

## 식물성 지방 비드가 돈육 패티의 이화학적 및 관능적 특성에 미치는 영향

김해산나 · 정혜승 · 이지선 · 최미정\*

건국대학교 축산식품생명공학과

### Effects of Plant-Based Fat Beads on the Physicochemical and Sensory Properties of Pork Patty

Haesanna Kim, Hyeseung Jeong, Jiseon Lee, and Mi-Jung Choi\*

Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University

#### Abstract

This study aimed to evaluate the effect of pork backfat replacement using a canola oil emulsion and emulsion beads on pork patty's physicochemical and sensory properties. Formulations of partially fat replacements were processed: control (C), canola oil (O), canola oil, water, and emulsifier (EC), emulsion (E), low-fat (LF), hydrogel bead (BC), emulsion bead (EB). Compared with the C, the hardness, springiness, gumminess, and chewiness showed significantly reduced in all samples ( $p < 0.05$ ). The bead-treated group showed the lowest shrinkage value ( $p < 0.05$ ) and was similar to the appearance of the C. Moreover, the bead-treated group showed significantly reduced cooking loss and increased water holding capacity than the C ( $p < 0.05$ ). These results were affected at sensorial preference, and the emulsion bead-added patty scored high in tenderness, juiciness, and overall acceptability. In conclusion, the fat replacement with plant-based fat beads showed feasibility for low-fat technology application in meat products.

**Key words:** pork patty, vegetable oil, plant-based fat replacement, emulsion, emulsion bead

## 서 론

동물성 지방 내에 포함되어 있는 포화지방산의 과도한 섭취는 고혈압, 심장 질환, 비만 등 질환의 발병 위험성을 증가시킬 수 있다(Moon et al., 2008). 이에 따라 지방을 다량 함유한 육류 제품의 영양학적 단점을 보완하기 위하여(Colmenero, 2000; Santos et al., 2020), 다양한 저지방 제품의 개발이 진행되고 있다(Bastos et al., 2014). 그러나 동물성 지방은 육제품 내에서 맛과 향, 제품 물성에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Osuna et al., 2018). 따라서, 동물성 지방이 부여하는 풍미, 다즙성, 조직감 등의 조직적, 관능적 특성을 유지하면서 육제품의 지방 함량을 감소시키는 동물성 지방 대체제 연구의 필요성이 강조된다.

동물성 지방 대체 방법으로는 1) 다당류를 이용하여 저

지방 제품의 기능적 특성을 높이는 방법과 2) 식물성 유지를 직접적으로 또는 다른 대체물과 혼합하여 대체하는 방법, 그리고 3) 식물성 유지로 제조된 에멀전으로 대체하는 방법 등이 있다.

다당류를 지방 대체제로 사용한 연구에는 햄버거 패티 내 지방을 아라비아검, 펙틴, 과일 껍질 분말 등으로 대체하여 지질 산화를 방지하고 관능적 손상이 감소된 무지방 패티를 제조한 연구(Mousa, 2021)가 있다.

식물성 유지로 대체하는 연구에는 햄버거 패티 제조 시 올리브유, 옥수수유, 대두유, 해바라기유 등으로 동물성 지방을 50% 대체했을 때 칼로리 감소, 가열감량, 크기 및 두께 감소율의 감소 등의 효과를 확인한 연구(Park et al., 2005), 고도불포화지방산 고함량 식물성 유지의 대체로 영양적 가치를 확인한 연구(Palarini et al., 2019) 등이 있다.

식물성 에멀전으로 대체하는 방법으로 Luo et al. (2019)의 연구에서 tea polyphenol-palmitate 입자를 첨가한 O/W 에멀전을 유지 향산화와 에멀전 안정화가 높은 지방 대체 방법을 제시하였으며, Kim et al. (2019)은 다양한 액상 재료와 유화액의 특성 비교를 통해 관능적으로 부드러움이 증가된 식물성 고기를 제조하였다. Okuro et al. (2019)는 W/O 에멀전을 지방 대체제로 사용하기 위해 레시틴과 polyglycerol polyricinoleate 비율을 0.5:1.5 조정하여 안정

\*Corresponding author: Mi-Jung Choi, Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Sanghuh College of Life Sciences, Konkuk University, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 05029, Korea.

Tel: +82-2-450-3048

E-mail: choimj@konkuk.ac.kr

Received August 9, 2021; revised August 18, 2021; accepted August 20, 2021

적인 대체물을 제조하였고 Santos et al. (2020)은 대나무 섬유, 이눌린, 폴리덱스트로스, 알파 사이클로덱스트린을 에멀전에 적용하고 지방 대체 특성을 비교한 결과를 통해 대나무 섬유와 이눌린이 에멀전의 안정성을 높이고 대체제로의 사용 가능성을 확인하였다. 이러한 식물성 유지를 이용한 지방 대체 방법들은 불포화지방산이 풍부하여 기존 육제품의 영양학적 단점을 개선할 수 있다(Palarini et al., 2019). 하지만 이러한 대체 방법은 고체 형태인 동물성 지방의 물리적인 특성인 가소성을 보완하지 못하기 때문에 조직감이 감소하고 다즙성, 조리 수율 등의 감소로 관능적 품질이 저하되는 한계를 가진다(Johnson, 2000; Baek et al., 2016). 따라서 식물성 오일의 영양학적 장점은 유지하면서 대체물이 구조화된 매트릭스를 형성하고 다즙성 개선을 위한 수분 보유 능력을 가지는 것에 대한 연구가 필요하다(Savadkoohi et al., 2014).

