

연속조명과 폭염 스트레스가 육계의 혈액지질 및 성장능력에 미치는 영향

박상오^{1†} · 황보종^{2†} · 류채민¹ · 윤재성¹ · 박병성^{1†}
강환구² · 서옥석² · 채현석² · 최희철² · 최양호³

강원대학교 동물생명공학과¹, 국립축산과학원 가금과², 경상대학교 동물자원과³
(2013년 2월 17일 접수; 2013년 3월 22일 수정; 2013년 3월 23일 채택)

Effects of extreme heat stress and continuous lighting on growth performance and blood lipid in broiler chickens

Sang-Oh Park^{1†} · Jong Hwangbo^{2†} · Chae-Min Ryu¹ · Jae-Sung Yoon¹ · Byung-Sung Park^{1†}
Hwan-Ku Kang² · Ok-Suk Seo² · Hyun-Seok Chae² · Hee-Chul Choi² · Yang-Ho Choi³

¹Department of Animal Biotechnology, Kangwon National University,
Chuncheon 200-701, Republic of Korea,

²National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Republic of Korea, ³Department of
Animal Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Republic of Korea

(Received February 17, 2013 ; Revised March 22, 2013 ; Accepted March 23, 2013)

요약 : 본 연구는 연속조명과 함께 폭염 스트레스(extreme heat stress, EHS)에 노출된 브로일러에서 폭염사료 급여가 혈액지질, 성장능력, 면역기관, 혈청 면역물질, 맹장 미생물 변화에 미치는 영향을 조사하였다. 일반 환경온도 (25°C) 또는 폭염스트레스 (33±2°C)하에서 사육한 병아리는 일반사료(chow diet, CD)와 폭염사료(extreme heat diet, EHD)를 섭취하였다. 부화 당일 Ross 308 병아리 500마리를 5처리군 4반복(반복 펜 당 25마리)으로 완전임의배치 하였다. T1 (일반환경+CD), T2 (EHS+CD), T3 (EHS+CD 내 우지를 대두유로 대체 및 당밀 5%를 함유하는 EHD), T4 (EHS+CD 내 우지를 대두유로 대체, 당밀 5%, 메치오닌과 라이신을 각각 CD의 1.5배씩 함유하는 EHD), T5 (폭염+CD 내 우지를 대두유로 대체, 당밀 5%, 메치오닌과 라이신을 각각 CD의 1.5배씩 추가 및 비타민 C 300 ppm을 함유하는 EHD)로 구분하였다. EHS는 체중 및 사료섭취량을 유의하게 감소하였다. 혈액지질, 혈액 면역물질, F낭, 흉선 그리고 비장의 무게는 브로일러를 EHS에 노출하였을 때 유의하게 낮아졌다. 일반 환경온도 처리군과 비교할 때 EHS 처리군에서 맹장 *Lactobacillus* sp.는 낮았으나 *Escherichia* sp., *Salmonella* sp. 및 충호기성균은 높게 나타났으며 각 처리군 사이의 통계적인 유의차가 인정되었다.

주제어 : 연속조명, 폭염스트레스, 혈액지질, 면역물질, 맹장미생물

Abstract : In this study, the effect of extreme heat diet on growth performance, lymphoid organ, blood immunoglobulin and cecum microflora change in broilers exposed to continuous lighting and

†주저자 (E-mail : bspark@kangwon.ac.kr)

extreme heat stress (EHS) was studied. Broilers raised under normal environment temperature (25°C or extreme heat stress temperature (33±2°C, and consumed chow diet (CD) or extreme heat stress diet (EHSD). Five hundred Ross 308 day-old commercial broilers were arranged in a completely randomized block design of 5 treatment groups with 4 repetitions (25 heads per repetition pen). The broilers were divided into: T1 (normal environment+CD), T2 (EHS+CD), T3 (EHS+EHSD in which the tallow in CD was substituted by soy oil and contained 5% molasses), T4 (EHS+EHSD in which the tallow in CD was substituted by soy oil and contained 5% molasses, and 1.5 times more methionine and lysine than CD), and T5 (EHS+EHSD in which the tallow in CD was substituted by soy oil, contained 5% molasses, 1.5 times more methionine and lysine than CD, and 300ppm of vitamin C). The EHS significantly reduced the body weight gain and feed intake. The blood immunoglobulin, bursa of Fabricius, thymus, and spleen weight were significantly reduced when broilers were exposed to EHS. Compared to the normal environment temperature group, the cecum *Lactobacillus* sp. was low in the EHS treatment group, while *Escherichia* sp., *Salmonella* sp. and total aerobic bacteria in the EHS treatment group were high. A statistically significant difference was acknowledged between the treatment groups.

