

고함량 식물성 단백질 소재를 이용한 대체 햄 개발

이 유 진¹ · 신 경 옥^{2*}

¹삼육대학교 식품생명산업학과 석사과정, ²삼육대학교 식품영양학과 교수

Development of Alternative Ham Using Plant-based Material with High Protein Content

Yoo-Jin Lee¹ and Kyung-Ok Shin^{2*}

¹Master Student, Dept. of Food Science and Biotechnology, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

²Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

ABSTRACT

This was a basic research study conducted to develop plant-based ham that could replace the existing commercially available animal ham for the meat substitute market. The protein and carbohydrate contents of the developed ham analog (DHA) were higher than the commercial vegetable ham (CVH) available in the market. The essential amino acid of DHA was 37.23%, which was similar to that of commercially available ham. Among the essential amino acids, the leucine level was the highest in DHA and CVH, and meat ham (MH) had the highest levels of lysine. Among the non-essential amino acids, DHA, CVH and MH had the highest levels of glutamic acid. Brightness (L) was higher in MH, redness (a) was higher in DHA, and yellowness (b) was higher in CVH. MH had the highest hardness, and the cohesiveness and elasticity of DHA tended to be higher than that of MH. DHA exhibited increased fat rancidity and protein deterioration over time. DHA ranked significantly higher with respect to color, appearance, odor, taste, texture, and overall acceptability compared to CVH. The manufacturing method of the alternative ham developed in this study provides a scientific alternative meat formulation without a nutritionally significant difference compared to commercially available animal ham. Thus, these study results provide good basic data for research on alternative meat sources.

Key words: developed ham analogue, amino acid composition, colorimetric analysis, texture analysis

서 론

우리나라는 인구가속, 사회문화적 요인, 경제 산업 등에 의해 식품소비 형태가 질적으로나 양적으로 변화하고 있다. 지난 70년대에는 곡식과 밥, 채식 위주 유형의 식생활이 주를 이루었지만, 90년대 이후로 육류, 육가공품, 유가공품 등 육식 위주의 식생활로 변화했다(Lee HS 등 2012; You GY 등 2020). 국내 육류시장의 소비량을 조사한 결과 2000년부터 2017년도까지 국내 연간 소비량은 소고기 44.8%, 돼지고기 63.1%, 닭고기 112.8%가 증가하였으며, 1인당 육류소비량도 소고기 32.7%, 돼지고기 48.4%, 닭고기 92.2%로 꾸준히 증가하고 있다(Korea Meat Distribution Export Association 2017). 육류를 사용하여 제조한 국내 식육가공품의 연도별 판매증가율도 햄 13.9%, 소시지 132.2%, 베이컨 645.8%, 캔햄 240.4%로 증가한 것으로 조사되었다(You GY 2020). 늘어나는 육류 소비에 맞춰 축산 또한 대규모 형태로 발전하였

다. 그 과정에서의 분뇨와 동물의 이산화탄소 배출 등에 의한 환경오염, 지나친 섭취에 의한 만성퇴행성질환, 비효율적인 사료 소비, 동물들 간의 신규 전염병 발생, 비인간적인 사육 및 도축 등의 많은 문제가 발생하고 있다(Havlik R 등 2014). 예를 들어 쇠고기 1 kg을 생산하는데 필요한 사료의 양은 약 7 kg, 물은 15.5 ton이 소모된다. 2015년 국내 축산분야에서 발생한 온실가스 배출량은 870만 ton CO₂eq로 농업분야 발생량의 42.1%에 해당된다(Lee JM 2020).

또한 육류 속의 콜레스테롤, 포화지방, 트랜스지방은 각종 만성퇴행성질환과 대사증후군 등을 야기하는 것이 익히 알려진 사실이다. 과거의 광우병(bovine spongiform encephalitis)이나 조류독감(avian influenza), 최근의 아프리카 돼지 열병(african swine fever) 등은 건강에 악영향을 끼칠 것을 염려하는 소비자들의 이용을 위축시키기도 했다(Havlik R 등 2014). 이에 따라 선진국에서는 축산 식품을 대체하려는 사회적 관심을 바탕으로 대체식품 시장이 빠르게 성장하고 있지만, 국내의 대체식품 시장의 성장은 아직 미비한 실정이다(Park JH 2020).

* Corresponding author : Kyung-Ok Shin, Tel: +82-2-3399-1657, Fax: +82-2-3399-1655, E-mail: skorose@syu.ac.kr

인간은 영양 섭취와 성장 및 유지를 위한 단백질은 필수 불가결한 요소로 동물성 단백질과 식물성 단백질로 구분된다. 이 중 동물성 단백질은 주로 육류나 수산물, 달걀 및 우유 등을 통해 섭취가 이루어진다. 동물성 단백질은 필수아미노산을 모두 함유하고 있기 때문에 완전단백질로 여겨지며, 아미노산 조성이 인체의 근육 단백질의 아미노산 구성과 유사하여 체내 대사에 사용되기 용이하다. 따라서 동물성 단백질은 신체기능을 유지하고 활동하기 위해서는 필수적으로 섭취해야 하는 단백질이다(Lee JE 2014).

대체육은 크게 육류의 줄기세포와 근세포를 배양한 배양육과 식물성 단백질을 이용한 식물성 대체육으로 구분할 수 있으며, 배양육은 가축을 사육하는 과정 없이 살아 있는 동물 줄기 세포를 배양하여 세포공학기술로 세포 증식을 통해 얻는 식용 고기를 의미하고(Maeng JS 2016), 식물성 대체육은 식물성 유사식품으로도 불리며, 식물에서 추출한 단백질을 식육과 비슷한 맛과 형태가 나도록 제조한 식품을 말한다. 식물성 대체육은 육류에 비해 자원의 사용량과 온실가스 배출량을 줄이고 대량생산이 가능하며, 가격도 저렴한 편이다(Bonny SPF 등 2015; You GY 등 2020). 그러나 현재 식물성 육류 유사식품의 가장 큰 문제는 소비자들의 관능적 기호도라 할 수 있다. 소비자들은 대체식품을 소비하는 것이 건강증진과 자원·에너지 절약, 환경 유지와 개선, 가축 질병 감축 등 사회적 관점에서 공공성을 가지고 있다고 인식하고 있으며, 식물성 육류 대체식품은 소비자에게 충분한 시장성이 있다(Park JH 2020). 대다수의 제품들의 풍미와 조직감이 실제 육류와 차이가 있다는 평가가 있으나(Kim SW 등 2017), 최근 연구를 통해 식물성 유사식품인 대체육을 활용하여 관능적 문제를 해소한 제품들이 출시되고 있다. 반면, 국내는 해외에서 개발된 원천 소재 및 기술을 단순 배합하는 수준의 식물성 대체육이 대부분이며, 다양한 단백질 소재 발굴 및 상용화를 위한 원천기술 개발이 미흡한 실정이다. 세계 대체식품 시장규모는 2018년 기준 96억 2,310만 달러이며, 2019년부터 연평균 9.5%씩 성장하여 2025년에는 178억 5,860만 달러에 이를 것으로 전망되고, 국내에서는 소비자의 관심도는 상승되었지만, 사회적 관심 부족 등으로 투자가 미흡하고 시장이 형성되는 단계이다(Park JH 2020). 최근 기술 개발을 통해 일부 식물성 고기는 기존 육류 맛을 일정 수준 따라잡는 것에 성공했다고 보고되었다(Lee JM & Kim YR 2018). 그러나 식물성 단백질 식품 대체육 개발의 선두 주자는 미국의 Impossible Foods社, Beyond Meats社 등이 식물성 단백질을 활용한 햄버거 패티, 소세지 등 육류 대체시장을 선점하고 있다(Park JH 2020). 최근 국내에서도 식물성 단백질을 활용한 패티(Kim JY 등 2021)와 소세지(Cha SH 등 2020)에 대한 개발 연구는 진행되었으며, 국내·외 기업에서

제품을 판매하고 있지만, 대체 햄이나 대체 고기류에 대한 개발 연구는 아직 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식물성 단백질을 활용한 대체 육류 식품의 다양성과 현 시장 상황을 고려한 기술 발전과 접근성 및 가격 경쟁력 확보에 이바지하고, 인간에게 필요한 단백질 공급과 에너지원으로서 식물성 대체 소재를 이용한 육류 대체식품인 햄을 개발하여 대체 햄의 영양적인 면을 평가하기 위해 기초연구를 실시하였다.

