붉은 양배추의 첨가가 돈육 유화형 소시지의 품질 및 저장 특성에 미치는 영향

고하윤 · 이솔희 · 김학연

공주대학교 동물자원학과

Effect of Red Cabbage on the Quality and Storage Characteristics of Emulsion-Type Pork Sausage

Ha-Yoon Go, Sol-Hee Lee, and Hack-Youn Kim

Department of Animal Resources Science, Kongju National University

ABSTRACT The purpose of this study was to analyze the quality and storage characteristics of emulsion-type pork sausages containing red cabbage powder (0%, 1%, 3%, and 5%). The study examined the proximate composition, pH, color, cooking yield, viscosity, texture profile analysis, total polyphenol content (TPC), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging, 2-thiobarbituric acid reactive substance (TBARS), and volatile basic nitrogen (VBN) levels. The moisture content and hardness of the sausages were significantly higher with the addition of 3% and 5% red cabbage powder compared to the 0% treatment ($P<0.05$). The pH before and after cooking significantly decreased with increasing levels of red cabbage powder ($P<0.05$). The cooking yield was significantly higher with the addition of 3% and 5% red cabbage powder compared to the 0% treatment ($P<0.05$). The viscosity was observed to be the lowest in the 0% treatment and showed a tendency to increase with increasing amounts of red cabbage powder. The TPC significantly increased as the amount of red cabbage powder added increased ($P<0.05$). The DPPH was significantly higher with 3% and 5% addition of red cabbage powder compared to the 0% treatment ($P<0.05$). The TBARS and VBN were seen to be significantly lower for all treatments compared to the 0% treatment. Thus, the addition of 3% red cabbage powder increases the cooking yield, redness, and viscosity, and reduces TBARS and VBN. This improves the quality characteristics and storability of emulsion-type pork sausages and postulates red cabbage powder as an alternative to synthetic additives.

Key words: synthetic antioxidant, natural material, red cabbage, emulsion-type sausage

서 론

우리나라의 식품 소비 트렌드는 경제 수준의 향상으로 삶의 질에 대한 관심도가 높아짐에 따라 양적인 면을 중시하는 단계에서 품질을 추구하는 단계로 전환되었다. 현재에 이르러 식품 소비 양상은 식·생활양식의 다원화로 건강, 안전을 지향하는 품질적인 측면을 중요하게 여기고 있다(Jung과 Yoon, 2020; Kim과 Kim, 2020; Kim과 Kim, 2021). 이에 따라 육가공 산업에서는 소비자들의 소비 경향에 맞춰 안전하고 관능적인 측면에서도 우수한 제품의 개발이 요구되고 있다(Kim과 Chin, 2018). 또한 육가공품에 대한 안전성에 거부감과 불안감을 느끼는 합성 첨가물을 첨가한 제품 대신 안전한 천연 첨가물을 첨가한 제품의 개발이 필요하다(Kim

등, 2015).

육제품은 저장기간이 증가함에 따라서 산화가 이루어져 peroxides, alcohols, aldehydes, ketones 등의 휘발성 성분이 생성되어 산패취의 증가가 이루어진다(Yi 등, 2018). 이를 방지하기 위하여 butylated hydroxytoluene(BHT), butylated hydroxyanisole(BHA)과 같은 페놀계 합성 항산화제를 첨가하는데, 합성 항산화제는 제품의 기호성과 품질을 저하하는 지방의 산화 억제 능력이 우수하다(Morrissey 등, 1998). 하지만 JECFA 기준 일일섭취허용량(BHT 300 µg/kg body weight/d, BHA 500 µg/kg body weight/d)을 초과할 경우 발생하는 독성, DNA 손상과 발암성 등의 문제점이 화두가 되어 소비자들의 불안감을 높이고 있다(Lour-enço, 2019).

Received 29 July 2021; Revised 29 September 2021; Accepted 29 September 2021

Corresponding author: Hack-Youn Kim, Department of Animal Resources Science, Kongju National University, 54, Daehak-ro, Yesan-eup, Yesan-gun, Chungnam 32439, Korea, E-mail: kimhy@kongju.ac.kr

Author information: Ha-Yoon Go (Graduate student), Sol-Hee Lee (Graduate student), Hack-Youn Kim (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.

이러한 합성 항산화제를 대체하기 위하여 육제품에 첨가하는 천연 소재 첨가물에 대한 다양한 연구 사례가 이어지고 있다. Park 등(2012a)은 돈육 패티에 야콘 착즙액을 첨가하였을 때 지방 산화를 억제하였다고 보고했으며, 유화형 닭고기 소시지에 흑메밀 분말을 첨가한 연구에서는 지방 산패로부터 안전한 품질을 보였다고 하였다(Hyun 등, 2019). 또한 건조 토마토 분말을 돈육 패티에 첨가하여 제조할 경우 BHT를 첨가한 소시지와 지방산패도의 차이가 없다고 보고하였다(Kim과 Chin, 2011). 이와 같이 합성 항산화제를 대체하기 위해 식물 기원의 천연 재료를 사용하면 합성 항산화제의 대체가 가능하다고 판단된다.

붉은 양배추(*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra*)는 십자화과에 속하는 식물로 비타민, 미네랄, 올리고당과 같은 영양분이 풍부하며(Wiczkowski 등, 2013), 붉은색을 발현시키는 성분인 안토시아닌이라는 페놀성 화합물을 다량 함유하고 있다(Arapitsas 등, 2008). 안토시아닌은 적색, 자색을 나타내는 플라보노이드류에 속하는 수용성 성분으로 식물의 열매, 꽃, 잎, 뿌리 등에 널리 분포되어 있다(Mazza와 Miniati, 2018). 안토시아닌은 노화의 원인인 자유라디칼 소거능이 뛰어나고, 항암, 항당뇨, 항바이러스, 항염증 등 항산화 효과의 우수함이 보고되고 있다(Zhu 등, 2000; Malik 등, 2003; Shin 등, 2005; Bagchi 등, 1998). 또한 붉은 양배추는식이섬유의 풍부한 공급원으로 불용성 식이섬유는 변비를 예방하고 대장 질환 발병률을 낮추며, 수용성 식이섬유는 혈중 콜레스테롤과 혈당을 감소시켜 당뇨병과 심질환의 발생 가능성을 낮춰준다(Chauhan 등, 2016; Lee 등, 2004; Shin 등, 2002).

