



왜 종류 및 높이 설정에 따른 육계 생산성, 행동특성, 계육품질에 미치는 영향

김현수^{1*} · 김희진^{2*} · 전진주¹ · 손지선¹ · 유아선¹ · 강보석³ · 홍의철¹ · 강환구^{1†}

¹국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, ²국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원,

³국립축산과학원 가금연구소 농업연구관

Effect of Perch Type and Height on the Growth Performance, Behavioral Characteristics, and Meat Quality of Broilers

Hyunsoo Kim^{1*}, Hee-Jin Kim^{2*}, Jin-Joo Jeon¹, Jiseon Son¹, Are-Sun You¹,
 Bo-Seok Kang³, Eui-Chul Hong¹ and Hwan-Ku Kang^{1†}

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

²Post-Doctor, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

³Senior Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

ABSTRACT This study investigates the effect of perch type and height on the growth performance, footpad dermatitis (FPD), blood parameters, behavioral characteristics, and meat quality of broilers. A total of 912 one-day-old male Ross 308 broilers (48.23± 0.264 g) were subjected to a three x two factorial design of three types of perch (wood, steel, plastic) and two levels of perch height (10→30 cm change, 10 cm fixed) over a five-week experiment. Growth performance, perch availability, litter quality, FPD incidence, serum biochemical parameters, and meat quality of the broilers were evaluated. There were no significant differences in the body weight, feed conversion ratio, and biochemical parameters (except for aspartate aminotransferase), pH, color, and water holding capacity. The incidence of FPD was significantly higher in the plastic perch group than in the wood and steel perch groups ($P<0.05$) at five weeks of age. Perch use was high in the order of wood, steel, and plastic groups in the daytime and nighttime at one, three, and five weeks of age ($P<0.05$). Perch use was higher in the 10 cm fixed group than the 10→30 cm group ($P<0.05$). The shear force of the breast significantly increased in the order of wood, steel, and plastic groups ($P<0.05$). In conclusion, the group with a fixed perch height of 10 cm had high perch usage. Additionally, the use of wooden perches was higher than that of other materials, and it lowered the incidence of FPD in broilers.

(Key words: broiler, perch types, perch height, growth performance, behavioral characteristic)

서 론

육계는 지난 50년 동안 육종을 통한 유전적 개량과 사양 관리 기술 발전을 통해 성장률이 300% 이상 증가하였다 (Knowles et al., 2008; Karaarslan et al., 2018).

전 세계적으로 육계는 제한된 공간에서 밀집 사육되고 있으며 (McKay et al., 2000; Bradshaw et al., 2002; Karaarslan et al., 2018), 이런 사육환경에서 육계의 빠른 성장은 다리 근육과 골격계의 발달 장애 및 질병을 야기하게 된다. 또한

닭의 자연스러운 행동을 방해하여 (Duncan, 1998) 복지를 저하시키고 나아가 다리의 건강을 악화시킨다 (Bizeray et al., 2002, Buijs et al., 2009). 최근 생산성에서 문제가 대두되고 있는 발바닥피부염 (food pad dermatitis), 무릎지루 (hock burn), 절름발이 등 육계의 다리 건강 문제는 심각한 복지 및 경제적 문제와 밀접한 관계가 있다.

왜의 이용은 일반적으로 조류들이 발로 움켜잡을 수 있는 높은 구조를 찾는 것을 의미한다 (EFSA, 2015). 왜를 제공하는 것은 닭의 활동영역을 증가시켜 활동성을 높이고 깔짚의 접촉을 줄여 발바닥피부염, 무릎지루 등 다리 건강 문제를

* First two authors are equally contributed to this work.

† To whom correspondence should be addressed : magic100@korea.kr

감소시킨다(Su et al., 2000; Bizeray et al., 2002; Ventura et al., 2012). 따라서, 결과적으로 닭의 다리 건강과 동물복지를 향상시킬 수 있다(Bizeray et al., 2002; Ventura et al., 2012; Ohara et al., 2015; Norring et al., 2016). 또한 개선된 다리의 건강은 폐사율을 감소시킬 수 있으며, 급이 활동을 원활하게 하여 생산성을 향상시킬 수 있다(Baillie et al., 2018).

현재 우리나라 육계 동물복지 인증 기준(MAFRA, 2016)에 따르면 해의 굽기는 모서리가 둥글게 처리되고 폭이 약 4 cm인 사각형 모양의 해를 권장하며, 해의 높이는 바닥에서부터 10~100 cm 떨어져 있어야 한다고 규정되어 있다. 하지만 국내 육계 동물복지 인증 기준에는 해의 재질에 대한 기준이 없으며, 해의 높이 기준은 육계의 유전적 특성 및 생리에 대한 이해가 부족하여 재질정정이 필요하기 때문에, 향후 인증기준에 대해 보완할 필요성이 있다. 따라서 본 연구는 국내 동물복지 인증기준을 바탕으로 해의 재질 및 높이 설정에 따른 육계의 생산성, 행동특성, 계육품질 등에 미치는 영향을 조사하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 사양관리 및 실험 설계

본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원 실험동물윤리위원

회의 관리기준에 의거하여 수행하였다(승인번호: 2019-364).

