



# 인삼 재배 부산물의 첨가 급여가 고온 스트레스하 산란계의 생산성, 계란 품질 및 생리적 반응에 미치는 영향

김지혁<sup>1\*</sup> · 이준호<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립공주대학교 동물자원학과 교수, <sup>2</sup>국립공주대학교 동물자원학과 대학원생

## Effects of Ginseng By-Products on Performance, Egg Quality, and Physiological Responses in Heat-Stressed Laying Hens

Ji-Hyuk Kim<sup>1\*</sup> and Jun-Ho Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Yesan 32439, Republic of Korea

<sup>2</sup>Graduate Student, Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Yesan 32439, Republic of Korea

**ABSTRACT** This study evaluated the effects of dietary supplementation with ginseng cultivation by-products on productive performance, egg quality, blood characteristics, immune responses, and stress indicators in laying hens exposed to high ambient temperature. A total of 120 Hy-Line Brown laying hens (32 weeks old) were randomly assigned to four dietary treatments for 6 weeks: a control diet (CON), a diet supplemented with 0.5% ginseng berry (GB), a diet supplemented with 0.5% ginseng leaf and stem (GLS), and a diet containing 0.5% GB and 0.5% GLS (GB + GLS). Hens were fed 120 g of feed per day with free access to water and were exposed to an ambient temperature of 28–30°C with 80–90% relative humidity for 6 h daily. Egg production and egg weight were recorded throughout the experiment, and egg quality was evaluated at 2-week intervals. At the end of the trial, blood samples were collected from eight hens per treatment. Dietary supplementation with ginseng by-products did not significantly affect egg production, egg weight, egg quality traits, yolk fatty acid composition, or hematological and serum biochemical parameters ( $P>0.05$ ). Serum IgG concentrations were not different among treatments, whereas IgA and IgM differed among groups ( $P<0.05$ ). Serum corticosterone concentrations tended to be lower in ginseng-supplemented groups than in the control group. These results indicate that ginseng by-products do not adversely affect productive performance or egg quality in laying hens under high ambient temperature, while limited changes were observed in certain immune parameters.

(Key words: ginseng berry, ginseng by-product, laying hen, performance, egg quality, heat stress)

## 서 론

기후 변화로 인한 가축의 환경 스트레스 관리는 21세기 축산에서 생산성을 결정하는 중요한 요인이다(Rojas-Downing et al., 2017; Nawab et al., 2018). 특히 닭은 고온 환경에 노출되면 사료섭취량이 감소하고, 음수량과 개구호흡(panting)이 증가하며, 활동성이 저하되는 생리적 반응을 보인다(Lara and Rostagno, 2013). 나아가 스트레스 호르몬의 분비는 닭의 성장을 저해하고 면역 시스템에 손상을 입혀 질병에 대한 감수성을 증가시킨다(Mashaly et al., 2004). 고온 스트레스에 노출된 산란계는 산란율, 생존율 및 계란 품질도 저하되는 것으로 알려져 있다(de Andrade, 1976; Allahverdi et al., 2013; Barrett et

al., 2019; Borzouie et al., 2020).

산란계 사육에 적절한 온도는 19~22°C이다(Lin et al., 2006). 열대 지역이나 여름철 기온이 30°C를 초과하는 환경에서는 고온 스트레스로 인해 생산성과 계란 품질이 저하되고 폐사가 증가하여 양계 산업의 경제적 손실을 초래할 수 있다(Mignon-Grasteau et al., 2014). 최근 국내에서도 폭염으로 인한 피해가 지속적으로 보고되고 있으며, 2019~2024년 동안 폐사한 가금류는 약 620만 수 이상인 것으로 보고되었다(농림축산식품부, 2024). 이를 경제적 가치로 환산하면 총 피해 규모는 약 300~500억 원 수준에 이를 것으로 추정된다. 따라서 기후변화에 따른 지구의 기온 상승 추세를 고려할 때, 가금의 고온 스트레스 관리는 그 어느 때보다 시급하

\* To whom correspondence should be addressed : jihyuk@kongju.ac.kr

고 중요한 문제로 대두되고 있다.

가금의 고온 스트레스 저감을 위한 방법으로는 계사 환기 방식, 사육밀도 조절, 급수 및 급이 관리, 영양소 조절, 그리고 사료첨가제 활용 등이 제시되고 있다(Czarick and Fairchild, 2008; Dagher, 2008; Naga Raja Kumari and Narendra Nath, 2017). 이 중 사료첨가제를 이용한 접근 방법에서는 비타민 E와 C, 비테인, 칼륨이나 중탄산염,  $\gamma$ -aminobutyric acid 등 다양한 물질이 고온기 산란계의 생산성과 계란 품질 개선, 면역 증진 및 스트레스 완화에 효과가 있었다는 보고가 있다(Ait-Boulasen et al., 1995; Puthongsiriporn et al., 2001; Ghorbani and Fayazi, 2009; Zang et al., 2012; El-Saadony et al., 2022).

천연 식물을 이용한 사료첨가제 연구도 활발히 수행되었는데, 그중 인삼은 다양한 생리활성을 가진 소재로 주목받아 왔다. Hong et al.(2012)은 홍삼박이 고온 스트레스를 받은 산란계의 면역 활성화와 항산화 능력을 향상시킨다고 보고했으며, Tajudeen et al.(2023)은 wild ginseng이 산란계의 생산성과 장내 미생물총을 개선하였다고 보고하였다. 또한 Sandner et al.(2020)은 인삼 추출물 급여가 육계에서 열충격 단백질(heat shock proteins, HSPs) 생성을 억제하고 고온 스트레스에 따른 부정적 생리반응들을 완화시켰다고 보고하였다.

진생베리(ginseng berry)는 4년생 인삼에서 7월경 일주일 간만 열리는 열매이다. 인삼 내 사포닌 성분인 진세노사이드(ginsenoside)는 뿌리보다 잎, 줄기, 진생베리에 더 풍부하게 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며(Xie et al., 2002), 이들 부위는 공복혈당 감소와 인슐린 합성 촉진 등 대사 개선 효과 면에서도 우수한 기능을 나타낸다고 보고된 바 있다(Attele et al., 2002; Dey et al., 2003). 진생베리는 종자로 씨를 활용한 후 과육이 남게 되며 건강식품이나 화장품 원료로 일부 활용되는 경우를 제외하면 대부분 폐기 처리되고 있어 이를 사료 첨가물로 이용하는 연구는 거의 없었다. 인삼 잎과 줄기의 경우, 닭에게 급여하여 면역 기능이 향상되었다고 보고한 연구는 제한적으로 존재하지만(Zhang et al., 2024; Guo et al., 2025), 모두 추출물 형태로 이용하였으며 원물을 직접 급여한 경우는 없었다.

이에 본 연구는 인삼 재배 과정에서 발생하는 부산물인 진생베리와 인삼 잎·줄기를 고온 환경에서 사육되는 산란계에 첨가 급여하여 생산성, 계란 품질, 혈구 및 혈청 생화학 특성, 면역반응 및 스트레스 지표에 미치는 영향을 평가하고, 산란계의 고온 스트레스 완화를 위한 기능성 사료 첨가제로서의 활용 가능성을 구명하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물, 실험 설계 및 사양관리

사양실험은 총 120수의 Hy-line Brown 32주령 산란계를 공시하여, 공주대학교 동물사육장 산란계사 내 3단 케이지에 한 칸당 1수씩 배치하여 1주간의 적응기간 후 6주간 실시하였다. 시험구는 총 4개로 대조구(CON, 기초 사료), 진생베리 첨가구(GB, 기초사료 + 진생베리 0.5%), 인삼 잎·줄기 첨가구(GLS, 기초사료 + 인삼 잎·줄기 0.5%), 진생베리와 인삼 잎·줄기 혼합 첨가구(GB+GLS, 기초사료 + 진생베리 0.5% + 인삼 잎·줄기 0.5%)로 나누었고, 처리당 3반복, 반복당 10수로 배치하였다. 사료는 9시와 15시에 각각 60 g씩 나누어, 1일에 수당 총 120 g을 정량 급여하였고 물은 자유급수 하였다. 환경 온도는 오전 9시부터 오후 3시까지 6시간 동안 28~30℃의 고온 조건으로 설정하였고, 이후 18시간 동안은 24~26℃ 수준으로 관리하였다. 상대습도는 80~90%로 조절하여 전반적으로 고온다습한 혹서기 환경을 조성하였다. 본 실험은 국립공주대학교 동물실험윤리위원회의 규정에 따라 승인을 받아 실시하였다(KNU 2022-03).

