



계사 내 광원이 육계 후기의 생산성, 도체수율, 육질 특성 및 혈액성분에 미치는 영향

홍의철^{1*} · 강보석² · 강환구¹ · 전진주¹ · 유아선¹ · 김현수¹ · 손지선¹ · 김찬호³ · 김희진⁴

¹국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, ²국립축산과학원 가금연구소 농업연구관
³국립축산과학원 동물복지팀 농업연구사, ⁴국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원

Effects of Light Sources in Poultry House on Growth Performance, Carcass Yield, Meat Quality and Blood Components of Finishing Broilers

Eui-Chul Hong^{1*}, Bo-Seok Kang², Hwan-Ku Kang¹, Jin-Joo Jeon¹, Are-Sun You¹,
 Hyun-Soo Kim¹, Jiseon Son¹, Chan-Ho Kim³ and Hee-Jin Kim⁴

¹Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

²Senior Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

³Researcher, Animal Welfare Team, National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Republic of Korea

⁴Postdoctor Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

ABSTRACT This study investigated the effect of different light sources in the poultry house on performance, meat quality, and blood composition of finishing broilers. Two hundred and forty male broilers (1-day-old, 42.2±0.1 g) were divided into three groups and subjected to different light source treatments (incandescent, LED, and fluorescent lamps) from 3 weeks of age (four replications/treatment, 20 birds/replication). After breeding for 6 weeks, the carcass yield and meat quality of broilers with similar body weight (BW; 3.4±0.07 kg) were investigated, and blood components were analyzed. Corn-soybean meal-based feed was provided as starter (CP 22.5%, ME 3,020 kcal/kg), early (CP 18.5%, ME 3,050 kcal/kg), and finishing (CP 18%, ME 3,100 kcal/kg). Performance, carcass yield, meat quality, and blood components were evaluated. BW, BW gain, feed intake, and feed conversion ratio did not show any significant differences among treatments. There was no significant difference on live weight and carcass yield among treatments. There was no significant difference on meat color, shear force, and water holding capacity; however, cooking loss at 17.2% was the highest in the LED treatment ($P<0.05$). There was no significant difference on blood components except for glucose (blood biochemistry component) among treatments. Glucose was 234.5 mg/dL, 256.9 mg/dL, and 250.1 mg/dL in the three treatments, respectively, with a significant difference between incandescent and LED treatments ($P<0.05$). These results are used useful as basic data for investigating the effect of lighting in broilers production.

(Key words: broiler, light source, performance, meat quality, blood components)

서론

빛은 성장 개선과 생리 기능에 영향을 미치는 가금류 생산의 주요 요인 중 하나이다. 인공 점등은 가금류 생산에 사용되는 도구이며, 섭취량과 음수량 및 성장률을 개선하여 생산성을 높이며(Mendes et al., 2010), 계사 내 조도는 육계의 성장 속도에 영향을 미쳐 근육 비율이 최대값에 도달하기 전에 생리학적으로 성숙하게 한다(Olanrewaju et al., 2016).

육계 산업에서 발생하는 문제 중 한 가지는 전력 소비와 관련된 생산 비용의 증가이다(Yanagi Jr et al., 2011; Pereira et al., 2012). 백열등은 발광 효율이 낮고 에너지 소비량이 많기 때문에(Kim et al., 2010), 미국을 포함한 세계 대부분의 국가에서는 백열등을 단계적으로 철폐하기 위한 조치를 통과시켰으며(Waide, 2010), 백열등을 대체하여 에너지 효율을 상승시킬 수 있는 새로운 광원(형광등, LED 전구)이 여러 회사에서 개발되고 있다. 그러나, 이러한 새로운 광원을 육계 농가에

* To whom correspondence should be addressed : drhong@korea.kr

적용시키기 위해서는 에너지 소비 및 지속 시간, 성장과 생산, 복지 및 생리적 반응에 대한 비용 등에 대한 평가가 요구된다.

