



อิทธิพลของขนาดไข่และประเภททรงไข่ต่อลักษณะภายนอกของไข่

Effect of Egg Size and Egg Shape Type on External Egg Characteristics

พนัดดา บึงศรีสวัสดิ์¹, อัญชลี บวดขุนทด¹, กัญช์ เกตุมณี², กรุณาสินี สุภพิพัฒน์³, ปัทมา นิตไธสง⁴, เสวก เกียรติสมภพ^{1*}

¹ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

²ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพมหานคร 10400

³คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50100

⁴ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

Panatda Bungsrissawat¹, Anchalee Buadkhunthod¹, Kan Kledmanee², Karunasinee Suphaphiphat³, Pattama Nitthisong⁴, Savek Kiatsompob^{1*}

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

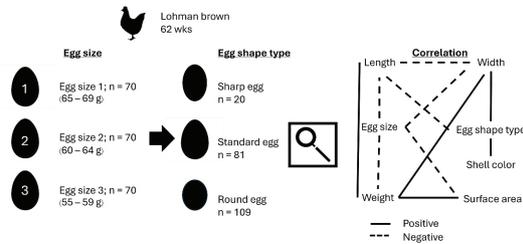
²Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University, Bangkok 10400

³Faculty of Veterinary Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50100

⁴Department of Plant Production Technology, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

Received 2 December 2024; Received in revised 20 February 2025; Accepted 21 February 2025

GRAPHICAL ABSTRACT



ABSTRACT

The effects of egg size and egg shape type on external egg characteristics were studied. A 3x3 factorial experiment was conducted using a completely randomized design (CRD). The first factor was egg size, including size 1, size 2, and size 3. The second factor was egg shape type, consisting of pointed eggs, standard-shaped eggs, and round eggs. Data collected includes egg weight, egg index, eggshell color, and egg surface area. Statistical analysis was conducted using generalized linear models (GLM) and correlation coefficients. The study found that the egg size factor significantly influenced egg weight, egg length, egg width, and surface area.

The egg shape factor significantly affected egg length, egg width, egg index, and yolk color, as measured by a colorimeter. The interaction between egg size and egg shape significantly influenced egg length and egg index. Correlation analysis showed that egg weight was positively correlated with egg size, egg length, egg width, and surface area, but not with the egg index. Egg shape was correlated with egg length, egg width, egg index, eggshell color, and yolk color, which in turn were correlated with values measured by the colorimeter. In summary, both egg size and egg shape influence certain external characteristics of eggs. The findings of this study may be useful in the design of breeding programs.

*ผู้รับผิดชอบบทความ: Savek.k@ku.th

DOI: 10.14456/tstj.2025.28

คำสำคัญ	บทคัดย่อ
<p>ขนาดไข่; ประเภททรงไข่; ลักษณะภายนอกของไข่; คุณภาพไข่</p> <p>Keywords</p> <p>Egg size; Egg shape type; External egg characteristics; Egg quality</p>	<p>ศึกษาอิทธิพลของขนาดไข่และประเภททรงไข่ต่อลักษณะภายนอกของไข่ โดยแผนการทดลอง 3 x 3 แฟคทอเรียลในการสุ่มสมบูรณ์ ปัจจัยขนาดไข่ ได้แก่ ขนาดไข่เบอร์ 1 2 และ 3 ปัจจัยประเภททรงไข่ ได้แก่ ไข่ทรงแหลม ไข่ทรงมาตรฐาน และไข่ทรงกลม เก็บข้อมูลน้ำหนักไข่ ดัชนีฟองไข่ สีของเปลือกไข่ และพื้นที่ผิวไข่ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย GLM และค่าสหสัมพันธ์ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยขนาดไข่มีอิทธิพลต่อลักษณะ น้ำหนักไข่ ความยาวไข่ ความกว้างไข่ และพื้นที่ผิวไข่ ปัจจัยทรงไข่มีอิทธิพลต่อ ความยาวไข่ ความกว้างไข่ ดัชนีฟองไข่ และสีของไข่แดงที่วัดด้วยพัคสี อิทธิพลร่วมของสองปัจจัยส่งผลต่อมีผลต่อความยาวไข่ และดัชนีฟองไข่ ค่าสหสัมพันธ์ของน้ำหนักไข่ มีความสัมพันธ์กับขนาดไข่ ความยาวไข่ ความกว้างไข่ และพื้นที่ผิวไข่ แต่น้ำหนักไข่ไม่มีความสัมพันธ์กับดัชนีฟองไข่ โดยประเภททรงไข่มีความสัมพันธ์กับ ความยาวไข่ ความกว้างไข่ ดัชนีฟองไข่ สีของไข่ที่วัดด้วยพัคสี และสีไข่ที่วัดด้วยพัคสีมีความสัมพันธ์กับค่าสีที่วัดด้วยเครื่องวัดสี โดยสรุปขนาดไข่และประเภททรงไข่ มีอิทธิพลต่อลักษณะภายนอกของไข่บางลักษณะ ผลการศึกษาครั้งนี้อาจนำไปใช้ประโยชน์ในการวางโปรแกรมผสมพันธุ์ เพื่อให้ได้ไข่ที่มีลักษณะตามความต้องการ</p>

1. บทนำ

ไข่ไก่เป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่สูง ประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ [1] ไข่ 1 ฟอง (น้ำหนักเฉลี่ย 50 กรัม) มีโปรตีนสูงถึง 6.3 กรัม ซึ่งมาจากไข่แดงและไข่ขาว [2] โดยโปรตีนในไข่ไก่ล้วนเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในมนุษย์ทุกช่วงอายุ [3] ไข่ไก่ถูกจัดให้เป็นอาหารที่มีแหล่งโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับมนุษย์และเป็นมาตรฐานเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนจากแหล่งอื่น [4] ไข่ไก่จึงเป็นที่ต้องการของตลาด เพราะมีราคาไม่แพงและเข้าถึงได้ง่าย และมีจำนวนเพียงพอสำหรับการบริโภคทั่วโลก [5]

