

ARTICLE

아질산염 대체제로써 방울토마토 페이스트가 등심햄의 품질 특성에 미치는 영향

홍종환¹ · 운재호² · 김학연^{1,*}

¹공주대학교 동물자원학과, ²강릉원주대학교 해양식품공학과

Effect of Cherry Tomato-Paste for Nitrite Replacement on the Quality Characteristics of Loin Ham

Jong-Hwan Hong¹, Jae-Ho Woon², Hack-Youn Kim^{1,*}

¹Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Chungnam 32439, Korea

²Department of Marine Food Science & Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangwon 25457, Korea

Received: November 07, 2022
Revised: November 22, 2022
Accepted: November 23, 2022

*Corresponding author :
Hack-Youn Kim
Department of Animal Resources
Science, Kongju National University,
Chungnam 32439, Korea.
Tel : +82-41-330-1041
E-mail : kimhy@kongju.ac.kr

Copyright © 2022 Resources Science
Research Institute, Kongju National University.
This is an Open Access article distributed
under the terms of the Creative Commons
Attribution Non-Commercial License (<http://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.

ORCID

Jong-Hwan Hong
<https://orcid.org/0000-0001-7790-8242>
Jae-Ho Woon
<https://orcid.org/0000-0003-0134-3622>
Hack-Youn Kim
<https://orcid.org/0000-0001-5303-4595>

Abstract

The aim of this study was to analyze effect of cherry tomato paste for nitrite replacement on loin ham. Loin hams were prepared with cherry tomato paste at three levels of curing solutions (control: NPS 1.2%, salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, salt 1.2% and cherry tomato paste 5%). pH tended to decrease as the amount of cherry tomato paste increased. The lightness decreased with a significant difference as the amount of cherry tomato paste increased ($p < 0.05$). Yellowness and chroma tended to increase with the increase in the amount of cherry tomato paste, while the redness and hue angle of treatment with 3% cherry tomato-paste were similar to those of the control ($p > 0.05$). The cooking yields of loin-ham with 3% and 5% cherry tomato-paste were significantly higher than those of the control and loin-ham with 1% cherry tomato-paste ($p < 0.05$). The shear force tended to decreasing with increasing amount of cherry tomato paste. The myofibrillar protein content of loin-ham treated with cherry tomato paste was significantly higher than that of the control ($p < 0.05$). Therefore the addition of 3% cherry tomato paste to pork loin ham has a positive effect on its quality and sensual properties.

Keywords

Cherry tomato paste, Pork loin ham, Nitrite replacement, Quality properties

1. 서론

식품 첨가제는 그 용도에 따라 발색제(color-fixed agent), 보존제, 산화 방지제, 증량 결착제 등으로 구분된다. 이 중 발색제로 분류되며 염지과정에 첨가되는 nitrite는 식육에 존재하는 육색소인 myoglobin 내 Fe^{2+} 과 강하게 결합하여 nitroso-myoglobin을 형성하여 가공, 가열 후에도 식육이 가진 고유의 색을 고정하는 역할을 한다. 또한, Fe^{2+} 의 산화를 억제하여 지방의 산화촉진을 방지하고 *Clostridium botulinum* 균의 성장억제, 제품의 풍미 향상에도 기여하여 육가공품의 제조에 있어 아질산염의 첨가는 필수적인 요소가 되었다(Kim and Choi, 2007; Parthasarathy and Bryan, 2012).

그러나 육제품 내 잔류 아질산 이온은 아민류와 니트로소화 반응을 일으켜 N-nitrosamine을 생성하고, 체내에서 dizoa 화합물로 변화하여 핵산, 단백질, 세포내의 성분을 alkyl기로 변화시켜 암을 일으키는 것으로 보고된 바 있다(Massey et al., 1978). 또한, 아질산염 자체의 독성으로 헤모글로빈과 결합하여 과도한 methemoglobin을 형성하면 산소운반 능력을 저하시킴으로써 급성청색증, 빈혈성저산소

증 등을 일으킬 수 있다(Hotchkiss and Cassens, 1987). 이로 인해 국가별 아질산염의 첨가량, 잔류량에 대한 규정 및 관리가 강화되었으나 아질산염과 이를 첨가한 육가공품에 대한 소비자들의 우려가 증가하였다(De Mey *et al.*, 2017). 이에 따라 아질산염 대체물질에 대한 다양한 연구들이 진행되어 왔으며, anthocyanin, betalain, lycopene과 같은 붉은색 천연물질을 육제품에 첨가하여 아질산염을 대체하고자 하는 연구 또한 진행되고 있다(Lee *et al.*, 2015; Ozaki *et al.*, 2021).

