

제목: 대체육 생산 현황과 전망

추진배경:

대체육(Meat analog) 생산은 21세기 지구촌 기후변화 대응전략과 세계 식량위기 해소방안의 하나로 새롭게 부각되는 인류의 생존 전략이다. 기존의 축산은 동물에서 배출되는 온실가스의 대량 생산과 낮은 단백질 전환효율로 인해 100억 명 이상으로 증가할 인류의 먹거리 생산방식으로 한계를 드러내고 있다. 이에 따라 세계 각국은 새로운 단백질 자원의 개발과 조직화 기술, 세포배양에 의한 근섬유생산 등 최첨단의 과학기술을 활용한 인조육 개발에 박차를 가하고 있다. 한국은 가장 경제적인 식물단백질 생산 작물인 콩의 원산지이며, 콩을 이용한 조직화식품인 두부의 제조와 고깃맛을 생산하는 장류 제조기술을 개발한 오랜 전통을 가지고 있다. 한국의 전통기술에 첨단기술을 접목하여 21세기 대체육 시장을 선도하는 새로운 가능성을 제시하기 위해 본 연구를 수행하고자 한다.

연구세부계획:

연구 총괄책임자: 박현진 이사장

제1세부과제: 세계 대체육 개발 동향과 시장 현황 (배호재 교수, 건국대)

제2세부과제: 세계 식물성 단백질 시장의 현황과 전망 (김민수 대표, 애그스카우터)

제3세부과제: 식용곤충 및 대체단백질 개발 및 전망 (남성희 과장, 국립농업과학원 곤충산업과)

제4세부과제: 세포배양에 의한 인조육 생산 기술(지현근 박사, (주)다나그린)

제5세부과제: 국내외 식물성 단백질시장의 미래 (한정훈 박사, 미국풀무원식품 부사장)

연구방법:

- (1) 연구기간: 2021년 1월 - 2021년 10월 (10개월 과제)
- (2) 연구내용 분야별 연구자 선정, 집필의뢰(과제당 300만원)
- (3) 2021년 9월 '대체육 생산 현황과 전망' 세미나 개최
- (4) 총 예산: 2,000만원(연구비, 세미나 개최비용)
- (4) 2021년 10월 연구 최종 결과보고서 제출

기대효과:

- (1) 단백질 자원에 대한 세계적인 생산 현황 파악
- (2) 단백질 가공기술의 현황과 미래 전망
- (3) 한국형 대체육 제조기술의 세계화 가능성 모색

제1세부

					과제번호	
과 제 명	국 문	세계 대체육 개발 동향과 시장 현황				
	영 문	Global cultured meat development and market status				
연 구 책 임 자	소속기관	건국대학교	부서명	즐기세포재생공 학과	Fax 번호	02-450-0525
	주 소	(우편번호)				
	성 명	배호재	직위	부교수	전 공	조직공학
	(영문)	Bae, Hojae			세부전공	하이드로젤기반 생체재료
	전화		전자우편			
	휴대전화			주민등록번호 (앞번호만 기재)		
연구기간	2021년 1 월 1 일 ~ 2021년 10 월 31 일(10 개월)					
연구비	3,000 천원					
<p>본 용역연구사업을 성실히 수행하고자 다음과 같이 연구과제계획서를 제출합니다.</p> <p>2020 년 12 월 31 일</p> <p>연구책임자 : 배 호 재 </p> <p>재단법인 한국식량안보연구재단이사장 귀하</p>						

연구계획서

■ 연구제목 :

세계 대체육 개발 동향과 시장 현황

■ 연구목표 :

국제연합식량농업기구(FAO)의 보고에 의하면 세계인구는 2050년에 100억명 정도 증가할 것으로 예상되어 73%의 육류 소비량의 증가가 예상된다. 늘어나는 식량 소비량을 감당하기 위해 매년 약 2억톤의 육류생산 증산이 이루어져야 한다고 함. 더 나아가 온난화와 같은 지구의 이상기후로 인해 작물의 수확량이 감소될 것으로 예상하고 있어 식량안보가 중요한 이슈로 대두되고 있음. 사료용 곡물의 수요가 늘어 생산비가 오르고 생산면적이 줄어들게 되어 축산물이 식량자원으로서 는 고가의 먹거리가 될 것으로 전망, 미래의 식량확보를 위한 미래 식품대체기술 개발의 중요성이 부각되고 있음. 기후변화, 조류인플루엔자 및 구제역 같은 농/식품 산업의 근간을 흔들 수 있는 위험요소들이 증가함에 따라 이를 해결할 수 있는 기술개발의 필요성이 대두되고 있음.

