



콜리플라워 분말의 첨가가 저지방 닭가슴살 소시지 품질에 미치는 영향

우민경¹ · 이선민² · 정슬기찬¹ · 전하연¹ · 한석희¹ · 김소은¹ · 정사무엘^{3*} · 조경^{2†}

¹충남대학교 동물자원과학부 석사과정생, ²충남대학교 동물자원과학부 박사 후 연구원, ³충남대학교 동물자원과학부 교수

Effects of the Addition of Cauliflower Powder on Low-Fat Chicken Breast Sausage Quality

Minkyung Woo¹, Seonmin Lee², Seul-Ki-Chan Jeong¹, Hayeon Jeon¹,
 Seokhee Han¹, Soeun Kim¹, Samooel Jung^{3*} and Kyung Jo^{2†}

¹Graduate Student, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

²Postdoctoral Researcher, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

³Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

ABSTRACT This study investigated the quality characteristics of low-fat chicken breast sausage with cauliflower powder to replace the fat. Cauliflower was freeze-dried and then ground into powder form. Sausagebatter was prepared separately according to the amount of fat and cauliflower powder added. 1) Control, sausage with 20% of pork fat, 2) LF, sausage with 3% of pork fat, 3) C0.5, sausage with 3% of pork fat and 0.5% of cauliflower powder, 4) C1.0, sausage with 3% of pork fat and 1.0% cauliflower powder. The prepared sausage batter was heated to a final internal temperature of 75 °C. The pH of sausage batter increased with the addition of cauliflower powder ($P<0.05$). Storage loss and cooking loss increased in low-fat samples but decreased as the amount of cauliflower powder added increased ($P<0.05$). The hardness measured on the 30th day of storage decreased in LF but increased with the content of cauliflower powder ($P<0.05$). The redness and yellowness of the sausage increased with the addition of cauliflower powder. The malondialdehyde content of chicken breast sausages decreased at C0.5 and C1.0 on the 30th day of storage. The sausages with cauliflower powder received lower scores in sensory evaluation ($P<0.05$). Therefore, the addition of cauliflower powder to low-fat chicken breast sausage reduced overall sensory acceptability but improved water-holding capacity and oxidative stability.

(Key words: chicken breast, cauliflower, low fat sausage, dietary fiber)

서 론

식육가공품은 양질의 단백질 공급과 함께 편리성을 부여 한다는 측면에서 우리의 식단에서 매우 중요한 역할을 하고 있으며, 소비량이 점차적으로 증가하고 있다(Ahmad et al., 2018; Godfray et al., 2018; Jeong et al., 2023a). 유허형 육가공 제품은 식육 가공품 시장에서 매우 큰 비중을 차지하는 육 제품으로 다량의 지방을 함유함에 따라 풍미 및 조직감 특 성이 좋으며, 포만감을 제공한다(Horita et al, 2011; Choi et al., 2016). 그러나, 과도한 지방의 섭취는 비만, 심근경색, 심장 병, 뇌출혈과 같은 만성질환을 유발할 수 있다(WHO, 2009). 따라서 건강식을 위해 저열량, 고단백 식품을 찾는 소비자 들이 많아지면서 육가공 식품을 비롯한 식품산업에서 저지

방 제품의 수요가 증가하고 있다.

저지방 육제품 제조를 위한 접근 방법으로 지방이 적은 식육을 선별하거나, 지방 대체 물질의 사용에 대한 연구들이 진행되고 있다. 이 중에서 지방 대체제의 첨가는 비교적 접근하기 쉽고 위험요소가 적기 때문에 주목받고 있는 기술이다(Colmenero, 1996; Grasso et al., 2014). 또한 지방 대체를 위한 단백질 소재로서 유청 및 대두 단백질의 이용이 선행 연구되었 으며, 식이섬유를 기반으로 한 탄수화물계 대체 물질 활용에 대한 연구들이 진행되고 있다(Tokusoglu et al., 2003; Santhi and Kalaikannan, 2014; Schmiele et al., 2015; Han and Bertram, 2017). 특히 식이섬유 소재의 이용은 부산물 기반 소재의 이용 시 비용 절감 및 부가가치 증진 측면에서 주목받고 있으며(Mehta et al., 2015), 식이섬유가 풍부하고 지방이 적게 함유

* To whom correspondence should be addressed : samooel@cnu.ac.kr, Kyung6321@cnu.ac.kr

된 식품은 비만과 대장암, 심혈관 질환 등과 같은 질병들의 가능성을 줄인다는 장점이 존재한다(NCI, 1984). 또한 식이섬유는 수분과 기름을 결합하는 효과를 가지기 때문에, 육제품의 보수력 및 조직감과 같은 관능적 특성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다(Schmiele et al., 2015; Jeong et al., 2023b).

