



# Enrichment 종류 및 개수 설정에 따른 육계 생산성, 혈액 특성, 발바닥 피부염, 깔짚 내 수분함량에 미치는 영향

김현수<sup>1\*</sup> · 김희진<sup>2\*</sup> · 전진주<sup>1</sup> · 손지선<sup>1</sup> · 윤연서<sup>3</sup> · 홍의철<sup>1</sup> · 강환구<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, <sup>2</sup>국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원, <sup>3</sup>국립축산과학원 가금연구소 연구원

## Effects of the Type and Number of Enrichment on Growth Performance, Blood Characteristics, Footpad Dermatitis, and Litter Moisture in Broilers

Hyunsoo Kim<sup>1\*</sup>, Hee-Jin Kim<sup>2\*</sup>, Jin-Joo Jeon<sup>1</sup>, Jiseon Son<sup>1</sup>, Yeon-Seo Yun<sup>3</sup>, Eui-Chul Hong<sup>1</sup> and Hwan-Ku Kang<sup>1†</sup>

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

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

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

**ABSTRACT** This study was conducted to investigate the effects of the type and number of enrichments on growth performance, blood characteristics, footpad dermatitis (FPD) incidence, and litter moisture in broilers. A total of 1,140 1-day-old male Ross 308 broilers were assigned to a 3 × 2 factorial arrangement based on the type of enrichment (cabbage, alfalfa block, and angle sawdust) and the number of enrichments (one or two per 38 broilers). The growth performance, blood characteristics, FPD incidence, and litter moisture of the broilers were evaluated. Body weight and feed conversion rate were significantly improved ( $P<0.05$ ) in the alfalfa block and sawdust group compared to the cabbage group, but there was no interaction effect between the type and number of enrichments. The heterophil/lymphocyte ratio, a stress index, was significantly decreased ( $P<0.05$ ) in the alfalfa block and sawdust groups compared with the cabbage group. The incidence of FPD was significantly decreased in the order of cabbage (3.78), alfalfa block (3.06), and sawdust (1.43) groups at 5 weeks of age. Moreover, there was a significant decrease in the incidence of FPD ( $P<0.05$ ) in the one-enrichment group compared with the two-enrichment group. Litter moisture at 5 weeks of age was significantly reduced in the sawdust group compared to the cabbage and alfalfa groups, but there was no significant difference in the interaction between the type and number of enrichments. It was concluded that sawdust enrichment positively influenced both growth performance and the animal welfare of broilers. In addition, it is expected that sawdust can be used to regulate litter moisture.

(Key words: broiler, enrichment type, growth performance, FPD, litter, welfare)

### 서 론

현재 사육되는 육계는 빠른 성장을 위해 개량되어 왔으며, 빠른 성장으로 인하여 약 80% 시간을 휴식을 취하며 생활한다. 육계는 일반적으로 높은 사육밀도 수준에서 사육되어 광범위한 복지 문제를 일으킨다(Bessei, 2006). 높은 사육밀도는 폐사율 증가와 관련이 있으며(Shanawany, 1988), 빠른 성장과 적은 활동성으로 인하여 육계에 질병과 복지문제를 발생시킬 수 있다. 동물 복지 문제로는 육계의 발바닥 피부염, 흉부 포진, 무릎지루 등을 유발하며(Bessei, 2006), 이

러한 문제는 출하 후 도체 품질을 저하시켜 경제적으로 부정적인 영향을 미친다.

육계 사육시 발생하는 복지문제는 육계의 선천적인 활동을 늘리고 자극 유발할 수 있는 enrichment(놀이물질)를 제공함으로써 감소시킬 수 있다(Kells et al., 2001; Bailie et al., 2013). Enrichment는 동물이 생활하는 공간에 더 많은 자연스러운 행동을 촉진한 것으로 정의할 수 있다(Leone and Estévez, 2008). Newberry et al.(1995)에 따르면 enrichment는 육계 특유의 행동을 증가시키며, 보다 더 넓은 범위에서 행동을 가능하게 함으로써 동물의 복지를 향상시킬 수 있

\* First two authors are equally contributed to this work.

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

다. Enrichment를 통해 육계 성장 초기에 활동을 증가시킴으로써 뼈와 근육 발달을 도와주며(Bizeray et al., 2002; Reiter et al., 2009), 육계 후기에는 높은 수준의 습도와 암모니아를 포함하는 깔짚과의 접촉을 줄여 발바닥 피부염, 무릎지루 등을 줄일 수 있다(Riber et al., 2018). 더 나아가 enrichment의 효과는 생물학적 기능뿐만 아니라 피난처로써 일시적으로 바닥 표면을 탈출할 가능성을 제공할 수 있어 육계의 심리적인 상태에도 도움이 된다(Blake et al., 1994; Mellor et al., 2014).

지금까지 연구에 따르면 enrichment로써 해, 플랫폼, 짚 더미 등은 육계가 높은 구조물에서 쉬고자 하는 동기를 충족시켰으며, enrichment에 의한 자극에 의해 육계 특유의 행동을 증가시켰다(Riber et al., 2018). 또한, 해를 제공하는 것은 육계의 활동성을 높이고, 깔짚과의 접촉을 줄여 발바닥 피부염 등 다리 건강 문제를 감소시킨다(Bizeray et al., 2002; Ventura et al., 2012). 또한 짚 더미를 제공하여 수컷 칠면조의 공격적인 쪼는 행동을 감소시켰다(Martrenchar et al., 2001). 산란계 역시 enrichment를 펜에 제공함으로써 깃털 쪼기 행동을 감소시켰다(McAdie et al., 2005; Dixon et al., 2010). 이처럼 다양한 연구에서 enrichment로써 육계용 해, 플랫폼 등을 이용하여 육계의 복지 및 생산성에 미치는 영향에 대한 연구를 진행하고 있다. 하지만 상업적 육계 농장에서 enrichment를 이용하기 위해서는 실용적이어야 하며, 육계 행동에 대한 영향, 복지 측면 등 다양한 관점에서 enrichment의 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 육계 enrichment 종류 및 개수 설정에 따라 생산성, 혈액 성분, 발바닥 피부염 및 깔짚 내 수분함량에 미치는 영향을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 사양관리 및 실험 설계

본 시험은 실험동물윤리위원회의 관리기준에 의거하여 수행하였다(승인번호:2019-864).

