제170호(2018. 10. 17.)

대체 축산물 개발 동향과 시사점

이정민 김용렬

목 차
contents

1. 대체 축산물의 등장 배경 ····· 1
2. 식물성 고기 ····· 2
3. 배양육 ····· 10
4. 인조계란 ····· 14
5. 시사점 ····· 16

한국농촌경제연구원

감 수	박시현 선임연구위원	061-820-2343	shpark@krei.re.kr
내용 문의	이정민 전문연구원	061-820-2123	fantom99@krei.re.kr
자료 문의	김용렬 연구위원	061-820-2363	kimyl@krei.re.kr

▪ 「KREI 농정포커스」는 농업·농촌의 주요 동향 및 정책 이슈를 분석하여 간략하게 정리한 것입니다.
▪ 이 자료는 우리 연구원 홈페이지(www.krei.re.kr)에서도 보실 수 있습니다.

KREI 농정포커스 제170호
대체 축산물 개발 동향과 시사점

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)
발 행 | 2018. 10.
발행인 | 김창길
발행처 | 한국농촌경제연구원
우) 58217 전라남도 나주시 빛가람로 601
대표전화 1833-5500
인쇄처 | (주)한디자인코퍼레이션
ISBN | 979-11-6149-191-2 93520

• 이 책에 실린 내용은 한국농촌경제연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.
• 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.
무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

요 약
Summary

○ **향후 예상되는 미래 인구 증가 및 그에 따른 식량부족과 환경문제, 개인적 신념에 따른 식생활에 대비한 대체 식량의 필요성이 최근 대두되고 있음. 그중에서 현재 동물성 단백질을 모방한 대체 식품 중 식물성 고기, 배양육, 인조계란 등이 주목받고 있음.**

○ **식물성 고기는 식물에서 추출한 단백질을 이용하여 고기와 비슷한 형태와 맛이 나도록 제조한 고기를 의미하며, 주로 밀, 대두 및 곰팡이 등을 이용하여 제조됨. 단백질 함량이 높고 지방과 포화지방산 함량은 매우 낮은 편이며, 제조 과정 중 다양한 영양소를 보충할 수 있음.**

- 기존 축산 대비 토양 사용량은 95%, 온실가스 배출량은 87%를 감소시킬 수 있으며, 가축 전염병에 대한 우려도 배제할 수 있는 장점이 있는 반면, 식미감이 전반적으로 기존 육류에 비해 떨어지는 단점이 있음.
- 최근 일부 버거용 패티는 맛과 향기가 쇠고기와 별 차이가 없는 수준까지 발전하였으나, 이외의 식물성 고기의 소비 확대를 위해서는 추가적인 식미 개선을 위한 기술 개발이 필요함.

○ **배양육은 살아있는 동물의 세포를 채취한 뒤 세포 공학 기술로 배양하여 생산하는 식용 고기를 의미하며, 현재 실험실에서 시제품을 생산하는 단계임.**

- 배양육은 기존 축산 대비 토지사용량은 99%, 온실 가스 배출량은 96%, 에너지 소비량은 45%를 감소시킬 수 있는 반면, 배양육 생산비는 2013년 37만 5천 달러/100g에서 2017년 1,986달러/100g로 많이 낮아지긴 하였으나 여전히 매우 높은 수준임.
- 실용화를 위해서는 보다 높은 수준의 생명공학 및 조직 배양, 대량생산 기술이 필요함. 조직 배양이라는 기존에 없던 새로운 방식으로 생산된 식품이므로 소비자가 느낄 수 있는 거부감을 해소할 필요가 있음.

○ **인조계란은 콩, 해바라기 레시틴, 카놀라 및 천연수지를 이용하여 제조되며, 현재 주로 분말형태 및 계란 가공품으로 판매되고 있음. 인조계란 시판제품을 물에 녹여 사용하며, 거품 및 색상이 기존 계란과 비슷하지만 가격은 19% 저렴한 이점이 있음.**

○ **식미감 측면에서 대체 축산물은 한계점이 존재하나, 식량문제 해결, 영양학적 우수성과 기존 축산 대비 환경 부하 경감 등에서 장점을 가지고 있음. 식물성 고기는 기술 개발로 식미감을 개선하고 배양육은 대량생산으로 가격 하락 시 기존 육류 수요를 일부 대체할 수 있을 것으로 판단되며, 지속적인 성장 가능성이 예상됨.**

01 대체 축산물의 등장 배경

인구증가에 따른 식량부족 및 환경문제에 대응하기 위한 대체식량 개발 필요

○ 국제연합식량농업기구(FAO)에서 발간한 보고서에 따르면, 세계 인류는 2018년 7월 기준 76억 4천만 명에서 2050년에는 92억 명으로 매년 0.6% 증가할 것으로 예측됨. 향후 육류 소비량은 2018년 304만 톤에서 매년 1.3%씩 증가하여 2050년에는 455만 톤에 이를 것으로 전망됨.

○ 필수 아미노산은 체내에서 합성되지 않거나 합성이 되어도 양이 매우 적어 반드시 음식으로 섭취해야만 하는 영양분으로서, 동물성 단백질이 필수 아미노산의 가장 효과적인 섭취원임(이현정·권애리 2016). 따라서 신체발달과 건강유지를 위해서 단백질을 지속적으로 섭취할 필요가 있지만 현재의 축산물 생산방식으로 단백질 수요를 충족시키기에는 한계가 있음.

- 쇠고기 1kg을 생산하기 위해 사료는 약 7kg, 물 15.5톤이 소모됨(임성아 2013).
- 우리나라의 경우 2015년 축산분야에서 발생한 온실가스 배출량은 870만 톤CO2eq로 농업분야 발생량의 42.1%에 해당하는 양임(2017 국가 온실가스 인벤토리 보고서).

○ 또한 채식주의자 및 종교(할랄[1], 코셔[2], 불교, 힌두교) 이유로 일반 육류 섭취가 어려운 이들에게는 대체 축산물이 결핍되기 쉬운 영양성분을 보충할 수 있는 대체 식품이 될 수 있음.

○ 미래의 인구 증가에 따른 식량 부족과 그에 따르는 환경문제, 신념에 따른 식생활에 대응할 수 있는 대체 식량의 필요성이 대두되고 있음. 그중에서 현재 동물성 단백질을 모방한 대체 축산물 중 식물성 고기, 배양육, 인조계란 등이 주목받고 있음. 따라서 대체 축산물의 제품별 특징, 생산 현황, 국내외 관련기업의 기술 개발 현황 등을 살펴보고자 함.

1) 이슬람교 신자들에게 허용된 음식을 의미하며, 식용할 수 있는 고기와 식용하지 못하는 고기, 도축 방법 등이 규정되어 있음. 예를 들어 돼지고기는 먹을 수 없으나 양은 식용할 수 있음. 또한 양 도축 시에는 이슬람 교인이 양의 머리를 메카를 향해 눕히고 기도를 한 다음 참수 후 방혈을 해야 할랄로 인정받을 수 있으며, 절차를 거치지 않은 경우는 할랄로 인정받지 못함(정한진 2008).

2) 유대교 신자들에게 허용된 음식을 의미하며, 할랄과 개념이 유사함.

02 식물성 고기

식품기술 발달로 식물성 고기의 맛, 식감, 색상이 개선되어 향후 소비증가 예상

2.1. 식물성 고기 특징

○ 식물성 고기는 식물에서 추출한 단백질을 이용하여 고기와 비슷한 형태와 맛이 나도록 제조한 고기를 의미하며, 밀, 대두, 완두콩, 깨, 땅콩, 목화씨, 쌀, 곰팡이 등에서 단백질을 추출하고 있으나, 주된 이용원은 밀, 대두, 곰팡이임(Wild et al. 2014).

