

ผลของการเสริมผงเปลือกมะนาวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

Effect of Lime Peel Powder Supplementation in Layer Diet on Egg Production Performance and Quality

สำราญ มะลิทอด* สมาวรรณ หล้าหุ่่น สโรชา ตนุลเลิศ และ เจนตินา แท้มเรืองอิทธิ
Samruay Malithod* Samawan Lunhan Sarocha Tanulert and Janjina Tamruengit

สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000
Division of Animal Science, Faculty of Agriculture Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Muang,
Phetchburi 76000

* Corresponding author: S.malithod@gmail.com

(Received: 13 June 2022; Revised: 16 January 2023; Accepted: 1 February 2023)

Abstract

The objective of this research was to investigate the effect of lime peel powder on egg production and quality of two different ages of laying hens. The First experiment studied the effect of lime peel powder on egg production and quality of 22-week-old laying hens (ISA-brown). The present research was assigned in an experimental model with a completely randomized design (CRD). Two hundred hens were divided into 4 groups with 5 replicates of 10 birds each. The control group (T1) were fed with 17% protein commercial feed (no lime peel powder) while other group (T2-T4) were supplemented with lime peel powder (LPP) at level of 10, 12.5, and 15 g/kg feed. The experiment tested for 16 weeks. The Second experiment studied the effect of lime peel powder on calcium carbonate in eggshell of 73-week-old laying hens (Hy-line brown). One hundred and sixty hens were divided into 4 groups with 4 replicates of 10 birds each. The birds were assigned to be fed with the same as the First experiment. The results showed that the feed intake was lowest in laying hens which were fed with lime peel powder at 10 g/kg in feed supplementation diet ($P<0.05$). The percentage of lipid in albumin was highest in laying hens which were fed with lime peel powder at 15 g/kg in feed supplementation diet while percentage of protein in albumin was high in laying hens which were fed with lime peel powder at 0 and 10 g/kg feed supplementation diet. In addition, the lowest of cholesterol level was found in laying hens in control group ($P<0.05$). The levels of calcium in eggshells of laying hens which were fed with control diet showed the highest value ($P<0.05$). Shell thickness (mm) was lowest in control group ($P<0.05$). Therefore, this present research indicated that the supplementation of lime peel powder for laying hens at all levels was negative on egg production and quality except feed intake. The recommended level for using lime peel powder as supplement was at 10 g/kg in feed, because this is the lowest level of supplement expressed the effect in increasing the level of protein in albumin.

Keywords: Lime peel, layer, egg production, egg quality

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ผงเปลือกมะนาวต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่ที่อายุแตกต่างกันสองอายุ การทดลองที่ 1 ศึกษาการเสริมผงเปลือกมะนาวต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของไก่ไข่อายุ 22 สัปดาห์ (สายพันธุ์ไข่ขาวราวน) งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ใช้ไก่ไข่จำนวน 200 ตัว แบ่งไก่ทดลองออกโดยสุ่มเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ไก่กลุ่มควบคุม (กลุ่ม 1, control group) ได้รับอาหารทดลองสำเร็จรูปชนิดผงที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 17% ส่วนไก่ทดลองกลุ่ม 2-4 ได้รับอาหารสำเร็จรูปเสริมผงเปลือกมะนาวระดับ 10, 12.5 และ 15 กรัม/กิโลกรัม ทดลองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ การทดลองที่ 2 ศึกษาการเสริมผงเปลือกมะนาวต่อปริมาณแคลเซียมในเปลือกไข่ ของไก่ไข่อายุ 73 สัปดาห์ (สายพันธุ์ไฮไลน์ราวน) ไก่ไข่ จำนวน 160 ตัว แบ่งไก่ทดลองออกโดยสุ่มเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ได้รับอาหารทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ปรากฏว่าปริมาณอาหารที่กินของไก่ไข่ที่ได้รับอาหารผสมผงเปลือกมะนาวมีปริมาณอาหารที่กินลดลงทุกระดับ ไก่กลุ่มที่ได้รับการเสริมผงเปลือกมะนาวระดับ 10 กรัม/กิโลกรัม มีค่าต่ำสุด ($P < 0.05$) ไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารผสมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 15 กรัม/กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในไข่สูงที่สุด แต่ระดับโปรตีนในไข่ขาวพบมีค่าสูงในไก่ที่ได้รับอาหารผสมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 0 และ 10 กรัม/กิโลกรัม และคอเลสเตอรอลรวมมีค่าต่ำสุดในไข่ไก่กลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ระดับแคลเซียมในเปลือกไข่มีค่าสูงที่สุดในกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) แต่ความหนาของเปลือกไข่ของไข่ไก่กลุ่มควบคุมมีค่าต่ำที่สุด ($P > 0.05$) จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเสริมผงเปลือกมะนาวสำหรับไก่ไข่ทุกระดับไม่ส่งผลเชิงลบต่อสมรรถนะการผลิตยกเว้นปริมาณอาหารที่กินได้ลดลง ส่วนคุณภาพไข่ระดับที่เหมาะสมต่อการใช้คือที่ระดับ 10 กรัม/กิโลกรัม เนื่องจากเป็นระดับการใช้ต่ำสุดที่ส่งผลให้เปลือกไข่หนาขึ้น ส่งผลดีต่อค่าโปรตีนในไข่แดงเพิ่มขึ้น ($P > 0.05$)

คำสำคัญ: เปลือกมะนาว ไก่ไข่ สมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่

