한국가금학회지 제 39권 제 3호, 183~193 (2012)
Korean J. Poult. Sci. Vol.39, No.3, 183~193 (2012)
http://dx.doi.org/10.5536/KJPS.2012.39.3.183

폭염 시 육계 출하 전 전해질 급여가 닭고기 도체 및 혈액에 미치는 영향

채현석[1,†] · 최희철[1] · 나재천[1] · 김민지[1] · 강환구[1] · 김동욱[1] · 김지혁[1] · 조수현[1] · 이종언[1] · 김남영[1] · 최양호[2] · 박병성[3]

[1]농촌진흥청 국립축산과학원, [2]경상대학교 축산학과, [3]강원대학교 동물생명공학과

Effect of Electrolytic Material Feeding on Blood and Carcass Traits of Broiler under Intense Heat Condition in Summer

Hyun-Seok Chae[1,†], Hee Chul Choi[1], Jae Cheon Na[1], Min Ji Kim[1], Hwan Ku Kang[1], Dong Wook Kim[1], Ji Hyeok Kim[1], Soo Hyun Jo[1], Chong Eon Lee[1], Nam Young Kim[1], Yang Ho Choi[2] and Byong Sung Park[3]

[1]*National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea*
[2]*Department of Animal Science, Gyengsang National University, Jinju 660-701, Korea*
[3]*Department of Animal Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-722, Korea*

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of feeding the electrolytic materials on blood and carcass traits of broiler during transportation exposed under intense heat condition in summer. The broilers were selected on the day when the outside temperature was about 32℃ to provide heat stressed environment. Broilers reared for 33 d were selected and fed with the electrolytic materials ($NaHCO_3$, NaCl, KCl) for 2 days. Treatments were as follows; feeding the underground water for control, $NaHCO_3$ (1.0%) + NaCl (0.5%) for treament 1, KCl (0.5%) + NaCl (0.5%) for treatment 2, KCl (1.0%) + NaCl (0.5%) treatment 3, KCl (0.5%) + $NaHCO_3$ (1.0%) + NaCl (0.5%) for treatment 4 and KCl (1.0%) + $NaHCO_3$ (1.0%) + NaCl (0.5%) for treament 5. pH of chicken meat increased for treatments group of electrolytic material, especially, that of treatment 3 was highest when compared to the other treatments. The frequency rate (%) of 1^+ quality grade were 33.3, 60.0 and 83.3% at control, treatment 3, 4 and treatment 5, respectively. Occurrence rates of PSE were 50% for control and 13.3% for treatment 5. Corticosterone increased at the post-harvest period compared to the pre-harvest period of broiler and have small disparity between pre-and post-harvest only except treatment 3 when compared to control. pCO_2 partial pressure of blood at the pre-harvest period was low in all treatments by heat stress, the disparity value of control was high for control, and those of treatment 4 and 5 were low compared to other treatments.

(Key words : chicken meat, blood, electrolytic material, temperature, broiler, transportation)

서 론

20세기 지구의 평균 기온이 0.6℃ 상승으로 극지방 얼음의 40% 정도가 얇아졌고, 폭염과 폭풍의 기상 이변 및 지구의 사막화가 급속히 진행되고 있다. 우리나라의 경우 1900년대 초반보다 2000년의 겨울이 30일 정도 짧아졌고, 여름은 20일 정도 길어졌으며, 최근 들어 그 속도가 빨라지고 있다. 닭은 다른 포유동물과 달리 생리적으로 땀샘이 없기 때문에 체 표면으로부터 증발에 의해 열을 발산시킬 수가 없어서 과다한 열 발생은 오직 닭의 입을 통한 호흡으로 해소해야만 하기 때문에 더위에 무척 약한 편이다. 또한 고온시 육계는 더위를 이기기 위하여 입을 통해서만 호흡을 많이 하게 되는 데, 이 과정에서 CO_2가 다량 배출하는 과정에서 호흡성 알칼리 중독증이 일어나기 쉬워진다(Linsely and Burger, 1964). 지나친 더위는 닭들에게 강한 스트레스로 작용하여 폐사로 이어지기 때문에 농가에 경제적으로 많은 손실을 끼치게 된다. 닭에서 스트레스(stress)란 신체에 불리하게 작용할 수 있는 모든 외부 환경의 조건으로 그 요인은 기온, 습도, 사료의 질, 사육 밀도, 백신 투여, 구충, 소독, 이동, 소음, 기타 자극 등을 말한다. 닭이 스트레스를 받

† To whom correspondence should be addressed : 13008685a@korea.kr

으면 대응하는 주된 기관은 부신으로 부신 호르몬은 지방, 단백질, 탄수화물, 수분대사를 조절하나, 스트레스가 지속되면 체내 호르몬의 불균형을 초래한다(Licinio and Frost, 2000). 또한 닭이 고온 스트레스를 받게 되면 사료 섭취량의 감소뿐 아니라 질병에 대한 저항성도 낮아져 결국 폐사와 연결이 된다(Reece et al., 1972). 닭의 행동 습성으로는 물의 섭취량뿐 아니라 분뇨의 배설량도 증가하게 된다(Belay and Teeter, 1993). 닭고기 및 혈액 내의 무기물과 관련해서는 Na, Zn, Ca, Cu, K, Mg, Mn, Fe의 축적이 감소하게 된다(El Husseiny and Creger, 1981). 그래서 Murakami et al.(2001)은 고온기 때 닭의 최적 상태를 유지하기 위해서는 Cl^- 이온과 함께 Na^+, K^+을 공급해야 한다고 보고하고 있다. 닭이 최고기능을 발휘할 수 있는 온도는 18~25℃이며 산란계가 알을 잘 낳는 적온은 13℃이다. 육계의 경우도 병아리 때는 높은 온도에서도 잘 견디지만 성계가 될 경우 35℃ 이상 상승하게 되면 더위로 인한 쇠약 상태로 이어져, 고온 환경에 대해 적절한 대처를 하지 않으면 폐사에 이르게 된다. 연구자들에 의하면 닭의 고온 스트레스를 완화시키기 위해서 음수 및 사료 중에 NaCl을 추가(Teeter et al., 1985; Teeter and Smith, 1986)하거나 $NaHCO_3$와 같은 산-염기 조절 기능의 전해질 제재를 사료 및 음수에 첨가(Bottje and Harrison, 1985; Balnave and Gorman, 1993; Balnave and Muheereza, 1997; Hayat et al., 1999)하였다. Borges(1997)는 하절기 고온 스트레스를 감소시키는 효과가 있는 것으로 알려진 소금과 같은 전해질을 소개하고 있으며, Teeter (1977)는 Na^+, K^+ 그리고 Cl^- 등은 혈액이나 조직의 pH나 산염기의 균형에 관여하는 강력한 이온들로 소개하고 있다. 특히 혈액 내의 pH는 고온기 때 증가한다고 보고하고 있다(Deyhim and Teeter, 1991; Borges, 2001; Borges et al., 2003; Borges et al., 2007). 사료 내에 비타민 C, E (Njoku, 1986; Bollengier-Lee et al., 1998; Groff and Gropper, 2000; Puthpongsiripom et al., 2001)를 첨가시키거나 음수량을 조정(Squibb et al., 1959)하여 고온스트레스를 완하하려는 연구가 수행되었다. 육계 계열 업체에서도 여름철 폭염 피해를 예방하기 위하여 농가에서 출하 일령 및 출하 시간 등의 조절을 통하여 노력하고 있으나, 정확한 출하 관리 지침서 등이 없는 실정이다. 본 연구에서는 육계 출하 전 전해 물질을 급여한 다음 출하 시 고온 수송 스트레스를 격게한 후 닭의 혈액을 채취하고, 도계 후 닭고기 도체 특성을 조사하여 전해질 종류 및 급여 수준에 따라 혈액 및 도체 특성을 구명하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 설계

