



국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 품질과 생리활성기능 성분 비교

김희진¹ · 김혜진¹ · 전진주² · 오상집³ · 남기창⁴ · 심관섭⁵ · 정종현⁶ · 김경수⁷ ·
 최양일⁸ · 김상호⁹ · 장애라^{10†}

¹강원대학교 동물생명과학대학 동물생명과학과 대학원생, ²농촌진흥청 국립축산과학원 가금연구소 연구사
³강원대학교 동물생명과학대학 동물자원과학과 교수, ⁴순천대학교 생명산업과학대학 동물자원과학과 교수
⁵전북대학교 농업생명과학대학 동물생명공학과 교수, ⁶㈜정P&C 연구소, 기능성유전자 GMO분석센터 전무
⁷조선대학교 자연과학대학 식품영양학과 교수, ⁸충북대학교 농업생명환경대학 식품생명·축산과학부 교수
⁹농촌진흥청 국립축산과학원 가금연구소 연구관, ¹⁰강원대학교 동물생명과학대학 동물생명과학과 교수

Comparison of Quality and Bioactive Compounds in Chicken Thigh Meat from Conventional and Animal Welfare Farm in Korea

Hee-Jin Kim¹, Hye-Jin Kim¹, Jin-Ju Jeon², Sang-Jip Oh³, Ki-Chang Nam⁴, Kwan-Seob Shim⁵, Jong-Hyun Jung⁶,
 Kyong Su Kim⁷, Yang-Il Choi⁸, Sang-Ho Kim⁹ and Aera Jang^{10†}

¹Graduate Student, Department of Animal Life Science, College of Animal Life Science, Kangwon National University,
 Chuncheon 24341, Republic of Korea

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

³Professor, Department of Animal Resources, College of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

⁴Professor, Department of Animal Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Republic of Korea

⁵Professor, Department of Animal Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

⁶Senior Director, Jung P&C Institute, Inc., Yongin 16950, Republic of Korea

⁷Professor, Department of Food Science & Nutrition, Chosun University, Gwangju 61452, Republic of Korea

⁸Professor, Department of Animal Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Republic of Korea

⁹Senior Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration,
 Pyeongchang 25342, Republic of Korea

¹⁰Professor, Department of Animal Life Science, College of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the difference in the quality of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farms during refrigeration storage over 9 days. Chicken thigh meat from conventional (CTC, n = 30) and animal welfare farms (CTW, n = 30) was tested. The pH value was significantly lower in CTW (6.28) than in CTC (6.37) on day 1; however, no significant differences were found on subsequent days. The yellowness of CTW was higher than that of CTC on day 1, but CTW showed lower yellowness than did CTC on day 7 and 9. The cooking loss, water holding capacity, lightness, redness, and coliform levels of CTC did not show any significant difference when compared with CTW during storage. The shear force of CTW was significantly higher than that of CTC on day 1, 3, 7, and 9. Total microorganism and coliform in CTC and CTW increased with increasing storage days. On day 7 and 9, the total microorganism level of CTW was lower than that of CTC. The thiobarbituric acid value of CTW was lower than that of CTC on day 9. The volatile basic nitrogen (VBN) of CTW was lower than that of CTC during storage. Anserine content and 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH) scavenging activity of CTW was significantly higher than CTC on day 1. These results suggest that CTW stayed fresher for longer than did CTC because of low total microorganism level on day 7 and 9, and VBN during refrigerated storage.

(Key words: animal welfare, chicken thigh, quality, anserine, creatine)

† To whom correspondence should be addressed : ajang@kangwon.ac.kr

서 론

닭고기는 다른 식육에 비해 콜레스테롤 함량이 낮고, 저칼로리 고단백질 식품이며, 가격이 저렴하여 전 세계적으로 그 소비량은 점차 증가하고 있다(Jaturasitha et al., 2008). 2017년 기준 국가별 연간 1인당 닭고기 소비량은 미국 48.8 kg, 캐나다 34.9 kg, 중국 12.3 kg, 일본 14.3 kg이며, 특히 우리나라는 16.7 kg으로 보고되고 있다. 특히 1인당 GDP 3만 달러 이상의 경제협력개발기구 국가의 닭고기 소비량은 30.2 kg으로 돼지고기(23.6 kg), 쇠고기(14.5 kg)와 같은 다른 육류에 비해 소비량이 높다(OECD, 2017). 우리나라도 1인당 GDP가 증가하고 있고, 비만과 건강에 대한 관심이 증가하면서 닭고기 소비량은 앞으로 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

이러한 닭고기 소비 증가를 뒷받침하기 위해 지난 수십 년 동안 전세계적으로 육계에 대한 연구는 생산성 증대를 위한 대량생산, 집약생산, 사양관리가 주를 이루어 왔다. 생산성을 높이기 위한 밀집사육, 성장촉진제 투여 등은 효과적이었으나, 반면에 가금인플루엔자(AI)와 같은 질병의 창궐 및 스트레스로 인한 폐사율이 문제가 되기 시작하였다. 육계는 스트레스에 취약하여 닭고기의 품질까지 저하되는데, 이러한 요인에는 사육 시설, 사육 밀도, 사육장 온도, 질병, 환기상태, 출하 시 포획방법, 수송밀도, 운송시간, 수송차량, 계류 시간, 도축 방법 등이 있다(Feddes et al., 2002). 특히 고밀도로 사육된 육계는 온도 상승으로 인한 열 스트레스, 암모니아 발생 증가로 인해 체내 활성산소 증가로 면역작용과 항산화 방어체계가 저하된다(An et al., 2012). 소비자들은 이렇게 생산된 육계의 섭취를 거부하거나 안전성에 대한 의문을 가지게 되면서 안전하고 지속가능한 육계생산을 위해 동물복지에 대한 관심이 증가하기 시작하였다.