알지네이트는  $\beta$ -D-mannuronic acid과  $\alpha$ -L-glucuronic acid가 1,4 결합으로 구성된 선형 비분지형 천연 다당류이며(Khazaeli et al., 2008), 2가 양이온 첨가에 의해 입자 형태의 겔을 형성한다(Lui et al., 2003). 이러한 하이드로겔은 높은 수준의 유체를 보유 또는 흡수할 수 있는 능력을 보유한다는 특징이 있다(Peppas et al., 2000). 일반적으로 알지네이트 비드는 제약 분야에서 약물을 캡슐화하여 표적 부위에서 효과를 낼 수 있도록 하는 약물 전달 방법(Supramaniam et al., 2016), 또는 기능성 생리 활성 화합물을 캡슐화하여 안정화하거나(Qin et al., 2018), 바람직하지 않은 향이나 맛을 마스킹 하기 위해 사용된다(Almurisi et al., 2020). 하지만 알지네이트 비드의 유체 보유력이나 흡수력 등 장점을 활용하여 식품에 직접 적용하거나 식물성 기반 에멀전을 활용한 알지네이트 비드를 지방을 대체하는 형태로 사용된 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 동물성 지방 대체제로써 식물성 지방으로 제조된 에멀전과 비드를 첨가하여 돈육 패티에 적용하여 물리화학적 특성을 분석하고 질감을 포함한 관능 특성에 미치는 영향을 평가하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 연구에서 사용된 돼지고기 뒷다리살과 등지방은 식육 전문 매장(Seoul, Korea)에서 분쇄하여 구입하였다. 알긴산나트륨(Duksan, Ansan, Korea), 피로인산나트륨, 염화칼슘(Daejung, Siheung, Korea), 카놀라유 (Haepyo, Seoul, Korea), Tween 80® (Daejung)를 사용하였다.

### 에멀전 및 에멀전 비드 제조

에멀전은 1% (w/w) 피로인산나트륨과 1% (w/w) Tween 80®를 증류수에 넣어 분산시키고, 이를 카놀라유와 6:4 (w/w) 비율로 혼합하여 고속 균질기(IKAT25, Digital ULTRA-TURRAX®, Staufen, Germany)로 15,000 rpm에서 5분간 균질화하여 준비하였다.

비드 제조를 위한 에멀전은 1% (w/w) 피로인산나트륨과 1% (w/w) Tween 80®과 1% (w/w) 알긴산나트륨을 증류수에 넣어 분산시키고, 카놀라유와 6:4 (w/w) 비율로 혼합하여 고속 균질기(IKAT25, Germany)를 사용하여 15,000 rpm에서 5분간 균질하여 제조하였다. 비드 제조(Lupo et al., 2015; Aguirre Calvo & Santagapita, 2016)는 2% (w/v) 염화칼슘용액에 에멀전 또는 1% (w/w) 알긴산나트륨용액을 떨어뜨려 평균 직경 3 mm로 제조하였으며, 20분간 반응한 후, 증류수로 세척하여 에멀전 비드 및 하이드로겔 비드로 사용하였다.

### 돈육 패티 제조

돈육 패티의 제조 방법은 Lee et al. (2020)의 방법을 수정하여 사용하였다. 돈육 패티에 포함된 재료와 식물성 지방 대체제의 배합비는 Table 1에 나타내었다. 각각의 배합 비율로 재료를 계량한 뒤, 혼합 반죽기(Model 5K5SS, Kitchen aid, St. Joseph, MI, USA)로 3분간 반죽하였다. 비드 처리구의 돈육 패티 제조에서는 하이드로겔 비드와 에멀전 비드를 제외한 재료를 먼저 2분간 혼합한 후, 비드를 반죽에 첨가하여 1분간 혼합하여 제조하였다. 제조된

**Table 1. The formulation of pork patty with various plant-based fat replacements**

Treatments*	Patty ingredients (%)				Additives ingredients (%)					Total (%)
	Fresh meat	Pork fat	Water	Salt	Sodium alginate	Sodium pyrophosphate	Tween 80®	Distilled water	Canola oil	
C	74.00	20.00	5.00	1.00	-	-	-	-	-	100.00
O	74.00	10.00	5.00	1.00	-	-	-	-	10.00	100.00
EC	74.00	10.00	5.00	1.00	-	-	0.06	5.94	4.00	100.00
E	74.00	10.00	5.00	1.00	-	-	0.06	5.94	4.00	100.00
LF	74.00	10.00	5.00	1.00	-	-	-	-	-	90.00
BC	74.00	10.00	5.00	1.00	0.06	0.06	-	9.88	-	100.00
EB	74.00	10.00	5.00	1.00	0.06	0.06	0.06	5.82	4.00	100.00

\*C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.

돈육 패티 반죽을 80 g씩 원형틀(지름 × 높이, 90 × 15 mm)을 이용하여 성형한 후, 180°C로 예열된 오븐에서 14분간 조리하였다. 조리된 돈육 패티는 상온(25°C)에서 충분히 방랭한 뒤에 분석 시료로 사용하였다.

**외관**

돈육 패티의 외관은 시료를 검은색 판 중앙에 놓고 카메라(EOS 100D, Canon, Tokyo, Japan)를 이용하여 윗면과 단면을 측정하였다.

**색도**

돈육 패티의 색도는 표준 백색판(L\*=96.06, a\*=-0.38, b\*=1.23)으로 보정된 색차계(CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 밝기를 나타내는 L\*값, 양의 값은 적색도, 음의 값은 녹색도를 나타내는 a\*값, 양의 값은 황색도, 음의 값은 청색도를 나타내는 b\*값을 측정하였다. 실험 결과는 시료별로 각각 5회 반복 측정하였으며, 평균값과 표준편차로 나타내었다.

**수분함량**

수분함량은 AOAC 방법(1990)에 준하여 105°C 상압가열건조법을 사용하여, 3회 반복하여 측정하였다.

**조지방함량**

조지방함량은 AOAC 방법(1990)에 준하여 3회 반복하여 측정하였으며, 산분해법을 사용하였다.

