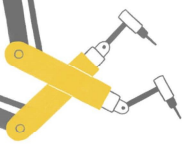


대체육(代替肉)

윤성용 · 조해주 · 이경본





Contents

 제1장 개요	1
 제2장 기술동향	5
 제3장 산업동향	11
 제4장 정책동향	18
 제5장 R&D 투자동향	23
 제6장 결론	28

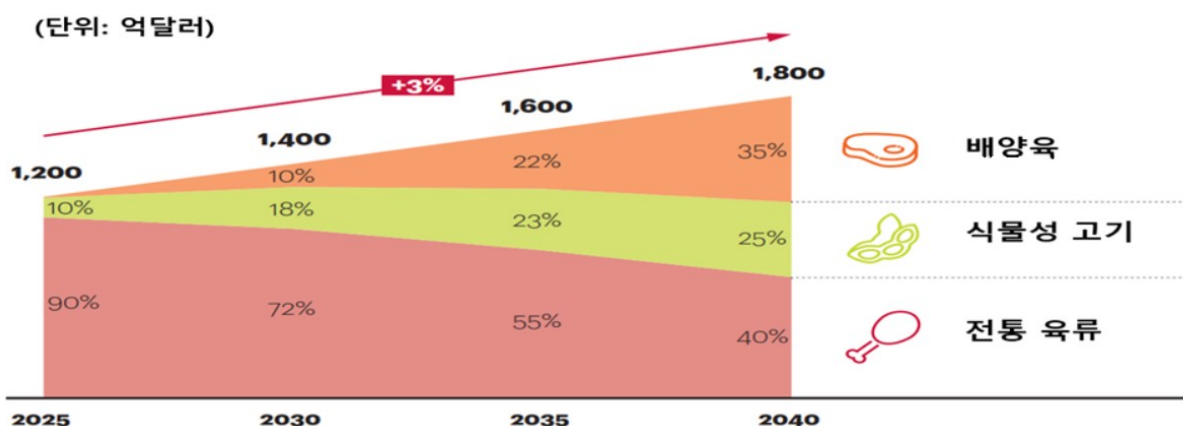


제1장 개요

1.1 작성 배경

육류 생산을 두고 환경·안전·복지·지속 가능성 등 사회 문제에 대한 논란이 대두되면서 지속 가능한 미래 먹거리를 찾기 위한 노력을 시작함

- 가축 사육에 따른 환경오염, 윤리 문제, 자원 고갈 등의 문제의식이 제기됨
 - 유엔 식량농업기구(FAO)에 따르면 전 세계 곡물 생산량의 약 1/3이 가축 사료로 사용되고 있으며, 가축에서 배출되는 온실가스가 전 세계 총 배출량의 15%를 차지함
 - 전통적 축산물에 대한 O157/H7 등 병원성 대장균 및 항생제 내성 문제가 대두됨
- 푸드테크 기술을 활용하여 전통적 축산업보다 다방면에서 경쟁력이 있는 대체재를 찾기 위한 연구가 진행됨
 - 식량으로서의 안정적인 공급 가능성, 생산 시 환경에 대한 영향 및 동물 복지에 대한 윤리적 문제를 고려한 고기 대체재 발굴을 시작함
 - 글로벌 컨설팅 업체 AT Kearney는 세계 육류 소비 시장의 전통 육류와 대체육 소비 비율이 2025년 9:1에서 2040년 4:6으로 변화할 것으로 전망함



[그림 1] 세계 육류 소비 시장전망¹⁾

1) How Will Cultured Meat and Meat Alternatives Disrupt the Agricultural and Food Industry?(A.T. Kearney), 편집

 최근 인수공통전염병의 잇따른 발병으로 육류 소비에 대한 식량난·식량안보가 중요 이슈로 떠오르면서, 이에 대한 해결 대안으로서 대체육의 중요성이 부각됨

- COVID-19 대유행(Pandemic)으로 세계 최대 육류가공업체가 문을 닫는 등 육류 공급 불안정에 따라 가격이 급등함
 - Tyson Foods, JBS USA and Smithfield Foods 등 육류가공업체 직원들의 집단 감염으로 인해 공장이 폐쇄됨
 - 미국 농무부에 따르면 지난 4월 마지막 주 미국 소고기와 돼지고기 생산량은 전년 동기 대비 각각 25%, 15%씩 감소함
 - 미국 내 대형마트(코스트코)에서 1인당 육류 구매량을 총 3개로 제한함
- 구제역(FMD), 아프리카돼지열병(ASF), 조류독감(AI), 광우병(MCD) 등 가축 전염병이 지속적으로 발병함에 따라 전통적 축산에 의한 육류 공급 불안정 및 소비 불안감 증가에 따라 대체육 수요가 증가함
 - 대체육 대표 기업 Beyondmeat는 2020년 1분기 매출이 전년 대비 141.4% 증가했으며, Impossiblefood는 2020년 신규 입점 유통점포가 777곳 추가되었다고 밝힘
 - Eat Just는 2020년 12월 싱가포르에서 세계 최초의 배양육 판매 승인을 받고, 식당 '1880'에서 배양육을 이용한 3가지 닭고기 요리 판매를 시작함

 우리나라 정부는 대체육을 비롯한 대체식품·메디푸드를 그린 바이오 5대 유망 산업 중 하나로 선정하여 육성 방안을 발표함

- 대체식품 제조의 핵심기술인 육류 모사 가공 기술, 세포 배양기술 등에 대한 R&D 중점 투자로 선진국 수준의 기술력 확보 계획을 제시함

 본 동향브리프에서는 '배양육', '식물성 고기', '식용곤충' 등 대체육에 대한 기술·산업 및 정책·R&D 투자 현황을 분석하고, 미래 식량으로 전망되는 대체육 확보를 위한 정부의 역할 및 R&D 투자방향을 모색하고자 함

1.2 기술의 정의 및 범위

 대체육은 단백질 등 전통 육류를 대체할 수 있는 성분을 지닌 원료를 바탕으로 구현한 식품을 지칭하며, 배양육, 식물성 고기, 식용곤충이 대표적임

〈표 1〉 대체육 종류 및 정의

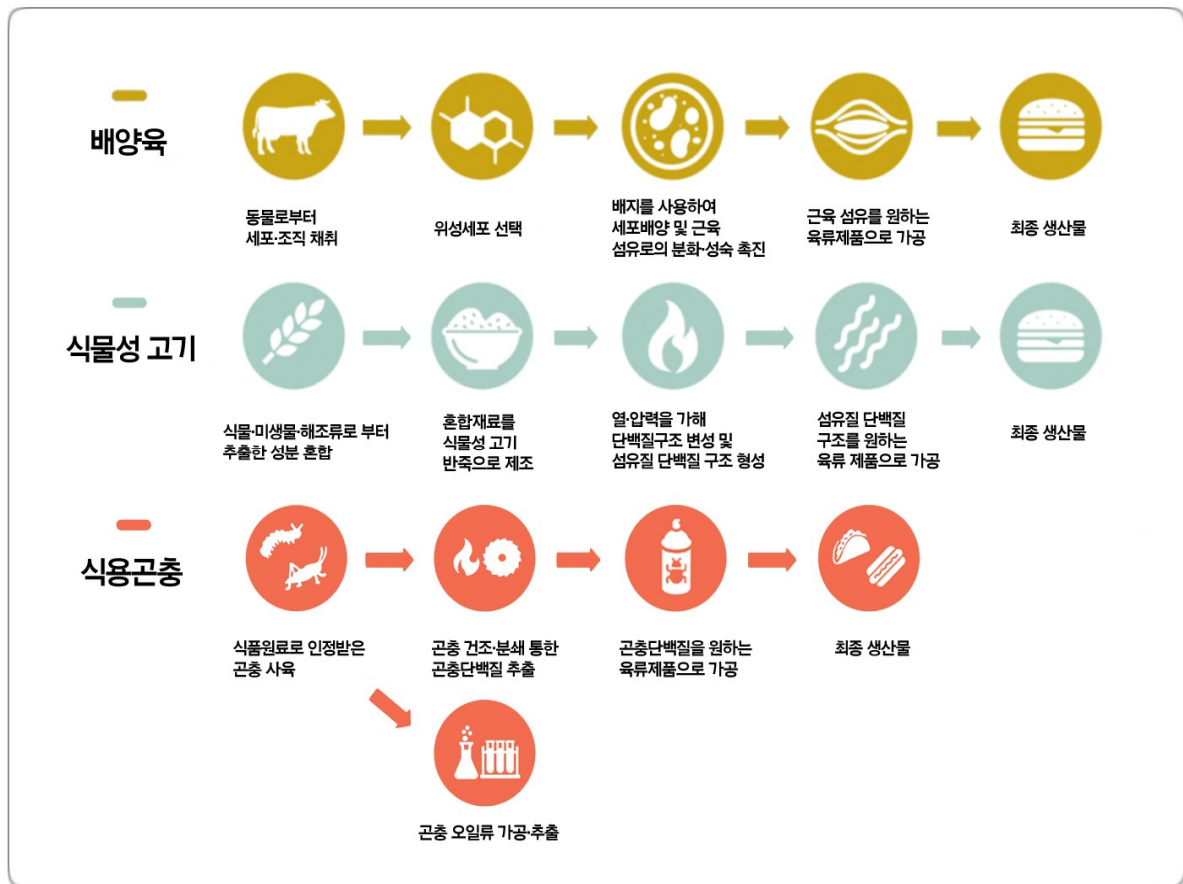
종류	정의
배양육	체외 배양을 통해 생산된 조직 또는 세포(줄기세포, 근세포)를 바탕으로 생산한 고기
식물성 고기	식물, 해조류, 미생물 등에서 추출한 식물성 단백질 성분을 이용해 만든 고기
식용곤충	식용이 가능한 곤충으로 국가별 차이가 존재 ²⁾