คำนำ

การใช้เศษเหลือจากธรรมชาติมาเลี้ยงหรือผลิตไข่ เช่น กระเจี๊ยบ ขมิ้น ไพล ใบฝรั่ง หรือเปลือกผลไม้ เช่น เปลือกสับปะรด เปลือกส้ม เปลือกกล้วย และเปลือกมะนาว เป็นต้น เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการผลิตสัตว์ที่มีความปลอดภัยสูงกว่าการใช้ยาปฏิชีวนะ โดยเฉพาะเปลือกมะนาวเนื่องจากมะนาวเป็นพืชตระกูล citrus สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาคุณภาพไข่ (Golomytis *et al.*, 2018) และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้ (สมฤทัย, 2557) เนื่องจากมีสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สำคัญ 4 ชนิด ได้แก่ นารินจิน นาริรูติน เฮสเพอริติน และนิโอเฮสเพอริติน (จิณณวัตร และคณะ, 2559) เปลือกมะนาว มีวิตามิน แร่ธาตุ โดยเฉพาะแคลเซียม (0.61 เปอร์เซ็นต์ต่อ 100 กรัม) ฟอสฟอรัส (0.34 เปอร์เซ็นต์ต่อ 100 กรัม) (Nobakht, 2555) นอกจากนี้เปลือกมะนาวมีสารเพคตินที่มีลักษณะเป็นเส้นใยอาหาร สารฟลาโวนอยด์ โพลีฟีนอล และสารเฮสเพอริติน ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง ยังช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลให้ต่ำลงได้ ช่วยให้อารมณ์ดี ผ่อนคลายความเครียด และช่วยแก้

อาการอ่อนเพลีย (ปิยะรัตน์ และคณะ, 2565) จากการศึกษารายงานที่ศึกษาในเปลือกมะนาว พบว่าการนำมาเสริมในอาหารสัตว์น่าจะส่งผลดีต่อเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่ได้ สุทธิยา และคณะ (2562) รายงานว่าการเสริมผงเปลือกมะนาวสามารถเพิ่มความหนาเปลือกไข่ได้ แต่ไม่มีผลทำให้ค่าออกยูนิตแตกต่างกัน ($P > 0.05$) การศึกษาของ Iskender *et al.* (2017) กล่าวว่า การเสริมฟลาโวนอยด์ (เฮสชิรีติน นารินจิน และเคอร์ซีติน) ต่อประสิทธิภาพของไก่คุณภาพไข่ และคอเลสเตอรอลในไข่แดง และโปรตีนพบว่าไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไข่และคุณภาพของเปลือกไข่ การเสริมเฮสชิรีตินและเคอร์ซีตินทำให้ดัชนีไข่ขาวและดัชนีไข่แดงลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงและปริมาณโปรตีนในไข่แดงเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้เปลือกมะนาวจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการผลิตไก่ไข่ที่มีคุณภาพ และลดคอเลสเตอรอลให้ต่ำลงได้ เป็นการสร้างอาหารทางเลือกใหม่ให้แก่ผู้บริโภค ถือได้ว่าเป็นการผลิตสัตว์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และยังช่วยเพิ่มมูลค่าของไข่ไก่สดให้มีมูลค่าสูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมผงเปลือกมะนาว

มะนาวที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นมะนาวแป้นที่ปลูกในจังหวัดเพชรบุรี ส่วนเหลือจากการคั้นน้ำ นำเฉพาะส่วนของเปลือกที่มีเยื่อและเมล็ด มาล้างทำความสะอาดจากนั้นตากแดดให้พอหมาด นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไปบดให้ละเอียดเพื่อเตรียมผสมอาหาร สุ่มตัวอย่างเปลือกแห้งไปวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมโดยวิธี Air acetylene flame method

อาหารทดลอง

ใช้อาหารสำเร็จรูปชนิดผงที่มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 17 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยไม่มากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เป็นอาหารกลุ่มควบคุม (Control group หรือกลุ่มที่ 1) ส่วนอาหารกลุ่มทดลองอีก 3 กลุ่ม ใช้อาหารของกลุ่มที่ 1 เสริมด้วยเสริมผงเปลือกมะนาวในระดับ 10, 12.5 และ 15 กรัมต่อกิโลกรัม จากนั้นสุ่มอาหารทดลองวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารในรูปของวัตถุแห้ง (Dry matter) โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000) และวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม โดยวิธี Air acetylene flame method

สัตว์ทดลองและแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยใช้ไก่สายพันธุ์อีซาลาวัน อายุ 22 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว แบ่งไก่ทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว เลี้ยงในกรงตับแบบพื้นลาดขนาดกรง (ซ่อง) ละ 30 × 45 × 45 จูไก่ซ่อง 2 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนเปิด ไก่ทดลองทุกตัวได้รับอาหารเต็มที่ (*ad libitum*) และใช้น้ำระบบอัตโนมัติ ทดลองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ (จนถึงแม่ไก่อายุ 37 สัปดาห์) เก็บข้อมูล ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร น้ำหนักไข่เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่มีชีวิต (Hen-day production) เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ต่อจำนวนแม่ไก่เริ่มทดลอง (Hen-house production) มวลไข่ต่อแม่ไก่ 1 วัน ต้นทุนการผลิตไข่ (บาทต่อฟอง) และต้นทุนการผลิตไข่ (บาทต่อโหล)