육계가 고온 수송 스트레스를 받을 수 있도록 출하시기를 외기 온도가 32℃ 정도의 날씨를 택하였고, 출하 2일전에 33일령된 Ross 품종의 육계를 공시하여 각처리별로 평사(2.86 m× 2.03 m)에 40수씩 3반복으로 배치하였다. 전해 물질($NaHCO_3$, NaCl, KCl) 급여는 대조구는 일반 음수(지하수)를 급여하였고, 처리 1은 $NaHCO_3$(1.0%)+NaCl(0.5%), 처리 2는 KCl(0.5%)+NaCl (0.5%), 처리3은 KCl(1.0%)+NaCl(0.5%), 처리 4는 KCl(0.5%)+ $NaHCO_3$(1.0%)+NaCl(0.5%), 처리 5는 KCl(1.0%)+$NaHCO_3$ (1.0%)+NaCl(0.5%)을 처리하여 출하 전 2일(48시간) 동안 음수로 급여하였다. 분뇨를 채취하기 위해서 별도의 다단계 케이지를 준비하여 처리별로 10수를 공시하였고, 처리별 케이지 바닥에는 분뇨를 받을 수 있는 받침대를 설치하여 분뇨를 받도록 하였으며, 평사 처리구와 같이 전해질을 급여하였다. 분뇨 채취는 시험이 완료된 시점에서 2일 동안 쌓인 분뇨를 수거하여 수분 및 일반 성분을 측정하였다. 호르몬 및 전해질 성분을 조사하기위하여 처리별로 임의로 선발하여 7수씩 혈액을 채취하였다. 혈액 채취를 마친 육계는 어리장이 설치된 수송차량에 적재하고, 외기 온도가 32℃ 되는 거리를 1시간은 정지하고, 1시간은 20키로 미만으로 서서히 움직이며 고온스트레스를 주었다. 수송이 완료된 육계는 하차하여 일부는 혈액을 채취하였고, 나머지는 도체의 특성을 측정하고자 도계장으로 이송하여 도축하였다. 도축된 닭고기 시료는 외관 조사를 통하여 닭고기의 외적 특성을 조사하였고, 도체의 가슴육의 표피를 제거하여 PSE육을 판정하고, 가슴육 시료 일부를 채취하여 pH를 측정하였다.

2. 조사 항목 및 조사 방법

1) 음수량 및 계분의 일반 성분 변화

음수량 측정은 각 처리별 평사에 50 L 음수통을 설치하여 급여량에서 잔량을 제외하고 계산하였다. 계분의 일반 성분 조사를 위하여 육계 출하 2일전 전해질을 급여하기 시작하면서부터 계분 받이를 설치하여 출하 직전에 각처리별로 계분을 회수하여 4반복으로 측정하였다. 계분의 일반 성분 분석은 AOAC(1994)의 방법에 따라 분석하였다. 수분은 105℃ 건조법을 사용하였고, 조단백질은 Kjeldahl 방법, 조지방은 Soxhlet 추출 방법, 조회분은 회화법을 사용하였다.

2) 도체의 pH 변화

pH는 도체심부 pH meter(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Ce-

liusstr, Germany)를 이용하여 가슴육에서 측정하였다.

3) 도체의 1^+ 등급 출현율

도체에 대한 품질 등급 판정은 농림수산식품고시(2011)의 "닭 도체의 등급판정" 기준에 근거한 평가로써 1^+ 등급은 외관 평가에서 날개, 등뼈, 가슴뼈 및 다리가 굽지 않고 좋은 외형과 피부병 등 질병의 흔적에 의해 도체 외관에 손상이 없어야 하며, 살붙임의 경우는 충분한 착육성을 지니며 특히 가슴과 다리에 고기의 부착이 잘 된 것이어야 한다. 신선도는 피부색이 좋고 광택이 있으며, 육질의 탄력성이 있어야하며, 외상은 피부가 상처로 인하여 노출된 살이 가슴과 다리부위에는 없어야 한다. 기타 부위는 노출된 살의 총면적의 지름이 2 cm를 초과하지 않고, 변색은 가벼운 상처나 멍, 피부의 변색은 허용하나 색이 분명한 것은 총면적에 대해 장축의 지름이 닭고기 중량이 13호(1,251~1,350 g) 미만은 가슴과 다리부위에서 1.5 cm를 초과해서는 않는 도체를 1^+ 등급의 닭고기로 평가하였다.

4) PSE 발생율

PSE(pale, soft, extractive) 육의 판정은 닭고기의 가슴살을 채취하여 표피를 제거한 후에 근육 부위에 대하여 육색이 창백(pale)하고, 흐물거리며(soft), 육즙이 삼출되기 쉬운(exudative) 닭고기로 유통 시에 육즙 손실이 많아 중량 감소가 많이 발생할 뿐 아니라, 조리 시와 가공품의 가공 공정에서도 육즙이 삼출되기 쉽고, 풍미 성분의 손실이 쉽기 때문에 식감도 좋지 않은 특징이 있다. 또한 2007년 축산시험연구보고서에 따라 명도(CIE) 값이 69 이상, pH가 5.8 이하일 경우를 PSE육이라 설정하였다. 상기에서 기술한 내용을 종합하여 닭고기 가슴육의 표피를 제거하고 근육에서 PSE육을 판정하였다.

