

RS-2023
-002325
50

식품부산물
활용한
대체
바이오킷
실용화기술
개발

2024

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호(O)
농업분야창의도전형융복합모델사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004517-01

식품부산물을 활용한 대체 바이오킷 실용화기술 개발

2024.02.05.

주관연구기관 / 건국대학교 산학협력단

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “식품부산물을 활용한 대체 바이오가죽 실용화기술 개발”(개발기간 : 2023. 04. 01 ~ 2023. 09. 30)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 02. 05.

주관연구기관명 : 건국대학교 산학협력단 윤 동 열 (인)

주관연구책임자 : 배 호 재

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서							보안등급			
							일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]			
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		농업분야의도전형응용기술개발			
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		시장창출형			
광고번호		농축 2023-00호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-			
					연구개발과제번호		RS-2023-00232550			
기술분류	국가과학기술 표준분류	LA0907	50	LB1001	30	EH1101		20		
	농림식품과학기술분류	CA0105	80	CA0199	20					
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문								
		영문								
연구개발과제명		국문		식품부산물을 활용한 대체 바이오가죽 실용화기술 개발						
		영문		Development of bio-leather commercialization technology using food by-products						
주관연구개발기관		기관명		건국대학교 산학협력단		사업자등록번호		206-82-07325		
		주소		(우-05029)서울시 광진구 능동로 120		법인등록번호		240171-0007625		
연구책임자		성명		배 호 재		직위		교수		
		연락처		직장전화		휴대전화				
				전자우편		국가연구자번호				
연구개발기간		전체		2023. 04. 01 - 2023. 09. 30(0년 6개월)						
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2023. 04. 01 - 2023. 09. 30(0년 6개월)				
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원		기관부담		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구별비 외 지원금
		연구개발비		연구개발비		지방자치단체 기타()				
		현금		현금 현물		현금 현물 현금 현물		현금 현물 합계		
총계		50,000		10,500				50,000 10,500 50,000		
1단계		1년차		10,500				50,000 10,500 50,000		
		n년차								
n단계		1년차								
		n년차								
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화 전자우편		비고 역할 기관유형
공동연구개발기관										
위탁연구개발기관										
연구개발기관 외 기관										
연구개발담당자 실무담당자		성명		안규민		직위		박사과정생		
		연락처		직장전화		휴대전화				
				전자우편		국가연구자번호				

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

2023년 9월 30일

연구책임자: 배 호 재

주관연구개발기관의 장: 윤 동 열 (직인)

공동연구개발기관의 장: (직인)

위탁연구개발기관의 장: (직인)





농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	농업분야창의도전형융복합모델			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-	
내역사업명 (해당 시 작성)	시장창출형			연구개발과제번호		RS-2023-00232550	
기술분류	국가과학기술 표준분류	LA0907	50	LB1001	30	EH1101	20
	농림식품 과학기술분류	CA0105	80	CA0199	20		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명	식품부산물을 활용한 대체 바이오가죽 실용화기술 개발						
전체 연구개발기간	2023. 04. 01 - 2023. 09. 30(0년 6개월)						
총 연구개발비	총 50,000 천원 (정부지원연구개발비: 50,000 천원, 기관부담연구개발비 : 10,500 천원, 지방자치단체지원연구개발비: 천원, 그 외 지원연구개발비: 천원)						
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(4) 종료시점 목표(8)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		<p>○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽 지지체와 세포 기반의 대체 바이오가죽 소재 제조 기술개발 및 제품화</p> <div style="text-align: center;"> </div>				
	전체 내용		<p>○ 국내농식품부산물(사과박, 옥수수 등)을 활용하여 대체가죽을 제조할 수 있는 소재를 개발하고자 함</p> <p>○ 국내농식품부산물을 활용한 바이오가죽용 지지체를 개발 후 바이오가죽 특화 세포주를 이용하여 동물/합성가죽 대체 바이오가죽 개발 및 공정 최적화</p>				
	1단계 (해당 시 작성)	목표	<p>○ 바이오가죽용 지지체 개발</p> <div style="text-align: center;"> </div>				
	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 국내농식품부산물 탐색, 원료 검증 및 배합비 연구 • 개발된 세포주를 활용한 국내농식품부산물 첨가 지지체 적용 배양 가능성 검토 • 바이오가죽의 시장 진출 시 상업화 및 경제성 조사 (소비자 					

			needs, 품질 및 내구성 확보 방안에 부합하는 맞춤형 소재 개발 전략 수립)
2단계 (해당 시 작성)	목표	<p>○ 바이오가죽용 지지체 고도화, 동물/미생물 세포주 개발, 경제성 확보, 및 세포주 최적화</p> 	
	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 국내농식품부산물 (옥수수 글루텐 등)을 활용한 바이오가죽의 세포배양 최적화 • 바이오가죽 특화형 현탁배양 세포주 개발 및 안정성 평가 • 바이오가죽 특화형 세포주 배양용 가격경쟁력 있는 배지 개발 • 미생물기반 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 • 바이오가죽 지지체의 콜라겐 가교 기술 개발 및 최적화 • 국내농식품부산물 (커피박 등)을 활용한 바이오가죽 후처리 공정 기술 (태닝, 염색 등) 개발 및 최적화 • 동물피부세포 분리 및 유전자 변형을 통한 생착능력이 강화된 세포주 개발 	
3단계 (해당 시 작성)	목표	<p>○ 세포주 대량 배양 공정 확립, 세포기반 바이오가죽 원피 생산 공정 최적화 및 산업 수요처 대상 평가</p> 	
	내용	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오가죽 특화형 세포주 대량 배양 공정 최적화 및 스케일-업 (300 L 스케일) • 배양 시 세포 생장이 향상되도록 다공성 조절이 가능한 지지체소재 개발 • 지지체 적용된 세포배양 바이오가죽 후가공 기술개발 및 공정 최적화 • 미생물기반 콜라겐 지지체 생산 공정 최적화 및 스케일-업 • 세포배양 바이오가죽 소재 패션/자동차 산업 수요처 시험평가 	

연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> • 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 국내농식품부산물 탐색, 원료 검증 및 배합비 연구. • 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 기계적 성질 평가 (목표 : 밀도 1000 kg/m³ 이상, 인장 능력 2 MPa 이상, 파단 연신율 20% 이상). • 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 내수성 평가 (목표 : 물 접촉각 80° 이상, 치수안정성 90% 이상). • 개발된 세포주를 활용한 국내농식품부산물 첨가 지지체 적용 배양 가능성 검토. • 바이오가죽의 시장 진출 시 상업화 및 경제성 조사 (소비자 needs, 품질 및 내구성 확보 방안에 부합하는 맞춤형 소재 개발 전략 수립). • 미생물기반 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 (추가로 목표 달성).
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> • 지지체 제조 기술과 세포 배양 기술을 접목한 국내농식품부산물 처리 및 활용

<p>활용계획 및 기대 효과</p>	<p>기술 개발.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 분해가 가능한 탄소감축형 바이오소재에 대한 대체기술 확보. • 기존 동물가죽 및 합성가죽의 대체물질 제조 기반기술 확보. • 가죽 제조 시 필요한 수자원을 기존 대비 대폭 감소시키는 기술 확보 가능. • 기존 대체 가죽들의 ‘그린워싱’ 이슈가 부각되는 제품들을 대체함으로써 대체가죽 제품 신뢰성 향상. • 생물자원 활용 자원순환 모델링 기반의 천연물 소재산업 활성화. 												
<p>연구개발성과의 비공개여부 및 사유</p>	-												
<p>연구개발성과의 등록·기탁 건수</p>	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종		
	-	-	-	-	-	-	-	생명 정보	생물 자원		정보	실물	
<p>연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황</p>	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호				
	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	식품부산물		지지체		바이오가죽		탄소감축		그린워싱				
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	Food by-products		Scaffold		Lab-grown Leather		Carbon Reduction		Green Washing				

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨 자료 (참고 문헌 등)

1. 연구개발과제의 개요

[개발경위 및 필요성]

- 지구 온난화와 더불어 환경에 대한 관심이 사회적으로 큰 이슈가 되면서 **탄소절감형 친환경소재**에 대한 기대치가 급속도로 증가 중.
- 전 세계적으로 환경과 동물보호에 대한 관심과 함께 불어온 ‘비건 패션’은 패션 및 잡화부문에 많은 영향을 주고 있으며, 동물가죽 대체 소재에 대한 수요가 증가 중.
- 노르웨이 등 유럽 모피 생산국의 동물 복지 규정 강화와 모피·원피에 대한 소비자의 부정적 인식(Anti-Fur) 증가로 인한 판매 부진, Covid-19에 부담을 느낀 모피 생산 농장주들이 생산물량을 줄여 2020년 기준 가격이 상승.
- 매년 가죽 생산을 위해 10억 마리 이상의 동물이 희생되는 동물복지 및 윤리 문제는 동물애호단체로부터 오랫동안 비판을 받아 옴.
- 예측이 어려운 전염병과 지구온난화, 동물복지와 관련된 윤리적 문제, 불안정한 원재료 시세 및 안티 퍼와 같은 소비자 인식 변화 등으로 인하여 모피·원피 수요는 감소하는 추세.
- 모피·원피 수요가 줄어드는 것과 반대로, 가죽제품의 수요는 점점 늘어나는 추세임. 국내 또한 늘어나는 수요에 맞추기 위하여 원피를 직접 생산하는 국가들로부터 가죽제품을 수입해야만 하는 실정임(대한민국은 미국, 중국과 더불어 상위 5위권에 드는 가죽 수입국).
- 증가한 국내 가죽제품 수요를 합성 피혁이 충당하고 있으며, 비건 가죽 제품을 많은 스타트업들이 제품을 출시 중임.

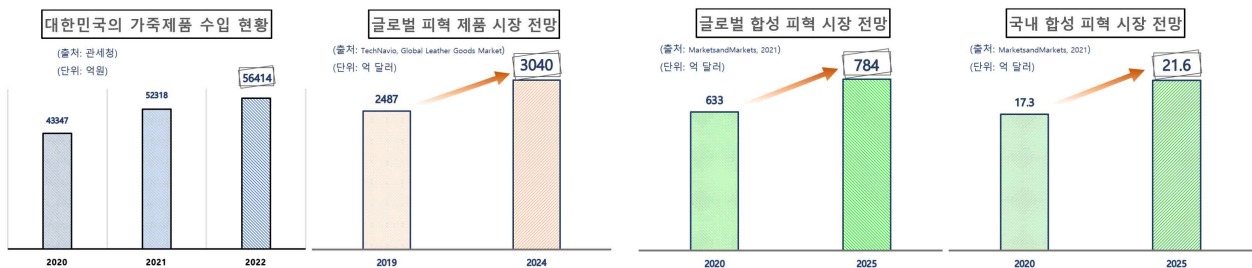


그림 1. 점점 늘어나는 가죽제품의 수요와, 국내외 합성피혁 시장 전망 (관세청, TechNavio 및 MarketsandMarkets 자료 재구성).

- 전 세계 합성 피혁 시장은 계속해서 성장 중이며, 국내 합성 피혁 시장의 경우 연평균 성장률이 4.6%로 모피·원피 가죽의 대체재로 각광 받고 있음. 다만 환경 오염 측면에서 자유롭지 못하며 인체에 유해한 성분을 갖고 있다는 점에서 다른 대체재가 요구되어짐.
- 친환경적인 비건 가죽 시장 역시 규모가 계속해서 성장 중이나, 비건 가죽 특유의 촉감과 낮은 내구성은 기존 천연 가죽 및 합성 피혁과 비교하여서 큰 단점.
- 변화하는 소비자 인식 및 니즈에 적합하고 천연소재와 유사한 촉감 및 내구성을 가지며, 동물 윤리에 위배되지 않을 뿐더러 친환경적인 새로운 동물가죽 대체재가 요구되는 실정임.

[기존 시장의 문제점]

- 막대한 양의 가죽을 대체하기 위하여 합성가죽이 개발되었지만, 천연가죽에 비해 품질이 부족하고 환경오염 측면에서 자유롭지 못함.
- 제한적 해결책이 아닌 **근본적인 문제해결**이 가능한 **천연가죽 대체재의 필요성**이 대두됨.

[해결방안]

- 동물을 희생시키지 않고 가죽을 생산하는 방안이며 수요 부족, 윤리 문제를 해결할 수 있는 매력적인 기술임.

- 최신 생명공학기술의 융합과 식량부족 및 환경문제를 해결하기 위한 혁신기술 발전을 통해 기존의 농·식품 산업은 향상된 대량재배 및 대량생산 등의 새로운 국면을 맞이하고 있음.
- 가죽 기술은 동물학대 및 환경문제 등에 의해 천연가죽 → 합성가죽 → 비건가죽 → 바이오가죽으로 기술 변화 중이며, 차세대 대체 소재인 **바이오가죽 상용화 기술**이 개발되어 상용화 된다면 피혁산업의 패러다임을 변화 시킬 수 있을 것임.
- 바이오가죽의 상용화를 위해서는 제조비용 감소 및 생산을 향상을 위한 기술개발이 필요함.

천연 가죽

합성 가죽

비건 가죽

바이오 가죽

			
<ul style="list-style-type: none"> • 감촉, 통풍, 수분흡수 • 인체 무해 	<ul style="list-style-type: none"> • 저렴하고 제작 용이 • 대량 생산 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 인체 무해 • 친환경 • 제작 공정 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 천연 가죽과 동일 • 재료 손실 없음
<ul style="list-style-type: none"> • 표면 무늬가 고르지 않음 • 부위별로 골라 사용하여 재료 손실 많음 • 동물 윤리 및 환경문제 	<ul style="list-style-type: none"> • 촉감, 통풍, 수분흡수 저하 • 자연성이 떨어짐 • 인체 유해 성분 포함 • 환경 문제 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 내구성 저하 • 촉감 	<ul style="list-style-type: none"> • 고비용

그림 2. 가죽 종류별 도면, 장점 및 단점. 차세대 친환경 소재인 바이오가죽은 천연가죽과 동일하지만 고비용의 단점을 개선하는 연구가 시급함.

