

Changes of Meat Quality and Antioxidation Activity in the Loin and Ham of Korean Native Black Pigs during Frozen Storage

Juae Gil¹, Dongwook Kim¹, Hee-Jin Kim¹, Ji-Yeol Yoon¹, Jae-In Pak¹, Beom-Young Park², Jun-Sang Ham² and Aera Jang^{1*}

¹Department of Animal Life Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

²National Institute of Animal Science, RDA, Wanju 565-851, Korea

Received May 1, 2015 / Revised June 26, 2015 / Accepted June 29, 2015

This study was carried out to evaluate changes in the meat quality and antioxidation activity in the loin and ham of Korean Native Black Pigs (KNBP) during frozen storage at -18°C for 150 days. The pH value of the loin was decreased as storage days progressed, while the pH value of the ham showed no consistent changes with storage days. The lightness (L*) of the loin did not show any significant reduction until day 120, whereas L* of the ham was significantly declined throughout the storage period ($p < 0.05$). The redness (a*) values of the loin and ham were significantly decreased as storage progressed. The water holding capacity of the loin was decreased by day 30 and that value was maintained until the end of storage. The initial total numbers of microorganisms in the loin and ham were 4.88 and 5.16 Log CFU/g, respectively and these numbers were significantly decreased by day 30 ($p < 0.05$). The levels of 2-thiobarbituric acid reactive substances (a measurement of lipid oxidation) in the loin and ham ranged from 0.057-0.069 and 0.052-0.087 mg MDA/kg meat, respectively, until storage day 150. Volatile basic nitrogen values of the loin and ham ranged from 15.13-16.55 and 16.05-16.23 mg%. Oxygen radical absorbance capacities and carnosine contents of the loin and ham were significantly decreased during frozen storage for 3 months ($p < 0.05$). In summary, the meat quality of the loin and ham from KNBP was somewhat decreased during frozen storage. However, the levels of antioxidants and dipeptides with antioxidant activity were significantly decreased in pork loin and ham during frozen storage.

Key words : Antioxidation, carnosine, frozen storage, Korean Native Black Pigs (KNBP), quality

서 론

우리나라는 돼지고기 부위를 안심, 등심, 목살, 앞다리, 뒷다리, 삼겹살 그리고 갈비살 즉 7개의 부위로 대분할하고 있으며, 생산 수율은 뒷다리살이 30.9% 정도로 가장 높다. 그 중 지방함량이 높은 소비자 선호부위인 목살과 삼겹살은 국내 생산량의 부족으로 수입물량이 지속적으로 증가하고 있으나 저지방 부위인 등심, 뒷다리살은 비선호부위로 분류되며 생산량에 비해 소비량이 적어 불균형 문제가 심각하다[11, 17]. 일반 개량종인 삼원교잡종(LYD)에 비해 재래돼지는 적응력이 매우 강해 우리나라 기후와 풍토에도 오랫동안 잘 견딜 수 있는 특성을 갖고 있으며, 개량종에 비해 체구가 작다. 재래돼지고기는 다른 품종보다 근원섭유가 많으며 육색이 붉고 지방이 단단하여 마블링이 잘 되어 있고 쫄깃한 맛과 부드러운

특성을 가지고 있어 우리나라 사람들의 기호에 잘 맞는다고 알려져 있다[10].

식품의 냉동처리는 식품내에 존재하는 열을 빼앗아 식품 내의 수분을 액체에서 고체로 상을 변환시켜 일시적으로 변성과 연관된 생화학적 반응을 일시적으로 정지시키는 방법이다. 빙결점 이하의 온도에서 냉동 저장하여 식육을 장기간 저장하는 방법이 널리 이용되고 있으나, 냉동저장을 하게 되면 드립 발생, 단백질 변성 및 지방산화 등의 물리화학적 변화를 초래하게 된다. -20°C 이상의 동결온도에서 변성과 연관된 식육의 생화학적 반응은 식육 내에 있는 수분이 액상으로 잔존하게 되어 수분 때문에 일시적으로 정지되거나 또는 감소되지만 저장기간의 경과에 따라 점차적으로 진행이 지속되어 식육 자체의 품질 및 이를 원료로 생산되는 가공육 제품의 품질에 중대한 영향을 미치게 된다[5, 14]. 항산화제는 활성산소와 반응하여 생체 손상을 최소화하거나 억제하는 물질이지만 그 중 합성 항산화제의 경우 인체에 발암과 같은 부작용이 보고되고 있다[25]. 따라서 인류가 오랫동안 안전하게 섭취해 왔던 동식물로부터 항산화 효과가 있는 천연물질에 대한 연구가 이루어지고 있다[15, 20]. 동물성 항산화제로는 비타민 E와 주로 근육에서 추출한 저분자 펩타이드가 관심을 끌고 있고, 이

