

## 폭염 하에서 음수 내 비타민 C와 트리메틸글리신 공급이 오리의 혈액 매개변수 및 생산성에 미치는 효과

강환구<sup>1</sup> · 박병성<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>국립축산과학원 가금과, <sup>2</sup>강원대학교 동물생명과학대학  
(2016년 5월 23일 접수; 2016년 7월 21일 수정; 2016년 8월 8일 채택)

### Effects of drinking water containing trimethyl glycine or ascorbic acid on growth performance and blood parameter in ducks under scorching heat wave

H.K. Kang<sup>1</sup> · B.S. Park<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>Division of Poultry Science, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-801, Korea

<sup>2</sup>College of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701

(Received May 23, 2016; Revised July 21, 2016; Accepted August 8, 2016)

**Abstract** : The objective of this study was to determine the effect of drinking water containing trimethyl glycine or ascorbic acid on growth performance and blood parameter profiles of duck exposed to scorching heat stress. A total of 480 ducks were randomly assigned to the following eight experiment groups for 42 days : control group C with general water, treatment group 1 (T1) with drinking water containing 100 ppm ascorbic acid, treatment group 2 (T2) with drinking water containing 200 ppm ascorbic acid, treatment group 3 (T3) with drinking water containing 300 ppm ascorbic acid, treatment group 4 (T4) with drinking water containing 400 ppm trimethyl glycine, treatment group 5 (T5) with drinking water containing 800 ppm trimethyl glycine, treatment group 6 (T6) with drinking water containing 1,200 ppm trimethyl glycine, treatment group 7 (T7) with electrolytes of KCl (0.5%) + NaHCO<sub>3</sub> (1.0%)+NaCl (0.5%). Our results revealed that the body weights and feed intakes of treatment groups, especially T3 and T6, were increased compared to the control group, where as the feed conversion ratios of treatment groups were decreased ( $p<0.05$ ). Blood levels of total cholesterol, triglyceride, LDL-C, glucose, AST, ALT and pH in treatment groups were lower compared to those in the control group ( $p<0.05$ ). Blood levels of red blood cell, platelets profiles, electrolyte and gas in treatment groups were higher compared to those of the control group ( $p<0.05$ ).

**Keywords** : Ascorbic acid, trimethyl glycine, blood parameter, growth performance, duck.

---

<sup>†</sup>Corresponding author  
(E-mail: bspark@kangwon.ac.kr)

## 1. 서론

기후변화로 인한 여름철 혹서기 폭염 스트레스는 신체의 스트레스 메카니즘을 활성화시켜서 동물복지를 위태롭게 하며 생산성을 떨어뜨린다[1]. 폭염 스트레스는 동물의 체중감소, 사료요구율 증가 및 희생을 초래하여 양계농가의 소득을 낮춘다[2]. 열 스트레스에 대한 동물의 항상성과 관련한 건강, 영양상태 및 생체 대사작용 활성화를 평가하기 위한 생체 표지자로서 혈액 프로파일의 측정은 대단히 중요하다[3-4]. 조류가 폭염 스트레스에 노출되면 적혈구와 혈소판 프로파일, 전해질 및 혈액가스 농도가 낮아지며, 체온상승을 방지하기 위하여 호흡을 통한 혈액으로부터 몸 밖으로 CO<sub>2</sub> 방출량이 증가하고 혈액 pH가 상승하면서 헐떡거리는 현상이 나타난다[5-7]. 혈액 pH가 알칼리성 또는 산성 쪽으로 기울게 되면 이온펌프와 ATP 합성에 포함된 효소를 경유하는 능동수송과 같은 생명에 필수적인 생물학적 과정이 영향 받을 수 있다. 또한, 폭염 스트레스를 받은 조류는 분과 소변에서 K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> 배설이 증가하며 전해질, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>와 Cl<sup>-</sup>은 산 염기균형, 삼투압 및 세포막 전위를 유지하는 데 있어서 중요하다[8].

폭염에 노출된 육계에서 사료 내 비타민 C를 첨가하여 급여해주면 생체 에너지대사 조절, 콜라겐의 생합성 및 심장과 혈관을 튼튼하게 해주어 열 스트레스를 낮출 수 있다[9, 10]. 열 스트레스 하에서 육계사료 내 비타민 C를 200-250 ppm 첨가 시 성장능력 개선[11], 및 신선한 음수 내 200-300 ppm 첨가로 육계의 성장능력을 개선[12]하였다는 보고가 있으나 오리에 대한 결과는 전무한 실정이다. 베타인은 3개의 소수성 메칠기(CH<sub>3</sub>)와 친수성 카르복실기(COOH)를 지니고 있는 양극성 화합물인 트리메칠글리신으로써 생체 내 콜린, 메치오닌 및 메칠기의 공여자로써 작용한다[13]. 트리메칠글리신은 단백질 합성과 에너지 대사에 관여하며 열 스트레스로 인한 동물의 피해를 완화시켜서 성장능력을 개선할 수 있는 것으로 알려져 있다[14]. 열 스트레스를 받은 동물에서 트리메칠글리신은 삼투압을 조절하여 탈수예방, 세포 내 수분유지, 에너지 절약 및 영양소의 생체 이용율을 높여서 성장능력을 돕는다[15]. 열 스트레스 하에서 육계사료 내 트리메칠글리신 800-1,000 ppm, 음수 내 0.05-0.2%