2. 연구개발과제의 추진 목표 및 수행 내용

번호	추진 목표	수행내용
1	○ 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 국내농식품부산물 탐색, 원료 검증 및 배합비 연구	○ 국내농식품부산물 선정(사과박·귤박·옥수수 글루텐) 및 적정 배합비로 부산물 첨가 바이오가죽 제조 ○ 세포 배양 향상 목적 옥수수 글루텐 채택 및 적정 배합비로 바이오 가죽 제조
2	○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 기계적 성질 평가 (목표 : 밀도 1,000 kg/m ³ 이상, 인장 능력 2 MPa 이상, 파단 연신율 20% 이상)	○ 바이오가죽 제조 후 밀도, 인장 강도, 파단 연신율 평가
3	○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 내수성 평가 (목표 : 물 접촉각 80° 이상, 치수안정성 90% 이상)	○ 바이오가죽 제조 후 물 접촉각, 치수안정성 평가 ○ 바이오가죽 제조 후 스테아르산을 코팅한 후 기존 대비 내수성이 얼마나 증가하였는지 물 접촉각 및 치수안정성 평가
4	○ 개발된 세포주를 활용한 국내농식품부산물 첨가 지지체 적용 배양 가능성 검토	○ 바이오가죽 제조 후 세포증식, 세포생존률 등 세포배양능력을 평가
5	○ 바이오가죽의 시장 진출 시 상업화 및 경제성 조사 (소비자 needs, 품질 및 내구성 확보 방안에 부합하는 맞춤형 소재 개발 전략 수립)	○ 소비자 니즈를 파악하고, 시장 진출 가능성을 평가하여 이에 맞는 상업화 전략 및 맞춤형 소재 개발 전략을 수립함. ○ 소비자 니즈를 파악하기 위해서 국가 및 기업의 모피 관련 움직임을 파악. ○ 천연가죽 대체재 수요가 증가하는 추세임을 검증하고자 시장 규모와 관련 스타트업을 조사. ○ 친환경 소재 및 동물 윤리 가치 보존과 부합하는 소비자 니즈를 충족시키기 위해 맞춤형 소재 개발 전략 수립.
6	○ 미생물기반 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 (추가로 목표 수행함)	○ 미생물기반 바이오가죽용 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 ○ 바이오가죽용 콜라겐 지지체 생산용 미생물 2종 개발 완료 (인간유래 콜라겐 생산 균주 및 박테리아유래 콜라겐 생산 균주).

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

○ 국내농식품부산물 및 적합 가소제 탐색

- 국내농식품부산물인 사과박과 귤박은 가축의 사료 외에 사용처가 마땅히 없어 구하기 쉽고 값도 저렴한 소재임.
- 사과박과 귤박은 세척 후 온풍 건조 및 분말화를 진행하였으며 바이오가죽 내 균등한 분포를 위하여 균질화기를 활용하여 해조류 다당류 기반 가죽을 제조함.
- 이중 가교 (물리적 가교 후 화학적 가교)를 통해 기계적 성질을 향상시킨 사례는 보고된 바가 많음. 제조한 용액은 저온에서 물리적 가교를 진행한 뒤 온풍 건조를 통해 구조를 유지시키고, 2가 양이온 (Ca^{2+} 등)과 반응시켜 후처리를 통한 화학적 가교를 수행하여 내구도를 증진시키고자 함.
- 가소제는 폴리우레탄 및 폴리 비닐알코올과 같은 합성 물질이 아닌 천연 추출물을 탐색하였으며, 추후 스테아르산 코팅을 위해 알코올에 용해되지 않는 가소제를 선정함.

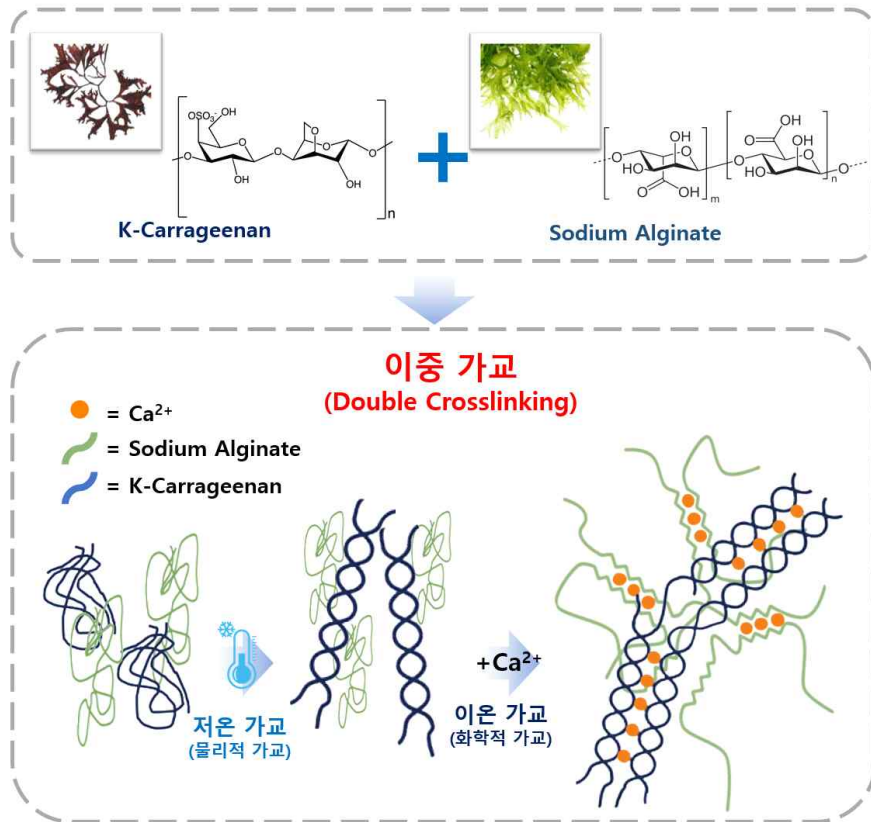


그림 3. 카파 카라기난·알지네이트 바이오가죽 지지체의 이중 가교.

○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 기계적 성질 평가

- 가죽 지지체의 기계적 성질은 밀도(kg/m^3), 인장 능력(MPa), 파단연신율(%) 평가를 통해 진행하였으며, 순수 해조류 다당류 기반 가죽과 사과박, 귤박을 첨가한 가죽에 대한 기계적 성질을 평가함.
- 가로(w) × 세로(l) × 높이(h)로 부피(m^3)를 구한 뒤, 해당 샘플의 질량을 측정하여 밀도를 계산하였으며, 순수 해조류 다당류 기반 가죽, 사과박을 첨가한 가죽, 귤박을 첨가한 가죽 모두 기존 목표 밀도인 $1,000 kg/m^3$ 보다 높은 밀도를 가짐을 확인함.
- 인장 능력과 하단 연신율은 시편에 대한 인장 탄성율을 측정하여 평가하였으며, 플라스틱

인장 시험 ISO-527을 기준으로 총길이 75 mm, 그립 간 거리 50 mm의 규격을 선정함. 시편의 너비와 두께는 총 5개의 지점을 측정하여 평균치를 계산하였으며, 너비는 4 mm, 두께는 1~2 mm의 시편을 제조.

- CT3 texture analyzer를 이용하여 순수 해조류 다당류 기반 가죽, 사과박을 첨가한 가죽, 굴박을 첨가한 가죽의 인장 강도와 파단 연신율을 측정하였으며, 세 가지 조건 모두 **목표 인장 강도인 2 MPa을 넘는 5 Mpa 이상의 강도와 20% 이상의 연신율을 보임**. 특히 사과박, 굴박 모두 특정 농도를 첨가하였을 경우 다른 농도 대비 높은 인장 강도를 가지는 것을 확인함.



그림 4. 인장 능력 · 파단 연신율 측정 규격(ISO-527) 및 CT3 Texture analyzer.

○ 국내농식품부산물 첨가 바이오가죽 내수성 향상 방안 탐색

- 국내농식품부산물인 사과박 · 굴박 모두 셀룰로오스 (Cellulose)가 많다는 점에 착안하여, 셀룰로오스와 반응하는 지방산을 활용한 친환경 코팅 방법을 탐색함.
- 스테아르산 (Stearic acid)은 18개의 탄소로 이루어진 포화 지방산으로, 셀룰로오스 필름에 침지 및 열압 공정을 통한 지방산 표면 결정화로 필름의 내수성을 향상시킨 사례를 근거로 하여 사과박 · 굴박 가죽의 표면에 스테아르산을 코팅시켜 내수성을 향상시키고자 함.

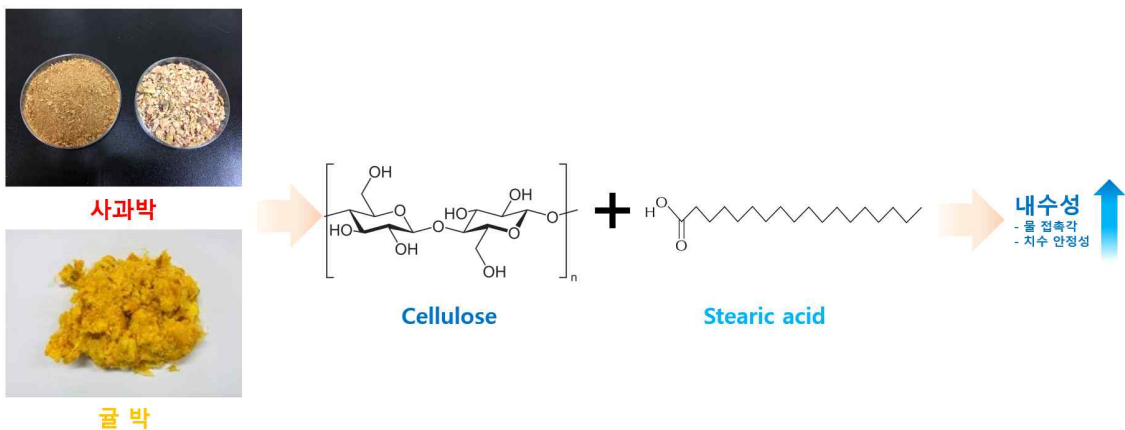


그림 5. 국내농식품부산물 첨가 바이오가죽 내수성 증진 방안.

○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 내수성 평가 및 코팅을 통한 내수성 증진

- 지방산 코팅을 위해 기존 과정을 토대로 제조한 바이오가죽을 스테아르산을 용해시킨 알코올 용액에 넣고 30분 동안 침전시켰으며, 이후 코팅은 핫프레스 (Hot-Press) 기기를 통해 열압 공정을 거쳐 진행되었음.

- 코팅된 바이오가죽의 증진된 내수성은 물 접촉각(°), 치수 안정성(%)으로 평가함.
- 물 접촉각 (Water contact angle)의 경우 가로 세로가 1(cm)×1(cm) 면적의 시편을 준비하였으며, 수평을 맞춘 후 20 uL의 1차 증류수를 2 mm 높이에서 떨어뜨려 5초 이내의 접촉각을 평가하였음. 코팅된 샘플들은 전체적으로 물 접촉각이 개선되었으며 그중 **굴박을 첨가한 샘플이 목표치에 해당하는 80°의 접촉각을 보여주었음.**
- 치수 안정성 (Dimensional Stability)의 경우 ISO-7771:1985를 변형하여 가로 세로 길이를 5(cm)×5(cm)로 설정한 시편들로 평가하였으며, 각 측정 지점별 각각 3개의 가로선과 가로선의 평균값을 통해 치수를 측정하였고, **모든 샘플이 목표치인 95% 이상의 치수 안정성을 보여준 것을 확인함.**

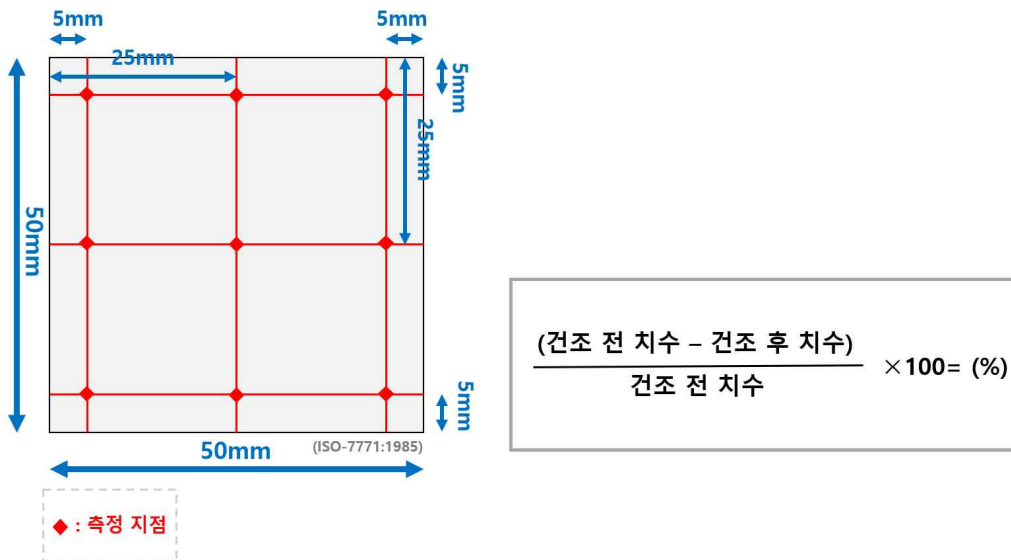


그림 6. 치수 안정성 평가 규격(ISO-7771:1985) 및 치수 안정성 공식

○ 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 국내농식품부산물 탐색

- 옥수수 글루텐은 옥수수 배아를 원료로 압착, 침출, 탈유 공정을 거친 후 생성되는 부산물임.
- 부산물인 옥수수 글루텐을 사용하여 60 °C의 알코올 용액에서 제인 (Zein)을 추출함.
- 제인은 옥수수에서만 발견되는 단백질로, 생분해성과 생체적합성을 가지고 있으며, 플라라민 계열의 다량의 소수성 아미노산 잔기로 구성되어있음.
- 또한 제인은 항균 활성을 나타내며 광택이 있고 단단한 코팅에 사용되어 식품 및 제약산업에서 널리 적용되고 있음.
- 이러한 장점들을 기반으로 세포 배양에 적합한 국내농식품부산물로서 최종적으로 옥수수 글루텐을 선택함.

