

## Egg Quality Characteristics of Layer Chickens Reared with *Tenebrio molitor* Larvae

Do Hyeong Kim<sup>1</sup>, Dong Hyun Kim<sup>1</sup>, Hyun Woo Park<sup>2</sup>, Jin Kwon Kim<sup>3</sup>, Sam Woong Kim<sup>4</sup>, Tae Wan Kim<sup>5</sup>, Byeong Jin Lee<sup>5</sup>, Daniel Son<sup>5</sup> and Il-Suk Kim<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Noryang Elementary School, 60, Jemendang-gil, Geumnam-myeon, Hadong-gun, Gyeongnam 52352, Korea

<sup>2</sup>Mookgye Elementary School Cheongam Branch Office, 716, Cheonghak-ro, Cheongam-myeon, Hadong-gun 52310, Korea

<sup>3</sup>City & Farmer, 3937-17, Jirisan-daero, Sancheong-gun, Gyeongnam 52259, Korea

<sup>4</sup>Gene Analysis Center, Gyeongnam National University of Science & Technology, Jinju 52725, Korea

<sup>5</sup>Department of Animal Resources Technology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Gyeongnam, Jinju 52725, Korea

Received May 28, 2020 / Revised October 6, 2020 / Accepted October 7, 2020

This study examined the characteristics of eggs obtained from layer chickens reared with feed that included *Tenebrio molitor* larvae, which were in turn bred using feed that included dried food waste powder. The eggs showed a tendency to be slightly thinner in the treated groups, but the Haugh unit indicating freshness was higher in the treated groups than the control group, and the 5% larval-treated group showed the highest value. The color of the yolk tended toward higher redness, lower brightness, and lower yellowness in the 5%-treated group, which also showed similar crude fat and protein values to the control group; the 10%- and 15% larval-treated groups had lower crude fat and protein values, although the carbohydrate content was higher. Structural amino acids in the treated groups showed a higher ratio of non-essential amino acids to essential amino acids than the control. The polyphenol content, which is an index of antioxidants, was highest in the 5%-treated group, and it is thought that this may affect the storage and antioxidant properties of the eggs. Thus, when employed with a feed source to maintain high protein and high fat, *T. molitor* larvae may cause critical changes in the nutrient content of eggs and improve their freshness.

**Key words** : Egg quality, feed, food waste dried powder, larvae, layer chicken, *Tenebrio molitor*

### 서 론

국내에서 생산되는 계란은 대부분 껍데기가 있는 형태로 유통이 되고 있으며, 가정 및 식당의 식재료 등으로 이용되고 있다. 일부 제과나 제빵의 원료로 이용되는 계란은 껍데기를 제거한 액상 형태로 유통되고 있다. 국민 소득과 경제 수준 향상으로 소비자는 양질의 계란을 요구하는 경향이 증가되고 있다. 따라서 식용 가금류에 대한 기능성 사료 첨가제는 동물이나 인간에게 안전성이 우선적으로 보장된 물질이어야 된다. 최근 산업 곤충 분야가 급성장하고 있는 추세이며, 농촌진흥청에서 미래의 식량 및 사료자원으로써 활발하게 연구가 수행되고 있다[6, 19].

갈색거저리를 포함하는 산업용 곤충은 종(species) 및 서식에 따라 영양분의 함량 차이가 있을 수 있다[17, 18]. 일반적

으로 영양소로는 건조 중량 대비 조단백질 함량이 50~60% 정도로 높게 함유되어 있어 양질의 단백질 공급원이며, 그 밖에 조지방은 8.1%에서 평균적으로 22%이고 많게는 59%의 함량을 보인다[17, 18]. 또한, 섬유소는 4.9~12.1%를 함유하고 있으며, 무기질(Fe, Ca, Zn)과 비타민 B군 등이 함유되어 있다[17, 18]. 특히, 갈색거저리 유충은 단백질 47.7~65.29%, 조지방 14.88~38.07%, 섬유소 5~20.22%, Ca 47.118~63.64 mg/100 g, K 761.54~936.64 mg/100 g, Mg 166.94~221.54 mg/100 g, P 697.44~763.09 mg/100 g, vit C 3.15~36.10 mg/100 g, vit B5 3.72~6.88 mg/100 g, vit B7 78.74~94.87 mg/100 g 등으로써 일반적으로 곤충이 보유하고 있는 영양소는 모두 평균 값 내에서 보유한 것으로 나타나고 있다[18]. 이러한 식용 곤충은 식량 공급원의 다양성 확보 측면과 가축에 의한 단백질 식품 공급에 한계성을 극복하기 위한 중요한 대안 식품 및 사료용으로 관심을 받고 있다[21]. 가금류에서는 메뚜기, 귀뚜라미, 바퀴벌레 딱정벌레, 예벌레 등을 사용하여 오고 있지만[21], 가금 사양 관련 및 계란에 미치는 영향 등에 대해 체계적인 연구가 매우 미흡하다.

따라서 본 연구에서는 음식물건조분말에 의해 사육된 식용 곤충인 갈색거저리 유충 분말을 산란계의 사료 중에 5~15% 범위로 첨가하였을 때 계란의 품질 특성에 미치는 영향을 분석하기 위해 수행하였다.