**조리 특성**

조리 특성은 Lucas-González et al. (2019)의 시험 방법에 따라 조리손실(cooking loss), 직경 및 두께 변화(diameter reduction, thickness reduction)를 측정하였다. 조리손실은 각 패티의 조리하기 전의 무게와 조리 후 방랭한 시료의 무게를 측정하여 계산하였다. 직경 및 두께 변화는 각각 패티의 조리하기 전과 조리 후의 직경과 높이를 digital caliper (MC500-150, Maxcon, China)로 측정하였으며, 아래의 식에 대입하여 계산하였다. 실험 결과는 시료별로 각각 5회 반복 측정하였다.

$$\text{조리 손실(\%)} = \frac{\text{조리 전 시료의 무게(g)} - \text{조리 후 시료의 무게(g)}}{\text{조리 전 시료의 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{두께 변화(\%)} = \frac{\text{조리 전 시료의 높이} - \text{조리 후 시료의 높이}}{\text{조리 전 시료의 높이}} \times 100$$

**직경 변화(\%)**

$$= \frac{\text{조리 전 시료의 직경} - \text{조리 후 시료의 직경}}{\text{조리 전 시료의 직경}} \times 100$$

**보수력(water holding capacity)**

보수력은 Batos et al. (2014)의 방법을 이용하여 측정하였다. 조리된 시료 1 g을 멸균 거즈를 넣은 15 mL conical tube에 넣고, 원심분리기(LaboGene 1736R, GYROGEN, Daejeon, Korea)를 이용하여 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 전과 후의 시료의 무게를 측정하여 다음의 식을 이용하여 보수력을 계산하였다.

$$\text{보수력(\%)} = \frac{\text{원심분리 후 시료의 무게(g)}}{\text{원심분리 전 시료의 무게(g)}} \times 100$$

**물성측정(texture profile analysis)**

물성측정은 조리 후 방랭한 시료를 블록 형태(가로 × 세로 × 높이, 2 × 2 × 1.5 cm)로 제형한 후 texture analyzer (CT3, Brookfield Engineering Labs Inc., Stoughton, USA)를 이용하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. Cylindrical probe (TA4/1000, 지름 38.1 mm)를 사용하였으며, 분석조건은 deformation 40%, trigger load 10 g, test speed 2.5 mm/s으로 각 시료의 측정치는 8회 이상 반복 측정하여 평균값과 표준편차값으로 나타내었다.

**관능검사**

관능검사는 사전교육을 받은 대학원생 관능검사자 12명을 대상으로 실시하였다. 시료로 사용된 돈육 패티는 3자리 난수를 각 시료에 부여한 후, 동일한 온도(25°C)와 크기(1 × 1 × 0.5 cm)로 제공하였다. 관능검사는 7점 척도법(Kim et al., 2019)으로 표면 수분감(surface moisture), 단면의 밀집도(compactness), 씹힘성(chewiness), 다즙성(juiciness), 입안에서 느껴지는 지방의 느낌(fat feeling), 부드러움 정도(tenderness), 삼킬 때의 거칠기(roughness)의 강도와 외관(appearance), 전반적인 기호도(overall acceptance)를 포함한 기호도를 평가하였다. 사전에 관능검사를 위한 IRB승인을 받았으며 모든 검사자들의 서면 동의를 받은 후 검사를 진행하였다(IRB 승인번호: 700355-201901-HR-294).

**통계분석**

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 24.0 IBM., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며, 시료간 유의적 차이를 검증하기 위해 일원배치분산분석 후, 사후검증을 Duncan's multiple range test를 p<0.05 수준에서 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 외관

돼지 등지방 20% (C), 돼지 등지방 10%와 카놀라유 10% (O), 돼지 등지방 10%와 기름과 물을 6:4 비율로 하여 사전 유화하지 않은 혼합 용액 10% (EC), 돼지 등지방 10%와 기름과 물을 6:4 비율로 하여 유화한 에멀전 10% (E), 돼지 등지방 10% (LF), 돼지 등지방 10%와 하이드로 겔 비드 10% (BC), 돼지 등지방 10%와 에멀전 비드 10% (EB)를 첨가한 돈육 패티의 외관은 Fig. 1과 같다. 본 실험에서는 모든 처리구에서 조리 전과 조리 후 부피변화가 발생한 것을 관찰할 수 있었으며, Kim et al. (2008)에서도 돈육 패티 조리시 수축이 일어나 부피가 가열 전의 81.5%로 줄어들었다고 보고하였다. 식물성 기름 처리군인 O, EC, E는 패티는 대조구에 비해 두꺼운 단면을 보인 반면, 동물성 지방 처리군과 비드 처리군은 비교적 편평한 단면을 보였다. 비드 처리군 BC와 EB의 비드는 고온의 조리 조건에서도 용해되지 않고 조리 중 패티에서 위치와 형태가 잘 유지된 것이 관찰되었다. 식물성 기름 처리군의 두께 변화가 더 적었던 것은 Park et al. (2005)이 다양한 식물성 기름으로 부분 대체한 저지방 패티가 일반 패티보다 두께 감소율이 낮았다고 보고한 것과 유사한 경향인 것으로 나타났다.

### 색도

다양한 식물성 지방 대체제를 적용한 돈육 패티의 색도를 Table 2에 나타내었다. 대조구와 비교했을 때 EB가 대조구와 가장 유사한 값을 나타냈으며, 식물성 기름을 첨가한 O, EC, E는 모든 색상 변수에서 대조구 보다 더 높은 값을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 명도는 식물성 기름을 첨가한 O에서 가장 높은 값을 나타냈으며, 동물성 지방 함량을 낮춘 LF는 가장 낮은 명도 값을 나타내었는데( $p < 0.05$ ), Youssef & Barbut (2011)에 따르면 이러한 색상 변수의 차이는 식물성 기름의 작은 액적이 동물성 지방의 큰 액적보다 더 많은 빛을 반사하는 영향을 받을 수 있다고 보고하였다. 이는 식물성 기름으로 만든 소시지가 돼지 등지방을

