

환경온도와 항생제 대체물질이 닭 가슴살의 품질에 미치는 영향

강근호 · 김상호* · 김지혁 · 강환구 · 김동욱 · 조수현 · 성필남 · 박범영 · 김동훈
농촌진흥청 국립축산과학원

Effects of Environmental Temperature and Antibiotic Substitute on Quality of Chicken Breast Meat

Geun-Ho Kang, Sang-Ho Kim*, Ji-Hyuk Kim, Hwan-Ku Kang, Dong-Wook Kim, Soo-Hyun Cho, Pil-Nam Seong, Beom-Young Park, and Dong-Hun Kim
National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-706, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of environmental temperature (ET; 21°C and 32°C) and antibiotic substitute conditions on meat quality of chicken breast during cold storage. Seven treatments were as follows; T1, ET 21°C + antibiotics (+); T2, ET 21°C + antibiotics (-); T3, ET 32°C + antibiotics (+); T4, ET 32°C + antibiotics (-); T5, ET 32°C + 0.1% *Lactobacillus*; T6, ET 32°C + 0.1% medicinal plant extract; T7, ET 32°C + 0.1% essential oil. T7 had a higher ($p<0.05$) pH at 72 h post-slaughter value when compared to the other treatments. The CIE b^* value of treatments at ET 32°C showed significantly ($p<0.05$) higher when compared to the treatments at 21°C. T7 also had significantly ($p<0.05$) lower TBARS values than the other treatments as the storage time increased. T6 contained significantly ($p<0.05$) higher extractability of salt-soluble protein contents than the other treatments. The results from SDS-PAGE showed that the actin protein decreased for ET treatments at 32°C. The concentration of actin protein was not significantly different among T1, T2 and T7. Therefore, these result suggested that the antibiotic alternative with essential oil was effective under the high environmental temperature (32°C) for chicken meat production.

Key words: chicken meat, environmental temperature, antibiotic substitute, *Lactobacillus*, essential oil

서 론

항생제는 가축의 질병예방, 치료 및 성장촉진에 효과적 인 것으로 밝혀지면서, 전 세계 많은 농가에서는 가축의 사료첨가제로 이용하게 되었다. 하지만, 최근 병원균들이 항생제에 대해 내성을 갖게 되고, 축산물 내 항생제 잔류 문제가 사회적으로 대두되면서 무절제한 항생제의 사용을 규제하기 위해 치료용 목적 외의 성장촉진용의 항생제는 법으로 축소 및 사용의 금지가 불가피하게 되었다. 실질적으로 EU에서는 2006년부터 가축사료 내 성장촉진용 항생제의 사용을 전면 금지하였으며, 국내에서도 2004년부터 항생제 등 항균물질 사용의 절감 방안이 추진되어 가축사료 내 허용 가능한 항생제의 종류가 53종에서 2009

년에는 14종으로 축소되었으며(국립수의과학검역원 고시 제2009-10호), 2012년에는 항생제 사용을 전면 금지할 예정이다.

이에 따라 안전축산물을 요구하는 소비자의 기대에 부응하기 위해 무항생제 축산물 생산을 위한 항생제 대체물질에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다. 그러나, 항생제를 사용하지 않고 축산물을 생산할 경우 생산성 저하 등의 문제가 발생하여 이러한 문제에 대해 시급히 대처하기 위하여 항생제 대체물질 탐색에 대해 관심이 고조되고 있는 실정이다.

육계에 있어서 환경온도 변화에 따른 연구는 사료 섭취율과 증체량과의 관계(Cooper and Washburn, 1998), 유전적 특성이 혈청학적 성상과 증체량 및 체온에 미치는 영향(Berrong and Washburn, 1998), 도체 처리시 박테리아 제거에 관한 연구(Boothe and Arnold, 2002) 등이 진행되었다. 상기의 연구들은 육계 사육시 환경온도 변화에 따른 생산성 및 위생적인 측면에서 다루어져 왔으며, 닭고기의 품질에 대한 연구 결과는 미미한 것으로 나타났다.

*Corresponding author : Sang-Ho Kim, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration, Suwon 441-706, Korea. Tel: 82-31-290-1684, Fax: 82-31-290-1697, E-mail: kangroot@korea.kr

반면, 육계에 있어서 항생제 대체재에 관한 연구로는 최근에 활발히 진행되고 있는 추세이다. 관련 국외 연구동향은 허브다당류 급여가 맹장미생물에 미치는 영향(Guo *et al.*, 2004), 효모 급여가 체 성장, 육질 및 장 점막 발달에 미치는 영향(Zhang *et al.*, 2005), 베타글루칸 급여가 대장균 제어에 미치는 영향(Huff *et al.*, 2006), 만난올리고당 급여가 소장과 맹장내 미생물의 우레아제 활성에 미치는 영향(Baurhoo *et al.*, 2007), 천연추출물의 소화율과 생산성 및 영양소 이용율에 관한 연구(Schiavone *et al.*, 2008) 등이 진행되고 있다.

또한 최근 육계에 있어서 항생제 대체재의 국내 연구동향은 천연 추출물(Kim *et al.*, 2007; Ko *et al.*, 2007; Woo *et al.*, 2007; Kwon *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2008) 및 유기산, 유산균, 생균제 등(Kim *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2009a)에 대해서 활발히 진행되고 있는 추세이다. 그러나, 항생제 대체재와 관련한 대부분의 연구들은 생산성 향상에 초점이 맞추어져 있으며, 닭고기의 품질에 관한 연구로는 항생제 대체물인 식물추출 혼합물의 급여가 계육의 산화 안전성에 미치는 영향(Jang *et al.*, 2008; Jung *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2009b) 정도로 미미한 실정이다.