수준을 공급해주면 체중증가 및 체중이 감소한다는 상반된 결과가 있다[16]. 여름철 오리 산란계에게 트리메칠글리신 1.5% 함유사료를 급여해주면 산란성적을 개선한다는 보고가 있으며[17] 저자 등은 선행연구에서 혹서기 열 스트레스에 노출된 오리에서 트리메칠글리신을 포함하는 사료를 급여해주었을 때 혈액 프로파일의 항상성 유지 및 맹장의 짧은 사슬지방산 증가로 인한 스트레스 완화와 함께 생산성을 향상시킨다는 사실을 확인하였다[18-19]. 여름철 폭염에 노출된 오리가 사료를 섭취하면 영양소가 대사되는 과정에서 열 생산량을 높이고 체온상승을 더욱 가속화할 수 있기 때문에 음수를 통하여 첨가물질을 공급해주는 것이 바람직 할 수 있다. 따라서 본 연구는 열 스트레스에 노출된 오리에서 음수를 통한 서로 다른 수준의 비타민 C 또는 트리메칠글리신의 공급이 혈액 프로파일 및 생산성에 미치는 약리학적 메카니즘을 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 실험설계

Cherry valley (*Anas platyrhynchos*) 육용오리 640 마리를 경기도 양평에 소재하는 부화장으로 부터 공급받아서 8치리 4반복(반복 펜 5.2 m<sup>2</sup> 당 20마리)으로 완전임의배치 한 후 42일 간 사육하였다. 처리구는 C(대조군으로서 일반음수), T1(비타민 C 100 ppm을 포함하는 음수), T2(비타민 C 200 ppm을 포함하는 음수), T3(비타민 C 300 ppm을 포함하는 음수), T4(트리메칠글리신 400 ppm을 포함하는 음수), T5(트리메칠글리신 800 ppm을 포함하는 음수), T6(트리메칠글리신 1200 ppm을 포함하는 음수), T7(전해질 음수)으로 구분하였다.

### 2.2. 사양관리

동물 실험절차는 EEC Directive of 1986: 86/609/EEC에서 제시된 과학적이고 윤리적인 규정을 따랐으며 강원대학교 동물실험윤리위원회로부터 승인(KW-141027-1)을 얻었다. 실험사료는 한국가금사양표준에서 제시한 육용 오리의 영양소 요구량을 충족 또는 약간 초과하도록 제조하였으며 모든 영양소 함량을 동일하게 조절하였다(Table 1). 비타민 C (ascorbic acid 100%, Northeast pharmaceutical group Co., LTD, 중

Table 1. Formula and chemical composition of the experimental diet (%as-fed)

Ingredients	Starter (1-21 days)	Finisher (22-42 days)
Yellow corn grain	50.30	58.82
Soybean meal	33.50	18.00
Wheat	5.00	9.00
Tallow	4.00	5.00
Whole soybean	-	4.10
Fish meal	3.00	1.00
Betaine	-	-
Limestone	1.04	0.98
Dicalcium phosphate	0.83	0.70
Common salt	0.20	0.25
Mineral premix <sup>a</sup>	0.55	0.50
Vitamin premix <sup>b</sup>	0.80	0.60
L-Lysine	0.31	0.45
DL-Methionine	0.39	0.35
Threonine	-	0.11
Choline chloride (50%)	0.08	0.10
Tryptophan	-	0.04
Calculated composition		
ME, MJ/kg	13.38	13.38
Crude protein, %	22.99	18.51
Calcium, %	0.87	0.83
Available P, %	0.50	0.46
Lysine, %	1.41	1.12
Methionine, %	0.65	0.58

<sup>a</sup>Mineral mix supplied per kilogram diet: Mn, 110,000 mg; Zn, 100,000 mg; Fe, 40,000 mg; Se, 300 mg; Cu, 5,000 mg; I, 1,250 mg; Co, 250 mg.

<sup>b</sup>Vitamin mix supplied per kilogram diet: vitamin A, 10,000,000 IU; vitamin D<sub>3</sub>, 5,000,000 IU; vitamin E, 20,000 IU; vitamin K, 3,000 mg; vitamin B<sub>1</sub>, 2,000 mg; vitamin B<sub>2</sub>, 6,000 mg; vitamin B<sub>6</sub>, 3,000 mg; vitamin B<sub>12</sub>, 16,000 mg; pantothenic acid, 13,000 mg; folic acid, 1,500 mg; niacin, 50,000 mg; biotin, 100 mg.

국)는 각각 100, 200, 300 mg을 물 1000 ml에 용해하여 급여해주었다. 트리메칠글리신(트리메칠글리신 97% coated, beat-key, excentials, Netherland)은 각각 400, 800, 1200 mg을 물 1000 ml에 용해하여 급여해주었다. 전해질 음수는 선행연구에서 개발된 고온기 스트레스 저감 음수제(국립축산과학원 2014년 육계, KCl 0.5%+NaHCO<sub>3</sub> 1.0%+NaCl 0.5%)를 사용하였다. 자동으로 온도, 습도조절이 가능하도록 시설이 갖춰진 강원대학교 동물생명과학대학 양계사육실에서 오리 사육전기(1-21일) 동안에는 일반 환경(22-26°C) 조건으로 조절하여 사육하였다.

오리 사육후기(22-42일) 동안에는 인위적인 폭염 부여와 함께 사료를 무제한 급여함과 동시에 비타민 C 또는 트리메칠글리신을 포함하는 음수를 자유섭취할 수 있도록 공급하였다. 인위적인 폭염 부여(11:00-17:00, 33-43°C 자동조절, 상대습도 70%)가 끝난 후에는 일반환경 조건으로 변경해주었다. 모든 동물은 전체 사육기간 동안 연속조명을 실시하였다. 깔짚으로써 왕겨를 각 펜의 바닥 10 cm 높이로 깔아주었으며 양계사육실의 온도는 부화 3일까지는 33°C로 유지하였고 부화 후 3일 후부터는 주당 2~3°C씩 낮췄다. 실험기간 중 생산성 측정 변수로써 체중 증가량, 사료섭취량

및 사료요구율(사료섭취량/체중 증가량)을 조사하였다.

