Check for updates
J East Asian Soc Diet Life
31(4): 258~267 (2021)
http://dx.doi.org/10.17495/easdl.2021.8.31.4.258

대두 뿌리혹에서 추출한 레그헤모글로빈을 이용한 대체육 패티 개발

김정연[1] · 황효정[2] · 신경옥[2†]

[1]삼육대학교 식품생명산업학과 석사과정, [2]삼육대학교 식품영양학과 교수

Development of a Alternative Meat Patty Using Leghemoglobin Extracted from Soybean Root Nodules

Jeong-Yeon Kim[1], Hyo-Jeong Hwang[2] and Kyung-Ok Shin[2†]

[1]Master Student, Dept. of Food Science and Biotechnology, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea
[2]Professor, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

ABSTRACT

This study conducted basic research to develop foods of the future, such as meat substitutes using plant-based alternatives. The moisture content of alternative meat patties developed in this study is similar to vegetable and meat patties. Protein and fat content are intermediate, compared to vegetable and meat patties, while the raw material content was higher in alternative meat patties. The composition of essential amino acids and non-essential amino acids were 36.29% and 63.71%, respectively, in the alternative meat patties, and amino acid composition showed a tendency similar to that of commercially available animal meat patties. As a result of measuring the color (brightness, redness, yellowness) and physical properties (hardness, adhesion, cohesiveness, gumminess, chewiness, elasticity) of the alternative meat patty, they are generally similar to existing meat or plant products. It was confirmed that the alternative meat patty can replace an existing product through sensory improvement. Considering the results of this study, the manufacturing method of alternative meat patties is a scientific formulation for flavoring meat without any significant difference, compared to commercially available animal meat patties. It is expected to provide good basic data for future research on alternatives to meat. In addition, continuous research should be conducted in parallel to improve the quality of alternative meat patties and to increase the production of alternative meat patties in consideration of consumer preferences.

Key words: leghemoglobin, alternative meat patty, amino acid composition, colorimetric analysis, texture analysis

서 론

가족의 생활 형태, 경제 산업 및 사회문화적 요인 등에 의해 우리나라의 식품 소비 형태가 질적으로나 양적으로 많은 변화가 있었다. 지난 70년대에는 밥과 곡식 위주의 채식 유형이 식생활의 주를 이루었다면, 90년대 이후로는 식육, 육가공품, 유가공품 등 육식 위주의 식생활이 꾸준히 증가하였으며, 이러한 식품 소비의 변화는 우리나라뿐만 아니라, 전 세계적인 추세로 나타나고 있다(You GY 등 2020). 많은 선행연구(Pimentel D & Pimentel M 2003; Fraser RZ 등 2018)를 통해 과잉의 육류 위주의 서양식 식단은 비만을 비롯한 심장병, 고혈압, 대장암 및 유방암 등의 질병 발병률을 증가시켜 건강상 문제가 발생한다고 보고되고 있다. 이에 최근 식물성 원료를 활용한 대체육 시장은 매년 증가 추세에 있으며, 그 수요는 노령화와 웰빙 시대에 맞춰 꾸준하게 상승할 것이라 판단된다.

현재 식물성 대체육, 식용곤충, 배양육 등이 가장 대표적인 대체육류로서 주목받고 있으며, 그 중 대체육 시장에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 식물성 대체육은 식물에서 추출한 단백질을 이용하여 제조한 육류 유사식품으로서 주원료는 대두 단백질 및 밀 단백질, 완두콩, 콩, 깨, 땅콩, 목화씨, 쌀, 곰팡이 등을 이용하고 있다(Kim HY 2018; You GY 등 2020). 식물성 단백질 중 주로 콩 단백질을 많이 이용하였는데, 각종 식품 제조 시 단백질 성분 보강과 식감 개선을 위한 첨가물로 이용되고 있으며, 단백질 함량 비율에 따라 콩가루(단백질 함유량 50% 이하), 농축 콩 단백질(단백질 함유량 70%), 분리 콩 단백질(단백질 함유량 90%)로 구분된다(Kim SA 등 2008). 콩 단백질은 육류와 유사한 식감을 부여하기 위해 주로 조직화된 대두단백(textured vegetable protein, TVP)을 사용하여 제조하는 식물성 대체육으로 '콩고기'라는 이름으로 국내에서 소비되고 있다(Kim MR 등 2017). 식물

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

성 대체육은 관능적인 기호도에서 육류에 비해 부족하며, 이를 개선할 수 있는 지속적인 가공 기술의 개발이 필요하다(You GY 등 2020). 최근 몇 년 동안 육류, 특히 붉은 육류 및 가공 육류의 과소비와 관련된 건강 위험에 대한 대중의 인식이 단계적으로 변화하고 있으며, 육류가 포함된 '유연주의적' 식단에 대한 수요가 증가해 왔다(Antony AB 등 2019). 대체육의 종류는 배양육(cultured meat), 식물성 고기(plant-based meat), 헴 함유 식물성 고기(plant-based meat with heme) 등으로 나뉘며, 콩, 버섯, 호박 등에서 추출한 식물성 단백질을 효모, 섬유질 등과 배양해 고기의 육즙까지 재현한 제품들이 판매되고 있다(Kim HY 2018). 시장 조사기관인 유로모니터에 따르면, 글로벌 기업인 '임파서블 푸드', '비욘드 미트' 등의 매출 향상으로 미국 내 대체 육류 시장은 매년 성장 추세에 있으며, 2015년 약 18억 달러, 2020년에는 30억 달러 이상으로 보고되었다. 따라서 우리나라에서도 식물성 식단으로의 전환이 요구되며, 식물성 대체육이 소비자의 입맛을 만족시키도록 패티의 식감, 맛, 냄새 및 조리방법의 개발이 요구된다.