이처럼 육계에 있어서 환경온도 및 항생제 대체물질의 생체내 이용성에 관한 연구는 많이 수행되어 왔으나, 생산물인 품질에 관한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 환경온도 및 항생제 대체재 급여가 저장 중 닭 가슴살의 pH, 육색, 지방산화도, 염용성 단백질 추출성 등 품질에 미치는 영향을 조사하여 기초 자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 시험에 사용된 유산균은 육계 맹장에서 분리한 10^7 CFU/g 수준의 *Lactobacillus reuteri avibro2*(DaeSung Microbiological Labs, Co., LTD, Korea)를 이용하였고, 국내산 약용식물(겨우살이, 녹차 및 인진쑈)은 건재상에서 건조·세절된 상태로 구입 후 3 mm로 분쇄하여 추출에 이용하였다. 분쇄된 시료는 증류수와 1:10(w/v)의 비율로 90°C 항온배양 진탕기(J-SIL-R, JISICO, Korea)에서 4시간 동안 중탕가열 후 원심분리(CR 21F, Hitachi, Japan)하고 상등액을 회수하여, 재차 원심분리된 상등액을 최종 추출물로 사용하였다. 식물추출물은 capsaicin, cinnamaldehyde 및 carvacrol을 주성분으로 하는 에센셜오일을 사용하였다(XTRACT 6930, Milae Co., LTD, Korea).

시험 동물 및 시험설계

1일령 Ross 육계 수평아리 270수를 공시하여 5처리, 3반복, 반복당 18수씩 배치하였다. 21일령에 처리구별 평균

체중에 해당하는 개체를 32수씩 선발하고, 16수씩 나누어 환경조절 계사로 이동 배치하였다. 이동 후 4일 동안 새로운 환경에 적응하게 하였으며, 25일령 부터 사육조건을 온도는 21°C와 32°C로 나누어 10일간 사육하였다(Table 1). 이때 상대습도는 모두 50%였다. 처리구 설정은 항생제 첨가구(virginiamycin 10 ppm + salinomycin 50 ppm)와 항생제 무첨가구를 대조구로 하였으며, 처리구는 유산균 0.1% 첨가구, 약용식물 추출물 100 ppm 첨가구 및 에센셜오일 100 ppm 첨가구로 두었다. 본 동물시험은 농촌진흥청 국립축산과학원의 동물실험계획서에 의거 동물보호법 및 축산원 동물시험윤리위원회에서 승인된 동물실험방법에 따라 수행하였다.

시험사료 및 사양 관리

시험사료는 NRC 사양표준(1994)에 근거하여 단백질과 에너지 함량을 동일하게 배합하였으며, 육계 전기(0-3주)와 육계 후기(3-5주) 사료로 나누어 공급하였다. 0-3주령까지는 대사에너지 3,100 Kcal/kg과 조단백 22%의 사료를 공급하였고, 3-5주령에는 대사에너지 3,100 Kcal/kg과 조단백 20%의 사료를 공급하였다(Table 2). 1-21일령까지는 철제 육추 케이지(0.9×10.55×0.45 m)로 이동시킨 후 케이지당 1수씩 사육하였다. 21일령부터 35일령까지 철제 대사 케이지(0.25×0.40×0.45 m)로 이동시킨 후 케이지당 1수씩 사육하였다. 사료 급여기 및 급수기의 숫자는 케이지별로 동일하게 배치하였다. 사양시험 전 기간 동안 사료와 물은 자유채식 및 음수 시켰으며, 점등은 24시간 종일 점등을 실시하였다.

시료채취

생체중의 평균 범위에 해당하는 개체를 처리구별로 10수씩 CO₂ 가스마취법에 의해 기절시킨 다음 닭 가슴살을 발골하여(처리구당 20개) 폴리에틸렌 재질(30×45 cm, Taehwa Latex. Co., Korea)에 함기포장하여 4°C의 냉장고에 보관하면서 사후 5, 24 및 72시간에 육질분석 시료로 사용하였다.

Table 1. Experimental design

Environmental temperature	Treatments	Management
21°C	Antibiotic (+) ¹⁾	1 d to finisher (35 d)
	Antibiotic (-)	
32°C	Antibiotic (+) ¹⁾	25 d to finisher (35 d) : 32°C
	Antibiotic (-)	
	0.1% Lactobacillus	
	0.1% Medicinal plant extract 0.1% Essential oil	

¹⁾Antibiotic (+), virginiamycin 10 ppm + salinomycin 50 ppm.

