



## 산란초기 사육시설 형태에 따른 동물복지 산란계의 생산성, 계란품질 및 복지지표 차이에 관한 연구

김희진<sup>1</sup> · 이우도<sup>2</sup> · 김현수<sup>3</sup> · 손지선<sup>3</sup> · 홍의철<sup>3</sup> · 이지혜<sup>4</sup> · 강환구<sup>5</sup> · 변승준<sup>6†</sup>

<sup>1</sup>국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원, <sup>2</sup>국립축산과학원 동물복지연구팀 농업연구사, <sup>3</sup>국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, <sup>4</sup>국립축산과학원 가금연구소 연구원, <sup>5</sup>국립축산과학원 동물영양생리과 농업연구관, <sup>6</sup>국립축산과학원 가금연구소 농업연구관

### A Study on Differences in Production Egg Quality, and Welfare Indicators of Hens in Welfare Rearing Facilities during the Early Laying Period

Hee-Jin Kim<sup>1</sup>, Woo-Do Lee<sup>2</sup>, Hyunsoo Kim<sup>3</sup>, Jiseon Son<sup>3</sup>, Eui-Chul Hong<sup>3</sup>,  
 Jihye Lee<sup>4</sup>, Hwan Ku Kang<sup>5</sup> and Sung-June Byun<sup>6†</sup>

<sup>1</sup>Post-Doctor Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

<sup>2</sup>Researcher, Animal Welfare Research Team, National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>3</sup>Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

<sup>4</sup>Field Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

<sup>5</sup>Senior Researcher, Animal Nutrition and Physiology Division, National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>6</sup>Senior Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

**ABSTRACT** This study was conducted to compare the differences in productivity, egg quality, serum biochemistry, and animal welfare levels of laying hens in different housing systems [Density enhanced conventional battery cage (DCC) and furnished cage (FC)] during the early laying period (25–34 weeks). A total of 300 Hy-Line Brown laying hens at 25 weeks of age (average body weight 1,774±20.59 g) were used. Two housing environments were set up with 2 treatments and 5 replicates each, and 150 hens were randomly assigned to each environment, with a total feeding trial period of 10 weeks. At 34 weeks of age, body weight was significantly lower in the DCC group ( $P<0.05$ ), but the laying rate and egg production were significantly higher in the DCC group ( $P<0.05$ ). In terms of egg quality, there were no significant differences between the groups in eggshell strength, Haugh unit, eggshell thickness, and yolk color. Serum biochemical results showed that the FC group had higher levels of ALT, TP, ALB, Ca, IP, and lower GLU levels. Serum CORT levels were higher in the FC group ( $P<0.05$ ). Feather damage results showed higher damage in the neck and head in the DCC group ( $P<0.05$ ), but higher damage in the back, chest, tail, and overall average in the FC group ( $P<0.05$ ). Therefore, it is concluded that productivity and animal welfare indicators decreased in the FC group. Further research on furnished cages is needed to improve animal welfare.

(Key words: animal welfare, egg production, laying hen, rearing facility, welfare indicator)

## 서론

산란계의 전통적인 케이지 시스템(conventional cage system, CC)인 배터리 케이지(battery cage)는 1930년대에 개발, 1950년대부터 사용되어 온 사육 시설이다(Singh et al., 2009). 특히, 케이지는 좁은 면적에서 더 많은 개체를 사육하고 계란 생산량과 수익을 극대화할 수 있는 시설의 특성

으로 인해 오랜 기간 전통적인 산란계 사육 시스템으로 사용되었다(Dikmen et al., 2016). 그러나 1960년대부터 동물복지에 대한 관심이 높아지고(Dikmen et al., 2016; Konkol et al., 2020), 열악한 사육 환경, 자연적인 행동(둥지 만들기, 해 오르기, 긁기 등) 제한 등의 악영향이 보고됨에 따라 기존 사육 시설에 대한 의문점이 제기되었다(Tactacan et al., 2009; Konkol et al., 2020). 이러한 이유로, 2012년 유럽 연

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : pcs1778@korea.kr

협(EU)은 기존 케이지 시스템의 사용을 금지하였으며, 사육 환경 개선 방안에 대해 연구하고 있다(Konkol et al., 2020).

연구에 따르면, 기존 케이지의 대체 사육 시설은 다단식(aviary), 방목(free-range), 평사(floor) 등 비케이지 형태(non-cage housing system)와 강화 배터리 케이지(enriched battery cage) 및 농축 케이지(furnished cage, FC)와 같은 케이지 형태가 있으나(Heerkens et al., 2015; Denli et al., 2016; Son et al., 2022), 그 중 농축 케이지가 산란계 복지 사육에 있어 큰 관심을 받고 있다(Denli et al., 2016). 농축 케이지는 1980년대 독일에서 개발된 사육 시설로, 산란계에게 더 넓은 공간을 제공하며(수당 750 cm<sup>2</sup> vs 550 cm<sup>2</sup>), 햇대, 등지 등의 구조물이 있어 기존 케이지 사육 환경과 차이가 있다(Lay et al., 2011; Weimer et al., 2019). 이러한 사육환경 강화는 산란계의 부정적 감정 상태를 완화하고 깃털 쪼기 행동(feather pecking) 빈도를 줄이며 본능적인 행동 발달 개선에 도움을 준다(Son et al., 2022).