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-751-3288, Fax : +82-55-751-3280

E-mail : [iskim@gntech.ac.kr](mailto:iskim@gntech.ac.kr)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 재료 및 방법

### 갈색거저리 및 산란계 사육

공시중인 갈색거저리는 도시와농부 곤충사육실(16L:8D, 25±2℃, 60±5% RH)에서 가정 음식물폐기물(진주지역)을 건조하여 분말을 사용하여 사육하였다. 투명한 폴리프로필렌(polypropylene) 재질의 직사각형(400×320×180 mm) 용기에 성충 암수 100쌍을 넣어 산란한 알에서 부화한 유충을 이용하였다. 유충의 발달 단계에 따라서 크기가 다른 폴리프로필렌 직사각형(268×193×127 mm, 285×220×200 mm 및 400×320×180 mm) 용기를 이용하여 사육을 하였다. 갈색거저리 유충은 사육말기에 3일간 절식한 후 100℃에서 5분간 가열하여 건조는 55℃ 24시간 열풍건조기(HJ120, Green Farm Co., Daegu, Korea)로 건조하여 분쇄기(DSMP-370A SUS, Duksan Co., Siheung, Gyeonggido, Korea)로 25 메쉬로 분쇄하여 사료원으로 사용하였다.

산란계로써 25주령 갈색 산란계 하이브라운은 그룹당 10마리씩으로 나누어 시험에 사용하였다. 음식물폐기물로 사육된 갈색거저리 유충분말을 산란계용 사료(산란초기, 김해축협)에 0, 5, 10, 15%(w/w)로 각각 혼합하여 8주간 급여 하였다.

### 계란의 물리적 특성 측정

계란의 물리적 특성을 평가하기 위하여 각 처리구당 임의로 10개씩 수집하여 총 중량, 난각 중량, 난백 높이, 난각 두께, 난각 강도를 측정하였으며, Haugh unit을 산출하였다. 계란의 총 중량은 표면의 이물질을 제거한 후 전자저울로 직접 측정하였으며, 난각의 중량은 계란을 깨뜨려 내용물을 모두 제거한 후 껍질의 중량을 전자저울로 측정하였다. 난백의 높이는 내경이 150 mm인 Petri dish에 난황이 터지지 않도록 계란을 깨뜨린 후 난황의 가장자리에서 1 cm 떨어진 곳의 농후난백 높이를 측정하였다. 난각 두께는 버니어 캘리퍼스를 이용하여 무작위로 난각의 2부분을 측정하여 평균값을 사용하였다.

난각 강도는 Texture analyzer (TA-XT Express, Micro stable system, Surrey, England)를 이용하여 경도(hardness)를 측정하였으며, 이때 분석 조건은 pre-test speed 1.0 mm/s, trigger force 30.0 g, test speed 1.0 mm/s, return speed 1.0 min/s, test distance 1.0 mm, probe는 SMS P/36R의 35 mm stainless cylinder를 사용하였다. Haugh unit은 난중(W, g)과 농후난백 높이(H, mm)를 측정하여 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{Haugh unit (HU)} = 100 \log [H - (1.7W^{0.37}) + 7.57]$$

### 난황의 색도 측정

난황의 색도는 색차계(Chroma meter, CR-301, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 10회 이상 반복 측정하였으며, 명도(lightness)를 나타내는 L\*값과 적색도(redness)를 나타내는 a\*값, 황색도(yellowness)를 나타내는 b\*값을 측정하였으며, 전

체적인 색차는  $\Delta E$  값으로 나타내었다. 이때 표준색판의 L\*값은 96.03, a\*값은 0.79, b\*값은 0.62였다.

### 일반성분 분석

계란의 일반성분 분석으로 수분은 105℃ 상압가열건조법, 회분은 550℃ 직접회화법, 조지방은 soxhlet 추출법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법으로 각각 측정하였다[1].

### 구성아미노산 정량

계란의 구성아미노산은 분해용 시험관에 시료 0.3 g을 정확히 측정 후 6 N 염산 3 ml (Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 가하고 질소가스를 7분간 충전시킨 후 밀봉하여 110℃의 heating block에서 24시간 이상 가수분해한 후 냉각하였다[8]. 이를 Whatman No. 1 여과지(Whatman, Munich, Germany)로 여과한 후 40℃ 이하의 조건에서 회전식 진공증발기를 사용하여 농축·건조시켰다. 여기에 pH 2.2 sodium citrate (Sigma Aldrich Co.) 완충 용액을 가하여 10 ml로 정용한 다음, 0.2  $\mu\text{m}$  membrane filter (Whatman, Munich, Germany) 및 sep-pak C<sub>18</sub> cartridges (Waters Co., Milford, MA, USA)를 차례로 통과시킨 후 아미노산 자동분석기(Amino acid analyzer 835, Hitachi, Tokyo, Japan)로 분석하였다[3].

### 총 페놀 화합물 정량

계란의 총 페놀 화합물을 정량하기 위하여 계란 20 g을 칭량하여 80% 메탄올(Sigma Aldrich Co.)을 가하여 30분간 추출한 다음 원심분리하여 여과하였다. 여기 20% TCA (Sigma Aldrich Co.) 용액을 동량으로 가하여 제단백화시킨 것을 시료액으로 사용하였다[5]. 즉, 시료액 1 ml에 Folin-ciocalteu 시약(Sigma Aldrich Co.) 0.5 ml, 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액(Sigma Aldrich Co.) 1 ml를 차례로 넣고 10초간 혼합한 후 실온의 암실에서 1시간 동안 반응시켜 시료 무침가구를 대조로 하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 총 페놀 화합물 함량은 표준물질로써 gallic acid (Sigma Aldrich Co.)를 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로부터 계산하였다.

