FEAT JOURNAL
FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL
วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดทอด เพื่อนำไปสู่การควบคุมคุณภาพการทอดด้วยระบบอัตโนมัติ

The Analysis of Physical Properties and Textural of Fried Cricket Products for the Developing Automatic Frying Quality Control Systems

วุฒิพงศ์ ทองแห้ว[1),4),5)] ชัยยันต์ จันทร์ศิริ[2),4),5)] วิรุณ โมนะตระกูล[3)] นครินทร์ แสนคำ[2),4),5)] และ จารุพล สุริยวนากุล[1),4)*]

Wuttiphong Thonghaeo[1),4),5)], Chaiyan Junsiri[2),4),5)], Wiroon Monatrakul[3)], Nakarin Saemkam[2),4),5)] And Jarupol Suriyawanakul[1),4)*]

[1)]สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[2)]สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3)]สาขานวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

[4)]ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[5)]ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

[1)]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

[2)]Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering Khon Kaen University

[3)]Innovative Technology Machinery Program, Rajabhat Maha Sarakham University

[4)]Agricultural Machinery and Postharvest Technology Center, Khon Kaen University Khon Kaen Province

[5)]Postharvest Technology Innovation Center, Science, Research and Innovation Promotion and Utilization Division, Office of the Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation

Received: 10 November 2025
Revised: 22 December 2025
Accepted: 24 December 2025
Available online: 26 December 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดพันธุ์สะดิ้งทอดจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบควบคุมเครื่องทอดอัตโนมัติให้ได้คุณภาพที่สม่ำเสมอ โดยแบ่งตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A (ผลิตภัณฑ์ทั่วไปในท้องตลาด) กลุ่ม B (ผลิตภัณฑ์ยอดขายสูงทางออนไลน์) และกลุ่ม C (ผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐาน อย.) ผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยกลุ่ม A มีขนาดเฉลี่ย 6.02 x 29.03 mm น้ำหนักเฉลี่ย 0.2 g กลุ่ม B ขนาดเฉลี่ย 5.78 x 22.16 mm น้ำหนักเฉลี่ย 0.4 g และกลุ่ม C ขนาดเฉลี่ย 5.75 x 19.33 mm น้ำหนักเฉลี่ย 0.1 g แสดงว่าขนาดไม่ใช่ปัจจัยหลักที่กำหนดคุณภาพ แต่ขึ้นอยู่กับวิธีการทอดและการดูดซึมน้ำมัน ค่าสีของผลิตภัณฑ์ทั้งสามกลุ่มมีค่าความสว่าง (L*) 28.9–30.7 โดยกลุ่ม A และ C มีสีสว่างกว่า ส่วนกลุ่ม B มีสีเข้มกว่าเล็กน้อย กลุ่ม C มีค่า a* สูงสุด (5.7) บ่งชี้ถึงสีแดง–น้ำตาลที่สม่ำเสมอซึ่งเหมาะสมต่อการทอด การทดสอบเนื้อสัมผัสพบว่ากลุ่ม B มีค่าความแข็งสูงสุด (230.980 N) และค่าความเหนียวแน่นภายในสูงสุด (0.482) แสดงถึงความกรอบแน่น ส่วนกลุ่ม C มีค่า Gumminess และ Chewiness ต่ำสุด (19.275 และ 0.737) แสดงถึงความกรอบเบา เคี้ยวง่าย โดยสรุป กลุ่ม A เหมาะกับผลิตภัณฑ์ทั่วไปที่เน้นความคุ้มค่า กลุ่ม B เด่นด้านความแข็งและแน่น เหมาะกับผู้บริโภคที่มีแนวโน้มชอบสัมผัสกรอบ ส่วนกลุ่ม C มีสีและเนื้อสัมผัสสม่ำเสมอ เหมาะต่อการผลิตเชิงอุตสาหกรรมและการพัฒนาระบบทอดอัตโนมัติในอนาคต

คำสำคัญ: จิ้งหรีดทอด คุณลักษณะทางกายภาพ เนื้อสัมผัส ค่าสี ระบบควบคุมการทอดอัตโนมัติ

Abstract

This study aimed to investigate the physical and texture properties of crispy fried house cricket (Acheta domesticus) obtained from different sources, in order to provide fundamental data for designing an automatic frying control system to achieve consistent product quality. The samples were divided into three groups: Group A (general commercial products), Group B (top-selling online products), and Group C (products certified by the Food and Drug Administration). The results revealed significant physical differences among the three groups. Group A had an average size of 6.02 x 29.03 mm and an average weight of 0.2 g, Group B had 5.78 x 22.16 mm and 0.4 g, and Group C had 5.75 x 19.33 mm and 0.1 g. These results indicated that size is not the main factor determining product quality, which is more influenced by frying methods and oil absorption. The color values (L*) ranged from 28.9–30.7, with Groups A and C exhibiting lighter colors, while Group B was slightly darker. Group C had the highest Red - Green (a*) value (5.7), indicating a uniform reddish-brown color suitable for

frying. Texture analysis showed that Group B had the highest hardness (230.980 N) and cohesiveness (0.482), indicating a firm and dense texture, whereas Group C had the lowest gumminess and chewiness (19.275 and 0.737), reflecting a light and crispy texture. In conclusion, Group A represented general products emphasizing value, Group B distinguished by its firmness and dense crispness preferred by consumers, and Group C shows uniform color and texture, making it suitable for industrial production and the development of automatic frying control systems in the future.