공시축은 1일령 Ross 308 육계 수컷 912수(48.23 ± 0.264 g)를 이용하였으며, 초기(0~7일), 전기(7~21일) 및 후기(22~35일)로 나누어 총 35일간 가금연구소 육계 평가시설에서 사양시험을 실시하였다. 처리구는 해 종류 3종(나무, 철제, 플라스틱)과 해 높이를 2수준(10~30 cm 변경, 10 cm 고정)으로 3 × 2 요인시험으로 설계하였으며, 처리당 4반복, 반복당 38수를 완전 임의 배치하였다.

사양시험에 사용된 육계 평가시설은 펜당 1.5 m × 1.45 m 규격으로 처리구간 동일한 크기의 펜을 이용하였으며, 펜당 사육수수는 동물복지 육계농장 인증기준 및 급이기 면적을 고려하여 설정하였다. 시험 사료는 동물복지 인증기준에 적합한 상업용 배합사료를 사용하였으며, 시험기간동안 사료와 물은 자유급이 하였다. 계사 내 온도는 1일령에 33℃로 설정하였고, 그 이후에는 1주일마다 약 2~3℃로 낮춰 21℃ 전후로 유지하였다. 점등 및 소등은 입식 후 3일간 23L:1D로 설정하였고, 이후에는 동물복지 기준에 따라 18L:6D로 설정하였다.

해는 폭과 높이는 4 cm이며, 길이는 150 cm로 모서리가 둥글고 직사각형의 모양인 나무(wooden), 철제(steel), 플라스틱(PE, polyethylene)으로 재질에 따른 3종류의 해를 구성하였다(Fig. 1). 해는 pen의 외벽으로부터 약 20 cm 떨어진

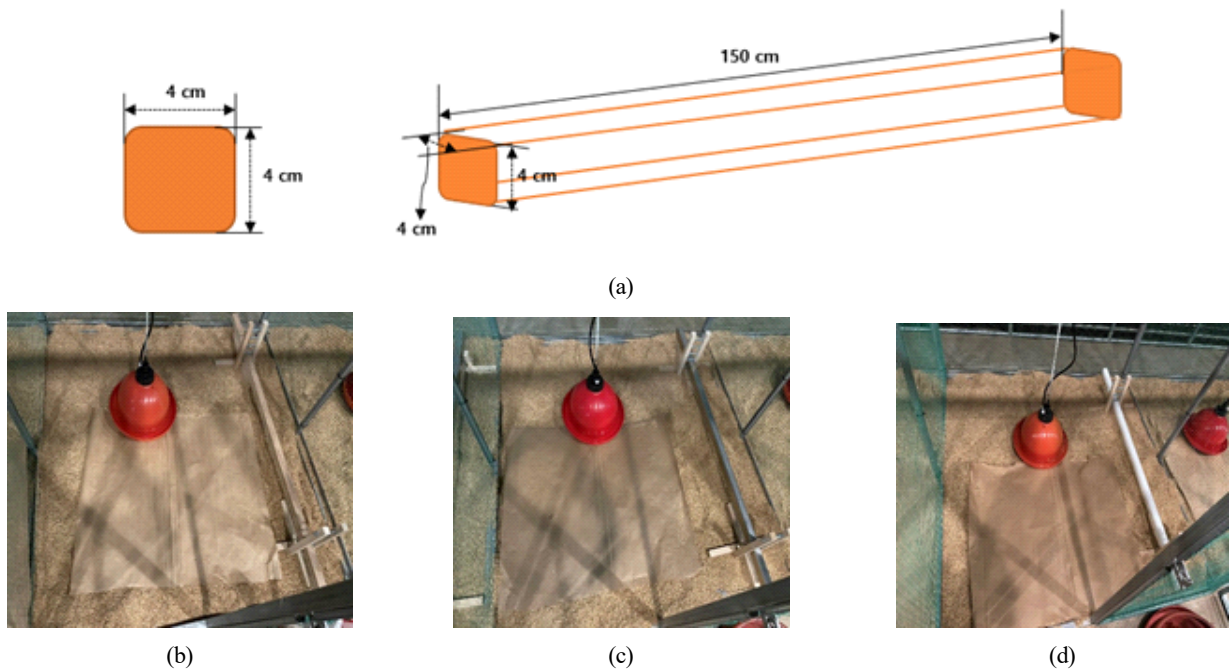


Fig. 1. The design of perches and layout of experimental pens with wooden, steel, plastic perches. (a) perch on length of rectangular baton with rounded edges; (b) wooden perch; (c) steel perch; (d) plastics(polyethylene) perch.

위치에 배치를 하였으며, 높이는 시험기간 내내 높이를 10 cm 로 고정하거나, 매주 5 cm씩 10(0~7일령), 15(7~14일령), 20(14~21일령), 25(21~28일령), 30 cm(28~35일령)로 높이를 변경하였다.

2. 조사항목

1) 생산성

해 종류 및 높이 설정에 따른 생산성을 조사하기 위해 시험개시일과 종료일(35일)에 pen별 체중과 사료 잔량을 측정하여 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율을 산출하였다. 사료요구율은 시험기간 동안의 사료섭취량을 증체량으로 나누어 1 kg 증체에 필요한 사료량을 비율로 산출하였다.

