저식염 돈육 등심 햄 제조를 위한 온도체 등심의 이용과 급속 냉동 효과

김하은 · 진구복

전남대학교 동물자원학부

Utilization of Pre-Rigor Pork Loin for the Manufacture of Low-Salt Pork Loin and Rapid Freezing Effect

Ha Eun Kim and Koo Bok Chin

Department of Animal Bioindustry, Chonnam National University

ABSTRACT This study evaluate the possibility to develop low-salt pork ham using the pre-rigor muscle with and without rapid freezing at -70°C , compared to ham prepared using post-rigor muscle. Pre-rigor cured pork loin with varying salt levels (0~1.5%) was compared with post-rigor muscle with 1.5% salt levels. Data were pooled for treatment and storage times, as these factors were not interacted ($P>0.05$). The pre-rigor pork loins had higher pH values and temperature than post-rigor samples. With increasing freezing time, b^* values of the pre-rigor pork loins at 0.5% salt were higher than post-rigor loins at 1.5% salt. During 4 weeks of frozen storage, increased pH values were observed at 2 weeks of storage, but decreased thereafter. No differences were observed for thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), volatile basic nitrogen (VBN), and expressible moisture values between cured pre- and post-rigor pork loins. However, frozen storage conditions affected the TBARS, VBN, and shear values. The shear values of the pre-rigor loin were higher than the post-rigor loin ($P<0.05$). Cooking losses of pre-rigor loin at 1.0% salt were similar to those of post-rigor loin with 1.5% salt. Thus, the reduction in salt by 2/3 of the original levels could be applied to produce the low-salt pork loin ham without any detrimental effects to the final product.

Key words: pre-rigor muscle, low-salt pork loin, physicochemical properties, quality characteristics, frozen storage

서 론

세계보건기구(WHO)는 성인 일일 소금 섭취량을 5 g 이하로 권고하며 과잉섭취를 지양하고 있다(WHO, 2020). 하지만 실제로 현대인들은 식품에 의한 식염 섭취로 권장량 이상의 식염을 섭취하고 있다(Thout 등, 2019). 장기적인 과잉 식염 섭취는 혈압상승, 심근경색, 뇌졸중 등의 심장 및 신장 질환의 위험을 증가시키기 때문에 식염 섭취는 조절해야 한다(Malta 등, 2018). 건강 지향적인 식품 소비의 추세에 맞춰 육가공품 역시 저식염 제품에 대한 연구가 진행되고 있는데, 제품에 첨가되는 식염 함량을 줄이거나(Delgado-Pando 등, 2018), CaCl_2 , KCl 과 같은 Na 가 없으면서 식염의 기능을 하는 다른 염을 사용하는 연구들이 이루어지고 있다(Nachtigall 등, 2019).

육제품에서 첨가되는 식염은 맛과 풍미를 증진시키며 제

품의 보수력 및 결합력 향상과 수율을 높인다. 조직감에 관련된 염용성 단백질 추출성에 기여하여 관능성에 큰 영향을 주며(Desmond, 2006), 미생물 성장억제와 저장성 향상에 도 영향을 주기 때문에(Delgado-Pando 등, 2018), 식염 절감에 대한 필요성에도 불구하고 육제품의 품질 유지를 위해서는 적절한 식염 함량은 필수조건이다.

온도체(pre-rigor muscle)는 도살 후 냉각하기 전의 지육에서 뼈를 제거하는 것으로 도축 직후에 발골하여 생리 대사과정이 끝나지 않은 상태이기 때문에 pH가 높으며 이용 가능한 에너지를 가지고 있고 보수성, 유화성 및 용해성 등의 기능성이 좋은 상태이다(Claus와 Sorheim, 2006). 따라서 온도체 가공은 원료육의 pH가 높아 나타나는 기능적 장점인 보수력이 좋은 육제품을 생산할 수 있을 뿐만 아니라 염용성 단백질의 추출이 용이하여 조직감 향상을 통한 양질의 육제품 생산을 할 수 있다(Kim 등, 2015; Drerup 등,

Received 10 February 2021; Revised 24 April 2021; Accepted 26 April 2021

Corresponding author: Koo Bok Chin, Department of Animal Bioindustry, Chonnam National University, 77, Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju 61186, Korea, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

Author information: Ha Eun Kim (Graduate student), Koo Bok Chin (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1981; Bernthal 등, 1989). 또한 온도체 가공 시 냉장 저장에 따른 시간 및 저장할 공간을 따로 마련하지 않아도 되므로 냉장 비용을 감소시킬 수 있다.

온도체는 강직 전 급속냉장 및 냉동을 할 경우 해동 경직, 저온 단축 등에 의해 질겨진 육류의 특성을 가질 수 있다(Yu 등, 2005; Xiong과 Blanchard, 1993). 하지만 강직 전 식염을 첨가하면 단기간의 저장기간에는 높은 pH를 유지함으로써 보수력, 결합력, 연도 및 가열 감량의 기능적 개선을 보인다(Coon 등, 1983). 본 연구는 냉도체 및 온도체 돈육 등심 부위를 4주간 -70°C의 냉동 저장 후 다양한 식염 농도를 갖는 염지액을 주입하여 등심 햄을 제조했다. 그 후 등심 햄의 이화학적 변화와 함께 냉도체 1.5% 등심 햄의 기능적 특성과 유사한 온도체 저식염 등심 햄의 제조 가능성을 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 등심 햄 제조

돈육 등심 햄 제조에 사용된 원료육은 국내산 등심(1+등급)으로서 광주 소재 식육유통업체에서 구입하여 결체조직을 제거한 후 분할하였다. 이때 제조일에 사용될 온도체 분할 등심을 제외하고 나머지 부분은 -70°C 냉동고에 급속 냉동하여 2, 4주 후 냉장고에서 해동하여 사용하였다. 등심 햄은 다침주사로 염지액을 주입하였고 염지액은 소금(Hanju Co., Ulsan, Korea), cure blend(Taewon Food Industry Co., Ltd., Ansan, Korea), 인산염(Seodo Co., Ltd., Gyeonggi, Korea), sodium erythorbate(Dongbong Food Master Co., Ltd., Chungbuk, Korea)로 제조하였다. 염지액의 배합비는 Table 1과 같다. 냉도체 등심 햄은 1.5%의 식염 농도 염지액을 주입하였고, 온도체 등심 햄 처리구들은 4개 식염 농도(0, 0.5, 1.0, 1.5%)로 염지액을 주입하여 제조하였다. 이때 염지액은 원료육 무게의 10% 양을 주입하였다. 등심 햄들은 항온수조(WiseBath® WB Digital Precise Water Bath, Daihan, Wonju, Korea) 75°C의 온도에서 내

부의 온도가 71°C가 될 때까지 가열하였다. 염지 후 가열 전 등심 햄의 pH와 색도를 측정하였으며 가열 후에는 이화학적 성상 및 조직감을 측정하였다.