### 2. 기초사료 및 첨가물 제조

기초 사료는 옥수수-대두박 위주의 상업용 산란계 사료를 이용하였다(Table 1). 진생베리는 원심분리하여 씨를 제거한 과육을 -20℃에서 냉동보관 하였다가, 해동 후 거르로 압착하여 과도한 수분을 제거하였다. 진생베리 과육의 높은 수분 함량을 고려하여 AOAC(2005) 기준에 따라 105℃의 dry oven에서 항량에 도달할 때까지 72시간 동안 건조하였다. 인삼 잎·줄기는 상온의 실내에서 약 10일간 자연건조 하였다. 진생베리와 인삼 잎·줄기 첨가물은 모두 1 mm 이하로 분쇄하여 기초 사료와 혼합하였다.

### 3. 분석 항목

#### 1) 산란율 및 난중

전 실험기간 동안 매일 15시에 계란을 수거하여 산란한 계란 수와 난중을 측정하였고, 산란 수를 사육수수로 나누어서 산란율을 구하였다. 산란율과 난중은 주당 평균으로 계산하여 1주 간격으로 표시하였다.

#### 2) 계란 품질

계란의 품질은 실험 개시 후 3주차부터 2주 간격으로 처리구당 30개씩 계란을 수거하여 측정하였다. 각 계란별로

**Table 1.** Ingredients and nutrient composition of basal diet

Item	Content (%)
<b>Ingredients</b>	
Corn	54.15
Soybean meal, CP 44%	25.0
Rapeseed meal	2.0
DDGS	5.0
Wheat bran	2.0
Molasses	0.5
Tallow	0.5
Sodium chloride	0.2
Dicalcium phosphate	0.7
Limestone	9.7
Mineral premix <sup>1</sup>	0.1
Vitamin premix <sup>2</sup>	0.15
<b>Total</b>	<b>100.00</b>
<b>Nutrient composition, calculated</b>	
Metabolizable energy (kcal/kg)	2,750
Crude protein (%)	14.2
Calcium (%)	4.5
Available phosphorus (%)	0.34
Lysine (%)	0.75

<sup>1</sup> Provided per kg of diet: Fe (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), 40 mg; Cu (CuSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O), 8 mg; Zn (ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O), 60 mg; Mn (MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O), 90 mg; Mg (MgO) as 1,500 mg.

<sup>2</sup> Provided per kg of diet: vitamin A (vitamin A acetate), 12,500 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 2,500 IU; vitamin E (DL- $\alpha$ -tocopheryl acetate), 20 IU; vitamin K<sub>3</sub>, 2 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 5 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 18  $\mu$ g; calcium pantothenate, 8 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 50  $\mu$ g; niacin, 24 mg.

난각 강도, 난황색, 난각 두께 및 Haugh unit을 조사하였다. 난각의 강도는 난각강도계(Type-II, FHK Co. Ltd., Japan)를 이용해 측정하였고, 난황색은 DSM yolk color fan을 이용하였다. Haugh unit은 난질 분석기(Egg Quality Analyzer, FHK Co. Ltd., Japan)로 측정된 농후난백고와 난중을 이용하여 Haugh의 공식(Haugh, 1937)으로 계산하였다. 난각 두께는 dial pipe gauge (P-1, Ozaki MFG Co. Ltd., Japan)를 이용하여 계란 둔단부의 껍질로 측정하였다.

### 3) 난황 내 지방산 함량

실험 종료일에 각 시험구에서 계란 5개를 수거하여 난황을 분리한 뒤, 지방산 조성을 분석하였다. 난황 시료 1 g에 4% BF<sub>3</sub>-methanol 용액 1 mL을 첨가하고 뚜껑을 닫은 후 90°C에

서 10분간 가열하여 지방산을 메틸화하였다. 실온에서 냉각 후 증류수 2 mL와 hexane 3 mL를 차례로 첨가하여 혼합하고, 하층을 제거한 뒤 증류수 8 mL로 재세척하였다. 이후 무수황산나트륨(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 첨가해 수분을 제거하였으며, 상층액 중 2.5~3  $\mu$ L를 취해 GC-FID(6890N, Agilent, USA)로 분석하였다. 각 지방산의 상대 함량은 표준 혼합물의 보유시간과 비교하여 동정하였으며, 총 피크 면적 대비 개별 지방산의 면적으로 백분율을 산출하였다.

### 4) 혈구 조성

실험 종료일에 평균 체중에 가까운 닭들을 시험구당 8수씩 선발하여 익하정맥에서 약 3 mL의 혈액을 채취하여 EDTA가 첨가된 튜브에 옮겨 보관하였다가 자동혈구분석기(950FS, HEMAVET, UK)를 이용하여 혈구 성분들을 분석하였다.

### 5) 혈청 생화학 조성

실험 종료일에 평균체중에 가까운 닭들을 시험구당 8수씩 선발하여 익하정맥에서 약 7 mL의 혈액을 채취해 plain tube에 옮긴 뒤 3,000 rpm으로 15분간 원심분리하여 혈청을 분리해 혈액 자동분석기(AU480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., USA)를 이용하여 생화학치를 분석하였다.

### 6) 혈청 내 immunoglobulin 및 corticosterone

혈청 내 immunoglobulin(IgG, A, M)과 corticosterone 농도는 각각 Chicken IgG, IgA, IgM ELISA Kit(Cat. No. MBS2887206, MBS2709278, MBS706158; MyBioSource, Inc., USA) 및 Chicken Corticosterone ELISA Kit(Cat. No. ADI-900-097; Enzo Life Sciences, Inc., USA)를 사용하여 제조사 매뉴얼에 따라 측정하였다.

### 7) 통계 분석

시험에서 얻어진 결과들은 SAS 통계 프로그램(version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 General Linear Model(GLM) procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였다. 처리 간 평균 비교는 Duncan's multiple range test를 이용하였으며, 통계적 유의성은 P<0.05 수준에서 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 산란율 및 난중

고온 환경에서 사육된 산란계에서 사료 내 인삼 재배 부산물의 첨가 급여가 산란율 및 난중에 미치는 영향은 Table 2에

**Table 2.** Effect of dietary supplementation of ginseng by-products on egg production in laying hens under heat stress condition

Parameters	Treatments <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value
	CON	GB	GLS	GB + GLS		
<b>Egg production (%)</b>						
Week 1	80.00	81.90	81.43	85.24	6.45	0.947
Week 2	82.38	88.57	89.52	89.52	3.71	0.500
Week 3	87.14	85.24	91.90	92.86	3.32	0.360
Week 4	90.00	92.38	90.48	94.29	3.10	0.758
Week 5	90.00	91.91	92.38	93.33	1.70	0.589
Week 6	90.00	93.33	89.78	91.11	2.08	0.358
Overall (1~6 weeks)	86.59	88.89	89.24	91.06	1.54	0.309
<b>Egg weight (g)</b>						
Week 1	58.91	59.19	58.59	58.21	1.31	0.956
Week 2	60.80	60.84	62.25	58.74	1.53	0.487
Week 3	61.44	60.82	61.98	59.55	1.23	0.569
Week 4	61.61	61.08	62.01	59.71	1.25	0.605
Week 5	61.83	62.26	62.57	59.48	1.05	0.226
Week 6	62.32	62.35	63.45	60.58	1.65	0.624
Overall (1~6 weeks)	61.14	61.09	61.82	59.50	1.15	0.529

<sup>1</sup> CON, basal diet; GB, basal diet + ginseng berry 0.5%; GLS, basal diet + ginseng leaves and stems 0.5%; GB + GLS, basal diet + ginseng berry 0.5% + ginseng leaves and stems 0.5%.

<sup>2</sup> SEM, pooled standard error of mean.