### 2.3. 혈액 지질, 혈당 및 간 기능 관련 효소

실험종료 전날 밤 12시부터 오리를 10시간 절식시킨 후 채혈하였다. 혈액 3 mL를 plain tubes (Greiner Co Ltd, Australia) 속으로 심장을 경유하여 각 조류로부터 얻었다. 혈액 시료를 4°C에서 20분간 3,000 rpm으로 원심분리하여 혈청을 분리하였다. -196°C의 액체질소에서 급속동결 한 다음 생화학적 분석 시까지 -20°C에서 보관하였다. 혈액 중성지방(triglyceride), 총콜레스테롤(total cholesterol), 고밀도지질단백질(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C), 저밀도지질단백질(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C), 혈당 및 간 기능효소 AST (aspartate aminotransferase), ALT (alanine aminotransferase)는 Diagnostic kit (Sigma chemical Co., St, Louis, MO, USA)를 이용하여 자동분석장치(Hitachi 917, Japan)에 의해서 측정하였다.

### 2.4. 혈액학적 지표, 전해질 및 가스

혈액학적 지표는 자동분석기(automated blood cell counter, Forcyte, Oxford science, USA)를 이용하여 RBC (total red blood cell counts), HCT (hematocrit), HGB (hemoglobin), MCV (mean corpuscular volume), MCHC (mean corpuscular hemoglobin concentration), RDW (red cell distribution width), PLT (platelet count), PCT (plateletcrit), MPV (mean platelet volume)를 측정하였고, 혈액 전해질(VetScan i-STAT 1 handheld analyzer, Abaxis, USA)과 혈액 가스(RAPIDChem 744/754 blood gas analyzers, Simens, USA)를 측정하였다.

### 2.5. 통계 처리

얻어진 모든 자료에 대한 통계적 분석은 SPSS/Windows 21.0 (statistical package for the social science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 처리구에서 나타난 평균값에 대하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 던칸의 다중검정법으로 95% 신뢰수준에서 자료의 통계적인 유의차( $p < 0.05$ )를 검증하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 생산성 변화

42일 체중, 사료섭취량은 폭염 대조군 C와 비교할 때 T7을 제외한 처리군이 높았으며 특히 T3, T6에서 체중은 각각 272 g(9.58%), 258 g(9.06%), 사료섭취량은 각각 282 g(4.86%), 267 g(4.605) 유의하게 높았다. 사료요구율은 처리군이 폭염대조군에 비해서 4.48%까지 유의하게 낮은 결과를 나타냈다( $p < 0.05$ , Table 1). 열 스트레스를 받은 육계에게 음수 내 비타민 C[12] 또는 트리메틸글리신을 공급해주면 성장능력을 개선할 수 있었다[16]는 보고는 본 결과와 경향을 같이한다. 트리메틸글리신은 메틸기 공여체로서 열 스트레스로 인한 탈수현상을 보이는 동물에서 삼투압 조절 기능에 효과적이며 열 스트레스를 완화하여 생산성을 높일 수 있음이 리뷰되었다[20]

### 3.2. 혈액 지질, 혈당 및 간 기능 관련 효소

혈액 HDL-C를 제외한 총콜레스테롤, 중성지방, LDL-C, 혈당, 간기능 관련효소 AST, ALT 수준은 폭염 대조군 C와 비교할 때 처리군이 낮았으며, 특히 T3, T6에서 각각 혈당 9.57, 8.33%, AST 59.03, 43.80%, ALT 39.86, 24.84% 낮아지는 점( $p < 0.05$ , Table 2, Fig. 1)을 관찰하였다. 처리군에서 혈액 중성지방과 혈당이 낮아진 이유는 열 스트레스로 사료섭취량이 떨어졌고 그에 따른 부족한 에너지를 채워주기 위한 생체 대사적 에너지가 활성화됨으로써 혈액지질과 혈당이 낮아졌다는 보고는 본 결과를 지지해준다[21, 22]. 고온환경에 노출된 브로일러에게 비타민 C의 공급은 에너지 대사와 관련한 간 기능효소 ALT, AST의 일정한 수준 유지를 경유하여 열 스트레스를 완화하는 것으로 보고되었다[23]. 폭염에 노출된 오리에서 비타민 C 또는 트리메틸글리신을 포함하는 음수의 공급이 혈액 지질과 혈당을 떨어뜨렸다는 사실은 간에서 콜레스테롤 생합성 효소, 3hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A (HMG-COA)의 역가를 낮춤과 동시에 콜레스테롤의 재합성을 억제하는 담즙산 분해에 기인하여 혈액 지질 감소를 나타낸 것으로 볼 수 있다[24]. 결과는 폭염에 노출된 오리에게 비타민 C 또는 트리메틸글리신을 포함하는 음수를 공급해 줄 경우 혈액 지질 및 에너지 대사에 도움을 주어 폭염 스트레스를 완화하는데 도움이

Table 2. Effect of feeding drinking water containing vitamin C or trimethylglycine on growth performance in meat duck under scorching heat wave