Keywords: Crispy fried: cricket Physical properties: Texture analysis: Color values: Automatic frying control system

*ติดต่อ: jarupol@kku.ac.th , 043-362144

1. บทนำ

การเติบโตของประชากรโลกอย่างต่อเนื่องยังคงเป็นหนึ่งในแรงขับสำคัญที่เพิ่มความต้องการ อาหารทั้งในแง่ปริมาณ แคลอรี และสารอาหารของมนุษย์ การประมาณการขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ชี้ว่า หากไม่มีการปรับระบบการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ภาคเกษตรอาจต้องเพิ่มปริมาณการผลิตมากถึง 60% เมื่อเทียบกับปัจจุบัน เพื่อให้ทันต่อความต้องการในปี 2050 อย่างไรก็ตาม ระบบเกษตรกรรมปัจจุบันกำลังเผชิญกับข้อจำกัดของทรัพยากรธรรมชาติจำนวนมากไม่ว่าจะเป็นที่ดินเพาะปลูกที่เสื่อมโทรม, แหล่งน้ำที่ถูกกดดัน, และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อผลผลิตซึ่งนำมาซึ่งความท้าทายอย่างรุนแรงในเรื่อง ความมั่นคงทางอาหาร (Food Security) [10]

หนึ่งในแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านความมั่นคงทางอาหารที่ได้รับความสนใจ คือ อาหารแห่งอนาคต (Future Food) ซึ่งเป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการพัฒนาแหล่งอาหารที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยองค์ประกอบสำคัญของ Future Food จึงกลายเป็นแนวทางแก้ไขที่ได้รับความสนใจ โดยเฉพาะ "โปรตีนจากแมลง" (Insect-based Protein) ซึ่งมีศักยภาพสูง เนื่องจากแมลงให้โปรตีนในปริมาณที่สูงกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น [7] ใช้เวลาเพาะเลี้ยงสั้น และที่สำคัญคือกระบวนการเลี้ยงยังปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าอุตสาหกรรมปศุสัตว์ทั่วไป [6]

ปัจจุบันอุตสาหกรรมแมลงกินได้มีมูลค่าประมาณ 1,400 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือราว 33,900 ล้านบาท โดยมียุโรปและสหรัฐอเมริกาเป็นผู้นำตลาด และมีธุรกิจที่เกี่ยวข้องมากกว่า 400 แห่ง [1] สำหรับประเทศไทย การบริโภคแมลงเป็นวัฒนธรรมดั้งเดิมที่สืบทอดต่อกันมา โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งนิยมบริโภคแมลงจากธรรมชาติและฟาร์มเพาะเลี้ยง อาทิ หนอนเยื่อไผ่ ตั๊กแตน หนอนด้วงมะพร้าว และจิ้งหรีด [13] โดยเฉพาะจิ้งหรีดบ้าน (Acheta domesticus L.) หรือที่เรียกกันว่า “จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)” ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงในเชิงพาณิชย์อย่างแพร่หลายโดยในประเทศไทยมีเกษตรกรเกือบ 20,000

ครัวเรือนกระจายอยู่ทั่วประเทศ [4] ผลิตภัณฑ์จากจิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)มีการแปรรูปหลายรูปแบบ แต่การ "ทอด" ถือเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสูงสุดในหมู่ผู้บริโภค สามารถหาซื้อได้ง่ายทั้งในตลาดท้องถิ่นและช่องทางออนไลน์ [16] อย่างไรก็ตาม ปัญหาสำคัญที่พบในปัจจุบันคือ ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดที่มีจำหน่ายทั่วไปนั้นขาดความเป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั้งในด้านสีและเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการผลิตที่หลากหลาย ความไม่สม่ำเสมอนี้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการยอมรับและความพึงพอใจของผู้บริโภค และอาจนำไปสู่การตัดสินใจไม่ซื้อซ้ำ

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาด สี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานซึ่งจะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบความคุมการทอดด้วยระบบอัตโนมัติให้สามารถสร้างพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีมาตรฐานเดียวกันต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วิธีการทดลองมี ดังนี้

2.1. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ จิ้งหรีดพันธุ์ สะดิ้ง เนื่องจากในปัจจุบัน สะดิ้งได้รับความนิยมในการบริโภคสูงที่สุด โดยจะแบ่งเป็นผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดจาก 3 แหล่งที่มา โดยจะแบ่งกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มีขายทั่วไป กลุ่ม B ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มียอดขายสูงที่สุดในร้านค้าออนไลน์ และ กลุ่ม C ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่ได้รับมาตรฐาน อย. ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา

2.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.2.1. การวัดค่าสีระบบ CIE (L* a* b*) ด้วยเครื่อง Color Reader รุ่น Konica Minolta (Model CR-10) (ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ม. ขอนแก่น)รายงานค่าเป็น L* ระบุความสว่าง (100: สีขาว, 0: สีดำ) a* หมายถึงสีแดง (+) / สีเขียว (-) และ b* หมายถึง สีเหลือง (+) / สีน้ำเงิน (-) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วิธีการทดสอบการวัดสี เครื่อง Color Reader รุ่น Konica Minolta (Model CR-10)

โดยมีวิธีการทดสอบ

2.2.1.1. เริ่มจากการจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับทดสอบ เช่น ถาด ตารางสำหรับวัดค่า และเครื่องวัดสี