나타내었다. 6주 전체 평균 산란율은 대조구에서 86.59%였고 GB, GLS 및 GB + GLS 처리구에서는 각각 88.89%, 88.92% 및 91.06%로 나타났다. 인삼 재배 부산물 첨가구에서 대조구보다 산란율이 높은 수치를 보였으나 통계적 유의성은 없었다( $P>0.05$ ). 주차별 산란율을 비교한 결과에서도 모든 주차에서 처리구 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 실험 초기에는 처리구 간 산란율 변이가 비교적 크게 나타났으나 실험이 진행됨에 따라 전반적으로 산란율이 증가하면서 처리구 간 차이는 점차 감소하는 경향을 보였다. 특히 3주차 이후에는 대부분의 처리구에서 산란율이 약 90% 내외 수준으로 안정화되는 양상을 나타내어 사용된 산란계가 실험 환경에 적응하면서 비교적 안정적인 산란 생산성을 유지한 것으로 추측된다.

난중 역시 인삼 재배 부산물의 첨가 급여에 의한 유의적인 영향을 받지 않았다( $P>0.05$ ). 6주 전체 평균 난중은 대조구에서 61.15 g으로 나타났으며, GB, GLS 및 GB + GLS 처리구에서는 각각 60.87 g, 61.81 g 및 59.38 g으로 나타났다. 주차별 난중의 변화 양상을 살펴보면 실험기간 동안 난중은 다소 증가하는 경향을 보였으나 이러한 변화는 모든 처리구

에서 유사하게 나타났다. 따라서 이러한 변화는 실험 진행에 따른 자연적인 변동 또는 사양 환경에 대한 적응 과정에서 나타난 결과로 판단되며, 사료 내 첨가물 급여에 따른 영향으로 보기는 어려운 것으로 사료된다.

종합적으로 볼 때, 본 연구에서 첨가 급여한 인삼 재배 부산물은 고온 환경에서 사육된 산란계의 산란율 및 난중에 유의적인 영향을 미치지 않았다. 그러나 일부 처리구에서 산란율 또는 난중이 다소 높은 경향이 관찰된 점을 고려할 때, 인삼 재배 부산물의 급여 수준이나 실험 기간의 차이에 따라 생산성에 미치는 영향이 달라질 가능성도 배제할 수 없으므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

천연 식물 소재 또는 그 가공 부산물을 가축 사료에 첨가하여 생산성을 개선하려는 시도는 오랫동안 이루어져 왔다. 특히 가축 사료 내 성장촉진용 항생물질의 사용이 제한되거나 금지되면서 이를 대체할 수 있는 천연 기능성 소재에 대한 관심이 증가하였고, 다양한 약용식물 및 식물성 부산물의 사료 첨가 효과를 평가한 연구들이 보고되었다. 그러나 이러한 소재의 급여가 산란계의 생산성에 미치는 영향에 대해서는 연구 결과가 일관되지 않으며, 일부 연구에서는 긍정적인

효과가 보고된 반면 다른 연구에서는 유의적인 차이가 나타나지 않거나 오히려 감소하는 결과도 보고된 바 있다.

Park et al.(2005)은 산삼 배양액을 산란계에 음수로 급여했을 때 산란율의 경우 대조구와 산삼 배양액 0.4, 0.8 및 1.6% 급여구 간에 유의한 차가 없었다고 보고하였다. Kim et al.(2006)은 동충하초, 인진쑥 및 울금 가공 부산물을 사료에 1.5% 및 3.0% 첨가 급여하였을 때 산란율과 난중에 유의적인 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 또한 고온 스트레스 환경에서 수행된 연구에서도 유사한 결과가 보고된 바 있다. Min et al.(2004)은 고온 환경에서 생약재를 0.1% 및 0.2% 첨가 급여했을 때 산란율이 대조구보다 오히려 감소하였다고 보고하였다.

반면, 일부 연구에서는 약용식물 또는 그 부산물의 급여가 산란계 생산성을 개선하는 효과를 나타내기도 하였다. Hong et al.(2001)은 한약 부산물 1.0%를 고온 환경의 산란계에 급여했을 때 산란율이 향상되었으나 난중에는 차이가 없었다고 보고하였다. Jang et al.(2007)은 발효 산삼 배양액 부산물을 2.5% 및 5.0% 첨가 급여했을 때 산란율과 난중이 모두 증가하였다고 보고하였다. 또한, Tajudin et al.(2022)은 산삼 부정근을 0.1% 및 0.5% 첨가 급여한 결과 실험 8~12주차에 0.5% 처리구에서 산란율과 난중이 향상되었다고 보고하였다. Kang et al.(2015)은 홍삼박 0.1% 및 0.5% 급여 시 산란율이 향상되었다고 하였으며, Hong et al.(2012) 역시 홍삼박 3% 첨가가 고온 환경의 산란계에서 산란율을 증가시켰다고 보고하였다.

이와 같이 식물 유래 기능성 소재의 사료 첨가가 산란계 생산성에 미치는 영향은 연구에 따라 상이한 결과를 보이고 있으며, 이는 사용된 소재의 종류, 가공 방법, 첨가 수준, 실험 기간 및 사양 환경 등의 차이에 기인할 가능성이 있다. 특히 약용식물 및 인삼류 부산물은 사포닌, 폴리페놀 등 다양한 생리활성 물질을 함유하여 항산화 및 면역조절 효과를 나타내는 것으로 보고되어 왔으나(Benchaar et al., 2008; Windisch et al., 2008), 이러한 생리적 효과가 단기간의 생산성 지표에 항상 직접적으로 반영되는 것은 아니다. 또한 고온 스트레스 환경에서는 사료 섭취량 감소, 체내 대사 변화 및 산화 스트레스 증가 등 다양한 생리적 반응이 동반되므로 특정 기능성 소재의 급여 효과가 생산성 지표만으로 명확히 평가되기 어려울 수 있다. 따라서 본 연구에서 처리구 간 산란율과 난중에서 유의적인 차이가 나타나지 않은 결과는 이러한 선행연구들의 보고와 부분적으로 일치하는 것으로 판단된다.

## 2. 계란 품질

산란계 사료에 인삼 재배 부산물을 첨가 급여하였을 때, 계란의 품질에 미치는 영향은 Table 3에 제시하였다. 본 연구에서 GB 및 GLS의 사료 첨가 급여는 전 시험기간 동안 난각 강도, 난각 두께, 난황색 및 호우 유니트 등 주요 난질 특성에서 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ). 이러한 결과는 일부 식물 유래 기능성 소재의 사료 첨가가 산란계의 난질에 반드시 영향을 미치지 않는다는 다수의 선행 연구 결과와 유사하였다. Hong et al.(2012)과 Tajudin et al.(2022)은 각각 홍삼박 및 산삼 부정근을 산란계 사료에 첨가 급여하였을 때 대부분의 난질 항목에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 또한 고온 스트레스 조건에서 생약재 또는 한방 부산물을 첨가 급여한 Min et al.(2004)과 Hong et al.(2001)의 연구에서도 계란 품질에 유의적인 영향이 나타나지 않아 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 산삼 배양액을 음수로 급여한 Park et al.(2005)의 연구에서도 난각 강도를 제외하고 모든 항목에서 유의차가 나타나지 않았다. Lee et al.(1996)은 산란계 사료에 칩 추출물 급여 시 난황색, 난각 강도 및 난각 두께에 영향을 미치지 않았다고 보고하였으며, Li and Ryu(2001)는 목초액 급여 시 난각 강도, 난각 두께, 호우 유니트에 영향이 없었다고 보고하였다. 이러한 결과는 식물성 첨가제의 종류, 첨가 수준, 활성물질 함량 등에 따라 난각 형성에 미치는 영향이 제한적일 수 있음을 시사한다.

