아질산염 대체재로써 방울토마토 페이스트의 첨가가 돈육 유화형 소시지에 미치는 영향

홍종환 · 이솔희 · 김학연
국립공주대학교 동물자원학과

Effect of Cherry Tomato Paste for Nitrite Replacement on Emulsion-Type Pork Sausage

Jong-Hwan Hong, Sol-Hee Lee, and Hack-Youn Kim
Department of Animal Resources Science, Kongju National University

ABSTRACT This study analyzed the effect of cherry tomato paste for nitrite replacement on emulsion-type pork sausage (C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%). The moisture content of CT-3 was significantly higher than C- ($P<0.05$). The pH of the controls and CT-1 were not significantly different but CT-3 and CT-5 showed a decreasing tendency of pH levels with increasing levels of cherry tomato paste ($P<0.05$). The lightness and hue angle of treatments show a decreasing tendency with increasing levels of cherry tomato paste ($P<0.05$). The redness, yellowness, and chroma of treatments show an increasing tendency with increasing cherry tomato paste content ($P<0.05$). The cooking yield of CT-1 and CT-3 was significantly higher than that of C- ($P<0.05$). The apparent viscosity of CT-3 was higher than that of other treatments and control. The DPPH radical scavenging activity and FRAP of treatments were significantly increased with increasing cherry tomato paste content ($P<0.05$). The residual NO_2^- content of samples treated with cherry tomato paste was 1.90~1.92 ppm and these were significantly lower than that of C+ ($P<0.05$). The sensory evaluation of CT-3 was significantly higher than C+ in terms of color, flavor, juiciness, off-flavor, and overall acceptability ($P<0.05$). These results show that the addition of cherry tomato paste improves quality characteristics, antioxidant activity, and sensory evaluation. In this study, we conclude that the addition level of 3% cherry tomato paste is the most appropriate.

Key words: cherry tomato paste, emulsion-type sausage, nitrite replacement, quality properties

서 론

육제품 제조에 첨가되는 아질산염은 *Clostridium botulinum* 균의 성장과 독소 생성을 억제하고(Bowen 등, 1974), 육제품의 풍미를 향상시켜 육가공품 제조에 있어 필수적인 요소이다(AMSA, 2011). 또한, 일산화질소로 환원되어 myoglobin 내 heme 원자와 강한 결합으로 생성된 nitrosomyoglobin은 가열 시 nitrosohemochrome을 형성하여 안정적인 염지육색인 'radish pink'를 나타낸다(Parthasarathy와 Bryan, 2012). 이때 nitrosomyoglobin의 생성과정에서 heme 내부의 철 원자를 Fe^{2+} 로 환원시킴으로써 지질의 산화를 늦춰 저장성을 증진시키는 효과가 있다(Kim과 Choi,

2007).

아질산염을 기준치 이상으로 섭취할 경우 혈액 중 hemoglobin의 산화로 methemoglobin이 형성되어 산소운반 능력 저하로 급성청색증과 빈혈성저산소증 등을 일으킬 수 있다(Hotchkiss와 Cassens, 1987). 또한 위(胃)와 같은 낮은 산성 조건에서 아질산염은 대부분의 식품에서 발생하는 제2급, 제3급 아민과 nitroso 반응을 일으켜 발암물질인 N-nitrosamine을 생성한다고 보고된 바 있다(Massey 등, 1978). 이에 따라 국내외에서는 아질산염을 대체할 천연 물질을 찾는 연구가 활발히 진행 중이다. 육가공품에 키토산(Youn 등, 2001), 해수(Lee와 Kim, 2020), 하수오 분획물(Park 등, 2020)을 첨가하였을 때 아질산염을 대체하여 품질 특성에 긍정적인 효과를 주고 향산화 효과를 나타내는 것을 확인하였으며, 레드비트 분말(Ha 등, 2015), 자색고구마 분말(Lee 등, 2015) 등을 첨가할 경우 육제품의 적색도에 영향을 미쳐 아질산염의 발색 기능을 대체할 수 있다고 발표된 바 있다.

방울토마토에는 콜레스테롤 수치와 혈압을 낮춰주는 비타민 A, C, 카로틴, 아데닌, 토마틴, 코린 등이 함유되어 있다

Received 4 Feb 2021; Revised 21 Apr 2021; Accepted 21 Apr 2021
Corresponding author: Hack-Youn Kim, Department of Animal Resources Science, Kongju National University, 56, Gongjudaehak-ro, Gongju-si, Chungnam 32588, Korea,
E-mail: kimhy@kongju.ac.kr

Author information: Jong-Hwan Hong (Graduate student), Sol-Hee Lee (Graduate student), Hack-Youn Kim (Professor)

(Agarwal과 Rao, 1998; Roh, 2010). 또한, 방울토마토는 항암, 항산화 효과가 뛰어난 카로티노이드계 적색 색소인 lycopene을 다량 함유하고 있어 붉은색을 띠며 일반토마토보다 당도가 높고 유기산의 함량이 많은 것이 특징이다(Park 등, 2007). 이 중 lycopene은 열을 가하면 cis-lycopene으로 전환되어 가열해 섭취할 경우 영양적 가치를 높일 수 있는 것으로 알려져 있다(Shi 등, 2004). Qiu와 Chin(2020)은 방울토마토 분말로 제조한 케이싱이 이화학적 특성과 저장 수명을 증진시켰다고 보고하였으며, 토마토 부산물을 이용하여 육제품을 제조하였을 때 품질 특성이 증진된다는 연구 결과가 있었다(Savadkoohi 등, 2014). Na와 Joo(2012)는 돈육 소시지에 토마토 분말을 첨가할 경우 품질 및 기호도가 증진되며 천연 발색제로서 가능성이 있다고 보고하였다.