	Groups <sup>1</sup>								PSE <sup>2</sup>
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
Body weight (g)									
Initial	48.35	48.60	48.56	48.57	48.55	48.34	48.48	48.47	2.061
1-21 days	1,330	1,326	1,352	1,336	1,325	1,343	1,343	1,345	72.06
1-42 days	2,886 <sup>c</sup>	3,025 <sup>b</sup>	3,058 <sup>b</sup>	3,158 <sup>a</sup>	3,034 <sup>b</sup>	3,061 <sup>b</sup>	3,144 <sup>a</sup>	3,008 <sup>b</sup>	125.8
Body weight gain (g)									
1-21 days	1,282	1,277	1,303	1,287	1,276	1,294	1,295	1,296	6.072
1-42 days	2,838 <sup>c</sup>	2,977 <sup>b</sup>	3,009 <sup>b</sup>	3,110 <sup>a</sup>	2,985 <sup>b</sup>	3,013 <sup>b</sup>	3,095 <sup>a</sup>	2,960 <sup>b</sup>	17.27
Feed intakes (g)									
1-21 days	1,849	1,830	1,860	1,859	1,843	1,852	1,853	1,848	81.57
22-42 days	3,990 <sup>b</sup>	4,173 <sup>a</sup>	4,158 <sup>a</sup>	4,225 <sup>a</sup>	4,183 <sup>a</sup>	4,156 <sup>a</sup>	4,210 <sup>a</sup>	4,167 <sup>a</sup>	155.7
1-42 days	5,802 <sup>b</sup>	6,002 <sup>a</sup>	6,018 <sup>a</sup>	6,084 <sup>a</sup>	6,024 <sup>a</sup>	6,008 <sup>a</sup>	6,069 <sup>a</sup>	6,015 <sup>a</sup>	218.2
FCR <sup>3</sup>									
1-21 days	1.39 <sup>a</sup>	1.38 <sup>ab</sup>	1.38 <sup>ab</sup>	1.39 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>	1.38 <sup>ab</sup>	1.38 <sup>ab</sup>	1.37 <sup>b</sup>	0.041
1-42 days	2.01 <sup>a</sup>	1.98 <sup>c</sup>	1.97 <sup>d</sup>	1.92 <sup>e</sup>	1.98 <sup>c</sup>	1.96 <sup>e</sup>	1.93 <sup>f</sup>	2.00 <sup>b</sup>	0.106

<sup>1</sup>C: control group with general water, T1: treatment group with drinking water containing 100 ppm ascorbic acid, T2: treatment group with drinking water containing 200 ppm ascorbic acid, T3: treatment group with drinking water containing 300 ppm ascorbic acid, T4: treatment group with drinking water containing 400 ppm trimethyl glycine, T5: treatment group with drinking water containing 800 ppm trimethyl glycine, T6: treatment group with drinking water containing 1200 ppm trimethyl glycine, T7: treatment group with electrolytes of KCl(0.5%)+NaHCO<sub>3</sub>(1.0%)+NaCl(0.5%); <sup>2</sup>pooled standard errors; <sup>3</sup>feed conversion ratio; <sup>a,b,c,d,e</sup>( $p < 0.05$ ).

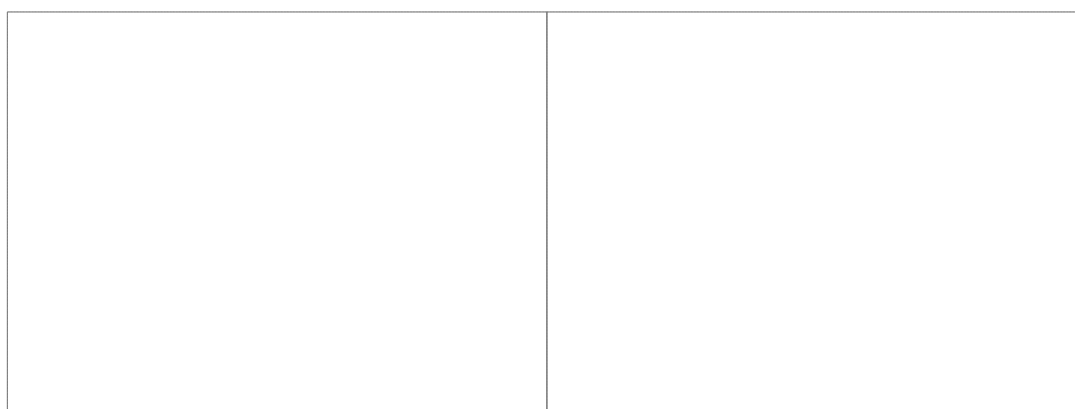


Fig. 1. % Decrease in AST and ALT by feeding drinking water containing vitamin C or trimethyl glycine water in meat duck under scorching heat wave.

될 수 있다는 점을 나타낸다.

### 3.3. 적혈구와 혈소판 프로파일

혈액 적혈구와 혈소판 프로파일 수준은 폭염 대조군 C와 비교할 때 처리군이 높았으며, 특히 T3, T6이 유의하게 가장 높은 경향을 보였다 ( $p < 0.05$ , Table 3). 본 연구의 결과는 열 스트레스에 노출된 오리에게 비타민 C와 트리메틸글리신을 포함하는 음수를 공급해주면 영양대사 불균형으로 발생하는 혈액학적 지표 감소를 예방해줌으로써 열 스트레스 피해를 완화시켜주는 것으로 나타났다. 열 스트레스에 노출된 동물에서 적혈구 손상, 적혈구 생산량의 감소 또는 적혈구 숫자와 크기의 감소에 기인하여 HCT가 낮아지는 것으로 보고되었다[25]. 정상적인 환경조건에서 인간과 동물의 생체 내 적혈구와 헤모글로빈의 감소는 철분 결핍성 빈혈을 일으키는 데 폭염 스트레스는 세포 밖으로 나오는 수분증발을 구성하는 혈장용적의 변화가 없어도 물 섭취증가로써 혈액 희석이 일어나고 궁극적으로 이들 숫치가 낮아질 수 있다[26].