반면, 일부 연구에서는 식물 유래 기능성 소재가 계란 품질을 개선할 수 있다는 보고도 있었다. Kim et al.(2004)은 참옻나무 추출액 급여 시 난각 강도, 난황색, 호우 유니트가 향상되었다고 보고하였으며, Kim et al.(2006)은 약용식물 가공 부산물의 첨가 급여가 난각 강도, 난각 두께, 난각색, 난황색에 영향을 미치지 않았지만 호우 유니트는 향상되었다고 보고하였다. 산란계에게 발효 한약 복합물을 급여한 Liu et al.(2025)의 연구에서는 난각 강도와 난각 두께가 유의적으로 증가하였으며, 이는 칼슘 대사와 관련된 호르몬 조절 및 항산화 작용과 관련될 가능성이 제시되었다. 또한 일부 식물 추출물이나 허브 성분은 칼슘 이용성이나 대사 조절에 영향을 미쳐 난각 품질을 개선할 수 있다고 보고되었지만(Ekinci et al., 2023), 이러한 효과는 항상 일관되게 나타나는 것은 아니며 연구 간 결과가 상이한 것으로 알려져 있다.

난각 형성은 주로 체내 칼슘 대사, 비타민 D<sub>3</sub> 대사 및 난각 선(shell gland)에서의 무기질 침착 과정과 밀접하게 관련되어 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 식물성 기능성 소재가 난각 품질에 영향을 미치기 위해서는 칼슘 이용성 또는 관련 대사 과정에 영향을 미칠 필요가 있으며, 본 연구에서 사용된 GB

**Table 3.** Effect of dietary supplementation of ginseng by-products on eggshell breaking strength, eggshell thickness, yolk color and Haugh unit in laying hens under heat stress condition

Parameters	Treatments <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value
	CON	GB	GLS	GB + GLS		
Eggshell strength (N)						
Week 2	40.61	41.85	43.73	41.61	2.121	0.772
Week 4	44.12	42.23	43.86	44.30	1.653	0.805
Week 6	44.54	42.46	44.13	44.39	0.996	0.468
Eggshell thickness (μm)						
Week 2	3.53	3.58	3.61	3.55	0.095	0.932
Week 4	3.83	3.65	3.79	3.72	0.054	0.157
Week 6	3.63	3.60	3.67	3.73	0.031	0.055
Yolk color						
Week 2	6.20	6.30	6.27	6.63	0.232	0.581
Week 4	6.57	6.23	6.37	6.37	0.260	0.839
Week 6	5.60	5.83	6.67	6.13	0.428	0.384
Haugh unit						
Week 2	95.10	94.59	94.80	92.90	1.148	0.159
Week 4	95.44	95.32	95.98	92.82	1.162	0.291
Week 6	95.31	95.76	95.67	93.26	1.400	0.177

<sup>1</sup> CON, basal diet; GB, basal diet + ginseng berry 0.5%; GLS, basal diet + ginseng leaves and stems 0.5%; GB + GLS, basal diet + ginseng berry 0.5% + ginseng leaves and stems 0.5%.

<sup>2</sup> SEM, pooled standard error of mean.

및 GLS는 이러한 무기질 대사에 영향을 줄 정도의 수준으로 작용하지 않았을 가능성이 있는 것으로 판단된다.

난황색의 경우, 사료 내 카로티노이드와 같은 색소성 물질의 함량에 크게 영향을 받으며 옥수수, 알팔파 또는 다양한 식물성 원료에 포함된 색소 물질의 공급 수준에 따라 변화하는 것으로 알려져 있다. 일부 연구에서는 스피루리나나 허브 등의 첨가, 또는 계피나 회향과 같은 향신료 식물의 급여로 난황색이 증가하는 결과가 보고되었는데(Salahuddin et al., 2024; Bezahegn et al., 2025), 이는 해당 소재에 풍부한 카로티노이드나 색소 성분이 난황에 이동, 축적되기 때문으로 설명된다. 그러나 색소 함량이 낮거나 첨가 수준이 제한적인 경우에는 난황색 변화가 나타나지 않는 경우도 보고되고 있어(Esenbuga et al., 2023), 본 연구 결과와 유사한 경향을 보인다. 본 연구에서 사용된 GB 및 GLS는 주로 생리활성 물질을 함유한 기능성 소재로, 난황 색소 형성에 직접적으로 관여하는 카로티노이드 함량이 제한적이거나 첨가 수준이 비교적 낮았기 때문에 난황색의 변화로 이어지지 않았을 가능성이 있는 것으로 사료된다.

종합적으로 볼 때, 식물성 기능성 소재의 사료 첨가가 산

란계의 난질에 미치는 영향은 연구에 따라 다양하게 나타나며, 이는 첨가 물질의 종류, 활성 성분, 첨가 수준, 사양 환경 및 실험 기간 등의 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

### 3. 난황 지방산 조성

고온 환경하의 산란계 사료 내 인삼 재배 부산물의 첨가 급여가 난황의 지방산 함량에 미치는 영향은 Table 4에 제시하였다. 본 연구에서 난황의 주요 지방산 성분과 포화지방산(SFA), 단일불포화지방산(MUFA), 다가불포화지방산(PUFA), n-3 및 n-6 지방산 함량 등 모든 항목에서 처리구 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 난황의 지방산 조성은 사료 내 지방산 구성, 간에서의 지방산 합성 및 체내 지질 대사 과정에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서 사용된 인삼 재배 부산물의 첨가 수준에서는 이러한 요인에 영향을 미칠 정도의 변화가 나타나지 않은 것으로 생각된다.

본 연구 결과와 유사하게, Park et al.(2005)은 산란계에 산삼 배양액을 음수로 급여하였을 때 난황의 지방산 조성 과 콜레스테롤 함량에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다고

**Table 4.** Effect of dietary supplementation of ginseng by-products on fatty acids composition of yolk in laying hens under heat stress condition

Parameters	Treatments <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value
	CON	GB	GLS	GB + GLS		
Myristic acid (C14:0)	0.37	0.41	0.40	0.41	0.013	0.156
Palmitic acid (C16:0)	26.01	27.13	26.58	27.13	0.514	0.409
Palmitoleic acid (C16:1n7)	4.07	4.03	4.21	4.58	0.265	0.486
Stearic acid (C18:0)	8.65	8.96	8.60	8.35	0.185	0.214
Oleic acid (C18:1n9)	44.41	44.03	44.64	44.04	0.577	0.844
Linoleic acid (C18:2n6)	13.23	12.39	12.50	12.49	0.617	0.758
$\gamma$ -Linoleic acid (C18:3n6)	0.12	0.11	0.11	0.11	0.009	0.642
Linolenic acid (C18:3n3)	0.22	0.19	0.20	0.21	0.012	0.685
Eicosenoic acid (C20:1n9)	0.36	0.37	0.38	0.37	0.015	0.587
Arachidonic acid (C20:4n6)	1.92	1.81	1.81	1.74	0.101	0.665
Docosatetraenoic acid (C22:4n6)	0.19	0.18	0.17	0.18	0.011	0.534
Docosaheptaenoic acid (C22:6n3)	0.45	0.38	0.39	0.39	0.022	0.215
Total	100.00	100.00	100.00	100.00		
Total saturated fatty acids	35.03	36.50	35.58	35.89	0.022	0.225
Total unsaturated fatty acids	64.97	63.50	64.42	64.11	0.457	0.225
MUFA	48.84	48.43	49.23	48.98	0.601	0.817
PUFA	16.13	15.07	15.19	15.12	0.716	0.697
Total n3	0.64	0.57	0.59	0.59	0.022	0.086
Total n6	15.47	14.50	14.59	14.53	0.802	0.733
n6/n3	23.38	25.23	24.58	24.39	0.812	0.491

<sup>1</sup> CON, Basal diet; GB, Basal diet + Ginseng berry 0.5%; GLS, Basal diet + Ginseng leaves and stems 0.5%; GB + GLS, Basal diet + Ginseng berry 0.5% + Ginseng leaves and stems 0.5%.

<sup>2</sup> SEM, pooled standard error of mean.

보고하였다. Kang et al.(2008)도 케일과 명일엽 및 그 부산물을 산란계 사료에 첨가 급여하였을 때 계란의 지방산 조성에 유의적인 변화가 나타나지 않았다고 보고하였다.