- 밀 글루텐 단백질은 곡물 단백질 중에서 식품에 다양하게 사용되고 있음. 이는 간단한 처리로 고기와 유사한 조직화 단백질을 제조할 수 있기 때문이며, 콩 단백질과의 결합을 통한 고기량 증대 및 모양형성이 용이함. 단점으로는 글루텐 알레르기가 있는 사람에게는 알레르기를 유발할 수 있어 주의가 필요함(윤칠석 2005).
- 콩 단백질은 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 구분되어 시판됨(이주량 외 2007).
- 곰팡이 단백질은 전분 부산물에서 후사리움(*Fusarium graminearum)*이라는 균류를 이용하여 단백질을 생산, 추출해서 제조되고 있음. 1kg의 포도당에서 약 136g의 단백질을 생산할 수 있으며, 육류와 가장 비슷한 식감을 가지고 있음(김철재 2005).

2.2. 식물성 고기 발달 과정

○ 동양권에서는 전통적으로 섭취해왔던 두부, 템페, 세이탄 등이 식물성 고기 범주에 포함되는 식품임(심은영 2016).

- 두부: 기원전 164년 중국 한(漢)나라 시대에 발명되어 우리나라에는 고려 말기에 전래된 것으로 추정됨. 콩에서 단백질을 추출하여 제조하며, 한국인의 중요한 단백질 공급원 중 하나임.
- 템페: 인도네시아에서 콩을 발효시켜 단단히 굳힌 음식으로, 우리나라의 청국장과 가까운 식품임. 보통 얇게 썰어서 기름에 튀기거나 수프에 넣어 식용함.
- 세이탄: 중국에서 밀 글루텐을 이용해서 만든 음식으로 밀가루를 반죽한 뒤 전분을 제거하여 만들며 고기의 식감과 가장 유사함(이주량 외 2007).

〈그림 1〉 두부

〈그림 2〉 템페

〈그림 3〉 세이탄

○ 미국에서는 1930년대에 대두박을 이용하여 대두 단백질을 생산하기 시작하였으나 상업화에는 실패[3]하였으며, 60년대에 대두 단백질을 이용하여 섬유상 단백질 조직을 개발함. 이후 이를 바탕으로 70년대에 ADM사에는 조직화 대두 단백질을 생산함으로써 여러 가지 모양과 질감, 맛을 내는 식물성 고기 생산이 가능해짐(김철재 2005).

○ 영국에서는 1964년에 앞서 언급한 후사리움을 이용하여 전분 부산물에서 단백질을 개발하는 데 성공하였으며 이후 1985년부터 이를 상용화하여 퀀(Quorn)이라는 제품으로 판매하고 있음(김철재 2005).

2.3. 식물성 고기의 영양학적 특성과 관능 요인

○ 식물성 고기에는 단백질 함량이 가장 높으며, 견과류에서 추출한 식물성 고기 이외에는 지방과 포화지방산의 함량이 전반적으로 매우 낮은 편임. 또한 제조 과정 중에 다양한 영양소를 보충할 수 있어서 건강에 도움을 줄 수 있음.

○ 〈표 1〉에서 보면 단백질 소화율 교정 아미노산 점수(PDCASS)[4]는 농축 대두 단백질이 0.99, 분리 대두 단백질이 0.92로 쇠고기(0.92)와 동일하거나 더 좋은 값을 보이고 있음(FAO/WHO).

○ 이에 반해 완두 콩가루, 강낭콩, 압착 귀리, 밀 글루텐 등의 식물성 단백질의 PDCASS 지수가 전반적으로 낮은 값을 보이는 것은 자연 상태로 섭취할 경우 식이 섬유와 피틴산, 트립신 저해제 등의 소화 방해 인자로 소화 흡수율이 매우 떨어지기 때문임. 따라서 콩의 경우 식물성 고기를 만들기 위해 식물성 단백질을 분리 정제한 후 농축 과정을 거쳐 농축 대두 단백질 또는 분리 대두 단백질로 제조하는 단계를 거치는 이유임(식품저널 2016).

3) 콩에서 나는 비린내 제거에 실패하여 소비자 호응을 얻지 못함(김철재 2005)

4) 사람에게 필요한 아미노산과 이를 인체에서 소화, 흡수하는 능력에 기초하여 단백질의 품질을 평가하는 방법이며, 수치가 1인 단백질은 완벽히 섭취, 소화할 수 있어 완전 단백질로 불리며, 수치가 1보다 낮을 경우 먹은 양의 일부만 이용하고 나머지는 배출됨(Flavo · Hoffman 2004).

〈표 1〉 식품별 PDCASS 지수

	농축대두 단백질	분리대두 단백질	카세인	계란 흰자	쇠고기	완두 콩가루	강낭콩	압착귀리	밀 글루텐
PDCASS 지수	0.99	0.92	1.00	1.00	0.92	0.69	0.68	0.57	0.25

자료: FAO(1990).

○ 미국 간호사 건강 연구(Nurse Health Study)에 소속된 121,700명의 간호사들을 대상으로 실시된 연구에서 일일 섭취 칼로리의 3%를 기존 육류에서 식물성 고기로 대체할 시 사망률이 최대 29.7% 감소한다는 연구결과가 발표됨(Song et al. 2016).

○ 식물성 고기의 개발 초기에는 식감이 기존 육류와 차이가 나서 상업적으로 성공하지 못하였으며, 맛과 풍미도 차이가 나서 일부 채식주의 소비자 이외에는 큰 인기를 끌지 못하였음. 육류를 씹을 때 나는 식감은 근육 섬유와 결합 조직 단백질에서 기인하므로 식물성 단백질의 식감을 개선하기 위해서는 조직화 공정이 필요함(김철재 2005).

○ 이를 위해 농축 대두 단백질을 지방, 물, 조미료와 혼합한 뒤 고온·고압으로 압출하여 육류와 비슷한 식감을 가지게 하는데 성공하였으며, 최근에는 맛과 향기가 쇠고기와 별 차이가 없는 식물성 햄버거(임파서블 푸드)까지 등장함.

2.4. 식물성 고기 생산 현황과 국내외 업체 동향

2.4.1. 생산 현황

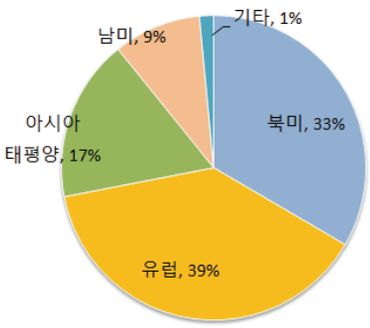
○ 채식에 대한 인식 변화와 건강에 대한 관심 증가, 가축 전염병(광우병, 조류 인플루엔자) 발생에 따른 동물성 고기의 안전성 문제가 대두되면서 대체 고기에 대한 관심이 증대되고 있는 상황임. 이에 따라 식물성 고기의 세계 시장 규모는 2014년 30억 달러에서 2022년 58억 달러로 전망되고 있음(Report Buyer 2018).

○ 〈그림 4〉에서 보면 전 세계 식물성 고기 시장에서 유럽이 전체 생산량의 39%를 차지하고 있으며 북미지역이 33%를 차지함. 〈그림 5〉에 따르면 태평양 연안 아시아에서 17%, 남미 지역에서 9%를 생산하고 있음. 라틴 아메리카, 아시아 지역의 소득 증가로 식물성 고기에 대한 수요가 증가하고 있어 향후 지속적인 증가가 예상됨(Report Buyer 2018).

