ผลของการใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น (Effects of the use Black Soldier Fly larvae in feed formula on production efficiency and egg quality of Japanese quail)

อลงกรณ์ มาตขาว

Alonggorn Matkaw

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

ปัญหาราคาต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ที่ปรับตัวสูงขึ้น ซึ่งมีผลมาจากต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนหลักมีแนวโน้มของราคาที่สูงคิดเป็นต้นทุนค่าอาหารร้อยละ 60 ถึง 70 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น โดยทำการรวบรวมเอกสารวิชาการจำนวน 4 ฉบับ ตั้งแต่ปี ค.ศ 2019-2023 ซึ่งมีการใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารที่ระดับ 4-25% พบว่าปริมาณการกินได้ลดลงเมื่อมีการใช้หนอนแมลงวันลายที่ระดับ 8 และ 25% อย่างไรก็ตามการใช้หนอนแมลงวันลายที่ระดับ 4-25% ไม่ส่งผลกระทบเชิงลบต่อน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ปริมาณผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ เปอร์เซ็นต์ไข่ผิดปกติ อัตราการตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้หนอนแมลงวันลายส่งผลดีต่อดัชนีรูปร่างไข่ ดัชนีอัลบูมิล ความหนาของเปลือกไข่ ดัชนีไข่แดง และสีของไข่แดง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารได้ไม่เกิน 8-20% โดยไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น

คำสำคัญ : หนอนแมลงวันลาย ประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพไข่ นกกระทา

บทนำ

ในปัจจุบันการเลี้ยงสัตว์ปีกต้องเผชิญปัญหาราคาต้นทุนการผลิต ซึ่งมีผลมาจากต้นทุนการผลิตที่ปรับตัวสูงขึ้น ซึ่งมีผลมาจากต้นทุนค่าวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีนหลักมีแนวโน้มของราคาที่สูงขึ้นทั้งแหล่งโปรตีนจากพืชและสัตว์ เช่น กากถั่วเหลือง และปลาป่น เป็นต้นทั้งนี้ในต้นทุนการผลิตสัตว์ปีก คิดเป็นต้นทุนค่าอาหารร้อยละ 60 ถึง 70 ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด (Al-Qazzaz et al. 2016) จึงเป็นประเด็นให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตปศุสัตว์ให้ความสำคัญในการหาแหล่งโปรตีนทางเลือกชนิดใหม่ที่มาจากแมลง เช่น หนอนแมลงวันลาย จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบัน (Secci et al. 2018) เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนศาสตร์อยู่ในระดับสูง

แมลงวันลาย Black Soldier Fly (BSF) โดยมีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ Hermetia illucens (L.), (Diptera:Stratiomyidae) แมลงวันลายสามารถพบได้ทั่วโลกทั้งในเขตอบอุ่น และเขตร้อนชื้น (Wang and Shelomi, 2017) โดยวัฎจักรชีวิตของแมลงวันลายเริ่มจาก ระยะไข่ ใช้เวลาประมาณ 3-4 วัน ระยะตัวหนอน ใช้เวลาประมาณ 14-18 วัน โดยช่วงนี้หนอนแมลงวันลายจะกินมูลสัตว์ อาหารหมัก หรือขยะอินทรีย์เป็นอาหารก่อนที่จะเข้าสู่ระยะดักแด้ซึ่งระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 10-15 วัน และระยะสุดท้ายคือระยะโตเต็มวัย (Figure 1) ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ผลิตได้นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 37.8 ถึง 47.6 สำหรับเปอร์เซ็นต์โปรตีน และปริมาณไขมันมีค่าอยู่ในช่วง 12.9 ถึง 41.7 สำหรับเปอร์เซ็นต์ไขมัน (Mutafel et al. 2015) (Table 1) แมลงวันลายดำอุดมไปด้วยกรดลอริกและรายงานว่าเป็นแหล่งลิพิดที่เหมาะสมในอาหารสัตว์ปีก (Kieronczyk et al. 2020) และคาดว่าอาจมีมูลค่าที่สูงขึ้นกว่าเดิมอีกด้วยเพราะปัจจุบันประเทศไทยต้องนำเข้ากากถั่วเหลืองมาจากต่างประเทศ จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตอาหารสัตว์สูงมากขึ้น การที่สามารถผลิตหนอนแมลงวันลายได้จะช่วยลดทุนในการผลิตอาหารสัตว์ และเพิ่มโปรตีนให้กับอาหารสัตว์อย่างมหาศาล ปัจจุบันเริ่มมีโรงงานการผลิตที่ใช้หนอนแมลงโปรตีนในแถบเอเชียเพิ่มขึ้น เช่น เวียดนาม ยิ่งทำให้ความน่าสนใจในหนอนแมลงโปรตีนมีเพิ่มขึ้น