그러나 방울토마토를 육제품에 첨가한 연구사례는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 방울토마토를 가공하여 만든 페이스트를 첨가한 육제품을 개발하여 아질산염 대체제로서의 품질 특성과 색도 고정 능력을 판단하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료 및 소시지 제조

소시지 제조에는 도축 후 24시간이 지난 돼지고기 뒷다리(Hongju meat, Hongsung, Korea)를 이용하였다. 돼지고기는 과도한 결체조직을 제거한 뒤, 돈육과 등지방을 각각 3 mm plate를 장착한 분쇄기(PA-82, Mainca, Barcelona, Spain)를 사용하여 분쇄하였다. 소시지의 제조 비율은 Table 1에 나타내었으며 제조에 사용된 NPS의 nitrite 농도는 600 ppm으로 설정하였다. 유화물은 bowl cutter(HMF-560, Hanil, Seoul, Korea)를 사용하여 1분간 유화를 진행하였다. 제조된 유화물은 천연 돈장에 충전하여 chamber(10.10 ESI/SK, Alto Shaam, Menomonee Falls, WI, USA)에서 80°C의 조건으로 30분간 가열한 후 25°C에서 30분간 방랭하였으며 제조된 소시지는 4°C에서 보관하며 본 연구에 사

용하였다. 소시지에 첨가된 방울토마토는 지역 상권(Hana-romart, Yesan, Korea)에서 구매하였다. 세척된 방울토마토를 hand blender(HR2652, Philips, Amsterdam, Netherlands)로 갈아 준 뒤, 1 mm 표준망체(standard sieve, Chung Gye Sang Gong Sa, Gunpo, Korea)를 이용하여 씨와 껍질을 걸러 사용하였다. 이후 수분함량이 65% 수준이 될 때까지 가열하여 방울토마토 페이스트(수분: 65.46%, 단백질: 2.53%, 지방: 0.2%, 회분: 6.16%)의 형태로 소시지에 첨가하였다.

일반성분 측정

일반성분은 AOAC법(1990)을 기준으로 하여 수분함량은 105°C 상압건조법, 회분 함량은 직접회화법, 지방 함량은 Soxhlet법, 단백질 함량은 Kjeldahl 분석법으로 측정하였으며, 모든 함량은 백분율로 표기하였다.

pH 측정

가열 전과 후의 돈육 소시지의 pH는 시료(4 g)를 채취하여 증류수(16 mL)를 계량한 후 ultra-turrax(HMZ-20DN, Poonglim Tech, Seoul, Korea)를 이용하여 6,991×g으로 1분간 균질화하였다. 균질화한 시료를 유리전극 pH meter(Model S220, Mettler-Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

색도 측정

돈육 유화형 소시지의 가열 전후의 표면 색도는 비색계(CR-10, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 CIE L*(명도, lightness), CIE a*(적색도, redness), CIE b*(황색도, yellowness)를 측정하였고 표준색은 백색표준판(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.

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

Table 1. Formulation of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste

Ingredients (%)		Treatments ¹⁾				
		Control (+)	Control (-)	CT-1	CT-3	CT-5
Main	Meat	60	60	60	60	60
	Fat	20	20	20	20	20
	Ice	20	20	19.35	18.05	16.75
Additives ²⁾	Sugar	1	1	1	1	1
	Phosphate	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Mixed spice	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	ISP	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	MSG	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	NPS	1.2	—	—	—	—
	Salt	—	1.2	1.2	1.2	1.2
	Cherry tomato paste	—	—	1	3	5

¹⁾C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

²⁾ISP: isolated soy protein, MSG: monosodium glutamate, NPS: nitrite pickling salt.

가열수율 측정

시료의 무게 변화를 측정하기 위해 돈장에 충전한 유화물의 가열 전 무게와 chamber(10.10ESI/SK, Alto Shaam)를 사용하여 80°C에서 30분간 가열한 후의 무게를 측정하였다. 이때 가열한 돈육 유화형 소시지는 25°C에서 30분간 방랭 과정을 거친 후 진행하였으며, 측정값은 아래 계산식에 대입하여 가열수율을 계산하였다.

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

Texture profile analysis (TPA) 측정

시료의 물성은 가열한 시료를 Ø2.5×2.0 cm(직경×높이)의 크기로 잘라 물성측정기(TA-1, Lloyd Co., Largo, FL, USA)로 측정하였다. 실험에는 25 mm clinder probe를 사용하였으며, 분석조건은 pre-test speed 2.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, maximum load 2 kg, head speed 2.0 mm/s, distance 8.0 mm, force 5 g으로 설정하였다. 측정항목은 hardness(kg), springiness, cohesiveness이며 측정값을 이용하여 gumminess(kg)와 chewiness(kg)를 산출하였다.