### 통계분석

반복 실험을 통하여 얻은 결과는 SAS program (V. 9.2, Cary, NC, USA)를 사용하여 분산분석 하였으며, 시료에 대한 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료의 분석결과에 대한 유의성 검정은 분산분석을 한 후  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test (DMRT)를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 계란의 물리적 특성

갈색거저리 유충 분말을 기본 사료에 대해 대조군(Con-

trol), 5% 급이군 (I), 10% 급이군 (II) 및 15% 급이군(III) 수준으로 8주간 급이한 산란계에서 얻은 계란의 물리적 특성을 측정 한 결과는 Table 1과 같다. 계란의 총 중량은 대조군에서 66.31 g이었으며, 10% 급이군에서 71.45 g로 대조군 보다 높은 것으로 나타났다. 난각 두께는 대조군에서 0.47 mm이었는데, 유충 분말을 10~15% 급이군에서는 0.40~0.41 mm로 대조군에 비해 낮은 값을 보였다. 농후난백 높이와 난각 두께는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 갈색거저리 유충 분말을 급이하여 얻은 계란의 Haugh 지수는 82.74~84.52%의 범위로, 이는 대조군 (78.43)에 비해 높았다. 5%(I) 및 15%(III) 급이군은 10% 급이군 (II)에 비해서도 높게 형성되었다. 계란의 경도는 갈색거저리 유충 분말 10% 급이군(II)에 비해 5%(I) 및 15% 급이군(III)에서 유의적으로 높았다. 국내에서 판매되는 계란의 중량 등급은 주로 총 중량에 따라 중란(44~58 g), 대란(52~60 g), 특란 (60~68 g), 왕란(69 g 이상)으로 구분되고 있기 때문에, 본 연구에서 갈색거저리 유충 분말의 급이로 생산된 계란은 대조군, 5% 및 15% 급이군(I과 III)은 특란의 규격에 적합한 반면에, 10% 급이군(II)는 왕란의 규격에 적합한 것으로 나타났다.

우리나라에서 계란의 유통 시 식량의 난백계수 기준은 0.06 정도이며, 79 이상의 Haugh unit은 우수한 식탁용 계란 및 신선난의 기준이 되며, 55 이상은 일반적인 식탁용 계란의 기준으로 알려져 있다[7]. 본 연구에서 농후난백의 높이 측정은 유의성이 나타나지 않아 평가가 불가능하였지만, Haugh unit 측정 결과 명확하게 계란의 신선도에 영향을 미치는 것으로 나타나기 때문에 향후 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

산란계의 사료 중 조단백질의 함량 차이에 따른 영향 평가에서 계란의 총 중량은 사료 중 조단백질의 첨가량이 증가됨에 따라 증가되었으나 Haugh unit은 직선적으로 감소하였다 [4]. 본 연구에서 산란계에 갈색거저리 유충 분말의 급이가 총 중량에 영향을 미치는 것으로 나타나고 있지만, 갈색거저리

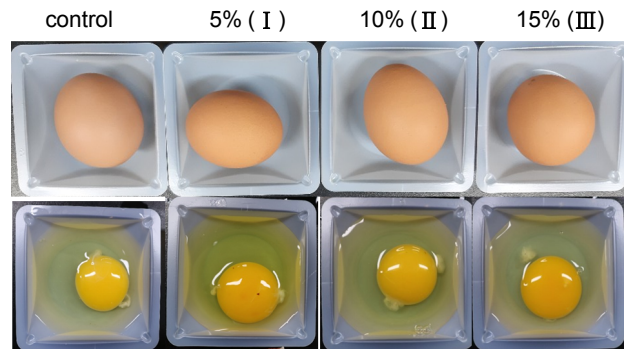


Fig. 1. Eggs derived from layer chicken fed with *T. molitor* larvae. The *T. molitor* larvae were reared with food waste dried powder. Layer chickens were reared by the feed supplemented with the larvae.

유충 분말 급이에 따른 함량과 비례관계에 있지는 않았다. 또한, Haugh unit도 변화가 유발되었지만, 반비례 관계가 성립되지 않았기 때문에 향후 보다 자세한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

**난황의 색도**

갈색거저리 유충 분말을 사료 중 5%(I), 10%(II) 및 15%(III) 수준으로 8주간 급이한 산란계에서 얻은 계란의 난황 색도를 색차계로 측정한 결과는 Table 2와 같다. 색차계에서 나타난 결과와 실제 육안으로 보이는 난황 색도를 비교해 볼 때 명도 및 황색도가 높은 10(II)과 15(III)에서 더 밝게 나타나는 반면에 적색도가 높은 5%(I)는 약간 어둡게 보였다. 그러나 모두 대조군에 비교하여 약간 어둡게 관찰되었다(Fig. 1). 명도 (lightness, L\*)는 대조군에서 64.67이었으며, 갈색거저리 유충 분말의 5% 급이군(I)에서는 58.62로 대조군, II, III에 비해 낮았다. 적색도(redness, a\*)는 음의 값을 나타내어 이는 적색이 거의 없으며 오히려 녹색에 가깝다는 것을 의미하는데, 대조군

Table 1. Physical properties in the egg from laying hens supplemented with *T. molitor* larvae powder

