

국내 유통 식물성 대체육 제품과 동물성 육가공품의 영양성분 특성 비교

정인식 · 김종집 · 이종민 · 이다혜 · 김상구 · 이상윤 · 박경호

풀무원 기술원 식품안전실 식품안전센터

Comparison of the Nutritional Characteristics of Plant-Based Alternative Meat Products and Processed Animal Meat Products Sold Korea

In-Seek Jeong, Jong-Jib Kim, Jong-Min Lee, Da-Hye Lee, Sang-Gu Kim,
Sang-Yun Lee, and Kyung-Ho Park

Food Safety Center, Food Safety Division, Pulmuone Co., Ltd.

ABSTRACT This study was performed to analyze the nutritional components of plant-based and equivalent meat-based products sold in Korea and to characterize the components of plant-based meat products. As regards general nutritional components, plant-based products contained 58% more carbohydrates and 20% less fat than equivalent animal-based products. Furthermore, cholesterol was not detected in any plant-based product. Calories and protein contents were similar in the two product types. However, plant-based products contained 46% less saturated fatty acid and 75% more poly-unsaturated fatty acid. High levels of linoleic and linolenic acid were confirmed to be quality indicators, and notably, the saturated fatty acid contents of some plant-based products containing palm or coconut oil were greater than those of animal-based products. Total essential amino acid levels were similar, phenylalanine levels were 34% higher, and methionine and histidine levels were 34~38% lower in plant-based products. Regarding mineral contents, calcium, iron, potassium, and magnesium levels in plant-based products were 33% to 242% higher than in animal-based products, but zinc contents were 57% lower. It is hoped that the nutritional information provided will improve plant-based product quality.

Key words: plant-based alternative meats, nutritional component, fatty acids, amino acids, minerals

서 론

동물성 육가공품의 대체제인 식물성 대체육 제품은 대표적 식물성 식품이며 대체 단백질 식품으로도 널리 알려져 있다. 대체 단백질 시장 규모는 2026년에 156억 달러에 이를 것으로 추정되며(Wang 등, 2022), 2035년에는 전체 단백질 식품 시장의 11%를 차지하는 2,900억 달러 규모로 성장해 식품산업의 혁신을 촉진할 것으로 예상된다(Witte 등, 2021). 대체육으로 한정했을 경우 2040년에는 전 세계 육류 시장의 60% 이상을 차지해 기존 육류 시장 규모를 추월할 것으로 전망되기도 하였다(Gerhardt 등, 2019). 국내에서는 대체 식품 시장에 기업과 정부가 호의적이며 적극적인 투자와 규제 완화가 진행되고 있다. 식품 제조사들의 지속적 신제품 출시 및 급식업체의 대체 단백질 메뉴 확대, 외식업체의 비건 식당 브랜드 론칭 등이 이뤄지고 있으며,

식품의약품안전처에서는 이들에 대한 건전성 검토 및 안전성 평가 기준을 마련하고 빠르면 2022년 내, 늦어도 2024년까지 ‘대체단백질식품’ 식품 유형을 개설하려 하고 있다(Hwang, 2022). 한편으로는 현재 식물유래 대체식품(대체단백질)은 용어 측면에서 전통 축산업계와의 갈등이 있으며, 축산업계는 “대체육”이라는 용어를 사용하지 못하게 주장하고 있다(Park, 2022).

식물성 대체육 제품은 크게 세 가지 이유로 동물성 육가공품의 대체품으로 소비되는데, 첫째, 환경의 지속가능성을 유지하기 위함(Bhat와 Fayaz, 2011; Bhat 등, 2015)이며, 둘째, 종교·사회·윤리적 이유에서 동물성 식품을 지양함(Jalilinoja 등, 2019; Verbeke와 Viaene, 2000)이다. 셋째, 건강과 관련해 영양학적 충족 및 안전한 식품을 섭취하기 위함이다. 다량의 지속적인 육류 섭취는 당뇨병, 대장암 및 심혈관계 질환과 같은 만성 질환을 일으킬 수 있다(Ekmekcio-

Received 1 December 2022; Revised 5 January 2023; Accepted 8 January 2023

Corresponding author: Kyung-Ho Park, Food Safety Center, Food Safety Division, Pulmuone Co., Ltd., 29, Osongsaengmyeong 10-ro, Osong-eup, Heungdeok-gu, Cheongju, Chungbuk 28220, Korea, E-mail: khparkb@pulmuone.com

© 2023 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

glu 등, 2018). 식물성 대체육 제품은 비록 대사체학적으로 기존 육류와 미량 영양성분 등의 특성 차이가 뚜렷하지만, 영양소 공급원으로서의 열량 총량은 유사하도록 제조·시판되고 있다(Van Vliet 등, 2021). 원료 선택을 통한 함량 조절이 용이함을 이용해 다양한 영양성분들을 최적의 비율로 조합할 수 있어 개인 맞춤형 제품 생산이 가능하여 현재 식품 시장에서 높은 경쟁력을 갖출 수 있다(Cho 등, 2022).

기존 동물성 육가공품과 비교하여 질감, 향미, 외관과 같은 관능적 특성과 영양성분의 종류 및 기능성 등의 이화학적 특성이 유사한 식물성 대체육 제품이 연구되고 있다. 제품 개발로서는 표백된 토마토 찌꺼기를 이용하여 식물성 소시지의 품질을 개선하려는 연구(Savadkoobi 등, 2014), 버섯을 주재료로 한 대체 소시지 품질 개선(Arora 등, 2017), 대두단백 및 하이드로콜로이드를 배합한 대체육 개발(Majzoobi 등, 2017), 육류 완자와 대체육 완자의 이화학적 및 관능적 특성 차이에 대한 비교(Kang 등, 2021) 등이 있다. 소재 분야에서는 분리 추출한 콩 단백질의 종류별 기능성의 연구(Cha 등, 2020), 고함량의 식물성 정제 단백질을 연구(Samard와 Ryu, 2019), 완두단백과 쌀단백을 첨가한 치킨 너겟의 기능성과 관능적 특성에 대한 비교(Shoaib 등, 2018) 및 밀, 콩, 쌀, 완두단백의 기능성 비교(Zhao 등, 2020)에 관한 연구들이 이루어지고 있다. 현재 가장 접하기 쉬운 형태의 식물성 대체식품은 두류를 이용한 식물성 대체육이고, 두류 단백질은 대체육 제품에 사용되는 주요 공급원 중 하나로 널리 이용되고 있다(Kumar 등, 2017). 두류 단백질 함량은 19~40%로 곡물 단백질 함량인 7~13%와는 대조적이나 육류 단백질 함량인 18~25%와 비슷하거나 높은 함량을 함유하고 있다(Vasconcelos와 Gomes, 2016). 식물성 단백질의 종류뿐만 아니라 동일 종의 단백질도 그 품질에 차이가 있으며, 이러한 식물성 단백질 원료의 우수한 이화학적, 기능적 특성은 대체육의 가공 품질 향상에 영향을 미칠 수 있다(Cho와 Ryu, 2022).

식물성 대체육 제품에 대한 관능적, 이화학적 연구가 지속되고 있으나, 근본적으로 대체하고자 하는 기존 동물성 육가공품과 비교했을 때 영양학적으로 부족하지 않도록 보장되어야 할 것이다. 식물성 대체육 제품에 대해 소비자가 올바른 선택을 할 수 있도록 제품에 표시되는 영양정보를 명백히 제공하는 한편 동물성 육가공품 대비 품질 특성을 규명해 잘 알리는 것이 중요할 것으로 판단된다. 상기와 같이 식물성 대체육 제품 관련된 기능성에 대한 단순 비교 또는 이화학적 특성들에 관한 다수의 연구들이 있었으나, 국내 시중 유통되는 가공식품 완제품에 표기되는 기본 영양성분(열량, 탄수화물, 단백질, 지방, 나트륨, 콜레스테롤) 및 파생되는 개별 영양성분(지방산, 아미노산, 미네랄 등)에 관한 특성 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 시중 유통 동물성 육가공품과 이를 대체할 수 있는 유사한 식물성 대체육 제품의 영양성분을 비교하고 식물성만의 차별화되는 품질 특성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

시험 재료

본 연구에 사용된 시료는 국내 시판 중인 식물성 대체육 제품과 동물성 육가공품 중 온라인 마켓에서 가장 판매량이 많거나, 소비자 리뷰 횟수가 많은 선호도 높은 제품들을 위주로 1차 선정하였다. 이후 열량, 탄수화물, 단백질, 지방, 나트륨, 콜레스테롤 등 영양성분을 표시 중인 제품들이 선별되었으며, 최종적으로 선정된 식물성 대체육 제품 13종, 동물성 육가공품 16종을 시중 대형 마트에서 구입하여 사용하였다. 시중 유통되고 있는 식물성 대체육 제품들은 국내 식품유통 기준상 두류가공품, 곡류가공품, 기타가공품으로 분류되고 있다. 본 연구에서는 식물성 대체육 제품의 경우 기타가공품 4종 및 두류가공품 9종을 선정하였으며, 동물성 육가공품은 식품유통 기준상의 프레스햄 4종 및 분쇄가공육 제품 12종을 시험대상으로 선정하였다. 구체적인 식물성 대체육 제품과 동물성 육가공품의 함량 비교는 대체되는 육가공품의 제품 형태에 따라 4가지 분류(프레스햄, 함박스테이크, 패티, 미트볼)로 세분화하여 비교하였다. 시험에 사용된 고체 시약 sodium hydroxide, sodium sulfate anhydrous 및 monosodium phosphate는 Junsei Chemical(Tokyo, Japan)에서 구입하였고, 전처리에 사용된 35% 과산화수소, 37% 염산 및 6% 질산, 추출 용매인 n-hexane은 삼전화학(Seoul, Korea)에서 구입하였으며, 지방산 메틸화에 사용된 boron trifluoride methanol solution은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 또한 액체 크로마토그래피 기기분석 이동상인 acetonitrile 및 methanol은 Burdick & Jackson(Muskegon, MI, USA)에서 구입하여 사용하였다. 모든 실험에 사용된 초순수는 Merck(Darmstadt, Germany)의 Milli-Q direct 8 system에 의해 18.0 MΩ 수준으로 정제된 물을 사용하였다.

