



도계 중 할랄방법에 CO₂와 N₂ 가스기절처리가 닭 가슴살과 내장의 물리화학적 특성에 미치는 영향

송동헌¹ · 알람 모하메드 샤부불^{2,3} · 이정아^{2,4} · 화반바¹ ·
 강선문⁵ · 김현욱⁵ · 전진주⁶ · 강환구⁶ · 조수현⁷ · 설국환^{5*}

¹국립축산과학원 축산물이용과 박사후연구원, ²국립축산과학원 연구원, ³전북대학교 동물자원학과 대학원생,
⁴공주대학교 동물자원학과 대학원생, ⁵국립축산과학원 축산물이용과 농업연구사, ⁶국립축산과학원 가금연구소 농업연구사,
⁷국립축산과학원 축산물이용과 농업연구관

Effect of Halal and Conventional Slaughtering Method with CO₂ and N₂ Gas Stunning on Physicochemical Traits of Chicken Breast Muscle and Small Intestine

Dong-Heon Song¹, Shahbubul Muhammad Alam^{2,3}, Jeong-Ah Lee^{2,4}, Van Ba Hoa¹, Sun Moon Kang⁵,
 Hyoun Wook Kim⁵, JinJoo Jeon⁶, Hwan Ku Kang⁶, Soo-Hyun Cho⁷ and Kuk-Hwan Seol^{5*}

¹Postdoctor Researcher, Animal Products Research and Development Division, National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Republic of Korea

²Research Assistant, Animal Products Research and Development Division, National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Republic of Korea

³Graduate Student, Department of Animal Science, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Republic of Korea

⁴Graduate Student, Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Yesan 32439, Republic of Korea

⁵Researcher, Animal Products Research and Development Division, National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Republic of Korea

⁶Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

⁷Senior Researcher, Animal Products Research and Development Division, National Institute of Animal Science, Wanju 55365, Republic of Korea

ABSTRACT We investigated the effects of stunning methods and gas treatments during slaughter on the quality characteristics of chicken breast and small intestine. Broilers (Ross 308) were stunned and slaughtered using halal, CO₂, or N₂ gas stunning methods (for 10 birds). After slaughter, the pH, proximate composition, color, water-holding capacity, cooking loss, and shear force of chicken breast muscle and small intestine were determined. Compared with the halal treatment, CO₂ treatment resulted in higher pH and lower cooking loss ($P<0.05$), and the pH, color, and shear force of chicken breast muscle with N₂ treatment were similar to those of the halal treatment ($P>0.05$). Compared with the halal treatment, the gas treatments resulted in lower pH and lightness and higher redness, yellowness, thickness, and shear force of the small intestine ($P<0.05$). However, compared with the CO₂ treatment, the N₂ treatment resulted in lower pH, redness, and yellowness, and higher lightness, thickness, and shear force. Overall, compared with the halal method, our results suggest that the use of N₂ gas suppresses the discoloration and deterioration of the texture of chicken meat and small intestine caused by CO₂ gas treatment in the gas stunning method.

(Key words: chicken breast, animal-welfare, discoloration, nitrogen, carbon-dioxide stunning)

서론

계육은 타 축종보다 단백질 함량이 높은 반면 지방 함량이 낮고 불포화지방산 비율이 높아 건강지향적 소비자들이 선호하는 식품이다(Zorba and Kurt, 2006; Koh and Yu,

2015). 최근 몇 년간 닭고기 소비량 증가에 따라서 가금 및 육계 산업이 지속적으로 성장하고 있다. 축산 산업의 성장과 함께 소비자들은 안전한 축산물생산에 대한 관심이 높아지고 있으며, 그에 따라 사양, 운송, 도축과 같은 축산물 생산 과정에서의 동물복지에 관한 관심 또한 높아지는 실정이

* To whom correspondence should be addressed : seolkh@korea.kr

다(Kim et al., 2018).

