Resour Sci Res, 2024, 6(1):48-58
https://doi.org/10.52346/rsr.2024.6.1.48

자원과학연구 (Resources Science Research)
pISSN: 2713-7872 eISSN: 2799-3442

ARTICLE

아로니아 분말을 첨가한 흑염소 소시지의 이화학적 특성

강 규 민[1] · 김 학 연[1,2,*]

[1]공주대학교 동물자원학과, [2]공주대학교 자원과학연구소

Physicochemical Properties of Korean Black Goat Sausage with *Aronia melanocarpa* Powder

Kyu-Min Kang[1], Hack-Youn Kim[1,2,*]

[1]Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Chungnam 32439, Korea
[2]Resource Science Research Institute, Kongju National University, Chungnam 32439, Korea

Received: June 10, 2024
Revised: June 20, 2024
Accepted: June 21, 2024

*Corresponding author :
Hack-Youn Kim
Department of Animal Resources Science, Kongju National University, Yesan 32439, Korea.
Tel : +82-41-330-1241
E-mail : kimhy@kongju.ac.kr

Copyright © 2024 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
Kyu-Min Kang
https://orcid.org/0000-0002-4904-1976
Hack-Youn Kim
https://orcid.org/0000-0001-5303-4595

Abstract

This study identified the physicochemical properties of Korean black goat sausage with *Aronia melanocarpa* (AM). The physicochemical properties were investigated by measuring pH, color, cooking yield, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), total polyphenol contents (TPC), total flavonoids contents (TFC), α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH), and metal ion chelating. The pH was decreased with increasing AM contents and storage period. The after cooked redness significantly increased with increasing AM contents while lightness and yellowness significantly decreased ($p<0.05$). The cooking yield showed no significant differences with AM contents. The TBARS were slowly increased as the higher AM contents added. The TPC and TFC were significantly increased with increasing AM contents ($p<0.05$). Also the DPPH and metal ion chelating of AM treated samples were significantly higher than the control ($p<0.05$). Based on these results, the most suitable ratio of AM for manufacturing Korean black goat sausage is 3%.

Keywords

Korean black goat, *Aronia melanocarpa*, Sausage, Physicochemical properties

Ⅰ. 서 론

염소(*Carpra hircus*)는 산악지형에서 많이 사육되는 가축 중 하나로, 사료뿐만 아니라 농업 부산물 및 야초의 섬유질도 잘 분해하는 특징을 갖고 있다(Kim *et al*., 2019). 이러한 장점으로 인해 염소는 전 세계에서 사육되고 있으며, 다양한 지역 환경에 적응함에 따라 다양한 품종이 나타나게 되었다(An *et al*., 2024). 그 중 흑염소(Capra aegagrus Erdeben)는 전신 흑색 모피를 가진 품종으로 국내에서 가장 보편적으로 사육되고 있으며, 당진, 통영, 장수, 경상대 계통의 한국 재래흑염소가 가축다양성정보시스템에 등록되어 있다(Kang *et al*., 2021). 하지만 한국 재래흑염소는 성장 속도가 느리고 체형이 작아 육 생산량이 낮고 그 이용가치가 낮아, 이러한 단점을 보완한 교잡종인 일반 흑염소가 더 많이 사육되고 있다(Kim *et al*., 2020).

국내에서 흑염소는 건강을 중요시 하는 요즘 소비자들의 트랜드에 맞춰 웰빙식품으로 인식되고, 소비량이 점차 증가하고 있다(Kim *et al*., 2010). 흑염소 고기의 특징은 다른 식육과 다르게, 보다 검붉은 색을 띄고 질긴 조직감과 특유의 염소취를 가지고 있는 것이 특징으로, 원육 자체의 활용도는 낮은 편이다(Kim *et al*., 2019). 또한 국내 흑염소의 질병에 관련된 연구는 미비하여, 흑염소 사육환경 및 도축 관리가 다른 축종에 비해 체계적이지 못하고, 도축된 흑염소 고기의 저장성은 낮다(Lee *et al*., 2000). 이에 흑염소 고기에 항산화 물질을 함유한 천연 식재료를 함께 첨가하여 식육가공제품

을 개발하는 연구가 다수 진행되어 왔다(Mukherjee *et al*., 2006; Gadekar *et al*., 2014; Lishianawati and Yusiati, 2021).

아로니아(*Aronia melanocarpa*)는 직경 6.2~6.5 mm 크기의 북아메리카가 주원산지인 베리류로, 건물 중량 대비 1% 가량의 안토시아닌(anthocyanin)을 함유하고 있는 것이 특징이다(Hwang and Hwang, 2015). 또한 아로니아의 주요 성분은 펠라고니딘(pelargonidins), 시아니딘(cyanidins)과 같은 폴리페놀계 화합물들로 높은 라디칼 소거능, 항산화능, 생리활성을 나타내어 항당뇨병, 항암, 항알레르기 등 다양한 기능성 효과들이 있다(Jang *et al*., 2018). 이러한 다양한 효능에도 불구하고, 아로니아는 특유의 떫고 신맛 때문에 과실 자체로 이용하기 보다는 추출액, 파우더, 주스, 잼, 와인 등 다양한 형태로 가공되어 활용되고 있다(Hwang and Lee, 2013). 이에 아로니아는 추출액이나 분말의 형태로 식빵, 청포묵, 막걸리 등 다양한 식품에 첨가되어 연구가 진행되어 왔지만, 육제품에 첨가한 연구는 돈육 패티, 튀김어묵 등 그 사례 및 형태가 한정적이다(Kim *et al*., 2015; Yun *et al*., 2015; Hwang and Thi, 2014).