재료 및 방법

1. 재료 배합

본 연구에서는 개발한 대체육 햄, 상업적으로 시판되고 있는 각각의 동물성 햄과 식물성 햄을 선택하여 영양학적 특성에 대한 비교 실험을 실시하였다. 개발된 햄에 사용된 재료는 Table 1과 같고, 제조 과정은 도식화하여 Fig. 1과 Fig. 2에 제시하였다. 대체 햄의 식감을 부여하기 위해 조직식물성 단백질(textured vegetable protein, TVP)에 6배의 증류수(w/w)를 넣고 2시간동안 수화한 후 탈수기(W-110, Hanil Electric,

Table 1. Recipe for making ham using high-protein developed meat analogue

Ingredients (%)	Developed ham analogue
TSP	44.6
Starch	2.4
MBPC	4.4
Premix	9
Glutinous rice flour	3
Oil	6
Coconut oil	5
Sesame oil	1
Citrus flavor	0.1
Water	18.5
Albumin	3
Sausage flavor	0.6
Lecithin	0.3
Smoke flavor	0.5
Hydrated beetroot	1.6
Total	100

TSP: Textured soybean protein, MBPC: Mixed bean protein concentrate.

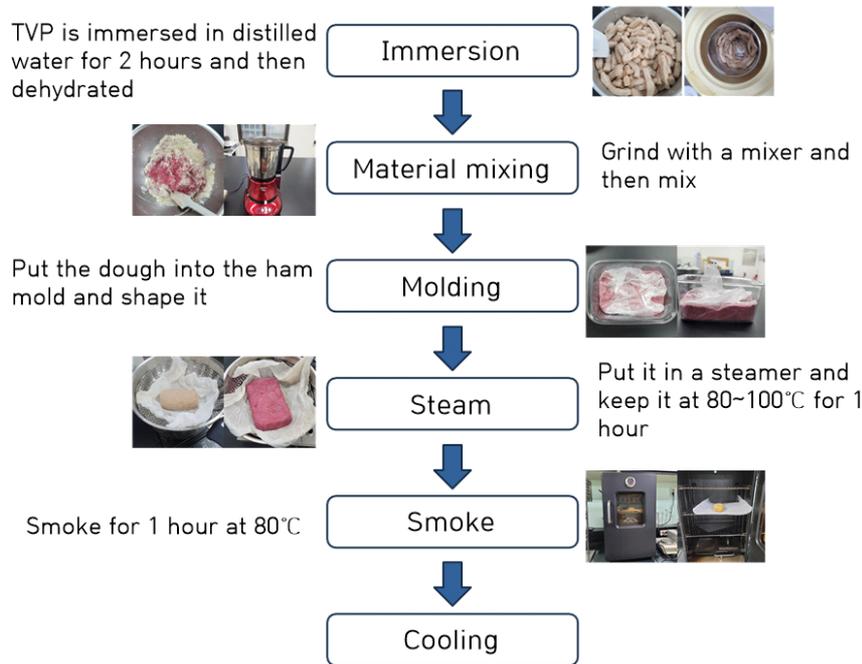


Fig. 1. Schematic diagram of making developed meat analogue.

Buchon, Korea)를 사용하여 3분 동안 탈수하였다. 먼저, 햄을 제조하기에 앞서 글루텐(Singsong Industry, Nonsan, Korea) 35.3%, 스모크 향 분말(Eselnara, Daegu, Korea) 14%, 소금(CJ, Sinan, Korea) 12.3%, 설탕(CJ, Seoul, Korea) 8%, 마늘 분말(The Yundoo, Hongcheon, Korea) 6.2%, 양파 분말(The Yundoo, Hongcheon, Korea) 4.9%, 표고버섯 분말(The Yundoo, Hongcheon, Korea) 3.5%, 다시마 분말(The Yundoo, Pocheon, Korea) 3.5%, 진저 스파이스(Sanglok Food Industry, Paju, Korea) 0.4%, 아라비아 검(Nexira, Rouen, France) 2.1%, 히드록시 프로필 메틸 셀룰로스(Lotte Finechemical, Ulsan, Korea) 2.1%, 인산염명신 NO. 30(MSC, Yangsan, Korea) 2.1%, 후추(Ottogi, Eumseong, Korea) 0.3%, 넛맥 분말(Shinyoung, Indonesia) 0.4%, 삼육 시즈닝(Daewon, Jincheon, Korea) 4.9%를 골고루 혼합하여 프리믹스를 제조하였다 (Table 2). 햄 제조를 위하여 100% 기준으로 물 18.5%, 오일 12%(옥수수유(Jinyuone, Hwaseong, Korea) 6%+코코넛유(Mangga Dua, Indonesia) 5%+참기름(Ottogi, Eumseong, Korea) 1%), 난백분(Eunsanfood, Yeosu, Korea) 3%, 감귤향(Es Food, Gunpo, Korea) 0.1%, 소세지향(Es Food, Gunpo, Korea) 0.6%, 레시틴(Solae LLC, St. Louis, Mo, USA) 0.3%, 훈제향(Es Food, Gunpo, Korea) 0.5%, 비트 분말(Jeju farms, Seogwipo, Korea) 1.6%를 60초 동안 균질화하여 향과 색이 첨가된 혼합유화액을 제조하였다. 탈수된 조직 대두 단백질 44% 혼합액을 믹서기를 이용하여 갈아준 후 미리 제조해 놓

은 프리믹스 9%, 혼합농축콩단백 4.4%, 옥수수 전분(Ottogi, Anseong, Korea) 2.4%, L-글루탐산나트륨(Es Food, Vietnam, Korea) 0.6%, 찹쌀가루(Baedaegam, Icheon, Korea) 3%를 첨가하여 완전히 혼합한 뒤 햄 틀을 이용하여 성형하였다 (Table 2). 성형된 햄을 찜기에 넣고 80~100°C에서 1시간 열탕 및 살균하고 훈연기(MCO 32954, Landmann, Fairburn, USA)를 이용하여 80°C에서 1시간 동안 훈연하여 대체육 햄을 제조하였다.

2. 햄의 물리화학적 특성 분석

1) 햄의 전체면 관찰 및 색도 측정

햄의 전체면은 디지털카메라(VLUU PL100, Samsung, Suwon, Korea)로 촬영하여 특성을 관찰하였다. 색도 분석은 색차계(CR-400 Koica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 분석하였다. 먼저 기기에 표준백판($L=93.97$, $a=-0.63$, $b=3.85$)을 사용하여 보정하였고, 절단된 시료를 원형 cell에 넣어 L (명도, lightness), a (적색도, redness), b (황색도, yellowness) 값을 측정하였다.

2) 조리손실률 측정

조리손실률은 중량 200 ± 2 g으로 성형한 햄을 가열하기 전에 반죽 무게를 미리 재고, 각 면을 2분간 가열한 후 30분 방냉한 햄의 무게를 재서 다음과 같은 식으로 계산하였다.

