



토종 실용계의 사육밀도 및 사료 내 에너지 수준에 따른 생산성, 혈액, 면역 및 계육 품질에 미치는 영향

김광열¹ · 전진주² · 김현수² · 손지선² · 김희진³ · 유아선² · 홍의철² · 강보석⁴ · 강환구^{2*}

¹국립축산과학원 가금연구소 연구원, ²국립축산과학원 가금연구소 농업연구사,
³국립축산과학원 가금연구소 전문연구원, ⁴국립축산과학원 가금연구소 농업연구관

Effects of Stock Density and Nutrient Levels on Growth Performance, Serum Profile, Immune Status and Meat Quality in Korean Native Chickens

KwangYeol Kim¹, Jin-Joo Jeon², Hyunsoo Kim², Jiseon Son², Hee-Jin Kim³, Are-Sun You²,
 Eui-Chul Hong², Boseok Kang⁴ and Hwan Ku Kang^{2*}

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

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

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

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

ABSTRACT The study determined the effects of stock density (SD) and energy level (EL) on growth performance, serum biochemistry, and meat quality in Korean native chickens. A total of 240 chickens were randomly assigned to one of the four treatments including two stock density (low, 14, and high, 16 chickens per m²) and two energy level (low, 2,950, 3,000, 3050 ME kcal/kg, and high 3,150, 3,200, 3,250 ME kcal/kg, for starter, grower, and finisher, respectively). During the whole period of the experiment, the chickens were fed *ad libitum*. The greater final body weight and weight gain were achieved in chickens fed high energy diet, whereas the final body weight and weight gain were significantly reduced in high-density treatment compared with the low density. Chickens in low-density groups had a higher feed intake compared with high-density treatment, however, the energy level did not affect the feed intake. An improved overall feed conversion ratio was detected in the high energy treatment. There was a significant interaction between stock density and energy level on cholesterol concentration. The concentration of aspartate transaminase in serum was increased by higher stock density. There was a significant treatment interaction on IgM levels. Moreover, the carcass rate was significantly increased in the high energy level treatment. Based on the findings, we suggest that rearing chickens in low density with high dietary energy levels could be beneficial by improving the growth performance.

(Key words: Korean native chicken, stock density, energy level, growth performance)

서 론

육용계 사육 시 사육밀도는 닭이 성장하는 동안 스트레스 및 개체간의 섭취행동 등에 영향을 미치기 때문에 결과적으로 증체량과 같이 생산성에 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 사육밀도가 증가할수록 생산자는 더 많은 육계를 생산할 수 있을 뿐만 아니라, 고정비용이 줄고 수익을 창출할 수 있다(Puron et al., 1995). 하지만, 높은 사육밀도는 육용계에

환경적인 스트레스를 유발하며 성장, 면역, 다리 문제 및 도체 품질에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Feddes et al., 2002; Dozier et al., 2005; Sohail et al., 2010). 따라서, 최근에 축산 분야에서는 가축의 분뇨량 감소나 동물복지 측면에서 사육밀도 등을 강화하고 있으며, 이와 관련된 연구를 지속적으로 수행하고 있다(Meluzzi and Sirri, 2009; Na et al., 2012; Lee et al., 2016; Goo et al., 2019; Kim and Kang, 2020). 국내 축산법 상 육계 및 토종닭의 사육밀도 기준은 1 m²당 19수

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

또는 30 kg으로 제시하고 있다. 사육밀도에 대한 기준은 대부분 면적당 kg 로 계산되는데, 일반 육계는 출하체중이 1.5 kg 내외인 반면에 토종닭의 경우 출하체중이 2 kg 내외로 육계와 다르기 때문에 현재 사육밀도에 대한 기준은 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 과거의 토종닭은 일반육계(Ross, Cobb 등)에 비해 증체가 느려 산업화에 대한 많은 어려움이 따랐지만, 근래 많은 육종 개량을 거치면서 생산성이 점차 개선되고 있다(Lee et al., 2013). 그러나, 육종 개량 연구에 비해 토종닭에 대한 영양소 요구량 연구가 미흡하다.

따라서, 본 연구는 토종닭의 적정 사육밀도와 에너지 함량에 따른 생산성, 혈액, 면역 및 계육품질에 미치는 영향을 구명해 보고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험설계 및 사양관리

본 실험은 토종닭 병아리 240수를 공시하여 4처리 4반복 반복당 15수씩 완전 임의 배치하였다. 처리구는 사육밀도 2 수준(14, 16 birds/m²)과 에너지 2 수준[ME kcal/kg; High: starter(3,150), grower(3,200), Final(3,250); Low: starter(2,950), grower(3,000), Final(3,050)]으로 2 × 2 요인실험 설계하였다. 사료 내 영양소 함량은 한국사양표준(2017)의 가금 영양소 요구량에 준하여 초이(0~35 d), 전기(36~57 d) 및 후기(58~70 d)사료를 배합하였고, 배합비 및 영양소 함량은 Table 1에 명시하였다. 사양실험은 총 70일간 실시하였으며, 사양시험에 사용된 계사는 펜당 1m × 1m 규격으로 처리구간 동일한 크기의 펜을 이용하였으며, 실험기간동안 물과 사료는 자유 채식으로 실시하였다. 계사 내 온도는 1일령에 33℃로 설정하였고, 3일에 한번씩 1℃ 감온하여 이후에는 19℃를 유지하였다. 점등은 입추 후 3일간 24시간 점등하였고, 이후에는 7일령까지 23시간 점등 1시간 소등하고, 8일령부터 시험 종료 시까지 간헐점등(1L: 2D)을 하였다.

