

RS-2023
-321079

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
2025축산현안대응산업화기술개발사업 2023년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004585-01

동애등에
등 곤충을
활용한
고단백질
사료개발

동애등에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발

2024

2024.05.31.

주관연구기관 / 제주대학교
공동연구기관 / 한국식품연구원
충북대학교
(주)체리부로

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “동애등에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발”(개발기간 : 2021. 04.01. ~ 2023. 12. 31)과제의 최종보고서로 제출합니다.

납본일자 2024.05.10

주관연구기관명	: 제주대학교산학협력단	(대표자) 강철웅 (인)
공동연구기관명	: 한국식품연구원	(대표자) 백영화 (인)
공동연구기관명	: 충북대학교산학협력단	(대표자) 조영철 (인)
공동연구기관명	: ㈜체리부로	(대표자) 김인식 (인)
위탁연구기관명	: 인성산업	(대표자) 김태원 (인)
참여기관명	: ㈜계우스	(대표자) 김한상 (인)
참여기관명	: 영농조합법인 탐라인	(대표자) 고덕훈 (인)

주관연구책임자 : 천지연
공동연구책임자 : 최윤상, 조진호, 이병곤
위탁연구책임자 : 김태원
참여기관책임자 : 김한상, 고덕훈

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

최종보고서						보안등급					
						일반[✓], 보안[]					
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명	2025축산현안대응산업 화기술개발					
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)	가축생산 효율성 증진						
공고번호	농축2021-78호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)	-						
				연구개발과제번호	321079-3						
기술 분류	국가과학기술 표준분류	동물사료/조사료 LB0606	100%	농림수산식품 LB	0%	동물자원과학 LB06	0%				
	농림식품과학기술분류	축산물 고품질 안전생산 기술	100%	생산가공 AB	0%	축산물 생산	0%				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문	-									
	영문	-									
연구개발과제명	국문	동애동에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발									
	영문	Development of production technology for animal substitute materials derived from insect protein hydrolysates									
주관연구개발기관	기관명	제주대학교		사업자등록번호	616-82-16375						
	주소	(63243)제주특별자치도 제주시 제주대학교로 102		법인등록번호	220171-0003205						
연구책임자	성명	천지연		직위	부교수						
	연락처	직장전화		휴대전화							
		전자우편		국가연구자번호							
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)									
	단계 (해당 시 작성)	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)								
		2단계	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31(1년)								
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담		그 외 기관 등의 지원금				합계	연구개발비 외 지원금		
		연구개발비	연구개발비	지방자치단체		기타(참여)					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	1,100,000	1,835	45,061			1,070	27,958	1,102,905	74,087	1,175,922	
1단계	1년차	300,000	0	10,200			0	7,650	300,000	17,850	317,850
	2년차	400,000	0	18,348			0	10,688	400,000	29,036	429,036
2단계	1년차	400,000	1,835	16,513			1,070	9,620	402,905	26,133	429,038
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고					
						역할	기관유형				
공동연구개발기관	한국식품연구원	최윤상	선임연구원			공동	연구소				
	충북대학교	조진호	부교수			공동	대학				
위탁연구개발기관	㈜체리부로	이병근	이사			공동	기업				
	㈜인성산업	김태원	대표			위탁	기업				
연구개발기관 외 기관	㈜제우스	김한상	대표			(단순) 참여	기업				
	영농조합법인탐라인	고덕훈	대표			(단순) 참여	기업				
연구개발담당자 실무담당자	성명	현지용		직위							
	연락처	직장전화		휴대전화							
		전자우편		국가연구자번호							

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

2024년 5월 10일

연구책임자: 천지연



주관연구개발기관의 장 : 제주대학교 산학협력단장 강철웅



공동연구개발기관의 장 : 한국식품연구원장 백 형 희

공동연구개발기관의 장 : 충북대학교 산학협력단장 조 영 철 (직인)

공동연구개발기관의 장 : ㈜체리부로 대표 김 인 식 (직인)

위탁연구개발기관의 장 : 인성산업 대표 김 태 원 (직인)

참여기업의 장 : 주식회사 제우스 대표 김 한 상 (직인)

참여기업의 장 : 영농조합법인 탐라인 대표 고 덕 훈 (직인)



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

사업명	2025축산현안대응산업화기술 개발			총괄연구개발 식별번호 호 (해당 시 작성)	-										
내역사업명 (해당 시 작성)	가축생산 효율성 증진			연구개발과제번호	321079-3										
기술분류	국가과학기술 표준분류	동물사료/조사료 LB0606	100 %	농림수산식품 LB	%	동물자원과학 LB06	%								
	농림식품 과학기술분류	축산물 고품질 안전생산기술	100 %	생산가공	%	축산물 생산	%								
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	-														
연구개발과제명	동애등에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발														
전체 연구개발기간	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31(2년 9개월)														
총 연구개발비	총 1,175,924 천원 (정부지원연구개발비: 1,100,000 천원, 기관부담연구개발비: 46,896천원, 단순참여기업부담금: 29,028천원)														
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 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	최종 목표		<ul style="list-style-type: none"> 수입되는 동물성 단백질 사료 대체를 위한 국산 곤충소재에 대한 탐색 및 가공기술 개발을 통한 가격경쟁력 강화 곤충단백질을 이용한 사료 개발을 위한 플랫폼 구축하고 이를 민간, 산업체, 기관에 보급하여 동반성장과 부가가치 창출에 기여 												
	전체 내용		동애등에 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발												
	1단계		목표	<ul style="list-style-type: none"> 국내 자급이 가능한 곤충단백질 소재 탐색 및 사료원료 개발 곤충단백질을 활용한 고단백질 사료 대체 원료 가공방법 연구 동물 사료 내 곤충 가수분해물 급여수준별 생산성 및 대사생리 변화 구명 곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료 대량생산화 및 상품화 전략 											
			내용	주관	<p>1년차-2021</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">국내 곤충 품질특성 스크리닝 및 선정 곤충 품질 관찰</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 곤충 1종의 생육시기에 따른 품질 관찰 국내 사육 곤충들의 수급량 조사 및 특성 스크리닝 위탁기관 건조연구 협업 </td> </tr> <tr> <td>곤충단백질의 기능성 검증 및 평가</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 곤충 단백질 추출 공정 개발 곤충 추출물의 전처리 기술 개발 곤충 추출물의 최적 추출 조건 확립 사료적합도 평가를 위한 성장조절(IGF-1) 기능 검증 </td> </tr> <tr> <td>젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충원료로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 기존 곤충 원료 대비 곤충가수분해물, 수준별 생산성, 영양소 소화율 및 혈액 특성 변화 구명 높은 가격의 수입 동물성 단백질 원료 대체 비율 통한 원료 국산화 대사실험: 정밀 소화를 분석을 통한 자돈 체내 대사 생리 변화 구명 사양실험: 학교 및 농장 규모에서 생산성 구명 곤충 가수분해물 수준별 대체를 통해 그 분석하여 아래의 세부 연구 목표 달성 </td> </tr> <tr> <td>곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관) 이유자돈 사료 내 곤충유래 가수분해물을 첨가수 첨가한 사료 배합 및 공급(충북대와 협업) 갓난돼지 사료 내 곤충유래 원료 급여시 생산성 대사 생리변화 탐색 </td> </tr> </table>			국내 곤충 품질특성 스크리닝 및 선정 곤충 품질 관찰	<ul style="list-style-type: none"> 곤충 1종의 생육시기에 따른 품질 관찰 국내 사육 곤충들의 수급량 조사 및 특성 스크리닝 위탁기관 건조연구 협업 	곤충단백질의 기능성 검증 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> 곤충 단백질 추출 공정 개발 곤충 추출물의 전처리 기술 개발 곤충 추출물의 최적 추출 조건 확립 사료적합도 평가를 위한 성장조절(IGF-1) 기능 검증 	젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충원료로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색	<ul style="list-style-type: none"> 기존 곤충 원료 대비 곤충가수분해물, 수준별 생산성, 영양소 소화율 및 혈액 특성 변화 구명 높은 가격의 수입 동물성 단백질 원료 대체 비율 통한 원료 국산화 대사실험: 정밀 소화를 분석을 통한 자돈 체내 대사 생리 변화 구명 사양실험: 학교 및 농장 규모에서 생산성 구명 곤충 가수분해물 수준별 대체를 통해 그 분석하여 아래의 세부 연구 목표 달성 	곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립	<ul style="list-style-type: none"> 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관) 이유자돈 사료 내 곤충유래 가수분해물을 첨가수 첨가한 사료 배합 및 공급(충북대와 협업) 갓난돼지 사료 내 곤충유래 원료 급여시 생산성 대사 생리변화 탐색
	국내 곤충 품질특성 스크리닝 및 선정 곤충 품질 관찰	<ul style="list-style-type: none"> 곤충 1종의 생육시기에 따른 품질 관찰 국내 사육 곤충들의 수급량 조사 및 특성 스크리닝 위탁기관 건조연구 협업 													
곤충단백질의 기능성 검증 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> 곤충 단백질 추출 공정 개발 곤충 추출물의 전처리 기술 개발 곤충 추출물의 최적 추출 조건 확립 사료적합도 평가를 위한 성장조절(IGF-1) 기능 검증 														
젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충원료로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색	<ul style="list-style-type: none"> 기존 곤충 원료 대비 곤충가수분해물, 수준별 생산성, 영양소 소화율 및 혈액 특성 변화 구명 높은 가격의 수입 동물성 단백질 원료 대체 비율 통한 원료 국산화 대사실험: 정밀 소화를 분석을 통한 자돈 체내 대사 생리 변화 구명 사양실험: 학교 및 농장 규모에서 생산성 구명 곤충 가수분해물 수준별 대체를 통해 그 분석하여 아래의 세부 연구 목표 달성 														
곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립	<ul style="list-style-type: none"> 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관) 이유자돈 사료 내 곤충유래 가수분해물을 첨가수 첨가한 사료 배합 및 공급(충북대와 협업) 갓난돼지 사료 내 곤충유래 원료 급여시 생산성 대사 생리변화 탐색 														
		내용	공통 1	<ul style="list-style-type: none"> 곤충 단백질 추출 공정 개발 곤충 추출물의 전처리 기술 개발 곤충 추출물의 최적 추출 조건 확립 사료적합도 평가를 위한 성장조절(IGF-1) 기능 검증 											
		내용	공통 2	<ul style="list-style-type: none"> 기존 곤충 원료 대비 곤충가수분해물, 수준별 생산성, 영양소 소화율 및 혈액 특성 변화 구명 높은 가격의 수입 동물성 단백질 원료 대체 비율 통한 원료 국산화 대사실험: 정밀 소화를 분석을 통한 자돈 체내 대사 생리 변화 구명 사양실험: 학교 및 농장 규모에서 생산성 구명 곤충 가수분해물 수준별 대체를 통해 그 분석하여 아래의 세부 연구 목표 달성 											
		내용	공통 3	<ul style="list-style-type: none"> 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관) 이유자돈 사료 내 곤충유래 가수분해물을 첨가수 첨가한 사료 배합 및 공급(충북대와 협업) 갓난돼지 사료 내 곤충유래 원료 급여시 생산성 대사 생리변화 탐색 											

			2년차-2022	
			주 관 곤충단백질 등 동물성 고단백질 사료원료의 사료가치평가	<ul style="list-style-type: none"> ● 1종 곤충의 건조방법에 따른 품질 관찰 ● 급여방법에 따른 곤충 단백질 가수분해물 제형 ● 가공 중 발생된 부산물 사료화 ● 위탁기관과 건조연구 협업
		FO 1	곤충단백질의 사료대체원료의 최적 가수분해 연구	<ul style="list-style-type: none"> ● 추출·농축물 잔사로부터 단백질성 물질 분리, 제 공정 개발 ● 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구 ● In vitro 생리활성 효능의 작용 기전 구명
		FO 2	이유자돈 및 육계 사료 내 동물성 단백질(어분) 원료를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색	<ul style="list-style-type: none"> ● 동물성 단백질 원료(어분)를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물 100% 대체 급여 시 생산성, 영양소 소화 혈액 특성, 육질특성 변화 구명 연구 ● 대사실험: 정밀 소화를 분석을 통해 육계 체내 대사 변화 구명 ● 사양실험: 학교 및 농장 규모에서 생산성 구명 ● 곤충 가수분해물 수준별 대체를 통해 그 효과를 분석하여 아래의 세부 연구 목표 달성
		FO 3	곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료의 품질 평가 및 시제품 구상	<ul style="list-style-type: none"> ● 육계 사료 내 곤충유래 가수분해물을 첨가수준별 가한 배합사료 생산 및 공급(충북대와 협업) ● 양돈 사료 내 곤충유래 가수분해물을 첨가수준별 첨가한 배합사료 생산 및 사양시험 ● 곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료의 품질평가 식연 협업) ● 곤충유래 가수분해물이 첨가된 시제품(양돈사 개발을 위한 최적 배합비 확립(충북대와 협업)
		목 표	<ul style="list-style-type: none"> ● 국내 자급이 가능한 곤충단백질 소재 탐색 및 사료원료 개발 ● 곤충단백질을 활용한 고단백질 사료 대체 원료 가공방법 연구 ● 동물 사료 내 곤충 가수분해물 급여수준별 생산성 및 대사생리 변화 구명 ● 곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료 대량생산화 및 상품화 전략 	
			3년차-2023	
	2단계	내용	주 관 곤충단백질 가수분해물을 이용한 사료의 제품화	<ul style="list-style-type: none"> ● 생체 내 이용률 높은 제형 확립 ● 곤충단백질 가수분해물 첨가된 사료 제품화
FO 1 곤충단백질의 추출수율 향상 연구			<ul style="list-style-type: none"> ● 곤충 단백질의 물리 화학적 특성 규명을 통한 소화 적용 최적화 ● 곤충 단백질 추출 수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발 ● 곤충 단백질의 추출물 제조 및 최적 추출 조건 규명 ● 곤충 단백질 추출물을 적용한 소재의 가공 특성 평가 	
FO 2 육계 및 산란계 사료 내 동물성 단백질 원료를 탈지 곤충 가수분해물 및 탈지 곤충 분말로 대체 급여시 생산성 및 난품질 변화 탐색 및 회장 아미노산 소화를 변화 탐색			<ul style="list-style-type: none"> ● 육계 사료 내 동물성 단백질 원료를 탈지 곤충 및 가수분해물로 대체 급여 시 회장 아미노산 소화율 향상 구명 ● 기존 곤충 원료 대비 곤충 가수분해물 100% 대체 급여 시 생산성, 영양소 소화율 및 계란 품질 향상 구명 연구 ● 사양실험: 학교 및 농장 규모에서 산란노계 및 육계 생산성, 혈액특성 및 난품질 구명 ● 곤충 가수분해물 수준별 대체를 통해 그 효과를 분석하여 아래의 세부 연구 목표 달성 	
FO 3 시제품 생산 및 개발된 기능성 사료와 첨가제 대량생산			<ul style="list-style-type: none"> ● 산란계 사료 내 곤충유래 가수분해물 첨가수준별로 첨가한 배합사료 생산 공급(충북대와 협업) ● 곤충유래 가수분해물이 첨가된 시제품(양계사 개발을 위한 최적 배합비 확립(충북대와 협업) ● 시제품 보급 및 사업화 전략 수립 	
연구개발성과	동애등에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발			

연구개발성과
활용계획 및
기대 효과

1) 연구개발성과의 활용방안

(1) 지역 산업 동반 성장

- 본 연구과제에 참여하는 곤충농장, 사료제조회사, 육가공회사, 원물가공회사, 곤충산업협회(회원사) 등은 연구를 진행하면서 1)도출된 결과뿐만 아니라 서로가 상생하기 위한 전반적인 프로세스를 경험할 수 있음으로써 자사 운영에 활용이 가능하며, 기업 성장에 긍정적인 영향을 줄 수 있음
- 지역의 다양한 기업, 연구소, 대학이 협업하여 생산한 시제품은 지역을 대표하는 제품이 될 수 있으며, 참여기업이 보유한 수출경로를 통해 새로운 수출제품으로 될 가능성이 높음
- 수입원료 이용 제품 대비 저렴한 사료 개발을 통해 농가의 수익 향상을 실현하며 연관된 사료제조회사, 사육농가, 육가공회사 등 도미노식으로 수익창출이 가능함

(2) 학문적 및 정책적 활용

- 연구를 통하여 도출된 결과는 다수의 국제저명 학술지 (SCI)에 투고하여 개발 소재의 우수성을 부각하고 농축산업의 경쟁력 강화를 위한 정책적 활용을 통하여 곤충 소재의 전처리 및 기능성 검증 등을 통한 학술적 기반을 마련할 수 있을 것임
- 아직 사료소재로서의 곤충 사용에 대한 소비자 인식, 기능성 의구심, 명확하지 않은 규정 등에 의해 확고하게 사료소재로서 자리 잡지 못한 경향이 있는데, 본 연구를 통하여 도출된 과학적 결과, 시제품, 분석자료 등을 통해 곤충소재의 가치와 우수성을 확고하게 알릴 수 있음

(3) 국산화 기술 및 제품개발

- 국내에서 사육되는 곤충유래 단백질 가수분해물 소재개발, 기능검증, 사양검증, 제형화 등의 연구를 통해 수입되는 높은 가격의 동물성 단백질 원료 대체 및 원료 국산화 실현
- 대부분의 단미사료 및 기능성 첨가제 등을 수입에 의존하고 있는데 본 연구에서 도출된 결과물을 원료 수급, 소재개발 기술공정 및 제품생산공정 등을 국내에서 모두 처리가능한 환경으로 만드는데 적용 가능함

2) 연구개발성과의 기대효과

(1) 산업적 측면: 축산업의 균형 발전 가능(곤충산업, 사료산업, 양돈, 양계업, 육가공산업)

- 국내 곤충 자원소재를 활용하여 국내 농가 경쟁력 제고 및 향후 곤충 기능성에 대한 신 소비시장 창출 및 곤충원료·소재를 이용한 사료개발로 신규 시장 창출 및 수익 창출
- 사료에 첨가되는 신 원료로서 부가가치 확대 및 산업 경쟁력 확보하고 수입에 의존하는 고비용 동물성 단백질 원료의 국산화 가능 및 사료비용 절감
- 곤충 생산 농가뿐만 아니라 제품 생산에 필요한 인력, 영업인력 확보 등으로 일자리 창출이 기대되고 협업화에 의한 사회적 기업 및 협동조합 형태로 확대 가능
- 최종적으로 본 연구에서 개발된 사료가 급이된 양돈 및 양계의 품질향상을 통한 육가공업체 수익창출에 기여
- 국산 식용 곤충 활용으로 전략 1차 산업에 기반으로 지속적 성장 동력을 제공하여, 수입 대체 소재를 개발하여 지속적으로 신시장을 선점하는 제품개발

(2) 과학기술적 측면: 국내 원천기술 확보

- 곤충을 활용한 신규 기능성 소재의 국내·외 원천기술 확보
- 곤충 소재의 식품 가공 기술 확보, 소재 탐색, 개발 원천기술 확립
- 곤충의 새로운 소재의 새로운 학술적 가치 창출
- 곤충을 활용한 새로운 기능성 소재의 우수성 확보

(3) 사회적·환경적 측면: 환경친화적 소재와 가공기술 개발을 통한 환경보호

- 국내 곤충 소재의 증진으로 축가 안정 및 국산 자원 우수성 재고
- 국내 곤충 원료 공급에 따른 지역 경제 활성화 및 안정적 고용 창출
- 국내 곤충을 활용한 기능성 사료 소재 및 제품개발로 품질 우수한 가축 사육
- 환경친화적 소재와 가공기술을 통해 탄소배출 감소에 기여 가능

연구개발성과의
비공개여부 및 사유

연구개발성과의 등 록·기탁 건수	논문	특허	보고 서 원 문	연구 시설 ·장 비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신제품	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
연구시설·장비 종합정보시스템 등 록 현황	구입기 관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가 격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장 소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	축산사료			고단백질 사료		대체원료		사료자급률		곤충		
영문핵심어 (5개 이내)	livestock feed stuffs			high protein feed		alternative raw materials		fodder self-sufficiency rate		insect		

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	4
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	97
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	117
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	118
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	119
별첨 자료	120

1. 연구개발과제의 개요

■ 연구 목표

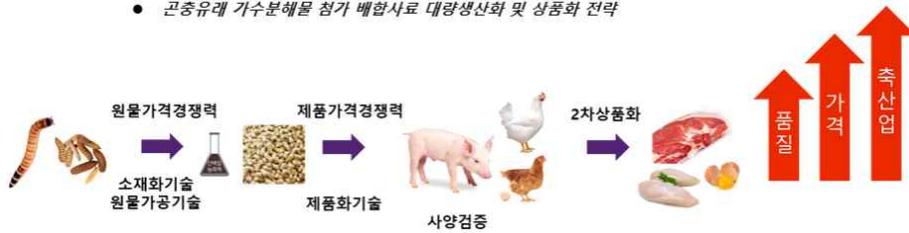
동애등에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발

전체목표

- 농업과 축산업의 지속가능성과 부가가치를 창출하는 친환경 소재개발을 통하여 화학성분 및 수입산 원료를 대체하는 국내산 농생명소재 개발 및 산업화
- 수입되는 동물성 단백질 사료 대체를 위한 국산 곤충소재에 대한 탐색 및 가공기술 개발을 통한 가격경쟁력 강화
- 곤충단백질을 이용한 사료 개발을 위한 플랫폼 구축하고 이를 민간, 산업체, 기관에 보급하여 동반성장과 부가가치 창출에 기여

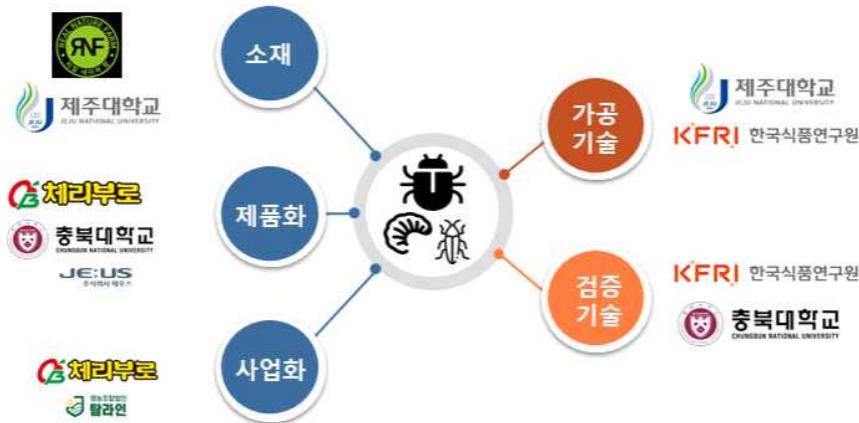
세부목표

- 국내 자급이 가능한 곤충단백질 소재 탐색 및 사료원료 개발
- 곤충단백질을 활용한 고단백질 사료 대체 원료 가공방법 연구
- 동물 사료 내 곤충 종류별, 급여수준별 생산성 및 대사생리 변화 구명
- 곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료 대량생산화 및 상품화 전략



■ 연구기관 구성

RFP 최적요건 "기업(산6), 대학(학2), 연구소(연1), 컨소시엄 구성"



■ 총연구 내용

기관	목표	세부 내용
제주대	<ul style="list-style-type: none"> ● 곤충 1종의 생육시기에 따른 품질 관찰 ● 국내 사육 곤충들의 수급량 조사 및 특성 스크리닝 ● 위탁기관 건조연구 협업 ● 동애등에 먹이 급여에 따른 품질 관찰(체리부로 협업) ● 동애등에의 건조방법에 따른 품질 관찰 ● 가공방법에 따른 곤충 단백질 가수분해물 최적 공정 	<ul style="list-style-type: none"> ● 동애등에 먹이 급여에 따른 품질 관찰 ● 위탁연구기관(리얼네이처팜)에서 동애등에 공급 ● (주)제우스 복합건조공정 추가 예정 ● 고단백 사료 제조를 위한 최적의 먹이급여 동애등에 선발 ● 동애등에 먹이 급여에 따른 품질 관찰(식물성 잔재물+동물성 잔재물 급여) ● 동결건조, 진공건조, 열풍건조, 복합건조 방법에 따른 품질 관찰 ● 탈지 분말 및 비탈지 분말을 이용한 가수분해물 대량생산 공정 확립

	<ul style="list-style-type: none"> 확립 ● 위탁기관과 건조연구 협업 ● 생체 내 이용률 높은 제형 확립 ● 곤충 단백질 가수분해물 첨가된 사료 제품화 ● 위탁 연구기관과 협업하여 동애등에 발효 기술 확립 ● 동애등에 오일 정제 공정 확립 ● 동애등에 정제 오일 활용방안 															
<p>한국 식품 연구원</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 곤충 단백질 추출 공정 개발 ● 곤충 추출물의 전처리 기술 개발 ● 곤충 추출물의 최적 추출 조건 확립 ● 사료적합도 평가를 위한 성장조절(IGF-1)기능 평가 ● 추출 · 농축물 잔사로부터 단백질성 물질 분리, 정제 공정 개발 ● 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구 ● <i>In vitro</i> 생리활성 효능의 작용 기전 구명 ● 곤충 단백질의 물리 화학적 특성(아미노산) 규명을 통한 소재화 적용 최적화 ● 곤충 단백질 추출 수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발 ● 곤충 단백질의 추출물 제조 및 최적 추출 조건 확립 ● 곤충 단백질 추출물을 적용한 소재의 가공 특성 평가 															
<p>충북대</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립 ● 육계 사료 내 곤충 분말을 첨가한 배합사료 생산 및 공급(충북대와 협업) ● 양돈 사료 내 곤충 분말을 첨가한 배합사료 생산 및 사양시험 ● 곤충분말이 첨가된 시제품 개발을 위한 최적 배합비 확립(충북대와 협업) ● 산란계 사료 내 동물성 단백질 원료를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체하여 시 생산성 및 난품질 변화 탐색 															
	<ul style="list-style-type: none"> ● 생체 내 이용률을 높이기 위해 동애등에 탈지 분말에 효소 가수분해 진행 후 동결, 열풍, 분무건조를 진행 ● 효소 가수분해에 대한 비용 절감을 목표로 동애등에 활용도를 높일 수 있는 미생물을 활용하여 발효 기술 적용 ● 동애등에 오일의 산가를 낮추는 방법 탐색 ● 동애등에 정제 오일의 활용을 위한 반려동물 발바닥 크림 제조 															
	<ul style="list-style-type: none"> ● 곤충 추출물의 전처리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - blanching, roasting, superheated steam blanching법 중 적합한 전처리 기술 선별 ● 곤충 추출물의 최적 추출 조건 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 물, acetone, ethanol, hexane, cold pressure의 탈지 방법 중 적합한 전처리 기술 선별 ● 사료적합도 평가를 위한 성장조절(IGF)기능 평가 <ul style="list-style-type: none"> - 성장조절기능 평가 후 최적 추출 조건 확립 ● 동애등에 단백질 추출물 잔사로부터 단백질성 물질 분리 및 정제 공정 비교를 통한 수율 향상 연구 ● 동애등에 가수분해 최적화를 통한 단백질성 물질의 효율적인 수율 향상 ● 동애등에 가수분해 추출물의 <i>In vitro</i> 생리 활성 탐색 및 효능 구명 ● 동애등에를 추출하는 과정 중 pH와 NaCl의 조건을 통하여 추출되는 단백질의 기능적 특성 평가 ● 동애등에 단백질을 추출하기 전 데치는 조건에 따른 최적점을 도출하고 동애등에 단백질의 기능적 특성 향상 연구 ● 추출된 동애등에 유충의 단백질을 건조하는 방법에 따라 유도되는 동애등에 단백질의 품질특성 변화 연구 및 품질, 산업 활용성에 대해 최적인 단백질 건조 방법 선별 ● 저작이 용이한 사료 개발을 위하여 하이드로콜로이드를 활용하여 겔형의 제품을 제조 															
	<ul style="list-style-type: none"> ● 곤충 가수분해물 수준별 대체에 따른 효과 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 생산성 분석, 분변 내 미생물 및 악취 분석, 분변 지수 분석, 체내 대사 생리 변화 구명, 혈액특성 분석, 경제성 분석 - 처리구 <table border="1" data-bbox="667 1653 1305 1832"> <thead> <tr> <th></th> <th>NC</th> <th>기존 곤충 분말</th> <th colspan="2">곤충 가수분해물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>대체 비율</td> <td>0</td> <td>50%</td> <td>25%</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>처리구</td> <td>Negative control</td> <td>Positive control</td> <td>T1</td> <td>T2</td> </tr> </tbody> </table> - 변경 내용: 원료 공급 문제로 인한 이유자돈을 젖돈으로 변경 ● 이유자돈 및 육계 사료 내 동물성 원료의 곤충 탈지 및 가수분해물 대체에 따른 효능 분석 ● 생산성 분석, 분변 내 미생물 및 악취 분석, 분변지수 분석, 체내 대사 생리 변화 구명, 혈액 특성 분석, 육계의 경우 육질 및 발바닥 병변지수 추가 분석 		NC	기존 곤충 분말	곤충 가수분해물		대체 비율	0	50%	25%	50%	처리구	Negative control	Positive control	T1	T2
	NC	기존 곤충 분말	곤충 가수분해물													
대체 비율	0	50%	25%	50%												
처리구	Negative control	Positive control	T1	T2												

- 처리구 (육계 및 이유자돈 동일)

	어분	탈지 곤충 분말	곤충 가수분해물
대체 비율	0	100%	100%
처리구	CON	T1	T2

- 산란계 사료 내 동물성 원료의 곤충 탈지 및 가수분해물 대체에 따른 효능 분석
 - 산란노계 및 종계의 생산성 분석, 영양소 소화율 분석, 혈액 특성 및 계란 품질 변화 분석, 경제성 분석
- 처리구

	어분	탈지 곤충 분말	곤충 가수분해물
대체 비율	0	100%	100%
처리구	CON	T1	T2

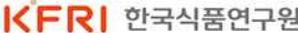
(주)체리
부로

- 곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립
- 육계사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 배합사료 생산 및 공급(충북대 협업)
- 양돈사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 배합사료 생산 및 사양시험
- 곤충유래 단백질원료가 첨가된 시제품 개발을 위한 최적 배합비 확립(충북대 협업)
- 산란계사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준 사료배합비 정립 및 필드 사양 시험
- 곤충유래 단백질원료 첨가된 반려동물사료 시장가치 분석
- 곤충유래 단백질원료가 첨가된 시제품(양계 및 반려동물 사료) 개발 및 매출액 발생

- 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관 협업)
- 이유자돈 사료 내 곤충유래 원물 첨가수준별로 첨가한 사료 배합 및 필드 사양 시험
- 갓난 돼지 사료 내 곤충유래 원물 급여시 생산성 및 체내 대사생리변화 탐색
- 동애등에의 탈지, 비탈지 등 제조방법에 따라 원료적 가치 및 소화기관 내 소화율 예측 평가를 위한 분석시험
- 어분 등급별 성분사항 및 단가를 기반으로 동애등에의 단백질 대체 가능성 평가
- 육계사료 구성원료로써의 경제적 가치 평가 및 외견적 분석사항과 진정소화율을 감안한 가치를 비교 분석, 제품화 적용
- 현 원료단가 기반 최적제품 배합비 셋팅 및 사양시험을 통한 기존사료와의 비교검토로 양상 제품화
- 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준 사료 배합비 정립 및 5만수이상의 필드사양시험 수행
- 곤충유래 단백질원료가 첨가된 반려동물사료의 시장가치 분석
- 곤충유래 단백질 원료가 첨가된 산란계 및 반려동물용사료(시제품) 개발 및 판매에 따른 매출액 발생

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

가. 연구 범위 및 연구수행 방법

연구범위	연구수행방법 (이론적, 실험적 접근방법)	구체적인 내용
 <p>○ 국내 곤충 품질특성 스크리닝 및 선정 곤충 품질 관찰</p> <p>○ 급여사료의 다양화를 통한 동애등에 유충 생산</p> <p>○ 곤충 단백질 등 동물성 고단백질 사료원료의 사료가치 평가</p> <p>○ 후가공 과정별 처리방법에 성분변화</p> <p>○ 생체 내 이용률 높은 제형 확립</p> <p>○ 동애등에 오일 정제 공정 및 활용방안 확립</p> <p>○ 동애등에 탈지 분말 활용도를 높이기 위해 동애등에 발효 분말 제조 방법 확립</p>	<p>- 국내 다양한 곤충종 사료의 적합한 곤충 선정</p> <p>- 동애등에 가수분해물 대량 생산을 위한 최적 공정 확립</p> <p>- 동애등에 먹이급여에 따른 동애등에의 품질 특성 관찰</p> <p>- 동애등에의 건조방법에 따른 품질 관찰</p> <p>- 곤충 사육을 위한 급여사료 종류의 구성</p> <p>- 건조방식</p> <p>- 동애등에 사육장소 변경</p> <p>- 기존 사육장 및 이동 후 사육장의 곤충 생산량 비교</p> <p>- 내륙 동애등에와 제주 동애등에 간의 수익률 비교</p> <p>- 동애등에의 효소 가수분해를 진행하고 다양한 건조방법을 적용하여 생체 이용률 높은 제형 비교</p> <p>- 동애등에 오일 정제 및 크림 제형을 통한 반려동물 발바닥 크림 제조</p> <p>- 동애등에 탈지 분말의 활용도를 높이기 위한 발효공정을 통한 분말 제조</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국내외 다양한 특허 및 문헌조사를 통해 사료 원료로 적합한 곤충(동애등에) 선별 • 먹이급여에 따른 동애등에의 품질 관찰 • 먹이급여에 따른 동애등에의 가공 공정 최적화 • 동애등에 가수분해물 대량 생산을 위한 탈지, 비탈지 분말 및 최적 가수분해 비율 등에 따른 동애등에 가수분해물 품질특성 관찰 • 먹이급여 (식물성+동물성 잔재물)에 따른 동애등에의 품질 특성 관찰(추가 실험) • 건조 방법에 따른 품질 관찰 • 잔류음식물 단독 • 동물성부산물 단독 • 식물성부산물 단독 • 잔류음식물+식물성부산물 • 잔류음식물+동물성부산물 • 동물성부산물+식물성부산물 • 잔류음식물+동물성부산물+식물성부산물 • 건조방식 : 열풍건조, 자연건조, 복합건조 • 동애등에 사육장소 변경에 따른 곤충 생산량 비교 • 내륙 동애등에와 제주 동애등에 간의 수익률 비교 • 생체 내 이용률 높은 제형 확립을 위해 동애등에 탈지 분말에 효소 가수분해 진행 후 동결, 열풍, 분무건조 진행 • 동애등에 오일의 산가를 낮추고 반려동물 발바닥 크림으로 활용하기 위한 크림 제형 제조 • 효소 가수분해에 대한 비용 절감을 목표로 동애등에 활용도를 높일 수 있는 미생물을 활용하여 발효 기술 적용
 <p>○ 곤충 단백질의 기능성 검증 및 평가</p> <p>○ 곤충 단백질의 사료 대체원료의 최적 가수분해 연구</p> <p>○ 곤충 단백질의 추출수율 향상 연구</p> <p>○ 곤충 단백질 추출물을 적용한 소재의 가</p>	<p>- 동애등에의 전처리 기술 및 단백질 추출 공정 확립</p> <p>- 동애등에의 최적 추출 조건 확립 및 사료적합도 평가</p> <p>- 추출·농축물 잔사로부터 단백질성 물질 분리, 정제 공정 개발</p> <p>- 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구</p> <p>- <i>In vitro</i> 생리활성 효능</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 곤충 추출물의 전처리 기술 개발 blanching, roasting, superheated steam blanching의 전처리 후 열풍 건조한 동애등에의 품질 관찰 • 다양한 탈지방법(물, acetone, ethanol, hexane, cold pressure)이 추출한 동애등에 단백질의 특성 및 기능적 특성 조사 • 단백질 추출을 위해 탈지된 시료와 추출용액 및 용매를 교반하여 단백질을 추출 • 효소 가수분해법을 활용한 추출물의 수율, 단백질, 성장 조절 효능 평가

<p>공 특성 평가</p>	<p>의 작용 기전 구명</p> <ul style="list-style-type: none"> - 동애등에를 추출하는 과정 중 pH와 NaCl의 조건을 통하여 추출되는 단백질의 기능적 특성 평가 - 동애등에 단백질을 추출하기 전 데치는 조건에 따른 최적점을 도출하고 동애등에 단백질의 기능적 특성 향상 연구 - 추출된 동애등에 유충의 단백질을 건조하는 방법에 따라 유도되는 동애등에 단백질의 품질특성 변화 연구 및 품질, 산업 활용성에 대해 최적의 단백질 건조 방법 선별 - 저작이 용이한 사료 개발을 위하여 하이드로콜로이드를 활용하여 겔형의 제품을 제조 	<ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 단백질 추출물 잔사로부터 단백질성 물질 분리 및 정제 공정 비교를 통한 수율 향상 연구 • 동애등에 가수분해 최적화를 통한 단백질성 물질의 효율적인 수율 향상 • 동애등에 가수분해 추출물의 In vitro 생리활성 탐색 및 효능 구명 • 동애등에의 품질특성에 영향을 줄 수 있는 독립변수로 블렌칭 시간, 블렌칭 온도, 소금농도를 설정하여 반응표면분석법을 활용하여 최적의 전처리 방법 선별 진행 • 추출하는데 사용된 용액의 독립변수로 pH, 소금농도, 버퍼비율을 설정하여 반응표면분석법을 활용하여 최적의 추출 조건 확립 진행 • 추출된 동애등에 유충의 단백질을 동결건조, 진공건조, 분무건조, 열풍건조를 진행하여 최적의 단백질 건조 방법 선별 진행 • 저작이 용이한 사료개발을 위하여 대체 단백질 함량에 따른 겔형 제품의 품질특성을 평가
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div> <p>충북대학교 CHUNGBUK NATIONAL UNIVERSITY</p> </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 젓돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 가수분해물 수준별로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색 ○ 이유자돈, 육계 사료 내 동물성 단백질 원료(어분)를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색 ○ 산란계 사료 내 동물성 단백질 원료를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 및 난 품질 변화 탐색 	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 곤충 원료 대비 곤충 가수분해물 수준별 급여 시 생산성, 영양소 소화율 및 혈액 특성 변화 구명 - 높은 가격의 수입 동물성 단백질 원료 대체 비율 설정을 통한 원료 국산화 - 동물성 단백질(어분)을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 이유자돈, 육계 및 산란계 생산성, 체내 이용 효율 및 대사생리 분석 	<ul style="list-style-type: none"> • 사료에 기존 곤충 분말 50% 및 곤충 가수분해물 T1(25%), T2(50%) 배합 후 수준별 급여 • 대사시험: 체내 이용효율 및 대사 생리 분석 • 사양시험: 생산성, 소화율, 혈액특성 및 악취발생 등 변화 분석 • 사료에 기존 어분 원료를 탈지 곤충(T1), 곤충 가수분해물(T2)로 각각 100% 대체하여 배합 후 급여 • 이유자돈 및 육계 대사실험 : 체내 이용효율 및 대사 생리 분석(영양소, 아미노산 및 분 내 미생물 분석) • 이유자돈 및 육계 사양실험 : 생산성, 소화율, 혈액 특성, 분내 미생물 및 악취 발생 등 변화 분석(생산성, 분번지수, 소화율, 혈액특성, 분 내 악취, 및 분 내 미생물 분석) • 산란계 실험 : 생산성, 소화율, 혈액 특성, 계란 품질, 분내 미생물 변화 분석(생산성, 분번지수, 소화율, 혈액특성, 계란 품질 및 분 내 미생물 분석)
<div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ 곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관 협업) - 이유자돈 사료 내 곤충유래 단백질원료 첨가수준별로 첨가한 사료 배합 및 	<ul style="list-style-type: none"> • 주요 사료 원료별, 축종별 생산물 현황 조사 • 사료 관리법 점검 • 양돈사료 내 곤충유래 단백질 원료 사용에 따른 생산기반 변화 • 동애등에 분석결과 및 원료평가 결과

<p>립</p> <p>○ 곤충유래 배합사료의 품질 평가 및 시제품 구상</p> <p>○ 시제품 생산 및 개발된 기능성 사료와 첨가제 대량생산</p>	<p>필드 사양 시험</p> <p>- 갓난 돼지 사료 내 곤충유래 단백질원료 급여시 생산성 및 체내 대사 생리변화 탐색</p> <p>- 동애등에의 성상에 따른 원료적 기본가치 분석</p> <p>- 고급동물성 단백질 대체 가능성 평가</p> <p>- 양계사료 내 사료 원료적 경제성 평가</p> <p>- 산란계 사료 내 곤충유래 단백질 원료를 첨가한 표준배합비 정립 및 생산성 변화 탐색</p> <p>- 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료의 시장가치 분석</p> <p>- 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품(양계 및 반려동물사료) 개발 및 매출액 발생</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 첨가된 Formula Cost 분석 • 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여효과 • 일반 농장에서 이유자돈 사료 내 동애등에 추가급여를 통한 생산성 분석 • 동애등에의 원료적 시장가치 조사 • 동애등에의 탈지, 비탈지 등 제조방법에 따른 원료적 가치 및 소화기관 내 소화율 예측평가를 위한 분석시행 • 어분 등급별 성분사항 및 단가를 기반으로 동애등에의 단백질 대체가능성 평가 • 육계사료 구성원료로써 경제적 가치 평가 및 외견적 분석사항과 진정소화율을 감안한 가치를 비교 분석, 제품화 적용 • 현 원료단가 기반 최적제품 배합비 셋팅 및 사양시험을 통한 기존사료와의 비교검토로 양산 제품화 • 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준 사료배합비 정립 및 필드사양시험 수행 • 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료의 시장가치 분석 • 곤충유래 단백질 원료가 포함된 산란계 및 반려동물사료(시제품) 개발 및 판매에 따른 매출액 발생
--	--	---

나. 연구수행 내용

주관기관: 제주대학교

-1차년도-

■ 국내 다양한 곤충종 사료의 적합한 곤충 선정

단미사료 품목 중 곤충

	<p>○ 거저리 유충(mealworm, superworm; 밀웜, 슈퍼밀웜)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정의 : ‘갈색거저리(밀웜, <i>Tenebrio molitor</i>)’ 와 ‘아메리카왕거저리(슈퍼밀웜, <i>Zophobas atratus</i> 또는 <i>Z. morio</i>)’ 유충 또는 번데기를 가공 처리한 것으로 건조원물 또는 박류(粕類) 형태의 것을 포함한다. 영양정보 : 건조제품의 경우 조단백질 46~57%, 조지방 24~37%, 섬유질 4~7%, 조회분 3~4%, 수분 5~8% 정도이다. 고려사항 : 주로 관상어·조류, 애완용 파충류 등의 동물성 단백질 공급원으로 건조밀웜, 건조슈퍼웜 등의 제품명으로 시중에 유통되고 있다. 건조방법으로는 동결건조, 열풍건조 등이 있다. 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.
	<p>○ 건조귀뚜라미(dried cricket)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정의 : ‘쌍별귀뚜라미(<i>Gryllus bimaculatus</i>)’ 와 ‘왕귀뚜라미(<i>Teleogryllus emma</i>)’ 의 유충(약충) 또는 성충을 가공 처리한 것. 영양정보 : 조단백질 58~60%, 조지방 14~16%, 조섬유 6~7%, 조회분 6%, 수분 5~7% 정도이다. 고려사항 : 주로 관상어, 조류 및 애완용 파충류 등의 동물성 단백질 공급원으로 유통되고 있다. 동결건조 귀뚜라미는 반건조 귀뚜라미보다 보관이 쉽다. 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.
	<p>○ 건조메뚜기(dried grasshopper)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정의 : ‘우리벼메뚜기(<i>Oxya chinensis sinuosa</i>)’ 와 ‘풀무치(<i>Locusta migratoria migratoria</i>)’ 의 유충(약충) 또는 성충을 가공 처리한 것. 영양정보 : 조단백질 64~66%, 조지방 6~11%, 조섬유 8~9%, 조회분 4~5%, 수분 6~9% 정도이다. 고려사항 : 주로 파충류와 조류의 먹이로 사용되어 왔으며 기타 애완동물의 먹이로도 활용되고 있다. 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.
	<p>○ 동애등에 유충(black soldier fly larva)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정의 : ‘아메리카동애등에(Black soldier fly, <i>Hermetia illucens</i>)’ 유충 또는 번데기를 가공 처리한 것. 영양정보 : 조단백질 40~43%, 조지방 28~30%, 조섬유 7~8%, 조회분 9~15%, 수분 7% 정도이다. 고려사항 : 미국을 비롯한 국내에서는 피닉스웜(Phoenix Worm)이라는 상품명으로 유통되고 있다. 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.
	<p>○ 번데기(pupa, silkworm pupa)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정의 : 누에(<i>Silkworm, Bombyx mori</i>) 유충 또는 번데기를 가공 처리한 것 영양정보 : 건조 번데기(누에)의 경우 조단백질 52%, 조지방 28%, 조섬유 5%, 조회분 5%, 수분 7~8% 정도이다. 번데기박은 조단백질 71~72%, 조지방 3~4%, 조섬유 5%, 조회분 5%, 수분 9~10% 정도이다. 고려사항 : 주로 관상어, 조류 및 애완용 파충류 등의 동물성 단백질 공급원으로 유통되고 있다. 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.
	<p>○ 장구벌레(blood worm)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정의 : 모기의 애벌레(유충)로 건조, 동결 등 가공처리한 것에 한한다. 영양정보 : 건조제품의 경우 조단백질 57%, 조지방 6~7%, 조섬유 3%, 조회분 9%, 수분 7% 정도이다. 고려사항 : 주로 열대어 등 관상어종, 파충류의 사료로 활용하고 있는 것으로서 냉동 또는 건조 형태로 유통되고 있다. 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.
	<p>○ 파리 유충(fly larva, maggot)</p> <ul style="list-style-type: none"> 정의 : 집파리(<i>house fly, Musca domestica</i>) 유충 또는 번데기를 건조, 동결 등 가공 처리한 것에 한한다. 영양정보 : 조단백질 57~63%, 조지방 9.3~25%, 조섬유 6~7%, 조회분 5.3~12% 정도이다. 아지닌(arginine), 메티오닌(methionine), 라이신(lysine) 등과 같은 필수아미노산의 좋은 공급원으로 알려져 있으며 이 러한 아미노산 함량은 대두박보다 높고 어분과 같은 수준이다. (Teotia and Miller, 1974) 고려사항 : 주로 관상어종, 조류 등의 사료로 활용이 가능하다. 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.

■ 먹이급여에 따른 동애등에 품질 관찰

(1) 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에 및 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에 품질 관찰

- 가공한 음식물 폐기물(한번 끓인 음식물 폐기물)을 급여한 동애등에의 일반성분, 기타성분, 아미노산 조성을 분석하고 가공하지 않은 음식물 폐기물(생 것)을 급여한 동애등에의 일반성분, 기타성분, 아미노산 조성 분석
- 기계적 탈지 방법 및 용매 탈지 방법을 이용한 조지방 함량 분석

(2) 먹이급여에 따른 동애등에의 가공 공정 최적화

- 가공한 음식물 폐기물을 급여한 동애등에는 건물의 지방함량이 적어 기계적 탈지법이 불가능하여 용매별 탈지법을 수행
- 가공하지 않은 음식물 폐기물을 급여한 동애등에는 건물의 지방함량이 높아 기계적 탈지법이 가능

● 연구 세부 내용

(1) 동애등에 영양적 가치

- 동애등에에는 약 45.36%의 조단백질이 함유되어 있어 우수한 단백질 공급원임
- 모든 먹이생물의 인과 칼슘의 비율이 1:1인데 비하여 동애등에는 1:1.52배로 구성되어 있어 별도의 칼슘제를 최소화 할 수 있음
- 동애등에 지방산 중 포화지방산인 라우르산(Lauric acid)이 38.43% 함유되어 있는데, 라우르산은 항균 작용, 면역증강, 영양분 흡수증강, 신진대사 향상, 에너지 증강효과가 있는 것으로 알려져 있으며 불포화지방산 중 오메가-3를 16.9% 함유하고 있는 것으로 알려져
- 동애등에 유충은 아르기닌(arginine), 메티오닌(methionine), 라이신(lysine)과 같은 필수아미노산이 풍부해 단백질 공급원이 되는 대표적 사료용 곤충임
- 또한, 불포화 지방산과 무기질 등 가축에 필요한 영양소를 다량 함유하였으며 면역력 향상과 살모넬라균 및 대장균의 발생을 줄여줌
- 동애등에 천연 항균물질이 항생제 오남용을 방지할 수 있는 사료첨가제로 부각되고 있음

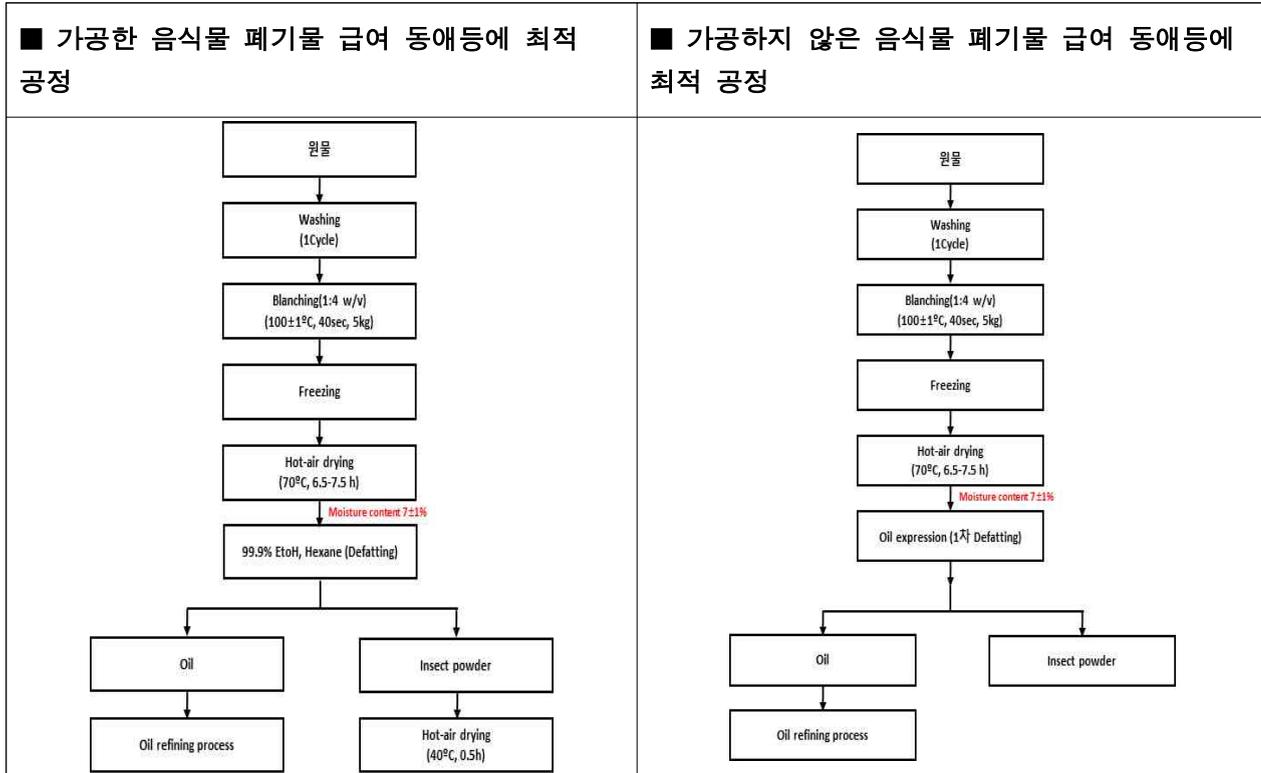
(2) 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에 및 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에 품질 관찰

- 동애등에 사료 성분 등록시 (최소량) 조단백질, (최대량) 수분, 조지방, 조회분을 등록하도록 되어 있으며, 사료의 형태에 따라 생물, 냉동, 냉장 또는 건조 분말 등으로 표시하여야 한다.
- 동애등에의 고려사항으로는 휘발성 염기태질소 함량이 0.5% 미만이어야 한다.
- 영양정보: 조단백질 40~43%, 조지방 28~30%, 조섬유 7~8%, 조회분 9~15%, 수분 7%정도이다.
- 두 시료 모두 조단백질 함량이 영양정보 보다 높았으며 조섬유, 조회분의 양은 영양정보 보다 조금 높은 결과값을 보였는데 이러한 이유로는 지방을 탈지 시켰기 때문으로 판단된다.
- 동애등에의 고려사항으로 휘발성 염기태질소 함량 0.5%미만이 있는데 두 시료 모두 휘발성 염기태 질소 함량이 0.04%로 고려사항 범위 내에 들어왔다.
- 구성 아미노산의 결과로 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에가 구성 아미노산 함유가 더 높았으며 특히 필수 아미노산인 히스티딘, 이소류신, 류신, 라이신, 메티오닌, 페닐알라닌, 트레오닌, 발린의 함유량 또한 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에가 더 많이 함유하고 있다.
- 사료로 이용시 분말의 크기 또한 중요한 고려사항인데 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에는 입자의 크기가 크며 균일하지 않은 반면, 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에는 입자의 크기가 작으며 균일한 모습을 보임.