따라서 본 연구는 염소고기의 활용성 증진을 위해 아로니아 분말을 첨가한 염소고기 소시지를 제조하여 항산화 활성과 품질 특성을 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료 및 소시지 제조

본 연구에 사용된 염소 앞다리(Gaon, Gangjin, Korea)는 도축 후 24시간이 경과된 것을 구입하였고, 3mm plate를 장착한 grinder(PA-82, Mainca, Barcelona, Spain)를 이용하여 염소 앞다리와 돈육 등지방을 각각 분쇄하였다. 소시지 제조는 분쇄한 염소 앞다리(60%)와 돈육 등지방(20%)에 빙수(20%)를 bowl cutter(K-30, Talsa, Valencia, Spain)로 45초간 1차 세절한 후, 전체 중량에 대해 설탕 1%, 아질산염(nitrite pickling salt) 1.2%, 향신료 1%, 아로니아 분말(Seoulmilk, Seoul, Korea)은 처리구에 각각 0%, 1%, 2%, 3%씩 첨가하여 45초간 2차 세절하였다. 최종 심부 온도는 10℃ 이상으로 넘지 않도록 하였고, 세절이 끝난 유화물은 천연 돈장에 충전기(EM-12, Mainca, Barcelona, Spain)로 충전하여 chamber(10.10ESI/SK, Alto Shaam, Menomonee Falls, USA)에서 80℃에서 40분간 가열 후 10℃에서 20분간 냉각하였다. 제조한 소시지는 폴리에틸렌 백에 보관하여 4℃에서 저장하면서 실험에 사용하였다.

2. pH 측정

pH는 시료 3 g을 채취, 증류수 12 mL와 혼합하여 ultra turrax (HMZ-20DN, Pooglim Tech, Korea)로 8,000 rpm에서 1분간 균질한 후 pH buffer solution (Suntex Instruments co. ltd., Taiwan)으로 보정된 유리전극 pH meter (Model S220, Mettler-Toledo, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

3. 색도 측정

색도는 colorimeter(CR-10, Minolta, Japan)를 사용하여 시료 단면의 명도(lightness)를 나타내는 CIE L^* 값, 적색도(redness)를 나타내는 CIE a^* 값 그리고 황색도(yellowness)를 나타내는 CIE b^* 값을 측정하였다. 이때의 표준색은 CIE L^* 값은 +97.83, CIE a^* 값이 -0.43, CIE b^* 값이 +1.98인 백색 표준판을 사용하였다.

4. 가열수율 측정

가열 전 무게 및 가열 후 무게를 측정하여 가열수율을 계산하여 %로 산출하였다.

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

5. 항산화 활성 측정을 위한 시료 추출

항산화 활성 측정을 위해 시료 3 g과 증류수 15 mL를 혼합하여 ultra turrax로 7,000 rpm에서 20초 동안 균질하여 원심분리기(Supra R22, Hanil, Korea)로 4℃에서 3,000 rpm으로 10분동안 원심분리하였다. 원심분리한 추출물은 filter paper(Whatman No. 1, GE Healthcare, USA)로 여과하여 상등액을 실험에 사용하였다.

6. Total Polyphenol Contents (TPC) 측정

총 페놀 함량은 Lee 등(2020)의 방법을 적용하여 측정하였다. 추출액 40 μL와 2 N Folin-Ciocalteu 용액 80 μL를 혼합하여 3분 동안 반응시킨 후 20% Na_2CO_3를 800 μL 첨가하고, 빛을 차단하여 37℃ 암실에서 30분간 반응시켰다. 반응 후 multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. Garllic acid를 표준물질로 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석 후 얻은 표준곡선으로 총 페놀함량을 산출하였다.

7. Total Flavonoid Contents (TFC) 측정

총 플라보노이드 함량은 Lee 등(2019)의 방법을 적용하여 측정하였다. 추출액 100 μL에 diethylene glycol 1 mL와 1 N NaOH 100 μL를 혼합한 다음, 빛을 차단하여 37℃ 암실에서 1시간 반응시켰다. 반응 후 multi-mode microplate reader를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Naringin을 표준물질로 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석 후 얻은 표준곡선으로 총 플라보노이드 함량을 산출하였다.