**Table 2. Color of pork patties with various plant-based fat replacements**

Treatments*	L*	a*	b*
C	43.88±2.43 <sup>a</sup>	8.14±1.68 <sup>c</sup>	5.61±0.88 <sup>b</sup>
O	44.80±2.46 <sup>a</sup>	9.57±1.04 <sup>abc</sup>	6.65±0.56 <sup>a</sup>
EC	44.59±2.25 <sup>a</sup>	9.73±0.38 <sup>abc</sup>	6.54±0.16 <sup>a</sup>
E	44.57±0.52 <sup>a</sup>	10.18±0.34 <sup>a</sup>	6.85±0.30 <sup>a</sup>
LF	39.33±0.45 <sup>b</sup>	8.42±0.42 <sup>bc</sup>	5.00±0.37 <sup>b</sup>
BC	41.86±0.84 <sup>b</sup>	8.11±0.58 <sup>c</sup>	5.11±0.45 <sup>b</sup>
EB	43.06±3.25 <sup>a</sup>	8.65±1.88 <sup>bc</sup>	5.50±0.84 <sup>b</sup>

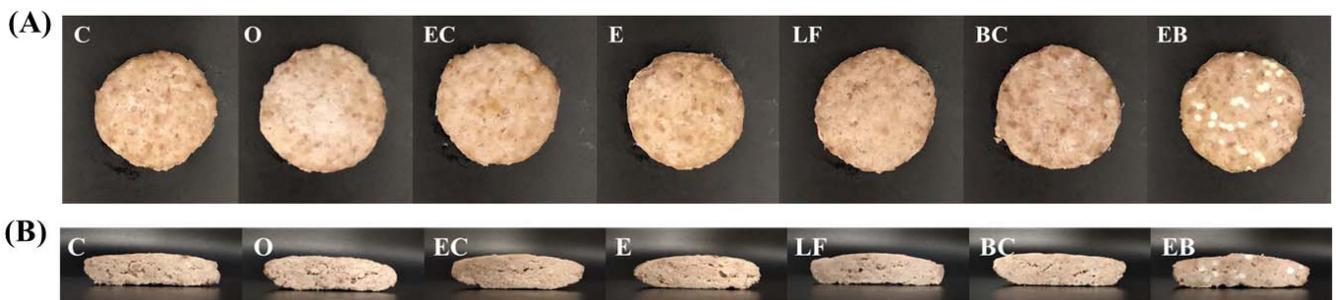
\*C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.

<sup>abc</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

사용한 소시지보다 명도 값이 더 높게 나타난 Asuming-Bediako et al. (2014)의 결과와 일치하며, 대두유 첨가 돈육 패티에서 식물성 기름의 첨가량이 증가했을 때 명도가 더 높게 나타났다는 Jung et al. (2013)의 결과와도 일치하였다. 사용된 유지의 종류뿐만 아니라 함량 또한 패티의 색도 변화에 영향을 주는 요인으로 작용한 것으로 판단된다. 식물성 기름이 10% 함유된 O에 비해 식물성 기름이 6% 함유된 EC와 E의 명도가 더 낮게 측정된 결과는 돈육 패티에 올리브유 겔을 첨가했을 때 함량이 증가함에 따라 패티의 명도가 유의적으로 감소했다는 Lee et al. (2020)의 결과로 뒷받침된다.

### 수분 및 지방 함량

다양한 식물성 지방 대체제를 적용한 돈육 패티의 수분 및 지방 함량을 Table 3에 나타내었다. 수분함량 측정 결과 대조구와 비교했을 때 O, EC를 제외한 나머지 처리구에서 더 높은 수분함량 값을 나타내었고, 모든 처리구 중 식물성 기름만 첨가된 O의 수분 함량이 가장 낮았다( $p < 0.05$ ). 비드 처리군인 BC, EB에서 유의적으로 높은 수분함량 값을 나타내었는데( $p < 0.05$ ), 이는 칼슘용액에서 비드를 형성할 때 에멀전의 외부 수분층이 겔화되어 막을 형성한 후 조리시 완전히 건조되지 않았기 때문일 수 있다고



**Fig. 1. Appearance of pork patties with various plant-based fat replacements. (A) Surface and (B) cross-section. C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.**

**Table 3. Moisture and total fat content of pork patties with various plant-based fat replacements**

Treatments*	Moisture content (%)	Total fat content (%)
C	55.01±0.18 <sup>d</sup>	13.26±0.04 <sup>e</sup>
O	52.63±0.26 <sup>f</sup>	18.26±0.35 <sup>a</sup>
EC	57.25±0.18 <sup>c</sup>	17.37±0.68 <sup>a</sup>
E	53.89±0.26 <sup>c</sup>	15.88±0.08 <sup>b</sup>
LF	58.01±0.55 <sup>b</sup>	11.97±0.63 <sup>d</sup>
BC	61.43±0.08 <sup>a</sup>	12.23±0.57 <sup>cd</sup>
EB	58.16±0.45 <sup>b</sup>	14.71±0.65 <sup>b</sup>

\*C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.

<sup>a-f</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different ( $p<0.05$ ).

판단된다. 조지방 함량 측정 결과 저지방으로 처리한 LF와 BC를 제외한 나머지 처리구에서는 대조구보다 높은 조지방 함량 값을 나타내었다. EC와 E는 동일한 양의 지방을 첨가했음에도 값의 차이가 있었는데( $p<0.05$ ), E는 수분층이 기름을 둘러싸고 있는 영향을 받았을 것으로 판단된다. 또한, E와 EB의 결과도 유의적 차이를 보였는데( $p<0.05$ ), 기름을 둘러싸고 있는 수분층이 겔화되어 에멀전 상태일 때보다 더욱 기름의 방출을 조절하는 것이 그 요인일 것으로 판단된다.

