

특집: 대체 단백질 기술 식품 동향

육류 대체식품의 발전 및 변화

안 두 현

대상(주) 식품BU 식품연구소

Development and Change of Alternative Meat

Doohyun An

Food R&D Institute, Food Business Unit, Daesang Corp., Gyeonggi 17384, Korea

육류 대체식품의 필요성 대두

동물성 단백질은 단순한 에너지 공급원으로써 뿐만 아니라 고유의 식감, 맛, 향미, 영양학적 가치로 많은 식품에 이용되고 있다. 그 수요가 점점 늘어남은 물론이고, 다양한 형태의 식품과 식재료가 공급되고 있다. 그중에서도 육류는 채소, 곡물류에서 얻을 수 없는 맛과 식감을 느낄 수 있고, 단백질과 지방, 각종 무기질, 비타민, 필수 아미노산 등의 귀중한 영양성분을 동시에 섭취할 수 있으며, 상대적으로 높은 에너지를 얻을 수 있는 인류의 전통적인 식량 자원이다. 세계 인구의 꾸준한 증가와 1인당 소비량 증가에 따라 육류의 전체 소비량은 전 세계적으로 2000년 180,234킬로톤(kt)에서 매년 약 2%씩 증가하여 2020년에는 270,822 kt에 이를 것으로 전망되고 있다(표 1).

늘어나는 육류 소비에 맞춰 축산 또한 대규모 형태로 발전하였는데 그 과정에서 분뇨나 동물의 이산화탄소 배출에 의한 환경오염, 상대적으로 비효율적인 사료 소비, 지나친 섭취에 의한 성인병, 동물들 간의 신규 전염병 발생, 비인간적 사육·도축 등의 많은 문제가 발생하고 있다. 2011년 미국 Environmental Working Group에서 발표한 ‘기후변화와 건강을 위한 육류 섭취자 가이드’에 따르면 다른 식재료에 비해 양고기와 소고기의 온실가스 배출량이 월등한 것으로 나타났다(Environmental Working Group, 2011)(그림 1). 또한 육류의 포화지방, 콜레스테롤, 트랜스지방 등에 의한 각종 성인병, 대사증후군 등을 야기하는 것은 익히 알려진 사실이며, 과거의 광우병(Bovine Spongiform Encephalitis)이나 조류 독감

(Avian Influenza), 최근의 아프리카 돼지 열병(African Swine Fever) 등은 건강에 악영향을 끼칠 것을 염려하는 소비자들의 이용을 위축시키기도 했다.

한편 종교적, 신념적, 윤리적 그리고 건강을 이유로 채식에 대한 관심이 높아지며 이를 선호하는 사람들의 수가 늘어나고 있다. 그러나 육류를 섭취하지 않는 이들에게는 영양성분을 보충할 수 있는 대안이 필요하다. 실제로 많은 연구에서 채식만 하는 경우 동물성 단백질로부터 더욱 효율적으로 얻을 수 있는 비타민 B₁₂, 칼슘, 아연 등의 부족이 보고되고 있다(NIH, 2016; Choi 등, 2011; Kim 등, 2005).

최근 이러한 이슈를 해결하기 위한 근본적 방안으로 기존 육류를 대체하는 육류 대체식품에 대한 연구가 이어지고 있다. 세계적 부호인 미국 마이크로소프트(Micro-

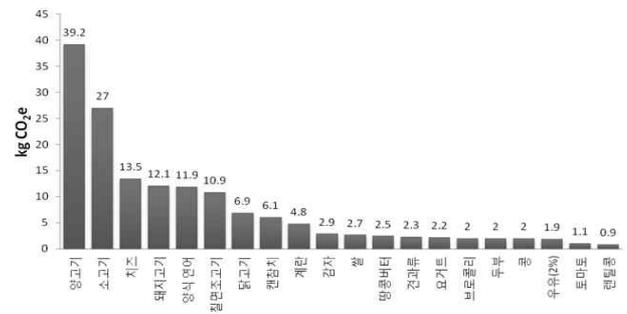


그림 1. 각 원료가 식재료로 가공될 때까지 발생하는 온실가스(CH₄, CO₂ 등)의 총량을 CO₂ 발생량으로 환산한 수치. [kilograms of carbon dioxide equivalents (CO₂e), kgCO₂e]

표 1. 2000~2020년까지의 1인당 육류 소비량, 인구 변화 및 세계 육류 소비량

연도	2000	2005	2010	2018	2019	2020
1인당 육류 소비량 ¹⁾ (kg)	29.3	31.1	33.4	34.6	34.4	34.7
세계 인구 ²⁾ (백만 명)	6,143	6,542	6,957	7,631	7,713	7,795
세계 육류 소비량(kt)	180,234	203,316	232,293	264,342	265,608	270,822

¹⁾OECD Meat consumption data (2019).