공시축은 1일령 Ross 308 육계 수컷 1,140수(43.03±0.036 g)를 이용하였으며, 초기(0~7일), 전기(8~21일) 및 후기(22~35일)로 나누어 총 35일간 육계 평가시설에서 사양시험을 실시하였다. 처리구는 enrichment 3종(양배추, 알팔파 블록 및 각톱밥)과 사육수수 대비 개수(38수당 1개 또는 2개)를 설정하여 3 × 2 요인시험으로 설계하였으며, 처리당 5반복, 반복 당 38수를 완전 임의 배치하였다.

사양 시험에 사용된 육계 평가 시설은 펜당 1.5 m × 1.45

m 규격으로 처리구간 동일한 크기의 펜을 이용하였으며, 펜당 사육 수수는 동물복지 육계 농장 인증기준 및 급이기 면적을 고려하여 설정하였다. 계사 내 온도 관리는 1일령에 33~34℃로 설정하여 성장단계에 따라 온도 설정을 하였으며 시험기간동안 사료와 물은 자유 급이 하였다. 시험 사료는 동물복지 인증 기준에 적합한 상업용 시판사료를 사용하였으며 구간별로 초이(0~7일), 전기(8~21일), 후기(22~35일)로 구분하였다. 초이 사료의 조단백질은 22.5%, 에너지는 3,040 kcal/kg, 전기 사료의 조단백질은 21.5%, 에너지는 3,150 kcal/kg, 후기 사료의 조단백질은 20.5%, 에너지는 3,200 kcal/kg이었다. 점등 및 소등은 동물복지 기준에 따라 18L:6D로 설정하였다.

놀이시설 3종(양배추, 알팔파 블록, 각톱밥)은 초이, 전기(~21일령)까지는 1회 제공하였으며, 후기(22일령) 이후로는 매주 1회 교체하여 놀이물질을 제공해주었다. 양배추는 모빌 형식으로 성장단계별 육계의 등 높이에 맞춰 높이를 조절하여 배치하였으며, 알팔파블록과 각톱밥은 직육면체 모양으로 30 cm × 20 cm × 20 cm로 배치하였다.

### 2. 조사항목

#### 1) 생산성

놀이물질 종류와 개수 설정에 따라 시험개시일과 종료일(35일)에 펜당 생시체중 및 종료체중을 측정하였으며, 시험기간동안 측정된 사료잔량을 통해 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율(Feed conversion rate, FCR)을 산출하였다. 사료요구율은 시험기간 동안의 섭취한 사료량을 증체량으로 나누어 나타내었다.

#### 2) 혈구 및 혈청 내 생화학 조성

Enrichment 종류 및 개수 설정에 따른 혈구 및 혈청 내 생화학 조성을 분석하기 위하여 시험 종료시 35일령 육계를 처리구 당 20 수씩 총 120수를 선발하여 익하정맥에서 혈액을 각각 1, 2 mL씩 채취하였다. 혈구 분석을 위하여 Ethylene diamine tetra acetic acid(EDTA, Soyagreentec Co., Ltd., Seoul, Korea) 튜브를 이용하여 응고 방지를 하였으며, 혈구 개수기(HematVet 950, Drew Scientific, USA)를 이용하여 분석하였다. 혈청 분석을 위하여 채취한 혈액은 20분 동안 원심분리(2,000 × g, 4℃)한 후 상층액만 취하여 자동 혈액 분석기(AU 480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., Korea)를 통해 혈청 내 생화학 조성을 분석하였다.

### 3) 깔짚 내 수분 함량 측정

깔짚 내 수분 함량은 1, 3, 5 주 단위로 펜 당 40 g 씩 깔짚을 채취하여 드라이 오븐에서 105℃에서 24시간 동안 건조시켜 수분함량을 측정하였으며, 수분함량은 총 무게에서 건조 전후의 무게 차이의 백분율(%)로 나타내었다.

### 4) 발바닥 피부염 발생 정도 측정

Welfare Quality(2009)의 방법을 이용하여 육계 발바닥 피부염 발생 정도를 처리구 당 60수씩 1, 3, 5 주령 단위로 측정하였다. 육계 발바닥 피부염은 심각 정도에 따라 0~4점을 부여하여 평균값으로 산출하여 정도를 나타내었다. 0점은 발바닥 피부염이 없는 상태, 1점은 작고 검은색 피사가 발바닥의 10% 미만으로 발생한 상태, 2점은 검은색 피사와 붓기가 눈에 띄게 형성되었으며 염증이 25% 이하로 발생한 상태, 3점은 검은색 피사가 발바닥의 50% 이하로 발생한 상태, 4점은 검은색 피사가 50%를 초과한 상태로 평가하였다.