### 3.4. 혈액 전해질 농도

혈액 전해질 농도는 폭염 대조군 C와 비교할 때 처리군이 유의하게 높은 경향을 나타냈다 ( $p < 0.05$ , Table 4). 특히 T3에서 Sodium ( $\text{Na}^+$ ), Potassium ( $\text{K}^+$ ), Chloride ( $\text{Cl}^-$ )는 각각 8.53, 34.47, 7.46%로써 가장 높은 농도를 유지하였다.

결과는 열 스트레스 하에서 오리에게 비타민 C와 트리메틸글리신을 포함하는 음수를 공급해주면 혈액 전해질을 일정하게 유지해줌으로써 삼투압을 조절하여 열 스트레스 저감효과를 기대할 수 있다는 점을 보여준다. 폭염 스트레스의 결과로서 가끔과 버펄로 소의 혈액 중  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  농도가 낮아졌으며[27], sodium-potassium ATP pump는 생체 에너지 대사 및 세포 내의 수분 균형 유지에 중요하고 트리메틸글리신에 의한 삼투압 조절은 세포증식을 촉진하는 것으로 보고되었다[28]. 폭염 스트레스 하에서 가끔은 혈액거름을 반복하는 개구호흡은 소변을 통한  $\text{K}^+$  손실을 증가시키고 혈액 전해질 균형이 파괴되면 가끔의 생산성이 낮아질 수 있다[29]. 폭염 스트레스로 체온이 상승함으로써  $\text{Na}^+$  농도가 낮아지며 세포막 침투성 변화에 기인하여 조직의  $\text{K}^+$ 가 혈액 속으로 나오는 혈액희석이 발생한다. 열 스트레스 후  $\text{K}^+$ 의 위치변경 현상이 약해지면 과잉의  $\text{K}^+$ 가 배설되어 혈액  $\text{K}^+$  농도는 정상으로 회복되거나 또는 낮아진다. 폭염 대조군에서 혈액  $\text{Cl}^-$ 이 감소한 점은 폭염 스트레스로서 알칼리 호흡으로 혈액 pH가 높아지고 혈액 pH를 정상화하기 위한 산성화 작용을 가속화하기 위해 체액에서 더 많은  $\text{Cl}^-$ 이 필요하기 때문으로 볼 수 있다[29].

### 3.5. 혈액 pH, 가스 농도

혈액 pH는 폭염 대조군 C와 비교할 때 T1, T7에서 차이가 없었음을 제외하면 처리군이 낮았

Table 3. Effect of feeding drinking water containing vitamin C or trimethylglycine on blood lipid profile, glucose, AST and ALT in meat duck under scorching heat wave under scorching heat wave

	Groups								
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	PSE
TC (mg/dL)	303.6 <sup>a</sup>	265.3 <sup>c</sup>	272.3 <sup>b</sup>	246.2 <sup>d</sup>	258.4 <sup>c</sup>	261.9 <sup>c</sup>	253.2 <sup>c</sup>	275.7 <sup>b</sup>	3.856
HDL-C (mg/dL)	75.39 <sup>e</sup>	88.95 <sup>d</sup>	89.45 <sup>d</sup>	120.0 <sup>a</sup>	93.60 <sup>c</sup>	95.68 <sup>c</sup>	102.9 <sup>b</sup>	76.64 <sup>c</sup>	2.797
TG (mg/dL)	141.5 <sup>a</sup>	105.7 <sup>c</sup>	100.7 <sup>d</sup>	79.15 <sup>e</sup>	112.3 <sup>c</sup>	115.2 <sup>c</sup>	83.18 <sup>e</sup>	136.0 <sup>b</sup>	4.370
LDL-C (mg/dL)	172.3 <sup>a</sup>	129.8 <sup>c</sup>	148.3 <sup>b</sup>	93.39 <sup>d</sup>	132.6 <sup>c</sup>	148.3 <sup>b</sup>	127.7 <sup>c</sup>	165.5 <sup>a</sup>	5.148
Glucose (mg/dL)	190.7 <sup>a</sup>	182.7 <sup>b</sup>	172.8 <sup>d</sup>	160.7 <sup>e</sup>	164.6 <sup>f</sup>	177.7 <sup>c</sup>	162.9 <sup>f</sup>	167.8 <sup>e</sup>	2.061
AST (IU/L)	86.00 <sup>a</sup>	45.33 <sup>d</sup>	44.33 <sup>d</sup>	35.23 <sup>e</sup>	51.33 <sup>c</sup>	42.67 <sup>d</sup>	48.33 <sup>c</sup>	78.33 <sup>b</sup>	3.550
ALT (IU/L)	47.67 <sup>a</sup>	41.33 <sup>c</sup>	37.83 <sup>d</sup>	28.67 <sup>f</sup>	44.17 <sup>b</sup>	33.67 <sup>e</sup>	35.83 <sup>e</sup>	43.83 <sup>b</sup>	1.253

a,b,c,d,e,f,g( $p < 0.05$ ).