미래의 식량난을 극복하기 위해 식물로 동물의 영양소를 대체하고, 식물을 통해 고기의 풍미를 만들어내기 위해 끊임없이 노력하고 있다. 이에 대안으로 대두 뿌리혹(결절)에서 추출되는 레그헤모글로빈을 활용하여 고기의 풍미를 제공하는 연구들이 발표되고 있다(Fraser RZ 등 2018; Ismail I 등 2020). 특히 레그헤모글로빈은 보조인자인 아미노산, 비타민, 당 등을 변형시켜 육류의 풍미와 향을 증가시킨다. 선행연구(Fraser RZ 등 2018)에서 헴은 단백질 보조인자로서 철을 함유한 포르피린 고리를 가졌으며, 육류의 특징적인 풍미를 나타내는 물질이라고 보고하였다. 4가지 주요 레그헤모글로빈 이소단백질(isoprotein)은 일반적으로 대기 중 질소(N_2)가 암모니아로 환원되고, 광합성으로 당을 생성하는 대신에 동화과정을 거쳐 콩과식물의 뿌리혹에 존재하게 된다(Jin Y 등 2018). 레그헤모글로빈의 1차 아미노산 서열은 동물 헤모글로빈 및 미오글로빈 서열과 다르지만, 레그헤모글로빈의 철의 생체 이용률은 동일하다고 보고되었으며(Hargrove MS 등 1997), 레그헤모글로빈을 효모에 주입하여 대량 생산이 가능해졌다. 레그헤모글로빈은 대체육 제품을 판매하는 임파서블 푸드 회사에서 육류 제품과 비슷한 관능성을 부여하기 위해 대체육 제품 제조 시 사용되는 첨가물이다. 최근 육류를 대체할 수 있는 대체육 연구가 진행됨에 따라 레그헤모글로빈의 연구도 빠르게 진행되고 있다(Fraser RZ 등 2018; Ismail I 등 2020). 기존의 가축 사육을 통한 육류 섭취를 대체하여 인간에게 필요한 단백질 공급과 에너지원으로서 식물성 대체 소재를 이용한 육류 대체 식품 등의 미래 식품 개발이 시급한 실정이다.

이에 본 연구에서는 대두 뿌리혹으로부터 레그헤모글로빈을 추출하여 이를 첨가한 대체육 패티를 개발하고, 개발된 대체육 패티를 기존 시판 제품들과 비교하여 대체육 연구에 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

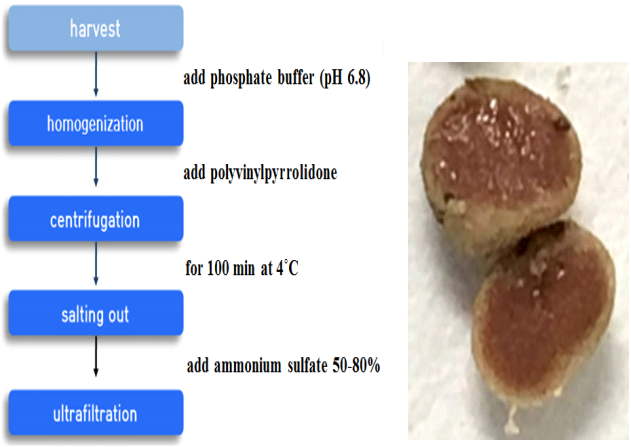
재료 및 방법

1. 대두 재배 및 레그헤모글로빈 추출

본 연구를 통해 개발된 대체육 제품을 기존 육류 제품과 비슷하게 제조하기 위하여 대두 재배 및 대두 뿌리혹에서 레그헤모글로빈의 추출을 수행하였다(Fig. 1 및 Fig. 2). 42~56일 정도 재배한 대두(Blue rice farm, Gyeonggi-do, Korea)의 뿌리혹을 채취하였다. 대두 뿌리혹을 pH 6.8로 맞춘 다음, 0.1 M phosphate buffer를 대두 뿌리혹의 4배로 넣어 침지시킨 후, 균질기(HG-15A, Daihan, Korea)를 이용하여 균질화하였다. 폴리페놀 제거를 위해 30%의 polyvinylpyrrolidone을 혼합한 뒤 균질액을 원심분리기(1736R, Lavogene, Korea)에 넣어 4,000 rpm으로 4℃에서 100분간 원심분리 하였다. 원심

(A) (B) (C)

Fig. 1. (A) Soybean hydroponics, (B) Soybean root nodules and (C) Separated root nodules.



(A) (B)

Fig. 2. (A) Leghemoglobin extraction process from soybean root nodules and (B) Cross section of soybean root nodules.

분리된 상등액을 회수하여 고체 황산암모늄 50~80%로 분별하였다. 분별한 용액을 원심분리기(1736R, Lavogene, Korea)를 이용하여 4,000 rpm(4℃)에서 100분간 원심분리하여 상등액은 배수하고 침전물을 회수하였다. 침전물의 9배의 0.1 mM EDTA가 포함된 0.1 M Tris-HCl 용액에 침전물을 용해시키고, 한외여과(Satorius Stedim Biotech, Göttingen, Germany) 수행하여 레그헤모글로빈을 농축시켰다.