### 5) 가슴육 품질

놀이물질 종류와 개수 설정에 따른 가슴육 분석을 위하여 시험 종료시 35일령 육계를 처리구 당 12수씩 총 72수를 선발하여 도계한 뒤 가슴육을 채취하여 품질 분석하였다. 가슴육의 pH는 시료 10 g을 증류수 90 mL와 함께 homogenizer(IKA T25 digital ULTRA TURRAX, Germany)을 사용하여 균질한 후, pH meter(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Celiustr, Germany)로 측정하였다. 육색은 Colorimeter(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며, Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194인 표준 백판을 이용하여 표준화 작업을 수행하였다. Kim et al.(2018)의 방법을 참고하여 보수력은 시료 약 0.5 g을 시험관에 측정하여 80℃ 항온 수조에 20분간 가열한 후 실온(25±2℃)에서 방냉을 실시하였으며, 방냉 후 원심분리(2,000 × g)에서 20분간 원심 분리한 뒤 시료의 무게를 측정하여 다음의 식을 이용하여 측정하였다.

$$\text{지방계수} = 1 - \text{지방함량}/100$$

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

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

전단력은 가슴육을 polyethylene bag에 넣어 항온수조에 서 심부온도가 75℃에 도달할 때까지 가열한 뒤, 직경 1.27 cm의 코어를 사용하여 시료를 준비하였다. V blade를 이용하여 시료를 전단력 측정기(Warner-Bratzler shear force meter,

USA)로 측정하였다.

### 3. 통계처리

육계의 놀이물질 종류와 개수 설정에 따른 상호작용 효과는 SAS program의 General Linear Model(GLM, 일반선형모형)을 이용하여 two-way ANOVA로 분석하였으며, 처리구 간 차이를 분석하기 위하여 Duncan's Multiple Range Test의 방법을 이용하여  $P < 0.05$  수준에서 평균값 간의 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 생산성

육계 놀이 물질 종류 및 개수 설정에 따른 육계 생산성에 대한 결과는 Table 1에 나타내었다. 초기 체중과 사료섭취량은 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 최종 육계 체중과 증체량은 알팔파 블록과 각톱밥에서 양배추보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며( $P < 0.05$ ), FCR도 유의적으로 개선되었다. 활동의 증가로 인한 높은 에너지 소비가 체중 발달에 부정적인 영향이 없었으며, Meyer et al.(2020)은 육계의 향상된 신체 활동은 생산성을 증가시킨다고 보고하였다. 육계는 알팔파 블록과 각톱밥에 올라가는 등 양배추 처리구보다 더 많은 신체 활동을 한 것으로 사료된다. 또한 Mustafa and Baurhoo(2017)의 연구에서는 22~35일령에서 양배추를 급여하였을 때 유의적으로 감소한다고 보고하였다. 또한 무지개 송어(Pereira et al., 2002), 육성 돼지(Livingstone et al., 1980), 토끼(Partridge et al., 1985)에게 양배추를 급여하였을 때 생산성에 부정적인 영향을 주었다고 보고하였다. 양배추는 다른 채소에 비해 SMM(S-methylmethionine)이 많이 함유되어 있어 지질 축적을 억제하는 것으로 알려져 있으며(Park et al., 2020), 양배추에 함유된 β-카로틴 또한 항비만 효과가 있다고 보고되고 있다(Yilmaz et al., 2015). 따라서 육계가 양배추를 쪄는 행동을 했을 때 양배추 섭취로 인하여 체중이 유의적으로 낮아진 것으로 판단된다.

### 2. 혈구 및 혈청 내 생화학 조성

육계 enrichment 종류 및 개수에 따른 육계 혈구 분석 결과는 Table 2와 3에 나타내었다. 혈구 지표들은 육계의 건강, 면역, 스트레스 정도를 분석하는데 중요한 지표이다(Sridhar et al., 2015). WBC, HE, LY, HE/LY, MO, EO, BA,

**Table 1.** Effect of the type and number of enrichment on growth performance in broiler

		Initial weight (g/bird)	Final weight (g/bird)	Weight gain (g/bird)	Feed intake (g/bird)	FCR (feed/gain)
Enrichment type						
	Cabbages	43.02	1,674.03 <sup>b</sup>	1,631.01 <sup>b</sup>	3,305.89	2.03 <sup>a</sup>
	Alfalfa block	43.06	1,826.01 <sup>a</sup>	1,782.96 <sup>a</sup>	3,348.25	1.88 <sup>b</sup>
	Angle sawdust	43.02	1,823.29 <sup>a</sup>	1,780.27 <sup>a</sup>	3,295.08	1.85 <sup>b</sup>
Number						
	1	43.01	1,776.62	1,733.62	3,308.79	1.91
	2	43.06	1,772.27	1,729.21	3,324.03	1.93
Enrichment type * Number						
Cabbages	1	43.01	1,716.65	1,673.64	3,350.62	2.00
	2	43.03	1,631.42	1,588.39	3,261.17	2.06
Alfalfa block	1	43.04	1,787.53	1,744.49	3,295.38	1.89
	2	43.07	1,864.50	1,821.43	3,401.12	1.87
Angle sawdust	1	42.97	1,825.69	1,782.72	3,280.35	1.84
	2	43.07	1,820.89	1,777.82	3,309.80	1.86
<i>P</i> -values						
	Type	0.915	<0.001	<0.001	0.722	<.0001
	Number	0.506	0.879	0.878	0.790	0.498
	Type * Number	0.890	0.091	0.091	0.381	0.506

n=4.