ดังนั้นสัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น

Table 1. Composition of Black Soldier Fly (BSF)

Component	Kaplan et al. (2023)	Suparman et al. (2020)	Dalle Zotte et al. (2019)
Crude protein (%)	20.29%	20.01%	19.5%
Crude fat (%)	1.86%	6.47%	5.37%
Ca (%)	2.48%	1.84%	3.36%
P (%)	0.34%	0.95%	0.36%
Metabolisable energy (kcal/kg)	2,929	2,772	1,580

The life cycle of the black soldier fly (Hermetia illucens)

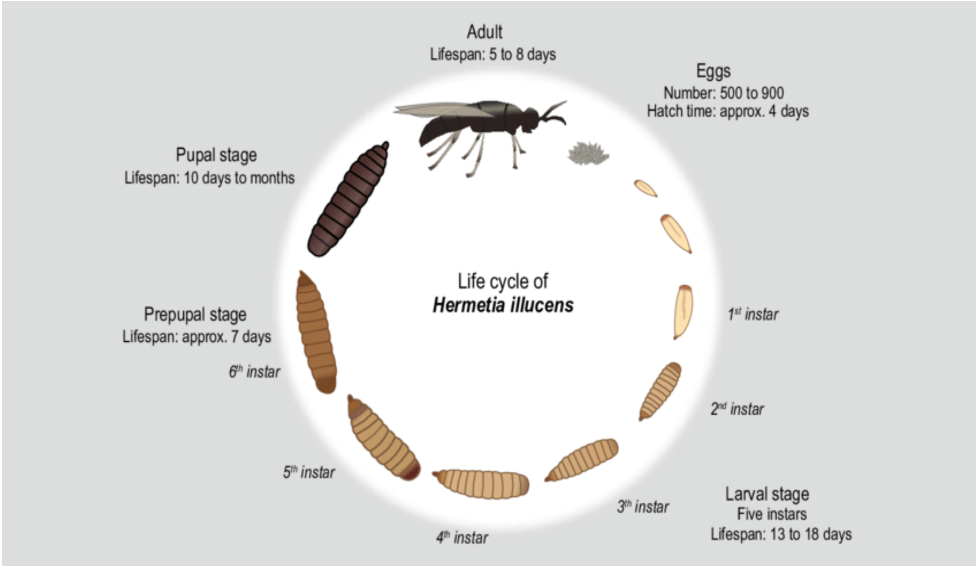

Figure 1. The life cycle of the black soldier fly (Hermetia illucens) (modified from De Smet et al., 2018).

ผลของการใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตนกกระทาญี่ปุ่น

Kaplan et al. (2023) ผลของการใช้ตัวอ่อนหนอนแมลงวันลายที่บดแห้ง Black Soldier Fly larvae (BSF;Hermetia illucens L.) ในสูตรอาหารของนกกระทาญี่ปุ่น Japanese quail (coturnix coturnix japonica) โดยมีการใช้ระดับ BSF 0%, 4%, และ 8% ผสมเข้ากับอาหารสำเร็จรูปทางการค้า จากผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ใช้ระดับ BSF 4%, และ 8% มีปริมาณการกินได้ลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) นอกจากนี้กลุ่มที่ใช้ระดับ BSF 4%, และ 8% ไม่พบความแตกต่างกันของน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง ปริมาณผลผลิตไข่ มวลไข่ น้ำหนักไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) Table 2 เนื่องจากสารไคติน (Chitin) ในเปลือกนอกของแมลงวันลายส่งผลกระทบทำให้สัตว์ปีกย่อยได้ยากขึ้นเนื่องจากสัตว์ปีกส่วนใหญ่ไม่มีเอนไซม์ที่เรียกว่า ไคติเนส (Chitinase) ที่สามารถย่อยสลายไคตินได้ สารไคติน (Chitin) จึงส่งผลให้ไก่กินอาหารน้อยลง Dörper et al. (2021) สอดคล้องกับงานของ Dalle Zotte et al. (2019) โดยมีการใช้ระดับ BSFL ปราศจากไขมัน 10%, และ 15% ผสมเข้ากับอาหารสำเร็จรูปทางการค้า จากผลการทดลองพบว่าการใช้ระดับ BSFL 10%, และ 15% ไม่ส่งผลกระทบต่อจำนวนไข่ ปริมาณผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ไข่ที่ผิดปกติ อัตราการตาย และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ (P>0.05) Table 5 ซึ่งขัดแย้งกับงานของ Mat et al. (2021) โดยมีการใช้ระดับ BSFL 0% (กลุ่มควบคุม), 15%, 20%, และ 25% ผสมเข้ากับอาหารสำเร็จรูปทางการค้า จากผลการทดลองพบว่าการใช้ระดับ BSFL 25% มีปริมาณการกินได้เฉลี่ยลดลง ในขณะเดียวกันในกลุ่มทดลองที่ใช้ BSFL 15%, 20%, และ 25% มีผลดีต่ออัตราการเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยต่อวัน น้ำหนักตัว น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักไข่ ปริมาณผลผลิตไข่ และอัตการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่เมื่อเทียบกับกลุ่ม

ควบคุม (P<0.05) Table 3 เนื่องจาก BSFL มีปริมาณไขมันสูง ซึ่งสามารถให้พลังงานสูงทำให้นกกระทาได้รับพลังงานเพียงพอแม้จะบริโภคอาหารในปริมาณที่น้อยลง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้การบริโภคอาหารลดลงแต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตและการผลิต Widjastuti et al. (2014) และสอดคล้องกับงานของ Suparman et al. (2020) โดยมีการใช้ระดับ BSFL ระดับ P0 : (กลุ่มควบคุม) P1 : (หนอนแมลงวันลาย 3.18% ปลาป่น 6.67%) P2 : (หนอนแมลงวันลาย 6.37% ปลาป่น 3.34%) P3 : (หนอนแมลงวันลาย 9.56% ปลาป่น 0%) โดยผสมเข้ากับอาหารสำเร็จรูปทางการค้า จากผลการทดลองพบว่าการใช้ระดับ BSFL ที่ระดับ P3 และ P2 มีปริมาณผลผลิตไข่ลดลงกว่าการทดลอง P1 เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) Table 4 จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายได้ระดับ 8-20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตนกกระทาญี่ปุ่น

Table 2. The effect of dietary different levels of Black Soldier Fly (BSF) on the performance parameters of breeder Japanese quails

Parameters	Control	BSF 4 %	BSF 8 %	P-Value
Body weight change (g)	16.222 ± 3.16	17.792 ± 4.41	18.931 ± 3.38	0.874
Feed intake (g)	26.55 ± 0.32^{A}	24.90 ± 0.31^{B}	24.89 ± 0.31^{B}	0.003
Egg production (%)	85.21 ± 1.48	83.53 ± 0.71	83.43 ± 0.49	0.382
Egg mass (g/quail/day)	10.06 ± 0.22	10.17 ± 0.26	10.14 ± 0.18	0.932
Egg weight (g)	11.818 ± 0.288	12.179 ± 0.268	12.162 ± 0.209	0.548
Feed conversion ratio	2.64 ± 0.07	2.45 ± 0.05	2.45 ± 0.05	0.073

A,B:The differences indicated by different letters on the same row are statistically significant, P<0.05

References: kaplan et al. (2021)

Table 3. Effect of dietary treatments with different percentage of BSFL on growth performance of Japanese quails