이러한 붉은 양배추는 천연 유래 항산화 물질의 기능성이 우수하고 식이섬유가 풍부하여 항산화 및 건강기능성 식품으로서의 우수한 효능을 지니고 있지만 육제품 내에서 붉은 양배추를 적용한 사례는 미흡하다. 이에 본 연구는 붉은 양배추를 돈육 뒷다리를 이용한 유화형 소시지에 첨가함으로써 이화학적 품질 및 저장 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 유화형 돈육 소시지 제조

도축 후 24시간이 경과된 돈육 뒷다리(Hongjumeat,

Hongseong, Korea)를 구매하여 사용하였다. 지방과 결체 조직을 제거한 돈육과 등지방을 각각 3 mm plate를 장착한 분쇄기(PA-82, Mainca, Barcelona, Spain)를 이용하여 분쇄하였으며, 원료육(60%)과 등지방(20%), 빙수(20%)를 bowl cutter(K-30, Talsa, Valencia, Spain)를 이용하여 세절하였다. 전체 중량 대비 소금과 아질산염(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Siheung, Korea)을 1,000:6 (w/w, weight)으로 혼합하여 제조한 NPS 1.2%, 설탕 1%와 붉은 양배추 분말(Yugijigi, Sunchang, Korea; 수분 13.29%, 조회분 7.62%, 조지방 1.14%, 조단백 17.83%, pH 5.61, CIE L* 62.53, CIE a* 2.77, CIE b* 1.82, TPC 296.52 mg GAE/g, DPPH 65.54%)을 각각 1, 3, 5%씩 첨가하여 Table 1과 같이 제조하였다. 제조한 유화물은 천연 돼지창자에 충전기(EM-12, Mainca)를 사용해 충전하였으며, 80°C chamber(10.10ESI/SK, Alto-Shaam, Menomonee Falls, WI, USA)에서 40분간 가열하고 10°C에서 20분간 방랭하였다. 제조한 소시지는 4°C에서 보관하며 실험을 진행하였다.

일반성분 측정

AOAC(2019) 방법에 따라 수분함량은 dry oven(C-F 03, Vision Scientific, Daejeon, Korea)을 이용하여 105°C에서 4시간 건조 후 desiccator(KA33-70, Kastech, Seoul, Korea)에 방랭한 뒤 함량이 될 때까지 건조 및 냉각을 반복하여 무게를 측정하는 상압건조법을 이용하였다. 단백질 함량은 digestion unit(F30100350, Velp Scientifica, Usmate Velate, Italy)을 이용하여 시료를 분해한 뒤 distillation unit(F30200130, Velp Scientific)으로 증류하는 Kjeldahl 질소정량법으로 측정하였다. 지방 함량은 heating mantle (SL-Man8250, Daihan Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)을 이용하여 Soxhlet 지방추출법에 따라 측정하였다. 회분 함량은 muffle furnace(DMF-5T, Hansol Science, Seoul, Korea)에서 550°C, 5시간 회화 후 잔여 회분의 무게를 측정하는 직접회화법을 이용하였다. 이후 수분, 조단백, 조지방, 회분 함량은 측정 후에 백분율로 환산하여 표기하였다.

pH 측정

가열 전과 후의 pH 측정은 채취한 시료 4 g을 증류수 16

Table 1. Formulation of emulsion-type pork sausage manufactured with various levels of red cabbage powder

Ingredients (%)		Red cabbage powder (%)			
		0	1	3	5
Main	Meat	60	60	60	60
	Fat	20	20	20	20
	Ice	20	20	20	20
Additives	NPS ¹⁾	1.2	1.2	1.2	1.2
	Sugar	1	1	1	1
	Red cabbage powder	0	1	3	5

¹⁾Nitrite pickling salt.

mL와 ultra-turrax(HMZ-20DN, Poonglim tech, Seongnam, Korea)를 사용하여 $6,451 \times g$ 에서 1분간 균질하였다. 균질화한 시료는 유리전극 pH meter(Model S220, Mettler-Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

색도 측정

가열 전후의 내부 단면을 colorimeter(CR-10, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 CIE L*(명도, lightness), CIE a*(적색도, redness), CIE b*(황색도, yellowness) 값을 측정하였다. 이때의 표준색은 CIE L* + 97.83, CIE a* -0.43, CIE b* + 1.98인 백색표준판을 사용하였다.

가열수율 측정

가열수율은 80°C chamber(10.10ESI/SK, Alto-Shaam)에 40분간 가열한 뒤 10°C에서 20분간 방랭한 후 가열 전과 후의 무게를 측정한 후 계산하여 %로 나타내었다.

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

점도 측정

유화물의 점도는 viscometer(MerlinVR, Rheosys, Hamilton, NJ, USA)를 사용하여 30 mm parallel plate에 2 mm gap을 장착하고 25°C에서 head speed 20 rpm으로 설정하여 60초간 점도를 측정하였다.