영국 Farm Animal Welfare Committee은 1993년 동물복지에 대한 5가지 정의를 제안하였는데 이는 갈증, 배고픔 및 영양결핍으로부터 자유, 불편함으로부터 자유, 고통, 상처 및 질병으로부터의 자유, 정상적인 행동을 표현할 자유, 두려움과 스트레스로부터의 자유와 같이 “5대 자유”로 정의하고 있다. 또한 1994년 이후 동물보호협회(RSPCA)에서 Freedom Food이라는 동물복지농장 인증 및 관련 식품표시를 하고 있으며, 일반판매농장에서 생산된 제품보다 더 높은 가격에 유통되고 있다. 이외에 독일, 미국, 일본도 동물복지 인증에 대한 시스템을 갖추고 지속적으로 관리하고 있다. 우리나라도 동물의 복지향상과 사육환경 개선을 위해 많은 연구가 진행되었으며, 주로 동물복지 규정, 사양, 가축의 질병, 가축

시설의 환경, 시설, 소비자 인식에 집중해 왔다(Ohh et al., 2012). 그 결과를 바탕으로 동물복지 축산농장 인증제를 2012년 산란계를 대상으로 우선 실시하였으며, 이후 돼지(2013년), 육계(2014년), 한·우육 및 젓소, 염소(2015년)를 대상으로 확대 적용하고 있다(Yoon et al., 2018). 우리나라 동물복지 육계농장 인증절차는 서류심사와 현장심사의 2단계로 이루어진다. 동물복지농장 인증기준을 일반농장과 비교할 때 가장 큰 차이점은 사육밀도, 헛대제공 여부, 채소류 제공이다. 즉, 최소 사육밀도는 19수 이하 및 30 kg/m²이하를 초과하면 안되고, 육계 1,000수당 헛대 2 m를 제공 및 육계의 쪼는 행동육구를 충족시킬 수 있도록 양배추 등 채소를 공급해야 한다. 현재까지 국내 동물복지 인증을 받은 육계농장은 그리 많지 않으며 동물복지농장 인증을 받은 농장에서 생산된 닭고기는 국내 2개의 기업에서 주로 유통하고 있지만, 품질 및 생리활성 기능에 대한 연구는 거의 없다.

따라서 본 연구는 국내 유통 중인 일반 및 동물복지농장에서 생산된 닭다리 육의 냉장 저장 기간 중 품질과 생리활성물질(creatine, anserine, carnosine) 및 항산화 활성을 비교하여 동물복지농장 닭고기의 품질 및 생리활성물질에 대한 기초자료로 활용하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

공시재료는 일반농장(n=30)과 복지형 농장에서 29~32일 동안 사육한 도계 체중 1.1 kg의 Arbor Acres 육계(n=30)를 도계 후 바로 구입하여 냉장온도(2±2℃)에서 실험실로 이동한 후 다리육을 발골하였다. 발골한 육계 다리육은 스티로폼 트레이에 LDPE(Low density polyethylene)를 이용하여 포장한 뒤, 0일, 3일, 5일, 7일, 9일 동안 4±1℃ 저온에서 저장하면서 이화학적 품질 특성, creatine, di-peptide 함량 및 항산화 활성 분석에 이용하였다.

2. 일반성분

일반성분 분석은 AOAC의 방법(1995)에 따라 수분, 조지방, 조회분, 조단백질 함량을 측정하였다. 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 550℃ 건식회화법, 조단백질은 Kjeldahl법을 이용하여 분석하였다.

3. pH

육계 다리육의 pH는 Kim et al.(2018)의 방법에 따라, 시료 10 g에 증류수 90 mL를 가하여 homogenizer(PolyTron

PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)을 사용하여 균질한 후, pH meter(Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

4. 육색

육계 다리육의 육색은 색차계(Colormeter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. Lightness(L*, 명도), Redness(a*, 적색도), Yellowness(b*, 황색도)의 값은 동일한 방법으로 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 표준화 작업은 Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194인 표준 백판을 사용하였다.

5. 보수력

육계 다리육의 보수력은 Jang et al.(2011)의 방법에 따라, 시험관에 근막(힘줄)을 제거한 닭다리육을 약 0.5 g 측정하여 80℃의 항온 수조에서 20분간 가열하였다. 가열 후 10분 동안 실온에서 방냉하였으며, 2,000 ×g에서 20분간 원심분리한 다음 시료의 무게를 측정하였다. 보수력은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{보수력(\%)} = \frac{[(\text{총 수분} - \text{유리수분})/\text{총 수분}] \times 100}{\text{유리수분} = \frac{[(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게})/(\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100}{\text{지방계수} = 1 - (\text{지방함량})/100}$$

6. 가열감량

가열감량은 Kim et al.(2017)의 방법에 따라, 육계 다리육을 polyethylene bag에 넣고 다리육의 심부온도가 75±2℃에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열하였다. 가열감량 값은 가열 전·후의 중량차이를 백분율로 하여 계산하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{(\text{가열 전 무게} - \text{가열 후 무게})/\text{가열 전 무게} \times 100}{\text{가열감량(\%)} = \frac{(\text{가열 전 무게} - \text{가열 후 무게})/\text{가열 전 무게} \times 100}$$

7. 전단력

다리육의 전단력은 Kim et al.(2018)의 방법에 따라, 육계 다리육을 polyethylene bag에 넣고 다리육의 심부 온도가 75±2℃에 도달할 때까지 항온수조에서 45분간 가열한 후, 근섬유 방향과 직각이 되도록 2 × 1 × 2 cm로 잘라 준비하였다. 전단력은 Texture Analyzer TA 1(LLOYD instruments, Fareham, UK)를 이용하여 V blade로 측정하였다. 조직감 측정 조건은

시험속도는 50 mm/min, 절단속도는 50 mm/min, 절단력은 0.01 kgf로 측정하였으며, load cell은 50 kg이었다.

8. 일반세균 및 대장균/대장균군

일반세균과 대장균/대장균군은 Petrifilm(Aerobic Count Plates, Coliform/E. coli Count Plates, 3M, USA)을 이용하여 측정하였다. 다리육 10 g을 채취한 다음 멸균 생리 식염수 90 mL와 함께 멸균백에 넣고, stomacher(BagMixer 400; Interscience, France)를 이용하여 1분 동안 균질화하였다. 균질액을 멸균 생리 식염수로 희석하여 Petrifilm에 1 mL를 접종하였다. Petrifilm은 37℃에서 48시간 배양한 후, 균락 수를 계수하여 나타내었다.