ปริมาณแคลเซียม ความหนาเปลือกไข่

การทดลองครั้งนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) โดยใช้ไก่สายพันธุ์ปลดระวางสายพันธุ์ไฮไลบราร์น อายุ 73 สัปดาห์ จำนวน 160 ตัว แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ เพื่อให้อาหารตามกลุ่มทดลอง กลุ่ม 1 (ไม่เสริมเปลือกมะนาว) กลุ่ม 2-4 เสริมเปลือกมะนาวระดับ 10, 12.5 และ 15 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร เลี้ยงเป็นเวลา 8 สัปดาห์ จนแม่ไก่มีอายุ 80 สัปดาห์ ทำการสุ่มเก็บไข่วันละ 3 ฟองต่อซ่าน้ำหนักไข่ประมาณ 62-68 กรัมต่อฟอง เก็บช่วง 3 วันสุดท้ายของแต่ละสัปดาห์ เก็บไข่ทั้งหมด 48 ฟอง และวางไว้ในอุณหภูมิห้องจนกระทั่งอายุ 7 วัน ตามวิธีของ Simitzis *et al.* (2018) เพื่อศึกษาคุณภาพไข่ นวัตกรรมคุณภาพไข่ น้ำหนักไข่ทั้งฟอง ความถ่วงจำเพาะ ความสูงไข่แดง ความกว้างไข่แดง น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว สีไข่แดง โดยใช้พัดเทียบสี (Yolk color fan) ความหนาเปลือกโดยใช้ Caliper veneer ตามวิธีของ Laudadio and Tufarelli (2011) วิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมโดยวิธี Air acetylene flame method และชอกยูนิท ตามสมการดังต่อไปนี้

$$HU = 100 \times \log (H-1.7w^{0.37} + 7.6)$$

คุณค่าทางโภชนาและปริมาณคอเลสเตอรอลรวม

สุ่มเก็บไข่สดใน 3 วันสุดท้ายของการทดลองเมื่ออายุ 80 สัปดาห์ จำนวน 96 ฟอง ของทุกซ้ำ ซ้ำละ 6 ฟอง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่และอาหาร โดยอยู่ในรูปของวัตถุแห้ง (Dry matter) โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000) วิเคราะห์ค่าคอเลสเตอรอลโดยวิธี Gas-Liquid Chromatography (GLC) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS®

ผลการวิจัยและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

จากการศึกษาผลของการเสริมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 0, 10, 12.5 และ 15 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหารไก่ไข่ ต่อบุคคลประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง แสดงใน (Table 1) พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารไก่ไข่ แต่ละสูตรทดลองมีค่าแตกต่างกันส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมัน และเถ้า ซึ่งไขมันมีค่าสูงในไก่ไข่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม ผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 15 กรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจาก

ในเปลือกมะนาวมีไขมัน 2.38 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 7.79 เปอร์เซ็นต์ (%DM) ส่วนเยื่อใยมีค่าสูงในอาหารไก่ไข่กลุ่ม การเสริมผงเปลือกมะนาวระดับ 10-15 กรัมต่อกิโลกรัม อาหาร และเมื่อพิจารณาพบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนจากการ วิเคราะห์อาหารสำเร็จรูปชนิดผง ปรากฏค่าสูงกว่าที่ระบุไว้ อาจด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือก มะนาวมีโปรตีน 11.56 เปอร์เซ็นต์ (สำราย และคณะ, 2564) ส่งผลให้อาหารทดลองครั้งนี้มีค่าโปรตีนสูง ตามไปด้วย

Table 1 Chemical composition of the experimental diet

(%)	Level of lime peel powder in diet (g/kg)				P-value
	0	10	12.5	15	
Moisture	8.81 ± 0.05	9.20 ± 0.34	8.97 ± 0.02	8.99 ± 0.08	0.497
Dry matter	91.18 ± 0.48	90.80 ± 0.34	91.03 ± 0.02	91.03 ± 0.02	0.500
Crude protein	19.22 ± 1.21	19.80±0.92	18.55 ± 0.56	18.25 ± 0.53	0.595
Ether extract	3.13 ± 0.23 ^b	2.73 ± 0.02 ^b	3.21 ± 0.34 ^b	4.20 ± 0.08 ^a	0.005
Fiber	3.07 ± 0.20	3.45 ± 0.13	3.36 ± 0.95	3.38 ± 0.00	0.093
Ash	15.28 ± 0.18 ^a	15.24 ± 0.07 ^a	15.52 ± 0.10 ^a	14.64 ± 0.04 ^b	0.002
calcium	2.42 ± 0.30	2.12 ± 0.05	2.29 ± 0.14	2.45 ± 0.17	0.625

Remark: ^{a, b} Different superscripts in the same row indicate statistically significant difference (P<0.05)

สมรรถภาพการผลิต

การเสริมผงเปลือกมะนาวต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลองดังแสดง ในตารางที่ 2 (P>0.05) ยกเว้นปริมาณอาหารที่กินที่พบว่า การเสริมเปลือกมะนาวทุกระดับ (10-15 กรัมต่อกิโลกรัม กินอาหารได้น้อยกว่ากลุ่มควบคุม) และพบค่าดังกล่าวสูงสุด ในกลุ่มควบคุม (P<0.05) เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัย ของ Hossein *et al.* (2014) ทำการศึกษาการเสริมเปลือก มะนาวแห้งสูงสุดระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีปริมาณ อาหารที่กินและน้ำหนักตัวที่ลดลงกว่ากลุ่มควบคุม (P>0.05) แต่ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ ซึ่งเป็นไปได้ว่า ลักษณะของผงเปลือกมะนาวที่เสริมมีความละเอียดสามารถ