물성 측정

물성(texture profile analysis, TPA)은 texture analyzer(TA 1, Lloyd, Largo, FL, USA)를 이용하여 측정하였다. 유화물을 천연 돼지창자에 충전하여 80°C chamber(10.10ESI/SK, Alto-Shaam)에서 40분간 가열 후 10°C에서 20분간 방랭한 뒤 $\varnothing 2.5 \times 2.0$ cm의 크기로 절단한 시료를 상온에서 측정하였다. 측정된 경도(kg), 탄력성 및 응집성을 기록하였고, 이를 이용하여 겉성(kg)와 씹음성(kg)을 산출하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량(total polyphenol content, TPC)은 Joo와 Choi(2014)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 3 g과 증류수 15 mL를 homogenizer(AM-5, Nihonseiki Kaisha, Tokyo, Japan)를 사용하여 $5,614 \times g$ 에서 1분간 균질하고 centrifuge(Supra R22, Hanil Science, Daejeon, Korea)로 4°C, $983 \times g$ 조건에서 10분간 원심분리 후 여과지(Whatman No. 2, GE Healthcare, Chicago, IL, USA)를 사용하여 여과하여 상등액을 취하였다. 상등액 40 μ L와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 80 μ L를 혼합하여 3분간 반응시킨 후 Na_2CO_3 800 μ L를 혼합한 뒤 암실에서 37°C 30분간 방치하였다. 반응시킨 용액을 multi-mode micro-

plate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 작성된 표준곡선에 대입하여 폴리페놀 함량을 측정하였다.

DPPH 자유라디칼 소거능 측정

자유라디칼 소거능 측정은 Hong 등(2020)의 방법을 응용하여 측정하였다. 총 폴리페놀 함량 측정 방법과 동일하게 제조한 상등액과 0.2 mM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)을 1:1 비율로 혼합하여 암실에서 실온으로 30분간 방치하였다. 반응시킨 용액을 multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{DPPH 자유라디칼 소거능(\%)} = \frac{\text{대조구 흡광도} - \text{처리구 흡광도}}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

지방산패도 측정

지방산패도(thiobarbituric acid reactive substance)의 측정은 Park 등(2019)의 증류법을 응용하였다. 시료 10 g, 증류수 50 mL와 0.3% BHT 0.2 mL를 첨가하여 균질화한 후 boiling flat flask에 47.5 mL 증류수와 4 N HCl 2.5 mL, 소포제 1 mL, boiling stone을 함께 넣은 후 히팅 맨틀을 이용하여 가열시켰다. 증류 장치에 냉각수를 연결하여 포집된 증류액 50 mL를 실험에 이용하였다. 이때 증류 장치에 잔류되어 있는 불순물 및 수분을 제거하기 위해 초반에 포집된 증류액 50 mL는 폐기한 후 이용하였다. 포집된 증류액 5 mL와 TBA 시약 5 mL를 시험관에 넣어 혼합해 준 후 암실에서 100°C, 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 시험관은 10분간 냉각 후 538 nm에서 흡광도를 측정하여 계산하였다. Malonaldehyde의 표준곡선은 1,1,3,3-tetraethoxypropane을 증류수를 이용하여 $1 \times 10^{-8} \sim 7 \times 10^{-8}$ M 수준으로 희석하여 538 nm에서 흡광도를 측정하였으며 mg malondialdehyde/kg으로 나타내었다.

단백질 변패도 측정

휘발성 염기태 질소 함량(volatil basic nitrogen, VBN)은 Short(1954)의 Conway unit을 사용한 미량확산법을 응용하여 측정하였다. 증류수 90 mL에 시료 10 g를 첨가하여 $19,600 \times g$ 로 약 1분간 균질화한 후, 여과지(Whatman No. 2, GE Healthcare)를 사용하여 여과하였다. 여과액 1 mL를 Conway unit 외실에 넣고 내실에는 지시약(0.066% methyl red + 0.066% broncresol green in ethanol) 100 μ L와 0.01 N H_3BO_3 1 mL를 첨가하였다. Conway unit의 접합부에는 petrolatum jelly를 바르고 뚜껑을 닫고 50% K_2CO_3 1 mL를 외실에 주입하였다. 바로 밀폐시킨 후 용기를 수평으로 교반하고 37°C에서 2시간 동안 반응하였다. 반응 후에는 0.02 N H_2SO_4 로 내실에 포집된 질소를 적정하였다. 휘발성 염기태 질소 수치는 100 g 시료당 mg%로 환산하여 표시

하였다.

$$\text{VBN (mg\%)} = 0.14 \times [(a - b) \times f / W] \times 100 \times d$$

- a: 본 실험 적정량(mL)
- b: 공실험 적정량(mL)
- d: 회석배수
- f: 0.02 N H₂SO₄ 역가
- W: 시료의 양(g)

통계처리

모든 실험은 최소 3회 이상의 반복실험을 실시하였으며 통계처리 프로그램 SAS(version 9.4 for window, SAS institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 one way ANOVA로 실험 결과에 대한 분산분석을 실시하였다. 이후 각 비교 집단 간 유의적인 차이($P < 0.05$)를 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분

Table 2는 붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 일반성분 측정 결과를 나타낸 표이다. 수분함량은 붉은 양배추 분말을 3%, 5% 첨가한 처리구가 무첨가 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다($P < 0.05$). Komolka 등(2012)은 붉은 양배추의 식이섬유 함량이 41.97 g/100 g dm(dry matter)이라고 하였으며, Afoakwah 등(2015)의 연구에서 유화형 소시지에 섬유질이 풍부한 예루살렘 아티