²⁾UN World Population data (2019).

soft) 창업자 빌 게이츠 회장과 영국 버진그룹(Virgin Group)의 리처드 브랜슨 회장 등이 육류 대체식품을 개발, 생산하는 기업에 거액을 투자함으로써 대중의 관심을 끌었고, 또한 다양한 형태의 제품이 출시되어 많은 소비자가 이용하고 있다. 대표적인 업체 Beyond Meat의 매출액은 2016년 1,620만 달러에서 2018년 8,790만 달러로 크게 증가하였다(Forbes, 2019). 이는 기술 발달에 따른 맛·식감 등의 개선과 건강, 환경 및 동물 복지에 관한 관심 증가가 시장 성장의 주요 배경이며, 향후 대체육류는 육류 시장의 일부를 지속적으로 잠식해 나갈 것으로 예상된다(이와 김, 2018).

육류 대체식품의 원료

육류 대체식품 제조에 이용되는 원료 유래는 콩(대두, 완두), 밀, 곰팡이 등이 있다(표 2).

그중에서 콩 단백질은 육류 대체식품의 주원료로 가장 많이 사용되고 있다. 여러 가지 기능적 성질을 가져 두부 같은 매끄러운 텍스처는 물론, 섬유상 형태의 가공 처리를 통해 고기와 유사한 다양한 식품으로 제조되고 있다. 또한, 단백질 함량이 높고 지방과 포화지방산 함량은 낮은 편이며, 제조 과정 중 다양한 영양소를 보충할 수 있는 장점이 있다. 특히, 인간의 필수 아미노산 함량과 소화성을 고려한 단백질의 품질 평가 지표인 단백질 소화율 교정 아미노산 점수(Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score, PDCAAS)에서 소고기에 버금가는 수치를 보인다(표 3). 그러나 외형적으로 육류의 형태를 구현할 수 있지만, 육류 특유의 조직감을 지니는 데에는 한계가 있고, 콩 특유의 이취가 있기 때문에 분쇄 가공육 형태로 일부 육류 대용으로 사용되고 있다. 그리고 대두 알레르기가 있는 사람에 섭취에 유의해야 한다.

밀 단백질(글루텐)은 육류 대체식품에는 물론 여러 식

품에 활용되고 있는 성분이다. 간단한 처리를 거쳐 고기의 근조직과 유사한 형태를 구현할 수 있고, 두류 단백질과 혼합할 경우 수율 증가 및 원료 간의 조직화, 성형 등에 용이하다. 그러나 밀 단백질에 알레르기(셀리악 병(celiac disease))가 있는 사람에게는 주의가 필요하다(윤, 2005)(표 2).

Mycoprotein은 버섯 곰팡이류인 *Fusarium venenatum*의 배양·발효를 통해 만들어 내는 단백질로, 그 구조는 실처럼 가느다란 사상균의 형태로 닭가슴살 구조와 유사하고, 고기와 같은 질감을 주기 때문에 육류 대용식품의 주성분으로 활용된다(김, 2005). Mycoprotein을 활용한 제품의 경우, 조직 간 결합이나 식감 보완을 위해 계란이나 유청 단백을 혼합하는 경우가 대부분이어서 Vegan 식품보다는 Meat Free로 구분된다(표 2).

육류 대체식품 기술의 발전 단계

1세대 대체식품(과거~현재)

과거부터 동양권에서는 기초적인 형태의 육류 대체식품을 이용해 왔다. 두부, 템페, 세이탄 등이 식물성 고기의 범주에 속하는 식품들이다(심, 2016)(표 4).

