การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่นกกระทาต้มด้วยสมุนไพรไทย 9 ชนิด

Product Development of Quail Eggs Boiled with 9 Thai Herbs

ปฐมา แทนนาค[1*] ภาวิณี จำปาคำ[2] นริศรา ยิ่งกำแหง[2] ศศิธร นาคทอง[2]
ใยไหม ช่วยหนู[1] ธรรมธวัช แสงงาม[1] และ วันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์[1]
Pathama Thannark[1*], Phawinee Jampakam[2], Naritsara Yingkamhaeng[2], Sasitorn Nakthong[2],
Yaimai Chuaynoo[1], Thamthawat Seangngam[1] and Wanwisa Wattanapunsak[1]

[1]ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[1]Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen,
Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2]โครงการจัดตั้งภาควิชานวัตกรรมอาหารปลอดภัย คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[2]Department of Agricultural Bio-resources and Food, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen,
Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand

**Corresponding author: Email: fagrpat@ku.ac.th*

(Received: 29 June 2023; Accepted: 26 October 2023)

Abstract: This study aimed to investigate the development of boiled quail eggs using 9 Thai herbs, consisting of ginger, galangal, lemongrass, red shallot, onion, holy basil, kitchen mint, and turmeric, based on different methods of herbal extraction. A completely randomized design experiment was performed. The experiments were divided into 4 groups. Each group had 200 eggs with 2 replications. The 1st experimental group was the control group for boiled quail eggs (CON), the 2nd experimental group was the group for boiled quail eggs in 9 Thai herbs based on infusion extraction method (INF), the 3rd experimental group was the group for boiled quail eggs in 9 Thai herbs based on digestion extraction method (DIG), and the 4th experimental group was the group for boiled quail eggs in 9 Thai herbs based on decoction extraction method (DEC). The experimental results indicated that chemical characteristics, i.e. protein, fat, moisture and energy were different without a statistical significance ($P>0.05$), but carbohydrate, cholesterol, ash, color, total phenolic, and antioxidant were different with a statistical significance ($P<0.05$). The 4th experimental group (DEC) had higher cholesterol, total phenolic, and antioxidant contents than other experimental groups. Hardness, gumminess, chewiness were different without a statistical difference ($P>0.05$) but adhesiveness was different with a statistical significance ($P<0.05$). Adhesiveness in the 3rd experimental group (DIG) was higher than in other experimental groups. The experimental results in sensory quality indicated that characteristics of hardness, flavor, and overall preference were different without a statistical significance ($P>0.05$) but color, mouthfeel and odor were different with a statistical significance ($P<0.05$) in the 1st experimental group (CON).

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

Keywords: Quail eggs, Thai herbs, total phenolic, antioxidant

บทคัดย่อ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด โดยใช้ ขิง ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมแดง หอมใหญ่ กะเพรา สาระแหน่ และขมิ้นชัน ด้วยกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 2 ซ้ำ ๆ ละ 200 ฟอง คือ กลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุมไข่นกกระทาต้ม (CON) กลุ่มการทดลองที่ 2 กลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิดจากกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการชง (INF) กลุ่มการทดลองที่ 3 กลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิดจากกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการตุ๋น (DIG) และกลุ่มการทดลองที่ 4 กลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิดจากกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการต้ม (DEC) ผลการทดลองพบว่า ลักษณะทางกายภาพเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน ความชื้น และพลังงาน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่คาร์โบไฮเดรต คอเลสเตอรอล เถ้า ค่าสี ปริมาณฟีนอลิก และสารต้านออกซิเดชัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุมการทดลองที่ 4 DEC มีปริมาณคอเลสเตอรอล ปริมาณฟีนอลิก และสารต้านออกซิเดชัน สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น คุณภาพเนื้อสัมผัส ค่าความแข็ง ค่าการแตกตัวพร้อมกลืน ค่าความเคี้ยวได้ แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่าการเกาะติด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มการทดลองที่ 3 DIG ค่าการเกาะติดสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ความแข็ง รสชาติ และความชอบโดยรวม แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ลักษณะปรากฏ (สี) ความรู้สึกขณะกลืน และกลิ่น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในกลุ่มการทดลองที่ 1 CON

คำสำคัญ: ไข่นกกระทา สมุนไพรไทย ปริมาณสารฟีนอลิก และสารต้านออกซิเดชัน

คำนำ

ไข่นกกระทาเป็นอาหารที่นิยมบริโภคของคนทั่วไปไม่ว่าจะเป็นเด็กหรือผู้ใหญ่ โดยการบริโภคไข่นกกระทาตามคำแนะนำของสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตร และอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ให้บริโภคครั้งละประมาณ 4 ฟองต่อคน (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2006) โดยไข่นกกระทาจะให้พลังงาน และโปรตีนน้อยกว่าไข่เป็ด และไข่ไก่เล็กน้อย แต่อุดมไปด้วยวิตามินเอและโฟเลต (คิดเป็นร้อยละ 20-25 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน) (Tanjor et al., 2015) แต่ก็ยังมีความกังวลเรื่องระดับคอเลสเตอรอลสูง จากการศึกษาของ Tanjor et al. (2015) พบว่า ปริมาณของคอเลสเตอรอลในไข่ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของไข่แดงในไข่แต่ละชนิด เนื่องจากพบคอเลสเตอรอลเฉพาะในไข่แดงเท่านั้น และเมื่อเทียบสัดส่วนไข่แดงในไข่แต่ละชนิด ไข่แดงจากไข่นกกระทามีสัดส่วนน้อยที่สุด ทำให้มีคอเลสเตอรอลน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไข่เป็ดและไข่ไก่

ไข่ไก่ต้มสมุนไพรเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สร้างความแตกต่างจากเดิมที่มีการใช้ เกลือ ซีอิ๊ว และเครื่องเทศด้วยวิธีการเคี่ยว หรือ การดอง (Zhang *et al*., 2012) โดยไข่ไก่ต้มสมุนไพรได้รับความนิยมในจีน และไต้หวันเป็นอย่างมาก มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมออกจำหน่ายตามท้องตลาด โดยสมุนไพรที่นิยมนำมาใช้ได้แก่ ชา อบเชย โป๊ยก๊ก ฮวาเจียว(หมาล่า) ขิง เป็นต้น จากการศึกษาของ Xue *et al*., (2022) ผลของชาและโป๊ยก๊กต่อลักษณะทางเคมีกายภาพโครงสร้างจุลภาคและโครงสร้างโมเลกุลของไข่ขาวที่เกิดจากความร้อนและเจลโปรตีน พบว่า การใช้ชา และโป๊ยก๊กส่งผลให้โปรตีนในไข่ขาวมีความแข็งแรงขึ้น การใช้โป๊ยก๊กให้โปรตีนเจลได้ดีกว่าใบชา ซึ่งไข่ไกต้มสมุนไพรจีน และไข่ต้มพะโล้ได้รับความนิยมอย่างมากทั้งในประเทศ และต่างประเทศ แต่ยังไม่มีการประยุกต์ใช้สมุนไพรไทยในการปรุงไข่สมุนไพร โดยสมุนไพรที่ใช้ในการทดลองทั้ง 9 ชนิด เป็นสมุนไพรที่นิยมใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน และเป็นพืชหลักในการปรุงอาหาร เช่น ขิง ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมใหญ่ หอมแดง กะเพรา สาระแหน่ และ