이 중 토마토에 다량 함유되어 있는 lycopene은 붉은색을 띠는 과일 및 채소에서 발견되는 phytochemical로 β -carotene, lutein 등과 함께 대표적인 카로티노이드계 색소이다. Lycopene은 열에 강하며 가열 시 trans-lycopene에서 cis-lycopene로 전환되어 체내 흡수율이 증가하는 특징이 있어 토마토 가공품, 그 중 페이스트 형태의 가공품이 가장 높은 lycopene 함량을 보였다고 보고된 바 있다(Rao *et al.*, 1998; Shi *et al.*, 2004). 토마토의 종류 중 방울토마토(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)에는 콜레스테롤 수치와 혈압을 낮춰주는 Vitamin A와 C, carotene, adenine, tomatine 및 corrin 등이 함유되어 있다. 또한, 일반토마토에 비해 당도, 유리 아미노산, 유기산 함량이 높아 식품 첨가물로써의 활용성이 높다(Park *et al.*, 2007; Roh, 2010).

그러나 방울토마토나 그 가공품을 육제품에 첨가하여 연구한 사례는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 방울토마토 페이스트를 첨가한 등심햄을 제조하여 방울토마토 페이스트가 근육형 육제품 내에서 아질산염을 대체할 수 있는지 확인하고자 한다.

II. 재료 및 방법

방울토마토 페이스트의 제조

본 실험에서 쓰인 방울토마토 페이스트는 지역 상권(Hanaromart, Korea)에서 구매한 방울토마토(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)로 제조하였다. 세척 후 꼭지를 제거한 방울토마토를 hand blender(HR2652, Philips, Netherlands)로 갈아 준 뒤 1 mm 표준망체(Standard sieve, Chunggyesanggongsa, Korea)를 이용하여 과육을 분리하였다. 이후 분리된 과육의 수분 함량이 65% 수준이 될 때까지 가열하여 방울토마토 페이스트(수분: 65.46%, 단백질: 2.53%, 지방: 0.2%, 회분: 6.16%)를 완성하였고 이를 염지액에 첨가하였다.

등심햄의 제조

등심햄의 제조에 쓰인 원료육으로 도축 후 24시간이 경과된 돼지고기 등심을 이용하였다. 등심은 과도한 결체조직을 제거한 뒤 동일한 무게와 크기(100 g)로 잘라 준비하였다. 염지에 쓰인 염지액(방울토마토 페이스트 함량 각각 1%, 3%, 5%)은 Table 1에 나타난 바와 같으며, 주사법을 사용하여 중량 대비 25%의 염지액을 주입하였다. 이후 염지의 축진을 위해 처리구별로 진공 포장 후 텀블러(BVBJ-40, Thematec, Korea)를 사용하여 22 rpm의 조건으로 1시간 30분간 텀블링을 진행한 뒤 4℃에서 24시간동안 냉장 보관 후 중심온도가 75℃에 도달할 때까지 chamber(10.10ESI/SK, Alto Shaam, WI, USA)에서 80℃의 조건으로 가열하였다. 가열이 완료된 등심햄을 25℃에서 1시간 동안 방냉 후 4℃에 보관하며 실험을 진행하였다.

pH 측정

가열 전 등심햄의 pH는 시료(4 g)를 채취하여 증류수(16 mL)를 계량한 후 ultra-turrax(HMZ-20DN, Poonglim Tech, Korea)를 이용하여 $6,991 \times$ g로 1분간 균질하였다. 균질한 시료를 유리전극 pH meter(Model S220, Mettler-Toledo, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

Table 1. Formulation of pork loin ham formulated with various levels of cherry tomato-paste

Ingredients (%)		Cherry tomato-paste (%)			
		0 (Control)	1	3	5
Main	Meat	100	100	100	100
	Water	22.5	21.85	20.55	19.25
Curing solution	Sugar	1	1	1	1
	Phosphate	0.3	0.3	0.3	0.3
	¹ NPS	1.2	-	-	-
	Salt	-	1.2	1.2	1.2
	Cherry tomato-paste	-	1	3	5

¹NPS: nitrite pickling salt.