■ 연구내용 :

식품산업에서는 최신 생명공학기술의 융합에 의해 기존의 농·식품 산업은 새로운 국면을 맞이하고 있으며 폭발적인 인구증가와 더불어 대두되는 식량부족 및 환경 문제를 해결하기 위한 혁신 기술이 발전하고 있는 추세임.

Introducing the new meat. Problems and prospects

Article in Etik&Praxis - May 2013 • The idea of growing meat in animal cells (after 2012) is referred to as the "third stage of meat production" following hunting and herding and slaughtering of domesticated animals as a radical new way of obtaining meat by replacing livestock production



육류생산의 3단계. 사냥, 축산 및 대체육

미래의 육류생산 - 대체단백질

- 대체 단백질 (육류생산 3단계): 혁신기술을 접목한 대체 단백질 분야가 큰 관심을 받고 있는데, 이와 함께 육류 생산의 세 번째 단계가 태동기에 접어들고 있다고 전망되고 있음.

- 대체육은 현재는 기술 개발 및 발전 단계에 있지만, 머지않아 첨단생명공학기술을 기반으로 새로운 육류 생산 단계로 자리 잡을 것으로 예상됨.

주요 내용

- 식량작물 생산방식과 단백질 획득의 문제
- 육류생산 및 향후 전망
- 미래의 육류생산 - 대체 단백질 산업
- 대체육 식품개발 현황과 전망
- 식물성고기와 배양고기 - 공장식 축산육에 대한 대안
- 윤리적 및 환경적인 관점에서의 대체육
- 식물성 소재를 이용한 식물성 고기
- 동물세포를 증식해서 만드는 배양육
- 기술 활용 및 미래대응 방안
- 미래 대체육 개선 방향

■ 연구방법 :

- 곡물은 직접 섭취되거나, 축산사료로 공급되기도 하고, 바이오 연료 생산을 위한 에너지원으로 사용되기도 하는 등 곡물의 사용 용도가 다양해지면서 충족시켜야 할 곡물의 양은 점차 늘어나고 있는 실정임.
- 특히 단백질을 얻기 위한 쇠고기 1 kg를 생산하기 위해 곡물은 약 10 kg가 소비되고 있는 실정이고 이는 식량 효율을 저하시킨다는 문제점이 있음.
- 더욱이 대폭 늘어날 식량 수요를 해결하기 위해선 식량 생산량을 지금보다 약 2배가량 증가시켜야 하는데, 이는 전 세계 경작지의 70%가 축산지원 형태로 전환되어야만 인류가 필요로 하는 단백질을 안정적으로 공급할 수 있게 된다는 문제점이 있음.
- 대체 단백질 시장은 이러한 문제를 해결할 수 있는 훌륭한 대안이 될 수 있음.
- 대체 단백질 시장은 연 8% 정도로 빠르게 성장 중이며 2025년에 이르면 약 75억불의 규모가 될 것으로 전망됨.
- 이러한 대체 단백질 시장 성장 요인 및 최신 생명공학 기술과의 융합을 통한 대체육 개발연관 내용을 조사할 예정임.

■ 기대성과 :

- 기존 육류와의 경쟁을 극복해 나가기 위한 미래 대체육의 주요 개선 방향 및 추진방향 제시.
- 경제적인 관점
- 기술적인 관점
- 교육적인 관점

제2세부

					과제번호	
과 제 명	국 문	세계 식물성 단백질 시장의 현황과 전망				
	영 문	The Present and Future of World Plant-based Protein Market				
연 구 책 임 자	소속기관	에그스카우터	부서명	곡물무역 컨설팅	Fax 번호	02-6499-2413
	주 소	(우편번호)				
	성 명	김민수	직위	대표	전 공	농업경제학
	(영문)	KIM, MIN SU			세부전공	
	전화		전자우편			
	휴대전화			주민등록번호 (앞번호만 기재)		
연구기간	2021년 1월 1일 ~ 2021년 12월 31일(12개월)					
연구비	300만원					
<p>본 용역연구사업을 성실히 수행하고자 다음과 같이 연구과제계획서를 제출합니다.</p> <p>2020년 12월 23일</p> <p>연구책임자 : 김민수 (서명 또는 인)</p> <p>재단법인 한국식량안보연구재단이사장 귀하</p>						