ขมิ้นชัน ซึ่งสมุนไพรแต่ละชนิดถูกปรุงในอาหารเพื่อเพิ่มรสชาติและมีสรรพคุณทางยา โดยการเลือกสมุนไพรไทยทั้ง 9 ชนิด เนื่องด้วยมีสารสำคัญที่สามารถช่วยลดคอเลสเตอรอล จึงนำพืชสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด มาทำการทดลองสกัดด้วยกรรมวิธีแบบดั้งเดิมที่สามารถทำได้ง่าย และปลอดภัย เพราะผู้บริโภคมีความกังวลในการบริโภคไข่นกกระทาเพราะมีคอเลสเตอรอลสูง ผู้วิจัยจึงใช้สมุนไพรไทยเพื่อลดคอเลสเตอรอล เป็นการเพิ่มคุณค่าผลิตอาหารเป็นยา เพื่อเพิ่มสารต้านออกซิเดชันในอาหาร และมุ่งหวังในการรวมกันของพืชสมุนไพรไทยทั้ง 9 ชนิด เพื่อใช้ในการตุ๋นอาหารแบบเครื่องพะโล้ เพื่อใช้ปรุงในทุกครัวเรือน

การสกัดพืชสมุนไพรทำได้หลายวิธีซึ่งวิธีการสกัดที่เหมาะสมมีความสำคัญต่อสารที่มีประโยชน์ที่มีฤทธิ์ของการต้านออกซิเดชัน วิธีการสกัดสารแบบดั้งเดิม (conventional extraction methods) มีด้วยกันหลายวิธี เช่น การฝน (sanding), การหมัก (maceration), การสกัดด้วย Soxhlet แต่วิธีการสกัดแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้และคุ้นเคยกับวิถีชีวิตคนไทย คือการสกัดด้วยกรรมวิธีการ การชง (infusion) การตุ๋น (digestion) และการต้ม (decoction) ซึ่งมีความแตกต่างในกระบวนการ (Thipayarat, 2019) ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี คุณภาพเนื้อสัมผัส ลักษณะทางประสาทสัมผัส ปริมาณฟีนอลิก และสารต้านออกซิเดชันของไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด เพื่อดึงคุณประโยชน์จากสมุนไพรไทยร่วมกับไข่นกกระทา ด้วยวิธีการสกัดสมุนไพรที่แตกต่างกัน เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่นกกระทาสมุนไพรไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ไข่นกกระทาดิบจากนกกระทาอายุ 30 สัปดาห์ เก็บไข่นกกระทาทดลองช่วงเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ.2566 จากฟาร์มของศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จำนวน 1,600 ฟอง (แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 2 ซ้ำ ๆ ละ 200 ฟอง) ต้มเป็นเวลา 4 นาที แล้วแช่ด้วยน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 4 -10 องศาเซลเซียส ปอกเปลือก

สมุนไพรไทยทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ ขิง ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมใหญ่ หอมแดง กะเพรา สาระแหน่ และขมิ้นชัน โดยกะเพรา สาระแหน่ และตะไคร้จากแปลงอินทรีย์คณะเกษตร กำแพงแสน และตลาดกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยผลผลิตถูกเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2566

2. วิธีการทำการทดลอง

2.1 ล้างทำความสะอาดสมุนไพร ผึ่งให้แห้ง และหั่นเป็นชิ้นเล็กขนาด 2-3 เซนติเมตร (ขิง ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมใหญ่ และหอมแดง) กะเพรา และสาระแหน่เด็ดเฉพาะใบ ขมิ้นชันและข่าปั่นหยาบใช้เครื่องปั่นยี่ห้อ Philips รุ่น HR222 ที่ระดับเบอร์ 2 ปั่นพร้อมเกลี่ยโถเป็นเวลา 2 นาที

2.2 ใช้สัดส่วนสมุนไพรต่อน้ำที่ระดับ 1: 4 (Neelapong *et al*. (2019) โดยใช้สมุนไพรอย่างละ 1 ส่วน น้ำ 4 ส่วน (ขิง ข่า ตะไคร้ ใบมะกรูด หอมแดง หอมใหญ่ กะเพรา โหระพา สาระแหน่ และขมิ้นชัน อย่างละ 100 กรัม รวมเป็น 900 กรัม และ น้ำ 3,600 กรัม) ด้วยกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรแบบดั้งเดิม

วิธีที่ 1 การชง เป็นการสกัดสมุนไพรโดยแช่สมุนไพรในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อสแตนเลสใส่น้ำตั้งไฟให้อุณหภูมิน้ำอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส ปิดการให้ความร้อน ใส่สมุนไพรไทยทั้ง 9 ชนิดในหม้อสแตนเลส ปิดฝาหม้อตั้งทิ้งไว้ 30 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง

วิธีที่ 2 การตุ๋น เป็นวิธีการสกัดโดยใช้ความร้อนอ่อน ๆ ที่อุณหภูมิประมาณ 40-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที โดยใช้หม้อสแตนเลสใส่น้ำตั้งไฟให้อุณหภูมิน้ำอยู่ที่ 40-60 องศาเซลเซียส ใส่สมุนไพรไทยทั้ง 9 ชนิดในหม้อสแตนเลส ปิดฝาหม้อ ควบคุมการให้ความร้อนที่ 40-60 องศาเซลเซียส ตลอดกระบวนการสกัด เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง

วิธีที่ 3 การต้ม เป็นการต้มสมุนไพรในน้ำเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส แล้วต้มต่อไปอีก 15 นาที โดยใช้หม้อสแตนเลสใส่น้ำตั้งไฟให้อุณหภูมิน้ำอยู่ที่ 100

องศาเซลเซียส ใส่สมุนไพรไทยทั้ง 9 ชนิดในหม้อสแตนเลส ปิดฝาหม้อควบคุมการให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส ตลอดกระบวนการสกัด เป็นเวลา 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง (Thipayarat, 2019) ชั่งน้ำหนักปริมาณน้ำสมุนไพร และกากสมุนไพร โดยนำน้ำสมุนไพรไปใช้ในการทดลอง