ไข่ไก่เป็นอาหารที่ถูกบรรจุเพื่อจำหน่าย ดังนั้นวัสดุที่ใช้ในการขนส่งจึงมีความสำคัญในการรักษาคุณภาพไข่จนถึงมือผู้บริโภค [6] นอกจากนี้ขนาดของไข่ที่มีความสัมพันธ์กับความหนาเปลือกไข่แล้ว [7] คุณภาพของเปลือกไข่ขึ้นอยู่กับขนาดและน้ำหนักของไข่ ลักษณะภายนอกของไข่อาทิเช่น ค่าดัชนีฟองไข่ ความหนาเปลือกไข่ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการจัดการและการขนส่ง [8] ค่าดัชนีฟองไข่ เป็นหนึ่งในลักษณะภายนอกของไข่ที่สามารถประเมินได้ง่ายโดยการวัดความยาวและความกว้างของไข่ [9] และทำการแบ่งประเภทไข่โดยใช้ค่าดัชนีฟองไข่ตามวิธีของ Duman et al. (2016) โดยกำหนดให้ไข่แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ ไข่ที่มีทรงกลม ไข่ที่มีทรงปกติ และไข่ที่มีทรงกลม [10] โดย ผลการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าไข่ที่มีทรงผิดปกติจะมีอัตราการฟักต่ำกว่าไข่ที่มีทรงปกติ [11] นอกจากนี้เรายังจะพบลักษณะของไข่ที่มีทรงกลมมากกว่าไข่รูปทรงอื่นในไก่ทางการค้า [12] ในขณะที่ไก่พันธุ์พื้นเมืองมีจำนวนอัตราไข่ที่มีทรงกลมน้อยกว่าไก่ทางการค้า [13] การประเมินคุณภาพไข่จากลักษณะภายนอกอาจเป็นหนึ่งในวิธีที่ช่วยประเมินคุณภาพของไข่ได้ ไข่ที่มีทรงกลมและไข่ที่มีทรงกลมมีโอกาสดูแลการแตกระหว่างขนส่งมากกว่าไข่ที่มีทรงปกติ [14] ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของขนาดไข่และประเภททรงไข่ต่อลักษณะภายนอกของไข่ โดยศึกษาในไก่ไข่ทางการค้าที่อายุ 62

สัปดาห์ โดยใช้การแบ่งแบบ 2 ลักษณะคือ แบ่งกลุ่มไข่ตามขนาดไข่ และแบ่งกลุ่มตามประเภททรงไข่ และศึกษาอิทธิพลร่วมของสองปัจจัย รวมถึงศึกษาค่าสหสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภายนอกของไข่

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการศึกษา

ในการศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบ 3×3 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (3×3 Factorial in completely randomized design) ปัจจัยขนาดไข่ ได้แก่ ขนาดไข่เบอร์ 1 2 และ 3 ปัจจัยประเภททรงไข่ ได้แก่ ไข่ทรงกลม ไข่ทรงมาตรฐาน และ ไข่ทรงกลม โดยใช้ในการทดลองทำการใช้การซื้อจากฟาร์มไก่หลวงสุวรรณวาจกกสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 210 ฟอง โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม ตามขนาดของไข่ โดยใช้ไข่เบอร์ 1 2 และ 3 ไข่ (เบอร์ 1: >70 กรัม; เบอร์ 2 >65-70 กรัม, เบอร์ 3: 60-65) [15] ที่มีการจำหน่ายที่หน้าฟาร์ม จำนวนเบอร์ละ 70 ฟอง โดยเป็นไข่จากไก่พันธุ์โรสเบรอนซึ่งเป็นไก่พันธุ์ไข่ทางการค้า (Lohmann brown, LB) ที่มีอายุ 62 สัปดาห์ โดยถูกเลี้ยงในระบบโรงเรือนปิด โดยมีการควบคุมสภาพแวดล้อมด้วยระบบทำความเย็นแบบระเหยไอน้ำ (Evaporative cooling system, EVAP) และให้แสงสว่าง 16 ชั่วโมงต่อวัน ให้อาหารและน้ำอย่างเต็มที่ โดยให้อาหารทางการค้าสำหรับไก่ไข่ระยะให้ไข่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ดังนี้ โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 17 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolized energy, ME) ไม่น้อยกว่า 2,750 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 3 กากไม่มากกว่าร้อยละ 6 และความชื้นไม่มากกว่าร้อยละ 13 [16]

2.2 การวิเคราะห์ลักษณะภายนอกของไข่

การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ลักษณะภายนอกของไข่ ได้แก่ น้ำหนักไข่ทั้งฟอง (Egg weight; g) โดยใช้ เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ ทศนิยม 2

ตำแหน่ง รุ่น HT-120 (A&D INC., Japan) ความยาวไข่ (Egg length; mm) และ วัดความกว้างไข่ (Egg width; mm) ด้วยเครื่อง Digital vernier caliper รุ่น TMT321501 (Total INC., China) และคำนวณค่าดัชนีฟองไข่ตามวิธีการของ Anderson et al. (2004) and Reddy et al. (1979) [8,9] โดยนำความกว้างของไข่หารด้วยความยาวของไข่และคูณด้วย 100 จะได้ค่าดัชนีฟองไข่ (Shape index) รวมถึงทำการแบ่งกลุ่มไข่ด้วยดัชนีฟองไข่ตามวิธีการของ Duman (2016) [10] โดยไข่ที่มีดัชนีฟองไข่ น้อยกว่า 72 จะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม ไข่ที่มีทรงแหลม (Sharp egg) ไข่ที่มีดัชนีฟองไข่ระหว่าง 72 – 76 จะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม ไข่ที่มีทรงปกติ (Standard egg) และไข่ที่มีดัชนีฟองไข่มากกว่า 76 จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มไข่ที่มีทรงกลม (Round egg)