Parameters	0% BSFL	15% BSFL	20% BSFL	25% BSFL	P-Value
ADFI (g)	6.5±0.14^{b}	5.0±0.74^{b}	6.9±0.7^{b}	3.3±0.27^{a}	0.050
ADG (g)	2.1±0.22^{a}	2.8±0.10^{a}	3.4±0.01^{b}	3.3± 0.19^{b}	0.050
WG (g)	14.7±1.57^{a}	19.5±0.73^{a}	24.3±0.19^{b}	30.6±1.34^{c}	0.050
BW (g)	125.9±8.49^{a}	135.4±21.54^{ab}	144.4±8.78^{b}	161.1±3.87^{c}	0.034
Number of eggs	41.0±1.0 ^{a}	50.0±3.6^{b}	47.3±4.0^{ab}	66.0± 4.4^{c}	0.036
Egg weight (g)	10.6±0.1^{a}	11.3±0.2^{b}	11.8±0.2^{c}	12.8± 0.4^{d}	0.050
FCR	3.8±0.76^{c}	2.4±0.98^{b}	2.9±0.47^{b}	1.0±0.76^{a}	0.020

A,B:The differences indicated by different letters on the same row are statistically significant, P<0.05

References: Mat et al. (2021)

Table 4. Egg production of quail eggs age 6-13 weeks.

Variable	P0	P1	P2	P3	P-Value
Egg Production (%)	64.53±8.37^{a}	66.40±2.72^{a}	51.13±5.82^{b}	44.80±2.78^{b}	(P<0.05)
Egg Weight (g)	10.70±0.32	10.72±0.19	10.59±0.46	10.58±0.37	(P>0.05)

P0= Ration with out the addition of BSF larvae meal; P1= BSF Larvae meal 3.18% (6.67% fish meal crude protein); P2= BSF Larvae meal 6.37% (3.34% fish meal crude protein); P3= BSF Larvae meal 9.56% (0% fish meal crude protein).

The same superscript in the same line shows no significant difference at the Duncan test level of 5% (P<0.05).

Source : Suparman et al. (2020)

Table 5. Effect of the dietary inclusion of 0% (Control), 10% (BSF10) and 15% (BSF15) defatted BSF larvae meal on the productive performance of laying quails.

Items	Control	BSF10	BSF15	Significance	RSD1
Total eggs,n.	392	381	379	ns	43.4
Egg production (%)	75.5	75.5	73.4	ns	7.41
Average egg weight (g)	14.3	14.6	14.4	ns	0.39
Defected eggs (%)	1.71	2.10	2.74	ns	1.59
Mortality (%)	4.00	9.33	5.33	ns	5.84
Feed conversion ratio	3.60	3.40	3.40	ns	0.32

References: Dalle Zotte et al. (2019)

ผลของการใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารนกกระทาญี่ปุ่นต่อคุณภาพไข่