(3) 먹이급여에 따른 동애등에의 가공 공정 최적화

- 동애등에의 지방함량은 28~30%로 지방산패도의 위험이 높기 때문에 탈지 공정을 진행.
- 초기엔 용매탈지 방법을 사용하였지만 용매구입량으로 인해 동애등에 분말의 가격이 증가하여 기계적 탈지 방법을 탐색
- 용매 탈지 방법을 사용하면 남은 용매를 휘발해야하는 공정이 추가됨.
- 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에는 기계적 탈지가 불가능한 반면, 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에는 기계적 탈지가 가능.
- 용매 탈지가 아닌 기계적 탈지 방법을 이용하여 동애등에의 단가는 낮추고 용매를 휘발시키는 공정 또한 하지 않아도 됨.

(2) 먹이급여에 따른 동애등에의 가공 공정 최적화



- 기계적 압착 후 압착박의 무게 및 오일의 무게

동애등에	음식물 폐기물 급여	건조물 무게 (g)	압착박 무게 (g)	오일 무게 (g)	압착박 수율 (%)	오일 수율 (%)
		900	492.80	407.23	54.75%	45.24%
동애등에	가공된 음폐 급여	건조물 무게 (g)	압착박 무게 (g)	오일 무게 (g)	압착박 수율 (%)	오일 수율 (%)
		2360.11	2082.75	240.82	88.24%	10.20

-2차년도-

■ 동애등에 가수분해물 대량 생산을 위한 최적 공정 확립

(1) 동애등에 가수분해물 대량 생산을 위한 최적 공정 확립

- 동애등에의 열량을 그대로 유지하기 위해 탈지 공정 및 비탈지 공정으로 생산된 동애등에 분말 사용.
- 기존 효소 가수분해물은 반응 후 여과하여 잔사를 제거하고 상등액을 동결건조하여 시료로 사용했지만, 수율을 고려하여 잔사를 포함하여 사용하는 경우 90% 이상의 수율을 보임.
- 상업적으로 이용하기 위해 동결건조 대신 열풍건조 공정을 이용하고 잔사를 활용하는 것이 가공비용 측면에서 효율적임

(2) 동애등에 가수분해물 대량 생산 분말에 품질특성 관찰

- 탈지 공정 및 비탈지 공정으로 생산된 분말에 품질특성 관찰(한국식품연구원, 충북대, 체리부로 협업).
- 동애등에 가수분해 분말의 일반성분, 기타성분, 아미노산 조성 분석.

(3) 동애등에 가수분해물 대량 생산 분말에 가공 공정 최적화

- 비탈지 분말 공정 같은 경우 가수분해물에서 동애등에 지방이 부유하는 것으로 확인됨.
- 탈지 분말 및 비탈지 분말 품질특성 비교에서 탈지 분말이 더 좋은 영양성분 결과를 보임.

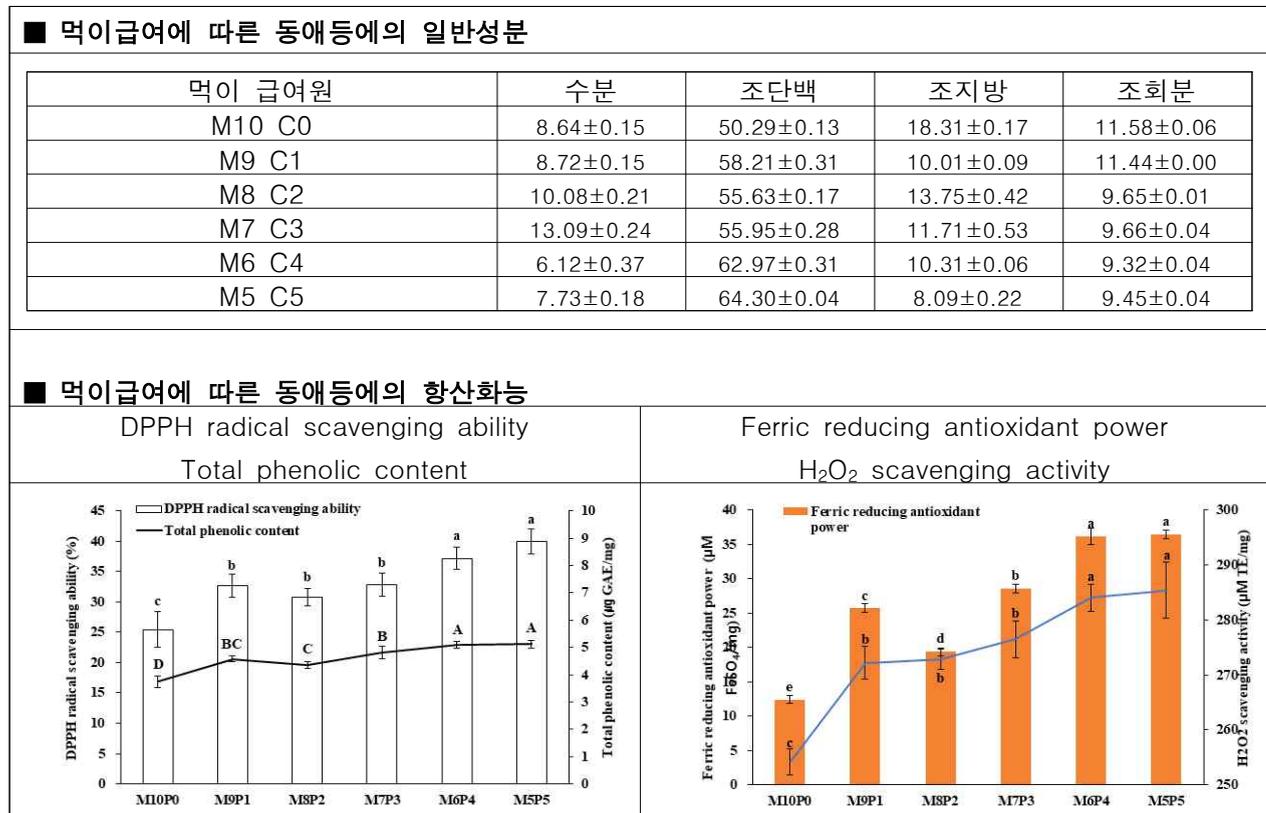
● 연구 세부 내용

(1) 먹이급여에 따른 동애등에의 품질특성 관찰(리얼, 체리부로, 제주대 협업)

- 식물성 잔재물(M)과 닭 부산물(C)을 5:5 비율로 섞어 급여한 동애등에(F)에서 크기와 무게가 가장 높은 결과값을 나타내어 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5 비율로 섞어 급여한 경우가 가장 잘 성장한 것으로 확인.
- 먹이급여에 따라 성장한 동애등에의 항산화 같은 경우 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합하여 급여한 동애등에(F)에서 가장 높은 항산화능을 보임.
- 고단백질 사료 제조에 앞서 동애등에 유충 분말의 단백질 함량이 중요한 요소이며 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합 급여한 경우 가장 높은 64%의 단백질 함량을 보이며 이 수준은 기존 음식물 폐기물을 급여한 동애등에와 비슷한 수준의 단백질 함량을 보이며 높은 단백질 함량으로 인해 아미노산 함량 또한 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합해서 급여한 동애등에(F)가 가장 많은 아미노산 함량을 보임.
- 동애등에 압착 정제 오일의 지방산 측정 결과 포화지방산 함량에서는 항균성을 갖는 성분인 Lauric acid를 가장 많이 함유하고 있으며, 불포화 지방산 함량에서는 혈압을 낮추고 혈소판 응집을 억제하는 Oleic acid를 가장 많이 함유하고 있음.
- 오일의 산가 같은 경우 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합하여 급여한 동애등에(F)가 가장 높은 산가를 가짐.

먹이급여에 따른 동애등에 품질 관찰(제주대, (주)체리부로 협업)(2차년도)

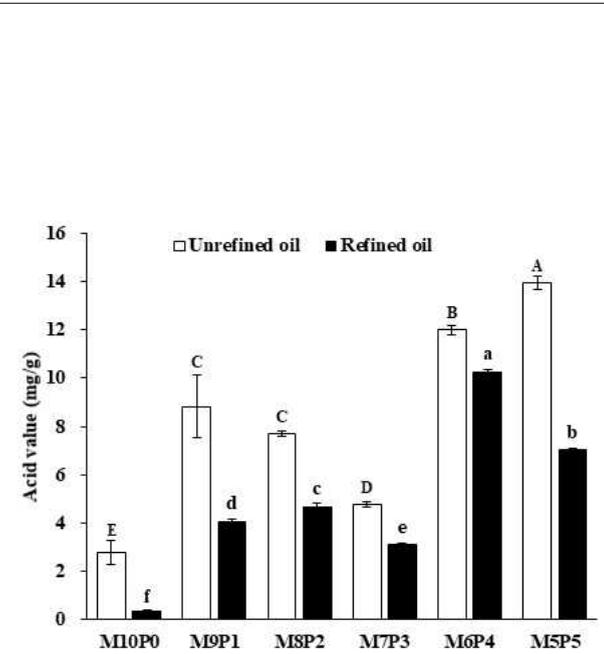
(1) 동애등에 영양적 가치 및 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에와 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에 품질 관찰



■ 먹이급여에 따른 동애등에의 일반성분 및 아미노산 함량

Trait	음식물 폐기물 급여	미생물 발효 음식물 폐기물 급여	M10 C0	M9 C1	M8 C2	M7 C3	M6 C4	M5 C5
Moisture (%)	3.29	5.41	8.64	8.72	10.08	13.09	6.12	7.73
Protein (%)	60.71	58.97	50.29	58.21	55.63	55.95	62.97	64.3
Fat (%)	8.93	10.73	18.31	10.01	13.75	11.71	10.31	8.09
Ash (%)	10.51	10.46	11.58	11.44	9.65	9.66	9.32	9.46
아미노산								
Aspartic acid (%)	5.51	5.36	4.71	5.7	5.67	5.67	6.26	6.38
Threonine (%)	2.46	2.29	2.02	2.35	2.29	2.31	2.56	2.61
Serine (%)	2.72	2.39	2.11	2.35	2.26	2.28	2.53	2.56
Glutamic acid (%)	6.77	6.36	5.69	6.41	5.98	6	6.73	6.92
Glycine (%)	3.32	2.94	2.57	2.91	2.8	2.87	3.23	3.29
Alanine (%)	4.44	3.62	3.1	3.48	3.14	3.31	3.66	3.71
Valine (%)	3.76	3.43	2.93	3.38	3.26	3.33	3.71	3.77
Isoleucine (%)	2.48	2.34	2.02	2.35	2.27	2.3	2.67	2.59
Leucine (%)	4.07	3.79	3.29	3.85	3.75	3.79	4.22	4.31
Tyrosine (%)	3.84	3.73	3.13	3.82	3.88	3.85	4.02	4.27
Phenylalanine (%)	2.4	2.34	2.04	2.53	2.49	2.49	2.75	2.82
Lysine (%)	3.44	3.58	3.2	3.72	3.62	3.58	3.97	4.07
Histidine (%)	1.82	1.8	1.55	1.92	1.79	1.8	2.05	2.02
Arginine (%)	2.97	2.95	2.62	2.92	2.81	2.8	3.07	3.14
Cystine (%)	0.47	0.51	0.46	0.49	0.48	0.45	0.53	0.53
Methionine (%)	1	0.99	0.86	1.03	1.04	1.02	1.12	1.15
Proline (%)	4.03	3.46	2.81	3.22	3.04	3.08	3.55	3.52

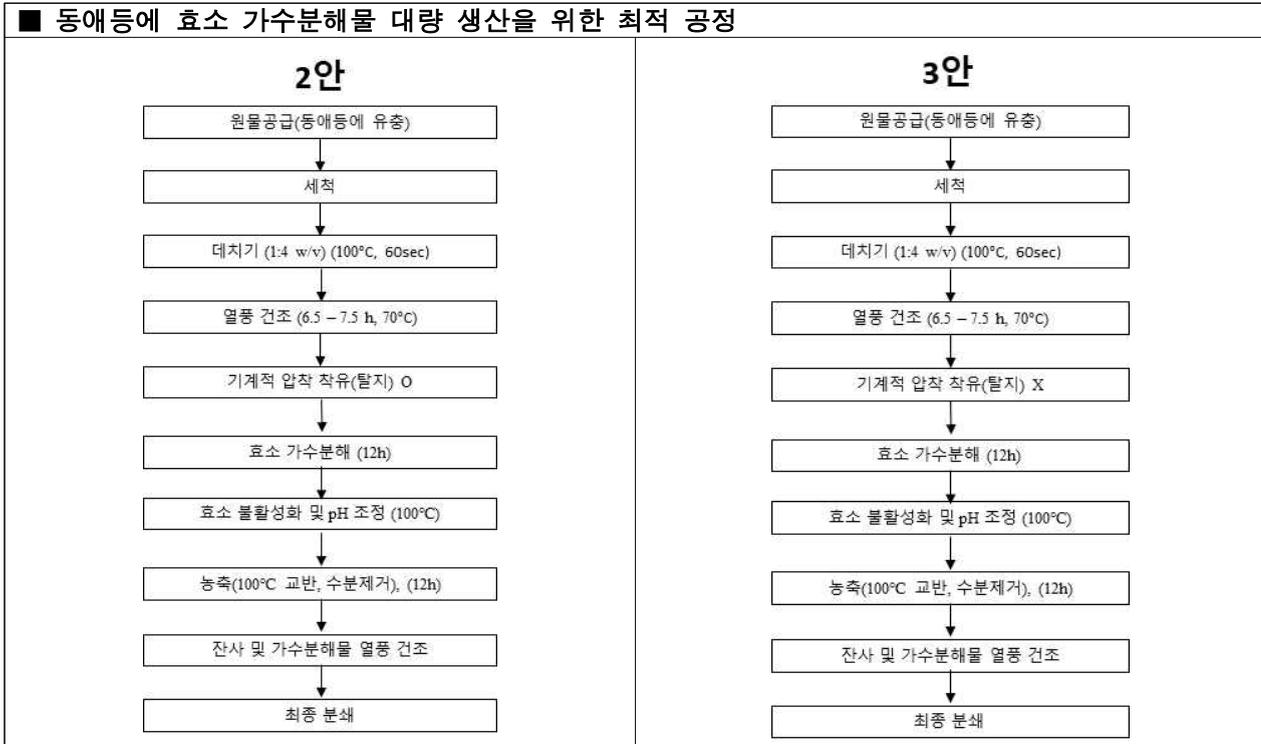
■ 먹이급여에 따른 동애등에의 산가 및 지방산 함량



Fatty acids (%)	M10 C0	M9 C1	M8 C2	M7 C3	M6 C4	M5 C5
Capric	1.12	1.13	1.24	1.24	1.30	1.26
Lauric	28.34	25.54	28.86	28.86	28.92	29.31
Myristic	5.96	5.22	5.40	5.40	5.14	5.21
Palmitic	19.65	18.94	17.34	17.34	17.21	17.23
Stearic	3.66	2.86	2.83	2.83	2.92	2.67
Other saturated fatty acids	0.24	ND	ND	ND	ND	ND
Total saturated fatty acids	58.97	53.69	55.67	55.67	55.49	55.68
Palmitoleic	4.96	4.97	4.58	4.58	4.85	4.73
Oleic	21.17	25.92	25.55	25.55	26.42	25.86
Linoleic	9.53	12.16	10.81	10.81	10.13	10.45
Linolenic	0.89	0.94	0.77	0.77	0.58	0.65
Stearo-donic	2.47	0.83	0.64	0.64	0.64	0.68
Other unsaturated	2.02	1.53	1.58	2.01	1.92	1.97

	fatty acids (%)					
	Total unsaturated fatty acids (%)	41.04	46.35	43.93	44.36	44.54
	fatty acids (%)					44.34

(2) 동애등에 가수분해물 대량 생산을 위한 최적 공정 확립



■ 동애등에 효소 가수분해물 대량 생산 후 품질 특성 비교

	탈지분말 가수분해물(2안)	비탈지 분말 가수분해물(3안)
수분 (%)	6.58	7.35
조단백질 (%)	59.97	37.95
조지방 (%)	11.44	43.66
조섬유 (%)	8.62	5.62
조회분 (%)	10.02	7.48
Aspartic acid (%)	5.11	3.29
Threonine (%)	2.00	1.12

Serine (%)	2.07	1.06
Glutamic acid (%)	6.14	4.06
Glycine (%)	3.03	1.83
Alanine (%)	4.24	2.52
Valine (%)	3.55	1.98
Isoleucine (%)	2.41	1.59
Leucine (%)	3.87	2.45
Tyrosine (%)	3.66	2.0324,
Phenylalanine (%)	2.42	1.53
Lysine (%)	3.40	2.21
Histidine (%)	1.48	0.92
Arginine (%)	2.68	1.44
Cysteine (%)	0.37	0.22
Methionine (%)	0.83	0.63
Proline (%)	3.55	2.20
납 (ppm)	ND	ND
카드뮴 (ppm)	0.73	ND
수은 (ppm)	0.0294	0.0086
VBN (%)	0.11	0.18
Ca	2.74	2.32
P	0.72	0.51
KOH 용해도	83.29	39.41
Pepsin 소화율	79.61	71.00
밤 킬로미터(cal/g)	3727.80	4638.88

-3차년도-

■ 동애등에 생체 내 이용률 높은 제형 확립 및 활용도 상승을 위한 최적 공정 확립

(1) 생체 내 이용률 높은 제형 확립

- 생체 내 이용률 높은 제형 확립을 위해 동애등에 탈지 분말에 효소 가수분해 진행 후 동결, 열풍, 분무건조를 진행하고 소화율, 용해도, 유화력 및 유화안정성, 수분흡수지수, 수분용해지수 등의 기능적 특성을 평가함.

(2) 동애등에 최적 건조방법 확립(제우스 협업)

- 동애등에 유충의 대량 건조를 위한 열풍, 진공, 동결, 복합 건조방법 중 대량 건조방법에 적합한 방법을 찾기 위해 실험을 수행함.

(3) 동애등에 탈지 분말 활용도를 높이기 위해 동애등에 발효 분말 제조 방법 확립

- 효소 가수분해에 대한 비용 절감을 목표로 동애등에 활용도를 높일 수 있는 미생물을 활용하여 발효 기술을 적용함.
- 발효 최적화를 위한 접종량 및 발효 시간을 확립 후 그에 따른 향산화, 아미노산 함량 등을 측정함.

(4) 동애등에 오일 정제 공정 확립

- 동애등에 오일의 산가를 낮추는 방법으로 NaOH가 중요하며 NaOH 첨가량 확립을 목표로 함.
- 동애등에 정제 오일 활용방안으로 반려동물 발바닥 크림 제조

● 연구 세부 내용

(1) 생체 내 이용률 높은 제형 확립

- 동애등에 탈지 분말에 활용도를 높이기 위해 효소 단백질 가수분해를 진행하여 고분자 단백질을 저분자

단백질로 제조.

- 분말화를 하기 위한 최적 공정으로 건조 공정을 선택함.
- 건조방법에는 냉풍, 열풍, 동결, 진공, 원적외선, 마이크로파 등의 다양한 건조방법이 있으며 이 중 열풍(HD), 동결(FD), 분무건조(SD)를 진행.
- 분무건조의 경우 부형제 첨가 후 건조하는 것이 일반적으로 부형제 첨가량에 따른 분무건조 분말의 품질특성 관찰(SD-DE05, SD-DE10, SD-DE15, SD-DE20)
- 동애등에 효소 가수분해 후 동결건조(FD-ND) 분말 제조.
- 부형제 첨가량에 따라 단백질 함량 및 TPC 함량 등이 감소하는 결과를 보여 최적의 부형제 첨가량은 10%로 설정함.
- 단백질 가수분해를 진행하게 되면 단백질의 기능적 특성이 향상되는 것을 확인했으며, 동결건조가 좋은 결과를 보였으나, 시간과 비용을 고려했을 때 분무건조 방법이 동애등에 분말의 생체 내 이용률을 향상 시키는데 더 좋은 방법으로 판단됨.

(2) 동애등에 최적 건조방법 확립(제우스 협업)

- 동애등에 건조물 대량 생산을 위한 최적 건조방법 탐색을 진행함.
- 동애등에 건조방법으로는 열풍, 진공, 동결, 복합(제우스) 건조방법으로 실험을 진행함.
- 건조시간 측면에서는 복합(제우스) 건조방법이 가장 빠르게 건조가 진행되었으나 수분함량이 높은 결과를 나타냄.
- 단백질 함량은 열풍건조 방법이 가장 높은 함량을 나타냄.
- 향산화와 같은 기능성 성분 분석에서는 비교적 저온에서 진행되는 동결 및 진공건조가 좋은 결과를 나타냄.
- 복합(제우스) 건조방법이 가장 빠르게 대량 건조물 생산을 할 수 있으나 열풍, 진공, 동결건조 방법보다 떨어지는 기능적 특성 및 수분함량으로 열풍건조가 가장 좋은 건조방법일 것으로 판단됨.

(3) 동애등에 탈지 분말 활용도를 높이기 위해 동애등에 발효 분말 최적 제조 방법 확립

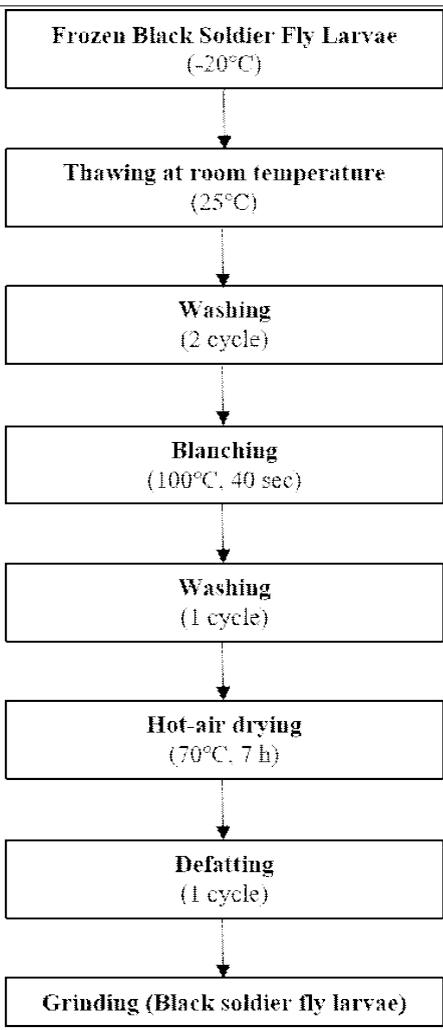
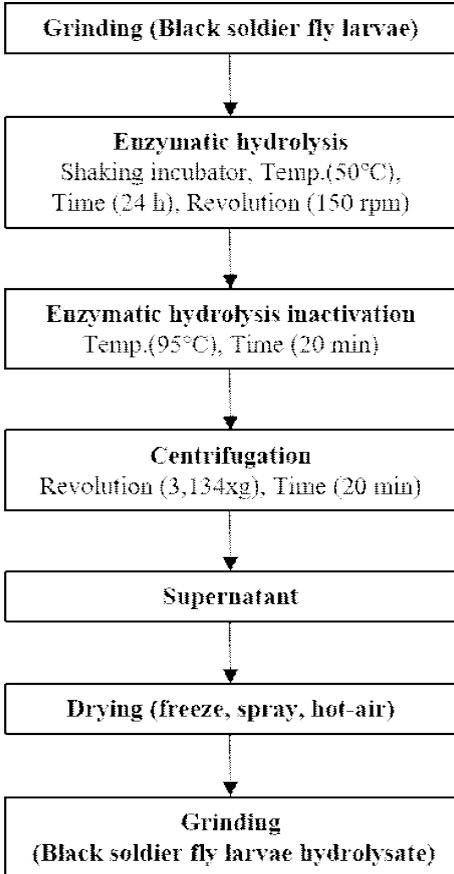
- 발효 기술은 곤충 제품에 대한 소비자 인식을 향상시키는데 좋은 방법이 될 수도 있음.
- 미생물을 이용해 발효하는 과정에서 미생물의 단백질 분해효소 활성에 의해 가수분해가 일어남.
- 미생물을 활용하면 효소를 적용하여 가수분해하는 경우보다 더 낮은 비용으로 단백질 가수분해를 수행할 수 있음.
- 발효를 진행하게 되면 펩타이드 수준 증가에 따른 향산화 능력이 향상되었음을 확인함.

(4) 동애등에 오일 활용을 위한 최적 정제방법 확립

- 오일의 정제방법인 탈검-탈산-수세-탈색 방법을 활용
- 동애등에 오일의 산가를 낮추는 방법으로 NaOH 첨가량이 많은 영향을 끼치는 것을 알 수 있었음.
- 동애등에 오일의 활용도를 높이기 위해선 적합한 NaOH 첨가량을 파악하는 것이 중요함.
- 동애등에 오일의 활용방안으로 동애등에 오일, 에센셜 오일, MCT 오일, 왁스, 증류수, 글리세린을 혼합하여 반려동물 발바닥 크림 제조

■ 동애등에 생체 내 이용률 높은 제형 확립 및 활용도 상승을 위한 최적 공정 확립

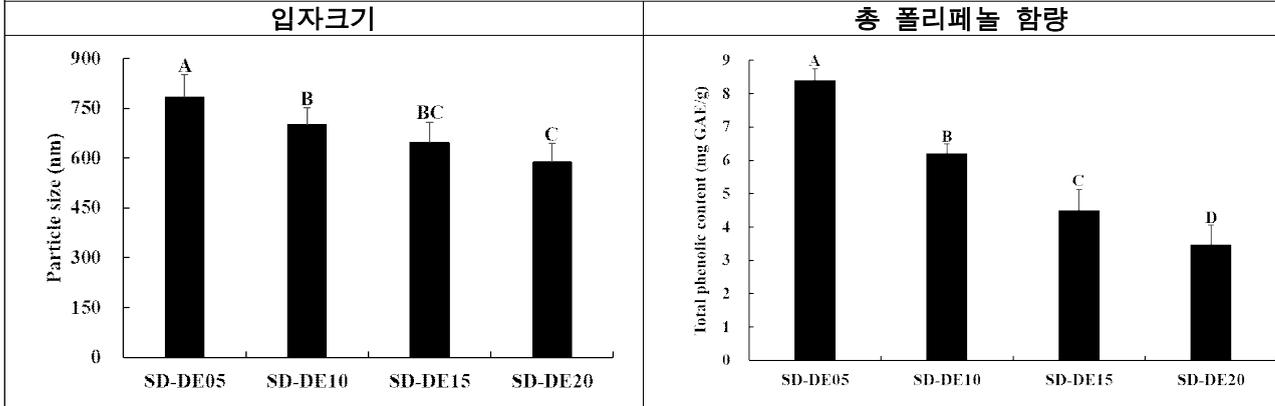
(1) 생체 내 이용률 높은 제형 확립 결과

■ 동애등에 탈지 분말 최적 공정 확립	■ 동애등에 탈지 분말 최적 효소 가수분해 공정																																											
 <pre> graph TD A[Frozen Black Soldier Fly Larvae (-20°C)] --> B[Thawing at room temperature (25°C)] B --> C[Washing (2 cycle)] C --> D[Blanching (100°C, 40 sec)] D --> E[Washing (1 cycle)] E --> F[Hot-air drying (70°C, 7 h)] F --> G[Defatting (1 cycle)] G --> H[Grinding (Black soldier fly larvae)] </pre>	 <pre> graph TD A[Grinding (Black soldier fly larvae)] --> B[Enzymatic hydrolysis Shaking incubator, Temp.(50°C), Time (24 h), Revolution (150 rpm)] B --> C[Enzymatic hydrolysis inactivation Temp.(95°C), Time (20 min)] C --> D[Centrifugation Revolution (3,134xg), Time (20 min)] D --> E[Supernatant] E --> F[Drying (freeze, spray, hot-air)] F --> G[Grinding (Black soldier fly larvae hydrolysate)] </pre>																																											
■ 동애등에 탈지 분말의 일반성분 및 농림축산식품부 기준 및 규격																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Traits</th> <th>MAFRA</th> <th>BSFLDF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Moisture</td> <td>-</td> <td>4.70</td> </tr> <tr> <td>Proximate composition (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Protein</td> <td>-</td> <td>62.81</td> </tr> <tr> <td>Fat</td> <td>-</td> <td>8.39</td> </tr> <tr> <td>Fiber</td> <td>-</td> <td>9.79</td> </tr> <tr> <td>Ash</td> <td>-</td> <td>8.50</td> </tr> <tr> <td>Pb</td> <td><30</td> <td>ND</td> </tr> <tr> <td>Heavy metal (mg/kg)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cd</td> <td><50</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>Inorganic arsenic</td> <td>-</td> <td>ND</td> </tr> <tr> <td>Hg</td> <td><0.5</td> <td>0.0055</td> </tr> <tr> <td>VBN (mg %)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volatile basic nitrogen</td> <td><0.5</td> <td>0.03</td> </tr> </tbody> </table>	Traits	MAFRA	BSFLDF	Moisture	-	4.70	Proximate composition (%)			Protein	-	62.81	Fat	-	8.39	Fiber	-	9.79	Ash	-	8.50	Pb	<30	ND	Heavy metal (mg/kg)			Cd	<50	0.25	Inorganic arsenic	-	ND	Hg	<0.5	0.0055	VBN (mg %)			Volatile basic nitrogen	<0.5	0.03	
Traits	MAFRA	BSFLDF																																										
Moisture	-	4.70																																										
Proximate composition (%)																																												
Protein	-	62.81																																										
Fat	-	8.39																																										
Fiber	-	9.79																																										
Ash	-	8.50																																										
Pb	<30	ND																																										
Heavy metal (mg/kg)																																												
Cd	<50	0.25																																										
Inorganic arsenic	-	ND																																										
Hg	<0.5	0.0055																																										
VBN (mg %)																																												
Volatile basic nitrogen	<0.5	0.03																																										
■ 부형제 첨가량에 따른 분무건조 분말의 분말 회수율																																												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Sample</th> <th>Recovery (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SD-DE05</td> <td>57.02±2.13^b</td> </tr> <tr> <td>SD-DE10</td> <td>65.33±2.31^a</td> </tr> <tr> <td>SD-DE15</td> <td>67.25±1.82^a</td> </tr> <tr> <td>SD-DE20</td> <td>59.62±1.14^b</td> </tr> </tbody> </table>	Sample	Recovery (%)	SD-DE05	57.02±2.13 ^b	SD-DE10	65.33±2.31 ^a	SD-DE15	67.25±1.82 ^a	SD-DE20	59.62±1.14 ^b																																	
Sample	Recovery (%)																																											
SD-DE05	57.02±2.13 ^b																																											
SD-DE10	65.33±2.31 ^a																																											
SD-DE15	67.25±1.82 ^a																																											
SD-DE20	59.62±1.14 ^b																																											

■ 부형제 첨가량에 따른 수분함량 및 단백질 함량

Sample	Moisture (%)	Crude protein (%)
SD-DE05	4.57±0.40 ^a	28.06±0.36 ^a
SD-DE10	4.54±0.28 ^{ab}	16.39±0.28 ^b
SD-DE15	4.13±0.16 ^b	12.57±0.29 ^c
SD-DE20	4.20±0.13 ^{ab}	9.94±0.23 ^d

■ 부형제 첨가량에 따른 총 폴리페놀 함량



■ 건조방법에 따른 동태등에 효소 가수분해 분말의 일반 성분

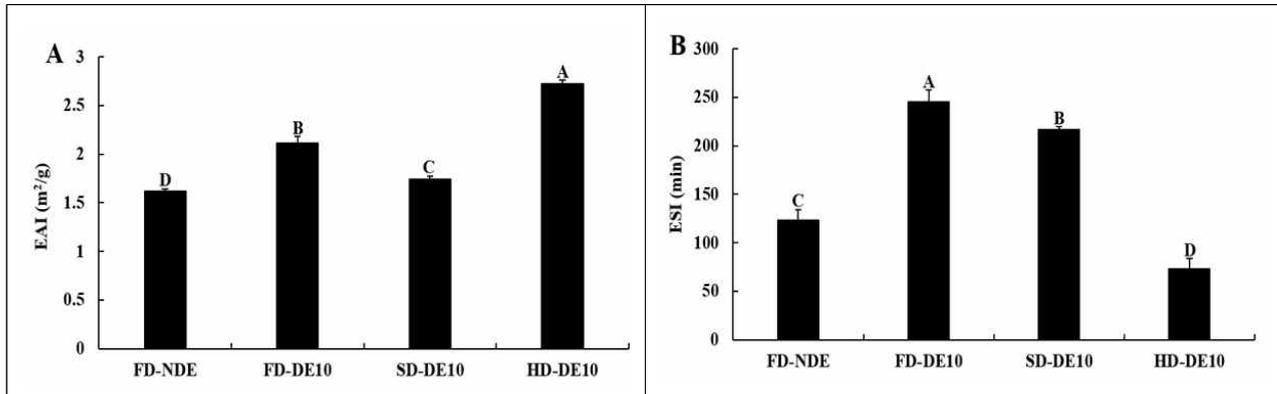
Sample	Moisture (%)	Crude protein(%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)	Crude fiber (%)	Nitrogen-free extract (%)
DF	4.70±0.22 ^c	62.95±0.42 ^b	8.23±0.23 ^a	9.58±0.30 ^a	8.49±0.02 ^b	6.44±0.22 ^c
FD-ND	11.57±0.22 ^a	70.05±0.26 ^a	0.80±0.26 ^b	0.99±0.16 ^b	10.29±0.05 ^a	6.03±0.44 ^c
FD-DE10	2.72±0.23 ^d	17.28±0.07 ^c	0.38±0.10 ^b	0.32±0.09 ^b	2.45±0.01 ^c	76.75±0.15 ^a
SD-DE10	4.54±0.28 ^c	16.39±0.28 ^d	0.38±0.03 ^b	0.34±0.11 ^b	2.41±0.04 ^{cd}	75.66±0.40 ^a
HD-DE10	9.59±0.20 ^b	15.82±0.10 ^c	0.41±0.08 ^b	0.44±0.15 ^b	2.29±0.02 ^d	71.65±0.05 ^b

■ 건조방법에 따른 동태등에 효소 가수분해 분말의 아미노산 함량

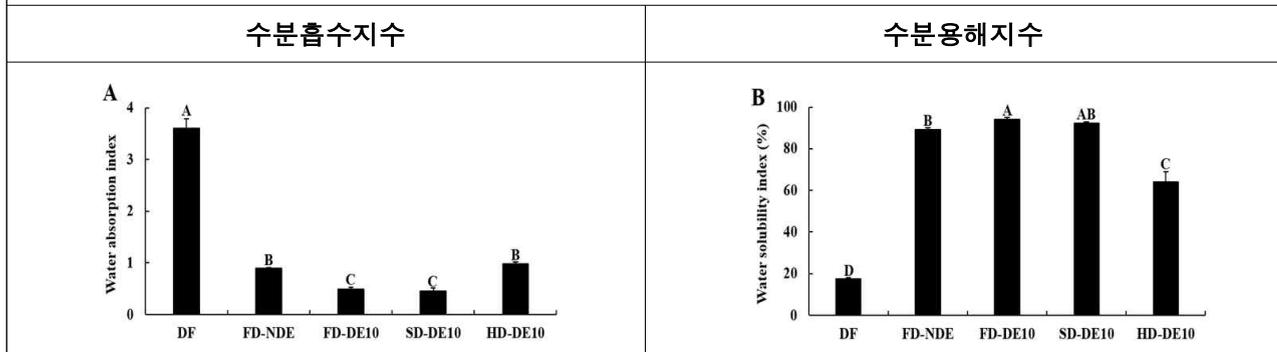
Traits	DF	FD-ND	FD-DE10	SD-DE10	HD-DE10	
Amino acid composition (g/100 g)	Arginine	3.13±0.04 ^a	1.56±0.06 ^b	0.34±0.01 ^c	0.33±0.01 ^c	0.23±0.01 ^c
	Histidine	1.96±0.08 ^b	2.37±0.15 ^a	0.54±0.01 ^c	0.52±0.01 ^c	0.48±0.01 ^c
	Isoleucine	2.57±0.06 ^a	1.72±0.04 ^b	0.42±0.01 ^c	0.40±0.01 ^c	0.29±0.02 ^c
	Leucine	4.32±0.01 ^a	2.62±0.25 ^b	0.70±0.03 ^c	0.64±0.03 ^c	0.38±0.02 ^c
	Lysine	3.79±0.04 ^b	4.16±0.01 ^a	1.02±0.02 ^c	1.00±0.01 ^c	0.92±0.01 ^d
	Methionine	1.02±0.04 ^a	0.39±0.01 ^b	0.13±0.01 ^c	0.13±0.01 ^c	0.11±0.02 ^c
	Phenylalanine	2.62±0.01 ^a	1.11±0.03 ^b	0.27±0.04 ^c	0.25±0.02 ^c	0.22±0.01 ^c
	Threonine	2.50±0.01 ^a	1.67±0.01 ^b	0.42±0.01 ^c	0.41±0.01 ^c	0.35±0.05 ^c
	Valine	4.10±0.61 ^a	3.01±0.04 ^b	0.81±0.01 ^c	0.78±0.01 ^c	0.53±0.03 ^c
	Alanine	4.33±0.01 ^a	3.20±0.24 ^b	0.81±0.06 ^c	0.77±0.06 ^c	0.44±0.02 ^c
	Aspartic acid	5.73±0.04 ^a	5.68±0.11 ^a	1.38±0.01 ^b	1.32±0.01 ^b	1.21±0.10 ^b
	Cystine	0.55±0.01 ^a	0.42±0.01 ^b	0.15±0.02 ^c	0.12±0.01 ^c	0.12±0.01 ^c
	Glutamic acid	6.75±0.06 ^b	9.11±0.66 ^a	2.11±0.05 ^c	2.05±0.02 ^c	1.95±0.04 ^c
	Glycine	3.24±0.04 ^a	2.95±0.02 ^b	0.72±0.01 ^c	0.69±0.01 ^c	0.53±0.03 ^d
	Proline	3.74±0.06 ^a	3.42±0.06 ^b	1.00±0.13 ^c	0.98±0.09 ^c	0.70±0.01 ^c
	Serine	2.68±0.01 ^a	1.71±0.02 ^b	0.44±0.01 ^c	0.42±0.01 ^c	0.36±0.05 ^c
	Tyrosine	3.86±0.06 ^a	1.81±0.01 ^b	0.40±0.01 ^c	0.35±0.06 ^c	0.30±0.01 ^c
Sum of total AA	56.86±0.4 ^a	46.85±0.25 ^b	11.60±0.01 ^c	11.10±0.01 ^c	9.07±0.34 ^d	

■ 건조방법에 따른 동태등에 효소 가수분해 분말의 유화력 및 유화안정성

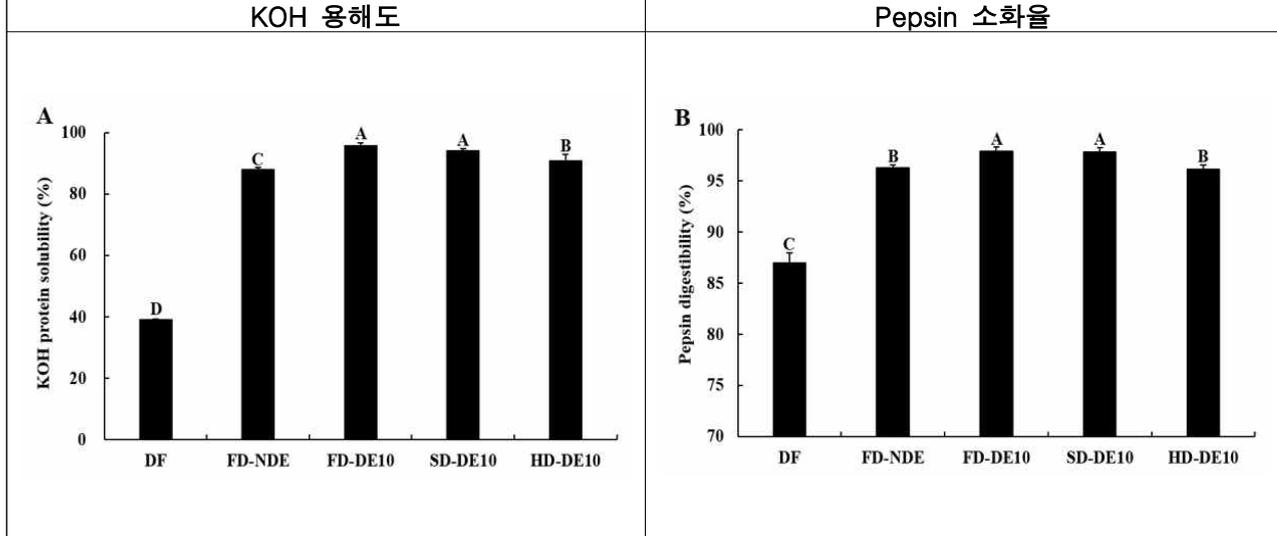
유화력	유화 안정성
-----	--------



■ 건조방법에 따른 동애등에 효소 가수분해 분말의 수분흡수지수 및 수분용해지수



■ 건조방법에 따른 동애등에 효소 가수분해 분말의 용해도 및 소화율



(2) 동애등에 최적 건조방법 확립(제우스 협업)

■ 동애등에 건조방법에 따른 일반성분

Traits	HD-BSFL ¹⁾	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
Moisture (%)	5.66±0.25 ^{c2)3)}	5.58±0.43 ^c	6.45±0.38 ^b	7.09±0.38 ^a
Crude protein (%)	41.30±1.45 ^a	38.65±0.08 ^{ab}	39.03±0.18 ^{ab}	37.37±0.06 ^b
Crude fat (%)	34.55±1.87 ^a	35.11±0.13 ^a	32.31±0.28 ^a	35.02±0.68 ^a
Crude ash (%)	13.03±0.34 ^a	12.01±0.27 ^{ab}	12.68±0.47 ^{ab}	11.58±0.13 ^b
Water activity (Aw)	0.290±0.01 ^c	0.400±0.01 ^b	0.140±0.20 ^d	0.610±0.01 ^a

■ 동애등에 건조방법에 따른 아미노산 함량

Amino acid (g/ 100g)	HD-BSFL ¹⁾	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
Asp	3.84±0.18 ^{a2)3)}	3.55±0.06 ^{ab}	3.62±0.05 ^{ab}	3.32±0.02 ^b
Thr	1.67±0.06 ^a	1.59±0.02 ^{ab}	1.60±0.02 ^{ab}	1.49±0.01 ^b
Ser	1.79±0.04 ^a	1.69±0.02 ^{ab}	1.76±0.02 ^a	1.60±0.04 ^b
Glu	4.45±0.40 ^a	3.99±0.03 ^a	4.16±0.04 ^a	3.90±0.06 ^a
Gly	2.17±0.01 ^{ab}	2.11±0.01 ^b	2.23±0.02 ^a	2.00±0.04 ^c
Ala	2.75±0.01 ^b	2.96±0.01 ^a	2.64±0.02 ^c	2.89±0.04 ^a
Val	2.20±0.13 ^a	2.13±0.08 ^a	2.15±0.01 ^a	2.01±0.01 ^a
Ile	1.71±0.04 ^a	1.64±0.04 ^{ab}	1.65±0.01 ^{ab}	1.56±0.02 ^b
Leu	2.81±0.03 ^a	2.69±0.06 ^a	2.73±0.01 ^a	2.53±0.01 ^b
Tyr	2.68±0.01 ^a	2.41±0.13 ^a	2.45±0.05 ^a	2.19±0.23 ^a
Phe	1.71±0.06 ^a	1.63±0.04 ^{ab}	1.62±0.02 ^{ab}	1.52±0.01 ^b
Lys	2.59±0.18 ^a	2.45±0.06 ^a	2.45±0.06 ^a	2.31±0.02 ^a
His	1.32±0.04 ^{ab}	1.24±0.01 ^{bc}	1.36±0.01 ^a	1.18±0.02 ^c
Arg	2.08±0.13 ^a	1.89±0.03 ^{ab}	1.95±0.04 ^{ab}	1.76±0.02 ^b
Cys	0.31±0.03 ^a	0.29±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a	0.26±0.02 ^a
Met	0.75±0.04 ^a	0.76±0.01 ^a	0.72±0.02 ^a	0.69±0.01 ^a
Pro	2.48±0.18 ^a	2.30±0.01 ^a	2.46±0.04 ^a	2.21±0.07 ^a
Total	37.28±1.45 ^a	35.28±0.28 ^{ab}	35.77±0.25 ^{ab}	33.37±0.57 ^b

■ 동애등에 건조방법에 따른 총 페놀 함량 및 휘발성 염기태 질소 함량

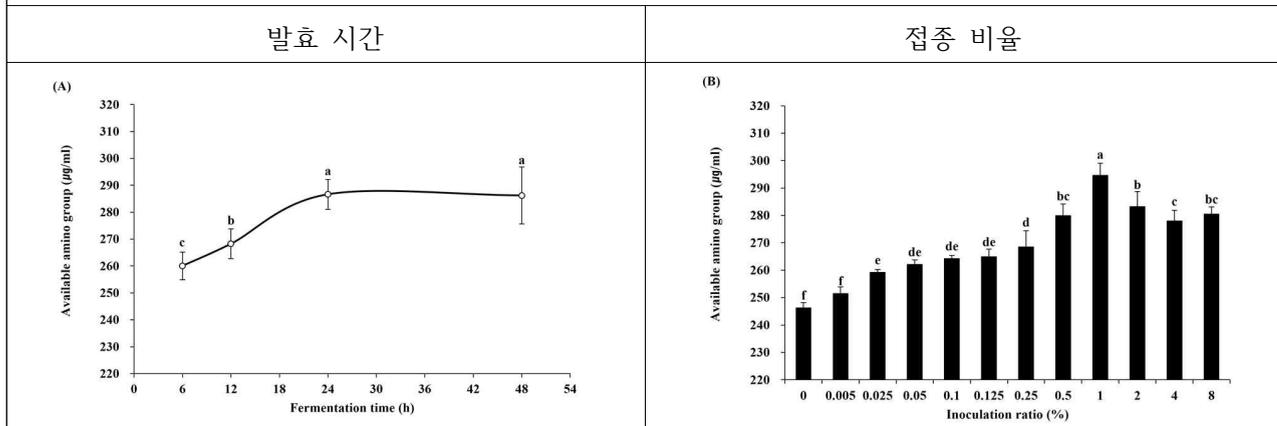
Traits	HD-BSFL ¹⁾	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
Total phenolic acid content (mg GAE/g)	3.83±0.24 ^{b2)3)}	4.12±0.13 ^a	4.19±0.23 ^a	3.63±0.09 ^b
Volatile basic nitrogen (%)	0.04±0.01 ^{bc}	0.06±0.01 ^{ab}	0.03±0.01 ^c	0.07±0.01 ^a

■ 동애등에 건조방법에 따른 DPPH 및 H₂O₂

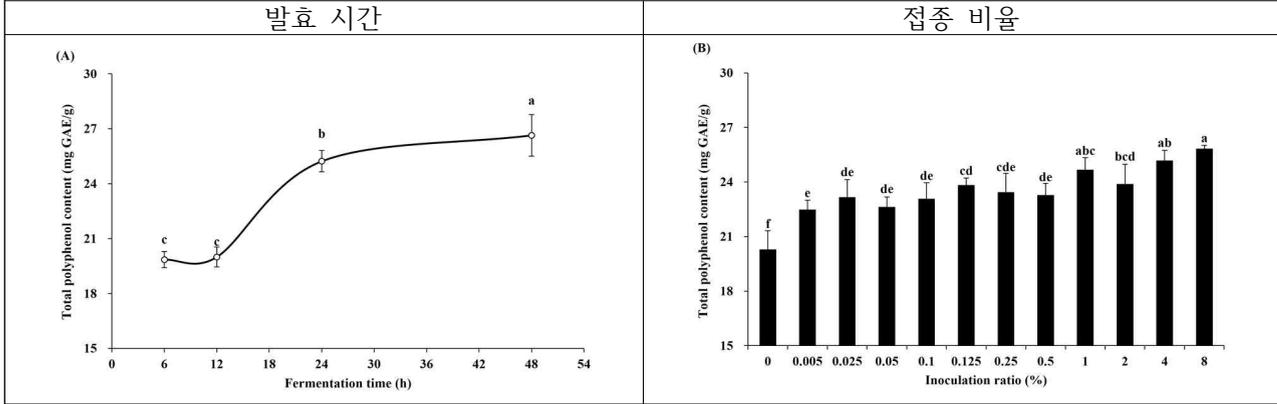
Traits	HD-BSFL ¹⁾	VD-BSFL	FD-BSFL	CD-BSFL
DPPH radical scavenging ability (%)	46.51±0.82 ^{b2)3)}	63.72±1.14 ^a	65.18±1.23 ^a	43.70±0.38 ^c
Hydrogen peroxide scavenging capacity (uM TE/mg)	73.42±4.46 ^{bc}	82.76±9.38 ^{ab}	88.02±3.41 ^a	71.03±6.23 ^c

(3) 동애등에 탈지 분말 활용도를 높이기 위해 동애등에 발효 분말 최적 제조 방법 확립

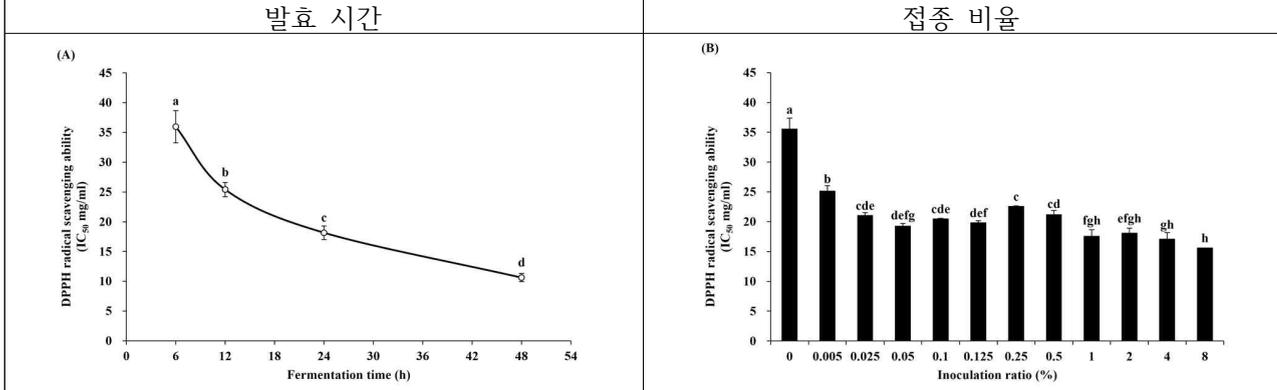
■ 발효 시간과 접종 비율이 다른 동애등에 탈지 분말 가수분해물의 가수분해도



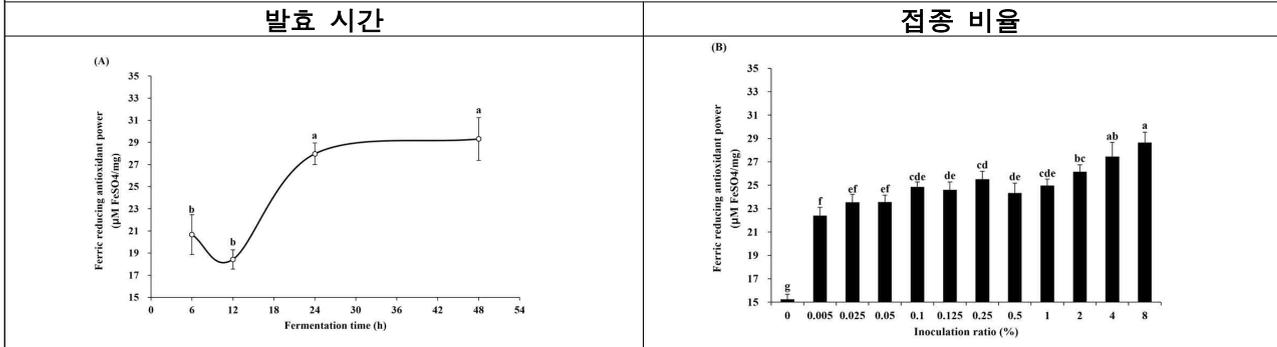
■ 발효 시간과 접종 비율이 다른 동애등에 탈지 분말 가수분해물의 TPC



