

119011
-03-2-
CG000

Non-GM 육종 · 빅데이터 · 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발
2021 농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)

맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004065-01

Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발

2022.04.18.

주관연구개발기관 / (주)더플랜잇
공동연구개발기관 / 경상대학교 산학협력단

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발”(개발기간 : 2019. 05. ~ 2021. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022.04.18.

주관연구개발기관명 : (주)더플랜잇

양 재 식 (인)

공동연구개발기관명 : 경상국립대학교 산학협력단

정 재 우 (인)

주관연구책임자 : 양 재 식

협동연구책임자 : 정 종 일



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

< 요약 문 >

사업명	맞춤형혁신식품 및 천연안심소재 기술개발 사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		119011-03-2-CG000	
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0102	30%	2순위 LA0802	30%	3순위 LA0799	20%
	농림식품 과학기술분류	1순위 AA0101	30%	2순위 CA0199	30%	3순위 CA0302	20%
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발						
전체 연구개발기간	2019. 05. 20 - 2021. 12. 31 (2년 7개월)						
총 연구개발비	총940,100천원 (정부지원연구개발비:705,000천원, 기관부담연구개발비:235,100천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[V] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	<p>■연구개발 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 육류 대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발 ○ 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 개발 ○ 식품 빅데이터를 활용한 대체 육류 소재 후보 도출 및 제품 개발 <p>■연구개발 내용</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 육류 대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육류 대체 소재 맞춤형 고품질 기능성 Non-GM 콩 계통의 평가 및 선발 - 육류 대체 소재의 특성에 적합한 Non-GM 콩 품종보호출원 - 재배확대 및 농가 시험재배 - 신제품의 지역 특화재배 및 산업화 ○ 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 육류 대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄 및 단백질 분리 조건 확립 - 육류 대체 소재 특성에 적합한 단백질 분획 평가 및 선발 - 육류 대체 소재 특성에 적합한 단백질 분획 대량 생산 최적 조건 확립 및 기술 표준화 - 육류 대체 원천 소재 시생산 ○ 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류 대체 제품 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 식품 빅데이터를 활용한 육류 대체 소재 발굴 및 제품 배합비 개발 - 육류 대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정 - 육류 대체 제품 시생산 및 상용화 						

연구개발성과	<p><핵심성과></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 특허출원 2건, 특허등록 2건, 기술이전 1건, 제품화 7건 ○ 논문게재: SCI 2편, 비SCI 2편 ○ 고용창출 6명, 인력양성 3명 <p><전략성과></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 건식분획 단백질 분리분획 기술 개발 ○ 빅데이터 활용 육류대체 신규 제품 상품화 <p><활용계획></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 핵심 단백질 원료 소재 생산체계 구축 ○ 빅데이터를 이용한 고부가가치 육류대체 식물성 식품개발에 활용
--------	--

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구결과에 따른 육류 대체 원천 소재 개발 기술 확보를 통해 다양한 국내산 농산물 사용 및 육류 대체 소재 및 제품 개발 기대 ○ 빅데이터 기반 신규 육류 대체 소재 및 희귀 식물 발굴을 통한 스마트팜 연계 고부가가치 작물 재배 가능 ○ 연구결과에 따른 독자적 육류 대체 원천 소재 확보를 통해 100% 수입에 의존하던 원료에 대한 수입 대체 효과 및 미국, 중국 등으로 수출을 통한 수익 창출 기대 ○ 핵심 단백질 원료 소재 및 빅데이터 활용 제품 개발 기술을 통하여 식물성 계란, 우유, 대체고기 등의 국내산 육류 대체 제품 상품화 기대 ○ 컴퓨터 공학, 식품 화학·가공학의 융합 연구를 통해 데이터 기반 식품 개발이라는 새로운 분야의 전문 인력을 양성 기대 ○ 원료 소재의 스마트 팩토리 생산을 통해 농식품 분야에 청년 일자리 창출 예상 ○ 고품질의 맞춤형 원물, 클린 라벨 원료 개발 기술을 통해 건강한 식재료, 안전한 식품 먹거리 K-Food로 국가 이미지 제고 기대 ○ 환경 오염, 영양 불균형, 식품 안전 위협을 초래하는 공장식 축산 육류 소재의 대체를 통해 환경오염, 영양 불균형, 공장식 축산 문제를 해소할 수 있을 것으로 기대
---------------------	---

일반
「국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정」 제24조의 4에 따른 분류로
일반과제에 해당함

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
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)	육종		클린라벨		육류대체제품		단백질 건식 분획		빅데이터			
영문핵심어 (5개 이내)	breeding		Clean label		Plant-Based Meat Alternative		protein dry fractionation		Big data			

최종보고서										보안등급	
										일반[], 보안[]	
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명		맞춤형혁신식품 및 천연안심소재 기술개발 사업		
전문기관명		농림식품기술기획평가원			내역사업명						
공고번호					총괄연구개발 식별 연구개발과제번호		119011-03-2-CG000				
기술분류	국가과학기술 표준분류		1순위 LB0102	30%	2순위 LA0802	30%	3순위 LA0799		20%		
	농림식품과학기술분류		1순위 AA0101	30%	2순위 CA0199	30%	3순위 CA0302		20%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문									
		영문									
연구개발과제명		국문		Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발							
		영문		Development of Korean Plant-Based Meat Alternative Materials and Products Through Non-Gmo Breeding, Big Data Selection and dry protein Fractionation Method							
주관연구개발기관		기관명		(주)더플랜잇			사업자등록번호		437-87-00746		
		주소					법인등록번호		110111-6353984		
연구책임자		성명		양재식			직위		대표이사		
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호		11291605			
연구개발기간		전체		2019. 05. 20 - 2021. 12. 31 (2년 7개월)							
		단계 (해당 시 작성)		1차년		2019. 05. 20 - 2019. 12. 31 (1년 0개월)					
				2차년		2020. 01. 01 - 2019. 12. 31 (1년 0개월)					
				3차년		2021. 01. 01 - 2019. 12. 31 (1년 0개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타()		합계		연구개발비 외 지원금	
		현금		현금		현금		현금		현금	
총계		705,000		23,600		211,500		728,600		211,500 940,100	
1단계		1년차		184,000		6,200		55,200		190,200 55,200 245,400	
		2년차		245,000		8,200		73,500		253,200 73,500 326,700	
n단계		3년차		276,000		9,200		82,800		285,200 82,800 368,000	
		n년차									
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편	
		경상국립대학교		정종일		교수				비고	
		지질자원연구원		전호석		센터장				공공기관	
연구개발기관 외 기관											
연구개발담당자 실무담당자		성명		신동선			직위		수석연구원		
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호		11079922			

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

2021년 12월 31일

연구책임자: 양재식 (인)

주관연구개발기관의 장: (주)더플랜잇

공동연구개발기관의 장: 경상국립대학교 산학협력단장 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



목 차

요약문
표지

1. 연구개발과제의 개요	1
2 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	16
3. 연구개발과제의 수행 결과	23
4. 연구개발과제의 목표 달성 정도	94
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여도	95
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	96
붙임 1. 참고문헌	97
붙임 2. 정량적 개발성과 증빙자료	100
별첨 1. 연구개발보고서 초록	109
별첨 2. 자체 평가 의견서	111
별첨 3. 연구결과 활용 계획서	116

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발 목적

- 육류대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신품종 개발
- 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 개발

콩비린내 (이취) 원인 단백질 제거 : 이취의 원인인 lipoxigenase-1,2,3, KT1 단백질 결핍	육류대체소재 맞춤형 신품종 국내산 백태	난소화성 다당 저감 : 소화력을 떨어뜨리는 Stachyose 성분을 현저히 낮춤
대두 알러지 원인 단백질 제거 : 알러지 원인 단백질인 7S α' -subunit 단백질 결핍		기타 육류대체소재 적합 특성 강화 : 예) 11S 단백질 함량 증가

1-2. 연구개발의 필요성

가. 연구개발의 개요

- 연구개발 개요 1: 콩 비린내, 알러지 원인 물질이 제거되고, 난소화성 다당류가 저감된 육류 대체소재 맞춤형 신품종 NON-GM 국내산 백태
- 핵심기술 1:
 - 수입콩과 원천적으로 차별화된 기능성 품질을 저하시키는 Non-GM 콩 신품종
 - 성숙 콩 종실에서 3가지 단백질(리폭시지나아제(Lipoxygenase-1,2,3), 쿠니츠트립신인히비터(KT1), 7S α' -subunit)이 동시에 없으며, 난소화성당 성분인 stachyose의 함량이 낮은대립 노란콩 신품종
- 연구개발 개요 2: 용매추출, 화학물질 처리를 하지 않은 클린라벨 육류대체 맞춤형 대두 단백질 소재
- 핵심기술 2:
 - 비변성 초미세 분쇄 기술: 저온, 기류식 분쇄를 통해 열변성이 없고, 사이즈 조절이 가능하며, 입도 20 μ m 미만의 분쇄물을 생성
 - 단백질 건식분획 기술: 노말헥산(n-Hexane)이나 산/알칼리 처리 없이 입도/무게/전하 차이를 이용해서 탄수화물과 단백질을 분리/분획
- 연구개발 개요 3: 데이터 기반의 영양적, 기능적, 관능적 차이가 없는 고품질 육류대체 제품



○ 핵심기술 3:

- 식품 성분 데이터베이스: 식품 및 바이오 빅데이터로부터 구축된 더플랜잇 자체/접근 가능한 데이터베이스 (식품의 category, 구성 nutrition contents, compound contents, Molecular 특성, Functional 특성 등이 포함)
- 성분 발굴 및 매칭 알고리즘: Machine Learning, 매칭 알고리즘을 통해 소재 및 성분을 발굴하고, 배합 및 유사성을 예측할 수 있는 기술

나. 연구개발 대상의 국내·외 현황

(1) 국내 기술 수준 및 기술현황

○ 식품 데이터베이스 및 활용 기술현황

- 식품의약품안전처에서 제공하는 ‘식품안전나라’ 영양성분 DB는 3,438개의 식품종류 174개의 영양성분에 대한 정보, 굽기, 찌기 등 조리법에 의한 영양성분 변화 정보를 제공하고 있음

식품명	에너지	탄수화물	단백질	지방	나트륨	총지방산	포화지방산	단백질	지방
식용유	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (고열)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (저열)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (중열)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (저열, 노형지, 병간)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (중열, 노형지, 병간)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (고열, 노형지, 병간)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (저열, 노형지, 병간)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (중열, 노형지, 병간)	380	0	0	100	0	100	100	0	0
식용유 (고열, 노형지, 병간)	380	0	0	100	0	100	100	0	0

- 또한, 한국영양학회 영양정보원회에서 제공하는 ‘식품&음식’ DB는 식품과 음식의 영양소 함량, 영양사와 일반인 대상으로 영양정보 프로그램 Canpro를 유료 제공하고 있어 영양 섭취 상태 평가가 가능함. (식품정보: 3,926개, 음식정보: 1,784개)
- 그 외 데이터베이스를 활용하여, 식품을 개발하는 기업은 거의 없음

○ 국내 대체 육류 관련 기업 현황

- 국내 바이오벤처 기업인 제이영헬스케어는 미국 기업 헤리티지 헬스푸드에서 단백질 조성 기술을 이전 받아, 콩 단백질 구조를 조작하여 원하는 형태로 변형시키는 압출성형이

가능하다고 알려짐

- 국내 콩고기 관련 기업인 베지푸드는 콩에서 단백질을 추출하여 조직화 한 뒤 제품을 제조하고 있으나, 해외의 고품질 제품들에 비해 관능 특성이 우수하지 못한 실정임

< 육류 대체 맞춤형 단백질 소재 >



<p>[클린라벨] 화학물질, 용매 없이 건식으로 분획한 안전한 소재</p>	<p>[Non-GMO 국내산 신품종 백태] 이취, 알러지, 난소화성 다당이 제거/저감된 Non-GMO 국내산 백태</p>	<p>[육류대체 맞춤형] 비변성 단백질로 gelling, forming, emulsion 기능 유지</p>
--	--	--

- 국내의 경우, 인공육 제조기술을 외국에서 기술이전 받아야 하거나 국내 기술을 이용한 제품은 맛과 풍미, 식감 등 관능적 특성이 우수하지 못한 실정임. 따라서 국내 기술을 통하여 실제 육류의 관능적 특성에 대한 분석과 그러한 특성을 나타내기에 적합한 원료, 공정 및 제품의 개발이 더 필요함
- 고기를 모방하는 기업은 있으나, 인조 계란, 계란 대체제를 활용한 제품을 연구, 개발하는 업체는 거의 없음
- 식물성 우유는 두유-정식품(주), 삼육두유, 한미메디케어(주) 등이 생산하고 있으며, 한미 메디케어는 콩을 전체를 갈아서 영양 소실을 최소화하는 전두유 방식을 연구개발 하였음.
- 최근 아몬드유-아몬드브리즈(매일유업), 아데스(코카콜라), 어나더밀크(어나더밀크) 등이 판매되고 있고, 그 외 캐슈넛음료(디어넛츠), 캐슈두유(잔다리마을공동체) 등이 상품화 되었음. 두유를 포함한 위의 제품들은 식물성 원료를 갈아서 추출한 음료로 영양성분의 소실을 최소화하거나, 이취를 제거하는 연구가 주를 이루고 있음

○ 대두 육종 관련 기술현황

- 국내의 콩 품종 육성은 지금까지 주로 수량성에 목적을 두고 왔으며 용도에 따라 장류용, 나물용, 특수용으로 나누어 진행되고 있어 수입되는 콩과 차별성이 거의 없음
- 품질과 관련해서 단백질 함량, 지방함량, 가공적성에 중점을 두고 품종 육성이 진행됨. 특정 성분을 목적으로 한 품종 육성은 제한적으로 진행됨
- Lipoxxygenase 단백질이 없는 콩 품종으로는 진품콩, 진품콩2호, 미소, 진양콩등이 육성 되어져 농가에서 일부 재배되고 있으며, 생산된 콩을 이용한 다양한 콩 가공제품은 없는 실정임
- Kunitz Trypsin Inhibitor (KTI) 단백질이 결핍된 품종으로는 개척1호 및 개척2호가 있으나, 농가에서 극히 일부 재배되고 있으며 이를 이용한 콩 가공제품은 없는 실정임
- 콩 및 콩 제품의 소화력을 떨어뜨리는 난소화성 다당으로는 Stachyose 성분이 대표적이며, 이 성분은 인체 내에서는 분해 및 흡수가 되지 않아 소화불량과 장내 가스를 발생시켜

불편함을 유발시킴 현재까지 국내에서는 Stachyose의 성분 함량이 적은 콩으로 진양콩이 육성되어져 있는 유일한 품종으로 알려져 있음

- 7S α' -subunit 단백질은 알레르기를 일으키게 하며 영양 및 가공 면에서 품질을 저하시킴. 현재까지 7S α' -subunit 단백질이 없는 품종은 육성되지 않고 있음

(2) 국내 시장 현황

○ 국내 채식 식품시장 규모

- 국내 채식인구의 수는 약 150만 명 정도로 추정됨 (한국채식연합, 2017)
- 2016년 기준 채식전문 레스토랑은 300여 곳으로, 2011년에 비해 두 배 가까이 성장함.
- 채식주의자가 아닌 일반 소비자도 비건 제품의 건강, 윤리, 품질 측면에 대해 긍정적으로 생각하여 채식선호가 증가하는 추세로, 채식시장에 참여하는 경우가 있기 때문에 비건 푸드 등 비건제품 시장의 규모는 비건 인구보다 더 클 것으로 추정함
- 국내 식품기업들은 해외 채식 트렌드 확산, 국내 식품업계의 수출 다변화 시도 등으로 채식 식품에도 관심을 가지기 시작하였음. 동원 F&B는 미국 비욘드 미트의 비욘드 버거 등의 제품계약을 통해 공급받아 판매함. 하지만 국내 채식 식품기업의 경우, 제품개발이나 판매가 국내 소비자들의 수요에 맞춰져 있기 때문에 수출상품 개발이 부진한 상황이며, 채식 식품으로 판매되는 국내 채식기업의 제품 대부분이 별도의 채식인증을 획득하지 않은 것으로 확인됨

(3) 국내 경쟁기관 현황

- 한국의 경우, 미국이나 유럽과 비교하였을 때 제조 기반 푸드테크 분야의 활성이 저조함. 국내 푸드테크 기업 중 다수는 음식에 관한 정보를 제공하거나 유통 관련 업체로, 기술을 통해 식품을 제조하거나 응용하는 곳은 적음
- 국내 비즈니스 네트워크인 로켓펀치에 등록된 푸드테크 기업은 7곳임 (2019. 01. 22 기준). 인공지능 247곳, 바이오 214곳, 자동차 424곳에 비하면 적은 숫자임 (2019. 01. 22 기준).
- 이러한 경향에 대해, 한국인의 식습관이 서구화되어 간다고는 하지만 여전히 곡물이나 채소 위주의 음식이 많기 때문에 푸드테크의 필요성을 크게 느끼지 못한다는 의견도 있음.
- 국내 대체육류 중 식물성 고기 (주로 콩고기) 판매 업체로는 제이영헬스케어, 베지푸드, 비건팜, 밀스원 등이 있음
- 국내 배양육 관련 연구기관으로는 엠비지 기업부설연구소가 있음

(4) 국내 지식재산권 현황

- 국내기업인 CJ는 버섯과 단백질 보충물 및 첨가물을 혼합, 압출, 조직화하여 균류 단백질을 제조하는 것과 이를 이용한 인조육 및 천연 육고기향 향미제에 대한 특허를 출원하였음
- 콩고기 가공식품의 결착제로 사용되는 글루텐의 함량과 제조방법에 대한 특허가 출원되어 있음

- 글루텐 함량을 줄이고 녹두 분말과 트랜스글루타미아제를 사용하여 조직감 등의 기호성과 향산화 활성이 뛰어난 콩고기의 제조방법에 대한 특허가 출원되어 있음
- 이축압출기를 이용하여 재료의 혼합, 가압, 가열 등의 과정을 통해 연속으로 콩고기를 제조할 수 있는 콩고기 제조장치에 대한 특허가 출원되어 있음

(5) 국외 기술 수준 및 기술현황

○ 국외 기술현황

[미국 대체육류 판매기업의 대체육류 제조기술 현황]

- 임파서블푸드에서는 실제 고기와 비슷한 맛과 육즙을 나타내기 위해 유전자 재조합 효모를 이용하여 콩 레그헤모글로빈(헴(heme) 단백질)을 생산하여 사용함
(임파서블버거 공개 2019년 1월, 새로운 원료의 사용 및 조합과 레시피를 통하여 맛과 영양성분을 개선함)
- 비욘드미트에서는 압출기를 이용하여 햄버거용 패티, 닭고기 대체육을 생산함
외국의 경우, 이미 고객들로부터 맛과 풍미, 육즙, 질감 및 식감이 실제 육류와 매우 비슷하다는 평가를 받고 있으며, 그럼에도 제품의 개선을 위한 연구가 활발히 진행되고 있음
- 저스트는 식물성 단백질 분석 데이터를 통해 육류대체가 가능한 원료를 발굴하는 시스템을 개발하고, 이를 기반으로 식물성 계란, 마요네즈, 드레싱, 쿠키 등을 상품화함
(현재는 식물성 배지를 활용한 배양육 연구를 진행하고 있음)

[식품 데이터베이스 관련]

- 미국, 칠레 및 스위스 등에서 데이터 기반 식품 비교 및 개발을 진행하는 업체가 있음
- 각 업체 마다 기업의 형태, 그리고 집중하는 연구 분야, 비즈니스 모델이 상이함. (표1)

<표 1> 데이터 기반 식품 원료 및 제품 개발 업체 현황

기업명	국가	기업 형태	집중 분야	비고
Ingredion	미국	대기업	원료 개발	맛, 단백질 중심 연구 집중, 원료만 가공, B2B 판매 집중
Just	미국	스타트업	대체식품 (식물성)	단백질 중심 연구 집중, 대체식품 판매, 미국 입맛 집중, 식물성 원료 탐색 프로그램 특허 1개
Givaudan	스위스	대기업	원료 개발	맛, 향 중심 연구 집중, 원료만 가공, B2B 판매 집중
Not Co	칠레	스타트업	대체식품	맛 + 식품 역할 중심 연구 집중, 대체식품 판매, 남미 입맛 집중
(주)더플랜잇	한국	스타트업	대체식품	맛, 성분 역할, 영양성분 중심 집중, 대체식품 개발 및 판매, 동아시아 입맛 집중. 비공개

- 데이터의 구조 및 형태, 내용 또한 기업마다 차이가 있음, Just는 단백질에 집중하는 반면, flavor에 대한 데이터는 부족함, 반면 ingredion, Givaudan과 같은 향료, 소재 업체는 향에 대한 데이터 위주임, 스타트업인 Not co (칠레), (주)더플랜잇(한국: 주관기관)의 경우, 대체 육류 개발을 위한 데이터베이스를 수집하고 있으며, 본 기관은 영양성분에 대한 정보

를 활용하는 점이 다름



[대두 육종 관련]

- 미국, 브라질, 아르헨티나 등 3개국이 세계 콩 생산의 약 80% 및 수출의 90%를 차지하고 있으며 특히 미국이 콩에 관한 기초연구 및 신제품 육성을 비롯한 콩 생산 수출을 주도하고 있음
- 콩 병해충 저항성, 성숙군, 다수확 등은 공통사항이며 이용되는 목적에 따라 매우 다양한 품종이 육성되고 있음 (고단백질 품종, 콩기름 및 바이오에탄올을 위한 고지방 품종, 특정 지방산 성분의 증감이 있는 품종, 일본 청국장용에 적합 소립 노란콩 품종 등)
- 콩 품질과 관련하여 전체 단백질 및 지방함량에 관한 연구 및 품종 육성뿐만 아니라, 최근 기능성 성분과 Lipoxygenase 등 품질을 떨어뜨리는 성분의 유전적 제거, 알레르기를 유발시키는 성분의 제거 등 기능성 품질측면의 육종이 활발히 진행되고 있음
- KTI 단백질, Lectin 단백질, P34 단백질이 없는 중간 모본 육성에 관한 연구가 최근 진행되고 있음

[분리대두단백 및 단백질 분리정제 관련]

- 일반적, 상업적으로 분리대두단백의 경우, 습식 분획 기술을 통해 생산되었음. 습식 분획 과정은 노말헥산(n-hexane)으로 탈지한 대두박을 용매로 1차, 2차, 3차 등으로 순차적으로 정제하며, 이 과정에서 산/알칼리 처리를 통해 단백질, 전분, 지방을 분리함. 최종적으로 spray drying을 통해 (고품질의 경우)90% 이상의 순수 분리대두단백질을 얻을 수 있음
- 주로 미국, 브라질, 중국 등에서 사료용(feed grade), 식품용(food grade)으로 제조, 개발되고 있음
- 일반적 습식 분획 과정의 경우, 단백질 순도(molecular purity)는 높으나 정제과정 상 고온, pH의 급격한 변화 등 험난한 조건으로 인해 분획된 단백질의 기능성, 특히 가공 적합성은 현저히 떨어져 사용에 한계가 있음
- 환경 및 건강에 대한 관심이 높아지면서, 저에너지 사용, 저 가공, 클린라벨 (화학물질 미처리) 등의 방법들이 다시 조명을 받고 있음
- 단백질 건식 분획법 (dry fractionation)은 분쇄 후 입도/무게/전하 차이로 단백질을 분리

- 하는 기술이며, 물을 거의 사용하지 않아 추가적 건조 공정이 필요 없고, 화학적 용매를 사용하지 않아 저 가공, 클린라벨 형태의 제조 공정이라고 볼 수 있음
- 건식분획법의 경우, 쉽게 스케일을 키울 수 있고, 단백질의 기능성, 가공적성이 높으나 순도가 떨어지는 단점이 있음
 - 건식 분획법의 경우, 용매를 사용하지 않는 점에서 지방의 분리가 어려워 지방의 함량이 높은 콩류보다는 주로 곡류나 서류에 많이 적용되었음
 - 최근에는 네덜란드 등에서 순도 및 다양한 분획을 위해 전하 차이를 이용한 분리 방식에 대한 연구, 복합 방법을 이용하는 연구, 건식/습식을 같이 이용하는 방법 등을 연구하고 있음

(6) 국외 시장현황

○ 미국 채식인구와 채식 식품시장 추이

- 미국의 채식주의자 수는 미국 성인인구 약 2억4,500만 명 중 800만 명 정도로 집계되며, 그 중 절반정도는 동물성 식품을 아예 먹지 않는 비건으로 추정함
- 미국 채식 식품 시장 성장의 배경은 건강에 대한 관심, 동물보호, 체중 감량, 환경보호 등이 있음. 채식주의가 더 알려지고 채식 식품산업이 성장하면서 육류 또는 유제품을 대체하기 위한 대체식품 등 채식 식품군이 다양화되고 있음
- 2016년 미국의 채식시장은 10억 5,450만 달러 (한화 약 1조 1,773억 원) 수준이며, 2012-2016년간 연평균 약 5.1%씩 성장하였음

○ 독일 채식인구와 채식 식품시장 추이

- 독일채식협회가 조사한 바에 따르면, 독일의 채식 인구수는 약 780만 명이며, 그 중 약 200만 명이 비건일 것으로 추산됨
- 독일의 경우, 2015년 독일 인구 중 약 56%가 플렉시테리안의 범주에 있다고 생각하였고, 이들은 점차 채식주의로 이동하면서 채식 시장이 더욱 커질 것으로 예상하고 있음
- 2015년 독일 채식 식품 매출액은 4억 5,400만 유로임 (한화 약 5,690억 원). 독일채식협회에 따르면, 독일의 채식 식품 매출액은 계속 증가하는 추세이며, 그 증가폭도 확대되고 있음
- 2011년부터 2015년까지 독일에서 출시된 채식 식품의 수는 총 1,672개로 집계되었으며, 특히 육류대체식품이 가장 많이 출시됨 (410개 제품)
- 독일채식협회에 따르면, 건강이나 환경 등을 이유로 채식을 긍정적으로 생각하는 소비자가 점점 늘어나고 있다고 함
- 독일 내 채식 식당 (육류를 판매하지 않는 곳)의 수는 2016년 기준 777곳이며, 이 중 동물성 식품을 전혀 취급하지 않는 비건 식당은 161곳으로 증가하는 추세라고 함

○ 영국 채식 인구와 채식 식품시장 추이

- 영국 정부가 2014년에 실시한 바에 따르면, 성인인구의 약 2.6%인 137만 명이 채식인구인 것으로 나타남
- 2016년 영국비건협회의 조사에 따르면, 15세 이상 인구의 약 1.05%인 54만 2천여 명이 비건인 것으로 집계됨

- 2016년 영국의 채식 (비육류제품) 시장의 규모는 3억 390만 파운드 (한화 약 4,410억 원) 수준이며, 2012~2016년 동안 연 평균 약 9.1%의 성장률을 보임
- 영국에서는 2000년대 광우병 발병으로 인해 사람이 사망하는 사건이 일어나면서 육식에 대한 부정적 인식이 확산됨
- 채식 전문매체 배그뉴스는 2017년에 식물성 유제품이 가장 많이 판매될 것으로 전망하였음. 우유, 치즈, 계란 등의 낙농품 판매는 감소하였으나, 식물성 대체 유제품은 두드러진 성장을 보였다고 발표함
- 영국식품표준청에서 2014년에 조사한 바에 따르면, 16~24세 청소년 중 약 46%가 우유를 섭취하였을 때 부작용을 나타내는 것으로 확인되었고, 그로 인해 유제품 대체 식품시장의 전망이 밝을 것이라고 예상함

(7) 국외 경쟁기관 현황

○ 국외 대체육 관련 기업 현황

- 임파서블푸드는 햄 단백질을 이용하여 소고기 패티의 맛과 육즙을 모방한 식물성 고기를 생산하였음
- 비온드미트는 콩, 버섯 등에서 추출한 단백질을 효모, 섬유질 등과 배양하여 식물성 고기를 생산하였으며, 압출기를 이용하여 닭고기의 질감을 모방하였음
- 비온드미트는 국내기업인 동원 F&B와 계약하여 대한민국에도 대체고기를 공급하기 시작하였음
- 저스트는 녹두 단백질을 이용하여 계란대체제를 개발하였으며, 마요네즈 등의 식품을 계란의 사용 없이 생산하였음
- 멤피스미트는 동물의 줄기세포를 배양하여 도축 없이 단백질과 고기를 생산하였음

(8) 국외 지식재산권 현황

○ 국외 대체육 관련 기업의 특허 현황

- 임파서블푸드는 인공육 제조 과정 및 원료 조합과 관련된 특허를 등록하였음.
(내용) 햄 단백질을 이용한 결과로 나타나는 맛과 향, 색 등 대체육의 특징 변화를 확인하고, 소고기의 근육조직과 지방조직 등 부위 및 구조의 특성에 따른 원료의 비율 조정과 그에 따른 결과를 확인함
- 비온드미트는 육류모사 제품과 관련된 특허를 등록하였음
(내용) 압출기를 이용하여 제품을 생산할 때 적용된 변수, 콩 단백질 등 대체육 제조에 사용된 원료의 양과 조합에 대해 기술하였고 배합 변화에 따른 품질 확인 결과를 보여줌

다. 연구개발의 중요성

- 식품산업에서 콩 원료의 문제점은 1) 콩 비린내(이취), 2) 알레르기 원인 단백질, 3) GMO, 4) 난소화성 다당류 등이 있음. 콩 비린내 (이취), 알리지 원인 물질, 난소화성 다당류, 영양

저해요소 등을 제거하기 위해 열처리의 가공방법을 사용하거나 고도의 정제과정을 거쳐야 하나, 이 경우, 단백질의 변성 및 기능성 소실로 인하여 가공적성이 또한 떨어지게 됨

- 식물성 육류대체제품 맞춤형 단백 소재는 그에 적합한 gelling, forming, emulsion 등의 특성이 가지고 있어야 하며, 특유의 콩 비린내가 이취가 없어야 함
- 특히, gelling 성질을 강화하기 위해서는 대두의 7S, 11S 단백질 중 11S 단백질을 선택적으로 분리, 정제, 농축하는 기술을 적용해야 함
- 기존 분리대두단백 혹은 콩 단백질의 분리, 정제, 농축 과정의 문제점은 유기용매인 n-hexane으로 고온에서 기름을 추출 후 남은 원료(탈지대두박)를 사용하여 저품질이거나 분리 정제 과정에서 산/알칼리 처리로 인하여 단백질의 순도는 높으나, 맛, 가공적성이 식품 소재로 사용하기에는 부족하여, 소량의 식품 첨가제나 단백질 보충용으로 주로 사용됨, 즉, 육류대체 소재로 개발된 것이 아님
- 육류대체 제품은 단백질 소재뿐만 아니라 향미, 물성, 기능성, 지방 등을 완전히 모사할 수 있는 배합이 중요하며, 이는 타겟 육류 및 제품에 대한 정밀한 분석 데이터와, 그에 상응하는 수준의 식물성 원료 데이터를 바탕으로 대체 원료를 발굴하여 조합 및 역가공 (reverse engineering)을 통해 개발될 수 있음
- 따라서, 다양한 콩 가공제품을 만들기 위하여 품질 및 기능성을 저하시키는 7S α' -subunit 단백질, KTI 단백질, Lipoxygenase 단백질 등이 없으며 Stachyose 함량이 낮은 NON-GM 콩 품종의 육성과 이를 육류 대체 제품에 적합하도록 분획하는 기술, 그리고 다양한 식물성 원재료와 배합하여 제품화, 상용화 할 수 있는 기술의 연구개발이 필요함

라. 선행연구 내용 및 결과

<대두 육종 관련 선행 연구>

(1) Lipoxygenase 단백질 부재 및 Stachyose 저 함량 Non-GM콩 신품종: 진양콩

- 성숙 종자에서 Lipoxygenase-1,2,3 단백질이 존재하지 않으며, Stachyose의 함량이 일반콩(25-40g/kg)에 비해 매우 낮음(9g/kg)
- 생콩의 맛이 우수하며 수량성이 높은 편임
- 진양콩의 농업적 형질: * 파종일: 6월15일

품종명	개화기 (월,일)	수확기 (월,일)	도복 (0-9)	경장 (cm)	분지수	협수	불마름병	100립중 (g)	수량 (kg/10a)
진양	7.31	10.1	1	65	4	55	1	21.0	330

(2) 대체육류 맞춤형 고품질 기능성 Non-GM 콩 계통

○ 콩의 품질 및 기능성을 저하시키는 Lipoxygenase, Kunitz Trypsin Inhibitor(KTI), 7S α' -subunit 3가지 단백질이 없으며 Stachyose의 함량이 낮고 생콩의 맛이 우수하며 농업형질이 양호한 Non-GM 노란콩 계통 선발됨

○ 선발계통의 형태 및 종자모양은 아래 그림과 같음



○ 선발계통의 대략적인 농업적 형질:**과종일: 6월21일

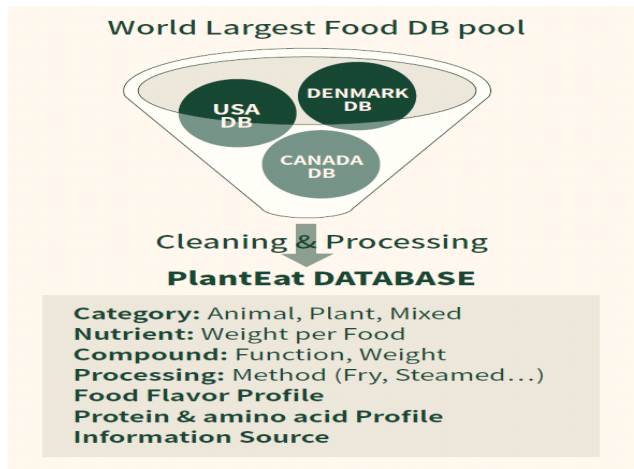
개화기 (월,일)	성숙기(월,일)	도복 (0-9)	경장 (cm)	절수 (개/주)	분지수	불마 름병	100립중 (g)	수량 (kg/10a)
8.4	10.22	1	56	15.2	4.8	0	32.3	340



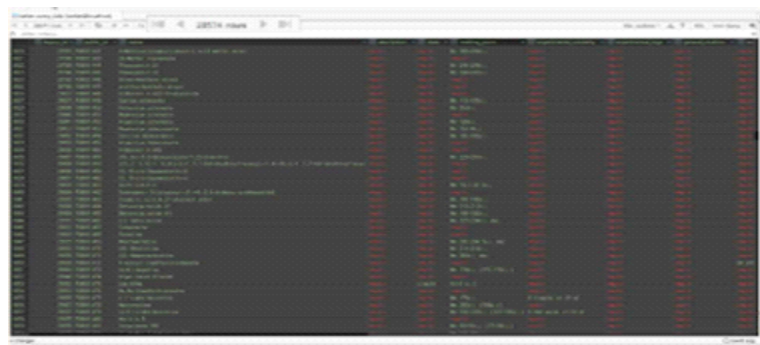
<데이터 기반 식품 개발 관련>

(1) 빅데이터 기반 식품 성분 데이터베이스 구축

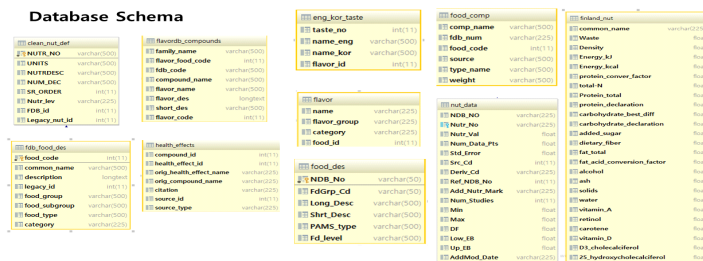
○ 미국, 캐나다, 유럽 등의 식품·바이오 관련 빅데이터로부터 자료를 수집하여 자체 데이터 베이스를 구축함, 식품 기준 7,793 entries, Compound 기준 28,574 entries 데이터 구축 및 업데이트 진행 중 (cf. 세계 TOP3 식품 데이터베이스 캐나다DB의 경우, 식품 기준 722 entries, Compound 기준 26,625 entries 데이터 구축)



<(주)더플랜잇 데이터베이스 소스 및 내용>



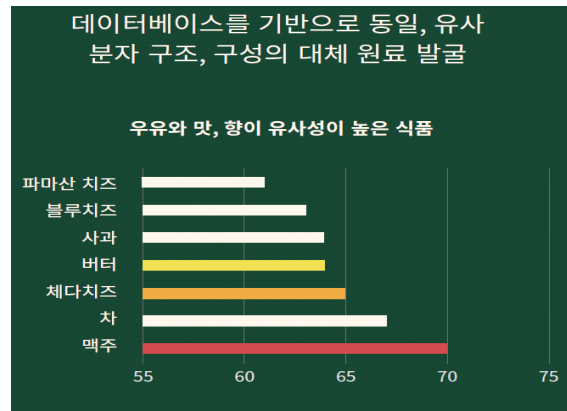
< (주)더플랜잇 자체 식품 데이터베이스 화면>



< (주)더플랜잇 자체 식품 데이터베이스 구성>

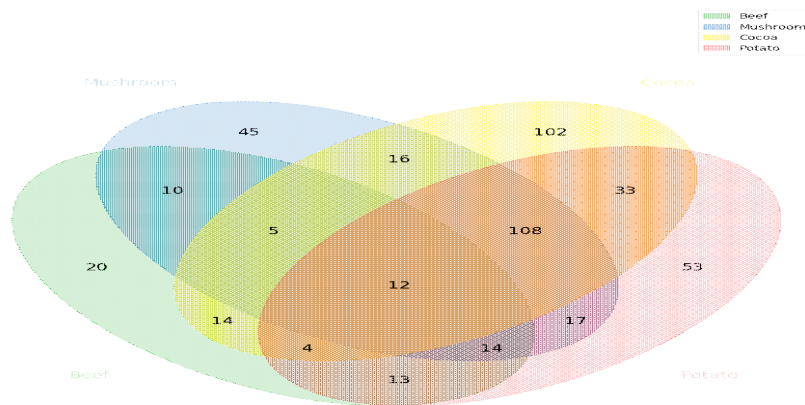
(2) 데이터 기반 식품 소재 발굴 및 배합 개발 (PAMS system)

- 데이터베이스를 기반으로 동일, 유사 compound를 가진 원료를 순위화 할 수 있음. 우유와 맛, 향이 유사성이 높은 식품을 데이터를 기반으로 탐색했을 때, 우유 기반의 식품인 치즈, 버터보다 맥주가 더 유사성이 높은 것으로 분석됨

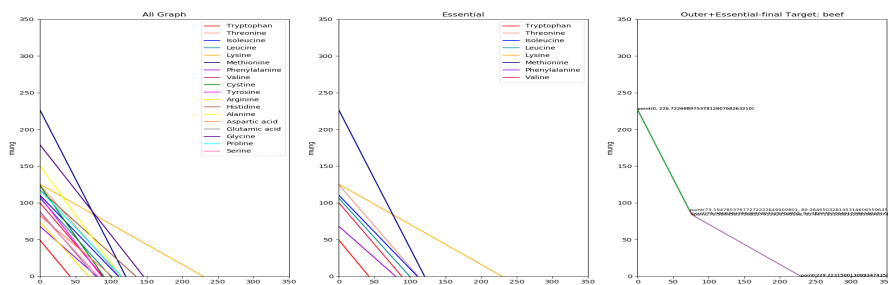


< 우유 성분 유사 원료 발굴 결과 >

- 자체 DB를 기반으로 소고기에 있는 flavor compounds를 식물성 원료로 대체하는 방법을 연구
 - DB에 있는 식물성 원료와 소고기 flavor compounds와의 매칭 정도를 순위화 후 선별함
 - 선별된 식물성 원료 후보군 24개 중 3개를 선택하여 2,024개의 조합을 생성함
 - 생성된 식물성 원료 조합과 소고기 flavor compounds와 매칭 정도를 순위 매긴 후 선별
 - 선별된 원료를 기반으로 소고기 flavor를 가장 유사하게 모사할 수 있는 조합을 계산하여 도출한 결과, 버섯(양송이), 코코아, 감자의 조합으로 소고기의 맛의 78.3 % (72/92)에 가까운 맛을 낼 수 있는 것으로 연구됨
 - 소고기의 아미노산 구성 비율과 가장 가까운 식물성 원료의 조합 (녹두 단백질+쌀 단백질) 및 배합비를 도출 하였음



< 소고기 flavor를 모사하기 위한 최적 조합의 도출 >



< 소고기의 아미노산 구성에 가장 가까운 식물 조합 배합비 >

<대두 분말 소재 및 육류 대체 제품 개발 관련>

- (1) 대두, 약콩에 대한 초미세 분쇄 기술 적용 및 소재 개발
 - 기류 충돌 속도가 마하 2.5 이상을 사용하여 분쇄를 하는 기술로 10-15 μm (1,270~2,340 mesh) 정도의 분쇄 입자를 얻을 수가 있으며 분쇄물에 따라서 1 μm까지 분쇄가 가능
 - 증숙된 대두, 로스팅된 약콩을 Jet-mill에 적용 가능하도록 최적화
 - 제품에 사용 가능한 수준까지 Scale-up
- (2) 데이터 기반 배합비 및 공정개선을 통해 유화 기능성 대체 물질 개발
 - 아라빅검-대두단백질, 아라빅검-약콩단백질 등 탄수화물-단백질 복합체 형성 배합 및 공정 최적화
 - 단순 단백질(비교공정)로 해결하기 어려웠던 유화 및 유화 안정성 부분을 약콩대두진액 공정(복합체 형성 공정)을 통해 해결
 - 데이터 기반 배합비 및 공정 개선을 통한 유화 기능성 계란 대체 소재 개발 (순식물성마요네즈, 드레싱 등에 적용)
- (3) 대두 소재 기반 육류 대체 제품 개발 및 상품화

제품	상세정보
잇츠 베러 마요	<ul style="list-style-type: none"> ● 2018.08 출시 ● 온/오프라인 마켓에서 월 2,000 개 이상 판매 ● 계란 대신 국내산 약콩과 두유를 사용한 100% 순식물성 마요네즈 ● 천연원료 로즈마리 추출물과 레몬농축액을 사용하여 합성보존제 無 ● 기존 동물성 마요네즈 대비 칼로리, 지방 24%, 나트륨 50% 절감, 콜레스테롤 0% ● 국내 유일 비건 인증 마요 (영국채식협회 비건 인증)
잇츠 베러 드레싱	<ul style="list-style-type: none"> ● 2018.08 출시 ● 순식물성 마요네즈인 잇츠 베러 마요 베이스 사용 ● 참깨된장, 유자머스타드, 어니언갈릭 3종
잇츠 베러 크래커	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019.03 출시 예정 ● 계란 및 우유를 쓰지 않고 고식이 섬유, 단백질 함량이 높은 크래커

1-3. 연구개발의 목표 및 내용

가. 최종목표

- 육류 대체 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발 및 산업화 재배
 - 육류 대체 소재의 특성에 적합한 Non-GM 콩 품종보호출원 1종 이상
 - 연간 50t 이상 재배 및 수확
- 건식분획법을 이용한 클린라벨 육류 대체 원천 소재 및 기술 개발
 - 건식분획법을 이용한 클린라벨 육류 대체 맞춤형 분리대두 소재 생산 기술 표준화 및 상용화
 - 클린라벨 육류 대체 맞춤형 분리대두 소재 1종 이상 개발 및 상품화

- 개발된 대두 소재 및 식품 데이터베이스를 활용하여 대체 육류 제품 개발
 - 육류 대체 제품 (계란, 우유, 고기) 3종 이상 개발 및 상품화

나. 세부목표

- 육류 대체 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발
 - 1) 주요 기능(또는 규격)
 - 이취: Lipoygenase-1,2,3, Kunitz Trypsin Inhibitor(KTI) 無
 - 알레르기: 7S α' -subunit 無
 - 난소화성 다당류: Stachyose 1% 이내
 - 2) 핵심 기술
 - 3-null(이취, 알레르기, 난소화성 다당류) Non-GM 대두 육종 기술 (세계 최초)
 - 3) 적용 범위
 - 계란, 우유, 고기류를 대체하기 위한 단백질 소재의 원료로 사용 가능
 - 기존의 두부, 두유 등의 콩 가공 식품에 적용 가능

- 건식분획법을 이용한 클린라벨 육류 대체 원천 소재 및 기술 개발
 - 1) 주요 기능(또는 규격)
 - 화학물질(n-hexane, acid/alkali) 無 처리
 - 이취, 알레르기, 난소화성 다당 제거된 국내산 백태 품종
 - 열변성 無
 - 20 μ m 미만의 입도
 - 단백질 함량 60% 이상
 - 2) 핵심 기술
 - 비변성 분쇄 기술 적용
 - 용매 추출, 화학물질 첨가, 고온 처리 등이 없이 입도/무게/전하차를 활용한 대두 단백질 건식 분획 기술 (세계 Top3)
 - 3) 적용 범위
 - (대두 단백질 소재의 경우) 계란, 우유, 고기류를 대체하기 위한 제품의 주요 단백질 원료로 사용 가능
 - (건식 분획 기술의 경우) 대두 외 콩류, 곡물류 등 다양한 식물성 원료의 기능성 분획으로 다양하게 적용 가능

- 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류 대체 제품 개발
 - 1) 주요 기능(또는 규격)
 - <식물성 계란>
 - 유화 안정성 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)
 - 젤링 기능성 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)

- 아미노산 구성 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)
- 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)

<식물성 우유>

- 유화 안정성 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)
- 젤링 기능성 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)
- 아미노산 구성 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)
- 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)

<식물성 고기>

- 경도 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)
- 아미노산 구성 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)
- 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)

2) 핵심 기술

- 식품 성분 데이터베이스 (세계 TOP 5)
- 데이터 기반 식품 원료 발굴 및 배합개발 기술 (세계 TOP 3)

3) 적용 범위

- (데이터 기반 식품개발 기술) 다양한 형태 및 종류의 육류 대체 가능/ 인지, 경험이 없는 식물성 원료 소재도 발굴 가능/ 스마트팜 연계 소재 개발 및 기술 연구 가능성 있음
- (계란) 베이킹, 스크램블 에그, 뿐만 아니라 한식의 계란찜, 계란말이도 적용 가능
- (우유) 단순 액상 우유뿐만 아니라 치즈, 요거트, 버터 등으로 적용 가능
- (고기) 햄버거 패티뿐만 아니라 너비아니, 만두용 속, 국거리 등 HMR 식품, 소시지 내 원료로 사용 가능

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 주관연구기관-(주)더플랜잇

2-1-1. 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 개발

가. 육류대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄 및 단백질 분리조건 확립

(1) 대두 및 단백질 소재에 적합한 분쇄 타입 결정 및 조건 확립

1) 연구에 사용된 대두는 하영콩 품종으로 협동연구기관인 경상대에서 개발한 것으로서, (주)씨드웰에서 구입하였으며, 대조군으로 사용한 일반콩(대원콩)은 (주)아람농협에서 구입하여 창고에 보관($10\pm 2^{\circ}\text{C}$)하면서 원료로 사용하였다.