이들 전통적인 형태를 벗어나 미국에서는 60년대에 대두 단백질을 이용하여 섬유상 단백질 조직을 개발하였다. 이후 이를 바탕으로 70년대에 Archer Daniels Midland Company에서 조직화 대두 단백질(Textured Vegetable Protein, TVP)을 생산하여 일부 육류를 대체하는 용도와 TVP 자체에 양념을 하고 다른 재료와 함께 조리하여 일반 사용자에게 익숙한 '콩고기'라는 명칭으로 사용되었다(김, 2005)(그림 2).

2세대 대체식품(현재)

최근의 대체 고기는 식물 유래 단백질을 고기와 비슷한

표 2. 육류 대체식품에 사용되는 단백질 종류별 특성

단백질 종류	콩 단백질	밀 단백질	Mycoprotein
유래	콩	밀	<i>Fusarium venenatum</i> 발효
형태	분말, 조직	분말	조직
장점	- 다양한 식감 구현 - 영양학적 우수성(高 PDCAAS) - 낮은 가격	- 근조직과 유사 구조 - 간단한 가공 방법 - 원료 간 결합 강화 - 낮은 가격	- 근조직과 유사 구조 - 육류와 유사 식감
단점 및 한계	- 이취 - 알레르기	- 알레르기	- 높은 가격 - 일부 동물성 원료 혼합(계란, 유청 단백질 등) - 알레르기

표 3. 식품의 종류별 단백질 소화율 교정 아미노산 점수(PDCAAS)

단백질 종류	Casein	Egg white	Soybean protein(농축)	Soybean protein(분리)	Beef	Pea	Rolled oats	Black beans	Wheat gluten
PDCAAS 지수	1.00	1.00	0.99	0.92	0.92	0.68	0.57	0.53	0.25

출처: FAO/WHO, Protein quality evaluation (1991).

표 4. 전통적 육류 대체식품

식품명	두부	템페	세이탄
원료	콩	콩	밀가루
제조 방식	콩에서 추출한 단백질을 굳힘	발효시킨 콩을 단단히 굳힌 형태	밀가루를 반죽한 뒤, 전분을 제거함
예시			



그림 2. 조직화 대두 단백질(좌), 조직화 대두 단백질로 만든 1세대 콩고기(우).



그림 4. Beyond Meat 치킨샐러드(좌), Impossible Burger(우).



그림 3. 압출기로 단백질을 조직화하여 생산하는 모습. 출처: Beyond Meat Youtube 캡처.

형태와 맛이 나도록 제조한 고기를 의미한다. 이를 위해 순수 콩 단백질에 지방, 물, 조미 소재 등을 혼합, 고온·고압으로 압출기(Extruder)를 통해 조직화하여 육류와 비슷한 식감과 향미를 가지게 하는 데 성공하였고, 식물성 고기 개발에 큰 영향을 미쳤다(그림 3).

이를 뒷받침하는 대표적인 사례로는 2013년 미국의 한 대형마트에서의 닭고기 샐러드 리콜 사건이 있다. 완두 등 식물성 원료로 만든 ‘가짜 닭고기’를 넣은 샐러드(Beyond Meat)와 진짜 닭고기를 넣은 샐러드의 가격표를 바꾸어 붙여 생긴 사건으로 판매점 측에서 먼저 알리기 전까지 그 맛에 대해 항의를 한 고객이 없었다는 점이 알려지며 식물성 고기 제조 기술과 현황에 관한 관심이 커졌다(그림 4).

육류의 조직감 구현 기술의 발전과 더불어 맛, 향미,

육즙감을 구현하는 기술 또한 함께 발전하고 있다. 미국의 Impossible Foods는 육류의 육즙에서 느껴지는 혈액의 향미와 색택을 구현하기 위해 콩과 식물의 뿌리에서 발견되는 Leghemoglobin을 적용하여 소고기 패티 고유의 향미와 색택을, 실온에서는 굳어있고 가열하였을 때 녹는 소기름의 특성과 유사한 코코넛 오일로 육즙을 구현한 Impossible Burger를 판매하고 있다(그림 4). Impossible Foods 측은 자사의 제품이 기존 육류 대비 토양은 96%, 물은 87%, 온실가스는 89%까지 적게 사용할 수 있어 친환경적 제품임을 강조하였다(Impossible Foods, 2019).