유럽에서는 도축(도계를 포함하는)에 관한 법률로 동물의 불필요한 고통을 방지하기 위해 도축전 동물에게 기절을 실시하여 무의식과 무감각한 상태로 도축을 실시해야 한다고 명시하고 있다(Gerritzen et al., 2013). 현재 우리나라를 비롯하여 유럽과 미국 등 국가의 도계장에서 주로 활용하는 실신법은 전기실신법과 이산화탄소(CO₂), 질소(N₂) 및 아르곤(Ar)을 사용하는 가스실신법이 있다(Gerritzen et al., 2013). 한편으로, 할랄(Halal)방법은 인도네시아, 말레이시아 및 방글라데시아와 같은 이슬람협력기구(OIC)에서 시행되는 도축 방법이며 종교적 방침이 선행되는 방식으로 살아있는 가축을 도축하기 위해 기절과정을 생략하기도 한다(Nakyinsige et al., 2014; Fuseini et al., 2016). 그러나, 전통적인 할랄방법의 도축에서는 기절을 실시하지 않으므로 동물복지에 적합하지 않고 종교적 의미의 논쟁이 지속되고 있기 때문에, 최근 다수의 이슬람 국가들(사우디아라비아, 이집트, 싱가포르, 인도네시아 등)은 가축이 죽지 않고 기절하는 방안을 마련하여 도계공정을 개선하고 있다(Fuseini et al., 2016).

가스실신법은 기절을 실시하지 않는 전통 할랄방법이나 의식이 있는 가금류를 족쇄에 묶고 전기를 가하는 전기실신법에 비하여 도계 과정 중 동물에게 가하는 고통과 스트레스가 적어 동물복지 측면에서 긍정적인 평가를 받고 있다(Gerritzen et al., 2013; Salwani et al., 2016). 유럽과 미국에서는 전기실신법을 대체하여 가스실신 기절을 권장하고 있으며, 우리나라에서도 2012년부터 CO₂ 가스 실신 설비를 갖춘 도계장들에 운영이 시작되었다.

도계과정은 계육의 생산과정에서 짧은 기간이지만 생산되는 최종 제품의 품질에 매우 중요한 역할을 한다. 동물에게 있어 고통도의 이산화탄소 흡입은 불쾌한 호흡적 감각과 정신적인 고통을 유발하는 것으로 알려졌다(Lamboojij et al., 1999; Salwani et al., 2016). 더욱이, 이산화탄소 가스 실신을 적용한 식육에서 변색이 발생하며, 무른 조직감이 나타난다고 보고된 바 있다(Channon et al., 2002; Bórnez et al., 2009; Xu et al., 2018). 특히, 국내에서는 식육 부산물인 내장의 변색이 심각하여 판매가 불가능한 실정으므로 가스실신에 따른 식육 부산물의 상품성 저하 문제가 대두되고 있다.

식육의 육색, 연도 및 보수력과 같은 품질 특성은 소비자의 식육 구매 의사에 시각적 판단 및 섭취시 관능적 만족도 등 지속적인 구매의사에 영향을 미치는 중요한 요인이다(Rosenvold and Andersen, 2003). 소비자 구매의사에 바람직하지 않은 육색으로 인한 식육의 상품성 저하는 경제적 손

해이다(Hughes et al., 2014). 그러므로 동물복지의 관점뿐만 아니라 산업적으로 식육의 품질 개선을 위하여 할랄방법과 CO₂ 가스실신법에 대한 개선이 시급하다. 따라서 본 연구는 동물복지를 위한 도계과정 중 가스 종류를 다르게 하였을 때, 계육 가슴살과 내장의 변색 및 이화학적 특성에 미치는 영향을 구명하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험의 동물 관리 및 실험 방법은 국립축산과학원 가금연구소 실험동물 관리 및 연구윤리위원회의 규정과 허가(승인번호: NIAS20191536)에 따라 실시하였다.

1. 공시계의 사양 관리

실험에 사용된 공시계는 국립축산과학원 가금연구소에서 1일령 육계 암컷 병아리(Ross 308)를 총 5주 동안 전기(0~21일) 및 후기(22~35일)로 나누어 사양하였다. 공시계에게 사료는 시판 배합사료(홍성사료)를 공급하였고 사료와 물은 무제한 급여하였다. 계사 내 적정 온도는 1일령에 33°C로 설정하였고, 주당 4°C씩 감온하여 이후에는 20°C를 유지하였다. 점등 주기는 3일간 24시간 점등하였고 이후에는 동물복지기준(8시간 암기, 16시간 명기)에 따라 점등을 실시하였다. 최종적으로 5주동안 사양된 공시계 중 임의로 선발된 100수를 선발하였다.

