

121045-2

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 발간등록번호(O)
유용농생명자원산업화기술개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004381-01

유용곤충 동애등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발

2023.06.10.

주관연구기관 / 농업회사법인(주)동의보감
협동연구기관 / 군산대학교 산학협력단

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

유용곤충 동애등에 소재 개발
민물장어용 기능성 사료 개발

2022

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “유용곤충 동애등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발”(개발기간 : 2021. 4. ~ 2023.12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 06. 10.

주관연구기관명 : 농업회사법인(주)동의보감 (대표자) 박수련 (인)
협동연구기관명 : 군산대학교 산학협력단 (대표자) 장민석 (인)



주관연구책임자 : 박수련
협동연구책임자 : 한현섭

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

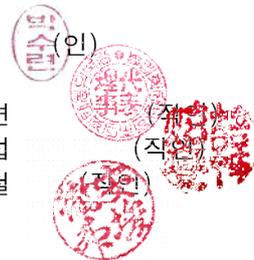
최종보고서				보안등급						
				일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]						
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명	사업명		유용농생명자원사업화기술개발사업			
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		유용농생명자원사업화기술개발사업			
공고번호		제 농축 2021-24		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)						
				연구개발과제번호		121045-2				
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0306	30%	2순위 LB1306	40%	3순위 LB1303	30%			
	농림식품과학기술분류	1순위 RA0306	30%	2순위 CA0105	40%	3순위 CA0199	30%			
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	유용곤충 동애등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발							
		영문	Development of functional feed for eel, a material for useful insects.							
연구개발과제명		국문	유용곤충 동애등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발							
		영문	Development of functional feed for eel, a material for useful insects.							
주관연구개발기관		기관명	농업회사법인(주)동의보감		사업자등록번호	551-86-01419				
		주소	(57007)전남 영광군 흥농읍 칠곡리 901-2-5		법인등록번호	200111-0553391				
연구책임자		성명	박수련		직위	대표이사				
		연락처	직장전화	061.872.8888		휴대전화				
			전자우편	hds3388@daum.net		국가연구자번호				
연구개발기간		전체	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)							
		단계 (해당 시 작성)	1단계	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31(9개월)						
			1단계	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31(12개월)						
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비	그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타()				합계	연구개발 비외 지원금	
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		394,000	-	66,750	-	-	-	394,000	66,750	459,750
1단계	1년차	169,000	-	28,000	-	-	-	169,000	28,000	197,000
	2년차	225,000	-	37,750	-	-	-	225,000	37,750	262,750
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고 역할		기관유형	
공동연구개발기관		군산대학교 산학협력단	한현섭	교수			공동	대학		
위탁연구개발기관		(주)코팩스	안준철	연구소장			위탁	기타		
연구개발기관 외 기관										
연구개발담당자 실무담당자		성명	김정우		직위	연구소장				
		연락처	직장전화	061.872.8888		휴대전화				
			전자우편	kjungw631024@hanmail.net		국가연구자번호				

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

2023년 2월 6일

연구책임자: 박수련 (인)

주관연구개발기관의 장: 박수련
 공동연구개발기관의 장: 한현섭
 위탁연구개발기관의 장: 안준철



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명	유용농생명자원산업화기술개발사업				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)							
내역사업명 (해당 시 작성)	유용농생명자원산업화기술개발사업				연구개발과제번호		121045-2					
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0306	30%	2순위 LB1306	40%	3순위 LB1303		30%				
	농림식품 과학기술분류	1순위 RA0306	30%	2순위 CA0105	40%	3순위 CA0199		30%				
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	유용곤충 동애 등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발											
연구개발과제명	유용곤충 동애 등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발											
전체 연구개발기간	2021.04.01. ~ 2022. 12. 31(1년9개월)											
총 연구개발비	총 459,750천원 (정부지원연구개발비:394,000천원, 기관부담연구개발비 :65,750천원)											
연구개발단계	기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준(3) 종료시점 목표(8)						
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)												
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)												
연구개발 목표 및 내용	최종 목표		<ul style="list-style-type: none"> ◦ 동애 등에 유용곤충 분말 및 오일을 활용한 민물장어용 기능성 사료 개발 ◦ 기능성(면역강화)이 배가된 상용 민물장어용 고효율 사료개발 									
	전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> ◦ 동애 등에 대량생산공정 개선을 통한 생산성 증대 기술개발 ◦ 동애 등에 분말 및 오일을 활용한 현장 보급형 민물장어용 기능성 사료 개발 									
	1단계 (해당 시 작성)	목표	◦ 동애 등에 활용 기능성 민물장어 사료 개발									
		내용	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 동애 등에 대량 생산기술과 분말 및 오일을 활용한 민물장어용 기능성 사료 개발 ◦ 기능성 물질 분석을 통한 현장 보급형 민물장어용 고효율 사료 개발 									
	n단계 (해당 시 작성)	목표										
내용												
연구개발성과	동애등을 이용한 기능성 장어사료 개발(제품명: 에너지 파~워 골드)											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	기존 장어사료의 주원료인 어분의 대체성분으로 동애 등에 단백질과 오일을 첨가된 기능성 장어사료를 개발함, 2023년 2월 말 제품 출시하여 전국 양어장에 공급할 계획임											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	비공개: 특허 출원 중에 있으며, 동애등을 이용한 장어사료의 현장실험 후 육질의 차이를 분석중에 있으며, (주) 동의보감과 (주) 코팩스에서 기술보유 중임											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
		1						생명 정보	생물 자원			정보
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장 소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	동애 등에		곤충		극동산 민물장어		동애 등에 유충 단백분		동애 등에 유충 기름			
영문핵심어 (5개 이내)	Black soldier fly		Insect		Anguilla japonica		Black soldier larvae meal		Black soldier larvae oil			

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	5
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	12
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	28
4. 목표 미달 시 원인분석	64
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여	65
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	66
<별첨 1> 자체평가의견서	
<별첨 2> 연구성과 활용계획서	

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발의 일반현황

국제 곡물가 급등, 전 세계적으로 해양오염, 어종 고갈 등에 따른 어획량 감소와 탄소중립의 실현을 위한 단백질원을 대체 사료화 할 수 있는 자원 개발 필요함

□ 식량자원의 생산한계(가뭄 등 기후환경악화와 사막화 등 생산면적 감소)와 세계 곡물 소비량 증가(바이오에너지, 가축사료, 인구증가 등)에 따라 생물자원 효율적 활용방안 필요성 대두

- 2020년도 세계 곡물 소비량 27억 톤(전년대비 2.2% 증가)
 - 2050년 곡물 생산량(예정) 33억 톤 → 예상 수요량 46억 톤(13억톤 수급불균형)
 - ※ 바이오디젤 의무혼합 보급 확산에 따라 바이오에탄올 생산량 증가 : 244억 리터(2001년) → 1,285억 리터(2020년)

□ 국제 곡물가 급등(기상이변, 바이오연료, 유가 상승에 따른 물류비 증가, 중국 축산산업 확장 등)으로 인한 사료비 증가는 국내 축산업 경쟁력에 직접적인 영향을 미치고 있음

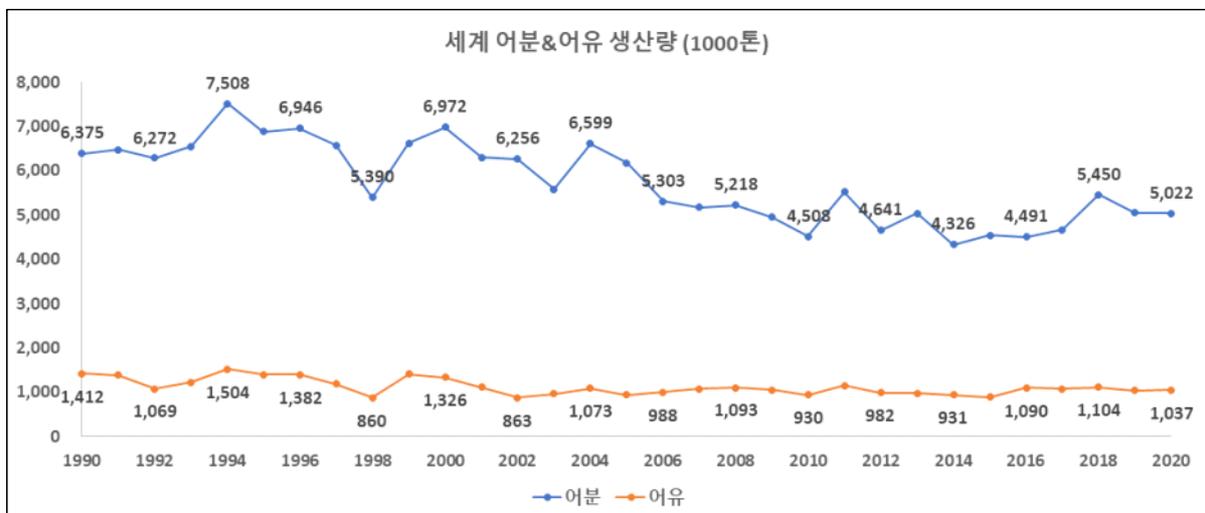
- 2000년대 중반 이후 바이오에탄올 생산, 기상악화(가뭄) 등으로 사료의 주원료인 옥수수 수입 가격 급등
 - 옥수수(시카고선물거래가격) : 84달러/톤(2006년 1월) → 194달러/톤(2021년 1월)
 - ※ 국내 옥수수 수입량 1,166만 톤(2020년) 중 77%인 898만 톤이 사료로 사용

○ 개혁개방 이후 중국 경제의 고속 성장으로 주민들의 소득수준이 높아지면서 소비탄력성이 높은 축산물의 소비가 빠르게 증가하고 있는 추세

- 최근 10년간 중국 축산물은 12% 증가 : 2020년 주요 축산물 소비량은 돼지고기 5,567만 톤(2010년 5,144만톤 대비 8% 증가), 쇠고기 783만 톤(2010년 624만톤 대비 25% 증가), 가금육 1,981만 톤(2010년 1,676만톤 대비 18% 증가) 소비됨

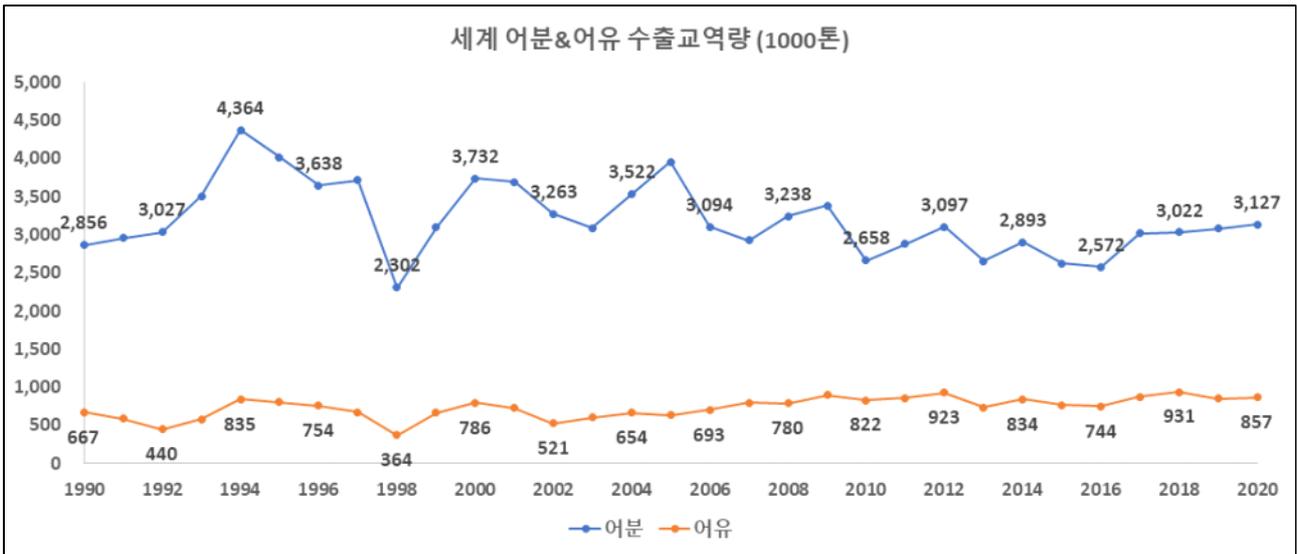
○ 세계 어분 및 어유 생산량은 어획량 감소에 따라 1990년대 중반 최고 생산을 기록한 이후 전반적으로 감소 추세를 보임

- 세계 어분 생산량은 1994년 최대 생산 이후 2020년 502.2만톤으로 33.1% 감소
- 세계 어유 생산량은 1994년 최대 생산 이후 2020년 103.7만톤으로 31.1% 감소



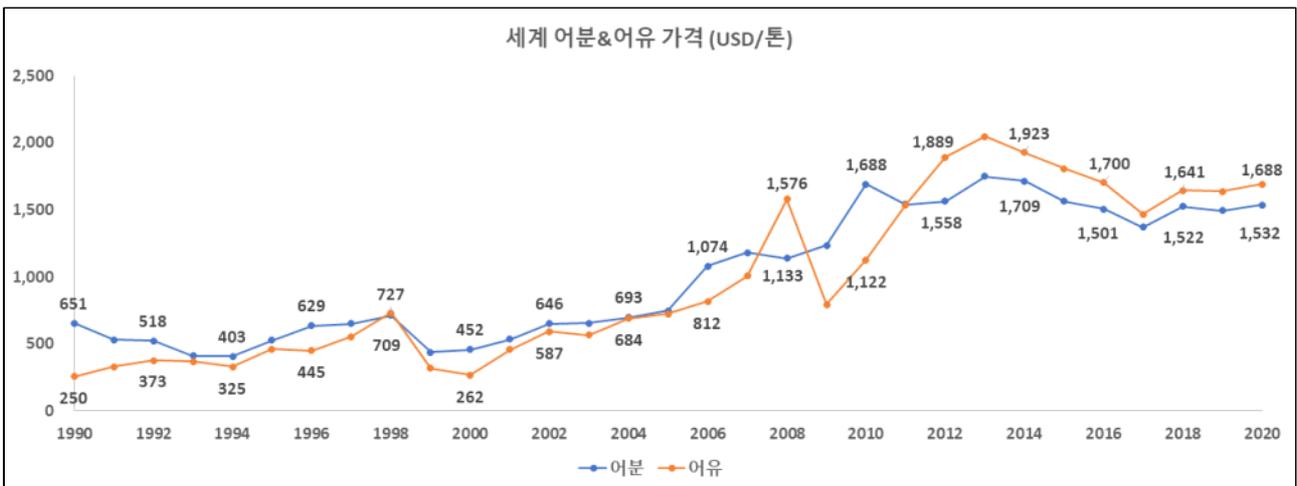
[세계 어분 및 어유 생산량 (OECD-FAO, 2019)]

- 자국 소비 확대에 따른 국가별 수출교역량 감소
 - 세계 어분 수출교역량은 1994년 최대 교역 이후 2020년 312.7만톤으로 28.3% 감소
 - 세계 어유 수출교역량은 2020년 857만톤으로 2010년 이후 700만톤 이상 유지



[세계 어분 및 어유 수출교역량 (OECD-FAO, 2019)]

- 환경변화와 남획 등으로 인한 어획량 변동이 어분 및 어유 시장가격을 높이고 있음.
 - 어분은 1994년 최대 생산 이후 매년 10.8%씩 상승(2020년 평균 1,532달러/톤)
 - 어유는 1994년 최대 생산 이후 매년 16.1%씩 상승(2020년 평균 1,688달러/톤)



[세계 어분 및 어유 가격 (OECD-FAO, 2019)]

- 곤충사육은 탄소중립을 실현할 수 있는 축산으로 동물성 단백질원 중 유일하게 질병 (BSE, AI, 콜레라 등)을 전이하지 않고 단백질 함량이 높은 안전성과 영양성이 보장된 원료로서, 지방함량이 많아 이취 등의 문제 발생하기 쉬운 어분을 대체 할 수 있는 자원으로 부각되고 있음

2) 지역소재 곤충기업 증가 추세로 이에 대한 체계적인 산업화 지원 필요

- 2019년 전라남도 곤충사육농가 수는 196농가로 2017년 157농가 대비 25%(39농가) 증가하였음(특화분야 : 화분매개(경북), 식·의약·사료(경남), 천적(경기), 학습·애완(대전))
- 지역곤충자원산업화 센터가 구축된 경기, 경북, 경남, 충남을 중심으로 생산기반이 집중(1,721농가, 전국대비 68%)되어 있음

[곤충기업 현황]

구 분	계	경기 (서울/ 인천)	강원	충북	충남 (대전)	경북 (대구)	경남 (부산/ 울산)	전북	전남 (광주)	제주
종사자	3,609	919	194	314	439	621	422	326	283	91
생산 농가	2,535	654	120	226	297	469	301	229	196	43

자료 : 농림축산식품부, 2019년 곤충산업 실태조사

3) 지자체의 해당산업(해당품목 중심) 육성 대책 있으나 농가생산 중심의 재정지원사업이 대부분이어서, 산업화를 위한 연구개발지원이 필요한 상황임

- 「곤충산업의 육성 및 지원에 관한 법률」 제정·시행(2010.8월)
 - (주요내용) : 종합계획수립, 실태조사, 기술개발, 사육기준, 재정지원, 종사자 신고 등
- 「전라남도 곤충산업의 육성 및 지원에 관한 조례」 제정(2014.2월)
 - (주요내용) : 지역내 곤충산업을 신성장 동력으로 육성·지원함으로써 곤충농가의 소득증대와 지역경제발전에 기여함을 목적으로 조례를 제정함
- 농식품부의 「곤충산업육성 5개년 계획(2011~2015)」 및 「2015년 곤충산업육성 시행계획」에 따라 전라북도 곤충산업육성 기본계획 수립 필요
 - (주요내용) : 곤충사육시설현대화사업 지원확대
 - 2015년부터 시행하고 있는 곤충사육시설현대화사업 지원을 확대하여 관련 산업 기반 확대(2016~2020년) 유용곤충 사육 실용화 시범사업 시행 및 정예농가 육성
 - 보조금 지원이 없어 곤충산업 진입에 어려움을 겪는 농가를 위해 시범사업을 통한 사육시설 구축 보조 지원
 - 전업규모로 곤충을 사육할 수 있는 곤충산업 선도농가를 육성하고 현재 12호에 불과한 농가를 50호까지 확대 육성(2017~2020년)
 - 곤충체험학습장 조성 : 곤충생태에 대한 이해를 도모하고 애완 학습용 곤충 유통 환경조성을 위한 살이를 테마로 하는 곤충체험학습장 3개소 조성(2017~2018년)
 - 곤충생태관 건립 : 곤충산업 홍보 및 지역 거점 역할을 할 곤충생태관 건립으로 산업화 기반 마련(2019~2020년)
 - 전문인력양성기관 지정 추진 : 곤충산업 교육 및 사육기술 보급을 위해 전라남도 고흥군농업기술원을 전문인력양성기관으로 지정신청 추진(2019년)

4) 전남 영광군 및 전북 고창군은 풍천장어를 친환경 생태 중심의 6차 산업 모델로 활용 육성

- 전북 소재 고창군은 전체가 2013년 유네스코 생물권보전지역으로 지정되어 풍천장어를 중심으로 친환경 생태 중심의 6차 산업 모델을 육성하고 있음
- 2019년 민물장어생산량은 10,942톤으로 전라남도는 영광을 중심으로 6,605톤을 생산하고 있음(전국 대비 60.4%)

※ 풍천장어 : 전국 최초로 순수한 해수를 이용하여 고창갯벌 풍천장어 양식에 성공하여 보급하고 있음 (「고창갯벌풍천장어」 상표 등록)

[전국 및 전남 민물장어 양식 현황]

구분	전국	전남	비율
양식장 수(개소)	509	295	57.9
생산량(톤)	10,942	6,620	60.5
생산금액(억 원)	3,321	1,988	59.9

자료 : 통계청, 2019년 어업생산동향조사

- 2020년 전라남도는 전국 어류용 배합사료 생산량(167,961톤)의 약 16%(26,214톤)를 차지하며, 특히 전국 민물장어 배합사료 생산량(37,452톤)의 약 70%(26,136톤)을 차지하여 산업화 시 그 파급효과가 큼

[배합사료 생산 현황]

(단위 : 톤)

구분	전국	부산	인천	충남	전북	전남	경북	경남	제주
어류용 배합사료	167,961	558	15,221	40,484	37,953	26,214	3,054	37,478	7,999
민물장어 배합사료	37,452	0	44	614	6,152	26,136	0	2,641	1,865

자료 : 농림축산식품부, 2020년 배합사료 생산 및 가격 통계

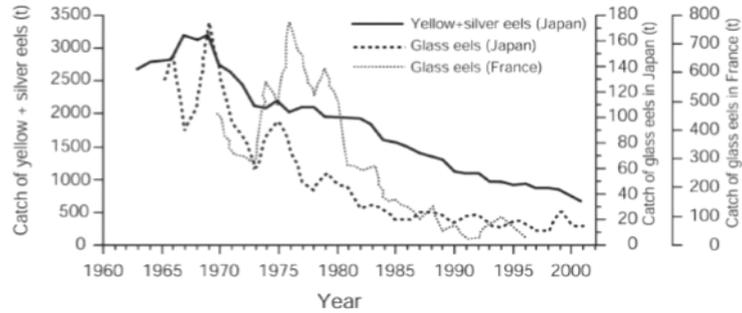
5) 민물장어 양식의 현황 및 문제점

- 국내 민물장어 양식은 1980년대 들어 국민소득 증가와 함께 양질의 고단백에 대한 수요증가로 비약적인 발전을 이루었으며, 2000년대 들어서는 고밀도 순환여과시스템의 도입과 함께 장비, 시설운영 등 주변기술의 발전과 더불어 국내 민물장어 양식기술은 세계적 수준에 이르고 있음.
- 현재 우리나라 민물장어 양어장은 532개소 (수면적 1995천 m²)로 1.1만톤의 생산규모와 생산금액이 약 3,321억원에 이르러 담수어 총생산량의 31.0%, 생산금액의 68.5%에 이르는 주요 내수면 양식업임.



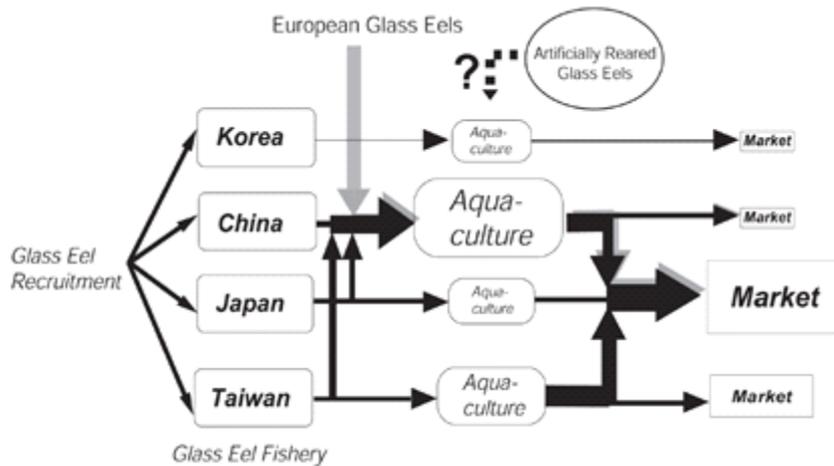
[국내 민물장어 생산량 및 생산금액의 변화 (통계청, 2019)]

- 이러한 민물장어 양식에 필요한 민물장어 종묘는 연간 대략 40~50톤 정도가 필요하지만 우리나라에서 채포되는 양식용 실민물장어는 2013년 1.0톤, 2014년 5.5톤, 2015년 5.4톤, 2016년 2.5톤, 2017년 2.7톤, 2018년 1.0톤 정도이며, 나머지는 중국, 대만 등에서 수입하고 있음. 하지만, 전 세계적으로 채포되는 극동산 장어를 포함한 온대성 민물장어 종묘 개체수는 추세적으로 급감하고 있음.



[유럽산, 북미산 및 극동산 장어 치어체포 현황 (Tsukamoto et al., 2009)]

- 민물장어 양식 및 소비는 주로 동아시아 4개국 (한국, 중국, 일본 및 대만)이며, 그 중 소비의 약 80%는 일본에서 생산의 약 70%는 중국에서 각각 이루어지고 있음. 한국의 경우는 70, 80년대까지는 일본으로 치어종묘 혹은 중간어로 수출이 주로 이루어졌지만, 현재는 자체 양식량을 넘어서는 소비량을 보이고 있음.



[동아시아 민물장어 생산 및 거래현황 (Tsukamoto, 2009)]

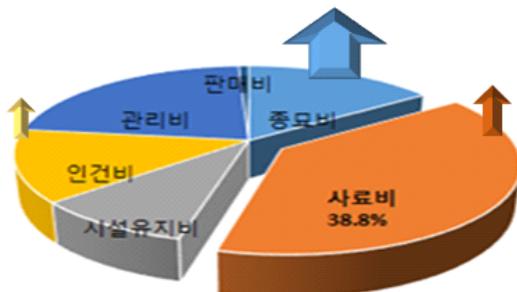
- 민물장어 인공종묘 생산은 1970년대 일본을 시작으로 2016년 국내에서도 성공한 바 있지만, 여전히 시험생산에 그치고 상업적 규모의 인공종묘 대량생산기술이 현재까지 개발되지 못하고 있음.
- 수급 불균형인 극동산 민물장어 종묘자원을 대체하고 양만사업의 지속적인 발전을 위해 자원이 풍부한 국가 혹은 지역의 극동산 민물장어 이외의 민물장어 양식이 대안이 되고 있음. 그 점에서, 우리나라, 일본 및 중국에서는 유럽산 (*A. anguilla*), 북미산 (*A. rostrata*)의 극동산 장어와 동일한 온대성 장어종의 수입 양식이 이루어지기는 하였지만, 이들 중 역시 CITES (멸종위기에 처한 야생동식물의 국제교역에 관한 협약) 보호종을 국제간 거래가 금지되기도 하였지만, 극동산 장어와 달리 양식 관련 기술이 확립되지 못해 어려움을 겪은 바 있음. 한편, 이종 (열대성) 민물장어는 극동산 민물장어와 달리 먹이습성과 적절한 양식조건 확립이 미진하여 양식어가의 선호도가 낮고 실제로 생산성이 매우 저조함

[2004~2014년 동남아시아 민물장어 종묘 입식현황]

Country /area	Species/ Year	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14
Japan	Total	18.8	29.2	25.1	21.7	29.0	19.9	21.8	16.3	13.9	29.6
	Japanese eel	18.8	29.2	25.1	21.7	28.9	19.9	21.8	15.9	12.6	27.0
	Other species	0.02	0.03	0.0	0.0	0.14	0.03	0.01	0.43	1.3	2.6
Mainland China	Total	94.0	112.5	117.0	83.5	57.8	43.6	41.5	22.5	27.0	70.0
	Japanese eel	42.0	30.0	75.0	26.0	9.0	26.5	10.5	8.0	7.0	45.0
	Other species	52.0	82.5	42.0	57.5	48.8	17.1	31.0	14.5	20.0	25.0
	European eel (Unagi net)	100.0	50.0	60.0	40.0	10.0	15.0	15.0	11.0	11.0	20.0
Taiwan	Total	22.3	35.1	20.5	14.3	25.0	13.1	3.8	7.7	11.5	14.0
	Japanese eel	22.3	35.1	20.5	14.3	25.0	13.1	3.8	2.2	1.5	12.5
	Other species	-	-	-	-	-	-	-	5.5	10.0	1.5
South Korea	Total	7.5	22.1	13.5	11.0	23.5	12.1	11.1	9.5	16.2	16.8
	Japanese eel	7.5	22.1	13.5	11.0	22.0	10.6	9.5	3.6	3.0	13.9
	Other species	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	1.6	6.0	13.1	2.9

Source: Joint Statement and Unagi net (grey shading, use for mainland China A. anguilla production estimates in Table 8)

- 추세적으로 비싸지는 종묘 가격과 사료비, 인건비 등 제반 양식 비용이 상승되고 있음. 이를 위해 사양효율 (증체율, 사료효율 등)의 극대화, 어분저감을 위한 대체 단백질 및 어유 대체 곤충유 개발을 통한 사료가격의 절감, 액체산소, 약품비 등 관리비용의 절감 및 인건비 절감 등의 양식비용의 개선과 효율의 극대화 필요성이 요구되고 있음.