5) 창상, 외상, 응혈

닭고기의 창상은 사육 과정에서 닭이 서로 싸우거나 승가하는 과정에서 발톱에 의해 피부가 긁힌 자국을 말하며, 외상은 닭 도체의 표피가 외부의 힘에 의해 찢겨진 상태를 말하고, 응혈은 외부 충격에 의해서 혈액이 표피 내에 고여 있는 상태를 말한다. 창상, 외상, 응혈의 측정은 장축의 길이가 1 cm 이상 있는 것을 측정하였다.

6) 혈액의 호르몬의 변화

혈액의 스트레스 관련 호르몬 측정에서 corticosterone 및 ACTH는 각 chicken-corticosterone(CORT) ELISA kit(Cusabio Biotech Co., LDT, China)와 chicken-adrencocorticotropic hormone(ACTH) ELISA kit(Cusabio Biotech Co., LDT, China)를 사용하여 ELISA(Spectramax190, USA)를 이용하여 분석하였다. Cortisol 측정은 cortisol 시약(Siements)을 사용하여 Advia Centaur XP 장비(Advia-2400, Germany)를 이용하여 분석하였다.

7) 혈액의 가스 분압 측정

육계의 출하 전·후 혈액의 가스 분압 측정은 출하 전·후에 heparin을 처리한 주사기로 육계의 익정맥에서 약 1 mL의 혈액을 채취하여 5℃에 보관 후 한 시간 이내에 blood gas analyzer(Corning 175, USA)로 pH, pCO_2, HCO_3^-를 분석하였다.

3. 통계 분석

실험에서 얻어진 모든 자료들의 통계 분석은 Statistical Analysis System(SAS Institute, 1998)의 General Linear Model (GLM) procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리구간에 유의성은 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)를 이용하여 95% 수준에서 검정하였다.

결 과

1. 음수량의 변화

전해질 물질 급여 종류 및 수준별 1일 음수량의 변화는 Table 1과 같이 일반 지하수만 급여한 대조구는 0.42 L인 반면 NaCl 및 $NaHCO_3$ 및 KCl을 혼합 처리한 처리 4구에서 0.45~0.50 L를 나타내어 전해질을 혼합 급여한 처리구에서 육계의 음수량 섭취가 약간 증가한 것으로 나타났다. Balnave and Gorman(1993)은 사료 중에 $NaHCO_3$를 첨가할 경우 음수 섭취가 증가하였다고 하였으며, Branton et al.(1986) 도 고온 조건에서 $NaHCO_3$를 0.6%를 음수에 투여하였더니 음

Table 1. Effects of dietary electrolytic material on water intake of broiler (L/head)

Items	C[1)]	T1[2)]	T2[3)]	T3[4)]	T4[5)]	T5[6)]
Water intake	0.42	0.42	0.40	0.47	0.50	0.45

[1)]C: Under ground water
[2)]T1: $NaHCO_3$ (1.0%) + NaC (0.5%)
[3)]T2: KCl (0.5%) + NaCl (0.5%)
[4)]T3: KCl (1.0%) + NaCl (0.5%)
[5)]T4: KCl (0.5%) + $NaHCO_3$ (1.0%) + NaCl (0.5%)
[6)]T5: KCl (1.0%) + $NaHCO_3$ (1.0%) + NaCl (0.5%)

수량이 증가하였다고 보고하였다. Teeter and Smith(1986)도 육계에 0.15% KCl의 음수 투여에서는 증체율의 개선 효과가 있었다고 보고하였는데, 이것도 전해질 급여에 따른 음수 섭취의 증가에 기인한 것으로 사료된다. Lee(1994) 도 고온 하에서 육계에 0.5% KCl 또는 0.39% NaCl을 급여하였을 때 음수 섭취량이 대조구에 비하여 68%, 35%가 증가하였다. Sayed and Downing(2011)은 육계를 32℃ 조건 하에서 $NaHCO_3$를 음수에 혼합하여 급여하였을 때 대조구에 비하여 8% 정도 음수 섭취량 증가를 나타내었다.

2. 육계 계분의 일반 성분 변화

출하 전 전해질을 급여한 육계 계분의 일반 성분의 변화는 Table 2에서와 같다. 일반 성분에서 수분 함량의 변화는 대조구에 비하여 전해질을 급여한 전처리구에서 계분 중에 수분 함량이 높은 경향을 나타내었다. 가장 높은 수분을 함유하고 있는 처리구는 KCl과 $NaHCO_3$를 각 1%와 NaCl 0.5%를 함유한 처리 5구에서 가장 높은 함량을 나타내었으며, KCl과 $NaHCO_3$를 각 0.5%와 NaCl 0.5%를 함유한 4 처리구가 다음을 차지하였다. KCl과 NaCl을 혼합 처리한 구에 비하여 $NaHCO_3$을 포함한 처리구에서 유의적의 높은 수분 함량을 나타내었다($p<0.05$). 조지방은 대조구에 비하여 전해질을 급여한 모든 처리구에서 낮은 함량을 나타내었다. 특히 4처리구에서 2.97%로 가장 낮은 함량을 나타내었고, 다음은 수분 함량이 가장 높은 처리 5구가 3.69%으로 대조구에 비하여 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($p<0.05$). 조단백질은 조지방과 같이 전해질 급여한 모든 처리구에서 대조구에 비하여 유의적으로 낮은 값을 나타내었고($p<0.05$), 특히 전해질 급여 수준이 가장 높은 처리 5구에서 가장 낮은 조단백질 함량을 나타내었는데, 이는 전해질을 급여함으로써 닭의 수분 섭취 증가에 따라 계분 중의 수분이 증가함으로 전체적으로 지방 및 단백질의 농도가 감소된 것으로 판단된다. Smith and Teeter(1987)도 닭의 고온 시 과호흡증에 의한 산-염기의 불균형을 해결하기 위하여 KCl 전해질 제재를 급여하였을 때 KCl의 급여 수준이 증가할수록 음수량이 증가하여 분뇨 중의 수분 함량도 증가한 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서도 상기에서와 같이 전해질을 급여한 처리구에서 음수량이 증가 함에 따라 분뇨 중에 수분 함량도 증가하였고, 반면에 지방 및 단백질 함량은 감소한 것으로 사료된다.

