

ผลของการเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพไข่

Effects of Crab Shell Supplementation in Layer Diet on Performance and Egg Quality

นัสวัล บุญวงศ์¹ พีรวัฒน์ ชูเพ็ง¹ กมลพรรณ เจือกโวัน^{1*}
และ กชพรรณ รักเมือง¹

Nusawan Boonwong¹, Peerawat Choopeng¹
Kamonpun Chuekwon^{1*} and Kodchapan Rakmuang¹

Received: 11 December 2023

Revised: 14 July 2024

Accepted: 22 June 2026

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของการเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ และต้นทุนอาหาร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design ; CRD) ทำการทดลองในไก่ไข่พันธุ์ช้าวราวน (ISA Brown) อายุ 31 สัปดาห์ จำนวน 120 ตัว แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว โดยให้อาหารที่มีการเสริมเปลือกปูที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9% ตามลำดับเป็นระยะเวลา 30 วัน ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตพบว่า ผลผลิตไข่ ปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ มวลไข่ และน้ำหนักไข่ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านคุณภาพไข่พบว่า ความแข็งเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว และค่าฮอฟยูนิต (Haugh Unit) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่สีไข่แดง เพิ่มขึ้นตามระดับของการเสริมเปลือกปู โดยการเสริมเปลือกปูในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ที่ระดับ 9% ทำให้สีของไข่แดงสูง

¹สาขาสัตวศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี สุราษฎร์ธานี ประเทศไทย 84100

¹Department Animal Science, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Suratthani, Thailand 84100

*ผู้เขียนที่ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: kamonpun.oum@gmail.com

กว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังนั้นการเสริมเปลือกปูในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 9% สามารถปรับปรุงสีของไข่แดงได้

คำสำคัญ: เปลือกปู คุณภาพไข่ อาหาร ไก่ไข่

ABSTRACT

This research aimed was to investigate the appropriate percentage of crab shell supplementation in layer diet on performance and egg quality and feed cost. The experimental design was a completely randomized design (CRD). One hundred and twenty 31-week-old laying hens were assigned to four treatment diets, including 0, 3, 6, and 9% crab shell. Each treatment had three replicates with ten hens. The results showed that hen-day production, feed intake, feed efficiency, egg mass, and egg weight were not significantly different ($P > 0.05$). The egg quality, shell thickness, eggshell strength, shell weight, yolk weight, albumen weight, and haugh unit were also not significantly different ($P > 0.05$). However, the supplementation of crab shell was significantly different in yolk color ($P < 0.01$). Therefore, the layer diet with 9% crab shell could improve yolk color.

Keywords: Crab shell; Egg quality; Feed; Layer

บทนำ

ปัจจุบันการบริโภคไข่ไก่เป็นที่นิยมรับประทานกันทุกครัวเรือนสามารถบริโภคได้ทุกเพศทุกวัยและประกอบอาหารได้หลากหลาย ไข่ไก่เป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบไปด้วยสารอาหาร โปรตีน ธาตุเหล็ก ฟอสเฟต กรดอะมิโน กรดไขมันและวิตามิน ในไข่ไก่ 1 ฟอง จะประกอบด้วยไข่แดง ประมาณ 30-33% ไข่ขาวประมาณ 60% และเปลือกไข่ประมาณ 9-12% [1] เกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ส่วนใหญ่มักประสบปัญหาขาดทุนเนื่องจากราคาอาหารสำเร็จรูปถูกปรับราคาสูงขึ้นทุกปี จึงมีการนำเอาวัตถุดิบที่ได้จากธรรมชาติ และสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นมาเสริมในอาหารเพื่อช่วยลดต้นทุนค่าอาหาร ลดสารตกค้างในผลผลิตและช่วยเพิ่มสีของไข่แดงให้เข้มข้น ประกอบกับในยุคปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพมากขึ้น และมักเลือกซื้อไข่ไก่โดยดูที่ราคา ความสด ขนาดของฟองไข่ สีของเปลือกไข่ และสีของไข่แดง โดยเฉพาะสีของไข่แดงมีอิทธิพลมากต่อการตัดสินใจซื้อในครั้งต่อไป ประกอบกับพื้นที่วิจัย (อ่าวบ้านดอน) มีโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเนื้อปูหลายแห่ง ทำให้มีวัสดุเศษเหลือ (เปลือกปู นมปู) โดยถูกมองว่าเป็นของเสียในอุตสาหกรรมอาหารทะเล แต่เปลือกปูมีองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ความชื้น 9.85 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 47.14 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 15.72 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.57 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงาน (Gross energy) 2,011 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม [2] และเป็นแหล่งของไคตินที่สำคัญซึ่งเป็นโพลีเมอร์ชีวภาพที่ได้รับความสนใจในภาคการเกษตรพบการใช้งานที่หลากหลาย เช่น ทางด้านการเกษตร การใช้งานทางชีวการแพทย์ ทางด้านอาหารสัตว์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารไก่ไข่ได้ 2-5% [3] โดยไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของแม่ไก่หรือต้นทุนอาหารสัตว์ เปลือกปูสามารถใช้เป็นแหล่งเสริมแคลเซียมสำหรับสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเลี้ยงสัตว์ปีก มีส่วนช่วยให้เปลือกไข่ในชั้นต่างๆ แข็งแรงขึ้น นอกจากนี้เปลือกปูมีไคโตซานซึ่งเป็นผลดีต่อ