- 사양효율 (증체율, 사료효율 등) ↑
- 저가 사료 (어분 저감) 개발 ↑
- 폐사율 ↓
- 관리비용 (액체산소, 약품비, 기타 비용 등) ↓
- 인건비 ↓

[국내 민물장어 현황 및 개선 요구사항 (코팩스, 2020)]

- 특히, 민물장어 사료의 주단백질 원료로 사용되고 있는 어분이 대부분 수입에 의존하기 때문에 사료 원가 상승을 초래하므로, 사료 내 어분함량 감소를 통한 가격원가 경쟁력을 확보하지 않으면 치어가격의 추세적 상승과 함께 양식 생산가격의 지속적인 상승을 감내하기가 어려울 수 있음.
- 따라서, 국내 양식업의 지속가능한 발전을 위해서는 민물장어 배합사료 내 어분 사용량을 줄이기 위한 안정적인 어분 및 어유 대체원을 찾는 것이 선결 과제임.
- 6) 곤충 소재 양어용 사료 개발 연구 현황
 - 국립농업과학원에서는 2016년 곤충을 이용한 양식어류용 사료원료 개발과 관련된 연구를 진행한 바 있고, 국립수산물과학원은 2019년 양식 광어용 친환경 곤충배합사료를 개발하였다고 보고함.
 - 다양한 어종을 대상으로 사료 내 어분을 동애등으로 대체하는 연구가 최근 다수 수행되었음.
 - 동애등에 분말은 세계적으로 불안정한 어분 공급을 대체할 수 있는 지속 가능한 친환경 단백질원으로 인정받고 있음. 또한 어체 조직 세포 또는 혈장의 지질이 침착되는 것을 감소시켜서 어체의 건강을

향상시키는 것으로 보고됨.

- 동애등에 오일은 양식어류의 성장 및 항산화기능을 향상시키고, 체내 염증을 감소시키는 것으로 보고됨. 또한, 면역물질인 라우릭산 뿐만 아니라, DHA, palmitic acid을 향상시켜서 면역력과 육질을 향상시키는 것으로 보고됨.

곤충 소재	양식어종	연구 내용	참고문헌
동애등애 분말	유럽농어 (European seabass)	어분 부분대체 가능	Magalhães et al., 2017
		어분 부분대체 가능	Abdel-Tawwab et al., 2020
	대서양연어 (Atlantic salmon)	어분 부분대체 가능	Fisher et al., 2020
		어분 대체 가능	Belghit et al., 2019
		어분 대체 가능, 장 세포 지질 침착 감소	Li et al., 2020
	등목어 (Climbing perch)	어분 대체 가능	Vongvichith et al., 2020
	터봇 (Turbot)	어분 부분대체 가능	Kroeckel et al., 2012
일본농어 (Japanese seabass)	어분 대체 가능, 사료섭취 증가, 혈중 지질 침착 감소	Wang et al., 2019	
잉어 (Jian carp)	어분 부분대체 가능, 복강 내 조직의 지질 침착 감소	Li et al., 2016	
흰다리새우 (White shrimp)	어분 부분대체 가능	Cummins et al., 2017	
동애등애 오일	유럽잉어 (Mirror carp)	갈색거저리유보다 우수함, 복강 내 조직의 지질 침착 감소, 면역력 강화, 성장 향상	Xu et al., 2020
		성장, 항산화기능 및 면역력 향상	Xu et al., 2021
	무지개송어 (Rainbow trout)	어유 대체 가능, 염증 감소 및 면역력 향상	Kumar et al., 2021
	틸라피아 (Red hybrid tilapia)	어유 부분대체 가능, lauric acid 및 palmitic acid, DHA 지방산 향상	Bakar et al., 2021

- 갈색거저리와 메뚜기는 고밀도로 사육이 가능하며, 세대 주기가 다른 곤충에 비해 짧아 대량생산에 적합한 종으로 평가받고 있음. 또한 부작용 없이 어분을 대체할 수 있고, 혈중 콜레스테롤 감소, 항산화효소 활성화 및 질병에 대한 저항력을 향상시키는 것으로 나타남.

곤충 소재	양식어종	연구 내용	참고문헌
갈색거저리 분말	참돔 (Red seabream)	어분대체 가능, 질병저항성 향상	Ido et al., 2019
	쏘가리 (Mandarin fish)	어분 부분대체 가능, 혈중 콜레스테롤 감소, 사료효율 향상	Sankian et al., 2018
	무지개송어 (Rainbow trout)	어분 부분대체 가능, 항산화 장효소 활성화, 지질 과산화 감소	Henry et al., 2018
		어분대체 가능, 단백질 효율 향상	Rema et al., 2019
흰다리새우 (White shrimp)	어분 부분대체 가능, 질병저항성 향상	Motte et al., 2019	
메뚜기 분말	아프리카메기 (African catfish)	어분 부분대체 가능, 단백질 및 지질 소화율 향상	Alegbeleye et al., 2011
		어분 부분대체 가능	Olaleye et al., 2015
	로후 (Rohu)	어분 부분대체 가능	Gosh and Mandal, 2019
	나일틸라피아 (Nile tilapia)	어분 부분대체 가능	Okoye and Nnaji, 2005

- 다양한 어종에 대하여 곤충사료의 적용 가능성이 확인되고 있음에도 불구하고, 민물장어를 대상으로 한 동애등애의 사료 이용성 연구는 국내외 모두 전무함.
- 따라서, 본 과제를 통해 민물장어 사료 내 어분 대체 가능성을 타진하여 동애등애를 활용한 민물장어용 기능성 사료를 개발하고자 함.

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용

1) 원가 절감 및 영양분 함량개선 먹이원 개발, 안전성확보, 대량생산공정, 산란율 개선, 저장성확보 기술 개발

○ 유용곤충인 동애등에(*Hermetia illucens* L.)는 대량사육 과정에서 먹이원으로 음식물 부산물 및 가축 종합사료를 혼합하여 주로 사용하고 있다. 현재 동애등에 사육에서 음식물 부산물만을 급여하여 하루에 10톤/일에서 25톤/일 정도 동애등에를 대량생산하는데 사용하고 있다. 하지만 음식물 부산물 분말 만을 사용하였을 때 다른 동물의 예로 돼지 사료를 급여하였을 때와 성장속도 및 단백질 함유량 등 확연한 차이를 보이고 있어 먹이원에 대한 첨가대체 먹이원의 개발이 중요한 상황으로 부각되고 있는 실정이다. 현재 조사되고 있는 부산물을 크게 분류하면 농업용, 해양용, 축산용, 식품용 부산물 등이 조사되고 있으며 이들을 세부적으로 분류하면 탄수화물 기반, 지방 기반, 단백질 기반 등의 먹이원으로 구분할 수가 있다. 가장 큰 문제점은 먹이원이나 사육과정에서 발생하는 악취문제가 주변 사육장의 민간에서 민원이 발생하는 일이 빈번하다는 점이다.

○ 상기의 동애등에 사육에서 음식물 부산물에 대한 연구도 체계적으로 이루어져 있지 않고 여러 가지 농업 부산물을 첨가하여 성장율과 번식률 및 유충에서 포함되는 여러 유효성분의 함량을 높이거나 또한 조성을 변형시키는 연구는 전혀 되어 있지 않다. 따라서 여러 가지 농업 부산물(버섯부산물, 농산물 부산물 등)을 활용하여 먹이원을 모색할 필요성이 있었으며, 부산물의 선별과 이를 통하여 농산물 부산물인 미강, 전분박, 깻묵, 커피박을 최종적으로 설정하여 이들의 유효성을 검증하고자 하였다.

○이들 먹이원의 선택한 이유는 타 부산물에 비하여 단백질의 함량이 높고 동애등에의 섭식 및 성장률에 있어 문제가 없어야 되며 성충의 산란율에 영향을 미치지 않는 먹이원의 선별이 중요하다고 판단했기 때문이다. 이런 먹이원으로 인하여 동애등에의 단백질 함량의 변화 및 유효 성분변화를 초래하며 성장과 질병에 대한 면역력의 문제를 해결하고자 하였다.

○장어사료의 개발에서 동애등에 유충으로 부터 얻어지는 유효물질은 단백질성분과 오일이다. 이 중에서 유충에 포함된 오일에서는 불포화지방산인 올레산(Oleic acid)이 많이 함유되어 있으며 특별히 항균활성을 가진 라우릭산(lauric acid), DHA, plamitic acid 등이 먹이원을 무엇이나에 따라서 오일성분의 함유량이 달리 나타남을 확인하고자 이들 먹이원의 다양한 선택이 중요한 요인으로 작용할 수 있다고 판단되었다.

○본 연구는 기존 음식물 부산물을 기본으로 여러 먹이원의 선별과 이들 먹이원에 대한 영양소 분석과 단독 및 혼합 급여 및 면역물질의 증강을 위해 유산균을 첨가하여 사육 시 동애등에의 지표물질의 변화 양상 및 생장율을 분석하여 이를 토대로 먹이원의 선정하고자 한다.

○따라서 본 연구에서는 액상 음식물 부산물과 혼합하여 미강, 전분박, 깻묵, 커피박 등을 농업 1차 부산물을 선정하고 이를 혼합하는 사료를 만들어 동애등에 유충 사육에 적용함으로써 선호도, 기호성, 섭취량 그리고 유충으로 유효성분(유리지방산의 함유량 변화)등을 조사하여 동애등에 먹이원으로 활용이 가능한지 연구하였다.

(1) 음식물 부산물 대체 먹이원 선별

동애등에 사육에서 가장 단가가 저렴한 경우는 음식물 부산물을 이용하는 경우이다. 이 경우에 음식물 부산물(Fig. 1)이나 사육과정에서 발생하는 암모니아류 악취가 사육장 주위의 민원 발생의 원인이다. 일반적인 음식물 부산물을 이용한 사육에서 다른 농산 부산물의 개발은 동애등에의 사육 시 성장률 향상과 유충에서 유효 함유성분을 개선하고자 하였다. 조사된 부산물 중에서 농업용, 해양용, 축산용, 식품용 부산물 등이 조사하여 이 중에서 단가에서 가장 저렴한 농업용을 선택하였다. 먼저 음식물 부산물의 함량을 분

석하고 이를 기반으로 다른 농업 부산물을 첨가하는 형태로 세부적으로 탄수화물 기반, 지방 기반, 단백질 기반 등의 먹이원으로 구분하였다. 이 중에서 가장 먼저 미강, 전분박, 콘껍, 프로스타, 편백톱밥 등을 사료 첨가제로 사용이 가능 여부 및 성장률, 폐사율, 함유 성분분석 하고자 하였다(Fig. 2).



Fig 1. Common food by-products when breeding black soldier flies



Fig 2. Selecting an alternative food source for Black soldier fly

(2) 대체 먹이원에 대한 영양분 분석

먼저 액상 음식물 부산물(대조군)과 실험군으로 미강, 전분박, 콘껍, 프로스타, 편백톱밥 100g에 각 30마리 1 ~ 2령을 사육하였다. 사육 후 7일후와 14일 후에 각각의 성장률(길이, 무게)과 생존율을 측정하고 분석을 위하여 최종적으로 먹이원에 대한 영양소 분석을 하였으며, 1 ~ 2령을 접종 후 14일(우화 후 20 일경) 후 20마리를 냉동하여 일반적인 성분분석과 유효성분(유리 지방산) 의뢰하였다.

일반적인 동애등에 먹이원 인 음식물 부산물은 가격이 저렴하고 쉽게 구할 수 있는 먹이원이다. 그러나 이들의 안전성이 확보되지 않으며 먹이원으로 의미가 없으므로 이들의 영양원 분석 및 중금속, 독성물질(아플라톡신 계열) 및 살로렐라 균의 함유 여부를 분석하였다

(3) 선발 대체 먹이원 단독 급여 시 지표물질 변화 및 성장상 분석

본 연구는 일반적인 사육방식을 유지하면서 다른 먹이원의 개발과 또한 선발된 먹이원으로 사육 시 유충에서 성장성과 유효성분의 증가를 평가하고자 한다.

일반적인 동애등에 음식물 부산물의 사육에서 장어먹이 사료로 쓰고자 하는 동애등에 최종령(약 우화 후 20일령)에서 성장성(길이, 무게)을 측정하고 14일 사육 후 유충을 일반적인 성분과 유효성분(유리지방산 함량, 라우릭산, DHA, plamitic acid)을 비교 분석 하였다.

본 연구 결과 콘껍, 프로스타 그리고 편백톱밥은 성장과 생존에서 일반적인 음식물 부산물에 비하여 성장을 하지 않거나 전체 폐사하여, 실험의 진행이 어려운 군(콘껍, 프로스타, 편백톱밥)은 일반적인 영양소 분석과 유충의 성분분석을 시행하지 않았다. 동애등에는 유리지방산이 풍부한 곤충으로 각각의 먹이원에 대하여 유리지방산 함량과 그리고 포화 및 불포화 지방산의 함량을 분석하였다.

(4) 음식물 부산물과 대체 먹이원 혼합 급여 시 지표물질 변화 및 성장상 분석

음식물 부산물을 동애등에 사료로 사용할 시는 처리비용이 15만원/ 톤당 수익이 발생한다. 사료공급 시음식물 부산물은 액상 상태이고, 수분 증발이 없는 잇점이 있다. 그러나 사육장에서 유충의 탈출을 억제하기 위해 가장자리에 밀기울(소맥피)을 뿌려 주고 있다. 따라서 상기 다른 먹이원의 단독 실험결과를 토대로 음식물부산물과 혼합부산물을 1:1의 사육 시 성장률과 유효성분의 변화를 알아보려고 하였다. 일반적인 사육방식에서 음식물 부산물에 밀기울을 가장자리에 덮어서 사육하는 방식을 취하였으므로 유충의 탈출을 막고자 음식물 부산물과 첨가 부산물 상층에 덮어서 사육하는 방식을 취하였다(사진 3). 사육 후 실험결과는 7일 과 14일 후 성장률과 폐사율을 측정하였으며, 14일 후에 성분분석을 의뢰하였다. 또한 대조군과 혼합 급여 성장 후 유충의 일반적인 성분과 중금속의 함유여부 및 유효성분(유리지방산)을 분석의뢰 하였다.



Fig. 3. mixed feeding experiment

(5) 혼합 먹이원에 유용 미생물[유산균(*Lactobacillus acidophilus* 와 *Lactobacillus plantarum*) 혼합 급여 시] 첨가 시 성장률 및 생존율 연구

아메리카 동애등에 장내 미생물인 *Morganella morganii*, *Providencia rettgeri*, *Bacillus halodurans* 는 항생제 내성 amylase, cellulase, protease 등 식품 또는 질병억제 미생물로 활용 가능(안동대, 2014). 톱하늘소 장내 미생물인 *Burkholderia* 균주는 lipase 효소생산 능력 우수, 유기용매에 안정하고 내열성과 넓은 기질 특이성을 가졌으며(한국생명공학연구원, 2007) 곤충장 내 내부공생자들은 곤충의 소화기관 근처에서 흔히 발견되고, 널리 알려진 일반적인 내부 공생자들은 기주가 되는 곤충의 소화와 영양에 있어 중요한 역할을 하는 (Genta 등, 2006) 것으로 알려져 있다. 이들을 활용하거나 이미 알려져 있는 미생물을 활용하여 소화 효율을 높여 생산일수를 단축하는 방안 연구가 필요하다.

따라서 상기 목적을 달성하기 위하여 음식물 부산물에 음성과 양성 대조군을 설정하고 4가지 사료 첨가물(미강, 전분박, 깻묵, 커피박) 각 1kg 과 음식물 부산물 1kg를 잘 혼합하고 이를 다시 1kg씩 분주 후 각각에 2가지 유산균 *Lactobacillus acidophilus* 와 *Lactobacillus plantarum*를 각 500 g 씩 첨가하여 배양통에 100g 씩 분주하여 동애등에 유충 1 ~ 2령(길이 0.5 ~ 0.8cm, 무게 0.01g)을 각 60마리씩 분주하고 사육을 실시하였다. 각각에 남은 1400g의 실험군에는 유충 40g를 첨가하여 전체 배양(30℃) 사육을 실시하였다(사진 4).



실험용기 실험



사육용기 실험

Fig. 4. Mixed breeding with by-products and useful microorganisms

본 실험은 일반적인 동애등에 사육에서 음식물 부산물에 사료첨가제와 유산균(2종) 이 동애등에 성장률과 일반적인 조성물의 차이를 보고자 한다. 접종 후 7일과 14일 경과 후 성장률, 폐사율 등을 측정하였다(표 3, 4).

(6) 먹이원 조성에 따른 안전성 검사

특히 사료로 적합성을 판정하기 위해서는 유해물질(중금속, 잔류농약성분)의 함유를 분석의뢰 하였다. 장어사료로 안전성과 신뢰도를 확보하기 위해 공인인증기관(주, 현농)에 의뢰하여 총 320여 종의 잔류농약을 분석하였다.

(7) 곤충 대량생산 공정 개발

○ 유용곤충인 동애등에(*Hermetia illucens* L.)는 대량사육 과정에서 주 먹이원은 일반 가정이나 음식점에서 배출되는 음식물 부산물 주로 사용하고 있다. 음식물 부산물만을 급여하여 동애등에를 사육 할 시 하루에 10톤/일에서 25톤/일 정도 동애등에를 대량 생산되고 있으나, 단독으로 음식물 부산물을 급여하였을 때 농업부산물을 혼합 급여하였을 때 성장속도 및 단백질 함유량 등 확연한 차이를 보이고 있어 먹이원에 대한 첨가대체 먹이원의 개발이 중요한 상황으로 부각되고 있는 실정이다. 1년차 과제에서 선별된 추가부산물의 혼합 급여 시 약간의 성장률에 차이를 보였으나, 2년차 과제에서는 대량생산에 따른 현장실험 위주의 추가 부산물인 효모분과 옥수수분을 선별하여 대량생산 과정에 적용하였다(Fig. 5,6,7). 특히 중점적으로 음식물 부산물을 고려한 것은 동애등에 대량생산 시 사육장과 민가가 가까이 위치함으로써 음식물 부산물만으로 사육 시 발생하는 악취문제(암모니아 발생)가 민원으로 발생하는 일이 빈번하며, 이로 인해 사육농가와 마찰이 발생되고 심지어는 사업장을 폐쇄하는 일까지 일어나고 있는 실정이다. 또한 곤충 대량 생산 후 공정 개발을 위해 수확기, 분쇄기, 포장기 등의 단계별 주요 문제점 및 개선점을 파악하여 단기간에 생산하여 공정을 진행할 수 있도록 개선 필요한 실정이다.



Fig. 5. Breeding grounds for Black soldier fly for mass production



Fig. 6. Yeast used as food source



Fig. 7. Food source addition experiment by concentration

○ 유용곤충(동애등에)의 대량생산에 있어 온도제어 및 습도제어 특히 광 조절이 상당히 영향을 미치는 것으로 파악되어 이를 자동화 및 반자동화 시스템으로 조절함으로써 곤충생산량 증대 및 성장기간 단축

등 연구 필요하여 본 연구 과제에서는 산란장에 차광막을 설치하고 온도와 습도를 산란율의 상승을 추진하였다(Fig 8).



Fig. 8. Egg spawning grounds according to illumination

○ 동애등에 유충은 음식물부산물을 먹이원으로 활용하고 있어 기존 음식물부산물만 활용할 경우 분변의 염분 농도는 공정규격은 2.0이하로 나와야 퇴비로 활용이 가능하나 음식물 부산물만 활용 시 염분의 농도가 7.0정도로 높게 나오는 경향이 있다. 따라서 농업 부산물인 효모박과 옥수수박을 2-10% 농도로 첨가하여 이들의 분변토를 검사하여 음식물 단독으로 사육 시 보다 염도를 20% 감소시키는 효과를 실험하였다. 염분의 농도를 낮추기 위한 방법으로 음식물부산물에 기존 밀기울과 1차년도 성장률이 좋은 미강 또는 전분박을 혼합하여 먹이원으로 활용함과 동시에 효모박과 옥수수박을 혼합 급이 함으로 염분 농도를 공정규격 5.0이하로 떨어뜨리는 방법의 현장에서 활용하여 실시하였다. 이러한 염분을 낮춘 동애등에 분변토(Fig. 9)는 다른 유기질과의 혼합을 통한 퇴비로의 활용가능성이 높은 것으로 나타나고 있어 퇴비로의 활용이 가능성 검토하였으며 주로 밭 작물의 퇴비를 사용하고자 하였다(Fig. 10)



Fig. 9. Fecal soil after incubation



Fig. 10. Cabbage field application experiment using fecal soil

(8) 곤충 산란을 개선 및 체중량 증가 연구

○ 곤충은 먹이원은 종류에 따라 산란율에 영향을 미치는 중요한 요인으로 첨가된 효모박과 옥수수박의 먹이원의 영양소 분석한 결과를 바탕으로 개체의 산란율 및 체중량이 어떠한 변화를 나타내는지에 대한 연구를 연구실조건과 현장적용으로 검증 실시하였다. 또한 환경조건 개선 및 먹이원에 따른 생산량의 변화로 인해 생산단가의 절감을 유도할 수 있으며 이를 통한 곤충 사료의 경제성 절감 효과를 이끌어 낼 수 있는 중요한 요소임 따라서 먹이원의 단가상승을 최소화하고 성장률을 최대화 시키는 효모박과 옥수수박의 혼합농도(2-10%)등의 현장적용을 실시하였다(Fig. 11).

Table 1. Component analysis table of yeast powder and corn powder

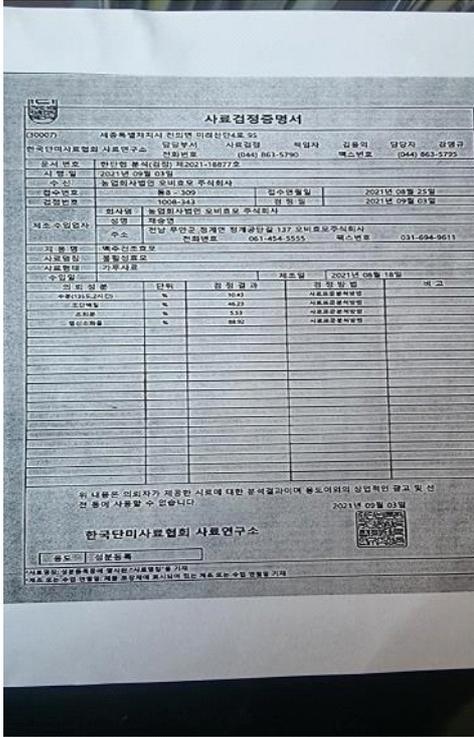


Fig. 11. Cooperative experiment for food source development

(9) 곤충 동애등에 제품 유통기간 연장 설정

○ 동애등에 사육 후 건조물의 1차 가공에서 다양한 방법으로 생산물을 만들었다. 특히 장어사료 개발에서 중요한 단백질원과 오일 부분의 제조 가공을 실시하였다. 우선 단백질의 생산 후 저장방법으로 산패의 억제 방법을 개선하였다. 기존 산패억제물인 구연산과 BHT(butylated hydroxytolulene) 및 천연물을 이용하는 방법을 선별하였으며, 이 중 하나가 키토산올리고당을 이용하는 방법이다(Fig 12). 먼저 키토산을 효소분해하여 올리고당 하고 이를 1-5% 비율로 단백질에 결합하여 산패를 억제하는 방법을 사용하였으며, 유리지방산의 함량이 높은 관계로 산패가 빨리 진행되며 유리지방산의 함량을 낮추는 방법에 대한 연구가 필요하였으며, 오일은 비타민 E를 사용하여 0.1-5% 비율로 첨가하여 산패를 억제하였다. 특히 오일의 경우는 냉장실에 보관함으로써 온도와 산패 억제 물질의 효능을 극대화하는 방법을 사용하였다(Fig. 13).

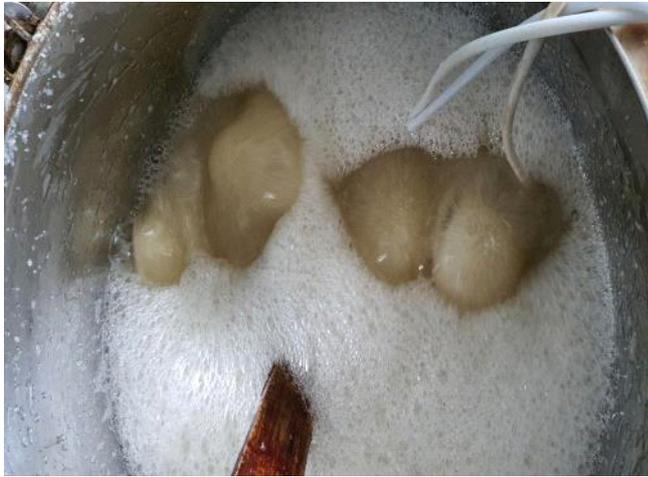


Fig. 12. Manufacture of chitosan oligosaccharide



Fig. 13. Cold storage of oil in Black soldier fly

○ 또한 곤충 제품의 병원성 미생물 분석을 통해 제품 유통기간을 연장하는 기술을 연구하고자 미생물 (유산균) 첨가로 인한 기간 연장 및 포장기술 개발을 통한 제품 기간 연장 기술을 검증하였다.