겉보기 점도 측정

돈육 유화물의 겉보기 점도는 회전식 점도계(Merlin R, Rheosys, Hamilton, OH, USA)를 사용하였다. 30 mm parallel plate 2.0 mm gap을 장착하였으며 25°C에서 head speed 20 rpm의 속도로 60초간 측정하였다.

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Hong 등(2020)의 방법을 인용하여 측정하였다. 시료 3 g과 증류수 15 mL를 넣고 ultra-turrax(Poonglim Tech)를 이용하여 5,352×g에서 20초간 균질화한 후 원심분리기(Supra R22, Hanil, Daejeon, Korea)에서 4°C, 983×g의 조건으로 10분간 원심분리 하였다. 혼합액은 여과지(Whatman No. 2, GE Healthcare, Chicago, IL, USA)에 여과하여 상등액을 실험에 이용하였다. 상등액(1 mL)과 DPPH 용액(10 mL)을 혼합하고 암실에서 실온으로 30분간 반응시킨 뒤, multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 증류수(1 mL)를 DPPH 용액(10 mL)에 혼합한 후 흡광도를 측정하여 실험에 적용하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \frac{\text{Blank abs} - \text{Sample abs}}{\text{Sample abs}} \times 100$$

Ferric reducing antioxidant power assay (FRAP) 측정

돈육 소시지의 FRAP는 Luqman 등(2012)의 방법을 응용하여 측정하였다. FRAP 시약은 0.3 M sodium acetate

buffer와 40 mM HCl에 녹인 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine, 20 mM FeCl₃을 10:1:1의 비율로 섞어 37°C에서 15분 동안 반응시켜 준비하였다. 시료 3 g과 증류수 15 mL를 ultra-turrax(Poonglim Tech)를 이용하여 5,352×g에서 20초간 균질화한 후 원심분리기(Hanil)를 이용하여 4°C, 983×g 조건에서 10분간 원심분리 하였다. 이후 상등액(1 mL)과 FRAP 시약(3 mL)을 혼합하고 빛을 차단하여 37°C에서 15분간 반응시킨 뒤, multi-mode microplate reader(Molecular Devices)를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하여 이를 환원력으로 나타내었다.

아질산염 잔류량 측정

아질산염 잔류량 측정을 위해 세절한 시료 10 g을 80°C의 증류수 150 mL와 함께 homogenizer(AM-5, Nihonseiki, Tokyo, Japan)를 이용하여 10,923×g에서 1분간 균질화 후 0.5 N NaOH, 12% ZnSO₄ 용액을 각각 10 mL 넣고 80°C water bath(JSWB-30T, JSR, Gongju, Korea)에서 20분간 교반하였다. 용액은 상온에서 30분간 방랭 후 초산 암모늄 완충액과 증류수로 용액의 부피를 200 mL로 맞추고 후 여과하여 실험용액으로 사용하였다. 25 mL 볼륨 플라스크에 실험용액 20 mL, sulfanilamide 1 mL를 넣어 디아조화 반응을 일으킨 다음, naphthyl-ethylenediamine 1 mL를 넣은 뒤 증류수로 용액의 부피를 25 mL로 맞추고 20분 동안 방치하였다. Multi-mode microplate reader(Molecular Devices)를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정한 후 표준 곡선을 이용하여 잔류량을 측정하였다.

관능평가

관능평가는 공주대학교 기관생명윤리위원회의 규정에 의거하여 실시하였다(Authority No. KNU_IRB-2020-40). 각 처리구를 Ø2.5×2.0 cm(직경×높이)의 크기로 절단한 후 색, 풍미, 조직감, 다즙성, 이취, 전체적인 기호도에 대하여 평가하였으며, 관능평가 대상으로는 시료에 대한 충분한 지식과 평가기준을 숙지한 15명의 패널을 선정하였다. 각 항목별 10점을 만점으로 하였으며 10점은 '관능적으로 가장 우수함', 1점은 '관능적으로 가장 열악함'으로 나타내었다.

통계처리

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

결과 및 고찰

일반성분

Table 2는 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소

Table 2. Proximate composition of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste

Traits (%)	Treatments ¹⁾				
	C+	C-	CT-1	CT-3	CT-5
Moisture	62.92±1.64 ^{abc}	62.06±2.35 ^{bc}	65.51±1.63 ^{ab}	66.02±1.85 ^a	61.25±0.44 ^c
Protein	15.98±0.07 ^{ab}	16.99±0.43 ^a	15.78±0.20 ^c	15.36±0.05 ^c	16.40±0.32 ^b
Fat	17.02±0.11 ^a	17.76±0.82 ^a	14.52±0.16 ^b	15.40±0.03 ^b	15.31±0.13 ^b
Ash	2.43±0.11 ^b	2.42±0.08 ^b	2.58±0.16 ^{ab}	2.65±0.09 ^a	2.66±0.04 ^a

All values are mean±SD.