Table 2. Formula and chemical composition (%) of the basal diet

Item	Starter (0-3 wk)	Finisher (3-5 wk)
Corn	53.44	61.64
Soybean meal	33.65	27.88
Corn gluten meal	4.16	4.00
Soybean oil	4.68	3.06
Limestone	1.02	1.23
Tricalcium phosphate	2.01	1.31
Salt	0.25	0.25
DL-methionine	0.27	0.08
Lysin-HCl	0.02	0.05
Vitamin-mineral mixture ¹⁾	0.50	0.50
Total	100	100
Calculated value		
ME (kcal/kg)	3,100	3,100
Crude protein (%)	22.0	20.0
Methionine (%)	0.50	0.38
Lysine (%)	1.10	1.00
Ca (%)	1.00	0.90
Available P (%)	0.50	0.35

¹⁾Vitamin-mineral mixture provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D₃, 1,500 IU; vitamin E, 20 mg; vitamin K₃, 0.7 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; niacin, 22.5 mg; thiamin, 5 mg; folic acid, 0.7 mg; pyridoxin, 1.3 mg; riboflavin, 5 mg; pantothenic acid, 25 mg; chlorine chloride, 175 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; I, 1.25 mg; Cu, 10.0 mg; Fe, 72 mg; Co, 2.5 mg.

조사항목

일반성분

수분과 조단백 함량은 AOAC(1995) 방법에 따라 수분 함량은 오븐 건조법을 이용하였고, 조단백은 조단백질분 석기(2400, Foss, Sweden)로 분석하였으며, 조회분 함량은 회화로(155, Hwasin, Korea)를 이용하여 600°C에서 5시간 동안 회화시킨 후 그 값을 구하여 백분율(%)로 나타내었다. 조지방 함량은 Folch 등(1957)의 방법에 따라 실시하였다.

pH와 육색

pH는 시료 3 g과 증류수 27 mL을 혼합하여 14,000 rpm에서 30초간 균질(T25basic, IKA, Malaysia) 후 pH-meter (MP230, Mettler Toledo, Swiss)로 측정하였다. 육색은 색 차계(Chromameter CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 동일한 시료를 5회 반복하여 명도를 나타내는 CIE L*값, 적 색도를 나타내는 CIE a*값, 황색도를 나타내는 CIE b*값을 측정하였다. 이때 표준색은 Y=93.5, X=0.3132, y=0.3198인 표준색판을 사용하여 표준화한 후 측정하였다.

염용성 단백질 추출성

염용성 단백질 추출성은 Acton(1972)의 방법에 따라 시료 1 g과 3% 소금용액 20 mL을 혼합하여 14,000 rpm에서 1분간 균질하고(T25basic, IKA, Malaysia), 얼음 팩 위에 3분간 정치 후 부가적으로 1분간 균질하였다. 균질액은 3,020 g/4°C에서 10분간 원심분리(CR 21F, Hitachi, Japan) 후 상등액은 제거 시키고, 재차 원심분리 된 상등액 1 mL을 염용성 단백질 추출성을 위한 시료로 사용하였다. 단백질의 농도는 뷰렛방법(Gornall *et al.*, 1949)에 의해 측정하였다.

TBARS

Buege와 Aust(1978)의 방법으로 시료 5 g에 butylated hydroxytoluene 50 µL와 증류수 15 mL을 첨가하여 14,000 rpm에서 30초간 균질(T25basic, IKA, Malaysia) 시켰다. 균질액 2 mL과 4 mL의 thiobarbituric acid/trichloroacetic acid 시약을 시험관에 혼합하여 교반시킨 후 90°C의 항온수조(BW-05G, Jeio Tech Co., Korea)에서 15분간 열처리한 후 냉각시켜 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(CR 21F, Hitachi, Japan)를 실시하였다. 원심분리 된 상등액은 흡광도(Genesyst™ 5, Spectronic, USA)를 이용하여 531 nm의 파장에서 측정하였다.

SDS-PAGE

저장 72시간째 근육 2 g과 20 mL의 완충용액(75 mM KCl, 10 mM KH₂PO₄, 2 mM MgCl₂, 2 mM EGTA, pH 7.0)을 균질하여(14,000 rpm/3-4 sec) 원심분리(10,000 g, 10 min, 4°C; CR 21F, Hitachi, Japan) 후 잔사를 다시 10배의 완충용액과 혼합하여 치즈천으로 여과시켜 균질과 원심분리 과정을 2회 반복 후 최종 잔사를 이용하였다. SDS-PAGE에 의한 전기영동은 Laemmli(1970)의 방법에 따라 실시하였으며 농축 젤과 분리 젤의 아크릴아마이드 함량은 각각 4%와 12%를 사용하였다. 각각의 단백질(1 mg/mL)은 젤에 주입하여 10-20 mA의 일정한 전류로 전기영동을 실시 후 Coomassie brilliant blue R-250 염색을 실시하였으며, 40% methanol과 7% acetic 용액을 이용하여 탈색하였다.

통계분석

실험에서 측정된 일반성분, 육색, pH, TBARS 및 염용성 단백질 추출성 값들은 SAS(2005) 프로그램을 이용하여 분산분석 및 다중검정을 통해 5% 수준에서 처리구간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

환경온도 및 항생제 대체제 급여가 닭 가슴살의 일반성

분 함량에 미치는 결과는 Table 3에 나타내었다. 수분함량의 경우 21°C 처리구가 32°C 처리구에 비해 유의적으로 ($p<0.05$) 낮았으나, 21°C의 항생제(+) 처리구와 32°C의 유산균 처리구간에는 유의차가 없는 것으로 나타났다. 조단백 함량의 경우 환경온도별 항생제(+) 처리구와 항생제(-) 처리구간에서는 유의차가 없는 것으로 나타났고, 전체적으로는 32°C의 유산균 처리구가 높고($p<0.05$), 약용식물 처리구가 낮은($p<0.05$) 것으로 나타났다. 조지방 함량의 경우 환경온도별 항생제(+) 처리구와 항생제(-) 처리구간에서는 32°C의 항생제(+) 처리구가 낮은($p<0.05$) 것으로 나타났다. 그러나, 21°C의 처리구가 32°C의 항생제(-) 처리구를 제외한 나머지 처리구에 비해 높은 조지방 함량을 보였다. 조회분 함량의 경우 환경온도별 항생제(+) 처리구와 항생제(-) 처리구간에서는 뚜렷한 차이가 없었으나, 32°C의 에센셜오일 처리구가 유의적으로($p<0.05$) 높게 나타났다.