	Control	Feed groups supplemented with <i>T. molitor</i> larvae powder		
		I	II	III
Egg weight (g)	66.31±4.40 <sup>a</sup>	65.09±5.18 <sup>a</sup>	71.45±2.27 <sup>b</sup>	64.96±2.84 <sup>a</sup>
Egg shell weight (g)	8.72±0.48 <sup>NS</sup>	8.93±0.54	8.67±0.59	8.53±0.33
Albumen height (mm)	6.50±0.76 <sup>NS</sup>	7.38±0.92	7.38±0.74	7.25±1.04
Egg shell thickness (mm)	0.47±0.05 <sup>b</sup>	0.44±0.04 <sup>ab</sup>	0.40±0.05 <sup>a</sup>	0.41±0.05 <sup>a</sup>
Haugh unit	78.15±1.42 <sup>a</sup>	84.52±1.47 <sup>c</sup>	82.74±0.63 <sup>b</sup>	83.93±0.81 <sup>c</sup>
Egg shell breaking strength (g/cm <sup>2</sup> )	4,533.28±1211.87 <sup>ab</sup>	4,654.05±777.98 <sup>b</sup>	3,698.59±548.54 <sup>a</sup>	4,931.1±566.17 <sup>b</sup>

Control: group not supplemented with *T. molitor* powder in the diet

I : group supplemented with 5% of *T. molitor* larvae powder in basal feed

II : group supplemented with 10% of *T. molitor* larvae powder in basal feed

III : group supplemented with 15% of *T. molitor* larvae powder in basal feed

All values are mean ± SD (n=10~15)

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

NS: not significant.

Table 2. The colour intensity in the egg yolk from laying hens supplemented with *T. molitor* larvae powder

	Control	Feed groups supplemented with <i>T. molitor</i> larvae powder*		
		I	II	III
Lightness (L*)	64.67±1.99 <sup>b</sup>	58.62±2.32 <sup>a</sup>	64.94±2.66 <sup>b</sup>	63.45±2.53 <sup>b</sup>
Redness (a*)	-6.10±0.90 <sup>ab</sup>	-4.37±1.67 <sup>c</sup>	-5.50±1.17 <sup>bc</sup>	-6.92±0.97 <sup>a</sup>
Yellowness (b*)	53.99±4.14 <sup>b</sup>	49.67±3.96 <sup>a</sup>	55.72±3.22 <sup>b</sup>	56.86±4.35 <sup>b</sup>
ΔE	84.54±3.14 <sup>b</sup>	77.02±3.60 <sup>a</sup>	85.78±3.38 <sup>b</sup>	85.55±3.55 <sup>b</sup>

\*Refer to the Table 1

All values are mean ± SD (n=10)

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

은 -6.10이었으며 갈색거저리 유충 분말의 농도가 증가할수록 적색도가 감소하였다. 황색도(yellownwss, b\*)는 5% 급이군(I)이 대조군, II, III에 비해 낮았다. 전체적인 색차(ΔE)는 난황의 황색도와 유사한 경향으로 대조군에 비해 갈색거저리 유충 분말의 10과 15% 급이군(II와 III)과는 유사 범위내에 존재했으나, 5% 급이군(I)은 타 처리군에 비해 낮은 값을 형성하였다.

산란계 사료에 인진쑥, 녹차, 오미자, 겨우살이 혼합 추출물을 급이한 계란의 난황색은 대조군에 비해 증가하거나 증가하는 경향이였다[12]. 반면에 뽕잎 분말 1~5% 및 맥섬석 0.3%와 한방제재 0.3% 및 이들의 혼합물 0.3%의 급이는 계란의 난황색에 영향을 주지 않았다[11, 15]. 본 연구 결과 산란계에 갈색거저리 유충 분말을 급이하여 얻은 계란의 색차는 10~15%(II와 III) 급이 시 대조군과 유의차를 보이지 않았다. 따라서 갈색거저리 유충의 급이에 따른 난황의 색도 변화가 적어 소비자들의 시각적인 측면에서 선호도에는 뚜렷한 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

**계란의 일반성분 함량**

갈색거저리 유충 분말을 사료 중 5%(I), 10%(II) 및 15%(III) 수준으로 8주간 급이한 산란계에서 얻은 계란의 일반성분 함량은 Table 3에 나타낸 바와 같다. 수분 함량은 대조군에서 74.64%로 갈색거저리 유충 분말의 급이군에 비해 높게 나타났다. 갈색거저리 유충 분말의 급이군에서는 71.79~74.39%의 범위로 5%급이군(I)에서 10~15% 급이군(II와 III)에 비해 낮은

함량이였다. 특히 갈색거저리 유충 분말의 10~15% 급이군(II와 III)에서 수분 함량은 대조군과 통계적인 유의차는 있었으나, 1% 내외의 차이에 불과하였다. 회분 함량은 대조군(1.00%)과 갈색거저리 유충 분말의 급이군(0.91~1.44%)과 함량 차이가 적게 나타났지만, 5% 급이군(I)에서 가장 높게 형성되었다.

조지방 함량은 대조군에서 12.95%, 갈색거저리 유충 분말의 급이군에서는 9.60~13.90%의 범위로 10과 15% 급이군(II와 III)은 대조군에 비해 낮은 함량이였으나, 5%급이군(I)은 대조군과 유사 범위 내에 존재하였다. 조단백질 함량은 대조군에서 8.28%였으며, 갈색거저리 유충 분말의 5% 급이군(I)에서는 9.70%로 대조군과 유의차를 보이지 않았으나, 10과 15% 급이군(II와 III)에서는 오히려 유의적인 감소를 보였다. 탄수화물 함량은 갈색거저리 유충 분말의 10과 15% 급이군(II와 III)에서 8.53~8.94%로 대조군(3.13%)과 5% 급이군(3.20%)에 비해 매우 높은 함량이였다.