○ 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 제인 기반 바이오가죽 제작 및 평가

- 국내농식품부산물인 옥수수 글루텐 추출 제인과 해조류 다당류 카파 카라기난 (kappa carrageenan) 및 알지네이트 (sodium alginate), 식물성 글리세롤 (glycerol)을 사용하여 바이오 가죽을 제작.
- 제작한 바이오가죽 시제품에 대한 인장 강도 및 연신률, 물 접촉각, 용해도, 치수안정성, 세포배양능력에 대해 평가를 진행함.
- 제인이 가진 소수성기로 인해 물에 대한 취약성이 보완될 것이라 기대하였으며, 이전 논문들에서 제인 등 천연 단백질이 세포의 부착과 증식에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있어, 세포배양능력이 향상될 것을 예상하고 실험을 진행함.

○ 바이오패스 지지체의 세포증식, 세포생존률 등 세포배양능력

- 세포 배양 가능성을 판단하기 위해 제인 및 카파 카라기난, 알지네이트로 구성된 바이오패스 지지체 표면에 세포를 부착함.
- 배양하는 세포는 소 귀 유래 불멸화 섬유아세포를 사용하고, 바이오패스를 위해 패스의 주 구성원인 콜라겐을 과발현시킴.
- 바이오패스 지지체 세포배양 실험 분석에서 Zein 0%와 Zein 1%의 결과가 우수한 결과를 보임.
- Live & Dead assay에서 Zein 0%에 배양된 세포의 morphology가 가장 길게 뻗었고, Zein 1%에서도 비슷한 양상을 보임. Dead cell의 경우 모든 샘플에서 잘 관찰되지 않았음.
- 또한 WST-1 흡광도 분석 결과, 세포 생존률이 모든 샘플에서 우상향 곡선을 보임.
- 장기배양 시 (14일) 세포면역염색을 통해 지지체 표면에 세포가 가득 참을 확인함. 장기 배양을 통해 세포가 지지체 표면을 덮고, 표면 개질에 관여할 수 있다는 가능성을 확인함.

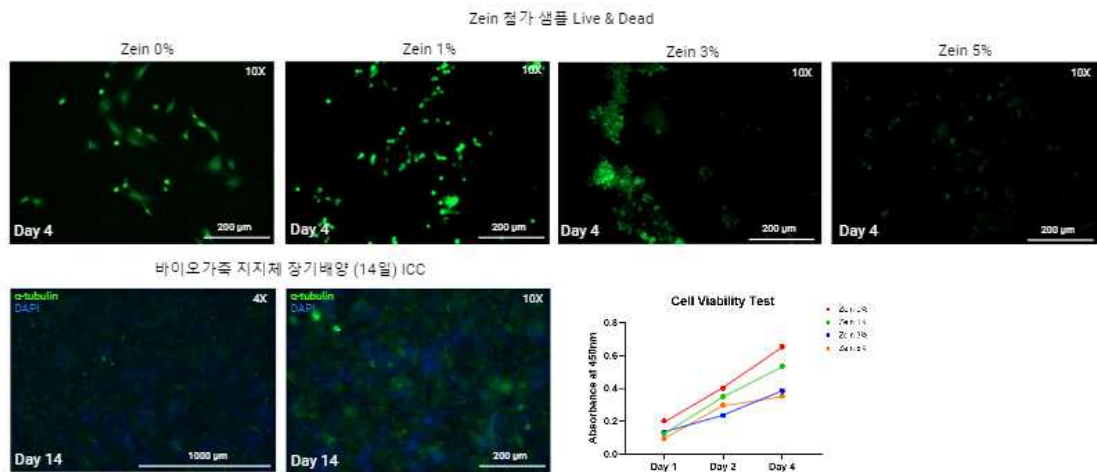


그림 7. 바이오 패스 지지체 세포 배양 이미지 및 세포 생존률

○ 3D 바이오프린팅을 활용한 바이오패스 지지체 형태 유지 기술 개발 및 최적화

- Digital-light-processing (DLP) 3D 바이오프린팅 플랫폼을 활용하여 다공성 공극 형태의 바이오패스 지지체 개발을 진행하였음.
- 3D 바이오프린팅 플랫폼을 활용하여 정밀한 다공성 구조의 스캐폴드 제작을 진행함.
- 지지체 내 공극이 있어야 성장요인인 O₂, CO₂ 및 배양액의 순환이 원활하며, 세포주가 지지체의 공극을 통해 내부로 침투하여 성장이 가능하기에 다공성 구조의 지지체 개발을 진행함.

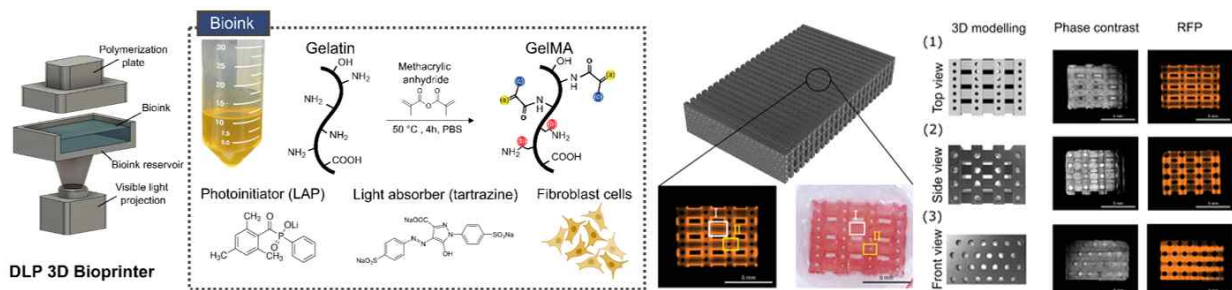


그림 8. 삼차원 (3D) 바이오프린팅을 활용한 바이오지지체 공극구조 최적화 개략도.

○ 3D 바이오프린팅을 활용한 바이오가죽용 세포주 생존 및 증식능 최적화

- 개발된 바이오가죽 목적 세포주를 적용한 지지체의 세포 배양환경 활용 연구 및 최적화를 진행함.
- 3D DLP 바이오 프린트된 스캐폴드의 공극 최적화를 통하여 생성된 지지체 마이크로채널 내에서 세포의 증식 및 생존이 활발히 일어남을 확인함.
- 장기배양시 세포배양 적합성을 조사함. Time course (day) 에 따라 1일 차 대비 35일 차로 증가 될수록 세포의 증식은 유의미하게 증가됨을 확인함. 결과적으로 바이오프린트된 지지체의 세포 친화적인 특징을 확인할 수 있었음.
- 시간 경과 (Time course (d))에 따른 결과는 다음과 같음. 1일 차 1.08×10^6 RLU, 7일차 2.55×10^6 RLU, 14일차 3.66×10^6 RLU, 21일차 4.85×10^6 RLU, 28일차 7.97×10^6 RLU, 35일차 8.64×10^6 RLU를 나타내었음 (데이터는 평균 \pm SD (n = 3)로 분석되었음. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 는 각 일자 별 1일차 대비 유의성을 나타냅니다. 본 데이터는 Tukey's post-hoc test 에 의한 one-way ANOVA로 분석되었음).

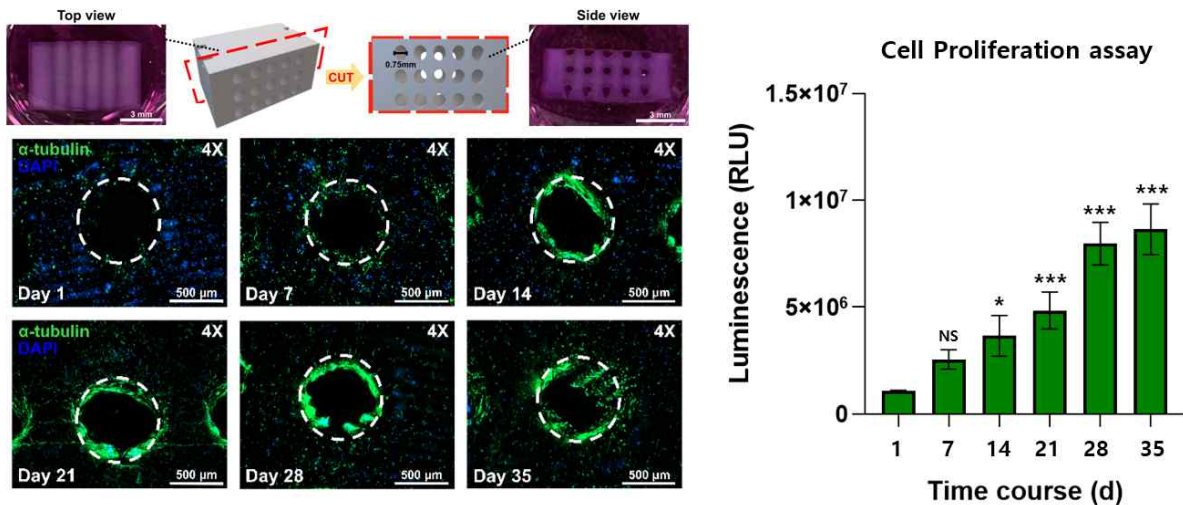


그림 9. 바이오프린팅 된 스캐폴드의 세포 생존 및 증식능 평가 데이터.

○ 바이오가죽의 시장 진출 시 상업화 및 경제성 조사

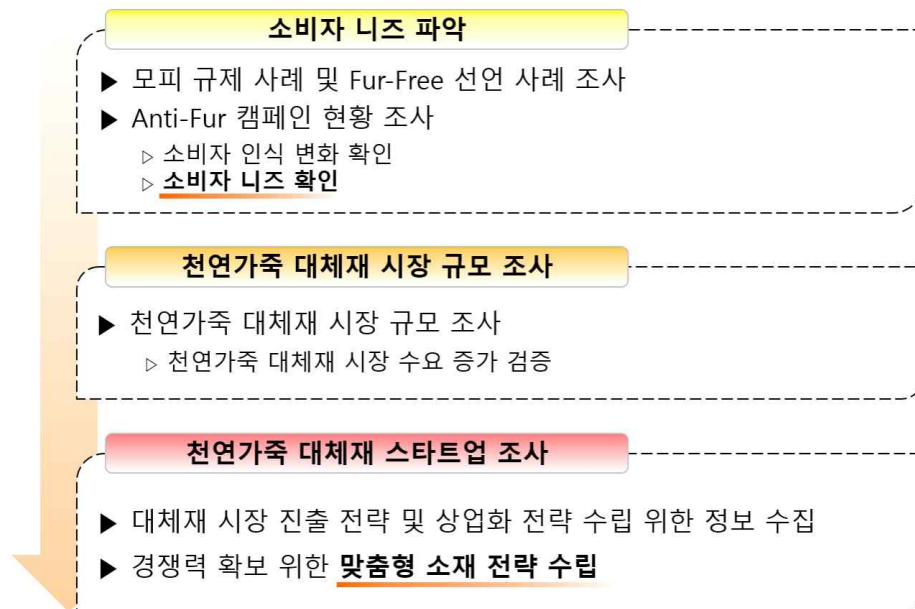


그림 10. 바이오가죽의 시장 진출 시 사업화 및 경제성 조사 단계 설정.

- 소비자 니즈와 시장 진출 가능성을 파악하기 위해 국가 및 기업의 움직임을 조사함.
 - 체코, 세르비아, 룩셈부르크, 벨기에, 노르웨이, 독일, 체코 등 많은 유럽 국가에서 이미 모피 농장이 불법.
 - 미국 로스 앤젤리스, 샌프란시스코, 버클리 등 여러 지방 자치 단체에서 모피의 사육과 판매를 금지 중임. 특히 미국 캘리포니아에서는 2019년 10월부터 새로운 모피 제품을 금지시키는 등 동물보호 법안 여러 개를 주 차원에서 승인함. 이에 2023년부터 캘리포니아에서 새로운 모피 제품을 생산, 판매, 기부하는 것은 불법.
 - 국제반모피연대 (IAFC)가 2009년부터 이스라엘에서 모피 판매 금지법을 추진한 결과 2021년 이스라엘 환경보호 장관인 길라 감리엘이 패션 산업에 모피 판매를 금지하는 개정안을 통과시킴.
 - 세계 여러 유명 패션 브랜드들 (코치, 샤넬, 버버리, 마이클코어스, 구찌 등)이 Fur-free를 선언하면서, 반 모피 움직임이 활발해지고 있음.
 - 2023년 1월 영국 고급 백화점 하비 니콜스에서 모피 퇴출을 선언함. 세계적으로 유명한 해당 백화점은 윤리적인 방법으로 생산되는 모피는 존재하지 않으며, 모피 농업이 신뢰할 수 있는 지속 가능성 개념에 위배 된다는 결론을 내림.
 - 세계 각국의 모피 규제 강화 사례와 유명 패션 브랜드, 백화점 등의 모피 퇴출 움직임은 모피에 대한 부정적인 소비자 인식에 반응한 대표적인 사례들임.
- 환경 단체에서 운영하던 Anti-fur 캠페인이 성공적으로 끝나거나, 상업화에 이른 사례를 통해 소비자 인식이 변하였음을 확인함.
 - 모피 반대 연합 (Fur Free Alliance)의 Fur Free Retailer 프로그램의 경우 매장과 모피 반대 연합이 연결되어 모피를 사용하지 않는 의류, 신발을 판매하며, 기업이 모피를 사용하지 않고 윤리적인 소비주의 정신을 장려하는 것을 목표로 함.
 - 모피 반대 연합의 Fur Free Retailer는 소비자 니즈에 부합하여 성공적으로 Anti-Fur 캠페인이 상업화가 된 사례로 볼 수 있음.
 - 소비자 니즈가 모피와 멀어지고 있다는 것을 나타내는 대표적인 일례로 PETA (People for the Ethical Treatment of Animals)의 'I'd Rather Go Naked' 캠페인의 중단 선언을 들 수 있음.
 - PETA는 최근 몇 년간 동물 가죽을 사용하지 않는 라벨, 디자이너, 소매업체가 늘어나고 모피에 대하여 부정적으로 생각하는 소비자가 늘어났음을 확인하였기 때문에 해당 인식 캠페인이 더 이상 필요하지 않다고 판단, 중단을 선언.