그러나 식물성 고기에 사용되는 원료 중 가장 큰 비중을 차지하는 대두와 밀의 경우 알레르기를 유발하는 인자들이 있어 섭취에 주의가 필요하다. 또한, 고기 맛을 구현하기 위한 여러 인공적 첨가물이 사용되기 때문에, 이에 민감한 사람들의 주의를 물론 소비자의 알 권리를 위해 국가적 차원의 관리 방안과 법안 마련, 제조사 측에서의 확실한 표기 등의 조치 필요하다.

3세대 대체식품(미래)

2013년 네덜란드 Maastricht 대학교 Mark Post 교수는 소의 조직세포를 배양한 배양육(Cultured Meat)을 선보이며 ‘기르는 축산업’이 아닌 ‘배양하는 축산업’을 제안하며 Petri dish에서 배양된 고기를 대중에게 선보였다(그림 5).

이 ‘배양육’은 살아있는 동물 조직에서 줄기세포를 분리해 이를 세포 공학적 기술로 증식하여 얻은 고기로, 가축을 사육·도축하여 고기를 얻는 기존의 전통적 축산방



그림 5. Petri dish에서 배양한 배양육을 소개하는 Mark Post 교수(좌), Memphis Meats 제품으로 만든 치킨요리(우).

식을 벗어난 형태이다. 식물성 고기와는 달리 첨가물 등이 사용되지 않고, 세포 배양조건을 조절해 기존 육류의 건강상의 단점을 개선한 건강에 유익한 육류를 선별하여 생산할 수 있다. 또한 동물 전염병, 환경오염, 온실가스 발생 등의 사육과정에서의 문제점을 감소시키고, 영양소와 에너지가 온전히 근육조직 배양에만 사용되기 때문에 보다 효율적인 육류 생산이 가능한 이점이 있다. 맛 또한 기존 육류와 비슷하다. 그 예로, 양계장이 아닌 실험실에서 자기복제 세포를 이용해 배양한 인공 닭고기와 오리고기로 요리를 선보인 미국 샌프란시스코의 바이오 스타트업 Memphis Meats를 들 수 있다. 이들 요리를 맛본 이들은 대부분 “실제 닭고기와 비슷하다.”, “다음에도 먹겠다.”라는 반응이었다(그림 5).

그러나 배양육 생산을 위한 세포 배양 배지에는 말이나 소의 태아 혈청이 필요하며, 이 혈청은 임신우를 도축하여 얻고 있어 배양육 생산이 증가할수록 가축 도축도 증가하는 실정이다. 이를 해결하기 위해 비동물성 소재인 녹조류 또는 버섯 추출물을 이용하여 세포 배양액을 생산하고 있으나 효율성 면에서 문제가 있으며, 배양육에 적용하는 데도 한계가 있어 상용화와 대량생산을 위해서는 지속적인 기술 개발이 요구된다(Mattick 등, 2015).

한편 동물성 단백질로 분류되기는 하나 영양학적 가치와 친환경적, 효율적인 사료 소비 등의 장점으로 식용 곤충에도 관심이 이어지고 있다. 과거부터 일부 곤충(메뚜기, 귀뚜라미, 전갈, 누에, 밀웜(Mealworm))을 식용으로 이용해오기는 했으나 최근에는 단백질 추출, 가공 방법 개발 등으로 육류와 유사한 형태의 제품이 판매되고 있다(그림 6). 그러나 소비자들의 곤충 자체에 대한 혐오감과 생소함, 기존 육류나 다른 대체식품에 비해 맛이 떨어지는 등의 제한점이 있어 가까운 시기의 대중화에는 한계가 있을 것으로 사료된다(그림 7).

시사점 및 육류 대체식품의 한계

1798년 영국의 토마스 맬서스(Thomas Robert Mal-



그림 6. 곤충으로 만든 햄버거 패티(좌), 밀웜(Mealworm)으로 만든 타르트(Tarte)(우).