2) 행동 관찰 및 데이터 수집

육계의 행동 관찰은 1, 3, 5주령 마지막 3일 동안 수행하였다. 관찰기간에는 점등시간(05:00~06:00, 12:00~13:00, 18:00~19:00)과 소등시간(23:00~24:00)을 구분하여 1시간 동안 육계가 해를 이용하는 횟수를 기록하였다. 성공적인 해의 이용은 2초 이상 동안 해에 앉거나, 서거나 걷는 것으로 정의하였으며, 육계가 해에 접근하려고 시도했지만 불안정하게 착지하여 2초 미만 동안 발이나 다른 신체부위에 접촉한 경우, 한 발은 깔짚과 접촉한 경우, 해를 뛰어 넘아가는 경우는 해를 이용하지 않는 것으로 간주하였다(Bailie et al., 2018).

3) 깔짚 내 수분 함량 측정

깔짚을 40 g씩 채취하여 드라이 오븐에서 105℃에서 24시간 동안 건조시켜 수분함량을 측정하였다. 수분함량은 총 무게에서 건조 전후의 무게 차이의 백분율(%)로 나타내었다.

4) 발바닥 피부염 발생 정도 측정

육계 발바닥 피부염 측정은 Welfare Quality(2009)의 방법을 이용하였다. 발바닥의 피부염 점수를 0~4점으로 하여 처리구 당 60수씩 1, 3, 5주령에 측정하였다. 0점은 발바닥 피부염이 발생하지 않은 상태, 1점은 발바닥 중앙 부분의 작고 검은 피사성 염증이 발바닥의 10% 미만으로 발생한 상태, 2점은 검은색 피사와 붓기 형성이 눈에 띄게 형성되어 있으며, 염증이 25% 이하로 발생한 상태, 3점은 붓기로 인하여 발바닥이 커졌으며, 검은색 피사가 발바닥의 50% 이하로 발생한 상태, 4점은 붓기는 3점과 동일하나 검은색 피사가 50%를 초과한 상태로 평가하였다. 발바닥피부염 점수는

평균값으로 산출하여 정도를 나타내었다.

5) 혈청 내 생화학 조성

해 재질 및 높이 설정에 따른 육계 혈청 내 생화학 조성을 분석하기 위하여 35일령 육계를 처리구 당 20수씩 선발하였으며, 익하 정맥에서 혈액 3 mL를 serum separate tube 에 채취 하였다. 채취한 혈액은 20분 동안 원심분리(2,000 × g, 4℃)한 뒤 상층액을 사용하였으며, 자동 혈액 분석기(AU 480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., Korea)를 이용하여 혈청 내 생화학 조성을 분석하였다.

6) 가슴육 품질

해 재질 및 높이 설정에 따른 육계 가슴육 분석을 위하여 35일령 육계를 처리구 당 10수씩 도계한 뒤 가슴육을 채취하여 분석에 사용하였다. 가슴육의 육색은 Colorimeter (CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 표준화 작업은 Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194인 표준 백판을 사용하였다.

pH측정은 가슴육 10 g에 증류수 90 mL를 가하여 균질한 뒤, pH meter(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Celiustr, Germany)로 측정하였다.

보수력은 Kim et al.(2018)의 방법을 이용하여 측정하였으며, 약 0.5 g의 가슴육을 시험관에 측정하여 80℃ 항온 수조에서 20분간 가열하였다. 가열 후 실온(25±2℃)에서 방냉하였으며, 방냉 후 원심분리(2,000 ×g)에서 20분간 원심분리하였다. 원심분리한 뒤 시료의 무게를 측정하여 다음의 식을 이용하여 보수력을 측정하였다.

$$\text{지방계수} = 1 - \text{지방함량}/100$$

$$\text{유리수분} = [(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}) / (\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100$$

$$\text{보수력}(\%) = [(\text{총 수분} - \text{유리수분}) / \text{총 수분}] \times 100$$

가열감량은 Kim et al.(2018)의 방법을 이용하여 분석하였으며, 가열 전과 후의 중량 차이를 백분율로 하여 산출하였다. 가슴육을 polyethylene bag에 넣어 항온수조에서 심부 온도가 75℃에 도달할 때까지 가열하였으며, 가열 후 실온에서 30분간 방냉한 후 무게를 측정하였다.

전단력은 가열 감량 방법과 동일하게 가열한 뒤, 직경 1.27 cm의 코어를 사용하여 시료를 준비하였으며, 준비한 시료를 V blade를 이용하여 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear force meter, USA)로 측정하였다.

3. 통계처리

육계의 해 종류와 높이 간의 상호 작용이 미치는 영향에 대하여 SAS General Linear Model(GLM)을 이용하여 two-way ANOVA로 분석하였으며, 처리구 간의 다른 차이를 분석을 위해 Duncan's multiple range test를 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 및 사료 섭취량

육계 사육시 해 종류 및 높이 설정에 따른 생산성 결과는

Table 1에 나타내었다. 최종 체중은 1,642.72~1,740.05 g, 증체량은 1,591.02~1,683.20 g, 사료 섭취량은 2,856.80~2,884.04 g, FCR은 1.72~1.79 범위를 나타내었으며, 모든 항목에서 해 종류 및 높이 설정에 따른 유의적인 차이는 없었다. 또한 해 종류 및 높이 설정에 따른 상호 작용 효과도 나타나지 않았다. Gebhardt-Henrich et al.(2017)의 연구에서는 해를 사용한 육용 종계의 체중이 낮았으며, 해의 사용으로 인한 움직임의 증가로 에너지 소비가 증가하여 체중이 감소하였다고 보고하여 본 연구와는 다른 결과를 나타내었다. Kiyma et al.(2016)은 육계 사육시 해의 유무에 따른 체중, 증체량, FCR의 차이가 나타나지 않았으며, 육계는 산란계나 종계보다 사육기간이 짧고 해의 이용률이 적기 때문에