2. SDS-PAGE를 이용한 레그헤모글로빈 확인

Laemmli UK(1970)의 방법을 응용하여 SDS-PAGE의 Gel은 10%의 Separating Gel과 Stacking Gel로 구성하였다. 농축액의 동량의 2×SDS sample buffer(0.5 M Tris-HCl buffer, pH 6.8, containing 10% SDS, 4% 2-mercaptoethanol, 20% glycerol, 0.05% bromo-phenol blue, and 10 mM EDTA)를 첨가한 후, 95℃에서 15분간 가열하였다. 전기영동장치를 이용하여 전기영동 후 겔은 염색액(0.025 Coomassie brilliant blue R-250, 50% methanol and 5% acetic acid)을 이용하여 4시간 이상 염색한 후, 탈색액(7% Glacial acetic acid and 5% methanol)으로 탈색하였다.

3. 레그헤모글로빈을 첨가한 패티 제조

레그헤모글로빈이 첨가된 대체육 패티에 사용된 재료는 Table 1과 같고, 제조 과정은 도식화하여 Fig. 3에 제시하였다. 레그헤모글로빈이 첨가된 대체육 패티는 식감을 부여하기 위해 조직 대두 단백(textured soybean protein, TSP)(Soymaru, Gyeonggi-do, Korea)과 조직 식물성 단백(textured vegetable protein, TVP)(Bob's red mill natural foods Inc, Oregon, USA)을 수화하지 않고 그대로 사용하였다. 먼저, 소금 14.4%, 설탕 25%, 양파분말 5%, 마늘 분말 3.1%, 버섯 분말 12.5%, 생강 분말 0.6%, 고수 분말 1.3%, 백 후추 0.6%,

Table 1. Patty manufacturing recipe using high protein alternative meat material

Ingredients (%)	Alternative meat patty
TVP*	17.5
TSP*	5.8
Oil	11.5
Canola oil	0.6
Leghemoglobin extract	1
Water	48.6
High-viscosity Methylcellulose	1.1
Xanthan gum	0.1
Starch	1.1
Potassium chloride	0.1
Hydrated beetroot	0.1
Smoke flavor	4.2
Nutritional yeast flakes	1.1
MBPC*	2.5
Premix	4.7
Total	100

* TVP: textured vegetable protein, TSP: textured soybean protein, MBPC: mixed bean protein concentrate.

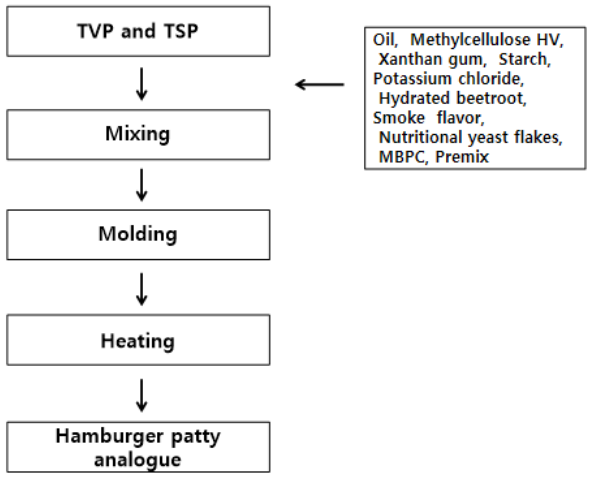


Fig. 3. Flow chart of alternative meat patty production.

석류 분말 6.3%, 삼육 시즈닝 31.3%를 골고루 혼합하여 프리믹스를 제조하였다. 육류 패티의 육즙을 재현하기 위해 기름을 100% 기준으로 물 24.8%, 코코넛 오일 49.5%, 코코아버터 24.8%, 고점도 메틸셀룰로스 0.5%, 삼육시즈닝 0.5%를 균질화하여 혼합한 후, −18℃에서 냉동보관하였다. 조직 대두 단백 17.5%, 조직 식물성 단백 5.8%, 카놀라유 0.6%, 레그헤모글로빈 추출물 1%(선행 연구 결과 적정 함량), 물 48.6%, 메틸셀룰로스 HV 1.1%, 잔탄검 0.1%, 전분 1.1%, 염화칼륨 0.1%, 비트 분말 0.1%, 스모크향 4.2%, 영양 효모 플레이크 1.1%, 혼합농축콩단백 2.5%, 프리믹스 4.7%를 혼합하여 반죽을 만들어준 뒤 4~10℃에서 30분간 숙성하였다. 숙성된 패티 반죽에 미리 제조한 기름 11.5%를 치즈강판으로 갈아서 혼합한 후, 패티 반죽을 60±2 g으로 떼어내어 패티 모양으로 성형하여 제조하였다. 본 연구에서는 레그헤모글로빈이 첨가된 대체육 패티, 상업적으로 시판되고 있는 각각의 동물성 패티와 식물성 패티를 선택하여 영양학적 특성에 대한 비교 실험을 실시하였다.

4. 패티의 물리화학적 특성 분석

1) 패티 전체면 관찰

익힌 패티의 전체면은 디지털카메라(Ev-nxflzza2qkr, Samsung, Korea)로 촬영하여 특성을 관찰하였다.

2) 가열 감소량 측정

가열 감소량은 중량 60±2 g으로 성형한 패티를 가열하기 전에 반죽 무게를 미리 재고, 각 면을 60~80℃에서 2분간 가열한 후, 30분 방냉한 패티의 무게를 재서 다음과 같은 식으로 계산하였다.