2.3 นำไข่นกกระทาต้ม จำนวน 200 ฟอง กับน้ำสมุนไพรที่สกัดด้วยวิธีต่าง ๆ ในข้อ 2.2 จำนวน 2,000 กรัม และเติมเกลือ 1% ต้มที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที หลังจากนั้นแช่ไข่นกกระทาในน้ำสมุนไพรประมาณ 15 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิตู้เย็นประมาณ 4 องศาเซลเซียส ตักไข่นกกระทาออกจากน้ำสมุนไพร บรรจุถุงสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อส่งตรวจวิเคราะห์ตามกลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มควบคุมไข่นกกระทาต้ม (CON) ไข่นกกระทาต้ม 200 ฟอง น้ำเปล่า 2,000 กรัม เติมเกลือ 1% ต้มที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที หลังจากนั้นแช่ไข่นกกระทาในน้ำเกลือประมาณ 15 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิตู้เย็นประมาณ 4 องศาเซลเซียส

กลุ่มการทดลองที่ 2 กลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิดจากกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการชง (INF)

กลุ่มการทดลองที่ 3 กลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิดจากกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการตุ๋น (DIG)

กลุ่มการทดลองที่ 4 กลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิดจากกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรด้วยวิธีการต้ม (DEC)

3. วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เคมีของไข่นกกระทา ได้แก่

3.1 โปรตีนตามวิธี in-house method TE-CH-042 based on AOAC (2019) 981.10. จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำ ละ 2 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง โดยวิธีการวิเคราะห์ใช้ตาม AOAC (2019) ต่างกันที่การชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

3.2 ปริมาณไขมันตามวิธี AOAC (2019) 922.06. จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำ ละ 2 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

3.3 คาร์โบไฮเดรต และพลังงานตามวิธี in-house method TE-CH-0169 based on Method of Analysis for Nutrition Labeling (1993) จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง โดยวิธีการวิเคราะห์ใช้ตาม AOAC (2019) ต่างกันที่การชั่งน้ำหนักตัวอย่าง

3.4 ความชื้นตามวิธี AOAC (2019) 950.46 (B) จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำ ละ 2 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

3.5 คอเลสเตอรอลตามวิธี วิธี in-house method TE-CH-143 based on AOAC (2019) 944.10. จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำ ละ 2 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

3.6 เถ้าตามวิธี AOAC (2019) 920.153 จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำ ละ 2 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

3.7 ค่าสี CIE L* a* b* วัดผิวด้านนอกของไข่นกกระทา ด้วยเครื่อง MiniScan by Hunter Lab, USA จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำ ละ 10 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

3.8 วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวม ใช้วิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงจากวิธีของ Mohd-Esa *et al.* (2010) และอ่านค่าสัญญาณด้วยเครื่อง spectrophotometer โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย 10% Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารละลาย Na_2CO_3 7.5% ปริมาตร 0.8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณปริมาณสารฟีนอลิกรวมเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิค (ความเข้มข้น 0, 6.25, 12.5, 25, 50, 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัม (mgGAE/g) จำนวน 2 ซ้ำการทดลอง ซ้ำ ละ 3 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

3.9 วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ใช้วิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Sittisart *et al.* (2020) และอ่านค่าสัญญาณด้วยเครื่อง microplate reader โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมสารละลาย DPPH (ความเข้มข้น 0.2 mM ละลายในเมทานอล) ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันในหลุมไมโครเวลเพลท ตั้งทิ้งไว้ 30 นาทีในที่มืด แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร

คำนวณค่า % DPPH inhibition จากเปอร์เซ็นต์สีม่วงที่หายไป เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์ (ความเข้มข้น 0-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) คำนวณค่าการต้านอนุมูลอิสระในรูปมิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์ต่อกรัม (mg Trolox equivalent/g) จำนวน 2 ซ้ำ การทดลอง ซ้ำ ละ 3 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

4. คุณภาพเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์การเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ด้วยเครื่อง texture analyzer Lloyd Instruments LR 5K, USA สุ่มตัวอย่างไข่นกกระทาตามกลุ่มการทดลองเพื่อทดสอบแรงกด (compression test) โดยใช้หัวโพรบแบบ cylinder probes ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 0.5 มิลลิเมตร/วินาที มีโหลดเซลล์ขนาด 5 กิโลกรัม และควบคุมด้วยโปรแกรม XT.RA (Texture Technologies Corp., USA) จำนวน 2 ซ้ำ การทดลอง ซ้ำ ละ 10 ตัวอย่าง/กลุ่มการทดลอง

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไข่นกกระทาสมุนไพรไทย 9 ชนิด ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน แบ่งเป็นผู้ชาย จำนวน 14 คน ผู้หญิง จำนวน 36 คน อายุเฉลี่ย 24 ปี ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้บริโภคทั่วไป ทำการทดสอบทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง และประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยการให้คะแนนจาก 1 (ไม่ชอบมากที่สุด) ถึง 9 (ชอบมากที่สุด) การเตรียมตัวอย่างก่อนการตรวจชิม ตัวอย่างไข่นกกระทาต้มสมุนไพรบรรจุในถุงสุญญากาศ ขนาด 9×13 เซนติเมตร จำนวน 4 ฟอง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสวางไข่นกกระทาตามกลุ่มการทดลองในจานระบุรหัสเป็นตัวเลข 3 ตัวแบบสุ่ม และเสิร์ฟให้กับผู้ชิมร่วมกับน้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้อง ก่อนการตรวจชิม ผู้ตรวจชิมต้องดื่มน้ำเปล่า เพื่อล้างช่องปาก ทำการตรวจชิมในช่วง 10.00 น. (Lawless and Heymann, 2010) โดยผู้วิจัยได้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์สำหรับนักศึกษา/นักวิจัย จัดโดย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับ NECAST | สำนักงานจริยธรรมการวิจัย (Office of Research Ethics) เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ 2563

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพ เคมี ปริมาณ total phenolic และ antioxidant คุณภาพเนื้อสัมผัส และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์ด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R 2.10.1 (Jompuk, 2012)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี

ลักษณะทางกายภาพของไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด ด้วยกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรที่แตกต่างกัน (Figure 1) เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าเห็นความแตกต่างของสีไข่นกกระทาระหว่างกลุ่มการทดลอง โดยไข่นกกระทากลุ่มการทดลองที่ 4 DEC ให้สีเข้มที่สุด และไข่นกกระทากลุ่มการทดลองที่ 2 INF สีอ่อนที่สุด โดยปริมาณเริ่มต้นทั้ง 3 กระบวนการสกัดสมุนไพรไทยรวมกับน้ำ จำนวน 4,500 กรัม ซึ่งวิธีการสกัดแบบชงให้ปริมาณน้ำสมุนไพรมากที่สุด ตามด้วยแบบตุ๋นและแบบต้ม ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งกระบวนการสกัดแบบต้มให้ปริมาณน้ำสมุนไพรน้อยสุด เนื่องจากความร้อนในระดับสูงส่งผลต่อการระเหยของน้ำถึงแม้จะอยู่ในหม้อสแตนเลสแบบปิดฝาแต่มีแรงดันไอน้ำพุ่งออกจากหม้อตลอดเวลาการให้ความร้อน ส่งผลให้น้ำสมุนไพรที่สกัดด้วยการต้มมีสีเข้ม และเข้มข้นกว่าวิธีอื่น ๆ