2. 실신 및 도축방법

공시계 100수 중 30수를 선발하여 각각 10수씩 3가지 방법(할랄 도축, CO₂ 가스실신 및 N₂ 가스실신)으로 동일한 일시에 도계를 실시하였다. 각 처리구에 도계시간은 1시간 간격으로 수행되었다. 할랄(Halal) 도축방법(이하 할랄법)은 이슬람교도들을 위한 전통 도축 방법으로 도축시점에 살아있는 동물들을 다른 동물과 피가 보이지 않는 곳에서 알라(Allah)의 이름을 부르며 한번의 칼질로 도살하는 방법이다(Fuseini et al., 2016). 본 연구에서도 할랄법에 따라서 공시계를 현수하고 경동맥을 칼로 절단하고, 2분간 방혈을 실시하였다(Halal 처리구).

공시계 중 임의로 선발된 20수는 특수제작된 밀폐형 가스실신기(STI-01, (주)STI, 대구, 한국)를 이용하여 각 10수씩 이산화탄소(CO₂)와 질소(N₂) 가스에 노출시켜 실신시켰다(CO₂ 처리구 및 N₂ 처리구). 이때, 실신 농도는 각각 85%와 98%로 설정하고, 모니터링을 통해 공시계에 충분한 실신을

확인한 후 도계를 실시하였다. 실신된 공시계는 할랄법과 동일하게 현수, 경동맥 절단 후 2분간 방혈을 실시하였다.

모든 공시계는 방혈이 종료되면 탈모와 내장적출을 실시하고, 흐르는 물로 세척 후 1시간 동안 얼음물에서 냉침하였다. 이후, 모든 도체는 폴리에틸렌 포장지에 넣고 4°C 냉장고에서 냉각을 실시후 육질 분석에 사용하였다.

3. 시료 채취 및 분석 준비

1) 가슴살

도계후 약 18시간이 경과된 냉도체에서 좌·우측 가슴살을 발골하고 과도한 결체 조직 및 안심살을 제거하였다. 육질분석에서 좌측 가슴살은 가열감량 및 전단력 측정에 사용하였으며, 우측 가슴살은 이화학적 분석에 사용하였다.

2) 소장

소장은 도축 직후 적출된 내장에서 위 하단 부의 십이지장과 공장을 약 5 m 정도 채취하여 흐르는 물로 세척하였다. 이후 시료는 폴리에틸렌 포장지에 넣어 4°C 냉장고에서 약 18시간 동안 냉각하였다. 분석에 사용된 소장의 가열은 71.3°C의 항온수조에서 30분간 실시 후 상온에서 1시간 동안 방냉하고 분석에 사용하였다.

4. 조사 항목

계육 가슴살은 pH, 색도, 일반성분, 보수력, 가열감량 및 전단력을 분석하였다. 소장에서는 가열전 pH, 가열 전·후의 색도, 전단력 및 두께를 분석하였다.

5. 분석 방법

1) pH 측정

pH는 시료 3 g에 증류수 27 mL를 가하여 균질기(PT-MR2100, Kinematica AG, Switzerland)를 이용하여 12,000 rpm에서 1분간 균질 후 pH meter(FP 20, Mettler Toledo, Switzerland)로 측정하였다.

2) 색도 측정

색도의 측정은 시료를 30분간 발색시킨 후, 색차계(CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 시료 표면에 L*(lightness, 명도), a*(redness, 적색도) 및 b*(yellowness, 황색도) 값을 측정하였다. 이때 시료당 6회씩 측정된 값을 평균내어 최종 결과값으로 사용하였다. 색차계 보정은 표준평판(Y=86.50, x=0.3165,

y=0.3242)을 이용하였다.

3) 보수력 및 가열감량 측정

보수력은 Hur et al.(2001)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 0.5 g을 2 mL filter tube(0.2 um, P25661, Millipore, Japan)에 넣고, 원심분리기(Avanti(R) J-E, Beckman coulter, USA)를 이용하여 12,000 rpm에서 15분 동안 원심분리를 실시하였다. 시료로부터 유리된 수분함량을 측정하고, 전체 시료의 수분함량에 대한 잔류 수분함량의 비율을 계산하였다.