색도 측정

돈육 등심햄의 가열 후 표면 색도는 비색계(CR-10, Minolta, Japan)를 사용하여 CIE L* (명도, lightness), CIE a* (적색도, redness), CIE b* (황색도, yellowness)를 측정하였고 표준색은 백색 표준판 (CIE L*: +97.83, CIE a*: -0.43, CIE b*: +1.98)을 사용하였다. 측정된 CIE a*값과 b*값을 이용하여 Hue angle과 Chroma 값을 산출하였다.

$$Hue \angle = \tan^{-1}(b^*/a^*), \quad Chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{\frac{1}{2}}$$

가열수율 측정

제품의 가열 시 무게 변화를 측정하기 위해 육제품의 가열 전 무게와 가열 후의 무게를 측정하였다. 이때 가열된 제품은 25℃에서 1시간 이상 방냉 과정을 거친 후 진행하였으며, 측정값은 아래 계산식에 대입하여 가열수율을 계산하였다.

$$\text{가열수율}(\%) = \frac{\text{가열 후 무게}(g)}{\text{가열 전 무게}(g)} \times 100$$

전단력 측정

시료의 전단력 측정에는 물성 측정기(TA-1, Lloyd, FL, USA)를 이용하였다. 가열 후 방냉된 시료를 2.0 × 2.0 × 1.5 cm(가로 × 세로 × 높이)의 크기로 잘라 상온에서 측정하였으며, 분석조건은 head speed 2.0 mm/s, distance 2.0 mm, force 5 g으로 설정하였고, 측정치는 kg으로 표기하였다.

염용성 단백질 함량

등심햄의 염용성 단백질 함량은 다음과 같이 측정하였다. 총 단백질은 1.1 M potassium iodide in 0.1 M potassium phosphate buffer 20 mL에 시료를 2 g씩 넣고, 근장 단백질은 0.025 M potassium phosphate buffer 20 mL에 시료를 2 g 씩 넣는다. 각각의 시료는 homogenizer(AM-5, Nihonseiki, Japan)를 이용하여 10,923 × g의 속도로 2분간 균질하고 2℃로 맞춘 암실에서 16시간 동안 보관하였다. 이후 원심분리기(Supra R22, Hanil, Korea)를 이용하여 4℃에서 3,932 × g로 15분 동안 원심분리한 상층액을 뷰렛 용액과 1:4의 배율로 30분간 반응시킨 후 multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, CA, USA)를 이용하여 540 nm 파장으로 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도

는 BSA(Bovine serum albumine) 표준곡선을 통해 총 단백질량과 근장 단백질량으로 환산한 뒤 아래 식을 통해 염용성 단백질 함량을 산출하였다.

$$\text{Myofibrillar protein(\%)} = \{(\text{Total protein} - \text{Sarcoplasmic protein})/\text{Total protein}\} \times 100$$

Sodium Dodecyl Sulfate-Polyacrylamide Gel Electrophoresis(SDS-PAGE)

SDS-PAGE는 Lee 등(2020)의 방법을 사용하여 실시하였다. 각 시료 2.5 g과 3 mM phosphate buffer 10 mL를 정량하여 homogenizer(Nihonseiki)에서 3분간 10,923 × g의 속도로 균질하였다. 균질된 시료는 원심분리기(CF-10 DAIHAN Scientific, Korea)을 이용하여 3분간 10,923 × g의 속도로 원심분리하여 상등액을 얻었다. 각각의 상등액을 3 mM phosphate buffer, 5 × sample buffer와 혼합하여 전기영동에 필요한 시료로 준비 한 뒤 냉동 보관하며, 실험에 사용하였다. 각각의 시료를 겔 상부의 각 방에 15 μL 적정한 뒤 전압을 120 v로 설정한 power supplier(PowerPac™ HC, BIO-RAD, CA, USA)를 이용하여 120분간 전기영동을 실시하였다. 겔을 떼어낸 뒤 fixing solution을 이용하여 16시간 이상 고정 후 20분간 coomassie brilliant blue 용액을 이용하여 단백질을 염색했다. 충분히 염색된 겔의 잔류 염료를 1시간 동안 destaining solution으로 제거한 후, storage solution에서 저장하며 스캔하였다.