สุขภาพของลำไส้และการต้านทานโรคในสัตว์ [4] โดยการศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับการเสริมเปลือกปูที่เหมาะสมในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ และต้นทุนราคาการผลิตอาหารไก่ไข่

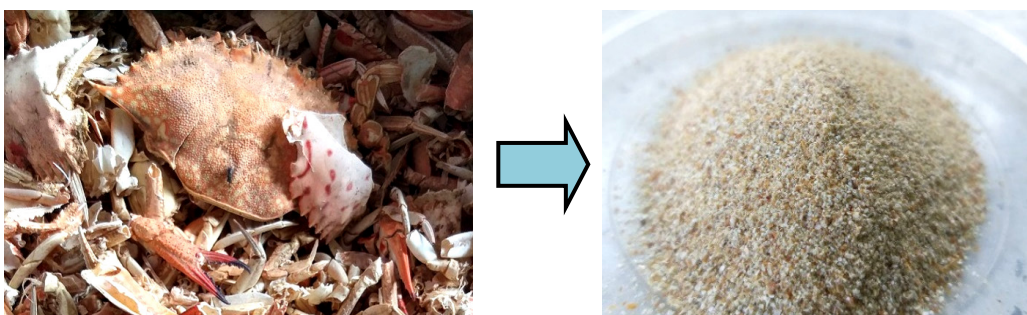
วิธีดำเนินการวิจัย

1. สัตว์ทดลอง

ใช้ไก่ไข่พันธุ์ช้าวบราวน์ (ISA Brown) จำนวน 120 ตัว อายุ 31 สัปดาห์ ได้รับวัคซีนตามโปรแกรมที่กำหนด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งสัตว์ทดลองออกเป็น 4 ทรีทเมนต์ๆ ละ 30 ตัว ประกอบด้วย 3 ซ้ำๆ ละ 10 ตัว

2. การเตรียมอาหารทดลอง

นำเปลือกปูที่ได้จากโรงงานแกะเนื้อปูมาตากแดด 2 วัน หลังจากนั้นนำเปลือกปูที่แห้งแล้วไปบดแล้วร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร เพื่อนำไปผสมในสูตรอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 เปลือกปูบด

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกปูที่ใช้ทดลองประกอบสูตรอาหารไก่ไข่ พบว่า มีความชื้น 9.32 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 43.64 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.69 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 14.55 เปอร์เซ็นต์ และค่าพลังงาน (Gross energy) 2,184.72 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 1 การเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่