콜리플라워는 천연물 중 다양한 기능을 가진 식품으로 알려져 있다. 대표적으로 섬유질이 풍부하고 칼슘과 인의 공급원이다(Baloch et al., 2015). 콜리플라워에 함유되어 있는 폴리페놀, 글루코시놀레이트는 질병의 예방과 관련이 있고 항산화 기능을 가지고 있어(Llorach et al., 2005; Podsedek, 2007; Cabello-Hurtado et al., 2012), 육제품의 품질 저하 원인 중 하나인 지질 산패 예방이 가능하다. 콜리플라워는 다량의 식이섬유를 함유하고 있음에 따라 육제품에서 수분 및 지방 포집이 가능하여 육제품에 첨가 시 조리 손실 감소, 수분 및 지방 유지율 증가로 인한 보수력이 개선된다(Abul-Fadl, 2012; El-Anany et al., 2020). 따라서, 콜리플라워의 첨가가 저지방 육제품의 품질 개선에 효과가 있을 것으로 기대되나, 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 한편, 닭가슴살의 경우 돈육과 비교하여 지방과 콜레스테롤 함량이 낮고 단백질 함량이 높음에 따라(Kralik et al., 2018), 저지방 육제품 원료육으로 주목받고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 닭가슴살을 이용한 저지방 소시지 제조 시 콜리플라워 분말의 첨가가 소시지의 품질에 미치는 영향을 평가하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 콜리플라워 분말 제조 및 항산화 활성 측정

실험에 사용된 콜리플라워는 현지 시장(Daejeon, Korea)에서 구입하여 세척 후 줄기와 꽃 부분을 동결건조기(Ilshin Co., Seoul, Korea)를 이용하여 동결 건조하였다. 건조된 콜리플라워를 믹서를 이용하여 분쇄하여 분말 형태로 만들었다.

콜리플라워 분말의 항산화 활성을 확인하기 위해 70% 메탄올 추출물을 제조하여 실험에 사용하였다. 항산화 활성은 총 페놀성 물질 함량, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 환원력을 통해 확인하였다.

페놀성 물질 함량 측정을 위해 시료 0.1 mL에 Folin-cio와 증류수를 1:2로 혼합한 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 첨가한 후 23°C에서 1분 반응시켰다. 반응물에 5% sodium carbonate 3 mL를 첨가하고 2시간 동안 23°C에서 반응시킨 후, 플레이트 리더(Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific, MA, USA)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정을 위해 시료 0.2 mL에 증류수 0.8 mL를 첨가한 후, 메탄올에 용해한 0.2 mM DPPH 1 mL를 혼합했다. 혼합물은 암실에서 30분간 반응한 뒤, 플레이트 리더(Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific, MA, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정했다.

ABTS 라디칼 소거능 측정을 위해 14 mM ABTS 용액과 4.9 mM Potassium persulfate 용액을 제조한 후 두 용액을 1:1로 혼합하여 암실에서 12~16시간 반응시켜 ABTS⁺ 라디칼을 제작하였다. 제조한 ABTS⁺ 라디칼은 사용 전, 에탄올에 희석하여 흡광도가 734 nm에서 0.70±0.02가 되도록 조절하였다. 시료 20 µL에 ABTS⁺ 라디칼 3 mL를 첨가한 후, 5분간 반응시켰다. 반응물의 흡광도는 플레이트 리더를 이용하여 734 nm에서 측정되었다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거능은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{라디칼 소거능(\%)} = \frac{[(\text{대조구의 흡광도} - \text{시료의 흡광도}) / \text{대조구의 흡광도}] \times 100}$$

환원력 측정을 위해 시료 0.5 mL와 pH 6.6으로 적정된 200 mM sodium phosphate buffer 0.5 mL, 1% potassium ferricyanide 0.5 mL를 혼합하였다. 혼합물을 항온수조를 이용해 50°C, 20분간 가열한 후 냉각하였다. 반응물에 10% TCA 0.5 mL를 첨가하였고, 원심분리기(1580 R, LABOGENE Co, Ltd., Lyngby, Denmark)를 이용하여 10,000 g에서 10분간 원심분리하였다. 상등액 0.5 mL에 증류수 0.5 mL와 0.1% Ferric chloride 0.2 mL를 혼합한 후, 암실에서 5분 동안 반응시켰다. 그 후 플레이트 리더를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

측정한 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 및 환원력은 EC₅₀ value로 나타내었다.

2. 닭가슴살 소시지 제조

현지 시장에서 구매한 냉동 닭가슴살(Daejeon, Korea)과 돼지 등지방은 소시지 반죽 제조 하루 전, 냉장 온도에서 해동되었고 식육 분쇄기(M-12S, Hankook Fugee Industries Co., Ltd., Hwaseong, Korea)를 이용하여 분쇄되었다. 소시지 반죽은 Bowl cutter(C4, Sirman SpA, Italia)를 이용하여 제작하였다.

소시지 반죽의 지방 함량과 콜리플라워 분말 함량에 따라 4개의 처리구로 제조되었다(Table 1). 돈지방을 20% 첨가한 시료를 control로 설정하고, 돈지방을 3% 첨가한 시료를 low fat (LF)로, 돈지방 3%에 콜리플라워 분말을 0.5%, 1.0% 첨가한 시료를 각각 C0.5, C1.0으로 설정하였다. Control과 비교하여 감소한 지방의 양은 수분으로 대체되어 첨가되었으며, 지방 함

Table 1. Formulation of low-fat chicken breast sausage

Ingredients	Control	LF	C0.5	C1.0
Chicken breast (%)	65	65	65	65
Pork fat (%)	20	3.0	3.0	3.0
Ice (%)	15	32	32	32
Total	100	100	100	100
NaCl (%)	1.5	1.5	1.5	1.5
Sodium pyrophosphate (%)	0.3	0.3	0.3	0.3
L-ascorbic acid (%)	0.05	0.05	0.05	0.05
Cauliflower powder (%)	0.0	0.0	0.5	1.0

량의 경우 한국 식품 등의 표시기준(제2009-78호)에서 저지방 제품의 표시 기준을 3%로 규정한 것에 근거하여 설정되었다.