점등 프로그램은 조류 생리학, 복지, 행동뿐만 아니라, 혈액 생화학, 안구 발달 및 행동 리듬 같은 요인들에 영향을 줄 수 있다(Nelson and Demas, 1997; Reiter, 2003; Olanrewaju et al., 2006). 다양한 광원과 점등시간은 육계의 생산성, 복지, 육질 및 근육 조직에 영향을 주게 된다(Olanrewaju et al., 2016). 이전 연구에서는 LED 전구가 육계 성장과 도체수율에서 백열등을 대체할 수 있는 광원이라고 하였으나(Olanrewaju et al., 2015), 광원이 최적의 생산성을 보장하고, 전력 소비를 줄이며, 육계의 건강과 복지를 보장하기 위해 성장, 생산성 및 복지 지표에 어떻게 영향을 주는지에 대해 더 많은 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 계사 내 광원(백열등, LED등, 형광등)이 육계 후기의 생산성과 도체수율, 육질특성 및 혈액성분에 미치는 영향을 구명하여 육계의 점등 연구에 대한 기초자료로 활용하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 공시재료

본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원의 동물실험 계획서에 의거 동물보호법 및 국립축산과학원 동물시험윤리위원회에서 승인된 동물실험방법(승인번호: 2020-424)에 따라 수행되었다.

공시동물은 국립축산과학원에서 발생된 1일령 Ross 308 육계(42.2±0.1 g) 수컷 240수를 가금연구소 계사(평사)에서 6주 동안 사육하였다. 체중이 유사한 6주령 육계(3.4±0.07 kg)의 가슴육을 이용하여 육질 특성을 비교 분석하였으며, 처리구당 10수씩 익하정맥에서 5 mL 혈액을 채취하여 혈액 성분을 분석하였다. 채취한 혈액 중 일부는 1,008 g으로 15분간 원심분리하여 혈청을 분리한 후 -70℃ deep freezer에 저장하였다.

2. 시험설계 및 시험사료

본 연구는 3주령까지는 동일 점등으로 사육하였으며, 광원은 LED전구(50~60 lx)를 이용하였고, 점등시간은 23L(1D)

로 하였다.

3주령 이후에는 육계의 광원을 백열등, LED등 및 형광등의 3처리구로 나누고, 처리구당 4반복, 반복당 20수씩 완전 임의 배치하였다. Table 1은 세 가지 광원의 특성을 비교한 것이다(MOTIE, 2013). 시험기간 동안 광원의 조도는 동물복지 인증 기준(2020)에 맞추어 동일하게 20~30 lx로 유지하였으며, 점등시간은 광원 효과를 최대로 하기 위해 23L:1D(명기 23시간, 암기 1시간)로 하였다.

본 연구에 사용된 시험사료는 옥수수-대두박 위주의 시판 사료를 육계 초이(CP 22.5%, ME 3,020 kcal/kg), 전기(CP 18.5%, ME 3,050 kcal/kg), 후기(CP 18%, ME 3,100 kcal/kg)로 나누어 이용하였다.

3. 사양관리

본 시험에서는 사료는 자유채식 시켰으며, 물은 니플을 통하여 자유롭게 음수토록 하였다. 계사 내 습도는 60~70%를 유지시켰으며, 온도는 0~7일령에 32℃로 유지한 이후에 3~5℃씩 온도를 낮추어 약 3주가 지난 후에는 일정 온도(약 24±2.5℃)를 유지하였다.

4. 조사항목

1) 체중, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

체중은 생시 및 매주 측정하였으며, 증체량은 주령별 체중에서 이전 체중을 제한 값으로 나타내었다. 사료섭취량은 매주 사료 잔량을 조사하고, 급여량에서 제하여 구하였으며, 사료요구율은 사료섭취량에서 증체량을 나누어 계산하였다.

2) 도체수율

본 시험의 6주령에 처리구당 5수씩 도계하여 도체수율을 조사하였다. 도체수율은 머리, 내장, 발목을 제거한 도체(고기와 뼈를 포함)의 무게를 생체중으로 나눈 값으로 하였다.

3) 육색 및 물리적 특성

육색(CIE L*, CIE a*, CIE b*)은 Chroma meter(Minolta

Table 1. Comparison of characteristics between incandescent lamps and alternative lighting

Index	Incandescent lamp	Fluorescent lamp	LED lamp
Energy efficiency	10~15 lm/W	50~80 lm/W	60~80 lm/W
Product life	1,000 hr	5,000~15,000 hr	25,000 hr
Product price	₩1,000	₩3,000~5,000	₩10,000~20,000

Co. R301, Japan)을 이용하여 측정하였으며, 이때 표준백색 판은 $Y=92.40$, $x=0.3136$ 및 $y=0.3196$ 이었다.

육계 가슴육의 전단력, 가열감량 및 보수력은 Chae et al.(2004)의 방법을 인용하여 분석하였다.