9. Thiobarbituric Acid Reactive Substances(TBARS)

TBARS 측정은 Buege and Aust(1978)의 방법을 이용하였다. 육계 다리육 5 g에 15 mL 증류수를 가하여 균질화 하였다. 균질액 1 mL를 시료로 사용하여, 50 μL 7.2% BHA를 넣고 산화반응을 정지시켰다. 반응혼합물 1 mL에 2 mL의 20 mM 2-thiobarbituric acid(in 15% trichloroacetic acid) 시약을 가하고, 90℃에서 15분간 가열하였다. 가열 후 찬물에서 10분간 식힌 다음 2,000 ×g의 속도로 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 상층액을 UV/VIS spectrophotometer(Molecular Device, M2e, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 531 nm에서 흡광도를 측정하였고, 공시료는 시료대신 증류수를 가하여 같은 방법으로 측정하였다. TBARS 값은 흡광도 수치에 5.88을 곱하여 나타내었다.

$$\text{TBARS(mg malonaldehyde/kg sample)}$$

$$= (\text{시료 흡광도} - \text{공시료 흡광도}) \times 5.88$$

10. 휘발성 염기태질소(Volatile Basic Nitrogen; VBN)

육계 다리육 내 VBN 함량은 Conway unit을 사용하는 미량확산법을 이용하여 측정하였다(Kim et al., 2018). 시료 10 g에 50 mL 증류수를 넣고 30분간 교반을 실시한 후 여과지(Whatman No.1)를 이용하여 여과하였다. Conway unit 외실에는 시료 여과액과 포화 K₂CO₃ 각각 1 mL를 넣고 내실에는 0.01 N H₂SO₄ 1mL를 첨가하여 즉시 밀폐하였다. 밀폐한 Conway unit을 25℃ 암실에서 1시간 방치한 후 Conway unit 내실에 Brunswick 지시약(0.2 g methyl red와 0.1 g methylene blue/100mL ethanol)을 첨가하고, 0.01 N NaOH로 적정하였다. 휘발성 염기태 질소의 함량은 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{VBN}(\text{mg}/100 \text{ g}) = 0.14 \times (b-a) \times F/W \times 100 \times D$$

a: 시료의 적정한 NaOH의 양 (mL)

b: 공시료의 적정한 NaOH의 양(mL)

F: 0.01 N NaOH의 표준화 지수

W: 시료의 무게(g)

D: 희석배수

11. Creatine과 Di-Peptide 함량

육계 다리육 내 creatine 및 di-peptide(carnosine, anserine) 함량은 Mora et al.(2007)의 방법을 이용하였다. 육계 다리육 2.5 g에 0.01 N HCl 7.5 mL를 첨가하여 균질하였다. 균질 후 4°C에서 3,000 ×g으로 30분간 원심 분리한 후 상층액을 Whatman glass microfiber filter GF/C를 이용하여 여과하였다. 여과액 250 µL를 acetonitrile 750 µL와 혼합하여 4°C에서 20분간 반응시키고 10,000 ×g에서 10분 동안 원심 분리한 후 상층액을 0.22 µm membrane filter로 여과하여 HPLC (Agilent Infinity 1260 series, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA) 분석에 이용하였다. 분석 컬럼은 Atlantis HILIC silica column(150 × 4.6 mm, 3.0 µm, Waters, USA)을 사용하였으며, 컬럼 온도는 35°C, 214 nm에서 검출하였다. 이동상은 A 용매가 0.65 mM ammonium acetate/ acetonitrile (pH 5.50, 35:75(v/v)), B 용매가 0.55 mM ammonium acetate/ acetonitrile(pH 5.50, 70:30(v/v))로 B 용매를 1.4 mL/min의 유속으로 13분 동안 linear gradient(0~100%) 방법으로 분석하였다. Creatine, carnosine, anserine 표준물질은 Sigma(St. Louis, Missouri, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 표준물질의 처리 농도에 따른 면적 비율을 계산하여 mg/100 g으로 나타내었다.

12. Superoxide Dismutase(SOD) 활성과 1,1-Diphenyl-2-Picryl-Hydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능

닭다리 육의 SOD 활성은 SOD-Assay kit-WST(Dojindo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 최종 흡광도는 micro plate reader(SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 450 nm에서 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법을 이용하여 분석하였다. 메탄올에 용해시킨 0.2 mM DPPH 100 µL에 각 시료를 100 µL씩 혼합하여 실온 암실에서 30분간 반응시킨 후 micro plate reader(SpectraMax M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식에 따라 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능(%)

$$= 1 - (\text{시료 흡광도} - \text{Reference 흡광도}) / \text{대조구 흡광도} \times 100$$

13. 통계분석

본 실험의 결과는 SAS(statistics analytical system) program (ver. 9.4)의 General Linear Model(GLM)방법을 이용하여 one-way ANOVA 분석을 하였으며 처리구간 및 저장 일차에 따른 차이분석을 위해 Tukey's 방법을 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 평균값 간의 유의성을 검정하였다. 모든 통계 수치는 평균값과 평균표준오차로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 일반 성분 함량은 Table 1에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 74.95~75.75%, 17.34~17.76%, 5.80~6.63%, 1.12~1.35%를 나타내었으며, 저장기간 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다. Husak et al.(2008)은 육계 다리육의 수분, 조단백질, 조지방 함량은 각각 72.56~73.99%, 17.82~19.25%, 5.92~7.23%를 나타내었다고 하여 본 연구와 유사한 수치를 나타내었다.

2. pH

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 pH 변화는 Table 2에 나타내었다. 저장 1일차 일반 및 동물복지 육계 다리육의 pH는 각각 6.37과 6.28이었으며, 동물복지 육계 다리육에서 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다 ($P < 0.05$). Castellini et al.(2002)은 유기농장의 육계 다리육의 pH(6.02~6.10)가 일반 농장 육계 다리육의 pH(6.18~6.25)보다 유의적으로 낮은 pH를 보였으며, 이는 유기농장의 육계가 복지환경으로 인해 스트레스 정도가 낮아 글리코젠 소비가 감소하였기 때문이라고 보고하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 일반 및 동물복지 육계 다리육의 pH는 저장 기간이 증가함에 따라 모두 유의적으로 증가하였으나, 처리에 따른 차이는 보이지 않았다. Kim et al.(2018)은 저장 1일차 육계 다리육의 pH는 6.47이었으며, 저장 기간에 따라 pH가 유의적으로 증가하였다고 하였다. 식육의 저장 기간 동안의 pH의 증가는 미생물의 증식과 단백질 분해로 인하여 생성된 ammonia나 amino sugar complex 등과 물질 때문인 것으로 사료된다(Jay and Shelef, 1978).

Table 1. Proximate composition of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Items	Treatment	Storage (days)					SEM ¹
		1	3	5	7	9	
Moisture	CTC ²	75.57	75.75	75.30	75.21	74.95	0.465
	CTW	75.15	75.25	75.27	74.99	75.15	0.435
	SEM	0.333	0.445	0.380	0.373	0.650	
Crude protein	CTC	17.34	17.68	17.34	17.40	17.38	0.294
	CTW	17.76	17.65	17.56	17.54	17.54	0.258
	SEM	0.301	0.300	0.288	0.242	0.247	
Crude fat	CTC	6.41	6.22	6.61	6.59	6.63	0.302
	CTW	5.80	6.18	6.05	6.35	5.81	0.282
	SEM	0.283	0.341	0.303	0.201	0.313	
Crude ash	CTC	1.23	1.12	1.32	1.25	1.23	0.071
	CTW	1.12	1.25	1.19	1.35	1.29	0.061
	SEM	0.064	0.049	0.070	0.082	0.062	

¹ SEM: Standard error of means.