3. 도체 특성

1) pH 변화

전해질 급여에 따른 닭고기의 pH 변화는 Table 3과 같다. 대조구가 5.73을 나타내었고 전해질을 급여한 모든 처리구에서 대조구에 비하여 약간 높은 값을 나타내었으나, KCl (0.5, 1.0%)와 NaCl (0.5%)를 혼합 급여한 처리 2, 3구에서만 5.99, 6.07으로 대조구에 비하여 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). Teeters et al.(1985)은 육계에 고온 스트레스를 가한 후 다양한 전해질 제재를 급여한 결과, 도체가 아닌 혈액의 pH를 조사하였을 때 고온스트레스를 받아 panting을 하고 있는 육계의 경우 유의하게 증가하였으나 ($p<0.05$), 그러한 현상이 없는 육계는 증가하지 않았다고 보고하였다. Balnave and Gorman(1993)은 고온 스트레스를 받은 육계에 대하여 사료 내에 $NaHCO_3$를 첨가하였을 때 혈액의 pH가 증가하였는데, 이는 $NaHCO_3$를 첨가가 수분 섭취량을 증가시켜 혈액 내 pH가 증가한 것으로 사료된다. 본 연구에서도 대조구를 포함한 모든 처리구에 고온 스트레스를 주었기 때문에 서로 비교해서 조사할 수는 없었으나, 전해질 처리한 처리 2, 3구의 도체내의 pH가 증가한 것은 비록 상기의 연구자들이 도체가 아닌 혈액에서 조사하였으나,

Table 2. Effects of dietary electrolytic material on feces component of broiler (%)

Items	Moisture	Crude lipid	Crude protein	Ash
C	82.11 ± 0.63^{d}	8.12 ± 0.50^{a}	2.10 ± 0.36^{a}	2.87 ± 0.11^{d}
T1	86.35 ± 0.96^{ab}	3.82 ± 0.87^{bc}	1.27 ± 0.30^{b}	2.93 ± 0.11^{cd}
T2	85.91 ± 0.50^{b}	4.04 ± 0.15^{b}	1.23 ± 0.15^{b}	3.11 ± 0.16^{bc}
T3	83.61 ± 0.73^{c}	7.65 ± 0.89^{a}	1.56 ± 0.24^{b}	2.82 ± 0.04^{d}
T4	86.98 ± 0.90^{ab}	2.97 ± 0.26^{c}	1.22 ± 0.08^{b}	3.22 ± 0.20^{b}
T5	87.13 ± 0.40^{a}	3.69 ± 0.37^{bc}	0.61 ± 0.08^{c}	3.53 ± 0.09^{a}

$^{a-d}$Means ± standard deviation in same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Effects of dietary electrolytic material on pH of chicken in broiler transportation under high-temperature condition

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
pH	5.73 ± 0.07[b]	5.76 ± 0.19[b]	5.99 ± 0.09[a]	6.07 ± 0.12[a]	5.86 ± 0.10[b]	5.84 ± 0.20[b]

[a,b]Means ± standard deviation in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

전해질 급여로 인하여 수분 섭취가 증가되었기 때문으로 사료된다.

2) 1^+ 품질 등급 출현율

전해질 급여에 따른 닭고기의 1^+ 품질 등급의 변화는 Table 4에서와 같다. 닭고기의 1^+등급 출현율은 대조구가 33.3%를 차지하였고, KCl과 $NaHCO_3$를 각 1%와 NaCl 0.5%를 함유한 처리 5구에서 83.3%로 대조구에 비하여 50.0% 이상 높은 품질을 나타내었다. 공통으로 들어간 NaCl을 제외하고 전해질(KCl, $NaHCO_3$)이 1.0% 이상 함유된 처리구(처리 3, 4, 5)에서 비교적 높은 닭고기 품질 등급을 나타내었다. Chae et al.(2010)은 육계 농가에서 출하 2일 전에 사료에 $NaHCO_3$를 1% 첨가시 대조구에 비하여 1^+ 품질 등급 출현율 10% 정도 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 전해질 급여 처리구에서 1^+ 품질 등급 출현율이 16.7~50.0%까지 증가하였고, 특히 처리 5구에서 높은 증가율을 나타내었다.

3) PSE 발생율

전해질 급여에 따른 닭고기의 PSE 변화는 Table 5와 같다. 닭고기의 PSE 발생율은 대조구가 50%를 차지하여 전해질을 급여한 처리구가 전체적으로 대조구에 비하여 낮은 값을 나타내었다. 특히 KCl과 $NaHCO_3$를 각각 1%와 NaCl 0.5%를 급여한 처리 5구에서 13.3%로 가장 낮은 PSE 발생율을 나타내었고 다른 처리구는 서로 비슷한 PSE 발생율을 나타내었다. 육계의 PSE 발생은 근육대사가 증가되는 여름철에 가장 많이 발생한다고 보고하고 있다(Northcutt et al., 1994; Back-strom and Kauffiman, 1995; McCurdy et al., 1996; D'Souza et al., 1998). PSE 발생은 골격근으로된 가슴육 및 다리 근육이 손상될 때 나타나는데, 특히 근육 단백질이 열 스트레스를 받음으로 PSE로 발전한다고 보고하고 있다(Thaxton and Puvadolpirod, 2000). Ahmad et al.(2006)은 열 스트레스를 받은 육계에 $NaHCO_3$, Na_2CO_3, Na_2SO_4의 전해질을 급여하였을 때 폐사율이 13.6~15.2%를 나타낸 반면에 대조구는 33.3%를 나타내었다고 보고하고 있는데, 이는 고온 스트레스 하에서 PSE와 같은 근육대사 이상으로 닭이 폐사에 이르지 않았나 사료된다. 본 연구에서도 전해질을 급여했을 때 대조구에 비하여 PSE 발생율이 전체적으로 감소하였고, 처리 5구와 같이 전해질을 충분히 급여한 처리구에서 가장 낮은 PSE 발생율을 나타낸 것으로 사료된다.