เข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับอาหารสูตรทางการค้าในรูปแบบ อาหารผง (Mash feed) อีกทั้งเปลือกมะนาวมีเพคติน (Pectin) ซึ่งมีผลต่อการย่อยได้ของสัตว์กระเพาะเดี่ยว อรุณี (2543) รายงานว่าเปลือกมะนาวเป็นเส้นใยอาหารประเภท ที่ละลายน้ำ (Soluble dietary fiber) มีคุณสมบัติทำให้คือ สามารถเกิดความหนืดเป็นเจลและมีความสามารถในการ พองตัว (Water swelling capacity) 8.08 mL/g (Huangva *et al.*, 2020) ส่งผลเกิดความสัมพันธ์กับอาหาร และเอนไซม์ในการย่อยอาหารและการดูดซึมทำให้ไก่กิน อาหารในปริมาณที่น้อยลงกว่ากลุ่มควบคุม ดังกล่าว (P<0.05)

Table 2 Production performance of laying hens fed diet supplementing various level of lemon

	Level of lime peel powder in diet (g/kg)				P-value
	0	10	12.5	15	
Feed intake (g/b/d)	103.05 ± 0.61 ^a	99.81 ± 0.74 ^c	100.93 ± 0.91 ^b	101.20 ± 0.96 ^b	<0.001
Feed conversion ratio	2.17 ± 0.13	2.10 ± 0.14	2.08 ± 0.14	2.07 ± 0.06	0.582
Egg volume	241.80 ± 15.46	242.10 ± 8.19	243.80 ± 13.44	245.55 ± 3.58	0.947
Hen-day egg production (%)	88.88 ± 1.21	86.46 ± 2.92	87.34 ± 4.21	87.75 ± 1.14	0.569
Hen-house egg production (%)	86.37 ± 5.49	86.46 ± 2.92	87.07 ± 4.80	87.69 ± 1.28	0.947
Egg mass (g/b/d)	48.92 ± 1.00	48.44 ± 1.07	48.78 ± 2.65	48.86 ± 1.09	0.965
Egg weight (g/egg)	55.44 ± 0.61	56.11 ± 0.99	55.84 ± 1.73	55.69 ± 1.27	0.849
Feed cost (THB) per					
Egg	1.68 ± 0.10	1.62 ± 0.05	1.63 ± 0.08	1.62 ± 0.03	0.534
Dozen	30.31 ± 1.69	29.32 ± 1.88	29.16 ± 1.95	28.97 ± 0.75	0.590

Remark: ^{a, b, c} Different superscripts in the same row indicate statistically significant difference (P<0.05)

ปริมาณแคลเซียมในเปลือกไข่มีค่าลดลงเมื่อมีการเสริมผงเปลือกมะนาวเพิ่มขึ้น ดังผลปรากฏใน (Table 3) ถึงแม้ว่าระดับของแคลเซียมในอาหารที่ไก่ได้รับจะมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติก็ตาม อาจเนื่องจากเปลือกมะนาววิจัยครั้งนี้มีผลต่อความนำกินลดลงจากกลิ่นคล้ายบิวรุ่มร่วมกับมีเมล็ดมะนาว และการบดที่ละเอียดเป็นผงทำให้เปลือกมะนาวมีขนาดโมเลกุลเล็กคลุกเคล้ากับอาหารสำเร็จรูปชนิดผงได้เป็นอย่างดีจนอาจส่งผลต่อการคงอยู่ในส่วนของทางเดินอาหารส่วนของกระเพาะบดเร็วไม่ส่งผลต่อไปยังกระบวนการสร้างเปลือกไข่ Pizzolante *et al.* (2011) รายงานว่าแม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งแคลเซียมขนาดใหญ่จะช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่ได้ เนื่องจากมีการย่อยสลายได้ช้าจึงมีการคงอยู่ของแคลเซียมในกระเพาะบดซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปสร้างเปลือกไข่ ประภากร (2560) กล่าวว่าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของแหล่งแคลเซียมในอาหารจะต้องมีขนาดอนุภาคระหว่าง 2-4 มิลลิเมตร เพื่อให้สามารถคงอยู่ในทางเดินอาหารได้นานขึ้นโดยเฉพาะช่วงกลางคืน โดยสอดคล้องกับการทดลองของจักรกฤษ และคณะ (2560) ที่พบว่าไข่ที่ได้จากแม่ไก่ในกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีแหล่งแคลเซียมจากผลิตภัณฑ์มวลรวมป่นสำเร็จรูป (DMAP) ขนาดอนุภาค 1.40-3.00 มิลลิเมตร มีความสูงไข่ขาว ค่าชอกยูนิต และเปอร์เซ็นต์แคลเซียมในเปลือกไข่ดีเทียบเท่ากับกลุ่มที่ใช้แหล่งของแคลเซียมจากหินเกล็ดขนาดอนุภาค 3.00-5.00 มิลลิเมตร ขณะที่ไข่ที่ได้จากแม่ไก่ในกลุ่มที่เลี้ยง

ด้วยแคลเซียมจาก DMAP ขนาดอนุภาค 75 ไมครอน หรือ DMAP ขนาดอนุภาค 1.40-3.00 มิลลิเมตร ร่วมกับ DMAP ขนาดอนุภาค 75 ไมครอน ในอัตราส่วน 1:1 มีความสูงไข่ขาว ค่าชอกยูนิต และเปอร์เซ็นต์แคลเซียมเปลือกไข่ต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) เช่นเดียวกับ Canan *et al.* (2010) รายงานว่าการเสริมน้ำมันมะกูดในอาหารไก่ไข่ระดับ 0.25-0.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าอัตราส่วนของเปลือกไข่ คอเลสเตอรอลในเลือด และความเข้มข้นของแคลเซียมลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.001)