전단력(share force; SF)은 가슴육을 절단(평균 중량 61 g)하여 70℃에서 10분간 가열한 다음 직경 1.27 cm의 코어를 이용하여 근섬유 방향으로 시료를 채취하고, 전단력 측정기 (Warner-Bratzler shear force meter, USA)를 이용하여 측정하였다.

가열감량은 가슴육을 절단하여 무게를 측정(평균 중량 61 g)하여 polyethylene bag에 넣고 항온수조(85±1℃)에서 45분 동안 가열시킨 다음 20분간 상온에서 방냉하여 감량된 무게를 측정한 후 다음 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{\text{가열 전 시료 무게(g)} - \text{가열 후 시료 무게(g)}}{\text{가열 전 시료 무게(g)}} \times 100$$

보수력(water holding capacity; WHC)은 총수분에서 유리수분을 제외한 값을 백분율(%)로 산출하였다. 유리수분은 지방과 근막(힘줄)을 제거한 시료 0.5 g을 tube에 넣고 80℃ 항온수조에서 20분간 가열한 후 10분 방냉 후 2,000 rpm에서 10분간 원심분리(10℃, Hitachi SCR 20BA, Japan)한 다음 아래 공식을 이용하여 산출하였다.

$$\text{유리수분} = \frac{\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}}{\text{시료} \times \text{지방계수}} \times 100$$

지방계수는 시료에서 지방 함량을 제하여 백분율(%)로 나타낸 것이다.

4) pH 및 화학적 성분

육계의 가슴육 pH는 심부를 pH meter(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Celiustr, Germany)로 측정하였으며, 화학적 성분(수분, 지방, 단백질, 회분)은 사료표준분석방법(MAFRA, 2017) 및 AOAC 방법(2019)에 따라 분석하였다.

5) 혈액 특성 분석

냉동된 혈청은 5℃에서 해동시킨 후 혈구 계수기(HemaVet 950, Drew Scientific, USA)를 이용하여 leukocyte, erythrocyte 및 thrombocyte를 분석하였다. 혈액 생화학 조성은 자동 혈액 분석기(AU480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., Korea)를 사용하여 혈청 내 TC, TG, GLU, TP, AST, ALT, ALB 및 IP를 분석하였다.

5. 통계처리

본 시험의 자료들은 SAS(2019)의 Generation Linear Model (GLM) procedure를 이용하여 분석하였으며, Duncan의 다중 검정(Duncan, 1955)을 이용하여 각 처리구 간의 평균값을 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

본 연구에서 사용된 육계의 체중과 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 Table 2에 나타내었다. 6주령 체중은 세 처리구에서 각각 3,477 g, 3,450 g 및 3,462 g으로 처리구 사이에

Table 2. Performance of broilers according to light sources from 3 to 6 wk of age

Treatments	IW	FW	BWG	FI	FCR
	----- (g/bird) -----				
T1	887.2	3,477	2,625	4,964	1.89
T2	876.0	3,450	2,579	5,020	1.95
T3	883.3	3,462	2,563	5,142	2.01
SEM ¹	-	47.4	61.2	127.7	0.043
P-value	-	0.062	0.174	0.187	0.055

T1, incandescent lamp; T2, light emitting diode (LED) lamp; T3, fluorescent lamp.

IW, initial weight; FW, final weight; BWG, body weight gain; FI, feed intake; FCR, feed conversion ratio.

¹ Standard error of means.

서 유의차가 없었으며, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율 역시 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다.

육계 광원에 관한 연구는 LED 사용 이전과 이후로 나누어 볼 수 있다. LED 사용 이전의 연구들은 백열등과 그 대체 광원을 비교하기 위한 연구들이 주로 수행되었다(Zimmermann, 1988; Buyse et al., 1996; Kristensen et al., 2006). LED 사용 이후의 연구들은 육계에 대하여 LED등과 이전에 사용되었던 광원들과의 비교 연구가 수행되었다. Huth and Archer(2015)는 LED등과 형광등 사이에서 육계의 생산성을 비교 분석하여 LED등이 형광등에 비해 육계의 생산성을 향상시킨다고 하였다. 또한, Olanrewaju et al.(2016)은 형광등, 백열등, LED등이 육계에 미치는 영향을 비교한 연구에서 4주령 체중과 증체량은 광원들 사이에서 유의적인 차이가 없었으나, 6주령에는 LED등의 체중과 증체량이 가장 높았으며, 사료섭취량과 사료요구율은 광원에 대한 차이가 없다고 보고하여, 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다. 본 연구의 체중은 Aviagen(2019)에서 제시한 값이나 Olanrewaju et al.(2011, 2016)의 연구 결과와 비교하여 높게 나타났다.