시험 방법

일반 영양성분은 식품에 필수적으로 표시되는 영양성분 중 열량, 탄수화물, 단백질, 지방, 나트륨 및 콜레스테롤 함량을 29종 제품의 표시사항에서 발췌하여 정리하였다. 포화 지방, 트랜지지방을 포함한 개별 지방산의 전처리 방법은 식품의약품안전처 식품의 기준 및 규격 시험법-제2법(MFDS, 2022a), 미네랄의 전처리 방법은 식품의약품안전처 식품의 기준 및 규격 시험법-유도결합플라즈마 발광광도법(MFDS, 2022b)을 준용하였으며 세부적인 기기분석 조건은 후술 단락에서 서술하였다. 개별 아미노산의 전처리와 기기분석은 Agilent사의 application note method를 활용하였다(Agilent Technologies, 2008). 각 성분의 최종 결괏값 도출은 3 반복 분석한 결과의 평균값을 활용하였고, 분석방법의 재현성을 알아보기 위하여 precision 값인 상대표준편차(relative standard deviation, RSD)를 산출하였으며 RSD는 표준 편차에 대한 평균값의 백분율(%)로 나타내었다.

Table 1. Operating conditions for fatty acids by GC-FID

Type	Operating conditions
Column	SP-2560 (100 m×0.25 mm×0.20 µm)
Injection temperature	225°C
Detector temperature	300°C
Detector	Flame Ionization Detector
Column temperature	maintain 100°C for 4 min increase at a rate of 3°C/min at 240°C maintain at 240°C for 15 min
Carrier gas	N ₂
Split ratio	50:1
Gas flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	1 µL

측정 기기 및 기기분석 조건

지방산 분석을 위한 gas chromatography(GC) 장비는 Agilent 7890A system(Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), 컬럼은 SP-2560 capillary column(100m×0.25 mm×0.20 µm)(Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였다. Injector는 split ratio를 50:1로 한 split mode로 injection volume은 1 µL이며 온도는 225°C로 설정하였다. Detector는 불꽃 이온화 검출기(flame ionization detector, FID)를 사용하였으며 온도는 300°C로 설정하였다. 이동상은 nitrogen carrier gas를 flow rate 1.0 mL/min으로 흘려주었다. 컬럼 온도는 100°C에서 4분간 유지하였으며, 이후 분당 3°C씩 승온시켜 240°C에서 15분간 더 유지하였다. 이러한 기기분석 조건을 Table 1에 나타내었다. 지방산 표준물질은 CRM47885[37 Component fatty acid methyl ester(FAME) Mix(Supelco)]를 사용하였으며 결과 분석을 위해 샘플에서 측정된 개별 지방산과 지방산 메틸에스터 표준물질과의 retention time을 비교하여 확인하였고, 지방 함량에 개별 지방산의 비율을 곱하여 최종 개별 지방산 함량을 산출하였다.

아미노산 분석을 위한 장비는 high performance liquid chromatography(HPLC) 1100 series 및 컬럼은 Zorbax Eclipse AAA(4.6 m×75 mm×3.5 µm; Agilent Technologies)를 사용하였으며 기기분석 조건은 Table 2와 같다. 아미노산 표준물질은 5061-3330[amino acid standard(1 nmol/µL in 0.1 M HCl)](Agilent Technologies)를 사용하였으며 해당 표준물질을 25, 50, 100 mg/L로 희석하여 표준 용액을 제조하여 사용하였다. 유도체화 물질은 5061-3335 [OPA reagent(o-phthalaldehyde and 3-mercaptopropionic acid in borate buffer)]와 5061-3337[Fmoc reagent(9-fluorenylmethylchloroformate in acetonitrile)](Agilent Technologies) 제품을 사용하였다.

미네랄 분석은 inductively coupled plasma optical emission spectrometry(ICP-OES) iCAP 7000 series (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 5종(칼슘, 철, 칼륨, 마그네슘, 아연)을 분석하였으며 기기분석 조건은 Table 3과 같다. 미네랄 표준물질은

Table 2. Operating conditions for amino acids by HPLC-DAD

Type	Operating conditions
Mobile phase	A: 40 mM NaH ₂ PO ₄ pH 7.8 buffer B: acetonitrile : MeOH : water (45:45:10)
Column	Zorbax Eclipse AAA (4.6 m×75 mm×3.5 µm)
Column temperature	40°C
Flow rate	2.0 mL/min
Detector wavelength	262 nm and 338 nm
Run time	14 min

Step	Time (min)	Eluent A (%)	Eluent B (%)
1	0	100	0
2	1	100	0
3	9.8	43	57
4	10	0	100
5	12	0	100
6	12.5	100	0
7	14	100	0

Table 3. Operating conditions for minerals by ICP-OES

Type	Operating conditions
Auxiliary gas flow	0.5 L/min
Coolant gas flow	12 L/min
Nebulizer gas flow	0.5 L/min
Additional gas flow	0.0 L/min
Nebulizer gas pressure	230 kPa
Peristaltic pump speed	50 rpm
Measure mode	Radial
Generator power	1,150 W

1.11355.0100[ICP multi-element standard solution IV (1,000 mg/L, 23 elements in diluted nitric acid)](Supelco)을 사용하였으며, 바탕 시료를 포함하여 각 미네랄 성분의 평균 검출농도를 고려하여 선정한 농도에 대해 검량곡선을 작성하였다. 시료의 분석값이 검량곡선 범위를 벗어나면 시료를 일정 비율로 희석하거나 검량곡선을 재작성하여 분석하였다.

결과 및 고찰

열량, 탄수화물, 단백질, 지방, 나트륨 및 콜레스테롤 함량

국내 시판 중인 각 제품은 제조국의 기준에 따라 다양한 영양성분을 표시하고 있으며, 공통으로 확인할 수 있는 성분 중 열량과 관련된 탄수화물, 단백질, 지방 및 미량 영양성분인 나트륨, 콜레스테롤 표시량을 발췌해 Table 4에 정리하였다.

동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품 중 유의미한 함량 차이를 나타낸 항목은 탄수화물, 지방, 콜레스테롤 항목으로 확인되었다. 탄수화물의 경우 동물성 육가공품 중 2.0~15.0(평균값 8.1) g/100 g 범위였고 이에 대조하는 식

Table 4. Nutritional ingredients labeling on product packaging

Food type	Sample name	Calories (kcal)	Carbohydrate (g/100 g)	Protein (g/100 g)	Fat (g/100 g)	Sodium (mg/100 g)	Cholesterol (mg/100 g)
Press ham	Plant based press ham 1	248	10.7	11.5	17.6	872	0.0
	Meat based press ham 1	307	2.0	14.0	27.0	1,100	50.0
	Meat based press ham 2	192	11.0	10.0	12.0	770	45.0
	Meat based press ham 3	233	6.0	14.0	17.0	850	60.0
	Meat based press ham 4	267	3.0	12.0	23.0	670	70.0
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▼1	▲95	▼8	▼11	▲3	▼100
Hamburg steak	Plant based hamburg steak 1	233	15.6	11.0	14.1	634	0.0
	Plant based hamburg steak 2	237	15.0	15.0	13.0	588	0.0
	Plant based hamburg steak 3	209	11.0	12.0	13.0	380	0.0
	Plant based hamburg steak 4	293	15.7	15.7	18.6	400	0.0
	Meat based hamburg steak 1	212	5.0	12.5	15.8	367	41.7
	Meat based hamburg steak 2	237	6.6	16.4	16.1	364	55.5
	Meat based hamburg steak 3	237	11.0	10.0	17.0	650	50.0
	Meat based hamburg steak 4	250	5.0	17.0	18.0	420	60.0
	Meat based hamburg steak 5	239	11.0	15.0	15.0	390	40.0
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▲3	▲85	▼5	▼10	▲14	▼100
Patty	Plant based patty 1	198	14.4	13.9	9.5	299	0.0
	Plant based patty 2	254	8.7	15.7	17.4	313	0.0
	Plant based patty 3	211	8.0	16.8	12.4	327	0.0
	Plant based patty 4	171	9.6	17.4	7.0	209	0.0
	Meat based patty 1	270	11.0	12.5	19.5	505	18.8
	Meat based patty 2	227	15.0	11.7	13.3	500	33.3
	Meat based patty 3	196	8.0	23.0	8.0	210	45.0
	Meat based patty 4	220	4.0	24.0	12.0	130	50.0
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▼9	▲7	▼10	▼12	▼15	▼100
Meat ball	Plant based meatball 1	197	14.2	14.7	9.0	281	0.0
	Plant based meatball 2	164	12.0	11.0	8.0	520	0.0
	Plant based meatball 3	207	16.0	11.0	11.0	520	0.0
	Plant based meatball 4	286	16.0	15.0	18.0	400	0.0
	Meat based meatball 1	229	13.0	15.0	13.0	340	50.0
	Meat based meatball 2	211	9.0	10.0	15.0	600	40.0
	Meat based meatball 3	247	9.0	10.0	19.0	580	50.0
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▼7	▲41	▲11	▼27	▼15	▼100
Average of plant based samples		223.7	12.8	13.9	13.0	441.8	0.0
SD ¹⁾		39.6	3.0	2.3	4.0	181.1	0.0
RSD (%) ²⁾		17.7	23.0	16.7	30.9	41.0	—
Average of meat based samples		235.8	8.1	14.2	16.3	527.9	47.5
SD		29.0	3.8	4.3	4.5	246.6	11.8
RSD (%)		12.3	46.5	30.2	27.9	50.0	24.9
Total increase/decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▼5	▲58	▼2	▼20	▼16	▼100