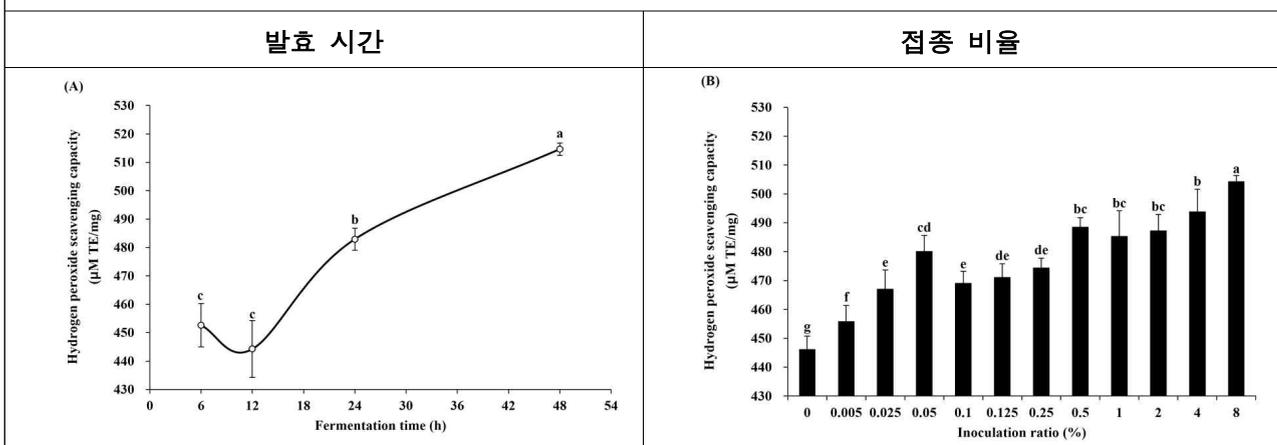
■ 발효 시간과 접종 비율이 다른 동애등에 탈지 분말 가수분해물의 DPPH 라디칼 소거능



■ 발효 시간과 접종 비율이 다른 동애등에 탈지 분말 가수분해물의 FRAP

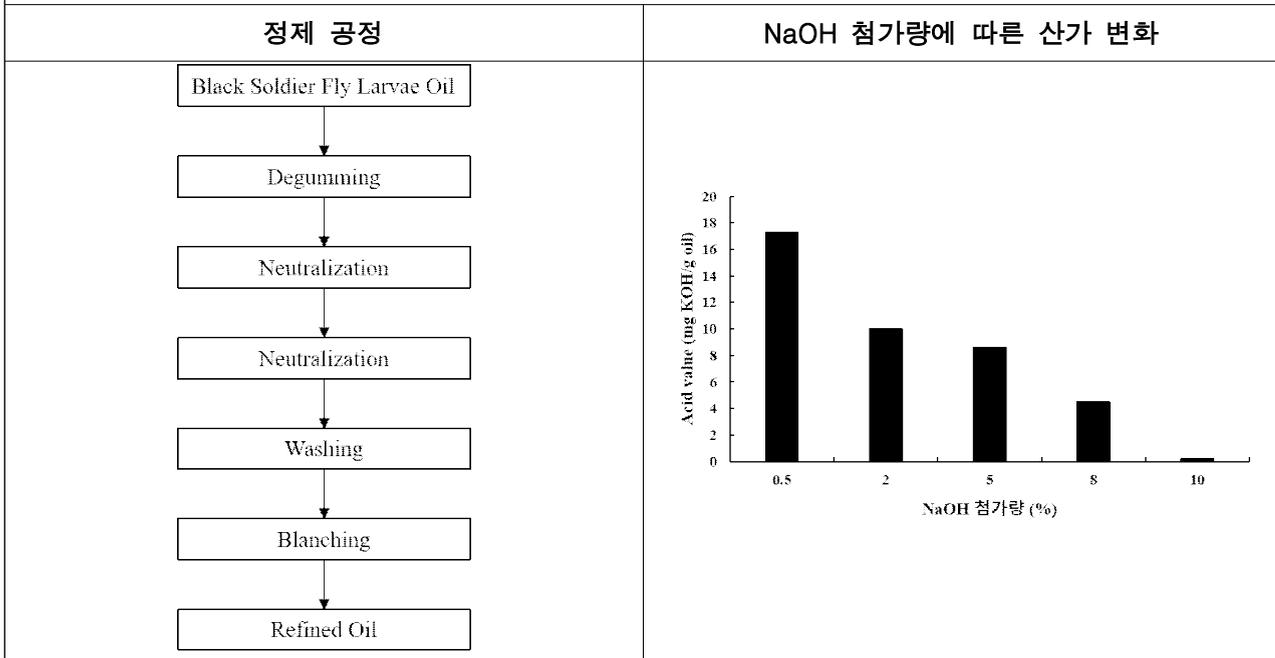


■ 발효 시간과 접종 비율이 다른 동애등에 탈지 분말 가수분해물의 H₂O₂



(4) 동애등에 오일 활용을 위한 최적 정제방법 확립

■ 동애등에 오일의 정제 공정

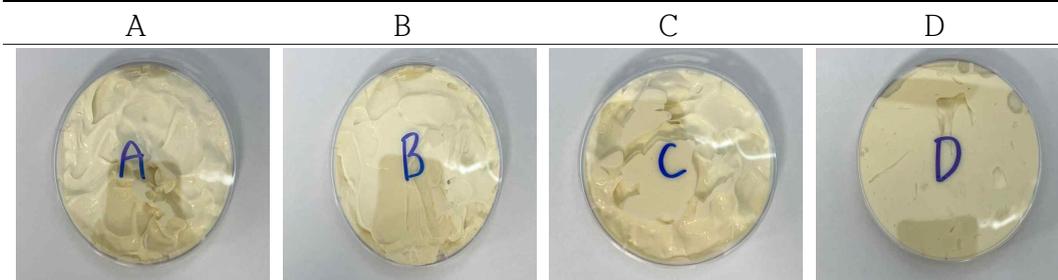


■ 동애등에 오일을 활용한 반려동물 크림 제조

재료 배합비

Ingredient		A	B	C	D
Oil phase (g)	BSFL oil	25	25	25	25
	Essential oil	2	2	2	2
	MCT oil	10	10	10	10
	Wax	7	6.5	6	5.5
Water phase (g)	Water	52	52.5	53	53.5
	Glycerine	4	4	4	4
Total		100	100	100	100

크림 외관



색도

Color	A	B	C	D
<i>L</i> *	84.38±0.27 ^{ab}	83.90±0.10 ^b	84.88±0.19 ^a	83.97±0.17 ^b
<i>a</i> *	-0.84±0.24 ^a	-0.92±0.10 ^a	-1.02±0.81 ^a	-0.48±0.13 ^a
<i>b</i> *	7.25±0.27 ^a	7.66±0.13 ^a	7.34±0.85 ^a	8.44±0.07 ^a

pH, 입자 크기

Traits	A	B	C	D
pH	6.48±0.10 ^b	6.57±0.08 ^{ab}	6.70±0.08 ^{ab}	6.75±0.15 ^a
Particle size (nm)	1063.97±20.40 ^a	971.67±58.68 ^a	1009.60±25.27 ^a	1135.47±195.10 ^a

위탁연구기관: 리얼네이처팜(1-2차년도)

■ 곤충사육을 위한 급여사료 종류의 구성(1~2년차년도)

(1) 곤충사육을 위한 급여사료 종류

- 잔류음식물 단독
- 동물성부산물 단독
- 식물성부산물 단독
- 잔류음식물+식물성부산물(감귤 외 각종 복합과일, 야채류)
- 잔류음식물+동물성부산물
- 동물성부산물+식물성부산물
- 잔류음식물+동물성부산물+식물성부산물

(2) 동애등에 공정 단순화 및 처리기간 단축, 후 처리의 수익성

- 공정의 단순화 : 음식물 폐기물을 원물 상태로 가공하지 않고 유충의 본연의 취지에 부합하도록 처리시
도
- 처리기간 단축 : 악취 발생을 최대한 억제하기 위하여 가장 효율적인 처리기간 탐색
- 후 처리의 수익성: 처리 후 유충과 분변토의 상품성을 높여 폐기물 처기단가 저감

(3) 동애등에 실험 준비 및 목표

실험재료 기타 첨가물	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 음식물 폐기물 (제주대 학생식당, 근처 식당) ✓ 감귤슬러지 (바이오제주) ✓ 동·식물성잔재물 (농협 하나로마트)
목표 사육일수	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 사육일수 : 5일 ✓ 수분건조일 : 3일 ✓ 후처리작업 : 2일 ✓ 합계 10일을 목표로 함
투입곤충 연령	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2령 (부화 후 5일) ✓ 3령 (부화 후 7일)
투입곤충 양	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 200g ~ 800g
투입되는 수분조절제	<ul style="list-style-type: none"> ✓ - 톱밥 (그린영농협동조합) ✓ 건조음식물 (본디국수)
1회 폐기물처리 양	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 사육상자- 가로*세로*높이 : 400 * 600 * 200 ✓ 폐기물 양- 10kg
악취제거용 투입미생물	<ul style="list-style-type: none"> ✓ LAC. acidophilus (테라바이오)

● 연구 세부 내용

(1) 곤충사육을 위한 급여사료 종류

- 음식물 단독
 - 장점 : 곤충들이 정상크기 2cm까지 성장하는데 양호
 - 단점 : 곤충들이 먹이를 먹는 과정에서 먹지 않는 부분에서 부패하여 악취가 심함
선별시 분변토 이외의 불순물(비닐, 닭뿔, 미역줄기, 등등)이 많이 발생
 - 대량사육시 문제점 : 큰 평수의 사육장일 경우는 기계적인 악취저감장치보다 미생물을 이용한 근본적인 악취제거 방식을 도입해야만 민원발생 최소화 가능
 - 음식물의 상태에 따라 분쇄작업 발생 가능성이 높음
- 동물성부산물 단독
 - 장점 : 곤충의 성장속도 빠름
 - 단점 : 곤충들이 먹이를 먹는 과정에서 먹지 않는 부분에서 부패하여 악취가 심함
: 선별시 분변토 이외의 불순물(오징어, 뼈, 생선머리뼈, 등등)이 많이 발생
 - 대량사육시 문제점 : 악취저감장치에 대한 비용 증가 및 생선내장이나 도축장에서 나오는 내장들은

분쇄기를 통하여 분쇄하지 않으면 균음현상이 발생해 분쇄공정이 반드시 필요함

- 식물성부산물 단독
 - 장점 : 악취발생이 낮음
 - 단점 : 곤충의 성장속도가 현저히 느리며 곤충의 크기가 최대 1cm 이상 자라지 않고 번데기로 변화 : 선별시 활동성이 적어 분변토와 분리하기 어려움
 - 대량사육시 문제점 : 단독사용 부적합
- 잔류음식물 + 식물성부산물
 - 장점 : 곤충들이 정상크기 2cm까지 성장하는데 효율적
 - 단점 : 곤충의 사육장소는 온도가 27°C를 유지해야 하는데 3일차부터 음식물에서 발생하는 황화수소가스 와 암모니아 가스가 대량 발생
 - 대량사육시 문제점 : 큰 평수의 사육장일 경우는 기계적인 악취저감장치보다 미생물을 이용한 근본적인 악취제거방식을 도입해야만 민원발생 최소화 가능
- 잔류음식물 + 동물성부산물
 - 장점 : 곤충들이 정상크기 2cm까지 성장하는데 가장 빠른 시간에 도달함
 - 단점 : 곤충의 사육장소는 온도가 27°C를 유지해야 하는데 3일차부터 음식물에서 발생하는 황화수소가 스와 암모니아가스가 가장 많이 발생함
 - 대량사육시 문제점 : 큰 평수의 사육장일 경우는 기계적인 악취저감장치보다 미생물을 이용한 근본적인 악취제거방식을 도입해야만 민원발생 최소화 가능
 - 분쇄기를 통하여 분쇄작업을 반드시 거쳐야함(처리공정 추가)

(2) 동애등에 공정 단순화 및 처리기간 단축과 후 처리의 수익성

실험 결과	이유	해결책
처리량 과다 투입시	폐기물 잔량이 남음 → 악취 발생	폐기물 처리일수를 결정하는 건 폐기물의 양이 아닌 폐기물의 높 이 - 폐기물의 높이가 6cm 이상인 경 우 바닥부분까지 유충들이 접근 하기 힘들 - 안전한 처리를 위해서는 최대 5cm 이하
	수분제어 불가능 → 선별 불가능	
	처리일수 증가 → 악취 발생	
곤충 연령과 투입양	400g 투입시 처리 완료전에 갈변화(번데기화)가 진행 → 악취 발생	3령부터 먹이 활동이 증가하여 폐 기물처리능력이 뛰어나 3령 유충 600g이 가장 적당하지만 안전한 처리를 위해서는 2령 유충 400g을 사용하는 것이 안전
	800g 투입시 먹이 부족 → 곤충 미성장	
수분조절제의 종류와 양	건조음식물 투입시 처리후 찌꺼기와 건조음식물 이 건조되면서 같이 굳어버리는 현상 발생 → 기 타 쓰레기양 증가	건조음식물은 단독으로 사용시 균 음 현상이 발생하므로 반드시 톱 밥과 같이 사용 - 초기에 투입하는 것보다 5일차 이후로 건조단계에 들어갈 때 투입하면 유충의 활동성 증가 및 건조시기 감소 가능 - 톱밥은 투입폐기물의 높이와 30% 정도까지는 투입해야 기타 쓰레기양 감소 가능 및 분변토 생산량 증가
	톱밥의 양을 적게 투입 시 처리 후 찌꺼기와 분변 토가 같이 굳어버림 → 기타 쓰레기양 증가	

동애등에 적합한 사육 방법	사육 기간
음식물 폐기물 6kg (4cm) 2령 유충 400g 톱밥 300g	악취발생기간 : 투입 후 3~4일차 악취 정도 : 톱밥을 걷을 때 조금 발생하고 이외는 톱밥 냄새 사육기간 : 1 ~ 5일차까지 건조기간 : 6 ~ 7일차 선별기간 : 10일차
음식물 폐기물 7kg (4.5cm) 2령유충 400g 톱밥 300g	악취발생기간 : 투입 후 3~6일차 악취 정도 : 톱밥을 걷을 때 발생하고 이외는 톱밥 냄새 사육기간 : 1 ~ 6일차까지 건조기간 : 7 ~ 8일차 선별기간 : 10일차
음식물 폐기물 8kg (5cm) 2령유충 400g 톱밥 300g	악취발생기간 : 투입 후 3~7일차 악취 정도 : 톱밥을 걷을 때 발생하고 이외는 톱밥 냄새 사육기간 : 1 ~ 7일차까지 건조기간 : 8 ~ 9일차 선별기간 : 10일차

(4) 그 외 결과

- 동애등에는 유기성 폐기물 사업과 아주 밀접한 관계가 있어서 사육시 가장 필요한 시설은 환풍시설 및 악취저감시설이며 근본적으로 미생물을 이용하여 음식물의 부패속도를 최대한 낮추는 장치가 필요함
- 동애등에 적합한 사육 환경

폐기물 처리량 (6kg)	40cm * 60cm * 4cm 가로 세로 높이
수분조절제	알톱밥 400g
투입유충	2령 유충(쌀알크기정도) 400g
선별시기	7일차 선별

위탁연구기관: 인성산업(3차년도)

■ 곤충먹이급여 공정의 자동화를 통한 원가절감 방안 수립(3차년도)

(1) 1일 먹이 급여 목표: 5,000kg / 2h

(2) 먹이 형태: 습식

(3) 먹이 구성

- 감귤 유기성 폐기물 50%, 대량 배출업소 음식물 잔재 폐기물 30%, 톱밥 20%

(4) 기타 사항

- 본 사료 급여 공정도는 자체 제작 복합기 활용
- 복합기는 파쇄 및 혼합 가능 설비
- 이송기는 벨트 이송기와 스크류 이송기 복합 사용

(5) 목적

- 인건비 절감을 통한 원가 절감 및 자동화에 따른 공정 시간 단축

■ 동애등에 사료화 후가공 시설의 대형화 및 효율화

(1) 1일 가공 목표: 80kg / 24h

(2) 사료 형태: 분말

(3) 사료 구성

- 단백질 45% 이상, 지방 10% 이상 ~ 25% 이하, 수분 7% 이하, 조회분 15% 이하

(4) 기타 사항

- 본 사료는 양축농가용 사료 첨가물의 기능
- 이에, 부화 후 20일 이내의 유충을 가공 처리
- 가공 후 유충의 분말은 갈적색을 유지하기 위해 온도 조절 필요

● 연구 세부 결과

위탁기관: 리얼네이처팜

■ 동애등에 수익률 비교(1~2차년도)

■ 내륙과 제주도간의 동애등에 수익률 비교		
	내륙 동애등에	제주도 동애등에
폐기물 처리량 (월)	48.6톤 (48600kg)	48.6톤 (48600kg)
폐기물 처리 단가	50,000원/톤	120,000원/톤
곤충 생산량 (월)	4.86톤 (4860kg)	4.86톤 (4860kg)
곤충 판매가격	700원/kg	300원/kg
분변토 생산량 (월)	19.44톤 (19440kg)	19.44톤 (19440kg)
분변토 판매가격	100,000원/톤	100,000원/톤
폐기물	₩ 2,430,000	₩ 5,832,000
사료	₩ 3,402,000	₩ 1,458,000
비료	₩ 1,944,000	₩ 1,944,000
총 매출	0	0

위탁기관: 인성산업

■ 곤충먹이급여 공정의 자동화를 통한 원가절감 방안 수립(3차년도)

(1) 사료 제조 공정도 변경 및 제조 시간 단축 계획

■ 기존 및 신규 시설에 따른 공정도	
기존 급여 시설에 따른 공정도	신규 주(주)인성 사료 제조 공정도
<p>1. 기존 급여 시설에 따른 공정도</p>	<p>나. 신규 주(주)인성 사료 제조 공정도</p> <pre> graph TD A[식물성 잔재물 사료 급여(감귤박) 맥주박, 해바라기 부산물] --> B[복합기 투입] B --> C[파쇄 및 혼합] C --> D[벨트 이송기] D --> E[스크류 이송기] E --> F[컨베이어 사유기] F --> G[유충 투입] </pre>

(2) 원가절감 방안

■ 급여 공정의 자동화를 통한 원가 절감

- 기존 인력에 의한 먹이급여는 노동력 확보와 공정 시간의 증가로 원가 상승의 요인이 됨.
- 이에 1차적으로 파쇄, 혼합, 중간저장을 통하여 노동력과 시간의 환경 변화를 추구하였으나 기대치에 미치지 못함.
- 장비 시설을 구축하게 되면 2시간 이내 5톤의 먹이 급여가 가능.
- 기존 7인의 인력을 3인으로 대체 하였고, 4인의 노동력을 타 공정도에 투입하여 1일 노동력의 분산이 가능하게 되어 사육과 제조의 1일 달성량이 150% 이상 상승하게 됨.

■ 동애등에 사료화 후가공 시설의 대형화 및 효율화

(1) 후가공 시설의 대형화 및 효율화

■ 사료 제조 공정도 변경 및 제조 시간 단축 계획	
기존 주(주)인성 사료 제조 공정도(16kg/60hr)	향후 주(주)인성 사료 제조 공정도(16kg/60hr)
<p>가. 기존 주(주)인성 사료 제조 공정도 (16kg /60hr)</p> <pre> graph TD A[식물성 잔재물 사료 급여(감귤박)] --> B[동애등에 유충 사육 (3형 유충) 9일 이내 사육] B --> C[동애등에 유충과 분변도 분리] C --> D[절삭 및 습식 발효] D --> E[1차 건조] E --> F[유충 파쇄] F --> G[2차 건조] G --> H[분말 분쇄] H --> I[살균 및 저장] I --> J[포장] </pre>	<p>나. 향후 주(주)인성 사료 제조 공정도 (24시간 이내)</p> <pre> graph TD A[식물성 잔재물 사료 급여(감귤박) 맥주박, 해바라기 부산물] --> B[동애등에 유충 사육 (3형 유충) 9일 이내 사육] B --> C[동애등에 유충과 분변도 분리] C --> D[유충 파쇄/분쇄 및 항산화 처리] D --> E[건식 발효 / 건조] E --> F[살균 및 저장] F --> G[포장] </pre>

(2) 제조 시간 단축 및 대형화

■ 제조 시간 단축 및 대형화

- 기존 습식 발효에 따른 수분 제거의 어려움을 건식 발효로 수분 함량을 감소 시키고, 버블형 유충 세척기를 활용하여 이물질 제거 및 세척 시간 단축하여 조회분 함량 감축.
- 장비 시설 구축 후 월 10톤 미만에서 월 50톤의 유충 가공이 가능함.
- 기존 완전 탈지 방식에서 저온 착유를 통한 조지방 파괴 방지 - 대두유 대체

제1공동기관: 한국식품연구원

-1차년도-

■ 동애등에의 전처리 기술 및 단백질 추출 공정 확립(1차년도)

(1) 곤충 추출물의 전처리 기술 개발

동애등에의 건조 방법

- 건조는 미생물 성장, 효소 활성, 갈변 반응을 저해하여 식용 곤충의 shelf life를 증가시키기 위해 일반적으로 사용하는 가공기술임
- 특히 열풍 건조는 효율적인 건조 공정 중 가장 경제적이고, 산업에서 쉽게 적용할 수 있어 널리 사용되는 건조 방법

동애등에 전처리

- 전처리는 미생물 증식을 억제하고 건조속도를 증가시켜 과도한 열처리를 하지 않고도 원료의 수분함량을 장기 보관이 가능한 수준으로 줄이는데 효과적인 방법
- 그 중 blanching법은 열전도율이 높아 갈변화 효소와 같은 효소 활성을 효율적으로 저해시키는 방법
- Blanching법, Roasting, Superheated의 전처리 후 열풍 건조한 동애등에의 품질 특성 평가

(2) 곤충 단백질 추출 공정 개발

동애등에의 건조, 탈지, 단백질 추출

- 동애등에와 유기용매(acetone, ethanol, n-hexane)를 교반 후 지방이 함유된 유기용매 제거
- 단백질 추출을 위해 탈지된 시료 100 g과 증류수 200 ml를 균질하고 원심분리 한 뒤 상층액을 여과하고 실험에 사용
- Cold pressure를 사용하여 탈지
- 단백질 추출을 위해 탈지된 시료와 pH 3, 5, 7, 9로 조절된 추출 용액과 0, 0.1, 0.25, 0.5 M NaCl로 조절된 용매를 1:2로 교반하여 8시간 동안 냉장온도(4° C)에서 정치한 후 원심분리하여 상층액 사용

(3) 동애등에 효소 가수 분해법을 활용한 추출물의 수율, 단백질, 성장 조절 효능 (IGF-1)평가

효소 가수 분해

- DW, 열수, 효소(Flavourzyme, Protamex, Alcalase, Nutrase)를 사용하여 가수분해

● 연구 세부 내용

(1) 동애등에의 전처리 기술 확립

- Blanching, Roasting, Superheated steam blanching에 따른 건조 동애등에의 건조 속도 및 품질특성을 평가하였을 때 세가지 전처리 방법 모두 건조시간 감소에 효과를 보임
- Superheated steam blanching의 경우 건조 속도가 현저히 빠른 것을 확인했으며 건조시간 감소는 동애등에의 과도한 수축을 방지
- Blanching 및 superheated steam blanching의 경우 건조 후 명도가 높은 것으로 보아 갈변화 효소가 해당 방법을 통해 효과적으로 불활성화됨.
- 전단력의 경우 blanching 후 건조한 동애등에가 유의적으로 낮은 전단력을 보임.
- blanching과 superheated steam blanching 전처리가 열풍건조 후 동애등에의 가공적성 향상에 효과를 보임.
- HD: 전처리를 하지 않고 건조한 동애등에, HB: Blanching 후 건조한 동애등에, HR: Roasting 후 건조한 동애등에, HS: Super steam blanching 후 건조한 동애등에

(2) 동애등에의 단백질 추출 공정 개발

- 유기용매(acetone, ethanol, n-hexane) 및 Cold pressure법을 사용하여 동애등에의 지방을 제거.
- 단백질 용해도와 표면 소수성은 헥산 또는 에탄올로 탈지한 동애등에가 높은 결과값을 나타냄.
- 영양학적인 측면을 고려하면 기능적 특성은 큰 차이가 없으나, 필수 아미노산의 함량은 Cold pressure의 사용이 높게 나타남

(3) 동애등에 추출물의 최적 추출 조건 확립

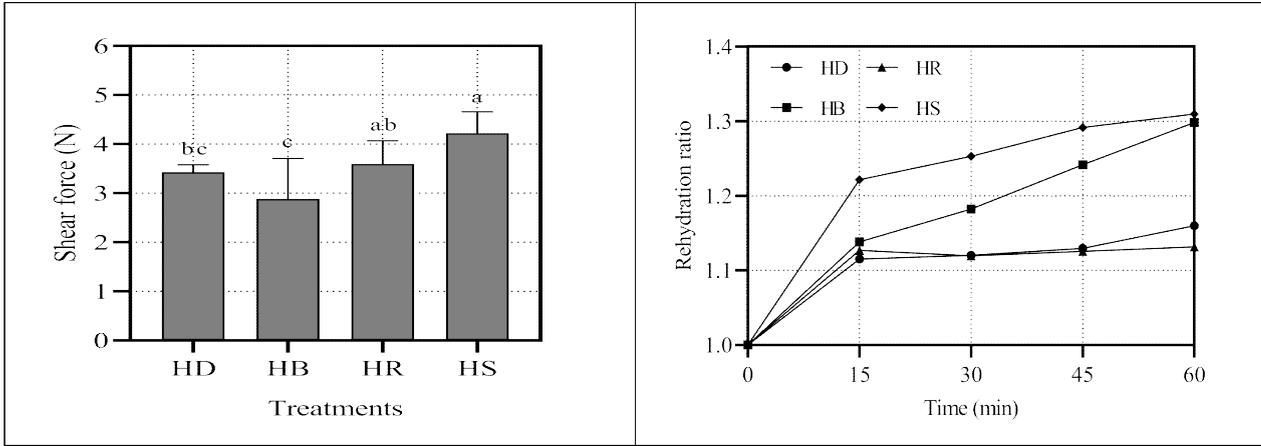
- 단백질 추출을 위해 탈지된 시료와 pH 3, 5, 7, 9로 조절된 추출 용액과 0, 0.1, 0.25, 0.5 M NaCl로 조절된 용매를 1:2로 교반후 원심분리하여 상층액을 추출 단백질로 사용
- NaCl이 첨가됨에 따라 상대적으로 표면소수성은 감소하지만 높은 기능적 특성을 보임.
- 염기성일 때 유화도가 증가하여 염기조건에서 0.25 M 이상의 NaCl를 첨가하여 단백질을 추출 하는 것이 바람직한 품질특성 획득 가능

(4) 동애등에의 효소 가수 분해법을 활용한 추출물의 수율, 단백질, 성장 조절 효능(IGF-1)평가

- 동애등에를 효소 가수분해로 추출하였을 때, 수율 및 항산화 활성이 높아지는 문헌이 많음.
- 효소가수분해물을 사용하였을 때 추출시 고온을 사용하지 않아 열에 불안정한 물질의 파괴 방지
- 유기용매 사용을 하지 않아 추출물의 안전성 확보 가능 및 높은 수율과 수용성 물질 확보 가능
- 증류수 추출물 (DW)와 비교하여 가수분해물 추출물에서 수율이 1.5배 이상 증가
- Protamex, Nutrase, Alcalase의 활용도가 높을 것으로 판단

■ 동애등에의 전처리 기술 및 단백질 추출 공정 확립(1차년도)

<p>■ 동애등에 전처리법에 따른 건조곡선</p>	<p>■ 동애등에 전처리법에 따른 Bulk density</p>																																														
<p>■ 동애등에 전처리법에 따른 pH, 색도</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="5">Treatments</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>Raw</th> <th>HD</th> <th>HB</th> <th>HR</th> <th>HS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pH</td> <td></td> <td>5.97 ± 0.05^d</td> <td>8.12 ± 0.03^c</td> <td>8.72 ± 0.01^a</td> <td>8.20 ± 0.01^b</td> <td>8.76 ± 0.01^a</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">Color</td> <td>L</td> <td>48.61 ± 0.75^a</td> <td>25.43 ± 0.89^c</td> <td>29.60 ± 0.67^b</td> <td>24.88 ± 0.32^c</td> <td>29.54 ± 0.12^b</td> </tr> <tr> <td>a</td> <td>0.89 ± 0.34^c</td> <td>0.59 ± 0.10^d</td> <td>1.64 ± 0.02^a</td> <td>0.57 ± 0.07^d</td> <td>1.31 ± 0.01^b</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>10.33 ± 0.29^a</td> <td>1.23 ± 0.17^d</td> <td>4.64 ± 0.24^b</td> <td>1.41 ± 0.13^d</td> <td>3.82 ± 0.15^c</td> </tr> <tr> <td>ΔE</td> <td>-</td> <td>24.91 ± 0.04^a</td> <td>19.86 ± 0.44^b</td> <td>25.35 ± 1.03^a</td> <td>20.15 ± 0.66^b</td> </tr> </tbody> </table>				Treatments							Raw	HD	HB	HR	HS	pH		5.97 ± 0.05 ^d	8.12 ± 0.03 ^c	8.72 ± 0.01 ^a	8.20 ± 0.01 ^b	8.76 ± 0.01 ^a	Color	L	48.61 ± 0.75 ^a	25.43 ± 0.89 ^c	29.60 ± 0.67 ^b	24.88 ± 0.32 ^c	29.54 ± 0.12 ^b	a	0.89 ± 0.34 ^c	0.59 ± 0.10 ^d	1.64 ± 0.02 ^a	0.57 ± 0.07 ^d	1.31 ± 0.01 ^b	b	10.33 ± 0.29 ^a	1.23 ± 0.17 ^d	4.64 ± 0.24 ^b	1.41 ± 0.13 ^d	3.82 ± 0.15 ^c	ΔE	-	24.91 ± 0.04 ^a	19.86 ± 0.44 ^b	25.35 ± 1.03 ^a	20.15 ± 0.66 ^b
		Treatments																																													
		Raw	HD	HB	HR	HS																																									
pH		5.97 ± 0.05 ^d	8.12 ± 0.03 ^c	8.72 ± 0.01 ^a	8.20 ± 0.01 ^b	8.76 ± 0.01 ^a																																									
Color	L	48.61 ± 0.75 ^a	25.43 ± 0.89 ^c	29.60 ± 0.67 ^b	24.88 ± 0.32 ^c	29.54 ± 0.12 ^b																																									
	a	0.89 ± 0.34 ^c	0.59 ± 0.10 ^d	1.64 ± 0.02 ^a	0.57 ± 0.07 ^d	1.31 ± 0.01 ^b																																									
	b	10.33 ± 0.29 ^a	1.23 ± 0.17 ^d	4.64 ± 0.24 ^b	1.41 ± 0.13 ^d	3.82 ± 0.15 ^c																																									
	ΔE	-	24.91 ± 0.04 ^a	19.86 ± 0.44 ^b	25.35 ± 1.03 ^a	20.15 ± 0.66 ^b																																									
<p>■ 동애등에 전처리법에 따른 외관</p>																																															
<p>■ 동애등에 전처리법에 따른 전단력</p>	<p>■ 동애등에 전처리법에 따른 재수화율</p>																																														



■ 동애등에의 단백질 추출 공정 개발

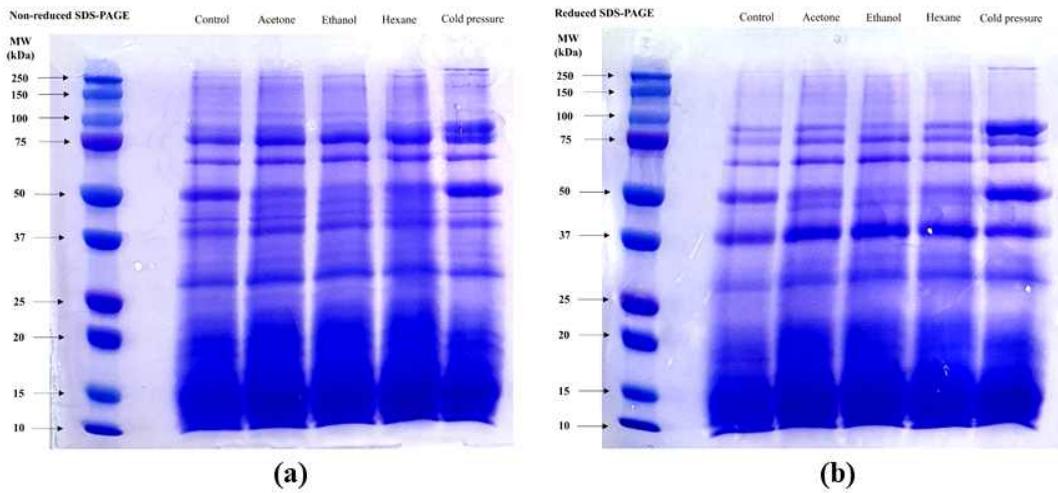
■ 탈지 방법에 따른 동애등에 추출 단백질의 아미노산 조성

	Control	Acetone	Ethanol	Hexane	Cold pressure	Reference value ¹
Amino acid profile (mg/g of protein)						
<i>Essential amino acid (EAA)</i>						
His	44.87±1.16 ^{bc}	44.06±0.01 ^c	45.78±0.23 ^b	44.56±0.47 ^{bc}	56.02±0.44 ^a	15
Ile	27.17±0.01 ^b	26.89±0.10 ^b	26.63±0.56 ^{bc}	25.86±0.12 ^c	28.82±0.64 ^a	30
Leu	38.77±0.57 ^b	38.05±0.45 ^{bc}	36.80±0.79 ^c	36.84±0.10 ^c	41.16±0.53 ^a	59
Lys	95.09±0.31 ^a	87.93±0.02 ^d	88.65±0.28 ^c	91.86±0.26 ^b	86.48±0.27 ^e	45
Met+	11.69±0.06 ^c	12.09±0.02 ^b	12.10±0.01 ^b	12.57±0.03 ^a	10.21±0.06 ^d	22
Cys						
Phe+	99.50±0.35 ^b	98.27±0.40 ^{bc}	97.00±0.40 ^c	93.68±1.40 ^d	108.30±0.13 ^a	38
Tyr						
Thr	35.31±0.18 ^c	35.68±0.17 ^c	38.13±0.58 ^a	36.61±0.03 ^b	36.61±0.11 ^b	23
Val	37.02±0.47 ^{bc}	37.57±0.34 ^b	36.67±0.20 ^c	36.85±0.04 ^{bc}	42.08±0.26 ^a	39
Sum of EAA	389.4±0.34 ^b	380.51±0.26 ^{cd}	381.74±1.29 ^c	378.8±0.69 ^d	409.64±1.95 ^a	271
Non-essential amino acid						
Ala	123.81±0.23 ^b	123.98±0.69 ^b	117.3±0.17 ^c	123.17±0.18 ^b	135.78±0.47 ^a	
Arg	47.12±0.09 ^d	47.67±0.21 ^{cd}	49.15±0.51 ^b	47.94±0.17 ^c	52.58±0.09 ^a	
Asp	85.55±0.36 ^c	88.64±0.71 ^b	92.76±0.11 ^a	89.36±0.07 ^b	91.95±0.09 ^a	
Glu	185.79±0.83 ^c	191.50±1.20 ^b	196.44±0.81 ^a	193.12±0.10 ^b	155.88±0.60 ^d	
Pro	73.94±1.52 ^a	73.16±3.38 ^a	64.25±0.67 ^b	73.53±0.60 ^a	62.94±3.09 ^b	
Gly	48.86±0.05 ^b	49.34±0.42 ^b	50.47±0.03 ^a	49.04±0.14 ^b	52.11±0.09 ^a	
Ser	45.56±0.36 ^b	45.24±0.84 ^b	47.94±0.8 ^a	45.07±0.37 ^b	39.16±0.02 ^c	
Protein quality	1.26±0.01 ^b	1.25±0.01 ^{bc}	1.25±0.01 ^{bc}	1.24±0.01 ^c	1.31±0.01 ^a	1

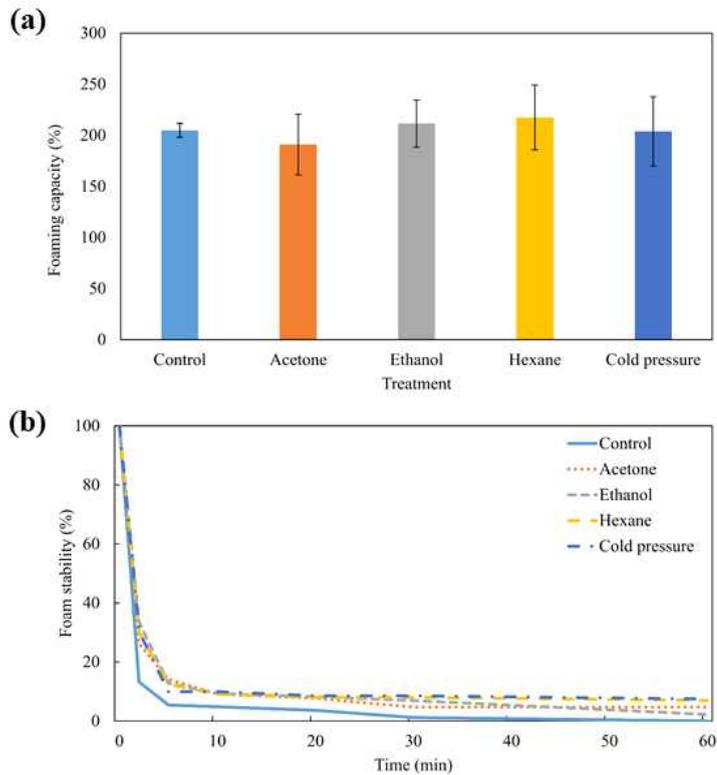
■ 동애등에 추출 단백질의 표면소수성 및 단백질 용해도, pH, 색도

	Control	Acetone	Ethanol	Hexane	Cold pressure
Surface hydrophobicity (BPB bound, μg)	35.69 \pm 3.79 ^a	33.90 \pm 6.84 ^a	30.058 \pm 6.47 ^a	37.45 \pm 2.80 ^a	11.65 \pm 1.75 ^b
Protein solubility (mg/mL)	41.60 \pm 0.17 ^c	52.42 \pm 0.74 ^{ab}	54.79 \pm 3.61 ^a	50.40 \pm 0.29 ^b	44.19 \pm 0.02 ^c
pH	7.14 \pm 0.01 ^{ab}	7.13 \pm 0.01 ^b	7.14 \pm 0.01 ^{ab}	7.14 \pm 0.00 ^a	7.12 \pm 0.01 ^c
CIE L*	16.67 \pm 0.01 ^c	16.37 \pm 0.01 ^d	16.83 \pm 0.02 ^c	18.01 \pm 0.01 ^a	17.24 \pm 0.31 ^b
CIE a*	1.86 \pm 0.06 ^d	1.82 \pm 0.06 ^d	1.95 \pm 0.08 ^c	2.22 \pm 0.02 ^a	2.09 \pm 0.09 ^b
CIE b*	4.07 \pm 0.04 ^b	3.98 \pm 0.03 ^c	3.85 \pm 0.06 ^d	4.14 \pm 0.03 ^a	3.87 \pm 0.03 ^d
Color difference (ΔE) ¹	—	0.32 \pm 0.03 ^c	0.31 \pm 0.06 ^c	1.39 \pm 0.01 ^a	0.65 \pm 0.31 ^b

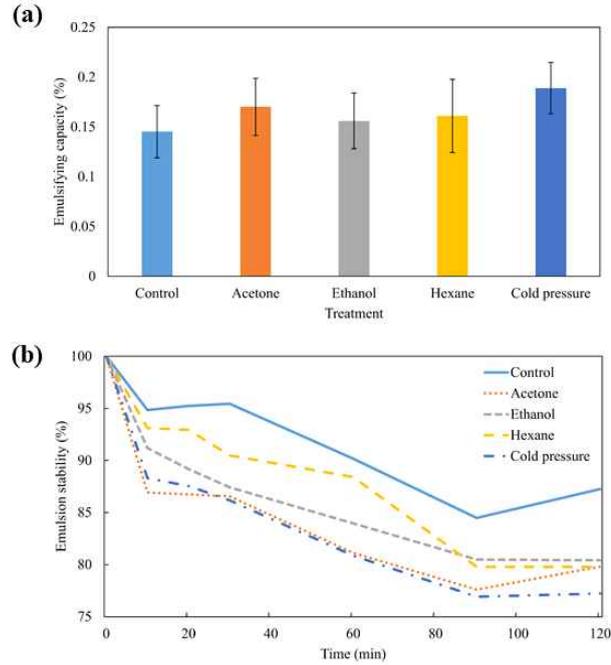
■ 동애등에 추출단백질의 SDS-PAGE



■ 동애등에 추출단백질의 거품 형성도 및 안정성



■ 동애등에 추출단백질의 유화도 및 안정성



■ 동애등에 추출물의 최적 추출 조건 확립

■ 최적 추출 조건에 따른 동애등에의 아미노산 조성

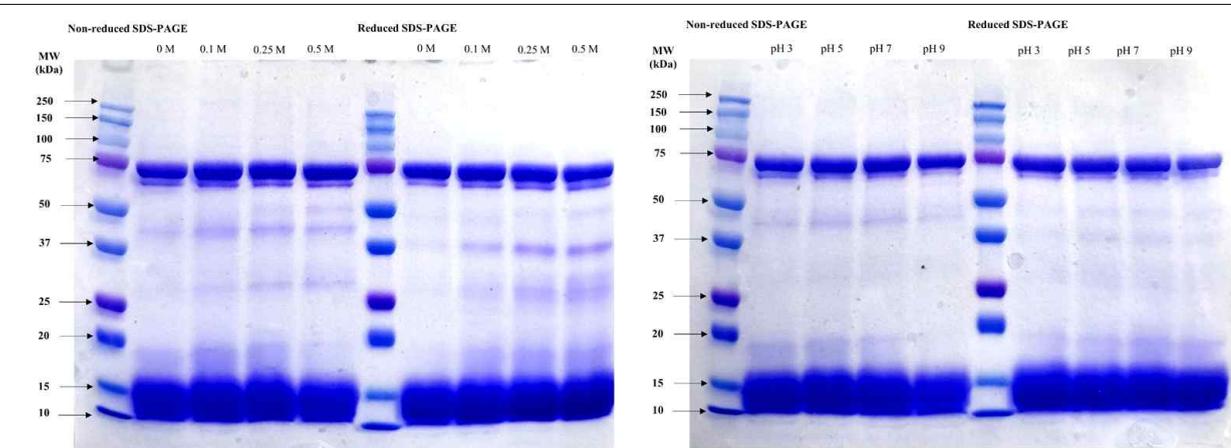
	Effect of NaCl				Effect of pH				Reference value ¹
	0 M	0.1 M	0.25 M	0.5 M	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9	
Amino acid profile (mg/g of protein)									
<i>Essential amino acid (EAA)</i>									
His	57.58±0.31 ^b	57.4±0.21 ^b	58.9±0.22 ^a	55.99±0.18 ^c	59.47±0.08 ^A	51.06±0.35 ^C	57.58±0.31 ^B	59.33±0.12 ^A	15
Ile	31.50±0.86 ^b	33.1±0.42 ^a	33.04±0.86 ^b	33.95±0.76 ^a	34.76±0.28 ^B	34.04±0.88 ^B	31.5±0.86 ^C	35.81±0.09 ^A	30
Leu	45.59±0.44 ^b	45.87±0.35 ^b	46.62±0.38 ^a	45.99±0.48 ^b	45.46±0.21 ^C	46.8±0.31 ^B	45.59±0.44 ^C	47.51±0.59 ^A	59
Lys	66.51±0.95 ^d	69.78±0.66 ^c	71.87±1.48 ^b	78.09±1.37 ^a	85.42±0.67 ^A	69.13±1.53 ^B	66.51±0.95 ^C	68.59±0.83 ^B	45
Met	9.09±0.36 ^a	8.68±0.31 ^a	6.73±1.25 ^b	6.70±1.56 ^b	7.49±0.88 ^A	7.95±0.84 ^B	9.09±0.36 ^C	7.86±0.85 ^B	22
Cys									
Phe	76.34±0.71 ^a	75.22±1.05 ^{ab}	74.24±0.43 ^b	71.94±0.59 ^c	73.99±0.59 ^C	77.07±0.84 ^B	76.34±0.71 ^B	78.90±0.44 ^A	38
Tyr									
Thr	38.80±0.15 ^b	38.95±0.20 ^b	39.19±0.27 ^b	39.58±0.33 ^a	38.42±0.14 ^C	39.37±0.18 ^A	38.8±0.15 ^B	38.34±0.18 ^C	23
Val	50.66±0.52 ^b	51.43±0.59 ^b	48.46±1.08 ^a	47.81±0.93 ^a	53.92±0.65 ^B	53.22±1.83 ^B	50.66±0.52 ^C	56.39±0.51 ^A	39
Sum of EAA	376.03±2.53	380.4±2.48	379.02±2.25	380.01±2.68	398.89±1.9 ^A	378.61±2.44 ^C	376.03±2.53 ^C	392.69±1.12 ^B	271
<i>Non-essential amino acid</i>									

Ala	163.73±0.56 ^a	158.89±2.72 ^b	152.84±0.80 ^c	149.32±0.82 ^d	157.69±0.36 ^B	164.53±0.95 ^A	163.73±0.56 ^A	164.16±0.45 ^A	
Arg	30.55±0.37 ^c	31.92±0.42 ^b	32.33±0.36 ^b	33.19±0.44 ^a	30.09±0.14 ^{AB}	30.74±0.4 ^A	30.55±0.37 ^A	29.63±0.64 ^B	
Asp	89.47±0.46 ^d	90.32±0.45 ^c	94.60±0.37 ^b	96.67±0.36 ^a	86.68±0.18 ^B	89.64±0.91 ^A	89.47±0.46 ^A	85.27±0.23 ^C	
Glu	153.45±0.51 ^d	155.24±1.14 ^c	163.85±0.72 ^b	169.11±1.02 ^a	148.92±0.37 ^B	152.83±0.64 ^A	153.45±0.51 ^A	145.74±1.02 ^C	
Pro	89.78±2.54 ^a	85.56±1.11 ^b	80.17±0.86 ^c	74.23±1.95 ^d	82.88±1.09 ^c	85.84±2.28 ^B	89.78±2.54 ^A	86.30±1.02 ^B	
Gly	54.76±0.15 ^c	55.99±0.25 ^b	56.2±0.06 ^b	57.84±0.19 ^a	54.42±0.09 ^D	55.86±0.17 ^A	54.76±0.15 ^C	54.97±0.10 ^B	
Ser	42.28±0.21 ^a	41.72±1.36 ^{ab}	41.02±0.37 ^b	39.68±0.63 ^c	40.47±0.29 ^c	41.99±0.7 ^{AB}	42.28±0.21 ^A	41.28±0.58 ^B	
Protein quality	1.27±0.02 ^{ab}	1.28±0.01 ^a	1.24±0.03 ^b	1.24±0.03 ^b	1.30±0.02 ^A	1.27±0.01 ^B	1.27±0.02 ^B	1.30±0.02 ^A	1

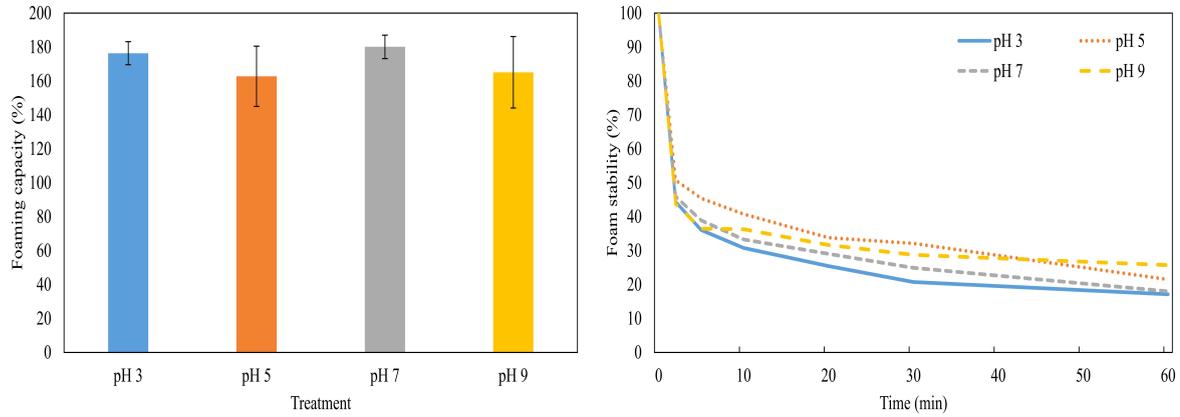
■ 최적 추출 조건에 따른 동태등에의 표면 소수성, 단백질 용해도, 색도

	Effect of NaCl				Effect of pH			
	0 M	0.1 M	0.25 M	0.5 M	pH 3	pH 5	pH 7	pH 9
Surface hydrophobicity (BFB bound, µg)	68.88±0.23 ^a	61.84±1.41 ^a	33.31±3.81 ^b	21.94±4.17 ^c	54.27±2.80 ^C	66.41±2.47 ^B	68.26±2.57 ^B	78.24±3.13 ^A
Protein solubility (mg/ml)	19.61±0.79	19.25±0.58	18.01±0.24	18.61±0.56	17.23±0.05 ^C	18.46±0.51 ^{AB}	18.87±0.15 ^A	17.46±0.59 ^{BC}
CIE L*	16.66±0.23 ^a	16.26±0.11 ^b	15.77±0.08 ^c	16.33±0.29 ^b	16.41±0.21 ^C	16.75±0.11 ^B	16.66±0.23 ^B	18.15±0.09 ^A
CIE a*	1.86±0.15 ^c	1.97±0.09 ^{bc}	2.02±0.12 ^b	2.30±0.10 ^a	1.81±0.12 ^B	1.83±0.11 ^B	1.86±0.15 ^B	2.12±0.13 ^A
CIE b*	3.80±0.08 ^{ab}	3.97±0.05 ^a	3.43±0.02 ^c	3.63±0.30 ^b	4.04±0.06 ^B	3.59±0.15 ^D	3.80±0.08 ^C	4.16±0.02 ^A
Color difference (ΔE) ¹	—	0.52±0.25 ^b	1.01±0.19 ^a	0.75±0.24 ^{ab}	0.43±0.22 ^B	0.39±0.16 ^B	—	1.57±0.25 ^A