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

3) 일반성분 분석

제조된 패티의 일반성분 중 수분함량은 105℃ 상압 가열건조법(FS-620, Toyo Seisakusho Co., Ltd., Tokyo, Japan), 조단백질 함량은 Kjeldahl법(Kjeltec TM 2300, FOSS, Höganäs, Sweden), 조지방 함량은 Soxhlet(SOX606, LABTECH, Seoul, Korea) 추출법 및 조회분은 건식 회화법(KL-160, Toyo Seisakusho Co., Ltd., Tokyo, Japan)을 이용해 분석하였으며, 탄수화물은 시료 전체를 100% 기준으로 하고 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량을 감한 것으로 산출하였다(Choi KS 등 2016).

4) 아미노산 성분 분석

아미노산 분석을 위해 시료는 일정량을 취한 후 PICO-Tag법에 의하여 phenyl isothiocyanate(PITC) labeling을 실시하였다. PITC labeling된 시료를 400 μL의 buffer(1.4 mM NaHAc+0.1% Triethylamine+6% CH_3CN; pH 6.1)에 녹인 후 그 중 10 μL를 취하고, RP-HPLC(Waters 510, Milford, MA, USA)에 주입하여 분석하였다. 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).

5) 색도 분석

색도 분석은 Oh HK & Lim HS(2011)의 방법을 응용하여 색차계(CR-400 Konica Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 분석하였다. 먼저 표준백판(L=93.98, 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.

6) 물성 분석

개발된 대체육 패티 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 2.0mm/s이었으며, 원통 probe를 이용하여 측정하였고, 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 탄성(resilience)을 평가하였다(Cha SH 등 2020).

7) 기호도 평가

본 실험의 기호도 평가는 패티의 관능검사에 대한 교육을 받은 잘 훈련된 식품영양학과 대학생 20명(남자 10명, 여자 10명)을 대상으로 실시하였다. 3종류의 패티 시료는 각각 동일한 온도에서 동일한 접시에 담아 제공되었다. 선발된 패널을 대상으로 3개의 시료들에 대한 색(color), 향(flavor), 맛(taste) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)를 7점 척도를 이용하여 평가하였다.

5. 통계처리

패티에 대한 일반성분, 아미노산 분석, 기능적 특성 및 물리화학적 특성에 대한 실험 자료는 SPSS(Statistical Package

for Social Science, version 23.0) 프로그램을 이용하여 각 시료에 대한 평균과 표준편차로 나타내었다. 패티의 관능평가는 7점 기호도 척도 (1=매우 싫음, 2=싫음, 3=약간 싫음, 4=보통임, 5=약간 좋음, 6=좋음, 7=매우 좋음)를 사용하여 각 항목별로 평균치를 구하여 비교하였다. 시료 간의 차이분석은 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 실시하였고, 사후검증은 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의적 차이($p<0.001$, $p<0.05$)를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 레그헤모글로빈 분석

SDS-PAGE을 통해 레그헤모글로빈을 확인한 결과를 Fig. 4에 제시하였다. 레그헤모글로빈의 분자량은 SDS-PAGE 젤에서 약 14 kDa로 나타났으며, 이는 실제 고기와 유사한 맛과 고기와 같은 붉은 색을 위해 햄버거 패티 유사체(HPA)에 통합되었다.

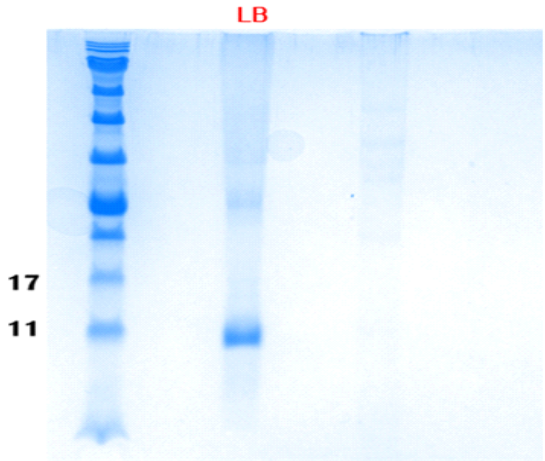


Fig. 4. SDS-PAGE of leghemoglobin (LB).

2. 패티의 물리화학적 특성

1) 패티 전체면 관찰

레그헤모글로빈을 첨가한 대체육 패티, 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티의 전체면은 Fig. 5에 제시하였다. 대체육 패티가 기존의 두 가지 패티에 비해 색깔이 진하게 개발되었다고 판단된다.

2) 가열 감소량

개발된 대체육 제품들의 가열 전 후 중량을 비교하여 가열 감소량을 조사한 결과는 Table 2에 제시하였다. 개발된 패티의 굽기에 의한 가열 감소량은 11.32±1.99%이었으며, 식물성 패티에 비해 유의하게 높은 수치를 보였다($p<0.05$). 해조류 분말을 첨가한 경우도 해조류 식이섬유에 의한 보수력 증가로 패티 가열 중 수분 손실이 감소하였다고 보고하였다(Jeon MR & Choi SH 2012).

3) 일반성분 분석

본 연구를 통해 개발된 대체육 패티의 일반성분은 Table 2와 같다. 패티의 수분 53.56%~53.81%, 단백질 19.33%~26.73%, 지방 7.87%~15.57%, 조회분 1.88%~4.09%, 탄수화물 9.69%~16.57%의 범위로 조사되었다. 대체육 패티의 수분함량은 53.56±0.91%로서 기존에 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티의 수분함량과 유사한 결과를 보였다. 대체육 패티의 단백질 함량은 약 19.33±0.83%로서 동물성 패티(약 19.40±2.11%)와 유사한 수치를 보였고, 식물성 패티는 단백질 함량이 26.73±0.11%로 높게 나타났다($p<0.001$). 지방 함량은 동물성 패티(15.57±0.28%), 대체육 패티(9.47±1.01%), 식물성 패티(7.87±0.34%)의 순으로 높았다($p<0.001$). 대체육 패티의 조회분 함량은 4.09±0.07%로서 3개의 패티 중 유의적으로 높았다($p<0.001$). 대체육 패티(13.53±0.62%)의 탄수화물 함량은 동물성 패티(16.57±0.54%)보다 낮았으나, 식물성

(A) DAP (B) CVP (C) MP

Fig. 5. Whole section of cooked (A) developed alternative patty (DAP), (B) commercial vegetable patty (CVP) and (C) meat patty (MP).

