

121039-02

메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발
수생태계 환경위협 모자반 활용

최종보고서

2022

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

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

발간등록번호

11-1543000-004374-01

수생태계 환경위협 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발

2023.05.31.

주관연구기관 / 이안스주식회사
공동연구기관 / 건국대학교 산학협력단
공동연구기관 / (재)제주테크노파크

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “수생태계 환경위협 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발”(개발기간 : 2021.04. ~ 2022.12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023. 05. 31.

주관연구기관명 : 이안스주식회사 (대표자) 김 응 석

공동연구기관명 : 건국대학교산학협력단 (대표자) 윤 동 열 (인)

공동연구기관명 : (재)제주테크노파크 (대표자) 태 성 지 (인)

주관연구책임자 : 김 응 석

공동연구책임자 : 이 재 성

공동연구책임자 : 윤 원 중

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서							보안등급			
							일반[√], 보안[]			
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명	사업명		유용농생명자원산업화 기술개발사업			
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)		유용농생명자원산업화 기술개발사업			
공고번호		축 2021-24호		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)						
				연구개발과제번호		121039-02				
기술분류	국가과학기술 표준분류	LA0908	40	LB0606	30	ND1001	30			
	농림식품과학기술분류	CA0105	40	AB0201	40	RA0406	20			
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문	수생태계 환경위협 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발							
		영문	Development of eco-friendly functional feed for methane reduction using brown algae							
연구개발과제명		국문	수생태계 환경위협 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발							
		영문	Development of eco-friendly functional feed for methane reduction using brown algae							
주관연구개발기관		기관명	이안스 주식회사		사업자등록번호		[REDACTED]			
		주소	[REDACTED]		법인등록번호		[REDACTED]			
연구책임자		성명	김 응 석		직위		[REDACTED]			
		연락처	직장전화	[REDACTED]		휴대전화		[REDACTED]		
			전자우편	[REDACTED]		국가연구자번호		[REDACTED]		
연구개발기간		전체	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31(1년 9개월)							
		단계	1단계	2021. 04. 01 - 2021. 12. 31(1년 9개월)						
			2단계	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31(1년 0개월)						
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원	기관부담		그 외 기관 등의 지원금		합계		연구개발비 외 지원금	
		연구개발비	연구개발비	지방자치단체	기타()		현금	현물		합계
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계		394,000	34,000				394,000	34,000	428,000	
1단계	1년차	169,000	15,000				169,000	15,000	184,000	
	2년차	225,000	19,000				225,000	19,000	244,000	
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고			
공동연구개발기관		건국대학교 산학협력단	이재성	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	공동	대학		
		(재)제주테크노 파크	윤원중	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	공동	기타		
위탁연구개발기관										
연구개발기관 외 기관										
연구개발담당자 실무담당자		성명	서은경		직위		[REDACTED]			
		연락처	직장전화	[REDACTED]		휴대전화		[REDACTED]		
			전자우편	[REDACTED]		국가연구자번호		[REDACTED]		

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

2023년 02월 06일

연구책임자: 김 응 석

주관연구개발기관의 장: 김 응 석

공동연구개발기관의 장: 윤 동 열

공동연구개발기관의 장: 태 성 곁



〈 요약 문 〉

사업명		유용농생명자원산업화기술개발		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)				
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		121039-2		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LA0908	40	LB0606	30	ND1001	30	
	농림식품 과학기술분류	CA0105	40	AB0201	40	RA0406	20	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)								
연구개발과제명		수생태계 환경위협 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료개발						
전체 연구개발기간		2021.04.01 ~ 2022.12.31 (1년 9개월)						
총 연구개발비		총 428,000 천원 (정부지원연구개발비: 394,000 천원, 기관부담연구개발비 : 34,000 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)						
연구개발단계		기초[<input checked="" type="checkbox"/>] 응용[<input type="checkbox"/>] 개발[<input type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[<input type="checkbox"/>]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)								
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)								
연구개발 목표 및 내용		최종 목표		수생태계 환경위협 팽생이모자반의 공급체계 확보와 저탄소 기능성 사료 자원으로서의 개발을 통한 ‘ 팽생이모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발 ’ 을 최종 목표로 해양 폐자원의 친환경 고품질 축산물 생산에 활용하는 녹색성장 통합기술을 개발하고자 함				
		전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> ○ 모자반 활용 발효 사료 최적 배합기술 개발(주관연구기관: 이안스 주식회사) <ul style="list-style-type: none"> - 모자반 활용 최적 가공기술 연구 및 원가절감 방안 수립 - 모자반 활용 사료의 제품화 추진 ○ 모자반 활용 친환경 사양기술 개발(공동연구기관: 건국대학교) <ul style="list-style-type: none"> - 사료 영양성분 분석 - 제품의 최적 배합비 선정 - 제품의 가축 대상 메탄저감 효과 검증 ○ 사료용 모자반 최적 발효 기술개발(공동연구기관: 제주테크노파크) <ul style="list-style-type: none"> - 모자반 최적 가공기술 연구 - 모자반 발효 균주 동정 및 발효 기술개발 - 모자반 공급체계 확보 <p>※ 본 연구팀은 최종 목표를 성공적으로 달성하기 위해 산학연간 긴밀한 연계를 통해 본 과제를 수행함</p> <p>※ 또한, 팽생이모자반 공급체계 확보, 가축 사료로서의 기능성 구명 및 이들 사료 원료의 산업화 추진을 일련의 산학연 거버넌스를 통해 성공적으로 수행하고자 함</p>				
		1단계 (해당 시 작성)	목표					
			내용					
		n단계 (해당 시 작성)	목표					
	내용							

연구개발성과	<p>○ 정성적 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 영양성분 균일화: 수집된 팽생이모자반의 원료 간 영양성분의 균일화 및 분석 자료의 데이터 구축 - 사료용 모자반 최적 발효 기술개발: 모자반 발효 균주 확보 및 발효 기술개발(면역기능 증진) - 가축 메탄생성 저감율: 반추위 발효 모델(<i>in vitro</i>)을 통해 팽생이모자반의 사료 내 최적 첨가율 선정 및 4%의 메탄생성 저감률을 나타냄 - 모자반 활용 친환경 사료의 최적 배합기술 개발: 한우 사양 사료 권장 급여에 근거하여 수분함량 36%의 발효 TMR(TMf) 제조 - 모자반 활용 친환경 사료의 제품화: 스트레스 저감 및 메탄 저감 기능의 신제품 개발을 진행 <p>○ 정량적 성과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 특허출원: 총 2건(목표 대비 100% 달성) - 기술실시: 총 1건(기술료 5백만원, 목표 대비 100% 달성) - 제품화: 총 1건(목표 대비 100% 달성) - 논문(SCI급, 비SCI급): 총 2건(목표 대비 200% 초과 달성) - 학술발표: 총 4건(목표 대비 200% 초과 달성) - 홍보 전시: 총 2건(목표 대비 200% 초과 달성) - 고용 창출: 총 2명(추가달성) 											
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>○ 활용계획</p> <ul style="list-style-type: none"> - 수생태계 환경위협 팽생이모자반의 신규 소득자원으로 활용 - 온실가스 배출 저감(메탄저감) 기능을 가진 친환경 기능성 사료 개발로 친환경 축산식품 생산에 활용 - 스트레스 저감 기능을 가진 동물복지형 기능성 사료 개발로 친환경 저탄소 사양기술에 활용 <p>○ 기대 효과</p> <ul style="list-style-type: none"> - 환경/자원고갈/산업발전이 종합적으로 고려된 일석삼조 효과의 녹색성장 통합기술 개발에 따른 제주도의 수생태계 환경위협 모자반 관리체계 확립 - 두당 메탄생성량 10% 저감 달성 시 농업 부문에서 발생하는 메탄가스의 5% 감소, 온실가스의 2% 감소 및 가축 총 에너지의 0.6%를 절약 효과 기대 - 수생태계 환경위협 모자반을 활용한 메탄 저감용 기능성 사료 개발 기술 확보를 통해 저탄소 축산물 생산 가능 및 수입 사료첨가제 대체 원료 활용으로 국산화 가능 - 중국에서 대량 발생하는 모자반의 단순 처리(퇴비, 매립) 형태가 아닌 자원순환을 통한 해양과 농축산의 공동 성장 도모 											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당 없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요 약 정보	소프트 웨 어	표준	생명자원		화합물	신품종	
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설· 장비명		규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호		
국문핵심어 (5개 이내)	팽생이모자반			메탄저감		사료		축우		친환경		
영문핵심어 (5개 이내)	<i>Sargassum horneri</i>			methane reduction		feed		cattle		eco-friendly		

목 차

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	7
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	30
1) 연구수행결과	30
(1) 정성적 연구개발성과	30
(2) 정량적 연구개발성과	62
(3) 세부정량적 연구개발성과	62
2) 목표달성수준	65
4. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	66
5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	67

<별첨자료>

<별첨 1> 자체평가의견서	68
<별첨 2> 연구성과 활용계획서	73

1. 연구개발과제의 개요

1) 수생태계 환경위협 팽생이모자반의 처분방안 마련 시급

- 팽생이모자반(*Sargassum horneri*) 은 한국, 일본 및 중국 연안에 폭넓게 분포하고 있으며, 주요 서식 수심층은 3~5m 내외 암반으로 1~5m까지 성장함. 배우체 수명은 1년이며 고갈, 유실을 반복하는 다년생 해조류로 주 성장 시기는 2~5월까지임
- 팽생이모자반은 5개월 동안 부유 가능한 모자반으로써 엽체 기질에서 떨어져 나와 본래 서식지로부터 해상 수백킬로까지 이동이 가능함



그림 1. 팽생이모자반 및 유입경로
(출처: 국립수산과학원; <http://www.gukjenews.com>, 2017.07.28)

- 국내에서는 2015년에 이어 현재까지 제주도 및 남해안에서 팽생이모자반 유조의 대량 발생으로 피해가 컸음. 이러한 피해를 유발한 팽생이모자반 유조 근원지는 동중국해 연안 해역으로 추정됨(Byeon et al., 2019; Choi et al., 2020)
- 중국 연안에 분포하던 팽생이모자반이 탈락, 유실되면서 동중국해와 우리나라 서해 사이에 흐르고 있는 황해해류와 북서계절풍 영향을 받고 북상하다가 제주 남서부 해역으로 유입되어 북상하는 것으로 보임
- 이를 뒷받침하는 근거로 국립수산과학원 보도에 따르면 국내 유입된 팽생이모자반의 유전적 분석결과, 중국 저우산군도에 분포하는 종과 염기서열이 99.9% 이상 동일한 것으로 보고됨 (국립수산과학원 보도자료, 2017.04.19)
- 국내 팽생이모자반 피해사례는 2014년까지 손으로 뜯을 만큼 드물었으며, 피해사례도 10건 내외로 대부분 제주지역에 국한되었음
- 2015년 1월 처음으로 제주 및 남해안에 팽생이모자반의 유조가 대량 유입되어, 이후 피해 보도가 총 532건 집계되었으며, 현재까지 피해사례는 지속해서 발생하고 있음
- 국내에 유입된 팽생이모자반은 연안의 자연경관을 훼손시킬 뿐 아니라 악취 발생으로 관광산업에까지 피해를 발생시키며, 대규모 유조 띠를 이뤄 이동하기 때문에 선박 조업 및 항해를 방해하여 어업 전반에 막대한 피해를 유발함
- 팽생이모자반은 제주와 전남지역에 주로 유입되었으며, 제주지역 유입량은 전체의 90% 이상을 차지했음
- 제주테크노파크 생물종다양성연구소 보고에 따르면 행정당국과 긴밀히 협동하여 2016년의 경우 295톤 수거를 시작으로 2017년 4,363톤, 2018년 2,087톤, 2019년 860톤을 수거함



(출처: 동아사이언스, 2020.06.12)



(출처: 제주일보, 2023.01.31)

그림 2. 제주지역 팽생이모자반 피해 현황

- 제주지역 방제작업은 해안가에 밀려온 팽생이모자반을 육상에서 제거하는 경우가 많으며, 굴삭기로 떠서 옮길 수 있으나 해안 대부분이 용암지대로 형성돼 사람손으로 일일이 수거를 해야하는 상황임
- 도내 해안에서 수거된 팽생이 모자반은 2020년 5186톤, 2021년 9756톤, 2022년 412톤이며, 수거된 팽생이모자반은 먹을 수 없고 마땅한 처분방안이 없어 차선책으로 농가를 대상으로 퇴비로 무상 제공되거나 소각처리 되고있으며, 제주특별자치도는 해마다 팽생이모자반과 해양쓰레기 수거에 연간 100억원을 투입하고 있음
- 매년 지속해서 대량 발생하는 수생태계 환경위협 팽생이모자반에 대한 처분방안 마련이 시급한 실정임

2) 팽생이모자반의 연구현황에 따른 기술개발의 필요성

- 시장 동향을 살펴보면, 소비자들의 윤리적인 인식이 증가됨에 따라 ‘착한 소비’가 하나의 소비 경향으로 자리 잡고 있으며, 이에 따라 소비자 및 국가적으로 ‘친환경 저탄소’ 요구 역시 관심이 증대하고 있음



그림 3. 국내 친환경 축산물 생산량

(출처: 국립 농산물품질관리원, 친환경인증통계)

- 이런 소비 경향은 브랜드 이미지가 중요한 축산식품 시장에서 더욱 확고히 나타나며, ‘친환경’, ‘동물복지’ 키워드를 만족한 ‘컬리스 동물복지 우유’는 출고 후 누적 판매량이 27.5만 개를 돌파할 정도로 소비자들의 높은 선택을 받고 있는 실정임