반면, 일부 연구에서는 인삼 또는 식물 유래 소재의 급여가 난황 지방산 조성에 영향을 미칠 수 있다는 결과도 보고된 바 있다. Yan et al.(2011)은 야생 인삼 부정근 부산물을 급여하였을 때 난황의 포화지방산 함량과 다가불포화지방산:포화지방산 비율이 유의적으로 감소하였다고 보고하였으며, Lee and Choi(2018)는 홍삼박과 발효 홍국을 첨가 급여한 경우 난황의 불포화지방산 함량이 증가하고 포화지방산 함량이 감소하는 경향을 보고하였다. 이러한 연구 결과의 차이는 사용된 인삼 소재의 종류, 가공 방법, 첨가 수준 및 사양 조건 등의 차이에 기인할 가능성이 있는 것으로 판단된다.

#### 4. 혈구 성분

산란계 사료 내 인삼 재배 부산물의 첨가 급여가 혈구 성분

에 미치는 영향은 Table 5에 제시하였다. WBC, RBC, hemoglobin(Hgb), hematocrit(HCT), mean corpuscular volume(MCV), mean corpuscular hemoglobin(MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration(MCHC), platelet(PLT) 및 red cell distribution width(RDW) 등 모든 혈액학적 지표에서 처리구 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). WBC의 경우 첨가구에서 대조구보다 다소 높은 평균값을 보였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았으며( $P = 0.083$ ), HCT는 GB 처리구에서 가장 낮았으나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다( $P = 0.071$ ). 하이라인(Hy-Line) 산란계의 HCT 정상 범위는 약 19~35%로 보고된 바 있으며(Schaal et al., 2016), 본 연구에서 관찰된 모든 처리구의 HCT 값은 해당 정상 범위 내에 포함되었다. 이는 인삼 재배 부산물의 사료 첨가가 산란계의 면역 관련 혈액학적 지표에 뚜렷한 영향을 미치지 않았음을 시사한다.

일반적으로 고온 환경은 가금류의 생리적 반응과 면역 기능에 영향을 미치며 혈액학적 지표의 변화를 유발할 수 있는

**Table 5.** Effect of dietary supplementation of ginseng by-products on erythrocyte and leukocytes profile in laying hens under heat stress condition

Parameters <sup>3</sup>	Treatments <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value
	CON	GB	GLS	GB + GLS		
<b>Erythrocyte</b>						
RBC (K/ $\mu$ L)	2.11	1.94	2.17	2.16	0.07	0.118
HGB (g/ $\mu$ L)	6.80	6.34	7.07	7.05	0.23	0.062
HCT (%)	28.70	26.71	29.96	29.83	0.96	0.071
MCV (fL)	125.81	125.30	127.51	126.14	2.18	0.893
MCH (g/dL)	29.79	29.65	30.11	29.84	0.56	0.912
MCHC (g/dL)	23.68	23.69	23.61	23.64	0.27	0.998
PLT (K/ $\mu$ L)	61.00	84.50	56.00	58.13	12.41	0.421
RDW-CV (%)	9.65	9.56	9.41	9.30	0.24	0.418
<b>Leukocytes</b>						
WBC (K/ $\mu$ L)	28.63	36.61	30.92	36.50	2.94	0.083

<sup>1</sup> CON, basal diet; GB, basal diet + ginseng berry 0.5%; GLS, basal diet + ginseng leaves and stems 0.5%; GB + GLS, basal diet + ginseng berry 0.5% + ginseng leaves and stems 0.5%.

<sup>2</sup> SEM, pooled standard error of mean.

<sup>3</sup> RBC, red blood cell count; HGB, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration; PLT, platelets; RDW-CV, red cell distribution width-coefficient of variation; WBC, white blood cell count.

것으로 알려져 있다(Hassan et al., 2023). 특히 heat stress 조건에서는 백혈구 수 변화나 면역 관련 지표의 변동이 보고된 바 있으나, 이러한 변화의 정도는 고온 노출의 강도와 지속 기간, 그리고 개체의 생리적 상태 등에 따라 다르게 나타날 수 있다(Hassan et al., 2023; Kim et al., 2024). 본 연구에서는 모든 혈액학적 지표에서 처리구 간 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 모든 측정값이 정상 범위 내에서 유지되었다. 따라서 인삼 재배 부산물의 사료 내 첨가 급여는 고온 환경 조건에서도 산란계의 혈액학적 항상성(hematological homeostasis)에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

### 5. 혈청 생화학 성분

산란계 사료 내 인삼 재배 부산물의 첨가 급여에 따른 혈청 생화학적 성분의 변화는 Table 6에 나타내었다. 혈중 total protein(TP), albumin(ALB), total bilirubin(T.BIL), glucose(GLU), blood urea nitrogen(BUN), creatinine(CREAT), aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase (ALT), cholesterol(CHOL) 및 triglyceride(TG) 등 모든 혈청 생화학 지표에서 처리구 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ).

혈청 단백질(TP)과 albumin은 영양 상태 및 단백질 대사를 반영하는 지표이며, BUN과 creatinine은 신장 기능과 관

련된 지표로 알려져 있다. 또한 AST와 ALT는 간 기능을 평가하는 대표적인 효소 지표로서 간 조직의 손상이나 대사 변화에 따라 혈중 농도가 변할 수 있다. 본 연구에서 이들 지표가 처리구 간 유의적인 차이를 나타내지 않았다는 것은 인삼 재배 부산물의 첨가 급여가 산란계의 기본적인 대사 상태와 간·신장 기능에 부정적인 영향을 미치지 않았음을 의미한다.

한편 식물 유래 기능성 소재나 인삼 유래 부산물을 가금류 사료에 첨가할 경우 혈중 지질 대사에 영향을 미칠 가능성이 보고된 바 있다. Kim(2014)은 육계 사료에 홍삼박을 0.5% 및 1.0% 첨가 급여했을 때 혈중 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤이 유의적으로 감소하였다고 보고하였으며, Kang et al.(2015)도 산란계 사료에 홍삼박을 첨가했을 때 혈청 콜레스테롤 함량이 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. 이러한 효과는 인삼에 함유된 사포닌 성분이 체내 지질 대사에 영향을 줄 수 있기 때문으로 제시된 바 있다(Tadele, 2015). 또한 Rao and Gurfinkel(2000)은 인삼 사포닌이 소화관 내에서 콜레스테롤과 불용성 복합체를 형성하여 콜레스테롤의 장내 흡수를 억제할 수 있다고 보고하였다.

그러나 모든 연구에서 이러한 효과가 일관되게 나타나는 것은 아니며, 일부 연구에서는 혈청 지질 지표에 유의적인 변화가 나타나지 않은 것으로 보고되었다. Jang et al.(2007)은 발효 산삼 배양액 부산물을 산란계에 급여했을 때 혈청

**Table 6.** Effect of dietary supplementation of ginseng by-products on serum biochemical characteristics in laying hens under heat stress condition

Parameters <sup>3</sup>	Treatments <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value
	CON	GB	GLS	GB + GLS		
TP (g/dL)	4.56	4.50	4.70	4.36	0.19	0.683
ALB (g/dL)	1.70	1.71	1.85	1.78	0.07	0.473
T.BIL (mg/dL)	0.143	0.151	0.145	0.153	0.007	0.690
GLU (mg/dL)	195.81	198.92	197.31	184.61	12.70	0.893
BUN (mg/dL)	1.00	0.95	1.04	1.00	0.06	0.622
CREAT (mg/dL)	0.093	0.093	0.098	0.100	0.006	0.332
AST (U/L)	184.72	171.31	168.12	173.06	7.51	0.458
ALT (U/L)	7.26	6.61	5.90	5.10	0.55	0.094
CHOL (mg/dL)	126.57	91.48	114.24	100.15	14.90	0.478
TG (mg/dL)	785.37	705.30	769.35	733.84	57.42	0.769

<sup>1</sup> CON, basal diet; GB, basal diet + ginseng berry 0.5%; GLS, basal diet + ginseng leaves and stems 0.5%; GB + GLS, basal diet + ginseng berry 0.5% + ginseng leaves and stems 0.5%.

<sup>2</sup> SEM, pooled standard error of mean.

<sup>3</sup> TP, total protein; ALB, albumin; T.BIL, total bilirubin; GLU, glucose; BUN, blood urea nitrogen; CREAT, creatinine; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; CHOL, cholesterol; TG, triglycerides.