*Corresponding author

Tel : +82-33-250-8643, Fax : +82-33-251-7719

E-mail : ajang@kangwon.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

들의 항산화 효과에 대한 연구가 최근 매우 활발하게 진행되고 있다[19, 22]. 히스티딘 계열의 펩타이드인 carnosine은 동물성 단백질인 소, 닭, 돼지 등의 척추동물의 골격근과 신경조직에 특히 많이 분포하고 있으며 금속 킬레이트 및 자유라디칼 소거능의 역할을 함으로써 산화를 억제하는 메커니즘을 가지고 있다[24]. 또한 체내에서 구성 아미노산을 이용해 조직 내 carnosine 합성효소와 분해효소에 의해 생성, 분해되고 조직 내에서 유리된 상태로 존재하여 동물의 종, 성별, 연령, 육종 및 근육의 종류에 따라 carnosine 함량은 영향을 받을 수 있는 것으로 알려져 있다[9]. 식육 내 carnosine 함량은 쇠고기, 개량종 돼지고기, 말고기 등에서 조사한 연구는 있으나 우리나라 재래돼지고기에 함유된 carnosine 함량에 대한 연구는 본 연구팀의 선행연구[9]를 제외하고는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 냉동저장기간 중의 재래돼지고기 등심과 뒷다리살의 품질 특성과 항산화 활성의 변화를 알아보고자 수행하였다.

재료 및 방법

재래흑돼지고기

재래흑돼지(암컷)는 강원도 홍천의 재래흑돼지 사육 농가에서 7개월 사육하여 체중 60~70 kg의 돼지를 도축하여 얻은 등심과 뒷다리살을 구입하여 사용하였다. 가시지방과 결체조직을 제거하고 냉동실(-18℃)에 비닐 포장하여 호기적인 조건으로 150일간 저장하면서 품질과 di-peptide의 변화를 분석하였다.

pH

재래돼지고기 10 g을 증류수 90 ml(1:9)과 함께 homogenizer (PolyTron® PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)로 균질화한 후 pH meter (Orion 230A, Thermo Fisher Scientific, Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다.

육색

육색은 색차계(Colormeter CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 명도를 나타내는 L* (Lightness)값, 적색도를 나타내는 a* (Redness)값, 황색도를 나타내는 b* (Yellowness) 값을 동일한 방법으로 반복 측정하여 평균값을 나타내었다. 이때 표준 백색판으로 색도값을 Y값이 93.60, x값이 0.3134, y값이 0.3194으로 표준화한 후 측정하였다.

보수력 지수

보수력(Water holding capacity, WHC)지수는 여과지 압착법에 의해 측정하였으며, Hofmann 등의 방법을 참고하여 Kim 등[9]의 방법으로 분석하였다. Plexiglass plate (11.5×5.0×0.8 cm)위에 여과지(Whatman No.1)를 올려놓고, 여과지 중앙

에 재래돼지고기 0.3 g을 놓고 다시 그 위에 plexi-glass plate로 올려놓은 다음 동일한 힘으로 나사를 조여 압착한 후 5분간 방치하였다. 이후 planimeter (Super PLANIXa, Tamaya Technics Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 내부의 시료면적과 총면적을 측정한 후 아래의 식으로 보수력 지수를 산출하였다.
보수력 지수(%)=(육의 면적/유리액접의 면적)×100

미생물 특성

일반세균과 대장균/대장균군은 Petrifilm™ (Aerobic count plate, E. coli/Coliform Count Plate, 3M, USA)을 사용하여 제조사의 방법에 따라 수행하였다. 멸균백에 재래돼지고기 10 g을 채취한 다음 0.1% 멸균 펩톤수를 90 ml 넣고, stomacher (Bag Mixer 400, St Nom, Interscience, France)를 이용하여 4분간 균질화하고 추출액을 0.1% 멸균 펩톤수로 희석하여 사용하였다. 희석액 1 ml를 Petrifilm에 접종하여 37℃에서 48시간 배양한 후, 균락 수를 계수하였다.

TBARS (2-thiobarbituric acid reaction substance)

시료의 저장 중 지방산패도를 분석하기 위한 TBARS는 Witte 등[28]의 방법을 이용하여 측정하였다. 재래돼지고기 10 g을 취하여 20% trichloroacetic acid (in 2M phosphoric acid) 25 ml을 첨가하고, homogenizer (PolyTron® PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)를 이용하여 14,000 rpm에서 30초 동안 균질화하였다. 균질액이 50 ml이 되도록 증류수를 첨가한 후, 4℃, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 다음, Whatman No.1 여과지를 이용하여 여과하였다. 여과액 5 ml에 0.005 mM 2-thiobarbituric acid 5 ml을 1:1로 첨가한 후, 실온 암실에서 15시간 방치한 다음 UV/VIS spectrophotometer (molecular Device, M2e, USA)를 이용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하고 아래의 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{TBARS (mg of malondialdehyde (MDA)/kg sample)} = \frac{\text{Sample O.D} - \text{Reference O.D}}{\text{Sample O.D} - \text{Reference O.D}} \times 5.2$$

VBN (Volatile basic nitrogen)

VBN 함량은 Conway 미량확산법을 이용하여 Kim 등[9]의 방법으로 측정하였다. 재래돼지고기 10 g에 증류수 90 ml을 첨가한 후, homogenizer (Poly-Tron® PT-2500 E, Kinematica, Lucerne, Switzerland)로 14,000 rpm에서 20초간 균질화하였다. 3,000 rpm에서 10분간 균질액을 원심분리(4℃)한 다음 Whatman No.1 여과지를 이용하여 여과하였다. 여과액 1 ml을 conway unit의 외실에 넣고, 내실에는 0.01 N boric acid 1 ml와 Conway reagent 50 µl (0.066% methyl red/60% EtOH : bromocresol green/20% EtOH=1:1)을 첨가하였다. 뚜껑과의 접촉부위에 글리세린을 바르고 닫은 후 50% potassium carbonate(K₂CO₃) 1 ml을 외실에 넣고 즉시 밀폐한 다음 용기 수평으로 교반시킨 후 37℃에서 2시간 방치하였다. 방치한 후

