

ผลของการเสริมสารแอสตาแซนธินจากเปลือกกุ้งกุลาดำในอาหารต่อปริมาณแอสตาแซนธินในไข่แดง
Effect of Supplementation Astaxanthin from Giant Tiger Prawn
(*Penaeus monodon* Fabricius) in Diet on Astaxanthin Amount in Egg Yolk

fitri ลาด๊ะ¹, เอลฮัม แวหามะ¹, สุลัยมาน เจ๊ะอาบู¹, ฮาฟิด ดาตุมะดา¹,
ภควรรณ เศรษฐมมงคล² และเปลื้อง บุญแก้ว^{1*}
Fitree Latae¹, Elham Waehama¹, Sulaiman Cheabu¹, Hafis Datumada¹,
Pakawan Setthamongkol² and Plueang Boonkaew^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษาการเสริมสารแอสตาแซนธินในอาหารไก่ไข่ต่อการสะสมแอสตาแซนธิน และสีของไข่แดง ใช้ไก่ไข่พันธุ์อีซ่า บราวน์ (ISA Brown) อายุ 53 สัปดาห์ ที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 1,500±200 กรัม จำนวน 120 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) แบ่งออก 4 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ 10 ตัว แบ่งอาหารทดลองออกเป็น 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 อาหารเลี้ยงไก่สูตรควบคุม (control) สูตรที่ 2 อาหารควบคุมร่วมกับแอสตาแซนธิน 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร สูตรที่ 3 อาหารควบคุมร่วมกับแอสตาแซนธิน 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และ สูตรที่ 4 อาหารควบคุมร่วมกับแอสตาแซนธิน 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ไก่ทุกกลุ่ม ได้รับอาหารแบบเต็มที่และได้รับน้ำตลอดเวลา (*ad libitum*) แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ระยะ 1-2, 3-4 และ 4-5 สัปดาห์ การเก็บและบันทึกข้อมูล สีของไข่แดง พบว่า ช่วง 1-2 สัปดาห์ มีการสะสมแอสตาแซนธินของสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ 0.83±0.02, 1.26±0.04, 1.55±0.02 และ 2.29±0.05 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ช่วง 3-4 สัปดาห์ มีการสะสมแอสตาแซนธินของสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ 0.85±0.01, 1.44±0.06, 1.94±0.03 และ 2.71±0.07 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ และช่วง 4-5 สัปดาห์ มีการสะสมแอสตาแซนธินของสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ 0.85±0.02, 1.16±0.04, 2.23±0.02 และ 2.56±0.05 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้นการเสริมแอสตาแซนธินเพิ่มขึ้นทำให้สีของไข่แดงเพิ่มสูงขึ้นตามระดับแอสตาแซนธินในอาหาร

คำสำคัญ: กุ้งกุลาดำ แอสตาแซนธิน ไก่ไข่ สีไข่แดง

ABSTRACT:

Study of astaxanthin supplementation in diet on astaxanthin accumulation and egg yolk color were determined. Using ISA Brown laying hens were 53 weeks old, with an average weight of 1,500 ± 200 grams, total 120 pieces. The completely randomized design (CRD) trial was planned to be divided into four groups of three replications, each replication composed of 10 hens. The experimental diets were divided into four regimens as follows: 1 chicken feed (control),

¹คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

¹Faculty of Agriculture; Princess of Naradhiwas University

²คณะเทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

²Faculty of Marine Technology, Burapha University, Chanthaburi Campus

*Corresponding author: Plueang@hotmail.com

2 Control diet with astaxanthin 1 µg/ml, 3 control diet with astaxanthin 10 µg/ml, and 4 control diet with astaxanthin 100 µg/ml. All group of chickens were fully fed and water at all times (*ad libitum*). The experiment was divided into three phases 1-2, 3-4 and 4-5 weeks. Collection and data of egg yolk color data showed that during 1-2 weeks, astaxanthin accumulation of regiment 1, 2, 3 and 4 were 0.83 ± 0.02 , 1.26 ± 0.04 , 1.55 ± 0.02 , and 2.29 ± 0.05 respectively. The astaxanthin accumulation of 3-4 weeks in 1, 2, 3 and 4 regiments were 0.85 ± 0.01 , 1.44 ± 0.06 , 1.94 ± 0.03 and 2.71 ± 0.07 . The 4-5 weeks, astaxanthin accumulation in 1, 2, 3 and 4 regiments were 0.85 ± 0.02 , 1.16 ± 0.04 , 2.23 ± 0.02 and 2.56 ± 0.05 . Therefore, astaxanthin supplementation in hen feed was accumulated in egg yolk and appearance clearly of tight color in egg yolk.