Keywords : Extreme heat stress, blood lipid, immunoglobulin, cecum microflora.

1. 서론

여름철 폭염 스트레스는 양계산업에서 커다란 관심사이다. 폭염에 노출되면 브로일러는 열 스트레스로 인하여 사료섭취량이 떨어지고 급격한 성장률 감소와 함께 높은 희생을 초래하여 양계농가의 경제적 피해를 가중시킨다. 32°C에 노출된 브로일러는 사료섭취량이 24% 감소하며 고온환경은 병아리에서 특이적 면역반응에 영향을 준다 [1]. 가끔은 다른 포유동물과 달리 체온이 높고 땀샘이 없으며 깃털코트로 덮여있기 때문에 체표면으로부터 열을 발산시킬 수가 없는 생물학적 특성이 있다. 폭염에 노출되어 열 스트레스를 받게 되면 급격한 체온상승이 일어나므로 항상성 유지를 위해 개구호흡과 동시에 헐떡거림 현상을 보이다가 궁극적으로 희생이 초래될 수 있다 [2-3]. 성숙한 닭의 체온은 41-42°C이며 편안한 주위온도는 약 25°C로 알려졌다[4]. 주위온도가 올라가면 체온이 상승하며 일반적으로 30°C 이상에서는 열 스트레스가 발생한다 [5,3]. 성장하는 브로일러에서 체중과 열 스트레스에 대한 저항성 사이에는 부의 표현형 상관관계가 보고되었다[6]. 고온환경에서 성장한 브로일러의 사료섭취량 감소와 성장률 억압은 닭의 품종별 유전자, 나이, 사료 이용율, 증체량과 관련하고 있다는 많은 보고가 있다[7-9]. 열 스트레스 하에서 단백질 수

준을 높여주면 오히려 더 많은 대사열을 발생하기 때문에 메치오닌, 라이신과 같은 필수아미노산을 높여주는 것이 도움이 된다. 또한, 기호성이 높은 대두유, 당밀의 제공은 사료섭취량을 자극하며, 비타민 C의 공급은 열 스트레스를 최소화하는데 도움이 된다[10].

브로일러에서 열 스트레스와 관련한 다양한 내용들이 연구되고 있으나 상기 제시한 영양소급원을 이용하여 제조된 폭염사료는 아직까지 알려진 바 거의 없다.

본 연구는 폭염스트레스에 대항하는 폭염사료를 제조하여 연속조명과 함께 폭염 스트레스에 노출된 브로일러에서 혈액 지질, 면역물질, 면역기관, 맹장미생물 변화 및 성장능력을 조사하였다.

2. 실험

2.1 실험설계 및 동물

동물을 포함한 모든 실험절차는 유럽실험동물 취급면허 교재에서 제시된 과학적이고 윤리적인 규정을 준수하였으며[11] 강원대학교 동물실험윤리위원회로부터 승인을 얻었다. 부화당일 Ross 308 병아리 500 마리를 5 처리구로 완전임의배치하였고, 각 그룹은 4 반복을 가졌으며 각 반복은

25 마리를 함유하였다. 처리구는 T1 (일반환경+ 일반사료 chow diet, CD), T2 (폭염 extreme heat stress, EHS+CD), T3 (EHS+CD 내 우지를 대두유로 대체 및 당밀 5%를 함유하는 폭염사료 extreme heat diet, EHD), T4 (EHS+CD 내 우지를 대두유로 대체, 당밀 5%, 메치오닌과 라이신을 실제 농가사용 배합사료의 수준보다 약간 높은 수준으로 설계하여 각각 일반사료의 1.5 배씩 함유하는 EHD), T5 (EHS+CD 내 우지를 대두유로 대체, 당밀 5%, 메치오닌과 라이신을 각각 일반사료의 1.5 배씩 추가 및 비타민 C 300 ppm 을 함유하는 EHD)로 구분하였다. CD 는 NRC 사양표준[12]에 기초한 옥수수, 대두박 위 주로 영양소요구량을 충족시킬 수 있도록 배합하였다 (Table 1). T3-T5 폭염사료는 일반사료에 첨가되는 우지를 에너지 이용율과 기호성이 우수한 대두유와 당밀로써 대체 및 추가하였다. 메치오닌과 라이신, 비타민 C 를 CD 내 첨가수준 보다 높게 조절하였으며, 영양소 급원의 첨가에 따른 실제 사료 원료의 구성비는 옥수수를 줄여서 배합하였다. 전체 실험기간 동안 병아리는 24 시간 연속조명을 실시하였으며 일반온수(25-28°C) 및 사료에 자유롭게 접근할 수 있는 표준상태 하에서 사육하였다. 각 펜은 깔짚으로써 왕겨를 바닥 10 cm 높이로 깔아주었다. 사육실의 온도는 입추당일에서 3 일까지는 33°C로 유지하였고 그 다음부터 주당 2~3°C씩 낮았으며 22 일부터는 일반환경 온도(25°C)로 유지하였다. 28 일째부터 32 일까지 일일 5 시간(11 시-16 시)씩 폭염(33±2°C)과 함께 상대습도 70%를 유지하였다.