그림 11. 모피에 대한 부정적인 인식이 늘어난 것을 확인할 수 있는 사례들.

- 동물 윤리와 복지에 대한 관심이 높아지고, 환경에 대한 소비자들의 인식이 변화함에 따라 모피를 기피하고 윤리적이고 친환경적인 가죽을 추구하는 소비자가 꾸준히 증가하는 추세임. 때문에 모피·원피 가죽이 아닌 합성 가죽, 비건 가죽에 대한 수요가 증가하는 중.

- 천연가죽 대체재 시장 규모 및 경제성 조사

- 천연가죽 대체재에 대한 요구가 발생함에 따라 바이오 가죽 · 비건 가죽 스타트업 및 시장 규모가 확장되기 시작함.
- 비건 가죽 시장의 경우 2022년 기준 6,160만 달러 규모로 평가되었으며 2030년까지 연평균 9.5% 성장할 것으로 전망.
- 천연 섬유질과 폴리우레탄(PU)을 혼합하여 만드는 경우가 많으며, 패션 부분에 많이 활용됨.
- 환경에 관심이 많아진 소비자들의 니즈를 충족시키며, 천연가죽의 동물 윤리 문제 또한 해결함.
- 아시아 지역의 경제 발달로 인하여 소비자 층이 넓어지면서, 글로벌 비건 가죽 시장은 아시아 태평양 지역에서 큰 고객층을 유치할 수 있을 것으로 보임.
- 유럽과 북미에서도 모피에 대한 규제와 소비자 인식 변화로 인해 시장 규모가 성장 중.

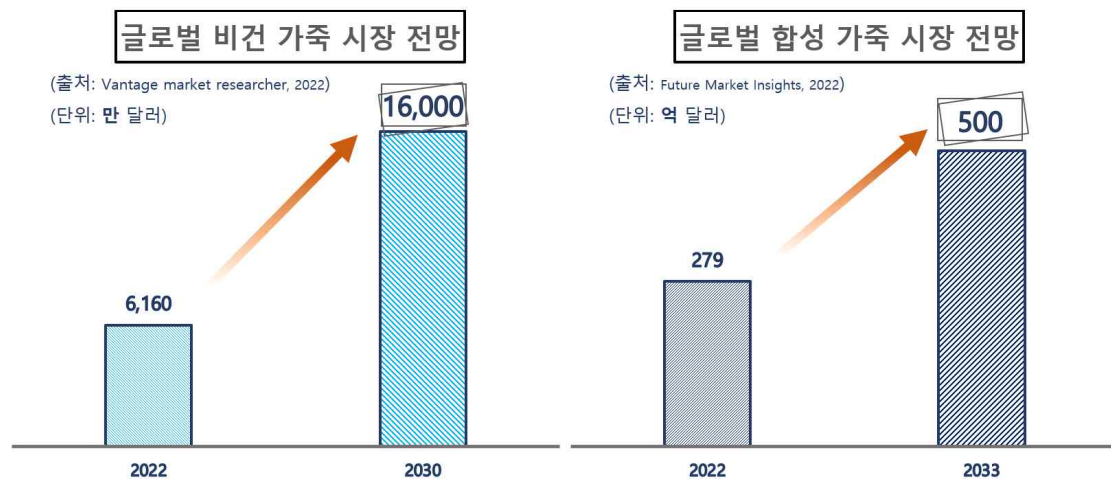


그림 12. 글로벌 비건 가죽 · 합성 가죽 시장 규모 전망.

- 합성 가죽의 경우 가죽 시장 내에서 천연가죽 다음으로 가장 큰 규모를 차지하며 2022년 기준 279억 2,000만 달러 규모로 평가됨. 연 평균 6%가 전망되며, 2033년에는 500억 1,000만 달러 규모의 시장이 형성될 것으로 전망.
 - 천연가죽의 비윤리적인 생산 과정과 태닝 중 발생하는 오염에 관심을 가진 소비자들이 늘어나면서 대체재로 싸고 다루기 쉬운 합성 가죽을 선택하는 소비자가 증가하고 있음.
 - 합성 물질을 비건 가죽의 천연 소재와 혼합하여 사용하는 경우도 많기 때문에 비건 가죽 시장과 연관성이 깊다고 볼 수 있음.
 - 바이오 가죽의 대표적인 스타트업 중 하나인 ‘Modern Meadow’의 경우 2013년 12월 시드 라운드를 1.9억원으로 시작하여, 현재 시리즈 C까지 도달한 상태.
 - 시리즈 A, B, C 각각 132억 원, 530억 원, 1,722억 원을 투자 받았으며, 총 투자 규모 2,425억 원.
 - 다른 바이오가죽 스타트업인 ‘Vitro Labs’의 경우 2017년 시드 라운드를 1.5억원으로 시작하여 현재 시리즈 A 투자 개최 중,
 - 총 투자 규모 721억 원을 투자한 회사 중 모피 사용 중단을 선로한 케링과 같은 명품 브랜드가 포함되어 있음.
- 천연가죽 대체재 스타트업 경쟁사 조사를 통한 시장 진출 및 맞춤형 소재 전략 수립
 - 현재 시장에 진출한 천연가죽 대체재 스타트업 경쟁사들에 대해 조사하여 시장 진출 전략을 수립함.

- 사과 폐기물로 만든 비건 가죽의 경우, 폴리 우레탄을 섞어서 낮은 내구성을 보강한 제품들이 상업화 되어 있음. 대표적인 스타트업으로는 ‘Frumat AppleSkin’ 이 있으며, 이미 신발 제조업체인 Womsh에서 6개의 AppleSkin을 사용 중.
- 영국의 ‘Ananas Anam’ 의 파인애플 비건 가죽인 ‘Pinatex’ 는 대표적인 비건 가죽 중 하나로, 파인애플 잎의 식물성 섬유질과 폴리락트산(PLA)를 혼합하고 석유수지 코팅으로 마무리하여 생산함. Pinatex 가죽은 현재 상업화 된 상태로 신발, 지갑, 시트 커버 등에 활용 중.
- 인도의 코코넛 과일 폐기물을 활용한 비건 가죽 스타트업인 ‘Malai’ 는 코코넛 폐기물의 섬유질과 박테리아 셀룰로오스를 배합하여 비건 가죽 제품 제조.
- 독일의 ‘Revoltech’ 의 경우 대마 잔류물로 만든 식물 기반 가죽인 ‘LOVR’ 을 제작. 대마 섬유질 기반 가죽을 제조하여 합성 물질 없이 순수 섬유질로만 이루어진 비건 가죽을 생산함.
- 국내 균사체 가죽을 제조하는 마이셀의 경우 버섯 균사체를 활용하여 비건 가죽을 제작하며, 합성 물질 없이 친환경 소재로만 가죽을 생산함. 2023년 제품 양산을 앞둔 사례임.
- 비건 가죽의 경우 내구성이 부족하여 합성 물질과 혼합하여 제품을 제작하거나, 내구성을 최대한 끌어내기 위해 식물성 섬유질을 활용하는 방안을 사용함. 아직 부족한 내구성을 합성 물질 없이 개선하지는 못하기 때문에 상업화가 진행된 사례는 전자의 경우밖에 없음.
- 대표적인 바이오 가죽 스타트업인 미국의 ‘Modern Meadow’ 는 동물성 콜라겐과 생체 고분자를 가교시키는 기술로 바이오 가죽을 제작함. 콜라겐을 과발현시키는 효모를 발효하는 동물성 콜라겐 생산 공정을 확립하였으며, 3D 바이오 프린팅으로 만든 바이오 가죽 ‘ZOA’ 를 내보인 적이 있음. 하지만 상업화는 미정.
- 미국의 ‘Vitro Labs’ 는 실크, 키토산 기반 생체 소재 스캐폴드에 진피층 및 표피층 세포 배양을 통해 단계별 바이오 가죽을 제작함. 적층을 통한 바이오 가죽 생산으로 실제 가죽과 유사한 촉감과 특성을 가짐.
- 바이오 가죽 스타트업의 경우 유명 패션 브랜드인 케링이 투자한 경우가 많음. 하지만 비싼 제조 가격과 기술적인 한계로 인하여 상업화는 미정인 상태.



그림 13. 비건 가죽과 바이오 가죽 스타트업 제품 예시.

- 천연가죽에 대한 소비자들의 부정적인 인식 증가 및 환경에 대한 소비자 인식 변화로 인해 국내외에서 합성 가죽 및 비건 가죽에 대한 수요가 증가하고 있으며, 이러한 트렌드에 맞추어 많은 스타트업들이 제품을 개발하고 있음.
- 다만 합성 가죽의 경우 환경오염의 가능성이 계속해서 제시되는 상황. 특히 재활용이

안 된다는 점, 플라스틱 폐기물이 발생한다는 점, 합성 물질(폴리 우레탄, 폴리 비닐 알코올 등)의 독성 문제 발생한다는 점에서 부정적인 시선이 있는 것이 사실임.

- 비건 가죽의 경우 천연가죽 대비 비교적 낮은 내구도와 촉감 측면에서 괴리감이 존재.
- 합성 가죽과 비건 가죽이 해결하지 못하는 단점을 천연소재 기반 바이오 가죽이 해결할 수 있으며, 상업화만 성공한다면 기존 천연가죽 대체재 시장에서 높은 경쟁력을 가질 것임.

- 친환경 소재 및 동물 윤리 가치 보존과 부합하는 소비자 니즈를 충족시키기 위해 맞춤형 소재 개발 전략 수립.

- 값싼 해양 다당류 기반 천연소재를 활용하여 단가를 절감하고, 자연 분해가 되는 천연소재 활용으로 폐기물 걱정이 없는 친환경 가죽 제조.

- 동물 도살 없이 실험실 내에서 세포를 배양하여 동물 윤리 가치를 보존하고, 천연가죽과 유사한 특성을 가지는 가죽 제조.

○ 미생물기반 바이오가죽용 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 (추가 목표로 수행함)

- 바이오가죽 양산시 경제성 확보를 위한 전략을 사전에 수립하기 위해서 한국생명공학연구원과 공동연구를 진행함.
- 바이오 가죽용으로 적합하고, 미생물기반으로 생산이 용이한 콜라겐 생산 기술 개발 전략 수립이 가장 적합한 생산 기술이라고 결론을 내리고, 우선적으로 각종 문헌에 있는 정보를 수집함.

[콜라겐 구조 특성]

- 콜라겐은 두 개의 동일한 아미노산 사슬 ($\alpha 1$)과 다른 사슬 하나 ($\alpha 2$)가 결합해 삼중나선 구조를 형성. 일반적인 다른 단백질과 다르게 아미노산 구성에서 Hydroxyproline의 구성 비율이 높으며, 공통적인 아미노산 서열 모티프는 glycine-proline-X (종류 무관한 아미노산) 또는 glycine-X (종류 무관한 아미노산)-hydroxyproline으로 다른 단백질에 비해 glycine, proline, 그리고 hydroxyproline 구성이 매우 높음.
- 동물세포에서 콜라겐 합성과 숙성 (maturation) 과정에서 몇 가지 번역 후 수정 (post-translational modification)의 아래와 같은 과정이 필요.
 - ① 콜라겐 삼중 나선 구조를 안정하게 하기 위한 proly 4-hydroxylase (P4H)가 proline 잔기를 hydroxylation
 - ② lysin 잔기 hydroxylation 및 glycosylation
 - ③ Metalloproteinase에 의한 N-, C-말단 프로펩티드 제거
 - ④ lysyl oxidase에 의해 아미노기가 제거된 lysin과 hydroxylysine 교차 연결

[콜라겐 생산 현황]

- 콜라겐의 대부분은 동물 (주로 소, 돼지) 유래의 피부, 연골조직에서 분리해 정제하는 방식으로 생산되고 있음. 이러한 동물 유래 콜라겐 사용은 인체에 동물 유래의 병원체를 감염시킬 수 있다는 안전상의 문제가 지속적으로 제기되고 있음.
- 동물 유래 콜라겐 생산 한계에서 벗어나기 위한 노력으로 미생물에서 재조합 인간 콜라겐 (recombinant human collagen)을 생산해 병원체 감염의 위험성을 줄이는 연구가 시도되고 있음.
- 또한, 인간유래 콜라겐 말고 특정 미생물은 biofilm 형성시 bacterial-like collagen을 생산함. 이 bacterial-like collagen은 동물세포유래 콜라겐 합성과 숙성의 복잡한 과정이 필요 없음.

