ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่นกกระทาที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด

Effect of Storage Time on Quality Assessment of Quail Eggs Raised in Opened House

ปฐมา แทนนาค[1*] ภาวิณี จำปาคำ[2] นริศรา ยิ่งกำแหง[2] ใยไหม ช่วยหนู[1] ธรรมธวัช แสงงาม[1] และวันวิสาข์ วัฒนะพันธ์ศักดิ์[1]

Pathama Thannark[1*] Phawinee Jampakam[2] Naritsara Yingkamhaeng[2] Yaimai Chuaynoo[1] Thamthawat Seangngam[1] and Wanwisa Wattanapunsak[1]

[1]ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

[2]โครงการจัดตั้งภาควิชานวัตกรรมอาหารปลอดภัย คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

* Corresponding author: fagrpat@ku.ac.th

(Received: 29 December 2023; Revised: 19 April 2024; Accepted: 30 May 2024)

Abstract

To study the shelf life of quail egg quality of opened houses during the storage periods of 0, 7, 14, and 21 days at room temperature (29°C, 63% relative humidity), 160 experimental quail eggs were used (20 replicates, 2 eggs each). Results of egg quality analysis found that yolk index, albumin index, albumin height, albumin weight, albumin ratio, shell thickness, and Haugh unit decreased significantly ($p \leq 0.05$). However, the yolk ratio significantly increased ($p \leq 0.05$). but did not affect shape index, yolk weight, shell weight, and shell ratio ($p \geq 0.05$). It was concluded that increasing the shelf life resulted in a decrease in the quality of quail eggs raised in open barns.

Keywords: Shelf life, egg quality, quail

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่นกกระทาที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 7 14 และ 21 วัน ที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 63 ใช้ไข่นกกระทาในการทดลอง จำนวน 160 ฟอง (20 ซ้ำ ๆ ละ 2 ฟอง) ผลการวิเคราะห์คุณภาพไข่ พบว่า ดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาว ความสูงของไข่ขาว น้ำหนักไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว ความหนาเปลือกไข่ และความสดของไข่ มีค่าลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไข่แดงมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ระยะเวลาการเก็บรักษาไม่ส่งผลกับ ดัชนีรูปร่างไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่ และเปอร์เซ็นต์เปลือก ($p \geq 0.05$) จากการทดลองสรุปได้ว่า ระยะการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้คุณภาพไข่นกกระทาที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดมีคุณภาพไข่ลดลง

คำสำคัญ: อายุการเก็บรักษา คุณภาพไข่ นกกระทา

คำนำ

นกกระทาจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจขนาดเล็กที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ให้ผลผลิตสูง ใช้อาหารน้อย และต้านทานโรคได้ดี (Silva *et al*., 2020) ไข่นกกระทา 1 ฟอง อุดมไปด้วยวิตามินเอและโฟเลต (คิดเป็นร้อยละ 20-25 ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน) จาก Panda and Singh (1990) ไข่นกกระทามีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 74.6 โปรตีนร้อยละ 13.1 แร่ธาตุร้อยละ 1.1 และไขมันร้อยละ 11.2 ระดับแคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินเอ และพลังงานในไข่นกกระทา 100 กรัม คือ 59 มิลลิกรัม 220 มิลลิกรัม 3.8 มิลลิกรัม 300 หน่วยสากล (IU) และ 158 กิโลแคลอรีตามลำดับ การบริโภคไข่นกกระทา 6 ฟอง (10 กรัม/ฟอง/วัน) เท่ากับการบริโภคไข่ไก่ 1 ฟอง (60 กรัม) Fernandez *et al*. (2011); Lukanov (2019) รายงานว่า ส่วนแบ่งทางการตลาดของไข่นกกระทาประมาณร้อยละ 10 ของตลาดทั่วโลก โดยมีผลผลิตประมาณ 1.2 ถึง 1.3 ล้านตัน องค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration; FDA) แนะนำการเก็บรักษาไข่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7.2 องศาเซลเซียส หรือ 45 องศาฟาเรนไฮต์ ภายใน 36 ชั่วโมงหลังจากเกิดการวางไข่ (United States Food and Drug Administration, 2009) ในขณะที่ประเทศไทยมีการจำหน่ายไข่นกกระทาเชิงพาณิชย์ 2 รูปแบบ คือ ไข่นกกระทาสด และไข่นกกระทาปรุงสุกด้วยวิธีพาสเจอร์ไรส์ และสเตอริไลส์ เพื่อการส่งออก โดยไข่นกกระทาสดจะถูกเก็บและจำหน่ายวันต่อวัน ส่วนที่เหลือจะถูกเก็บแช่ตู้เย็น การทดลองของ Itoh *et al*. (1981) พบว่า การเก็บรักษาไข่นกระทาที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพเคมีของไข่นกกระทา โดยไข่ขาวข้นลดลงอย่างต่อเนื่องจากร้อยละ 51 เหลือร้อยละ 14 ภายใน 40 วัน Nepomuceno *et al*. (2014) เปรียบเทียบไข่นกกระทาหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 หรือ 15 วัน ที่อุณหภูมิ 27.8 องศาเซลเซียส ไม่พบความแตกต่างของค่า pH ในไข่แดง ไข่ขาว และค่า Haugh unit โดยค่า pH ในไข่แดง และไข่ขาวมีค่าอยู่ในช่วง 6.5-6.8 และ 10.2 - 10.3 ตามลำดับ ส่วนค่า Haugh unit อยู่ในช่วง 77.8 - 75.5 Dudusola (2009) พบว่า ไข่นกกระทาที่เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน มีคุณภาพ (ดัชนีไข่แดงและหน่วย Haugh) สูงกว่าไข่นกกระทาที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน จากการศึกษาของ Dada *et al*. (2018) พบว่า คุณภาพของไข่นกกระทาเสื่อมลงอย่างรวดเร็วเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และไม่เหมาะสมสำหรับการบริโภคหลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลาสามสัปดาห์ การเก็บไข่ภายใต้การทำความเย็นช่วยลดความเร็วของการเสื่อมสภาพนี้ ซึ่งในประเทศไทย การจำหน่ายไข่นกกระทาเชิงพาณิชย์จะกำหนดวันหมดอายุอยู่ที่ประมาณ 21 - 25 วัน โดยผู้บริโภคจะรับรู้การเก็บรักษาเพื่อยืดอายุด้วยการนำเข้าตู้เย็น แต่ไม่ทราบถึงความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพไข่ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่นกกระทาที่เลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิดต่ออายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ยที่ 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 63 ซึ่งเป็นอุณหภูมิห้องเฉลี่ยของห้องปฏิบัติการสำหรับการคัดไข่