Table 4. Effects of dietary electrolytic material on 1^+ grading of chicken in broiler transportation under high-temperature condition (%)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
1^+ grading	33.3	50.0	56.7	60.0	60.0	83.3

Table 5. Effects of dietary electrolytic material on PSE of chicken in broiler transportation under high-temperature condition (%)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Slight	40.0	20.0	33.3	36.7	36.6	13.3
Serious	10.0	10.0	6.7	3.3	3.3	-
Total	50.0	30.0	40.0	40.0	40.0	13.3

4) 도체 품질

육계 출하 전 전해질 급여 후 고온 시 수송 후 도계한 닭고기의 도체 품질 변화는 Table 6과 같다. 닭고기의 창상은 대조구가 다리 부위에서 6.7%를 나타내었으나, $NaHCO_3$(1.0%)와 NaCl(0.5%)를 혼합 급여한 처리 1구만 등 부위에서 3.3%를 나타내었고, 다른 처리구에서는 창상이 나타나지 않았다. 외상도 대조구가 다리와 등 부위에서 3.3%를 나타낸 반면에 전해질 급여구 중에서 처리 1구에서만 3.3%를 나타내었다. 다른 처리구에서는 외상이 전혀 나타나지 않았다. 응혈은 닭을 포획 및 상차하는 과정과 수송 중에서 주로 발생하는데, 외부의 충격에 의해서 혈액이 고여있는 상태를 말하며, 응혈은 주로 날개 안쪽에서 나타난다. 응혈 발생율은 대조구가 23.3%를 나타내었고, 전해질 급여구는 3.3~16.7%를 나타내었다. 특히 KCl을 1.0% 이상 첨가한 처리 3, 5에서 가장 낮은 응혈 발생율을 나타내었다. 멍 및 외모 불량율은 대조구를 포함하여 모든 처리구에서 나타나지 않았다. Chae et al.(2010)은 육계에 $NaHCO_3$를 사료에 1% 첨가하였을 때 대

Table 6. Effects of dietary electrolytic material on appearances of chicken in broiler transportation under high-temperature condition (%)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Scratch	6.7 (legs)	3.3 (back)	–	–	–	–
Exposed flesh	3.3 (legs, back)	3.3 (back)	–	–	–	–
Blood clotting	23.3 (wings)	16.7 (wings)	10.0 (wings)	3.3 (wings)	10.0 (wings)	3.3 (wings)

※ There is no discoloration, bad appearance for all treatment.

조구에 비하여 닭고기 외부의 멍 발생율이 8% 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 상기의 연구 결과와 같이 멍 발생은 없었으나, 대조구에 비하여 창상, 외상, 응혈이 전체적으로 감소한 것으로 나타났다.

4. 혈액의 호르몬 변화

1) Corticosterone의 변화

전해질을 급여한 육계의 출하 전 및 출하 후 혈액의 호르몬 중에서 corticosterone의 변화는 Table 7과 같다. 출하 후 고온에서 수송 스트레스를 겪은 후에 corticosterone 함량은 대조구가 0.087 pg/mL로 가장 높은 값을 나타내었고, 전해질 급여군은 KCl과 NaCl를 혼합한 처리 3구를 제외하고 전체적으로 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다 (p<0.05). 출하 전·후의 corticosterone 함량의 차이는 대조구가 0.037 pg/mL를 나타내었으나, 전해질을 급여한 처리구는 처리 3(1.0% KCl + 0.5% NaCl)를 제외하고 전체적으로 낮은 차이 값을 나타내었다. 이는 전해질을 급여함으로 corticosterone 함량의 변화가 출하 전과 비교해서 출하 후 고온 스트레스 하에도 변화가 심하지 않는 것으로 평가되어 전해질 급여가 스트레스의 완화 효과가 있는 것을 나타났다. Bains (1995)은 닭이 스트레스를 받게 되면 부신에서 분비되는 corticosterone이 중요한 역할을 담당하게 되는데, 이 호르몬의 생성이 부족하게 되면 gluconeogenesis를 통한 에너지 생산이 멈추게 되어 결국은 폐사에 이르게 된다고 보고하였다. Thaxton and Puvadolpirod(2000)는 ACTH 주입 후 스트레스 반응을 살펴본 결과, 2시간 후에 혈장 corticosterone의 함량이 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 출하 전보다 출하 후에 전체적으로 증가하는 경향을 나타내었고, 대조구에 비하여는 0.01~0.04 pg/mL 감소하였다. 1% $NaHCO_3$와 0.5% NaCl를 음수 급여한 처리 1구에서 가장 낮은 값을 나타내었으나, 처리 3구를 제외하고는 전체적으로 대조구에 비하여 낮은 corticosterone 함량을 나타내었다.

2) ACTH의 변화

전해질을 급여한 육계의 출하 전 및 출하 후의 혈액의 호르몬 중에서 ACTH의 변화는 Table 8과 같다. 육계가 출하 후 수송 차량 위에서 고온 스트레스를 겪은 후에 ACTH 함량은 대조구가 0.062 pg/mL로 가장 높은 값을 나타내었고 전해질 급여군에서는 전체적으로 대조구보다 낮은 값을 나타내었다. 특히 처리 5구에서 0.010 pg/mL로 유의적으로 가장 낮은 값을 나타내었다(p<0.05). 출하 전·후의 ACTH 함량의 차이는 대조구가 0.062 pg/mL를 나타내었으나, 전해질을 급여한 처리구는 전체적으로 대조구에 비하여 낮은 차이 값을 나타내었다. 이는 corticosterone 변화와 같이 전해질을 급여함으로 육계가 고온 스트레스 하에도 ACTH 함량 변화가 그리 심하지 않는 것으로 평가되었다. 부신은 피질과 수질로 되어 있으며, 이러한 조직은 스트레스와 관련이 많다. 스트레스에 첫 반응은 부신수질이고, 다음으로 부신피질이 관여한다. 부신피질의 분비는 ACTH에 의해서 좌우된다(Brown and

Table 7. Effects of dietary electrolytic material on corticosterone of blood in broiler transportation under high-temperature condition (pg/mL)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Before transport	0.050 ± 0.009	0.044 ± 0.030	0.059 ± 0.005	0.038 ± 0.028	0.049 ± 0.013	0.045 ± 0.019
After transport	0.087 ± 0.001^{a}	0.053 ± 0.008^{b}	0.055 ± 0.014^{b}	0.084 ± 0.010^{a}	0.063 ± 0.017^{b}	0.062 ± 0.016^{b}
Gap	0.037	0.009	0.004	0.046	0.014	0.017

^{a,b}Means ± standard deviation in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 8. Effects of dietary electrolytic material on ACTH of blood in broiler transportation under high-temperature condition (pg/mL)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Before transport	0.005 ± 0.005	0.013 ± 0.023	0.028 ± 0.032	0.002 ± 0.001	0.001 ± 0.000	0.007 ± 0.009
After transport	0.067 ± 0.007^{a}	0.029 ± 0.034^{ab}	0.023 ± 0.016^{b}	0.050 ± 0.039^{ab}	0.019 ± 0.025^{b}	0.010 ± 0.012^{b}
Gap	0.062	0.016	0.005	0.048	0.018	0.003

^{a,b}Means ± standard deviation in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

Krygier, 1967; Flankel et al., 1966).