วัตถุดิบ	อาหาร ควบคุม	อาหารผสมเปลือก ปูบด 3%	อาหารผสมเปลือก ปูบด 6%	อาหารผสมเปลือก ปูบด 9%
ข้าวโพด	52.00	52.00	52.00	52.00
รำข้าวสาลี	6.00	5.50	5.00	4.00
ปลายข้าว	8.00	7.50	7.50	7.50
น้ำมันพืช	3.00	3.00	3.00	3.00
ปลาป่น	8.50	8.00	8.00	8.50
ถั่วเหลือง	14.00	14.00	13.50	12.00
DL-Methionine	0.20	0.20	0.20	0.20
Lysine	0.25	0.25	0.25	0.25
เปลือกปู ¹	0.00	3.00	6.00	9.00
เปลือกหอย	6.75	5.30	3.30	2.3
ไคคลเซียม	1.00	1.00	1.00	1.00
วิตามินรวม ²	0.25	0.25	0.25	0.25
แคลเซียม	3.90	3.90	3.90	3.90
ฟอสฟอรัส	0.88	0.88	0.88	0.88
พลังงานใช้ประโยชน์	2,800.00	2,800.00	2,800.00	2,800.00
ได้ กิโลแคลอรี / กิโลกรัม				
โปรตีนรวม %	18.07	18.07	18.07	18.07
ราคาอาหาร บาท/ กิโลกรัม ³	23.00	22.59	21.99	21.44

¹เปลือกปูบด²Composition per 1 kg premix: 2.0 MIU vitamin A, 0.32 MIU vitamin D₃, 2,000 mg vitamin E, 330 mg vitamin K₃, 220 mg vitamin B₁, 450 mg vitamin B₂, 4.5 mg vitamin B₁₂, 600 mg niacin, 100 mg copper, 10,000 mg Iron, 150 mg iodine, 8,800 mg manganese, 8,800 mg zinc, 130 mg cobalt, up to 1 kg filter.³ราคาวัตถุดิบ ณ เดือนกุมภาพันธ์ 2565

3. การเลี้ยงและการจัดการ

ทำการทดลองในโรงเรือนระบบเปิด ขนาดคอก 1.5x 2 เมตร ใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้นหนา 3 นิ้ว แต่ละคอกจะวางรังไข่ไว้ที่มุมของคอกจำนวน 2 รัง โดยใช้ลังพลาสติกขนาด 69 x 48 x 41 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) เจาะรูด้านข้างไว้สำหรับให้แม่ไก่เข้าไปวางไข่และภายในรังไข่มีการรองรังด้วยหญ้าแห้ง ส่วนด้านบนปิดฝาสนิท ไข่ทดลองได้รับอาหาร 120 กรัม/ตัว/วัน โดยมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา การให้แสงไก่จะได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ ประมาณ 10-12 ชั่วโมง/วัน

4. การเก็บข้อมูล

ระยะเวลาในการทดลอง 1 เดือน โดยเก็บข้อมูลผลผลิตไข่ คำนวณค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ (Feed conversion ratio) วัดคุณภาพไข่ โดยสุ่มเก็บไข่ 3 วันสุดท้ายของสัปดาห์ที่ 1, 2, 3

และ 4 ซ้ำละ 5 ฟอง รวม 180 ฟอง ซังน้ำหนักไข่ ซังน้ำหนักเปลือกไข่ ซังน้ำหนักไข่แดงและไข่ขาว วัดความหนาเปลือกไข่ (Shell thickness) ความสูงไข่ขาว (Albumen height) สีไข่แดง (Egg yolk) และค่าฮอฟูยูนิต (Haugh Unit, HU) โดยใช้เครื่องวัดคุณภาพไข่ Nabel รุ่น DET6000

$$\text{สูตรคำนวณค่าฮอฟูยูนิต (Haugh Unit, HU)} = 100 \times \log (H + 7.57 - 1.7W^{0.37})$$

เมื่อ HU คือ ค่าฮอฟูยูนิต

H คือ ค่าเฉลี่ยความสูงไข่ขาว (มิลลิเมตร)

W คือ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักไข่ (กรัม)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS On Demand [5] เพื่อหาความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD)

ผลการวิจัย

1. สมรรถภาพการผลิต

การเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่าผลผลิตไข่ ปริมาณการกินได้ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ และมวลไข่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2

2. คุณภาพไข่ไก่

การเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ พบว่าการเสริมเปลือกปูที่ระดับ 9% มีผลต่อสีไข่แดง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมเปลือกปูที่ระดับ 3 และ 6% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) (ภาพที่ 2) แต่การเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ต่อความแข็งเปลือกไข่ ความหนาของเปลือกไข่ น้ำหนักไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว และค่าฮอฟูยูนิต (Haugh Unit) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