<sup>a,b</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).**Table 2.** Effect of the type and number of enrichment in composition of leukocyte profile of broiler

		WBC (K/ $\mu$ L)	HE (K/ $\mu$ L)	LY (K/ $\mu$ L)	HE/LY	MO (K/ $\mu$ L)	EO (K/ $\mu$ L)	BA (K/ $\mu$ L)
Enrichment type								
	Cabbages	25.27 <sup>a</sup>	7.59 <sup>a</sup>	13.67 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	2.61 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>
	Alfalfa block	18.97 <sup>b</sup>	5.21 <sup>b</sup>	11.00 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	1.96 <sup>b</sup>	0.62 <sup>b</sup>	0.17 <sup>b</sup>
	Angle sawdust	17.25 <sup>b</sup>	4.64 <sup>b</sup>	10.11 <sup>b</sup>	0.45 <sup>b</sup>	1.79 <sup>b</sup>	0.57 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>
Number								
	1	20.74	5.90	11.71	0.49	2.14	0.76	0.23
	2	20.25	5.72	11.48	0.48	2.10	0.73	0.22
Enrichment type * Number								
Cabbages	1	24.89	7.47	13.46	0.55	2.59	1.02	0.35
	2	25.64	7.71	13.88	0.54	2.64	1.05	0.36

**Table 2.** Continued

		WBC (K/ $\mu$ L)	HE (K/ $\mu$ L)	LY (K/ $\mu$ L)	HE/LY	MO (K/ $\mu$ L)	EO (K/ $\mu$ L)	BA (K/ $\mu$ L)
Alfalfa block	1	19.87	5.53	11.41	0.48	2.04	0.69	0.20
	2	18.07	4.89	10.59	0.46	1.88	0.56	0.15
Angle sawdust	1	17.46	4.72	10.24	0.45	1.79	0.56	0.15
	2	17.05	4.56	9.97	0.45	1.79	0.58	0.15
<i>P</i> -values								
Type		<.0001	<.0001	<.0001	0.001	<.0001	<.0001	<.0001
Number		0.647	0.656	0.617	0.628	0.774	0.713	0.703
Type * Number		0.616	0.694	0.520	0.893	0.731	0.647	0.695

n=15.

<sup>a,b</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

WBC, white blood cells; HE, heterophils; LY, lymphocytes; HE/LY, heterophil/lymphocytes; MO, monocytes; EO, eosinophils; BA, basophils.

**Table 3.** Effect of the type and number of enrichment in composition of erythrocyte and platelets profile of broilers

		Erythrocyte					Platelets (K/ $\mu$ L)		
		RBC (K/ $\mu$ L)	Hb (g/dL)	HCT (%)	MCV (fL)	MCH (g/dL)		MCHC (g/dL)	
Enrichment type									
	Cabbages	2.54 <sup>a</sup>	9.15 <sup>a</sup>	25.92 <sup>a</sup>	102.17 <sup>a</sup>	36.09	35.38	21.50	
	Alfalfa block	2.27 <sup>b</sup>	8.08 <sup>b</sup>	22.68 <sup>b</sup>	100.21 <sup>b</sup>	35.74	35.63	18.95	
	Angle sawdust	2.21 <sup>b</sup>	7.81 <sup>b</sup>	22.20 <sup>b</sup>	100.34 <sup>b</sup>	35.30	35.20	18.00	
Number									
	1	2.34	8.34	23.62	100.70	35.64	35.43	19.87	
	2	2.33	8.34	23.58	101.10	35.77	35.38	19.10	
Enrichment type * Number									
	Cabbages	1	2.51	8.99	25.79	102.63	35.86	35.02	23.30
		2	2.56	9.30	26.04	101.7	36.32	35.74	19.70
	Alfalfa block	1	2.30	8.16	22.84	99.46	35.59	35.76	18.80
		2	2.23	7.99	22.52	100.96	35.88	35.50	19.10
	Angle sawdust	1	2.22	7.88	22.22	100.02	35.48	35.50	17.50
		2	2.20	7.73	22.17	100.65	35.11	34.90	18.50
<i>P</i> -values									
Type		<.0001	<.0001	<.0001	0.135	0.328	0.716	0.281	
Number		0.818	0.984	0.940	0.650	0.770	0.914	0.677	
Type * Number		0.601	0.420	0.907	0.522	0.710	0.434	0.547	

n=15.

<sup>a,b</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

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

RBC, Hb, HCT 및 MCV 결과, 양배추 처리구가 알팔파 블록과 각톱밥 처리구보다 유의적으로 높게 나타내었으나 ( $P<0.05$ ), enrichment 종류와 개수에 따른 상호작용 효과에 유의적인 효과는 없었다. MCH, MCHC, 혈소판은 enrichment 종류와 개수에 따른 유의적인 효과를 나타내지 않았으며, 종류 및 개수에 따른 상호작용 효과도 없었다. Campo et al. (2005)의 연구에서는 암탉이 해를 사용하였을 때 HE/LY값이 유의적으로 낮아졌다고 보고하였으며, Yildirim and Taskin (2017)는 육계가 해를 사용하였을 때 WBC가 감소하였다고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서 알팔파 블록과 각톱밥을 해처럼 이용하였기 때문에 유의적인 차이를 나타낸 것으로 사료되어진다.

육계 enrichment 종류 및 개수에 따른 혈청 내 생화학 조

성은 Table 4에 나타내었다. 혈청 생화학 조성은 육계에서 발생하는 생리학적 및 병리적 변화, 영양 및 정상적인 건강 상태를 나타내는 중요한 지표이다(Hajati et al., 2014). TC, TG, TP, LDH는 양배추, 알팔파 블록, 각톱밥 처리구 순으로 유의적으로 높은 값을 나타내었으나( $P<0.05$ ), 대조적으로 GLU는 반대의 경향을 나타내었다. 하지만, 모든 혈청 생화학 조성에서 enrichment 개수에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 종류 및 개수에 따른 상호 작용 효과도 없었다. Adesina and Toyee(2014)의 연구에서는 Harco 닭에게 양배추를 수준 별로 급여하였을 때 급여 수준이 증가 함에 따라 TC가 유의적으로 증가하여, 본 연구에서도 양배추 섭취로 인하여 육계의 혈청내 TC값이 증가한것으로 사료된다.