가열감량은 가열전·후의 무게를 측정하여 감소된 무게 비율을 구하였다. 계육 가슴살의 가열은 시료를 polyethylene bag에 넣고 80°C의 항온수조를 이용하여 심부온도가 75±1°C가 되는 시점에서 종료하였다. 이후, 시료를 얼음물에 15분간 담귀 심부온도를 24±1°C로 감소시킨 후 표면의 수분을 제거하여 최종 무게를 측정하였다.

$$\text{가열감량} = \frac{[\text{시료의 가열 전 무게 (g)} - \text{시료의 가열 후 무게 (g)}] / \text{시료의 가열 전 무게 (g)} \times 100$$

4) 일반성분 및 콜라겐 함량 측정

일반성분 및 콜라겐 함량은 AOAC 방법(2006)에 따라서 근적외선분광기(Food scan™ Lab, Fossstecator, DK)를 이용하여 측정하였다.

5) 전단력 측정

전단력은 가열된 계육 가슴살과 가열전·후의 소장에서 측정하였다. 계육 가슴살은 직경 1.27 cm의 원형 코어를 이용하여 근섬유 방향의 수평으로 채취하였다. 가열전·후의 소장은 3 cm 간격으로 절단하여 시료를 준비하였다. 이후 준비된 시료를 V-blade가 장착된 전단력 측정기(5543, Instron Corp., USA)를 이용하여 절단되는 최대값을 측정하였다. 이때 측정조건은 load cell을 50 kg, cross-head speed를 400 mm/min으로 설정하였다.

6) 내장 두께

내장두께는 digital vernier caliper(CD-20APX, Mitutoyo, Japan)를 이용하여 시료에서 임의로 12 군데의 두께를 측정하고 평균내어 최종값을 산출하였다.

6. 통계분석

통계분석은 SAS Enterprise 7.1(Statistics Analytical System Institute Inc., USA)의 General Linear Model(GLM) 방법을 이

용하여 일원배치 분산분석을 실시하였으며, 처리구간에 따른 차이는 Duncan의 방법을 이용하여 95% 수준에서 평균값 간의 유의성 검정($P<0.05$)을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 계육 가슴살의 pH와 일반성분

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 계육 가슴살의 pH에 대한 결과는 Table 1에 나타났다. 식육의 pH는 보수력과 가열감량, 저장안정성 등 식육의 품질에 영향을 미치는 요인이다. 계육 가슴살의 pH는 CO₂ 가스실신법이 할랄법에 비하여 유의적으로 높았으며, N₂ 가스실신법은 할랄법과 CO₂ 가스실신과 비교하여 pH에 유의적 차이는 나타나지 않았다. Nakyubsige et al.(2014)은 할랄법으로 도축한 토끼육의 사후 15분 이내의 pH는 CO₂ 처리구에 비하여 유의적으로 낮았다고 보고하였다. 또한, Lionch et al.(2011)의 연구에서 돈육의 pH는 가스실신시 CO₂ 90% 농도 처리구가 가장 높았으며, CO₂ 를 대체하여 N₂ 농도가 높아질수록 pH가 감소하는 결과를 나타냈다. 할랄법에 비하여 가스실신 처리구의 pH가 높은 것은 식육의 글리코젠 농도와 카테콜아민(catecholamines)의 영향에 의한 것으로 알려졌다. 가스실신

된 동물은 혐기적 조건에서 경련이 발생하여 adenosine triphosphate(ATP)의 이용이 증가하므로, 글리코젠의 농도가 감소할 수 있다(Henckel et al., 2002; Nakyubsige et al., 2014). Foury et al.(2005)은 가스실신된 가축에서 높은 함량의 카테콜아민이 글리코젠 분해를 증가시켜 사후 젖산 생산을 감소시킨다고 설명하였다. 결과적으로 계육 가슴살의 pH는 할랄법에 비하여 가스실신법에서 높게 나타날 수 있으며, 특히, CO₂ 가스실신법은 계육 가슴살의 pH에 미치는 영향이 큰 것으로 사료된다.

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 계육 가슴살의 일반성분 및 콜라겐 함량은 Table 1에 나타났다. 모든 일반성분(수분, 단백질, 지방 및 회분 함량) 및 콜라겐 함량은 할랄법과 가스실신법(CO₂ 및 N₂)에 따른 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 이러한 결과는 도축방법 및 실신 가스 종류가 식육의 근육조성에 영향을 미치지 않으므로, 도축 후 계육 가슴살의 일반성분과 콜라겐 함량의 변화에 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다.