○ 식물성 고기 시장에서 주로 사용되는 원재료는 대두가 64%로 대부분을 차지하고 있으며, 밀이 20%, 곰팡이가 11%를 차지하고 있음. 현재 대규모 선도업체가 시장의 대부분을 점유하고 있으며,

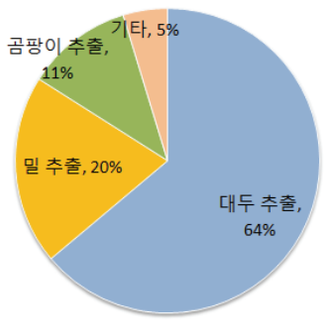
지역별 소규모 업체가 있는 상황임. 이는 기존 대규모 업체가 다양한 종류의 식물성 고기를 생산하고 있어 신규업체가 진입하기 힘든 상황이기 때문임(Report Buyer 2018).

〈그림 4〉 식물성 고기의 지역별 생산 비율



자료: Report Buyer(2018).

〈그림 5〉 식물성 고기의 원재료 비율



자료: Report Buyer(2018).

2.4.2. 국내외 업체 동향

○ 식물성 고기 주요 생산업체로는 임파서블 푸드(Impossible Foods), 비욘드 미트(Beyond Meat), 에이미 키친(Amy's Kitchen), 컬드론 푸드(Cauldron Foods), 퀀 푸드 앤 모닝스타 팜(Quorn Foods and Morningstar Farms)이 있음.

○ 식물성 고기를 생산하는 국내외 업체는 매우 다양하므로 그중에서 선도적 역할을 하고 있는 국내외 업체를 선별하여 소개하고자 함. 해외 업체로는 임파서블 푸드(Impossible Foods)와 비욘드 미트(Beyond Meat)가 소비자들에게서 좋은 반응을 얻고 있음.

가. 임파서블 푸드(Impossible Foods)

○ 최근 임파서블 푸드는 쇠고기 패티의 맛, 냄새, 식감 등을 재현한 식물성 패티를 대량생산하여 샌프란시스코, 뉴욕, LA 등지의 식당에 공급하기 시작함. 기존 쇠고기 특유의 붉은색을 내는 '레그헤모글로빈' 단백질을 두류식물 뿌리에서 추출하여 패티에 첨가하였으며, 소 기름은 코코넛 오일로 대체함(김민주 2017).

○ 임파서블 버거 제조 시 토양은 95%, 물은 74%, 온실가스배출량은 87% 적게 사용할 수 있어 친환경적인 장점이 있으며, 추가적으로 구제역이나 광우병 같은 가축 전염병에 대한 우려도 배제할 수 있음(임파서블 푸드 홈페이지 2018).

○ 또한 최근 식물에서 추출한 레그헤모글로빈 단백질의 인체 안전성을 미국 식품의약국(FDA)에서 인정함에 따라 대중의 인식 개선에 도움이 될 것으로 판단됨. 현재 마이크로소프트의 빌 게이츠가 임파서블 버거에 7,500만 달러를 투자하였으며, 구글은 3억 달러에 임파서블 미트의 인수를 제안하였으나, 거절당한 상태임(황승환 2018).

○ 이는 투자자들에게 식물성 고기 분야가 향후 블루 오션으로 성장할 수 있는 산업이란 인식이 확산되고 있기 때문으로 판단됨.

나. 비욘드 미트(Beyond Meat)

○ 비욘드 미트는 캘리포니아의 식품기술 개발 중심의 신생 벤처기업으로, 미주리대 연구진과 함께 콩, 완두콩, 이스트 등을 이용하여 닭고기가 들어가지 않은 '닭고기 스트립'을 생산함. 실제 닭고기와 유사한 맛과 식감으로 인기를 끌면서 현재 미국 내 19,000여 개의 소매점과 레스토랑에서 판매되고 있음.

○ 비욘드 미트는 현재 유럽 시장 진출을 시도하고 있으며, 더불어 캐나다, 멕시코, 한국 등에도 유통망을 마련할 계획임(박준규 2018). 식물성 고기의 성장 가능성이 점차 높아지면서 미국의 축산 대기업인 타이슨 푸드는 5,500만 달러를 투자하여 비욘드 미트 지분의 5%를 확보하면서 주요 주주가 됨.

〈그림 6〉 임파서블 푸드의 햄버거

자료: 임파서블 푸드 홈페이지(impssiblefoods.com).

〈그림 7〉 비욘드미트사의 제품

자료: 비욘드미트 홈페이지(beyondmeat.com).

다. 국내업체 동향

○ 해외 선도업체에 비해 국내에서는 중소규모 업체 및 벤처기업이 식물성 고기를 생산하고 있음. 삼육식품은 밀에서 추출한 글루텐을 이용하여 식물성 불고기, 탕수육 재료(상품명: 베지미트)와 콩단백 소시지, 햄을 생산하고 있음.

〈그림 8〉 삼육식품의 식물성 불고기

자료: 삼육식품 홈페이지.

〈그림 9〉 삼육식품 콩단백 소시지

자료: 삼육식품 홈페이지.

〈그림 10〉 비건팜의 식물성 고기

자료: 비건팜 홈페이지.

○ 비건팜은 Non-GMO 콩만 이용한다는 점을 강조하면서 식물성 고기(상품명: 비밀 콩불구이, 비밀 콩햄)를 시판하고 있음. 쏘이마루는 HACCP 인증과 Non-GMO 콩 사용을 내세우며 콩고기를 판매하고 있음.

○ 하이즈는 전남 무안 소재 업체로 연간 800여 톤의 쌀에서 추출한 단백질로 식물성 고기를 생산하여 전국 500여 개 학교, 한 살림, 두레생협에 납품하고 있음.

〈그림 11〉 쏘이마루 콩고기

자료: 쏘이마루 홈페이지.

〈그림 12〉 하이즈 쌀고기 제품

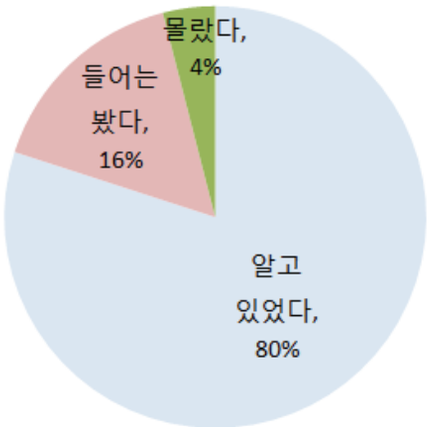
자료: 하이즈 홈페이지.

2.5. 식물성 고기(콩고기) 소비자 반응 조사[5)]

○ 백수연(2018)은 100명의 시식단을 대상으로 콩고기의 선호도를 조사하여 발표함. 시식단의 80%는 콩고기를 이미 알고 있었고, 16%는 "들어는 봤다"라고 응답하여 답변자의 대부분이 콩고기라는 음식이 있음을 인지하고 있는 것으로 나타남. "콩으로 만든 고기에 대해 어떻게 생각하십니까?"에 대한 질문에는 응답자의 72%가 "몸에 좋을 것 같다"고 응답하였으며, 20%는 "맛이 없을 것 같다"고 응답함.