Table 4. Effect of feeding drinking water containing vitamin C or trimethylglycine on red blood cell and platelet profile in meat duck under scorching heat wave under scorching heat wave

	Groups								
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	PSE
RBC									
HCT (%)	31.02 <sup>e</sup>	37.61 <sup>d</sup>	43.53 <sup>b</sup>	47.37 <sup>a</sup>	41.31 <sup>c</sup>	43.40 <sup>b</sup>	46.81 <sup>a</sup>	37.48 <sup>b</sup>	1.044
RBC (M/ $\mu$ L)	3.51 <sup>d</sup>	4.57 <sup>c</sup>	4.43 <sup>c</sup>	6.47 <sup>a</sup>	4.02 <sup>c</sup>	4.14 <sup>c</sup>	5.47 <sup>b</sup>	4.12 <sup>c</sup>	0.183
Hb (g/dL)	12.18 <sup>f</sup>	16.66 <sup>e</sup>	18.50 <sup>d</sup>	22.42 <sup>b</sup>	17.92 <sup>d</sup>	21.21 <sup>c</sup>	25.42 <sup>a</sup>	18.24 <sup>d</sup>	0.795
MCV (fL)	127.8 <sup>e</sup>	135.7 <sup>d</sup>	147.3 <sup>b</sup>	149.5 <sup>ab</sup>	140.1 <sup>c</sup>	141.3 <sup>c</sup>	150.9 <sup>a</sup>	140.3 <sup>c</sup>	1.721
MCHC(g/dL)	37.26 <sup>f</sup>	43.25 <sup>e</sup>	52.19 <sup>b</sup>	57.26 <sup>a</sup>	49.51 <sup>cd</sup>	51.16 <sup>bc</sup>	55.25 <sup>a</sup>	47.77 <sup>d</sup>	1.407
RDW (%)	4.31 <sup>e</sup>	5.48 <sup>d</sup>	6.35 <sup>c</sup>	8.02 <sup>a</sup>	6.05 <sup>c</sup>	6.71 <sup>c</sup>	7.77 <sup>b</sup>	5.50 <sup>d</sup>	0.257
Platelets									
PLT (K/ $\mu$ L)	24.28 <sup>g</sup>	35.69 <sup>f</sup>	38.25 <sup>e</sup>	47.33 <sup>b</sup>	42.06 <sup>d</sup>	44.37 <sup>c</sup>	50.13 <sup>a</sup>	37.37 <sup>e</sup>	1.594
PCT (%)	0.03 <sup>e</sup>	0.05 <sup>c</sup>	0.06 <sup>abc</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	0.05 <sup>bc</sup>	0.05 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.03 <sup>d</sup>	0.001
MPV (fL)	8.33 <sup>f</sup>	10.22 <sup>e</sup>	14.20 <sup>c</sup>	18.31 <sup>a</sup>	14.41 <sup>c</sup>	14.37 <sup>c</sup>	16.66 <sup>b</sup>	12.21 <sup>d</sup>	0.645

a,b,c,d,e,f(p&lt;0.05).

Table 5. Effect of feeding drinking water containing vitamin C or trimethylglycine on blood electrolytes in meat duck under scorching heat wave under scorching heat wave (mmol/L)

	Groups								
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	PSE
Sodium (Na <sup>+</sup> )	140.6 <sup>c</sup>	148.1 <sup>b</sup>	150.6 <sup>b</sup>	152.6 <sup>a</sup>	147.2 <sup>b</sup>	150.1 <sup>ab</sup>	150.2 <sup>b</sup>	140.5 <sup>c</sup>	7.070
Potassium (K <sup>+</sup> )	3.80 <sup>e</sup>	4.57 <sup>b</sup>	5.01 <sup>a</sup>	5.11 <sup>a</sup>	4.50 <sup>bc</sup>	4.37 <sup>c</sup>	4.55 <sup>b</sup>	4.19 <sup>d</sup>	0.093
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	107.2 <sup>b</sup>	113.4 <sup>a</sup>	114.2 <sup>a</sup>	115.2 <sup>a</sup>	113.4 <sup>a</sup>	115.2 <sup>a</sup>	114.6 <sup>a</sup>	113.3 <sup>a</sup>	5.610

a,b,c,d(p&lt;0.05).

으며 특히, 비타민 300 ppm(T3)이 가장 낮았으나, 이와 반대로 혈액 가스 농도는 유의하게 높았다(p<0.05, Table 5). 결과는 열 스트레스 하에서 오리에게 트리메틸글리신 800 ppm을 포함하는 사료를 오전, 오후로 구분하여 급여해주면 트리메틸글리신이 지닌 약리학적 기작을 경유하여 혈액 가스를 일정하게 유지해줌으로써 열 스트레스 저감효과를 기대할 수 있다는 점을 나타낸다. 열 스트레스가 육계의 혈액 pCO<sub>2</sub>를 낮추며 열 스트레스 동안 혈액 pCO<sub>2</sub>의 적정 수준 유지는 조류가 폐로부터 수분증발에 의한 체온을 낮추기 위해 헐떡거림으로 호흡기계를 경유하여 CO<sub>2</sub>를 연속적으로 제거하기 때문에 필수적이다[15, 25, 28].

#### 4. 결론

폭염에 노출된 오리에서 비타민 C 또는 트리메틸글리신을 함유하는 음수의 공급이 혈액 프로파일 및 생산성에 미치는 효과를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 출하 시 체중, 사료섭취량은 폭염 대조군과 비교할 때 처리군이 우수하였고 비타민 C 300 ppm 또는 트리메틸글리신 1200 ppm을 포함하는 음수군에서 높았으나 사료 요구율은 낮았다.

