

120069-01

보안 과제( ), 일반 과제( O ) / 공개( O ), 비공개( ) 발간등록번호( O )  
농축산물안전유통소비기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003625-01

# 밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발

2021. 06. 11.

주관연구기관 / (주)케일 농업회사법인

농 립 축 산 식 품 부  
(전문기관)농림식품기술기획평가원

밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발

2021

농림식품기술기획평가원  
농림축산식품부

제출문

## 제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “밀업을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발”  
(개발기간 : 2021. 4. 29 ~ 2021. 4. 28)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2021. 06. 11.

주관연구기관명 : (주)케일 농업회사법인 (대표자) 김 용 욱



주관연구책임자 : 류 정 표

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

# 최종보고서

보안등급

일반[ O ], 보안[ ]

중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명	사업명		농축산물안전유통소 비기술개발사업			
전문기관명		농림식품기술기획평가원			내역사업명					
공고번호				총괄연구개발 식별번호						
				연구개발과제번호		120069-01				
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB1704	40%	LB1602	25%	LA0906	10%			
	농림식품과학기술분 류	PA0104	30%	PA0201	20%	PA0204	20%			
총괄연구개발명		국문	밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업 화 제조공정 개발							
		영문	Development of fake meat manufacturing technologies and production processes using mealworm							
연구개발과제명		국문	밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업 화 제조공정 개발							
		영문	Development of fake meat manufacturing technologies and production processes using mealworm							
주관연구개발기관		기관명	(주)케일 농업회사법인		사업자등록번호	839-88-00459				
		주소	(우)충청북도 청주시 흥 덕구 오송읍 오송생명14 로 8-7		법인등록번호	110111-6033867				
연구책임자		성명	류정표		직위	부장				
		연락처	직장전화	043-232-2025		휴대전화	010-3288-2779			
			전자우편	ryujp@keilab.org		국가연구자번호	11185460			
연구개발기간		전체	2020. 04. 29 - 2021. 04. 28 (12개월)							
		단계	1단계	2020. 04. 29 - 2021. 04. 28 (12개월)						
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금	
			현금	현금	현물	현금				현물
총계		200,000	-	-	-	-	200,000	-	400,000	-
1단계	1년차	200,000	-	-	-	-	200,000	-	400,000	-
공동연구개발기관 등		기관명	책임자		직위	휴대전화	전자우편	비고		
공동연구개발기관								역할	기관유형	
위탁연구개발기관										
연구개발기관 외 기관										
연구개발담당자 실무담당자		성명	임윤택		직위	대리				
		연락처	직장전화	043-232-2025		휴대전화	010-4049-3929			
			전자우편	limyt85@keilab.org		국가연구자번호				

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021 년 06 월 11 일

연구책임자: 류 정 표 (인)

주관연구개발기관의 장: 김 용 목 (직인)

**농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장** 귀하

## < 요약 문 >

사업명		밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발		총괄연구개발 식별번호			
내역사업명		-		연구개발과제번호		120069-01	
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB1704	40 %	LB1602	25 %	LA0906	10%
	농림식품 과학기술분류	PA0104	30 %	PA0201	20 %	PA0204	20%
총괄연구개발명		밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발					
연구개발과제명		밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발					
전체 연구개발기간		2020. 04. 29 - 2021. 04. 28					
총 연구개발비		총 400,000천원 (정부지원연구개발비: 200,000천원, 그 외 지원금: 200,000천원)					
연구개발단계		기초[ ] 응용[ ] 개발[O]		기술성숙도		착수시점 기준( ) 종료시점 목표( O )	
연구개발과제 유형		제품개발					
연구개발과제 특성							
연구개발 목표 및 내용		최종 목표		1. 밀웜을 유래 단백질을 활용한 대체육 및 제품화 공정 개발 1-1) 밀웜 유래 단백질을 활용한 대체육 제조기술 개발 1-2) 밀웜 유래 단백질을 활용한 대체육 제품 제조공정 개발			
		전체 내용		1. 밀웜 유래 단백질의 조직화 물성 기술 개발 및 제형화 기술 확립 1-1) 밀웜 유래 단백질의 조직형성 기술 개발 1-2) 밀웜 유래 단백질의 조직형성을 위한 결착제 선정 및 특성평가 : 종류별, 첨가량별 수분결착도 및 이화학적 특성 변화 1-3) 밀웜 유래 조직단백질의 대체육 조직화 기술 확립 (분쇄형, 패티형) 2. 밀웜 유래 조직단백질 제품화 기술 개발 2-1) 밀웜 유래 단백질 내 Meat flavor 생산을 위한 전구물질 탐색 및 reaction flavor 생산을 위한 공정 최적화 2-2) 대체육의 색상 및 육즙 재현을 위한 첨가원료 확보 (heme protein, 천연색소, 비육류 식품원료) 2-3) 대체육 각 제형별 meat flavor 생성 및 첨가원료 최적 배합비 개발 3. 밀웜 유래 대체육 Scale-up 공정 개발 3-1) 최소 100kg/회 이상 생산가능한 스케일업(Scale-up) 생산공정 개발 3-2) 제품 스케일업에 따른 품질표준화 공정 확립			
		1단계		목표	밀웜을 유래 단백질을 활용한 대체육 및 제품화 공정 개발		
내용	1. 밀웜 유래 단백질의 조직화 물성 기술 개발 및 제형화 기술 확립 1-1) 밀웜 유래 단백질의 조직형성 기술 개발 1-2) 밀웜 유래 단백질의 조직형성을 위한 결착제 선정 및 특성평가 : 종류별, 첨가량별 수분결착도 및 이화학적 특성 변화 1-3) 밀웜 유래 조직단백질의 대체육 조직화 기술 확립(분쇄형, 패티형) 2. 밀웜 유래 조직단백질 제품화 기술 개발						

			<p>2-1) 밀웜 유래 단백질 내 Meat flavor 생산을 위한 전구물질 탐색 및 reaction flavor 생산을 위한 공정 최적화</p> <p>2-2) 대체육의 색상 및 육즙 재현을 위한 첨가원료 확보(heme protein, 천연색소, 비육류 식품원료)</p> <p>2-3) 대체육 각 제형별 meat flavor 생성 및 첨가원료 최적 배합비 개발</p> <p>2-4) 제품별 성분분석 및 이화학적 품질특성 분석</p> <p>3. 밀웜 유래 대체육 Scale-up 공정 개발</p> <p>3-1) 최소 100kg/회 이상 생산가능한 스케일업(Scale-up) 생산공정 개발</p> <p>3-2) 제품 스케일업에 따른 품질표준화 공정 확립(Texture, 수분, 염도 등)</p>
--	--	--	---

연구개발성과	구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신제품	
	예상성과 (N/Y)	N	Y	Y	Y	Y	N	N	생명 정보	생물 자원	정보	실물
		N	Y	Y	Y	Y	N	N	N	Y	N	N

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>1. 활용계획</p> <p>1-1) 원천기술확보: 단백질식품소재 개발, 대체육 제형개발 및 공정개발</p> <p>1-2) 기술산업화: 식품가공기술, 소재화기술, 저분자단백질활용기술 산업체 활용</p> <p>1-3) 인력양성 측면: 고급인력 양성 효과 반영 (신규채용 및 전문인력 참여)</p> <p>1-4) 산업화측면: 제품화, B2B, B2C시장 통해 유통 및 판매</p> <p>2. 기대효과</p> <p>2-1) 기술적 측면: 소비자 선택 폭 확장, 조직단백질 제조공정 확립, 식용곤충의 이용 방안 확대, 바이오 및 푸드테크 관심 증가 유도, 신규 산업 창출</p> <p>2-2) 경제적·산업적 측면: 고소득 창출, 블루오션 산업 부가가치 창출, 소비자의 접근성을 향상, 원천기술 확보, 국산화, 수출성과 가능, 경제 성장 견인</p> <p>2-3) 사회적·환경적 측면: 관련 농가 및 업체 소득 증대, 온난화 등 환경문제 극복 기대, 새로운 소득원 창출, 가치소비 및 국가적 창조경제 모델화, 소비/유통 체계 고도화, 신시장 개척, 생산기반 조성, 산업인프라 확충</p>

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	
--------------------	--

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 · 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신제품	
	-	1	1	1	1	-	-	생명 정보	생물 자원		정보	실물
	-	1	1	1	1	-	-		1	-	-	-

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호
	-	-	-	-	-	-	-	-	-

국문핵심어 (5개 이내)	밀웜		제조공정개발	조직형성기술	제형개발
영문핵심어 (5개 이내)	Mealworm	Fake meat	Manufacturing Process Development	Tissue formation technology	Formulation Development

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요 .....	1
1-1. 연구개발 목적 .....	1
가. 연구목표 .....	1
나. 연구개발의 배경 .....	1
○ 왜 식용곤충인가? .....	1
○ 성장하는 대체육 시장 .....	3
○ 곤충 단백질의 변화 .....	5
1-2. 연구개발 대상의 국내·외 현황 .....	6
가. 국내 기술 수준 및 시장현황 .....	6
○ 기술현황 .....	6
○ 시장현황 .....	9
○ 경쟁기관현황 .....	10
○ 지식재산권현황 .....	11
나. 국외 기술 수준 및 시장현황 .....	15
○ 기술현황 .....	15
○ 시장현황 .....	16
○ 경쟁기관현황 .....	17
○ 지식재산권현황 .....	18
2. 연구개발과제의 수행 과장 및 수행 내용 .....	22
2-1. 연구개발의 목표 및 내용 .....	22
가. 최종목표 .....	22
나. 세부목표 .....	22
다. 연차별 개발목표 및 내용 .....	22
○ 연구개발 목표 .....	22
○ 사업화 전략 .....	23
○ 제품화에 대한 구체적인 전략 .....	24
2-2. 연구개발 추진체계 .....	25
2-3. 연구개발 내용 및 결과 .....	26
2-3-1. 대체육 .....	26
가. 재료 및 방법 .....	26
나. 연구 결과 .....	27
2-3-2. 압출성형에 의한 밀웜(갈색거저리) 첨가 단백질의 조직화 .....	42
가. 재료 및 방법 .....	42
나. 연구 결과 .....	44

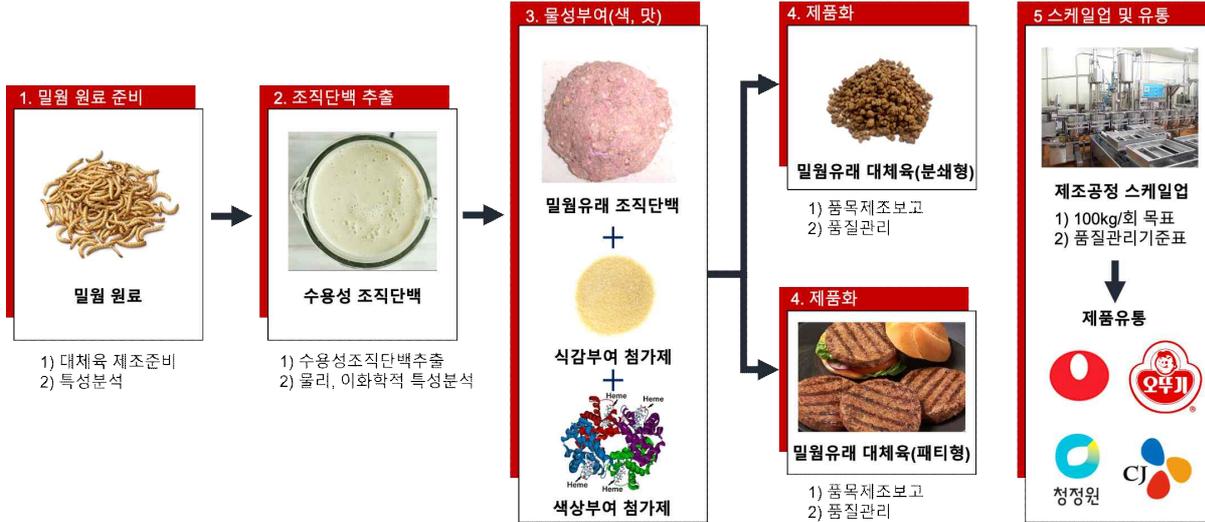
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 .....	47
1) 연구수행 결과 .....	48
2) 목표달성 수준 .....	53
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성) .....	53
5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도 .....	53
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 .....	53
<별첨1> 자체평가의견서 .....	55
<별첨2> 연구성과 활용계획서 .....	60

# 1. 연구개발과제의 개요

## 1-1. 연구개발 목적

### 가. 연구목표

- 본 연구는 세계식품산업 내 급속도로 성장하고 있는 대체육 산업에서 기존의 콩, 밀 등의 식물성 단백질과 함께 차세대 단백질원료로 부각되고 있는 식용곤충 중 밀웬의 조직형성 단백질을 활용한 비육류 대체육을 개발하고 이를 산업화할 수 있는 생산체계를 구축하고자 함.



### 나. 연구개발의 배경

#### ○ 왜 식용곤충인가?

- 세계연합(UN) 식량농업기구(FAO)에서는 2050년 세계 인구가 90억 명을 초과할 것으로 예측하였으며, 이로 인한 식량 수급은 2배 이상 필요하고, 육류생산량은 약 1.5배 증가가 필요할 것으로 예측하였음.
- 인류의 육류섭취량은 1970년 이래 1억톤에서 3억톤으로 증가하였으며, 2050년까지 4.5억톤에 이를 것으로 전망되고 있음.
- 특히, 이와 같은 육류소비량의 증가는 곡물가 상승(Agriflation), 개도국과 중산층의 단백질 수요 증가, 환경오염에 따른 제반 비용 증가로 육류가격의 지속적 상승 할 것으로 판단되며, 차세대 동물 단백질원 발굴이 필요하였고, FAO에서는 2050년 Beef가 '지극히 사치스러운 제품이 될 것'으로 경고하였음.
- 1980년 대비 육류의 가격은 소고기/돼지고기 가격은 300%, 가금류는 200% 상승하였음.

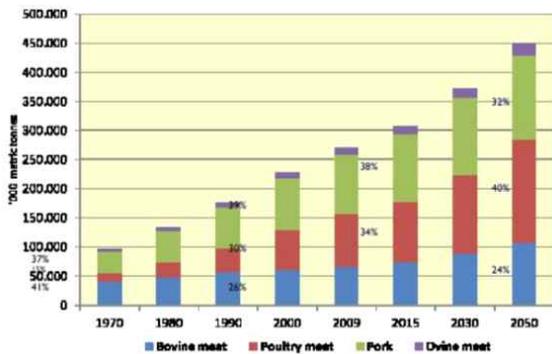


그림 1. 육류섭취 증가량



그림 2. 육류 가격 증가 추이(1980~2015)

- 육류소비량 증가에 따른 축산물 생산량 증가는 대기 환경의 오염도를 증가시키는데 주요 산업별 온실가스 발생량 비교는 가축 생산이 18%로 가장 높고 제조산업 16%, 운송 14%, 에너지 생산 13% 순으로 조사되었으며, 가축의 메탄가스 배출이 이산화탄소가 20배 더 큰 온실효과를 유발하는 것으로 나타났음.
- 또한, 가축사료 생산에 담수의 23%, 경작지의 33%, 세계 토지의 45%를 사용 중이며 사료를 포함하여 곡물 생산을 2050년까지 70%(20억톤->33억톤) 증가가 필요한 것으로 경작지는 7% 증가가 필요

한 것으로 예상 되었음.

- 세계 식량농업기구 FAO는 기존의 가축사육을 대체할 수 있는 적극적인 대안 마련을 요청하였고, 차세대 축산 단백질 대체원으로 식용곤충, 식물성 대체육, 배양육이 해결방안으로 부각 되고 있음.
- 특히, 식용곤충은 타 단백질원과 달리 천연 유래의 신규 축산산업이라는 장점과 단백질 식품의 산업적 이용 조건을 충족한다는 부분에서 장점을 나타내었음.

표 1. 단백질 식품 산업적 이용 조건과 식용곤충(밀웬)

단백질 식품 산업 이용 7가지 조건	항목	밀웬	쇠고기
· 육류 단백질만큼 풍부한 단백질과 영양성분 보유	단백질함량 (g/100g)	50	21
· 사육기간은 짧는데 반해 대량사육 가능	출하일수(일)	90	960 (320개월)
· 유전자변이 등 인공변이가 아닌 친환경적	GMO 여부	X	X
· 사육기간내 물소비량 비교	1kg 생산시 물소비(L)	1,800	22,000 ~43,000
· 사육을 위한 토지 면적 비교	1kg 생산시 토지(m <sup>2</sup> )	20	200
· 사료를 위해 사용되는 곡물소비량	1kg 생산시 사료(kg), FCR	1.7	10
· 인간이 가진 즐거움인 미식을 유지한 식품	관능특성	갑각류 풍미 (특히 새우맛)	肉풍미

- 차세대 단백질원으로 부각 되고 산업적 이용 조건이 장점으로 나타난 식용곤충은 영양학적으로 단백질 함량이 50% 이상으로, 식품으로 섭취해야 하는 필수아미노산을 타 단백질 공급원 대비 충분히 가지고 있어 품질도 우수한 것으로 확인됨.



그림 3. 소고기 대비 단백질, 불포화지방산 함량 비교(100g당)

표 2. 필수아미노산 함량 비교

필수아미노산	식용곤충(밀웬) (g/100)	쇠고기 (g/100)
류신(Leu)	3.54	1.4
아이소류신(Ile)	2.12	0.8
발린(Val)	3.94	0.9
라이신(Lys)	1.63	1.4
메티오닌(Met)	0.42	0.4
히스티딘(His)	3.03	0.6
페닐알라닌(Phe)	1.47	0.7
트레오닌(Thr)	1.62	0.7
트립토판(Trp)	2.57	0.2

- 따라서, 단백질 함량이 높고, 필수 아미노산을 모두 함유하고 있는 식용곤충을 활용한 식품개발이 필요한 실정으로 국내에서는 '식품위생법' 제 7조 1항에 따라 고시된 식용으로 사용할 수 있는 곤충 종으로는 밀웜(갈색거저리 유충), 쌍별귀뚜라미, 메뚜기, 누에, 백강잠, 흰점박이꽃무지, 장수풍뎅이 유충으로 총 7종이 등록되어 있음.