관능평가

각 처리구를 Ø2.5 × 2.0 cm(직경 × 높이)의 크기로 절단한 후 색, 풍미, 조직감, 다즙성, 이취, 전체적인 기호도에 대하여 평가하였으며 관능평가의 대상으로는 시료에 대한 충분한 지식과 평가 기준을 숙지한 15명의 패널을 선정하였다. 각 항목별 10점을 만점으로 하였으며, 10점은 ‘관능적으로 가장 우수함’, 1점은 ‘관능적으로 가장 열악함’으로 나타내었다. 연구심의에 따른 시료의 평가기준은(권한 번호: KNU 2020-40) 공주대학교 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board)에 의해 실시하였다.

통계 분석

모든 실험은 최소 3회 이상의 반복실험을 통해 결과를 도출했으며, 실험 결과는 통계처리 프로그램(SAS ver 9.3, SAS Institute, NC, USA)을 이용하여 통계분석을 하였다. 각각의 시료들의 특성에 대한 유의적인 차이는 ANOVA, Duncan’s multiple range test(p<0.05)로 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

pH, 색도

방울토마토 페이스트를 첨가한 등심햄의 pH와 색도는 Table 2에 나타내었다. 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구의 pH는 대조구의 pH에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었으며(p<0.05), 방울토마토 페이스트 5% 첨가 처리구가 1%, 3% 첨가 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다(p<0.05). 방울토마토 내 주된 유기산은 구연산과 말산이며 이와 같은 유기산의 영향으로 제품의 pH가 감소한 것으로 사료된다(Sangwanangkul *et al.*, 2017). Ha 등(2015)은 레드와인 내 유기산에 의해 등심햄의 pH가 감소하였다고 발표하였으며, Kim 등(2017)은 시금치 발효 추출물에 다량으로 함유된 유기산이 젖산을 생성하여 등심햄의 pH에 영향을 미쳤다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

돈육 등심햄의 명도는 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며 황색도는 유의적으로 증가하였다(p<0.05). 적색도는 페이스트 함량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으나(p<0.05), 3% 첨가 처리구와 대조구간 유의적인 차이가 없었다(p>0.05). Hue angle의 경우

Table 2. pH of cured pork loin and color of pork loin-ham formulated with various levels of cherry tomato-paste

Traits	Cherry tomato-paste (%)			
	0 (control)	1	3	5
pH	5.96±0.06 ^a	5.77±0.02 ^b	5.71±0.01 ^b	5.63±0.02 ^c
CIE L*	64.49±1.87 ^a	63.02±1.86 ^b	59.92±1.55 ^c	57.55±1.85 ^d
CIE a*	10.98±0.43 ^b	7.21±0.77 ^c	11.14±0.77 ^b	14.36±1.31 ^a
CIE b*	14.51±0.71 ^d	16.66±0.90 ^c	19.33±0.97 ^b	21.62±1.12 ^a
Hue angle (H°)	58.31±1.74 ^b	66.37±1.85 ^a	59.93±0.88 ^b	56.36±1.57 ^c
Chroma (C)	17.69±1.11 ^c	18.17±0.99 ^c	22.16±1.16 ^b	25.98±1.34 ^a

All values are mean±SD.

^{a-d}Means in the same row with different letters are significantly different (p<0.05).

대조구와 3% 첨가 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며(p>0.05), 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다(p<0.05). Chroma 값은 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며(p<0.05), 방울토마토 페이스트의 함량이 증가함에 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다(p<0.05). 돈육 등심햄의 색도는 방울토마토 페이스트의 붉은색에 영향을 받아 이와 같은 결과를 나타낸 것으로 사료된다. Carotenoid 계 색소인 lycopene은 붉은색을 띠며 염지 과정 간 흡수된 lycopene에 의해 명도가 감소하고 적색도와 황색도가 증가한 것으로 사료된다(Kim *et al.*, 2017). Hue angle은 색 공간 내에서 측정 색의 위치를 나타내는 좌표와 같은 역할을 한다고 알려져 있다(Lee *et al.*, 2006). 따라서 대조구와 비슷한 3% 첨가 처리구의 적색도, Hue angle간 값의 차이를 보이지 않아 등심햄의 제조 시 방울토마토 페이스트가 아질산염을 대체하여 육색 고정제로써 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

가열수율

Fig. 1은 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 등심햄의 가열수율을 나타낸 것이다. 방울토마토 페이스트 3% 첨가 처리구와 5% 첨가 처리구가 대조구와 1% 첨가 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을