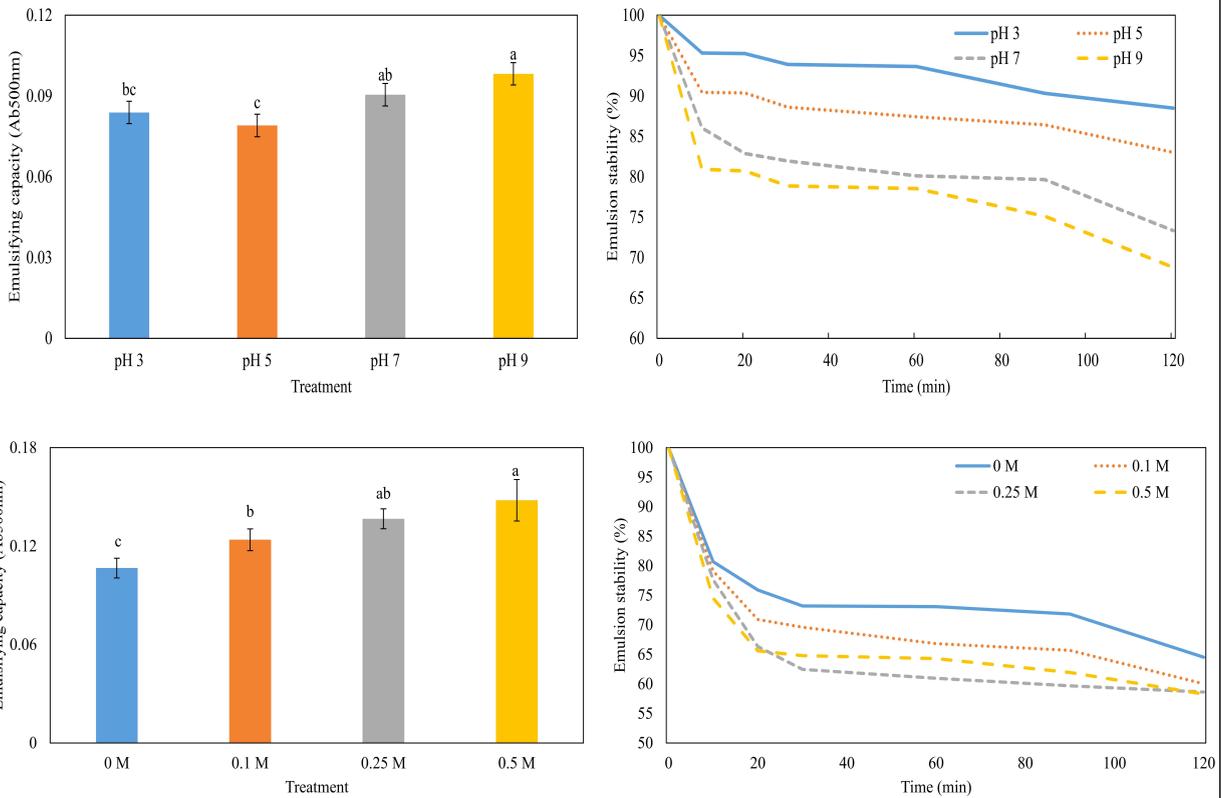
■ 최적 추출 조건에 따른 동태등에의 SDS-PAGE



■ 최적 추출 조건에 따른 동애등에의 거품 형성도 및 안정성



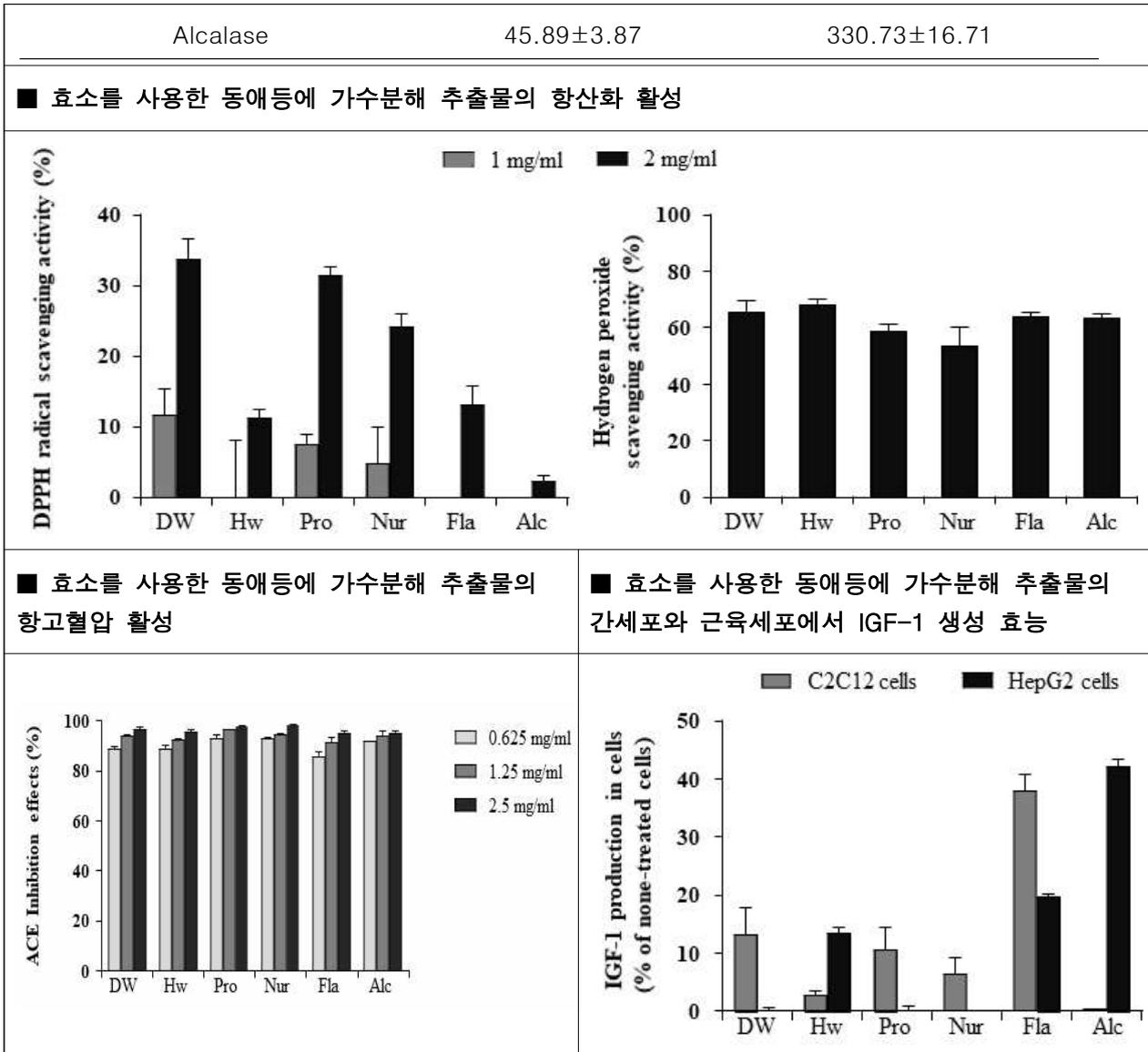
■ 최적 추출 조건에 따른 동애등에의 유화도 및 안정성



■ 동애등에의 효소 가수 분해법을 활용한 추출물의 수율, 단백질, 성장 조절 효능 (IGF-1) 평가

■ 효소를 사용한 동애등에 가수분해 추출물의 수율 및 단백질 함량

Extraction methods	Yield (%)	Protein content (µg/ml)
DW	28.61±1.97	381.17±3.66
Hot water (95°C)	33.78±0.42	377.27±6.53
Protamex	45.67±0.54	361.30±4.69
Nutrase	43.11±0.83	399.77±11.47
Flavourzyme	36.56±0.57	315.57±1.94



-2차년도-

■ 동애등에의 전처리 기술 및 단백질 추출 공정 확립

(1) 추출·농축물 잔사로부터 단백질 물질 분리, 정제 공정 개발

- 동애등에 유충의 추출·농축물 잔사로부터 침전물을 분석하고 이를 추출하기 위한 기술 개발 및 기능적 특성 향상
- 대부분의 연구가 단백질을 분리하여 상층액에서 추출하는 방법을 이용
- 폐기되는 잔사에는 키틴질과 교원섬유단백질 등을 포함하고 있으며, 이중 교원섬유에는 다량의 콜라겐을 가지며 이를 수화시켜 가열하면 젤라틴으로써의 이용가치 발생
- 잔사(침전물)의 전처리
- 침전물은 각각 0.1 M NaOH, 증류수, 0.1 M HCl용액에 용해 및 4°C에서 48h 동안 수화
- 수화된 샘플 중화 및 투석하여 남은 염을 제거
- 수화된 단백질 추출을 위해 60°C에서 10 min 동안 가열 후 6,000 g에서 15분 원심분리 하여 용해된 단백질 추출
- 추출된 단백질은 단백질 농도를 1 mg/ml로 조절하여 실험
- 처리구의 약어 : L(low pH), D(distilled water), H(high pH), R(raw), H(Hydrolyzed)

(2) 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구

- 효소를 사용한 동애등에 가수분해 추출물 제조
- 동애등에 전처리 동결건조물과 DW, 열수, 효소 (Flavourzyme, Protamex, Alcalase, Nutrase)를 사용하여 가수분해
- 가수분해를 효소 대 기질 비를 1:100으로 하여 효소 조건별 pH, 온도를 설정하여 24시간 동안 교반
- 교반 후 100°C에서 효소를 불활성화 시킨 후 pH를 7.0으로 조정, 원심분리 및 여과하여 잔사 제거 후 동결건조

(3) 동애등에 최적 가수분해 추출물에서 유효 성분 분리 및 생리 활성 규명

- 유효 물질 분리를 위하여 한외 여과막을 활용하여, 30 kDa 이상, 5-30 kDa, 5 kDa 이하로 분리

(4) 동애등에 대용량 조건별 추출물의 세포 독성 및 생리 활성

- 제주대 동애등에 대용량 조건별 추출물의 피부세포, 정상세포, Hydrogen peroxide 소거 활성, 세포 보호 효과

● 연구 세부 내용

(1) 동애등에 추출·농축물 잔사로부터 단백질 물질 분리, 정제 공정 개발

- 추출 잔여물에서 단백질성 물질을 분리하기 위하여 진행
- 다양한 pH환경에서 추출하여 기능적 특성 평가
- 가수분해 잔여물의 경우 상대적으로 낮은 pH와 분자량을 가졌으며, 높은 단백질 용해도를 가짐.
- 거품형성 및 유화능이 향상
- 상대적으로 산성에서의 단백질 추출은 기능적 특성이 향상되고 안정됨.
- 식용곤충 추출 잔여물에서 단백질성 물질을 분리할 경우, 산성 조건에서의 가공이 적합할 것으로 사료됨.
- 처리구의 약어 : L(low pH), D(distilled water), H(high pH), R(raw), H(Hydrolyzed)

(2) 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구

- 산업적 활용도를 높일 수 있도록 지질의 활용 및 추출 수율을 향상시키고 기능성을 향상 시킬 수 있는 펩타이드 분석 기술 개발에 초점을 두고 있음
- 효소를 사용한 동애등에 가수분해 추출물 제조
- Alcalase > Protamex > Nutrase > Flavourzyme > 열수 추출물 > 증류수 추출물 순으로 높은 수율을 나타냄
- Nutrase > 증류수 추출물 > 열수 추출물 > Protamex > Alcalase > Flavourzyme 순으로 높은 단백질 함량을 나타냄
- 수율 대비 단백질 함량이 높은 Protamax, Alcalase의 활용도가 높을 것으로 판단.
- 증류수, 열수, Prota, Nutra, Flavo, Alca 항산화 활성에 마커가 되는 Hydrogen peroxide 소거 활성이 나타남.
- 가수분해물에서 산화적 스트레스로부터 세포 보호 효과는 미비함
- Alcalase 효소 가수분해물에서 안지오텐신전환효소(ACE)를 억제하는 효과가 우수한 것을 확인.
- 효소 대 기질 비율을 1:50 - 1:1000을 첨가하여 24시간 효소 추출 조건으로 추출하여 수율 및 단백질 함량을 비교했을 때 Alcalase 효소가 우수한 수율과 단백질 함량을 보임.

(3) 동애등에 최적 가수분해 추출물에서 유효 성분 분리 및 생리 활성 규명

- 5 kDa 이하 분획물에서 가장 우수한 Hydrogen peroxide 소거 활성을 보임.
- 5 kDa 이하 분획물에서 가장 우수한 ACE 억제 활성이 나타남.
- 단백질 분획물에서 5 kDa 이하 분획물에서 높은 단백질 함량과 당함량을 보임.

- 25종의 펩타이드 시퀀스 확보.

(4) 동태등에 대용량 조건별 추출물의 세포 독성 및 생리 활성

- 피부 세포와 정상 세포에서는 독성이 나타나지 않은 결과 확인.
- 동태등에 대용량 조건별 추출물의 Hydrogen peroxide 소거 활성을 확인한 결과, 3안 샘플과 비교하여 2안 샘플에서 높은 Hydrogen peroxide 소거 활성이 우수한 결과 확인.
- 2안 샘플에서 농도 의존적으로 산화적 스트레스로부터 세포를 보호하는 효과를 확인.

■ 동태등에의 전처리 기술 및 단백질 추출 공정 확립(2차년도)

■ 동태등에 추출·농축물 잔사 추출 조건에 따른 pH, 색도, 단백질 용해도

Table 1. Effect of extraction conditions on pH, color, protein solubility, and surface hydrophobicity of hydrolyzed protein extracted from edible insect

Traits	LR ¹⁾	DR	HR	LH	DH	HH
pH	1.91±0.02 ^c	6.85±0.01 ^a	6.87±0.01 ^a	2.41±0.02 ^c	2.18±0.02 ^d	2.50±0.01 ^b
CIE L*	17.57±0.01 ^a	16.52±0.02 ^c	15.67±0.02 ^d	15.40±0.01 ^c	17.11±0.03 ^b	17.55±0.11 ^a
CIE a*	2.17±0.09 ^c	2.48±0.06 ^a	1.88±0.11 ^d	2.17±0.10 ^c	2.36±0.06 ^b	2.15±0.05 ^c
CIE b*	4.05±0.04 ^c	2.86±0.06 ^f	4.26±0.06 ^b	3.89±0.05 ^d	3.44±0.05 ^c	4.53±0.02 ^a
Protein solubility (mg/mL)	4.59±0.02 ^c	2.00±0.01 ^f	5.60±0.17 ^d	6.04±0.12 ^c	8.42±0.22 ^a	7.46±0.18 ^b

All values are mean ± standard deviation of three replicates (n=3)

^{a-d} Means within a row with different letters are significantly different (P < 0.05).

¹⁾ LR: extracted raw protein in low-pH buffer; DR: extracted raw protein in distilled water; HR: extracted raw protein in high-pH buffer; LH: extracted hydrolyzed protein in low-pH buffer; DH: extracted hydrolyzed protein in distilled water; HH: extracted hydrolyzed protein in high-pH buffer.

■ 동태등에 추출·농축물 잔사 추출 조건에 따른 SDS-PAGE

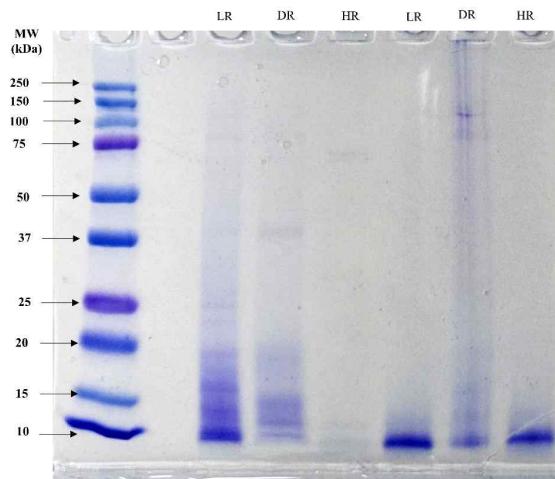


Figure 1. Effect of extraction conditions on molecular weight of extracted hydrolyzed protein from edible insect. SDS-PAGE analysis revealed protein bands LR: extracted raw protein in low pH buffer, DR: extracted raw protein in distilled water, HR: extracted raw protein in high pH buffer, LH: extracted hydrolyzed protein in low pH buffer, DH: extracted hydrolyzed protein in distilled water, HH: extracted hydrolyzed protein in high pH buffer.

■ 동태등에 추출·농축물 잔사 추출 조건에 따른 거품형성능, 유화능

Table 2. Effect of extraction conditions on foaming properties and emulsifying properties of hydrolyzed protein extracted from edible insect

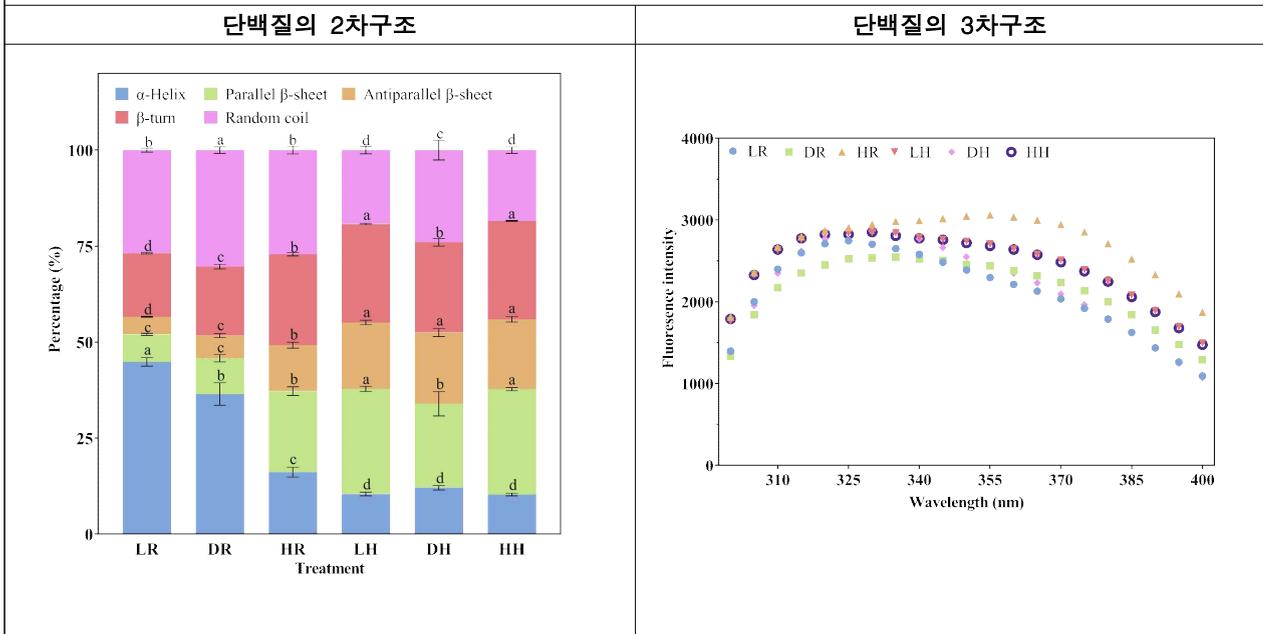
Traits	LR ¹⁾	DR	HR	LH	DH	HH
Foaming capacity (%)	137.83±3.06 ^a	150.50±6.14 ^a	110.68±0.67 ^b	140.94±3.54 ^a	155.68±13.47 ^a	157.41±15.91 ^a
Foam stability (%)	12.67±2.28 ^c	51.68±9.16 ^a	4.52±0.03 ^c	40.24±2.25 ^b	35.26±1.49 ^b	52.64±2.97 ^a
Emulsifying capacity (%)	0.084±0.002 ^c	0.097±0.002 ^b	0.050±0.000 ^c	0.104±0.002 ^a	0.066±0.001 ^d	0.102±0.005 ^a

Emulsion stability (%)	72.79±0.38 ^c	64.21±1.81 ^d	95.78±1.59 ^a	70.84±4.10 ^c	82.17±9.07 ^b	70.97±2.59 ^c
------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------

All values are mean ± standard deviation of three replicates (n=3)

^{a-d} Means within a row with different letters are significantly different (P < 0.05).

¹⁾ LR: extracted raw protein in low-pH buffer; DR: extracted raw protein in distilled water; HR: extracted raw protein in high-pH buffer; LH: extracted hydrolyzed protein in low-pH buffer; DH: extracted hydrolyzed protein in distilled water; HH: extracted hydrolyzed protein in high-pH buffer.



■ 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구

■ 본 실험에 사용된 단백질 가수분해 효소 반응 최적 온도 및 pH 조건

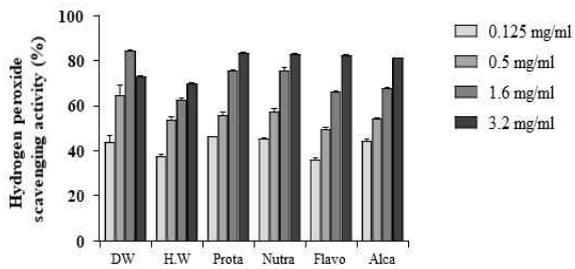
단백질 . proteinase		
Enzyme	pH	Temperature
Protamex	6.0	40도
Nutrase	6.0	40도
Flavourzyme	7.0	50도
Alcalase	8.0	50도

■ 효소를 사용한 동애등에 가수분해 추출물의 수율 및 단백질 함량 (효소 비율 1:100)

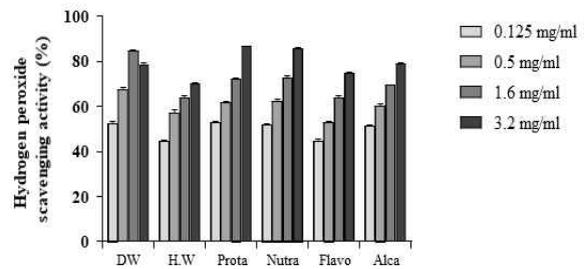
Extraction methods	Yield (%)	Protein content (µg/ml)
DW	28.61±1.97	381.17±3.66
Hot water (95°C)	33.78±0.42	377.27±6.53
Protamex	45.67±0.54	361.30±4.69
Nutrase	43.11±0.83	399.77±11.47
Flavourzyme	36.56±0.57	315.57±1.94
Alcalase	45.89±3.87	330.73±16.71

■ 효소를 사용한 동애등에 가수분해 추출물의 항산화 활성

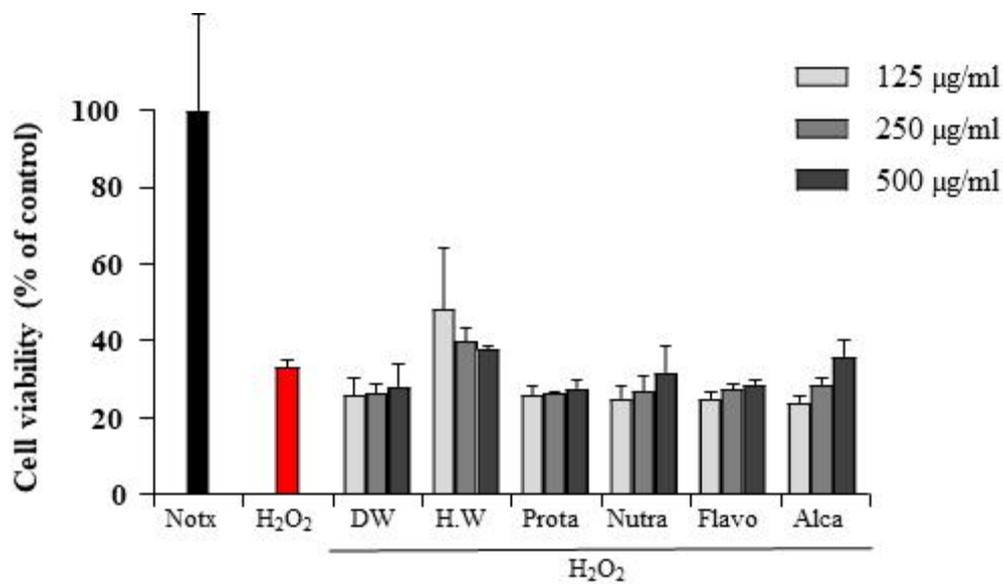
1st



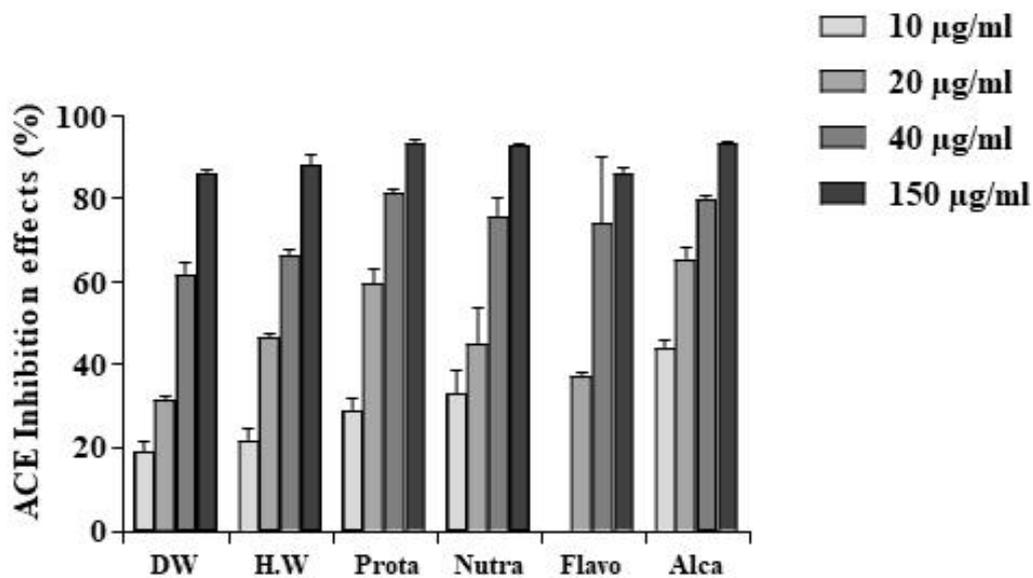
2st



■ 동애등에 효소 가수분해물의 정상 세포에서 항산화 활성



■ 효소를 사용한 동애등에 가수분해 추출물의 항고혈압 활성

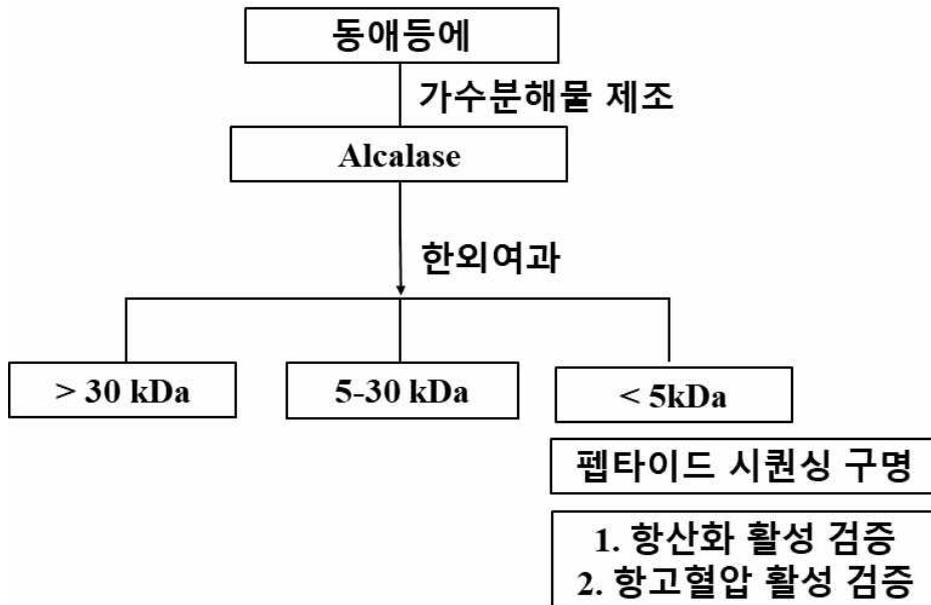


■ 동애등에 효소 가수분해 추출물 별 수율 및 단백질 함량

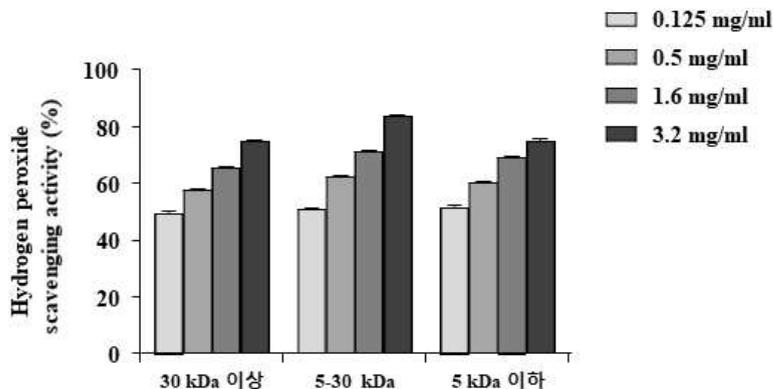
Extraction methods	Yield (%)	Protein content (mg/ml)
DW	33.00±1.87	0.034±0.008
Hot water (95℃)	37.50±2.16	0.527±0.020
Alcalase 1:50	64.83±1.31	0.698±0.020
Alcalase 1:100	60.50±1.41	0.626±0.043
Alcalase 1:250	45.83±3.30	0.577±0.008
Alcalase 1:500	35.17±0.24	0.515±0.034
Alcalase 1:1000	32.17±1.31	0.471±0.014
Protamex 1:50	56.58±3.75	0.621±0.008
Protamex 1:100	53.83±1.43	0.595±0.014
Protamex 1:250	49.67±0.85	0.523±0.024
Protamex 1:500	50.50±1.47	0.515±0.014
Protamex 1:1000	47.67±2.72	0.413±0.076

■ 동애등에 최적 가수분해 추출물에서 유효 성분 분리 및 생리 활성 규명

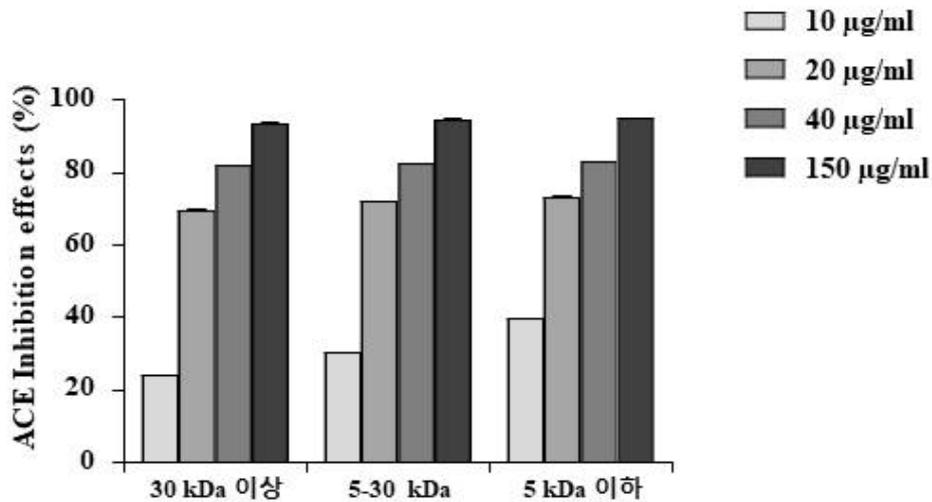
■ 동애등에 효소 가수분해물에서 유효 성분을 규명하기 위한 분리 모식도



■ 동애등에 효소 가수분해물에서 분자량 크기별 분획물의 Hydrogen peroxide 소거 활성



■ 동애등에 효소 가수분해물에서 분자량 크기별 분획물의 ACE 효소 억제 활성



■ 동애등에 한외여과막으로 분리한 분자량 분획물의 일반 성분

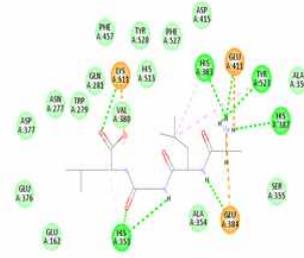
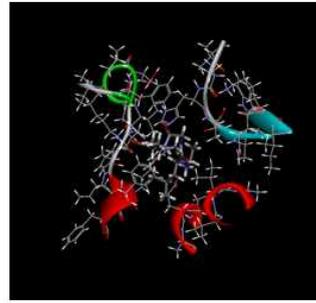
Alcalase	당 (%)	단백질 (%)	폴리페놀 (%)
30 kDa <	11.196	31.076	2.598
5-30 kDa	12.766	32.351	1.893
5 kDa >	15.502	34.794	2.437

■ 동애등에 효소 가수분해물에서 5 kDa 이하 분획물에서 분리한 펩타이드 시퀀스 (25개)

Peak No.	RT(min)	m/z	Sequence
1	1.49	219.098	AE
2	1.52	263.088	DE
3	1.59	277.103	EE
4	2.94	233.15	LT
5	3.09	329.182	AAPA
6	4.28	261.144	LE
7	5.29	347.193	AVGT
8	6	239.102	GY
9	6.63	326.135	GSY
10	6.76	297.108	DY
11	8.13	189.124	GL
12	9.14	231.17	LV
13	9.56	333.177	GSGL
14	10.54	223.108	GF
15	10.8	293.635	GFHPE
16	11.2	317.182	GAGL
17	11.63	279.192	ALVVR
18	11.82	309.167	DVDLR
19	13.02	371.229	AAPL
20	14.7	302.207	AVL
21	15.44	442.266	AAPAL
22	18.04	316.223	ALL
23	18.35	302.207	LGL
24	19.29	373.245	ALGL
25	19.29	302.207	GLL

■ Molecular docking 프로그램을 활용한 25종의 펩타이드 시퀀스와 ACE receptor 바인딩 에너지 평가

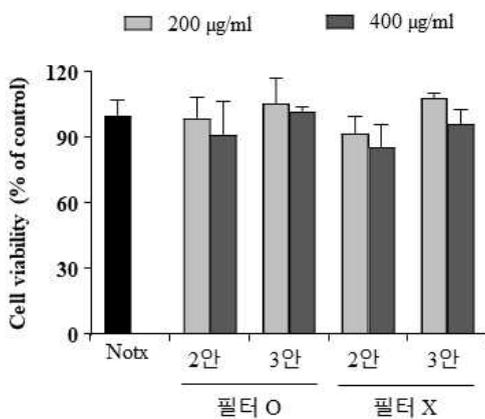
Peak No.	Sequence	CDOKER energy (kcal/mol)
1	AE	68.6992
2	DE	60.625
3	EE	63.0963
4	LT	61.9049
5	AAPA	78.2067
6	LE	57.2244
7	AVGT	82.8705
8	GY	63.3256
9	GSY	82.677
10	DY	61.4193
11	GL	55.8592
12	LV	63.4433
13	GSGL	80.7016
14	GF	59.6614
15	GFHPE	70.154
16	GAGL	81.2817
17	ALVVR	65.8225
18	DVDLR	79.3421
19	AAPL	80.3099
20	AVL	77.2898
21	AAPAL	77.2612
22	ALL	75.3183
23	LGL	79.6268
24	ALGL	82.2619
25	GLL	75.6635



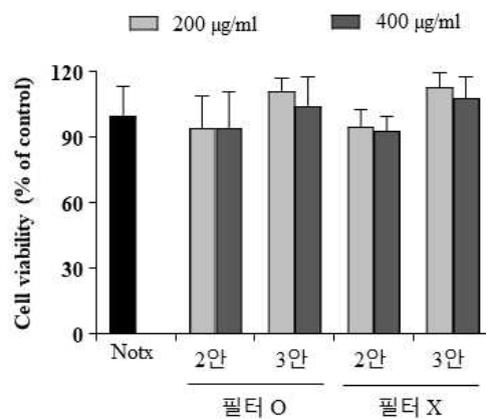
■ 동애등에 대용량 조건별 추출물의 세포 독성 및 생리 활성

■ 제주대학교 동애등에 대용량 조건별 추출물의 세포 독성 평가

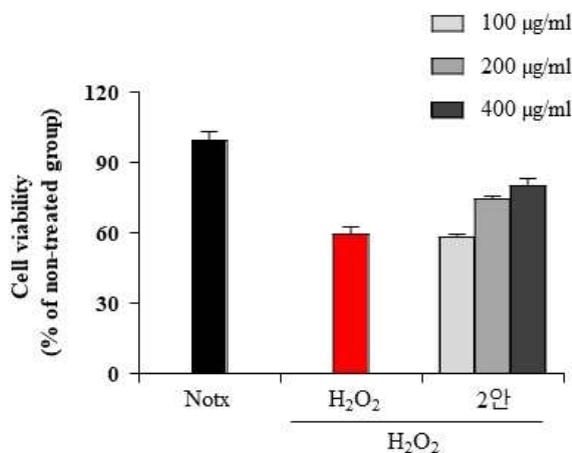
피부 세포 (Haca T cell)



정상 세포 (Vero cell)



■ 동애등에 대용량 조건별 추출물의 Hydrogen peroxide 소거 활성



-3차년도-

■ 곤충 단백질 추출수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발(3차년도)

(1) 곤충 단백질 추출 수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발

- 동애등에를 데치는 과정 중에 발생하는 단백질의 산화와 건조 후 유도되는 동애등에 단백질의 품질특성을 연구하여, 최적의 단백질 전처리 방법을 선별

(2) 곤충 단백질의 물리 화학적 특성 규명을 통한 소재화 적용 최적화

- 동애등에를 추출하는 과정 중 pH와 NaCl의 조건을 통하여 추출되는 단백질의 기능적 특성 평가 및 최적의 추출 조건 확립

(3) 곤충 단백질의 추출물 제조 및 최적 추출 조건 확립

- 추출된 동애등에 유충의 단백질을 건조하는 방법에 따라 유도되는 동애등에 단백질의 품질특성 변화를 연구하고, 품질 및 산업 활용성에 대해 최적의 단백질 건조방법 선별

(4) 곤충 단백질 추출물을 적용한 소재의 가공 특성 평가

- 저작이 용이한 사료개발을 위하여 하이드로콜로이드를 활용하여 겔형의 제품을 제조 이를 활용했을 때 대체 단백질의 함량에 따른 겔형 제품의 품질특성 평가

(1) 곤충 단백질 추출 수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발

- 데친 동애등에의 품질특성에 영향을 줄 수 있는 독립변수로 블렌칭 시간, 블렌칭 온도, 소금농도 설정 후 반응표면 분석을 통한 최적의 단백질 전처리 방법을 선별하고 최적의 단백질 전처리 방법을 통한 동애등에의 색도, pH, 수분함량 및 수분활성도, 거품형성능, 유화능을 측정.
- 블렌칭 온도가 너무 낮아지거나 너무 높아지면 단백질 용해도가 감소했으며, 블렌칭 시간이 길어질수록 단백질 용해도가 감소.
- 소금 농도는 유의적으로 영향력을 가지고 있지 않으나, 소금의 농도가 높아질수록 단백질 용해도 증가.
- 단백질 산화도는 블렌칭 온도와 시간보다는 소금 농도에 의한 영향력이 강하게 나타남.
- 소금의 농도가 증가할수록 carbonyl의 값이 감소하여 상대적으로 단백질의 산화가 적게 일어남.
- 최적의 전처리 방법은 블렌칭 온도 85.15°C, 블렌칭 시간은 12.41초, 소금의 농도는 0.46M NaCl이 최적의 전처리 공정으로 판단됨.

(2) 곤충 단백질의 물리 화학적 특성 규명을 통한 소재화 적용 최적화

- 추출하는데 사용된 용액의 소금농도와 pH, 용매의 비율을 설정 후 반응표면 분석을 통한 최적의 단백질 추출 방법을 선별하고 최적의 단백질 추출 방법을 통한 동애등에의 색도, SDS-PAGE, Surface hydrophobicity, 거품형성능, 유화능을 측정.
- 중성의 pH 버퍼용액에서 Surface hydrophobicity는 감소하였으며 pH와 소금의 농도가 높아질수록, Surface hydrophobicity가 증가하는 것을 확인.
- 최적의 추출 방법으로 버퍼의 pH는 9.11, 소금의 농도는 0.834M, 버퍼 비율은 223.7%의 조건에서 수행할 때 가장 높은 Surface hydrophobicity를 가질 수 있을 것으로 나타남.

(3) 곤충 단백질의 추출물 제조 및 최적 추출 조건 확립

- 추출된 동애등에 유충의 단백질을 건조하는 방법에 따라 유도되는 동애등에 단백질의 품질특성을 관찰
- 500mL의 동애등에 유충 단백질 용액을 동결건조, 진공건조, 분무건조, 열풍건조를 진행함.
- 열과 산소에 의한 단백질의 변성으로 품질이 열화된 열풍건조 단백질과는 달리, 동결건조와 분무건조 단백질은 유사한 용해도를 보였으며 분무건조의 경우 입자 크기가 작아 단백질의 가공 특성의 향상이 기대됨.

(4) 곤충 단백질 추출물을 적용한 소재의 가공 특성 평가

- 분리대두단백과 분리곤충단백의 혼합형 단백질 겔 특성은 단백질의 함량에 따라 큰 차이를 보임.
- 곤충의 첨가는 수분함량의 차이에는 영향을 미치지 않았으나, 보수력을 감소시키는 결과를 나타냄.
- 물성에서는 동애 등에 추출 단백질을 첨가할수록 탄력성은 증가하나, 응집성은 감소하여 탱탱하면서도 넘기기 쉬운 겔 형성에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단됨.
- 메티오닌의 함량이 증가하여 상대적으로 필수아미노산의 함량이 증가하여 동애 등에 추출물을 활용한 단백질 겔의 제조는 영양학적으로 우수한 겔 형성에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단됨.
- 곤충 단백질을 첨가한 단백질 겔 형성 시 ISP와 IIP의 비율을 조절하여 제조하는 것이 좋을 것으로 판단됨.

■ 곤충 단백질 추출 수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발(3차년도)

■ 전처리 공정 기술 반응표면분석법의 설계

Factor	Symbol	Level of factors				
		$-\alpha$	-1	0 ^a	1	α
Blanching time (s)	X1	9.55	30	60	90	110.45
Temperature (°C)	X2	63.18	70	80	90	96.82
Salt concentration (M)	X3	0.00	0.1 (0.2)	0.25 (0.5)	0.4 (0.8)	0.5 (1.0)

■ 동애 등에 유충의 단백질 용해도 및 카르보닐 함량에 대한 반응표면모델

Run	Blanching time (s)	Temperature (°C)	Salt concentration (M)	Protein solubility (mg/mL)	Carbonyl content (μM/mg)
1	30	70	0.2	4.72	3.01
2	90	70	0.2	4.58	2.72
3	30	90	0.2	3.46	3.75
4	90	90	0.2	3.27	4.41
5	30	70	0.8	4.60	3.67
6	90	70	0.8	3.92	3.39
7	30	90	0.8	4.41	2.12
8	90	90	0.8	3.37	2.39
9	9.55	80	0.5	5.08	3.57
10	110.45	80	0.5	3.38	3.66
11	60	63.18	0.5	3.91	3.64
12	60	96.82	0.5	3.09	3.02
13	60	80	0	4.43	2.77
14	60	80	1	4.47	2.40
15	60	80	0.5	4.65	3.56
16	60	80	0.5	4.50	3.38
17	60	80	0.5	4.62	3.28
18	60	80	0.5	4.75	3.46

■ 반응표면모델의 적합성

Sources	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	Significant
Protein solubility (mg/mL)						
Model	6.02	9	0.6692	14.20	0.0004	***
X ₁	1.76	1	1.76	37.45	0.0002	***
X ₂	1.61	1	1.61	34.17	0.0003	***
X ₃	0.0083	1	0.0083	0.1768	0.6731	
X ₁ *X ₂	0.0210	1	0.0210	0.4459	0.5065	
X ₁ *X ₃	0.2415	1	0.2415	5.13	0.0461	*
X ₂ *X ₃	0.4186	1	0.4186	8.88	0.0146	*
X ₁ ²	0.2149	1	0.2149	4.56	0.0464	*
X ₂ ²	1.9100	1	1.91	40.50	0.0001	***
X ₃ ²	0.0349	1	0.0349	0.7414	0.3343	
Residual	0.3370	8	0.0471			
R ²	0.9461					
Lack of Fit	0.3158	5	0.0632	5.96	0.0863	
Pure error	0.0318	3	0.0106			

Cor Total	6.45	17				
Carbonyl content ($\mu\text{M}/\text{mg}$)						
Model	5.46	9	0.6068	18.18	0.0002	***
X ₁	0.0191	1	0.0191	0.5735	0.4706	
X ₂	0.0990	1	0.0990	2.97	0.1234	
X ₃	0.6339	1	0.6339	18.99	0.0024	**
X ₁ X ₂	0.2813	1	0.2813	8.42	0.0198	*
X ₁ X ₃	0.0180	1	0.0180	0.5407	0.4832	
X ₂ X ₃	3.10	1	3.10	92.86	<0.0001	***
X ₁ ²	0.0678	1	0.0678	2.03	0.1918	
X ₂ ²	0.0096	1	0.0096	0.2872	0.6066	
X ₃ ²	1.07	1	1.07	32.07	0.0005	***
Residual	0.2671	8	0.0334			
R ²	0.9534					
Lack of Fit	0.2248	5	0.0450	3.19	0.1841	
Pure error	0.0422	3	0.0141			
Cor Total	5.73	17				

■ 최적 조건에 의해 데쳐진 동애등에의 이화학적 특성

Trait	NBI ¹⁾	OBI	Significance
CIE L*	13.09±0.01	14.56±0.06	***
CIE a*	2.17±0.10	2.06±0.04	*
CIE b*	6.21±0.05	4.80±0.17	**
pH	6.82±0.01	6.93±0.01	***
Protein solubility (mg/mL)	4.61±0.57	4.33±0.30	-
Carbonyl content ($\mu\text{M}/\text{mg}$)	4.15±0.32	5.02±0.93	-
Emulsion capacity (Ab _{500nm})	0.116±0.007	0.133±0.001	**
Emulsifying stability (%)	84.99±3.23	86.61±2.98	-
Foam capacity (%)	51.67±2.89	36.67±2.89	**
Foaming stability (%)	32.42±6.70	41.07±3.09	-

■ 추출 공정 기술 반응표면분석법의 설계

Factor	Symbol	Level of factors				
		- α	-1	0 ^a	1	α
pH	X1	1.79	3.5	6	8.5	10.21
Salt concentration (M)	X2	0	0.15	0.5	0.85	1.09
Buffer ratio (%)	X3	129.17	300	550	800	970.83

■ 동애등에 유충의 Surface hydrophobicity에 대한 반응표면모델

Run	pH	Salt concentration (M)	Buffer ratio (%)	Surface hydrophobicity (μg)
1	3.5	0.15	300	12.57
2	8.5	0.15	300	14.88
3	3.5	0.85	300	17.46
4	8.5	0.85	300	18.94
5	3.5	0.15	800	16.53
6	8.5	0.15	800	12.7
7	3.5	0.85	800	13.91
8	8.5	0.85	800	13.38
9	1.79	0.5	550	20.27
10	10.2	0.5	550	20.12
11	6	0	550	14.21
12	6	1.09	550	21.6
13	6	0.5	129.17	10.14
14	6	0.5	970.83	8.44
15	6	0.5	550	11.26
16	6	0.5	550	11.65
17	6	0.5	550	11.97

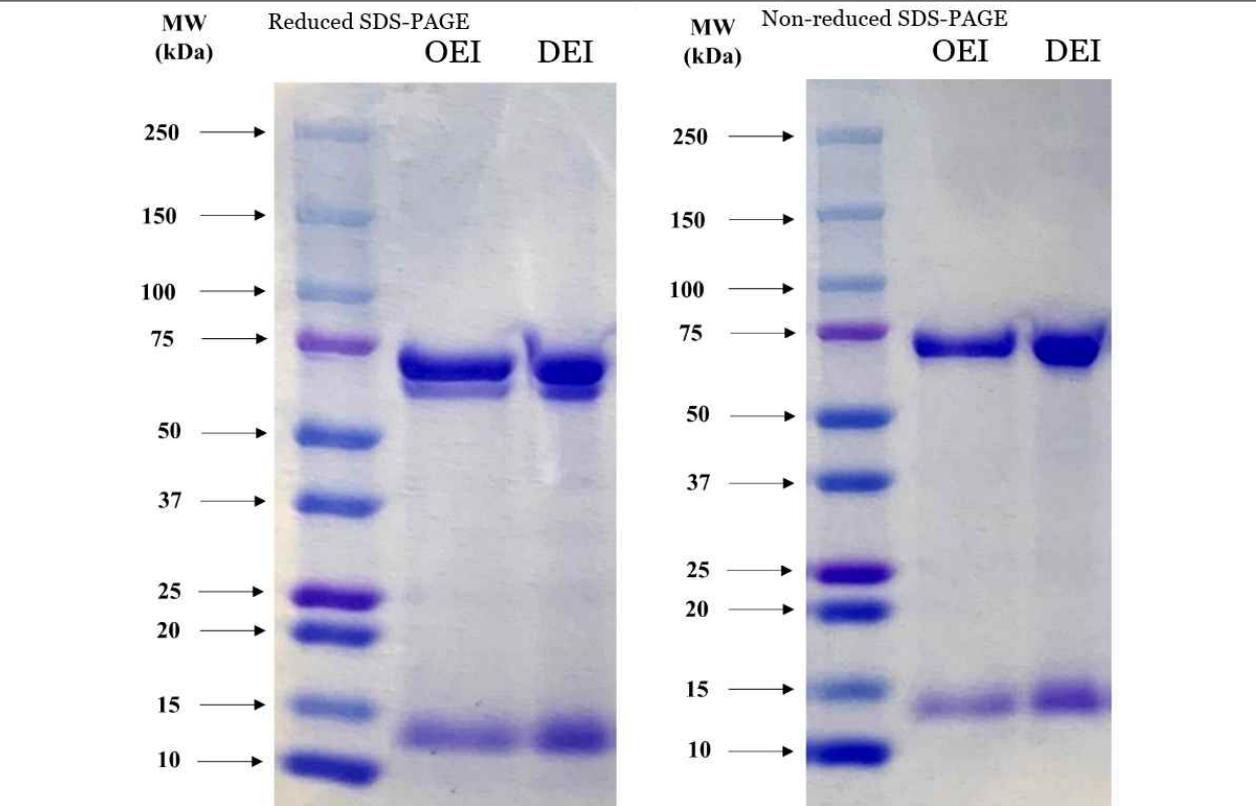
■ 반응표면모델의 적합성

Sources	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	Significant
Surface hydrophobicity(BPBμg)						
Model	226.05	9	25.2	61.94	0.0006	***
X ₁	0.0414	1	0.0414	0.0279	0.872	
X ₂	19.21	1	19.21	12.96	0.0087	**
X ₃	7.5	1	7.5	5.06	0.0593	
X ₁ *X ₂	0.72	1	0.72	0.4857	0.5083	
X ₁ *X ₃	8.16	1	8.16	5.5	0.0514	
X ₂ *X ₃	15.02	1	15.02	10.13	0.0154	*
X ₁ ²	87.71	1	87.71	59.16	0.0001	***
X ₂ ²	44.8	1	44.8	30.22	0.0009	***
X ₃ ²	13.78	1	13.78	9.3	0.0186	
Residual	10.38	7	1.48			
R ²	0.9561					
Lack of Fit	10.12	5	2.02	16.02	0.0598	
Pure error	0.2529	2	0.1264			
Cor Total	236.42	16				

■ 최적 조건에 의해 추출된 동애등에의 이화학적 특성

Trait	DEI ¹⁾	OEI	Significance
CIE L*	14.44±0.30	15.22±0.45	*
CIE a*	2.30±0.13	2.28±0.07	-
CIE b*	4.08±0.17	2.48±0.20	***
Surface hydrophobicity (BPBμg)	7.37±1.37	12.14±2.91	*
Protein solubility (mg/mL)	33.74±0.12	35.20±0.24	*
Carbonyl content (μM/mg)	2.35±0.31	3.32±0.80	*
Emulsion capacity (Ab _{500nm})	0.092±0.019	0.103±0.007	-
Emulsifying stability (%)	66.31±1.51	68.03±3.61	-
Foam capacity (%)	36.67±16.1	98.33±20.2	*
Foaming stability (%)	10.00±8.66	36.67±10.4	*

■ 최적 조건에 의해 추출된 동애등에의 SDS-PAGE



■ 건조방법에 따른 동태등에 유층 추출물의 품질특성

Traits	FD ¹⁾	VD	SD	HD
pH	6.32±0.01 ^a	6.16±0.05 ^b	6.05±0.01 ^c	6.09±0.00 ^c
CIE L*	15.73±0.54 ^a	16.20±0.21 ^a	15.12±0.63 ^b	15.29±0.18 ^b
CIE a*	1.66±0.16 ^b	1.71±0.15 ^b	2.35±0.17 ^a	1.74±0.18 ^b
CIE b*	5.56±0.08 ^a	4.94±0.04 ^c	5.18±0.08 ^b	5.63±0.09 ^a

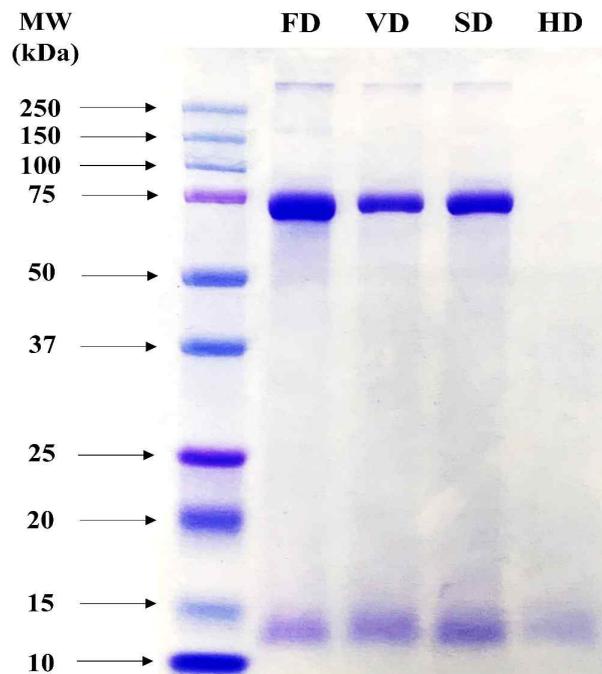
■ 단백질의 열적 변성 온도와 변성에 대한 열용량 변화

	FD ¹⁾	VD	SD	HD
Peak 1				
Onset temperature (°C)	49.30±1.82	48.67±1.46	46.75±2.29	47.40±0.38
Peak temperature (°C)	54.17±1.37 ^a	52.55±0.88 ^{ab}	51.24±1.03 ^b	52.00±2.05 ^b
End temperature (°C)	61.86±2.44	57.92±1.27	57.18±1.12	57.66±1.68
ΔH (J/g)	0.057±0.011 ^a	0.013±0.01 ^b	0.024±0.014 ^b	0.026±0.015 ^b
Peak 2				
Onset temperature (°C)	-	62.57±0.69 ^{ab}	61.57±0.94 ^b	63.96±0.98 ^a
Peak temperature (°C)	-	67.88±0.85	66.28±1.62	68.48±2.87
End temperature (°C)	-	73.34±1.38	70.37±2.39	73.70±3.27
ΔH (J/g)	-	0.011±0.004 ^a	0.005±0.002 ^b	0.004±0.002 ^b

■ 단백질 용해도 및 카르보닐 함량

Traits	FD ¹⁾	VD	SD	HD
Protein solubility (mg/mL)	19.47±0.44 ^a	18.19±0.94 ^b	19.11±1.30 ^{ab}	15.99±0.88 ^c
Carbonyl content (nM/mg)	2.93±0.19 ^a	2.72±0.12 ^a	2.61±0.14 ^a	1.72±0.31 ^b