이상의 결과는 환경온도에 의해 영향을 받은 것으로 판단되며, 여름철과 같은 고온기에 닭의 사료섭취율과 증체량이 감소하는 것은 열 스트레스가 직접적인 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다(Howlinder and Rose, 1987; Geraert *et al.*, 1996). 또한, 처리구간 상대적으로 수분함량이 높을수록 조단백과 조지방 함량은 낮아지는 경향을 보였다. 상기와 같은 일반성분의 변화는 환경온도에 따른 첨가제의

효과 보다는 고온 스트레스에 의한 상대적인 조성의 변화가 영향을 미친 것으로 판단된다. 이는 모든 처리구의 급여되는 사료 내 에너지와 단백질 함량은 동일하였기 때문이다.

환경온도 및 항생제 대체제 급여가 냉장저장 중 닭 가슴살의 pH에 미치는 결과를 Table 4에 나타내었다. 21°C에서 생산된 닭고기의 pH는 사후 저장시간이 경과함에 따라 증가하여 72시간째에는 유의적으로($p<0.05$) 높게 나타났다. 고온환경인 32°C에서 생산된 닭고기의 사후 24시간째 pH값은 유산균 처리구가 유의적으로($p<0.05$) 높게 나타났고, 항생제(-) 및 에센셜오일 처리구에서는 유의적으로($p<0.05$) 낮게 나타났으나 항생제(+) 및 약용식물 처리구에서는 저장기간에 따른 pH의 변화는 관찰할 수 없었다.

사후 시간이 경과함에 따라 32°C에서 생산된 유산균 처리구는 21°C 처리구와 유사한 사후대사 속도를 나타내는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 32°C 사육환경에서 유산균의 급여가 고온스트레스에 대해 완충역할을 한 것으로 사료된다. 한편, 동일한 32°C 환경에서 약용식물 추출물을 급여하였을 때에는 사후 강직 완료중인 5시간째 정상적인 대사속도를 보였으나, 강직완료 후 단계에서는 대사속도가 완만하게 진행되는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 약용식물의 경우 고온에 대한 스트레스에 기인한 것으로 사

Table 3. Chemical composition (%) of chicken breast meat with different environmental temperature and antibiotic substitute

Environmental temperature	Treatments	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash
21°C	Antibiotic (+)	72.0 ^{cd}	23.6 ^{bc}	4.41 ^{ab}	4.74 ^c
	Antibiotic (-)	71.6 ^d	23.9 ^{ab}	4.97 ^a	4.75 ^c
32°C	Antibiotic (+)	72.9 ^a	23.4 ^c	3.43 ^c	4.74 ^c
	Antibiotic (-)	72.5 ^{ab}	23.5 ^c	4.47 ^{ab}	5.11 ^{bc}
	0.1% <i>Lactobacillus</i>	72.2 ^{bc}	24.1 ^a	3.67 ^c	4.99 ^c
	0.1% Medicinal plant extract	73.0 ^a	22.9 ^d	4.11 ^{bc}	5.62 ^{ab}
	0.1% Essential oil	72.6 ^{ab}	23.3 ^c	4.10 ^{bc}	5.73 ^a
	SE	0.11	0.09	0.13	0.10

^{a-d}Means (n=6) with different superscripts within a column significantly differ ($p<0.05$).

Table 4. Effects of environmental temperature and antibiotic substitute on pH in broiler breast meat during storage at 4°C

Environmental temperature	Treatments	Postmortem time (h)		
		5	24	72
21°C	Antibiotic (+)	5.83 ^{ABCb}	5.88 ^{Aab}	6.00 ^{ABa}
	Antibiotic (-)	5.80 ^{BCb}	5.77 ^{Bb}	5.95 ^{BCa}
32°C	Antibiotic (+)	5.84 ^{ABC}	5.77 ^B	5.81 ^{DE}
	Antibiotic (-)	5.92 ^{ABa}	5.73 ^{Bb}	5.88 ^{DCa}
	0.1% <i>Lactobacillus</i>	5.65 ^{Cb}	5.93 ^{Aa}	6.03 ^{ABa}
	0.1% Medicinal plant extract	5.79 ^{BC}	5.69 ^B	5.78 ^E
	0.1% Essential oil	6.02 ^{Aa}	5.86 ^{Ab}	6.04 ^{Aa}
	SEM	0.03	0.02	0.02

^{A-E}Means (n=6) with different superscripts within a column significantly differ ($p<0.05$).

^{a-b}Means (n=6) with different superscripts within a row significantly differ ($p<0.05$).