Table 1. Effect of perch type and height on growth performance in broiler

	Initial weight (g/bird)	Final weight (g/bird)	Weight gain (g/bird)	Feed intake (g/bird)	FCR (feed/gain)	
Perch type						
Wood	48.26	1,687.07	1,638.81	2,870.42	1.75	
Steel	48.24	1,663.60	1,615.37	2,836.76	1.76	
Plastic	48.19	1,705.36	1,657.17	2,896.07	1.75	
SEM	0.09	29.82	29.83	45.96	0.02	
Perch height						
10 cm	48.26	1,719.87	1,671.61	2,891.97	1.73	
30 cm	48.20	1,650.82	1,602.62	2,843.53	1.77	
SEM	0.08	24.35	24.36	37.53	0.01	
Perch type*Height						
Wood	10 cm	48.22	1,731.42	1,683.20	2,884.04	1.72
	30 cm	48.30	1,642.72	1,594.42	2,856.80	1.79
Steel	10 cm	48.42	1,688.12	1,639.73	2,870.50	1.76
	30 cm	48.07	1,639.08	1,591.02	2,803.01	1.76
Plastic	10 cm	48.14	1,740.05	1,691.91	2,921.36	1.73
	30 cm	48.23	1,670.66	1,622.43	2,870.79	1.77
SEM	0.13	42.17	42.19	65.00	0.03	
P-values						
Perch type	0.853	0.619	0.619	0.664	0.915	
Perch height	0.580	0.060	0.061	0.374	0.066	
Interaction	0.193	0.896	0.894	0.953	0.449	

FCR, feed conversion rate; SEM, standard error of mean.

생산성에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다.

해의 사용은 근육량을 증가시킬 수 있으나, 해의 수나 높이, 위치, 사용방법이 연구마다 다르기 때문에(Velo and Ceular, 2016) 추후 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. 행동분석

육계 사육시 해 종류 및 높이 설정과 점등 및 소등 시간에 따른 육계 해의 이용 횟수를 분석한 결과는 각각 Table 2와 Table 3에 나타내었다. 1, 3, 5주령 모두 점등구간에는 나무,

철재, 플라스틱 처리구 순으로 유의적으로 이용 횟수가 높았으며($P<0.05$), 3과 5주령에는 10 cm 고정 처리구는 변경(10 →30 cm) 처리구에 비해 유의적으로 높은 이용 횟수를 보였다($P<0.05$). 5주령의 점등시간 동안 해의 이용 횟수는 해 종류 및 높이 설정에 따른 상호작용 효과가 나타났다($P<0.05$).

1, 3, 5주령 모두 소등시간에는 나무(0.33, 3.42, 5.25 회/시간) 처리구에서 플라스틱(0.00, 1.08, 2.67 회/시간) 처리구 보다 유의적으로 높은 이용 횟수를 나타냈으며($P<0.05$), 3과 5주령에는 변경 처리구 보다 고정 처리구에서 유의적으로

Table 2. Effect of perch type and height on perching attempts recorded in the daytime at 1, 3, 5 weeks of ages (No. perching attempts / hour*)

		Weeks		
		1	3	5
Perch type				
Wood		26.17 ^a	45.42 ^a	55.36 ^a
Steel		5.11 ^b	26.58 ^b	29.89 ^b
Plastic		0.47 ^c	15.61 ^c	21.92 ^c
SEM		0.77	0.89	1.97
Perch height				
10 cm		10.20	45.69 ^a	48.74 ^a
30 cm		10.96	12.72 ^b	22.70 ^b
SEM		0.62	2.36	1.60
Perch type*Height				
Wood	10 cm	25.78	62.83	58.39 ^a
	30 cm	26.56	28.00	52.33 ^{ab}
Steel	10 cm	4.50	44.50	47.00 ^{bc}
	30 cm	5.72	8.67	12.78 ^d
Plastic	10 cm	0.33	29.72	40.83 ^c
	30 cm	0.61	1.50	3.00 ^e
SEM		1.08	4.09	2.78
P-values				
Perch type		<.0001	<.0001	<.0001
Perch height		0.393	<.0001	<.0001
Interaction		0.909	0.602	<.0001

^{a-c} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

SEM, standard error of mean.

* Means are average of the number of successful attempts at perching as sitting, standing, walking, preening for period of > 2 secs per each 1 hour at 05:00~06:00, 12:00~13:00, 18:00~19:00 for 3 days in daytime (n=9).

Table 3. Effect of perch type and height on perching attempts recorded in the nighttime at 1, 3, 5 weeks of ages (No. perching attempts / hour*)

		Weeks		
		1	3	5
Perch type				
Wood		0.33 ^a	3.42 ^a	5.25 ^a
Steel		0.00 ^b	2.67 ^{ab}	5.17 ^a
Plastic		0.00 ^b	1.08 ^b	2.67 ^b
SEM		0.08	0.59	0.40
Perch height				
10 cm		0.17	3.83 ^a	4.94 ^a
30 cm		0.06	0.94 ^b	3.78 ^b
SEM		0.06	0.48	0.33
Perch type*Height				
Wood	10 cm	0.50	4.33	4.67 ^{abc}
	30 cm	0.17	2.50	5.83 ^{ab}
Steel	10 cm	0.00	5.00	6.17 ^a
	30 cm	0.00	0.33	4.17 ^{bc}
Plastic	10 cm	0.00	2.17	4.00 ^c
	30 cm	0.00	0.00	1.33 ^d
SEM		0.11	0.83	0.57
P-values				
Perch type		0.008	0.027	<.0001
Perch height		0.241	0.001	0.018
Interaction		0.256	0.195	0.005

^{a-d} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

SEM, standard error of mean.