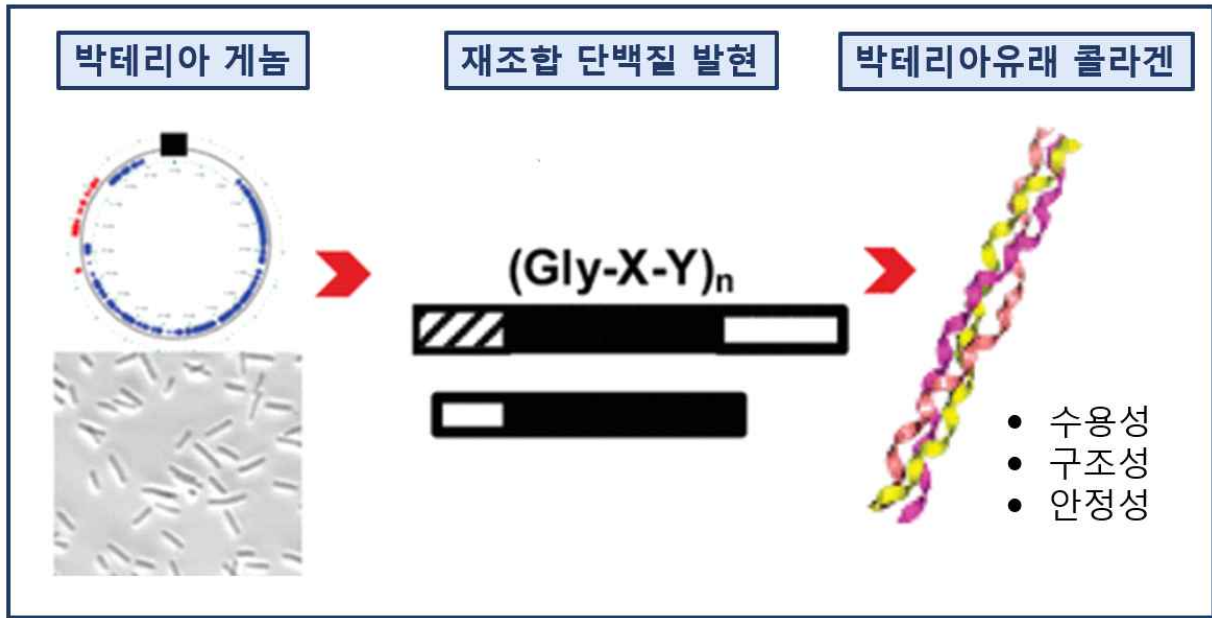


그림 14. 박테리아 유래 콜라겐 합성 및 특성

- 본 과제 1단계인 개념연구에서는 인간 유래 콜라겐과 미생물 유래 콜라겐을 둘 다 미생물로 생산하여, 바이오가죽용 지지체로 활용하고자 연구를 진행함.
- 이에, 두 가지 콜라겐을 생산하기 위해서, 아래 표와 같이 관련 유전자들을 대장균 코돈에 맞게 합성함.

표 1. 콜라겐 생합성을 위해 확보한 유전자들

No.	유전자	유래/유전자크기	기능
1	Human collagen	Human/795bp	Human collagen
2	Bacterial collagen	Paenibacillus sabuli	Bacterial collagen-like protein
3	Prolyl 4-hydroxylase	Acanthamoeba polyphaga mimivirus/669bp	proline hydroxylation
4	Lysyl hydroxylase	Acanthamoeba polyphaga mimivirus/654bp	lysine hydroxylation

- 확보된 유전들을 대장균에 발현할 수 있도록 pUC origin과 kanamycin resistance gene을 선별 마커로 사용하는 벡터에 삽입시킴 (아래 그림 15. 참조).
- 인간 유래 콜라겐 경우, 인간 유래 콜라겐 단백질, proline hydroxylation, 그리고 lysine hydroxylation 관련 유전자들을 오페론 구조로 하나의 프로모터에 발현 조절되도록 위치시킴.

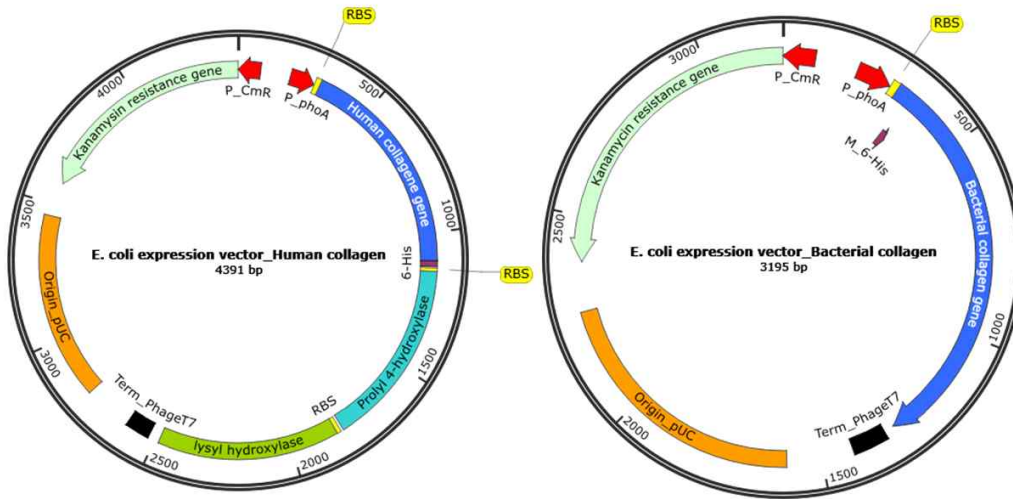


그림 15. 인간 및 박테리아 유래 콜라겐 발현을 위해 제조된 대장균 발현 벡터
(좌: 인간유래 콜라겐 발현 벡터, 우: 박테리아 유래 콜라겐 발현 벡터)

- 상기 각각의 발현벡터들로 형질전환된 E. coli BL21를 이용하여, 콜라겐 단백질이 생산되는지를 확인 작업을 진행중.
- 본 선행연구 단계에서부터는, 바이오가죽용으로 적합한 미생물기반으로 콜라겐 지지체를 아래 그림 16. 과 같이 개발 과정을 통해서 생산 및 제품화를 위한 연구를 진행하고자 함.



그림 16. 바이오가죽용 콜라겐 개발 과정

- 또한, 경제적으로 장점이 많은 미생물기반 콜라겐 단백질의 대량생산이 향후 바이오가죽의 경제성 확보에 미치는 영향이 크므로, 다양한 생물공정 파일럿 장비들을 보유하고, 생물공정전문연구센터인 한국생명공학연구원의 바이오상용화지원센터를 차기 심화연구 단계부터 공동연구개발기관으로 구성할 계획임.

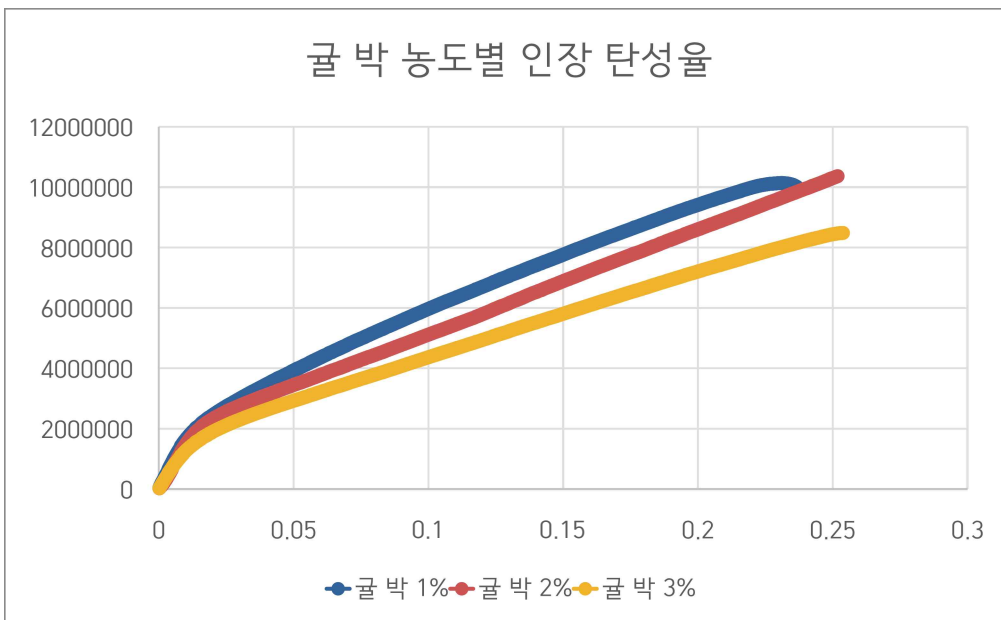
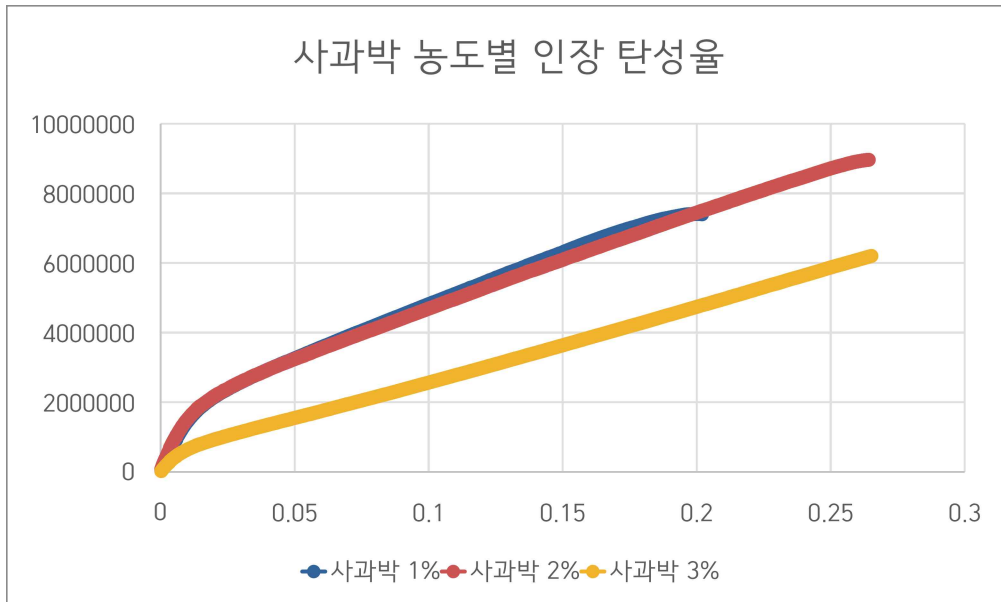


그림 17. 생물공정전문연구센터인 한국생명공학연구원 바이오상용화지원센터

(2) 정량적 연구개발성과 (해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽의 인장 강도 및 파단 연신율 평가 결과

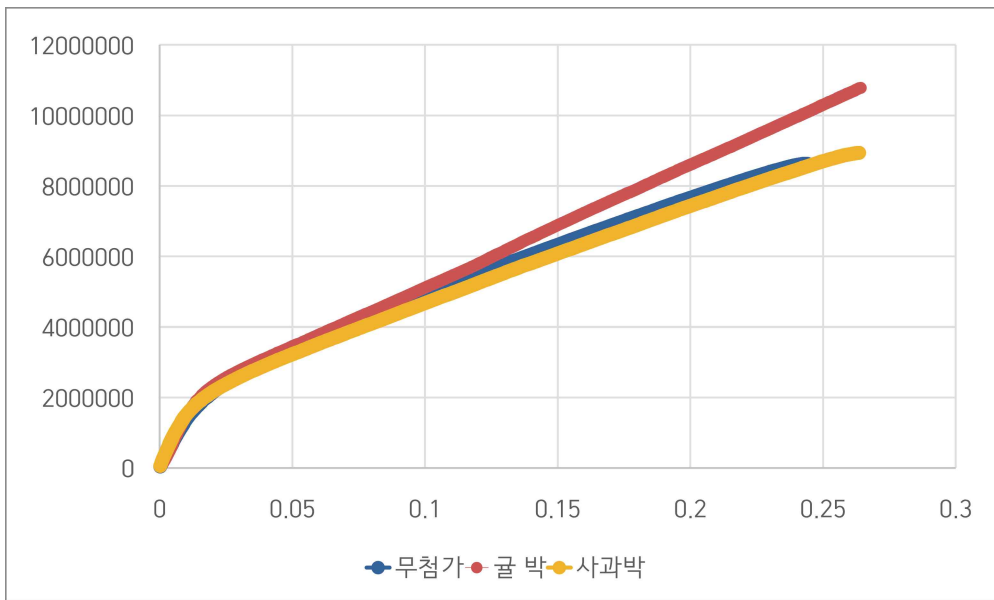
- 정성적 연구개발성과에서 언급한 대로, 가죽의 인장 강도 및 파단 연신율은 CT3 Texture analyzer로 측정하였으며, ISO-527을 기준으로 평가하였음.
- 최적의 사과박, 굴박 농도를 탐색하기 위해 2% 카파 카라기난 및 1% 알지네이트 가죽에 각각 1%, 2%, 3%의 분말을 첨가하여 인장 강도 및 파단 연신율을 측정하였으며, 결과는 다음과 같음.



(n=3)		1 %	2 %	3 %
사과박	인장 강도	7.4 (MPa)	8.9 (MPa)	6.2 (MPa)
	파단 연신율	20.0 (%)	26.4 (%)	26.5 (%)
굴 박	인장 강도	10.04 (MPa)	10.78 (MPa)	8.4(MPa)
	파단 연신율	23.6 (%)	25.1 (%)	25.3 (%)

그림 18, 표 2. 굴 박·사과박 농도별 인장 강도 및 파단 연신율

- 사과박의 경우 1% 샘플이 2%와 3%에 비교하였을 때 낮은 파단 연신율을 보였으며, 2%와 3% 샘플은 유사한 파단 연신율을 가짐.
- 굴박의 경우 1%, 2%, 3% 샘플 모두 유사한 파단 연신율을 보였음.
- 사과박과 굴박 모두 2%의 농도에서 높은 인장 강도를 보였으며, 3% 샘플에서는 2%와 유사한 파단 연신율을 보인 것과는 다르게 비교적 낮은 인장 강도가 관측되었음.
- 굴박과 사과박 모두 최적의 농도로 2%를 선정하였으며, 아무것도 첨가하지 않는 카파 카라기난 샘플과 비교한 인장 탄성을 평가 데이터는 아래와 같음.