2.2. 도계 및 혈액지질 분석

도계 12 시간 전에 실험사료를 철회하였고 실험종료 시에 각 처리구의 반복펜으로 부터 평균 체중에 가까운 병아리 20 마리 (각 펜 당 5 마리)를 선별하여 채혈 후 경추탈골에 의해서 스트레스를 주지 않고 안정적으로 희생하였다. 심장으로부터 plain tube (Greine Co Ltd, Australia)를 이용해서 혈액 3 ml 를 채취한 다음 실온에서 30 분 동안 혈액이 응고하도록 허용하였다. 3,000 rpm 에서 10 분간 원심분리하여 혈청을 분리하였고 -196°C의 액체질소에서 급속동결한 다음 생화학적 분석 시까지 -20°C에서 보관하였다. 중성지방, 총콜레스테롤, 저밀도지질단백질 콜레스테롤(LDL-C) 및 고밀도지질단백질 콜레스테롤

(HDL-C)은 생화학적 효소분석 키트 (아산제약, 서울)을 사용하여 분석하였다.

2.3. 혈액 면역물질

혈청 Immunoglobulin 은 chicken IgG ELISA kit (Bethyl Laboratories, Montgomery, TX, USA)를 이용하여 제조사의 프로토콜에 따라서 측정하였다. precision microplate reader (Molecular Devices Inc, New York, USA)에 의해서 450 nm 에서 흡광도를 측정하여 Immunoglobulin 의 량을 계산하였다.

2.4. 맹장 미생물

도계 후 곧 바로 장내 미생물을 조사하기 위해서 혐기적인 방법으로 맹장을 채취한 후 얼음상자 위에서 유지하였다. 브로일러의 대장(맹장, 결장, 직장, 항문) 가운데 맹장은 미생물의 작용이 가장 활발하게 진행되며 소장으로부터 유입된 미분해 영양소 특히 지질과 당질을 발효, 분해하여 짧은 사슬 지방산으로써 브로일러에게 에너지 공급, 지질대사 개선 및 면역능력을 향상시켜 성장능력을 촉진하는데 중요한 부위가 된다. 따라서 브로일러의 성장능력과 관련한 미생물 변화는 맹장을 중심으로 진행하는 것이 일반적인 방법이다. 맹장은 분석 시 까지 AnaeroGen sachets (Oxoid, Hampshire, UK)가 갖춰진 sealed anaerobic jars (Oxoid, Basingstoke, UK)에서 혐기상태로 유지하였다. 맹장 내용물을 멸균된 혐기성 생리식염수(phosphorus buffered saline; PBS 0.1 M, pH 7.0)로 혼합하여 10 배 희석(1:9, wt/vol) 한 다음에 일련의 희석을 계속하였다. 모든 절차는 anaerobic chamber (5% hydrogen, 5% CO₂, balanced nitrogen)에서 혐기상태로 이루어졌다. 배양은 희석된 10⁻²~10⁻⁷에서 각각 100 ul 를 분주하여 멸균된 평판 선택배지 즉 *Escherichia* sp. (McConkey purple agar), *Lactobacillus* sp. (MRS agar, Oxoid, Basingstoke, UK), *Salmonella* sp. (SS agar, Difco), Total aerobic bacteria (Nutrient agar, Difco)에서 실행하였다. *Escherichia coli* sp., *Salmonella* sp., Total aerobic bacteria 는 37°C 에서 24 시간 호기배양하였고 *Lactobacillus* sp. 는 AnaeroGen sachets 가 갖춰진 sealed anaerobic jars 를 이용한 혐기상태 하에서 37°C, 48 시간 정지배양한 후 각각의 평판배지에서 미생물카운터로써 colony 의 수를 조사하였다. 모든 미생물 균