2) 민물장어용 기능성 곤충사료의 어분 대체율 및 이용성 평가 연구

기존의 연구에서 양어 사료 내 동애등에의 과잉 첨가 시 부정적인 영향이 보고되어있으므로 곤충사료 개발에 있어 최적 어분 대체율을 설정하였다. 곤충사료의 어분 대체율을 달리하여 사료의 일반성분(수분, 조단백질, 조지방, 조섬유) 분석을 진행하고 민물장어 사양실험을 통해 성장률, 사료효율, 생존율, 혈액 건강도 및 면역활성을 측정한다. 또한 동애등에는 단백질 혹은 펩타이드의 기능성과 어분대체 단백질원으로서의 평가 외 동애등에 유에 풍부반 리놀레산의 기능성 또한 평가되고 있어, 본 평가에서는 동애등에 분(착유를 통한 소량의 유 포함), 추출정제한 동애등에 유에 대한 평가 그리고 마지막으로 탈지한 동애등에 분의 어분대체 단백질원으로서의 가능성을 평가하였다.

이를 통해 최적 어분 대체율을 구현한 민물장어용 기능성 곤충사료를 개발을 완료하고 23년 출시를 목표로 진행하고 있다.

(1) 동애등에 단백질/기름의 대체 및 첨가 배합사료 formulation

동애등에 단백질에 대한 1차 사양실험을 위하여 어분 72% (대조구 사료, CON)에 각각 5, 10, 20% (BSD5, BSD10, BSD20) 곤충단백으로 대체하고 맥주효모는 1.0%, 전분 23%, 셀룰로우스는 각각 CON, 2.0%; BSD5, 3.2%; BSD 10, 4.5%; BSD 20, 7.0%로, 비타민과 미네랄은 각각 1% 조합한 시험사료를 제작하였다 (Table 2). 동애등에 기름에 대한 1차 사양실험을 위하여 어분 72% (대조구 사료, CON)에 맥주효모 1.0%, 전분 23%, 셀룰로우스 2.0%, 비타민과 미네랄은 각각 1%에 동애등에 기름을 달리한 사료 (CON, 0%; BS01, 1%; BS03, 3%; BS05, 5%)로 조합한 시험사료를 제작하였다 (Table 3).

동애등에 단백질에 대한 2차 사양실험을 위하여 어분 72% (대조구 사료, CON)에 각각 3, 5, 10% (BSD3, BSD5, BSD10) 곤충단백으로 대체하고 맥주효모는 1.0%, 전분 23%, 셀룰로우스는 각각 CON, 2.0%; BSD3, 2%; BSD5, 3.2%; BSD10, 4.5%로, 비타민과 미네랄은 각각 1% 조합한 시험사료를 제작하였다. 제작된 시험사료의 일반성분은 수분은 CON, 5.0%; BSD3, 4.9%; BSD5, 4.7%; BSD10, 4.5%, 조단백함량은 CON, 49.4%; BSD3, 49.7%; BSD5, 49.4%; BSD10, 49.2%, 조지방은 CON, 7.3%; BSD3, 7.1%; BSD5, 6.6%; BSD10, 5.9% 그리고 회분은 CON, 11.6%; BSD3, 11.6%; BSD5, 11.4%; BSD10, 11.1%로 평가되었다 (Table 4). 동애등에 기름에 대한 2차 사양실험을 위하여 어분 72% (대조구 사료, CON)에 맥주효모 1.0%, 전분 23%, 셀룰로우스 2.0%, 비타민과 미네랄은 각각 1%에 동애등에 기름을 달리한 사료 (CON, 0%; BS00.5, .5%; BS01, 1%)로 조합한 시험사료를 제작하였다. 제작된 시험사료의 일반성분은 수분은 CON, 5.0%; BS00.5, 4.9%; BS01, 4.7%, 조단백함량은 CON, 49.4%; BS00.5, 49.4%; BSD1, 49.4%, 조지방은 CON, 7.3%; BS00.5, 7.8%; BS01 8.43% 그리고 회분은 CON, 11.6%; BS00.5, 11.6%; BSD1, 11.4%로 평가되었다 (Table 5).

동애등에 탈지 단백질에 대한 3차 사양실험을 위하여 어분 72% (대조구 사료, CON)에 각각 5, 10, 15% (dBSD5, dBSD10, dBSD15) 탈지 곤충단백으로 대체하고 맥주효모는 3.0%, 전분 23%, 셀룰로우스는 각각 CON, 2.0%; BSD3, 2%; BSD5, 3.2%; BSD10, 4.5%로, 비타민과 미네랄은 각각 1% 조합한 시험사료를 제작하였다 (Table 6).

Table 2. Diet formulation to evaluate the feeding effect of Black soldier fly larvae meal in *Anguilla japonica* eel culture.

	Control	BSD 5	BSD 10	BSD 20
Brown Fish meal	72.0	64.8	57.5	43.0
Black soldier fly larvae meal	0.0	6.0	12.0	24.0
Beer yeast	1.0	1.0	1.0	1.0
Starch	23.0	23.0	23.0	23.0
Cellulose	2.0	3.2	4.5	7.0
Vitamin	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral	1.0	1.0	1.0	1.0

Oil				
Total	100	100	100	100

*% addition to diet amount

Table 3. Diet formulation to evaluate the feeding effect of Black soldier fly larvae oil in *Anguilla japonica* eel culture.

	Control	BSO 1	BSO 3	BSO 5
Brown Fish meal	72.0	72.0	72.0	72.0
Black soldier fly larvae meal	0.0	0.0	0.0	0.0
Beer yeast	1.0	1.0	1.0	1.0
Starch	23.0	23.0	23.0	23.0
Cellulose	2.0	2.0	2.0	2.0
Vitamin	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral	1.0	1.0	1.0	1.0
Oil		1*	3*	5*
Total	100	100	100	100

*% addition to diet amount

Table 4. Diet formulation to evaluate the feeding effect of Black soldier fly larvae meal in *Anguilla japonica* eel culture.

	Control	BSD 3%	BSD 5%	BSD 10%
Brown Fish meal	72.0	69.8	64.8	57.5
Black soldier fly larvae meal		2.16	6.0	12.0
Beer yeast	1.0	1.0	1.0	1.0
Starch	23.0	23.0	23.0	23.0
Cellulose	2.0	2.0	3.2	4.5
Vitamin	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral	1.0	1.0	1.0	1.0
Oil				
Total	100	100	100	100
Moisture	5.0	4.9	4.7	4.5
Crude protein	49.4	49.7	49.4	49.2
Crude lipids	7.3	7.1	6.6	5.9
Ash	11.6	11.6	11.4	11.1

*% addition to diet amount

Table 5. Diet formulation to evaluate the feeding effect of Black soldier fly larvae oil in *Anguilla japonica* eel culture.

	Control	BSD 0.5	BSD 1
Brown Fish meal	72.0	72.0	72.0
Black soldier fly larvae meal	-	-	-
Beer yeast	1.0	1.0	1.0
Starch	23.0	23.0	23.0
Cellulose	2.0	2.0	2.0
Vitamin	1.0	1.0	1.0
Mineral	1.0	1.0	1.0
Oil		0.5*	1.0*

Total	100	100	100
Moisture	5.0	4.9	4.7
Crude protein	49.4	49.4	49.4
Crude lipids	7.3	7.8	8.3
Ash	11.6	11.6	11.4

*% addition to diet amount

Table 6. Diet formulation to evaluate the feeding effect of defatted Black soldier fly larvae meal in *Anguilla japonica* eel culture.

	Control	dBSFM 5%	dBSFM 10%	dBSFM 15%
Brown Fish meal	72.0	68.4	64.8	61.2
defatted Black soldier fly larvae meal		3.6	7.2	10.8
Beer yeast	3.0	3.0	3.0	3.0
Starch	23.0	23.0	23.0	23.0
Vitamin	1.0	1.0	1.0	1.0
Mineral	1.0	1.0	1.0	1.0
Oil				
Total	100	100	100	100

*% addition to diet amount

(2) 동애등에 단백질 및 동애등에 유(기름) 제조

동의보감에서 생산한 동애등에 단백질 (Fig. 14)을 원통여지에 넣고 Petroleum ether로 약 12시간 동안 Soxhlet 추출법으로 지방을 제거한 다음, 여과지로 거른 후 200 mesh 분쇄기로 분쇄한 후 상온에서 보관하였다 (Fig 15, 16). 지방이 제거된 단백질은 음건과 감압으로 용매를 완전히 제거한 다음 사료제조 단백질원으로 사용하였다 (Fig. 17). 동애등에 유는 상기 Soxhlet 추출법에 의하여 추출된 Petroleum ether를 감압농축한 조지방을 본 실험에 사용하였다 (Fig. 18, 19).



Fig. 14. Black soldier fly larvae meal manufactured by Dongeuibogam Co. (주동의보감) Fig. 15. Soxhlet extraction for elimination of oils from Black soldier fly larvae meal.



Fig. 16. 150 mesh Homogenizer



Fig. 17. Purified Black soldier fly larvae meal.



Fig. 18. Concentration for crude lipids from Black soldier fly larvae meal



Fig. 19. Crude lipids extracted and concentrated from Black soldier fly larvae meal

(3) 사료 및 민물장어 육의 일반성분, 아미노산 및 지방산 분석

일반성분, 지방산 및 아미노산 분석은 식품공전의 일반성분시험법, 지방산 및 아미노산 분석법에 준하였다. 수분함량은 시료를 100℃로 건조한 칭량병에 5 g의 시료를 넣고 감압건조기에 넣고 약 5시간 건조한 후 함량 측정하였다. 조지방 함량은 에테르 추출법에 의하며, 잘 건조된 시료 5 g을 칭량 후 원통여과지에 넣고 속슬릿 (soxhlet) 추출장치를 이용하여 60℃ 수조에서 8시간 추출한 후, 에테르를 감압 농축한 다음 플라스크를 100℃ 건조기에서 1시간 이상 함량이 될 때까지 건조하여 측정하였다. 조단백 함량은 총질소 측정 (세미마이크로킬달법)에 의하였다. 약 100 mg의 시료를 칭량하여 황산분해, 증류 및 적정 등을 거쳐 총질소 함량을 측정하였다(Fig. 20). 회분분석은 건조시료 함량 약 0.5 g을 측정하고 도가니에 담은 후 회화로에 넣어 600℃에서 4시간 가열한 다음 데시케이터에서 30분간 방랭 후 도가니의 무게 및 회분의 무게를 측정하였다 (Fig. 21).



Fig. 20. Kjeldahl apparatus



Fig. 21. Furnace

(4) 혈액건강도 평가

실험어를 마취제(2-phenoxyethanol, TCI, Japan)를 사용하여 마취하고 같은 부위의 꼬리정맥에서 1회 용 주사기로 1ml 채혈하였다 (Fig. 22). 개체별로 채혈된 혈액은 얼음에 보관된 마이크로튜브에 분주 후 30분 방치한 후 2000g, 3000rpm, 4°C에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 분리한 혈청은 혈액의 건강도 조사를 위해 aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT)을 생화학자동분석기(Dry-chem NX500, Fuji, Japan)를 사용하여 분석하였다 (Fig. 23).

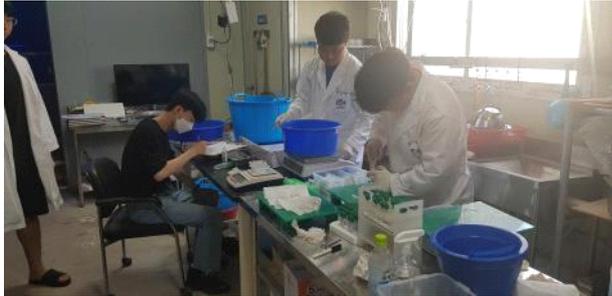


Fig. 22. Blood sampling from eels



Fig. 23. Chemical analyzer for blood analysis

(5) 생물지표, HSI 평가

실험어 중 채혈 선발 개체는 채혈 후 항문부터 아가미 쪽으로 절개한 후 간을 분리 무게를 측정한다. 다음, 간무게/어체무게 X 100으로 간중량지수 hepatosomatic index를 측정하였다.

(6) 라이소자임 활성도 (lysozyme activity)

혈청 10 μ l와 *Micrococcus lysodeikticus* 5 mg을 sodium phosphate buffer (pH 6.4) 100ml에 즉시 부유시킨 세균 현탁액 200 μ l를 혼합하고, microplate reader (SPECTRA MAX 340, USA)에 넣고 25°C에서 kinetic으로 30초와 4분 30초동안 540 nm에서 흡광도 (O.D.)를 측정. 이때 lysozyme 활성도는 1분에 0.001의 흡광도의 감소치를 1 unit로 하였다.

(7) 혈액 내 대식세포 활성 (Phagocyte activity)

Kumari and Sahoo (2005)의 방법을 이용하여 호흡폭발 동안의 호중구 (Neutrophils)에 의한 oxidative radical 생성량을 측정하며, 분석방법은 다음과 같다. 혈액과 NBT solution (0.2%)을 1:1의 비율로 각각 50 μ l를 glass tube에 옮긴 후, formazon 생성을 감소시키기 위해 dimethylformamide를 1 ml씩 넣는다. 그 후 2,000 \times g에서 5분 동안 원심분리를 하여 최종적으로 상등액을 취한 후, NBT의 감소되는 범위를 분광광도계 (SpectraMax ABS, USA)를 사용하여 540nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 dimethylformamide를 사용하였다 (Fig. 24).

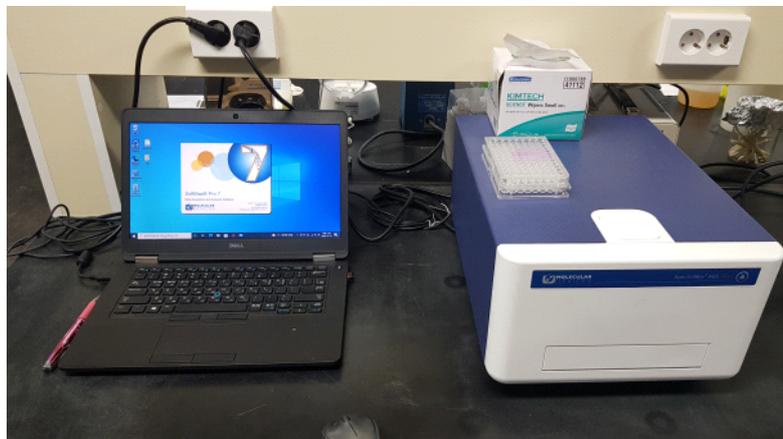


Fig. 24. Multichamber spectrometer

(8) 항산화 및 면역관련 유전자 발현 평가

간 기능은 지방산합성 및 지질대사 관련 인자(ACC, Acetyl CoA Carboxylase; 6PGDH, 6-phosphogluconate dehydrogenase; G6PDH, Glucose-6-phosphate dehydrogenase), 전사조절인자(RXR α , Retinoid X receptor α ; STAT1, Signal transducer and activator of transcription 1) 및 약물대사인자(Cyp1A9, cytochrome P450 1A9) 및 항산화인자 (MnSOD, Manganese superoxide dismutase; CuSOD, copper-superoxide dismutase)의 발현 및 면역관련인자 (COX2, Cyclooxygenase 2; TNF α , Tumor necrosis factor α ; IL-1 β , Interleukin-1 β ; IL-10, Interleukin-10; MyD88, Myeloid differentiation primary response protein 88)의 발현 분석을 통해 확인하였다. 이를 위해, 뱀장어의 간을 채취하여 TriZol reagent(Invitrogen, 미국)를 이용하여 RNA를 분리한 후 RNase-free water 50 μ l를 첨가하고 -70 $^{\circ}$ C에 보관하였다. RNA를 정량하여 시판되는 Reverse transcriptase(Promega, 미국)를 처리하여 cDNA로 변환하고 시판되는 PCR Master Mix(Promega)와 유전자증폭기 Exicycler TM 96(Bioneer, 한국)를 이용하였다. 밴드의 정량화는 image J program을 통해 각 발현 밴드를 수치화하였다. PCR에 사용된 프라이머 서열정보는 다음과 같다 (Table 7).

Table. 7. Primer sequences for PCR

Compositions	Genes	Sequence (5' \rightarrow 3')
Anti-oxidants	CuSOD	F: GGGAGACTTGGGCAACGTAA R: TGGGACACCCTTACTGGTCA
	MnSOD	F: TCTGGACAAACCTGTCCCCT R: GCCCGCTCTCCTTGTGCATAG
Immune relating factors	TNF α	F: GAAGGCTGCCATCCATTTGC R: AGGGGCTTCTCGTCACTGTA
	IL-8	F: TTAICTCAGTGCCGTGCTTTT R: TATGTCCATGCCCTCGTACT
	MyD88	F: TGTGTGTGTTTCGACAGGGAT R: CACCACTGGGATGAGACGTT
Drug metabolism	CYP1A9	F: AGTCAACCATGACCCTACCG R: ACGTAACCTCTGGAGCAGGA
Transcription factors	STAT1	F: GAAGGAGCCATCACCTTAC R: GCACTGTCTTTGGGGATGTT

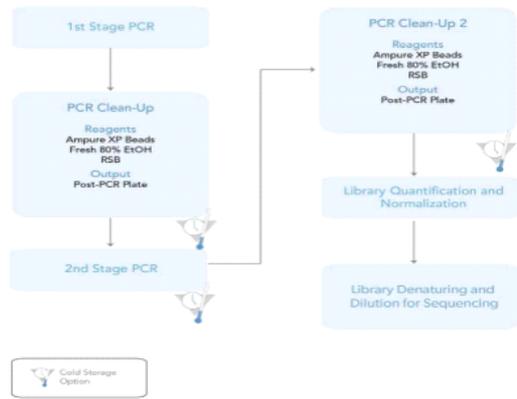
(9) 장 조직학적 조사

민물장어의 조직 분석을 위해서, 포르말린으로 48시간 이상 고정시킨 장기를 12시간 동안 흐르는 물에 수세하였다. 시료를 70~100% 에탄올에 탈수시킨 후 자일렌(xylene)으로 치환시키고, 파라핀(paraffin)으로 포매한 후 블록을 제작하였다. 파라핀 블록을 파이크로톰(Shandon AS325 rotary microtome, 영국)을 이용하여 4~5 μ m 두께로 연속 절편하여 슬라이드 글라스에 부착하여 조직 표본을 제작하였으며, 상기 제작된 조직 표본은H&E(Hematoxylin and Eosin) 염색 후 광학현미경으로 관찰하였다.

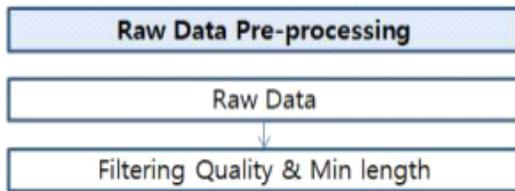
(10) 메타제놈 이용 장미생물상 평가

균질화된 내장 조직에서 Dnasy Blood & Tissue kit을 사용하여 DNA를 추출하여 amplicon library를 제작한 후 Illumina 사의 Miseq 장비를 사용하여300PE 조건으로 서열분석(sequencing)을 수행하였다. 서열 분석을 통해서 얻어진 raw datam는 pre-processing 과정을 거치고 데이터 품질 점검한 다음 16S 메타지놈 분석을 수행하였다. 16S database는 Greengent Database를 사용하여 taxonomy 분석을 수행하였다 (Fig. 25).

#	Sample ID	Conc. (ng/ul)	Final volume (ul)	Total Amount (ug)
1	intestine_1	254.581	25	6.365
2	intestine_3	227.521	30	6.826
3	intestine_4	224.066	30	6.722

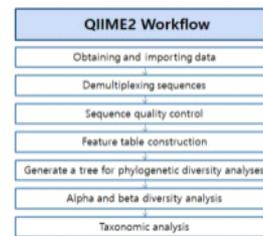


A) DNA extraction



C) Raw data pre-processing

B) Amplicon library construction



D) Meta genome analysis

Fig. 25. Microflora analysis of eel intestine through meta genome analysis

3) 민물장어용 기능성 곤충사료의 현장 적용 민물장어 사양평가

민물장어의 실증 양성 현장에서 민물장어용 기능성 곤충사료 내 분말 및 오일의 혼합비에 따른 민물장어의 증체율 등 사양효과 (growth performance) 및 폐사율 등을 조사하여 민물장어용 항병력 개선 곤충사료를 개발 완료하고 현장평가를 거친 후 23년 판매 일정으로 준비하고 있다.

(1) 증체율, 사료효율 등 사양효과 평가 및 비교

1차 사양실험은 실험어 극동산 뱀장어(평균 무게 5 g)를 60L (working volume) 수조에 3반복으로 각 25마리씩 입식하여 사양평가를 수행하였다. 사료공급은 일일 2회(07:30, 17:00), 사육기간은 50일이었다. 수질조건은 수온 28.8 ± 0.5 °C, 용존산소 6.0 ± 0.5 mg/L, pH 5.86 ± 0.54 로 환수는 없었으며, 실험기간 동안 증발량만을 보충해주었다 (Fig. 26)



Fig. 26. Experimental culture tank for 1st eel culture

2차 사양실험은 실험어 극동산 뱀장어(평균 무게 6.53 g)를 120L (working volume) 수조에 3반복으로 각 30마리씩 입식하여 사양평가를 수행하였다. 사료공급은 일일 2회(07:30, 17:00), 사육기간은 55일이었다. 수질조건은 수온 28.8 ± 0.5 °C, 용존산소 6.0 ± 0.5 mg/L, pH 5.86 ± 0.54 로 환수는 없었으며, 실험기간 동안 증발량만을 보충해주었다 (Fig. 27).



Fig. 27. Experimental culture tank for 2nd eel culture

3차 사양실험은 실험어 극동산 뱀장어(평균 무게 6.53 g)를 120L (working volume) 수조에 3반복으로 각 30마리씩 입식하여 사양평가를 수행하였다. 사료공급은 일일 2회(07:30, 17:00), 사육기간은 55일이었다. 수질조건은 수온 28.8 ± 0.5 °C, 용존산소 6.0 ± 0.5 mg/L, pH 5.86 ± 0.54 로 환수는 없었으며, 실험기간 동안 증발량만을 보충해주었다 (Fig. 16). 사양평가 종료 후 각 수조별 입식어(무게) 대비 전어체 최종 무게를 측정하여 다음 사양효과 (증체율, 사료효율, 일성장율, 단백질 전환효율 등)를 평가하였다. 증체량 (WGR, %)은 (최종무게-초기무게) x 100/초기무게로, 사료효율 (%)은 {증체량 (생중량)/사료공급량 (건중량)} x 100, 일성장율 (SGR, %)은 (log 최종무게 - log 초기무게)/사료공급일 x 100, 생존율은 (수조 사양

종료 후 마릿수/수조 사양 시작 마릿수) x 100 등으로 평가하였다 .

4차 사양실험은 실험어 극동산 뱀장어(평균 무게 19 g)를 120L (working volume) 수조에 3반복으로 각 30마리씩 입식하여 사양평가를 수행하였다. 사료공급은 일일 2회(07:30, 17:00), 사육기간은 55일이었다. 수질조건은 수온 28.8 ± 0.5 °C, 용존산소 6.0 ± 0.5 mg/L, pH 5.86 ± 0.54 로 환수는 없었으며, 실험기간 동안 증발량만을 보충해주었다 (Fig. 27).

4) 통계처리

모든 분석결과는 3회 반복하여 측정한 평균치 (mean)와 표준편차 (SD)로 나타내었으며, 결과의 통계처리는 SPSS program (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Dubcan' s multiple range test로 평균간의 유의성을 검정하여 $P < 0.05$ 이하일 때 유의적인 차이가 있는 것으로 판단하였다.

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 정성적 연구개발성과

(1) 단가절감 및 영양분 함량개선을 위한 먹이원 개발

① 먹이원 선발

동애등에 사육에서 가장 단가가 저렴한 경우는 음식물 부산물을 이용하는 경우이다. 이들 선발된 부산물(5종) 중에서 단독 급이하여 이들이 성장률, 폐사율을 측정하여 먹이원으로 가능성을 측정 결과 대조군과 실험군(미강, 전분박, 콘컵, 프로스타, 편백톱밥)을 이용한 1차 사육 실험 결과 비강과 전분박은 성장과 폐사율에서 대조군에 비하여 전혀 문제가 없었으나, 3가지 부산물(콘컵, 프로스타, 편백톱밥)은 성장을 멈추거나 전부 폐사하여 동애등에 사육 부산물로 적합하지 않음을 확인하였다. 따라서 다른 농업 부산물을 추가하여 2종(깨묵과 커피박)을 2차 음식물 부산물과 혼합 시험 및 유산균 첨가 실험을 실시하였다

② 먹이원에 대한 영양분 분석

일반적인 동애등에 먹이원 인 음식물 부산물은 가격이 저렴하고 쉽게 구할 수 있는 먹이원이다. 그러나 이들의 안전성이 확보되지 않으며 먹이원으로 의미가 없으므로 이들의 영양원 분석 및 중금속, 독성물질(아플라톡신 계열) 및 살로렐라 균의 함유 여부의 분석결과(Table 8) 동애등에 사육에 쓰이는 먹이원인 음식물 부산물은 중금속의 불검출 또는 기준치 이하로 포함되었음을 확인하였고, 각종 독성 물질 및 살로렐라 균이 불검출이 됨을 확인 하였다. 따라서 본 음식물 부산물(액상)은 동애등에 사육에 적합한 사료임을 확인하였다.