² CTC: Chicken thigh meat from conventional farm, CTW: Chicken thigh meat from animal welfare farm.

3. 육색

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육 냉장저장 기간 중 육색의 변화는 Table 2에 나타내었다. 육색은 소비자들이 식육 구매시 신선도와 품질을 판단하는데 매우 중요한 요인으로 작용한다. 또한 육색은 시료 보관 및 운송 중에 변할 수 있어, 육색의 안정성은 매우 중요하다(Adams and Huffman, 1972). 특히 명도를 나타내는 L*값은 식육의 창백한 정도를 나타내며, 품질에 많은 영향을 미친다. 일반육계 다리육의 L*값은 처리구간 유의적인 차이는 없었으나, 동물 복지 육계 다리육의 L*값은 저장 1일에 비해 저장 9일에 유의적으로 낮아짐을 보였다. 적색도를 나타내는 a*값은 처리구 및 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한 저장 기간이 증가할수록 CTC의 b*값은 증가하였으나, CTW는 유의적인 차이를 보이지 않았다. CTW의 b*값은 1일차에 CTC보다 유의적으로 높았으나 저장 7, 9일에는 CTC보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. Kim et al.(2018)은 닭 다리육을 호기포장하여 9일 동안 냉장 저장하였을 때, L*값 및 a*값은 저장 기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으나, b*값은 저장 기간이 증가함에 따라 증가하였다고 하였다. Castellini et al.(2002)은 방목형 유기축산 육계 다리육과 일반 육계 다리육의 L*값이 a*은 유의적 차이가 없었으나, 방목형 유기축산 육계 다리육의

b* 값은 5.05~5.83으로 일반육계 다리육의 b* 값(4.03~4.95)보다 높은 b*값을 보였으며, 이는 유기농장 육계 다리육의 낮은 pH로 인해 선택적으로 녹색빛을 흡수하는 myoglobin의 중요도가 낮아져 다리육의 황색도가 증가한다고 보고하였다.

4. 보수력 및 가열감량

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 보수력 및 가열감량의 변화는 Table 2에 나타내었다. 식육의 보수력은 식육에 절단, 압착, 분쇄, 열처리 등과 같은 외부의 물리적인 힘을 가하였을 때 식육 내 수분을 유지하려는 성질을 말한다(Choi et al., 2009). 보수력은 식육의 연도, 조직감, 육색, 다즙성에 영향을 미치며, 단백질 구조변화 및 이온강도 등에 따라 증가한다(Wu and Smith, 1987). 보수력은 모든 저장 일차에서 CTC와 CTW간의 유의적인 차이는 없었으나, 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 보수력이 증가하였다. 식육은 pH가 증가하고 등전점에서 멀어지면 보수력은 증가하게 된다(Thomsen and Zeuthen, 1988). Sung et al.(1998)은 육계 다리육을 5℃에서 6일 동안 저장하는 동안 보수력이 증가하였다고 하였다. 식육을 가열하면 익힘 정도, 가열방법, 식육의 성분 및 조성에 따라 식육의 구조가 크게 변하며, 가열 방법과 상관없이 식육을 가열할

Table 2. Meat pH, instrumental color, water holding capacity, and cooking loss of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹		
	1	3	5	7	9			
pH	CTC ²	6.37 ^{Ac}	6.41 ^{Ac}	6.40 ^{Ac}	6.56 ^{Ab}	6.75 ^{Aa}	0.028	
	CTW	6.28 ^{Bd}	6.38 ^{Ac}	6.40 ^{Ac}	6.53 ^{Ab}	6.69 ^{Aa}	0.024	
	SEM	0.014	0.035	0.029	0.029	0.019		
L*	CTC	55.31 ^{Aa}	55.52 ^{Aa}	54.99 ^{Aa}	54.83 ^{Aa}	55.04 ^{Aa}	0.409	
	CTW	55.77 ^{Aa}	55.47 ^{Aab}	55.28 ^{Aab}	54.41 ^{Aab}	54.24 ^{Ab}	0.341	
	SEM	0.360	0.254	0.552	0.365	0.275		
Color	CTC	6.96 ^{Aa}	7.11 ^{Aa}	7.71 ^{Aa}	7.44 ^{Aa}	7.72 ^{Aa}	0.222	
	a*	CTW	7.16 ^{Aa}	7.16 ^{Aa}	7.80 ^{Aa}	7.38 ^{Aa}	8.11 ^{Aa}	0.238
	SEM	0.216	0.255	0.276	0.193	0.201		
b*	CTC	4.40 ^{Bc}	6.62 ^{Ab}	6.91 ^{Ab}	7.21 ^{Aab}	7.68 ^{Aa}	0.168	
	CTW	5.97 ^{Aa}	5.91 ^{Aa}	6.54 ^{Aa}	6.52 ^{Ba}	7.23 ^{Ba}	0.316	
	SEM	0.232	0.281	0.368	0.189	0.128		
Water holding capacity (%)	CTC	53.63 ^{Ac}	57.17 ^{Abc}	59.58 ^{Abc}	61.61 ^{Ab}	69.92 ^{Aa}	1.716	
	CTW	50.19 ^{Ac}	56.45 ^{Abc}	60.04 ^{Ab}	63.74 ^{Ab}	72.40 ^{Aa}	1.975	
	SEM	2.242	1.928	0.886	2.181	1.680		
Cooking loss (%)	CTC	30.61 ^{Aa}	30.94 ^{Aa}	30.11 ^{Aab}	28.31 ^{Aab}	26.50 ^{Ab}	0.860	
	CTW	28.05 ^{Aab}	29.45 ^{Aa}	28.90 ^{Aab}	29.85 ^{Aa}	25.69 ^{Ab}	0.798	
	SEM	0.824	0.885	0.661	0.797	0.953		

^{A,B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹ SEM: Standard error of means.

² CTC: Chicken thigh meat from conventional farm, CTW: Chicken thigh meat from animal welfare farm.