Table 1. Composition of chow diets for broiler chickens

Ingredients (% as-fed)	Growing stage	
	Starter (0-21 days)	Grower (22-32 days)
Yellow corn	52.00	50.00
Soybean meal	34.00	25.00
Corn gluten meal	4.70	5.70
Wheat meal	-	10.00
Tallow	5.00	5.00
Limestone	1.25	1.25
Dicalcium phosphate	1.70	1.70
Sodium chloride	0.25	0.25
DL-methionine (50%)	0.30	0.30
L-lysine HCl (78%)	0.30	0.30
Trace mineral premix ¹⁾	0.34	0.34
Vitamin premix ²⁾	0.16	0.16
Total	100	100
Chemical composition		
ME (kcal/kg)	3,100	3,150
Crude protein (%)	22.00	20.00
Lysine (%)	1.32	1.15
Methionine (%)	0.52	0.50
Methionine+Cystine (%)	0.78	0.73
Calcium (%)	1.00	0.90
Available phosphorus (%)	0.45	0.40

¹⁾ Supplied per kilogram of diet: Fe, 80 mg; Zn, 80 mg; Mn, 70 mg; Cu, 7 mg; I, 1.20 mg; Se, 0.30 mg; Co, 0.70 mg.

²⁾ Supplied per kilogram of diet: vitamin A (retinylacetate), 10,500 IU; vitamin D₃, 4,100 IU; vitamin E (DL- α -tocopherylacetate), 45 mg; vitamin K₃, 3.0 mg; thiamin, 2.5 mg; riboflavin, 5 mg; vitamin B₆, 5 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; biotin, 0.18 mg; niacin, 44 mg; pantothenic acid, 17 mg; folic acid, 1.5 mg.

락의 수는 맹장내용물 g 당 균수 (CFU, colony-forming unit/g of wet of cecum content)로써 상용로그를 취하여 제시하였다 [13].

자료는 SAS software의 GLM procedure를 사용하여 분산분석(ANOVA)에 의해서 분석하였고 Duncan's multiple range test에 의해서 모든 자료에 대한 통계적인 유의차는 $P < 0.05$ 에서 검정하였다 [14].

2.5. 통계처리

3. 결 과

3.1. 브로일러의 사양성적

전체 기간 동안 브로일러의 사양성적은 Table 2에서 보는 바와 같다. 증체량과 사료섭취량은 T1의 결과가 다른 처리구와 비교할 때 가장 높았고 T2, T3, T4, T5 순서로 유의하게 높았으나 T4, T5 사이의 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 사료효율은 T3, T4, T2, T1, T5 순서로 유의하게 높았으나 T3과 T4, T1과 T5 사이의 통계적인 유의차는 인정되지 않았다. 결과는 폭염 사료가 연속조명과 함께 폭염 스트레스에 노출된 브로일러의 성장능력을 향상시킬 수 없다는 점을 나타낸다.

3.2. 혈액 지질분획

혈청 지질분획은 Table 3에서 보는 바와 같다. 혈액 중성지방 함량은 T1과 비교할 때 T5, T3, T4, T2 순서로 낮아졌으며 총콜레스테롤은 T2, T3, T4, T5, LDL-C는 T3, T4, T5 순서로 낮아졌으며 HDL-C는 T5가 가장 높았고 T1, T3, T4, T2 순서로 유의하게 낮아졌다. 결과는 폭염 스트레스에 노출되었을 때 브로일러의 혈액 지질함량이 낮아진다는 점을 나타낸다.

3.3. 혈액 면역물질

혈청 IgG, 면역기관, F 낭(bursa of Fabricius), 흉선, 비장의 무게는 Table 4에서 보는 바와 같

다. IgG 및 F 낭, 흉선, 비장의 무게는 T1이 T2, T3, T4, T5와 비교할 때 유의하게 가장 높았으며 각 처리구 사이의 통계적인 유의차가 나타났다. 결과적으로 면역기관 무게 및 IgG는 연속조명과 동시에 폭염 스트레스에 노출된 브로일러에서 감소하였음을 관찰하였다.

3.4. 맹장 미생물

맹장 미생물 변화는 Table 4에 나타났다. 유익균, *Lactobacillus* sp.는 T1이 T2, T3, T4, T5와 비교할 때 유의하게 가장 높았으며 각 처리구 사이의 통계적인 유의차가 나타났다. 유해균, *Escherichia* sp., *Salmonella* sp. 및 Total aerobic bacteria는 T1이 T2, T3, T4, T5와 비교할 때 유의하게 가장 낮게 나타났으며 각 처리구 사이의 통계적인 유의차가 인정되었다. 결과는 브로일러가 연속조명과 함께 폭염 스트레스에 노출되었을 때 맹장 미생물 균총의 유지가 억압된다는 점을 나타낸다.