Table 8. Food by-product (liquid) analysis data

제 품 명	사료제품(액상)			
사료명칭	남은음식물사료			
사료형태	액상사료			
수입일			제조일	
의 의 성 분	단 위	검 정 결 과	검 정 방 법	비 고
수분(135도,2시간)	%	92.36	사료표준분석방법	
조단백질	%	2.35	사료표준분석방법	
조지방(E)	%	1.75	사료표준분석방법	
조섬유	%	0.74	사료표준분석방법	
조회분	%	0.42	사료표준분석방법	
아연(Zn)	ppm	2.16	사료표준분석방법	
구리(동, Cu)	ppm	0.68	사료표준분석방법	
염분(염화나트륨)	%	0.14	사료표준분석방법	
납(Pb)	ppm	불검출	사료표준분석방법	
카드뮴(Cd)	ppm	0.01	사료표준분석방법	
비소(As)	ppm	0.06	사료표준분석방법	
수은(Hg)	ppm	불검출	사료표준분석방법	
셀레늄(Se)	ppm	0.08	사료표준분석방법	
아플라톡신 B1	ppb	불검출	사료표준분석방법	
오크라톡신A(HPLC)	ppb	불검출	사료표준분석방법	
아플라톡신 B2	ppb	불검출	사료표준분석방법	
아플라톡신 G1	ppb	불검출	사료표준분석방법	
아플라톡신 G2	ppb	불검출	사료표준분석방법	
휘발성열기태질소	%	0.01 이하	사료표준분석방법	
살모넬라그룹		불검출	사료표준분석방법	
델타인		불검출	사료표준분석방법	

위 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 분석결과이며 용도이외의 법적 소송관련 또는 상업적인 광고 및 선전 등에 사용할 수 없습니다.

2021년 09월 09일

한국단미사료협회 사료연구소

용도 음식물류폐기물처리시설
 설치검사

③ 선발된 대체 먹이원 단독 급여 시 지표물질 변화 및 성장상 분석

본 연구는 일반적인 사육방식을 유지하면서 다른 먹이원의 개발과 또한 선발된 먹이원으로 사육 시 유충에서 성장성, 일반적인 성분과 유효성분(유리지방산 함량, 라우릭산, DHA, plamitic acid)을 비교 분석 결과이다.

실험에 사용된 동애등에 1 ~ 2령의 길이는 0.5 ~ 0.8cm 내외이고 체중량은 0.01g를 나타냈다. 7일 경과 후 대조군 길이 2cm 내외 무게는 0.16g, 미강은 길이 2.3cm 내외 무게는 0.2g, 전분박은 1.5cm 내외 무게는

0.33g의 성장률을 나타냈으며, 콘컵, 편백톱밥, 프로스타는 1 ~ 2령의 크기에서 성장하지 않았으며 무게에서도 0.03 ~ 0.05g 범위에 머물러 있었다. 14일 경과(유충 수확기) 후 결과에서는 대조군은 길이가 3.0cm 무게는 0.30g 를 나타냈고, 미강은 2.9cm 무게는 0.29g를 전분박은 2.4cm, 무게는 0.29를 나타냈다. 콘컵은 프로스타는 길이에서 처음보다 조금 성장되지 않았으나, 편백톱밥은 14일 경과 후 유충이 전부 죽었음을 확인하였다. 따라서 음식물 부산물을 대체할 수 있는 것은 미강과 전분박임을 확인하였다(Table 9).

따라서 상기 결과로부터 음식물 부산물에 첨가제로서는 동애등에 먹이원으로는 미강과 전분박이 적합함을 확인하였다.

Table 9. Growth potential when breeding black soldier flies with alternative materials alone

구분	첨가전(1~2령)		7일 경과		14일 경과		비고
	길이(cm)	무게(g)	길이(cm)	무게(g)	길이(cm)	무게(g)	
대조군	0.5-0.8	0.01	2	0.16	3.0	0.3	
미강	0.5-0.8	0.01	2.3	0.2	2.9	0.29	
전분박	0.5-0.8	0.01	1.5	0.23	2.4	0.29	
콘컵	0.5-0.8	0.01	0.5-0.8	0.03-0.05	0.5-0.8	0.03-0.05	성장없음
편백톱밥	0.5-0.8	0.01	0.5-0.8	0.03-0.05	-	-	전부폐사
프로스타	0.5-0.8	0.01	0.5-0.8	0.03-0.05	0.5-0.8	0.03-0.05	성장없음

14일 후 대조군과 미강과 전분박을 단독으로 사육 후 각 20마리를 냉동하고 이들의 성분 분석을 위하여 의뢰 하였다.

본 연구 결과 콘컵, 프로스타 그리고 편백톱밥은 성장과 생존에서 일반적인 음식물 부산물에 비하여 성장을 하지 않거나 전체 폐사하여, 실험의 진행이 어려운 군(콘컵, 프로스타, 편백톱밥)은 일반적인 영양소 분석과 유충의 성분분석을 시행하지 않았다. 동애등에는 유리지방산이 풍부한 곤충으로 각각의 먹이원에 대하여 유리지방산 함량과 그리고 포화 및 불포화 지방산의 함량을 분석하였다.

농업부산물 단독 사육군에서 일반적인 성분표(Table 10)에서 유리지방산 성분 분석표(Table 11)이다.

Table 10. General compositional analysis table for black soldier flies according to food sources

검 사 성 적 서			
발급번호	2107565	접수번호	2107565
시료명	CON(P)		
의뢰인	업체명 농업회사법인(주)동의보감 소재지 전라남도 영광군 홍농읍 칠곡리 901-2.901-3.901-4.901-5		
접수년월일	2021. 07. 29	검사목적	참고용
검사항목 및 결과			
검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	65.46	
조단백질	%	14.33	
조지방	%	12.43	산분해에테르추출법
조성유	%	4.44	
조회분	%	3.32	
위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선견, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.			
2021년 08월 09일			
충남대학교 농업과학연구소장 			

대조군

검 사 성 적 서			
발급번호	2107564	접수번호	2107564
시료명	미강(P)		
의뢰인	업체명 농업회사법인(주)동의보감 소재지 전라남도 영광군 홍농읍 칠곡리 901-2.901-3.901-4.901-5		
접수년월일	2021. 07. 29	검사목적	참고용
검사항목 및 결과			
검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	67.78	
조단백질	%	14.26	
조지방	%	10.39	산분해에테르추출법
조성유	%	5.47	
조회분	%	2.09	
위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선견, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.			
2021년 08월 09일			
충남대학교 농업과학연구소장 			

미강

검 사 성 적 서			
발급번호	2107566	접수번호	2107566
시료명	전분박(P)		
의뢰인	업체명 농업회사법인(주)동의보감 소재지 전라남도 영광군 홍농읍 칠곡리 901-2.901-3.901-4.901-5		
접수년월일	2021. 07. 29	검사목적	참고용
검사항목 및 결과			
검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	63.80	
조단백질	%	14.05	
조지방	%	11.02	산분해에테르추출법
조성유	%	5.32	
조회분	%	5.79	
위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선견, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.			
2021년 08월 09일			
충남대학교 농업과학연구소장 			

전분박

Table 11. Table of analysis of free fatty acids in black soldier flies according to food source

검사항목	단위	검사결과	비고
유리지방산		71.60	
구분	지방산명	화학적	지방산 조성(g/100g fatty acid)
포화 지방산	카프린산(Capric acid)	C10:0	2.28
	라우린산(Lauric acid)	C12:0	41.45
	미리스틴산(Myristic acid)	C14:0	5.00
	펜타데카노익산(Pentadecanoic acid)	C15:0	0.08
	팔미트산(Palmitic acid)	C16:0	9.71
	마르가린산(Margaric acid)	C17:0	0.08
	스테아르산(Stearic acid)	C18:0	1.68
	아라키드산(Arachidic acid)	C20:0	0.04
	헨나이코실산(Heneicosylic acid)	C21:0	0.02
	리그노세르산(Lignoceric acid)	C24:0	0.02
	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C14:1	0.23
	펜타데세노익산(Pentadecenoic acid)	C15:1	0.10
	팔미톨레익산(Palmitoleic acid)	C16:1	3.58
	마가올릭산(Magaoleic acid)	C17:1	0.14
불포화 지방산	올레산(Oleic acid)	C18:1n-7	17.00
	리놀레산(Linoleic acid)	C18:2n-6	15.41
	감마리놀렌산(γ -Linolenic acid)	C18:3n-6	0.02
	리놀렌산(Linolenic acid)	C18:3n-3	1.83
	에이코세노산(Eicosenoic acid)	C20:1n-7	0.11
	에이코사디엔노산(Eicosadienoic acid)	C20:2n-6	0.03
	아라키돈산(Arachidonic acid)	C20:4n-6	0.28
	에이코사펜타엔산(EPA)	C20:5n-3	0.79
	에루스산(Erucic acid)	C22:1n-7	0.02
	네르본산(Nervonic acid)	C24:1n-7	0.01
	도코사헥사엔산(DHA)	C22:6n-3	0.09

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 08월 09일

충남대학교 농업과학연구소장

대조군

검사항목	단위	검사결과	비고	
유리지방산		109.85		
구분	지방산명	화학적	지방산 조성(g/100g fatty acid)	
포화 지방산	카프린산(Capric acid)	C10:0	1.18	
	라우린산(Lauric acid)	C12:0	31.73	
	미리스틴산(Myristic acid)	C14:0	4.92	
	펜타데카노익산(Pentadecanoic acid)	C15:0	0.19	
	팔미트산(Palmitic acid)	C16:0	15.79	
	마르가린산(Margaric acid)	C17:0	0.22	
	스테아르산(Stearic acid)	C18:0	2.01	
	아라키드산(Arachidic acid)	C20:0	0.08	
	헨나이코실산(Heneicosylic acid)	C21:0	0.03	
	리그노세르산(Lignoceric acid)	C24:0	0.05	
	불포화 지방산	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C14:1	0.07
		펜타데세노익산(Pentadecenoic acid)	C15:1	0.05
		팔미톨레익산(Palmitoleic acid)	C16:1	1.36
		마가올릭산(Magaoleic acid)	C17:1	0.16
올레산(Oleic acid)		C18:1n-7	21.09	
리놀레산(Linoleic acid)		C18:2n-6	19.87	
감마리놀렌산(γ -Linolenic acid)		C18:3n-6	0.02	
리놀렌산(Linolenic acid)		C18:3n-3	0.92	
에이코세노산(Eicosenoic acid)		C20:1n-7	0.11	
에이코사디엔노산(Eicosadienoic acid)		C20:2n-6	0.02	
아라키돈산(Arachidonic acid)		C20:4n-6	0.01	
에이코사펜타엔산(EPA)	C20:5n-3	0.03		
에루스산(Erucic acid)	C22:1n-7	0.03		
도코사헥사엔산(DHA)	C22:6n-3	0.04		

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 08월 09일

충남대학교 농업과학연구소장

미강

발급번호	2107569	접수번호	2107569	
시료명	전분박(O)			
의뢰인	농림축산검역본부의뢰			
소재지	전라남도 영광군 홍농읍 칠곡리 901-2,901-3,901-4,901-5			
접수년월일	2021. 07. 29	검사목적	참고용	
검사항목 및 결과				
검사항목	단위	검사결과	비고	
유리지방산		95.00		
구분	지방산명	화학적	지방산 조성(g/100g fatty acid)	
포화 지방산	카프린산(Capric acid)	C10:0	2.18	
	라우린산(Lauric acid)	C12:0	44.98	
	미리스틴산(Myristic acid)	C14:0	6.09	
	펜타데카노익산(Pentadecanoic acid)	C15:0	0.06	
	팔미트산(Palmitic acid)	C16:0	9.47	
	마르가린산(Margaric acid)	C17:0	0.06	
	스테아르산(Stearic acid)	C18:0	1.21	
	아라키드산(Arachidic acid)	C20:0	0.04	
	헨나이코실산(Heneicosylic acid)	C21:0	0.01	
	리그노세르산(Lignoceric acid)	C24:0	0.01	
	불포화 지방산	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C14:1	0.15
		펜타데세노익산(Pentadecenoic acid)	C15:1	0.01
		팔미톨레익산(Palmitoleic acid)	C16:1	2.46
		마가올릭산(Magaoleic acid)	C17:1	0.09
올레산(Oleic acid)		C18:1n-7	16.56	
리놀레산(Linoleic acid)		C18:2n-6	15.21	
감마리놀렌산(γ -Linolenic acid)		C18:3n-6	0.01	
리놀렌산(Linolenic acid)		C18:3n-3	1.25	
에이코세노산(Eicosenoic acid)		C20:1n-7	0.05	
에이코사디엔노산(Eicosadienoic acid)		C20:2n-6	0.01	
아라키돈산(Arachidonic acid)		C20:4n-6	0.04	
에이코사펜타엔산(EPA)	C20:5n-3	0.02		
에루스산(Erucic acid)	C22:1n-7	0.02		
도코사헥사엔산(DHA)	C22:6n-3	0.02		

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 08월 09일

충남대학교 농업과학연구소장

전분박

각 성분의 분석결과 설정된 일반적인 먹이원 3가지 중에서 음식물 부산물(대조군)로 사육된 동애등에는 수분이 65.46% 조단백질이 14.33, 조지방이 12.43%, 조섬유가 4.44 그리고 조회분이 3.32%를 차지하였다. 다른 먹이원인 미강과 전분박은 다음과 같다. 미강으로 사육된 동애등에는 수분이 63.80% 조단백질이 14.05%, 조지방이 11.02% 조섬유가 5.32% 그리고 조회분이 5.79%를 차지하였고, 전분박으로 사육된 동애등에는 수분이 63.80%, 조단백질이 14.05%, 조지방이 11.02%, 조섬유가 5.32% 그리고 조회분이 5.79%를 함유하고 있었다(그림 12). 이들 결과에서 단백질 함량은 대조군과 다른 먹이원에서 큰 차이를 보이지 않았으며, 조지방은 대조군이 약간 높았으나 조섬유는 미강과 전분박에서 대조군에 비하여 약간 높았다.

대조군과 실험군(미강, 전분박)에서 유효 유리지방산의 함량은 조지방 중 대조군 71.60%, 미강이 109.85%, 전분박이 95.0%를 나타냈다(Table 11). 유리지방산의 경 비강의 단독 사육군에서 대조군에 비하여 월등한 차이를 보였으며, 포화지방산 중 향균 효과가 있는 라우르산(lauric acid)의 함량은 대조군 41.45(g/ 100g fatty acid), 미강 31.73, 전분박 44.98를 나타냈다. 두번째로 많은 팔미트산(plamitic acid)은 대조군에서 9.79 미강에서는 15.79 전분박에서는 9.47를 나타냈다. 불포화 지방산의 경우 대조군에서 올레산(oleic acid) 17.0((g/ 100g fatty acid) 미강에서는 21.09 전분박에서는 16.56를 나타냈고, 두 번째로 많이 함유된 리놀레산(linoleic acid)는 대조군에서 15.41 미강에서는 19.87 그리고 전분박에서는 15.21를 함유하고 있었다, 유리지방산의 전체에서 포화 및 불포화 지방산은 크게 4가지 지방산의 전체 비율의 90% 이상을 차지함을 확인하였다. DHA의 함유량의 경우 대조군이 0.09(g/ 100g fatty acid), 미강이 0.04(g/ 100g fatty acid), 전분박에서는 0.02(g/ 100g fatty acid) 본 연구 목표에서 보면 대조군과 전분박을 사용 시 라우르산의 함량이 높음(대조군 41.45, 전분박 44. 98)을 확인하였고 전분박 대조군, 미강 순으로 라우르산의 함량이 낮아짐을 확인하였다.

④ 음식물 부산물과 대체 먹이원 혼합 급여 시 지표물질 변화 및 성장상 분석

일반적인 사육방식에 대체 먹이원의 혼합 급여시 성장률과 폐사율을 측정(7일 , 14일 경과 후)하였으며, 14일 후에 동태등에 성분분석을 의뢰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

7일 사육 후 대조군에서는 무게에서 0.15g 14일 경과 후에는 0.18g으로 성장하였으며, 미강에서는 7일차 0.3g 14일 후에는 0.3g으로 증가하였다. 전분박에서 7일 경과 후 0.07g에서 14일 경과 후에는 0.27으로 깻묵은 0.08g에서 0.15g으로 증가하였다. 커피박은 7일 경과 후 0.1g에서 0.24g으로 증가함을 확인하였다, 위 결과 미강 첨가군에서 가장 증가폭이 많았으며, 다음으로는 전분박, 커피박, 대조군, 깻묵 순으로 증가됨을 확인하였다(Table 12).

Table 12. Growth potential when mixed feeding to black soldier flies

구분	첨가전(1~2령)		7일 경과		14일 경과		비고
	길이(cm)	무게(g)	길이(cm)	무게(g)	길이(cm)	무게(g)	
대조군	0.5-0.8	0.01	2.0	0.16	2.5	0.18	
미강	0.5-0.8	0.01	2.3	0.1	3.1	0.3	
전분박	0.5-0.8	0.01	1.3	0.07	2.3	0.27	
깨묵	0.5-0.8	0.01	1.3	0.08	2.2	0.15	
커피박	0.5-0.8	0.01	1.8	0.1	2.3	0.24	

대조군과 혼합 급여 성장 후 유충의 일반적인 성분과 중금속의 함유여부 및 유효성분(유리지방산)을 분석의뢰 하였다.

대조군과 4가지 실험군에서 일반성분의 비교 분석(그림 5)은 수분함량의 경우 대조군이 68.83% 실험군에서는 67.41~72.60%까지 나왔으나 통계적으로는 유의한 차이가 없었다.

조단백질의 함량에서는 대조군이 13.84%, 미강 13.73%, 전분박 10.77%, 깨묵 14.80% 그리고 커피박12.78% 차지함으로써 가장 많은 실험군은 깨묵을 첨가한 군으로 나타났다. 조지방 성분의 경우 대조군이 10.82%, 미강 10.46%, 전분박 8.68%, 깨묵 9.64% 그리고 커피박 8.08%를 나타냈으며, 대조군과 미강을 첨가한 군에서 가장 많은 조지방 조성을 나타냈다. 대조군 실험군 모두에서 중금속(비소, 카드뮴, 납, 수은) 등은 기준치 이하에서 검출되거나 불검출 됨을 확인하였다(Table 13).

Table 13. Analysis table of general components in mixed feeding of food by-products and agricultural feed sources

검사항목 및 결과

검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	68.83	
조단백질	%	13.84	
조지방	%	10.82	산분해에테르추출법
조섬유	%	3.83	
조회분	%	2.68	
칼슘	%	0.65	
인	%	0.22	
열량	kcal/kg	1559	
비소	ppm	0.01	
카드뮴		불검출	
납	ppm	0.01	
수은	ppm	0.01 이하	
살모넬라		불검출	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선진, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

검사항목 및 결과

검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	67.73	
조단백질	%	13.73	
조지방	%	10.46	산분해에테르추출법
조섬유	%	3.70	
조회분	%	3.10	
칼슘	%	0.59	
인	%	0.31	
열량	kcal/kg	1783	
비소	ppm	0.01	
카드뮴		불검출	
납	ppm	0.01	
수은	ppm	0.01 이하	
살모넬라		불검출	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선진, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

대조군

검사항목 및 결과

검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	72.60	
조단백질	%	10.77	
조지방	%	8.88	산분해에테르추출법
조섬유	%	2.19	
조회분	%	2.99	
칼슘	%	0.60	
인	%	0.20	
열량	kcal/kg	1513	
비소	ppm	0.01	
카드뮴		불검출	
납	ppm	0.01	
수은	ppm	0.01 이하	
살모넬라		불검출	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선진, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

전분박

검사항목 및 결과

검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	67.41	
조단백질	%	14.80	
조지방	%	9.64	산분해에테르추출법
조섬유	%	3.79	
조회분	%	3.07	
칼슘	%	0.65	
인	%	0.32	
열량	kcal/kg	1822	
비소	ppm	0.01	
카드뮴		불검출	
납	ppm	0.01	
수은	ppm	0.01 이하	
살모넬라		불검출	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선진, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

깨묵

미강

검사항목 및 결과

검사항목	단위	검사결과	비고
수분	%	69.41	
조단백질	%	12.78	
조지방	%	8.08	산분해에테르추출법
조섬유	%	4.94	
조회분	%	2.95	
칼슘	%	0.63	
인	%	0.22	
열량	kcal/kg	1631	
비소	ppm	0.01	
카드뮴		불검출	
납	ppm	0.01	
수은	ppm	0.01 이하	
살모넬라		불검출	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선진, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

커피박

Table. 14. Analysis table of free fatty acid content in mixed feeding

검사항목 및 결과				
검사항목		단위	검사결과	비고
유리지방산			69.94	
구분	지방산명	화학식	지방산 조량(g/100g fatty acid)	비고
포화 지방산	카프릴산(Caprylic acid)	C ₀₈	0.04	
	카프린산(Capric acid)	C ₁₀	3.10	
	라우린산(Lauric acid)	C ₁₂	21.51	
	미리스틴산(Myristic acid)	C ₁₄	3.48	
	펜타데카노산(Pentadecanoic acid)	C ₁₅	0.06	
	팔미트산(Palmitic acid)	C ₁₆	10.27	
	마르가린산(Margaric acid)	C ₁₇	0.11	
	스테아르산(Stearic acid)	C ₁₈	3.20	
	아라키돈산(Arachidic acid)	C ₂₀	0.12	
	리놀레노산(Lignoceric acid)	C ₂₂	0.03	
	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C ₁₅	0.03	
	펜타데카노산(Pentadecenoic acid)	C ₁₅	0.03	
	팔미토레산(Palmitoleic acid)	C ₁₇	4.12	
	마그네슘산(Magadecic acid)	C ₁₇	0.21	
불포화 지방산	올레산(Oleic acid)	C _{18:1n-7}	25.89	
	리놀레산(Linoleic acid)	C _{18:2n-6}	22.87	
	리놀렌산(γ-Linolenic acid)	C _{18:3n-3}	0.03	
	리놀렌산(Linolenic acid)	C _{18:3n-6}	2.97	
	에이코사노산(Eicosanoic acid)	C _{20:1n-7}	0.29	
	에이코사디에노산(Eicosadienoic acid)	C _{20:2n-6}	0.06	
	디호모-γ-리놀렌산(Dihomo-γ-Linolenic acid)	C _{20:3n-3}	0.04	
	에이코사트렌노산(Eicosatetraenoic acid)	C _{20:4n-6}	0.01	
	아라키돈산(Arachidonic acid)	C _{20:4n-6}	0.34	
	에피코사펜타엔산(EPA)	C _{20:5n-3}	0.66	
	에루시산(Erucic acid)	C _{22:1n-7}	0.06	
	넵톤산(Nervonic acid)	C _{23:1n-7}	0.02	
	도코사헥사엔산(DHA)	C _{22:6n-3}	0.20	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

대조군

검사항목 및 결과				
검사항목		단위	검사결과	비고
유리지방산			88.90	
구분	지방산명	화학식	지방산 조량(g/100g fatty acid)	비고
포화 지방산	카프릴산(Caprylic acid)	C ₀₈	0.03	
	카프린산(Capric acid)	C ₁₀	2.33	
	라우린산(Lauric acid)	C ₁₂	32.67	
	미리스틴산(Myristic acid)	C ₁₄	4.38	
	펜타데카노산(Pentadecanoic acid)	C ₁₅	0.07	
	팔미트산(Palmitic acid)	C ₁₆	12.17	
	마르가린산(Margaric acid)	C ₁₇	0.10	
	스테아르산(Stearic acid)	C ₁₈	2.57	
	아라키돈산(Arachidic acid)	C ₂₀	0.11	
	리놀레노산(Lignoceric acid)	C ₂₂	0.02	
	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C ₁₅	0.16	
	펜타데카노산(Pentadecenoic acid)	C ₁₅	0.04	
	팔미토레산(Palmitoleic acid)	C ₁₇	2.07	
	마그네슘산(Magadecic acid)	C ₁₇	0.12	
불포화 지방산	올레산(Oleic acid)	C _{18:1n-7}	20.57	
	리놀레산(Linoleic acid)	C _{18:2n-6}	19.92	
	리놀렌산(γ-Linolenic acid)	C _{18:3n-3}	0.02	
	리놀렌산(Linolenic acid)	C _{18:3n-6}	1.66	
	에이코사노산(Eicosanoic acid)	C _{20:1n-7}	0.13	
	에이코사디에노산(Eicosadienoic acid)	C _{20:2n-6}	0.03	
	디호모-γ-리놀렌산(Dihomo-γ-Linolenic acid)	C _{20:3n-3}	0.01	
	에이코사트렌노산(Eicosatetraenoic acid)	C _{20:4n-6}	0.00	
	아라키돈산(Arachidonic acid)	C _{20:4n-6}	0.18	
	에피코사펜타엔산(EPA)	C _{20:5n-3}	0.40	
	에루시산(Erucic acid)	C _{22:1n-7}	0.06	
	넵톤산(Nervonic acid)	C _{23:1n-7}	0.07	
	도코사헥사엔산(DHA)	C _{22:6n-3}	0.09	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

미강

검사항목 및 결과				
검사항목		단위	검사결과	비고
유리지방산			107.51	
구분	지방산명	화학식	지방산 조량(g/100g fatty acid)	비고
포화 지방산	카프릴산(Caprylic acid)	C ₀₈	0.03	
	카프린산(Capric acid)	C ₁₀	1.95	
	라우린산(Lauric acid)	C ₁₂	29.10	
	미리스틴산(Myristic acid)	C ₁₄	4.44	
	펜타데카노산(Pentadecanoic acid)	C ₁₅	0.08	
	팔미트산(Palmitic acid)	C ₁₆	13.38	
	마르가린산(Margaric acid)	C ₁₇	0.14	
	스테아르산(Stearic acid)	C ₁₈	3.91	
	아라키돈산(Arachidic acid)	C ₂₀	0.30	
	리놀레노산(Lignoceric acid)	C ₂₂	0.03	
	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C ₁₅	3.04	
	펜타데카노산(Pentadecenoic acid)	C ₁₅	0.15	
	팔미토레산(Palmitoleic acid)	C ₁₇	21.53	
	마그네슘산(Magadecic acid)	C ₁₇	18.22	
불포화 지방산	올레산(Oleic acid)	C _{18:1n-7}	6.69	
	리놀레산(Linoleic acid)	C _{18:2n-6}	2.21	
	리놀렌산(γ-Linolenic acid)	C _{18:3n-3}	0.06	
	리놀렌산(Linolenic acid)	C _{18:3n-6}	0.05	
	에이코사노산(Eicosanoic acid)	C _{20:1n-7}	0.03	
	에이코사디에노산(Eicosadienoic acid)	C _{20:2n-6}	0.05	
	디호모-γ-리놀렌산(Dihomo-γ-Linolenic acid)	C _{20:3n-3}	0.03	
	에이코사트렌노산(Eicosatetraenoic acid)	C _{20:4n-6}	0.01	
	아라키돈산(Arachidonic acid)	C _{20:4n-6}	0.23	
	에피코사펜타엔산(EPA)	C _{20:5n-3}	0.41	
	에루시산(Erucic acid)	C _{22:1n-7}	0.09	
	넵톤산(Nervonic acid)	C _{23:1n-7}	0.05	
	도코사헥사엔산(DHA)	C _{22:6n-3}	0.17	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