갈색거저리 유충을 급이한 육계에서 계육의 수분 함량은 급이량이 증가될수록 감소되었으며, 조지방 및 조단백질 함량에는 유의적인 차이를 보이지 않았다[13]. 재래닭에 맥섬석 0.3%, 한방제재 0.3% 및 이들의 혼합물 0.3%를 각각 급이하여 얻은 계란의 수분 및 조단백질 함량은 시료의 종류에 따른 유의적인 차이가 없었지만, 조지방 함량은 대조군에 비해 감소된 경향이였다[11]. 본 연구 결과 갈색거저리 유충 분말의 급이로 인한 계란의 일반성분은 대조군과 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 오히려 5% 급이군(I)에서 계란 중 단백질의 함량

Table 3. Proximate compositions in the egg from laying hens supplemented with *T. molitor* larvae powder

	Control	Feed groups supplemented with <i>T. molitor</i> larvae powder *		
		I	II	III
Moisture	74.64±0.07 <sup>d</sup>	71.79±0.11 <sup>a</sup>	74.39±0.15 <sup>c</sup>	73.71±0.05 <sup>b</sup>
Ash	1.00±0.08 <sup>ab</sup>	1.44±0.02 <sup>b</sup>	0.91±0.49 <sup>a</sup>	1.08±0.10 <sup>ab</sup>
Crude lipids	12.95±1.63 <sup>b</sup>	13.90±0.85 <sup>b</sup>	10.22±1.66 <sup>a</sup>	9.60±1.49 <sup>a</sup>
Crude protein	8.28±1.70 <sup>b</sup>	9.70±0.83 <sup>b</sup>	5.54±1.65 <sup>a</sup>	7.07±0.91 <sup>ab</sup>
Carbohydrate	3.13±0.47 <sup>a</sup>	3.18±0.30 <sup>a</sup>	8.94±0.92 <sup>b</sup>	8.53±1.18 <sup>b</sup>

\*Refer to the Table 1

All values are mean ± SD (n=10)

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Carbohydrate = 100-(moisture + ash + crude protein + crude fat).

이 다소간 증가됨을 보여 사료 중 첨가물로서의 갈색거저리 유충의 급이에 적정 수준에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

**계란의 구성아미노산 조성**

갈색거저리 유충 분말을 사료 중 5%(I), 10%(II) 및 15%(III) 수준으로 8주간 급이한 산란계에서 얻은 계란의 구성아미노산 함량은 Table 4와 같다. 구성아미노산은 총 17종이 검출되었으며, 총 함량은 대조군에서 6,161.22 mg/100 g인 반면에 갈색거저리 유충 분말 급이군에서는 4,193.51~5,047.42 mg/100 g의 범위로 대조군에 비해 낮은 함량이었다. 필수아미노산 함량은 구성 아미노산의 총 함량과 유사한 경향으로 대조군에서 가장 많았으며, 갈색거저리 유충 분말의 급이군에서는 10% 급이군(II)이 가장 높은 수준이었다.

아미노산 중 glutamic acid와 aspartic acid는 식품의 맛에 관여하는 주요 아미노산으로, 계란 중 이들 아미노산의 총 함량은 대조군에서 가장 많았으며, 갈색거저리 유충 분말의 15% 급이군(III)에서 낮은 수준을 보였다. 하지만 총 아미노산에 대한 이들 아미노산의 함유 비율은 5%와 10% 급이군(I과 II)에서 22.7%와 21.4%로 높은 수준이었다. 계란의 구성아미노산 조성은 처리구에 관계없이 glutamic acid의 함량이 가장 많았으며,

이는 대조군(746.48 mg/100 g)에 비해 갈색거저리 유충 분말 급이군(501.66~594.04 mg/100 g)에서 다소 낮은 함량이었으나 총 아미노산 함량에 대한 비율은 오히려 5% 급이군(I)에서 가장 높았다. 다음으로는 aspartic acid였으며, 이는 대조군에서 615.70 mg/100 g, 갈색거저리 유충 분말 급이군에서 421.97~502.67 mg/100 g의 범위로 갈색거저리 유충 분말 급이군은 총 아미노산 함량에 대한 비율이 10.0~10.2%로 이 또한 5% 급이군(I)에서 다소 높은 수준이었다. 그 외에 proline, valine 및 lysine의 경우에도 총 아미노산 함량에 대한 비율이 갈색거저리 유충 분말 급이시 다소 높았다. Glutamic acid는 해독작용, 뇌 진정효과 및 당과 지질대사를 돕고, aspartic acid는 체내 중금속 제거 효과와 식품의 감칠맛을 제공한다[9]. 따라서 본 연구에서 5% 갈색거저리 유충 처리구에 aspartic acid와 glutamic acid의 비율 증가는 계란 맛을 개선하는 효과가 있을 것으로 추정된다.

