แก่นเกษตร
KHON KAEN AGRICULTURE
JOURNAL KAJ

ผลของการเสริมผงแก่นฝางในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่ของไก่ไข่

Effect of *Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder supplementation in diets on productive performance and egg quality of laying hens

ปฏิภาณ กอหลวง[1]*, บัวเรียม มณีวรรณ์[1], จุฬากร ปานะถึก[1] และ กฤดา ชูเกียรติศิริ[1]

Patipan Korluang[1]*, Buaream Maneewan[1], Julakorn Panatuk[1] and Kridda Chukiatsiri[1]

[1] คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

[1] Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai

* Corresponding author: patipan.pk49@gmail.com

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมผงแก่นฝางในอาหารต่อสมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่ของไก่ไข่ โดยใช้ไก่ไข่อายุ 50 สัปดาห์ จำนวน 200 ตัว แบ่งเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว กลุ่มที่ 1 สูตรอาหารควบคุม กลุ่มที่ 2 3 4 และ 5 สูตรอาหารควบคุมเสริมด้วยผงแก่นฝางที่ระดับร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 ในสูตรอาหาร ตามลำดับ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในระหว่างกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตาม การเสริมผงแก่นฝางที่ระดับร้อยละ 0.75 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้สีไข่แดงเข้มกว่าทุกกลุ่มทดลอง ($P < 0.05$) ดังนั้น ระดับการเสริมผงแก่นฝางที่เหมาะสมในสูตรอาหารไก่ไข่คือ 0.75 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: แก่นฝาง; สมรรถนะการผลิต; คุณภาพไข่; ไก่ไข่

ABSTRACT: The current study aimed to investigate the effect of *Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder supplementation in diets on productive performance and egg quality of laying hens. A total of 200 laying hens at 50 wk olds were randomly divided to 5 groups with 4 replicates of 10 bird each. Dietary treatments were: Treatment 1) control diet, Treatments 2 to 5 were supplemented with *Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder at level of 0.25, 0.50, 0.75 and 1% respectively. The productive performance and egg quality were recorded for 8 weeks. The results revealed that feed intake, egg production and feed conversion ratio were unaffected by dietary treatment ($P > 0.05$). However, the inclusion of 0.75 and 1.00% *Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder groups significantly improved yolk color compared to other treatments ($P < 0.05$). In conclusion, the optimum *Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder supplementation in laying hen diet should be 0.75%.

Keywords: *Caesalpinia sappan* Linn. heartwood; productive performance; egg quality; layer

บทนำ

ไข่ไก่เป็นผลผลิตจากสัตว์ที่นิยมนำมาบริโภค โดยพบว่าปริมาณการบริโภคไข่ไก่ในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ 2558 ถึง 2562 มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.31 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ซึ่งความเข้มของสีไข่แดงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค (Senbeta et al., 2015; Berkhoff et al., 2020) จึงทำให้มีการเติมสารสีสังเคราะห์ในสูตรอาหารไข่ไข่ เพื่อเพิ่มการสะสมรงควัตถุในไข่แดงเพื่อให้มีสีเข้มกว่าสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งของสารสีเพียงอย่างเดียว แต่วิธีการดังกล่าวมักมีข้อเสีย เนื่องจากสารสีสังเคราะห์ที่เติมลงในสูตรอาหารไม่มีคุณค่าทางโภชนะ