ผลของการศึกษาลักษณะทางกายภาพ เคมี ของไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด ด้วยกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรที่แตกต่างกัน พบว่า ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความชื้น และพลังงาน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่คาร์โบไฮเดรต คอเลสเตอรอล เถ้า ค่าสี ฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ด้วยวิธีการ

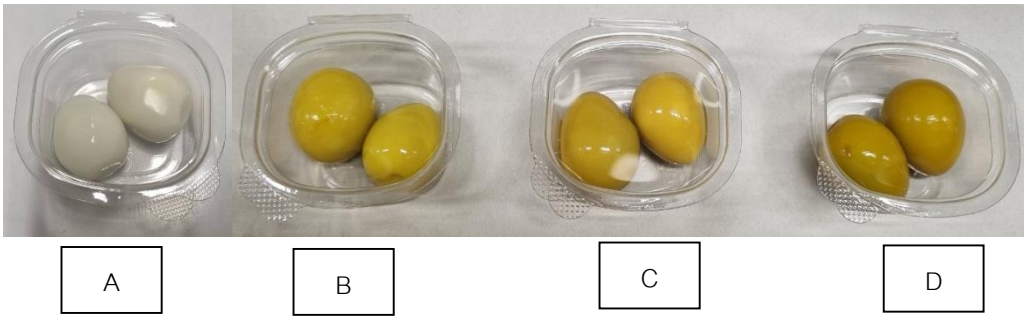


Figure 1 Physical characteristics of quail eggs stewed with Thai herbs (A) quail eggs boiled (CON), (B) quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by infusion method (INF), (C) quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by digestion method (DIG), (D) quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by decoction method (DEC)

Table 1 Quantitation analysis of Thai herbs from the extraction process in different cooking method

Quantitation	INF	DIG	DEC
Initial (g)	4,500 (100%)	4,500 (100%)	4,500 (100%)
Thai Herbs juice (g)	3,350 (74.44%)	2,700 (60%)	2,550 (56.67%)
Thai herbs waste (g)	1,023.70 (22.75%)	1,065.70 (23.68%)	1,052.60 (23.39%)
Loss (g)	126.30 (2.90%)	734.30 (16.32%)	897.40 (19.94%)

*Note: INF (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by infusion method), DIG (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by digestion method) and DEC (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by decoction method)

สกัดสมุนไพรมีระดับของความร้อนและระยะเวลาที่แตกต่างกัน ทำให้มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต คอเลสเตอรอล เถ้า ค่าสี ฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชัน โดยกลุ่มการทดลองที่ 4 DEC มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และคอเลสเตอรอลสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น (Table 2) เนื่องจากการต้มสมุนไพรสดให้ความเข้มข้นของน้ำสมุนไพรมากกว่าการตุ๋นและการชง (Figure 2) ทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิสด้วยการเคลื่อนที่ผ่านของน้ำสมุนไพรจากบริเวณที่มีความเข้มข้นของน้ำมากผ่านเยื่อเลือกผ่านไปยังบริเวณที่มีความเข้มข้นของน้ำน้อย โดยการแทรกซึมของสารเข้าสู่ไข่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการสูญเสียน้ำภายในไข่ออกสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ปริมาณไขมันอิสระเพิ่มขึ้นบริเวณผิวด้านนอกของไข่แดง (Laokuldilok *et al*., 2022) และการสกัดสมุนไพรไทยด้วยการต้มให้สารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด ซึ่งสารประกอบฟีนอลิก มีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นกรดอ่อน ซึ่งอาจส่งผลต่อโครงสร้างของโปรตีนในไข่แดง โดยในไข่แดงส่วนพลาสม่ามีอนุภาคเล็ก ๆ แพร่กระจายอย่างอิสระ จากการศึกษาของ Oloyede (2005) พบว่า ลิปิดทั้งหมดของไข่แดงอยู่ร่วมกับโปรตีน เรียกว่า lipoproteins โดย lipoproteins ประกอบด้วยแกนกลางที่เป็นลิพิดไม่ชอบน้ำ (รวมทั้ง triglyceride และ cholesteryl ester) หุ้มด้วยเปลือกฟอสโฟลิพิดที่แบ่งขั้ว ด้วยคอเลสเตอรอลอิสระ และด้วย apolipoprotein เป็นโปรตีนที่ยึดกับไขมัน (Wikipedia contributors, 2023) เมื่อ apolipoprotein เสียสภาพส่งผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอลอิสระ ทำให้กลุ่มการทดลองที่ 4 DEC มีปริมาณคอเลสเตอรอลสูงกว่า

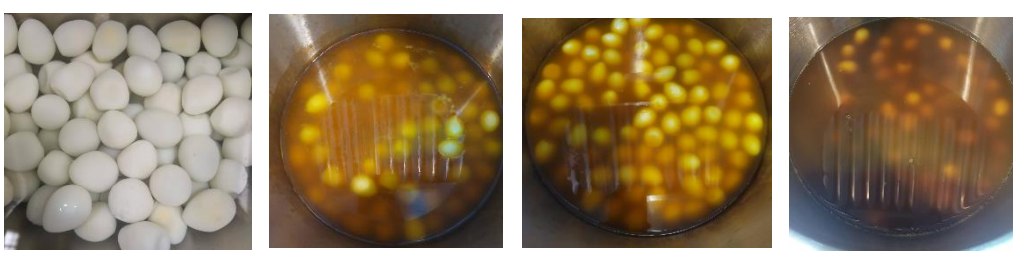
Table 2 Physio-chemical characteristics of quail eggs with Thai herbs in different cooking method

Quail eggs	CON	INF	DIG	DEC
Protein (g/100g)^{ns}	11.57 ± 1.41	11.51 ± 1.42	11.50 ± 1.41	11.94 ± 1.41
Fat (g/100g)^{ns}	11.59 ± 0.74	11.77 ± 0.48	11.26 ± 0.01	11.80 ± 0.45
Carbohydrate (g/100g)	1.54 ± 0.05^{a}	1.33 ± 0.04^{b}	1.28 ± 0.00^{b}	1.18 ± 0.00^{c}
Moisture (g/100g)^{ns}	73.04 ± 1.41	72.74 ± 1.41	73.41 ± 0.71	72.39 ± 1.41
Calories (Kcal/100g)^{ns}	157.77 ± 1.54	157.10 ± 1.43	155.50 ± 1.43	158.75 ± 1.43
Cholesterol (mg/100g)	517.44 ± 1.42^{b}	507.20 ± 3.11^{c}	515.72 ± 1.44^{b}	533.86 ± 2.16^{a}
Ash (g/100g)	0.81 ± 0.01^{b}	1.01 ± 0.01^{a}	1.04 ± 0.01^{a}	1.01 ± 0.01^{a}
Color				
L*	83.81 ± 2.16^{a}	65.80 ± 3.02^{b}	66.34 ± 3.20^{b}	60.62 ± 3.00^{c}
a*	-2.61 ± 1.31^{a}	-6.94 ± 1.50^{c}	-7.75 ± 0.59^{c}	-3.87 ± 0.73^{b}
b*	6.30 ± 1.68^{d}	64.88 ± 3.24^{a}	60.07 ±2.11^{b}	54.03 ± 3.11^{c}
Total phenolics (mg GAE/g)	3.41 ± 0.20^{d}	25.83 ± 1.13^{b}	21.83 ± 0.39^{c}	31.89 ± 0.86^{a}
Antioxidant (mg Trolox equivalent/g)	1.72 ± 0.02^{d}	30.37 ± 2.88^{b}	23.48 ± 1.13^{c}	41.02 ±0.17^{a}