초크 분말을 첨가하였을 때 수분함량이 증가하였다고 보고하여 이와 유사한 결과를 나타내었다. 돈육 패티에 결합제로 카라기난, 분리대두단백 및 밀 식이섬유를 첨가한 연구에서는 식이섬유가 수분과의 결합 능력을 증가시켜 육제품 내부의 결합수가 적게 삼출 되었다고 보고하였다(Choi 등, 2015). 이러한 결과로 보아 붉은 양배추 분말의 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 수분함량의 변화는 붉은 양배추 분말에 함유되어있는 다량의 식이섬유가 소시지 내부 수분과 수소결합을 이루어 수분의 삼출을 감소시켰기 때문이라고 사료된다. 회분 함량은 3%, 5% 첨가한 처리구가 무첨가 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). Park 등(2012b)은 식이섬유 소재를 육제품에 첨가하면 식이섬유에 함유되어 있는 무기질 및 비타민에 의해 회분 함량이 증가한다고 하였으며, Verma 등(2013)은 식이섬유 함량이 43.21%인 구아바를 첨가한 너겟의 경우 첨가량이 증가할수록 회분 함량이 높아진다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 회분 함량 증가는 붉은 양배추 분말의 첨가로 인해 식이섬유 함량 수준이 높아짐에 따라 이루어졌다고 생각된다. 따라서 붉은 양배추 분말 3% 이상 첨가에 따른 수분, 회분 함량의 변화는 붉은 양배추 분말 식이섬유의 수분 결합력과 무기질을 함유한 특성에 의한 것이라고 판단된다.

pH, 색도

붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 가열 전과 후의 pH와 색도 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. 붉은 양배추 분말의 첨가량이 증가할수록 가열 전과 가열

Table 2. Proximate composition of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of red cabbage powder

Traits (%)	Red cabbage powder (%)			
	0	1	3	5
Moisture	58.62±1.51 ^c	59.53±1.33 ^{bc}	61.53±1.82 ^{ab}	62.80±1.84 ^a
Crude protein	16.62±2.23	15.27±1.98	14.56±2.14	13.99±1.62
Crude fat	23.27±1.32	23.01±2.25	21.10±0.29	20.87±0.06
Crude ash	1.45±0.29 ^b	1.58±0.05 ^b	1.89±0.26 ^a	1.99±0.04 ^a

All values are mean±SD.

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

Table 3. pH and color of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of red cabbage powder

Traits			Red cabbage powder (%)			
			0	1	3	5
pH	Uncooked		5.79±0.01 ^a	5.75±0.01 ^b	5.68±0.01 ^c	5.64±0.01 ^d
	Cooked		6.03±0.01 ^a	5.99±0.01 ^b	5.92±0.01 ^c	5.84±0.01 ^d
Color	Uncooked	CIE L [*]	67.98±0.37 ^a	58.30±0.62 ^b	51.50±0.50 ^c	47.53±0.71 ^d
		CIE a [*]	11.27±0.22 ^d	12.58±0.35 ^c	12.97±0.15 ^b	14.27±0.33 ^a
		CIE b [*]	12.35±0.16 ^a	6.97±0.43 ^b	3.10±0.22 ^c	0.92±0.15 ^d
	Cooked	CIE L [*]	68.93±0.38 ^a	64.28±0.54 ^b	58.28±0.37 ^c	55.58±0.43 ^d
		CIE a [*]	12.65±0.06 ^c	12.75±0.38 ^c	14.13±0.15 ^b	14.67±0.19 ^a
		CIE b [*]	10.32±0.29 ^a	8.08±0.17 ^b	5.90±0.27 ^c	5.33±0.18 ^d

All values are mean±SD.

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

후의 pH는 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다($P<0.05$). Mattila와 Hellström(2007)에 의하면 붉은 양배추의 총 phenol acid 함량은 41 mg/100 g으로 매우 높은 수준이라고 보고하였다. 또한 phenol acid를 상당량 함유한 포도 과피를 분쇄 돈육에 첨가한 연구에서는 첨가량이 증가함에 따라 pH가 감소하였는데, 이는 식물에 함유된 유기산에 의한 것이라고 보고하여 이와 유사한 결과를 나타내었다(Choi와 Lee, 2016; Zhou와 Raffoul, 2012). 따라서 유화형 돈육 소시지의 pH 감소는 붉은 양배추 분말에 함유된 유기산인 phenol acid에 의해 기인한 것이라고 사료된다.

가열 전, 후의 명도와 황색도는 붉은 양배추 분말 첨가 수준이 높아질수록 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 적색도는 가열 전 붉은 양배추 분말 첨가량 증가에 따라 유의적으로 높아졌으며($P<0.05$), 가열 후 붉은 양배추 분말을 3%, 5% 첨가한 처리구는 무첨가 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P<0.05$). Lee 등(2015)은 돈육 소시지에 안토시아닌을 함유하고 있는 자색고구마 분말을 첨가하면 명도와 황색도가 감소하고, 적색도는 증가한다고 보고하여 이와 유사한 결과를 나타내었다. Gong 등(2021)은 조리된 돈육과 우육에 크랜베리에서 추출한 안토시아닌을 첨가함에 따라 명도와 황색도의 감소, 적색도의 증가가 일어났다고 보고하여 본 연구와 유사한 양상을 보였다. 또한 우육에 포도씨 추출물을 첨가하여 조리하면 적색도는 높아지고 명도 및 황색도는 낮아졌으며 이러한 변화는 안토시아닌과 관련이 있다고 보고하였다(Ahn 등, 2007). Yetim 등(2010)의 연구에서는 붉은 양배추의 안토시아닌 추출물은 색상 안정제로 사용될 수 있다고 보고하였는데, 본 연구에서도 붉은 양배추 분말에 함유된 안토시아닌이 유화형 돈육 소시지의 색상 안정제로 작용하였다고 사료된다.

가열 수율, 점도

Fig. 1은 붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 가열 수율을 나타낸 그림이다. 붉은 양배추 분말을 3%와 5%를 첨가한 처리구가 무첨가 처리구에 비해 유의적으로

Fig. 1. Cooking yield of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of red cabbage powder. Means with different letters (a-c) above the bars are significantly different ($P<0.05$). RC 0: sausage without red cabbage powder, RC 1: sausage with 1% red cabbage powder, RC 3: sausage with 3% red cabbage powder, RC 5: sausage with 5% red cabbage powder.