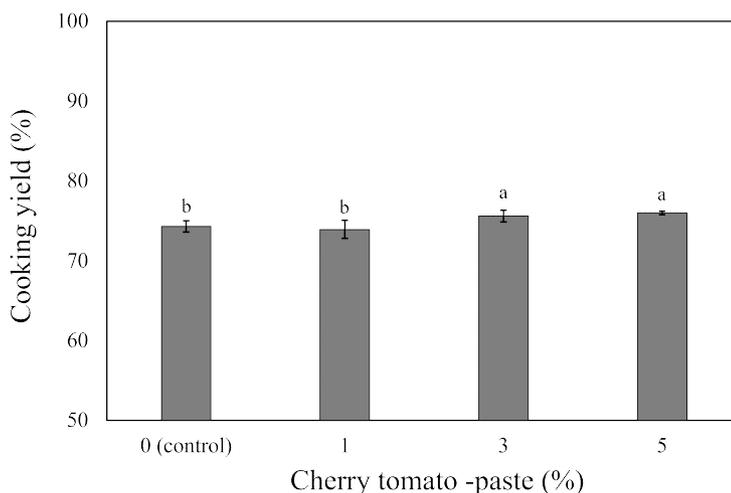


Fig. 1. Cooking yield of cured pork loin formulated with various levels of cherry tomato-paste. ^{a,b}Means with different letters are significantly different (p<0.05).

나타내었다($p < 0.05$). 육가공품은 가열수율은 가열 간 단백질의 비가역적 변이, pH, 염용성 단백질의 추출 등 다양한 요인에 영향을 받는다(Huff-Lonergan and Lonergan, 2005). 방울토마토 페이스트 처리 시 pH는 감소하였으나, 방울토마토 페이스트의 첨가로 인해 염용성 단백질의 함량이 증가한 것으로 사료된다. 방울토마토는 높은 함량의 고형분을 가지고 있으며, 대부분이 식이섬유로 이루어져 있기 때문에 가열수율이 증진된 것으로 사료된다. Jeong 등(2020)은 함초분말 내 식이섬유의 수분 결합능력과 염용성 단백질 함량의 증가로 인해 돈육 등심햄의 가열감량이 감소되었다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

전단력

방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 등심햄의 전단력은 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 전단력은 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었으며($p < 0.05$), 대조구와 1% 첨가 처리구 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$). 방울토마토 페이스트 내 유기산은 구연산과 말산이 주를 이루며 이와 같은 산 성분에 의한 연육 작용으로 제품의 전단력이 감소한 것으로 사료된다. He 등(2015)은 구연산에 침지한 오리 가슴살의 전단력이 감소하였다고 보고하였으며, Wang과 Tang(2018)은 말산 처리한 소 반건양근의 연도가 증진되었다고 보고하였다. 방울토마토 페이스트의 가열수율이 증가함에 따라 상대적으로 등심 내 수분 함량이 증가하면서 전단력이 감소한 것으로 사료된다(Kim *et al.*, 2019).

염용성 단백질 함량

Fig. 3은 방울토마토 페이스트 첨가량에 따른 돈육 등심햄의 염용성 단백질 함량을 나타낸 것이다. 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구의 염용성 단백질 함량은 56.42~57.30% 수준을 보이며 대조구에 비해 유의적으로 많은 양의 단백질이 용해된 것을 확인하였다($p < 0.05$). 이는 0.68% 수준을 나타내는 방울토마토 페이스트의 염 농도와 방울토마토 페이스트 내 함유된 무기질에 영향을 받은 것으로 사료된다. Lee 등(2019)은 방울토마토가 다른 과채류에 비해 마그네슘, 인, 칼슘 등이 함량이 높다고 발표하였으며, 이에 따라 페이스트 내 무기질 이온이 단백질의 용해에 영향을 미친 것으로 사료된다. Jeong 등(2020)은 함초 분말 내 칼슘, 칼륨과 같은 무기질의 이온이 단백질 용해도에 영향을 주었다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