สีของเปลือกไข่ถูกวิเคราะห์ด้วย 2 วิธี 1. ทำการวัดสีเปลือกไข่โดยใช้พัดสีเปลือกไข่ Egg shell color guide (Zinpro, USA) 2. ทำการวัดสีเปลือกไข่โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter รุ่น CR-400 (Konica minolta INC., Japan) ซึ่งรายงานค่าออกมาเป็นค่า L* a* และ b* โดยค่า L* แสดงถึงค่าความสว่าง โดยค่า L* = 0 เป็นตัวแทนของสีดำ และ ค่า L* = 100 เป็นตัวแทนของสีขาว สำหรับค่า a* เป็นตัวแทนของสัดส่วนระหว่างสีเขียวและสีแดง โดยค่า a* < 0 แสดงว่ามีสีเขียวที่มากกว่า และค่า a* > 0 แสดงว่ามีสีแดงที่มากกว่า และสุดท้ายสำหรับค่า b* เป็นตัวแทนของสัดส่วนระหว่างสีน้ำเงินและสีเหลือง โดยค่า a* < 0 แสดงว่ามีสีน้ำเงินที่มากกว่า และค่า a* > 0 แสดงว่ามีสีเหลืองที่มากกว่า [17] รวมถึงการคำนวณค่า E โดยวิธีของ Ingram et al. (2008) [18] ซึ่งค่า E ที่ต่ำกว่าแสดงว่ามีสีเข้มที่มากกว่า (darker) และรายงานพื้นที่ผิวไข่ (Egg surface area; cm²) คำนวณโดยวิธีของ Carter (1975) [19] โดยคำนวณจาก 3.9782 x น้ำหนักไข่ทั้งฟอง ยกกำลัง 0.7056 จะได้ค่าดังกล่าว

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากศึกษาในเรื่องของน้ำหนักไข่ และดัชนีฟองไข่มาวิเคราะห์ทั่วไปด้วยวิธีทางสถิติพรรณนา (Descriptive) เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าสูงสุด (Maximum) และ ค่าต่ำสุด (Minimum) ของแต่ละกลุ่มทดลอง และนำลักษณะอื่น ๆ ประเมินลักษณะภายนอกของไข่ โดยคำนวณค่าเฉลี่ยสิทธิ์สแควร์ด้วยวิธี General linear model และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Adjust tukey's test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างขนาดฟองไข่และปัจจัยทรงไข่ โดยใช้โปรแกรม SAS® on Demand for academics (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, United States) โดยใช้โมเดล ดังนี้

$$y_{ijk} = \mu + S_i + T_j + (ST)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

เมื่อ

- y_{ijk} = ค่าสังเกตจากข้อมูลลักษณะภายนอกของไข่
- μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมด
- S_i = ปัจจัยจากขนาดฟองไข่ เมื่อ i = เบอร์ไข่ 1, 2 และ 3
- T_j = ปัจจัยจากประเภททรงไข่ เมื่อ j = ประเภททรงไข่ โดย ไข่ทรงแหลม ไข่ทรงมาตรฐาน และ ไข่ทรงกลม 0
- $(ST)_{ij}$ = อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย S_i และ T_j
- ϵ_{ijk} = ความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง $NID \sim (0, \sigma^2)$

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า น้ำหนักไข่ทั้งฟองมีการกระจายตัวกันตามขนาดไข่ที่กำหนดเป็นเบอร์ โดยพบว่าน้ำหนักไข่ที่มีค่าปกติและมีค่านอกเกณฑ์จากข้อกำหนด (Table 1) ซึ่งอาจเกิดได้จากขั้นตอนการใช้เครื่องคัดแยกไข่โดยปัจจุบันแม้จะมีการใช้เทคโนโลยีการใช้ภาพถ่ายและปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการคัดแยกไข่ก็ยัง

พบค่าความแม่นยำเฉลี่ยสูงสุดที่ 94.9% [20, 21] ในขณะที่นักวิจัยในประเทศไทยสามารถคัดแยกไข่โดยใช้ระบบการถ่ายภาพและ Machine learning โดยมีค่าความแม่นยำได้เฉลี่ย 87.58% [22] จึงเป็นเรื่องปกติที่เราสามารถพบขนาดไข่ที่ไม่สัมพันธ์กับน้ำหนักไข่ทั้งฟองได้ที่ผ่านการคัดแยกด้วยเครื่องคัดไข่

Table 1 Descriptive statistics of egg in this study include egg weight and shape index by egg size

Egg size	Egg weight (grams)			Shape index ²		
	Mean ± SD ¹	Minimum	Maximum	Mean ± SD ¹	Minimum	Maximum
1	70.41 ± 1.62	68.81	73.70	76.57 ± 4.06	69.45	96.42
2	65.62 ± 1.60	62.61	69.22	75.80 ± 4.32	66.80	99.25
3	61.35 ± 1.95	56.58	64.82	76.03 ± 2.06	70.65	81.28
Total	65.80 ± 4.09	56.58	73.70	76.13 ± 3.62	66.80	99.25

¹SD = Standard deviations ²Shape index = (egg length/egg width) * 100

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีฟองไข่พบว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันในแต่ละเบอร์ไข่ (Table 1) สำหรับลักษณะความยาวไข่ ความกว้างไข่ และพื้นที่ผิวไข่ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) ทั้งสามขนาดไข่ (Table 2) สอดคล้องกับผลของ Alkan et al. (2013) and Venkatesh et. al. (2019) [23, 24] ซึ่งน้ำหนักฟองไข่ที่สูงขึ้นอาจสัมพันธ์กับปริมาณของไข่ขาวชั้นโดยเฉพาะในส่วนด้านกว้างของฟองไข่ทำให้ไข่มีความยาวไข่ ความกว้างไข่ และพื้นที่ผิวไข่ที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตามลักษณะภายนอกของไข่ทางด้านสีของเปลือกไข่ ไม่พบ