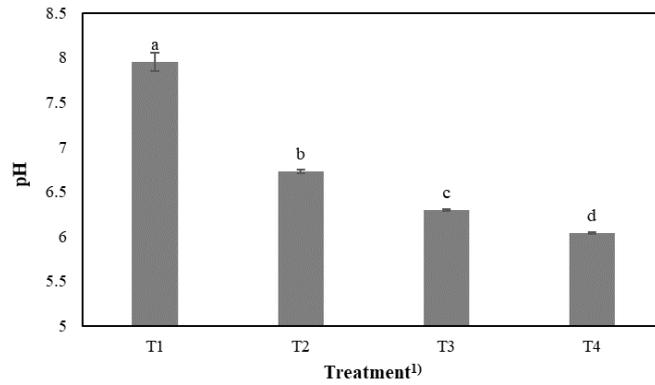
■ SDS-PAGE



■ 입자 크기 및 제타 전위				
Traits	FD ¹⁾	VD	SD	HD
Particle size (nm)	333.84±54.92 ^b	153.20±34.90 ^c	159.07±14.63 ^c	423.80±89.27 ^a
Zeta potential (mV)	-21.99±0.54 ^a	-16.03±4.51 ^b	-19.83±1.00 ^a	-12.74±2.43 ^c
■ 아미노산 조성				
	FD ¹⁾	VD	SD	HD
Amino acid profile (mg/g of protein)				
Essential amino acid (EAA)				
Arg	43.83±1.53 ^b	52.27±1.06 ^a	44.61±0.95 ^b	50.77±0.53 ^a
His	48.65±0.09 ^a	46.25±0.40 ^b	40.64±0.32 ^c	46.55±0.47 ^b
Ile	36.50±0.07 ^a	34.73±0.36 ^b	34.65±1.56 ^b	32.72±0.28 ^c
Leu	68.22±0.19 ^a	63.97±0.25 ^b	64.09±1.60 ^b	49.97±0.49 ^c
Lys	61.15±0.74 ^a	55.02±0.45 ^b	54.52±1.49 ^b	49.98±0.41 ^c
Met+Cys	4.00±0.52 ^b	4.55±0.03 ^{ab}	4.67±0.25 ^{ab}	4.92±0.26 ^a
Phe+Tyr	80.94±2.38 ^a	64.14±0.74 ^c	68.45±0.74 ^b	59.51±1.53 ^d
Thr	43.56±0.62 ^a	41.66±0.31 ^b	42.97±0.81 ^{ab}	43.61±1.01 ^a
Val	44.02±1.21 ^{ab}	42.95±0.66 ^b	45.29±1.00 ^a	42.32±0.81 ^b
Sum of EAA	430.89±3.36 ^a	405.56±1.55 ^b	399.88±5.11 ^b	380.35±2.03 ^c
Non-essential amino acid				
Ala	110.24±1.53 ^d	120.08±1.05 ^b	114.25±2.11 ^c	131.81±1.76 ^a
Asp	99.84±0.81 ^a	93.63±0.55 ^b	95.82±1.76 ^b	82.80±1.34 ^c
Glu	207.85±1.45 ^c	217.38±2.22 ^b	214.69±1.95 ^b	230.56±2.40 ^a
Pro	61.35±3.68 ^c	71.14±1.45 ^b	82.84±2.15 ^a	77.15±5.12 ^{ab}
Gly	52.29±0.97	53.35±0.59	52.69±1.23	53.39±0.70
Ser	37.54±1.24 ^b	38.87±0.26 ^{bc}	39.82±0.25 ^c	43.94±0.96 ^a

■ 겔형 단백질 제품의 제조				
Ingredients(g/100g)	Treatments			
	T1	T2	T3	T4
Konjak	1.5	1.5	1.5	1.5
Carrageenan	1.5	1.5	1.5	1.5
Soy bean oil	1	1	1	1
Isolated edible insect protein	0	4	8	12
Isolated soy bean protein	12	8	4	0
Water	84	84	84	84
Total	100	100	100	100

■ 겔형 단백질 제품의 pH				
-----------------	--	--	--	--



■ 겔형 단백질 제품의 색도

Trait	T1 ¹⁾	T2	T3	T4
CIE L*	61.00±0.75 ^a	40.37±0.86 ^b	34.69±1.07 ^c	30.98±1.24 ^d
CIE a*	-1.81±0.21 ^d	2.49±0.14 ^c	3.49±0.19 ^b	4.82±0.59 ^a
CIE b*	11.31±0.32	11.32±0.61	11.05±0.48	11.98±1.21

■ 겔형 단백질 제품의 수분함량 및 보수력

Trait	T1 ¹⁾	T2	T3	T4
Moisture content (%)	89.40±2.79	88.66±1.72	88.79±1.14	88.74±2.15
WHC (%)	80.14±0.81 ^a	65.42±1.84 ^b	53.67±4.84 ^c	17.17±3.13 ^d

■ 겔형 단백질 제품의 물성

Trait	T1 ¹⁾	T2	T3	T4
Hardness (kgf)	1.14±0.14 ^b	2.07±0.05 ^a	1.09±0.06 ^b	0.20±0.01 ^c
Springiness	0.88±0.01 ^b	0.71±0.02 ^c	0.94±0.01 ^a	0.95±0.01 ^a
Cohesiveness	0.80±0.01 ^a	0.53±0.01 ^c	0.59±0.01 ^b	0.77±0.05 ^a
Gumminess (kgf)	0.89±0.09 ^b	1.09±0.06 ^a	0.64±0.03 ^c	0.15±0.01 ^d
Chewiness (kgf)	0.78±0.08 ^a	0.79±0.05 ^a	0.61±0.03 ^b	0.13±0.01 ^c

■ 겔형 단백질 제품의 아미노산 조성

Trait (mg/g of protein)	T1 ¹⁾	T2	T3	T4
His	25.84±0.25 ^d	28.01±0.11 ^c	33.69±0.12 ^b	48.38±0.04 ^a
Ile	40.79±0.34	39.63±0.39	39.32±0.16	39.97±1.04
Leu	81.48±1.12 ^c	79.32±0.57 ^b	74.48±0.18 ^{ab}	69.13±2.38 ^a
Lys	66.51±0.03 ^b	72.11±0.67 ^a	64.23±0.43 ^{bc}	62.18±1.66 ^c
Met+Cys	0.66±0.04 ^c	1.09±0.03 ^c	3.12±0.18 ^b	5.37±0.87 ^a
Phe+Tyr	92.60±1.27 ^a	92.38±0.51 ^a	91.28±0.62 ^a	82.86±0.01 ^b
Thr	42.14±0.05 ^b	43.18±0.47 ^{ab}	42.98±0.16 ^{ab}	44.08±0.32 ^a
Val	40.29±0.04 ^c	41.50±0.43 ^c	43.79±0.33 ^b	51.03±0.89 ^a
Asp	124.13±0.59 ^a	120.67±0.4 ^a	113.87±0.03 ^b	105.32±2.75 ^c
Ser	58.36±0.35 ^a	55.61±0.01 ^b	51.24±0.09 ^c	40.46±0.72 ^d
Glu	212.29±0.65	206.08±0.12	208.63±1.00	202.52±3.07
Pro	51.16±1.24	53.31±5.21	53.00±1.89	38.99±5.00
Gly	43.05±0.13 ^c	43.95±0.46 ^{bc}	46.01±0.09 ^b	53.09±1.38 ^a
Ala	44.09±0.26 ^d	52.64±0.40 ^c	68.80±0.20 ^b	110.38±0.64 ^a
Arg	76.6±0.46 ^a	70.52±0.71 ^b	65.56±0.23 ^c	46.24±1.63 ^d
Essential amino acid index ²⁾	0.95±0.01 ^d	1.03±0.00 ^c	1.16±0.01 ^b	1.28±0.01 ^a

제2공동기관: 충북대학교

-1차년도-

■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색

(1) 젖돈 사료 내 동물성 단백질(3%)을 곤충 단백질(3%)로 대체 급여(시험 1)

- 공시동물: 1) 10주령 젖돈([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 36두 대상으로 4주간 사양실험 진행(2 처리구/6반복/3두);
2) 10주령 젖돈([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 12두 대상으로 4일간 사료급여기 위치 변경하여 각 사료 섭취량 분석을 통해 기호성 실험 진행(2 처리구/6반복/1두)
- 분석 항목: 생산성, 기호성, 영양소 소화율, 혈액특성, 분내 미생물 및 악취 발생량 변화 구명

(2) 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 변화 구명(시험 2)

- 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 및 아미노산 소화율 변화 구명
- 공시동물: 10주령 젖돈([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 4두를 대상으로 2주간 2 × 2 Latin square을 적용하여 1.2m × 0.7m × 0.96m의 대사케이지 내 4일의 적응기간, 3일의 샘플링 기간으로 설정 후 대사실험 진행
- 분석 항목: 영양소 소화율, 아미노산 소화율 및 분내 미생물 변화 구명

○ 처리구 (시험 1, 시험 2)

단백질원	동물성 단백질원 (Poultry offal)	곤충원료
대체원	-	탈지 곤충
대체 비율	-	100%
처리구	CON	T1

○ 분석 항목

- 시험 1(사양시험): 생산성, 소화율, 혈액특성 및 악취 발생량 등 변화 분석

	세부 사항
생산성	체중, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율, 기호성
소화율	건물, 질소, 에너지 소화율
분 내 미생물	<i>Lactobacillus</i> , <i>Escherichia coli</i>
혈액 특성	RBC, WBC, Lymphocyte, Total protein, Blood urea nitrogen (BUN)
악취 발생량	NH ₃ , H ₂ S

- 시험 2(대사시험): 체내 이용효율 및 대사 생리 분석

	세부 사항
소화율	건물, 질소, 에너지 소화율
아미노산 소화율	아미노산 (Asp, Thr, Ser, Met, Lys, Arg 등) 소화율
분 내 미생물	<i>Lactobacillus</i> , <i>Escherichia coli</i>

● 연구 세부 내용

■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 변화 구명

(1) 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 등 변화 구명

- 0 ~ 2주 기간 동안 일반 사료를 급여한 CON 처리구는, 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 처리구 대비 유의적으로 높은(P < 0.05) 일일 증체량과 사료 효율을 보임

- 전체 기간 동안 CON 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 사료 효율을 보임
- 곤충 단백질을 이용한 사료 기호성 분석결과, T1 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 사료 섭취량을 보이며, 더 높은 기호성을 나타냄
- 2주 및 4주차 종료 시 채취한 혈액 내 BUN 함량은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 낮은 ($P < 0.05$) 수치를 보임
- 2주 및 4주차 조단백질 소화율은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 소화율을 보임
- 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시, 분내 미생물 및 악취 발생량에 대한 유의적 차이는 보이지 않음

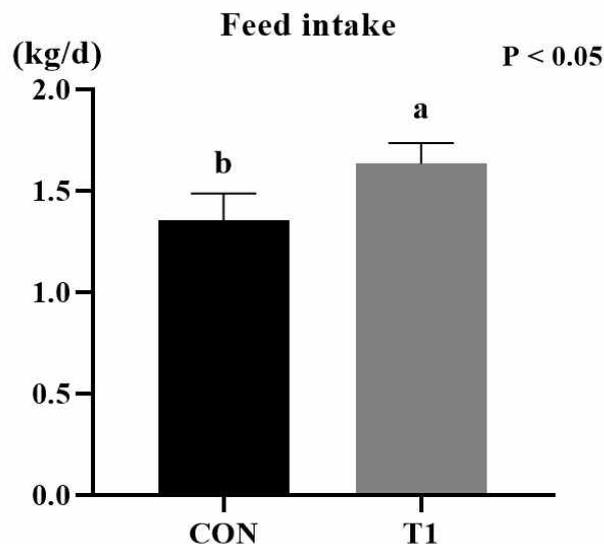
■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 변화

Items	CON	T1	SE	P-value
BW, kg				
initial	28.06	27.93	0.67	0.878
2 week	38.91	37.82	0.91	0.218
4 week	50.40	49.45	1.03	0.320
Phase 1 (0 to 2w)				
ADG, g	775.71 ^a	706.10 ^b	30.02	0.023
ADFI, g	1710.13	1752.08	44.03	0.334
G:F, g/g	0.45 ^a	0.40 ^b	0.24	0.006
Phase 2 (2 to 4w)				
ADG, g	818.97	824.45	20.98	0.761
ADFI, g	1914.89	2043.01	65.02	0.054
G:F, g/g	0.43	0.40	0.20	0.234
Overall (0 to 4w)				
ADG, g	797.41	767.95	18.07	0.110
ADFI, g	1814.25	1904.09	61.98	0.153
G:F, g/g	0.44 ^a	0.40 ^b	0.19	0.034

Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae; BW, body weight; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; G:F, feed efficiency; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ ($P < 0.05$).

■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시 기호성 변화



Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ ($P < 0.05$).

■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 변화

Items	CON	T1	SE	P-value
2 week				
DM	81.38	81.02	0.17	0.285
CP	75.08 ^a	73.97 ^b	0.26	0.031
GE	72.67	73.07	0.36	0.583
4 week				
DM	77.57	78.45	0.37	0.230
CP	73.81 ^a	72.05 ^b	0.41	0.030
GE	72.16	72.10	0.38	0.934

Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시 혈액특성 변화

Items	CON	T1	SE	P-value
2 week				
RBC, 10 ⁶ /μl	7.11	6.89	0.36	0.531
WBC, 10 ³ /μl	22.55	20.17	2.11	0.271
Lymphocyte, %	55.70	57.17	2.50	0.563
TP, g/dL	5.67	5.85	0.13	0.158
BUN, mg/dL	9.00 ^b	10.67 ^a	0.61	0.014
4 week				
RBC, 10 ⁶ /μl	7.01	7.42	0.41	0.334
WBC, 10 ³ /μl	19.40	20.91	0.99	0.141
Lymphocyte, %	56.50	54.52	2.47	0.430
TP, g/dL	5.80	5.91	0.18	0.559
BUN, mg/dL	10.33 ^b	12.83 ^a	0.85	0.009

Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae; RBC, red blood cell; WBC, white blood cell; TP, total protein; BUN, blood urea nitrogen; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화

Items, log CFU/g	CON	T1	SE	P-value
2 week				
<i>E. coli</i>	5.73	5.81	0.15	0.600
<i>Lactobacillus</i>	8.98	9.02	0.10	0.733
4 week				
<i>E. coli</i>	5.82	5.74	0.11	0.509
<i>Lactobacillus</i>	9.16	9.06	0.07	0.182

Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae; CFU, colony forming unit; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error.

■ 젖은 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시 악취 발생량 변화

Items, ppm	CON	T1	SE	P-value
NH ₃				
24 hour	12.23	12.97	0.81	0.484
48 hour	20.38	20.33	2.76	0.806
H ₂ S				
24 hour	4.10	5.28	0.44	0.764
48 hour	9.62	11.5	0.83	0.601

Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae; NH₃, ammonia; H₂S, hydrogen sulfide; SE, standard error.

(2) 젖은 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 체내 대사 변화 구명

- 사료 내 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체 급여 시, 조단백질(CP) 소화율은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 높은(P < 0.05) 소화율을 보임
- 아미노산 소화율 중 필수 아미노산 아르지닌, 히스티딘, 라이신, 트립토판은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 높은(P < 0.05) 소화율을 보임
- 아미노산 소화율 중 비필수 아미노산인 글라이신은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 높은(P < 0.05) 소화율을 보임
- 사료 내 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체 급여 시, 분내 미생물에 유의적인 차이를 보이지 않음

■ 젖은 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시 소화율 및 아미노산 변화

Items, %	CON	T1	SE	P-value
ATTD				
DM	81.23	80.43	0.27	0.153
CP	81.14 ^a	79.21 ^b	0.37	0.005
GE	80.44	79.16	0.36	0.076
Indispensable amino acids				
Arginine	92.53 ^a	90.58 ^b	0.36	0.003
Histidine	90.06 ^a	85.53 ^b	0.77	0.001
Isoleucine	81.18	79.75	1.12	0.527
Leucine	82.67	81.37	0.53	0.258
Lysine	85.77 ^a	82.84 ^b	0.59	0.007
Methionine	84.47	81.57	0.89	0.105
Phenylalanine	83.65	82.95	0.56	0.545
Threonine	81.59	80.44	0.57	0.331
Valine	80.29	78.80	0.73	0.224
Tryptophan	83.82 ^a	70.87 ^b	2.00	0.001
Total	84.70	82.75	0.50	0.050
Dispensable amino acids				
Alanine	75.53	74.03	0.65	0.264
Aspartic acid	82.15	81.67	0.43	0.597
Cysteine	84.56	81.96	0.91	0.160
Glycine	81.09 ^a	76.81 ^b	0.75	0.001
Glutamic acid	86.77	86.69	0.27	0.888
Proline	84.88	84.03	0.43	0.353
Serine	84.08	83.56	0.36	0.499
Tyrosine	80.66	79.48	0.82	0.494
Total	83.46	82.64	0.30	0.183
Total amino acids	84.04	82.70	0.39	0.085

Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 젖돈 사료 내 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화				
Items, log CFU/g	CON	T1	SE	P-value
1 week				
<i>E. coli</i>	5.45	5.55	0.10	0.345
<i>Lactobacillus</i>	8.92	8.87	0.04	0.365
2 week				
<i>E. coli</i>	5.49	5.55	0.12	0.617
<i>Lactobacillus</i>	9.00	8.95	0.08	0.541

Abbreviation: CON, basal diet with poultry offal; T1, basal diet without poultry offal and substitute with black soldier fly larvae; CFU, colony forming unit; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error.

-2차년도-

■ 육계 및 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색

(1) 육계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 등 변화 구명(시험 1)

- 공시동물: 1) 1일령 육계(Arbor Acres) 120수 대상으로 4주간 사양실험(3처리구/8반복/5수);
2) 1일령 육계(Arbor Acres) 48수 대상으로 4주동안 각 주마다 4일씩 총 16일간 사료급여기 위치 변경 및 각 사료 섭취량 측정을 통한 기호성 실험 진행(3처리구/8반복/2수)
- 분석 항목: 생산성, 기호성, 영양소 소화율, 혈액특성, 분내 미생물 및 육질 특성 변화 구명

(2) 육계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 체내 이용효율 및 대사 생리 변화 구명(시험 2)

- 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질 가공방식에 따라 대체 급여 시 영양소 소화율 및 아미노산 소화율 변화 구명
- 공시동물: 1일령 육계(Arbor Acres) 36수를 대상으로 100cm × 40cm × 45cm의 대사 케이지 내 4주간 진행하였으며, 1주와 3주차는 사료 무제한급여, 2주와 4주차는 사료 제한 급여 및 샘플링 기간으로 설정하여 대사실험 진행(3처리구/6반복/2수)
- 분석 항목: 영양소 소화율, 아미노산 소화율 및 분내 미생물 변화 구명

○ 처리구 (시험 1, 시험 2)

단백질원	어분	곤충 원료	
대체원	-	탈지 곤충	곤충 가수분해물
대체 비율	-	100%	100%
처리구	CON	T1	T2

○ 분석 항목

- 시험 1(사양시험): 생산성, 기호성, 소화율, 혈액특성 및 발바닥 피부염 등 변화 분석

	세부 사항
생산성	체중, 증체량, 사료섭취량, 사료요구율, 기호성
분변지수	0(정상) - 3(설사) 점 기준 조사
소화율	건물, 질소, 에너지 소화율
분 내 미생물	<i>Lactobacillus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i>
혈액특성	RBC, WBC, Lymphocyte, Total protein, Blood urea nitrogen (BUN)
육질 특성	pH, Water holding capacity (WHC), Drip loss (DL), Cooking loss (CL), Shearing force, meat color
발바닥 피부염	0(정상) - 3(심한 병변) 점 기준 조사

- 시험 2(대사시험): 체내 이용효율 및 대사 생리 분석

세부 사항	
소화율	건물, 질소, 에너지 소화율
아미노산 소화율	아미노산 (Asp, Thr, Ser, Met, Lys, Arg 등) 소화율
분 내 미생물	<i>Lactobacillus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i>

(3) 이유자돈 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 등 변화 구명(시험 3)

- 공시동물: 1) 4주령 이유자돈([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 72두 대상으로 6주간 사양실험 진행(3처리구/6반복/3두);
2) 5주령 이유자돈([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 36두 대상으로 4일간 사료급이기 위치 변경하여 각 사료 섭취량 분석을 통해 기호성 실험 진행(3처리구/6반복/2두)
- 분석 항목: 생산성, 기호성, 영양소 소화율, 분변지수, 혈액특성, 분내 미생물 및 악취 발생량 구명

(4) 이유자돈 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 체내 이용 효율 및 대사 생리 변화 구명(시험 4)

- 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질 가공방식에 따라 대체 급여 시 영양소 소화율 및 아미노산 소화율 변화 구명
- 공시동물: 4주령 이유자돈([Landrace × Yorkshire] × Duroc) 24두 대상으로 45cm × 55cm × 45cm의 대사 케이지 내 적응 기간 2일을 포함하여 총 44일간 대사실험 진행(3처리구/8반복/1두)
- 분석 항목: 영양소 소화율, 아미노산 소화율 및 분내 미생물 변화 구명

○ 처리구 (시험 3, 시험 4)

단백질원	어분	곤충 원료	
대체원	-	탈지 곤충	곤충 가수분해물
대체 비율	-	100%	100%
처리구	CON	T1	T2

○ 분석 항목

- 시험 3(사양시험): 생산성, 소화율, 혈액특성 및 악취 발생량 등 변화 분석

세부 사항	
생산성	체중, 일당증체량, 일당사료섭취량, 사료효율, 기호성
분변지수	0(정상) - 3(설사) 점 기준 조사
소화율	건물, 질소, 에너지 소화율
분 내 미생물	<i>Lactobacillus</i> , <i>Escherichia coli</i>
혈액특성	RBC, WBC, Lymphocyte, Total protein, Blood urea nitrogen (BUN)
악취 발생량	NH ₃ , H ₂ S, Volatile fatty acid (VFA)

- 시험 4(대사시험): 체내 이용효율 및 대사 생리 분석

세부 사항	
소화율	건물, 질소, 에너지 소화율
아미노산 소화율	아미노산 (Asp, Thr, Ser, Met, Lys, Arg 등) 소화율
분 내 미생물	<i>Lactobacillus</i> , <i>Escherichia coli</i>

● 연구 세부 내용

(1) 육계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 등 변화 구명

- 4주차 육계의 체중은 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체한 T2 처리구에서 어분과 탈지 곤충원료를 사용한 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 높았음(P < 0.05)
- 0~2주 기간 및 2~4주 기간 동안 T2 처리구는, CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 높은(P < 0.05) 사료섭취량을 보임
- 전체 기간(0~4주) 동안 T2 처리구는 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 높은(P < 0.05) 증체량과 사료 섭취량을 보임
- 곤충 단백질을 이용한 사료 기호성 분석결과, 1주차 사료 섭취량은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 2주차, 3주차 및 4주차에 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은(P < 0.05) 사료 섭취량을 보였으며, CON과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않아 곤충 가수분해물은 어분과

유사한 기호성을 나타내는 것으로 사료됨

- 2주차 CON 및 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 조단백질 소화율을 보였으며, 4주차 T2 처리구는 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았음
- 2주차 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 총 에너지 소화율을 보임
- 4주차 혈액 내 총 단백질 함량은 T1 처리구가 CON 및 T2 처리구 대비 유의적으로 낮았음($P < 0.05$)
- 가슴육의 육질 분석결과, T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 회분 함량을 보임
- T1과 T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 가슴육 pH를 보였으나, 모두 정상 범위 이내로 나타남
- 사료 내 어분을 곤충 단백질 가공방식에 따라 대체 급여 시, 분변지수, 발바닥 피부염 및 분내 미생물에 대한 유의적 차이는 보이지 않음

(2) 육계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 체내 이용효율 및 대사 생리 변화 구명

- 2주차 외관상 총 전장 건물 소화율은 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체한 T2 처리구가 어분을 사용한 CON 처리구 대비 유의적으로 높았음($P < 0.05$)
- 2주 및 4주차 외관상 총 전장 조단백질 소화율은 T2 처리구가 어분을 탈지 곤충으로 100% 대체한 T1 및 CON 처리구 대비 유의적으로 높았음($P < 0.05$)
- 2주차 외관상 총 전장 아미노산 소화율에서 T2 처리구는 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 발린 및 류신 소화율을 보임
- 같은 기간 내, 비필수 아미노산 중 글라이신은 T2 처리구가 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 소화율을 보임
- 4주차 외관상 총 전장 아미노산 소화율에서 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 라이신, 메티오닌, 트립토판 및 글라이신 소화율을 보였으며, CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않음
- 외관상 회장 소화율 분석결과, T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 조단백질, 페닐알라닌, 라이신, 메티오닌, 트립토판 및 글라이신 소화율을 보였으며, CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 나타내지 않음
- 사료 내 어분을 곤충 단백질 가공방식에 따라 대체 급여 시, 분내 미생물에 대한 유의적 차이를 보이지 않음

(3) 이유자돈 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 등 변화 구명

- 2주 및 6주차 조단백질 소화율에서 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체 급여한 T2 처리구는 어분을 급여한 CON 처리구 대비 유의적으로 낮은($P < 0.05$) 소화율을 보였으나, 어분을 탈지 곤충원료로 100% 대체 급여한 T1 처리구는 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 조단백질 소화율을 보임
- 4주차 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 분내 Lactobacillus 수를 보임
- 사료 내 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체 급여 시, 생산성, 기호성, 분변지수, 혈액 특성 및 악취 발생에 대해 유의적 차이를 보이지 않으며, 곤충 단백질이 이유자돈에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사함

(4) 이유자돈 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 체내 이용 효율 및 대사 생리 변화 구명

- 2주 및 6주차 건물 소화율에서 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체 급여한 T2 처리구는 어분과 탈지 곤충원료를 사용한 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 소화율을 보임
- 6주차 총 에너지 소화율에서 T2 처리구는 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 소화율을 보임

- 2주차 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 CON 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 라이신 소화율을 보였으며, T2 처리구 또한 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음
- 6주차 아미노산 소화율에서 T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 라이신, 아르지닌 및 메티오닌 소화율을 보였으며, T1 처리구 또한 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 아르지닌 소화율을 보임
- 2주차 분내 E. coli 수는 T2 처리구가 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 낮게 나타남($P < 0.05$)

■ 육계 및 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색(2차년도)

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 변화					
Items	CON	T1	T2	SE	P-value
BW, kg					
Initial	39.52	39.51	39.52	0.03	0.992
2 week	440.50	431.00	465.00	7.23	0.141
4 week	1542.00 ^b	1541.00 ^b	1669.00 ^a	19.27	0.006
Phase 1 (0-2 week)					
BWG, g	400.98	391.49	425.48	7.06	0.142
FI, g	479.41 ^b	475.26 ^b	513.12 ^a	5.28	0.002
FCR, g/g	1.19	1.21	1.21	0.03	0.314
Phase 2 (2-4 week)					
BWG, g	1101.50	1110.00	1204.00	19.45	0.055
FI, g	1803.35 ^b	1838.02 ^{ab}	1861.00 ^a	8.12	0.010
FCR, g/g	1.64	1.66	1.55	0.03	0.198
Overall (0-4 week)					
BWG, g	1502.48 ^b	1501.49 ^b	1629.48 ^a	19.65	0.006
FI, g	2282.76 ^b	2313.28 ^b	2374.12 ^a	9.05	0.000
FCR, g/g	1.52	1.54	1.46	0.02	0.136
Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; BW, body weight; BWG, body weight gain; FI, feed intake; FCR, feed conversion ratio; SE, standard error. ^{a,b} Means with different letters are significantly differ ($P < 0.05$).					
■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 기호성 변화					
Items	CON	T1	T2	SE	P-value
FI, g					
1 week	125.31	123.28	135.19	6.83	0.439
2 week	353.14 ^{ab}	341.71 ^b	372.85 ^a	5.88	0.007
3 week	583.55 ^{ab}	574.58 ^b	592.40 ^a	3.76	0.015
4 week	793.61 ^{ab}	771.70 ^b	813.14 ^a	10.58	0.045
Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; FI, feed intake; SE, standard error. ^{a,b} Means with different letters are significantly differ ($P < 0.05$).					
■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분변지수 변화					
Items	CON	T1	T2	SE	P-value
Fecal score ¹					
Phase 1 (0-2 week)	0.54	0.82	0.82	0.07	0.093
Phase 2 (2-4 week)	1.64	1.14	1.39	0.13	0.144
Overall (0-4 week)	1.09	0.98	1.11	0.08	0.528
Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with					

defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

¹Fecal score was determined as follow: 0, normal feces; 1, soft feces; 2, mild diarrhea; 3, severe diarrhea.

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
ATTD					
2 week					
DM	78.11	78.22	78.05	0.30	0.920
CP	70.92 ^a	69.56 ^b	70.62 ^a	0.28	0.006
GE	78.55 ^{ab}	78.17 ^b	79.00 ^a	0.16	0.005
4 week					
DM	78.54	78.67	78.55	0.28	0.930
CP	75.12 ^a	73.61 ^b	74.25 ^{ab}	0.25	0.001
GE	78.68	77.94	78.47	0.22	0.068

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화

Items, log CFU/g	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
<i>E. coli</i>	6.17	6.16	6.16	0.03	0.991
<i>Salmonella</i>	2.37	2.33	2.31	0.04	0.844
<i>Lactobacillus</i>	7.65	7.61	7.59	0.03	0.707
4 week					
<i>E. coli</i>	6.05	6.05	5.98	0.04	0.698
<i>Salmonella</i>	2.17	2.19	2.20	0.03	0.904
<i>Lactobacillus</i>	7.65	7.52	7.61	0.04	0.374

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error.

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 혈액특성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
RBC, 10 ⁶ /μl	2.31	2.32	2.27	0.18	0.979
WBC, 10 ³ /μl	22.91	23.09	22.66	1.13	0.963
Lymphocyte, %	65.15	65.03	67.35	1.63	0.535
TP, g/dL	3.23	2.95	2.68	0.30	0.436
BUN, mg/dL	3.75	3.50	3.75	0.28	0.767
4 week					
RBC, 10 ⁶ /μl	2.26	2.27	2.34	0.14	0.914
WBC, 10 ³ /μl	23.86	24.05	24.06	1.14	0.990
Lymphocyte, %	65.05	65.68	66.03	3.03	0.974
TP, g/dL	2.93 ^a	2.65 ^b	3.03 ^a	0.07	0.002
BUN, mg/dL	2.50	3.00	2.75	0.37	0.646

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; RBC, red blood cell; WBC, white blood cell; TP, total protein; BUN, blood urea nitrogen; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 육질 특성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
Approximate composition of meat, %					
Moisture	75.76	75.98	75.81	0.14	0.528
Ash	1.03 ^b	1.12 ^{ab}	1.28 ^a	0.05	0.012
Fat	3.48	2.83	2.59	0.28	0.121
Protein	19.74	20.07	20.31	0.36	0.537
Meat quality, %					

pH	5.85 ^b	5.99 ^a	6.03 ^a	0.02	0.001
WHC	54.41	55.99	55.34	0.45	0.097
CL	17.54	17.81	17.36	0.62	0.881
DL	4.73	3.95	3.91	0.30	0.147
Shearing force, g	2583.75	2421.25	2277.50	124.82	0.273
CIE L*	51.95	53.72	55.24	0.98	0.113
CIE a*	5.49	4.31	4.82	0.53	0.329
CIE b*	17.15	16.25	17.18	0.59	0.481

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; WHC, water holding capacity; CL, cooking loss; DL, drip loss; L*, lightness; a*, redness; b*, yellowness; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 발바닥 병변지수 변화

Items	CON		T1		T2		SE	P-value
Score ¹	N	%	N	%	N	%		
0	10	50	9	45	8	40		
1	6	30	7	35	9	45	-	-
2	3	15	2	10	2	10		
3	1	5	2	10	1	5		
Total	20	100	20	100	20	100		
Average	0.75		0.85		0.80		0.12	0.942

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

¹Foot pad dermatitis lesion score was determined as follow: 0, no lesion; 1, lesions cover less than 25% of the footpad; 2, lesions in wide areas & covering between 25% and 50% of the footpad; 3, more than 50% lesion on the footpads.

■ 육계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 체내 이용효율 및 대사 생리 변화 구명

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
ATTD					
2 week					
DM	77.88 ^b	79.10 ^{ab}	79.75 ^a	0.44	0.039
CP	74.29 ^b	74.21 ^b	76.15 ^a	0.31	0.003
GE	77.78	78.92	78.02	0.58	0.382
4 week					
DM	76.83	75.75	76.20	0.63	0.506
CP	72.78 ^b	72.73 ^b	73.87 ^a	0.27	0.026
GE	79.30	79.08	79.63	0.53	0.763

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 2주차 아미노산 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
ATTD					
Indispensable amino acids					
Threonine	85.54	86.63	86.49	0.27	0.058
Valine	80.26 ^b	79.85 ^b	81.99 ^a	0.37	0.014
Isoleucine	84.27	83.82	86.08	0.87	0.227
Leucine	89.00 ^b	89.07 ^b	90.10 ^a	0.13	0.002
Phenylalanine	88.42	88.42	89.75	0.37	0.072
Histidine	83.15	83.49	85.47	0.88	0.209
Lysine	90.65	90.66	91.04	0.28	0.565
Arginine	92.36	92.17	93.34	0.45	0.226

Methionine	93.78	94.12	93.47	0.53	0.705
Tryptophan	84.85	86.98	87.45	2.15	0.678
Dispensable amino acids					
Aspartic acid	85.49	85.65	86.19	0.82	0.824
Serine	86.12	86.64	86.49	0.89	0.913
Glutamic acid	89.98	90.22	90.90	0.22	0.061
Proline	83.14	83.05	83.79	0.59	0.641
Glycine	81.25 ^b	82.01 ^{ab}	84.32 ^a	0.58	0.022
Alanine	88.85	89.21	89.41	0.41	0.633
Tyrosine	90.73	91.05	91.65	0.47	0.425
Cysteine	71.47	75.71	75.44	2.48	0.449

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 4주차 아미노산 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
ATTD					
Indispensable amino acids					
Threonine	82.23	83.45	84.15	0.58	0.136
Valine	78.73	79.22	81.01	0.77	0.170
Isoleucine	85.20	83.69	86.09	0.68	0.116
Leucine	87.35	87.09	88.20	0.44	0.248
Phenylalanine	86.39	85.77	87.30	0.39	0.079
Histidine	81.35	81.31	82.84	1.69	0.775
Lysine	90.17 ^{ab}	89.86 ^b	90.66 ^a	0.17	0.045
Arginine	89.20	90.28	90.33	0.38	0.134
Methionine	91.37 ^a	89.33 ^b	91.52 ^a	0.47	0.028
Tryptophan	86.78 ^a	84.01 ^b	86.88 ^a	0.22	<0.001
Dispensable amino acids					
Aspartic acid	78.14	79.83	80.43	0.68	0.125
Serine	79.79	80.57	81.79	0.70	0.210
Glutamic acid	86.84 ^b	87.76 ^{ab}	88.20 ^a	0.30	0.048
Proline	77.85	78.35	79.64	1.15	0.559
Glycine	69.16 ^{ab}	68.05 ^b	72.81 ^a	1.07	0.045
Alanine	82.90	84.43	85.15	0.63	0.106
Tyrosine	87.47	88.14	88.30	1.06	0.847
Cysteine	66.37	64.48	70.38	3.23	0.466

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 회장 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
AID					
DM	77.62	76.67	77.30	0.40	0.273
CP	73.57 ^{ab}	72.97 ^b	73.93 ^a	0.25	0.044
GE	78.68	78.37	78.69	0.29	0.677
Indispensable amino acids					
Threonine	82.02	83.24	83.87	0.78	0.267
Valine	77.71	78.74	79.60	0.67	0.165
Isoleucine	85.22	83.63	85.79	0.74	0.134
Leucine	87.32	86.99	89.94	0.40	0.264
Phenylalanine	86.30 ^{ab}	85.90 ^b	86.55 ^a	0.17	0.050
Histidine	81.25	80.83	82.28	0.63	0.274
Lysine	89.41 ^{ab}	88.05 ^b	89.71 ^a	0.42	0.031
Arginine	89.08	90.19	90.26	0.50	0.203
Methionine	91.16 ^a	89.80 ^b	91.22 ^a	0.33	0.013

Tryptophan	86.24 ^a	83.42 ^b	86.24 ^a	0.38	<0.001
Dispensable amino acids					
Aspartic acid	78.02	79.24	79.82	0.66	0.175
Serine	78.08	79.36	80.09	1.04	0.406
Glutamic acid	85.40 ^b	86.22 ^{ab}	86.92 ^a	0.37	0.034
Proline	76.40	77.45	78.30	1.23	0.562
Glycine	69.04 ^{ab}	67.97 ^b	71.63 ^a	0.93	0.038
Alanine	82.17	83.72	84.28	0.78	0.173
Tyrosine	86.47	88.06	88.26	1.29	0.573
Cysteine	65.39	64.21	69.36	2.40	0.312

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; AID, apparent ileal digestibility; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 육계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화

Items, log CFU/g	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
<i>E. coli</i>	5.97	6.08	6.10	0.05	0.486
<i>Salmonella</i>	2.18	2.28	2.32	0.04	0.427
<i>Lactobacillus</i>	7.53	7.52	7.41	0.04	0.427
4 week					
<i>E. coli</i>	5.97	6.04	6.08	0.04	0.511
<i>Salmonella</i>	2.29	2.28	2.24	0.04	0.830
<i>Lactobacillus</i>	7.49	7.42	7.52	0.05	0.769

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error.

■ 이유자돈 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 등 변화 구명

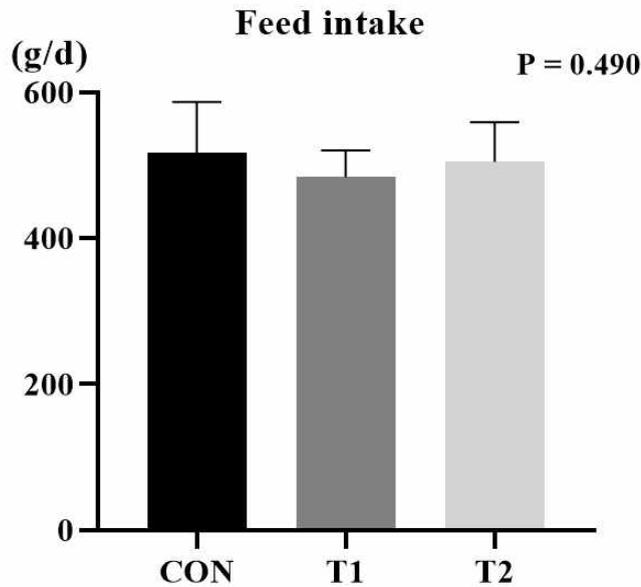
■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
BW, kg					
Initial	9.39	9.39	9.40	0.21	1.000
2 week	14.45	14.19	14.37	0.23	0.901
4 week	23.34	22.71	23.03	0.38	0.812
6 week	34.64	33.99	34.81	0.58	0.843
Phase 1 (0-2 week)					
ADG, g	361.38	343.25	355.13	6.03	0.445
ADFI, g	495.63	486.00	490.00	8.03	0.889
G:F, g/g	0.73	0.71	0.72	0.01	0.731
Phase 2 (2-4 week)					
ADG, g	634.88	608.50	618.50	13.97	0.738
ADFI, g	1034.50	993.50	1005.00	13.47	0.457
G:F, g/g	0.61	0.61	0.62	0.01	0.986
Phase 3 (4-6 week)					
ADG, g	807.13	805.25	842.00	37.07	0.910
ADFI, g	1525.50	1511.00	1564.00	34.66	0.819
G:F, g/g	0.53	0.53	0.54	0.02	0.941
Overall (0-6 week)					
ADG, g	601.13	585.63	605.13	13.65	0.815
ADFI, g	1018.50	997.88	1019.75	12.73	0.708
G:F, g/g	0.59	0.59	0.59	0.01	0.922

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with

defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; BW, body weight; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; G:F, feed efficiency; SE, standard error.

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충단백질로 대체 급여 시 기호성 변화



Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae.

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분변지수 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
Fecal score ¹					
Phase 1 (0-2 week)	0.84	0.87	0.86	0.03	0.626
Phase 2 (2-4 week)	0.42	0.43	0.42	0.02	0.921
Phase 3 (4-6 week)	0.39	0.41	0.39	0.02	0.918
Overall (0-6 week)	0.55	0.57	0.56	0.02	0.931

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

¹Fecal score was determined as follow: 0, normal feces; 1, soft feces; 2, mild diarrhea; 3, severe diarrhea.

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
DM	83.70	82.39	82.42	0.63	0.290
CP	71.85 ^a	70.43 ^a	68.00 ^b	0.75	0.016
GE	73.72	73.09	72.25	0.85	0.494
4 week					
DM	83.02	81.73	82.17	0.70	0.447
CP	71.96	70.10	70.11	1.01	0.363
GE	73.73	72.93	72.27	1.02	0.615
6 week					
DM	83.95	82.67	82.75	0.96	0.590
CP	72.57 ^a	71.63 ^{ab}	70.51 ^b	0.43	0.023
GE	74.37	72.50	71.54	0.82	0.095

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화

Items, log CFU/g	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
<i>E. coli</i>	6.45	6.48	6.38	0.03	0.366
<i>Lactobacillus</i>	7.49	7.45	7.45	0.04	0.928
4 week					
<i>E. coli</i>	6.40	6.48	6.39	0.03	0.550
<i>Lactobacillus</i>	7.52 ^{ab}	7.47 ^b	7.64 ^a	0.03	0.031
6 week					
<i>E. coli</i>	6.42	6.40	6.41	0.05	0.973
<i>Lactobacillus</i>	7.51	7.51	7.55	0.08	0.916

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; CFU, colony forming unit; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error. ^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 혈액특성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
RBC, 10 ⁶ /μl	6.85	7.04	6.87	0.12	0.801
WBC, 10 ³ /μl	19.24	18.64	18.65	0.66	0.929
Lymphocyte, %	62.75	60.05	59.25	2.22	0.826
TP, g/dL	4.88	4.90	4.88	0.10	0.994
BUN, mg/dL	8.50	8.75	9.00	0.51	0.936
4 week					
RBC, 10 ⁶ /μl	7.24	6.95	6.86	0.15	0.622
WBC, 10 ³ /μl	18.57	18.69	18.45	1.29	0.998
Lymphocyte, %	59.20	58.15	59.08	4.19	0.995
TP, g/dL	5.05	4.98	4.83	0.06	0.303
BUN, mg/dL	11.50	10.00	11.50	0.77	0.698
6 week					
RBC, 10 ⁶ /μl	7.03	7.26	6.82	0.15	0.850
WBC, 10 ³ /μl	20.18	21.77	20.56	2.05	0.164
Lymphocyte, %	60.50	60.65	58.75	4.07	0.935
TP, g/dL	5.28	5.25	5.23	0.09	0.929
BUN, mg/dL	6.75	7.25	7.50	0.89	0.835

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; RBC, red blood cell; WBC, white blood cell; TP, total protein; BUN, blood urea nitrogen; SE, standard error.

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 악취 발생량 변화

Items, ppm	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
NH ₃	7.52	7.98	7.38	0.23	0.445
H ₂ S	5.13	5.48	5.63	0.29	0.504
VFA	3.40	3.53	3.50	0.15	0.931
4 week					
NH ₃	8.43	8.28	8.78	0.23	0.572
H ₂ S	5.25	5.60	5.63	0.35	0.866
VFA	3.25	3.63	3.45	0.22	0.723
6 week					
NH ₃	8.28	8.53	8.68	0.31	0.663
H ₂ S	5.53	5.30	5.65	0.55	0.902
VFA	3.50	3.60	3.30	0.16	0.428

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; NH₃, ammonia; H₂S, hydrogen sulfide; VFA, volatile fatty acid; SE, standard error.

■ 이유자돈 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 체내 이용 효율 및 대사 생리 변화 구명

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
ATTD					
2 week					
DM	83.69 ^b	83.65 ^b	84.99 ^a	0.33	0.047
CP	66.55	66.47	65.99	0.36	0.525
GE	75.62	75.80	77.16	0.46	0.101
6 week					
DM	81.47 ^b	80.04 ^b	84.30 ^a	0.44	0.001
CP	67.21	67.64	66.76	0.97	0.822
GE	75.12 ^b	75.23 ^b	77.65 ^a	0.41	0.008

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility, DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.
^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 2주차 아미노산 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
ATTD					
Indispensable amino acids					
Threonine	65.20	67.88	68.01	1.38	0.332
Valine	50.02	53.63	52.72	2.82	0.662
Isoleucine	45.63	48.35	47.81	3.73	0.864
Leucine	59.55	64.28	62.81	1.61	0.185
Phenylalanine	59.63	62.45	61.50	2.51	0.732
Histidine	64.09	64.04	67.55	3.04	0.664
Lysine	74.35 ^b	76.65 ^a	76.07 ^{ab}	0.43	0.022
Arginine	85.01	76.52	78.51	3.79	0.323
Methionine	72.67	72.96	77.98	2.81	0.383
Tryptophan	69.26	66.72	67.19	3.06	0.827
Dispensable amino acids					
Aspartic acid	66.10	68.25	68.79	0.88	0.151
Serine	65.18	67.37	68.55	1.78	0.446
Glutamic acid	71.83	73.23	74.76	0.71	0.070
Proline	66.36	67.31	68.71	1.63	0.616
Glycine	59.19	59.32	60.53	1.61	0.816
Alanine	53.55	56.24	54.38	2.05	0.655
Tyrosine	51.21	55.18	54.53	4.70	0.820
Cysteine	61.92	65.23	69.82	2.38	0.139

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility; SE, standard error.
^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 6주차 아미노산 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
ATTD					
Indispensable amino acids					
Threonine	68.21	69.19	71.66	1.00	0.114
Valine	54.00	53.79	57.76	2.28	0.435
Isoleucine	51.67	48.14	54.16	2.67	0.344
Leucine	64.38	64.03	67.62	1.56	0.278
Phenylalanine	64.31	64.13	65.74	1.81	0.796
Histidine	64.22	65.23	70.09	2.42	0.263
Lysine	76.02 ^b	77.33 ^{ab}	79.05 ^a	0.45	0.009
Arginine	78.40 ^b	81.30 ^a	81.25 ^a	0.49	0.008
Methionine	67.29 ^b	69.91 ^{ab}	72.26 ^a	0.82	0.015

Tryptophan	80.59	72.01	74.39	2.03	0.058
Dispensable amino acids					
Aspartic acid	70.50	71.28	73.26	1.07	0.251
Serine	67.60	69.21	71.71	1.94	0.383
Glutamic acid	75.95	76.52	78.86	1.09	0.216
Proline	68.66	69.09	72.91	1.88	0.287
Glycine	61.96	59.72	62.98	1.01	0.145
Alanine	58.29	56.75	60.26	2.01	0.504
Tyrosine	58.72	59.34	60.75	3.41	0.913
Cysteine	53.92	56.43	59.74	3.63	0.558

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ATTD, apparent total tract digestibility; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화

Items, log CFU/g	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
<i>E. coli</i>	5.61 ^a	5.49 ^a	5.09 ^b	0.08	0.011
<i>Lactobacillus</i>	7.28	7.25	7.24	0.07	0.974
4 week					
<i>E. coli</i>	5.68	5.59	5.56	0.07	0.740
<i>Lactobacillus</i>	7.35	7.33	7.18	0.07	0.601
6 week					
<i>E. coli</i>	5.56	5.57	5.52	0.08	0.970
<i>Lactobacillus</i>	7.28	7.33	7.35	0.07	0.919

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; CFU, colony forming unit; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

-3차년도-

■ 산란계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 및 난 품질 변화 탐색

(1) 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용효율 변화 구명

- 공시동물: 1) 45주령 산란노계(Arbor Acres) 18수 대상으로 4주간 사양실험(3처리구/6반복/1수);
2) 45주령 산란노계(Arbor Acres) 18수 대상으로 총 10일간 사료급여기 위치 변경 및 각 사료 섭취량 측정을 통한 기호성 실험 진행(3처리구/6반복/1수)
- 분석 항목: 생산성, 기호성, 난 품질, 영양소 소화율, 분내 미생물, 분변지수 및 혈액 특성 변화 구명

(2) 산란중계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용효율 변화 구명

- 공시동물: 1) 25주령 산란중계(Arbor Acres) 18수 대상으로 8주간 사양실험(3처리구/6반복/1수);
2) 25주령 산란중계 18수 대상으로 총 10일간 사료급여기 위치 변경 및 각 사료 섭취량 측정을 통한 기호성 실험 진행(3처리구/6반복/1수)
- 분석 항목: 생산성, 기호성, 난 품질, 영양소 소화율, 분내 미생물, 분변지수 및 혈액 특성 변화 구명

○ 공시동물 및 시험 기간

	시험 1: 사양시험	시험 2: 사양시험
공시동물	45주령 산란노계 공시	25주령 산란중계 공시
시험기간	4주, 28일	16주, 112일

○ 처리구 (시험 1, 시험 2)

단백질원	어분	곤충 원료	
대체원	-	탈지 곤충	곤충 가수분해물
대체 비율	-	100%	100%
처리구	CON	T1	T2

○ 분석 항목

- 시험 1(산란노계) 및 시험 2(산란중계): 생산성, 기호성, 난 품질, 영양소 소화율 및 혈액특성 등 변화 분석

	세부 사항
생산성	일당사료섭취량, 사료요구율, 기호성 산란율, 난중, 산란량, 수정율, 부화율
난 품질	난백높이, 난각강도, 난각두께, 호우 유닛(Haugh unit)
소화율	건물, 질소, 에너지, 아미노산 소화율
분 내 미생물	<i>Lactobacillus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i>
분변지수	0(정상) - 3(설사)점 기준 조사
혈액특성	RBC, WBC, Lymphocyte, Total protein, Blood urea nitrogen (BUN)

(1) 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용효율 변화 구명

- 곤충 단백질을 이용한 사료 기호성 분석결과, 어분을 탈지 곤충으로 100% 대체 급여한 T1 처리구는 어분을 급여한 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 사료 섭취량을 보이며, 산란노계에서 사료 내 탈지 곤충이 어분 대비 더 높은 기호성을 가지고 있는 것으로 사료됨
- 2주차 CON 및 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 난각강도를 보임
- 4주차 T1 및 T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 난백 높이 및 호우유닛을 보임
- 호우 유닛은 계란의 신선도를 측정하는 단위로 본 연구결과 곤충 단백질 급여 시 어분 대비 계란의 품질을 개선할 수 있음을 시사함
- 2주 및 4주차 건물 소화율에서 T1 처리구는 T2 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 소화율을 보였으며, CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음
- 4주차 총 에너지 소화율에서 T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 낮은($P < 0.05$) 소화율을 보였으나, T1 처리구는 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 소화율을 보임
- 2주차 필수 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 T2 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 아르지닌, 히스티딘, 아이소류신, 류신, 메티오닌, 페닐알라닌, 트레오닌 및 발린 소화율을 보였으며, CON 처리구와 유사하거나 더 높은 소화율을 나타냄
- 같은 기간 비필수 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 CON 및 T2 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 알라닌, 아스파르트산 및 글루탐산 소화율을 보임
- 4주차 필수 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 T2 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 아르지닌, 히스티딘, 류신, 페닐알라닌 및 발린 소화율을 보였으며, 아이소류신과 라이신은 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음
- 같은 기간 비필수 아미노산 소화율은 T1 처리구가 T2 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 알라닌, 글루탐산 및 프롤린 소화율을 보임
- T1 및 T2 처리구는 CON 처리구 대비 혈액 내 적혈구 함량이 유의적으로 높게 나타남($P < 0.05$)
- 사료 내 어분을 곤충 단백질 가공방식에 따라 대체 급여 시, 생산성, 분내 미생물, 분변 지수에 대해 유의적인 차이를 보이지 않으며, 곤충 단백질이 산란노계에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사함

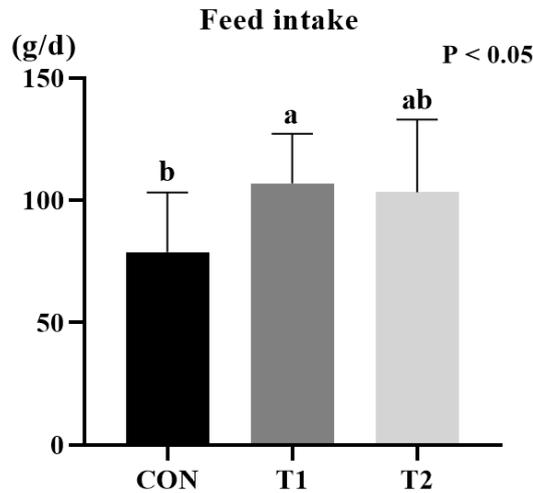
(2) 산란중계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용효율 변화 구명

- 8~16주 기간 동안 어분을 탈지 곤충으로 100% 대체 급여한 T1 처리구는 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체 급여한 T2 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 일당사료섭취량을 보임
- 시험 전체기간(0~16주) 동안 T2 처리구는 어분을 급여한 CON 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 사료요구율을 보였으나, T1 처리구는 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음
- 곤충 단백질을 이용한 사료 기호성 분석결과, T1 처리구는 T2 처리구 대비 유의적으로 높은($P < 0.05$) 사료섭취량을 보이며, 산란중계에서 탈지 곤충이 곤충 가수분해물 대비 더 높은 기호성을 가지고 있는 것으로 사료됨
- T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 낮은($P < 0.05$) 산란량을 보였으나, T1 처리구는 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 산란량을 보임
- 계란의 신선도를 측정하는 단위인 호우 유닛은 16주차 T2 처리구에서 CON 처리구 대비 유의적으로 증가함($P < 0.05$)
- 8주차 영양소 소화율에서 T2 처리구는 건물 및 조단백질 소화율에서 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 영양소 소화율을 나타냄
- 8주차 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 아르지닌, 아이소류신, 류신, 알라닌, 아스파르트산 및 프롤린 소화율이 CON 처리구와 유사하였으며, T2 처리구 대비 유의적으로 높게 나타남($P < 0.05$)
- 16주차 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 아르지닌, 히스티딘, 류신, 메티오닌, 페닐알라닌, 글루탐산 및 프롤린 소화율이 CON 처리구와 유사하였으며, T2 처리구 대비 유의적으로 높게 나타남($P < 0.05$)
- 사료 내 어분을 곤충 단백질 가공방식에 따라 대체 급여 시, 분내 미생물, 분변 지수 및 혈액 특성에 대해 유의적인 차이를 보이지 않으며, 곤충 단백질이 산란중계에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사함

■ 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용 효율 변화 구명

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 산란계 생산성 변화					
Items	CON	T1	T2	SE	P-value
ADFI, g					
Phase 1 (0-2 week)	117.83	118.60	118.55	0.27	0.109
Phase 2 (2-4 week)	118.58	118.47	117.98	0.21	0.136
Overall (0-4 week)	118.21	118.53	118.27	0.18	0.429
FCR, g feed/g egg mass					
Phase 1 (0-2 week)	2.45	2.49	2.45	0.11	0.958
Phase 2 (2-4 week)	2.91	2.58	2.75	0.16	0.370
Overall (0-4 week)	2.62	2.53	2.58	0.09	0.786
Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ADFI, average daily feed intake; FCR, feed conversion ratio; SE, standard error.					