**직경 및 두께 변화**

패티는 조리시 근섬유단백질이 변성되어 네트워크가 수축되고, 이에 따라 패티의 부피 변화가 발생하게 된다 (Velioglu et al., 2010). 다양한 식물성 지방 대체제를 적용한 돈육 패티의 직경 및 두께 변화는 Table 4에 나타내었다. 비드 처리군인 BC와 EB를 제외한 나머지 처리구는 대조구보다 높은 직경 감소를 나타냈다( $p<0.05$ ). 비드 처리군의 낮은 직경 감소율은 외관(Fig. 1)에서도 관찰할 수 있듯이 비드가 조리 중 용해되지 않았으며 본래의 형태를 유지하였으며, 이에 따라 비드가 단백질 네트워크 사이에 존재함으로써 직경의 감소 또한 방지했을 것으로 사료된다. 두께 변화는 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으나( $p>0.05$ ), 외관(Fig. 1)상으로는 식물성 기름 첨가군인 O, EC, E의 중심부가 나머지 처리구에 비해 두껍고 볼록한 형태인 것이 관찰되었다. 반면, 저지방 패티인 LF와 비드 처리군인 BC, EB는 대조구보다 낮은 두께 변형률을 보였 다( $p<0.05$ ).

**조리손실 및 보수력**

다양한 식물성 지방 대체제를 적용한 돈육 패티의 조리 손실과 보수력 측정 결과는 Table 5에서 나타내었다. 조리 손실은 대조구에서 가장 높았으며( $p<0.05$ ), 비드 처리군인 BC와 EB는 눈에 띄게 조리손실이 감소한 것을 관찰할 수

**Table 4. Diameter reduction and thickness reduction of pork patties with various plant-based fat replacements**

Treatments*	Diameter reduction (%)	Thickness reduction (%)
C	7.78±1.43 <sup>d</sup>	20.07±1.16 <sup>ab</sup>
O	10.48±3.87 <sup>bcd</sup>	21.07±2.24 <sup>a</sup>
EC	13.04±2.06 <sup>abc</sup>	20.04±1.42 <sup>ab</sup>
E	17.97±6.07 <sup>a</sup>	20.14±2.41 <sup>ab</sup>
LF	15.49±2.49 <sup>ab</sup>	19.16±1.10 <sup>ab</sup>
BC	5.52±3.10 <sup>d</sup>	19.98±1.78 <sup>ab</sup>
EB	8.55±4.19 <sup>cd</sup>	18.05±0.96 <sup>b</sup>

\*C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.

<sup>a-d</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 5. Physicochemical properties of pork patties with various plant-based fat replacements**

Treatments*	Cooking loss (%)	Water holding capacity (%)
C	41.65±1.69 <sup>a</sup>	90.53±0.57 <sup>a</sup>
O	36.61±1.54 <sup>cd</sup>	87.93±1.71 <sup>b</sup>
EC	40.30±2.57 <sup>ab</sup>	80.61±2.56 <sup>d</sup>
E	40.12±2.91 <sup>ab</sup>	84.09±2.91 <sup>c</sup>
LF	40.17±2.49 <sup>ab</sup>	85.39±1.36 <sup>c</sup>
BC	37.92±2.66 <sup>bc</sup>	90.14±1.25 <sup>ab</sup>
EB	34.49±0.49 <sup>d</sup>	92.55±0.52 <sup>a</sup>

\*C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.

<sup>a-d</sup>Means with different superscripts in a column are significantly different( $p<0.05$ ).

있었다. EC와 E는 물과 기름이 유화된 상태로 수분을 다량 함유하고 있는 반면, 비드 처리군인 BC와 EB는 포함된 수분이 겔화되어 손실이 감소했을 것으로 판단되어, 이러한 조리손실의 차이는 지방 대체제의 수분함량과도 관계가 있는 것으로 보인다. Godsalve et al. (1977)은 조리하는 동안 근육 단백질이 변성되어 수분 보유 능력이 감소하고 단백질 네트워크가 수축한다고 보고하였다. 수축된 네트워크는 섬유에 기계적 힘을 가하여 외부로 물을 방출하며, 고기 표면으로 방출된 액체는 일반적으로 조리손실로 알려져 있다. 이에 따라, 본 실험에서도 열에 의해 수축되어 조리손실이 나타난 것으로 보인다.

보수력은 수분을 유지하는 고기의 능력으로 정의되며, 육류 에멀전의 안정성을 결정하는 가장 중요한 매개변수 중 하나이다(Serdaroğlu et al., 2017). 대조구와 비교했을 때 비드 처리군인 BC와 EB는 비슷하거나 향상된 보수력을 보였으며, 식물성 기름을 첨가한 처리구는 보수력이 감소되었다( $p<0.05$ ). 이는 땅콩 및 옥수수 기름 등으로 우지방을 부분 대체했을 때 우육 패티의 보수력이 감소했다는

**Table 6. Texture profile analysis of pork patties with various plant-based fat replacements**

Treatments*	Hardness (N)	Adhesiveness (mJ)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Gumminess (N)	Chewiness (mJ)
C	66.28±6.16 <sup>a</sup>	0.02±0.04 <sup>b</sup>	0.43±0.03 <sup>c</sup>	6.44±0.18 <sup>a</sup>	27.20±1.55 <sup>a</sup>	184.56±20.36 <sup>a</sup>
O	43.42±9.04 <sup>bc</sup>	0.03±0.05 <sup>b</sup>	0.47±0.02 <sup>b</sup>	6.19±0.22 <sup>bc</sup>	19.89±4.72 <sup>bc</sup>	127.76±29.75 <sup>b</sup>
EC	28.86±8.28 <sup>d</sup>	0.07±0.08 <sup>b</sup>	0.46±0.03 <sup>b</sup>	6.09±0.25 <sup>c</sup>	13.32±4.56 <sup>d</sup>	74.68±26.00 <sup>d</sup>
E	42.67±13.41 <sup>bc</sup>	0.02±0.04 <sup>b</sup>	0.54±0.02 <sup>a</sup>	6.32±0.29 <sup>ab</sup>	22.87±8.05 <sup>ab</sup>	138.74±46.17 <sup>b</sup>
LF	50.33±2.78 <sup>b</sup>	0.04±0.05 <sup>b</sup>	0.48±0.03 <sup>b</sup>	6.39±0.11 <sup>ab</sup>	23.96±1.99 <sup>ab</sup>	152.95±21.16 <sup>b</sup>
BC	49.87±6.27 <sup>b</sup>	0.05±0.05 <sup>b</sup>	0.40±0.04 <sup>d</sup>	6.25±0.18 <sup>abc</sup>	20.62±5.08 <sup>bc</sup>	130.60±25.08 <sup>b</sup>
EB	39.98±5.85 <sup>c</sup>	0.15±0.19 <sup>a</sup>	0.40±0.03 <sup>d</sup>	6.44±0.15 <sup>a</sup>	16.80±4.51 <sup>cd</sup>	101.22±13.17 <sup>c</sup>