การพิจารณาระดับการใช้และแหล่งของแคลเซียมและวิตามินดีที่เหมาะสมในอาหารไก่ไข่มีความสำคัญเพราะถือว่าเป็นโภชนะพื้นฐานที่มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อคุณภาพเปลือกไข่ แคลเซียมมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมในร่างกายสัตว์ปีกโดยเฉพาะกระบวนการสร้างเปลือกไข่ จากการรายงานของ Nobakht (2555) พบว่าเปลือกมะนาวมีวิตามิน แร่ธาตุ โดยเฉพาะแคลเซียม (0.61 เปอร์เซ็นต์) สำหรับผลของการเสริมผงเปลือกมะนาวต่อคุณภาพไข่พบว่าช่วยในการนำแคลเซียมไปใช้ในกระบวนการสร้างไข่ได้ดีส่งผลให้ค่าของความหนาของเปลือกไข่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คุณค่าทางโภชนาการ ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงและคุณภาพเปลือกไข่ของไข่ที่ไก่ได้รับอาหารเสริมผงเปลือกมะนาวที่ระดับต่างกันดังแสดงใน (Table 4) ผลการทดลองพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไขมัน โปรตีน และเถ้า

ในไข่แดงของทุกกลุ่มทดลองมีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาค่าดังกล่าวจากไข่ขาวพบมีค่าต่างกัน ($P<0.05$) โดยไขมันในไข่ไก่ที่ได้รับอาหารเสริมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 15 กรัมต่อกิโลกรัมมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากเปลือกมะนาวมีไขมัน 2.38 เปอร์เซ็นต์ (สำรวย และคณะ, 2564) ทำให้ในอาหารของไข่ไก่ได้มีไขมันที่ไม่เท่ากันตามระดับของการเสริมผงเปลือกมะนาว โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงเปลือกมะนาวที่ 15 กรัมมีค่าไขมันในอาหารสูงที่สุด (Table 4) ส่งผลให้ไขมันในไข่ขาวทุกกลุ่มการทดลองมีค่าที่แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่การเสริมผงเปลือกมะนาวมีผลต่อไขมันในไข่แดงที่สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ($P<0.05$)

โปรตีนในไข่ขาวพบมีค่าสูงในไข่ของไก่ที่ได้รับอาหารเสริมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 0 และ 10 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะเดียวกันโปรตีนการเสริมผงเปลือกมะนาวทำให้โปรตีนในไข่แดงเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการศึกษาของ Iskender *et al.* (2017) ศึกษาการเสริมสารฟลาโวนอยด์ (เฮสเพอริดิน นารินจิน และเคอร์ซีติน) ต่อประสิทธิภาพของไข่ คุณภาพไข่ คอเลสเตอรอลในไข่แดงและโปรตีนในไข่ขาวพันธุ์เลห์มันบราวน์ อายุ 28 สัปดาห์ ให้อาหารพื้นฐานเสริมสารฟลาโวนอยด์ 0.5 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าการเสริมเฮสเพอริดินและเคอร์ซีตินทำให้ดัชนีไข่ขาวและดัชนีไข่แดง

ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงลดลงและปริมาณโปรตีนในไข่แดงเพิ่มขึ้น

ส่วนค่าในไข่ขาวมีค่าสูงในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 12.5 กรัม แตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ไข่ไก่ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 10 กรัมมีค่าในไข่ขาวลดลงน้อยกว่าในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมผงเปลือกมะนาวที่ระดับ 15 กรัมมีค่าในไข่ขาวต่ำที่สุด เสาวนิต (2538) รายงานว่าอาหารที่มีไขมันสูง (Table 1) จะลดการดูดซึมธาตุแคลเซียมเนื่องจากมีการรวมตัวของธาตุแคลเซียมกับกรดไขมันอิสระทำให้เกิดสารประกอบที่ไม่ละลาย และซึ่งในเปลือกมะนาวแร่ธาตุหลายชนิด เช่น แคลเซียม โฟสฟอรัส แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ซีลีเนียม โพสฟอรัสและโซเดียม โดยเฉพาะมีแคลเซียม 0.61 เปอร์เซ็นต์ (Nobakht, 2555) อีกทั้งมะนาวมีฤทธิ์เป็นด่างอาจส่งผลกระทบทำให้ลำไส้มีความเป็นด่างไม่เหมาะสมส่งผลต่อการละลายแคลเซียมที่ลดลง ทำให้พบค่าในไข่ขาวและไข่แดงลดลง กานดา (2558) รายงานว่าโภชนาการนั้นเป็นปัจจัยในการสร้างเปลือกไข่คือ แคลเซียม โพสฟอรัส แมงกานีส และวิตามินดี ในการผลิตไข่ที่มีระยะการให้ไข่เป็นเวลานาน ความต้องการทางโภชนาการเพียงพอและเหมาะสมกับการสร้างเปลือกไข่

Table 3 Nutritional value, cholesterol in egg content and calcium content in eggshell of laying hen fed with different levels of lemon peel powder supplementation diet