2.2.1.2. นำผลิตภัณฑ์ออกจากบรรจุภัณฑ์ทีละกลุ่ม เทใส่ถาดและเกลี่ยให้ทั่วโดยไม่ให้เห็นชิ้นส่วนของถาด (ใช้ผลิตภัณฑ์ 300 กรัมต่อ 1 กลุ่ม)

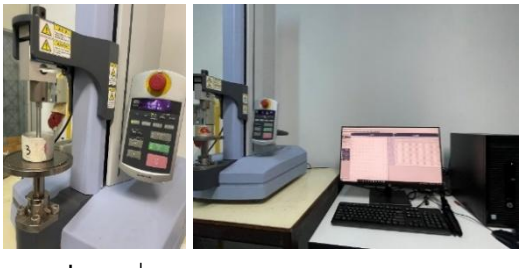
2.2.1.3. วางตารางเพื่อกำหนดจุดในการวัดแต่ละจุด ดังรูปที่ 2

2.2.1.4. ใช้เครื่องวัดสีกดเพื่อบันทึกค่า L* (ความสว่าง), a* (เขียว–แดง), b* (น้ำเงิน–เหลือง) ของแต่ละจุดจำนวนจุดละ 3 ครั้ง แล้วเฉลี่ยเป็นค่าของผลิตภัณฑ์ในช่องนั้นทำซ้ำจนครบทุกช่อง ทั้งหมด 12 ช่อง จำนวน 5 ซ้ำต่อ 1 กลุ่ม ดังรูปที่ 2

2.2.1.5. ใช้ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้งหมดในการรายงานผล

2.2.2. การวัดเนื้อสัมผัส

การวัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่อง Texture Analysis (รุ่น Shimadzu Scientific Instruments EZ-SX texture analyzer) (วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น) ออกแบบมาเพื่อเสริมการทดสอบทางประสาทสัมผัสในการพัฒนาอาหารและการควบคุมคุณภาพ ให้ผลลัพธ์เชิงตัวเลขที่เป็นรูปธรรมเกี่ยวกับเนื้อสัมผัสของอาหาร เครื่องนี้มีเครื่องมือวิเคราะห์เนื้อสัมผัสที่หลากหลาย ได้แก่ แรงอัด ความแข็ง แรงเฉือน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่อง Texture Analysis รุ่น Shimadzu Scientific Instruments EZ-SX texture analyzer

โดยมีวิธีการทดสอบ

2.2.2.1. เลือกวิธีการทดสอบแบบ Compression Test (การกดอัด) วัดแรงอัดสูงสุด (N) [2]

2.2.2.2. เลือกใช้หัวกดขนาด 49 mm และกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm สูง 40 mm

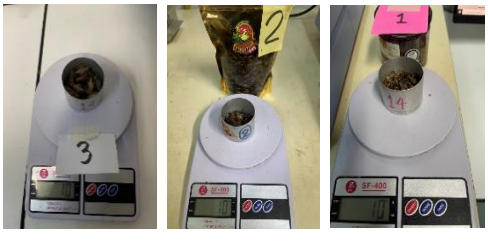
2.2.2.3. กำหนดความเร็วในการกด 100 mm/min

2.2.2.4. เตรียมผลิตภัณฑ์ จำนวน 300 กรัม ต่อ 1 กลุ่ม นำผลิตภัณฑ์ใส่กระบอกทรงกรวย และชั่งน้ำหนัก 10 g (10 g ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 20-100 ตัว ต่อกลุ่มของผลิตภัณฑ์) ต่อ 1 การทดลอง ดังรูปที่ 4

2.2.2.5. เริ่มการทดสอบด้วยการกดอัด 2 จังหวะ โดยเมื่อถึง 50% แล้วคืนกลับแล้วกดซ้ำเพื่อหาพารามิเตอร์ให้ครบกระบวนการ

2.2.2.6. ทำซ้ำ 25 ซ้ำต่อ 1 กลุ่มตัวอย่าง (ออกแบบการทดลองตามปริมาณของตัวอย่าง) ตามทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างเบื้องต้น [12] ดังรูปที่ 5