8. DPPH Free Radical Scavenging Activity 측정

DPPH Free radical 소거능은 Kang과 Kim (2022)의 방법을 활용하여 측정하였다. 추출액 1 mL는 메탄올에 용해한 0.2 mM 2,2 diphenyl-1 carboxylic acid 1 mL와 추출물 1 mL를 혼합하고, 실온의 암실에서 30분간 반응시켰다. 이후 multi-mode microplate reader를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 통하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity}(\%) = \frac{\text{시료 무첨가군의 흡광도} - \text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{시료 무첨가군의 흡광도}} \times 100$$

9. 금속이온 Chelating Activity 측정

금속이온 chelating activity는 Jeong 등(2020)의 방법을 적용하여 측정하였다. 추출물 500 μL에 2 mM $FeCl_2$ 50 μL, 5 mM Ferrozine 100 μL, 에탄올 3.2 mL를 혼합하고, 실온의 암실에서 10분간 반응시켰다. 이후 multi-mode microplate reader를 사용하여 562 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 통하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{Chelating activity}(\%) = \frac{\text{시료 무첨가군의 흡광도} - \text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{시료 무첨가군의 흡광도}} \times 100$$

10. 지방산패도(TBARS) 측정

지방산패도는 Kang 등(2022)의 방법을 응용하여 측정하였다. 표면의 비가식 부위(crust) 5 g, 10% PCA 용액 12.5 mL와 0.3% BHT 200 µL를 homogenizer (AM-5, Nihonseiki, Tokyo, Japan)로 10,000

rpm 에서 1 분간 균질하여 filter papers No.1 (GE Healthcare Life Sciences Whatman™, Chicago, IL, USA)로 여과하였다. 이후 여과액 5 mL 를 0.02 M TBA 5 mL 와 혼합하여 100℃ waterbath (JSWB-30T JSR, Gongju, Korea)에서 10 분간 반응시켰다. 반응이 완료된 후 multi-mode microplate reader (Spectra Max iD3, Molecular devices, San Jose, CA, USA)로 532 nm 에서 흡광도를 측정하여 mg malondialdehyde (MDA)/kg 으로 산출하였다.

11. 통계처리

실험의 결과는 최소한 3회 이상의 반복 실험을 실시하여 평가되었다. 이후 통계처리 프로그램 SAS(version 9.3 for window, SAS Institue Inc., USA)를 이용하여 결과를 평균값과 표준편차로 나타내었으며, one way ANOVA, Duncan's multiple range test로 각각의 특성에 대해 유의적인 차이가 있는지를 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. pH, 색도

아로니아 분말 첨가량에 따른 염소 소시지의 pH와 색도는 Table 1에 나타내었다. pH는 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었으며($p<0.05$), 주차에 따라서는 모든 처리구에서 1주와 2주가 0주차보다 유의적으로 낮은 값을 보였다($p<0.05$). Kim 등(2015)은 아로니아 분말을 돈육 패티에 첨가하였을 때, 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 일반적으로 아로니아는 3.96-5.18 수준의 낮은 pH를 형성하고 있으며, 본 연구에서도 아로니아 고유의 pH에 의해 첨가량 증가에 따른 pH 감소가 나타난 것으로 사료된다 (Petković *et al*., 2021). 과일의 분말은 수분이 제거된 상태로 수소 이온의 변화가 어려운 상태이며, 이에 따라 저장 기간이 증가하더라도 최종 pH는 차이를 나타내지 않는다(Breda *et al*., 2012). Alirezalu 등(2019)은 다양한 종류의 식품보존제를 식육에 첨가하여도 저장기간에 따라 pH가 감소하는 원인으로 유산균(lactic acid bacteria)을 뽑았으며, 냉장온도에서 저장기간이 증가함에 따라 유산균의 수가 증식하게 되고, 그로 인해 pH가 감소하게 된다고 보고하였다.

명도와 황색도는 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였지만 ($p<0.05$), 적색도는 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. Kim 등(2015)은 아로니아 분말을 돈육 패티에 첨가하였을 때, 첨가량이 증가할수록 명도와 황색도는 감소하고, 적색도

Table 1. pH and color of Korean black goat sausage formulated with various levels of *Aronia melanocarpa* powder

Traits		*Aronia melanocarpa* powder(%)			
		0 (control)	1	2	3
pH	0w	6.27±0.05^{aA}	6.04±0.01^{bA}	5.94±0.02^{cA}	5.81±0.01^{dA}
	1w	6.14±0.01^{aB}	6.01±0.01^{bB}	5.91±0.01^{bcB}	5.79±0.01^{cB}
	2w	6.11±0.01^{aB}	6.00±0.01^{bB}	5.90±0.01^{cB}	5.79±0.01^{dB}
Color	CIE L*	76.68±0.22^{a}	65.58±0.35^{b}	57.73±0.23^{c}	51.46±0.43^{d}
	CIE a*	5.50±0.01^{c}	5.43±0.12^{c}	6.15±0.10^{b}	6.83±0.15^{a}
	CIE b*	15.35±0.11^{a}	6.78±0.11^{b}	4.33±0.19^{c}	3.44±0.32^{d}

All values are mean±SD.
$^{a-d}$Mean in the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).
$^{A-B}$Mean in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