0.02 N H₂SO₄으로 적정하여 측정하고, 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{VBN (mg \%)} = (a-b) \times f \times 28.014 \times 100 / S$$

- * a = 시료를 적정한 황산의 부피(ml)
- * b = 공시료를 적정한 황산의 부피(ml)
- * f = 0.02 N 황산의 표준화 지수
- * S = 시료 무게(g)

ORAC (Oxygen radical absorbance capacity assay)

ORAC은 Peroxy radical의 생성과 소멸에 의한 fluorescent의 감소율을 측정함으로써 항산화 반응을 검정할 수 있는 방법으로 Gillespie 등[4]의 방법을 이용하여 측정하였다. 표준시약(trolox) 또는 시료 25 µl와 fluorescein (80 nM) 150 µl을 Black 96 well plate에 넣어 혼합한 뒤 15분 동안 37°C incubator에서 방치하였다. 이후 25 µl AAPH (150 mM)을 넣고 혼합한 뒤 37°C에서 fluorescent microplate reader(Spectra-Max M2e, Molecular Devices, USA)를 사용하여 60분 동안 1분 간격으로 excitation wavelength 485 nm 그리고 emission wavelength 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준시약(trolox)과 시료의 area under the curve(AUC)를 측정하였으며, 표준시약 농도와 AUC 간의 회귀곡선을 이용하여 mM trolox equivalent으로 계산하여 결과값을 나타내었다.

Carnosine 함량

재래돼지고기 내 carnosine 함량은 Gil-Agusti 등[3]의 방법을 응용하여 분석하였다. 재래돼지고기 3 g에 15 ml의 증류수를 첨가하여 15,000 rpm에서 40초 동안 균질화한 후 균질액을 원심분리 하였다(3,000 rpm, 4°C, 10min). Whatman No.1 여과지를 이용하여 여과한 후 클로로포름을 첨가하여 30초 동안 흔들여 준 다음 다시 원심분리(3,000 rpm, 4°C, 10 min)를 하고, 상등액을 di-peptide 분석을 위한 HPLC 시료로 사용하였다. 표준물질로 사용된 carnosine은 Sigma (St. Louis, Missouri, USA)로부터 구입하였다. 이동상 용매는 0.01 M sodium dodecyl sulfate를 0.01 M sodium dihydrogen phosphate에 용해하여 사용하였으며, 0.1 M sodium hydroxide를 사용하여 pH를 7.0으로 보정하였다. 모든 시약 및 시료는 0.45 µm membrane filter를 이용하여 여과한 후 사용하였다. HPLC는 강원대학교 공동실험실습관에서 보유한 HPLC (Agilent Technologies 1260 Infinity, Santa Clara, CA, USA)를 이용해 분석하

였으며, 컬럼은 zorbax eclipse XDB-C18 (250×4.6 mm, 5 µm, Agilent, Palo Alto, CA, USA)을 사용하였다. 컬럼 온도는 25 °C이었고 UV 흡광도 210 nm에서 측정하였다. 유속은 1 ml/min으로 20분 동안 분석하였으며, 시료는 20 µl를 주입하여 분석하였다. 분석결과는 처리농도에 따른 면적의 비율을 일차 방정식을 이용하여 계산하였다.

통계분석

본 실험에서 얻어진 모든 결과의 통계처리는 SAS program (ver. 9.2 Statistics Analytical System)의 General Linear Model 방법을 이용하여 분산 분석하였다. 처리군 간의 평균값을 비교하기 위해 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성 검정을 5% 수준에서 실시하였다.

결 과

품질특성

pH

돼지고기의 품질에 영향을 미치는 요인에는 보수력, 육색, 사후pH, 다즙성, 연도 등이 있다. Table 1은 재래흑돼지 등심과 뒷다리살의 냉동저장 중의 pH변화를 나타내었다. 등심의 pH는 저장 1일 5.42를 보였으며 저장기간이 경과함에 따라 5.37로 유의적으로 감소하였다(p<0.05). Kang 등[8]의 연구에 따르면 해동시킨 재래흑돼지고기 등심의 pH는 5.5-5.9로 보고 되어 본 연구 결과의 pH범위인 5.37-5.63과 유사하였다. 또한, 등심보다는 뒷다리살이 모든 저장기간 중 유의적으로 높았다(p<0.05). Yang 등[30]은 소고기(대퇴부위), 돼지고기(뒷다리살 부위)를 폴리에틸렌 필름으로 진공포장하여 -20°C의 냉매접촉식 chest freezer에서 12주간 저장하였는데, 모든 처리구에서 pH가 감소하다가 저장 2주 이후 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와는 다른 결과를 나타내었다. 냉동저장중의 재래돼지 뒷다리살의 pH의 변화는 일관된 경향을 보이지 않았다. 식육은 도축 후 근육 내 ATP나 glycogen이 해당작용에 의해 고갈될 때까지 젖산이 생성되어 pH가 저하되나, 단백질의 분해로 인해 저장기간이 증가함에 따라 염기태 물질이 생성되어 다시 pH가 상승하게 되는데, 저장조건에 따라 pH의 저하와 상승의 속도는 달라진다[23]. Jeong 등[5]에 의하면 식육은 냉동저장 초기에 고기의 pH가 증가했다가 감소하는 경향은 동결과정 및 냉동저장 중 공정점이 높은 산성염과 알카리염이

