

การเสริมกวาวเครือขาวและแคลเซียมในอาหารไถ่ระยะปลดไขต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่ คุณภาพภายในของไข่ แคลเซียมและเอสโตรเจนในเลือด

ศรिन้อย ชุ่มคำ¹ อรพินท์ จินตสถาพร²

Received : September 17, 2020

Revised : December 16, 2020

Accepted : December 22, 2020

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลการเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับแคลเซียมจากเปลือกหอยในอาหารไถ่ระยะปลดไขต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่และคุณภาพภายในของไข่ แคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือด โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือกวาวเครือขาว 3 ระดับ 0, 50 และ 100 พีพีเอ็ม และปัจจัยที่สองคือเปลือกหอย 2 ระดับ 0 และ 1% ใช้แม่ไก่ไข่ลูกผสมทางการค้าพันธุ์โรมันบราวน์ระยะปลดไข อายุ 79 สัปดาห์ จำนวน 240 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ 1) กลุ่มอาหารปกติ 2) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม 3) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็ม 4) กลุ่มอาหารปกติเสริมเปลือกหอย 1% 5) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% และ 6) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% ระยะเวลาการทดลอง 84 วัน (แบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน) ผลการทดลอง พบว่า การเสริมกวาวเครือขาวและเปลือกหอยในระดับที่ทดลองไม่ทำให้ปริมาณแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อิทธิพลร่วมระหว่างกวาวเครือขาวและเปลือกหอยมีผลต่ออัตราการไข่ มวลไข่ ค่าสีแดงของไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การเสริมกวาวเครือขาวมีผลต่อความหนาเปลือกไข่และดัชนีไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และการเสริมเปลือกหอยมีผลต่อค่าความสว่างของไข่แดงและค่าสีแดงของไข่แดง ($p<0.05$) และมีแนวโน้มส่งผลต่อดัชนีรูปทรงไข่ ($p=0.09$) ดังนั้นการเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มถึง 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% ในอาหารไถ่ระยะปลดไขจะช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่

คำสำคัญ: กวาวเครือขาว แคลเซียม คุณภาพไข่ คุณภาพเปลือกไข่ สมรรถภาพการผลิต

¹ รองศาสตราจารย์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี
อีเมล: srinoy@vru.ac.th

² รองศาสตราจารย์ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อีเมล: ffora@ku.ac.th

*ผู้รับผิดชอบหลัก อีเมล: srinoy@vru.ac.th

EFFECTS OF *Puraria mirifica* AND CALCIUM SUPPLEMENTATION IN DIET OF SPENT LAYING HENS ON PRODUCTIVE PERFROMANCE, EGG SHELL QUALITY, EGG INTERNAL QUALITY, CALCIUM AND ESTROGEN IN BLOOD

Srinoy Chumkam^{1*} Orapint Jintasaporn²

Abstract

This study aimed to investigate the effects of *Puraria mirifica* and oyster shell calcium supplementation in diets of spent laying hens on productive performance, egg shell quality, egg internal quality, calcium and estrogen in blood. The experiment was assigned in a completely randomized 3×2 factorial design consisting of 2 factors: 3 concentration levels of *Puraria mirifica* - 0, 50 and 100 ppm and 2 concentration levels of oyster shell calcium - 0 and 1%. In this study, two hundreds and forty Roman Brown hens (spent laying hens), 79 weeks of age, were treated differently in 6 separate groups, with 10 hens per pen and 4 replications per treatment. The treatment diets included 1) basal diet, 2) and 3) basal diet supplemented with 50 and 100 ppm of *Puraria mirifica*, respectively, 4) basal diet supplemented with 1% oyster shells, 5) and 6) basal diet supplemented with the combination of *Puraria mirifica* and oyster shells at the rate of 50 : 1 and 100 : 1 respectively. This 84-day trail period was divided into 3 periods of 28 days each. The results showed that the combination of *Puraria mirifica* and oyster shell at the trial level did not significantly lead to any difference in the level of blood calcium and estrogen. The interaction between *Puraria mirifica* and oyster shells was found to statistically significantly influence egg production, egg mass, and redness (a^*) of yolk color ($p < 0.05$). *Puraria mirifica* supplementation statistically significantly exhibited effects ($p < 0.05$) on egg shell thickness and egg yolk color. The oyster shell supplementation statistically significantly presented effects on brightness (L^*) and redness (a^*) of yolk color ($p < 0.05$). In addition, oyster shell supplementation tended to affect the egg shape index ($p = 0.09$). Therefore, the combination of 50-10 ppm of *Puraria mirifica* supplemented with 1% oyster shells in spent layer diets could improve egg shell quality.