รวมทั้งความกังวลของผู้บริโภคต่อผลเสียที่อาจส่งผลต่อปัญหาสุขภาพ (Oplatowska-Stachowiak and Elliott, 2017) ดังนั้น จึงทำให้แหล่งสารสีจากธรรมชาติที่ได้จากดอกดาวเรือง เปลือกส้ม (Hasin et al., 2006) ใบหม่อน (Lokaewmanee et al., 2009) และต้นมันเทศ (Kaya and Yildirim., 2011) เป็นต้น ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ฝาง (*Caesalpinia sappan* Linn.) อาจเป็นพืชสมุนชนิดใหม่ที่ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งสารสีในสูตรอาหารไก่ไข่ เนื่องจากมีองค์ประกอบของสาระสำคัญคือ บราซิลิน (brazilin) ให้สีแดง (Bae et al., 2005) โดยทั่วไปมีการนำฝางมาใช้เป็นสารสีจากธรรมชาติในเครื่องดื่ม อาหาร เครื่องสำอาง และผ้า (Nirmal and Panichayupakaranant, 2015) มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ต้านเชื้อแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ ลดระดับน้ำตาลในเลือด ขยายหลอดเลือด และป้องกันตับไม่ให้การถูกทำลายจากสารแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย (Nirmal et al., 2015) จากรายงานการใช้ฝางในอาหารสัตว์ Widigdyo et al. (2017) พบว่าการใช้สารสกัดจากฝางที่ระดับร้อยละ 0.4 ในสูตรอาหารนกกระทาไข่ มีผลทำให้จำนวนเชื้อซัลโมเนลลา (Salmonella) ในลำไส้ส่วนปลายลดลง และในสภาพอาหารที่ร้อนสารสกัดจากฝางสามารถเพิ่มการทำงานของกลูตาไธโอน กลูตาไธโอนเปอร์ออกซิเดส (GPx) และซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมูเตส (SOD) ลดมาลอนไดแอลดีไฮด์ (MDA) ลดคลอเลสเตอรอล และเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่เนื้อ (Eswara et al., 2017) และไม่พบความเป็นพิษของสารสีและสารสกัดที่ได้จากฝางเมื่อทดสอบในหนูทดลอง (Sireeratawong et al., 2010; Athinarayanana et al., 2017) จึงนิยมนำมาใช้เป็นสารสีตามธรรมชาติในอาหาร จากการใช้สารสกัดฝาง 0.1% ในไส้กรอกพบว่ามีผลให้สีเหลืองในไส้กรอกเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้สารต้านอนุมูลอิสระและสมบัติในการต้านเชื้อแบคทีเรียของไส้กรอกเพิ่มขึ้น ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ในไส้กรอกต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Jin et al., 2015) และการใช้สารสกัดฝางในนมพลาสเจอร์ไรส์สามารถเพิ่มคุณภาพทางจุลชีววิทยา และทางเคมีกายภาพได้ จึงสามารถยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาได้ (Kimestri et al., 2018) แต่ยังไม่มีรายงานการนำผงแก่นฝางมาประยุกต์ใช้ในอาหารไก่ไข่ จึงสนใจทำการศึกษาผลของการใช้ผงแก่นฝางในไก่ไข่ต่อสมรรถนะการผลิต และคุณภาพไข่ เพื่อนำไปส่งเสริมให้เกษตรกรประยุกต์ใช้ในการผลิตไข่ไก่ปลอดภัย

วิธีการศึกษา

การจัดการสัตว์และอาหารทดลอง

การทดลองนี้ใช้ไก่ไข่การค้าสายพันธุ์สีน้ำตาลอายุ 50 สัปดาห์ จำนวนทั้งหมด 200 ตัว โดยสุ่มให้ได้รับสิ่งทดลองตามการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design : CRD) แบ่งเป็น 5 กลุ่มทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ตัว ดังนี้ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยสูตรอาหารควบคุม (ไม่เสริมผงแก่นฝาง) กลุ่มที่ 2 3 4 และ 5 คือกลุ่มควบคุมที่เสริมด้วยผงแก่นฝางที่ระดับร้อยละ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 ในสูตรอาหาร ตามลำดับ เลี้ยงไว้ในโรงเรือนแบบปิด อุณหภูมิโรงเรือนเฉลี่ย 27.87 ± 2.00 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 78.07 ± 4.00 เปอร์เซ็นต์ และให้แสงตามโปรแกรมการให้แสงประมาณ 15 ชั่วโมงต่อวัน ให้ไก่ไข่ได้รับอาหารวันละ 110-115 กรัม/ตัว/วัน และได้รับน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) ใช้ระยะการทดลองทั้งหมด 8 สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาการทดลองไก่ไข่จะได้รับโภชนะตามที่ระบุใน NRC (1994)

การศึกษาสมรรถนะการผลิต

ทำการชั่งน้ำหนักอาหารทุกสัปดาห์เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่กิน บันทึกน้ำหนักไข่และจำนวนไข่ทุกวันเพื่อคำนวณหาผลผลิตไข่ (Hen-day production) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่