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เลี้ยงนกกระทาบนกรงตับ ขนาด 45×45 ตารางเซนติเมตร ภายในโรงเรือนแบบเปิดขนาด 4x4 เมตร ของศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ให้อาหารนกกระทาแบบจำกัดปริมาณ (27 กรัม/ตัว/วัน) และน้ำแบบเต็มที่ (ad libitum) ตลอดระยะเวลาทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างไข่นกกระทาเพื่อทำการศึกษาคุณภาพไข่ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

2. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยใช้ไข่นกกระทาจากนกกระทาที่มีอายุ 34 สัปดาห์ จำนวน 160 ฟอง (20 ซ้ำ ๆ ละ 2 ฟอง) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 63 โดยบันทึกอุณหภูมิ

และความชื้นสัมพัทธ์ทุกครั้งที่นำไข่นกกระทามาวิเคราะห์ เปรียบเทียบผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 7 14 และ 21 วัน แบ่งกลุ่มการทดลอง ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 ไข่นกกระทาสดวันที่ 0 (Control)

กลุ่มการทดลองที่ 2 ไข่นกกระทาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องวันที่ 7

กลุ่มการทดลองที่ 3 ไข่นกกระทาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องวันที่ 14

กลุ่มการทดลองที่ 4 ไข่นกกระทาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องวันที่ 21

3. การวิเคราะห์คุณภาพไข่

ศึกษาข้อมูลคุณภาพไข่และคำนวณตามวิธีการของ Lokaewmanee and Phubuengdam (2015) ดังนี้

$$\text{ดัชนีรูปทรงไข่ (Shape index)} = \frac{\text{ความกว้างของฟองไข่ (มิลลิเมตร)}}{\text{ความยาวของฟองไข่ (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

$$\text{ดัชนีไข่แดง (Yolk index)} = \frac{\text{ความสูงไข่แดง (มิลลิเมตร)}}{\text{ความกว้างของไข่แดง (มิลลิเมตร)}} \times 100$$

$$\text{ดัชนีไข่ขาว (Albumin index)} = \frac{\text{ความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)} \times 100}{\text{ความยาวไข่ขาว (มิลลิเมตร)} + \text{ความกว้างไข่ขาว (มิลลิเมตร)}}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว (Albumin ratio)} = 100 \times \left(\frac{\text{น้ำหนักไข่ขาว}}{\text{น้ำหนักไข่รวม}}\right)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไข่แดง (Yolk ratio)} = 100 \times \left(\frac{\text{น้ำหนักไข่แดง}}{\text{น้ำหนักไข่รวม}}\right)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ (Eggshell ratio)} = 100 \times \left(\frac{\text{น้ำหนักเปลือกไข่}}{\text{น้ำหนักไข่รวม}}\right)$$

$$\text{ความสด (Haugh unit)} = 100 \times \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$$

เก็บข้อมูลน้ำหนักไข่ทั้งฟอง น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่ ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลแบบทศนิยม 3 ตำแหน่ง (KA 29, China) ความกว้างฟองไข่ ความยาวฟองไข่ ความสูงไข่ขาว ความยาวไข่ขาว ความกว้างไข่แดง ความสูงไข่แดง ความกว้างไข่ขาว และความหนาของเปลือกไข่ด้วยคาลิปเปอร์ดิจิตอล แบบทศนิยม 2 ตำแหน่ง โดยความหนาเปลือกไข่เก็บข้อมูลจากเปลือกไข่ที่ 3 จุด ได้แก่ เปลือกไข่ด้านป้าน ด้านแหลม และส่วนกลาง ค่าเฉลี่ยสามจุดถือเป็นความหนาสุดท้ายของเปลือกไข่ (530 Mitutoyo, Japan) เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล 1. ดัชนีรูปทรงไข่ (shape index, %) 2. ดัชนีไข่แดง (yolk index, %) 3. ดัชนีไข่ขาว (Albumin index, %) 4. ความสูงไข่ขาว (Albumin height, mm) 5. น้ำหนักไข่ขาว (Albumin weight, g) 6. น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight, g) 7. น้ำหนักไข่แดง (yolk weight, g) 8. เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว (Albumin ratio, %) 9. เปอร์เซ็นไข่แดง (yolk ratio, %) 10. เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ (eggshell ratio, %) 11. ความหนาเปลือก (egg shell thickness, mm) และ 12. ความสด (Haugh unit)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ นำข้อมูลคุณภาพไข่ที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างการทดลองด้วย Duncan's new multiple range test (DMRT) ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าที่ระดับ 0.05 ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป R version 4.3.0 (R Core Team, 2023; Jompuk, 2012)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาคุณภาพไข่นกกระทาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 63 จำนวน 0 7 14 และ 21 วัน เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า เวลาการเก็บรักษาในวันที่ 0 และ 7 ไข่ขาวส่วนข้นยังเกาะไข่แดงเป็นรูปทรง สังเกตเห็นความสูงไข่ขาวและไข่แดงได้อย่างชัดเจน ไข่แดงมีความนูนในวันที่ 14 และ 21 ความนูนของไข่ขาวลดลง ไข่ขาวข้น