5. 혈액의 pH 및 가스 분압

1) pH의 변화

육계 혈액의 pH의 변화는 Table 9에서와 같다. 육계가 출하 전에는 대조구를 포함한 모든 처리구에서 7.25~7.34를 나타내었으나, 출하 후 수송 중 고온 스트레스 격은 이후에 채취한 혈액의 pH 변화는 7.34~7.41을 나타내어 전체적으로 약간 증가한 것으로 나타났으며, 특히 대조구가 7.41로 전해질을 급여한 처리구에 비하여 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다(p<0.05). 전해질을 혼합한 처리구에서는 7.32~7.35으로 큰 차이가 없었다. 출하 전·후의 차이에서도 대조구가 0.07을 나타낸 반면에 전해질을 3가지 이상 혼합한 처리 4와 처리 5에서는 출하 전과 후의 차이가 거의 없었다. 혈액 내의 pH는 고온 스트레스 받으면 더욱 증가한다고 보고하고 있다(Borges, 2001; Borges et al., 2003). Deyhim and Teeter (1991)는 고온 스트레스 환경 하에서 0.5% KCl을 음수 투여하였을 때 pH가 7.20을 나타내어 대조구의 pH와 7.30보다 저하되었음을 보고하였고, Ahmad et al.(2008)은 0.3%, 0.6% KCl을 육계에 급여하였을 pH가 7.38, 7.31을 나타내어 대조구 7.40에 비해 0.6% KCl 첨가구에서 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(p<0.05). 본 연구에서도 출하 후 대조구 7.30에 비하여 저하된 것으로 나타나, 비슷한 결과를 나타내었다.

2) pCO_2의 변화

육계 혈액의 출하 전·후의 pCO_2의 가스 분압의 변화는 Table 10과 같다. 육계가 출하 후 수송 중 고온 스트레스를 받은 후 pCO_2 가스 분압은 대조구가 42.07 mmHg을 나타내었으나, 전해질을 급여한 처리구에서는 KCl(0.5%)과 NaCl(0.5%)을 혼합한 처리 2구를 제외하고 대조구에 비하여 낮은 pCO_2 가스 분압을 나타내었다. 출하 전·후의 pCO_2 가스 분압의

Table 9. Effects of dietary electrolytic material on pH of blood in broiler transportation under high-temperature condition

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Before transport	7.34 ± 0.03^{a}	7.34 ± 0.04^{a}	7.26 ± 0.08^{b}	7.25 ± 0.04^{b}	7.33 ± 0.02^{a}	7.33 ± 0.03^{a}
After transport	7.41 ± 0.02^{a}	7.34 ± 0.06^{b}	7.34 ± 0.03^{b}	7.32 ± 0.05^{b}	7.35 ± 0.06^{b}	7.35 ± 0.03^{b}
Gap	0.07	-	0.08	0.07	0.02	0.02

^{a,b}Means ± standard deviation in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 10. Effects of dietary electrolytic material on pCO_2 of blood in broiler transportation under high-temperature condition (mmHg)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Before transport	47.47 ± 4.36^{ab}	46.69 ± 6.52^{abc}	47.97 ± 4.05^{a}	40.79 ± 5.73^{bc}	39.92 ± 7.63^{c}	41.44 ± 5.80^{abc}
After transport	42.07 ± 4.86^{ab}	41.59 ± 2.32^{ab}	43.24 ± 5.96^{a}	36.34 ± 2.50^{b}	39.63 ± 6.85^{ab}	39.86 ± 5.27^{ab}
Gap	−5.40	−5.10	−4.73	−4.45	−0.29	−1.58

$^{a-c}$Means ± standard deviation in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

차이는 대조구가 −5.40 mmHg으로 가장 높은 pCO_2 가스 분압 차이를 나타내었고, 전해질 급여구는 −0.29~−5.10 mmHg의 차이로 대조구에 비하여 보다 낮은 pCO_2 가스 분압의 차이를 나타내었다. 고온 스트레스에 의하여 육계가 헐떡거림으로 호흡성 alkalosis가 일어나고, 혈액 중의 pCO_2가 감소하고 pH가 증가하였다고 여러 연구자들이 보고하고 있다(Odam et al., 1982; Bottje et al., 1983; Bottje and Harrison, 1985; Teeter et al., 1985; Teeter and Smith, 1986). Deyhim and Teeter(1991)는 고온시 5주령 육계에 0.5% KCl을 음수 투여하였을 때 pCO_2가 51.5 mmHg을 나타내어 대조구 50.7 mmHg 보다 약간 증가하였다고 보고하고 있다. 본 연구에서도 출하후 대조구 42.07 mmHg에 비하여 0.5% KCl 처리구에서는 43.24 mmHg으로 약간 증가하여 상기의 연구자와 비슷한 결과를 나타내었으나, 1.0% KCl 처리구에서는 저하된 것으로 나타나 일정한 경향을 나타내지 않았다.

3) pO_2의 변화

육계 혈액의 출하 전·후의 pO_2의 가스 분압의 변화는 Table 11과 같다. 수송 중 고온 스트레스를 받은 후 육계의 pO_2 가스 분압 변화는 대조구가 34.29 mmHg을 나타내었고, 처리 4구가 37.14 mmHg으로 대조구에 비하여 약간 높았으나 유의적인 차이가 없었으며(P>0.05), 다른 전해질 급여구에서는 대조구와 같거나 약간씩 낮은 경향을 나타내었다. 출하 전·후의 pO_2 가스 분압의 차이는 대조구가 2.72 mmHg을 나타내었으나, 전해질 급여한 처리구에서는 처리 1구에서만 +4.15 mmHg의 차이를 나타내었고, 나머지 처리구에서는 −1.86 ~−10.24 mmHg을 나타내었다. 그 중에서 처리 3구가 가장 낮은 pO_2 가스 분압 차이를 나타내었다.