연구계획서

■ **연구제목** : (제2 세부과제) 세계 식물성 단백질 시장의 현황과 전망

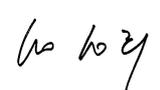
■ **연구목표** : 식물성 단백질 자원으로 주목을 받는 품목들의 세계 수급 동향과 향후 전망 및 관련 주요 기업들에 대한 연구를 통하여 세계 식물성 단백질 시장 전반에 대한 이해에 중점을 두고자 함

■ **연구내용** : 식물성 단백질 자원의 종류와 주요 국가들의 생산 및 소비 형태, 수출입 구조, 식물성 단백질 시장의 대표 기업들에 대한 분석 등을 주요 내용으로 함

■ **연구방법** : 각종 매체 및 문헌 자료 수집을 통한 조사연구 실시

■ **기대성과** : 웰빙 시대 채식주의 문화 확산으로 식물성 단백질에 대한 국내 소비가 점점 더 확대되고 있으며, 대체육 시장은 물론 식물성 단백질을 원료로 한 식음료 시장도 급성장하고 있어, 본 연구는 국내 소비자는 물론 관련 기업이나 기관이 세계 식물성 단백질 시장을 이해하는 자료로 활용될 수 있을 것임

제3세부

					구분번호	
주제	국문	식용곤충 및 대체단백질 개발 및 전망				
	영문	Development and prospect of edible insects and alternative proteins				
연구책임자	소속기관	국립농업과학원	부서명	농업생물부 곤충산업과	Fax 번호	
	주소	(우편번호)				
	성명 (영문)	남성희 Nam Sunghee	직위	과장	전공 세부전공	곤충병리 신소재개발(동충하초)
	전화		전자우편			
	휴대전화			주민등록번호 (앞번호만 기재)		
	공통책임자	소속기관	국립농업과학원	부서명	농업생물부 곤충산업과	Fax 번호
공통책임자	주소	(우편번호)				
	성명 (영문)	황재삼 Hwang Jae Sam	직위	연구관	전공 세부전공	곤충육종 곤충유래 신소재개발
	전화		전자우편			
	휴대전화			주민등록번호 (앞번호만 기재)		
	사업기간	2021년 1월 1일 ~ 2021년 10월 31일(10개월)				
월고료	3,000천원					
<p>본 사업을 성실히 수행하고자 다음과 같이 추진계획서를 제출합니다.</p> <p>2021년 1월 7일</p> <p>연구책임자 : 남성희 </p> <p>재단법인 한국식량안보연구재단이사장 귀하</p>						

계 획 서

■ 제목 : 식용곤충 및 대체단백질 개발 및 전망

■ 목표 : 제4차 산업 혁명 시대를 맞이하여 지속 가능한 미래 먹거리
식용곤충에 대한 국내외 연구 및 동향 파악을 통한 대체 단백질
개발을 추진하는데 있음

■ 주요내용

- 국내, 외 식용곤충산업 연구 및 정책 동향
- 식용곤충 산업에 대한 향후 전망
- 곤충 단백질 시장 규모 및 대체단백질 개발 추진 대응 및 전망

■ 추진방법

- 국내 식용곤충산업 연구 및 정책 동향에 대한 자료 수집 및 정리
- 해외 곤충산업 현황 및 정책동향 자료 수집 및 정리
- 곤충 단백질에 대한 국내외 시장 규모를 통한 대체 단백질 개발의 필요성
및 과제 발굴

■ 기대성과

- 식용곤충 및 대체단백질 연구 및 동향 파악을 통한 4차 산업혁명 사회에서
우리 농업 및 기능성 식품, 제약산업의 국제 경쟁력 강화

제4세부

		과제번호				
과 제 명	국 문	세포배양에 의한 인조육 생산 기술				
	영 문	The Present and Future of Alternative Meat: Cultured Meat				
연 구 책 임 자	소속기관	(주) 다나그린	부서명	R&D 센터	Fax 번호	
	주 소	(우편번호)				
	성 명	지현근	직위	기술이사	전 공	생물학
	(영문)	Hyeon-Gun Jee			세부전공	종양생물학
	전화		전자우편			
	휴대전화			주민등록번호 (앞번호만 기재)		
연구기간	2021년 1월 - 2021년 10월 (10개월)					
연구비	3,000 천원					
<p>본 용역연구사업을 성실히 수행하고자 다음과 같이 연구과제계획서를 제출합니다.</p> <p>2020 년 12 월 23 일</p> <p>연구책임자 : 지 현 근 (서명 또는 인) </p> <p>재단법인 한국식량안보연구재단이사장 귀하</p>						

