

ARTICLE

감귤 껍질 분말 첨가가 돈육 유화형 소시지의 품질 특성에 미치는 영향

백익빈¹ · 김학연^{1,2*} · 홍성현^{3**} · 최정석^{4***}

¹공주대학교 동물자원학과, ²공주대학교 자원과학연구소, ³농림축산식품부 축산유통팀, ⁴충북대학교 축산학과

Effects of *Citrus unshiu* Peel Powder Added on Quality Properties of Emulsion-Type Pork Sausage

Ui-Bin Baek¹, Hack-Youn Kim^{1,2*}, Song-Hyun Hong^{3**}, Jung-seok Choi^{4***}

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

²Resources Science Research Institute, Kongju National University, Chungnam 32439, Korea

³Livestock Distribution Team, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong 30110, Korea

⁴Department of Animal Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

Received: April 09, 2024

Revised: April 15, 2024

Accepted: April 18, 2024

*Corresponding author :

Hack-Youn Kim

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

Tel : +82-41-330-1241

E-mail : kimhy@kongju.ac.kr

**Corresponding author :

Song-Hyun Hong

Livestock Distribution Team, Ministry of
Agriculture, Food and Rural Affairs,
Sejong 30110, Korea

Tel : +82-44-201-2318

E-mail : ghd14@korea.kr

***Corresponding author :

Jung-seok Choi

Department of Animal Science,
Chungbuk National University,
Cheongju 28644, Korea

Tel : +82-43-261-2551

E-mail : jchoi@chungbuk.ac.kr

Abstract

This study aims to investigate the quality properties such as cooking yield, color, and pH, along with the antioxidant activity, including diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay, ferric acid reducing antioxidant power (FRAP) assay, and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in *Citrus unshiu* peel powder-added emulsion-type pork sausages at various levels (0%, 1%, 2%, and 3%). Cooking yield there was no significant difference between the control and the citrus peel treat-group. As the amount of citrus peel powder added increased, pH, lightness, and TBARS significantly decreased ($p < 0.05$), while redness, yellowness, hue angle, chroma, DPPH, and FRAP significantly increased ($p < 0.05$). As the storage period increased of emulsion-type pork sausage, pH, DPPH, and FRAP significantly decreased, while TBARS significantly increased ($p < 0.05$). Therefore, when citrus peel powder is added to emulsion-type pork sausage, it can maintain quality properties and the antioxidant effect can be improved.

Keywords

Citrus unshiu peel powder, Physicochemical properties, Antioxidant activity, Emulsion-type pork sausage, Meat product

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

Ui-Bin Baek

<https://orcid.org/0000-0002-6970-2380>

Hack-Youn Kim

<https://orcid.org/0000-0001-5303-4595>

Song-Hyun Hong

<https://orcid.org/0009-0008-1367-2996>

Jung-seok Choi

<https://orcid.org/0000-0001-8033-0410>

1. 서론

육가공품은 식육을 염지, 분쇄, 혼연, 건조, 열처리 등의 공정을 거쳐 제조되며, 대표적인 제품에는 베이컨, 햄, 소시지 등이 있다(Jeong *et al.*, 2020). 소시지는 가열 소시지, 건조 소시지, 발열 소시지 등 다양한 형태로 제조되며, 분쇄육에 염을 첨가하여 염용성 단백질을 추출해 유화시킨 유화형 소시지가 가장 일반적이다(Kang *et al.*, 2020 ; Moon *et al.*, 2019). 유화형 소시지는 아질산나트륨, 향미제, 항산화제 등 다양한 합성 첨가물이 첨가되고 있으나, 최근 건강과 건강 기능성에 대한 관심이 증가하며, 육가공품 합성 첨가물 대체제에 대한 관심 또한 증가하고 있는 추세이다(Go *et al.*, 2021 ; Shin *et al.*, 2021).

항산화제는 육가공품에서 자유 라디칼에 한 개의 전자를 제공하고, 안정한 상태로 만들어 지질 산화와 이취 발생, 변색 등을 억제한다(Lee *et al.*, 2020). 육가공품에서 일반적으로 사용되는 합성 항산화제는 butylated hydroxyanisole(BHA)와 butylated hydroxytoluene(BHT)가 있다(Bottoli *et al.*, 2023). 그러나 합성 항산화제는 독성과 암 유발 등을 유발할 수 있는 위해 요인으로 인식되고 있어,

대체제인 천연 향산화제에 대한 관심이 증가하고 있다(Jantathai et al., 2022). 이에 현재 연구되고 있는 천연 향산화제는 로즈마리(Whalin et al., 2022)와 녹차(Jayawardana et al., 2019), 커피(Chongsrimisirisakhol et al., 2022), 그리고 감귤류(Kumar et al., 2019) 등이 있다.