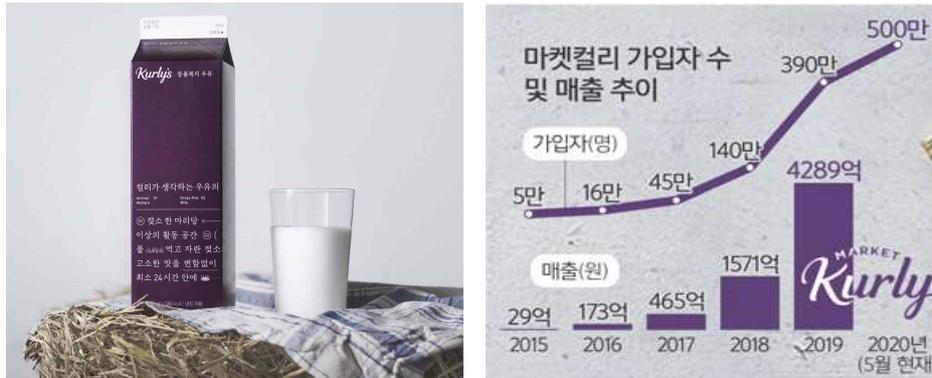


그림 4. 마켓컬리의 컬리스 동물복지 우유

(출처: 세계일보, 2020.07)

- 즉, 농가 현장부터 소비자의 식탁(farm-to-table)을 만족하기 위해 친환경 사료 원료제재와 가축의 동물복지형 사양기술 및 저탄소 축산물 생산을 모두 충족시키는 연구가 필요함
- 국내에서 미역, 모자반과 같은 현행 양식 과정에서 생성되는 식용 부분과 이들 식용 외 부산물을 활용한 인간의 식품과 기능성 식약품에 대한 기초연구가 다수를 차지하고 있음(이혜정의 2005; 이흥구 외 2005; 홍중산 외 2015; 최유영 외 2019; 이재성 외 2020)
- 국내 해조류 활용 사료 관련 특허는 699건이며, 그중 첨가제 관련 280건, 발효사료 관련 145건, 펠렛 관련 75건이 있음
- 이중 수생태계 환경위협 해조류인 팽생이모자반의 사료 활용 관련 특허는 47건이 있으며, 그중 본 과제와 밀접한 관련성을 보이는 주요 특허들은 다음과 같음

표 1. 국내 팽생이모자반 활용 사료 관련 특허 현황

지식재산권명	지식재산권 출원인	출원번호
팽생이모자반 추출박을 포함하는 면역증강용 사료첨가제 조성물 및 그 제조방법	한국프라임제약주식회사	대한민국/ 1021225860000
특징: 팽생이모자반의 부산물로 수반되는 추출박(찌꺼기)을 양식어류, 조류, 가축류 등의 사료로써 제공하는 팽생이모자반 추출박을 포함하는 면역증강용 사료첨가제 조성물 및 그 제조방법		
수산물과 수산부산물을 이용한 친환경 사료 및 기능성 비료의 제조방법	김덕희	대한민국/ 1013948370000
특징: 대량으로 생산되는 수산물(멸치, 고등어 등), 비이용 수산물(팽생이모자반, 불가사리 등), 수산물 부산물인 어류의 머리 등으로부터 수산물과 수산부산물을 이용한 친환경 사료 및 기능성 비료의 제조 방법		
구멍갈파래 또는 팽생이모자반을 함유하는 곤충 사료용 조성물, 이를 이용하여 사육한 곤충을 포함하는 가축, 어패류 또는 반려동물 사료용 조성물	다음산업주식회사	대한민국/ 1020190058071
특징: 구멍갈파래 또는 팽생이모자반과 같은 해조류를 함유하는 곤충 사료용 조성물, 또는 상기 곤충 사료용 조성물로 사육된 동애등애와 이의 분변토를 함유하는 가축, 어패류 또는 반려동물 사료용 조성물		

(출처 : <http://www.kipris.or.kr/>, keyword: 팽생이모자반*사료)

- 해외 특허 현황을 분석해 보면, 해조류 활용 사료 관련 특허는 44,830건이며, 그중 모자반류의 사료 관련 특허는 615건, 가축 사료 관련은 66건으로 본 연구와 관련성이 높은 주요 특허는 다음과 같음

표 2. 해외 모자반류 활용 사료 관련 특허 현황

지식재산권명	지식재산권 출원인	출원번호
Preparation method and application of Atlantic algae, gulfweed and ulva compound feed additive (Atlantic 해조, gulfweed 및 파래속 복합 사료 첨가제의 조합법과 적용)	YANTAI INSTITUTE OF COASTAL ZONE RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	중국/201811471742.7
특징: 바다말, 모자반, 파래를 조합한 후 추출액을 채취하여 사료첨가제 형태로 제공하는 것이 목적으로 특히 ‘산란계’의 생산성을 늘리는 데 성공		
NATURAL AND SUSTAINABLE SEAWEED FORMULA THAT REPLACES SYNTHETIC ADDITIVES IN SWINE FEED (폐지 사육에서 합성 첨가물을 대체하는 자연적 및 지탱할 수 있는 해초 식)	Ocean Harvest Technology (Canada) Inc.	미국/15684618
특징: 갈파래와 모자반을 포함한 11종의 해조류와 고농도의 Fucose 추출물 혼합물을 ‘양돈’을 대상으로 인공 화학 물질 첨가제 대체용 사료 첨가제로써 활용하는 것이 목적으로, 특히 사료효율, 정육률을 높이고 고기의 관능검사서 더 높은 평가를 받음		

(출처 : <http://www.kipris.or.kr/>, keyword: Sargassum*Feed*livestock)

- 선행 연구현황을 보면, 국외에서는 호주, 유럽, 미국을 중심으로 지속해서 다양한 해조류 종들에 대한 기능성 탐색 연구가 수행되고 있음
- 이중, 홍조류인 바다고리풀(*Asparagopsis taxiformis*)은 반추동물의 메탄생산 저감 효과가 매우 뛰어나 현재까지 집중적으로 연구되고 있음(Machado et al., 2014, 2015a,b, 2017)
- 녹조류인 *Chlorella sp.*의 추출 후 폐기자원을 육우에게 사료 내 급여로 사료 건물 섭취량과 마블링 증가 결과를 보고함(Morrill et al., 2017)
- 한편, 모자반류(*Sargassum latifolium*)을 고온환경의 양에게 급여할 경우, 혈중 항산화 능력 증가 및 증체량을 늘려 고온스트레스 저감을 유도한 것으로 보고되었으며, 모자반류(*Sargassum flavican*, *Sargassum fusiforme*)는 반추위 메탄 감소 효과를 보이는 것으로 보고됨(Machado et al., 2014b, Choi et al., 2020, Ellamie et al., 2020)
- 위의 선행 특허 및 연구들은 모두 모자반을 활용하거나 발효시켜 사료 조성물 및 첨가제를 제조한다는 점에서 유사하지만, 국내에서 대량발생하며 수생태계 환경분야에 큰 피해를 주고 있는 ‘괘쟁이모자반(*Sargassum horneri*)’에 대한 기술개발 사례가 소수에 불과함. 따라서 괘쟁이모자반을 활용하는 제안기술은 해양오염 문제를 개선할 수 있는 가장 효율적인 자원순환방안으로 판단됨
- 한편, 반추동물은 섬유소 소화율이 가장 높은 축종이고, 수분함량이 높은 습식사료급여 시스템 역시 이미 갖춰져 있어 괘쟁이모자반을 활용한 사양관리가 가장 쉬운 축종임에도 불구하고, 이를 활용하여 반추동물을 대상으로 하는 개발연구 및 기술은 매우 미약함
- 따라서, 현재 제주지역 등에 대량적으로 발생하고 있는 수생태계 환경위협 괘쟁이모자반을 활용하여 반추동물 대상의 친환경 기능성 사료개발 연구가 절실히 필요하며, 이를 통해 가축 사료로서 자원순환이 가능할 시 국내 해양환경 문제해결과 축산분야 사료원료 시장 강화를 공존할 수 있게 함

3) 팽생이모자반의 가축 사료원료로서의 이용 가능성

- 국내에서 현재까지 대량 발생, 수거 및 폐기되고 있는 수생태계 환경위협 대량발생 모자반류는 국외와 비교하여 기능성과 안전성 검증을 통한 활용빈도가 극히 낮은 현실이며, 이들의 이용성 극대화를 위한 산-한-연 연계 거버넌스를 통한 기초 및 응용연구가 절실히 필요한 실정임
- 국외 선행연구 결과에 따르면, 모자반류는 가축의 사료 원료화를 위한 기초연구를 통해 영양생리학적 분석으로 이들의 다양한 기능성을 계속해서 발굴 및 이들 관련 산업계에 응용하고 있음(L. Machado et al., 2014; Maia et al., 2016)
- 국내는 국외의 왕성한 모자반류 활용 기능성 기초연구와 비교하여 그 수준이 매우 낮거나, 해조류의 가축 사료에 대한 제조와 가공기술의 제한으로 인해 활용성 측면에 낮은 수준을 보임
- 한편, 환경부 국가 온실가스 인벤토리 보고에 따르면 농업분야 2018년 배출량은 국가 총배출량의 2.9%에 해당하는 21.2백만 CO₂ 환산톤으로 1990년 대비 1.0%, 2017년 대비 1.1% 증가한 것으로 보고됨
- 부문별 비중은 벼재배 부문이 29.7%를 차지하며 농경지 토양 25.8%, 가축분뇨처리 23.3%, 장내 발효 21.1% 순이었음

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

구분	'90년	'00년	'10년	'16년	'17년	'18년	'90년대비 증감률	'17년대비 증감률
4A 장내발효	3.0	3.4	4.3	4.3	4.4	4.5	51.0%	1.6%
4B 가축분뇨처리	2.8	3.9	4.8	4.5	4.7	4.9	73.5%	5.9%
4C 벼재배	10.5	8.9	7.8	6.7	6.5	6.3	-40.2%	-3.9%
4D 농경지토양	4.6	5.2	5.2	5.2	5.3	5.5	18.8%	2.6%
4F 잔물진사소각	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	-45.5%	1.8%
합계	21.0	21.4	22.1	20.8	21.0	21.2	1.0%	1.1%

그림 5. 농업 분야 세부 부문별 온실가스 배출양

(출처: 국가 온실가스 인벤토리(1999~2018) 요약, 환경부)

- 2015년 채택된 파리기후협약에 따라 미국, 유럽연합 등 선진국들의 온실가스 감축 압박에 따라 대한민국 정부는 올해 2월 ‘2050 저탄소 사회 비전 포럼’ 이 제출한 5개 검토안을 중심으로 12월까지 장기 저탄소전략을 마련하겠다는 방침을 세우고 있음
- 이런 범세계적으로 지구온난화의 가속화로 저탄소 축산물 생산체계 구현을 위해 축산분야에서 잠재성이 높은 메탄 발생 저감을 위한 반추동물용 기능성 사료원료 시장이 주목받고 있으며, 최근 국외에서 해조류는 주목하고 있는 원료임(L. Machado et al., 2015, 2017; Bm Rouque et al., 2019a,b; RD Kinley et al., 2020)

구분	'17년 현황	2050년 목표						
		제1안	제2안	제3안	제4안	제5안		
국가	배출량(백만톤)	709.1	178.9	222.0	279.5	355.9	425.9	
	감축률('17년 대비)	-	75%	69%	61%	50%	40%	
부문별	전환	배출량	252.3	24.8	28.9	71.4	75.6	125.3
		감축률		90.2%	88.6%	71.7%	70.0%	50.3%
	산업	배출량	259.9	89.7	124.1	132.2	200.7	211.1
		감축률		65.5%	52.3%	49.2%	22.8%	18.8%
	건물	배출량	52.8	17.5	18.8	20.3	21.4	22.5
		감축률		66.8%	64.4%	61.6%	59.5%	57.3%
	수송	배출량	98.3	26.3	28.8	33.8	36.0	40.0
		감축률		73.3%	70.7%	65.7%	63.4%	59.4%
	폐기물	배출량	16.8	9.1	9.4	9.6	9.8	10.0
		감축률		46.1%	43.9%	43.2%	41.9%	40.7%
	농축 어업	배출량	24.1	21.8	22.2	22.5	22.8	22.8
		감축률		9.5%	7.8%	6.6%	5.5%	5.4%
	탈루* 등	배출량	4.8	7.3				
	산림	흡수량	-	17.6	17.6	17.6	17.6	13.0
	배출 원단위	GDP당(톤/백만원)	0.46	0.07	0.08	0.10	0.13	0.16
		인당(톤/인)	13.8	3.6	4.5	5.7	7.2	8.6

* 탈루 : 석탄-석유 천연가스 등 화석연료의 연소과정이나 아닌 채광-생산-공정-정제-운송-저장-유통-과정에서 빠져 새어나가는 온실가스를 의미

그림 6. 2050년 국가 온실가스 감축목표(1~5안)

(출처: 2050 저탄소 사회 비전 포럼, 2020.02)

- 해조류 중 하나인 팽생이모자반은 플로로탄닌, 후코이단 등의 생리활성물질 함유율이 높으며, 그에 따른 높은 항스트레스, 항산화, 항염증, 항암, 항균 효과들이 보고됨(T Hoshino et al., 1998; P Shao et al., 2014; Y Li et al., 2017; Q shi et al., 2019; K Sanjeeva et al., 2017, 2019, 2020)
- 또한, 모자반류(*Sargassum flavican*, *Sargassum fusiforme*) 역시 반추위 메탄 발생 감소 효과를 보이는 것으로 나타났지만, 팽생이모자반의 반추동물에 대한 메탄 발생 감소 효과에 관한 기초연구는 아직까지 보고되지 않음(Machado et al., 2014b, Choi et al., 2020)
- 본 연구과제를 통해 팽생이모자반의 반추동물 대상 두당 메탄생성량 10% 저감 달성 시 농업 부문에서 발생하는 메탄가스의 5% 감소, 온실가스 2% 감소 및 가축 총 에너지의 0.6%를 절약(Johnson & Johnson 1995; Sauer et al., 1998; IPCC, fifth assessment report, 2015; M Rojas-Downing et al., 2017)
- 특히, 그중 메탄은 대표적인 온실가스인 CO₂의 20배에 달하는 강력한 온실효과의 주범으로, 반추동물의 메탄 발생량을 가축 사료를 통해 감소 효과를 얻을 수 있다면 효과적으로 지구온난화를 억제할 수 있을 것으로 제안함
- 또한, 메탄은 그 자체로도 탄소를 가진 유기물이어서 메탄 발생을 줄이는 것은 반추동물의 에너지 손실을 줄이는 것과 같음(Johnson & Johnson, 1995; Sauer et al., 1998; NRC 2001)
- 위 서술한 바와 같이 본 연구를 통해 수생태계 환경위협 대량적으로 발생하는 팽생이모자반의 가축 사료로서 자원순환이 가능할 시 ‘수입 사료원료 대체 효과’ 뿐만 아니라 ‘친환경 소재 활용 사료원료 시장의 강화’ 및 메탄 저감을 위한 사양체계 구축을 통한 ‘저탄소 축산물 생산’ 까지 광범위한 영향을 줄 것으로 확신함
- 따라서, 본 연구는 수생태계 환경위협 팽생이모자반의 공급체계 확보와 저탄소 기능성 사료 자원으로서의 개발을 통한 ‘팽생이모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발’ 을 최종 목표로 해양 폐자원의 친환경 고품질 축산물 생산에 활용하는 녹색성장 통합기술을 개발하고자 함