Kaplan et al. (2023) จากผลการทดลองพบว่าระดับ BSF 4%, และ BSF8% พบว่าความหนาของเปลือกไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ อัตราส่วนของเปลือกไข่ และดัชนีไข่แดง ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) ในแง่ของดัชนีรูปร่างไข่ ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม BSF 4%, และ BSF8% แต่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม BSF 4%, เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P<0.05) และดัชนีอัลบูเมน พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม BSF 8% เมื่อเทียบกับควบคุม แต่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม BSF 4% เมื่อเทียบควบคุม (P<0.05) Table 6 เนื่องจาก Black Soldier Fly (BSF) มีปริมาณโปรตีนสูง (40-50%) รวมถึงกรดอะมิโนที่จำเป็นที่มีคุณค่าทางโปรตีนสูงสามารถสร้างเปลือกไข่ที่แข็งแรงและโครงสร้างไข่ที่สมบูรณ์มากขึ้น ส่งผลให้รูปร่างของไข่มีความสมบูรณ์ ส่งผลต่อดัชนีอัลบูมิลในทางบวก และส่งผลให้รูปร่างของไข่มีความสมบูรณ์ส่งผลต่อดัชนีรูปร่างไข่ ในทางบวกเนื่องจากไข่ขาวประกอบไปด้วยโปรตีนหลักๆ จากหนอน BSF มีกรดอะมิโนที่จำเป็นในการเสริมสร้างปริมาณและคุณภาพของไข่ขาว การให้สัตว์ปีกได้รับโปรตีนจากหนอน BSF จะช่วยให้ไข่ขาวมีความหนืดและปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ดัชนีอัลบูมิน (Albumen index) สูงขึ้น Makkar et al. (2014) สอดคล้องกับงานของ Mat et al. (2021) จากผลการทดลองพบว่าการใช้ระดับ BSF 15%, 20%, และ 25% ไม่มีผลกระทบต่อความหนาของเปลือกไข่ (P>0.05) Table ซึ่งขัดแย่งกับงานของ Dalle Zotte et al. (2019) จากผลการทดลองพบว่าการใช้ระดับ BSF10%, และ 15% มีความแตกต่างกันของดัชนีรูปร่างไข่ น้ำหนักเปลือกไข่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกไข่ ความหนาของเปลือกไข่ และสีของไข่แดง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) ในขณะเดียวกันกลุ่มที่ได้รับ BSF10%, และ 15% ไม่พบความแตกต่างของอัลบูมิล เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) Table 9 เนื่องจากการย่อยอาหารและการควบคุมค่า pH ในร่างกายสัตว์การเปลี่ยนแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ปีกจากแหล่งดั้งเดิมเป็น BSF อาจไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยอาหารที่มีอิทธิพลต่อ pH ของไข่

ขาว เนื่องจากร่างกายสัตว์มีระบบควบคุมค่า pH ภายในร่างกายที่สมดุลอยู่แล้ว Cullere et al. (2019) และสอดคล้องกับงานของ Suparman et al. (2020) จากผลการทดลองพบว่าการใช้ระดับ BSF ที่ระดับ P1 P2 และP3 ไม่ส่งผลกระทบต่อสีของไข่แดง และดัชนีไข่แดงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P>0.05) Table 8 จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายได้ระดับ 8-20% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพไข่

Table 6. The effect of dietary different levels of BSF on the egg quality of breeder Japanese quails

Parameters	Control	BSF 4 %	BSF 8 %	P-Value
Egg shell thickness (mm)	0.229 ± 0.008	0.221 ± 0.002	0.214 ± 0.001	0.135
Egg shell weight (g)	1.116 ± 0.084	1.103 ± 0.031	1.144 ± 0.017	0.856
Egg shell ratio (%)	9,453 ± 0.579	9,111 ± 0.274	9,472 ± 0.298	0.783
Egg shape index (%)	75.611 ± 0.328^{b}	77.337 ± 0.378^{a}	76.658 ± 0.571^{ab}	0.042
Albumen index (%)	6.3208 ± 0.163^{a}	5.6983 ± 0.102^{b}	6.0176 ± 0.130^{ab}	0.017
Egg yolk index (%)	47.052 ± 1.02	44.550 ± 1.59	48.430 ± 0.334	0.072

a,b The differences indicated by different letters on the same line are statistically significant, P<0,01

References: Kaplan et al. (2023)

Table 7. Effect of dietary treatments with different percentage of BSFL on egg quality of Japanese quails

Parameters	0% BSFL	15% BSFL	20% BSFL	25% BSFL	p-value
Shell thickness (μm)	0.2±0.1	0.3±0.3	0.22±0.0	0.2±0.1	0.31

References: Mat et al. (2021)

Table 8. Egg physical quality of quail eggs age 6-13 weeks

Variable	P0	P1	P2	P3
Egg Shell Thickness (mm)	0.202±0.004^{a}	0.208±0.004^{a}	0.202±0.004^{a}	0.192±0.004^{b}
Egg Yolk Index	0.45±0.01	0.44±0.01	0.44±0.01	0.44±0.01
Egg Yolk Color	7.71±0.46	7.60±0.16	7.91±0.14	8.00±0.61

Note: The same superscript in the same line shows on significant difference at the Duncan test level of 5% (P>0.05)