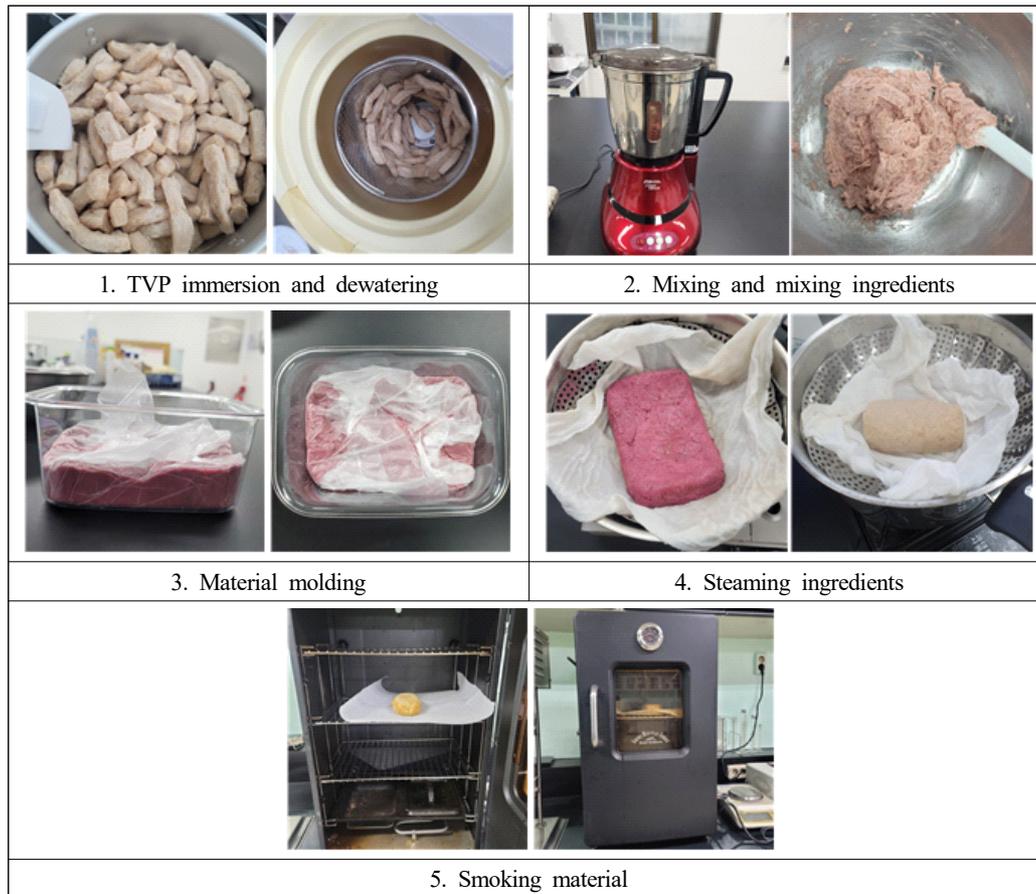


Fig. 2. Developed meat analogue making process.

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

3) 일반성분 및 지방성분 분석

제조된 햄과 식물성 햄, 동물성 햄의 일반성분 중 수분 함량은 105℃ 상압 가열 건조법, 조단백질 함량은 Kjeldahl법, 조지방 함량은 soxhlet 추출법 및 조회분은 건식 회화법을 이용해 분석하였으며, 탄수화물은 시료 전체를 100% 기준으로 하고 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량을 감한 것으로 산출하였다(Choi KS 등 2016).

지방성분 분석은 Shin KO 등(2022)의 방법을 응용하여 다음과 같이 분석하였다. 지방이 추출된 검체 약 25 mg을 유리 튜브에 정밀히 취하고 이어 0.5 N 메탄올성 수산화나트륨용액 2 mL를 가하고 즉시 뚜껑을 덮고 혼합하였다. 이어 100℃ heating block에서 약 10분간 가온한 후, 이를 냉각한 후 14% 트리플루오로보란메탄을 용액 2 mL를 가하고 즉시 뚜껑을 덮고 혼합하고 100℃에서 10분간 가온하였다. 이어 30~40℃로 냉각하여 이소옥탄(Isooctane)용액 2 mL를 가하여 뚜껑을

덮고 이 온도에서 30초간 격렬히 진탕한 다음, 즉시 포화 염화나트륨용액 2 mL를 가하고 뚜껑을 덮고 다시 진탕하였다. 상온으로 냉각한 후 수층으로부터 분리된 이소옥탄(Isooctane)층을 시험용액으로 하였다. GC 분석조건은 Column이 HP-FFAP(30 m × 0.32 mm I.D., 0.52 μm film thickness), Oven Temp이 100℃(2 min) - 4℃/min - 230℃(20 min), Injector Temp이 230℃, Detector Temp이 250℃, Flow rate이 1.5 mL/min, Instrument이 GC-FIDC(Agilent Technologies 7890A gas chromatograph, Palo Alto, CA, USA)로 설정하였다.

4) 아미노산 성분 분석

아미노산 성분 분석은 한국기초과학지원연구원에 분석 의뢰하였다. 아미노산 분석을 위해 시료는 일정량을 취한 후 PICO-Tag법(Ryoo SW 1992)에 의하여 phenyl isothiocyanate (PITC) labeling을 실시하였다. PITC labeling된 시료를 400 μL의 buffer(1.4 mM NaHAc+0.1% Triethylamine+6% CH₃CN; pH 6.1)에 녹인 후 그 중 10 μL를 취하고, RP-HPLC(Waters 510, Milford, MA, USA)에 주입하여 분석하였

Table 2. Premix manufacturing method

Premix	(%)
Gluten	35.3
Smoke flavor powder	14
Salt	12.2
Sugar	8
Garlic powder	6.2
Onion powder	4.9
Shiitake mushroom powder	3.5
Kelp powder	3.5
Ginger powder	0.4
Gum arabic	2.1
Hydroxy-propyl-methylcellulose	2.1
Phosphate myeongshin NO. 30	2.1
Pepper	0.3
Mcnut	0.4
Sahmyook seasoning	4.9
Garlic flavor powder	0.1
Total	100

다. Waters Pico-tag column(3.9 × 300 mm, 4.0 μm)을 이용하여 용매 A와 용매 B를 1 mL/min 유속으로 사용하였다. 용매 A는 140 mM sodium acetate(6% acetonitrile)이고, 용매 B는 60% acetonitrile이었다. Waters 2487 UV detector를 이용하여 254 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다(Cha SH 등 2020; Kim JY 등 2021).

5) 물성 측정

개발된 대체 햄 제품의 물성 분석은 2 × 2 × 2 cm의 크기로 절단한 패티를 texture analyser(TAXT plus/50 Stable Micro Systems, Godalming, UK)를 사용하여 측정하였다. 분석 조건은 pretest speed 2.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, posttest speed 2.0 mm/s이었으며, 원통 probe(원형, 직경 35 mm)를 이용하여 측정하였고, 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 탄성(resilience)을 평가하였다(Cha SH 등 2020; Kim JY 등 2021).

6) 개발된 대체 햄의 저장성(미생물 검출 실험)

일반세균은 Shin KO 등(2022)의 방법에 의하여 실시하였

다. 인산이수소칼륨(KH₂PO₄) 34 g을 증류수 500 mL에 용해하고 1 N 수산화나트륨 175 mL를 가해 pH를 7.2로 조정하고 여기에 증류수를 가하여 1,000 mL로 하여 인산완충용액으로 하였다. 이것을 121°C에서 15분간 멸균한 다음 냉장고에 보존하였다. 사용 시에는 이 원액 1 mL를 취하여 멸균증류수 800 mL에 가하여 희석하고, 이것을 멸균인산완충희석액(Butterfield's phosphate buffered dilution water)으로 하였다. 시료는 멸균된 가위 및 집게를 사용하여 잘게 잘라준 후 조각을 랜덤하게 25 g을 취하여 멸균인산완충희석액 225 mL을 가해 균질기를 이용하여 균질화한 후, 이것을 시험용액으로 하였다. 표준한천배지(Plate count agar)는 tryptone 5.0 g, yeast extract 2.5 g, dextrose 1.0 g, agar 15.0 g 성분증류수 1,000 mL에 녹여 pH 7.0±0.2로 조정 후 121°C로 15분간 멸균하였다. 제조에 따른 시험용액 1 mL와 10배 단계 희석액 1 mL씩을 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하여 약 43~45°C로 유지한 표준한천배지 약 15 mL를 무균적으로 분주하고 페트리접시 뚜껑에 부착하지 않도록 주의하면서 조용히 회전하여 좌우로 기울이면서 시료와 배지를 잘 혼합하여 응고시켰다. 확산집락의 발생을 억제하기 위하여 다시 표준한천배지 3~5 mL를 가하여 증첩시켰다. 응고시킨 페트리접시는 뒤집어 35±1°C에서 48±2시간 배양하였다. 집락수의 계산은 확산집락이 없고, 1개의 평판당 15~300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 집락수를 계수하여 그 평균집락수에 희석배수를 곱하여 균수를 산출하였다.