ลดน้อยลงเปลี่ยนเป็นไข่ขาวเหลวรอบ ๆ ความนูนของทั้งไข่ขาวและไข่แดงลดลง และในวันที่ 28 ไม่สามารถเก็บข้อมูลคุณภาพไข่ได้ เนื่องจากไม่สามารถวัดความสูง ความกว้าง ความยาวของไข่ขาวและไข่แดงได้ และไม่สามารถแยกไข่ขาวกับไข่แดงเพื่อชั่งน้ำหนักได้ ไข่มีลักษณะเหลวรวมกัน (Figure 1)

1. ดัชนีรูปร่างไข่ (shape index)

ดัชนีรูปร่างไข่ (shape index) พบว่า อายุการเก็บรักษาที่ 0 7 14 และ 21 วัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (Table 1) โดยระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อดัชนีรูปร่างไข่ สอดคล้องกับการทดลองของ Tilki and Saatci (2004) ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันต่อผลการฟักไข่และคุณภาพไข่ของนกกระทาหิน (rock partridge) สายพันธุ์ *Alectroris graeca* พบว่า ดัชนีรูปร่างไข่ไม่แตกต่างกันตลอดอายุการเก็บรักษาที่ 42 วัน Akyurek and Okur (2009) รายงานว่า อุณหภูมิการเก็บไข่ที่ 4 และ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0 ถึง 14 วันไม่มีผลต่อน้ำหนักไข่และเปลือกไข่ Kammongkun *et. al.*, (2014) พบว่า อุณหภูมิของการเก็บรักษาไข่ไม่มีผลต่อลักษณะทางคุณภาพภายนอกของไข่ไก่ในหลายลักษณะที่ศึกษา แตกต่างจากการทดลองของ Lokaewmanee and Muangmoon (2019) ที่ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย และพบว่า ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 มีค่าดัชนีรูปทรงไข่สูงกว่าวันที่ 7 10 14 18 21 24 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

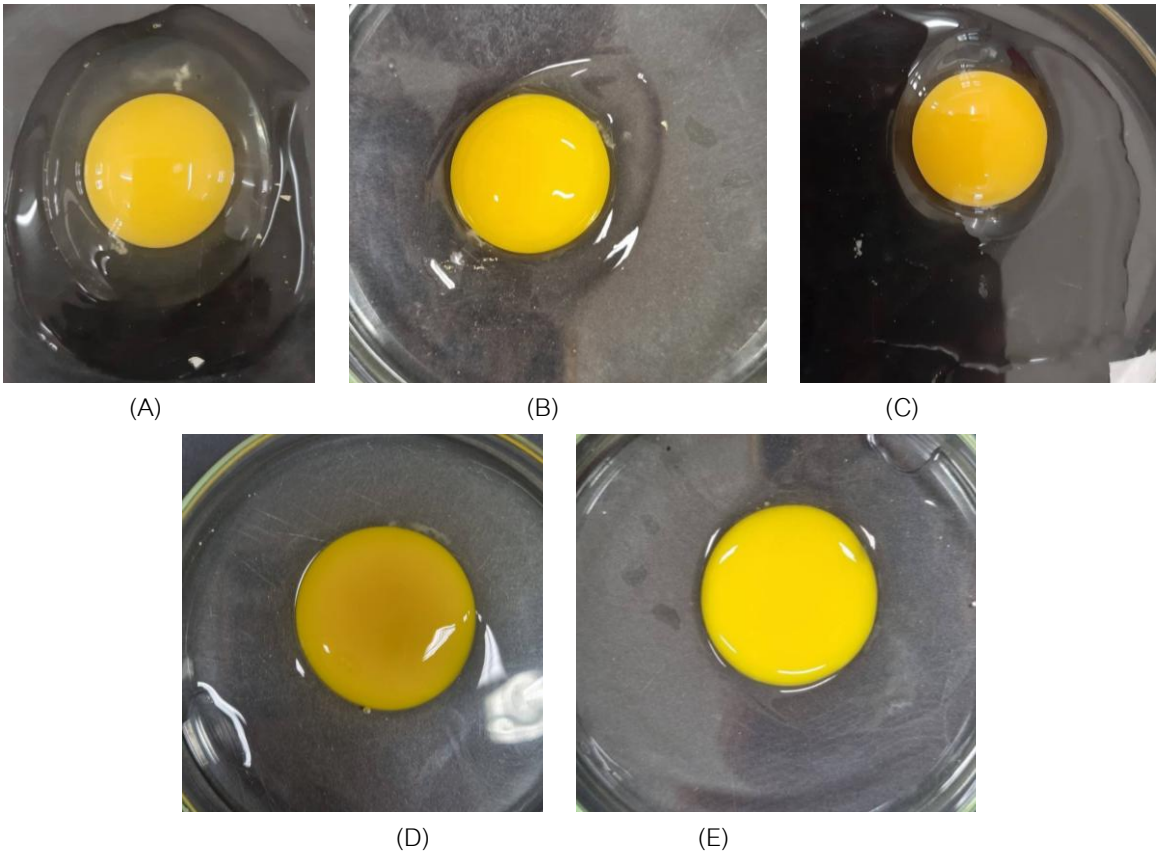

Figure 1 Effect of storage time on quality assessment of quail eggs raised in an open house. (A) 0 days, (B) 7 days, (C) 14 days, (D) 21 days, and (E) 28 days