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

주관연구기관(이안스 주식회사) : 모자반 활용 발효 TMR(TMf) 최적 배합기술 개발

1) 모자반 활용 발효 사료의 최적 배합기술 개발

가) 미생물 균주 이용 분해 모자반 원료(궤생이모자반)의 표준 기초성분 정립

(1) 목적 : 제주테크노파크에서 제공하는 다양한 미생물 균주 이용 분해 모자반 원료(궤생이모자반)의 표준 기초성분 정립

(2) 실험 재료 및 방법

○ 시험재료 : 궤생이모자반 원물, 미생물 균주 이용 궤생이모자반(제주테크노파크 제공)

○ 분석항목

- 조단백(crude protein) : Digestor 2508, 2520(Foss, Denmark)를 사용하여 샘플을 420℃에서 1시간 동안 소화한 후 Kjeldahl Analyzed(Kjeltec 8400, Foss, Denmark) 기계를 통해 질소 함량측정하여 일반 사료원료에 대해서는 6.25(AOAC, 1990), 궤생이모자반에 대해서는 5.38을 곱하여 조단백 측정(SO Lourenco et al., 2002)
- 조지방(Ether extract) : 시료를 XT-4 filter bag(ANKOM technology, USA)에 담아 밀봉 후 XT-15 ether extractor(ANKOM technology, USA)에 투입하여 추출된 양을 계산하여 측정(AOAC, 1990)
- 조회분(Crude ash) : 도가니에 샘플을 담은 후 600℃에서 2시간 동안 Furnace(FHX-63, Daihan Scientific, Korea)를 통해 회화하여 측정(AOAC, 1990)
- NDF(Neutral detergent fiber), ADF(Acid detergent fiber): 시료를 F-57 filter bag(ANKOM technology, USA)에 담아 밀봉 후 Fiber Analyzer(A2000, ANKOM technology, USA)를 사용하여 Van Soest(1991)으로 NDF와 ADF 측정함(Van Soest et al., 1991)
- 중금속 분석 (Heavy metals): 사료 표준분석 방법(제13조 관련, 2017.4.1. 개정)의 유도결합 플라즈마법(inductively coupled plasma)을 토대로 Avio 200 ICP Optical Emission Spectrometer(Perkin Elmer Inc., USA)를 통해 분석(AOAC, 1990)

나) 한우 대상 가축 요구량에 적합 수준 배합비 구성 평가

(1) 목적 : 미생물 균주 이용 분해 모자반 원료(궤생이모자반)의 표준 기초성분 정립 이후 해당 원료의 영양성분 수준을 기반으로 한우 대상 가축 요구량에 적합한 수준으로 배합비를 구성하고 평가

(2) 실험 재료 및 방법

- 모자반의 표준 기초성분 수준을 기반으로 영양학적 조건(CP, EE, CF, CAsh, NFC, NDF, ADF, ME, TDN, DVE, OEB, Ca, P) 등이 같은 조건에서 해조류 활용 사료의 함량만 늘려 배합비를 구성함
- 실험군, 대조군 사료급여량은 이안스 기존의 Feeding Standard에 따른 개월령 권장 급여량에 따라 급여기준으로 정함
- 사료급여는 매일 모든 우군 동일량의 조사료(연맥)과 배합사료와 실험첨가제를 급여한 후 매일 잔량을 체크하여 기록함

다) 반추위 발효실험 결과를 기반으로 원료의 최종 첨가량을 결정하여 시제품에 대한 원가절감 대안 마련

- 한우를 대상으로 모자반 이용 다양한 배합비를 구성한 TMR을 공동연구기관 건국대학교에 제공함
- 모자반의 열처리와 같은 전처리 가공의 도입이 필요하게 된다면 원가비용이 동반 상승하게 되어 이를 최소화하기 위해 공동연구기관 제주테크노파크와 협조하여 모색하고 있음

2) 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료의 제품화

가) 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료의 제품화 추진

(1) 해당 시제품(TMF)를 재평가하여 배합비 기준 수치와 일치성 모니터링

- 영양수준 및 원료평가 결정은 2018년 한우 사양표준 3차 개정판, CVB Feed Table 2021, INRA Feeding System for Ruminants(2018) 및 일본사양표준 2008년판을 활용하여 배합비를 구성

(2) 제품 평가 이후 사양실험(공동연구기관 건국대 연계)을 통해 문제점 및 개선방안 강구

- 1차년도 공동연구기관(제주테크노파크)의 정보 교류를 통해 팽생이모자반 내 중금속 함량 분석을 통해 비소(As)의 함량이 현행 단미사료(40ppm) 및 배합사료(2ppm) 허용치에 넘는 것으로 분석됨
- 이에 2차년도에 주관(이안스) 및 공동연구기관(건국대학교, 제주테크노파크)은 팽생이모자반 원물 내 비소 함량을 낮추기 위한 방안을 온/오프라인 회의를 통해 긴밀한 회의를 진행

(3) 최종 시제품의 산업화 추진을 위한 대량 생산체계 확보

- 제주지역을 방문하여 공동연구기관(제주테크노파크)과 모자반의 가축 사료화를 위해 필요한 모자반의 전처리 최적 가공기술과 대량 확보방안을 결정 및 제주지역 연구소를 설립하여 실시간 정보를 교류함
- 공동연구기관(건국대학교)의 팽생이모자반 함유 시제품(TMF)에 대한 한우 대상 최적 급여량 결정 연구와 메탄 감소 효과 검증에 대한 정보를 받음
- 정기적으로 주관-공동연구기관과 온/오프라인 회의를 통해 최종 시제품에 대한 산업화를 추진하고 있음

공동연구기관(건국대학교) : 모자반 활용 친환경 사양기술 개발

1) 모자반의 사료 영양분석 조사

가) 목적 : 발효 균주 이용 모자반 원료의 가축 사료로서의 영양학적 가치 측정

나) 실험 재료 및 방법

- 시험재료 : 팽생이모자반(제주테크노파크 제공)
- 분석항목
 - 조단백(crude protein) : Digestor 2508, 2520(Foss, Denmark)를 사용하여 샘플을 420°C 에서 1시간 동안 소화한 후 Kjeldahl Analyzed(Kjeltec 8400, Foss, Denmark) 기계를 통해 질소 함량 측정하여 일반 사료원료에 대해서는 6.25(AOAC, 1990), 팽생이모자반에 대해서는 5.38을 곱하여 조단백 측정(SO Lourenco et al., 2002)
 - 조지방(Ether extract) : 시료를 XT-4 filter bag(ANKOM technology, USA)에 담아 밀봉 후 XT-15 ether extractor(ANKOM technology, USA)에 투입하여 추출된 양을 계산하여 측정

(AOAC, 1990)

- 조회분(Crude ash) : 도가니에 샘플을 담은 후 600°C 에서 2시간 동안 Furnace(FHX-63, Daihan Scientific, Korea)를 통해 회화하여 측정 (AOAC, 1990)
- NDF(Neutral detergent fiber), ADF(Acid detergent fiber): 시료를 F-57 filter bag(ANKOM technology, USA)에 담아 밀봉 후 Fiber Analyzer (A2000, ANKOM technology, USA)를 사용하여 Van Soest(1991)으로 NDF와 ADF 측정함 (Van Soest et al., 1991)
- 중금속 분석 (Heavy metals): 사료 표준분석 방법((제13조 관련), 2017.4.1. 개정)의 유도결합 플라즈마법(inductively coupled plasma)을 토대로 Avio 200 ICP Optical Emission Spectrometer(Perkin Elmer Inc., USA)를 통해 분석 (AOAC, 1990)

2) 반추위 발효실험을 통한 최적 배합비 선정

가) 반추위 발효실험을 통한 팽생이모자반 원재료의 생리활성물질의 기능성 규명(연구 1)

(1) 목적 : 팽생이모자반 내 메탄 저감 원인 물질인 플로로탄닌 전구체의 반추위 발효실험(*in vitro* batch culture)을 통한 기능성 규명

(2) 실험 재료 및 방법

- 시험재료 : 8,8' -bieckol(제주테크노파크 제공)
- 분석항목
 - pH: pH meter, S20 SevenEasy(Mettler Toledo, Switzerland)로 측정
 - 총 가스생성량(Total gas production; TGP): 발효병 내 공기압력을 Gas transducer(Sun-Bee Instruments, Inc., Korea)를 사용하여 내부 압력을 측정 후 Theodorou et al., (1994) 방법으로 계산
 - 메탄생성량(CH₄ production): Thermal conductivity detector와 capillary column(HP-PLOT/Q; Agilent Technologies Inc., USA)가 장착된 Gas chromatography(HP6890, Agilent Technology Inc., USA)로 측정
 - 암모니아(NH₃): Catalyzed indophenol reaction(Chaney and Marbach, 1962)의 방법에 따라 Spectrophotometry(Synergy 2, Biokek Instruments, Inc, USA)를 사용하여 측정
 - 휘발성지방산(Volatile fatty acids;VFA): Flame ionization detector와 capillary column(DB-FFAP; Agilent Technologies Inc., USA)가 장착된 Gas chromatography (HP6890, Agilent Technology Inc., USA)로 측정
 - *In vitro* 건물분해율(*in vitro* dry matter degradability): Ankom nylon bag (R55, Ankom Technology, USA)의 소화 전과 후 무게 차이를 통해 측정
 - 통계분석: SAS 9.4 software(SAS Institute, USA)를 활용, 유의적 차이는 $p < 0.05$ 및 경향은 $0.05 < p \leq 0.1$ 일 때 채택

나) 반추위 발효실험을 통한 팽생이모자반 건물 활용 사료원료에 대한 최적 배합비 평가(연구 2)

(1) 팽생이모자반의 소화율 평가 연구(연구 2-1)

(가) 목적 : 팽생이모자반의 소화율 평가를 위해 반추위 건물, 유기물 및 단백질 분해율을 알팔파 건초와 비교규명

(나) 실험 재료 및 방법

- 시험재료 : 팽생이모자반, 알팔파
- 시험방법

- 시료를 4g씩 ANKOM nylon bag(R1020, ANKOM Technology Inc., USA)에 담아 밀봉한 후, 케놀라소의 위 내에서 0, 4, 8, 12, 24, 48, 72, 96 시간 배양한 후 잔존 사료량을 측정하여 반추위 *in situ* 소화율을 계산

○ 분석항목

- 영양성분: 모자반 사료 영양분석법과 동일
- 건물 유효 반추위분해율(Dry matter Effective Rumen Degradability; DM ERD) : 선행연구(E. Ørskov & I. McDonald, 1979)의 방법에 따라 계산
- 유기물 유효 반추위분해율(Organic matter Effective Rumen Degradability; OM ERD) : 건조된 잔존 시료를 600°C 에서 2시간 동안 Furnace, FHX-63 (Daihan Scientific, Korea)를 사용하여 회화 후 조회분 함량을 측정하여 계산
- 반추위 분해 단백질(Rumen Degradable Protein; RDP)의 비율 : 건조된 잔존 시료를 Kjeltec 8400, (Foss, Denmark) 분석기를 통해 질소 함량을 측정하여, 일반 사료원료에 대해서는 6.25(AOAC, 1990), 팽생이모자반에 대해서는 5.38을 곱하여 조단백 함량을 측정한 후(SO Lourenco et al., 2002) NRC(2001)의 방법에 따라 계산

표 3-1. Chemical composition of alfalfa hay and *Sargassum horneri*

Chemical composition ¹	Alfalfa hay	<i>Sargassum horneri</i>
Analyzed values		
CP, % of DM	15.10	11.80
NDF, % of DM	35.42	19.02
NDIP, % of DM	2.99	5.84
NDF _N , % of DM	32.43	13.18
ADF, % of DM	24.94	20.19
ADIP, % of DM	0.57	5.28
ADL, % of DM	5.06	5.86
EE, % of DM	1.33	0.32
Ash, % of DM	9.20	21.61
Ca, % of DM	1.68	0.99
P, % of DM	0.26	0.25
Calculated values		
NFC, % of DM	41.94	53.09
TDN, % of DM	63.86	54.21
NE _L , Mcal/kg DM	1.54	1.17

¹ CP, crude protein (% of DM); NDF, neutral detergent fiber (% of DM); NDIP, neutral detergent insoluble protein (% of DM); ADF, acid detergent fiber (% of DM); ADIP, acid detergent insoluble protein (% of DM); ADL, acid detergent insoluble lignin (% of DM); EE, ether extract (% of DM); Ash, crude ash (% of DM); NDF_N, Neutral detergent fiber excluding neutral detergent insoluble protein (% of DM); TDN, total digestible nutrients (% of DM); NE_L, net energy for lactation (Mcal / kg DM); The calculated values were calculated according to the equations in NRC (2001)