*Note: CON (Control), INF (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by infusion method), DIG (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by digestion method) and DEC (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by decoction method)

Mean ± standard deviation with different letters within the same row are significantly different at $P < 0.05$

ns (not significant) = mean ± standard deviation within the same row are insignificantly different at $P > 0.05$



A B C D

Figure 2 Quail eggs soak in stewed with Thai herbs (A) quail eggs boiled (CON), (B) quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by infusion method (INF), (C) quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by digestion method (DIG), (D) quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by decoction method (DEC)

กลุ่มการทดลองอื่น และในกระบวนการให้ความร้อนกับสมุนไพร ทำให้สูญเสียสารประกอบ ได้แก่ น้ำตาล ไฟเบอร์ที่ละลายน้ำได้ เถ้า กรดแอสคอร์บิก และสารประกอบฟีนอล ส่งผลต่อสี คุณสมบัติในการให้น้ำ และความสมบูรณ์ของเซลล์ (Arias-Rico *et al*., 2020) การลดลงของคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เนื่องจากคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน พบได้ทั่วไป เช่น น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส ไกลโคเจน เป็นต้น ซึ่งในพืชมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ เมื่อให้ความร้อนเพิ่มสูงขึ้นพันธะไฮโดรเจนถูกทำลายทำให้โมเลกุลของน้ำเชื่อมต่อกับหมู่ไฮดรอกซิลอย่างอิสระ เม็ดแป้งจึงพองตัวและละลายน้ำได้ (Sampao, 2020) ทำให้แป้งละลายน้ำไปจากการให้ความร้อนสูง และด้วยสารฟีนอลิกมีโครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยน้ำตาลตั้งแต่ 1 โมเลกุลขึ้นไปรวมกับหมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) โดยน้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุดในโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก คือ กลูโคส (Glucose) และพบการรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลิกด้วยกันเอง หรือสารประกอบฟีนอลิกกับสารอื่น ซึ่งสารประกอบฟีนอลิก ทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของไขมัน และโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว (Srisawat, 2012) ดังนั้นสารประกอบ phenolics จึงรวมกับน้ำตาลที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน ส่งผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในกลุ่มการทดลองที่ 4 DEC น้อยกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ

ปริมาณเถ้าในกลุ่มการทดลองที่ 2 INF กลุ่มการทดลองที่ 3 DIG และกลุ่มการทดลองที่ 4 DEC ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่ 1 CON แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยทุกกลุ่มการทดลองได้รับการปรุงรสด้วยเกลือ 1% โดยเกลือ ประกอบด้วยโซเดียม ร้อยละ 40 และคลอไรด์ร้อยละ 60 ซึ่งในกลุ่มการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เป็นไข่นกกระทาต้มสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด สมุนไพรแต่ละชนิดมีโซเดียมอยู่เป็นส่วนประกอบ เช่น ขิง 13 มิลลิกรัม/100 กรัม ตะไคร้ 6 มิลลิกรัม/100 กรัม หอมแดง 12 มิลลิกรัม/100 กรัม หอมใหญ่ 11 มิลลิกรัม/100 กรัม กะเพรา 4 มิลลิกรัม/100 กรัม สะระแหน่ 31 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 1 มิลลิกรัม/100 กรัม (calforlife, 2023) ดังนั้นจึงส่งผลต่อปริมาณเถ้าที่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพร

ค่าสี L* เป็นค่าความสว่าง มีค่าอยู่ในช่วง 60.60 ถึง 83.81 ซึ่งในกลุ่มการทดลองที่ 1 CON ให้สีขาวสว่างที่สุด, ค่า a* ค่าบ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง อยู่ในช่วง -2.61 ถึง -7.75 กลุ่มการทดลองที่ 2 INF และกลุ่มการทดลองที่ 3 DIG ให้ค่าความเป็นสีเขียวสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น และค่าความเป็นสีเหลือง b* กลุ่มการทดลองที่ 2 INF ให้ค่าความเป็นสีเหลืองสูงที่สุด โดยค่าสีในแต่ละกลุ่มการทดลองเกิดจากรงควัตถุสีเหลือง (curcumin) จากขิง และขมิ้นชัน รงควัตถุสีเขียว (chlorophyll) จากใบมะกรูด กะเพรา สะระแหน่ และรงควัตถุสีแดง ม่วง และน้ำเงิน (anthocyanin) จากหอมแดง หอมใหญ่ ที่เกิดจากการออกซิเดชันของสารกลุ่มพอลิฟีนอลที่มีอยู่ในพืชสมุนไพร (Shoji 2007) แทรกซึมเข้าไปในไข่ขาวจึงทำให้ค่า L* a* และ b* แตกต่างกัน โดยจากผลการทดลองพบว่า กลุ่มการทดลองที่ 2 INF ค่า a* (ค่าความเป็นสีเขียวสีแดง) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น ๆ เนื่องจากกรรมวิธีการให้ความร้อนไม่ส่งผลต่อรงควัตถุสารสีในสมุนไพรไทยทั้ง 9 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธีการตุ๋น และต้ม โดยการต้มให้สีของสมุนไพรที่มีความเข้มมาก เนื่องจากคลอโรฟิลล์ไม่คงตัวต่อความร้อน เมื่อได้รับความร้อนเปลี่ยนเป็นฟีโอไฟติน (pheophytin) ทำให้สีเขียวเปลี่ยนเป็นสีเขียวน้ำตาล (Phonchalermphong & Rattanapanon n.d.)

ปริมาณฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชัน ของไข่นกกระทาตุ๋นสมุนไพรไทย 9 ชนิดด้วยกรรมวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 4 DEC มีปริมาณฟีนอลิก และปริมาณสารต้านออกซิเดชันสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น โดยกลุ่มการทดลองที่ 2 INF และ กลุ่มการทดลองที่ 3 DIG เป็นการใช้อุณหภูมิต่ำและระยะเวลาสั้นในการสกัดสมุนไพรทั้ง 9 ชนิด ส่งผลให้ปริมาณสารฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชันน้อยกว่า

การสกัดด้วยการต้ม เนื่องจาก กระบวนการให้ความร้อนไปทำลายผนังเซลล์ของโครงสร้างพืชและส่วนผสมของน้ำตาลซูโครส ซึ่งถูกย่อยสลายด้วยความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสารพฤกษเคมีที่ซับซ้อนให้กลายเป็นโครงสร้างในรูปอนุพันธ์ต่าง ๆ หรือการรวมตัวกันเกิดโครงสร้างอนุพันธ์ของสารพฤกษเคมีที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้มากขึ้น (Potisate & Wutthinithisanand., 2021) สอดคล้องกับการศึกษาของ Settharaksa *et al*. (2012) ที่ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในพืชสมุนไพรที่เป็นส่วนผสมของเครื่องแกงสำหรับทำคั่วกลิ้งที่ให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารฟีนอลิกมากกว่าที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ในทุกระยะเวลา แต่ในส่วนของปริมาณสารต้านออกซิเดชัน พบว่า ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารต้านออกซิเดชันมากกว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และ Tomaino *et al*. (2005) ศึกษาอิทธิพลของความร้อนต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากเครื่องเทศบางชนิด พบว่า กะเพรามีสารต้านออกซิเดชันสูงในระดับความร้อนที่ 120 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับที่ระดับ 80 และ 100 องศาเซลเซียส

คุณภาพเนื้อสัมผัส

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด ด้วยกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรที่แตกต่างกัน (Table 2) พบว่า ค่าความแข็ง คือ ค่าแสดงแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นระหว่างการกดด้วยหัววัดเนื้อสัมผัส หรือเทียบได้กับการเคี้ยวครั้งแรก (Wu *et al*., 2017) สมบัติการยึดเกาะกับภายในเนื้ออาหารแสดงถึงความสามารถขององค์ประกอบในเนื้ออาหารในการต้านการเสียสภาพจากการกดครั้งที่สอง (Gupta *et al*., 2007) ค่าการแตกตัวพร้อมกลืนแสดงถึงพลังงานที่ทำให้อาหารกึ่งแข็งซึ่งมีค่าความแข็งน้อยแต่มีพลังงานยึดเกาะ กันภายในสูงแตกออกจนสามารถกลืนได้ค่าความเคี้ยวได้ คือ แรงที่ใช้ในการเคี้ยวหรือบดตัวอย่างจนกระทั่งเสียรูป โดยเป็นตัวอย่างที่มีลักษณะผสมของ Hardness Cohesiveness และ Springiness (Civille & Szczesniak 1973) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่าการเกาะติด คือ งานที่ต้องใช้ในการดึงหัววัดเนื้อสัมผัสออกจากตัวอย่าง หรือเทียบได้กับความเหนียวของตัวอย่างและค่าการเกาะติดที่มีค่าเป็นลบมากหมายถึงต้องใช้แรงดึงหัววัดออกจากตัวอย่างมากแสดงถึงตัวอย่างมีความเหนียวมากเปรียบได้กับตัวอย่างที่เกาะติดฟันมากหลังจากการเคี้ยว แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งในกลุ่มการทดลองที่ 4 DEC มีแนวโน้มค่าความแข็ง และค่าการแตกตัวพร้อมกลืนมากกว่ากลุ่มการทดลองอื่น เนื่องจาก ความเข้มข้นของน้ำสมุนไพรส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของไข่ขาวจากการคายน้ำแบบออสโมติกส่งผลต่อโครงสร้างโปรตีน (Kaewmanee *et al*., 2013) แต่ไม่ส่งผลต่อความชื้นในอาหาร (Table 1) โดยความชื้นวัดจากปริมาณน้ำที่ถูกยึดเกาะ (Bond water) บวกกับปริมาณน้ำอิสระ ซึ่งปริมาณน้ำที่คายออกมาแบบออสโมติกส่งผลต่อโครงสร้าง แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้น (Thanonkaew & Ruangklay, 2016) เพราะไม่ได้มีการสูญเสียปริมาณน้ำ และปริมาณโพลีฟีนอลที่มีอยู่ในพืชสมุนไพรส่งผลต่อเกิดการตกตะกอนและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีน (Siebert *et al*., 1996) โดยพอลิฟีนอล (polyphenol) เป็นสารในกลุ่มสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนแอโรแมติก (aromatic ring) ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ที่รวมกับกลุ่มเปปไทด์ของโปรตีน NH-CO ซึ่งเป็นสายโซ่หลักของโครงสร้างโปรตีน และ -OH, -NH และ -COOH สามารถจับกับพันธะไฮโดรเจนด้านข้างของโครงสร้างโปรตีน ดังนั้นโครงสร้างโปรตีนยิ่งหน่าแน่นขึ้น (Zhou et al., 2018) และมีการการศึกษาสารสำคัญ Shikimic acid ในพืชสมุนไพรไทย พบว่า ในใบโหระพาพบกรดชิคิมิค (Ratanadachanakin, 2015) ซึ่งมีข้อสันนิษฐานว่ากรดชิคิมิคอาจเชื่อมต่อกับโปรตีนหลายชนิดเพื่อเพิ่มมวลรวมโปรตีน เมื่อส่องด้วยกล้อง ESEM พบการรวมตัวกันเป็น granular ตามธรรมชาติของโพลีฟีนอล หรือ กรดชิคิมิก และโปรตีน (Xue *et al*. 2022) ทำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไข่นกกระทาสมุนไพรเปลี่ยนแปลงไป สอดคล้องกับการทดลองของ Xue *et al*. (2022) ศึกษาลักษณะทางเคมีกายภาพ โครงสร้างจุลภาคและโครงสร้างโมเลกุลของไข่ขาวจากการต้มชาและโป๊ยกั๊กต่อเจลโปรตีน พบว่า กลุ่ม

การทดลองที่ใช้ชาและโป๊ยกั๊กช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลไข่ขาวต้มส่งผลให้มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น และสารประกอบที่สำคัญของใบชา คือ โพลีฟีนอล (Chen *et al*., 2015; Hou *et al*., 2009) มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของโปรตีนที่ละลายน้ำได้ในไข่ขาวส่งผลต่อโครงสร้างเจลของโปรตีนมีความหนาแน่นขึ้น (Zhou *et al*., 2019)