Table 1. pH changes of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage

Treatment	Storage days				
	1	30	60	120	150
Loin	5.42±0.003 ^{Ab}	5.37±0.006 ^{Bb}	5.37±0.023 ^{Bb}	5.39±0.003 ^{ABb}	5.37±0.012 ^{Bb}
Ham	5.49±0.003 ^{Da}	5.63±0.000 ^{Aa}	5.59±0.003 ^{Ca}	5.60±0.003 ^{Ba}	5.47±0.003 ^{Ea}

^{A-E}Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at p<0.05.

^{a-b}Means ± SE within same column with different superscript letters differ significantly at p<0.05.

석출되고, 단백질과 이온물질과의 반응 등에 기인되는 것으로 해석할 수 있으나 동결속도에 따라 그 영향은 다르게 나타날 수 있다고 하였다.

육색

재래흑돼지 등심과 뒷다리살의 냉동 저장 중 육색을 분석한 결과는 Table 2에 나타내었다. 명도를 나타내는 L*값은 등심의 경우 저장 1일 53.43에서 저장 150일 53.85로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 저장 30일 부터 150일까지는 등심이 뒷다리살 보다 L*값이 유의적으로 높은 수준을 나타내었다($p < 0.05$). Sánchez-Escalante 등[21]은 저장 중 적색도의 감소는 met-myoglobin의 형성이 원인이라고 보고하였다. 본 연구의 결과, 저장기간이 경과함에 따라 a*값의 경우 유의적으로 감소하였으며, 황색도를 나타내는 b*값은 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). Kang 등[8]은 해동시킨 재래흑돼지고기와 개량종 돼지고기 등심을 냉장저장하면서 비교한 실험에서 개량종 돼지고기의 a*값은 7일간의 냉장저장 기간 중 5.90-6.29를 나타내었고, 재래흑돼지고기는 10.41-11.05를 보여 적색도가 더 높았다고 보고하였다. 이러한 연구 결과를 본 연구결과와 비교해 보았을 때 재래흑돼지고기의 a*값은 등심의 경우 6.51-7.94, 뒷다리살의 경우 8.93-10.77로 본 연구와 유사한 값을 나타내었다. 개량종 돼지고기보다 높은 a*값은 재래돼지가 갖고 있는 유전적 특성 때문인 것으로 사료된다고 Jin 등[6]은 보고하였다. 또한 앞다리살 분쇄돼지고기를 진공포장하여 냉동 저장하였을 때 시간이 지남에 따라 적색도는 감소하였다고 보고[1]하여 본 연구에서 재래흑돼지 고기의 a*값이 낮아진 결과와 동일하게 나타났다. Kim 등[9]은 재래흑돼지 등심과 뒷다리살을 냉장저장하여 품질특성을 보고하였는데 등심의

b*값은 2.88-6.87, 뒷다리살의 b*값은 5.31-7.83으로 나타났으며, 이러한 결과는 등심과 뒷다리살의 b*값이 각각 2.17-6.07, 4.32-7.92로 나타난 본 연구와 일치함을 나타내었다. 또한, a*값과 b*값 모두 저장기간 동안 유의적으로 등심이 뒷다리살에 비해 낮은 값을 보였는데($p < 0.05$), Kim 등[9]의 연구에서도 a*값과 b*값이 저장기간 동안 등심이 뒷다리살보다 낮은 값을 보였다고 보고하여 동일한 결과를 나타내었다.

보수력 지수

재래흑돼지 등심과 뒷다리살의 냉동 저장기간 동안의 보수력지수의 변화는 Table 3에 나타내었다. 등심의 경우 저장 1일 32.80%에서 30일에 27.82%로 유의적으로 감소하였고($p < 0.05$), 저장 150일까지 26.42%로 유지됨을 나타내었다. 뒷다리살의 경우에는 저장기간에 따른 보수력지수의 변화가 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 등심과 뒷다리살 간에도 유의적인 변화를 보이지 않았다. 냉동된 돼지고기는 근원섬유 내 얼음 결정이 형성되어 근육세포가 파괴되면 고기 내 얼음 결정이 근섬유 내부보다는 외부에 형성되어 해동 시 많은 유리육즙이 발생하게 되며 단백질이 변성된다[27]. 또한, 근육의 pH와 보수력 간에는 밀접한 관계가 있는데, 근육의 pH가 단백질 등전점인 pH 5.00에 근접할수록 보수력은 감소하게 된다[8].