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการวัดสีเปลือกไข่ทั้ง 2 วิธี (Table 2) โดยสอดคล้องกับผลของ Sekeroglu and Altuntas (2009) [25] ซึ่งไม่พบความแตกต่างของค่าสีเปลือกจากขนาดของไข่ มีรายงานที่แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของอาหารที่ส่งผลต่อสีของเปลือกไข่ [26] รวมถึง Odabasi et al. (2007) [27] ได้พบว่าสีของเปลือกไข่จะมีสีที่สว่างขึ้นเมื่ออายุไก่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ใช้ไก่อายุเดียวกันที่ภายใต้การจัดการด้านอาหารที่เหมือนกันจึงอาจไม่พบความแตกต่างในการศึกษาครั้งนี้

Table 2 Least squares means and standard errors for the effect of egg size on external egg characteristics

Characteristics	Egg sizes			SEM ¹	p-values
	1	2	3		
Egg weight (g)	70.41 ± 1.62 ^a	65.62 ± 1.60 ^b	61.35 ± 1.95 ^c	0.12	< 0.001
Egg length (mm)	58.05 ± 2.46 ^a	57.19 ± 1.69 ^b	55.59 ± 1.14 ^c	0.13	< 0.001
Egg width (mm)	44.36 ± 0.86 ^a	43.30 ± 1.81 ^b	42.25 ± 0.67 ^c	0.08	< 0.001
Shape index	76.57 ± 4.06	75.80 ± 4.32	76.03 ± 2.06	0.25	0.435
Egg shell color					
Fan	6.60 ± 1.17	6.09 ± 0.96	6.23 ± 1.09	0.07	0.601
L*	59.51 ± 3.51	58.09 ± 3.46	58.37 ± 4.00	0.25	0.053
a*	17.57 ± 2.70	17.98 ± 3.78	17.77 ± 2.94	0.22	0.755
b*	25.45 ± 3.40	25.88 ± 3.21	25.62 ± 3.60	0.24	0.757
E	67.25 ± 2.73	66.29 ± 2.97	66.39 ± 2.91	0.19	0.101
Egg surface area (cm ²)	80.05 ± 1.31 ^a	76.17 ± 1.31 ^b	72.36 ± 1.63 ^c	0.09	< 0.001

Means in the same row followed by the same letter are not significantly different by GLM at p = 0.05

¹SEM = standard error of the mean

Note: Fan = Egg shell color guide score, L* = Clarity of the color, a* = Color position between green and red
b* = Color position between blue and yellow, E = Lower E value the darker the color

จากการศึกษาเมื่อทำการคำนวณค่าดัชนีฟองไข่แล้ว (Shape index) จึงได้แบ่งกลุ่มไข่เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ไข่ที่มีทรงแหลม (Sharp egg; SI < 72) ไข่ที่มีทรงปกติ (Standard egg; SI = 72 - 76) และ ไข่ที่มีทรงกลม (Round egg; SI > 76) โดยพบว่าไข่ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น ไข่ที่มีทรงปกติและไข่ทรงกลม (Table 3) โดยพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของทรงไข่ทั้ง 3 ประเภทมีค่าเฉลี่ยนี้

หนักไข่ทั้งฟองใกล้เคียงกัน (Table 4) เมื่อทำการเปรียบเทียบจำนวนฟองไข่ต่อประเภททรงไข่ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) (Table 3) สอดคล้องกับผลของ De Oliveira-Boreli et al. (2023) [12] ซึ่งพบไข่ทรงแหลม ทรงปกติ และทรงกลมที่ 3.5% 40.9% และ 55.5% ตามลำดับ

Table 3 Eggs shape type classified with respect to shape by egg size

Egg characteristics	Egg shape types		
	Sharp egg	Standard egg	Round egg
Shape index	< 72	72 – 76	> 76
1	6	26	38
2	10	25	35
3	4	30	36
Total	20 ^a (9.5%)	81 ^b (38.6%)	109 ^c (51.9%)

Means in the same row followed by the same letter are not significantly different by GLM at p = 0.05

Table 4 Descriptive statistics of egg in this study include egg weight and shape index by egg shape type

Egg shape type	N ¹	Egg weight (grams)			Shape index		
		Mean ± SD ²	Minimum	Maximum	Mean ± SD ²	Minimum	Maximum
Sharp egg	20	66.27 ± 4.05	58.01	72.71	70.13 ± 1.58	66.80	71.83
Standard egg	81	65.38 ± 4.08	57.89	73.70	74.43 ± 1.03	72.29	75.99
Round egg	109	66.02 ± 4.12	56.58	72.88	78.50 ± 3.11	76.08	99.25

¹N = Number of observations

²SD = Standard deviations

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฟองไข่โดยแบ่งตามประเภททรงไข่พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Duman et al. (2016), Sekeroglu and Altuntas (2009) [10, 25] แต่ขัดแย้งกับผลของ Shi et al. (2009) [28] ซึ่งพบว่าน้ำหนักฟองไข่ที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าดัชนีฟองไข่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ [28] โดยมีรายงานว่าลักษณะไข่ทรงกลมพบในไก่เชิงการค้ามากกว่าไก่พื้นเมือง [13] รวมถึงมีการพบว่าลักษณะไข่ที่มีทรงกลมสามารถปรับตัวกับสภาพอากาศร้อนได้ดีกว่า โดยไข่ที่มีทรงกลมจะมีพื้นที่ผิวที่น้อยลง เพื่อลดการสูญเสียความร้อนและการสูญเสีย น้ำ [29, 30] สีของเปลือกไข่เมื่อวัดด้วยพัลส์พบว่า

ว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P < 0.05) ตามประเภทของทรงไข่ โดยพบว่าไข่ทรงแหลม มีค่าพัลส์เปลือกไข่ต่ำที่สุด แตกต่างจากไข่ทรงปกติและไข่ทรงกลม (Table 5) การวัดค่าสีด้วยพัลส์ซึ่งใช้คนเป็นผู้วัดอาจให้ความแม่นยำที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการวัดด้วยเครื่องวัดสี [31] ในขณะที่การวัดด้วยเครื่องวัดสีไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกค่าสี (Table 5) โดยการศึกษาของ Duman et al. (2016) [10] พบว่าประเภททรงไข่มีผลต่อลักษณะของสีเปลือกไข่ โดยเฉพาะค่าสี a* และ b* ในขณะการศึกษาของ Chen et al. (1993) [32] ไม่พบความแตกต่างของสีเปลือกไข่ที่แตกต่างจากประเภททรงไข่ที่ต่างกัน