¹⁾SD: standard deviation. A measure of the amount of variation or dispersion of a set of values.²⁾RSD (%): Relative standard deviation is calculated by dividing the SD of a group of values by the average of the values.

물성 대체육 제품의 함량은 8.0~16.0(평균값 12.8) g/100 g 범위로, 평균값끼리 비교했을 때 58% 높은 수준으로 식물성 대체육 제품이 높은 함량을 나타내었다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 95% 높았고 함박스테이크는 85% 높았으며, 패티류는 7% 높았고 미트볼은 41% 높아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품의 탄수화물이 고함량임을 확인할 수 있었다. 지방의 경우 동물성 육가공품 중 8.0~27.0(평균값 16.3) g/100 g 범위였고 이에 대조하는 식물성 대체육 제품의 함량은 7.0~18.6(평균값 13.0) g/100 g 범위로, 평균값끼리 비교했을 때 20% 낮은 수준으로 식물성 대체육 제품이 낮은 함량을 나타내었다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 11% 낮았고 함박스테이크는 10% 낮았으며, 패티류는 12% 낮았고 미트볼은 27% 낮아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품의 지방이 저함량임을 확인할 수 있었다. 콜레스테롤의 경우 식물성 대체육 제품에서는 전 제품 함량이 0으로 표시된 반면 동물성 육가공품에서는 19~70(평균값 47) mg/100 g 수준으로 확인되었다.

나트륨은 평균값 기준 식물성 대체육 제품 442 mg/100 g, 동물성 육가공품 528 mg/100 g으로 식물성 대체육 제품이 16% 낮았으나, 각 제품 간의 상대표준편차(RSD%)가 41%, 50% 수준으로 나타나기 때문에 제품 특성에 의한 차이로 판단되며, 이는 식물성, 동물성으로 구분되는 차이가 아니라 제품 고유의 특성으로 사료된다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 3% 높았고 함박스테이크는 14% 높았으며, 패티류는 15% 낮았고 미트볼 또한 15% 낮아 제품별 편차가 있으나 평균값으로는 오차범위 이내로 판단되었다.

열량의 경우 시험대상 전 제품이 164~307 kcal 범위로서 평균값끼리 비교했을 때 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품 5% 편차 수준으로 유의미한 함량 차이를 나타내지 않았다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품 대비 동물성 육가공품의 함량비가 1~9% 범위로 편차가 없는 것으로 판단되었다. 단백질 또한 시험대상 전 제품이 10.0~24.0 g/100 g 범위로 평균값끼리 비교했을 때 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품 2% 편차 수준으로 유의미한 함량 차이는 확인할 수 없었다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품 대비 동물성 육가공품의 함량비가 5~11% 범위로 편차가 없는 것으로 판단되었다. 상기 결과를 종합했을 때, 국내 시중 유통 식물성 대체육 제품들은 동물성 육가공품과 유사한 수준의 단백질 함량을 갖도록 원료를 배합하면서 열량 또한 유사하게 맞춘 것으로 추정된다. 이에 따라 식물성 원료 특성으로 인해 탄수화물 함량은 높아지고, 지방 함량은 낮아지는 완제품 영양성분 구성이 이뤄지는 것으로 사료된다.

지방산 조성 및 개별 지방산 함량 분석 결과

시험 샘플 대상으로 Supelco사의 지방산 표준물질 CRM 47885에 함유된 37종의 개별 지방산 함량을 분석하였으며,

그중 100 mg/100 g 이상의 유의미한 함량을 나타내는 주요 지방산 9종[카프릴산(caprylic acid, C8:0), 카프르산(capric acid, C10:0), 라우르산(lauric acid, C12:0), 미리스트산(myristic acid, C14:0), 팔미트산(palmitic acid, C16:0), 스테아르산(stearic acid, C18:0), 올레산(oleic acid, C18:1n9c), 리놀레산(linoleic acid, C18:2n6c) 및 리놀렌산(linolenic acid, C18:3n3c)]에 대해 중점적으로 함량을 비교하였다. 분류별 지방산의 합은 포화지방산(saturated fatty acids), 트랜스지방산(trans fatty acids) 및 불포화지방산(unsaturated fatty acids) 함량의 합을 취합하였으며, 불포화지방산은 이중결합 개수에 따라 단일 불포화지방산(mono-unsaturated fatty acids)과 다중 불포화지방산(poly-unsaturated fatty acids)의 합으로 나누어 정리하였다. 종합적인 지방산 정보는 Table 5와 같다.

동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품의 분류별 지방산 합을 보았을 때, 포화지방산의 함량은 46% 낮은 수준인 반면 다중 불포화지방산의 함량은 75% 높은 수준이었다. 포화지방산의 경우 제품 유형별로 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 80% 낮았고 함박스테이크는 58% 낮았으며, 패티류는 11% 낮았고 미트볼 또한 47% 낮아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 저함량임을 확인할 수 있었다. 다중 불포화지방산의 경우 제품 유형별로 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 47% 높았고 함박스테이크는 131% 높았으며, 패티류는 65% 높았고 미트볼 또한 72% 높아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 고함량임을 확인할 수 있었다. 트랜스지방산은 식물성이 동물성 대비 53% 낮은 수준임을 확인하였으나, 가장 고함량인 동물성 육가공품에 대해서도 0.4 g/100 g 수준의 함량이기 때문에 1회 제공량 또는 제품표시 기준상 0으로 표기 가능한 수준이며, 따라서 유의미한 품질 특성을 나타내지는 않는 것으로 판단된다.

특이사항으로 식물성 대체육 제품 중 6종(함박스테이크 1종, 패티 3종, 미트볼 2종)에서 팜유(palm oil), 야자유(coconut oil), 코코아버터(cocoa butter) 등을 사용하고 있었는데, 이들 제품에서는 공통으로 탄소 개수 14개 이하인 단쇄 포화지방산(short chain-saturated fatty acids)의 함량이 동물성 육가공품 대비 27~2,394% 높은 수준의 함량임을 관찰할 수 있었다. 포화지방산의 섭취는 안전 및 건강과 관련된 이슈가 있을 수 있기 때문에 식물성 대체육 제품 제조 시 팜유 및 야자유 관련 원료 사용에 유의해야 할 것으로 판단된다.

개별 지방산의 경우 주요한 함량을 나타내는 5종의 지방산이 확인되었다. 식물성 및 동물성 제품 비교 결과 포화지방산인 팔미트산과 스테아르산, 단일 불포화지방산인 올레산의 경우 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품이 평균 함량 기준 27~73% 낮은 수준인 반면, 다중 불포화지방산인 리놀레산 및 리놀렌산의 경우 83~239% 높은 수준의 함량을 나타내었다. 리놀레산은 제품 유형별로 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 18% 높았고 함박스테이크는 151