4. 고 찰

본 결과는 체중과 사료섭취가 폭염 스트레스에 의해서 유의한 영향을 받았다는 점을 나타내며 [15]의 결과와 일치한다. 연속조명과 함께 폭염 스트레스에 노출되었을 때 32일째 브로일러의 성장능력은 유의하게 낮아졌다. 이러한 결과는 열

Table 2. Growth performance of broiler chickens fed experimental diets for 32 days

(g/head)

Item	Groups					Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
Body weight gain	1,581 ^a	1,471 ^b	1,401 ^c	1,257 ^d	1,235 ^d	18.770
Feed intake	2,624 ^a	2,404 ^b	2,228 ^c	2,010 ^d	2,064 ^d	24.571
Feed efficiency	0.60 ^c	0.61 ^b	0.62 ^a	0.62 ^a	0.60 ^c	0.0022

T1, normal environment+chow diet, CD; T2, extreme heat stress, EHS+CD; T3, EHS+extreme heat diet, EHD in which the tallow in CD was substituted by soy oil and containing 5% molasses; T4, EHS+EHD in which the tallow in CD was substituted by soy oil and containing 5% of molasses, and 1.5 times more methionine and lysine than CD; T5, EHS+EHD in which the tallow in CD was substituted by soy oil, containing 5% of molasses, 1.5 times more methionine and lysine than CD, and 300ppm of vitamin C. a,b,c,d p<0.05.

Table 3. Serum lipid profile of broiler chickens fed experimental diets for 32 days

(mg/dL)

Item	Groups					Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
Total cholesterol	144.81 ^a	110.15 ^b	138.71 ^c	147.57 ^d	137.85 ^d	0.7019
LDL-C	40.93 ^a	41.72 ^a	30.19 ^b	30.11 ^b	28.14 ^c	3.7081
HDL-C	33.51 ^b	28.75 ^d	30.12 ^c	30.08 ^c	37.39 ^a	3.3120
Triglyceride	1,252 ^a	778 ^d	891 ^c	901 ^c	1,102 ^b	105.10

Table 4. Serum immunoglobulin and lymphoid organ weight of broiler chickens fed experimental diets for 32 days (Organ weight/body weight, %)

Item	Groups					Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
Total IgG, $\mu\text{g/mL}$	174.81 ^a	102.58 ^b	84.01 ^c	77.57 ^d	77.85 ^d	0.7019
Bursa of Fabricius, %	0.23 ^a	0.20 ^b	0.19 ^b	0.11 ^c	0.14 ^d	0.0081
Spleen, %	0.17 ^a	0.15 ^b	0.12 ^b	0.08 ^c	0.09 ^c	0.0020
Thymus, %	0.22 ^a	0.18 ^b	0.19 ^b	0.14 ^c	0.12 ^d	0.0095

스트레스 브로일러에서 관찰된 일반적인 경향과 일치하였다. 대기온도 20°C 이상에서 10°C 증가는 17%의 사료섭취 감소가 나타나며 [16], 브로일러가 32°C에 노출되었을 때 2-4 주령까지 체중 14%가 낮아지고 4-6 주령까지 24% 감소가 보고되었다[17]. 연속조명과 함께 폭염에 노출되거나 (T2) 폭염 기간 동안 폭염사료를 급여한 처리군 (T3-5)과 비교할 때 일반환경에서 일반사료를 급여하여 사육된 T1에서 브로일러의 증체량이 높았던 점은 맹장에서 건강에 유익한 *Lactobacillus*의 성장이 촉진됨과 동시에 유해한 미생물의 성장이 억압됨으로써 장내 균총이 유지되었고 (Table 4), 면역기관인 흉선, 비장 및 F낭 무게의 증가로 혈액 면역물질이 높아짐 (Table 3)으로써 동물의 건강이 증진되고 사료섭취량을 자극하였기 때문으로 생각할 수 있다. 열 스트레스 하에서 브로일러의 증체량, 사료섭취량 및 사료이용율은 체온과 관련이 있으며 21°C와 비교할 때 32°C의 열스트레스에 노출될 경우 급격한 체온 상승으로 인하여 브로일러의 증체량과 사료요구

율이 낮아진다[4]. 한편, 폭염사료의 효과는 전혀 나타나지 않았으며 이는 양계농가에서 실제로 급수되는 일반음수와 함께 연속조명에 기인한 것으로 볼 수 있다. 폭염에 노출되었을 때 일반음수 공급과 함께 수반되는 연속조명은 환경온도 및 체열 증가를 가중시켜서 폭염 스트레스에 대한 부가적인 원인으로 작용하였을 것으로 볼 수 있다[18-20].