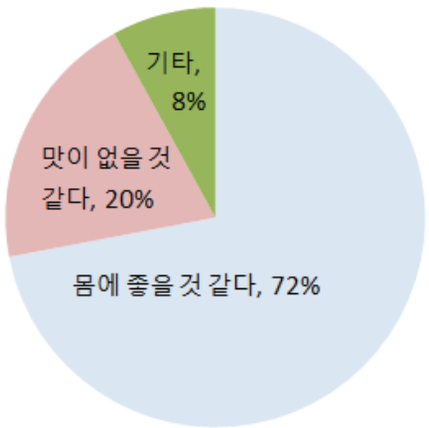
5) 백수연. 2018. 6. 15. "콩고기 대중화 아직 멀었나." 『밥상머리 뉴스』.

〈그림 13〉 육류가 아닌 콩으로 만든 고기를 알고 계셨습니까?



자료: 백수연(2018).

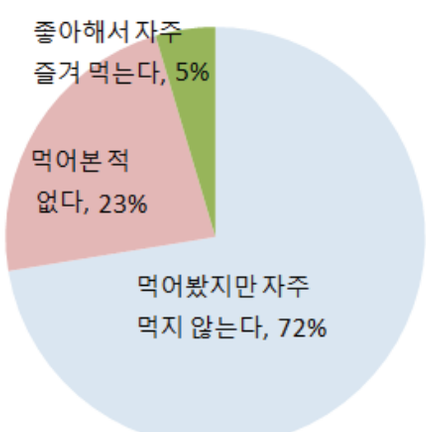
〈그림 14〉 콩으로 만든 고기에 대해 어떻게 생각하십니까?



자료: 백수연(2018).

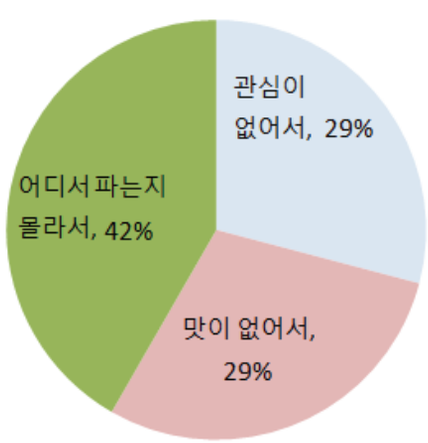
○ 콩고기의 평소 취식 여부에 대한 질문에서 응답자의 72%는 "먹어봤지만 자주 먹지 않는다"고 응답하였고, 23%는 먹어본 적이 없다고 응답하였으며, 즐겨 찾는다는 응답은 5%에 불과한 것으로 나타남. 자주 먹지 않는 이유에 대해 응답자의 42%가 "어디서 파는지 몰라서"라고 응답하였으며, 이어서 29%가 "맛이 없어서"와 "관심이 없어서"라고 각각 응답함. 따라서 앞의 설문조사와 연관하여 살펴볼 때, 응답자들의 대부분은 콩고기가 몸에 좋을 것으로 생각하지만 그다지 선호하지는 않는다는 것을 알 수 있음(백수연 2008).

〈그림 15〉 평소 콩고기를 즐겨 드십니까?



자료: 백수연(2018).

〈그림 16〉 콩고기를 왜 자주 먹지 않습니까?

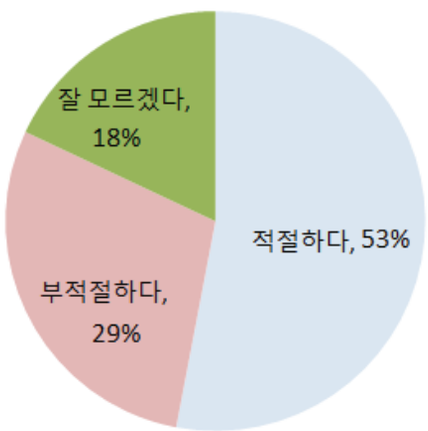


자료: 백수연(2018).

○ "콩고기를 고기 대용으로 먹는 것에 대해 어떻게 생각하십니까?"에 대해 응답자의 53%가 적절하다고 답한 반면, 29%는 부적절하다고 응답함. 부적절하다고 응답한 대상자들을 대상으로 콩고기가 왜 부족한지 묻는 질문에 대해 응답자의 61%가 "맛이 없어서"라고 대답하였으며, 19%

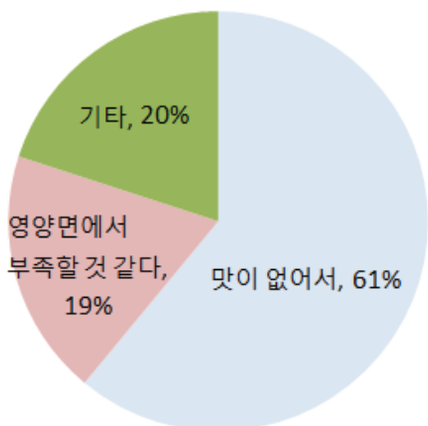
는 영양상 부족할 것 같다는 응답을 함(백수연 2008). 따라서 콩고기에 대한 부정적인 인식에는 식미문제가 상당 부분 관련되어 있음을 알 수 있음.

〈그림 17〉 콩고기를 고기 대용으로 먹는 것에 대해 어떻게 생각하십니까?



자료: 백수연(2018).

〈그림 18〉 콩고기가 고기대용으로 왜 부족하다고 생각하십니까?



자료: 백수연(2018).

2.6. 식물성 고기 현안 문제와 시사점

○ 밀과 대두를 이용하여 제조한 식물성 고기를 섭취할 경우, 이들 식품에 알레르기가 있는 소비자는 섭취가 제한될 수 있음. 따라서 식물성 고기 시판 전에 알레르기 발현성 평가가 필요함.

- 일반적으로 대두 알레르기는 대부분 어린이들에게 발생하며, 대두 단백질 함유식품에 대한 어린이 알레르기 발현율은 4%로 보고되고 있으므로 식물성 고기 섭취 시 주의가 필요함. 참고로 대두 알레르기는 성인이 되면 사라지는 경향이 있음(윤칠석 2005).
- 밀 또는 보리에는 글루텐 단백질이 포함되어 있으며, 글루텐 알레르기는 소장의 T-림파구가 글루텐에 비정상적으로 반응하면서 염증이 생기는 알레르기임. 글루텐을 섭취하지 않으면 알레르기 증상이 사라지며 서양인의 경우 발현율은 0.1~0.3%로 알려져 있음(윤칠석 2005).

○ 식물성 고기는 기존 육류 대비 건강상 이점과 환경 친화적인 장점이 있으나 시장에서 활발히 유통되기 위해서는 관능적 특성(맛, 식감, 색상)이 우수한 제품 개발이 필요함. 현재 식물성 고기의 시장 규모 확대와 다양한 제품 개발을 위해서는 보다 적극적인 개발과 투자가 필요한 시점임.

○ 식물성 고기 기술 개발과 소비 확대를 위한 정부의 지원 정책은 찾아보기 힘든 상황임. 식물성 고기는 기존 축산 대비 환경오염 물질 발생 저하와 식품 안전성 측면에서 우수한 점이 있어 해외의 유수 업체들은 기술선점을 위해 투자를 늘리고 있는 상황임. 따라서 식물성 고기의 시장 선점과 저변 확대를 위해 정부의 지원이 필요한 시점이라고 판단됨.

03 배양육

배양육 실용화를 위해서는 조직배양 및 자동화를 통한 대량생산 기술 확보가 관건

3.1. 배양육 특징

○ 배양육은 살아있는 동물의 세포를 채취한 뒤 세포 공학 기술로 증식하여 얻게 되는 식용 고기를 의미하며, 가축을 사육하는 과정을 거치지 않고 고기를 얻는 기술임. 현재 실험실에서 시제품을 생산하는 단계이며, 본격적인 상업 생산은 2021년으로 전망되고 있음(Verbeke et al. 2015).