전분박

검사항목 및 결과				
검사항목		단위	검사결과	비고
유리지방산			60.26	
구분	지방산명	화학식	지방산 조량(g/100g fatty acid)	비고
포화 지방산	카프릴산(Caprylic acid)	C ₀₈	0.04	
	카프린산(Capric acid)	C ₁₀	2.69	
	라우린산(Lauric acid)	C ₁₂	17.01	
	미리스틴산(Myristic acid)	C ₁₄	2.90	
	펜타데카노산(Pentadecanoic acid)	C ₁₅	0.05	
	팔미트산(Palmitic acid)	C ₁₆	11.14	
	마르가린산(Margaric acid)	C ₁₇	0.11	
	스테아르산(Stearic acid)	C ₁₈	4.33	
	아라키돈산(Arachidic acid)	C ₂₀	0.29	
	리놀레노산(Lignoceric acid)	C ₂₂	0.02	
	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C ₁₅	0.22	
	펜타데카노산(Pentadecenoic acid)	C ₁₅	0.03	
	팔미토레산(Palmitoleic acid)	C ₁₇	2.49	
	마그네슘산(Magadecic acid)	C ₁₇	0.13	
불포화 지방산	올레산(Oleic acid)	C _{18:1n-7}	26.33	
	리놀레산(Linoleic acid)	C _{18:2n-6}	27.37	
	리놀렌산(γ-Linolenic acid)	C _{18:3n-3}	0.02	
	리놀렌산(Linolenic acid)	C _{18:3n-6}	1.79	
	에이코사노산(Eicosanoic acid)	C _{20:1n-7}	0.23	
	에이코사디에노산(Eicosadienoic acid)	C _{20:2n-6}	0.05	
	디호모-γ-리놀렌산(Dihomo-γ-Linolenic acid)	C _{20:3n-3}	0.02	
	에이코사트렌노산(Eicosatetraenoic acid)	C _{20:4n-6}	0.01	
	아라키돈산(Arachidonic acid)	C _{20:4n-6}	0.19	
	에피코사펜타엔산(EPA)	C _{20:5n-3}	0.34	
	에루시산(Erucic acid)	C _{22:1n-7}	0.09	
	넵톤산(Nervonic acid)	C _{23:1n-7}	0.04	
	도코사헥사엔산(DHA)	C _{22:6n-3}	0.13	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

깨묵

검사항목 및 결과				
검사항목		단위	검사결과	비고
유리지방산			70.46	
구분	지방산명	화학식	지방산 조량(g/100g fatty acid)	비고
포화 지방산	카프릴산(Caprylic acid)	C ₀₈	0.05	
	카프린산(Capric acid)	C ₁₀	2.37	
	라우린산(Lauric acid)	C ₁₂	19.34	
	미리스틴산(Myristic acid)	C ₁₄	3.27	
	펜타데카노산(Pentadecanoic acid)	C ₁₅	0.08	
	팔미트산(Palmitic acid)	C ₁₆	13.69	
	마르가린산(Margaric acid)	C ₁₇	0.15	
	스테아르산(Stearic acid)	C ₁₈	4.50	
	아라키돈산(Arachidic acid)	C ₂₀	0.38	
	리놀레노산(Lignoceric acid)	C ₂₂	0.03	
	미리스톨레산(Myristoleic acid)	C ₁₅	0.20	
	펜타데카노산(Pentadecenoic acid)	C ₁₅	0.04	
	팔미토레산(Palmitoleic acid)	C ₁₇	2.78	
	마그네슘산(Magadecic acid)	C ₁₇	0.14	
불포화 지방산	올레산(Oleic acid)	C _{18:1n-7}	22.46	
	리놀레산(Linoleic acid)	C _{18:2n-6}	24.54	
	리놀렌산(γ-Linolenic acid)	C _{18:3n-3}	0.03	
	리놀렌산(Linolenic acid)	C _{18:3n-6}	2.43	
	에이코사노산(Eicosanoic acid)	C _{20:1n-7}	0.29	
	에이코사디에노산(Eicosadienoic acid)	C _{20:2n-6}	0.07	
	디호모-γ-리놀렌산(Dihomo-γ-Linolenic acid)	C _{20:3n-3}	0.03	
	에이코사트렌노산(Eicosatetraenoic acid)	C _{20:4n-6}	0.01	
	아라키돈산(Arachidonic acid)	C _{20:4n-6}	0.27	
	에피코사펜타엔산(EPA)	C _{20:5n-3}	0.47	
	에루시산(Erucic acid)	C _{22:1n-7}	0.12	
	넵톤산(Nervonic acid)	C _{23:1n-7}	0.08	
	도코사헥사엔산(DHA)	C _{22:6n-3}	0.21	

위의 내용은 의뢰자가 제공한 시료에 대한 시험 결과이며, 이 시험 성적서는 용도 이외의 선전, 소송, 기타 법적요건으로 사용할 수 없습니다.

2021년 10월 15일

충남대학교 농업과학연구소장

커피박

유충에서 유효성분이 조지방에서 유리지방산의 함량은 대조군에서 69.94%, 미강 88.90%, 전분박 107.51%, 깨묵 60.26% 그리고 커피박 70.46%를 나타냈다(Table 14). 먹이원의 단독 투여군에서 미강이 가장 많은 유리지방산을 포함하고 있는 것과는 다르게 전분박 혼합 사육시 가장 높은 수치(107.51%)를 나타냈다. 유리지방산 중 포화지방산(g/100g fatty acid) 동태등에 유충) 중에서 지표물질인 라우르산(lauric acid)의 함량은 대조군에서 21.51, 미강에서 32.67, 전분박은 29.10, 깨묵은 17.01, 커피박은 19.34를 나타냈으며, 미강과 전분박에서 혼합사료에서만 대조군 보다 높은 라우르산 함량을 나타냈다. 팔미트산은 대조군 10.27(g/100g fatty acid), 미강 12.17, 전분박 13.38, 깨묵 11.14, 커피박 15.69를 나타냈다. 모두 대조군보다 많은 양을 함유하고 있음을 확인하였다. 불포화 지방산(올레산; oleic acid, 리놀레산; linoleic acid)의 경우 대조군(25.89, 22.87)에 비하여 높은 군은 깨묵 실험군(28.33, 27.37)이 높았고 나머지군에서 낮은 함량을 나타냈다. DHA의 경우 대조군 0.2(g/100g fatty acid), 미강 0.09, 전분박 0.17, 깨묵 0.13 그리고 커피박에서는 0.21을 나타냈다. 상기 결과로부터 첨가 부산물의 실험결과 음식물 부산물에 첨가 부산물로는 성장률과 유효성분의 차이를 비교하며 음식물 부산물과 미강을 혼합 급이한 먹이원에서 가장 효과적이며, 그다음으로는 전분박이 혼합 급이군이 효과적임을 확인하였다.

⑤ 혼합 먹이원에 유용 미생물[유산균(*Lactobacillus acidophilus* 와 *Lactobacillus plantarum*) 혼합 급여 시] 첨가 시 성장률 및 생존율 연구

일반적인 동애등에 사육에서 음식물 부산물에 사료첨가제와 유산균(2종) 이 동애등에 성장률과 일반적인 조성물의 차이를 보고자 하였으며, 동애등에 유충을 실험군에 투여 후 7일과 14일 경과 후 성장률, 폐사율 등을 측정한 결과이다.(Table 15, 16).

Table 15. Growth when *lactobacillus* sp. mixed feeding (after 7 days)

구 분	개체번호	1	2	3	4	5	6	7	평균	SD	
대조군	길이	1.27	1.62	1.81	1.78	1.76	1.65		1.62	0.20	
	무게	0.06	0.1	0.12	0.14	0.12	0.17		0.11	0.04	
대조군	<i>L. acidophilus</i>	길이	1.70	1.35	1.45	1.31	1.43	1.63	1.41	1.48	0.14
	무게	0.11	0.07	0.09	0.08	0.07	0.12	0.07	0.09	0.02	
대조군	<i>L. plantarum</i>	길이	2.15	2.20	1.94	1.95	1.80	1.87	1.80	1.99	0.16
	무게	0.3	0.25	0.20	0.18	0.18	0.18	0.12	0.22	0.06	
미강	<i>L. acidophilus</i>	길이	1.75	1.82	1.51	1.52	1.70	1.52	1.82	1.64	0.14
	무게	0.16	0.16	0.1	0.09	0.15	0.17	0.19	0.14	0.04	
미강	<i>L. plantarum</i>	길이	1.62	1.81	1.72	1.90	1.58	1.90	1.92	1.76	0.14
	무게	0.16	0.18	0.15	0.19	0.13	0.25	0.20	0.18	0.04	
전분박	<i>L. acidophilus</i>	길이	1.92	1.72	2.0	1.92	1.87	2.0	2.05	1.91	0.11
	무게	0.18	0.15	0.29	0.19	0.18	0.21	0.26	0.20	0.05	
전분박	<i>L. plantarum</i>	길이	1.93	1.91	1.82	1.98	1.92	1.93	1.96	1.92	0.05
	무게	0.19	0.17	0.15	0.20	0.23	0.21	0.21	0.19	0.03	
깨묵	<i>L. acidophilus</i>	길이	1.91	1.50	2.02	1.63	1.92	1.51	1.63	1.75	0.21
	무게	0.18	0.1	0.17	0.20	0.21	0.09	0.12	0.16	0.05	
깨묵	<i>L. plantarum</i>	길이	1.35	1.82	1.61	1.82	1.69	1.9	1.9	1.73	0.20
	무게	0.08	0.16	0.13	0.17	0.14	0.19	0.18	0.14	0.04	
커피박	<i>L. acidophilus</i>	길이	1.72	1.56	1.73	1.81	1.69	1.82	1.62	1.72	0.09
	무게	0.18	0.12	0.14	0.19	0.12	0.18	0.14	0.16	0.03	
커피박	<i>L. plantarum</i>	길이	1.72	1.50	1.61	1.58	1.92	1.83	1.96	1.69	0.18
	무게	0.16	0.10	0.12	0.14	0.21	0.19	0.19	0.15	0.04	

7일 경과 후 가장 빠른 성장성을 보인 군은 대조군의 *L. plantarum* 첨가군에서 길이 1.99cm ± 0.16(SD) 무게 0.22g ± 0.06(SD)와 과 전분박 *L. acidophilus* 첨가군에서는 길이 1.91cm ± 0.11, 무게 0.20g ± 0.05를 *L. plantarum*를 첨가군에서는 길이 1.92cm ± 0.05, 무게 0.19g ± 0.03의 성장률이 좋아짐을 확인하였다. 대조군보다 음식물 부산물에 전분박과 유산균을 첨가한 군에서 길이와 무게의 균일함을 나타냈다(Table 15).

14일 차 결과에서 대조군의 *L. plantarum* 첨가군(길이 2.46cm ± 0.17, 무게 0.36g ± 0.07)이 성장률과 전분박 혼합에 *L. plantarum* 첨가군(대조군 1.71cm ± 0.24, 0.15g ± 0.06, 실험군 전분박 2.4cm ± 0.02, 0.35g ± 0.03)이 좋았다.

전분박 혼합에 유산균 에서 *L. plantarum* 첨가군이 대조군 *L. plantarum* 첨가군보다 균일한 성장률을 보였다(Table 16).

Table 16. Growth rate when *Lactobacillus sp.* mixed feeding (after 14 days)

구분	개체번호	1	2	3	4	5	6	7	평균	SD	
대조군	길이	1.45	2.01	1.67	1.72	1.65	1.23	1.65	1.71	0.24	
	무게	0.07	0.24	0.13	0.16	0.10	0.08	0.17	0.15	0.06	
대조군	<i>L. acidophilus</i>	길이	1.75	2.01	1.98	1.95	1.87	1.73	1.79	1.88	0.11
		무게	0.15	0.27	0.20	0.20	0.17	0.13	0.17	0.19	0.05
	<i>L. plantarum</i>	길이	2.51	2.57	2.47	2.65	2.25	2.32	2.21	2.46	0.17
		무게	0.36	0.37	0.38	0.46	0.30	0.26	0.30	0.36	0.07
미강	<i>L. acidophilus</i>	길이	1.95	1.83	1.75	2.01	1.85	1.87	1.82	1.88	0.09
		무게	0.22	0.22	0.18	0.25	0.18	0.17	0.19	0.20	0.03
	<i>L. plantarum</i>	길이	2.12	2.05	2.09	2.15	2.05	1.98	2.18	2.07	0.07
		무게	0.21	0.25	0.24	0.25	0.23	0.23	0.23	0.24	0.01
전분박	<i>L. acidophilus</i>	길이	2.30	2.98	2.97	2.17	2.15	2.13	2.03	2.45	0.40
		무게	0.30	0.30	0.27	0.24	0.26	0.22	0.22	0.27	0.03
	<i>L. plantarum</i>	길이	2.41	2.40	2.38	2.41	2.43	2.38	2.36	2.40	0.02
		무게	0.32	0.36	0.37	0.34	0.34	0.34	0.29	0.35	0.03
깨묵	<i>L. acidophilus</i>	길이	2.01	2.03	2.12	2.05	2.07	2.03	2.03	2.05	0.04
		무게	0.23	0.23	0.27	0.25	0.27	0.26	0.22	0.25	0.02
	<i>L. plantarum</i>	길이	2.45	2.35	2.37	2.27	2.17	2.03	2.30	2.27	0.14
		무게	0.33	0.26	0.25	0.22	0.25	0.17	0.23	0.25	0.05
커피박	<i>L. acidophilus</i>	길이	2.13	2.01	2.13	2.15	1.75	1.78	1.65	1.99	0.21
		무게	0.25	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.14	0.20	0.04
	<i>L. plantarum</i>	길이	2.23	2.17	2.15	2.07	2.05	2.03	1.95	2.12	0.10
		무게	0.25	0.25	0.20	0.22	0.22	0.18	0.19	0.22	0.03

⑥ 먹이원 조성에 따른 안전성 검사

특히 사료로 적합성을 판정하기 위해서는 유해물질(중금속, 잔류농약성분)의 함유를 분석의뢰(주, 현 농)하였다. 그 결과 분석된 322 종의 잔류 농약이 검출되지 않았다(Table 17).

Table. 17. Pesticide residue inspection on dried Black soldier fly

시험 성적서

1. 의뢰인

접수번호	HN21-2111-58	접수일자	2021. 11. 11.
신청인	농업회사법인 주식회사 동리보급		
수거지번	전남 영광군 홍농읍 철막리 901-5		
비고			

2. 의뢰내역

검사품목	유채등에
검사항목	잔류농약 322성분 (Abamectin 외)
용도	참교종
인출구분	
비고	

3. 시험결과

검사품목	검출성분	검출량(mg/kg)	비고
유채등에	322성분 불검출		

* 검사비용은 해당된 시료에 대한 결과로써 시험된 결과에 따라 해당 시료에 적용된 수 있습니다.
* 본 성적서는 시험에의 목적 이외의 광고, 진위를 감행하지 않거나 임의적인 용도로 사용될 수 없습니다.

2021년 11월 12일

(주) 현농 기업부설연구소장

⑦ 곤충 대량생산 공정 개발

곤충 대량 생산을 위한 공정 개발을 위해 수확기, 분쇄기, 포장기 등의 단계별 주요 문제점 및 개선점을 파악하여 단기간에 생산하여 공정을 진행할 수 있도록 개선 필요하였다. 기존 상자를 이용한 생산 방법을 개선하여(Fig. 1). 대량생산 공정을 위하여 바닥면에 기존 상자로 블록을 형성하여 50m×30m×50cm 직사각형 사육장을 만들고 바닥면에 히터선을 깔은 후 대량사육장을 조성하였다. 히터선은 겨울사육을 위한 장치로 활용하였다. Fig. 1. 과 같은 방식의 사육장은 기존 상자사육에 비하여 노동력을 1/3으로 절감시키는 결과를 얻었다. 또한 대량사육 후 음식물 부산물에 포함되어 있는 각종 플라스틱 제거를 위하여 유층을 선별하고자 할 때 대용량 물 수조에 담귀 플라스틱 조각을 분리하는데 용이하게 하였으며, 기존 고추건조기를 이용하여 80℃에서 15시간 이상 건조를 하였을 때 단미사료 조건인 수분의 함량을 5 % 이하로 낮출 수 있었다. 특히 단백질과 오일의 분류를 위하여 압축방식의 분리기를 이용하였으며, 단백질은 키토산올리고당, 구연산 그리고, BHT의 일정 농도를 첨가하여 실온에서 보관하면서 산패여부를 측정하였다. 또한 오일은 비타민 E를 첨가하여 냉장실에서 보관하여 출하 전까지 보관하였다.

유용곤충(동애등에)의 대량생산에 있어 온도제어 및 습도제어 특히 광 조절이 상당히 영향을 미치는 것으로 파악되어 이를 자동화 및 반자동화 시스템으로 조절함으로써 곤충생산량 증대 및 성장기간 단축의 효과를 현장 실험을 통하여 알아보았다. 산란장의 조도를 30~50% 차광에서 가장 산란율이 증가함을 확인하였다.

동애등에 유충은 음식물부산물을 먹이원으로 활용하고 있어 기존 음식물부산물만 활용할 경우 염분의 염분 농도는 공정규격은 2.0 이하로 나와야 되므로 활용이 가능하나 음식물부산물만 활용 시 염분의 농도가 7.0정도로 높게 나오는 경향이 있으나, 염분의 농도를 낮추기 위한 방법으로 음식물부산물에 기존 밀기울과 1차년도 성장률이 좋은 미강 또는 전분박을 혼합하여 먹이원으로 활용함으로써 염분의 농도를 공정규격 2.0이하로 떨어뜨리는 방법의 모색이 필요하였다. 그러나 염도의 실험에서 미강이나 전분박의 첨가에 큰 영향이 없어서 새로운 효모박과 옥수수박을 이용하여 실험을 진행하였다. 실험결과 염분농도를 5.0 이하로는 한계가 있었으며, 2.0 이하로 떨어뜨리는 것은 먹이원의 전성분을 대부분을 바꾸는 것이 필요하며, 염분을 확실하게 줄일 수 있는 미생물의 첨가 등을 고려해야 할 것이다. 그리고 동애등에 분면토를 배추밭에 살포하여 퇴비 대용으로 가능한지를 검증하였다. 기존 퇴비 살포군과 비교 하였을 때 염분에 따른 성장의 장애등이 일어나지 않았으며, 더 추가적인 실험이 필요 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 가장 특이점은 대량 사육과정에서 민가 근처에 사육장이 존재함으로써 음식물부산물을 이용한 동애등에 사육과정에서 발생하는 악취에 대한 민원 발생이다. 따라서 악취발생을 저감하는 방법을 찾는 것이 1차적인 문제 해결의 한 방법이 될 수 있다. 먹이원의 첨가물 중 효모분의 일정농도 첨가군에서 악취를 1/10로 줄일 수 있는 방법을 찾았다. 본 현장실험에서 효모분 5% 이상 첨가군에서 먹이 활동을 시작하는 일령(4일 후부터) 악취발생을 획기적으로 줄였으며, 실험실 조건뿐만 아니라 현장 실험을 통하여 작업자들로부터 악취저감 효과를 확인하였다. 대조군과 옥수수분 첨가군에서는 사육일이 경과함에 따라 악취 발생이 더욱 증가되었으며, 효모 투여군에서 동애등에를 투여하고 먹이활동을 시작하는 4일 경과 후부터는 암모니아 발생이 5% 효모분에서 30% 이하로 10% 첨가 효모분에서 10% 이하로 저감됨을 확인하였다(Table 18)

Table 18. Odor reduction effect when breeding Black soldier fly

구 분	시험항목(암모니아) 초기농도(%)	4일 경과 후 결과 치(%)
음식물 부산물	100	120
옥수수분 10% 첨가	100	110
효모분 5% 첨가	100	30
효모분 10% 첨가	100	10

- * 시험환경: 온도 25℃, 습도 50 %
- * 시험기기: 검지관식 가스측정기(GV-100s, 가스텍, 일본)
- * 초기농도(단위 ppm): 암모니아 100

⑧ 곤충 산란을 개선 및 체중량 증가 연구

곤충은 먹이원은 종류에 따라 산란율에 영향을 미치는 중요한 요인으로 먹이원의 영양소 분석한 결과를 바탕으로 개체의 산란율 및 체중량이 어떠한 변화를 나타내는지에 대한 연구가 필요하였다.

우선 산란장의 조도를 30-50% 조절을 하였을 때 동일한 오도와 습도 조건에서 산란율이 20% 이상 상승됨을 오아시스 생산량으로 확인 가능하였다. 또한 현장적용 실험에서 옥수수박 2-10% 처리군과 효모박 2-10% 처리군, 옥수수박과 효모박을 혼합한 첨가군(5-10%)에서 성장률을 수확 시 무작위로 50 마리를 선별하여 70% 에탄올에 고정하고 이들의 길이와 무게를 측정하여 성장률, 증체율을 확인하였다(Table 9). 음식물부산물 처리군에 9-10일 사육결과 대조군(길이: 1.38cm±0.11^a, 무게: 0.11g±0.03^a)과 옥수수박(5% 투여군; 길이:1.47cm±0.19^{a,b} 무게:0.12g±0.021, 10% 투여군; 길이:1.46cm±0.16^{a,b}, 무게:0.11g±0.03^a)에서는 통계적으로 유의한 성장률이나 증체율에 차이를 보이지는 않았으나 효모분(5% 투여군 (5% 투여군; 길이:1.57cm±0.28^b 무게:0.15g±0.04^b, 10% 투여군; 길이:1.55cm±0.07^b, 무게:0.16g±0.03^b)과 옥수수박과 효모박을 혼합투여군(각 5% 투여군; 길이:1.59cm±0.10^b, 무게: 0.16g±0.03^b)에서 통계학적으로 유의한 성장률과 증체율을 보였다(Table 19).

Table 19. Growth potential when feeding black soldier flies as a food source

구분	첨가전(1~2령)		수확 시(9-10일 후 수확 시)		비고
	길이(cm)	무게(g)	길이(cm) ± 표준편차	무게(g) ± 표준편차	
대조군	0.5-0.8	0.01	1.38±0.11 ^a	0.11±0.03 ^a	
옥수수박 5%	0.5-0.8	0.01	1.47±0.19 ^{a,b}	0.12±0.021 ^a	
옥수수박 10%	0.5-0.8	0.01	1.46±0.16 ^{a,b}	0.11±0.03 ^a	
효모박 5%	0.5-0.8	0.01	1.57±0.28^b	0.15±0.04^b	
효모박 10%	0.5-0.8	0.01	1.55±0.07^b	0.16±0.03^b	
옥수수박+ 효모박(5+5%)	0.5-0.8	0.01	1.59±0.10^b	0.16±0.03^b	

각 먹이원 첨가에 따른 성분조사를 실시하였다(Table 20).

현장사육을 통한 먹이원의 개발에서 각 동애등에 먹이원 투여군을 설정하고 이를 9-10일 동안 사육하여 건조기(80℃, 18시간) 동안 건조한 후 이를 공인기관(충남대학교 농업과학연구소)에 의뢰하여 성분분석을 시행하였다. 분석결과 일반성분에서 조단백과 조지방의 분포도에서는 음식물부산물에서보다 먹이원 혼합 투여군에서 약간 높은 비율의 조단백 비율(대조군: 41.57%, 먹이원 투여군 평균: 43.14%)을 나타냈다. 조지방의 경우는 대조군(36.63%)과 효모투여군(35.78%)에서는 비슷한 비율을 나타냈으나 옥수수박투여군(25.36%)에서는 낮은 함유율을 보였다. 따라서 조단질의 비율을 높이고자하면 효모분을 조지방의 비율의 낮추고자하면 옥수수박의 혼합투여가 적절함을 확인하였다. 지방의 분포도에서는 포화지방산과 불포화지방산의 함유량(g/100g 지방산)을 조사하였다. 불포화지방산 중 대표적으로 라우릭산과 팔미트산의 함유량이 대조군에서 가장 많은 56.35(g/100g 지방산)을 함유하고 있었으며, 옥수수박 10% 투여군에서는 가장 낮은 43.43(g/100g 지방산)을 나타냈다. 이는 일반분석에서 지방산의 비율인 낮은 옥수수박 투여군에서 포화지방산의 낮은 분포와 비례함을 확인하였다. 불포화지방산의 경우 올레산과 리놀레산의 함유량을 비교하였을 때 대조군에서 26.21(g/100g 지방산)을 옥수수박투여군에서는 37.66(g/100g 지방산)를 함유하였다. 효모투여군은 혼합비율이 낮은 2%에서는 34.47(g/100g 지방산)을 높은 비율인 10% 군에서는 28.4(g/100g 지방산)를 함유하였다. 이는 모두 대조군보다는 높은 함유량을 보이며, 불포화지방산이 라우릭산과 팔미트산의 함유량과 불포화지방산인 올레산과 리놀레산의 함유량의 분포를 옥수수박과 효모분의 적정농도 비율로 혼합하여 사육 시 먹이원의 첨가한다면 특정 동물의 사료개발에 유용한 지표가 될 것으로 판단된다(Table 20, 21).

Table 20. Table of composition analysis of dried matter for black soldier flies according to food source

구분	조단백(%)	조지방(%)	라우릭산 (g/100g 지방산)	팔미트산 (g/100g 지방산)	올레산 (g/100g지방산)	리놀레산 (g/100g 지방산)	열 량 (kcal/kg)
대조군	41.57	36.63	43.33	13.02	15.80	10.22	6,560
옥수수박 5%	43.34	33.97	26.29	18.09	22.18	14.77	6,883
옥수수박 10%	43.72	31.96	24.42	19.01	22.85	15.51	6,689
효모박2%	43.28	34.49	30.10	14.82	21.00	13.47	6,743
효모박 5%	42.86	36.51	32.74	14.77	20.07	12.32	6,659
효모박 10%	43.09	36.34	37.02	14.26	18.07	10.33	6,661
옥수수박+							
효모박(5+5%)	42.55	33.57	31.34	16.42	19.94	12.82	6,856

또한 환경조건 개선 및 먹이원에 따른 생산량의 변화로 인해 생산단가의 절감을 유도할 수 있으며 이를 통한 곤충 사료의 경제성 절감 효과를 이끌어 낼 수 있는 중요한 요소이다. 따라서 먹이원의 단가상승을 최소화하고 성장률을 최대화 시키는 농도를 찾음으로서 악취문제 해결과 동시에 첨가 먹이원 원가 상승 등의 문제를 해결하고자 하였다.