 대체육은 종류별 필요한 요소기술은 상이하나 공통적인 생산 과정*에 따라 최종 생산물이 생산되고 있어, 생산 과정에 필요한 소재 발굴·공정·가공기술을 기술의 범위로 규정하고 분석함

* 소재 발굴 및 선정 → 공정 → 최종 생산물

- 배양육은 배양육 생산에 사용할 동물 소재 발굴과 생산에 필요한 세포, 배지, 지지체, 생물 반응기(Bioreactor), 3D 바이오프린팅 등의 기술을 분석함
- 식물성 고기는 제조에 필요한 식물성 단백질원(식물, 미생물, 해조류 등) 소재 발굴, 식물성 단백질 조직화 기술(육류 모사 가공기술), 풍미 구현을 위한 첨가물 개발 등을 분석함
- 식용곤충은 곤충 중 식용곤충으로 등록할 수 있는 곤충 소재 발굴과 곤충 유지·단백질 등을 추출하기 위한 가공기술 등을 분석함

2) 국내에서는 ‘곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률’ 내 식용곤충 사육기준에 적합하고, ‘식품위생법’ 제7조 1항에 따라 식품원료로 등록된 곤충 (백강잠, 식용누에(유충, 번데기), 메뚜기, 갈색거저리(유충), 흰점박이꽃무지(유충), 장수풍뎅이(유충), 쌍별 귀뚜라미(성충), 아메리카왕거저리(유충), 수벌번데기 총 9종)



[그림 2] 대체육 생산 과정³⁾

대체육의 명칭을 두고 미국 및 유럽에서 논란이 있으나 본고에서는 편의상 대체육으로 명명함

- 전통 축산업계와의 갈등으로 대체육을 부를 새로운 명칭의 필요성이 제기됨
 - 미국은 전통 축산방식으로 획득한 육류만 ‘고기’라고 부를 수 있는 ‘육류광고법’을 제정 및 시행함
 - 유럽은 유럽의회 농업위원회가 비건 식품의 표시나 제품 설명에 전통적으로 써오던 고기 관련 명칭인 ‘스테이크’, ‘소시지’, ‘버거’ 등의 사용을 금지하는 법안을 발의함

3) Meat Analogues: Consideration for the EU(2019). 편집 및 자체 제작

제2장 기술동향

대체육은 종류에 따라 기존 육류와 비교하여 환경·윤리·건강 측면에서 장점이 있으나 가격·소비자 선호 등에서 단점이 있어, 이를 보완하기 위한 기술개발에 중점을 두고 있음

- 배양육은 환경, 윤리 문제에는 장점이 있으나, 생산 비용이 높고 대량생산이 어려움
- 식물성 고기는 가격, 환경, 윤리 문제에 장점이 있으나, 실제 고기에 비해 식감·풍미 등이 부족해 소비자들이 선호하지 않음
- 식용곤충은 가격, 환경 문제에 장점이 있으나, 알레르기 우려가 있고 소비자들의 혐오감으로 인해 거부감이 있음

〈표 2〉 기존 육류 및 대체육 장·단점 비교⁴⁾

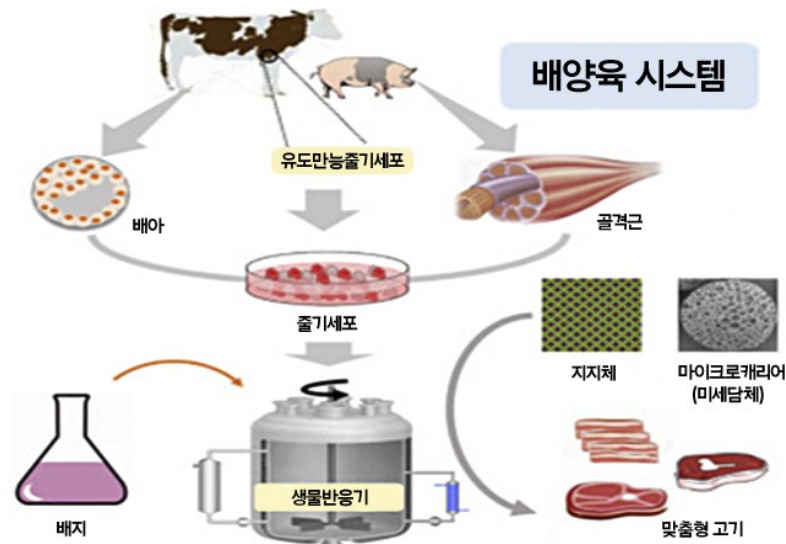
구분		기존 육류	배양육	식물성 고기	식용곤충
가격	대량생산 가능성	높지만 한계 존재	기술적 장벽 존재	높음	높음
	생산비	상승 중	고가	저렴	하락 중
환경	자원사용량	높음	매우 적음	매우 적음	매우 적음
	온실가스 배출량	높음	잠재적 감소	감소	감소
윤리	동물복지 문제	상존	없음	없음	없음
건강	건강 효과	변화 없음	지방산 조성 개선 철분 감소	단백질 증가 콜레스테롤 감소	단백질 증가 지방 감소
	안전성	변화 없음	검증된 제품 없음	식중독 감소	알레르기 우려
선호	소비자 기호도	수요 증가	과학기술 공포증	낮은 식미 문제	혐오감

4) 박미성 외 (대체식품 현황과 대응방안, 2020) 재구성

2.1 배양육

배양육 생산에 활용할 동물 소재 발굴이 이루어지고 있으며, 생산 과정에 필요한 요소* 별로 연구가 진행되고 있음

* 세포, 배지, 생물반응기, 지지체, 3D 바이오프린팅



[그림 3] 배양육 구성 요소 및 생산 방법⁵⁾

- 많은 회사들이 소·닭 등 일반적으로 소비량이 많은 동물을 대상으로 배양육 연구를 진행하고 있으며, 일부 회사들은 돼지, 푸아그라, 생선, 갑각류, 캥거루 등을 이용한 배양육 생산을 연구하고 있음

※ Just Eat(미국, 닭), Memphis Meats(미국, 닭·오리·소), Super Meat(이스라엘, 닭), Aleph Farms(이스라엘, 소), Mosa Meat(네덜란드, 소), Integriculture(일본, 소·푸아그라), Blue Nalu(미국, 생선), Shiok(싱가포르, 갑각류), VOW Food(호주, 캥거루), Higher Steaks(영국, 돼지)

- 대상 동물이 확장됨에 따라 다품종 배양육 생산을 위한 cell library 구축을 추진하는 회사가 등장함

※ VOW Food(호주)는 cell library 구축을 통해 사자, 야크, 거북이 등 일반적으로 소비되지 않는 육류를 활용할 계획

- 배양육 생산의 필수 요소인 세포와 관련해서는 근위성세포*(Myosatellite cell)를 일반적으로 사용하고 있으며, 배아줄기세포(Embryonic stem cell), 유도만능줄기세포(Induced pluripotent stem cell) 등을 이용한 배양육 생산 방법에 대한 연구도 진행하고 있음

* 근육위성세포, 근육줄기세포 등으로도 불림

5) G. Zhang 외. 2020. 편집

- Mosa Meat(네덜란드), Eat Just(미국) 등 대다수의 업체가 근위성세포를 사용하여 시제품 또는 정식 제품을 출시함
- Higher Steaks(영국)은 유도만능줄기세포를 이용한 시제품 공개함
- 배지의 주요 성분 중 하나인 소태아혈청(FBS, fetal bovine serum)은 보편적으로 사용되는 필수 성분이나, 높은 단가로 인해 이를 대체하기 위한 연구를 수행하고 있음
 - 무혈청 배지 개발을 위해 많은 회사가 연구를 진행*하고 있으며, 성장 인자를 첨가하지 않고 주변에 다른 세포를 배양하여 필요한 성장 인자를 공급하는 방법**을 연구하는 회사가 등장함
 - * Heuros(호주)는 유전자 조작 없이 재조합 단백질을 합성하여 항생제, 호르몬 및 혈청이 함유되지 않은 배지를 연구하고 있으며, Mosa Meat·Super Fields 등의 회사도 무혈청 배지 개발에 착수
 - ** Integriculture(일본)은 범용 대규모 세포 배양 기술인 CulNet System을 개발함
- 지지체는 세포의 증식과 분화를 위해 필요한 요소로 마이크로캐리어(미세담체)와 스케폴드 유형이 존재*하며, 배양육 형태를 비롯해 질감, 풍미 등에 영향을 미침
 - * 마이크로캐리어는 다진 고기 형태, 스케폴드는 덩어리 형태의 배양육 생산에 주로 사용함
 - 식용이 가능한 biomaterials(콜라겐 등)을 이용한 3차원 지지체 개발이 진행 중이며, 지지체 개발에 3D 바이오프린팅 기술을 활용하기 시작함
 - ※ Matrix Meats(미국)는 3D 나노섬유를 이용하고 있으며, Excell(미국)은 군사체, 다나그린(한국)은 콩단백을 이용한 제품을 개발함
- 생물반응기는 조직공학적 측면에서 필수적인 구성 요소로, 배양육의 종류에 따라 다양한 형태의 생물반응기가 필요함
 - 전통적으로 회전생물반응기(rotating bioreactor)를 주로 사용하며, 생물반응기와 3D 바이오프린팅을 접합하여 생산하는 회사가 등장함
 - ※ MeaTech(이스라엘)는 원심분리기로 농축한 줄기세포를 바이오잉크*와 혼합하여 원하는 조직 형태로 가공하는 기술을 보유함
 - * 세포, 성장 인자 등 각종 생체 재료가 함유된 젤 형태의 잉크
- 우리나라는 현재 실험실 단계에서 소·닭의 근위성세포를 이용하여 배양육을 만들 수 있는 기술 수준을 보유하고 있지만, 상업화를 위한 단가절감 및 대량생산을 위한 기술은 선도업체 대비 미약한 수준으로 2023년~2025년쯤 시제품 출시가 예상됨