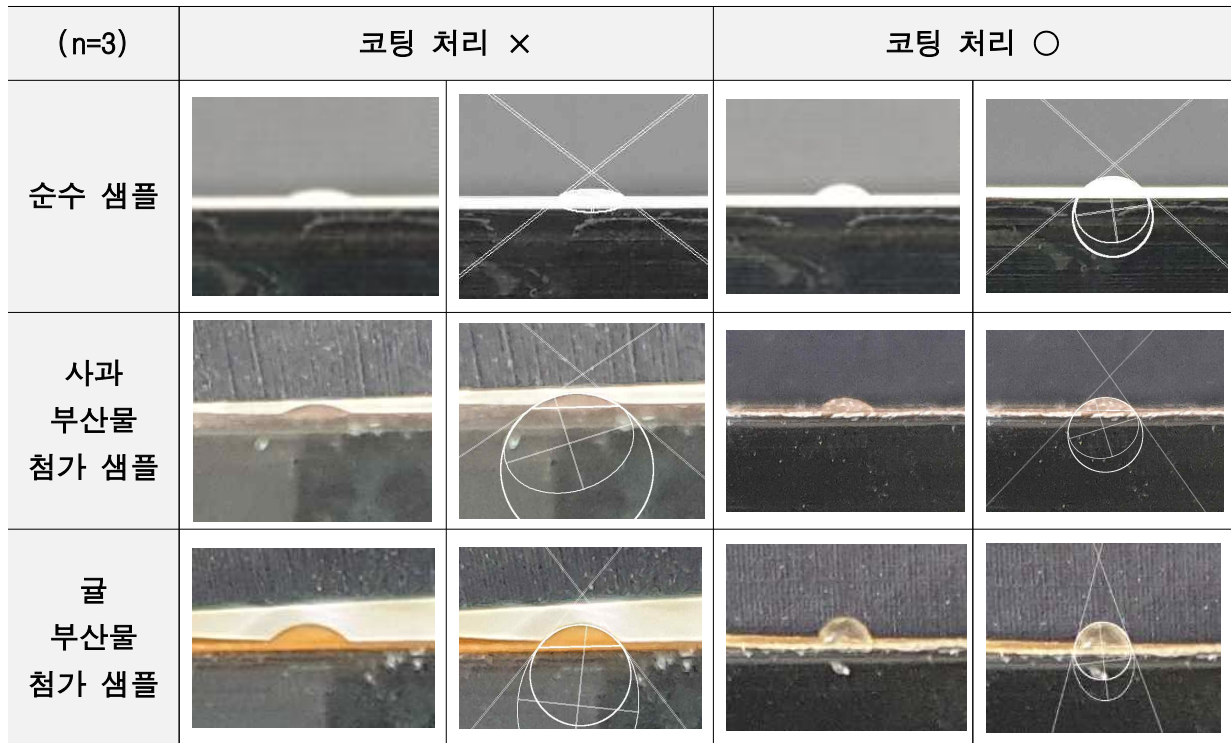


(n=3)	인장 강도	파단 연신율
순수 샘플	8.6Mpa	24.4%
사과 부산물 첨가 샘플	8.9Mpa	26.4%
굴 부산물 첨가 샘플	10.7Mpa	25.1%

그림 19, 표 3. 아무것도 첨가하지 않은 카파 카라기난 샘플과 2% 농도의 사과박·굴 박을 첨가한 샘플의 인장 탄성을 실험 결과 자료.

- 순수 샘플과 사과박·굴 박 첨가 샘플의 파단 연신율은 모두 25% 내외로 유사하게 측정되었으나, 인장 강도의 경우 굴박을 첨가한 샘플이 10.7 MPa로 제일 높음. (인장 강도 목표치: 2 MPa / 파단 연신율 목표치: 20%)

- 코팅된 사과박·굴박 바이오가죽의 내수성 평가는 물 접촉각 평가와 ISO-7771:1985에 의거한 치수 안정성 평가를 통해 진행하였음.
- 순수 샘플과 사과박 첨가 샘플, 굴박 첨가 샘플의 물 접촉각은 아래와 같음.



(n=3)	코팅 처리 X	코팅 처리 O
순수 샘플	36.2 °	61.8 °
사과 부산물 첨가 샘플	36.86 °	60.65 °
굴 부산물 첨가 샘플	56.2 °	80.2 °

그림 20, 표 4. 샘플 별 물 접촉각 평가 자료.

- 순수 샘플과 사과박 첨가 샘플의 경우 코팅 처리를 하지 않을 경우 약 36°의 물 접촉각이 관측되며, 코팅을 할 경우 60° 이상의 개선된 물 접촉각을 확인 가능함.
- 굴 박 첨가 샘플의 경우 코팅 전에도 56°의 물 접촉각을 보여주었으며, 코팅 후 80° 이상의 접촉각을 보여주어 목표치에 도달하였음을 알 수 있음. (물 접촉각 목표치: 80°)
- ISO-7771:1985에 의거한 치수 안정성 평가는 측정 지점 9개의 가로선 3개와 세로선 3개의 평균을 내어 건조 전과 건조 후의 길이 차이를 측정하였으며, 순수 샘플과 사과박 첨가 샘플, 굴 박 첨가 샘플의 치수 안정성 데이터는 아래와 같음.

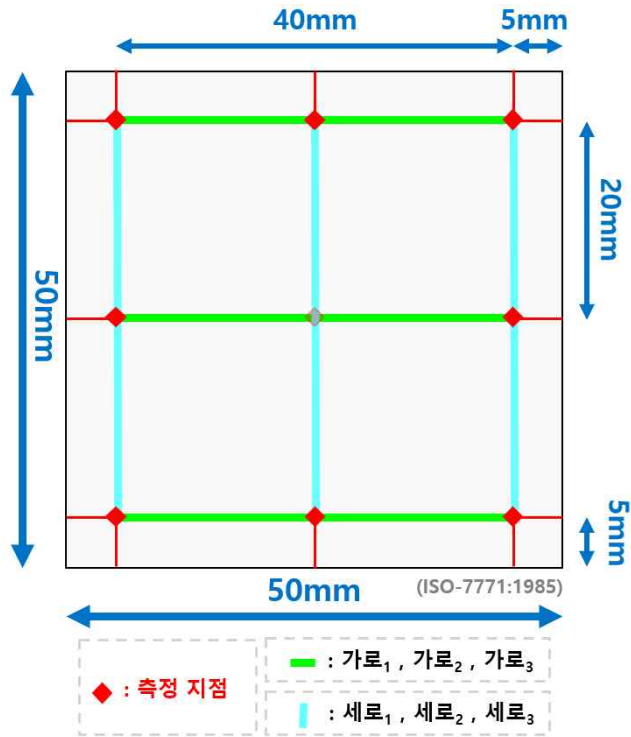


그림 21. 치수 안정성 평가의 가로선과 세로선(ISO-7771:1985)

치수 안정성 (n=3)		건조 전 길이 (mm)	건조 후 길이 (mm)	평균 (mm)	치수 안정성(%)
순수 샘플	가로 ₁	40	39	39.17	98.32 (%)
	가로 ₂		39		
	가로 ₃		39		
	세로 ₁	40	39		
	세로 ₂		40		
	세로 ₃		39		
사과 부산물 첨가 샘플	가로 ₁	40	38	38.33	96.6 (%)
	가로 ₂		38		
	가로 ₃		37		
	세로 ₁	40	40		
	세로 ₂		39		
	세로 ₃		38		
글 부산물 첨가 샘플	가로 ₁	40	39	38.17	96.32 (%)
	가로 ₂		38		
	가로 ₃		39		
	세로 ₁	40	38		
	세로 ₂		37		
	세로 ₃		38		

- 순수 샘플, 사과박 첨가 샘플, 글 박 첨가 샘플 모두 96% 이상의 치수 안정성이 측정되었음. (치수 안정성 목표치: 95% 이상)

- 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 제인 기반 바이오가죽용 지지체 기계적 성질 평가 (목표 : 밀도 1000 kg/m³ 이상, 인장 능력 2MPa 이상, 파단 연신율 20% 이상)

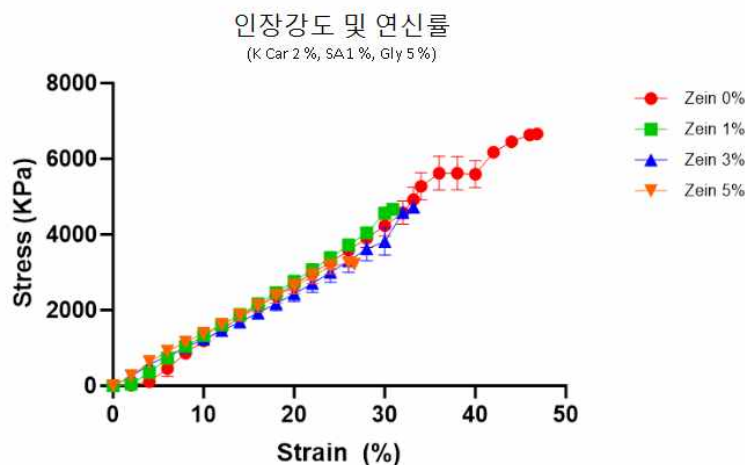
• 바이오 가죽용 샘플의 밀도는 다음과 같음.

Zein (n=3)	0 %	1 %	3 %	5 %
밀도	1343.29 ± 10.42 (kg/m ³)	1337.88 ± 13.92 (kg/m ³)	1333.33 ± 12.05 (kg/m ³)	1290.32 ± 26.29 (kg/m ³)

- Zein 0%의 밀도가 가장 높았고, Zein이 들어간 샘플의 경우 인장강도 및 파단연신률이 줄어들음.
- 그러나 샘플 간의 밀도차가 크지 않았으며, 가장 낮은 Zein 5% 가죽 샘플의 경우에도 초기 목표로 했던 밀도 1,000 kg/m³ 보다 높은 결과를 보임.
- 바이오 가죽용 샘플의 인장강도 및 파단연신률은 다음과 같음.

Zein (n=3)	0 %	1 %	3 %	5 %
인장 강도	6.02 ± 0.62 (MPa)	4.23 ± 0.25 (MPa)	3.96 ± 0.52 (MPa)	3.36 ± 0.12 (MPa)
파단 연신율	41.25 ± 3.89 (%)	29.48 ± 0.96 (%)	30.41 ± 1.6 (%)	25.83 ± 1 (%)

- Zein 0%의 인장강도 및 파단연신률 결과가 가장 높았고, Zein이 들어간 샘플의 경우 인장강도 및 파단연신률이 줄어들음.
- Zein 1%와 3%의 결과는 유사했으나, Zein 5%에서 다른 샘플들과 비교해 가장 낮은 인장강도 및 파단연신률을 보임.
- 그러나 Zein 5% 가죽 샘플의 경우에도 초기 목표로 했던 인장강도 2 MPa, 파단연신률 20% 보다 높아, 초기 대체 가죽 모델로써 인장강도 및 파단연신률이 부족하지 않다고 판단함.



K Car : Kappa carrageenan, SA : Sodium alginate, Gly : Glycerol

그림 22. 대체 가죽 (K Car 2%, SA 1%, Gly 5%, Zein 0, 1, 3, 5%) 인장강도 및 연신률.

○ 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 제인 기반 바이오가죽용 지지체 내수성 평가 (목표 : 물 접촉각 80° 이상, 치수안정성 90% 이상)

• 바이오 가죽용 샘플의 물 접촉각, 치수안정성, 용해도는 다음 그림과 같음.

Zein (n=3)	0 %	1 %	3 %	5 %
물 접촉각	36.3 ± 3 °	69.6 ± 2.2 °	79.7 ± 2.4 °	93.4 ± 1.3 °
치수안정성	91.9 ± 4 (%)	88.9 ± 0.4 (%)	88.3 ± 1.3 (%)	93.7 ± 1 (%)
용해도	63 ± 0.7 (%)	55 ± 0.2 (%)	45.4 ± 0.4 (%)	39.4 ± 0.4 (%)

- Zein 0%에서 물 접촉각이 가장 낮았고, Zein 함유량이 높을수록 물 접촉각이 증가함.
- 특히 Zein 5%에서 초기 목표 물 접촉각 80° 보다 높았을 뿐 아니라, 물 접촉각 90° 를 넘겨 소수성 접촉을 보임.
- 용해도 측면에서도 물 접촉각과 유사한 결과를 보임. Zein 함유량이 높을수록 용해도가 줄어듦.
- 그러나 기본적으로 대체 가죽에 함유된 글리세롤 때문에 30 % 이상의 용해도를 보임. 물에 취약한 가소제 (글리세롤)는 대안이 필요하다고 판단 됨.
- 치수안정성의 경우 Zein 0%와 Zein 5%에서 목표로 했던 치수안정성 90%를 달성함.
- 이를 통해 Zein이 대체 가죽에 사용될 때 물에 대한 저항성이 증가함을 알 수 있음.

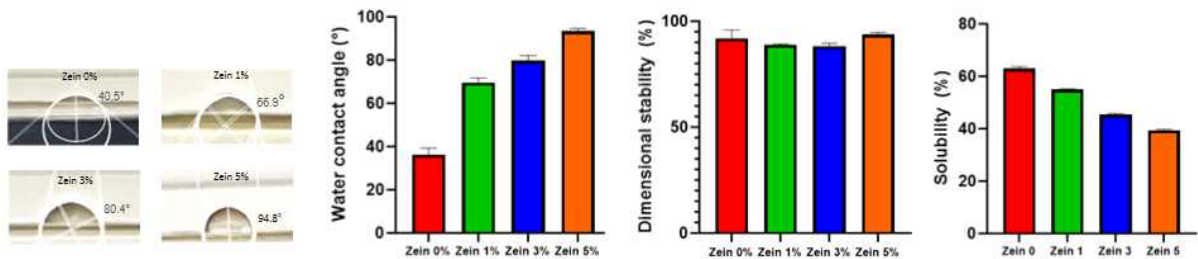


그림 23. 대체 가죽 (K Car 2%, SA 1%, Gly 5%, Zein 0, 1, 3, 5%) 내수성 평가 (물 접촉각, 치수안정성, 용해도).

○ 바이오가죽용 콜라겐 지지체 생산용 미생물 2종 개발 완료

- 인간유래 콜라겐 생산 균주 및 박테리아유래 콜라겐 생산 균주 미생물 2종 개발을 완료하였고 현재 콜라겐 생산 최적화 중임.