제조한 소시지 반죽은 가열 전 4℃에서 12시간 동안 냉장 보관 하였다. 보관 후 steel can에 반죽을 40 g씩 담아 심부온도가 75℃가 되도록 항온수조를 이용하여 80℃에서 50분 가열 후 냉각하였다. 냉각 후 steel can을 제거하고 품질 분석을 위한 시료로 사용하였다. 각 처리구마다 임의로 3 개의 시료를 선택하여 진공포장한 후 4℃에서 30일간 저장하고 이후 품질 분석을 진행하였다.

3. 일반성분분석

닭가슴살 소시지의 일반성분 측정은 AOAC(2019)법에 따라 진행되었다. 단백질 함량은 Kjeldahl법, 조지방함량은 Soxhlet법, 조회분 함량은 550℃ 직접회화법, 수분함량은 상압건조법으로 분석하였다.

4. pH 측정

가열 전 반죽의 pH를 측정하였다. 각 시료 1 g과 증류수 9 mL를 균질기(T25 basic, IKA GmbH & Co. KG, Königswinter, Germany)를 이용하여 30초 균질했다. 균질물은 4,000 rpm에서 10분 동안 원심분리 후(1580 R, LABOGENE Co, Ltd., Lyngø, Denmark), 필터지(No. 4, Whatman, Maidstone, UK)에 내려진 상등액을 이용해 pH 측정기(SevenDirect SD20, Mettler-Toledo Intl Inc., Greifensee, Switzerland)를 통해 측정하였다.

5. 가열 감량 및 저장 감량

닭가슴살 소시지의 가열 감량은 가열 후 실온에 냉각한 시료에서 수분과 steel can을 제거한 후 무게를 측정하여, 가열 전 무게와 비교한 백분율(%)로 나타내었다.

닭가슴살 소시지의 저장 감량은 30일 보관한 시료에서 유

리된 수분을 제거한 후 무게를 측정하였으며, 저장 전 무게와 비교한 백분율(%)로 나타내었다.

6. 조직감

닭가슴살 소시지의 조직감은 2*2*1.5 cm로 정형한 후, 조직감 분석기(Model A-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 사용하여 분석하였다. 조직감 분석기에 직경 70 mm의 compression probe를 설치하고, 시료에 2 mm/s 속도로 2회 연속 압착이 가해지도록 설정하여 시료의 조직감을 측정하였다.

7. 지질산패도 측정

지질산패도는 Jung et al.(2016)의 방법에 따라 액체크로마토그래피를 통해 malondialdehyde 함량을 측정하여 분석하였다. 시료 3 g에 증류수 6 mL와 7.2% BHT in ethanol 50 µL를 첨가하여 16,000 rpm에서 30초 균질하였다(T25 basic; IKA GmbH & Co. KG, Staufen, Germany). 균질물 500 µL에 6 M NaOH 100 µL를 첨가한 다음, 항온 수조에서 60℃에 45분간 반응시켰다. 반응물은 상온에서 식힌 다음, Acetonitrile 1 mL를 첨가하고 10초 이상 vortexing하였다. 원심분리기(1730R, LABOGENE Co., Ltd., Lyngø, Denmark)를 이용하여 13,000 g에서 10분동안 원심분리를 하였고, 상등액 800 µL를 0.2 µm의 syringe filter(Whatman PLC, Maidstone, UK)로 여과하여 vial에 담은 다음 HPLC(1200 series, Agilent Technologies, USA)로 측정하였다. HPLC 분석을 위한 컬럼은 Atlantis T3 C18 RP column(4.6 mm × 250 mm, 5 µm particles)를 사용했고 이동상은 30 mM K₂HPO₄(phosphoric acid로 pH 6.2로 조정)를 사용하였으며 1.2 mL/분의 유속으로 흘러주며 10분간 분석을 진행했다. 시료 주입량은 50 µL로 하였고 컬럼 온도는 35℃, UV/VIS 파장은 254 nm 로 설정했다. 표준물질로 0.1 M HCl로 희석한 1,1,3,3-tetraethoxypropane 용액을 사용하였다(3.2 mM). Malondialdehyde의 함량은 mg MDA/kg으로 표시하였다.

8. 육색

닭가슴살 소시지의 육색은 색도계(CM-5, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 육색을 측정하였다. 절단면의 서로 다른 곳을 2회 측정 후 나온 평균값을 Spectra Magic Software(Minolta, Japan)를 통해 분석하였다. 명도(CIE L*), 적색도(CIE a*) 및 황색도(CIE b*)를 측정하였다.

9. 관능평가

관능평가는 실험실원 10명이 소시지의 색(color), 풍미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 종합적 기호도(acceptability)를 평가하였다. 시료는 일정한 크기로 잘라서 제공되었고, 한 시료를 섭취한 다음엔 물로 입안을 행구는 과정을 거쳤다. 매우 나쁘다(1점)부터 매우 좋다(9점)까지로 평가할 수 있는 척도법을 이용하였다.