연속조명과 함께 폭염에 노출된 결과로써 혈액 지질함량, IgG 및 면역기관, F낭, 흉선, 비장의 무게가 유의하게 낮아짐을 관찰하였다. 이러한 결과는 열 스트레스에 의해서 사료섭취량이 감소하며 이에 의하여 에너지 대사원으로써 빠르게 이용되는 생체 지질감소[21] 및 면역기관 발육에 필요한 영양소가 적절하게 공급되지 않는다는 선행보고와 일치하였다[3, 22-23]. Mumma 등 [21]은 산란계에서 스트레스 반응은 adrenocorticotropin (ACTH)의 연속주입에 의해서 조절되며 혈액 corticosterone, 혈당, 콜레스테롤 및 HDL은 ACTH에 의해서 증가되지만 중

Table 5. Cecum microflora in broiler chickens fed experimental diets for 32 days

Item	Groups					Pooled SEM
	T1	T2	T3	T4	T5	
<i>Escherichia</i>	6.01 ^d	6.81 ^c	7.10 ^b	9.87 ^a	9.02 ^a	0.2760
<i>Lactobacillus</i>	6.72 ^a	6.50 ^b	5.23 ^c	3.51 ^d	3.38 ^d	0.1815
<i>Salmonella</i>	3.02 ^d	3.29 ^c	3.20 ^c	4.70 ^b	5.12 ^a	0.1318
Total aerobic bacteria	4.17 ^c	5.42 ^b	5.39 ^b	5.78 ^a	5.71 ^a	0.3372

성지방은 감소한다고 보고하여 본 결과를 지지해 준다. 일반환경에서 일반사료를 급여하여 사육된 T1에서 IgG가 증가한 점은 면역기관 세포증식에 기인한 것으로 볼 수 있으며 (Table 3) T2-T5에서 IgG가 감소한 점은 폭염 스트레스에 의해서 체액성면역 능력이 억압되었음을 의미한다[24]. 면역단백질은 골수의 B-cell에서 만들어지며 가슴에서 IgG, IgA, IgM은 포유동물의 면역단백질과 생물학적 특성이 비슷하다. 혈액 중 IgG의 농도는 90% 이상으로써 가장 높고 생체면역력을 담당하므로 IgG의 역가는 체액성면역의 지표가 된다[25]. 조류에서 F낭, 흉선, 비장은 항체생산을 위한 중요한 기관이다. T1에서 흉선의 무게 증가에 관한 자료는 브로일러에서 흉선 세포의 증식능력을 증가시켰을 것으로 추정되며 혈청 면역글로블린 IgG의 생산에 있어서 일정한 증가를 유지할 수 있음을 나타내고 있다. 닭에서 면역단백질은 IgM을 IgG로 전환하는 기작 또는 IgA를 성공적으로 작용시키는데 필수적인 F낭, 기타 연관된 림프기관 및 흉선에 의존하고 있다[26]. 따라서 면역단백질을 함유하는 세포생산의 감소 및 낮아진 혈액 IgG 농도는 폭염스트레스하에서 발견된 림프기관의 회귀결과일 것으로 볼 수 있다. 면역조직의 발육은 면역체계기능성의 기초이다. F낭은 가슴에서 일정한 편이며 B-림프구의 발달 및 기능적인 성숙연구에 사용된다. 흉선과 F낭은 닭이 성숙하면 줄어들고, 이후에 닭의 면역반응은 비장과 상피 림프절에 의존한다[27-28].