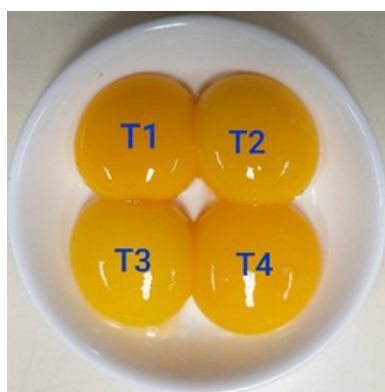
ตารางที่ 2 ผลของการเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต

สมรรถภาพการผลิต	เปลือกปูบด (%)				SEM	%CV	P-value
	0	3	6	9			
ผลผลิตไข่ (%)	73.33	76.67	74.44	76.67	1.9251	5.11	0.6548
ปริมาณการกินได้ (กรัม/ตัว/วัน)	104.33	105.00	104.67	102.67	1.4142	2.71	0.7551
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่	2.39	2.39	2.40	2.28	0.0713	5.93	0.7061
มวลไข่ (กรัม/ตัว/วัน)	43.77	43.92	43.75	45.21	1.4938	6.74	0.9159
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัม	54.97	53.99	52.78	48.89	-	-	-

ตารางที่ 3 ผลของการเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพไข่

คุณภาพไข่	เปลือกปู (%)				SEM	%CV	P-value
	0	3	6	9			
ความแข็งแรงเปลือกไข่ (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร)	3.92	4.52	5.18	4.55	0.7005	30.84	0.1247
ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)	0.35	0.37	0.37	0.35	0.0278	15.32	0.7398
น้ำหนักไข่ (กรัม/ฟอง)	59.77	57.28	58.74	58.97	1.5891	5.42	0.8104
น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)	8.00	8.73	8.20	8.33	0.5118	12.27	0.2603
น้ำหนักไข่แดง (กรัม)	15.60	15.27	15.47	16.07	0.6239	7.94	0.3515
น้ำหนักไข่ขาว (กรัม)	41.19	41.97	40.43	41.89	1.2109	5.85	0.2782
ค่าฮอฟฟ์ยูนิต	74.81	79.20	75.17	81.04	4.2734	11.01	0.1369
สีไข่แดง	6.88 ^b	7.31 ^b	7.35 ^b	8.83 ^a	0.3894	10.14	<.0001

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



ภาพที่ 2 ผลของการเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสีของไข่แดง (T1=อาหารควบคุม, T2=อาหารผสมเปลือกปู 3%, T3=อาหารผสมเปลือกปู 6% และ T4=อาหารผสมเปลือกปู 9%)

3. ต้นทุนการผลิตอาหาร

ต้นทุนการผลิตอาหารโดยเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ พบว่าอาหารกลุ่มที่เสริมเปลือกปูที่ระดับ 9% มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าอาหารกลุ่มอื่นๆ โดยต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัมที่เสริมเปลือกปูที่ระดับ 0, 3, 6 และ 9% มีค่าเท่ากับ 54.97, 53.99, 52.78 และ 48.89 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ พบว่าการเสริมเปลือกปูที่ระดับ 9% มีผลทำให้สีไข่แดงเข้มขึ้น ผลจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการใช้เปลือกปูและเปลือกกุ้งในอาหารไก่ไข่ระดับ 4.6-18.6% สามารถเพิ่มสีของไข่แดงได้ [6] เนื่องจากเปลือกปูมีเม็ดสีหลายชนิดที่ทำให้เกิดสี เม็ดสีหลักที่พบในเปลือกปูคือแคโรทีนอยด์ โดยเฉพาะแอสตาแซนธินมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มสีในเนื้อและสามารถ