2.2 식물성 고기⁶⁾

식물성 고기 재료인 식물성 조직 단백(Texturized Vegetable Protein, 이하 TVP)을 만들기 위한 식물성 단백질 원료 소재 개발 및 조직화 방법 관련 연구와 더불어 풍미 구현을 위한 기술 개발이 진행되고 있음

- 식물성 단백질은 대표적으로 밀, 대두, 완두로부터 추출하고 있으며, 새로운 원료를 찾기 위한 연구가 진행되고 있음
 - 렌틸콩·병아리콩 등 콩류서부터 해조류, 미생물 등 다양한 원료 이용을 시도하고 있음
 - ※ Beyondmeat(미국, 완두·녹두·파바콩·현미), Good Catch(미국, 대두·완두·렌틸콩·병아리콩·파바콩·감색콩), Marlow foods(영국, 곰팡이에서 추출한 mycoprotein), Odontella(프랑스, 미역 등 갈조류·완두)

〈표 3〉 식물성 단백질 대표 원료 및 특징

식물성 단백질 원료	장점	단점
밀	• 식감이 실제 고기와 제일 유사	• 일부 소비자들이 글루텐 성분을 기피
대두	• 역사가 오래되어 가장 일반화된 원료	• GMO가 많아 소비자들이 기피
완두	• GMO, 글루텐으로부터 자유로움	• 식감이 떨어짐
버섯(균류)	• 단백질 함량이 매우 높고 저지방	• 생산 과정 및 조건이 까다롭고 오래 걸림
조류	• 영양성분이 매우 우수	• 냄새와 맛이 좋지 않음

- 식물로부터 추출한 단백질을 조직화한 형태를 식물성 조직 단백(Texturized Vegetable Protein, TVP)이라 하며, TVP가 고기와 유사한 식감을 나타내도록 구현하기 위한 공정기술이 식물성 고기 생산의 핵심임

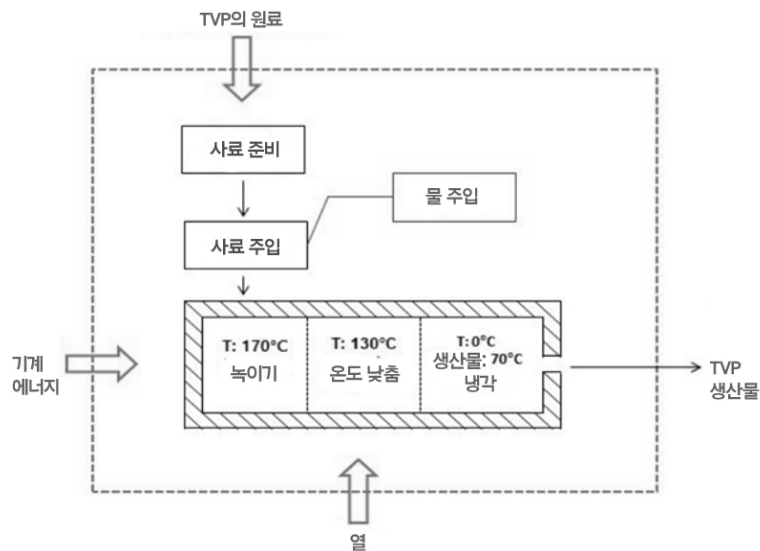
※ 소·돼지·닭·생선 고유의 식감을 구현하여 다양한 식물성 고기 생산

- 고수분 압출성형공정^{*}(extrusion method)이 대표적으로 사용되고 있으며, 공정조건 등 여러 요소를 변경하여 최적의 공정법을 찾기 위한 연구를 수행하고 있음

* 추출한 식물성 단백질을 물과 혼합 후 압출기 내에서 가열하며 높은 압력으로 압출하면 압력, 열 및 기계적 전단력 등의 다양한 작용에 의해서 식육과 비슷한 가소성과 신축성을 갖는 조직감을 재현할 수 있다는 원리를 이용하는 공정법

※ Beyondmeat(미국)를 비롯한 세계 식물성 고기 업체들은 고수분 압출성형공정 관련 특허를 보유 하였으며, 국내의 경우 호경테크에서 전단응력을 응용하여 일정 방향으로 정렬된 섬유상이 형성 되도록 가공하는 기술을 보유

6) 식물성 고기 기술 동향은 롯데중앙연구소 전희준 육가공팀장의 자문을 바탕으로 작성



[그림 4] 압출성형공정법을 이용한 TVP 생산 방법

- 네덜란드 Wageningen 대학에서는 전단 세포 기술(shear cell technology)을 통해 육류의 중요한 특성 중 하나인 명확한 계층 구조를 포함하는 섬유질 구조를 형성하는 새로운 공정법을 개발함
- 실제 육류와 같은 풍미를 구현하는 것은 식물성 고기의 대중화를 위해 가장 중요한 요소로, 식물성 고기 특유의 향을 제거(off-flavor, itch masking)하고, 육류 맛(joy-flavor)을 구현하기 위한 연구를 진행하고 있음
 - 외국의 경우 식물성 고기 특유의 향에 대한 거부감이 적어 관련 연구를 중점적으로 수행하지 않으나, 국내의 경우 거부감이 상당하여 중점적으로 수행하고 있음
 - 스테이크 형태의 육류 맛으로 대표되는 피 맛(blood-taste)을 구현하기 위해 피 맛의 주요 요소인 헴(heme) 성분을 대체할 식물성 소재를 찾기 위한 연구가 진행되고 있음
 - ※ Impossible Food(미국, 대두 뿌리에서 뿌리혹 헤모글로빈 성분 발견 및 식품 성분 사용에 대한 안정성 승인)
 - 또 다른 육류 맛으로는 삼겹살 형태의 육류 맛으로 대표되는 지방 맛이 있으며, 이를 구현하기 위한 연구를 진행하고 있음
 - ※ 롯데중앙연구소(삼겹살 수요가 많은 우리나라 특성을 바탕으로 이에 대한 연구 수행)
- 우리나라는 TVP 생산 업체가 거의 전무하여 수입에 의존하고 있어 공정기술 수준이 선도 국가 대비 뒤처지고 있으며, 풍미 구현을 위한 기술도 초기 단계에 위치함

2.3 식용곤충

 식용곤충 종류를 확대하기 위해 식품 원료로 등록할 수 있는 곤충 소재 발굴과 함께, 외형적 특성에서 오는 부정적 인식을 없애고 영양성분을 유지하는 방향의 가공기술을 중심으로 연구가 진행되고 있음

- 식품원료로 등록받기 위해 식품원료의 특성, 영양성, 독성평가를 비롯해 최적의 제조조건 확립* 등을 위한 연구를 진행함

* 식품 제조 시 원재료로 적용이 용이하도록 일부 지방을 제거 등

※ 국내: 아메리카왕거저리 유충(20.1), 수벌번데기(20.9) 신규 등록

- 중금속 4종*과 병원성 미생물 대장균, 살모넬라균 검사, 식품공전 규정에 따른 식중독균 검사를 통해 안전성을 입증함

* 납, 카드뮴, 비소, 수은

- 식용곤충 섭식을 돕기 위해 3가지 가공기술(원재료 가공기술, 단백질 가공기술, 오일류 가공 기술)이 있으며, 원재료 가공기술*을 활용한 제품 개발에서 단백질 가공기술, 오일류 가공 기술**을 활용한 식용곤충 제품 개발이 이루어지고 있음

* 건조 또는 분말 형태의 곤충 섭식을 위해 필요한 가공기술

** 식용곤충 주요 영양분이 단백질 및 유지를 추출하는 기술

- 곤충의 유익한 단백질, 유지만 가공·추출하여 식재료에 첨가하는 형태의 연구가 진행됨

※ 파스타, 햄버거, 시리얼, 맥주, 스무디, 오일 등

- 우리나라는 식용곤충 종류가 확대와 더불어 원재료 가공기술을 활용한 제품 출시가 이루어 졌으나, 단백질 가공기술, 오일류 가공기술을 활용한 신규 소재의 제품 개발은 아직 이루어 지지 않음

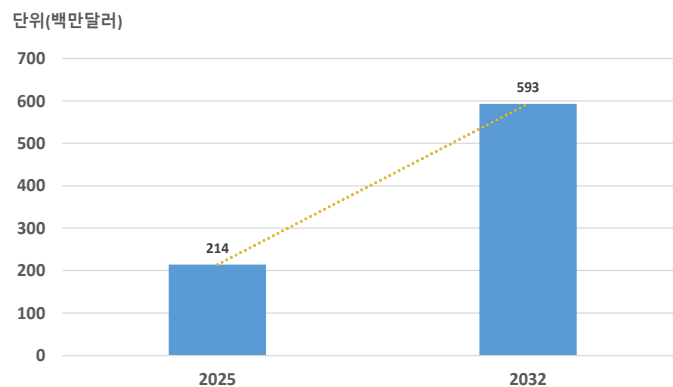
제3장 산업동향

3.1 배양육

세계 배양육 시장은 2025년 214백만 달러에서 2032년 593백만 달러에 이르기까지 연평균 15.7% 증가할 것으로 예상됨⁷⁾

- 배양육 출시가 이루어지는 2021년부터 매출이 발생하여 시장이 형성되는 2025년부터 본격적으로 시장 규모가 확대될 것으로 예상됨

※ 2020년 12월 16일 싱가포르 레스토랑에서 상업적으로 판매 시작



[그림 5] 배양육 세계시장 규모

배양육 시장을 선점하기 위해 매년 더 많은 배양육 회사가 새로 생기고 있으며, 벤처캐피탈(VC)^{*}도 배양육 산업에 대한 투자를 확대하고 있음⁸⁾

