b	7.52±0.42 ^b
เส้นใย	0.60±0.04 ^a	1.08±0.08 ^a	0.78±0.12 ^a	0.60±0.04 ^a

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวดังแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี Duncan's multiple range test.



ภาพที่ 5 เฟรนช์ฟรายส์ที่เสริมด้วยผงโปรตีนจากด้วงสาคว

สรุปผลการวิจัย

การเสริมโปรตีนถั่วเขียวบดในอาหารเลี้ยงด้วงสาควในสูตรอาหารพื้นฐานเป็นการเพิ่มปริมาณโปรตีนในด้วงสาควซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนในธรรมชาติ ด้วงสาควเป็นแมลงศัตรูมะพร้าว พืชตระกูลปาล์ม จากรายงานการวิจัยระยะหนอนสามารถนำมารับประทานได้ มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะสารอาหารประเภทโปรตีนสามารถนำมาเป็นอาหารเสริมโปรตีนได้ เฟรนช์ฟรายส์เป็นอาหารว่างเมื่อรับประทานเดี่ยว ๆ จะส่งผลเสียต่อร่างกายซึ่งอาจจะทำให้เกิดการสะสมของไขมันในร่างกาย ส่งผลทำให้ร่างกายอ้วนและเกิดโรคต่าง ๆ ตามมา การพัฒนาผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายส์

ที่เสริมด้วยโปรตีนจากผงหนอนด้วงสาคุเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้สูงขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้บริโภคโดยเฉพาะเด็กเยาวชน และคนทั่วไปที่นิยมชอบรับประทานเฟรนช์ฟรายส์เป็นของว่าง ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์เฟรนช์ฟรายส์เสริมโปรตีนจากผงหนอนด้วงสาคุมีประโยชน์ทางคุณค่าทางโภชนาการ โดยโปรตีนจากหนอนด้วงสาคุเป็นโปรตีนที่ได้จากธรรมชาติ นอกจากนี้ยังเป็นการต่อยอดภูมิปัญญาท้องถิ่นในการใช้ประโยชน์จากแมลงเป็นแหล่งอาหารทางชีวภาพที่มีคุณค่าโภชนาการสูง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณศูนย์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วงสาคุ ตลอดจนอาจารย์ เจ้าหน้าที่ แม่บ้านที่คอยอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่ในการทดลองและคอยให้กำลังใจตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- Al-Dosary, N. M. N., Al-Dobai, S., & Faleiro, J. R. (2016). Review on the management of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* olivier in date palm *Phoenix dactylifera* L. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 28(1), 34-44.
- AOAC. (2000). **Official methods of AOAC international**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland.
- Dholvitayakhun, A., Krisomros, J., Chantharasiri, P., Wutthichat, W., & Sanguanval, A. (2023). Development of crispy vegetable chip with protein supplement from crickets. **Recent Science and Technology**, 15(1), 60-73. (in Thai)
- Dornchai, P., Phusoomta, R., Patatayo2and, O., & Thammapat, P. (2023). Development of rice crispy fortified with sweet potato and protein from insect. **Prawarun Agriculture Journal**, 20(1), 11-18. (in Thai)
- Kueachan, T., Worrarat, T., Parisut Chalermchaiwat, P., & Sangteerakij, D. (2024). Effects of wheat flour substitution with cricket powder (*Gryllus bimaculatus*) on physical, chemical and sensory properties of brownie brittle. **Recent Science and Technology**, 16(2), 316-329. (in Thai)
- Leatemia, J. A., Patty, J. A., Masauna, D., Noya, S. H., & Hasinu, J. V. (2021). Utilization of sago grub (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) as an alternative source of protein. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 800, doi:10.1088/1755-1315/800/1/012028.
- Nangai, L. V., & Martin, B. (2017). Interpreting the Acoustic Characteristics of Rpw Towards Its Detection-A Review. **Materials Science and Engineering**, 225, doi:10.1088/1757-899X/225/1/012178.

- Nilklang, S., & Leejoeiwara, B.(2022). The consumer adoption of food product made from coconut beetle for commercial distribution of tambol namphong community enterprise, namphong district, hkon kaen province. **Journal of Modern Learning Development**, 7(10), 79-92.
- Noiduang, P., & Boonpa, Y. (2016). Production of Nutrition-supplemented Cassava French Fries with Sesame. **The Agricultural Science Journal**, 47(2) (Suppl.), 237-240. (in Thai)
- Plant Protection Research & Development Office. (2017). **Coconut insect pests management**. 1st.operative Printing House of Thailand Limited. (in Thai)
- Prakash, M. M., Gaherwal, S., & Chaurasia, R. (2010). Fast food (French fries) induced changes in lipid profile. **International Journal of Biological & Medical Research**, 1(3), 82-84.
- Sangthong, K., Noosen, P., & Ngampongsai, W. (2022). Effects of dietary protein levels in concentrate on growth performance and nutrient utilization of Thai indigenous male goat. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 50(2), 448-459. (in Thai)
- Sapapporn, N., & Chaumphol, P. (2024). Study on properties of mung bean protein waste. **Journal of Agri. Research & Extension**, 41(2), 135-144. (in Thai)
- Songian, J., Kee-ariya, C., & Suteebut, N. (2024). Product development of protein-enhanced butter cookies from sago beetles. **Journal of Technical Education Development**, 37(132), 130-140.