สะสมอยู่ในไข่แดง ส่งผลให้มีสีส้มหรือสีแดงเข้มขึ้น [7] แต่อย่างไรก็ตามการเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อความแข็งแรงเปลือกไข่ ความหนาของเปลือกไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ และค่าฮอฟยูนิท (Haugh Unit) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ไก่ไข่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมเปลือกปูมีอัตราการผลิตไข่ที่เพิ่มขึ้นและน้ำหนักไข่สูงขึ้น ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการได้รับสารอาหารที่จำเป็นรวมทั้งแคลเซียมและไคตินจากอาหารเสริมเปลือกปู [3] ไคตินที่ได้จากกระดองปูยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพของไก่ไข่ คุณสมบัติฟิโบริโอติกของไคตินช่วยเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในลำไส้ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งจะช่วยให้เรื่องสุขภาพของลำไส้และการดูดซึมสารอาหาร [8] ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกัน และการตอบสนองของภูมิคุ้มกันในแม่ไก่ [9] ต้นทุนการผลิตอาหารกลุ่มที่เสริมเปลือกปูที่ระดับ 9% มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าอาหารกลุ่มอื่นๆ เนื่องจากเปลือกปูเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ในพื้นที่และมีราคาถูก (0.10 บาท/กิโลกรัม) และเป็นของเสียในอุตสาหกรรมอาหารทะเล ส่งผลให้เป็นวัตถุดิบที่มีต้นทุนต่ำ ทำให้การใช้เปลือกปูเป็นแหล่งอาหารเสริมมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งแคลเซียมอื่นๆ เช่น หินปูน เปลือกหอย สารสีสังเคราะห์ [10] ทั้งนี้องค์ประกอบต้นทุนของการผลิตอาหารที่เสริมด้วยเปลือกปูในพื้นที่อื่นอาจจะมีต้นทุนต่ำหรือสูงกว่านี้ขึ้นอยู่กับแหล่งของเปลือกปู ประเภทของเปลือกปู ขั้นตอนการเตรียมเปลือกปู [11] ดังนั้นการเสริมเปลือกปูในสูตรอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ที่ระดับ 9% สามารถเพิ่มสีของไข่แดงได้ และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 กิโลกรัมถูกกว่ากลุ่มควบคุม 6.08 บาท/กิโลกรัม

References

- [1] Essien, C. A. (2021). Replacement of Crab Meal for Fish Meal on Performance and Egg Quality Characteristics of Laying Hens. *The International Journal of Science & Technology*, 9(4), 6–12.
- [2] Vijayalingam, T. A., & Rajesh, N. V. (2020). Analysis of Nutritional Value of Crab Meal as Feed Supplement for Livestock and Poultry. *Chemical Science Review and Letters*, 9(35), 773–776.
- [3] Goswami, S., et al. (2019). Effect of Crab Shell Powder on Eggshell Quality in Layers. *Veterinary World*, 12(6), 835–839.
- [4] Yuan, Y., et al. (2017). Effects of Chitosan on Growth Performance, Digestive Enzyme Activities, and Antioxidant Capacity in Broiler Chicks. *Poultry Science*, 96(10), 3566–3572.
- [5] SAS Institute. (2023). *SAS On Demand for Academics: User's Guide*. SAS Institute.
- [6] Stadelman, W. J. (2017). Quality Identification of Shell Eggs. In Stadelman, W. J., & Cotterill, O. J. (Eds.). *Egg Science and Technology* (p. 39-66). Boca CRC Press.
- [7] Higuera-Ciapara, I., et al. (2006). Astaxanthin: A Review of Its Chemistry and Applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(2), 185–196.
- [8] Abd El-Hack, M. E., et al. (2020). Impact of Dietary Chitin and Chitosan on Productivity, Egg Quality, and Blood Parameters of Laying Hens. *Animal Biotechnology*, 31(1), 1-10.
- [9] Santoso, U., et al. (2020). Chitosan Supplementation and Its Effects on Calcium and Phosphorus Utilization in Laying Hens. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*,

Research Article

Journal of Vocational Education in Agriculture Vol. 10 ● No. 1 • January – June 2026

23(4), 542-549.

- [10] Opalinski, S., et al. (2013). Life Cycle Assessment of the Carbon Footprint of Duck Egg Production in Ireland. *Journal of Cleaner Production*, 52, 283-291.
- [11] Leeson, S., & Summers, J. D. (2005). *Commercial Poultry Nutrition*. University Books.