는 증가한다고 보고하였고, 다른 식품에서도 공통적으로 첨가량이 증가함에 따라 같은 결과를 보인다고 보고되어 왔다(Lee and Yoon, 2016). 이는 아로니아가 함유하고 있는 안토시아닌에 영향을 받은 것으로 사료되며, 안토시아닌은 수용성 플라보노이드 색소로 자색, 적색, 청색을 띄고 있어서 첨가된 식품의 색도에 영향을 미친다고 보고되었다(Yoon *et al*., 2014). 특히 아로니아 분말 제조 시 동결건조 방법을 사용하게 되면 열풍건조 방법보다 높은 적색도를 띄는 경향을 나타내게 되는데, 본 연구에 사용된 아로니아 분말도 동결건조 방법을 사용하여 제조된 제품이기 때문에 보다 색도에 큰 영향을 미친 것으로 판단된다(Horszwald *et al*., 2013). 따라서 아로니아 분말의 첨가는 적색도를 향상시키는데 효과적일 것으로 판단되며, 산업적으로 천연 발색제로 사용될 가능성이 있음을 시사한다.

2. 가열수율

Fig. 1은 아로니아 분말 첨가량에 따른 염소 소시지의 가열수율을 측정한 결과이다. 아로니아 분말 첨가량에 따른 대조구와 처리구들 간의 가열수율은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Choi와 Lee(2016)는 안토시아닌을 함유하고, 같은 자색 과실인 포도 과피 분말을 분쇄 돈육에 첨가하였을 때, 가열수율에는 첨가량에 따른 유의적 차이가 없다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 이는 식물성 분말에 함유된 셀룰로오스, 펙틴, 키토산 등과 같은 식이섬유에 의한 것으로 가열로 인해 발생할 수 있는 수분 및 지방의 삼출을 유화물 구조의 단백질 네트워크 안정화를 통해 수분과 지방을 결합시켜 이와 같은 결과를 보인 것으로 사료된다(Kumar *et al*., 2024). 또한 염소고기는 다른 축종의 식육보다 보수력이 높은 편인데, 사후경직 이후 상태를 기준으로 염소고기의 보수력은 약 45.8%이고, 쇠고기는 약 19.8%로 보고되어 원료육 자체의 보수력에 기인하여 최종 제품의 가열수율이 유의적으로 차이 나지 않는 것으로 사료된다(Karakaya *et al*., 2006). 따라서 아로니아 분말의 첨가는 제품의 가열수율에 영향을 미치지 않아, 흑염소 소시지 제조 시 안정적으로 경제적인 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

3. TPC, TFC

Fig. 2는 아로니아 분말 첨가량에 따른 염소 소시지의 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과이다. 페놀은 식물에서는 비교적 많이 발견되며, 페놀 함량은 항산화능과 높은 양의 상관관계에 놓여있어, 페놀 함량에 따라 DPPH, FRAP과 같은 항산화능 실험의 결과를 예측할 수 있다(Wan Yahaya *et al*., 2019). 총 페놀 함량은 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는

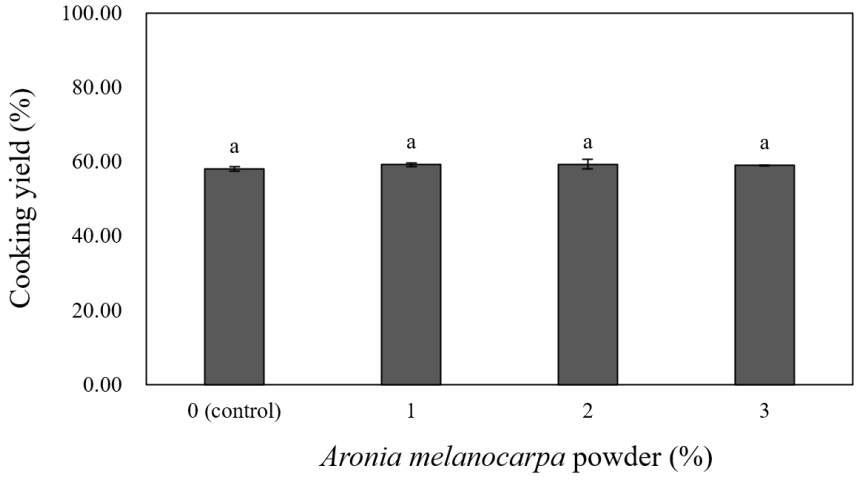

Fig. 1. Cooking yield of Korean black goat sausage formulated with various levels of *Aronia melanocarpa* powder. [a]Means on bars with different letters are significantly different ($p<0.05$).