○ 배양육 생산 과정은 〈그림 19〉와 같음. 우선 살아있는 동물에서 조직을 채취한 뒤 조직에서 줄기세포를 분리하게 됨. 이후 분리된 줄기세포를 실험실에서 근세포로 배양한 뒤 6주 동안 성장시킨 후 근섬유 착색과 지방 혼합 등을 거쳐 배양육을 제조하게 됨. 제조과정에는 유전자 조작 과정 없이 배양이 가능하며, 우선적으로 햄버거용 패티 생산에 이용될 것으로 예상됨.

○ 배양육은 전통적인 축산방식으로 고기를 생산하는 경우보다 토지 사용량은 99%, 가스 배출량은 96%, 에너지 소비량은 45%를 줄일 수 있어 환경오염에 대한 부담을 덜 수 있을 것으로 보이며(오승희 2015) 열악한 사육 환경, 도축과 관련된 동물 복지 측면에서도 이점이 있음. 또한 배양육 생산 시 필요한 배양액은 해조류를 이용하므로 광우병이나 구제역 등의 가축 전염병 발병 위험을 배제할 수 있으며, 쇠고기를 비롯해 돼지, 닭, 어류 배양육도 생산이 가능함.

〈그림 19〉 배양육 생산과정 모식도

자료: 오승희(2015).

〈그림 20〉 실제 배양육의 모습

자료: Matttick et al.(2015).

3.2. 배양육 발달 과정[6)]

○ 1999년 네덜란드 암스테르담 대학교의 빌렘 반 엘런(Willem van Eelen) 박사가 배양육 관련 이론으로 국제 특허를 확보하였으며, 2002년에는 금붕어에서 채취한 근육조직을 실험실에서 배양하는 데 성공함.

○ 미항공우주국(NASA)에서는 우주선 내에서 섭취할 식품을 조달하기 위한 목적으로 배양육 연구를 시작하였으며, 1995년에 미국 식품의약국(FDA)에서 배양육 사용 승인을 받음. 2001년에는 우주선에서 칠면조 고기의 배양 실험을 실시함.

○ 2001년 네덜란드 암스테르담 대학의 비테 베스터호프(Wiete Westhof)는 배양육 특허를 획득하였으며 2007년에는 세포분열 유도 기술을 개발함. 이후 네덜란드의 위트레호프 대학(Utrecht University) 연구팀은 근육세포 증식기술을 개발하였으며, 에인트호번 대학(Eindhoven University) 연구팀은 바이오 엑터 연구를 수행함. 2003년 미국 하버드 대학의 오론 카츠(Oron Catts)와 이오나트 주르(Ionat Zurr)는 개구리 줄기세포를 이용하여 시식 가능한 스테이크를 배양함.

○ 2008년 세계동물보호단체(PETA)는 2012년까지 배양육 닭고기 개발 시 상금 1백만 달러를 제공한다고 발표하였으며, 네덜란드 정부는 배양육 연구에 4백만 달러를 지원함. 2009년 네덜란드에서는 살아있는 돼지로부터 추출한 세포에서 배양육 생산이 가능함을 보였으며, 2012년에는 세계 30개 연구실에서 배양육 연구가 수행되고 있는 것으로 파악됨.

○ 2013년 마크 포스트(Mark Post) 교수팀은 소의 줄기세포에서 근육 조직을 배양하여 시식행사를 진행함. 이때 사용된 햄버거 패티는 37만 5천 달러/100g에 달했으며 이후 배양육 기술개발은 단가절감과 맛, 식감 개선에 중점을 두기 시작함.

○ 2017년 미국의 맴피스 미트(Memphis Meats)는 닭고기 배양육을 시식회에서 공개하였으며, 시식용 배양육의 생산비는 1,986달러/100g에 달해 2013년 마크 포스트 교수팀에 비해 현저히 낮아졌지만 아직은 추가적인 기술 개발과 대량생산이 필요한 단계임.

○ 주요 배양육 개발업체들은 배양육의 상용화를 위해 기술개발 투자를 크게 증가시키고 있음. 2018년 기준으로 이스라엘의 슈퍼미트는 닭고기 배양육에 300만 달러, 멤피스 미트(타이슨 푸드 계열)는 1,700만 달러, 와일드어스는 애완동물용 배양육에 400만 달러, 와일드타입은 연어 배양육 기술개발에 400만 달러, 퍼펙트데이푸드는 배양 유제품 생산에 2,500만 달러를 투자할 계획임(Cosgrove 2018).

6) 배양육의 발달과정은 맹진수(2016)의 "미래 식품의 대체 기술동향: 배양육, 인공계란과 식용 곤충을 중심으로."를 참고하여 작성함.

3.3. 배양육 특성과 관능 요인

○ 배양육은 생산과정에서 인체에 해로운 포화지방산을 오메가3와 같은 유익한 지방산으로 대체하는 것이 가능하며, 배지와 배양조건을 조절하여 건강에 유익한 육류를 선별하여 생산할 수 있음. 또한 오염된 제품에 의한 식중독이나 가축 전염병 인체 전염 우려, 축산물 생산과정에서 발생하는 분뇨, 오폐수, 메탄가스 발생 등을 감소시킬 수 있는 장점이 있음(Bhat et al. 2014).

○ 배양육은 특이하거나 멸종 위기에 처한 동물의 조직을 채취, 배양하여 새로운 육류에 대한 소비를 유도할 수 있으며, 가축 사육에 소비되는 대지를 감소시킴으로써 삼림과 생태계 회복에 기여할 수 있음. 또한 실험실에서 제조한 육류라 도살과정이 없으므로 종교적 제한식품으로 적용되지 않아 할랄 같은 종교 기피조건이 적용되지 않음(맹진수 2016).

○ 배양육은 줄기세포를 분화시켜 근육 조직으로 배양하므로 장기, 뇌, 골격 같은 부차적인 기관이 필요 없어 배양과정만 본다면 영양소와 에너지 소모량이 상대적으로 적은 특징이 있음. 하지만 현재의 세포배양 기술 수준에서는 세포 배양에 높은 수준의 위생 체계를 유지해야 하며, 그에 따른 에너지 투입을 생각해 볼 때 영양소와 에너지 소모량이 작다고 단정하기는 힘든 상황임(Bhat et al. 2014).

○ 현재 생산되고 있는 배양육의 색과 외양은 기존의 고기와는 상당히 다른 모습을 보이고 있어 소비자의 소비 의도를 자극하기에는 한계가 있음(Moritz et al. 2015). 앞서 언급한 2013년에 마크 포스트 교수팀이 시식장에서 제공한 배양육은 암소에서 채취한 줄기세포를 실험실에서 3개월간 배양하여 생산하였으며, 생산 당시에는 무색이어서 비트즙과 사프란을 추가하여 육색을 재현한 것임(Zaraska 2013).

3.4. 배양육 현안 문제와 시사점

○ 배양육의 생산 비용은 2013년 37만 5천 달러/100g에서 2017년 기준 1,986달러/100g로 크게 감소하기는 하였으나 여전히 매우 높은 수준이며, 상용화와 대량생산을 위해서는 지속적인 기술 개발이 필요함(곽노필 2017).

○ 현재 생산된 배양육은 생산기술의 한계로 기존 육류보다 상대적으로 맛이 떨어진다는 평을 받고 있음. 스테이크 같은 육류 본연의 맛이 중요한 식재료로는 쓰이지 못하고, 햄버거 패티용 재료로 선보이고 있는 점으로 볼 때 배양육 기술의 실용화에는 시간이 더 걸릴 것으로 판단됨.