Table 5 Least squares means and standard errors for the effect of egg shape type on external egg characteristics

Characteristics	Egg shape types			SEM ¹	P-values
	Sharp egg	Standard egg	Round egg		
Egg weight (g)	66.27 ± 0.92	65.38 ± 0.46	66.02 ± 0.39	0.28	0.495
Egg length (mm)	60.32 ± 0.36 ^a	57.58 ± 0.18 ^b	55.84 ± 0.15 ^c	0.11	<.0001
Egg width (mm)	42.28 ± 0.31 ^a	42.84 ± 0.15 ^b	43.82 ± 0.13 ^c	0.09	<.0001
Shape index	70.13 ± 0.53 ^a	74.43 ± 0.26 ^b	78.50 ± 0.23 ^c	0.16	<.0001
Egg shell color					
Fan	5.40 ± 0.23 ^a	6.11 ± 0.12 ^b	6.27 ± 0.10 ^b	0.07	0.0037
L*	59.45 ± 0.83	58.91 ± 0.41	58.32 ± 0.35	0.25	0.3303
a*	17.71 ± 0.71	17.87 ± 0.35	17.71 ± 0.30	0.21	0.9390
b*	25.93 ± 0.76	25.57 ± 0.38	25.66 ± 0.33	0.23	0.9114
E	67.41 ± 0.65	66.52 ± 0.32	66.34 ± 0.28	0.20	0.2273
Egg surface area (cm ²)	76.68 ± 0.75	75.94 ± 0.37	76.46 ± 0.32	0.23	0.4947

Mean in the same row followed by the same latter are not significantly different by GLM at p = 0.05

¹SEM = standard error of the mean

Note: Fan = Egg shell color guide score, L* = Clarity of the color, a* = Color position between green and red, b* = Color position between blue and yellow, E = Lower E value the darker the color

การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างขนาดไข่และประเภททรงไข่ที่มีอิทธิพลร่วมกัน (Table 6) สำหรับลักษณะค่าความยาวไข่พบว่า ไข่ขนาดเบอร์ 1 ทรงแหลมจะมีค่าความยาวไข่มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างจาก ไข่เบอร์ 2 ทรงแหลม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไข่เบอร์ 3 ทรงกลม จะมีค่าความยาวไข่น้อยที่สุด สำหรับค่าดัชนีทรงไข่พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างขนาดฟองไข่และรูปทรงไข่ ส่งผลให้ไข่ที่มีทรงแหลม ทั้งเบอร์ 1 2 และ 3 มีค่าดัชนีทรงไข่น้อยที่สุด และไข่ทรงกลม ทั้งเบอร์ 1 2 และ 3 จะมีค่าดัชนีทรงไข่มากที่สุด นอกจากนั้นแล้ว พบว่าลักษณะค่าความกว้างไข่ พบว่าปัจจัยขนาดของฟองไข่และประเภทของทรงไข่มีผลต่อค่าความกว้างของไข่ โดย ไข่เบอร์ 1 จะมีค่าความกว้างมากที่สุด และไข่ทรงแหลมจะมีค่าความ

กว้างมากที่สุด และนอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะพื้นที่ผิวไข่ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยของขนาดฟองไข่โดยไข่เบอร์ 1 จะมีพื้นที่ผิวไข่มากที่สุด โดยลักษณะสีของไข่แดงได้แก่ค่าสีฟัดไข่แดง ค่า L* a* b* E ไม่มีอิทธิพลจากปัจจัยขนาดฟองไข่และประเภทของทรงไข่

จึงทำการหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะภายนอกของไข่ (Table 7) โดยพบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวไข่ ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความกว้างไข่ ในขณะที่ค่าดัชนีฟองไข่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความกว้างไข่อย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความยาวไข่อย่างมีนัยสำคัญ (p < 0.05) โดยพบว่าค่าความกว้างไข่มีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงกว่าค่าความยาวไข่ ซึ่งสอดคล้องกับผลของ

Alkan et al. (2013) [23] ซึ่งโดยค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะน้ำหนักไขทั้งฟองพบว่าค่าความกว้างไขมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกสูงกว่าค่าความยาวไข โดยทั้งสองค่ามีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) รวมถึงค่าน้ำหนักไขทั้งฟอง มีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความยาวไขและค่าความกว้างไขอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ด้วยเช่นกันโดยที่ค่าความกว้างไขมีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงกว่าค่าความยาวไข ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า อิทธิพลของความกว้างไขมีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงกว่าความยาวไข ทั้งต่อค่าน้ำหนักไขทั้งฟองและค่าดัชนีฟองไข โดยความยาวไขที่สูงขึ้นอาจเป็นผลจากความกว้างไขเป็นบริเวณที่อยู่ของไขแดงจึงส่งผลให้ทั้งน้ำหนักทั้งฟองสูงขึ้นได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Inca et al. (2022) and Abanikanda et al. (2007) [33, 34] ซึ่งรายงานค่าสหสัมพันธ์ของน้ำหนักไขต่อความกว้าง และความยาวไขที่ 0.78 และ 0.84 ตามลำดับ การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าการศึกษาอิทธิพลของน้ำหนักไขและประเภททรงไข