2) 건식분획법을 이용한 클린라벨 육류대체 소재 개발하기 위하여 대두 분쇄 및 단백질 분리 조건을 탐색하였다. 건식분획법은 단백질 변성을 최소화하면서 용매추출, 화학물질 처리를 하지 않고 분리하는 방법이다. 제조 공정 중 분쇄 타입과 대두의 전처리 조건을 달리하여 실험을 진행하였다. 분쇄기는 Fine Impact, Air jet, 초립분쇄기 등 3가지 타입이 사용되었으며, 건조는 원적외선 건조기(HKD-LAB, 한국에너지기술)를 이용하였다.

3) 분쇄물, 분리/분획물의 성분특성 및 기능적 특성 평가

① 용해도: 측정 시료가 용매인 증류수에 용해되는 정도를 측정하였다. 50mL conical tube 에 5% (w/w) 시료 용액을 분산시킨 후, 1N NaOH와 1N HCl을 통해 용액의 target pH로 조정하였다. Vortexing 후에 항온수조에서 80°C 에서 30분 동안 용해시킨 다음 1시간 동안 상온에서 냉각시킨 후 원심분리(6000 rpm, 10분)한 상등액을 알루미늄 칭량접시에 옮겨 건조오븐에서 105°C 로 항량될 때까지 건조시켰다. 용해도는 시료(g)당 건조된 상등액의 무게(g)를 백분율(%)로 나타냈다.

② 수분결합력과 오일결합력: 수분결합력과 오일결합력이란 시료가 외부압력으로부터 물 or 오일을 보유할 수 있는 능력으로 정의되며, 본 실험에서 분말의 수분결합력과 오일결합력은 원심분리법으로 측정하였다. 수분결합력은 시료 2 g과 증류수 20 mL를 충분히 충분히 분산시킨 후, 1시간 상온 방치 후에 원심분리 (6,000 rpm 10분)한다. 상등액을 제거한 고형분의 무게를 측정된 뒤 시료 g당 흡수된 물의양(g)로 나타내었다. 오일결합력은 시료 2 g과 대두유 20 mL를 충분히 분산시킨 후, 1시간 상온 방치 후에 원심분리 (6,000 rpm 10분)한다. 상등액을 제거한 고형분의 무게를 측정된 뒤 시료 g당 흡수된 기름의 양(g)로 나타내었다.

③ 거품형성력과 거품안정성 : 식품의 거품은 가용성 계면활성제를 가진 연속상 액체 또는 반고체에 기체 입자가 분산 되어 있는 상태를 말하며, 본 실험에서는 homogenizer로 기포를 생성시켜 측정하였다. 거품형성력 (foam capacity) 및 거품안정성 (foam stability)은 5% (w/w) 수용액 100mL를 250 mL 비커에 넣어 분산시킨 후 homogenizer로 균질화 (10,000 rpm, 2분)하였다. 거품형성력은 균질화 후 즉시 비커 바닥으로부터 기포높이 (mm)를 측정하였고, 거품안정성은 균질화 후 상온에서 30분 방치한 후의 기포 높이(mm)를 측정하였다.

④ 유화특성: 유화는 서로 섞이지 않는 두 액체상 중 한 액체가 다른 액체에 $0.1\sim 50\ \mu\text{m}$ 입자 크기의 교질 상태로 분산되는 현상을 말하며, 본 실험에서는 homogenizer를 이용하여 유화를 형

성시킨 다음 유화특성을 측정하였다. 먼저, 시료 6 g을 증류수 75 mL에 분산시킨 용해액에 대두유 75 mL 중 반 정도 넣고 homogenizer로 균질화 (25,000 rpm, 30초) 하였다. 다른 시료는 대두유를 다 넣고 homogenizer로 (25,000 rpm, 1분 30초) 균질화한다. 균질화된 suspension은 20 mL씩 2개의 50 mL cornical tube에 소분하여 나누어 담아 각각 유화력과 유화안정성 측정에 사용하였다.

먼저, 원심분리(6,000 rpm 30분)를 실시하였고, 이 후 나타난 emulsion층의 무게를 측정하였다. 유화력은 원심분리 후 전체 부피에 대한 유화층의 부피를 %로 나타내었고, 유화안정성은 water bath 80°C 에서 1시간 가열하고 상온에서 1시간 방냉 한 후 원심분리 (6,000 rpm, 30분)하여 전체 부피에 대한 유화층의 부피를 %로 나타내었다.

⑤ 겔 특성 : 겔화는 두부에서와 같이 변성된 단백질이 질서 정연한 망상구조를 만드는 것을 말한다. 겔화는 단백질의 매우 중요한 기능적 성질로 가열 또는 산 응고, 젤라틴화 겔, 미생물 효소(Transglutaminase) 겔, 압출법으로 텍스처화한 겔(TVP) 등의 방법이 있다. 본 실험에서는 두부응고법을 이용하여 측정하였다. 즉, 100 g의 시료를 840 mL의 증류수에 분산시키고 균질화하여 thermomix (100°C, 20분 3rpm)로 가열하면서 교반하였다. stainless 대접(높이 85 mm, 외경 265 mm, 내경 250 mm)에 따라내고 상온에서 방치하면서 냉각시켜주었다. 냉각 후 온도가 70~80°C가 되면 간수 (천연정제간수, 도다테크) 60 g을 스포이드로 조금씩 첨가하여 천천히 최대한 적은 힘으로 저어주었다. 간수와 겔의 결합이 이루어지도록 충분한 시간 동안 방치한 후 단단한 두부 틀(길이 85 mm 폭 107 mm 높이 60 mm) 속 면포에 넣고 압착시켜 주었다. 물을 짝 빼낸 후 돌 같은 무거운 부품을 올려두어 2~3시간 정도 압착시켜 주었다. 이후 두부를 일정크기로 절단하여 TA analyzer (CT3 Texture analyzer, Brookfield, 화신기계상사)를 이용하여 측정하였다.

⑥ 시차주사현미경(SEM) 및 시차주사열량계(DSC) 측정 : 시차주사현미경(SEM) 및 시차주사열량계(DSC)은 시료의 pt+pd(백금-팔라듐) 코팅 2회 진행한 후 1,500배 배율로 촬영하였다. DSC는 시차주사열량계를 이용하여 30°C 에서 250°C 까지 분당 5°C 의 속도로 승온하였다(kim et al., 2017). 대두 분말 시료 10 mg을 DSC 전용의 알루미늄 용기에 넣고 밀봉하였으며 빈 알루미늄 용기를 대조군으로 하였다.

⑦ 구성아미노산 조성 : 시료 0.2 g을 시험관에 넣고 6 N HCl 용액 10mL를 가하여 110°C 에서 24시간 가수분해 시켰다. 여액을 감압농축기로 농축하여 HCl과 물을 완전히 증발시킨 후, 0.2M sodium citrate buffer solution로 50 mL로 정용한 다음 0.45 μm nylon syringe filter로 여과한 여액을 취해 아미노산 자동분석기(L-8900, Hitachi, Japan)로 분석하였다. 황함유 계열인 methionine과 cysteine은 performic acid 산화법, tryptophan은 알칼리 가수분해법을 이용하였다. 분석조건은 표 2-1 같다.

<표 2-1> Analytical conditions of amino acids autoanalyzer for total amino acid

Items	Conditions
Instrument	Hitachi, L-8900
Column	Ion exchange column (#2622PH column) 4.6×60 mm
Mobile phase	Buffer set (PH-SET KANTO)
Detector	UV/Vis(440, 570nm)
Flow rate	Ninhydrin : 0.35mL/min Buffer : 0.40mL/min
Injection volume	20 μL

<표 2-2> Analytical conditions of HPLC for tryptophan

Items	Conditions
Instrument	Waters Isocratic 510 pump, 486 UV/VIS detector
Column	CAPCELL C18 (4.6x250mm)
Mobile phase	0.0085M Sodium acetate : methanol = 95 : 5
Detector	UV 280nm
Flow rate	1.0mL/min
Injection volume	20µL

⑧ 유리아미노산 조성 : 시료 10 g에 증류수 100 mL를 가하여 균질화한 후 8,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액은 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 유리 아미노산을 추출한 것을 분석용 시료로 사용하여 아미노산 자동분석기를 사용하여 분석하였다 <표 2-3>.

<표 2-3> Analytical conditions of HPLC for tryptophan

Items	Conditions
Instrument	Hitachi, L-8900
Column	Ion exchange column (#2622PF column) 4.6×60 mm
Mobile phase	Buffer set (PH-SET KANTO)
Detector	UV/Vis(440, 570nm)
Flow rate	Ninhydrin : 0.30mL/min Buffer : 0.35mL/min
Injection volume	20µL

4) 분쇄 타입 및 전처로 조건에 따른 입도 및 입형 분석 : 입도분석기(Microtrac FlowSync Particle Size & Shape Analyzer Sync)를 이용하였다. 측정범위 0.1 - 1,000 µm에서 측정하였으며, 분석결과를 passing percentiles에 따른 입도 크기(µm)로 표현하였다. 용매는 Isopropyl Alcohol(Dae Jung chemicals & metals co., LTD)로 선택(RI = 1.8)하였다. 측정조건은 sample system(wet), Number of Rinses 3, Flow Fate (%) 40 %, Deaeration Cycles 1로 하였다. 수분함량, 수분활성도 Aqualab 4TE), 단백질 및 지질 함량 등을 분석하였다.

(2) 대두 단백질 분리, 분획에 적합한 단일/복합 (입도, 무게, 전하) 방법 및 조건 확립

1) 단일/복합 분리, 분획 방법에 따른 조건 설정:

① Milling Machine (분쇄) 및 Air Classifier (기류식 분류기)를 이용하여 단백질 분리/분획 조건을 설정하기 위하여 적합한 분쇄기 및 분류기를 찾고자 자료검색 및 기기정보 등을 통해 결정하였다. 결정된 분쇄기는 파인임팩트밀 (Fine impact mill), 에어제트밀(Air jet mill), 기류식분류기(Air Classifier, 100AFG/50ATP)로 하여 시험테스트에 사용되었다. 3가지 종류의 분쇄기별 기기의 조작성, 연속분쇄, 처리량, 온도, 입도조절 정도 등의 주요 요소를 고려하면서 단백질 분리/분획을 하였으며, 입자 사이즈별로 분류하여 분석 시험용으로 하였다. 입자 크기를 이용한 분리/분획으로 Sieving 및 Air classifier 방법 등을 이용하였다.

② Electrostatic separator (전기적 분리기)를 이용하여 단백질 분리/분획에 대한 실험은 대두 및 단백질 소재에 적합한 분쇄 타입 및 확립된 조건에 따라 제조된 분쇄물을 이용하였다. 분쇄물 또는 분획물의 입도 특성을 파악하여 전하차에 의한 정전분리용 시료를 결정하여 사용하였다. 정전기 분리기 분획을 위해 Belt type, Vertical type등을 이용하였고, 단백질 순도를 높이기 위한 정전분리 조건은 장치의 튜브재질, 길이, 스프링, 분리속도, 가스(기체유량) 등의 조건을 달리하여 분리하였다.

2) 단일/복합 분리, 분획 방법에 따른 단백질 순도 및 특성 평가 :

단백질 및 특성 평가는 가. (1). 1) ①~⑧과 같이 동일한 방법으로 평가하였다.

2-1-2. 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류대체 제품개발

가. 식품 빅데이터를 활용한 육류 대체 소재 발굴 및 제품 배합비 개발 (계란, 우유, 고기)

(1) 타깃 육류의 분석 데이터 탐색 및 정보 수집

- 타깃 육류 (계란, 우유, 고기)의 세부 영양성분, 분자 성분, 단백질 구조 등에 대한 데이터를 탐색하고 불충분 데이터에 대한 문헌 검색 및 데이터베이스를 보완하였다.

각 소재의 타겟은 계란의 경우 타겟으로 Eggs, Grade A, Large, egg whole, 우유의 타겟은 whole milk (3.25%), 소고기 타겟: Beef, short loin, top loin, separable lean and fat, trimmed to 1/8" fat, prime, cooked, broiled(출처: USDA)으로 정보를 수집하여 데이터베이스화에 이용하였다.

데이터 기반 아미노산 데이터 추출은 단일 소재가 아닌 복합 소재를 이용하여 식물성 단백질의 부족한 부분을 보완하도록 노력하였으며, 필요 시 없는 개별 단백질은 미생물 기반의 단일 아미노산을 추가 가능하도록 하였다.

(2) 영양성분, 분자 단위의 성분 데이터 기반의 식물성 소재 발굴 및 배합비 개발

- 타깃 육류 (계란, 우유, 고기)와 유사 혹은 동일 분자 구성 및 기능의 식물성 소재 후보를 발굴하여 식물성 후보 조합을 통한 타깃 육류 대체 배합비를 도출하였다.

나. 육류 대체 제품의 제형 및 상품화 연구 (계란, 우유, 고기)

(1) 배합 구현 및 제품의 품질 평가

1) 대두 원료의 소재 구조화 및 적합한 공정개발

- 타깃 육류의 분석 데이터를 이용하여 배합비 구현 및 제품의 공정을 개발하였다. 계란, 우유의 베이스, 조미소재 배합을 구현하였으며, 이화학실험, 관능평가를 통하여 품질기준규격을 설정하였다.

① pH 및 점도 측정 : 시료는 200ml 유리 용기에 시료를 가득 담아 뚜껑을 덮고 25°C incubator에 보관하면서 측정하였다. pH는 pH meter(OHAUS Start 3100)를 이용하여 측정하였으며, 점도는 25°C를 유지하면서 Spindle 5로 측정하였다.

② 조직잔사지수 (Integrity index) : 고기 대체 압출제형화 시료 5 g을 80°C의 물에서 30분간 재수화 후 121°C에서 15분간 가압 가열하였다. 이를 homogenizer(IKA, Staufen, German)에서 14,450 rpm으로 1분간 균질화 시킨 다음 20 mesh 체에 걸러내었다. 잔사는 흐르는 물로 30초간 씻고 135°C에서 4시간 건조 한 다음 건물량에 시료 무게를 나누어 산출하였다.

③ 수용성 질소지수(NSI) : 고기 대체 압출제형화 시료 1.5 g을 0.5% KOH 용액 75 mL에 넣고 30°C의 진탕기(Shaker, ST300R, Jeiotech, Seoul, Korea)에 120 rpm으로 교반하였다. 그 중 5

mL를 취하여 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Gangneung, Korea)에서 3,000 rpm으로 20분간 원심분리 하여 3배 희석 후 상등액 0.05 mL를 채취하여 측정하였다. 시료의 총 질소량은 시료 1.5 g(건물량 기준)에 6 N 염산을 100°C에서 24시간 가수분해하여 증류수 10 mL에 희석한 후 3,000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 이를 40배 희석한 후 상등액 0.05 mL를 취하여 ninhydrin 방법(Starcher, 2001)으로 측정하였다.

④ 조직감 : 고기 대체 압출제형화물을 수화한 다음 조직감으로 탄력성, 응집성, 씹힘성을 10회 측정한 후 평균값으로 산출하였다,

⑤ 관능평가 : 관능평가는 각 제품의 특성에 맞게 훈련된 성인남녀 15~20명의 패널요원을 대상으로 하였다. 각 제품에 따라 평가항목은 다르지만 주로 외관, 향, 맛, 기호도이었으며, 평가방법은 5점 또는 9점 척도법으로 기호도를 조사하였다.

2) 제품의 품질 규격 설정

- 식물성 고기의 경우, Twin extruder 공정개선을 통한 조직대두단백을 구현하고 대체 육류 원료 배합 조정을 통해 가수분해도, 보수력, 유지결합력 향상 등을 평가하였다. Texture analyze을 이용하여 고체 타입의 조직감 특성, 관능평가 등을 실시하였다. 공정 조건은 Lab scale과 Pilot scale에서 공정 조건을 탐색하였으며, 이에 따라 원·부자재를 결정하여 공정개선, 관능평가를 통하여 시제품을 개발하였다.

2-2. 협동연구기관-경상대학교

2-2-1. 육류 대체 맞춤형 고품질 기능성 Non-GM 콩 계통의 평가 및 선발

가. 육류 대체 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발

(1) 선발 계통의 농업형질 평가

1) 수입콩과 차별화된 육류 대체 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발을 위하여 성숙 콩종실에서 비린맛, 알러지 및 소화억제 유발 성분이 없는 선발계통을 부속농장 전작포에 파종하여 개화기, 수확기, 경장, 백립중 및 수량과 같은 농업적 형질을 평가하였다. 재배과정은 아래 그림과 같다.



<그림> 농업형질 재배과정

2) 선발계통에 대하여 신제품보호출원 및 농가재배를 위한 종자증식 재배과정은 아래 그림과 같다.



<그림> 종자증식 재배과정

(2) 선발 계통의 단백질 부재 검증

포장에서 수확된 종자에서 random sample을 취하여 비린맛을 나게하는 lipoyxygenase 단백질과 알러지 및 품질을 저하시키는 7S α' -subunit 단백질의 존재여부는 SDS 전기영동방법으로 검증하였다. 소화억제, 알러지 유발 및 품질을 저하시키는 Kunitz Trypsin Inhibitor (KTI) 단백질과 lectin 단백질의 존재여부는 Western Blot 방법으로 검증하였다.

(3) 선발 계통의 stachyose 저함량 확인

난소화성당 성분으로 알려진 stachyose의 함량을 측정하기 위하여 포장에서 수확된 종자에서 random sample을 취하여 HPLC (High performance liquid chromatography)로 분석하였다. 사용된 HPLC는 Agilent 1100 series (Agilent Technologies, USA)이며, RI(reflective index) detector를 사용하였다. 분석 column은 Supelcogel 610-H column(300 × 7.8 mm i.d., 9 μ m, Supelco, USA)을 사용하였으며, elution solvent는 0.1% H₃PO₃ 수용액을 사용하였고, 이동상의 flow rate는 0.6 ml/min, 시료의 주입량은 10 μ l이었다. 각각의 표준용액은 100 mg/ml을 삼차 증류수에 용해하여 stock solution으로 갈색 유리병에 냉장보관한 후, 희석하여 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.0625 mg/ml로 하여 각각의 chromatogram을 얻었으며 peak의 면적당 표준용액 농도의 관계로 검량선을 작성하여 시료의 stachyose 함량 정량분석에 적용하였다. 비교 대상으로 몇가지 장려품종을 이용하였다.

(4) 선발 계통의 신제품보호출원

부속농장에서 평가된 농업적 형질을 결과로 국립종자원에 “하영콩” (lipoyxygenase 단백질 부재, KTI 단백질 부재, 7S α' -subunit 단백질 부재 및 stachyose 저함량 Non-GM콩)과 “주영콩” (lipoyxygenase 단백질 부재, KTI 단백질 부재, lectin 단백질 부재, 7S α' -subunit 단백질 부재 및 stachyose 저함량 Non-GM콩)을 신제품보호출원 하였다.

나. 출원품종의 농가 재배

(1) 국립종자원에 출원된 육류 대체 맞춤형 Non-GM콩 “하영콩” 신제품을 부속농장에서 증식하여 전국농가에 시범재배를 실시하였다.

3. 연구개발과제의 수행 결과

3-1. 주관연구기관-(주)더플랜잇

[1차년도]

3-1-1. 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 개발

가. 육류대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄 및 단백질 분리조건 확립

(1) 단백질 비변성 전처리 조건 확립

대두의 단백질은 가공 조건(특히 열, 기계적 처리)에 의해 단백질 분자의 물리 화학적 상태가 달라짐에 따라 단백질 분자가 구조적으로 변성되어 직선상으로 펼쳐지면서 노출되는 소수성 결합은 분자간 소수성 상호작용의 결과로 중합체를 형성할 수 있고 이는 단백질 불용화에 기여할 수 있다. 또한, 단백질 변성을 최소화하기 위하여 건조와 분쇄 제조 공정도 중요한 요소이다. 본 실험의 건조에 이용된 원적외선 건조는 건조 열원인 원적외선 복사가 원물 내부에 흡수되어 수분 활성을 높이는 방법으로 원재료의 유기적 특성이 보존되는 방식이다. 가시광선보다 높은 파장의 적외선으로 복사열 전달 방식의 건조를 진행하며 균일한 건조가 가능하고 식품의 성분 및 색 그대로 유지되는 공정이다.

단백질 비변성 수분함량 5% 이하 대두 전처리 조건으로 건조조건, 분쇄조건 등을 확립하였다 <표 1~4>. 즉, 건조조건에 이용된 건조방법은 원적외선 건조법으로 건조 후 대두의 수분함량이 5% 이하이고, 단백질 변성이 없으며 기기 작동 및 공정 비용 등을 고려한 최적 조건을 확립하였다. 수분함량이 $10.0 \pm 2\%$ 인 대두를 6kg 기준으로 출력량 3.6 kW, 기류속도 60 Hz, 온도 68 °C, 시간은 4 hr로 최적 조건을 확립하였다 <표 1>.

원적외선 건조시간에 따른 수분함량의 변화는 <표 2>에 나타내었다. 대두분말 제조 공정 중 세척공정을 할 경우, 6시간이 경과 후 수분함량이 4.93%이었으며, 세척공정을 하지 않는 대두의 경우는 3시간에 4.64%, 4시간에 3.67%로 나타났다.

<표 1> 원적외선 건조기 최적 조건 확립

(대두 6kg 기준)

원적외선 조건	최적 조건 결정	특 징
출력량	3.0~4.0 kW	3.0kW 미만일 경우, 건조시간이 오래 걸림
기 류	50~70 Hz	기류를 적게 할 경우, 내부에 응축수가 생김
온 도	60~72 °C	단백질 비변성 온도 결정
시 간	2~4 hr	수분함량 5%이하 도달 시간 결정

<표 2> 원적외선 건조 전·후 대두의 수분활성도 및 수분함량

(대두 6kg 기준)

구 분	수분활성도(Aw)	수분함량(%)
원적외선 건조 전	0.65 ± 0.01	9.26 ± 1.97
원적외선 건조 후	0.45 ± 0.01	4.98 ± 2.12

<표 3> 대두의 원적외선 건조시간 경과에 따른 수분함량 변화 (대두 6kg 기준)

시간(hr)	기계표시 온도(°C)		대두 측정온도(°C)		수분함량(%)	비고
	설정온도	실제온도	표면온도	심부온도		
0	68.0	37.0	45.0	36.0	28.53%	대두 (세척 O)
1	68.0	69.0	78.0	76.0		
2	68.0	68.0	73.0	70.0	9.60%	
3	68.0	68.0	74.0	68.0		
4	68.0	68.0	75.0	66.0	6.94%	
5	68.0	68.0	75.0	72.0		
6	68.0	68.0	76.0	70.0	4.93%	
0	68.0	37.0	45.0	36.0	12.19%	대두 (세척 X)
1	68.0	69.0	78.0	76.0	7.73%	
2	68.0	68.0	73.0	70.0	6.42%	
3	68.0	68.0	74.0	68.0	4.64%	
4	68.0	68.0	75.0	66.0	3.67%	

(2) 전처리 조건별 대두의 분쇄 조건 확립

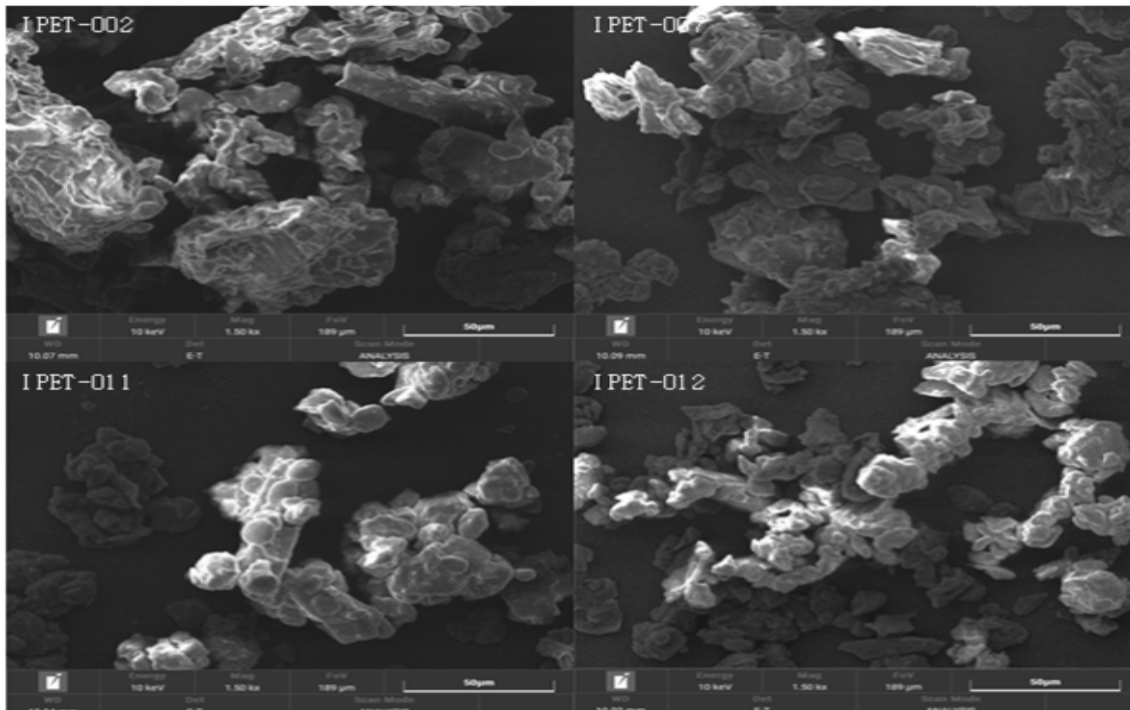
전처리 대두의 분쇄에 이용된 분쇄기는 파인 임팩트 밀 (Fine impact mill), 에어-제트 밀 (Air jet mill), 기류식 분쇄기 등 3가지 타입을 이용하였다. 특히, 기류식 분쇄기는 대두를 투입하게 되면 공기에 의한 가속화로 시료와 시료가 서로 부딪혀 분쇄되는 방식이다. 고속 회전 기류를 이용한 분쇄 방식이며, 기계적 마찰열에 노출이 없어 열변성 같은 화학적 변성이 일어나지 않아 지방 함유량이 높은 원물을 분쇄할 수 있는 특징이 있다. 3가지 타입의 분쇄기를 이용하여 전처리 조건별 분쇄한 결과, 각각 분쇄 조건에 따라 차이가 있었다<표 4>. 특히, 지방함량이 상대적으로 많은 대두의 경우 분쇄물이 기기 작동 부위에 부착이 되는 등 기술적인 한계가 있었다. 따라서 지방이 많은 대두 원물의 부착, 끼임 등 없고 연속적으로 분쇄가 가능한 기류식 분쇄기를 결정하였다.

<표 4> 분쇄기 종류별 분쇄 테스트 후 결과 비교

비교항목		A. Jet mill	B. Fine impact	C. 기류식분쇄기
Initial cost		높다	A와 비교하면 낮다	A, B와 비교하면 낮다
Operational cost	소모품	주기적으로 압축가스 교체 비용 발생	소모품이 없음	
	전력량	높다	A와 비교하면 낮다	A, B와 비교하면 낮다
	Cleaning	분해/청소하는 데 시간이 많이 걸림	청소하는 절차가 복잡하며 시간이 많이 걸림	심플한 기계 구조 특성상 분해/청소하는 데 편리하고 시간이 많이 걸리지 않음
부착성이 높은 원물 연속분쇄		오일이 많은 원물 분쇄 시 liner부분에 파우더 부착으로 불가능	오일이 많은 원물 분쇄 시 핀 사이에 파우더 부착으로 불가능	오일이 많은 원물의 끼임이 없어 연속 분쇄 가능.
분쇄처리량		1차 조분쇄 (D ₉₀ = 1mm이하) 공정이 필수적으로 추가되므로 분쇄처리량이 C보다 낮음		1차 조분쇄 공정 없이 초미분쇄가 가능하므로 우월
입도조절		정밀하다	조절 범위 제한적	조절 범위 A와 B의 중간
분쇄온도		양호	A, C보다 높게 올라감	양호
경도가 높고 마모가 많이 되는 원물		우월	마모로 인한 불순물 발생 및 기기 손상의 이유로 불가능	양호

(3) 전처리 조건(건조, 착유 공정)에 따른 단백질 변형 확인

전처리 조건별 4타입(건조 / Fine Impact, 착유 / Fine impact, 건조 / Air jet, 착유 / Air jet)으로 제조된 시료의 단백질 변형을 전자현미경(SEM, scanning electron microscope)으로 살펴본 결과는 <그림 1>, <표 5>에 제시하였다. 콩 단백질의 몸체는 구형의 직경 2~10 μm 로 이루어져 있으며, 지방 몸체는 직경 0.2~0.5 μm 로 작은 구형의 입자로 알려져 있다. 이러한 단백질 몸체의 변형은 변성 정도를 알 수 있는 중요한 요소이다. 건조 / Fine Impact, 착유 / Fine impact, 착유 / Air jet의 경우 단백질 몸체가 세포벽에 부착되어 변형되었음을 확인되었으며, 건조 / Air jet (IPET-011)의 경우가 가장 잘 형성된 구형의 단백질 몸체를 다수 관찰되었다.



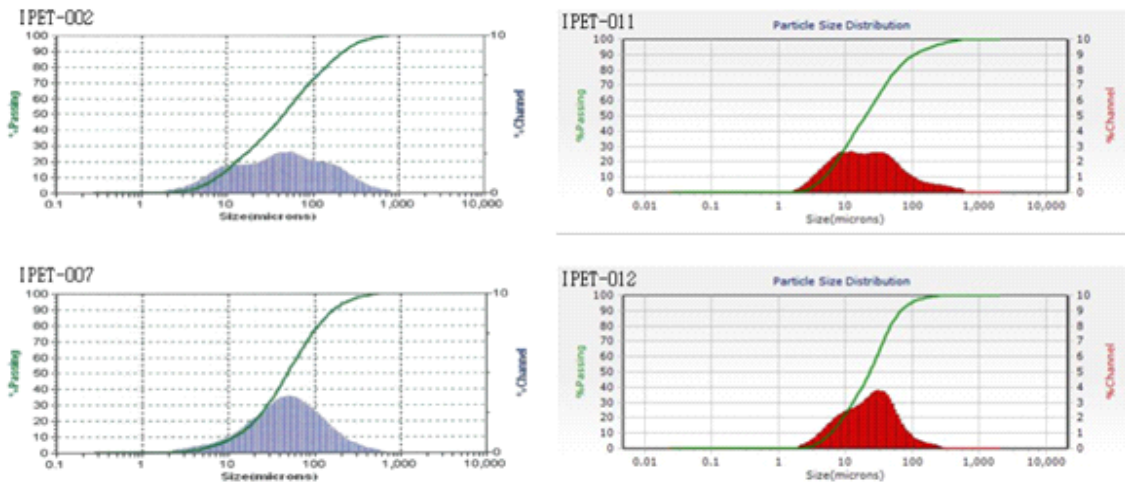
<그림 1> 건조와 착유 공정에 따른 단백질의 SEM 사진

<표 5> 전처리 조건별 이미지 분석 비교

시료번호	전처리 공정	이미지(SEM) 분석 결과
IPET-002	건조/ Fine Impact	세포벽에 응집되거나 부착된 것으로 생각되는 단백질 몸체가 관찰됨.
IPET-007	착유/ Fine impact	단백질 몸체가 변형되거나 평평하며 세포벽 물질과 부착이 되어 있음.
IPET-011	건조/ Air jet	잘 형성된 단백질 몸체가 다수 관찰됨.
IPET-012	착유/ Air jet	골재를 형성하고 있는 단백질 몸체가 관찰되며, 조금 변형이 관찰됨.

(4) 전처리 조건(건조, 착유 공정) 및 분쇄 타입에 따른 입도분석 결과

전처리 조건별 4타입(건조 / Fine Impact, 착유 / Fine impact, 건조 / Air jet, 착유 / Air jet)으로 제조된 시료의 입도를 분석한 결과 <표 6>에서 보는 바와 같았다. 앞서, 전자현미경에서 가장 단백질 몸체가 형성된 건조/ Air jet (IPET-011) 분쇄물이 입도분석 결과 가장 작은 입도 사이즈를 나타내었다<그림 2>, <표 6>.



〈그림 2〉 건조와 착유 공정에 따른 분쇄 타입별 입도 분포 파라미터

〈표 6〉 건조와 착유 공정에 따른 분쇄 타입별 입도 파라미터

샘플	전처리 공정	입도
IPET-002	건조/ Fine Impact	D50 = 45.05 um D90 = 227.9um Below 22.00 um = 31.33%
IPET-007	착유/ Fine impact	D50 = 48.86 um D90 = 166.7 um Below 22.00 um = 22.38%
IPET-011	건조/ Air jet (초미립분쇄기)	D50 = 19.92 um D60 = 27.98 um D90 = 106.1um Below 22.00 um = 52.89%
IPET-012	착유/ Air jet (초미립분쇄기)	D50 = 22.97 um D60 = 29.16 um D90 = 67.00 um Below 22.00 um = 48.30%

3-1-2. 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류대체 제품개발

가. 식품 빅데이터를 활용한 육류대체 소재 개발 및 제품 배합비 개발 (계란)

(1) 데이터베이스를 활용한 계란 단백질(아미노산) 유사 식물성 단백질 조합 / 계란 지방(지방산) 유사 식물성 지방산 조합 개발

계란의 동물성 타깃으로는 Eggs, Grade A, Large, egg whole (출처: USDA)으로 하였다. 단백질(아미노산)의 구성 및 함량을 타깃으로 하여 유사한 식물성 원료를 찾고 이와 유사한 데이터베이스를 기반으로 조합하여 오차범위 16% 이내로 배합 비율을 설정하였다 <표 7>. 지방(지방산)의 구성 및 함량을 타깃으로 그 결과, 녹두단백, 효모, 대두 조합/ 녹두단백, 효모, 누에콩 단백질 조합 등 2 그룹으로 유사 그룹이 결정되었다. 지방(지방산)은 동물성 대비 16.3~17.9%로 유사한 데이터베이스를 기반으로 배합비율을 설정하였다 <표 8>. 이러한 결과를 바탕으로 식물성 계란대체 배합비율로 적용하여 시제품을 개발하고 겔링, 유화 등의 품질특성 및 관능평가를 실시하였다.

<표 7> 데이터베이스를 활용 계란 단백질(아미노산) 유사 식물성 단백질 조합

계란 아미노산 조합			녹두단백,효모,대두단백 조합 A			녹두단백,효모,누에콩단백 조합 B		
No.	Amino acid	Target (계란)	조합 결과	커버율	오차 범위	조합 결과	커버율	오차 범위
1	Alanine	0.055097	0.036029	70.91%	29.09%	0.031486	57.15%	42.85%
2	Arginine	0.065009	0.092168	100.00%	0.00%	0.098297	100.00%	0.00%
3	Aspartic acid	0.104907	0.096182	97.05%	2.95%	0.084258	85.02%	14.98%
4	Glutamic acid	0.134644	0.014436	10.98%	89.02%	0.016368	12.45%	87.55%
5	Glycine	0.033702	0.033575	100.00%	0.00%	0.029447	94.83%	5.17%
6	Histidine	0.023377	0.035845	100.00%	0.00%	0.038971	100.00%	0.00%
7	Isoleucine	0.050884	0.055521	100.00%	0.00%	0.06136	100.00%	0.00%
8	Leucine	0.086734	0.089315	100.14%	-0.14%	0.094945	100.00%	0.00%
9	Lysine	0.068726	0.081832	100.00%	0.00%	0.087157	100.00%	0.00%
10	Methionine	0.034528	0.015686	59.65%	40.35%	0.01716	65.26%	34.74%
11	Phenylalanine	0.054518	0.068784	100.00%	0.00%	0.072999	100.00%	0.00%
12	Proline	0.046258	0.036504	73.87%	26.13%	0.031767	64.28%	35.72%
13	Serine	0.075913	0.04108	48.20%	51.80%	0.035991	42.23%	57.77%
14	Threonine	0.049067	0.042683	81.88%	18.12%	0.046401	100.00%	0.00%
15	Tryptophan	0.013712	0.013034	100.00%	0.00%	0.014104	100.00%	0.00%
16	Tyrosine	0.042293	0.038798	85.85%	14.15%	0.04352	100.00%	0.00%
17	Valine	0.060631	0.061897	100.00%	0.00%	0.067584	100.00%	0.00%
18	Cysteine	0.030151	0.025114	83.30%	16.70%	0.028782	95.46%	4.54%
			평균 커버율 및 오차	83.99%	16.01%	평균 커버율 및 오차	84.26%	15.74%

<표 8> 데이터베이스를 활용한 계란 지방(지방산) 유사 식물성 지방산 조합 개발


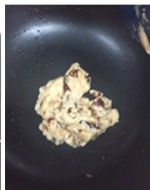
계란 지방산 조합			혼합오일 A, 대두지방 (조합 A)			계란 지방산 조합			혼합오일 B, 대두지방 (조합 B)		
No	Fatty acids	Target (계란)	조합결과	커버율	오차범 위 (%)	No.	Fatty acids	Target (계란)	조합결과	커버율	오차범 위 (%)
1	MUFA 16:1 c	0.028869	0.017384	60.22%	39.78%	1	M U F A 16:1 c	0.028869	0.019368	67.09%	32.91%
2	MUFA 18:1 c	0.406356	0.491044	100.00%	0.00%	2	M U F A 18:1 c	0.406356	0.397526	97.83%	2.17%
3	PUFA 18:2 n-6 c,c	0.177098	0.13864	78.28%	21.72%	3	PUFA 18:2 n-6 c,c	0.177098	0.157863	89.14%	10.86%
4	PUFA 18:3 n-6 c,c,c	0.001334	0.001148	86.04%	13.96%	4	PUFA 18:3 n-6 c,c,c	0.001334	0.001047	78.47%	21.53%
5	PUFA 20:3 n-6	0.002426	0.001975	81.42%	18.58%	5	PUFA 20:3 n-6	0.002426	0.002104	86.73%	13.27%
6	SFA 14:0	0.003882	0.005125	100.00%	0.00%	6	SFA 14:0	0.003882	0.002973	100.00%	0.00%
7	SFA 16:0	0.281417	0.176473	62.71%	37.29%	7	SFA 16:0	0.281417	0.176473	62.71%	37.29%
8	SFA 18:0	0.098617	0.086542	87.76%	12.24%	8	SFA 18:0	0.098617	0.086244	87.45%	12.55%
		평균 커버율	82.05%	평균 오차	17.95%		평균 커버율		83.68%	평균 오차	16.32%

(2) 육류대체 소재 적용 계란 단백질 유사 및 제품 배합비 개발

1) 효소처리를 통한 단백질의 물성 (효소: 트랜스글루타미나아제, transglutaminase, TG)

대두 및 녹두 단백질의 단백질을 교차 결합하여 가교역할을 하는 효소인 TG를 0.1% 처리하여 스크램블 에그와 같은 응고 현상을 확인한 결과, TG는 가교역할이 이루어져 응고의 역할을 제한적으로 해주며, 부드러운 식감 형성을 도와주는 것을 확인하였다. 응고의 경우, 잘 이루어지지 않아 잔탄검 등 추가 검류의 첨가가 필요할 것으로 확인되었다 <표 9>.

<표 9> 녹두단백질과 효소(TG)와의 반응

배합 및 공정												제품 (팬가열)					
TG 반응 T1				TG 반응 T2				TG 반응 T3									
배합차수	NO.	원료명	투입량(g)	배합차수	NO.	원료명	투입량(g)	배합차수	NO.	원료명	투입량(g)						
1차	1	해바라기유	5.00%	1차	1	해바라기유	5.00%	1차	1	해바라기유	5.00%		T1				
	2	타마린드검	0.80%		2	타마린드검	0.80%		2	타마린드검	0.80%					T2	
	3	잔탄검	0		3	녹두	4.00%		3	녹두	1.00%						
	4	대두중속분말	2.00%		4	대두중속분말	1.00%		4	대두중속분말	4.00%						
	5	분리대두단백	5.00%		5	분리대두단백	5.00%		5	분리대두단백	5.00%						
	6	에달라이드	0.50%		6	에달라이드	0.50%		6	에달라이드	0.50%						
	7	tg	0.10%		7	tg	0.10%		7	tg	0.10%						
	8	tspp	0.01%		8	tspp	0.01%		8	tspp	0.01%						
	9	소금필크	0.34%		9	소금	0.34%		9	소금	0.34%						
	10	정제수	83.75%		10	정제수	80.75%		10	정제수	80.25%						
	11	양파분말	2.00%		11	양파분말	2.00%		11	양파분말	2.00%						
	12	gdl 추가 %	0.50%		12	gdl 추가 %	0.50%		12	gdl 추가 %	0.50%						
시작일 1. 1차 교반 25분(25도)				시작일 1. 1차 교반 25분(25도)				시작일 1. 1차 교반 25분(25도)									
시작일 2. 팬 가열				시작일 2. 팬 가열				시작일 2. 팬 가열									
합계				합계				합계									
제조 방법				제조 방법				제조 방법									
1. 1차 수증기를 넣고 교반한다.				1. 1차 수증기를 넣고 교반한다.				1. 1차 수증기를 넣고 교반한다.									
2. 팬에 가열				2. 팬에 가열				2. 팬에 가열									
결과				결과				결과									
변태적감은 식감이고, 쫄면 요인도름 위해서 응고제를 배후 첨가도 있음				가면서 응고 현상에 반영				녹두와 결빙감이 차이 심함. 예쁘게 녹두가 남아도 결빙감이 우수하다라 응고제에 잘 반영									



-->T1(대두분+TG), T2(대두분+녹두단백질+TG), T3(대두분+녹두단백질+TG+잔탄검)
 T1: 물성이 반대떡 같은 느낌, 응고제 결정 필요
 T2: T1보다 응고(겔화)가 잘 이루어짐
 T3: 잔탄검의 유무에 따라 응고(겔화)가 달라짐

2) 응고제에 따른 대두/녹두단백질의 겔링화

대두분 및 녹두단백질과 응고제 글루코노델타락톤 (Glucono- δ -lactone, GDL), 황산칼슘 (Calcium sulfate, CaSO₄, CS), 염화마그네슘(Magnesium chloride, MgCl₂, MC)+DL를 각각 첨가하여 적합한 응고제를 찾고자 시료를 제조하였다. 먼저, 수용성으로 사용이 편리하여 많이 이용되고 있는 GDL과 대두중속분 또는 대두분의 반죽 물성을 살펴본 결과, 대두중속분의 경우 표면이 거친 반면, 대두분은 표면이 매끄럽고 약간의 신맛이 있어 배합비 조정이 필요할 것으로 확인되었다 <표 10>. 황산칼슘(CS)과 대두분을 10% 및 5%로 첨가하여 제조한 처리구를 비교한 결과, 대두분 5%일 때 외관의 색 및 겔링화가 더 좋은 것으로 나타났다 <표 11>. 대두분 5%로 고정하고 응고제로 염화마그네슘(MC)과 글루코노델타락톤(GDL)를 1:1로 혼합하여 제조한 다음 팬에 가열하였을 때 겔링화가 잘 이루어졌음을 확인하였다 <표 12>.