○ 또한 배양육으로 선보인 햄버거 패티와 닭고기는 현재 시장에서 기존 축산방식으로 생산된 상품이 저렴한 가격으로 유통되고 있으므로 이들 제품 사이에서 가격 경쟁력을 갖추기 위해서는 더 높은 수준의 생명 공학 및 조직 배양기술과 대량생산 기술이 필요함.

○ 현재 배양육 생산을 위한 세포 배양 배지에는 말이나 소의 태아혈청이 필요하며, 이 혈청은 임신우를 도축하여 얻고 있어 배양육 생산이 증가할수록 가축 도축도 증가하는 구조임. 이를 해결하기 위해 비동물성 소재인 녹조류 또는 버섯 추출물을 이용하여 세포 배양액을 생산하고 있으나 효율성 면에서 문제가 있으며, 배양육에 적용하는데도 한계가 있는 상황임(Mattick et al. 2015).

○ 배양육은 조직세포를 배양한 식품으로 인위적인 유전자 조작 가능성은 포함되어 있지 않지만 소비자들은 배양육을 GMO 식품과 같은 맥락으로 인식하고 거부할 가능성이 있음. 또한 소비자들은 이미 기존 육류 소비에 익숙해져 있는 상황이므로 배양육을 기존 육류 대신 소비하기에는 시간이 걸릴 것으로 판단됨.

○ 향후 조직배양 및 대량생산 기술이 발달하여 배양육의 상용화가 성공할 경우 기존 축산업계와의 충돌이 예상됨. 실례로 현재 미국의 북아메리카 육류협회는 배양육(In Vitro Meat)에 “meat”라는 단어를 쓰는 데 크게 반발하고 있음. 이는 육류 섭취가 많은 서구 문화에서 “meat”에는 ‘육류’라는 의미 외에도 ‘식량’이라는 인식이 있기 때문임.[7)]

○ 학계에서는 배양육이 아직 개발단계에 있어 전통적인 육류산업에 미치는 영향과 영양학적 특성, 식품안전성에 대한 연구가 추가적으로 필요하다고 지적하고 있음. 또한 배양육의 본격적인 생산에 대비해 미국의 경우 식품의약국(FDA)과 농무부(USDA)가 관할권을 확보하기 위해 각자의 전문성을 강조하면서 경쟁에 나서고 있음(Davies 2018).

○ 호주 축산공사는 배양육 수요가 증가하면서 기존 육류시장의 상당 부분을 차지할 것이라고 예상하면서 이에 대한 대비를 논의하고 있음(MLA 2018).

○ 우리나라에서는 KAIST 벤처기업에서 출발한 MBG연구소에서 유일하게 배양육을 연구, 개발하고 있음. 연구단계는 첫 번째로 송아지에서 세포 추출, 두 번째로 세포의 증식과 분화 유도, 세 번째로 세포 분화를 위한 지지대 개발과 배지 성분 분석, 네 번째로 대량생산 기술 확보, 마지막으로 시제품 출시로 구분할 수 있음. 현재 연구단계는 두 번째 단계를 진행 및 완료한 상태임(김민경 2018).

7) 이는 우리나라 사람이 ‘쌀’을 일반적인 곡물이 아닌 식량의 의미로 생각하는 것과 유사하다고 볼 수 있음.

04 인조계란

인조계란은 현재 일반 소비보다는 식품 재료로 주로 이용 중

4.1. 인조계란 특징

○ 미국의 햄튼크릭푸드는 샌프란시스코에 위치한 신생회사로 콩, 해바라기 레시틴, 카놀라, 천연 수지를 이용하여 인조계란을 개발함. 현재 이 제품은 계란 형태로는 판매되지 않고, 분말형태로 판매되고 있음. 인조계란 시판제품을 물에 녹여 사용하며, 거품과 색상이 기존 계란과 흡사하면서 가격은 기존 계란보다 19% 저렴한 이점이 있음. 또한 상대적으로 긴 저장 기간과 안전성이 추가적인 장점임(맹진수 2016).

○ 현재 시판 중인 주요 제품으로는 인조계란을 사용한 마요네즈와 드레싱, 쿠키, 쿠키 도우 등이 있으며 대형 유통업체와 학교에 납품되고 있음. 현재 미국시장에서 실제 계란을 대체하기보다는 저렴한 가격과 긴 저장 기간 등으로 식품회사에게 어필하고 있음.

〈그림 21〉 판매 중인 인조계란 분말

자료: 햄튼크릭푸드 홈페이지.

〈그림 22〉 햄튼크릭푸드의 마요네즈

자료: 햄튼크릭푸드 홈페이지.

4.2. 인조계란 현황과 향후 전망

○ 인조계란은 식물성 원료로 제조되어 조류 인플루엔자 감염우려가 없으며, 잔여 항생제, 살모넬라균 감염, 살충제 오염으로부터 자유롭다는 점에서 안전성이 보장되고, 추가적으로 계란 알레르기 환자도 자유롭게 섭취할 수 있다는 장점이 있음.

- 식물성 고기처럼 인조계란 역시 투자자들의 관심을 집중적으로 받고 있는 상황임. 마이크로소프트의 빌 게이츠는 햄튼크릭푸드에 대한 투자를 결정하였으며, 중국의 리자청 창장그룹

회장은 2,300만 달러의 투자 결정을 내림. 일본의 미쓰이 물산은 햄튼크릭푸드에 18억 엔을 지불하고 일본 판매권을 획득함(김광수 2016).

○ 햄톤크릭푸드사는 인조계란을 현재 30여 개국에 수출하고 있으며, 가짜 계란으로 논란이 있었던 중국에도 수출하고 있음. 추가적인 식품기술 발달로 제품 품질을 향상시킬 경우 지속적인 성장가능성이 있는 것으로 판단됨.

4.3. 인조계란의 시사점

○ 우리나라에서 계란은 주로 신선란으로 유통되며, 계란 가공품(냉동전란, 계란 파우더)은 주로 가공식품 원료로 사용되고 있음. 따라서 인조계란의 경우 가공식품의 계란 대체용으로 사용될 가능성이 있으나 현재 우리나라에서 인조계란을 연구하고 생산하는 업체를 발견하기는 힘든 상황임.

○ 가공용 계란 수요의 일부가 인조계란으로 대체될 경우 인조계란의 수요는 증가할 것으로 판단되며 이를 위해 인조계란을 국내에서 생산할 수 있도록 정부에서 기술 개발과 지원 대책을 마련할 필요가 있음.

05 시사점

식물성 고기의 낮은 식미 및 배양육의 높은 생산비 해결 시 육류 수요 일부 대체 전망

○ 2050년까지 매년 인구 증가율은 0.6%로 전망되지만 육류 소비 증가율은 그보다 큰 1.3%로 전망되어 향후 육류에 대한 수요는 지속적으로 증가할 것으로 예상됨(Alexandratos et al. 2012). 그러나 단백질 수요 증가를 전통적인 축산물 생산방식으로 감당하기에는 한계가 있으며, 부족한 단백질 수요의 일부를 대체 축산물로 전환할 필요가 있음.

○ 대체 축산물은 기존 육류 대비 자원 투입량과 온실가스 사용량이 전반적으로 낮고 악취 등 환경오염물질 발생이 적다는 장점이 있으며, 건강에 도움이 되는 요소를 가지고 있음. 또한 안전성 측면에서도 기존의 육류보다 우수한 점이 일부 있음.