Keywords: *Puraria mirifica*, calcium, egg quality, egg shell quality, productive performance

¹ Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage, e-mail: srinoy@vru.ac.th

² Faculty of Fishery, Kasetsart University, Bangkok, e-mail: ffisora@ku.ac.th

*Corresponding author, e-mail: srinoy@vru.ac.th

บทนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ไข่ในประเทศไทยเป็นการนำเข้าพ่อแม่พันธุ์ไก่จากต่างประเทศ เพื่อนำมาผลิตลูกไก่ไข่ แม่ไก่ไข่จะเริ่มให้ไข่เมื่ออายุประมาณ 20 สัปดาห์ โดยปกติแล้วแม่ไก่ไข่จะให้ผลผลิตไข่นานประมาณ 1 ปีแล้วจะถูกจำหน่ายเป็นไก่ปลดระวางทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตไข่ลดลง นอกจากนี้ไข่ที่ได้จากแม่ไก่ที่มีอายุมากยังมีคุณภาพลดลง เช่น เปลือกไข่บาง ไข่แตกง่าย ปัญหาไข่นิ่ม เปลือกไข่ผิดปกติมากขึ้น (Robert, 2004) ทั้งนี้เนื่องจากตามธรรมชาติของไก่ แม่ไก่จะเริ่มผลิตไข่เมื่ออายุมากขึ้น ซึ่งระยะนี้แม่ไก่จะอยู่ในสภาวะเครียด ฮอร์โมนไทรอกซินจะเพิ่มขึ้นเพื่อกระตุ้นการเจริญของขน ฮอร์โมนเอสโตรเจนซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์พันธุ์จะลดลง ระดับของเอสโตรเจนจะลดลงมากเมื่อแม่ไก่มีอายุ 70 สัปดาห์ ตัวรับเอสโตรเจน (Estrogen receptor) ที่ไตและลำไส้เล็กก็ลดลงตามอายุที่มากขึ้น ทำให้การดูดซึมของแคลเซียมลดลง เพราะเอสโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการรักษาสมดุลย์ของแคลเซียมในร่างกาย (Beck & Hansen, 2004) จึงทำให้ไม่คุ้มต่อการเลี้ยงต่อไป จำเป็นต้องขายทิ้ง และเริ่มเลี้ยงไก่รุ่นใหม่ การได้รับเอสโตรเจนจากแหล่งภายนอก ร่างกาย จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการจัดการฟาร์มที่สามารถยืดระยะเวลาการไข่ของแม่ไก่ ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตได้ผลตอบแทนที่สูงขึ้น

กวาวเครือขาว (*Pueraria mirifica*) เป็นพืชสมุนไพรไทย มีสารโดยธรรมชาติที่ออกฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน (Phytoestrogen) ยุวดี มานะเกษมพันธุ์ และ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล (2553) รายงานว่า พิวราริน และจินิสทีอินเป็นสารไอโซฟลาโวนอยด์ที่พบมากในหัวกวาวเครือขาว มีฤทธิ์คล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนและมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ในสัตว์ปีกฮอร์โมนเอสโตรเจนจะทำให้เกิดการพัฒนาระบบสืบพันธุ์เพศเมีย Stevens (1996) รายงานว่า ฮอร์โมนเอสโตรเจนสามารถกระตุ้นให้ท่อนำไข่สร้างโปรตีนของไข่ขาวและตับสร้างสารไข่แดง (Vitellogenins) ช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน ไขมันและวิตามินในเลือดเพื่อนำไปสร้างไข่แดง ควบคุมระดับแคลเซียมในกระแสเลือด และมีอิทธิพลต่อการขนส่งแคลเซียมจากกระแสเลือดเข้าสู่กระดูกในกระบวนการสร้างเปลือกไข่ การใช้กวาวเครือขาวในอาหารสัตว์จึงเป็นการใช้สารธรรมชาติเพื่อเพิ่มผลผลิตจากสัตว์ ครีมน้อย ชุ่มคำและคณะ (2548) พบว่า การเสริมกวาวเครือในระดับ 1% ในอาหารไก่เนื้อที่อายุ 3-7 สัปดาห์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมและกลุ่มที่เสริมกวาวเครือ 0.5%, 1.5%, 2.0%, 2.5% และ 3.0% ($p < 0.05$) และไม่มีการตกค้างของเอสโตรเจนในทุกกลุ่มทดลองสอดคล้องกับอรัย ไตรูพานนท์ และคณะ (2549) ที่รายงานการเสริมกวาวเครือขาวในระดับ 1% ในอาหารไก่ตอนที่อายุ 3-7 สัปดาห์และ 4-8 สัปดาห์ ทำให้ไก่มีสมรรถภาพการเจริญเติบโตดีที่สุดและไม่มีการตกค้างของฮอร์โมน ไก่เนื้อที่ได้รับกวาวเครือขาวมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตไม่ต่างจากที่ได้รับฮอร์โมนสังเคราะห์และเมื่อหยุดการให้กวาวเครือขาวขนาดอันตรายสามารถโตขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากการออกฤทธิ์ของเอสโตรเจนจากกวาวเครือขาวเป็นการออกฤทธิ์ในระยะสั้น ทำให้ไม่มีการตกค้างในเนื้อ ในสุกรเพศผู้ที่ได้รับกวาวเครือขาวในระดับ 2.0% และ 4.0% จะทำให้ระดับ