감귤은 2022년 기준 생산량이 63.6만 톤으로 국내에서 가장 많이 생산되는 과일이다(Korea Rural Economic Institute, 2023). 감귤 가공 폐기물은 연간 약 5만 톤으로 환경오염의 요인으로 작용하고 있다(Kim et al., 2023). 현재 식품산업은 환경오염의 대안으로 과일, 채소, 곡물, 커피 등 식품 부산물의 유용 성분을 이용하는 업사이클링 연구 개발이 증가하고 있다(Aschemann-Witzel et al., 2023). 과일은 자유 라디칼 소거능이 뛰어나며, 과일 부산물인 과일 껍질은 기능성 물질이 풍부해 각종 연구가 이루어지고 있다(Lee et al., 2012). 감귤의 껍질 또한, 건조하여 진피의 형태로 사용하였을 때 과육보다 생리활성 물질 함량이 높아, 예로부터 한의학적 치료와 민간요법에 사용되어 왔다(Kang et al., 2005). 감귤 껍질 내의 플라보노이드와 카로티노이드, 쿠마린, 페닐프로파노이드, 탄계레틴, 그리고 노빌레틴 등과 같은 천연 향산화 성분이 풍부하다고 알려져 있다(Ko and Lee, 2015).

따라서 본 연구에서는 과일 부산물인 감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지의 이화학적 특성과 향산화 활성을 분석하여 기능성을 연구하였다.

II. 재료 및 방법

1. 돈육 유화형 소시지 제조

돈육 유화형 소시지 제조에 사용된 돈육은 도축 후 24시간 경과한 돈육 후지(Hongjumeat, Korea)를 4℃에서 냉장 보관한 것을 사용하였다. 돈육은 과도한 지방과 결체조직을 제거하여 원료육으로 사용하였으며, 돼지 등지방과 함께 3 mm plate를 장착한 grinder(PA-82, Mainca, Spain)로 분쇄하였다. 주재료는 분쇄 원료육(60%)과 등지방(20%), 그리고 얼음물(20%)을 사용하였다. 부재료는 설탕(1%), 소금(1.2%)을 bowl cutter(K-30, Talsa, Spain)로 혼합하였다. 유화물에 감귤 껍질 분말(Sandoul medicinal herbs, Korea)을 각각 1%, 2%, 3%씩 첨가하여 돈장에 충전한 후 chamber(10.10 ESI/SK, Alto Shaam, USA)로 75℃에서 가열하였고, 이때 중심 온도가 75℃에서 3분간 유지되도록 하였다. 제조한 소시지는 실온(25℃)에서 30분간 방랭한 후 4℃에서 5주 동안 냉장 보관하며 실험에 사용하였다.

2. pH 측정

pH는 시료 5 g에 증류수 20 mL를 넣고 ultra-turrax(HMZ-20DN, Poonglim Tech, Korea)를 사용하여 10,000 rpm에서 1분간 균질하였다. 균질액은 유리전극 pH meter(Model S220, Mettler Toledo, Switzerland)를 사용하여 pH를 측정하였다. pH meter는 pH 4.01, pH 7.0, pH 10.0 buffer solution(Suntex Instruments Co, Ltd, Taiwan)을 사용하여 보정하였다.

3. 가열수율 측정

가열수율은 가열 전 유화물의 무게와 가열 후 소시지의 무게를 측정하여 백분율로 값을 산출하였다.

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

4. 색도 측정

색도는 소시지의 단면을 colorimeter(CR-10, Minolta, Japan)를 사용하여 명도(lightness)를 나타내는 CIE L* 값과 적색도(redness)를 나타내는 CIE a* 값, 황색도(yellowness)를 나타내는 CIE b* 값을

측정하였다. 표준색은 CIE L*과 CIE a*, 그리고 CIE b* 값이 각각 +97.83과 -0.43, 그리고 +1.98인 백색 표준판을 사용하여 보정하였다. 측정된 CIE a* 값과 CIE b* 값은 아래의 계산식으로 색각(Hue angle, h°)과 채도(Chroma, C*) 값을 산출하였다.