\*C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.  
<sup>a-d</sup> Means with different superscripts in a column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

Dzudie et al. (2004)의 결과와, 대두유로 대지 등지방을 대체하여 제조한 소시지의 보수력이 감소했다는 Cheetangdee (2017)의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 본 실험에서 조리손실과 보수력의 관계는 Dzudie et al. (2004)이 보고한 조리손실의 차이는 보수력의 차이에 기인할 수 있으며 보수력이 높으면 조리손실이 감소한다는 결과와 일치하였다.

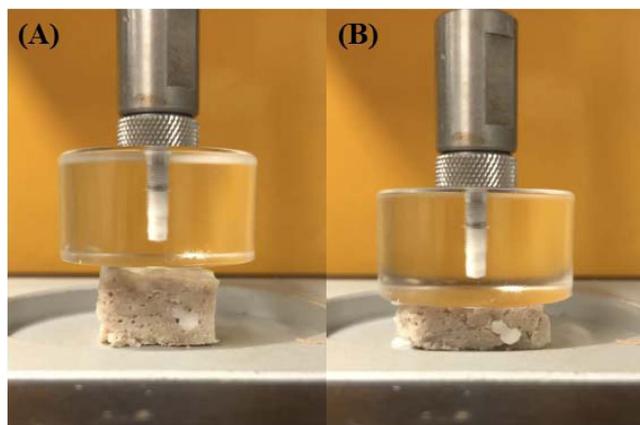
#### 물성측정

다양한 식물성 지방 대체제를 적용한 돈육 패티의 물성 측정 결과는 Table 6에 나타내었다. 대조구에 비해 모든 처리구에서 경도가 감소하였으며 ( $p < 0.05$ ), 돼지 등지방을 식물성 기름으로 부분 대체하면 식물성 기름의 형태와 정도에 따라 다른 질감 특성을 갖게 된다(Koo et al., 2009; Lee et al., 2020). 이는 식물성 기름으로 동물성 지방을 대체할 경우 햄버거 패티(Park et al., 2005) 및 소시지(Lee et al., 2015)의 경도가 감소했다는 실험 결과와 일치하였다. 경도와 함께 탄력성, 검성, 씹힘성도 함께 감소하는 경향을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 비드처리구의 물성은 모든 파라미터에 대해 대조구보다 유의적으로 감소하였는데( $p < 0.05$ ), 열을 가하기 전 비드는 약간의 탄성이 있었으나 조리 후

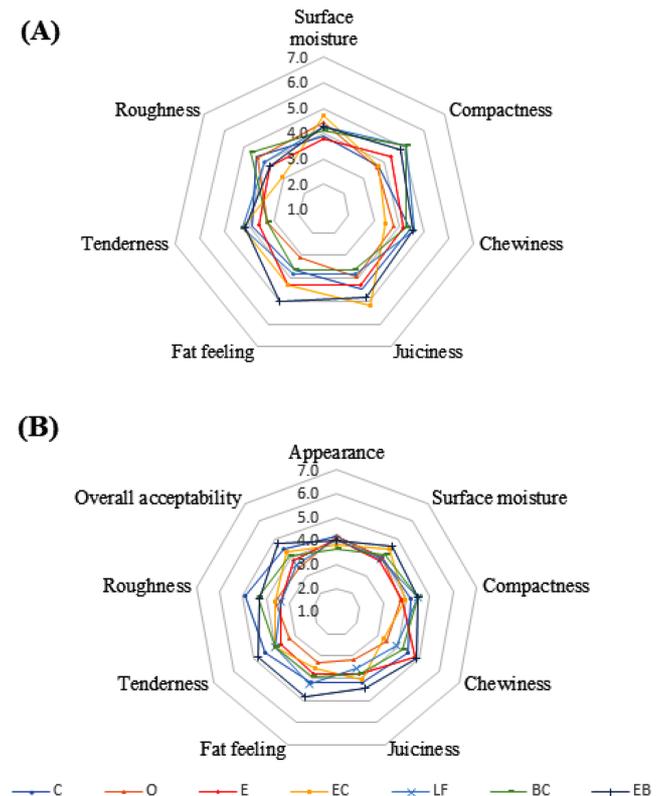
비드가 연화되어 경도 증가에 큰 영향을 주지는 않은 것으로 판단된다(Supplementary data 1).

#### 관능검사

다양한 식물성 지방 대체제를 적용한 돈육 패티의 관능 검사 결과는 Fig. 2과 같다. 부드러움 정도는 대조구에 비해 비드 처리군(EB, BC)이 높게 나타났으며 O는 강도와 선호도 모두 가장 낮았다. 이는 앞서 언급했듯이 비드 처리군이 조리중 연화로 인해 영향을 받은 것으로 판단된다.