등심 햄의 이화학적 분석

육색, pH 및 염도 측정: 냉·온도체의 원료육 및 가열 전·후의 등심 햄의 육색도, pH는 Jeong 등(2010)의 방법을 참고하여 측정하였다. 육색도 측정은 color 측정기(CR-10, Minolta Co., LTD., Tokyo, Japan)로 원료육 및 등심 햄의 표면을 7회 측정하여 도출된 평균값을 명도(L^* , lightness), 적색도(a^* , redness), 황색도(b^* , yellowness)로 표기하였다. 색차(ΔE , total colour difference)값은 다음의 수식을 이용하여 측정하였다(Pateiro 등, 2018). L_0 , a_0 , b_0 는 0일차의 측정값이며, L_x , a_x , b_x 는 x 일차의 측정값이다.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_0 - L_x)^2 + (a_0 - a_x)^2 + (b_0 - b_x)^2}$$

pH는 pH-meter(MP-120, Mettler-Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)를 사용하여 6회 반복 측정하여 평균값을 계산하였다. 염도는 Bae 등(2008)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 4 g에 20 mL의 증류수를 가하여 균질한 후, centrifuge(VS-5500, Vision Science, Seoul, Korea)로 12,000×g의 조건에서 10분 동안 원심분리하여 얻어진 상층액을 이용하여 측정하였다. 상층액은 염도계(TM-30 D, Takemura, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 얻어진 값의 평균값을 %으로 표기하였다.

가열감량(cooking loss, CL, %): 냉·온도체 등심 햄의 가열감량은 Jeong 등(2010)의 방법을 수정하여 측정하였다. 가열 전의 각 처리구 무게를 측정한 다음 가열 후의 처리구의 무게를 측정하여 유리된 수분량을 퍼센트(%)로 나타내었다. 가열감량의 결과는 다음 식에 의해 도출되었다.

$$\text{가열감량(cooking loss, CL, \%)} =$$

$$\frac{\text{가열 전 시료 무게} - \text{가열 후 시료 무게}}{\text{가열 전 시료의 양(g)}} \times 100$$

유리 수분(expressible moisture, EM, %): 유리 수분은 등심 햄에서 유리된 수분의 양(expressible moisture, EM, %)을 측정하여 퍼센트(%)로 표기하였으며, Jauregui 등(1981)의 방법을 수정한 원심분리법으로 측정하였다. 여과지(#1003-110, Whatman, Maidstone, England)를 4등분한 것 중 3장을 이용하여 약 1.5 g의 정육면체로 만든 시료를 감싸고 원심분리기(VS-5500, Vision Scientific Co., Ltd., Daejeon, Korea)로 1,660×g의 조건에서 15분간 원심분리를 실시하였다. 원심분리 후 여과지에 흡수된 수분의 양을 환산하여 결과를 측정하였다.

전단력(Warner-Bratzler shear value, SV, kgf): 가열 후의 시료들을 근섬유 방향으로 직경 1.25 cm의 크기로 coring하여 약 10개의 시료를 측정 후 평균값을 Warner-Bratzler 전단력으로 나타내었다(Wheeler 등, 2000). In-

Table 1. The formulation of pork loin ham brine solution at various salt levels with post-rigor and pre-rigor

Ingredients (%)	Treatment ¹⁾				
	Post-1.5%	Pre-0%	Pre-0.5%	Pre-1.0%	Pre-1.5%
Ice water	14.7	16.0	15.7	15.2	14.7
Salt	1.27	0.0	0.27	0.77	1.27
Cure blend	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Phosphate	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Sodium erythorbate	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

¹⁾Treatment: Post-1.5%, loin ham manufactured with post-rigor containing 1.5% salt; Pre-0%, loin ham manufactured with pre-rigor containing 0% salt; Pre-0.5%, loin ham manufactured with pre-rigor containing 0.5% salt; Pre-1.0%, loin ham manufactured with pre-rigor containing 1.0% salt; Pre-1.5%, loin ham manufactured with pre-rigor containing 1.5% salt.

stron Universal Testing Machine(Model 3344, Instron Co., Canton, MA, USA)을 사용하였으며, shear blade의 속도는 500 N의 300 mm/min의 조건으로 측정하였다. 단위는 절단 시 필요한 힘(kgf)으로 나타내었다.

휘발성 염기 질소(volatil basic nitrogen, VBN, mg%): 냉·온도체 가열 등심 햄의 VBN값은 Conway(1962)의 방법을 수정하여 측정하였다. 약 1 g의 시료와 증류수 9 mL를 넣어 균질기(T25 basic, IKA Labortechnik, Königswinter, Germany)로 1분 동안 균질하였다. 그 후 Whatman No. 2 여과지(#1002-110, Whatman)로 균질한 샘플을 여과시킨 뒤 여과액 1 mL를 Conway 외실에 분주하였다. 0.01 N 붕산 용액 1 mL와 지시약(0.066% methyl red+ 0.066% bromocresol green) 50 μ L를 내실에 분주하였고, 외실에는 K₂CO₃ 포화용액(50%) 1 mL를 취해 주입 후 빠르게 밀폐시켜 수평으로 교반한 다음 37°C에서 120분 동안 배양시켰다. 배양이 끝난 샘플은 0.01 N HCl로 적정을 하였으며 아래 식에 의해 결과가 도출되었다.

$$\text{VBN value(mg\%)} = [\text{Blank의 0.01 N HCl 용액 적정 소비량(mL)} - \text{처리구의 0.01 N HCL 용액 적정 소비량(mL)}] \times 0.14 \times \text{희석배수} \times 100 / \text{시료의 채취량(g)}$$

Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS, mg of MDA/kg): 냉·온도체 가열한 등심 햄의 TBARS 값은 Sinnhuber와 Yu(1977)의 방법을 이용하여 약 2 g의 균질된 시료를 유리튜브에 채취하여 TBA시약 3 mL와 tri-chloroacetic acid 17 mL를 넣어 30초간 혼합하였다. 혼합 용액을 100°C 항온수조에서 20분간 중탕시킨 후 시료들을 상온에서 1시간 보관하였다. 그 후 chloroform 5 mL와 가열반응이 끝난 샘플 5 mL를 섞어 혼합한 후 1,100 $\times$ g에서 5분 동안 원심분리를 시켰다. 원심분리 후의 상층액을 3 mL 취하여 petroleum ether 3 mL와 균질시킨 다음 2,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며 아래의 식에 대입하여 결과를 얻었다.

$$\text{TBARS value(mg of MDA/kg of sample)} = (\text{O.D.값} \times 9.48) / \text{시료 무게(g)}$$

통계처리: 본 연구는 각 3회 반복 실시하였다. SPSS software program(SPSS 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

Table 2. pH and temperature of pork loin meat

	Post-rigor	Pre-rigor
pH	5.41 $\pm$ 0.04 ^b	5.77 $\pm$ 0.23 ^a
Temperature	6.74 $\pm$ 5.44 ^b	30.8 $\pm$ 2.66 ^a

Means with different letters (a,b) in the same row are different ($P < 0.05$).

을 사용하여 평균 및 표준편차를 구해 통계분석을 하였다. 냉동 저장기간에 따른 각 처리구들과 treatment를 요인으로 하는 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)을 이용하여 통계처리를 실시하였고, 사후분석은 $P < 0.05$ 유의적 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의차를 나타내었다.

결과 및 고찰

냉·온도체 원료육의 pH

냉·온도체의 원료육 비교 결과는 Table 2에 나타내었다. 냉·온도체의 pH 비교 결과 온도체 pH는 5.77이고 냉도체 pH는 5.41로 온도체가 냉도체보다 pH 0.36 정도 높았으며, 원료육 온도 역시 온도체가 30.8°C로 냉도체 6.74°C보다 높았다($P < 0.05$). Liu 등(2014)은 돈육 온도체를 0~40°C의 온도에 24시간 동안 보관하여 pH를 측정한 결과에서 보관 온도가 높을수록 pH의 하락 속도가 급격했지만 24시간 후에는 온도에 상관없이 pH가 5.5 이하에 도달하여 냉도체의 상태가 됨을 보고하였다. 온도체는 아직 대사가 진행되고 있으므로 높은 온도와 pH에 따른 기능성을 유지하는 특성을 가지고 있다(Claus와 Sorheim, 2006). 따라서 본 연구는 적절한 냉·온도체의 등심으로 진행된 것으로 평가된다.