ฮอร์โมนเพศผู้ลดลง ($p < 0.05$) แต่ไม่มีการตกค้างของกวาวเครือในเนื้อสุกร(ศรีย้อย ชุ่มคำ และคณะ, 2545) การเสริมกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 900 พีพีเอ็ม และ 1200 พีพีเอ็ม จะลดผลผลิตไข่และเปอร์เซ็นต์การเลี้ยงรอดแต่การเสริมที่ระดับ 100 พีพีเอ็ม จะมีน้ำหนักไข่สูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมและเสริมที่ระดับ 300 และ 900 พีพีเอ็ม ($p < 0.01$) ไม่มีการตกค้างของเอสโตรเจนในไข่และเนื้อไก่ (สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ, 2546) และไม่พบการแตกต่างของคุณภาพไข่ (รติญาพร นากใจ และศรีย้อย ชุ่มคำ, 2561) นอกจากนี้การเสริมแคลเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเปลือกไข่ จะช่วยลดปัญหาคุณภาพเปลือกไข่ที่เกิดขึ้น แคลเซียมในอาหารไก่ไข่จากแหล่งที่ต่างกันไม่ทำให้ความหนาเปลือกไข่ต่างกันแต่ทำให้ความแข็งแรงของเปลือกไข่ (Eggshell strength) ต่างกัน ($p < 0.05$) แม่ไก่ที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งแคลเซียมที่มีขนาดใหญ่ช่วยปรับปรุงคุณภาพเปลือกไข่ทั้งนี้เนื่องจากการย่อยสลายช้าจึงมีการคงอยู่ของแคลเซียมในกระสเล็ดซึ่งเป็นผลดีต่อการนำไปสร้างเปลือกไข่ (Pizzolante *et al.*, 2011) เปลือกหอยนางรมปั่นเป็นแหล่งแคลเซียมในอาหารไก่ไข่มีผลต่อสมรรถนะการผลิตของไข่ทำให้เปลือกไข่มีคุณภาพที่ดีโดยเฉพาะเมื่อไข่มีอายุมากขึ้น ทั้งนี้เพราะเปลือกหอยจะย่อยสลายช้าในทางเดินอาหารของไก่ไข่จึงทำให้ไก่สามารถใช้แคลเซียมได้ตลอดเวลา (รณชัย รามเดชะ, 2531; อุทัยคันโธ, 2529)

ดังนั้นการเสริมกวาวเครือขาวที่มีสารออกฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจนในอาหารไก่ระยะปลดไข่ร่วมกับการเสริมเปลือกหอยเพื่อเพิ่มแคลเซียมในอาหาร น่าจะช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตไข่และคุณภาพไข่ ทำให้สามารถเพิ่มระยะเวลาการให้ไข่ของแม่ไก่ ผู้เลี้ยงมีรายได้มากขึ้นและไม่มีการตกค้างของฮอร์โมนในผลผลิตไข่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับแคลเซียมจากเปลือกหอยต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ คุณภาพเปลือกไข่ คุณภาพภายในของไข่ และระดับแคลเซียมและเอสโตรเจนในเลือด

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

การศึกษารั้งนี้ วางแผนการทดลองแบบ 3×2 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือกวาวเครือขาว 3 ระดับ 0, 50 และ 100 พีพีเอ็ม ปัจจัยที่ 2 คือ เปลือกหอย 2 ระดับ 0 และ 1% โดยมีกลุ่มทดลองดังนี้ 1) กลุ่มอาหารปกติ 2) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม 3) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็ม 4) กลุ่มอาหารปกติเสริมเปลือกหอย 1% 5) กลุ่มอาหารปกติเสริมกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% และ 6) กลุ่มอาหารควบคุมเสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1%

สัตว์ทดลองและการจัดการ

ในการทดลองใช้แม่ไก่ไข่ลูกผสมทางการค้า พันธุ์โรมันบราวน์ระยะปลดไข่ อายุ 79 สัปดาห์ สุ่มไก่จำนวน 240 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว ทดลองในโรงเรือนไก่ไข่ที่เป็นระบบปิดซึ่งควบคุมอุณหภูมิโดยการระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) ที่อุณหภูมิ 28 ± 1 องศาเซลเซียส ระบบการให้น้ำอัตโนมัติแบบหัวหยด (Nipple) ไก่ได้รับน้ำและอาหารอย่างเต็มที่ เลี้ยงด้วยอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่มีโปรตีน 16.94% ไขมัน 3.67% เยื่อใย 5.61% และแคลเซียม 3.39% พลังงานรวม 3938.44 แคลลอรี่/กรัม (AOAC, 2000)

การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์

ระยะเวลาในการทดลอง 84 วัน แบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน เก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน จำนวนไข่ น้ำหนักไข่ เพื่อหาปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล ประสิทธิภาพการใช้อาหาร อัตราการไข่ น้ำหนักไข่และมวลไข่ ใน 3 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลาก่อนไข่จำนวน 3 ฟองของทุกซ้ำ เพื่อหาน้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักเปลือกไข่ เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบไข่ ค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ (Pesti *et al.*, 2005) ความหนาเปลือกไข่โดยใช้ไมโครมิเตอร์สำหรับวัดความหนาผิวโค้ง ค่าฮอกยูนิต (Haugh unit) (Roush, 1981) และดัชนีไข่แดงเพื่อประเมิน คุณภาพไข่ขาวและไข่แดง วัดความกว้างและความสูงของไข่ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ เพื่อหาดัชนีรูปทรงไข่ (Hanusova *et al.*, 2015) วัดสีไข่แดงและสีเปลือกไข่ด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำสุ่มเจาะเลือดไก่ที่เส้นเลือดดำใต้ปีก (Wing vein) ซ้ำละ 2 ตัว เพื่อหาปริมาณแคลเซียม (Kenneth Walker *et al.*, 1990) และฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือด (DCP, 1997)

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ปริมาณแคลเซียมและเอสโตรเจนในเลือด

ผลการเสริมกวาวเครือขาวและเปลือกหอยในอาหารไก่อระยะปลดไข่ ต่อปริมาณแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดดังแสดงในตารางที่ 1 ปริมาณแคลเซียมและเอสโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Wistdet *et al.* (2014) ที่พบว่า การเสริมเอสตราไดโอะลระดับต่ำ (0.385 มก.ของ estradiol 3-benzoate) ในอาหารไก่ไข่ไม่ทำให้ระดับแคลเซียมในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น แม้จะพบว่าความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกันในการทดลองนี้ (ตารางที่ 3) แต่ขัดแย้งกับ Ciftci (2012) ที่พบว่า การให้เอสโตรเจนจากแหล่งภายนอก (0.1 และ 0.2 มก. เอสตราไดโอะล) ในนกกระทา ทำให้เอสโตรเจนในเลือดเพิ่มขึ้น

ตามระดับของฮอร์โมนที่เพิ่มขึ้น และในไก่ไข่อุ่น 17-เบต้าเอสตราไดออลที่ระดับ 12,500, 25,000 และ 50,000 IU ทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดและการดูดซึมของแคลเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (Dojana *et al.* 2015) และการเสริมแคลเซียมที่ระดับมากกว่า 2.0% จะทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) แต่ระดับเอสโตรเจนไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในไก่อายุ 34 สัปดาห์ ระดับแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนที่ไม่แตกต่างกันในการทดลองนี้อาจเนื่องจากระดับฮอร์โมนในกวางเครือขาว ซึ่งเป็นฮอร์โมนธรรมชาติและระดับแคลเซียมจากเปลือกหอยในการทดลองยังไม่สามารถทำให้แคลเซียม และฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือดแตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ

ตารางที่ 1 ปริมาณแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในเลือด

กวางเครือขาว (พีพีเอ็ม)	เปลือกหอย(%)	แคลเซียม(มก./ดล.)	เอสโตรเจน (พก./มล.)
0	0	30.57	270.00
	1	31.03	269.00
50	0	27.13	237.00
	1	22.65	294.00
100	0	25.93	286.00
	1	30.00	265.00
SEM		2.22	28.17
P-value	กวางเครือขาว	0.11	0.86
	เปลือกหอย	0.99	0.73
	กวางเครือขาว×	0.24	0.43
	เปลือกหอย		

หมายเหตุ SEM = Standard error of mean

สมรรถภาพการผลิตไข่

ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อัตราการไข่และมวลไข่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 2) กลุ่มที่เสริมเปลือกหอยจะมีอัตราการไข่และมวลไข่สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม

ตารางที่ 2 สมรรถภาพการผลิตไข่

กาว เครือ (พีพีเอ็ม)	เปลือก หอย(%)	ปริมาณ อาหาร ที่กิน (ก./ตัว/ วัน)	ปริมาณ อาหารที่ กิน/ไข่ 1 โหล (กก.)	ประสิทธิ ภาพการ ใช้อาหาร	น้ำหนักไข่ (ก./ฟอง)	มวลไข่ (ก./ฟอง)	อัตราการ ไข่ (%)
0	0	107.91	1.85	2.48	62.44	43.61 ^{ab}	69.84 ^{ab}
	1	113.83	1.71	2.26	62.74	50.23 ^b	80.04 ^b
50	0	114.34	1.74	2.31	62.52	49.41 ^{ab}	79.03 ^{ab}
	1	108.01	1.94	2.66	60.93	41.54 ^a	68.16 ^a
100	0	108.10	1.70	2.28	62.17	47.09 ^{ab}	75.70 ^{ab}
	1	115.74	1.87	2.48	62.64	45.84 ^{ab}	73.26 ^{ab}
SEM		3.56	0.10	0.13	0.48	2.41	3.79
P- value	กาว	0.96	0.79	0.64	0.19	0.83	0.94
	เครือขาว						
	เปลือก	0.42	0.37	0.33	0.50	0.68	0.74
	หอย						
	กาว	0.13	0.17	0.13	0.08	0.02	0.04
	เครือขาว× เปลือก						
	หอย						

หมายเหตุ ^{a,b} อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)