< 연구개발성과 성능지표 >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ² (%)	연구개발 목표치		연구개발 달성치		목표설정 근거
			1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1	밀도	kg/m ³	5	1,000		1337.88 ± 13.92	
2	인장강도	MPa	25	2		4.2 ± 0.25	
3	파단연신률	%	25	20		30.4 ± 1.6	
4	물접촉각	°	25	80		93.4 ± 1.3	
5	치수안정성	%	20	90		93.7 ± 1	

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

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

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

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

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

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명

기술 요약 정보

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

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

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

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		

○ 지식재산권 활용 유형

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

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

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

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

표준화

○ 국내표준

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

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

○ 국제표준

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

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

[경제적 성과]

시제품 제작

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

기술 실시(이전)

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

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

사업화 투자실적

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

사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

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

매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

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

고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			yyyy년	yyyy년	
합계					

고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력		
		생산인력		
	개발 후	연구인력		
		생산인력		

비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

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

산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

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

[사회적 성과]

법령 반영

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

정책활용 내용

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

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

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

전문 연구 인력 양성

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

산업 기술 인력 양성

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

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

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

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

○ 1명의 석사학위생을 과제기간 동안 배출 예정이었고 해당학생이 석박사 통합 과정으로 2023년도 2학기부터 전환을 하여 바이오가족 연구를 진행중임.

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

- 추가로 바이오가족의 상업화 고려시 경제성을 확보할 수 있는 방안을 모색하는 것이 매우 중요하다고 판단되어 미생물 정밀발효 기술 기반 생산비를 획기적으로 절감 가능한 플랫폼을 구성하여 현재까지 완성도 높게 진행중임 (미생물 균주 2종 개발 완료).
- 상업화와 관련하여서도 계획했던 것 보다 훨씬 빠른속도로 연구책임자가 설립한 바이오가족 스타트업에 대한 투자가 이루어져 연구진행과 더불어 상업화에 필요한 작업들이 단계적으로 꾸준히 진행중임.

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

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

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

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

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 국내농식품부산물 탐색, 원료 검증 및 배합비 연구	○ 국내농식품부산물 선정(사과박·귤박·옥수수 글루텐) 및 적정 배합비로 부산물 첨가 바이오가죽 제조 ○ 세포 배양 향상 목적 옥수수 글루텐 채택 및 적정 배합비로 바이오 가죽 제조 ○ 이외에도 다양한 국내농식품부산물 바이오 가죽의 특성 파악	○ 100%
○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 기계적 성질 평가 (목표 : 밀도 1000 kg/m ³ 이상, 인장 능력 2 MPa 이상, 파단 연신율 20% 이상)	○ 바이오가죽 제조 후 밀도, 인장 강도, 파단 연신률 평가 ○ 순수 샘플과 사과박·귤박 첨가 샘플의 파단 연신율은 모두 25% 내외로 유사하게 측정되었으나, 인장 강도의 경우 귤 박을 첨가한 샘플이 10.7 MPa로 제일 높음 ○ Zein 1, 3, 5% 모두 목표 밀도, 인장 강도, 파단 연신률 초과 달성 ○ Zein 1, 3, 5%의 최소·최대 밀도 1290.32 ± 26.29 - 1343.29 ± 10.42 kg/m ³ ○ Zein 1, 3, 5%의 최소·최대 인장 강도 3.22 - 4.72 MPa, 최소·최대 파단 연신률 24.28 - 33.19%	○ 100%
○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 내수성 평가 (목표 : 물 접촉각 80° 이상, 치수안정성 90% 이상)	○ 바이오가죽 제조 후 물 접촉각, 치수안정성 평가 ○ 귤 박 첨가 샘플의 경우 코팅 전에도 56°의 물 접촉각을 보여주었으며, 코팅 후 80° 이상의 접촉각을 보여주어 목표치에 도달하였음을 알 수 있음 ○ 순수 샘플, 사과박 첨가 샘플, 귤 박 첨가 샘플 모두 96% 이상의 치수 안정성이 측정되었음 ○ Zein 5% 물 접촉각 초과 달성 (93.4 ± 1.3°) ○ Zein 3% 물 접촉각 목표 근사치 달성 (79.7 ± 2.4°) ○ Zein 5% 치수안정성 목표 달성 (93.7 ± 1%)	○ 100%
○ 개발된 세포주를 활용한 국내농식품부산물 첨가 지지체 적용 배양 가능성 검토	○ 바이오가죽 제조 후 세포종식, 세포생존률 등 세포배양 능력을 평가 ○ 세포배양가능성을 판단하기 위한 실험에서 Zein 1%가 Zein 0%와 함께 가장 세포배양 적합성을 보임 ○ Live & Dead test에서 Zein 1, 3, 5% 모두 Dead cells 이 잘 관찰되지 않음. ○ WST-1 흡광도 측정 결과, 세포생존률 그래프에서 Zein 1, 3, 5% 모두 우상향 곡선을 그림.	○ 100%
○ 바이오가죽의 시장 진출 시 상업화 및 경제성 조사 (소비자 needs, 품질 및 내구성 확보 방안에 부합하는 맞춤형 소재 개발 전략 수립)	○ 소비자 니즈를 파악하고, 시장 진출 가능성을 평가하여 이에 맞는 상업화 전략 및 맞춤형 소재 개발 전략을 수립함. ○ 소비자 니즈를 파악하기 위해서 국가 및 기업의 모피 관련 움직임을 파악. ○ 천연가죽 대체재 수요가 증가하는 추세임을 검증하고자 시장 규모와 관련 스타트업을 조사. ○ 친환경 소재 및 동물 윤리 가치 보존과 부합하는 소비자 니즈를 충족시키기 위해 맞춤형 소재 개발 전략 수립.	○ 100%
○ 미생물기반 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 (추가로 목표 달성)	○ 미생물기반 바이오가죽용 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 ○ 바이오가죽용 콜라겐 지지체 생산용 미생물 2종 개발 완료 (인간유래 콜라겐 생산 균주 및 박테리아유래 콜라겐 생산 균주).	○ 100%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 개념연구 연구목표 및 연차별 연구내용과 과제 협약시 보완요구사항 조치내용에 따른 수정·보완 내용을 모두 초과 달성 하였음.
 - 이외에 추가로 바이오가족의 상업화 고려시 경제성을 확보할 수 있는 방안을 모색하는 것이 매우 중요하다고 판단되어 미생물 정밀발효 기술 기반 생산비를 획기적으로 절감 가능한 플랫폼을 구성하여 현재까지 완성도 높게 진행중임.
-

2) 자체 보완활동

- 개념연구 연구목표 및 연차별 연구내용과 과제 협약시 보완요구사항 조치내용에 따른 수정·보완 내용을 모두 초과 달성 하였음.
-

3) 연구개발 과정의 성실성

- 개념연구 연구목표 및 연차별 연구내용과 과제 협약시 보완요구사항 조치내용에 따른 수정·보완 내용을 모두 달성 하였고 여러 가지의 성능이 우수한 시제품이 개발되는 단계에 있음.
 - 1단계 목표 달성 후 2단계 목표인 바이오가족 소재의 세포배양 생장두께, 공극크기, 기계적 강도의 고도화를 진행중이며 개발된 세포주를 활용하여 지지체 적용된 바이오가족 원피 소재화 기술이 활발히 진행중임.
 - 추가 목표로 상업화를 위한 경제성을 고려한 정밀발효 기술을 활용하여 바이오가족의 생산비를 획기적으로 절감 가능한 플랫폼을 구성하여 현재까지 완성도 높게 진행중임.
 - 상업화와 관련하여서도 계획했던 것 보다 훨씬 빠른속도로 연구책임자가 설립한 바이오가족 스타트업에 대한 투자가 이루어져 연구진행과 더불어 상업화에 필요한 작업들이 단계적으로 꾸준히 진행중임.
-

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 동물을 희생시키지 않고 가족을 생산하는 방안이며 동시에 환경 및 윤리 문제를 해결할 수 있는 매력적인 기술임.
 - 가족 기술은 동물학대 및 환경문제 등에 의해 천연가족 → 합성가족 → 비건가족 → 바이오가족으로 기술 변화 중이며, 차세대 대체 소재인 바이오가족 상용화 기술이 개발되어 상용화된다면 피혁산업의 패러다임을 변화 시킬 수 있을 것임.
 - 콜라겐의 대부분은 동물(주로 소, 돼지) 유래의 피부, 연골조직에서 분리해 정제하는 방식으로 생산되고 있음. 이러한 동물 유래의 콜라겐의 사용은 인체에 동물 유래의 병원체를 감염시킬 수 있다는 안전상의 문제가 지속적으로 제기되고 있음. 이러한 동물 유래의 콜라겐 생산 한계에서 벗어나 미생물에서 재조합 콜라겐 생산은 병원체 감염 위험성 감소 및 경제성 있는 대량 생산이 가능함.
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 현재까지 국내외에 본격적으로 상용화된 바이오가죽 제품이 존재하지 않아 (모던메도우 및 비트로랩이 시범적으로 시제품을 소개) 독자적인 제품 개발을 통하여 바이오가죽 표준화 및 적합 시장 파악을 위한 분석자료 도출 가능.
- 바이오가죽 생산 기술이 상용화 되면 가죽의 규격화 및 공정자동화가 가능하여 피혁산업의 패러다임이 변할 수 있음.
- 배양육등을 포함하여 세포의 활용의 범위가 넓어지고 있음. 기존의 알려진 CHO세포를 이용한 바이오시밀러 생산만이 아닌 동물 세포를 활용한 산업의 영역을 확장할 수 있음.
- 미생물기반 콜라겐 및 세포 배양 배지용 성장인자들을 대량 생산하여, 바이오가죽의 경제성 향상을 향상시킬 계획. 또한, 생산된 콜라겐과 성장인자 단백질은 화장품이나 다른 제품에 활용 가능성 검토할 계획임.
- 미생물에서 재조합 콜라겐은 인위적인 유전자 변이가 가능하므로 다양한 바이오가죽 맞춤형 콜라겐 지지체 생산 가능.

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE	6	
	비SCIE		
	계	6	
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내	4	
	국외		
	계		
특허등록	국내	4	
	국외		
	계		
인력양성	학사		
	석사	8	
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발	2	
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보			
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

< 별첨 자료 >

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

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		RS-2023-00232550	
사업구분	농업분야 창의도전형 융복합모델 사업				
연구분야	그린바이오		과제구분	단위	
사업명	농업분야 창의도전형 융복합모델사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	식품부산물을 활용한 대체 바이오가죽 실용화기술 개발		과제유형	개발	
연구개발기관	건국대학교 산학협력단		연구책임자	배호재	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	23.4.1-23.9.30	50,000	10,500	60,500
	2차년도				
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계		50,000	10,500	60,500
참여기업	-				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2023.09.25

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
건국대학교	교수	배호재

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.

확약	배호재
----	-----

[별첨 1]

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

- 동물을 희생시키지 않고 가축을 생산하는 방안이며 동시에 환경 및 윤리 문제를 해결할 수 있는 매력적인 기술임.
- 가축 기술은 동물학대 및 환경문제 등에 의해 천연가축 → 합성가축 → 비건가축 → 바이오가축으로 기술 변화 중이며, 차세대 대체 소재인 바이오가축 상용화 기술이 개발되어 상용화 된다면 피혁산업의 패러다임을 변화 시킬 수 있을 것임.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 최신 생명공학기술의 융합과 식량부족 및 환경문제를 해결하기 위한 혁신기술 발전을 통해 기존의 농·식품 산업은 향상된 대량재배 및 대량생산 등의 새로운 국면을 맞이하고 있음.
- 친환경 소재 및 동물 윤리 가치 보존과 부합하는 소비자 니즈를 충족시키기 위해 맞춤형 소재 개발 전략을 수립.
- 값싼 해양 다당류 기반 천연소재를 활용하여 단가를 절감하고, 자연 분해가 되는 천연소재 활용으로 폐기물 걱정이 없는 친환경 가축 제조.
- 동물 도살 없이 실험실 내에서 세포를 배양하여 동물 윤리 가치를 보존하고, 천연가축과 유사한 특성을 가지는 바이오가축 제조 기술을 개발함.

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 현재까지 국내외에 본격적으로 상용화된 바이오가축 제품이 존재하지 않아 (모던메도우 및 비트로랩이 시범적으로 시제품을 소개) 독자적인 제품 개발을 통하여 바이오가축 표준화 및 적합 시장 파악을 위한 분석자료 도출 가능. 바이오가축 생산 기술이 상용화 되면 가축의 규격화 및 공정자동화가 가능하여 피혁산업의 패러다임이 변할 수 있음.
- 배양육등을 포함하여 세포의 활용의 범위가 넓어지고 있음. 기존의 알려진 CHO세포를 이용한 바이오시밀러 생산만이 아닌 동물 세포를 활용한 산업의 영역을 확장할 수 있음.
- 미생물기반 콜라겐 및 세포 배양 배지용 성장인자들을 대량 생산하여, 바이오가축의 경제성 향상을 향상시킬 계획. 또한, 생산된 콜라겐과 성장인자 단백질은 화장품이나 다른 제품에 활용 가능성 검토할 계획임.

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 개념연구 연구목표 및 연차별 연구내용과 과제 협약시 보완요구사항 조치내용에 따른 수정·보완 내용을 모두 달성 하였고 여러 가지의 성능이 우수한 시제품이 개발되는 단계에 있음.
- 1단계 목표 달성 후 2단계 목표인 바이오가죽 소재의 세포배양 생장두께, 공극크기, 기계적 강도의 고도화를 진행중이며 개발된 세포주를 활용하여 지지체 적용된 바이오가죽 원피 소재화 기술이 활발히 진행중임.
- 추가 목표로 상업화를 위한 경제성을 고려한 정밀발효 기술을 활용하여 바이오가죽의 생산비를 획기적으로 절감 가능한 플랫폼을 구성하여 현재까지 완성도 높게 진행중임.
- 상업화와 관련하여서도 계획했던 것 보다 훨씬 빠른속도로 연구책임자가 설립한 바이오가죽 스타트업에 대한 투자가 이루어져 연구진행과 더불어 상업화에 필요한 작업들이 단계적으로 꾸준히 진행중임.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

- 개념연구 단계에서는 논문, 지적소유권, 발표회 개최등의 공개발표 목표치를 두지 않았음. 현재 논문 2편 및 지적소유권 2건을 준비중에 있으며 2단계 기간 중에 논문 발표 및 특허 출원이 이루어질 예정임.