산란계에 급이되는 총 아미노산의 함량은 계란의 중량에 영향을 있으며, 산란계에서 아미노산은 체조직의 성장 및 유지, 깃털의 생산, 계란의 생산 등에 이용된다. 체중 증가의 18%가 단백질이며, 체중과 계란 단백질로 전환 능력은 5%정도 된다[20]. 본 연구에서 산란계에 갈색거저리 유충 분말의 첨가량을 달리하여 급이한 결과 계란의 총 아미노산 함량 및 구성

Table 4. Composition amino acids in the egg from laying hens supplemented with *T. molitor* larvae powder (mg/100 g)

	Control	Groups supplemented with <i>T. molitor</i> larvae powder*		
		I	II	III
Aspartic acid	615.7±2.98 <sup>Ba</sup> (10.0) <sup>1)</sup>	486.48±1.47 <sup>Bc</sup> (10.2)	502.67±1.80 <sup>Bb</sup> (10.0)	421.97±2.63 <sup>Bd</sup> (10.1)
Threonine <sup>†</sup>	302.7±1.30 <sup>Ja</sup> (4.9)	230.49±1.87 <sup>Jc</sup> (4.8)	245.27±0.90 <sup>Jb</sup> (4.9)	206.66±1.72 <sup>Kd</sup> (4.9)
Serine	414.09±0.73 <sup>Ea</sup> (6.7)	315.1±2.41 <sup>Ec</sup> (6.6)	341.14±1.99 <sup>Eb</sup> (6.8)	286.52±1.14 <sup>Ed</sup> (6.8)
Glutamic acid	746.48±0.74 <sup>Aa</sup> (12.1)	594.04±0.53 <sup>Ac</sup> (12.5)	576.47±1.28 <sup>Ab</sup> (11.4)	501.66±0.94 <sup>Ad</sup> (12.0)
Proline	239.01±0.43 <sup>La</sup> (3.9)	196.78±0.55 <sup>Kc</sup> (4.1)	226.05±0.73 <sup>Kb</sup> (4.5)	179.34±0.64 <sup>Ld</sup> (4.3)
Glycine	222.03±1.29 <sup>Ma</sup> (3.6)	167.25±0.76 <sup>Mc</sup> (3.5)	175.73±0.84 <sup>Mb</sup> (3.5)	145.41±0.95 <sup>Md</sup> (3.5)
Alanine	348.55±0.95 <sup>Ia</sup> (5.7)	262.71±0.08 <sup>Ic</sup> (5.5)	278.56±0.94 <sup>Ib</sup> (5.5)	229.92±0.84 <sup>Id</sup> (5.5)
Cystine	115.26±0.32 <sup>Pa</sup> (1.9)	81.14±0.13 <sup>Pc</sup> (1.7)	87.09±0.09 <sup>Pb</sup> (1.7)	70.81±0.26 <sup>Pd</sup> (1.7)
Valine <sup>†</sup>	402.78±0.90 <sup>Fa</sup> (6.5)	316.35±1.41 <sup>Fc</sup> (6.6)	339.14±0.94 <sup>Fb</sup> (6.7)	279.1±1.28 <sup>Fd</sup> (6.7)
Methionine <sup>†</sup>	210.32±1.92 <sup>Na</sup> (3.4)	157.43±0.97 <sup>Nc</sup> (3.3)	171.65±1.41 <sup>Nb</sup> (3.4)	137.65±1.14 <sup>Nd</sup> (3.3)
Isoleucine <sup>†</sup>	348.89±0.89 <sup>Ja</sup> (5.7)	271.09±1.41 <sup>Hc</sup> (5.7)	289.19±1.80 <sup>Hb</sup> (5.7)	234.3±0.95 <sup>Hd</sup> (5.6)
Leucine <sup>†</sup>	565.55±1.53 <sup>Ca</sup> (9.2)	431.53±1.13 <sup>Cc</sup> (9.0)	458.43±1.87 <sup>Cb</sup> (9.1)	380.52±1.43 <sup>Cd</sup> (9.1)
Tyrosine	262.54±0.95 <sup>Ka</sup> (4.3)	193.26±0.84 <sup>Lc</sup> (4.1)	218.75±1.25 <sup>Lb</sup> (4.3)	180.67±0.71 <sup>Ld</sup> (4.3)
Phenylalanine <sup>†</sup>	363.54±1.33 <sup>Ha</sup> (5.9)	276.16±1.47 <sup>Gc</sup> (5.8)	297.5±0.98 <sup>Gb</sup> (5.9)	246.68±0.91 <sup>Hd</sup> (5.9)
Histidine <sup>†</sup>	153.35±0.51 <sup>Oa</sup> (2.5)	124.7±0.96 <sup>Oc</sup> (2.6)	129.33±0.34 <sup>Ob</sup> (2.6)	104.77±0.45 <sup>Od</sup> (2.5)
Lysine <sup>†</sup>	454.68±0.09 <sup>Da</sup> (7.4)	363.53±0.92 <sup>Dc</sup> (7.6)	384.18±1.41 <sup>Db</sup> (7.6)	316.54±1.08 <sup>Dd</sup> (7.5)
Arginine	395.74±1.50 <sup>Fa</sup> (6.4)	301.16±1.03 <sup>Fc</sup> (6.3)	326.28±1.35 <sup>Fb</sup> (6.5)	270.98±0.91 <sup>Gd</sup> (6.5)
EAA <sup>†</sup>	2801.81±3.01 <sup>a</sup>	2171.28±3.77 <sup>c</sup>	2314.69±2.46 <sup>b</sup>	1906.22±4.20 <sup>d</sup>
(ratio to total AA, %)	(45.5)	(35.2)	(37.6)	(30.9)
Aspartic acid + Glutamic acid	1362.18±1.94 <sup>a</sup>	1080.52±3.37 <sup>b</sup>	1079.15±3.03 <sup>b</sup>	923.63±3.35 <sup>c</sup>
(ratio to total AA, %)	(22.1)	(22.7)	(21.4)	(22.0)
Total	6161.22±1.92 <sup>a</sup>	4769.21±2.46 <sup>c</sup>	5047.42±1.30 <sup>b</sup>	4193.51±0.73 <sup>d</sup>

<sup>†</sup>EAA; essential amino acid, \*Refer to the Table 1, <sup>1)</sup>Ratio of each amino acids to total amino acid  
 Column and row indicate significant differences by superscript uppercase and lowercase letters according to Duncan's test.