**Supplementary data 1. Appearance of the pork patty with emulsion bead (EB). (A) Before texture measurement and (B) after texture measurement.**



**Fig. 2. Sensory evaluation of pork patties with various fat replacements. (A) Intensity and (B) preference. \*C, control; O, oil; E, emulsion; EC, composed with water, oil, and emulsifier; LF, low fat; BC, bead control without emulsion; EB, alginate emulsion bead.**

또한 식물성 유지를 첨가하여 제조한 저지방 패티의 전체적인 기호도가 대조구보다 대체로 낮은 경향을 보였다고 보고한 Liu et al. (1991)의 연구와도 일치하였다. 입안에서 느껴지는 지방의 느낌 정도는 대조구와 비교하여 EB가 유의적으로 높게 나타났다. 다즙성의 기호도는 대조구보다 EB가 높게 나타났다. 일반적으로 다즙성은 육제품의 수분 손실 및 보수력과 연관성을 가지며(Kim et al., 2008), EB의 높은 다즙성은 앞서 보수력을 분석한 결과에서도 볼 수 있듯이 패티의 보수력을 높임으로써 다즙성을 부여한 것으로 판단된다. 따라서 전반적인 기호도에서도 대조구와 비교했을 때 EB가 가장 높게 평가되었다( $p < 0.05$ ). 전체적인 관능 검사 결과를 바탕으로 EB가 저지방 돈육 패티에서 동물성 지방의 질감을 가장 잘 모방하고 다즙성을 보완할 수 있는 지방 대체 형태로서 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 요 약

본 연구에서는 다양한 식물성 지방 대체제가 돼지고기 패티의 이화학적 특성 및 관능 특성에 미치는 영향을 평가하고자 하였다. 동물성 지방 처리군, 식물성 기름 처리군, 비드 처리군 첨가에 따른 영향을 분석하였으며, 실험을 통해 지방 함량은 낮추면서 물리적 및 관능적 측면에서 돼지 등지방을 사용한 패티와 큰 차이를 나타내지 않음을 확인하고자 하였다. 본 연구에서는 기존의 지방대체 방법인 식물성 기름 첨가와 식물성 기름 유화물 첨가 뿐 아니라 식물성 고체 지방 대체제를 제조할 수 있는 방법을 제시하였으며, 이를 육가공 제품에 적용하여 다양한 지방 대체제의 효과와 비교했다는 점에서 기존 지방대체 연구와 차이점이 있을 것으로 판단된다. 또한, 연구 결과 식물성 고체 지방 대체제는 패티의 조리손실을 줄이고 보수력을 개선하는 등 품질을 향상시킬 수 있었으며, 패티의 부드러움과 다즙성에 영향을 주어 선호도가 높은 것으로 분석되었다. 이는 새로운 지방 대체제의 적용 가능성에 대한 기초 연구 자료로 제공될 수 있다.

### 감사의 글

본 연구는 농림식품기술기획평가원의 연구비 지원(과제번호 317040-05)에 의해 수행되었으며, 이에 대해 감사드립니다.

### References

Aguirre Calvo T, Santagapita P. 2016. Physicochemical characterization of alginate beads containing sugars and biopolymers. Qual. Reliab. Eng. Int. 1: 1-7.  
 Almurisi SH, Doolaanea AA, Akkawi ME, Chatterjee B, Sarker MZI. 2020. Taste masking of paracetamol encapsulated in chi-

tosan-coated alginate beads. J. Drug Deliv. Sci. Technol. 56(A): 101520.  
 AOAC. 1990. Official method of analysis, 15th ed, Association of analytical chemists. Washington DC, USA. pp. 8-35.  
 Asuming-Bediako N, Jaspal MH, Hallett K, Bayntun J, Baker A, Sheard PR. 2014. Effects of replacing pork backfat with emulsified vegetable oil on fatty acid composition and quality of UK-style sausages. Meat Sci. 96: 187-194.  
 Baek KH, Utama DT, Lee SG, An BK, Lee SK. 2016. Effects of replacing pork back fat with canola and flaxseed oils on physicochemical properties of emulsion sausages from spent layer meat. Asian Australas J. Anim. Sci. 29: 865-871.  
 Bastos SC, Pimenta MESG, Oimenta CJ, Reis TA, Nunes CA, Pinheiro ACM, Cabricio LFF, Leal RS. 2014. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. J. Food Sci. Technol. 51: 2046-2053.  
 Cengiz E, Gokoglu N. 2007. Effects of fat reduction and fat replacer addition on some quality characteristics of frankfurter-type sausages. Int. J. Food Sci. Tech. 42: 366-372.  
 Cheetangdee N. 2017. Effect of partial replacement of porcine fat with pre-emulsified soybean oil using fish protein isolate as emulsifier on characteristic of sausage. J. Food Sci. Technol. 54: 1901-1909.  
 Colmenero FJ. 2000. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. Trends Food Sci. Technol. 11(2): 56-66.  
 Dzudie T, Kouebou CP, Essia-Ngang JJ, Mbofung CMF. 2004. Lipid sources and essential oils effects on quality and stability of beef patties. J. Food Eng. 65: 67-72.  
 Godsalve EW, Davis EA, Gordon J, Davis HT. 1977. Water loss rates and temperature profiles of dry cooked bovine muscle. Food Sci. 42(4): 1038-1045.  
 Johnson BR. 2000. Whey protein concentrates in low-fat applications. US Dairy Export Council.  
 Jung EK, Joo NM. 2013. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and soybean oil effects on quality characteristics of pork patties studied by response surface methodology. Meat Sci. 94(3): 391-401.  
 Khazaeli P, Pardakhty A, Hassanzadeh F. 2008. Formulation of ibuprofen beads by ionotropic gelation. Iran. J. Pharm. Res. 7: 163-170.  
 Kim SA, Ryu MH, Lee MK, Oh JS, Kim SO, Lee SY. 2008. The quality characteristics of hamburger patties based on enzyme treated textured soy protein. J. Korean Soc. Food Cult. 23(4): 514-520.  
 Kim H, Bae J, Wi G, Kim HT, Cho Y, Choi MJ. 2019. Physicochemical properties and sensory evaluation of Mesona Blumes gum/rice starch mixed gels as fat-substitutes in Chinese Cantonese-style sausage. Food. Eng. Prog. 23(1): 62-68.  
 Koo BK, Kim JM, La IJ, Choi JH, Choi YS, Han DJ, Kim HY, An KI, Kim CJ. Effects of replacing tallow with canola, olive, corn, and sunflower oils on the quality properties of hamburger patties. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 29(4): 466-474.  
 Lee HJ, Jung EH, Lee SH, Kim JH, Lee JJ, Choi YI. 2015. Effect of replacing pork fat with vegetable oils on quality properties of emulsion-type pork sausages. Food Sci. Anim. Resour. 35(1): 130-136.  
 Lee J, Kim H, Choi MJ, Cho Y. 2020. Improved physicochemical properties of pork patty supplemented with oil-in-water nano-