때 근섬유의 수축 및 근질의 단축으로 인해 식육의 보수력은 감소되어 가열감량이 발생하게 된다(Cho et al., 2008). 가열감량은 모든 저장 일차에서 CTC와 CTW간 유의적인 차이는 없었다.

5. 전단력

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 전단력의 변화는 Table 3에 나타내었다. 저장 5일 차를 제외한 모든 저장일차에서 CTW 처리구가 CTC처리구보다 높은 전단력을 보였으며($P<0.05$), 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 전단력은 감소하였다. Castellini et al.(2002)은 일반농장보다 유기농장 육계 다리육의 전단력이 높았다고

하였으며, 이는 육계 사육 시스템의 차이로 인해 유기농장 육계가 더 많은 운동 활동을 한 것 때문이라고 보고하였다. Famer et al.(1997)도 사육 밀도가 낮은 육계의 가슴육도 높은 전단력 값을 나타내었다고 보고하여 본 연구와 동일한 경향을 나타내었다. 식육은 저장 기간이 증가할수록 연도가 증가하면서 전단력이 낮아지는데, 근육 내 효소뿐만 아니라, 미생물의 효소에 의해 단백질이 분해되어 조직이 연화되고, 비단백태질소 화합물이 증가하여 전단력이 감소된다(Khan and Van den Berg, 1964).

6. 미생물

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 냉장 저장 기간 중 일반

Table 3. Shear force(kgf) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage (days)					SEM ¹
	1	3	5	7	9	
CTC ²	2.48 ^{Ba}	2.20 ^{Bb}	2.19 ^{Ab}	1.94 ^{Bc}	1.77 ^{Bd}	0.035
CTW	2.81 ^{Aa}	2.50 ^{Ab}	2.28 ^{Ac}	2.21 ^{Ac}	1.89 ^{Ad}	0.050
SEM	0.054	0.051	0.040	0.031	0.035	

^{A,B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹ SEM: Standard error of means.

² CTC: Chicken thigh meat from conventional farm, CTW: Chicken thigh meat from animal welfare farm.

Table 4. Microorganisms of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage(days)					SEM ¹	
	1	3	5	7	9		
Total aerobic bacteria (log CFU/g)	CTC ²	2.64 ^{Ad}	2.96 ^{Ad}	3.85 ^{Ac}	6.12 ^{Ab}	7.16 ^{Aa}	0.081
	CTW	2.67 ^{Ad}	2.92 ^{Ad}	3.75 ^{Ac}	5.83 ^{Bb}	6.70 ^{Ba}	0.089
	SEM	0.081	0.069	0.104	0.084	0.084	
Coliforms (log CFU/g)	CTC	ND ^{3Ab}	0.55 ^{Aab}	0.84 ^{Aa}	1.30 ^{Aa}	1.67 ^{Aa}	0.204
	CTW	ND ^{Ab}	0.63 ^{Aab}	0.53 ^{Aab}	0.77 ^{Aab}	1.32 ^{Aa}	0.227
	SEM	0.000	0.304	0.301	0.248	0.216	

^{A,B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹ SEM: Standard error of means.

² CTC: Chicken thigh meat from conventional farm, CTW: Chicken thigh meat from animal welfare farm.

³ ND: Not detected.

세균수와 대장균군의 변화는 Table 4에 나타내었다. 저장 1일부터 5일까지는 CTC와 CTW처리구간 일반세균수의 유의적인 차이는 없었으나, 저장 7일차와 9일차에 CTW가 CTC보다 유의적으로 낮은 일반세균수를 나타내었다. 현재 식품의약품안전처의 식육 중 미생물 검사 권장기준(MFDS, 2018)에 따르면 식육 판매장에서의 닭고기 일반세균수는 5×10^6 CFU/g(약 6.7 log CFU/g) 이하가 되어야 한다고 권장하고 있다. 그러나 저장 9일에 CTW는 6.7 log CFU/g을 보여 권장기준 이내였으나, CTC는 7.16 log CFU/g을 보여 미생물 권장기준을 초과하였다. 따라서 냉장저장 7일 이후에 복지 농장에서 사육된 육계 다리육의 미생물 증식은 일반농장 육계 다리육보다 낮은 것으로 판단된다. 대장균군은 저장 1일차에 CTC와 CTW에서 검출되지 않았으며, 저장 기간 동안 두 처리구간의 유의적인 차이는 보이지 않았다. Pope and Cherry (2000)는 육계 사육 시, 깔짚을 사용한 농장이 케이지를 이용

하여 사육한 농장보다 병원성 미생물의 대한 오염도가 감소하였다고 하였다. 또한 Shields and Greger (2013)는 케이지에서 사육한 닭의 배설물 중 50%에서 살모넬라가 검출되었으나, 방사한 닭의 배설물에서는 살모넬라가 거의 검출되지 않았다고 보고하였다.

7. TBARS

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 TBARS 변화는 Table 5에 나타내었다. 저장 1일부터 7일까지 CTC와 CTW간의 유의적인 차이는 없었으나, 저장 9일차에 CTW(0.56 mg MDA/kg)가 CTC(0.64 mg MDA/kg)보다 유의적으로 낮은 TBARS 값을 나타내었다. 저장기간 동안 일반농장과 동물복지 농장 육계 다리육 간의 TBARS값 차이는 없었다고 판단되나, 두 처리구 모두 저장 기간이 경과함에 따라 TBARS 값이 유의적으로 증가하였다. Racanicci

Table 5. Thiobarbituric acid(TBARS) and volatile basic nitrogen(VBN) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage(days)					SEM ¹	
	1	3	5	7	9		
TBARS (mg MDA/kg)	CTC ²	0.32 ^{Ad}	0.37 ^{Ac}	0.40 ^{Ac}	0.53 ^{Ab}	0.64 ^{Aa}	0.011
	CTW	0.30 ^{Ac}	0.37 ^{Ad}	0.42 ^{Ac}	0.50 ^{Ab}	0.56 ^{Ba}	0.010
	SEM	0.010	0.011	0.008	0.010	0.013	
VBN (mg/100g)	CTC	9.16 ^{Ac}	10.32 ^{Ad}	11.96 ^{Ac}	20.00 ^{Ab}	26.87 ^{Aa}	0.198
	CTW	8.45 ^{Bd}	9.22 ^{Bd}	10.16 ^{Bc}	15.01 ^{Bb}	21.79 ^{Ba}	0.206
	SEM	0.144	0.195	0.232	0.178	0.245	

^{A,B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~e} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹ SEM: Standard error of means.