⑨ 곤충 동태등에 제품 유통기간 연장 설정

곤충에는 다양한 불포화지방산 등이 풍부한 관계로 유지 성분이 많이 함유되어 있어 변성이 빨리 오는 특징을 가지고 있음. 그래서 유통기한이 짧아 재고 및 보관 방법에 문제가 되는 경우가 있다, 따라서 동태등에 1차 분쇄물에 산패 억제용 첨가물로는 키토산올리고당과, 구연산, BHT를 이용하여 오일이 제거된 단백분을 얻었다. 그 다음, 건조 단백질에 키토산올리고당을 1% 이하로, 구연산을 전체 중량에 1% 이하로, BHT를 0.03% 이하로 첨가하여 산패 여부를 확인하였다. 동태등에 건조 분쇄물에 대한 산패 여부는 대조군과 비교 시 첨가군에서 산패억제 효과가 확인되었다(Table 22). 지질 산패의 척도가 되는 산가와 과산화물가는 미첨가군(대조군)에 비하여 산패억제 효과가 2배 이상 있는 것으로 확인되었다.

Table 22. Rancidity over time in the primary processed product of Black soldier fly

시료	산가(저장기간: 일)					과산화물가 (저장기간: 일)				
	0	15	30	90	180	0	15	30	90	180
대조군	0.07	0.36	0.95	1.24	2.65	0.05	1.86	3.65	5.86	12.58
실험군	0.07	0.26	0.65	0.98	1.23	0.05	0.85	1.85	3.42	6.25

또한 오일 추출된 동태등에 오일은 실온에서 산패가 빨리 진행됨으로 추출과 즉시 비타민 E를 0.02% 이하 농도로 잘 희석하여 첨가하고 냉장실(4℃ 이하)에서 장기간 보관하였다(Fig. 13). 더불어 이러한 곤충 제품의 병원성 미생물 분석을 통해 제품 유통기간을 연장하는 기술을 연구하여 다양한 미생물 첨가로 인한 기간 연장 및 포장기술 개발을 통한 제품 기간 연장 기술 등의 연구가 필요하다고 판단된다.

(2) 민물장어용 기능성 곤충사료의 어분 대체율 및 이용성 평가 연구

① 생물지표 평가

2차 사양 실험어를 대상으로 상위 10마리씩의 생물지표인 hepatosomatic index (HSI, $100 \times \text{liver weight/body weight}$)를 측정하였다. 대조구 사료 공급 장어군은 1.52 ± 0.33 , 동애등애 분말 3% 어분 대체사료 공급 장어군은 1.58 ± 0.33 , 동애등애 분말 5% 어분 대체사료 공급 장어군은 1.45 ± 0.48 , 동애등애 분말 10% 어분 대체사료 공급 장어군은 1.45 ± 0.48 , 동애등애 유 0.5% 첨가사료 공급장어군은 1.54 ± 0.14 , 동애등애 유(오일) 1% 첨가사료 공급 장어군은 1.33 ± 0.25 로 유의적 차이를 보이지 않았다 (Fig. 28).

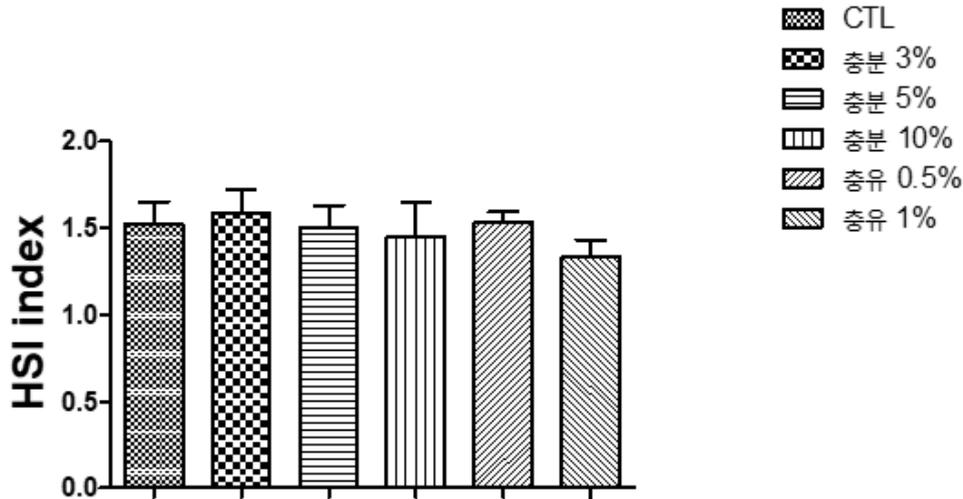


Fig. 28. Aspartate aminotransferase (GOT, AST) activity in serum of eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal (3%, 5%, 10%, respectively) instead of fish meal and diets with oils (0.5% and 1%, respectively) for 55 days.

3차 탈지 동애등애 분 실험 후 상위 5 마리씩 생물지표인 hepatosomatic index (HSI, $100 \times \text{liver weight/body weight}$)를 측정하였다. 일반적으로 간중량지수는 먹이원 특히 단백질원에 대한 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 대조구 사료 공급구에 비교하여 탈지 동애등애 분 사료 공급구에서는 첨가 농도의 증가에 비례하여 간중량지수 증가를 보였으며, 탈지 동애등애 10%, 동애등애 15% 사료 공급구에서는 유의적인 차이로 간중량지수의 증가가 확인되었다 (Fig. 29).

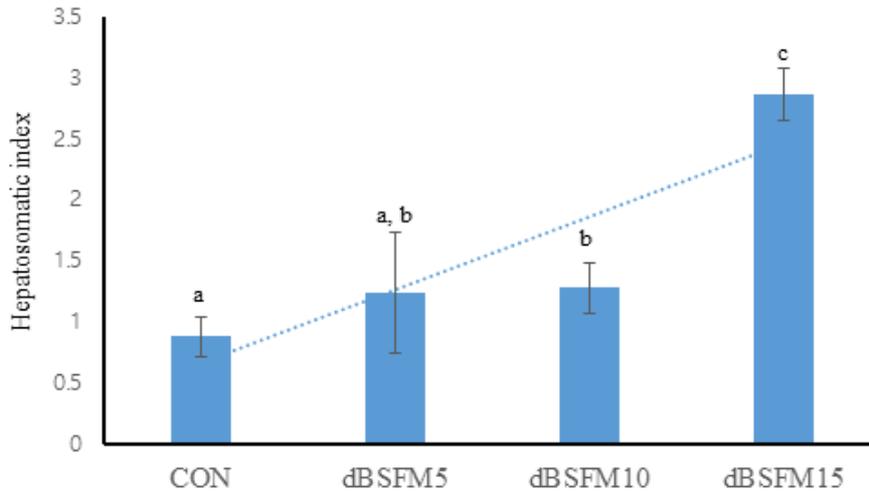


Fig. 29. Hepatosomatic index of *Anguilla japonica* eels fed diets with different content of defatted black soldier fly larvae meal for 50 days

② 혈액건강도 평가

2차 사양실험어를 대상으로 상위 10마리씩의 혈액 내 주요 건강지표인 Aspartate aminotransferase (AST, GOT)를 평가하였다. 대조구 사료 공급장어군은 85.17 ± 22.85 , 동애등에 분말 3% 어분 대체사료 공급 장어군은 80.00 ± 32.34 , 동애등에 분말 5% 어분대체사료 공급 장어군은 80.67 ± 15.82 간 유의성을 보이지 않았다. 마찬가지로 동애등에 분말 10% 어분 대체사료 공급 장어군은 65.83 ± 31.87 로 평균값에서 다소 낮았지만, 통계적 유의성을 보이지 않았다. 동애등에 유 0.5% 첨가사료 공급장어군은 86.33 ± 10.54 , 동애등에 유 1% 첨가사료 공급 장어군은 80.33 ± 29.70 도 마찬가지로 대조사료 공급 장어군과 AST 혈액 내 수치는 유의적 차이를 보이지 않았다 (Fig. 30).

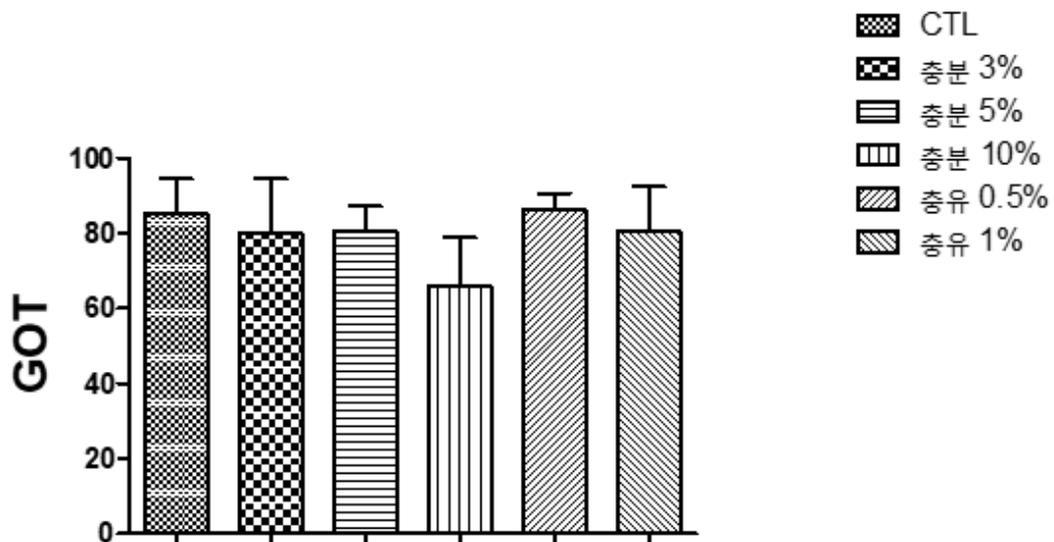


Fig. 30. Aspartate aminotransferase (GOT, AST)activity in serum of eels fed control diet and diets with insect (*Pecticus tenebrifer*) meal (3%, 5%, 10%, respectively) instead of fish meal and diets with oils (0.5% and 1%, respectively) for 55 days.

2차 사양실험어를 대상으로 상위 10마리씩의 혈액 내 주요 건강지표인 Alanine aminotransferase (ALT, GPT)를 평가하였다. 대조구 사료 공급장어군은 10.0 ± 0.63 , 동애등애에 분말 3% 어분 대체사료 공급 장어군은 10.83 ± 0.63 , 동애등에 분말 5% 어분대체사료 공급 장어군은 19.67 ± 0.63 , 동애등에 분말 10% 어분 대체사료 공급 장어군은 9.5 ± 1.38 , 동애등애 유 0.5% 첨가사료 공급장어군은 9.83

± 0.98, 동애등애 유 1% 첨가사료 공급 장애군은 9.16 ± 0.75로 유의적 차이를 보이지 않았다 (Fig. 31).

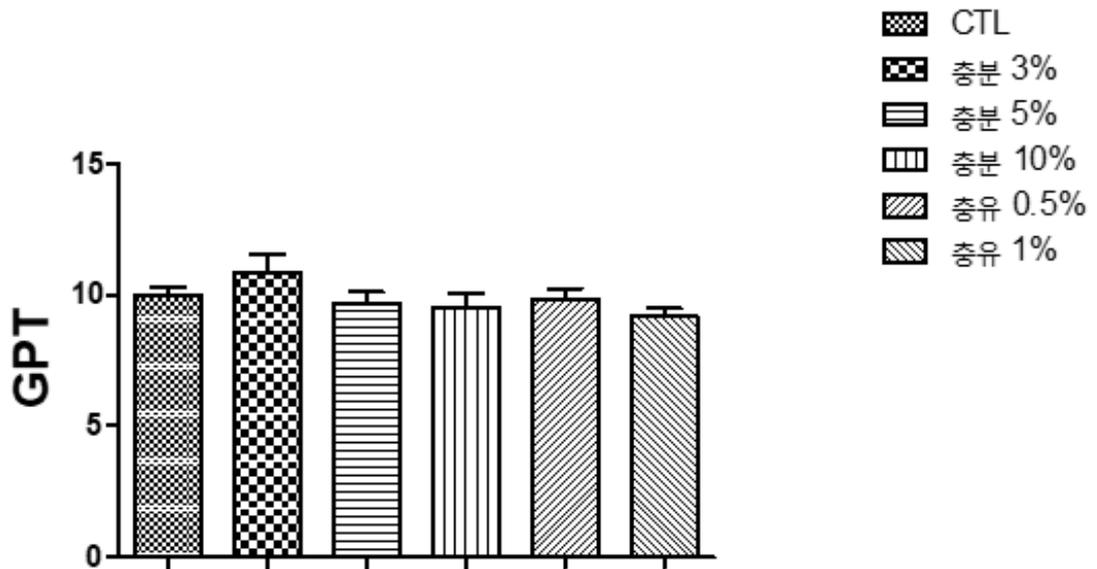


Fig. 31. Alanine aminotransferase (GPT, ALT) activity in serum of eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal (3%, 5%, 10%, respectively) instead of fish meal and diets with oils (0.5% and 1%, respectively) for 55 days.

3차 탈지 동애등애 분 실험 후 상위 5 마리씩 혈장 내 Aspartate aminotransferase (AST, GOT)와 Alanine aminotransferase (ALT, GPT)를 평가하였다. 혈장 내 GOT(aspartate aminotrasferase)와 GPT(alanine aminotransferase)는 간기능의 지표로 활용된다. 수치가 낮을수록 간 기능이 양호한 것으로 일반적으로 평가된다. 대조구 사료 공급구와 탈지 동애등애 분 사료 공급구간 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 탈지 동애등애 15% 사료 공급구에서 HSI 수치의 유의적인 증가와는 반대로 평균값에서 대조구 사료와 탈지 동애등애 5%, 10% 사료 공급구에 비교하여 낮은 수치를 보였다. 결과로 미루어, 탈지 동애등애 분이 극동산 민물장어의 간기능에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 평가되었다. 혈중 중성지방은 대조구 사료 공급구에 비교하여 탈지 동애등애 분 사료 공급구에서 농도에 비례하여 수치가 높았으며, 특히 탈지 동애등애 분 15% 사료 공급구(421.2 ± 17.96)는 대조구 사료 공급구(329.6 ± 32.26)와 유의적인 차이로 높게 평가되었다 (Table 23).

Table 23. Blood parameter of *Anguilla japonica* eels fed diets with different content of defatted black soldier fly larvae meal for 50 days

Diet Items	Control	dBSFM5	dBSFM10	dBSFM15
Serum GOT (U/l)	68.5 ± 9.23	58.0 ± 7.48	60.0 ± 7.75	56.5 ± 3.91
Serum GPT (U/l)	7.90 ± 0.70	7.70 ± 0.46	7.40 ± 0.49	6.70 ± 0.78
Serum TG (mg/dl)	329.6 ± 32.26 ^a	355.6 ± 67.86 ^{a,b}	388.4 ± 45.07 ^{a,b}	421.2 ± 17.96 ^b

③ 비특이적 면역활성 평가

2차 사양실험어를 대상으로 상위 10마리씩의 혈액 내 lysozyme activity (unit/min)를 평가하였다. 대조구 사료 공급장애군은 0.0572 ± 0.021 , 동애등에 분말 3% 어분 대체사료 공급 장애군은 0.075 ± 0.023 , 동애등에 분말 5% 어분대체사료 공급 장애군은 0.055 ± 0.012 , 동애등에 분말 10% 어분 대체사료 공급 장애군은 0.080 ± 0.013 , 동애등에 유 0.5% 첨가사료 공급장애군은 0.071 ± 0.019 , 동애등에 유 1% 첨가사료 공급 장애군은 0.055 ± 0.013 로 통계적으로 유의적 판단을 하기는 어렵지만, 처리구 3%-10% 및 총유 0.5%의 추세적 활성증가를 보였고, 향후 이의 정밀한 조사가 이루어질 예정이다 (Fig. 32).

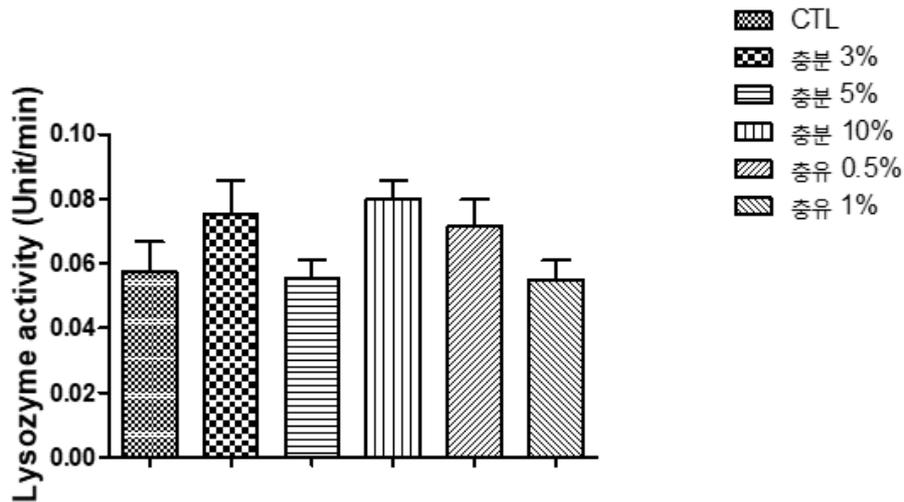


Fig. 32. Lysozyme activity in serum of eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal (3%, 5%, 10%, respectively) instead of fish meal and diets with oils (0.5% and 1%, respectively) for 55 days.

2차 사양실험어를 대상으로 상위 10마리씩의 혈액 내 중성구의 Phagocytic activity (unit/min)를 평가하였다. 대조구 사료 공급장애군은 0.233 ± 0.023 , 동애등에 분말 3% 어분 대체사료 공급 장애군은 0.195 ± 0.048 , 동애등에 분말 5% 어분대체사료 공급 장애군은 0.201 ± 0.029 , 동애등에 분말 10% 어분 대체사료 공급 장애군은 0.201 ± 0.029 , 동애등에 유 0.5% 첨가사료 공급장애군은 0.225 ± 0.006 , 동애등에 유 1% 첨가사료 공급 장애군은 0.194 ± 0.031 로 대조구에 비교하여 약간 낮은 수치를 보였지만, 통계적 유의성을 보이지 않았다 (Fig. 33).

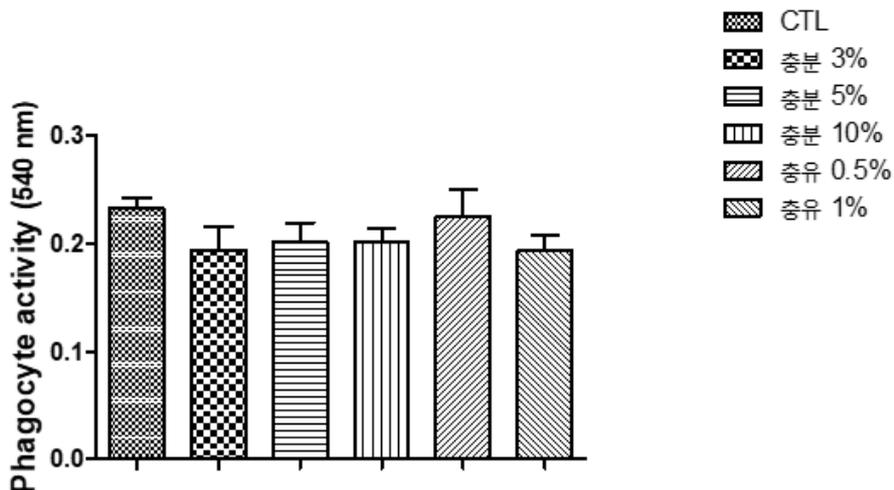


Fig. 33. Phagocytic activity in serum of eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal (3%, 5%, 10%, respectively) instead of fish meal and diets with oils (0.5% and 1%, respectively) for 55 days.

3차 탈지 동애등에 분 실험 후 상위 5 마리씩 혈장 내 비특이적 면역의 지표인 라이소자임 활성과 대식세포 활성을 평가하였다. 대조구 사료 공급구와 탈지 동애등에 분말사료 공급구에서 유의적인 차이를 보이지 않았다 (Table 24).

Table 24. Lysozyme and Phagocytic activity in serum of eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal (5%, 10%, 15%, respectively) instead of fish meal.

diet Items	Control	dBSFM5	dBSFM10	dBSFM15
Lysozyme activity (Units ml)	0.080 ± 0.021	0.086 ± 0.034	0.097 ± 0.038	0.064 ± 0.028
Phagocyte activity (Units ml)	0.106 ± 0.005	0.111 ± 0.010	0.114 ± 0.010	0.108 ± 0.012

④ 항산화, 면역 및 간기능 관련 유전자 발현비교

Cu/ZnSOD와 MnSOD는 간에서 대표적인 항산화기능의 효소로 간에서 활성산소의 제거에 중요한 역할을 수행한다. Cu/ZnSOD와 MnSOD는 대조구 사료 공급구에 비교하여 탈지 동애등에 분 첨가사료 공급구간 유의적 차이는 없었지만, 10%, 15% 첨가사료의 경우 평균값에서 대조구 비하여 높은 유전자 발현을 나타냈다. 면역활성 관련 유전자 중 TNF- α 는 염증 및 면역반응에 관여하는 사이토카인으로 염증성 질환에서 발현이 증가되는 것으로 알려져 있다. 탈지 동애등에 15% 어분대체 사료 공급구에서는 약간의 증가가 확인되었으나 5%와 10% 어분 대체 사료에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. IL-8은 T세포의 화학주성이나 호중구의 활성화에 관여하는 사이토카인으로 대조구 사료 공급구와 탈지 동애등에 분 사료공급구와의 유의한 차이를 보이지 않았지만, 15%의 어분대체 사료 공급구에서는 약간의 증가를 보였다. MyD88 유전자 발현 단백질은 면역세포에서 신호전달에 관여하는 역할을 한다. 대조구 사료 공급구와 비교하여 탈지 동애등에 분 대체 사료 공급구 간 유의적 차이가 없었다. CYP1A9 유전자 발현 단백질은 P450 단백질로 간 내 약물대사에 중요한 효소이다. 대조구 사료 공급구와 탈지 동애등에 분 대체사료 구 간 유의적 차이를 보이지 않았지만, 농도 증가에 비례하여 평균값이 증가하는 경향을 보였다. STAT1 단백질은 다양한 인터루킨에 의해 활성화되어 핵 내에서 전사인자로서 역할을 하며, 세포 생존, 질병균에 대한 대응 등에 관련된 유전자 발현에 관여한다. 대조구 사료 공급구와 탈지 동애등에 사료 공급구간 유의적 차이를 보이지 않았지만, 탈지 동애등에 분 대체 사료의 경우 대체 농도에 비례하여 평균값이 상승하는 경향을 보였다 (Fig. 34).

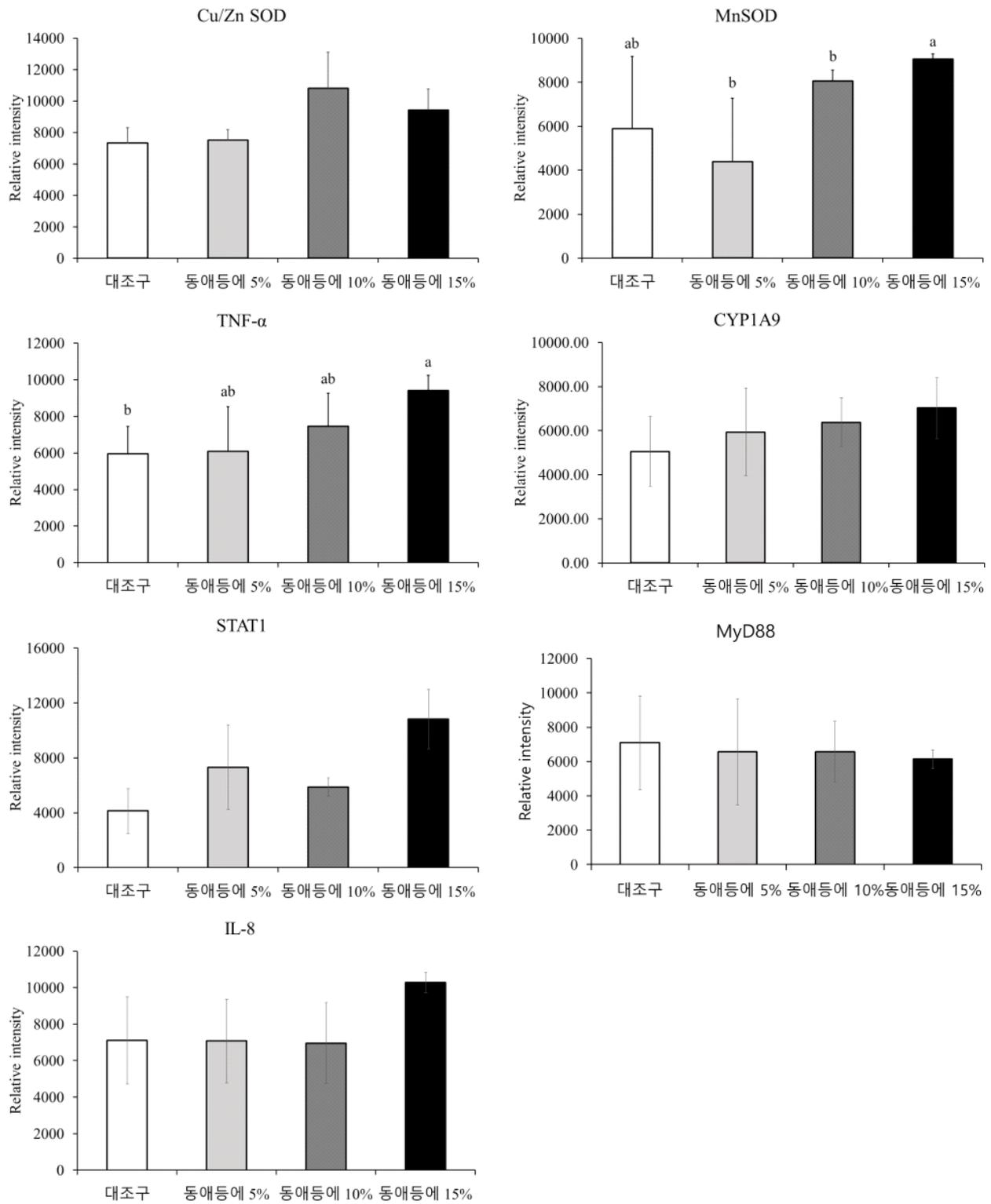


Fig. 34. Phagocytic activity in serum of eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal (5%, 10%, 15%, respectively) instead of fish meal for 55 days

⑤ 동애등에 분의 일부 어분 대체 사료가 장조직에 미치는 효과

어류의 장 벽은 두께가 두꺼울 수록 장 연동운동성을 향상시켜 소화 흡수에 용이하다. 사양평가 시험어의 전장의 절편을 비교한 결과, 대조구 사료 공급 장애와 비교하여 탈지 동애등에 분 5%, 10% 그리고 15% 어분대체 사료 공급 장애간 차이가 없었다. 장용모는 길이가 길고 조밀할때 장내 표면적이 넓어 소화흡수에 용의하다. 마찬가지로 대조구 사료 공급 장애와 비교하여 탈지 동애등에분 5%, 10% 그리고 15% 어분대체 사료 공급 장애 간 차이가 없었다. 한편, 웅모내 상피조직에 분포하는 배상세포는 점액성 물질 뮤신을 분하여 소화기 상피조직을 보호하며 소화를 돕는 역할을 한다. 대조구 사료 공급 장애와 비교하여 동애등에 분 10% 공급 장애군에서 가장 많은 분포를 보였으며, 5%, 15% 동애등에 분 사료 시험구 그리고 대조구 사료 공급 장애군 순이었다 (Fig. 35).