<표 10> 대두단백질과 글루코노델타락톤(GDL)의 단백질의 겔링화

배합 및 공정				제품 특성			
배합차수	NO.	원료명	투입량(g)	배합차수	NO.	원료명	투입량(g)
1차	1	대두중속분말	180	1차	1	조미세분말	200
	2	정제수	800		2	정제수	740
	3	GDL	0.2		3	GDL	10
	4	정제수	19.8		4	정제수	50
합계				합계			
1000				1000			
제조 방법				제조 방법			
1. 대두중속분말, 정제수를 넣고 100도에서 10분간 가열한다.				1. 조미세분말(15-20 μ m), 정제수를 넣고 100도에서 10분간 가열한다. (brix 10-15%)			
2. 두부판에 붓고 7분-10분간 누름판/ 두부 완성				2. 두부판에 붓고 7분-10분간 누름판/ 두부 완성			
** 두유농도 20% (brix 15%) 기준				** 두유농도 20% (brix 15%) 기준			
GDL: 0.2% => 녹이는 것 GDL 2g/200mL (brix 5%)				GDL: 10% : 신맛이 심함			





GDL1: 대두중속분말, 거친 식감을 주는 반면,
 GDL2: 대두분(조미세분말), 부드러운 식감

<표 11> 염화칼슘(CS)에 따른 단백질의 겔링화

배합 및 공정				제품																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">T1</th> </tr> <tr> <th>배합차수</th> <th>NO.</th> <th>원료명</th> <th>투입량(g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1차</td> <td>1</td> <td>하영콩분말</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>정제수</td> <td>89.265</td> </tr> <tr> <td colspan="4">시작실, 89.265g 배합수 25°C, 두유액제조</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2차</td> <td>3</td> <td>황산칼슘</td> <td>0.235</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>정제수</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td colspan="4">시작실, 0.5g 배합수 25°C, 응고제 제조</td> </tr> <tr> <td colspan="4">1차 두유액 700W 전자레인지 1분 30초 가열 가열된 1차 수상부 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td></td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td colspan="4">제조 방법</td> </tr> <tr> <td colspan="4">1. 1차 수상부(하영콩분말, 정제수)를 넣고 5분간 교반 2. 2차 응고제(황산칼슘, 정제수)를 넣고 5분간 교반 3. 1차 수상부 700W 전자레인지 1분 30초 가열시킨 후 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)</td> </tr> </tbody> </table>				T1				배합차수	NO.	원료명	투입량(g)	1차	1	하영콩분말	10	2	정제수	89.265	시작실, 89.265g 배합수 25°C, 두유액제조				2차	3	황산칼슘	0.235	4	정제수	0.5	시작실, 0.5g 배합수 25°C, 응고제 제조				1차 두유액 700W 전자레인지 1분 30초 가열 가열된 1차 수상부 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)				합계			100	제조 방법				1. 1차 수상부(하영콩분말, 정제수)를 넣고 5분간 교반 2. 2차 응고제(황산칼슘, 정제수)를 넣고 5분간 교반 3. 1차 수상부 700W 전자레인지 1분 30초 가열시킨 후 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">T2</th> </tr> <tr> <th>배합차수</th> <th>NO.</th> <th>원료명</th> <th>투입량(g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1차</td> <td>1</td> <td>하영콩분말</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>정제수</td> <td>94.265</td> </tr> <tr> <td colspan="4">시작실, 89.265g 배합수 25°C, 두유액제조</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">2차</td> <td>3</td> <td>황산칼슘</td> <td>0.235</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>정제수</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td colspan="4">시작실, 0.5g 배합수 25°C, 응고제 제조</td> </tr> <tr> <td colspan="4">1차 두유액 700W 전자레인지 1분 30초 가열 가열된 1차 수상부 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td></td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td colspan="4">제조 방법</td> </tr> <tr> <td colspan="4">1. 1차 수상부(하영콩분말, 정제수)를 넣고 5분간 교반한다. 2. 2차 응고제(황산칼슘, 정제수)를 넣고 5분간 교반한다. 3. 1차 수상부 700W 전자레인지 1분 30초 가열시킨 후 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)</td> </tr> </tbody> </table>				T2				배합차수	NO.	원료명	투입량(g)	1차	1	하영콩분말	5	2	정제수	94.265	시작실, 89.265g 배합수 25°C, 두유액제조				2차	3	황산칼슘	0.235	4	정제수	0.5	시작실, 0.5g 배합수 25°C, 응고제 제조				1차 두유액 700W 전자레인지 1분 30초 가열 가열된 1차 수상부 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)				합계			100	제조 방법				1. 1차 수상부(하영콩분말, 정제수)를 넣고 5분간 교반한다. 2. 2차 응고제(황산칼슘, 정제수)를 넣고 5분간 교반한다. 3. 1차 수상부 700W 전자레인지 1분 30초 가열시킨 후 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)			
T1																																																																																																			
배합차수	NO.	원료명	투입량(g)																																																																																																
1차	1	하영콩분말	10																																																																																																
	2	정제수	89.265																																																																																																
시작실, 89.265g 배합수 25°C, 두유액제조																																																																																																			
2차	3	황산칼슘	0.235																																																																																																
	4	정제수	0.5																																																																																																
시작실, 0.5g 배합수 25°C, 응고제 제조																																																																																																			
1차 두유액 700W 전자레인지 1분 30초 가열 가열된 1차 수상부 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)																																																																																																			
합계			100																																																																																																
제조 방법																																																																																																			
1. 1차 수상부(하영콩분말, 정제수)를 넣고 5분간 교반 2. 2차 응고제(황산칼슘, 정제수)를 넣고 5분간 교반 3. 1차 수상부 700W 전자레인지 1분 30초 가열시킨 후 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)																																																																																																			
T2																																																																																																			
배합차수	NO.	원료명	투입량(g)																																																																																																
1차	1	하영콩분말	5																																																																																																
	2	정제수	94.265																																																																																																
시작실, 89.265g 배합수 25°C, 두유액제조																																																																																																			
2차	3	황산칼슘	0.235																																																																																																
	4	정제수	0.5																																																																																																
시작실, 0.5g 배합수 25°C, 응고제 제조																																																																																																			
1차 두유액 700W 전자레인지 1분 30초 가열 가열된 1차 수상부 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)																																																																																																			
합계			100																																																																																																
제조 방법																																																																																																			
1. 1차 수상부(하영콩분말, 정제수)를 넣고 5분간 교반한다. 2. 2차 응고제(황산칼슘, 정제수)를 넣고 5분간 교반한다. 3. 1차 수상부 700W 전자레인지 1분 30초 가열시킨 후 2차 응고제 투입 (1차 두유액을 가열시켜 응고시킴)																																																																																																			
				<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><전자렌지 전></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><전자렌지 후></p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>CS1</p> <p>CS1: 하영콩분말 10%</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>CS2</p> <p>CS2: 하영콩분말 5%</p> </div> </div>																																																																																															

<표 12> 염화마그네슘(MC)+글루코노 델타 락톤(GDL)에 따른 단백질의 겔링화

배합 및 공정				제품 (팬가열)																																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">T16</th> </tr> <tr> <th>배합차수</th> <th>NO.</th> <th>원료명</th> <th>투입량(g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="9">1차</td> <td>1</td> <td>해바라기씨유</td> <td>9.25</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>녹두생콩분말</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>녹두단백분말</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>강력분</td> <td>7.25</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>정제수</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>염화마그네슘 +GDL</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>로커스빈검</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>잔탄검</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>곤약분말</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td colspan="4">시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td></td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td colspan="4">제조 방법</td> </tr> <tr> <td colspan="4">1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열</td> </tr> </tbody> </table>				T16				배합차수	NO.	원료명	투입량(g)	1차	1	해바라기씨유	9.25	2	녹두생콩분말	5	3	녹두단백분말	2	4	강력분	7.25	5	정제수	75	6	염화마그네슘 +GDL	0.4	7	로커스빈검	0.3	8	잔탄검	0.3	9	곤약분말	0.5	시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움				합계			100	제조 방법				1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열				<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">T17</th> </tr> <tr> <th>배합차수</th> <th>NO.</th> <th>원료명</th> <th>투입량(g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="9">1차</td> <td>1</td> <td>해바라기씨유</td> <td>8.75</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>녹두생콩분말</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>녹두단백분말</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>강력분</td> <td>7.25</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>정제수</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>염화마그네슘 +GDL</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>로커스빈검</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>잔탄검</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>곤약분말</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td colspan="4">시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움</td> </tr> <tr> <td>합계</td> <td></td> <td></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td colspan="4">제조 방법</td> </tr> <tr> <td colspan="4">1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열</td> </tr> </tbody> </table>				T17				배합차수	NO.	원료명	투입량(g)	1차	1	해바라기씨유	8.75	2	녹두생콩분말	5	3	녹두단백분말	2	4	강력분	7.25	5	정제수	75	6	염화마그네슘 +GDL	0.4	7	로커스빈검	0.3	8	잔탄검	0.3	9	곤약분말	1	시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움				합계			100	제조 방법				1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열			
T16																																																																																																															
배합차수	NO.	원료명	투입량(g)																																																																																																												
1차	1	해바라기씨유	9.25																																																																																																												
	2	녹두생콩분말	5																																																																																																												
	3	녹두단백분말	2																																																																																																												
	4	강력분	7.25																																																																																																												
	5	정제수	75																																																																																																												
	6	염화마그네슘 +GDL	0.4																																																																																																												
	7	로커스빈검	0.3																																																																																																												
	8	잔탄검	0.3																																																																																																												
	9	곤약분말	0.5																																																																																																												
시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움																																																																																																															
합계			100																																																																																																												
제조 방법																																																																																																															
1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열																																																																																																															
T17																																																																																																															
배합차수	NO.	원료명	투입량(g)																																																																																																												
1차	1	해바라기씨유	8.75																																																																																																												
	2	녹두생콩분말	5																																																																																																												
	3	녹두단백분말	2																																																																																																												
	4	강력분	7.25																																																																																																												
	5	정제수	75																																																																																																												
	6	염화마그네슘 +GDL	0.4																																																																																																												
	7	로커스빈검	0.3																																																																																																												
	8	잔탄검	0.3																																																																																																												
	9	곤약분말	1																																																																																																												
시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움																																																																																																															
합계			100																																																																																																												
제조 방법																																																																																																															
1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열																																																																																																															
				 																																																																																																											

3) 국내산 녹두 및 대두분말을 이용한 대체 계란 (지단, 후라이)

- 대두단백질의 특성 (유화, 산응고), 녹두단백질의 특성 (겔화)를 활용하여 계란후라이 (난백)의 형성을 모사하였다. 밀가루를 추가로 첨가(T11, T12)하였을 때, 응고 및 결착이 더 잘 되는 것으로 확인하였으며, 이는 밀가루의 글루텐 단백질의 효과로 판단되었다<표 13>.

- 국내산 녹두를 활용하여 계란 흰자, 노른자 지단의 형성을 모사하였으며, 열에 의한 겔화는 곤약을 통해서 보정하였다 <표 14, 15>. 녹두의 이취를 제거하기 위해 증숙 후 건조, 분말화하여 사용하였고, 열에 의해 노른자 지단과 같이 겔화가 되는 것을 확인하였다<표 15>.

<표 13> 녹두 및 대두분말의 대체 계란(지단, 후라이) 모사

배합 및 공정				제품 (팬가열)			
T10		T11		T12			
배합자수	NO.	원료명	투입량(g)	배합자수	NO.	원료명	투입량(g)
1차	1	대두생콩분말(하열)	5	1차	1	대두생콩분말(하열)	5
	2	녹두생콩분말	5		2	녹두단백질	5
	3	강력분	5		3	강력분	5
	4	정제수	88.1		4	정제수	83.1
	5	염화마그네슘+GDL	0.4		5	염화마그네슘+GDL	0.4
	6	한천분말	1.5		6	한천분말	1.5
시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움				시작실 1. 1차 교반 5분 후 팬에 구움			
합계		100		합계		100	
제조 방법				제조 방법			
1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열				1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열			



T10





T11




T12

T10: 대두분, 녹두분, 한천
T11: 대두분, 녹두분, 밀가루, 한천
T12: 대두분, 녹두단백질, 밀가루, 한천

<표 14> 국내산 녹두 활용 계란 지단(난백, 흰자) 모사

배합 및 공정				제품 (팬가열)	
T7					
배합자수	NO.	원료명	투입량(g)		
1차	1	하열생콩분말	5		
	2	녹두생콩분말	5		
	3	정제수	88.1		
	4	염화마그네슘+GDL	0.4		
	5	한천분말	1.5		
시작실 1. 1차 교반 5분					
시작실 2. 팬에 가열					
합계			100		
제조 방법					
1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열					

<표 15> 국내산 녹두 활용 계란 지단(난황, 노른자) 모사

배합 및 공정				제품 (팬가열)																									
<table border="1" style="width: 100%; font-size: small;"> <tr> <td colspan="2">대체계란 기초연구</td> <td>작성일</td> <td>2020.04.24</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>검토자</td> <td>김동원</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>승인자</td> <td>김동원</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>승인일자</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td colspan="4"> 1. 학술원인 대체계란 기술영양자료 2. 이소플라본, 엘라진, 크로미닌, 호스틴, 올로이, 올로이, 엘라진, 엘라진, 엘라진 </td> </tr> <tr> <td colspan="4"> *이시사항 https://www.youtube.com/watch?v=21-0Qjz0Y8&list=PL8a9u4y0u </td> </tr> </table>				대체계란 기초연구		작성일	2020.04.24			검토자	김동원			승인자	김동원			승인일자	...	1. 학술원인 대체계란 기술영양자료 2. 이소플라본, 엘라진, 크로미닌, 호스틴, 올로이, 올로이, 엘라진, 엘라진, 엘라진				*이시사항 https://www.youtube.com/watch?v=21-0Qjz0Y8&list=PL8a9u4y0u					
대체계란 기초연구		작성일	2020.04.24																										
		검토자	김동원																										
		승인자	김동원																										
		승인일자	...																										
1. 학술원인 대체계란 기술영양자료 2. 이소플라본, 엘라진, 크로미닌, 호스틴, 올로이, 올로이, 엘라진, 엘라진, 엘라진																													
*이시사항 https://www.youtube.com/watch?v=21-0Qjz0Y8&list=PL8a9u4y0u																													
T20																													
배합자수	NO.	원료명	투입량(g)	투입량(%)	단가																								
1차	1	전녹두	3000	100%	17000																								
	1. 수분 함량 21.1%까지 2. 30분간 중수 시간 후 식힘 3. 수분 함량 9% 이하로 건조 시킴 (4시간~8시간) 4. 믹서기로 잘라서 후열 후 구움 5. 30분간 휴지																												
2차	2	녹두분말	17.00	17.00%	1.00																								
	3	발효수	100	83.00%	80.00																								
3차	4	염화마그네슘	1	2.10%	2000.00																								
	5	염화마그네슘	1	0.04%	0.00																								
	6	소르비톨(음용액)	5	0.04%	42680.78																								
	7	발효수	5	0.10%	38000.00																								
	8	발효수	5	0.10%	38000.00																								
	9	발효수	5	0.10%	38000.00																								
10	발효수	5	0.11%	3900.00																									
11	표고버섯(음용액)(55% 이상)	5	0.30%	0.01	...																								
4. 믹서기 과립 후 팬에 구움																													
합계			100.00	100.00%	85580.78																								
제조 방법																													
1. 1차 수상부를 넣고 5분간 교반한다. 2. 팬에 가열																													

4) 유화 안정성 및 관능평가

계란대체 포로토타입(prototype)에 대한 저장 기간에 따른 유화 안정성 측정한 결과, 처리군과 대조군(계란)은 오차범위 1% 이내에서 유사한 결과를 보였다 <표 16>. 관능검사를 9점 척도법으로 기호도를 조사한 결과 대조군에 비해 처리군1, 처리군2에서 20% 내외의 기호도가 평가되었다 <표 17>.

<표 16> 계란대체 포로토타입의 저장 기간별 유향 안정성

Temp.	Sample	유향 안정성 (%)								
		0주	1주	2주	3주	4주	5주	6주	7주	8주
37°C	처리군	99.50	99.53	99.34	99.49	99.26	99.53	99.41	99.38	99.35
	대조군(계란)	98.83	98.73	98.85	98.64	98.64	98.31	98.9	98.61	98.02
25°C	처리군	99.82	99.38	99.58	99.46	99.29	99.27	99.26	98.43	98.55
	대조군(계란)	100	98.34	98.6	99.4	99.11	98.74	98.98	99.18	99.25

<표 17> 계란대체 포로토타입의 관능평가

Sample	색	냄새	맛	텍스처	기호도
대조군(계란)	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0
처리군1(난백지단)	7.0	7.5	6.0	6.5	6.5
처리군2(난황지단)	8.0	8.0	6.8	7.1	6.8

[2차년도]

3-1-3. 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 개발

가. 육류대체 소재 특성에 적합한 단백질 분획 평가 및 선발

(1) 분쇄된 대두에 건식분획 적합 파라미터 설정

1) 전하를 이용한 정전기 분리기 분획

① Belt type 정전기 분리기에서 3가지 파라미터 (전기장 강도, 기체유량, 벨트 속도)를 조정하여 17회의 단백질 분획을 시도하였고 단백질 함량 분석을 통한 분리도 평가 결과 단백질 분리도가 모두 매우 낮았음. 전하를 주는 방식이 대두 분쇄물의 복합적인 성분과 입자 특징에 적합하지 않은 것으로 생각되었다 <표 18>, <표 19>.

② Vertical type 정전기 분리기에서 3가지 파라미터 (전압, 유체속도, 분리대 간격)를 조정하여 29회의 단백질 분획을 시도하였고, 그에 따른 단백질 함량 분석을 통해 단백질 분리도를 평가한 결과, 전압 5 kV, 유체 속도 48%/ 74 l/min, 석션 55 ΔP mbar에서 가장 높은 10%의 단백질 분리도를 갖는 것으로 나타났다 <표 19>, <표 20>.

<표 18> Belt type 정전 분리기 장치의 설계

번호	장치 구성	장치 설명	설계
1	Feeder system	Air slide식 원료 공급.	재질 및 규격. Feeder port의 위치 및 개수.
2	Charging & Separation Unit	좁은 간격의 벨트가 반대로 이동하며 생성되는 속도로 인해 기류가 생성되고, 이 기류에 의해 입자에 마찰대전이 일어남	벨트 재질 및 규격 간격 범주 설정.
3	Collecting chamber	두 전극으로 이동된 입자를 얻음.	recycling system.

<표 19> Vertical type 정전 분리기 장치의 설계

번호	장치 구성	장치 설명	설계
1	Feeder	Screw식 원료 공급.	재질 및 규격
2	Tribo-Charging unit	Electrometer에 의해 입자가 마찰대전이 일어남.	타입(Spiral/Parallel plates 등)
3	Separation chamber	하전된 전하에 따라 각 전극으로 입자들이 이동함.	간격 범주 설정, Electrode 재질 및 규격
4	Collecting chamber	두 전극으로 이동된 입자를 얻음.	개수 및 규격.

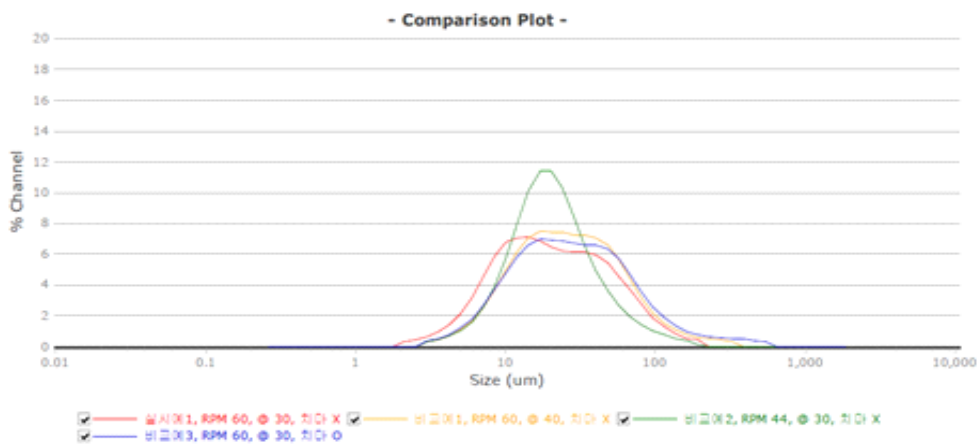
<표 20> 전하 차이를 이용한 정전기 분리기 분획물의 단백질 함량

정전분리기 type	총 단백질 함량(%)	positive electrode		Negative electrode		단백질 분리도(%)
		단백질 함량(%)	수율(%)	단백질 함량(%)	수율(%)	
Belt	43.5	43.1	-	45.5	-	4.6
vertical	40.0	38.0	5.0	44.0	22.0	10

2) 입자 크기를 이용한 분리 및 분획

① Sieving : 분쇄물의 입도 분포가 단백질의 평균 입자 크기인 15-20 um의 입자 크기를 갖는 부분과 전분의 평균 입자 크기인 45-50 um인 부분으로 나뉘는 분자적 특성을 보이는 분쇄물 <그림 3>을 시브 크기 (20, 35, 45, 75 um)에 따라 분획을 수행하였다 <그림 4>. 분획물의 단백질 함량과 수율을 측정된 결과, 45 um의 사이즈로 분말을 분획하였을 경우 단백질의 분리도가 가장 높게 나타났다 <표 21>.

② Air classifier : 분쇄물의 입도 분포가 단백질의 평균 입자 크기인 15-20 um의 입자 크기를 갖는 부분과 전분의 평균 입자 크기인 45-50 um인 부분으로 나뉘는 분자적 특성 <그림 3>을 보이는 분쇄물을 Air classifier (100AFG/50ATP)를 이용하여 회전속도 6,000-8,000 rpm과 시료 투입속도 10-15 g/min에서 분획을 시도하였으나 분획물이 기기 내부에 부착되어 분획이 이뤄지지 않았다.



<그림 3> 분쇄 조건에 따른 분쇄물의 입도 분포



〈그림 4〉 시브를 이용한 분쇄물의 입도 분포

〈표 21〉 시브 사이즈에 따른 분획물의 단백질 함량

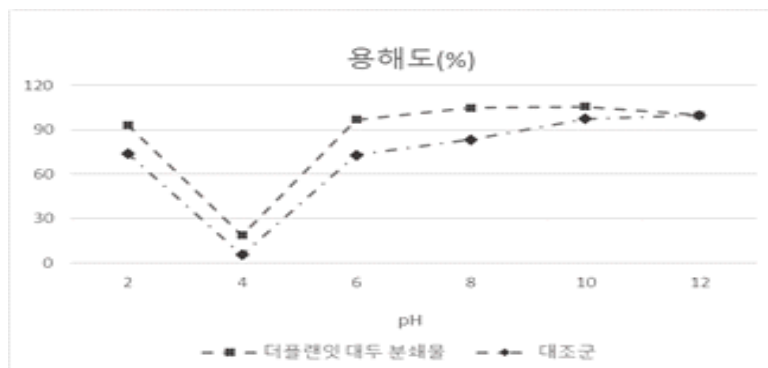
시브 사이즈 (μm)	20.00		32.00		45.00		75.00	
분말 입도	< 20 μm	> 20 μm	< 32 μm	> 32 μm	< 45 μm	> 45 μm	< 75 μm	> 75 μm
총 단백질 함량 (%)	40 %							
단백질 함량 (% , 건조 중량 기준)	49.8	40.0	47.0	44.0	50.2	26.0	46.8	24.0
수율 (%)	50.8	49.2	66.4	33.6	78.5	21.5	92.2	7.8

나. 대두 단백질 분리/분획물의 기능적 특징 조사

(1) 대두 분쇄물의 기능적 성질 평가

- 대두 분쇄물(시험군)의 기능적 성질(용해도, 수분흡수율, 오일흡수율, 유화력, 유화안정성)을 기존의 열처리와 충격식 분쇄방식으로 분쇄된 분말(대조군)과 비교하였다.

1) 용해도 : pH에 따른 용해도 프로파일 〈그림 5〉에서 모두 pH2와 pH6 이상에서 용해도가 급격히 증가하는 전형적인 U-shape의 곡선을 보여주고 있다. 열처리와 충격식 분쇄 방식으로 분쇄된 분말이 대체적으로 20% 정도 용해도가 낮으며 중성 구간 (pH 6-8)에서 더 큰 차이를 보였다 〈표 22〉.



〈그림 5〉 pH별 용해도 프로파일

<표 22> 대두 분말의 pH별 용해도 (N=3)

구분	용해도(%)		t(p)	
	평균	표준편차		
대두 분말 (pH 2)	시험군	93.20	1.54	4.34(.012)
	대조군	73.97	9.24	
대두 분말 (pH 4)	시험군	18.57	2.21	10.46(.000)
	대조군	5.41	0.25	
대두 분말 (pH 6)	시험군	96.78	2.52	14.28(.000)
	대조군	72.76	2.31	
대두 분말 (pH 8)	시험군	104.94	2.71	13.88(.000)
	대조군	83.29	1.88	
대두 분말 (pH 10)	시험군	105.53	0.54	21.49(.000)
	대조군	97.39	0.96	
대두 분말 (pH 12)	시험군	100.00	2.39	3.62(.002)
	대조군	100.00	1.33	

2) 기능적 특성 (수분결합력, 오일결합력, 유화력)

수분결합력과 오일결합력의 특성을 살펴본 결과 <표 23>, 수분결합력과 오일결합력 모두 유의적인 차이는 없었다. 유화특성의 경우 <표 24>에서 보듯이 모든 농도에서 유의적으로 시험군이 최소 4.2%, 최대 28.43% 더 높은 유화력과 유화 안정성을 보였다. 이러한 시험 결과는 열처리와 증격식 분쇄에 의해 대두 단백질의 기능성이 변화하는 것을 알 수 있었고, 이는 단백질의 변성에 의한 것으로 생각되었다.

<표 23> 대두 분말의 수분/오일 결합력 (N=1, 3)

구분	수분결합력(%)		오일결합력(%)		
	평균	표준편차	평균	표준편차	
대두 분말 (25%)	시험군	1.29	0.08	0.93	0.01
	대조군	1.42	0.06	0.84	0.01
대두 분말 (33.3%)	시험군	1.22	-	0.93	-
	대조군	1.16	-	0.88	-
대두 분말 (50%)	시험군	1.40	-	0.92	-
	대조군	1.11	-	0.86	-

<표 24> 대두 분말의 유화특성 (N=3)

구분	유화력(%)		유화안정성(%)		
	평균	표준편차	평균	표준편차	
대두 분말 (2%)	시험군	54.46	1.92	52.06	0.32
	대조군	16.03	0.35	16.00	1.18
대두 분말 (4%)	시험군	56.43	0.74	53.92	0.61
	대조군	28.89	0.69	22.98	0.76
대두 분말 (6%)	시험군	59.7	1.00	59.52	0.61
	대조군	35.49	0.97	30.60	1.83

다. 대두 단백질 분리/분획물의 분자적 특징 조사

(1) 입도/무게/전하차에 의한 단백질 분리/분획

1) 유류대체 소재 용도에 따른 건식분획 방법은 <표 25>에서 보는 바와 같이 분리방법에 따라 다른 특성이 있는데, 본 실험에서는 입도, 무게, 전하차에 의한 정전분리 방법으로 단백질을 분리/분획하였다. 전하차에 의한 정전분리는 Sieving 및 Air classifier와 달리 분말 입자가 서로 다른 입자나 표면(기계벽)과 서로 충돌하여 전자가 이동되면서 반대 전하를 띠게 되는데, 분자적 성질에 따라 단백질과 탄수화물이 각각 음전하(극), 양전하(극)에 달라붙게 되는 원리로 단백질을 분리해 내는 방법이다. 전하차에 의한 단백질 분리 제조 공정도를 확립하였다 <표 27>.

2) 조건별 전하차에 의한 정전분리 분획물의 단백질 함량

1 차년도에서 최적 분말 또는 분쇄 제조조건으로 하영콩분말을 제조하였으며, 분말 시료의 수분함량은 4.85%이었다. 건식분획으로 단백질 분리도를 더 높이기 위해 전하차에 의한 튜브 재질, 스프링 등의 조건을 검토하였다. 즉, 전하차는 높은 단백질 함량을 얻기 위해서는 주요 매개변수이지만, 생산수율에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 튜브의 재질은 알루미늄 재질이 단백질 함량이 가장 높았으며 그 다음으로 플라스틱 재질 순으로 나타났다. 단백질 함량은 알루미늄 Ø 16mm 100 cm에서 49.6%로 가장 높았다 <표 26>. 식품의 적용할 수 있는 규정 및 효율성 등 고려 하였을 때 스텐레스스틸 튜브도 좋을 것으로 판단되었다. 단백질 분리에 스프링 장착은 높은 단백질 함량보다 분리속도를 높이는데 영향을 주는 것으로 나타났다.

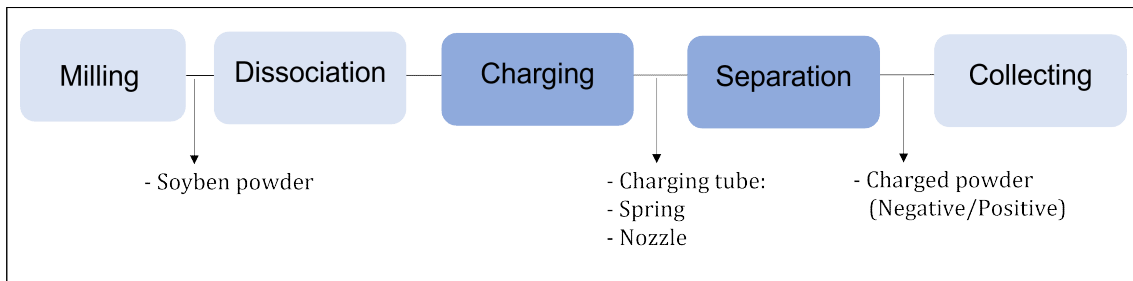
<표 25> 단백질 건식 분리/분획 방법

	분리방법	특징
1	Sieving	사이즈/모양
2	Air classifier	사이즈/모양/무게
3	Electrostatic separation	사이즈/모양/무게/전하차

<표 26> 전하차 조건(튜브재질, 튜브길이, 스프링, 속도)에 따른 단백질 함량

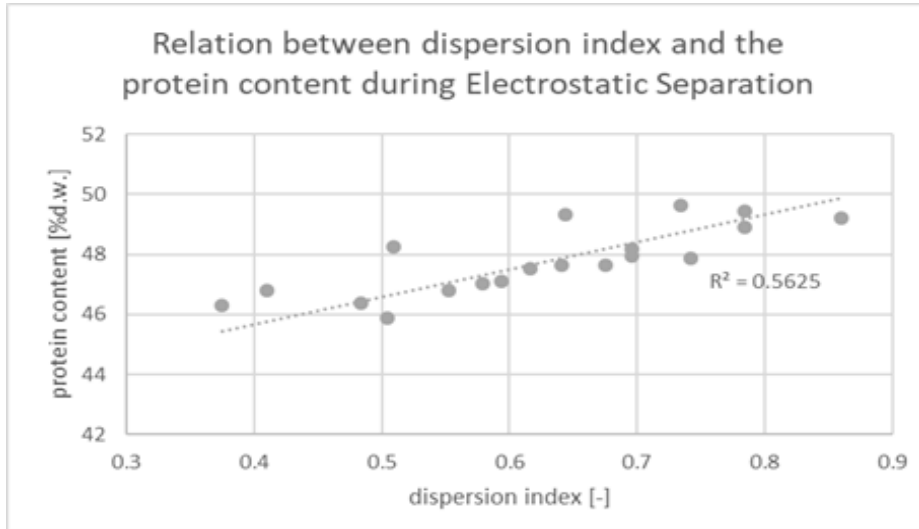
Tube	Length	Type	Gas flow (l/min)	Separation speed (g/sec)	Flour yield (%)	Protein (% d.w)
Aluminum Ø 16mm	100 cm	4 mm	158	48.6	6.3	49.6
	50 cm	4 mm	158	64.3	8.3	49.4
	50 cm	-	158	63.0	8.2	49.3
	20 cm	2 mm	158	67.2	8.7	49.2
Plastic Ø 16mm	50 cm	2 mm	158	50.7	6.6	49.1

<표 27> 단백질 정전분리(전하차) 제조 공정도 확립

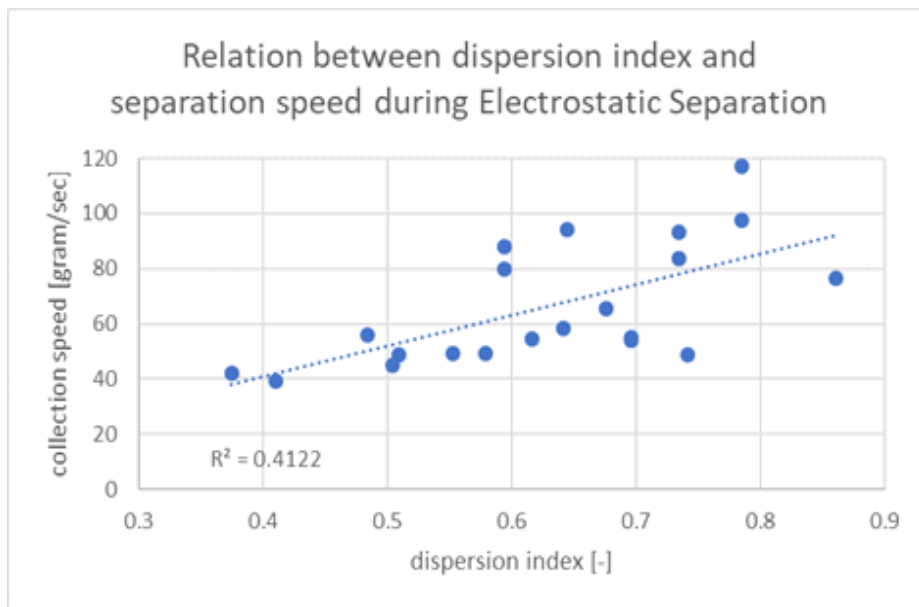


3) 단백질 함량과 분리속도에 따른 분산 지수 관계

정전분리된 분획물의 단백질 함량과 분산 지수의 상관관계를 살펴본 결과, 단백질 함량과 분산 지수 간의 양의 상관관계($R^2=0.5625$)임을 확인하였다 <그림 6>. 또한, 분리속도와 분산 지수 도 양의 상관관계($R^2=0.4122$)를 나타내어 높은 분리속도에 도달하려면 분명히 높은 분산 속도가 필요할 것으로 보인다 <그림 7>.



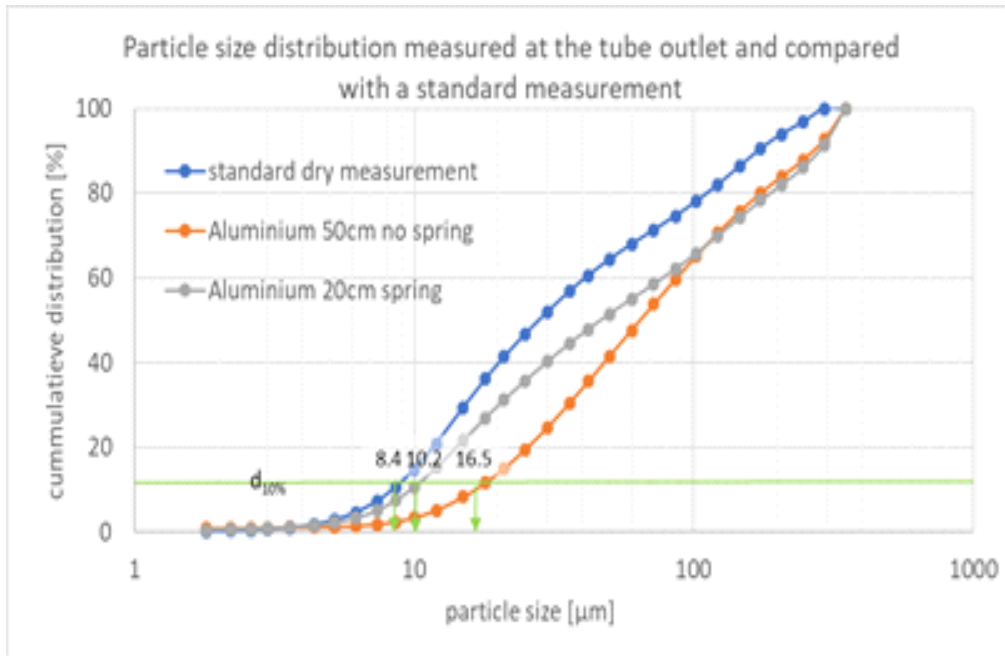
<그림 6> 정전분리의 단백질 함량과 분산 지수



<그림 7> 정전분리의 분리속도와 분산 지수

4) 분리조건별 분획물의 입도 분포

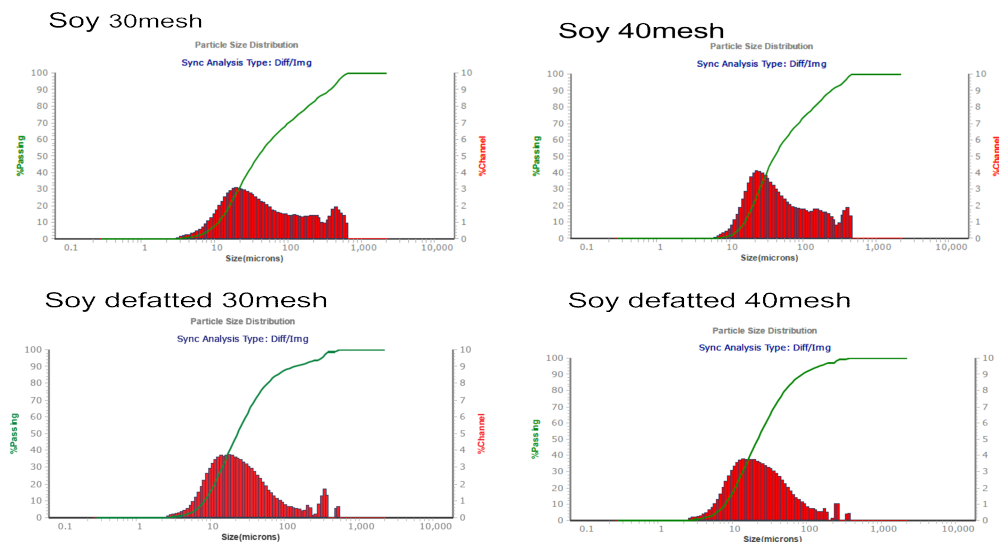
정전분리 후 분획물의 입도 분포 정도를 확인하기 위하여 분산을 측정하였다. 단백질의 몸체는 2~10 μm 로 알려져 있기 때문에 입도 분포 결과에서 대두 분획물의 D_{10} 주변이 단백질 몸체의 입자크기를 가장 잘 추정할 수 있을 것으로 판단되어 D_{10} 의 분산을 측정하였다. 최적 분산을 D_{10} 으로 나누어 분산 지수를 계산하였다. 그 결과, 대조군(std) 8.4에 비하여 알루미늄 50 cm, 스프링(x)이 10.2, 알루미늄 20 cm, 스프링(o)이 16.5로 나타났다 <그림 8>. 따라서 튜브 길이 및 스프링에 따라 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단되었다.



<그림 8> 분리조건별 분획물의 입도 분포

<표 28> 대두 분쇄물의 입도 및 탈지 유무에 따른 입도분석

Sample No.	Type (mesh)	Particle Size	
		D ₅₀ (μm)	D ₉₀ (μm)
TPE1	Soy 30 mesh	35.42	341.1
TPE2	Soy 40 mesh	36.94	217.9
TPE3	Soy defatted 30 mesh	20.77	123.6
TPE4	Soy defatted 40 mesh	19.76	77.65



<그림 9> 대두 분쇄물의 입도 및 탈지 유무에 따른 입도 분포도

<표 29> 대두 분쇄물의 입도 및 탈지 유무에 따른 입도분석

Sample No.	Type (mesh)	Component (%)		
		Protein	Lipid	Fiber
TPE1	Soy 30 mesh	39.96±0.2	20.02±0.2	15.93±0.2
TPE2	Soy 40 mesh	38.89±0.1	19.65±0.5	16.19±0.1
TPE3	Soy defatted 30 mesh	43.18±0.1	13.71±0.9	16.75±0.1
TPE4	Soy defatted 40 mesh	43.67±0.1	12.78±0.6	15.59±0.0

<표 30> 입도 및 탈지 유무에 따른 대두 분쇄물의 정전분리 후 성분특성

Sample No.	Type (mesh)	Protein (%)
TPE1	Soy 30 mesh	40.61±0.2
TPE2	Soy 40 mesh	39.56±0.2
TPE3	Soy defatted 30 mesh	46.61±0.2
TPE4	Soy defatted 40 mesh	46.38±0.3

3-1-4. 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류대체 제품개발

가. 식품 빅데이터를 활용한 육류대체 소재 개발 및 제품 배합비 개발 (우유)

(1) 데이터 베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 우유 대체 액상 제품 품질 규격

1) 우유 대비 영양성분(탄수화물, 단백질(아미노산), 지방) 오차 20%로 배합비 및 규격 설정
 - 우유의 타겟으로는 whole milk(3.25%) (USDA)로 하였으며, 동일한 맛과 영양, 제형 등을 개발하기 위해서 먼저 타겟을 저지방 우유를 설정하고, 대두를 포함하여 탄수화물의 함량, 단백질(아미노산)의 구성 및 함량, 지방의 함량을 맞추기 위해 내부 데이터베이스를 기반으로 원료를 조합하여 오차범위 20% 이내로 후보군 및 배합비율을 계산하였다.

2) 단백질(아미노산) 조합 결과

타겟 원료로는 유단백을, 후보 원료로 대두단백, 쌀단백, 귀리단백을 설정하였다. 유단백의 아미노산 함량 프로파일과 후보 원료들의 조합으로 얻은 아미노산 함량 프로파일의 차이의 절대값(*각 아미노산 별)의 합을 최소화하는 방향으로 최적화 알고리즘을 실행하였다. 실행 결과, 대두단백, 쌀단백, 귀리단백을 조합하였을 때 유단백 1g과의 차이는 아래 표와 같다. 각 아미노산의 오차율은 18.91% 또는 10.38%로 확인되었다.