Value nutrition	Source	Level of lime peel powder in diet (g/kg)				P-value
		0	10	12.5	15	
Ether extract (%)	Albumin	0.13 ± 0.58 ^c	0.56 ± 0.23 ^{bc}	0.97 ± 0.16 ^{ab}	1.23 ± 0.26 ^a	0.014
	Yolk	50.76 ± 1.26	53.97 ± 0.16	52.81 ± 0.31	53.84 ± 0.74	0.055
Crude protein (%)	Albumin	78.79 ± 0.70 ^a	78.35 ± 0.32 ^a	73.33 ± 0.17 ^c	74.85 ± 0.45 ^b	<0.001
	Yolk	31.39 ± 0.27	32.38 ± 0.30	32.36 ± 0.27	32.01 ± 0.69	0.327
Organic matter (%)	Albumin	5.89 ± 0.41 ^b	5.98 ± 0.31 ^b	6.10 ± 0.10 ^a	5.74 ± 0.15 ^c	0.001
	Yolk	5.76 ± 0.17	5.36 ± 0.57	5.31 ± 0.74	6.10 ± 0.63	0.739
Total						
Cholesterol (mg/ml)	Yolk	368.06 ± 0.51 ^d	457.60 ± 0.94 ^b	462.12 ± 0.62 ^a	405.96 ± 1.79 ^c	<0.001
Calcium	Shell	34.06 ± 0.73 ^a	30.02 ± 0.61 ^b	27.33 ± 0.78 ^c	26.80 ± 0.84 ^c	<0.001
Shell thickness (mm)	Shell	0.01 ± 0.01 ^b	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.008

Remark: ^{a, b, c} Different superscripts in the same row indicate statistically significant difference ($P<0.05$)

สำหรับคอเลสเตอรอลรวมในไข่แดงพบการเสริมเปลือกมะนาวทุกระดับ (10-15 กรัมต่อกิโลกรัม) ส่งผลให้มีค่าคอเลสเตอรอลสูงขึ้น โดยพบว่ามีความสูงสุดในไข่ที่ได้รับการเสริมผงเปลือกมะนาวระดับ 12.5 กรัมต่อกิโลกรัม และมีความต่ำสุดในกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ซึ่งคอเลสเตอรอลคือไขมันที่พบได้ในส่วนของผนังเซลล์ทุกเซลล์ รวมทั้งเป็นองค์ประกอบน้ำดี ซึ่งคอเลสเตอรอลสามารถสร้างได้เองที่ตับ และอีกส่วนคือการได้รับจากอาหารที่กิน โดยที่การวิจัยครั้งนี้ไข่ที่ทุกตัวได้รับอาหารสำเร็จรูปชนิดผงเหมือนกันต่างกันเพียงการเสริมเปลือกมะนาวในระดับที่แตกต่างกัน และเป็นมะนาวสายพันธุ์แป้นซึ่งจะมีสารประสาธกรบพลาโนอยด์ที่เป็นสารนารินจิน 5.75 $\mu\text{g/ml}$ มากกว่าสารชนิดอื่น (สมัครและพิรพงศ์, 2558) ซึ่งจากการทดลองของ Iskender *et al.* (2017) ทดสอบไข่พันธุ์โลห์มันบราวน์ อายุ 28 สัปดาห์ ต่อฤทธิ์ของการต้านอนุมูลอิสระของสารพลาโนอยด์ (เฮสเพอริติน นารินจิน และเคอร์ซีติน ที่ระดับ 0.5 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร) รายงานว่าการเสริมนารินจินไม่ได้เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในซีรัม ในขณะที่การเสริมเฮสเพอริตินและเคอร์ซีตินลดความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในเลือดจาก (Table 3) เป็นการไข่ไก่อายุ 73 สัปดาห์ เป็นระยะท้ายของการให้ผลผลิตซึ่งเมื่ออายุไก่ที่มากขึ้นสังเกตจากกลุ่มควบคุมเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่วิเคราะห์ปริมาณคอเลสเตอรอลในไข่แดงของไก่อายุการให้ไข่ช่วงแรก เช่นงานวิจัยของ Lien *et al.* (2008) การศึกษาการเสริมสารแต่งอาหาร (เฮสเพอริติน นารินจิน และเพคติน) ไข่ไก่เล็กฮอร์นอายุ 30 สัปดาห์ ต่ออิทธิพลของสารแต่งอาหารที่มีต่อคอเลสเตอรอลไข่แดง คุณลักษณะของซีรัม และสารต้านอนุมูลอิสระ พบว่ากลุ่มอาหารที่มีสารเฮสเพอริติน 0.05 เปอร์เซ็นต์, นารินจิน 0.05 เปอร์เซ็นต์ และเพคติน 0.5 เปอร์เซ็นต์ สารแต่งอาหารทั้งหมดลดระดับคอเลสเตอรอลไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นได้ว่าเมื่อไก่อายุมากขึ้นอาจจะมีผลต่อการควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกายที่ส่งผลต่อไข่จึงอาจเป็นปัจจัยที่การวิจัยครั้งนี้พบระดับปริมาณคอเลสเตอรอลสูงในกลุ่มที่เสริมผงเปลือกมะนาวกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$)

การเสริมผงเปลือกมะนาวในอาหารสำหรับไข่ไก่พบว่าไม่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาไข่สด แสดงใน (Table 4) ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเสริมผงเปลือกมะนาวทุกระดับการเสริมให้ผลน้ำหนัไข่ ความถ่วงจำเพาะ ความกว้างไข่แดง สีไข่แดง ความสูงไข่ขาว ความหนาเปลือก น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว และค่า HU (%) มีค่า