연속조명과 함께 폭염에 노출된 처리군 T2, 폭염에 노출됨과 동시에 폭염사료를 섭취한

T3-T5과 비교할 때 T1에서 숙주동물에게 유익한 *Lactobacillus*가 증가한 점은 유해한 *Escherichia*, *Salmonella*, Total aerobic bacteria 균수[29]가 감소한 점과 관련이 있는 것으로 볼 수 있다. *Lactobacillus*의 맹장 내 균총은 영양소와 장점막의 부착 부위에 대하여 잠재적인 병원체와 경쟁하고 있기 때문에 맹장 내 병원균 집단을 낮추며 *Escherichia*에 대하여 활성적인 물질 bacteriocin을 분비하며 유기산과 기타 미생물에 대한 기질을 생성한다. *Lactobacillus species*의 발효로 부터 생성된 대부분의 유기산은 젖산과 초산으로서 이러한 모든 기질은 병원균에 의한 장 균락화를 억압할 수 있다[29, 30-33]. T1에서 나타난 맹장 *Escherichia*, *Salmonella*, Total aerobic bacteria 균수가 유의하게 낮아진 이유는 바로 이러한 기전의 일부라고 생각할 수 있다. 닭에서 *Salmonella* 균락화의 주요 장소는 맹장이며 *Salmonella*는 병아리에서 설사 및 심각한 체중손실과 같은 살모넬라 감염증을 일으킨다는 점은 널리 알려져 있는 사실이다. 소화관에서 미생물의 중요성은 장 상피세포에 필요한 에너지를 공급해주는 발효산물의 합성에 있어서 장 미생물의 역할, 소화관 면역체계의 자극, 비타민 K의 합성 그리고 외인성 병원성 세균의 균락화에 대한 저항성을 나타내는 것이다[34]. 본 연구결과 연속조명과 함께 부여된 폭염 스트레스가 브로일러의 맹장에서 이익이 되지 않거나 또는 유해한 병원체 *Escherichia*, *Salmonella*, Total aerobic bacteria의 증식을 자극하는 사실을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구결과는 폭염 환경하에서 일반음수 및 연속조명과 함께 대두유, 당밀, 메치오닌, 라이신 및 비타민 C를 이용하여 제조한 폭염사료를 급여하여 브로일러의 성장능력을 조사하였다. 그 결과 폭염에 노출되었을 때 폭염사료를 급여하더라도 일반음수 공급과 함께 동반되는 연속조명은 환경온도 및 체열 증가를 가중시킬 수 있기 때문에 폭염 스트레스에 대한 부가적인 원인으로 작용하여 브로일러의 성장능력에 도움이 되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 폭염에 대처할 수 있는 유용한 원료를 함유하는 폭염사료 개발과 함께 점등조절 및 냉각수 도입에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2011년도 농촌진흥청 아젠다 사업에 의해서 지원되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Z. Y. Niu, F. Z. Ilu, and Q. I. Yan, Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress, *Poult. Sci*, 88, 2101 (2009).
2. E. Austic, and M. C. Nesheim, Poultry production, Philadelphia, London. (1990).
3. Y. Han, M. H. Zhang, X. I. Zuo, C. F. Zhao, J. H. Feng, and C. Cheng, Effect of acute heat stress on calcium concentration, proliferation, cell cycle, and interleukin-2 production in splenic lymphocytes from broiler chickens, *Poult. Sci*, 89, 2063 (2010).
4. M. A. Cooper, and K. W. Washburn, The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress, *Poult. Sci*, 77, 237 (1998).
5. A. Donkoh, Ambient temperature: a factor affecting performance and physiological response of broiler chickens, *Int. J. Biometeorol*, 32, 259 (1989).
6. K. W. Washburn, R. Peavey, and G. M. Renwick, Relation of strain variation and feed restriction to variation in blood pressure response to heat stress, *Poult. Sci*, 59, 2586 (1980).
7. W. M. Quinteiro-Filho, A. Ribeiro, V. Ferraz-de-Paula, M. L. Pinheiro, M. Sakai, L. R. Sá, A. J. Ferreira, and J. Palermo-Neto, Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens, *Poult. Sci*, 89, 1905 (2011).
8. Y. O. Suk, and K. W. Washburn, Effect of environment on growth, efficiency of feed utilization, carcass fatness, and their association, *Poult. Sci*, 74, 285 (1995).
9. J. W. Deaton, F. N. Reece, B. D. Lott, L. F. Kubena and J. D. May, The efficiency of cooling broilers in summer as measured by growth and feed utilization, *Poult. Sci*, 51, 69 (1972).
10. S. Leeson, and J. D. Summers, Commercial poultry nutrition. University books. Guelph. Ontario. NIH 6N8. Canada. (1991).
11. Scot PIL training manual, Glasgow Univ. UK. (1994).
12. National Research Council, Nutrient Requirements of Poultry. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC. (1994).
13. S. O. Park, and B. S. Park, Effect of feeding the high levels of microcapsulated inulin on egg and blood lipid profile in laying hens, *J. of Korean Oil Chemist's Soc*, 29, 214 (2012).
14. SAS, SAS/STAT User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC. (2004).
15. Y. Guo, G. Zhang, J. Yuan, and W. Nie, Effect of source and level of magnesium and vitamin E on prevention of hepatic