○ 성장하는 대체육 시장

- 대체육이란 식육(소고기, 돼지고기, 닭고기) 유래의 동물성 단백질을 제외한 단백질로 모양과 식감을 식육과 유사하게 만든 제품으로, 콩단백질과 밀단백질 등 식물성 단백질을 주원료로 만든 제품이 대다수를 차지하고 있음.
- 이러한 대체육 시장은 초기 완벽한 채식주의자(비건)들에 대한 식품으로 인식되었으나, 채식주의자들의 식단에 대한 인식변화와 건강에 대한 관심이 증대되면서 동물성 원료가 원인이 되는 대사질환에 대한 대비책으로 대체육이 부각되었음.
- 2015년 세계보건기구(WHO) 산하의 국제암연구기관(IARC)은 육류를 가공한 가공식육인 햄, 소시지, 베이컨, 핫도그 등을 담배나 석면과 같은 발암 유발성이 높은 1군 발암물질로 분류하고, 소고기나 돼지고기 등의 붉은 식육도 암 유발 가능성이 있다고 발표하였으며, 이로 인해 사람들의 식습관에도 변화의 요구도를 증가시켰음.
- 또한, 식육에 대한 위험성을 발표하고 소비자의 인식이 개선되면서 건강한 생활을 영위하기위하여 고기를 대체할 수 있는 식품으로 식사를 구성하고 고기에 대한 비율을 낮춰서 식단을 구성하는 플렉시테리언'flexitarians(Semi-vegetarian)'이 증가하는 추세로 2020년의 트렌드 태그어로 선정되기도 하였음.



그림 4. 플렉시테리언의 기준 및 구분

- 게다가, 육류생산을 위해 소비되는 사료와 물에 비하여 생산되는 육류의 양은 상대적으로 적을 뿐만 아니라, 육류를 생산하기 위한 가축사육시 발생하는 메탄가스, 분뇨 등이 환경오염의 주범으로 분석되어 사람이 먹기 위해 가축을 사육하고 육류를 생산하는 것은 자원 활용에서 비효율적이고 환경에 악영향을 주는 인식이 확대되고 있음.
- 이에 따라, 세계 식량농업기구 FAO는 기존의 가축사육을 대체할 수 있는 적극적인 대안 마련을 요청하였고, 차세대 축산 단백질 대체원으로 식용곤충, 식물성 대체육, 배양육이 해결방안으로 떠오르고 있음.



그림 5. 단백질 대체원 식용곤충(좌), 식물성 대체육(중앙), 배양육(우)

- 대체단백질 또는 대체육 자원으로 떠오르는 소재 중 배양육은 생산성 대비 소비단가가 월등히 높아 현재 이용하기에는 상당히 무리가 있는 것으로 판단되고 있으며, 이에 따라 현재 개발이 가능하고 산업화가 가능한 식용곤충과 식물성 대체육 개발이 활성화되고 있음.
- 두가지의 대체 소재 중 먼저 빠르게 활성화되고 있는 시장은 식물성 대체육 시장으로 콩, 밀, 감자 등의 식물성 원료에서 단백질을 추출하고 이를 다른 비육류 식품원료와 혼합 및 가공하여 고기와 유사한 맛과 질감을 내는 방식임.
- 이러한 대체육 시장은 개발기술의 성장과 육류에 대한 소비증가로 인해 향후 7년간 지속적인 성장이 예측되고 있으며, 대체육의 시장규모는 2016년 39.6억 USD에서 2022년 59.6억 USD로 연평균 6.6%로 성장할 것으로 전망되고 있음.

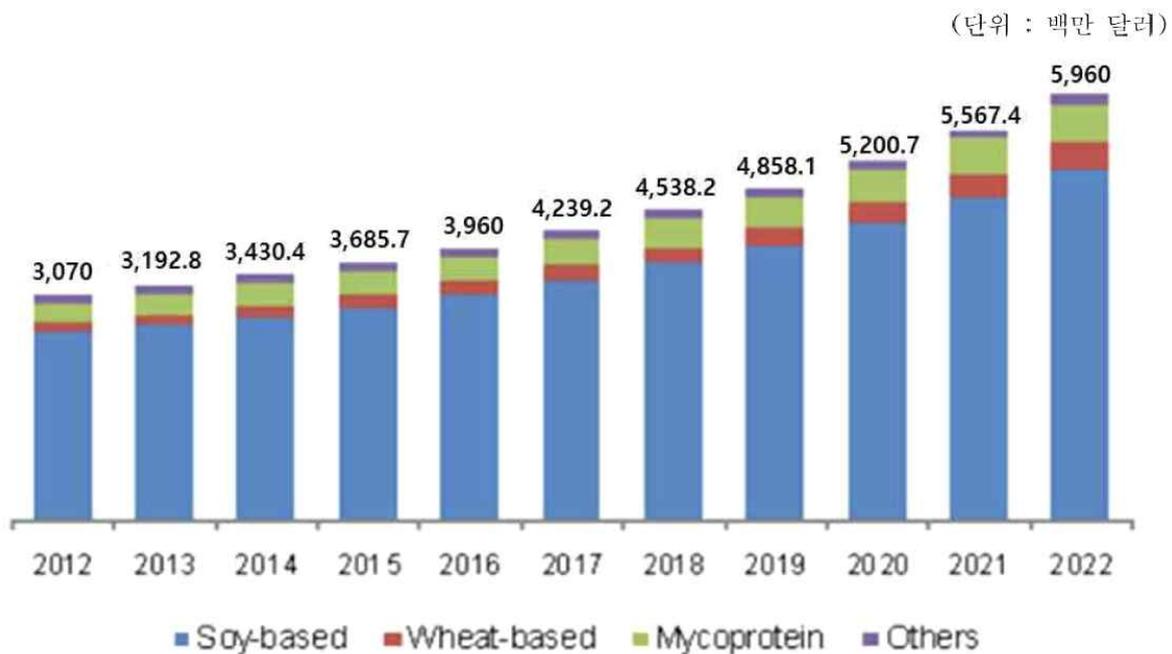
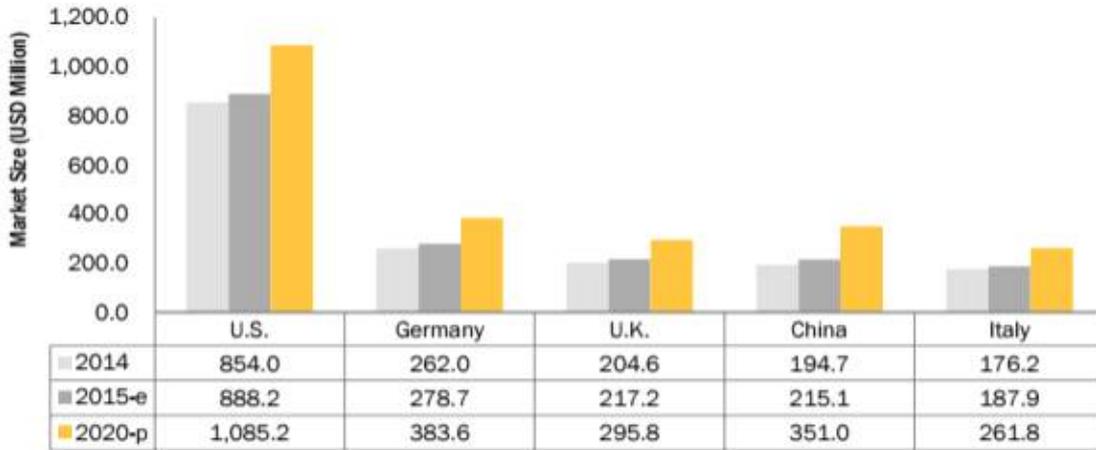


그림 6. 세계 식물성 대체육 시장규모

- 현재 세계 대체육 시장의 주요 단백질원으로는 콩단백질, 밀단백질, 버섯단백질 등이 있으며, 콩단백질을 기반으로 한 제품이 세계 식품 시장의 4~5위를 차지하고 있고, 초기 유럽에서 주도하던 식물성 대체육 시장은 북미와 라틴아메리카의 콩 생산 증대에 따라 북미에서 빠르게 성장하고 있으며, 중국, 인도 등의 경제성장으로 인해 해당지역의 수요도 증가하고 있는 추세임.



Source: Expert Interviews, Government Authorities, Related Research Publications, Government Publications, and MarketsandMarkets Analysis

그림 7. 세계 상위 5개국 대체육 시장 규모(2014년)

○ 곤충 단백질의 변화

- 식용곤충 단백질은 UN 식량농업기구(FAO)에서 건조하여 분말로 섭취할 것을 권고하고 있으나, 곤충을 건조하여 분말로 섭취할 경우 곤충이 가지고 있는 외골격의 키틴질(chitin, cuticle)에 의하여 소화 및 흡수가 저해될 가능성이 있음.
- 그러나, 그동안 곤충의 작은 외형, 외골격(키틴, chitin) 존재, 취급의 난해성으로 인하여 단순건조 및 분말화 소재 개발만 진행되어 시중에 유통되었음.
- 또한, 키틴 등의 외골격을 함유한 분말형성 시 식감이나 반죽형성을 저해하여 최종 완제품 개발에 한계가 있었음.



그림 8. 건조밀웬



그림 9. 건조밀웬 분말

- 따라서, 단순 건조분쇄형의 분말보다 농축, 분리, 가수분해 등의 단백질 추출기술을 통하여 섭취시에 단백질 함량 및 흡수 측면에서 이득을 볼 수 있으며, 다양한 식품에 적용이 가능하다는 점에서도 곤충 소재의 활용도 확장 측면에서 필요한 공정임.
- 본 연구의 주관기관인 (주)케이일 농업회사법인은 이러한 곤충 유래의 소재 개발에 집중하였으며, 밀웬, 귀뚜라미 등의 일반식품으로 인정된 식용곤충 유래의 단백질, 오일 식품소재 개발에 성공하였으며, 산업화 스케일로 발전 중임.



**TMP (Fake Meat) 밀웜조직단백**  
 주원료 테네브리오 밀웜(Tenebrio mealworm)(국내산)  
 특징점 테네브리오 밀웜의 알람의 구성단백질만을 분리하여 조직감을 나타낸 단백질로 민족의 조직감을 부여할 수 있음, 비교적 부드러운 식감으로 무미, 고소한 향기가 남  
 성분함량 단백질 4%  
 적용범위 조직감 부여가 필요한 제품, 대체육 등  
 유통기한 12개월



**TMO(테네브리오 오일, 비정제)**  
 주원료 테네브리오 밀웜(Tenebrio mealworm)(국내산/중국산)  
 특징점 건조 갈색가자리유중(밀웜)을 압착추출하여 만든 밀웜유지 올레산, 리놀레산, 리놀렌산등 불포화지방산 약 75% 이상 함유  
 현재 국제장식품소재등록(OCI) 완료  
 적용범위 과자류, 건강기능식품류, 화장품 등  
 포장규격 500mL, 1, 10, 20 L  
 유통기한 12개월



**HMP-MP(밀웜 단백질-혼합형)**  
 주원료 테네브리오 밀웜(Tenebrio mealworm)(국내산/중국산)  
 특징점 건조 테네브리오 밀웜으로부터 추출한 단백질 액상과 대두단백을 조합하여 건조시킨 수용성 단백질 분말임. 아미, 이황이 없고 조잡력이 높음  
 성분함량 단백질 80% 이상  
 적용범위 셰이크, 과자류, 면류 등 천 테네고리  
 유통기한 12개월



**TMO(테네브리오 오일, 정제)**  
 주원료 테네브리오 밀웜(Tenebrio mealworm)(국내산/중국산)  
 특징점 건조 갈색가자리유중(밀웜)을 압착추출하여 만든 밀웜유지 올레산, 리놀레산, 리놀렌산등 불포화지방산 약 75% 이상 함유  
 현재 국제장식품소재등록(OCI) 완료  
 적용범위 화장품, 건강기능식품류, 식품  
 포장규격 500mL, 1, 10, 20 L  
 유통기한 12개월



**GMP(테네브리오 밀웜박)**  
 주원료 테네브리오 밀웜(Tenebrio mealworm)(국내산/중국산)  
 특징점 건조 테네브리오 밀웜에서 유지를 정제하고 단백질을 함유한 건조밀웜 분말  
 성분함량 단백질 60% 이상  
 적용범위 과자류, 면류 반제품(간식류 등)  
 유통기한 12개월



**HCP(귀뚜라미 단백질분말)**  
 주원료 쌍발귀뚜라미(국내산/중국산)  
 특징점 건조 쌍발귀뚜라미 유래 단백질추출농축액 함유  
 성분함량 단백질 70% 이상  
 적용범위 과자류, 건강기능식품류 등  
 유통기한 12개월



**HMP(테네브리오 단백질분말)**  
 주원료 테네브리오 밀웜(Tenebrio mealworm)(국내산)  
 특징점 건조 테네브리오 밀웜로부터 추출한 단백질 액상을 건조시킨 분말로 수용성 단백질 분말임. 특유의 것과 향기가 있음  
 성분함량 단백질 67% 이상  
 적용범위 과자류, 건강기능식품류 등  
 유통기한 12개월



**EIP-100(아이이프란틴-100)**  
 주원료 쌍발귀뚜라미(국내산/중국산)  
 특징점 건조 쌍발귀뚜라미 유래 단백질추출농축액을 함유한 액상  
 성분함량 단백질 14% 이상  
 적용범위 음료류, 젤리류 등  
 포장규격 1, 3, 5, 10, 15, 20 kg  
 유통기한 12개월

그림 10. 건조밀웜 및 귀뚜라미를 이용한 다양한 단백질, 오일 소재(㈜케일 농업회사법인)

- 그러나, 아직까지 국내외에서 곤충 유래의 단백질을 주원료로 활용한 대체육 소재 및 제품 개발에 성공한 사례는 없으며, 빠르게 형성되고 성장하는 대체육 시장에서 식물성 대체육과 함께 시장을 형성할 수 있는 곤충 유래 단백질의 대체육 제조 기술은 산업의 새로운 트렌드를 선도하고 신규시장을 창출하여 식품의 가공소재 불모지인 국내 현황에서 돌파구가 될 것으로 판단됨.
- 따라서, 본 연구에서는 식용곤충 중 일반식품으로 등재되어 있으며 생산과 가공이 가장 적합한 밀웜 유래의 단백질을 활용하여 대체육 소재 및 제품을 개발하고 이를 규모 확장하여 산업에서 이용하도록 하고자 함.

1-2. 연구개발 대상의 국내외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

✓ 기술 수준 비교

국 내			국 외			
개념정립 단계	기업화 단계	기술 안정화 단계	개념정립 단계	기업화 단계	기술 안정화 단계	
	○			○		
핵심기술	국내수준 (선진국 100 기준)		선진국 기술동향			
			도입기	성장기	성숙기	쇠퇴기
단백질 추출 및 조직화 기술		50	○			
대체육 제조 기술		70			○	
식품적용 제어(풍미, 식감) 기술		60		○		
대체육 산업화 제조 기술		50		○		

국내 대체육 개발 현황

- 국내 대체육 시장은 아직 도입기이며, 식물성 대체육의 구체적인 시장 규모 파악이 어려운 실정임, 그러나 콩고기의 규모를 바탕으로 대체육의 시장규모를 파악할 수 있을 것으로 사료됨.
- 국내 콩고기의 시장규모는 2008년 기준 연간 60~70억 원으로 추정되며, 2020년 2,000억 원 이상 확대될 것으로 예상됨. 콩 단백을 이용한 대체육 소비의 규모가 점차 확대되고 있는 것으로

파악됨. 특히, 2012년 구제역 등의 여파로 콩고기 매출이 200% 가량 성장하였으며 매년 반복되는 축산질병(2020년 아프리카돼지열병)으로 인해 시장이 성장하고 있음.

- 국내 대체육 개발 현황의 경우 식물성 대체육 소재 생산업체가 2개 외에 전무한 상황이며, 식물성 대체육 소재 제품을 생산하는 업체외에는 주로 수입원료(대만 등)를 활용하여 가공제품의 형태로 생산하고 있는 추세임.
- 또한, 국내 대체육 소재 생산업체의 제조 방식의 경우에도 압출성형만을 제조하고 있으며, 제조된 제품도 압출성형 후 건조방식의 제품으로 완제품 제조에 한계성이 있음.
- 현재 국내 대체육 적용 제품의 경우 떡갈비(패티류), 만두, 불고기, 재구성육(너비아니), 크로킷(가스류), 햄, 소시지 등이 있으며, 식감 및 맛 등의 문제 때문에 고기와 대체육 소재를 각각 50% 정도 함유하여 제조하는 형태가 대부분임.
- 국내 주요 대체육 가공 기업으로는 (주)베지푸드, 러빙헛코리아, 비건팜, (주)쏘이마루, 호경테크가 있으며, 2019년 동원F&B에서는 미국 비온드 미트의 제품을 독점적으로 수입하였고, 롯데푸드에서는 식물성 고기 브랜드 '엔네이처 제로미트'를 출시 제품화하였음.
- 이외에도 삼표식품, 바이오제네틱스 등이 식물성 대체육 기술 개발 및 출시 준비중임.

표 3. 국내 식물성 대체육 현황

회사명	대표사진	출처
(주)베지푸드		<a href="http://m.hnsmall.com/goods/view/15114448?trackingarea=60000016^8000762^1082982&amp;wt_seq=1">http://m.hnsmall.com/goods/view/15114448?trackingarea=60000016^8000762^1082982&amp;wt_seq=1</a>
러빙헛코리아		<a href="http://itempage3.auction.co.kr/DetailView.aspx?itemno=B541060686">http://itempage3.auction.co.kr/DetailView.aspx?itemno=B541060686</a>

<p>비건팜</p>		<p><a href="https://m.anews.com/article_sub3.php?number=1239279&amp;type=&amp;mobile=#_enliple">https://m.anews.com/article_sub3.php?number=1239279&amp;type=&amp;mobile=#_enliple</a></p>
<p>(주)쏘이마루</p>		<p><a href="http://prod.danawa.com/info/?pcode=6190096">http://prod.danawa.com/info/?pcode=6190096</a></p>
<p>호경테크</p>		<p><a href="https://post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=8397416&amp;memberNo=401304">https://post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=8397416&amp;memberNo=401304</a></p>
<p>롯데푸드</p>		<p><a href="https://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=83930">https://www.thinkfood.co.kr/news/articleView.html?idxno=83930</a></p>

본 연구의 협동연구기관인 주식회사 케일 농업회사법인은 식용곤충의 식품소재화 연구를 지속적으로 실시하여 단순 건조 곤충부터 추출단백질의 분말화까지 성공하였으며, 이를 일반식품 소재로 보고를 완료하였음.