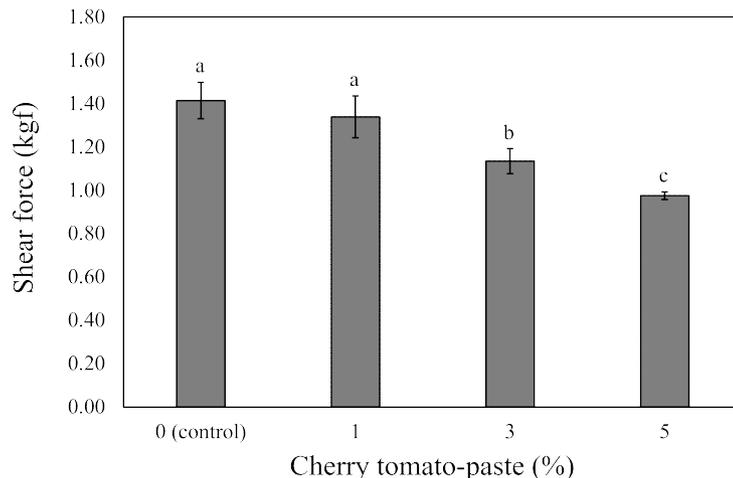


Fig. 2. Shear force of cured pork loin ham formulated with various levels of cherry tomato-paste.
^{a-c}Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

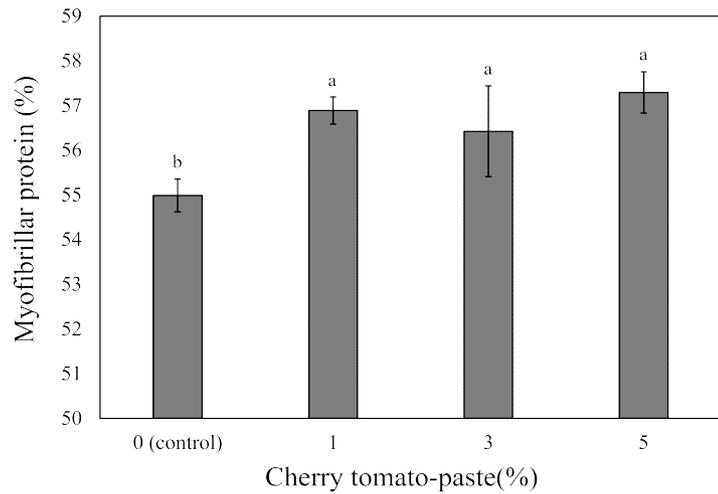


Fig. 3. Myofibrillar protein rate(%) of cured pork loin formulated with various levels of cherry tomato-paste. ^{a,b}Means with different letters are significantly different (p<0.05).

SDS-PAGE

방울토마토 페이스트 첨가량에 따른 돈육 등심햄의 SDS-PAGE 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 단백질 밴드의 밀도 감소는 육류 단백질의 분해를 뜻한다(Rawdkuen and Benjakul, 2012). 대조구와 1% 첨가 처리구간 단백질 밴드의 밀도 차이는 명확하지 않으나 방울토마토 페이스트 함량이 증가함에 따라 밀도가 현저하게 저하되는 것을 확인하였다. 이는 방울토마토 페이스트에 함유되어 있는 구연산, 말산 등의 유기산에 의한 단백질이 분해된 결과로 사료된다. Berge 등(2001)은 젖산을 주입한 소고기의 α -액틴이 β -액틴을 포함한 주요 단백질이 분해되었다고 보고하였다. 또한 He 등(2015)은 구연산의 처리가 오리 가슴살 내 β -액틴의 분해를 유도하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

관능평가

Table 3은 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 등심햄의 관능평가를 나타낸 것이다. 방울토마토 페이스트 3% 첨가 처리구가 다즙성을 제외한 모든 항목에서 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을

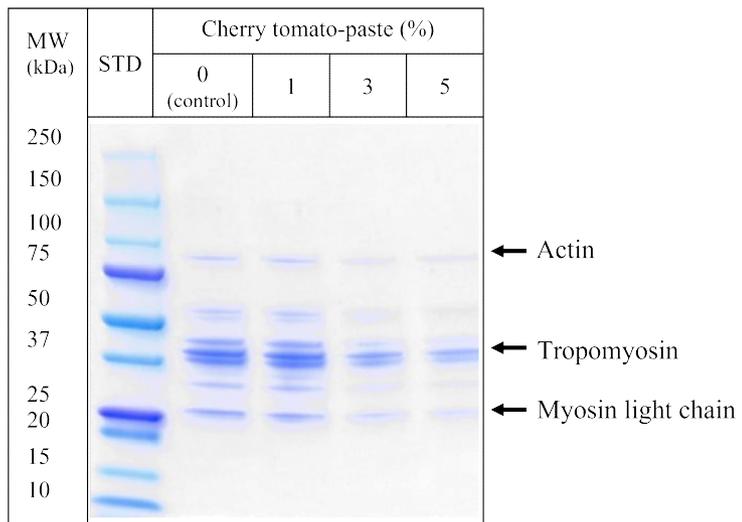


Fig. 4. SDS-PAGE of cured pork loin formulated with various levels of cherry tomato-paste. MW: molecular weight; STD: protein standard.