(2) *In vitro* 연구를 통한 팽생이모자반의 최적 함유율 규명 연구(연구 2-2)

(가) 목적 : 반추동물 사료 내 팽생이모자반의 최적 함유율을 규명

(나) 실험 재료 및 방법

- 영양학적 조건(CP, NDF_N, ADL, NE_L) 등이 같은 조건에서 해조류 활용 사료의 함량만 늘려 Park and Lee (2020)의 방법에 따라 반추위 *in vitro* batch culture를 진행

표 3-2. Nutritional composition of feed ingredients of total mixed rations

Items ¹	Corn grain ground	Wheat Bran	Soy bean meal	DDGS	Rap seed meal	Corn gluten feed	Tall fescue hay	Alfalfa hay	<i>Sargassum horneri</i>
--------------------	-------------------	------------	---------------	------	---------------	------------------	-----------------	-------------	--------------------------

Analyzed values

CP, % of DM	7.84	16.48	48.48	29.13	37.78	19.37	5.67	15.10	11.80
NDF, % of DM	11.15	41.23	15.30	48.13	32.14	43.19	71.07	35.42	19.02
NDIP, % of DM	1.13	4.52	3.59	8.87	7.43	2.53	1.83	2.99	5.84
NDF _N , % of DM	10.02	36.71	11.71	39.26	24.71	40.66	69.24	32.43	13.18
ADF, % of DM	2.53	12.22	6.75	13.72	28.99	21.30	41.01	24.94	20.19
ADIP, % of DM	0.14	0.41	0.16	0.77	7.62	0.48	1.34	0.57	5.28
ADL, % of DM	0.41	3.04	0.59	1.38	16.93	2.97	4.70	5.06	5.86
EE, % of DM	3.21	3.25	0.77	7.68	0.61	0.99	0.62	1.33	0.32
Ash, % of DM	1.25	5.02	6.75	5.51	9.38	5.72	10.20	9.20	21.61
Ca, % of DM	0.04	0.14	0.39	0.16	0.86	0.16	0.48	1.68	0.99
P, % of DM	0.33	1.11	0.71	0.79	1.27	1.02	0.22	0.26	0.25
Calculated values									
NFC, % of DM	77.68	38.55	32.30	18.43	27.52	33.25	14.27	41.94	53.09
TDN, % of DM	88.23	72.61	80.27	80.27	55.99	68.10	51.60	63.86	54.21
NE _L , Mcal/kg DM	2.20	1.82	2.36	2.21	1.50	1.71	1.07	1.54	1.17

¹ CP, crude protein (% of DM); NDF, neutral detergent fiber (% of DM); NDIP, neutral detergent insoluble protein (% of DM); ADF, acid detergent fiber (% of DM); ADIP, acid detergent insoluble protein (% of DM); ADL, acid detergent insoluble lignin (% of DM); EE, ether extract (% of DM); Ash, crude ash (% of DM); NDF_N, Neutral detergent fiber excluding neutral detergent insoluble protein (% of DM); TDN, total digestible nutrients (% of DM); NE_L, net energy for lactation (Mcal / kg DM); The calculated values were calculated according to the equations in NRC (2001)

☒ 3-3. Formulations of total mixed ration containing 0, 0.5, 1, 2, 3 and 4% of *Sargassum horneri* in dry matter basis

% DM basis	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)					
	0	0.5	1	2	3	4
Corn grain ground	17.67	17.09	16.51	15.36	14.20	13.05
Wheat Bran	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Soy bean meal	7.62	6.94	6.26	4.91	3.55	2.19
DDGS	12.85	14.06	15.27	17.68	20.09	22.51
Rap seed meal	2.00	1.84	1.67	1.35	1.02	0.69
Corn gluten feed	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Tall fescue hay	29.65	28.92	28.19	26.72	25.26	23.80
Alfalfa hay	5.21	5.65	6.10	6.99	7.87	8.76
<i>Sargassum horneri</i>		0.50	1.00	2.00	3.00	4.00

☒ 3-4. Estimated nutritional composition of total mixed ration containing 0, 0.5, 1, 2, 3 and 4% of *Sargassum horneri* in dry matter basis

Items ¹	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)					
	0	0.5	1	2	3	4
CP, % of DM	16.60	16.60	16.60	16.60	16.60	16.60
NDF, % of DM	43.48	43.57	43.67	43.85	44.04	44.23
NDIP, % of DM	3.29	3.39	3.48	3.66	3.85	4.04
NDF _N , % of DM	40.19	40.19	40.19	40.19	40.19	40.19
ADF, % of DM	21.18	21.15	21.12	21.06	21.00	20.94
ADIP, % of DM	0.83	0.84	0.86	0.88	0.91	0.94
ADL, % of DM	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04	3.04
EE, % of DM	2.35	2.42	2.49	2.64	2.78	2.92
Ash, % of DM	6.49	6.57	6.64	6.78	6.93	7.07
NFC, % of DM	34.36	34.22	34.08	33.79	33.50	33.22
Ca, % of DM	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39
P, % of DM	0.58	0.58	0.59	0.59	0.59	0.59
TDN, % of DM	69.09	69.09	69.10	69.11	69.13	69.14
NE _L , Mcal/kg DM	1.71	1.71	1.71	1.72	1.72	1.72

¹ CP, crude protein (% of DM); NDF, neutral detergent fiber (% of DM); NDIP, neutral detergent insoluble protein (% of DM); ADF, acid detergent fiber (% of DM); ADIP, acid detergent insoluble protein (% of DM); ADL, acid detergent insoluble lignin (% of DM);

EE, ether extract (% of DM); Ash, crude ash (% of DM); NDF_N, Neutral detergent fiber excluding neutral detergent insoluble protein (% of DM); TDN, total digestible nutrients (% of DM); NE_L, net energy for lactation (Mcal / kg DM); The calculated values were calculated according to the equations in NRC (2001).

○ 분석항목

- pH: pH meter, S20 SevenEasy(Mettler Toledo, Switzerland)로 측정
- 총 가스생성량(Total gas production; TGP): 발효병 내 공기압력을 Gas transducer(Sun-Bee Instruments., Inc., Korea)를 사용하여 내부 압력을 측정한 후 Theodorou et al., (1994) 방법으로 계산
- 메탄생성량(CH₄ production): Thermal conductivity detector와 capillary column(HP-PLOT/Q; Agilent Technologies Inc., USA)가 장착된 Gas chromatography(HP6890, Agilent Technology Inc., USA)로 측정
- 암모니아(NH₃): Catalyzed indophenol reaction(Chaney and Marbach, 1962)의 방법에 따라 Spectrophotometry(Synergy 2, Biokek Instruments., Inc, USA)를 사용하여 측정
- 휘발성지방산(Volatile fatty acids;VFA): Flame ionization detector와 capillary column(DB-FFAP; Agilent Technologies Inc., USA)가 장착된 Gas chromatography (HP6890, Agilent Technology Inc., USA)로 측정
- 통계분석: SAS 9.4 software(SAS Institute, USA)를 활용, 유의적 차이는 $p < 0.05$ 및 경향은 $0.05 < p \leq 0.1$ 일 때 채택

3) 동물실험을 통한 최적 급여농도 결정 연구(주관연구기관과 공동 수행)

가) 한우 대상 모자반 원재료 함유 시제품(TMF)에 대한 첨가량 결정 연구(연구 1)

(1) 목적: 한우 대상 주관기관(이안스) 제공 모자반 원재료 함유 시제품(TMF)에 대한 기호성 평가를 통해 최종 급여농도 결정

(2) 실험 재료 및 방법

- 공시동물: 한우 거세우 총 12두
- 시험재료: 모자반 원재료 함유 시제품(TMF)
- 시험기간: 30일
- 시험설계: 대조구(모자반 미함유 TMF), 처리구1(대조구+0.4% 모자반, DM 기준), 처리구2(대조구+0.8% 모자반, DM 기준)
- 분석항목
 - 기호성 평가: 농도별 TMF을 개체별 급여 및 잔량을 확인하여 기호성 평가
 - 일당 증체량: 급여 전후 체중 변화를 측정하여 일당 증체량 산출
 - 메탄 저감효과: 사료 급여 후 Laser methane detector(Laser methane miniTM; Tokyo Gas Engineering Solutions Cor., Tokyo, Japan)를 통해 메탄 발생량 측정
 - 통계분석: SAS 9.4 software(SAS Insititue, USA)를 활용, 유의적 차이는 $p < 0.05$ 및 경향은 $0.05 < p \leq 0.1$ 일 때 채택

나) 한우 대상 모자반 열처리 함유 시제품(TMF)에 대한 첨가량 결정 연구(연구 2)

(1) 목적: 모자반 원재료의 가공에 따른 비소(As) 함량을 고려하여 한우 대상 모자반 열처리 함유 시제품(TMF)에 대한 기호성 평가를 통해 최종 급여농도 결정

(2) 실험 재료 및 방법

- 공시동물: 한우 거세우 총 16두
- 시험재료: 모자반 열처리 함유 시제품(TMF)
- 시험기간: 30일
- 시험설계: 대조구(모자반 미함유 TMF), 처리구1(대조구+1.0% 모자반, DM 기준), 처리구2(대조구+2.0% 모자반, DM 기준), 처리구3(대조구+4.0% 모자반, DM 기준)
- 분석항목
 - 기호성 평가: 농도별 TMF을 개체별 급여 및 잔량을 확인하여 기호성 평가
 - 일당 증체량: 급여 전후 체중 변화를 측정하여 일당 증체량 산출
 - 메탄 저감효과: 사료 급여 후 Laser methane detector(Laser methane mini™; Tokyo Gas Engineering Solutions Cor., Tokyo, Japan)를 통해 메탄 발생량 측정
 - 통계분석: SAS 9.4 software(SAS Insititue, USA)를 활용, 유의적 차이는 $p < 0.05$ 및 경향은 $0.05 < p \leq 0.1$ 일 때 채택

4) 한우 대상 사양실험을 통한 모자반 활용 발효 사료의 기능성 검증

- 가) 목적: 최종 급여농도 결정을 위한 모자반 함유 시제품(TMF)의 첨가량 결정 연구를 기반으로 한우 거세우 대상 사양실험을 통한 생산성 및 메탄 저감효과를 검증
- 나) 실험 재료 및 방법
 - 공시동물: 한우 거세우 총 24두
 - 시험재료: 모자반 원물 함유 시제품(TMF)
 - 시험기간: 90일
 - 시험설계: 대조구(모자반 미함유 TMF), 처리구1(대조구+0.4% 모자반, DM 기준)
 - 분석항목
 - 기호성 평가: 농도별 TMF을 개체별 급여 및 잔량을 확인하여 기호성 평가
 - 일당 증체량: 급여 전후 체중 변화를 측정하여 일당 증체량 산출
 - 메탄 저감효과: 사료 급여 후 Laser methane detector(Laser methane mini™; Tokyo Gas Engineering Solutions Cor., Tokyo, Japan)를 통해 메탄 발생량 측정
 - 혈중 혈액성상 지표: 단핵구, 백혈구, 적혈구, 임파구 분포 조사
 - 혈중 대사산물 지표: Glucose, GOT, GPT, BUN, TP, TG 조사
 - 통계분석: SAS 9.4 software(SAS Insititue, USA)를 활용, 유의적 차이는 $p < 0.05$ 및 경향은 $0.05 < p \leq 0.1$ 일 때 채택

공동연구기관(제주테크노파크) : 사료용 모자반 최적 발효 기술 개발

1) 팽생이모자반 원재료 표준화 연구를 위한 생태 모니터링

- 가) 팽생이모자반 지역별, 월별 및 생육 상대 등 모니터링
 - (1) 모니터링 방법
 - 조사지역 및 정점 선정
 - 조사지역 및 정점은 선행연구 및 현장 연구자를 통하여 모자반 군락이 잘 보존되어 있으며, 접근이 비교적 우도 및 비양도의 모자반 군락을 선정하였고, 각 지역당 2정점 선정(그림 7-1.)
 - 조사 시기
 - 2022년 02월~05월에 걸쳐 2개 조사정점/조사지역/월 조사하여 총 16회 조사

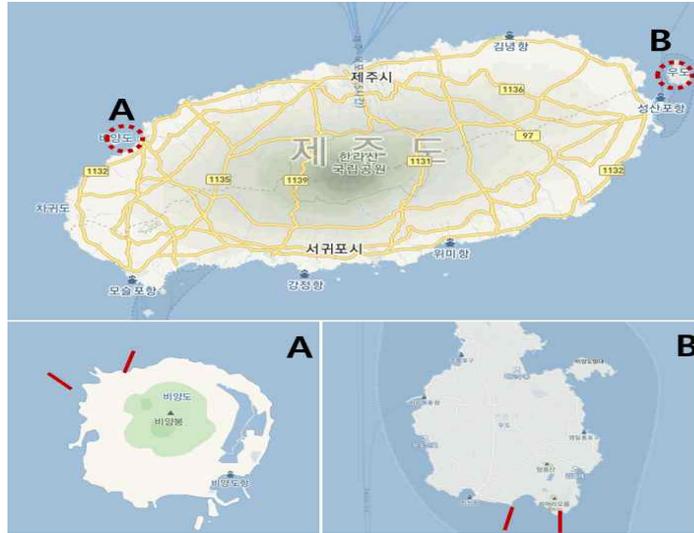


그림 7-1. 팽생이모자반 분포 조사 위치 및 정점(적색선)

○ 조사 방법

(가) 방형구 설치 및 채집

- 조하대를 수심 1~5m, 6~10m, 11~15m 등 3개의 수직분포 범위로 선정하여 각각의 범위에 0.5 x 0.5m² 방형구 4개씩 수심에 따라 순차적으로 설치함(그림 7-2A). 방형구 내에 출현하는 팽생이모자반은 전량 채집하여 방형구별로 구분하여 그물망에 보관하고(그림 7-2. B~D), 다른 모자반류는 종별 출현 개체 수를 수중 야장에 기록함

(나) 팽생이모자반의 측정

- 방형구별로 채집된 팽생이모자반은 실험실로 운반하여 개체별로 엽장(mm)과 습중량(wet.g.m⁻²)을 측정함. 엽장은 기부의 가장 기저부부터 성장점까지의 길이를 기준으로 함(그림 7-2. E~F).