표 4. (주)케일 보유 밀원 및 귀뚜라미를 활용한 식품소재 목록

번호	품목보고번호	제품명	유형	업체명	사용분류
1	2016002950510	테네브리오 밀원	건물	(주)케일	식품
2	20600295059	테네브리오 밀원 박	분쇄분말		
3	2016002950519	테네브리오 추출액	추출액		
4	2016002950520	테네브리오 농축액	농축액		
5	2016002950521	테네브리오 단백질분말	단백질추출분말		
6	206002950525	테네브리오 오일	오일		
7	2016002950533	이아이프로틴-100	추출가공액		
8	2016002950528	귀뚜라미효소추출액	추출액		
9	2016002950529	귀뚜라미단백추출농축액	농축액		
10	2016002950530	귀뚜라미단백분말	단백질추출분말		

출처: 식품안전나라(foodsafetykorea.go.kr)

○ 시장 현황

국내 식용곤충 현황

- 농림축산식품부는 국내 곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률에 의하여 식품공전에 누에, 백강잠, 벼메뚜기 등록되어 있었으며, 여기에 밀원(갈색거저리 유충)과 쌍별귀뚜라미('16.3.9), 흰점박이꽃무지 유충, 장수풍뎅이 유충('16.12.29)이 추가 등재되었음.
- 또한, 곤충산업 육성 5개년 계획을 2011년부터 1차로 시행하였으며, 2020년 3차 계획을 발표할 예정임.
- 농림축산식품부에서 발표한 '2017 곤충 산업 실태조사 결과' 보고서에 따르면, 전국 곤충생산 농가는 2017년 기준 2,136개소(2016년 1,261개소, 2010년 724개소)이며, 곤충산업 종사자는 3,194명으로 16년 대비 75.4% 증가하였음.
- 그러나 식용곤충 사육농가의 세부현황 결과에 따르면 현재 국내 곤충사육 농가는 해외 수출이 불가능한 흰점박이꽃무지 사육에 집중되어 사육품종이 같고 수출코드(HS CODE)가 같아 해외 수출 가능성이 높은 밀원에 대한 대량생산 시설이 부족한 상황임.



그림 11. 곤충 농가 현황

표 5. 곤충 농가 세부 현황

(단위: 농가-개소, 판매액-억원)

분류	연도	흰점박이 꽃무지	장수 풍뎅이	귀뚜라미	갈색 거저리	사슴벌레	기타	종합
농가 수	16년	814	365	92	242	109	-	1,622
	17년	1195	415	384	282	158	144	2,578
	증가율	47%	14%	317%	17%	45%	-	
판매 액	16년	88	61	18	13	13	32	225
	17년	166	24	56	24	12	64	346
	증가율	89%	-61%	211%	85%	-8%		

출처: 2017 곤충 산업 실태조사 결과, 농림축산식품부(2018)

- '15년 유용곤충산업 시장 규모는 약 3,039억~3,193억 원의 규모로 추정되었으며, 식용곤충은 50~60억 원 수준으로 미미하였으나, 2020년 유용곤충산업 시장 규모는 1.7배 성장한 약 5,363~5,582억 원으로 형성되고, 특히 식용곤충분야는 빠르게 성장하여 1,000억 원 이상 확대될 것을 예상하였음.

○ 경쟁기관 현황

- 이에 지역별 곤충산업의 육성 및 지원에 대한 사항은 지역 곤충자원산업화 센터를 경기, 경북, 경남 등에 건립을 추진하여 곤충산업 발전을 도모하였으며, 특화 분야 연구, 기술보급, 농가 지원 등을 총괄하고 있음.

표 6. 정부 부처 및 지자체별 곤충산업육성정책 추진 사례

시/도 명	정책목표	전략
농식품부	* 제 2차 곤충산업 육성 5개년 실행계획 2020년까지 곤충산업 시장규모 5,000억 원으로 확대	곤충자원의 기존 시장 확대를 위한 최적 지원 체계 구축; 새로운 곤충산업 창출을 위한 R&D 지원; 곤충농가·농업인 성공 모델 발굴, 곤충산업 성과사례 확산
경기도	유용곤충의 고부가가치 산업화 촉진 및 클러스터 구축	비무장지대 유용곤충 사육체계 확립 및 산업화 기술 개발; 대량사육체계와 산업화 연구 추진; 곤충자원의 식·약용 소재화를 위한 산업화 기술 중점 연구개발
강원도	새로운 농산자원인 곤충을 농업분야 신성장 산업으로 육성	곤충자원산업화센터 건립, 곤충 체험생산단지 확대 조성; 곤충체험학습시설 현대화; 사육시설 개선
전라남도	친환경 농산자원인 곤충을 미래 녹색성장산업으로 적극 육성	곤충 생산시설 현대화; 안정적 유통체계 구축; 전문인력 육성; 생태공원조성; 관광자원화; 곤충소재활용 연구개발
전라북도	체험학습 및 약용·생태 곤충산업 육성을 통한 부가가치 창출	부안곤충농장영농조합 중심의 곤충산업단지 조성; 곤충사육 연계 친환경농업단지 조성; 약용곤충 대량 생산기술 개발 및 신물질 개발
경상북도	곤충산업 복합단지 조성으로 국내 곤충산업의 허브기능 수행	곤충 관련 연구개발 및 산업화기능; 체험·교육 기능을 수행하는 곤충산업 복합단지(콤플렉스) 조성 추진; 곤충의 관광상품화 및 지역 축제 연계, 예천곤충바이오엑스포 개최; 세계 곤충학회 총회유치
경상남도	곤충산업 시장 점유율 확대 및 농촌지역 새로운 블루오션 개척	곤충농가 시설지원 및 사육규모 확대; 사육·가공·유통분야 기술교육 지원 및 산업인프라 구축; 농촌교육 및 체험형 프로그램 발굴; 경남곤충산업진흥회 구성; 천적곤충사업추진
충청남도	잠사산업의 생명·건강산업화, 친환경 해충방제, 곤충체험관광산업화	농촌관광 연계 청정양잠단지 조성; 잠사산업의 생명·건강사업화 추진; 천적 활용 해충방제사업 및 사계절 곤충체험시설 활성화

- 국책연구과제 기준 곤충의 식품소재화 관련 연구는 농촌진흥청에서 다수 이루어졌으며, 이는 식용곤충 식품원료 등록확대 및 대량생산기술 개발, 식용곤충을 이용한 식품 소재화 및 가공기술 개발, 곤충유래 기능성 물질을 이용한 화장품 및 의약소재 개발, 실크를 활용한 의료용 신소재 개발, 단백질을 이용한 3D 프린팅 소재 개발 및 임상 실험으로 나타남.

## ○ 지식재산권 현황

### 국내·외 특허 관련 현황

- 본 과제에 핵심 키워드인 곤충을 이용한 대체육 특허를 검색하였으며, 검색 범위는 3국(미국, 일본 및 한국)의 선행기술을 분석하였음.
- 검색결과 총 67건의 연관 특허가 검색되었으며, 이를 통해 지식재산권 현황을 분석하였음.

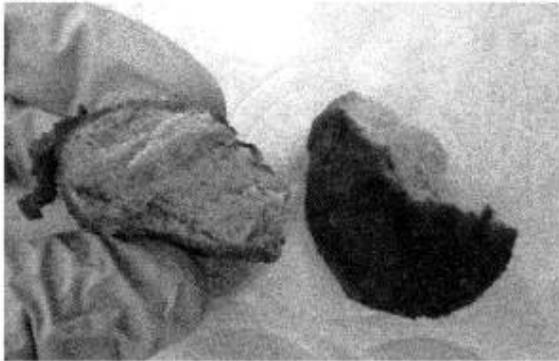
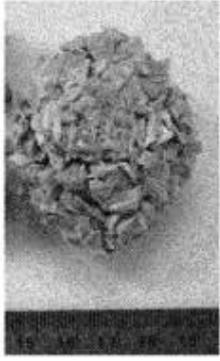
표 8. 식용곤충을 활용한 대체육 관련 특허(1)

No. 01	KR 특허	IPC A23 식품/식음료
출원번호	10-2019-0057010	
출원일	2019년 05월 15일	
발명의 명칭	식용곤충을 이용한 간식 및 이의 제조방법	
출원인	주식회사 친한에프앤비	
발명의 목적	식용곤충을 가공 원료육 및 부재료와 함께 가공하여 영양 및 효능이 우수한 간식을 제공하며, 별도의 식품보존제 없이도 장기간 유통이 가능한 식용곤충을 이용한 간식 및 이의 제조방법을 제공하는 데 그 목적이 있음.	
기술 구성	<p>식용곤충을 이용한 간식 제조방법에 있어서,  원료육을 분쇄하는 원료육 분쇄단계;  상기 분쇄된 원료육을 염지하여 가공원료육을 제조하는 원료육 염지단계;  가공식용곤충을 준비하는 식용곤충 준비단계;  상기 가공원료육, 가공식용곤충 및 부재료를 혼합하여 혼합육을 제조하는 혼합단계;  상기 혼합육을 가공하는 가공단계;  상기 가공된 혼합육을 1차 냉각하는 제1 냉각단계;  상기 1차 냉각된 혼합육을 내포장하는 내포장단계;  상기 내포장된 혼합육을 살균하는 살균단계;  상기 살균된 혼합육을 2차 냉각하는 제2 냉각단계 및  상기 2차 냉각된 혼합육을 외포장하는 외포장단계를 포함하고,  상기 원료육은 돼지고기, 닭고기, 소고기, 양고기, 오리고기, 캥거루고기, 말고기 중 하나를 포함하며,상기 가공식용곤충은 벼메뚜기 40 내지 50중량부 및 쌍별귀뚜라미 50 내지 60중량부를 포함하는 식용곤충을 이용한 간식 제조방법.</p>	
효과	본 발명은 식용곤충을 이용한 간식 및 이의 제조방법에 의하면, 높은 단백질 함량을 가지는 가공식용곤충을 가공원료육 및 부재료와 함께 가공하여 영양 및 효능이 우수한 간식을 제공할 수 있음.	

표 9. 식용곤충을 활용한 대체육 관련 특허(2)

No. 02	KR 특허	IPC A23 식품/식음료																				
출원번호	10-2017-0085647																					
출원일	2017년 07월 05일																					
발명의 명칭	갈색 거저리를 함유하는 압출성형 인조육																					
출원인	공주대학교 산학협력단																					
발명의 목적	<p>본 발명은 갈색거저리의 첨가량과, 수분함량, 사출구 온도를 조절하여 영양면과 조직감, 그리고 저장 안정성과 맛이 개선된 압출성형 인조육을 제공하고자 하였음.</p>																					
기술 구성	<div style="text-align: center;"> <table border="1"> <caption>Bar Chart Data: TBARS (mg/kg) vs 갈색거저리 함량(%)</caption> <thead> <tr> <th>갈색거저리 함량(%)</th> <th>140°C (M.C 40%)</th> <th>140°C (M.C 50%)</th> <th>150°C (M.C 40%)</th> <th>150°C (M.C 50%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>~62 (c)</td> <td>~60 (d)</td> <td>~68 (a)</td> <td>~64 (b)</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>~42 (g)</td> <td>~40 (h)</td> <td>~48 (e)</td> <td>~46 (f)</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>~25 (k)</td> <td>~22 (l)</td> <td>~30 (j)</td> <td>~28 (i)</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>1.기본배합재료 70 중량% 및 갈색 거저리 분말 30 중량%을 포함하는 혼합 분말 100 중량부를 기준으로,                  2.물 40 중량부를 혼합하여 제조한 반죽 혼합물을 140°C의 사출구 온도 조건으로 압출 성형하는 단계를 포함하며,                  3.상기 기본배합재료는 자체 중량을 기준으로 탈지대두분 65 중량%, 분리대두단백 25 중량% 및 옥수수 전분 10 중량%로 구성되는 것을 특징으로 하는 압출성형 인조육의 제조 방법.</p>		갈색거저리 함량(%)	140°C (M.C 40%)	140°C (M.C 50%)	150°C (M.C 40%)	150°C (M.C 50%)	0	~62 (c)	~60 (d)	~68 (a)	~64 (b)	15	~42 (g)	~40 (h)	~48 (e)	~46 (f)	30	~25 (k)	~22 (l)	~30 (j)	~28 (i)
갈색거저리 함량(%)	140°C (M.C 40%)	140°C (M.C 50%)	150°C (M.C 40%)	150°C (M.C 50%)																		
0	~62 (c)	~60 (d)	~68 (a)	~64 (b)																		
15	~42 (g)	~40 (h)	~48 (e)	~46 (f)																		
30	~25 (k)	~22 (l)	~30 (j)	~28 (i)																		
효과	<p>본 발명의 압출성형 인조육은 갈색 거저리 분말을 함유하여 단백질이 강화되면서도 동물성 콜레스테롤이 함유되지 않았으며, 조직감과 풍미가 우수한 제품을 제조할 수 있음.</p>																					

표 10. 식용곤충을 활용한 대체육 관련 특허(3)

No. 03	US 특허	IPC A23 식품/식음료
출원번호	10-2017-0085647	
출원일	2017년 07월 05일	
발명의 명칭	갈색 거저리를 함유하는 압출성형 인조육	
출원인	SUSTAINABLE BIOPRODUCTS, INC.	
발명의 목적	진균류가 생성하는 단백질 성분의 바이오 필라멘트를 이용하여 식용 가능한 대체육을 제조하는데 목적이 있음.	
기술 구성	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>A</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>B</b></p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">본 발명은 식용 가능한 진균류에서 생성된 바이오 필라멘트로서, 상기 바이오 필라멘트는 길이 또는 형태와 상관없이, 바이오 필라멘트의 집합체로서 식용 진균류에서 분리된 것을 특징으로 함.</p>	
효과	귀뚜라미, 버섯등에서 유래된 진균류에서 생성된 균사를 이용하여 식용가능한 대체 육을 제조할 수 있음.	

- 식용곤충을 이용한 대체육 선행기술의 정성분석 결과, 한국은 식용곤충을 첨가제로 하여 풍미 또는 단백질 함량을 높이는 특허가 대부분이었음.
- 미국의 경우 식용곤충의 단백질을 이용한 균사를 사용하여 대체육을 제조하였음.
- 분석된 특허 모두 식용곤충을 주재료로 사용하고 있지 않아, 식용곤충을 활용한 대체육으로 보기 어려움. 또한, 제조방법이 복잡하여 상용화하기 어려운 단점이 존재함.
- **상기와 같은 이유로 제조 공정이 단순하며 식용곤충을 주재료로 하는 대체육 개발이 필요할 것으로 판단됨.**

## 나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

### ○ 기술현황

- 세계적으로 식용곤충과 관련된 기술을 주도하고 있는 기업은 프랑스의 Ynsect사와 미국의 Aspire, 네덜란드의 Proti-Farm이 대표적으로 주로 식용곤충 산업의 초기 단계인 노동집약적인 생산을 탈피하고 대량생산 기술개발을 통하여 원물을 확보하고 식품, 사료, 화장품 등의 소재화 개발을 추진하고 있음.
- 프랑스의 Ynsect사의 경우 2015년부터 밀웜사육을 위한 스마트팜을 구축하여 운영 중에 있으며, 해당 생산시설은 자동화 설비를 통해 생산성 및 상품 품질을 최적화하고 있음. 또한 2019년 30톤/월의 생산을 할 수 있으며, 증설계획이 있음. Ynsect사에서는 자동화 생산을 통하여 총 4가지의 소재를 생산하고 있는데, 아직까지 식품 등재된 소재는 없으며 사료용 소재로 분류되어 있음.

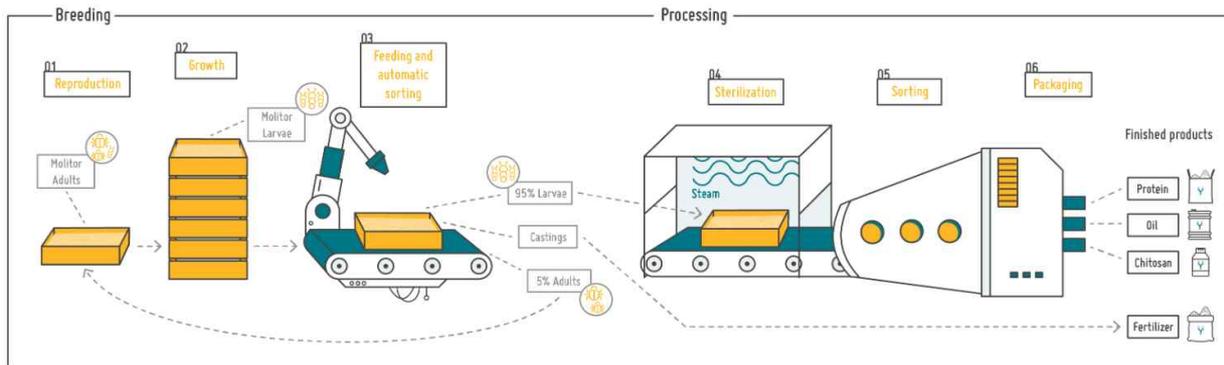


그림 12. Ynsect사 제조공정 및 소재화

- 네덜란드 Proti-farm사에서는 렛서밀웜을 주력품종으로 대량생산기술을 보유하고 있으며, 대량 사육 및 가공기술을 바탕으로 사용한 식품소재 및 완제품을 제조연구하고 있고, 캐나다의 C-fu사를 통하여 기술이전을 받고 각 분류별 식품개발을 진행하고 있음.
- 특히, Proti-farm사에서는 2019년 12월 공식적인 인터뷰를 통해 렛서밀웜(작은밀웜종)을 활용한 "tofu" 라는 곤충가공육 개발에 성공하였음을 공표하였으며, 시장에 곧 출시할 수 있을 것으로 나타났다.



Photo credit: Protifarm

## Protifarm raises Series B to scale robot-grown beetle “tofu”

December 12, 2019 Jessica Pothering

Insect farming companies have closed a few big venture rounds in the past 18 months: France’s Ynse South Africa’s AgriProtein, Canada’s Enterra. What th all have in common is that they’re in the business of producing high-quality protein to feed the protein sources humans consume, like feed for fish or poultry farms.