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

5. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 자유 라디칼 소거능 측정

항산화 활성 측정은 시료 3 g에 증류수 15 mL를 넣고 homogenizer(AM-5, Nissei, Japan)를 사용하여 10,000 rpm에서 1분간 균질하였다. 균질액은 filter paper(Whatman No.1, Whatman, UK)로 50 mL conical tube에 상등액을 추출하였다. 이후 상등액 100 μ L와 0.2 mM DPPH 용액 200 μ L를 혼합 후 실온에서 30분간 암실에서 반응하였다. 반응물은 multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하고 후 백분율로 산출하였다.

$$DPPH \text{ radical 소거능}(\%) = \frac{\text{시료무첨가군의 흡광도} - \text{시료첨가군의 흡광도}}{\text{시료무첨가군의 흡광도}} \times 100$$

6. 환원력 (Ferric Acid Reducing Antioxidant Power, FRAP) 측정

환원력 측정은 시료 3 g에 증류수 15 mL를 넣고 homogenizer(AM-5, Nissei, Japan)를 사용하여 10,000 rpm에서 1분간 균질하였다. 균질액은 filter paper(Whatman No.1, Whatman, UK)로 상등액을 추출하였다. 상등액 100 μ L와 FRAP 용액 300 μ L를 혼합 후 37°C에서 15분간 암실에서 반응하였다. 실험에 사용한 FRAP 용액은 0.3 M sodium acetate buffer 와 40 mM HCl에 녹인 10 mM TPTZ, 그리고 20 mM FeCl₃를 10 : 1 : 1의 비율로 섞어 37°C에서 15분 동안 반응시켜 제조하였다. 반응물은 multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였고, trolox를 표준물질로 한 표준곡선에 흡광도를 대입하여 값을 산출하였다.

7. 지방산패도 (Thiobarbituric Acid Reactive Substance, TBARS) 측정

지방산패도는 시료 10 g에 증류수 25 mL를 넣고 homogenizer(AM-5, Nissei, Japan)를 사용하여 10,000 rpm에서 1분간 균질하였다. 균질액은 0.3% BHT 0.2 mL와 증류수 25 mL를 mass-up 하여 총 부피를 100 mL로 하였다. 이후 filter paper(Whatman No.1, Whatman, UK)로 상등액을 추출하여 상등액과 0.02 M thio-barbituric acid를 1 : 1 비율로 혼합하고, water bath (JSWB-30T, JSR, Korea)를 사용하여 100°C에서 10분간 반응하였다. 반응물은 multi-mode microplate reader(SpectraMax iD3, Molecular Devices, USA)를 사용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였고, 1,1,3,3-tetra-ethoxypropane 을 표준물질로 한 표준곡선에 흡광도를 대입하여 mg malondialdehyde(MDA)/kg 값으로 산출하였다.

8. 통계처리

실험은 최소 3회 이상 반복실험을 실시하여 분석하였다. 실험 결과는 통계처리 프로그램 SAS(version 9.4 for Window, SAS Institute Inc., USA)를 사용하여 결과를 평균값과 표준편차를 산출하였다. 또한, 분산분석(one way ANOVA)과 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. pH

감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유허형 소시지의 pH는 Table 1에 나타내었다. pH는 감귤 껍질 분말

Table 1. pH of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of citrus peel powder

Storage (weeks)	Citrus peel powder (%)			
	0 (Control)	1	2	3
0	6.42±0.02 ^{Aa}	6.19±0.01 ^{Ab}	6.00±0.00 ^{Ac}	5.81±0.00 ^{Ad}
1	6.39±0.01 ^{Aa}	6.16±0.01 ^{Bb}	5.96±0.01 ^{Bc}	5.75±0.00 ^{Bd}
3	6.35±0.06 ^{Ba}	6.11±0.02 ^{Cb}	5.93±0.03 ^{Cc}	5.72±0.02 ^{Cd}
5	6.34±0.04 ^{Ba}	6.11±0.03 ^{Cb}	5.92±0.02 ^{Cc}	5.71±0.01 ^{Cd}

All values are mean±SD.

^{A-C} Means in the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

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

첨가량과 저장 기간이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). Lee 등(2004)은 흑돼지 소시지 제조 시 유자 껍질 분말 첨가량과 저장 기간이 증가할수록 pH가 유의적으로 감소하여 본 연구 결과와 유사하였다. 이는 감귤 껍질 분말의 pH가 약 3.85의 낮은 값을 나타내어 돈육 유화형 소시지 pH에 영향을 준 것으로 판단된다. 감귤 껍질은 구연산과 아스코르브산 등의 유기산을 다량 함유하고 있어 산성을 띤다(Choi et al., 2023). 식육가공품의 냉장 저장 중 pH는 미생물 증식으로 인한 혐기성 물질 또는 젖산의 생산으로 증가하거나 감소하는데, 본 연구에서 저장 기간 증가로 인한 pH의 감소는 젖산 축적에 의한 것으로 판단된다(Lee et al., 2020). 식육 내 무기호흡 미생물은 포도당을 섭취하고 대사 산물로 젖산을 생성하여 식육의 pH를 감소시킨다(Huang et al., 2022). 따라서 감귤 껍질 분말의 첨가는 돈육 유화형 소시지의 최종 pH 감소에 영향을 미치며, 미생물 생장을 억제하여 육제품의 저장 안정성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