* 엔젤투자자, seed 투자, 크라우드펀딩, 벤처캐피탈, 엑셀러레이터, 사모펀드, 전환사채, 기업벤처 등 광범위하게 포함

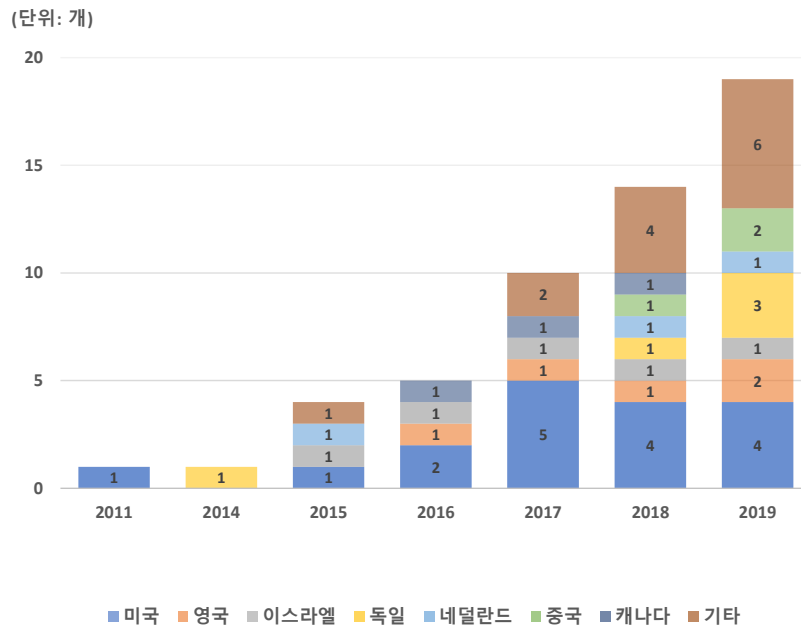
- 2019년 기준 총 54개의 회사가 설립되어 있으며, 미국에 31.5%(17개), 영국·이스라엘·독일에 각 9.3%(5개), 네덜란드·중국·캐나다에 각 5.6%(3개) 분포함

※ 2019년에 19개(18.5%)가 새로 설립

7) MarketsandMarkets(Cultured Meat Market, 2019)

8) The Good Food Institute(2019 state of the Industry Report Cultivated Meat, 2019)

- 배양육 생산 이외에 배지, 지지틀, 생물반응기 연구·개발을 전문적으로 하는 회사도 존재함



[그림 6] 해외 배양육 회사 설립 추이 및 국가별 분포

- VC 투자는 2016년부터 2019년까지 166만 달러(58건)가 이루어졌으며, 2019년에만 77.1만달러(21건) 투자가 이루어짐
- 2019년 투자 금액은 전체 금액의 47%를 차지하며, 2018년보다 63% 증가함

〈표 4〉 해외 배양육 주요 회사 및 투자 유치 현황

국가	회사명	설립년도	R&D 중점 분야	투자 유치 금액
미국	JUST	2011년	배양육 생산(닭)	372.53백만달러
	Memphis Meats	2015년	배양육 생산(소, 닭, 오리)	22백만달러
	BlueNalu	2017년	배양육 생산(생선)	24.5백만달러
이스라엘	SuperMeat	2015년	배양육 생산(닭)	4.22백만달러
	Aleph Farms	2016년	배양육 생산(소)	14.4백만달러
네덜란드	Mosa Meat	2015년	배양육 생산(소)	9.09백만달러
일본	Integriculture	2015년	배양육 생산(닭, 푸아그라), 배지, 배양시스템	2.73백만달러
싱가포르	Shiok Meats	2018년	배양육 생산(갑각류)	5.11백만달러

※ 2019년까지 투자 금액 공개 기업 중 투자 유치 금액 상위 회사 대상

국내 배양육 산업은 아직 걸음마 단계로 배양육 관련 연구·개발을 진행 중인 회사가 극히 적고 초기 단계 투자를 유치하고 있음

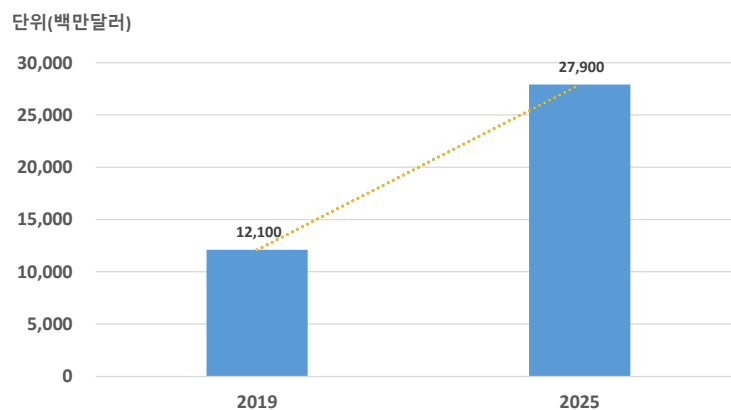
〈표 5〉 국내 배양육 대표 기업 및 특징

회사명	특징
셀미트	19년 중소벤처기업부 민간투자주도형 기술창업지원 프로그램(TIPS)* 선정 * 엔젤투자(1억원) + 성공벤처인의 보육·멘토링 + R&D(5억) + 추가지원 4억(창업자금 1억원, 엔젤매칭펀드 2억원, 해외마케팅 1억원) 등 최대 10억원 지원(2~3년)
다나그린	17년 중소벤처기업부 민간투자주도형 기술창업지원 프로그램(TIPS) 선정 20년 산업부 산업기술 알키미스트 프로젝트 신규과제** 선정 ** 도전적이고 혁신적인 기술 개발을 지원하는 사업(1단계(최대 2억원 이내/년), 2단계(5억원 이내/년), 3단계(50억원 이내/년) 지원) 3차원 세포배양 지지체 Protinet™1 개발
씨위드	20년 중소벤처기업부 민간투자주도형 기술창업지원 프로그램(TIPS) 선정 - 해조류를 이용하여 자체 배양액과 3차원 지지체 생산 - 배양육 'C MEAT' 생산 원천기술 개발 및 상용화 진행
노아바이오텍	3D 프린터 기술을 활용한 배양육 생산 기술을 중점적으로 연구

3.2 식물성 고기

세계 식물성 고기 시장은 2019년 기준 12,100백만 달러이며, 연평균 14.9% 증가하여 2025년 27,900백만 달러에 이를 것으로 예상됨⁹⁾

- 채식주의자를 위한 제품으로 시작하였으나, 푸드테크 기술의 발전과 함께 식물성 고기가 지속 가능한 미래 먹거리로 떠오르면서 스타트업을 비롯하여 기존 대형 식품회사들이 앞다퉀 식물성 고기에 투자하고 있음



[그림 7] 식물성 고기 세계시장 규모

9) MarketsandMarkets(Plant-based Meat Market, 2019)

- 회사에 따라 식물, 미생물(곰팡이), 해조류 등 다양한 성분과 고유의 배합 비율을 통해 식물성 고기를 생산함

〈표 6〉 해외 식물성 고기 주요 회사 및 제품 현황

회사명	제품 구성 및 특징	제품 사진
Beyond Meat	• 완두단백, 쌀단백, 녹두단백 등 다양한 식물성 단백질을 혼합함 • 코코넛 오일을 통해 지방을 구현함 • 육류의 선홍빛 색상을 내기 위해 비트 추출물을 사용함	
Impossible Food	• 대두단백, 감자단백질을 혼합하여 생산함 • 코코넛 오일, 해바라기 오일을 통해 지방을 구현함 • 콩식물 뿌리에 있는 레게모글로빈(leghemoglobin)을 사용하는 것이 가장 큰 특징으로 해당 성분이 선홍빛과 육류 특유의 맛을 구현함	
Good Catch	• 6개 콩과 식물 단백질을 혼합하여 참치 맛·식감을 구현함 • 조류 오일을 통해 해산물 풍미 구현 및 오메가-3를 공급함	
Odontella	• 미세조류·해조류 추출 성분을 활용하여 식물성 연어를 개발함 • gluten-free 특징을 지님	
Marlow Foods	• Fusarium venenatum 곰팡이 에서 추출한 mycoprotein(Quorn)을 주성분으로 생산함 • 간단하게 고정을 하기 위해 계란단백질이나 감자단백질을 이용함	

- 세계 주요 대형 식품회사 PepsiCo, Tyson Foods, Nestle, JBS USA, Kraft Heinz는 식물성 고기를 핵심 품목으로 설정하여 관련 제품을 연구 및 출시함

〈표 7〉 세계 주요 대형 식품회사 식물성 고기 출시 현황

회사명	현황
PepsiCO	• 식물 기반 식음료를 네 가지 핵심 분야 중 하나로 선정함
Tyson Foods	• 식물-동물 혼합 제품과 고기 없는 너겟의 자체 라인인 Rauced & Rooted 출시함 • New Wave Foods의 식물 기반 새우, MycoTechnology의 균사체 기반 성분 등 대체 단백질 스타트업에 투자함
Nestle	• 식물 기반 식품 브랜드 Sweet Earth를 확대함 • 맥도날드 유럽매장에 식물 기반 패티 공급을 확대함 • 2019년 청정 라벨 어썸 버거를 출시함 • 2019년 식물 기반 제품이 두 자릿수로 성장하면서, “필수” 품목으로 간주함
JBS USA	• JBS는 세계 최대 육류 생산회사이지만 지속가능성 및 혁신 전략의 일환으로 식물성 고기 산업에 진출함 • 2019년 브라질에 식물성 고기 버거를 선보였으며, 미국 내 벤처기업에 투자함
Kraft Heinz	• 2000년에 식물성 육류의 초기 개척자인 BOCA*를 인수함 * 2019년 미국 내 식물성 고기 판매 2등 업체(소매점 기준, 1등 Beyond Meat)

- 식물성 고기의 재료가 되는 TVP 산업도 성장하고 있으며, TVP 개발 및 시장 점유율 확대를 위한 경쟁이 치열한 상황임
 - 주요 업체로 Crown Soya Protein Group, Puris Proteins, Roquette Frères, MGP Ingredients, Cargill Inc. 등이 존재하며 Plantible Foods(좀개구리밥), InnovoPro(병아리콩) 등 신생업체들이 등장함