2.2.2.7. ใช้ค่าเฉลี่ยของผลการทดลองทั้งหมดในการรายงานผล

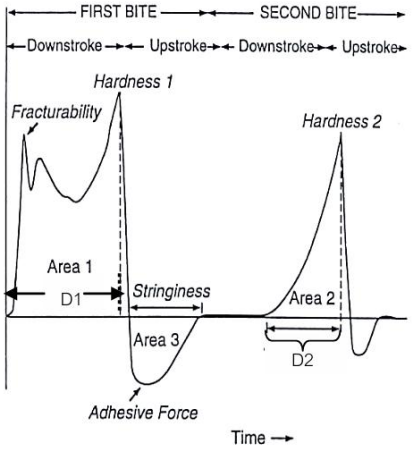


รูปที่ 4 การชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ก่อนการทดลอง



รูปที่ 5 การทดลองกดผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 กลุ่ม

พารามิเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ในกระบวนการกดแบบ Texture Profile Analysis (TPA) โดย TPA เป็นการทดสอบโดยการใช้หัวทดสอบแบบแผ่นแบนซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าขนาดของวัสดุเป็นการให้แรงกด (compression test) ลงบนตัวอย่างอาหารขนาดมาตรฐาน 2 ครั้ง เป็นการจำลองการใช้ฟันบดอาหาร การทดสอบด้วยวิธี texture profile analysis ประยุกต์ใช้วัดเนื้อสัมผัสของอาหารหลายชนิดและอาหารที่อยู่ในสภาวะที่พร้อมรับประทาน [13] โดยมีพารามิเตอร์ ที่จะศึกษา ดังรูปที่ 6 ได้แก่ 1) Hardness แรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดหรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก 2) Adhesiveness หรือ stickiness เป็นพื้นที่ใต้กราฟส่วนที่มีค่าเป็นลบของช่วงการกด หรือการเคี้ยว 3) Springiness หรือ elasticity เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการคืนตัวของการเสียรูปจากการกดครั้งแรก 4) Cohesiveness เป็นพลังงานยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหาร 5) gumminess พลังงานหรือแรงที่ต้องใช้ในการทำให้อาหารกึ่งของแข็งแตกออกจนสามารถกลืนได้ 6) Chewiness พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหาร



รูปที่ 6 กราฟที่ได้จากการทำ Texture Profile Analysis ที่มา ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ, [15]

จากคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น จะสามารถคำนวณหาค่าคุณลักษณะเนื้อสัมผัสเพิ่มเติมได้ ดังนี้

$$\text{Cohesiveness} = \frac{\text{Area 2}}{\text{Area 1}} \quad (1)$$

$$\text{Springiness} = \frac{\text{Distance 2}}{\text{Distance 1}} \quad (2)$$

$$\text{Gumminess} = \text{Hardness}_1 \times \text{Cohesiveness} \quad (3)$$

$$\text{Chewiness} = \text{Gumminess} \times \text{springiness} \quad (4)$$

2.2.3. การวิเคราะห์ทางสถิติ

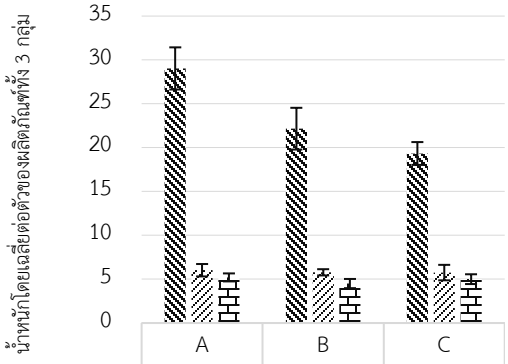
การวิจัยครั้งนี้ใช้กรอบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

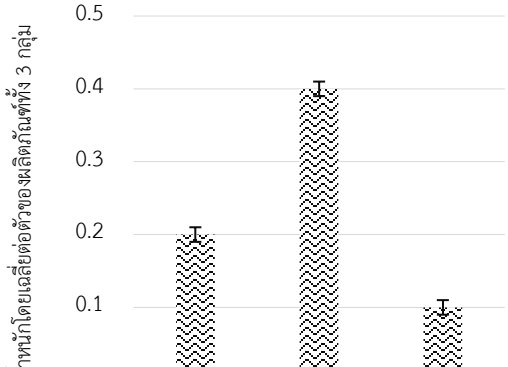
3.1. ลักษณะทางกายภาพ

ด้านขนาดและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา จากรูปที่ 7 พบว่าผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดจากทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างกันทั้งด้านขนาดและน้ำหนัก โดยผลิตภัณฑ์กลุ่ม A มีความยาวมากที่สุด (6.02x29.03 mm) แต่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อชิ้นเพียง 0.2 g และมีความหนาแน่นต่อปริมาตรอยู่ที่ 0.0726 g/cm^3 ขณะที่กลุ่ม B แม้มีขนาดเล็กกว่า (5.78x22.16 mm) แต่มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดที่ 0.4 g และมีความหนาแน่นต่อปริมาตรอยู่ที่ 0.0774 g/cm^3 ในทางตรงกันข้าม กลุ่ม C ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐาน อย. มีขนาดเล็กที่สุด

(5.75x19.33 mm) และมีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดที่ 0.1 g และมีความหนาแน่นต่อปริมาตรอยู่ที่ 0.0608 g/cm^3



	A	B	C
ยาว mm.	29.03	22.16	19.33
กว้าง mm.	6.02	5.78	5.75
สูง mm.	5.2	4.5	5



	A	B	C
น้ำหนัก g.	0.2	0.4	0.1

รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบขนาดของผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่ม

หมายเหตุ : A ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มีขายทั่วไป B ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มียอดขายสูงที่สุดในร้านค้าออนไลน์ C ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่ได้รับมาตรฐาน อย.

จากผลการทดลองดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ความแตกต่างด้านขนาดไม่ได้เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกลุ่ม B มีขนาดเล็กกว่ากลุ่ม A แต่กลับมีน้ำหนักมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ อาจเกิดจากความแตกต่างใน วิธีการแปรรูปและกระบวนการทอด เช่น ระดับความร้อน ระยะเวลาในการทอด รวมถึงปริมาณน้ำมันที่ซึมเข้าสู่ตัวแมลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ [3] ที่ระบุว่าปริมาณน้ำและไขมันที่เหลืออยู่หลังการทอดมีผลโดยตรงต่อน้ำหนักสุดท้ายของแมลงทอด