4) HCO_3^- 가스 분압의 변화

육계 혈액의 출하 전·후의 HCO_3^- 가스 분압의 변화는 Table 12와 같다. 육계가 출하 전에는 대조구가 27.23 mM/L이었고, 전해질 급여구는 18.44~26.84 mM/L로 대조구가 약간 높았으나, 출하 후에는 전체적으로 HCO_3^- 가스 분압이 낮아지는 경향을 나타내었으며, 전해질 급여구보다 대조구가 25.54 mM/L로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었다(p<0.05). 출하 전·후의 HCO_3^- 가스 분압의 차이도 전해질을 급여한 처리 1구를 제외하고, 전체적으로 대조구보다 차이가 크지 않았다. Bottje and Harrison(1985)은 출하 일령이 가까운 육계에게 고온 스트레스를 주었을 때 3시간 만에 혈액 내 HCO_3^-의 가스 분압이 감소하였다고 보고하였고, Staten and Harrison(1984)도 산란계를 고온 스트레스를 주어 헐떡거림 증상을 보인 후 혈액을 채취하였을 때 HCO_3^-의 가스 분압이 감소하였다고 보고하였다. Sayed and Downing(2011)도 고온 조건 하에서 육계에게 음수를 통하여 $NaHCO_3$를 급여하였을 때 27.0 mM/L을 나타낸 반면에, 물만 급여한 처리구에서는 27.9 mM/L을 나타내 HCO_3^- 가스 분압이 0.9 mM/L 정도 감소하는 결과를 나타내었다. 본 연구에서도 수송 중 고온 스트레스를 받은 출하 후가 출하 전보다 낮은 값을 나타내어 상기의 연구자와 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 11. Effects of dietary electrolytic material on pO_2 of blood in broiler transportation under high-temperature condition (mmHg)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Before transport	31.57 ± 13.96^{bc}	30.14 ± 5.70^{c}	36.29 ± 7.34^{abc}	42.71 ± 7.61^{a}	39.00 ± 7.82^{abc}	41.00 ± 3.74^{ab}
After transport	34.29 ± 7.65	34.29 ± 8.01	27.43 ± 10.47	32.47 ± 8.28	37.14 ± 7.10	34.29 ± 8.96
Gap	+2.72	+4.15	−8.86	−10.24	−1.86	−6.71

$^{a-c}$Means ± standard deviation in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 12. Effects of dietary electrolytic material on HCO_3^- of blood in broiler transportation under high-temperature condition (mM/L)

Items	C	T1	T2	T3	T4	T5
Before transport	27.23 ± 5.46^{a}	26.84 ± 1.71^{a}	22.94 ± 1.92^{b}	18.44 ± 1.66^{c}	23.07 ± 4.38^{b}	21.73 ± 2.16^{bc}
After transport	25.54 ± 2.46^{a}	22.49 ± 0.49^{b}	22.69 ± 1.67^{b}	18.31 ± 1.85^{c}	21.81 ± 2.67^{b}	21.44 ± 2.53^{b}
Gap	−1.69	−4.36	−0.26	−0.13	−1.25	−0.29

$^{a-c}$Means ± standard deviation in same column with different superscripts are significantly different (p<0.05).

적 요

본 연구는 육계 출하 2일 전부터 전해물질을 급여한 후 출하 직전에 혈액을 채취하고, 출하 시 고온 수송 스트레스를 받게 한 후 닭의 혈액을 채취하였으며, 도계 후 닭고기 도체 특성을 조사하여 전해질 종류($NaHCO_3$, KCl, NaCl) 및 급여수준에 따라 혈액 및 도체 특성을 구명하기 위하여 실시하였다. 음수량의 변화에서는 고온 하에서 육계를 출하시 대조구에 비하여 처리 2구를 제외하고 전해물질을 급여한 모든 처리구에서 약간씩 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히 처리 4구에서 음수량이 가장 높았다. 계분의 수분 함량은 처리 5구에서 87.13%로 가장 높은 수분량을 나타내었고 대조구에서 수분 함량이 가장 낮았다. 조지방과 조단백질은 대조구에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 닭고기 도체의 pH 변화는 대조구에 비하여 전해질을 급여한 모든 처리구에서 증가하였고, 특히 처리 3구에서 가장 높은 pH 값을 나타내었다. 닭고기 1^+ 등급 출현율은 대조구가 33.3%인 반면에 처리 3, 4구는 60%, 처리5구는 83.3%으로 고온 스트레스 하에서 전해질 물질을 충분히 급여함에 따라 닭고기 1^+ 등급 출현율을 증가시켰다. 닭고기의 PSE 발생율도 대조구는 50%를 나타내었으나, 처리 5구는 13.3%를 나타내어 매우 낮은 수준을 나타내었다. 육계를 출하 시 고온스트레스에 대한 육계의 혈액 중 corticosterone의 변화는 출하 전보다 출하 후 측정값이 상승하였으나, 처리 3구를 제외하고 대조구에 비하여 출하 전과 출하 후의 차이가 적은 것으로 나타났다. ACTH에 대한 변화에서도 출하 전보다 출하 후에 모든 처리구에서 상승하였으며, 출하 후에 처리 5구에서 가장 낮은 ACTH의 함량을 나타내었고, 출하 전·후 차이값도 가장 낮게 나타났다. 혈액의 pCO_2 분압은 출하 전보다 고온 스트레스를 받은 후 전체적으로 낮아졌으며, 출하 전·후의 차이값은 대조구에서 가장 높았고, 처리 4, 5구에서 대체적으로 낮은 차이 값을 나타내었다. 혈액의 pO_2 분압은 출하 전·후에서 처리별로 일정한 경향을 나타내지 않았다. 이상의 결과로 고온에서 육계 출하 시 수송 스트레스를 저하시키고 닭고기의 품질을 높이기 위하여 전해 물질($NaHCO_3$, NaCl, KCl)을 고루 혼합한 처리 4, 5구가 비교적 우수한 것으로 나타났다.

(색인어 : 닭고기, 혈액, 전해질, 온도, 육계, 수송)

인용문헌

Ahmad T, Khalid T, Muhtaq T, Mirza MA, Nadeem A, Babar ME, Ahmad G 2008 Effect of potassium chloride suplementation in drinking water on broiler performance under heat stress conditions. Poultry Sci 87:1276-1280.

Ahmad T, Mushtaq T, Mahr-Un-Nisa, Sarwar M, Hooge DM, Mirza MA 2006 Effect of different non-chloride sodium sources on the performance of heat-stressed broiler chickens. Br Poult Sci 47:249-256.

AOAC 1994 Official Methods of Analysis(16th ED.). Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.

Back-strom L, Kauffiman R 1995 The porcine stress syndrome: A review of genetics, environmental factors, and animal well-being implications. Agri-Practice 16(8):24-30.

Bains BS 1995 The role of vitamin C in stress management. Queensland Poultry Science Symposium. Volume 4.

Balnave D, Gorman I 1993 A role for sodium bicarbonate supplements for growing broilers at high temperatures. World's Poult Sci J 49:236-241.

Balnave D, Muheereza SK 1997 Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate. Poultry Sci 76:588-593.

Belay T, Teeter RG 1993 Broiler water balance and thermobalance during thermoneutral and high ambient temperature. Poultry Sci 72:116-125.

Bollengier-Lee S, Mitchell MA, Utomo DB, Williams PE, Whitehead CC 1998 Influence of high dietary vitamin E supplementation on egg production and plasma characteristics hens subjected to heat stress. Br Poult Sci 39: 106-112.