염지 및 가열 전후 등심 햄의 특성

염지 후 가열 전 등심 햄의 pH 및 색도: 염지액을 주입한 냉·온도체 등심 햄의 가열 전 pH와 색도의 결과는 Table 3과 같다. 염지한 후 측정한 pH의 결과에서 온도체와 냉도체의 처리구는 차이를 보이지 않았다($P > 0.05$). Van Laack 등(1989)은 냉·온도체의 돈육 목심 부위에 염지액을 직접 주입하거나 마사지한 후 pH를 측정한 결과 냉·온도체의 pH 차이가 없음을 보고하여 본 연구와 같은 결과를 보였다. 이는 온도체에 염지액을 주입하고 시간이 지나면서 pH가 감소한 것으로 평가된다. 온도체의 경우에는 식염이 첨가되면

Table 3. pH and color values of raw pork loins with post- and pre-rigor with various salt levels

	Treatments ¹⁾				
	Post-1.5%	Pre-0%	Pre-0.5%	Pre-1.0%	Pre-1.5%
pH value	5.67 $\pm$ 0.08 ^a	5.65 $\pm$ 0.20 ^a	5.64 $\pm$ 0.13 ^a	5.62 $\pm$ 0.12 ^a	5.67 $\pm$ 0.04 ^a
Temperature	21.7 $\pm$ 1.33 ^a	22.7 $\pm$ 0.50 ^a	22.4 $\pm$ 0.92 ^a	22.4 $\pm$ 1.18 ^a	22.4 $\pm$ 0.64 ^a
L*	50.2 $\pm$ 2.54 ^a	50.4 $\pm$ 3.11 ^a	49.5 $\pm$ 1.09 ^a	4.93 $\pm$ 2.23 ^a	51.3 $\pm$ 2.14 ^a
a*	5.45 $\pm$ 0.88 ^a	3.57 $\pm$ 0.43 ^a	4.10 $\pm$ 0.84 ^a	4.17 $\pm$ 1.03 ^a	3.94 $\pm$ 1.05 ^a
b*	4.68 $\pm$ 0.80 ^a	3.48 $\pm$ 0.47 ^a	3.81 $\pm$ 0.74 ^a	3.19 $\pm$ 0.99 ^a	3.70 $\pm$ 1.31 ^a

¹⁾Treatments are as shown in Table 1.

Means with the same letter within the same column are not different ($P > 0.05$).

L*: lightness, a*: redness, b*: yellowness.

해당과정(glycolysis)이 높은 이온 강도의 결합에 의해 높은 pH가 유지되지만(Hamm, 1977), Bernthal 등(1989)에 의하면 식염 농도가 2.0% 이상의 염지액을 주입하였을 때 염지 후 2시간 동안 pH 감소가 적었다고 보고하였다. 따라서 본 연구의 pH 결과는 첨가된 염지액의 식염 농도가 최대 1.5%이므로 온도체 등심 햄의 pH가 점차 저하되면서 염지 후의 냉·온도체의 pH 결과값과 차이가 미미한 것으로 사료된다($P>0.05$). 온도체의 처리구들 사이에서는 식염 농도에 따라 pH의 차이가 없었다($P>0.05$).

염지 후 가열 전 측정된 등심 햄의 색도는 모든 처리구에서 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). Keenan 등(2010)은 냉도체 및 온도체에 같은 조건의 염지액을 주입하였을 때 명도, 적색도, 황색도에 서로 차이가 없으며, Stephens 등(2006)은 온도체에 시트르산, 아세테이트를 주입하였고 냉도체는 인산염과 소금을 첨가한 냉도체의 돈육 색도를 측정 한 결과, 모든 처리구가 차이를 보이지 않음을 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

가열 후 등심 햄의 pH 및 색도: 식염 농도를 달리하여 제조한 온도체 등심 햄과 1.5% 냉도체 등심 햄의 가열 후 pH 및 색도의 결과는 Table 4에 나타내었다. 등심 햄의 pH 결과는 5.92~5.94로 모든 처리구에서 서로 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 하지만 가열 전보다는 pH값이 전반적으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 가열하는 도중 육류의 수소 결합이 약해짐에 따라 양이온의 유출로 인해 pH가 상승하게 되어(Morin 등, 2002) 본 연구에서도 가열 후 pH가 증가하는 경향을 보인 것으로 사료된다.

색도에서 적색도(a^*)와 황색도(b^*)는 모든 처리구에서 차이를 보이지 않았으나($P>0.05$), 명도(L^*)에서는 식염 무첨가구의 온도체 처리구가 가장 높은 값을 보였다($P<0.05$). 이때 다른 처리구들 사이에서는 차이를 보이지 않아 같은 1.5%의 식염 농도 조건에서 냉·온도체에 따른 색도 차이는 없는 것을 확인할 수 있었다($P>0.05$). 이는 염지액 주입 후

가열 전후에서 같은 경향을 보였다. 육제품에서의 식염은 근조직의 삼투 균형을 변화시켜 단백질의 등전점에 영향을 주어 육단백질의 보수력을 증진시키는 역할을 한다. 보수력이 증진됨에 따라 육류 표면의 물 가용성이 감소하는데, 이로 인해 육제품의 빛의 반사 및 밝기가 감소하여 명도가 감소하게 되기 때문에(Fernandez-Lopez 등, 2004) 식염 첨가에 따른 명도의 차이가 나타난 것으로 사료된다.

가열 후 등심 햄의 유리 수분 및 가열감량: 식염 농도에 따른 등심 햄의 유리 수분 및 가열감량의 결과는 Table 4와 같다. 유리 수분함량(%)은 처리구들 사이에서 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 일반적으로 보수력은 pH와 관련이 있는데 식육의 pH가 등전점인 pH 5.5에 가까울수록 양전하와 음전하의 수가 비슷해지기 때문에 보수력이 낮아지게 된다(Aberle 등, 2001). 본 연구는 염지 후 가열 전후의 pH가 뚜렷한 차이가 없기 때문에 유리 수분에서 처리구들끼리 차이를 보이지 않은 것으로 사료된다.