2. 계육 가슴살의 색도

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 계육 가슴살의 색도는 Table 2에 나타났다. 본 연구 결과 명도, 적색도 및 황색도

Table 1. pH and proximate composition of chicken breast of broilers slaughtered without pre-stunning or with gas stunning

Parameters	Slaughter without pre-stunning	Slaughter with gas stunning	
	(Halal)	CO ₂	N ₂
pH	6.03±0.09 ^b	6.14±0.08 ^a	6.08±0.08 ^{ab}
Proximate composition			
Moisture content (%)	75.45±0.45	75.19±0.46	75.37±0.37
Protein content (%)	22.96±0.30	23.21±0.41	23.10±0.53
Fat content (%)	1.35±0.28	1.18±0.14	1.30±0.31
Ash content (%)	1.05±0.08	1.01±0.04	1.01±0.04
Collagen content (%)	1.24±0.20	1.09±0.24	1.23±0.27

All values are mean±standard deviation (n=10).

^{a,b} Means in same rows with different letters are significantly different ($P<0.05$).

Table 2. Color characteristic of chicken breast of broilers slaughtered without pre-stunning or with gas stunning

Parameters	Slaughter without pre-stunning	Slaughter with gas stunning	
	(Halal)	CO ₂	N ₂
CIE L* (lightness)	57.28±2.56	55.16±3.17	57.87±2.81
CIE a* (redness)	2.90±0.76	2.88±0.60	2.41±0.70
CIE b* (yellowness)	6.76±1.09	5.61±1.55	6.86±1.49

All values are mean±standard deviation (n=10).

모두에서 할랄법과 가스실신 처리구들 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이전의 연구에서 할랄법 혹은 전기실신법에 비하여 CO₂ 가스실신법이 계육 가슴살과 다리살에 변색을 야기할 수 있다고 보고된 바 있다(Salwani et al., 2016; Xu et al., 2018). 반면에, Alvarado et al.(2007)은 CO₂ 가스실신법과 실신시키지 않은 개체의 닭 안심살에서 색도에 유의적 차이가 없다고 보고하였다. 이러한 결과는 육색이 근육의 pH, 근섬유 조성, 방혈상태 및 육즙삼출 등의 요인에 영향을 받은 결과로 생각되며, 추후 식육에 잔존 헤모글로빈과 실신가스의 결합상태에 관한 조사가 필요할 것으로 생각된다.

3. 계육 가슴살의 보수력, 가열감량 및 전단력

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 계육 가슴살의 보수력과 가열감량은 Table 3에 나타났다. 보수력은 도축방법과 실신 가스 종류가 상이하더라도 유의적 차이를 보이지 않았다. 가열감량은 가스실신 처리구들이 할랄법에 비하여 유의적으로 낮게 나타났으며, 가스실신 처리구간에 유의적 차이는 없었다. 식육의 가열감량은 pH, 보수력, 근질질이 등에 다양한 요인에 의해 영향을 받는다. Marcon et al.(2019)은 실신방법이 다른 돼지의 육질평가에서 실신방법은 육즙삼출에 영향을 미치지 않았지만, 전기실신 돈육보다 CO₂ 가스실신 돈육의 pH가 높고 가열감량이 낮았다고 보고하였다. 아울러, 이러한 이유는 pH의 빠른 저하에 의해 가열감량이 높아진 것이라고 설명하였다. 본 연구도 이와 유사하게 CO₂와 N₂ 가스실신 처리구들이 할랄법에 비하여 낮은 가열감량을 나타낸 것은 높은 pH에서 야기된 것으로 사료된다.

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 계육 가슴살의 전단력은 Table 3에 나타났다. 계육 가슴살의 전단력은 모든 처리구에서 유의적 차이가 나타나지 않았다. Salwani et al.(2016)의 연구에서 계육 가슴살은 할랄 처리구에 비하여 가스기질 처리구가 전단력이 유의적으로 낮은 것으로 나타났다.