2. 조사항목

1) 생산성

사육밀도와 에너지 함량에 따른 생산성을 조사하기 위하여 시험 개시일(d 1)과 전기(d 35), 중기(d 57) 및 후기(d 70) 종료일에 맞춰 pen별 체중과 사료 잔량을 측정하여 증체량, 사료섭취량 및 사료 요구율을 산출하였다.

2) 혈청 내 생화학 조성, 면역 글로블린 및 Corticosterone 분석

실험이 종료된 후(d 70) 각 처리구당 10수씩 무작위로 선발하여 익하 정맥에서 혈액을 5 mL 채취하여 분석하였다. 자동 혈액 분석기(AU480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., CA, USA)를 이용하여 혈청 내 생화학 조성(total cholesterol, triglyceride, glucose, total protein, aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, calcium, albumin, inorganic phosphorus)을 분석하였다. 면역 글로블린[(Chicken IgA, M, G ELISA Kit(MyBioSource, Inc, San Diego, CA, USA)]과 Corticosterone [Chicken Corticosterone ELISA Kit(Wuhan Fine Biotech Co. Ltd., Wuhan, China)] 분석은 Kit를 사용하였으며, 이후 분광 광도계(Epoch 2; BioTek Instruments, Inc., VT, USA)를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다.

3) 도체율, 계육품질 및 TBARS

도체율 및 계육품을 분석하기 위해 사양실험 종료 후(d 70) 처리구 별 20수씩 도계하여 분석하였다. 도체율은 머리, 내장, 발목을 제거하고, 고기와 뼈를 포함한 무게를 생체 무게로 나눈 값으로 하였다. 부분육 비율은 도체된 닭을 가슴, 다리, 복부 지방 3부분으로 나누어 무게를 각각 측정하고, 도체 중량에 대한 비율을 산출하였다.

$$\text{도체율(\%)} = \text{도체 무게(g)} \div \text{생체 무게(g)} \times 100$$

$$\text{부분육 비율(\%)} = \text{부분육 무게(g)} \div \text{도체 무게(g)} \times 100$$

육색은 가슴육을 2 cm 두께로 절단하여 공기 중에 30분 정도 노출시킨 후 Chroma meter(CR301, Minolta Co., Japan)로 CIE L*, a*, b*를 측정하였다. 표준화 작업은 표준색판을 이용하여 Y = 93.5, x = 0.3136, y=0.3198 값으로 표준화시킨 후 육색을 측정하였다.

pH meter(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Celiussstr, Germany)를 이용하여 가슴육 pH를 측정하였으며, 보수력(Jang et al., 2011), 가열 감량(Kim et al., 2017) 및 TBARS(Buege and Aust, 1978)는 각 문헌에 제시된 방법에 따라 결과 값을 산출하였다.

4) 계육 성분

계육 성분은 사양실험 종료 후(70 d) 처리구당 20수씩 도계하여 가슴육을 발골하였고, 건물, 단백질 및 지방 함량을 분석하기 위해 AOAC(2007)의 방법에 따라 분석하였다. 건

Table 1. Composition and nutrient content of experimental diet

	Starter (0~35 d)		Grower (36~57 d)		Final (58~70 d)	
	Low	High	Low	High	Low	High
Ingredients (%)						
Corn	64.47	59.58	66.12	61.25	68.59	63.73
Soybean meal	30.00	30.00	26.19	27.00	23.65	24.45
Rapeseed meal	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Animal fat	1.68	6.18	2.59	6.65	2.83	6.90
Choline chloride (50%)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
L-Lysine (75%)	0.06	0.08	0.09	0.08	0.11	0.09
DL-Methionine (100%)	0.22	0.24	0.16	0.17	0.14	0.15
L-Threonine (100%)	1.35	1.70	-	-	-	-
Limestone	1.56	1.55	1.49	1.48	1.38	1.38
MCP	1.58	1.59	0.65	0.66	0.57	0.58
Salt	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
NaHCO ₃	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11
Vitamin-Mineral premix ¹	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Phytase	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Nutrient content²						
AME (kcal)	2,950	3,150	3,000	3,200	3,050	3,250
Crude protein (%)	20.00	20.00	18.00	18.00	17.00	17.00
Lysine (%)	1.07	1.07	1.01	1.01	0.95	0.95
Met + Cys	0.92	0.92	0.75	0.75	0.71	0.71
Calcium (%)	0.91	0.91	0.86	0.86	0.80	0.80
Available P	0.33	0.33	0.33	0.33	0.31	0.31