ในด้านมาตรฐานคุณภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม C ที่ได้รับการรับรอง อย. มีน้ำหนักและขนาดต่ำที่สุด แต่อาจแสดงถึงการ ควบคุมคุณภาพด้านความสม่ำเสมอและความกรอบ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักน้อยกว่าอาจมีการสูญเสียน้ำและไขมันในระดับที่เหมาะสม ส่งผลให้ได้เนื้อสัมผัสที่กรอบและสีที่สม่ำเสมอมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม B ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ยอดขายสูงสุดทางออนไลน์ พบว่า มีแนวโน้มให้ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งอาจสัมพันธ์กับการรับรู้ของผู้บริโภคที่มองว่า “ตัวใหญ่และหนัก” มีความคุ้มค่ามากกว่า แม้ว่าด้านมาตรฐานคุณภาพอาจไม่สูงเท่ากลุ่ม C ก็ตาม

สรุปได้ว่า ลักษณะทางกายภาพด้านขนาดและน้ำหนักของจิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดมีความแตกต่างกันตามแหล่งผลิต โดยกลุ่ม A มีลักษณะยาวแต่เบามีความแน่นเนื้ออยู่ในระดับกลาง กลุ่ม B มีลักษณะสั้นกว่าแต่หนักที่สุดมีความแน่นเนื้ออยู่ในระดับสูง และกลุ่ม C มีขนาดเล็กและเบาที่สุดมีความแน่นเนื้ออยู่ใน

ระดับต่ำ ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างของกระบวนการแปรรูปและมาตรฐานการผลิต ที่ส่งผลต่อคุณภาพความสม่ำเสมอ และการยอมรับของผู้บริโภคในเชิงพาณิชย์

3.2. ลักษณะทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา

จากตารางที่ 1 พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดทั้ง 3 แหล่งอยู่ในช่วง 28.9-30.7 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีความเข้มของสีค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยกลุ่ม A และ C มีค่าความสว่างสูงกว่า (30.7 และ 30.6 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม B เท่ากับ 28.9 ซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการทอดหรือสภาวะการผลิตของกลุ่ม B ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มกว่าเล็กน้อย อันเป็นผลจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างการทอด ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล

ในด้านค่าความเป็นสีแดง – เขียว (a*) พบว่ากลุ่ม C มีค่าสูงที่สุด (5.7) รองลงมาคือกลุ่ม B (4.9) และกลุ่ม A (4.0) แสดงว่าผลิตภัณฑ์จากกลุ่ม C มีโทนสีแดงเด่นชัดมากกว่า ซึ่งอาจมีผลต่อการรับรู้ความน่ารับประทานของผู้บริโภค เนื่องจากสีแดง – น้ำตาลมักสัมพันธ์กับการทอดที่เหมาะสมและเนื้อสัมผัสที่กรอบ

สำหรับค่าความเป็นสีเหลือง – น้ำเงิน (b*) พบว่าของทั้งสามกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม A มีโทนสีเหลืองเด่นชัดมากที่สุด ขณะที่กลุ่ม B มีโทนสีเหลืองน้อยที่สุด ส่วนกลุ่ม C มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาร่วมกับค่า a* ซึ่งกลุ่ม C มีค่าสูงที่สุด จึงสะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม C มีลักษณะสีแดง–น้ำตาลที่สม่ำเสมอมากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการทอดที่มีการควบคุมคุณภาพอย่างเหมาะสม

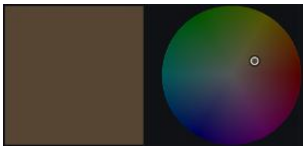
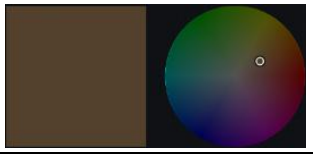
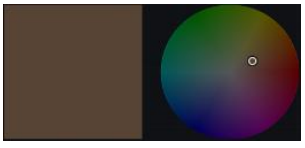
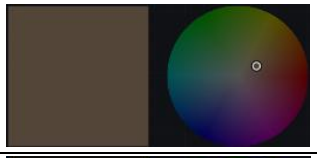
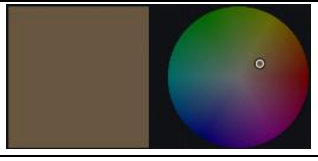
ตารางที่ 1
ลักษณะทางกายภาพด้านของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา

Group	L*	a*	b*
A	30.7 ± 0.81 a	4.0 ± 1.14 c	14.4 ± 0.82 a
B	28.9 ± 1.92 a	4.9 ± 0.41 b	11.6 ± 0.59 c
C	30.6 ± 1.25 a	5.7 ± 0.31 a	12.3 ± 0.66 b
D1	37.8	4.7	15.5
D2	30.3	3.7	9.8

ค่าทั้งหมดแสดงถึงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 5 ครั้ง (n=5) ระบบสี CIE ถูกใช้เพื่อให้ได้ค่า L* ,a* ,b* โดย a-c คือ ค่าเฉลี่ยภายในแถวที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) 1 และ D2 เป็นค่าสีมาตรฐานเพื่อการอ้างอิงและไม่ได้นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ

หมายเหตุ : A ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มีขายทั่วไป B ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มียอดขายสูงที่สุดในร้านค้าออนไลน์ C ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่ได้รับมาตรฐาน อย. D1 เป็นสีมาตรฐานแบบคว่ำทั้งหมด และ D2 เป็นสีมาตรฐานแบบหงายทั้งหมด

ตารางที่ 2
ลักษณะทางกายภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา

กลุ่ม	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	ลักษณะสี
A		
B		
C		
D1		
D2		