10. 통계분석

본 연구는 모두 3번 반복(3배치)하여 수행되었으며 분석 결과를 완전 임의 배치법 하에 배치와 관능평가 요인을 임의 변수로 설정하여 SAS 프로그램(version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)의 mixed model을 통해 이루어졌다. 분석 결과는 평균(least-square mean), 평균값의 표준오차(standard error of the least-square means, SEM)로 나타내었다. 통계분석의 주 효과는 지방 함량 및 콜리플라워 분말 함량으로 하였으며, 주 효과에 대한 유의성 검정에는 Turkey의 다중검정법이 이용되었다($P < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 일반성분분석

소시지의 수분, 단백질, 지방, 회분 함량은 Table 2에 나타내었다. 단백질 함량은 모든 실험구에서 유의한 차이가 없

었다($P > 0.05$). 수분 함량은 control이 가장 낮았고 저지방 처리구 사이에는 유의한 차이가 없었다. 지방 함량은 control에서 유의적으로 가장 높았다($P < 0.05$). 이는 소시지 반죽 제조 시 저지방 처리구에서 지방을 줄이는 대신 물을 추가로 첨가한 것의 영향으로 생각된다. control과 비교하여 지방 함량을 줄인 LF에서 회분의 함량이 감소하였으나 콜리플라워 분말을 첨가한 C0.5와 C1.0에서는 대조구와 유의한 차이가 없었다. 이는 콜리플라워에 함유된 회분의 영향으로 생각된다. 콜리플라워는 건물기준으로 5.7~11.8 g/100 g 정도의 회분을 함유하고 있으며(Florkiewicz et al., 2014), El-Anany et al.(2020)의 연구에서 냉동 콜리플라워를 치킨 너겟에 첨가하였을 때 콜리플라워 첨가량이 증가할수록 회분의 양이 증가했다는 결과와 동일하다.

2. 소시지 반죽의 pH, 가열 감량 및 저장 감량

소시지 반죽의 pH는 반죽 내 식육 단백질의 접합 구조와 전하의 수에 영향을 주기 때문에 소시지의 보수력과 유화 안정성에 영향을 미친다(Sikes et al., 2009; Li et al., 2022). 가열 전 소시지 반죽의 pH는 지방 함량과 콜리플라워 분말의 첨가에 영향을 받았다(Table 3). 소시지 반죽에 첨가된 지방의 함량이 감소하면서 반죽의 pH가 유의적으로 감소하였다($P < 0.05$). 이는 돈육 소시지의 지방 함량을 감소시켰을 때, 소시지 반죽의 pH가 감소했다는 이전에 진행된 연구들의 결과와 동일했다(Yoo et al., 2007; Choi et al., 2014). 콜리플라워 분말 함량이 증가는 소시지 반죽의 pH를 유의적으로 증가시켰다($P < 0.05$). 콜리플라워 분말을 첨가하지 않은 LF 반죽의 pH는 6.39였으며 콜리플라워 분말 함량이 1.0%로 증가함에 따라 소시지 반죽의 pH가 6.46으로 증가했다. 돈육 미트볼에 콜리플라워 분말을 첨가한 기존 연구도 콜리플라워 분말의 첨가로 인한 반죽의 pH 증가를 보고했다(Banerjee et al., 2015). 본 연구에서 사용한 콜리플라워 분말의 pH는 6.96이

Table 2. Proximate composition of meat batter

Treatment	Moisture (%)	Fat (%)	Protein (%)	Ash (%)
Control	61.90 ^b	18.34 ^a	18.03	2.58 ^a
LF	77.14 ^a	2.96 ^b	17.75	2.49 ^b
C0.5	77.29 ^a	2.86 ^b	18.04	2.55 ^a
C1.0	77.21 ^a	3.35 ^b	17.60	2.60 ^a
SEM ¹	0.146	0.452	0.287	0.013

¹ Standard error of the least square mean (n=12).

^{a,b} Different letters within the same column represent significant differences ($P < 0.05$).

었으며(data not shown) 콜리플라워 자체의 높은 pH가 반죽의 pH 증가에 직접적인 영향을 준 것으로 생각된다. 소시지의 가열 감량은 control에서 4.73%로 가장 낮았으며, 저지방 처리구에서 가열 감량이 유의적으로 증가하였다(Table 3). 이는 소시지 반죽 제조 시 저지방 처리구에서 감소한 지방을 물로 대체한 영향으로 생각된다. 저지방 처리구에서 콜리플라워 분말 첨가량이 1%로 증가함에 따라 가열 감량이 10.13%에서 5.53%로 유의하게 감소하였다($P<0.05$). 저지방 소시지 제조 시 지방을 식이섬유로 대체한 이전 연구들에서도 콜리플라워, 차아 및 귀리와 같은 식이섬유 소재의 첨가는 제품의 가열 감량을 감소시키는 것으로 확인되었다(Pintado et al., 2018; El-Anany et al., 2020). 콜리플라워에는 셀룰로스, 헤미셀룰로스와 같은 섬유소가 건물기준 23.7~37.0% 함유되어 있으며(Florkiewicz et al., 2014), 이러한 식이섬유는 수분 및 지방과 결합하여 육제품의 보수력을 증가시킬 수 있다(Schmiele et al., 2015; Jeong et al., 2023b).

저장 중 발생한 감량(storage loss)은 대조구에서 가장 낮았으며 저지방 처리군 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 3). 하지만 가열 감량과 저장 감량의 합계인 전체 감량(total loss)에서 콜리플라워 분말 첨가량이 유의한 영향을 미쳤다($P<0.05$). 대조구와 비교하여 저지방 처리구에서 반죽 제조 시 첨가한 수분 함량의 증가와 유화안정성 저하로 인해 감량의 양이 유의적으로 높았으나, 콜리플라워 분말의 첨가를 통해 수분 손실에 의한 감량이 개선됨을 확인하였다. 따라서 콜리플라워 분말의 첨가로 보수력 및 유화안정성이 향상된 육가공품을 제조할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 육색

저장 30일차의 닭가슴살 소시지는 0일차에 비해 명도는 증가하였으며, 적색도 및 황색도는 감소하였다(Table 4, $P<0.05$). 조리된 육류의 육색은 산화 안정성, pH 및 저장 조

건 등에 영향을 받아 변화할 수 있다(Suman et al., 2016). 이전 연구에서 저장에 따른 명도 증가, 적색도 및 황색도의 감소에 대해 일치하는 결과들이 보고되었다(Zhang et al., 2013; Jung et al., 2015; Seo et al., 2015).