료된다. 또한 고온스트레스로 인한 극심한 근섬유단축 현상과 연도에도 부정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단되며, 향후 근질길기와 연도변화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

환경온도 및 항생제 대체제 급여가 냉장저장 중 닭 가슴살의 육색에 미치는 결과를 Table 5에 나타내었다. 그 결과 21°C에서 생산된 닭고기의 경우 항생제(+) 처리구에서는 저장기간에 따른 육색의 변화는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타난 반면, 항생제(-) 처리구의 황색도는 사후 24시간째 높게($p<0.05$) 나타났다.

고온환경인 32°C에서 생산된 닭 가슴살의 저장 중 육색의 변화에 있어서 항생제(-) 처리구에서는 저장기간별 명도, 적색도 및 황색도에 있어서 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나, 항생제(+) 처리구의 경우 사후 5시간째 명도 값은 낮고($p<0.05$), 적색도는 사후 72시간째 낮음($p<0.05$) 것으로 나타났다. 또한 약용식물 처리구는 비정상적인 사후대사속도에 기인하여 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로($p<0.05$) 높은 명도 값을 보였다. 적색도의 경우

사후 24시간째 유산균 처리구에서 낮게($p<0.05$) 나타난 반면, 약용식물 처리구에서는 높은($p<0.05$) 것으로 나타났다. 황색도의 경우에는 유산균 처리구에서만 사후 24시간째 낮음($p<0.05$) 것으로 나타났다. 상기의 결과에서 환경온도가 높은 32°C 처리구가 21°C 처리구에 비해 황색도가 높은 것으로 나타나 항생제 대체물질의 영향 보다는 환경온도가 닭고기의 황색도에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

환경온도 및 항생제 대체제 급여가 냉장저장 중 닭 가슴살의 지방산화도에 미치는 결과를 Table 6에 나타내었다. 냉장저장 중 닭 가슴살의 지방산화도를 측정된 결과 에센셜오일 처리구가 사후 5, 72시간째 낮음($p<0.05$) 것으로 나타났다. 72시간째 지방산화도를 측정된 결과, 32°C의 고온조건에서 항생제의 급여는 무항생제 급여구에 비해 냉장저장 중 닭 가슴살의 지방산화도에 효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 닭이 환경온도에 스트레스를 받는 32°C 고온조건에서 무항생제 급여구에서는 지방산화도가 유의적으로($p<0.05$) 높게 나타났기 때문이다. 그러나, 항생제 대체제로 사용한 유산균, 약용식물 추출물 및 에센

Table 5. Effects of environmental temperature and antibiotic substitute on color in broiler breast meat during storage at 4°C

CIE values	Postmortem time (h)	21°C				32°C			SE
		Antibiotic (+)	Antibiotic (-)	Antibiotic (+)	Antibiotic (-)	0.1% <i>Lactobacillus</i>	0.1% Medicinal plant extract	0.1% <i>Essential oil</i>	
L*	5	52.1 ^{BC}	52.2 ^{BCb}	49.9 ^{Cc}	55.6 ^{Ab}	57.4 ^{Aa}	52.9 ^{Bb}	50.2 ^{Cc}	0.43
	24	54.3 ^C	56.8 ^{Ba}	59.0 ^{Aa}	59.0 ^{Aa}	54.0 ^{Cb}	60.5 ^{Aa}	55.9 ^{BCa}	0.38
	72	54.4 ^{BC}	52.9 ^{Cb}	56.7 ^{ABb}	59.1 ^{Aa}	55.6 ^{BCab}	59.5 ^{Aa}	56.7 ^{Cb}	0.46
a*	5	3.02 ^A	2.9 ^{ABa}	2.33 ^{ABCa}	2.03 ^{BC}	2.96 ^{Aa}	1.62 ^{Cb}	2.54 ^{AB}	0.12
	24	2.92 ^A	1.83 ^{BCDa}	2.5 ^{ABb}	2.10 ^{BC}	1.18 ^{Db}	2.87 ^{Aa}	1.67 ^{CD}	0.11
	72	2.80 ^A	2.60 ^{ABb}	1.41 ^{Cab}	2.13 ^{ABC}	2.39 ^{ABa}	1.99 ^{BCb}	2.57 ^{AB}	0.11
b*	5	10.8 ^{AB}	9.1 ^{Bb}	10.6 ^{ABb}	10.1 ^{ABb}	11.3 ^{Ab}	10.2 ^{ABb}	10.2 ^{ABb}	0.24
	24	11.6 ^{AB}	11.8 ^{Ab}	11.4 ^{ABa}	11.5 ^{ABb}	9.8 ^{Bc}	11.8 ^{Aa}	10.4 ^{ABb}	0.24
	72	10.1 ^B	10.1 ^{Ba}	13.0 ^{Aab}	13.6 ^{Aa}	13.3 ^{Aa}	12.5 ^{ABab}	13.0 ^{Aa}	0.31

^{A-D}Means (n=6) with different superscripts within the same category column significantly differ ($p<0.05$).

^{a-c}Means (n=6) with different superscripts within the same times row significantly differ ($p<0.05$).