4. 소장의 pH와 색도

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 소장의 pH는 Table 4에 나타났다. 소장의 pH는 계육 가슴살과 유사한 경향을 나타냈으며, CO₂ 처리구가 할랄법과 N₂ 처리구보다 유의적으로 높은 pH를 나타냈다($P<0.05$). Lionch et al.(2011)은 가스실신법에서 CO₂를 대체하여 N₂ 함량이 높을수록 근육 자극이 더 오랫동안 지속되어 pH_{45min}이 상대적으로 낮아졌으며, 근육자극과 도축 직후 pH 저하에 부의 상관관계가 있음을 보고하였다.

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 가열 전·후에 소장의 색도는 Table 4에 나타났다. 가열 전·후 색도는 유사한 경향을 나타냈다. 명도에서 CO₂ 처리구가 유의적으로 가장 낮았으며, N₂ 처리구의 명도는 CO₂ 처리구 보다 높지만 할랄법보다 낮은 명도를 나타냈다($P<0.05$). 반면에 적색도와 황색도는 CO₂ 처리구가 할랄법과 N₂ 처리구보다 유의적으로 높은 수치를 나타내었고, N₂ 처리구의 적색도 및 황색도는 CO₂ 처리구보다 낮지만 할랄법보다 높은 값을 나타냈다($P<0.05$). Bórmex et al.(2009) 연구에서 양의 실신 단계에서 CO₂ 농도가 높을수록 적색도와 황색도가 높아진 결과를 나타냈다. Xu et al.(2018)은 할랄법과 비교하여 고농도의 CO₂보다 N₂와 CO₂ 혼합가스 처리구에서 계육의 변색이 적었다고 보고하였다. 결과적으로 CO₂ 가스의 사용은 할랄법에 비하여 소장의 색을 어둡고 붉게 변화시키지만, N₂ 가스를 사용함으로써 소장의 변색을 완화시킬 수 있는 것으로 사료된다.

5. 소장의 두께와 전단력

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 소장의 두께는 Table 5에 나타났다. 소장의 두께는 가열 전·후 모두에서 할랄법 > N₂ > CO₂ 순으로 두꺼운 것으로 나타났다. 실신가스의 사용은 소장의 두께를 축소시키며, 특히, CO₂ 가스의 영향이 큰 것으로 판단된다.

도축방법과 실신 가스 종류에 따른 소장의 전단력은

Table 3. Physicochemical characteristic of chicken of broilers slaughtered without pre-stunning or with gas stunning

Parameters	Slaughter without pre-stunning (Halal)	Slaughter with gas stunning	
		CO ₂	N ₂
Water holding capacity (%)	40.94±1.95	39.26±2.18	40.89±1.45
Cooking loss (%)	17.59±1.72 ^a	14.56±1.40 ^b	13.66±1.31 ^b
Shear force (kg/f)	1.93±0.40	1.60±0.32	1.90±0.37

All values are mean±standard deviation. (n=10).

^{a,b} Means in same rows with different letters are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. pH and color parameter of small intestine of broilers slaughtered without pre-stunning or with gas stunning

Parameters	Slaughter without pre-stunning (Halal)	Slaughter with gas stunning		
		CO ₂	N ₂	
pH	6.11±0.05 ^b	6.24±0.08 ^a	6.15±0.05 ^b	
Color parameter				
Fresh	CIE L* (lightness)	61.77±0.90 ^a	56.09±1.10 ^c	58.97±0.79 ^b
	CIE a* (redness)	10.79±0.68 ^c	15.53±0.78 ^a	12.47±0.27 ^b
	CIE b* (yellowness)	11.61±2.03 ^c	17.95±1.21 ^a	14.00±1.87 ^b
Cooked	CIE L* (lightness)	68.33±1.11 ^a	62.97±1.15 ^c	65.23±2.15 ^b
	CIE a* (redness)	5.84±0.94 ^c	9.69±1.51 ^a	7.60±1.57 ^b
	CIE b* (yellowness)	16.31±1.34 ^c	20.80±2.27 ^a	17.99±1.43 ^b

All values are mean±standard deviation (n=10).

^{a-c} Means in same rows with different letters are significantly different ($P<0.05$).