가열감량에서는 식염 무첨가 온도체 처리구가 가장 높은 가열감량을 보여 낮은 가열수율을 보였다($P<0.05$). 또한 식염 농도에 따른 온도체의 결과, 식염 0.5, 1.0%의 처리구가 식염 1.5%의 온도체 처리구보다 높은 가열감량을 보였다($P<0.05$). 육류에 첨가되는 식염이 근원섬유 단백질을 용해시켜 단백질의 결합 성질을 향상시키는데(Desmond, 2006), 이때 근원섬유 단백질이 열처리 동안 망상구조를 형성하여 지방과 수분의 보유능력을 향상시켜 가열감량, 다즙성 등 식육 가공품의 조직상 특성을 높여주기 때문에(Schmidt 등, 1981) 1.5%의 식염 처리를 한 온도체 등심 햄이 가장 낮은 가열감량을 보인 것은 식염 농도의 영향으로 판단된다. Delgado-Pando 등(2018)은 1.5~2.9%의 식염 농도를 달리하여 첨가한 돈육 홀 머슬 햄의 가열감량을 평가한 결과 식염 농도가 높아짐에 따라 가열감량이 낮아졌다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 또한 냉도체 식염 1.5% 등심 햄의 가열감량은 식염 0.5, 1.0%의 온도체 등심 햄과 같은

Table 4. pH, color values, salinity, TBARS, VBN, SV, EM, and CL of cooked pork loins with post- and pre-rigor with various salt levels

Parameters	Treatment ¹⁾				
	Post-1.5%	Pre-0%	Pre-0.5%	Pre-1.0%	Pre-1.5%
pH value	5.94±0.05 ^a	5.92±0.04 ^a	5.96±0.02 ^a	5.93±0.05 ^a	5.93±0.05 ^a
Salinity (%)	1.22±0.31 ^a	0.12±0.08 ^c	0.40±0.04 ^c	0.83±0.03 ^b	1.25±0.28 ^a
L^*	73.2±0.54 ^b	76.1±2.08 ^a	73.9±1.43 ^b	73.1±0.57 ^b	74.7±0.99 ^{ab}
a^*	10.0±1.12 ^a	9.31±0.43 ^a	9.87±1.01 ^a	10.1±1.35 ^a	9.72±0.88 ^a
b^*	4.28±0.24 ^a	4.77±0.95 ^a	4.80±0.31 ^a	4.78±0.36 ^a	4.32±0.41 ^a
EM (%)	29.4±3.73 ^a	26.6±5.79 ^a	27.4±2.07 ^a	25.1±3.17 ^a	26.3±3.31 ^a
CL (%)	14.8±4.17 ^{bc}	22.7±3.37 ^a	19.5±4.47 ^{ab}	18.8±4.67 ^{ab}	12.3±2.25 ^c
SV (kgf)	1.84±0.73 ^b	3.33±0.59 ^a	3.94±0.54 ^a	3.34±0.75 ^a	3.37±1.04 ^a
TBARS (mg MDA/kg)	0.31±0.06 ^a	0.30±0.05 ^a	0.30±0.06 ^a	0.30±0.06 ^a	0.30±0.07 ^a
VBN (mg%)	2.23±0.20 ^a	2.14±0.52 ^a	2.06±0.36 ^a	2.09±0.38 ^a	2.07±0.44 ^a

¹⁾Treatments are as shown in Table 1.

Means with different letters (a-c) within the same row are different ($P<0.05$).

Parameters: EM=expressible moisture (%), CL=cooking loss (%), SV=shear values, TBARS=thiobarbituric acid reactive substances, VBN=volatile basic nitrogen.

결과를 보였기 때문에($P>0.05$) 온도체를 가공함으로써 식염의 함량을 줄일 수 있음을 확인했다. Drerup 등(1981)은 온도체의 높은 pH가 염용성 단백질의 추출을 용이하게 하여 결합능력이 증가한다고 보고하였는데, 본 연구 결과 역시 온도체의 높은 pH, 보수성 및 용해성 등 기능적인 성상이 좋기 때문에 낮은 식염 함량을 갖는 온도체 등심 햄일지라도 냉도체 식염 1.5%의 등심 햄과 같은 가열감량을 보인 것으로 사료된다.

가열 후 등심 햄의 전단력(shear value): 전단력에서는 1.5%의 냉도체 처리구의 결과값이 1.84 kgf를 보였다(Table 4). 식염 농도에 상관없이 모든 온도체 등심 햄 처리구들이 냉도체 등심 햄보다 높은 전단력 값을 보였으며($P<0.05$), 식염 농도에 따른 온도체 처리구들의 전단력의 결과에서 서로 차이를 보이지 않아($P>0.05$) 전단력이 식염 농도보다 온도체와 냉도체와 같은 도체 상태에 따라 더 큰 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다. Keenan 등(2010)은 냉·온도체의 소고기에 염지액을 주입하여 전단력을 평가한 결과, 온도체가 냉도체보다 높았다고 보고하여 본 연구와 유사하였다. 또한, Wu 등(1995)은 가열 시간이 길어질수록 온도체의 근육이 가열에 의한 수축으로 온도체가 냉도체보다 전단력이 높아진다고 하였는데, 본 연구 결과 역시 등심 햄의 내부 온도가 71°C에 도달하기까지의 가열 시간을 거쳤기 때문에 온도체가 냉도체보다 높은 전단력 값을 보인 것으로 사료된다.

가열 후 등심 햄의 지방산패도(TBARS) 및 휘발성 염기질소(VBN): 지방산패도 및 휘발성 염기질소의 결과는 Table 4와 같다. 지방산패도 결과 온도체 처리구들은 0.30 mg MDA/kg을 보였으며 냉도체는 0.31 mg MDA/kg으로 모든 처리구들에서 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). Tor-

res 등(1988)은 온도체와 냉도체 소고기를 분쇄하여 식염 농도별로 제조 후 저장기간별로 지방산패도를 측정하였는데, 저장 0시간에 원료육의 상태와 상관없이 식염 농도에 따른 지방산패도 차이가 없음을 보고하여 본 연구와 같은 경향을 보고하였다.

휘발성 염기질소의 결과도 유사하게 모든 처리구에서 차이를 보이지 않았으며($P>0.05$) TBARS와 같은 경향을 보였다. 식육 제품의 VBN 함량이 일반적으로 10 mg% 이하는 신선한 상태이며 20 mg%는 식품공전에서 VBN의 허용 한계로 규정하고 있다(Jeon과 Choi, 2012). 본 연구의 VBN 결과는 등심 햄 제조 직후 측정한 결과이기 때문에 등심 햄 주원료의 신선도가 높아 처리구들에서 차이가 없는 것으로 사료된다.

냉동 저장기간 및 식염 농도에 따른 냉도체, 온도체 등심 햄의 특성

저장기간에 따른 가열 전 등심 햄의 pH 및 색도: -70°C 냉동 저장기간에 따른 냉·온도체 등심육의 등심 햄 제조 후, 가열 전의 pH와 색도의 결과는 Table 5에 나타내었다. pH와 색도의 결과 모두 처리구와 저장기간에 따른 상호작용이 없었다($P>0.05$). 가열 전 등심 햄의 pH 결과에서 처리구에 따른 pH의 차이는 없었으며 저장기간에 따른 차이 역시 보이지 않았다($P>0.05$).

처리구별 색도의 결과에서는 명도, 적색도, 황색도, 갈변도에서 처리구별로 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 냉동 저장기간에 따른 색도의 결과에서 명도와 황색도는 저장기간에 따른 차이가 없었다($P>0.05$). 적색도의 결과에서는 저장 2주차부터 제조일보다 낮은 적색도 결과를 보였는데($P<0.05$), 이는 저장기간에 육류의 산화로 인해 metmyoglobin

Table 5. pH and color values of raw pork loins with post- and pre-rigor with various salt levels during -70°C refrigerated storage