สามารถใช้บ่งชี้คุณภาพภายนอกของไขได้ โดยพบว่าไขที่มีทรงกลม นั้น มีโอกาสพบที่มากกว่าทรงไขประเภทอื่น แม้ว่าไขที่มีทรงกลมจะบ่งบอกถึงความสามารถในการปรับตัวกับสภาพภูมิอากาศได้ดีกว่า แต่ลักษณะที่ผิดปกติจากไขที่มีทรงปกติ อาจทำให้เกิดการสูญเสียในระหว่างการขนส่งในถาดไขได้ [14] แม้ว่า Altuntan and Serogloku (2008) [35] รายงานว่าไขที่มีค่าดัชนีฟองไขสูงจะต้องใช้แรงในการกดเพื่อทำให้ไขแตกสูงกว่าไขที่มีค่าดัชนีฟองไขต่ำ อย่างไรก็ตาม ไขที่มีค่าดัชนีฟองไขที่อยู่ในช่วงไขที่มีทรงปกติและมีความแปรปรวนของค่าดัชนีฟองไขที่ต่ำจะให้อัตราการฟักของตัวอ่อนที่ดีกว่า [36] การที่ไขที่มีรูปทรงผิดปกติอาจส่งผลให้ตัวอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงการวางตัวในฟองไขยากขึ้นส่งผลให้ตัวอ่อนตายภายในฟองไข [11] ดังนั้นอิทธิพลของน้ำหนักฟองไขและค่าดัชนีฟองไขมีความสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์ให้ไข่ที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อคุณสมบัติในการปรับปรุงพันธุ์

Table 6 Least squares means and standard errors for effects of egg number on egg shape type and their interaction for parameters of external egg characteristics

Treatments	W	EL	EW	SI	Fan	L*	a*	b*	E	ESA
Egg number (A)										
1	70.58 ± 0.28 ^a	59.32 ± 0.19 ^a	44.12 ± 0.17 ^a	74.57 ± 0.37	5.86 ± 1.69	59.93 ± 0.59	17.12 ± 0.51	25.56 ± 0.55	67.55 ± 0.46	80.08 ± 0.23 ^a
2	65.55 ± 0.24 ^b	57.94 ± 0.16 ^b	42.91 ± 0.14 ^b	74.19 ± 0.32	5.88 ± 0.14	58.12 ± 0.50	18.19 ± 0.43	25.83 ± 0.47	66.35 ± 0.39	76.11 ± 0.19 ^b
3	61.29 ± 0.32 ^c	56.29 ± 0.22 ^c	41.89 ± 0.20 ^c	74.48 ± 0.43	6.15 ± 0.19	58.99 ± 0.68	17.75 ± 0.59	25.99 ± 0.64	67.03 ± 0.53	72.58 ± 0.26 ^c
P-value	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Egg type (B)										
Sharp egg (Shp)	65.90 ± 0.42	60.07 ± 0.29 ^a	42.23 ± 0.26 ^a	70.34 ± 0.56 ^a	5.51 ± 1.19	59.84 ± 0.88	17.47 ± 0.77	26.14 ± 0.82	67.76 ± 0.70	76.36 ± 0.34
Standard egg (Std)	65.59 ± 0.19	57.65 ± 0.14 ^b	42.89 ± 0.12 ^a	74.41 ± 0.26 ^b	6.11 ± 0.55	58.90 ± 0.41	17.88 ± 0.36	25.59 ± 0.38	66.58 ± 0.32	76.01 ± 0.16
Round egg (Rnd)	65.93 ± 0.17	55.83 ± 0.12 ^c	43.80 ± 0.10 ^b	78.49 ± 0.22 ^c	6.88 ± 0.48	58.29 ± 0.35	17.71 ± 0.30	25.66 ± 0.32	66.32 ± 0.28	76.39 ± 0.14
P-values	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A x B										
1 x Shp	71.11 ± 0.71	62.14 ± 0.50 ^a	43.73 ± 0.44	70.39 ± 0.96 ^a	5.33 ± 2.03	61.07 ± 1.50	15.97 ± 1.30	25.96 ± 1.40	68.44 ± 1.18	80.61 ± 0.59
1 x Std	70.11 ± 0.34	59.21 ± 0.24 ^b	43.84 ± 0.21	74.05 ± 0.46 ^b	6.12 ± 0.98	59.28 ± 0.72	17.59 ± 0.63	25.16 ± 0.68	66.94 ± 0.57	79.81 ± 0.28
1 x Rnd	70.51 ± 0.28	56.60 ± 0.20 ^c	44.80 ± 0.18	79.27 ± 0.38 ^c	7.95 ± 0.81	59.43 ± 0.60	17.81 ± 0.52	25.57 ± 0.56	67.26 ± 0.47	80.12 ± 0.23
2 x Shp	65.41 ± 0.55	60.21 ± 0.39 ^{ab}	41.90 ± 0.34	69.62 ± 0.74 ^a	5.20 ± 1.57	58.12 ± 1.16	18.77 ± 1.01	25.52 ± 1.09	66.36 ± 0.91	76.00 ± 0.45
2 x Std	65.37 ± 0.35	57.56 ± 0.24 ^{cd}	42.80 ± 0.22	74.36 ± 0.47 ^b	6.16 ± 1.00	58.39 ± 0.74	18.24 ± 0.64	26.32 ± 0.69	66.74 ± 0.58	75.96 ± 0.29
2 x Rnd	65.87 ± 0.30	56.06 ± 0.21 ^{bc}	44.05 ± 0.18	78.59 ± 0.40 ^c	6.29 ± 0.84	57.86 ± 0.62	17.56 ± 0.54	25.66 ± 0.59	65.95 ± 0.49	76.37 ± 0.24
3 x Shp	61.16 ± 0.87	57.85 ± 0.61 ^{cd}	41.08 ± 0.54	71.02 ± 1.17 ^{ab}	6.00 ± 2.49	60.33 ± 1.84	17.69 ± 1.60	26.94 ± 1.72	68.49 ± 1.44	72.48 ± 0.72
3 x Std	61.30 ± 0.32	56.17 ± 0.22 ^c	42.03 ± 0.20	74.83 ± 0.43 ^b	6.07 ± 0.91	59.04 ± 0.67	17.80 ± 0.58	25.29 ± 0.63	66.87 ± 0.53	72.59 ± 0.26
3 x Rnd	61.41 ± 0.29	54.85 ± 0.20 ^e	42.56 ± 0.18	77.60 ± 0.39 ^c	6.39 ± 0.83	57.59 ± 0.61	17.75 ± 0.53	25.75 ± 0.57	65.75 ± 0.48	72.69 ± 0.24
P-value	ns	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Note: W = egg weight (g), EL = egg length (mm), EW = egg width (mm), SI = shape index, Fan = egg shell color guide, L* = Clarity of the color, a* = Color position between green and red,

b* = Color position between blue and yellow, E = Lower E value the darker the color, ESA = Egg surface area (cm²)