² CTC: Chicken thigh meat from conventional farm, CTW: Chicken thigh meat from animal welfare farm.

et al.(2008)은 육계 다리육을 PVC(polyvinyl chloride) 필름으로 포장하여 4°C에서 12일 동안 저장하여 TBARS 값을 측정된 결과, 저장 1일차에는 약 0.3 mg MDA/kg이었으며, 저장 12일차에는 0.53 mg MDA/kg으로 저장 기간이 증가함에 따라 TBARS 값이 증가하였다고 하여 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

8. VBN

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 VBN 변화는 Table 5에 나타내었다. 저장 기간 동안 CTW는 CTC보다 유의적으로 낮은 VBN 함량을 나타내었다. 저장 7일차에 CTC는 VBN 함량이 20.00 mg/100 g을 나타내었으나, CTW는 15.01 mg/100 g으로 CTC보다 낮은 VBN 값을 나타내어 동물복지 육계 다리육의 저장성이 일반농장 육계 다리육보다 높고, 신선도를 오래 유지하는 것으로 판단되었다. Jang et al.(2010)은 육계 다리육을 냉장 저장하면서 7일 동안 VBN 함량을 측정된 결과, 저장 0일차에는 10.84~13.86 mg/100 g을 나타내었으며, 저장 7일차에는 22.32~28.13 mg/100 g을 나타내어 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 증가함을 나타내었다. VBN함량은 저장 기간이 증가함에 따라 식육단백질의 변패가 진행되어 아미노산과 휘발성 염기태 질소로 분해된 산물을 측정된 것이며, 식육의 신선도를 평가하는 지표로 사용된다(Kim et al., 2018). 우리나라 식품공전에서는 VBN 함량이 20 mg/100 g을 초과하였을 때 부패육으로 판정하고 있다(MFDS, 2018).

9. Creatine과 Di-Peptide(Anserine과 Carnosine) 함량

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 creatine 및 di-peptide(anserine 및 carnosine)의 변화는 Table 6에 나타내었다. Creatine은 근육에 에너지를 공급하며, 신경을 보호하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Adhihetty and Beal, 2008). Creatine 함량은 저장 1일차에 CTC(192.52 mg/100 g)와 CTW(203.00 mg/100 g)간의 유의적인 차이는 없었다.

Di-peptide로 알려진 anserine(β -alanyl-L-1-methylhistidine)과 carnosine(β -alanyl-L-histidine)은 소, 돼지, 닭 같은 척추동물의 골격근과 신경 조직에 주로 분포하고 있으며, 금속 킬레이트와 유리 라디칼 소거제로 작용한다(Chan and Decker, 1994). 또한 세포막을 보호하고, 유리 라디칼과 같은 신체 독소를 제거하고 완충효과와 면역작용을 하는 대식세포 조절 기능을 가지고 있다(Boldyrev and Severin, 1990). Anserine의 경우, 저장 1일차에 CTW(101.64 mg/100 g)가 CTC(75.73 mg/100 g)보다 유의적으로 높은 함량을 나타내었다. 식육의 anserine 함량은 근육의 종류, 종, 성별, 나이 등에 의해 영향을 받는다(Chan and Decker, 1994). Sundekilde et al. (2017)은 근위축증을 가진 닭가슴육에서 일반 육계보다 anserine 함량이 감소하였으며, 근육의 영양 장애로 인해 anserine 함량이 감소할 수 있다고 보고하였다. Carnosine 함량은 모든 저장 기간 동안 처리구간의 유의적인 차이는 없었으며, 특히 CTC는 저장 기간 동안 유의적인 변화를 보이지 않았다. Kim et al.(2012)은 20주와 90주령 육계 다리육내 di-peptide 함량을 측정된 결과, carnosine 함량은 14.28~

Table 6. Creatine and di-peptide (mg/100g) contents of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage(days)					SEM ¹	
	1	3	5	7	9		
Creatine	CTC ²	192.52 ^{Aa}	192.13 ^{Aa}	183.93 ^{Aa}	183.32 ^{Aa}	170.10 ^{Aa}	5.401
	CTW	203.00 ^{Aa}	202.67 ^{Aa}	197.81 ^{Aa}	186.19 ^{Aab}	174.99 ^{Ab}	5.302
	SEM	3.667	6.356	7.428	4.827	3.296	
Anserine	CTC	75.73 ^{Bab}	86.36 ^{Aa}	75.67 ^{Aab}	70.86 ^{Aab}	58.26 ^{Ab}	4.815
	CTW	101.64 ^{Aa}	92.91 ^{Aab}	85.16 ^{Ab}	73.30 ^{Ac}	60.04 ^{Ad}	2.408
	SEM	2.635	5.887	3.931	2.554	2.980	
Carnosine	CTC	34.45 ^{Aa}	36.02 ^{Aa}	38.32 ^{Aa}	32.00 ^{Aa}	22.40 ^{Aa}	4.272
	CTW	42.27 ^{Aa}	41.28 ^{Aa}	33.63 ^{Aab}	32.69 ^{Aab}	21.78 ^{Ab}	3.222
	SEM	2.638	4.544	3.815	4.533	2.976	

^{A,B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹ SEM: Standard error of means.

² CTC: Chicken thigh meat from conventional farm, CTW: Chicken thigh meat from animal welfare farm.

39.57 mg/100 g, anserine 함량은 69.30~116.52 mg/100 g을 나타내었다고 하였다. Manhiani et al.(2011)은 도계 전 육계에 35℃의 열 스트레스를 가하고 거꾸로 매달리게 하여 닭이 날개를 심하게 펴리게 만들어 스트레스를 준 다음 육계의 다리육의 carnosine 함량을 측정할 결과, 스트레스를 받은 육계의 다리육에서 carnosine 함량이 증가하였다고 하였다. 그러나 본 연구 결과에서는 일반농장과 동물복지 농장의 육계 다리육 내 carnosine 함량의 차이는 보이지 않았다.