	Parameters				
	pH	L*	a*	b*	ΔE
Treatment	NS	NS	NS	NS	NS
Day	NS	NS	**	NS	**
Treatment $\times$ Day	NS	NS	NS	NS	NS
Treatment ¹⁾					
Post-1.5%	5.65 $\pm$ 0.07 ^a	49.7 $\pm$ 1.94 ^a	3.58 $\pm$ 1.06 ^a	4.28 $\pm$ 1.10 ^a	2.07 $\pm$ 2.05 ^a
Pre-0%	5.76 $\pm$ 0.21 ^a	49.5 $\pm$ 2.51 ^a	2.72 $\pm$ 1.14 ^a	3.37 $\pm$ 0.89 ^a	2.75 $\pm$ 2.07 ^a
Pre-0.5%	5.75 $\pm$ 0.17 ^a	48.9 $\pm$ 1.57 ^a	3.00 $\pm$ 1.29 ^a	3.43 $\pm$ 0.89 ^a	2.21 $\pm$ 1.56 ^a
Pre-1.0%	5.72 $\pm$ 0.15 ^a	48.6 $\pm$ 2.90 ^a	3.15 $\pm$ 0.61 ^a	3.20 $\pm$ 0.93 ^a	2.48 $\pm$ 2.17 ^a
Pre-1.5%	5.64 $\pm$ 0.11 ^a	49.4 $\pm$ 2.61 ^a	2.93 $\pm$ 1.14 ^a	3.46 $\pm$ 1.13 ^a	2.76 $\pm$ 2.66 ^a
Storage day					
0	5.72 $\pm$ 0.19 ^A	49.8 $\pm$ 2.39 ^A	3.77 $\pm$ 1.29 ^A	3.59 $\pm$ 1.15 ^A	0.00 $\pm$ 0.00 ^B
14	5.74 $\pm$ 0.09 ^A	48.0 $\pm$ 1.71 ^A	2.82 $\pm$ 0.63 ^B	3.07 $\pm$ 0.69 ^A	3.35 $\pm$ 2.07 ^A
28	5.63 $\pm$ 0.04 ^A	49.2 $\pm$ 2.23 ^A	2.72 $\pm$ 1.20 ^B	3.96 $\pm$ 0.88 ^A	3.56 $\pm$ 1.75 ^A

¹⁾Treatments are as shown in Table 1.

Means with the same letter (a) in the same column (Treatment) are not different ($P>0.05$).

Means with different letters (A,B) in the same column (Storage day) are different ($P<0.05$).

ΔE : total colour difference.

Day: storage period at -70°C of pre- and post rigor pork loin, Storage day: average of all treatments for different day, NS: not significant, ** indicate $P<0.05$.

의 생성으로 적색도가 감소하는 경향을 보인다는 Lorenzo와 Gomez(2012)의 결과와 일치하였다. 저장 2주와 4주차에는 적색도가 차이를 보이지 않았는데($P>0.05$), Park 등(2018)은 분쇄 돈육을 -18°C 에서 저장하여 저장 15일과 29일에 산화가 진행되어 본 연구와 다른 경향을 보였지만, Wang 등(2020)은 저장 온도가 낮을수록 산패가 늦게 진행된다고 보고하였다. ΔE 의 결과는 적색도와 유사하게 제조 직후와 2, 4주는 차이가 있었지만($P<0.05$) 2주와 4주차에 차이를 보이지는 않았다($P>0.05$). ΔE 는 산화 과정으로 인해 식육의 변색이 진행되면 값이 증가하며, ΔE 가 2만큼 차이가 나면 색 차에 대해 뚜렷하게 감지할 수 있는 정도이다(Pateiro 등, 2018). 제조일과 2주 사이의 ΔE 값이 3 이상의 차이를 보이기 때문에 이는 저장 초기에는 육류 산화의 영향을 받았지만, 저장온도가 -70°C 였기 때문에 저장 2주와 4주 사이에 산패속도가 다소 지연된 것으로 사료된다. 황색도는 처리구별, 저장기간별 각각 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$).

저장기간에 따른 가열 후 등심 햄의 pH, 색도 및 염도: 등심 원료육의 -70°C 냉동 저장기간에 따른 서로 다른 식염 농도 염지액을 주입한 등심 햄의 가열 후 pH, 색도와 염도 결과는 Table 6에 나타냈다. pH, 육색도, 염도의 실험 결과는 처리구와 저장기간에 따른 상호작용이 나타나지 않았다($P>0.05$). 가열 후의 pH는 처리구들끼리는 차이를 보이지 않았지만($P>0.05$), 냉동 저장기간에 따라서는 차이를 보였다($P<0.05$). 저장 2주차에 6.03으로 가장 높았으며 저장 4주차는 5.84로 가장 낮은 pH의 값을 보였다($P<0.05$).

명도와 적색도는 처리구들 사이뿐만 아니라 저장기간 사이에서도 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 황색도는 식염 농도 0.5% 온도체 처리구가 5.04로 1.5% 식염 농도의 냉도체

처리구보다 높은 값을 보였다($P<0.05$). 식염 농도가 1.5%로 같은 식염 함량을 가진 냉·온도체의 등심 햄의 처리구들은 서로 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 냉동 저장기간에 따른 황색도의 결과는 원료육 냉동 저장 2주차가 5.24로 높은 값을 보였으나($P<0.05$), 저장 4주차는 저장 초기와 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). ΔE 의 결과에 있어서는 저장 2주차와 4주차에 차이가 없었으며($P>0.05$) 이는 가열 전의 ΔE 결과와 같은 경향이였다. Utrera 등(2014)은 저장기간에 따른 우육 패티의 단백질 산화 상태가 가열 후 패티 ΔE 값 증가에 영향을 미친다고 보고하였는데, 본 연구의 결과도 가열 전 등심 햄의 산화 상태가 가열 후 등심 햄의 ΔE 에 영향을 미친 것으로 사료된다.

염도의 결과는 주입한 염지액의 식염 농도에 따라 모든 처리구에서 유의차를 보였으며($P<0.05$), 1.5% 식염 농도를 갖는 염지액을 주입한 처리구인 post-1.5%와 pre-1.5%는 각각 1.29와 1.31%로 다른 등심 햄보다 유의적으로 높은 수준이었고, 냉·온도체는 차이를 보이지 않아($P>0.05$) 원료육의 상태에 따라서 염지액의 흡수율이 유사한 것으로 사료된다. Pre-1.0%는 0.80%, pre-0.5%는 0.40%, pre-0은 0.15%의 염도를 확인할 수 있었다. 국내 육가공품 식염 첨가량은 2~3%로 평균 1.5% 정도이다(Jang과 Chin, 2012). 따라서 본 연구에 사용된 등심 햄 처리구들 중 pre-1.0%, pre-0.5%, pre-0%는 저식염 등심 햄 제품에 해당함을 확인하였다. 냉동 저장기간에 따른 염도의 차이는 없었다($P>0.05$).

저장기간에 따른 가열 후 등심 햄의 유리 수분 및 가열감량: 저장기간에 따른 1.5%의 식염 농도의 냉도체 등심 햄과 여러 식염 함량에 따른 온도체 등심 햄의 유리 수분 및 가열감량의 결과는 Table 7과 같다. 유리 수분과 가열감량의 실

Table 6. pH, color values and salinity of cooked pork loins with post- and pre-rigor with various salt levels -70°C refrigerated storage