 국내 식물성 고기 시장은 채식주의자를 위한 중소기업 제품 위주로 이루어졌으나, Beyond Meat의 등장으로 소비자의 관심이 확대됨에 따라 대형식품 회사들이 진출함

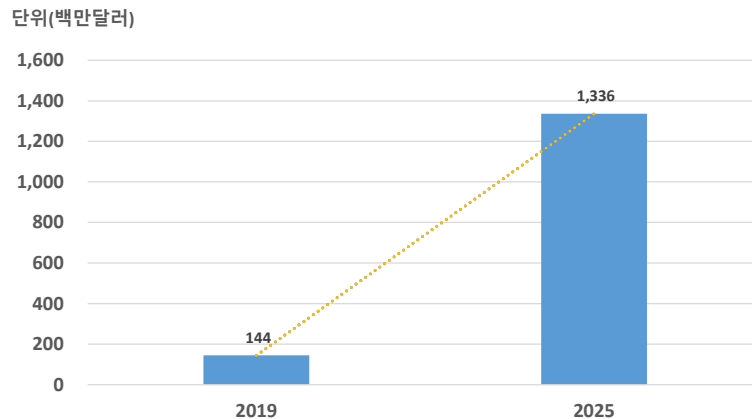
〈표 8〉 국내 식물성 고기 대표 기업 및 특징

회사명	특징
롯데	• 롯데푸드는 식물성 고기를 활용한 ‘제로 미트’ 라인(공류) 제품을 출시 • 롯데리아는 대두·밀을 이용한 ‘미라클 버거’를 출시
지구인컴퍼니	• 대두·완두를 이용한 식물성 고기 제품 개발 및 출시
디보션푸드	• 압출성형공정법·응고점 유지 기술 등 자체 기술을 이용한 제품을 개발
CJ제일제당	• 2021년 제품 출시를 목표로 원천기술 개발을 추진

- 그러나, TVP 생산업체가 사실상 전무하고 TVP를 전량 수입에 의존하고 있어 원재료가 대두에 집중되어 있음
 - 호경테크가 국내 유일의 섬유상 조직 콩단백을 생산하여 공급하고 있음

3.3 식용 곤충

세계 식용곤충 시장 규모는 2019년 기준 144백만 달러이며, 연평균 45.0% 성장하여 2025년 1,336백만 달러에 이를 것으로 예상됨¹⁰⁾



[그림 8] 식용곤충 세계시장 규모

- 미국, 유럽을 중심으로 곤충 대량사육 회사, 분말 위주의 식용곤충 회사가 주를 이루고 있음
 - 분말 위주의 식용곤충 회사는 동물사료(물고기 포함), 식물비료 생산에 중점을 두고 대량의 곤충 사육시스템을 도입함
- ※ Entomo Farm(프랑스)은 세계 최초 대량 곤충사육 시스템을 도입, Ynsect(프랑스)는 세계 최대 규모의 수직농장 건설을 추진

〈표 9〉 식용곤충 주요 회사 및 특징

회사명	국가	특징
Chapul	미국	• 귀뚜라미 식품 전문회사로 2015년 미국 에너지바 시장 선두를 차지
Exo	미국	• 귀뚜라미 단백질 바를 제조하며, 전 세계 클라우드 펀딩 사례로 유명
Ynsect	프랑스	• 29개의 특허를 가지고 독점기술을 구현할 수 있는 세계최대 수직농장을 건설 • 세계 최초 유기곤충기반 비료 시판승인을 획득했으며 2021년 식용곤충의 식품화에 대한 EU허가를 목표로 함 • 양식업, 애완동물용 곤충사료 제조 판매
Protix	네덜란드	• 지속가능한 육류, 생선 및 계란을 위한 곤충을 생산하는 스타트업회사 • 식품잔류물을 원료로 사용하면서 곤충 기반 성분을 효율적으로 생산하는 완전 자동화된 생산공정을 개발하여 2020년 네덜란드 혁신상을 수상

10) MarketsandMarkets(Insect Protein Market, 2019)

- 소비자의 혐오감으로부터 벗어나기 위해 분말 외 신규소재의 제품을 개발하는 기업이 등장함
 - 햄버거 패티, 파스타, 초콜릿, 맥주, 두부 등 신규소재의 제품을 개발 및 출시함
 - ※ Entomo Farm(프랑스, 햄버거 패티), Goffard Sisters(벨기에, 파스타), Beesect(벨기에, 맥주), Entis(핀란드, 초콜릿), Protifarm(네덜란드, 두부)

 국내는 식품원료로 활용 가능한 9종 곤충을 중심으로 개발이 진행되고 있으며, 소비자들의 인식전환을 위한 다각도의 노력을 기울이고 있음

- 대표기업으로 케일(KEIL), 퓨처푸드랩 등이 있으며 소비자 인식 전환을 위해 최근에는 가공된 형태인 젤리, 바, 쿠키 및 시리얼 제품 등 곤충의 형태를 제거한 제품을 개발함

〈표 10〉 식용곤충 주요 회사 및 제품 현황

회사명	제품 구성 및 특징	제품 사진
케일(KEIL)	• 아시아 최초 식용곤충 대량 사육 자동화 스마트팜 구축에 성공 • '20년 10월 프랑스 Ynsect사와 MOU체결 • 국내 최초 밀웜 유래 단백질 상용화에 성공	
퓨처푸드랩	• (舊)이더블버그로 시작해 식용곤충을 이용한 스낵, 프로틴바, 시리얼, 건조유충 등을 개발·판매 • 곤충을 이용해 식사 대용, 간식거리의 제품 위주로 개발	

- 소비자들에게 친숙해지기 위해 식용곤충을 활용한 레시피 개발, 식용곤충 요리대회 개최, 식용곤충 관련 체험농장 교육프로그램 등을 운영함
 - ※ 양주시 2020년 제6회 식용곤충 요리대회 개최, 웅진군 식용곤충 교육 프로그램 및 창업아카데미 운영

제4장 정책동향

4.1 해외 정책동향

 미국은 정부 주도의 여러 프로그램을 통해 농식품의 주요 혁신을 위한 기초 및 응용 연구를 진행하고 있으며, 2019년 배양육에 대한 제도 마련을 합의함

- 국립과학재단(National Science Foundation, NSF), 농무부(U.S. Department of Agriculture, USDA)에서 지원하는 다양한 프로그램을 통해 대체육 관련 연구를 수행할 수 있음
 - 가장 큰 규모의 지원은 GCR 프로그램(Growing Convergence Research)을 통해 이루어지고 있으며, Laying the Scientific and Engineering Foundation for Sustainable Cultivated Meat Production 과제에 2020년부터 5년간 총 350만달러를 지원함
 - ※ GFI에 따르면 미국 정부가 회사가 아닌 대학에 지급한 최초의 배양육 보조금이며 가장 큰 투자
 - 이외에 전 분야를 대상으로 하는 그랜트 형태의 23개의 프로그램을 통해 지원 가능함
 - ※ GFI Research Funding database 기준

〈표 11〉 미국 대체육 지원 가능 정부 R&D 투자 프로그램

기관	프로그램명	연구분야	금액
NSF	Gen-4 Engineering Research Centers	배양육, 식물성 고기	6백만 달러
	Sustainable Regional Systems Research Networks	배양육, 식물성 고기	3백만 달러
	Sustained Availability of Biological Infrastructure	배양육, 식물성 고기	1.5백만 달러
	Coastlines and People Hubs for Research and Broadening Participation	배양육, 식물성 고기	1백만 달러
	Plant Genome Research Program	식물성 고기	1백만 달러

- 미국 농무부(USDA)와 식품의약국(FDA)는 2019년 배양육에 대한 공동 규제 및 감독에 관련한 제도 마련을 합의함
 - FDA는 세포의 채취과정, 세포주 및 배양액 성분 등의 안전성 검토, 세포주 은행 및 배양 시설 요건, 생산 기술을 감시하는 방법 마련을 논의하고 있음
 - USDA는 세포 채취과정 이후 식품으로 생산 및 유통 과정을 담당하기로 하였으며, 연방 육류검사법(FMIA), 가공제품검사법(PPIA)에 따라 배양육을 감독할 예정임

 EU는 2018년에 ‘Supranational Protein Strategy’를 발표하였으며, 2020년 ‘Farm to Fork Strategy’를 통해 식물성 단백질 및 육류 대체물을 포함한 대체 단백질의 가용성과 공급원을 확대하는데 초점을 둠

- 식물성 단백질의 수입 의존도를 줄이고 식물성 단백질 생산을 통해 통한 지속가능한 생산 시스템구축을 골자로 하는 “Supranational Protein Strategy”를 발표함
 - Horizon2020(‘14~’20) 자금 지원 프로그램을 통해 사용 가능한 자금을 두 배로 늘려 식물성 단백질의 경쟁력 있고 지속 가능한 생산을 유도하고 있음
 - ※ Protein2Food 프로젝트를 통해 개인 맞춤영양, 대체단백질, 건강을 위한 가공기술, 식물 영양 증진 등 4개 과제 지원
 - Horizon Europe(‘21~’27) R&I 지원 프로그램에 사용할 수 있는 농식품 예산을 두 배*로 늘리고 EIP-AGRI 프로그램을 통해 경쟁력을 확보함
 - * 38.5억 유로→100억 유로
- EU는 2020년 “Farm to Fork Strategy”를 통해 지속 가능한 식량 시스템을 위한 방안을 제시하면서, 식물성 단백질 및 육류 대체물을 포함한 대체 단백질의 가용성과 공급원을 확대 하는데 초점을 둠
 - 식물, 조류, 곤충 등의 대체 단백질 분야의 연구개발을 지원하고 있음

 일본은 최근 발표하고 있는 정책들을 통해 식품, 농·수산업 발전을 위한 신시장 창출 및 경쟁력 강화 방안을 발표하였으며, 식량안보와 소비자의 거부감으 고려하여 대체육 산업의 연착륙을 위한 규제와 제도 개선을 추진함