Table 3. Sensory evaluation of pork loin ham formulated with various levels of cherry tomato-paste

Traits	Cherry tomato-paste (%)			
	0 (Control)	1	3	5
Color	8.00±0.67 ^b	7.60±0.52 ^b	9.20±0.79 ^a	8.75±0.89 ^a
Flavor	7.40±0.52 ^b	7.33±0.49 ^b	8.40±0.52 ^a	8.83±0.72 ^a
Texture	7.57±1.09 ^b	8.00±0.96 ^{ab}	8.71±0.91 ^a	8.43±0.76 ^a
Juiciness	7.88±0.99 ^a	8.43±0.53 ^a	8.20±0.42 ^a	8.50±0.53 ^a
Off flavor	7.40±0.52 ^b	7.92±0.76 ^{ab}	8.43±0.51 ^a	8.57±0.76 ^b
Overall acceptability	7.33±0.49 ^b	7.57±0.76 ^b	8.50±0.80 ^a	8.60±0.52 ^b

All values are mean±SD.

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

In each categories, closer to 10 points means ‘sensually excellence’ and closer to 1 point ‘sensually inferiority’.

나타내었다($p < 0.05$). 다즙성의 경우 대조구와 방울토마토 페이스트 첨가 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며($p > 0.05$), 색과 풍미는 3% 첨가 처리구와 5% 첨가 처리구 간 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 방울토마토 페이스트의 붉은색의 발현으로 색도 항목에서 대조구에 비해 유의적으로 높은 평가를 받은 것으로 사료된다($p < 0.05$). 또한 방울토마토에 함유된 감칠맛 성분인 L-글루탐산은 방울토마토에 함유된 유리 아미노산의 50% 이상을 차지한다(Kim and Ahn, 2014). 이로 인해 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구의 풍미와 전체적 기호도가 대조구에 비해 높은 것으로 사료된다. 이와 같은 결과를 미루어 보아 돈육 등심햄의 제조 시 3% 이상의 방울토마토 페이스트 첨가는 등심햄의 관능적 특성에 긍정적인 영향을 주며 아질산염을 부분적으로 대체 가능할 것으로 판단된다.

IV. 결론

본 연구에서는 돈육 등심햄에 방울토마토 페이스트의 함량이 상이한 염지액에 첨가하여 방울토마토 페이스트의 첨가가 돈육 등심햄의 품질 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 색도 측정 결과 적색도, Hue angle 항목에서 방울토마토 페이스트를 3% 첨가한 처리구와 대조구가 유사한 결과를 보였다. 가열수율은 방울토마토 페이스트를 3% 이상 첨가하였을 때 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 또한, 방울토마토 페이스트를 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 낮은 전단력을 보였다. 관능평가 결과 색, 풍미, 식감, 다즙성, 이미·이취, 전체적 기호도에 있어 방울토마토 페이스트를 3% 첨가한 처리구가 대조구에 비해 우수한 결과를 보였다. 따라서 방울토마토 페이스트를 육제품에 첨가할 경우 아질산염과 비슷한 수준의 붉은색이 육제품에 착색되어 아질산염 대체 가능성을 보이며, 품질특성의 측면에서 그 첨가수준은 3%가 가장 적절한 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

1. Barlocco N, Vadell A, Ballesteros F, Galiotta G, Cozollino D. 2006. Predicting intramuscular fat, moisture and Warner-Bratzler shear force in pork muscle using near infrared reflectance spectroscopy. *Anim Sci* 82:111-116.
2. Berge P, Ertbjerg P, Larsen LM, Astruc T, Vignon X, Mølle AJ. 2001. Tenderization of beef by lactic acid injected at different times post mortem. *Meat Sci* 57:347-357.