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 기호성 변화



Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 난 생산성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
Egg production, %	72.62	75.00	72.62	2.09	0.655
Egg weight, g/egg	62.33	62.65	63.71	0.83	0.478
Egg mass, g	45.21	47.00	46.34	1.53	0.711
Fertility, %	91.67	94.44	93.75	1.27	0.302
Hatchability, %	82.64	86.11	84.03	2.24	0.557

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 난 품질 변화

Items	CON	T1	T2	SE	p-value
2 week					
Eggshell thickness, mm	0.42 ^a	0.36 ^b	0.42 ^a	0.01	<0.001
Eggshell strength, kg/cm ²	4.02	3.84	4.29	0.26	0.469
Albumin height, cm	6.75	6.88	6.94	0.08	0.2425
Haugh unit	81.61	82.30	82.77	0.54	0.342
4 week					
Eggshell thickness, mm	0.38	0.37	0.38	0.01	0.893
Eggshell strength, kg/cm ²	3.86	3.71	4.20	0.20	0.226
Albumin height, cm	6.21 ^b	6.84 ^a	6.81 ^a	0.05	<0.001
Haugh unit	80.03 ^b	82.01 ^a	81.92 ^a	0.46	0.012

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 회장 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
AID					
2 week					
DM	62.67 ^a	63.63 ^a	60.47 ^b	0.54	0.003

CP	60.91	62.77	59.42	1.03	0.102
GE	65.17	66.59	62.67	2.05	0.413
4 week					
DM	61.74 ^{ab}	63.97 ^a	60.99 ^b	0.74	0.032
CP	61.16	62.24	60.35	0.51	0.062
GE	64.14 ^a	62.46 ^{ab}	60.10 ^b	0.83	0.013

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; AID, apparent ileal digestibility; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 2주차 아미노산 회장 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
AID					
Indispensable amino acids					
Arginine	81.65 ^a	82.78 ^a	76.39 ^b	0.93	0.006
Histidine	62.72 ^{ab}	65.82 ^a	55.48 ^b	1.91	0.022
Isoleucine	70.60 ^b	77.39 ^a	67.41 ^b	0.99	0.001
Leucine	78.04 ^{ab}	82.03 ^a	74.22 ^b	1.06	0.006
Lysine	73.81	77.58	70.00	1.89	0.078
Methionine	78.51 ^b	82.35 ^a	77.24 ^b	0.76	0.007
Phenylalanine	76.64 ^{ab}	81.82 ^a	73.17 ^b	1.30	0.009
Threonine	58.55 ^b	66.81 ^a	53.50 ^b	1.90	0.007
Tryptophan	69.36	73.35	71.95	3.58	0.738
Valine	60.78 ^{ab}	68.73 ^a	56.92 ^b	1.94	0.014
Dispensable amino acids					
Alanine	69.87 ^b	77.59 ^a	67.39 ^b	0.94	<0.001
Aspartic acid	67.24 ^b	75.04 ^a	64.70 ^b	1.45	0.006
Cysteine	50.96 ^{ab}	56.68 ^a	48.45 ^b	1.85	0.049
Glutamic acid	75.47 ^b	81.03 ^a	74.62 ^b	1.23	0.020
Glycine	44.70	45.02	41.27	3.08	0.655
Proline	58.69 ^{ab}	64.01 ^a	55.21 ^b	1.92	0.046
Serine	67.79 ^{ab}	74.48 ^a	66.22 ^b	1.75	0.034
Tyrosine	70.05 ^{ab}	78.87 ^a	68.26 ^b	2.37	0.040

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; AID, apparent ileal digestibility; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 4주차 아미노산 회장 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
AID					
Indispensable amino acids					
Arginine	83.14 ^{ab}	83.84 ^a	80.71 ^b	0.72	0.047
Histidine	66.56 ^a	67.76 ^a	60.97 ^b	0.73	0.001
Isoleucine	76.11 ^a	75.48 ^{ab}	72.06 ^b	0.88	0.035
Leucine	81.19 ^a	81.57 ^a	78.44 ^b	0.36	0.002
Lysine	78.82 ^a	76.98 ^{ab}	74.01 ^b	0.72	0.009
Methionine	81.76	82.26	79.75	0.65	0.073
Phenylalanine	80.91 ^a	81.80 ^a	78.75 ^b	0.45	0.008
Threonine	66.61	65.93	62.84	1.28	0.167
Tryptophan	76.08	80.58	74.65	1.45	0.063
Valine	67.44 ^a	66.21 ^a	61.98 ^b	0.96	0.016
Dispensable amino acids					
Alanine	75.57 ^a	75.24 ^a	71.82 ^b	0.66	0.013
Aspartic acid	73.09	73.64	70.81	1.56	0.446
Cysteine	56.04	58.28	55.13	1.53	0.385
Glutamic acid	79.21 ^{ab}	80.60 ^a	78.52 ^b	0.36	0.016
Glycine	44.47	40.99	41.30	3.57	0.757

Proline	63.82 ^a	63.66 ^a	60.39 ^b	0.56	0.008
Serine	73.60	74.38	72.01	0.67	0.113
Tyrosine	76.80	78.17	74.21	2.31	0.509

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; AID, apparent ileal digestibility; SE, standard error.
^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화

Items, log CFU/g	CON	T1	T2	SE	P-value
2 week					
<i>E. coli</i>	6.16	6.18	6.17	0.21	0.998
<i>Lactobacillus</i>	8.30	8.33	8.37	0.04	0.539
<i>Salmonella</i>	6.22	6.20	6.18	0.13	0.976
4 week					
<i>E. coli</i>	6.15	6.14	6.18	0.18	0.985
<i>Lactobacillus</i>	8.27	8.29	8.28	0.13	0.995
<i>Salmonella</i>	6.21	6.19	6.15	0.12	0.921

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; CFU, colony forming unit; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error.

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분변지수 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
Fecal score ¹					
Phase 1 (0-2 week)	1.20	1.32	1.27	0.08	0.579
Phase 2 (2-4 week)	1.10	1.26	1.19	0.12	0.639
Overall (0-4 week)	1.15	1.29	1.23	0.10	0.587
Diarrhea rate ² , %	22.62	34.52	23.81	-	0.117

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

¹Fecal score was determined as follow: 0, normal feces; 1, soft feces; 2, mild diarrhea; 3, severe diarrhea.

²Diarrhea rate(%) = (number of diarrhea laying hens)/(total number of experimental laying hens × experimental time) × 100

■ 산란노계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 혈액특성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
RBC, 10 ⁶ /μl	1.21 ^b	1.78 ^a	1.63 ^a	0.11	0.008
WBC, 10 ³ /μl	2.68	2.34	2.27	0.25	0.477
Lymphocyte, %	67.73	68.10	76.47	4.19	0.280
TP, g/dL	5.10	5.40	5.03	0.14	0.185
BUN, mg/dL	1.00	1.33	1.00	0.12	0.116

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; RBC, red blood cell; WBC, white blood cell; TP, total protein; BUN, blood urea nitrogen; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란중계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용 효율 변화 구명

■ 산란중계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 산란계 생산성 변화

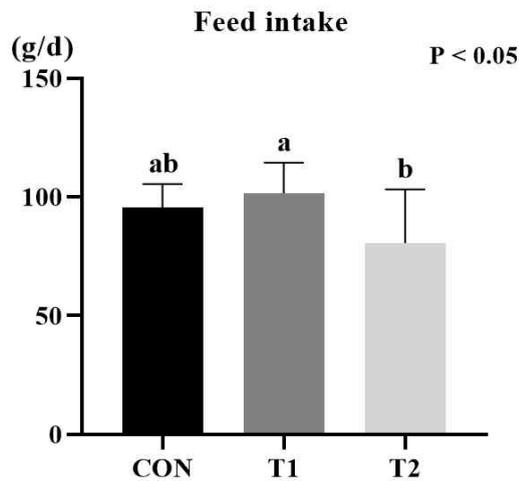
Items	CON	T1	T2	SE	P-value
ADFI, g					

Phase 1 (0-8 week)	118.28	118.29	118.19	0.11	0.799
Phase 2 (8-16 week)	118.60 ^{ab}	118.91 ^a	118.32 ^b	0.13	0.017
Overall (0-16 week)	118.44	118.60	118.26	0.10	0.088
FCR, g feed/g egg mass					
Phase 1 (0-8 week)	2.26 ^b	2.44 ^a	2.52 ^a	0.04	0.002
Phase 2 (8-16 week)	2.18	2.28	2.31	0.06	0.308
Overall (0-16 week)	2.22 ^b	2.36 ^{ab}	2.41 ^a	0.04	0.014

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; ADFI, average daily feed intake; FCR, feed conversion ratio; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란중계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 기호성 변화



Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란중계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 난 생산성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
Egg production, %	84.52	82.74	81.55	1.19	0.238
Egg weight, g/egg	63.27	60.99	60.31	0.97	0.112
Egg mass, g	53.48 ^a	50.42 ^{ab}	49.17 ^b	0.91	0.012
Fertility, %	95.83	93.06	94.44	1.13	0.255
Hatchability, %	87.50	84.03	85.42	1.83	0.422

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란중계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 난 품질 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
8 week Eggshell thickness, mm	0.43	0.40	0.44	0.02	0.261

Eggshell strength, kg/cm ²	4.87	4.42	4.90	0.40	0.653
Albumin height, cm	7.93	8.03	8.33	0.20	0.349
Haugh unit	88.43	90.70	91.65	1.25	0.208
16 week					
Eggshell thickness, mm	0.42	0.39	0.44	0.02	0.188
Eggshell strength, kg/cm ²	4.44	4.30	4.47	0.12	0.530
Albumin height, cm	7.46	8.10	7.97	0.19	0.068
Haugh unit	85.00 ^b	88.40 ^{ab}	89.12 ^a	0.64	0.044

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란중계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 회장 소화를 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
AID					
2 week					
DM	62.04 ^a	58.71 ^b	59.50 ^{ab}	0.75	0.017
CP	62.54 ^a	60.34 ^b	61.31 ^{ab}	0.55	0.040
GE	63.98	62.09	63.70	1.06	0.420
4 week					
DM	65.60 ^a	63.61 ^b	61.99 ^b	0.47	<0.001
CP	64.74	62.95	63.69	1.28	0.619
GE	69.47 ^a	66.72 ^b	64.29 ^c	0.59	<0.001

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; AID, apparent ileal digestibility; DM, dry matter; CP, crude protein; GE, gross energy; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란중계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 8주차 아미노산 회장 소화를 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
AID					
Indispensable amino acids					
Arginine	82.55 ^a	82.71 ^a	79.25 ^b	0.56	0.008
Histidine	65.30	67.41	63.05	1.48	0.194
Isoleucine	76.52 ^a	75.24 ^a	70.34 ^b	0.95	0.008
Leucine	81.31 ^a	81.22 ^a	77.78 ^b	0.61	0.010
Lysine	78.84	75.96	72.61	1.47	0.064
Methionine	81.93	82.05	78.96	0.80	0.057
Phenylalanine	80.22	80.77	77.15	0.92	0.065
Threonine	65.88	64.25	60.86	1.56	0.147
Tryptophan	76.28 ^b	82.07 ^a	76.81 ^{ab}	1.27	0.033
Valine	67.64 ^a	65.27 ^{ab}	59.73 ^b	1.32	0.014
Dispensable amino acids					
Alanine	75.70 ^a	75.01 ^a	69.92 ^b	0.87	0.006
Aspartic acid	72.83 ^a	72.94 ^a	68.12 ^b	1.04	0.027
Cysteine	55.00	56.84	54.48	1.54	0.557
Glutamic acid	79.05	79.94	77.45	0.95	0.247
Glycine	45.52	40.96	40.81	2.81	0.452
Proline	63.52 ^a	63.05 ^a	58.05 ^b	1.30	0.045
Serine	72.93	73.28	70.97	1.45	0.514
Tyrosine	77.14 ^{ab}	79.72 ^a	74.39 ^b	1.15	0.046

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; AID, apparent ileal digestibility; SE, standard error.

^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란종계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 16주차 아미노산 회장 소화율 변화

Items, %	CON	T1	T2	SE	P-value
AID					
Indispensable amino acids					
Arginine	82.48 ^a	81.88 ^a	77.68 ^b	0.38	<0.001
Histidine	69.78 ^a	69.77 ^a	62.90 ^b	0.88	0.002
Isoleucine	75.54	76.04	73.34	1.98	0.614
Leucine	81.70 ^a	82.33 ^a	78.62 ^b	0.50	0.004
Lysine	80.25	78.18	75.19	1.76	0.206
Methionine	81.44 ^a	83.89 ^a	77.21 ^b	0.83	0.004
Phenylalanine	80.18 ^a	80.67 ^a	73.73 ^b	0.73	<0.001
Threonine	69.18	69.29	65.93	0.96	0.082
Tryptophan	81.73	84.45	81.54	0.49	0.494
Valine	67.67	68.76	62.97	1.90	0.151
Dispensable amino acids					
Alanine	74.80 ^{ab}	78.34 ^a	71.37 ^b	1.11	0.013
Aspartic acid	73.31 ^a	72.07 ^{ab}	71.39 ^b	0.32	0.014
Cysteine	60.59	61.97	59.61	3.21	0.875
Glutamic acid	79.54 ^a	80.13 ^a	73.32 ^b	0.50	<0.001
Glycine	56.66	55.97	53.45	2.20	0.583
Proline	66.54 ^a	68.31 ^a	61.59 ^b	0.57	<0.001
Serine	73.98	75.02	73.64	1.98	0.878
Tyrosine	77.86 ^{ab}	79.38 ^a	70.73 ^b	1.81	0.032

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; AID, apparent ileal digestibility; SE, standard error.
^{a,b}Means with different letters are significantly differ (P < 0.05).

■ 산란종계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분내 미생물 변화

Items, log CFU/g	CON	T1	T2	SE	P-value
8 week					
<i>E. coli</i>	6.31	6.22	6.26	0.20	0.953
<i>Lactobacillus</i>	8.39	8.44	8.40	0.06	0.855
<i>Salmonella</i>	6.26	6.21	6.23	0.14	0.968
16 week					
<i>E. coli</i>	6.21	6.18	6.17	0.17	0.979
<i>Lactobacillus</i>	8.38	8.42	8.38	0.09	0.943
<i>Salmonella</i>	6.23	6.21	6.17	0.07	0.870

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; CFU, colony forming unit; *E. coli*, *Escherichia coli*; SE, standard error.

■ 산란종계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 분변지수 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
Fecal score ¹					
Phase 1 (0-2 week)	1.17	1.25	1.26	0.08	0.723
Phase 2 (2-4 week)	1.14	1.22	1.19	0.13	0.891
Overall (0-4 week)	1.15	1.24	1.22	0.10	0.822
Diarrhea rate ² %	26.79	31.85	24.70	-	0.402

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; SE, standard error.

¹Fecal score was determined as follow: 0, normal feces; 1, soft feces; 2, mild diarrhea; 3, severe diarrhea.

²Diarrhea rate(%) = (number of diarrhea broiler breeders)/(total number of experimental broiler breeders × experimental time) × 100

■ 산란종계 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시 혈액특성 변화

Items	CON	T1	T2	SE	P-value
RBC, 10 ⁶ /μl	1.41	1.61	1.79	0.14	0.166
WBC, 10 ³ /μl	1.80	1.75	1.82	0.10	0.858
Lymphocyte, %	76.40	79.50	81.97	5.57	0.782
TP, g/dL	4.67	5.00	4.93	0.14	0.234
BUN, mg/dL	1.00	1.00	1.33	0.12	0.116

Abbreviation: CON, basal diet with fishmeal; T1, basal diet without fishmeal and substitute with defatted black soldier fly larvae; T2, basal diet without fishmeal and substitute with hydrolyzed black soldier fly larvae; RBC, red blood cell; WBC, white blood cell; TP, total protein; BUN, blood urea nitrogen; SE, standard error.

공동기관3: (주)체리부로

-1차년도-

■ 곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립

(1) 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대협업)

주요원료별 현황

- 축산업은 세계경제 상황에 영향을 많이 받는 업종 중의 하나이다. 특히 우리나라는 수출 의존도가 높은 국가이기에 경제흐름의 변화에 따른 축산물 소비의 변화가 심하다.
- 특히 축산업의 기반인 사료의 원자내는 90% 이상 수입에 의존하기 때문에 해외의 물류환경과 환율변동에 민감한 영향을 받음

축종별 생산물 현황

- 한우는 2019년 시세 상승세 지속, 양돈은 도축두수 감소와 소비증가로 상승세 지속, 양계 또한 강세를 유지

양돈사료 내 곤충단백질 사용에 따른 생산기반 변화 결과

- 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 배합 생산성 및 균일도 변화 규명
- 실험 사료: 대조구(곤충단백질 미첨가구) 가루사료 처리구(곤충단백질 2% 첨가구) 가루사료 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에 원료가치 분석
- 가소화 단백질은 대두박과 유사한 단백질값을 갖으나, 단백질 구성 아미노산에서 이용성 자체를 높게 평가 가능

경제적 이용가치 평가

- 계육분 3%를 곤충단백질 2% 대체로 경제성 평가 실시
- 현재 곤충단백질 원료 1,700원/kg이며 어분은 2,000원/kg 시세적용 시 1:1 대체

(2) 이유자돈 사료 내 곤충유래 원물 첨가수준별로 첨가한 사료 배합 및 필드 사양 시험

이유자돈 사료내 동애등에 추가급여를 통한 생산성 및 분번지수 변화 규명

- 공시 동물: 4주령 이유자돈 대상 4주 간 사양실험 진행
- 처리구: 시판사료 / 시판사료 + 곤충 단백질(3%) 추가 급여
- 분석항목: ADFI, FCR, 폐사율, 분번지수 변화 규명

(3) 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여효과(충북대 내용과 동일)

젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성, 영양소 소화율, 혈액특성, 분내 미생물 및 악취 발생량 변화 규명

- 공시 동물: 10주령 젖돈 대상으로 4주 간 사양실험 진행
- 처리구: 일반사료 / 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여
- 분석항목: 생산성, 영양소 소화율, 혈액특성, 분내 미생물 및 악취 발생량 변화 규명
- 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 영양소 소화율 및 아미노산 소화율 변화 규명

● 연구 세부 내용

(1) 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대협업)

- 곤충원료가 첨가된 배합사료 대량생산화를 위한 곤충원료 투입공정 설정
- 곤충원료가 첨가된 배합사료 생산성 및 배합균일도 변화 규명
 - 생산성 측정결과 : 대조구/처리구간 분쇄능력 차이를 보이지 않음.
 - 배합균일도 측정결과 : 변이계수 1.50으로 매우 양호함. (사료관리법 기준 : 변이계수 10이하)
 - 배합공정 중 배합기 과부하를 측정할 수 있는 MIX 전류값간의 차이 또한 보이지 않음.

- 가소화 단백질은 대두박과 유사한 단백질 값을 가짐.
- 단백질 구성 아미노산에서 이용성 자체를 높게 평가될 수 있음.

(2) 일반 농장에서 이유자돈 사료 내 동애등에 추가 급여를 통한 생산성 분석

- 공시 동물 : 4주령 이유자돈 대상 4주 간 사양실험 진행
- 처리구 : 일반 사료 / 동물성 단백질(3% Poultry offal)을 곤충 단백질(3% *Hermetia illucens*)로 대체 급여
- 분석항목: ADFI, FCR, 폐사율, 분번지수 변화 구명
- 실험결과테이블
- 농가 사양 실증 실험을 통해 처리구간 생산성에서 유의적인 차이를 보이지 않음 ($P > 0.05$).
- 그러나 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 처리구 대비 수치적으로 종료체중, 증체량, 사료효율은 일반 사료를 급여한 CON 처리구가 높게 나타났음.
- 또한, 폐사율은 CON 그룹에서는 나오지 않았지만 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 그룹에서 2두(6.67%) 발생함.

(3) 갓난돼지 실험사료 설계 및 경제적 이용가치 평가

- 계육분(790원/kg) 3%를 곤충 단백질 2% 대체로 경제성 평가
- 사료 대조구 원재료비 508.14원/kg, 처리구 원재료비 533.38원/kg 으로 25.24원/kg 상승
- 동물성 단백질(어분, 계육분) 대체 시, Saving Cost 절감으로 전환이 가능
- 현재 곤충단백질 원료는 kg당 1,700원이고 어분은 kg당 2,000원으로 시세적용 시 1:1로 대체가 가능

(4) 동애등에의 원료적 시장가치 조사 결과

- 연구과제 사업적 접근성
 - (1) 제주도만의 특성 이용
 - 음식물 처리 문제를 이용하여 동애등에 먹이 확보
 - 동식물성 폐기물 처리에 대한 허가증 확보
 - (2) 현재 기반시설 완성단계
 - (3) 농가 수익성 보존: 폐기물 처리 수익성이 낮은 단계
 - 비료화 단계 체계가 없으면 기본유종 단가 상승
 - (4) 단가를 낮출 수 있는 연구 수행중
 - (5) 동애등에 원물에서 사료화 진행시 수율 15%
- 곤충단백질 시장성 및 생산과 사용실태
 - (1) 동애등에 사육기반 사료급원
 - 잔반(건식) 단미원료 급원으로 단가 상승
 - (2) 내륙과 제주도 동애등에 먹이 급여원의 차이
 - (3) 추가 투자 어려움으로 사육기반 무너지는 단계
 - (4) 자가처리 시설 면허(허가) 유무에 따른 수익 및 사료화 단가 결정

■ 곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립(1차년도)

■ 현재 수입 사료원료의 원화기준 가격지수



주: 수입사료원료 가격지수는 관세청, 사료협회, 농협사료, 한국은행 자료를 이용, 곡물 및 여타 사료원료 수입단가 및 환율을 반영하여 산출함. 10월은 1~20일 평균

■ 곡물수입단가



주: 품목별 식용, 사료용의 국내 수입액 가중치(최근 5개년 평균) 및 IHS Global Insight 대미환율 전망치를 이용하여 산출함. 괄호 안은 전 분기 대비 증감률 자료: KREI 식품·배합사료물가전망요형

■ 옥수수의 단가



■ 소맥의 단가

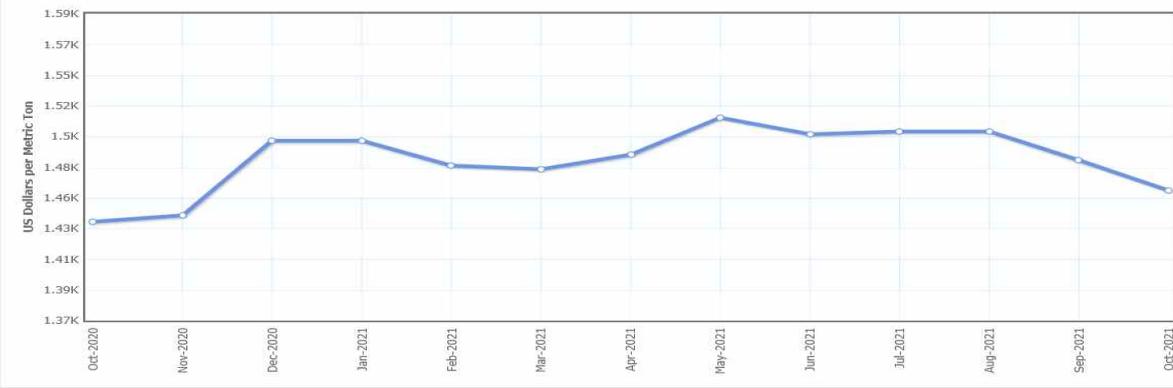


■ 어분의 단가

Fishmeal Monthly Price - US Dollars per Metric Ton

Range 6m 1y 5y 10y 15y 20y 25y 30y

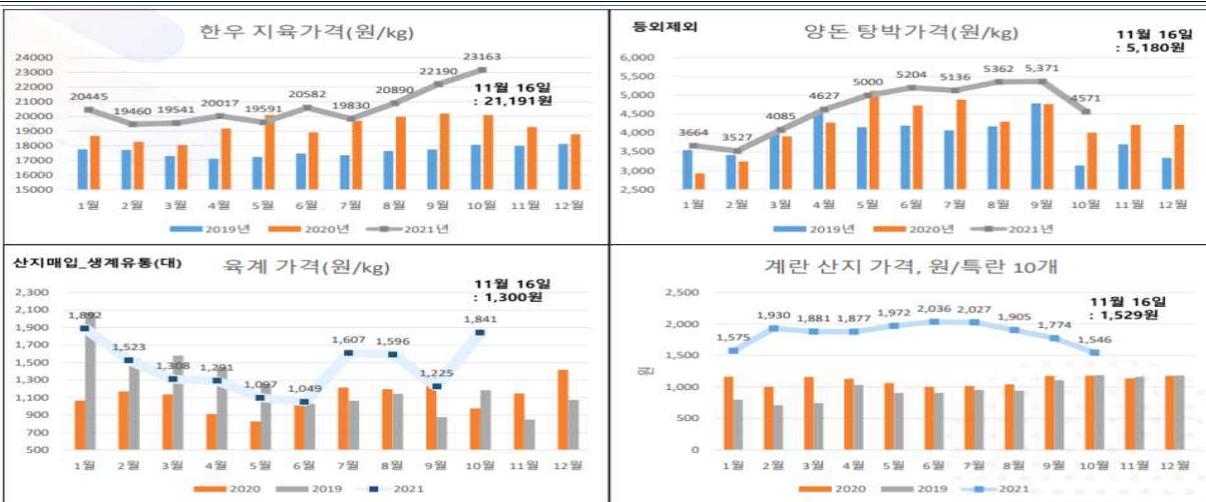
Oct 2020 - Oct 2021: 23.050 (1.60 %)



Description: Fishmeal, Peru Fish meal/pellets 65% protein, CIF, US Dollars per Metric Ton

Unit: US Dollars per Metric Ton

■ 축종별 생산물 현황



■ 곤충원료가 첨가된 배합사료 대량생산화를 위한 곤충원료 투입공정 설정

1) 주원료 입고 공정	2) 투입 공정	3) 저장 공정	4-1) 분쇄 공정	5) 배합 공정	6) 포장 공정	7) 출하 공정
						
주원료 이송	주원료 투입	주원료 저장	입자구분 분쇄	믹싱타임 220초	지대포장	최종 출고
			4-2) 근충원료 투입			
						
			근충단백질 투입			
			4-3) 마이크로 계량			
						
			스케일 계량투입			
■ 배합 정밀도 결과				■ MIX 전류값 비교		

		Mean	19.21			분쇄기						배합기	
		S.D	0.29			원료명	스크린	Ampere	Hz	RPM	Feeder	Mix 전류 값1	Mix 전류 값2
		C.V	1.50										
C . P Test 220s/2t 동애등에 2% (40kg) Max(4) 19.53% Min(7) 18.79%	Sample #	C.Protein (%)	Diff (Mean-#)	(Diff) ²	대조구	옥수수	2.8	110	15	700	17	30	35
	1	19.47	-0.26	0.066		옥수수	5.0	109	15	700	16		
	2	19.01	0.20	0.042		옥수수	2.8	151	15	700	11		
	3	18.81	0.40	0.163		옥수수	2.8	120	15	700	45		
	5	19.47	-0.26	0.066		옥수수	2.8	96	15	700	56		
	6	19.30	-0.09	0.007		옥수수	2.8	105	15	700	16		
	8	19.45	-0.24	0.056		옥수수	5.0	109	15	700	16		
	9	18.89	0.32	0.105		옥수수	2.8	151	15	700	11		
	10	19.45	-0.24	0.056		옥수수	2.8	120	15	700	45		
	11	19.44	-0.23	0.051		옥수수	2.8	96	15	700	56		
	12	18.85	0.36	0.132		옥수수	2.8	105	15	700	16		
	평균	19.21		0.743		옥수수	5.0	109	15	700	16		
	평가	좋음											
필요조치	없음												

■ 동애등에 분석결과 및 원료평가 결과

■ 동애등에 일반성분 분석 결과										
구분	원료명	분석방법	수분	조단백	조지방	조섬유	조회분	Ca	P	
T1	가공음폐 동애등에 탈지분말	습식	9.86	44.64	10.12	10.51	18.67	7.517	0.891	
T2	가공음폐 동애등에 탈지분말	습식	9.71	44.81	10.80	9.77	18.77	7.587	0.915	
T3	가공음폐 동애등에 탈지분말	습식	9.75	44.55	10.81	9.73	18.77	7.473	0.923	
T4	가공음폐 동애등에 탈지분말	습식	9.69	44.52	10.22	10.51	18.75	7.399	0.23	

■ 동애등에 사료적 가치평가 결과

Nutr	Nutrient Name	Unit	Value	이용성 평가	Nutr	Nutrient Name	Unit	Value	이용성 평가
1	Weight		1.000		35	Lysine rP/gov	%	1.669	
2	Moisture	%	9.750		36	tid LYS Poul	%	1.100	65.9%
3	Dry matter	%	93.500		38	Methionine	%	0.455	71.9%
4	C Protein	%	44.630		39	tid MET poul	%	0.327	
5	C Fat	%	10.490		41	SAA rp/gov	%	0.721	Cys: 40.6%
6	C Fiber	%	10.130		42	tid SAA poul	%	0.435	
7	C Ash	%	18.740		44	Threonine	%	1.100	65.8%
8	HCL-Insol	%			45	tid THR poul	%	0.724	
9	KOH/Pepsin	%			47	Tryptophan	%	0.114	72.8%
10	Ca/P Ratio				48	tid TRP poul	%	0.083	
11	Calcium	%	7.490		50	Arginine	%	3.196	63.8%
12	Phosphorus	%	0.910		51	tid ARG poul	%		
13	Av Phos rp	%	0.730		53	Iso-Leucine	%	1.143	68.0%
14	DCP	%	35.700		54	tid ILE poul	%		
16	MEn gov	kcal/kg			56	Valine	%	1.839	67.2%
17	MEpoul rp	kcal/kg	2231		57	tid VAL poul	%		
18	OEslk	kcal/kg			58	Glycine	%	6.703	
19	OEleg	kcal/kg			59	tid GLY poul	%		
20	OEpluim	kcal/kg			60	Serine	%	1.767	
21	DE	kcal/kg	2272		61	tid SER poul	%		
22	NE	kcal/kg	1330		62	Gly+0.7Ser	%	7.940	
30	Linoleic(18:2)	%	0.210		63	tid G+0.7S poul	%		
31	Linolenic(18:3)	%			67	v Lys P	%	1.293	63.0%
32	EPA(20:5)	%			68	v Met P	%	0.285	51.0%
33	DPA(22:6)	%			69	v SAA p	%	0.403	Cys: 38.0%
					70	v Thr p	%	0.776	61.0%
					71	v Trp P	%	0.064	32.0%
					72	v Arg p	%		
					73	v ILE p	%		

■ 갓난돼지 실험사료 설계 및 경제적 이용가치 평가

■ 갓난돼지 실험사료 Control : 곤충단백질 0%

Used Ingredients									Optimum Weight Nutrient Solution				
Ingredient Name	Rounded		Market S/Tonne	Range		Restriction			Nc	Nutrient	(Class 4)		
	kgs	Pct		Low	High	Min Pct	Max Pct	Rcost			Minimum	Actual	Maximum
CORN(ARG)MEDIU	1183.06	47.322	399.38	384.50	399.40	35.000	51.000		1	WEIGHT	1.00	1.00	1.00
CORN(ARG)FINE	175.00	7.000	399.38	399.40		7.000	7.000	0.00	5.00	Moisture		12.79	14.00
WHEAT(BUL)FINE	125.00	5.000	422.66		435.10	3.000	5.000	-0.12	24.60	C Protein	19.50	19.50	21.00
Rice Pollards	100.00	4.000	290.00		450.70		4.000	-1.61	3.00	C Fat	5.50	6.07	
SBOM-25%,BRZ	601.50	24.600	618.60	539.60	641.00	15.000	35.000		2.228	C Fiber	2.00	3.29	
PALM KERNEL ML	50.00	2.000	344.00		359.70		2.000	-0.26	7	C Ash		4.41	5.00
DDGS 28%(USA)	75.00	3.000	401.00	383.60		3.000	10.000	0.17	11	Calcium	0.40	0.3997	1.00
POULT OFFAL-72	75.00	3.000	790.00	750.10		3.000	35.000	0.40	12	phosphorus	0.40	0.5075	1.00
Aniaml Fats(AV)	55.70	2.228	1190.00	168.90	1539.20	2.000	6.000		13	Av Phos	0.17	0.2412	0.50
L-Lys-SO4(55%)	12.25	0.490	1090.00	665.80	3561.10	0.100	1.000		14	DCP	16.50	17.25	
DL-METHIONIN 9	3.69	0.148	2595.00	746.20	14792.8	0.100	5.000		16	MEn gov		3001.86	
L-THREONINE 98	3.65	0.146	2130.00	448.80	10371.5	0.100	1.000		21	DE	3480.00	3503.08	3600.00
L-Tryptophan 1	4.76	0.190	1800.00	530.30	4023.20	0.010	1.000		22	NE	2380.00	2379.99	2430.00
SALT-Proc(Fine)	7.50	0.300	135.00			0.300	0.350		30	Linoleic(18:2)	1.00	1.82	
LIMESTONE-Fine	9.30	0.372	35.00		489.70		1.500		35	Lysine rp/gov	1.18	1.23	2.00
M D C P	6.20	0.248	650.00	3.80		0.250	1.000	6.46	38	Methionine		0.4525	
MINE SWINE GR	3.00	0.120	5470.00			0.120			41	SAA rp/gov	0.70	0.7985	1.00
VITA SWINE GR	2.50	0.100	7050.00			0.100			44	Threonine		0.8726	
Liq-Chol-CL(50)	1.64	0.06	1281.00		42624.4	0.050	0.200		47	Tryptoph		0.2311	

PROBIOTIC	2.50	0.10 0	3000.00	0.100 0	0	0	an	50	Arginine	1.05	1.27	110.00	
CTC-zyme-CH	1.25	0.05 0	4600.00	0.050 0				53	Iso-Leucine	0.76	0.8298	66.00	
phyatse1000bro	0.750	0.03 0	2300.00	0.030 0	0.080 0			56	Valine	0.81	0.9466	75.50	
NEOTARM(SACCHM)	0.750	0.03 0	8000.00	0.030 0	1.000 0			67	V Lys P	1.03	1.03		
Total Batch: 2500.00 kgs at 508.14 \$/Tonne 50.814 \$/100kg 0.5081 \$/kg								68	V Met P	0.39	0.3975		
Binding Nutrients								69	V SAA P	0.65	0.6549		
Nutrient Name	Unit of Measure	Nutr Cost	Unit of Measure	Increment Change				70	V Thr P	0.69	0.6909		
Weight		-0.2216		0.01				71	V Trp P	0.20	0.1960		
C Protein	%	3.2354		1.00	%				96	Na+K-(cl+s)		73.84	
Calcium	%	0.1524		0.10	%				97	Sodium	0.15	0.1665	0.20
NE	kcal/kg	1.5681		10.00	kcal/kg				100	Sulfur		0.2761	0.30
V Lys P	%	0.0840		0.01	%				101	Chloride	0.16	0.2445	0.30
V SAA P	%	0.1917		0.01	%				102	Copper		119.55	
V Thr P	%	0.1770		0.01	%				115	Vitamin C		0.0000	
V Trp P	%	1.9504		0.01	%				121	A v Biotin/H/BB		0.2548	
Ac Choline	mg/kg	0.2610		100.0 0	mg/kg				125	A c Choline	1300.0 0	1302.79	1500.00
								132	Pigment-Yel	5.00	9.17		
								160	PEL index		3.92		

■ 갓난돼지 실험사료 첨가구 : 곤충단백질 2%

Used Ingredients									Optimum Weight Nutrient Solution					
Ingredient Name	Rounded		Mark et S/Tonne	Range		Restriction			Rcost	Nutr (Class 4)				
	kgs	Pct		Low	High	Min Pct	Max Pct	No		Nutrient	Minim un	Actual	Maximu m	
CORN(ARG)MEDIU	1118.97	44.759	399.38	392.00	399.40	35.000	51.000		1	WEIGHT	1.00	1.0000	1.00	
CORN(ARG)FINE	175.00	7.000	399.38	399.40		7.000	7.000	0.00	2	Moisture		12.99	14.00	
WHEAT(BUL)FINE	125.00	5.000	422.66		429.20	3.000	5.000	-0.07	4	C Protein	19.50	19.50	21.00	
Rice Pollards	100.00	4.000	290.00		450.40		4.000	-1.60	5	C Fat	5.50	6.25		
SBOM-25%,BRZ	684.00	27.360	618.60	554.50	644.10	15.000	35.000		6	C Fiber	2.00	3.49		
PALM KERNEL ML	50.00	2.000	334.00		358.50		2.000	-0.25	7	C Ash		4.50	5.00	
DDGS 28%(USA)	75.00	3.000	401.00	383.30		3.000	10.000	0.18	11	Calcium	0.40	0.4210	1.00	
WORM-MILL	50.00	2.000	1700.00	374.40		2.000		13.26	12	phosphorus	0.40	0.4704	1.00	
Aniaml Fats(AV)	67.50	2.700	1190.00	1067.90	1492.90	2.000	6.000		13	Av Phosrp	0.17	0.2130	0.50	
L-Lys-SO4(55%)	9.67	0.387	1090.00	665.20	3551.10	0.100	1.000		14	DCP	16.50	17.1300		
DL-METHIONIN9	4.20	0.168	2595.00	744.60	14646.70	0.100	0.500		16	MEn gov		2940.36		
L-THREONINE98	3.28	0.131	2130.00	446.70	10301.20	0.100	1.000		21	DE	3480.00	3499.87	3600.00	
L-Tryptophan 1	4.77	0.191	1800.00	351.00	4007.00	0.010	1.000		22	NE	2380.00	2379.88	3430.00	
SALT-Proc(Fine)	7.50	0.300	135.00	-22.50		0.300	0.350	1.58	30	Linoleic(18:2)	1.00	1.63		
LIMESTONE-Fine	6.30	0.252	35.00	-22.50		0.250	1.500	0.57	35	Lysine rp/gov	1.18	1.21	2.00	
M D C P	6.30	0.252	650.00	-22.50		0.250	1.000	6.72	38	Methionine		0.4691		
MINE SWINE GR	3.00	0.120	5470.00	-22.50		0.120		54.92	41	S A A rp/gov	0.70	0.7800	1.00	
VITA SWINE GR	2.50	0.100	7050.00	-18.90		0.100		70.69	44	Threonine		0.8566		
Liq-Chol-CL(50)	1.76	0.070	1281.00	-21.30	41925.80	0.050	0.200		47	Tryptophan		0.2374		
PROBIOTIC	2.50	0.100	3000.00	-22.50		0.100		30.23	50	Arginine	1.05	1.30	110.00	
CTC-zyme-CH	1.25	0.050	4600.00	-8.70		0.050		46.09	53	Iso-Leucine	0.76	0.8265	66.00	

phyatse1000bro	0.75	0.030	2300.00	-20.70	0	0.030	0.080	23.21	56	Valine	0.81	0.9371	75.50
NEOTARM(SACC HM)	0.75	0.030	8000.00	-22.50	0	0.030	1.000	80.22	67	V Lys P	1.03	1.03	
Total Batch: 2500.00 kgs at 533.38 \$/Tonne 53.338 \$/100kg 0.5334 \$/kg													
Binding Nutrients													
Nutrient Name	Unit Measure	of	Nutr Cost	Unit of Measure	Increment Change								
Weight			-0.2246		0.01								
C Protein	%		3.2093		1 %								
NE	kcal/kg		1.5685		10 kcal/kg								
V Lys P	%		0.0841		0.01 %								
V SAA P	%		0.1918		0.01 %								
V Thr P	%		0.1772		0.01 %								
V Trp P	%		1.9844		0.01 %								
Ac Choline	mg/kg		0.2610		100.0 mg/kg								
									69	V SAA P	0.65	0.6550	
									70	V Thr P	0.69	0.6910	
									71	V Trp P	0.20	0.1960	
									96	Na+K-(cl +s)		84.70	
									97	Sodium	0.15	0.1549	0.20
									100	Sulfur		0.2773	0.30
									101	Chloride	0.16	0.2418	0.30
									102	Copper		119.85	
									115	Vitamin C		0.0000	
									121	A v Biotin/H/B8		0.2616	
									125	A c Choline	1300.00	1302.93	1500.00
									132	Pigment-Yel	5.00	8.87	
									160	P E L index		3.67	

■ 동애등에 시험사료 분석결과

분석일자	제품명	분석방법	수분	조단백	조지방	조섬유	조회분	Ca	P
9월30일	대조구(동애등에0%)	습식	12.91	19.04	5.21	5.63	4.01	0.431	0.462
9월30일	대조구(동애등에0%)	습식	12.99	19.62	4.91	5.50	4.12	0.413	0.461
9월30일	대조구(동애등에0%)	습식	13.02	19.50	5.68	5.29	4.18	0.417	0.487
9월30일	대조구(동애등에0%)	습식	13.05	19.65	5.36	5.28	4.18	0.433	0.445
9월30일	처리구(동애등에2%)	습식	13.19	19.47	5.76	5.87	3.95	0.405	0.462
9월30일	처리구(동애등에2%)	습식	13.21	19.01	5.90	5.63	3.90	0.415	0.470
9월30일	처리구(동애등에2%)	습식	13.14	18.81	5.32	5.82	3.93	0.405	0.461
9월30일	처리구(동애등에2%)	습식	13.05	19.47	5.98	5.50	3.91	0.402	0.452

■ 일반 농장에서 이유자돈 사료 내 동애등에 추가 급여를 통한 생산성 분석

■ 이유자돈 사료 내 동애등에 추가 급여를 통한 생산성 분석

Table 1. The effect of replacement dietary of animal protein with insect meal (*Hermetia illucens*) on the growth performance in weaning pigs¹ (Exp 1)

Items	CON	T1	SE	P-value
BW, kg				
Initial	5.90	5.90	0.204	0.982
Final	17.10	16.70	0.478	0.555
Overall				
BWG	11.20	10.80	0.392	0.464
FI	15.80	16.07	0.249	0.458
G:F	0.71	0.67	0.022	0.213
Mortality	-	6.67	-	-

¹Abbreviation : CON, basal diet; T1, CON + insect meal(*Hermetia illucens*); BW, body weight; ADG, average daily gain; ADFI, average daily feed intake; G:F, gain:feed; ; SE, standard error.

a-b Means with different letters are significantly differ (p < 0.05) or tend to differ (p < 0.10).

-2차년도-

■ 동태등에 성상에 따른 원료적 기본가치 분석(2차년도)

(1) 동태등에 성상에 따른 원료적 기본가치 분석

- 제품화를 위한 제조방법별 영양성분의 변화를 사전 예측
- 방법별 외견적 아미노산 분석법을 통한 기본값 분석
- 최적의 경제적 제조방법 탐색을 통한 제조기관 전달
- 제조방법 형태에 따른 조단백질과 아미노산의 조성관계 규명
- 축종별 소화기관내 소화율 예측 및 평가를 위한 기반자료 구성

(2) 고급 동물성 단백질 대체 가능성 평가

- 수입산 동물성단백질(어분)의 등급별 기본스펙 및 가격 조사
- 수입산 동물성단백질의 영양적 대체 가능성 평가
- 영양적 대체가능성을 베이스로 원료적 경제성 가치판단

(3) 시판사료(육계) 기준 원료적 경제성 평가

- 수입산 동물성단백질(어분)의 등급별 기본스펙 및 가격 조사
- 동태등에 사용을 통한 시판사료의 부가가치성(수의, 질병학적, 마케팅적 특징점) 제외 평가
- 외견적 분석사항을 기준으로 한 대사에너지 및 아미노산 시뮬레이션 수행
- 시뮬레이션의 진정소화율을 적용한 평가 구성치 확립
- 평가 구성치의 적립을 통한 시판사료의 구성 원료로써 경제적 가치평가
- 예상 공급단가 기반 경제성 평가 및 기존원료 구성 내 경쟁적 가치 분석
- 연구수행 시점 국내 원료단가 기반, 최적 제품 배합비 구성 및 제품화 적용
- 사양시험을 통한 기존사료와 사양성적 비교평가, 제품화 가능성 확인

● 연구 세부 내용

(1) 동태등에 성상에 따른 원료적 기본가치 분석

- 일반성분 분석결과 탈지분말 가수분해물의 조성이 가치적 우수성을 보임
- 위해요소의 경우 양 제품별 위해성은 없으나 탈지분말의 농축도를 감안, 비탈지 가수분해물 대비 검출도가 높게 발생됨.
- 소화율의 영향요인인 KOH 용해도와 Pepsin 소화율의 경우 탈지분말 가수분해물이 높게 나타나면서 단위동물 소화기관 내 소화 이용성이 높게 나타날 수 있는 가능성을 나타냄.
- 외견적 에너지는 탈지를 전체 에너지 구성하는 각 영양소의 평가 합이 아닌 Bomb 칼로리미터기를 이용하였기에 탈지분말이 비탈지 대비 조지방 값의 영향으로 낮게 나타남.

(2) 고급 동물성 단백질(어분) 대체 가능성 평가

- 수입산 동물성 단백질의 주요 성분함량 및 단가조사 내역
- 자돈 및 양어용으로 분류되는 고급 단백질 추구 프리미엄급 사료에 일반적으로 C.P 65%, Histamin 500ppm 이하의 상어분 사용
- 프리미엄급 이하 단계 중어분으로 표현되는 C.P 60%대 사용에 따른 단가형성 확인

(3) 수입산 동물성 단백질 대비 소화율 감안, 아미노산 소화율 비교 평가

- AVENTIS 2000 기반 원료평가 진행
- 상 어분 기준 약 80%대 가금소화율 평가
- 단백질 약 80% 후반대 포지셔닝 라이신 기준 진정소화율 가중치 - 1.80 Point 차이
- TSAA 약 58% 수준 진정소화율 포지셔닝 됨

(4) 동애등에 Formula Cost 기반 사료원료 가치평가

- 육계초이사료 기반 평가
- C.P 23.27%, MEn 3,000Kcal, P, TSAA 0.43% 기준
- 동애등에 2,000원/Kg, 중 어분 2,200원/Kg 기준평가 진행
- 동애등에 Low Range 1,206원, High Range 2,142원 단가 경쟁력 존재
- 동애등에 Min 2% 수준 적용, 2.025% 수준 적용, 사용 경쟁력 - 0.35원/kg
- 중어분 경쟁력 요구단가 2,017원/kg으로, 동애등에 대비 사용 + 1.83원/kg
- 중어분 대체 경쟁력 +1.83원/kg으로, 초이사료 평균 2,000톤/월 판매업체 기준, 월 약 400만원, 연간 4,800만원 대체 경제효과를 보임
- 초이사료 월 2,000톤 판매업체는 육계사료 월 25,000톤 판매업체로, 전체 대체시 월 약 3,600만원, 연간 약 4억원의 대체 경제효과를 얻을 수 있음

(5) 양계 사료 내 곤충 단백질 첨가 시 생산성 변화 구명

- 0 ~ 35일 기간 동안 곤충 단백질을 첨가한 T1 처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 유의적으로 낮은 (P < 0.05) 사료요구율을 보임.
- 35일령, 곤충 단백질을 첨가한 T1처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 높은 실험종료체중을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았음.
- 전체 기간 동안 곤충 단백질을 첨가한 T1 처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 높은 증체량을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았음.
- 전체 기간 동안 곤충 단백질을 첨가한 T1 처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 낮은 사료 섭취량을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았음.
- 동애등에 표준배합비 적용에 따른 사료요구율의 유의적인 감소로, 육계사료 내 적용을 통한 단가경쟁력 및 소화생리적 효과를 볼 수 있다고 판단함

■ 동애등에 성상에 따른 원료적 기본가치 분석(2차년도)

■ 동애등에 성상에 따른 원료적 기본가치 분석							
구 분		탈지 분말 가수분해 물	비탈지 분말 가수분해물	구 분	탈지 분말 가수분해 물	비탈지 분말 가수분해 물	
일반	수분(%)	6.58	6.59	외견적 아미노산 조성 ²	Aspartic acid(%)	5.15	3.38
	조단백질(%)	58.76	38.53		Threonine(%)	2.00	1.06
	조지방(%)	11.51	42.91		Serine(%)	2.09	1.02
성분 ¹	조섬유(%)	9.15	5.61		Glutamic acid(%)	6.33	4.37
	조회분(%)	10.07	7.68		Glycine(%)	3.01	1.85
/	납 (ppm)	X	X		Alanine(%)	4.28	2.64
	카드뮴(ppm)	0.73	X		Valine(%)	2.72	1.82
위해	수은 (ppm)	0.0294	0.0086		Isoleucine(%)	1.63	1.11
	Ca	0.11	0.18		Leucine(%)	3.04	1.94
요소	P	2.74	2.35		Tyrosine(%)	3.76	2.19
	KOH 용해도	0.72	0.51		Phenylalanine(%)	2.89	1.37
/	Pepsin 소화율	88.29	39.41		Lysine(%)	2.84	1.75
	에너지 (cal/g)	79.61	71.00		Histidine(%)	2.74	1.67
소화율					Arginine(%)	2.06	1.16
영향성					Cysteine(%)	0.37	0.22
				Methionine(%)	2.58	1.74	
				Proline(%)	3.33	1.87	

■ 고급 동물성 단백질(어분) 대체 가능성 평가

■ 수입산 어분의 단가조사

THE **FCEO** 주식회사 더피드

분 류 : 더피드 20220411-1

수 신 : 주식회사 체리부로

참 조 : 구매부서 담당자 님

제 목 : Fish Meal 견적의 件

1. 귀사의 일익 번창하심을 기원합니다.
2. 아래와 같이 견적을 제출하오니 업무에 참조하시길 바랍니다.