미생물 특성

재래흑돼지 등심과 뒷다리살의 냉동 저장 중 총균수, 대장균과 대장균군의 변화를 Table 4에 나타내었다. 재래흑돼지의 저장 1일 등심과 뒷다리살은 각각 4.88와 5.16 log CFU/g을 보였으며 저장 150일의 경우 각각 3.62와 3.17 log CFU/g로 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 재래 흑돼지 등심보다는 뒷

Table 2. Color of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage

Treatment	Storage days					
	1	30	60	120	150	
L*	Loin	53.43±0.787 ^{ABa}	52.27±0.210 ^{Ba}	52.13±0.294 ^{Ba}	52.54±0.369 ^{ABa}	53.85±0.417 ^{Aa}
	Ham	53.64±0.458 ^{Aa}	50.42±0.120 ^{Bb}	47.58±0.163 ^{Db}	49.10±0.096 ^{Cb}	48.45±0.310 ^{Cb}
a*	Loin	7.94±0.456 ^{Ab}	7.82±0.042 ^{Ab}	7.63±0.297 ^{Ab}	7.20±0.143 ^{ABb}	6.51±0.160 ^{Bb}
	Ham	10.77±0.128 ^{Aa}	10.24±0.131 ^{Ba}	10.38±0.137 ^{Ba}	9.41±0.071 ^{Ca}	8.93±0.084 ^{Da}
b*	Loin	2.17±0.095 ^{Cb}	4.37±0.333 ^{Bb}	4.27±0.558 ^{Bb}	4.93±0.276 ^{Bb}	6.07±0.341 ^{Ab}
	Ham	4.32±0.489 ^{Ca}	5.91±0.267 ^{Ba}	7.17±0.045 ^{Aa}	7.92±0.135 ^{Aa}	7.36±0.106 ^{Aa}

^{A-D}Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^{a-b}Means ± SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

Table 3. Water holding capacity (WHC) of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage (%)

Treatment	Storage days				
	1	30	60	120	150
Loin	32.80±1.081 ^{Aa}	27.82±1.303 ^{Ba}	26.71±1.361 ^{Ba}	28.46±0.538 ^{Ba}	26.42±1.431 ^{Ba}
Ham	29.35±0.911 ^{Aa}	28.30±1.496 ^{Aa}	26.74±1.364 ^{Aa}	27.86±1.823 ^{Aa}	27.21±1.677 ^{Aa}

^{A-B}Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^aMeans ± SE within same column with same superscript letters show no significant difference ($p < 0.05$).

Table 4. Microbes of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage (log CFU/g)

	Treatment	Storage days				
		1	30	60	120	150
Total microorganisms	Loin	4.88±0.047 ^{Ab}	3.52±0.093 ^{Ba}	3.67±0.082 ^{Ba}	3.58±0.061 ^{Ba}	3.62±0.067 ^{Ba}
	Ham	5.16±0.058 ^{Aa}	3.48±0.103 ^{Ba}	3.60±0.093 ^{Ba}	3.23±0.006 ^{Cb}	3.17±0.070 ^{Cb}
<i>E.coli</i>	Loin	2.31±0.068 ^{Ab}	1.00±0.000 ^{Bb}	1.00±0.000 ^{Ba}	0.33±0.333 ^{Ba}	0.33±0.333 ^{Ba}
	Ham	2.79±0.067 ^{Aa}	1.53±0.120 ^{Ba}	1.10±0.100 ^{Ca}	N.D ^{Da}	N.D ^{Da}
<i>Coliform</i>	Loin	2.67±0.066 ^{Aa}	1.96±0.067 ^{Ba}	2.50±0.041 ^{Aa}	1.81±0.074 ^{Ba}	1.20±0.100 ^{Ca}
	Ham	2.84±0.026 ^{Aa}	2.12±0.086 ^{Ca}	2.55±0.074 ^{Ba}	1.74±0.074 ^{Da}	1.10±0.100 ^{Ea}

N.D., not detected

^{A-E}Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^{a-b}Means ± SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

다리살의 초기 총균수가 유의적으로 높았으나 120일부터는 등심이 뒷다리살보다 유의적으로 높은 수준을 나타내었다($p < 0.05$). Kim 등[9]은 미생물오염이 7.0 log CFU/g을 넘으면 부패로 판정하였다. 본 연구에서도 저장기간 모두 6.0 log CFU/g을 넘지 않아 신선한 상태로 판단되었다. 또한, 대장균과 대장균군도 총균수와 유사하게 저장 초기보다는 냉동저장 중에 감소하여 저장 150일에 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 특히 뒷다리살의 경우 저장 120일부터 대장균은 검출되지 않았다.

2-thiobarbituric acid reaction substance (TBARS)

TBARS 값은 지방의 산패 정도를 측정하는 방법으로 지방의 산화에 의해 발생하는 malonaldehyde(MDA)와 thio-barbituric acid가 반응하여 생성되는 분홍색의 강도를 측정한다[12]. 재래흑돼지 등심과 뒷다리살을 냉동 저장 하면서 측정된 TBARS값의 결과는 Table 5에 나타내었다. 냉동 저장 중 재래흑돼지 등심의 TBARS 값은 저장초기 0.064 mg MDA/kg에서 저장 30일에 0.069 mg MDA/kg으로 유의적으로 증가하였으나($p < 0.05$), 30일 이후로는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Brewer [2]에 의하면 TBARS 값이 저장기간 중에 증가하는 이유는 지방이 산화되어 1차 생성물질인 hydroperoxide가 2차 산화생성물로 분해되어 유기산, 알데하이드, 케톤, 알코올, 카보닐기 및 중합체 등이 계속 생성되고 또한 미생물 대사와 지방 분해 효소에 의해 생성되는 분해 물질에 의한 것이라고 보고 하였다. 본 연구에서 뒷다리살의 경우 저장 150일에 가장 낮은 수치를 나타내었는데, 이는 저장초기에 지방산화에 의해 malonaldehyde (MA)가 다량 생성되나 일정기간 경과

후에는 MDA생성이 감소되거나 분해 또는 아미노산과 결합하여 TBARS값이 감소된다는 보고[7]가 본 연구 결과를 뒷받침해주고 있다. Brewer 등[2]은 신선한 식육의 TBARS 범위를 0.20 mg MDA/kg 수준 이하로 간주하고 있고, Turner 등[26]은 TBARS는 0.46 mg MA/kg 이하 시 가식권이고 1.2 mg MDA/kg 이상 시 완전 산패한 것으로 인정된다고 하여 재래 흑돼지고기 등심과 뒷다리살은 냉동저장기간 동안 지방산패가 거의 진행되지 않았다고 판단된다.