¹ Provided per kilogram of the complete diet: vitamin A (vitamin A acetate), 12,500 IU; vitamin D₃, 2,500 IU; vitamin E (DL- α -tocopheryl acetate), 20 IU; vitamin K₃, 2 mg; vitamin B₁, 2 mg; vitamin B₂, 5 mg; vitamin B₆, 3 mg; vitamin B₁₂, 18 μ g; calcium pantothenate, 8 mg; folic acid, 1 mg; biotin, 50 μ g; niacin, 24 mg; Fe (FeSO₄ · 7H₂O), 40 mg; Cu (CuSO₄ · H₂O), 8 mg; Zn (ZnSO₄ · H₂O), 60 mg; Mn (MnSO₄ · H₂O) 90 mg; Mg (MgO) as 1,500 mg.

² Nutrient contents in all diet were calculated.

물과 조지방은 CEM 자동 추출 장치(LabWave 9000/FAS 9001, CEM Crop, Matthews, NC, USA)를 이용하여 측정하였으며, 조단백질은 Kjeltac System(Kjeltac Auto 2400/2460, Fos Tecator AB, Hoganas, Sweden)을 이용하여 분석하였다.

5) 통계분석

실험의 통계처리를 위하여 각 반복당 결과 값을 SAS(1996)의 GLM(Generation Linear Model) Program(two-way ANOVA procedure)을 이용하여 분석하였으며, 사육밀도와 에너지 함량의 상호 효과를 비교·검정하였다. 처리구간의 유의성 검정은 Tukey's의 방법을 이용하여 $P>0.05$ 수준에서 평균값

간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 생산성

사육밀도와 에너지 함량에 따른 생산성 결과는 Table 2와 같다. 본 연구의 결과를 보면, 체중에서 사육밀도 SD 14 처리구와 EL High 처리구가 유의적으로 높게 나타났다. 증체량에서는 에너지 함량에 따라 EL High 처리구가 초기(0~35 d)와 후기(58~70 d)에서 유의적으로 높게 나타났으며, 전구간(0~70 d)에서는 사육밀도 SD 14 처리구와 에너지 함량

Table 2. Effect of stock density and nutrient levels on growth performance in Korean native chickens

Treatment ¹	Body weight (g/birds)		Weight gain ² (g/birds)						Feed intake ² (g/birds)						FCR ²					
	SD	EL	Initial	Final	S	G	F	O	S	O	S	G	F	O	S	G	F	O		
14 ×	Low		38.12	1,863 ^{ab}	642 ^b	653	530 ^{ab}	1,824 ^{ab}	1,448 ^a	1,803	1,638 ^a	1,803	1,638 ^a	4,890 ^a	2.26 ^a	2.76	3.09 ^{ab}	2.68 ^{at}		
	High		38.16	1,958 ^a	685 ^a	653	581 ^a	1,920 ^a	1,433 ^{ab}	1,744	1,608 ^{ab}	1,744	1,608 ^{ab}	4,786 ^{ab}	2.09 ^b	2.67	2.77 ^b	2.49 ^b		
16 ×	Low		38.28	1,793 ^b	622 ^b	634	502 ^b	1,755 ^b	1,404 ^{ab}	1,746	1,582 ^b	1,746	1,582 ^b	4,733 ^{bc}	2.26 ^a	2.77	3.15 ^a	2.70 ^a		
	High		38.23	1,873 ^{ab}	678 ^a	620	536 ^{ab}	1,835 ^{ab}	1,353 ^b	1,700	1,558 ^b	1,700	1,558 ^b	4,611 ^c	2.00 ^b	2.74	2.91 ^{ab}	2.51 ^b		
14			38.08	1,950	663	653	556	1,872	1,441	1,774	1,623	1,774	1,623	4,838	2.17	2.72	2.92	2.58		
16			38.25	1,878	650	626	519	1,795	1,378	1,723	1,570	1,723	1,570	4,672	2.12	2.75	3.02	2.60		
Low			38.20	1,828	632	642	516	1,790	1,426	1,775	1,610	1,775	1,610	4,811	2.26	2.76	3.12	2.69		
	High		38.19	1,916	682	637	559	1,877	1,393	1,722	1,583	1,722	1,583	4,698	2.04	2.70	2.83	2.50		
SEM ³			0.03	18.71	7.68	8.27	10.48	18.71	12.75	15.11	9.66	15.11	9.66	29.49	0.03	0.02	0.05	0.02		
<i>P</i> -value ⁴																				
SD			0.125	0.033	0.394	0.097	0.081	0.032	0.032	0.009	0.092	0.009	0.092	0.002	0.493	0.439	0.346	0.721		
EL			0.973	0.013	<000	0.763	0.035	0.013	0.199	0.081	0.173	0.081	0.173	0.052	<000	0.218	0.008	<000		
SD × EL			0.519	0.751	0.468	0.755	0.606	0.753	0.361	0.814	0.826	0.814	0.826	0.777	0.239	0.500	0.681	0.969		

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

¹ SD: stock density (birds/m²); EL: energy levels (ME kcal/kg); High: starter (3,150), grower (3,200), final (3,250); Low: starter (2,950), grower (3,000), final (3,050).