การศึกษาคุณภาพไข่

สุ่มเก็บตัวอย่างไข่จากทุกซ้ำ ๆ ละ 5 ฟอง (N = 100) โดยนำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล วัดสีและความหนาของเปลือกไข่ด้วยเครื่อง Shell color reflectometer (Technical Services and Supplies, England) และเครื่อง Digimatic micrometer (Mitutoyo Co. Ltd. Japan) ตามลำดับ โดยวัด 3 จุด ได้แก่ บริเวณด้านป้าน ตรงกลาง และด้านแหลมของฟองไข่ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย วัดความแข็งของเปลือกบริเวณด้านป้านของฟองไข่ โดยใช้เครื่อง egg shell force gauge (Robotmation Co., Ltd. Japan) วัดสีไข่แดงโดยใช้พัดเทียบสี (BASF SE, Nutrition Ingredients, 67117 Limburgerhof, Germany) วัดความกว้างไข่แดง ความสูงไข่แดง และความสูงไข่ขาวโดยใช้ Vernier caliper เพื่อนำมาคำนวนหาดัชนีไข่แดง และค่าฮอฟ์ยูนิต (Haugh unit)

Table 1 Ingredient and nutrient composition of the basal diet

Item	Composition (%)
Feed ingredients	
Corn	66.40
Soybean meal (CP 44%)	21.00
Fish meal (CP 61%)	2.50
Rice bran oil	0.70
Fine limestone	3.82
Coarse limestone	3.82
Dicalcium phosphate	1.10
Sodium chloride	0.16
Vitamin-mineral premixs	0.50
Chemical composition (%)	
Metabolizable energy (kcal/kg)	2850.78
Crude Protein	16.54
Crude Fiber	3.08
Ether extract	3.15
Calcium	3.35
Available phosphorus	0.43
Methionine	0.43
Lysine	0.85

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel et al., 1997) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

การเสริมผงแก่นฝางในอาหารไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กิน ผลผลิตไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ และไม่มีผลต่อน้ำหนักไข่ ดัชนีไข่แดง ความหนาของเปลือกไข่ สีของเปลือกไข่ ความแข็งของเปลือกไข่ และ Haugh unit ($P > 0.05$) (**Table 2**) แตกต่างกับการศึกษาของ Eswara et al. (2017) ที่เสริมสารสกัดจากแก่นฝางในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 100, 300 และ 500 ppm ทำให้มีปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และสมรรถนะการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) เนื่องจากแก่นฝางมีปริมาณบราซิลินอยู่ร้อยละ 1.3 โดยน้ำหนัก (Dapson and Bain, 2015) น้อยกว่าสารสกัดจากแก่นฝางที่มีบราซิลินอยู่ร้อยละ 7.70 ± 0.21 โดยน้ำหนัก (Warinhomhaun et al., 2018) การเสริมแก่นฝางในสูตรอาหารจึงไม่มีผลในด้านสุขภาพของไก่ไข่ อีกทั้งไม้ฝางไม่มีกลิ่นและรสชาติ (Rina et al., 2017) จึงไม่มีผลต่อความน่ากินของอาหาร ยกเว้นสีของไข่แดง โดยการใช้ฝางที่ร้อยละ 0.75 และ 1.00% ในอาหารมีผลทำให้สีของไข่แดงมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($P < 0.05$) (**Table 3**) เนื่องจากฝางมีสาระสำคัญ คือ brazilin ที่ให้สีแดง (Bae et al., 2005) โดยพบในปริมาณร้อยละ 1.3 โดยน้ำหนัก และพบมากบริเวณแก่นไม้ (Dapson and Bain, 2015) ซึ่งไก่ไข่สามารถนำสารสีแดงนี้ไปสะสมในไข่แดง เช่นเดียวกับการใช้สารสกัดฝางเพิ่มสีเหลืองของไส้กรอก (Jin et al., 2015) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารทางการค้า ค่าสีไข่แดงที่ได้จากการเสริมผงแก่นฝางมีค่าน้อยกว่า และโดยปกติผู้บริโภคต้องการสีไข่แดงที่มีค่าระหว่าง 10 ถึง 14 (Lokaewmanee et al., 2010) การเสริมผงแก่นฝางในอาหารไก่ไข่จึงเหมาะสำหรับเป็นทางเลือกของผู้ผลิตที่ต้องการลดการใช้สารเคมีในอาหารสัตว์ เพื่อผลิตอาหารปลอดภัยให้ผู้บริโภคที่กังวลต่อการตกค้างของสารเคมีในอาหาร ดังนั้นสามารถใช้ผงแก่นฝางเสริมในสูตรอาหารไก่ไข่เพื่อปรับปรุงสีของไข่แดงได้ เมื่อเสริมเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยระดับที่เหมาะสมในการเสริมคือร้อยละ 0.75 ในอาหาร