Volatile basic nitrogen (VBN)

육류의 단백질 변패는 육류에 오염되어 있는 *Pseudomonas spp.* 등과 같은 gram negative bacteria에 의해 단백질이 분해됨으로써 형성된다[16]. 냉동저장 중 재래흑돼지 등심과 뒷다리살의 휘발성 염기태 질소 화합물을 측정된 VBN 값은 Table 6에 나타내었다. 등심의 경우, 저장 1일 15.13 mg%에서 저장 30일에 16.14 mg%로 유의적으로 증가하였으며($p < 0.05$) 저장 150일까지는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 뒷다리살의 VBN 값은 16.05-16.23 mg%를 나타내었으며 저장 기간에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Jin 등[7]은 저장 중에 일어나는 단백질의 분해산물인 암모니아 질소의 양을 측정하는 휘발성 염기태질소(VBN) 측정법이 신선육의 선도 측정에 유효하며, VBN값이 5-10mg%수준이면 신선한 상태, 30 mg% 이상을 신선육의 부패수준으로 보고하고 있어 본 실험의 결과 단백질 변패가 일어나지 않은 것으로 판단된다. 또한, 150일차를 제외하고 등심과 뒷다리살의 VBN 값은 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

Table 5. Change in 2-thiobarbituric acid reaction substance values of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage (mg MDA/kg meat)

Treatment	Storage days				
	1	30	60	120	150
Loin	0.064±0.000 ^{Aa}	0.069±0.005 ^{Ab}	0.062±0.003 ^{Aa}	0.057±0.009 ^{Aa}	0.064±0.000 ^{Aa}
Ham	0.062±0.002 ^{Ba}	0.087±0.002 ^{Aa}	0.068±0.003 ^{ABa}	0.069±0.015 ^{ABa}	0.052±0.002 ^{Bb}

^{A-B}Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^{a-b}Means ± SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

Table 6. Change in volatile basic nitrogen of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage (mg%)

Treatment	Storage days				
	1	30	60	120	150
Loin	15.13±0.183 ^{Ba}	16.14±0.241 ^{Aa}	16.17±0.272 ^{Aa}	16.28±0.180 ^{Aa}	16.55±0.093 ^{Aa}
Ham	16.23±0.485 ^{Aa}	16.05±0.159 ^{Aa}	16.14±0.257 ^{Aa}	16.13±0.057 ^{Aa}	16.08±0.057 ^{Ab}

^{A-B}Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^{a-b}Means ± SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

Table 7. Oxygen radical absorbance capacity assay of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage (µM TE)

Treatment	Storage days				
	1	30	60	120	150
Loin	55.90±1.521 ^{Aa}	35.64±1.219 ^{Ba}	31.52±2.708 ^{Ba}	22.53±2.126 ^{Cb}	18.91±1.151 ^{Cb}
Ham	50.25±0.935 ^{Ab}	34.27±1.034 ^{Ba}	35.55±0.876 ^{Ba}	29.03±0.900 ^{Ca}	29.45±0.956 ^{Ca}

^{A-C}Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^{a-b}Means ± SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

Table 8. Carnosine (mg/g dry base) contents of loin and ham of Korean native black pig during frozen storage

Treatment	Storage days					
	1	30	60	120	150	
Carnosine	Loin	71.62±0.100 ^{Aa}	66.48±0.065 ^{Bb}	61.81±0.060 ^{Ea}	63.59±0.030 ^{Da}	64.04±0.095 ^{Ca}
	Ham	67.07±0.030 ^{Bb}	68.67±0.005 ^{Aa}	58.49±0.010 ^{Cb}	53.91±0.040 ^{Db}	53.81±0.080 ^{Db}

^{A-E} Means ± SE within same row with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

^{a-b} Means ± SE within same column with different superscript letters differ significantly at $p < 0.05$.

Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) assay

ORAC assay는 radical chain reaction의 주요 단계인 수소 전자 전달과 연관하여 항산화 성분의 free radical 소거능을 측정하는 방법으로 친수성 성분과 친유성 성분에 모두 반응하기 때문에 전자전달이론과 관련된 다른 항산화 실험 방법들보다 응용범위가 넓으며 높은 반응감도로 정확도를 높일 수 있는 실험이다[13]. 냉동저장 중 채래흑돼지 등심과 뒷다리살의 ORAC assay 결과는 Table 7에 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따라 등심과 뒷다리살 모두 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 저장 초기 등심이 뒷다리살에 비해 유의적으로 더 높은 ORAC value 나타내었으나, 30일에서 60일에는 등심과 뒷다리살의 유의적인 차이는 없었고 120일부터는 등심보다 뒷다리살이 유의적으로 더 높은 ORAC value를 보였다($p < 0.05$). Wu 등[29]은 쇠고기 스테이크를 동결건조하여 추출시간 (1시간, 24시간) 및 에탄올 농도(20%, 80%)에 따른 ORAC 항산화 활성을 본 결과 21.75-35.57 µM of trolox equivalent [TE]/g을 나타내어 식육 내 항산화 물질이 존재하여 ORAC 항산화 활성을 가지고 있음을 제시하였다.