(다) 자료의 정리

- 산출된 자료는 microsoft Excell program을 이용하여 정리하였으며, 각각의 정점에 따른 조사 시기별 모자반류 총 개체수 및 종별 개체수 분포, 팽생이모자반의 수심별 엽장 및 생물량의 시간에 따른 변동을 산출함

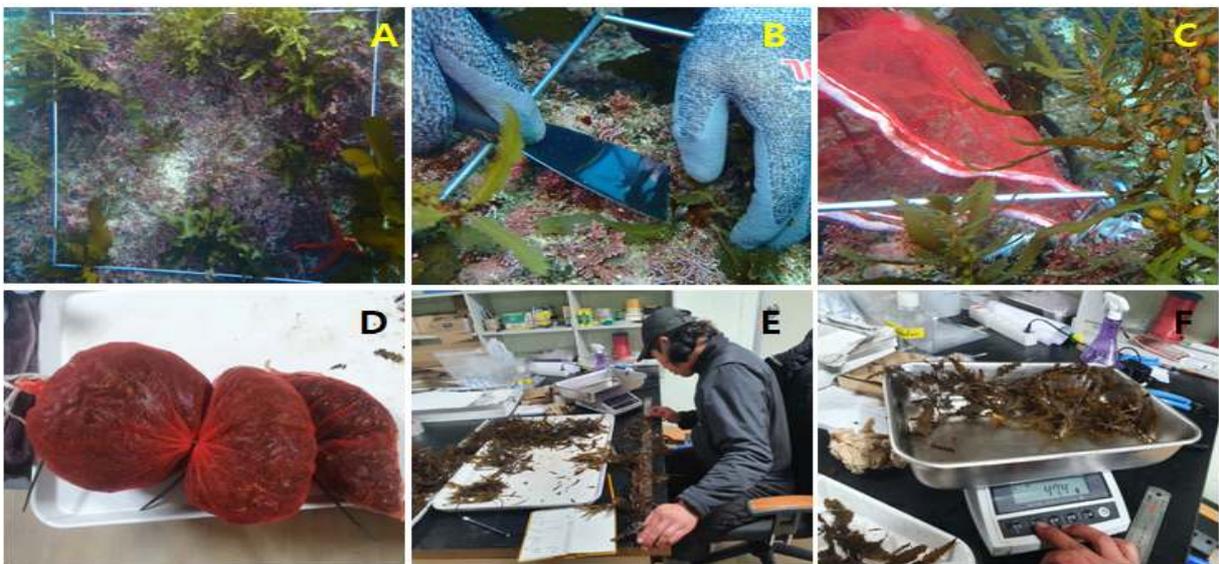


그림 7-2. 모자반 군락 조사 방법(A, 수심별 방형구 설치; B, 팽생이모자반 채집; C, 방형구별 그물망 수중 보관; D, 그물망 보관상태; E, 팽생이모자반 엽장 측정; F, 생체량 측정)

(2) 모니터링 결과

(가) 조사 결과

① 출현 모자반류의 형태적 특징, 분포 및 유용성 정보

㉠ 팽생이모자반(*Sargassum horneri*, 그림 7-3.)

○ 형태적 특징

- 부착기는 섬유상 가반상근으로 별도로 구별되는 줄기 없이 하나의 1차가지를 형성. 1차가지는 원주상으로 세로로 긴 골이 있고, 하부의 표면은 잔잔한 가시들을 다수 형성. 2차가지는 1차가지의 잎겨드랑이에 형성되고 성숙해지면 잎겨드랑이마다 말단가지를 형성. 잎은 장타원형~선형으로 우상분기하며 결각은 대개 중륵 까지 깊게 패임. 중륵은 뚜렷하고 잎의 표면에 돌출. 기낭은 2차가지와 말단가지에 다수 형성되고, 원주상으로 잎과 같은 형태의 관엽과 짧은 자루를 갖음. 생식기탁은 3~5월에 잘 관찰되고, 끝이 뾰족한 원주형이며 말단가지에 총생. 자용이주이며 단년생 모자반류임.

○ 국내 및 세계분포

- 우리나라 동해안, 서해안, 남해안, 제주도, 독도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아, 동남아시아, 북아메리카(Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 전 연안에서 흔하게 관찰되며, 조간대 하부~조하대 수심 15m 까지 광범위한 수직분포를 보임. 수심 5m 인근에서 가장 높은 생물량을 나타냄. 제주에서는 ‘노랑뭍’ 또는 ‘노랑쟁이뭍’ 이라고도 불리움(제주테크노파크 2016).

○ 유용성 정보

- 이용: 식용, 비료(강제원 1968)
- 특허: 광노화 억제(10-2012-0065631), 퇴행성 신경질환 예방(공개, 1020170066164) 외 11
- 생리활성: 항염증, 항종양(Shao et al. 2014), 항산화, 보습(Shao et al. 2015)

○ 출현지역

- 비양도, 우도



그림 7-3. 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)의 자연 군락 및 기낭 형태

㉡ 고사리모자반(*Sargassum filicinum*, 그림 7-4.)

○ 형태적 특징

- 기낭을 제외한 모든 형태적 특징은 팽생이모자반과 동일. 기낭은 팽생이모자반과 달리 구형~타원형이며 잎과 동일한 형태의 관엽과 짧은 자루를 가짐. 생식기탁은 5~6월에 잘 관찰되고, 끝이 뾰족한 원주형이며 말단가지에 총생. 자용동주

○ 분류학적 고찰

- Uwai et al.(2009)는 이 종과 팽새이모자반의 불완전한 생식적 격리를 근거로 이 종을 팽새이모자반의 동종이명으로 처리함. 그러나 이 종의 자웅동주형 생활사는 자웅이주인 팽새이모자반과 구분되는 특징이므로, 이 조사에서는 하나의 독립된 종으로 인정하였음. Boo and Ko(2012)와 Cho et al.(2012) 또한 이 종을 팽새이모자반과 독립된 종으로 기재함

○ 국내 및 세계분포

- 우리나라 남해안, 제주도, 독도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아, 동남아시아, 북아메리카, 중앙아메리카(Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 동쪽 및 남쪽 연안에 드물게 관찰되며, 수심 5~15m 범위에 서식(강정찬 등 2019).

○ 유용성 정보

- 정보 없음

○ 출현지역

- 비양도, 우도



그림 7-4. 고사리모자반(*Sargassum filicinum*)의 자연 군락 상태

◎ 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*, 그림 7-5.)

○ 형태적 특징

- 부착기는 원추상으로 하나의 줄기를 냄. 줄기는 원주상이며 차상으로 분지. 1차가지는 줄기의 말단에 여러 개가 형성되며, 하부는 원주상에 가깝고 상부로 올라갈수록 점점 납작해짐. 1차가지의 하부에는 양 모서리에 거친 톱니모양의 치상돌기가 열을 지어 형성되며, 상부의 양 모서리에는 치상 돌기가 드문드문 형성됨. 2차가지는 1차가지의 잎겨드랑이에 호생하며 편압. 말단가지는 각이 둥근 삼릉형으로 2차가지의 잎겨드랑이에서 호생. 잎은 가지 하부에서 피침형으로 거치가 없거나 얇게 형성되고 상부로 갈수록 잎 폭이 좁아지며 거치가 깊어짐. 비교적 흔하게 2중 거치가 형성되며, 중륵은 뚜렷하고 잎 표면에 돌출. 기낭은 1차가지의 상부와 2차가지에 형성되며, 구형, 타원형 또는 도란형으로 짧은 자루와 침상돌기 또는 선형의 관엽을 가짐. 생식기탁은 6~9월에 관찰되며, 선형으로 말단가지에 총생하고 자웅이주

○ 국내 및 세계분포

- 우리나라 남해안, 동해안, 서해안, 제주도(국립수산과학원 2016); 북동아시아(Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 전 연안에 흔하게 분포하며, 조하대 수심 2m~20m 까지 광범위한 수직분포를 보이고

수심 10m 부근에서 생물량이 가장 높음(강정찬 등 2019)

○ 유용성 정보

- 특허: 염증성질환(공개, 1020150051387)

- 생리활성: 항박테리아(Kamei, et al. 2009), 항염증(Manzoore et al. 2014)

○ 출현지역

- 비양도, 우도



그림 7-5. 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*)의 자연 군락 상태

㉠ 톱니모자반(*Sargassum serratifolium*, 그림 7-6.)

○ 형태적 특징

- 부착기는 반상, 드물게 원추상으로 대개 하나의 원주상 줄기를 냄. 줄기는 단독 또는 차상으로 분지하며 말단에 1차가지를 형성. 1차가지는 편압하고 양쪽 가장자리에 치상 거치가 드물게 존재하며, 하부에서는 탁엽흔이 아래쪽으로 돌출하여 지그재그 형태를 가짐. 2차가지는 1차가지의 편평한 면에 호생하며 편압함. 2차가지의 분지점은 식물체 하부에서 아래쪽으로 향하고, 상부에서는 1차가지와 직각에 가까움. 2차가지의 하부도 탁엽흔이 아래쪽으로 돌출하여 지그재그 형태가 됨. 말단가지는 2차가지의 잎겨드랑이에서 나오며 각이 둥근 삼릉형. 잎은 하부에서 난형 또는 피침형으로 얇은 거치를 갖고 있으며, 상부로 올라갈수록 잎 폭은 좁아지고 거치는 깊어짐. 중륵은 뚜렷하고 잎 표면에 돌출되며 2중 거치를 흔히 형성. 기낭은 구형 또는 도란형으로 짧은 자루와 침상돌기 또는 잎 모양의 관엽을 가짐. 생식기탁은 6~7월에 관찰되며, 편압한 피침형으로 얇은 거치를 갖고 있으며 말단가지에 총생. 자웅이주.

○ 국내 및 세계 분포

- 우리나라 남해안, 동해안, 서해안, 제주도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아, 서남아시아, 동남아시아, 뉴질랜드(Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 전 연안에 분포. 서귀포시 섶섬에 커다란 단일 군락이 존재한다. 조하대 수심 3m~20m 까지 광범위한 수직분포를 보임(강정찬 등 2019).

○ 유용성 정보

- 이용: 식품원료 등록(국립해양생물자원관 2018), 사료(강제원 1968)

- 특허: 콜레스테롤 개선(공개, 1020180111213), 항산화(10-1893250-0000) 외 12

- 생리활성: 항염증(Joung et al. 2017), 항산화(Park et al. 2018)

○ 출현지역

- 우도



그림 7-6. 톱니모자반(*Sargassum macrocarpum*)의 자연 군락 상태

㉔ 엔도모자반(*Sargassum yendoi*, 그림 7-7.)

○ 형태적 특징

- 부착기는 반상으로 하나 또는 여러 개의 줄기를 동시에 냄. 줄기는 원주상으로 표면에 흑이 많고 호생으로 분지하기도 함. 1차가지는 편압하며 줄기의 말단에 여러 개가 형성됨. 2차가지는 편압하며 1차가지의 양쪽 모서리에서 동일평면상에 호생함. 잎은 하부에서 장타원형이며 상부로 올라갈수록 피침형으로 점점 좁아지고 거치가 깊어짐. 중륵은 뚜렷하여 잎의 표면에 돌출됨. 기낭은 구형으로 큰 것은 지름 1.2cm에 이르며 긴 자루를 가짐. 잎은 가지의 모서리에서 동일평면상에 호생. 말단가지는 잎의 겨드랑이에 기낭과 함께 형성. 생식기탁은 말단가지에 총생하고, 원주상이며 여러 방향으로 분지. 제주도는 5~6월에 성숙

○ 국내 및 세계분포

- 우리나라 제주도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아, 동남아시아(Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 추자도를 제외한 제주도 전 연안에 분포하며, 주로 수심 3m의 얇은 곳에서 15m의 깊은 곳까지 광범위한 수직분포를 보임(강정찬 등 2019)

○ 유용성 정보

- 정보 없음

○ 출현지역

- 비양도, 우도

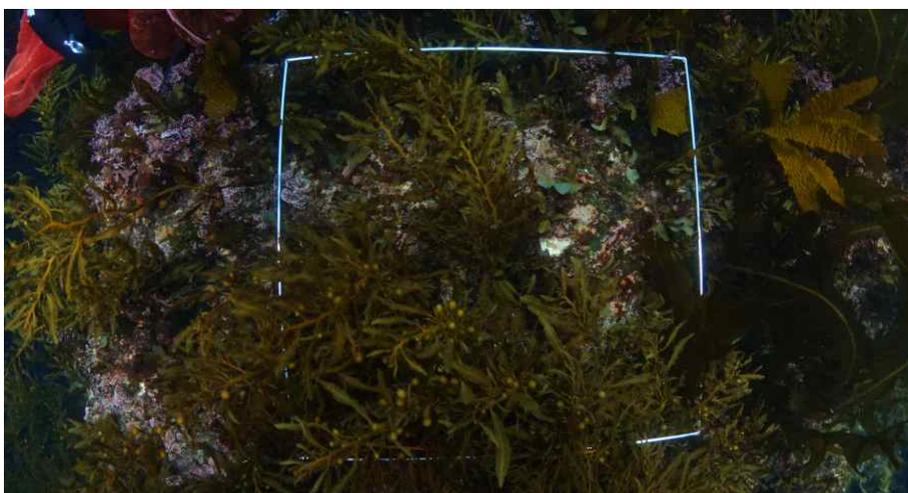


그림 7-7. 엔도모자반(*Sargassum yendoi*)의 자연 군락 상태

㉔ 쌍발이모자반(*Sargassum patens*, 그림 7-8.)