2. 가열수율

감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지의 가열수율은 Fig 1에 나타내었다. 가열수율은 원료가 제품으로 전환되는 정도를 평가하는 식육 제조업체의 중요한 생산지표이다(Zhang et al., 2023). 대조구와 처리구간에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 감귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 수치

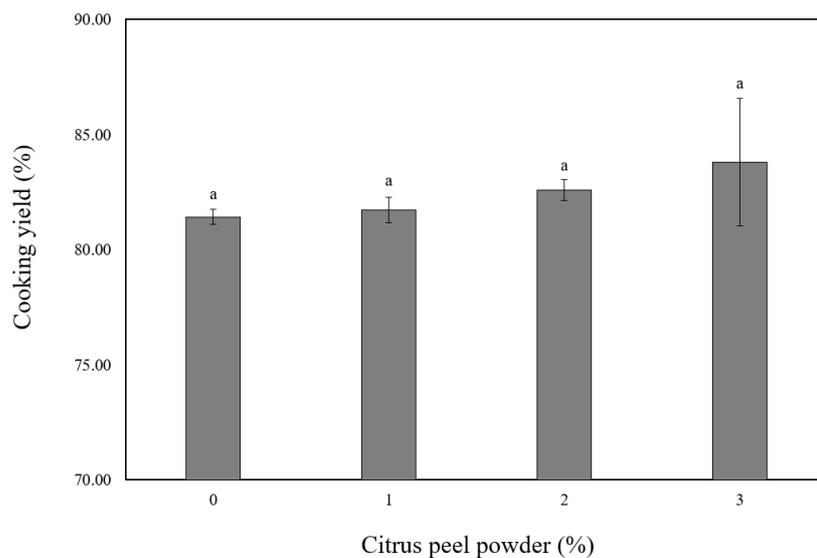


Fig. 1. Cooking yield of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of citrus peel powder.

적으로 높은 값을 나타내었다. Lee 등(2020)은 육제품 제조 시 식이섬유를 첨가하면 보수력과 유화안정성이 증진되어 가열수율 증가에 영향을 준다고 보고하였으며, Younis 등(2021)은 버팔로 소시지 제조 시 라임 껍질 분말의 첨가량이 증가할수록 높은 가열수율 값을 보여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 식이섬유는 단백질 매트릭스를 유지하고, 수분, 지방과의 결합을 형성한다(Mahmoud *et al.*, 2017). 이는 식이섬유 중 하나인 펙틴이 고기 유화물의 겔 안정성을 유지하고, 가열수율을 증진시키기 때문이다(Powell *et al.*, 2019).

3. 색도

감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지의 색도는 Table 2에 나타내었다. 감귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하는 경향을 보였으며, 적색도와 황색도는 증가하였다. Sharaf-Eddin 등(2020)의 연구에서도 어육 유화물 제조 시 감귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 명도는 유의적으로 감소하고, 적색도와 황색도는 유의적으로 증가하여 본 연구 결과와 유사하였다. 본 연구에 사용한 감귤 껍질 분말은 명도가 69.33±0.60 적색도가 12.43±0.21, 그리고 황색도가 32.57±0.4로 최종 육제품의 색도에 영향을 준 것으로 판단된다. 이는 감귤 껍질 내 적색을 띠는 안토시아닌과 주황색을 띠는 카로틴, 황색을 띠는 루테인 등 카로티노이드 색소 물질에 의한 것으로 사료된다(Nabi *et al.*, 2023). 육가공품의 색도는 소비자 선호도에 영향을 주는 중요한 지표 중 하나로, 소시지에서는 특히 적색도와 황색도 증가를 위한 연구가 많이 진행되고 있다(Kim *et al.*, 2022). Fernández-Ginés 등(2003)은 감귤 섬유를 첨가한 소시지의 적색도와 황색도가 증가함에 따라 색상 관능특성에서 대조구보다 높은 선호도를 받았다고 보고하였다. 색각은 감귤 껍질 2%와 3% 처리구가 대조구와 1% 처리구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 채도는 감귤 껍질 첨가량이 증가할수록 유의적으로 높은 값을 보였다($p < 0.05$). 색각과 채도는 각각 육제품의 황색도, 적색도에 주로 영향을 받아 황색도, 적색도가 증가할수록 색각과 채도가 증가한다(Jouki and Khazaei, 2012). 따라서, 감귤 껍질 첨가에 의한 적색도와 황색도의 증가는 최종 육제품의 시각적 선호도를 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