Table 2 The effect of *Caesalpinia sappan* Linn**.** heartwood powder on productive performance and egg quality of laying hens

Weeks	*Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder (%)					SEM[1]	P-value
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00		
Productive performance							
Feed intake (g/b/d)							
1-4	102.75	101.07	103.62	100.21	107.80	1.49	0.57
5-8	107.55	109.07	109.00	104.09	106.32	1.52	0.86
1-8	105.15	105.07	106.31	102.15	107.06	1.42	0.88
Hen-day production (%)							
1-4	75.18	75.00	77.31	75.77	79.02	1.17	0.83
5-8	84.35	85.02	87.96	77.17	80.09	1.40	0.10
1-8	79.76	80.01	82.63	76.47	79.55	1.09	0.57
Feed conversion ratio							
1-4	2.43	2.38	2.38	2.32	2.40	0.02	0.55
5-8	2.21	2.25	2.14	2.35	2.32	0.03	0.14
1-8	2.31	2.31	2.25	2.33	2.36	0.02	0.54
Egg quality							
Egg weight (g)							
1-4	58.50	58.65	58.41	57.63	58.46	0.30	0.87
5-8	58.88	58.61	59.51	58.44	59.01	0.33	0.90
1-8	58.69	58.63	58.96	58.04	58.74	0.28	0.90
Yolk index							
1-4	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.01	0.94
5-8	0.47	0.47	0.47	0.47	0.48	<0.01	0.33
1-8	0.46	0.46	0.46	0.46	0.47	<0.01	0.59
Shell thickness (mm.)							
1-4	0.40	0.39	0.39	0.39	0.39	<0.01	0.78
5-8	0.35	0.36	0.35	0.36	0.35	<0.01	0.19
1-8	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	<0.01	0.57
Shell color (% Light)							
1-4	24.73	24.01	24.27	24.41	23.74	0.23	0.74
5-8	23.73	23.16	23.40	22.70	22.02	0.26	0.30
1-8	24.23	23.58	23.83	23.55	22.88	0.23	0.48
Shell strength (kg/cm^2)							
1-4	4.65	4.52	4.49	4.60	4.66	0.04	0.71
5-8	4.42	4.48	4.53	4.69	4.56	0.04	0.39
1-8	4.54	4.50	4.51	4.65	4.61	0.03	0.57
Haugh unit							
1-4	94.69	95.25	94.66	95.31	96.01	0.40	0.86
5-8	98.59	98.00	97.73	97.64	97.13	0.33	0.75
1-8	96.64	96.62	96.19	96.47	96.57	0.33	>0.99

[1]SEM = Standard error of mean

Table 3 The effect of *Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder on yolk color of laying hens

Weeks	*Caesalpinia sappan* Linn. heartwood powder (%)					SEM	P-value
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00		
1-4	7.07^{c}	7.13^{bc}	7.55^{ab}	7.69^{a}	7.76^{a}	0.09	0.01
5-8	6.85^{c}	7.08^{bc}	7.37^{b}	7.76^{a}	7.92^{a}	0.10	< 0.01
1-8	6.96^{c}	7.10^{c}	7.46^{b}	7.73^{a}	7.84^{a}	0.08	< 0.01

$^{a, b, c}$ Means with different superscription within the same column differ (P < 0.05).

[1]SEM = Standard error of mean

สรุป

การเสริมผงแก่นฝางที่ร้อยละ 0.75 และ 1.00 ในสูตรอาหาร ทำให้สีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่น ดังนั้นระดับของการเสริมผงแก่นฝางที่เหมาะสมคือ 0.75% ในสูตรอาหาร

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2563. แหล่งข้อมูล : http://www.oae.go.th/assets/portals/1/ebookcategory/24_trend2563-FinalDownload/#page=1. ค้นเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2563.

Athinarayanana G., A.J.A. Ranjitsingh, A.U.R. Nanthini, and C. Padmalatha. 2017. Toxicological studies of *Caesalpinia sappan* wood derived dye in Wister albino rats. Food Science and Human Wellness. 6(1): 34-38.

Bae, I. K., H.Y. Min, A.R. Han, E.K. Seo, and S.K. Lee. 2005. Suppression of lipopolysaccharide-induced expression of inducible nitric oxide synthase by brazilin in RAW 264.7 macrophage cells. European Journal of Pharmacology. 513(3): 237-242.