콜레스테롤 함량에 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 보고하였으며, Hong et al.(2001) 역시 고온 스트레스 조건에서 산란계에게 한방 부산물을 첨가 급여했을 때 혈청 중성지방 및 총 콜레스테롤 농도에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 나타난 결과와 유사한 경향을 보인다.

이상의 결과를 종합하면, 인삼 재배 부산물의 사료 내 첨가 급여는 고온 환경 조건에서 사육된 산란계의 혈청 생화학적 지표에 유의적인 변화를 유발하지 않았으며, 산란계의 대사적 및 생리적 상태에 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 해석된다.

## 6. 혈청 Immunoglobulin 및 Corticosterone 농도

산란계 사료 내 인삼 재배 부산물의 첨가 급여가 산란계의 혈청 내 immunoglobulin 농도에 미치는 영향은 Table 7에 나타내었다. IgG는 체내에서 가장 풍부한 대표적인 항체로 장기 면역 유지에 중요한 역할을 하는 것으로 알려졌는데(Damelang et al., 2024), 본 연구에서 혈청 IgG 농도는 시험구들 간에 유의차가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). IgA는 대조구(176.75  $\mu\text{g/mL}$ )가 GLS 처리구(162.69  $\mu\text{g/mL}$ )와 GB + GLS 처리구(156.65  $\mu\text{g/mL}$ )에 비해 유의적으로 높게 나타났다( $P<0.05$ ). IgM 농도 또한 처리구 간 유의적인 차이를 보였는데( $P<0.05$ ), 대조구(69.16  $\mu\text{g/mL}$ )와 GB 처리구(69.27  $\mu\text{g/mL}$ )에서 유사한 수치를 나타낸 반면, GLS 처리구에서는 45.10  $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 낮은 값을 나타냈고, GB +

GLS 처리구에서는 95.69  $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높았다.

그러나 이러한 변화는 처리 수준에 따라 뚜렷한 증가 또는 감소 경향을 보이지 않아 면역반응에 대한 처리 효과가 일관되게 나타났다고 보기는 어렵다. 가금에서 면역글로불린은 개체의 면역 상태, 항원 노출 정도, 생리적 조건 등에 의해 크게 영향을 받을 수 있으며, 사육 환경이나 영양 상태에 따라서도 변동이 나타날 수 있는 것으로 보고되어 있다(Klasing, 2007). 또한 면역글로불린의 종류에 따라 기능적 역할이 서로 다르며, IgA는 주로 장관 및 호흡기 등 점막면역(mucosal immunity)에 중요한 역할을 하는 반면, IgM은 항원에 대한 초기 면역반응에서 주로 생성되는 항체로 다른 immunoglobulin보다 급성반응에 특화된 것으로 알려져 있다(Tizard, 2018).

Liou et al.(2004)은 인삼 추출물이 immunoglobulin 농도를 증가시킨다고 하였으나, Seol et al.(2010)은 산삼배양액을 육계에게 음수 투여 시 면역글로불린 함량에 유의한 영향을 미치지 않았다고 보고한 바 있어, 인삼 소재의 종류, 처리방식 및 급여형태, 실험 조건 등에 따라서도 효과가 상이할 수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구에서 관찰된 IgA와 IgM의 차이는 처리에 의해 특정 면역 경로가 선택적으로 영향을 받았을 가능성을 반영할 수 있으나, 전반적인 체액성 면역이 일관되게 강화되거나 억제되었다고 해석하기에는 제한이 있을 것으로 사료된다. 종합적으로 볼 때, 본 연구에서 사용된 처리들은 일부 면역 관련 지표에 영향을 미칠 가능성을 보였으나

**Table 7.** Effect of dietary supplementation of ginseng by-products on serum immunoglobulin and corticosterone level in laying hens under heat stress condition

Parameters	Treatments <sup>1</sup>				SEM <sup>2</sup>	P-value
	CON	GB	GLS	GB + GLS		
IgG (µg/ml)	30.80	19.95	19.91	23.03	12.67	0.631
IgA (µg/ml)	176.75 <sup>a</sup>	166.89 <sup>ab</sup>	162.69 <sup>b</sup>	156.65 <sup>b</sup>	4.81	0.030
IgM (µg/ml)	69.16 <sup>ab</sup>	69.27 <sup>ab</sup>	45.10 <sup>b</sup>	95.69 <sup>a</sup>	9.06	0.018
Corticosterone (ng/mL)	24.07	11.70	11.80	10.50	3.93	0.103

<sup>a,b</sup> Values with different superscript within the same row significantly differ ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> CON, basal diet; GB, basal diet + ginseng berry 0.5%; GLS, basal diet + ginseng leaves and stems 0.5%; GB + GLS, basal diet + ginseng berry 0.5% + ginseng leaves and stems 0.5%.

<sup>2</sup> SEM, pooled standard error of mean.

그 효과는 항목에 따라 다르게 나타났으며 개체 간 변이에 의한 영향도 함께 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

혈청 내 corticosterone 농도는 대조구 24.07 ng/mL에 비해, GB 11.70, GLS 11.80, GB + GLS 10.50 ng/mL로 인삼 재배 부산물을 첨가한 처리구에서 모두 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다( $P > 0.05$ ). Lee et al.(2022)은 고온 스트레스하에서 육계 사료에 진생베리와 인삼 잎·줄기를 첨가 급여했을 때 혈청 corticosterone 수치가 감소하는 경향을 보고하였으며, Son et al.(2023)은 고온 환경의 육계에 카테킨과 비타민 C를 급여하여 혈청 corticosterone이 유의하게 감소하였다고 보고한 바 있다.

corticosterone은 스트레스 반응의 주요 바이오파커로 작용하는 부신피질 호르몬으로 열, 사료, 사육환경 등 외부 요인에 대한 닭의 생리적 스트레스 수준을 반영한다(Najafi et al., 2015). 그러나 혈중 corticosterone 농도는 개체 간 변이가 크고 체혈 시 취급 스트레스나 일중 변동(circadian rhythm) 등의 영향을 크게 받기 때문에 동일 처리 내에서도 높은 변동성을 나타내는 경우가 많다(Scanes, 2015). 이러한 요인들로 인해 본 연구에서도 corticosterone이 감소하는 경향은 있었으나 통계적 유의성은 확보하지 못한 것으로 판단된다. 따라서 본 결과는 처리에 의해 스트레스 반응이 일부 완화되었을 가능성을 시사하지만, 보다 명확한 결론을 도출하기 위해서는 추가적인 실험이나 보조적인 스트레스 지표의 평가가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과들을 모두 종합하면, 인삼 재배 부산물인 진생베리 및 인삼 잎·줄기를 산란계에 첨가 급여하였을 때 전체 산란기간 동안 생산성과 계란 품질에서 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 다양한 인삼 부산물들을 활용한 선행 연구들에서도 생산성 향상에 대한 뚜렷한 효과는 일관되게

나타나지 않고 있다. 일부 면역 지표에서 유의한 차이가 나타났으나, 이러한 결과만으로 인삼 재배 부산물이 산란계의 면역 기능을 개선한다고 단정하기에는 제한적인 것으로 판단된다. 또한, 스트레스 관련 지표에서도 인삼 재배 부산물이 고온 스트레스 완화에 일정 부분 기여할 가능성을 시사하는 경향이 관찰되었으나, 통계적으로는 유의하지 않아 본 연구 결과만으로 이를 확정적으로 결론짓기에는 한계가 있다. 인삼 재배 부산물에는 진세노사이드와 폴리페놀 등 다양한 생리활성 성분이 함유된 것으로 보고되고 있으므로, 향후 연구에서는 이러한 성분의 조성 및 함량 분석과 함께 생리적 효과와 용량-반응 관계에 대한 검증이 필요하며, 다양한 첨가 수준과 급여 방법 및 사양 환경을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 적 요