* Means are average of the number of successful attempts at perching as sitting, standing, walking, preening for period of > 2 secs per each 1 hour at 23:00~24:00 for 3 days in nighttime (n=3).

이용 횟수가 높았다($P<0.05$). 또한, 5주령의 소등시간에서도 해의 종류 및 높이 간의 상호작용 효과가 나타났다($P<0.05$).

Bailie et al.(2018)에 따르면 육계는 사육 기간에 해에 대한 접근이 쉬운 경우에만 헛대에 앉으려 하며, 주령에 따라 높이를 변경하면 해의 활용이 많을 것이라 보고하였다. 본 연구 역시 해의 사용은 재질에 상관없이 주령이 증가함에 따라 5주령까지 해의 이용이 증가하였으며 선행연구들과 같은 결과를 나타냈다(Le Van et al., 2000; Pettit-Riley and Estevez, 2001). 특히, Ventura et al.(2012)의 연구에서는 4~5주 사이에 해의 사용이 많다고 보고하였다. Hongchao et al.(2013)에 따르면 나무와 PVC 재질(플라스틱)별로 해 이용도를 비교한 결과 4주까지 육계가 나무 재질의 해를 더 선호한다고 보고하였으며, 본 연구에서도 모든 주령에서 나무

재질의 해를 사용했을 때 플라스틱 재질의 해보다 육계의 이용 횟수가 가장 높아 유사한 결과를 나타내었다. 이런 결과는 나무나 철재 재질에 비해 플라스틱 표면의 미끄러운 특성 때문에 육계의 해 이용에 영향을 미쳤으며, 따라서 해 재질이 육계의 해 이용에 중요한 역할을 할 수 있다고 판단된다. Kaukonen et al.(2016)은 육계가 30 cm의 해보다 접근성과 사용이 쉬운 10 cm의 해를 선호한다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 따라서 해 재질에 따라 공통적으로 3주령과 5주령에 점등 및 소등구간에서 해의 높이를 10 cm로 고정하였을 때 매주 5 cm씩 높이를 변경(10→30 cm)했을 시보다 유의적으로 육계의 해 이용 횟수가 높았다.

3. 깔짚 수분 함량 및 발바닥 피부염 지수

육계 사육 시 해 종류 및 높이 설정에 따른 1, 3, 5주령의 깔짚 수분함량 결과는 Table 4에 나타내었다. 깔짚의 수분함량이 높으면 육계의 발바닥 피부염 증가를 가져온다 (Kaukonen et al., 2016). 시험 결과 깔짚 수분함량은 모든 주령에서 해 종류 및 높이 설정에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 종류 및 높이 설정에 따른 상호 작용 효과도 나타나지 않았다. 하지만 연령이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. Kiyama et al.(2016)은 육계의 해의 사용은 육계가 깔짚에 있는 시간을 감소시켜 깔짚이 건조되어 깔짚의 품질이 개선될 수 있다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 해의 종류와 높이 그리고 해의 이용도에 따른 깔

짚의 수분함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다.

육계 사육 시 해 종류 및 높이 설정에 따른 1, 3, 5주령의 육계 발바닥 피부염 발생도 결과는 Table 5에 나타내었다. 발바닥 피부염 발생도는 1, 3주령에는 해 종류 및 높이에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 5주령에는 나무 및 철재 처리구가 플라스틱 처리구보다 유의적으로 낮은 발생도를 나타내었다($P<0.05$). 하지만, 모든 연령에서 해의 종류 및 높이의 상호작용 효과는 보이지 않았다. Gebhardt-Henrich et al.(2017)의 연구는 육용 종계 암탉의 케이지에 해를 설치하였을 때, 발의 건강을 향상시켰다고 보고하였다. Kiyama et al.(2016)의 연구에서는 육계 사육 시 해를 설치하였을 때 FPD(발바닥 피부염) 점수가 감소하였으며, 해의 높은 이용도

Table 4. Effect of perch type and height on litter moisture content (%) at 1, 3, 5 weeks of ages

		Weeks		
		1	3	5
Perch type				
Wood		17.52	29.44	59.66
Steel		19.04	31.53	59.47
Plastic		17.94	29.74	63.41
SEM		0.86	0.67	2.31
Perch height				
10 cm		19.00	30.07	60.02
30 cm		17.34	30.40	61.67
SEM		0.70	0.55	1.89
Perch type*Height				
Wood	10 cm	17.63	28.48	58.34
	30 cm	17.42	30.40	60.97
Steel	10 cm	20.26	32.41	58.31
	30 cm	17.83	30.66	60.64
Plastic	10 cm	19.10	29.33	63.41
	30 cm	16.78	30.15	63.41
SEM		1.22	0.95	3.27
<i>P</i> -values				
Perch type		0.114	0.676	0.545
Perch height		0.452	0.086	0.416
Interaction		0.597	0.171	0.909

SEM, standard error of mean.