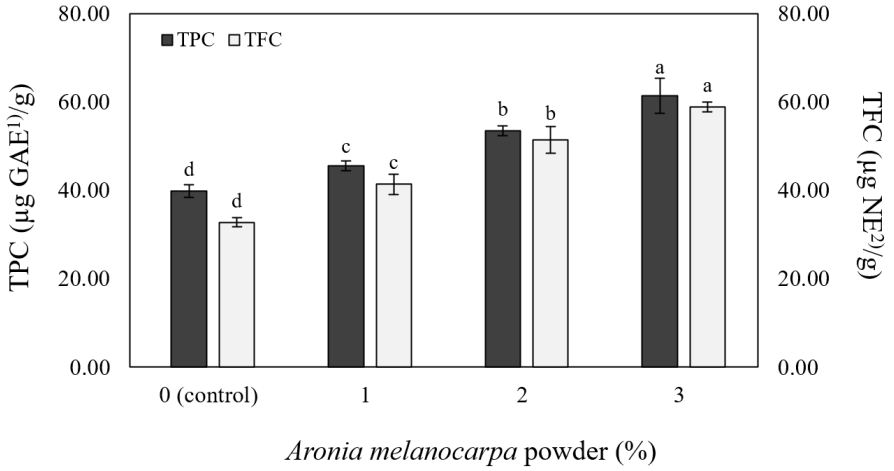

Fig. 2. Total polyphenol contents (TPC) and total flavonoid contents (TFC) of Korean black goat sausage formulated with various levels of *Aronia melanocarpa* powder. [1)]GAE, gallic acid equivalents. [2)]NE, naringin acid equivalents. [a-d]Means on bars with different letters are significantly different ($p<0.05$).

경향을 보였다($p<0.05$). 아로니아는 페놀 함량이 높은 것으로 알려져 있는데, 보통 431.33 mg GAE g^{-1} 수준으로 함유하고 있으며, 이중 안토시아닌은 24.45 mg C3GE g^{-1} 수준으로 함유하고 있다(Tarasevičienė *et al*., 2022). 이러한 높은 페놀 함량은 육가공 산업에서 건강기능성을 추가 또는 증진시킬 수 있으며, 화학적 독성을 완화시킬 수 있는 장점이 있어, 육제품 개발 시 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 보고되어 왔다(Jian and Xiong, 2016).

플라보노이드는 페놀 화합물의 일종으로 대표적으로 지용성과 수용성으로 나뉘며, 총 플라보노이드 함량과 총 페놀 함량은 양의 상관관계에 놓여 있고, 음의 상관관계를 나타내는 경우 비플라보노이드 함량에 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Tolić *et al*., 2015). 총 플라보노이드 함량은 아로니아 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 아로니아에는 플라보노이드 또한 다량으로 존재하는데, 그 중에서도 올리고머 화합물인 polymeric procyanidins이 과실 기준 5,181.60 mg/100g, 수용성 플라보노이드인 cyanidin 3-galactoside이 과실 기준 1,282.41 mg/100g으로 가장 많은 부분을 차지하고 있다(Oszmiański and Wojdylo, 2005). 특히 polymeric procyanidins은 높은 항산화능뿐만 아니라, 높은 암세포의 항증식 활성을 나타내어 질병을 예방하는 효과도 탁월하여 건강 기능성 부분에서 긍정적인 두각을 나타내고 있다(Yang *et al*., 2021). 따라서 아로니아 분말의 첨가는 육가공품의 건강기능성 성분을 향상시키는 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

4. DPPH, Chelating

항산화 물질은 활성산소를 제거함으로써 육가공품의 산화를 억제하는데, 이러한 활성 산소를 제거하는 능력을 DPPH 자유 라디칼 소거능이라 한다(Musa *et al*., 2016). 아로니아 분말 첨가량에 따른 염소 소시지의 DPPH 라디칼 소거능과 금속이온 chelating activity 측정 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 아로니아 분말을 첨가한 처리구들이 대조구보다 유의적으로 높은 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다($p<0.05$). 이는 아로니아가 함유하고 있는 안토시아닌, 페놀, 플라보노이드 함량에 기인한 것으로 사료되며, Hwang과 Thi(2014)는 아로니아 분말의 항산화능은 1%에서 3%까지 첨가하였을 때는 큰 증가폭을 보이다가 이후 첨가량에서는 낮은 증가폭을 보인다고 보고하였다. 또한 아로니아는 DPPH 뿐만 아니라, 수산기, 과산화물 음이온, 산화질소와 같은 지방산패에 관련된 실험에 대해 높은 항산화능을 보여 지질 산화 억제에 효과적인 것으로 보고되었다(Sidor and Gramza-Michalowska, 2019).

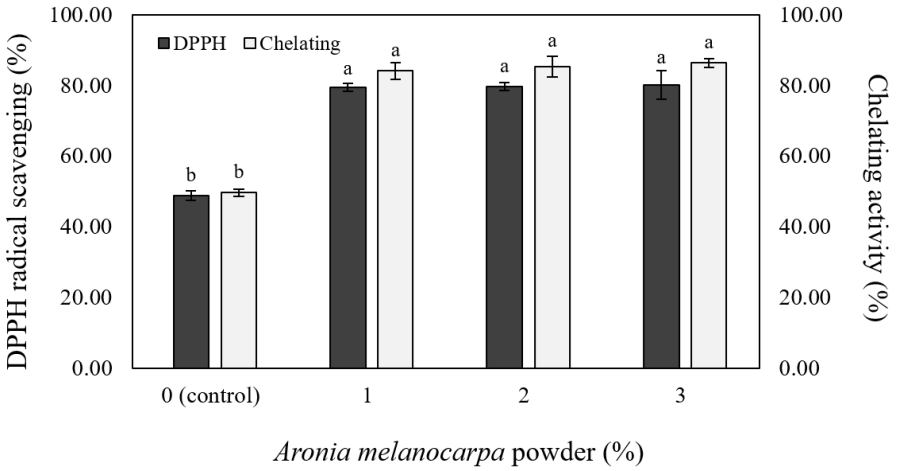

Fig. 3. DPPH radical scavenging activity and chelating activity of Korean black goat sausage formulated with various levels of *Aronia melanocarpa* powder. [a-b]Means on bars with different letters are significantly different ($p<0.05$).