	Parameters					
	pH	L*	a*	b*	ΔE	Salinity
Treatment	NS	NS	NS	**	NS	**
Day	**	NS	NS	**	**	NS
Treatment $\times$ Day	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Treatment ¹⁾						
Post-1.5%	5.92 $\pm$ 0.09 ^a	73.2 $\pm$ 2.28 ^a	9.41 $\pm$ 1.34 ^a	4.30 $\pm$ 0.66 ^b	2.34 $\pm$ 2.03 ^a	1.29 $\pm$ 0.23 ^a
Pre-0%	5.98 $\pm$ 0.13 ^a	75.3 $\pm$ 2.01 ^a	8.67 $\pm$ 1.30 ^a	4.92 $\pm$ 1.03 ^{ab}	2.48 $\pm$ 2.10 ^a	0.15 $\pm$ 0.10 ^d
Pre-0.5%	5.97 $\pm$ 0.10 ^a	74.2 $\pm$ 2.27 ^a	8.73 $\pm$ 1.67 ^a	5.04 $\pm$ 0.50 ^a	2.32 $\pm$ 2.28 ^a	0.40 $\pm$ 0.05 ^c
Pre-1.0%	5.93 $\pm$ 0.10 ^a	74.7 $\pm$ 3.63 ^a	8.68 $\pm$ 1.58 ^a	4.68 $\pm$ 0.68 ^{ab}	2.41 $\pm$ 2.39 ^a	0.80 $\pm$ 0.13 ^b
Pre-1.5%	5.92 $\pm$ 0.06 ^a	73.3 $\pm$ 1.24 ^a	8.86 $\pm$ 1.21 ^a	4.52 $\pm$ 0.82 ^{ab}	2.35 $\pm$ 2.62 ^a	1.31 $\pm$ 0.20 ^a
Storage day						
0	5.95 $\pm$ 0.06 ^B	74.3 $\pm$ 1.97 ^A	9.12 $\pm$ 1.64 ^A	4.53 $\pm$ 0.61 ^B	0.00 $\pm$ 0.00 ^B	0.75 $\pm$ 0.49 ^A
14	6.03 $\pm$ 0.08 ^A	73.4 $\pm$ 2.80 ^A	9.21 $\pm$ 0.73 ^A	5.24 $\pm$ 0.94 ^A	3.40 $\pm$ 1.34 ^A	0.84 $\pm$ 0.46 ^A
28	5.84 $\pm$ 0.09 ^C	74.5 $\pm$ 2.97 ^A	8.02 $\pm$ 1.04 ^A	4.47 $\pm$ 0.66 ^B	3.74 $\pm$ 1.82 ^A	0.82 $\pm$ 0.58 ^A

¹⁾Treatments are as shown in Table 1.

Means with different letters (a-c) in the same column (Treatment) are different ($P<0.05$).

Means with different letters (A-C) in the same column (Storage day) are different ($P<0.05$).

Day: storage period at -70°C of pre- and post rigor pork loin, Storage day: average of all treatments for different day, NS: not significant, ** indicate $P<0.05$.

Table 7. TBARS, VBN, SV, EM, and CL of cooked pork loins with post- and pre-rigor with various salt levels -70°C refrigerated storage

	Parameters				
	TBARS	VBN	SV (kgf)	CL (%)	EM (%)
Treatment	NS	NS	**	**	NS
Day	**	**	**	**	NS
Treatment × Day	NS	NS	NS	NS	NS
Treatment ¹⁾					
Post-1.5%	0.31±0.05 ^a	2.87±1.40 ^a	2.29±1.04 ^b	16.0±4.25 ^c	28.0±3.82 ^a
Pre-0%	0.32±0.05 ^a	2.74±1.49 ^a	3.36±0.59 ^a	24.7±3.95 ^a	26.4±4.34 ^a
Pre-0.5%	0.31±0.05 ^a	3.19±1.74 ^a	3.80±0.97 ^a	22.8±5.20 ^{ab}	27.4±3.37 ^a
Pre-1.0%	0.31±0.05 ^a	2.86±1.76 ^a	3.37±0.84 ^a	19.0±5.29 ^{bc}	26.1±3.56 ^a
Pre-1.5%	0.31±0.06 ^a	2.82±1.60 ^a	3.14±1.07 ^a	15.6±4.59 ^c	27.7±3.46 ^a
Storage day					
0	0.32±0.06 ^{AB}	1.94±0.24 ^B	4.10±0.48 ^A	18.0±6.55 ^B	27.9±4.68 ^A
14	0.28±0.02 ^B	2.40±1.10 ^B	3.00±1.10 ^B	20.0±4.70 ^{AB}	26.5±1.71 ^A
28	0.34±0.02 ^A	5.28±0.39 ^A	2.67±0.56 ^B	22.4±4.02 ^A	26.1±2.08 ^A

¹⁾Treatments are as shown in Table 1.

Means with different letters (a-c) in the same column (Treatment) are different ($P<0.05$).

Means with different letters (A-C) in the same column (Storage day) are different ($P<0.05$).

Day: storage period at -70°C of pre- and post rigor pork loin, Storage day: average of all treatments for different day, NS: not significant, ** indicate $P<0.05$.

험 결과에서 저장기간과 처리구에 따른 상호작용은 없었다 ($P>0.05$). 유리 수분의 결과를 살펴보면 처리구들에 따른 차이는 없었다 ($P>0.05$). 온도체 등심 햄에 적용된 식염 함량이 낮음에도 불구하고 냉도체 1.5%와 유사한 결과를 보였기 때문에 온도체의 높은 보수력을 확인할 수 있었으며, Kim 등(2015)은 계육, Bernthal 등(1989)은 우육에서 본 연구와 같은 온도체의 높은 보수력 특징을 보고하였다. 식염이 첨가된 온도체의 유리 수분의 감소는 이온 강도의 증가로 헴기성 분해 작용이 억제되어 일어나는데, 이때 온도체의 pH는 이미 언급하였듯이 식염에 의해 온도체의 높은 pH가 유지된다(Hamm, 1977). 하지만 본 연구의 가열 전후의 등심 햄은 pH 차이가 나타나지 않았으며 ($P>0.05$), Bernthal 등(1989)에 의하면 2% 이상의 식염 농도를 첨가하였을 경우에 식염에 따른 온도체의 보수력 증진이 나타났으므로, 본 연구는 최대 함량이 1.5% 식염의 함량으로 2%보다 낮은 식염 함량이라도 식염의 기능보다는 염지 전의 원료육 자체의 능력에 더 기인한 것으로 사료된다. 유리 수분의 냉동 저장기간에 따른 차이는 없었다 ($P>0.05$).

가열감량의 처리구별 결과를 살펴보면 식염 농도가 낮을수록 더 높아지는 결과를 보였다 ($P<0.05$)(Table 7). 식염 농도 1.0%의 온도체 처리구는 1.5%의 냉도체 처리구와 차이를 보이지 않아 ($P>0.05$) 온도체를 이용하면 낮은 식염 함량임에도 냉도체 고염처리구와 유사한 가열감량을 보임을 확인할 수 있었다. 이는 냉동 저장 전 처리구들의 결과와 유사하였다. Hoes 등(1980)은 온도체와 냉도체의 돈육 등심 햄의 가열감량을 측정할 결과 온도체와 냉도체의 가열감량이 차이가 없었으며, 인삼염을 첨가하지 않은 냉도체 등심 햄에서만 높은 가열감량을 보고하였다. 또한 인삼염을 첨가

하지 않은 온도체와 인삼염을 첨가한 냉·온도체는 서로 차이를 보이지 않아 온도체 가공육의 가공 적성에 대해 보고하였다. 온도체 원료육의 냉동 저장기간에 따라서는 저장기간이 늘어날수록 가열감량이 높아지는 경향을 보였다 ($P<0.05$). Aaslyng 등(2003)은 돈육 등심 부위의 pH가 높으면 가열감량이 적다는 결과를 보고하였는데, 본 연구의 저장기간에 따른 pH에서 높은 pH의 결과를 갖는 냉동 저장 2주차 가열감량이 낮았으며, 저장 4주차에 pH가 가장 낮았지만 가열감량은 높음을 보여 pH와의 상관관계를 확인할 수 있었다. 또한 Vieira 등(2009)은 냉동 시 발생하는 식육의 근육 세포 구조 파괴와 냉동 저장기간에 따른 단백질 변성이 식육의 가열감량 증가에 영향을 미친다고 보고하였다.