² S: starter (0-35 d); G: growth (36-57 d); F: final (58-70 d); O: overall (0-70 d).

³ SEM: standard error of means.

⁴ SD: stock density; EL: energy levels; SD × EL: stock density × energy levels.

EL High 처리구가 유의적으로 높게 나타났다. 이와 유사하게 Kim et al.(2020)의 연구를 살펴보면, 토종닭의 사육밀도가 각 14, 15, 16, 18 및 22 birds/m²로, 70일간 사양실험한 결과, 사육밀도가 높아질수록 체중, 증체량 및 사료섭취량이 유의적으로 감소한다고 보고하였다. 사육밀도가 증가할수록 주어진 공간 내에서 상호 경쟁으로 사료섭취량에 영향을 미친 것으로 보여지며, 그 외 연구에서도 이와 같이 보고되었다(Rambau et al., 2016; Siaga et al., 2017). 반면, 에너지 함량에 따라 사료섭취량에서 유의적인 차이는 나타나지 않았는데, 이와 반대로 Inafante-Rodriguez et al.(2016)의 연구에서는 에너지 함량[AME(초기/중기) 2,960/3,040, 3,000/3,080, 3,040/3,120, 3,080/3,160 kcal/kg]이 증가할수록 사료섭취량이 유의적으로 감소한다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 유의적인 차이는 없었지만, 수치상으로는 2.3% 감소하였다. 사료 요구율의 경우, 사육밀도에 따른 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 에너지 함량에 따라 EL High 처리구가 유의적으로 낮게 나타났다. 하지만 Massuquetto et al.(2020)의 연구에서는 에너지 함량을 ME 3,041, 3,120, 3,200 및 3,280 kcal/kg으로 하였고 3120 kcal/kg 실험처리구에서부터 에너지 수준이 증가할수록 사료 요구율은 유의적으로 감

소된 것으로 보고하여 본 연구 결과와 차이를 나타내었다.

본 연구결과, 사육밀도가 증가할수록 생산성이 감소하였고, 에너지 함량을 증가시킬수록 사료 요구율이 개선되었는데, 실제로 본 연구에서 SD 14 × EL Low 처리구와 SD 16 × EL High 처리구의 증체량을 비교하였을 때 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 보아 에너지를 증가시키면 생산성이 개선될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 혈청 생화학 분석

사육밀도와 에너지 함량에 따른 혈청 생화학 분석 결과는 Table 3과 같다. T.chol, TP와 AST에서 유의적인 차이가 나타났다. T.chol를 보면 사육밀도 × 에너지 함량에 따라 유의적인 차이가 나타났는데, SD 16 × EL low 처리구가 124.68 mg/dL로 가장 높았고, SD 16 × EL High 처리구가 90.34 mg/dL로 가장 낮게 나타났다. 반면에 사육밀도와 에너지 함량에 따라 유의적인 차이는 나타나지 않았는데, 다른 연구에서도 사육밀도에 따라 혈중 콜레스테롤 농도에 미치는 영향은 없다고 보고하였으며(Skbcic et al., 2009), 본 연구결과와 유사하였다. 반면에, Dozier et al.(2006)의 연구에서는 사육밀도가 증가할수록 혈액 내 콜레스테롤 농도가 크게 증가

Table 3. Effect of stock density and nutrient levels on serum biochemical profiles in Korean native chickens (d 70)

Treatment ¹		T. chol (mg/dL)	TG (mg/dL)	GLU (mg/dL)	TP (g/dL)	AST (U/L)	ALT (U/L)	Ca (mg/dL)	ALB (g/dL)	IP (mg/dL)
SD	EL									
14 ×	Low	111.24 ^{ab}	63.85	291.47	2.45 ^b	192.41 ^b	1.78	10.55	0.96	8.77
	High	117.95 ^{ab}	62.28	288.02	2.69 ^{ab}	214.97 ^{ab}	1.72	11.33	1.02	8.80
16 ×	Low	124.68 ^a	91.17	284.32	3.09 ^a	253.94 ^a	2.01	11.05	1.13	8.97
	High	90.34 ^b	62.96	268.80	2.65 ^{ab}	230.75 ^{ab}	1.67	10.79	1.01	10.38
14		114.59	63.07	289.74	2.57	203.69	1.75	10.94	0.99	8.78
16		107.51	77.07	276.56	2.87	242.35	1.84	10.92	1.07	9.67
	Low	117.96	77.51	287.89	2.77	223.17	1.89	10.80	1.04	8.87
	High	104.14	62.62	278.41	2.67	222.86	1.69	11.06	1.02	9.59
SEM ²		4.61	5.26	5.85	0.07	6.43	0.07	0.15	0.03	0.25
P-value ³										
SD		0.450	0.187	0.266	0.058	0.002	0.521	0.949	0.221	0.083
EL		0.136	0.160	0.425	0.545	0.981	0.185	0.401	0.678	0.164
SD × EL		0.022	0.198	0.613	0.023	0.047	0.353	0.097	0.163	0.165

T. chol, total cholesterol; TG, triglyceride; GLU, glucose; TP, total protein; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; Ca, calcium; ALB, albumin; IP, inorganic phosphorus.