대장균군 실험에서 시료는 멸균된 가위 및 집게를 사용하여 잘게 잘라준 후 조각을 랜덤하게 25 g을 취하여 멸균인산완충희석액 225 mL을 가해 균질기를 이용하여 균질화하였다. 제조에 따른 시험용액 1 mL와 0.1 mL를 2개씩 BGLB 배지(Brilliant green lactose bile broth: peptone 10.0 g, lactose 10.0 g, oxgall 20.0 g, brilliant green 0.0133 g 성분을 증류수 1,000 mL에 녹여 pH 7.2±0.1로 조정 후 발효관을 넣은 시험관에 10 mL씩 분주하여 121°C에서 15분간 멸균함)에 가하였다. 시험용액을 넣은 BGLB 배지를 35~37°C에서 48±3시간 배양한 후, 가스 발생을 인정하였을 때에는 Endo 한천배지(Endo agar: peptone 10.0 g, lactose 10.0 g, dipotassium phosphate 3.5 g, sodium sulfite 2.5 g, basic fuchsin 0.5 g, agar 15.0 g 성분을 증류수 1,000 mL에 녹여 pH 7.4±0.2로 조정 후 121°C에서 15분간 멸균함) 또는 EMB 한천배지(Eosine methylene blue agar: peptone 10.0 g, lactose 5.0 g, sucrose 5.0 g, dipotassium phosphate 2.0 g, eosin Y 0.4 g, methylene blue 0.065 g, agar 13.5 g 성분을 증류수 1,000 mL에 녹여 pH 6.8±0.2로 조정 후 121°C에서 15분간 멸균함)에 분리 배양하였다. Endo 한천배지나 EMB 한천배지에서 전형적인 집락 1개 또는 비전형적인 집락 2개 이상을 보통한

천배지(Nutrient agar: peptone 5.0 g, beef extract 3.0 g, agar 15.0 g 성분을 증류수 1,000 mL에 녹여 pH 6.8±0.2로 조정 한 후 121°C에서 15분간 멸균함)에 접종하여 35~37°C에서 24±2시간 동안 배양하였다. 대장균균 양성판정은 보통한천 배지에서 배양된 집락을 취하여 전자동미생물동정기(VITEK 2 COMPACT, BioMérieux, Inc., Lyon, France)를 사용하여 실시하였다.

저장기간 중 대체육 햄의 곰팡이 균주는 PDA(potato dextrose agar) 배지를 이용하여 조사하였다. 시료 1 g을 9 mL의 멸균된 펄톤수에 희석시키고 voltex mixer로 혼합한 뒤 혼합액 1 mL를 취하여 페트리디쉬에 분주하고 미리 멸균 시켜놓은 PDA 배지를 분주하였다. PDA배지가 완전히 굳은 것을 확인하고 30°C에서 48시간 동안 배양한 뒤 집락수를 확인하여 곰팡이 균주를 조사하였다.

7) 개발된 대체 햄의 pH, 휘발성 염기 질소(VBN), 지방 산패도(TBARS)

pH 측정은 시료 10 g을 취하여 증류수 100 mL에 균일하게 용해 후 pH meter(MP 220, Mettler Toledo Co., Ltd., Urdorf, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 휘발성 염기 질소(volatile basic nitrogen, VBN, mg%)는 Kim HE & Jin GB(2021)의 방법에 의해 실시하였다. 약 1 g의 시료와 증류수 9 mL를 넣어 균질기(T25 basic, IKA Labortechnik, Königswinter, Germany)로 1분 동안 균질하였다. 그 후 Whatman No. 2 여과지(#1002-110, Whatman)로 균질한 샘플을 여과시킨 뒤 여과액 1 mL를 Conway 외실에 분주하였다. 0.01 N 붕산 용액 1 mL와 지시약(0.066% methyl red+0.066% bro-mocresol green) 50 µL를 내실에 분주하였고, 외실에는 K₂CO₃ 포화용액(50%) 1 mL를 취해 주입 후 빠르게 밀폐시켜 수평으로 교반한 다음 37°C에서 120분 동안 배양시켰다. 배양이 끝난 샘플은 0.01 N HCl로 적정을 하였으며, 아래 식에 의해 결과를 도출하였다.

$$\text{VBN}(\%) = \frac{[\text{Blank의 } 0.01\text{NHCl 용액적정소비량}(\text{mL}) - \text{처리구의 } 0.01\text{NHCL 용액적정소비량}(\text{mL})] \times 0.14 \times \text{희석배수} \times 100}{\text{시료의 채취량}(\text{g})}$$

지방 산패도(TBARS)는 Kim HE & Jin GB(2021)의 방법을 이용하여 약 2 g의 균질된 시료를 유리튜브에 채취하여 TBA시약 3 mL와 trichloroacetic acid 17 mL를 넣어 30초간 혼합하였다. 혼합용액을 100°C 항온수조에서 20분간 중탕시킨 후 시료들을 상온에서 1시간 보관하였다. 그 후 chloroform 5 mL와 가열반응이 끝난 샘플 5 mL를 섞어 혼합한 후

1,100×g에서 5분 동안 원심분리를 시켰다. 원심분리 후의 상층액을 3 mL 취하여 petroleum ether 3 mL와 균질시킨 다음 2,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며 아래의 식에 대입하여 결과를 얻었다.

$$\text{TBARS value} = \frac{(\text{O.D.값} \times 9.48)}{\text{시료무게}(\text{g})}$$

(mg of MDA / kg of sample)

8) 관능평가

본 실험은 햄의 관능검사에 대한 정보를 교육받고 훈련받은 식품영양학과 대학생 11명을 대상으로 실시하였다. 시료로 사용된 햄은 동일한 온도에서 동일한 크기로 제공되었다. 선발된 패널들을 대상으로 3개의 시료들에 대한 색(color), 외관(appearance), 냄새(oder), 맛(taste), 조직감(texture) 및 전반적인 기호도(Overall acceptability)를 차례대로 7점 기호도 척도를 이용하여 평가하였다.

각 시료의 햄 특성에 대한 묘사는 CATA(check all that apply) 기법을 이용하여 나타냈으며, 각 항목들은 Horita CN 등(2017)의 연구에서 묘사된 햄의 외관, 맛, 향, 및 물성을 특성으로 채택하였고, 대체 햄의 특성에 맞게 변형하여 사용하였다. 또한 연구 개발된 1개의 햄에 대한 6가지 항목(색, 외관, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도)에 대하여 우열을 순위법을 이용하여 판정하였다.

3. 통계처리

3가지 종류의 햄에 대한 영양적 특성 및 물리화학적 특성에 대한 실험 자료는 SPSS(Statistical Package for Social Science, version 23.0) 프로그램을 이용하여 각 시료에 대한 Mean±S.D.로 나타내었다. 시료 간의 차이분석을 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후검정은 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의적 차이(p<0.001, p<0.05)를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 햄의 단면 관찰 및 색도

3가지 종류 햄의 단면 관찰 사진은 Fig. 3과 같다. 전체적인 햄의 색은 DHA와 CVH가 차이가 없었다. 3가지 종류 햄의 색도는 Table 3과 같다. 명도(L)는 MH(52.03±0.25), DHA(48.94±0.93), CVH(45.32±0.99)의 순서로 높았으며(p<0.05), 적색도(a)는 DHA(8.31±0.46), CVH(6.97±0.08), MH(2.49±0.03)의 순서로 높았다(p<0.001). 황색도(b)는 CVH(17.53±0.18)이 MH(15.81±0.02) 및 DHA(9.50±0.22)보다 유의적으로 높게 나타났다(p<0.001).