3. De Mey E, De Maere H, Paelinck H, Fraeye I. 2017. Volatile N-nitrosamines in meat products: potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57:2909-2923.
4. Ha SR, Choi JS, Jin SK. 2015. Effects of injection of red wine on physico-chemical characteristics of pork loin ham. *J Life Sci* 25:1139-1147.
5. He FY, Kim HW, Hwang KE, Song DH, Kim YJ, Ham YK, Kim SY, Yeo IJ, Jung TJ, Kim CJ. 2015. Effect of ginger extract and citric acid on the tenderness of duck breast muscles. *Korean J Food Sci Anim Resour* 35:721-730.
6. Hotchkiss JH, Cassens RG. 1987. Nitrate, nitrite, and nitroso compounds in foods. *Food Tech* 41:127-136.
7. Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci* 71:194-204.
8. Jeong TJ, Kim TK, Kim HW, Choi YS. 2020. Effects of red glasswort as sodium chloride substitute on the physicochemical properties of pork loin ham. *Asian-Australas J Anim Sci* 33:662-669.
9. Kim GS, Choi SH. 2007. Changes in residual nitrite, TBARS and color of meatproduct during storage. *Korean J Food Sci Anim Resour* 27:299-307.
10. Kim HR, Ahn JB. 2014. Antioxidative and anticancer activities of the betatini cultivar of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) extract. *Food Eng Prog* 18:359-365.
11. Kim TK, Hwang KE, Song DH, Ham YK, Kim YB, Paik HD, Choi YS. 2019. Effects of natural nitrite source from swiss chard on quality characteristics of cured pork loin. *Asian-Australas J Anim Sci* 32:1933-1941.
12. Kim TK, Kim YB, Jeon KH, Park JD, Sung JM, Choi HW, Hwang KE, Choi YS. 2017. Effect of fermented spinach as sources of pre-converted nitrite on color development of cured pork loin. *Korean J Food Sci Anim Resour* 37:105-113.
13. Lee NR, Kim CS, Yu GS, Paek MC, Jung WO, Jung UK, Jo YJ, Kim KH, Yook HS. 2015. Effect of nitrite substitution of sausage with addition of purple sweet potato powder and purple sweet potato pigment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:896-903.
14. Lee S, Faustman C, Djordjevic D, Faraji H, Decker EA. 2006. Effect of antioxidants on stabilization of meat products fortified with n-3 fatty acids. *Meat Sci* 72:18-24.
15. Lee SH, Choe J, Kim JC, Kim HY. 2020. Effect of seawater on the technological properties of chicken emulsion sausage in a model system. *Food Sci Anim Resour* 40:377-387.
16. Lee SK, Ji SH, Lee YS, Jo GS, Kang JH. 2019. Comparison of mineral contents of popular fruit and vegetable varieties in Korea. *Korean J Food Preserv* 26:711-722.
17. Massey RC, Crews C, Davies R, McWeeney DJ. 1978. A study of the competitive nitrosations of pyrrolidine, ascorbic acid, cysteine and *p*-cresol in protein based model system. *J Sci Food Agric* 29:815-821.
18. Ozaki MM, Munekata PE, Jacinto-Valderrama RA, Efraim P, Pateiro M, Lorenzo JM, Pollonio MAR. 2021. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. *Meat Sci* 171:108275.

19. Park NY, Lee SB, Roh KS. 2007. Biochemical characterization of lectin isolated from cherry tomato fruit. *J Life Sci* 17:254-259.
20. Parthasarathy DK, Bryan NS. 2012. Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency. *Meat Sci* 92:274-279.
21. Rao AV, Waseem Z, Agarwal S. 1998. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. *Food Res Int* 31:737-741.
22. Rawdkuen S, Benjakul S. 2012. Biochemical and microstructural characteristics of meat samples treated with different plant proteases. *Afr J Biotechnol* 11:14088-14095.
23. Roh KS. 2010. Antifungal activity and biochemical characterization of lectin isolated from locular fluid of cherry tomato fruit. *KSBB Journal* 25:289-296.
24. Sangwanangkul P, Bae YS, Lee JS, Choi HJ, Choi JW, Park MH. 2017. Short-term pretreatment with high CO₂ alters organic acids and improves cherry tomato quality during storage. *Hortic. Environ Biotechnol* 58:127-135.
25. Shi J, Macnaughton LM, Kakuda Y, Bettger W, Yeung D, Jiang Y. 2004. Bioavailability of lycopene from tomato products. *J Food Sci Nutr* 9:98-106.
26. Wang F, Tang H. 2018. Influence of malic acid marination on characteristics of connective tissue and textural properties of beef *Semitendinosus* muscle. *CyTA-J Food* 16:730-737.