○ 그러나 현재 식품 기술 수준으로는 대체 축산물이 기존 육류의 완벽한 대체재가 되기는 힘든 상황임. 식물성 고기와 인조계란의 낮은 식미문제는 지속적으로 제기된 문제이며, 배양육 또한 기존 육류보다 관능적 요인이 떨어진다는 점과 높은 생산비가 문제임.

- 현재 제조되고 있는 식물성 고기는 단일상품보다는 주로 기존 육가공품의 증량제로 많이 사용되고 있음. 그러나 최근 기술 개발로 일부 식물성 고기는 기존 육류의 맛을 일정 수준 따라잡는 데 성공하였으며, 특히 햄버거 패티 등으로 시장에서 가장 활발하게 소비되고 있음. 따라서 식물성 고기 기술 개발이 지속될 경우 햄버거 패티를 비롯한 다양한 단일상품 출시 비율이 증가할 것으로 예상됨.
- 배양육의 경우 높은 생산비로 소비자에게 공급하기는 아직 이른 상황이며, 실용화를 위해서는 조직배양 기술의 개발과 대량생산 기술의 확보가 필수적임.
- 배양육은 '배양과정'이라는 방식으로 생산되므로 소비자가 가질 수 있는 새로운 식품에 대한 두려움(Food Neophobia[8])과 과학기술 공포증(Technophobia[9])을 해소할 필요가 있음.
- 인조계란은 현재 분말 형태로 식가공업체에 주로 납품되어 완제품 형태(예: 마요네즈)로 유통되고 있으며, 인조계란이 기존 계란업계에 영향을 줄 만큼 대량생산을 하기는 힘들 것이라는 예측도 있음(Glahn 2013).

8) 새로운 음식에 대한 두려움으로 취식을 거부하는 것을 말하며, 어린이들이 낯선 식품을 먹지 않으려는 모습이 한 가지 예임.
9) 첨단 기술 또는 고도화된 기기에 스트레스를 받거나 거부감을 느끼는 현상임(한국정보통신기술협회, IT 용어사전)

○ 현재 식물성 고기, 배양육, 인조계란의 새로운 기술 개발과 소비 저변 확대를 위한 정부의 지원 정책은 전반적으로 찾아보기 힘든 상황임. 대체 축산물 식품은 기존 축산 대비 환경오염 경감과 식품 안전성 및 영양학적 측면에서 일부 우수한 점이 존재하며, 해외의 유수 업체들은 선도적 시장 확보와 기술선점을 위해 투자를 늘리고 있는 상황임. 그에 반해 국내에서는 기업과 관련 연구기관의 적극적인 개발 모습과 시장 선점을 위한 노력을 찾아보기 힘든 상황임.

○ 소비 확대를 위해서는 식물성 고기의 추가적인 식품 처리기술 개발로 식미감 개선이 필요하며, 배양육은 배양기술 및 대량생산 기술 개발에 따른 가격 하락이 선결과제로 판단됨. 식미감과 가격문제가 해결될 경우 식물성 고기와 배양육은 기존 육류 수요를 일부 대체할 수 있을 것으로 생각됨. 또한 인조계란은 기존의 계란 가공품 수요 일부를 점차 대체할 것으로 예상됨. 따라서 대체 축산물 시장은 향후 지속적인 성장이 예상되며, 이를 위해 정부에서는 기술 개발과 지원 대책을 마련할 필요가 있음.

〈표 2〉 일반 육류와 대체 축산물의 특징과 이슈

	기존 육류	식물성 고기	배양육	인조계란
생산방법	전통적 방식의 가축 사육 및 도축 후 식용	식물성 단백질 가공	줄기세포를 배양하여 식육생산	식물성 재료 사용
자원 사용량	높음	매우 적음	매우 적음	매우 적음
온실가스 배출량	높음	감소	잠재적 감소	감소
건강 효과	변화 없음	단백질 함량 증가 콜레스테롤 함량 감소	지방산 조성 개선 철분함량 감소	콜레스테롤 함량 감소
안전성	변화 없음	식중독 감소	검증된 제품 없음	식중독 감소
대량생산 가능성	높지만 한계 존재	높음	기술적 장벽 존재	높음
생산비	상승 중	저렴	매우 고가	저렴
동물복지 문제	상존	없음	없음	없음
소비자 기호도	수요 증가	낮은 식미 문제	새로운 식품에 대한 두려움과 과학기술 공포증	낮은 식미로 타 식품 재료로 이용 중

자료: Bonny et al.(2015); 정종연·조철훈(2018)에서 재인용.

참고문헌

2017 국가 온실가스 인벤토리 보고서. 온실가스 종합정보센터. 승인번호 115018호.

곽노필. 2017. 3. 17. “인공치킨이 나왔다. 세포 배양육이다.”『한겨레』.

김광수. 2016. 1. 28. “일본, 69억 톤 규모 미래 식량시장 공략에 동참.” 『KOTRA 해외시장뉴스』. 대한무역투자진흥공사.

김민주. 2017. 6. 20. “고기 마니아를 위한 채식버거, 임파서블 푸드.” 『비즈한국』.

김민경. 2018. 1. 24 “탐방-국내 최초 유일한 배양육 연구개발하는 MGB 연구소.” 『뉴스와이드저널』.

김철재 2005. “식물성 단백질을 이용한 육류 대체 식품의 개발.”『동아시아 식생활학회』4: 75-92.

맹진수. 2016. “미래 식품의 대체 기술 동향: 배양육, 인공계란과 식용 곤충을 중심으로.”『융합연구리뷰』2(4).

박준규. 2018. 5. 11. “디카프리오도 빠진 ‘비욘드 버거’, 한국에서도 팔린다.”『헤럴드마트』.

비욘드미트 홈페이지. <beyondmeat.com>. 검색일: 2018. 8. 28.

비건팜 홈페이지. <https://veganfarm.co.kr/>. 검색일: 2018. 8. 30.

백수연. 2018. 6. 15. “콩고기 대중화 아직 멀었나.” 『밥상머리 뉴스』.

삼육식품 홈페이지. <http://www.sahmyook.co.kr>. 검색일: 2018. 8. 29.

심은영. 2016. 2. 15. “식물기반 고기 대용품(인고고기)의 발전.”『중부작물 아카데미』제46호. 농촌진흥청 국립식량과학원 중부 작물부.

식품저널뉴스. 2016. 6. 14. “건강에 좋은 단백질을 섭취하려면.”

쏘이마루 홈페이지. <http://soymaru.co.kr/>. 검색일: 2018. 8. 30.

오승희. 2015. “배양육(In Vitro Meat)의 미래.”『Future Horizon』15(26). 과학기술정책연구원.

윤칠석. 2005. “고기 대체용 식품재의 시장 개발과 건강 효과.”『ReSEAT 분석 리포트』.

이주량·이정일·이병원·이태리. 2007. 12.『식물성 고기 기술 현황 및 개발동향』. 농림식품 과학 기술 위원회 이슈 보고서. 농림식품기술기획평가원.

이현정·권애리. 2016. 5. 2. “단백질 섭취 가이드, 필수 아미노산 섭취 신경써야.”『헬스조선』.

임파서블 푸드 홈페이지. <impssiblefoods.com>. 검색일: 2018. 8. 27.

임성아. 2013. 3. 20. “네덜란드에서 개발중인 배양육, 미래의 먹거리 될까?” 『KOTRA 해외시장뉴스』. 대한무역투자진흥공사.

정보통신 용어사전. 한국정보통신기술협회. <terms.tta.or.kr>. 검색일: 2018. 10. 14.