หมายเหตุ : ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มีขายทั่วไป B ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มียอดขายสูงที่สุดในร้านค้าออนไลน์ C ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่ได้รับมาตรฐาน อย. D1 เป็นสีมาตรฐานแบบคว่ำทั้งหมด และ D2 เป็นสีมาตรฐานแบบหงายทั้งหมด ค่าทั้งหมดเป็นค่าเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่างทดสอบจำนวณ 5 ซ้ำต่อกลุ่ม

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า สีของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดมีความแตกต่างระหว่างแหล่งที่มา ซึ่งสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพ โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับมาตรฐาน อย. ที่มีค่าสีแตกต่างอย่างชัดเจนในเชิงวิทยาศาสตร์การอาหาร ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์

3.3. ลักษณะทางกายภาพด้าน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา

จากตารางที่ 3 พบว่า มีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

Hardness (ค่าความแข็ง) ของผลิตภัณฑ์แตกต่างกันชัดเจน โดยกลุ่ม B มีค่าความแข็งสูงที่สุด (230.980) เมื่อเทียบกับกลุ่ม A (106.061) และกลุ่ม C (89.882) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์กลุ่ม B มีลักษณะกรอบแข็งกว่า อาจเกิดจากการใช้เวลาและอุณหภูมิในการทอดที่สูงกว่า ทำให้สูญเสียน้ำมาก และมีการสร้างโครงสร้างที่แข็งแรงมากขึ้น ขณะที่กลุ่ม C มีค่าความแข็งต่ำที่สุด แสดงถึงเนื้อสัมผัสที่กรอบน้อยกว่าแต่เบากว่า

Adhesiveness (ความเหนียวติดฟัน) และ Springiness (ความยืดหยุ่น) จากผลการเก็บข้อมูลของแต่ละกลุ่มตัวอย่างพบว่า ค่าความเหนียวติดฟันและค่าความยืดหยุ่นมีค่าที่สอดคล้องกับตัวอักษรทางสถิติ

Cohesiveness (ความเหนียวแน่นของเนื้อในตัวเอง) ของกลุ่ม B (0.482) สูงกว่ากลุ่ม A (0.289) และกลุ่ม C (0.215) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความแข็งที่สูง ทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างแน่นและคงรูปได้ดีกว่า

Gumminess และ Chewiness พบว่ากลุ่ม B มีค่า Gumminess สูงที่สุด (110.051) และค่า Chewiness สูงที่สุด (22.462) ซึ่งสัมพันธ์กับการมีความแข็ง ความเหนียวแน่น และความยืดหยุ่นสูง ทำให้ต้องใช้แรงเคี้ยวมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ขณะที่กลุ่ม C มีค่า Gumminess และ Chewiness ต่ำที่สุด (19.275 และ 0.737 ตามลำดับ) บ่งบอกว่ามีลักษณะกรอบเปราะเคี้ยวง่าย แต่ไม่คงโครงสร้างมากนัก

จากตารางที่ 3 และ รูปที่ 8 9 10 และ 11 สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอดจากกลุ่ม B ซึ่งเป็นสินค้าที่ขายดีที่สุดทางออนไลน์ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง เหนียวแน่น และต้องใช้แรงเคี้ยวมากที่สุด ขณะที่กลุ่ม A มีค่าปานกลาง ส่วนกลุ่ม C ที่ได้รับมาตรฐาน อย. มีลักษณะกรอบเบา เคี้ยวง่าย ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ [9] ที่กล่าวว่ากระบวนการทอดมีผลโดยตรงต่อค่าความแข็งและความกรอบของแมลงกินได้ โดยอุณหภูมิและเวลาที่สูงจะเพิ่มค่าความแข็งและแรงเคี้ยวของผลิตภัณฑ์ แม้ว่างานวิจัยนี้จะไม่ได้ทำการทดสอบการรับรู้ของผู้บริโภคโดยตรง แต่มีรายงานว่าค่าความแข็งและความกรอบที่สูงสัมพันธ์กับการรับรู้ความกรอบและความชอบของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์แมลงทอด [5]

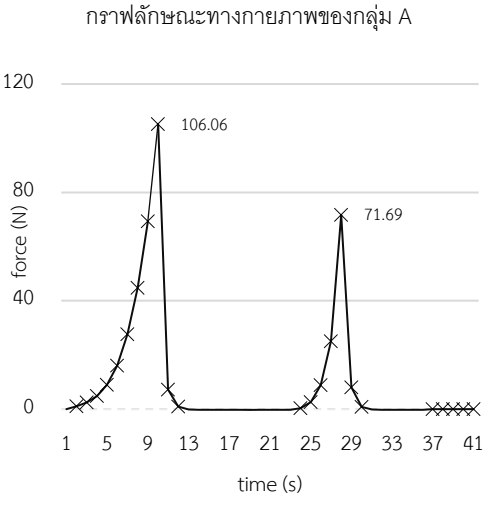
ดังนั้น ลักษณะเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่มมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพ ส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ของผู้บริโภค โดยกลุ่ม B อาจตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ชอบผลิตภัณฑ์กรอบแข็งและเคี้ยวได้มาก ขณะที่กลุ่ม C มีความโดดเด่นในด้านมาตรฐานและความง่ายในการบริโภค

ตารางที่ 3
ลักษณะทางกายภาพด้าน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา