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด ด้วยวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน (Table 4) พบว่า ความแข็ง รสชาติ และความชอบโดยรวมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ลักษณะปรากฏ (สี) ความรู้สึกขณะกลืน และกลิ่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยลักษณะปรากฏ (สี) ของไข่นกกระทาสมุนไพรไทย 9 ชนิด มีสีเหลืองจากขมิ้นชัน (curcuminoids) และสีเขียว จากใบกะเพรา โหระพา (chlorophyll) ซึ่งสีของไข่นกกระทาสมุนไพรหากมองด้วยตาเปล่าเป็นสีเหลืองปนสีเขียว ความเข้มและอ่อนของสีแตกต่างตามวิธีการสกัด โดยผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ (สี) ไข่นกกระทากลุ่มการทดลองที่ 1 CON สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2, 3 และ 4 เนื่องจากผู้ตรวจชิมให้เหตุผล สีไม่คุ้นเคยและแปลกตา แต่หากเปรียบเทียบในกลุ่มไข่นกกระทาสมุนไพรจากการสกัดทั้ง 3 วิธี พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏ (สี) กลุ่มการทดลองที่ 2 INF, กลุ่มการทดลองที่ 3 DIG แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และกลุ่มที่ได้คะแนนน้อยที่สุดได้แก่ กลุ่มการทดลองที่ 4 DEC ($P<0.05$) เนื่องจากการต้มเป็นวิธีการสกัดสมุนไพรโดยใช้ความร้อนสูงส่งผลให้มีปริมาณความเข้มข้นของสีมาก สอดคล้องกับค่าสี a* และ b* (Table 2) โดยการสกัดน้ำสมุนไพรด้วยการต้ม DEC ส่งผลต่อการคงตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้ไข่นกกระทามีสีเข้มจนเกือบเป็นสีเขียวน้ำตาล (Figure 1) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ ความรู้สึกขณะกลืน และกลิ่น ผู้ทดสอบให้คะแนนกลุ่มการทดลองที่ 1 CON สูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่น เนื่องจาก กลุ่มการทดลองไข่นกกระทาต้มสมุนไพรทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีการยึดเกาะกันภายในเนื้ออาหารแน่นกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 CON (Table 3) จึงทำให้ผู้ทดสอบต้องออกแรงในการเคี้ยวเพิ่มมากขึ้น จากโครงสร้างโปรตีนไข่ขาวที่หนาแน่นขึ้น และ กลิ่นของสมุนไพรที่แต่ละระดับความชอบของแต่ละบุคคลไม่เท่ากัน โดยส่วนใหญ่ไม่ชอบกลิ่นสมุนไพรเนื่องจากกลิ่นแรงเกินไป แต่รสชาติและการยอมรับโดยรวมผู้ทดสอบให้คะแนนแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Table 3 Texture properties of quail eggs with Thai herbs in different cooking method

Quail eggs	CON	INF	DIG	DEC
Hardness (g) ^{ns}	6.33 ± 1.41	6.51 ± 1.01	6.82 ± 1.60	7.41 ± 2.04
Adhesiveness (g.sec)	0.05 ± 0.02^{b}	0.08 ± 0.03^{ab}	0.29 ± 0.24^{a}	0.20 ± 0.17^{ab}
Cohesiveness ^{ns}	0.43 ± 0.10	0.36 ± 0.02	0.35 ± 0.03	0.37 ± 0.08
Gumminess ^{ns}	2.68 ± 0.23	2.38 ± 0.41	2.35 ± 0.49	2.72 ± 0.75
Chewiness ^{ns}	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.00

*Note: CON (Control), INF (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by infusion method), DIG (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by digestion method) and DEC (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by decoction method)

Mean ± standard deviation with different letters within the same row are significantly different at $P < 0.05$

ns (not significant) = mean ± standard deviation within the same row are insignificantly different at $P > 0.05$

Table 4 Sensory of quail eggs with Thai herbs in different cooking method

Quail eggs	CON	INF	DIG	DEC
Appearance				
Color	7.71 ± 1.70[a]	6.00 ± 2.38[b]	6.12 ± 2.31[b]	4.43 ± 2.34[c]
Body and Texture				
Hardness[ns]	7.02 ± 1.65	6.21 ± 2.07	6.55a ± 1.73	6.27 ± 1.78
Mouthfeel	7.33 ± 1.76[a]	6.00 ± 2.49[b]	5.90 ± 2.13[b]	6.02 ± 1.90[b]
Odor	6.38 ± 2.19[a]	5.21 ± 2.62[b]	5.31 ± 2.64[ab]	5.93 ± 2.25[ab]
Flavor[ns]	7.02 ± 1.94	6.07 ± 2.50	6.33 ± 2.13	6.24 ± 2.10
Overall[ns]	6.90 ± 1.92	5.93 ± 2.48	6.09 ± 2.38	5.97 ± 2.05

*Note: CON (Control), INF (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by infusion method), DIG (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by digestion method) and DEC (quail eggs boiled with Thai herbs from extraction process by decoction method)

Mean ± standard deviation with different letters within the same row are significantly different at $P < 0.05$

ns (not significant) = mean ± standard deviation within the same row are insignificantly different at $P > 0.05$

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่นนกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด ด้วยการสกัดสมุนไพรทั้ง 3 วิธี พบว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทย 9 ชนิด ด้วยกรรมวิธีการสกัดสมุนไพรจากการต้ม (DEC) เป็นวิธีที่เหมาะสม เนื่องจากคุณภาพทางกายภาพ เคมี และลักษณะเนื้อสัมผัสของไข่นกกระทาไม่แตกต่างจากกระบวนการสกัดด้วยวิธีการชง (INF) และการตุ๋น (DIG) แต่มีปริมาณฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชันสูงที่สุด โดยไม่ส่งผลต่อรสชาติ และความชอบโดยรวม โดยไข่นกกระทาต้มสมุนไพรไทยมีปริมาณฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชันสูง ช่วยในเรื่องสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจาก ฟีนอลิกและสารต้านออกซิเดชัน เป็นโภชนเภสัชมีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพสามารถยับยั้ง หรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ช่วยป้องกันการทำลายของผนังเซลล์ ป้องกันมะเร็ง ป้องกันการเกิดโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือดโรคหัวใจ และป้องกันโรคความจำเสื่อม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการ Business Unit โดยศูนย์บ่มเพาะธุรกิจ งานพัฒนาธุรกิจ สำนักงานบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สนับสนุนทุนในการดำเนินการวิจัย และคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

กรรมวิธีการผลิตไข่นกระทาสมุนไพรไทย 9 ชนิด อยู่ในขั้นตอนการยื่นขอรับความคุ้มครองอนุสิทธิบัตร ในนามมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2019. Official Methods 981.10 Crude Protein in Meat, 65, 1339(1982), Washington, DC.

AOAC. 2019. Official Methods 922.06 Fat in flour acid Hydrolysis method, 6, 508(1922); 9, 41 429(1926). Washington, DC.

AOAC. 2019. Official Methods 950.46 Loss on Drying (Moisture) in Meat, 33, 749(1950); 36, 279(1953). Washington, DC.

AOAC. 2019. Official Methods 994.10 Cholesterol in Foods, *Int*. 78, 75(1995). Washington, DC.

AOAC. 2019. Official Methods 920.153 Ash of Meat, Washington, DC.

Arias-Rico, J., F.J. Macías-León, E. Alanís-García, N. del Socorro Cruz-Cansino, O.A. Jaramillo-Morales, R. Barrera-Gálvez and E. Ramírez-Moreno. 2020. Study of edible plants: Effects of boiling on nutritional, antioxidant, and physicochemical properties. Foods 9(5): 599.