SEM = Standard error of mean

ร่วมกับเปลือกหอยแต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ การเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับการเสริมเปลือกหอยมีแนวโน้มจะทำให้น้ำหนักไขมีความแตกต่างกัน ($p=0.08$) สอดคล้องกับประภัสรา กันภัย (2546) ที่ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักไขเมื่อเสริมกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ที่ระดับ 100, 500 และ 1000 ฟีฟี่เอ็ม แต่แตกต่างจากสมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ (2546) และอรฤทธิ พลายุบุญ และอรทัย จินตสถาพร (2558) ที่เสริมกวาวเครือในระดับ 50 ฟีฟี่เอ็มและ 100 ฟีฟี่เอ็ม ทำให้น้ำหนักไขสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล ไม่แตกต่างกัน และการเสริมกวาวเครือขาวในระดับ 900 และ 1200 ฟีฟี่เอ็มจะทำให้อัตราการไข่ลดลง อัตราการตายเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) นอกจากนี้ Wistdet *et al.* (2014) พบว่าการให้เอสโตรเจนในระดับต่ำจากแหล่งภายนอกกับแม่ไก่ที่มีอายุ 70 สัปดาห์ไม่ทำให้น้ำหนักไขแตกต่าง ($p>0.05$) สอดคล้องกับ Saki *et al.* (2002) การเสริมเอสโตรเจนในระดับต่ำสามารถปรับปรุงคุณภาพไข่ แต่ไม่ทำให้น้ำหนักไขหรือผลผลิตไข่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเสริมกวาวเครือขาวในระดับที่ทดลองอาจมีฤทธิ์ของเอสโตรเจนไม่มากพอที่จะไปทดแทนการลดลงของฮอร์โมนในแม่ไก่ระยะปลดไข่ ซึ่งก็พบว่าเอสโตรเจนในเลือดไม่แตกต่างกันจึงไม่มีผลต่อการให้ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นในแม่ไก่ระยะปลดไข่ ส่วนการเสริมเปลือกหอยทำให้อัตราการไข่และมวลไข่ดีกว่ากลุ่มอื่น อาจเนื่องจากแคลเซียมเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในเมตาบอลิซึมของไขมัน การสร้างเปลือกไข่ การควบคุมการหลั่งฮอร์โมนบางชนิด การแข็งตัวของเลือดและมีส่วนช่วยในการขนส่งสารอาหารเข้าสู่เซลล์ เกี่ยวข้องกับการสร้างสารไข่แดง (McWatters, 2003)

คุณภาพเปลือกไข่

จากตารางที่ 3 ความถ่วงจำเพาะ ดัชนีรูปร่าง เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่ และสีเปลือกไข่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ความหนาของเปลือกไข่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) การเสริมกวาวเครือขาวทำให้กลุ่มที่ได้รับกวาวเครือขาว 100 ฟีฟี่เอ็มร่วมกับเปลือกหอยมีความหนาของเปลือกไข่มากที่สุด($p<0.05$) มากกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับเปลือกหอยและกลุ่มที่ได้รับกวาวเครือขาว 50 ฟีฟี่เอ็ม การเสริมเปลือกหอยมีแนวโน้มจะทำให้ค่าดัชนีรูปร่างไข่ดีขึ้น ($p=0.09$) ซึ่งสอดคล้องกับประภัสรา กันภัย (2546) อรฤทธิ พลายุบุญ และอรทัย จินตสถาพร (2558) ที่ไม่พบความแตกต่างของความหนาเปลือกไข่ในไก่ที่ได้รับอาหารเสริมกวาวเครือขาวในระดับต่างๆ แต่ Wistdet *et al.* (2014) พบว่า การฝัง estradiol 3-benzoate 0.385 มก.ได้ผิวหนังในไก่ทำให้ความหนาเปลือกไข่เพิ่มขึ้น และดัชนีรูปร่างดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเอสโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญในการรักษาสมดุลของแคลเซียม และช่วยในการดูดซึมของแคลเซียมที่ลำไส้เล็ก (Beck & Hansen, 2004) ฮอร์โมนเอสโตรเจนจะกระตุ้นการเปลี่ยนวิตามินดี 3 เป็น 1,25 dihydroxycholecalciferol ซึ่งเป็นรูปที่ร่างกายนำไปใช้ได้ และการสังเคราะห์ Calcium binding protein D28K ในเยื่อบุลำไส้เล็กส่วนต้น (Beck & Hansen, 2004) วิตามินดี 3 จะช่วยในการรักษาสมดุลของแคลเซียม โดยเพิ่มการดูดซึมของแคลเซียม ด้วยการกระตุ้น