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

¹⁾C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

시지의 일반성분 함량을 나타낸 표이다. 수분함량은 CT-3가 C-와 CT-5에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). 이러한 결과는 방울토마토 페이스트에 함유된 식이섬유가 물 분자와 결합하여 소시지의 수분함량을 증진시켰다고 생각된다. 반면에 CT-5는 CT-3에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였는데, 이는 과다한 식이섬유의 첨가로 인해 보수력이 낮아졌기 때문이라고 사료된다. 식이섬유 내 펙틴은 가열과정에서 발생하는 유리수분과 결합하여 보수력을 향상시키지만 그 한계치를 초과하면 수분을 방출하는 특징이 있다(Fernández-Ginés 등, 2004). Choi 등(2007)은 미강 식이섬유가 과도하게 첨가된 처리구의 수분함량이 감소하는 추세를 보였다고 보고하였는데 이는 본 연구의 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 단백질 함량은 CT-1과 CT-3가 다른 처리에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였으며, 이는 수분함량이 증가함에 따라 단백질의 함량이 줄어든 것으로 사료된다. 지방 함량은 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다($P<0.05$). Candogan(2002)은 소고기 패티에 토마토 페이스트를 첨가하였을 때, 토마토 페이스트의 함량이 증가함에 따라 지방 함량이 감소하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 회분 함량은 CT-3와 CT-5가 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며($P<0.05$), 이는 방울토마토 페이스트의 회분 함량이 6.16%를 차지하기 때문에 이와 같은 결과를 보였다고 판단된다. Ghafouri-Oskuei 등(2020)은 토마토 분말을 첨가한 쇠고기 소시지의 품질 특성에 관한 연구에서 토마토 분말의 함량이 증가함에 따라 소시지의 회

분 함량이 증가하였다고 보고한 바 있으며 이는 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

pH와 색도

방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 pH와 색도는 Table 3에 나타내었다. 가열 후 pH는 대조구와 CT-1에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아지는 추세를 보였다($P<0.05$). Kim 등(2009b)은 미트 패티에 첨가된 토마토 수준이 높아질수록 pH가 낮아진다고 발표하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 방울토마토의 pH는 4.35 수준이며 가열 시 수분의 감소로 인해 상대적으로 유기산의 함량이 증가하여 pH가 감소하게 된다(Ha와 Kwak, 2008). 돈육 소시지의 pH 감소는 방울토마토 페이스트의 pH 값이 4.26 수준인 것에 기인하여 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아진 것으로 사료된다.

돈육 소시지의 명도는 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 명도가 낮아지는 경향을 보였다($P<0.05$). 적색도와 황색도는 모든 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며, 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 적색도가 증가하는 경향을 보였다($P<0.05$). Kim과 Chin(2011)은 토마토 분말을 첨가한 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 적색도와 황색도를 보였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. Hue angle은 대조구가 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며($P<0.05$), 방울토마토 페이스트의 함량이 증가함에 따라

Table 3. pH and color of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste

Traits	Treatments ¹⁾				
	C+	C-	CT-1	CT-3	CT-5
pH	5.97±0.02 ^a	5.96±0.02 ^a	5.95±0.01 ^a	5.85±0.01 ^b	5.76±0.01 ^c
Color	CIE L*	76.48±0.56 ^b	77.47±0.51 ^a	74.83±0.58 ^c	72.07±0.44 ^d
	CIE a*	5.05±0.14 ^d	3.53±0.20 ^c	6.95±0.31 ^c	11.48±0.40 ^b
	CIE b*	15.10±0.53 ^c	16.22±0.38 ^d	19.65±0.44 ^c	25.65±0.94 ^b
	Hue angle (H°)	71.50±0.59 ^b	77.71±0.60 ^a	70.53±0.63 ^c	65.88±0.48 ^d
	Chroma (C)	15.92±0.52 ^d	16.60±0.39 ^d	20.84±0.49 ^c	28.10±1.00 ^b

All values are mean±SD.

Means in the same row with different letters (a-e) are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

처리구의 hue angle 값이 감소하는 경향을 보였다($P<0.05$). 이는 Deda 등(2007)이 발표한 연구에서 프랑크푸르트 소시지에 토마토 페이스트의 양이 증가함에 따라 적색도가 증가하고 hue angle 값이 감소하였다는 보고와 유사한 결과를 보였다($P<0.05$). Chroma 값은 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05$), 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 chroma 값이 증가하는 경향을 보였다($P<0.05$). 방울토마토 페이스트는 lycopene에 의해 특유의 붉은색(CIE L*: 30.90, CIE a*: 28.13, CIE b*: 17.28)을 나타내는데, 이와 같은 붉은색이 돈육 소시지에 영향을 미쳐 명도가 감소하고 적색도, 황색도가 증가한 것으로 사료된다.