Table 6. Effects of environmental temperature and antibiotic substitute on TBARS (mg/kg) in broiler breast meat during storage at 4°C

Environmental temperature	Treatments	Postmortem time (h)		
		5	24	72
21°C	Antibiotic (+)	0.14 ^{Ab}	0.15 ^b	0.24 ^{ABa}
	Antibiotic (-)	0.14 ^{Ab}	0.15 ^b	0.22 ^{BCa}
32°C	Antibiotic (+)	0.11 ^{BCb}	0.13 ^b	0.22 ^{BCa}
	Antibiotic (-)	0.12 ^{ABb}	0.14 ^b	0.30 ^{Aa}
	0.1% <i>Lactobacillus</i>	0.10 ^{BCb}	0.12 ^b	0.20 ^{BCa}
	0.1% Medicinal Plant extract	0.09 ^{BCb}	0.14 ^b	0.25 ^{BCa}
	0.1% <i>Essential oil</i>	0.09 ^{Cb}	0.13 ^c	0.15 ^{Ca}
	SE	0.005	0.004	0.01

^{A-C}Means (n=6) with different superscripts within a column significantly differ ($p<0.05$).

^{a-c}Means (n=6) with different superscripts within a row significantly differ ($p<0.05$).

셀오일의 급여는 항생제 처리구와 비교시 냉장저장 중 닭 가슴살의 지방산화도에 안정적인 것으로 나타났다. 특히, 초기 사후 5시간째 항생제 대체재인 에센셜오일 처리구가 다른 처리구에 비해 낮은 지방산화도를 보였으며, 이러한 현상은 사후 72시간까지 지속적으로 낮게 나타났다. 따라서 앞선 연구에서 항생제 대체물질의 급여가 육계의 생산성 및 장내 환경을 개선시킴으로써 항생제 대체제 효과를 확인하였다면, 본 결과에서는 상기의 대체 첨가물들이 지방산화물 생성억제에 효과가 있어 닭 가슴살의 신선도에 효과가 있는 것으로 제안된다. 이러한 결과는 앞선 연구에서(Jang *et al.*, 2008; Jung *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2009b), 천연 항생제 대체물이 닭고기의 산화안정성에 효과가 있는 것으로 보고하여 본 연구결과를 잘 뒷받침해주고 있다. 따라서 항생제 대체물이 닭고기의 지방산화에 효과가 있는 것으로 나타났지만, 정확한 구명을 위해서는 보다 세밀한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

환경온도 및 항생제 대체제 급여가 냉장저장 중 닭 가슴살의 염용성 단백질의 추출성에 미치는 결과를 Table 7에 나타내었다. 염용성 단백질 추출성은 육단백질의 기능성에 관한 척도로서 일반적으로 사후 근육의 해당속도가 빠른 돈육은 정상 돈육에 비해 근장단백질의 변성이 더욱 증가하며(Joo *et al.*, 1999; Kang *et al.*, 2005), 도체의 낮은 pH와 높은 온도는 육단백질의 변성과 용해성을 감소시키는 것으로 알려져 있다(Offer, 1991). 하지만 본 연구에서는 저장 72시간째, 항생제 처리구의 경우 환경온도와 상관없이 염용성 단백질의 추출성에는 차이가 없는 것으로 나타났으며, 또한 환경온도와 상관없이 항생제 처리를 하지 않는 처리구에서는 염용성 단백질의 추출성이 낮은 ($p < 0.05$) 것으로 나타났다. 그러나, 환경온도가 높은 곳에서 사육된 닭 가슴살의 저장 72시간째 염용성 단백질 추출성의 경우 항생제 대체물인 약용식물 추출물 처리구에서 유의적으로($p < 0.05$) 높은 것으로 나타났다. 이상의 결과는 낮은 TBARS 값을 보인 에센셜오일 처리구에서 염

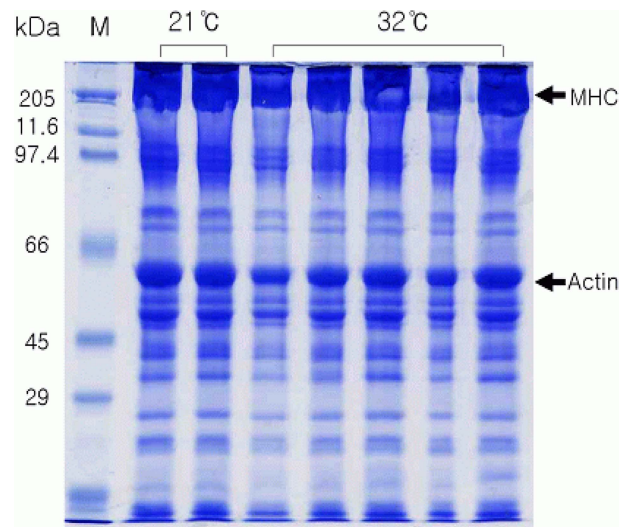


Fig. 1. Effects of environmental temperature and antibiotic substitute on myofibrillar protein fractions in broiler breast meat postmortem 72 h during storage at 4°C. M denotes protein molecular mass standards. Lanes 2 and 4, antibiotic (+); lanes 3 and 5, antibiotic (-); lane 6, Lactobacillus; lane 7, medicinal plant extract; lane 8, essential oil. MHC; myosin heavy chain.

용성 단백질 추출성 또한 높은 것으로 나타나 항생제 대체시 닭고기의 품질에 영향을 미치는 결정적인 요인인 것으로 판단된다.