การสร้างโปรตีนที่จับกับแคลเซียม ทำให้ให้แคลเซียมในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น (Nascimento *et al.*, 2014) การเสริมกวาวเครือขาวและเปลือกหอยในการทดลองนี้จึงช่วยเพิ่มความหนาของเปลือกไข่ ($p<0.05$) ดัชนีรูปทรงไข่เป็นค่าที่ประเมินการแตกตัวของไข่จากแรงที่มากระทบ มีความสำคัญต่อการขนส่งไข่ ดัชนีรูปทรงไข่จะเพิ่มขึ้นตามอายุแม่ไก่ที่เพิ่มขึ้น ความแข็งของเปลือกไข่จะสัมพันธ์กับดัชนีรูปทรงไข่ ไข่ที่รูปทรงแหลม (Sharp) จะมีค่าดัชนีรูปทรงต่ำและไข่ที่มีลักษณะกลม (Round) จะมีค่าดัชนีรูปทรงสูง (Duman *et al.*, 2016) ได้แบ่งค่าดัชนีรูปทรงไข่โดย รูปทรงแหลม <72 , รูปทรงปกติ $72-76$ และ รูปทรงกลม >76 ไข่ที่มีรูปทรงปกติจะทนต่อแรงที่มากระทบในระหว่างการขนส่งได้ดีที่สุด ซึ่งในการทดลองค่าดัชนีรูปทรงอยู่ในช่วงปกติ แต่การเสริมเปลือกหอยมีแนวโน้มจะมีผลต่อค่าดัชนีรูปทรงไข่ ($p=0.09$)

ตารางที่ 3 คุณภาพเปลือกไข่

กวาว เครือขาว (ฟิฟเอ็ม)	เปลือกหอย (%)	ความ ถ่วง จำเพาะ	ความ หนา เปลือกไข่ (มม.)	ดัชนี รูปทรง (%)	เปลือกไข่ (%)	สีเปลือกไข่		
						L*	a*	b*
0	0	1.088	0.346 ^a	74.16	9.45	55.58	10.29	27.37
	1	1.087	0.346 ^a	73.92	9.31	57.17	8.93	26.42
50	0	1.087	0.347 ^a	74.15	9.32	56.16	10.73	26.57
	1	1.089	0.355 ^{ab}	73.10	9.68	57.48	8.82	26.38
100	0	1.089	0.355 ^{ab}	75.19	9.58	55.08	10.70	27.41
	1	1.090	0.366 ^b	73.85	9.84	55.79	10.29	26.77
SEM		0.001	0.006	0.60	0.15	1.02	0.84	0.89
P- value	กวาวเครือ ขาว	0.42	0.05	0.35	0.12	0.40	0.54	0.78
	เปลือกหอย	0.70	0.19	0.09	0.21	0.16	0.09	0.43
	กวาวเครือ ขาว× เปลือกหอย	0.26	0.65	0.65	0.26	0.91	0.67	0.91

หมายเหตุ ^{a,b} อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)

SEM = Standard error of mean L*=ค่าความสว่าง a*=ค่าสีแดง b*=ค่าสีเหลือง

คุณภาพภายในของไข่

ค่าฮอกยูนิต ค่าสีเหลืองของไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่แดง และเปอร์เซ็นต์ไข่ขาวไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดัชนีไข่แดง ความสว่างของสีไข่แดงและค่าสีแดงของสีไข่แดง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (ตารางที่ 4) การเสริมกวาวเครือขาวมีผลต่อค่าดัชนีไข่แดงซึ่งเป็นค่าที่ประเมินคุณภาพภายในของไข่ เช่นเดียวกับค่าฮอกยูนิตและมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของเยื่อหุ้มไข่แดง (Vitelline membrane) การเสริมเปลือกหอยมีผลต่อค่าความสว่าง (L^*) ของสีไข่แดง กลุ่มที่เสริมเปลือกหอยในอาหารจะมีค่าความสว่างมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งขัดแย้งกับ Vargas-Rodríguez *et al.* (2016) ที่พบว่า ระดับแคลเซียมที่เพิ่มขึ้นในอาหารจะทำให้ค่าสีเหลือง (b^*) ของไข่แดงลดลง แต่ไม่มีผลต่อค่าความสว่างของไข่แดง การเสริมเปลือกหอยและ

ตารางที่ 4 คุณภาพภายในของไข่และส่วนประกอบไข่

กวาว เครือขาว (พีพีเอ็ม)	เปลือกหอย (%)	ค่าฮอก ยูนิต	ดัชนีไข่ แดง (%)	สีไข่แดง			ไข่แดง (%)	ไข่ขาว (%)
				L^*	a^*	b^*		
0	0	80.09	46.16 ^b	46.26 ^a	7.23 ^{bc}	40.22	24.99	65.33
	1	75.80	45.59 ^{ab}	49.39 ^b	6.22 ^{ab}	39.85	24.91	65.78
50	0	76.20	45.18 ^a	47.49 ^{ab}	8.32 ^c	40.74	24.64	66.24
	1	75.83	44.91 ^a	49.10 ^b	5.83 ^a	41.68	25.48	65.06
100	0	77.97	45.74 ^{ab}	48.80 ^b	6.53 ^{ab}	40.39	24.80	65.62
	1	76.15	46.23 ^b	48.93 ^b	6.88 ^{ab}	40.54	25.09	65.30
SEM		1.61	0.29	0.72	0.38	0.87	0.44	0.54
	กวาวเครือ ขาว	0.50	0.01	0.36	0.55	0.41	0.96	0.94
P- value	เปลือกหอย	0.12	0.63	0.01	0.01	0.74	0.35	0.43
	กวาวเครือ ขาว× เปลือกหอย	0.49	0.21	0.14	0.01	0.76	0.58	0.34