10. SOD 활성 및 DPPH 라디칼 소거능

국내 일반 및 동물복지 육계 다리육의 저장 기간 중 SOD 활성 및 DPPH 라디칼 소거능의 변화는 Table 7에 나타내었다. 살아 있는 생명체는 free radical에 의한 손상으로부터 보호할 수 있는 방어기전을 가지고 있다, 그 중 SOD는 항산화 효소로서 free radical을 제거하는 역할을 하며, 세포를 산화적 손상으로부터 보호하는 작용을 한다(Freeman and Crapo, 1982). 본 연구결과, SOD 활성은 모든 저장 일차에서 처리구간의 유의적인 차이가 없었다. Azad et al.(2010)은 34℃의 열 스트레스를 받은 육계에서 산화적 스트레스로 인해 ROS (reactive oxygen species)가 증가하여 항산화 시스템이 작용하여 SOD 활성이 증가하였으며, 32℃의 스트레스를 받은 육계에서는 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 본 연구 결과, 일반 및 동물복지 농장 육계 다리

육의 SOD 활성의 차이는 없는 것으로 사료된다. DPPH 라디칼 소거능은 특정 항산화 물질이 활성 라디칼을 억제하는 작용을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법으로 가장 많이 사용되고 있다. DPPH 라디칼 소거능은 저장 1일차에만 CTW(43.73%)가 CTC(38.44%)보다 유의적으로 높은 소거 활성을 보였으며, 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 감소하였다. DPPH 라디칼 소거능은 식육에 함유되어 있는 di-peptide 함량에 의해 영향을 받으며, di-peptide 함량이 높을수록 높은 DPPH 라디칼 소거능을 보인다(Chan and Decker, 1994). Min et al.(2008)은 닭 다리육을 분쇄하여 4℃에서 7일간 호기포장하여 저장하였을 때, 닭 다리육의 DPPH 라디칼 소거능이 저장 기간이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다고 하였다. Kim et al.(2013)도 재래흑돼지 등심과 후지육을 호기 포장하여 4℃에서 10일 동안 냉장 저장하면서 DPPH 소거능을 측정한 결과, 저장 기간이 증가함에 따라 감소하였다고 하였다. 그러나, Wan et al.(2018)은 열 스트레스(34±1℃)를 받은 닭 가슴육의 DPPH 라디칼 소거능이 일반 닭가슴육보다 낮은 활성을 나타내었으나, 유의적인 차이는 없었다고 하였다.

적 요

본 연구는 일반농장과 복지형 농장의 육계 다리육의 냉

Table 7. SOD activity (U/g wet tissue) and DPPH radical scavenging activity (%) of chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm during cold storage

Treatment	Storage(days)					SEM ¹	
	1	3	5	7	9		
SOD activity	CTC ²	3,319.72 ^{Aa}	3,309.66 ^{Aa}	2,838.97 ^{Aa}	2,594.34 ^{Aa}	2,840.31 ^{Aa}	179.760
	CTW	3,478.75 ^{Aa}	3,429.36 ^{Aa}	3,321.05 ^{Aa}	2,853.01 ^{Ab}	3,003.57 ^{Ab}	113.087
	SEM	156.624	134.220	176.403	118.022	158.627	
DPPH	CTC	38.44 ^{Ba}	31.79 ^{Ab}	29.12 ^{Bb}	30.49 ^{Ab}	27.43 ^{Ab}	1.054
	CTW	43.73 ^{Aa}	35.84 ^{Ab}	31.31 ^{Ac}	31.75 ^{Ac}	28.62 ^{Ac}	0.963
	SEM	1.081	1.332	0.604	1.203	0.585	

^{A,B} Means within the same column with different letters are significantly different ($P<0.05$).

^{a~d} Means within the same row with different letters are significantly different ($P<0.05$).

¹ SEM: Standard error of means.

² CTC: Chicken thigh meat from conventional farm, CTW: Chicken thigh meat from animal welfare farm.

장저장 기간 중 품질과 생리활성 기능 성분을 비교 분석하기 위해 실시하였다. 일반농장 및 동물복지 농장의 육계 다리육을 발골하여 9일 동안 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 저장하면서 품질평가, creatine, di-peptide(anserine 및 carnosine), SOD 활성, DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. pH 값은 저장 1일차에 CTW 처리구가 CTC 처리구보다 유의적으로 높았으며, b* 값은 CTW 처리구가 CTC 처리구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 가열감량, 보수력, L*, a* 및 대장균수는 두 처리구간의 유의적인 차이를 보이지 않았다. 전단력의 경우 저장 1일차, 3일차, 7일차, 9일차에 CTW 처리구가 CTC 처리구보다 유의적으로 높은 수치를 나타내었다. 일반세균수의 경우, 두 처리구 모두 저장 기간이 증가함에 따라 증가하였으나, 저장 7일차, 9일차에 CTW 처리구(5.83 log CFU/g, 6.70 log CFU/g)가 CTC 처리구(6.12 log CFU/g, 7.16 log CFU/g)보다 유의적으로 낮은 일반 세균수를 나타내었다. TBARS 값은 저장 7일차까지 두 처리구간의 유의적인 차이는 없었으나, 저장 9일차에 CTW 처리구(0.56 mg MDA/kg)가 CTC 처리구(0.64 mg MDA/kg)보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 단백질 변패도를 나타내는 VBN은 모든 저장일차에서 CTW 처리구가 CTC 처리구보다 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다. Creatine과 carnosine 함량은 두 처리구간 유의적인 차이는 없었으나, anserine은 저장 1일차에만 CTW 처리구가 CTC 처리구보다 높은 함량을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능은 저장 1일차에 CTW 처리구가 CTC 처리구보다 유의적으로 높아 항산화 활성을 보였다.

사 사

본 결과는 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호 318022041HD030).

REFERENCES

- Adams JR, Huffman DL 1972 Effect of controlled gas atmospheres and temperatures on quality of packaged pork. *J Food Sci* 37(6):869-872.
- Adhihetty PJ, Beal MF 2008 Creatine and its potential therapeutic value for targeting cellular energy impairment in neurodegenerative diseases. *Neuromolecular Med* 10: 275-290.
- An YS, Park JG, Jang IS, Sohn SH, Moon YS 2012 Effects of high stocking density on the expressions of stress and lipid metabolism associated genes in the liver of chicken. *J Life Sci* 22(12):1672-1679.
- AOAC 1995 Official Methods of Analysis. 6th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Azad MAK, Kikusato M, Maekawa T, Shirakawa H, Toyomizu M 2010 Metabolic characteristics and oxidative damage to skeletal muscle in broiler chickens exposed to chronic heat stress. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 155(3):401-406.