4. DPPH 및 FRAP

감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지의 DPPH 결과는 Table 3에 나타내었다. DPPH는 안정적인 자유 라디칼로, 항산화제의 전자 또는 수소 전자를 제공받아 환원되어 라디칼이 제거되고, 517 nm에서 흡광도가 감소하여 라디칼 소거 활성의 척도로 사용된다(Joo and Choi, 2014). DPPH는 감귤 껍질 분말 처리구가 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었고($p < 0.05$), 감귤 껍질 분말 처리구에서 첨가량이 증가할수록 DPPH 값이 증가하였다. Sayari 등(2015)은 칠면조 소시지 제조 시 자몽 껍질 추출물 첨가량이 증가할수록 항산화 활성이 증가하여 본 연구결과와 유사하였다. 감귤 껍질에는

Table 2. Color of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of citrus peel powder

Traits	Citrus peel powder (%)			
	0 (Control)	1	2	3
CIE L*	71.21±0.41 ^a	68.04±1.21 ^b	67.23±0.42 ^c	67.09±0.31 ^c
CIE a*	5.73±0.10 ^c	6.36±0.26 ^b	6.51±0.12 ^b	6.97±0.08 ^a
CIE b*	18.56±0.24 ^d	20.40±0.33 ^c	21.70±0.28 ^b	23.09±0.12 ^a
Hue angle (h°)	72.73±0.13 ^b	73.02±0.53 ^{ab}	73.23±0.10 ^a	73.29±0.10 ^a
Chroma (C*)	19.42±0.25 ^d	21.37±0.36 ^c	22.66±0.29 ^b	24.12±0.12 ^a

All values are mean±SD.

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

Table 3. DPPH (%) of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of citrus peel powder

Storage (weeks)	Citrus peel powder (%)			
	0 (Control)	1	2	3
0	64.02±2.24 ^{Ab}	69.11±2.31 ^{Aa}	72.41±1.62 ^{Aa}	72.57±1.17 ^{Aa}
1	55.10±1.03 ^{Bc}	64.81±2.32 ^{Bb}	68.37±0.51 ^{ABa}	70.47±1.82 ^{ABa}
3	51.54±3.64 ^{BCc}	63.19±1.25 ^{Bb}	65.94±4.37 ^{ABab}	69.90±1.75 ^{ABa}
5	49.76±0.84 ^{Cb}	61.89±0.88 ^{Ba}	63.43±5.24 ^{Ba}	67.15±2.76 ^{Ba}

All values are mean±SD.

^{A-C} Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

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

플라보노이드와 카로티노이드, 쿠마린, 페닐프로파노이드, 탄게레틴, 그리고 노빌레틴 등의 페놀화합물을 함유하고 있다(Nieto et al., 2021). DPPH는 페놀화합물의 방향족 고리인 hydroxyl기가 phenoxyl radical을 형성하여 라디칼을 제거해, 페놀화합물 함량이 증가할수록 라디칼 소거능이 증가한다(Choi et al., 2021). 따라서 본 연구도 감귤 껍질 내 포함된 페놀화합물에 의하여 항산화 활성이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지의 FRAP 결과는 Table 4에 나타내었다. FRAP은 철 3가 양이온(Fe^{3+})이 자유 라디칼과 수소를 공여하고 안정화되어 후 철 2가 양이온(Fe^{2+})으로 환원되는 정도를 측정하는 방법이다(Kang and Kim, 2022). FRAP은 감귤 껍질 분말 처리구가 대조구보다 유의적으로 높은 값을 나타내었고($p<0.05$), 감귤 껍질 분말 처리구에서 첨가량이 증가할수록 FRAP 값이 증가하였다. Kim과 Lim (2020)은 감귤 껍질이 높은 FRAP 값을 나타낸다고 하였다. 감귤 껍질의 페놀화합물은 플라보노이드보다 항산화 활성에 밀접한 관계를 나타낸다(Ghafar et al., 2010). 이러한 페놀화합물은 금속 이온 결합과 수소 이온 또는 전자 공여 등의 방법으로 자유 라디칼을 소거하거나 안정화하여 항산화 효능을 일으킨다(Panahi et al., 2022). 따라서 감귤 껍질 분말은 항산화 활성 능력을 지닌 천연 항산화제로써 육제품의 합성 항산화제 대체제로 사용하기에 적합할 것으로 판단된다.