가열수율

육가공품에 열을 가하면 단백질의 변성으로 인해 근장단백질의 결합이 약해지며, 이에 따라 보수력이 낮아져 결과적으로 제품의 감량 원인이 된다고 보고되고 있다(Zayas, 1985). 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 가열수율은 Fig. 1에 나타내었다. CT-3가 97.25%로 유의적으로 다른 처리구들에 비해 가장 높은 가열수율을 보였으며 C-가 90.2%의 가장 낮은 값을 보였다($P<0.05$). 식이섬유를 첨가한 육가공품은 가열 중 섬유소 내 펙틴과 같은 다당류가 단백질과 상호작용이 일어나 제품 내 수분이 외부로 유출되는 것을 방해하여 보수력을 증진시킨다(Zaini 등, 2020). 본 연구에서도 방울토마토 페이스트가 함유하고 있는 식이섬유가 제품의 보수력을 증진시켜 CT-1과 CT-3가 대조구에 비해 높은 가열수율을 보인 것으로 판단된다($P<0.05$). Kim 등(2009a)은 육제품에 밀 식이섬유를 첨가하였을 때 제품의 보수력이 증진되어 가열수율에 긍정적인 영향을 준다고 발표하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. CT-5의 가열수율은 C+와 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었으며($P<0.05$), 이는 식이섬유가 함유할 수 있는 수분의 허용치를 초과했기 때문에 이와 같은 가열수율을 나타내었다고 사료된다.

TPA와 겔보기 점도

방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의

Fig. 1. Cooking yield of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste. C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%. Means with different letters (a-e) are significantly different ($P<0.05$).

TPA는 Table 4에 나타내었다. CT-3는 hardness, springiness, chewiness에서 C+에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였으며($P<0.05$), gumminess와 cohesiveness는 CT-5가 다른 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). Hayes 등(2013)은 토마토 파우더를 첨가한 처리구의 경도가 대조구에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다고 보고하였다. Na와 Joo(2012)는 토마토 분말의 첨가 수준이 증가함에 따라 소시지의 hardness, chewiness, cohesiveness가 감소하는 추세를 보였는데, 이는 토마토에 함유된 유기산, 무기산, 당분이 단백질 및 지방의 분해를 촉진하기 때문이라고 보고하였다. Springiness는 C+가 유의적으로 가장 높았으며($P<0.05$) 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다($P<0.05$).

Fig. 2는 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 겔보기 점도를 나타낸 그림이다. CT-3의 겔보기 점도가 다른 처리구에 비해 가장 높은 값을 보였고, CT-1과 CT-3의 점도가 아질산염을 첨가한 C+에 비해 높은 값을 보였다($P<0.05$). 겔보기 점도는 가열수율과 양의 상관관계를 가지기 때문에 본 연구에서도 점도가 증가할수록 가열수율이 증가하는 결과를 보였다. Choi 등(2011b)은 현미 식이

Table 4. Texture profile analysis (TPA) of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste

Traits	Treatments ¹⁾				
	C+	C-	CT-1	CT-3	CT-5
Hardness (kg)	38.28±1.29 ^a	37.83±1.26 ^{ab}	37.03±1.07 ^{ab}	35.26±1.26 ^b	36.14±0.61 ^{ab}
Springiness	0.95±0.02 ^a	0.87±0.05 ^{ab}	0.86±0.05 ^{abc}	0.80±0.05 ^{bc}	0.74±0.07 ^c
Gumminess (kg)	23.25±0.34 ^a	23.33±1.61 ^a	20.12±3.22 ^a	19.65±0.56 ^a	12.70±0.92 ^b
Chewiness (kg)	22.60±0.63 ^a	20.24±1.67 ^{ab}	17.44±3.74 ^{ab}	15.68±0.56 ^b	9.50±1.5 ^c
Cohesiveness	0.61±0.02 ^a	0.62±0.05 ^a	0.54±0.07 ^a	0.56±0.01 ^a	0.35±0.03 ^b

All values are mean±SD.

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

¹⁾C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

Fig. 2. Viscosity of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste. C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

섬유의 첨가량에 따라 소시지의 겉보기 점도가 높아진다고 발표하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. Aktas와 Genc-celep(2006)은 점도가 높을수록 유화물의 안정성이 높아지며 이는 고품질의 유화형 제품을 생산할 수 있는 기준이 된다고 하였다. 따라서 높은 점도를 가진 CT-3가 가열수축 측면에서 가장 안정적인 제품일 것으로 생각된다.

DPPH 라디칼 소거능과 FRAP

Table 5는 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 항산화 활성을 분석하였다. DPPH 라디칼 소거능은 DPPH에 의해 생성되는 자유라디칼에 전자를 공여하여 이를 제거함으로써 산화를 억제하는 능력을 측정하는 실험이다(Brand-Williams 등, 1995). 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 DPPH 라디칼 소거능은 CT-3, CT-5가 C+에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈으며 ($P<0.05$), 방울토마토 페이스트의 첨가 수준이 높아짐에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($P<0.05$). Kim과 Ahn(2014)은 방울토마토 추출물 내 lycopene 농도가 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 높아졌다고 보고하였다. 본 연구에서도 방울토마토에 다량 함유된 lycopene에 의해 항산화 활성이 일어난 것으로 보이며, 소시지 내 lycopene의 함량이 증가함에 따라 높은 DPPH 라디칼 소거능 활성을 나타내는 것으로 사료된다.