Table 5. Content of total phenols in the egg from laying hens supplemented with *T. molitor* larvae powder (mg/100 g)

	Control	Groups supplemented <i>T. molitor</i> larvae powder*		
		I	II	III
Total phenols	1.63±0.03 <sup>a</sup>	2.77±0.18 <sup>c</sup>	1.62±0.03 <sup>a</sup>	2.09±0.39 <sup>b</sup>

\*Refer to the Table 1.

All values are mean ± SD (n=3).

<sup>a-c</sup>Means with different superscripts in the same row are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

아미노산의 조성은 처리구간에 두드러진 차이를 보이지 않았다. 반면에 5%의 갈색거저리 유충 분말의 급이는 필수아미노산 중 valine, isoleucine, histidine, lysine 등의 경우 아미노산 조성에 다소간의 증가 경향을 보였다. 갈색거저리 유충에는 운동 시 골격근에서 산화되어 에너지 기질로서 이용되는 BCAA (branched chain amino acid)로써 valine, isoleucine 및 leucine의 함유량이 높은 것으로 알려져 있다[16]. 그러므로 운동 수행 중 또는 노화로 인한 근육의 손실을 예방할 수 있는 식품 소재로의 활용 가능하다는 보고도 있다[10]. 따라서 5%의 갈색거저리 유충 분말 급이군의 계란은 BCAA 중 valine, isoleucine의 함유량이 높아 계란의 섭취에 따른 인체 내 근육 단백질의 손실 및 유지에 도움이 될 것으로 추정된다.

**계란의 총 페놀 화합물 함량**

갈색거저리 유충 분말을 사료 중 5%(I), 10%(II) 및 15%(III) 수준으로 8주간 급이한 산란계에서 얻은 계란의 총 페놀화합물 함량을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 계란의 총 페놀 화합물 함량은 대조군에서 1.63 mg/100 g이었으며, 갈색거저리 유충 분말 급이군에서는 10% 급이 시 1.62 mg/100 g으로 대조군과 유의차가 없었으나, 15% 급이군에서는 대조군 및 10% 급이군에 비해 유의적으로 증가된 경향이였다. 특히 5% 급이군(I)에서는 2.77 mg/100 g으로 10과 15% 급이군(II와 III) 및 대조군에 비해 유의적으로 증가됨을 보였다.

폴리페놀 화합물은 한 분자 내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl기를 가진 방향족 화합물로 식품의 품질 및 사람의 건강에 생물학적·기능적 특성을 지니고 있는 중요한 2차 대사산물로 알려져 있으며, 특히 잠재적인 항산화, 항비만 및 항암 활성을 지니고 있는 것으로 알려져 있다[14]. 갈색거저리 유충의 70% 에탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거에 의한 항산화 활성은 1 mg/ml의 농도에서 17.22%, 5 mg/ml 농도에서 66.79%, 10 mg/ml 농도에서 81.17%의 활성을 보여 시료의 첨가량에 따라 항산화 활성이 증가되어 갈색거저리 유충에 항산화 물질이 함유되어 있는 것이 알려져 있다[2]. 본 연구 결과로 볼 때 산란계에 갈색거저리 유충 분말 첨가 급이 시 10과 15% 급이군(II와 III)에 비해 5% 급이군(I)에서 계란의 구성아미노산 조성이 보다 우수하며, 총 페놀 화합물의 함유량이 더 많았던 것도 상기의 연구 결과와 유사한 것으로 사료된다.

따라서 단백질 및 불포화지방산 공급원으로써 갈색거저리

유충분말을 산란계에 대해 보충 급이 시 사료 내 적절한 수준으로 첨가할 때 계란의 신선도, 색상, 구성아미노산, 항산화제 등의 품질 개선을 유도할 수 있는 것으로 판단된다.

**감사의 글**

이 논문은 2020~2021년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음

**The Conflict of Interest Statement**

The authors declare that they have no conflicts of interest with the contents of this article.

**References**

1. AOAC. 2016. Official methods of analysis of the AOAC International. 20th ed. AOAC International, Rockville, MD, USA.
2. Baek, M. H., Seo, M. C., Kim, M. A., Yun, E. Y. and Hwang, J. S. 2017. The antioxidant activities and hair-growth promotion effects of *Tenebrio molitor* larvae extracts (TMEs). *J. Life Sci.* **27**, 1269-1275.
3. Chi, C. F., Hu, F. Y., Wang, B., Li, Z. R. and Luo, H. Y. 2015. Influence of amino acid compositions and peptide profiles on antioxidant capacities of two protein hydrolysates from Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Dark Muscle. *Mar. Drugs* **13**, 2580-2601.
4. Choo, Y. K., Kwon, H. J., Oh, S. T., Kim, Y. R., Kim, E. J., Kim, D. W., Kang, C. W. and An, B. K. 2013. Effects of different levels of dietary crude protein on egg production and quality in laying hens during early stage of egg production. *Kor. J. Poult. Sci.* **40**, 361-368.
5. Dewanto, V., Xianzhong, W. and Liu, R. H. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 4959-4964.
6. Gyeongsangnam-do Agricultural Research & Extension Services ([https://www.gnares.go.kr:8444/Home/Contents.mbz?action=MAPP\\_0000000047](https://www.gnares.go.kr:8444/Home/Contents.mbz?action=MAPP_0000000047)).
7. Han, S. H. 1996. Science and use of eggs. Sunjin Cultrual Company. Seoul.
8. Heu, M. S., Kim, J. S., Shahidi, F., Jeong, Y. and Jeon, Y. J. 2003. Extraction, fractionation and activity characteristics