2. ดัชนีไข่แดง (Yolk index)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า ดัชนีไข่แดง (yolk index) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าดัชนีไข่แดงที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0 สูงกว่าวันที่ 7 14 และ 21 ค่าดัชนีไข่แดงลดลงตามระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น (Table 1) สอดคล้องกับ Lokaewmanee and Muangmoon (2019) ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ของการเลี้ยงไก่ไข่แบบปล่อย พบว่า ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 7 มีค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 18 24 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) Silva *et al.* (2020) พบว่า ค่าดัชนีไข่แดงลดลงตามอายุการเก็บรักษา โดยศึกษาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า อายุการเก็บรักษาวันที่ 0 ให้ค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่า วันที่ 7 14 21 28 และ 35 วัน เนื่องจากความสูงของไข่แดงมีค่าลดลง เส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดงมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากโครงสร้างไฟเบอร์ของเนื้อเยื่อ Vitelline membrane หย่อนลง ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อก็จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น (Suresh *et al.*, 2015) ส่งผลทำให้ค่าดัชนีไข่แดงลดลง ซึ่งหากเปรียบเทียบค่าดัชนีไข่แดงวันที่ 0 และวันที่ 7 จะเห็นค่าความแตกต่างอย่างมาก เยื่อหุ้มไข่แดง (Vitelline membrane) มีความสำคัญอย่างมากในการรักษารูปทรง โครงสร้างของไข่แดง และสร้างความสมดุลระหว่างไข่ขาวกับไข่แดง แต่หากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นน้ำในไข่ขาวจะแพร่กระจายผ่านเยื่อหุ้มไข่แดงไปยังไข่แดงเพิ่มขึ้นส่งผลต่อโครงสร้าง รูปทรง และปริมาณของไข่แดง (Adamski *et al.*, 2017)

Table 1 Effect of storage time on characteristics of quail eggs

Length of storage [days]	0	7	14	21
Shape index, [%]	77.99±3.38	77.21±3.17	78.20±5.50	78.20±5.49
Yolk index, [%]	42.79±4.26^{a}	23.68±3.18^{b}	18.92±3.87^{c}	14.56±2.23^{d}
Albumen index, [%]	5.85±1.24^{a}	4.25±0.81^{b}	3.50±1.03^{c}	2.68±0.58^{d}
Albumin height [mm]	4.56±0.86^{a}	3.55±0.62^{b}	3.09±0.74^{c}	2.23±0.59^{d}
Albumen weight, [g]	5.46±0.70^{a}	5.00±0.53^{b}	4.51±0.51^{c}	4.25±0.67^{c}
Shell weight, [g]	1.45±0.17^{a}	1.40±0.13^{ab}	1.30±0.15b^{c}	1.33±0.15^{c}
Yolk weight, [g]	3.10±0.29	3.96±1.30	3.74±0.54	3.72±0.51
Albumen ratio, [%]	50.72±5.15^{a}	47.95±4.13^{ab}	45.85±3.96^{bc}	44.19±5.72^{c}
Yolk ratio, [%]	31.63±2.14^{b}	37.80±1.02^{a}	38.12±4.29^{a}	38.65±4.54^{a}
Shell ratio, [%]	13.50±1.29	13.43±1.15	13.18±1.01	13.84±1.13
Egg shell thickness, [mm]	0.26±0.03^{b}	0.32±0.04^{a}	0.28±0.08^{b}	0.22±0.02^{c}
Haugh unit	90.47±4.59^{a}	85.01±4.04^{b}	82.53±4.86^{b}	76.92±4.16^{c}

Remarks: different letters in the same row mean a significant difference ($p\leq0.05$)

3. ดัชนีไข่ขาว (Albumin index)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า ดัชนีไข่ขาว (Albumin index) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าดัชนีไข่ขาวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0 สูงกว่าวันที่ 7 14 และ 21 ค่าดัชนีไข่ขาวลดลงตามอายุการเก็บรักษา (Table 1) สอดคล้องกับ Lokaewmanee and Muangmoon (2019) พบว่า ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3 มีค่าดัชนีไข่ขาวสูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 7 18 21 24 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าดัชนีไข่ขาวเกี่ยวข้องกับความสูง ความยาว และความกว้างของไข่ขาว ค่าความสูงของไข่

ขาวมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของไข่ขาวส่วนเหลวข้น (firm) เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นโปรตีนโอโวมิซิน (Ovomucin) จะลดลง 2-4 เปอร์เซ็นต์ (Hammershøj and Qvist, 2001) และ Itoh *et al*. (1981) รายงานว่าจากการเก็บไข่นกกระทาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน พบว่า ไข่ขาวส่วนโอแวลบูมิน (Ovalbumin) เปลี่ยนเป็น S-ovalbumin ที่เสถียรต่อความร้อนมากขึ้น โดย S-ovalbumin มีโครงสร้างแบบเกลียวอัลฟา (alpha-helix) น้อยกว่าโอแวลบูมิน (Huntincjton *et al*.,1995) จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไข่ขาว