<표 31> 데이터베이스를 활용한 우유 단백질(아미노산) 유사 식물성 단백질 조합 개발

우유 아미노산 조합			대두단백, 쌀단백, 귀리단백 (조합 A)			대두단백, 완두단백, 귀리단백 (조합 B)		
No.	Amino acid	Target (우유)	조합 결과	커버율	오차 범위	조합 결과	커버율	오차 범위
1	Tryptophan	0.011781	0.0117851963	100.00%	0.00%	0.011238219	89.11%	10.89%
2	Threonine	0.042191781	0.0340881907	80.79%	19.21%	0.037852913	98.55%	1.45%
3	Isoleucine	0.04739726	0.045356405	95.69%	4.31%	0.046711496	90.92%	9.08%
4	Leucine	0.091232877	0.089180447	97.75%	2.25%	0.082950461	76.26%	23.74%
5	Lysine	0.081644	0.038232211	46.84%	53.16%	0.062261209	94.84%	5.16%
6	Methionine	0.024657534	0.0217607894	88.25%	11.75%	0.013050948	52.93%	47.07%
7	Phenylalanine	0.044109589	0.0611870237	100.00%	0.00%	0.057249704	100.00%	0.00%
8	Valine	0.056712329	0.056046663	98.83%	1.17%	0.050538643	89.72%	10.28%
9	Cysteine	0.010410959	0.020421643	100.00%	0.00%	0.015030603	95.39%	4.61%
10	Tyrosine	0.044383562	0.045111398	100.00%	0.00%	0.038825224	100.00%	0.00%
11	Arginine	0.034794521	0.079205251	100.00%	0.00%	0.083647847	100.00%	0.00%
12	Histidine	0.026575342	0.023919321	90.01%	9.99%	0.025203456	84.70%	15.30%
13	Alanine	0.030136986	0.0431172489	100.00%	0.00%	0.047367039	99.18%	0.82%
14	Aspartic acid	0.076438356	0.0830621147	100.00%	0.00%	0.106134016	100.00%	0.00%
15	Glutamic acid	0.215890411	0.2141290548	99.18%	0.82%	0.182848828	54.00%	46.00%
16	Glycine	0.01890411	0.0384619102	100.00%	0.00%	0.038739051	100.00%	0.00%
17	Proline	0.091232877	0.0498160208	54.60%	45.40%	0.049267898	87.48%	12.52%
18	Serine	0.051506849	0.045119113	87.60%	12.40%	0.051082446	100.00%	0.00%
유사도, 평균 커버율 및 오차				평균커버율:91.09%	평균오차:8.91%		평균커버율:89.62%	평균오차:10.38%

<표 32> 유단백 타겟과 원료 조합의 아미노산 차이 결과

	아미노산	유단백 1g	원료 조합 결과	차이
0	Tryptophan	0.015	0.014654	-0.000346
1	Threonine	0.045	0.046816	0.001816
2	Isoleucine	0.042	0.041037	-0.000963
3	Leucine	0.087	0.083911	-0.003089
4	Lysine	0.081	0.077857	-0.003143
5	Methionine	0.018	0.010759	-0.007241
6	Phenylalanine	0.048	0.041861	-0.006139
7	Valine	0.048	0.038836	-0.009164
8	Cystine	0.006	0.008633	0.002633
9	Tyrosine	0.045	0.041252	-0.003748
10	Histidine	0.030	0.030775	0.000775
11	Glutamic acid	0.232	0.237386	0.005386
12	Proline	0.096	0.079689	-0.016311
13	Serine	0.048	0.045611	-0.002389
14	Alanine	0.030	0.040193	0.010193
15	Aspartic acid	0.078	0.103056	0.025056
16	Glycine	0.018	0.037177	0.019177
17	Arginine	0.033	0.060683	0.027683

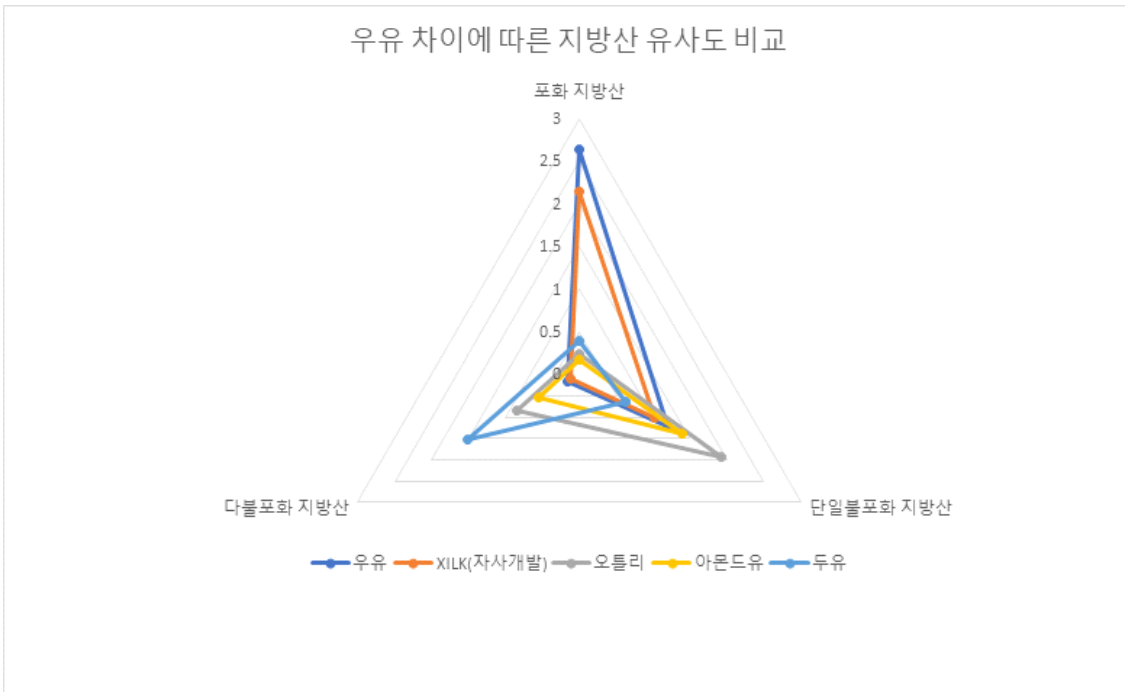
3) 지방(지방산) 조합 결과

- 타겟 원료로는 유지방을, 후보 원료로 올리브오일, 코코넛오일, 대두 지방을 설정하였다. 유지방과 지방산 구성(포화, 단가불포화, 다가불포화)의 차이를 최소화하는 방향과 긴사슬 포화지방산(C16, C18)을 최소화하는 방향으로 최적화 알고리즘을 실행하였다.

- 실행 결과, 후보 원료 조합의 결과에서 오차범위 포화지방산은 0.55%, 단일불포화 지방산은 0.00%, 다가불포화지방산은 39.82%로 평균 오차범위 13.16%를 차지했다 <표 33> <그림 10>.

<표 33> 데이터베이스를 활용한 우유 지방(지방산) 유사 식물성 지방산 조합 개발

우유 지방산 조합			올리브오일, 코코넛오일, 대두지방 (조합 A)								
No.	Fatty acids	Target (우유)	조합결과	커버율	오차범위 (%)	No.	Fatty acids	Target (우유)	조합결과	커버율	오차범위 (%)
1	MUFA 12:1	0.000359	0	0.00%	100.00%	16	SFA 14:0	0.108719	0.079375	73.01%	26.99%
2	MUFA 14:1 c	0.008611	0	0.00%	100.00%	17	SFA 15:0	0.011482	8.20E-05	0.71%	99.29%
3	MUFA 16:1	0.013994	0.003357	23.99%	76.01%	18	SFA 16:0	0.307499	0.109399	35.58%	64.42%
4	MUFA 17:1	0.001794	0.000222	12.39%	87.61%	19	SFA 17:0	0.006459	0.000163	2.52%	97.48%
5	MUFA 18:1	0.219591	0.240123	100.00%	0.00%	20	SFA 18:0	0.110872	0.032355	29.18%	70.82%
6	MUFA 20:1	0.001435	0.000719	50.07%	49.93%	21	SFA 20:0	0.001435	0.001059	73.78%	26.22%
7	PUFA 18:2	0.034804	0.246351	100.00%	0.00%	22	SFA 22:0	0.000718	0.0003	41.74%	58.26%
8	PUFA 18:3	0.004665	0.030838	100.00%	0.00%	23	SFA 24:0	0.000359	0.000258	71.99%	28.01%
9	PUFA 20:2 c	0.000359	3.94E-06	1.10%	98.90%	24	SFA 4:0	0.02404	4.94E-05	0.21%	99.79%
10	PUFA 20:4	0.001435	7.62E-05	5.31%	94.69%	25	SFA 6:0	0.019376	0.002231	11.52%	88.48%
11	PUFA 22:4	0.000359	4.38E-07	0.12%	99.88%	26	SFA 8:0	0.012199	0.031815	100.00%	0.00%
12	PUFA 2:4 c	0.001435	7.62E-05	5.31%	94.69%	27	TFA 14:1 t	0.001794	0	0.00%	100.00%
13	PUFA 2:5 c	0.000359	1.09E-06	0.31%	99.69%	28	TFA 16:1 t	0.00287	2.19E-07	0.01%	99.99%
14	SFA 10:0	0.03014	0.025219	83.67%	16.33%	29	TFA 18:1 t	0.029422	0.000219	0.74%	99.26%
15	SFA 12:0	0.034804	0.195542	100.00%	0.00%	30	TFA 18:2 t	0.006459	0.000119	1.85%	98.15%
							Target (우유)	조합결과	커버율	오차범위 (%)	
						31	포화지방산	0.245784	0.24442	99.45%	0.55%
						32	단일불포화지방산	0.043416	0.277347	100.00%	0.00%
						33	다중불포화지방산	0.668102	0.477847	71.52%	39.82%
							평균커버율	90.32%	평균오차	13.46%	



<그림 10> 우유 차이에 따른 지방산 유사도 비교 <표 33와 연관>

<표 34> 유지방 타겟과 원료 조합의 아미노산 차이 결과

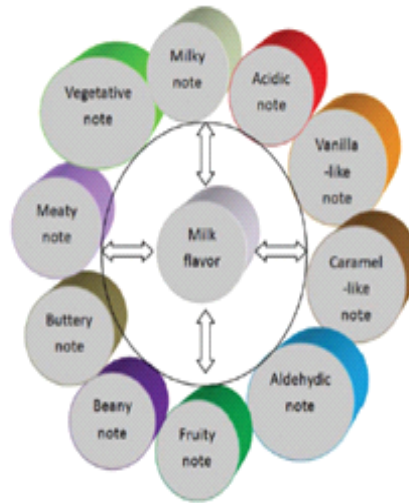
	지방산	유지방 1g	원료 조합 결과	차이
0	C4:0	0.044	0.000	-0.044
1	C6:0	0.024	0.004	-0.020
2	C8:0	0.014	0.051	0.037
3	C10:0	0.027	0.040	0.013
4	C12:0	0.033	0.312	0.279
5	C14:0	0.109	0.121	0.012
6	C16:0	0.306	0.072	-0.234
7	C18:0	0.122	0.036	-0.086
8	C16:1	0.010	0.000	-0.010
9	C18:1	0.228	0.339	0.111
10	C18:2	0.016	0.021	0.005
11	C18:3	0.007	0.001	-0.006

(2) 우유 대비 관능평가(색상, 맛, 향, 기호도) 오차 20%로 배합비 및 규격 설정

1) 우유의 맛과 향을 일치하게 만들기 위해 우유의 향미 성분들을 조사하였고, 이를 식물 및 향료로 대체할 수 있는 배합을 계산하고 연구개발 하였다.

2) 우유의 향미 프로파일 : 우유의 향미는 아래 그림과 같이 다양한 note로 구성되어 있고 다양한 향미 성분들이 우유 향미를 구성하고 있다. 여러 향미 성분들 중에서도 락톤(Lactone)류, 바닐린(Vanillin), 카르복시산(Carboxylic acids)류, 황화합물(Sulfur)류가 중요한 요소로 알려져 있으므로, 중요한 향미 성분들을 따로 구성하여 아래 표와 같이 우유 향을 재현할 수 있었다. (Ref- Zhu G, Xiao Z. Creation and imitation of a milk flavour. Food & Function. 2017 Mar;8(3):1080-1084. DOI: 10.1039/c7fo00034k.)

No.	Flavour ingredient	wt%
1	δ-Nonalactone	0.08
2	δ-Undecalactone	0.25
3	δ-Decalactone	0.2
4	δ-Dodecalactone	0.9
5	Milk lactone	0.2
6	Butyric acid	0.04
7	Hexanoic acid	0.04
8	Nonanoic acid	0.02
9	Capric acid	0.6
10	Vanilla extract	0.01
11	Vanillin	0.4
12	Ethyl maltol	1.1
13	Furanone	0.08
14	Butyraldehyde	0.002
15	cis-6-Nonenal	0.001
16	2-Undecanone	0.01
17	Ethyl nonanoate	0.02
18	γ-Valerolactone	0.0001
19	Piperonyl aldehyde	0.0001
20	3-Hydroxy-2-butanone	0.06
21	Pentadecanone	0.03
22	2-Tridecanone	0.002
23	Butanedione	0.06
24	Pentanedione	0.02
25	Sulfurol	1.2
26	Sulfuryl acetate	0.2
27	1-Octen-3-ol	0.0004
28	Dimethyl sulphide	0.004
29	Methyl thiobutanoate	0.0005
30	Milk base	0.2
31	Ethanol	80
32	Propylene glycol	14.2699
33	Total	100



<일반적인 우유 향미 조합>

<일반적인 우유 향미 조합>

<그림 11> 일반적인 우유 향미 조합 및 관능 분석으로 확인된 우유 향미 note

3) 우유 향미를 모사하기 위한 식품 원료와 향미 성분 구성

더플랜잇 데이터베이스를 활용하여 우유 향미에서 중요한 성분들을 식물 원료들에서 찾는 작업을 수행하였고 맥아('δ-nonalactone', 'hexanoic acid', 'octanoic acid', 'dodecanoic acid', 'tetradecanoic acid', 'vanillin', 'maltol', 'hexanal', 'γ-nonalactone', 'pentanedione', '4-Methyl-5-Thiazoleethanol', '1-octen-3-ol', 'dimethyl sulfide'와 쌀('δ-undecalactone', 'hexanoic acid', 'octanoic acid', 'dodecanoic acid', 'tetradecanoic acid', 'vanillin', 'hexanal', 'octanal', 'nonanal', 'decanal', 'ethyl acetate', '2-undecanone', 'γ-undecalactone', 'butanedione', '2-nonanone', '2-tridecanone', 'pentadecanone', '1-octen-3-ol', 'dimethyl sulfide')이 후보 원료로 선정되었다. 추가적으로 식물성 원료의 성분만으로 채우기 어려운 향미 성분은 따로 구성하여 향료 제품(4-Methyl-5-thiazole ethanol, Ethyl maltol, Vanillin, Acetoin, δ-Octalactone, δ-Decalactone, δ-Dodecalactone, 5- and 6-Decenoic acid)을 만들어서 우유 향미 완성도를 높였다.

(3) 육류 대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정 (우유)

- Non-GM 대두 종자를 활용한 데이터 기반 대체식품으로는 우유를 모사하는 우유 대체제와 이를 포함하는 라떼, 밀크티를 상품화하기 위해 연구개발을 진행하였다.

1) 우유 대비 물성 및 성질 (점도, pH, brix 등) 오차 20%로 배합비 및 규격 설정

- 시중 백색유와 잇츠베리밀크액 점도, pH, brix 비교

- 잇츠베리밀크와 실제 우유에서 pH의 경우에는 오차범위 10% 이내에서 개발이 되었으나, 점도와 brix 측면에서, 점도는 더 높고, brix는 더 낮은 것으로 나타났다 <표 35>. 이는 두유의 비의 영향으로 추후 비지를 분리하는 방법으로 제품개발을 이루어지면 좋을 것으로 생각된다. 거품안정성 및 유화안정성도 대조군에 비해 크게 차이를 보이지 않았으며, 관능평가에서도 대조군 대비 오차범위 20% 이내로 평가받았다 <표36>, <표 37>.

<표 35> 시제품의 잇츠베러밀크 vs 백색유

	잇츠베러 비온드 소이밀크	백색유
점도(cp)	12.74	6
pH	6.73	6.8
brix(%)	13.6	12.9

<표 36> 시제품의 거품안정성(Froaming) 및 유화안정성 비교

	거품 안정성	유화안정성(%)
대조군(백색유)	39.87	100
비온드 소이밀크	36.93	100

<표 37> 시제품의 관능평가 (9점 척도법)

	색	향	맛	기호도
대조군(백색유)	8.5	7.5	7.5	8.0
비온드 소이밀크	7.5	6.5	7.0	7.5

(4) 육류 대체 제품 시생산 및 상품화 (우유)

- 설정된 규격을 바탕으로 우유/두유 가공 공장에서 제품 시생산 100 L 이상
- 상기 데이터를 바탕으로 잇츠베러 식물성밀크액 원재료 및 배합비, 잇츠베러 로열홍차 원재료 및 배합비, 잇츠베러 실크커피 원재료 및 배합비를 완성하였으며, 이에 따라 시생산을 진행하였다.



<그림 12> 로열홍차, 잇츠베러 실크커피 시생산 제품 사진

1) 제조 공정 설계

<로열홍차 제조공정도>

2020-10-13
우서올에프연비 부설연구소

잇츠베러카페 로열홍차 시험생산용 제조공정도

순서	공정	설비	원료 및 조건	비고
1	원액두유 제조	원액두유 silo	·백태(단양공, 북음-역, 달피) 증자, 다쇄	·다쇄수(80 ± 2°C) : 7,000L/hr ·증자시간 : 4분 30초(35Hz) ·공급속도 1.0kg/3.75초 ·증자기 고변속도 : 50Hz ·Bean Dry Run Time : 280초
2	↓ 균질기/예열	균질기/예열부	· 230 ± 10bar로 균질	· 균질압 / 온도 확인
3	↓ 살균/롤딩/탈취	PHE 살균기	· 110 ± 2°C에서 15초/탈취 OFF	· 온도확인
4	↓ 저장/냉각	써지탱크(15t)	· 7-8°C 냉각	· 필터 40mesh 여과
5	↓ 여과/원액두유 이송	집유 탱크로리	· C동 사일로로 이송	
6	↓ 원부자재 검수 및 준비		· 원부자재 검수	· 원부자재 입고 검수 기록 · 원재료별 유통기한 파악 · 믹싱탱크 상태 확인
7	↓ 원액두유 준비	silo/믹싱탱크	· 가온(75-80°C)한 원액두유 고행분 함량에 따른 배합비 결정 후 투입	· 목표 두류고형분 : 7% · 온도 확인
8	↓ 원자재 투입	호퍼/믹싱탱크	· 에리스리톨 1/2과 젤란검 HA-B, 카라기난 SM, 정제소금을 프리믹스하여 투입 · 제3연신탈습 투입 · MCT 오일, 에리스리톨 1/2과 효소처리 스테비아 레바텔 G180을 프리믹스하여 투입 · 알룰로스, 복합허브추출물C 투입	· 10분 이상 교반(75-80°C 유지) 후 용해 확인 · 안전 용해 후 냉각수 O/N
9	↓ 원자재 투입	믹싱탱크	· 정제수 일부 투입	· 온도 확인
10	↓ 원자재 투입	호퍼/믹싱탱크	· MK믹스 투입	
11	↓ 원자재 투입	호퍼/믹싱탱크	· 종차추출액 2종(넥스트바이오 8bx, 종차액 가스) 투입	· 10분 이상 교반 후 용해 확인
12	↓ 검사 및 보정, 향 투입	호퍼/믹싱탱크	· 일크티향, 일크향 투입 · 이화학 규격검사, 정제수 추가 및 pH 보정	
13	↓ 균질기/열균	균질기/UHT	· 250bar로 균질 · 146°C 에서 15초 이상 열균	· 균질압 / 열균온도 확인 · 인라인 필터 40mesh/ 20mesh
14	↓ 이송 / 냉각 / 저장	써지탱크	· 20-25°C 냉각	· 온도확인
15	↓ 충전	C-6(ERM)	· 완제품 규격 확인	· 제품중량, 규격, 이니셜 합격강도 확인 · 유통기한 날인
16	↓ 완제품 검사		· 완제품 이화학/미생물 검사	· 색상, 당도, 고행분, 비중, pH 확인 · 대장균, 일반세균수 등
17	↓ 포장	포장기		· 유통기한 날인 · 파렛트 적재
18	↓ 저장 및 보관	살은창고		· 미생물 검사 결과 확인 후 출고 (약 3-10일)

<그림 13> 로열홍차 제조공정도

<실크 커피 제조공정도>

2020-10-13
 ㈜서울에프엔비 부설연구소

잇츠베리카페 실크커피 시험생산용 제조공정도

순서	공정	설비	원료 및 조건	비고
1	원액두유 제조	원액두유 silo	· 맥대(진암종, 북음:예, 달피) 등자, 마쇄	· 대쇄수(80 ± 2°C) : 7,000L/hr · 중차시간 : 4분 30초(35Hz) · 공급속도 1.0kg/3.75초 · 중차기 고반속도 : 50Hz · Bean Dry Run Time : 280초
2	↓			
2	균질/예열	균질기/예열부	· 230 ± 10bar로 균질	· 균질압 / 온도 확인
3	↓			
3	살균/탈취/탈취	PHE 살균기	· 110 ± 2°C에서 15초/탈취 OFF	· 온도확인
4	↓			
4	저장/냉각	써지탱크(15s)	· 7~8°C 냉각	· 필터 40mesh 여과
5	↓			
5	여과/원액두유 이송	집유 탱크로리	· C동 사일로로 이송	
6	원부자재 검수 및 준비		· 원부자재 검수	· 원부자재 입고 검수 기록 · 원재료별 유통기한 파악 · 익싱탱크 상태 확인
7	↓			
7	원액두유 준비	silo/익싱탱크	· 가온(75~80°C)한 원액두유 고형분 함량에 따른 배합비 결정 후 투입	· 목표 두류고형분 : 7% · 온도 확인
8	↓			
8	원자재 투입	호퍼/익싱탱크	· 에리스리톨 1/2과 젤란검 HA-B, 카라기난 SM, 정제소금을 프리믹스하여 투입 · 제3인산칼슘 투입 · MCT 오일, 에리스리톨 1/2과 효소처리스 테비아 레바렐 G180를 프리믹스하여 투입 · 알룰로스, 복합허브추출물C 투입	· 10분 이상 고반(75~80°C 유지) 후 용해 확인 · 완전 용해 후 냉각수 O/N
9	↓			
9	원자재 투입	익싱탱크	· 정제수 일부 투입	· 온도 확인
10	↓			
10	원자재 투입	호퍼/익싱탱크	· MK믹스 투입	
11	↓			
11	원자재 투입	호퍼/익싱탱크	· 플드브루 커피추출액 2종(엑스트라바이오 20bx, 자사 이마프플드브루) 투입	· 10분 이상 고반 후 용해 확인
12	↓			
12	검사 및 보정, 향 투입	호퍼/익싱탱크	· 커피향, 달크향 투입 · 이화학 규격검사, 정제수 추가 및 pH 보정	
13	↓			
13	균질/열균	균질기/UHT	· 250bar로 균질 · 146°C 에서 15초 이상 열균	· 균질압 / 열균온도 확인 · 인라인 필터 40mesh/ 20mesh
14	↓			
14	이송 / 냉각 / 저장	써지탱크	· 20~25°C 냉각	· 온도확인
15	↓			
15	충전	C-6(EAM)	· 완제품 규격 확인	· 제품중량, 규격 이내별 접착강도 확인 · 유통기한 날인
16	↓			
16	완제품 검사		· 완제품 이화학/미생물 검사	· 성상, 당도, 고형분, 비중, pH 확인 · 대장균군, 일반세균수 등
17	↓			
17	포장	포장기		· 유통기한 날인 · 파렛트 적재
18	↓			
18	저장 및 보관	살은창고		· 미생물 검사 결과 확인 후 출고 (약 3~10일)

<그림 14> 실크커피 제조공정도

2) 품목제조보고

- 자사의 브랜드인 ‘잇츠베리’ 식물성 밀크액과 이를 포함한 밀크티인 ‘잇츠베리 로열홍차’, 이를 포함한 라떼인 ‘잇츠베리 실크커피’, 그리고 “잇츠베리 비온드 소이밀크” 를 제조할 수 있는 공장에서 품목제조보고를 진행하였다.

<표 38> 제품별 품목제조보고 내용

제품명	제조원	식품유형	품목제조보고번호
잇츠베리 식물성밀크액	(주)서울에프엔비	가공두유	20080395120490
잇츠베리 로열홍차	(주)서울에프엔비	액상차	20080395120492
잇츠베리 실크커피	(주)서울에프엔비	커피	20080395120491
잇츠베리 비온드 소이밀크	(주)서울에프엔비	가공두유	2020040143972

3) 소비자 테스트 진행 후 상품화 진행

- 소비자 테스트를 통해 제품 스펙 결정 (용량, 가격 등)
- 시장 조사를 통해 편의점에서 파는 커피, 밀크티의 값의 평균 가격대 및 소비자 기호도를 참고하여 용량을 330 ml, 가격은 약 2,300원대로 결정하였다 <표 39>.
- 결정된 스펙을 바탕으로 포장재 규격을 설정하여 상품화 진행
- 상기 결정된 스펙을 바탕으로 해당 용기와 제품 스펙에 맞게 포장재를 디자인하였고, 이에 맞는 카톤박스를 제작하였다 <표 40>.

<표 39> 제품별 스펙 결정 (용량, 가격 등)

	잇츠베리카페 용량	잇츠베리카페 가격
	<p>너무 많지도 부족하지도 않은 330 ml로 제작되었어요</p> <p>종이컵 기준 2.5컵</p> <p>잇츠베리카페 실크커피 330 ml</p> 	<p>COFFEE PLANT BASED</p> <p>1 OPTION</p> <p>실크커피(카페라떼) ₩2.3 SILK-COFFEE</p> <p>첫모금을 넘기면 부드럽고 고소한 풍미가 입안 가득! 목직한 달콤함으로 균형잡힌 잇츠베리카페의 시그니처 메뉴.</p> <p>ICED / HOT</p> <hr/> <p>MILK TEA PLANT BASED</p> <p>2 OPTION</p> <p>로열홍차(밀크티) ₩2.3 ROYAL-BLACK TEA</p> <p>세계 3대 우배홍차의 섬세하고 화사한 꽃향과 세련된 향미! 부드러운 버디감을 자랑하는 감각적인 시그니처 메뉴.</p> <p>ICED / HOT</p>

<표 40> 제품별 스펙 결정 (상품화 내용)

잇츠베리 실크커피

235 * 178 * 175

비온드류 EAT'S BETTER CAFE	330 mL x 12개입	비온드류 EAT'S BETTER CAFE	330 mL x 12개입
EAT'S BETTER CAFE 실크커피	EAT'S BETTER CAFE 실크커피	EAT'S BETTER CAFE 실크커피	EAT'S BETTER CAFE 실크커피
330 mL x 12개입	330 mL x 12개입	330 mL x 12개입	330 mL x 12개입

잇츠베리 로얄홍차

235 * 178 * 175

비온드류 EAT'S BETTER CAFE	330 mL x 12개입	비온드류 EAT'S BETTER CAFE	330 mL x 12개입
EAT'S BETTER CAFE 로얄홍차	EAT'S BETTER CAFE 로얄홍차	EAT'S BETTER CAFE 로얄홍차	EAT'S BETTER CAFE 로얄홍차
330 mL x 12개입	330 mL x 12개입	330 mL x 12개입	330 mL x 12개입



[3차년도]

3-1-5. 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 개발

가. 육류대체 소재 특성에 적합한 단백질 분획 대량 생산 최적 조건 확립 및 기술 표준화

(1) 선발된 단백질 분획의 대량 생산 최적 조건 확립

- 선발된 단백질 분획의 대량 생산을 하기 위하여 최적 조건을 확립하였다<표 43>. 스케일업 하기 위한 제조 공정 중 건조공정을 최적화하기 위하여 원적외선 건조에 따른 본 연구에서 사용되는 원료인 하영콩 분말과 일반콩 분말(대원콩)과 비교한 결과는 <표 41>에 나타내었다. 수분 결합력은 하영콩 분말이 대조군 보다 조금 낮았으며, 오일결합력은 차이가 나타나지 않았다.

- 기포 형성력과 기포 안정성도 차이가 나타나지 않았다. 거품은 단백질에 의해 생성되는데, 거품의 생성과 안정화는 단백질의 계면흡착과 관계가 있다. 단백질 거품의 형성은 일차적으로 단백질 분자가 기체-액체 계면에 확산되고, 흡착되어 표면막이 형성된다. 이어서 흡착 단백질이 구조변화가 일어나 서로 작용하여 단백질의 2차원 그물망 구조를 형성하여 안정한 거품이 형성된다. 이러한 원리 때문에 대두분말의 단백질 용해도와 기포형성력과 기포안정성은 유사한 경향을 나타내는 것으로 알려져 있다.

- 시차주사 열량을 측정한 결과, 탈피는 하영분말이 0.98 J/g, 대조군이 2.13 J/g로 나타났다. 시료 물질과 기준물질을 동시에 가열 또는 냉각시킴으로써 시료의 열 출입을 측정하는 방법이다. 기준물질은 가열로의 온도 조절에 따라 함께 조절되나 시료 물질은 주어지는 온도에 의해 흡열/발열의 반응이 이루어지므로 기준물질과 온도 차이가 생기게 된다. 따라서 온도 차이에 의해 열량 값을 얻을 수 있게 된다.

- 색도의 경우, 명도는 차이를 보이지 않았고 적색도 및 황색도에서 유의적인 차이를 보였다. 입도분포율 및 구형도를 살펴본 결과 하영콩분말이 D₅₀에서 다소 작았지만 차이는 거의 없었다. 이는 입도 및 구형도는 건조조건에 대한 영향보다는 분쇄조건의 영향을 받는 것으로 생각된다.

<표 41> 건조공정 scale-up (6 kg→20 kg) 기능적 특성 평가

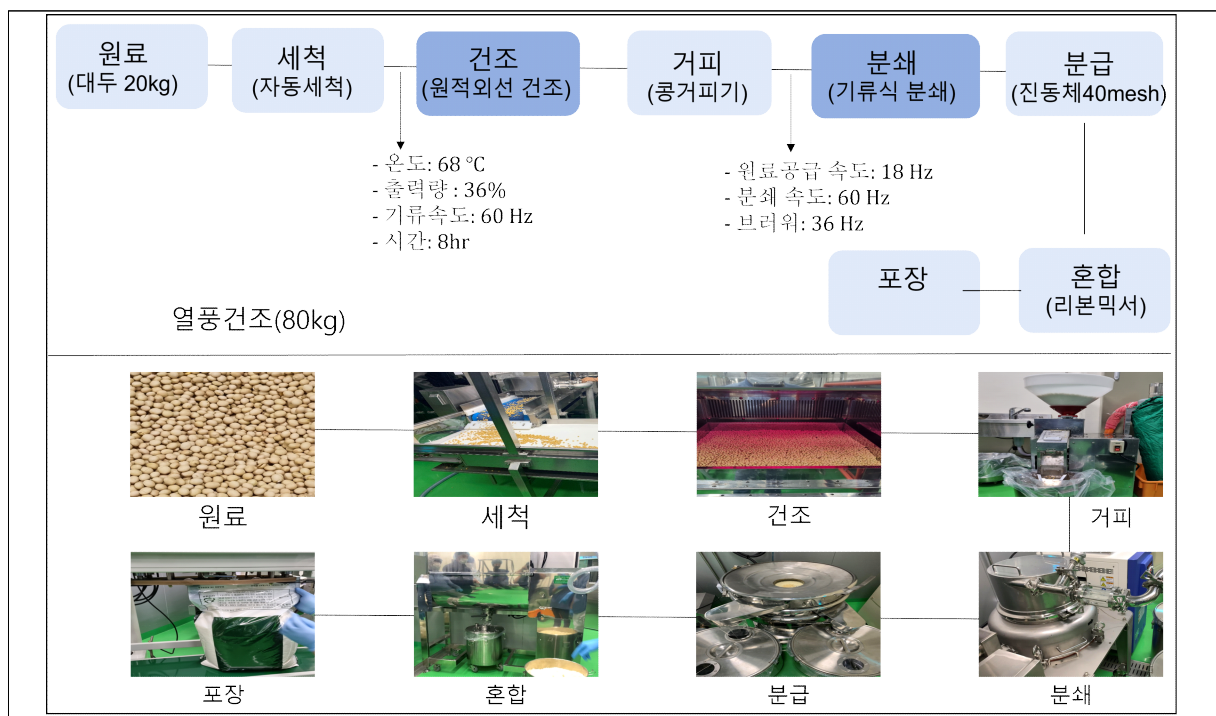
특성	하영콩 분말	대조군(일반)분말
수분결합력(WBC)	1.30±0.01 ^B	1.38±0.02 ^A
오일결합력(OBC)	1.04±0.02 ^A	1.06±0.01 ^A
기포형성력	29.72±2.66 ^A	30.65±2.53 ^A
기포안정성	17.09±2.18 ^A	18.41±1.67 ^A
시차주사열량계 (DSC)	T _o (°C)	174.42
	T _p (°C)	178.55
	Enthalpy(J/g)	0.98
Color value	L [*]	68.74±0.41 ^A
	a [*]	-3.68±0.07 ^A
	b [*]	5.79±0.06 ^A
입도	D ₅₀	23.44
	D ₉₀	147.00
입형 (Sphericity)	> 0.90	38.77±0.21
	> 0.95	19.32±0.04
		19.76±0.08

- 대량생산을 최적화하기 위한 건조공정을 20 kg으로 하였을 때 단백질(아미노산)의 조성의 변화를 살펴보기 위하여 본 연구에 사용되고 있는 하영콩 분말과 일반대두분말을 대조군으로 하여 분석한 결과는 <표 42>, <표 44>와 같다. 총 구성아미노산은 하영콩 분말이 41.31 g/100 g, 일반대두 분말이 37.30 g/100 g으로 나타났다. 총 유리아미노산의 경우, 하영콩 분말이 6,880.46 g/100 g, 일반대두 분말이 6,460.4 g/100 g으로 하영콩분말이 더 높게 나타났다.

<표 42> 건조공정 scale-up (6 kg→20 kg) 구성 아미노산 조성

구성아미노산	하영콩 분말 (g/100g)	대조군(일반)분말 (g/100g)
Aspartic acid	4.52	4.83
Theronine	1.58	1.67
Serine	1.85	2.11
Glutamic acid	7.31	7.63
Proline	2.05	2.13
Glycin	1.69	1.71
Alanine	1.76	1.78
Valine	1.92	1.85
Isoleucine	1.79	1.82
Leucine	2.96	3.14
Tyrosine	1.00	1.21
Phenylalanine	1.94	2.08
Histidine	1.03	1.09
Lysine	2.53	2.72
Arginine	2.87	3.18
Cystine	0.00	0.97
Methionine	0.00	0.78
Tryptophan	0.50	0.61
Total	41.31	37.30

<표 43> 건식분획 방법을 이용한 단백질 분리조건 확립 (Pilot scale-up)



<표 44> 건조공정 scale-up (6 kg→20 kg) 유리 아미노산 조성

유리아미노산	하영콩 분말 (g/100g)	대조군(일반)분말 (g/100g)
Phosphoserine	0	0
Taurine	0	0
Phospho ethanol amine	0	0
Urea	0	0
Aspartic acid	867.63	894.78
Threonine	40.99	28.49
Serine	69.56	37.79
Asparagine	206.05	464.97
Glutamic acid	1096.53	542.91
Glutamine	0	0
Sarcosine	0	0
α -amino adipic acid	0	0
Hydroxy proline	0	0
Proline	12.96	12.96
Glycine	229.16	177.05
Alanine	301.41	191.63
Citrulline	0	0
α -amino-n-butyric acid	0	0
Valine	43.27	31.11
Cystine	0	0
Methionine	17.35	16.16
Cystathionine	0	0
Isoleucine	62.53	38.1
Leucine	53.74	35.22
Tyrosine	40.83	23.25
Phenylalanine	29.03	19.43
β -Alanine	0	0
β -Amino isobutyric acid	0	0
GABA (γ -Amino-n-butyric acid)	142.56	54.24
Ethanol amine	281.8	465.8
Tryptophan	128.99	92.34
Ammonia	74.44	70
Hydroxylysine	0	0
Ornithine	5.43	8.21
Lysine	82.55	78.91
1-Methylhistidine	0	0
Histidine	101.09	184.49
3-Methylhistidine	0	0
Anserine	0	0
Carnosine	0	0
Arginine	2892.56	2892.56
Total	6,880.46	6,460.4

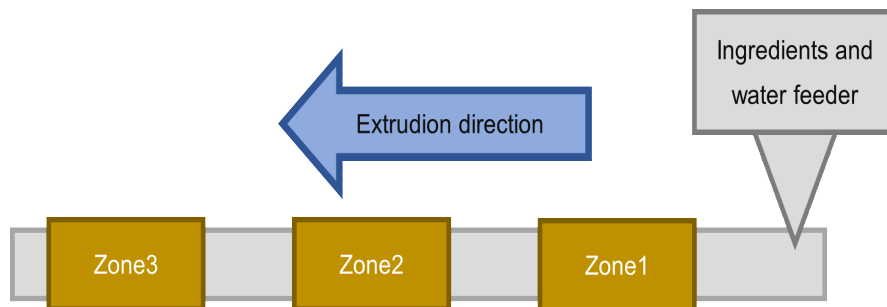
(2) 건식분획물을 이용한 육류대체 식물성 소고기 제형

1) 육류대체 식물성 소고기 제형 적합성 확인

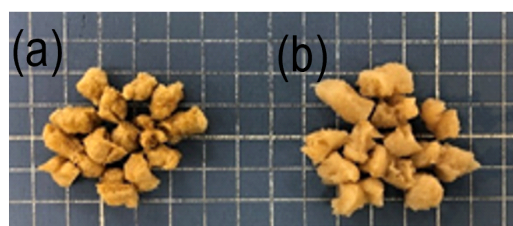
- 원료 배합 및 조건별 압출 제형 실험 1 : 실험에 사용된 원료는 분급된 하영콩 분말 50%, 분리대두단백 50%가 사용되었으며, Extrude를 이용하여 아래와 같은 조건으로 소고기 제형을 시험 제조하였다 <표 45>. 일본의 닛신식품(Nissin Foods)에 원료를 보내 제형 의뢰하여 압출성형 제형 시료를 확보하였다. 여러 번의 실험을 통하여 시료 투입속도, 물 투입 속도, 배럴 온도 등을 <표 40> 같은 조건으로 결정되었다. 압출성형기를 통하여 소고기를 제형 제조 직후와 물을 흡수시킨 후 상태를 확인한 결과 양호하여 가능성을 확인하였다 <그림 13>.

<표 45> 압출 제형(Extrude) 조건 1

	조건
Powder feed rate	80 g/min
Water feed rate	10 ml/min
Shaft rotation speed	180 rpm
Barrel temperature	Zone1: 90℃, Zone2: 110℃, Zone3: 130℃



<그림 13> 압출 제형을 위한 Extrude 모식도



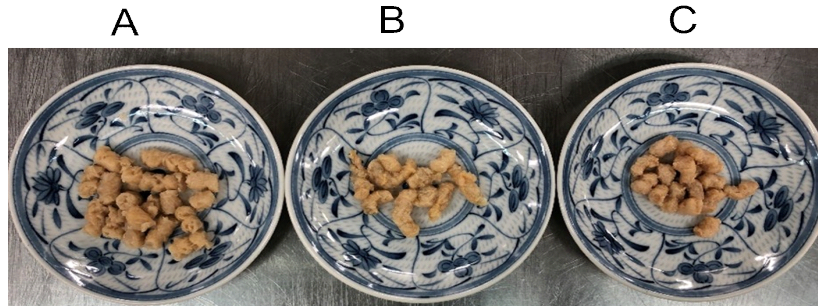
(a) TVP sample before water absorption (Immediately after extrusion)
 (b) TVP sample after water absorption

<그림 14> 압출 제형 직후와 물 흡수 후 외관 비교

- 원료 배합 및 조건별 압출 제형 실험 2 : 시료의 배합을 3가지로 달리하여 Extrude를 이용한 압출 제형으로 실험1과 동일한 조건으로 제조하였다 <표 46>, <그림 14>. 제조된 시료에 대한 외관, 색, 냄새, 질감 등을 살펴본 결과, 본 연구에서 사용된 하영콩 분말을 사용한 시료 A의 경우 수분이 충분하지 않았지만, 시료 B, C에 비해 냄새(콩취)가 적고 깔끔한 맛이였다. 질감의 경우 시료 B, C는 스펀지 같은 질감이었지만 시료 A의 경우 탄력 있는 질감을 가지고 있음을 확인할 수 있었다 <그림 15>.

<표 46> 시료별 배합비율 및 단백질 함량

Sample	Ingredients	Approximate protein contains
A	Hayoung 50% Soybean isolated 50%	65%
B	Soybean defatted 100%	50%
C	Soybean concentrate 100%	65%



<그림 15> 시료를 달리하여 압출 제형한 시료의 외관 비교

- 원료 배합 및 조건별 압출 제형 실험 3 : 시료 및 압출 제형 조건을 달리하여 유류 대체 식물성 소고기를 제형하였다 <표 47>, <표 48>. 사용된 시료는 2가지 조건을 <표 48>와 같이 배합비율을 달리하였고, 압출 제형기는 공주대학교의 기기를 사용하였으며, 압출제형 후 특성을 조사하였다 <표 49>.

수분결합력은 압출제형물의 조직과 밀접한 관계가 있으며, 배럴 온도가 수분흡수력에 중요한 요소이다. 수분흡수력은 대조군이 가장 높았으며, 그 다음으로 시료 A, 시료 B 순으로 나타났다. 이러한 수분 흡수력이 높은 것은 배럴 내에 증기가 많이 사출되어 증기가 재결합을 방해하면서 증발되어 다공성의 구조를 형성한 것으로 보인다. 시료 A의 하영 탈지분의 경우 수분결합력과 조직간사지수는 시료 B 보다 높은 값을 나타내었지만, 수용성 질소계수는 낮은 값을 보였다.

수용성 질소계수는 단백질이 조직화되면서 변성 정도를 수치화한 것이다. 이는 하영 탈지분이 조직이 단단하게 결합되어 있고 이로 인하여 단백질이 물로 빠져나오는 양이 적기 때문으로 판단되었다.

조직감 특성으로 TPA를 측정된 결과, 탄력성, 응집성, 씹힘성 등 모두 시료 A가 시료 B 보다 높은 값을 보여 하영 탈지분의 가 조직감이 더 우수하였다. 조직감은 원료의 배합비율은 물론 수분함량과 사출되는 배럴 온도에 따라 영향을 미칠 것으로 생각된다. 주사전자 현미경으로 측정된 결과는 <그림 16>에 나타내었다.

<표 47> 압출 제형(Extrude) 조건 2

	제형 조건
Powder feed rate	100 g/min
Water feed rate	35 ml/min
Shaft rotation speed	250 rpm
Barrel temperature	Zone1: 60℃, Zone2: 156℃, Zone3: 160℃

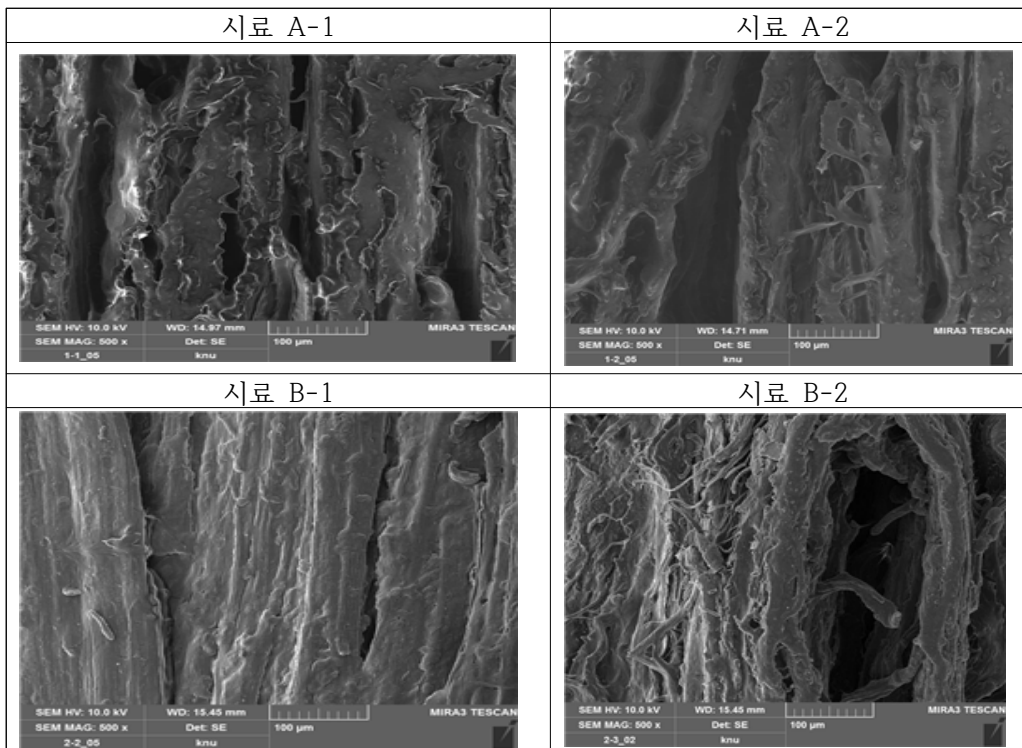
<표 48> 조건을 달리한 시료별 배합비율

시료	배합비
대조군	분리대두단백(ISP) 65%, 밀글루텐(WG) 25%, 옥수수전분(CS) 9%, 코코아 분말 1%
시료 A	하영 탈지분 50%, 분리대두단백(ISP) 15%, 밀글루텐(WG) 25%, 옥수수전분(CS) 9%, 코코아 분말 1%
시료 B	하영분 50%, 분리대두단백(ISP) 15%, 밀글루텐(WG) 25%, 옥수수전분(CS) 9%, 코코아 분말 1%

<표 49> 압출 제형한 TVP의 이화학적 및 조직감 특성

	대조군	시료 A	시료 B
WHC (g/g)	3.89±0.05	2.98±0.13	2.64±0.28
Integrity index (%)	36.28±3.75	70.22±0.83	66.50±0.62
NSI (%)	34.73±0.97	38.44±1.72	41.14±3.37
Springiness (%)	75.32±1.11	76.85±4.71	68.13±6.81
TPA Cohesiveness (%)	60.57±3.45	70.09±6.99	55.12±12.68
Chewiness (g)	1,100±320	831.78±74.37	438.79±65.84

* Die length: 5 cm, Barrel temperature: 140°C



<그림 16> 압출 제형한 TVP의 주사전자현미경 (SEM, ×500 비율) 사진

3-1-6. 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류대체 제품개발

가. 식품 빅데이터를 활용한 육류대체 소재 개발 및 제품 배합비 개발 (고기)

(1) 데이터 베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 소고기 대체 액상 제품 품질 규격

1) 소고기 대비 영양성분

소고기 타겟은 Beef, short loin, top loin, separable lean and fat, trimmed to 1/8" fat, prime, cooked, broiled (출처: USDA)으로 하였다.