환경온도 및 항생제 대체제 급여가 저장 72시간째 닭 가슴살의 단백질 분포 양상의 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 닭고기의 숙성시간이 경과함에 따라 48시간째 근원섬유 Z선의 구조가 약화되고, Z선 부분에서 단열이 발생하여 titin의 Z선 영역은 사라지고 근원섬유의 소편화가 진행되는 것으로 밝혀졌다(Ahn and Park, 1998). 상기의 연구는 모든 처리구에서 마이오신의 붕괴를 보여 숙성이 진행 중인 것으로 나타난 본 연구결과를 잘 뒷받침해주고 있다. 특히, 액틴의 경우 21°C의 환경에서 사육된 시료간

Table 7. Effects of environmental temperature and antibiotic substitute on extractability of salt-soluble protein in broiler breast meat during storage at 4°C

Environmental temperature	Treatments	Postmortem time (h)		
		5	24	72
21°C	Antibiotic (+)	23.7 ^{ABCb}	23.4 ^{BCb}	24.5 ^{ABa}
	Antibiotic (-)	23.4 ^{Cc}	23.8 ^{ABb}	24.1 ^{Ba}
32°C	Antibiotic (+)	23.6 ^{BCab}	23.5 ^{BCb}	24.0 ^{Ba}
	Antibiotic (-)	24.0 ^{Aa}	23.5 ^{ABCb}	23.9 ^{Bab}
	0.1% Lactobacillus	23.5 ^{Cb}	23.8 ^{ABb}	25.0 ^{ABa}
	0.1% Medicinal Plant extract	23.6 ^{BCb}	23.2 ^{Cb}	25.5 ^{Aa}
	0.1% Essential oil	23.9 ^{ABb}	23.9 ^{Ab}	25.0 ^{ABa}
	SE	0.53	0.55	1.60

^{A-C}Means (n=6) with different superscripts within a column significantly differ ($p < 0.05$).

^{a-c}Means (n=6) with different superscripts within a row significantly differ ($p < 0.05$).

단백질의 양상은 비슷하였고, 고온조건인 32°C의 환경에서 사육된 시료는 유산균 및 에센셜오일 처리구에서 21°C 처리구와 단백질의 양상이 비슷한 것으로 나타났다. 따라서 이상의 결과는 72시간째 닭 가슴살의 TBARS 및 염용성 단백질의 추출성과 관계가 있는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 환경온도(21°C, 32°C) 및 항생제 대체제가 냉장저장 중 닭 가슴살의 품질에 미치는 영향을 알아보기로 실시하였다. 그 결과, 사후 72시간째 pH 값은 32°C의 에센셜오일 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높게 나타났다. 황색도의 경우 32°C의 고온조건에서 생산된 닭 가슴살은 21°C의 조건에서 생산된 닭 가슴살에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높게 나타났다. 사후 72시간째 32°C의 고온조건에서 생산된 닭 가슴살의 지방산화도는 에센셜오일 처리구에서 낮게 나타났으며, 염용성 단백질 추출성에 있어서는 약용식물 처리구에서 높게 나타나 효과적인 것으로 나타났다. 근원섬유 단백질의 분포 양상에 있어서도 액틴밴드의 경우, 유산균 및 에센셜오일 처리구가 21°C의 항생제(+) 처리구와 비슷한 양상을 보였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 상기의 항생제 대체물질들은 항생제를 대체하더라도 저장 중 닭고기의 품질을 개선시키는 효과가 있으며, 이와 아울러 항생제 대체물 급여시 닭고기의 품질에 미치는 지표로 지방산화도 및 염용성 단백질 추출성 등이 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 특히, 에센셜오일 급여는 고온조건에서 고품질의 닭고기를 생산할 경우 항생제 대체 효과가 가장 우수한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 2009O1OFT113068122)에서 연구비를 지원받았습니다.