Table 5. Thickness and shear-force of small of broilers slaughtered without pre-stunning or with gas stunning

Parameters	Slaughter without pre-stunning (Halal)	Slaughter with gas stunning	
		CO ₂	N ₂
Thickness (mm)			
Fresh	0.78±0.05 ^a	0.64±0.04 ^c	0.72±0.03 ^b
Cooked	1.64±0.06 ^a	1.29±0.03 ^c	1.44±0.04 ^b
Shear force (kg/f)			
Fresh	1.26±0.23 ^a	0.93±0.09 ^c	1.10±0.04 ^b
Cooked	0.37±0.01 ^a	0.14±0.01 ^c	0.26±0.02 ^b

All values are mean±standard deviation (n=10).

^{a-c} Means in same rows with different letters are significantly different ($P<0.05$).

Table 5에 나타났다. 소장의 전단력은 소장의 두께 차이와 유사한 경향을 나타냈다. 가열 전·후 모두에서 전단력은 할랄법이 가장 높았으며, CO₂ 처리구가 가장 낮은 것으로 나타났다. N₂ 처리구는 할랄법보다 유의적으로 전단력이 낮지만 CO₂ 처리구보다 유의적으로 높은 전단력을 나타냈다 ($P<0.05$). Bórmex et al.(2009)은 양고기의 전단력이 전기실신에 비하여 CO₂ 가스실신 처리구들이 낮은 값을 나타낸다고 보고한바 있다. Salwani et al.(2016)은 CO₂ 가스가 식육에 녹아 스며들어 콜라겐 삼중나선에 결합하면 근막(근육의 표면막)의 가장 약한 지점에 CO₂가 축적되어 균열을 발생시키기 때문에 근육의 연화작용이 발생한다고 하였다. 결과적으로 소장의 전단력은 할랄법에 비하여 가스실신 처리구들이 낮게 나타났지만, CO₂를 대체하여 N₂를 활용하면 가스에 의한

조직 파괴를 다소 억제 할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 향후 가스 종류가 평활근(민무늬근)의 결체조직과 근섬유에 미치는 영향에 대한 연구가 수행될 필요성이 있다.

적 요

본 연구는 도축 중 실신방법과 가스종류가 계육 가슴살과 소장의 품질 특성에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다. 육계(Ross 308)를 각 10수씩 할랄법, CO₂ 및 N₂ 가스실신법으로 기질 후 도축하였다. 도축 후 계육 가슴살과 내장을 채취하여 실험에 사용하였다. 계육 가슴살에서 pH, 일반 성분, 육색, 보수력, 가열감량 및 전단력을, 소장에서 pH, 육색, 두께 및 전단력을 분석하였다. 계육 가슴살에서 할랄 처

리구에 비하여 CO₂ 가스실신 처리구는 pH가 높고 육색 가열감량이 낮았으며($P<0.05$), N₂ 가스실신 처리구는 할랄 처리구와 유사한 pH, 색도, 전단력을 나타냈다($P>0.05$). 또한, 소장에서는 할랄 처리구에 비하여 가스실신 처리구들이 pH, 명도가 낮으며 적색도, 황색도, 두께 및 전단력이 높았고($P<0.05$), CO₂ 가스실신 처리구 보다 N₂ 가스실신 처리구에서 낮은 pH, 적색도 및 황색도, 높은 명도, 두께, 전단력을 나타냈다. 결론적으로 가스실신법에서 CO₂ 가스로 야기된 식육의 변색과 조직감 저하를 N₂ 가스 사용으로 억제할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 가스 종류와 농도가 식육의 변색에 미치는 기작에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

(색인어 : 계육 품질, 동물복지, 변색, 질소 가스, 이산화탄소 실신)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 고유연구사업(과제번호: PJ01490102)의 지원으로 수행되었습니다.

ORCID

Dong-Heon Song <https://orcid.org/0000-0002-4670-3321>
 Shahbubul Muhammad Alam <https://orcid.org/0000-0002-2697-1492>
 Jeong-Ah Lee <https://orcid.org/0000-0003-3019-8321>
 Van Ba Hoa <https://orcid.org/0000-0001-8725-1504>
 Sun Moon Kang <https://orcid.org/0000-0003-3947-4337>
 Hyoun Wook Kim <https://orcid.org/0000-0002-2979-345X>
 Jin Joo Jeon <https://orcid.org/0000-0001-7585-4746>
 Hwan Ku Kang <https://orcid.org/0000-0002-4286-3141>
 Soo-Hyun Cho <https://orcid.org/0000-0002-8073-8771>
 Kuk-Hwan Seol <https://orcid.org/0000-0002-0907-882X>