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
○ 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 국내농식품부산물 탐색, 원료 검증 및 배합비 연구	20	100	○ 국내농식품부산물 선정(사과박·귤박·옥수수 글루텐) 및 적정 배합비로 부산물 첨가 바이오가죽 제조 ○ 세포 배양 향상 목적 옥수수 글루텐 채택 및 적정 배합비로 바이오 가죽 제조 ○ 이외에도 다양한 국내농식품부산물 바이오 가죽의 특성 파악
○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 기계적 성질 평가 (목표 : 밀도 1000 kg/m ³ 이상, 인장 능력 2 MPa 이상, 파단 연신율 20% 이상)	25	100	○ 바이오가죽 제조 후 밀도, 인장 강도, 파단 연신률 평가 ○ 순수 샘플과 사과박·귤박 첨가 샘플의 파단 연신율은 모두 25% 내외로 유사하게 측정되었으나, 인장 강도의 경우 귤 박을 첨가한 샘플이 10.7 MPa로 제일 높음 ○ Zein 1, 3, 5% 모두 목표 밀도, 인장 강도, 파단 연신률 초과 달성 ○ Zein 1, 3, 5%의 최소·최대 밀도 1290.32 ± 26.29 - 1343.29 ± 10.42 kg/m ³ . ○ Zein 1, 3, 5%의 최소·최대 인장 강도 3.22 - 4.72 MPa, 최소·최대 파단 연신률 24.28 - 33.19%
○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 내수성 평가 (목표 : 물 접촉각 80° 이상, 치수안정성 90% 이상)	20	100	○ 바이오가죽 제조 후 물 접촉각, 치수안정성 평가 ○ 귤박 첨가 샘플의 경우 코팅 전에도 56°의 물 접촉각을 보여주었으며, 코팅 후 80° 이상의 접촉각을 보여주어 목표치에 도달하였음을 알 수 있음 ○ 순수 샘플, 사과박 첨가 샘플, 귤박 첨가 샘플 모두 96% 이상의 치수 안정성이 측정되었음 ○ Zein 5% 물 접촉각 초과 달성 (93.4 ± 1.3°) ○ Zein 3% 물 접촉각 목표 근사치 달성 (79.7 ± 2.4°) ○ Zein 5% 치수안정성 목표 달성 (93.7 ± 1%)
○ 개발된 세포주를 활용한 국내농식품부산물 첨가 지지체 적용 배양 가능성 검토	20	100	○ 바이오가죽 제조 후 세포증식, 세포 생존률 등 세포배양능력을 평가 ○ 세포배양 가능성을 판단하기 위한 실험에서 Zein 1%가 Zein 0%와 함께 가

			<p>장 세포배양 적합성을 보임</p> <p>○ Live & Dead test에서 Zein 1, 3, 5 % 모두 Dead cells이 잘 관찰되지 않음.</p> <p>○ WST-1 흡광도 측정 결과, 세포생존률 그래프에서 Zein 1, 3, 5 % 모두 우상향 곡선을 그림.</p>
○ 바이오가족의 시장 진출 시 상업화 및 경제성 조사 (소비자 needs, 품질 및 내구성 확보 방안에 부합하는 맞춤형 소재 개발 전략 수립)	15	100	<p>○ 소비자 니즈를 파악하고, 시장 진출 가능성을 평가하여 이에 맞는 상업화 전략 및 맞춤형 소재 개발 전략을 수립함.</p> <p>○ 소비자 니즈를 파악하기 위해서 국가 및 기업의 모피 관련 움직임을 파악.</p> <p>○ 천연가족 대체재 수요가 증가하는 추세임을 검증하고자 시장 규모와 관련 스타트업을 조사.</p> <p>○ 친환경 소재 및 동물 윤리 가치 보존과 부합하는 소비자 니즈를 충족시키기 위해 맞춤형 소재 개발 전략 수립.</p>
○ 미생물기반 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 (추가로 목표 달성)	-	-	<p>○ 미생물기반 바이오가족용 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립</p> <p>○ 바이오가족용 콜라겐 지지체 생산용 미생물 2종 개발 완료 (인간유래 콜라겐 생산 균주 및 박테리아유래 콜라겐 생산 균주).</p>
합계	100	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

○ 연구목표 달성도 표에서와 같이 23년도 초 연구계획 수립시 세웠던 목표들을 모두 달성 하였음. 평가 당시 국내농식품부산물을 적극 활용했으면 좋겠다는 코멘트에 따라 다양한 국내농식품 부산물 바이오 가족의 특성 파악을 진행하였고 최종적으로 사과박, 귤박 및 옥수수 글루텐을 선택하였음. 국내농식품부산물인 사과박 및 귤박은 현재 가족의 사료 외에 사용처가 마땅히 없는 부산물이고 셀룰로오스 함량이 높기 때문에 바이오가족 지지체의 기계적 성질 개선에 큰 역할을 하는 것을 확인하였음. 제작된 국내농식품부산물기반 바이오가족용 지지체들은 목표하였던 성능 수치들을 모두 상회하였고 다음 단계 성능 수치 목표들을 이루기에 문제가 없을 것이라고 판단됨.

○ 국내농식품부산물로 선정한 또 다른 소재인 옥수수 글루텐에서 추출한 제인은 생분해성, 생체적합성, 항균 활성등의 장점 외에도 세포 부착 및 증식에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인이 되어서 바이오가족제작에 매우 활용성이 높음을 실험을 통하여 확인하였음.

○ 연구 초기에는 바이오가족의 제품화와 관련하여 경제성을 고려한 생산 공정 연구개발을 2단계에서 진행을 목표로 하였으나 동물세포 배양시 우려되는 고가의 관련 소재들에 대한 대비책 마련이 시급하다고 판단되어 추가 목표를 설정하여 한국생명공학연구원의 동물세포 및 미생물 생물공정팀과 공동연구를 시작하게됨. 정밀발효 기술을 활용하여 동물세포 외에 미생물을 활용하여 바이오가족에 적용할 수 있는 기술을 한국생명공학연구원팀과 개발중에 있고 현재 까지 완성도 높게 진행중임. 본 기술이 완성되면 바이오가족의 생산비를 획기적으로 절감할 수 있을 것으로 사료됨.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

○ 개념연구 연구목표 및 연차별 연구내용과 과제 협약시 보완요구사항 조치내용에 따른 수정·보완 내용을 모두 달성 하였고 여러 가지의 성능이 우수한 시제품이 개발되는 단계에 있음.

○ 1단계 목표 달성 후 2단계 목표인 바이오가족 소재의 세포배양 성장두께, 공극크기, 기계적 강도의 고도화를 진행중이며 개발된 세포주를 활용하여 지지체 적용된 바이오가족 원피 소재화 기술이 활발히 진행중임.

○ 추가 목표로 상업화를 위한 경제성을 고려한 정밀발효 기술을 활용하여 바이오가족의 생산비를 획기적으로 절감 가능한 플랫폼을 구성하여 현재까지 완성도 높게 진행중임.

○ 상업화와 관련하여서도 계획했던 것 보다 훨씬 빠른속도로 연구책임자가 설립한 바이오가족 스타트업에 대한 투자가 이루어져 연구진행과 더불어 상업화에 필요한 작업들이 단계적으로 꾸준히 진행중임.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

○ 현재까지 국내외에 본격적으로 상용화된 바이오가족 제품이 존재하지 않아 (모던메도우 및 비트로랩이 시범적으로 시제품을 소개) 독자적인 제품 개발을 통하여 바이오가족 표준화 및 적합 시장 파악을 위한 분석자료 도출 가능. 바이오가족 생산 기술이 상용화 되면 가족의 규격화 및 공정자동화가 가능하여 피혁산업의 패러다임이 변할 수 있음.

- 배양육등을 포함하여 세포의 활용의 범위가 넓어지고 있음. 기존의 알려진 CHO세포를 이용한 바이오시밀러 생산만이 아닌 동물 세포를 활용한 산업의 영역을 확장할 수 있음.
- 미생물기반 콜라겐 및 세포 배양 배지용 성장인자들을 대량 생산하여, 바이오가족의 경제성 향상을 향상시킬 계획. 또한, 생산된 콜라겐과 성장인자 단백질은 화장품이나 다른 제품에 활용 가능성 검토할 계획임.

[별첨 1]

IV. 보안성 검토

해당사항 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

해당사항 없음

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

해당사항 없음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제	분 야	그린바이오	
연구과제명	식품부산물을 활용한 대체 바이오가죽 실용화기술 개발			
주관연구개발기관	건국대학교 산학협력단	주관연구책임자	배 호 재	
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	50,000,000원	10,500,000원		60,5000,000원
연구개발기간	2023.04.01. - 2023.09.30. (6 개월)			
주요활용유형	<input checked="" type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:	<input type="checkbox"/> 교육 및 지도	<input type="checkbox"/> 정책자료	<input type="checkbox"/> 기타() ()

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
○ 지지체의 성능 향상 및 세포 배양에 적합한 국내농식품 부산물 탐색, 원료 검증 및 배합비 연구	○ 국내농식품부산물 선정(사과박·귤박·옥수수 글루텐) 및 적정 배합비로 부산물 첨가 바이오가죽 제조 ○ 세포 배양 향상 목적 옥수수 글루텐 채택 및 적정 배합비로 바이오 가죽 제조 ○ 이외에도 다양한 국내농식품부산물 바이오 가죽의 특성 파악
○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 기계적 성질 평가 (목표 : 밀도 1000 kg/m ³ 이상, 인장 능력 2 MPa 이상, 파단 연신율 20% 이상)	바이오가죽 제조 후 밀도, 인장 강도, 파단 연신률 평가 ○ 순수 샘플과 사과박·귤박 첨가 샘플의 파단 연신율은 모두 25% 내외로 유사하게 측정되었으나, 인장 강도의 경우 귤 박을 첨가한 샘플이 10.7 MPa로 제일 높음 ○ Zein 1, 3, 5% 모두 목표 인장 강도, 파단 연신률 초과 달성 ○ Zein 1, 3, 5%의 최소·최대 밀도 1290.32 ± 26.29 - 1343.29 ± 10.42 kg/m ³ , 최소·최대 인장 강도 3.22 - 4.72 MPa, 최소·최대 파단 연신률 24.28 - 33.19%
○ 국내농식품부산물 활용 바이오가죽용 지지체 내수성 평가 (목표 : 물 접촉각 80° 이상, 치수안정성 90% 이상)	○ 바이오가죽 제조 후 물 접촉각, 치수안정성 평가 ○ 귤 박 첨가 샘플의 경우 코팅 전에도 56°의 물 접촉각을 보여주었으며, 코팅 후 80° 이상의 접촉각을 보여주어 목표치에 도달하였음을 알 수 있음 ○ 순수 샘플, 사과박 첨가 샘플, 귤 박 첨가 샘플 모두 96% 이상의 치수 안정성이 측정되었음 ○ Zein 5% 물 접촉각 초과 달성 (93.4 ± 1.3°) ○ Zein 3% 물 접촉각 목표 근사치 달성 (79.7 ± 2.4°) ○ Zein 5% 치수안정성 목표 달성 (93.7 ± 1%)
○ 개발된 세포주를 활용한 국내농식품부산물 첨가 지지체 적용 배양 가능성 검토	○ 바이오가죽 제조 후 세포종식, 세포생존률 등 세포배양 능력을 평가 ○ 세포배양가능성을 판단하기 위한 실험에서 Zein 1%가 Zein 0%와 함께 가장 세포배양 적합성을 보임

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Live & Dead test에서 Zein 1, 3, 5 % 모두 Dead cells 이 잘 관찰되지 않음. ○ WST-1 흡광도 측정 결과, 세포생존률 그래프에서 Zein 1, 3, 5 % 모두 우상향 곡선을 그림.
<ul style="list-style-type: none"> ○ 바이오가족의 시장 진출 시 상업화 및 경제성 조사 (소비자 needs, 품질 및 내구성 확보 방안)에 부합하는 맞춤형 소재 개발 전략 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 소비자 니즈를 파악하고, 시장 진출 가능성을 평가하여 이에 맞는 상업화 전략 및 맞춤형 소재 개발 전략을 수립함. ○ 소비자 니즈를 파악하기 위해서 국가 및 기업의 모피 관련 움직임을 파악. ○ 천연가족 대체재 수요가 증가하는 추세임을 검증하고 자 시장 규모와 관련 스타트업을 조사. ○ 친환경 소재 및 동물 윤리 가치 보존과 부합하는 소비자 니즈를 충족시키기 위해 맞춤형 소재 개발 전략 수립.
<ul style="list-style-type: none"> ○ 미생물기반 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 (추가로 목표 달성) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 미생물기반 바이오가족용 콜라겐 지지체 생산 기술 개발 전략 수립 ○ 바이오가족용 콜라겐 지지체 생산용 미생물 2종 개발 완료 (인간유래 콜라겐 생산 균주 및 박테리아유래 콜라겐 생산 균주).

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타 연구활동등)	
	특허출원	특허등록	품종등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문 SCI	논문 비SCI			논문 평균 I F	학술발표		정책 활용
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건		건	명	건	건		
가중치	20	20					20							20		20				
최종 목표																				
당해 년도	목표	0	0				0							0		1				
	실적	0	0				0							0		1				
달성률 (%)	100	100				100								100		100				

[별첨 2]

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	해조류 추출물 및 천연소재 활용 바이오 가족 제조
②	Digital-light-processing (DLP) 3D 바이오프린팅 플랫폼 활용 다공성 공극 형태 지지체 개발 및 세포배양 최적화
③	천연소재 코팅을 통한 표면처리

5. 연구결과별 기술적 수준

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

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	대체 가죽의 새로운 소재로 기존 가죽의 문제 (환경 · 윤리 등)를 해결하는 가죽 신제품 개발
②의 기술	실제 피부 구조체 모사를 통해, 현재 기술로 불가능한 의류 소재 모방 (동물 모피, 파충류 피부 등)
③의 기술	가죽의 코팅 대체제로 기존 가죽 마감제의 문제 (산업 근로자의 독성 물질 접촉 · 환경 오염) 해결

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출		투자유치	논문 SCI	비SCI			논문평균 I F	학술 발표	
단위	건	건	건	평년건수	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	20	20					20							20		20			
최종목표	4	4					2					2		5		3			
연구기간내 달성실적																1			
연구종료후 성과창출 계획	4	4					2					2		5		1			

주 의

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