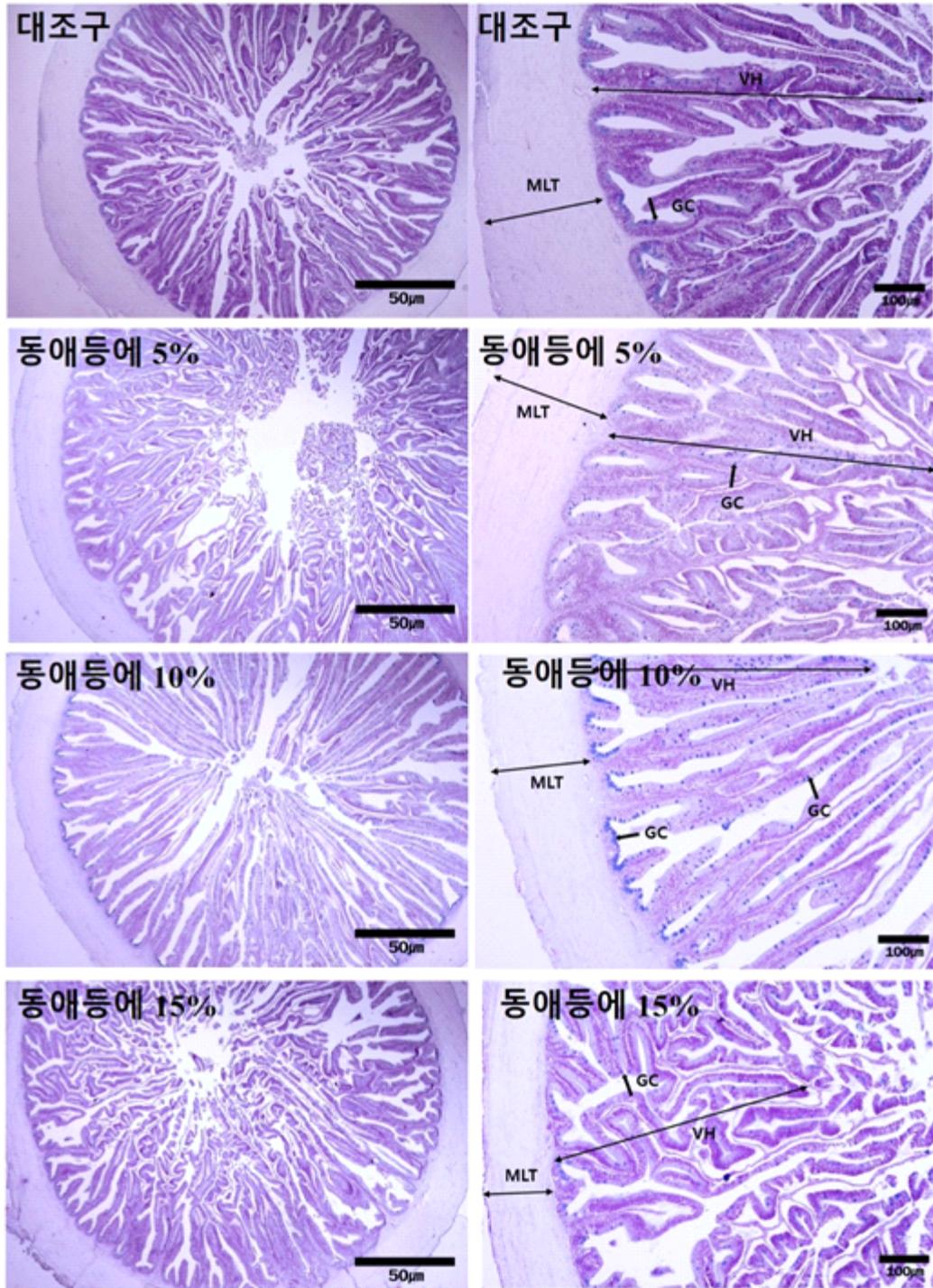
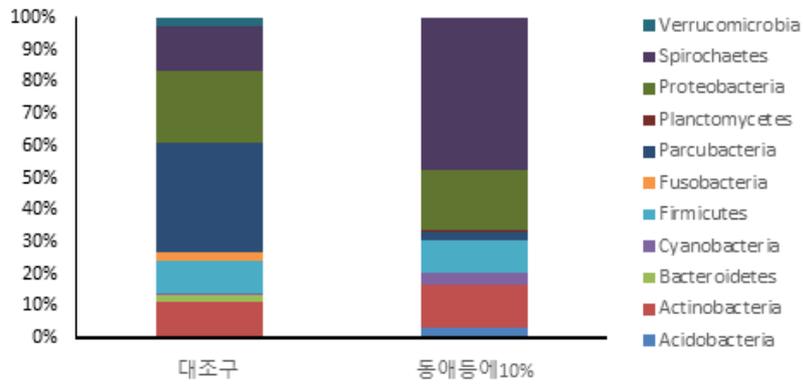


Fig. 35. Histological analysis of eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal (5, 10, 15%, respectively) instead of fish meal.

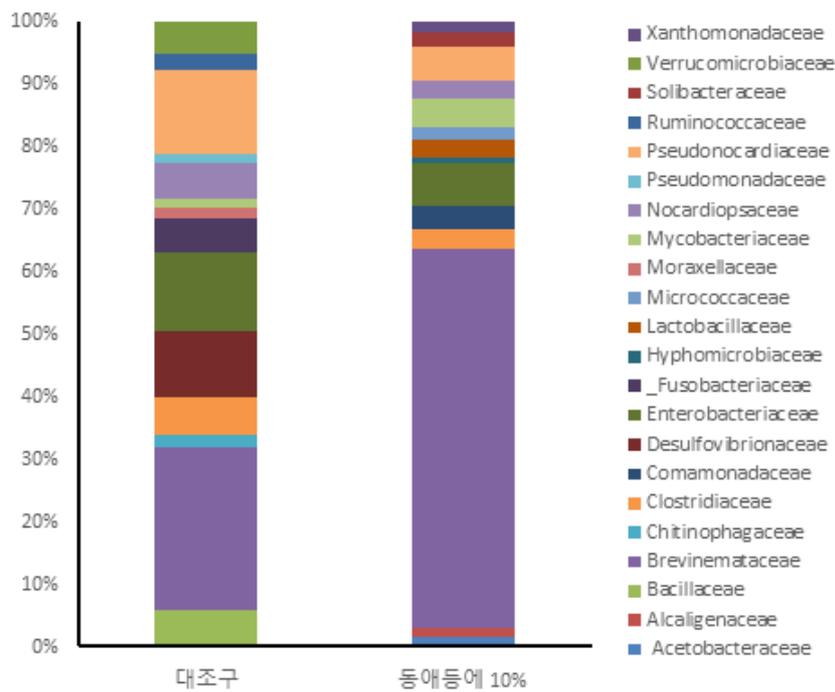
⑥ 동애등에 분의 어분 대체사료가 민물장어 장 미생물상에 미치는 효과

동애등에 곤충 단백질 내 일부 펩타이드(peptide)는 사료 내 첨가로 육상 양식동물, 가금류 및 양식어류장내 항균작용 (antimicrobial activity)이 큰 것으로 보고되고 있다. 가수분해 단백질이 아닌 탈지 단백질분말만을 함유한 사료효과를 평가한 본 실험에서도 대조사료 공급구의 장미생물상과 탈지 동애등에10% 사료 공급구의 장미생물상을 비교한 결과, 극동산 민물장어 역시 장내 미생물상에서 대조구 사료 공급구와 탈지 동애등에 분말사료 공급구에서 뚜렷한 미생물상의 차이가 확인되었다. 전반적으로 동애등에 분말사료 공급구에서 장내 미생물의 다양성에서 확연하게 감소하였다. 변화에는 동애등에10% 사료 공급 장어에서 일부 그람 양성세균 (Actinobacteria: 대조구, 9.8%, 동애등에10%, 10.5%; Firmcutesa: 대조구, 9.8%, 동애등에10%, 10.5%의 상대적인 증가를 보였지만, 그람음성세균인 Spirahaetes의 동애등에10% 사료 공급 장어군에서 상대적인 분포(대조구, 13.9%, 동애등에10%, 47.6%)비의 증가가 두드러졌다. 종 수준에서는 대조사료 공급장어에서는 *Prauserella rugosa* 45%, *Clostridium perfringens* 19.6%, *Cetobacterium somerae* 17.7%, *Akkermansia muciniphila* 17.1% 순이었으며, 탈지 동애등에 10% 어분 대체 사료 공급 장어군에서는 *Plesiomonas shigelloides* 40.7%, *Prauserella rugosa* 30.9%, *Clostridium perfringens* 17.9%, *Rothia dentocariosa* 10.5% 순으로 상당한 차이를 보였다 (Fig. 36, 37).

문(Phylum) 수준의 장 미생물상



과(Family) 수준의 장미생물상



종(species) 수준의 미생물상

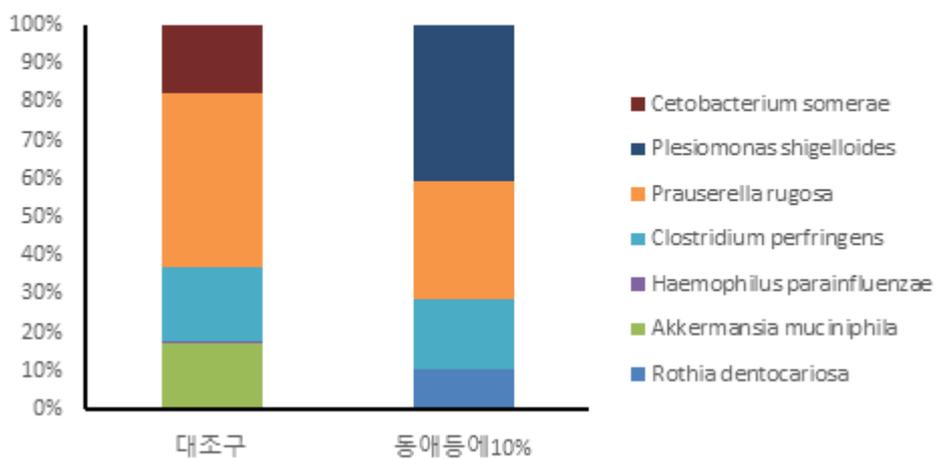


Fig. 36. Comparison of intestinal microflora in eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal 10% instead of fish meal.

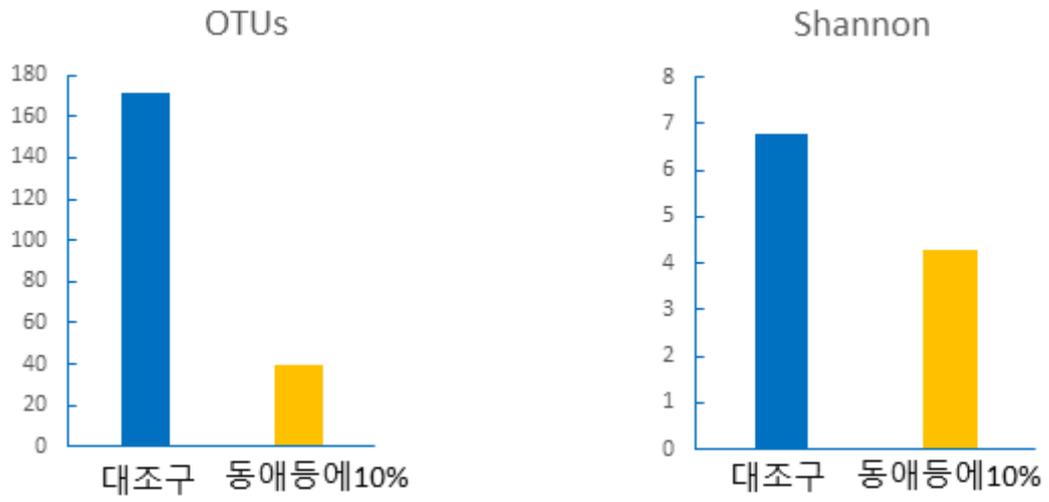


Fig. 37. Diversity index of intestinal microflora in eels fed control diet and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal 10% instead of fish meal.

(3) 민물장어용 기능성 곤충사료의 어분 대체율 및 이용성 평가 현장 적용 기술 개발

① 동애등에 단백질의 어분대체 사료의 1차 사양효과 평가

약 50일간 시험사료를 급이한 장어군의 사양평가 결과는 다음과 같다. 증체율 (WGR, %)은 대조사료 (CON) 공급 장어군이 $99.33 \pm 8.46\%$ 인 반면에 5% 어분 대체 곤충분 사료 (BSD5) 공급 장어는 $83.06 \pm 16.68\%$, 10% 어분대체 곤충분 사료 (BSD10) 공급구는 $93.25 \pm 14.09\%$, 그리고 20% 어분대체 곤충분 사료 (BSD20)구는 $47.1 \pm 10.8\%$ 로 5, 10% 어분대체 사료는 통계적으로 유의한 감소를 보이지 않았으나, 20% 어분대체 사료는 유의적 감소를 나타내었다. 일성장율 (SGR, %/day)은 대조사료 공급 장어군이 $1.38 \pm 0.08\%$ 인 반면에 BSD5 사료 공급구는 $1.20 \pm 0.18\%$, BSD10 사료 공급구는 $1.31 \pm 0.15\%$, 그리고 BSD20 사료 공급구는 $1.11 \pm 0.06\%$ 로 동애등에 단백질 5, 10% 어분대체 사료는 통계적으로 유의한 감소를 보이지 않았으나, 20% 대체 사료는 유의적 감소를 나타내었다. 총사료섭취량(DFI), 사료효율 (FE) 역시 대조구 사료와 비교하여 곤충단백원 어분대체 시험사료 공급 장어군의 유의적 감소가 확인되었다. 한편, 대조사료 공급구와 각 곤충분 대체사료군 모두에서 생존율은 98% 이상으로 유의적 차이를 보이지 않았다 (Table 25).

Table 25. The comparison of growth performance among eels fed control diet (Kofec Co. Chiman Kurogoking feeds) and diets added Black soldier fly larvae (*Ptecticus tenebrifer*) meal substitute for fish meal (5%, 10% and 50%, respectively) for 50 days.

	CON	BSD5	BSD10	BSD20
IW ^a (g)	122.67 ± 3.75	116.0 ± 3.12	113.17 ± 1.53	108.33 ± 2.57
FW ^b (g)	244.67 ^a ± 16.75	212.02 ^b ± 13.80	218.83 ^{a,b} ± 18.84	189.17 ^c ± 7.78
WG ^c (g)	122.00 ^a ± 13.48	96.02 ^b ± 16.63	105.67 ^{a,b} ± 17.32	80.83 ^c ± 6.11
DFI ^d (g)	160.59 ^a ± 13.86	154.46 ^a ± 8.53	161.73 ^a ± 9.51	161.96 ^a ± 11.16
FE ^e (%)	75.88 ^a ± 2.22	61.93 ^b ± 7.39	65.06 ^b ± 6.97	49.97 ^c ± 3.43
WGR ^f (%)	99.33 ^a ± 8.46	83.06 ^a ± 16.68	93.25 ^a ± 14.09	47.1 ^b ± 10.8
SGR ^g (%/day)	1.38 ^a ± 0.08	1.20 ^{a,b} ± 0.18	1.31 ^{a,b} ± 0.15	1.11 ^b ± 0.06
SR ^h (%)	100.0 ± 0.00	98.67 ± 2.31	100.0 ± 0.00	100.0 ± 0.00

^aIW (g), Initial Weight (g/fish)

^bFW (g), Final Weight (g/fish)

^cWG (g), Weight Gain = final wt - initial wt

^dDFI (g), Total Dry Feed Intake

^eFE (%), Feed Efficiency = (wet wt gain/dry feed intake) x 100

^fWGR (%), Weight Gain Rate = (final wt - initial wt) x 100/initial wt

^gSGR (%), Specific Growth Rate (%/day) = (log final wt - log initial wt)/days x 100

^hSR (%), Survival Rate = (No. of fish at end of experiment/No. of fish at start of experiment) x 100

② 동애등에 유(기름) 첨가사료의 1차 사양효과 평가

약 50일간 시험사료를 급이한 장어군의 사양평가 결과는 다음과 같다. 증체율 (WGR, %)은 대조사료 (CON) 공급 장어군이 $68.33 \pm 17.45\%$ 인 반면에 1% 동애등에 유 첨가 사료 (BS01) 공급구는 $83.06 \pm 16.68\%$ 로 평균값의 차이는 컸지만 유의성을 보이지 않았다, 3% 동애등에 유 첨가 사료 (BS03) 공급구는 $66.63 \pm 19.02\%$, 그리고 5% 동애등에 유 첨가 사료 (BS05) 공급구는 $69.78 \pm 13.73\%$ 역시 대조사료 공급구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 일성장율 (SGR, %/day) 역시 대조사료 공급 장어군이 0.89

± 0.18%과 비교하여 3%, 5% 동애등에 유 첨가 사료 공급 장어군 (0.87 ± 0.20%, 0.91 ± 0.14%)은 유의적 차이는 없었다. 마찬가지로 BS01 사료 공급 장어군은 통계적 유의성은 없지만 1.13 ± 0.17%의 높은 수치를 나타내었다. 사료효율 (FE) 역시 CON 사료 공급구 (50.76 ± 9.12%)와 비교하여 3%, 5% 동애등에유 첨가 사료 공급구 (3%, 66.63 ± 19.02; 5%, 69.78 ± 13.73)의 효율이 높게 나타났지만, 통계적 유의성을 보이지는 않았다. 반면에 1% 동애등에 유 첨가 사료 공급구 (93.24 ± 19.96%)은 유의적 증가를 나타내었다. 한편, 대조사료 공급구와 각 곤충분 대체사료군 모두에서 생존율은 97% 이상으로 유의적 차이가 없었다 (Table 26).

Table 26. The comparison of growth performance among eels fed control diet (Kofec Co. Chiman Kurogoking feeds) and diets with Black soldier fly larvae (*Ptecticus tenebrifer*) oil (1%, 3% and 5%, respectively) for 50 days.

	CON	BS01	BS03	BS05
IW ^a (g)	124.50 ± 0.87	124.67 ± 0.58	124.17 ± 0.58	123.00 ± 2.00
FW ^b (g)	209.67 ^a ± 23.09	240.83 ^a ± 23.74	206.83 ^a ± 22.75	208.67 ^a ± 14.00
WG ^c (g)	85.17 ^b ± 22.23	116.17 ^a ± 24.30	82.67 ^b ± 23.25	85.67 ^b ± 15.75
DFI ^d (g)	166.08 ^a ± 18.57	177.08 ^a ± 11.24	160.42 ^a ± 14.88	159.31 ^a ± 12.76
FE ^e (%)	50.76 ^a ± 9.12	65.21 ^a ± 9.37	51.00 ^a ± 10.61	53.48 ^a ± 6.09
WGR ^f (%)	68.33 ^b ± 17.45	93.24 ^a ± 19.96	66.63 ^b ± 19.02	69.78 ^b ± 13.73
SGR ^g (%/day)	0.89 ^a ± 0.18	1.13 ^a ± 0.17	0.87 ^a ± 0.20	0.91 ^a ± 0.14
SR ^h (%)	98.67 ± 2.31	100.0 ± 0.0	98.67 ± 2.31	97.33 ± 4.62

^aIW (g), Initial Weight (g/fish)

^bFW (g), Final Weight (g/fish)

^cWG (g), Weight Gain = final wt - initial wt

^dDFI (g), Total Dry Feed Intake

^eFE (%), Feed Efficiency = (wet wt gain/dry feed intake) x 100

^fWGR (%), Weight Gain Rate = (final wt - initial wt) x 100/initial wt

^gSGR (%), Specific Growth Rate (%/day) = (log final wt - log initial wt)/days x 100

^hSR (%), Survival Rate = (No. of fish at end of experiment/No. of fish at start of experiment) x 100

③ 동애등에 단백질의 어분대체 사료의 2차 사양효과 평가

약 55일간 시험사료를 급이한 장어군의 사양평가 결과는 다음과 같다. 증체율 (WGR, %)은 대조사료 (CON) 공급 장어군이 241.62 ± 21.34%인 반면에 3% 어분 대체 동애등애분 사료 (BSD3) 공급구는 285.31 ± 4.30%로 유의적 증체효과를 나타내었다. 반면에 5% 어분대체 동애등애분말 사료 (BSD5) 공급구는 218.57 ± 42.00%, 그리고 10% 어분대체 동애등애분말 사료 (BSD10) 공급구는 235.90 ± 50.14%로 대조구 사료와 비교하여 유의적 차이를 보이지 않았다. 사료효율은 CON 사료 공급 장어군이 104.71 ± 6.95%인 반면에 BSD3는 107.22 ± 2.45%, BSD5는 105.10 ± 26.20%, 그리고 BSD10 사료 공급구는 98.65 ± 13.13%로 CON 사료 공급구와 비교하여 유의적 차이를 보이지 않았다. 일성장율은 CON 사료 공급 장어군이 1.46 ± 0.09%인 반면에 BSD3 사료 공급구는 1.63 ± 0.02%로 유의적 차이를 나타내었다. 반면에 BSD5사료 공급구는 1.37 ± 0.17%, 그리고 BSD10 사료 공급구는 1.42 ± 0.21%로 CON 사료 공급구와 비교하여 유의적 차이를 보이지 않았다. CON 및 모든 시험사료 공급구에서 생존율은 98% 이상으로

유의적 차이는 나타나지 않았다 (Table 27).

Table 27. The comparison of growth performance among eels fed control diet (Kofec Co. Chiman Kurogoking feeds) and diets added insect (*Ptecticus tenebrifer*) meal substitute for fish meal (5%, 10% and 50%, respectively) for 55 days.

	CON	BSD3	BSD5	BSD10
IW ^a (g)	196.33 ± 1.53	196.83 ± 1.26	193.83 ± 3.33	196.83 ± 1.04
FW ^b (g)	437.96 ± 22.36	482.14 ± 4.33	412.41 ± 44.33	432.73 ± 49.59
WG ^c (g)	241.62 ± 21.34	285.31 ± 4.30	218.57 ± 42.00	235.90 ± 50.14
DFI ^d (g)	231.04 ± 19.91	266.14 ± 3.00	213.28 ± 41.71	238.06 ± 26.93
FE ^e (%)	104.71 ± 6.95	107.22 ± 2.45	105.10 ± 26.20	98.65 ± 13.13
WGR ^f (%)	123.04 ± 10.32	144.96 ± 2.49	112.62 ± 20.32	119.90 ± 25.80
SGR ^g (%/day)	1.46 ± 0.09	1.63 ± 0.02	1.37 ± 0.17	1.42 ± 0.21
SR ^h (%)	100.0 ± 0.00	100.0 ± 0.00	98.0 ± 0.00	100.0 ± 0.00

^aIW (g), Initial Weight (g/fish)

^bFW (g), Final Weight (g/fish)

^cWG (g), Weight Gain = final wt - initial wt

^dDFI (g), Total Dry Feed Intake

^eFE (%), Feed Efficiency = (wet wt gain/dry feed intake) x 100

^fWGR (%), Weight Gain Rate = (final wt - initial wt) x 100/initial wt

^gSGR (%), Specific Growth Rate (%/day) = (log final wt - log initial wt)/days x 100

^hSR (%), Survival Rate = (No. of fish at end of experiment/No. of fish at start of experiment) x 100

④ 동애등에 유(기름) 첨가사료의 2차 사양효과 평가

약 55일간 시험사료를 급이한 장어군의 사양평가 결과는 다음과 같다. 증체율 (WGR, %)은 대조사료 (CON) 공급 장어군이 241.62 ± 21.34%인 반면에 0.5% 동애등에 유 첨가 사료 (BS00.5) 공급구는 305.88 ± 17.03%로 동애등에 유 첨가사료에서 유의적 증가를 나타내었다. 반면에 1% 동애등에 유 첨가 사료구 (BS01)는 241.52 ± 23.25%로 대조구 사료 공급 장어군에 비교하여 유의적 증가를 나타내지 않았다. 사료효율은 CON 사료 공급 장어군이 231.04 ± 19.91%인 반면에 BS00.5 사료 공급구는 247.77 ± 2.07%, BS01 사료 공급구는 229.20 ± 10.61%로 시험구 간 유의적 차이를 보이지 않았다. 일성장율은 CON 사료 공급 장어군이 1.46 ± 0.09%인 반면에 BS00.5 사료 공급구는 1.71 ± 0.05%로 유의적 차이를 나타내었다. 반면에 BS01 사료 공급구는 1.46 ± 0.20%로 CON 사료와 비교하여 유의적 차이를 보이지 않았다. 대조구 (CON) 및 모든 시험사료 공급구에서 생존율은 100%로 유의적 차이를 보이지 않았다 (Table 28).

Table 28. The comparison of growth performance among eels fed control diet (Kofec Co. Chiman Kurogoking feeds) and diets with insect (*Ptecticus tenebrifer*) oil (1%, 3% and 5%, respectively) for 55 days.