높은 값을 나타내었다($P<0.05$). Lee 등(2008)은 식이섬유가 수분과 수소 결합에 의해 수분 손실을 감소시키며, 유화형 제품에 첨가하여 가열 수율을 증가시킬 수 있다고 보고한 바 있다. 또한 식이섬유를 다량 함유한 카라기난과 귀리 분말을 첨가한 양고기 코프타는 첨가량이 증가함에 따라 조리 수율이 높아졌다고 하여 이와 유사한 결과를 나타내었다(Modi 등, 2009). 이에 따라 식이섬유가 풍부한 붉은 양배추 분말을 3% 이상 첨가하는 것이 유화형 소시지의 가열 수율을 증가시키기 위한 첨가물 대체재로 적용할 수 있다고 생각된다.

붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 겔보기 점도는 Fig. 2에 나타내었다. 무첨가 처리구의 겔보기 점도는 초기에 856.30 Pa·s로 가장 낮은 값을 보였으며, 1%, 3%, 5% 첨가한 처리구 각각의 초기 값은 1,085.58 Pa·s, 1,432.42 Pa·s, 1,707.19 Pa·s로 붉은 양배추 분말의 첨가량 증가에 따라 점도가 증가하는 경향을 나타내었다. 유화물의 점도가 상승하면 가공품의 유화 안정성이 증가하는 등의 상관관계를 가지며 제품의 중요한 품질 기준으로서 작용한

Fig. 2. Change of apparent viscosity on emulsion-type pork sausage formulated with various levels of red cabbage powder. RC 0: sausage without red cabbage powder, RC 1: sausage with 1% red cabbage powder, RC 3: sausage with 3% red cabbage powder, RC 5: sausage with 5% red cabbage powder.

다고 하였다(Aktaş와 Genccelep, 2006). Kim 등(2016)은 호박 유래 식이섬유를 저지방 프랑크푸터에 첨가하면 식이섬유의 보수력과 수분 결합력으로 유화물의 점도를 향상시켰다고 보고하였다. 또한 식이섬유를 함유한 개똥쥬를 유화형 소시지에 각 처리구별 0.1, 0.3, 0.5% 첨가한 연구에서는 첨가 수준이 높아짐에 따라 유화물 점도의 값이 증가하였으며, 첨가제의 수분 흡수가 유화물 점도에 영향을 미쳤다고 보고하였다(Ham 등, 2016). 이러한 연구 결과를 보아 붉은 양배추 분말에 함유된 식이섬유가 유화물 점도의 증가에 기인하였으며, 유화형 돈육 소시지의 점도 증가는 육류의 가공 제품 생산에 있어 유화 안정성을 증가시킬 것으로 사료된다.

물성

Table 4는 붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 첨가 수준별 TPA 측정 결과를 나타낸 표이다. 경도는 붉은 양배추 분말을 3%, 5% 첨가한 처리구가 무첨가 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P<0.05$). 이와 같은 결과는 붉은 양배추 분말의 식이섬유가 수분과의 결합으로 경도의 증가가 이루어진 것이라 사료되는데, Oh와 Lim (2011)의 햄버거 패티에 식이섬유 함량이 30% 이상인 다시마 분말을 첨가한 연구에서 경도가 증가하였다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 검성과 씹음성 측정 결과 붉은 양배추 분말을 3%, 5% 첨가한 처리구가 무첨가 처리구에 비해 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 응집성은 5% 첨가한 처리구가 무첨가 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). 검성, 씹음성, 응집성의 증가는 Jung 등 (2011)의 식이섬유가 많이 함유된 연근 및 연잎 분말을 첨가한 돈육 패티의 연구 결과와 유사하며, Jung과 Yoon(2018)은 식이섬유가 소시지의 결합력과 겔 강도에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 유화형 소시지에 식이섬유인 alginate

를 함유한 다시마 분말을 각 처리구별 1.5, 3%를 첨가하면 경도, 검성, 씹음성이 유의적으로 증가하였으며, 물성 특성을 개선시킬 수 있다고 보고하였다(Lee 등, 2018). 따라서 붉은 양배추 분말을 3% 이상 첨가하게 되면 유화형 돈육 소시지의 높은 수분함량을 가지고 있음에도 탄성을 제외한 질감 특성의 증가가 이루어졌으며, 차후 저지방 육제품의 문제점인 물성 특성의 개선 연구에 적용할 수 있을 것이라고 사료된다.

총 폴리페놀 함량, DPPH 자유라디칼 소거능

붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 첨가 수준별 총 폴리페놀 함량과 DPPH 자유라디칼 소거능 분석 결과를 Table 5에 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 붉은 양배추 분말의 첨가 수준이 높아짐에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($P<0.05$). Ashfaq 등(2020)의 연구에서 크로켓에 세절한 붉은 양배추와 붉은 양배추 추출물을 첨가한 처리구가 대조구에 비해 총 폴리페놀 함량과 DPPH 자유라디칼 소거능이 높은 수준으로 측정되었다고 보고하였다. 또한 cemen paste를 사용하여 파스티르마 제조 시 동결건조 붉은 양배추 추출물(TPC 100.49 mg GAE/g) 분말을 첨가하면 총 페놀 함량이 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다(Aksu 등, 2020). Lee 등(2012)은 자두껍질의 총 폴리페놀 함량은 178.3 mg GAE/g으로 높은 수준이라고 평가하였는데, 붉은 양배추 분말의 총 폴리페놀 함량은 296.52 mg GAE/g으로 높은 함량을 가지고 있다고 판단된다. 이에 따라 붉은 양배추 분말의 첨가 수준이 증가할수록 유화형 돈육 소시지의 폴리페놀 성분이 증가하였으며, 천연 첨가물로서 육제품에 첨가하면 뛰어난 항산화 작용으로 인해 지질산화로부터 안정된 제품 제조에 적합할 것이라 사료된다.