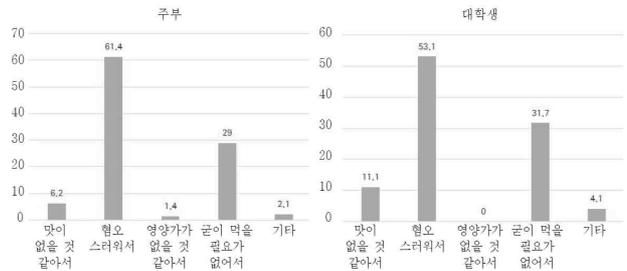


그림 7. 곤충으로 만든 대체식품에 대한 소비자 인식.

thus)는 ‘인구가 기하급수적으로 늘어나게 되면 어느 시점에서부터는 식량이 부족해지기 때문에 인구수가 식량의 양을 초과할 것’이라 주장하였다. 식량 문제를 해결하기 위해 농업은 과거의 채집, 자급자족을 위한 재배, 산업적 경작을 통해 발전하였고, 축산업은 사냥, 가축 사육, 유목, 대량 축산업의 형태로 발전해 왔다. 이러한 과정에서 인류는 식량 및 식품산업을 눈부시게 발전시켜 식량 생산 또한 기하급수적으로 증가함은 물론, 맛있는 식품 개발을 넘어서 더욱 건강·더욱 친환경적인 식량을 개발하기에 이르렀다. 또한 과거 일부 계층만 소비하던 육류를 누구나 먹을 수 있게 하였고, 영양학적, 윤리적, 종교적 가치 판단으로 이를 대체할 수 있는 단계까지 접어들었다. 육류 대체식품 산업은 식품 기술 발전에 영향을 받은 분야 중에서도 가장 기술 집약적 산업군에 속한다. 기존 육류 대비 동물의 소화·호흡 과정에서 나오는 분뇨와 온실가스 저감화에 장점이 있으며 동물성 지방 과다 섭취에 따른 건강상 악영향 제어, 효과적인 자원 투입량, 친환경적 원료 생산의 이점을 갖고, 전염병 등의 영향에도 기존의 육류보다 안전한 면이 일부 있다. 그러나 육류 대체식품이 기존의 육류를 완벽하게 대체하기 위해선 몇 가지 기술적, 제도적, 그리고 기존 산업 간의 이해관계 보완이 이루어져야 한다.

현재까지 시판되는 육류 대체식품들의 원료로 사용되는 콩 단백질은 가공 과정에서 콩 고유의 이취(Lipoxygenase의 작용에 의한 n-hexanal 발생)가 발생한다. 이를 해결하기 위해 온도 제어, 효소 작용 억제, 냄새 Masking 소재 사용, 완두 단백질 활용 등의 보완이 이루어지고 있으나 완벽히 제어되지는 않고 있다. 또한 식감

을 구현하기 위해 동물의 근육을 모방하기는 하였으나 아직은 한계가 있어 스테이크처럼 그 자체를 먹는 형태보다는 다른 식재료를 함께 곁들여 먹는 햄버거 패티의 형태로 이용되는 것이 대부분이다. 배양육의 경우, 동물의 근육들 사이에서 나오는 지방이 존재하지 않아 지방세포를 따로 배양해 첨가하거나, 식물성 지방으로 보충해야 하는 한계를 갖고 있다. 따라서 고깃덩어리로 가공·조리하는 형태가 아닌 햄, 패티, 미트볼 등 분쇄 가공육 형태로만 가능하다.

전통적으로 대부분의 채소류는 육류에 비해 상대적으로 낮은 가격으로 공급되어 왔다. 그렇기 때문에 식물로 만든 대체식품은 고기보다 저렴해야 한다는 소비자 인식이 깔려있고, 전통적인 대체식품(두부, 콩고기 등)들의 가격도 육류에 비해 낮았으며, 어디에서나 쉽게 구할 수 있었다. 그러나 최근 각광을 받고 있는 Beyond Meat의 제품은 227 g에 7~8달러에 판매하여 육류들에 비해 상대적으로 높은 가격에 공급되고 있고, Impossible Foods의 제품은 최근 대형 햄버거 프랜차이즈에서 판매되기 시작하였으나 그전까지는 특정 식당에서만, 그리고 육류 제품들에 비해 높은 가격에 구매할 수 있었다.

배양육 또한 2013년 Mark Post 교수가 선보인 당시, 작은 세포들을 뭉쳐 패티 한 장을 만드는 데 수개월이 걸렸고, 이 과정에서 375,000달러의 비용이 발생하였다. 2017년 Memphis Meats가 선보인 닭고기의 경우, 약 2,000달러/100 g으로 크게 낮아졌으나 여전히 매우 높은 수준이었다. 그러나 배양육에 대한 관심과 필요성이 큰 만큼 대규모 자본 투자와 경쟁이 일어나면 생산비는 향후 크게 하락할 것이다.