**Table 4.** Effect of the type and number of enrichment in serum biochemical profiles of broilers

		TC (mg/dL)	TG (mg/dL)	GLU (mg/dL)	TP (g/dL)	ALB (g/dL)	LDH (U/L)
Enrichment type							
	Cabbages	149.89 <sup>a</sup>	77.42 <sup>a</sup>	74.39 <sup>c</sup>	4.52 <sup>a</sup>	1.46 <sup>b</sup>	4,071 <sup>a</sup>
	Alfalfa block	135.97 <sup>b</sup>	56.96 <sup>b</sup>	125.36 <sup>b</sup>	3.71 <sup>b</sup>	1.31 <sup>c</sup>	3,039 <sup>b</sup>
	Angle sawdust	123.57 <sup>c</sup>	39.08 <sup>c</sup>	178.37 <sup>a</sup>	3.20 <sup>c</sup>	1.71 <sup>a</sup>	2,527 <sup>b</sup>
Number							
	1	139.29	56.75	121.38	3.79	1.49	3,098
	2	133.67	58.89	130.70	3.82	1.49	3,326
Enrichment type * Number							
	Cabbages						
	1	152.41	76.33	69.18	4.39	1.67	4,065
	2	147.37	78.51	79.61	4.65	1.74	4,076
	Alfalfa block						
	1	139.28	54.39	125.55	3.78	1.49	2,696
	2	132.66	59.53	125.17	3.64	1.43	3,381
	Angle sawdust						
	1	126.17	39.54	169.41	3.22	1.32	2,533
	2	120.98	38.63	187.33	3.18	1.29	2,519
<i>P</i> -values							
	Type	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<0.001	<.0001
	Number	0.647	0.124	0.621	0.391	0.332	0.419
	Type * Number	0.616	0.981	0.849	0.786	0.499	0.516

n=15.

<sup>a-c</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

TC, total cholesterol; TG, triglyceride; GLU, glucose; TP, total protein; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; ALB, albumin; LDH, lactate dehydrogenase.

### 3. 깔짚 내 수분 함량 및 발바닥 피부염

육계 enrichment 종류 및 개수에 따른 깔짚 수분함량과 발바닥 피부염 결과는 각각 Table 5, 6에 나타내었다. 육계는 깔짚이 많은 환경에서 사육이 되며, 최소한의 조건으로 주로 사육되고 있다. 하지만, 습한 환경과 높은 밀도에 의하여 발바닥 피부염이 발생하여 동물복지를 감소시키며, 깔짚의 오염으로 인하여 발바닥 피부염이 발생하기도 한다. 그 중 깔짚의 높은 수분함량은 발바닥 피부염을 유발하는 가장 큰 원인 중 하나이다(Shepherd and Fairchild, 2010). 깔짚 수분함량은 1주령 종류 및 개수에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 3주령과 5주령에는 양배추와 알팔파 블록보다 각뚝밥 처리구에서 유의적으로 낮은 깔짚 수분함량을 나타내었다( $P<0.05$ ). 유사하게 1주령에 종류 및 개수에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으며 상호작용 효과도 없었다. 3주령에는 양배추와 알팔파 블록보다 각뚝밥 처리구에서 유

의적으로 낮은 발바닥 피부염을 보였으며( $P<0.05$ ), 개수에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만, 3주령에 종류 및 개수의 대한 상호작용의 유의적인 효과를 나타내었다. 5주령에서는 각뚝밥(1.43), 알팔파 블록(3.06), 양배추(3.78) 순으로 낮은 발바닥 피부염 발생률을 보였으며, 개수에서는 2개를 넣은 처리구에서 유의적으로 높은 발바닥 피부염 발생률을 보였다( $P<0.05$ ). 하지만, enrichment 종류와 개수 간의 상호작용 효과는 없었다. 발바닥 피부염은 발바닥 표면에서 발바닥 안쪽까지 염증 및 과사성 병변을 가지며, 일반 세균의 감염과 관련이 없는 접촉성 피부염 중 하나이다(Shepherd and Fairchild, 2010). 또한 발바닥 피부염은 동물복지 지표로 사용되고 있으며, 심각한 병변이 있을 경우 새는 통증으로 인하여 사료 섭취가 감소하여 체중증가가 감소하게 된다(De Jong et al., 2016).

발바닥 피부염에 가장 영향을 미치는 요인 중의 하나는

**Table 5.** Effect of the type and number of enrichment on litter moisture content (%) at 1, 3, and 5 weeks of ages

	Weeks			
	1	3	5	
<b>Enrichment type</b>				
Cabbages	26.42	50.62	71.20 <sup>a</sup>	
Alfalfa block	24.61	52.86	69.50 <sup>a</sup>	
Angle sawdust	29.97	46.56	61.55 <sup>b</sup>	
<b>Number</b>				
1	25.98	48.16	65.75	
2	28.01	51.86	69.08	
<b>Enrichment type * Number</b>				
Cabbages	1	24.39	53.58	69.01
	2	28.44	47.65	73.38
Alfalfa block	1	24.35	49.50	67.08
	2	24.87	56.21	71.91
Angle sawdust	1	29.20	41.39	61.16
	2	30.73	51.72	61.94
<b>P-values</b>				
Type	0.288	0.047	0.000	
Number	0.426	0.203	0.056	
Type * Number	0.885	0.183	0.807	

n=12.