- of proteases from shrimp processing discards. *J. Food Biochem.* **27**, 221-236.
9. Hong, J. S., Kim, Y. H., Kim, M. K., Kim, Y. S. and Sohn, H. S. 1989. Contents of free amino acids and total amino acids in *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes*. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **21**, 58-62.
  10. Hong, S. Y. 2008. The effects of obesity and sarcopenic obesity on physical function in Korean older adults. *Kor. J. Health Promot. Dis. Prev.* **8**, 256-264.
  11. Kim, B. K. and Hwang, E. G. 2012. Effects of dietary supplementation of macsumsuk and herb resources on egg performance and quality in Korean native crossbred chicken. *J. Anim. Sci. Technol.* **54**, 125-131.
  12. Kim, D. W., Kim, J. H., Kang, G. H., Kang, H. K., Choi, J. Y., Kim, S. H. and Kang, C. W. 2010. Effects of water extract mixtures from *Artemisia capillaris*, *Camellia sinensis*, *Schizandra chinensis*, and *Viscum album* var. *coloratum* on laying performance, egg quality, blood characteristics, and egg storage stability in laying hens. *Kor. J. Food Sci. Ani. Resour.* **30**, 449-457.
  13. Koo, H. Y. 2014. Study of broiler chickens feeds and characteristics of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Chonnam National University Ph. D. thesis.
  14. Lee, S. J., Shin, S. R. and Yoon, K. Y. 2013. Physicochemical properties of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). *Kor. J. Food Sci. Technol.* **45**, 422-427.
  15. Park, C. I. and Kim, Y. J. 2012. Effects of dietary supplementation of powdered mulberry leaves on egg production, egg quality and blood characteristics in laying hens. *Kor. J. Poult. Sci.* **39**, 215-222.
  16. Parkhouse, W. 1988. Regulation of skeletal muscle myofibrillar protein degradation: Relationships to fatigue and exercise. *Int. J. Biochem.* **20**, 769-775.
  17. Rothman, J. M., Raubenheimer, D., Bryer, M. A., Takahashi, M. and Gilbert, C. C. 2014. Nutritional contributions of insects to primate diets: implications for primate evolution. *J. Hum. Evol.* **71**, 59-69.
  18. Rumpold, B. A. and Schlüter, O. K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.* **57**, 802-823.
  19. Rural Development Administration (<http://www.nongsaro.go.kr/>).
  20. Scott, M. L., Nesheim, M. C. and Young, R. J. 1976. Nutrition of the chicken. ML Scott and Associates, Ithaca, NY.
  21. van Huis, A., van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P. 2013. Edible insects- Future prospects for food and feed security. Food and agriculture organization of the united nations, Rome.

### 초록 : 갈색거저리 유충을 급이한 산란계로부터 얻은 계란의 품질특성

김도형<sup>1</sup> · 김동현<sup>1</sup> · 박현우<sup>2</sup> · 김진권<sup>3</sup> · 김삼웅<sup>4</sup> · 김태원<sup>5</sup> · 이병진<sup>5</sup> · 손다니엘<sup>5</sup> · 김일석<sup>5\*</sup>

(<sup>1</sup>노랑초등학교, <sup>2</sup>목계초등학교 청암분교, <sup>3</sup>주도시와 농부, <sup>4</sup>경남과학기술대학교 유전자분석센터, <sup>5</sup>경남과학기술대학교 동물소재공학과)

본 연구는 음식폐기물을 활용하여 갈색거저리를 사육한 후에 산란계에 급이시 나타나는 계란의 특성을 분석하기 위해 수행되었다. 계란의 두께는 처리군에서 약간 얇아지는 경향성을 보였지만, 신선도를 나타내는 Haugh unit는 처리군이 대조군에 비교하여 높아지는 것으로 나타났고, 특히 5%가 가장 높았다. 난황의 색상은 5% 급이군에서 명도와 황색도가 낮아지는 반면에 적색도가 증가되는 경향성을 보였다. 5% 급이군은 조지방과 조단백이 대조군과 유사하게 형성되는 것으로 나타났지만, 10%와 15% 급이군들은 대조군보다 조지방 및 조단백 함량이 낮은 것으로 나타났다. 그러나 탄수화물 함량은 10%와 15% 급이군들에서 높게 형성되는 것으로 관찰되었다. 처리군들에서 구성아미노산은 대조군에 비교하여 필수아미노산보다 비필수아미노산의 비율의 증가가 높은 것으로 나타났다. 항산화물질의 지표가 되는 폴리페놀의 함량은 5% 급이군에서 가장 높은 것으로 나타났기 때문에, 계란의 저장성 및 항산화에 영향을 줄 수 있는 것으로 추정된다. 따라서 고단백 및 고지방 사료인 갈색거저리를 보충 사료원으로 활용할 때 계란의 영양성분 함량에 중용한 변화를 유발할 수 있고 계란의 신선도를 개선할 수 있는 것으로 제의된다.