Table 2. Cooking loss rate and the proximate composition of three different patties

Composition (%)	Samples[1)]			*F*-value
	DAP	CVP	MP	
Cooking loss (%)	11.32±1.99[a]	7.15±5.13[b]	11.98±2.65[a]	9.782*
Moisture	53.56±0.91	53.59±0.27	53.81±0.31	1.511
Protein	19.33±0.83[b]	26.73±0.11[a]	19.40±2.11[b]	11.232**
Fat	9.47±1.01[b]	7.87±0.34[c]	15.57±0.28[a]	7.897**
Ash	4.09±0.07[a]	2.10±0.07[b]	1.88±0.10[c]	3.456**
Carbohydrate	13.53±0.62[b]	9.69±0.12[c]	16.57±0.54[a]	10.235**

Values are Means±S.D.
1) DAP: developed alternative patty, CVP: commercial vegetable patty, MP: meat patty.
* $p<0.05$, ** $p<0.001$.

패티 제품(9.69±0.12%)보다는 유의적으로 높았다($p<0.001$). 본 연구를 통해 개발된 대체육 패티는 동물성 패티와 유사한 단백질 함량을 보유하고 있으면서 지방 및 탄수화물 함량은 낮게 측정되었다. 자색 콜라비를 첨가한 돈육 패티 연구에서는 조지방과 조단백질 함량은 콜라비 첨가 수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였으나, 조회분과 수분함량은 콜라비 첨가 수준이 증가할수록 증가하였다고 보고하였다(Cha SS & Lee JJ 2013). 콩비지를 첨가한 돼지고기 패티의 경우 조지방 및 단백질 함량은 콩비지의 첨가량이 증가할수록 감소하였는데(Joo SY 등 2019), 이는 콩비지의 함량이 증가함에 따라 돈육의 함량 감소에 영향을 주었다고 보고하였으며, 청국장 분말을 첨가하여 제조한 패티의 경우 청국장 함량이 증가할수록 수분함량이 유의적으로 증가하였다고 보고하였다(Lee YM & Lyu ES 2008). 또한 함초 분말을 첨가한 돈육 패티의 경우 pH는 시료 첨가량이 많아질수록 유의적으로 높게 측정되었으며, 함초 분말 2% 첨가군에서 수분함량이 가장 높았다고 보고하였다(Joo SY & Choi HY 2014b). 그러나 마 분말 첨가 패티에서 수분함량은 마 분말의 첨가 여부 및 첨가 비율에 관계없이 시료 간 유의적인 차이가 나타나지 않았으며(Lee SH & Cho SH 2012), 율피 분말을 돈육에 첨가한 경우도 율피 분말의 첨가량이 증가할수록 수분함량에 영향을 주지 않았다고 보고하였다(Joo SY & Choi HY 2014a). 따라서 선행연구(Joo SY & Choi HY 2014a, 2014b)에서는 시료를 첨가한 패티의 수분 함량에 차이가 나는 이유는 원료육의 성분조성 차이와 함께 패티 제조 시 첨가되는 부재료의 종류와 첨가 비율, 형태에 따른 것이라고 보고하였다. 특히 대체육 패티를 만들 때, 채소의 함량이 일반적인 동물성 패티에 비해 높은데, 대체육 패티 속의 식이섬유가 다른 재료들의 수분과 결합하여 패티의 수분 손실을 줄여서 패티 자체의 수분함량을 증가시킨 요인으로 사료된다(Joo SY & Choi HY 2014b). 선행연구(Song DJ 1993; Hensley JL & Hand LW 1995)에서는 일반성분 중 수분은 저장성, 보수력, 가열 감량, 경도, 응집성과 밀접한 관계가 있으며, 지방은 조직감, 다즙성 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다고 보고하였다.

4) 아미노산 조성 분석

패티의 아미노산 조성비율은 Table 3에 제시하였다. 기존에 시판되고 있는 식물성 패티의 필수 아미노산 비율은 30.31%로 동물성 패티의 필수 아미노산 비율(36.90%)과 비교하여 약 6.6% 부족한 반면, 본 연구를 통해 개발된 대체육 패티의 필수 아미노산 비율은 36.29%로 기존에 시판되고 있는 식물성 패티의 필수 아미노산 비율보다 약 6.0% 정도 높았으며, 동물성 패티의 필수 아미노산 비율과 유사한 수치를 보였다. 3가지 패티의 비필수아미노산의 범위는 63.10%~69.69%였다. 개발된 대체육 패티의 필수아미노산 성분은 leucine(9.22%), valine(6.51%), isoleucine(5.66%) 순이었으며, 비필수아미노산 성분은 glutamine(15.18%), glycine(8.20%), alanine(8.16%) 순으로 나타났다. 특히 패티의 경우, 기존에 시판되고 있는 식물성 패티는 동물성 패티와 비교하여 필수 아미노산 조성이 부족한 반면에, 개발된 대체육 패티는 필수 아미노산 조성이 동물성 패티와 유사하였다. 자색 콜라비를 첨가한 돈육 패티 연구(Cha SS & Lee JJ 2013)에서 가장 많은 조성을 차지하는 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine의 순이었으며, 아미노산 중 감칠맛을 내는 glutamic acid와 aspartic acid의 함량이 높았다고 보고하였다(Jung IC 등 2007). 또한 아미노산은 펩티드, 아민, 단백질, 당, 유기산, 핵산 등의 비휘발성 화합물과 함께 가열에 의하여 맛을 내기 때문에 기호성의 예측 인자로 쓰이기도 한다고