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at p = 0.05 ns = Non-significant, * = Significant (p < 0.05), ** = Highly significant (p < 0.01)

Table 6 Pearson’s correlation coefficient among different egg characteristics and P-values of each characteristic

	W	Size	EL	EW	SI	Type	Fan	CL	CA	CB	CE	SA
W	1											
Size	-0.90614 **	1										
EL	0.53345 **	-0.47910 **	1									
EW	0.63626 **	-0.57911 **	0.12329 Ns	1								
SI	0.05953 ns	-0.06070 ns	-0.68884 **	0.63015 **	1							
Type	0.02552 ns	0.00000 ns	-0.64432 **	0.37479 **	0.75569 **	1						
Fan	-0.07644 ns	0.06536 ns	-0.15352 *	0.00761 ns	0.11471 ns	0.20223 **	1					
CL	0.11549 ns	-0.12684 ns	0.12196 Ns	0.06354 ns	-0.04397 ns	-0.10311 ns	-0.57864 **	1				
CA	-0.00496 ns	0.02508 ns	-0.03921 Ns	0.01077 ns	0.03893 ns	-0.01268 ns	0.35687 **	-0.54033 **	1			
CB	-0.03798 ns	0.02055 ns	-0.10316 Ns	-0.04515 ns	0.04654 ns	-0.01022 ns	0.04000 ns	-0.24688 **	0.33712 **	1		
CE	0.10725 ns	-0.12051 ns	0.07829 Ns	0.04972 ns	-0.02002 ns	-0.11916 ns	-0.53894 **	0.84471 **	-0.20324 **	0.27266 **	1	
SA	0.99996 **	-0.90574 **	0.53369 **	0.63641 **	0.05945 ns	0.02536 ns	-0.07684 ns	0.11474 ns	-0.00477 ns	-0.03813 ns	0.10644 ns	1

Note: W = Egg weight, Size = Egg size (g), EL = Egg length (mm), EW = Egg width (mm), SI = Shape index, Fan = Egg shell color guide

L* = Clarity of the color, a* = Color position between green and red, b* = Color position between blue and yellow

E = Lower E value the darker the color, ESA = Egg surface area (cm³)

ns = Non-significant, * = Significant (p < 0.05), ** = Highly significant (p < 0.01)

4. สรุปผลการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลของขนาดไข่และประเภททรงไข่แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของลักษณะประเภททรงไข่ที่พบในไก่ไข่เชิงทางการค้า โดยพบว่าไก่ไข่ลักษณะทรงกลมมากที่สุด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการบรรจุเพื่อขนส่ง โดยนอกจากนี้ยังพบว่า น้ำหนักไข่ทั้งฟองไม่มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีฟองไข่ แต่มีความสัมพันธ์กับค่าความกว้างไข่และความยาวไข่ตามลำดับ ซึ่งล้วนแสดงให้เห็นถึงโอกาสในการพบไข่ทรงกลมได้มากขึ้นเมื่อไข่มีน้ำหนักมากขึ้น การศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลกระทบต่อทรงไข่ อาจมีความจำเป็นเพื่อลดการสูญเสียในการขนส่ง ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ จึงสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนปรับปรุงพันธุ์และการจัดการได้

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ฟาร์มไก่หลวงสุวรรณจาก กสิกิจ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อำนวยความสะดวกสำหรับตัวอย่างและสนับสนุนอุปกรณ์สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. References

- [1] Kovacs-Nolan, J., Phillips, M. and Mine, Y., 2005, Advances in the value of eggs and egg components for human health, *J. Agric. Food Chem.* 53(22): 8421-8431.
- [2] Fernandez, M.L. and Andersen, C.J., 2015, Eggs, Composition and Health, pp. 470–475, In *The Encyclopedia of Food and Health*, 1st ed. Elsevier, Netherlands.
- [3] Rehault-Godbert, S., Guyot, N. and Nys, Y., 2019, The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health, *Nutr.* 11(3): 684.
- [4] Dubin, S., McKee, K. and Battish, S., 1994, Essential amino acid reference profile affects the evaluation of enteral feeding products, *J. Am. Diet. Assoc.* 94(8): 884–887.
- [5] Morris, S.S., Beesabathuni, K. and Headey, D., 2018, An egg for everyone: Pathways to universal access to one of nature's most nutritious foods, *Matern. Child. Nutr.* 14: e12679.
- [6] Ketelaere, B.D., Govaerts, T., Coucke, P., Dewil, E., Visscher, J., Decuyper, E. and Baerdemaeker, J.D., 2002, Measuring the eggshell strength of 6 different genetic strains of laying hens: techniques and comparisons, *Br. Poult. Sci.* 43(2): 238-244.
- [7] Harms, R.H., Rossi, A.F., Sloan, D.R., Milles, R.D. and Christmas, R.B., 1990, A method for estimating shell weight and correcting specific gravity for egg weight in egg shell quality studies, *Poult. Sci.* 69(1): 48-52.
- [8] Anderson, K.E., Tharrington, J.B., Curtis, P.A. and Jones, F.T., 2004, Shell characteristics of eggs from historic strains of single comb white leghorn chickens and the relationship of egg shape to shell strength, *Int. J. Poult. Sci.* 3(1): 17-19.
- [9] Reddy, P.M., Reddy, V.R., Reddy, C.V. and Rao, P.S.P., 1981, Egg weight, shape index and hatchability in Khaki Campbell duck eggs, *Int. J. Poult. Sci.* 14: 26-31.