그림 13. Proti-farm사 공장확장 및 “tofu” 개발 발표



- BUFFALO ALPHITOBIUS DIAPERINUS
- 35+ YEARS OF BREEDING KNOWLEDGE
- SUITABLE FOR MASS PRODUCTION
- UNMATCHED REPRODUCTION RATE
- FULL CONTROL OF PROCESS
- RESILIENT AGAINST DISEASE

그림 14. Proti-Farm사 대량생산

### ○ 시장현황

#### 국외 식용곤충 현황

- 2012년부터 세계 각국에서 식용곤충을 적극 수용하고 관심이 꾸준히 증가하여 2015년 3,300만 달러 이상의 시장규모를 형성하였으며, 향후 2023년까지 연평균 40% 이상 성장할 전망이다.
- 아시아의 주요 시장은 태국, 중국, 베트남, 유럽에서는 영국, 벨기에, 프랑스와 네덜란드, 남아메리카에서는 브라질과 멕시코가 가장 큰 시장으로 소비형태는 곤충의 원형 자체이거나 분말형태가 많고 에너지(단백질)바나 다른 스낵류의 가공제품으로서 주로 소비되고 있음.
- 유럽 내 프랑스에서는 곤충으로부터 175개의 신물질 연구 수행 중이고, 벨기에도 유럽국가 중 최초로 곤충 10종의 식용판매를 허용했으며 태국, 프랑스, 호주, 멕시코 등의 국가에서도 식용곤충 산업을 미래의 중요한 산업으로 지정하였음.

○ 경쟁기관현황

- 곤충산업의 선두적인 기업으로는 Ynsect(프랑스), HaoCheng Mealworm Inc(중국), Proti-Farm(네덜란드), Chapul Inc(미국), Eat Grub(영국), Bitty Foods(미국), Micronutris(프랑스), HISO(태국), Thailand Unique(태국) 등이 있음.



그림 15. 세계 식용곤충 대표 기업 현황

- 특히, 미국은 식용곤충 제품화가 활발히 이루어지고 있는 국가로서 귀뚜라미로 만든 에너지바로 유명한 EXO, 차풀(Chapul), C-fu, 비티푸드 등을 포함한 다수의 식용곤충을 활용한 식품제조 업체가 있는 것으로 보고되고 있음.

업체명	제품	특징
차풀(Chapul)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유타주에서 5명의 동업자가 모여 만든 귀뚜라미(Cricket) 식품 전문회사로 2015년 미국 에너지바 시장 선두를 차지함</li> <li>• 온·오프라인 채널을 통해 적극적인 판로 개척</li> </ul>
엑소(Exo)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차풀의 경쟁업체로 귀뚜라미 단백질 바를 제조하며, 전 세계 클라우드 펀딩 사례로 유명함</li> </ul>
식스푸드(Six Foods)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 귀뚜라미 스낵을 생산하며 귀뚜라미, 쌀, 콩을 원료로 'Chirps'라는 칩을 개발함</li> <li>• 2015년부터 바비큐, 씨솔트, 체다치즈 맛을 선보이고 있음</li> </ul>
비티 푸드(Bitty Foods)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 유명 셰프인 Tyler Florence를 총괄책임자로 고용하여 귀뚜라미 파우더를 활용한 쿠키 등을 생산해 온라인으로 판매함</li> </ul>
넥스트 밀레니엄 팜(Next Millenium Farms)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 캐나다 온타리오에 본사를 두고 식용곤충 원스톱 상점(One-stop shop)을 운영하고 있음</li> </ul>
호퍼푸드(Hopper Foods)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식스푸드와 같이 클라우드 펀딩의 성공을 통해 성장한 업체로 식용곤충과 다양한 식품을 조합해 에너지바를 만들어 판매하고 있음</li> </ul>
식용곤충 푸드트럭(Food truck at UConn)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 코네티컷 대학 내 운영되는 푸드트럭에서 식용곤충을 판매함</li> </ul>
어스파이어 푸드 그룹(Aspire Food Group)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2012년 McGill 대학의 5명의 MBA 학생에 의해 시작된 기업으로 소셜펀딩을 통해 농장을 설립해 식용곤충을 생산하고 있음</li> </ul>
씨푸푸드(C-fu foods)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2014년 미국에서 시작한 씨푸푸드는 곤충을 분말화하기도하고 단백질을 추출하여 식품을 제조하는 곤충 전문 가공 기업임</li> </ul>
멀씨 메르카도(Merci Mercado)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 멕시코에 위치하면 미국 마이애미에도 진출하고 있는 멀씨는 건조메뚜기를 가공하여 스낵류를 제조하여 판매하고 있음</li> </ul>

그림 15. 미국 내 식용곤충 제조 기업 현황

○ 지식재산권현황

국내·외 특허 관련 현황

- 본 과제에 핵심 키워드인 곤충을 이용한 대체육 특허를 검색하였으며, 검색 범위는 3국(미국, 일본 및 한국)의 선행기술을 분석하였음.
- 검색결과 총 67건의 연관 특허가 검색되었으며, 이를 통해 지식재산권현황을 분석하였음.

표 11.. 대체육 선행기술표

제목	출원인	국가
곤충 분말을 이용하여 육류를 대체한 반려동물용 사료	박기환	KR
식용곤충을 이용한 간식 및 이의 제조방법	주식회사 친한에프앤비	KR
반려동물용 기능성 습식사료 및 이의 제조방법	이대균	KR
갈색 거저리를 함유하는 압출성형 인조육	공주대학교 산학협력단	KR
곤충 분말을 이용한 인조고기	에이치엠오건강드림영농조합법인	KR
갈색거저리 유충을 이용한 선식의 제조방법	우석대학교 산학협력단	KR
해초 죽 및 이의 제조방법	농업회사법인 유한회사만수	KR

식용곤충을 이용한 빵튀기 및 이의 제조방법	김동희	KR
식용곤충을 이용한 곤충육포의 조성물 및 제조방법	김동희	KR
식용곤충을 이용한 곤충육포의 조성물 및 제조방법	김동희	KR
압출성형 인조육을 이용한 발효물의 제조 방법 및 이에 의해 제조된 발효물	공주대학교 산학협력단	KR
식용 곤충 오일이 함유된 떡갈비 및 그 제조방법	고영옥	KR
꿀 만드는 방법	김한식	KR
꿀 만드는 방법	김한식	KR
식용곤충을 이용한 웰빙 곤충고기 제조방법	주식회사 농업회사법인 비티바이오	KR
식용 곤충을 이용한 구이의 제조방법 및 이에 의해 제조된 식용 곤충을 이용한 구이	최정미	KR
갈색거저리를 포함하는 왕지네 사육용 사료 조성물 및 이를 이용한 왕지네 대량생산을 위한 인공 사육방법	대한민국(농촌진흥청장)	KR
식용 가능한 캡슐형 스프 포장체	이석진	KR
왕귀뚜라미 추출물을 함유하는 염증성 장질환의 예방 또는 치료용 조성물	대한민국(농촌진흥청장)	KR
갈색거저리 추출물을 함유하는 탈모방지 또는 발모촉진용 조성물	대한민국(농촌진흥청장)	KR
땅강아지 추출물을 함유하는 염증성 장질환의 예방 또는 치료용 조성물	대한민국(농촌진흥청장)	KR
갈색거저리를 이용한 곤충고기 조성물 및 이의 제조방법	대한민국(농촌진흥청장)	KR
발효주의 제조방법	송상민	KR
발효식초의 제조방법	송상민	KR
미생물 발효음료의 제조방법	송상민	KR
흑 닭갈비	장봉이	KR
먹을 수 있는 가공된 육류	THE CURATORS OF THE UNIVERSITY OF MISSOURI	KR
갈색거저리를 함유한 사료첨가제 및 이를 이용한 기능성 사료	경상대학교산학협력단	KR
개인 맞춤형 물품구매 및 식단추천 서비스 제공방법	한국 한의학 연구원	KR
방법	DUPONT NUTRITION BIOSCIENCES APS	KR
닭시용 전자기기와 가짜먹이	이은재	KR
닭가슴살 음료 조성물	권순용	KR
관상어 사료제조 공법	송현	KR
귀뚜라미가 함유된 사료조성물	다농내츄럴(주)	KR
귀뚜라미 사료조성물을 이용하여 오메가-3 계열 지방산이함유된 육계 생산 방법	다농내츄럴(주)	KR
가공 식용고기 (加工食用肉)	ザ キュレイターズ オブ ユニバーシティ オブ ミズーリ	JP
安全・安定なプラズマローゲンとその製剤及び認知症の未病状態の判定方法	UMEDA JIMUSHO:KK	JP
プロフェノールオキシダーゼ・システムを活性化させる蛋白質及びこれをコーディングする遺伝子	YUHAN CORP	JP
고기 베이스 식품의 콜레스테롤을 감소시키고 지방 안정성을 향상시키기 위한 방법 (方法)	DUPONT NUTRITION BIOSCIENCES APS	JP
UPCYCLING SOLID FOOD WASTES AND BY-PRODUCTS INTO HUMAN CONSUMPTION PRODUCTS	USARIUM INC.	US
UPCYCLING SOLID FOOD WASTES AND BY-PRODUCTS INTO HUMAN CONSUMPTION PRODUCTS	USARIUM INC.	US
EDIBLE FOODSTUFFS AND BIO REACTOR DESIGN	S U S T A I N A B L E BIOPRODUCTS, INC.	US
METHOD AND DEVICE FOR DISINFECTION AND/OR PURIFICATION OF A PRODUCT	VITABEAM LTD	US
COMPOSITIONS WITH INCREASED WET STRENGTH AND METHODS OF MANUFACTURE	RAYMOND M. ROBERTSON	US
PROCESS	DUPONT NUTRITION BIOSCIENCES APS	US

ENGINEERED COMESTIBLE MEAT	THE CURATORS OF THE UNIVERSITY OF MISSOURI	US
METHOD OF STABILIZING A SCORPION FOR STORAGE AND DISTRIBUTION IN A NOVELTY DRINK FORM	KENNETH TURNER	US
ENGINEERED COMESTIBLE MEAT	THE CURATORS OF THE UNIVERSITY OF MISSOURI	US
MINI SPACE FARM-A FOOD REGENERATIVE SYSTEM IN THE LONG-TERM SPACE MISSION	MAO ZHANG	US
PROCESS	LIV SPANGNER CHRISTIANSEN	US
PROTEINS ACTIVATING PRO-PHENOLOXIDASE SYSTEM AND GENES ENCODING THE SAME	YUHAN CORPORATION	US
SWIFTLETS FARMING FOR PRODUCTION OF EDIBLE BIRD'S NESTS	YIK HEI SIA	US
PRODUCT AND PROCESS OF FORMING A FOOD PRODUCT	FORREST LUTHER COCKERUM	US
AVIAN FEED	GLEN AXELROD S.	US
GELLED FOODSTUFF FOR AQUATIC ANIMALS	WARNER-LAMBERT COMPANY	US
CARNITINE SUPPLEMENTED FINISHING PIG DIET	UNIVERSITY OF GEORGIA RESEARCH FOUNDATION, INC.	US
UPCYCLING SOLID FOOD WASTES AND BY-PRODUCTS INTO FOOD-GRADE NUTRITIONAL PRODUCTS	USARIUM INC.	US
ORAL OR ENTERAL NUTRITIONAL COMPOSITIONS AND PROCESS OF MANUFACTURING THE SAME	ORGALIFE NUTRITION SCIENCE COMPANY LIMITED	US
SUGAR CANE EXTRACTS FOR USE IN ANIMAL FEEDS	THE PRODUCT MAKERS (AUSTRALIA) PTY LTD	US
EDIBLE COMPOSITION WITH FILAMENTOUS FUNGI AND BIOREACTOR SYSTEM FOR THE CULTIVATION THEREOF	S U S T A I N A B L E BIOPRODUCTS, INC.	US
ANTI-BACTERIAL LIQUID FOOD CLEANSING SOLUTION	WAFI INDUSTRIES B.V.	US
ENGINEERED COMESTIBLE MEAT	THE CURATORS OF THE UNIVERSITY OF MISSOURI	US
THE MINI SPACE FARM-A FOOD REGENERATIVE SYSTEM IN THE LONG-TERM SPACE MISSION	ZHANG, MAO	US
PROCESS	DANISCO A/S	US
PROTEINS ACTIVATING PRO-PHENOLOXIDASE SYSTEM AND GENES ENCODING THE SAME	YUHAN CORPORATION	US
AVIAN FEED	T.F.H. PUBLICATIONS, INC.	US
CARNITINE SUPPLEMENTED FINISHING PIG DIET	UNIVERSITY OF GEORGIA RESEARCH FOUNDATION, INC.	US

- 곤충을 이용한 대체육 특허는 1990년부터 현재까지 꾸준히 출원되고 있으며, 특히 2009년 이후 광우병, 돼지 열병 등의 가축전염병이 국제적인 이슈로 대두된 2009년부터 출원건수가 급격하게 증가함.
- 이러한 동향으로 볼 때, 곤충을 이용한 대체육에 대한 관심은 과거부터 현재까지 꾸준히 존재하였으며, 최근 여러 이슈들로 인해 해당 시장이 급속도로 성장하고 있음을 알 수 있음.

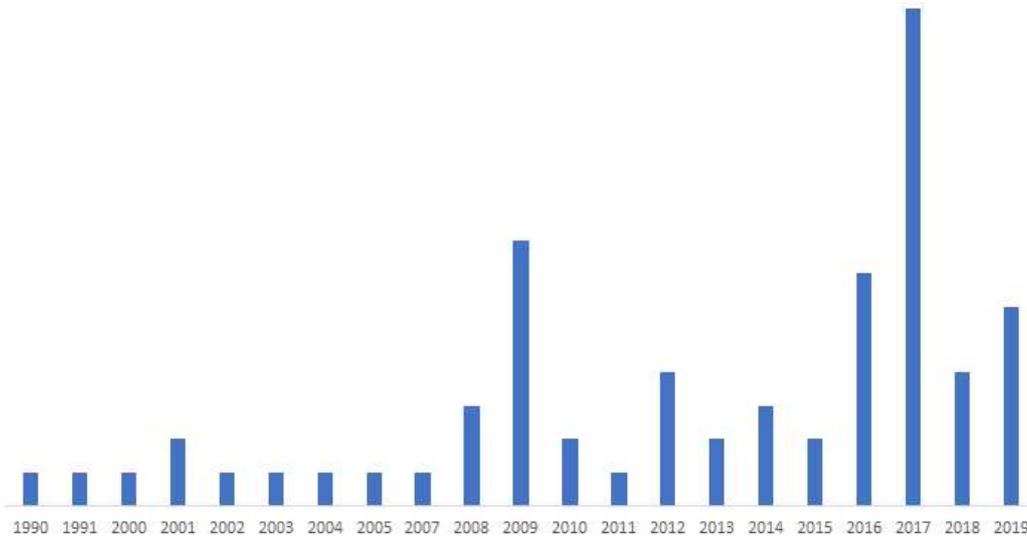


그림 15. 연도별 출원 동향

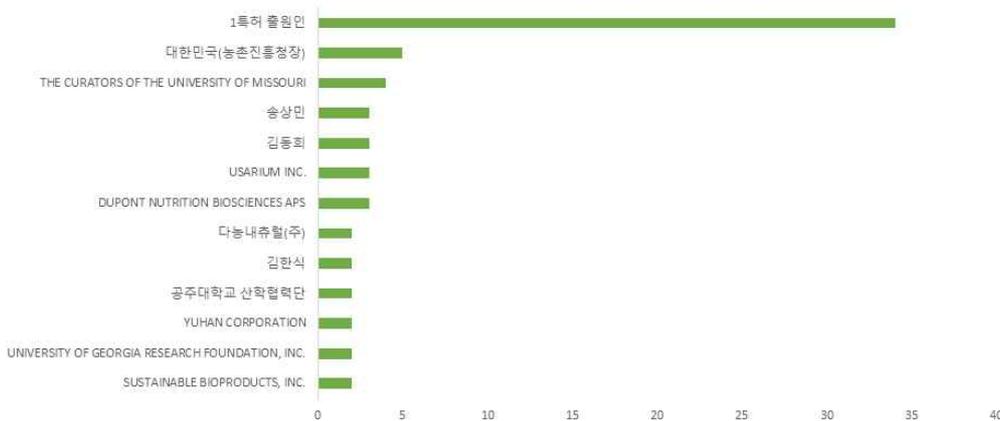


그림 16. 특허3국 출원동향

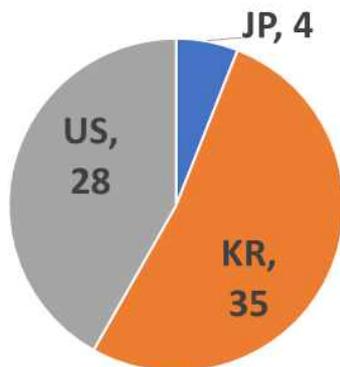


그림 17. 특허3국 출원동향

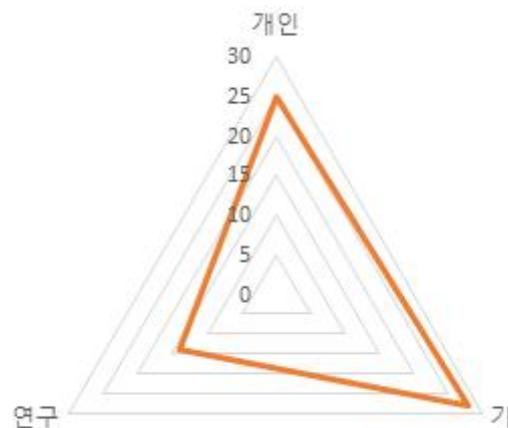


그림 18. 특허3국 출원동향

- 출원국가는 한국 35건, 미국 28건 마지막으로 일본 4건으로 나타났으며, 이는 한국, 미국이 식용곤충 산업이 발달되어 식용곤충을 활용한 대체육 기술도 함께 성장한 것을 알 수 있음.
- 최다 출원인은 한국의 농촌진흥청으로 나타났으며, 이는 한국 곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률 등과 같은 정부의 지원으로 해당 분야에서 크게 성장했음을 알 수 있음.
- 특허권 비율은 기업과 개인이 대부분을 차지하고 있으며, 미국의 경우 기업출원인이 90% 이상을 차지하였음.
- 이는, 향후 매출로 이어질 수 있는 시장성이 높아 기업에서 적극 투자하고 있는 것으로 보여짐.