Table 6. Effect of feeding drinking water containing vitamin C or trimethylglycine on blood pH and gas concentration in meat duck under scorching heat wave under scorching heat wave

	Groups								
	C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	PSE
pH	7.43 <sup>a</sup>	7.41 <sup>ab</sup>	7.40 <sup>b</sup>	7.35 <sup>c</sup>	7.40 <sup>b</sup>	7.40 <sup>b</sup>	7.39 <sup>b</sup>	7.43 <sup>a</sup>	0.410
PCO <sub>2</sub> (mmHg)	41.72 <sup>d</sup>	45.78 <sup>c</sup>	49.01 <sup>a</sup>	49.27 <sup>a</sup>	48.21 <sup>ab</sup>	47.49 <sup>bc</sup>	47.07 <sup>bc</sup>	39.60 <sup>e</sup>	1.723
HCO <sub>3</sub> (mmol/L)	21.23 <sup>b</sup>	26.01 <sup>a</sup>	27.12 <sup>a</sup>	26.67 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	27.21 <sup>a</sup>	26.60 <sup>a</sup>	20.33 <sup>b</sup>	0.502
AnGap (mmol/L)	14.73 <sup>c</sup>	17.32 <sup>b</sup>	18.90 <sup>a</sup>	18.87 <sup>a</sup>	17.02 <sup>ab</sup>	17.88 <sup>b</sup>	18.47 <sup>a</sup>	14.73 <sup>c</sup>	0.379
TCO <sub>2</sub> (mmol/L)	21.50 <sup>d</sup>	27.65 <sup>b</sup>	29.40 <sup>a</sup>	29.37 <sup>a</sup>	29.01 <sup>a</sup>	26.55 <sup>c</sup>	28.27 <sup>a</sup>	21.53 <sup>d</sup>	0.711

<sup>a,b,c,d</sup>( $p < 0.05$ ).

2. 혈액 HDL-C를 제외한 총콜레스테롤, 중성 지방, LDL-C, 혈당, AST, ALT 수준은 폭염 대조군과 비교할 때 비타민 C 300 ppm 또는 트리메틸글리신 1200 ppm을 포함하는 음수군이 낮았다.
3. 혈액 적혈구와 혈소판 프로파일 수준은 폭염 대조군과 비교할 때 비타민 C 300 ppm 또는 트리메틸글리신 1200 ppm을 포함하는 음수군이 높았다.
4. 혈액 전해질 농도는 폭염 대조군과 비교할 때 비타민 C 300 ppm 또는 트리메틸글리신 1200 ppm을 포함하는 음수군이 높았다.
5. 혈액 pH는 폭염 대조군과 비교할 때 비타민 300 ppm 또는 트리메틸글리신 1200 ppm을 포함하는 음수군이 낮았으나 이와 반대로 혈액 가스 농도는 높게 나타났다.

본 연구결과는 혹서기 폭염 스트레스에 노출된 오리에게 비타민 C 300 ppm, 또는 트리메틸글리신 1200 ppm을 포함하는 음수를 공급해준다면, 혈액 내 생화학적 변수의 조절과 관련한 시험물질의 약리학적 메카니즘으로 폭염 스트레스를 완화하여 생산성을 개선할 수 있음을 나타낸다.

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 2015년 아젠다사업 (PJ010088) 지원 및 2015년도 강원대학교 대학

회계 학술연구조성비로 연구하였음(관리번호 -120140240).

### References

1. S. Sharma, K. Ramesh, I. Hyder, S. Uniyal, V. P. Yadav, R.P. Panda, V.P. Maurya, G. Singh, P. Kumar, A. Mitra, and M. Sarkar, Effect of melatonin administration on thyroid hormones, cortisol and expression profile of heat shock proteins in goats (*Caprahircus*) exposed to heat stress, *Small Ruminant Res*, 112, 216–223 (2013).
2. J. B. Gaughan, S. L. Bonner, I. Loxton, and T. L. Mader, Effects of chronic heat stress on plasma concentration of secreted heat shock protein 70 in growing feedlot cattle, *J. Anim. Sci*, 91, 120–129 (2013).
3. N.J. Dagher, Poultry production in hot climates, 2nd ed, CAB International, UK, (2008).
4. E. Habibu, N.M. Ikira, H.U. Buhari, T. Aluwong, M.U. Kawu, L.S. Yaqub, M. Tauheed, and H.I. Isa, Effect of molasses supplementation on live weight gain, haematologic parameters and erythrocyte osmotic fragility of broiler chickens in the hot-dry season, *Inter. J. Vet. Sci*, 3, 181–188 (2014).