5. TBARS

감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지의 TBARS 결과는 Table 5에 나타내었다. TBARS는 육제품의 지방산패에 의하여 생성된 MDA의 양을 측정하여 지방 산패도를 수치화하는 방법으로 제품의 신선도를 평가하는 지표이다(Jeong et al., 2021). TBARS는 감귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수

Table 4. FRAP of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of citrus peel powder

Storage (weeks)	Citrus peel powder (%)			
	0 (Control)	1	2	3
0	0.29±0.07 ^{Ad}	0.44±0.04 ^{Ac}	0.57±0.05 ^{Ab}	0.77±0.04 ^{Aa}
1	0.25±0.01 ^{ABc}	0.42±0.03 ^{ABb}	0.55±0.09 ^{ABa}	0.60±0.05 ^{Ba}
3	0.23±0.01 ^{ABd}	0.38±0.04 ^{ABc}	0.53±0.04 ^{ABb}	0.60±0.01 ^{Ba}
5	0.22±0.01 ^{Bd}	0.37±0.05 ^{Bc}	0.46±0.05 ^{Bb}	0.57±0.02 ^{Ba}

All values are mean±SD.

^{A-B} Means in the same column with different letters are significantly different ($p<0.05$).

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

Table 5. TBARS (mg MDA/kg) of emulsion-type pork sausage formulated with various levels of citrus peel powder

Storage (weeks)	Citrus peel powder (%)			
	0 (Control)	1	2	3
0	1.97±0.08 ^{Da}	0.66±0.01 ^{Ab}	0.42±0.02 ^{Cc}	0.18±0.03 ^{Cd}
1	2.15±0.04 ^{Ca}	0.76±0.03 ^{Ab}	0.50±0.02 ^{BCc}	0.25±0.04 ^{Bd}
3	2.40±0.06 ^{Ba}	0.85±0.23 ^{Ab}	0.57±0.11 ^{ABc}	0.34±0.01 ^{Ac}
5	2.71±0.12 ^{Aa}	0.87±0.06 ^{Ab}	0.65±0.02 ^{Ac}	0.38±0.02 ^{Ad}

All values are mean±SD.

^{A-D} Means in the same column with different letters are significantly different (p<0.05).

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

록 감소하는 경향을 보였지만, 저장 기간이 증가할수록 TBARS는 증가하였다. Ben Hsouna 등(2017)은 다진 소고기에서 레몬 추출 오일 첨가량이 증가할수록 TBARS 값이 감소하고, 저장 기간이 증가할수록 TBARS 값이 증가하여 본 논문과 유사한 결과를 나타내었다. 이는 지방산패가 자유 라디칼의 지속적인 자가촉매 반응으로 발생하고, 이때 높은 자유 라디칼 소거능을 가진 원료를 육제품에 첨가할 시 지방산패를 억제할 수 있기 때문이다(Lee *et al.*, 2021). 감귤류에 함유된 항산화 물질인 헤스페리딘이 육제품의 자유 라디칼 제거와 지질 산화 억제에 긍정적인 영향을 미친다(Simitzis *et al.*, 2021). 또한, 저장 기간 증가에 따른 TBARS 값의 증가는 지질 분해와 미생물 성장에 따른 지방 산패 증가에 의한 것으로 사료된다(Reddy *et al.*, 2023). 따라서 감귤 껍질 분말 첨가는 최종 육제품의 지방산패를 억제하여 높은 항산화능을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약

본 연구는 감귤 껍질 분말을 첨가한 돈육 유화형 소시지의 이화학적 특성과 항산화 활성을 연구하였다. 감귤 껍질 분말은 각각 0% (Control)과 1%, 2%, 그리고 3%를 첨가하여 제조하였다. pH는 감귤 껍질 분말 첨가량과 저장 기간이 증가할수록 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 적색도와 황색도는 감귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으나(p<0.05), 명도는 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 색각과 채도는 적색도와 황색도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다(p<0.05). DPPH와 FRAP은 감귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였고(p<0.05), 저장 기간이 증가할수록 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 반면, TBARS는 감귤 껍질 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고(p<0.05), 저장 기간이 증가할수록 유의적으로 증가하였다(p<0.05). 따라서 감귤 껍질 분말의 첨가는 육제품의 적색도와 항산화 효과를 증진하여 합성 항산화제의 대체제로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

V. 참고문헌

1. Aschemann-Witzel J, Asioli D, Banovic M, Perito MA, Peschel AO, Stancu V. 2023. Defining upcycled food: the dual role of upcycling in reducing food loss and waste. *Trends Food Sci Technol* 132:132-137.
2. Ben Hsouna A, Ben Halima N, Smaoui S, Hamdi N. 2017. *Citrus lemon* essential oil: chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities with its preservative effect against *Listeria monocytogenes* inoculated in minced beef meat. *Lipids Health Dis* 16(1):146.