## 2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

### 2-1. 연구개발의 목표 및 내용

#### 가. 최종목표

	내용
최종목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 밀웜을 유래 단백질을 활용한 대체육 및 제품화 공정 개발</li> <li>- 밀웜 유래 단백질을 활용한 대체육 제조기술 개발</li> <li>- 밀웜 유래 단백질을 활용한 대체육 제품 제조공정 개발</li> </ul>

#### 나. 세부목표

	내용
세부목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 밀웜 유래 단백질의 조직화 물성 기술 개발 및 제형화 기술 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 밀웜 유래 단백질의 조직형성 기술 개발</li> <li>- 밀웜 유래 단백질의 조직형성을 위한 결착제 선정 및 특성평가 : 종류별, 첨가량별 수분결착도 및 이화학적 특성 변화</li> <li>- 밀웜 유래 조직단백질의 대체육 조직화 기술 확립(분쇄형, 패티형)</li> </ul> </li> <li>○ 밀웜 유래 조직단백질 제품화 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 밀웜 유래 단백질 내 Meat flavor 생산을 위한 전구물질 탐색 및 reaction flavor 생산을 위한 공정 최적화</li> <li>- 대체육의 색상 및 육즙 재현을 위한 첨가원료 확보(heme protein, 천연색소, 비육류 식품원료)</li> <li>- 대체육 각 제형별 meat flavor 생성 및 첨가원료 최적배합비 개발</li> </ul> </li> <li>○ 밀웜 유래 대체육 Scale-up 공정 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최소 100kg/회 이상 생산가능한 스케일업(Scale-up) 생산공정 개발</li> <li>- 제품 스케일업에 따른 품질표준화 공정 확립</li> </ul> </li> </ul>

#### 다. 연차별 개발목표 및 내용

##### <1차년도>

##### ○ 연구개발 목표

연구개발의 목표	[ 1차년도 ] 연구개발 내용 및 범위
[주관연구기관] (주)케일 농업회사법인  밀웜 유래 단백질을 활용한 대체육 및 제품화 공정 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 밀웜 유래 단백질의 조직화 물성 기술 개발 및 제형화 기술 확립               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 밀웜 유래 단백질의 조직형성 기술 개발</li> <li>- 밀웜 유래 단백질의 조직형성을 위한 결착제 선정 및 특성평가 : 종류별, 첨가량별 수분결착도 및 이화학적 특성 변화</li> <li>- 밀웜 유래 조직단백질의 대체육 조직화 기술 확립(분쇄형, 패티형)</li> </ul> </li> <li>② 밀웜 유래 조직단백질 제품화 기술 개발               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 밀웜 유래 단백질 내 Meat flavor 생산을 위한 전구물질 탐색 및 reaction flavor 생산을 위한 공정 최적화</li> <li>- 대체육의 색상 및 육즙 재현을 위한 첨가원료 확보(heme protein, 천연색소, 비육류 식품원료)</li> <li>- 대체육 각 제형별 meat flavor 생성 및 첨가원료 최적배합비 개발</li> </ul> </li> </ul>

연구개발의 목표	[ 1차년도 ] 연구개발 내용 및 범위
	<p>- 제품별 성분분석 및 이화학적 품질특성 분석</p> <p>③ 밀웬 유래 대체육 Scale-up 공정 개발</p> <p>- 최소 100kg/회 이상 생산가능한 스케일업(Scale-up) 생산공정 개발</p> <p>- 제품 스케일업에 따른 품질표준화 공정 확립(Texture, 수분, 염도 등)</p> <div style="text-align: center;"> <p>The diagram illustrates a five-step process for developing a scale-up production process for insect-derived meat.   <b>1. 밀웬 원료 준비</b> (Preparation of insect raw materials): Insect raw materials are prepared, including tasks like insect production preparation and quality analysis.   <b>2. 조직단백 추출</b> (Extraction of water-soluble protein): Water-soluble protein is extracted from the insect raw materials, with tasks including extraction and chemical quality analysis.   <b>3. 물성부여(색, 맛)</b> (Addition of color and flavor): The extracted protein is combined with color and flavor additives.   <b>4. 제품화</b> (Product development): Two paths are shown:   - <b>밀웬유래 대체육(분쇄형)</b> (Insect-derived meat (powder)): Tasks include product development and quality management.   - <b>밀웬유래 대체육(패티형)</b> (Insect-derived meat (patty)): Tasks include product development and quality management.   <b>5. 스케일업 및 유통</b> (Scale-up and distribution): The process moves to scale-up production (100kg/lot) and quality management, leading to product distribution through various channels like CJ and CJ Mart.</p> </div>

○ 사업화 전략

구분	전략 항목	세부내용
사업화 전략	대체육 식자재 제품	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 케일 주식회사 (당사) 분쇄형/패티형 식자재 방식으로 포장하여 온라인/식당/식자재 마트 등에서 판매</li> <li>2. CJ, 대상, 오뚜기, 농심 등 기업에 식자재 판매하여 기존제품에 첨가 후 제품화하여 판매</li> </ol>
	대체육 완제품	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 케일 주식회사 (당사) 다양한 제품 출시하여 사업화 진행 (다이어트 패티형제품, 간편식조리 패티형 제품, 컵밥 및 덮밥 간편식 제품 등)</li> </ol>
최종	사업화	매출 발생

○ 제품화에 대한 구체적인 전략

구분	전략 항목	세부내용
1차년도 (2020.04~ 2021.03)	제품개발 과정	1. 밀웜 유래 단백질의 조직형성 기술 확립 2. 대체육 색상 및 육즙재현 첨가원료 확보 및 최적 배합비 개발 3. 분쇄형, 패티형 제품 개발 완료 4. 유통기한 설정 5. 유통기한의 설정사유서 도출 (품목허가보고)
	생산 공정 확립	1. 연구실 스케일 생산 공정 설정 2. 시생산을 통해서 생산 공정 개선 3. 본 생산 하여 생산 공정 확보 4. 제조방법설명서 도출 (품목허가보고)
	공인기관 성적서 발급	1. 품목허가보고에 필요한 공인기관 성적서 발급
	포장방식 및 디자인 설정	1. 식자재 원료 및 완제품의 포장방식 및 디자인 설정
	품목허가보고	1. 품목허가보고 절차 진행 식품 품목제조보고 제출 서류: - 신청서 (제품명, 유형, 배합비정보, 유통기한, 품질 유지기한, 용도용법, 보관방법 및 포장재질, 포장방법 및 포장단위, 성상 등) - 제조방법설명서 - 식품등의 한시적 기준 및 규격 검토서 (필요시) - 유통기한의 설정사유서 - 할랄인증 (표시광고경우)
	판매 유통 (과제 종결 후 1년 안부터 매출 발생 목표)	1. 케일 주식회사 (당사) 2. CJ, 대상, 오뚜기, 농심 등 기업
최종	제품화 완성	1. 과제수행 기간: 제품화 완성 2. 과제수행 종결: 1년, 2년, 3년 매출 목표 설정

성과지표명	세부항목	성과지표명	세부항목
지식재산권	특허, 실용신안, 의장, 상품, 규격 품종, 프로그램	기술인증	기술·제품 인증 등
학술성과	국내외 논문(SCI, 비SCI) 국내외 학술발표	인력양성	연구인력 양성
기술실시(이전)	기술실시(이전) 건수, 기술료	정책활용	정책건의, 정책반영 등
교육지도	교육지도(현장컨설팅)	홍보/전시	신문, 방송, 저널, 전시회 등
사업화	제품화, 고용창출, 매출발생 등	기타	국제화협력, 타 연구개발 활용 등

## 2-2. 연구개발 추진체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	밀worm을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발	주관연구책임자 (류정표)외 총 4 명

기관 별 참여 현황		
구 분	연구기관수	참여연구원수
대 기 업		
중견기업		
중소기업	1	4
대 학		
국공립(연)		
출 연 (연)		
기 타		

주관연구기관명
과 제 명 밀worm을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발
연구책임자명 (류정표)외 4명
담당기술개발내용
- 밀worm 유래 단백질 의 조직화 물성 기술 개발 및 제형화 기술 확립
- 밀worm 유래 조직단 백질 제품화 기술 개 발
- 밀worm 유래 대체육 Scale-up 공정 개발

## 2-3. 연구개발 내용 및 결과

### 2-3-1. 대체육

#### 가. 재료 및 방법

##### 1) 실험재료

- 본 실험에 사용된 밀웜(갈색거저리)은 (주)케일 농업회사법인에서 직접 사육하여 밀기울이 사육용기의 1/3정도 들어간 플라스틱 상자(40 x 30 x 30 cm)에서 사육하였다. 수분과 영양분을 추가로 공급하기 위하여 3일 간격으로 제공하였다. 사육은 온도  $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $33\pm 2\%$ , 광주기 L : D = 16 : 8의 실내조건에서 사육한 밀웜(갈색거저리)을 사용하였다.

##### 2) 실험방법

###### 2-1) 밀웜(갈색거저리)를 첨가한 대체육의 제조

- 밀웜을 선별하고 수세한 후 이물질을 걸러낸 후 체에 옮겨 물기를 제거하고, 밀웜에 약 2배의 물을 넣고 분쇄기로 2분간 마쇄한 후  $100\mu\text{m}$ 의 체를 이용하여 여과하여 밀웜의 껍질을 제거하였다. 일정량의 밀웜을  $100^{\circ}\text{C}$ 에서 5분간 거품을 제거하며 가열한 후 구연산 0.2%를 첨가하여 1분간 저어주고 10분간 일정한 온도에서 방치하였다. 체에 젖은 면 보자기를 깔고 완성된 대체육을 넣고 누름돌로 20분간 압착 성형하여 대체육을 제조하였으며, 경사진 곳에서 30분간 방치하여 물기를 제거한 후 실험에 사용하였다.

###### 2-2) 밀웜(갈색거저리)를 첨가한 대체육 레시피 개발

- 새로운 대체육을 개발하기 위하여 100% 기준으로 대체육 20%, 비트 4%, 병아리콩 20%, 화이버솔 16%, 유청단백질 3.2%, 밀가루 19%, 전분 10%, 베이컨 시즈닝 0.6%, 소금 1.2%, 글루텐 6%을 골고루 혼합하여 반죽하였다. 혼합된 반죽을 반죽기를 이용하여 완전히 섞어주고, 모양을 잡아준 후에  $4^{\circ}\text{C}$  냉장고에 보관하였다.

###### 2-3) 9대 영양성분 분석

- 대체육의 열량, 단백질, 지방, 포화지방산, 트랜스지방, 콜레스테롤, 나트륨, 당, 탄수화물과 관련하여 9대 영양성분의 분석방법은 식품 공전에 제시된 방법을 이용하여 수행하였다.

###### 2-4) 조직감 측정

- Bourne (1978)의 방법에 의하여 Texture analyzer를 이용하여 Hardness(경도), springiness(탄력성), cohesiveness(응집성), gumminess(검성), chewiness(씹힘성), Resilience(회복탄력성)을 측정하였고, 측정 조건은 pre test speed 3.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, post test speed 3.0 mm/s, distance 15 mm로 실시하였다. 측정 후 얻어진 force(g)-time(s) curve를 구한 후 texture expert system으로 각 항목의 값을 구하였다.

###### 2-5) 밀웜(갈색거저리)를 첨가한 대체육의 관능적 특성평가

- 밀웜(갈색거저리)를 이용하여 제조된 대체육의 관능평가는 소비자 집단을 대상으로 실시하였다. 소비자는 10명의 조사팀을 구성하였으며, 조사방법은 밀웜(갈색거저리)를 이용하여 제조된 대체육에 대하여 각 개인의 취향에 따라 평가하도록 하였다. 냉장 보관된 대체육은 오일을 이용하여 구운 후에 1개씩 똑같은 접시에 담아 제공하였으며 한 개의 시료를 먹고 나면 반드시 생수로 입안

을 평균 후 다른 시료를 평가하도록 하였다. 평가 항목은 전반적인 품질(Quality), 외관(Appearance), 색(color), 향(flavor), 조직감(texture), 맛(taste)에 대해 '매우 나쁘다' 1점, '나쁘다' 2점, '약간 나쁘다' 3점, '보통이다' 4점, '약간 좋다' 5점, '좋다' 6점, '매우 좋다' 7점의 Likert 7점 척도법을 사용하여 평가하였다.

## 나. 연구결과

### 1) 밀웜(갈색거저리)를 첨가한 대체육 배합비

- 밀웜(갈색거저리)를 이용하여 제조된 대체육 재료의 배합비는 표 12와 같이 나타내었다.

**표 12. 단백질 패티 재료 배합비**

Ingredients (%)	Raw fake meat
Mealworm	34.05
Water	65.75
Citric acid	0.20
Total	100

### 2) 단백질 패티 제조 과정

- 밀웜(갈색거저리)를 첨가한 대체육의 제조는 표12와 같은 재료와 분량을 통해 그림 19에 나와 있는 방법으로 제조하였다. 완성된 대체육은 진공포장하여 4°C의 냉장고에서 냉장 보관하였다(그림 20).



**그림 19. 단백질 패티 제조 공정**



그림 20. 단백질 패티 완성본

3) 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 9대 영양성분 분석 결과

- 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 9대 영양성분 분석 결과는 표 13과 분석 성적서는 그림 21에 나타내었다.

표 13. 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 9대 영양성분

항목	샘플	단백질패티
열량(kcal/100g)		214.35 Kcal/100g
탄수화물(%)		1.55 %
조단백질(%)		10.30 %
조지방(%)		18.55 %
나트륨(mg/100g)		16.01 mg/100g
당류(mg/g)		5.06 mg/g
포화지방산(g/100g)		3.88 g/100g
트랜스지방산(g/100g)		0.04 g/100g
콜레스테롤(mg/100g)		68.19 mg/100g

제 D2021043864 호 문서확인 98W1-4A96-T2LJ		<b>시험·검사성적서</b>																															
제품명	단백질페티	제조일자 (유통기한)	2021-04-26																														
의뢰인	업체명	주식회사케이일농업회사법인	성명	김용욱																													
	주소	서울특별시 중구 동호로 191, 4층 403호(신당동, 선일빌딩)																															
제조번호		접수년월일	2021-04-30																														
검사뢰피목적	참고용	접수번호	D2021043864																														
<p>귀하가 우리 연구원에 시험·검사의뢰한 결과는 다음과 같습니다.</p> <p>시험·검사 완료일 : 2021-05-13                  시험·검사 책임자 : 이순영                  검사관련 총 책임자 : 김원희</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>시험·검사항목</th> <th>시험·검사 결과</th> <th>시험·검사원</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>열량(Kcal/100g)</td> <td>214.35 Kcal/100g</td> <td>허준</td> </tr> <tr> <td>탄수화물(%)</td> <td>1.55 %</td> <td>허준</td> </tr> <tr> <td>조단백질(%)</td> <td>10.30 %</td> <td>이지연</td> </tr> <tr> <td>조지방(%)</td> <td>18.55 %</td> <td>장재인</td> </tr> <tr> <td>나트륨(mg/100g)</td> <td>16.01 mg/100g</td> <td>김지현</td> </tr> <tr> <td>당류(과당,포도당,자당,떡아당,유당)(mg/g)</td> <td>5.06 mg/g</td> <td>박윤진</td> </tr> <tr> <td>포화지방산(g/100g)</td> <td>3.88 g/100g</td> <td>김관영</td> </tr> <tr> <td>트랜스지방산(g/100g)</td> <td>0.04 g/100g</td> <td>김관영</td> </tr> <tr> <td>콜레스테롤(mg/100g)</td> <td>68.19 mg/100g</td> <td>윤재인</td> </tr> </tbody> </table> <p>문.</p> <p>※ 위 판정은 의뢰된 시험·검사 항목만을 대상으로 한 것입니다.                  ※ 본성적서는 광고용 실적서입니다. 시험·검사결과를 시험·검사무적 이외의 광고 및 홍보 등에 이용할 수 없으며, 자가품질검사 또는 경부기관 외 제출 용도로 활용할 수 없습니다.                  ※ 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련이 없습니다.                  ※ 지면이 부족한 경우 시험·검사 및 결과판은 별도로 작성 가능합니다.</p> <p style="text-align: center;">2021년 05월 13일</p> <p style="text-align: center;"><b>한국기능식품연구원</b></p> <div style="text-align: right;">  </div> <p>(사)한국건강기능식품협회 부설 한국기능식품연구원 <a href="http://www.khfi.re.kr">http://www.khfi.re.kr</a> 전화번호 (031)628-0400-1</p>				시험·검사항목	시험·검사 결과	시험·검사원	열량(Kcal/100g)	214.35 Kcal/100g	허준	탄수화물(%)	1.55 %	허준	조단백질(%)	10.30 %	이지연	조지방(%)	18.55 %	장재인	나트륨(mg/100g)	16.01 mg/100g	김지현	당류(과당,포도당,자당,떡아당,유당)(mg/g)	5.06 mg/g	박윤진	포화지방산(g/100g)	3.88 g/100g	김관영	트랜스지방산(g/100g)	0.04 g/100g	김관영	콜레스테롤(mg/100g)	68.19 mg/100g	윤재인
시험·검사항목	시험·검사 결과	시험·검사원																															
열량(Kcal/100g)	214.35 Kcal/100g	허준																															
탄수화물(%)	1.55 %	허준																															
조단백질(%)	10.30 %	이지연																															
조지방(%)	18.55 %	장재인																															
나트륨(mg/100g)	16.01 mg/100g	김지현																															
당류(과당,포도당,자당,떡아당,유당)(mg/g)	5.06 mg/g	박윤진																															
포화지방산(g/100g)	3.88 g/100g	김관영																															
트랜스지방산(g/100g)	0.04 g/100g	김관영																															
콜레스테롤(mg/100g)	68.19 mg/100g	윤재인																															



그림 21. 대체육 9대 영양성분 시험·검사 성적서

4) 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 아미노산함량 분석 결과

- 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 아미노산분석 결과는 표 14과 분석 성적서는 그림 22에 나타내었다.