REFERENCES

Alvarado CZ, Ruchards MP, Keef FO, Wang H 2007 The effect of blood removal on oxidation and shelf life of broiler breast meat. Poultry Sci 86:156-161.
 AOAC 2006 Official Methods of Analyses. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.
 Bórnez R, Linares MB, Vergara H 2009 Effects of stunning

with different carbon dioxide concentrations and exposure times on suckling lamb meat quality. Meat Sci 81(3):493-498.
 Channon HA, Payne AM, Warner RD 2002 Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. Meat Sci 60(1):63-68.
 Fuseini A, Knowles TG, Hadley PJ, Wootton SB 2016 Halal stunning and slaughter: criteria for the assessment of dead animals. Mest Sci 119:132-137.
 Gerritzen MA, Reimert HGM, Hindle VA, Verhoeven MTW, Veerkamp WB 2013 Multistage carbon dioxide gas stunning of broilers. Poultry Sci 92(1):41-50.
 Henckel P, Karlsson A, Jensen MT, Oksjerg N, Petersen JS 2002 Metabolic conditions in porcine *longissimus* muscle immediately pre-slaughter and its influence on peri and post mortem energy metabolism. Meat Sci 62(2):145-155.
 Hughes JM, Oiseth SK, Purslow PP, Warner RD 2014 A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. Meat Sci 98(3):520-532.
 Hur SJ, Joo ST, Oh SH, Kim YJ, Kim YH, Lee JI, Park GB 2001 Effects of packaging method and storage condition on meat shelf-life and water-holding capacity of pork loin. Korean J Animal Sci 43:121-130.
 Kim HJ, Kim HJ, Jeon JJ, Oh SJ, Nam KC, Shim KS, Jung JH, Kim KS, Choi YI, Kim SH, Jang A 2018 Comparison of quality and bioactive compounds in chicken thigh meat from conventional and animal welfare farm in Korea. Korean J Poult Sci 45:261-272.
 Koh HY, Yu IJ 2015 Nutritional analysis of chicken parts. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(7):1028-1034.
 Lambooij E, Pieterse C, Hillebrand SJW, Dijksterhuis GB 1999 The effects of captive bolt and electrical stunning and restraining methods on broiler meat quality. Poultry Sci 78:600-607.
 Llonch P, Rodriguez P, Gispert M, Dalmau A, Manteca X, Velarde A 2012 Stunning pigs with nitrogen and carbon dioxide mixtures: effects on animal welfare and meat quality. Animal 6(4):668-675.
 Marcon AV, Caldara FR, de Oliveira GF, Gonçalves LM, Garcia RG, Paz IC, Crone C, Marcon A 2019 Pork quality after electrical or carbon dioxide stunning at slaughter.

- Meat Sci 156:93-97.
- Nakyinsige K, Sazili AQ, Zulkifli I, Goh YM, Bakar FA, Sabow AB 2014 Influence of gas stunning and halal slaughter (no stunning) on rabbits welfare indicators and meat quality. Meat Sci 98(4):701-708.
- Rosenvold K, Andersen HJ 2003 PT-factors of significance for pork quality-A review. Meat Sci 64(3):219-237.
- Salwani MS, Adeyemi KD, Sarah SA, Vejayan J, Zulkifli I, Sazili AQ 2016 Skeletal muscle proteome and meat quality of broiler chickens subjected to gas stunning prior slaughter or slaughtered without stunning. CyTA-Journal of Food 14(3):375-381.
- Xu L, Zhang H, Yue H, Wu S, Yang H, Wang Z, Qi G. 2018 Gas stunning with CO₂ affected meat color, lipid peroxidation, oxidative stress, and gene expression of mitogen-activated protein kinases, glutathione S-transferases, and Cu/Zn-superoxide dismutase in the skeletal muscles of broilers. J Anim Sci 9(1):1-12.
- Zorba Ö, Kurt Ş. 2006 Optimization of emulsion characteristics of beef, chicken and turkey meat mixtures in model system using mixture design. Meat Sci 73(4):611-618.

Received Nov. 8, 2021, Revised Jan. 22, 2022, Accepted Jan. 27, 2022