Table 3. Propeortion of essential and non-essential amino acid to total amino acids in three different patties (%)

Essential amino acid	Samples*			Non-essential amino acid	Samples		
	DAP	CVP	MP		DAP	CVP	MP
Histidine	1.01	1.51	1.90	Cysteine	0.82	0.98	1.07
Threonine	4.78	3.30	4.80	Asparagine	6.03	4.02	7.48
Valine	6.51	5.06	5.66	Glutamine	15.18	28.02	16.88
Methionine	1.08	1.26	1.77	Serine	7.69	6.63	6.60
Isoleucine	5.66	4.27	5.00	Glycine	8.20	6.37	7.63
Leucine	9.22	7.50	8.13	Arginine	6.47	3.98	6.23
Phenylalanine	4.45	4.45	3.88	Alanine	8.16	4.97	7.76
Tryptophan	0.00	0.00	0.00	Proline	7.74	11.91	6.56
Lysine	3.58	2.96	5.76	Tyrosine	3.42	2.81	2.89
Total	36.29	30.31	36.90	Total	63.71	69.69	63.10

* DAP: developed alternative patty, CVP: commercial vegetable patty, MP: meat patty.

보고되었다(Cambero MI 등 1992; Cha SS & Lee JJ 2013).

5) 색도 분석

대체육 패티, 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티의 색도 결과는 Table 4와 같다. 대체육 패티의 명도 및 황색도는 동물성 패티 및 시판되고 있는 식물성 패티와 비교하여 유의적으로 낮은 반면에, 적색도는 3개의 패티 중 가장 높았다(p<0.001). 대체육 패티, 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티의 명도(L)는 각각 36.68±0.69, 42.98±0.44 및 47.99±1.35로 나타났다(p<0.001). 3종 패티의 적색도(a)는 대체육 패티가 8.16±1.04, 식물성 패티가 6.86±0.14, 동물성 패티가 2.96±0.13으로 조사되어 대체육 패티에서 유의하게 높았다(p<0.001). 황색도(b)에서 대체육 패티는 11.55±0.52, 시판되고 있는 식물성 패티는 12.98±0.20, 동물성 패티는 14.24±0.36으로 조사되었다(p<0.001). 콩비지를 첨가한 돈육 패티의 경우, 콩비지의 첨가량이 증가할수록 명도와 황색도가 증가하고, 적색도가 감소하는 것은 첨가하는 재료 자체의 색도(명도 78.16, 적색도 −1.28, 황색도 13.28)에 의한 영향에 기인한다고 보고하였다(Joo SY 등 2019). Jeon MR & Choi SH(2012)의 연구에서는 해조류 분말을 돈육 패티에 첨가하여 가열 전과 후의 색도를 측정한 결과, 가열 후 패티는 가열 전 패티에 비해 명도가 현저하게 증가하였고, 황색도가 다소 증가하였으며, 적색도는 유사하게 나타났다고 보고하였다. 김치 분말을 첨가한 패티 연구(Lee MA 등 2008)에서 명도가 감소하고 적색도와 황색도는 증가한다고 보고하였다. 돈육 패티에 함초 분말의 첨가량이 증가할수록 패티의 명도와 적색도가 감소하고, 황색도가 증가하였다고 보고하였으며(Joo SY & Choi HY 2014b), 개발된 대체육 소시지의 색도 특성에 관한 Cha SH 등(2020)의 연구에서는 대체육 소시지의 적색도 및 황색도가 닭 소시지에 비해 유의하게 높았고, 명도는 닭 소시지가 대체 소시지에 비해 유의하게 높았다고 보고하였다. 따라서 패티의 색은 가열 여부, 첨가하는 부재료의 종류, 첨가량 등에 영향을 받는 것으로 사료된다(Joo SY & Choi HY 2014b).

Table 4. Color analysis of three different patties

	Samples[1)]			F-value
	DAP	CVP	MP	
L	36.68±0.69[c]	42.98±0.44[b]	47.99±1.35[a]	15.298**
a	8.16±1.04[a]	6.86±0.14[b]	2.96±0.13[c]	5.321**
b	11.55±0.52[c]	12.98±0.20[b]	14.24±0.36[a]	12.987**

Values are Means±S.D.
1) DAP: developed alternative patty, CVP: commercial vegetable patty, MP: meat patty.
** p<0.001.