소고기 단백질 대비 아미노산 커버율 89.09% 및 89.01%로 식물성 배합비를 효모추출물로 하여 2 그룹으로 개발하였으며, 평균 오차범위 10.53% 또는 10.99%로 식물성 원료 배합비율을 개발하였다 <표 50>.

소고기 핵심 지방산 대비 지방산 구성오차 17.92% 및 12.56%로 식물성 배합비를 개발하였으며, 코코아버터, 코코넛오일, 올리브오일로 2개의 조합으로 개발하였다 <표 51>.

<표 50> 데이터베이스를 활용한 소고기 단백질(아미노산) 유사 식물성 단백질 조합 개발

소고기 아미노산 조합			TVP granule, 효모추출물(조합 A)			TVP slice, 효모추출물(조합 B)		
No.	Amino acid	Target (소고기)	조합결과	커버율	오차범위	조합결과	커버율	오차범위
1	Valine	0.050857	0.048884	96.12%	3.88%	0.049537	97.40%	2.60%
2	Isoleucine	0.047026	0.043941	93.44%	6.56%	0.043726	92.98%	7.02%
3	Leucine	0.082638	0.085115	100.00%	0.00%	0.087452	100.00%	0.00%
4	Lysine	0.086993	0.056075	64.46%	35.54%	0.049584	57.00%	43.00%
5	Histidine	0.035814	0.025102	70.09%	29.91%	0.024674	68.89%	31.11%
6	Methionine	0.02678	0.017055	63.69%	36.31%	0.018773	70.10%	29.90%
7	Phenylalanine	0.040815	0.056359	100.00%	0.00%	0.057792	100.00%	0.00%
8	Threonine	0.045654	0.039032	85.49%	14.51%	0.037665	82.50%	17.50%
9	Tryptophan	0.011696	0.010849	92.76%	7.24%	0.010655	91.10%	8.90%
10	Arginine	0.066062	0.07975	100.00%	0.00%	0.080083	100.00%	0.00%
11	Aspartic acid	0.095503	0.104421	100.00%	0.00%	0.099101	100.00%	0.00%
12	Glutamic acid	0.157088	0.188001	100.00%	0.00%	0.196371	100.00%	0.00%
13	Serine	0.039968	0.052926	100.00%	0.00%	0.051586	100.00%	0.00%
14	Glycine	0.057028	0.040351	70.76%	29.24%	0.040391	70.83%	29.17%
15	Proline	0.046179	0.049034	100.00%	0.00%	0.048296	100.00%	0.00%
16	Cysteine	0.011696	0.018353	100.00%	0.00%	0.01786	100.00%	0.00%
17	Tyrosine	0.035128	0.039073	100.00%	0.00%	0.041471	100.00%	0.00%
18	Alanine	0.063077	0.046423	73.60%	26.40%	0.044983	71.31%	28.69%
				평균커버율: 89.09%	평균오차 10.53%		평균커버율: 89.01%	평균오차 10.99%

<표 51> 데이터베이스를 활용한 소고기 핵산 지방 (지방산) 유사 식물성 지방산 조합 개발

소고기 지방산 조합			코코아버터, 코코넛오일, 올리브오일 (조합 A)			소고기 지방산 조합			코코아버터, 미강유, 올리브오일 (조합 B)		
No	Fatty acids	Target (소고기)	조합결과	커버율	오차범위 (%)	No	Fatty acids	Target (소고기)	조합결과	커버율	오차범위 (%)
1	MUFA 16:1 c	0.0034 7	0.0038 85	100.00 %	0.00 %	1	MUFA 16:1 c	0.0034 7	0.0046 92	57.03 %	42.97 %
2	MUFA 17:1	0.0008 9	0.0004 19	47.05 %	52.95 %	2	MUFA 17:1	0.0008 9	0.0005 08	100.00 %	0.00% %
3	MUFA 18:1 c	0.0415	0.2202 27	100.00 %	0.00 %	3	MUFA 18:1 c	0.0415	8.0801 2	100.00 %	0.00% %
4	PUFA 18:2	0.0036 7	0.0335 58	100.00 %	0.00 %	4	PUFA 18:2	0.0036 7	6.7188 48	100.00 %	0.00% %
5	PUFA 18:3	0.0002 1	0.0020 19	100.00 %	0.00 %	5	PUFA 18:3	0.0002 1	0.3224 27	45.00 %	55.00 %
6	PUFA 20:2	0.0000 2	7.43E- 06	37.13 %	62.88 %	6	PUFA 20:2	0.0000 2	0.0000 09	100.00 %	0.00% %
7	SFA 10:0	0.0001 1	0.0048 6	100.00 %	0.00 %	7	SFA 10:0	0.0001 1	1.15E- 05	100.00 %	0.00% %
8	SFA 12:0	0.0001	0.0376 62	100.00 %	0.00 %	8	SFA 12:0	0.0001	7.25E- 06	100.00 %	0.00% %
9	SFA 14:0	0.0030 4	0.0156 16	100.00 %	0.00 %	9	SFA 14:0	0.0030 4	0.1404 58	100.00 %	0.00% %
10	SFA 16:0	0.0266	0.1961 11	100.00 %	0.00 %	10	SFA 16:0	0.0266	3.5313 2	22.08 %	77.92 %
11	SFA 17:0	0.0012 5	0.0002 36	18.86 %	81.14 %	11	SFA 17:0	0.0012 5	0.0002 76	100.00 %	0.00% %
12	SFA 18:0	0.0152	0.2036 65	100.00 %	0.00 %	12	SFA 18:0	0.0152	0.4635 16	100.00 %	0.00% %
13	SFA 20:0	0.0000 6	0.0013 94	100.00 %	0.00 %	13	SFA 20:0	0.0000 6	0.0016 07	100.00 %	0.00% %
14	SFA 24:0	0.0000 4	0.0002 41	100.00 %	0.00 %	14	SFA 24:0	0.0000 4	0.0002 59	32.92 %	67.08 %
		평균 커버율	82.08%	평균 오차	17.92 %			평균 커버율	87.44%	평균 오차	12.56 %

(2) 육류 대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정 (소고기)

- Non-GM 대두 종자를 활용한 데이터 기반 대체 식품으로는 소고기를 모사하는 고기 대체제와 이를 포함하는 디미트드민스, 디미트드 플레이버를 상품화하기 위해 연구개발을 진행하였다.

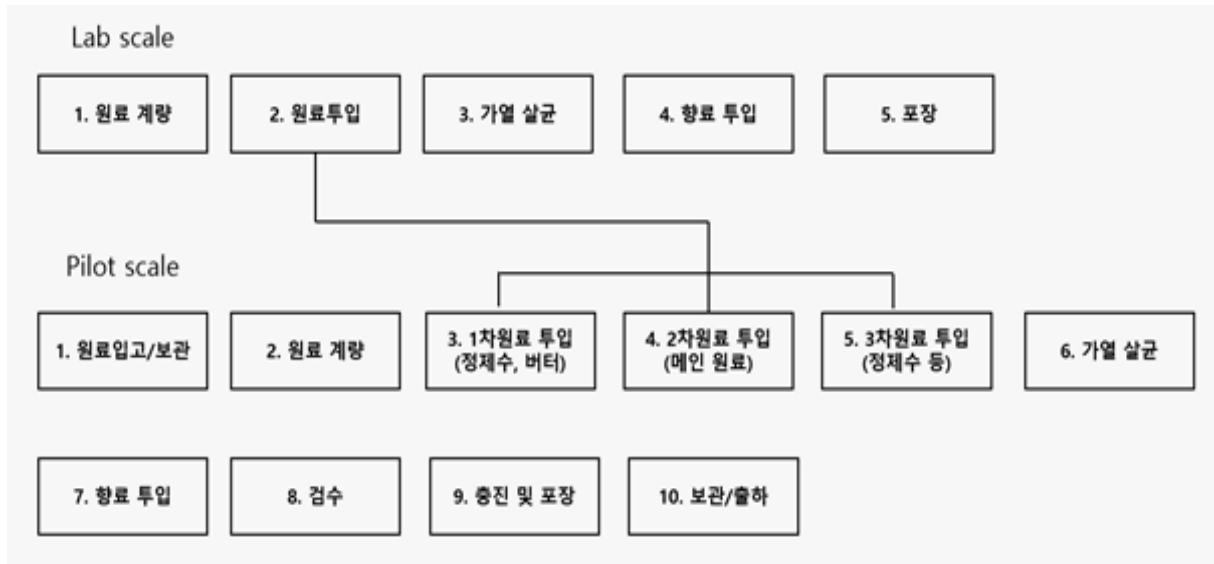
(3) 육류 대체 제품 시생산 및 상품화 (소고기)

- 설정된 규격을 바탕으로 소고기 조미액 자사 공장에서 제품 시생산 100 L 이상
- 상기 데이터를 바탕으로 Lab scale에서 Pilot scale로 디미트드 민스 원재료 및 배합비, 디미트드 플레이버 원재료 및 배합비를 완성하였으며, 이에 따라 시생산을 진행하였다.

1) Lab scale 공정도 및 Pilot scale 공정도 조건 탐색

- 원·부재료 결정 및 배합비에 따름 품질규격 설정 : Pilot scale 공정 시 모든 원료의

용해도 및 분산력을 높이기 위하여 원료를 1차~3차로 나누어 분할 투입 진행하였다. 미량원료 (trace element)는 포도당과 Pre-mix 진행하여 투입하였다. 향료 원료 투입 시 향료 소실을 줄이기 위하여 가열 스팀을 중단한 상태에서 투입하였다. 대체육 조미액 제조 공정도는 <그림 17>과 같으며, Pilot scale 원료 및 공정 조건은 <표 52>에 나타내었다.



<그림 17> 대체육 조미액 제조 공정도

<표 52> 대체육 조미액 Pilot 원료 및 제조 공정 조건

구분	원료명	온도(°C)	속도(Hz)	시간(min)	제조공정
가	1차 정제수	70	35	10	<공정 체크 사항> 1. 1차 정제수를 가온하면서 코코아 버터를 녹일것
	코코아버터				
나	올리브유	70	35	10	2. 분말원료는 분말 상태에서 투입 진행 할것 3. 비프향 투입시 가열 중지한 상태에서 투입할것
	현미유				
다	효모추출분말 (변경 예정)	90	45	15	<제조방법> 1. 1차 정제수를 투입하고 가온하면서 코코아버터 용해 2. 2차 원료 투입 3. 3차 원료 투입 4. 4차 원료 투입 5. 품질 지표 확인 6. 충전/포장 7. 보관 (냉장 5℃ 이하)
	참수겔정제도당				
	아몬드분말				
	마늘분말				
	5'-이노신산이나트륨				
	천일염				
	L-시스테인염산염				
	비타민B1라우릴황산염				
2차 정제수					
라	비프향	가열 중지	35	30	

<품질 지표>

Brix (%)	9.5±1
염도 (%)	9.0±0.5

2) 대체육 민스 Lab scale 공정과 Pilot scale 공정 비교

Pilot scale으로 진행 시 TVP 탈수 공정을 삭제하여 작업 공정을 개선하였으며, 조미액 배합 비에서 정제수 함량을 소폭 감량하여 조정하였다 <표 53>. 대체육 민스의 품질규격은 염도, Brix, 색을 기준으로<표 54> 향후 대체육 조미액과 대체육 민스를 재 시생산 할 계획이며, 품질 규격은 최종 제품규격에 따라 소폭 변경이 가능할 것으로 보인다.



<그림 18> 대체육 민스 제조공정도

<표 53> 대체육 조미액 Pilot 원료 및 제조 공정 조건

구분	원료명	온도(℃)	Level	시간(min)
가	정제수(불림수)	18~20		120
	소이화이바프로테인 (중국산TVP)			
나	디미티드플레이버	130	5	35

<제조 공정>

<체크 사항>

1. 불림수의 온도 (18~20℃) 확인
2. 불림후 정제수 흡수 여부 확인
3. 볶음공정시 탄화물 생성 여부 확인
4. 볶음공정시 기름 흡수 혹은 조림 여부 확인

<제조방법>

1. 정제수를 계량 및 TVP 혼합. 정제수 : TVP (0.4 : 1)
 - ① 30분에 1회씩 위/아래 뒤적여서 섞어준다
 - ② 침지 시간은 상온에서 2시간 진행 (정제수 온도 18~20℃)
2. 조미액을 계량후 TVP에 투입한다.
3. 회전 쿠키에 넣고 TVP를 볶는다.
4. 검수한다.
5. 충전/포장
6. 냉동보관 (-18℃)

<표 54> 대체육 민스 품질 규격

구분	기준값	실측값	비고
L, a, b	L= 38.5±1.0 a= 6.5±1.0 b= 8.5±1.0	L= 38.34±1.0 a= 6.06±1.0 b= 8.87±1.0	CR-400

<표 55> 대체육 민스 관능평가 (5점 척도법)

	외관	맛	식감	기호도
대조군	5.0	4.5	5.0	5.0
Sample A	4.2	4.0	4.3	4.5
Sample B	4.0	4.0	3.8	4.0

*Sample A: 간장 함유, Sample B: 발효농축액 함유

2) 품목제조보고

- 대체육 조미액 및 언리미트향미제, 디미티드민스, 디미티드플레이버를 제조할 수 있는 공장에서 품목제조보고를 진행하였다 <표 56> <표 57>.

<표 56> 제품별 품목제조보고 내용

제품명	제조원	식품유형	품목제조보고번호
대체육 조미액	진성에프엠(주)	소스	199903641581475
디미티드민스	(주)더플랜잇 안양공장	두류가공품	2021029350124
디미티드플레이버	(주)더플랜잇 안양공장	소스	2021029350123

<표 57> 제품 사진



3-2. 협동연구기관-경상대

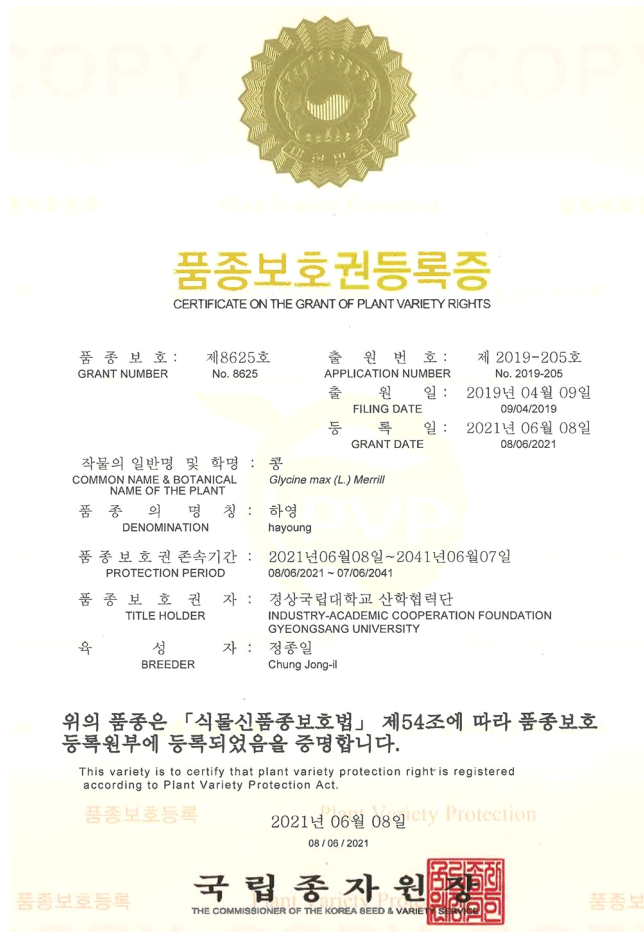
<정성적 연구개발성과>

1. 육류 대체 맞춤형 Non-GM콩 신품종 보호출원 및 등록(“하영콩”)

수입콩과 차별화된 육류 대체 맞춤형 Non-GM콩으로 3-null (lipoxygenase 단백질 부재, KTI 단백질 부재, 7S α' -subunit 단백질 부재) 및 난소화성당 성분인 stachyose 저함량 선발계통을 신품종보호출원 후 등록되었다.

- 품종보호 출원공개

공개번호 (임시보호권번호)	2019-280	공개일자	2019.05.15
출원번호	출원 2019-205	출원일자	2019.04.09
우선권주장		심사관	소은희
출원인	경상대학교 산학협력단		
출원인주소	경상남도 진주시		
육성자	정종일		
학명 및 일반명	Glycine max (L.) Merrill/콩		
품종명	하영		



신품종으로 등록된 ‘하영콩’의 농업형질, 3가지 단백질 (lipoxygenase, KTI 및 7S α' -subunit)의 존재여부 및 stachyose의 함량은 아래와 같다.

1. 종(種) 및 학명 : 콩, <i>Glycine max (L.) Merr.</i>
2. 품종명 : 하영
3. 식물체의 주요 형태적 특성 <ul style="list-style-type: none"> - 배축색은 자색이며 신육형은 유한신육형임 - 생육습성은 직립형이고 경장은 56cm내외로 약간 큰편임 - 모용색은 회색이며 모용모양은 곧은모양이고 모용자세는 직립에 가까움 - 엽모양은 능형에 가까우며 엽색은 담록에 가깝고 엽의 크기는 조금 큰편임 - 화색은 자색이고 협색은 담갈색에 가까움 - 종실크기는 큰편으로 백립종이 약 32.3g 정도임 - 종실모양은 구형에 가까우며 종피색은 황색임 - 종피의 광택은 약한 편이며 제색은 황색이고 종실 자엽색은 황색임 - 개화기는 8월4일정도이고 성숙기는 10월22일 정도로 다소 늦은편임 - 성숙 종자에서 lipoxygenase-1 2,3 단백질이 없어 생콩에서 비린내가 나지 않음 - 성숙 종자에서 소화억제 및 알러지를 일으키는 Kunitz Trypsin Inhibitor (KTI) 단백질과 7S α'-subunit 단백질이 없음 - 난소화성당의 함량이 일반콩에 비하여 현저히 낮음
4. 출원품종이 대조품종과 구별되는 특성 (대조품종: 진품콩2호) <ul style="list-style-type: none"> - 경장은 대조품종보다 약간 큰편임 - 종실크기는 백립종이 32.3g 정도로 대조품종보다 큰편임 - 수확기가 대조품종보다 약 7일정도 늦음 - 성숙 종자에서 대조품종에 비하여 KTI 단백질이 없음 - 성숙 종자에서 대조품종에 비하여 7S α'-subunit 단백질이 없음 - 난소화성당 (stachyose)의 함량이 대조품종보다 현저히 낮음 - 수확 후 생콩의 맛이 대조품종보다 단맛이 강한 편임
5. 출원품종의 균일성과 안정성을 기술(대조품종 포함) <ul style="list-style-type: none"> - 화색은 자색/ 종피색 및 제색은 황색/ 생육습성은 직립/유한신육형으로 특성이 고정됨 - 1년차 재배시험에서 균일성이 인정되었으며, 2년차 재배시험에서 년차간 균일성이 인정되어 안정성을 확보하였음 - 성숙 종실에서 lipoxygenase-1,2,3 단백질 부재는 유전적으로 고정됨 - 성숙 종실에서 KTI 단백질 부재는 유전적으로 고정됨 - 성숙 종자에서 7S α'-subunit 단백질 부재는 유전적으로 고정됨 - 난소화성당 (stachyose)의 함량이 현저히 낮은 것은 년차간 균일성이 인정되어 안정성을 확보하였음

6. 품종에 도움이 되는 추가정보

6.1 내 병충성: 불마름병에 다소 강한 특성을 보임

6.2 품종의 시험을 위한 특별한 조건들: 성숙기가 늦은 편임

6.3 기타 정보

7. 품종육성에 관한 정보

- 종자 크기가 다소 대립이고 성숙종자에 lipoxygenase-1, 2,3 단백질이 없어 비린 맛이 없고 생콩의 맛이 우수한 편임. 성숙 종자에서 소화억제 및 알러지를 일으키는 Kunitz Trypsin Inhibitor (KTI) 단백질과 7S α' -subunit 단백질이 없음.

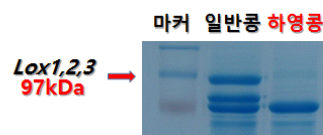
종피색, 제색, 자엽색이 황색이고 유한신육형으로 교배육종에 의해 육성된 농업적 형질이 양호한 전형적인 Non-GM 콩임. 수확기가 다소 느리며 경장은 다소 큰편이고 성숙 종자에서 난소화성당의 함량이 대조품종 및 일반콩에 비하여 현저히 낮음.



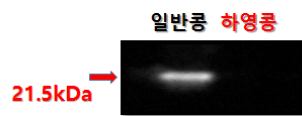
(하영콩)

- 하영콩의 3가지 단백질 부재 확인

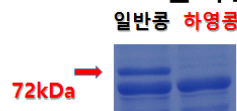
▪ Lipoxygenase 단백질 확인



▪ Kunitz Trypsin Inhibitor (KTI) 단백질 확인



▪ 7S α' -subunit 단백질 확인



- 하영콩의 Stachyose 함량

품종	Stachyose (g/kg)
태광콩	13.02
대양콩	14.46
풍산나물콩	14.19
진품콩2호	16.81
미소	15.34
하영콩	3.50

- 품종보호 등록결정

출원공개번호	2019-280	출원공개일자	2019.05.15
출원번호	출원 2019-205	출원일자	2019.04.09
출원인	경상국립대학교 산학협력단		
출원인주소	경상남도 진주시		
학명 및 일반명	Glycine max (L.) Merrill/콩		
품종보호 결정일자	2021.05.21		
품종명	하영		

- 품종보호권설정등록

출원공개번호	2019-280	출원공개일자	2019.05.15
품종보호권 등록번호	제 8625호	등록일자	2021. 6. 8
출원번호	출원 2019-205	출원일자	2019.04.09
식물의 종류	콩	품종의 명칭	하영
품종보호권자	경상국립대학교 산학협력단		
품종보호권 존속기간	2021. 6. 8 ~ 2041. 6. 7		

3. 출원품종(“하영콩”)의 농가 재배

수입콩과 차별화된 육류 대체 맞춤형 Non-GM콩으로 3-null (lipoxygenase 단백질 부재, KTI 단백질 부재, 7S α' -subunit 단백질 부재) 및 난소화성당 성분인 stachyose 저함량 “하영콩” 신품종을 전국 농가에서 재배 및 생산하였다. 아래는 지역 재배모습을 나타낸다.



재배지역과 재배면적은 아래와 같다.

지역	재배면적
경남	11,950평
충남	8,000평
경기	1,200평
전북	8,000평
충북	400평
계	29,550평

※ 단백질 분리/분획을 고도화하기 위하여 위탁연구기관으로 한국지질자원연구원으로 선정하여 3차년도 연구를 함께 수행하였다.

3-3. 한국지질자원연구원-3차년도 (수행내용 및 결과를 하나로 작성)

○ 대두 단백질 농축을 위한 마찰하전 정전선별 기술 개발

2.3.1. 서론

식물 재료 (plant material)는 보통 탄수화물, 단백질, 리그닌, 회분, 지질 및 폴리페놀 등으로 구성되어 있다. 이러한 식물 재료를 대상으로 한 분리 및 정제는 주요 화합물 (단백질, 탄수화물, 지질 등)의 손실이 발생하는 고비용의 화학 공정 (pulping, hydrolysis, solvent extraction, steam and ammonia explosion, ionic liquid)을 기반으로 한다¹⁾. 즉, 화합물의 고유 기능이 완전히 보존되지 않을 뿐만 아니라, 많은 양의 에너지와 물 또는 용매가 필요해 환경오염 및 처리 비용을 증가시킨다²⁾. 따라서 식물의 분리/정제를 위한 건식 공정 (dry fractionation process)은 습식 공정 (wet fractionation process)의 대안이 될 수 있으며 많은 연구가 이루어지고 있다^{1,3-5)}.

정전선별은 입자의 유전상수, 전기전도도, 접촉 전위차 등과 같은 전기적 물성차를 이용한다. 입자에 전하를 띄게 한 후, 고전압의 전기장 내로 투입하여 정전기적 인력이나 척력에 의해 분리하는 방법이다. 지금까지는 주로 정전유도형 (induced type)이나 코로나방전형 corona discharge type)이 광물의 선광 (beneficiation)과 폐기물의 재활용에 활용되었다. 그러나 최근에는 비전도체 입자의 선별을 위해 입자의 표면전하 특성을 이용한 마찰하전형 (tribo type)의 연구가 많이 진행되고 있다^{5,6)}. 이러한 마찰하전 정전선별은 식품 재료의 선별에까지 확대되고 있으며, 식물 재료에서 주요 화합물을 선별하는 친환경 기술로 부상하고 있다⁷⁾.

이번 연구에서는 (주)더플랜잇에서 제공한 전지방 대두 (full-fat soy bean) 및 일부 지방이 제거된 대두를 대상으로 마찰하전 정전선별을 적용하여 단백질 농축 가능성을 확인하였다. 기술적 요소, 최적 선별조건 등을 규명하기 위하여 다양한 조건별로 선별효율을 확인하여 마찰하전 정전선별을 통한 대두의 단백질 농축 가능성을 평가하였다.

2.3.2. 이론적 배경

마찰하전은 전기적으로 중성인 물질이 충돌·마찰 시 전자를 잃거나 얻는 과정에서 발생하는 현상이다. 마찰하전에서 전자 이동의 일반적인 이론은 입자가 서로 다른 입자나 혹은 표면에 충돌·마찰하게 되면 두 입자의 일함수 값 (work function)의 차이에 의해 Fermi-Level이 같아지는 방향으로 전자의 이동이 있게 된다. 충돌·마찰 후, 입자가 표면에서 분리되면 전자의 과잉 또는 부족 현상이 생기므로 입자는 양 (positive) 혹은 음 (negative)로 하전된다. 즉, 일함수 값이 큰 입자는 전자를 얻어 음으로 작은 입자는 전자를 잃어 양으로 하전된다. Fig. 1의 왼쪽은 입자의 마찰하전을 나타낸 것으로, (a)는 입자와 하전장치 표면과의 접촉에 의한 하전, (b)는 입자와 입자의 접촉에 의한 하전 현상을 나타내고 있다. 이렇게 서로 반대 극성으로 하전된 입자들을 Fig. 1의 오른쪽에서와 같은 높은 전압이 흐르는 전기장 내로 통과시키면 양으로 하전된 입자는 음 전극 (negative electrode)으로 이동하게 되고, 이와 반대로 음으로 하전된 입자는

양 전극 (positive electrode)으로 이동되어 각각 분리가 이루어지게 된다^{6,8,9}.

마찰하전 정전선별은 대기 중에서 입자간의 충돌·마찰에 의해 형성되는 입자표면의 하전량에 의해 선별효율이 크게 좌우된다. Fig. 2에 나타난 것처럼 입자의 하전에 영향을 미치는 실험인자 모두가 선별효율에 영향을 미친다. 즉, 입자의 기계적 교반이나 충돌은 입자 표면을 직접 하전 시키는 중요한 요인이지만, 입자크기, 상대습도, 온도, 시료의 혼합 비율, 시료의 수분 함량 등도 하전량을 결정하기 때문에 이들 모두가 충족되어야 최적의 하전량 및 선별효율을 얻을 수 있다¹⁰. 이외에 전극의 종류, 전기장, 분리대의 위치 등도 선별효율에 영향을 미치는 기계적인 요인들이다.

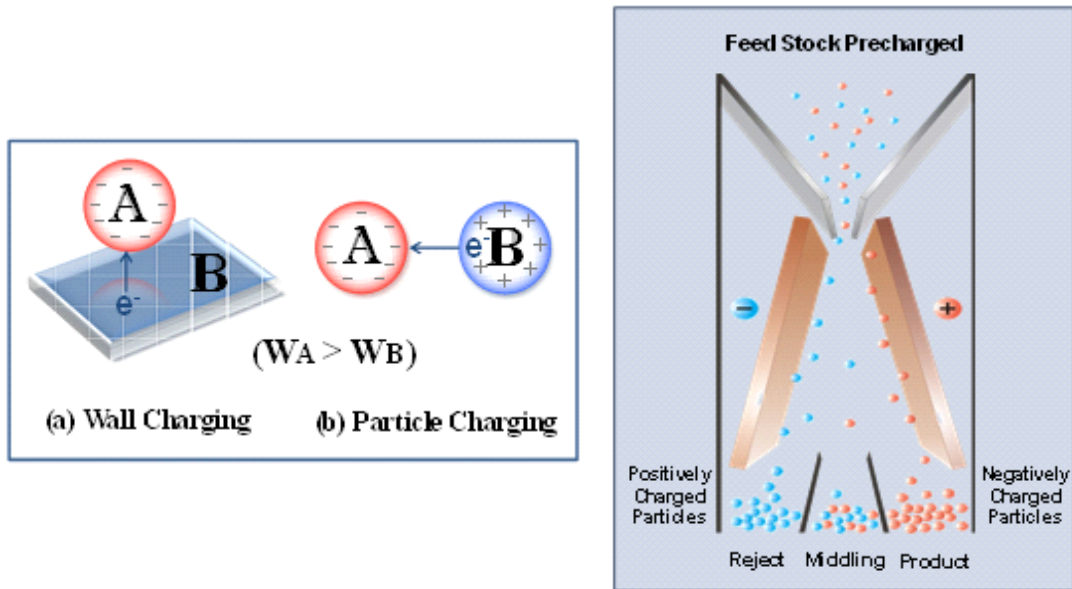


Fig.1. Principle of tribo-charging & behavior of particle in electric field

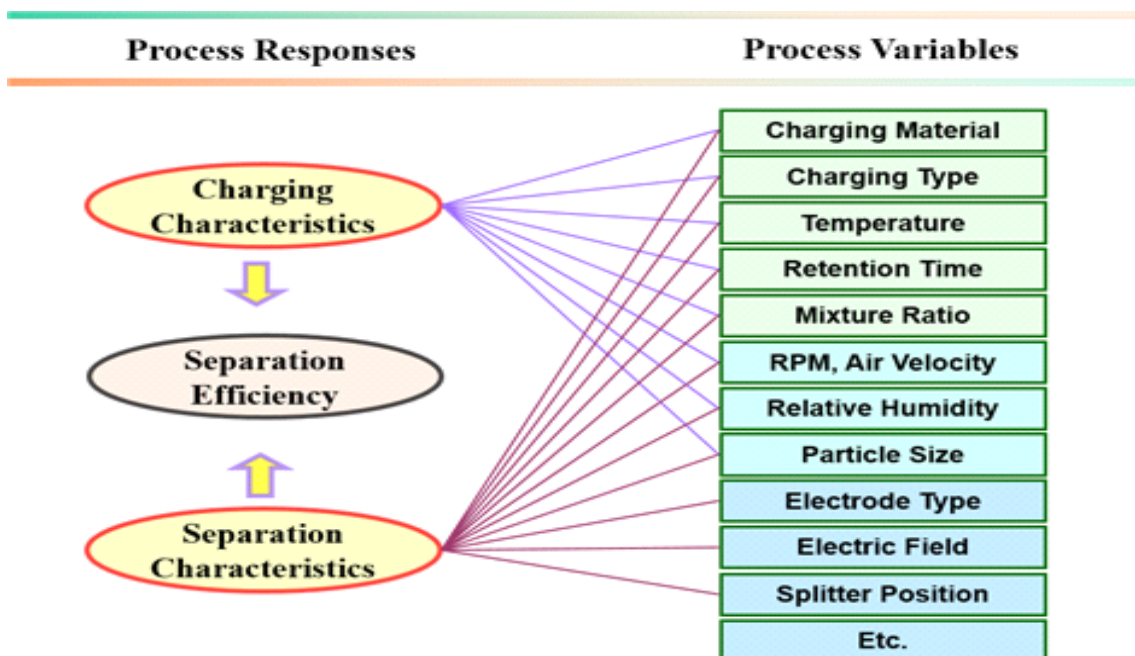


Fig. 2. Factors effecting on charging & separation characteristics

2.3.3. 시료 및 실험방법

(가) 시료의 특성

Table 1은 대두 화합물의 대부분을 차지하는 단백질과 식이섬유의 하전특성 연구를 위하여 (주)더플랜잇에서 제공한 분리대두단백과 식이섬유의 조성을 나타낸 것이다. 분리대두단백의 단백질 함량은 92.0% (dry base, 이하 단백질 및 식이섬유 함량은 dry base), 분리대두식이섬유의 식이섬유 함량은 82.8% 이다.

이번 연구에서는 (주)더플랜잇에서 제공한 전지방 및 일부 지방이 제거된 대두 분말을 대상으로 마찰하전 정전선별을 수행하였다. Table 2는 제공 받은 시료를 나타낸 것으로, 대부분의 조건 변화 실험은 TPE 0 시료를 대상으로 수행하였다. TPE 1과 TPE 2 시료는 입도에 따른 선별 효율을 비교하기 위하여 입도 조절된 시료이며, TPE 3과 TPE 4는 일부 지방이 제거된 시료로, 지방 제거가 선별에 미치는 영향을 관찰하였다. TPE 0, 1, 2 시료의 단백질 함량은 약 42.0% 이며, 일부 지방이 제거된 TPE 3, 4 시료는 약 46.0% 이었다.

Table 1. Sample characteristics for charging property experiment

Sample	Isolated soy protein	Isolated soy fiber
Moisture (W.%)	3.7	4.1
Composition (w.%, dry base)	Protein	92.0
	Fiber (starch)	-
	Fat	5.0
	carbohydrate	1.0
	Ash	4.0
Particle size (μm , d50)	41.39	68.20

Table 2. Sample characteristics for tribo-electrostatic separation

Sample	Protein content (w.%)		Fiber (W.%, dry)	Starch (W.%, dry)	Particle size (μm , d50)	Remarks
	Wet base	Dry base				
TPE 0	40.25	42.35	16.07	5.42	-	
TPE 1	40.42	42.44	-	-	30	
TPE 2	39.60	41.96	-	-	40	
TPE 3	43.33	45.94	-	-	30	defatted
TPE 4	43.32	45.86	-	-	40	defatted

(나) 실험 방법

1) 하전 특성

이번 연구에서는 대두 화합물의 대부분을 차지하는 단백질과 식이섬유의 하전특성을 확인하기 위하여 (주)더플랜잇에서 제공한 분리대두단백과 식이섬유를 대상으로 하전특성 실험을 수행하였다. 서로 다른 일함수 값 (work function)과 대전서열을 가진 하전통 (charging containers : PMMA, Nylon, ABS, PET, aluminum, copper, PP, PE, PTFE)에 분리대두단백과 식이섬유를 각각 단일 상태로 투입하고 회전 유형의 하전장치로 하전 시킨 후, 분리대두단백과 식이섬유의 하전량을 Faraday Cage를 이용하여 측정하였다. 시료는 2 gr., 회전 속도와 체류 시간은 각각 150 rpm과 10 min.으로 조절하여 실험을 수행하였다. Fig. 3은 하전특성 연구를 위해 사용된 하전장치 set을 나타낸 것으로, 회전 유형의 하전장치, 다양한 하전통, Faraday Cage로 구성되어 있다.



Fig. 3. Rotation type tribo-charger set

(2) 분리 특성

Fig. 4는 분리특성 연구를 위해 제작한 horizontal type의 마찰하전 정전선별기를 나타낸 것이다. 마찰하전 정전선별에서 마찰하전 현상은 마찰하전 장치 내에서 입자와 입자 또는 입자와 표면과의 충돌·마찰에 의해서 발생하므로, 하전재질과 마찰하전 방식에 따라 하전 발생 구조와 크기가 달라질 수 있다¹¹⁾. 이번 연구에서는 다양한 재질의 pipe line 하전 장치에 질소 가스와 함께 입자를 투입하여 하전을 발생시켰다. 선별부는 60(W)×40(D)×25(H) cm의 box, 하전된 입자의 편향을 일으키는 양과 음전극은 40(W)×15(D) cm 크기의 스테인리스스틸로 제작되었으며, 각각 양과 음의 power supply에 연결되었다. 이번에 제작된 마찰하전 정전선별기의 경우, 단백질의 회수율보다는 단백질 함량은 높이는 것에 주안점을 두고 제작되었다.

실험방법은 시료를 pipe line 하전장치 내부에 기본적으로 질소 가스와 함께 투입하여 충돌·마찰 시킨 후, 하전된 입자를 고전압의 전기장으로 이동시켜 분리하였다. 분리된 시료의 회수는 전극에 부착된 입자로 한정하였으며, 단백질 분석을 통해 분리효율을 확인하였다. 일반적으로 마찰하전 정전선별의 분리효율에 영향을 미치는 인자인 하전재질, 전극의 전압세기, 질소 가스의 속도 등 실험조건을 변화하면서 최적 선별조건 및 분리효율을 확인하였다. Fig. 5는 이번 연구에 사용된 다양한 재질의 금속 및 플라스틱 pipe line 하전장치, Table 3은 최적 선별조건 및 분리효율을 확인을 위한 실험조건을 나타낸 것으로 고정 조건은 양과 음 전극 사이의 거리 4cm 그리고 시료의 투입량 10 gr. 이었다.

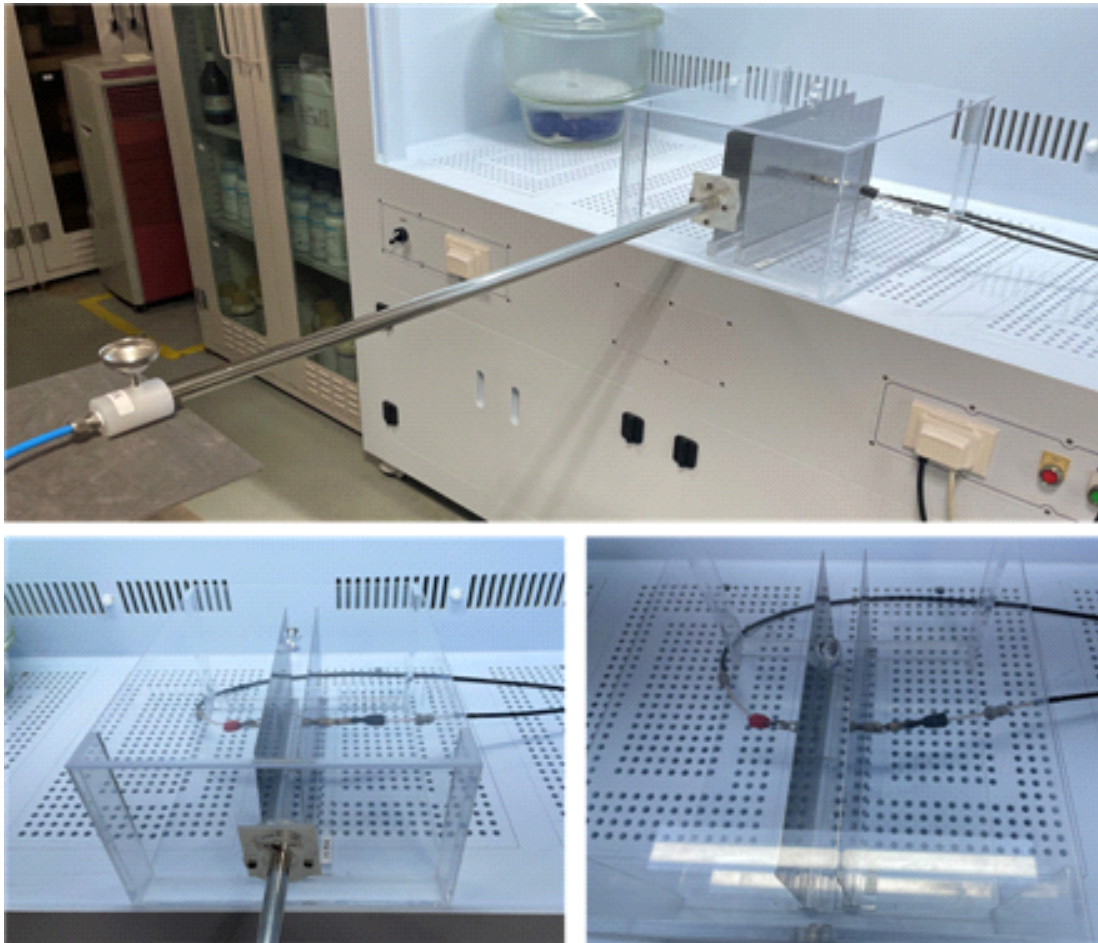
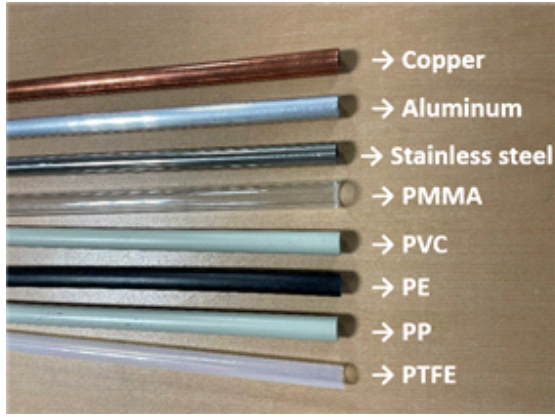


Fig. 4. Tribo-electrostatic separator of horizontal type



Materials	Internal diameter (mm)	Length (cm)
Copper	12, 15, 20	100
Aluminum	12, 16, 20	100
Stainless steel	10, 15, 20	100
PMMA	20	100
PVC	16, 20	25, 50, 100, 200
PE	16, 20	25, 50, 100, 200
PP	16, 20	25, 50, 100, 200
PTFE	15	100

Fig. 5. Metal & plastic pipe lines used as charger

Table 3. Factor and level for tribo-electrostatic separation

Factor	Unit	Level
Material of pipe (charger)	-	Cu, Al, SS, PMMA, PVC, PP, PE, PTFE
Internal diameter of pipe (charger)	mm	10, 12, 15, 16, 20
Length of pipe (charger)	cm	25, 50, 100, 200
Charging medium	-	N ₂ , Air
N ₂ gas rate	l/min.	100, 150, 180
Applied voltage to plates	± kV	1, 3, 5
Dried sample	°C (1hr.)	105
Sample	-	TPE 0, 1, 2, 3, 4
Distance between plates	cm	4
Feed	gr.	10

이번 연구에서 마찰하전 정전선별의 목적은 대두의 단백질 농축 가능성을 평가하는 것이다. 따라서 선별효율은 음 전극에 회수되는 산물의 단백질 함량 (content)을 기반으로 평가되었다. 또한 이때의 회수율 (recovery)이 계산되었으며, 아래 식과 같다.

$$Np_r = \frac{N_w \times Np_c}{Rp_c} \quad (\text{eq. 1})$$

여기에서 Np_r 은 음 전극에 회수된 산물의 단백질 회수율, N_w 는 음 전극에 회수된 산물의 무게비, Np_c 는 음 전극에 회수된 산물의 단백질 함량, Rp_c 는 원 시료의 단백질 함량이다.