이것은 광원에 따라 변화된 계사 내 환경(온·습도, 깔짚 상태, NH₃ 및 CO₂ 함량, 소음)이 생산성에 영향을 주는 것이라 사료된다(Lima et al., 2014).

2. 생체중, 도체중 및 도체수율

본 연구에서 사용된 육계의 6주령 생체중, 도체중 및 도체수율은 Table 3에 나타내었다. 생체중과 도체중은 처리구 사이에서 유의적인 차이가 없었으며, 도체수율은 세 처리구에서 각각 77.7%, 78.2% 및 77.5%로 나타났으며, 처리구간 유의차를 보이지 않았다.

De Santana et al.(2014)은 형광등과 LED 처리구의 48일령 도체수율이 각각 72.4%와 72.1%로 보고하였으며, Olanrewaju

et al.(2011)은 56일령 도체수율이 73.8%라고 하였다. 또한, Olanrewaju et al.(2016)은 다양한 광원 비교 시험에서 56일령 육계의 도체수율이 75.8%였다고 하였다. 본 시험의 연구에서는 이들 결과보다 높은 77.5% 정도로 나타났다. 도체수율이 다르게 나타난 원인은 육계의 사육 기간, 즉 도체수율을 조사한 주령의 차이 때문이라고 사료된다.

3. 육색과 물리학적 성상

본 연구에서 생산된 육계 가슴육의 육색과 물리학적 특성(가열감량, 전단력, 보수력)은 Table 4에 나타내었다. CIE L*와 CIE b*은 LED 처리구에서 가장 높은 경향이 보였으나, 처리구 사이에서 유의적인 차이는 보이지 않았다. CIE a*은 백열등 처리구에서 가장 높은 경향이었으나, 유의차는 없었다. 육계 가슴육의 가열감량은 LED 처리구에서 가장 높게 나타났으나($P<0.05$), 전단력과 보수력은 처리구간 유의적인 차이가 없었다.

Karakaya et al.(2009)은 백열등과 LED 처리구 사이에서 육색(CIE L*, CIE a*, CIE b*)의 차이가 없다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였으나, 결과들은 본 연구의 결과보다 낮게 나타났다. 또한, Karakaya et al.(2009)은 또한 가열감량과 보수력에서 백열등과 LED 처리구간 차이가 있다고 하였으나, 본 연구에서는 가열감량만이 백열등과 LED 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보였다.

육계의 점등에 대한 다양한 연구가 육계의 생산성과 혈액성상, 환경에 미치는 영향을 다루고 있으나, 육질에 미치는 영향을 다룬 연구는 많지 않다. Karakaya et al.(2009)은 광원의 차이에 따른 육질 특성을 비교한 논문으로 본 연구의 결과 분석에 도움이 되긴 하지만, 전체적인 결과는 본 연구 결과보다 낮게 나타났기 때문에 결과 분석 내용을 인용하기는 어렵다고 사료된다. 특히 육색의 차이는 도계 후 처리에 따라

Table 3. Effects of light sources on live weights and carcass yields of broilers at 6 wk of age

Treatments	Live weight (g)	Carcass	
		Weight (g)	Yield (%)
T1	3,332	2,591	77.7
T2	3,383	2,647	78.2
T3	3,455	2,678	77.5
SEM ¹	92.5	116.1	2.01
P-value	0.149	0.506	0.845

T1, incandescent lamp; T2, light emitting diode (LED) lamp; T3, fluorescent lamp.

¹ Standard error of means.

Table 4. Meat color and physical characteristics of broiler meats according different light sources

Treatments	CIE			Physical characteristic ¹		
	L*	a*	b*	CL (%)	SF (g/cm ²)	WHC (%)
T1	52.8	1.64	6.91	14.4 ^b	8.08	60.7
T2	56.3	1.12	8.80	17.2 ^a	7.44	58.8
T3	52.8	1.28	6.97	14.2 ^b	7.63	60.7
SEM ²	3.61	1.038	1.706	1.67	1.641	2.24
P-value	0.237	0.726	0.182	<0.05	0.822	0.339

T1, incandescent lamp; T2, light emitting diode (LED) lamp; T3, fluorescent lamp.