6) 물성 분석

개발된 대체육 패티, 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티의 물성은 Table 5에 제시하였다. 개발된 대체육 패티의 탄성(0.43±0.02)은 기존에 시판되고 있는 식물성 패티(0.59±0.03) 및 동물성 패티(0.73±0.06)와 비교하여 유의적으

로 낮은 수치를 보였다(p<0.05). 탄성을 제외한 경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 검성, 씹힘성 등의 물성은 대체육 패티, 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 대체육 패티는 기존에 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티와 유사한 물성임을 확인하였다. 해조류 첨가에 의해 패티의 경도와 씹힘성이 증가하였고, 이는 해조류에 내재되어 있는 식이섬유의 결착능력에 기인한다고 보고하였으며(Jeon MR & Choi SH 2012), Choi YS 등(2009)은 다양한 식이섬유 소재의 첨가는 육제품의 보수력을 향상시켜 육제품의 다즙성과 결착력을 향상시킨다고 보고하였다. Kassama LS 등(2003)의 연구에서는 소고기 패티에 대두 단백 분말을 첨가할 때 보다 조직 대두 단백을 첨가할 때 더 단단하고 응집력이 높아졌다고 보고하였으며, Sharima-Abdullah N 등(2018)의 연구에서는 병아리콩 분말과 조직 식물성 단백질을 첨가할 때 치킨너겟의 씹힘성, 탄력성 및 응집성이 개선되었다고 보고하였다. 또한 돈육 패티에 함초 분말을 첨가해 조직감을 측정한 결과, 함초 분말의 첨가량에 따라 경도, 씹힘성, 검성이 감소하였으며, 응집성의 경우 대조군에서 가장 낮은 수치를 나타냈다고 보고하였으며(Joo SY & Choi HY 2014b), 율피 분말을 돈육 패티에 첨가한 연구에서는 율피 분말 첨가량에 따라 경도, 씹힘성, 검성, 응집성이 유의적으로 증가하였다고 보고하였다(Joo SY & Choi HY 2014a). 돈육 패티에 자색 콜라비를 첨가한 경우, 탄력성과 응집성이 콜라비 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타내었다고 보고하였다(Cha SS & Lee JJ 2013). 선행연구(Park KS 등 2012)에서는 육류 제품의 물성(조직감)은 가열손실률과 관련성이 있다고 보고하였으며, 특히 대체육 패티 속의 식이섬유가 수분 보유력을 증가시켜 패티의 물성에 영향을 준 것으로 판단된다.

7) 기호도 평가

개발된 대체육 패티, 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티의 기호도 평가는 Table 6에 제시하였다. 본 연구에서 개발된 패티의 색, 향기, 맛은 각각 5.25, 5.21, 5.44로 조사되었다. 이는 시판되고 있는 식물성 패티와 유의한 차이가 없었다. 그러나 전체적인 기호도 검사 결과, 개발된 대체육 패티, 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티는 각각 5.71, 5.21 및 6.32로 조사되었으며, 대체육 패티는 시판되고 있는 동물성 패티에 비해 선호도가 낮았다(p<0.05). 따라서 식물성 재료를 이용하여 육류의 맛과 풍미 등을 유사하게 개발하기 위해 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

Table 6. Preference test of three different patties

Measurement	Samples[1)]			F-value
	DAP	CVP	MP	
Color	5.25±1.24	5.12±1.35	5.34±1.23	1.813
Flavor	5.21±1.32	5.45±1.27	5.52±1.54	0.991
Tastes	5.44±1.62[b]	5.13±1.21[b]	6.15±1.26[a]	3.518*
Overall acceptability	5.71±1.22[b]	5.21±1.53[b]	6.32±1.22[a]	4.219*

Values are Means±S.D.
1) DAP: developed alternative patty, CVP: commercial vegetable patty, MP: meat patty.
* p<0.05.

Table 5. Texture analysis of three different patties

	Samples[1)]			F-value
	DAP	CVP	MP	
Hardness (g)	122,091±20,022	182,833±12,996	42,118±4,586	2.943
Adhesiveness (gs)	−32.66±7.27	−10.41±6.81	−11.05±3.42	2.988
Springiness (mm)	0.63±0.03	0.80±0.05	0.43±0.06	1.345
Cohesiveness (g/s)	2.73±0.21	7.31±1.54	1.26±0.27	2.871
Gumminess (g/s)	333,989±66,374	134,688±35,008	52,639±5,454	2.019
Chewiness (g)	213,328±51,848	109,096±33,838	22,815±2,783	2.111
Resilience (g)	0.43±0.02[c]	0.59±0.03[b]	0.73±0.06[a]	3.987*

Values are Means±S.D.
1) DAP: developed alternative patty, CVP: commercial vegetable patty, MP: meat patty.
* p<0.05.

요약 및 결론

본 연구는 기존의 시판되고 있는 동물성 패티를 대체할 수 있는 식물성 패티를 개발하여 대체육 시장에서 기초연구를 제공하고자 실시하였다. 본 연구에서 개발한 대체육 패티의 수분은 시판되고 있는 식물성 패티 및 동물성 패티와 유사한 수치를 보였고, 단백질과 지방 함량은 시판되고 있는 식물성 패티와 동물성 패티의 중간 수치를 보였으며, 조회분 함량은 대체육 패티에서 높았다. 대체육 패티의 필수 아미노산과 비필수 아미노산 조성은 각각 36.29%, 63.71%였으며, 아미노산 조성은 시판되고 있는 동물성 패티와 유사한 경향을 보였다. 대체육 패티의 색도(명도, 적색도, 황색도) 및 물성(경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 검성, 씹힘성, 탄성)을 측정한 결과, 전반적으로 기존에 시판되고 있는 동물성 제품 또는 식물성 제품과 유사한 특성을 보였으며, 기존의 시판제품을 대체할 수 있음을 확인하였다. 본 연구 결과를 종합해 볼 때, 본 연구에서 개발한 대체육 패티의 제조 방법은 시판 중인 동물성 패티와 비교해서 영양학적으로 큰 차이점이 없이 고기 맛을 내는데 과학적인 배합이며, 앞으로 계속 진행될 대체육 연구에 좋은 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 대체육 패티의 품질을 향상시키고, 소비자의 기호도를 고려한 대체육 패티 생산을 증가시키기 위해 지속적인 연구가 병행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다(319046-3).