Table 5. Fatty acid contents in plant-based and meat-based products

Food type	Sample name	Fat-derived raw materials in sample ¹⁾	Individual fatty acids (mg/100 g)										Sum of fatty acids by classification (mg/100 g)				
													Saturated fat	Mono-unsaturated fat	Poly-unsaturated fat	Trans fat	
			Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid	Myristic acid	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid						
		Lipid number	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6c	C18:3n3c						
Press ham	Plant based press ham 1	canola oil	7.3 ²⁾	6.8	0.7	11.7	791.3	369.3	10,843.5	3,407.6	1,350.6		1,408.2	11,238.1	4,882.2	16,120.3	71.5
	Meat based press ham 1	lard	ND ³⁾	17.2	21.1	311.2	5,739.7	2,934.8	11,703.4	4,396.6	187.6		9,204.0	12,625.3	5,041.4	17,666.7	129.3
	Meat based press ham 2	lard	ND	6.2	16.1	146.1	2,817.1	1,063.2	5,261.7	1,659.4	76.0		4,135.5	5,910.9	1,893.4	7,804.2	60.3
	Meat based press ham 3	lard	ND	10.0	20.0	218.4	3,905.2	1,623.2	7,439.1	2,349.3	122.3		5,924.0	8,265.5	2,705.4	10,971.0	105.1
	Meat based press ham 4	lard	ND	22.3	37.7	214.7	5,082.5	2,774.7	9,991.3	3,131.4	137.4		8,334.3	10,886.3	3,684.4	14,570.7	95.0
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)			—	▼51	▼97	▼95	▼82	▼82	▲26	▲18	▲932		▼80	▲19	▲47	▲26	▼27
Hamburg steak	Plant based hamburger steak 1	canola oil	9.7	8.6	ND	8.8	729.9	327.8	8,241.5	3,146.9	972.8		1,238.4	8,541.7	4,237.1	12,778.8	82.8
	Plant based hamburger steak 2	soybean oil, sunflower oil	22.0	13.2	4.6	14.2	1,028.9	492.6	3,827.9	7,177.5	53.5		1,771.4	3,885.7	7,236.5	11,122.2	106.4
	Plant based hamburger steak 3	rapeseed oil, palm oil, rice bran oil, sunflower oil	311.3	242.1	1,884.9	786.0	876.0	344.8	5,163.1	2,371.3	573.0		4,601.5	5,334.6	3,003.0	8,337.6	60.9
	Plant based hamburger steak 4	sunflower oil	5.5	2.0	1.5	19.5	1,413.8	710.6	5,180.2	10,577.7	140.6		2,407.9	5,264.0	10,733.2	15,997.2	194.9
	Meat based hamburger steak 1	rice bran oil, olive oil, soybean oil	ND	11.9	16.3	186.9	3,059.5	1,456.6	5,969.6	3,652.1	322.1		4,916.1	6,484.8	4,262.0	10,746.8	137.1
Hamburg steak	Meat based hamburger steak 2	lard	ND	9.3	21.1	255.5	3,746.4	2,044.1	6,821.6	1,981.6	103.1		6,233.3	7,429.4	2,300.7	9,730.1	136.6
	Meat based hamburger steak 3	tallow	ND	16.3	30.5	345.1	3,838.6	1,764.0	7,368.3	1,877.4	106.8		6,216.0	8,305.6	2,242.0	10,547.6	236.4
	Meat based hamburger steak 4	vegetable oil	43.2	39.4	66.3	380.6	3,994.1	2,084.5	7,060.3	2,562.2	180.5		6,922.4	7,764.8	2,995.1	10,759.9	317.7
	Meat based hamburger steak 5	—	ND	13.6	19.0	321.2	3,344.8	1,533.3	6,643.1	1,499.8	97.4		5,433.1	7,529.5	1,816.0	9,345.5	221.4
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)			▲908	▲267	▲1,443	▼30	▼72	▼74	▼17	▲151	▲169		▼58	▼23	▲131	▲18

Table 5. Continued

Food type	Sample name	Fat-derived raw materials in sample	Individual fatty acids (mg/100 g)										Sum of fatty acids by classification (mg/100 g)			
			Caprylic acid	Capric acid	Lauric acid	Myristic acid	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Linolenic acid	Saturated fat	Mono-unsaturated fat	Poly-unsaturated fat	Unsaturated fat	Trans fat
			C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6c	C18:3n3c					
Patty	Plant based patty 1	soybean oil, sunflower oil	ND	ND	ND	6.1	875.1	342.2	4,151.9	3,422.8	336.9	1,352.4	4,243.4	3,810.5	8,053.9	93.7
	Plant based patty 2	palm oil, sunflower oil	505.3	468.8	3,875.5	1,615	2,169.4	1,319.3	3,338.8	3,690.8	63.9	10,153.6	3,386.1	3,757.6	7,143.7	102.7
	Plant based patty 3	canola oil, coconut oil, sunflower oil	154.5	138.2	1,089.9	474.7	737.5	262.5	6,116.7	2,173	910.1	2,989.7	6,272.3	3,110.6	9,382.8	27.5
	Plant based patty 4	coconut oil, canola oil, sunflower oil	211.3	186.9	1,500.1	667.9	534.2	182.8	2,270.1	924.5	318.7	3,361.4	2,352.5	1,263.3	3,615.7	22.9
	Meat based patty 1	shortening	ND	13.5	22.4	275.5	4,396.1	2,360.4	8,382.9	2,646.6	128.8	7,234.0	9,083.9	3,060.4	12,144.4	121.6
	Meat based patty 2	lard	ND	14.5	29.5	200.2	3,073.6	1,288	5,571.6	2,011.4	101.8	4,733.3	6,173.1	2,291.7	8,464.7	102.0
	Meat based patty 3	flavored oil	ND	8.4	7.8	252.4	1,805.9	847.3	2,940.7	835.9	90.6	3,125.1	3,499.3	1,037.5	4,536.7	338.2
	Meat based patty 4	olive oil	33.6	39.2	190.7	372.1	2,643.6	1,309.6	5,315.9	710.8	50.4	4,861.1	5,847.4	863.1	6,710.5	428.4
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▲2,493	▲950	▲2,482	▲151	▼64	▼64	▼29	▲65	▲339	▼11	▼34	▲65	▼11	▼75
	Plant based meatball 1	soybean oil, sunflower oil	ND	ND	ND	7.9	806.5	321.4	4,286.3	2,943.3	280.2	1,270.9	4,373.7	3,274.4	7,648.2	80.9
Meat ball	Plant based meatball 2	cocoa butter, sunflower oil, coconut oil	119.7	2,755.5	643.2	266.4	651.2	424.6	1,626.2	1,339.4	30.3	4,933.3	1,657.0	1,373.8	3,030.8	35.9
	Plant based meatball 3	rice bran oil, olive oil, rapeseed oil, coconut oil, sunflower oil	209.7	175.9	1,254.9	516.8	784.9	314.7	4,600	2195.4	522.9	3,401.0	4,768.4	2,778.4	7,546.8	52.2
	Plant based meatball 4	sunflower oil	ND	ND	ND	21.7	1,307.5	648.1	5,609	9,778.6	131.1	2,242.7	5,687.8	9,920.7	15,608.5	148.8
	Meat based meatball 1	—	ND	14.0	25.2	216.2	2,939.2	1,478.2	5,626.5	1,626	94.3	4,821.4	6,136.3	1,940.6	8,076.9	101.6
	Meat based meatball 2	tallow	ND	20.2	29.3	292.8	3,349.2	1,389.4	6,677.1	1,717.3	82.4	5,257.9	7,543.3	2,024.6	9,568.0	174.1
	Meat based meatball 3	vegetable oil	ND	17.4	40.5	290.7	4,135.3	2,037.8	7,887.7	3,168.2	185.1	6,705.0	8,566.3	3,599.8	12,166.1	128.9
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		—	▲4,161	▲1,399	▼24	▼74	▼74	▼40	▲87	▲100	▼47	▼44	▲72	▼15	▼41
	Average of plant based samples		119.7	307.5	788.9	339.7	977.4	466.2	5,019.6	4,088.4	437.3	3,164.0	5,154.3	4,567.8	9,722.0	83.2
	Average of meat based samples		4.8	17.1	37.1	267.5	3,616.9	1,749.3	6,916.3	2,239.1	129.2	5,878.5	7,628.2	2,609.9	10,238.1	177.1
	Total increase/decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▲2,394	▲1,700	▲2,027	▲27	▼73	▼73	▼27	▲83	▲239	▼46	▼32	▲75	▼5	▼53

¹⁾Highest order of raw material content ratio.²⁾The values are mean of three replications.³⁾ND: Not detected or low intensity under limit of detection.

% 높았으며, 패티류는 65% 높았고 미트볼 또한 87% 높아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 고함량임을 확인할 수 있었다. 리놀렌산은 제품 유형별로 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 932% 높았고 함박스테이크는 169% 높았으며, 패티류는 339% 높았고 미트볼 또한 100% 높아 리놀렌산보다 큰 폭으로 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 고함량임을 확인할 수 있었다. 두 지방산은 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품에서 나타나는 고함량 영양성분인 것으로 판단되며, 이는 상대적으로 불포화지방산 함량이 높은 두류 원료에서 기인하는 두류 가공품의 특성으로 추정된다. 기타 개별 지방산 중 기능성을 나타내는 성분인 감마리놀렌산(C18:3n6c)은 동물성 육가공품 평균 17.0 mg/100 g 대비 식물성 대체육 제품 평균 36.0 mg/100 g 으로 113% 높은 수준이었으며, 반면 EPA(eicosapentaenoic acid)와 DHA(docosahexaenoic acid)는 식물성 대체육 제품 불검출이었으나 동물성 육가공품에서는 최댓값 30 mg/100 g 이하 수준으로 확인되었다. 감마리놀렌산의 경우 평균값 기준으로는 식물성 대체육 제품이 높았으나 제품 간 편차가 크기 때문에 식물성, 동물성으로 구분되는 차이보다는 제품별 원료 사용의 차이로 판단된다.