연구계획서

■ **연구제목** : 대체육 생산 현황과 전망: 세포배양에 의한 인조육 생산 기술

■ **연구목표** : 배양육 연구개발의 최신동향을 정리하고 미래의 발전상을 제시

- 세포배양에 의한 인조육, 즉 배양육 (cultured meat)의 장점은 기존 육류와 흡사한 형태이므로 식물성 대체육 대비 일반인의 접근이 쉬우면서도 기후변화 억제에 이바지할 수 있다는 점에 있음.
- 유엔식량농업기구는 가축사육 과정에서 연간 71억t 규모의 온실가스가 발생하는데, 이는 전체 온실가스 배출량의 14.5%를 차지하는 것으로 축산업이 기후변화에 영향을 미치는 주요인들 중 하나라고 발표한 바 있음.
- 배양육 프로젝트를 연구한 영국 옥스퍼드대학교의 한나 투오미스토(Hanna Tuomisto) 교수는 '배양육은 늘어나는 인구에 먹거리를 제공하는 한편, 온실가스 배출을 줄이고 물과 에너지 절약을 위한 해결책 중 하나가 될 수 있으며 기존 방식과 비교해 보다 효율적이고 환경 친화적인 방식으로 인류 식탁에 고기를 제공할 수 있을 것'이라고 언급.
- 미국 임상영양학저널에 출판된 논문에 의하면 미국의 가축들은 미국 국민이 소비하는 것보다 7배 더 많은 곡물을 소비하고 있음. 이는 8억 4,000만 명이 먹을 수 있는 양로 동일함. 같은 논문에 의하면 1킬로칼로리의 육류 단백질을 생산하기 위해서는 25킬로칼로리의 화석연료 에너지가 소비된다고 함. 이는 옥수수 2.2:1의 비율과 비교됨. 그리고 1kg의 육류 단백질을 생산하기 위해서는 1kg의 곡물 단백질을 생산하는 것에 비해 100배 더 많은 물을 소비함.
- 배양육은 열악한 축사환경과 도축과 관련한 동물복지 측면에서도 이점이 있음. 광우병·구제역과 같은 가축전염병 발병 위험을 배제할 수 있으며, 또한 기술 수준에 따라 쇠고기뿐만 아니라 돼지고기, 닭고기, 어류 배양육 생산이 가능함.
- 배양육의 생산비용은 2013년 37만 5천달러/100 g에서 2017년 기준 1,986 달러/100 g로 크게 감소하기는 하였으나 여전히 매우 높은 수준이며, 상용화와 대량생산을 위해서는 지속적인 기술 개발이 필요함.

■ **연구내용** : 배양육 연구개발의 주요 요소별로 분류하여 분석

- 배양육의 주요 요소는 크게 세포, 배양액, 배양기, 지지체의 4가지로 나눌 수 있음. 이에 대하여 요소별로 연구개발현황, 주요 leading group 분석 및 미래 발전상을 예측하고자 함.
 1. 세포는 배양육의 시작이 되는 존재. 경작과 유사하게 가축의 세포를 몸 밖에서 키워서 고기 (주로 근육)로 만든 게 배양육임. 때문에 배양육을 '세포농업 (cellular agriculture)'으로 부르기도 함.

2. 배양액은 세포가 자랄 수 있도록 양분을 제공해주는 액체이며 배양육 생산비용 중 가장 큰 부분을 차지. 배양액 관련 현재의 관건은 소혈청(실험실에서 수십 년간 사용되어 온 세포배양 첨가물)의 의존도를 줄이고 배양액 제조단가를 낮추는 데에 있음.
3. 배양기는 세포가 배양액을 먹으며 자라는 공간임. 효과적으로 산소를 공급하고 노폐물을 제거하기 위해 어느 정도의 교반을 필요로 하면서도 세포의 손상을 최소화하기 위한 세밀한 설계가 필요. 다양한 형태의 배양기가 상업화되어 있으며 특히 최근 바이오의약품의 생산이 대규모로 이루어지면서 수만 리터에 달하는 대규모 배양기도 세계 곳곳에서 운영되고 있음.
4. 지지체는 배양육 생산에 필수적임에도 상대적으로 연구개발이 덜 이루어진 부분임. 배양육을 구성하는 세포는 부착성 세포이므로 어딘가에는 붙어서 자라야 함. 배양육 생산에 적용될 지지체는 세포가 근육으로 분화하는 과정을 촉진해야 하며, 배양기 내 충격으로부터 세포를 보호하는 동시에, 영양분과 노폐물의 이동이 쉽게 이루어지는 구조여야 하고, 대규모 생산을 염두에 둔다면 식용이 가능한 재료로 만드는 게 이상적임.