REFERENCES

Antony AB, Mazzola AJ, Dhaliwal GS, Hunter CW (2019) Neurostimulation for the treatment of chronic head and facial pain: A literature review. Pain Physician 22(5): 447-477.

Cambero MI, Seuss I, Honikel KO (1992) Flavor compounds of beef broth as affected by cooking temperature. J Food Sci 57: 1285-1290.

Cha SH, Shin KO, Han KS (2020) Studies on the characteristics of concentrated soy protein. Korean J Food Sci Technol 52(5): 459-466.

Cha SS, Lee JJ (2013) Quality properties and storage characteristics of hamberger patty added with purple kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*). J Korean Soc Food Sci Nutr 42(12): 1994-2003.

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.

Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Jeong JY, Chung HJ, Kim CJ (2009) Effects of replacing pork back fat with vegetable oils and rice bran fiber on the quality of reduced-fat frankfurters. Meat Sci 84(3): 557-620.

Fraser RZ, Shitut M, Agrawal P, Mendes O, Klapholz S (2018) Safety evaluation of soy leghemoglobin protein preparation derived from pichia pastoris, intended for use as a flavor catalyst in plant-based meat. Int J Toxicol 37(3): 241-262.

Hargrove MS, Barry JK, Brucker EA, Berry MB, Phillips GN Jr, Olson JS, Arredondo-Peter R, Dean JM, Klucas RV, Sarath G (1997) Characterization of recombinant soybean leghemoglobin a and apolar distal histidine mutants. J Mol Biol 266(5): 1032-1042.

Hensley JL, Hand LW (1995) Formulation and chopping temperature effects on beef frankfurters. J Food Sci 60: 55-57.

Ismail I, Hwang YH, Joo ST (2020) Meat analog as future food: A review. J Anim Sci Technol 62(2): 111-120.

Jeon MR, Choi SH (2012) Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. Korean J Food Sci Ani Resour 32(1): 77-83.

Jin Y, He X, Andoh-Kumi K, Fraser RZ, Lu M, Goodman RE (2018) Evaluating potential risks of food allergy and toxicity of soy leghemoglobin expressed in pichia pastoris. Mol Nutr Food Res 62(1): 1700297.

Joo SY, Choi HY (2014a) Effects of chestnut inner shell powder on antioxidant activities and quality characteristics of pork patties. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(5): 698-70.

Joo SY, Choi HY (2014b) Antioxidant activity and quality characteristics of pork patties added with saltwort (*Salicornia herbacea* L.) powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(8): 11189-11196.

Joo SY, Seo DW, Choi HY (2019) Quality characteristics of pork patties added with soybean-curd residues. J Korean Soc Food Sci Nutr 48(2): 260-267.

Jung IC, Youn DH, Moon YH (2007) Quality and palatability of pork patty containing wine. J Korean Soc Food Sci Nutr 36(3): 355-360.

Kassama LS, Ngadi MO, Raghavan GS (2003) Structural and

instrumental textural properties of meat patties containing soy protein. Int J Food Properties 6: 519-529.

Kim HY (2018) Effect of duduk (*Codonopsis lanceolatea radix*) on quality of beef hamburger patties. Korean J Community Living Sci 29(4): 507-519.

Kim MR, Yang JE, Chung LN (2017) Study on sensory characteristics and consumer acceptance of commercial soy-meat products. J Korean Soc Food Cult 32(2): 150-161.

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. Korean J Food Culture 23(4): 514-520.

Laemmli UK (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature (London) 227: 680-685.

Lee MA, Han DJ, Choi JH, Choi YS, Kim HY, Choe JH, Jeong JY, Kim CJ (2008) Effect of hot air dried kimchi powder on the quality characteristics of pork patties. Korean J Food Cook Sci 24(4): 466-472.

Lee SH, Cho SH (2012) Characteristics of hamburger patties containing yam powder. Korean J Food Cook Sci 28(6): 781-787.

Lee YM, Lyu ES (2008) Physico-hemical and sensory characteristics of chungkukjang powder added hamburger patty. Korean J Food Cook Sci 24(6): 742-747.

Oh HK, Lim HK (2011) Quality characteristics of the hamburger patties with sea tangle (*Laminaria japonica*) powder and/or cooked rice. Korean J Food Sci Ani Resour 31(4): 570-579.

Park KS, Choi YS, Kim HW, Song DH, Lee SY, Choi JH, Kim CJ (2012) Effects of wheat fiber with breading on quality characteristics of pork loin cutlet. Food Sci Anim Resour 32(4): 504-511.

Pimentel D, Pimentel M (2003) Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. Am J Clin Nutr 78(3): 660S-663S.

Sharima-Abdullah N, Hassan CZ, Arifin N, Huda-Faujan N (2018) Physicochemical properties and consumer preference of imitation chicken nuggets produced from chickpea flour and textured vegetable protein. Food Res Int 25: 1016-1025.

Song DJ (1993) Changes in freshness of spent layer meat with additive levels of sodium chloride and phosphates. J Inst Develop Livestock Prod 20: 9-19.

You GY, Yong HI, Yu MH, Jeon KH (2020) Development of meat analogues using vegetable protein: A review. Korean J Food Sci 52(2): 167-171.

Date Received Jul. 30, 2021
Date Revised Aug. 19, 2021
Date Accepted Aug. 20, 2021