- [10] Duman, M., Şekeroglu, A., Yıldırım, A., Eleroglu, H.A. and Camcı, O., 2016, Relation between egg shape index and egg quality characteristics, *Eur. Poult. Sci.* 80(117).
- [11] Narushin, V.G. and Romanov, M.N., 2002, Egg physical characteristics and hatchability, *J. World's Poult. Sci.* 58(3): 297-303.
- [12] De Oliveira-Boreli, F.P., Pereira, D.F., Gonçalves, J.A., Da Silva, V.Z. and Nääs, I. D. A., 2023, Non-destructive assessment of hens' eggs quality using image analysis and machine learning, *Smart Agr. Technol.* 4: 100161.
- [13] Lordelo, M., Cid, J., Cordovil, C.M., Alves, S.P., Bessa, R.J. and Carolino, I., 2020, A comparison between the quality of eggs from indigenous chicken breeds and that from commercial layers, *Poult. Sci.* 99(3): 1768-1776.
- [14] Jacob, J.P., Milles, R.D. and Mather, F.B., 2000, Egg Quality, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida PS 24. Available Source: <http://www.backyardchickenelearning.com/wp-content/uploads/2013/02/Egg-quality.pdf>, Apr 30, 2024.
- [15] ACFS, 2010, Thai Agricultural Standard TAS 6702-2010: Hen Egg. Available Source: https://www.acfs.go.th/standard/download/eng/hen%20egg_ENG.pdf, Apr 30, 2024.
- [16] National Research Council, 1994, Nutrient Requirements of Poultry (9th rev. ed.), Natl. Acad. Press, Washington, DC
- [17] Mertens, K., Vaesen, I., Loffel, J., Kemps, B., Kamers, B., Perianu, C., Zoons, J., Darius, P., Decuypere, E., De Baerdemaeker, J. and De Ketelaere, B., 2010, The transmission color value: A novel egg quality measure for recording shell color used for monitoring the stress and health status of a brown layer flock, *Poult. Sci.* 89(3): 609-617.
- [18] Ingram, D.R., Hatten, L.F. and Homa, K.D., 2008, A study on the relationship between eggshell color and eggshell quality in commercial broiler breeders, *Int. J. Poult. Sci.* 7(7): 700-703.
- [19] Carter, T.C., 1975, The hen's egg: A rapid method for routine estimation of flock mean shell thickness, *Br. Poult. Sci.* 16(2): 131-143.
- [20] Nasiri, A, Omid, M. and Taheri-Garavand, A., 2020, An automatic sorting system for unwashed eggs using deep learning, *J. Food Eng.* 283: 110036.
- [21] Yang, X., Bist, R.B., Subedi, S. and Chai, L., 2023, A computer vision-based automatic system for egg grading and defect detection, *Anim.* 13(14): 2354.

- [22] Thipakorn, J., Waranusast, R. and Riyamongkol, P., 2017, Egg Weight Prediction and Egg Size Classification Using Image Processing and Machine Learning, pp. 477-480, In: the 14th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) 27-30 Jun 2017. Phuket, Thailand.
- [23] Alkan, S., Karsli, T., Galic, A. and Karabag, K., 2013, Determination of phenotypic correlations between internal and external quality traits of guinea fowl eggs, Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg. 19(5):861-867
- [24] Venkatesh, K., Gupta, R.S., Reddy, D.M., Navya, G. and Naveen, J., 2019, Evaluation of chicken egg quality collected from different marketing channels in Proddatur, YSR Kadapa district, Andhra Pradesh. Pharm. Innov. 8(7): 728-733.
- [25] Sekeroglu, A. and Altuntas. E., 2009, Effects of egg weight on egg quality characteristics, J. Sci. Food Agric. 89(3): 379-383.
- [26] Flock, D.K., Preisinger, R. and Schmutz, M., 2001, Egg Quality – A Challenge for Breeders of Laying Hens, pp. 55-61, In Proceeding of IX European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products. Kuşadas, Turkey.
- [27] Odabasi, A.Z., Miles, R.D., Balaban, M.O. and Portier, K.M., 2007, Changes in brown eggshell color as the hen ages, Poult. Sci. 86(2): 356-363.
- [28] Shi, S.R., Wang, K.H., Dou, T.C. and Yang, H.M., 2009, Egg weight affects some quality traits of chicken eggs, J. Agric. Food Environ. 7(2): 432-434.
- [29] Severa, L., S. Nedomova, J. Buchar. and Cupera, J., 2013, Novel approaches in mathematical description of hen egg geometry, Int. J. Food Prop. 16(7): 1472-1482.
- [30] Attard, M.R., Sherratt, E., McDonald, P., Young, I., Vidal-Garcia, M. and Wroe. S., 2018, A new, three-dimensional geometric morphometric approach to assess egg shape, Peer J. 6(4): e5052.
- [31] Zeng, L.S., Xu, G.Y., Jiang, C.Y., Li, J.Y. and Zheng, J.X., 2022, L* a* b* color space for prediction of eggshell pigment content in differently colored eggs, Poult. Sci. 101(8): 101942.
- [32] Chen, C.F., Lee, Y.P., Lee, Z.H., Huang, S.Y. and Huang, H.H., 1993, Heritabilities and genetic correlations of egg quality traits in Taiwans's local chicken, Asian-Australas. J. Anim. Sci. 6(3): 433-440.
- [33] Inca, J.S., Martinez, D.A. and Vilchez, C., 2020, Phenotypic correlation between external and internal egg quality characteristics in 85-week-old laying hens, Int. J. Poult. Sci. 19 (8): 346-355.
- [34] Abanikannda, O.T.F., Olutogun, O., Leigh, A.O. and Ajayi, L.A., 2007, Statistical modeling of egg weight and egg dimensions in commercial layers, Int. J. Poult. Sci. 6(1):59-63.

- [35] Altuntas, E. and Şekeroglu, A., 2008, Effect of egg shape index on mechanical properties of chicken eggs, *J. Food Eng.* 85(4): 606-612.
- [36] Jabbar, A., Hameed, A., Ditta, Y.A. and Riaz, A., 2018, Relationship between egg shape index and embryonic mortality, *Online J. Anim. Feed. Res.* 8: 164-168.