หมายเหตุ ^{a,b,c} อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

SEM = Standard error of mean

การเสริมกวาวเครือขาวร่วมกับเปลือกหอยมีผลต่อค่าสีแดง (a^*) ของไข่แดง ค่าสีแดงของไข่แดงในกลุ่มที่ได้รับ กวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มจะสูงที่สุด และกลุ่มที่ได้รับกวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอยจะต่ำที่สุด ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างและความเข้มของสีไข่แดงในการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ An *et al.* (2016) รายงานว่าความเข้มสีไข่แดงเมื่อวัดด้วยพัคสีโรจะเพิ่มขึ้นตามระดับแคลเซียมในอาหารที่ เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะกวาวเครือขาวมีฤทธิ์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงช่วยลดความเสียหายของเซลล์จาก ปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นทำให้การดูดซึมของสารสีจากอาหารมาสะสมในไข่แดงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Abou-Elkhair *et al.* (2018) พบการทดลองเสริมสารธรรมชาติจากพืชสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระใน ระดับ 5 ก./กก.อาหาร จะทำให้ความเข้มสีไข่แดงเพิ่มขึ้น ระดับคลอเรสเตอรอลในไข่แดงลดลง แต่การเสริม กวาวเครือขาวร่วมกับเปลือกหอยในการทดลอง ทำให้ค่าสีแดงลดลงอาจเกี่ยวเนื่องกับเปอร์เซ็นต์ไข่แดงที่เพิ่มขึ้น (25.48%) และค่าความสว่างที่เพิ่มขึ้นจากอิทธิพลของการเสริมแคลเซียม

สรุป

การเสริมเปลือกหอย 1% ในอาหารไก่ระยะปลดไข่จะช่วยปรับปรุงอัตราการไข่และมวลไข่ การเสริม กวาวเครือขาว 50 พีพีเอ็ม หรือ 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% จะช่วยเพิ่มความหนาเปลือกไข่ และการ เสริมกวาวเครือขาว 100 พีพีเอ็มร่วมกับเปลือกหอย 1% จะทำให้ค่าดัชนีไข่แดงสูงที่สุด แต่ระดับของกวาวเครือ ขาวและเปลือกหอยที่ทดลองไม่มีผลต่อระดับของแคลเซียมและฮอร์โมนเอสโตรเจนในกระแสน้ำเลือด

ข้อเสนอแนะ

ระดับของเปลือกหอยร่วมกับกวาวเครือขาวในระดับที่ทดลองช่วยเพิ่มความหนาเปลือกไข่ แต่ไม่มีผล ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่ อาจเนื่องจากระดับของกวาวเครือที่ใช้ในการทดลอง การเพิ่มระดับกวาวเครือขาวใน การทดลองครั้งต่อไปน่าจะช่วยเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ประภัสรา กันภัย. (2546). ผลของไฟโตเอสโตรเจนในกวาวเครือขาวต่อระดับโคเลสเตอรอลในไข่แดงและประสิทธิภาพการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ยุกติ มานะเกษมพันธ์, และศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล. (2553). สารออกฤทธิ์สำคัญ และผลของสารสำคัญในกวาวเครือขาว. รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