필수, 비필수 아미노산 조성 및 개별 구성 아미노산 함량 분석 결과

식물성 대체육 제품들의 주원료는 농축 콩단백 등 대두에서 유래된 단백질이며, 대두 단백질 소재의 기본적인 아미노산 특성이 가공된 제품에 많은 부분 전이될 것으로 추정되었다. 두류 단백질은 영양학적 측면에서 메티오닌이 적고 두류 단백질 중에서도 종에 따라 품질에 차이가 있으며(Cho와 Ryu, 2022), 모든 육류 단백질에는 10종 필수 아미노산이 포함되지만 식물성 단백질은 1~2가지 빠진 경우가 많다(Sung 등, 2021). 시판되는 식물 기반 단백질과 동물 기반 단백질 및 인간 근육 단백질의 아미노산 함량 및 아미노산 조성을 비교했을 때, 단백질마다 아미노산 함량 및 조성에 큰 차이가 있기 때문에 부족한 함량 및 조성을 가진 두 종류 이상 단백질 간의 조합이 필요함이 강조되었다(Gorissen 등, 2018).

본 연구에서 아미노산은 Agilent사의 표준물질 5061-3330에 함유된 20종의 개별 아미노산을 분석하였으며 FAO (Food and Agriculture Organization) 산하 INFOODS (International Network of Food Data Systems) 가이드라인을 기준으로 필수 아미노산과 비필수 아미노산을 구분하여 함량을 비교하였다(FAO/INFOODS, 2012). 필수 아미노산은 루신(leucine), 이소루신(isoleucine), 발린(valine), 라이신(lysine), 메티오닌(methionine), 페닐알라닌(phenylalanine), 트레오닌(threonine), 트립토판(tryptophan), 히스티딘(histidine) 및 아르기닌(arginine) 10종을 분석하였으며, 비필수 아미노산은 글루타민(glutamine), 글루탐산(glutamic acid), 글리신(glycine), 세린(serine), 시스테인

(cysteine), 아스파라긴(asparagine), 아스파르트산(aspartic acid), 알라닌(alanine), 티로신(tyrosine) 및 프롤린(proline) 10종을 분석하였다. 종합적인 아미노산 정보는 Table 6과 같다.

비교 결과 평균값 기준 총 아미노산 함량은 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품 13% 높은 수준으로 유의미한 차이가 없었으며, 필수 및 비필수의 합계로 구별해도 필수 아미노산 총량 2% 높은 수준, 비필수 아미노산 총량 21% 높은 수준으로 유의적인 함량 차이는 관찰되지 않았다. 총량 기준 아미노산의 경우 단백질 함량이 유사한 수준이기 때문에 개별 아미노산의 총합 또한 비슷한 함량인 것으로 판단된다.

개별 필수 아미노산의 경우, 각각의 함량을 비교했을 때 전체 평균으로 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품 중 페닐알라닌이 34%로 근소하게 함량이 높았다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 26% 높았고 함박스테이크는 39% 높았으며, 패티류는 27% 높았고 미트볼 또한 28% 높아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 고함량임을 확인할 수 있었다. 반면 메티오닌과 히스티딘은 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품의 함량이 낮은 아미노산으로 특정되었다. 메티오닌은 전체 평균 기준 38% 낮은 함량이었으며, 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 46% 낮았고 함박스테이크는 19% 낮았으며, 패티류는 52% 낮았고 미트볼 또한 41% 낮아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 저함량임을 확인할 수 있었다. 히스티딘은 전체 평균 기준 34% 낮은 함량이었으며, 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 47% 낮았고 함박스테이크는 28% 낮았으며, 패티류는 37% 낮았고 미트볼 또한 39% 낮아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 저함량임을 확인할 수 있었다. 페닐알라닌, 메티오닌, 히스티딘은 제품 유형과 상관없이 유사한 경향성이 확인되었으며, 상기 3종 아미노산 외 다른 필수 아미노산들은 어느 한쪽이 일괄적으로 20%를 초과하는 편차를 나타내지 않았다.

메티오닌은 일반적으로 난류, 육류 및 수산물 등 동물성 단백질에 많이 함유된 것으로 알려져 있으며, 대부분의 콩 종류에는 상대적으로 매우 적은 함량이 있는 것으로 보고되고 있다(Henkel, 2000). 국가표준식품성분표(제10개정판) 기준 메티오닌이 다량 함유된 식물성 원료는 표고버섯(1,315 mg/100 g) 및 브라질너트(1,124 mg/100 g) 등이 육류, 난류 및 어패류 수준으로 풍부함을 확인할 수 있었다(RDA, 2021). 시중 유통되는 식물성 대체육 제품들이 대부분 분리 대두단백, 농축대두단백, 두류 가공품 등 대두 유래 원료를 사용하여 제조하기 때문에 메티오닌 함량이 떨어지는 것은 자연스러운 결과이며, 따라서 식물성 대체육 제품 제조 시 버섯류나 견과류를 조합하면 필수 아미노산 영양 밸런스를 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 히스티딘은 난류, 육류 및 수산물 등 동물성 단백질에 많이 함유되어 있으며, 국가표준

Table 6. Amino acid contents in plant-based and meat-based products

Food type	Sample name	Total amino acids (mg/100 g)	Essential amino acids (mg/100 g)											Sum of essential amino acids ¹⁾
			Leucine	Isoleucine	Valine	Lysine	Methionine	Phenylalanine	Threonine	Tryptophan	Histidine	Arginine		
Press ham	Plant based press ham 1	12,884.4 ³⁾	821.4	274.8	543.6	449.8	130.9	1,581.8	374.5	111.3	254.4	939.3	5,481.8	
	Meat based press ham 1	13,254.0	953.3	313.3	684.1	616.2	260.7	1,283.5	478.7	58.1	536.6	900.8	6,085.3	
	Meat based press ham 2	11,736.4	732.4	228.5	523.4	404.9	176.2	1,086.5	373.4	64.5	343.0	786.4	4,719.3	
	Meat based press ham 3	11,466.6	800.7	255.0	537.8	509.6	233.8	1,177.5	392.7	54.1	393.6	745.6	5,100.3	
	Meat based press ham 4	15,544.5	1,092.3	367.2	808.6	607.9	306.2	1,476.6	566.4	88.5	632.4	1,018.4	6,964.5	
Hamburg steak	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▼1	▼8	▼6	▼15	▼16	▼46	▲26	▼17	▲68	▼47	▲9	▼4	
	Plant based hamburger steak 1	10,781.6	687.1	234.3	443.4	337.0	133.0	1,311.3	321.8	72.3	242.9	759.3	4,542.4	
	Plant based hamburger steak 2	25,067.5	1,372.8	439.5	909.0	411.8	242.5	2,870.6	481.2	64.0	403.0	938.5	8,132.8	
	Plant based hamburger steak 3	15,016.8	963.5	317.4	623.8	582.2	171.9	1,799.7	445.5	97.8	359.1	1,062.2	6,423.1	
	Plant based hamburger steak 4	17,641.4	1,156.7	387.8	876.0	613.1	229.3	2,233.4	473.9	135.2	367.1	1,235.5	7,708.0	
	Meat based hamburger steak 1	16,420.0	1,170.0	400.3	845.2	849.8	267.3	1,709.2	567.7	105.2	541.4	1,068.6	7,524.7	
	Meat based hamburger steak 2	16,436.5	1,104.9	345.2	762.8	752.1	269.8	1,615.4	541.3	116.8	501.5	1,069.8	7,079.5	
	Meat based hamburger steak 3	10,511.2	707.9	240.3	517.3	378.5	143.9	1,193.3	328.6	45.8	334.6	688.4	4,578.6	
	Meat based hamburger steak 4	12,414.3	826.8	262.9	581.8	650.9	224.6	1,201.6	416.5	44.6	457.0	767.7	5,434.2	
	Meat based hamburger steak 5	15,124.1	1,009.7	347.2	766.5	551.1	286.1	1,652.4	516.6	67.5	560.3	1,040.6	6,797.9	
Press ham	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▲21	▲8	▲8	▲3	▼24	▼19	▲39	▼9	▲22	▼28	▲8	▲7	
	Plant based press ham 1	51.8	2,683.5	550.8	687.9	40.0	102.2	1,434.2	415.9	328.8	1,149.8	7,445.0		
	Meat based press ham 1	28.6	2,355.9	879.5	608.2	36.5	64.5	1,353.7	656.0	399.9	786.0	7,168.7		
	Meat based press ham 2	41.2	2,478.9	890.0	545.5	20.2	96.1	1,113.0	564.1	334.5	795.1	6,878.6		
	Meat based press ham 3	30.1	2,362.5	681.5	541.1	16.1	90.2	1,148.7	517.4	307.5	671.4	6,366.3		
	Meat based press ham 4	40.7	3,064.3	959.9	708.8	34.7	86.3	1,515.3	774.5	493.6	902.1	8,580.1		
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▲47	▲5	▼35	▲14	▲49	▲21	▲12	▼34	▼14	▲46	▲3		
	Plant based hamburger steak 1	34.9	2,266.1	479.9	591.2	17.7	98.6	1,242.1	357.4	246.5	904.8	6,239.3		
	Plant based hamburger steak 2	40.3	8,233.3	840.9	1,163.1	253.0	96.0	1,265.2	500.9	606.5	3,935.3	16,934.7		
	Plant based hamburger steak 3	47.8	3,063.8	666.1	809.8	74.7	115.0	1,676.1	480.8	442.9	1,216.7	8,593.7		
Hamburg steak	Plant based hamburger steak 4	43.5	3,769.1	674.6	1,013.0	119.8	115.4	1,765.4	597.6	539.6	1,295.4	9,933.4		
	Meat based hamburger steak 1	40.7	3,043.2	844.7	756.2	39.1	87.7	1,605.0	738.7	511.3	1,228.6	8,895.3		
	Meat based hamburger steak 2	67.7	3,038.3	1,130.4	779.1	32.7	64.6	1,582.7	762.8	486.3	1,412.4	9,357.0		
	Meat based hamburger steak 3	30.6	2,199.3	558.4	551.4	18.9	66.3	1,134.1	420.5	228.1	725.0	5,932.6		
	Meat based hamburger steak 4	33.2	2,484.6	813.6	563.7	30.6	81.1	1,210.8	578.4	330.8	853.2	6,980.1		
Hamburg steak	Meat based hamburger steak 5	32.0	2,898.9	915.9	739.2	50.0	111.9	1,487.6	682.2	457.2	951.5	8,326.3		
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▲2	▲59	▼22	▲32	▲239	▲29	▲6	▼24	▲14	▲78	▲32		