<sup>a,b</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

**Table 6.** Effect of the type and number of enrichment on incidence of footpad dermatitis (FPD) at 1, 3, and 5 weeks of ages

	Weeks		
	1	3	5
<b>Enrichment type</b>			
Cabbages	0.00	1.26 <sup>a</sup>	3.78 <sup>a</sup>
Alfalfa block	0.00	1.24 <sup>a</sup>	3.06 <sup>b</sup>
Angle sawdust	0.00	0.38 <sup>b</sup>	1.43 <sup>c</sup>
<b>Number</b>			
1	0.00	1.00	2.67 <sup>b</sup>
2	0.00	0.92	2.84 <sup>a</sup>
<b>Enrichment type * Number</b>			
Cabbages	1	0.00	1.40 <sup>a</sup>
	2	0.00	1.12 <sup>a</sup>
Alfalfa block	1	0.00	1.10 <sup>a</sup>
	2	0.00	1.38 <sup>a</sup>
Angle sawdust	1	0.00	0.50 <sup>b</sup>
	2	0.00	0.27 <sup>b</sup>
<b>P-values</b>			
Type	1.000	<.0001	<.0001
Number	1.000	0.311	0.027
Type * Number	1.000	0.004	0.913

n=60.

<sup>a-c</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

깔짚 품질이며, 특히 깔짚이 축축하고, 더럽고 오염되었을 때 육계의 발바닥 피부염 발생률이 높아진다(Shepherd and Fairchild, 2010). Zahoor et al.(2022)의 연구는 육계 사육시 플랫폼을 사용하였을 때 사육 밀도가 감소하여 발바닥 피부염에 긍정적인 효과를 나타내었다고 보고하였다. 또한 높은 육계의 활동으로 발바닥과 깔짚의 접촉을 감소시켜 발바닥 피부염이 감소된 것으로 사료된다(De Jong et al., 2016). Ohara et al.(2015)의 보고에서 해와 건조더미를 사용하였을 때 발바닥 피부염이 감소하였다고 보고하였다. 또한 닭이 짚뭉치나 다른 물체들을 쪼아 먹는 것은 자연스런 행동이며(Dawson et al., 2021), 육계가 각뚝밥을 쪼는 행동과 각뚝밥에 올라가는 행동으로 인하여 각뚝밥이 소실되어 깔짚으로 포함되기 때문에 각뚝밥의 수분함량이 감소한 것으로 사료되어진다. 따라서 각뚝밥 처리구는 깔짚 내 수분감소로 발바닥 피부염이 감소된 것으로 사료된다.

#### 4. 가슴육 품질

육계 enrichment 종류 및 개수에 따른 육계 가슴육 품질 결과는 Table 7에 나타내었다. 가슴육의 pH와 보수력은 enrichment 종류 및 개수에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 서로간의 상호작용 효과도 나타나지 않았다. 육색에서 밝기를 나타내는 L\*과 황색도를 나타내는 b\*값은 양배추 처리구에서 유의적으로 낮았으나( $P<0.05$ ), 적색도를 나타내는 a\*값은 양배추 처리구에서 유의적으로 높은 값을 나타내었다( $P<0.05$ ). 하지만, enrichment 수에 따른 유의적인 차이는 없었다. 전단력은 enrichment 종류와 개수에 따른 유의적인 상호작용 효과를 나타내었다( $P<0.05$ ). 일반적인 닭고기의 pH는 일반적으로 5.3-6.5 수준이다(Hertanto et al., 2018). 본 연구의 가슴육의 pH 범위는 5.62-5.71로 나타나 일반적인 신선한 닭고기로 사료된다. 육색은 소비자가 구매하는데 있어 가장 중요한 지표이며, 식육 품질에서 중요한



**Table 7.** Effect of the type and number of enrichment on pH, color, water holding capacity (WHC) and shear force of breast meat in broiler (day 35)

	pH	Color			WHC (%)	Shear force (N)	
		L*	a*	b*			
<b>Enrichment type</b>							
Cabbages	5.67	53.94 <sup>b</sup>	3.58 <sup>a</sup>	7.48 <sup>b</sup>	57.06	27.89	
Alfalfa block	5.66	57.17 <sup>a</sup>	2.77 <sup>b</sup>	9.78 <sup>a</sup>	57.81	24.03	
Angle sawdust	5.63	58.43 <sup>a</sup>	2.83 <sup>b</sup>	9.76 <sup>a</sup>	58.42	26.06	
<b>Number</b>							
1	5.67	56.29	3.02	8.99	57.39	24.35	
2	5.65	56.75	3.11	9.02	58.14	27.64	
<b>Enrichment type * Number</b>							
Cabbages	1	5.71	53.38	3.53	6.73 <sup>c</sup>	56.88	26.84 <sup>ab</sup>
	2	5.64	54.50	3.64	8.23 <sup>bc</sup>	57.23	28.93 <sup>ab</sup>
Alfalfa block	1	5.64	57.69	2.77	10.21 <sup>a</sup>	57.03	25.89 <sup>ab</sup>
	2	5.69	56.66	2.77	9.35 <sup>ab</sup>	58.59	22.18 <sup>b</sup>
Angle sawdust	1	5.65	57.79	2.75	10.03 <sup>ab</sup>	58.26	20.32 <sup>b</sup>
	2	5.62	59.08	2.91	9.48 <sup>ab</sup>	58.59	31.79 <sup>a</sup>
<b>P-values</b>							
Type	0.490	<.0001	0.002	<.0001	0.122	0.252	
Number	0.533	0.475	0.666	0.943	0.169	0.085	
Type * Number	0.138	0.266	0.946	0.032	0.566	0.006	

n=10.

<sup>a-c</sup> Means in same rows with different superscripts are significantly different ( $P<0.05$ ).

WHC, water holding capacity.