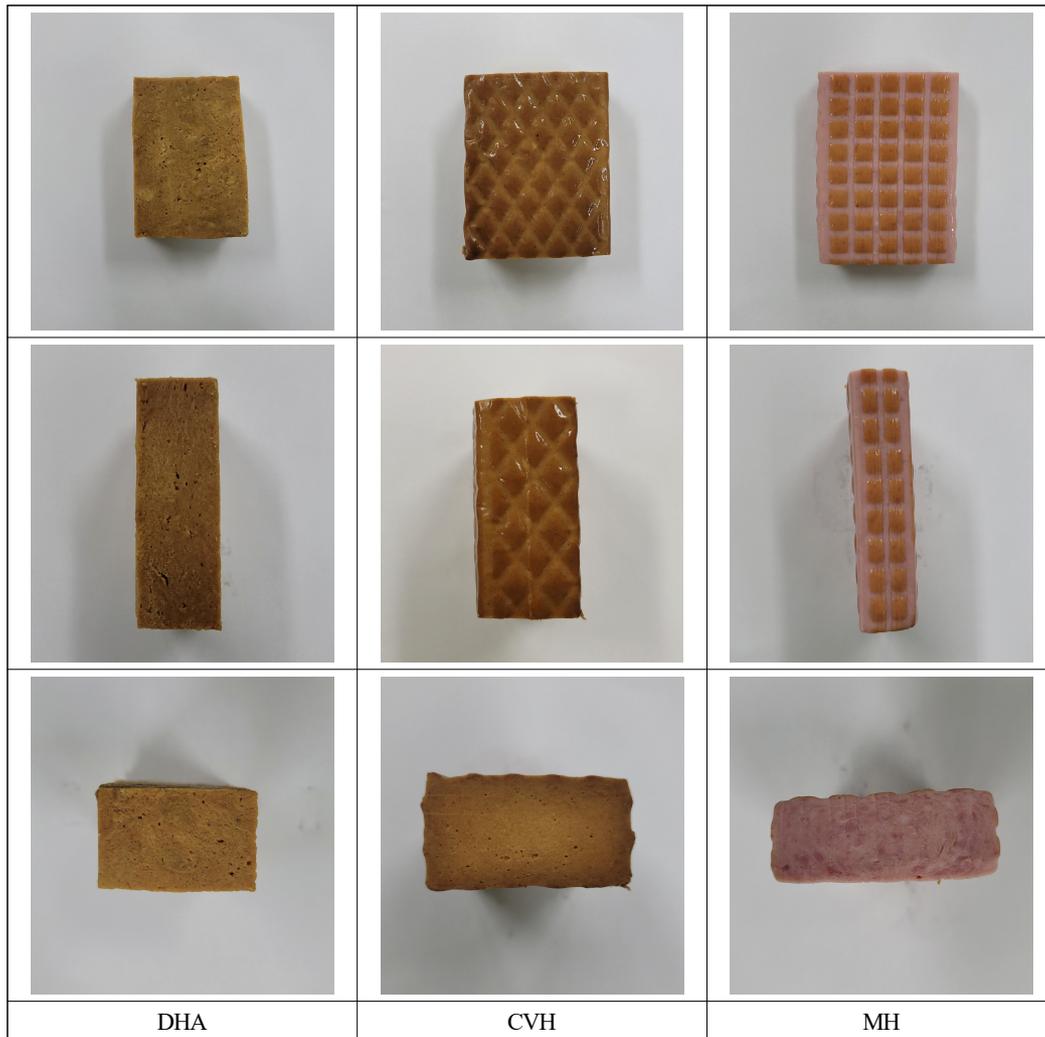


Fig. 3. Cross-section observation and appearance photos of three types of ham.

DHA: Developed ham analogue, CVH: Commercial vegetable ham, MH: Meat ham.

Table 3. Hunter's color values in three types of ham

	DHA	CVH	MH
L (lightness)	48.94±0.93 ^{b1)2)}	45.32±0.99 ^c	52.03±0.25 ^a
a (redness)	8.31±0.46 ^{a3)}	6.97±0.08 ^b	2.49±0.03 ^c
b (yellowness)	9.50±0.22 ^{c3)}	17.53±0.18 ^a	15.81±0.02 ^b

1) Mean±S.D.

2) ^{a-c} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

3) Level of significance: $p<0.001$.

DHA: Developed ham analogue, CVH: Commercial vegetable ham, MH: Meat ham.

2. 조리손실률

개발된 햄의 굽기에 의한 조리손실률은 약 $8.00\pm 0.01\%$ 였

다(표는 제시하지 않음). 카라기난과 곤약을 첨가한 캔 햄의 경우 가열온도가 높을수록 조리손실률이 증가하였으며, 카라기난과 곤약 첨가군에서는 대조군에 비해 조리손실률이 낮았다고 보고하였다(Kim EH 2016). 돼지고기의 경우 조리손실률이 등심과 안심에서 낮기 때문에 등심과 안심은 햄을 만드는데 적합하다고 보고하였다(Kim GW & Kim HY 2020).

3. 일반성분 및 지방성분

3가지 종류 햄의 일반성분 및 지방성분 분석 결과는 Table 4에 제시하였다. DHA의 단백질 함량($19.30\pm 0.10\%$)은 CVH(11.20 ± 0.10)과 MH($13.00\pm 0.10\%$)보다 유의하게 높았다($p<0.05$). 지방 함량은 MH($23.00\pm 0.10\%$) > CVH($19.40\pm 0.10\%$) > DHA($13.20\pm 0.10\%$)의 순서로 높았다($p<0.05$). 수분 함량은

Table 4. Proximate composition and fatty acid composition in three types of ham

Composition	Three types of hem		
	DHA	CVH	MH
General ingredients			
Energy (Kcal/100 g)	242.80±0.10 ^{b1)2)}	272.60±0.10 ^a	271.40±0.10 ^a
Moisture (%)	50.70±0.10	51.40±0.10	55.50±0.10
Protein (%)	19.30±0.10 ^a	11.20±0.10 ^b	13.00±0.10 ^b
Fat (%)	13.20±0.10 ^c	19.40±0.10 ^b	23.00±0.10 ^a
Ash (%)	2.80±0.10	2.00±0.10	2.80±0.10
Carbohydrate (%)	14.00±0.10 ^b	16.00±0.10 ^a	5.70±0.10 ^c
Fatty acid composition (g/100 g)			
Trans fat	0.03±0.01 ^b	0.09±0.01 ^b	0.14±0.01 ^a
Saturated fat	5.10±0.01 ^b	2.70±0.01 ^c	7.60±0.01 ^a
Cholesterol	-	-	49.19±0.01

1) Mean±S.D.

2) ^{a-c} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

DHA: Developed ham analogue, CVH: Commercial vegetable ham, MH: Meat ham.

MH(55.50±0.10%)이 가장 높았으며, DHA과 CVH는 각각 50.70±0.10%와 51.40±0.10%로 나타났다. 회분 함량은 DHA와 MH는 2.80±0.10%, CVH 2.00±0.10%로 조사되었으며, 탄수화물은 DHA 14.00±0.10%, CVH 16.00±0.10%, MH 5.70±0.10%로 나타났다($p<0.05$). Lee YW & Kim JG(1997)의 연구에서는 국내에서 생산되는 7개 햄의 경우 수분은 32.3~36.9%, 단백질은 10.1~18.8%, 지방은 9.6~20.9%로서 지방의 함량이 가장 큰 변이를 나타낸다고 하였으며, 7종류 햄의 평균치는 수분, 조단백질 및 지방이 각각 34.8%, 12.7% 및 13.0%라고 보고하였다. 이보다 본 연구에서 개발된 대체 햄의 수분 함량이 50.70%로 높았으며, 지방 함량은 비슷한 양상을 보였다. 식품공전에서는 로인햄 등은 수분 72% 이하, 조지방 10% 이하로 정하고 있으며, 프레스햄은 수분 75%, 조지방 30% 이하로 정한다고 보고되었다(Ministry of Health and Social Affairs 1994; Lee YW & Kim JG 1997). 특히 햄의 경우 원료에 따라 일반성분 분석의 결과가 달라질 수 있다고 판단된다.

지방 조성 중 트랜스 지방과 포화지방은 100 g 당 MH에서 각각 0.14±0.01 g와 7.60±0.01 g으로 다른 두 햄에 비해 높았고($p<0.05$), 콜레스테롤 함량은 다른 두 햄에서는 발견이 되지 않았으며, MH에서 100 g 당 49.19±0.01 g로 나타났다($p<0.05$).

4. 아미노산 성분

3가지 종류 햄의 아미노산 성분은 Table 5에 제시하였다. 필수아미노산 중 DHA는 leucine>lysine>phenylalanine, CVH는 leucine>phenylalanine>lysine, MH는 lysine>leucine>methionine 순으로 조사되었으며, 비필수아미노산의 경우 DHA는 glutamic acid>aspartic acid>arginine, CVH는 glutamic acid>aspartic acid>serine, MH는 glutamic acid>aspartic acid>arginine 순으로 조사되었다. DHA에서는 100 g 당 glutamic acid 4,776.00±0.10 mg, aspartic acid 1,774.20±0.10 mg, leucine 1,419.90±0.10 mg로 MH에 비해 아미노산 수치가 유의하게 높았다($p<0.05$). 그러나 lysine(1,051.90±0.10 mg), histidine(482.50±0.10 mg), methionine(620.90±0.10 mg)의 함량은 MH에서 높게 측정되었다($p<0.05$). 전체 아미노산 조성 중 DHA와 CVH에서는 glutamic acid>aspartic acid>leucine 순으로 함유되어 있으며, MH에는 glutamic acid>aspartic acid>lysine 순으로 함유되었다. 또한 DHA는 MH에 비해 glycine, methionine, lysine 및 histidine을 제외하고, 다른 아미노산 성분의 함량이 유의하게 높았다($p<0.05$).