Carnosine 함량

채래흑돼지 등심과 뒷다리살의 냉장 저장기간 동안의 carnosine 함량을 Table 8에 나타내었다. 등심의 carnosine 함량은 저장 1일 71.62 mg/g dry base에서 150일에 64.04 mg/g dry

base로 감소하였다. 뒷다리살의 경우에는 저장 30일에 가장 높은 수치인 68.67 mg/g dry base을 나타내었고 저장기간이 지날수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 등심과 뒷다리살의 carnosine 함량은 저장 30일을 제외하고는 등심이 더 높은 수치를 보였다($p < 0.05$). Mora 등[18]은 돼지고기의 7가지 부위 (*Semimembranosus*, *Biceps femoris*, *Gluteus maximus*, *Longissimus dorsi*, *Gluteus medius*, *Trapezius*, *Masseter*)의 carnosine 함량을 여러 논문을 통해 조사하였는데 등심은 324.48 mg/100 g muscle, 뒷다리살은 419.41 mg/100 g muscle으로 보고하여 본 논문에서 등심이 뒷다리살보다 높은 carnosine 함량을 나타낸 것과 상반된 결과를 나타내었다. 또한, 냉동 저장한 채래흑돼지 등심과 뒷다리살의 ORAC 항산화 활성 효과가 저장초기에 비해 저장기간이 지남에 따라 감소하였는데 (Table 7), 이는 항산화 carnosine 함량 감소에 따라 항산화 활성 효과 또한 감소한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 신진연구자 지원연구과제(과제번호: PJ009809) 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사합니다.

References

- Brewer, M. S. and Harbers, C. A. Z. 1991. Effect of packaging on color and physical characteristics of ground pork in long-term frozen storage. *J. Food Sci.* **56**, 362.
- Brewer, M. S., Ikins, W. G. and Harbers, C. A. Z. 1992. TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: Effects of packaging. *J. Food Sci.* **57**, 558-563.
- Gil-Agustí, M., Esteve-Romero, J. and Carda-Broch, S. 2008. Anserine and carnosine determination in meat samples by pure micellar liquid chromatography. *J. Chromatogr. A* **1189**, 444-450.
- Gillespie, K. M., Chae, J. M. and Ainsworth, E. A. 2007. Rapid measurement of total antioxidant capacity in plants. *Nat. Protoc.* **2**, 867-870.
- Jeong, J. W., Lee, H. J. and Park, N. H. 1999. Changes in quality during frozen storage of meat with thermal equalized freezing. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **31**, 688-696.
- Jin, S. K., Kim, C. W., Song, Y. M., Jang, W. H., Kim, Y. B., Yeo, J. S., Kim, J. W. and Kang, K. H. 2001. Physicochemical characteristics of longissimus muscle between the Korean native pig and Landrace. *Kor. J. Food Sci. An.* **21**, 142-148.
- Jin, S. K., Bae, D. S., Kim, I. S., Hah, K. H., Hur, S. J., Park, K. H. and Lyoo, H. J. 2005. Changes of qualities in vacuum packed fermented pork using a Korean traditional seasoning during storage. *J. Ani. Sci. Technol.* **47**, 39-48.
- Kang, S. M., Kang, C. G. and Lee, S. K. 2007. Comparison of the quality characteristics of Korean native black pork and modern genotype pork during refrigerated storage after thawing. *Kor. J. Food Sci. An.* **27**, 1-7.
- Kim, D. W., Gil, J. A., Kim, H. J., Kim, H. W., Park, B. Y., Lee, S. K. and Jang, A. R. 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**, 1477-1485.
- Kim, G. W., Yoo, J. Y., Kim, K. J., Lee, J. W., Kim, Y. B., Min, K. H. and Kim, S. E. 2010. Analysis of carcass characteristics by gender and carcass grades of Jeju native pigs. *J. Ani. Sci. Technol.* **52**, 313-318.
- Kim, I. S., Jang, A., Jin, S. K., Lee, M. and Jo, C. 2008. Effect of marination with mixed salt and kiwi juice and cooking methods on the quality of pork loin-based processed meat product. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **37**, 217-222.
- Kim, I. S., Min, J. S., Lee, S. O., Shin, D. K., Lee, J. I. and Lee, M. H. 1998. Physicochemical and sensory characteristics of domestic vacuum packaged pork loins for export during chilled storage. *Kor. J. Ani. Sci.* **40**, 401-413.
- Kim, S. H. and Kim, Y. M. 2007. Determination of the antioxidant capacity of Korean ginseng using an ORAC Assay. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **17**, 393-401.
- Ku, S. K., Hwang, S. H., Lim, S. D., Lee, K. H. and Kim, Y. B. 2013. Nutritional characteristics and quality changes of duck by-products during frozen storage at -20°C. *Kor. J. Food Sci. An.* **33**, 109-118.
- Larson, R. A. 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochem.* **27**, 969-973.
- Lefebvre, N., Chantal, T., Chaibinneau, R. and Pitte, J. P. G. 1994. Improvement of shelf-life and wholesomeness of ground beef by irradiation. *Meat Sci.* **36**, 371-380.
- Moon, Y. H. 2013. Changes in physical properties of ham and loin from low-fat pork cuts during chilling after thawing. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **23**, 487-495.
- Mora, L., Sentandreu, M. Á. and Toldrá, F. 2008. Contents of creatine, creatinine and carnosine in porcine muscles of different metabolic types. *Meat Sci.* **79**, 709-715.
- Nakazato, M., Asai, J., Miyazato, M., Matsukura, S., Kangawa, K. and Matsuo, H. 1990. Isolation and identification of islet amyloid polypeptide in normal human pancreas. *Regul. Pept.* **31**, 179-186.
- Pratt, D. E. and Hudson, B. J. 1990. Natural antioxidants not exploited commercially. *Food Antioxid.* 171-191.
- Sánchez-Escalante, A., Torrescano, G., Djenane, D., Beltrán, J. A. and Roncalés, P. 2003. Stabilization of colour and odour of beef patties by using lycopene-rich tomato and peppers as a source of antioxidants. *J. Sci. Food Agric.* **83**, 187-194.
- Seki, E., Osajima, K., Matsui, T. and Osajima, Y. 1993. Separation and purification of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from heated sardine meat by treatment with alkaline protease. *Nippon Shokuhin Hogyo Gakkaishi* **40**, 783-791.
- Seol, K. H., Kim, K. H., Kim, Y. H., Yeom, K. E. and Lee, M. H. 2014. Effect of temperature and relative humidity in refrigerator on quality traits and storage characteristics of pre-packed Hanwoo loin. *J. Agric. Sci.* **41**, 415-424.
- Song, B. C., Joo, N. S., Aldini, G. and Yeum, K. J. 2014. Biological functions of histidine-dipeptides and metabolic syndrome. *Nutr. Res. Pract.* **8**, 3-10.
- Song, H. M., Seo, M. S., Kim, H. M., Ahn, M. S. and Lee, Y. T. 2002. Antioxidative activity of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling byproducts. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **34**, 889-892.
- Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Bessert, M. W., Struck, G. M. and Olson, F. C. 1954. Use of the 2-thio-barbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *Food Technol.* **8**, 326-330.
- Winger, R. J. and Fennema, O. 1976. Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at 3 or 15°C. *J. Food Sci.* **41**, 1433-1438.
- Witte, V. C., Krause, G. F. and Baile, M. E. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* **35**, 582-585.
- Wu, C., Duckett, S. K., Neel, J. P. S., Fontenot, J. P. and Clapham, W. M. 2008. Influence of finishing systems on hydrophilic and lipophilic oxygen radical absorbance capacity (ORAC) in beef. *Meat Sci.* **80**, 662-667.
- Yang, S. Y., Kim, Y. H. and Lee, M. H. 1989. The effect of cryoprotectants on the quality changes of pork and beef during frozen storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **21**, 364-369.