Table 5. Effect of perch type and height on occurrence of footpad dermatitis (FPD) at 1, 3, 5 weeks of ages

Score	Weeks		
	1	3	5
Perch type			
Wood	0.00	0.00	1.25 ^b
Steel	0.00	0.01	1.30 ^b
Plastic	0.00	0.00	1.65 ^a
SEM	0.00	0.00	0.08
Perch height			
10 cm	0.00	0.01	1.43
30 cm	0.00	0.00	1.37
SEM	0.00	0.00	0.06
Perch type*Height			
Wood	10 cm	0.00	1.36
	30 cm	0.00	1.14
Steel	10 cm	0.00	1.32
	30 cm	0.00	1.29
Plastic	10 cm	0.00	1.63
	30 cm	0.00	1.68
SEM	0.00	0.00	0.11
P-values			
Perch type	0.000	0.369	0.001
Perch height	0.000	0.318	0.457
Interaction	0.000	0.369	0.773

SEM, standard error of mean.

는 FPD 발생도를 감소시킨다고 보고하였다. 또한 육계가 돼를 사용하였을 때 수분함량이 높은 깔짚보다 건조된 돼의 깨끗한 표면에 앉거나 서 있을 시간이 높았기 때문이라고 사료된다(Kiyama et al., 2016).

4. 혈청 내 생화학 분석

육계 사육 시 돼 종류 및 높이 설정에 따른 혈청 내 생화학 조성 결과는 Table 6에 나타내었다. 육계의 혈청 내 생화학 조성은 육계의 체중, 사료 섭취, 행동, 스트레스 등의 여러 요인으로 변화되는 것으로 알려져 있다(Arif et al., 2019). Total cholesterol(TC), Triglyceride(TG), Glucose(GLU), TP(Total protein), Alanine aminotransferase(ALT), Albu-

min(ALB), Inorganic phosphorus는 돼 종류 및 높이 설정에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 상호작용 효과도 나타나지 않았다. AST는 간(염증, 감염 등) 및 근육(외상, 발작 등) 손상의 주요 지표이며 증가된 AST는 세포의 손상을 의미한다(Nobakht and Fard, 2016). Aspartate aminotransferase(AST)는 나무 처리구가 철제 및 플라스틱 처리구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었으나($P<0.05$), 돼 높이 설정에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 나무 돼의 이용도 증가로 인하여 육계의 동물복지 수준이 증가하여 AST가 감소되었다고 사료되나(Ibrahim and Aziz, 2021), 돼의 이용도에 따른 육계의 활동성에 대한 AST 변화에 대한 메커니즘이 알려지지 않았기 때문에 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 6. Effects of perch type and height on serum biochemical profiles in broiler (d 35)

	TC (mg/dL)	TG (mg/dL)	GLU (mg/dL)	TP (g/dL)	AST (U/L)	ALT (U/L)	ALB (g/dL)	IP (mg/dL)	
Perch type									
Wood	115.16	34.54	182.63	2.93	252.53 ^b	2.09	1.22	7.58	
Steel	115.24	32.07	187.69	2.92	265.59 ^a	2.07	1.23	7.51	
Plastic	116.52	33.15	187.74	2.90	268.15 ^a	2.04	1.24	7.62	
SEM	1.84	0.77	3.90	0.04	4.28	0.07	0.00	0.07	
Perch height									
10 cm	117.01	32.85	186.25	2.95	265.38	2.11	1.24	7.59	
30 cm	114.27	33.66	185.79	2.88	258.80	2.02	1.22	7.55	
SEM	1.50	0.63	3.02	2.95	3.50	0.55	0.01	0.06	
Perch type*Height									
Wood	10 cm	113.92	33.75	182.84	2.91	255.34	2.06	1.22	7.57
	30 cm	116.40	35.33	182.42	2.94	249.73	2.12	1.23	7.58
Steel	10 cm	116.73	32.68	188.07	2.96	269.66	2.10	1.23	7.51
	30 cm	113.76	31.46	187.31	2.88	261.53	2.03	1.22	7.51
Plastic	10 cm	120.38	32.12	187.85	2.98	271.15	2.17	1.29	7.70
	30 cm	112.66	34.18	187.64	2.82	265.14	1.92	1.20	7.54
SEM	2.60	1.08	5.22	0.06	6.06	0.09	0.22	0.10	
<i>P</i> -values									
Perch type	0.842	0.078	0.534	0.865	0.025	0.871	0.824	0.496	
Perch height	0.201	0.362	0.914	0.166	0.186	0.252	0.189	0.548	
Interaction	0.151	0.268	0.999	0.311	0.975	0.252	0.104	0.615	

TC, total cholesterol; TG, triglycerides; GLU, glucose; TP, total protein; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; ALB, albumin; IP, inorganic phosphorus.

SEM, standard error of mean.