ไม่แตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกลุ่มทดลอง เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้วัดคุณภาพอายุไข่สดที่ 7 วัน จากไข่ที่ได้รับการเสริมผงเปลือกมะนาวระดับ 10-15 กรัมต่อกิโลกรัมในอาหารเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และวางไข่ไว้ในอุณหภูมิห้อง สอดคล้องกับงานวิจัยของกานดา (2558) ที่พบว่าคุณภาพของไข่ในกลุ่มที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง มีแนวโน้มน้ำหนักไข่และค่าความสูงไข่ขาวลดลง ในวันที่ 7, 14 และ 21 ตามลำดับ โดยที่สีของไข่แดง ค่าความแข็งเปลือกไข่ และค่าความหนาเปลือกไข่ไม่แตกต่างกัน ผลของการศึกษาการเสริมผงเปลือกมะนาวระดับที่แตกต่างกันมีค่าน้ำหนักไข่ ความสูงไข่ขาว ความหนาเปลือก น้ำหนักเปลือกไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว และค่า HU (%) มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ยกเว้นค่าสีของไข่แดง พบว่าการเสริมเปลือกมะนาวทุกระดับ (10-15 กรัมต่อกิโลกรัม ค่าสีไข่แดงต่ำกว่ากลุ่มควบคุม) และพบค่าสีไข่แดงสูงสุดในกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) ผลการศึกษาเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Gohl (1981) รายงานว่าเนื้อสัมผัสส่งผลเสียต่อค่าสีของไข่แดง เมื่อเสริมในอาหารระดับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Golomytis *et al.* (2018) ที่เสริมเปลือกส้มระดับ 9 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าน้ำหนักขนาดฟองไข่เล็ก ความหนาเปลือก ความแข็งแรงเปลือก และสีไข่แดงลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) และได้อธิบายไว้ว่าสีไข่แดงที่ลดลงอาจเป็นผลกระทบมาจากปริมาณอาหารที่กินน้อยลงทำให้ได้รับสารสีในอาหารไม่เพียงพอทำให้ไข่แดงมีสีเหลืองและแดงลดลงน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($P > 0.05$) ซึ่งอนุพงษ์ (2562) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพภายในของไข่ไก่ เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาไข่ต่อคุณภาพภายในของไข่ไก่ ทำการรวบรวมและศึกษาจากเอกสารวิชาการจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2561 โดยนำไข่ไก่มาตรวจสอบคุณภาพไข่ ตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ผลการทดลองพบว่าเมื่อระยะเวลาการเก็บที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักไข่และความเป็นกรดต่างไข่ขาวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนค่าออกยูนิต ความสูงไข่ขาว ความสูงไข่แดง และสีไข่แดงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับวันที่ 0 แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพไข่จะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาไข่เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 14 วัน และควรเก็บในอุณหภูมิเฉลี่ย 4 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็นต์ ยังคงคุณภาพไข่ที่ดีสำหรับการบริโภคของมนุษย์

Table 4 Egg quality of laying hens fed diet supplementing various level of lemon peel powder during 73-80 weeks old

Parameter	Lime peel powder supplementation level (g/kg)				P-value
	0	10	12.5	15	
Egg weight (g)	67.77 ± 8.78	62.11 ± 2.76	63.52 ± 8.90	65.04 ± 4.48	0.773
Specific gravity	1.090 ± 0.00	1.090 ± 0.00	1.090 ± 0.00	1.090 ± 0.00	1.000
Yolk width (mm)	40.96 ± 1.10	41.43 ± 1.59	42.42 ± 0.94	42.70 ± 0.78	0.468
Yolk color score	13.50 ± 0.71	12.00 ± 0.00	12.50 ± 0.71	13.00 ± 0.00	0.138
Albumin height (mm)	5.29 ± 0.50	5.39 ± 1.06	4.59 ± 0.17	4.56 ± 0.68	0.534
Shell thickness (mm)	0.45 ± 0.01	0.53 ± 0.13	0.54 ± 0.11	0.46 ± 0.04	0.870
Shell weight (mm)	7.53 ± 2.18	7.94 ± 0.52	7.68 ± 0.92	8.36 ± 0.03	0.905
Yolk weight (g)	19.05 ± 2.60	17.16 ± 1.21	17.76 ± 0.33	18.04 ± 0.96	0.680
Albumin weight (g)	37.61 ± 4.31	36.23 ± 0.10	39.09 ± 0.74	37.37 ± 3.75	0.809
Haugh unit	99.66 ± 10.38	93.36 ± 5.26	96.05 ± 7.45	98.94 ± 9.22	0.864

Remarks: H.U. grade AA = H.U.>72, grade A = H.U. between 60-71, grade B = H.U.<60

สรุปผลการวิจัย

การเสริมผงเปลือกมะนาวสำหรับไก่ไข่ทุกระดับไม่ส่งผลเสียต่อการผลิตไข่ แต่มีผลกระทบต่อคอเลสเตอรอลในไข่แดงเชิงลบ ทั้งนี้เปลือกมะนาวที่ระดับ 10 กรัมต่อกิโลกรัม เป็นระดับการใช้ต่ำสุดที่ส่งผลดีต่อความหนาเปลือกไข่ และโปรตีนในไข่แดงเพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มทดลองอื่น

เอกสารอ้างอิง

กานดา ล้อแก้วมณี. 2558. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพไข่. ข่าวสารเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 60(2): 1-8.

จักรกรฤษ ไตรพรหม เสกสม อาตมากร และยูวเรศ เรืองพานิช. 2560. ผลของการใช้ผลิตภัณฑ์มวลรวมปูนสำเร็จรูปเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่ และคุณลักษณะของเปลือกไข่ในช่วงระยะเริ่มให้ผลผลิตไข่. แก่นเกษตร 45(3): 419-424.

จิณณวัตร มานะเสถียร กมลรัตน์ พันธุ์ทอง และปัทมา ถินสูงเนิน. 2559. วารสารวิจัย. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา 1(1): 4-14.

ประภากร ธาราฉาย. 2560. อาหารและการให้อาหารสัตว์ปีก. แหล่งข้อมูล <http://as2.mju.ac.th> (12 มกราคม 2566).