**표 14. 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 아미노산 함량**

항목	샘플	단백질패티
	유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)	29.53
	유리아미노산(시스틴)(mg/100g)	불검출
	유리아미노산(티로신)(mg/100g)	5.41
	유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)	21.26
	유리아미노산(알라닌)(mg/100g)	50.98
	유리아미노산(프롤린)(mg/100g)	100.81
	유리아미노산(라이신)(mg/100g)	53.49
	유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)	22.03
	유리아미노산(이소로이신)(mg/100g)	2.87
	유리아미노산(로이신)(mg/100g)	70.52
	유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)	10.00
	유리아미노산(페닐알라닌)(mg/100g)	28.39
	유리아미노산(트립토판)(mg/100g)	19.08
	유리아미노산(발린)(mg/100g)	48.68
	유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)	99.09
	유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)	14.10
	유리아미노산(세린)(mg/100g)	24.58
	유리아미노산(글리신)(mg/100g)	13.12
	유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)	0.01
	유리아미노산(글루타민)(mg/100g)	0.05

제 D2021063170 호 문서확인 1HAB-4DHX-5A27																																																															
<b>참고용 시험성적서</b>																																																															
본 성적서는 식품의약품안전처 「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 따른 것이 아닙니다.																																																															
제품명	단백질패티	제조일자 (유통기한)	2021-06-22																																																												
의뢰인	업체명 주식회사캐일농업회사법인 주소 서울특별시 중구 동호로 191, 4층 403호(신당동, 선일빌딩)	성명	김용욱																																																												
제조번호		접수년월일	2021-06-25																																																												
시험목적	참고용	접수번호	D2021063170																																																												
<p>귀하가 우리 연구원에 시험의뢰한 결과는 다음과 같습니다.</p> <p>시험·검사 완료일: 2021-07-08          시험·검사 책임자: 이순영          시험관련 총 책임자: 김천희</p>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시험 항목</th> <th>시험 결과</th> <th>시험·검사원</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)</td><td>29.53 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(시스틴)(mg/100g)</td><td>불검출</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(티로신)(mg/100g)</td><td>5.41 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)</td><td>51.26 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(알라닌)(mg/100g)</td><td>50.98 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(프롤린)(mg/100g)</td><td>100.81 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(라이신)(mg/100g)</td><td>53.49 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)</td><td>22.03 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(이소로이신)(mg/100g)</td><td>2.87 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(코이신)(mg/100g)</td><td>70.52 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)</td><td>10.00 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(세닐알라닌)(mg/100g)</td><td>28.39 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(트립토판)(mg/100g)</td><td>19.08 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(발린)(mg/100g)</td><td>48.68 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)</td><td>99.09 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)</td><td>14.10 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(세린)(mg/100g)</td><td>24.58 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(글리신)(mg/100g)</td><td>13.12 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)</td><td>0.01 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> </tbody> </table>				시험 항목	시험 결과	시험·검사원	유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)	29.53 mg/100g	김정숙	유리아미노산(시스틴)(mg/100g)	불검출	김정숙	유리아미노산(티로신)(mg/100g)	5.41 mg/100g	김정숙	유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)	51.26 mg/100g	김정숙	유리아미노산(알라닌)(mg/100g)	50.98 mg/100g	김정숙	유리아미노산(프롤린)(mg/100g)	100.81 mg/100g	김정숙	유리아미노산(라이신)(mg/100g)	53.49 mg/100g	김정숙	유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)	22.03 mg/100g	김정숙	유리아미노산(이소로이신)(mg/100g)	2.87 mg/100g	김정숙	유리아미노산(코이신)(mg/100g)	70.52 mg/100g	김정숙	유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)	10.00 mg/100g	김정숙	유리아미노산(세닐알라닌)(mg/100g)	28.39 mg/100g	김정숙	유리아미노산(트립토판)(mg/100g)	19.08 mg/100g	김정숙	유리아미노산(발린)(mg/100g)	48.68 mg/100g	김정숙	유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)	99.09 mg/100g	김정숙	유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)	14.10 mg/100g	김정숙	유리아미노산(세린)(mg/100g)	24.58 mg/100g	김정숙	유리아미노산(글리신)(mg/100g)	13.12 mg/100g	김정숙	유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)	0.01 mg/100g	김정숙
시험 항목	시험 결과	시험·검사원																																																													
유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)	29.53 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(시스틴)(mg/100g)	불검출	김정숙																																																													
유리아미노산(티로신)(mg/100g)	5.41 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)	51.26 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(알라닌)(mg/100g)	50.98 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(프롤린)(mg/100g)	100.81 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(라이신)(mg/100g)	53.49 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)	22.03 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(이소로이신)(mg/100g)	2.87 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(코이신)(mg/100g)	70.52 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)	10.00 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(세닐알라닌)(mg/100g)	28.39 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(트립토판)(mg/100g)	19.08 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(발린)(mg/100g)	48.68 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)	99.09 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)	14.10 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(세린)(mg/100g)	24.58 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(글리신)(mg/100g)	13.12 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)	0.01 mg/100g	김정숙																																																													

시험 항목	시험 결과	시험·검사원
유리아미노산(글루타민)(mg/100g)	0.05 mg/100g	김정숙

결.

2021년 07월 08일

**한국기능식품연구원**

(사)한국건강기능식품협회 무원 한국기능식품연구원 http://www.khfi.re.kr 전화번호 (051)311-0311 팩스번호 (051)311-0311628-0400-1



그림 22. 단백질 패티 아미노산 시험·검사 성적서

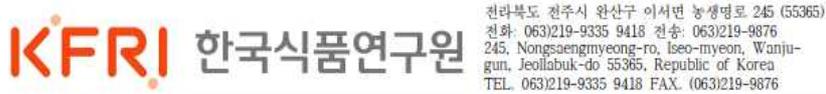
5) 단백질 패티 조직감

- 조직감은 소비자의 선호도 결정에 있어서 중요한 요인 중의 하나이다. 대체육을 100°C에서 10분간 가열하여 식힌 후 물리적 조직감을 측정 한 결과와 결과보고서는 표 15와 그림 23에 나타내었고, 분석 결과는 경도 323.90g, 탄력성 0.70g, 응집성 0.29g, 검성 93.77g, 씹힘성 65.66g, 회복탄력성 0.03g으로 나타내었다.

표 15. 단백질 패티 조직감(Strain 50%)

TPA(g)	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
Fake Meat	323.90±21.74	0.70±0.08	0.29±0.04	93.77±9.60	65.66±12.33	0.03±0.00

1) 평균±표준편차



결 과 보 고 서(Report)

시 료 명 (SAMPLE) : 단백질 패티  
 의뢰처 (REQUESTED BY) : 주식회사 케일 농업회사법인  
 주 소 (ADDRESS) : 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명 14로 8-7  
 의뢰일자 (DATE REQUESTED) : 2021. 6. 7 (시료접수: 5월26일)  
 분석목적 (Object) : 참고용  
 시험결과 (Result) :

TPA 분석	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
단백질 패티	323.90±21.74	0.70±0.08	0.29±0.04	93.77±9.60	65.66±12.33	0.03±0.00

This report may not be reproduced in whole or in part for advertising or trade purposes over our signature or in connection with our name without prior written approval. Our letters and reports apply only to sample tested and we make no guaranty that this sample is representative of the product/lot as a whole. It's only a reference for quality control of product.

이 보고서의 전부 또는 일부를 당 연구원의 문서화된 사전 동의 없이 무단으로 법적 소송이나 상품선전 등 기타의 목적으로 사용할 수 없습니다. 분석한 결과는 제시된 시료에 대한 것이며 생산되는 모든 제품의 품질을 대표하는 것은 아닙니다. 보고서에 대한 분석 결과는 제품의 품질관리를 위한 참고자료입니다.

2021 년 6 월 7 일

6) 관능검사

- 최종 소비제품에 있어 관능성은 결국 제품의 판매성 고의 주요 척도로 작용하며, 특히 식품에 있어서 우수한 관능 결과는 소비자로 하여금 지속적인 구매로 이어진다. 본 실험에서 밀웜을 활용한 단백질 패티를 제조 회차별로 각 3회씩 진행하였으며, 비교제품으로 식물성 대체육 중 시판 중인 비욘드미트(Beyond meat, U.S.A)사의 제품과 비교하였고, 일반 시판 중인 소고기 패티와도 비교하였다. 관능검사에 대한 결과는 표 16에 나타내었다.
- 전반적인 품질에서 대조군인 소고기 패티가 평균 5.82로 가장 높게 나타나 성분을 달리한 단백질 패티 대비해서는 뛰어난 것으로 판단되었으며, 밀웜을 활용한 단백질 패티는 최고 5.09, 식물성 대체육은 4.09로 나타나 밀웜의 단백질 패티는 직접적인 소고기 패티보다 낮았지만, 식물성 대체육보다는 높은 것으로 판단된다. 밀웜을 활용한 단백질 패티, 식물성 대체육, 소고기 패티의 관능 평가에서 색을 제외한 모든 결과가 대조군인 소고기 패티가 높은 것으로 나타났으나, 색의 경우 식물성 대체육이 평균 5.29로 가장 높게 나타났으며, 밀웜을 활용한 단백질 패티가 평균 5.09로 두 번째로 높게 조사되었다. 또한, 전반적인 품질과 색을 제외한 외관, 향, 질감, 전체적인 맛에서 밀웜을 활용한 단백질 패티가 식물성 대체육보다 모두 높게 나타나, 밀웜을 활용한 단백질 패티의 관능성이 시판 중인 식물성 대체육보다 높은 것으로 판단되며, 이는 향후 시판제품으로 개발 시 시장 점유 가능성을 보여주는 결과로 사료 된다.

표 16. 단백질 패티 관능검사

항목	기간	1차	2차	3차	식물성 대체육 (Beyond meat)	대조군 (소고기 패티)
전반적인 품질		4.20±1.14	5.09±1.22	4.73±1.01	4.09±1.12	5.82±1.47
외관		4.10±0.57	4.82±1.25	4.27±1.19	4.32±1.23	6.82±1.33
색		3.70±0.67	5.09±1.04	4.45±1.04	5.29±1.04	5.00±1.26
향		4.40±0.97	5.18±1.40	4.64±1.29	4.18±0.70	6.55±1.37
질감		4.10±0.99	5.64±0.92	5.45±0.82	4.24±0.50	6.55±1.29
전체적인 맛		4.10±1.20	4.82±1.25	4.64±1.12	4.20±1.25	5.82±1.40

1) n=10

2) 평균±표준편차

7) 밀웜(갈색거저리)를 첨가한 대체육 Scale-up 공정개발

- 밀웜(갈색거저리)를 이용하여 제조된 Lab scale 단백질을 scale-up 하여 최소 100kg/회 이상 생산 가능한 생산공정을 개발하였다.



그림 24. 스케일업 단백질 패티 개발

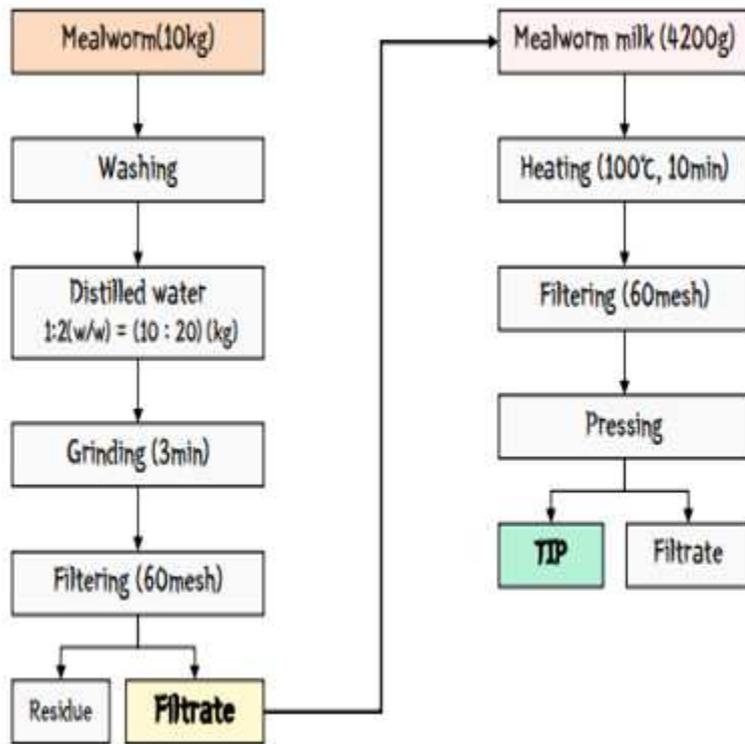


그림 25. 스케일업 제조 공정도

- 8) 제품 스케일업에 따른 품질 표준화 공정 확립  
 - 품질 표준화로 단백질 패티에 대한 Texture, 수분, 염도를 측정하였다.



그림 26. 스케일업 단백질 패티 완성본

표 17. Scale-up 밀웜 단백질 패티의 영양성분

항목	샘플	단백질패티
	수분(%)	41.48
	나트륨(mg/100g)	7.03

표 18. Scale-up 단백질 패티 조직감(Strain 50%)

TPA(g)	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
Fake Meat	1,003.42±36.15	0.91±0.05	0.72±0.08	748.02±25.22	648.17±42.56

1) 평균±표준편차

7) 곤충단백질 패티 개발에 따른 배합비

- 밀웜(갈색거저리)를 첨가하여 제조된 곤충단백질 패티에 대한 배합비는 표 19과 같이 나타내었다.

표 19. 곤충단백질 패티의 배합비

Ingredients (%)	Fake meat
Raw fake meat	20
Beet	4.0
Chick Peas	20
Fibersol	16
Whey Protein	3.2
Flour	19
Starch	10
Bacon Seasoning	0.6
Salt	1.2
Gluten	6.0
Total	100

### 8) 곤충단백질 패티의 제조 과정

- 곤충단백질 패티 제조 시, 소비자들로부터 기호도가 떨어지던 기존 맛과 색에 대하여 부재료가 첨가됨에 따라 일반 고기 패티와 유사한 색과 씹힘성을 증가시켰다. 부재료를 첨가한 곤충단백질 패티의 제조는 표 19와 같은 재료와 분량을 통해 그림 27에 나와 있는 방법으로 제조하였다.
- 곤충단백질 패티의 제형을 조성함에 있어, 전체 중량 100% 기준으로 대체육 20%, 비트 4%, 병아리콩 20%, 화이버솔 16%, 유청단백질 3.2%, 밀가루 19%, 전분 10%, 베이컨 시즈닝 0.6%, 소금 1.2%, 글루텐 6%을 골고루 혼합하여 반죽하였다. 혼합된 재료를 반죽기에 넣어 완전히 재료가 섞고 모양을 잡아준 후에 4°C 냉장고에 보관하였다.



그림 27. 곤충단백질 패티 제조 공정

### 9) 곤충단백질 패티의 9대 영양성분 분석 결과

- 곤충단백질 패티의 9대 영양성분 분석 결과는 표 20과 분석 성적서는 그림 28에 나타내었다.

표 20. 곤충단백질 패티의 9대 영양성분

항목	방법	대체육
열량(kcal/100g)		277.38 Kcal/100g
탄수화물(%)		46.66 %
조단백질(%)		13.82 %
조지방(%)		3.94 %
나트륨(mg/100g)		525.06 mg/100g
당류(mg/g)		0.35 mg/g
포화지방산(g/100g)		1.01 g/100g
트랜스지방산(g/100g)		0.00 g/100g
콜레스테롤(mg/100g)		5.75 mg/100g



### 참고용 시험성적서



본 성적서는 식품의약품안전처 「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 따른 것이 아닙니다.

발행번호	BFL20210713-0052	검사번호	N-12106-0289	
검사완료일	2021-07-13	접수완료일	2021-06-25	
제품명	곤충단백질패티			
유형	곤충가공식품	시험목적	참고용(영양성분)	
제조(수입)일	2021-06-23	유통(유통유지)기한		
의뢰자	성명	김윤옥	업체명	주식회사 케일 농업회사법인
	소재지	(28164) 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명14로 8-7		
<b>시험 항목 및 결과</b>				
시험항목	결과	단위		
수분	33.86	%		
회분	1.72	%		
열량	277.38	kcal/100g		
탄수화물	46.66	g/100g		
당류	0.35	g/100g		
조단백질	13.82	g/100g		
조지방	3.94	g/100g		
포화지방	1.01	g/100g		
트랜스지방	0.00	g/100g		
검사자 : 김민규, 장영택 책임자 : 김민규, 장영택				
비고 :				
※ 본 시험성적서는 법적 효력이 없으며, 시험목적 이외에는 사용할 수 없습니다. ※ 상기 내용은 의뢰인이 제출한 시료에 대한 결과이며, 시료의 영장은 의뢰인이 제시한 것입니다.				
2021년 07월 13일				
(주)바이오푸드랩				

(38389) 서울특별시 구로구 디지털로30길28, 1410호~1414호(구룡동, 디리오타워) TEL : 070-7410-1400 FAX : 070-7410-1430



### 참고용 시험성적서



본 성적서는 식품의약품안전처 「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 따른 것이 아닙니다.

발행번호	BFL20210713-0052	검사번호	N-12106-0289	
검사완료일	2021-07-13	접수완료일	2021-06-25	
제품명	곤충단백질패티			
유형	곤충가공식품	시험목적	참고용(영양성분)	
제조(수입)일	2021-06-23	유통(유통유지)기한		
의뢰자	성명	김윤옥	업체명	주식회사 케일 농업회사법인
	소재지	(28164) 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명14로 8-7		
<b>시험 항목 및 결과</b>				
시험항목	결과	단위		
폴리스테롤	5.75	mg/100g		
나트륨	525.06	mg/100g		
Fructose	0.00	g/100g		
Glucose	0.35	g/100g		
Lactose	0.00	g/100g		
Maltose	0.00	g/100g		
Sucrose	0.00	g/100g		
검사자 : 김민규, 장영택 책임자 : 김민규, 장영택				
비고 :				
※ 본 시험성적서는 법적 효력이 없으며, 시험목적 이외에는 사용할 수 없습니다. ※ 상기 내용은 의뢰인이 제출한 시료에 대한 결과이며, 시료의 영장은 의뢰인이 제시한 것입니다.				
2021년 07월 13일				
(주)바이오푸드랩				

(38389) 서울특별시 구로구 디지털로30길28, 1410호~1414호(구룡동, 디리오타워) TEL : 070-7410-1400 FAX : 070-7410-1430

그림 28. 곤충단백질 패티 9대 영양성분 시험·검사 성적서

10) 곤풍단백질 패티의 아미노산함량 분석 결과

- 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 아미노산분석 결과는 표 21과 분석 성적서는 그림 29에 나타내었다.