5. 계육 품질

육계 사육시 해 종류 및 높이 설정에 따른 육계 가슴육의 품질은 Table 7에 나타내었다. 고기의 색은 소비자가 식육을 구매하는데 있어 중요한 지표로 사용되며(Hillebrand et al., 1996), 보수력과 가열감량은 식육을 가공 및 저장하는데 있어 수분을 보유할 수 있는 능력을 의미하고 고기의 다즙성에 영향을 미친다(Guo et al., 2016). 해 재질 및 높이 설정에 따른 육계 가슴육의 pH, 육색(L*, a*, b*), 보수력은 유의적인 차이를 보이지 않았다. Brackenbury and Williamson(1989) 보고에 의하면 운동으로 인하여 골격근의 산화되어 밝기가 높아졌다고 보고하였으나, 본 연구에서는 유의적인 차이를

보이지 않았다. Kiyama et al.(2016)의 연구에서는 해의 유무 및 해의 이용성에 따른 가슴육 보수력의 차이는 보이지 않아 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 전단력에서는 나무(38.96 N), 철재(31.11 N), 플라스틱(22.57 N) 순으로 유의적으로 높았으나($P<0.05$), 해 높이 설정에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 해의 사용으로 인하여 육계는 발로 해를 움켜쥐거나, 점프하거나, 올라가기 위해 날개 짓을 하는 등 다양한 신체 활동이 증가하여(Bizeray et al., 2000), 가슴 및 다리 등의 근육에 변화를 가져온다(Kaukonen et al., 2016). 따라서 나무 처리구에서 더 많은 활동으로 인하여 가슴육의 전단력이 높아진 것으로 사료된다. 하지만 해 높이

Table 7. Effect of perch type and height on pH, color, water holding capacity (WHC) and shear force of breast meat in broiler (d 35)

		pH	Color			WHC (%)	Shear force (N)
			L*	a*	b*		
Perch type							
Wood		5.63	56.90	2.67	10.14	56.01	38.96 ^a
Steel		5.61	56.51	2.66	10.11	55.81	31.11 ^b
Plastic		5.68	55.79	2.47	10.08	56.91	22.57 ^c
SEM		0.04	0.32	0.10	0.25	0.52	2.04
Perch height							
10 cm		5.64	56.50	2.51	10.07	56.24	29.65
30 cm		5.64	56.29	2.69	10.14	56.25	32.11
SEM		0.03	0.26	0.09	0.21	0.42	1.66
Perch type*Height							
Wood	10 cm	5.71 ^a	56.97	2.64	10.32	55.83	38.74
	30 cm	5.54 ^b	56.82	2.71	9.96	56.20	39.18
Steel	10 cm	5.58 ^{ab}	56.77	2.57	10.00	56.39	27.47
	30 cm	5.64 ^{ab}	56.24	2.74	10.21	55.24	34.75
Plastic	10 cm	5.62 ^{ab}	55.76	2.32	9.88	56.52	22.74
	30 cm	5.74 ^a	55.82	2.62	10.27	57.31	22.41
SEM		0.05	0.45	0.15	0.36	2.88	0.82
P-values							
Perch type		0.398	0.055	0.320	0.985	0.289	<.0001
Perch height		0.938	0.577	0.143	0.798	0.991	0.299
Interaction		0.018	0.802	0.762	0.556	0.388	0.354

^{a-c} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

SEM, standard error of mean.

고정 처리구가 변경 처리구보다 해의 이용도는 높았으나, 낮은 높이로 인하여 가슴 근육을 사용하는 날개 짓을 하지 않아 전단력에는 유의적인 차이가 없었던 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 해 종류 및 높이 설정에 따른 육계의 생산성, 혈액조성, 행동특성 및 계육품질에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 육계(Ross 308) 초생추(48.23±0.264 g) 수컷 912수를 공시하여 재질에 따른 해 종류 3종(나무, 철제 및 플라스틱)과 높이 2수준(10→30 cm 변동, 10 cm 고정)의 3

× 2 요인으로 35일간 시험을 수행하였다. 체중 및 사료 섭취량은 개시일과 종료일에 측정하였다. 육계의 해 이용도, 깔짚 품질, 발바다피부염은 1, 3, 5주령에 측정하였으며, 혈청 생화학 조성 및 계육품질은 35일령에 분석하였다. 체중, 사료요구율, AST를 제외한 혈청 생화학 성분은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 5주령의 발바다피부염 발생 정도는 플라스틱(1.65) 처리구가 나무(1.25)와 철제(1.30)에 보다 유의적으로 증가 하였다($P<0.05$). 해 이용성을 분석한 결과, 모든 주령에서 점등 및 소등구간에는 나무, 철제, 플라스틱 처리구 순으로 유의적으로 이용 횟수가 높았으며 ($P<0.05$), 3주령과 5주령에는 해의 높이 고정 처리구가 변동

처리구보다 이용 횟수가 높았다($P<0.05$). 가슴육 품질 분석 결과, pH, 육색, 보수력은 해 종류 및 높이 간 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 전단력은 나무, 철재, 플라스틱 순으로 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P<0.05$). 따라서 높이 설정에서는 10 cm 고정 처리구가 높은 이용도로 나타내었으며, 해 재질은 다른 재질에 비해 나무 재질의 이용도가 높았고 AST 및 발바닥 피부염을 개선시키는 것으로 사료된다. (색인어: 육계, 해 종류, 해 높이, 생산성, 행동특성)

사 사

본 연구는 2021년 농촌진흥청 국립축산과학원 축산시험 연구사업(과제번호: PJ01434001)과 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