Keywords: Giant tiger prawn, Astaxanthin, Laying hens, Egg yolk color

บทนำ (Introduction)

ไข่ไก่เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั่วโลก ปัจจุบันทั่วโลกมีการบริโภคไข่ไก่ประมาณ 86.67 ล้านตัน และมีแนวโน้มในการบริโภคเพิ่มขึ้นปีละ 3.61 เปอร์เซ็นต์/ปี (Shahbandeh, 2020) ไข่ไก่นั้นนับว่าเป็นอาหารที่สามารถนำมาแปรรูปได้หลากหลายชนิด (Noola-aong et al., 2016) นอกจากนั้นพบว่าไข่ไก่เป็นอาหารที่มีประโยชน์เป็นแหล่งโปรตีนที่ดีแก่ร่างกาย เนื่องจากไข่ไก่มีกรดอะมิโนที่ครบถ้วนและมีสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในร่างกายของมนุษย์ (Tanjor, 2015) แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพและสีของไข่แดงนั้นมีผลต่อความการตัดสินใจในการบริโภค โดยพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภคไข่ที่มีสีไข่แดงสีเข้มมากกว่าสีซีด และในแง่ของผู้ผลิตหากไข่แดงมีสีเหลืองซีดจะส่งผลกระทบต่อราคาและการจำหน่าย (Hannarong et al., 2013) การผลิตไข่ไก่ในระดับอุตสาหกรรมมักใช้สารสีแคโรทีนอยด์สังเคราะห์เพื่อทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้น แต่การใช้สารสีแคโรทีนอยด์สังเคราะห์มีราคาแพงและส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต (Nakpun et al., 2013) ดังนั้นการหันมาใช้สารสีจากธรรมชาติทำให้มีราคาถูกลงและลดปัญหาสารเคมีตกค้างในไข่ได้อีกด้วย

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตกุ้งกุลาดำอันดับต้นของเอเชียและมีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก (Ministry of commerce, 2021) การส่งออกส่วนใหญ่เป็นกุ้งต้มสุกและแช่แข็ง ก่อเกิดอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทั่วประเทศ กระบวนการแปรรูปกุ้งกุลาดำมีเศษเหลือ ได้แก่ หัวและเปลือกกุ้งจำนวนมาก เปลือกกุ้งและหัวกุ้งมีสารสีสารแอสตาแซนธิน (astaxanthin) เป็นสารสีกลุ่มแซนโทฟิลล์ (xanthophylls) ที่อยู่ในรูป 3,3'-dihydroxylated และ 4,4'-diketolated ที่มีสีแดง ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเบต้าแคโรทีน (3,3'-dihydroxy carotene-4,4'-dione) มีสูตรโมเลกุล $C_{40}H_{52}O_4$ (มวลโมเลกุล 596.84 g/mol) (Cunningham & Grosch, 2000) การสกัดแอสตาแซนธินจากเปลือกกุ้งก้ามกรามทำให้ได้สารสีแอสตาแซนธินบริสุทธิ์ระดับ 3.534 มิลลิกรัม/กรัม (Phetampron & Bumeer, 2016) ซึ่งแอสตาแซนธินเป็นแหล่งสารสีที่ดีในการเพิ่มสีของไข่แดง ซึ่งในการผลิตไข่ไก่ จึงจำเป็นต้องศึกษาระดับแอสตาแซนธินที่เหมาะสมในสูตรอาหาร ที่มีผลต่อการสะสมแอสตาแซนธินในไข่แดงและค่าสีของไข่แดง (Niyomdechcha & Khongsen, 2013) ดังนั้นการศึกษาระดับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับแอสตาแซนธินต่อการสะสมแอสตาแซนธินในไข่แดงและสีของไข่แดง เพื่อให้ได้ระดับสารสีแอสตาแซนธินที่เหมาะสมต่อการผลิตไข่ไก่ที่ดีที่สุด