금속이온 chelating activity는 자유 상태의 철 이온을 감소시키는 능력을 분석하는항산화 활성 측정 방법 중 하나로, 금속 이온으로 인한 산화 방지 및 무기질의 생체 이용률을 높이는 것을 주 목적으로 하고 있다(Torres-Fuentes *et al*., 2012). 아로니아 분말을 첨가한 처리구들이 대조구보다 유의적으로 높은 금속이온 chelating activity를 나타내었다($p<0.05$). Park과 Chung(2014)은 아로니아의 금속이온 chelating activity는 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량과 강한 상관관계($r=0.993$)에 놓여 있어, 아로니아 분말의 주된 항산화능은 금속이온 chelating activity인 것으로 보고되었다. 특히 아로니아에 함유되어 있는 시아니딘, 퀘르세틴, 안토시아닌 등의 항산화 물질들은 구리와 아연의 산화를 방지하는데 효과적인 것으로 보고되어, 제품의 풍미 변질을 방지할 뿐만 아니라, 무기질의 섭취를 효과적으로 할 수 있을 것으로 판단된다(Borowska *et al*., 2020). 따라서 아로니아 분말의 첨가로 인해 육가공품 자체의 항산화 활성 능력을 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

5. 지방산패도

지방의 산화는 유화형에서 빠르게 진행되는데, 이는 철과 같은 산화 촉진 화합물과 불포화지방산 사이의 접촉이 증가하기 때문이며, 항산화제의 지질 산화 억제 능력은 유화물에서 형성된 계면에 영향을 받는다(Burri *et al*., 2020). 또한 육제품에서 TBARS 값이 1 mg/kg을 초과하게 되면 지나친 지방산화로 인해 제품이 부패되었고, 그에 따라 품질 저하와 식용 가치가 상실되었다고 판단한다(Nam and Chin, 2024). Fig. 4는 아로니아 분말 첨가량에 따른 염소 소시지의 지방산패도를 측정한 결과이다. 저장기간이 증가함에 따라 대조구 및 모든 처리구의 지방산패도는 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 저장 0주차에서는 대조구와 처리구들 간의 유의적인 차이를 나타내지 않았지만, 저장 1주차에는 아로니아 분말 3% 첨가 처리구가 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었으며($p<0.05$), 저장 2주차에서는 아로니아 분말 첨가 처리구들이 대조구보다 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($p<0.05$). Banach 등(2020)은 식품에 아로니아 추출물을 첨가하였을 때, 농도가 높아질수록 지질 산화를 억제하여 MDA(malondialdehyde) 생성량이 낮아진다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이는 아로니아에 함유된 페놀 화합물이 상대적으로 근장 단백질의 헴철에 금속 킬레이트제로 작용하여 지방 산패를 억제하였기 때문에 이와 같은 결과를 나타낸 것으로 판단된다(Brewer, 2011). 따라서 흑염소 소시지의 아로니아 분말 첨가는 산업적으로 흑염소 육가공품의 지방산화를 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

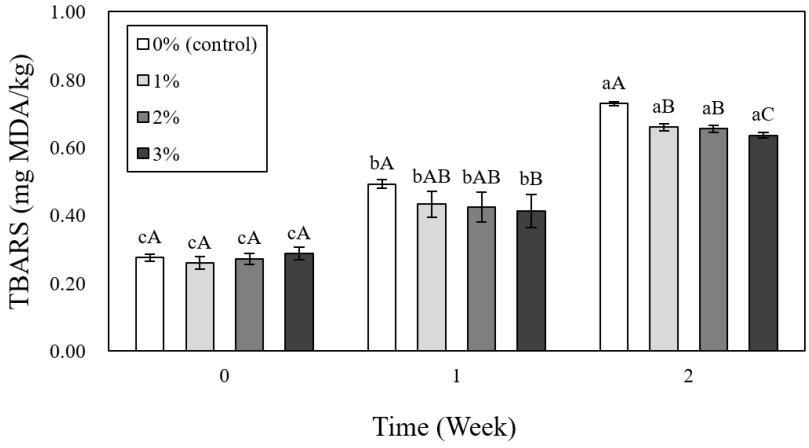

Fig. 4. TBARS of Korean black goat sausage formulated with various levels of *Aronia melanocarpa* powder. [a-c]Means on same treatment with different letters are significantly different ($p<0.05$). [A-C]Means on same time with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Ⅳ. 요 약