한편, 배터리 케이지 시스템의 가장 큰 문제점은 산란계의 최소 사육 면적인 것으로 알려져 있다(Erensoy et al., 2021). 높은 사육 밀도는 닭 행동을 포함한 복지적 측면에서 많은 단점이 있지만 카니발리즘(Cannibalism) 등 낮은 공격 수준과 위생 및 건강 상태 유지 등과 같은 이점도 있다(Denli et al., 2016). 유럽 연합의 경우, 사육 면적이 수당 0.075 m<sup>2</sup>인 밀도 개선 케이지로 대체할 것을 법으로 정하였으며, 국내에서도 2025년까지 모든 산란계 농장이 EU 기준 사육 면적으로 적용할 것을 결정하였다(Hong et al., 2019; Delvendahl et al., 2022).

연구에 따르면 사육 시스템은 난중, 사료섭취량, 폐사율 등의 생산성과 계란 품질에 영향을 주는 요인 중 하나로, 닭의 건강과 복지, 소비자의 선호도, 산업의 요구, 환경에 미치는 영향의 균형을 맞추어 설계 및 제공되어야 한다고 하였다(Singh et al., 2009; Onbaşlılar et al., 2015; da Silva Pires et al.,

2021). 이에 본 연구는 밀도 개선 배터리 케이지와 농축 케이지를 각각 제공하고, 사육 시설 형태에 따른 산란 초기의 생산성과 계란품질, 혈액 성분 및 복지 수준 차이를 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시동물, 시험설계 및 사양관리

본 연구의 공시동물로는 25주령 Hy-Line Brown 품종 산란계 300수(1,774±20.59 g)를 공시하였으며, 산란초기(25~34주령) 동안 시험을 실시하였다. 처리구는 사육 시설에 따라 2처리로, 밀도 개선 배터리 케이지(density enhanced conventional battery cage, DCC)와 농축 케이지(furnished cage, FC)를 각각 제공하였다(Fig. 1). 밀도 개선 배터리 케이지의 크기는 600(L) × 625(W) × 450(H) mm이었으며, 농축 케이지의 크기는 1600 (L) × 1200 (W) × 600(H)이었다.

각 처리구는 6반복, 반복당 25수(DCC 처리구 1반복: 5수용 케이지 5개)로 무작위 배치하였으며, 모든 처리구의 사육 밀도는 0.075 m<sup>2</sup>/수로 동일하게 제공하였다. FC 처리구 시설에는 직경 35 mm의 둥근 금속 햇대와 등지 상자가 설치되었으며, 햇대는 바닥에서 40 cm 높이에 위치하였다. 조명은 16시간 명기 8시간 암기로 유지하였으며, 계사 내 온도와 습도는 각각 22±2°C와 40±5%로 설정하였다. 사료와 물은 자유롭게 섭취할 수 있도록 하였으며, 시험 사료는 옥수수-대두박 기반 가루 형태의 상업용 사료를 제공하였다. 본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원 실험동물윤리위원회의 규정에 따라 동물실험을 수행하였다.

### 2. 조사 항목

#### 1) 생산성

본 연구에서 생산성 조사는 체중, 산란율, 난중, 사료섭취

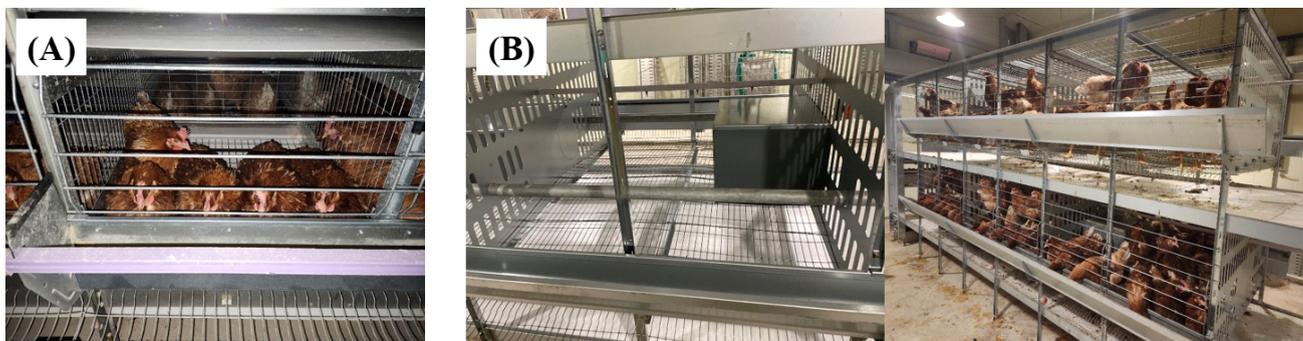


Fig. 1. Type of laying hen rearing facility in this study. (A) Enriched battery cage. (B) Furnished cage.