ORCID

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

REFERENCES

- Arif M, Hayat Z, Abd El-Hack ME, Saeed M, Imran HM, Alowaimer 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.
- Bailie CL, Baxter M, O'Connell NE 2018 Exploring perch provision options for commercial broiler chickens. *Appl Anim Behav Sci* 200:114-122.
- Bizeray D, Estevez I, Leterrier C, Faure JM 2002 Effects of increasing environmental complexity on the physical activity of broiler chickens. *Appl Anim Behav Sci* 79(1):27-41.
- Bizeray D, Leterrier C, Constantin P, Picard M, Faure JM 2000 Early locomotor behaviour in genetic stocks of chickens with different growth rates. *Appl Anim Behav Sci* 68(3):231-242.
- Brackenbury JH, Williamson ADB 1989 Treadmill exercise training increases the oxidative capacity of chicken iliobialis muscle. *Poult Sci* 68(4):577-581.
- Bradshaw RH, Kirkden RD, Broom DM 2002 A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. *Avian Poult Biol Rev* 13:45-103.
- Buijs S, Keeling LJ, Rettenbacher S, Van Poucke E, Tuytens FAM 2009 Stocking density effects on broiler welfare: Identifying sensitive ranges for different indicators. *Poult Sci* 88(8):1536-1543.
- Duncan IJ 1998 Behavior and behavioral needs. *Poult Sci* 77(12):1766-1772.
- EFSA (European Food Safety Authority) 2015 Scientific opinion on welfare aspects of the use of perches for laying hens. *EFSA J* 13(6):4131.
- Gebhardt-Henrich SG, Toscano MJ, Würbel H 2017 Perch use by broiler breeders and its implication on health and production. *Poult Sci* 96(10):3539-3549.
- Guo X, Ma C, Fang Q, Zhou B, Wan Y, Jiang R 2016 Effects of ovariectomy on body measurements, carcass composition, and meat quality of Huainan chickens. *Anim Prod Sci* 57(5):815-820.
- Hillebrand SJW, Lambooy E, Veerkamp CH 1996 The effects of alternative electrical and mechanical stunning methods on hemorrhaging and meat quality of broiler breast and thigh muscles. *Poult Sci* 75(5):664-671.
- Hongchao J, Jiang Y, Song Z, Zhao J, Wang X, Lin H 2013 Effect of perch type and stocking density on the behaviour and growth of broilers. *Anim Prod Sci* 54(7):930-941.
- Ibrahim HO, Aziz AA 2021 Alleviating transport stress of broiler using vitamin C and acetyl salicylic acid. *J Anim Poult Prod* 12(5):169-173.
- Karaarslan S, Nazlıgül A 2018 Effects of lighting, stocking density, and access to perches on leg health variables as welfare indicators in broiler chickens. *Livest Sci* 218:31-36.
- Kaukonen E, Norring M, Valros A 2016 Effect of litter quality on foot pad dermatitis, hock burns and breast blisters in broiler breeders during the production period. *Avian Pathol* 45(6):667-673.
- Kim HJ, Kim HJ, Jeon JJ, Oh SJ, Nam KC, Shim KS, Jung JH, Kim KS, Choi YI, Kim SH, Jang A 2018 Comparison

- of quality and bioactive compounds in chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm in Korea. *Korean J Poult Sci* 45(4):261-272.
- Kiyama Z, Küçükylmaz K, Orojpour A 2016 Effects of perch availability on performance, carcass characteristics, and footpad lesions in broilers. *Arch Anim Breed* 59(1):19-25.
- Knowles TG, Kestin SC, Haslam SM, Brown SN, Green LE, Butterworth A, Pope SJ, Pfeiffer D, Nicol CJ 2008 Leg disorders in broiler chickens: prevalence, risk factors and prevention. *PIOSONE* 3:e1545.
- Le Van NF, Estevez I, Stricklin WR 2000 Use of horizontal and angled perches by broiler chickens. *Appl Anim Behav Sci* 65(4):349-365.
- McKay JC, Barton NF, Koerhuis ANM, McAdam J 2000 The challenge of genetic change in the broiler chicken. *Br Soc Anim Sci* 27:1-7.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) 2016 Animal and Plant Quarantine Agency, The Standard for Certification of Animal Welfare Livestock Farms.
- Nobakht A, Fard BH 2016 The effects of using rice bran, enzyme and probiotic on performance, egg quality traits and blood metabolites in laying hens. *Iran J Appl Anim Sci* 46(4):e417-427.
- Norring M, Kaukonen E, Valros A 2016 The use of perches and platforms by broiler chickens. *Appl Anim Behav Sci* 184:91-96.
- Ohara A, Oyakawa C, Yoshihara Y, Ninomiya S, Sato S 2015 Effect of environmental enrichment on the behavior and welfare of Japanese broilers at a commercial farm. *J Poult Sci* 52:323-330.
- Pettit-Riley R, Estevez I 2001 Effects of density on perching behavior of broiler chickens. *Appl Anim Behav Sci* 71(2):127-140.
- Su G, Sørensen P, Kestin SC 2000 A note on the effects of perches and litter substrate on leg weakness in broiler chickens. *Poult Sci* 79:1259-1263.
- Velo R, Ceular A 2017 Effects of stocking density, light and perches on broiler growth. *Anim Sci J* 88(2):386-393.
- Ventura BA, Siewerd F, Estevez I 2012 Access to barrier perches improves behavior repertoire in broilers. *PIOSONE* 7(1):e29826.
- Welfare Quality 2009 Welfare Quality assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality Consortium, Lelystad, Netherlands.

Received Nov. 29, 2021, Revised Dec. 10, 2021, Accepted Dec. 20, 2021