그리고 기존 축산업과의 상생 방안도 모색해야 한다. Beyond Meat, Impossible Burger 등 다양한 제품에 대한 위기감을 느낀 미국의 축산업계는 육류 대체식품의 잠재적 위험을 연구하고 있고, 특히 미국 목장주 연합은 ‘고기(meat)’나 ‘쇠고기(beef)’ 등의 정의에서 대체육류 상품은 포함되지 않도록 해달라고 2018년 2월 농무부(USDA)에 청원했다. 현재 미국 식품의약국(FDA)은 ‘비건’이나 ‘식물 기반’ 등을 표시한 경우 대체육류 상품에 ‘소시지’나 ‘베이컨’ 등의 명칭 사용을 허용하고 있으나, 미국 내 여러 주(州)에서 대체육류 상품의 명칭을 둘러싼 소송이 진행 중이다. 2018년 6월 미주리 주를 시작으로 올해 미시시피, 루이지애나, 사우스다코타 주에서는 대체육류 상품에 기존 육류 제품 용어를 사용하지 못하도록 하는 법이 통과되기도 했다(연합뉴스, 2019).

아울러 1990년대 유전자변형농산물(Genetically Modified Organism, GMO)이 처음 공급되었을 때 제기된 안전성 염려가 20여 년이 지난 지금까지도 이어져 제품 선택에 영향을 미치는 만큼 육류 대체식품 또한 그 벽에 부딪힐 수 있다. 2세대 제품들에 사용되는 많은 ‘첨가물’과 사용원료의 GMO 이슈, 배양육이 만들어지는 ‘배양’의 과정이 새로운 식품에 대한 거부감을 불러올 수 있다(이

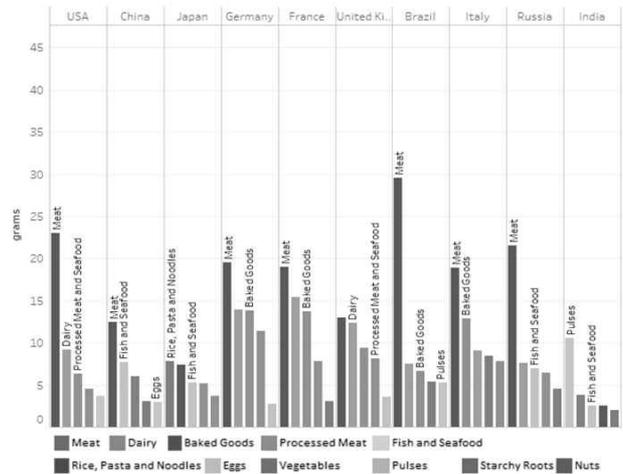


그림 8. 세계 식품 Top10 국가별 주요 섭취 단백질 종류와 양. 출처: EuroMonitor International(2019a).

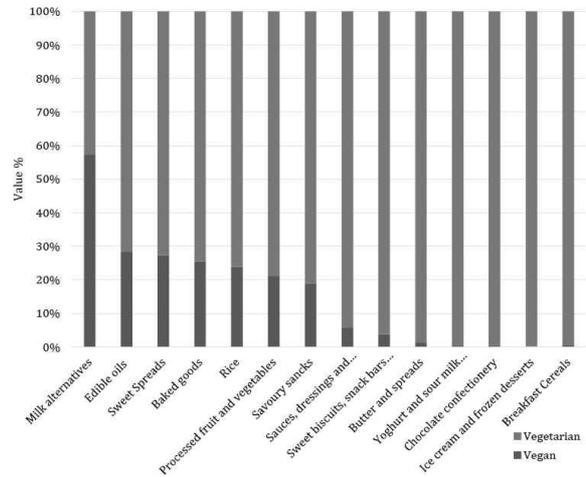


그림 9. 영국시장에서의 Vegan과 Vegetarian 제품의 비율. 출처: EuroMonitor International(2019b).

와 김, 2018).