특성이다. 식육의 미오글로빈 함량은 육색에 기여하는 주요 요인이며, 품종, 부위, 연령, 행동 등에 따라 다르게 나타난다. 또한 미오글로빈 및 헤모글로빈 색소의 양은 육계의 색소의 산화에 따라 달라진다(Mancini and Hunt, 2005). 따라서 양배추의 생리학적 기능으로 인하여 육류의 미오글로빈 또는 헤모글로빈 산화를 지연 시키는 항산화 특징(Singh et al., 2006)으로 기인했다고 사료되어 진다(Zhao et al., 2019). 보수력은 신선육에서 가장 중요한 특성 중 하나이다. 보수력은 고기가 물리적인 힘을 주었을 때 수분을 보유 할 수 있는 능력을 의미 하며, 연도, 다즙성, 고기 품질에 영향을 미친다(Mir et al., 2017). 하지만, 놀이 물질에 영향을 받지 않을 것으로 사료된다. 전단력은 고기의 선호도, 풍미 및 요리된 식육의 연도에 기여하는 결합조직과 관련이 있다. 전단

력은 고기의 연도를 측정하는 효과적인 방법이다. Kim et al.(2020)은 육계의 활동이 증가함에 따라 계육의 전단력이 증가한다고 보고하였다. 하지만, 놀이 물질을 사용에 다른 활동의 증가는 전단력의 변화에 영향을 주지 않은 것으로 판단되어지며, 모든 처리군이 45N 미만의 수치를 나타내어 소비자가 연한 것으로 판단할 것으로 사료되어 진다.

## 적 요

본 연구는 육계 enrichment(놀이물질) 종류 및 개수에 따른 생산성, 혈액 성분, 발바닥 피부염 및 깔짚 내 수분함량 비교 시험을 수행하였다. 육계 초생추(1일령) 수컷 1,140수를 공시하여 enrichment 3종(양배추, 알팔파 블록 및 각톱밥)과 사육수수 대비 개수(38수당 1개 또는 2개)를 설정하여

3×2 요인 시험을 수행하였다. 체중 및 사료 섭취량은 시험 개시일과 종료일(35일령) 측정하여 생산성을 조사하였다. 육계의 생리적 변화를 조사하기 위해 혈구를 분석하였으며, 발바닥피부염과 깔짚 내 수분 함량은 1, 3 및 5주령에 측정하였다. 체중 및 사료요구율은 알팔파 블록과 각톱밥 처리구가 양배추를 배치한 처리구에 비해 유의적으로 개선되었으나( $P<0.05$ ), enrichment 종류 및 개수 간의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 혈구 분석결과, 스트레스 지표인 HE/LY 비율이 알팔파 블록과 각톱밥 처리구에서 유의적으로 감소하였다( $P<0.05$ ). 5주령에 enrichment 종류에 따른 발바닥피부염 발생정도를 비교한 결과, 양배추(3.78), 알팔파 블록(3.06), 각톱밥(1.43) 처리구 순으로 유의적으로 감소하였으며( $P<0.05$ ), enrichment를 2개 보다 1개를 배치하였을 때 유의적으로 감소하였다( $P<0.05$ ). 5주령 깔짚 내 수분함량을 분석한 결과, 각톱밥(61.55%) 처리구에서 양배추(71.19%)와 알팔파 블록(69.50%) 처리구에 비해 유의적으로 감소하였으나( $P<0.05$ ), enrichment 종류 및 개수 간의 상호작용에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Enrichment로써 각톱밥 재질은 육계 사육기간 동안 생산성 및 동물복지를 향상시킬 뿐만 아니라 깔짚 수분조절제로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

(색인어 : 육계, 놀이물질 종류 및 개수, 생산성, 발바닥피부염, 깔짚, 복지)

## 사 사

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

## ORCID

Hyunsoo 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>  
 Jiseon Son <https://orcid.org/0000-0002-5285-8186>  
 Yeon-Seo Yun <https://orcid.org/0000-0001-6950-0415>  
 Eui-Chul Hong <https://orcid.org/0000-0003-1982-2023>  
 Hwan-Ku Kang <https://orcid.org/0000-0002-4286-3141>

## REFERENCES

- Adesina OO, Teye AA 2014 Nutritive effect of cabbage (*Brassica oleracea*) on growth, obesity, lipidaemia and haematology in broiler and pullet chickens. *Global J Agricult Sci* 13(1):11-25.
- Bailie CL, Ball MEE, O'Connell NE 2013 Influence of the provision of natural light and straw bales on activity levels and leg health in commercial broiler chickens. *Animal* 7(4):618-626.
- Bessei W. 2006 Welfare of broilers: a review. *W Poult Sci J* 62(3):455-466.
- 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.
- Brake J, Keeley TP, Jone RB 1994 Effect of age and presence of perches during rearing on tonic immobility fear reactions of broiler breeder pullets. *Poult Sci* 73(1):1470-1474.
- Campo JL, Gil MG, Davila SG, Munoz I 2005 Influence of perches and footpad dermatitis on tonic immobility and heterophil to lymphocyte ratio of chickens. *Poult Sci* 84(7):1004-1009.
- Dawson LC, Widowski TM, Liu Z, Edwards AM, Torrey S 2021 In pursuit of a better broiler: a comparison of the inactivity, behavior, and enrichment use of fast-and slower growing broiler chickens. *Poultry Sci* 100(12):101451.
- De Jong IC, Hindle VA, Butterworth A, Engel B, Ferrari P, Gunnink H, Perez Moya P, Tuytens FAM, Van Reenen CG 2016 Simplifying the welfare quality<sup>®</sup> assessment protocol for broiler chicken welfare. *Animal* 10(1):117-127.
- Dixon LM and Duncan IJH 2010 A comparison of two strains of layers and their feather pecking behaviour: the importance of early experience. *J Appl Anim Welf Sci* 13:1-14.
- Hajati H, Hassanabadi A, Golian A, Nassiri-Moghaddam H, Nassiri, MR 2014 The effect of in ovo injection of grape seed extract and vitamin C on hatchability, antioxidant activity, yolk sac absorption, performance and ileal micro flora of broiler chickens. *Res Opin Anim Vet Sci* 4(12): 633-638.
- Hertanto BS, Nurmalarasi CDA, Nuhriawangsa AMP,