- 2020년 7월 발표한 ‘경제 재정 관리 및 개혁 2020 기본 정책’과 ‘성장 전략 실행 계획’을 통해 대체 단백질 관련 기술을 포함한 식품 기술 개발을 장려함
 - 코로나-19 등 감염병이 식량안보에 영향을 미침에 따라, 푸드테크 등 신기술을 활용하여 새로운 식량 공급 틀을 구축할 수 있는 국내 기술 기반 확보를 검토하고 있음
- ‘차기 식료·농업·농촌 정책 기본계획’(‘20~’24, 20년 3월 수립)을 통해 식품 분야 신시장 창출 및 경쟁력 강화를 위한 기술 분야를 선정하고 연구개발을 추진함
 - 신규 가치 창출을 위해 식물 단백질을 이용하는 대체육 연구개발 등 푸드테크 기술개발을 산·학·관 협력을 통해 추진함
- 농림수산성(MAFF)은 20년 4월 100여 개 이상의 식품기업으로 구성된 식품 기술 연구 그룹을 구성하여 향후 정책 마련에 도움이 될 수 있도록, 기업의 최신 발전 상황과 기업이 직면하고 있는 구조적 과제 등을 논의하고 있음

- ① 대체육 제품에 대한 규제 논의, ② 식품 안전, 품질 및 국제 수출용 표준 개발 ③ 라벨링 및 제품 인증에 대한 지침을 제안하고, 정부와 협력하여 규정 및 표준 (예 : 대체 육류에 대한 일본 농업 표준(JAS))을 설정

- 규칙제정전략센터(Center for Rule-making Strategy, CRS)*는 세포농업협회(Japan Association for Cellular Agriculture)를 통해 산·학·정부 간 규제프레임워크를 논의하고 있음

* 일본 사회에 구현될 새로운 기술과 중요한 개념에 대한 규칙(법률, 산업 표준, 자율 규제 지침 등)을 설계하는 싱크탱크

- 경제산업성 산하 NEDO*(New Energy and Industrial Technology Development Organization)는 PCA**(제품 상업화 연합) 프로그램을 통해 2020년 Integriculture에 2억 4천만엔을 지원함

* 현대 사회 문제 해결을 목표로 고위험, 혁신적인 기술을 개발하여 혁신을 촉진하는 국가 연구 개발기구

** 3년 이내에 지속가능한 수익을 달성하는 사업 계획, 탄탄한 재무 계획, 목표를 달성할 수 있는 조직 능력을 갖춘 기업을 지원

 싱가포르는 식량안보 및 미래식품 강화를 위해 2030년까지 현지에서 생산된 식품으로 국가 영양 요구의 30%를 충족한다는 목표를 가지고 '30X30 전략'을 발표하였으며, 세계 최초의 배양육 판매를 승인함

- 대체육 분야에 2016년부터 2020년까지 최대 1억 4,400억 달러의 자금을 할당하였으며, Singapore Food Story(SFS) R&D 프로그램을 통해 2020년 1st Alternative Protein Seed Challenge*를 공모함

* 기술 수준(TRL)이 1~3인 연구를 대상으로 지식 생성을 촉진하고 초기 단계의 혁신 촉진을 목표로 하며, 유망기술과 상업적 잠재력이 높은 프로젝트는 다른 프로그램에 후속 참여를 하여 지속 개발을 장려

- Microbial Protein, Cultured Meat, Plant-Based Alternative to Animal Products, Insect Protein, Side Stream Valorisation을 중점적으로 지원함

- 20년 11월 싱가포르 규제 당국은 Eat Just의 배양육을 이용한 치킨 너겟의 판매를 허가함

- 식품 독성학, 생물 정보학, 영양학, 역학, 공중보건 정책, 식품과학 및 식품기술 분야의 7명의 전문가 패널을 구성하여 최종 제품뿐 아니라 제품 생산의 모든 단계의 안전성을 평가함

 네덜란드는 'AgirFood 2030'을 통해 육류, 생선 및 유제품에 대한 맛있고 건강한 식물 기반 대안 제품 도입을 추진함

- 국제 식품기업, 연구 기관, Wageningen 대학 및 연구센터를 집적한 Food Valley를 통해 2030년까지 2020년 대비 식물성 단백질 소비 30% 증가를 목표로 제시함
 - Protein Shift 프로그램을 통해 전 세계의 식물 단백질 스타트업과 기업을 연결하는 단백질 클러스터* 운영하고 있음
 - * Food Valley Business Network로 플랫폼 역할을 수행

 인도는 증가하고 있는 인구와 식량안보를 해결하기 위해 배양육 연구를 국가적으로 지원하고 있으며, 전문적으로 배양육을 연구할 세포 농업 우수센터(Center of Excellence in Cellular Agriculture) 설립 계획을 발표함

- 2019년 세포분자생물학센터(CCMB)와 육류에 관한 국립연구센터(NRCMeat)에 64만 달러의 보조금을 지급함
 - 2년간 양고기의 조직 샘플에서 줄기세포를 배양하는 최적의 방법을 연구·개발
- 세포 농업 우수센터 건설에 50억 달러 상당의 자금을 투자할 예정이며, 배양육 식품 규제 및 라벨링을 위한 식품 안전 및 표준에 대한 당국의 논의를 시작함

 중국은 지구 온난화 등 환경 문제를 해결하기 위해 2030년까지 육류 소비량을 50%로 줄이는 것을 목표로 하는 '규정식 권고안(2016)'을 발표하였고, 부족한 단백질 섭취량 증대를 위해 식물성 고기 중심의 대체육 개발을 지원함

- 중국과학원을 통해 식물성 고기 중심의 대체육 개발 및 보급확산을 지원

4.2 국내 정책동향

 우리나라는 대체육을 주요 유망 산업 중 하나로 선정하고 대체육 산업 활성화를 위한 정책을 잇달아 발표함

- '제3차 농림식품과학기술 육성 종합계획(2020~2024)(안)'에서 농업 혁신성장·삶의 질 연구개발 강화를 위해 수요 트렌드에 맞는 고품질 농식품 개발·유통을 포함한 5대 중점 연구 분야를 선정함
 - 건강증진 식품 신소재, 메디푸드, 고령친화식품, 3D 식품 프린팅, 식물성 대체단백질 및 마이크로바이옴 기반 포스트 바이오텍스 등 차세대 식품을 선정함
 - 중점 연구개발 분야 중 배양육, 식물성 고기, 식용곤충의 핵심기술을 선정하여 기술개발을 지원함

- 제3차 혁신성장전략회의 안건인 ‘그린바이오 융합형 신산업 육성방안(관계부처 합동, 2020)’에서 5대 그린바이오 산업 지원 핵심기술 및 유망제품 중 하나로 대체식품을 선정함
 - 대체식품 제조를 위한 최적원료 발굴 및 함량 증진, 육류 모사 가공 기술, 세포 배양 기술 등 R&D 중점 투자
 - ※ 「고부가가치식품기술개발사업」(‘21-’25, 농식품부), 「대체간편식품소재개발」(사업기획중, ’22-’30, 농진청), 「미래유망특수식품개발」(사업기획중, ’22-’26, 해수부)
 - 대체식품 안전관리 기준 및 식품첨가물 사용기준 마련(’20-’25, 식약처)

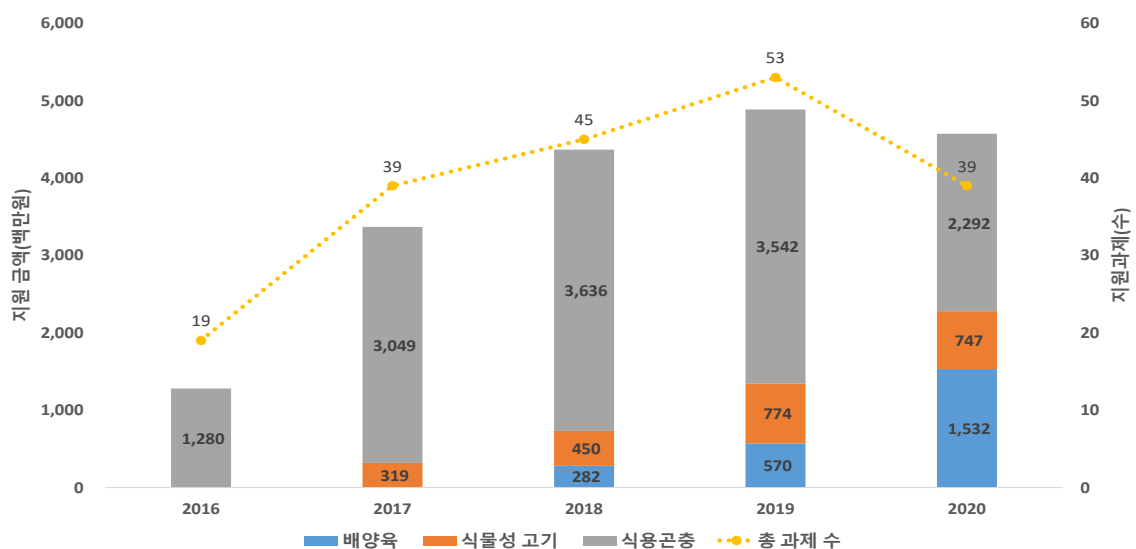
식용곤충과 관련해서는 과거부터 곤충산업 활성화의 일환으로 농림축산식품부에서 중점적으로 정책을 추진함