닭가슴살 소시지에서 지방 함량이 감소함에 따라 명도가 증가하고, 적색도와 황색도는 감소했다($P<0.05$). 저지방 처리구의 명도 증가는 소시지 제조 시 반죽에 첨가된 수분의 양이 증가하면서 더 많은 광산란이 발생하였기 때문으로 사료된다(Henning et al., 2016). 또한 저지방 처리구에서 낮은 적색도는 보수력과 관련이 있을 수 있다. 이전 연구에서 낮은 보수력의 닭가슴살이 높은 보수력의 닭가슴살보다 낮은 적색도를 나타낸다고 보고되었다(Bowker and Zhuang, 2015). 저지방 처리구의 황색도의 감소는 지방 함량의 감소에 의한 것으로 보인다. 이는 Zhao et al.(2018)의 연구에서 돈육 유화형 소시지의 지방 함량을 줄였을 때 황색도가 감소한 것과 같은 결과였다. 저지방 처리구에서 콜리플라워 분말을 1.0% 첨가하였을 때 적색도와 황색도가 유의적으로 증가했다($P<0.05$). 이는 소시지에 첨가된 콜리플라워 분말의 색이 노란빛을 띠는 흰색인 것과 콜리플라워의 첨가로 인해 발생한 소시지의 수분 손실 차이에 의한 영향이었을 것으로 생각된다.

4. 조직감

저장 0일차의 경도는 지방을 20% 첨가한 대조구에서 가장 높았다(Table 4, $P<0.05$). 이는 저지방 처리구에서 수분이 추가적으로 첨가되면서 부드러운 조직감을 형성한 결과로 보이며, 저지방 육제품과 관련된 연구에서 유사한 결과가 보고되었다(Henning et al., 2016; Zhao et al., 2018). 저지방 처리군에서 콜리플라워 분말의 첨가는 저장 0일 차에서 조직감에 유의적인 영향은 없었으나, 콜리플라워 분말의 첨가량이 1.0%일 때 경도가 증가하는 경향을 보였다. 저지방 육제품에서 식이섬유 소재를 사용했을 때 경도가 증가한다는 연

Table 3. pH of meat batter and cooking loss, storage loss, and total loss of low-fat chicken breast sausage

Treatment	pH	Cooking loss (%)	Storage loss (%)	Total loss (%)
Control	6.40 ^c	4.73 ^d	3.90 ^b	8.63 ^d
LF	6.39 ^d	10.13 ^a	7.82 ^a	17.95 ^a
C0.5	6.43 ^b	8.44 ^b	7.77 ^a	16.22 ^b
C1.0	6.46 ^a	5.53 ^c	7.48 ^a	13.01 ^c
SEM ¹	0.002	0.191	0.221	0.181

¹ Standard error of the least square mean (n=12).

^{a-d} Different letters within the same column represent significant differences ($P<0.05$).

Table 4. Color (L*, a*, b* value) and hardness (N) of low-fat chicken breast sausage

	Treatment	0 d	30 d	SEM
L*	Control	79.70 ^{cY}	81.89 ^{aX}	0.077
	LF	80.00 ^{bY}	81.29 ^{bX}	0.053
	C0.5	80.31 ^{aY}	81.40 ^{bX}	0.053
	C1.0	79.90 ^{bcY}	81.04 ^{cX}	0.035
	SEM ¹	0.064	0.045	
a*	Control	1.96 ^{aX}	1.21 ^{aY}	0.044
	LF	1.65 ^{cX}	0.72 ^{cY}	0.035
	C0.5	1.69 ^{bcX}	0.82 ^{bcY}	0.023
	C1.0	1.79 ^{bX}	0.93 ^{bY}	0.018
	SEM ¹	0.030	0.038	
b*	Control	13.33 ^{aX}	12.41 ^{aY}	0.037
	LF	12.45 ^{bX}	11.72 ^{cY}	0.060
	C0.5	12.71 ^{bX}	11.96 ^{bY}	0.115
	C1.0	13.20 ^{aX}	11.79 ^{bcY}	0.102
	SEM ¹	0.105	0.056	
Hardness (N)	Control	109.06 ^{aX}	97.08 ^{aY}	3.655
	LF	65.18 ^{bY}	83.52 ^{cX}	0.426
	C0.5	70.53 ^{bY}	85.12 ^{cX}	3.188
	C1.0	72.22 ^{bY}	90.02 ^{bX}	1.030
	SEM ¹	3.501	2.239	

¹ Standard error of the least square mean (n=12).

^{a-c} Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($P<0.05$).

^{X,Y} Different capital letters in the same row indicate significant differences between means ($P<0.05$).