Table 4. Texture profile analysis of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of red cabbage powder

Traits	Red cabbage powder (%)			
	0	1	3	5
Hardness (kg)	2.46±0.05 ^b	2.61±0.12 ^b	2.88±0.18 ^a	2.91±0.09 ^a
Springiness	0.92±0.01	0.91±0.05	0.88±0.06	0.86±0.09
Gumminess (kg)	0.83±0.06 ^c	0.96±0.06 ^b	1.08±0.10 ^a	1.15±0.11 ^a
Chewiness (kg)	0.77±0.05 ^b	0.88±0.10 ^{ab}	0.95±0.13 ^a	0.99±0.18 ^a
Cohesiveness	0.34±0.03 ^b	0.37±0.02 ^{ab}	0.38±0.03 ^{ab}	0.39±0.04 ^a

All values are mean±SD.

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

Table 5. Total polyphenol content (TPC) and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of red cabbage powder

Traits	Red cabbage powder (%)			
	0	1	3	5
TPC (mg GAE/g)	24.96±0.67 ^d	26.35±1.24 ^c	33.27±0.56 ^b	41.02±0.83 ^a
DPPH (%)	4.15±0.62 ^c	10.44±1.49 ^c	29.60±0.71 ^b	47.99±0.73 ^a

All values are mean±SD.

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

Table 6. Thiobarbituric acid reactive substance (TBARS) and volatile basic nitrogen (VBN) of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of red cabbage powder

Traits	Red cabbage powder (%)			
	0	1	3	5
TBARS (mg MA/kg)	1.83±0.11 ^a	0.76±0.01 ^b	0.75±0.08 ^b	0.75±0.03 ^b
VBN (mg%)	2.80±0.01 ^a	2.24±0.01 ^b	2.24±0.01 ^b	1.68±0.01 ^c

All values are mean±SD.

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

붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 DPPH 자유라디칼 소거능 분석 결과는 붉은 양배추 분말을 3%, 5% 첨가한 처리구에서 대조구에 비해 유의적으로 높아지는 경향을 나타내었다($P<0.05$). Boo 등(2011)은 붉은 양배추에서 유래된 천연 색소는 페놀성 화합물로서 자유라디칼 소거능이 높으며 총 페놀 함량과 양의 상관관계를 나타낸다고 하였다. 돈육 소시지에 페놀류를 다량 함유한 레드비트 분말을 첨가한 처리구들은 DPPH 자유라디칼 소거능이 유의적으로 높았다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다(Ha 등, 2015). 이러한 결과로 보아 붉은 양배추 분말(DPPH 65.54%)을 유화형 돈육 소시지에 3% 이상 첨가하면 DPPH 자유라디칼 소거능이 증가하며 육가공 산업에서 저장성 증진을 위한 첨가제로써 적용할 수 있다고 생각된다.

지방산패도, 단백질 변패도

Table 6은 붉은 양배추 분말을 첨가한 유화형 돈육 소시지의 지방산패도와 단백질 변패도 측정 결과이다. 지방산패도는 붉은 양배추 분말을 첨가한 처리구가 무첨가 처리구에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). Rubab 등(2020)에서는 붉은 양배추 추출물에 침수 처리한 소고기는 처리구에서 유의적으로 지방산패도 값이 낮았다고 보고하였다. 또한 Park 등(2020)은 총 폴리페놀, 플라보노이드와 같은 항산화 물질이 풍부한 빨간 배추 분말을 떡갈비에 첨가하였을 때 지방산패도 값이 대조구와 ascorbic acid를 첨가한 처리구에 비해 모든 저장 기간 동안 유의적으로 낮아지는 경향을 보였다고 보고하였다.

단백질 변패도 측정 결과는 붉은 양배추 분말을 첨가한 처리구들이 대조구에 비해 유의적으로 낮았고 5% 처리구가 가장 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). 식육의 신선도 지표로 사용되는 단백질 변패도는 신선육에서는 10 mg%, 초기 부패 시 30~40 mg%, 부패육 50 mg% 이상이며 우리나라 식품공전에서는 20 mg% 이하로 규정하고 있다(Jeon과 Choi, 2012). Anthocyanin, carotenoid, glucosinolates 등의 항산화 물질이 있는 자색 콜라비를 햄버거 패티에 첨가한 연구에서는 처리구의 VBN 값이 감소하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다(Cha와 Lee, 2013). 이와 같이 붉은 양배추 분말 첨가에 의한 지방산패도와 단백질 변패도의 감소는 붉은 양배추의 높은 총 폴리페놀 함량과 DPPH 자유라디칼 소거능에 따른 항산화 능력에 의한 것이며 육제품의 품질 변화를 방지하여 저장성 향상에 기인할 것이라

사료된다.

요 약

본 연구는 유화형 돈육 소시지에 붉은 양배추 분말 첨가 수준에 따른 품질 및 저장 특성을 측정하여 분석하였다. 붉은 양배추 분말의 첨가 수준에 따라 유화형 돈육 소시지의 수분 함량, 적색도, 가열 수율, 점도는 증가하였으며 경도, 검성, 씹힘성, 응집성이 증가하는 경향을 보였다. 총 폴리페놀 함량과 DPPH 자유라디칼 소거능이 증가하였고 이에 따라 지방산패도, 단백질 변패도는 첨가량의 증가에 따라 감소하였다. 이러한 결과로 보아 천연 첨가물로서 3% 이상의 붉은 양배추 분말을 첨가하면 식이섬유의 수분 결합력에 의해 수분함량, 가열 수율, 점도를 증진시켰다. 또한 붉은 양배추 분말이 가진 항산화능에 의한 총 폴리페놀 함량, DPPH 자유라디칼 소거능의 증가에 기인하여 지방산패도 및 단백질 변패도 값이 감소하였다. 이에 따라 붉은 양배추 분말을 3% 첨가하는 것이 유화형 돈육 소시지의 품질 특성 향상과 저장성 증진에 기여할 것이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 지역농산물 활용 신선 간편식 개발 및 기반 기술 개발(PJ0152812020)의 지원으로 진행된 연구 결과물입니다. 연구 수행에 도움을 주셔서 감사합니다.