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. สัตว์ทดลอง

การศึกษาผลของการเสริมสารสกัดแอสตาแซนธินจากเปลือกกุ้งต่อปริมาณแอสตาแซนธินในไข่แดงใช้ไก่ไข่สายพันธุ์ ISA Brown อายุ 53 สัปดาห์ น้ำหนักเฉลี่ย 1,500 กรัม/ตัว จำนวน 120 ตัว

2. อาหารทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้ใช้อาหารไก่ไข่สำเร็จรูปทางการค้า (โปรตีนไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ไขมันไม่มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ กากไม่มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นไม่มากกว่า 13 เปอร์เซ็นต์) ร่วมกับสารสกัดแอสตาแซนธินจากเปลือกกุ้งกุลาดำ 4 ระดับ ได้แก่ 0, 1, 10 และ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ดังแสดงใน Table 1

Table 1 The experimental design of dietary treatment

Treatment	Composition
1	Feed commercial and astaxanthin content 0 µg/ml
2	Feed commercial and astaxanthin content 1 µg/ml
3	Feed commercial and astaxanthin content 10 µg/ml
4	Feed commercial and astaxanthin content 100 µg/ml

3. การวางแผนทดลอง

การศึกษานี้วางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) แบ่งไก่ไข่ออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 3 ซ้ำๆ 10 ตัว รวมทั้งสิ้น 120 ตัว

4. การทดลองและเก็บข้อมูล

4.1 การทดลอง

การทดลองใช้ไก่พันธุ์อีซ่าบราวน์ (ISA Brown) อายุ 53 สัปดาห์ ที่มีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 1,500 กรัม เลี้ยงในกรงที่มีขนาด 30×46×50 เซนติเมตร กรงต่บละ 1 ตัว ให้อาหารวันละ 2 ครั้ง เช้า-บ่าย โดยไก่ทุกกลุ่มได้รับอาหารแบบเต็มที่ (*ad libitum*) และได้รับแสงวันละ 16 ชั่วโมง ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ แบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1-2, 3-4 และ 4-5 สัปดาห์

4.2 การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลทุกวัน ได้แก่ ปริมาณไข่ และวิเคราะห์สีของไข่แดง โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

5. การสกัดแอสตาแซนธินจากไข่แดง

เริ่มเก็บไข่ในวันแรกของการทดลองทุกวันและทำการสุ่มไข่วันเว้นวันเพื่อนำวิเคราะห์ปริมาณแอสตาแซนธินและสีของไข่แดง ทำการสุ่มไข่จำนวน 3 ฟอง/ซ้ำ นำไข่มาทำการชั่งน้ำหนักจากนั้นมาทำการแยกเอาเฉพาะไข่แดงแล้วบดรวมกันให้ละเอียด จากนั้นนำชั่งน้ำหนัก 5 กรัม เติมน้ำละลายเมทานอลและเฮกเซน อัตราส่วน 1:1 ในปริมาณ 15 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าสาร 250 rpm เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 9000 rpm เป็นระยะเวลา 10 นาที แยกส่วนใสเก็บไว้แล้วไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร จากนั้นทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 470 นาโนเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณแอสตาแซนธินต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลค่าสีของไข่แดงและปริมาณแอสตาแซนธินของแต่ละระยะการทดลอง ไปหาค่าความแปรปรวน (General Linear Model, GLM) ตามแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

7. สถานที่ทำการวิจัย

ฟาร์มสัตว์ปีก และห้องปฏิบัติการโมเลกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส

ผลการทดลอง (Results)

ผลของการศึกษาการเสริมแอสตาแซนธินจากเปลือกกุ้งก้ามกุ้งในอาหารต่อปริมาณแอสตาแซนธินและสีไข่แดง ดังต่อไปนี้

1. ผลของระดับแอสตาแซนธินในอาหารต่อปริมาณแอสตาแซนธินในไข่แดง ช่วง 1-2 สัปดาห์

ผลของระดับแอสตาแซนธินในอาหารต่อปริมาณสารแอสตาแซนธินในไข่แดง ช่วง 1-2 สัปดาห์ พบว่าการเสริมแอสตาแซนธินในอาหารมีผลต่อปริมาณแอสตาแซนธินในไข่แดง ($P < 0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมแอสตาแซนธินที่ระดับ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (2.29 ± 0.05 ไมโครกรัม) มีการสะสมแอสตาแซนธินในไข่แดงสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ 10 และ 1 ไมโครกรัม (1.55 ± 0.02 และ 1.26 ± 0.04 ไมโครกรัม ตามลำดับ) ตามด้วย กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) (0.83 ± 0.02 ไมโครกรัม) มีการสะสมแอสตาแซนธินต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2