3. Bottoli AHSV, Peiter GC, Bittencourt PRS, Martin CA, Cottica SM. 2023. Evaluation of natural extracts' antioxidant capacity for controlling fresh sausage oxidation. *Food Sci Technol* 43:e16022.
4. Choi JH, Kim MH, Han YS. 2021. Effect of cocoa bean husk powder on the shelf life of sausages during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Technol* 53(5):619-627.
5. Choi SH, Park JH, Cho YS, Choi JY. 2023. Physicochemical quality and antioxidant activity of mandarins cultivated using different cultivation methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 52(10):1042-1047.
6. Chongsrimisirisakhon O, Pirak T. 2022. Total polyphenol content and antioxidant properties of cold brew coffee extracts as affected by ultrasound treatment and their application in low fat pork sausage. *Int J Food Prop* 25(1):813-826.
7. Fernández-Ginés JM, Fernández-López J, Sayas-Barberá E, Sendra E, Pérez-Alvarez JA. 2003. Effect of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber. *J Food Sci* 68(2):710-714.
8. Ghafar MF, Prasad KN, Weng KK, Ismail A. 2010. Flavonoid, hesperidine, total phenolic contents and antioxidant activities from *Citrus* species. *Afr J Biotechnol* 9(3):326-330.
9. Go HY, Kim HY, Lee JY. 2021. Effects of hot air-dried *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* (Maxim.) H. Hara powder on quality properties of emulsion-type pork sausage. *Resour Sci Res* 3(1):24-34.
10. Huang L, Hwang CA, Liu Y, Renye J, Jia Z. 2022. Growth competition between lactic acid bacteria and *Listeria monocytogenes* during simultaneous fermentation and drying of meat sausages—A mathematical modeling. *Food Res Int* 158:111553.
11. Jantathai S, Thongbai B, Sukboonyasatit D, Tunakeaw S, Wannarot N. 2022. Supplementation of combined tomato powder and bacterial cellulose in chicken Chinese sausage. *Food Agri Sci & Tech* 8(1):61-73.
12. Jayawardana BC, Warnasooriya VB, Thotawattage GH, Dharmasena VAKI, Liyanage R. 2019. Black and green tea (*Camellia sinensis* L.) extracts as natural antioxidants in uncured pork sausages. *J Food Process Preserv* 43(2):e13870.
13. Jeong CH, Kim HY, Kook MC. 2021. Influence of the quality characteristics and shelf life of fried chicken with various levels of shrimp powder. *Resour Sci Res* 3(1):35-45.
14. Jeong HG, Jo K, Lee SM, Choi YS, Jung S. 2020. Substitution of phosphate and ISP by *Allomyrina dichotoma* larvae powder in emulsion sausage. *Ann Anim Sci* 31(4):134-144.
15. Joo SY, Choi HY. 2014. Antioxidant activity and quality characteristics of pork patties added with saltwort (*Salicornia herbacea* L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(8):1189-1196.
16. Jouki M, Khazaei N. 2012. Color and oxidation changes in camel meat during storage. *Int J Pharma Bio Sci* 3(1):164-170.
17. Kang KM, Kim GW, Kim HY. 2020. Effects of *Zanthoxylum schinifolium* powder on the quality properties of chicken breast emulsion-type sausages. *Ann Anim Sci* 31(1):13-20.
18. Kang KM, Kim HY. 2022. Antioxidant activity and quality properties of yogurt with black rice flour. *Resour Sci Res* 4(1):21-29.