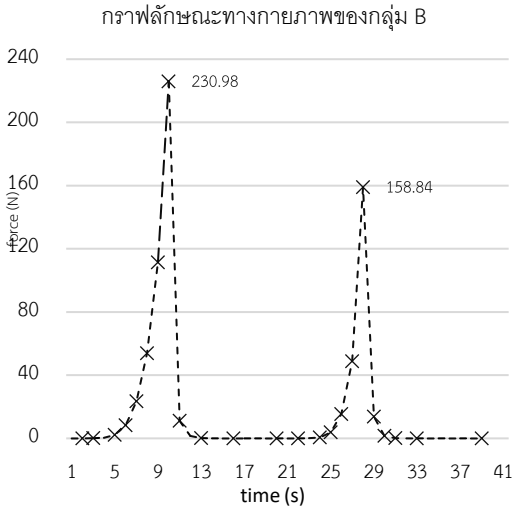
Trait	A	B	C
Hardness	106.06 ± 12.83 b	230.98 ± 36.25 a	89.88 ± 6.70 c
Adhesiveness	0.0072 ± 0.0198 c	0.348 ± 0.0535 a	0.0878 ± 0.0080 b
Springiness	0.0934 ± 0.0111 b	0.1908 ± 0.0322 a	0.0370 ± 0.0037 c
Cohesiveness	0.2888 ± 0.0092 b	0.4818 ± 0.0281 a	0.2152 ± 0.0090 c
Gumminess	30.46 ± 3.10 b	110.05 ± 11.86 a	19.28 ± 1.17 c
Chewiness	2.94 ± 0.60 b	22.46 ± 6.44 a	0.738 ± 0.101 c

ค่าทั้งหมดแสดงถึงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการทดลอง 5 ครั้ง (n=5) และ a-c คือค่าเฉลี่ยภายในแถวที่มีอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)
หมายเหตุ : A ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มีขายทั่วไป B ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มียอดขายสูงที่สุดในร้านค้าออนไลน์ C ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่ได้รับมาตรฐาน อย.

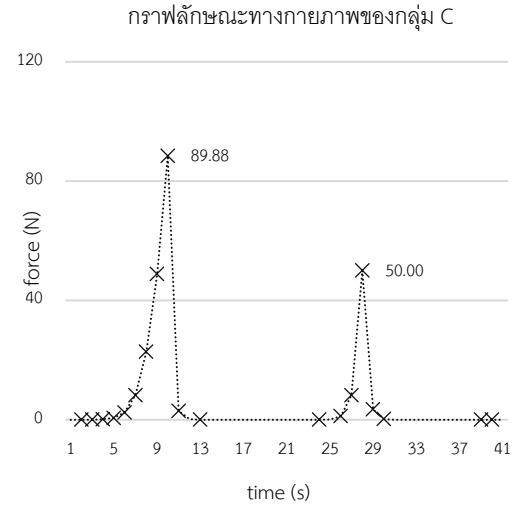
โดยกราฟที่ได้ของแต่ละกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 8-11 ดังนี้



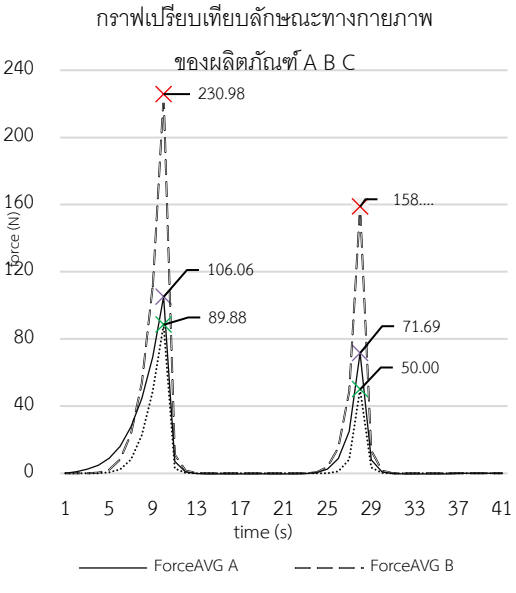
รูปที่ 8 กราฟลักษณะทางกายภาพด้าน เนื้อสัมผัสของ A ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มีขายทั่วไป



รูปที่ 9 กราฟลักษณะทางกายภาพด้าน เนื้อสัมผัสของ B ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มียอดขายสูงที่สุดในร้านค้าออนไลน์



รูปที่ 10 กราฟลักษณะทางกายภาพด้าน เนื้อสัมผัสของ C ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่ได้รับมาตรฐาน อย.



รูปที่ 11 กราฟเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพด้าน เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด จาก 3 แหล่งที่มา

หมายเหตุ : A ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มีขายทั่วไป B ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่มียอดขายสูงที่สุดในร้านค้าออนไลน์ C ผลิตภัณฑ์จิ้งหรีด(พันธุ์สะดิ้ง)ทอด ที่ได้รับมาตรฐาน อย.