REFERENCES

- Afoakwah NA, Dong Y, Zhao Y, Xiong Z, Owusu J, Wang Y, et al. Characterization of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) powder and its application in emulsion-type sausage. LWT—Food Sci Technol. 2015. 641:74-81.
- Ahn J, Grün IU, Mustapha A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. Food Microbiol. 2007. 24:7-14.
- Aksu MI, Turan E, Sat IG, Erdemir E, Oz F, Gürses M. Improvement of quality properties of cemen paste of pastirma by lyophilized red cabbage water extract. J Food Process Preserv. 2020. 44:e14714. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14714>
- Aktaş N, Gencelep H. Effect of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. Meat Sci. 2006. 74:404-408.
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 21th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gai-

- thersburg, MD, USA. 2019.
- Arapitsas P, Sjöberg PJR, Turner C. Characterisation of anthocyanins in red cabbage using high resolution liquid chromatography coupled with photodiode array detection and electrospray ionization-linear ion trap mass spectrometry. *Food Chem.* 2008. 109:219-226.
- Ashfaq F, Butt MS, Bilal A, Tehseen S, Suleria HAR. Effect of cabbage or its aqueous extract incorporated croquettes on chemical composition and storage stability in relation to antioxidant potential and sensory profile. *J Food Process Preserv.* 2020. 44:e14291. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14291>
- Bagchi D, Garg A, Krohn RL, Bagchi M, Bagchi DJ, Balmoori J, et al. Protective effects of grape seed proanthocyanidins and selected antioxidants against TPA-induced hepatic and brain lipid peroxidation and DNA fragmentation, and peritoneal macrophage activation in mice. *Gen Pharmacol.* 1998. 30:771-776.
- Boo HO, Hwang SJ, Bae CS, Park SH, Song WS. Antioxidant activity according to each kind of natural plant pigments. *Korean J Plant Res.* 2011. 24:105-112.
- Cha SS, Lee JJ. Quality properties and storage characteristics of hamburger patty added with purple *Kohlrabi* (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*). *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2013. 42:1994-2003.
- Chauhan ES, Tiwari A, Singh A. Phytochemical screening of red cabbage (*Brassica oleracea*) powder and juice – A comparative study. *J Med Plants Stud.* 2016. 4:196-199.
- Choi GW, Lee JW. Effect of grape skin on physicochemical and sensory characteristics of ground pork meat. *Korean J Food Cook Sci.* 2016. 32:290-298.
- Choi YS, Jeon KH, Park JD, Sung JM, Seo DH, Ku SK, et al. Comparison of pork patty quality characteristics with various binding agents. *Korean J Food Cook Sci.* 2015. 31:588-595.
- Gong S, Fei P, Sun Q, Guo L, Jiang L, Duo K, et al. Action mode of cranberry anthocyanin on physiological and morphological properties of *Staphylococcus aureus* and its application in cooked meat. *Food Microbiol.* 2021. 94:103632. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103632>
- Ha SR, Choi JS, Jin SK. The physicochemical properties of pork sausages with red beet powder. *J Life Sci.* 2015. 25:896-902.
- Ham HJ, Kang GH, Choi YS, Jeong TJ, Hwang KE, Kim CJ. Effect of *Gaeddongssuk* (*Artemisia annua* L.) powder on quality and shelf stability of emulsion sausages during refrigerated storage. *Korean J Food Sci An.* 2016. 36:601-611.
- 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.
- Hyun JE, Kim HY, Chun JY. Effect of Jeju's tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) on antioxidative activity and physicochemical properties of chicken meat emulsion-type sausage. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:231-236.
- Jeon MR, Choi SH. Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. *Korean J Food Sci Ani Resour.* 2012. 32:77-83.
- Joo SY, Choi HY. Antioxidant activity and quality characteristics of pork patties added with saltwort (*Salicornia herbacea* L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2014. 43:1189-1196.
- Jung DI, Yoon HH. Study on the quality characteristics and storage of mayonnaise with added *Cheongyang* green papper. *Culi Sci & Hos Res.* 2020. 26(1):102-112.
- Jung IC, Park HS, Choi YJ, Park SS, Kim MJ, Park KS. The effect of adding lotus root and leaf powder on the quality characteristics of cooked pork patties. *Korean J Food Cook Sci.* 2011. 27:783-791.
- Jung YS, Yoon HH. Quality characteristics of sausage with added glasswort (*Salicornia herbacea* L.) powder. *Culi Sci & Hos Res.* 2018. 24(4):95-103.
- Kim CJ, Kim HW, Hwang KE, Song DH, Ham YK, Choi JH, et al. Effects of dietary fiber extracted from pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters. *Korean J Food Sci An.* 2016. 36:309-318.
- Kim HS, Chin KB. Current status and prospect of Korea meat processing industry. *Food Sci Ind.* 2018. 51:229-237.
- Kim HS, Chin KB. Physico-chemical properties and antioxidant activity of pork patties containing various tomato powders of solubility. *Korean J Food Sci Ani Res.* 2011. 31:436-441.
- Kim JW, Kim HY. Eating and eating out behaviors based on food-related life style. *Culi Sci & Hos Res.* 2020. 26(8):63-76.
- Kim MH, Joo SY, Choi HY. The effect of aronia powder (*Aronia melanocarpa*) on antioxidant activity and quality characteristics of pork patties. *Korean J Food Cook Sci.* 2015. 31:83-90.
- Kim H, Kim M. Consumption status and purchase determinant factors of eco-friendly foods among Korean adults: using the food consumption behavior survey in 2018. *Korean J Hum Ecol.* 2021. 30:461-474.
- Komolka P, Górecka D, Dziedzic K. The effect of thermal processing of cruciferous vegetables on their content of dietary fiber and its fractions. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 2012. 11:347-354.
- Lee H, Choe J, Yong HI, Lee HJ, Kim HJ, Jo C. Combination of sea tangle powder and high-pressure treatment as an alternative to phosphate in emulsion-type sausage. *J Food Process Preserv.* 2018. 42:e13712. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13712>
- Lee MA, Han DJ, Choi JH, Choi YS, Kim HY, Jeong JY, et al. Effect of hot air dried *Kimchi* powder on the quality characteristics of low-fat sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour.* 2008. 28:146-153.
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J Food Sci Technol.* 2012. 44:540-544.
- Lee N, Kim CS, Yu GS, Park 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, Park HJ, Cho SM. Analysis of dietary fibers and its biofunctional effect. *Korean J Crop Sci.* 2004. 49:23-30.
- Lourenço SC, Moldão-Martins M, Alves VD. Antioxidants of natural plant origins: from sources to food industry applications. *Molecules.* 2019. 24:4132. <https://doi.org/10.3390/molecules24224132>
- Malik M, Zhao C, Schoene N, Guisti MM, Moyer MP, Magnusson BA. Anthocyanin-rich extract from *Aronia melanocarpa* E. induces a cell cycle block in colon cancer but not normal colonic cells. *Nutr Cancer.* 2003. 46:186-196.
- Mattila P, Hellström J. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *J Food Compos Anal.* 2007. 20: 152-160.
- Mazza G, Miniati E. Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 2018. p 1-384.
- Modi VK, Yashoda KP, Naveen SK. Effect of carrageenan and oat flour on quality characteristics of meat *Kofta*. *Int J Food Prop.* 2009. 12:228-242.
- Morrissey PA, Sheehy PJA, Galvin K, Kerry JP, Buckley DJ. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.* 1998.