2.1.4. 실험결과

(가) 하전특성

이번 연구에서는 (주)더플랜잇에서 제공한 분리대두단백과 식이섬유를 대상으로 하전특성 실험을 수행하였다. Fig. 6은 실험결과를 나타낸 것으로, 분리대두단백은 모든 재질에서 양으로 하전이 이루어졌으며, 이는 분리대두단백의 일함수 값이 다른 재질에 비해 낮기 때문이다. 분리대두식이섬유의 경우, PMMA, Nylon, ABS, PET, Al, Cu, 재질에서는 양으로 하전, PP, PE, PTFE 재질에서는 음으로 하전되었다. 이는 분리대두식이섬유가 PP, PE, PTFE 세 재질 보다는 일함수 값이 높고 나머지 재질에서는 낮기 때문이다. 실험결과, 분리대두단백은 분리대두식이섬유에 비해 일함수 값이 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 따라서 마찰하전 정전선별을 이용한 재질분리 실험에서 대두 단백질은 양으로 하전되어 음 전극에서, 식이섬유는 음으로 하전되어 양 전극에서 회수될 것으로 예상된다. 또한 분리대두단백과 식이섬유를 분극할 수 있는 재질은 PP, PE, PTFE 재질임을 확인하였다. 그러나 대두에는 단백질과 식이섬유 외에 탄수화물, 지질, 무기물 등 다른 화합물들도 존재하기 때문에 대두의 단백질 농축을 위한 효과적인 하전재질 선정에는 한계가 있을 것으로 생각된다.

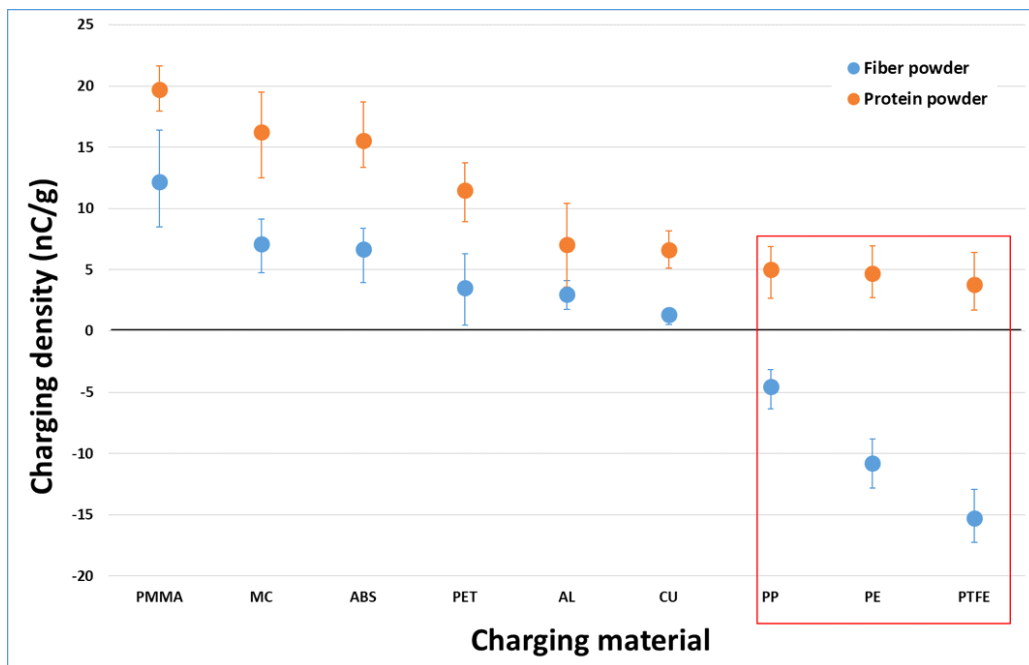


Fig. 6. Charging property of Isolated soy protein & fiber as charging materials

(나) 분리특성

(1) TPE 0 시료

Fig. 7은 대두의 단백질 농축을 위한 마찰하전 정전선별에서 하전재질이 선별효율에 미치는 영향을 관찰한 것으로, PTFE (15 mm)를 제외한 모든 재질의 내경은 20 mm 이었으며, 길이는 1 m 이었다. 관내에 공급되는 질소 가스의 양 180 l/min., 전극의 세기 ± 5 kV의 조건에서 하전재질에 따른 선별효율을 확인하였다. 실험결과, 금속 하전재질이 플라스틱 하전재질보다 상대적으로 단백질 함량이 높고 회수율은 낮은 경향을 보였다. 이는 고분자 물질인 플라스틱이 금속보다 대두 화합물의 하전에 효율적이기 때문으로 생각된다.

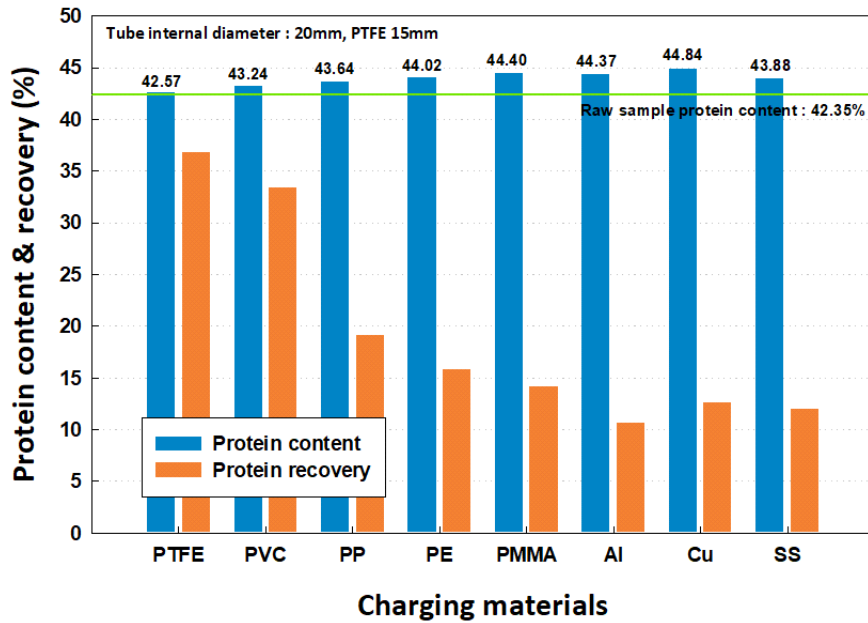
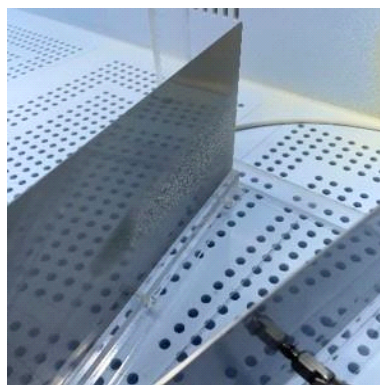
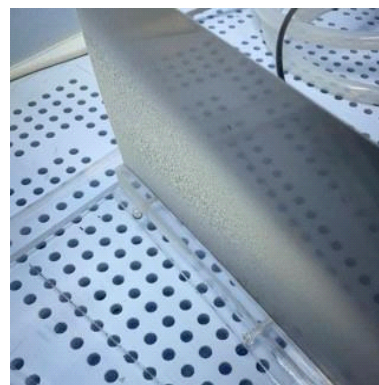


Fig. 7. Effect of charging materials on separation efficiency

Fig. 8은 구리를 하전재질로 사용했을 때 양과 음 전극에 부착된 산물을 나타낸 것으로, 양 전극에 비해 음 전극에서 회수된 산물이 많은 것을 확인할 수 있다. 이는 나머지 재질에서도 동일하게 나타나는 현상으로, 양으로 하전되는 단백질의 경우, 아미노기 (N-terminus amino group), 카르복실기 (C-terminus carboxyl group) 등 이온화 가능한 작용기들로 인해 하전이 대두에 존재하는 다른 화합물에 비해 효과적이기 때문으로 생각된다¹²⁾.



Positive electrode



Negative electrode

Fig. 8. Photo of products attached to positive & negative electrodes

마찰하전 정전선별에서, 입자의 하전을 발생시키는 하전장치에서의 체류시간이 길어질수록 하전량은 증가한다¹³⁾. Fig. 9는 하전장치에서의 체류시간 변화를 위하여 하전장치로 사용된 pipe line의 길이를 변화하며 선별효율을 관찰한 결과이다. PVC, PP 그리고 PE pipe line (내경 : 20 mm)의 길이를 25, 50, 100, 200 cm로 변화하였으며, 질소 가스의 양 180 l/min., 전극의 세기 ± 5 kV의 조건에서 하전재질에 따른 선별효율을 확인하였다. 실험결과, 모든 재질에서 단백질의 함량 및 회수율의 주목할 만한 변화와 경향을 확인할 수 없었다. 또한 회수된 산물의 산출율 (yield)이 큰 차이를 보이지 않아 단백질의 하전에 하전장치 길이의 영향은 없는 것으로

판단된다. 즉, 하전장치의 길이가 가장 짧은 25 cm에서도 단백질의 하전은 충분한 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 전극의 전압세기가 선별효율에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 전압세기를 $\pm 1, 3$ 그리고 5 kV (5 kV는 전극 사이의 거리 4 cm에서 spark가 발생하지 않는 최대 전압)로 변화하며 실험한 결과이다. 실험에 사용된 하전재질은 금속 (Cu, Al, SS)으로 길이 1 m, 내경 20 mm 이었으며, 질소 가스의 양은 180 l/min. 이었다. 실험결과, 전압세기의 변화는 모든 재질에서 단백질 함량에 큰 영향을 미치지 않았다. 그러나 회수율은 전압 세기가 클수록 증가하는 경향을 보여 전압 세기는 spark가 발생하지 않는 범위에서 클수록 효과적이라고 판단된다. 이와 같이 전압 세기가 마찰하전 정전선별에 영향을 미치는 것은, 하전된 입자들의 하전량이 nC 단위로 미미하여 이 입자들을 전극 쪽으로 끌어당기기 위해서는 높은 에너지가 필요하기 때문이다¹⁴⁾.

Fig. 11은 시료를 전기장으로 이송하는 매질 (medium)의 종류에 따른 영향을 확인하기 위하여 질소 가스와 공기를 매질로 실험한 결과이다. 다양한 플라스틱 및 금속 하전재질 (길이 1 m, 내경 20 mm)이 사용되었으며, 질소 가스 및 공기의 양은 180 l/min., 전극의 세기를 ± 5 kV 로 고정하고 실험을 수행하였다. Fig. 11에서 알 수 있듯이 질소 가스 및 공기의 선별효율은 큰 차이를 보이지 않으며, 특별한 경향을 확인할 수 없었다. 실험실 수준의 마찰하전 정전

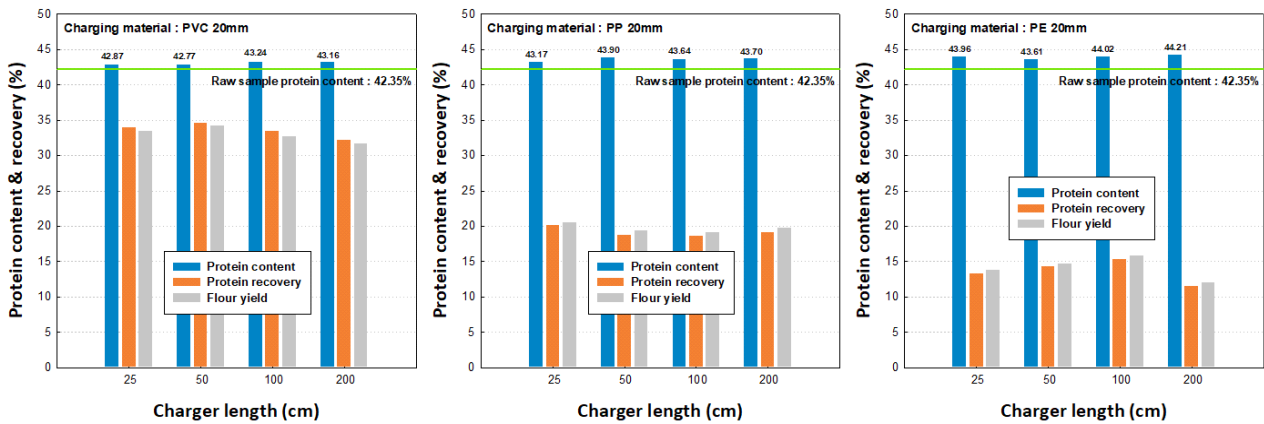


Fig. 9. Effect of charger length on separation efficiency

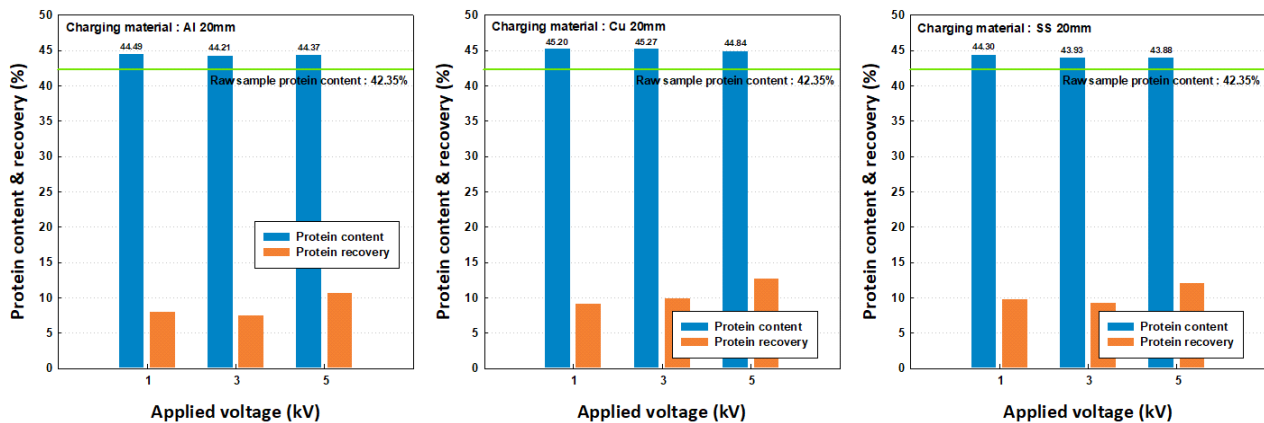


Fig. 10. Effect of applied voltage on separation efficiency

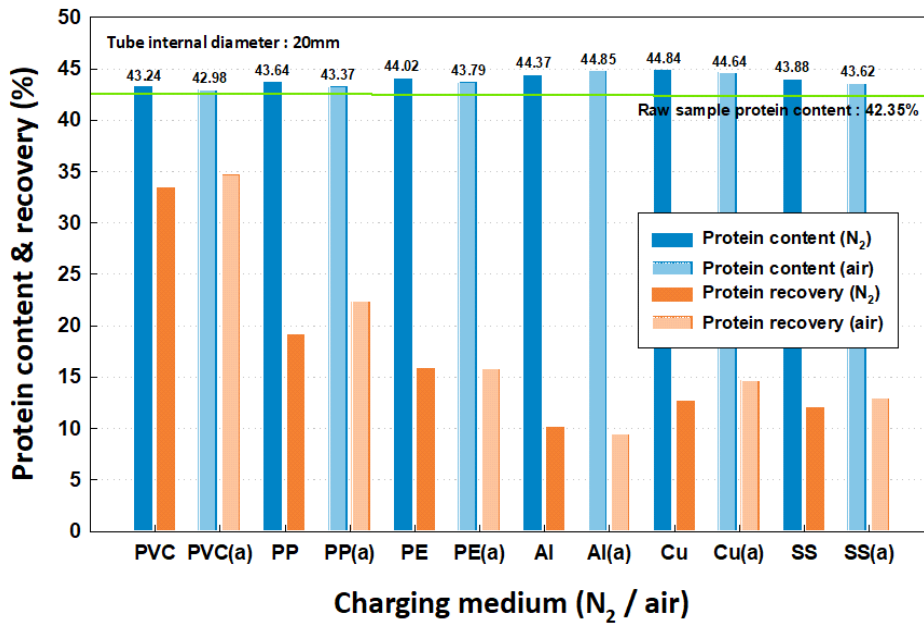


Fig. 11. Effect of charging medium (N₂ or air) on separation efficiency

선별에서 시료를 이송하는 매질로 질소 가스를 사용하는 이유는 수분 때문이다. 압축공기를 사용할 경우, 압축공기 내 수분이 존재해 마찰하전 시 입자간의 표면분극을 방해하고 하전된 입자의 전하를 방전시키기 때문이다. 이번 연구에서는 출력되는 압축공기의 수분을 제거할 수 있는 별도의 장치를 설치하였다. 따라서 압축공기 내의 수분이 제거된다면 매질은 어떤 것을 사용해도 선별효율에 영향을 미치지 않을 것으로 판단된다.

Fig. 12는 시료 내의 수분이 선별효율에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 105°C에서 한 시간 건조한 시료와 원시료를 비교한 결과로, 105°C에서 한 시간 건조한 시료는 약 4% 무게 감량이 발생했다. 다양한 플라스틱 및 금속 하전재질 (길이 1 m, 내경 20 mm)이 사용되었으며, 질소 가스 및 공기의 양은 180 l/min., 전극의 세기를 ±5 kV로 고정하고 실험을 수행하였다. 실험결과, 단백질 함량은 모든 재질에서 유사한 결과를 보였다. 회수율의 경우, 재질별로 약간의 차이를 보이지만 주목할 만한 경향을 확인할 수 없었다. 따라서 시료 내에 존재하는 약 4%의 수분은 선별효율에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

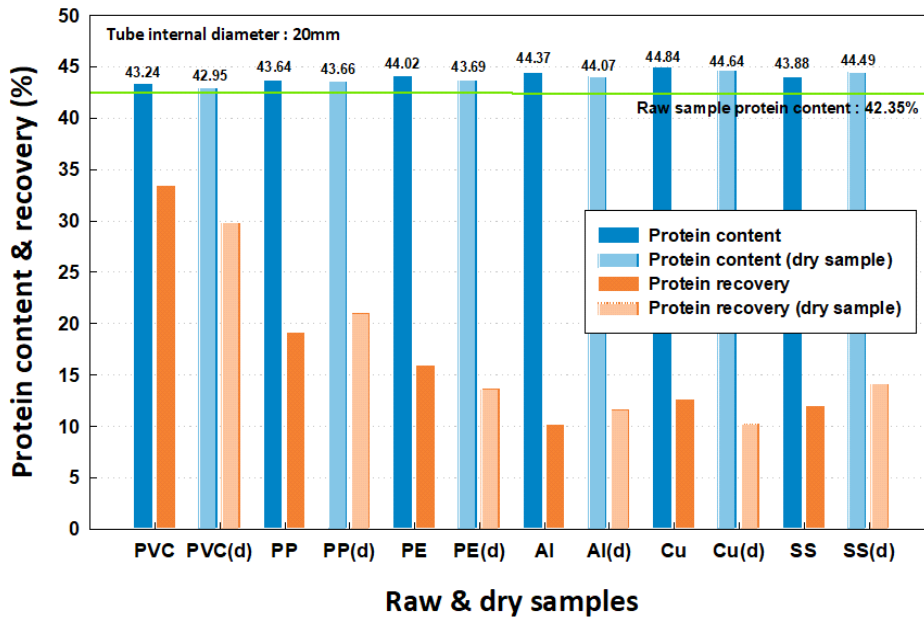


Fig. 12. Effect of dry sample on separation efficiency

Fig. 13은 마찰하전 정전선별에서 시료를 전기장으로 이송하고 하전을 일으키는 질소 가스의 양이 선별효율에 미치는 영향을 확인하기 위하여, pipe line 내에 공급되는 질소 가스의 양을 100 l/min.에서 180 l/min.까지 변화하며 실험한 결과이다. 실험에 사용된 하전재질은 금속 (Cu, Al, SS)으로 길이 1 m, 내경 20 mm 이었으며, 전극의 세기를 ± 5 kV로 고정하고 실험을 수행하였다. 실험결과, 모든 재질에서 질소 가스의 양이 많아질수록 단백질 함량은 증가하고 회수율은 감소하는 경향을 확인하였다. 이와 같이 질소 가스의 양이 선별효율에 영향을 미치는 이유는 관내에 공급되는 가스의 속도와 관련이 있다. 질소 가스의 양이 많아질수록 관내에 공급되는 가스의 속도가 빨라져 외부 에너지가 증가된다. 따라서 관내 시료의 운동에너지도 증가하게 되어 하전장치 내벽과 입자간 그리고 입자와 입자간의 충돌 횟수와 강도가 증가하기 때문이다^{15,16}. 시료의 충돌 횟수와 강도가 증가하면 전자의 이동이 활발해져 입자의 표면 하전량도 증가한다. 이렇게 하전량이 증가한 입자는 전기장에서 쉽게 전극 쪽으로 편향될 수 있다. 또한 이번 연구에 사용된 대두 분말의 경우, 일정량의 수분과 지방을 포함하고 있으며 평균입도 (d50) 30~40 μm 의 미립자로 응집 (agglomeration)이 쉽게 발생할 수 있는 조건을 갖추고 있다. 따라서 관내의 가스 속도 증가는 응집된 입자의 분산 (dispersion)에 영향을 주어 단백질 농축에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단된다¹². 반면, 가스의 속도가 빨라지면 입자의 하전량은 높일 수 있으나, 전기장 내에서 체류시간이 짧고 관내의 난류 (turbulence) 발생으로 단백질 회수에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다¹⁷.

Fig. 14는 하전장치로 사용된 pipe line의 내경이 선별효율에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 내경을 10 mm에서 20 mm까지 변화하며 실험한 결과이다. 다양한 플라스틱 및 금속 하전재질 (길이 1 m, 내경 20 mm)이 사용되었으며, 질소 가스의 양은 180 l/min., 전극의 세기를 ± 5 kV로 고정하고 실험을 수행하였다. 실험결과, 모든 재질에서 내경이 작아질수록 단백질 함량은 증가하고 회수율은 감소하는 것을 알 수 있다. 이와 같이 pipe line의 내경이 선별효율에 영향을 미치는 이유는 관내에 공급되는 질소 가스의 양과 같이 가스의 속도와 관련이 있다. 같은 가스의 양이라면, 내경이 작아질수록 가스 속도가 빨라지기 때문이다. 따라서 하전장치로 사용된 pipe line의 내경도 관내에 공급되는 질소 가스의 양과 같은 이유로 선별효율에 영향을 준다. 단백질 농축 측면에서는 플라스틱보다 금속이 효과적이었으며, 내경 12 mm의 Cu 재질에서 단백질

함량이 46.36%로 원시료에 비해 약 4% 증가한 결과를 얻었다.

전지방 대두 분말을 대상으로 한 마찰하전 정전선별에서 하전량, 분산 및 전기장에서 체류시간에 영향을 주는 가스 속도는 중요한 변수임을 확인하였다. Fig. 15와 Fig. 16은 일련의 조건 변화 실험에서 얻은 데이터를 가스 속도 측면에서 확인한 것으로, 각각 Al과 Cu 재질의 결과이다. 앞서 설명하였듯이, 관내 가스 속도 증가는 입자의 하전 및 분산에 영향을 주어 속도가 빨라질수록 단백질 함량은 증가하는 것을 알 수 있다. 반면, 전기장 내에서 체류시간이 짧아지고 난류의 발생으로 회수율은 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 단백질 함량 및 회수율을 고려한 적절한 가스 속도의 선택은 중요한 실험변수임을 확인하였다.

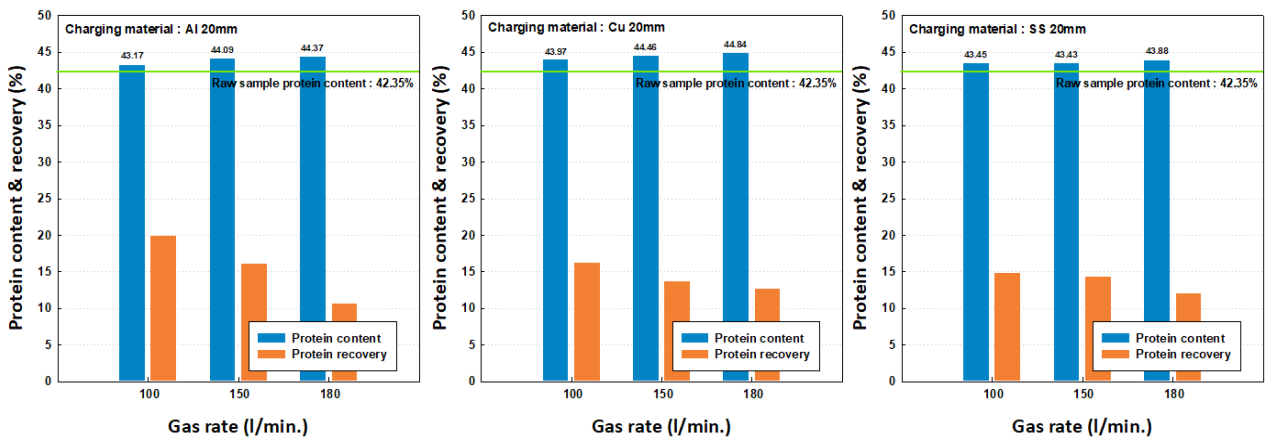


Fig. 13. Effect of gas late on separation efficiency

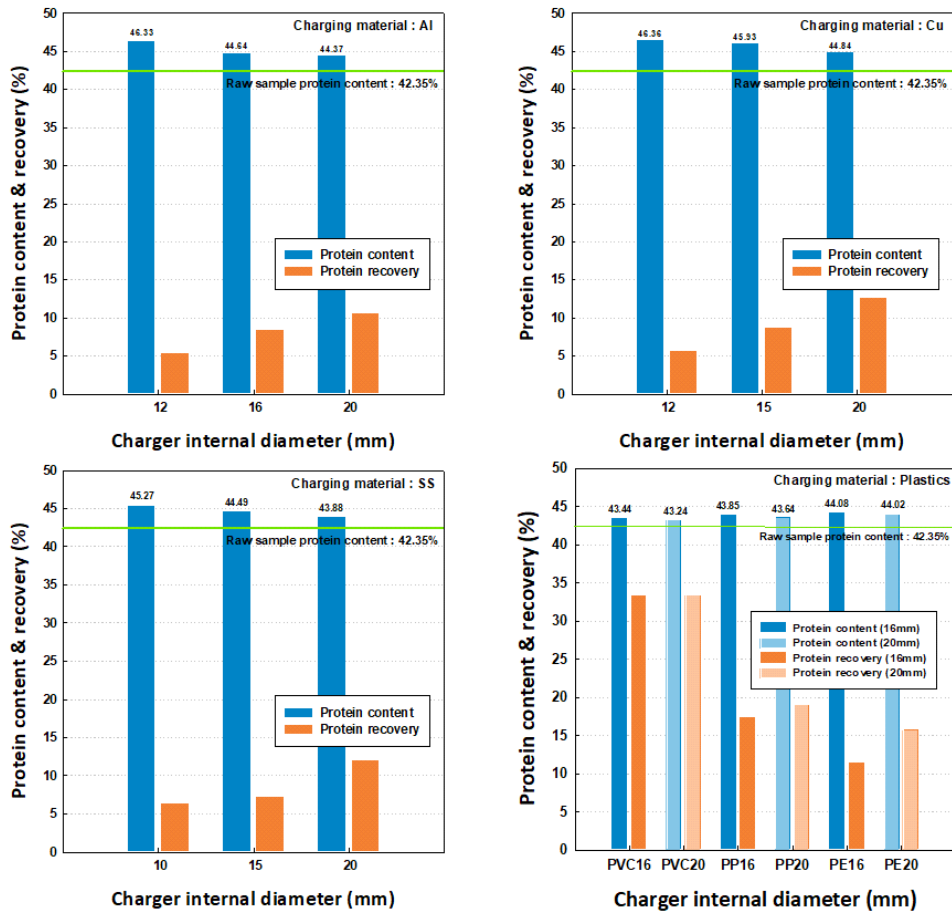


Fig. 14. Effect of charger internal diameter on separation efficiency

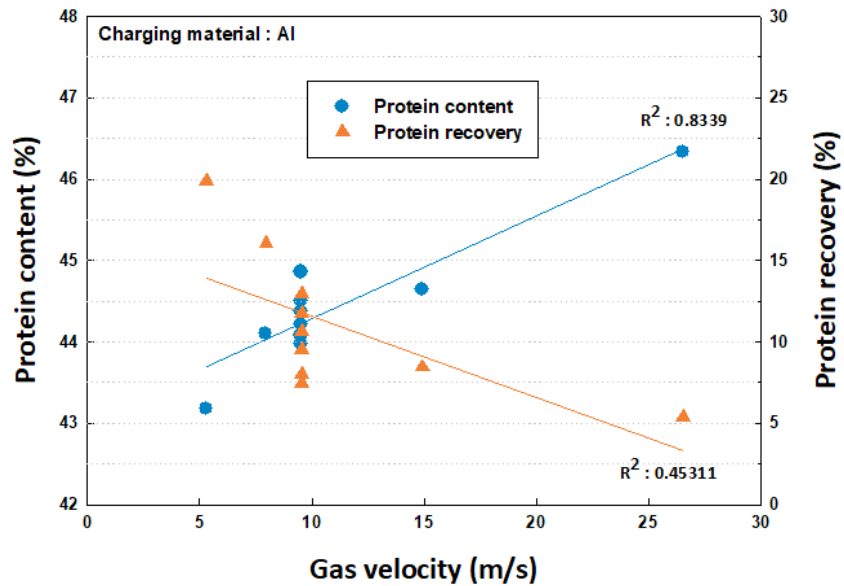


Fig. 15. Relation between gas velocity and protein content/recovery in tribo-electrostatic separation (charging material : Al)

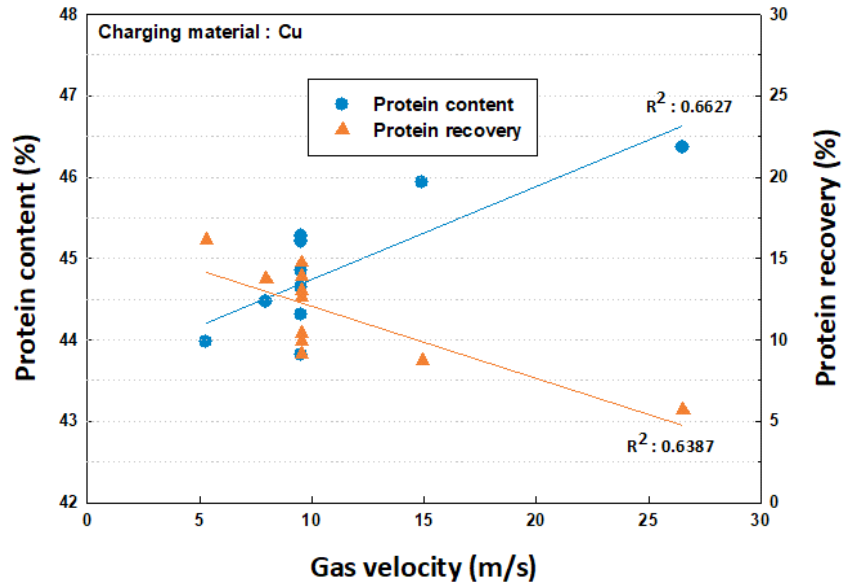


Fig. 16. Relation between gas velocity and protein content/recovery in tribo-electrostatic separation (charging material : Cu)

(2) TPE 1과 TPE 2 시료

TPE 1과 TPE 2 시료는 입도에 따른 선별효율을 비교하기 위하여 입도 조절된 시료로, TPE 1 시료는 평균입도 (d50)와 단백질 함량이 각각 30 μm 와 42.44%이며, TPE 2 시료는 각각 40 μm 와 41.96% 이다.

Fig. 17은 TPE 1 시료의 실험결과를 나타낸 것으로, 다양한 재질 및 내경의 pipe line (길이 1m)이 사용되었으며, 질소 가스의 양은 180 l/min., 전극의 세기를 ± 5 kV로 고정하고 실험을 수행하였다. 실험결과, 같은 실험조건에서 TPE 0 시료와 유사한 결과와 경향을 보였다. 즉, 금속 하전재질이 플라스틱 하전재질보다 상대적으로 단백질 함량이 높고 회수율은 낮은 경향을 보였으며, pipe line의 내경이 작아질수록 단백질 함량은 증가하고 회수율은 감소하였다. 또한 같은 재질과 내경의 pipe line에서 단백질 함량과 회수율이 TPE 0 시료와 유사한 것을 확인하였다. TPE 1 시료의 경우, 단백질 함량이 46.20%로 내경 12 mm의 Al 재질에서 최대로 농축되었다.

Fig. 18은 TPE 1 시료 보다 평균입도가 10 μm 큰 TPE 2 시료의 실험결과를 나타낸 것으로, TPE 1 시료와 실험조건은 동일하다. 실험결과, TPE 1 시료와 유사한 결과와 경향을 보여 주목할 만한 변화를 확인할 수 없었다. TPE 2 시료 또한 Al 12 mm에서 단백질이 최대로 농축되었으며, 이때 단백질 함량은 46.20% 이었다.

(3) TPE 3과 TPE 4 시료

TPE 3과 TPE 4 지방 제거가 선별에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 일부 지방을 제거한 시료로, TPE 3 시료는 평균입도 (d50)와 단백질 함량이 각각 30 μm 와 45.94%이며, TPE 4 시료는 각각 40 μm 와 45.86% 이다.

Fig. 19는 TPE 3 시료의 실험결과를 나타낸 것으로, TPE 1, 2 시료와 실험조건은 동일하다. 실험결과, TPE 0, 1, 2 시료와 유사한 경향을 보였으나, 선별효율이 상대적으로 높은 것을 확인하였다. 즉, TPE 0, 1, 2 시료의 단백질 함량 증가율이 1~4%인 반면, TPE 3 시료의 단백질 증가율은 4~6% 수준이다. 회수율 또한 TPE 1, 2 시료에 비해 전체적으로 향상되었으며, Cu

(내경 : 20 mm) 재질은 약 15% 까지 증가하였다. 이는 시료에 존재하는 지방이 입자의 하전 및 응집에 영향을 주기 때문으로 생각되며, 지방의 제거는 단백질의 농축 및 회수에 긍정적이라는 것을 확인하였다. TPE 3 시료의 경우, 단백질 함량이 51.27%로 내경 16 mm의 Al 재질에서 최대로 농축되었다.

Fig. 20은 TPE 3 시료 보다 평균입도가 10 μm 큰 TPE 4 시료의 실험결과를 나타낸 것으로, TPE 3 시료와 실험조건은 동일하다. 실험결과, TPE 3 시료와 유사한 경향 및 선별효율을 얻어 특별한 변화를 확인할 수 없어 입도에 따른 영향은 없는 것으로 판단된다. TPE 4 시료는 단백질 함량이 51.39%로 내경 12 mm의 Al 재질에서 최대로 농축되었다.

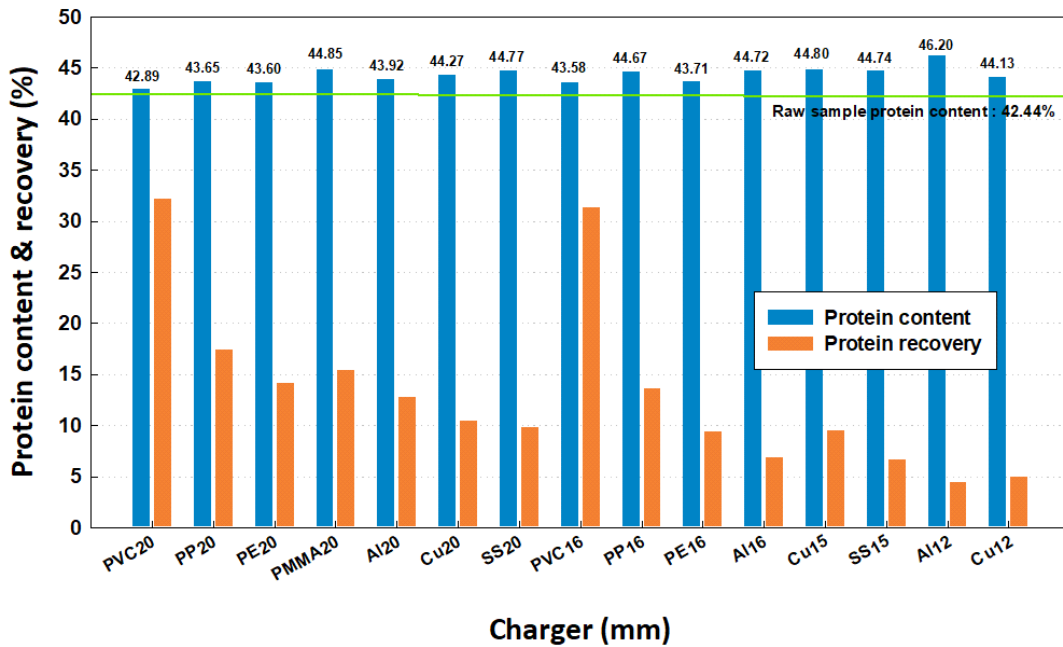


Fig. 17. Test result of tribo-electrostatic separation for TPE 1 sample

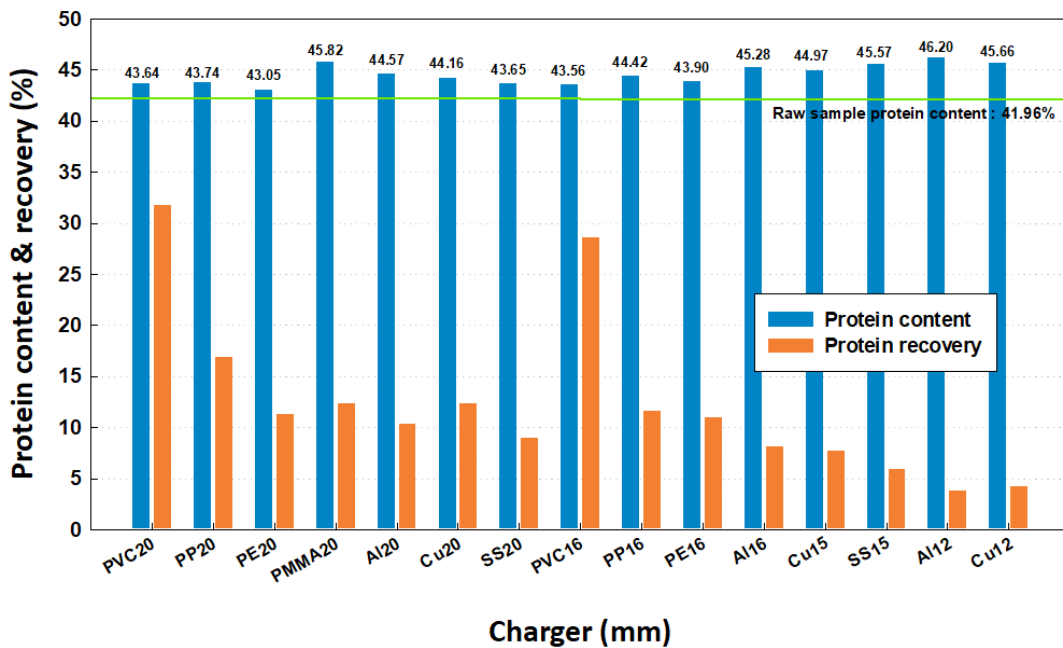


Fig. 18. Test result of tribo-electrostatic separation for TPE 2 sample

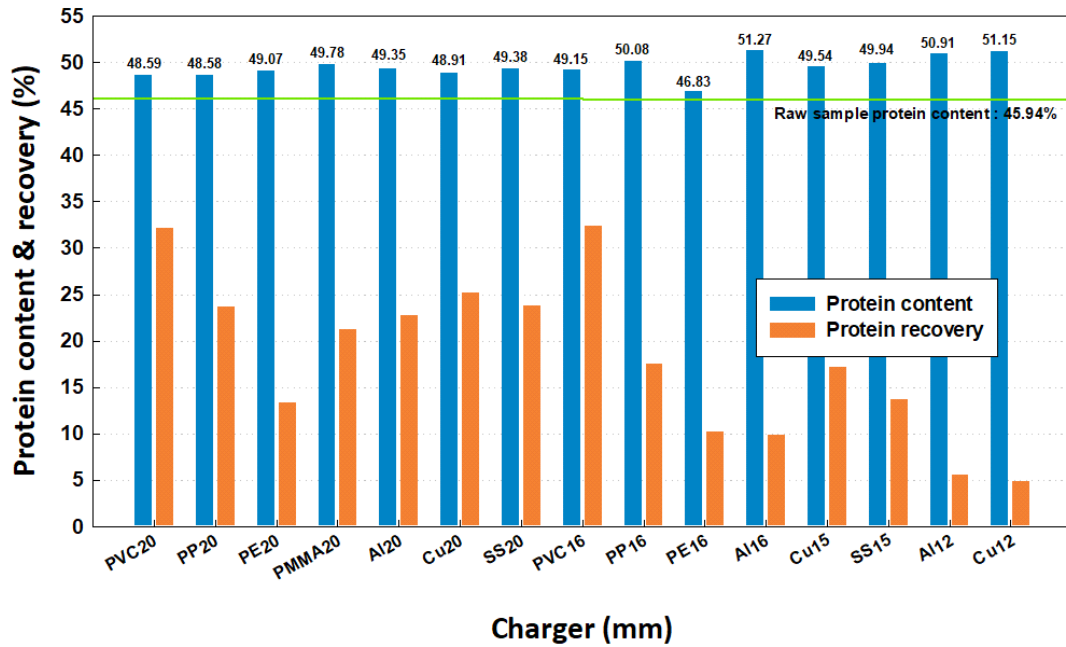


Fig. 19. Test result of tribo-electrostatic separation for TPE 3 sample

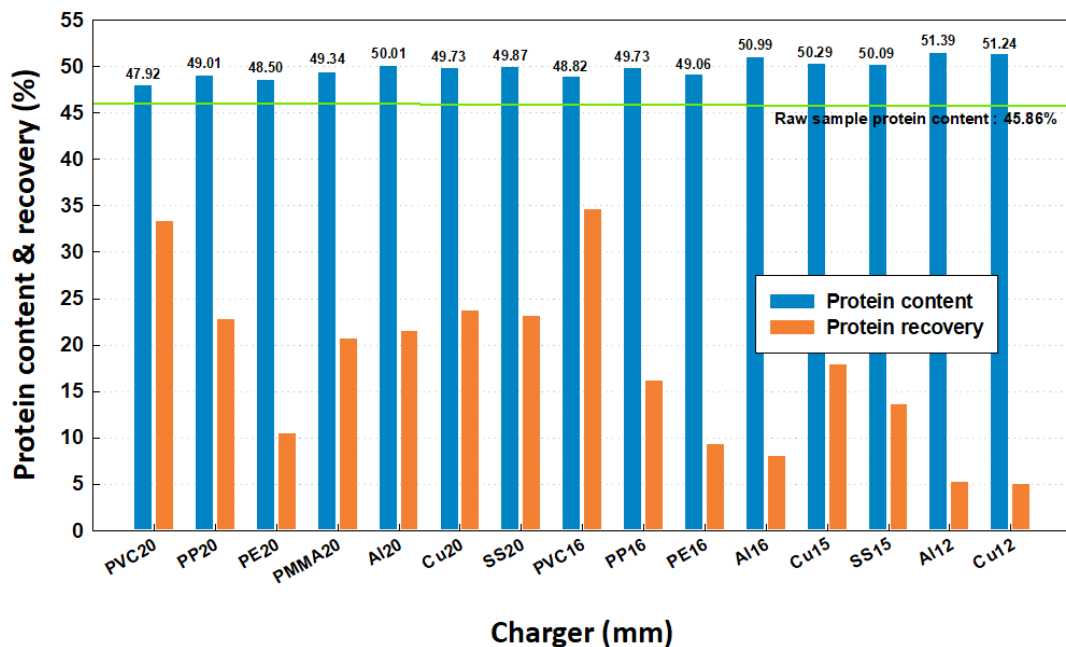


Fig. 20. Test result of tribo-electrostatic separation for TPE 4 sample

(4) Tribo-electrostatic separator of vertical type

대두 분말은 일정량의 수분과 지방을 포함하고 있으며 평균입도 30~40 μm 의 미립자로 응집이 쉽게 발생할 수 있는 조건을 갖추고 있어 마찰하전 정전선별기에 투입되는 입자의 분산은 중요한 선별조건으로 판단된다. 이번 연구에서는 입자의 분산에 영향을 주는 질소 가스와 같은 외부 에너지 없이 실험을 수행하여 응집에 의한 영향을 간접적으로 확인하였다.