	CON	BSO0.5	BSO1
IW ^a (g)	196.33 ± 1.53	196.50 ± 2.12	195.50 ± 2.220
FW ^b (g)	437.96 ± 22.36	502.38 ± 19.16	437.02 ± 10.03
WG ^c (g)	241.62 ± 21.34	305.88 ± 17.03	241.52 ± 5.07
DFI ^d (g)	231.04 ± 19.91	247.77 ± 2.07	229.20 ± 6.02
FE ^e (%)	104.71 ± 6.95	123.48 ± 7.91	105.37 ± 8.88
WGR ^f (%)	123.04 ± 10.32	155.62 ± 6.99	123.54 ± 8.03
SGR ^g (%/day)	1.46 ± 0.09	1.71 ± 0.05	1.46 ± 0.20
SR ^h (%)	100.0 ± 0.00	100.0 ± 0.0	100 ± 0.0

^aIW (g), Initial Weight (g/fish)

^bFW (g), Final Weight (g/fish)

^cWG (g), Weight Gain = final wt - initial wt

^dDFI (g), Total Dry Feed Intake

^eFE (%), Feed Efficiency = (wet wt gain/dry feed intake) x 100

^fWGR (%), Weight Gain Rate = (final wt - initial wt) x 100/initial wt

^gSGR (%), Specific Growth Rate (%/day) = (log final wt - log initial wt)/days x 100

^hSR (%), Survival Rate = (No. of fish at end of experiment/No. of fish at start of experiment) x 100

⑤ 탈지 동애등에 단백질의 어분대체 사료의 3차 사양효과 평가

극동산 민물장어 대상의 8주간의 사양실험 후 성장도(growth performance)를 측정하였다. 증체율, 일간성장율, 생존율에서 대조구와 탈지 동애등에 분 첨가 사료 공급구간 유의미한 차이를 보이지 않았지만, 탈지 동애등에 분 대체 사료 공급구는 증체율, 일간성장율의 평균값에서 대조구 보다 높은 수치를 보였다. 특히, 탈지 동애등에 분 10% 사료공급구는 평균값에서 대조구에 비교하여 약 10% 높은 최대 수치를 보였지만, 탈지 동애등에 분 15% 사료 공급구는 대조구 대비 약 2% 높은 수치에 불과하였다. 사료효율에서도 탈지 동애등에 10% 대체 사료 공급구(79.8 ± 4.86)만이 대조구 사료 공급구(77.4 ± 4.19)에 비교하여 더 높은 평균값은 나타내었다 (Table 29).

Table 29. The comparison of growth performance among eels fed control diet (Kofec Co. Chiman Kurogoking feeds) and diets added Black soldier fly larvae (*Ptecticus tenebrifer*) meal substitute for fish meal (5%, 10% and 15%, respectively) for 50 days.

	CON	dBSD5	dBSD10	dBSD15
IW ^a (g)	476.3 ± 1.06	475.8 ± 4.37	475.3 ± 0.76	476.2 ± 0.76
FW ^b (g)	919.0 ± 19.80	929.2 ± 82.86	964.2 ± 30.14	926.5 ± 89.52
WG ^c (g)	92.8 ± 4.59	95.2 ± 15.68	102.9 ± 6.10	94.6 ± 18.49
FE ^d (%)	77.4 ± 4.19	73.7 ± 12.76	79.8 ± 4.86	73.9 ± 14.81
WGR ^e (%)	123.04 ± 10.32	144.96 ± 2.49	112.62 ± 20.32	119.90 ± 25.80
SGR ^f (%/day)	1.34 ± 0.05	1.36 ± 0.17	1.44 ± 0.06	1.35 ± 0.19
SR ^g (%)	100.0 ± 0.00	100.0 ± 0.00	98.0 ± 0.00	100.0 ± 0.00

^aIW (g), Initial Weight (g/fish)

^bFW (g), Final Weight (g/fish)

^cWG (g), Weight Gain = final wt - initial wt

^dFE (%), Feed Efficiency = (wet wt gain/dry feed intake) x 100

^eWGR (%), Weight Gain Rate = (final wt - initial wt) x 100/initial wt

^fSGR (%), Specific Growth Rate (%/day) = (log final wt - log initial wt)/days x 100

^hSR (%), Survival Rate = (No. of fish at end of experiment/No. of fish at start of experiment) x 100

(4) 경제성 분석 및 연구종합 결과

① 먹이원의 개발과 대량생산 시 단가 경쟁력

○ 부산물을 활용한 먹이 선발을 통해 제품이 생산된다 하더라도 대량사육에 투입되는 인건비, 전력비, 생산시설 감가비 등 여러 가지 요인을 고려하여 생산조건에 들어가는 비용이 높지 않다면 제품의 활용도가 현저하게 떨어지는 경향이 있어 이를 위한 경제성 분석을 하였다. 동애등에 사육 시 상자사육에 비하여 대량수조를 이용하게 되면 **노동력이 1/3로 경감됨을 확인하였다.**

○ 1년차 실험에서 농업부산물 중 미강과 전분박에서 음식물 부산물과 2년차에서 옥수수박과 효모분의 혼합 시 산란율, 성장률 및 증체율과 동애등에 유효성분(단백분과 지방산 함유량 분포)의 긍정적 결과를 도출함으로써 이들을 이용한 생산력의 증대가 기대되며 출하시기의 단축과 대량생산의 효용성이 입증되었으며, 동애등에의 출하 가격을 낮추는데 기여 할 것으로 판단된다.

특히 동애등에 사육 시 발생하는 민원의 가장 큰 문제점인 악취제거의 방법을 찾음으로서 지역주민과 상생 할 수 있는 방법을 찾았다는데 큰 의미가 있다.

○ 현재 동애등에의 판매가격은 4,000원/kg에 판매되고 있으며 본 연구팀은 생산성 공정개선을 통해 3,000원/kg까지 개선할 예정으로 일반적으로 판매되고 있는 어분의 가격 3,500원/kg에 근접할 것으로 생각되어진다. 현재 (주)코팩스에서 분석결과 가격에서는 어분가격 약 2,500-3,000원/kg에 비교하여 약 2,300-2,500/kg에 (주)동의보감에서 납품되었다는 점에서 어분을 대신하는 사료원으로서의 실제 이용가능성을 타진했다는 점에서도 차별성이 있습니다.

○ 동애등에에 생산되는 음식물 부산물은 2만원/톤당의 수익과 제품 판매를 통한 수익을 창출하며 초기 시설장비 비용의 추가로 인해 단가 절감이 어려울 수 있으나 지속적인 생산을 통한 단가절감이 이루어질 것으로 예상된다. 기본 민물장어 배합사료와 동애등에 분 대체/첨가 배합사료의 가격은 기존 배합사료 원가 및 판매가의 변동이 없는 것으로 (주)코팩스에서 이미 원가계산을 마무리하여 제조하고 있으며, 각 원료 및 제조원가에 대한 상세 비교 (주)코팩스 제조사의 영업 전략이므로 본 연구과제 보고서에 제시가 적절하지 않다고 판단된다.

○ 현재 (주)동의보감은 약 100평 규모의 면적을 가지고 있는 사육동을 31여개 운영을 하고 있으며 판매가 원활하게 이루어질 경우 1동당 약 500만원 정도의 수익을 창출하여 월 1억 5천의 순수익을 달성할 것으로 예상하고 있다.

○ 또한 동애등에에는 어분에는 존재하지 않는 다양한 무기원소, 향균물질 및 섬유질이 존재하고 있어 고품질의 사료원으로 가능성을 현장 사양실험을 성장과 면역력에서 향상에 긍정적인 결과가 도출되어 (주)동의보감에서 생산된 전량의 동애등에를 장어사료로 개발이 가능 할 것으로 판단된다.

○ 또한 장어사료의 경우 7 ~ 8만원 수준/포대로 이익률은 10%로 예측되며 가장 많이 함유되는 어분의 가격과 동애등에의 가격이 유사하여 경제성이 있는 것으로 판단된다.

② 민물장어용 기능성 곤충사료의 어분 대체율 및 이용성 평가 연구

○ 기존의 연구에서 양어 사료 내 동애등에의 과잉 첨가 시 부정적인 영향이 보고되어 있으므로 곤충사료 개발에 있어 최적 어분 대체율을 설정하는 것이 중요하다.

○ 본 연구의 결과는 동애등에의 사료로서의 가능성 중 넓치 등 해산어에 대한 연구는 빈번한 반면, 담수 대표 양식어종인 민물장어에의 평가는 첫 연구사례에 해당합니다.

○ 동애등애분과 동애등애 유를 분리하여 평가가 수행되어, 어분대체분으로서의 가능성 타진 및 동애등에 유의 기능성에 대한 평가가 이루어졌으며, 이를 바탕으로 위탁연구기관인 (주)코팩스에서 신규 배합사료에 동애등에 분과 유를 사용한 신제품 개발과 판매에 이르렀습니다.

○ 본 과제를 통하여 기존 동애등에 사육기술의 개선과는 별개로 기존 사육기술 하의 동애등에 분의 민물장어 사육용 배합사료에 사용하기 위한 현장평가가 이루어졌다는 점에서 단순히 시험실 연구만 진행된 기존 연구과제와의 차별성이 있다.

○ 경쟁제품과의 기능성 혹은 경제적 타당성 (가격경쟁 등) 등 비교하였을 때

본 개발 과제 기간 동안 대조구 사료로 사용하였던 대조구 사료 formulation은 주)코팩스 사료 중 가장 매출 비중이 높은 흑자사료를 기준으로 하였으며, 이와 비교하여 가격상승 요인(즉 어분대비 동애등에 분 원가비교)이 전혀 없었으며, 이를 전제로 증체율, 사료효율의 개선 효과에 비추어 경쟁력이 있다고 판단하였습니다. 그리고 동애등에 분의 일정 부분의 첨가가 비특이적 면역강화효과 등은 비교적 긴 기간의 대량의 평가가 동반되어야 하는 특징상 과제 종료 후 (주)코팩스 측에서 진행하고자 합니다.

○ 따라서, 곤충사료의 어분 대체율을 달리하여 사료의 일반성분(수분, 조단백질, 조지질, 조섬유) 분석을 진행하고 민물장어 사양실험을 통해 성장률, 사료효율, 생존율, 혈액 건강도 및 면역활성을 측정하였다. 본 연구 결과 어분사료와 비교 시 긍정적인 결과를 도출 함으로써 동애등에 대체분 사료로서의 생화학적 지표들이 가능함을 확인하였다. 기능성에 대한 차별화는 어분 100% 대조사료에 비교하여 일정 부분의 동애등에 분으로 대체된 사료에서 증체율, 사료효율 개선 및 장미생물상의 변화와 일부 면역활성효소의 강화효과 등 기능성이 확인되었으며, 이를 기초로 민물장어 용 배합사료 제조에 활용되었다는 점에서 차별성이 있습니다. 본 연구의 결과로 장어 사료 제품은 사용 농가의 신뢰성 확보가 우선적임으로 더 많은 실험자료 필요하며, 이들 상기 결과들은 동애등에 함유 상용배합사료가 제조/판매 되고 있기 때문에 더 많은 현장 데이터의 축적이 이루어질 것입니다.

③ 민물장어용 기능성 곤충사료의 현장 적용 기술 개발

○ 민물장어의 실증 양성 현장에서 민물장어용 기능성 곤충사료 내 분말 및 오일의 혼합비에 따른 민물장어의 증체율 등 사양효과 (growth performance) 및 폐사율 등을 조사하여 민물장어용 항병력 개선 곤충사료를 개발가능성을 검증하였다. 1, 2차 사양실험 결과 단백질분과 유리지방산 분의 사료첨가 농도에 따른 증체 및 면역증강 효과에서 다른 사료분에 특정 혼합비율에 따라 우수성을 입증하였다.

○ 양식농가의 생산비용 저감은 장기적, 체계적 후속 조사가 이루어진 후 얻어질 것이며, 관련하여 (주)코팩스는 동애등에 분을 활용한 배합사료의 대량의 판매와 관련한 후속 데이터 정보를 지속적으로 수집 관리하고자 합니다. 다만, 주어진 연구기한 내에 많은 사육현장에 동애등에 분 첨가 배합사료를 배포하고 데이터를 수집할 수 있는 연구비, 연구기간에 제약이 있었다는 점을 이해하여 주시기 바랍니다.

2) 정량적 연구개발성과

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도	1단계 (2021~2022)		계	가중치 (%)	
		2021	2022			
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	lauric acid 함량	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	1		1	100
	불포화지방산(EPA)	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	1		1	100
	불포화지방산(DHA)	목표(단계별)	1		1	5
		실적(누적)	1		1	100
	곤충생산공정 개선	목표(단계별)	1		1	10
		실적(누적)	1		1	100
곤충산란율 개선	목표(단계별)	1		1	20	
	실적(누적)	1		1	100	
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	장어성장률	목표(단계별)		1	1	20
		실적(누적)		1	1	100
	장어폐사율	목표(단계별)		1	1	20
		실적(누적)		1	1	100
	곤충제품 유통기간 연장	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)		1	1	100
	사료효율 경제성 평가	목표(단계별)		1	1	10
		실적(누적)		1	1	100
	면역유도유 전자 발현	목표(단계별)		1	1	5
		실적(누적)		1	1	100
계			10	10	20	100

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표치		목표 설정 근거
			수준 보유 국 / 보유 기관	성능수준		성능수준	1차년(21~21)	
1. lauric acid 함량	%	5			23g/100g	30g/100g		공인기관 성적서
2. 불포화지방산(EPA)	%	5			0.5g/100g	0.9g/100g		공인기관 성적서
3) 불포화지방산(DHA)	%	5			0.05g/100g	0.06g/100g		공인기관 성적서
4. 민물장어 성장률	cm	20					비교구대비 4% (길이증가)	외부전문가검증
5. 민물장어 폐사율	개체	20					비교구 대비 10% (생존율)	외부전문가검증
6. 곤충생산공정 개선	Kg/Hour	10		100kg/Hr	80kg/Hr		300kg/Hr (국내최고)	자체측정
7. 곤충제품 유통기간 연장	Month	10		12moth	10moth		18moth	공인기관 성적서
8. 사료효율 경제성 평가	원	10					10%절감	자체측정
9. 면역유도유 전자 발현	%	5					비교구 대비 5% 발현 증가	자체측정
10. 곤충산란율 개선	개	5		4kg	2kg		5kg	자체측정

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

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

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	KOFFST International Conference 2022 Fisheries Science in Panaermic Era	안준철외	2022. 11. 3-4	부산 벡스코	대한민국

기술 요약 정보

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

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

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

[기술적 성과]

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

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	동애등에를 이용한 민물 장어 양식용 사료의 제 조방법	대한민국	농업회사 법인 주식회 사 동의보감 / 주식회 사 코팩 스	2022-12- 20	10-2022- 0179636				100		
2	약취를 저감시킨 동애등 에 먹이원 및 이를 이용 한 사육방법	대한민국	농업회사 법인 주식회 사 동의보감	2023-03- 10	10-2023- 0031572				100		

○ 지식재산권 활용 유형

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

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

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

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

표준화

○ 국내표준

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

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

○ 국제표준

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

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

[경제적 성과]

시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
	에너지 파-워 골드	2022. 8. 30	(주) 코팩스	(주) 코팩스	기능성사료명			

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	동애등에분의 활용	농업회사법인 (주)동의보감	2023.05.01	-	-
2	직접실시	동애등에 대량생산 및 1차 가공품	농업회사법인 (주)동의보감	2022.05.01.	-	-

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

사업화 투자실적

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

사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품개발	국내	장어사료개발	동애 등애를 이용한 장어사료	(주) 코팩스	-	-	2023	
1	자기실시	기존 제품 개선	국내	네이처인섹트 (동애 등애분말)	동애 등애를 활용한 가축 및 장어사료용 분말 개발	(주) 동의보감	14,100	-	2022	

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

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
네이처인섹트(동애등에분말)	2022	14,100	-	14,100	세금계산서
합계		14,100	-	14,100	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		1년		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	1년		
	소요예산(천원)	1,000,000		
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후
		0	2,000,000	5,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후
0			10%	20%
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
			2021년	2022년	
	곤충사육	(주)동의보감	2	1	3
	장어사료연구	(주)코팩스	1		1
합계					

□ 고용 효과

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

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도	장어사료개발	300,000		500,000	30%	2	
기대 목표		500,000		1,000,000	40% 이상		

산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

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

[사회적 성과]

법령 반영

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

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
	제안	동태 등에 사육 악취발생 저감을 위한 먹이원개발	농진청 곤충관련 부서	2023	

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

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

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1		2022	1		3		2	2				4	

산업 기술 인력 양성

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

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회	대면(킨텍스)	한국유용곤충박람회	2021.12.16.-19.
2	전시회	대면(세종컨벤션센터)	곤충의 날(농림부, 농촌진흥청)	2022. 09. 07

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

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

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

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

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

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 동애등에 유용곤충 분말 및 오일을 활용한 민물장어용 기능성 사료 개발	○ 동애등에 대량생산공정 개선을 통한 생산성 증대 기술개발	100%
○ 기능성(면역강화)이 배가된 상용 민물장어용 고효율 사료 개발	○ 동애등에 분말 및 오일을 활용한 현장 보급형 민물장어용 기능성 사료 개발	100%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

해당사항 없음

2) 자체 보완활동

해당사항 없음

3) 연구개발 과정의 성실성

해당사항 없음

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여

연구개발성과의 관련 분야에 대한 경제적·사회적 파급효과뿐만 아니라
연구개발성과에 대한 기술 기여도 및 산정근거*를 포함하여 작성

* 기술기여도 산정 가이드라인 참고

- 혁신법 시행('21.1.) 이후 협약과제 또는 혁신법 시행 이전 협약과제 중 경상기술료 납부 희망 과제
 단, 혁신법 시행('21.1.) 이전 협약과제 중 정액기술료 납부를 희망하는 경우 기술기여도 작성 불필요

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구 개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
유용곤충 동애등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발	단가절감 및 영양 분 함량개선을 위 한 먹이원 개발	(주) 동의보감	농업 경영체 (영리)	326	260	79.75	신규 기술개발	해당 없음	-
	민물장어용 기능성 곤충사료의 어분 대체율 및 이용성 평가 연구	군산대학 교	대학 (비영리)	134	134	1.000	신규 기술개발	해당 없음	-
	민물장어용 기능성 곤충사료의 어분 대체율 및 이용성 평가 현장 적용 기술 개발	(주) 코팩스 중앙연구 소	중소기업 (영리)	75	75	1.000	신규 기술개발	해당 없음	-
계				460	394	79.75	-	-	-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

연구개발성과 활용계획표 성과항목 중 사업화 계획(매출액, 기술료 등) 작성 필수

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE					
	비SCIE	1				
특허출원	국내	1				
	국외					
특허등록	국내		1	1		
	국외					
인력양성	학사		1			
	석사			1		
	박사					
사업화	시제품개발					
	상품출시	1				
	기술이전	1				
	공정개발	1				
	매출액(단위 : 천원)	10,000	20,000	40,000	80,000	100,000
	기술료(단위 : 천원)	350	700	1,600	3,200	4,500
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보			1			
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

< 별첨 자료 >

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

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		121045-2	
사업구분	유용농생명자원산업화기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	유용농생명자원산업화기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	유용곤충 동애등에 소재 민물장어용 기능성 사료 개발			과제유형	(기초,응용,개발)
연구개발기관	농업회사법인 (주) 동의보감			연구책임자	박수련
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31(9 개월)	169,000	28,000	197,000
	2차년도	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31(12개월)	225,000	37,750	262,750
	3차년도				
	4차년도				
	5차년도				
	계		394,000	65,750	459,750
참여기업	군산대학교 산학협력단, (주)코팩스 중앙연구소				
상대국			상대국연구개발기관		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2023. 1. 12

3. 평가자(연구책임자) : 박수련

소속	직위	성명
(주) 동의보감	대표이사	박수련

4. 평가자(연구책임자) 확인 : 박수련

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

확약	
----	---

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 동애등에 대량사육 방법을 제시 하였으며, 첨가 먹이원 개발을 통하여 동애등에 유효성분(단백질과 불포화지방산의 증가)의 차이점을 입증함, 특히 사육과정에 발생하는 악취 저감효과를 현장에서 입증함
- 동애등에 분쇄물의 저장 및 산패의 저감을 입증함
- 장어사료에서 어분의 대체제로서 동애등에 첨가량을 검증 및 면역증강 효과 검증
- 현장실험과 (주) 코팩스 사료공장 연개의 새로운 면역 증가용 시제품사료개발 및 2023년 새로운 제품 출시 예정

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 동애등에 사육에서 민원발생의 최대원인인 악취 문제를 해결 할 수 있는 첨가먹이원의 개발
- 장어사료의 대부분을 차지하는 어분의 부분 대체제로서 동애등에의 수입대체효과
- 장어사육장에서 폐사 문제를 천연 면역증강 사료 개발로 최소화 가능

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 동애등에 첨가 먹이원개발과 조절로 인하여 단백질과 오일성분의 비율 및 유효성분 가변 동애등에 생산가능
- 모든 동애등에 사육현장에서 악취 민원문제 해결 가능
- (주) 코팩스 회사를 통한 신제품의 장어사료 공급을 통한 우리나라 양어장의 대량공급으로 사업화 가능성 증가

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

○ 주관수행기관(주, 동의보감)은 물론 공동기관(군산대학교), 위탁기관(주, 코팩스 중앙연구소)이 서로 협력하여 공동의 목표를 위해 정보 및 연구 성과 협력으로 최적의 기능성 장어사료를 개발함

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

○ 지적 소유권은 특허 1건 출원하였으며, 2023년 전반기에 동태등에 악취 저감효과로 출원 준비중이며,
한국수산학회 주관 국제 학술대회에서 본 연구 성과를 발표함

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
<ul style="list-style-type: none"> • 동애등에 영양분 함량 개선을 위한 먹이원 개발 • 동애등에 대량생산 공정 개선을 위한 산란력 및 증체율 개선 연구 • 유용 미생물 첨가 곤충 면역력 및 섭취율, 증가율 연구 • 먹이원 조성에 따른 유리지방산 변화율 연구 • 동애등에 대량 수확을 위한 수확 공정 개선 • 곤충 제품 유통기한 연장 방법개발 • 곤충 경제성 분석을 통한 생산단가 분석 	40	38	<ul style="list-style-type: none"> - 첨가 먹이원 개발을 통하여 영양분의 함량의 변화를 얻었으며, 더불어서 악취 저감효과의 부수적인 결과 얻음 - 대량공정기술개발과 먹이원에 따른 유리지방산의 함량 변화 결과 도출 - 대량수확 후 1차 가공품과 단백질과오일의 분리정제 방법 확립, 유통기한 연장 방법 획득 - 대량생산단가 감소에 따른 생산원가를 타사 보다 낮게 공급가능
<ul style="list-style-type: none"> • 민물장어용 기능성 곤충사료 어분 대체율에 따른 변화 검증 • 민물장어용 기능성 곤충사료 최적 어분 대체율 설정 • 민물장어용 기능성 곤충사료 배합비에 따른 변화 검증 • 민물장어용 기능성 곤충사료 최적 배합비 설정 	40	40	<ul style="list-style-type: none"> - 어분대체제로서 가능성 검증 - 장어사료 첨가 동애등에 최적비율 설정 및 배합비에 대한 기능성 검증 - 최적 배합비에 따른 장어사료 시제품개발
<ul style="list-style-type: none"> • 민물장어 양식현장에서 동애등에 분말과 오일 함유량에 따른 증체율 및 폐사율 조사 • 동애등에 분말과 오일 함유량에 따른 면역 유도 유전자 발현 조사 	20	20	<ul style="list-style-type: none"> - 시제품을 이용한 현장적용실험 실시 - 장어사료 기능성을 위한 면역력과 유전자 발현조사를 통한 검증 실시
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 과제를 수행을 위하여 주관기관인 (주) 등의보감에서는 동애등에 대량생산과 기능성, 저장방법등을 제시하고, (주) 코팩스 중앙연구소에서는 기능성 장어사료의 동애등에 배합비를 이용한 시제품을 그리고 군산대학교에서는 현장실험을 통하여 검증을 함으로서 어분대체체로 동애등에 함유 장어사료의 개발을 완료함

2. 평가 시 고려할 사항 또는 요구사항

2023년 2월 말에 본격적인 기능성 장어사료의 출시가 (주) 코팩스를 통하여 이루어지면 외국으로부터 전량 수입되는 어분의 대체제로서 동애등에의 기능성과 면역력 향상에 따른 장어농가

의 소득증대가 기대 됨, 본연구의 부속결과로서 동애등에 사육농가의 최대 민원 발생원인인 악취 문제를 해결 할 수 있는 먹이원의 개발과 현장적용으로 농가 문제를 해결 할 수 있는 최적의 방안을 찾음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

본 연구를 통하여 장어사료 뿐만 아니라 다양한 양식어류와 반려동물 사료의 확대 적용이 가능하며, 첨가먹이원에 따른 유효성분의 변화를 조절함으로써 사료 특성에 맞춤형 동애등에의 생산과, 특히 동애등에 사육농가의 민원 발생 비율을 낮춤으로서 음식물쓰레기 처리 문제 해결에 획기적인 방안을 모색할 수

IV. 보안성 검토

○ 연구책임자의 보안성 검토의견, 연구개발기관 자체의 보안성 검토결과를 기재함

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

○ 본 연구 계획서에는 포함되지 않은 사육과정에서 악취 저감효과는 첨가먹이원의 개발과정에서 부수적으로 얻어진 결과임으로 특허 출원 후 더 나아가서는 다른 새로운 과제의 수행을 통하여 더 나은 결과를 도출 후에 알려졌으면 함

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

○ (주) 코팩스는 우리나라 양어사료의 50%을 차지하는 기업임으로 위탁연구를 통한 결과들은 기능성 장어사료의 출시(2023년 2월 말)와 함께 본 연구 성과에 열매가 맺을 것으로 판단 됨

년도	실적	1					1	15		3				1		4		2	1
달성률 (%)		100	0				100	150		300				0		50		100	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	첨가 먹이원에 따른 유효성분의 변화, 대량생산, 산란율증가, 1차 가공품의 저장성증가
②	최적 배합비를 통한 장어 성장률과 폐사율을 활용한 어분대체 율 완성
③	기능성 장어사료 시제품을 양만장에 현장적용을 통한 면역증강 기능을 확인

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		√					√			
·										
·										

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	기능성 장어사료 신제품
①의 기술	동태등에 유효성분의 변화에 따른 첨가먹이원 개발, 약취 저감 먹이원 개발
②의 기술	장어사료의 어분대체제로서 동태등에 단백질과 오일의 최적배합비 적용
③의 기술	양만장에서 기능성 장어사료의 산업화

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술인증	학술성과			교육지도	인력양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용예외)
	특허출원	특허등록	품종등록	SMART	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출		투자유치	논문	SCI			비SCI	논문평판IF	
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	5	5					30	40		10				5		5			

최종목표	1	1					1	1	2				1		2		2			
연구기간내 달성실적	1						1		3						1		1		2	1
연구종료후 성과장출 계획	1	1						15					1		1				1	

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	유용곤충 동애등에 소재 민물장어용 기능성 사료		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	10,000천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	2032	실용화예상시기 ³⁾	2023
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	기술지도를 통한 신제품의 출시 컨설팅		

- 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)

주 의

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