**표 21. 밀웜(갈색거저리)를 이용한 단백질 패티의 아미노산 함량**

항목	샘플	단백질패티
	유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)	10.69
	유리아미노산(시스틴)(mg/100g)	불검출
	유리아미노산(티로신)(mg/100g)	불검출
	유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)	39.30
	유리아미노산(알라닌)(mg/100g)	16.61
	유리아미노산(프롤린)(mg/100g)	22.09
	유리아미노산(라이신)(mg/100g)	14.66
	유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)	5.10
	유리아미노산(이소로이신)(mg/100g)	7.88
	유리아미노산(로이신)(mg/100g)	13.17
	유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)	2.28
	유리아미노산(페닐알라닌)(mg/100g)	7.59
	유리아미노산(트립토판)(mg/100g)	6.79
	유리아미노산(발린)(mg/100g)	18.79
	유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)	145.92
	유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)	8.30
	유리아미노산(세린)(mg/100g)	7.07
	유리아미노산(글리신)(mg/100g)	4.01
	유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)	0.02
	유리아미노산(글루타민)(mg/100g)	0.11

제 D2021063171 호 문서확인 IV46-KLCE-OZU8																																																															
<b>참고용 시험성적서</b>																																																															
본 성적서는 식품의약품안전처 「식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 따른 것이 아닙니다.																																																															
제품명	근중단백질패티	제조일자 (유통기한)	2021-06-23																																																												
의뢰인	업체명	주식회사케이일농업회사법인	성명																																																												
	주소	서울특별시 중구 동호로 191, 4층 403호(신당동, 신일빌딩)																																																													
제조번호		접수년월일	2021-06-25																																																												
시험목적	참고용	접수번호	D2021063171																																																												
<p>귀하가 우리 연구원에 시험의뢰한 결과는 다음과 같습니다.</p> <p>시험·검사 완료일: 2021-07-08          시험·검사 책임자: 이순영          시험관련 총 책임자: 김천희</p>																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시험 항목</th> <th>시험 결과</th> <th>시험·검사원</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)</td><td>10.69 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(시스틴)(mg/100g)</td><td>불검출</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(티로신)(mg/100g)</td><td>불검출</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)</td><td>39.30 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(알라닌)(mg/100g)</td><td>16.61 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(프롤린)(mg/100g)</td><td>22.09 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(라이신)(mg/100g)</td><td>14.66 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)</td><td>5.10 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(이소오이신)(mg/100g)</td><td>7.88 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(로이신)(mg/100g)</td><td>13.17 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)</td><td>2.28 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(페닐알라닌)(mg/100g)</td><td>7.59 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(트립토판)(mg/100g)</td><td>6.79 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(발린)(mg/100g)</td><td>18.79 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)</td><td>145.92 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)</td><td>6.30 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(세린)(mg/100g)</td><td>7.07 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(글리신)(mg/100g)</td><td>4.01 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> <tr><td>유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)</td><td>0.02 mg/100g</td><td>김정숙</td></tr> </tbody> </table>				시험 항목	시험 결과	시험·검사원	유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)	10.69 mg/100g	김정숙	유리아미노산(시스틴)(mg/100g)	불검출	김정숙	유리아미노산(티로신)(mg/100g)	불검출	김정숙	유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)	39.30 mg/100g	김정숙	유리아미노산(알라닌)(mg/100g)	16.61 mg/100g	김정숙	유리아미노산(프롤린)(mg/100g)	22.09 mg/100g	김정숙	유리아미노산(라이신)(mg/100g)	14.66 mg/100g	김정숙	유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)	5.10 mg/100g	김정숙	유리아미노산(이소오이신)(mg/100g)	7.88 mg/100g	김정숙	유리아미노산(로이신)(mg/100g)	13.17 mg/100g	김정숙	유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)	2.28 mg/100g	김정숙	유리아미노산(페닐알라닌)(mg/100g)	7.59 mg/100g	김정숙	유리아미노산(트립토판)(mg/100g)	6.79 mg/100g	김정숙	유리아미노산(발린)(mg/100g)	18.79 mg/100g	김정숙	유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)	145.92 mg/100g	김정숙	유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)	6.30 mg/100g	김정숙	유리아미노산(세린)(mg/100g)	7.07 mg/100g	김정숙	유리아미노산(글리신)(mg/100g)	4.01 mg/100g	김정숙	유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)	0.02 mg/100g	김정숙
시험 항목	시험 결과	시험·검사원																																																													
유리아미노산(트레오닌)(mg/100g)	10.69 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(시스틴)(mg/100g)	불검출	김정숙																																																													
유리아미노산(티로신)(mg/100g)	불검출	김정숙																																																													
유리아미노산(아르기닌)(mg/100g)	39.30 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(알라닌)(mg/100g)	16.61 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(프롤린)(mg/100g)	22.09 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(라이신)(mg/100g)	14.66 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(히스티딘)(mg/100g)	5.10 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(이소오이신)(mg/100g)	7.88 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(로이신)(mg/100g)	13.17 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(메티오닌)(mg/100g)	2.28 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(페닐알라닌)(mg/100g)	7.59 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(트립토판)(mg/100g)	6.79 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(발린)(mg/100g)	18.79 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(글루탐산)(mg/100g)	145.92 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(아스파라긴산)(mg/100g)	6.30 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(세린)(mg/100g)	7.07 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(글리신)(mg/100g)	4.01 mg/100g	김정숙																																																													
유리아미노산(아스파라긴)(mg/100g)	0.02 mg/100g	김정숙																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시험 항목</th> <th>시험 결과</th> <th>시험·검사원</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>유리아미노산(글루타민)(mg/100g)</td> <td>0.11 mg/100g</td> <td>김정숙</td> </tr> </tbody> </table>				시험 항목	시험 결과	시험·검사원	유리아미노산(글루타민)(mg/100g)	0.11 mg/100g	김정숙																																																						
시험 항목	시험 결과	시험·검사원																																																													
유리아미노산(글루타민)(mg/100g)	0.11 mg/100g	김정숙																																																													
<p>끝.</p>																																																															
<p>※ 위 결과는 의뢰된 시험 항목만을 대상으로 한 것입니다.          ※ 본 성적서는 참고용 성적이입니다. 시험 결과는 시험 목적 이외의 참고 및 홍보, 자가품질검사용 등에 사용할 수 없습니다.          ※ 법적 효력이 없으며, 장부기판 제출용으로도 사용할 수 없습니다.          ※ 본 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인증과 관련이 없습니다.          ※ 지면이 부족한 경우 시험 및 결과서는 별도로 작성 가능합니다.</p>																																																															
2021년 07월 08일 <b>한국기능식품연구원</b>																																																															
																																																															
<small>(4)한국건강기능식품협회 부설 한국기능식품연구원 http://www.khfi.re.kr 전화번호 1670-1311628-0400-1</small>																																																															



그림 29. 단백질 패티 아미노산 시험·검사 성적서

11) 단백질 패티 외 시판제품 4종에 대한 조직감

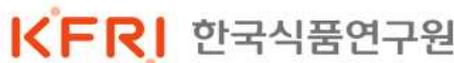
- 조직감은 소비자의 선호도 결정에 있어서 중요한 요인 중의 하나이다. 단백질 패티에 부재료가 첨가된 곤충단백질 패티를 제조하여 성형한 후 물리적 조직감을 측정한 결과와 결과보고서는 표 22 과 그림 30에 나타내었고, 분석 결과는 경도 730.30g, 탄력성 0.64g, 응집성 0.30g, 검성 225.28g, 씹힘성 165.94g, 회복탄력성 0.02g으로 나타내었다.

표 22. 곤충단백질 패티 외 시판제품 4종에 대한 조직감(Strain 50%)

TPA(g)	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
곤충단백질 패티	730.30±84.58	0.64±0.02	0.30±0.13	225.28±112.72	162.94±136.20	0.02±0.00
비온드 미트	574.75±105.38	0.54±0.09	0.24±0.02	140.18±34.19	77.70±27.69	0.05±0.01
돼지고기 패티	1227.83±49.76	0.78±0.05	0.40±0.05	486.26±26.46	377.45±34.84	0.08±0.01
소고기 패티	771.24±80.85	0.68±0.04	0.42±0.03	322.37±30.21	220.78±27.92	0.06±0.01

1) 평균±표준편차

전라북도 전주시 완산구 이서면 농생명로 245 (55365)  
 전화: 063219-9335 9418 전송: 063219-9876  
 245, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea  
 TEL. 063219-9335 9418 FAX. 063219-9876



결 과 보 고 서(Report)

시 료 명 (SAMPLE) : 패티 4종\_strain 50%  
 의뢰처 (REQUESTED BY) : 주식회사 케일 농업회사법인  
 주 소 (ADDRESS) : 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명 14로 8-7  
 의뢰일자 (DATE REQUESTED) : 2021. 6. 16 (시료접수: 6월21일)  
 분석목적 (Object) : 참고용  
 시험결과 (Result) :

TPA 분석	Hardness (g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
곤충 단백질	730.30±84.58	0.64±0.02	0.30±0.13	225.28±112.72	162.94±136.20	0.02±0.00
비온드 미트	574.75±105.38	0.54±0.09	0.24±0.02	140.18±34.19	77.70±27.69	0.05±0.01
돼지고기	1227.83±49.76	0.78±0.05	0.40±.05	486.26±26.46	377.45±34.84	0.08±0.01
소고기	771.24±80.85	0.68±0.04	0.42±0.03	322.37±30.21	220.78±27.92	0.06±0.01

This report may not be reproduced in whole or in part for advertising or trade purposes over our signature or in connection with our name without prior written approval. Our letters and reports apply only to sample tested and we make no guaranty that this sample is representative of the product/lot as a whole. It's only a reference for quality control of product.

이 보고서의 전부 또는 일부를 당 연구원의 문서화된 사전 동의 없이 무단으로 법적 소송이나 상품선전 등 기타의 목적으로 사용할 수 없습니다. 분석한 결과는 제시된 시료에 대한 것이며 생산되는 모든 제품의 품질을 대표하는 것은 아닙니다. 보고서에 대한 분석 결과는 제품의 품질관리를 위한 참고자료입니다.

2021 년 7 월 1 일

그림 30. 곤충단백질 패티 외 시판제품 4종에 대한 물성 결과보고서

## 12) 관능검사

- 최종 소비제품에 있어 관능성은 결국 제품의 판매성 고의 주요 척도로 작용하며, 특히 식품에 있어서 우수한 관능 결과는 소비자로부터 지속적인 구매로 이어진다. 본 실험에서 밀웜을 활용한 곤충단백질 패티에 대한 관능검사를 진행하였으며, 비교제품으로 식물성 대체육 중 시판 중인 비욘드미트(Beyond meat, U.S.A)사의 제품, 돼지고기 패티, 소고기 패티와 비교하였다. 관능검사에 대한 결과는 표 23에 나타내었다.
- 전반적인 품질에서 대조군인 소고기 패티가 평균 5.57로 가장 높게 나타나 성분을 달리한 단백질 패티 대비해서는 뛰어난 것으로 판단되었으며, 밀웜을 활용한 곤충단백질 패티는 최고 4.86, 식물성 대체육은 4.91로 나타나 밀웜의 곤충단백질 패티는 직접적인 소고기 패티보다 낮았지만, 식물성 대체육과는 크게 차이가 없는 것으로 판단된다. 관능평가에서 소고기 패티의 모든 결과가 높게 나타났으나, 밀웜을 활용한 곤충단백질 패티를 시판중인 식물성 대체육(비욘드미트)과 비교하였을 때 전반적으로 크게 차이가 나지 않음을 확인하였다. 이는 향후 시판제품으로 개발 시 시장 점유 가능성을 보여주는 결과로 사료 된다.

**표 23. 곤충단백질 패티 관능검사**

항목 \ 기간	곤충단백질 패티	대조군 (비욘드미트)	대조군 (돼지고기 패티)	대조군 (소고기 패티)
전반적인 품질	4.86±0.53	4.91±0.34	5.23±1.17	5.57±0.23
외관	3.82±0.71	4.24±1.05	5.17±0.09	5.48±1.00
색	4.25±0.82	5.03±0.08	5.78±1.01	5.82±0.05
향	4.57±0.77	4.72±1.27	5.39±1.21	5.72±0.04
질감	4.33±1.26	4.86±0.33	5.08±0.26	5.26±0.05
전체적인 맛	4.52±1.08	4.86±1.05	4.64±1.12	4.20±1.25

1) n=10

2) 평균±표준편차

## 2-3-2. 압출성형에 의한 밀웜(갈색거저리) 첨가 단백질의 조직화

### 가. 재료 및 방법

#### 1) 실험재료

- 본 실험에 사용된 밀웜(갈색거저리)은 ㈜케이일 농업회사법인에서 직접 사육하여 밀기울이 사육용기의 1/3정도 들어간 플라스틱 상자(40 x 30 x 30 cm)에서 사육하였다. 수분과 영양분을 추가로 공급하기 위하여 3일 간격으로 제공하였다. 사육은 온도  $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $33\pm 2\%$ , 광주기 L : D = 16 : 8의 실내조건에서 사육한 밀웜(갈색거저리)을 사용하였다.

#### 2) 밀웜(갈색거저리) 단백질 추출 및 농축공정 개발

##### 2-1) 시료제조

- 밀웜(갈색거저리)을 선별하고 수세 한 후 이물질을 걸러낸 후 체에 옮겨 물기를 제거하고, 열풍건조기에  $160^{\circ}\text{C}$ 에서 40분 동안 건조하여 믹서기를 이용하여 마쇄한 후 100 mesh의 표준체를 통과시켜 이후 실험의 시료로 사용하였다.

##### 2-2) 효소 가수분해

- 건조된 밀웜(갈색거저리) 분말 5g에 증류수 30ml를 첨가하여 현탁액 형태로 제조한 후 1N HCl 또는 1N NaOH를 사용하여 Alcalase(Novozyme) 효소의 pH를 조절하여 pH 7.0으로 맞추어 시료의 고형분 대비 효소를 첨가한 후  $55^{\circ}\text{C}$ 에서 4시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 현탁액을 20분간 원심분리(3,000rpm)하고 얻어진 상등액만 취하여  $60^{\circ}\text{C}$  이하에서 감압 농축 후 분무 건조하여 밀웜(갈색거저리) 단백질을 얻었다.

#### 3) 압출성형 밀웜(갈색거저리) 단백질 프리믹스 제조

- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말은 10%, 20%의 비율로 첨가하였고, 혼합원료에 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말이 증가하는 만큼 ISP(대두 단백질)의 양을 감소시켜 압출성형 공정에 사용할 프리믹스를 제조하였다.

##### 3-1) 샘플 원료 : 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말, 혼합원료(ISP 50%, 전분 10%, 글루텐 40%)

- 압출성형 밀웜(갈색거저리) 단백질을 제조하기 위한 재료와 배합비는 표 24에 나타내었다.

표 24. 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 혼합비율별 프리믹스 제조

재료	밀웜(갈색거저리) 단백질 분말	ISP (대두 단백질)	전분	글루텐	총합
Sample 1	10%	40%	10%	40%	100%
Sample 2	20%	30%	10%	40%	100%

#### 4) 샘플정보 및 압출성형물 처리 조건

4-1) 샘플 원료 : 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말, 혼합원료(ISP 50%, 전분 10%, 글루텐 40%)

- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 10% + 혼합원료 90%
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 20% + 혼합원료 80%

#### 4-2) 압출성형 조건

##### ○ 1차 조건

- 수분함량 : 30%, 35%, 40%
- 배럴온도 : 130°C, 140°C, 150°C
- 스크류 스피드 : 250 rpm, 300 rpm

#### 4-2-1) 수분함량별 압출성형

##### ○ 배럴온도 140°C, 스크류 스피드 250 rpm에서 압출성형

- 수분함량 : 30%, 35%, 40%
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 10% + 혼합원료 90%
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 20% + 혼합원료 80%
- 압축성형물의 조직감 측정으로 최적 수분함량 결정

#### 4-2-2) 배럴온도별 압출성형

##### ○ 최적 수분함량, 스크류 스피드 250 rpm에서 압출성형

- 배럴온도 : 130°C, 140°C, 150°C
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 10% + 혼합원료 90%
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 20% + 혼합원료 80%
- 압축성형물의 조직감 측정으로 최적 배럴온도 결정

#### 4-2-3) 스크류 스피드별 압출성형

##### ○ 최적 수분함량, 배럴온도에서 압출성형

- 스크류 스피드 : 250 rpm, 300 rpm
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 10% + 혼합원료 90%
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 20% + 혼합원료 80%
- 압축성형물의 조직감 측정으로 최적 스피드 스크류 결정

##### ○ 2차 조건

- 수분함량 : 30%, 35%, 40%
- 온도 : 140°C, 150°C, 160°C
- 스크류 스피드 : 250 rpm

#### 4-2-1) 수분함량별 압출성형

##### ○ 배럴온도 140°C, 스크류 스피드 250 rpm에서 압출성형

- 수분함량 : 30%, 35%, 40%
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 10% + 혼합원료 90%
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 20% + 혼합원료 80%
- 압축성형물의 조직감 측정으로 최적 수분함량 결정

#### 4-2-2) 배럴온도별 압출성형

##### ○ 최적 수분함량, 스크류 스피드 250 rpm에서 압출성형

- 배럴온도 : 140°C, 150°C, 160°C
- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 10% + 혼합원료 90%

- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 20% + 혼합원료 80%
- 압축성형물의 조직감 측정으로 최적 배럴온도 결정

#### 4-2-3) 스크류 스피드별 압출성형

- 최적 수분함량, 배럴온도에서 압출성형
  - 스크류 스피드 : 250 rpm, 300 rpm
  - 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 10% + 혼합원료 90%
  - 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 20% + 혼합원료 80%
  - 압축성형물의 조직감 측정으로 최적 스피드 스크류 결정

#### 5) 압출성형 공정

- 본 실험에 사용된 압출성형기는 실험용 동방향 쌍축압출성형기(THK3IT, Incheon Machinery Co. Incheon, Korea)로 스크류 직경은 30mm, 길이와 직경의 비(L/D ratio)는 23:1이다. 사출구는 직사각형 형태로 가로 50cm, 세로 7cm의 크기를 지닌 냉각 사출구를 사용하였다. 대체육의 원료는 분리대두단백, 전분, 글루텐을 섞은 것을 기본배합으로 하여 온도와 수분함량을 달리한 총 여섯 개의 시료를 실온에서 혼합하여 사용하였다.
- 압출성형 공정은 수분함량 55%, 스크류 속도 150rpm, 배럴 온도를 140~160°C로 하여 냉각 사출구를 통해 20°C로 사출하였으며, 압출성형물의 온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하여 압출성형 밀웜(갈색거저리) 대체육을 제조하였다.

### 나. 연구결과

#### 1) 밀웜(갈색거저리) 단백질 추출 및 농축공정 개발 과정

- 본 실험에 사용된 효소 가수분해를 이용하여 분무 건조하여 얻어진 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말의 제조 공정 방법은 그림 31에 나타내었다.



그림 31. 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 제조 공정

2) 압출성형 대체육 제조 과정

- 압출성형에 의한 밀웜(갈색거저리) 단백질 첨가에 따른 조직화 변화에 대한 특성은 압력, 힘, 열에 의해 압출성형물의 조직감에 영향을 미치는 중요한 인자로 제품의 품질 및 소비자의 기호에 영향을 미칠 수 있다. 샘플 원료에 따른 압출성형물 공정 방법은 그림 32에 나타내었다.