5. M.H. Tamzil, R.R. Noor, P.S. Hardjosworo, W. Manalu, and C. Sumantri, Hematological response of chickens with different heat shock protein 70 genotypes to acute heat stress, *Int. J. Poul. Sci*, 13, 14–20 (2014).
6. S.A. Borges, A. Majorka, D.M. Hooge, and K.R. Cummingst, Physiological responses of broiler chickens to heat stress and dietary electrolyte balance(sodium plus potassium minus chloride, milliequivalents per kilogram, *Poult. Sci*, 83, 1551–1558 (2004).
7. M. Toyomizu, M. Tokuda, M. Ahmad, and Y. Akiba, Progressive alteration to core temperature, respiration and blood acid–base balance in broiler chickens exposed to acute heat stress, *Jpn. Poult. Sci*, 42, 110–118 (2005).
8. M.A.M. Sayed, and J. Downing, The effects of water replacement by oral rehydration fluids with or without betaine supplementation on performance, acid–base balance, and water retention of heat–stressed broiler chickens, *Poult. Sci*, 90, 157–167 (2011).
9. J. S Yoon, H. K. Kang, S. O. Park, B. S. Park, J. Hwangbo, O. S. Seo, H. S. Chae, H. C. Choi, and Y. H. Choi, Effects of inverse lighting and diet with soy oil on growth performance and short chain fatty acid of broiler exposed to extreme heat stress, *Korean J. Oil Chem*, 30, 127–138 (2013).
10. N. Boyera, L. Galey, and B. A. Bernard, Effect of vitamin C and its derivatives on collagen synthesis and cross–linking by normal human fibroblasts, *Int. J. Cosmet. Sci*, 20, 151–158 (1998).
11. K. Sahin, N. Sahin, and O. Kucuk, Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32 C), *Nutr. Res*, 23, 225–238 (2003).
12. I.T. Kadim, B.H.A. Al–Qamshui, O. Mahgoub, W. Al–Marzooqi, and E.H. Johnson, Effect of seasonal temperatures and ascorbic acid supplementation on performance of broiler chickens maintained in closed and open–sided houses, *Int. J. Poul. Sci*, 7, 655–660 (2008).
13. A.P. Del Vesco, E. Gasparino, D.O. Grieser, V. Zancanela, F.R.S. Gasparin, J. Constantin, and A.R. Oliveira Neto, Effects of methionine supplementation on the redox state of acute heat stress–exposed quails, *J. Anim. Sci*, 92, 806–815 (2014).
14. A. Ratriyanto, R. Mosenthin1, E. Baueri, and M. Eklund, Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals, *Asian–Aust. J. Anim. Sci*, 22, 1461–1476 (2009).
15. N. Mahmoudnia, and Y. Madani, Effect of betaine on performance and carcass composition of broiler chicken in warm weather–A review, *Int. J. Agri. Sci*, 2, 675 (2012).
16. A. Ratriyanto, R. Mosenthin1, E. Baueri, and M. Eklund, Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals, *Asian. Aust. J. Anim. Sci*, 22, 1461–1476 (2009).
17. A. L. Awad, H. N. Fahim, A. F. Ibrahim, and M. M. Beshara, Effect of dietary betaine supplementation on productive and reproductive performance of domyati duck under summer condition, *Egypt. Poult. Sci*, 34, 453–474 (2014).
18. J. Hwangbo, H.T. Bang, H.K. Kang, and B.S. Park, Effect of dietary betaine on short chain fatty acid and blood profile in meat duck exposed to extreme heat stress, *Korean J. Oil Chem*, 32, 394–404 (2015).
19. H.T. Bang, J. Hwangbo, H.K. Kang, and B.S. Park, Effect of different feeding times using a diet containing betaine on production, blood profile and a short chain fatty acid in meat ducks exposed to a scorching heat wave, *Korean J. Oil*

- Chem*, 32, 427-438 (2015).
20. S. Jung, Y.S. Bae, H.I. Yong, H.J. Lee, D.W. Seo, H.B. Park, J.H. Lee, and C. Jo, Proximate composition, and l-carnitine and betaine contents in meat from Korean indigenous chicken, *Asian. Aust. J. Anim. Sci*, 28, 1760-1766 (2015).
  21. S. O. Park, J. Hwangbo, B. S. Park, H. K. Kang, O. S. Seo, H. S. Chae, H. C. Choi, and Y. H. Choi, Effects of extreme heat stress and continuous lighting on growth performance and blood lipid in broiler chickens, *Korean J. Oil Chem*, 30, 78-87 (2013).
  22. J. S. Yoon, H. K. Kang, S. O. Park, B. S. Park, J. Hwangbo, O. S. Seo, H. S. Chae, H. C. Choi, and Y. H. Choi, Effects of inverse lighting and diet with soy oil on growth performance and short chain fatty acid of broiler exposed to extreme heat stress, *Korean J. Oil Chem*, 30, 127-138 (2013).
  23. J.S. McKee, P.C. Harrison, and G.L. Riskowski, Effects of supplemental ascorbic acid on the energy conversion of broiler chicks during heat stress and feed withdrawal, *Poult. Sci*, 76, 1278-1286 (1997).
  24. S. Yakhkeshi, S. Rahimi, and H.R. Hemati Matin1, Effects of Yarrow (*Achillea millefolium* L.), antibiotic and probiotic on performance, immune response, serum lipids and microbial population of broilers, *J. Agr. Sci. Tech*, 14, 799-810 (2012).
  25. P.E. Hilman, N.R. Scot, and A.V. Tienhoven, Physiological, responses and adaption to hot and cold environments, In stress physiology in livestock, Vol III Poultry (Ed Yousef, M.K). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 2-71 (1985).
  26. M.K. Turkyilmaz, Effect of stocking density on stress reaction in broiler chickens during summer, *Turk. J. Vet. Anim. Sci*, 32, 31-36 (2008).
  27. B. V. S. Kumar, G. Singh, and S. K. Meur, Effects of addition of electrolyte and ascorbic acid in feed during heat stress in buffaloes, *Asian-Aust. J. Anim. Sci*, 23, 880-888 (2010).
  28. I. Zulkifli, S. A. Mysahra, and L. Z. Jin, Dietary supplementation of betaine and response a high temperature stress in male broiler chickens, *Asian-Aust. J. Anim. Sci*, 17, 244-249 (2004).
  29. S. A. Borges, A. V. F. D. Silva, and A. Maiorka, Acid-base balance in broilers, *WPSA*, 63, 73-81 (2007).