- Blois MS 1958 Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200.
- Boldyrev AA, Severin SE 1990 The histidine-containing dipeptides, carnosine and anserine: Distribution, properties and significance. *Adv Enzym Regul* 30:175-188.
- Buege JA, Aust SD 1978 Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol* 52:302-310.
- Castellini C, Mugnai CAND, Dal Bosco A 2002 Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Sci* 60:219-225.
- Chan KM, Decker EA 1994 Endogenous skeletal muscle antioxidants. *Crit Rev Food Sci Nutr* 34:403-426.
- Cho SH, Kim JH, Seong PN, Cho YM, Chung WT, Park BY, Chung MO, Kim DH, Lee JM, Ahn, CN 2008 Physico-chemical meat quality properties and nutritional composition of Hanwoo steer beef with 1++ quality grade. *Korean J Food Sci An* 28(4):422-430.
- Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim HW, Jeong JY, Kim CJ 2009 Characteristics of low-fat meat emulsion systems with pork fat replaced by vegetable oils and rice bran fiber. *Meat Sci* 82(2):266-271.
- Farmer LJ, Perry GC, Lewis PD, Nute GR, Piggott JR, Patterson RLS 1997 Responses of two genotypes of chicken to the diets and stocking densities of conventional UK and label rouge production systems. II. Sensory attributes. *Meat Sci* 47:77-93.
- Feddes JJ, Emmanuel EJ, Zuidhof MJ 2002 Broiler performance, body weight variance, feed and water intake, and carcass quality at different stocking densities. *Poult Sci* 81(6):774-779.
- Food Code 2018 Ministry of Food and Drug Safety. <http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/index.jsp> Accessed March 24, 2018.
- Freeman BA, Crapo JD 1982 Free radicals and tissue injury. *Lad Invest* 47:412-417.
- Husak RL, Sebranek JG, Bregendahl K 2008 A survey of commercially available broilers marketed as organic, free-range, and conventional broilers for cooked meat yields, meat composition, and relative value. *Poult Sci* 87(11):2367-2376.
- Jang AR, Ham JS, Kim DW, Chae HS, Kim SH, Seol KH, Oh MH, Chae HS, Kim SH, Kim DH 2011 Effect of quercetin and methoxylated quercetin on chicken thigh meat quality during cold storage. *Korean J Poult Sci* 38(4):265-273.
- Jang AR, Park JE, Kim SH, Chae HS, Ham JS, Oh MH, Kim HW, Seol KH, Cho SH, Kim DH. 2010 Effect of dietary supplementation of quercetin on oxidative stability of chicken thigh. *Korean J Poult Sci* 37(4):405-413.
- Jaturasitha S, Srikanthai T, Kreuzer M, Wicke M 2008 Difference in carcass and meat characteristics between chicken indigenous to northern Thailand (black boned and Thai native) and imported extensive breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poult Sci* 87:160-169.
- Jay JM, Shelef LA 1978 Microbial modifications in raw and processed meats and poultry at low temperatures. *Food Technol* 32:186-187.
- Khan AW, Van den Berg L 1964 Some protein change during postmortem tenderization in poultry meat. *J Food Sci* 29(5):597-601.
- Kim D, Gil J, Kim HJ, Kim HW, Park BY, Lee SK, Jang A 2013 Changes in meat quality and natural di-peptides in the loin and ham cuts of Korean native black pigs during cold storage. *J Life Sci* 23(12):1477-1485.
- Kim D, Kim HJ, Kim HJ, Kim JS, Kim H, Sujiwo J, Kang S, Gwak HA, Jang A 2018 Effects of lemon and cranberry juice on the quality of chicken thigh meat during cold storage. *Korean J Poult Sci* 45(1):53-62.
- Kim HJ, Kim D, Shin JS, Jang A 2017 Effects of dietary chitosan and probiotics on the quality and physico-chemical characteristics in Hanwoo striploin. *J Agric Life Sci* 51(5):115-128.
- Kim SK, Kim YM, Baek IK, Auh JH 2012 Carnosine and anserine in chicken: Distribution, age-dependency and their anti-glycation activity. *Korean J Food Sci An* 32(1):45-48.
- Manhiani PS, Northcutt JK, Han I, Bridges WC, Scott TR, Dawson PL 2011 Effect of stress on carnosine levels in brain, breast, and thigh of broilers. *Poult Sci* 90(10):2348-2354.
- Min Á, Nam KC, Cordray J, Ahn DU 2008 Endogenous factors affecting oxidative stability of beef loin, pork loin, and chicken breast and thigh meats. *J Food Sci* 73(6):

- 439-446.
- Mora L, Sentandreu MA, Toldrá F 2007 Hydrophilic chromatographic determination of carnosine, anserine, balenine, creatine, and creatinine. *J Agri Food Chem* 55(12):4664-4669.
- OECD Data 2017 <https://data.oecd.org>
- Ohh SJ, Jung YP, Oh KT, Hong SJ, Lee JI 2012 Efficiency analysis on advertising media for animal welfare egg-Focused on ranked logit model. *Korean J Agric Sci* 39(3):441-450.
- Pope MJ, Cherry TE 2000 An evaluation of the presence of pathogens on broilers raised on poultry litter treatment-treated litter. *Poult Sci* 79(9):1351-1355.
- Racanicci AMC, Menten JFM, Regitano-d'Arce MAB, Torres EAFDS, Pino LM, Pedroso AA 2008 Dietary oxidized poultry offal fat: Broiler performance and oxidative stability of thigh meat during chilled storage. *Rev Bras Cienc Avic* 10(1):29-35.
- Shields S, Greger M 2013 Animal welfare and food safety aspects of confining broiler chickens to cages. *Animals* 3(2):386-400.
- Sundekilde UK, Rasmussen MK, Young JF, Bertram HC 2017 High resolution magic angle spinning NMR spectroscopy reveals that pectoralis muscle dystrophy in chicken is associated with reduced muscle content of anserine and carnosine. *Food Chem* 217:151-154.
- Sung SK, Kweon YJ, Kim DG 1998 Postmortem changes in the physicochemical characteristics of Korean native chicken. *Korean J Poultry Sci* 25:55-64.
- Thomsen HH, Zeuthen P 1988 The influence of mechanically deboned meat and pH on the water-holding capacity and texture of emulsion type meat products. *Meat Sci* 22:189-201.
- Wan X, Ahmad H, Zhang L, Wang Z, Wang T 2018 Dietary enzymatically treated *Artemisia annua* L. improves meat quality, antioxidant capacity and energy status of breast muscle in heat stressed broilers. *J Sci Food Agr* 95(10):3715-3721.
- Wu FY, Smith SB. 1987. Ionic strength and myofibrillar protein solubilization. *J Ani Sci* 65:597-608.
- Yoon JY, Kim GR, Joung SH 2018 An exploratory study on the animal welfare certified product. *J Conum Stud* 29(3):83-107.

Received Oct. 20, 2018, Revised Nov. 29, 2018, Accepted Dec. 3, 2018