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

¹ SD: stock density (birds/m²); EL: energy levels (ME kcal/kg): High: starter (3,150), grower (3,200), final (3,250); Low: starter (2,950), grower (3,000), final (3,050).

² SEM: standard error of means.

³ SD: stock density; EL: energy levels; SD × EL: stock density × energy levels.

했다고 보고하였으며, 사육밀도와 에너지 함량에 따른 상호 작용은 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다. AST는 간과 근육 손상의 진단 및 평가를 위한 기본적인 분석방법이다. 사육밀도가 높을수록 사료를 섭취하기 위한 경쟁이 심해지기 때문에 근육 손상가능성이 높는데, 실제로 본 연구결과 사육밀도가 SD 16 처리구가 242.35 U/L로 SD 14 처리구보다 유의적으로 매우 높은 것으로 보아 섭취 경쟁으로 인해 근육이 손상된 것으로 판단된다.

3. 혈액 내 면역 및 Corticosterone

혈액 내 면역 및 Corticosterone의 결과는 Table 4와 같다. IgA의 결과, 사육밀도와 에너지 함량에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나, IgM의 경우 사육밀도 × 에너지 함량에 따라 유의적인 차이가 나타났다. Corticosterone 분석결과, 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 Yang et al.(2015)의 연구결과에 따르면 에너지가 높은 사료를 급여할 경우 Corticosterone이 개선된다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

4. 도체율 및 계육성분

사육밀도와 에너지 함량에 따른 도체율과 계육성분의 결과는 Table 5와 같다. 도체율은 사육밀도에 따라 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 에너지 함량에 따라 EL High 처리구가 유의적으로 높게 나타났다. 사육밀도에 따른 도체율은 Kryeziu et al.(2018)의 연구에서도 14 birds/m²와 22 birds/m² 비교하였을 때 수치상 14 birds/m²의 닭이 도체율이 더 높았지만 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 그 외 다른 연구에서도 유사한 결과가 보고되었다(Sekeroglu et al., 2011; Uzum and Toplu 2013; Das and Lacin, 2014; Hussein et al., 2019). 계육 성분 분석결과, 수분에서는 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았지만, 사육밀도에 따라 SD 16 처리구가 유의적으로 조단백질과 조지방이 높게 나타났다. 반대로 Kim and Kang(2020)의 연구에서는 사육밀도에 따라 계육 내 수분, 조단백질 및 조지방에 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았다고 보고하였다.

Table 4. Effect of stock density and nutrient levels on plasma immunoglobulins and corticosterone in Korean native chickens (d 70)

Treatment ¹		Immunoglobulins (µg/mL)		Corticosterone (ng/mL)
SD	EL	IgA	IgM	
14 ×	Low	59.62	1.32 ^{ab}	50.42
	High	57.79	1.19 ^b	56.67
16 ×	Low	54.10	1.25 ^{ab}	54.10
	High	57.81	1.51 ^a	51.93
14		58.70	1.25	53.55
16		55.95	1.38	53.01
	Low	56.86	1.29	52.26
	High	57.80	1.35	54.30
SEM ²		1.50	0.04	1.65
P-value ³				
SD		0.377	0.119	0.877
EL		0.765	0.446	0.551
SD×EL		0.390	0.009	0.233

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

¹ SD: stock density (birds/m²); EL: energy levels (ME kcal/kg): High: starter (3,150), grower (3,200), final (3,250); Low: starter (2,950), grower (3,000), final (3,050).

² SEM: standard error of means.

³ SD: stock density; EL: energy levels; SD × EL: stock density × energy levels.