Calforlife. 2023. Calforlife. (online). Available: https://www.calforlife.com. (September 29, 2023) (in Thai)

Civille, G.V. and S. Szczesniak. 1973. Guidelines to training a texture profile panel. Journal of Texture Studies. 4(2): 204-223.

Chen, Z., J. Chen and J. Kan. 2015. Comparative study on effective components in star anise extracted by different methods. China Condiment 40(12): 9-12, 17.

Gupta, R.K., A. Sharma and R. Sharma. 2007. Instrumental texture profile analysis (TPA) of shelled sunflower seed caramel snack using response surface methodology. Food Science and Technology International 13(6): 455-460.

Hou, Y., W. Shao, R. Xiao, K. Xu, Z. Ma, B.H. Johnstone and Y. Du 2009. Pu-erh tea aqueous extracts lower atherosclerotic risk factors in a rat hyperlipidemia model. Experimental Gerontology 44(6-7): 434 - 439.

Jompuk, C. 2012. Statistics: Experimental design and Data Analysis in Plant Research with "R". 2nd ed. Kasetsart University Press, Bangkok. 350 p. (in Thai)

Kaewmanee, T., S. Benjakul, W. Visessanguan and C. Gamonpilas. 2013. Effect of sodium chloride and osmotic dehydration on viscoelastic properties and thermal-induced transitions of duck egg yolk. Food and Bioprocess Technology 6(2): 367-376.

Laokuldilok, N., R. Manochai and K. Ruttanateerawichien. 2022. The quality changes of coating salted eggs with turmeric to partially replace soil from termite mound during storage. RMUTP Research Journal 16(1): 13-27. (in Thai)

Lawless, H.T. and H. Heymann. 2010. Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices. 2nd ed.: Springer, New York

Methods of Analysis for Nutrition Labeling. 1993. Total and Other Carbohydrates and Calories.

Mohd-Esa N, Hern F.S, Ismail A., Yee C.L. (2010) Antioxidant activity in different parts of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) extracts and potential exploitation of the seeds. Food Chemistry 122(4): 1055-1060.

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards (ACFS). 2006. Food Consumption Data of Thailand. ACFS, Bangkok 248 p. (in Thai)

Neelapong, W., B. Phonyotin and W. Sittikijyothin. 2019. Extraction of active compounds from Thai herbs: Powder and extract. The Journal of KMUTNB 29(1): 157-166. (in Thai)

Oloyede, O.I. 2005. A Comparative Study on The Cholesterol Content of Products Fractionated from Egg Yolk of Some Birds. Pakistan Journal of Nutrition. 4(5): 310-312.

Phonchalermphong P. and N. Rattanapanon. No date of publication. Chlorophyll. (Online). Available:http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1341/chlorophyll.(September 29, 2023) (in Thai)

Potisate, Y. and N. Wutthinithisanand, 2021. Type and sucrose content on antioxidant activity of mulberry jam. King Mongkut's Agricultural Journal. 39(2): 165-171.

Ratanadachanakin T. 2015. Study on Shikimic Acid in Thai medicinal Plants. Research report. Maejo University, Chaingmai (in Thai)

Sampao N. 2020. Type on sorption isotherm of starch. (Online) . Available: http://www.nana-bio.com/image%20web2/nana%20story/starch/starch05.html. (September 29, 2023) (in Thai)

Settharaksa, S., A. Jongjareonrak, P. Hmadhlu, W. Chansuwan and S. Siripongvutikorn. 2012. Flavonoid, phenolic contents and antioxidant properties of Thai hot curry paste extract and its ingredients as affected of pH, solvent types and high temperature. International Food Research Journal 19(4): 1581-1587.

Shoji T. 2007. Polyphenols as natural food pigments: changes during food processing. American Journal of Food Technology. 2(7): 570-581.

Siebert, K.J., N.V. Troukhanova and P.Y Lynn. 1996. Nature of polyphenol-protein interactions. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44(1): 80-85.

Sittisart, P. B, Dunkhunthod and C, Chueanongthon. 2020. Antioxidant and anti-inflammatory activities of ethanolic extract from Hoya kerrii Craib. Chiang Mai Journal Science 47 (5), 912-925.

Srisawat R. 2012. Effects of some medicinal plant extracts in the area of Suranaree University of Technology on the activities of lipase, amylase and glucosidase enzymes. Suranaree University. Nakhon Ratchasima. (in Thai)

Tanjor, S., T. Saiwan, P. Puwastien, A. Deeaum and K. Judprasong. 2015. Nutritive value of commonly consumed eggs and effects of cooking. Thai Science and Technology Journal 23(4): 651 - 666. (in Thai)

Thanonkaew A. and P, Ruangklay. 2016. Effect of frying oil on quality changes of khanomla during storage at room temperature. RMUTSV Research Journal 8(2): 203-218.

Thipayarat, A. 2019. Pharmaceutical-grade, high-throughput, continuous medicinal herbs extraction combining liquefied butane and supercritical carbon dioxide technologies. Research Report. Burapha University, Chonburi (in Thai)

Tomaino, A., F. Cimino, V. Zimbalatti, V. Venuti, V. Sulfaro, A. De. Pasquale and A. Saija. 2005. Influence of heating on antioxidant activity activity and the chemical composition of some spice essential oils. Food Chemistry 89 (A): 549-554.

Wikipedia contributors. 2023. High-density lipoprotein. (online). Available: https://th.wikipedia.org/wiki/ไลโพโปรตีนหนาแน่นสูง. (September 29, 2023) (in Thai)

Wu, G., C.F. Morris and K.M. Murphy. 2017. Quinoa starch characteristics and their correlations with the texture profile analysis (TPA) of cooked quinoa. Journal of Food Science 82(10) : 2387-2395.

Xue H., M. Xu, M. Liao, W. Luo, G. Zhang, Y. Tu and Y. Zhao. 2022. Effects of tea and *Illicium verum* braise on physicochemical characteristics, microstructure, and molecular structure of heat-induced egg white protein gel. Food Hydrocolloids 110: 106181doi:10.1016/j.foodhyd.2020.106181.

Zhang, Q., L. Huang, W. Liu, F. Wang, W. Zhao, Z. Han and X. Lu. 2012. Review of traditional egg products processing methods. Academic Periodical of Farm Products Processing 2012 (9): 79-81, 90

Zhou, X., T. Chen, H. Lin, H. Chen, J. Liu, F. Lyu. and Y. Ding. 2019. Physicochemical properties and microstructure of surimi treated with egg white modified by tea polyphenols. Food Hydrocolloids 90: 82-89.

Zhou, X., T. Chen , F. Lv, S. Gu, J. Liu and Y. Ding. 2018. Effect and mechanism of modification with tea polyphenols on the gel properties of egg white protein. Food Science, 39(16), 13-18.