- 농림축산식품부는 2010년 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」을 제정하고, 2011년 「제1차 곤충산업육성 5개년 종합계획(’11~’15)」을 발표함
 - ‘제1차 곤충산업육성 5개년 종합계획’에서는 곤충자원을 한시적 식품원료 및 단미사료로 공정서*에 추가하여 산업적 활용범위를 확장함
 - * 밀웜, 슈퍼밀웜, 귀뚜라미, 메뚜기, 동애등에 유충, 번데기, 장구벌레, 파리유충
 - 2016년까지 세계 최초 과학적 근거에 의한 곤충 식품원료 등록, 곤충자원의 식의약 소재화 연구, 곤충자원의 대량사육 기술 및 산업화기술 등의 성과를 이룸
- 이어 「제2차 곤충산업육성 5개년 계획(’16~’22)」을 발표하고, 2017년에는 핵심기술 투자 전략으로 곤충 산업 창출 지원을 위한 제품 다양화 및 산업기반 구축을 지원함
 - ‘제2차 곤충산업육성 5개년 종합계획’을 통해 소비·유통체계 고도화, 新시장 개척, 생산기반 조성, 산업인프라 확충을 추진함

제5장 R&D 투자동향

국내 R&D 투자동향은 NTIS에서 배양육, 식물성, 식용곤충, 곤충단백질, 채식, 인공육, 유사육, 미생물단백질, 해조류, 대체단백질, 대체육, 대체식품, 식물성고기, 배양고기, 비건 등의 키워드로 검색하여 선별 분석을 진행함

- 2020년 기준 대체육에 대한 정부 R&D 투자 규모는 4,570백만원으로 2016년부터 2019년까지 투자 규모가 꾸준히 증가했다가 2020년에 들어 소폭 감소함
- 대체육에 대한 정부 R&D 투자는 최근 5년('16~'20) 기준으로 2016년 식용곤충을 시작으로 식물성 고기(2017년), 배양육(2018년)에 대해 순차적으로 이루어짐
- 2016년부터 2019년까지 대체육 관련 투자규모 및 과제 수가 꾸준히 증가했으나, 2020년 들어 투자 규모는 6%, 과제 수는 26% 감소됨
 - 분야별 투자 규모는 연평균 배양육 75.9%('18~'20), 식물성 고기 23.7%('17~'20), 식용곤충('16~'20) 12.4%의 성장을 보임



[그림 9] 대체육 국내 정부 R&D 투자 규모

〈표 12〉 대체육 국내 정부 R&D 투자 규모

분야	정부연구비(백만원)				
	2016	2017	2018	2019	2020
배양육	-	-	282	570	1,532
식물성 고기	-	319	450	774	747
식용곤충	1,280	3,049	3,636	3,542	2,292
과제 수(개)	19	39	45	53	39

연구수행주체별 투자규모('16~'20)를 살펴보면, 대학과 중소기업 위주의 R&D가 수행되고 있으며, 대기업과 출연(연)의 참여는 거의 전무한 상황임

- 배양육과 식물성 고기는 대학의 수행 비중이 66%로 가장 높았으며, 식용곤충은 중소기업이 43%로 가장 많은 비중을 차지함
 - 식용곤충 분야에서는 국공립연구소의 수행 비중이 전체의 23%를 차지함
- 배양육, 식물성 고기, 식용 곤충 모두 대기업과 출연(연)의 참여가 거의 전무한 상황임

〈표 13〉 대체육 연구수행주체별 정부 R&D 투자 규모

(단위 : 백만원, %)

분야	수행주체	2016	2017	2018	2019	2020	합계	
							예산	비중
배양육	대학	-	-	187	347	1,032	1,565	66
	중소기업	-	-	95	223	500	818	34
	소계	-	-	282	570	1,532	2,383	100
식물성 고기	대학	-	208	360	478	538	1,584	66
	중견기업	-	52	90	90	120	352	15
	중소기업	-	59	120	206	89	474	20
	소계	-	319	570	774	747	2,410	100
식용 곤충	국공립연구소	382	811	788	594	562	3,136	23
	대학	313	958	1,032	880	355	3,538	26
	대기업	23	78	50	-	-	150	1
	중견기업	20	110	120	100	-	350	3
	중소기업	542	963	1,426	1,768	1,175	5,874	43
	기타	-	130	220	200	200	750	5
	소계	1,280	3,049	3,636	3,542	2,292	13,798	100

연구개발단계별 R&D 투자규모('16~'20)를 살펴보면, 세 분야 모두 개발연구가 가장 높은 비중을 차지함

- 배양육에서는 개발연구(49%) 다음으로 기초연구의 비중이 44%로 높게 나타남
- 식물성 고기는 개발연구(74%) 다음으로 응용연구의 비중이 22%로 높게 나타남
- 식용곤충의 경우 개발연구(57%) 다음으로 응용연구의 비중이 31%로 높게 나타남

〈표 14〉 대체육 연구개발단계별 정부 R&D 투자 규모

(단위 : 백만원, %)

분야	연구단계	2016	2017	2018	2019	2020	합계	
							예산	비중
배양육	기초연구	-	-	-	8	972	1,052	44
	응용연구	-	-	67	67	-	133	6
	개발연구	-	-	215	383	560	1,158	49
	기타	-	-	-	40	-	40	2
	소계	-	-	282	570	1532	2,383	100.0
식물성 고기	기초연구	-	-	-	-	100	100	4
	응용연구	-	78	130	221	70	499	22
	개발연구	-	241	320	553	577	1,691	74
	소계	-	319	450	774	747	2,290	100
식용 곤충	기초연구	67	75	340	209	385	1,076	8
	응용연구	250	1,304	1,306	1,339	89	4,287	31
	개발연구	836	1,523	1,864	1,915	1,781	7,919	57
	기타	127	147	127	79	37	515	4
	소계	1,280	3,049	3,636	3,542	2,292	13,798	100.0

사업별로는 식용곤충 관련 과제를 수행한 국가R&D 사업이 가장 많은 것으로 분석됨

- 배양육 관련 투자규모 상위 3개 사업은 이공학학술연구기반구축, 고부가가치식품기술개발, 창업성장기술개발사업이며, 교육부(35%, 8억원)의 투자 비중이 가장 높음

〈표 15〉 배양육 사업별 정부 R&D 투자 규모

(단위 : 백만원, %)

부처	사업	2018	2019	2020	합계	
					예산	비중
교육부	이공학학술연구기반구축	-	67	762	829	35
농식품부	고부가가치식품기술개발	215	260	260	735	31
중기부	창업성장기술개발	-	40	300	340	14
해수부	해양바이오전락소재개발 및 상용화지원	-	123	100	223	9
과기정통부	개인기초연구	-	80	110	190	8
농식품부	농림축산식품연구센터지원	67	-	-	67	3
합계		282	570	1,532	2,383	100

- 식물성 고기 관련해서는 과반의 비중을 차지하는 고부가가치식품기술개발 사업과 더불어 상위 3개의 사업을 모두 농식품부(94%, 21억원)에서 지원함

〈표 16〉 식물성 고기 사업별 정부 R&D 투자 규모

(단위 : 백만원, %)

부처	사업	2017	2018	2019	2020	합계	
						예산	비중
농식품부	고부가가치식품기술개발	450	260	390	380	1,480	65
농식품부	미래혁신형식품기술개발	-	-	384	-	384	17
농식품부	맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발	-	-	-	267	267	12
과기정통부	개인기초연구	-	-	-	100	100	4
농진청	농업실용화기술R&D지원	-	59	-	-	59	3
합계		450	319	774	747	2,290	100

- 식용곤충 관련 과제를 수행한 국가R&D 사업 중 농생명산업기술개발사업이 가장 높은 비중을 차지하며, 농식품부(57%, 78억원)와 농진청(20%, 27억원) 사업을 통해 중점적으로 지원됨

〈표 17〉 식용곤충 사업별 정부 R&D 투자 규모

(단위 : 백만원, %)

부처	사업	2016	2017	2018	2019	2020	합계	
							예산	비중
농식품부	농생명산업기술개발	443	815	788	488	618	3,150	23
농식품부	수출전략기술	-	132	450	450	428	1,460	11
중기부	지역특화산업육성	-	382	-	723	-	1,105	8
농진청	농업과학기술기반기술연구 ¹¹⁾	67	275	420	240	304	1,306	10
농진청	농업첨단핵심 기술개발사업	-	265	265	375	-	905	7
농식품부	기술화사업지원	-	200	300	300	-	800	6
농식품부	고부가가치식품기술개발	290	320	110	35	-	755	6
농식품부	지역특화산업육성	-	-	663	-	-	663	5
농식품부	첨단생산기술개발	280	238	-	94	-	612	5
농식품부	농축산물안전 유통소비기술개발	-	-	-	200	400	600	4
해양수산부	수산물유통기술개발	200	289	-	-	-	489	4
	기타	-	133	402	638	543	1,716	13
	합계	1,280	3,049	3,398	3,542	2,292	13,560	100

※ 예산비중이 2% 미만인 사업들은 기타에 포함

11) 2016년~2018년: 농업기초기반연구사업

제6장 결론

6.1 요약 및 정리

-  대체육은 식감, 풍미 및 외형적 특성을 실제 육류와 비슷하게 구현하는 것이 중요하며, 이를 위해 소재 발굴 및 생산에 필요한 공정 및 가공기술에 대한 연구가 진행되고 있음
 - 배양육 종류가 소, 닭, 돼지 등에서 다양하게 확대되고 있으며, 생산단가 절감 및 식감 증진을 위해 생산단계에 필요한 구성 요소별 연구를 진행하고 있음
 - 식물성 고기의 원료가 되는 식물 소재 발굴이 지속적으로 이루어지고 있으며, 고기의 식감을 구현하기 위한 공정기술과 풍미를 구현하기 위한 원료 발굴을 위한 연구를 진행하고 있음
 - 식용곤충의 대상 확대를 위한 소재 발굴이 이루어지고 있으며, 부정적인 소비자 인식을 개선하고자 주요 성분만을 추출하여 새로운 식품을 만드는 연구를 진행하고 있음
-  세계 대체육 시장이 급속도로 성장이 예상됨에 따라 대체육 산업에 뛰어드는 스타트업 및 대기업들이 증가하고 있으며, 이에 대한 VC의 투자도 확대되고 있음
 - 배양육 시장을 선점하기 위해 매년 더 많은 새로운 회사가 생기고 있으며, VC의 투자도 활발하게 진행 중이나 국내 산업은 아직 걸음마 단계
 - 식물성 고기 시장은 스타트업뿐만 아니라 세계 주요 대형 식품회사들도 핵심 품목으로 설정하여 투자를 진행 중이며, 식물성 고기의 원료가 되는 TVP 생산업체도 주목을 받음
 - 식용곤충 시장은 현재 사료용 제품 개발 및 판매가 중점적으로 이루어지고 있으나, 단백질, 유지 등 유효 성분을 이용한 신규소재 제품이 시장에 출시됨
-  해외 주요국은 식량안보 및 지속 가능한 식량 시스템 관점에서 단백질 전환을 주요 이슈로 보고 관련 정책을 발표하고 있으며, 새롭게 태동하는 대체육 시장을 위한 규제 및 감독 방안을 마련하고 있음