본 연구는 고온 스트레스 환경에서 인삼 재배 부산물의 사료 첨가가 산란계의 생산성, 계란 품질, 혈액 성분, 면역 및 스트레스 반응에 미치는 영향을 평가하고자 수행되었다. 32주령 Hy-Line Brown 산란계 120수를 공시하여 대조구(CON), 진생베리 0.5% 첨가구(GB), 인삼 잎·줄기 0.5% 첨가구(GLS), 진생베리와 잎·줄기를 각각 0.5% 혼합 첨가한 처리구(GB + GLS)로 구분하여 6주간 사양시험을 실시하였다. 사료는 수당 120 g/day로 정량 급여하고 물은 자유 급수하였으며, 오전 9시부터 오후 3시까지 온도 28~30°C, 상대습도 80~90%의 고온 환경을 유지하였다. 계란은 매일 수거하여 산란수와 난중을 측정하였고, 2주 간격으로 시험구당 30개의 계란을 이용하여 계란 품질을 분석하였다. 실험 종료 시 각 처리구에서 8수씩 선발하여 혈액을 채취하였다. 산란율과

난중은 인삼 재배 부산물 첨가에 의해 유의적인 영향을 받지 않았다( $P>0.05$ ). 난각 강도, 난각 두께, 난황색 및 호우 유니트 등 주요 난질 특성과 난황 지방산 조성에서도 처리구 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 혈액학적 지표와 혈청 생화학 성분 역시 모든 항목에서 처리구 간 유의적인 차이가 관찰되지 않았다( $P>0.05$ ). 혈청 IgG 농도는 처리구 간 유의차가 없었으나( $P>0.05$ ), IgA는 대조구가 GLS 및 GB + GLS 처리구보다 유의적으로 높은 값을 나타냈다( $P<0.05$ ). 또한 IgM 농도는 처리구 간 유의적인 차이를 보였으며( $P<0.05$ ), GLS 처리구에서 가장 낮고 GB + GLS 처리구에서 가장 높은 값을 나타냈다. 혈청 corticosterone 농도는 인삼 재배 부산물을 첨가한 모든 처리구에서 대조구보다 낮은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다( $P>0.05$ ). 이상의 결과로 볼 때 인삼 재배 부산물의 사료 첨가는 고온 환경에서 산란계의 생산성, 계란 품질 및 대부분의 혈액학적 지표에 유의적인 영향을 미치지 않았으며, 일부 면역 지표에서만 제한적인 변화가 관찰되었다. 이러한 결과는 인삼 재배 부산물이 산란계의 생리적 반응에 부분적인 영향을 미칠 가능성을 시사하나, 그 효과를 명확히 규명하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(색인어 : 진생베리, 인삼 부산물, 산란계, 생산성, 계란품질, 고온 스트레스)

## 사 사

본 연구는 한국연구재단 기본연구사업(과제번호 2020-0471-01) 및 국립공주대학교 연구년 사업에 의하여 수행되었습니다.

## ORCID

Ji-Hyuk Kim <https://orcid.org/0000-0002-6266-2160>  
Jun-Ho Lee <https://orcid.org/0000-0001-7143-1623>

## REFERENCES

- Ait-Boulahsen A, Garlich JD, Edens FW 1995 Potassium chloride improves the thermotolerance of chickens exposed to acute heat stress. *Poult Sci* 74(1):75-87.
- Allahverdi A, Feizi A, Takhfooladi, HA, Nikpiran H 2013 Effects of heat stress on acid-base imbalance, plasma calcium concentration, egg production and egg quality in commercial layers. *Glob Vet* 10(2):203-207.
- AOAC 2005 Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Attele AS, Zhou YP, Xie JT, Wu JA, Zhang L, Dey L, Yuan CS 2002 Antidiabetic effects of Panax ginseng berry extract and the identification of an effective component. *Diabetes* 51(6):1851-1858.
- Barrett NW, Rowland K, Schmidt CJ, Lamont SJ, Rothschild MF, Ashwell CM, Persia ME 2019 Effects of acute and chronic heat stress on the performance, egg quality, body temperature, and blood gas parameters of laying hens. *Poult Sci* 98:6684-6692.
- Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, McAllister TA, Beauchemin KA 2008 A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Anim Feed Sci Technol* 145:209-228.
- Bezahegn DA, Tamir B, Mamo G 2025 Production performance and egg quality characteristics of laying hens fed with different levels of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and cinnamon (*Cinnamomum cassia*) as natural feed additives. *Poult Sci Manag* 2:8.
- Borzouie S, Rathgeber BM, Stupart CM, Macisaac J, MacLaren LA 2020 Effects of dietary inclusion of seaweed, heat stress and genetic strain on performance, plasma biochemical and hematological parameters in laying hens. *Animals* 10:1570.
- Czarick M, Fairchild BD 2008 Poultry housing for hot climates. Pages 80-131 In: *Poultry Production in Hot Climates*. 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Daghir NJ 2008 Broiler feeding and management in hot climates. Pages 227-260 In: *Poultry Production in Hot Climates*. 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Damelang T, Brinkhaus M, van Osch TL, Schuurman J, Labrijn A, Rispens T, Vidarsson G 2024 Impact of structural modifications of IgG antibodies on effector functions. *Front Immunol* 14:1304365.
- de Andrade AN, Rogler JC, Featherston WR 1976 Influence of constant elevated temperature and diet on egg production and shell quality. *Poult Sci* 55(2):685-693.
- Dey L, Xie JT, Wang A, Wu J, Maleckar SA, Yuan CS 2003 Anti-hyperglycemic effects of ginseng: comparison between root and berry. *Phytomedicine* 10(6-7):600-605.

- El-Saadony MT, Umar M, Hassan F, Alagawany M, Arif M, Taha AE, Elnesr SS, El-Tarabily KA, Abd El-Hack ME 2022 Applications of butyric acid in poultry production: the dynamics of gut health, performance, nutrient utilization, egg quality, and osteoporosis. *Anim Health Res Rev* 23(2):136-146.
- Esenbuga N, Ekinçi O 2023 Dietary Effects of some plant extracts on laying performance, egg quality, and some blood parameters in laying hens at different cage densities. *Animals* 13(24):3866.
- Ghorbani MR, Fayazi J 2009 Effects of dietary sodium bicarbonate and rearing system on laying hens performance, egg quality and plasma cations reared under chronic heat stress. *Res J Biol Sci* 4(5):562-565.
- Gou W, Liu S, Liu Y, Fu J, Yuan W, Liu M, Si Q, Zhang N, Shang H 2025 Ginseng stem and leaf extract residue improves antioxidant and immune functions and intestinal microflora in broilers. *Res Vet Sci* 196:105917.
- Hassan S, Habashy W, Ghoname M, Elnaggar A 2023 Blood hematology and biochemical of four laying hen strains exposed to acute heat stress. *Int J Biometeorol* 67(4):675-686.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measure egg quality. *US Egg Poult Mag* 43:552-555.
- Hong JK, Bong MH, Park JC, Moon HK, Lee SC 2012 Effect of feeding red ginseng marc on vital reaction in laying hens under stress task. *Korean J Poult Sci* 39(1):63-70.
- Hong JW, Kim IH, Kwon OS, Lee SH, Lee JM, Lim YC, Min BJ, Lee WB 2001 Effects of Korean medical herb residue supplementation on the egg quality and serum cholesterol of laying hens under heat stress. *Korean J Poult Sci* 28(3):259-265.
- Jang HD, Kim HJ, Cho JH, Chen YJ, Yoo JS, Min BJ, Park JC, Kim IH 2007 Effects of dietary supplementation of fermented wild-ginseng culture by-products on egg productivity, egg quality, blood characteristics and ginsenoside concentration of yolk in laying hens. *Korean J Poult Sci* 34(4):271-278.
- Kang HK, Park SB, Kim CH 2015 Effect of dietary supplementation of red ginseng by-product on laying performance, blood biochemistry, serum immunoglobulin and microbial population in laying hens. *Asian-Australas J Anim Sci* 29(1):1464-1469.
- Kang HK, Seo OS, Choi HC, Chae HS, Na JC, Yu DJ, Kang GH, Bang HT, Park SB, Kim MJ, Lee JE, Kim DW, Kim SH 2010 Effects of feed supplementations for fermented apple pomace and cinnamon on egg quality and performance in laying hens. *Korean J Poult Sci* 37(1):63-68.
- Kim HR, Ryu C, Lee SD, Cho JH, Kang H 2024 Effects of heat stress on the laying performance, egg quality, and physiological response of laying hens. *Animals* 14(7):1076.
- Kim JH, Na JC, Kim SH, Jang BG, Kang HS, Lee DS, Lee SJ, Jwa SH 2006 Effect of dietary medicinal plant by-products on egg production and egg quality in laying hens. *Korean J Poult Sci* 33(2):121-126.
- Kim SH, Son JH, Lee SJ, Choi CH, Na JC, Lee DS, Ryu KS 2004 Effect of toxicodendron radicans extract on the productivity and gut microbiota of laying hens. Pages 111-112 In: *Proceedings of the 21st Annual General Meeting and Academic Conference of the Korean Society of Poultry Science.*
- Kim YJ 2014 Effects of dietary supplementation of red ginseng marc and Korean mistletoe powder on performance and meat quality of broiler chicken. *Korean J Poult Sci* 41(3):197-204.
- Klasing KC 2007 Nutrition and the immune system. *Br Poult Sci* 48, 525-537.
- Lara LJ, Rostagno MH 2013 Impact of heat stress on poultry production. *Animals* 3(2):356-369.
- Lee CH 1996 The Effects of extracts from *Puerariae radix* roots on the storage stability of egg and serum cholesterol level in the laying hens. *Korean J Food Sci Anim Resour* 16(1):102-105.
- Lee GD, Choi IH 2018 Effects of different types of red ginseng marc and fermented red Koji blend as feed additives on blood parameters and egg yolk fatty acid profiles of laying hens. *Braz J Poult Sci* 20(3):441-446.
- Lee JH, Yun JW, Kim BK, Park HB, Lim KS, Kim JH 2022 Effects of ginseng by-products supplementation on performance, blood biochemical profiles, organ development, and stress parameter in broiler under heat stress condition. *Korean J Poult Sci* 49(4):255-264.
- Lin H, Jiao HC, Buyse J, Decuypere E 2006 Strategies for preventing heat stress in poultry. *World Poult Sci J* 62(1):71-86.
- Liou CJ, Li ML, Tseng J 2004 Intraperitoneal injection of