참고문헌

- Acton, J. C. (1972) Effect of heat processing on extractability of salt-soluble protein, tissue binding strength and cooking in poultry meat loaves. *J. Food Sci.* **37**, 244-246.
- AOAC (1995) Official Methods of Analysis. 16th Ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, USA.
- Ahn, D. H. and Park, S. M. (1998) Postmortem changes in Z-disk domain of titin in the chicken muscle. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **18**, 292-300.
- Baurhoo, B., Phillip, L., and Ruiz-Feria, C. A. (2007) Effects of purified lignin and mannan oligosaccharides on intestinal integrity and microbial populations in the ceca and litter of broiler chickens. *Poult. Sci.* **86**, 1070-1078.
- Berrong, S. L. and Washburn, K. W. (1998) Effects of genetic variation on total plasma protein, body weight gains, and body temperature responses to heat stress. *Poult. Sci.* **77**, 379-385.
- Boothe, D. D. and Arnold, J. W. (2002) Nutrient substrates used by bacterial isolates from the poultry processing environment. *Poult. Sci.* **81**, 1392-1405.
- Buege, J. A. and Aust, J. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.* **52**, 302-307.
- Cooper, M. A. and Washburn, K. W. (1998) The relationships of body temperature to weight gain, feed consumption, and feed utilization in broilers under heat stress. *Poult. Sci.* **77**, 237-242.
- Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G. H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
- Geraert, P. A., Padilha, J. C. F., and Guillaumin, S. (1996) Metabolic and endocrine changes induced by chronic heat exposure in broiler chickens: growth performance, body composition and energy retention. *Br. J. Nutr.* **75**, 195-204.
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., and David, M. M. (1949) Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *J. Biol. Chem.* **177**, 751-766.
- Guo, F. C., Kwakkel, P. P., Williams, B. A., Parmentier, H. K., Li, W. K., Yang, Z. Q., and Versteegen, M. W. A. (2004) Effects of mushroom and herb polysaccharides on cellular and humoral immune responses of *Eimeria tenella*-infected chickens. *Poult. Sci.* **83**, 1124-1132.
- Howlader, M. A. R. and Rose, S. P. (1987) Temperature and the growth of broilers. *World's Poult. Sci. J.* **43**, 228-237.
- Huff, G. R., Huff, W. E., Rath, N. C., and Tellez, G. (2006) Limited treatment with β -1,3/1,6-glucan improves production values of broiler chickens challenged with *Escherichia coli*. *Poult. Sci.* **85**, 613-618.
- Jang, A., Liu, X. D., Shin, M. H., Lee, B. D., Lee, S. K., Lee, J. H., and Jo, C. (2008) Antioxidative potential of raw breast meat from broiler chicks fed a dietary medicinal herb extract mix. *Poult. Sci.* **87**, 2382-2389.
- Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C., and Park, G. B. (1999) The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Sci.* **52**, 291-297.
- Jung, S., Song, H. P., Choe, J. H., Kim, B., Shin, M. H., Lee, B. D., and Jo, C. (2008) Effect of dietary medicinal herb extract mix and antibiotics (Albac G150) on the oxidative stability of chicken meat. *Korean J. Poult. Sci.* **35**, 29-37.
- Kang, G. H., Yang, H. S., Jeong, J. Y., Joo, S. T., and Park, G. B. (2005) Effect of glycolysis rate in porcine muscle post-mortem on gel property of pork surimi. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **25**, 423-429.
- Kim, D. W., Kim, S. H., Yu, D. J., Kang, G. H., Kim, J. H., Kang, H. G., Jang, B. G., Na, J. C., Suh, O. S., Jang, I. S., and Lee, K. H. (2007) Effects of single or mixed supplements of plant extract, fermented medicinal plants and *Lactobacillus* on growth performance in broilers. *Korean J. Poult. Sci.* **34**, 187-196.

20. Kim, D. W., Kim, J. H., Kim, S. K., Kang, G. H., Kang, H. K., Lee, S. J., and Kim, S. H. (2009a) A study on the efficacy of dietary supplementation of organic acid mixture in broiler chicks. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* **51**, 207-216.
21. Kim, S. H., Kim, D. W., Park, S. Y., Kim, J. H., Kang, G. H., Kang, H. K., Yu, D. J., Na, J. C., and Lee, S. J. (2008) Effect of dietary *Lactobacillus* on growth performance, intestinal microflora, development of ileal villi, and intestinal mucosa in broiler chickens. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* **50**, 667-676.
22. Kim, Y. R., Lee, B. K., Kim, J. Y., Kim, J. S., Lee, W. S., Lee, S. Y., Kim, E. J., Ahn, B. K., and Kang, C. W. (2009b) Effects of dietary locally growth herbs (*Mentha piperascens*, *Rubus coreanus*, *Tagetes patula*) on the growth performance and meat quality of broiler chicken. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 168-177.
23. Ko, Y. H., Yang, H. Y., Kang, S. Y., Kim, E. S., and Jang, I. S. (2007) Effects of a blend of prunus mume extract as an alternative to antibiotics on growth performance, activity of digestive enzymes and microflora population in broiler chickens. *J. Anim. Sci. Technol. (Kor.)* **49**, 611-620.
24. Kwon, H. S., Kim, J. Y., Kim, J. S., Lee, B. K., Lee, S. Y., Lee, W. S., Ahn, B. K., Kim, E. J., and Kang, C. W. (2008) Effects of dietary supplementation of domestic skullcap (*Scutellaria baicalensis*) extracts on performance, immune response and intestinal microflora in broiler chicken. *Korean J. Poult. Sci.* **35**, 351-359.
25. Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* **227**, 680-685.
26. NRC (1994) Nutrient requirement of poultry. 9th ed, National Academy Press, Washington, DC.
27. Offer, G. (1991) Modeling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Sci.* **30**, 157-184.
28. Park, S. B., Na, J. C., Yu, D. J., Bang, H. T., Hwang, I. H., and Ryu, K. S. (2008) Effect of feeding herb extract on growth performance, intestinal microflora and blood component profile in broiler chickens. *Korean J. Poult. Sci.* **35**, 79-84.
29. SAS. (2005) SAS/STAT user's guide, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
30. Schiavone, A., Guo, K., Tassone, S., Gasco, L., Hernandez, E., Denti, R., and Zoccarato, I. (2008) Effects of a natural extract of chestnut wood on digestibility, performance traits, and nitrogen balance of broiler chicks. *Poult. Sci.* **87**, 521-527.
31. Woo, K. C., Kim, C. H., NanGung, Y., and Paik, I. K. (2007) Effects of supplementary herbs and plant extracts on the performance of broiler chicks. *Korean J. Poult. Sci.* **34**, 43-52.
32. Zhang, A. W., Lee, B. D., Lee, S. K., Lee, K. W., An, G. H., Song, K. B., and Lee, C. H. (2005) Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. *Poult. Sci.* **84**, 1015-1021.
33. 국립수의과학검역원고시. (2009) 배합사료제조용 동물의약품등 사용기준, 제2009-10호.

(Received 2009.8.11/Revised 1st 2010.1.12, 2nd 2010.2.9, 3rd 2010.2.22/Accepted 2010.2.25)