량, 산란량, 사료 요구율 및 폐사율 지표를 이용했다. 체중은 2주 간격으로 반복별 5수씩 무작위로 선별하여 측정하였다. 산란율은 시험기간 동안 매일 같은 시각에 집란하여 반복별 수집된 계란의 수와 살아있는 산란계의 수를 고려하여 구하였다. 평균 난중은 수집한 계란의 총 중량을 계란 수로 나누어 조사하였다. 일일 산란량은 산란율에 평균 난중을 곱한 후, 100으로 나누어 한 마리의 산란계가 하루에 낳는 계란의 무게로 계산하였다. 사료 섭취량은 2주마다 측정하였으며, 총 급여량에서 사료 잔량, 허실량을 제외한 값을 반복 수수로 나누어 산출하였다. 또한 산출된 사료 섭취량과 산란량을 통하여 사료요구율을 구하였다. 폐사율은 전체 시험기간 동안 폐사한 개체를 조사 및 계산하였다.

## 2) 계란 품질

계란 품질은 시험기간 중 2주 간격으로 계란을 수집한 후, 처리구별 30개의 계란을 무작위로 선별하여 분석하였다. 계란 품질 조사 분석 항목은 난중, 호우유니트(haugh units), 난백고(albumin height), 난각색(eggshell color), 난황색(egg yolk color), 난각강도(eggshell strength) 및 난각두께(eggshell thickness)였다. 난중, 호우유니트, 난백고 및 난황색 분석은 계란품질자동분석기(QCM+, Technical Services & Supplies Ltd., England)를 사용하였다. 난각강도는 난각강도계(Egg shell force gauge model II, Robotmation Co., Ltd, Japan)로 계란의 둔단부에 압력을 가하여 파각되는 순간의 압력을 기록하였다. 난각두께는 동일한 위치의 난각 파편에서 난각막을 제거하고 두께측정기(Digimatic micrometer, Series 547-360, Mitutoyo, Japan)로 3회 측정하여 평균값을 사용하였다. 난각색은 colorimeter(Model CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

## 3) 혈청 내 생화학 특성 및 Corticosterone 수준

산란계의 사육시설에 따른 혈액특성을 조사하기 위해 시험 개시일(25주령), 중간(31주령), 시험 종료일(34주령)에 채혈을 진행하였다. 채혈은 1회 채혈 시 처리구별 10수씩 무작위 선별하고, 익하정맥 채혈법을 이용하였다. 채취한 혈액은 3,000 rpm, 4°C에서 15분간 원심분리(VISION SCIENTIFIC Co., Ltd, Daejeon-Si, Republic of Korea)한 후 혈청을 분리하였다. 혈액 생화학 성분 분석은 아스파르테이트 아미노전달효소(aspartate aminotransferase; AST), 알라닌 아미노전이효소(alanine aminotransferase; ALT), 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase; LDH), 크레아티닌(creatinine; CRE), 포도당(glucose; GLU), 총 단백질(total protein; TP), 알부민

(albumin, ALB), 총 콜레스테롤(total cholesterol; TCHO), 중성지방(triglycerides; TG), 칼슘(calcium; Ca) 및 인(phosphorus; P)을 자동혈액분석기(AU480, Beckman Coulter, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 스트레스 호르몬인 corticosterone(CORT) 분석은 corticosterone enzyme linked immunosorbent assay kit (K014-H, Arbor Assay, Ann Arbor, MI, USA)를 사용하였다.

## 4) 깃털 상태 조사

산란계의 깃털 상태는 실험 개시일부터 종료일까지 2주 간격으로 조사하였으며, 1회 조사 시 처리당 18수(반복당 3수)를 무작위 선별하여 머리/목, 등, 가슴, 날개, 꼬리의 상태를 조사하였다. 점수의 기준은 Son et al.(2022)의 방법을 참고하여, 상태에 따라 각 부위별 1~4점을 부여하였다. 점수에 따른 기준은 다음과 같다: (1) 손상 없음; (2) 일부 손상됨(일부 깃털이 주름지거나 없어짐, 피부 노출은 관찰되지 않음) (3) 중간 정도의 손상(노출된 피부 면적<5 cm<sup>2</sup> 또는 부위별 면적의 50% 이하); (4) 매우 손상됨(노출된 피부 면적>5 cm<sup>2</sup> 또는 부위별 면적의 50% 이상). 또한 각 부위별 점수를 합한 후, 평균을 내어 신체에 대한 총 깃털 손상 점수를 산출하였다.

## 3. 통계처리

본 연구에서 수집된 처리구별 결과는 statistical analysis system(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 General Linear Model(GLM) 방법을 이용하여 분산 분석을 실시하였다. 생산성은 각 반복을 실험 단위로 사용하였으며, 계란 품질, 혈액 생화학, 스트레스 호르몬과 깃털 상태는 선별한 각각의 계란 및 개체를 실험 단위로 사용하였다. 처리구 간 유의미한 차이는 Duncan's multiple range test에 의해 결정되었으며 유의 수준( $P<0.05$ )에서 검정하였다. 또한 모든 데이터는 평균값과 평균의 표준오차(standard error of means, SEM)로 나타내었다.