본 연구는 아로니아 분말 첨가량에 따른 흑염소 소시지의 이화학적 특성에 대하여 조사하였다. 아로니아 분말 첨가량에 따라 적색도 및 TPC, TFC, DPPH, 금속이온 chelating activity를 증진시켰다. 또한 pH를 감소시키면서 가열수율에는 부정적인 영향을 미치지 않아 첨가량에 따른 품질악화는 관찰되지 않았다. 종합적으로 아로니아 분말 첨가량이 증가하여도 품질이 유지되면서 항산화능이 향상되었기 때문에, 흑염소 소시지 제조 시 아로니아 분말의 첨가량은 3%가 가장 최적의 비율이라고 판단된다. 또한 본 연구결과를 바탕으로 육가공품에 사용할 수 있는 천연 항산화제 개발의 기초자료로 활용될 수 있으며, 항균 및 항암 등 다양한 기능성 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

Ⅴ. 사 사

본 연구는 2023년도 국립대학 육성사업의 재원으로 박사과정생 학술연구 지원프로그램의 지원을 받아 수행하였습니다.

Ⅵ. 참고문헌

1. Alirezalu K, Hesari J, Nemati Z, Munekata PE, Barba FJ, Lorenzo JM. 2019. Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. Food Res Int 120:839-850.
2. An ZX, Shi LG, Hou GY, Zhou HL, Xun WJ. 2024. Genetic diversity and selection signatures in Hainan black goats revealed by whole-genome sequencing data. Animal 101147.
3. Banach M, Wiloch M, Zawada K, Cyplik W, Kujawski W. 2020. Evaluation of antioxidant and anti-inflammatory activity of anthocyanin-rich water-soluble aronia dry extracts. Molecules 25:4055.
4. Borowska S, Tomczyk M, Strawa JW, Brzóska MM. 2020. Estimation of the chelating ability of an extract from *Aronia melanocarpa* L. berries and its main polyphenolic ingredients towards ions of zinc and copper. Molecules 25:1507.

5. Breda CA, Sanjinez-Argandoña EJ, de AC Correia C. 2012. Shelf life of powdered *Campomanesia adamantium* pulp in controlled environments. Food Chem 135:2960-2964.
6. Brewer MS. 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. Compr Rev Food Sci Food Saf 10:221-247.
7. Burri SC, Ekholm A, Bleive U, Püssa T, Jensen M, Hellström J, Mäkinen S, Korpinen R, Mattila PH, Radenkovs V, Segliņa D, Håkansson Å, Rumpunen K, Tornberg E. 2020. Lipid oxidation inhibition capacity of plant extracts and powders in a processed meat model system. Meat Sci 162:108033.
8. Choi GW, Lee JW. 2016. Effect of grape skin on physicochemical and sensory characteristics of ground pork meat. Korean J Food Cookery Sci 32:290-298.
9. Gadekar YP, Sharma BD, Shinde AK, Verma AK, Mendiratta SK. 2014. Effect of natural antioxidants on the quality of cured, restructured goat meat product during refrigerated storage (4±1 C). Small Ruminant Res 119:72-80.
10. Horszwald A, Julien H, Andlauer W. 2013. Characterisation of Aronia powders obtained by different drying processes. Food Chem 141:2858-2863.
11. Hwang ES, Lee YJ. 2013. Quality characteristics and antioxidant activities of yanggaeng with aronia juice. J Korean Soc Food Sci Nutr 42:1220-1226.
12. Hwang ES, Thi ND. 2014. Quality characteristics and antioxidant activities of Cheongpomook added with aronia (*Aronia melanocarpa*) powder. Korean J Food Cookery Sci 30:161-169.
13. Hwang YR, Hwang ES. 2015. Quality characteristics and antioxidant activity of Sulgidduk prepared by addition of aronia powder (*Aronia melanocarpa*). Korean J Food Sci Technol 47:452-459.
14. Jang NH, Roh HS, Kang ST. 2018. Quality characteristics of sponge cake made with aronia powder. Korean J Food Sci Technol 50:69-75.
15. Jeong HG, Jo K, Lee S, Choi YS, Jung S. 2020. Substitution of phosphate and ISP by *Allomyrina dichotoma* larvae powder in emulsion sausage. Ann Anim Resour Sci 31:134-144.
16. Jiang J, Xiong YL. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. Meat Sci 120:107-117.
17. Kang HC, Kim KW, Kim EH, Myung CH, Lee JG, Lim HT. 2021. Genetic diversity and relationship analyses of the Korea native black goat line using microsatellite markers. Korean J Agric Sci 48:693-702.
18. Kang KM, Kim HY. 2022. Antioxidant activity and quality properties of yogurt with black rice flour. Resour Sci Res 4:21-29.
19. Kang KM, Lee SH, Kim HY. 2022. Changes in physico-chemical and storage properties of dry-aged beef loin using electric field refrigeration system. Foods 11:1539.
20. Karakaya M, Saricoban C, Yilmaz MT. 2006. The effect of mutton, goat, beef and rabbit-meat species and state of rigor on some technological parameters. J Muscle Foods 17:56-64.
21. Kim BK, Hwang EG, Kim SM. 2010. Meat quality and sensory properties of Korean native black goat by different castration age. Food Sci Anim Resour 30:419-426.
22. Kim HJ, Kim HJ, Jang A. 2019. Nutritional and antioxidative properties of black goat meat cuts. Asian-Australas J Anim Sci 32:1423.