References: Suparman et al. (2020)

Table 9. Effect of the dietary inclusion of 0% (Control), 10% (BSF10) and 15% (BSF15) defatted BSF larvae meal on eggs physical traits

Physical Attributes	Control	BSF10	BSF15	Significance	RSD
Egg shape index (%)	75.3^{B}	76.3^{A}	76.3^{A}	<0.01	3.27
Shell weight (g)	1.44^{B}	1.51^{A}	1.52^{A}	<0.001	0.16
Shell thickness (mm)	0.214	0.210	0.213	<0.05	0.02
Shell percen tage	10.1^{B}	10.4^{A}	10.5^{A}	<0.001	1.02
Albumen pH	9.16	9.15	9.18	ns	0.23
Yolk colour	4.99^{B}	5.57^{Ab}	5.81^{Aa}	<0.001	0.92

a–b Means in the same row with different superscript letters differ for p<0.05

References: Dalle Zotte et al. (2019)

สรุป

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสามารถใช้หนอนแมลงวันลายในสูตรอาหารได้ไม่เกิน 8-20% โดยไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น

เอกสารอ้างอิง

Al-Qazzaz, M. F., & Ismail, D. B. (2016). “Insect meal as a source of protein in animal diet”. **Animal Nutrition and Feed Technology.** 16 (3): 527-547.

Cullere, M., Schiavone, A., Dabbou, S., Gasco, L., & Dalle Zotte, A. (2019). “Meat quality and sensory traits of finisher broiler chickens fed with black soldier fly (Hermetia illucens L.) larvae fat as alternative fat source”. **Animals**. 9 (4): 140.

Dörper, A., Veldkamp, T., & Dicke, M. (2021). “Use of black soldier fly and house fly in feed to promote sustainable poultry production”. **Journal of Insects as Food and Feed.** 7 (5): 761-780.

Dalle Zotte, A., Singh, Y., Michiels, J., & Cullere, M. (2019). “Black soldier fly (Hermetia illucens) as dietary source for laying quails: live performance, and egg physico-chemical quality, sensory profile and storage stability”. **Animals.** 9 (3): 115.

Kaplan, A., & Göçmen, R. (2023). “Effects of Supplementation Black Soldier Fly Larvae (Hermetia illucens L.) to The Diets of Breeder Japanese Quails on Performance, Egg Quality, and Incubation Parameters”. **Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences.** 37 (3): 524-530.

Kierończyk, B., Rawski, M., Stuper-Szablewska, K., & Józefiak, D. (2022). “First report of the apparent metabolisable energy value of black soldier fly larvae fat used in broiler chicken diets”. **Animal.** 16 (11): 100656.

Mat, K., Mohamad, N. A. S., Rusli, N. D., Rahman, M. M., Hasnita, C. H., Al-Amsyar, S. M., & Mahmud, M. (2021). “Preliminary study on the effect of feeding Black Soldier Fly Larvae (BSFL) on growth and laying performance of Japanese Quail (Cortunix japonica)”. **International Journal of Agricultural Technology.**

Mutafela, R. N. (2015). “High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion: onsite pilot study”.

Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). “State-of-the-art on use of insects as animal feed”. **Animal feed science and technology.** 197: 1-33.

Purwanti, S., & Nahariah, N. (2020, April). “Substitution of fish meal with black soldier fly larvae (Hermetia illucens) meal to eggs production and physical quality of quail (Coturnix coturnix japonica) eggs”. **In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 492, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.**

Secci, G., Bovera, F., Nizza, S., Baronti, N., Gasco, L., Conte, G., ... & Parisi, G. (2018). “Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean”. **Animal.** 12 (10): 2191-2197.

Wang, Y. S., & Shelomi, M. (2017). “Review of black soldier fly (Hermetia illucens) as animal feed and human food”. **Foods.** 6 (10): 91.

Widjastuti, T., Wiradimadja, R., & Rusmana, D. (2014). “The effect of substitution of fish meal by black soldier fly (Hermetia illucens) maggot meal in the diet on production performance of quail (Coturnix coturnix japonica)”.