## 결 과

### 1. 난생산성

사육 시설에 따른 산란계의 난생산성 결과는 Table 1과 같다. FC 처리구에서 DCC보다 유의적으로 높은 체중을 보였으나, DCC 처리구에서 높은 산란율 및 산란량과 낮은 사료요구율을 나타내었다( $P<0.05$ ). 폐사율은 FC 처리구에서 10%, DCC 처리구에서 2% 수준을 보였으나 유의적인 차이

**Table 1.** Comparison of differences in egg productivity according to rearing facilities for laying hens

Item	DCC	FC	SEM <sup>1</sup>	P-values
Body weight, g	1,874.6	1,960.0	9.021	<0.01
Egg production, %	95.53	88.73	1.718	<0.05
Egg weight, g	64.78	64.22	0.304	0.419
Egg mass, g/hen/day	61.88	57.12	1.145	<0.05
Feed intake, g/hen/day	114.66	119.61	1.376	0.069
FCR, g feed/g egg	1.857	2.108	0.053	<0.01
Mortality, %	2.00	10.00	2.719	0.149

<sup>1</sup> SEM, standard error of means.

DCC, density enhanced conventional battery cage; FC, furnished cage; FCR, feed conversion ratio.

는 보이지 않았다. 다양한 환경에서 산란계의 사육에 대한 관심이 높아짐에 따라, 많은 연구자들은 다양한 환경을 제공하여 계란 생산성에 미치는 영향에 대하여 조사하고 있다. Philippe et al.(2020)은 산란계에게 제공되는 서로 다른 사육환경이 난생산성에 영향을 주는 요인들 중 하나인 것으로 보고하였으며, 대부분의 소비자들은 산란계에게 동물 복지적 사육환경을 제공하였을 때, 건강하게 사육되고 보다 많은 양의 계란을 생산할 것으로 판단하고 있다(Dikmen et al., 2016). 하지만, 일부 연구들에 따르면 Aviary, Floor system 등과 같은 복지형 사육 환경을 제공함에도 불구하고 전통적인 케이지 사육 시스템 보다 낮은 생산성이 나타남을 보고하였다(Ahmed et al., 2014; Englmaierová et al., 2014; Dikmen et al., 2016). 한편, Meng et al.(2014)은 FC의 사육 규모(Small, SFC vs. Large, LFC)에 차이를 주었을 때, LFC 처리구에서 낮은 산란량을 보였으며, Shimmura et al.(2007)의 연구 또한 기존 케이지보다 FC 사육 시스템에서 공격성이 더 발생하여 난생산량이 감소함을 관찰하였다. Ahmed et al.(2014)은 사육 시설 내 수용된 개체 수가 많을수록 깃털 쪼기, 카니발리즘 행동 빈도가 증가하며 이는 많은 폐사를 발생시키고 난생산성에 악영향을 주는 것으로 보고하였다. 산란계의 FC 사육 환경은 생산성에 부정적인 영향을 미치는 것으로 관찰되었으며, 이러한 시스템에서는 산란계의 활동량이 증가하고, 시설 이용을 위한 개체 간 경쟁이 발생하여 추가적인 에너지 소비가 발생하는 것으로 사료된다(Shimmura et al., 2010). 앞의 연구들을 고려할 때, 우리 연구에서 FC 처리구의 낮은 생산성은 동일한 사육 밀도임에도 불구하고 시설 내 많은 개체의 사육과 공격적 행동

발생에 기인한 것으로 판단되며, 산란계의 난생산성에 악영향을 주지 않는 최적의 복지형 사육 시설 설정 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 2. 계란 품질

시험 기간동안 각 처리구별 계란 품질 차이 결과를 Table 2에 나타내었다. 난각색 중 b\*값을 제외한 품질 지표는 처리구 간 유의적인 차이를 보이지 않았다( $P>0.05$ ). 기존 연구는 산란계에게 제공된 서로 다른 사육 시설 및 환경은 계란 품질의 매개변수에 매우 중요한 영향을 미친다고 하였다(Meng et al., 2014; Alig et al., 2023). 케이지 및 비케이지 사육 시설에 따라 난각색, 난각강도에 차이가 나타나며(Denli et al., 2016; Alig et al., 2023), 케이지 내 설치 가구에 따라 계란 품질이 변하는 것으로 알려져 있다(Meng et al., 2014; Konkol et al., 2020). Meng et al.(2014)의 연구에서는 FC 처리구가 CC 처리구보다 더 신선한 계란(높은 Haugh unit 및 높은 albumin 높이)을 생산하였으며, 이는 FC 내에 제공된 모래가 산란계의 체내 사료 분쇄 촉진, 영양소 흡수를 향상시켜 계란 품질이 개선된 것으로 보고하였다. 이와 반대로, Valkonen et al.(2006) 연구는 햇대, 둥지, 인조잔디 및 깔짚이 제공된 FC 처리구에서 CC보다 낮은 난각 강도를 나타내었다. 본 연구 결과, 제공된 사육 시설 환경이 계란 품질에 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Haugh unit은 계란 품질을 평가하는 중요한 지표로 널리 사용되고 있으나, Meng et al.(2014)의 연구에서 지적된 바와 같이 사육 시스템만을 기준으로 이를 평가하는 데에는 한계

**Table 2.** Differences in egg quality depending on type of laying hen rearing facility

Item	DCC	FC	SEM <sup>1</sup>	P-values	
Haugh units	87.89	87.14	0.373	0.321	
Albumin height, mm	7.902	7.733	0.073	0.247	
Eggshell color	L*	55.10	54.91	0.097	0.344
	a*	21.11	20.88	0.060	0.060
	b*	32.34	31.83	0.088	<0.01
Egg yolk color	8.707	8.710	0.001	0.964	
Eggshell breaking strength, kgf	4.555	4.638	0.042	0.329	
Eggshell thickness, mm	0.428	0.427	0.036	0.345	

<sup>1</sup> SEM, standard error of means.