정종연·조철훈. 2018. “식육 및 육가공 산업에서의 육류 대체 식품 및 소재의 활용.”『축산식품과학과 산업』7(1): 2-11. 한국 축산식품학회.

정한진. 2008.『왜 그 음식은 먹지 않을까-세계의 금기음식 이야기』. 살림지식총서 346. 살림출판사.

하이즈. <https://haiz.net/>. 검색일: 2018. 8. 28.

황승환. 2018. 7. 26. “FDA, 고기없는 패티 임파서블 버거 안전하다고 인정.”『The Gear』.

햄튼크릭푸드 홈페이지. <https://justforall.com/en-us>. 검색일: 2018. 8. 30.

Alexandratos, Nikos, and Jelle Bruinsma. 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. 12(3). FAO, Rome: ESA Working paper.

Bhat, Z. F., Hina Bhat, and Vikas Pathak. 2014. “Prospects for In Vitro Cultured Meat–A Future Harvest.” In *Principles of Tissue Engineering (Fourth Edition)*. pp. 1663-1683.

Bonny, Sarah PF, Graham E. Gardner, David W. Pethick, and Jean-François Hocquette. 2015. “What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry?” *Journal of Integrative Agriculture*. 14(2): 255-263.

Cosgrove, Emma. 2018. “Five Cultured Meat Startups Raise Funding as Fledgling Industry Comes into Focus.” April 23, 2018. AgFunderNews.

Davies, Steve. 2018. “FDA says again it has expertise to regulate cell-based meat.” July 12, 2018. <https://www.agri-pulse.com/articles/11222-fda-says-again-it-has-expertise-to-regulate-cell-based-meat>.

Falvo, Michael J., and Jay R. Hoffman. 2004. “PROTEIN-WHICH IS BEST?” *Journal of Sports Science and Medicine*. 3(3): 118-130.

FAO. 1990. *Protein Quality Evaluation: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation*. Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion.

Glahn, Raymond. 2013. “Chicken or egg question cracked: Hampton Creek scientists create plant-based egg.” Sep. 11, 2013. Fox News Science.

Mattick, Carolyn S., Amy E. Landis, and Braden R. Allenby. 2015. “The Problem with making meat in a factory.” Sep. 28, 2015. <http://www.slate.com/articles/technology>.

MLA. 2018. “Is Lab grown man-made meat the real thing?.” April 4, 2018.

Moritz, Matilda SM, Sanne EL Verbruggen, and Mark J. Post. 2015. “Alternatives for large-scale production of cultured beef: A review.” *Journal of Integrative Agriculture*. 14(2): 208-216.

Report Buyer. 2018. Meat Substitutes Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product, By Raw Material, By Region And Segment Forecasts.

Song, Mingyang, Teresa T. Fung, Frank B. Hu, Walter C. Willett, Valter D. Longo, Andrew T. Chan, and Edward L. Giovannucci. 2016. “Association of animal and plant protein intake with all-cause and cause-specific mortality.” *JAMA internal medicine*. 176(10): 1453-1463.

Verbeke, W., Marcu, A., Rutsaert, P., Gaspar, R., Seibt, B., Fletcher, D., & Barnett, J. 2015. “‘Would you eat cultured meat?’: Consumers’ reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom.” *Meat science*. 102: 49-58.

Wild, Florian, Michael Czerny, Anke M. Janssen, Adriaan PW Kole, Marija Zunabovic, and Konrad J. Domig. 2014. “The evolution of a plant-based alternative to meat. From niche markets to widely accepted meat alternatives." *Agro Food Industry Hi-Tech*. pp. 45-49.

Zaraska, Marta. 2013. “Lab-grown beef taste test:‘Almost’like a burger.” *The Washington Post*.

KREI 농정포커스

2018년

제170호 대체 축산물 개발 동향과 시사점(이정민, 김용렬)
제169호 2018 국내외 친환경농산물 시장 현황과 과제(정학균, 성재훈, 이현정)
제168호 2018년 추석 성수기 주요 농축산물의 출하 및 가격 전망(이형우, 허정회, 한은수, 김종인, 은종호, 박기환)
제167호 농업자원 관리를 위한 물–에너지–식량 넥서스 구축방안(성재훈, 조원주, 이현정)
제166호 농촌 주민의 교통서비스 이용 여건과 개선 과제(김용욱, 성주인, 민경찬)
제165호 미중 무역분쟁과 주요 농축산물(대두, 돼지고기) 수급 전망
(문한필, 전형진, 윤종열, 이형우, 박지원, 임채환, 한봉희)
제164호 영농여건불리농지 지정제도 운영실태 및 개선방향(채광석, 이현정, 손학기)
제163호 한·EU FTA 발효 7년, 농축산물 교역 변화와 시사점(송우진, 이현근, 명수환, 유주영)
제162호 한·미 FTA 발효 6년, 농축산물 교역 변화와 과제(지성태, 이수환, 염정완, 박수연, 한석호)
제161호 농업·농촌에 대한 2017년 국민의식 조사 결과(송성환, 박혜진)
제160호 2018년 10대 농정 이슈(김병률, 이명기 등)

2017년

제159호 한·중, 한·베트남 FTA 발효 3년, 농축산물 교역 동향(지성태, 남경수, 염정완, 김만이)
제158호 국제농업개발협력 분야에서의 일자리 창출(허장)
제157호 농가유형에 따른 소득 변화와 시사점(우병준, 임소영, 이두영, 이형용, 한보현)
제156호 2017년 김장 의향 및 김장채소 수급 전망(김성우, 최선우, 임효빈, 한은수, 신성철, 김창수, 노호영, 김원태)
제155호 2017 국내외 친환경농산물 시장 현황과 과제(성재훈, 이혜진, 정학균)
제154호 신정부 쌀 산업 정책 방향(김태훈, 박동규, 김종진, 김종인, 윤종열, 조남욱, 채주호)
제153호 2017년 추석 성수기 주요 농축산물의 소비· 출하 및 가격 전망(박미성, 노호영, 이형우, 김종인, 이상민, 황의식)
제151호 최근 귀농·귀촌 실태와 시사점(김정섭, 이정해)
제150호 한·EU FTA 발효 6년, 농축산물 교역 변화와 시사점(송우진, 이현근, 남경수, 김만이, 명수환)
제149호 소 사육 통계의 이력제 자료 대체와 시사점(이형우, 김진년, 서홍석, 김충현)
제148호 농산업의 청년 고용 창출 가능성 및 과제(마상진, 엄진영, 김경인)
제147호 한·아세안 FTA 발효 10년, 농축산물 교역 변화와 과제(지성태, 이수환, 유정호, 유주영)
제146호 효과적인 산불관리를 위한 개선과제(정호근, 안현진, 이상민)
제145호 미래를 위한 10대 농정 전략과 30대 과제(이명기, 송미령, 유찬희, 국승용, 김정섭, 김홍상, 박준기 등)
제144호 한·미 FTA 발효 5년, 농축산물 교역 변화와 과제(지성태, 이수환, 박수연 정민국)
제143호 고병원성 조류인플루엔자 방역 정책 개선 방향(지인배, 김현중, 김원태, 서강철)
제142호 2017년 10대 농정이슈(김병률, 이용선, 김연중 등)
제141호 7차 HPAI 발생 이후 가금산물 가격 동향과 전망(이형우, 정세미, 지선우, 김형진, 한봉희)

2016년

제140호 2016년 한·영연방 FTA 이행과 농축산물 교역 동향(송우진, 이현근, 유정호, 한석호)
제139호 농업·농촌에 대한 2016년 국민의식 조사 결과(김동원, 박혜진)