5. 물성

3가지 종류 햄의 물성은 Table 6과 같다. 경도는 MH에서 74,622±5.17 g로 가장 높은 경향을 보였으며, 응집성(8.77±2.73 g/s)과 결합성(342,536±45,087 g/s)($p<0.05$) 및 씹힘성

Table 5. Essential amino acid and non-essential amino acid composition in three types of ham

Variety (mg/100 g)	Three types of ham		
	DHA	CVH	MH
Essential amino acid			
Threonine	699.40±0.10 ^{a1)2)}	411.40±0.10 ^c	577.50±0.10 ^b
Valine	802.60±0.10 ^a	479.70±0.10 ^c	519.50±0.10 ^b
Methionine	523.30±0.10 ^b	417.50±0.10 ^c	620.90±0.10 ^a
Isoleucine	726.60±0.10 ^a	407.80±0.10 ^b	458.70±0.10 ^b
Leucine	1,419.90±0.10 ^a	799.40±0.10 ^c	960.90±0.10 ^b
Phenylalanine	984.70±0.10 ^a	575.60±0.10 ^b	561.40±0.10 ^b
Lysine	1,011.80±0.10 ^a	518.10±0.10 ^b	1,051.90±0.10 ^a
Histidine	447.90±0.10 ^a	256.80±0.10 ^b	482.50±0.10 ^a
Non-essential amino acid			
Aspartic acid	1,774.20±0.10 ^a	1,042.80±0.10 ^c	1,224.60±0.10 ^b
Serine	1,047.20±0.10 ^a	626.70±0.10 ^b	570.80±0.10 ^c
Glutamic acid	4,776.00±0.10 ^a	2,268.60±0.10 ^b	2,205.50±0.1 ^b
Proline	869.50±0.10 ^a	504.90±0.10 ^b	463.70±0.10
Glycine	710.60±0.10 ^a	405.20±0.10 ^c	710.20±0.10 ^a
Alanine	785.00±0.10 ^a	486.50±0.10 ^b	752.00±0.10 ^a
Tyrosine	565.20±0.10 ^a	308.70±0.10 ^b	373.50±0.10 ^b
Arginine	1,148.80±0.10 ^a	533.00±0.10 ^c	821.30±0.10 ^b
Total amino acid	18,282.70±0.10	10,042.70±0.10	12,354.90±0.10

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ ^{a-c} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

DHA: Developed ham analogue, CVH: Commercial vegetable ham, MH: Meat ham.

(268,334±66,056 g)은 CVH에서 높은 경향을 보였다. 또한 DHA의 응집성, 탄성 등은 MH와 비교하여 높은 경향을 나타내었으며, CVH와는 유사한 수치를 나타내었다. Lee YW & Kim JG(1997)의 연구에서는 햄의 탄성, 저작성, 점착성, 부착성은 저장기간이 길어질수록 일부 시료에서 증감을 보였으나, 응집성은 0.458~0.497로써 저장기간에 따라 차이가 없다고 보고하였고, 견고성은 저장기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다.

6. 개발된 대체 햄의 저장성(미생물 검출 실험)

개발된 대체 햄의 저장성을 조사하기 위하여 일반세균, 대장균, 곰팡이 검출 실험을 Fig. 4에 제시하였다. 총 4주간의 실험을 수행한 결과 4주가 지난 후에도 일반세균, 대장균, 곰팡이가 검출되지 않았다. Kim JH(2014)의 연구에서는 햄의

일반세균 대장균군 및 대장균수는 분쇄육에 부재료를 혼합하면서 증가하였으나, 1~2차 가열 후 최종제품에서는 일반세균이 1.63~1.85 log CFU/g 수준으로 검출되었고, 대장균군 및 대장균은 모두 사멸하였으며, 황색포도상구균은 독소생성량은 유통 과정 중에 독소생성이 불가능한 온도인 10℃ 이하로 유통온도에 대한 관리기준 설정이 필요하다고 보고하였다. Lee YW & Kim JG(1997)의 연구에서는 햄의 경우 일반세균은 40일 경과까지 30 CFU/g 이하, 대장균군은 50일 까지 음성으로 나타났다고 보고하였다. 선행연구(Kemp JD 등 1988)에서는 dry-cured ham의 염지와 숙성 방법을 달리할 경우 10℃ 저장할 경우 세균수가 관찰되었으나, 0℃로 온도를 낮추어 저장했을 경우 세균수가 낮아져서 미생물의 성장을 억제한다고 보고하였다. 대장균군은 그람음성의 무아포성 간균이며, 당을 분해하여 산과 가스를 생성하는 호기성

Table 6. Texture profile analysis in three types of ham

	DHA	CVH	MH
Hardness (g)	48,569±8,453	44,493±8,912	74,622±517
Adhesiveness (gs)	-16.62±7.00 ^{a1)2)}	-12.11±7.19 ^a	-289.51±105.76 ^b
Springiness (mm)	0.56±0.025 ^b	0.76±.11 ^a	0.93±.055 ^a
Cohesiveness (g/s)	6.54±2.25	8.77±2.73	2.04±.40
Gumminess (g/s)	281,611±47,719 ^a	342,536±45,087 ^a	148,721±20,515 ^b
Chewiness (g)	158,617±2,480	268,334±66,056	141,169±25,935
Resilience (g)	0.43±0.03 ^a	0.41±0.02 ^a	0.31±0.00 ^b

1) Mean±S.D.

2) a~b Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

DHA: Developed ham analogue, CVH: Commercial vegetable ham, MH: Meat ham.

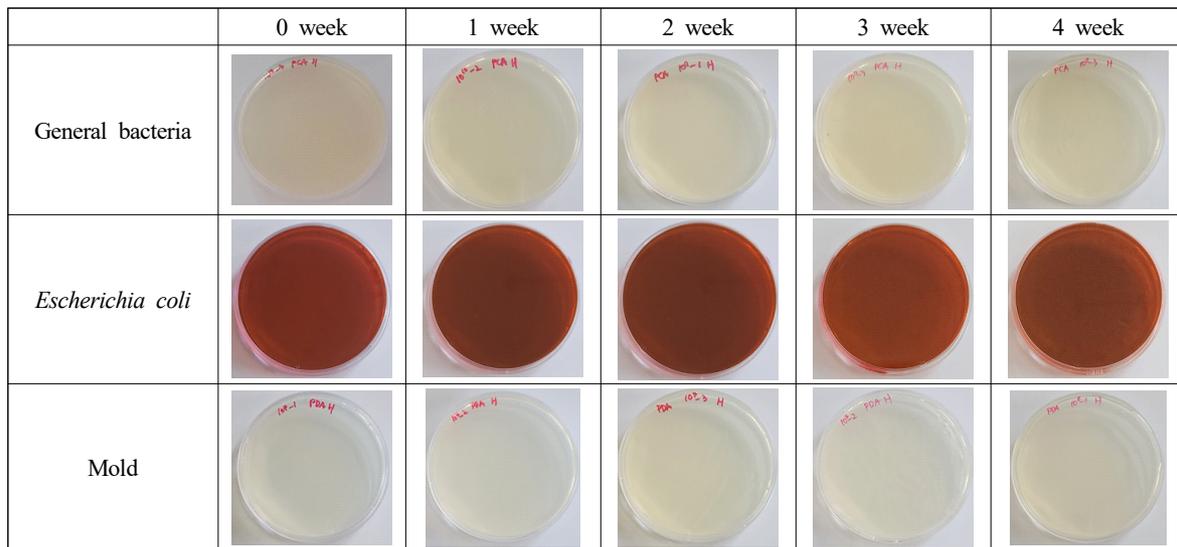


Fig. 4. General bacteria, *Escherichia coli*, and mold detection test of the developed ham analogue. Colonies of general bacteria, *Escherichia coli*, and mold were not observed for 4 weeks (0.0×10^1 cfu/mL(g)).