DCC, density enhanced conventional battery cage; FC, furnished cage.

가 있을 수 있다. 따라서 사육 시스템과 계란 품질 간의 관계를 보다 정확히 이해하기 위해서는 추가적인 연구가 필요하다. 또한 사육 환경이 계란 품질에 미치는 영향이 복잡하고 다차원적일 수 있음을 시사한다. 향후 연구에서는 사육 시스템 외에도 닭의 유전적 요인, 영양 상태, 스트레스 수준 등 다양한 변수를 고려한 종합적인 접근이 요구된다. 이를 통해 산란계의 복지와 생산성을 동시에 향상시킬 수 있는 최적의 사육 조건을 도출할 수 있는 연구 수행이 요구된다.

### 3. 혈액 생화학 특성

Table 3은 각 사육 시설에서 사육된 산란계의 혈액 내 생화학 분석 결과를 나타내었다. AST(189.86~192.52 U/L), LDH(1,417.5~1,475.9 mg/dL), TG(1,265.5~1,412.3 mg/dL), TCHO(138.23~148.35 mg/dL), CRE(0.288~0.293 mg/dL)은 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. FC 처리구는 높은 ALT, TP, ALB, Ca, IP 수준과 낮은 GLU 수준을 나타내었다( $P<0.05$ ). 혈청 내 생화학 성분은 스트레스, 사료, 활동 등 체내 외 다양한 요인에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며, 특히 스트레스는 AST 및 ALT, 콜레스테롤, TG 등의 수치에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Arif et al., 2019). 일

**Table 3.** Comparison of blood characteristics according to type of laying hen rearing facility

Item	DCC	FC	SEM <sup>1</sup>	P-values
AST, U/L	189.86	192.52	2.585	0.620
ALT, U/L	2.637	3.769	0.267	<0.05
LDH, mg/dL	1,475.9	1,417.5	85.26	0.742
TG, mg/dL	1,265.5	1,412.3	44.76	0.102
TCHO, mg/dL	138.23	148.35	4.153	0.233
GLU, mg/dL	141.74	104.78	6.429	<0.01
TP, g/dL	4.950	5.355	0.067	<0.01
ALB, g/dL	1.987	2.163	0.027	<0.01
Ca, mg/dL	26.47	29.01	0.437	<0.01
IP, mg/dL	6.936	8.166	0.208	<0.01
CRE, mg/dL	0.288	0.293	0.002	0.244

<sup>1</sup> SEM, standard error of means.

DCC, density enhanced conventional battery cage; FC, furnished cage; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; LDH, lactate dehydrogenase; TG, triglycerides; TCHO, total cholesterol; GLU, glucose; TP, total protein; ALB, albumin; Ca, calcium; IP, inorganic phosphorus; CRE, creatinine.

반적으로 닭이 스트레스를 받으면 혈청 내 CORT의 증가를 가져오며, 포도당 생성과 분해를 활성화시키고 말초 조직으로부터 GLU 섭취를 억제하여 혈액내 GLU의 함량이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Virden and Kidd, 2009). 또한, 스트레스로 인하여 TCHO과 TG도 함께 증가한다고 보고되고 있다(Virden and Kidd, 2009). Shini et al.(2009)의 연구에서는 CORT와 GLU 대사 사이에 강력한 연관성이 있었지만 CORT이 혈청 내 GLU 변화를 일으켰다는 결론을 내릴 수 없었다고 하였다. Rehman et al.(2017)은 사육 시스템 차이에서 오는 혈청 내 GLU의 차이는 사육 공간이 넓어짐에 따라 새가 더 많은 운동을 하기 때문에 혈청 내 GLU가 낮아졌다고 보고하였으며, 이는 본 연구 결과와 유사하였다. 따라서 본 연구에서는 스트레스로 인한 차이가 아니라 사육 공간이 넓어짐에 따른 닭의 활동성의 차이로 사료된다. Dong et al.(2017)의 연구에서는 기존 케이지와 햇대와 등지상자가 있는 케이지에서의 사육했을 때의 차이를 비교하였으며, 혈청 내 Ca, ALB, AST, ALT, TP, IP는 처리구 간의 차이는 없었다. 또한 Pavlik et al.(2009) 연구에서도 혈청 내 Ca, IP는 사육 환경에 따른 차이는 없다고 보고하였다. 사육 환경이 혈청 생화학적 지표에 미치는 영향에 관한 연구는 현재까지 제한적으로 수행되어 왔다. 혈청 생화학적 지표는 다양한 내·외부적 요인에 의해 변동될 수 있으므로, 이에 대한 포괄적인 이해를 위해서는 추가적인 연구가 요구된다. 따라서 향후 다양한 사육 조건 하에서의 장기적이고 체계적인 연구를 통해 사육 환경과 혈청 생화학적 지표 간의 상관 관계를 명확히 규명할 필요가 있다.