구 결과들이 보고되고 있다(Santhi and Kalaikannan, 2014; Zhao, 2018). 이는 콜리플라워의 섬유소가 겔 구조 내 공간에 위치하여 겔 구성요소 사이의 연결을 촉진하고 강화하여 더 단단한 겔을 형성하도록 도움을 주기 때문일 수 있다(Zhao et al., 2019). 저장 30일 후 경도는 대조구를 제외한 저지방 처리군에서 모두 유의적으로 증가했다($P<0.05$). 수분은 식육 매트릭스 구조 내에서 연화제 역할을 하며 저장 중 수분의 손실로 인해 경도가 증가할 수 있다(Andres et al., 2009). 따라서, 저장 후 경도의 증가는 저장 중 발생한 수분의 손실에 의한 결과로 생각된다. 저장 30일차에 저지방 처리구에서 콜리플라워 분말의 함량이 1.0%로 증가함에 따라 경도가 유의적으로 증가했다($P<0.05$). 이러한 결과는 콜리플라워의 식이 섬유에 의한 수분 손실의 방지에 의한 것으로 생각된다. 콜

리플라워 분말의 사용은 저장 중 수분의 손실을 억제하여 겔 강도 유지에 도움을 주는 것으로 보인다. 따라서 저지방 육제품에서 지방을 수분으로 대체하는 경우 발생할 수 있는 경도의 감소를 식이섬유 소재 첨가를 통해 일부 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 지질산패도

지질 산패는 식품의 색, 풍미, 조직감 특성, 영양가 등에 영향을 주기 때문에 육제품에서 이를 억제하는 것이 중요하며, malondialdehyde는 지질산패도를 측정할 수 있는 지표 중 하나이다(Amaral et al., 2018). 따라서 소시지의 지질 산패도를 측정하기 위해 액체크로마토그래피를 통해 malondialdehyde(MDA) 함량을 측정하였다(Table 5). 저장 0일차에 첨가된 지방의 양

Table 5. Malondialdehyde (MDA) content (mg/kg) of low-fat chicken breast sausage

Treatment	0 d	30 d	SEM
Control	0.28 ^{aX}	0.20 ^{aY}	0.006
LF	0.23 ^{bX}	0.18 ^{aY}	0.005
C0.5	0.21 ^{bX}	0.14 ^{cY}	0.008
C1.0	0.20 ^{bX}	0.16 ^{bY}	0.005
SEM ¹	0.007	0.004	

¹ Standard error of the least square mean (n=12).

^{a,b} Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($P<0.05$).

^{x,y} Different capital letters in the same row indicate significant differences between means ($P<0.05$).

이 많은 control에서 유의적으로 가장 높은 MDA 수치를 보였다($P<0.05$). 저지방 처리군의 경우 콜리플라워 분말 첨가에 따른 유의적인 효과는 없었으나 MDA 함량이 감소하는 경향을 보였다. 소시지를 30일동안 냉장 저장함에 따라 모든 처리구에서 MDA 수치가 유의적으로 감소하였다. 닭고기, 돈육 소시지, 냉장 고등어와 같이 다양한 식품에서 저장 중 MDA가 감소함이 보고되었다(de Azevedo Gomes et al., 2003; Georgantelis et al., 2007; Goulas and Kontominas, 2007). 저장 중 MDA의 감소는 MDA와 단백질의 상호작용 또는 추가적인 산화 반응으로 인해 MDA가 유기 알코올과 산으로 분해된 결과일 수 있다(Georgantelis et al., 2007). 저장 30일 차에 저지방 처리군에서 콜리플라워 분말을 첨가했을 때 유의적으로 MDA 함량이 감소했다. 이는 콜리플라워 분말의 항산화 활성에 의한 효과로 생각된다. 콜리플라워에는 폴리페놀, 글루코시놀레이트가 함유되어 있어 항산화 활성을 보인다고 알려져 있다(Llorach et al., 2005; Podsedek, 2007; Cabello- Hurtado et al., 2012). 본 실험에 사용된 콜리플라워 분말의 페놀릭 물질 함량은 95.67 g GAE/kg이었으며 DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 및 환원력의 EC₅₀ 값은 각각 5.47 g/kg, 19.54 g/kg, 및 2.60 g/kg

이었다(data not shown). 한편, 저장 30일차에서 콜리플라워 분말의 함량이 0.5에서 1.0%로 증가하면서 MDA 함량이 0.14에서 0.16 mg/kg으로 유의적으로 증가했다. Klinhom et al.(2017)은 MDA가 물과 함께 용해될 수 있기 때문에 가열 중 발생하는 수분 손실은 낮은 MDA 함량을 이끌 수 있다고 보고했다. 앞선 감량 결과에서 수분의 손실은 C0.5에서 C1.0보다 유의하게 높았으며 빠져나온 수분 내 MDA 일부가 용해되어 소실되었을 수 있다. 결론적으로 콜리플라워 분말의 첨가는 저지방 닭가슴살 소시지에서 발생하는 지질 산화를 효과적으로 억제할 수 있음을 확인하였다.

6. 관능평가

저지방 닭가슴살 소시지의 관능평가 결과, 소시지의 색, 풍미, 맛, 조직감, 및 종합적 기호도 모두 대조구, LF, 콜리플라워 0.5, 1.0% 처리구 순으로 나타났다(Table 6). 색의 경우 비교적 점수 차이가 적었지만, 콜리플라워를 첨가한 처리구가 대조구에 비해 모두 유의적으로 낮은 점수를 받았다($P<0.05$). 이전 연구에서 천연물을 식육가공품에 첨가 시 천연물 자체의 맛과 향으로 인해 제품의 관능적 특성이 저하

Table 6. Sensory evaluation of low-fat chicken breast sausage

Treatment	Color	Flavor	Taste	Texture	Acceptability
Control	5.53 ^a	6.40 ^a	6.53 ^a	6.47 ^a	6.60 ^a
LF	5.33 ^{ab}	5.83 ^a	5.73 ^b	5.00 ^b	5.57 ^b
C0.5	5.17 ^{ab}	4.70 ^b	4.43 ^c	4.70 ^{bc}	4.63 ^c
C1.0	5.00 ^b	3.67 ^c	3.37 ^d	4.10 ^c	3.60 ^d
SEM ¹	0.286	0.303	0.348	0.313	0.302

¹ Standard error of the least square mean ($P<0.05$).