- ginseng extract enhances both immunoglobulin and cytokine production in mice. *Am J Chin Med* 32(1):75-88.
- Liu X, He Y, Cao Y, Wang X, Yang Y, Song J 2025 Fermented Chinese herbs improved egg production, egg shell quality, and egg yolk cholesterol of laying hens by regulating estrogen, lipid metabolism, and calcium metabolism. *Animals* 15(21):3073.
- Mashaly MM, Hendricks GL, Kalama MA, Gehad AE, Abbas AO, Patterson PH 2004 Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poult Sci* 83(6):889-894.
- Mignon-Grasteau S, Moreri U, Narcy A, Rousseau X, Rodenburg TB, Tixier-Boichard M, Zerjal T 2014 Robustness to chronic heat stress in laying hens: a meta-analysis. *Poult Sci* 94(4):586-600
- Min BJ, Kwon OS, Son KS, Hong JW, Cho JH, Kim IH 2004 The effects of herbal plant mixture supplementation on the performance of laying hens under heat stress. *Korean J Poult Sci* 31(1):9-15.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) 2024 All-out efforts to minimize livestock losses caused by heat waves. Sejong, Republic of Korea.
- Naga Raja Kumari K, Narendra Nath D 2018 Ameliorative measures to counter heat stress in poultry. *World Poult Sci J* 74:117-130.
- Najafi P, Zulkifli I, Jajuli NA, Farjam AS, Ramiah SK, Amir AA, O'Reily E, Eckersall D 2015 Environmental temperature and stocking density effects on acute phase proteins, heat shock protein 70, circulating corticosterone and performance in broiler chickens. *Int J Biometeorol* 59:1577-1583.
- Nawab A, Ibtisham F, Li G, Kieser B, Wu J, Liu W, Zhao Y, Nawab Y, Li K, Xiao M, An L 2018 Heat stress in poultry production: mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. *J Thermal Biol* 78:131-139.
- Park JH, Shin OS, Ryu KS 2005 Effect of Feeding wild ginseng culture by-products on performance and egg quality of laying hens. *Korean J Poult Sci* 32(4):269-273.
- Puthongsiriporn U, Scheideler SE, Sell JL, Beck MM 2001 Effects of vitamin E and C supplementation on performance, *in vitro* lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress 1. *Poult Sci* 80(8):1190-1200.
- Rao AV, Gurfinkel DM 2000 The bioactivity of saponins: triterpenoid and steroidal glycosides. *Drug Metabol Drug Interact* 17(1-4):211-236.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA 2017 Climate change and livestock: impacts, adaptation, and mitigation. *Clim Risk Manag* 16:145-163.
- Li HL, Ryu KS 2001 Effect of feeding various wood vinegar on performance and egg quality of laying hens. *Korean J Anim Sci* 43(5):655-662.
- Salahuddin M, Abdel-Wareth AAA, Stamps KG, Gray CD, Aviña AMW, Fulzele S, Lohakare J 2024 Enhancing laying hens' performance, egg quality, shelf life during storage, and blood biochemistry with *Spirulina platensis* supplementation. *Vet Sci* 11(8):383.
- Sandner G, Mueller AS, Zhou X, Stadlbauer V, Schwarzinger B, Schwarzinger C, Weghuber J 2020 Ginseng extract ameliorates the negative physiological effects of heat stress by supporting heat shock response and improving intestinal barrier integrity: evidence from studies with heat-stressed Caco-2 cells, *C. elegans* and growing broilers. *Molecules* 25(4):835.
- Scanes CG 2015 Avian endocrine system. Pages 489-496 In: Sturkie's Avian Physiology. 6th ed. Academic Press, San Diego, CA.
- Seol JW, Park JH, Chae JS, Kang HS, Ryu KS, Kang CS, Park SY 2010 Effect of tissue culture medium waste after harvest of Korean wild ginseng on growth performance and diseases resistance in broiler chickens. *Korean J Vet Res* 50(2):85-91.
- Son JS, Lee WD, Kim HJ, Kim HS, Hong EC, Jeon IS, Kang HW 2023 Effect of combined supplementation catechin and vitamin C on growth performance, meat quality, blood composition and stress responses of broilers under high temperature. *Korean J Poult Sci* 50(1):1-13.
- Tadele Y 2015 Important anti-nutritional substances and inherent toxicants of feeds. *Food Sci Qual Manag* 36:40-47.
- Tajudeen H, Mun JY, Ha SH, Hosseindoust A, Lee SH, Kim JS 2022 Effect of wild ginseng on the laying performance, egg quality, cytokine expression, ginsenoside concentration, and microflora quantity of laying hens. *J Anim Sci Technol* 65(2):351-364.
- Windisch W, Schedle K, Plitzner C, Kroismayr A 2008 Use

- of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *J Anim Sci* 86(E. Suppl):E140-E148.
- Xie JT, Zhou YP, Dey L, Attele AS, Wu JA, Gu M, Polonsky KS, Yuan CS 2002 Ginseng berry reduces blood glucose and body weight in db/db mice. *Phytomedicine* 9(3):254-258.
- Yan L, Meng QW, Ao X, Wang JP, Jang HD, Kim IH 2011 Evaluation of dietary wild-ginseng adventitious root meal on egg production, egg quality, hematological profiles and egg yolk fatty acid composition in laying hens. *Livest Sci* 140(1-3):201-205.
- Zhang M, Zou XT, Li H, Dong XY, Zhao W 2012 Effect of dietary gamma-aminobutyric acid on laying performance, egg quality, immune activity and endocrine hormone in heat-stressed Roman hens. *Anim Sci J* 83(2):141-147.
- Zhang P, Zhang H, Ma C, Lv Q, Yu H, Zhang Q 2024 Effect of ginseng stem leaf extract on the production performance, meat quality, antioxidant status, immune function, and lipid metabolism of broilers. *Front Vet Sci* 11:1463613.
- 
- Received Feb. 4, 2026, Revised Mar. 12, 2026, Accepted Mar. 13, 2026