- 49:S73-S86.
- Oh HK, Lim HS. Quality characteristics of the hamburger patties with sea tangle (*Laminaria japonica*) powder and/or cooked rice. Korean J Food Sci Ani Resour. 2011. 31:570-579.
- Park EM, Kim IS, Park S, Lee JJ. Quality properties of HMR-type pork tteokgalbi added with red chinese cabbage powder during cold storage. Korean J Community Living Sci. 2020. 31:375-391.
- Park JS, Kim HS, Chin KB. The antioxidant activity of *yacon* (*Polymnia sonchifoliata*) and its application to the pork patties as a natural antioxidant. Korean J Food Sci Ani Resour. 2012a. 32:190-197.
- Park KS, Choi YS, Kim HW, Song DH, Lee SY, Choi JH, et al. Effects of wheat fiber with breading on quality characteristics of pork loin cutlet. Korean J Food Sci An. 2012b. 32: 504-511.
- Park SY, Kim GW, Kim JM, Koh JH, Choe J, Kim HY. Comparative analysis on the quality characteristics between oven cooking type pork cutlet added probiotics and commercial pork cutlet. Curr Top Lact Acid Bact Probiotics. 2019. 5:20-26.
- Rubab M, Chelliah R, Saravanakumar K, Barathikannan K, Wei S, Kim JR, et al. Bioactive potential of 2-methoxy-4-vinylphenol and benzofuran from *Brassica oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra* (red cabbage) on oxidative and microbiological stability of beef meat. Foods. 2020. 9:568. <https://doi.org/10.3390/foods9050568>
- Shin KS, Boo HO, Jeon MW, Ko JY. Chemical components of native plant, *Salicornia herbacea* L. Korean J Plant Res. 2002. 15:216-220.
- Shin YW, Lee SK, Kwon YJ, Rhee SJ, Choi SW. Radical scavenging activities of phenolic compounds isolated from mulberry (*Morus* spp.) cake. Prev Nutr Food Sci. 2005. 10:326-332.
- Short EI. The estimation of total nitrogen using the Conway micro-diffusion cell. J Clin Pathol. 1954. 7:81-83.
- Verma AK, Rajkumar V, Banerjee R, Biswas S, Das AK. Guava (*Psidium guajava* L.) powder as an antioxidant dietary fibre in sheep meat nuggets. Asian Australas J Anim Sci. 2013. 26:886-895.
- Wiczowski W, Szawara-Nowak D, Topolska J. Red cabbage anthocyanins: Profile, isolation, identification, and antioxidant activity. Food Res Int. 2013. 51:303-309.
- Yetim H, Ekici L, Şimşek Z, Sağdıç O. The effect of anthocyanin based extracts on the color of cemen paste used on pastirma, a dry cured meat product. Proceeding of 56th International Congress of Meat Science and Technology (ICOMST). 2010 Aug 15-Aug 20. Jeju, Korea. p 217.
- Yi BR, Kim MJ, Lee JH. Lipid oxidation and antioxidant mechanisms in different matrix. Food Sci Ind. 2018. 51:127-135.
- Zhou K, Raffoul JJ. Potential anticancer properties of grape antioxidants. J Oncol. 2012. Article ID 803294. <https://doi.org/10.1155/2012/803294>
- Zhu C, Poulsen HE, Loft S. Inhibition of oxidative DNA damage *in vitro* by extracts of brussels sprouts. Free Radic Res. 2000. 33:187-196.