Non-essential amino acids (mg/100 g)

Table 6. Continued

Food type	Sample name	Essential amino acids (mg/100 g)												Sum of essential amino acids ¹⁾
		Total amino acids (mg/100 g)	Leucine	Isoleucine	Valine	Lysine	Methionine	Phenylalanine	Threonine	Tryptophan	Histidine	Arginine		
	Plant based patty 1	15,212.2	936.6	303.1	607.2	383.3	121.5	1,877.3	364.5	81.5	254.5	822.1	5,751.6	
	Plant based patty 2	15,479.6	1,021.6	326.1	664.2	464.9	131.1	1,860.1	453.2	65.5	365.3	1,113.6	6,465.5	
	Plant based patty 3	18,430.9	1,300.6	418.3	905.3	703.1	139.8	2,311.7	500.1	100.8	403.9	1,516.1	8,299.7	
	Plant based patty 4	17,345.9	1,131.7	385.5	745.6	519.6	150.4	2,101.1	510.2	85.9	414.4	1,275.5	7,319.9	
Patty	Meat based patty 1	11,371.5	948.4	313.6	663.5	560.9	249.0	1,419.8	462.9	99.0	428.9	885.4	6,031.4	
	Meat based patty 2	13,442.6	894.2	288.1	651.8	468.8	227.6	1,383.1	438.5	57.2	506.3	886.8	5,802.3	
	Meat based patty 3	19,504.7	1,387.6	456.0	999.4	1,022.0	320.4	1,912.0	669.0	73.3	691.9	1,273.7	8,805.4	
	Meat based patty 4	17,497.6	1,270.5	417.4	875.6	975.3	325.4	1,724.2	625.1	79.7	662.3	1,149.9	8,105.5	
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▲ 8	▼ 2	▼ 3	▼ 8	▼ 32	▼ 52	▲ 27	▼ 17	▲ 8	▼ 37	▲ 13	▼ 3	
	Plant based meatball 1	16,687.4	1,005.4	316.2	640.7	488.6	151.7	1,993.3	408.1	67.5	269.6	938.5	6,279.6	
	Plant based meatball 2	9,648.0	573.9	190.8	371.6	309.7	87.8	1,083.3	258.0	111.6	253.6	628.8	3,869.3	
	Plant based meatball 3	15,238.8	907.5	304.0	597.4	437.6	114.4	1,705.2	401.3	16.3	423.9	955.2	5,862.8	
	Plant based meatball 4	16,786.0	1,133.0	390.5	860.4	656.6	220.3	2,172.0	466.6	59.9	379.5	1,150.8	7,489.5	
Meat ball	Meat based meatball 1	13,185.6	916.9	305.1	665.9	499.0	263.6	1,361.0	465.8	50.5	554.2	838.2	5,920.3	
	Meat based meatball 2	12,149.7	744.7	232.8	533.9	395.1	208.9	1,134.0	382.1	63.7	410.7	811.1	4,917.0	
	Meat based meatball 3	15,440.7	1,052.8	359.2	758.5	598.2	258.6	1,577.8	505.3	60.7	660.1	988.7	6,819.8	
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▲ 7	▲ 0	▲ 0	▼ 5	▼ 5	▼ 41	▲ 28	▼ 15	▲ 9	▼ 39	▲ 4	▼ 0	
Average of plant based samples		15,863.1	1,000.9	329.9	676.0	489.0	155.7	1,915.4	419.9	82.3	337.8	1,025.8	6,432.8	
Average of meat based samples		14,093.8	975.8	320.8	698.5	615.0	251.4	1,431.7	483.2	70.6	513.4	932.5	6,292.9	
Total increase/decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▲ 13	▲ 3	▲ 3	▼ 3	▼ 20	▼ 38	▲ 34	▼ 13	▲ 17	▼ 34	▲ 10	▲ 2	

Table 6. Continued

Food type	Sample name	Non-essential amino acids (mg/100 g)										
		Glutamine	Glutamic acid	Glycine	Serine	Cysteine	Asparagine	Aspartic acid	Alanine	Tyrosine	Proline	Sum of non-essential amino acids ²⁾
	Plant based patty 1	62.1	4,176.8	578.2	792.0	56.4	115.7	1,247.8	398.7	372.4	1,660.5	9,460.6
	Plant based patty 2	41.2	3,272.0	685.6	861.6	127.4	60.9	1,770.1	558.3	469.1	1,167.9	9,014.1
	Plant based patty 3	49.4	3,551.4	777.4	1,013.8	71.2	104.0	2,132.2	610.5	623.0	1,198.2	10,131.2
	Plant based patty 4	50.7	3,718.1	764.8	956.1	82.0	113.8	1,983.4	571.8	506.8	1,278.5	10,026.0
Patty	Meat based patty 1	77.7	270.9	742.4	649.2	15.1	108.2	1,348.3	598.6	421.2	1,108.4	5,340.0
	Meat based patty 2	40.5	2,890.0	762.1	664.2	43.4	94.2	1,305.8	550.9	397.0	892.1	7,640.2
	Meat based patty 3	45.3	3,639.9	1,206.1	869.2	66.4	105.3	1,883.6	960.6	607.1	1,315.7	10,699.3
	Meat based patty 4	51.2	3,232.4	969.0	783.5	49.8	99.0	1,705.0	834.2	594.9	1,073.2	9,392.2
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▼5	▲47	▼24	▲22	▲93	▼3	▲14	▼27	▼2	▲21	▲17
	Plant based meatball 1	39.1	4,366.8	667.7	869.3	110.1	92.4	1,420.4	450.6	384.3	2,018.4	10,419.1
	Plant based meatball 2	43.1	2,375.1	411.4	489.8	13.1	88.0	1,133.0	334.9	243.3	646.9	5,778.6
	Plant based meatball 3	57.0	4,298.3	616.7	752.4	53.8	121.0	1,600.7	434.5	438.4	1,003.3	9,376.0
	Plant based meatball 4	21.9	3,592.5	659.2	988.1	109.1	33.6	1,697.0	567.8	512.9	1,114.4	9,296.5
Meat ball	Meat based meatball 1	59.9	2,627.6	752.1	613.0	8.9	102.3	1,289.1	589.8	444.3	778.3	7,265.3
	Meat based meatball 2	58.6	2,424.0	1,055.4	560.7	28.9	96.8	1,204.9	587.7	357.4	867.4	7,241.7
	Meat based meatball 3	67.6	3,349.4	784.2	712.7	33.4	127.6	1,573.2	618.2	463.5	891.0	8,620.8
Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▼35	▲31	▼32	▲23	▲201	▼23	▲8	▼25	▼6	▲41	▲13
Average of plant based samples		44.8	3,797.4	644.1	845.2	86.8	96.7	1,566.7	483.1	439.6	1,430.0	9,434.5
Average of meat based samples		46.6	2,647.5	871.6	665.4	32.8	92.6	1,403.8	652.2	427.2	953.2	7,792.8
Total increase/decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▼4	▲43	▼26	▲27	▲165	▲4	▲12	▼26	▲3	▲50	▲21

¹⁾The sum of essential amino acids is the sum of leucine, isoleucine, valine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan, histidine, and arginine.

²⁾The sum of non-essential amino acids is the sum of glutamine, glutamic acid, glycine, serine, cysteine, asparagine, aspartic acid, alanine, tyrosine, and proline.

³⁾The values are mean of three replications.

식품성분표(제10개정판) 기준 히스티딘이 다량 함유된 식물성 원료는 목화씨(1,027 mg/100 g) 및 대두(1,009 mg/100 g) 등이 있었다. 이는 육류와는 유사한 수준이나 어패류 및 기타 수산물과 비교했을 때는 1/2에서 2/3 정도 수준이었다(RDA, 2021).

비필수 아미노산 10종 중에서는 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품의 글루탐산, 시스테인, 프롤린이 43~165% 높은 수준의 함량이었으며 글리신과 알라닌은 각 26% 낮은 수준의 함량이었다. 그 외의 개별 아미노산은 각각의 식물성 및 동물성 제품에서 높고 낮음의 함량 차이가 있으나 총량으로는 유사한 수준임을 확인할 수 있었다. 종합적으로 단백질과 구성 아미노산의 경우 식물성 대체육 제품과 동물성 육가공품이 확연하게 구분되는 품질 특성이 있다고 판정하기 어려우나, 상대적으로 부족한 개별 아미노산(메티오닌, 히스티딘)을 보완하기 위해 제품 배합 시 버섯류, 견과류 등을 추가하여 동물성 육가공품과 동등 이상 수준으로 품질 향상을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

미네랄 함량 분석 결과

제품 29종을 대상으로 Supelco사의 미네랄 표준물질 1.11355.0100에 함유된 미네랄 5종(칼슘, 철, 칼륨, 아연, 마그네슘)을 분석하였고 그 결과는 Table 7에 정리하였다.