- Cahyadi M, Kartikasari LR 2018 The physical and microbiological quality of chicken meat in the different type of enterprise poultry slaughterhouse: a case study in Karanganyar district. In IOP conference series: earth and environmental science. IOP Publishing 102(1):012051.
- Kells A, Dawkins MS, Borja MC 2001 The effect of a 'freedom food' enrichment on the behavior of broilers on commercial farms. *Anim Welf* 10(4):347-356.
- Kim HJ, Kim HJ, Jeon J, Nam KC, Shim KS, Jung JH, Kim KS, Choi Y, Kim SH, Jang, A 2020 Comparison of the quality characteristics of chicken breast meat from conventional and animal welfare farms under refrigerated storage. *Poult Sci* 99(3):1788-1796.
- Leone EH, Estévez I 2008 Economic and welfare benefits of environmental enrichment for broiler breeders. *Poult Sci* 87(1):14-21.
- Livingstone RM, Baird BA, Atkinson T. 1980 Cabbage (*Brassica oleracea*) in the diet of growing-finishing pigs. *Anim Feed Sci Technol* 5(1):69-75.
- Mancini RA, Hunt M 2005 Current research in meat color. *Meat Sci* 71(1):100-121.
- Martrenchar A, Huonnic D and Cotte JP 2001 Influence of environmental enrichment on injurious pecking and perching behaviour in young turkeys. *British Poult Sci* 42(2):161-170.
- McAdie TM, Keeling LJ, Blokhuis HJ and Jones RB 2005 Reduction in feather pecking and improvement of feather condition with the presentation of a string device to chickens. *Appl Anim Behav Sci* 93(1-2):67-80.
- Mellor DJ, Webster JR 2014 Development of animal welfare understanding drives change in minimum welfare standards. *Sci Tech Rev* 33(1):121-130.
- Meyer MM, Johnson AK, Bobeck EA 2020 A novel environmental enrichment device increased physical activity and walking distance in broilers. *Poult Sci* 99(1):48-60.
- Mir NA, Rafiq A, Kumar F, Singh V, Shukla V 2017 Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *J Food Sci Technol* 54(10): 2997-3009.
- Mustafa AF, Baurhoo B 2017 Evaluation of dried vegetables residues for poultry: II. Effects of feeding cabbage leaf residues on broiler performance, ileal digestibility and total tract nutrient digestibility. *Poult Sci* 96(3):681-686.
- Newberry RC 1995 Environmental enrichment - increasing the biological relevance of captive environments. *Appl Anim Behav Sci* 44(2-4):229-243.
- 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* 0150034.
- Park S, Son HK, Chang HC, Lee JJ 2020 Effects of cabbage-apple juice fermented by *Lactobacillus plantarum* EM on lipid profile improvement and obesity amelioration in rats. *Nutrients* 12(4):1135.
- Partridge GG, Allan SJ, Findlay M. 1985 Studies on the nutritive value of roots, cabbage and grass silage for growing commercial rabbits. *Anim Feed Sci Technol* 13(3-4):299-311.
- Pereira O, Rosa E, Pires MA, Fontainhas-Fernandes A 2002 Brassica by-products in diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and their effects on performance, body composition, thyroid status and liver histology. *Anim Feed Sci Technol* 101(1-4):171-182.
- Reiter K, Bessei W 2009 Effect of locomotory activity on leg disorder in fattening chicken. *Berl Munch Tierarztl* 122(7-8):264-270.
- Riber AB, van de Weerd HA, de Jong IC, Steinfeldt S 2018 Review of environmental enrichment for broiler chickens. *Poult Sci* 97(2):378-396.
- Shanawany MM 1988 Broiler performance under high stocking densities. *British Poult Sci* 29:43-52.
- Shepherd EM, Fairchild BD 2010 Footpad dermatitis in poultry. *Poultry Sci* 89(10): 2043-2051.
- Singh J, Upadhyay AK, Bahadur A, Singh B, Singh KP, Rai M. 2006 Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). *Sci Hortic* 108(3):233-237.
- Sridhar K, Nagalakshmi D, Rao SR 2015 Effect of graded concentration of organic zinc (zinc glycinate) on skin quality, hematological and serum biochemical constituents in broiler chicken. *Indian J Anim Sci* 85(6):643-648.
- Ventura BA, Siewerdt F, Estevez I 2012 Access to barrier perches improves behavior repertoire in broilers. *PLoS ONE* 7(1):e29826.
- Yildirim M, Taskin A 2017 The effects of environmental

enrichment on some physiological and behavioral parameters of broiler chicks. *Braz J Poult Sci* 19(2):355-362.

Yilmaz B, Sahin K, Bilen H, Bahcecioglu IH, Bilir B, Ashraf S, Halazun KJ, Kucuk O 2015 Carotenoids and non-alcoholic fatty liver disease. *Hepatobiliary Surg Nutr* 4(3):161-171.

Zahoor MS, Ahmad S, Usman M, Dawood M, El-Sabroun K, Hashmi SGMD, Khan EU, Hussain M, Maqsood MA, Latif HRA 2022 Effects of mirror and coloured balls as environmental enrichment tools on performance, welfare and meat quality traits of commercial broiler. *Trop Anim*

*Health Prod* 54(2):1-12.

Zhao JS, Deng W, Liu HW 2019 Effects of chlorogenic acid-enriched extract from *Eucommia ulmoides* leaf on performance, meat quality, oxidative stability, and fatty acid profile of meat in heat-stressed broilers. *Poult Sci* 98(7):3040-3049.

---

Received Nov. 23, 2022, Revised Dec. 22, 2022, Accepted Dec. 23, 2022