○ 형태적 특징

- 부착기는 반상으로 하나 또는 여러 개의 줄기를 동시에 냄. 줄기는 원주상으로 표면에 혹이 많음. 1차가지는 편압하며 줄기의 말단에 여러 개 형성. 2차가지는 편압하며 1차가지의 양쪽 모서리에서 동일평면상에 호생. 잎은 하부에서 장타원형이며 중부~상부의 잎은 서식지에 따라 분열하지 않거나 1회 우상으로 분열. 거치가 없거나 얇게 형성되며, 중륵은 뚜렷하여 잎의 표면에 돌출. 잎의 열편은 서식지에 따라 장피침~선상으로 다양. 기낭은 타원형으로 짧은 자루와 잎 모양의 관엽을 가짐. 잎은 가지의 양쪽 모서리에서 동일평면상에 호생. 말단가지는 잎의 겨드랑이에 기낭과 함께 형성. 생식기탁은 말단가지의 상부에 총생하고 약간 납작한 원주상. 제주도에서는 5~7월에 성숙

○ 국내 및 세계 분포

- 우리나라 동해안, 남해안, 서해안, 제주도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아, 동남아시아 (Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 전 연안에 분포. 수심 1m의 얇은 곳에서 부터 10m의 다소 깊은 곳까지 분포.

○ 유용성 정보

- 생리활성: 항바이러스(Zhu et al.2003, 2004, 2006)

○ 출현지역

- 비양도, 우도



그림 7-8. 쌍발이모자반(*Sargassum patens*)의 자연 군락 상태

㉕ 짝잎모자반(*Sargassum hemiphyllum*, 그림 7-9.)

○ 형태적 특징

- 형태적 특징: 부착기는 섬유상 가근으로 이루어져 있고, 방사상으로 펼쳐짐. 줄기는 삼릉형으로 부착기에 단독으로 형성되며 말단에 여러 개의 1차가지를 형성. 1차가지는 삼릉형으로 중부 이상에서 다소 꼬이기도 함. 2차가지는 1차가지의 잎겨드랑이에 돌아가며 기낭과 함께 형성됨. 생식시기가 되면 2차가지의 잎겨드랑이에 말단가지가 형성됨. 잎은 엽체 하부에서 좌우가 대칭인 타원형~장타원형이며 상부로 갈수록 좌우가 비대칭해지면서 반원형을 형성. 서식지에 따라 비대칭한 정도가 달라질 수 있으며, 일부 개체군은 좌우가 거의 대칭한 장타원형~선형인 잎을 갖기도 함. 중륵은 관찰되지 않으며, 거치는 얇고, 잎의 블록한 쪽의 가장자리에 잘 형성됨. 기낭은 방추형이며 짧은 자루와 침상돌기 또는 직삼각

형 모양의 작고 납작한 관엽을 가짐. 생식기탁은 끝이 뿔족한 원주형이며 말단가지에 총생. 성숙한 개체는 5~6월에 잘 관찰되며, 여러 개체가 모여 자라 넓은 매트를 형성

○ 국내 및 세계분포

- 우리나라 남해안, 동해안, 서해안, 제주도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아, 동남아시아 (Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 전 연안에서 쉽게 관찰할 수 있으며, 저조선 인근에 분포(강정찬 등 2019)

○ 유용성 정보

- 생리활성: 항염증(Hwang et al. 2011), 항산화, 면역개선(Hwang et al. 2010)

○ 출현지역

- 비양도, 우도



그림 7-9. 짝잎모자반(*Sargassum hemiphyllum*)의 자연 군락 상태

h) 모자반(*Sargassum fulvellum*, 그림 7-10.)

○ 형태적 특징

- 부착기는 수지상 가반상근으로 1~2개의 원주상 줄기를 냄. 줄기는 분지하지 않고 말단부에 1~3개의 1차가지를 형성. 1차가지는 하부에서 각이 날카로운 삼릉형이며 중~상부에서 세로로 곁이 있는 사릉형. 1차가지 하부에 아래쪽으로 돌출한 탁엽흔이 다수 관찰됨. 2차가지는 곁이 있는 사릉형으로 1차가지의 각 모서리에서 돌아가며 형성. 말단가지는 짧고, 2차가지의 잎겨드랑이에 기낭과 함께 다수 형성. 잎은 하부에서 장타원 또는 피침형으로 거치가 없거나 얇고, 엽체 상부로 갈수록 좁아지며 거치가 깊어짐. 중륵은 희미하며 잎에 매몰됨. 기낭은 타원 또는 방추형으로 관엽이 없거나 침상돌기, 선형 또는 잎모양의 관엽을 갖기도 함. 생식기탁은 3~4월에 잘 관찰되고, 끝이 뿔족한 원주형으로 분지하기도 하며, 말단가지에 총생. 자웅이주

○ 국내 및 세계분포

- 우리나라 남해안, 동해안, 서해안, 제주도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아, 동남아시아 (Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 전 연안에 분포하며, 조간대 하부~조하대 수심 10m 이내에 분포. 최근 제주도 연안의 모자반 군락은 급속히 감소하고 있으며 도서지역과 함덕, 평대, 다려도 등 극히 일부 지역에 국한되어 분포하고 있음. 제주도에서는 ‘뭍’ 또는 ‘츄뭍’이라고 불림(제주테크노파크 2016)

○ 유용성 정보

- 이용: 식용, 사료(강제원 1968)
- 특허: 신경세포 발달(10-2012-0070971), 면역증진(10-2015-0025274) 외 5
- 생리활성: 항응고(De Zoysa et al. 2008), 해열, 항알러지, 항염증(Kang et al. 2008)
- 출현지역
- 비양도, 우도



그림 7-10. 모자반(*Sargassum fulvellum*)의 자연 군락 상태

① 왜모자반(*Sargassum yezoense*, 그림 7-11.)

- 형태적 특징
 - 부착기는 반상으로 줄기를 여러 방향으로 동시에 뻗. 줄기는 짧고 원주상이며 차상으로 분지하고, 말단에 여러 개의 1차가지를 형성. 기질의 표면에 평행하게 성장하며 기는 줄기처럼 기질에 달라붙기도 함. 1차가지는 전체적으로 각이 둥근 삼릉형. 생식시기가 되면 2차가지 없이 1차가지의 잎겨드랑이마다 말단가지가 형성. 잎은 장타원형~선형으로 거치가 없거나 얇은 거치를 형성. 중륵은 뚜렷하고 잎 표면에 돌출. 기낭은 방추형으로 짧은 자루와 침상돌기를 갖으며, 생식시기 직전에 말단가지와 같이 형성되어 그 수가 매우 적음. 생식기탁은 납작한 타원형 또는 넓은 주걱형으로 말단가지에 총생. 성숙한 개체는 5~7월에 잘 관찰됨. 대개 여러 개체가 모여 자라 넓은 매트를 형성
- 국내 및 세계분포
 - 우리나라 남해안, 동해안, 서해안, 제주도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아(Guiry and Gyiry 2022)
- 제주도 내 서식지 및 수직분포
 - 제주도 도서지역에 주로 분포하며, 저조선에 걸쳐 분포하므로 매우 협소한 수직분포를 보임(강정찬 등 2019)
- 유용성 정보
 - 특허: 항노화(10-2012-0071365), 혈관확장(10-2007-0114773)
 - 생리활성: 당뇨(Kim et al. 2012), 항산화(Lee et al. 2009)
- 출현지역
 - 우도



그림 7-11. 웨모자반(*Sargassum yezoense*)의 자연 군락 상태

① 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*, 그림 7-12.)

○ 형태적 특징

- 부착기는 원추상으로 여러 줄기를 동시에 냄. 연령이 오래된 개체의 경우 부착기는 혹처럼 부풀며 줄기의 하부를 매몰시킴. 줄기는 짧고 차상으로 2회 분지하며, 말단에 수 개의 1차 가지를 형성. 1차가지는 하부에서 모서리가 날카로운 삼릉형이며 상부로 올라 갈수록 모서리가 둔해지며 사릉형이 되기도 함. 줄기의 모서리를 따라 가지 모양의 침상돌기들을 형성. 2차가지는 1차가지의 편평한 면에 돌아가며 형성되며 1차가지보다 짧음. 앞은 하부에서 장타원형~피침형으로 얇은 거치가 있으며, 상부로 갈수록 앞쪽은 좁아지고, 거치는 깊어져 중륵에 다다름. 중륵은 뚜렷하고 앞 표면에 돌출한다. 기낭은 구형~타원형으로 침상돌기 또는 앞 모양의 관엽을 가짐. 좌우 능선을 따라 배열된 작은 침상돌기들이 쉽게 관찰됨

○ 국내 및 세계분포

- 우리나라 남해안, 동해안, 제주도(이용필, 강서영 2001); 북동아시아(Guiry and Gyiry 2022)

○ 제주도 내 서식지 및 수직분포

- 제주도 전 연안에서 비교적 쉽게 관찰할 수 있으며, 저조선 부근에서 파배기모자반과 혼생 (강정찬 등 2019)

○ 유용성 정보

- 특허: 혈관 확장(10-2007-0114773), 항염증(10-2010-0047385)
- 생리활성: 항산화, 항바이러스(Iwashima et al. 2005), 항염증(Jeong et al. 2013)

○ 출현지역

- 우도



그림 7-12. 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*)의 자연 군락 상태

② 출현 모자반류의 현존량

㉠ 생물량(wet.g.m⁻²)

- 조사지역에서 2021년 12월부터 2022년 5월까지 측정된 모자반류의 총 생물량은 1,313 wet.g.m⁻²로 산출되었으며 비양도에서 평균 951.3, 우도에서 1,675.4 wet.g.m⁻²로 우도지역에서 다소 높은 값이 산출되었음. 비양도의 경우 12월에서 5월로 갈수록 생물량이 점차 증가하는 경향을 보였으나, 우도에서는 12월~2월에 1,788.4~2492.0 wet.g.m⁻²의 값으로 서로 비슷한 수준을 유지하다가 3~4월에 982.2~919.1 wet.g.m⁻²로 급격히 감소하였으며, 이후 5월에 1435.7 wet.g.m⁻²로 회복되는 양상을 보였음. 이는 3월에 높은 파도를 동반한 강한 파랑의 영향으로 우도 일대의 물리적 교란으로 인해 모자반 군락이 훼손된 결과로 추정됨(그림 7-13).

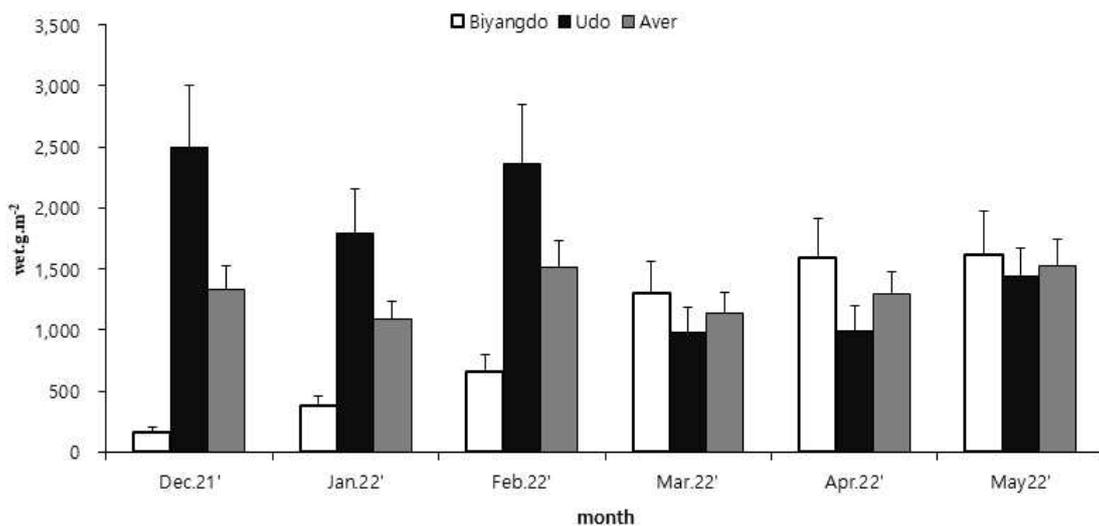


그림 7-13. 조사지역에 출현한 모자반류의 현존량(wet.g.m⁻²)의 시간에 따른 변동양상

㉡ 개체수 (individuals.m⁻²)

- 조사지역에서 2021년 12월부터 2022년 5월까지 측정된 모자반류의 개체수는 단위면적(m⁻²)당 평균 49.4 개체로 조사되었으며, 비양도에서 24.8개체 및 우도에서 74 개체로 산출되어 우도지역이 비양도 지역보다 월등히 많은 개체수의 모자반류를 보유하는 것으로 조사됨.

시간에 따른 개체수 변동은 비양도에서는 12월에서 5월로 갈수록 다소 감소하는 경향을 나타내었으며, 우도에서는 12월~3월에 55.0~72.5로 비교적 변동폭이 낮았으나 4월~5월에 89.8~108.8개체로 크게 증가하는 경향을 보임. 이러한 큰 변동폭의 모자반류 개체수 변동은 무수한 개체수가 모여 자라는 짝잎모자반(*Sargassum hemiphyllum*) 매트외 방형구 내 출현 여부에 따라 나타나는 현상임(그림 7-14).