^{a-c} Different small letters in the same column indicate significant differences between means ($P<0.05$).

된다는 결과가 보고되었다(Jung et al., 2015). 본 실험에 사용된 콜리플라워 또한 소비자들에게 익숙하지 않은 맛과 풍미로 인해 낮은 기호도가 나타난 것으로 생각된다. 저지방 닭가슴살 소시지에 콜리플라워 분말의 사용은 보수력, 지질산화 측면에서 기능적 특성을 개선시켰지만 관능적 품질을 저하시켰다. 따라서 콜리플라워 분말 첨가 시 관능적 품질의 저하를 개선할 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 콜리플라워 분말의 첨가가 저지방 닭가슴살 소시지에 미치는 품질 특성을 알아보기 위해 수행되었다. 콜리플라워 분말의 첨가는 소시지 반죽의 pH를 상승시켰으며 ($P<0.05$), 가열 감량 및 저장 감량의 총합을 감소시켰다 ($P<0.05$). 저지방 처리군에서 첨가된 수분의 증가로 인해 낮은 경도를 나타냈으며, 저장 중 수분 손실로 인해 대조구를 제외한 모든 처리군에서 경도가 증가하였다. 콜리플라워 분말의 첨가는 저장 30일차에서 MDA 생성을 유의적으로 감소시켰다. 관능평가 결과, 모든 평가항목에서 콜리플라워를 첨가한 처리군이 대조구에 비해 유의적으로 낮은 평가를 받았다($P<0.05$). 따라서 본 연구 결과, 콜리플라워 분말을 이용하여 보수력과 지질 산패도가 개선된 저지방 닭가슴살 소시지의 제조가 가능할 것으로 생각되나, 콜리플라워 분말을 첨가한 저지방 닭가슴살 소시지의 관능적 특성에 대한 소비자의 기호도가 낮기 때문에 추가적인 연구 및 개발이 필요할 것으로 사료된다.

(색인어 : 닭가슴살, 소시지, 콜리플라워, 저지방소시지, 식이섬유)

사 사

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술평가원(IPET)의 고부가가치식품기술개발사업(과제번호: RS-2024-00398457)의 지원을 받아 수행되었습니다.

ORCID

Minkyung Woo <https://orcid.org/0009-0007-5885-8340>
 Seonmin Lee <https://orcid.org/0000-0002-5713-1795>
 Seul-Ki-Chan Jeong <https://orcid.org/0000-0002-2163-8340>
 Hayeon Jeon <https://orcid.org/0009-0006-3741-7696>
 Seokhee Han <https://orcid.org/0009-0006-0816-3471>

Soeun Kim <https://orcid.org/0009-0008-5794-0198>
 Samooel Jung <https://orcid.org/0000-0002-8116-188X>
 Kyung Jo <https://orcid.org/0000-0002-3006-5396>

REFERENCES

- Abul-Fadl MM 2012 Nutritional and chemical evaluation of white cauliflower by-products flour and the effect of its addition on beef sausage quality. *J Appl Sci Res* 8(2):693-704.
- Ahmad RS, Imran A, Hussain MB 2018 Nutritional composition of meat. Pages 61-75 In: *Meat Science and Nutrition*. Arshad M Sed. United Kingdom, London.
- Andres SC, Zaritzky NE, Califano AN 2009 Innovations in the development of healthier chicken sausages formulated with different lipid sources. *Poult Sci* 88(8):1755-1764.
- Amaral AB, Silva MVD, Lannes SCDS 2018 Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors-a review. *Food Sci Technol* 38:1-15.
- Baloch AB, Xia X, Sheikh SA 2015 Proximate and mineral compositions of dried cauliflower (*Brassica oleracea L.*) grown in Sindh, Pakistan. *Food Nutr Res* 3(3):213-219.
- Banerjee R, Verma AK, Narkhede HP, Kokare PG, Manjhi A, Bokde PM 2015 Cauliflower powder in pork meatballs: effects on quality characteristics and oxidative stability. *Fleischwirtschaft Int* 1:97-102.
- Bowker B, Zhuang H 2015 Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat. *Poult Sci* 94(7):1657-1664.
- Cabello-Hurtado F, Gicquel M, Esnault MA 2012 Evaluation of the antioxidant potential of cauliflower (*Brassica oleracea*) from a glucosinolate content perspective. *Food Chem* 132(2):1003-1009.
- Choi YS, Sung JM, Jeong TJ, Hwang KE, Song DH, Ham YK, Kim CJ 2016 Effect of irradiated pork on physico-chemical properties of meat emulsions. *Radiat Phys Chem Oxf Engl* 119:279-281.
- Colmenero FJ 1996 Technologies for developing low-fat meat products. *Trends Food Sci Technology* 7(2):41-48.
- de Azevedo Gomes H, Da Silva EN, do Nascimento MRL, Fukuma HT 2003 Evaluation of the 2-thiobarbituric acid method for the measurement of lipid oxidation in mechani-