4. สรุป

ผลการศึกษาด้านลักษณะทางกายภาพพบว่า แม้ผลิตภัณฑ์จากทั้งสามกลุ่มจะมีความแตกต่างกันด้านขนาดและน้ำหนัก แต่ขนาดไม่ใช่ปัจจัยหลักที่กำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยกลุ่ม B มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุดแม้จะมีขนาดเล็กกว่ากลุ่ม A สะท้อนถึงอิทธิพลของกระบวนการทอดและการดูดซึมน้ำมันต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ขณะที่กลุ่ม C ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐาน อย. มีขนาดและน้ำหนักต่ำที่สุด แสดงถึงการควบคุมกระบวนการผลิตที่ช่วยลดการคงเหลือน้ำและไขมัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอมากขึ้น

ในด้านลักษณะทางกายภาพของสี พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์จากทั้งสามแหล่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่า a* และ b* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลิตภัณฑ์กลุ่ม C มีค่า a* สูงที่สุด สะท้อนถึงโทนสีแดง–น้ำตาลที่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นลักษณะของการทอดที่เหมาะสม ในขณะที่กลุ่ม B มีค่า b* สูงกว่า แสดงถึงโทนสีเหลืองที่เด่นกว่า ความแตกต่างของค่าสีดังกล่าวสะท้อนถึงความแตกต่างของกระบวนการทอดและการควบคุมคุณภาพในแต่ละแหล่งผลิต

ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) พบว่าผลิตภัณฑ์จากทั้งสามกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในทุกพารามิเตอร์ โดยกลุ่ม B มีค่าความแข็ง ความเหนียวแน่นภายใน

(cohesiveness) ความเหนียว (gumminess) และแรงเคี้ยว (chewiness) สูงที่สุด แสดงถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็ง แน่น และต้องใช้แรงเคี้ยวมาก ขณะที่กลุ่ม C มีค่า gumminess และ chewiness ต่ำที่สุด บ่งชี้ถึงลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบเบา เคี้ยวง่าย และมีความสม่ำเสมอมากกว่า ส่วนกลุ่ม A มีค่าพารามิเตอร์อยู่ในระดับปานกลาง โดยสรุป ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความแตกต่างของคุณลักษณะทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์จิ้งหรีดพันธุ์สะดิ้งทอดมีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพในแต่ละแหล่งที่มา ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดเกณฑ์คุณภาพสำหรับการควบคุมกระบวนการทอด โดยเฉพาะการออกแบบและพัฒนาระบบควบคุมการทอดแบบอัตโนมัติ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและเหมาะสมต่อการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ทีมผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกล เกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ดุษฎีนิพนธ์หรือการศึกษาอิสระสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และทุนวิจัยเพื่อพัฒนาต้นแบบงานนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Abajue MC, Wogu MN. Sustainable food systems: case studies of successful insect-based enterprises. In: Ogwu MC, Izah SC, editors. Edible insects: nutritional benefits, culinary innovations and sustainability. Cham: Springer; 2025. p. 1–20. doi:10.1007/978-3-031-90087-7_12.

[2] Bourne MC, Kenny JF, Barnard J. Computer-assisted readout of data from texture profile analysis curves. J Texture Stud. 1978;9:481–94. doi:10.1111/j.1745-4603.1978.tb01219.x.

[3] Halloran A, et al. Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. J Clean Prod. 2017. doi:10.1016/j.jclepro.2017.04.017.

[4] Hanboonsong Y, Jamjanya T, Durst PB. Six-legged livestock: edible insect farming, collection and marketing in Thailand. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013. Available from: https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/i3246e

[5] Lee H, Kim Y. Color and consumer perception of fried insect foods: a sensory evaluation. Food Sci Biotechnol. 2019;28(3):787–95. doi:10.1007/s10068-019-00570-3.

[6] Oonincx DGAB, et al. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. PLoS One. 2010;5(12):e14445. doi:10.1371/journal.pone.0014445.

[7] Rumpold BA, Schlüter OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol Nutr Food Res. 2013;57(5):802–23. doi:10.1002/mnfr.201200735.

[8] Smith J, Tan H, Wong M. Consumer acceptance of edible insects: effect of product presentation and information. Appetite. 2020;144:104478. doi:10.1016/j.appet.2019.104478.

[9] Tan YL, Tan FA, Chye FY. Nutritional properties of selected edible insects. Biolife Sci Forum. 2024;4:43. doi:10.3390/blsf2024040043.

[10] United Nations, Department of Economic and Social Affairs. World population prospects 2019 [Internet]. New York: United Nations; 2019 [cited 2025 Jul 13]. Available from: https://www.un.org/development/desa/pd/news/world-population-prospects-2019-0

[11] van Huis A, et al. Potential of insects as food and feed in assuring food security. Annu Rev Entomol. 2013;58:563–83. doi:10.1146/annurev-ento-120811-153704.

[12] Yamane T. *Elementary sampling theory*. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall; 1967.

[13] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, จิราภา วิทยาภิรักษ์. พจนานุกรมวิศวกรรมอาหาร (อังกฤษ–ไทย) [Internet]. ไม่ปรากฏปี [cited 2025 Jul 13]. Available from: https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0987/texture-profile-analysis

[14] รุจิรา คุ้มทรัพย์, ธนาวรรณ สุขเกษม, รุ่งนภา สนุ่นดี. พฤติกรรมการบริโภคแมลงกินได้ตามวิถีภูมิปัญญาท้องถิ่น: กรณีศึกษาตำบลปากช่อง อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 2018;3(2):23–32.

[15] ศิริเลิศ ธ. การประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหาร. J Food Technol Siam Univ. 2015;3(1):6–13. Available from: https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFTSU/article/view/38437

[16] สุปาณี เลี้ยงพรพรรณ. บทความการบริโภคแมลงส่งผลต่อมนุษย์อย่างไร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2012;1(2):1–6. Available from: https://ph02.tcithaijo.org/index.php/tsujournal/article/view/68352/55659