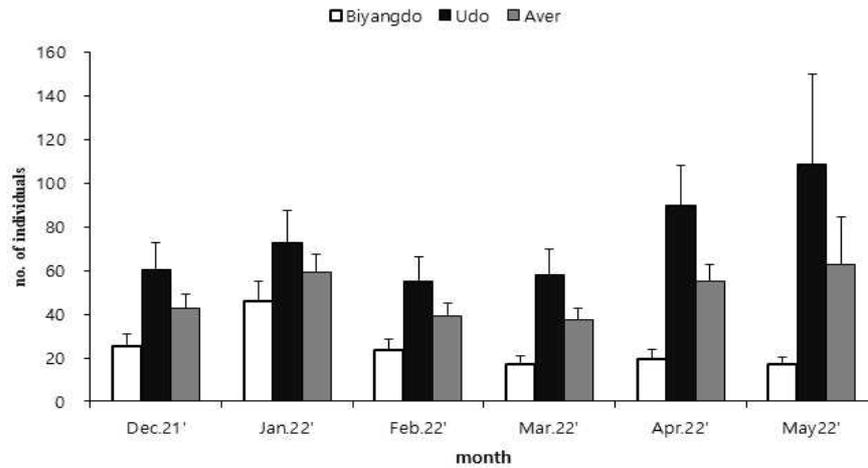


그림 7-14. 조사지역에 출현한 모자반류 개체수의 시간에 따른 변동양상

㉔ 우점종

○ 현존량(wet.g.m⁻²)으로서의 우점종

- 조사지역에서 2021년 12월부터 2022년 5월까지 측정된 모자반류의 생물량(wet.g.m⁻²)으로서의 우점종은 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*, 416.6g) - 팽생이모자반(*S. horneri*, 305.5g) - 톱니모자반(*S. serratifolium*, 208.6g) - 엔도오모자반(*S. yendoi*, 279.3g) - 모자반(*S. fulvellum*, 71.1g) 순으로 나타남. 비양도에서는 팽생이모자반(*S. horneri*, 384.5g) - 큰열매모자반(*S. macrocarpum*, 208.1g) - 엔도오모자반(*S. yendoi*, 129.1g) - 모자반(*S. fulvellum*, 35.4g) 순으로 측정되었고, 우도에서는 큰열매모자반(*S. macrocarpum*, 625.1g) - 톱니모자반 - 엔도오모자반(*S. serratifolium*, 417.9g) - 팽생이모자반(*S. horneri*, 305.5g) - 모자반(*S. fulvellum*, 71.1g) 순으로 기록됨(그림 7-15).

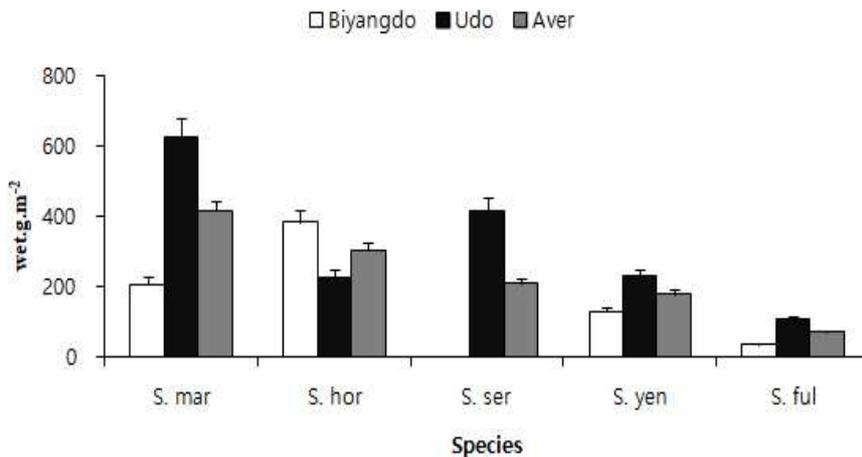


그림 7-15. 조사지역에 출현한 모자반류의 현존량(wet.g.m⁻²)에 따른 우점종(*S. mar*, 큰열매모자반; *S. hor*, 팽생이모자반; *S. ser*, 톱니모자반; *S. yen*, 엔도오모자반; *S. ful*, 모자반)

○ 단위면적(m²)당 개체수로서의 우점종

- 조사지역에서 2021년 12월부터 2022년 5월까지 방형구 내에 출현한 모자반의 종별 개체수로서 우점종은 엔도오모자반(*Sargassum yendoi*, 16.9개체) - 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*, 9.0개체) - 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*, 8.7개체) - 팽생이모자반(*S. horneri*, 5.8개체) - 쌍발이모자반(*S. patens*, 1.9개체) 순으로 관찰됨. 비양도에서는 큰열매모자반(*S. macrocarpum*, 9.9개체) - 엔도오모자반(*Sargassum yendoi*, 5.4개체) - 팽생이모자반(*S. horneri*, 4.3개체) - 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*, 4.0개체) - 쌍발이모자반(*S. patens*, 2.3개체) 순으로 나타났고, 우도에서는 엔도오모자반(*Sargassum yendoi*, 28.3개체) - 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*, 13.4개체) - 큰열매모자반(*S. macrocarpum*, 8.1개체) - 팽생이모자반(*S. horneri*, 7.3개체) - 쌍발이모자반(*S. patens*, 1.6개체) 순으로 측정됨(그림 7-16).

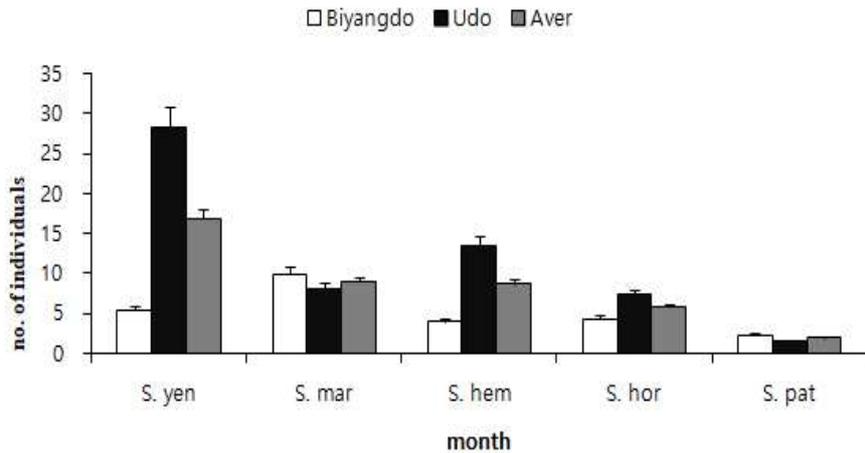


그림 7-16. 조사지역에 출현한 모자반류의 단위 면적 당 개체수에 따른 우점종 (*S. yen*, 엔도오모자반; *S. mar*, 큰열매모자반; *S. hem*, 짝잎모자반; *S. hor*, 팽생이모자반; *S. pat*, 쌍발이모자반)

③ 팽생이모자반(*Sargassum horneri*)의 분포 및 생물량 변동

㉠ 조사 시기에 따른 수심별 생물량(wet.g.m⁻²) 변동

○ 비양도

- 비양도에서 팽생이모자반(*Sargassum hemiphyllum*)의 단위면적당 생물량은 수심 1~5m 구간에서 4월에 2,058.0 wet.g.m⁻²로 가장 높은 값을 기록하였음. 수심 1~5m 구간에서는 12월(21.2 wet.g.m⁻²)에서 4월(2,058.0 wet.g.m⁻²)로 갈수록 점점 증가하다가 5월(643.5 wet.g.m⁻²)에 감소하는 경향을 보임. 수심 6~10m 구간에서는 12월(87.9 wet.g.m⁻²)에서 3월(1,121.1 wet.g.m⁻²)로 갈수록 생물량이 점점 증가하다가 4월(224.5 wet.g.m⁻²)에 일시적인 감소 경향을 보였으며, 5월(877.8 wet.g.m⁻²)에 다시 회복하는 양상을 보였음. 수심 11~15m 구간에서는 2월(4.0 wet.g.m⁻²)에 처음 출현하여 5월(106.6 wet.g.m⁻²)로 갈수록 점점 증가하는 경향을 나타냈음. 이 조사지역에서는 동월을 기준으로 전반적으로 수심이 깊어질수록 생물량이 점점 감소하는 경향을 나타냈으며, 수심 1~5m 구간에서는 4월, 수심 6~10m 구간에서는 3월, 수심 11~15m 구간에서는 5월에 가장 높은 생물량을 기록함(그림 7-17).

괭생이모자반, 비양도

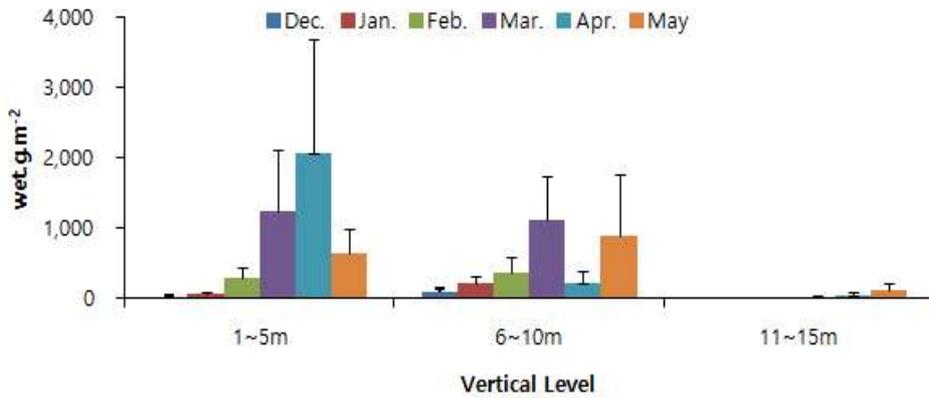


그림 7-17. 비양도지역에 출현한 괭생이모자반(*Sargassum horneri*) 생물량(wet.g.m⁻²)의 월별 수직분포 변동 양상

○ 우도

- 우도에서 괭생이모자반(*Sargassum hemiphyllum*)의 단위면적당 생물량은 수심 1~5m 구간에서 6월에 1,899.5 wet.g.m⁻²로 가장 높은 값을 기록하였음. 수심 1~5m 구간에서는 12월(37.7 wet.g.m⁻²) ~ 1월(122.2 wet.g.m⁻²)에 완만히 증가하다가 3월(1,899.5 wet.g.m⁻²)에 급격히 증가하다가 3~4월(각각 158.3, 67.3 wet.g.m⁻²)에 대폭 감소하였으며 5월(464.9 wet.g.m⁻²)에 다시 회복하는 경향을 보임. 수심 6~10m 구간에서는 12~1월(각각 105.0, 251.1 wet.g.m⁻²)에 완만히 증가하다가 2~3월(각각 44.2, 91.3 wet.g.m⁻²)로 감소한 후 4월(116.9 wet.g.m⁻²)로 증가하였고, 5월(26.5 wet.g.m⁻²)에 다시 감소하는 등 복잡한 양상을 보였음. 수심 11~15m 구간에서는 12~1월(각각 43.3, 96.4 wet.g.m⁻²)로 완만히 증가하다가 2월(1,870.6 wet.g.m⁻²)에 최대 생물량을 나타냈으며, 이후 급격히 감소하여 3~4월(각각 28.9, 1.2 wet.g.m⁻²)에 최소 생물량을 기록하였고, 5월(1,343.4)에 다시 급격한 생물량 증가를 기록하였음. 이 조사 지역에서는 동월을 기준으로 수심에 따른 생물량 분포의 일관적인 변화양상은 관찰되지 않았으며, 전반적으로 수심 6~10m 구간에서 낮은 생물량을 기록하였음. 또한 조사시기에 따른 생물량 변동의 일반적인 경향성도 관찰되지 않음. 이 결과는 이 지역 수심 6~10m 구간의 큰열매모자반(*Sargassum macrocarpum*)의 과우점 현상과 봄철 강한 동풍의 영향에 따른 모자반 군락지의 교란현상에서 기인하는 것으로 사료됨(그림 7-18).

괭생이모자반, 우도

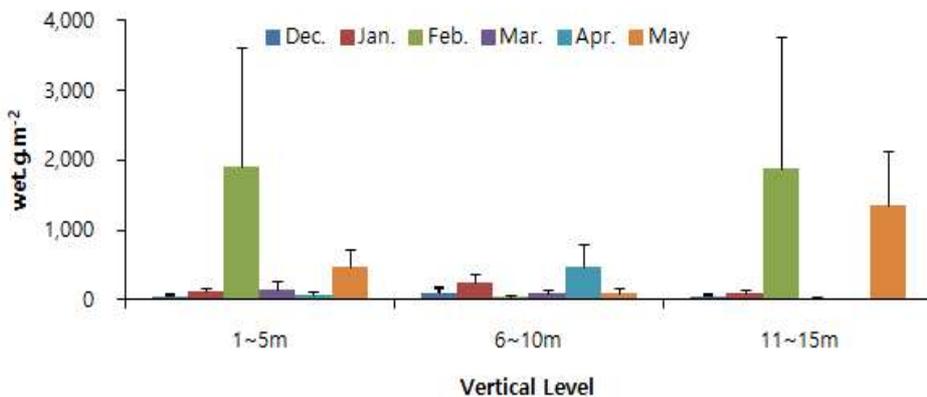


그림 7-18. 비양도지역에 출현한 괭생이모자반(*Sargassum horneri*) 생물량(wet.g.m⁻²)의 월별 수직분포 변동 양상

⑥ 조사시기에 따른 수심별 엽장(mm) 변동

○ 비양도

- 비양도에서 갯생이모자반(*Sargassum hemiphyllum*)의 평균 엽장은 수심 6~10m 구간에서 5월에 1,643.9 mm로 가장 긴 엽장을 기록하였음. 수심 1~5m 구간에서는 3월(3,449.8 mm)에 가장 길었으며, 이후 점차 감소하였음 수심 6~10, 11~15m 구간에서는 12월에서 5월로 갈수록 엽장이 점점 증가하는 양상을 보임(그림 7-19).