■ 연구방법 :

1. 연구책임자는 배양육 연구개발 현장에 몸담고 있는 전문가로서 산학연 및 민관을 통섭하는 국내외의 배양육 전문가 집단과 교류하고 있음
2. 교류 과정에서 얻게 되는 최신정보를 집대성하여 배양육의 연구개발 동향을 요약정리 하고자 함
3. 코로나바이러스 판데믹 상황임을 고려하여 대면 접촉을 최소화하고 화상회의, 이메일 대화 등 비대면 방식의 연락방식을 적극 활용함

■ 기대성과 : 배양육 연구개발의 현황을 파악하여 관련분야 전문가 및 일반인의 이해를 돕고 나아가 대한민국 식량안보 미래전략 수립에 이바지하고자 함.

제5세부

과제번호	
------	--

과제명	국문	국내외 식물성 단백질시장의 미래				
	영문	Opportunity of plant-based protein market				
연구책임자	소속기관	Pulmuone Foods USA	부서명	R&D	Fax 번호	
	주소	(우편번호)				
	성명 (영문)	한정훈 Han, Jung Hoon	직위	Vice President	전공 세부전공	식품공학 식품가공학
	전화		전자우편			
	휴대전화			주민등록번호 (앞번호만 기재)		
연구기간	2021년 1월 1일 ~ 2021년 10월 31일 (10 개월)					
연구비	3,000천원					
<p>본 용역연구사업을 성실히 수행하고자 다음과 같이 연구과제계획서를 제출합니다.</p> <p>2021년 1월 23일</p> <p>연구책임자 : 한정훈 (서명 또는 인) </p> <p>재단법인 한국식량안보연구재단이사장 귀하</p>						

연구계획서

■ 연구제목 : 국내외 식물성 단백질시장의 미래

(Opportunity of plant-based protein market in future)

■ 연구목표 :

한국의 전통기술에 첨단기술을 접목하여 21세기 대체육 시장을 선도하는 새로운 가능성을 제시하기 위해 국내외 식물성 단백질시장의 미래시장동향을 예측한다

■ 연구내용 :

- (1) 국내외 식물성 단백질 제품에 대한 시장자료를 수집
- (2) 수집된 자료를 통한 품목군별 미래시장의 규모와 동향을 예측
- (3) 미래시장 동향을 한국시장과 북미시장으로 분류하여 해석
- (4) 한국과 북미시장에 대응하는 식물성 단백질 신제품개발에 필요한 상품화전략을 제안

■ 연구방법 :

1. 제품과 소비자에 따른 분류: 식물성 단백질시장의 미래시장동향을 예측하기 위해 다음과 같은 분류방법으로 시장동향과 신제품에 대한 소비자의 기대 자료를 분류하여 수집하고 이를 국내시장과 국외시장으로 비교한다
 - a. 제품 품목군에 따른 분류: 식물성 음료, 식물성 육제품, 식물성 난가공제품 등
 - b. 식물성 단백질 원재료에 따른 분류: 대두단백질, 완두단백질, 기타 원재료
 - c. 소비자에 따른 분류: vegan, vegetarian, flexitarian 등
 - d. 지역별 분류: 동아시아와 한국, 북미
2. 시장 해석: 분류군내에서의 시장동향을 분석하고 분류군간의 비교를 통해 자료를 해석한다.
3. 향후 대응 방안: 상기 조사방법을 통해 분류군별로 도출한 결론을 이용하여 향후 대응 방안을 제안한다. 향후 대응 방안은 하기의 방법으로 구분하여 제안한다.
 - a. 식물성 원재료의 확보
 - b. 가공 기술의 확보
 - c. 국제 경쟁력을 확보하기 위한 제품 차별화 방안

■ 기대성과 : 국제 경쟁력이 있는 식물성 단백질 소비자 제품을 설계하기 위한 방향성을 제시