- peroxidation and oxidative deterioration of broiler meat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 107, 143 (2003).
16. R. E. Austic, Feeding poultry in hot and cold climates. Pages 123–136 in *Stress physiology in livestock*. Vol. 3. M. K. Yousef, ed. CRC press. Boca Raton. FL. (1985).
 17. P. A. Geraert, J. C. F. Padilha, and S. Guillaumin, Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chicks: Growth performance, body composition and energy retention, *Br. J. Nutr.*, 63, 1697 (1996).
 18. J. W. Deaton, F. N. Reece, J. L. McNaughton, and B. D. Lott, Effect of light intensity and low-level intermittent lighting on broiler performance during a high density limited-area brooding period, *Poult. Sci.*, 60, 2385 (1981).
 19. E. J. Apeldoorn, J. W. Schrama, M. M. Mashaly, and H. K. Parmentier, Effect of melatonin and lighting schedule on energy metabolism in broiler chickens, *Poult. Sci.*, 78, 223 (1999).
 20. J. L. Campo, M. G. Gil, S. G. Dávila, and I. Muñoz, Effect of lighting stress on fluctuating asymmetry, heterophil-to-lymphocyte ratio, and tonic immobility duration in eleven breeds of chickens, *Poult. Sci.*, 86, 37 (2007).
 21. J. O. Mumma, J. P. Thaxton, Y. Vizzier-Thaxton, and W. L. Dodson, Physiological stress in laying hens, *Poult. Sci.*, 85, 761 (2006).
 22. J. R. Bartlett, and M. O. Smith, Effect of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress, *Poult. Sci.*, 82, 1580 (2003).
 23. S. Singh, H. Sodhi, and R. Kaur, Effects of dietary supplements of selenium, vitamin E or combination of the two on antibody response of broilers, *Br. Poult. Sci.*, 47, 714 (2006).
 24. S. O. Park, and B. S. Park, Effect of dietary inuloprebiotics on performance, serum immunoglobulin and caecal microflora in broiler chickens, *Kor. J. Organic Agric.*, 17, 539 (2009).
 25. D. A. Higgins, Physical and chemical properties of fowl immunoglobulins, *The Vet. Bull.*, 45, 139 (1975).
 25. J. Bienenstock, J. Gauldie, and D. Y. E. Perey, Synthesis of IgG, IgA, IgM by chicken tissues: Immunofluorescent and ¹⁴C amino acid incorporation studies, *The J. Immun.*, 111, 1112 (1973).
 26. Y. W. Wang, C. J. Field, and J. S. Sim, Dietary polyunsaturated fatty acids alter lymphocyte subset proportion and proliferation, serum immunoglobulin G concentration, and immune tissue development in chicks, *Poult. Sci.*, 79, 1742 (2000).
 27. B. Tizard, The avian antibody response, *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, 11, 2 (2002).
 28. S. Devaraj, S. Vega-Lopez, N. Kaul, F. Schonlau, P. Rohdewald, and I. Jialal, Supplementation with a pine bark extract rich in polyphenols increases plasma antioxidant capacity and alters the plasma lipoprotein profile, *Lipids*, 37, 931 (2002).
 29. G. R. Gibson, and X. Wang, Bifidogenic properties of different types of fructooligosaccharides, *Food Microbiol.*, 11, 491 (1994).
 30. G. R. Gibson, E. R. Bead, X. Wang, and J. H. Cummings, Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofluctose and inulin, *Gastroenterology*, 108, 975 (1995).
 31. J. Gong, R. J. Forster, H. Yu, J. R. Chambers, P. M. Sabour, R. Wheatcroft, and S. Chen, Diversity and phylogenetic analysis of bacteria in the mucosa of chicken ceca and comparison with bacteria in the cecal lumen, *FEMS Microbiol. Lett.*, 208, 1 (2002).
 32. Z. R. Xu, C. H. Hu, and M. O. Wang, Effects of fructooligosaccharide on conversion of L-tryptophan to skatole and

- indole by mixed populations of pig fecal bacteria, *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 48, 83 (2002).
33. M. R. Shakibaie, K. A. Jalilzadeh, and S. M. Yamakanamardi, Horizontal transfer of antibiotic resistance gene among gram negative bacteria in sewage and lake water and influence of some physico-chemical parameters of water on conjugation process, *J. Environ. Biol.*, 30, 45 (2009).