- emulsion. *Food Sci. Anim. Resour.* 40(2): 262-273.
- Lee SH, Choi UJ, Lee KS, Jung IC, Lee KS, Choi GW. 2020. Effect of olive oil substitution ratio on quality characteristics of low-fat pork patty. *J. Life Sci.* 29(12): 1351-1357.
- Liu X, Qian K, Shu T, Tong Z. 2003. Rheology characterization of sol-gel transition in aqueous alginate solutions induced by calcium cations through in situ release. *Polymer* 44: 407-412.
- Lucas-González R, Roldán-Verdu A, Sayas-Barberá E, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA, Viuda-Martos M. 2019. Assessment of emulsion gels formulated with chestnut (*Castanea sativa* M.) flour and chia (*Salvia hispanica* L) oil as partial fat replacers in pork burger formulation. *J. Sci. Food Agric.* 100(3): 1265-1273.
- Luo SZ, Hu XF, Jia YJ, Ran LH, Zheng Z, Zhao YY, Mu DD, Zhong XY, Jiang ST. 2019. Camellia oil-based oleogels structuring with tea polyphenol-palmitate particles and citrus pectin by emulsion-templated method: Preparation, characterization and potential application. *Food Hydrocoll.* 95: 76-87.
- Lupo B, Maestro A, Gutiérrez JM, Gonzalez C. 2015. Characterization of alginate beads with encapsulated cocoa extract to prepare functional food comparison of two gelation mechanisms. *Food Hydrocoll.* 49: 25-34.
- Micha R, Mozaffarian D. 2010. Saturated fat and cardiometabolic risk factors, coronary heart disease, stroke, and diabetes: a fresh look at the evidence. *Lipids* 45(10): 893-905.
- Moon SS, Jin SK, Hah KH, Kim IS. 2008. Effects of replacing backfat with fat replacers and olive oil on the quality characteristics and lipid oxidation of low-fat sausage during storage. *Food Sci. Biotechnol.* 17: 396-401.
- Mousa RMA. 2021. Development of 95% fat-free hamburgers using binary and ternary composites from polysaccharide hydrocolloids and fruit peel flours as fat replacer systems. *J. Food Process. Preserv.* 45(7): 1-16.
- Okuro PK, Gomes A, Costa ALR, Adme MA, Cunha RL. 2019. Formation and stability of W/O-high internal phase emulsions (HIPEs) and derived O/W emulsions stabilized by PGPR and lecithin. *Food Res. Int.* 112: 252-262.
- Osuna MB, Romero AM, Avallone CM, Judis MA, Bertola NC. 2018. Animal fat replacement by vegetable oils in formulations of breads with flour mixes. *J. Food Sci. Technol.* 55: 858-867.
- Paglarini CdS, Martini S, Pollonio MAR. 2019. Using emulsion gels made with sonicated soy protein isolate dispersions to replace fat in frankfurters. *LWT-Food Sci. Technol.* 99: 453-459.
- Park JC, Jeong JY, Lee ES, Choi JH, Choi YS, Yu LH, Paik HY, Kim CJ. 2005. Effect of replaced plant oils on the quality properties in low-fat hamburger patties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37(3): 412-417.
- Peppas NA, Bures P, Leobandung W, Ichikawa H. 2000. Hydrogels in pharmaceutical formulations. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 50: 27-46.
- Qin Y, Jiang J, Zhao L, Zhang J, Wang F. 2018. Chapter 13- Applications of alginate as a functional food ingredient. *Biopolymers for Food Design*. Elsevier, Qingdao, China, pp. 409-429.
- Santos MD, Ozaki MM, Ribeiro WO, Paglarini CdS, Vidal VAS, Campagnol PCB, Pollonio MAR. 2020. Emulsion gels based on pork skin and dietary fibers as animal fat replacers in meat emulsions: An adding value strategy to byproducts. *LWT-Food Sci. Technol.* 120: 108895.
- Savadkoohi S, Hoogenkamp H, Shamsi K, Farahnaky A. 2014. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat Sci.* 97: 410-418.
- Serdaroğlu M, Nacak B, Karabiyikoğlu M. 2017. Effects of beef fat replacement with gelled emulsion prepared with olive oil on quality parameters of chicken patties. *Food Sci. Anim. Resour.* 37(3): 376-384.
- Supramaniam J, Adnan R, Kaus NHM, Bushra R. 2016. Magnetic nanocellulose alginate hydrogel beads as potential drug delivery system. *Int. J. Biol. Macromol.* 118(A): 640-648.
- Wu M, Xiong YL, Chen J, Tang X, Zhou G. 2009. Rheological and microstructural properties of porcine myofibrillar protein-lipid emulsion composite gels. *J. Food Sci.* 74(4): 207-217.
- Youssef MK, Barbut S. 2011. Fat reduction in comminuted meat products-effects of beef fat, regular and pre-emulsified canola oil. *Meat Sci.* 87(4): 356-360.
- Velioglu HM, Velioglu SD, Boyacı IH, Yılmaz I, Kurulta S. 2010. Investigating the effects of ingredient levels on physical quality properties of cooked hamburger patties using response surface methodology and image processing technology. *Meat Sci.* 84: 477-483.

## Author Information

김해산나: 건국대학교 축산식품생명공학과 석사과정  
 정혜승: 건국대학교 축산식품생명공학과 석사과정  
 이지선: 건국대학교 축산식품생명공학과 박사과정  
 최미정: 건국대학교 축산식품생명공학과 교수