Berkhoff, J., C. Alvarado-Gilis, J.P. Keim, J.A. Alcalde, E. Vargas-Bello-Perez, and M. Gandarillas. 2020. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. Poultry Science Journal. 99(11): 6239-6246.

Dapson R.W., and C.L. Bain. 2015. Brazilwood, sappanwood, brazilinand the red dye brazileinfrom textile dyeing and folkmedicine to biological staining and musical instruments. Biotechnic and Histochemistry. 90: 401–423.

Eswara P.P., C.H. Girinath, K.A. Kumar, and K. Adilaxamma. 2017. Study on antioxidant activity, growth performance and carcass characteristics in broiler chicken fed with methanolic extract of *Caesalpinia sappan* L. Journal of Veterinary Science and Technology. 8(6): 19-27.

Hasin B.M., A.J.M. Ferdaus, M.A. Islam, M.J. Uddin, and M.S. Islam. 2006. Marigold and Orange Skin as Egg Yolk Color Promoting Agents. International Journal of Poultry Science. 5(10): 979-987.

Jin, S.K., S.R. Ha, and J.S. Choi.2015. Effect of *Caesalpinia sappan* L. extract on physico-chemical properties of emulsion-type pork sausage during cold storage. Meat Science. 110: 245-252.

Kaya, S., and H. Yildirim. 2011. The effect of dried sweet potato (*Ipomea batatas*) vines on egg yolk color and some egg yield parameters. International Journal of Agriculture and Biology. 15: 766-770.

Kimestri A.B., I. Indratiningsih, and W. Widodo. 2018. Microbiological and physicochemical quality of pasteurized milk supplemented with sappan wood extract (*Caesalpinia sappan* L.). International Food Research Journal. 25: 392-398.

Lokaewmanee, K., S. Mompanuon, P. Khumpeerawat, and K. Yamauchi. 2009. Effects of dietary mulberry leaves (*Morus alba* L.) on egg yolk color. Journal of Poultry Science. 46: 112–115.

Lokaewmanee, K., K. Yamauchi, T. Komori, and K. Saito, 2010. Effects on egg yolk colour of paprika or paprika combined with marigold flower extracts. Italian Journal of Animal Science. 9: 356-359.

Nirmal, N.P., and P. Panichayupakaranant. 2015. Antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory activities of standardized brazilin-rich Caesalpinia sappan extract. Pharmaceutical Biology. 53(9): 1339-1343.

Nirmal, N.P., M.S. Rajput, R.G. Prasad, and M. Ahmad. 2015. Brazilin from *Caesalpinia sappan* heartwood and its pharmacological activities: A review. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 8(6): 421-430.

NRC, 1994. Nutrient Requirements of poultry. Washington, USA, National Academy Press, 9th rev.ed.

Oplatowska-Stachowiak, M. and C.T. Elliott. 2017. Food Colors: Existing and Emerging Food Safety Concerns. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 57(3): 524-548.

Rina O., S. Ibrahim, A. Dharma, A. Frizal, C. Utami, and Y.R. Widodo. 2017. Stabilities natural colorant of Sappan wood (*Caesalpinia sappan.* L) for food and beverages in various pH, temperature, and matrices of food. International Journal of ChemTech Research. 10(1): 98-103.

Senbeta E.K., N.A. Zeleke and Y.G. Molla. 2015. Attitudes and Perceptions of Consumers to Chicken Egg Attributes in Eastern Ethiopia. Journal of Animal and Veterinary Advances. 5(6): 705-710.

Sireeratawong S., P. Piyabhan, T. Singhalak, Y. Wongkrajang, R. Temsiririrkkul, J. Punsrirat, N. Ruangwises, S. Saraya, N. Lerdvathisopon, and K. Jaijoy. 2010. Toxicity evaluation of sappan wood extract in rat. Journal of the Medical Association of Thailand. 93: 50-57.

Warinhomhaun, S., B. Sritularak, and D. Charnvanich. 2018. A simple high-performance liquid chromatographic method for quantitative analysis of brazilin in *Caesalpinia sappan* L. extracts. Thai Journal of Pharmaceutical Sciences. 42(4): 208-213.

Widigdyo, A., E. Widodo, and I.H. Djunaidi, 2017. Extract of *Caesalpinia sappan* L. as Antibacterial Feed Additive on Intestinal Microflora of Laying Quail. Journal of Experimental Life Science. 7(1): 7-10.