Fig. 21은 이번 연구에 사용된 vertical type의 마찰하전 정전선별기를 나타낸 것이다. 본체 중앙에 전극이 설치되어 있으며, 전극은 구배력이 큰 스크린 형태의 Cu 재질이 사용되었다. 본체 하단에 양과 음전극으로 편향된 산물을 회수하는 회수대가 있으며, 선별장치 하단에는 최대

전압이 25 kV인 양과 음의 power supply가 설치되어 있다.

실험방법은 TPE 0, 1, 2, 3, 4를 각각 다양한 하전통 (PMMA, Nylon, ABS, PET, stainless steel, aluminum, copper, PP, PE, PVC, PTFE)에 투입하고 회전 유형의 하전장치로 하전 시켰다. 이때 시료는 5 gr.을 사용하였으며, 회전 속도와 체류 시간은 각각 150 rpm과 10 min.이었다. 이렇게 하전된 시료는 vertical type의 마찰하전 정전선별기 내에 자유낙하 시켜 분리하였으며, 2회 실험을 수행하여 분리 산물을 확보하였다. Fig. 22는 양과 음 전극에 부착된 산물을 나타낸 것으로, 앞선 실험과 같이 대부분의 입자들이 음전극으로 이동된 것을 확인할 수 있다.

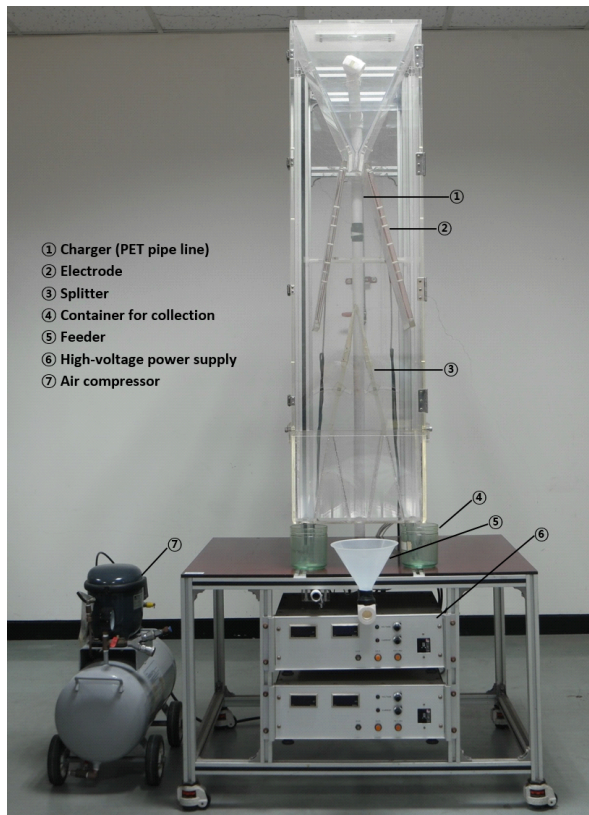
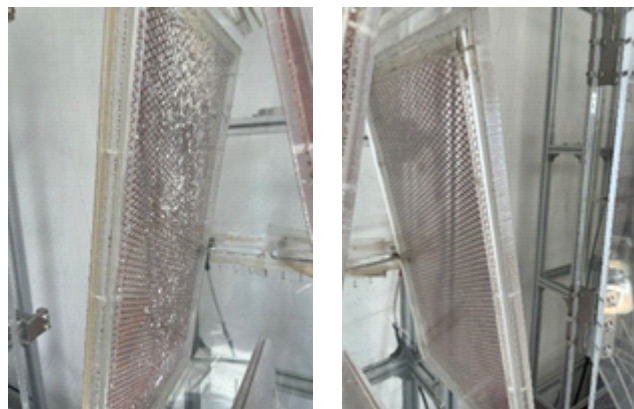


Fig. 21. Tribo-electrostatic separator of vertical type



Positive electrode

Negative electrode

Fig. 22. Photo of products attached to positive & negative electrodes

Fig. 23은 TPE 0, 1, 2, 3, 4 시료의 실험결과를 나타낸 것으로, 전극의 세기는 ± 20 kV 이었다. 실험결과, 모든 재질 및 시료의 실험에서 분리 산물의 단백질 함량이 원시료의 단백질 함량과 유사한 결과를 얻었다. Fig. 22와 같이 모든 재질 및 시료의 실험에서 대부분의 입자들이 음전극으로 편향되었으나 선별은 되지 않았으며, 이는 입자의 응집 때문으로 판단된다. 따라서 입자의 응집에 영향을 줄 수 있는 지방과 수분의 제거 및 분쇄 입도 제어 등의 전처리가 마찰 하전 정전선별을 통한 대두의 단백질 농축에 중요할 것으로 판단된다.

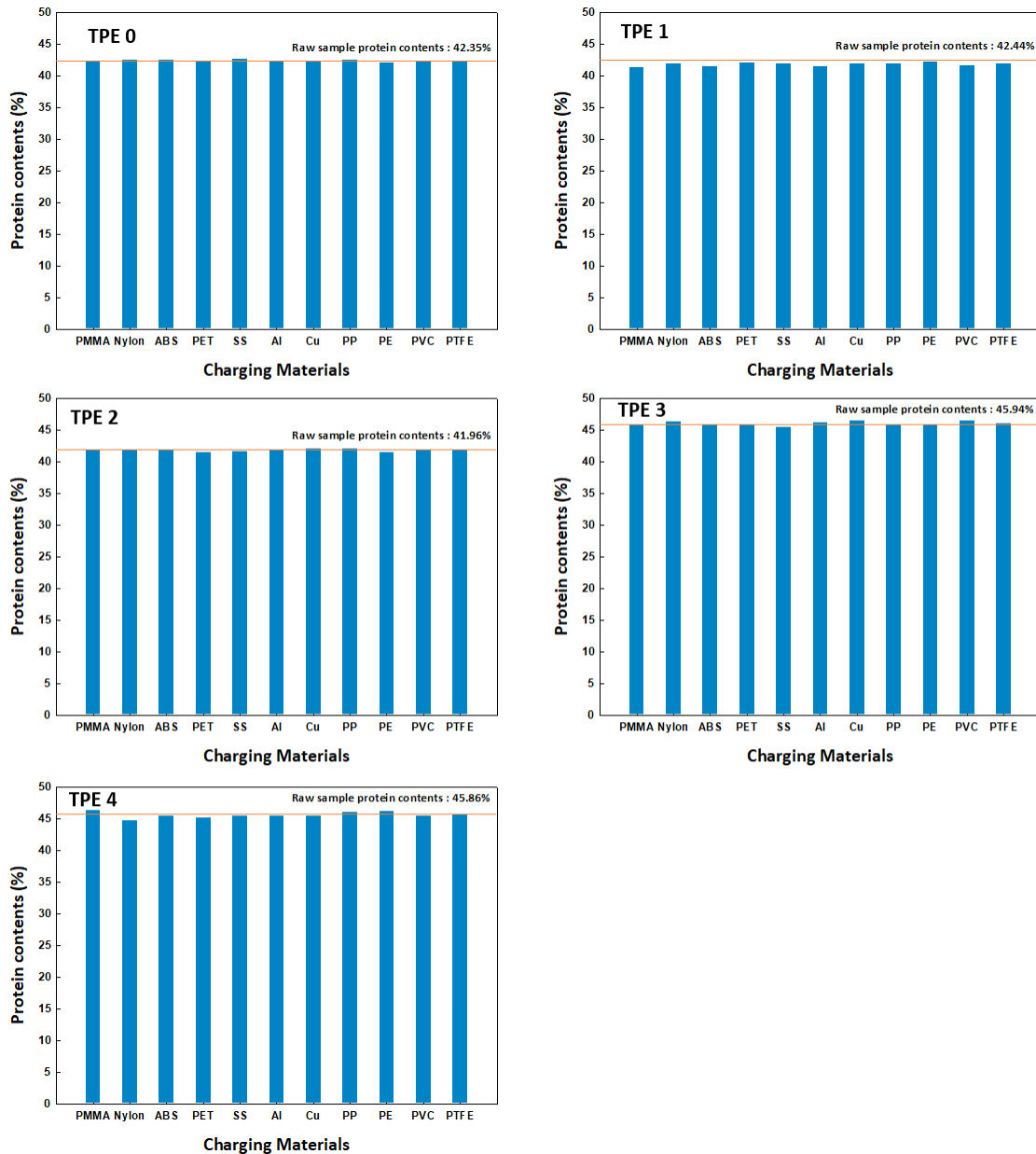


Fig. 23. Test result of vertical type tribo-electrostatic separation for TPE0, 1, 2, 3, 4 sample

2.1.5. 결론

이번 연구에서는 (주)더플랜잇에서 제공한 대두 시료를 대상으로 마찰하전 정전선별을 적용하여 단백질 농축 가능성을 확인하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대두 화합물의 대부분을 차지하는 단백질과 식이섬유의 하전특성을 확인하기 위하여 분리 대두단백 (단백질 92.0%)과 식이섬유 (식이섬유 82.8%)를 대상으로 하전특성 실험을 수행하였다. 실험결과, 분리대두단백과 식이섬유를 분극할 수 있는 재질은 PP, PE, PTFE 재질임을 확인하였다. 그러나 대두에는 단백질과 식이섬유 외에 탄수화물, 지질, 무기물 등 다른 화합물들도 존재하기 때문에 대두의 단백질 농축을 위한 효과적인 하전재질 선정에는 한계가 있을 것으로 생각된다.
2. 이번 연구에서는 마찰하전 정전선별을 통한 대두 분말의 분리특성 연구를 위해 horizontal type의 마찰하전 정전선별기를 제작하였으며, 다양한 조건변화 실험을 통해 최적 선별조건 및 분리효율을 확인하였다.
 - 모든 실험에서 금속 하전재질이 플라스틱 하전재질보다 상대적으로 단백질 함량이 높고 회수율은 낮은 경향을 보였다. 이는 고분자 물질인 플라스틱이 금속보다 대두 화합물의 하전에 효율적이기 때문으로 생각된다.
 - 하전장치 (pipe line)의 길이, 전극의 전압세기, 매질 (N₂ or air)의 종류 및 시료의 건조 (105°C, 1 hr.) 조건들은 실험의 범위 내에서 주목할 만한 변화와 경향을 보이지 않아 선별효율에 영향을 미치는 인자들은 아니었다.
 - 질소 가스의 양의 경우, 질소 가스의 양이 많아질수록 단백질 함량은 증가하고 회수율은 감소하는 경향을 보였다. 하전장치의 내경은 작아질수록 단백질 함량은 증가하고 회수율은 감소하였다. 이 두 가지 조건은 관내의 가스 속도와 관련이 있으며, 빨라질수록 단백질 함량은 증가하고 회수율은 감소하는 경향을 확인하였다. 대두 분말은 일정량의 수분과 지방을 포함하고 있으며 평균입도 (d50) 30~40 μm의 미립자로 응집이 쉽게 발생할 수 있는 조건을 갖추고 있다. 따라서 관내의 가스 속도 증가는 응집된 입자의 분산에 영향을 주어 단백질 농축에 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 반면, 가스의 속도가 빨라지면 입자의 하전량은 높일 수 있으나, 전기장 내에서 체류시간이 짧고 관내의 난류 발생으로 단백질 회수에 부정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.
 - 이번 연구에 사용된 TPE 0, 1, 2, 3, 4 시료의 실험결과는 아래 표에 나타내었으며, 단백질 농축 측면에서 금속 재질이 효과적이었다.

Sample	Raw sample	Separated sample		Remarks
	Protein content (w.%, dry base)	Protein content (w.%, dry base)	Protein recovery (w.%, dry base)	
TPE 0	42.35	46.36	5.66	Copper 12 mm
TPE 1	42.44	46.20	4.42	Aluminum 12 mm
TPE 2	41.96	46.20	3.74	Aluminum 12 mm
TPE 3	45.94	51.27	9.82	Aluminum 16 mm
TPE 4	45.86	51.39	5.19	Aluminum 12 mm

3. 대두 분말은 일정량의 수분과 지방을 포함하는 미립자로 응집이 쉽게 발생할 수 있는 조건을 갖추고 있다. 따라서 입자의 응집에 영향을 줄 수 있는 지방과 수분의 제거 및 분쇄 입도 제어 등의 전처리는 마찰하전 정전선별을 통한 대두의 단백질 농축에 중요한 조건일 것으로 판단된다.

별첨

1. Test result of TPE 0 sample

- Horizontal type tribo-electrostatic separation

No.	Charger		Air flow			Separation plates			Dry 105 °C 1 hr.	Feed (g)	Flour yield			Negative plate (dry base)	
	Tube Material	Length (cm)	l/min.	m/s (in tube)	N ₂ /Air	Negative (kV)	Positive (kV)	Distance (cm)			Negative (w.%)	Positive (w.%)	Non trapped (w.%)	Protein content (w.%)	Protein recovery (w.%)
1	PTFE Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	4		10	36.60	2.60	60.80	42.57	36.79
2	PVC Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	32.70	1.71	65.59	43.24	33.39
3	PP Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	18.54	1.34	80.12	43.64	19.10
4	PE Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	15.23	1.33	83.44	44.02	15.83
5	PMMA Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	13.48	0.47	86.05	44.40	14.13
6	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	10.11	0.57	89.32	44.37	10.59
7	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	11.92	1.51	86.57	44.84	12.62
8	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	11.56	0.67	87.77	43.88	11.98
9	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	6		10	12.42	1.17	86.41	43.97	12.90
10	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	6		10	12.44	0.56	87.00	44.30	13.01
11	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	6		10	14.73	1.02	84.25	43.69	15.20
12	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	8		10	11.14	0.93	87.93	44.49	11.70
13	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	8		10	13.38	0.91	85.71	43.81	13.84
14	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	8		10	13.89	1.03	85.08	43.32	14.21
15	PVC Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4		10	32.40	1.30	66.30	43.44	33.23
16	PP Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4		10	16.77	1.10	82.13	43.85	17.36
17	PE Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4		10	10.90	0.50	88.60	44.08	11.35
18	Aluminum Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4		10	7.99	0.87	91.14	44.64	8.42
19	Copper Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	4		10	8.04	0.39	91.57	45.93	8.72
20	Stainless steel Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	4		10	6.81	0.39	92.80	44.49	7.15

21	Aluminum Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	4		10	4.89	0.48	94.63	46.33	5.35
22	Copper Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	4		10	5.17	0.83	94.00	46.36	5.66
23	Stainless steel Ø 10 mm	100	180	38.22	N ₂	5	5	4		10	5.92	1.00	93.08	45.27	6.33
24	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	1	1	4		10	7.57	1.09	91.34	44.49	7.95
25	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	1	1	4		10	8.54	1.28	90.18	45.20	9.11
26	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	1	1	4		10	9.28	0.62	90.10	44.30	9.71
27	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	3	3	4		10	7.11	1.41	91.48	44.21	7.42
28	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	3	3	4		10	9.24	1.80	88.96	45.27	9.88
29	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	3	3	4		10	8.92	1.37	89.71	43.93	9.25
30	Aluminum Ø 20 mm	100	100	5.31	N ₂	5	5	4		10	19.48	0.30	80.22	43.17	19.86
31	Copper Ø 20 mm	100	100	5.31	N ₂	5	5	4		10	15.53	0.91	83.56	43.97	16.12
32	Stainless steel Ø 20 mm	100	100	5.31	N ₂	5	5	4		10	14.42	0.57	85.01	43.45	14.79
33	Aluminum Ø 20 mm	100	150	7.96	N ₂	5	5	4		10	15.39	0.52	84.09	44.09	16.02
34	Copper Ø 20 mm	100	150	7.96	N ₂	5	5	4		10	13.04	0.75	86.21	44.46	13.69
35	Stainless steel Ø 20 mm	100	150	7.96	N ₂	5	5	4		10	13.90	1.22	84.88	43.43	14.25
36	PVC Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	O	10	29.41	1.10	69.49	42.98	29.85
37	PP Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	O	10	20.46	1.32	78.22	43.66	21.09
38	PE Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	O	10	13.28	1.50	85.22	43.79	13.73
39	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	O	10	11.23	0.83	87.94	44.07	11.69
40	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	O	10	9.85	0.76	89.39	44.64	10.38
41	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	O	10	13.46	0.92	85.62	44.49	14.14
42	PVC Ø 20 mm	100	180	9.55	Air	5	5	4		10	34.25	1.80	63.95	42.98	34.76
43	PP Ø 20 mm	100	180	9.55	Air	5	5	4		10	21.90	1.41	76.69	43.37	22.43
44	PE Ø 20 mm	100	180	9.55	Air	5	5	4		10	15.30	1.36	83.34	43.79	15.82
45	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	Air	5	5	4		10	8.94	1.14	89.92	44.85	9.47
46	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	Air	5	5	4		10	13.96	0.91	85.13	44.64	14.71
47	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	Air	5	5	4		10	12.58	0.64	86.78	43.62	12.96
48	PVC Ø 20 mm	25	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	33.50	1.02	65.48	42.87	33.91
49	PP Ø 20 mm	25	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	20.09	1.40	78.51	43.17	20.48

50	PE Ø 20 mm	25	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	13.30	1.13	85.57	43.96	13.81
51	PVC Ø 20 mm	50	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	34.20	1.60	64.20	42.77	34.54
52	PP Ø 20 mm	50	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	18.66	1.34	80.00	43.90	19.34
53	PE Ø 20 mm	50	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	14.28	0.91	84.81	43.61	14.70
54	PVC Ø 20 mm	200	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	31.60	0.81	67.59	43.16	32.20
55	PP Ø 20 mm	200	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	19.08	1.55	79.37	43.70	19.69
56	PE Ø 20 mm	200	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	11.50	0.75	87.75	44.21	12.01

- Vertical type tribo-electrostatic separation

No.	Charger	Charging equipment (ball mill)		Applied voltage		Splitter position (cm)	Feed (g)	Flour yield			Protein content (w.%)	
	Container material	Rotation time (min.)	Rotation speed (rpm)	Positive (kV)	Negative (kV)			Positive (w.%)	Negative (w.%)	Middling (w.%)	Positive product	Negative product
1	PMMA	5	150	20	20	± 6	10	4.23	5.50	90.27	42.10	42.12
2	Nylon	5	150	20	20	± 6	10	1.25	11.68	87.07		42.45
3	ABS	5	150	20	20	± 6	10	3.06	31.39	65.55	42.17	42.48
4	PET	5	150	20	20	± 6	10	1.60	26.82	71.58		42.20
5	Stainless steel	5	150	20	20	± 6	10	2.92	9.15	87.93	42.49	42.57
6	Aluminum	5	150	20	20	± 6	10	2.02	6.05	91.93	41.73	42.13
7	Copper	5	150	20	20	± 6	10	2.06	4.29	93.65	42.08	42.39
8	PP	5	150	20	20	± 6	10	0.89	18.81	80.30		42.50
9	PE	5	150	20	20	± 6	10	2.76	21.48	75.76	41.82	42.01
10	PVC	5	150	20	20	± 6	10	1.38	32.52	66.10	41.74	42.20
11	PTFE	5	150	20	20	± 6	10	3.14	37.21	59.65	41.85	42.33

2. Test result of TPE 1 sample

– Horizontal type tribo–electrostatic separation

No.	Charger		Air flow			Separation plates			Dry 105 °C 1 hr.	Feed (g)	Flour yield			Negative plate (dry base)	
	Tube Material	Length (cm)	l/min.	m/s (in tube)	N ₂ /Air	Negative (kV)	Positive (kV)	Distance (cm)			Negative (w.%)	Positive (w.%)	Non trapped (w.%)	Protein content (w.%)	Protein recovery (w.%)
1	PVC Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	31.85	1.26	66.89	42.89	32.19
2	PP Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	16.94	0.60	82.46	43.65	17.42
3	PE Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	13.78	1.13	85.09	43.60	14.16
4	PMMA Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	14.62	0.35	85.03	44.85	15.45
5	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	12.32	0.39	87.29	43.92	12.75
6	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	10.04	0.20	89.76	44.27	10.47
7	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4		10	9.32	0.34	90.34	44.77	9.83
8	PVC Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4		10	30.52	0.36	69.12	43.58	31.34
9	PP Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6		10	12.92	0.39	86.69	44.67	13.60
10	PE Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6		10	9.12	0.54	90.34	43.71	9.39
11	Aluminum Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6		10	6.48	0.50	93.02	44.72	6.83
12	Copper Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8		10	8.98	0.41	90.61	44.80	9.48
13	Stainless steel Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8		10	6.27	0.91	92.82	44.74	6.61
14	Aluminum Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	8		10	4.06	0.87	95.07	46.20	4.42
15	Copper Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	4		10	4.74	0.37	94.89	44.13	4.93

– Vertical type tribo–electrostatic separation

No.	Charger	Charging equipment (ball mill)		Applied voltage		Splitter position (cm)	Feed (g)	Flour yield			Protein content (w.%)	
	Container material	Rotation time (min.)	Rotation speed (rpm)	Positive (kV)	Negative (kV)			Positive (w.%)	Negative (w.%)	Middling (w.%)	Positive product	Negative product
1	PMMA	5	150	20	20	± 6	10	5.39	6.64	87.97	41.78	41.34
2	Nylon	5	150	20	20	± 6	10	1.29	8.70	90.01	41.73	41.86
3	ABS	5	150	20	20	± 6	10	2.80	16.16	81.04	41.91	41.52
4	PET	5	150	20	20	± 6	10	2.79	11.91	85.30	41.81	41.98
5	Stainless steel	5	150	20	20	± 6	10	2.22	7.13	90.65	41.78	41.89
6	Aluminum	5	150	20	20	± 6	10	2.07	5.28	92.65	41.84	41.51
7	Copper	5	150	20	20	± 6	10	2.17	5.62	92.21	41.80	41.83
8	PP	5	150	20	20	± 6	10	1.94	6.76	91.30	42.34	41.96
9	PE	5	150	20	20	± 6	10	1.68	15.52	82.80	41.89	42.20

10	PVC	5	150	20	20	± 6	10	1.75	17.79	80.46	41.67	41.60
11	PTFE	5	150	20	20	± 6	10	1.97	36.92	61.11	41.40	41.91

3. Test result of TPE 2 sample

– Horizontal type tribo–electrostatic separation

No.	Charger		Air flow			Separation plates			Dry 105 °C 1 hr.	Feed (g)	Flour yield			Negative plate (dry base)	
	Tube Material	Length (cm)	l/min.	m/s (in tube)	N ₂ /Air	Negative (kV)	Positive (kV)	Distance (cm)			Negative (w.%)	Positive (w.%)	Non trapped (w.%)	Protein content (w.%)	Protein recovery (w.%)
1	PVC Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	30.50	0.45	69.05	43.64	31.72	
2	PP Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	16.21	0.58	83.21	43.74	16.90	
3	PE Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	10.95	1.03	88.02	43.05	11.23	
4	PMMA Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	11.34	0.50	88.16	45.82	12.38	
5	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	9.75	1.08	89.17	44.57	10.36	
6	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	11.70	1.30	87.00	44.16	12.31	
7	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	8.63	1.39	89.98	43.65	8.98	
8	PVC Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4	10	27.54	0.62	71.84	43.56	28.59	
9	PP Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	10.98	0.48	88.54	44.42	11.62	
10	PE Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	10.48	1.00	88.52	43.90	10.96	
11	Aluminum Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	7.50	0.68	91.82	45.28	8.09	
12	Copper Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8	10	7.21	0.41	92.38	44.97	7.73	
13	Stainless steel Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8	10	5.42	0.78	93.80	45.57	5.89	
14	Aluminum Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	8	10	3.40	0.26	96.34	46.20	3.74	
15	Copper Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	4	10	3.86	0.41	95.73	45.66	4.20	

– Vertical type tribo–electrostatic separation

No.	Charger	Charging equipment (ball mill)		Applied voltage		Splitter position (cm)	Feed (g)	Flour yield			Protein content (w.%)	
	Container material	Rotation time (min.)	Rotation speed (rpm)	Positive (kV)	Negative (kV)			Positive (w.%)	Negative (w.%)	Middling (w.%)	Positive product	Negative product
1	PMMA	5	150	20	20	± 6	10	6.56	9.03	84.41		41.86
2	Nylon	5	150	20	20	± 6	10	0.60	11.81	87.59		41.69
3	ABS	5	150	20	20	± 6	10	2.66	34.42	62.92		41.84
4	PET	5	150	20	20	± 6	10	0.75	22.93	76.32		41.41
5	Stainless steel	5	150	20	20	± 6	10	0.98	1.76	97.26		41.60
6	Aluminum	5	150	20	20	± 6	10	1.12	6.56	92.32		41.81
7	Copper	5	150	20	20	± 6	10	0.2	5.52	94.28		42.01

8	PP	5	150	20	20	± 6	10	0.67	25.36	73.97	42.00
9	PE	5	150	20	20	± 6	10	0.55	11.05	88.40	41.49
10	PVC	5	150	20	20	± 6	10	2.63	25.36	72.01	41.72
11	PTFE	5	150	20	20	± 6	10	2.73	45.67	51.60	41.88

4. Test result of TPE 3 sample

– Horizontal type tribo–electrostatic separation

No.	Charger		Air flow			Separation plates			Dry 105 °C 1 hr.	Feed (g)	Flour yield			Negative plate (dry base)	
	Tube Material	Length (cm)	l/min.	m/s (in tube)	N ₂ /Air	Negative e (kV)	Positive e (kV)	Distance e (cm)			Negative e (w.%)	Positive e (w.%)	Non trapped (w.%)	Protein content (w.%)	Protein recovery (w.%)
1	PVC Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	30.40	0.97	68.63	48.59	32.15	
2	PP Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	22.38	0.84	76.78	48.58	23.67	
3	PE Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	12.53	0.93	86.54	49.07	13.38	
4	PMMA Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	19.57	0.83	79.60	49.78	21.21	
5	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	21.22	0.90	77.88	49.35	22.80	
6	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	23.68	0.42	75.90	48.91	25.21	
7	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	22.13	0.62	77.25	49.38	23.79	
8	PVC Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4	10	30.22	0.93	68.85	49.15	32.33	
9	PP Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	16.11	1.40	82.49	50.08	17.56	
10	PE Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	9.96	0.77	89.27	46.83	10.15	
11	Aluminum Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	8.80	1.12	90.08	51.27	9.82	
12	Copper Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8	10	15.95	0.82	83.23	49.54	17.20	
13	Stainless steel Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8	10	12.62	0.73	86.65	49.94	13.72	
14	Aluminum Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	8	10	5.00	0.92	94.08	50.91	5.54	
15	Copper Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	4	10	4.37	0.85	94.78	51.15	4.87	

– Vertical type tribo–electrostatic separation

No.	Charger	Charging equipment (ball mill)		Applied voltage		Splitter position (cm)	Feed (g)	Flour yield			Protein content (w.%)	
	Container material	Rotation time (min.)	Rotation speed (rpm)	Positive (kV)	Negative (kV)			Positive (w.%)	Negative (w.%)	Middling (w.%)	Positive product	Negative product
1	PMMA	5	150	20	20	± 6	10	7.83	6.61	85.56	45.43	45.67
2	Nylon	5	150	20	20	± 6	10	0.93	12.48	86.59		46.25
3	ABS	5	150	20	20	± 6	10	1.94	38.93	59.13	46.46	45.78
4	PET	5	150	20	20	± 6	10	1.00	22.06	76.94		45.64
5	Stainless steel	5	150	20	20	± 6	10	5.10	5.26	89.64	45.81	45.47

6	Aluminum	5	150	20	20	± 6	10	5.51	2.53	91.96	45.44	46.16
7	Copper	5	150	20	20	± 6	10	0.57	8.62	90.81		46.4
8	PP	5	150	20	20	± 6	10	0.91	17.43	81.66		45.92
9	PE	5	150	20	20	± 6	10	1.05	18.02	80.93		45.93
10	PVC	5	150	20	20	± 6	10	1.40	43.66	54.94		46.4
11	PTFE	5	150	20	20	± 6	10	1.89	40.72	57.39		46.04

5. Test result of TPE 4 sample

– Horizontal type tribo–electrostatic separation

No.	Charger		Air flow			Separation plates			Dry 105 °C 1 hr.	Feed (g)	Flour yield			Negative plate (dry base)	
	Tube Material	Length (cm)	l/min.	m/s (in tube)	N ₂ /Air	Negative (kV)	Positive (kV)	Distance (cm)			Negative (w.%)	Positive (w.%)	Non trapped (w.%)	Protein content (w.%)	Protein recovery (w.%)
1	PVC Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	31.90	1.31	66.79	47.92	33.33	
2	PP Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	21.32	1.17	77.51	49.01	22.78	
3	PE Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	9.83	1.35	88.82	48.50	10.40	
4	PMMA Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	19.16	0.82	80.02	49.34	20.61	
5	Aluminum Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	19.70	1.17	79.13	50.01	21.48	
6	Copper Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	21.78	1.10	77.12	49.73	23.62	
7	Stainless steel Ø 20 mm	100	180	9.55	N ₂	5	5	4	10	21.24	0.97	77.79	49.87	23.10	
8	PVC Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	4	10	32.51	1.11	66.38	48.82	34.61	
9	PP Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	14.84	1.28	83.88	49.73	16.09	
10	PE Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	8.73	1.75	89.52	49.06	9.34	
11	Aluminum Ø 16 mm	100	180	14.93	N ₂	5	5	6	10	7.18	0.41	92.41	50.99	7.98	
12	Copper Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8	10	16.34	0.81	82.85	50.29	17.92	
13	Stainless steel Ø 15 mm	100	180	16.99	N ₂	5	5	8	10	12.40	1.04	86.56	50.09	13.54	
14	Aluminum Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	8	10	4.63	1.04	94.33	51.39	5.19	
15	Copper Ø 12 mm	100	180	26.54	N ₂	5	5	4	10	4.51	1.00	94.49	51.24	5.04	

– Vertical type tribo–electrostatic separation

No.	Charger	Charging equipment (ball mill)		Applied voltage		Splitter position (cm)	Feed (g)	Flour yield			Protein content (w.%)	
	Container material	Rotation time (min.)	Rotation speed (rpm)	Positive (kV)	Negative (kV)			Positive (w.%)	Negative (w.%)	Middling (w.%)	Positive product	Negative product
1	PMMA	5	150	20	20	± 6	10	8.96	6.24	84.80	46.03	46.27
2	Nylon	5	150	20	20	± 6	10	3.28	7.47	89.25	45.11	44.75
3	ABS	5	150	20	20	± 6	10	2.83	34.86	62.31	45.86	45.41

4	PET	5	150	20	20	± 6	10	2.46	32.25	65.29	45.43	45.20
5	Stainless steel	5	150	20	20	± 6	10	1.98	7.44	90.58	45.18	45.36
6	Aluminum	5	150	20	20	± 6	10	3.13	3.84	93.03	45.96	45.41
7	Copper	5	150	20	20	± 6	10	3.41	5.61	90.98	46.13	45.41
8	PP	5	150	20	20	± 6	10	2.35	14.05	83.60	45.98	46.00
9	PE	5	150	20	20	± 6	10	1.50	20.28	78.22	45.81	46.12
10	PVC	5	150	20	20	± 6	10	2.07	20.88	77.05	45.38	45.41
11	PTFE	5	150	20	20	± 6	10	2.41	39.38	58.21	45.54	45.69

<정량적 연구개발성과>

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Breeding of tetra null soybean (<i>Glycine max</i>) for lipoxygenase, kunitz trypsin inhibitor, lectin, and 7S α' subunit proteins	Plant Breeding	최상우	140	국외	Wiley	SCI	2021.2.1	0179-9541	50
2	Breeding of Black Soybean with Green Cotyledon and Four Recessive Alleles for Lipoxygenase, Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and tachyose	Agronomy - basel	최상우	11	국외	MDPI	SCI	2021.2.10	2073-4395	50
3	Tetra Null 유전자형을 가진 갈색 종피 콩 육종	Journal of Agriculture & Life Science	리사랏	55(1)	한국	농업생명과학원	비SCI	2021.2.1	1598-5504	100
4	The Development of a New Soybean Strain Without Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and 7S α' Subunit Protein	Journal of Life Science	채원기	30(7)	한국	생명과학회	비SCI	2020.8.1	2287-3406	100

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국산업식품공학회 춘계정기학술대회	양재식	2020.08.21	온라인: 제목: 융합기술(육종, 전기적 분획 기술)을 활용한 대체 식품 전용 콩 종자	한국

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 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	콩신제품보호등록 (하영콩)	한국	경상대학교 산학협력단	2019.4.9	2019-205	8625	경상대학교 산학협력단	2021.6.8	8625	100	활용
2	클린 라벨 콩 분말의 제조방법 및 이에 의하여 제조되는 클린 라벨 콩 분말	한국	쥬더플랜 잇	2020.10.30	2021-	10-2290146	쥬더플랜 잇	2021.08.10	10-2290146	100	활용

[경제적 성과]

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	품종등록	"하영" 콩 신제품에 대한 양도 계약	농업회사법인 씨드웰	2021.12.31	70,000,000	

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 현황 (제품화)

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		제품화 발생 연도	매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)			
1	자기실시	기존제품 개선	국내	대체육 개발 및 상품화	대체육 조미액/언리미트향미제	(주)더플랜잇	110,118		2020	2020	
							75,885	41,163	2021	2021	
2	자기실시	신제품 개발	국내	대체육 향미 개발 및 상품화	잇츠베러카페 로열홍차	(주)더플랜잇	807		2020	2020	
							21,945		2020	2021	
3	자기실시	신제품 개발	국내	대체육 향미 개발 및 상품화	잇츠베러카페 실크커피	(주)더플랜잇	928		2020	2020	
							21,379		2020	2021	
4	자기실시	신제품 개발	국내	대체육 향미 개발 및 상품화	비건체다 프리믹스	(주)더플랜잇	1,702		2021	2021	
5	자기실시	기존제품 개선	국내	대체육 향미 개발 및 상품화	디미티드민스	(주)더플랜잇			2021		
6	자기실시	기존제품 개선	국내	대체육 향미 개발 및 상품화	디미티드플레이버	(주)더플랜잇			2021		
7	자기실시	신제품 개발	국내	대체육 향미 개발 및 상품화	잇츠베러 비운드 소이밀크	(주)더플랜잇			2021		

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
대체육 개발 및 상품화 등	2020년	111,853		111,853	
대체육 개발 및 상품화 등	2021년	120,911	41,163	170,306.6	달러 환율 1200원 적용
합계		232,764	41,163	282,159.6	달러 환율 1200원 적용

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2019년	2020년	2021년	
1		(주)더플랜잇	2	2	2	6
합계						

[사회적 성과]

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1		2021	1	2			2	1				3	

4. 연구개발과제의 목표 달성 정도

기관명	연차	연구개발 추진목표	연구개발 달성내용	달성도
경상대	1	대체 육류 소재의 특성에 적합한 Non-GM 콩 계통 선발/형질 평가	1) 선발 계통(3-null)의 농업형질 평가 2) 선발 계통의 3가지 단백질 부재 검증 3) 농가 재배용 종자증식	100%
	2	대체 육류 소재의 특성에 적합한 Non-GM 콩 품종 보호출원	1) 선발계통의 농업형질 평가 검증 2) 지역 내 재배 확대 3) 신품종보호등록: “하영콩”	100%
	3	신품종의 지역 특화재배 및 산업화	1) 경남, 충남, 경기, 전북, 충북-약 41,000평 재배	100%
(주)더플랜잇	1	육류 대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄 및 단백질 분리 조건 확립	1) 전처리 조건 확립 (대두의 단백질 비변성 수분함량 4-5%) 2) 전처리 대두의 분쇄 조건 확립 3) 정전기 분리 조건 확립	100%
		데이터베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 제품 배합비 개발 (계란)	1) 데이터베이스를 활용한 계란 단백질(아미노산) 유사 식물성 단백질 조합 개발	100%
	2	육류 대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄물 제조.	1) 분쇄기의 내적 파라미터와 외적 조건에 따른 대두 분쇄물 제조 및 분쇄물 입도 특성 파악(특허출원)	100%
		육류 대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄물의 단백질 분리/분획	1) Air classifier를 이용한 입도차에 따른 분획 2) 시브를 이용한 입도차에 따른 분획 3) Belt type 정전기 분리기를 이용한 분자의 전하차에 따른 분획 4) Vertical type 정전기 분리기를 이용한 분자의 전하차에 따른 분획	100%
		대두 단백질 분리/분획의 분자적, 기능적 특징 조사	1) 대두 분쇄물의 기능적 성질 평가 2) Vertical type 정전기 분리기 분획물의 분자적/기능적 성질 평가	100%
		데이터 베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 육류 대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정 (우유)	1) 우유 아미노산, 지방산 타겟 대체 조합 계산 및 개발 2) 우유 향미 타겟 대체 조합 계산 및 개발 3) 대체당 타겟 대체 조합 계산 및 개발 3) 품목제조보고 2건	100%
		육류 대체 제품 시생산 및 상품화(우유)	1) 시장 및 소비자 조사를 통한 규격 설정 2) 배합비 및 제조공정 확정하여 시생산 진행	100%
		육류 대체 소재 특성에 적합한 단백질 분획 대량 생산 최적 조건 확립 및 기술 표준화	1) Lab scale→ Pilot scale 생산 최적조건 확립 2) 기술표준화를 위한 공정 조건별 최적화 3) 식물성 소고기 압출제형 및 특성 분석	100%
	3	데이터 베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 육류 대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정 (고기류)	1) 소고기 아미노산, 지방산 타겟 대체 조합 계산 및 개발 2) 소고기 향미 타겟 대체 조합 계산 및 개발 3) 제품의 압출성형을 이용한 제형 3) 품목제조보고 2건	100%
		육류 대체 제품 시생산 및 상품화 (고기류)	1) 시장 및 소비자 조사를 통한 규격 설정 2) 배합비 및 제조공정 확정하여 시생산 진행	100%

기관명	연차	연구개발 추진목표	연구개발 달성내용	달성도
한국지질자원연구원	3	다양한 물질에 대한 대두 단백질 및 전분의 하전극성 및 하전효율 규명	1) 분리대두단백 (단백질 92.0%)과 식이섬유 (식이섬유 82.8%)를 대상으로 하전특성 연구 → 분리대두단백과 식이섬유를 분극할 수 있는 재질은 PP, PE, PTFE 재질임을 확인	100%
		대두 분말의 단백질 농축에 적합한 마찰하전 정전선별기 설계/제작/구축	1) 분리특성 연구를 위해 다양한 재질의 pipe line 하전장치가 탈부착 가능한 horizontal type의 마찰하전 정전선별기 제작	100%
		마찰하전 정전선별을 적용한 대두 단백질의 최적 분리조건 및 분리효율 규명	1) 마찰하전 정전선별의 다양한 조건변화 실험을 통해 최적 분리조건 및 분리효율 확인 - 금속 하전재질이 플라스틱 하전재질보다 상대적으로 단백질 함량이 높고 회수율은 낮은 경향 확인 - 하전량, 분산 및 전기장에서 체류시간에 영향을 주는 가스 속도는 중요한 변수임을 확인 - 입자의 응집에 영향을 줄 수 있는 지방과 수분의 제거 및 분쇄 입도 제어 등의 전처리는 마찰하전 정전선별을 통한 대두의 단백질 농축에 중요한 조건	100%

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- “하영콩” 은 지역특화 재배 확대로 농가 수익 증대
- 향후 재배 확대로 관련기업과 전용실시권 추진
- “하영콩” 을 이용한 다양한 제품화 모색
- 콩 연구자에게 새로운 연구 재료 공급 가능
- 다양한 기능성 고품질 Non-GM 콩 품종 중간 모본으로 이용

- 연구결과에 따른 육류 대체 원천 소재 개발 기술 확보를 통해 다양한 국내산 농산물 사용 및 육류 대체 소재 및 제품 개발 기대
- 빅데이터 기반 신규 육류 대체 소재 및 희귀식물 발굴을 통한 스마트팜 연계 고부가가치 작물 재배 가능
- 연구결과에 따른 독자적 육류 대체 원천 소재 확보를 통해 100% 수입에 의존하던 원료에 대한 수입 대체 효과 및 미국, 중국 등으로 수출을 통한 수익 창출 기대
- 연구결과에 따른 독자적 육류 대체 원천 소재 확보를 통해 100% 수입에 의존하던 원료에 대한 수입 대체 효과 및 미국, 중국 등으로 수출을 통한 수익 창출 기대
- 컴퓨터 공학, 식품 화학·가공학의 융합 연구를 통해 데이터 기반 식품 개발이라는 새로운 분야의 전문 인력을 양성 기대
- 원료 소재의 스마트 팩토리 생산을 통해 농식품 분야에 청년 일자리 창출 예상
- 고품질의 맞춤형 원료, 클린 라벨 원료 개발 기술을 통해 건강한 식재료, 안전한 식품 먹거리 K-Food로 국가 이미지 제고 기대
- 환경오염, 영양 불균형, 식품 안전 위협을 초래하는 공장식 축산 육류 소재의 대체를 통해 환경오염, 영양 불균형, 공장식 축산 문제를 해소할 수 있을 것으로 기대

- 독보적인 건식 대두 단백질 분리 기술 확보 → 습식에 의존하던 기술에서 탈피
- 개발된 기술을 다양한 분야 및 영역으로 확대 이용 가능
- 표준화가 가능한 세계 최고 수준의 기술 확보 → 장비의 국산화 및 선별시스템의 수출 가능
- 물성이 저하되지 않은 대두 단백질 분리 기술 개발로 국내시장은 물론 해외시장에서 우월적 경쟁력 확보 가능
- 육류에 의존하던 단백질 대체 재료 개발 가능
- 신규 시장 생성 및 기존 사업의 확장으로 전문 인력 등 고용 창출 가능

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

1) 원천기술 확보 및 확대 방안

- “하영콩” 지역특화 재배 확대 계획
- “하영콩 모본을 기반으로한 다음 신품종 ” 주영콩” 신품종보호등록 추진
- 재배확대를 통한 지역 상품화 추진
- 재배 확대로 기능성 고품질 Non-GM 국산콩 경쟁력 강화
- 다양한 육류 대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신품종 개발을 위한 중간 모본으로 이용
- 육류 대체 전용 국내산 백태 적용 클린라벨 건식 분획 방법 및 소재 국내외 특허 출원/등록
- 클린라벨 육류대체 단백질 소재를 활용한 육류대체 제품 생산 공정 기술 표준화 및 국내외 특허 출원/등록

2) 제품화 방안

- 분획별 특성(gelling, forming, emulsion 등)을 통해 맞춤형 육류 대체 소재로 생산
- 맞춤형 육류 대체 소재 및 데이터 기반 배합비를 통해 다양한 원료 소재 제품 (계란대체제, 우유대체제, 고기대체제) 개발
- 원료 소재 제품을 어플리케이션 (소스류, HMR, 제과제빵, 유제품 등) 식품업체에 판매 혹은 OEM 생산·브랜드 개발

3) 핵심기술 확보 및 사업화 방안

- 국내외 특허출원으로 시장에서의 우위 확보
- 개발된 기술의 표준화로 다양한 분야 및 영역으로 확대 이용
- 개발된 기술의 Engineering Process 설계 기술 확보 → 사업화 추진

4) 후속연구 방안

- (데이터 기반 소재 발굴 연구의 경우) 특이 소재 및 compound의 경우, 스마트팜과 공동연구를 통해 자동화 작물 생산 및 compound 함량 증대 연구를 통해 고부가가치화 가능
- (건식 분쇄/분획 연구의 경우) 대두 분말뿐만 아니라 녹두, 완두, 곡류 등 다양한 식물의 분획 및 기능성 확인으로 다양한 클린라벨 원료 소재 개발이 가능

1. A. Barakat, C. Mayer-Laigle, Electrostatic Separation as an Entry into Environmentally Eco-Friendly Dry Biorefining of Plant Materials, *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 2017, 8(4), pp.1-6.
2. M.A.I. Schutyser, and A.J. van der Goot, The potential of dry fractionation processes for sustainable plant protein production, *Trends in Food Science & Technology*, 2011, 22(4), pp.154-164.
3. S. Tabtabaei, D. Konakbayeva, A.R. Rajabzadeh, and R.L. Legge, Functional properties of navy bean (*Phaseolus vulgaris*) protein concentrates obtained by pneumatic tribo-electrostatic separation, *Food Chemistry*, 2019, 283, pp.101-110.
4. Q. Xing, D.P. Utami, M.B. Dematney, K. Kyriakopoulou, M. de Wit, R.M. Boom, and M.A.I. Schutyser, A two-step air classification and electrostatic separation process for protein enrichment of starch-containing legumes, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2020, 66, pp.1-8.
5. K. Flynn, A. Gupta, and F. Hrach, Electrostatic Separation of Dry Granular Plant-Based Food Materials, *ST Equipment & Technology*, 2017, pp1-18.
6. H.R. Manouchehri, K.H. Rao, and K.S.E. Forssberg, Review of electrical separation methods - Part 1: Fundamental aspects, mineral and metallurgical processing, 2000,17(1), pp.23-36.
7. J. Wang, J. Zhao, M. de Wit, R.M. Boom, and M.A.I. Schutyser, Lupine protein enrichment by milling and electrostatic separation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2016, 33, pp.596-602.
8. E.G. Kelly, and D.J. Sottiswood, The theory of electrostatic separations : a Review, Part I . Fundamentals, *Minerals Engineering*, 1988, 12(1), pp.33-46.
9. M. Lungu, Electrical separation of plastic materials using the triboelectric effect, *Minerals Engineering*, 2004, 17(1), PP. 69-75.
10. J.B. Gajewski, Charge Measurement of Dust Particles in Motion : Part II, *J. Electrostatics*, 1984, 15, pp.67-79.
11. Y. Higashiyama, and K. Asano, Recent Progress in Electrostatic Separation Technology, *Particulate Science and Technology*, 2007, 16, pp.77-90.
12. S. Tabtabaei, M. Jafari, A.R. Rajabzadeh, and R.L. Legge, Solvent-free production of protein-enriched fractions from navy bean flour using a triboelectrification-based approach, *Journal of Food Engineering*, 16, 174, pp.21-28.
13. S. Tabtabaei, M. Jafari, A.R. Rajabzadeh, and R.L. Legge, Development and optimization of a triboelectrification bioseparation process for dry fractionation of legume flours, *Separation and Purification Technology*, 2016, 163, pp.48-58.
14. A.V.M. Silveira, M. Cella, E.H. Tanabe, and D.A. Bertuo, Application of tribo-electrostatic separation in the recycling of plastic wastes, *Process Safety and Environmental Protection*, 2018, 114, pp.219-228.
15. C.H. Park, H.S. Jeon, and J.K. Park. PVC removal from mixed plastics by triboelectrostatic separation, *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 144(1-2),

pp.470–476.