23. Kim KW, Kim HJ, Lee J, Lee ED, Kim DK, Lee SS, Jang A, Lee SH. 2020. Effects of raising periods on physicochemical meat properties of Korean native black goat. J Korea Academia-Industrial Cooperation Soc 21:435-442.
24. Kim MH, Joo SY, Choi HY. 2015. The effect of aronia powder (*Aronia melanocarpa*) on antioxidant activity and quality characteristics of pork patties. Korean J Food Cookery Sci 31:83-90.
25. Kumar S, Yadav S, Rani R, Pathera AK. 2024. Effects of plum powder and apple pomace powder addition on the physico-chemical, sensory, and textural properties of buffalo meat emulsion. Nutr Food Sci 54:421-432.
26. Lee CG, Lee CY, Kwang HS. 2000. Studies on the diseases of the Korean native goat-A review. Korean J Vet Clin Med 17:32-44.
27. Lee JA, Choi MY, Choo SY, Hwang DB, Kim HY. 2019. Antioxidant activity and quality characteristics of the pork emulsion sausage added with spinach powder. Resour Sci Res 1:24-31.
28. Lee JA, Kang DY, Kim JK, Lim SM, Choi NW, Choi MW, Kim HY. 2020. Effects of addition of strawberry and red beet powder on the antioxidant activity and quality characteristics of beef patty. Resour Sci Res 2:1-8.
29. Lee J, Yoon JY. 2016. The quality and antioxidant properties of cookies containing aronia powder. Culinary Sci Hospitality Res 22:179-189.
30. Lishianawati TU, Yusiati LM. 2021. Antioxidant effects of black garlic powder on spent duck meat nugget quality during storage. Food Sci Technol 42:e62220.
31. Mukherjee RS, Chowdhury BR, Chakraborty R, Chaudhuri UR. 2006. Effect of fermentation and drying temperature on the characteristics of goat meat (Black Bengal variety) dry sausage. African J Biotechnol 5.
32. Musa KH, Abdullah A, Al-Haiqi A. 2016. Determination of DPPH free radical scavenging activity: application of artificial neural networks. Food Chem 194:705-711.
33. Nam YJ, Chin KB. 2024. Evaluation of the antioxidant activity of rosemary powder and its application to pork patties as an antioxidant during refrigerated storage. J Korean Soc Food Sci Nutr 53:288-296.
34. Oszmiański J, Wojdylo A. 2005. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. European Food Res Technol 221:809-813.
35. Park HJ, Chung HJ. 2014. Influence of the addition of aronia powder on the quality and antioxidant activity of muffins. Food Sci Preserv 21:668-675.
36. Petković M, Filipović V, Filipović J, Đurović I, Miletić N, Radovanović J. 2021. Chemical, antioxidative, and sensory characteristics of wheat bread partially substituted with black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) powder. J Food Process Preserv 45:e15027.
37. Sidor A, Gramza-Michałowska A. 2019. Black chokeberry *Aronia melanocarpa* L.—A qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential. Molecules 24:3710.
38. Tarasevičienė Ž, Čechovičienė I, Paulauskienė A, Gumbytė M, Blinstrubienė A, Burbulis N. 2022. The effect of berry pomace on quality changes of beef patties during refrigerated storage. Foods 11:2180.
39. Tolić MT, Landeka Jurčević I, Panjkota Krbavčić I, Marković K, Vahčić N. 2015. Phenolic content, antioxidant capacity and quality of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) products. Food Technol Biotechnol 53:171-179.

40. Torres-Fuentes C, Alaiz M, Vioque J. 2012. Iron-chelating activity of chickpea protein hydrolysate peptides. Food Chem 134:1585-1588.
41. Wan Yahaya WA, Abu Yazid N, Mohd Azman NA, Almajano MP. 2019. Antioxidant activities and total phenolic content of Malaysian herbs as components of active packaging film in beef patties. Antioxidants 8:204.
42. Yang H, Tuo X, Wang L, Tundis R, Portillo MP, Simal-Gandara J,Yu Y, Zou L, Xiao J, Deng, J. 2021. Bioactive procyanidins from dietary sources: The relationship between bioactivity and polymerization degree. Trends Food Sci Technol 111:114-127.
43. Yoon HS, Kim JW, Kim SH, Kim YG, Eom HJ. 2014. Quality characteristics of bread added with aronia powder (*Aronia melanocarpa*). J Korean Soc Food Sci Nutr 43:273-280.
44. Yun JU, Jung KE, Kim DH, Nam KH, Sim KB, Jang MS. 2017. Quality characteristics of fried fish paste with squeezed *Aronia melanocarpa* juice. Korean J Food Preserv 24:13-20.