### 4. 혈액 내 스트레스 호르몬 수준

서로 다른 사육 시설에 따른 산란계 혈액 내 CORT 수준은 Table 4와 같다. FC 처리구가 높은 CORT 수준을 나타내었다( $P<0.05$ ). 가축 내 CORT 수준은 배고픔, 더위, 두려움 및 열악한 사육환경에 의해 발생하는 스트레스 정도를 평가할 수 있는 복지 지표로 알려져 있다(Shi et al., 2019). 산란계의 CORT 농도는 깃털, 분변, 계란 및 혈액을 통해 조사할

**Table 4.** Changes in corticosterone levels in laying hens according to differences in rearing facilities

Item	DCC	FC	SEM <sup>1</sup>	P-values
CORT, pg/mL	624.2	1267.4	113.8	<0.01

<sup>1</sup> SEM, standard error of means.

DCC, density enhanced conventional battery cage; FC, furnished cage; CORT, corticosterone.

수 있는데(Son et al., 2022), 이는 세르토닌(Serotonin; 5-HT)과 상호작용하는 스트레스 호르몬으로 산란계의 깃털 쪼기 행동 수준에 따라 영향을 받는다(Son et al., 2022). Hartcher and Jones(2017)은 cage-free system과 같이 대규모 그룹 사육 방식은 심한 깃털 쪼기 행동(Severe feather pecking)을 확산시킨다고 보고하였다. 넓은 사육 공간의 큰 사육은 산란계의 행동을 자유롭게 하며 발톱의 날카로움이 개선되고 근골격이 향상되는 장점이 있으나, 심한 깃털 쪼기 행동의 증가와 높은 수준의 CORT 등의 단점이 있다(Bulmer and Gil, 2008; Shimmura et al., 2010). 이와 반대로, Campbell et al.(2022)은 대규모 사육 시설 내 등지 상자, 헛대 설치와 양배추, 건초 등을 제공하였을 때, CC 시설의 산란계보다 CORT 수준이 낮았으며, 건초, 부식 제공 및 사료 급이기 추가 설치 또한 CORT 수준을 낮추는 것으로 확인되었다(Konkol et al., 2020; Son et al., 2022). Pohle and Cheng(2009)은 FC 시설에서 사육된 산란계가 낮은 CORT 수준을 보이며 이는 FC가 산란계에게 적합한 시설임을 제시하였다. 본 연구에서는 많은 개체가 사육된 FC 처리구에서 높은 CORT 수준이 관찰되었다. 이러한 결과는 집단 사육으로 인한 깃털 쪼기 행동 증가에 기인된 것으로 판단되며, FC 시설 내에서 스트레스 수준을 낮추기 위한 환경강화 방안에 대해 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 5. 깃털 손상도

각 처리구별 산란계 깃털 손상 수준은 Table 5에 나타내었다. 머리와 목 부위의 깃털 손상도는 DCC 처리구에서 유의적으로 높았으나, 등, 가슴, 꼬리는 FC 처리구에서 높았다( $P<0.05$ ). 전반적으로는 FC 처리구에서 높은 깃털 손상 수준을 보였다( $P<0.05$ ). 산란계의 깃털 손상도는 또한 사육 복

지 상태를 평가하는 지표로, CORT와 동일하게 깃털 쪼기 행동과 밀접한 관련이 있다. Tactacan et al.(2009)은 시설 내 수용된 개체수가 많을수록 깃털 쪼기 행동 발생률이 높아지며, 결과적으로 산란계의 깃털 상태를 악화시키는 것으로 보고하였다. 또한, FC 시설 내 헛대, 등지 등 설치된 여러 가구로 인해 산란계가 날개를 펼칠 때마다 날개의 깃털이 손상되는 것으로 확인되었다(Tactacan et al., 2009). Tactacan et al.(2009)의 연구는 cage 형태에 따라 산란계의 전반적인 깃털 상태에 영향을 주지 않는다고 보고하였고, 일부 연구들은 FC의 사육 시설이 산란계의 깨끗한 깃털 상태 유지에 도움을 주는 것으로 보고하였다(Appleby et al., 1993; Abrahamsson and Tauson, 1995). 본 연구에서는 FC 처리구의 등, 가슴, 꼬리 및 전반적인 깃털 상태가 나쁜 것으로 나타났다. 이는 많은 개체의 군집 사육으로 인해 깃털 쪼기 행동 발생률 증가와 관련이 있는 것으로 사료되며 쪼기 행동 및 피해 저감을 위한 적절한 사육 규모 탐색과 발톱 연마제 등 시설물 강화에 대한 추가 연구가 필요하다. Tactacan et al.(2009)의 연구에 따르면, 심각한 깃털 손상을 입은 닭은 열 손실이 크게 증가하여 체온 유지를 위해 더 많은 에너지를 필요로 한다. 이로 인해 사료 소비가 증가하고 에너지 요구량이 높아질 수 있다. 따라서 사료 요구율 분석결과 FC가 높은 사료 요구량을 나타내었으며, 이러한 결과는 깃털 손상에 따른 열 손실 보상과 체온 유지를 위한 추가적인 사료 요구량 때문인 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 산란계 산란초기 사육 시설 형태에 따른 산란계의 생산성, 계란품질, 혈청 생화학 및 동물복지 수준의 차이를 비교하기 위하여 실시하였다. 25주령 산란계(Hy-Line Brown) 300수(평균 체중 1,774 g $\pm$ 20.59)를 공시하였으며, 밀도 개선 일반 케이지(density enhanced conventional battery cage, DCC)와 농축 케이지(furnished cage, FC) 2개의 사육 환경을 두어 2처리 5반복으로 하여 각각 150수씩 무작위로 배치하였으며, 총 10주간 사양 실험하였다. 10주차(34주령) 체중은 DCC가 유의적으로 낮았으나( $P<0.05$ ), 산란율, 산란량에서는 DCC가 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 계란 품질 결과는 난각 강도, Haugh unit, 난각두께, 난황색에서는 처리구 간의 유의적인 차이는 없었다. 혈청 생화학 분석결과, FC 처리구는 높은 ALT, TP, ALB, Ca, IP 수준과 낮은 GLU 수준을 나타내었다( $P<0.05$ ). 또한 혈청 내 CORT의 함량은 FC 처리구에서 높은 수준을 나타내었다( $P<0.05$ ). 깃털의 상태