--- 아 래 ---

견 적 서

1. 품목 및 견적가

품목	보증성분	견적가
Fish Meal(메기, 베트남)	CP 60% 이상	2,200원/kg
Fish Meal(명태, 미국)	CP 65% 이상, Histamin 500ppm 이하	3,500원/kg

2. 포장단위 : 25kg

3. 견적유효일 : 2022년 4월 20일

4. 부가세별도, 지정장도 도착도 기준

2022년 4월 11일

주식회사 더피드 대표이사 김기훈



■ 수입산 동물성 단백질 대비 소화를 감안, 아미노산 소화를 비교 평가

■ 수입산 동물성 단백질 대비 소화를 감안, 아미노산 소화를 비교 평가

Ingredient Evaluation (Aventis 2000 Based)													Aventis-2000 % AA/Prot(Poultry)							
Ingredient Name	CALC	Mois	Pro	EE	Fib	Ash	NFE	DM	Ca	TP	%Av	AvP	Lys	Met	Cys	Thr	Trp	Arg	Ile	Val
FISH ML(68)White	BOOK	7.0	67.0	9.0	0.3	16.0	0.7	93.0	4.50	2.70	85	2.295	7.60	2.56	0.91	4.10	1.05	5.37	4.71	5.48
	CALC	8.0	69.2	9.6	0.8	13.4	-1.0	92.0	1.80	2.10	85	1.785								
WORM-MILL 44%(hifat)	BOOK	7.0	43.0	10.0	2.0	37.0	1.0	93.0	11.1	5.55	80	4.440	5.80	1.39	0.62	3.38	0.87	5.38	4.00	5.00
	CALC	10	6.58	59.97	11.44	8.62	10.02	93.42	2.85	0.74	80.00	0.59								

■ 원료평가 Level 책정

■ 원료평가 Level 측정

No	Nutrient Name	Value	No	Nutrient Name	Value
1	WEIGHT	1.000	17	Methionine (%)	0.834
2	Moisture (%)	6.580	18	tid MET poul (%)	0.779
3	Dry MATTER (%)	93.420	19	SAA rp/gov (%)	1.205
4	C Protein (%)	59.970	20	tid SAA poul (%)	1.059
5	C Fat (%)	11.440	21	Threonine (%)	2.027
6	C Fiber (%)	8.620	22	tid THR poul (%)	1.824
7	C Ash (%)	10.020	23	Tryptophan (%)	0.522
8	Calcium (%)	2.850	24	tid TRP poul (%)	0.454
9	Phosphorus (%)	0.740	25	Arginine (%)	3.226
10	Av Phos rp (%)	0.590	26	Iso-Leucine (%)	2.399
11	MEpoul rp (kcal/kg)	2814.000	27	Valine (%)	2.999
12	DE (kcal/kg)	3015.000	28	Glycine (%)	6.703
13	NE (kcal/kg)	2156.000	29	Serine (%)	1.767
14	Linoleic(18:2) (%)	0.230	30	Gly+0.7Ser (%)	7.940
15	Lysine rp/gov (%)	3.478			
16	tid LYS poul (%)	3.162			

■ 동애등에 Formula Cost 기반 사료원료 가치평가

■ 사료원료 가치평가

Bro-PreSt 육계초기				Nutrient	Minimun	Actual	Maximum
Used Ingredients						1.000	
Ingredient Name	kgs	Pct	Market (원/Ton)	WEIGHT	1.00		1.00
WHEAT	40.00	1.000	*			0	
FLOUR-OF				C Protein	22.00	23.27	25.00
CORN FINE	1360.26	34.006	*	C Fat		6.67	
WHEAT FINE	400.00	10.000	*	C Fiber		4.12	
Rice Pollards	152.00	3.800	*	C Ash		6.55	
Cashew Nuts	28.00	0.700	*	Calcium	0.85	0.8502	0.92
Po				Av			
SBOM	1034.50	25.862	*	phosphor	0.43	0.4302	
DDGS	400.00	10.000	*	us			
동물성단백질	120.00	3.000	*				
WORM-MILL	81.00	2.025	2000.00				
Poultry oil	117.30	2.933	*				

아미노산제	124.74	3.119	*				
SALT-Proc(F							
	6.00	0.150	*				
ine)							
LIMESTONE-							
	18.00	0.450	*				
Fine							
M D C P	21.80	0.545	*				
Liq-Chol-CL							
	4.00	0.100	*				
(50)							
MINEMIX-br							
	8.00	0.200	*				
o							
VITAMIX-bro	4.80	0.120	*				
Other's	79.6	1.990	*				
※ 단가 * 표기 : 회사기밀사항으로 보안유지							
Unused Ingredients							
Ingredient Name	Current (원/Ton)	At (원/Ton)	Rest Cost				
FISHML-S/A	2200.00	2017.50	1.83				
m-6							

SAA							
					1.20		
rp/gov							
	3000.0						
MEpoul rp				2999.95		3060.00	
					0		

■ 동태등에 사용 제품화 - 육계사료 표준배합비

■ 사료원료 가치평가			
Bro-PreSt 육계초기		Bro-St 육계전기	
Used Ingredients		Used Ingredients	
Rounded		Rounded	
Ingredient Name	kgs	Pct	
WHEAT			
	40.00	1.000	
FLOUR-OF			
CORN FINE	1360.26	34.006	
WHEAT			
	400.00	10.000	
FINE			
Rice	152.00	3.800	
Pollards			
Cashew	28.00	0.700	
Nuts Po			
SBOM	1034.50	25.862	
DDGS	400.00	10.000	
동물성단백질	120.00	3.000	
WORM-MILL	81.00	2.025	
Poultry oil	117.30	2.933	
아미노산제	124.74	3.119	
SALT-Proc(6.00	0.150	

WHEAT			
	40.00	1.000	
FLOUR-OF			
CORN FINE	1611.96	40.299	
WHEAT			
	400.00	10.000	
FINE			
Rice	152.00	3.800	
Pollards			
SBOM	788.50	19.712	
DDGS	400.00	10.000	
동물성단백질	180.00	4.500	
WORM-MILL	83.00	2.075	
Animal Fat	57.70	1.442	
Poultry oil	40.00	1.000	
아미노산제	111.56	2.789	
SALT-Proc(
	6.00	0.150	
Fine)			

Fine)			
LIMESTONE	18.00	0.450	
-Fine			
M D C P	21.80	0.545	
MINEMIX-br	8.00	0.200	
o			
VITAMIX-bro	4.80	0.120	
Liq-Chol-C	4.00	0.100	
L(50)			
Other's	79.6	1.990	
<hr/>			
Nutrient	Minimum	Actual	Maximum
WEIGHT	1.00	1.0000	1.00
C Protein	22.00	23.27	25.00
C Fat		6.67	
C Fiber		4.12	
C Ash		6.55	
Calcium	0.85	0.8502	0.92
Av	0.43	0.4302	
phosphorus		1.20	
SAA rp/gov	3000.0		3060.0
MEpoul rp		2999.95	
	0		0

LIMESTONE	18.00	0.450	
-Fine			
M D C P	18.00	0.450	
MINEMIX-br	8.00	0.200	
o			
VITAMIX-bro	4.80	0.120	
Liq-Chol-CL	4.00	0.100	
(50)			
Other's	76.48	1.912	
<hr/>			
Nutrient	Minimum	Actual	Maximum
WEIGHT	1.00	1.0000	1.00
C Protein	20.50	22.01	23.00
C Fat		6.40	
C Fiber		3.95	
C Ash		6.05	
Calcium	0.80	0.8004	0.87
Av	0.42	0.4201	0.50
phosphorus		1.13	
SAA rp/gov	3020.0		3080.0
MEpoul rp		3019.91	
	0		0

Bro-Gr 육계중기		
Used Ingredients		
Rounded		
Ingredient Name	kgs	Pct
WHEAT	40.00	1.000
FLOUR-OF		
CORN FINE	1757.18	43.929
WHEAT	400.00	10.000
FINE		
Rice	160.00	4.000
Pollards		
SBOM	613.50	15.337
DDGS	400.00	10.000
동물성단백질	168.00	4.200
WORM-MILL	87.00	2.175
Animal Fat	69.10	1.727
Poultry oil	44.00	1.100
아미노산제	107.78	2.693
LIMESTONE	18.00	0.450
-Fine		
M D C P	18.00	0.450
SALT-Proc(6.00	0.150

Bro-Fn 육계후기		
Used Ingredients		
Rounded		
Ingredient Name	kgs	Pct
WHEAT	40.00	1.000
FLOUR-OF		
CORN FINE	1825.87	45.647
WHEAT	400.00	10.000
FINE		
Rice	134.50	3.362
Pollards		
Cashew	40.00	1.000
Nuts Po		
SBOM	542.50	13.563
DDGS	400.00	10.000
동물성단백질	152.00	3.800
WORM-MILL	80.00	2.000
Animal	71.50	1.788
Fat(AV		
Poultry oil	56.00	1.400
아미노산제	103.73	2.593

-3차년도-

■ 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준 사료배합비 정립 및 필드 사양 시험 수행

(1) 곤충유래 단백질원료(동애등에) 첨가한 표준 산란계 사료배합비 정립

- 곤충유래 단백질원료 첨가수준은 최적의 경제성 Linear cost를 반영한 0.83%로 설정
- 옥수수 51.46%, 대두박 21.74%로 구성된 표준배합비 설정

(2) 곤충유래 단백질원료(동애등에) 첨가한 실험사료 배합

- 실험사료: 무첨가 일반 산란계사료 / 동애등에 원료 0.83% 첨가 실험사료
- 실험사료 배합: 체리부로 옥천/익산공장

(3) 산란계 사료 내 동애등에 첨가를 통한 생산성 및 산란특성 변화 구명

- 공시동물: 로만브라운 산란계 56,000수 대상 4주간 사양시험 진행
- 처리구: 무첨가구 / 동애등에 원료 0.83% 첨가구
- 분석항목: 폐사율, 사료섭취량 및 음수량, 총 산란수, 헨데이 (Hen day, HD) 산란수 및 산란율, 헨하우스 (Hen housed, HH) 산란수 및 산란율, 산란지수, 특란 이상비율 및 오판란율 분석

■ 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료 시장가치 분석

(1) 국내 펫푸드 시장의 급격한 증가 추세와 수입 의존적인 현황분석 결과

- 현 국내 펫푸드 시장규모 및 증가 추세 예상 자료 분석
- 반려동물 시장 및 펫푸드 시장(사료 및 간식) 성장률 분석

(2) 펫푸드 페러다임의 변화 분석

- 펫푸드 시장의 사회적 인식변화 및 고급화 트렌드 분석
- 반려동물 스트레스를 타겟으로 한 기능성 제품개발의 필요 및 이를 위한 기능성 원료 선택의 중요성

■ 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품(양계, 반려동물사료) 개발 및 매출액 발생

(1) 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품 개발 완료

- 산란계 사료 5건: 곤충단백 위드산란 어린병아리, 곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드산란 예비산란, 곤충단백 위드산란 18 피크, 곤충단백 위드산란17프리
- 반려동물사료 1건: 곤충단백 위드믹스 1

(2) 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품 판매에 따른 매출액 발생

* 2023년 11월 기준

- 반려동물사료 (곤충단백 위드믹스1): 45,000천원
- 산란계사료 (곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란18피크): 94,900천원

■ 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준 사료배합비 정립 및 필드 사양 시험 수행

(1) 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준배합비 정립 및 필드 사양시험 결과

- 곤충유래 단백질 원료를 첨가 시 무첨가 대비 사료섭취량, 음수량 및 폐사율이 감소
- 곤충유래 단백질 원료 첨가 시 무첨가 대비 산란 수는 감소하였으나, 특란 이상 비율은 증가하였고, 오판란 비율이 감소
- 곤충유래 단백질 원료 첨가 시 무첨가 대비 HD산란수, HH산란수, 산란지수가 감소함

■ 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료의 기호성테스트 및 시장가치 분석

(1) 국내 펫푸드 시장의 급격한 증가 추세와 수입 의존적인 현황

- 한국농촌경제연구원 발표에 따르면 2020년 기준 국내 반려동물 가구는 26.4%이며 반려동물 시장규모는 3조 3,000억원이며, 2027년에는 약 6조원으로 증가할 것으로 예상되었다고 보고됨
- 특히, 반려 동물 시장의 약 70%를 차지하는 펫푸드 시장 (사료 및 간식)은 연평균 10%의 성장률을 기록하고 있음
- 현재 국내 펫푸드 시장에서 수입산의 점유율이 약 70%를 차지하고 있으며, 다수의 국내 업체가 펫푸드 상품을 출시하고는 있지만, 외국산 브랜드에 밀려 시장 점유율이 낮아 수입에 의존하는 실정임
- 국내 펫푸드의 품질 및 안전성 확보를 위하여 품질이 낮거나 안전성이 확보되지 않은 펫사료에 대한 소비자의 우려로 안전성 강화 요구로 인하여 펫푸드의 안전성 관련 모니터링도 다각도로 실시되고 있는 실정임
- 향후 국내 반려동물 등 관련 시장은 연평균 10%의 성장세가 유지되어 2023년 4조 6천억원, 2027년 6조 55억원 규모의 시장을 형성할 것으로 기대함

(2) 펫푸드 페러다임의 변화 분석



그림 2 펫푸드(주식,간식) 구입시 소비자의 고려 사항 (출처:반려동물 트렌드 리포트 2020)

- 일본 야노경제연구소가 2020년 “펫푸드 구매시 소비자의 고려사항”을 조사해본 결과, 소비자는 간식 및 주식으로 펫푸드를 구매하는데 있어서 과반수 이상이 가격(54.8%), 건강케어기능(50.5%), 맛(49.3%)을 중시한다는 결과가 보고되었음
- 최근, 반려동물 음식(사료 및 간식)에 대한 사회적 인식 변화로 해당 시장의 성장을 촉진하며, 반려동물에게 양질의 음식을 먹이고자 하는 분위기가 형성되어 펫푸드 시장은 급격한 성장세를 나타냄.
- 펫푸드의 고급화 트렌드에 따라, 애견 식품의 경우 단위 가격이 상승하였으며, 프리미엄 식품 판매액의 성장률은 지난 6년간 개의 경우 7%, 고양이의 경우 22.5% 상승하였음
- 반려동물의 스트레스의 원인은 다양하나 특히 분리불안으로 인한 불안, 우울, 스트레스가 약 30% 가량의 반려견에서 일어난다는 보고가 있음. 이러한 행동은 짖거나 하울링, 배변 장애, 씨클링, 물건을 물어뜯는 등의 행동을 보임
- 스트레스를 해결하기 위해서는 원인을 제거해주는 것이 가장 좋은 방법이나 현실적 문제로 불가능할 경우 이러한 증상 완화를 위한 기능성 제품 개발이 필요함.
- 이러한 스트레스의 기능성 사료는 불안, 우울, 흥분 증상 완화, 활력을 높여주기 위한 기호성 원료의 선택이 필수임

(3) 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품 판매에 따른 매출액 발생

* 2023년 11월 기준

- 산란계사료: 94,900천원(곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란 18 피크)

■ 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준배합비 정립 및 필드 사양시험 결과(3차년도)

■ 산란계사료 표준배합비																																											
산란계사료 표준배합비																																											
Used Ingredients																																											
<u>Ingredient Name</u>	<u>kgs</u>	<u>Pct</u>																																									
CORN	2058.64	51.466																																									
Rice Pollards	152	3.8																																									
SBOM	828.68	20.717																																									
DDGS	275.4	6.885																																									
Animal Tankage	128	3.2																																									
WORM-MILL	33.2	0.83																																									
Animal Fats	60	1.5																																									
Amino acid group	23.6	0.59																																									
SALT-Proc	11.96	0.299																																									
LIMESTONE-Course	393.4	9.835																																									
M D C P	6	0.15																																									
Liq-Chol-CL(50)	3.44	0.086																																									
MINEMIX-Lay	8.8	0.22																																									
VITAMIX-Lay	4.4	0.11																																									
Other's	12.48	0.312																																									
합계	4000.00	100.00																																									
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nutrient</th> <th>Min.</th> <th>Actual</th> <th>Max.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WEIGHT</td> <td>1.00</td> <td>1.0000</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>C Protein</td> <td></td> <td>17.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C Fat</td> <td></td> <td>4.83</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C Fiber</td> <td></td> <td>3.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C Ash</td> <td></td> <td>13.70</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Calcium</td> <td></td> <td>4.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Av Phosphorus</td> <td></td> <td>0.472</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SAA rp/gov</td> <td></td> <td>0.818</td> <td></td> </tr> <tr> <td>MEpoul rp</td> <td></td> <td>2860</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nutrient	Min.	Actual	Max.	WEIGHT	1.00	1.0000	1.00	C Protein		17.8		C Fat		4.83		C Fiber		3.1		C Ash		13.70		Calcium		4.0		Av Phosphorus		0.472		SAA rp/gov		0.818		MEpoul rp		2860	
Nutrient	Min.	Actual	Max.																																								
WEIGHT	1.00	1.0000	1.00																																								
C Protein		17.8																																									
C Fat		4.83																																									
C Fiber		3.1																																									
C Ash		13.70																																									
Calcium		4.0																																									
Av Phosphorus		0.472																																									
SAA rp/gov		0.818																																									
MEpoul rp		2860																																									

■ 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료(동애등에) 첨가에 따른 생산성 분석결과

분석항목 ²	무첨가구	첨가구 ¹
사료첨취량, g/수	157.77	153.99
음수량, ml/수	223.02	204.39
폐사율, %	3.77	2.74
HD 산란수	30.85	29.92
HD 산란율, %	100.86	98.46
HH 산란수	29.69	29.10
HH 산란율, %	98.96	97.00
산란지수	29.69	29.10

¹첨가구 : 동애등에원료 0.83% 첨가 실험사료 급여.

²분석항목 : HD, hen day; HH, hen housed.

■ 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료(동애등애) 첨가에 따른 산란특성 분석결과

	무첨가구	첨가구 ¹
총 산란 수	854,444	805,933
왕란	51,610	87,660
특란	372,915	440,780
대란	392,475	261,893
중란	17,330	2,756
소란	314	448
탈색란	15,976	12,396
오,파란	15,360	13,050
실금란	1,800	1,680
특란 이상 비율, %	49.68	65.57
오, 파란 이하 비율, %	2.01	1.83

¹첨가구 : 동애등애원료 0.83% 첨가 실험사료 급여

■ 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품(양계, 반려동물사료) 개발 및 매출액 발생



곤충단백 위드산란 어린병아리

수분 (%)	조단백질 (%)	조지방 (%)	조성유 (%)	조회분 (%)	Ca (%)	P (%)	에너지 (kcal/kg)
12.40	18.00	5.50	3.29	6.14	0.94	0.60	3000



곤충단백 위드산란 증병아리

수분 (%)	조단백질 (%)	조지방 (%)	조성유 (%)	조회분 (%)	Ca (%)	P (%)	에너지 (kcal/kg)
12.61	16.00	5.10	3.30	5.79	0.92	0.49	3050



곤충단백 위드 예비산란

수분 (%)	조단백질 (%)	조지방 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	Ca (%)	P (%)	에너지 (kcal/kg)
11.85	17.00	5.04	3.32	11.35	3.00	0.50	2866



곤충단백 위드산란17프리

수분 (%)	조단백질 (%)	조지방 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	Ca (%)	P (%)	에너지 (kcal/kg)
11.54	16.80	4.98	3.30	13.49	3.80	0.49	2850



곤충단백 위드산란18피크

수분 (%)	조단백질 (%)	조지방 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	Ca (%)	P (%)	에너지 (kcal/kg)
11.44	17.80	4.83	3.10	13.70	4.00	0.47	2860

2023년 11월 기준
산란계 사료: 94,900천원

■ 반려동물사료 사료성분등록 및 제품화완료 (곤충단백 위드믹스1)



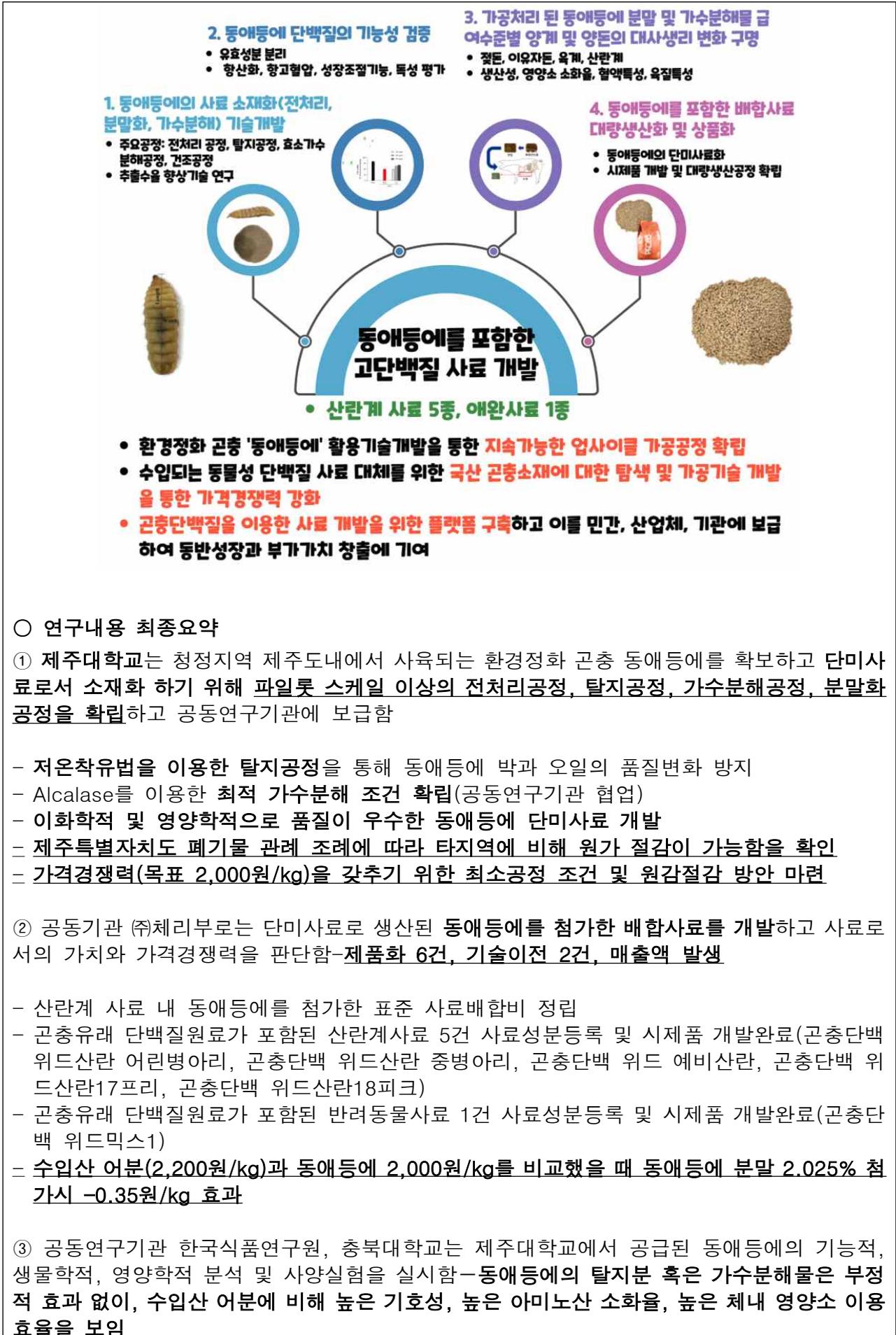
곤충단백 위드믹스1

수분 (%)	조단백질 (%)	조지방 (%)	조섬유 (%)	조회분 (%)	Ca (%)	P (%)	에너지 (kcal/kg)
9.27	33.91	7.83	2.82	8.99	2.24	1.02	3089



곤충단백 위드믹스1 활용 반려동물제품

■ 종합적인 연구내용



○ 연구내용 최종요약

① 제주대학교는 청정지역 제주도내에서 사육되는 환경정화 곤충 동애등을 확보하고 단미사료로서 소재화 하기 위해 파일럿 스케일 이상의 전처리공정, 탈지공정, 가수분해공정, 분말화공정을 확립하고 공동연구기관에 보급함

- 저온착유법을 이용한 탈지공정을 통해 동애등에 박과 오일의 품질변화 방지
- Alcalase를 이용한 최적 가수분해 조건 확립(공동연구기관 협업)
- 이화학적 및 영양학적으로 품질이 우수한 동애등에 단미사료 개발
- 제주특별자치도 폐기물 관례 조례에 따라 타지역에 비해 원가 절감이 가능함을 확인
- 가격경쟁력(목표 2,000원/kg)을 갖추기 위한 최소공정 조건 및 원감절감 방안 마련

② 공동기관 (주)체리부로는 단미사료로 생산된 동애등을 첨가한 배합사료를 개발하고 사료로서의 가치와 가격경쟁력을 판단함-제품화 6건, 기술이전 2건, 매출액 발생

- 산란계 사료 내 동애등을 첨가한 표준 사료배합비 정립
- 곤충유래 단백질원료가 포함된 산란계사료 5건 사료성분등록 및 시제품 개발완료(곤충단백 위드산란 어린병아리, 곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드 예비산란, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란18프리)
- 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료 1건 사료성분등록 및 시제품 개발완료(곤충단백 위드믹스1)
- 수입산 어분(2,200원/kg)과 동애등에 2,000원/kg를 비교했을 때 동애등에 분말 2.025% 첨가시 -0.35원/kg 효과

③ 공동연구기관 한국식품연구원, 충북대학교는 제주대학교에서 공급된 동애등에의 기능적, 생물학적, 영양학적 분석 및 사양실험을 실시함-동애등에의 탈지분 혹은 가수분해물은 부정적 효과 없이, 수입산 어분에 비해 높은 기호성, 높은 아미노산 소화율, 높은 체내 영양소 이용 효율을 보임

- 특히 산란계 사료내 어분을 동애등애의 탈지 혹은 가수분해물로 대체 급여시 난품질 및 체내이용 효율 변화를 탐색함. 이때 대조구를 수입산 어분임
- 탈지 곤충이 어분 대비 더 높은 기호성을 가지며, 아르지닌, 히스티딘, 류신, 페닐알라닌 및 발린 소화율이 어분과 유사한 혹은 보다 높은 소화율을 보임
- 난각의 강도의 경우도 어분과 유사하거나 높은 강도를 보임
- 분내 미생물, 분변지수 및 혈액특성에 대해 유의적인 차이를 보이지 않으며, 곤충 단백질이 산란계에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사함

“수입산 단백질 소재 대비 높은 영양소, 체내이용률, 소화율, 기호성을 지니며, 가격 절감 효과가 있는 국산 곤충단백질 소재 개발 성공”

- **최적공정 및 시료 확립 근거(탈지, 잔사포함, 가공효율 증가, 생체이용도 증가)**
 - 비탈지분말의 경우 지방이 산패함에 따라 산패가 나는 것을 확인하여 탈지분말을 활용하는 방안이 좋으며 잔사를 포함하지 않고 여과 및 가수분해 후 동결, 열풍, 분무건조에서는 동애등에 분말의 생체 내 이용률 및 용해도가 증가하는 결과를 보였음.
 - 하지만 사료로 활용하기 위해서는 대량생산의 초점을 두어야 하며 **잔사를 포함한 탈지 분말을 가수분해하여 사료 첨가제로 활용하는 것이 가장 좋을 것으로 사료됨**
- **원가절감 전략**
 - **동애등에 먹이급여 자율화 및 동애등에 가공 시설의 대형화 및 효율화를 위한 시도를 진행** 하고 있음.
 - 급여 공정의 자동화를 통한 원가 절감 및 후가공 시설의 대형화, 제조 시간 단축 등의 노력을 기울여 동애등에 사료 원료화 관련 원가 절감이 가능할 것으로 판단됨
 - **지방자치 행정(제주특별자치도) 조례를 응용하여 확립된 가격경쟁력을 높일 수 있는 대책** 은 타지역에도 활용 가능할 것으로 보이며 이는 동애등에를 이용한 사료산업에 재부흥을 유도할 수 있음
- **응용가능 분야**
 - 본 연구과제에서 발생된 다양한 가공기술과 시료는 **반려동물산업에 활용 가능성이 매우 높** 음
 - 한가지 예로, 동애등에 분말을 탈지하면서 나온 지방(오일)의 활용도를 증진 시키고자 반려 동물 크림을 제조하였으며, 추가적인 연구를 진행하게 되면 제품화도 가능할 것으로 사료 됨

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

연차	목표	달성정도
제주대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구의 고도화를 위해 최적 곤충 선정을 위한 스크리닝 <ul style="list-style-type: none"> • 다양한 선행연구 및 문헌을 통해 동애등에가 사료로서의 영양학적 가치가 높다고 판단 ○ 동애등에의 먹이급여에 따른 품질 관찰 <ul style="list-style-type: none"> • 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에 및 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에의 품질 관찰 후 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에가 영양학적 가치가 높다고 판단 ○ 동애등에 분말의 지방 산패도를 억제하기 위해 탈지 방법 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 용매별, 탈지 방법별 지방 제거 방법을 통해 기계적 압착법이 좋은 탈지 방안으로 확립 ○ 먹이급여에 따른 동애등에 품질특성 관찰 <ul style="list-style-type: none"> • 고단백질 사료를 위해 동애등에 유충 분말의 단백질 함량이 중요한 요소이며, 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합 급여한 경우 가장 높은 64%의 단백질 함량을 보임. • 항산화 활성의 경우 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합하여 급여한 동애등에에서 가장 높은 항산화능을 보임. ○ 동애등에 가수분해물 대량 생산을 위한 최적 공정 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 칼로리 보존을 위한 비탈지 분말과 탈지 분말로 효소 가수분해를 진행 • 비탈지 분말의 경우 분쇄가 잘 되지 않고 입자간 뭉침성이 있어 가공적성이 낮음 • 비탈지 분말의 경우 심한 악취와 산패 위험도가 있음. 	99
1 단계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동애등에의 전처리 기술 확립 <ul style="list-style-type: none"> • Blanching, Roasting, Superheated steam blanching에 전처리 방법 모두 건조 시간 감소에 효과를 보임 • Superheated steam blanching의 경우 건조 속도가 현저히 빠른 것을 확인 및 동애등에의 과도한 수축 방지 • Blanching 및 superheated steam blanching의 경우 건조 후 명도가 더 높아 갈변 억제 • 전단력의 경우 blanching 후 건조한 동애등에가 유의적으로 낮은 전단력을 보임 • Blanching과 superheated steam blanching 전처리가 열풍건조 후 동애등에의 가공적성을 향상시킴. ○ 동애등에의 단백질 추출 공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 단백질 용해도와 표면 소수성은 핵산 또는 에탄올로 탈지한 동애등에가 높은 결과값을 나타냄. • 영양학적인 측면을 고려하면 기능적 특성은 큰 차이가 없으나 필수아미노산 함량은 Cold Pressure의 사용이 높게 나타남 ○ 동애등에 추출물의 최적 추출 조건 확립 <ul style="list-style-type: none"> • NaCl이 첨가됨에 따라 상대적으로 표면소수성은 감소하지만 높은 기능적 특성을 보임. • 염기성일 때 유화도가 증가하여 염기조건에서 0.25 M 이상의 NaCl을 첨가하여 단백질을 추출하는 것이 바람직함. ○ 동애등에의 효소 가수 분해법을 활용한 추출물의 수율, 단백질, 성장 조절 효능 평가 <ul style="list-style-type: none"> • 증류수 추출물과 비교하여 가수분해물 추출물에서 수율이 1.5배 이상 증가 • Protamex, Nutrase, Alcalase의 활용도가 높을 것으로 판단 	100
한국 식품 연구원		

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동애등에 추출·농축물 잔사로부터 단백질 물질 분리, 정제 공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 추출 잔여물에서 단백질성 물질을 분리하기 위해 진행하였으며 가수분해 잔여물의 경우 상대적으로 낮은 pH와 분자량을 가졌으며, 높은 단백질 용해도를 가짐. • 거품형성 및 유화능이 향상되었으며 식용곤충 추출 잔여물에서 단백질성 물질을 분리할 경우, 산성 조건에서의 가공이 적합할 것으로 판단됨. ○ 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 효소를 사용하여 동애등에 가수분해 추출물을 제조하였으며, Alcase > Protamex > Nutrase > Flavourzyme > 열수 추출물 > 증류수 추출물 순으로 높은 수율을 나타냄. • 수율 대비 단백질 함량이 높은 Protamax, Alcase의 활용도가 높을 것으로 판단. • Alcase 효소 가수분해물에서 ACE를 억제하는 효과가 우수함. ○ 동애등에 최적 가수분해 추출물에서 유효 성분 분리 및 생리 활성 규명 <ul style="list-style-type: none"> • 5 kDa 이하 분획물에서 가장 우수한 ACE 억제 및 Hydrogen peroxide 소거 활성을 보임. • 5 kDa 이하 분획물에서 높은 단백질 함량과 당함량을 보임. • 25종의 펩타이드 시퀀스 확보. ○ 동애등에 대용량 조건별 추출물의 세포 독성 및 생리 활성 <ul style="list-style-type: none"> • 피부 세포와 정상 세포에서는 독성이 나타나지 않은 결과 확인. • 2안(탈지) 분말 가수분해물에서 높은 Hydrogen peroxide 소거 활성이 우수한 결과를 보임. • 2안(탈지) 분말 샘플에서 농도 의존적으로 산화적 스트레스로부터 세포를 보호하는 효과를 확인. 	
총복대	<ul style="list-style-type: none"> ○ 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 변화 구명 <ul style="list-style-type: none"> • 0 ~ 2주 기간 동안 기존 동물성 단백질원 사료를 급여한 CON 처리구는 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 일당증체량과 사료 효율을 보임 • 전체 기간(0~4주) 동안 CON 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 사료 효율을 보임 • 사료 기호성 분석결과, T1 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은 사료 섭취량을 보이며, 더 높은 기호성을 나타냄 • 2주 및 4주차 종료 시 채취한 혈액 내 BUN 함량은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 낮은 수치를 보임 • 2주 및 4주차 영양소 소화율에서 조단백질은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 높게 나타남 • 아미노산 소화율 중 필수 아미노산 아르지닌, 히스티딘, 라이신, 트립토판은 CON 처리구가 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 소화율을 보임 • 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시, 생산성 및 일부 소화율에서는 기존 동물성 단백질원 대비 긍정적인 영향을 미치지 않았으나, 악취 발생량 및 분내 미생물에서는 유의적인 차이를 보이지 않으며 기존 동물성 단백질원 대비 부정적인 영향이 없음을 시사함 ○ 육계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색 <ul style="list-style-type: none"> • 전체 기간(0~4주) 동안 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체한 T2 처리구는 어분 및 탈지 곤충원료를 급여한 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 증체량과 사료 섭취량을 보임 • 사료 기호성 분석결과, T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 사료 섭취량을 보였으며, CON과 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않아 곤충 가수분해물은 어분과 유사한 기호성을 나타내는 것으로 사료됨 • 2주 및 4주차 외관상 총 전장 소화율에서 T2 처리구는 CON 대비 유의적으로 높은 건물, 조단백질, 발린, 류신 및 글라이신 소화율을 보임 	99

	<ul style="list-style-type: none"> • 시험 종료 시 외관상 회장 소화율 분석결과, T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 조단백질, 페닐알라닌, 라이신, 메티오닌, 트립토판 및 글라이신 소화율을 보였으며, CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않아 어분과 유사한 아미노산 소화율을 보임 • 육계 사료 내 어분을 곤충 가수분해물로 대체 시, 사료 기호성 증가로 사료섭취량을 향상시켜 생산성을 개선하였고 영양소 소화율이 어분과 유사하게 나타났으며 육질 특성, 분내 미생물 및 발바닥 피부염에 부정적인 영향을 미치지 않아 어분 대체재로서 사용 가능한 것으로 사료됨 <p>○ 이유자돈 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2주 및 6주차 조단백질 소화율에서 어분을 탈지 곤충원료로 100% 대체 급여한 T1 처리구는 어분을 급여한 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 소화율을 보임 • 4주차 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체 급여한 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 분내 <i>Lactobacillus</i> 수를 보임 • 2주차 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은 라이신 소화율을 보였으며, T2 처리구 또한 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음 • 6주차 아미노산 소화율에서 T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은 라이신, 아르지닌 및 메티오닌 소화율을 보였으며, T1 처리구 또한 CON 처리구 대비 유의적으로 높은 아르지닌 소화율을 보임 • 2주차 분내 <i>E. coli</i> 수는 T2 처리구가 CON 및 T1 처리구 대비 유의적으로 낮게 나타남 • 이유자돈 사료 내 어분을 곤충 단백질로 대체 급여 시, 생산성, 기호성, 혈액 특성 및 악취 발생량에 대해 유의적 차이를 보이지 않으며, 이유자돈에서 부정적인 영향을 미치지 않는 것으로 사료됨 • 또한, 아미노산 소화율에서 어분 대비 높은 소화율을 보이며 어분을 대체하기에 충분한 가능성을 나타냄 	
(주)체리 부로	<p>○ 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관 협업)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 배합 정밀도 측정 결과 대조구와 처리구간 분쇄능력 차이를 보이지 않음 • 배합기 내 제품의 과부하를 측정할 수 있는 MIX 전류값간의 차이 또한 보이지 않음. <p>○ 동애등에 분석결과 및 원료평가 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> • 가소화 단백질은 대두박과 유사한 단백질 값을 가짐. • 단백질 구성 아미노산에서 이용성 자체를 높게 평가될 수 있음. <p>○ 갯난돼지 실험사료 설계 및 경제적 이용가치 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> • 계육분(790원/kg) 3%를 곤충 단백질 2% 대체로 경제성 평가 • 사료 대조구 원재료비 508.14원/kg, 처리구 원재료비 533.38원/kg 으로 25.24원/kg 상승 • 동물성 단백질(어분, 계육분) 대체 시, Saving Cost 절감으로 전환 가능 • 현재 곤충단백질 원료는 kg당 1,700원이고 어분은 kg당 2,000원으로 시세적용 시 1:1로 대체가 가능 <p>○ 일반 농장에서 이유자돈 사료 내 동애등에 추가 급여를 통한 생산성 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> • 농가 사양 실증 실험을 통해 처리구간 생산성에서 유의적인 차이를 보이지 않음 ($p > 0.05$) • 그러나 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 처리구 대비 수치적으로 종료 체중, 증체량, 사료효율은 일반 사료를 급여한 CON 처리구가 높게 나타남. • 또한 폐사율은 CON 그룹에서는 나오지 않았지만 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 그룹에서 2두(6.67%) 발생함. <p>○ 젖돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여효과 총복대와 동일함</p> <p>○ 동애등에 성상에 따른 원료적 기본가치 분석</p>	100

	<ul style="list-style-type: none"> • 일반성분 분석결과 탈지분말 가수분해물의 조성이 가치적 우수성을 보임. • 소화율의 영향요인인 KOH 용해도와 Pepsin 소화율의 경우 탈지분말 가수분해물이 높게 나타나면서 단위동물 소화기관 내 소화 이용성이 높게 나타날 수 있는 가능성을 나타냄. • 단위동물의 단백질소화율 증가와 이에 따른 생산성개선 효과를 기반 사료제품 내 UDP 저감 가능성을 나타냄 <p>○ 동애등에 Formula Cost 기반 사료원료 가치평가</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 2,000원/Kg, 중어분 2,200원/Kg 기준평가 진행 • 동애등에 Min 2% 수준 적용, 2.025% 수준 적용, 사용 경쟁력 - 0.35원/kg • 중어분 경쟁력 요구단가 2,017원/kg으로, 동애등에 대비 사용 + 1.83원/kg • 중어분 대체 기업적(육계 25,000톤/월 판매기준)연간이익, 약 4억원/년 추정 <p>○ 양계 사료 내 곤충 단백질 첨가 시 생산성 변화 구명</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 ~ 35일 기간 동안 곤충 단백질을 첨가한 T1 처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 유의적으로 낮은 (P < 0.05) 사료요구율을 보임. • 35일령, 곤충 단백질을 첨가한 T1처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 높은 실험종료체중을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았음. • 동애등에 표준배합비 적용에 따른 사료요구율의 유의적인 감소로, 육계사료 내 적용을 통한 단가경쟁력 및 소화생리적 효과를 볼 수 있다고 판단함 	
연차	목표	달성정도
2 단계	<p>제주대</p> <p>○ 생체 내 이용률 높은 제형 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 탈지 분말에 효소 단백질 가수분해를 진행하여 생체 내 이용률을 높이고자 함. • 분말화 방법으로 열풍건조, 동결건조, 분무건조를 진행함. • 단백질 가수분해를 진행하게 되면 단백질의 기능적 특성이 향상되는 것을 확인했으며, 동결건조가 좋은 결과를 보였으나, 시간과 비용을 고려했을 때 분무건조 방법이 동애등에 분말의 생체 내 이용률을 향상 시키는데 더 좋은 방법으로 판단됨. <p>○ 참여연구기관 건조연구 협업</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에를 대량으로 건조하기 위한 최적 건조방법 탐색을 진행함. • 동애등에 건조방법으로는 열풍, 진공, 동결, 복합(제우스) 건조방법으로 실험을 진행함. • 건조시간 측면에서는 복합(제우스) 건조방법이 가장 빠르게 건조를 진행할수 있으나 수분함량이 높은 결과를 나타냄. • 복합(제우스) 건조방법이 가장 빠르게 대량 건조물 생산을 할 수 있으나 열풍, 진공, 동결건조 방법보다 떨어지는 기능적 특성 및 높은 수분함량으로 열풍건조가 가장 적합한 건조방법일 것으로 판단함. <p>○ 동애등에 활용도를 높이기 위한 발효 기술 제형 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> • 발효 기술은 곤충 제품에 대한 소비자 인식을 향상 시키는데 좋은 방법이 될 수도 있음. • 미생물을 이용해 발효하는 과정에서 미생물의 단백질 분해효소 활성화에 의해 가수분해가 진행됨. • 미생물을 활용하면 효소를 적용하여 가수분해하는 경우보다 더 낮은 비용으로 단백질 가수분해를 진행할 수 있음. • 발효를 진행하게 되면 향산화 능력이 향상되는 것을 확인함. <p>○ 동애등에 오일 정제 공정 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 오일의 산가를 낮추는 방법으로 NaOH 첨가량이 많은 영향을 끼치는 것을 확인할 수 있었음. • 동애등에 오일의 활용도를 높이기 위해선 적합한 NaOH 첨가량을 파악하는 것이 중요함. • 동애등에 정제 오일의 활용방안 탐색을 위한 반려동물 크림 제조 <p>○ 곤충단백질 가수분해물 첨가된 사료 제품화</p>	97

	<ul style="list-style-type: none"> 가수분해물 첨가는 효능 대비 가격경쟁력이 낮아서 일반 제품화만 추진됨 가수분해물에 대한 제조공정 확립, 효능검증, 사양실험 등이 모두 이루어졌으므로 원가절감 방법을 추가적으로 확립하면 제품화 가능 일반제품화 프로세스가 확립되었기 때문에 언제든지 제품화 가능함 	
<p>한국 식품 연구원</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 곤충 단백질 추출 수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 독립변수로 블렌칭 시간, 블렌칭 온도, 소금농도를 설정하여 최적의 전처리 공정을 확립하고자 진행함. 블렌칭 시간은 30-110s, 블렌칭 온도는 63-97°C, 소금농도는 0-1M로 설정하여 반응표면분석을 진행함. 단백질 용해도와 카르보닐기 함량을 중심으로 측정하였으며, 단백질 용해도는 블렌칭 시간과 온도의 영향을 받으며 카르보닐기 함량은 소금의 농도의 영향을 받았음. 최적의 전처리 공정을 통해 동애등에 전처리를 수행하게 되면 유화제로써의 특성이 강화된 동애등에 단백질을 획득할 수 있을 것으로 판단됨. ○ 곤충 단백질의 물리 화학적 특성 규명을 통한 소재화 적용 최적화 <ul style="list-style-type: none"> 동애등에를 추출하는 과정 중 pH와 NaCl의 조건을 통하여 추출되는 단백질의 기능적 특성을 평가함. 추출을 위한 독립변수로 pH는 1.79-10.21, 소금농도는 0-1.09M, 버퍼비율은 129.17-970.83%로 설정하여 반응표면분석을 진행함. Surface hydrophobicity를 중심으로 측정하였으며 추출 버퍼 소금 농도의 영향을 받았음. 최적의 추출 조건을 통해 동애등에 단백질을 추출하게 되면 유화능과 유화안정성을 제외하고 높은 기능적 특성을 보였으며 색소의 산화가 덜 일어난 것으로 관찰됨. 단백질 용해도와 표면소수성에서 유의적인 차이를 보였으며, 높은 거품형성도를 나타내 최적 조건으로 추출한 단백질은 거품형성제로써의 특성이 강화된 동애등에 단백질을 획득할 수 있을 것으로 판단됨. ○ 곤충 단백질의 추출물 제조 및 최적 추출 조건 확립 <ul style="list-style-type: none"> 발효 기술은 곤충 제품에 대한 소비자 인식을 향상 시키는데 좋은 방법이 될 수도 있음. 미생물을 이용해 발효하는 과정에서 미생물의 단백질 분해효소 활성에 의해 가수분해가 진행됨. 미생물을 활용하면 효소를 적용하여 가수분해하는 경우보다 더 낮은 비용으로 단백질 가수분해를 진행할 수 있음. 발효를 진행하게 되면 향산화 능력이 향상되는 것을 확인함. ○ 곤충 단백질 추출물을 적용한 소재의 가공 특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> 분리대두단백과 분리곤충단백의 혼합형 단백질 겔 특성은 단백질의 함량에 따라 큰 차이를 보임. 곤충의 첨가는 수분함량의 차이에는 영향을 미치지 않았으나, 보수력을 감소시키는 결과를 나타냄. 물성에서는 동애등에 추출 단백질을 첨가할수록 탄력성은 증가하나, 응집성은 감소하여 탱탱하면서도 넘기기 쉬운 겔 형성에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단됨. 	<p>100</p>
<p>충북대</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용 효율 변화 탐색 <ul style="list-style-type: none"> 사료 기호성 분석결과, 어분을 탈지 곤충으로 100% 대체 급여한 T1 처리구는 어분을 급여한 CON 처리구 대비 유의적으로 높은 사료 섭취량을 보이며, 산란노계에서 탈지 곤충이 어분 대비 더 높은 기호성을 가지고 있는 것으로 사료됨 2주차 CON 및 T2 처리구는 T1 처리구 대비 유의적으로 높은 난각 강도를 보였으며, 4주차 T1 및 T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 높은 난백 높이 및 호우 유닛을 보임 	<p>100</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • 2주 및 4주차 외관상 회장 건물 소화율에서 T1 처리구는 T2 처리구 대비 유의적으로 높은 소화율을 보였으며, CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음 • 4주차 외관상 회장 총 에너지 소화율에서 T2 처리구는 CON 처리구 대비 유의적으로 낮은 소화율을 보였으나, T1 처리구는 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 소화율을 나타냄 • 2주 및 4주차 외관상 회장 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 T2 처리구 대비 유의적으로 높은 아르지닌, 히스티딘, 류신, 페닐알라닌 및 발린 소화율을 보였으며, CON 처리구와 유사하거나 더 높은 소화율을 나타냄 • 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충으로 대체 시, 생산성, 분내 미생물, 분변 지수에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 계란의 신선도를 나타내는 호우 유닛이 어분 대비 개선됨 • 탈지 곤충은 영양소 소화율에서 어분과 유사하게 나타났으며, 일부 아미노산은 어분 대비 더 증가하는 것으로 나타나며 산란노계 체내 영양소 이용 효율을 더 향상시킬 수 있을 것으로 사료됨 <p>○ 산란종계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용 효율 변화 탐색</p> <ul style="list-style-type: none"> • 전체 기간(0~16주) 동안, 어분을 곤충 가수분해물로 100% 대체 급여한 T2 처리구는 어분을 급여한 CON 처리구 대비 유의적으로 높은 사료요구율을 보였으나, T1 처리구는 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않음 • 사료 기호성 분석 결과, 어분을 탈지 곤충으로 100% 대체 급여한 T1 처리구는 T2 처리구 대비 유의적으로 높은 사료 섭취량을 보이며, 산란종계에서 탈지 곤충이 곤충 가수분해물 대비 더 높은 기호성을 가지고 있는 것으로 사료됨 • T1 처리구는 CON 처리구와 산란량에서 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 산란량을 보임 • 계란의 신선도를 측정하는 단위인 호우 유닛은 16주차 T2 처리구에서 CON 처리구 대비 유의적으로 증가함 • 8주차 영양소 소화율에서 T2 처리구는 건물 및 조단백질 소화율에서 CON 처리구와 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않으며 어분과 유사한 영양소 소화율을 나타냄 • 8주차 및 16주차 아미노산 소화율에서 T1 처리구는 아르지닌, 류신 및 프롤린 소화율이 CON 처리구와 유사하였으며, T2 처리구 대비 유의적으로 높게 나타남 • 산란종계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시, 분내 미생물, 분변지수 및 혈액특성에 대해 유의적인 차이를 보이지 않으며, 곤충 단백질이 산란종계에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사함 • 산란종계에서 탈지 곤충은 곤충 가수분해물 대비 더 높은 기호성을 가지고 있어 사료 섭취량을 개선할 수 있으며, 아미노산 소화율이 증가하여 산란종계 체내 영양소 이용 효율을 더 향상시킬 수 있을 것으로 사료됨 	
(주)체리 부로	<p>○ 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준 사료배합비 정립 및 생산성, 산란특성 변화 구명</p> <ul style="list-style-type: none"> • 곤충유래 단백질원료를 첨가한 산란계 표준 사료배합비 정립완료 • 곤충유래 단백질원료 첨가 시 무첨가 대비 사료섭취량, 음수량 및 폐사율이 감소함. • 곤충유래 단백질원료 첨가 시 무첨가 대비 산란 수는 감소하였으나, 특란 이상 비율은 증가하였고, 오·파란 비율이 감소함. • 곤충유래 단백질원료 첨가 시 무첨가 대비 HD산란수, HH산란수, 산란지수가 감소함. • 곤충유래 단백질원료의 사용에 따른, UDP감소로 정부 단백질저감사료 정책에 	100

	<p>부합하는 가능성을 보임</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료의 시장가치분석 <ul style="list-style-type: none"> • 국내 펫푸드 시장규모의 급격한 증가 추세와 수입 의존적인 현황분석 • 펫푸드 패러다임(사회적 인식 및 고급화 트렌드) 변화 및 기능성 원료 선택의 중요성 파악 ○ 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품(양계, 반려동물사료) 개발완료 <ul style="list-style-type: none"> • 곤충유래 단백질원료가 포함된 산란계사료 5건 사료성분등록 및 시제품 개발 완료(곤충단백 위드산란 어린병아리, 곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드 예비산란, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란18피크) • 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료 1건 사료성분등록 및 시제품 개발완료(곤충단백 위드믹스1) ○ 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품 판매에 따른 매출액 발생 <ul style="list-style-type: none"> • 곤충유래 단백질원료가 포함된 산란계사료 3건 판매에 따른 매출액 발생(곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란18피크) : 23년 11월 기준 94,900천원 • 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료 1건 판매에 따른 매출액 발생(곤충단백 위드믹스1) : 23년 11월 기준 45,500천원 	
--	--	--

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

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명			연도	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023~2023)	계	가중치 (%)	
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	논문(SCI)	목표(단계별)		4	3	7	10	
		실적(누적)		7	5	12		
	논문(비SCI)	목표(단계별)		1	0	1		
		실적(누적)		2	1	3		
	논문평균IF	목표(단계별)		2	1	3	10	
		실적(누적)		4.06 (28.43)	5.004 (25.02)	4.454 (53.45)		
	학술발표	목표(단계별)		4	2	6	20	
		실적(누적)		5	4	9		
	특허출원	목표(단계별)		2	5	7	10	
		실적(누적)		3	3	6		
	특허등록	목표(단계별)		0	1	1		
		실적(누적)		0	0	0		
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	포상 및 수상	목표(단계별)		0	0	0		
		실적(누적)		2	0	2		
	인력양성	목표(단계별)		2	3	5	10	
		실적(누적)		8	10	18		
	제품화	목표(단계별)		1	3	4	10	
		실적(누적)		0	6	6		
	매출액	목표(단계별)		700(백만원)	1,200(백만원)	1,900(백만원)	10	
		실적(누적)			140,400천원			
	고용창출	목표(단계별)		2	3	5	20	
		실적(누적)		2	0	2		
	계							

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

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

(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	발행 기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Effect of conjugated protein composed of porcine myofibril and <i>Protaetia brevitarsis</i> protein on protein functionality	Journal of insects are Food and Feed	김태경	7(7)	대한민국		SCI	21.05.31	2352-4588	50
2	Effects of a defatting process on the thermal stabilities and volatile compound profiles of proteins isolated from <i>Protaetia brevitarsis</i> larvae	LWT	이재훈	151	대한민국		SCI	21.11.30	0023-6438	50
3	Effect of hydrocolloids on functionality of <i>Protaetia brevitarsis</i> proteins	Food Science and Biotechnology	김태경	31(2)	대한민국		SCI	22.01.22	1226-7708	50
4	Effects of defatting methods on the physicochemical properties of proteins extracted from <i>Hermetia illucens</i> larvae	Foods	김태경	11(10)	대한민국		SCI	22.05.12	2304-8158	100
5	How to develop strategies to use insects as animal feed: digestibility, functionality, safety, and regulation	Journal of Animal Science and Technology	이재훈	64(3)	대한민국		SCI	22.05.31	2672-0191	50
6	Current Status and Future Prospects of the Insect Industry as an Alternative Protein Source for Animal Feed	한국식품영양과학회지	남정현	51(5)	대한민국		비SCI	22.05.31	2288-5978	100
7	Physicochemical characteristics and aroma patterns of oils prepared from edible insects	LWT - Food Science and Technology	이민혁	167	대한민국		SCI	22.08.19	0023-6438	50
8	Quality Characteristics of Emulsion-Type Chicken Breast Sausages with Black Soldier Fly Larvae (<i>Hermetia illucens</i> L.) Powder	한국산업식품공학회	강훈석	26(3)	대한민국		비SCI	22.08.31	1226-4768	100
9	Effect of insect protein and protease on growth performance, blood profiles, fecal microflora and gass emission in growing pig	Journal of Animal Science and Technology	고영빈, 이지환	1	대한민국		SCI	22.10.21	2055-0391	100
10	Protective effects of edible insect protein extracts from <i>Protaetia brevitarsis</i> against H ₂ O ₂ -induced oxidative stress in mouse C2C12 myoblast cells	Food Bioscience	이재훈	52	대한민국		SCI	23.01.12	2212-4292	50
11	Peptides inhibiting angiotensin-I-converting enzyme: Isolation from flavourzyme hydrolysate of <i>Protaetia brevitarsis</i> larva protein and identification	Food Chemistry	이재훈	399	대한민국		SCI	23.01.15	0308-8146	50
12	Effects of hydrolysis and swelling on structural and functional properties of <i>Hermetia illucens</i> L.: insoluble protein in residue fraction	Journal of insects as Food and Feed	김예지	9	대한민국		SCI	23.02.10	2352-4588	50
13	Quality Characteristics of Black Soldier Fly Larvae (<i>Hermetia illucens</i>) Powder with Various Drying Method	한국산업식품공학회	현지용	27(2)	대한민국		비SCI	23.05.15	1226-4768	100
14	Effects of Blanching Methods on Nutritional	Food Science of	이재훈	43(3)	대한민국		SCI	23.06.30	2636-0772	50

	Properties and Physicochemical Characteristics of Hot-Air Dried Edible Insect Larvae	Animal Resources								
15	Effect of black soldier fly larvae as substitutes for fishmeal in broiler diet	Journal of animal science and technology	장세연, 송민호	65(6)	대한민국	SCI	23.11.30	2055-0391	100	

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	Effect of Blanching and Drying Methods on Quality Characteristics of Mealworm Larvae	박선영	21.08.26	무주 덕유산 리조트	대한민국
2	Obtaining Low Fat and High Protein Animal Feed from an Black Soldier Fly Larvae by Mechanical Method and Solvent Extraction	남정현	21.10.28	부산 벅스코	대한민국
3	Optimizing the enzymatic hydrolysis time of black soldier fly larvae protein hydrolysates	진희정	22.07.08	부산 벅스코	대한민국
4	Effect of Agriculture and Livestock By-product on Growth Performance, Physicochemical Properties, and Antioxidant Activity of Black Soldier Fly Larva	남정현	22.10.20	제주 컨벤션 센터	대한민국
5	Effects of Black Soldier Fly Larvae (Hermetia illucens L.) Powder adding to Emulsion-Type Chicken Breast Sausages on Quality Properties	강훈석	22.10.20	제주 컨벤션 센터	대한민국
6	Influence of various drying methods on Black Soldier Fly Larvae properties	현지용	23.06.30	제주 컨벤션 센터	대한민국
7	Effect of replacement dietary of animal protein with insect meal (Hermetia illucens) on growth performance	안재우	23.07.19	ASAS 학회	미국
8	Replacing fishmeal by Hermetia illucens larvae on growth performance and meat quality in broiler	전경호	23.08.29	EAAP 학회	프랑스
9	Effect of Enzymatic Hydrolysis and Drying Method on Black Soldier Fly Larvae Protein	현지용	23.10.19	부산 벅스코	대한민국

기술 요약 정보(해당사항없음)

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

보고서 원문(해당사항없음)

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물(해당사항없음)

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

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	식용곤충 오일을 포함하는 사료첨가제의 제조방법 및 이에 따라 제조된 사료 첨가제	대한민국	한국식품연구원	21.06.28	10-2021-0084093					100	예정
2	식용곤충 가수분해물을 포함하는 사료첨가제의 제조방법 및 이에 따라 제조된 사료첨가제	대한민국	한국식품연구원	22.05.10	10-2022-0057287					100	예정
3	흰점박이 꽃무지 유충 가수분해물 유래의 펩타이드를 유효성분으로 포함하는 항고혈압 식품 조성물	대한민국	한국식품연구원	23.05.31	10-2021-0161525					100	예정
4	식용곤충 분말과 식용곤충 가수분해물을 포함하는 펫푸드의 제조방법 및 이에 따라 제조된 펫푸드	대한민국	한국식품연구원	23.08.29	10-2023-0950238-17					100	예정
5	동애등에 가수분해물을 포함하는 동물용 사료 조성물의 제조방법	대한민국	제주대학교 산학협력단	23.09.27	10-2023-0130319					100	예정
6	어분대체제로 이용할 수 있는 산란노계용 사료첨가제 조성물	대한민국	충북대학교 산학협력단	23.11.06	10-2023-0151790					100	예정

○ 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)(해당사항없음)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정(해당사항없음)

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증(해당사항없음)

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

표준화(해당사항없음)

○ 국내표준(해당사항없음)

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.