Table 5. Effect of stock density and nutrient levels on carcass, partial meat ratio and proximate analysis in Korean native chickens (d 70)

Treatment ¹		Carcass rate (%)	(g/BW 100g)			Proximate analysis (%)		
SD	EL		Breast	Drumsticks	Abdominal fat	Dry mater	Crude protein	Crude fat
14 ×	Low	70.09	21.04	14.00	2.04	25.06	22.81	0.94
	High	71.47	21.44	14.35	2.15	24.90	23.18	0.89
16 ×	Low	69.49	20.16	13.64	2.05	24.05	23.03	1.03
	High	71.13	20.96	13.40	2.30	24.53	23.06	1.04
14		70.78	21.24	14.18	2.09	24.98	22.99	0.92
16		70.31	20.56	13.52	2.17	24.29	23.05	1.04
	Low	69.79	20.60	13.82	2.04	24.56	22.92	0.99
	High	71.30	21.20	13.88	2.22	24.71	23.12	0.97
SEM ²		0.29	0.23	0.23	0.06	0.15	0.06	0.02
<i>P</i> -value ³								
SD		0.433	0.157	0.170	0.170	0.551	0.028	0.025
EL		0.011	0.210	0.210	0.912	0.183	0.620	0.744
SD × EL		0.827	0.681	0.681	0.538	0.615	0.310	0.545

¹ SD: stock density (birds/m²); EL: energy levels (ME kcal/kg): High: starter (3,150), grower (3,200), final (3,250); Low: starter (2,950), grower (3,000), final (3,050).

² SEM: standard error of means.

³ SD: stock density; EL: energy levels; SD × EL: stock density × energy levels.

5. 계육품질

사육밀도와 에너지 함량에 따른 육색(L*, a*, b*), pH, 보수력, 가열감량 및 TBARS는 Table 6과 같다. 육색(L*, a*, b*)의 b*에서는 처리구간 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, L*에서 사육밀도에 따라 SD 16 처리구가 유의적으로 낮게 나타났으며, a*의 경우 사육밀도 × 에너지 함량에 따라 유의적인 차이가 나타났다. 육색은 소비자에게 신선도와 품질을 판단하는데 매우 중요한 부분인데, 계육색의 a* 점수가 높을수록 육질이 더 좋아짐을 나타내고, L*과 b*의 점수가 낮을수록 계육색의 창백한 정도를 나타낸다고 한다(Abouelezz et al., 2019). 본 연구와 유사하게 실험한 Kim and Kang(2020)의 연구에서 사육밀도를 각 14, 15, 16, 18 및 22 birds/m² 처리하였고, 육색 분석 결과 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 육색 변화의 범위는 L*(56.06~57.65), a*(4.14~4.56) 및 b*(10.60~12.06)로 나타났다. 이는 본 연구결과 범위 [L*(55.79~57.05), a*(4.23~4.51), b*(11.99~12.85)]와 유사하였다. Higgings et al.(1998)과 Min and Ahn(2005)은 육색의 a*의 점수가 감소하는 것은 지질 과산화와 연관이 있다고 보

고하였다. 하지만, 본 연구에서 TBARS 분석결과 처리구간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 또한, Smith et al.(2002)는 육색은 사료 내 영양소에 많은 영향을 받는다고 했지만, 본 연구에서는 에너지 함량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 계육 pH 분석 결과, 에너지 함량에 따라 EL High 처리구가 유의적으로 높게 나타났다. 이와 같이 Marcu et al.(2013)의 연구에서 에너지 함량이 증가할수록 pH가 유의적으로 증가한다고 보고하였으며, 본 연구결과와 유사하였다. 결론적으로 사육밀도 및 에너지 함량에 따라 계육품질은 유의적인 변화는 있었으나, 여러 연구들의 결과값이 유사한 것으로 보아 계육품질에 대한 부정적인 영향은 없는 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 토종 실용계 사육 시 사육밀도와 에너지 함량에 따른 생산성, 혈액 성분, 면역 및 계육품질에 미치는 영향에 대해 구명하고자 수행되었다. 토종닭 병아리 240수를

Table 6. Effect of stock density and nutrient levels on meat quality in Korean native chickens (d 70)

Treatment ¹		Meat color			pH	WHC (%)	Cooking loss (%)	TBARS (mg MDA/kg)
SD	EL	L*	a*	b*				
14×	Low	57.04 ^a	4.23 ^b	12.19	5.76 ^a	51.89	22.92 ^b	0.08
	High	57.05 ^a	4.45 ^{ab}	12.85	5.70 ^b	47.69	24.87 ^a	0.10
16×	Low	55.79 ^b	4.51 ^a	11.99	5.78 ^a	48.92	22.28 ^b	0.09
	High	56.00 ^b	4.25 ^{ab}	12.04	5.68 ^b	48.94	23.12 ^{ab}	0.10
14		57.04	4.34	12.52	5.73	49.79	23.89	0.09
16		55.89	4.38	12.01	5.73	48.93	22.70	0.09
	Low	56.41	4.37	12.09	5.77	50.40	22.60	0.09
	High	56.52	4.35	12.44	5.69	48.32	23.99	0.10
SEM ²		0.14	0.03	0.26	0.01	0.57	0.25	0.01
<i>P</i> -value ³								
SD		<0.000	0.550	0.347	0.912	0.461	0.021	0.352
EL		0.716	0.779	0.513	<0.000	0.071	0.007	0.154
SD × EL		0.726	0.001	0.573	0.328	0.063	0.258	0.568

^{a,b} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

¹ SD: stock density (birds/m²); EL: energy levels (ME kcal/kg): High: starter (3,150), grower (3,200), final (3,250); Low: starter (2,950), grower (3,000), final (3,050).