비교 결과, 칼슘의 경우 동물성 육가공품 중 4.8~41.4(평균값 20.7) mg/100 g 범위였고 식물성 대체육 제품은 17.8~211.6(평균값 70.8) mg/100 g 범위로, 평균값끼리 비교했을 때 242% 높은 수준으로 식물성 대체육 제품이 높은 함량을 나타내었다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 239% 높았고 함박스테이크는 162% 높았으며, 패티류는 241% 높았고 미트볼 또한 261% 높아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 고함량임을 확인할 수 있었다. 철은 동물성 육가공품 중 6.1~19.7(평균값 11.3) mg/100 g 범위였고 식물성 대체육 제품은 2.3~54.1(평균값 15.0) mg/100 g 범위로, 평균값끼리 비교했을 때 33% 높은 수준으로 식물성 대체육 제품이 높은 함량을 나타내었다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 150% 높았고 함박스테이크는 12% 높았으며, 패티류는 39% 높았지만 미트볼은 5% 낮았다. 미트볼은 1개 제품을 제외하고는 동물성 육가공품 평균이 식물성 대체육 제품 대비 3배 수준으로 높음을 확인할 수 있었다.

칼륨의 경우 동물성 육가공품 중 183.0~330.0(평균값 267.9) mg/100 g 범위였고 식물성 대체육 제품은 120.6~964.1(평균값 369.1) mg/100 g 범위로서 평균값끼리 비교했을 때 38% 높은 수준으로 식물성 대체육 제품이 높은 함량을 나타내었다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 55% 높았고 함박스테이크는 6% 높았으며, 패티류는 55% 높았고 미트볼 또한 36% 높아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 고함량임을 확인할 수 있었다. 마그네슘은 동물성 육가공품 중 6.9~21.9(평균값 14.0)

mg/100 g 범위였고 식물성 대체육 제품은 6.5~96.6(평균값 25.7) mg/100 g 범위로, 평균값끼리 비교했을 때 84% 높은 수준으로 식물성 대체육 제품이 높은 함량을 나타내었다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 374% 높았고 함박스테이크는 14% 높았으며, 패티류는 118% 높았고 미트볼 또한 32% 높아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 고함량임을 확인할 수 있었다.

반면 아연은 식물성 대체육 제품 함량 0.2~2.0(평균값 0.6) mg/100 g 범위 대비 동물성 육가공품 함량은 0.8~3.6(평균값 1.4) mg/100 g 범위로 57% 낮은 수준을 나타내어 상대적으로 함량이 적음을 확인하였다. 제품 유형별로는 식물성 대체육 제품이 프레스햄에 비해 33% 낮았고 함박스테이크는 58% 낮았으며, 패티류는 61% 낮았고 미트볼 또한 60% 낮아 모든 제품 유형에서 식물성 대체육 제품이 저함량임을 확인할 수 있었다.

본 연구 결과에서는 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품 중 유효성분 미네랄 함량이 대체로 비교우위에 있었으나, 아연의 함량은 상대적으로 부족했기 때문에 아연 함유량을 적절하게 높일 수 있는 방법을 제시하고자 했다. 이에 농촌진흥청에서 발간한 국가표준식품성분표(제10개정판)를 참조하여 아연 함량이 높은 식물성 원료를 탐색하였다. 아연은 성장과 발달 촉진, 항산화 작용, 단백질 구조 안정화, 면역 세포 발달 등 다양한 기능성을 가진 성분이나, 과량 섭취할 경우 소화기관 장애, 신경 장애, 구리의 흡수율 감소, 면역력 약화 등 부작용이 발생할 수 있으며, 이에 국내 기준 일일 상한 섭취량(성인 기준 35 mg)이 제한되어 있다(MOHW, 2022). 일반적으로 어패류, 기타 수산물에 많이 함유되어 있으며, 특히 생굴에는 15.9 mg/100 g 수준으로 고함량임을 확인하였다. 식물성 원료 중에는 석이버섯(말린 것)에 20.9 mg/100 g 수준으로 굴 이상의 함량이 있고, 아마씨, 잣, 들깨, 캐슈넛 등 견과류에 6~7 mg/100 g 수준의 함량이 있는 것으로 보고되고 있다(RDA, 2021). 따라서 식물성 대체육 제품 제조 시 버섯류나 견과류를 적절히 배합하면 부족한 아연 함량을 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

결론 및 시사점

일반 영양성분, 지방산, 아미노산, 미네랄 결과를 모두 종합했을 때 최종적으로 확인된 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품의 품질 특성은 고함량 성분 9종(탄수화물, 다중불포화지방산, 리놀레산, 리놀렌산, 페닐알라닌, 칼슘, 철, 칼륨, 마그네슘) 및 저함량 성분 3종(지방, 콜레스테롤, 포화지방산)으로 정리할 수 있을 것으로 사료된다. 시중 유통 육가공품 제품 형태에 따라 프레스햄, 함박스테이크, 패티, 미트볼 4분류로 나누어 영양성분을 비교하였으나, 제품 형태에 따라 동물성 육가공품 대비 식물성 대체육 제품의 유의적인 품질 특성은 확인할 수 없었으며 대체로 비슷한 경향을 나타내었다. 상대적으로 동물성 육가공품에 비해 부족한 영양성분은 필수 아미노산 중 메티오닌과 히스티딘이 있었으

Table 7. Mineral contents in plant-based and meat-based products (mg/100 g)

Food type	Sample name	Calcium (Ca)	Iron (Fe)	Potassium (K)	Zinc (Zn)	Magnesium (Mg)
Press ham	Plant based press ham 1	59.6 ¹⁾	21.4	374.5	0.8	41.4
	Meat based press ham 1	11.9	6.1	267.5	1.4	8.4
	Meat based press ham 2	30.4	12.8	183.0	1.0	8.5
	Meat based press ham 3	23.3	8.7	185.6	0.8	6.9
	Meat based press ham 4	4.8	6.7	330.0	1.6	11.1
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▲239	▲150	▲55	▼33	▲374
Hamburg steak	Plant based hamburg steak 1	59.8	20.4	325.9	0.6	37.0
	Plant based hamburg steak 2	44.8	17.4	120.6	0.9	10.7
	Plant based hamburg steak 3	93.7	3.0	302.5	0.5	12.8
	Plant based hamburg steak 4	22.1	6.4	381.8	0.2	11.8
	Meat based hamburg steak 1	16.9	11.2	258.8	1.5	18.5
	Meat based hamburg steak 2	19.0	13.1	273.6	1.6	19.2
	Meat based hamburg steak 3	26.6	8.3	226.1	1.0	10.0
	Meat based hamburg steak 4	27.0	7.9	267.2	1.1	12.1
	Meat based hamburg steak 5	15.7	12.2	311.2	1.4	19.5
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▲162	▲12	▲6	▼58	▲14
Patty	Plant based patty 1	49.1	26.9	249.2	0.9	29.8
	Plant based patty 2	17.8	5.1	287.2	0.2	6.5
	Plant based patty 3	103.9	54.1	964.1	2.0	96.6
	Plant based patty 4	89.2	2.3	280.4	0.2	8.5
	Meat based patty 1	18.8	10.9	280.7	1.3	18.6
	Meat based patty 2	41.3	14.4	306.0	1.0	21.9
	Meat based patty 3	7.2	19.7	258.7	2.6	11.8
	Meat based patty 4	9.0	18.5	305.6	3.6	12.7
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▲241	▲39	▲55	▼61	▲118
Meat ball	Plant based meatball 1	49.7	25.2	264.8	0.9	30.5
	Plant based meatball 2	71.4	2.9	349.5	0.3	12.3
	Plant based meatball 3	211.6	5.3	435.2	0.2	19.2
	Plant based meatball 4	48.0	4.1	462.4	0.3	17.6
	Meat based meatball 1	11.1	8.5	252.9	1.2	12.6
	Meat based meatball 2	26.7	10.0	282.4	0.9	11.2
	Meat based meatball 3	41.4	11.1	297.5	1.1	21.4
	Increase/Decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)	▲261	▼5	▲36	▼60	▲32
	Average of plant based samples	70.8	15.0	369.1	0.6	25.7
	Average of meat based samples	20.7	11.3	267.9	1.4	14.0
Total increase/decrease rate of plant based sample compared to meat based sample (%)		▲242	▲33	▲38	▼57	▲84

¹⁾The values are mean of three replications.