Choi 등(2011a)은 토마토 가공 제품 중 토마토 페이스트가 가장 높은 lycopene 함량을 보였다고 발표하여 이와 유사한 결과를 보였다.

FRAP는 대상 물질이 Fe^{3+} 을 Fe^{2+} 으로 환원시키는 정도를 측정하여 물질의 항산화 활성을 측정하는 실험이다(Benzie와 Strain, 1996). 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 환원력은 방울토마토 페이스트를 첨가한 모든 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었으며($P<0.05$), 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 환원력이 높아지는 경향을 보였다($P<0.05$). Choi와 Ahn(2014)은 방울토마토가 높은 FRAP 값을 가진다고 발표하였다. 따라서 본 연구에서 방울토마토로 제조한 페이스트를 유화형 소시지에 첨가하여 환원력을 높여주었다고 판단된다.

아질산염 잔류량

아질산염이 첨가된 육제품은 열처리 과정에서 nitroso-hemochrome을 형성하여 안정된 염지육색을 발현하며, heme 색소 중 철이온을 Fe^{2+} 형태로 환원시켜 지질의 산화 속도를 저하한다(Yang, 2014). 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 아질산염 잔류량은 Table 6에 나타난 바와 같다. C-와 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구의 아질산염 잔류량은 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구가 1.90~1.92 ppm으로 아질산염을 첨가한 C+ 11.16 ppm에 비해 유의적으로 낮을 나타내었다($P<0.05$). Ghafouri-Oskuei 등(2020)은 토마토 분말의 첨가 수준이 증가함에 따라 소시지 내 아질산염의 함량은 감소하였지만 적색도가 높아졌다고 보고하였으며, Candogan(2002)은 소고기 패티에 토마토 분말을 첨가하였을 때 아질산염을 첨가한 처리구보다 저장 중 지방 산화 억제 효과를 보였다고 발표하였다. 또한, Deda 등(2007)은 프랑크푸르트 소시지에 토마토 페이스트를 첨가하였을 때 아질산염을 첨가한 처리구와 유사한 적색도 개선 효과를 보였다고 발표하였다. 앞서 언급한 색도와 항산화 활성 실험 결과 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구가 아질산염의 적색도 개선과 항산화 효과를 대체할 수 있을 것으로 사료된다.

관능평가

육제품의 관능적 특성은 제품의 외관, 풍미, 향, 조직감

Table 5. DPPH radical scavenging activity and FRAP of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste

Traits	Treatments ¹⁾				
	C+	C-	CT-1	CT-3	CT-5
DPPH (%)	19.44±0.48 ^{cd}	17.62±0.19 ^d	20.43±0.33 ^c	27.01±0.14 ^b	30.14±1.40 ^a
FRAP	0.32±0.01 ^d	0.32±0.01 ^d	0.41±0.01 ^c	0.56±0.08 ^b	0.82±0.01 ^a

All values are mean±SD.

Means in the same row with different letters (a-d) are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

Table 6. Nitrite residue of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste

Traits	Treatments ¹⁾				
	C+	C-	CT-1	CT-3	CT-5
NO ₂ ⁻ (ppm)	11.16±0.36 ^a	1.92±0.12 ^b	1.92±0.05 ^b	1.92±0.05 ^b	1.90±0.04 ^b

All values are mean±SD.

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

¹⁾C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

Table 7. Sensory evaluation of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of cherry tomato paste

Traits ²⁾	Treatments ¹⁾				
	C+	C-	CT-1	CT-3	CT-5
Color	8.50±0.55 ^b	7.29±0.49 ^c	8.29±0.95 ^b	9.50±0.75 ^a	8.67±0.82 ^b
Flavor	7.80±0.45 ^{bc}	7.20±0.45 ^c	8.25±0.50 ^b	9.00±0.58 ^a	8.25±0.50 ^b
Texture	9.33±0.52 ^a	7.50±0.58 ^b	8.67±0.58 ^a	9.00±0.63 ^a	7.75±0.50 ^b
Juiciness	7.83±0.41 ^b	7.50±0.55 ^b	8.83±0.75 ^a	9.17±0.75 ^a	7.25±0.50 ^b
Off flavor	8.50±0.55 ^b	7.67±0.52 ^c	8.60±0.55 ^b	9.40±0.55 ^a	8.50±0.58 ^b
Overall acceptability	8.25±0.50 ^{bc}	7.57±0.53 ^c	8.83±0.76 ^{ab}	9.17±0.41 ^a	8.00±0.63 ^{bc}

All values are mean±SD.

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

¹⁾C+: NPS 1.2%, C-: salt 1.2%, CT-1: salt 1.2% and cherry tomato paste 1%, CT-3: salt 1.2% and cherry tomato paste 3%, CT-5: salt 1.2% and cherry tomato paste 5%.

²⁾In each categories, closer to 10 points means 'sensually excellence' and closer to 1 point 'sensually inferiority'.