² SEM: standard error of means.

³ SD: stock density; EL: energy levels; SD × EL: stock density × energy levels.

공시하여 4처리 4반복 반복당 15수씩 완전 임의 배치하였다. 처리구는 사육밀도 2 수준(14, 16 birds/m²)과 에너지 2 수준 [ME kcal/kg; High: starter(3,150), grower(3,200), Final(3,250); Low: starter(2,950), grower(3,000), Final(3,050)]으로 2 × 2 요인실험 설계하였다. 체중분석 결과 SD 14 처리구와 EL High 처리구에서 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 증체량에서는 초기와 후기에서 에너지 함량에 따라 EL High 처리구가 유의적으로 높게 나타났으며, 전구간에서는 사육밀도와 에너지 함량에 따라 SD 14 처리구와 EL High 처리구가 유의적으로 높게 나타났다. 사료섭취량은 초기, 중기와 전구간에서 사육밀도에 따라 SD 14 처리구가 유의적으로 높게 나타났다. 사료 요구율은 에너지 함량에 따라 EL High 처리구가 유의적으로 낮게 나타났다. 혈액 내 생화학 조성 결과 AST에서는 사육밀도에 따라 SD 16 처리구가 높게 나타났다. 면역글로블린과 코티솔 분석결과 IgM에서 사육밀도 × 에너지 함량에 따라 유의적인 차이가 나타났으나, 코티솔에서는 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

결론적으로 사육밀도가 높을수록 섭취경쟁으로 인하여 AST가 증가하였고, 이로 인해 생산성이 감소되었다. 그리고 에너지 함량이 높을수록 생산성이 개선되었다. 그러나 혈액, 면역 및 계육 품질의 결과는 일정하지 않았으며, 좀 더 자세한 연구가 필요할 것으로 보인다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ0128210 12019) 및 농림축산식품부의 재원으로 농림기술기획평가원의 Golden Seed 프로젝트 사업의 지원을 받아 연구되었다.

ORCID

KwangYeol Kim <https://orcid.org/0000-0002-3723-2978>
 Jin-Joo Jeon <https://orcid.org/0000-0001-7585-4746>
 Hyunsoo Kim <https://orcid.org/0000-0001-8887-1318>

Jiseon Son <https://orcid.org/0000-0002-5285-8186>
 Hee-Jin Kim <https://orcid.org/0000-0002-6959-9790>
 Are-Sun You <https://orcid.org/0000-0001-7258-2626>
 Eui-Chul Hong <https://orcid.org/0000-0003-1982-2023>
 Boseok Kang <https://orcid.org/0000-0002-3438-8379>
 Hwan Ku Kang <https://orcid.org/0000-0002-4286-3141>

REFERENCES

- Abouelezz KFM, Wang Y, Wang W, Lin X, Li L., Gou Z, Jiang S 2019 Impacts of graded levels of metabolizable energy on growth performance and carcass characteristics of slow-growing yellow-feathered male chickens. *Animals* 9(7):461.
- AOAC International 2007. Official Methods of Analysis. 18th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Buege JA, Aust SD 1978 Microsomal lipid peroxidation. In *Methods in Enzymology*. In: Poole RK, editor. Academic Press. New York, NY, USA: p. 302-310.
- Das H, Lacin E 2014 The effect of different photoperiods and stocking densities on fattening performance, carcass and some stress parameters in broilers. *Isr J Vet Med* 69:211-220.
- Dozier IIIWA, Thaxton JP, Branton SL, Morgan GW, Miles DM, Roush WB, Lott BD, Vizzier-Thaxton Y 2005 Stocking density effects on growth performance and processing yields of heavy broilers. *Poult Sci* 84:1332-1338.
- Dozier IIIWA, Thaxton JP, Purswell JL, Olanrewaju HA, Branton SL, Roush WB 2006 Stocking density effects on male broilers grown to 1.8 kilograms of body weight. *Poult Sci* 85(2):344-351.
- Feddes JJ, Emmanuel EJ, Zuidhof MJ 2002 Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poult Sci* 81(6):774-779.
- Goo D, Kim JH, Park GH, Delos Reyes JB, Kil DY 2019 Effect of heat stress and stocking density on growth performance, breast meat quality, and intestinal barrier function in broiler chickens. *Animals* 9(3):107.
- Higgins FM 1998 Assessment of α -tocopheryl acetate supplementation, addition of salt and packaging on the oxidative stability of raw turkey meat. *Br Poult Sci* 39(5):596-600.
- Hussein EO, Suliman GM, Abudabos AM, Alowaimer AN, Ahmed SH, El-Hack A, Laudadio V 2019 Effect of a low-energy and enzyme-supplemented diet on broiler chicken growth, carcass traits and meat quality. *Arch Anim Breed* 62(1):297-304.
- Infante-Rodríguez F, Salinas-Chavira J, Montaña-Gómez MF, Manríquez-Nuñez OM, González-Vizcarra VM, Guevara-Florentino OF, De León JR 2016 Effect of diets with different energy concentrations on growth performance, carcass characteristics and meat chemical composition of broiler chickens in dry tropics. *Springerplus* 5(1):1-6.
- Jang AR, Ham JS, Kim DW, Chae HS, Kim SH, Seol KH, Oh MH, Chae HS, Kim SH, Kim DH 2011 Effect of quercetin and methoxylated quercetin on chicken thigh meat quality during cold storage. *Korean J Poult Sci* 38(4):265-273.
- KFSP, 2017 Korean Feeding Standard for Poultry, Rural Development Administration, National Institute of Animal Science.
- Kim HJ, Kim D, Shin JS, Jang A 2017 Effects of dietary chitosan and probiotics on the quality and physico-chemical characteristics in Hanwoo striploin. *J Agric Life Sci* 51(5):115-128.
- Kim CH, Kang HK 2020 Effects of stock density on the growth performance, and meat quality of Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 47(1):1-7.
- Kryeziu AJ, Kamberi M, Muji S, Mestani N, Berisha S 2018 Carcass traits of broilers as affected by different stocking density and sex. *Bulgarian J Agric Sci* 24(6):1097-1103.
- Lee J, Lee J, Lee M, Song Y, Lee J, Ohh S 2016 Effect of stocking density and dietary protein level on performance, meat quality and serum corticosterone of slow-growing Korean meat-type chicken (*Hanhyop* 3). *Korean J Poult Sci* 43(4):219-228.
- Lee MJ, Kim SH, Heo KN, Kim HK, Choi HC, Hong EC, Kim CD 2013 The study on productivity of commercial Korea chickens for crossbred Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 40(4):291-297.
- Marcu A, Vacaru-Opriş I, Dumitrescu G, Marcu A, Ciochină