며 미네랄 중에는 아연이 동물성 육가공품에 비해 부족하였다. 이들을 보충할 수 있는 식물성 소재로는 버섯류(표고버섯, 석이버섯 등) 및 견과류(브라질너트, 목화씨 등)를 꼽을 수 있으며, 원료의 적절한 함량 배합을 통해 신제품을 개발

한다면 보다 높은 수준의 단백질과 미네랄 품질을 확보할 수 있을 것으로 추정된다. 그러나 본 연구에서 취합된 수치 및 도출된 시험 결과는 각 영양성분에 대한 단순 정량적 측정 결과의 비교이기 때문에, 맛 또는 향 등 제품의 관능적

기호도와 같은 소비자 선택 요소 및 권장섭취량 등 영양학적 밸런스 충족 여부와 같은 더욱 현실적인 식물성 대체육 제품의 특성을 판정할 수 있는 기준 마련에는 한계가 있었다. 향후에는 과학적 원료 조합을 통해 완제품의 품질 향상을 도모하여 영양학적 기능성을 충족시키고, 또한 관능적으로도 품질이 양호한 제품을 제조할 수 있도록 후속 연구가 수행되어야 할 것이다.

요 약

소비자들의 식물성 식품에 관한 관심 및 소비가 증가하고 있으며, 환경 보호 등 지속 가능한 식품 생산을 위한 동물성 육가공품의 대체제로서 식물성 대체육 제품의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구의 목적은 한국 내에서 유통되는 시중 동물성 육가공품과 이를 대체할 수 있는 유사한 식물성 대체육 제품의 영양성분을 분석하고, 식물성 대체육 제품만의 차별화되는 품질 특성을 확인하는 것이다. 일반적인 영양성분 비교 결과 유의미한 차이를 나타낸 성분은 탄수화물, 지방, 콜레스테롤이었다. 탄수화물의 경우 식물성 대체육 제품의 함량이 동물성 육가공품 대비 58% 높고 지방은 20% 낮았으며, 콜레스테롤은 식물성 대체육 전 제품 함량이 0으로 19~70 mg/100 g 수준인 동물성 육가공품 대비 확실한 품질 특성을 나타내었다. 열량과 단백질 함량의 유의적인 차이점은 확인할 수 없었다. 지방산의 경우 식물성 대체육 제품이 동물성 육가공품 대비 포화지방산 함량은 46% 낮은 수준인 반면 다중 불포화지방산 함량은 75% 높은 수준이었으며, 특히 리놀레산(83%)과 리놀렌산(239%)의 함량이 높아 식물성 대체육 제품만의 특성으로 확인되었다. 그러나 일부 팜유 또는 야자유를 사용한 식물성 대체육 제품에서는 탄소 개수 14개 이하인 단쇄 포화지방산의 함량이 동물성 육가공품 대비 27~2,394% 높았기 때문에 원료 사용 시 유의해야 할 것으로 판단된다. 아미노산의 경우 필수 아미노산 총량은 유사한 수준이고, 페닐알라닌(34%) 함량 평균이 식물성 대체육 제품이 근소하게 높았으며 동물성 육가공품 대비 부족한 필수 아미노산은 메티오닌(38%) 및 히스티딘(34%)이 확인되었다. 그 외에는 개별 아미노산 수준에서 높고 낮음의 함량 차이가 있음을 확인하였다. 미네랄의 경우 식물성 대체육 제품 중 칼슘(242%), 철(33%), 칼륨(38%), 마그네슘(84%) 함량이 동물성 육가공품에 비해 높음을 확인하였고 아연 함량은 57% 낮은 수준이었다. 부족한 메티오닌, 히스티딘 및 아연을 보충하기 위해 식물성 소재 중 해당 성분 함량이 높은 버섯류 및 견과류를 배합한다면 보다 높은 수준의 단백질과 미네랄 품질을 확보할 수 있을 것으로 추정된다. 본 연구를 통해 규명된 영양성분 정보 및 기초 자료를 토대로 도출된 인사이트를 바탕으로 제품 개발에 활용한다면 동물성 육가공품을 대체하는 식물성 대체육 제품의 품질 향상을 도모할 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Agilent Technologies. Agilent ZORBAX Eclipse AAA Instructions for use. 5980-3088EN. Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA. 2008. p 1-4.
- Arora B, Kamal S, Sharma VP. Effect of binding agents on quality characteristics of mushroom based sausage analogue. *J Food Process Preserv.* 2017. 41:e13134. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13134>
- Bhat ZF, Fayaz H. Prospectus of cultured meat-advancing meat alternatives. *J Food Sci Technol.* 2011. 48:125-140.
- Bhat ZF, Kumar S, Fayaz H. *In vitro* meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *J Integr Agric.* 2015. 14:241-248.
- Cha SH, Shin KO, Han KS. Studies on the characteristics of concentrated soy protein. *Korean J Food Sci Technol.* 2020. 52:459-466.
- Cho C, Lim H, Kim B, et al. Current status of research and market in alternative protein. *Food and Life.* 2022. 2022:9-18.
- Cho SY, Ryu GH. Quality characteristics of plant-based proteins used in meat analogs. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2022. 51:375-380.
- Ekmekcioglu C, Wallner P, Kundi M, et al. Red meat, diseases, and healthy alternatives: A critical review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2018. 58:247-261.
- FAO/INFOODS. FAO/INFOODS Guidelines for checking food composition data prior to the publication of a user/table database. Version 1.0. FAO, Rome, Italy. 2012. p 1-40.
- Gerhardt C, Suhlmann G, Ziemben F, et al. How will cultured meat and meat alternatives disrupt the agricultural and food industry?. *AT Kearney, Chicago, IL, USA.* 2019. p 1-20.
- Gorissen SH, Crombag JJ, Senden JM, et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids.* 2018. 50:1685-1695.
- Henkel J. Soy. Health claims for soy protein, questions about other components. *FDA Consum.* 2000. 34:18-20.
- Hwang S. [Strategies to respond to the alternative protein food industry] New food revolution... Businesses and governments must ride global trends. *The Food & Beverage News.* 2022 May 23 [cited 2022 Sep 30]. Available from: <http://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=94680>
- Jallinoja P, Vinnari M, Niva M. Veganism and plant-based eating: analysis of interplay between discursive strategies and lifestyle political consumerism. In: Bostrom M, Micheletti M, Oosterveer P, editors. *The Oxford Handbook of Political Consumerism.* Oxford Academic, New York, NY, USA. 2019. p 1-32.
- Kang H, Lee B, Chung L. A comparison of the quality characteristics of meat alternative to *Wanja* and meat *Wanja*. *Korean J Food Cook Sci.* 2021. 37:371-378.
- Kumar P, Chatli MK, Mehta N, et al. Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2017. 57:923-932.
- Majzoobi M, Talebanfar S, Eskandari MH, et al. Improving the quality of meatfree sausages using κ-carrageenan, konjac mannan and xanthan gum. *Int J Food Sci Technol.* 2017. 52:1269-1275.
- MFDS. Food Code II. 8.2.1.5.4.2. Ministry of Food and Drug Safety, Osong, Korea. 2022a. p 373-381.
- MFDS. Food Code II. 8.2.2.1. Ministry of Food and Drug Safety, Osong, Korea. 2022b. p 386-400.
- MOHW. Dietary reference intakes for Koreans 2020: Application. 1-3.(5). Ministry of Health and Welfare, Sejong, Korea. 2022. p 33.

- Park S. Conflict over 'carbon neutrality' spreads to the dining table... Escalation of warfare of the alternative meat vs. the livestock industry. *Hankookilbo*. 2022 Feb 12 [cited 2022 Sep 30]. Available from: <https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2022021016080000275>
- Rural Development Administration (RDA). 10th revision Korean food composition table. 2021 [cited 2022 Sep 30]. Available from: <http://koreanfood.rda.go.kr/kfi/fct/fctIntro/list?menuId=PS03562#>
- Samard S, Ryu GH. Physicochemical and functional characteristics of plant protein-based meat analogs. *J Food Process Preserv*. 2019. 43:e14123. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14123>
- Savadkoobi S, Hoogenkamp H, Shamsi K, et al. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. *Meat Sci*. 2014. 97: 410-418.
- Shoaib A, Sahar A, Sameen A, et al. Use of pea and rice protein isolates as source of meat extenders in the development of chicken nuggets. *J Food Process Preserv*. 2018. 42:e13763. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13763>
- Sung Y, Im DY, Doo YT. A study on service quality on satisfaction and repurchase intention of vegan trend products. *J Product Research*. 2021. 39:49-54.
- van Vliet S, Bain JR, Muehlbauer MJ, et al. A metabolomics comparison of plant-based meat and grass-fed meat indicates large nutritional differences despite comparable nutrition facts panels. *Sci Rep*. 2021. 11:13828. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-93100-3>
- Vasconcelos MW, Gomes AM. The legume grains: when tradition goes hand in hand with nutrition. In: Kristbergsson K, Oliveira J, editors. *Traditional Foods: General and Consumer Aspects*. Springer, Boston, MA, USA. 2016. p 189-208.
- Verbeke WA, Viaene J. Ethical challenges for livestock production: Meeting consumer concerns about meat safety and animal welfare. *J Agric Environ Ethics*. 2000. 12:141-151.
- Wang Y, Tuccillo F, Lampi AM, et al. Flavor challenges in extruded plant-based meat alternatives: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2022. 21:2898-2929.
- Witte B, Obloj P, Koktenturk S, et al. Food for thought: The protein transformation. Boston Consulting Group & Blue Horizon, Boston, MA, USA. 2021. p 1-48.
- Zhao H, Shen C, Wu Z, et al. Comparison of wheat, soybean, rice, and pea protein properties for effective applications in food products. *J Food Biochem*. 2020. 44:e13157. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13157>