등에 의해 평가되며 이 중 제품의 풍미는 제조 시 사용되는 단백질과 지방, 각종 첨가제의 종류, 함량 등에 의해 결정된다(Wood 등, 1999). 방울토마토 페이스트를 첨가한 돈육 유화형 소시지의 관능적 평가의 결과는 Table 7에 나타낸 바와 같다. 색, 풍미, 다즙성, 이취, 전체적 기호도에서 CT-3이 C+보다 유의적으로 높은 값을 나타내었으며($P<0.05$), 조직감은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 모든 항목에서 CT-5가 CT-3에 비해 유의적으로 낮은 관능적 특성을 나타내었다($P<0.05$). Na와 Joo(2012)는 돈육 소시지에 토마토 분말을 첨가하였을 때, 첨가량이 증가함에 따라 풍미와 전체적 기호도가 4% 수준까지 증가하다 6% 수준에서 급격히 감소하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 방울토마토에 함유된 감칠맛 성분인 L-글루탐산은 유리아미노산의 일종으로 방울토마토 내 총 유리아미노산 중 50% 이상을 차지한다(Kim과 Ahn, 2014). 본 연구에서는 소시지에 첨가된 방울토마토 페이스트가 감칠맛을 부여하여 풍미와 전체적 기호도를 높이고 이취를 감소시킨 것으로 사료된다. 따라서 돈육 유화형 소시지에 방울토마토 페이스트를 3% 첨가하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 방울토마토 페이스트를 돈육 유화형 소시지에 첨가하여 아질산염의 기능 중 육색 고정 능력 및 품질 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 방울토마토 페이스트를 3% 첨가하였을 때 수분함량, 가열수율, 점도, 관능적 특성에서 아질산염을 첨가했을 때보다 유의적으로 높은 값을 나타

내었다. 방울토마토 페이스트의 첨가량이 증가함에 따라 적색도와 황색도, chroma 값이 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 방울토마토 특유의 붉은색이 제품의 색도에 영향을 준 것으로 판단된다. 또한, DPPH 라디칼 소거능과 FRAP 연구 결과는 방울토마토 페이스트의 첨가 수준이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 아질산염 잔류량 측정 결과 방울토마토 페이스트를 첨가한 처리구가 아질산염 첨가 대조구에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다. 따라서 방울토마토 페이스트의 첨가가 아질산염을 대체하여 육제품의 적색도 증진과 관능적 특성에 대체 가능성을 보였으며, 돈육 유화형 소시지의 방울토마토 페이스트 첨가량은 3%가 가장 적절한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 지역농산물 활용 신선 간편식 개발 및 기반기술 개발(PJ015281)의 지원을 받아 수행된 연구 결과이며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Agarwal S, Rao AV. Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study. *Lipids*. 1998. 33:981-984.
- Aktas N, Genccelep H. Effects of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. *Meat Sci*. 2006. 74:404-408.
- American Meat Science Association (AMSA). Sodium nitrite in processed meat and poultry meat: A review of curing and