¹ Physical characteristic: CL, cooking loss; SF, shear force; WHC, water holding capacity.

² Standard error of means.

^{a,b} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($P<0.05$).

달라지기 때문이라고 사료된다.

4. pH와 화학적 성상

본 연구에서 생산된 가슴육의 pH와 화학적 성상(수분, 단백질, 지방, 회분)은 Table 5에 나타내었다. 가슴육의 pH와 수분, 단백질, 지방 및 회분 함량은 광원에 따른 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Karakaya et al.(2009)은 육계 계사 내 광원에 따른 가슴육의 pH가 유의적인 차이를 보이지 않았다고 하여 본 연구의 결과와 유사하게 나타났다. 육계의 육질 특성을 다룬 다양한 연구에서 가슴육의 pH는 5.2~6.6으로 나타나 있다(Faria et al., 2012; Lengkey et al., 2013; Nuwan et al., 2016). 따라서 고기의 pH는 다양한 사육 조건에 영향을 받지 않는 것으로 평가된다.

5. Leukocyte 조성과 H/L 비율

본 시험에 사용된 육계 혈액의 H/L 비율과 백혈구 조성은 Table 6에 나타내었다. 스트레스를 나타내는 H/L 비율은 광원

에 따른 처리구 사이에서 유의차가 없었다. 백혈구(leukocyte, WBC)의 구성 성분인 HE, Ly, MO, EO 및 BA 역시 처리구간 유의차가 없었다.

혈액 성분 중 백혈구는 bacteria, virus, 기생충 감염 및 신체 외부의 단백질에 대한 방어 기전으로 작용한다(Reece, 2015). 즉, 급성이나 만성 염증 시에는 HE가 증가하고, 화농성 질환이나 조직 괴사 시 MO가 증가하며, 기생충 감염이나 면역성 과민 반응 시에는 EO와 BA가 증가한다(Woo et al., 2007). 닭 백혈구의 정상 범위는 WBC 20~30 K/ μ L, HE 5~9 K/ μ L, Ly 11~18 K/ μ L, MO 2~3 K/ μ L, EO 0.6~2.4 K/ μ L, BA 0.2~1.2 K/ μ L(Reece and Swenson, 2004)로 알려져 있다. 본 연구에서 BA를 제외한 백혈구 농도는 정상 범위보다 낮게 나타났으나, 처리구 사이에서 유의차를 보이지 않았다.

포유동물에서 neutrophil(NE)로 알려져 있는 닭의 HE는 스트레스를 받을 경우 증가하지만(Maxwell and Robertson, 1998), Ly는 감소하게 된다(Davis et al., 2008). 따라서, H/L 비율은 닭의 스트레스를 나타내는 가장 대표적인 지표로 인

Table 5. pH and chemical composition of broiler meats according different light sources

Treatments	pH	Moisture	Fat	Protein	Ash
T1	6.01	75.4	2.43	22.1	1.08
T2	5.99	76.2	2.23	22.0	1.03
T3	5.97	76.1	2.15	22.0	1.03
SEM ¹	0.793	0.54	0.851	0.32	0.057
P-value	0.307	0.714	0.941	0.197	0.313

T1, incandescent lamp; T2, light emitting diode (LED) lamp; T3, fluorescent lamp.

¹ Standard error of means.

Table 6. Effects of light sources on leukocyte of blood in broilers

Treatments	WBC (K/ μ L)	HE (K/ μ L)	Ly (K/ μ L)	MO (K/ μ L)	EO (K/ μ L)	BA (K/ μ L)	H/L
	----- Leukocyte -----						
T1	11.8	2.33	8.08	1.18	0.19	0.03	0.24
T2	12.5	2.30	8.69	1.23	0.24	0.07	0.26
T3	12.0	2.13	8.55	1.14	0.15	0.03	0.22
SEM ¹	5.24	1.54	3.04	0.562	0.182	0.053	0.057
<i>P</i> -value	0.952	0.949	0.896	0.948	0.561	0.178	0.757

T1, incandescent lamp; T2, light emitting diode (LED) lamp; T3, fluorescent lamp.

WBC, white blood cell; HE, heterophil; Ly, lymphocyte; MO, monocyte; EO, Eosinophil; BA, basophil.

¹ Standard error of means.

식되고 있다(Altan et al., 2000; Puvadolpirod and Thaxton, 2000; Woo et al., 2007; Davis et al., 2008). 본 연구에서 HE과 Ly 수치는 처리구 사이에서 유의차가 없었으며, 이에 따라 H/L 비율도 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다.