- LP, Nicula M, Kelciov B 2013 Effect of diets with different energy and protein levels on breast muscle characteristics at broiler chickens. *Scientific Pap Anim Sci Biotech* 46(1):333-340.
- Massuquetto A, Panisson JC, Schramm VG, Surek D, Krabbe EL, Maiorka A 2020 Effects of feed form and energy levels on growth performance, carcass yield and nutrient digestibility in broilers. *Animal* 14(6):1139-1146.
- Meluzzi A, Sirri F 2009 Welfare of broiler chickens. *Ital J Anim Sci* 8(sup1):161-173.
- Min B, Ahn DU 2005 Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A review. *Food Sci Biotechnol* 14(1):152-163.
- Na JC, HwangBoa J, Kim JH, Kang HG, Kim MJ, Kim DW, Hong EC 2012 Performance and carcass ratio of large-type female broiler at different stocking densities. *Korean J Poult Sci* 39(4):305-310.
- Puron D, Santamaria R, Segura JC, Alamilla JL 1995 Broiler performance at different stocking densities. *J Appl Poult Res* 4(1):55-60.
- Rambau MD, Mudau ML, Makhanya SD, Benyi K 2016 Effects of stocking density and daily feed withdrawal periods on the performance of broiler chickens in a semi-arid environment. *Trop Anim Health Prod* 48(8):1547-1554.
- SAS Institute. 1996. SAS/STAT[®] Guide Version 6.12. SAS, Institute Inc, Cary NC.
- Sekeroglu A, Sarica MUSA, Gulay MS, Duman M 2011 Effect of stocking density on chick performance, internal organ weights and blood parameters in broilers. *J Anim Vet Adv* 10(2):246-250.
- Siaga R, Baloyi JJ, Rambau MD, Benyi K 2017 Effects of stocking density and genotype on the growth performance of male and female broiler chickens. *Asian J Poult Sci* 11(2):96-104.
- Skrbic Z, Pavlovski Z, Lukic M, Peric L, Milosevic N 2009 The Effect of stocking density on certain broiler welfare parameters. *Biotechnol Anim Husbandry* 25:11-21.
- Smith DP, Lyon CE, Lyon BG 2002 The effect of age, dietary carbohydrate source, and feed withdrawal on broiler breast fillet color. *J Poult Sci* 81(10):1584-1588.
- Sohail MU, Ijaz A, Yousaf MS, Ashraf K, Zaneb H, Aleem M, Rehman H 2010 Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and Lactobacillus-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. *J Poult sci* 89(9):1934-1938.
- Uzum MH, Toplu HO 2013 Effects of stocking density and feed restriction on performance, carcass, meat quality characteristics and some stress parameters in broilers under heat stress. *Revue Med Vet* 164:546-554.
- Yang J, Liu L, Sheikhahmadi A, Wang Y, Li C, Jiao H, Song Z 2015 Effects of corticosterone and dietary energy on immune function of broiler chickens. *PLOS One* 10(3): e0119750.

Received Apr. 6, 2021, Revised Jun. 23, 2021, Accepted Jun. 28, 2021