ปิยะรัตน์ ไตรสุโขวงศ์ สุภาพร จิรโกศล วีรพัฒน์ เอนกมณฑิสิษฐ์ ประพันธ์วัฒน์ และฐิติณัฐ ดิษยบุตร. 2565. ประโยชน์ของเฮสเพอริดินในเปลือกมะนาวและความเป็นไปได้ในการศึกษาทางคลินิกเพื่อป้องกันโรคโควิด 19. แหล่งข้อมูล <http://biochem.md.chula.ac.th/> (6 พฤษภาคม 2565).

สมฤทัย จิตภักดีดินทร์. 2557. การลดคอเลสเตอรอลด้วยพืชสกุลส้ม. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 17(1): 77-86.

สมักร แก้วสุกแสง และพีรพงศ์ แสงวนางค์กุล. 2558. ปริมาณสารออกฤทธิ์ของผลไม้ตระกูลส้มที่ปลูกในภาคใต้. แก่นเกษตร 43(1): 799-804.

สำรวย มะลิถอด วันวิภาพร พัฒนจิตโสภา เหมือนฝัน เรียงสันเทียะ ทวีรัตน์ ก้อนเครือ และเจนจิรา เต็มเรืองอิทธิ. 2564. ผลการเสริมผงเปลือกมะนาวในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และปริมาณคอรัติคอล. แก่นเกษตร 49(2): 90-100.

สุกัลยา นิลเพชร สุขฤทัย ใจลำปาง และอรยา รวยเงิน. 2562. ผลของผงเปลือกมะนาวเสริมในอาหารไก่ไข่ต่อผลผลิตไข่และค่าออกยูนิต. ปัญหาพิเศษทาง

- สัตวศาสตร์ สาขาสัตวศาสตร์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
- เสฐียรพงษ์ มูลสถาน ฌรณมล เล่าห์รอดพันธ์ วันที่ทาตระกุล และทศพร อินเจริญ. 2562. สมรรถภาพการผลิตไข่ และความแข็งแรงของเปลือกไข่ในไก่ไข่ที่ได้รับอาหารเสริมส่วนผสมของไบโอแคลเซียมและวิตามินดี. แก่นเกษตร 47(2): 147-152.
- เสาวนิต คุประเสริฐ. 2538. โภชนาศาสตร์สัตว์. แหล่งข้อมูล <http://opac.surat.psu.ac.th> (12 มกราคม 2566).
- อรุณีย์ ตรีศิริโรจน์. 2543. การใช้เปลือกมะนาวเป็นสารทดแทนไขมันในน้ำสลัดครีม. รายงานการวิจัยทุนส่งเสริมการวิจัยสำหรับพนักงานประจำมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 20(20): 67-75.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Gaithhersburg: The Association of Official Analytical Chemists. MD. USA.
- Cannan, S., M. Kuddusi and U. Hilal. 2010. The effects of supplementation of bergamot oil (Citrus bergamia) on egg production, egg quality, fatty acid composition of egg yolk in laying hens. The Journal of Poultry Science 47(2): 163-169.
- Gohl, B. 1981. Feed information summaries and nutritive values. International Foundation for Science. pp. 547-552.
- Goliomytis, M., A. Kostaki, G. Avgoulas, D. Lantzouraki, E. Siapi, P. Zoumpoulakis, P. Simitzis and S. Deligeorgis. 2018. Dietary supplementation with orange pulp (*Citrus sinensis*) improves egg yolk oxidative stability in laying hen. Journal of Animal Feed Science and Technology 244(1): 28-35.
- Hosseini, A., S. Alireza, L. Wuyi and A. Leila. 2014. Investigation on the effect of different levels of dried sweet orange (*Citrus sinensis*) pulp on performance, carcass characteristics and physiological and biochemical parameters in broiler chicken. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article> (January 11, 2023).
- Huangva, J., J. Liaob, J. Qia, W. Jianga and X. Yang. 2020. Structural and physicochemical properties of pectin-rich dietary fiber prepared from citrus peel. Food Hydrocolloids 110: 106-140. doi:10.1016/j.foodhyd.2020.106140.
- Iskender, H., G. Yenice, E. Dokumacioglu, O. Kaynar, A. Hayirli and A. Kaya. (2017). Comparison of the effects of dietary supplementation of flavonoids on laying hen performance, egg quality and egg nutrient profile. The Journal of Poultry Science 58(5): 550-556.
- Laudadio, V. and V. Tufarelli. 2011. Influence of substituting dietary soybean meal for dehulled-micronized lupin (*Lupinus albus* cv. Multitalia) on early phase laying hens production and egg quality. Journal of Life Sciences 140(1): 184-188.
- Lien, T., H. Yeh and W. Su. 2008. Effect of adding extracted hesperetin, narigenin and pectin on egg cholesterol, serum traits and antioxidant activity in laying hens. Available: <http://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov> (January 13, 2023).
- Nobakht, A. 2555. Effects of different levels of dried lemon (*Citrus aurantifolia*) pulp on performance, carcass traits, biochemical and immunity parameters of broilers. Available: <http://ijas.iurasht.ac.ir/article> (January 11, 2023).
- Pizzolante, C., S. Kalimoto, E. Saldanha, C. Lagana, H. Souza and J. Moraes. 2011. Limestone and oyster shell for brown layer in their second egg production cycle. The Journal of Poultry Science 13(2): 103-111.
- Simitzis, P., D. Spanou, N. Glastra and M. Golimyitis. 2018. Impact of dietary quercetin on laying hen performance, egg quality and yolk oxidation stability. Animal Feed Science and Technology 239: 27-32. doi:10.1016/j.anifeedsci.2018.0.