및 통성 혐기성의 세균으로서, 이 대장균군이 존재한다는 것은 인축의 분변에 오염되어 있을 가능성을 의미하여 취급상의 불량성을 나타내며, 특히 우리나라 식육제품에서는 음성으로 규정하고 있다(Lee YW & Kim JG 1997).

7. 개발된 대체 햄의 pH, 휘발성 염기 질소(VBN), 지방 산패도(TBARS)

개발된 대체 햄의 pH, 휘발성 염기 질소, 지방 산패도는 Fig. 5에 제시하였다. 대체 햄의 pH는 0~4주 사이에 6.31~6.49 사이에서 큰 변화는 없었다. 이는 Lee YW & Kim JG (1997)의 연구에서 제시한 6.44~6.45와 거의 유사한 결과를 보였으며, 일반적인 식육제품 가공에 사용되는 원료육의 경

우 pH는 5.4~5.6이나 식육제품에 첨가물 첨가 및 원료육과 첨가물의 배합 등의 첨가로 인해서 pH는 더 높아질 수 있고, 저장기간 중 신선도의 저하나 미생물의 발육에 의해서도 pH는 영향을 받는다고 지적하였다.

휘발성 염기 질소는 0주에 37.33 ± 16.17 , 1주에 205.33 ± 16.17 , 3주에 317.33 ± 16.17 , 4주에 410.67 ± 16.17 로 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 지방 산패도는 0주에 0.17 ± 0.05 , 1주에 0.31 ± 0.15 , 3주에 0.39 ± 0.21 , 4주에 0.43 ± 0.19 로 시간이 지날수록 증가하는 경향을 보였다. 선행연구(Lee YW & Kim JG 1997)에서 휘발성 염기 질소는 10°C에서 저장기간이 0일~50일까지 길어질수록 평균 3.25 mg%에서 8.75 mg%로 증가하였으며, 지방 산패도는 0.112~0.945의 분포를 보였고, 0일에

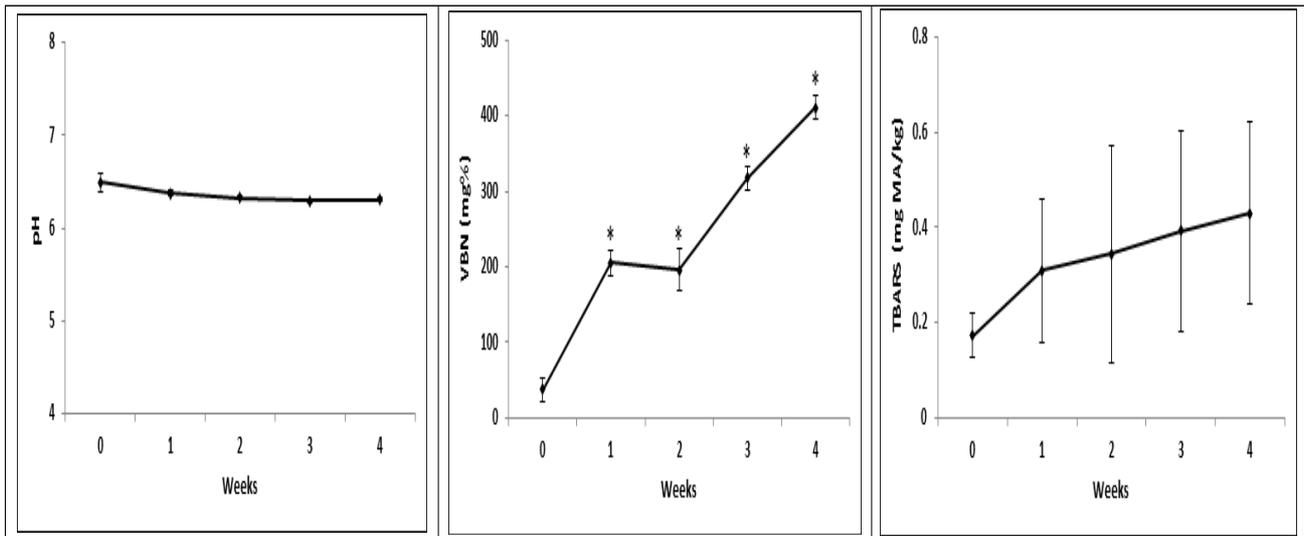


Fig. 5. Change of pH, VBN, and TBARS of developed ham analogue for 4 weeks.
 * Significant at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

0.281에서 50일에 0.544까지 증가하였다고 보고하였다. 또한 휘발성 염기 질소는 식품의 선도 측정 중 단백질의 부패 정도를 판정하는 중요한 요인이며, 휘발성 염기 질소는 trimethylamine, 암모니아 및 기타 휘발성 아민 등으로 이루어져 있다고 강조하였다(Lee YW & Kim JG 1997). 지방 산패도의 경우도 보존료 등의 첨가물 및 불포화지방산의 함량 등에 따라 차이는 있지만, 저장기간이 길어질수록 산패도는 증가하는 것으로 판단된다.

8. 관능평가

DHA, CVH 및 MH의 관능평가 결과는 Fig. 6에 제시하였다. DHA의 경우 색 5.00점, 외관 5.54점, 냄새 5.81점, 맛 5.81점, 조직감 6.00점, 전반적인 수용가능성 5.81점이었다. CVH는 색 3.90점, 외관 4.27점, 냄새 3.36점, 맛 3.45점, 조직감 4.63점, 전반적인 수용가능성은 3.72점이었으며, MH는 색 5.72점, 외관 5.63점, 냄새 5.09점, 맛 5.63점, 조직감 5.00점, 전반적인 수용가능성은 5.45점으로 나타났다. DHA, CVH 및 MH의 기호도를 알아보기 위하여 색, 외관, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 수용가능성을 순위법으로 나타내었고, 결과는 Table 7과 같다. CVH에 비해 DHA와 MH는 높은 기호도를 평가받았다. DHA의 경우 색 5.00 ± 1.09 , 외관 5.54 ± 1.12 , 냄새 5.81 ± 0.75 , 맛 5.81 ± 0.98 , 조직감 6.00 ± 0.89 , 전반적인 기호도 5.81 ± 0.75 로 나타났다. 특히 DHA는 CVH에 비해 색 ($p < 0.05$), 외관($p < 0.05$), 냄새($p < 0.001$), 맛($p < 0.001$), 조직감 ($p < 0.001$) 및 전반적인 기호도($p < 0.001$)가 유의하게 높았다. Lee YW & Kim JG(1997)의 연구에서는 초기 시료의 색, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 수용도는 5.61~6.86이었으며, 저

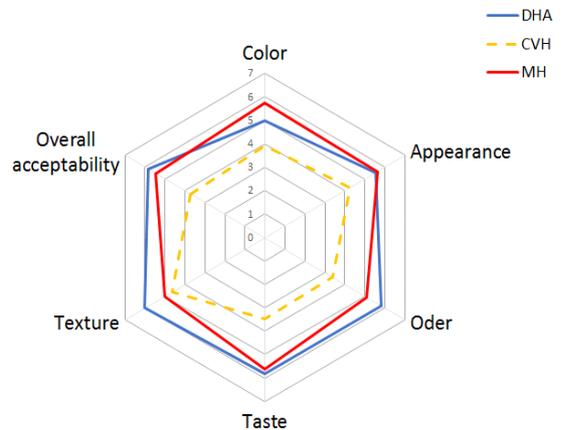


Fig. 6. Sensory acceptance of three types of ham.
 DHA: Developed ham analogue, CVH: Commercial vegetable ham, MH: Meat ham.