19. Kang SH, Lee YJ, Lee CH, Kim SJ, Lee DH, Lee YK, Park DB. 2005. Physiological activities of peel of Jeju-indigenous *Citrus sunki* Hort. Tanaka. Korean J Food Sci Technol 37(6):983-988.
20. Kim SH, Shin MS, Kim JE, Kwon SH, Sung YJ. 2023. A study on the liquid-solid separation properties of citrus pomace. J Korea TAPPI 55(5):52-60.
21. Kim DS, Lim SB. 2020. Semi-continuous subcritical water extraction of flavonoids from *Citrus unshiu* peel: their antioxidant and enzyme inhibitory activities. Antioxidants 9(5):360.
22. Kim JU, Lee NH, Choi UK. 2022. Physicochemical characteristics of frankfurter sausage made with venison. Korean J Food Preserv 29(7):1120-1127.
23. Ko WC, Lee SR. 2015. Effect of immature *Citrus sunki* peel extract on neuronal cell death. KJMCS 23(2):144-149.
24. Korea Rural Economic Institute. Agricultural Outlook 2024: Chapter 14 fruit supply and demand trends and outlook, pp 539. Available from: <https://www.krei.re.kr/krei/index.do>. Accessed at Jan 25. 2024.
25. Ktari N, Trabelsi I, Bkhairia I, Triki M, Taktak MA, Moussa H, Nasri M, Salah RB. 2016. Using barley beta glucan, citrus, and carrot fibers as a meat substitute in Turkey meat sausages and their effects on sensory characteristics and properties. J Food Process Technol 7(9).
26. Kumar D, Mehta N, Chatli MK, Malav OP, Kumar P. 2019. Quality attributes of functional pork patties incorporated with kinnow (*Citrus reticulata*) pomace powder. J Anim Res 9(3):411-417.
27. Lee J, Sung JM, Cho HJ, Woo SH, Kang MC, Yong HI, Kim TK, Lee H, Choi YS. 2021. Natural extracts as inhibitors of microorganisms and lipid oxidation in emulsion sausage during storage. Food Sci Anim Resour 41(6):1060-1077.
28. Lee JR, Jung JD, Hah YJ, Lee JD, Jin SK, Lee CY, Sung NJ, Do CH. 2004. Effects of addition of citron peel powder on the quality characteristics of emulsion-type sausages. J Anim Sci Technol 46(5):849-858.
29. Lee KM, Lee SH, Kim HY. 2020. Effects of *Eutrema japonicum* powder addition on storage of pork sausage. J Korean Soc Food Sci Nutr 49(10):1130-1136.
30. Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. Korean J Food Sci Technol 44(5):540-544.
31. Mahmoud MH, Abou-Arab AA, Abu-Salem FM. 2017. Research article quality characteristics of beef burger as influenced by different levels of orange peel powder. Am J Food Technol 12(4):262-270.
32. Moon HS, Kim HY, Chun JY. 2019. Quality characteristics of emulsified sausages of chicken breast according to different types of animal fat. J Korean Soc Food Sci Nutr 48(4):433-440.
33. Nabi BG, Mukhtar K, Ahmed W, Manzoor MF, Ranjha MMAN, Kieliszek M, Bhat ZF, Aadil RM. 2023. Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as food colorants in food products. Food Biosci 52:102403.
34. Nieto G, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA, Peñalver R, Ros-Berruazo G, Viuda-Martos M. 2021. Valorization of citrus co-products: recovery of bioactive compounds and application in meat and meat products. Plants 10(6):1069.

35. Panahi Z, Khoshbakht R, Javadi B, Firoozi E, Shahbazi N. 2022. The effect of sodium alginate coating containing citrus (*Citrus aurantium*) and lemon (*Citrus lemon*) extracts on quality properties of chicken meat. *J Food Qual* 2022:1-9.
36. Powell MJ, Sebranek JG, Prusa KJ, Tarté R. 2019. Evaluation of citrus fiber as a natural replacer of sodium phosphate in alternatively-cured all-pork bologna sausage. *Meat Sci* 157:107883.
37. Reddy BV, Reddy GB, Mounika T, Mallika EN, Mishra BP, Muthukumar M, Rao BE. 2023. Effect of orange peel powder on quality characteristics of pork patties. *Indian Vet J.* 100(11):16-23.
38. Sayari N, Sila A, Balti R, Abid E, Hajlaoui K, Nasri M, Bougateg A. 2015. Antioxidant and antibacterial properties of *Citrus paradisi* barks extracts during turkey sausage formulation and storage. *Biocatal Agric Biotechnol* 4(4):616-623.
39. Sharaf-Eddin A, Adegoke S, Issa AT, Wilson C, Tahergorabi R 2020. Physicochemical changes of surimi gels with addition of different particle sizes of citrus peel fiber. *Journal of J Aquat Food Prod Technol* 29(10):1029-1040.
40. Shin DM, Kim YJ, Kim DH, Jung HS, Han SG, Han JH, Park HJ, Han SG. 2021. Quality characteristics of chia seed-added dry sausage for replacement of phosphate. *Food Life* 2021(3):99-105.
41. Simitzis P, Zikou F, Progoulakis D, Theodorou G, Politis I. 2021. A note on the effects of yoghurt acid whey marination on the tenderness and oxidative stability of different meat types. *Foods* 10(11):2557.
42. Whalin JG, Liu L, Rankin SA., Zhang W, Richards MP. 2022. Color stability and lipid oxidation in pork sausage as affected by rosemary extract and phospholipase A2: a possible role for depletion of neutral lipid hydroperoxides. *J Food Process Preserv* 46(4):e15997.
43. Younis K, Ahmad S, Malik MA. 2021. Mosambi peel powder incorporation in meat products: effect on physicochemical properties and shelf life stability. *Appl Food Res* 1(2):100015.
44. Zhang M, Wang Z, Wu J, Lu J, Liu D, Huang Y, Lu G. 2023. Effects of adding citrus fiber with different chemical compositions and physicochemical properties on the cooking yield of spiced beef. *Food Sci Technol* 176(6):114486.