6. Erythrocyte와 혈액 생화학 조성

본 시험에 사용된 육계 혈액의 적혈구와 생화학 조성은 Table 7과 8에 나타내었다. 혈액 적혈구(erythrocyte, RBC)의 구성 성분인 Hb, HCT, MCV, MCH 및 MCHC는 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈액 생화학 조성 중 GLU는 세 처리구에서 각각 234.5 mg/dL, 256.9 mg/dL 및 250.1 mg/dL로 ICD 처리구에 비해 LED 처리구에서 높게 나타났다($P < 0.05$). 다른 혈액 생화학 성분은 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.

닭의 적혈구 정상 범위는 RBC 2.5~3.5 M/ μ L, Hb 7.0~

13.0 g/dL, HCT 22.0~35.0%, MCV 90~140 fL, MCH 35~47 pg, MCHC 21~39 g/dL로 알려져 있다(Swenson, 1993). 본 연구의 Hb와 MCHC 수치는 Olanrewaju et al.(2016)의 연구에 비해 높게 나타났으며, HCT 수치는 낮게 나타났으나 정상 범위에 속하였다.

혈액 생화학 성분은 체내외의 여러 요인으로 수치가 변화한다. 예를 들면, 육계에서 가끔 발생하는 스트레스에 대한 반응으로 혈중 corticosterone, glucose, cholesterol 및 triglyceride 수치가 증가하며(Arif et al., 2019), 일령에 따라 ALP와 TC 같은 다양한 혈액 생화학 수준이 변화된다(Samour, 2000). 영양적 혹은 유전적 원인으로 발생하는 육계의 청색증(green muscle disease)(Siller and Wight, 1978)은 혈장 CK(creatine kinase) 및 AST 활동과 관련이 있다(Hudecki et al., 1995). GLU 농도는 계사 온도가 높을 때(Chand et al., 2018)와 LED 등 노란색(550~580 nm)으로 점등하였을 때(Hassan et al.,

Table 7. Effects of light sources on erythrocyte of blood in broilers

Treatments	RBC (M/ μ L)	Hb (g/dL)	HCT (%)	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)
	----- Erythrocyte -----					
T1	2.17	8.67	21.5	89.3	36.0	36.3
T2	2.39	9.45	23.7	98.9	39.5	39.9
T3	2.33	9.19	23.3	100.3	39.5	39.4
SEM ¹	0.498	2.038	5.05	18.46	7.52	7.58
<i>P</i> -value	0.585	0.688	0.587	0.361	0.509	0.526

T1, incandescent lamp; T2, light emitting diode (LED) lamp; T3, fluorescent lamp.

RBC, red blood cell; Hb, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration.

¹ Standard error of means.

Table 8. Effects of light sources on biochemistry of blood in broilers

Items	TC (mg/dL)	TG (mg/dL)	GLU (mg/dL)	TP (g/dL)	AST (IU/L)	ALT (IU/L)	ALB (g/dL)	IP (mg/dL)
----- Blood biochemistry -----								
T1	110.5	63.3	234.5 ^b	2.70	505.3	1.99	1.03	6.28
T2	120.7	68.1	256.9 ^a	2.82	510.2	2.23	1.09	6.38
T3	120.8	74.2	250.1 ^{ab}	2.82	459.6	1.93	1.10	6.02
SEM ¹	16.59	23.94	18.48	0.322	110.2	0.692	0.126	1.099
P-value	0.128	0.599	<0.05	0.618	0.534	0.591	0.437	0.759

T1, incandescent lamp; T2, light emitting diode (LED) lamp; T3, fluorescent lamp.

TC, total cholesterol; TG, triglyceride; GLU, glucose; TP, total protein; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine transferase; ALB, alanine; IP, inorganic phosphate.

¹ Standard error of means.

^{ab} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($P < 0.05$).

2014) 증가한다고 보고되었다. 본 연구에서는 혈액 생화학 성분 중 GLU를 제외하고는 모든 혈액 생화학 성분이 처리구간 유의차를 보이지 않았다. 이것은 광원에 따라 변화된 계사 내 환경(온·습도, 깔짚 상태, NH₃ 및 CO₂ 함량, 소음)(Lima et al., 2014)이 GLU 농도에 영향을 주는 것이라 사료된다.