- examining the risk/benefit of its use. 2011 [cited 2020 Dec 2]. Available from: <http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/white-papers/2011-11-amsa-nitrite-white-paper.pdf?sfvrsn=8>
- AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. 1990. p 777-788.
- Benzie IFF, Strain JJ. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem*. 1996. 239:70-76.
- Bowen VG, Cervený JG, Deibel RH. Effect of sodium ascorbate and sodium nitrite on toxin formation of *Clostridium botulinum* wieners. *Appl Microbiol*. 1974. 27:605-606.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method of evaluates antioxidant activity. *LWT—Food Sci Technol*. 1995. 28:25-30.
- Candogan K. The effect of tomato paste on some quality characteristics of beef patties during refrigerated storage. *Eur Food Res Technol*. 2002. 215:305-309.
- Choi SH, Ahn JB. Functional properties of the lycopene cultivar of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Korean J Culinary Res*. 2014. 20:115-127.
- Choi SH, Kim DH, Kim DS. Comparison of ascorbic acid, lycopene, β -carotene and α -carotene contents in processed tomato products, tomato cultivar and part. *Korean J Culinary Res*. 2011a. 17:263-272.
- Choi YS, Jeong JY, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, et al. Quality characteristics of meat batters containing dietary fiber extracted from rice bran. *Korea J Food Sci Ani Resour*. 2007. 27:228-234.
- Choi YS, Kim HW, Song DH, Choi JH, Park J, Kim MY, et al. Quality characteristics and sensory properties of reduced-fat emulsion sausages with brown rice fiber. *Korean J Food Sci Ani Resour*. 2011b. 31:521-529.
- Deda MS, Bloukas JG, Fista GA. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Sci*. 2007. 76:501-508.
- Fernandez-Ginés JM, Fernández-López J, Sayas-Barberá E, Sendra E, Pérez-Álvarez JA. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: application to bologna sausages. *Meat Sci*. 2004. 67:7-13.
- Ghafari-Oskuei H, Javadi A, Asl MRS, Azadmard-Damirch S, Armin M. Quality properties of sausage incorporated with flaxseed and tomato powders. *Meat Sci*. 2020. 161:107957. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107957>
- Ha DJ, Kwak EJ. Comparison of quality and sensory characteristics of tomato for tomato sauce production. *J East Asian Soc Diet Life*. 2008. 18:965-973.
- Ha SR, Choi JS, Jin SK. The physicochemical properties of pork sausages with red beet powder. *J Life Sci*. 2015. 25:896-902.
- Hayes JE, Canonico I, Allen P. Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll. *Meat Sci*. 2013. 95: 755-762.
- Hong JH, Park SY, Lee SH, Kim HY. Quality characteristics of HMR-type pork restructured jerky with various levels of mustard powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2020. 49:625-630.
- Hotchkiss JH, Cassens RG. Nitrate, nitrite, and nitroso compounds in foods. *Food Tech*. 1987. 41:127-136.
- Kim GS, Choi SH. Changes in residual nitrite, TBARS and color of meat product during storage. *Korean J Food Sci Ani Resour*. 2007. 27:299-307.
- Kim HR, Ahn JB. Antioxidative and anticancer activities of the betatini cultivar of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) extract. *Food Eng Prog*. 2014. 18:359-365.
- Kim HS, Chin KB. Physico-chemical properties and antioxidant activity of pork patties containing various tomato powder of solubility. *Korean J Food Sci Ani Resour*. 2011. 31:436-441.
- Kim HW, Choi JH, Choi YS, Han DJ, Kim HY, Lee MA, et al. Effects of wheat fiber and isolated soy protein on the quality characteristics of frankfurter-type sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour*. 2009a. 29:475-481.
- Kim IS, Jin SK, Hur IC, Choi SY, Jung HJ, Lee JK, et al. Effect of tomato powder on meat patties as nitrite alternatives. *Korean J Food Sci Ani Resour*. 2009b. 29:382-390.
- Lee N, Kim CS, Yu GS, Pack MC, Jung WO, Jung UK, et al. Effect of nitrite substitution of sausage with addition of purple sweet potato powder and purple sweet potato pigment. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2015. 44:896-903.
- Lee SH, Kim HY. Effect of sodium nitrite, sodium chloride and concentrated seawater on physicochemical properties of meat emulsion system. *Food Sci Anim Resour*. 2020. 40:980-989.
- Luqman S, Srivastava S, Kumar R, Maurya AK, Chanda D. Experimental assessment of *Moringa oleifera* leaf and fruit for its antistress, antioxidant, and scavenging potential using *in vitro* and *in vivo* assays. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2012. Article ID 519084. <https://doi.org/10.1155/2012/519084>
- Massey RC, Crews C, Davies R, McWeeney DJ. A study of the competitive nitrosations of pyrrolidine, ascorbic acid, cysteine and *p*-cresol in protein-based model system. *J Sci Food Agric*. 1978. 29:815-821.
- Na Y, Joo N. Processing optimization and antioxidant activity of sausage prepared with tomato powder. *Korean J Food Cook Sci*. 2012. 28:195-206.
- Park JI, Lim JG, Jhoo JW, Kim GY, Kang SM. Antioxidant activity of a fraction from *Polygoni multiflori* radix as an alternative to nitrite in cured-ground pork. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2020. 49:253-261.
- Park NY, Lee SM, Roh KS. Biochemical characterization of lectin isolated from cherry tomato fruit. *J Life Sci*. 2007. 17: 254-259.
- Parthasarathy DK, Bryan NS. Sodium nitrite: the “cure” for nitric oxide insufficiency. *Meat Sci*. 2012. 92:274-279.
- Qiu ZZ, Chin KB. Physicochemical properties and shelf-life of low-fat pork sausages wrapped with active film manufactured by sodium alginate and cherry tomato powder. *Asian-Australas J Anim Sci*. 2020. 33:1470-1476.
- Roh KS. Antifungal activity and biochemical characterization of lectin isolated from locular fluid of cherry tomato fruit. *Korean Soc Biotechnol Bioeng J*. 2010. 25:289-296.
- Savadkoobi S, Hoogenkamp H, Shamsi K, Farahnasky A. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat Sci*. 2014. 97:410-418.
- Shi J, MacNaughton L, Kakuda Y, Bettger W, Yeung D, Jiang Y. Bioavailability of lycopene from tomato products. *J Food Sci Nutr*. 2004. 9:98-106.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Richardson RI, Sheard PR. Manipulating meat quality and composition. *Proc Nutr Soc*. 1999. 58:363-370.
- Yang HD. Processing theory of meat products. In: Park HG, Oh HR, Ha JO, Kang JO, Lee KT, Chin GB, editors. *The Science and Technology of Meat and Meat Products*. Sunjinmunhwasa, Goyang, Korea. 2014. p 227-284.
- Youn SK, Park SM, Kim YJ, Ahn DH. Studies on substitution effect of chitosan against sodium nitrite in pork sausage. *Ko-*

- rean J Food Sci Technol. 2001. 33:551-559.
- Zaini HBM, Sintang MDB, Pindi W. The roles of banana peel powders to alter technological functionality, sensory and nutritional quality of chicken sausage. Food Sci Nutr. 2020. 8: 5497-5507.
- Zayas JF. Structural and water binding properties of meat emulsions prepared with emulsified and unemulsified fat. J Food Sci. 1985. 50:698-692.