저장기간에 따른 가열 후 등심 햄의 전단력: 원료육의 냉동 저장에 따른 냉·온도체 등심 햄의 다양한 식염 조합에 따른 전단력의 결과를 Table 7에 나타내었다. 전단력 결과에서 냉동 저장기간과 처리구들 사이의 상호작용은 나타나지 않았다 ($P>0.05$). 전단력은 온도체 처리구들이 냉도체 처리구보다 더 높은 경향을 보였으며 ($P<0.05$), 온도체 처리구들에서는 식염 농도에 따라 차이가 없었다 ($P>0.05$). 이 결과는 등심 햄 제조 직후 실시한 실험과 유사하였다. Duranton 등(2012)은 돈육 햄을 0, 1.5, 3%의 식염 농도별로 제조하여 전단력을 측정한 결과 0, 1.5%의 햄은 서로 차이를 보이지 않았지만, 3% 식염을 첨가한 햄은 염화물 이온의 작용으로 증가한 단백질의 수화 영향으로 연도가 증가함을 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 최대 1.5%의 식염 농도를 첨가했기 때문에 햄의 전단력에 영향을 주지 않은 것으로 사료된다. 냉동 저장기간에 따라서는 저장 2, 4주차가 0일차보다 전단력이 더 낮은 값을 보였다 ($P<0.05$). Grujic 등

(1993)과 Vieira 등(2009)은 냉동 저장기간 육류의 전단력에 미치는 영향에 대하여 냉동 과정 중의 근섬유 구조에 빙결정(ice crystal)의 물리적 구조가 영향을 미쳐 근원섬유가 크게 파괴되면서 전단력이 낮아진다고 보고하였다. 식육의 동결 속도가 빠를수록 빙결정의 크기는 작아지나 동결물은 같아 빙결정의 수가 많아지게 되어 동결에 의한 식육 품질은 영향을 받게 된다. 또한, 동결육은 해동 과정을 거치면서 육질이 부드러워지는 경향이 나타나는데, 해동은 빙결정에 의한 조직 손상으로 미생물과 효소의 작용을 받기 쉬워지고 드립과 표면건조, 산패, 일시적인 부피와 팽창 내압 증가가 나타나게 된다(Park과 Ha, 2017). 따라서 냉동 저장 중의 빙결정 생성 및 해동에 의한 영향이 연도 증진에 영향을 준 것으로 사료된다.

저장기간에 따른 가열 후 등심 햄의 지방산패도 및 휘발성 염기질소: 저장기간 및 온도체 식염 함량에 따른 지방산패도 및 휘발성 염기질소 함량에 대한 결과는 Table 7에 표기하였다. TBARS와 VBN의 결과에서 냉동 저장기간과 처리구들 사이의 상호작용은 없었다($P>0.05$). 지방산패도 측정인 TBARS의 결과, 처리구 내에서는 차이가 없었지만($P>0.05$), 저장기간에 따라서는 저장 2주차부터 증가하여 4주차에 TBARS가 높아졌고, 모든 결과값이 0.4 MDA mg/kg 이하로 TBARS의 산패 기준인 1 MDA mg/kg보다 낮은 결과값을 보였다($P<0.05$). Tan과 Shelef(2002)는 -20°C 에서 69일 동안 돈육을 분쇄한 후 냉동 및 냉장보관 하여 TBARS의 결과를 보고하였는데 냉동육에서의 지방 산화가 냉장육보다 느린 속도로 진행되었으며, 특히 냉동보관 중에 적은 차이만을 나타냈다고 보고하였다. 본 연구 역시 원료육을 냉동보관 한 후 등심 햄을 제조하여 TBARS의 결과값이 낮은 것으로 사료된다.

단백질 변패도의 결과도 TBARS의 결과와 유사한 결과를 보여 처리구들의 결과값이 2.74~3.19 mg%로 처리구들 사이에선 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 저장기간에 따라서는 2주차까지는 1.94~2.40 mg%로 결과에 차이가 없었으나($P>0.05$), 4주차에 5.28 mg%로 높아지는 경향을 보였다($P<0.05$). 따라서 냉·온도체에 따른 차이 및 등심 햄을 제조한 후 첨가된 식염 함량이 지방산패도와 단백질 변패도에 영향을 미치는 것보다 냉동 저장기간이 길어짐에 따라 등심 햄의 품질 저하를 확인할 수 있었다.

요 약

본 연구는 냉동 저장(-70°C , 0~4주)된 온도체 돈육 등심 부위를 이용하여 등심 햄을 제조하고 이화학적 성상을 평가하여 기존 1.5%의 식염 함량을 가진 냉도체 등심 햄의 기능적 특성과 유사한 온도체 저식염 등심 햄 제조의 가능성을 알아보기 위해 수행되었다. 냉도체는 1.5% 식염 함량의 염지액을 주입하였으며 온도체는 0, 0.5, 1.0, 1.5%의 식염 농도의 염지액을 주입하여 등심 햄을 제조하였다. 등심 햄의

가열 전 pH와 색도는 모든 처리구에서 차이를 보이지 않았으며($P>0.05$), 저장기간에 따라서도 적색도(a^*)를 제외하고 모두 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 등심 햄의 가열 후 저장 초기에는 pH가 증가하였지만 후반부에는 감소하였다($P<0.05$). 보수력은 모든 처리구에서 차이가 없었고($P>0.05$), 가열감량은 1.5%의 냉도체 처리구와 1.0%의 온도체 처리구가 유의차를 보이지 않았다($P>0.05$). 이러한 결과를 바탕으로 1.0%의 식염 농도를 온도체 등심 햄 제조에 적용한다면 식염 1.5%의 냉도체 등심 햄과 유사한 특성을 보이기 때문에 온도체를 사용하여 저식염 가공육 제조를 할 수 있음을 시사한다. 추후의 연구로는 저식염의 육체품의 맛과 저장 및 유통안전성을 증진시키는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농진청연구사업(세부과제 # PJ 013809022019)의 지원에 의하여 이루어진 것에 감사드립니다.

REFERENCES

- Aaslyng MD, Bejerholm C, Ertbjerg P, Bertram HC, Andersen HJ. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. *Food Qual Prefer.* 2003; 14:277-288.
- Aberle ED, Forrest JC, Gerrard DE, Mills EW, Hedrick HB, Judge MD, et al. Principles of meat science. 4th ed. Kendall Hunt Pub Co., Dubuque, IA, USA. 2001. p 110-111.
- Bae JY, Park LY, Lee SH. Effect of *Salicornia herbacea* L. powder on the quality characteristics of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2008; 37:1196-1201.
- Berthel PH, Booren AM, Gray JJ. Effect of sodium chloride concentration on pH, water-holding capacity and extractable protein of prerigor and postrigor ground beef. *Meat Sci.* 1989; 25:143-154.
- Claus JR, Sorheim O. Preserving pre-rigor meat functionality for beef patty production. *Meat Sci.* 2006; 73:287-294.
- Conway EJ. Determination of volatile amines. In: *Microdiffusion Analysis and Volumetric Error*. 5th ed. Crosby Lockwood & Son, Ltd., London, UK. 1962. p 195-200.
- Coon FP, Calkins CR, Mandigo RW. Pre- and post-rigor sectioned and formed beef steaks manufactured with different salt levels, mixing times and tempering times. *J Food Sci.* 1983; 48:1731-1734.
- Delgado-Pando G, Fischer E, Allen P, Kerry JP, O'Sullivan MG, Hamill RM. Salt content and minimum acceptable levels in whole-muscle cured meat products. *Meat Sci.* 2018; 139:179-186.
- Desmond E. Reducing salt: a challenge for the meat industry. *Meat Sci.* 2006; 74:188-196.
- Drerup DL, Judge MD, Aberle ED. Sensory properties and lipid oxidation in prerigor processed fresh pork sausage. *J Food Sci.* 1981; 46:1659-1661.
- Duranton F, Simonin H, Chéret R, Guillou, S, de Lamballerie M. Effect of high pressure and salt on pork meat quality and microstructure. *J Food Sci.* 2012; 77:E188-E194.
- Fernandez-Lopez J, Sayas-Barbera E, Perez-Alvarez JA, Aran-