점등 프로그램이 육계 성장의 혈액 생리학적 변수에 미치는 영향에 대한 이전 연구들 대부분이 백열등을 사용하였다(Olanrewaju et al., 2010, 2013, 2014). 최근에는 육계의 생산성과 도체수율(Olanrewaju et al., 2016a)뿐만 아니라, 혈액 생리학적 및 생화학적 변수(Olanrewaju et al., 2016b)에 대한 다양한 광원 및 조도의 영향이 연구되었으나, 국내에서는 점등에 관한 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구의 결과는 육계 점등 연구에 관한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 계사 내 광원이 육계 후기의 생산성, 육질 및 혈액성분에 미치는 영향을 구명하기 위해 수행되었다. 공시 동물은 육계 초생추(42.2±0.1 g) 수컷 240수를 이용하였으며, 3주령부터 광원을 백열등, LED등 및 형광등의 3처리구로 나누고, 처리구당 4반복, 반복당 20수씩 완전 임의 배치하였다. 6주 동안 사육한 후 체중이 유사한 육계(3.4±0.07 kg)의 도체수율과 육질 특성을 조사하고, 혈액 성분을 분석하였다. 시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 시판 사료를 육계 초이(CP 22.5%, ME 3,020 kcal/kg), 전기(CP 18.5%, ME 3,050 kcal/kg),

후기(CP 18%, ME 3,100 kcal/kg)로 나누어 이용하였다. 조사 항목은 육계의 생산성, 도체수율, 육질 특성 및 혈액성분이었 다. 본 연구의 체중, 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 생체중과 도체중은 처리구 사이에서 유의적인 차이가 없었으며, 도체수율은 세 처리구에서 각각 77.7%, 78.2% 및 77.5%로 처리구간 유의차를 보이지 않았다. 육색, 전단력 및 보수력은 처리구간 유의차가 없었으나, 가열감량은 LED 처리구에서 가장 높게 나타났다($P < 0.05$). pH와 수분, 단백질, 지방 및 회분 함량은 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 백혈구(leukocyte, WBC)의 구성 성분인 HE, Ly, MO, EO 및 BA와 스트레스를 나타내는 H/L 비율은 처리구간 유의차가 없었다. 혈액 적혈구(erythrocyte, RBC)의 구성 성분인 Hb, HCT, MCV, MCH 및 MCHC는 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 혈액 생화학 조성 중 GLU는 세 처리구에서 각각 234.5 mg/dL, 256.9 mg/dL 및 250.1 mg/dL로 ICD 처리구에 비해 LED 처리구에서 높게 나타났다($P < 0.05$). 다른 혈액 생화학 성분은 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구의 결과들은 육계 계사의 점등 연구에 대한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

(색인어: 육계, 광원, 생산성, 육질 특성, 혈액 성분)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01483101)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

ORCID

Eui-Chul Hong	https://orcid.org/0000-0003-1982-2023
Bo-Seok Kang	https://orcid.org/0000-0002-3438-8379
Hwan-Ku Kang	https://orcid.org/0000-0002-4286-3141
Jin-Joo Jeon	https://orcid.org/0000-0001-7585-4746
Are-Sun You	https://orcid.org/0000-0001-7258-2626
Hyun-Soo Kim	https://orcid.org/0000-0001-8887-1318
Jiseon Son	https://orcid.org/0000-0002-5285-8186
Chan-Ho Kim	https://orcid.org/0000-0003-2121-5249
Hee-Jin Kim	https://orcid.org/0000-0002-6959-9790