**Table 5.** Investigation of damage to feathers of laying hens according to type of rearing facility

Item	DCC	FC	SEM <sup>1</sup>	P-values
Head & Neck	1.633	1.256	0.051	<0.01
Back	1.244	1.911	0.086	<0.01
Breast	1.378	2.011	0.097	<0.01
Wing	1.167	1.167	0.023	1.000
Tail	1.100	1.278	0.044	<0.05
Total	1.100	1.278	0.044	<0.05

<sup>1</sup> SEM, standard error of means.

DCC, density enhanced conventional battery cage; FC, furnished cage.

는 목과 머리에서는 DCC 처리구에서 높은 손상도를 보였으나( $P<0.05$ ), 등, 가슴, 꼬리 및 총 손상도는 FC 처리구에서 높은 손상도를 보였다( $P<0.05$ ) 따라서 본 연구에서 제공한 FC 환경에서의 사육은 생산성 및 동물복지 사육에 부정적인 영향을 주는 것으로 보여지며, 향후 생산성 향상과 동물복지적 사육을 위하여 FC 시설의 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

(색인어 : 동물복지, 난생산성, 산란계, 사육시설, 복지지표)

## 사 사

본 연구는 2024년 농촌진흥청 국립축산과학원 축산시험연구소(과제번호: PJ017226)과 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## ORCID

Hee-Jin Kim	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6959-9790">https://orcid.org/0000-0002-6959-9790</a>
Woo-Do Lee	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4861-4637">https://orcid.org/0000-0003-4861-4637</a>
Hyunsoo Kim	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8887-1318">https://orcid.org/0000-0001-8887-1318</a>
Jiseon Son	<a href="https://orcid.org/0000-0002-5285-8186">https://orcid.org/0000-0002-5285-8186</a>
Eui-Chul Hong	<a href="https://orcid.org/0000-0003-1982-2023">https://orcid.org/0000-0003-1982-2023</a>
Jihye Lee	<a href="https://orcid.org/0009-0004-1948-0275">https://orcid.org/0009-0004-1948-0275</a>
Hwan Ku Kang	<a href="https://orcid.org/0000-0002-4286-3141">https://orcid.org/0000-0002-4286-3141</a>
Sung-June Byun	<a href="https://orcid.org/0000-0001-6909-1025">https://orcid.org/0000-0001-6909-1025</a>

## REFERENCES

- Abrahamsson P, Tauson R 1995 Aviary systems and conventional cages for laying hens: effects on production, egg quality, health and bird location in three hybrids. *Acta Agric Scand A Anim Sci* 45(3):191-203.
- Ahamed M, Chae BJ, Lohakare J, Keohavong B, Lee MH, Lee SJ, Kim DM, Lee, JY, Ohh SJ 2014 Comparison of aviary, barn and conventional cage raising of chickens on laying performance and egg quality. *Asian-Australas J Anim Sci* 27(8):1196.
- Alig BN, Malheiros RD, Anderson KE 2023 Evaluation of physical egg quality parameters of commercial brown laying hens housed in five production systems. *Animals* 13(4):716.
- Appleby L, Desai PN, Luchins DJ, Gibbons RD, Hedeker DR 1993 Length of stay and recidivism in schizophrenia: a study of public psychiatric hospital patients. *Am J Psychiatry* 150:72-72.
- Arif M, Hayat Z, Abd El-Hack ME, Saeed M, Imran HM, Alowaimier AN, Swelum AA 2019 Impacts of supplementing broiler diets with a powder mixture of black cumin, Moringa and chicory seeds. *S Afr J Anim Sci* 49(3):564-572.
- Bulmer E, Gil D 2008 Chronic stress in battery hens: measuring corticosterone in laying hen eggs. *Int J Poult Sci* 9:880-883.
- Campbell AM, Johnson AM, Persia ME, Jacobs L 2022 Effects of housing system on anxiety, chronic stress, fear, and immune function in bovan brown laying hens. *Animals* 12(14):1803.
- da Silva Pires PG, Bavaresco C, Prato BS, Wirth ML, de Oliveira Moraes P 2021 The relationship between egg quality and hen housing systems-A systematic review. *Livest Sci* 250:104597.
- Delvendahl N, Rumpold BA, Langen N 2022 Edible insects as food -insect welfare and ethical aspects from a consumer perspective. *Insects* 13(2):121.
- Denli M, Bukun B, Tutkun M 2016 Comparative performance and egg quality of laying hens in enriched cages and free-range systems. *Sci Papers Ser D Anim Sci* 59:29-32.
- Dikmen BY, Ipek A, Şahan Ü, Petek M, Sözcü A 2016 Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poult Sci* 95(7):1564-1572.
- Dong XY, Yin ZZ, Ma YZ, Cao HY, Dong DJ 2017 Effects of rearing systems on laying performance, egg quality, and serum biochemistry of Xianju chickens in summer. *Poult Sci* 96(11):3896-3900.
- Englmaierová M, Tůmová E, Charvátová V, Skřivan M 2014 Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. *Czech J Anim Sci* 59(8):345-352.
- Erensoy K, Sarıca M, Noubandiguim M, Dur M, Aslan R 2021 Effect of light intensity and stocking density on the performance, egg quality, and feather condition of laying hens reared in a battery cage system over the first laying period. *Trop Anim Health Prod* 53(2):320