Table 2 Effect of feeding astaxanthin in diet on astaxanthin content in egg yolk

Weeks	Treatment			
	T1	T2	T3	T4
1-2	0.83 ± 0.02^d	1.26 ± 0.04^c	1.55 ± 0.02^b	2.29 ± 0.05^a
3-4	0.85 ± 0.01^d	1.44 ± 0.06^c	1.94 ± 0.03^b	2.71 ± 0.07^a
4-5	0.85 ± 0.02^d	1.16 ± 0.04^c	2.23 ± 0.02^b	2.56 ± 0.05^a

a,b,c,d Means within a row with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

2. ผลของระดับแอสตาแซนธินในอาหารต่อปริมาณแอสตาแซนธินในไข่แดง ช่วง 3-4 สัปดาห์

ผลของระดับแอสตาแซนธินในอาหารต่อปริมาณสารแอสตาแซนธินในไข่แดง ช่วง 3-4 สัปดาห์ (Table 2) พบว่า กลุ่มที่เสริมแอสตาแซนธินที่ระดับ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร (2.71 ± 0.07 ไมโครกรัม) สะสมแอสตาแซนธินในไข่แดงสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ 10 และ 1 ไมโครกรัม (1.94 ± 0.03 , และ 1.44 ± 0.06 ไมโครกรัม ตามลำดับ) โดยกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) มีการสะสมแอสตาแซนธินต่ำที่สุด (0.85 ± 0.01 ไมโครกรัม) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับ Nakpun et al. (2013) ที่ศึกษาการเสริมแอสตาแซนธินในอาหารที่ระดับ 1.25, 3.75 และ 6.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร พบว่า กลุ่มที่เสริมแอสตาแซนธินที่ระดับ 6.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มีการสะสมแอสตาแซนธินและสีของไข่แดงสูงที่สุด ($P < 0.05$)

3. ผลของระดับแอสตาแซนธินในอาหารต่อปริมาณแอสตาแซนธินในไข่แดง ช่วง 4-5 สัปดาห์

ผลของระดับแอสตาแซนธินในอาหารต่อปริมาณสารแอสตาแซนธินในไข่แดง ช่วง 4-5 สัปดาห์ พบว่าการใช้อาหารที่เสริมแอสตาแซนธินที่ระดับต่างๆ ในช่วง 4-5 สัปดาห์ มีผลในลักษณะเดียวกับในช่วง 1-2 และ 3-4 สัปดาห์ โดยพบว่า การเสริมแอสตาแซนธินในอาหารที่ระดับต่างกันมีผลต่อการสะสมแอสตาแซนธินในไข่แดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมแอสตาแซนธินที่ระดับ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มีการสะสมแอสตาแซนธินสูงที่สุด (2.56 ± 0.05 ไมโครกรัม) รองลงมา ได้แก่ 10 และ 1 ไมโครกรัม (2.23 ± 0.02 , และ 1.16 ± 0.04 ไมโครกรัม) โดยกลุ่มควบคุม (0 เปอร์เซ็นต์) มีการสะสมแอสตาแซนธินต่ำที่สุด (0.85 ± 0.02 ไมโครกรัม) ดังแสดงใน Table 2

วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณสีของไข่แดงเกิดมาจากการสะสมสารสีในกลุ่มแคโรทีนอยด์จากอาหาร โดยสัตว์จะทำการย่อยและดูดซึมผ่านลำไส้เล็กไปยังเส้นเลือดดำไปสะสมในไข่แดง ซึ่งระดับของสีไข่แดงจึงขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารสีที่สัตว์ได้รับ (Niyomdecha & Khongsen, 2013) ซึ่ง Seantaweek et al. (2000) อธิบายว่า ระดับและปริมาณของสารสีแคโรทีนอยด์ในอาหารและในกระแสเลือดมีผลต่อปริมาณสารสีในไข่แดง สัตว์ที่ได้รับสารสีในปริมาณสูงจะส่งผลให้มีสารในเลือดและในไข่สูงขึ้น โดยการเพิ่มหรือเติมสารแซนโทฟิลล์ในอาหารที่ระดับ 1 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร อาหารมีผลทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้น 0.1308 ไมโครกรัม สอดคล้องกับ Nakpun et al. (2013) ศึกษาการเสริมแอสตาแซนธินในอาหารที่ระดับ 1.25, 3.75 และ 6.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร พบว่า กลุ่มที่เสริมแอสตาแซนธินที่ระดับ 6.25 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร มีการสะสมแอสตาแซนธินและสีของไข่แดงสูงที่สุด (5.41 ไมโครกรัม) ซึ่งพบว่าการสะสมแอสตาแซนธินสะสม เพิ่มขึ้น 24.32 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับ Ratananikom et al. (2019) ที่ศึกษาผลของการเสริมสารหว่ายสีโปรลูตินาในอาหารไก่ไข่ต่อสีของไข่แดง พบว่า ระดับสีของไข่แดงเพิ่มสูงขึ้นตามระดับของการเสริมสารหว่ายสีโปรลูตินาในอาหาร เนื่องจากสโปรลูตินามีการสะสมรงควัตถุกลุ่มแคโรทีนอยด์ในระดับสูง เมื่อไก่ไข่ได้รับสารสีแคโรทีนอยด์ในระดับสูงก็จะมีผลสะสมในไข่แดงสูงขึ้น (Seantaweek et al., 2000)

สรุป (Conclusion)

ระดับของแอสตาแซนธินมีผลต่อสีของไข่แดง การเสริมแอสตาแซนธินในอาหารที่ระดับ 100 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ทำให้ไข่แดงมีการสะสมแอสตาแซนธินสูงสุดและทำให้สีของไข่แดงเพิ่มขึ้นสูงสุด

เอกสารอ้างอิง (References)

- Cunningham, G. & Grosch, S. (2000). Cocoa bioactive compounds: significance and potential for the maintenance of skin health. *Nutrients* 204, 3202-3213.
- Hannarong, V., Khongsen, M., Boonkeaw, P. & Niyomdecha, A. (2022, May 25). Effects of *Bauhinia aureifolia* additive in feeds on yolk color in commercial hybrid layers.
<http://rms.pnu.ac.th/rdbms/fulltext>

- Ministry of commerce. (2022, May 22). Current situation and future trends 2020. <https://www.arda.or.th/south/shrimp/trends>
- Nakpun, A., Ruangpanit, Y., Attamangkune, A., Rattanatabtimtong, S. & Sirisuay, S. (2013). Effect of feeding krill meal on astaxanthin content of egg yolk and egg quality of laying hens fed low pigment diets. *Agricultural Sci. J. (Suppl.)*, 44 (1), 91-94.
- Niyomdech A. & Khongsen M. (2013). Metabolism and nutritional values of carotenoids on egg yolk color. *Princess of Naradhiwas University Journal, (Suppl.)*, 5(4), 112- 121. (in Thai)
- Noola-aong, J., Putsakul, A. & Poh-etae, A. (2022, May 25). Effect of supplementation *Curcuma longa* Linn in feed on production performance and egg quality of Japanese quail. <https://kukr.lib.ku.ac.th>
- Phetampron, W. & Bumee, R. (2022, July 13). Determination of astaxanthin from shrimp head with appropriate solvent. <https://research.kpru.ac.th>
- Ratananikom, K., Nasinporm, N. & Pongjongmit, T. (2019). Yolk color enhancement by *Spirulina platensis* supplementation in laying hen diet. *Khon Kaen Agr. J.* 47 (6), 1195-1202. (in Thai)
- Seantaweesuk, S., Kanto, U., Juttupornpong, S. & Attamankune, S. (2022, May 25). Efficacy of xanthophyll from marigold in layer diet. <https://kukr2.lib.ku.ac.th>
- Shahbandeh, M. (2022, May 25). Leading egg producing countries worldwide in 2020. <https://www.statista.com>
- Tanjor, S. (2022, May 25). Nutritive value of commonly consumed eggs and effects of cooking. <http://tujournals.tu.ac.th>