초록 : 재래흑돼지고기의 냉동저장기간 동안의 품질 및 항산화 특성 변화

길주애¹ · 김동욱¹ · 김희진¹ · 윤지열¹ · 박재인¹ · 박범영² · 함준상² · 장애라^{1*}

(¹강원대학교 동물생명과학과, ²국립축산과학원)

본 연구는 150일간 냉동저장기간 중 재래흑돼지 등심과 뒷다리살의 품질변화와 항산화 특성을 알아보려고 실시하였다. pH 분석결과 등심의 경우 저장기간 동안 유의적으로 감소하였으나($p < 0.05$), 뒷다리살은 일관된 경향을 보이지 않았다. 등심의 경우 L*값은 저장1일부터 120일 동안 유의적인 차이를 보이지 않았으나 뒷다리살의 경우 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). a*값의 경우 등심과 뒷다리살 모두 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 감소하였으며, b*값은 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 보수력 지수는 등심의 경우 저장 1일 32.80%에서 30일에 유의적으로 감소하여($p < 0.05$) 저장 150일까지 26.42%로 유지됨을 나타내었다. 등심과 뒷다리살의 총균수는 각각 4.88, 5.16 Log CFU/g을 나타내었고, 저장 30일에 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 냉동 저장 중 재래흑돼지 등심과 뒷다리살 각각의 2-thiobarbituric acid reaction substance 값은 0.057-0.069, 0.052-0.087 mg MDA/kg meat의 범위를 보였으나, 저장 150일까지 유의적인 차이는 없었다. 등심과 뒷다리살의 volatile basic nitrogen 값은 각각 15.13-16.55, 16.05-16.23 mg%의 범위를 나타내었다. 등심과 뒷다리살의 항산화 활성인 oxygen radical absorbance capacity와 carnosine 함량을 분석한 결과 냉동저장 150일 동안 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 본 연구 결과, 재래흑돼지 등심과 뒷다리살의 냉동저장 중 식육의 품질은 다소 감소하는 경향은 있었지만 큰 변화는 없었다. 하지만, 항산화 활성과 항산화 기능을 갖는 di-peptide인 carnosine은 냉동저장 150일 동안 유의적으로 감소하였음을 나타내었다($p < 0.05$).