16. J. Wang, M. de Wit, M.A.I. Schutyser, and R.M. Boom, Analysis of electrostatic powder charging for fractionation of foods, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2014, 26, pp.360–365.
17. S. Tabtabaei, M. Vitelli, A.R. Rajabzadeh, and R.L. Legge, Analysis of protein enrichment during single- and multi-stage triboelectrostatic bioseparation processes for dry fractionation of legume flour, *Separation and Purification Technology*, 2016, 176, pp.48–58.
18. Asgar, M.A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., and Karim, A.A. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5) p513–529.
19. Bualuang, O., Tirawanichakul, Y., and Tirawanichakul, S. Comparative Study between Hot Air and Infrared Drying of Parboiled Rice: Kinetics and Qualities Aspects, 2012, *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(6), p1119–1132.
20. He, J., Evans, N.M., Liu, H., and Shao, S. A review of research on plant-based meat alternatives: driving forces, history, manufacturing, and consumer attitudes, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2020, 19(5), p2639–2656.
21. Kim, S.H., Jung, E.S., Kim, S.Y., Park, S.Y., and Cho, Y.S. Effect of heat treatment on physicochemical properties of soybean, *Korean Journal of Food Preservation*, 2017, 24(6), p820–826.
22. McClments, D.J. and Grossmann, L. The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2021, 20(4), p4049–4100.
23. Medic, J. Atkinson, C., and Hurburgh Jr. C.R. Current knowledge in soybean composition, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2014, 91, p363–384.
24. Wang, J., Wit, M.D., Boom, R.M., and Schutyser, M.A.I. Charging and separation behavior of gluten–starch mixtures assessed with a custom-built electrostatic separator, *Separation and Purification Technology*, 2015, 152, p164–171.
25. Wang, J., Wit, M.D., Schutyser, M.A.I., and Boom, R.M. Analysis of electrostatic powder charging for fractionation of foods, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2014, 26, p360–365.
26. Wang, J., Zhao, J., Wit, M.D., Boom, R.M., and Schutyser, M.A.I. Lupine protein enrichment by milling and electrostatic separation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2016, 33, p596–602.
27. Xing, Q., Wit, M.D., Kyriakopoulou, K., Boom, and R.M., Schutyser, M.A.I. Protein enrichment of defatted soybean flour by fine milling and electrostatic separation, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 2018, 50, p42–49.
28. Yao, L., Fan, L., and Duan., Z. Effect of different pretreatments followed by hot-air and far-infrared drying on the bioactive compounds, physicochemical property and microstructure of mango slices, *Food Chemistry*, 2020, 305, 125477.
29. Yoon, H.H. and Jeon, E.J. Functional properties of soy protein isolate from heat treated soybean, *Korean Journal of Food Science and Technology*, 2004, 36(1), p

38–43.

30. Zhang, J., Li, D., Lv, Q., Ye, F., Jing, X., Masters, E.T., Shimizu, M., Abe, M., Akihisa, T., and Feng, F. Compositions and melanogenesis–inhibitory activities of the extracts of defatted shea (*Vitellaria paradoxa*) kernels from seven African countries, *Journal of Food Composition and Analysis*, 2018, 70, p89–97.

구분	논문게재 1: SCI
<p>1. 논문명: Breeding of Black Soybean with Green Cotyledon and Four Recessive Alleles for Lipoxxygenase, Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and Stachyose (사사번호: 119011-3)</p> <div data-bbox="268 488 338 560"></div> <div data-bbox="338 501 531 546">agronomy</div> <div data-bbox="1212 501 1305 560"></div> <p data-bbox="268 595 325 618"><i>Article</i></p> <h2 data-bbox="268 618 1270 734">Breeding of Black Soybean with Green Cotyledon and Four Recessive Alleles for Lipoxxygenase, Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and Stachyose</h2> <p data-bbox="268 763 1107 792">Sang Woo Choi , Jae Eun Kang , Seong Kyeong Lee , Sarath Ly and Jong Il Chung </p> <p data-bbox="523 824 1308 891">Department of Agronomy, Gyeongsang National University, Jinsu 52828, Korea; s.w.choi@naver.com (S.W.C.); w9414@naver.com (J.E.K.); dormio_records@naver.com (S.K.L.); sarathly@ngmail.ru (S.L.); * Correspondence: jeeil@gnu.ac.kr; Tel.: +82-55-772-1871</p> <p data-bbox="523 920 1308 1301">Abstract: Anthocyanins from the black soybean seed coat are known to have many pharmaceutical effects. However, black soybean seed contains antinutritional factors such as lipoxxygenase, Kunitz trypsin inhibitor (KTI), lectin, and stachyose. The genetic removal of these components will improve the nutritional value of black soybean seed. The objective of this research was to breed a soybean strain with the black seed coat color, green cotyledon color, and tetra recessive allele (<i>GmI6y2h3-1/h3-1y2h3-9-1/y3-1/y3-1s2/s2</i>) for lipoxxygenase, KTI, lectin, and stachyose components. Eight parents were used to breed the tetra null strain. Analysis of lipoxxygenase, KTI, lectin, and stachyose components in mature seeds was conducted by SDS-PAGE, Western blot, and HPLC. The soybean line with the black seed coat color, the green cotyledon color, a large seed size, and tetra recessive alleles has purple flowers, a determinate growth habit, and brown pods at maturity. The stem height of the breeding line was 52.7 cm. The 100-seed weight of the breeding line was 35.2 g and the yield (t/ha) was 2.76. The stachyose content of the breeding line was 7.30 g/kg. This is the first soybean strain with the black seed coat color, the green cotyledon color, a large seed size, and tetra null alleles (<i>GmI6y2h3-1/h3-1y2h3-9-1/y3-1/y3-1s2/s2</i>), low content of stachyose, free of lipoxxygenase, KTI, and lectin proteins.</p> <p data-bbox="523 1323 1107 1352">Keywords: lipoxxygenase; KTI; lectin; stachyose; tetra null; black soybean</p> <p data-bbox="268 1182 373 1227"> Check for updates</p> <p data-bbox="268 1234 501 1368">Citation: Choi, S.W.; Kang, J.E.; Lee, S.K.; Ly, S.; Chung, J.I. Breeding of Black Soybean with Green Cotyledon and Four Recessive Alleles for Lipoxxygenase, Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and Stachyose. <i>Agronomy</i> 2021, <i>11</i>, 209.</p>	<p data-bbox="1270 1451 1331 1473">10 of 11</p> <p data-bbox="523 1547 1331 1644">Funding: This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (NRF-2018R1D1A1B07045455) and the Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (Research number: 119011-3).</p>

2. 논문명: Breeding of tetra null soybean (*Glycine max*) for lipoxygenase, kunitz trypsin inhibitor, lectin, and 7S α' subunit proteins (사사번호: 119011-3)


Received: 25 June 2020 | Revised: 16 August 2020 | Accepted: 9 September 2020

DOI: 10.1111/pbr.12870

ORIGINAL ARTICLE

 WILEY

Breeding of tetra null soybean (*Glycine max*) for lipoxygenase, kunitz trypsin inhibitor, lectin, and 7S α' subunit proteins

Sang Woo Choi | Won Gi Chae | Gyung Young Kang | Jong Il Chung 

Department of Agronomy, Gyeongsang National University, Jinju, Korea

Correspondence

Jong I. Chung, Department of Agronomy, Gyeongsang National University, Jinju, Korea, 52828.
Email: jongile@gnu.ac.kr

Funding information

National Research Foundation of Korea; Ministry of Education, Grant/Award Number: NRF-2018R1D1A1B07045483; Technology in Food, Agriculture, and Forestry, Grant/Award Number: 119011-3

Abstract

Soybean seed includes various bioactive substances. Also, they contain a variety of antinutritional factors including lipoxygenase, Kunitz trypsin inhibitor (KTI), lectin, and 7S α' subunit proteins. The genetic removal of these proteins will improve the nutritional value of soybean seed. The objective of this research was to breed new soybean with tetra recessive alleles (*lox1lox2lox3/lox1lox2lox3-ti/ti-le/le-cgy1/cgy1*) for lipoxygenase, KTI, lectin, and 7S α' subunit proteins. Seven parents were used to breed tetra null strain. SDS-PAGE and Western blot analysis were used to determine the presence or absence of lipoxygenase, 7S α' subunit, KTI, and lectin proteins in mature seed. Tetra null soybean line has a purple flower, determinate growth habit, tan pod, and yellow seed coat colour. Stem height of the breeding line was 62.3 cm. The 100-seed weight of the breeding line was 27.1 g and yield (t/ha) was 2.84. This is the first soybean strain with *lox1lox2lox3/lox1lox2lox3-ti/ti-le/le-cgy1/cgy1* genotype (absence of lipoxygenase, KTI, lectin, and 7S α' subunit proteins).

KEYWORDS

7S α' subunit, KTI, lectin, lipoxygenase, soybean, tetra null

CHOI ET AL.

Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, and Forestry (Research number: 119011-3).

3. 논문명: Tetra Null 유전자형을 가진 갈색 종피 콩 육종 (사사번호: 119011-3)

농학실험 55(1)pp.27-32

Journal of Agriculture & Life Sciences, 55(1), pp.27-32

Print ISSN 1598-5594

Online ISSN 2383-8272

https://doi.org/10.14397/jals.2021.55.1.27

Tetra Null 유전자형을 가진 갈색 종피 콩 육종

리사랏 · 강제은 · 이성경 · 최상우 · 정종일

경상대학교 농생명공학대학 농과과

접수: 2020년 12월 22일 / 2021년 1월 21일 / 게재: 2021년 1월 29일

Breeding of Tetra Null Soybean Genotype with Brown Seed Coat

Sarath Ly · Jae-Eun Kang · Seong-Kyeong Lee · Sang-Woo Choi and Jong-Il Chung

Department of Agronomy, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Received: DEC., 22, 2020, Revised: JAN., 21, 2021, Accepted: JAN., 29, 2021

초록

종피 갈색 종피콩(종피색: 적갈색)은 3대 형질(갈색 종피, tetra null, 갈색 종피)을 동시에 품종개발할 수 있는 유전자형으로 알려져 있다. 그러나 7S α-subunit 단백질 유전자의 발현이 종피색 형질 발현에 영향을 미친다. 본 연구는 갈색 종피콩 육종에 필요한 효소인 lipoxygenase 1(K107, Trpsh1, Flnk107)과 K110, lectin 4(7S α-subunit)의 4개 유전자형(tetra null 유전자형 *lipoxygenase 1* K107, *lipoxygenase 1* K110, *lectin 4* 7S α-subunit)의 종피색 형질 발현에 미치는 영향을 분석하였다. SDS-PAGE 분석 결과 western blot 분석을 통해 lipoxygenase 1(K110, lectin 4) 7S α-subunit의 종피색 형질 발현에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구는 4개 유전자형의 조합을 통해 갈색 종피콩 육종에 필요한 효소인 lipoxygenase 1(K107, Trpsh1, Flnk107)과 K110, lectin 4(7S α-subunit)의 4개 유전자형(tetra null 유전자형 *lipoxygenase 1* K107, *lipoxygenase 1* K110, *lectin 4* 7S α-subunit)의 종피색 형질 발현에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구는 4개 유전자형의 조합을 통해 갈색 종피콩 육종에 필요한 효소인 lipoxygenase 1(K107, Trpsh1, Flnk107)과 K110, lectin 4(7S α-subunit)의 4개 유전자형(tetra null 유전자형 *lipoxygenase 1* K107, *lipoxygenase 1* K110, *lectin 4* 7S α-subunit)의 종피색 형질 발현에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구는 4개 유전자형의 조합을 통해 갈색 종피콩 육종에 필요한 효소인 lipoxygenase 1(K107, Trpsh1, Flnk107)과 K110, lectin 4(7S α-subunit)의 4개 유전자형(tetra null 유전자형 *lipoxygenase 1* K107, *lipoxygenase 1* K110, *lectin 4* 7S α-subunit)의 종피색 형질 발현에 미치는 영향을 분석하였다.

키워드: 7S α-subunit, 갈색 종피 콩, SDS-PAGE, western blot, 종피색 형질 발현

본 논문은 2021년 농림수산식품교육문화정보원 '농업과학기술특수분야 연구사업'의(과목번호: 119011-3)에 의해 수행된 연구 결과입니다.

4. 논문명: The Development of a New Soybean Strain Without Kunitz Trypsin inhibitor, Lectin, and 7S α' Subunit Protein (사사번호: 119011-3)

Journal of Life Science 2020 Vol. 30 No. 7, 592-597

ISSN (On line): 2287-3406
DOI : <https://doi.org/10.5352/JLS.2020.30.7.592>

The Development of a New Soybean Strain Without Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and 7S α' Subunit Protein

Won Gi Chae, Sang Woo Choi, Gyung Young Kang and Jong Il Chung*

Department of Agronomy, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Korea

Received March 24, 2020/Revised May 10, 2020/Accepted June 15, 2020

Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] seeds contain an average of 40% protein on a dry weight basis, but they also contain antinutritional elements such as lectin, Kunitz trypsin inhibitor (KTI), and 7S α' -subunit protein. The objective of this research was to develop a new soybean genotype with triple recessive alleles for these elements. Three parents (Kaeducke-2, P170876, and Le-168) were used to develop the genetic population, and the presence of lectin and KTI protein was detected using Western blot while 7S α' subunit protein was detected using SDS-PAGE. One F₃ plant strain with proper agronomical traits such as type, height, seed quality, and 100-seed weight was selected. The genotype of the developed strain is *tttkk;llgggl*, that is KTI, lectin, and 7S α' subunit protein free. The new strain has a purple lower, determinate growth habit, and light yellow pods at maturity. The seed has a burr-like hilum and is yellow in color. The new strain's height was 58 cm compared to the Daewonkong cultivar at 76 cm, and its 100-seed weight was 27.1 g, smaller than the Daewonkong at 29.0 g. This is the first new soybean strain with the *tttkk;llgggl* genotype, and it can be used to improve yellow soybean cultivars of high quality and function.

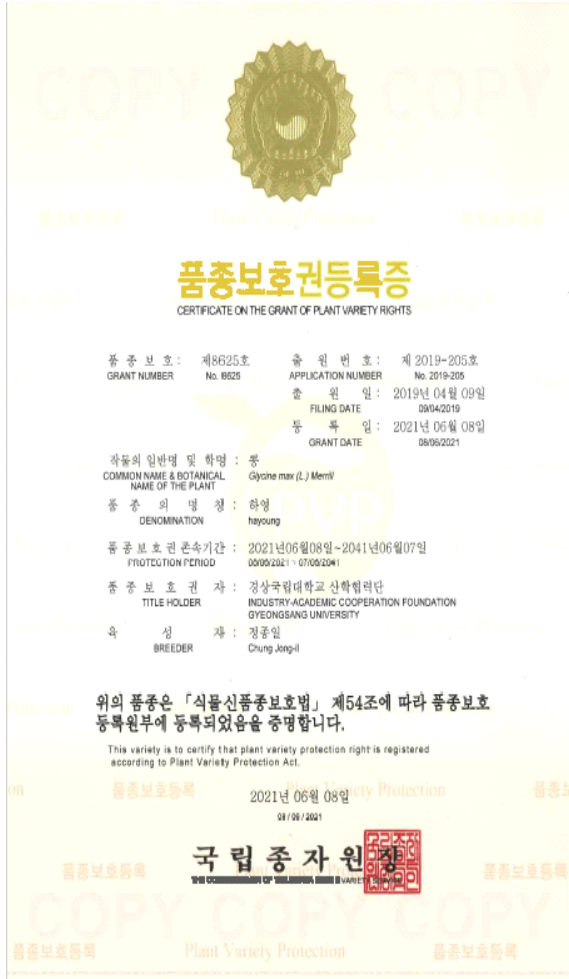
Key words : 7S α' -subunit, Kunitz trypsin inhibitor (KTI), lectin, soybean, three proteins-free

Acknowledgement

This research was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (Research number:119011-3).

구분	특허출원/등록 및 산업재산권 2건
----	--------------------

- 1) 품종등록 1건: 하영 콩
- 2) 특허등록 1건: 클린 라벨 콩 분말의 제조방법 및 이에 의하여 제조되는 클린 라벨 콩 분말



구분	기술이전
----	------

하영 콩 신품종에 대한 기술실시(기술이전, 양도)

기술실시 보고서						
(단위 : 천원)						
연구개발 과제현황	사업명	미래형혁신식품기술개발사업	연구과제번호	119011-03-2-CG000		
	연구과제명	Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발				
	연구개발기관명	㈜더플랜잇	연구책임자	양재식	참여기업명	경상대학교 지질자원연구원
	연구협약일	2019.05.20.	연구기간	2019.05.20.~2021.12.31. (32개월)		
	연구개발비	정부지원연구개발비	기관부담연구개발비	기타 (-)	계	
	705,000	235,100	-	940,100		
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	"하영" 콩 신품종에 대한 양도 계약				
	계약(활용)일	2021.12.28.	실시(활용)기간	2021.12.28.~		
	지재권 종류	품종보호권 (등록번호: 제8625호)	실시권 유형	양도		
	· 지재권이 특허(출원, 등록) 인 경우	명 칭	-			
		번호	-	일 자	-	
	실시(활용)기관	기관명	농업법인 씨드웰(주)	기관유형	농업법인	
		주 소	[Redacted]		대 표 자	이정철
사업자번호		317-81-30852	전화번호	[Redacted]		
	무서(담당자)	대표(이정철)	e-mail	[Redacted]		

기술이전 계약서

계약명: "하영" 콩 신품종에 대한 양도 계약
(품종보호권 등록번호 제8625호)

2021년 12월 28일

대학

기업

주소: 경남 진주시 진주대로 501
기관: 경상국립대학교 산학협력단
단장: 강 상 수 (인)

주소: 경남 산청군 신안면 지리산대로4002번길 38
상호: 농업회사법인 씨드웰(주)
대표: 이 정 철 (인)

구분	매출액 (2020년)
----	-------------


대체육 조미액 개발 및 사업화(2020년)
- 매출액: 110,117,900원

<첨부4>

농림축산식품 연구개발과제 매출 확인서

과제명	Non-GM 옥종, 박카피, 단백질 분획 기술을 활용한 국산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발		
주관연구기관	(주)더플랜잇	참여기관	경상대학교 산학협력단
연구책임자	양재식	연구기간	2019년 5월 ~ 2021년 12월(총 3년)
기업 정보	기업 매출 총액: 약 14.4억 (2020년 4분기 기준)		
관련 실적	특허(), 품종(), 소프트웨어(), 디자인(), 상표(), 기타(상세)		
	명칭(번호): 예. 진분을 이용한 쌀과자 개발(특허등록 10-10-1999771)		
	기술실시 명칭:		

해당제품의 매출 실적

제품명	제품사진	매출액	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
더플랜잇 대체육 조미액 및 언리미트 양미제		110,117,900	100%

* 첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등)
**식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수

상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.

2020년 12월 31일
연구책임자 : 양재식 (서명) (인)



구분	매출액 (2021년)
----	-------------

대체육 조미액 개발 및 사업화(2021년)


- 매출액: 75,885,000원
- 수출액: 41,162,525원

<첨부4>

농림축산식품 연구개발과제 매출 확인서


과제명	Non-GM 육종, 박카타, 단백질 분해 기술을 활용한 국산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발		
주관연구기관	(주)더플랜잇	참여기관	경상대학교 산학협력단
연구책임자	양재식	연구기간	2019년 5월 ~ 2021년 12월(총 3년)
기업 정보	기업 매출 총액: 약 18.5억 (2021년 12월말 예상금액)		
관련 실적	특허(), 품종(), 소프트웨어(), 디자인(), 상표(), 기타(상세)		
	명칭(번호): 예. 진분은 이용한 필러자 개발(특허등록 10-10-1999771)		
	기술실시 명칭		

해당제품의 매출 실적

제품명	제품사진	매출액	수출액D)	해당 기술의 제품출시 기여율(%)
더플랜잇 대체육조미액		75,885,000원	41,162,525원	100%

* 첨부 : 당해연도 제품출시 여부를 확인할 수 있는 자료(제조년월일 표기사진, 제품등록번호 등)
 **식품R&D는 품목제조보고서 제출 필수


상기와 같이 R&D 기술을 제품화한 실적을 보고합니다.

2021년 12월 15일
 연구책임자 : 양재식 (서명(인) )

구분	사업화
----	-----

대체육 조미액 개발 및 판매

농림축산식품연구개발과제 사업화실적 확인서

과제명		Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분해 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발						
주관연구기관		(주)더플랜잇		참여기관	경상대학교 산학협력단			
책임자		양재식		연구기간	2019년 05월 ~ 2021년 12월(총 3년)			
정부출연금		736,000 (천원)	기업부담금	245,400 (천원)	총 계	981,400 (천원)		
기술이전명				기술실시대상기관				
기술료				기술실시일				
구분		기술실시업계 결산액 (단위: 백만원) * 최근연도 결산보고서에 의해 작성		해당기술을 통한 사업화 실적				
실 적	자산 총계	1,649		제품건수		1		
	자본 총계	1,226		기술개발성취비용 총 매출액 (국내매출액 + 해외수출액)		4,914 (천원)		
	부채 총계	422						
	매출액 총계	237						
제품별 실적								
구분	제품명	제품사진	제품출시일	매출액 (백만원)		해당기술의 매출액 기여율 (%)	원산지	품질 인증 여부
1	더플랜잇 대체육조 미액		2019.11.18	국내	5	33	-	-
				해외	-			
* 첨부 : 매출액 확인이 가능한 자료(세금계산서, 매출원상 등)								

2019년 11월 30일
연구책임자 : 양재식 (서명)



[별첨 1]

연구개발보고서 초록

과제명	(국문) Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발				
	(영문) Development of Korean Plant-Based Meat Alternative Materials and Products Through Non-Gmo Breeding, Big Data Selection and dry protein Fractionation Method				
주관연구기관	(주)더플랜잇		주관연구책임자	(소속) 대표이사	
참여기관	경상대학교, 한국지질자원연구원			(성명) 양재식	
연구개발비	정부지원 연구개발비	736,000,000	총 연구기간	2019.05.20~2021.12.31	
	기업부담금	245,400,000		총 참여 연구원 수	총 인원
	계	981,400,000	내부인원		18명
			외부인원		0명

○ 연구개발 최종목표 및 성과

- 육류 대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발로 품종등록
- 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 개발 기술 확보 및 특허등록
- 식품 빅데이터를 활용한 대체 육류 소재 후보 도출 및 제품 개발

○ 세부목표 내용 및 결과

- 육류 대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발
 - 주요 기능(또는 규격)
 - 1) 이취: Lipoxxygenase-1,2,3, Kunitz Trypsin Inhibitor(KTI) 無→ **선발 완료**
 - 2) 알레르기: 7S α'-subunit 無→ **선발 완료**
 - 3) 난소화성 다당류: Stachyose 1% 이내→ **선발 완료**
- 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 확보
 - 주요 기능(또는 규격)
 - 1) 화학물질(n-hexane, acid/alkali) 無 처리→ **개발 완료**
 - 2) 이취, 알레르기, 난소화성 다당 제거된 국내산 백태 품종→ **개발 완료**
 - 3) 열변성 無→ **개발 완료**
 - 4) 20 μm 미만의 입도→ **개발 완료**
 - 5) 단백질 함량 60% 이상→ **단백질 함량 54.09%**
- 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류 대체 제품 개발
 - 주요 기능(또는 규격)

<식물성 계란>→ **목표 달성**

 - 1) 유화 안정성 오차 20% 이내(동물성 계란 대비)→1% 이내
 - 2) 겔링 기능성 오차 20% 이내(동물성 계란 대비)→10% 이내
 - 3) 아미노산 구성 오차 20% 이내(동물성 계란 대비)→15.7-16.0%, (지방산:16.3-17.9%)
 - 4) 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)→20% 이내

<식물성 우유>→ **목표 달성**

- 1) 유화 안정성 오차 20% 이내(동물성 우유 대비)→1% 이내
- 2) 젤링 기능성 오차 20% 이내(동물성 우유 대비)→거품안정성 1% 이내
- 3) 아미노산 구성 오차 20% 이내(동물성 우유 대비)→8.9-10.4% (지방산: 13.5%)
- 4) 관능 및 기호도 오차 20% 이내(동물성 우유 대비)→20% 이내

<식물성 고기>→ **목표 달성**

- 1) 경도 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)→탄력성: 10% 이내, 응집성: 10% 이내
- 2) 아미노산 구성 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)→10.5-11.0% (지방산(12.6-17.9%))
- 3) 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)→20% 이내

○ 연구내용 및 결과

- 육류 대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발
 - 협동연구기관인 경상대학교에서 수행하여 육류 대체 소재의 특성에 적합한 Non-GM 콩 품종등록 및 전국에 재배를 확대함
- 건식분획법을 이용한 클린라벨 대체 육류 원천 소재 및 기술 확보
 - 주관기관인 더플랜잇은 협동기관인 경상대학교에서 개발한 '하영콩'을 원료로 사용
 - 주관기관인 더플랜잇에서 대두 분쇄 및 단백질 분리/분획 조건 확립 및 기술을 표준화
 - 단백질 분리/분획 기술을 고도화하기 위하여 한국지질자원연구원을 위탁기관으로 선정하여 단백질의 분자적 성질에 의한 전하차 분리 연구를 수행하여 기술을 고도화
- 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류 대체 제품 개발
 - 주관기관인 더플랜잇에서 식품 빅데이터를 활용한 육류 대체 소재 발굴 및 제품 배합비 개발
 - 주관기관인 더플랜잇에서 육류대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정
 - 주관기관인 더플랜잇에서 육류 대체 제품의 시제품 개발, 제품화를 위한 연구

○ 연구성과 활용실적 및 계획

- 대두분쇄, 단백질 건식분리, 제품 제조공정, 품질관리방법 등을 활용하도록 함
- 제품의 안정성 시험, 분리기술 표준화로 제품의 안정적인 생산이 가능하게 함
- 핵심 단백질 원료 소재 및 빅데이터 활용 제품 개발기술을 통하여 식물성 계란, 우유, 대체고기 등의 국내산 육류 대체 제품 상품화에 기초자료로 활용함
- 클린 라벨 원료 개발기술을 통해 건강한 식재료, 안전한 식품 먹거리로 더플랜잇의 이미지 및 동시에 K-Food로 국가 이미지 제고에 관한 마케팅 자료로 활용함
- 논문, 특허 등으로 유사 타 연구에 자료로 활용 가능함

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호			
사업구분	고부가가치식품기술개발사업				
연구분야	농식품개발사업			과제구분	단위
사업명	고부가가치식품기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발			과제유형	(기초,응용,개발)
연구개발기관	(주)더플랜잇			연구책임자	양재식
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2019.05.20.~ 2019.12.31	184,000	61,400	245,400
	2차년도	2020.01.01.~ 2020.12.31	245,000	81,700	326,700
	3차년도	2021.01.01.~ 2021.12.31	276,000	92,000	368,000
	4차년도				
	5차년도				
	계		705,000	235,100	940,100
참여기관	경상대학교, 한국지질자원연구원(위탁기관)				
상대국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망


2. 평가일 : 2022. 01. 21

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)더플랜잇	대표이사	양재식

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확 약	
-----	---

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 기존의 대두가 가지고 있던 부정적 관점의 문제점을 해결하기 위하여 이취 제거, 알레르기 원인 및 가공 방해 단백질 제거, 난소화성 다당류 저감된 **국내외 유일의** Non-GM 신제품 개발하고, 육류대체식품 원료로서 적합하여 본 연구 수행에 많은 도움을 주었다고 판단됨.
- 클린 라벨 대두 분말은 단백질의 순도를 10% 이상 증가시키고, 유화 및 용해도를 기존 대두 분말 공정 대비 유의적으로 증가시킴 (특허등록 완료).
- 대두 단백질 건식 분리/분획 기술 중 정전분리 기술은 **식품 적용 신기술**이며, **국내 최초로** 대두를 기반으로 단백질, 식이섬유를 분리하여 단백질의 순도를 20% 이상 증가시킴.

※신제품 “하영콩”은 3-null (lipoxygenase, KTI, 7S α' -subunit 3가지 단백질 모두 부재) 및 난소화성 당 (stachyose) 저함량인 국내외 유일의 Non-GM 품종임.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 본 연구개발을 통해 얻은 결과는 향후 연구에 더 업그레이드된 연구로 소중하게 쓰일 것으로 보인다. “하영콩”은 지역 특화 재배 가능함으로써 콩 가공품의 개발로 원료콩 품질의 안전성에 대한 소비자 인지도 향상, 국내 콩 산업 경쟁력 강화가 가능할 것으로 보임.
- 빅데이터 기반 육류 대체 기술을 통해 더플랜잇은 글로벌 대체 닭가슴살 개발 대회 X-Prize 에서 국내에서 유일하게 준결승에 진출함.
- 빅데이터 기술을 활용하여 맞춤형 식품, 화장품 등에 필요한 천연물을 탐색하고 스마트팜과 연계하여 사업화 연계가 가능함.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (아주우수, **우수**, 보통, 미흡, 불량)

- “하영콩”은 지역특화 재배 확대 및 “주영콩” 신제품보호등록 추진이 가능하며, 재배 확대로 기능성 고품질 Non-GM 국산콩 경쟁력이 강화될 것으로 보임.
- 다양한 육류 대체 소재 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발을 위한 중간 모본으로 이용 가능함.
- 클린 라벨 대두 분말 가공 및 단백질 분리 기술은 대두 외 다양한 농산물로 단백질 및 식이섬유를 분리하는 기술로 사용이 가능함.
- 클린 라벨 대두 분말을 통해 대체우유, 대체육을 위한 원천 소재로 사용할 수 있음.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 본 연구를 수행하기 위해 주관기관인 더플랜잇과 협동기관인 경상대학교에서 각자의 맡은바 연구를 성실히 수행하였으며, 대면 미팅의 어려움은 있었지만, 주기적으로 이메일 및 유선 통화를 통해 협업하면서 연구를 수행하기 위해 성실히 노력하였다.
- 건식 단백질 분리 기술 도입 및 최적화를 위해, 미국(STET社), 네덜란드 (Wageningen Univ.), 대한민국(한국지질연구소)와 테스트 및 공동연구개발을 진행하였으며, 코로나 19로 인하여 연구 지연 및 해외 출입국이 안되는 과정에서도 최선을 다하여 연구결과를 도출함.
- 3-null (lipoxygenase, KTI, 7S α' -subunit 3가지 단백질 모두 부재) 및 난소화성당 (stachyose) 저함량 계통의 선발 - 실험실, 온실, 포장에서 연구 수행
- 4-null (lipoxygenase, KTI, lectin, 7S α' -subunit 4가지 단백질 모두 부재) 및 난소화성당 (stachyose) 저함량 계통의 선발 - 실험실, 온실, 포장에서 연구 수행
- 포장 평가 결과를 바탕으로 신품종 보호출원 및 등록 수행 완료
- 출원계통의 농가 재배 실시 및 콩 재배 농가와 주기적인 정보교류가 이루어짐

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (아주우수, 우수, 보통, 미흡, 불량)

- 1) 특허등록 완료 : 품종보호출원 및 등록
 - 콩신품종보호등록 (하영콩) (출원일자: 2019.04.09. 등록일자: 2021.06.08.)
 - **클린 라벨 콩 분말의 제조방법 및 이에 의하여 제조되는 클린 라벨 콩 분말** (출원일자: 2020.10.30. 등록일자: 2021.08.10.)
- 2) 논문게재 : SCI-2편, 비SCI-2편
 - Breeding of tetra null soybean (*Glycine max*) for lipoxygenase, kunitz trypsin inhibitor, lectin, and 7S α' subunit proteins (Plant Breeding)
 - Breeding of Black Soybean with Green Cotyledon and Four Recessive Alleles for Lipoxygenase, Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and tachyose (Agronomy-basel)
 - Tetra Null 유전자형을 가진 갈색 종피 콩 육종 (농업생명과학원)
 - The Development of a New Soybean Strain Without Kunitz Trypsin Inhibitor, Lectin, and 7S α' Subunit Protein (생명과학회)
- 3) 학술 발표 : 연구성과 발표
 - 융합기술(육종, 전기적 분획 기술)을 활용한 대체식품 전용 콩 종자 (한국산업식품공학회 춘계정기학술대회, 2020.08.21.)

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
<p>○ 육류 대체 맞춤형 Non-GM 콩 신제품 개발</p> <p>1) 이취: Lipoxygenase-1,2,3, Kunitz Trypsin Inhibitor(KTI) 無</p> <p>2) 알레르기: 7S α'-subunit 無</p> <p>3) 난소화성 다당류: Stachyose 1% 이내</p>	30	30	<p>3-null (lipoxygenase, KTI, 7S α'-subunit 3가지 단백질 부재) 및 난소화성당 (stachyose) 저함량 계통의 선발/형질 평가 완료</p> <p>-->목표 달성</p>
<p>○ 건식분획법을 이용한 클린라벨 육류 대체 원천 소재 및 기술 개발</p> <p>1) 화학물질(n-hexane, acid/alkali) 無 처리</p> <p>2) 이취, 알레르기, 난소화성 다당 제거된 국내산 백태 품종</p> <p>3) 열변성 無</p> <p>4) 20 μm 미만의 입도</p> <p>5) 단백질 함량 60% 이상</p>	35	35	<p>화학적 처리 없이 비변성으로 분말 입자 사이즈 20 μm 미만의 분말 획득함</p> <p>단백질 함량 40%-->55% 향상</p> <p>-->목표 달성</p>
<p>○ 개발된 대두 소재 및 빅데이터를 활용하여 육류 대체 제품 개발</p> <p><식물성 계란></p> <p>1) 유화 안정성 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)</p> <p>2) 겔링 기능성 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)</p> <p>3) 아미노산 구성 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)</p> <p>4) 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 계란 대비)</p> <p><식물성 우유></p> <p>1) 유화 안정성 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)</p> <p>2) 겔링 기능성 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)</p> <p>3) 아미노산 구성 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)</p> <p>4) 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 우유 대비)</p> <p><식물성 고기></p> <p>1) 경도 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)</p> <p>2) 아미노산 구성 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)</p> <p>3) 관능 및 기호도 오차 20% 이내 (동물성 고기 대비)</p>	35	35	<p><식물성 계란>-->목표 달성</p> <p>1) 유화 안정성 오차 20% 이내</p> <p>2) 겔링 기능성 오차 20% 이내</p> <p>3) 아미노산/지방산 구성 오차 20% 이내</p> <p>4) 관능 기호도 오차 20% 이내</p> <p><식물성 우유>-->목표 달성</p> <p>1) 유화 안정성 오차 20% 이내</p> <p>2) 겔링 기능성 오차 20% 이내</p> <p>3) 아미노산/지방산 구성 오차 20% 이내</p> <p>4) 관능기호도 오차 20% 이내</p> <p><식물성 고기>-->목표 달성</p> <p>1) 경도 오차 20% 이내</p> <p>2) 아미노산/지방산 구성 오차 20% 이내</p> <p>3) 관능 및 기호도 오차 20% 이내</p>
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 연구는 대체식품이라는 카테고리에서 제품화가 아닌 육종, 단백질 분리, 빅데이터 등 원천 기술에 대한 연구로 대체 식품에 적합한 신육종 콩을 개발하여 품종 등록을 하였고, 이 품종을 적용하고 기존의 습식단백질 공정의 단점을 개선한 건식 단백질 분리 기술을 개발하여 특허로 등록이 되었음. 또한 핵심 원재료와 결합하여 완제품을 빠르고 정교하게 만들어 낼 수 있는 빅데이터 기반의 기술을 통해 대체육 핵심 조미 소재, 대체 우유 등을 상품화하는 것을 통해 기술의 우수성 및 활용 가능성을 증명하였음.
- 다만, 원천 기술이므로 본 연구결과에만 그치는 것이 아니라 지속적으로 고도화하는 것을 통해 국내 뿐만 아니라 해외를 통틀어서 가장 우수한 수준이 되기 위한 후속 조치가 필요하며, 양산화, 생산량 증대를 위한 지속적 투자가 필요할 것으로 사료됨.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 19~21년 연구기간 내에 COVID19가 발생하였으며, 이로 인하여 해외 출입금 제한, 연구 인원의 일부 기간 재택 근무 진행, 연구기자재의 물류 지연 등 많은 예로 사항이 있었음.
(이로 한인 연구 기간 연장을 신청하기도 하였음)
- 이 연구과제는 당초 해외 공동 연구를 진행하던 과제였으나, COVID-19로 인하여 책임 연구기관인 (주)더플랜트의 각고의 노력에 따라 국내에서 가능한 기관을 찾아서 위탁연구과제를 할 수 있게 되어, 연구 결과를 도출 할 수 있었음.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 연구의 결과는 주로 원천 기술에 대한 결과이므로, 원천 기술을 활용한 제품, 사업화 연계 등을 통해 활용할 예정임.
- 또한, 건식 단백질 분리 연구의 경우, 본 연구의 결과로부터 고도화 연구가 더 필요할 뿐만 아니라, 고도화 연구 이후에 대량 생산을 위한 설비 투자 등이 필요함. 이에 후속 연구 진행 뿐만 아니라 투자 유치를 통해 생산 기지의 설립을 추진할 계획임.

IV. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

- 종자에 대한 연구 내용은 품종 등록이 완료되었으므로, 추가적인 보안이 요구되지 않음.
- 단백질 분리/분획에 대한 연구에서 입도에 의한 분리까지는 특허 등록이 되었으나, 정전 분리의 경우, 현재 특허 출원 중인 부분이므로 보안이 필요함.
- 제품 개발에 대한 부분에서는 원재료 및 함량에 대한 부분은 대외비이므로 포함하지 않았음.

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

상동

[별첨 3]

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	
연구과제명	Non-GM 육종, 빅데이터, 단백질 분획 기술을 활용한 국내산 육류 대체 원천 소재 및 제품 개발			
주관연구개발기관	(주)더플랜잇		주관연구책임자	양재식
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	736,000,000	245,400,000		981,400,000
연구개발기간	2019. 05. 20 ~ 2021. 12. 31			
주요활용유형	<input 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 대체 육류 소재의 특성에 적합한 Non-GM 콩 계통 선발/형질 평가	o 3 or 4-null 및 난소화성당 저함량 계통의 선발/형질 평가 완료
② 대체 육류 소재의 특성에 적합한 Non-GM 콩 품종보호출원	o 신품종보호등록 및 출원 완료
③ 신품종의 지역 특화재배 및 산업화	o 5개지역 (경남, 충남, 경기, 전북, 충북): 약 41,000평 재배 완료
④ 육류 대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄 및 단백질 분리 조건 확립	o 대두 분쇄 및 단백질 비변성 분리조건 확립
⑤ 데이터베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 제품 배합비 개발 (계란)	o 계란단백질 유사 식물성 단백질 조합 개발
⑥ 육류 대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄물 제조	o 입도/전하차에 의한 단백질 분리/분획에 적합한 분말 획득 (특허등록 완료)
⑦ 육류 대체 소재 특성에 적합한 대두 분쇄물의 단백질 분리/분획	o Air classifier를 이용한 입도차에 따른 분획물 획득 o 시브 사이즈에 따른 분획물 획득 o Belt type 정전분리 이용 분자의 전하차 분획물 o Vertical type 정전분리 이용 분자의 전하차 분획물
⑧ 대두 단백질 분리/분획의 분자적, 기능적 특징 조사 (한국지질자원연구원에서 연구를 추가함)	o 기능적 성질(용해도, 오일결합력, 수분결합력, 유화력, 유화안정성) 평가 및 분자적/기능적 특성 평가
⑨ 데이터 베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 육류 대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정 (우유)	o 우유단백질, 지방유사 식물성 원료 조합 개발 o 우유향미, 대체당 조합 및 개발, 품목제조보고
⑩ 육류 대체 제품 시생산 및 상품화(우유)	o 밀크티 2종 생산 및 크라우드 펀딩 진행
⑪ 육류 대체 소재 특성에 적합한 단백질 분획 대량 생산 최적 조건 확립 및 기술 표준화	o 대량생산 제조공정도 확립, 소고기 압출제형화
⑫ 데이터 베이스 기반으로 계산된 조합을 바탕으로 육류 대체 제품의 제형 및 품질 규격 설정 (고기류)	o 소고기 향미 유사 아미노산 조합 개발로 제품개발 품목제조보고
⑬육류 대체 제품 시생산 및 상품화 (고기류)	o 디미티드민스, 디미티드플레이버 시생산

* 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 (타연구활용예외)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SCI	비 SCI						
단위	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	5	5	10	5	5	25	10	5	20	-	-	-	-	-	10				
최종목표	2	2	1	1	25	4	100	20	3	-	-	2	-	6	-	3			
연구기간 내 달성실적	2	2	1	1	70	8	186	41	6			2	2	5.3	1	3			
달성률 (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100						100				

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	3-null (lipoxygenase, KTI, 7S α' -subunit 3가지 단백질 모두 부재) 및 난소화성당 (stachyose) 저함량 Non-GM 콩 품종
②	클린 라벨 콩 분말의 제조방법 및 이에 의하여 제조되는 클린 라벨 콩 분말
③	단백질 건식분획 기술 및 비변성 초미세 분쇄기술

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	v	v								
②의 기술	v	v				v	v			
③의 기술		v								
·										
·										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	○ 국내 재배지역 확대 및 가공제품에 활용
②의 기술	○ 입도에 따른 단백질 분리기술로 고부가가치 생산에 크게 기여가 예상됨
③의 기술	○ 입도/무게/전하 차이를 이용해서 탄수화물과 단백질을 분리/분획에 활용 가능함 ○ 저온, 기류식 분쇄를 통해 열변성이 없고, 사이즈 조절이 가능하며, 입도 20 um 미만의 분쇄물을 획득하는 기술로 우위적 경쟁력 강화

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(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 활용액)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 가 제 도	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논 문 S C I	비 S C I			논 문 평 균 I F	학 술 발 표	
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치							1												
최종목표																			
연구기간내 달성실적																			
연구종료후 성과창출 계획							1												

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화예상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

- 해당사항 없음

주 의

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