4. ความสูงของไข่ขาว (Albumin height)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า ค่าความสูงไข่ขาวลดลง (Albumin height) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าความสูงของไข่ขาวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0 สูงกว่าวันที่ 7 14 และ 21 โดยค่าความสูงของไข่ขาวลดลงตามอายุการเก็บรักษา (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Silva *et al*. (2020) ศึกษาผลของเวลาและอุณหภูมิในการจัดเก็บที่มีต่อคุณภาพของไข่นกกระทาญี่ปุ่น พบว่า ค่าความสูงของไข่ขาวลดลงตามอายุการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 (3.96 มิลลิเมตร) ถึงวันที่ 35 (2.79 มิลลิเมตร) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq0.05$) Northcutt *et al*. (2022) ศึกษาคุณภาพไข่นกกระทาญี่ปุ่น (*Coturnix coturnix japonica*) หลังจากเก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 120 วัน พบว่า ความสูงของไข่ขาวลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น โดยความสูงลดลงประมาณ 36% ความสูงของไข่ขาวลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบจากวันที่ 0 (3.9 มิลลิเมตร) ถึง 30 วัน (3.4 มิลลิเมตร) ของอายุการเก็บรักษา ซึ่งไข่นกกระทาที่ถูกเก็บรักษาในเวลาที่เพิ่มขึ้นเกิดการเสื่อมสลายของโปรตีนไข่ขาว โครงสร้างโปรตีนถูกทำลาย และ เยื่อหุ้มไข่แดง (Vitelline membrane) เสื่อมสภาพส่งผลให้ความหนืดและความสูงของไข่ขาวลดลง

5. น้ำหนักไข่ขาว (Albumin weight)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า น้ำหนักไข่ขาวลดลง (Albumin weight) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยน้ำหนักไข่ขาวที่อายุการเก็บรักษาวันที่ 0 สูงกว่าวันที่ 7 14 และ 21 โดยน้ำหนักไข่ขาววันที่ 14 และวันที่ 21 ไม่แตกต่างกัน (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Sokołowicz *et al*. (2022) ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อลักษณะคุณภาพและองค์ประกอบของไข่จากโรงเรือนต่าง ๆ ระบบ พบว่า ไข่ไก่ในระบบการเลี้ยงแบบยืนกรง ขังคอก และปล่อยอิสระ ที่ 1 14 และ 28 วัน น้ำหนักไข่ขาวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) จากน้ำหนักวันที่ 1 น้ำหนัก 37.60 เมื่อเก็บรักษาไว้ที่ 28 วันน้ำหนักไข่ขาวลดลงเหลือ 34.60 กรัม ความชื้นสัมพัทธ์เป็นตัวควบคุมการระเหยของน้ำในไข่ ความชื้นสัมพัทธ์มีส่วนเกี่ยวข้องร้อยละ 70 ในการควบคุมการระเหยของน้ำในไข่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุณหภูมิที่สูงทำให้น้ำภายในไข่ลดลงส่งผลให้น้ำหนักลดลง และเพิ่มขนาดช่องอากาศ ส่งผลให้ไข่ขาวบางลง (Lokaewmanee 2018)

6. น้ำหนักเปลือกไข่ (Shell weight)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า น้ำหนักเปลือกไข่ (shell weight) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Günhan and Kirikçi (2017) ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกันต่อผลการฟักไข่และคุณภาพไข่ของนกกระทาหิน (rock partridge) สายพันธุ์ *A. graeca* พบว่าอายุการเก็บรักษาไม่มีผลต่อน้ำหนักของเปลือกไข่ เช่นเดียวกันกับ Caglayan *et al*. (2009) ที่รายงานว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างน้ำหนักเปลือกของไข่นกกระทาที่เก็บไว้เป็นระยะเวลา 1 ถึง 14 วัน และ Sokołowicz *et al*. (2022) พบว่า น้ำหนักเปลือกไข่ไก่ที่เลี้ยงในรูปแบบยืนกรง ขังคอก และปล่อยอิสระ ที่ 1 14 และ 28 วัน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$)

7. น้ำหนักไข่แดง (yolk weight)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า น้ำหนักไข่แดง (yolk weight) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) (Table 1)

สอดคล้องกับการทดลองของ Nowaczewski *et al*. (2010) ศึกษาน้ำหนักไข่ของนกกระทาญี่ปุ่นเทียบกับคุณภาพไข่หลังจากระยะเวลาการเก็บรักษาในตู้ฟักไข่ พบว่า ไม่สังเกตเห็นผลกระทบจากระยะเวลาการเก็บรักษาต่อน้ำหนักไข่แดงของไข่นกกระทา สอดคล้องกับ Silva *et al*. (2020) พบว่า น้ำหนักไข่แดงไม่แตกต่างกันตามอายุการเก็บรักษาจากวันที่ 0 ถึง วันที่ 35 เมื่อนำมาทำกราฟ Quadratic น้ำหนักไข่แดงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษา โดยอายุการเก็บรักษาส่งผลต่อน้ำหนักไข่แดงจุดตัดของกราฟที่ 33.96 วัน หรือ 34 วัน เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไข่แดงระหว่างการเก็บรักษาเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีเกิดปฏิกิริยาการเสื่อมสลายของโครงสร้างโปรตีนไข่ขาว ส่งผลให้น้ำกับโมเลกุลโปรตีนขนาดใหญ่ส่งผ่านไปยังไข่แดงด้วยการออสโมซิสทำให้ไข่แดงมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นตามอายุการเก็บรักษา

8. เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว (Albumin ratio)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว (Albumin ratio) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวลดลงตามอายุการเก็บรักษา จากวันที่ 0 ถึงวันที่ 21 (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Günhan and Kirikçi (2017) ได้ศึกษาเปอร์เซ็นต์ไข่ขาว พบว่า ช่วงอายุการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 42 เปอร์เซ็นต์ไข่ขาวลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) การลดลงของเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวเกิดจากเก็บรักษาไข่เป็นเวลานานคาร์บอนไดออกไซด์จะค่อย ๆ ลดลงทำให้ เกิดไฮโดรเจนไอออนที่เข้มข้น ค่าพีเอชสูงขึ้นเป็น 9.5 หรือมากกว่านั้น แสดงว่าไข่เสื่อมคุณภาพ ความหนาและความบางของไข่ขาวนั้นแตกต่างกันของโอโวมิวซิน (Ovomucin) ถ้าไข่ขาวหนาจะมีลักษณะเป็นเจลเพราะปริมาณโอโวมิวซิน (Ovomucin) มีสูง ไข่ขาวที่บางเป็นการเพิ่มความเข้มข้น ระหว่างความดันของไข่แดงและไข่ขาว ผลทำให้น้ำที่อยู่ในไข่ขาวถูกดูดซึมเข้าสู่ไข่แดง ส่งผลให้ไข่ขาวลดลงและไข่แดงมีปริมาณมากขึ้น (Lokaewmanee, 2018)

9. เปอร์เซ็นต์ไข่แดง (Yolk ratio)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์ไข่แดง (yolk ratio) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์ไข่แดงเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา เปอร์เซ็นต์ไข่แดงในวันที่ 0 มีเปอร์เซ็นต์ไข่แดงน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวันที่ 7 14 และ 21 วัน (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Nowaczewski *et al*. (2010) พบว่า อัตราส่วนของไข่แดง (yolk content) เพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ถึงวันที่ 10 ของอายุการเก็บรักษา แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) มีอัตราส่วนของไข่แดงเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.4 หลังจากเก็บรักษาไข่เป็นเวลา 3 วัน และหลังจากเก็บรักษาไว้ 5 วัน พบว่า ไข่ที่มีน้ำหนักมากกว่าหรือเท่ากับ 12.50 กรัม ($p\leq0.05$) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนไข่แดงมาจากการการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนไข่ขาว เนื่องจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลต่อ ค่า pH ของไข่ขาวที่เพิ่มขึ้น (Lokaewmanee and Seedarak, 2018) ทำให้โอโวมิวซิน (Ovomucin) และไลโซไซม์ (Lysozyme) เกิดสารเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำ โดยแรงกระทำไฟฟ้าสถิต (electrostatic interaction) ที่มีต่อกัน แรงกระทำระหว่างโปรตีนทั้ง 2 ชนิดนี้จะลดลงในขณะที่ pH เพิ่มขึ้นในไข่ขาว ส่งผลทำให้ไข่ขาวข้นใสขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาไข่ (Tantapanichkul, 1994) ส่งผลทำให้เกิดการออสโมซิสไข่ขาวไปยังไข่แดง ทำให้สัดส่วนของไข่แดงมีปริมาณเพิ่มขึ้น

10. เปอร์เซ็นต์เปลือก (eggshell ratio)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ (eggshell ratio) แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\geq0.05$) (Table 1) สอดคล้องกับ Caglayan *et al*. (2009) พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนเปลือกไข่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นแต่กลับมีการลดลงของอัตราส่วนไข่ขาวและการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนไข่แดง แตกต่างกับ Lokaewmanee and Seedarak (2018) ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพไข่ของการเลี้ยงไก่ไข่

แบบปล่อย พบว่า ระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 21 และ 31 มีค่า เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บไข่ไก่วันที่ 3, 7, 14 และ 18 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เช่นเดียวกับการทดลองของ Günhan and Kirikçi (2017) พบว่า อัตราส่วนเปลือกไข่เพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา จาก 10.56 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 0 เป็น 11.45 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 42 เนื่องจากการเสียสภาพของโปรตีนไข่ขาวตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเกิดกระบวนการย่อยของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) ทำให้โปรตีนเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุล ความข้นของไข่ขาวจึงลดลง (Tantapanichkul, 1994) ส่งผลให้ไข่ขาวเหลวบางส่วนติดไปกับเยื่อเปลือกไข่ ทำให้เปอร์เซ็นต์เปลือกเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา

11. ความหนาเปลือกไข่ (egg shell thickness)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า ความหนาเปลือกไข่ (shell thickness) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) พบว่า วันที่ 0 ความหนาเปลือกไข่สูงกว่าวันที่ 7 14 และ 21 โดยวันที่ 7 และ วันที่ 14 ความหนาเปลือกไข่ไม่แตกต่างกัน แต่วันที่ 21 ความหนาเปลือกไข่น้อยที่สุด (Table 1) สอดคล้องกับการทดลองของ Lokaewmanee and Muangmoon (2019) พบว่า การเก็บไข่ไก่วันที่ 7 10 และ 14 มีค่าความ หนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่สูงกว่าระยะเวลาการเก็บ ไข่ไก่วันที่ 3 18 21 24 28 และ 31 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม อุณหภูมิที่สูงภายในโรงเรือนจะทำให้เปลือกไข่คุณภาพลดลง เนื่องจากความหนาของชั้นเปลือกไข่ประกอบไปด้วย 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นนวลไข่ (cuticle) มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ซึ่งเป็นจำพวกมิวโคโปรตีน โดยเกิดจากการรวมกันของคาร์โบไฮเดรตกับโปรตีน ถัดมาเป็นชั้นของแคลเซียมคาร์บอเนต มีความหนาประมาณ 315 ไมครอน และชั้นเยื่อเปลือกไข่ ซึ่งมี 2 ชั้น ได้แก่ เยื่อเปลือกไข่ชั้นนอกและเยื่อเปลือกไข่ชั้นในมีความหนาประมาณ 65 ไมครอน (Daengprok *et al*., 2003) เยื่อเปลือกไข่ประกอบด้วยความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (Pikul *et al*., 2014) ซึ่งองค์ประกอบของเปลือกไข่มีโปรตีน เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น ถึงเก็บไว้ในสภาวะที่เหมาะสมก็เกิดการสลายและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีน จึงส่งผลให้ความหนาเปลือกลดลงตามอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามปริมาณแคลเซียมที่สัตว์ได้รับเป็นสิ่งจำเป็นต่อความแข็งของเปลือกไข่ (Lokaewmanee, 2018)

12. ความสดของไข่ (Haugh unit)

ผลการเก็บรักษาไข่นกกระทาที่อายุ 0 7 14 และ 21 วัน พบว่า ความสดของไข่ (Haugh unit) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยวันที่ 0 มีความสดสูงที่สุด และวันที่ 21 มีความสดน้อยที่สุด และวันที่ 7 และ 14 ความสดของไข่ไม่แตกต่างกัน แต่น้อยกว่าวันที่ 0 (Table 1) สอดคล้องกับ Northcutt *et al*. (2022) คุณภาพไข่นกกระทาญี่ปุ่น (*Coturnix coturnix japonica*) หลังจากเก็บในตู้เย็นเป็นเวลา 120 วัน พบว่า ค่าความสดของไข่ลดลงจาก 85.3 เป็น 82.0 ในวันที่ 30 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับ Silva *et al*. (2020) พบว่า ไข่นกระทาที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง วันที่ 0 ถึง วันที่ 35 ค่าความสดของไข่นกกระทาลดลง จาก 87.62 เป็น 81.29 ในวันที่ 35 โดยการลดลงของความสดของไข่เกิดจากการเพิ่มอายุการเก็บรักษาของไข่นกกระทาเกิดจากการระเหยของน้ำภายในไข่และการสูญเสียในรูปก๊าซทำให้น้ำหนักไข่ลดลงและช่องอากาศขยายขนาดใหญ่ขึ้นน้ำที่ระเหยส่วนใหญ่มาจากไข่ขาวเพราะไข่ขาวมีความชื้นร้อยละ 87.6 ในขณะที่ไข่แดงมีความชื้นอยู่ร้อยละ 51.1 ก๊าซที่ระเหย คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), แอมโมเนีย (NH_3), ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวทางเคมีของสารอินทรีย์ในไข่ ซึ่งอัตราการระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม ระยะเวลาในการเก็บรักษา ความหนาของเปลือกไข่และขนาดไข่ น้ำจากไข่ขาวส่วนหนึ่งจะเข้าไปในไข่แดงทำให้ไข่แดงขยายตัว นอกจากนี้โครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนในไข่ขาวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยเอนไซม์ภายในไข่ ทำให้ไข่ขาวข้นเปลี่ยนเป็นไข่ขาวใสและสามารถมองเห็นเงาไข่แดงได้ชัดเจน (Lokaewmanee, 2018)

สรุปผลการวิจัย

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาที่ 0 - 21 วัน ต่อคุณภาพไข่นกกระทาที่อุณหภูมิเก็บรักษาเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 63 ส่งผลต่อดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาว ความสูงของไข่ขาว น้ำหนักไข่ขาว เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว ความสดของไข่ และความหนาเปลือกไข่ลดลง โดยเปอร์เซ็นต์ไข่แดงมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลกับ ดัชนีรูปร่างไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักเปลือกไข่ และเปอร์เซ็นต์เปลือก โดยคุณภาพไข่นกกระทาลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งคุณภาพไข่นกกระทาที่ 21 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพไข่อย่างชัดเจน ดังนั้นไม่ควรเก็บไข่นกกระทาสดที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 63 ไว้มากกว่า 21 วัน แต่หากไข่นกกระทามีอายุมากกว่า 21 วันควรนำมาผ่านกระบวนการถนอมอาหาร เช่น ไข่นกกระทาเค็ม หรือ ไข่นกกระทาต้มสมุนไพร เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มมูลค่า และลดขยะอาหาร

เอกสารอ้างอิง

Adamski, M., J. Kuzniacka, E. Kowalska, J. Kucharsska-gaca, M. Banazak and M. Biegniewska. 2017. Effect of storage time on the quality of Japanese quail eggs (*coturnix coturnix japonica*). Polish Journal of Natural Sciences 32: 27-37.

Akyurek, H. and A. A. Okur. 2009. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. Journal of Animal and Veterinary Advances 8(10): 1953-1958.

Caglayan, T., S. Alasahan, K. Kirikçi and A. Gunlu. 2009. Effect of different egg storage periods on some egg quality characteristics and hatchability of partridges (*Alectoris graeca*). Poultry Science 88(6): 1330-1333. Available: https://doi.org/10.3382/ps.2009-00091.