- Hartcher KM, Jones B 2017 The welfare of layer hens in cage and cage-free housing systems. *Worlds Poult Sci J* 73(4):767-782.
- Heerkens JL, Delezie E, Kempen I, Zoons J, Ampe B, Rodenburg TB, Tuytens FA 2015 Specific characteristics of the aviary housing system affect plumage condition, mortality and production in laying hens. *Poult Sci* 94(9):2008-2017.
- Hong EC, Kang HK, Park KT, Jeon JJ, Kim HS, Kim CH, Kim SH 2019 A survey on egg laying performance and distribution status of animal welfare certified farms for laying hens. *Korean J Poult Sci* 46(2):55-63.
- Konkol D, Popiela E, Korczyński M 2020 The effect of an enriched laying environment on welfare, performance, and egg quality parameters of laying hens kept in a cage system. *Poult Sci* 99(8):3771-3776.
- Lay DC Jr, Fulton RM, Hester PY, Karcher DM, Kjaer JB, Mench JA, Mullens BA, Newberry RC, Nicol CJ, O'Sullivan NP, Porter RE 2011 Hen welfare in different housing systems. *Poult Sci* 90(1):278-294.
- Meng F, Chen D, Li X, Li J, Bao J 2014 Effects of large or small furnished cages on performance, welfare and egg quality of laying hens. *Anim Prod Sci* 55(6):793-798.
- Onbaşlar EE, Ünal N, Erdem E, Kocakaya AF, Yaranoglu B 2015 Production performance, use of nest box, and external appearance of two strains of laying hens kept in conventional and enriched cages. *Poult Sci* 94(4):559-564.
- Pavlík A, Lichovniková M, Jelínek P 2009 Blood plasma mineral profile and qualitative indicators of the eggshell in laying hens in different housing systems. *Acta Vet Brno* 78(3):419-429
- Philippe FX, Mahmoudi Y, Cinq-Mars D, Lefrançois M, Moula N, Palacios J, Godbout S 2020 Comparison of egg production, quality and composition in three production systems for laying hens. *Livest Sci* 232:103917.
- Pohle K, Cheng HW 2009 Comparative effects of furnished and battery cages on egg production and physiological parameters in White Leghorn hens. *Poult Sci* 88(10):2042-2051.
- Rehman MS, Mahmud A, Mehmood S, Pasha TN, Hussain J, Khan MT 2017 Comparative evaluation of egg morphology and quality in Aseel hens under different rearing systems. *J Appl Poult Res* 26(3):401-409.
- Shi H, Li B, Tong Q, Zheng W, Feng G 2019 Influence of nest boxes and claw abrasive devices on feather pecking and the fear responses of layer breeders in natural mating colony cages. *Appl Anim Behav Sci* 220:104842.
- Shimmura T, Eguchi Y, Uetake K, Tanaka T 2007 Behavior, performance and physical condition of laying hens in conventional and small furnished cages. *Anim Sci J* 78(3):323-329.
- Shimmura T, Hirahara S, Azuma T, Suzuki T, Eguchi Y, Uetake K, Tanaka T 2010 Multi-factorial investigation of various housing systems for laying hens. *Br Poult Sci* 51(1):31-42.
- Shini S, Shini A, Huff GR 2009 Effects of chronic and repeated corticosterone administration in rearing chickens on physiology, the onset of lay and egg production of hens. *Physiol Behav* 98(1-2):73-77.
- Singh R, Cheng KM, Silversides FG 2009 Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poult Sci* 88(2):256-264.
- Son J, Lee WD, Kim HJ, Kang BS, Kang HK 2022 Effect of providing environmental enrichment into aviary house on the welfare of laying hens. *Animals* 12(9):1165.
- Tactacan GB, Guenter W, Lewis NJ, Rodriguez-Lecompte JC, House JD 2009 Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. *Poult Sci* 88(4):698-707.
- Valkonen E, Venäläinen E, Rossow L, Valaja J 2006 Effects of dietary protein on egg production of laying hens housed in furnished or conventional cages. *Acta Agric Scand A Anim Sci* 56(1):33-41.
- Viriden WS, Kidd MT 2009 Physiological stress in broilers: Ramifications on nutrient digestibility and responses. *J Appl Poult Res* 18(2):338-347.
- Weimer SL, Robison CI, Tempelman RJ, Jones DR, Karcher DM 2019 Laying hen production and welfare in enriched colony cages at different stocking densities. *Poult Sci* 98(9):3578-3586.