○ 국제 표준(해당사항없음)

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)
1	곤충 단백질 위드 예비산란	23.05.30	(주)체리부로		양축농가용, 산란개시 2주전~산란 개시		전라북도지사	
2	곤충 단백질 위드 산란 18 Ca-3%	23.05.30	(주)체리부로		산란개시~40 주령		전라북도지사	
3	곤충 단백질 위드 산란 어린병아리	23.05.30	(주)체리부로		양축농가용, 6주령 이전		전라북도지사	
4	곤충 단백질 위드 산란 중병아리	23.05.30	(주)체리부로		양축농가용, 6~12주령		전라북도지사	
5	곤충 단백질 위드 산란 18 피크	23.05.30	(주)체리부로		양축농가용, 산란개시~40 주령		전라북도지사	
6	곤충 단백질 위드믹스1	23.05.30	(주)체리부로		배합사료원료 용		전라북도지사	

□ 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	직접실시	곤충 단백질 사료 원료화(원료평가) 및 표준배합비 운영기술	(주)체리부로	23.05.17	0원	
2	노하우	곤충 단백질 사료 원료 기술	(주)드로닉	23.06.15	11,000,000원	

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적(해당사항없음)

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	자기실시	신제품 개발	국내	곤충 단백질 사료 원료화(원료평가) 및 표준배합비 운영기술		(주)체리부로	0		23.05.17	
2	기술이전	노하우	국내	곤충 단백질 사료원료 기술		(주)드로닉	11,000		23.06.15	

- * 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(원)	국외(달러)		
곤충 단백질 사료 원료화(원료평가) 및 표준배합비 운영기술	2023년	216,954,722		216,954,722	거래처원장(품목별)
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과(해당사항없음)

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
			2022년	
1	2025축산현안대응 산업화기술개발	(주)체리부로	2명	2명
합계			2명	2명

□ 고용 효과

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

□ 비용 절감(누적)(해당사항없음)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과(해당사항없음)

(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)(해당사항없음)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역(해당사항없음)

(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(해당사항없음)

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

정책활용 내용(해당사항없음)

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

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영(해당사항없음)

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	
	졸업	2022	1	1	6		5	3						
	졸업	2023	1	7	2		7	3						

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)

(23쪽 중 10쪽)

산업 기술 인력 양성(해당사항없음)

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

다른 국가연구개발사업에의 활용(해당사항없음)

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

□ 국제화 협력성과(해당사항없음)

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	지방일간지	제주도민일보	2021년 제주 물&향토식품 포럼	2021.12.01

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	우수논문상	학술적으로 우수한 논문으로 평가됨	최윤상, 천지연 외	2021.08.27	한국식품저장유통학회
2	수상	우수포스터상	학술적으로 우수한 포스터로 평가됨	남정현, 천지연 외	2022.10.21	한국식품영양과학회

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비(해당사항없음)

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

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

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

- 동애등에 탈지 분말을 식육 가공품 첨가물로서 활용
- 동애등에 유충 탈지 분말을 활용해 닭가슴살 유화형 소시지 제조
- 동애등에 탈지 분말을 첨가한 소시지에서 첨가하지 않은 소시지 보다 단백질 함량, 항산화 활성, 등이 증가하였으며 이로 인해 육가공품에 이용할 수 있는 유용한 식품 소재로 발전할 가능성이 있다고 판단.
- 동애등에와 같은 곤충(흰점박이꽃무지점박이 유충)을 활용한 반려건 간식 제품 개발 연구(제주대학교 링크사업 연계)

제주산 청정 원물을 이용한 레시피 개발



흰점박이꽃무지 유충

천연 항생제 펩타이드 풍부
고단백질 64.2g(g/100g)
항응고/혈행개선 효능

곤충의 기능성 구멍과 이용방안/
나민균 총대학교수 연구결과



감태

항산화, 항염증, 항균작용, 혈당
조절 등의 효능 관찰

감태(Ecklonia cava)의 생리활성 성
분의 분리 및 정제
충남대학교



은갈치

우수한 항산화 효과와 항고혈
압에 대한 기능성을 보여줌.
풍부한 '필수 아미노산'

Purification of bioactive peptides
from digestive enzyme
hydrolysates of cutlass fish muscle
제주대학교 대학원 해양생명과학과
2015.2



뿔소라

간세포에서 hydrogen
peroxide 처리가 유도한
산화적 손상에 대한 참소라 육
가수분해물의 보호 효능 평가

2021 한국키티탄산학회
항산화 효과와 간보호 효능 및 관
련 기전을 규명



당근

비타민 A의 전구체인 베타카로틴 다량
함유되어 있어 항산화, 항암 등의 기능성을
가짐

Hyun et al. (2020)

제품 컨셉

청정 원물 사용

베라 베라 베라췌

(시제품 제작)



흰점박이꽃무지 유충



(제품 로고)



2) 목표 달성 수준

기관	해당연도	추진목표*	달성내용	달성도(%)
제주대	20211 년차	국내 곤충 품질특성 스크리닝 및 선정 곤충 품질 관찰	<ul style="list-style-type: none"> ○ 연구의 고도화를 위해 최적 곤충 선정을 위한 스크리닝 <ul style="list-style-type: none"> • 다양한 선행연구 및 문헌을 통해 동애등에가 사료로서의 영양학적 가치가 높다고 판단 ○ 동애등에의 먹이급여에 따른 품질 관찰 <ul style="list-style-type: none"> • 가공한 음식물 폐기물 급여 동애등에 및 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에의 품질 관찰 후 가공하지 않은 음식물 폐기물 급여 동애등에가 영양학적 가치가 높다고 판단 ○ 동애등에 분말의 지방 산패도를 억제하기 위해 탈지 방법 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 용매별, 탈지 방법별 지방 제거 방법을 통해 기계적 압착법이 좋은 탈지 방안으로 확립 ○ 먹이급여에 따른 동애등에 품질특성 관찰 <ul style="list-style-type: none"> • 고단백질 사료를 위해 동애등에 유충 분말의 단백질 함량이 중요한 요소이며, 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합 급여한 경우 가장 높은 64%의 단백질 함량을 보임. • 항산화 활성의 경우 식물성 잔재물과 닭 부산물을 5:5로 혼합하여 급여한 동애등에에서 가장 높은 항산화능을 보임. ○ 동애등에 가수분해물 대량 생산을 위한 최적 공정 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 칼로리 보존을 위한 비탈지 분말과 탈지 분말로 효소 가수분해를 진행 • 비탈지 분말의 경우 분쇄가 잘 되지 않고 입자간 뭉침성이 있어 가공적성이 낮음 • 비탈지 분말의 경우 심한 악취와 산패 위험도가 있음. 	100
	20222 년차	곤충단백질 등 동물성 고단백질 사료원료의 사료가치평가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생체 내 이용률 높은 제형 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 탈지 분말에 효소 단백질 가수분해를 진행하여 생체 내 이용률을 높이도록 함. • 효소 단백질 가수분해를 진행하게 되면 단백질의 기능적 특성 및 용해도와 소화율이 증가하는 것을 확인함. ○ 참여연구기관 건조연구 협업 <ul style="list-style-type: none"> • 제우스 복합건조기를 사용하여 열풍, 동결, 진공, 복합건조 방법을 활용하여 동애등에 건조물 생산을 진행함. • 복합건조방법이 빠르게 대량 건조를 진행할 수 있으나 열풍건조 보다 떨어지는 기능적 특성 및 높은 수분함량으로 열풍건조가 가장 적합한 건조 방법일 것으로 판단함. ○ 동애등에 활용도를 높이기 위한 발효 기술 제형 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 미생물을 활용하면 효소를 적용하여 가수분해하는 경우보다 더 낮은 비용으로 단백질 가수분해를 진행할 수 있음. • 발효를 진행하게 되면 항산화 능력이 향상되는 것을 확인함. ○ 동애등에 오일 정제 공정 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 오일의 산가를 낮추는 방법으로 NaOH 첨가량이 많은 영향을 끼치며 활용도를 위해 최적의 NaOH 첨가량을 찾는 것이 중요함. • 동애등에 정제 오일의 활용방안으로 반려동물 발바닥 크림 제조 ○ 곤충단백질 가수분해물 등이 첨가된 사료 제품화 <ul style="list-style-type: none"> • 가수분해물 첨가는 효능 대비 가격경쟁력이 낮아서 일반 제품화만 추진됨 • 가수분해물에 대한 제조공정확립, 효능검증, 사양실험 등이 모두 이루어졌으므로 원가절감 방법을 추가적으로 확립하면 제품화 가능 • 일반제품화 프로세스가 확립되었기 때문에 언제든지 제품화 가능함 <p>→ 비SCI: 3편 / 학술발표: 6편 / 인력양성 : 5인 / 수상 : 1건 / 특허출원 1건</p>	
	20231 년차	곤충 단백질 가수분해물 을 이용한 사료의 제품화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 생체 내 이용률 높은 제형 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 탈지 분말에 효소 단백질 가수분해를 진행하여 생체 내 이용률을 높이도록 함. • 효소 단백질 가수분해를 진행하게 되면 단백질의 기능적 특성 및 용해도와 소화율이 증가하는 것을 확인함. ○ 참여연구기관 건조연구 협업 <ul style="list-style-type: none"> • 제우스 복합건조기를 사용하여 열풍, 동결, 진공, 복합건조 방법을 활용하여 동애등에 건조물 생산을 진행함. • 복합건조방법이 빠르게 대량 건조를 진행할 수 있으나 열풍건조 보다 떨어지는 기능적 특성 및 높은 수분함량으로 열풍건조가 가장 적합한 건조 방법일 것으로 판단함. ○ 동애등에 활용도를 높이기 위한 발효 기술 제형 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 미생물을 활용하면 효소를 적용하여 가수분해하는 경우보다 더 낮은 비용으로 단백질 가수분해를 진행할 수 있음. • 발효를 진행하게 되면 항산화 능력이 향상되는 것을 확인함. ○ 동애등에 오일 정제 공정 확립 <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 오일의 산가를 낮추는 방법으로 NaOH 첨가량이 많은 영향을 끼치며 활용도를 위해 최적의 NaOH 첨가량을 찾는 것이 중요함. • 동애등에 정제 오일의 활용방안으로 반려동물 발바닥 크림 제조 ○ 곤충단백질 가수분해물 등이 첨가된 사료 제품화 <ul style="list-style-type: none"> • 가수분해물 첨가는 효능 대비 가격경쟁력이 낮아서 일반 제품화만 추진됨 • 가수분해물에 대한 제조공정확립, 효능검증, 사양실험 등이 모두 이루어졌으므로 원가절감 방법을 추가적으로 확립하면 제품화 가능 • 일반제품화 프로세스가 확립되었기 때문에 언제든지 제품화 가능함 <p>→ 비SCI: 3편 / 학술발표: 6편 / 인력양성 : 5인 / 수상 : 1건 / 특허출원 1건</p>	97

<p>한국 식품 연구원</p>	<p>20211 년차</p>	<p>곤충단백질의 기능성 검증 및 평가</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 동애등에의 전처리 기술 확립 <ul style="list-style-type: none"> • Blanching, Roasting, Superheated steam blanching에 전처리 방법 모두 건조시간 감소에 효과를 보임 • Superheated steam blanching의 경우 건조 속도가 현저히 빠른 것을 확인 및 동애등에의 과도한 수축 방지 • Blanching 및 superheated steam blanching의 경우 건조 후 명도가 더 높아 갈변 억제 • 전단력의 경우 blanching 후 건조한 동애등에가 유의적으로 낮은 전단력을 보임 • Blanching과 superheated steam blanching 전처리가 열풍건조 후 동애등에의 가공적성을 향상시킴. ○ 동애등에의 단백질 추출 공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 단백질 용해도와 표면 소수성은 헥산 또는 에탄올로 탈지한 동애등에가 높은 결과값을 나타냄. • 영양학적인 측면을 고려하면 기능적 특성은 큰 차이가 없으나 필수아미노산 함량은 Cold Pressure의 사용이 높게 나타남 ○ 동애등에 추출물의 최적 추출 조건 확립 <ul style="list-style-type: none"> • NaCl이 첨가됨에 따라 상대적으로 표면소수성은 감소하지만 높은 기능적 특성을 보임. • 염기성일 때 유화도가 증가하여 염기조건에서 0.25 M 이상의 NaCl을 첨가하여 단백질을 추출하는 것이 바람직함. ○ 동애등에의 효소 가수 분해법을 활용한 추출물의 수율, 단백질, 성장 조절 효능 평가 <ul style="list-style-type: none"> • 증류수 추출물과 비교하여 가수분해물 추출물에서 수율이 1.5배 이상 증가 	
<p>한국 식품 연구원</p>	<p>20222 년차</p>	<p>곤충단백질 사료대체원의 최적 가수분해 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Protamex, Nutrase, Alcalase의 활용도가 높을 것으로 판단 ○ 동애등에 추출·농축물 잔사로부터 단백질 물질 분리, 정제 공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> • 추출 잔여물에서 단백질성 물질을 분리하기 위해 진행하였으며 가수분해 잔여물의 경우 상대적으로 낮은 pH와 분자량을 가졌으며, 높은 단백질 용해도를 가짐. • 거품형성 및 유화능이 향상되었으며 식용곤충 추출 잔여물에서 단백질성 물질을 분리할 경우, 산성 조건에서의 가공이 적합할 것으로 판단됨. ○ 곤충 단백질의 최적 가수분해 연구 <ul style="list-style-type: none"> • 효소를 사용하여 동애등에 가수분해 추출물을 제조하였으며, Alcalase > Protamex > Nutrase > Flavourzyme > 열수 추출물 > 증류수 추출물 순으로 높은 수율을 나타냄. • 수율 대비 단백질 함량이 높은 Protamex, Alcalase의 활용도가 높을 것으로 판단. • Alcalase 효소 가수분해물에서 ACE를 억제하는 효과가 우수함. ○ 동애등에 최적 가수분해 추출물에서 유효 성분 분리 및 생리 활성 규명 <ul style="list-style-type: none"> • 5 kDa 이하 분획물에서 가장 우수한 ACE 억제 및 Hydrogen peroxide 소거 활성을 보임. • 5 kDa 이하 분획물에서 높은 단백질 함량과 당함량을 보임. • 25종의 펩타이드 시퀀스 확보. ○ 동애등에 대용량 조건별 추출물의 세포 독성 및 생리 활성 <ul style="list-style-type: none"> • 피부 세포와 정상 세포에서는 독성이 나타나지 않은 결과 확인. • 2안(탈지) 분말 가수분해물에서 높은 Hydrogen peroxide 소거 활성이 우수한 결과를 보임. • 2안(탈지) 분말 샘플에서 농도 의존적으로 산화적 스트레스로부터 세포를 보호하는 효과를 확인. 	<p>100</p>

	20231 년차	<p>곤충단백질의 추출수율 향상 연구</p>	<p>○ 곤충 단백질 추출 수율 향상을 위한 전처리 공정 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> • 독립변수로 블렌칭 시간, 블렌칭 온도, 소금농도를 설정하여 최적의 전처리 공정을 확립하고자 진행함. • 블렌칭 시간은 30-110s, 블렌칭 온도는 63-97°C, 소금농도는 0-1M로 설정하여 반응표면분석을 진행함. • 단백질 용해도와 카르보닐기 함량을 중심으로 측정하였으며, 단백질 용해도는 블렌칭 시간과 온도의 영향을 받으며 카르보닐기 함량은 소금 농도의 영향을 받았음. • 최적의 전처리 공정을 통해 동애등에 전처리를 수행하게 되면 유화제로써의 특성이 강화된 동애등에 단백질을 획득할 수 있을 것으로 판단됨. <p>○ 곤충 단백질의 물리 화학적 특성 규명을 통한 소재화 적용 최적화</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에를 추출하는 과정 중 pH와 NaCl의 조건을 통하여 추출되는 단백질의 기능적 특성을 평가함. • 추출을 위한 독립변수로 pH는 1.79-10.21, 소금농도는 0-1.09M, 버퍼 비율은 129.17-970.83%로 설정하여 반응표면분석을 진행함. • Surface hydrophobicity를 중심으로 측정하였으며 추출 버퍼 소금 농도의 영향을 받았음. • 최적의 추출 조건을 통해 동애등에 단백질을 추출하게 되면 유화능과 유화안정성을 제외하고 높은 기능적 특성을 보였으며 색소의 산화가 덜 일어난 것으로 관찰됨. • 단백질 용해도와 표면소수성에서 유의적인 차이를 보였으며, 높은 거품형성도를 나타내 최적 조건으로 추출한 단백질은 거품형성제로써의 특성이 강화된 동애등에 단백질을 획득할 수 있을 것으로 판단됨. <p>○ 곤충 단백질의 추출물 제조 및 최적 추출 조건 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> • 발효 기술은 곤충 제품에 대한 소비자 인식을 향상 시키는데 좋은 방법이 될 수도 있음. • 미생물을 이용해 발효하는 과정에서 미생물의 단백질 분해효소 활성에 의해 가수분해가 진행됨. • 미생물을 활용하면 효소를 적용하여 가수분해하는 경우보다 더 낮은 비용으로 단백질 가수분해를 진행할 수 있음. • 발효를 진행하게 되면 향산화 능력이 향상되는 것을 확인함. <p>○ 곤충 단백질 추출물을 적용한 소재의 가공 특성 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> • 분리대두단백과 분리곤충단백의 혼합형 단백질 겔 특성은 단백질의 함량에 따라 큰 차이를 보임. • 곤충의 첨가는 수분함량의 차이에는 영향을 미치지 않았으나, 보수력을 감소시키는 결과를 나타냄. • 물성에서는 동애등에 추출 단백질을 첨가할수록 탄력성은 증가하나, 응집성은 감소하여 탱탱하면서도 넘기기 쉬운 겔 형성에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단됨. <p>→ SCI: 10편 / 학술발표: 1편 / 수상 : 1건 / 특허출원 4건</p>	100
충북대	20211 년차	<p>젓돈 사료 내 동물성 단백질을 원료로 곤충원료로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색</p>	<p>○ 젓돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 단백질로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 변화 규명</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 ~ 2주 기간 동안 일반 사료를 급여한 CON 처리구는 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 처리구에 비해 유의적으로 높은 일일 증체량과 사료 효율을 보임 • 전체 기간 동안 CON 처리구는 T1 처리구에 비해 유의적으로 높은 사료 효율을 보임 • 2주 및 4주차 종료 시 채취한 혈액 내 BUN 함량은 CON 처리구가 T1 처리구에 비해 유의적으로 낮은 수치를 보임 	100

			<ul style="list-style-type: none"> • 2주 및 4주차 영양소 소화율에서 조단백질(CP)은 CON 처리구가 T1 처리구에 비해 유의적으로 높은 소화율을 보임 • 사료 내 동물성 단백질을 곤충단백질로 대체 급여 시, 분 악취 발생에 대한 유의적 차이는 보이지 않음 • 사료 내 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체 급여 시, 분내 미생물(E. Coli, Lactobacillus)에 유의적인 차이를 보이지 않음 • 사료 내 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체 급여 시, 조단백질(CP)의 영양소 소화율은 CON 처리구가 T1 처리구에 비해 유의적으로 높은 소화율을 보임 • 아미노산 소화율 중 필수 아미노산 Arginine, Histidine, Lysine, Tryptophan은 CON 처리구가 T1 처리구에 비해 유의적으로 높은 소화율을 보임 • 아미노산 소화율 중 비필수 아미노산인 Glycine은 CON 처리구가 T1 처리구에 비해 유의적으로 높은 소화율을 보임 <p>○ 육계 사료 내 동물성 단백질 원료를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색</p> <ul style="list-style-type: none"> • 육계 4주차 체중에서 CON(어분) 처리구 대비 T2(곤충 가수분해물) 처리구에서 유의적으로 높은 체중을 보임 • 전체 기간 동안 T2 처리구는 CON 및 T1(탈지 곤충) 처리구에 비해 유의적으로 높은 증체량과 사료 섭취량을 보임 <p>○ 이유자돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색</p> <ul style="list-style-type: none"> • CON 처리구 대비 T1 및 T2 처리구에서 생산성, 분변지수, 혈액특성 및 악취 발생에 유의적인 차이를 보이지 않음 • CON 처리구 대비 T2 처리구에서 유의적으로 낮은 분변 내 E.coli 함량 및 높은 Lactobacillus 함량을 보임 <p>- 육계 및 이유자돈의 소화율, 혈액 및 육질특성 변화 분석 진행중</p>	
20222 년차		<p>이유자돈 및 육계 사료 내 동물성 단백질(어분) 원료를 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색</p>		
20231 년차		<p>산란계 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 생산성 및 난품질 변화 탐색</p>	<p>○ 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난 품질 및 체내 이용 효율 변화 탐색</p> <ul style="list-style-type: none"> • 산란노계에서 탈지곤충이 어분 대비 더 높은 기호성을 가지고 있음. • 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충으로 대체 시, 생산성, 분내 미생물, 분변지수에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 계란의 신선도를 나타내는 호우 유닛이 어분 대비 개선됨. • 탈지 곤충은 영양소 소화율에서 어분과 유사하게 나타났으며, 일부 아미노산은 어분 대비 더 증가하는 것으로 나타나며 산란노계 체내 영양소 이용 효율을 더 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨. <p>○ 산란중계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시 난품질 및 체내 이용 효율 변화 탐색</p> <ul style="list-style-type: none"> • 산란중계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시, 분내 미생물, 분변지수 및 혈액특성에 대해 유의적인 차이를 보이지 않으며, 곤충 단백질이 산란중계에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사함. • 산란중계에서 탈지 곤충은 곤충 가수분해물 대비 더 높은 기호성을 가지고 있어 사료 섭취량을 개선할 수 있으며, 아미노산 소화율이 증가하여 산란중계 체내 영양소 이용 효율을 더 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨. <p>→ SCI 논문 : 2편 / 학술발표: 2편 / 인력양성 : 10건 / 특허출원 1건</p>	100
(주)체리 부로	20211 년차	<p>곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성</p>	<p>○ 국내 곤충자원의 경제성 분석(제주대 및 전문기관 협업)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 배합 정밀도 측정 결과 대조구와 처리구간 분쇄능력 차이를 보이지 않음 • 배합기 내 제품의 과부하를 측정할 수 있는 MIX 전류값간의 차이 또한 보이지 않음. <p>○ 동애등에 분석결과 및 원료평가 결과</p>	100

		<p>확립</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 가소화 단백질은 대두박과 유사한 단백질 값을 가짐. • 단백질 구성 아미노산에서 이용성 자체를 높게 평가될 수 있음. <p>○ 갓난돼지 실험사료 설계 및 경제적 이용가치 평가</p> <ul style="list-style-type: none"> • 계육분(790원/kg) 3%를 곤충 단백질 2% 대체로 경제성 평가 • 사료 대조구 원재료비 508.14원/kg, 처리구 원재료비 533.38원/kg 으로 25.24원/kg 상승 • 동물성 단백질(어분, 계육분) 대체 시, Saving Cost 절감으로 전환 가능 • 현재 곤충단백질 원료는 kg당 1,700원이고 어분은 kg당 2,000원으로 시 세적용 시 1:1로 대체가 가능 <p>○ 일반 농장에서 이유자돈 사료 내 동애등에 추가 급여를 통한 생산성 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> • 농가 사양 실증 실험을 통해 처리구간 생산성에서 유의적인 차이를 보이지 않음 ($p > 0.05$) • 그러나 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 처리구 대비 수치적으로 종료체중, 증체량, 사료효율은 일반 사료를 급여한 CON 처리구가 높게 나타남. • 또한 폐사율은 CON 그룹에서는 나오지 않았지만 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체한 T1 그룹에서 2두(6.67%) 발생함. <p>○ 젖돈 사료 내 동물성 단백질을 곤충 단백질로 대체 급여효과 총복대와 동일함</p> <p>○ 동애등에 성상에 따른 원료적 기본가치 분석</p> <ul style="list-style-type: none"> • 일반성분 분석결과 탈지분말 가수분해물의 조성이 가치적 우수성을 보임. • 소화율의 영향요인인 KOH 용해도와 Pepsin 소화율의 경우 탈지분말 가수분해물이 높게 나타나면서 단위동물 소화기관 내 소화 이용성이 높게 나타날 수 있는 가능성을 나타냄. <p>○ 동애등에 Formula Cost 기반 사료원료 가치평가</p> <ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 2,000원/Kg, 중어분 2,200원/Kg 기준평가 진행 • 동애등에 Min 2% 수준 적용, 2.025% 수준 적용, 사용 경쟁력 - 0.35원/kg • 중어분 경쟁력 요구단가 2,017원/kg으로, 동애등에 대비 사용 + 1.83원/kg <p>○ 양계 사료 내 곤충 단백질 첨가 시 생산성 변화 구명</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 ~ 35일 기간 동안 곤충 단백질을 첨가한 T1 처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 유의적으로 낮은 ($P < 0.05$) 사료요구율을 보임. • 35일령, 곤충 단백질을 첨가한 T1처리구는 일반 사료를 급여한 CON 처리구에 비해 높은 실험종료체중을 보였으나 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았음. • 동애등에 표준배합비 적용에 따른 사료요구율의 유의적인 감소로, 육계사료 내 적용을 통한 단가경쟁력 및 소화생리적 효과를 볼 수 있다고 판단함 	
20222 년차		<p>곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료의 품질 평가 및 시제품 구상</p>		
20231 년차		<p>시제품 생산 및 개발된 기능성 사료와 첨가제 대량생산</p>	<p>○ 산란계 사료 내 곤충유래 단백질원료를 첨가한 표준 사료배합비 정립 및 생산성, 산란특성 변화 구명</p> <ul style="list-style-type: none"> • 곤충유래 단백질원료를 첨가한 산란계 표준 사료배합비 정립완료 • 곤충유래 단백질원료 첨가 시 무첨가 대비 사료섭취량, 음수량 및 폐사율이 감소함. • 곤충유래 단백질원료 첨가 시 무첨가 대비 산란 수는 감소하였으나, 특란 이상 비율은 증가하였고, 오·파란 비율이 감소함. • 곤충유래 단백질원료 첨가 시 무첨가 대비 HD산란수, HH산란수, 산란 	100

		<p>지수가 감소함.</p> <p>○ 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료의 시장가치분석</p> <ul style="list-style-type: none"> • 국내 펫푸드 시장규모의 급격한 증가 추세와 수입 의존적인 현황분석 • 펫푸드 패러다임(사회적 인식 및 고급화 트렌드) 변화 및 기능성 원료 선택의 중요성 파악 <p>○ 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품(양계, 반려동물사료) 개발완료</p> <ul style="list-style-type: none"> • 곤충유래 단백질원료가 포함된 산란계사료 5건 사료성분등록 및 시제품 개발완료(곤충단백 위드산란 어린병아리, 곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드 예비산란, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란 18피크) • 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료 1건 사료성분등록 및 시제품 개발완료(곤충단백 위드믹스1) <p>○ 곤충유래 단백질원료가 포함된 시제품 판매에 따른 매출액 발생</p> <ul style="list-style-type: none"> • 곤충유래 단백질원료가 포함된 산란계사료 3건 판매에 따른 매출액 발생 (곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란18피크) : 23년 11월 기준 94,900천원 • 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료 1건 판매에 따른 매출액 발생(곤충단백 위드믹스1) : 23년 11월 기준 45,500천원 <p>→ 고용창출 : 2인 / 제품화 : 7건 / 매출액 : 140,400천원</p>	
--	--	---	--

4. 목표 미달 시 원인분석

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 코로나로 인해 위탁기관 및 참여기업 등이 경영에 어려움을 겪어 사업화 및 매출액 부분의 성과 달성에 애로사항이 많았음
- 위탁기관의 경우 폐업신청 되어 3차년에 새로운 위탁기관을 찾아 공동연구하는데 애로사항이 많았음
- 본 연구과제 특성상 원물을 공급하는 위탁기관의 중요도가 높았는데, 모든 기관이 협업체 주어서 대부분의 목표를 달성 할 수 있었음
- 제품화의 경우 가격경쟁력이 중요하므로 효능대비 공정효율, 원재료비 등을 고려하여 제품화를 수행함
- 가수분해물의 경우 일반 분만대비 공정비가 많이 소요 되므로 가격경쟁력이 다소 낮아서 상품화 하기엔 무리가 있다고 판단함

2) 자체 보완활동

- 이를 보완하기 위해 제품과 건수는 2건 초과 달성함
- 계획에 없던 다양한 프로젝트를 만들어 진행함

- ✓ 동애등에 탈지 분말을 식육 가공품 첨가물로서 활용
- ✓ 동애등에 유충 탈지 분말을 활용해 닭가슴살 유화형 소시지 제조
- ✓ 동애등에 탈지 분말을 첨가한 소시지에서 첨가하지 않은 소시지 보다 단백질 함량, 항산화 활성, 등이 증가하였으며 이로 인해 육가공품에 이용할 수 있는 유용한 식품 소재로 발전할 가능성이 있다고 판단.
- ✓ 동애등에와 같은 곤충(흰점박이꽃무지점박이 유충)을 활용한 반려견 간식 제품 개발 연구(제주대학교 링크사업 연계)

3) 연구개발 과정의 성실성

- 주관기관과 공동연구기관의 적극성 협업을 통해 정확하고 정밀한 품질 분석(일반성분, 아미노산, 기능성 등) 결과 획득
 - 공동연구기관 중 기업인 (주)체리부로에서는 주관기관의 위탁기관인 리얼네이처팜의 경영 어려움을 해결하고자 전문가 및 투자기업을 적극적으로 매칭하여 현재 논의 중→제주도내 (주)인성산업 접촉하여 3차년도 위탁기관으로 참여하여 성실하게 참여하였음
 - 제주대학교와 (주)체리부로에서는 인력양성 및 고용창출을 위해 제주대학교 학생연구원들에게 기업의 실무를 적극 교육하여 성공적 사회적 진출을 도움
 - 충북대학교에서는 연구진행과정 상 원료공급이 늦어지는 동안에도 자체연구를 진행하거나 주관기관의 긴밀한 소통과 협업을 통해 연구과제진행에 최대한 차질이 없도록 함
 - 한국식품연구원에서는 다양한 연구경험을 통해 얻은 노하우를 적극적으로 공유하여 연구과제 진행시 발생하는 애로사항을 해결하는데 도움을 줌
 - 1~2차년도 위탁기관은 경영악화로 어려움을 겪는 가운데에서도 원료공급을 원활하게 하기 위해 부단히 노력하였으나 행정규정 및 코로나로 인한 경제적 어려움을 극복하기 위해선 다소 힘든 상황임. 필요한 원료공급을 위해 자체적으로 투자기관 및 사육공간 확보에 노력함
 - 전체 연구기관에 목표 달성을 위해 협업을 통해 서로의 미비한 부분을 보완하고자 함, 최대한 연구개발사업의 성공을 위해 최선을 다했음
-

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도

(1) 산업적 측면: 축산업의 균형 발전 가능(곤충산업, 사료산업, 양돈, 양계업, 육가공산업)

- 국내 곤충 자원소재를 활용하여 국내 농가 경쟁력 제고 및 향후 곤충 기능성에 대한 신 소비시장 창출 및 곤충원료 소재를 이용한 사료개발로 신규 시장 창출 및 수익 창출
- 사료에 첨가되는 신 원료로서 부가가치 확대 및 산업 경쟁력 확보하고 수입에 의존하는 고비용 동물성 단백질 원료의 국산화 가능 및 사료비용 절감
- 국산 식용 곤충 활용으로 전략 1차 산업에 기반으로 지속적 성장 동력을 제공하여, 수입 대체 소재를 개발하여 지속적으로 신시장을 선점하는 제품개발
- 곤충 생산 농가뿐만 아니라 제품 생산에 필요한 인력, 영업인력 확보 등으로 일자리 창출이 기대되고 협업화에 의한 사회적기업 및 협동조합 형태로 확대 가능
- 최종적으로 본 연구에서 개발된 사료가 급이된 양돈 및 양계의 품질향상을 통한 육가공업체 수익창출에 기여

(2) 과학기술적 측면: 국내 원천기술 확보

- 동애등에 뿐만 아니라 다양한 곤충을 활용한 신규 기능성 소재의 국내·외 원천기술 확보를 통해 새로운 학술적 가치 창출 및 새로운 기능성 소재의 우수성 확보함
- 본 연구에서는 그동안 선행된 다양한 방법의 가공기술 및 분석법 등을 표준화 및 규격화 하는 수준으로 진행되었으며, 그 수준이 일본, 미국, 등 곤충가공기술 확보국과 유사하거나 우수한 수준으로 판단됨

(3) 사회적·환경적 측면: 환경친화적 소재와 가공기술 개발을 통한 환경보호

- 국내 곤충 소재의 증진으로 축가 안정 및 국산 자원 우수성 재고
- 국내 곤충 원료 공급에 따른 지역 경제 활성화 및 안정적 고용 창출
- 국내 곤충을 활용한 기능성 사료 소재 및 제품개발로 품질 우수한 가축 사육
- 환경친화적 소재와 가공기술을 통해 탄소배출 감소에 기여 가능

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표 >

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

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
	3) 연구부정행위 예방 확인서

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호	321079-3		
사업구분	지정공모사업				
연구분야	축산		과제구분	단위	
사업명	2025축산현안대응산업화기술개발			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	동애등에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발		과제유형	개발	
연구개발기관	제주대학교		연구책임자	천지연	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부(천원)	민간	계
	1차년도	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31	300,000	17,850	317,850
	2차년도	2022. 01. 31 - 2022. 12. 31	400,000	29,036	429,036
	3차년도	2023. 01. 31 - 2023. 12. 31	400,000	29,038	429,038
	계		1,100,000	75,924	1,175,924
참여기업	체리부로 (단순참여: 제우스, 탐라인)				
상대국		상대국연구개발기관			

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
제주대학교	부교수	천지연

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	천지연
----	-----

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

- 사료용 곤충 동애등에를 이용하여 양돈, 양계 사료 중 수입되는 단미사료를 대체하기 위한 단미사료 소재를 개발함
- 동애등에를 사료용 단미사료로 활용하기 위한 가공공정, 사양실험, 효능검증, 제품화 가능성 등이 모두 진행되었음
- 총 6건의 제품화가 완료되었으며 판매 중임

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 제주산 동애등에의 경우 타지역에 비해 원물가격을 낮출 수 있었으므로 가격 경쟁력이 다소 유리했음
- 다만, 가수분해물의 경우 여전히 공정이 추가 되므로 효능대비 가격경쟁력이 다소 낮다고 판단됨
- 동애등에의 경우 환경정화 곤충으로 더 알려져 있는 만큼 가축의 단미사료로서도 유용 가치가 있으며 지속 가능한 환경 보호 차원에서도 좋은 소재로 앞으로 활용가능성이 무궁무진함

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 효율적인 동애등에 사육 시스템에 대한 과학적인 데이터 구축 및 곤충사육농가 이익창출을 위한 방법론 제시 가능
- 음식물폐기물을 먹이로 하는 환경정화 곤충인 동애등에를 이용한 저렴한 사료소재 개발을 위한 공정 및 검증 데이터 구축
- 곤충사육농가 및 축산사료업계에 효과적인 생산시스템을 공유하기 위한 데이터 구축

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 1~2차년도 위탁기관은 경영악화로 폐업신청을 하는 어려움을 겪는 가운데에서도 원료공급을 원활하게 하기 위해 부단히 노력하였으나, 행정규정 및 코로나로 인한 경제적 어려움을 극복하기 위해선 다소 힘든 상황임. 필요한 원료공급을 위해 자체적으로 투자기관 및 사육공간 확보에 노력함
- 3차년도에 합류한 위탁기관에서는 후발로 참여했음에도 불구하고 본 사업을 위해 최대한 협조하여 원료공급을 원활하게 진행함
- 이를 통해 참여기업의 제품화 및 기술이전 등을 달성 할 수 있도록 많은 기여를 했음
- 전체 연구기관에 목표 달성을 위해 협업을 통해 서로의 미비한 부분을 보완하고자 함계, 최대한 연구개발사업의 성공을 위해 최선을 다했음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

- 특히, 한국식품연구원에서는 최고의 연구 인프라를 통해 양적, 질적으로 우수한 연구성과(논문, 특허, 수상 등)를 발표 했음
- 충북대의 경우도 원료공급이 어려운 가운데에서도 사양실험을 진행해주어 우수한 연구성과(논문, 학술발표)를 발표함
- 주관기관인 제주대의 경우 위탁기관 변경 등의 애로사항 속에서도 공동기관의 연구진행을 위해 원료공급을 원활하게 하기 위한 노력을 아끼지 않음

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체 평가
국내 곤충 품질특성 스크리닝 및 선정 곤충 품질 관찰	10	100	우수
곤충단백질의 기능성 검증 및 평가	10	100	우수
이유자돈 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 가수분해물 수준별로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색	5	100	우수
곤충자원의 원료 사료화 타당성 분석 및 생산, 유통 경제성 확립	5	100	우수
곤충단백질 등 동물성 고단백질 사료원료의 사료가치평가	10	100	우수
곤충단백질의 사료대체원료의 최적 가수분해 연구	10	100	우수
육계 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 가수분해물 수준별로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색	10	100	우수
곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료의 품질 평가 및 시제품 구상	5	95	보통
곤충단백질 가수분해물을 이용한 사료의 제품화	5	95	보통
곤충단백질의 추출수율 향상 연구	10	100	우수
산란계 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 가수분해물 수준별로 대체 급여시 생산성 및 난품질 변화 탐색	10	100	우수
시제품 생산 및 개발된 기능성 사료와 첨가제 대량생산	10	100	우수
합계	100점		우수

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

- 본 연구는 환경정화 곤충인 동애등애를 이용한 수입 단미사료대체 소재를 개발하는 연구 였음.
- 청정지역인 제주산 동애등애를 활용하여 품질적으로 원물 가격절감적으로 많은 이점이 있었으며 이를 잘 반영하여 연구하였음
- 본 연구에서는 세부연구목표를 거의 달성하였으며 제품화 및 논문성과를 초과 달성하였음
- 코로나로 인한 경영 악화로 매출액 목표는 미흡하였으나, 원물공급이 원활하게 이뤄지고, 다양한 응용제품 등을 개발한다면 추가 매출이 발생할 수 도 있다고 판단됨

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 코로나19로 곤충농가의 경영악화로 폐업을 하는 과정에서도 연구를 중단하지 않고 진행한 것에 대해 참고 바람
- 한국식품연구원의 우수한 연구인프라를 통해 동애등애를 사료로 활용하기 위한 연구의 수준이 우수할 것으로 판단되며 기업과 대학에서 규모있는 사양실험을 통해 제품의 품질확인이 제대로 이뤄 짐
- 제주지역의 우수한 원물을 활용하여 고부가가치화 하였으며 곤충농가 및 기업의 생산 및 연구의 길을 향상함
- 본 연구과제를 통해 성과달성의 목표도 대부분 이뤘지만, 참여한 기관의 협업을 통해 공동으로 성장하는 기회가 되었음'
- 수입 단미사료의 대체 소재 뿐 아니라 다양한 제품의 소재로 활용가능하다는 가능성을 확인함

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 연구종료 후 성과를 최대한 달성하기 위한 후속 연구를 도모할 예정임
- 연구기간 중 발표하지 못한 연구결과에 대해 전문기관에 발표 할 예정임
- 수입 단미사료의 대체 소재 뿐 아니라 다양한 제품의 소재로 활용가능하다는 가능성을 확인함
- 반려견 사료 소재로서 활용가능성이 높음을 확인하여 향후 후속 연구를 추진할 계획임

IV. 보안성 검토(해당사항 없음)

o 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구개발기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

<p>곤충단백질의 사료대체원료의 최적 가수분해 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 효소를 사용하여 동애등에 가수분해 추출물을 제조하였으며, Alcalase > Protamex > Nutrase > Flavourzyme > 열수 추출물 > 증류수 추출물 순으로 높은 수율을 나타냄. • 수율 대비 단백질 함량이 높은 Protamax, Alcalase의 활용도가 높을 것으로 판단. • Alcalase 효소 가수분해물에서 ACE를 억제하는 효과가 우수.
<p>육계 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 가수분해물 수준별로 대체 급여시 생산성 및 체내 대사 생리 변화 탐색</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 육계 4주차 체중에서 CON(어분) 처리구 대비 T2(곤충 가수분해물) 처리구에서 유의적으로 높은 체중을 보임 • 전체 기간 동안 T2 처리구는 CON 및 T1(탈지 곤충) 처리구에 비해 유의적으로 높은 증체량과 사료 섭취량을 보임
<p>곤충유래 가수분해물 첨가 배합사료의 품질 평가 및 시제품 구상</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 2,000원/Kg, 중어분 2,200원/Kg 기준평가 진행 • 동애등에 Min 2% 수준 적용, 2.025% 수준 적용, 사용 경쟁력 - 0.35원/kg • 중어분 경쟁력 요구단가 2,017원/kg으로, 동애등에 대비 사용 + 1.83원/kg
<p>곤충단백질 가수분해물을 이용한 사료의 제품화</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 제품화의 경우 가격경쟁력이 중요하므로 효능대비 공정 효율, 원재료비 등을 고려하여 제품화를 수행함 • 가수분해물의 경우 일반 분만대비 공정비가 많이 소요 되므로 가격경쟁력이 다소 낮아서 상품화 하기엔 무리가 있다고 판단함
<p>곤충단백질의 추출수율 향상 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 최적의 전처리 방법은 블렌칭 온도 85.15°C, 블렌칭 시간은 12.41초, 소금의 농도는 0.46M NaCl이 최적의 전처리 공정으로 판단됨. • 최적의 추출 방법으로 버퍼의 pH는 9.11, 소금의 농도는 0.834M, 버퍼 비율은 223.7%의 조건에서 수행할 때 가장 높은 Surface hydrophobicity를 가질 수 있을 것으로 나타남. • 최적 조건으로 추출된 곤충 단백질의 추출물 제조는 분무 건조 방법이 입자의 크기를 감소시켜 단백질의 가공 향상을 기대함.
<p>산란계 사료 내 동물성 단백질 원료를 곤충 가수분해물 수준별로 대체 급여시 생산성 및 난품질 변화 탐색</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 산란노계에서 탈지곤충이 어분 대비 더 높은 기호성을 가지고 있음. • 산란노계 사료 내 어분을 탈지 곤충으로 대체 시, 생산성, 분내 미생물, 분변지수에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 계란의 신선도를 나타내는 호우 유닛이 어분 대비 개선됨. • 산란중계 사료 내 어분을 탈지 곤충 및 곤충 가수분해물로 대체 급여 시, 분내 미생물, 분변지수 및 혈액특성에 대해 유의적인 차이를 보이지 않으며, 곤충 단백질이 산란중계에서 부정적인 영향을 미치지 않음을 시사함.
<p>시제품 생산 및 개발된 기능성 사료와 첨가제 대량생산</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 곤충유래 단백질원료가 포함된 산란계사료 5건 사료성분등록 및 시제품 개발완료(곤충단백 위드산란 어린병아리, 곤충단백 위드산란 중병아리, 곤충단백 위드 예비산란, 곤충단백 위드산란17프리, 곤충단백 위드산란 18피크) • 곤충유래 단백질원료가 포함된 반려동물사료 1건 사료성분등록 및 시제품 개발완료(곤충단백 위드믹스1)

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구 활용비)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T P R O T E I N	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	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건			
가중치	10				10		10	10		20				4	20		10			
최종 목표	7	3			3		6	71,200		12				8	2	4	6		5	
당해 년도 2023	목표	5	1			2	3	1,200		3				3		1	2		3	
	실적	3	0			2	6	140,400 (천원)		0				5	1		4		10	
달성률 (%)	60 %	0 %			100 %		200 %	12 %		0 %				167 %	200 %		200 %		334 %	

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

[별첨 2]

(23쪽 중 21쪽)

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	동애등에를 이용한 대체 단백질 단미사료 개발 공정
②	동애등에 함유 양돈 및 양계사료 개발 공정
③	동애등에 함유 양돈 및 양계사료의 기능성 검증 및 검증법 확립
④	동애등에 사육 및 사료화를 위한 공정 확립

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술						√	√	√		
②의 기술							√	√		
③의 기술						√		√		
④의 기술							√	√		

* 각 해당란에 √ 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	수입 단백질 단미사료 대체를 통해 농장의 사육비 절감
②의 기술	동애등에 함유 양돈 및 양계사료 개발을 통해 반려견 사료 제품으로 응용 가능
③의 기술	동애등에 함유 양돈 및 양계사료의 기능성 검증을 통해 다양한 건강기능성 제품소재 개발 가능
④의 기술	동애등에 사육 및 사료화를 위한 공정 확립을 통해 대량생산 및 전처리 기술 확보

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 (타연구활용등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	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	논 문 평 균 I F							
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	10				10		10	10		20				4	20		10				
최종목표	7	3			3		6	71,200		12		8	2	4	6		5				
연구기간내 달성실적	6				2		6	216.9		2		12	3		9		18		1		
연구종료후 성과창출 계획		2						69,300		7											

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⁾			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오	
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	√		
	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	√		
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	√		
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	√		
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	√		
	부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	√	
		12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	√	
13		저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	√		
부당한 중복 계재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	√		
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	√		
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2023.12. 29.

기관명 : 제주대학교

점검자 : 천지연

천지연

농림식품기술기획평가원장 귀하

연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오	
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	√		
	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	√		
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	√		
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	√		
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	√		
	부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	√	
		12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	√	
13		저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	√		
부당한 중복 계재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	√		
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	√		
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2023. 12. 29.

기관명 : 충북대학교

점검자 : 조진호



농림식품기술기획평가원장 귀하

연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	√	
변조	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	√	
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√	
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√	
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√	
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√	
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	√	
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√	
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	√	
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	√	
부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	√	
	12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	√	
	13	저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	√	
부당한 중복 게재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	√	
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	√	
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√	

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2023. 12. 29.

기관명 : (주) 체리부로

점검자 : 이 병 곤  (서명)

농림식품기술기획평가원장 귀하

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오	
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	√		
변조	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	√		
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	√		
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	√		
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	√		
	부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	√	
		12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	√	
13		저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	√		
부당한 중복 게재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	√		
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	√		
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2023. 12. 29.

기관명 : 한국식품연구원

점검자 : 최운상



농림식품기술기획평가원장 귀하

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

연구진실성 관련 연구부정행위 예방을 위한 확인서

※ 주관·공동·위탁과제별로 연구책임자가 자체 점검 후 작성·제출

구분	번호	내용	예	아니오	
위조	1	연구 수행 전과정에서 존재하지 않는 데이터 또는 결과 등을 거짓으로 만들거나 기록한 사실이 없는가?	√		
	2	연구수행 과정에서 데이터 또는 결과 등을 임의적으로 사실과 다르게 변형, 삭제, 왜곡하여 기록한 사실이 없는가?	√		
표절	3	이미 발표된 타인의 독창적인 아이디어나 연구성과물을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	4	일반적 지식이 아닌 타인의 독창적인 개념, 용어, 문장, 표현, 그림, 표, 사진, 영상, 데이터 등을 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	5	타인의 연구성과물을 그대로 쓰지 않고 풀어쓰기(paraphrasing) 또는 요약(summarizing)을 하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	6	외국어 논문이나 저서를 번역하여 활용하면서 출처를 정확하게 표기하였는가?	√		
	7	2차 문헌을 활용하면서 재인용 표기를 하지 않고 직접 원문을 본 것처럼 1차 문헌에 대해서만 출처를 표기한 적이 없는가?	√		
	8	출처 표기를 제대로 했으나, 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		
	9	타인의 저작물을 여러 번 인용한 경우 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처를 표기하였는가?	√		
	10	타인의 저작물을 직접 인용 할 경우, 적절한 인용 표기를 했는가?	√		
	부당한 저자 표기	11	연구에 지적 기여를 한 연구자에게 저자의 자격을 부여하였는가?	√	
		12	연구에 지적 기여를 하지 않은 연구자에게는 저자의 자격을 제외하였는가?	√	
13		저자들의 표기 순서와 연구 기여도가 일치하는가?	√		
부당한 중복 게재	14	자신의 이전 저작물을 활용하면서 적절한 출처 표기를 하였는가?	√		
	15	자신의 이전 저작물을 여러 번 활용하면서 모든 인용 부분들에 대해 정확하게 출처 표기를 하였는가?	√		
	16	자신의 이전 저작물을 활용하면서 출처 표기를 제대로 했으나 인용된 양 또는 질이 해당 학문 분야에서 인정하는 범위 이내 라고 확신할 수 있는가?	√		

점검결과를 위와 같이 연구윤리 위반 사항이 없음을 확인하며, 위반사실이 확인될 경우 「국가연구개발혁신법」 제32조1항에 따라 참여제한, 연구비 환수 등 처분을 받게 됨을 인지하고 아래와 같이 서명합니다.

2023.12. 29.

기관명 : (주)인성산업

점검자 : 김태원 (서명)



농림식품기술기획평가원장 귀하

[뒷면지]

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 2025축산현안대응산업화기술개발사업 동태등에 등 곤충을 활용한 고단백질 사료 개발연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원전문기관)에서 시행한 2025축산현안대응산업화기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.