Dada, T., A. Raji, R. Akinoso and T. Aruna. 2018. Comparative evaluation of some properties of chicken and Japanese quail eggs subjected to different storage methods. Poultry Science Journal 6: 155-164.

Daengprok, W., W. Garnjanagoonchorn, O. Naivikul, P. Pornsinlpatip, K. Issigonis and Y. Mine. 2003. Chicken eggshell matrix proteins enhance calcium transport in the human intestinal epithelial cells, Caco-2. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(20): 6056-6061.

Dudusola, I. O. 2009. Effects of storage methods and length of storage on some quality parameters of Japanese quail eggs. Tropicultura 27: 45-48.

Fernandez, I. B., V. C. Cruz and G. V. Polycarpo. 2011. Effect of dietary organic selenium and zinc on the internal egg quality of quail eggs for different periods and under different temperatures. Brazilian Journal of Poultry Science 13: 35-41.

Günhan, Ş. and K. Kirikçi. 2017. Effects of different storage time on hatching results and some egg quality characteristics of rock partridge (*A. graeca*) (management and production). Poultry Science 96(6): 1628-1634.

Hammershøj, M. and K. B. Qvist. 2001. Research note: importance of hen age and egg storage time for egg albumen foaming. LWT Food Science and Technology 34: 118-120.

Huntincjton, J. A., P. A. Patston and P. G. W. Gettins. 1995. S-ovalbumin, an ovalbumin conformer with properties analogous to those of loop-inserted serpins. Protein Science 4: 613-621.

Itoh, T., S. Kobayashi, H. Sugawara and A. Adachi. 1981. Some physicochemical changes in quail egg white during storage. Poultry Science 60: 1245-1249.

Jompuk, C. 2012. Statistics: Experimental design and data analysis in plant research with "R". 2nd. Kasetsart University Press, Bangkok. [in Thai]

Kammongkun, J., C. Boonjue, C. Prapasawat and A. Leotaragu. 2014. Effect of layer breed, storage temperature and time on egg quality. Khon Kaen Agriculture Journal 42(1): 1-7.

Lokaewmanee, K. 2018. Factors influencing egg quality. Kasetsart Extension Journal 60(2): 1-8. [in Thai]

Lokaewmanee, K. and A. Phubuengdam. 2015. Study on increasing the level of desiccated coconut meal in laying hen diet on production performance and egg quality. Kasetsart News 60(3): 70-80.

Lokaewmanee, K. and J. Muangmoon. 2019. Effect of storage time on egg quality of free range laying hens. Prawarun Agricultural Journal 16(2): 281-292. [in Thai]

Lokaewmanee, K. and K. Seedarak. 2018. Effect of storage time on egg quality of organic eggs kept in refrigerator temperature. King Mongkut's Agricultural Journal 36(3): 125-135. [in Thai]

Lukanov, H. 2019. Domestic quail (*Coturnix japonica domestica*), is there such a farm animal. Worlds Poultry Science 75: 547-558.

Nepomuceno, R. C., P. H. Watanabe, E. R. Freitas, C. E. B. Cruz, M. S. M. Peixoto and M. L. De Sousa. 2014. Quality of quail eggs at different times of storage. Ciência Animal Brasileira 15: 409-413.

Northcutt, J. K., A. Buyukyavuz and P. L. Dawson. 2022. Quality of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs after extended refrigerated storage. Journal of Applied Poultry Research 31: 100280

Nowaczewski, S., K. Witkiewicz, H. Kontecka, S. Krystianiak and A. Rossinski. 2010. Eggs weight of Japanese quail vs eggs quality after storage time and hatchability results. Archives Animal Breeding 53(6): 720-730.

Panda, B. and R. P. Singh. 1990. Developments in processing quail meat and eggs. World's Poultry Science Journal 46: 220-234.

Pikul, D., W. Garnjanagoonchorn and S. Thanachasai. 2014. The development of eggshell membrane hydrolysate. In Proceedings of the 52nd Kasetsart University Annual Conference, February 4-7, 2014, Kasetsart University, Bangkok, Thailand pp. 82-89. [in Thai]

R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for statistical computing, Vienna, Austria. Available: https://www.R-project.org (October 10, 2023)

Silva, Y. L., T. Fernandes, E. B. Muniz, G. N. Marengoni, P. L. de O. Carvalho and N. L. S. Silva. 2020. Effect of storage time and temperature on the quality of Japanese quail eggs. Boletim de Indústria Animal, 77: 1-16. Available: https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1489.

Sokołowicz, Z., M. Dykiel, A. Augustyńska-Prejsnar and J. Krawczyk. 2022. The effect of storage duration on some quality traits and composition of eggs from different housing systems. Annals of Animal Science 22(1): 459-475. Available https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0035.

Suresh, P. V., K. R. Raj, T. Nidheesh, K. P. Gaurav and P. Z. Sakhare. 2015. Application of chitosan for improvement of quality and shelf life of table eggs under tropical room conditions. Journal of Food Science and Technology 52(10): 6345-6354.

Tantapanichkul, R. 1994. Food Chemistry. Ramkhamhaeng University, Bangkok. [in Thai]

Tilki, M. and M. Saatci. 2004. Effects of storage time on external and internal characteristics in Partridge (*Alectoris graeca*) eggs. Revue de Medecine Veterinaire 115(11): 561-564.

United States Food and Drug Administration. 2009. Prevention of Salmonella Enteritidis in shell eggs during production, storage and transportation; Final rule. Federal Register 74(130): 33029-33101.