- cally deboned gamma irradiated chicken meat. *Food Chem* 80(3):433-437.
- El-Anany AM, Ali RF, Elanany AM 2020 Nutritional and quality characteristics of chicken nuggets incorporated with different levels of frozen white cauliflower. *Ital J Food Sci* 32(1):45-59.
- Florkiewicz A, Filipiak-Florkiewicz A, Topolska K, Cieřlik E, Kostogrys RB 2014 The effect of technological processing on the chemical composition of cauliflower. *Ital J Food Sci* 26(3).
- Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T, Hall JW, Key TJ, Lorimer J, Jebb SA 2018 Meat consumption, health, and the environment. *Science* 361(6399):eaam5324.
- Goulas AE, Kontominas MG 2007 Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on the shelf-life of refrigerated chub mackerel (*Scomber japonicus*): biochemical and sensory attributes. *Eur Food Res Technol* 224:545-553.
- Grasso S, Brunton NP, Lyng JG, Lalor F, Monahan FJ 2014 Healthy processed meat products-Regulatory, reformulation and consumer challenges. *Trends Food Sci Technol* 39(1):4-17.
- Han M, Bertram HC 2017 Designing healthier comminuted meat products: effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system. *Meat Sci* 133:159-165.
- Henning SSC, Tshalibe P, Hoffman LC 2016 Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *J Food Sci and Technol* 74:92-98.
- Horita CN, Morgano MA, Celeghini RMS, Pollonio MAR 2011 Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. *Meat Sci* 89(4):426-433.
- Jeong SKC, Lee S, Jo K, Choi YS, Jung S 2023a Quality properties of pork gel manufactured by the pork treated with high hydrostatic pressure without phosphate. *Food Life* 1:29-38.
- Jeong HG, Jo K, Lee S, Yong HI, Choi YS, Jung S 2023b Characteristics of pork emulsion gel manufactured with hot-boned pork and winter mushroom powder without phosphate. *Meat Sci* 197:109070.
- Jung S, Kim HJ, Park S, Yong HI, Choe JH, Jeon HJ, Jo C 2015 The use of atmospheric pressure plasma-treated water as a source of nitrite for emulsion-type sausage. *Meat Sci* 108:132-137.
- Jung S, Nam KC, Jo C 2016 Detection of malondialdehyde in processed meat products without interference from the ingredients. *Food Chem* 209:90-94.
- Klinhom P, Klinhom J, Methawiwat S 2017 Effect of different cooking method on cooking loss and lipid oxidation in buffalo meat. *Appl Mech Mater* 855:70-74.
- Kralik G, Kralik Z, Grčević M, Hanžek D 2018 Quality of chicken meat. Pages 63-96 In: *Animal Husbandry and Nutrition*. Yucel B, Taskin Ted. United Kingdom, London.
- Li YP, Zou XL, Kang ZL, Ma HJ 2022 Effect of sodium bicarbonate on techno-functional and rheological properties of pale, soft, and exudative (PSE) meat batters. *Meat Sci* 194:108990.
- Llorach R, Tomás-Barberán FA, Ferreres F 2005 Functionalisation of commercial chicken soup with enriched polyphenol extract from vegetable by-products. *Eur Food Res Technol* 220:31-36.
- Mehta N, Ahlawat SS, Sharma DP, Dabur RS 2015 Novel trends in development of dietary fiber rich meat products-a critical review. *J Food Sci Technol* 52:633-647.
- Podsedek A 2007 Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: a review. *LWT-Food Sci Technol* 40:1-11.
- Santhi D, Kalaikannan A 2014 The effect of the addition of oat flour in low-fat chicken nuggets. *J Nutr Food Sci* 4(1):1.
- Schmiele M, Mascarenhas MCCN, da Silva Barretto AC, Pollonio MAR 2015 Dietary fiber as fat substitute in emulsified and cooked meat model system. *J Food Sci Technol* 61(1):105-111.
- Seo HW, Kang GH, Cho SH, Van Ba H, Seong PN 2015 Quality properties of sausages made with replacement of pork with corn starch, chicken breast and surimi during refrigerated storage. *Korean J Food Sci An* 35(5):638.
- Sikes AL, Tobin AB, Tume RK 2009 Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters. *Innov Food Sci Emerg Technol* 10(4):405-412.
- Suman SP, Nair MN, Joseph P, Hunt MC 2016 Factors

- influencing internal color of cooked meats. *Meat Sci* 120:133-144.
- Tokusoglu Ö, Ünal MK 2003 Fat replacers in meat products. *Pak J Nutr* 2(3):196-203.
- World Health Organization, Public Health Agency of Canada 2005 Preventing Chronic Diseases: A Vital Investment. World Health Organization, Geneva.
- Yoo SS, Kook SH, Park SY, Shim JH, Chin KB 2007 Physicochemical characteristics, textural properties and volatile compounds in comminuted sausages as affected by various fat levels and fat replacers. *Int J Food Sci Tech* 42(9):1114-1122.
- Zhang L, Lin YH, Leng XJ, Huang M, Zhou GH 2013 Effect of sage (*Salvia officinalis*) on the oxidative stability of Chinese-style sausage during refrigerated storage. *Meat Sci* 95(2):145-150.
- Zhao Y, Hou Q, Zhuang X, Wang Y, Zhou G, Zhang W 2018 Effect of regenerated cellulose fiber on the physicochemical properties and sensory characteristics of fat-reduced emulsified sausage. *LWT-Food Sci Technol* 97:157-163.
- Zhao Y, Zhou G, Zhang W 2019 Effects of regenerated cellulose fiber on the characteristics of myofibrillar protein gels. *Carbohydr Polym* 209:276-281.
-
- Received Apr. 10, 2024, Revised May. 8, 2024, Accepted May. 10, 2024