장기간이 길어질수록 관능적 품질의 변화는 낮아진다고 보고하였다. 또한 Froehlich DA 등(1983)과 Kemp JD 등(1988)의 연구에서는 아질산염이나 질산염 등의 첨가물을 사용하여 제조한 햄의 경우 색깔이 더 잘 유지되고, 온도가 저온일수록 냄새와 전반적인 수용도가 좋다고 보고하였다. 선행연구(Careri M 등 1993)에서는 햄에 대한 관능평가의 요인으로는 냄새가 중요하며, 시료 중의 휘발성 성분에 영향을 받으며, 맛의 경우는 비휘발성 성분에 영향을 받는다고 보고하였다. 따라서 햄의 색, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 수용도는 재료, 첨가물의 함량, 저장 온도도와 기간 및 미생물학적인 변화 등에 따라 영향을 받는 것으로 판단된다(Lee YW & Kim JG 1997). 선행연구(Park JH 2020)에서는 식물성 고기, 배양

Table 7. Sensory properties in three types of ham

Sensory attribute	DHA	CVH	MH
Color	5.00±1.09 ^{b1)2)}	3.90±1.57 ^c	5.72±1.10 ^a
Appearance	5.54±1.12 ^{b2)}	4.27±1.34 ^c	5.63±0.92 ^a
Odor	5.81±0.75 ^{a3)}	3.36±1.62 ^c	5.09±1.37 ^b
Taste	5.81±0.98 ^{a3)}	3.45±1.29 ^c	5.63±1.43 ^b
Texture	6.00±0.89 ^{a2)}	4.63±1.43 ^c	5.00±1.48 ^b
Overall acceptability	5.81±0.75 ^{a3)}	3.72±1.19 ^c	5.45±1.03 ^b

1) Mean±S.D.

2) a~c Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

3) Level of significance: $p<0.001$.

DHA: Developed ham analogue, CVH: Commercial vegetable ham, MH: Meat ham.

육, 곤충식품 및 식물성 계란 등의 대체(축산) 식품에 있어서 맛과 식감에 불만족이라는 조사 결과를 보고하였다. 따라서 식물성 대체 햄을 제조하는 데 있어서도 동물성 고기와 같은 맛과 식감을 유사하게 제조하는 것이 중요하다고 사료된다.

획평가원의 맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다(319046-3). 또한 본 연구는 2022년 제1 저자 이유진의 석사학위 논문을 재구성한 것입니다.

결 론

본 연구는 식물성 대체 햄을 개발하여 현재 시판되고 있는 햄과 영양학적인 면을 비교·분석하였다. DHA는 단백질 함량은 시판되고 있는 CVH보다 높았으며, 탄수화물은 CVH가 높았다. 필수아미노산 조성은 DHA가 37.23%로 기존에 시판되고 있는 햄 종류와 유사하였다. 필수아미노산 중 DHA와 CVH는 leucine, MH는 lysine이 가장 높았으며, 비필수아미노산의 경우 DHA, CVH 및 MH는 glutamic acid가 가장 높게 조사되었다. 명도(L)는 MH, 적색도(L)는 DHA, 황색도(a)는 CVH에서 각각 높았다. 경도는 MH에서 가장 높았으며, DHA의 응집성, 탄성 등은 MH와 비교하여 높은 경향을 나타내었다. DHA는 시간이 지날수록 지방의 산패도 및 단백질 변패도는 증가하였다. 기호도 평가에서는 DHA의 색 5.00, 외관 5.54, 냄새 5.81, 맛 5.81, 조직감 6.00, 전반적인 기호도 5.81로 나타났으며, DHA는 CVH에 비해 색, 외관, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도가 유의하게 높았다.

본 연구 결과를 종합해 볼 때, 본 연구에서 개발한 대체 햄의 제조 방법은 시판 중인 동물성 햄과 비교해서 영양학적으로 큰 차이점이 없이 육류의 맛을 내는 데 과학적인 배합이며, 대체육 연구에 좋은 기초자료라고 판단된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기

REFERENCES

- Bonny SPF, Gardner GE, Pethick D, Hocquette JF (2015) What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *J Integr Agric* 14(2): 255-263.
- Careri M, Mangia A, Barbieri G, Bolzoni L, Virgili R, Parolari G (1993) Sensory property relationships to chemical data of Italian-type dry-cured ham. *J Food Sci* 58(5): 968-972.
- Cha SH, Shin KO, Han KS (2020) A study on the physicochemical properties of sausage analogue made with mixed bean protein concentrate. *Korean J Food Sci Technol* 52(6): 641-648.
- Choi KS, Kim YH, Shin KO (2016) Effect of mulberry extract on the lipid profile and liver function in mice fed a high fat diet. *Korean J Food Nutr* 29(3): 411-419.
- Froehlich DA, Gullett EA, Osborne WR (1983) Effect of nitrite and salt on the color, flavor and overall acceptability of ham. *J Food Sci* 48(1): 152-154.
- Havlik P, Valin H, Herrero M, Obersteiner M, Schmid E, Rufino MC, Mosnier A, Thornton PK, Böttcher H, Conant RT, Frank S, Fritz S, Fuss S, Kraxner F, Notenbaert A (2014) Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proc Natl Acad Sci USA* 111(10): 3709- 3714.
- Horita CN, Esmerino EA, Vidal V, Farah JS, Amaral GV,

- Bolini H, Cruz AG, Pollonio M (2017) Sensory profiling of low sodium frankfurter containing garlic products: Adequacy of polarized projective mapping compared with trained panel. *Meat Sci* 131: 90-98.
- Kemp JD, Langlois BE, Akers K, Means WJ, Aaron DK (1988) Effect of storage temperature and time on the quality of vacuum packaged dry-cured ham slices. *J Food Sci* 53(2): 402-406.
- Kim EH (2016) Effects of carrageenan and konjac on quality characteristics of canned meat product. MS Thesis Konkuk University, Seoul. pp 14-16.
- Kim GW, Kim HY (2020) Physicochemical quality properties of loin and tenderloin ham from sows. *Food Sci Anim Resour* 40(3): 474-483.
- Kim HE, Jin GB (2021) Use of thermal sieve sirloin and rapid freezing effect for low-salt pork sirloin ham production. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50(6): 595-603.
- Kim JH (2014) A study on quantitative risk assessment of *Staphylococcus aureus* in pork, ham and sausage. Ph D Dissertation Kangwon National University, Kangwon-do. pp 26-28.
- Kim JY, Hwang HJ, Shin KO (2021) Development of a alternative meat patty using leghemoglobin extracted from soybean root nodules. *J East Asian Soc Diet Life* 31(4): 258-267.
- Kim SW, Garcia CV, Lee BN, Kwon HJ, Kim JT (2017) Development of turmeric extract nanoemulsions and their incorporation into canned ham. *Food Sci Anim Resour* 37(6): 889-897.
- Korea Meat Distribution Export Association (2017) Annual Domestic Con-Sumption of Meat. <http://www.kmta.or.kr> (accessed on 21. 11. 2017).
- Lee HS, Duffey KJ, Popkin BM (2012) South Korea's entry to the global food economy: Shifts in consumption of food between 1998 and 2009. *Asia Pac J Clin Nutr* 21(4): 618-629.
- Lee JE (2014) A survey on intake of protein supplement of university students majoring in physical education. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(10): 1607-1613.
- Lee JM (2020) Can cultured meat replace livestock farming? *Gaze Focus* 279: 1-13.
- Lee JM, Kim YR (2018) Alternative Livestock Development Trends and Implications. Korea Rural Economic Institute Agricultural Policy Focus. pp 1-23.
- Lee YW, Kim JG (1997) A study on the shelf-life of hams and sausages in refrigerated storage. *J Food Hyg Saf* 12(1): 26-38.
- Maeng JS (2016) Future food substitution technology trends: Focusing on cultured meat, artificial eggs and edible insects. *Convergence Research Review* 2(4): 4-35.
- Ministry of Health and Social Affairs (1994) Food Code. Korea. pp 197-205.
- Park JH (2020) Alternative protein food (vegetable protein meat) technology development trends and prospects. *Soy-bean industry information. Magazine* 3: 22-28.
- Ryoo SW (1992) Purification and characterization of antifungal compounds from *Bacillus subtilis*. MS Thesis Chungnam National University, Chungcheongnam-do. p 34.
- Shin KO, Hwang HJ, Han KS, Lee YJ (2022) Quality characteristics of substitute meat patties developed using *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Hara. *Foods* 11(9): 1341.
- You GY, Yong HI, Yu MH, Jeon KH (2020) Development of meat analogues using vegetable protein: A review. *Korean J Food Sci Technol* 52(2): 167-171.

Date Received Jan. 18, 2023
 Date Revised Mar. 9, 2023
 Date Accepted Mar. 10, 2023