그림 32. 압출성형 대체육 제조 공정

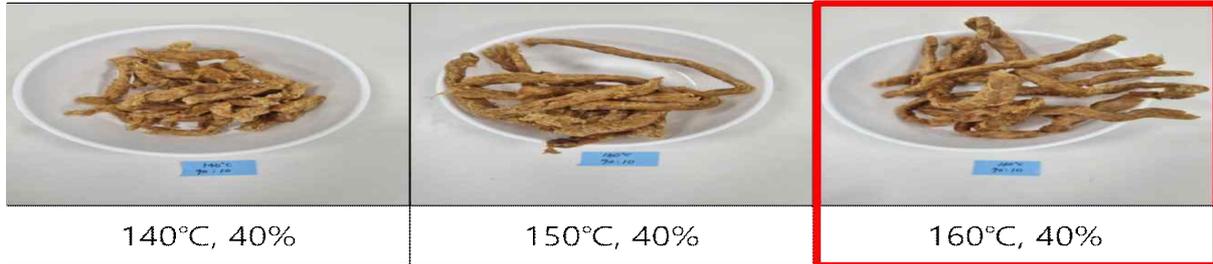
3) 샘플별 압출성형물 제조 결과물

- 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 첨가가 압출성형 대체육 시료의 조직화에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위해 수분함량, 바렐온도, 스크루 스피드를 달리하여 제조한 샘플별 압출성형물 제조 결과물은 그림 33과 그림 34에 나타내었다.



그림 33. 샘플별 압출성형물 제조 조건 1

밀웜(갈색거저리) 분말 10%



밀웜(갈색거저리) 분말 20%

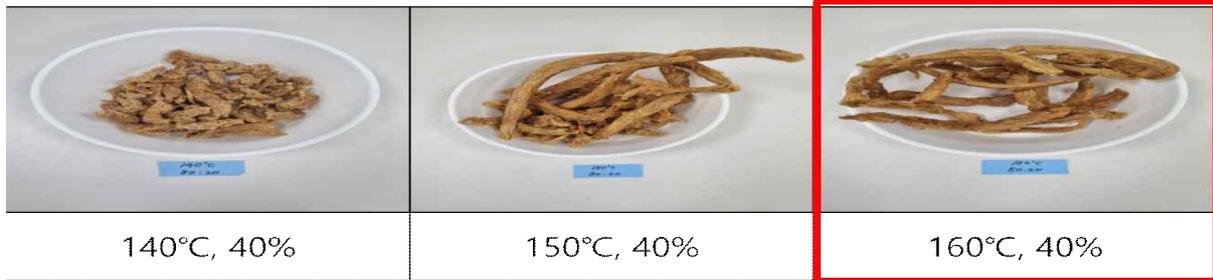


그림 34. 샘플별 압출성형물 제조 조건 2

- 위와 같은 샘플별 압출성형물 제조 조건에 따른 변화는 압출성형공정에서 시료의 종류, 수분의 함량, 스크류 회전속도 등 다양한 조건에 따라 변화한다. 샘플별 압출성형물 제조 조건 1은 표 25에 나타내었다. 본 연구는 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 함량, 수분 함량, 배럴 온도, 스크류 회전속도가 대체육의 조직화 및 물리적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 분석한 결과는 압출성형한 대체육을 결대로 찢어 육안으로 확인하였을 때, 고기의 육질과 유사한 특성을 나타낸 배럴 온도 140°C, 수분 40%, 스크류 회전속도 250rpm으로 확인하였다.

표 25. 샘플별 압출성형물 제조 조건 1

배럴 온도	수분	스크류회전속도	원료투입량	배합비(%)		
				No	혼합원료	밀웜 분말
140°C	30~45%	250 rpm	100 g/min	1	90	10
				2	80	20

- 샘플별 압출성형물 제조 조건 1의 최적 조건을 확인하여 수분 함량과 스크류 회전속도를 고정하여 배럴 온도의 변화를 준 샘플별 압출성형물 제조 조건 2은 표 26에 나타내었다. 본 연구는 밀웜(갈색거저리) 단백질 분말 함량, 수분 함량, 배럴 온도, 스크류 회전속도가 대체육의 조직화 및 물리적 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 분석한 결과는 압출성형한 대체육을 결대로 찢어 육안으로 확인하였을 때, 고기의 육질과 유사한 특성을 나타낸 배럴 온도 160°C, 수분 40%, 스크류 회전속도 250rpm으로 확인하였다.

표 26. 샘플별 압출성형물 제조 조건 2

배럴 온도	수분	스크류회전속도	원료투입량	배합비(%)		
				No	혼합원료	밀웜 분말
140~160°C	40%	250 rpm	100 g/min	1	90	10
				2	80	20

### 3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

#### 1) 연구수행 결과

##### (1) 정성적 연구개발성과

본 연구과제는 식용곤충 중 대중화되어 사용이 용이한 밀웜의 단백질을 원료로 대체육 소재 개발을 목표로한 과제로 단백질의 경화, 변성 포인트인 온도, pH, 압력에 의한 대체육 제조개발을 최적화하고자 하였음.

특히, 밀웜의 가공단계에서 건조상태와 비건조상태를 모두 염두하고 단백질 응고 현상을 위주로 대체육을 제조하였으며, 두가지 상태 모두 제조방식의 확립을 하였기에 향후 대체육의 상품화 개발이나 신규소재로 이용하는데 중요한 가치를 가지고 있음.

본 연구에서 개발된 건조 단백질형 대체육과 비건조 단백질형 대체육을 대체육의 기초소재로서 가공단백질 상품(불고기, 패티, 소세지 등)으로 상품화가 가능하며, 수분함량이나 첨가제의 종류에 따라 물성을 변화시켜 이용이 가능하므로, 물성이 연한 이유식, 고령친화식품부터 단단한 육포(저장형)형태의 상품까지 가능할 것으로 판단되는 바 본 연구에서 개발된 기초소재의 가능성이 높을 것으로 사료됨.

##### (2) 정량적 연구개발성과

본 연구의 정량적 연구개발성과는 특허출원 1건, 제품화 2건, 매출액 2(백만원), 고용창출 4건, 홍보전시 4건으로 총 13건임.

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도	1단계 (2020~2021)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 <sup>1)</sup>				
연구개발과제 특성 반영 지표 <sup>2)</sup>				
계				

\* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문(에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)), 특허, 보고서원문, 연구시설장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

\* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다 (연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 <sup>1)</sup> )	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 <sup>2)</sup> (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치	목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (2020~2021)	
1							
2							

\* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

\* 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

##### (3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

**[과학적 성과]**

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호
2021년	최종보고서		

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

**[기술적 성과]**

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	'woggie'	대한민국	케일	2020.05 .07	40-2019 -009263 1	40-1622 -948000 0	케일	2020.05 .07	40-1622 -948000 0	90	

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타
	√									

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 <sup>1)</sup>	인증여부 <sup>2)</sup>	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 <sup>3)</sup>	제안/인증일자

- \* 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 <sup>1)</sup>	표준명	표준기구명 <sup>2)</sup>	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 <sup>3)</sup>	제안자	표준화 번호	제안일자

- \* 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- \* 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

**[경제적 성과]**

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

- \* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

사업화 현황

번호	사업화 방식 <sup>1)</sup>	사업화 형태 <sup>2)</sup>	지역 <sup>3)</sup>	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	공정 개선	국내	테네브리오 단백분말	가수분해 단백분말 공정개선	케일	2,348		2020~2021	5
2	자기실시	신제품 개발	국내	테네브리오 조직단백	밀웜 조직화단 백 개발	케일	0			
3	자기실시	신제품 개발	국내	테네브리오 대체육	밀웜 대체육 생산공정 개발	케일	0			

- \* 1) 기술이전 또는 자기실시
- \* 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- \* 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
테네브리오 단백질분말	2020~2021	2,348	0	2,348	매출근거
합계		2,348	0	2,348	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과						
사업화 계획	사업화 소요기간(년)					
	소요예산(천원)					
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후		
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후	
		국내 국외				
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획						
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후		
	수출					

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2020년	2021년	
1	설성련	한국식용곤충연구소	1		1
2	조준호	주식회사 케일	1		1
3	김아름찬	주식회사 케일		1	1
4	이승환	주식회사 케일		1	1
합계					4

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	1	
		생산인력	0	
	개발 후	연구인력	2	
		생산인력	2	

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/수입

**[사회적 성과]**

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황														
			학위별				성별		지역별								
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타				

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	온라인 기사홍보	머니투데이	국내 벤처기업 KEIL, 대체 육류 개발	2019-06-25
2	온라인 기사홍보	아시아타임즈	2조원대유니콘기업프랑스 Ynsect사, 국내 그린바이오 벤처'KEIL'과 MOU	2020-10-26
3	온라인 기사홍보	한국영농신문	한중일 곤충산업 열전... 월계관은 누가?	2020-12-05
4	온라인 기사홍보	코리아중앙데일리	Mealworm magnate seeks to corner bug-product market	2021-05-17

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

연구시설·장비

구축기관	연구시설/연구장비명	규격(모델명)	개발여부(○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자(YY.MM.DD)	구축비용(천원)	비고(설치 장소)

\* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화(상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
기탁	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

## 2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○	○	○
○	○	○

## 4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

### 1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

○

○

### 2) 자체 보완활동

○

○

### 3) 연구개발 과정의 성실성

○

○

## 5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

---



---

## 6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

---



---

**< 연구개발성과 활용계획표 >**

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE	매년 목표치	
	비SCIE		
	계		
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내	1	
	국외	1	
	계	2	
특허등록	국내	1	
	국외	1	
	계	2	
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시	2	
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발	1	
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보			
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

**< 별첨 자료 >**

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

## 자체평가의견서

### 1. 과제현황

		과제번호		120069-01	
사업구분	농축산물안전유통소비기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	농축산물안전유통소비기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	밀입을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발			과제유형	(개발)
연구개발기관	(주)케이일 농업회사법인			연구책임자	류정표
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	정부외 출연금	계
	1차년도	2020.04.29.~ 2021.04.28	200,000	200,000	400,000
	계	-	200,000	200,000	400,000
참여기업	해당 없음				
상대국	해당 없음	상대국연구개발기관		해당 없음	

### 2. 평가일 :

### 3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)케이일 농업회사법인	부장	류정표

### 4. 평가자(연구책임자) 확인 : 류 정 표

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확 약	류 정 표
-----	-------

## I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

### 1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

본 연구과제에서는 그 동안 식용곤충의 가공사례에서 건조방식의 건조곤충 분말을 이용한 연구방식이 아닌 건조곤충의 효소가수분해 추출방식의 단백질을 활용한 압출방식과 비건조방식의 생물밀원의 단백질 가공을 통하여 효과적인 대체육 소재를 개발하여 제품화하였기에 창의성이 돋보임.

### 2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

본 과제에서 개발된 대체육 소재는 기초 대체고기로 활용될 수 있으며, 기존에 식물성 대체육의 비린 맛을 보완해줄 수 있어 향후 산업적 이용가치가 높을 것으로 판단되며, 특히 식용곤충 산업에서 신규분야의 소재창출은 식용곤충이 활용될 수 있는 추가적인 가치를 내포하고 있음을 의미하기에 파급효과가 크다고 볼 수 있음.

### 3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

본 과제에서 개발된 가수분해 단백질 활용 대체육(압출성형)과 비건조 밀원 단백질 활용 대체육은 목적과 형태에 맞게 다양한 이용가능성을 가지고 있으며, 당장 이유식, 고령친화식, 건조식품 대용식 등에 활용가능함.

### 4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

본 연구과제를 수행하면서 연구팀은 단순 건조밀원분말을 이용한 대체육 개발에 그치지 않고 끊임 없는 고민과 시행착오를 통해 가수분해 추출 단백질을 활용한 대체육과 비건조 밀원 단백질을 활용한 대체육 개발에 성공하였으며, 이에 대한 성분분석과 물분석도 겸하며 노력하였음.

### 5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 보통

연구개발성과의 지적재산은 연구를 진행하면서 기간 내에 획득하는 것이 바람직하나, 본 연구개발팀은 연구개발 환경 여건 및 정부 행정상 연구 기간 내에 획득하지 못하였음. 그러나, 향후 지속적인 상품화 개발을 통하여 특허, 논문, 신상품 발표회 등을 거쳐 지적자산을 확립할 수 있을 것으로 사료 됨.

## II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
밀웜 유래 단백질의 조직형성 기술 확립	20	90	○ 밀웜 유래 단백질의 조직형성 기술 개발 ○ 밀웜 유래 단백질의 조직형성을 위한 결착제 선정 및 특성평가
대체육 색상 및 육즙 재현 첨가원료 확보 및 최적 배합비 개발	20	90	○ 대체육의 색상 및 육즙 재현을 위한 첨가원료 확보 ○ Heme protein, 천연색소, 비육 류 식품원료 등 최적 배합비 개발 ○ 대체육 각 제형별 meat flavor 생성 및 첨가원료 최적배합비 개발
밀웜 유래 조직단백질을 활용한 제품 개발(분쇄형, 패티형)	20	90	○ 밀웜 유래 조직단백질의 대체육 조직화 기술 확립 (분쇄형, 패티형) ○ 밀웜을 활용한 대체육 조리방법 에 따른 건식열과 습식열 조리방법 에 대한 최적화 기술 확립 ○ 밀웜 단백질을 첨가한 프리믹스 를 이용한 압출성형 대체육 기술 개발
제품 성분분석 및 품질특성 분석	20	100	○ 밀웜 유래 단백질의 종류별, 첨 가량별 수분결착도 및 이화학적 특 성 변화 ○ 밀웜 유래 단백질을 활용한 대 체육의 9대 영양성분 분석 ○ 밀웜 유래 단백질을 활용한 대 체육의 조직감 측정 ○ 밀웜 유래 단백질을 활용한 대 체육의 소비자 관능검사
재현성검증 대량생산 체계화	20	70	○ 최소 100kg/회 이상 생산가능 한 스케일업(Scale-up) 생산공정 개 발 ○ 제품 스케일업에 따른 품질표준 화 공정 확립
합계	100점		

### Ⅲ. 종합의견

#### 1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구는 식용곤충인 밀웜을 소재로하여 단백질이 변화될 수 있는 온도, pH, 압력에 의한 변성으로 대체육 제조에 관한 상품화 개발을 진행하였다. 각각의 식품화 특성에 맞는 제조방법을 개발하였으며 이로인한 소재 및 상품의 경우 다양한 제품군(대체육, 소시지, HMR 등)에 사용될 수 있을 것으로 판단되며, 식용곤충을 활용한 식품군을 창출하여 식용곤충 산업에 기여 할 수 있을 것으로 사료 된다.

#### 2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

본 연구는 식용곤충을 활용하여 대체육을 개발하는 과정에서 기간이 1년으로 비교적 짧은 기간에 개발되었으며, 이로 인해 생산라인 등의 준비로 품목제조보고 등에 시간이 더 필요할 것으로 판단되나 향후 본 연구팀의 생산 구축을 통한 품목제조보고 가능성을 고려요청함.

#### 3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구결과로 생성된 밀웜을 활용한 대체육 소재 및 대체육 제조공정은 소재를 활용한 다양한 제품에 적용이 가능할 것으로 판단되며, 이를 위해서는 소재를 제조할 수 있는 제조라인과 완제품을 생산할 수 있는 기업간의 협력이 필요하며, 이를 위해서라도 제조시설구축 후 품목제조보고 수행이 필요함.

#### IV. 보안성 검토

○ 본 연구과제는 밀웜을 활용한 대체육 개발의 기초 공정 및 소재를 개발하고자 진행한 과제로서 연구기간이 1년이었고, 해당내용이 아직 상용화직전의 단계이므로 주관기관의 산업화 기술 개발 시기를 고려하여 일정기간 보안성이 필요하다고 판단됨. 보안성 필요 최소기간은 12개월을 요청함.

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

##### 1. 연구책임자의 의견

본 연구과제는 밀웜을 활용한 대체육 개발의 기초 공정 및 소재를 개발하고자 진행한 과제로서 연구기간이 1년이었고, 해당내용이 아직 상용화직전의 단계이므로 주관기관의 산업화 기술 개발 시기를 고려하여 일정기간 보안성이 필요하다고 판단됨. 보안성 필요 최소기간은 12개월을 요청함.

##### 2. 연구개발기관 자체의 검토결과

본 연구과제의 특성은 신규식품소재인 식용곤충의 단백질을 활용하여 대체육을 제조하는 방법으로 기술의 구현성이 비교적 쉬워 산업화 기술도입이 용이하나 이로인한 낮은 진입장벽은 오히려 기업의 노하우 축적전에 기술소비가 빠르게 일어나 사장될 우려가 있는바 본 과제의 보안성을 요청함.

## 연구성과 활용계획서

### 1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	
연구과제명	밀웜을 활용한 대체육 제조 기술 및 이를 활용한 제품의 산업화 제조공정 개발			
주관연구개발기관	주식회사 케일		주관연구책임자	류정표
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	200,000	200,000		400,000
연구개발기간	2020.04.29.~2021.04.28			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타(    ) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:    )			

### 2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
① 밀웜 유래 단백질의 조직화 물성 기술 개발 및 제형화 기술 확립	목표달성
② 밀웜 유래 조직단백질 제품화 기술 개발	목표달성
③ 밀웜 유래 대체육 Scale-up 공정 개발	목표달성

\* 결과에 대한 의견 첨부 가능

### 3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구 활용등) (명)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											SCI		비 SCI	논 문 평 가 관 I F					
단위	건	건	건	평 가 관 I F	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건		
가중치	20							40		20				10				10	
최종 목표	1							2		1				1				6	
당해 년도	목표	1						2		1				0				3	
	실적	1						2	2	1				0				3	
달성률 (%)	100							100	200	100				0				100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	밀웜 유래 단백질의 조직화 물성 기술 개발 및 제형화 기술 확립
②	밀웜 유래 조직단백질 제품화 기술 개발
③	밀웜 유래 대체육 Scale-up 공정 개발

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술	√					√				
②의 기술		√				√				
③의 기술	√						√			

\* 각 해당란에 √ 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	식용곤충 식품소재의 용도를 다양하게 개발하여 가공제품 다양화를 통한 소비자 선택 폭 확장
②의 기술	양질의 단백질이 풍부한 밀웜의 조직단백질 제조공정 확립 및 식용 곤충의 이용 방안 확대
③의 기술	바이오 및 푸드테크에 대한 관심 증가 유도 및 산업화스케일을 통한 신규 산업 창출 가능

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문 SCI	논문 비SCI			논문 평균 IF	학술발표	
단위	건	건	건	평구만원/건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건		
가중치	20					40			20					10				10	
최종목표	1	1				3	180		1					1				3	
연구기간내 달성실적	1					2			4					0				4	
연구종료후 성과창출 계획		1				1	180		2					1				5	



#### 주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농축산물안전유통소비기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.