- 미국은 배양육 시장 출시에 앞서 배양육 생산부터 판매까지의 전 과정에 대한 공동 규제 및 관련 제도 마련을 합의함
- EU는 식물성 단백질로의 전환에 초점을 맞추고 대체 단백질 분야 연구 및 관련 예산을 증액함
- 일본은 2020년 코로나-19로 인한 영향으로 대체육 연구개발을 지원하는 정책을 잇달아 발표하고 있으며, 산·학·정부 간 협력을 통해 규제 마련을 추진하고 있음

우리나라는 최근 대체육을 유망산업 중 하나로 선정하고 핵심기술 R&D 중점 투자 및 대체육 관련 제도 마련 계획을 발표하였음

- 대체식품 안전관리 기준 및 식품첨가물 사용기준을 2025년까지 마련할 예정이며, 대체육 핵심기술 투자 R&D 사업을 기획하고 있음
- 2020년 대체육에 대한 정부 R&D 투자 규모는 배양육 16억, 식물성 고기 7억, 식용곤충 23억 수준임

6.2 정책제언

대체육의 정의와 범위를 명확히 규정하고 한정된 자원·인수공통감염병 등으로부터 지속가능한 미래 먹거리 관점에서 접근할 필요가 있음

새로운 먹거리 대안으로써 대체육 산업의 육성을 위해서는 각 분야별 핵심 원천 기술 및 제품화 기술 확보를 위한 정부 지원 아이템 발굴·지원이 필요함

- 최근 정부에서 발표한 그린바이오 유망 산업의 일부로 대체육 관련 산업을 육성하기 위해서는 산업적 활용도가 높아 집중투자가 필요한 유망 핵심기술 발굴 및 기업체 주도의 제품화 기술 개발에 중점 투자가 필요함

국공립연구소 외에도 출연연구소 등에서 대체육과 관련하여 새로운 핵심 원천 기술 및 산업화 연계를 위한 기반기술 연구를 수행할 필요가 있음

- 농촌진흥청 소속의 국공립연구소 중심으로 식용곤충 연구가 이루어지고 있으나, 배양육, 식물성 고기 등 대체육 분야의 핵심 원천기술 및 산업화 연계를 위한 기반기술 연구에서 출연(연) 등의 역할이 필요함

대체육에 속하는 다양한 분야의 특성을 고려하여 맞춤형 지원정책 마련이 필요함

- 배양육의 경우 산업이 태동하기 시작하는 초기 단계로 시장 선점이 중요하므로, 국내 기업들이 관련 사업을 빠르게 추진할 수 있도록 관련 기준 및 제도를 조속히 마련할 필요가 있음
 - 2020.12월 싱가포르에서 제품 출시를 허가하였으며, 2021년 다수의 업체가 배양육 출시를 예고하였으나, 국내 식약처는 2025년까지 대체단백질 식품의 안전관리 기반을 마련할 예정임
 - ‘배양육 안전성 기준 확립’을 조속히 추진하여 국내 업체들이 해당 기준을 바탕으로 제품 R&D를 추진할 수 있도록 지원할 필요가 있음
- 식물성 고기의 시장 및 기술개발은 타 분야 대비 활성화되어 있으나, 원재료인 TVP를 전량 해외 수입에 의존하고 있어 국산화할 수 있도록 지원이 필요함
 - 식량안보 강화 측면에서 우리나라 실정에 맞는 TVP 소재 개발 및 생산과 이를 바탕으로 한 공정기술 개발이 필요함
- 식용곤충의 경우 소비자들의 거부감으로 인하여 정부 R&D 투자가 대체육 분야 중 가장 많이 이루어졌음에도 산업이 활성화되지 않고 있어 약용·기능성 제품 개발 또는 애완용 사료 제품 개발에 중점을 둔 정책 및 투자 지원이 필요함

대체육 관련 산업 활성화를 위해서는 소비자의 적극적인 소비가 필요하며, 이를 위해 소비자들 대체육에 친숙해질 수 있는 요리법 개발 및 확산이 중요함

- 익숙하지 않은 식재료에 대한 거부감이 존재하며 이를 해소하기 위해 대체육이 갖는 장점 등을 홍보하고 다양한 요리법 개발 및 보급이 필요함
 - 햄버거 패티, 단백질 바 형태에 한정되지 않고 다양한 요리에 활용할 수 있도록 요리법을 개발 및 장려할 필요가 있음

참고문헌

- 농림축산식품부(2010), 제1차 농림수산물식품 과학기술육성 종합계획(안)
- 농림축산식품부(2017), 제2차 농림식품과학기술 육성 종합계획[2015~2019]
- 농림축산식품부(2019), 제3차 농림식품과학기술 육성 종합계획[2020~2024]
- 류정표(2017), 세계 식용곤충 시장 및 가공기술 동향, KREI
- 장인호(2020), 미국 식용곤충육성·지원제도의 입법동향과 우리나라의 법적 과제에 관한 시론적 고찰
- 김수희(2017), 식용곤충산업의 현황과 전망, KREI
- 김민아(2017), 식용곤충시장과 소비자보호방안 연구, 한국소비자원
- 농림수산물식품교육문화정보원(2018), 해외 곤충산업 현황, 글로벌농정인사이트 7호
- 박미성, 박시현, 이용선(2020), 대체식품 현황과 대응과제, KREI
- 농림축산식품부(2016), 제2차 곤충산업 육성 5개년 계획
- 농림축산식품부(2011), 제1차 곤충산업 육성 5개년 종합계획
- 최문희, 신현재(2019), 배양육의 최신 연구 현황과 공학적 과제. 한국생물공학회
- 이현정, 조철훈(2019), 세계 대체육류 개발 동향. 세계농업 2019. 3월호
- 유광연, 용해인, 유민희, 전기홍(2020), 식물성 단백질을 이용한 육류 유사식품에 대한 고찰. 한국식품과학회
- 정종연, 조철훈(2018), 식육 및 육가공 산업에서의 육류 대체 식품 및 소재의 활용, 축산식품과학과 산업
- 박미성, 이용선, 김경필, 박시현, 한정훈(2019), 식품산업의 푸드테크 적용 실태와 과제 - 대체축산식품과 3D 식품 프린팅을 중심으로, KREI
- Nate, Caroline, Elizabeth, Bruce, Kyle, Emma, Jen, Nicole, Zak(2019), 2019 U.S. State of the Industry Report Plant-Based Meat, Eggs, and Dairy, GFI
- Nate, Caroline, Elizabeth, Bruce, Jen, Nicole, Elliot(2019), 2019 State of the Industry Rport Cultivated Meat, GFI
- Bonney, Gardner, Pethick, Hocqutee(2015), What is artificial meat and what does it mean for the future or the meat industry?, ScienceDirect
- 지현근(2020), 배양육 연구동향: Beyond the BEYOND MEAT®, BRIC
- European Commision(2020), Farm to Fork Strategy For a fair, healthy and environmentally-friendly food system, European Union

- GAO(2020), FDA and USDA Could Strengthen Existing Efforts to Prepare for Oversight of Cell-Cultured Meat, FOOD SAFETY
- フードテック研究会(2020), 農林水産省フードテック研究会 中間とりまとめ, 農林水産省
- Shah, Blaustein-Rejto(2020). Federal Support for Alternative Protein for Economic Recovery and Climate Mitigation, BREAKTHROUGH INSTITUTE
- William, Michael(2020). The Future of Food: Sustainable protein strategies around the world, ZeroWasteScot
- <https://www.gfi.org/>
- <https://www.crunchbase.com/>
- <https://www.protein2food.eu/about-protein2food/aims-objectives/>
- <https://www.marketsandmarkets.com/>
- <https://www.sfa.gov.sg/>
- <http://www.biotimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=4013>
- <https://medium.com/@deena.shakir/shiru-an-investment-in-the-future-one-alternative-protein-at-a-time-ba3191a5a14c>
- <https://www.gfi-apac.org/>
- <https://integriculture.jp/>
- <https://www.ift.org/>
- <https://www.new-harvest.org/>
- <http://www.fao.org/>

Ⅱ KISTEP 기술동향브리프 발간 현황

[illegible]



| 저자 소개 |

윤 성 용

한국과학기술기획평가원 생명기초사업센터 연구원

Tel: 043-750-2591 E-mail: chopper@kistep.re.kr

조 해 주

한국과학기술기획평가원 생명기초사업센터 연구원

Tel: 043-750-2555 E-mail: johj@kistep.re.kr

이 경 본

전남대학교 생물교육과 부교수

Tel: 062-530-2507 E-mail: kblee@jnu.ac.kr

| 편집위원 소개 |

이 길 우 선임연구위원

홍 미 영, 김 주 원 연구위원

성 민 규 부연구위원

변 영 호 연구원

한국과학기술기획평가원 사업조정본부

Tel: 043-750-2524 E-mail: yhbyun@kistep.re.kr

※ 본 KISTEP 기술동향브리프의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

KISTEP 기술동향브리프 | 2021-01호

대체육(代替肉)