Borges SA 1997 Suplementacao de cloreto de potassio e bicarbonato de sodio para frangos de corte durante o verao. Dissertacao de mestrado UNESP Jaboticabal Brazil.

Borges SA 2001 Balanco eletrolitico e sua interrelacao com o equilibrio acido-base em frangos de corte submetidos a es-tresse calorico. Ph. D. Dissertation, University Estadual Paulista Brazil.

Borges SA, Fischer da Silva AV, Maiorka A 2007 Acid-base balance in broiler. Worlds Poult Sci J 63:73-81.

Borges SA, Silva AVFD, Ariki J, Hooge DM, Cummings KR 2003 Dietary electrolyte balance for broiler chickens exposed to thermoneutral or heat-stress environments. Poultry Sci 82:428-435.

Bottje WG, Harrison PC 1985 The effect of tap water, carbo-

nated water, sodium bicarbonate, and calcium chloride on blood acid-base balance in cockerels subjected to heat stress. Poultry Sci 64:107-113.

Bottje WG, Harrison PC, Grishaw D 1983 Effect of an acute heat stress of blood flow the artery of husband cockerels. Poultry Sci 62:386-1387.

Branton SL, Reece FN, Deaton JW 1986 Use of ammonium chloride and sodium bicarbonate in acute heat exposure of broilers. Poultry Sci 65:1659-1663.

Brown GW, Krygier JT 1967 Changing water temperatures in small mountain streams. J Soil Water Conserv 22:242-244.

Chae HS, Choi HC, Na JC, Jang A, Kim MJ, Bang HT, Kang HK, Kim DW, Seo OS, Park SB, Ham JS 2010 Effects of dietary buffer material for chicken meat grades and PSE incidence in broilers under transport heat stress. Korean J Poult Sci 37:131-137.

Deyhim F, Teeter RG 1991 Research note : Sodium and potassium chloride drinking water supplementation effects on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermoneutral and heat-distressed environments. Poultry Sci 70:2551-2553.

D'Souza DN, Dunshea FR, Warner RD, Seury BJ 1998 The effect of pre-slaughter handling and carcass processing rate post-slaughter on pork quality. Meat Sci 50:429-437.

Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1.

El Husseiny O, Creger CR 1981 Effect of ambient temperature on mineral retention and balance of the broiler chicks. Poultry Sci 60(Supplement 1):1651(Abstract).

Frankel AI, Graber JW, Nalbantov AV 1966 Adrenal function in adenohypophysectomized and intact cockerels. Exepta Med Int Cong Series 132:1104-1113.

Groff JL, Gropper SS 2000 Advanced Nutrition and Huriiaia Metabohin. Wadsworth Belmont CA 3rd ed. pp. 163-219.

Hayat J, Balnave D, Brake J 1999 Sodium bicarbonate and potassium bicarbonate supplements for broilers can cause poor performance at high temperatures. Br Poult Sci 40: 411-418.

Lee BD 1994 Effect of increased water intake on the alleviation of heat stress in chicken. Korean J Poult Sci 21:93-99.

Licinio J, Frost P 2000 The neuroimmune-endocrine axis: pathophysiological implications for the central nervous system cytokines and hypothalamus-pituitary-adrenal hormone dynamics. Braz J Med Biol Res 33:1141-1148.

Linsely JG, Burger RE 1964 Respiratory and cardiovascular responses in the hyperthermic domestic cock. Poultry Sci 43:291-305.

McCurdy RD, Barbut S, Quinton 1996 Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. Food Res Int 29:363-366.

Murakami AE, Rondon EOO, Martins EN, Pereira MS, Scapinello C 2001 Sodium and chloride requirements of growing broiler chickens (twenty-one to forty-two days of age) fed corn-soybean diets. Poultry Sci 80:289-294.

Njoku PC 1986 Effects of dietary ascorbic acid supplementation on the performance of broiler chickens in a tropical enviroment. Anim Food Sci Technol 16:17-24.

Northcutt JK, Foegeding EA, Edens FW 1994 Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. Poultry Sci 73:308-316.

Odam TW, Harrison PC, Maine B, Bottje WG 1982 Changes in blood acid-base balance and blood ionized calcium concentration of SCWL hens during an acute heat stress. Poultry Sci 61:1519(Abstract).

Puthpongsiripom U, Scheideler SE, Sell JL, Beck MM 2001 Effects of vitamin E and C supplementation on performance, *in vitro* lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. Poultry Sci 80:1190-1200.

Reece FN, Dearon JW, Kubena LF 1972 Effects of high temperature and humidity on heat prostration of broiler chickens. Poultry Sci 51:2021-2025.

SAS Institute 1998 SAS User's Guide Statestics. Version 9.1 ed SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sayed MAM, Downing J 2011 The effects of water replacement by oral rehydration fluids with or without betaine supplementation on perfomance, acid-base balance, and water retention of heat-stressed broiler chickens. Poultry Sci 90:157-167.

Smith MO, Teeter RG 1987 Effects of potassium chloride and fasting on broiler performance under simulated summer conditions. Anim Sci Res Rep Agric Exp Sta, Oklahoma State Univ Stillwater MP 119:161-164.

Squibb RL, Guzman MA, Scrimshaw NS 1959 Growth and blood constituents of immature New Hampshire fowl exposed to a constant temperature of 99°F for 7 days. Poultry Sci 38:220-221.

Staten FE, Harrison PC 1984 Renal compensation for high environmental temperature induced acidbase disturbances in SCWL hens. Poultry Sci 63:188(Abstract).

Teeter RG 1997 Balancing the electrolyte equation. Feed Mix 5:22-26.

Teeter RG, Smith MO 1986 High chronic ambient temperature stress effects on broiler acid-base balance and their response to supplemental ammonium chloride, potassium chloride, and potassium carbonate. Poultry Sci 65:1777-1781.

Teeter RG, Smith MO, Owens FN, Arp SC, Sangiah S, Breazile JE 1985 Chronic heat stress and respiratory alkalosis: occurrence and treatment in broiler chicks. Poultry Sci 64:1060-1064.

Thaxton JP, Puvadolpirod S 2000 Model of physiological stress in chickens 1. response parameters. Poultry Sci 79:363-369.

국립축산과학원 2007 축산시험연구보고서 제 1권 생명환경 부편.

농림수산식품고시 제 2011-171호 2011 제 4장 “닭도체 및 닭 부분육 등급판정”.

(접수: 2012. 7. 4, 수정: 2012. 8. 17, 채택: 2012. 8. 29)