- รณชัย งามเดชะ. (2531). **ผลของระดับ แคล้ง และขนาดของอนุภาคของแคลเซียม การเสริมเทอร์รามัยซิน และวิตามินซีในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิตไข่และความหนาของเปลือกไข่ในฤดูร้อน**. วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัตญาพร นากใจ, และศรীন้อย ชุ่มคำ. (2561). **ผลการเสริมกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ต่อคุณภาพเปลือกไข่และคุณภาพภายในของไข่**. 6 มิถุนายน 2561. การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบันครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ.
- ศรীন้อย ชุ่มคำ, อรพินท์ จินตสถาพร, และอรทัย ไตรวุฒานนท์. (2545). **อิทธิพลของกวาวเครือขาวต่อระดับฮอร์โมนบางชนิด กลิ่นเพศและเซลล์ในอวัยวะของสุกรเพศผู้**. 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศรীন้อย ชุ่มคำ, อรพินท์ จินตสถาพร, และอรทัย ไตรวุฒานนท์. (2548). **อิทธิพลกวาวเครือขาวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และระดับฮอร์โมนบางชนิดในไก่เนื้อ**. วารสารสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, 37:37-50.
- สมโภชน์ ทับเจริญ, พัลลพ ตั้งตระกูลทรัพย์, เกียรติกร สะอาดรักษ์, และสุชาติ สงวนพันธุ์. (2546). **ผลของกวาวเครือขาวในอาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่สูงสุดถึงสิ้นสุดการไข่**. 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 41 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อรทัย ไตรวุฒานนท์, สมโภชน์ ทับเจริญ, อรประพันธ์ ส่งเสริม, เสาวลักษณ์ ผ่องลำเจียก, สุชาติ สงวนพันธุ์, มณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด, ประนอม เดชวิศิษฐ์สกุล, และดาราวรรณ ปิ่นทอง. (2549). **การใช้อาหารผสมผงกวาวเครือขาวในการเลี้ยงไก่เนื้อตอน 1: ระยะเวลาและระดับที่เหมาะสมในการใช้ผงกวาวเครือขาวในอาหาร ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก**. 24 มกราคม 2549. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- อุทัย คันโธ. (2529). **อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม.
- อรรณภูมิ พลายนบุญ, และอรทัย จินตสถาพร. (2558). **การใช้กวาวเครือขาวต่อการผลิตไข่และคุณภาพไข่ในแม่ไก่ไข่**. 8-9 ธันวาคม การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- Abou-Elkhaira, R., Selim, S., & Hussein, E. (2018). Effect of supplementing layer hen diet with phytogetic feed additives on laying performance, egg quality, egg lipid peroxidation and blood biochemical constituents. *Animal Nutrition*. 4:394-400.
- AOAC. (2000). *Official method of analysis of association of official analytical chemists*. AOAC, Washington, DC.
- An, S. H., Kim, D. W., & An, B. K. (2016). Effects of dietary calcium levels on productive performance, eggshell quality and overall calcium status in aged laying hens. *Asian Australas Journal of Animal Science*. 29:1477-1482.
- Beck, M. M., & Hansen, K. K. (2004). Role of estrogen in avian osteoporosis. *Poultry Science*. 8:200-206.

- Ciftci, H. B. (2012). Effect of estradiol-17 β on follicle-stimulating hormone secretion and egg-laying performance of Japanese quail. **Animal**, 6:1955-1960.
- DCP. (1997). **Chemiluminescent immunoassay system model immulite**. IEC publication.
- Dojana, N., Cotor, G., Codreanu, I., & Balaceanu, R. (2015). The effect of experimental 17-beta estradiol administering on calcium metabolism regulation in young laying hens. **Bulletin UASVM Veterinary Medicine**, 72:90-92. DOI:10.15835/buasvmcn-vm:10854.
- Duman, M., Sekeroglu, A., Yildirim, A., Eleroglu, H., & Camci, O. (2016). Relation between egg sharp index and egg quality characteristics. **European Poultry Science**, 80:117-120.
- Hanusova, E., Hrnecar, C., Hanus, A., & Oravacova, M. (2015). Effect of breed on some parameter of egg quality in laying hen. **Acta fytotechnica et Zoootechnica**, 18:20-24. DOI: 10.15414/afz.2015.18.01.20-24.
- Kenneth Walker, H., Dallas Hall, W., & Willis Hurst, J. (1990). **Clinical methods** (3rd ed.). Boston: Butterworths.
- McWatters, A. (2003). **The importance of calcium in our Grey,s diets**. Retrieved September 6, 2020, from <http://www.africangreys.com/articles/nutrition/calcium.htm>.
- Nascimento, D. R., Murakami, A. E., Guerra, A. F. Q. M., Ospinas-Rojas, I. C., Ferreira, M. F. Z, & Fanhani, J. C. (2014). Effect of different vitamin D sources and calcium levels in the diet of layers in the second laying cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 16:37-42.
- Pesti, G. M., Bakalli, R. I., Driver, I. P., Ateneio, A., & Foster, E. H. (2005). **Poultry nutrition and feeding**. Althens Inc., Georgia.
- Pizzolante, C. C., Kakimoto, S. K., Saldanha, E. S. P. B., Lagana, C., Souza, H. B. A., & Moraea, J. E. (2011). Limestone and oyster shell for brown layers in their second egg production cycle. **Revista brasileira de Ciecia Avicola**, 13:1-11.
- Roberts J.R. (2004). Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hen. **The Journal of Poultry Science**, 3:161-177.
- Roush, W. B. (1981). T156 calculator program for Haugh unit calculator. **Poultry Science**. 60:1086-1088.
- Saki, A. A., Iji, P. A., & Tivey, D. R. (2002). Intestinal function and reproductive capacity of Tegel pullets in response to exogenous oestrogen. **Archive of Animal Nutrition**, 56:237-244.
- Stevens, L. (1996). **Avian biochemistry and molecular biology**. England: Combridge University Prss.
- Vargas-Rodriguez, L. M., Morales-Barrera, J. E., Herrera-Haro, J. G., Antonio-Bautista, J., Lopez-Pozos, R., & Hernandez-Sanchez, D. (2016). Effect of citric acid, phytase and calcium levels on the calcium and phosphorus content in Egg: Yolk-albumen and shell, yolk color and egg quality in diets of laying hens. **Food and Nutrition Sciences**, 7: 1364-1374.

Wistedt, A., Ridderstråle, Y., Wall, H., & Holm, L. (2014). Exogenous estradiol improves shell strength in laying hens at the end of the laying period. **Acta Veterinaria Scandinavica**, 56:34-45.