REFERENCES

- AOAC 2016 Official Method of Analysis. 20th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Aviagen 2019 Ross 308 - Ross 308 FF - Broiler Performance Objectives.
- Buyse J, Kuhn ER, Decuyper E 1996 The use of intermittent lighting in broiler raising. 1. Effect on broiler performance and efficiency of nitrogen retention. *Poult Sci* 75(5):589-594.
- Chae HS, Hwangbo J, Ahn CN, Yoo YM, Cho SH, Lee JM, Choi YI 2004 Effect of dietary brown rice on the carcass and meat quality of broiler chicken. *Kor J Poult Sci* 37(3):165-170.
- De Santana MR, Garcia RG, Naas I de A, Paz IC de LA, Caldara FR, Barreto B 2014 Light emitting diode (LED) use in artificial lighting for broiler chicken production. *Eng Agric Jaboticabal* 34(3):422-427.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1-42.
- Faria PB, Vieira JO, Souza XR, Rocha MFM, Pereira AA 2012 Quality of broiler meat of the free-range type submitted to diets containing alternative feedstuffs. *Arq Bras Med Vet Zootec* 64(2): 389-396.
- Huth JC, Archer GS 2015 Comparison of two LED light bulbs to a dimmable CFL and their effects on broiler chicken growth, stress, and fear. *Poult Sci* 94(9):2027-2036.
- Karakaya M, Parlat SS, Yilmaz MT, Yildirim I, Ozalp B 2009 Growth performance and quality properties of meat from broiler chickens reared under different monochromatic light sources. *Br Poult Sci* 50(1):76-82.
- Kim MJ, Choi HC, Suh OS, Chae HS, Na JC, Bang HT, Kim DW, Kang HK, Park SB 2010 A study of different sources and wavelengths of light on laying egg characteristics in laying hens. *Kor J Poult Sci* 37(4):383-388.
- Kristensen HH, Perry GC, Prescott NB, Ladewig J, Ersbøll AK, Wathes CM 2006 Leg health and performance of broiler chickens reared in different light environments. *Br Poult Sci* 47(3):257-263.
- Lengkey HAW, Siwi JA, Edianingsih P, Nangoy FJ 2013 The effect of transportation on broiler meat pH and tenderness. *Biotech Anim Husban* 29(2):331-336.
- Lima KAO, Nääs I de A, Garcia RG, Rodrigo Borille R, Fabiana R, Caldara FR 2014 Impact of different light sources on broiler rearing environment. *Eng Agric Jaboticabal* 34(3): 428-434.
- MFARA 2017 Feed Standard Analysis Method. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs Notice No. 2017-28.
- Mendes AS, Reffati R, Restelatto R, Paixão SJ 2010 Visão e iluminação na avicultura moderna. *Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas*, 16(1-4):5-13.
- MOTIE 2014 Comparison of Characteristics Between Incandescent Lamps and Alternative Lighting. Ministry of Trade, Industry and Energy.
- Nelson RJ, Demas GE 1997 Role of melatonin in mediating seasonal energetic and immunologic adaptations. *Brain Res Bull* 44(4):423-430.
- Nuwan KAS, Wickramasuriya SS, Jayasena DD, Tharangani RMH, Song Z, Yi YJ, Heo JM 2016 Evaluation of growth performance, meat quality and sensory attributes of the broiler fed a diet supplemented with curry leaves (*Murraya koenigii*). *Kor J Poult Sci* 43(3):169-176.
- Olanrewaju HA, Thaxton JP, Dozier WA III, Purswell J, Roush WB, Branton SL 2006 A review of lighting programs for broiler production. *Int J Poult Sci* 5(4):301-308.
- Olanrewaju HA, Purswell JL, Collier SD, Branton SL 2011 Effect of varying light intensity on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens grown to heavy weights. *Int J Poult Sci* 10(12):921-926.
- Olanrewaju HA, Purswell JL, Collier SD, Branton SL 2015

- Effects of color temperatures (kelvin) of LED bulbs on growth performance, carcass characteristics, and ocular development indices of broilers grown to heavy weights. *Poult Sci* 94(3):338-344.
- Olanrewaju HA, Collier SD, Purswell JL, Branton SL 2016 Effects of light sources and intensity on broilers grown to heavy weights: hematophysiological and biochemical assessment. *Int J Poult Sci* 15(1):384-393.
- Pereira PA, Yanagi Jr T, Silva JP, Lima RR, Campos AT, Abreu LHP 2012 Technical evaluation of artificial lighting systems for broiler houses. *Eng Agríc* 32(6):1011-1024.
- Reiter RJ 2003 Melatonin: clinical relevance. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab* 17(2):273-285.
- SAS 2019 SAS/STAT Software for PC. Release 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Waide P 2010 Phase out of incandescent lamps: implications for international supply and demand for regulatory compliant lamps. Pages 1-81 In: *Energy Efficiency Series*. 9 rue de la Fédération 75739 Paris Cedex 15. France. International Energy Agency.
- Yanagi Jr T, Amagal AG, Teixeira VH, Lima RR 2011 Caracterização espacial do ambiente termoacústico e de iluminância em galpão comercial para criação de frangos de corte. *Eng Agríc* 31(1):1-12.
- Zimmerman NG 1988 Broiler performance when reared under various light sources. *Poult Sci* 67(1):43-51.

Received May 28, 2020, Revised Jul. 27, 2020, Accepted Aug. 26, 2020