한편 세계적 시장조사 기업인 EuroMonitor는 육류 대체식품이 육류를 완전히 대체하지는 못할 것으로 예측했다. 전 세계시장에서의 단백질을 섭취하는 과정에서 육류의 비중이 다른 원료들에 비해 월등히 높았던 점과 비교적 채식에 대한 저변이 넓은 영국에서 채식을 위한 제품 중 완전 채식을 지향하는 Vegan 제품의 비중보다 일부 동물성 단백질이 혼합된 Vegetarian 제품의 비중이 높은 점을 예로 들었다(그림 8, 9).

육류 대체식품이 더욱 발전하고 저변을 넓혀 가기 위해서는 현 시장 상황을 고려한, 더 진보된 기술 발전과 가격 경쟁력 확보 및 구매 접근성 향상, 기존 축산업과 상생을 위한 보조제의 역할, 안전성 확보와 이를 뒷받침 할 연구 결과 제안 및 소비자 인식 개선 등의 새로운 가치 부여로서 극복해야 한다.

참고문헌

- Choi KS, Shin KO, Jung TH, Chung KH. A study on the differences in the dietary habits, nutrient intake and health status of vegetarian (lacto-ovo vegetarian) and non-vegetarian Korean elementary school children. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2011. 40:416-425.
- Environmental Working Group. Meat eater's guide: climate and environmental impacts. 2011 [cited 2019 Dec 4]. Available from: <https://www.ewg.org/meateatersguide/a-meat-eaters-guide-to-climate-change-health-what-you-eat-matters/climate-and-environmental-impacts/>
- EuroMonitor International. The value ration between vegetarian and vegan in UK. 2019a [cited 2019 Dec 4]. Available from: https://go.euromonitor.com/event-content-packaged-food-2019-plant_based_food.html
- EuroMonitor International. Top 5 protein contributors to food sales in the World's Biggest Markets. 2019b [cited 2019 Dec 4]. Available from: https://go.euromonitor.com/event-content-packagedfood-2019-plant_based_food.html
- FAO/WHO. Protein quality evaluation: report of joint FAO/WHO expert consultation. Rome, Italy. 1991.
- Forbes. Beyond meat's valuation: are investors overpaying for this meal?. 2019 [cited 2019 Dec 4]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/greatspeculations/2019/07/01/beyond-meats-valuation-are-investors-overpaying-for-this-meal/#60d9ecb6422a>
- Impossible Foods. To save meat and earth. 2019 [cited 2019 Dec 4]. Available from: <https://impossiblefoods.com/mission/>
- Kim MH, Bae YJ, Lee DH, Cho HK, Choi SH, Sung CJ. A evaluation study on nutrient intake status and diet quality of middle and old aged vegetarian women in Korea. *Korean J Community Nutr*. 2005. 10:869-879.
- Mattick C, Landis A, Allenby B. The problem with making meat in a factory. 2015 [cited 2019 Dec 4]. Available from: <https://slate.com/technology/2015/09/in-vitro-meat-probably-wont-save-the-planet-yet.html>
- NIH. Vitamin B12 fact sheet for consumers. National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA. 2016. p 1-3.
- OECD. Agriculture Statistics: OECD-FAO agricultural outlook. 2019 [cited 2019 Dec 4]. Available from: <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>
- United Nations (UN). World population prospects. 2019 [cited 2019 Dec 4]. Available from: <https://population.un.org/wpp/>
- 김철재. 식물성 단백질을 이용한 육류대체식품의 개발. 동아시아식생활학회 2005년도 춘계학술대회. 2005년 4월 3일. p 75-92.
- 심은영. 식물기반 고기 대용품(인조고기)의 발전. 중부작물 아카데미. 농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부. 2016. 제 46호, p 1-3.
- 연합뉴스. '식물성 고기'에 위기감 느낀 美축산업계 발빠른 견제. 한국경제. 2019.11.28. Available from: <https://www.hankyung.com/economy/article/201911289041Y>
- 윤철석. 고기 대체용 식품재의 시장개발과 건강 효과. ReSEAT 분석 리포트. 2005. Available from: <https://www.reseat.or.kr/portal/bbs/B0000261/view.do?nttId=164181&menuNo=200019>
- 이정민, 김용렬. 대체 축산물 개발 동향과 시사점. 농정포커스. 한국농촌경제연구원. 2018. 제170호, p 1-20.