- da-Catala V. Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat. *Color Res Appl.* 2004. 29:67-74.
- Grujić R, Petrović L, Pikula B, Amidžić L. Definition of the optimum freezing rate—1. Investigation of structure and ultrastructure of beef *M. longissimus dorsi* frozen at different freezing rates. *Meat Sci.* 1993. 33:301-318.
- Hamm R. Postmortem breakdown of ATP and glycogen in ground muscle: a review. *Meat Sci.* 1977. 1:15-39.
- Hoes TL, Ramsey CB, Hines RC, Tatum JD. Yield and palatability of hot-processed, phosphate-injected pork. *J Food Sci.* 1980. 45:773-776.
- Jang HS, Chin KB. Utilization and mechanism of microbial transglutaminase on meat processing. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 2012. 1:42-50.
- Jauregui CA, Regenstein JM, Baker RC. A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water-binding property of muscle foods. *J Food Sci.* 1981. 46:1271-1273.
- Jeon MR, Choi SH. Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 2012. 32:77-83.
- Jeong HJ, Lee HC, Chin KB. Effect of red beet on quality and color stability of low-fat sausages during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 2010. 30:1014-1023.
- Keenan DF, Desmond EM, Hayes JE, Kenny TA, Kerry JP. The effect of hot-boning and reduced added phosphate on the processing and sensory properties of cured beef prepared from two forequarter muscles. *Meat Sci.* 2010. 84:691-698.
- Kim HW, Hwang KE, Song DH, Kim YJ, Ham YK, Yeo EJ, et al. Effect of pre-rigor salting levels on physicochemical and textural properties of chicken breast muscles. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 2015. 35:577-584.
- Liu J, Ruusunen M, Puolanne E, Ertauer P. Effect of pre-rigor temperature incubation on sarcoplasmic protein solubility, calpain activity and meat properties in porcine muscle. *LWT - Food Sci Technol.* 2014. 55:483-489.
- Lorenzo JM, Gómez M. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Sci.* 2012. 92:610-618.
- Malta D, Petersen KS, Johnson C, Trieu K, Rae S, Jefferson K, et al. High sodium intake increases blood pressure and risk of kidney disease. From the science of salt: a regularly updated systematic review of salt and health outcomes (August 2016 to March 2017). *J Clin Hypertens.* 2018. 20:1654-1665.
- Morin LA, Temelli F, McMullen L. Physical and sensory characteristics of reduced-fat breakfast sausages formulated with barley β -glucan. *J Food Sci.* 2002. 67:2391-2396.
- Nachtigall FM, Vidal VAS, Pyarasani RD, Domínguez R, Lorenzo JM, Pollonio MAR, et al. Substitution effects of NaCl by KCl and CaCl₂ on lipolysis of salted meat. *Foods.* 2019. 8:595. <https://doi.org/10.3390/foods8120595>
- Park CL, Ha JW. The storage of fresh meat. In: Chin KB, editor. *The Science and Technology of Meat and Meat Products*. 2nd ed. Sunjinmunhwasa, Seoul, Korea. 2017. p 211-217.
- Park JM, Lee SH, Koh JH, Kim JM. Determination of shelf life model of pork cutlet and pork lard during accelerated storage conditions. *Korean J Food Sci An.* 2018. 38:664-678.
- Pateiro M, Vargas FC, Chíncha AAA, Sant'Ana AS, Strozzi I, Rocchetti G, et al. Guarana seed extracts as a useful strategy to extend the shelf life of pork patties: UHPLC-ESI/ QTOF phenolic profile and impact on microbial inactivation, lipid and protein oxidation and antioxidant capacity. *Food Res Int.* 2018. 114:55-63.
- Schmidt GR, Mawson RF, Siegel DG. Functionality of a protein matrix in comminuted meat products. *Food Technol.* 1981. 35:235-252.
- Sinnhuber RO, Yu TC. The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J Jpn Oil Chem Soc.* 1977. 26:259-267.
- Stephens JW, Dikeman ME, Unruh JA, Haub MD, Tokach MD. Effects of pre-rigor injection of sodium citrate or acetate, or post-rigor injection of phosphate plus salt on post-mortem glycolysis, pH, and pork quality attributes. *Meat Sci.* 2006. 74:727-737.
- Tan W, Shelef LA. Effects of sodium chloride and lactates on chemical and microbiological changes in refrigerated and frozen fresh ground pork. *Meat Sci.* 2002. 62:27-32.
- Thout SR, Santos JA, McKenzie B, Trieu K, Johnson C, McLean R, et al. The science of salt: updating the evidence on global estimates of salt intake. *J Clin Hypertens.* 2019. 21:710-721.
- Torres E, Pearson AM, Gray JJ, Booren AM, Shimokomaki M. Effect of salt on oxidative changes in pre- and post-rigor ground beef. *Meat Sci.* 1988. 23:151-163.
- Utrera M, Parra V, Estévez M. Protein oxidation during frozen storage and subsequent processing of different beef muscles. *Meat Sci.* 2014. 96:812-820.
- Van Laack RJM, Smulders FJM, Van Roon PS. Functional properties of pre-rigor pork: hot vs cold processing of cooked shoulders and hams. *J Food Sci.* 1989. 54:307-310.
- Vieira C, Diaz MT, Martínez B, García-Cachán MD. Effect of frozen storage conditions (temperature and length of storage) on microbiological and sensory quality of rustic crossbred beef at different states of ageing. *Meat Sci.* 2009. 83:398-404.
- Wang Z, He Z, Zhang D, Li H, Wang Z. Using oxidation kinetic models to predict the quality indices of rabbit meat under different storage temperatures. *Meat Sci.* 2020. 162:108042. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108042>
- Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *J Anim Sci.* 2000. 78:958-965.
- World Health Organization. Salt reduction. 2020 [cited 2020 Sep 14]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>
- Wu JY, Mills EW, Henning WR. Postmortem delay time and heating rate affect tenderness and ultrastructure of prerigor cooked bovine muscle. *J Food Sci.* 1995. 60:565-570.
- Xiong YL, Blanchard SP. Functional properties of myofibrillar proteins from cold-shortened and thaw-rigor bovine muscles. *J Food Sci.* 1993. 58:720-723.
- Yu LH, Lee ES, Jeong JY, Paik HD, Choi JH, Kim CJ. Effects of thawing temperature on the physicochemical properties of pre-rigor frozen chicken breast and leg muscles. *Meat Sci.* 2005. 71:375-382.