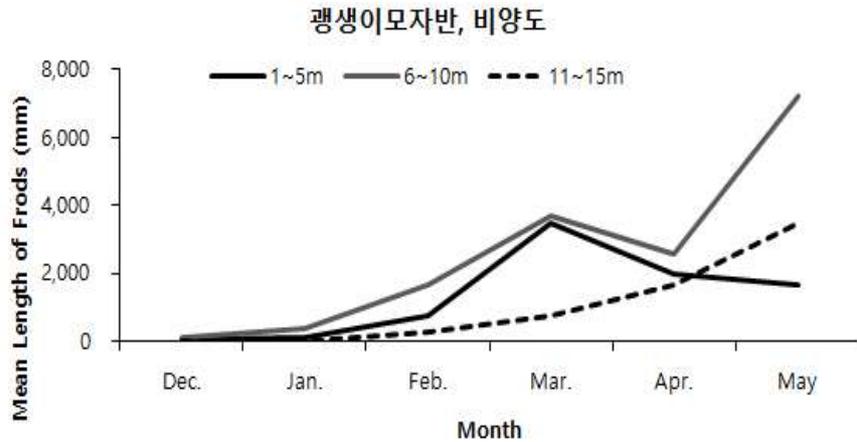


그림 7-19. 비양도 지역에 출현한 갯생이모자반(*Sargassum horneri*) 엽장의 조사 시기 및 수심별 변동양상

○ 우도

- 우도에서 갯생이모자반(*Sargassum hemiphyllum*)의 평균 엽장은 수심 1~5m 구간에서 3월에 871.6 mm로 가장 긴 엽장을 기록하였으며, 이와 유사한 평균 엽장은 수심 11~15m 구간에서 3월(852.5 mm) 및 5월(849.1 mm)에서도 나타남. 이 지역의 갯생이모자반 평균엽장의 수심 및 조사시기별 매우 큰 편차를 보여 일정한 패턴을 관찰할 수 없었음(그림 7-20).

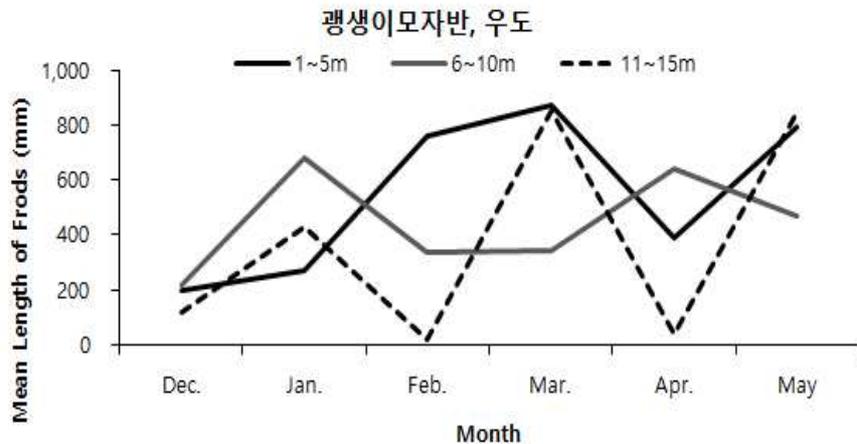


그림 7-20. 우도 지역에 출현한 갯생이모자반(*Sargassum horneri*) 엽장의 조사 시기 및 수심별 변동양상

㉔ 출현 모자반류 분류군별 분포양상(그림 7-21)

○ 지역별 출현 양상

- 우도 및 비양도에서 출현한 모자반류는 고사리모자반(*Sargassum filicinum*), 갯생이모자반(*S. horneri*), 모자반(*S. fulvellum*), 쌍발이모자반(*S. patens*), 엔도오모자반(*S. yendoi*), 왜모자반(*S.*

yezoense), 잔가시모자반(*S. micracanthum*), 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*), 큰열매모자반(*S. macrocarpum*), 큰잎모자반(*S. coreanum*), 톱니모자반(*S. serratifolium*) 등 11종으로 이 중 우도 지역에서는 11종 모두 출현하였으나, 비양도에서는 고사리모자반, 왜모자반, 잔가시모자반, 큰잎모자반, 톱니모자반 등 5종을 제외한 6종이 출현하여 우도지역에서 더 높은 종다양성을 기록하였음

○ 모자반류 종별 수직 분포양상(그림 7-21)

- 고사리모자반(*Sargassum filicinum*): 수심1~15m 구간 전체에 걸쳐 분포하고 있었으며, 수심 6~10m 구간에서 가장 높은 생물량을 기록함
- 팽새이모자반(*S. horneri*): 수심1~15m 구간 전체에 걸쳐 분포하고 있었으며, 수심 1~5m 구간에서 가장 높은 생물량을 기록하였함. 수심이 깊어질수록 점차 감소하는 경향을 보임.
- 모자반(*S. fulvellum*): 수심1~10m 구간에 걸쳐 분포하고 있었으며, 수심 1~5m 구간에서 가장 높은 생물량을 기록함.
- 쌍발이모자반(*S. patens*): 수심1~10m 구간에 걸쳐 분포하고 있었으며, 수심 1~5m 구간에서 가장 높은 생물량을 기록함.
- 엔도오모자반(*yendoi*): 수심1~15m 구간 전체에 걸쳐 분포하고 있었으며, 수심 1~5m 구간에서 가장 높은 생물량을 기록함. 다른 모자반류에 비해 생물량이 다소 낮은 편이며 수심이 깊어질수록 점차 감소하는 경향을 보임.

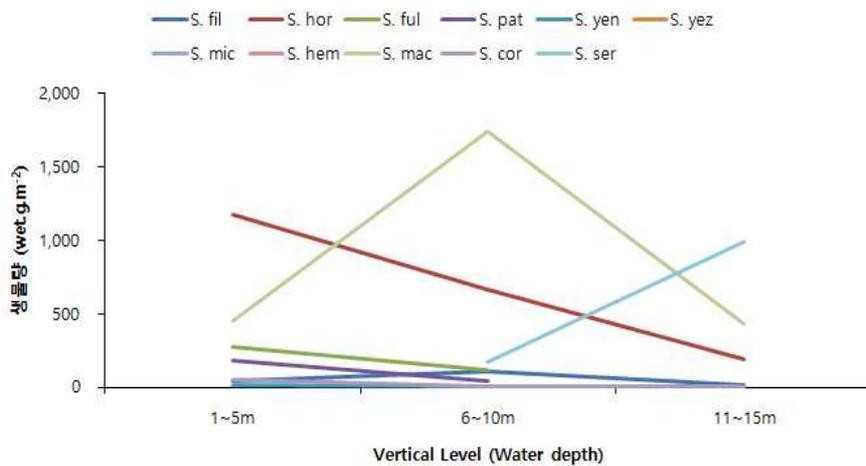


그림 7-21. 조사지역(우도, 비양도)에 출현한 모자반류 종별 단위면적당 생물량(wet.g.m⁻²)에 따른 수직분포 양상(*S. fil*, 고사리모자반; *S. hor*, 팽새이모자반; *S. ful*, 모자반; *S. pat*, 쌍발이모자반; *S. yen*, 엔도오모자반; *S. yez*, 왜모자반; *S. mic*, 잔가시모자반; *S. hem*, 짝잎모자반; *S. mac*, 큰열매모자반; *S. cor*, 큰잎모자반; *S. ser*, 톱니모자반)

- 왜모자반(*S. yezoense*): 수심 1~5m 수심구간에 한정하여 분포. 가장 낮은 생물량을 보임
- 잔가시모자반(*S. micracanthum*): 수심 1~5m 수심구간에 한정하여 분포. 낮은 생물량을 보임
- 짝잎모자반(*S. hemiphyllum*): 수심 1~5m 수심구간에 한정하여 분포. 낮은 생물량을 보이나 수많은 개체들이 모여 매트를 형성
- 큰열매모자반(*S. macrocarpum*): 수심 1~15m에 걸쳐 가장 분포하며 생물량이 가장 높음. 수심 6~10m 구간에서 가장 높은 생물량을 보임
- 큰잎모자반(*S. coreanum*): 수심 1~15m에 걸쳐 분포하며 생물량은 수심 1~5m에 집중됨.
- 톱니모자반(*S. serratifolium*): 수심 6~15m 범위인 비교적 깊은 수심에 분포. 수심 11~15m 구간에서 가장 높은 생물량을 보임
- 쌍발이모자반(*S. patens*)은 비양도의 얕은 수심에 집중하여 분포함

(2) 고찰

- 팽생이모자반(*S. horneri*)은 단년생 모자반류(Annual Sargassaceae)로 5~6월 집중적으로 포자를 방출한 후 급격히 소멸하는 것으로 알려져 있음. 이후 8월부터 수 cm의 유엽이 관찰되기 시작하여 10월까지의 매우 느린 성장을 하다가 수온이 점차하강하는 11월부터 급격히 신장하여 5월에는 10m가 넘는 길이의 커다란 개체가 관찰되기도 함
- 우도에서 팽생이모자반의 엽장은 11월에 대부분 15cm 내외로 유엽상태를 유지하고 있었으며, 12월에 얇은 수심에서는 급격히 30cm 내외로 급격한 성장을 보이고 있었으며, 이에 따라 생물량도 급격히 증가하는 양상을 나타내었음. 이 지역의 물리적 특성 및 생물학적 특성에 의해 1~5월에는 수심 및 시기별 생물량, 엽장의 변동성이 매우 큰 것으로 나타남
- 비양도에는 이와 달리 대부분의 수심대에서 겨울~봄철에 엽장 및 생물량이 증가하는 경향성이 관찰됨
- 이 두 지역의 동일한 시기 및 수심에서도 팽생이모자반의 엽장 길이의 차이는 두 해역간 광량, 수온, 경사도, 조류, 파도 등 주변 물리적 환경의 차이에서 기인하는 것으로 사료됨
- 향후 지속하여 관찰함으로써 팽생이모자반의 분포 및 성장양상에 영향을 미치는 요인을 유추할 수 있음
- 이 유형의 조사가 팽생이모자반을 포함한 다른 분류군으로 확대할 경우 다음과 같은 효과를 기대할 수 있음
 - 지금까지 국내에 연구되지 않은 모자반류의 종별 시공간적 분포양상을 규명할 수 있음
 - 종별 시공간적 분포양상을 규명함으로써 생리활성 연구의 기초가 되는 원료의 안정적 수급에 대한 기초를 제공함
 - 시공간적 분포양상은 최근 시행되고 있는 바다숲조성에서 수심 및 조성 환경에 따른 이식 또는 조성종 선정에 대한 매우 중요한 정보를 제공함으로써 효율적인 사업을 진행할 수 있음
 - 최근 생물량 확보를 위하여 다양한 기관에서 시도하고 있는 단년생모자반류의 인공증식방법 시도에 기초적인 정보를 제공할 수 있음
 - 종별 개체별 길이와 생물량 정보를 토대로 회귀분석함으로써 종별 성장에 따른 생물량을 유추함으로써, 해양 생태조사시 비파괴적인 분석방법으로 전환할 수 있는 정보를 제공함

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

주관연구기관(이안스 주식회사) : 모자반 활용 발효 TMR(TMF) 최적 배합기술 개발

가) 모자반 활용 발효 사료의 최적 배합기술 개발

(1) 미생물 균주 이용 분해 모자반 원료(괭생이모자반)의 표준 기초성분 정립

- 모자반 원물, 미생물 균주 접종 모자반(대조구: 멸균수, 처리구: B21-272)의 기초성분을 분석함
- 조단백질(CP) 함량은 모자반 원물 12.8%, 모자반 발효 대조구는 14.7%, 모자반 발효 처리구는 15.9%로 미생물 균주 접종을 통해 모자반 원물 대비 조단백질 함량이 증가하는 수준을 나타냄
- 아울러, 모자반 원물의 NDF(14.5%)와 비교하여 B21-272 미생물 균주 접종에 따른 발효 모자반의 NDF는 17.5%로 감소하는 결과를 나타냄
- 모자반 활용 제품화 생산을 위해 계속해서 시기별, 지역별 수집을 통해 이들 원료의 기초성분을 정립할 계획

표 4-1. 모자반 원물, 미생물 대조(멸균수), 미생물 발효(B21-272) 처리에 따른 기초성분 분석 결과

	모자반 원물	모자반 발효 대조구	모자반 발효 처리구
Chemical composition (%; DM basis)			
CP (NPF: 6.25)	12.86±0.11	14.70±0.12	15.90±0.14
NDF	19.12±0.11	19.57±0.22	17.52±0.06
ADF	14.46±0.18	15.96±0.07	15.13±0.21
EE	0.64±0.05	1.94±0.09	0.55±0.05
Ash	34.06±0.03	30.18±0.03	31.47±0.04
Macro minerals (%; DM basis)			
Ca	0.61±0.01	0.48±0.01	0.45±0.01
P	0.11±0.00	0.09±0.01	0.11±0.00
NaCl	0.47±0.03	0.05±0.00	0.12±0.02
Micro minerals (ppm)			
Cu	1.72±0.09	1.89±0.04	2.03±0.07
Zn	12.59±0.16	12.38±0.20	13.33±0.20
Se	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND
Cd	6.90±0.16	6.52±0.09	7.33±0.06
Cr	0.68±0.05	0.76±0.06	0.81±0.04
As	240.88±0.56	239.04±0.74	250.92±0.59
Hg	ND	ND	ND

CP, Crude protein; NDF, Neutral detergent fiber; ADF, Acid detergent fiber; EE, Ether extract; NPF, Nitrogen to protein conversion factor, 질소함량에 6.25를 곱하여 조단백질함량을 추산하였음; ND, not detected.

(2) 한우 대상 가축 요구량에 적합 수준 배합비 구성 평가

표 4-2. 실험용 첨가제 영양성분

Name	Formula
<i>(% of FM)</i>	
Corn(FLK)	15.00
Lupin FLK.AU	1.50
DDGS:corn(35%)	5.00
Molasses(M)	6.00
Salt(Na)	0.20
NaHCO3(NA:25)	0.20
Limes(F:37)	0.30
CMB(Bionite-Na)	0.50
DFM(EcoFarm-Gold)	22.50
Hay-A.Rye(#1)	7.00
T.Fescue(Straw)	3.00
VM-Mix:BC-Common	0.01
BMW(LQD)	24.00

- 영양수준의 결정은 2018년 한우 사양표준 3차 개정판(농촌진흥청 국립축산과학원), CVB Feed Table 2021, INRA Feeding System for Ruminants(2018) 및 일본 사양표준 2008년판 (Japanese Feeding Standard for Beef Cattle, NARO)을 활용하여 배합비를 구성함
- 원료평가는 한국표준사료성분표 2017(농촌진흥청 국립축산과학원), CVB Feed Table 2021, 일본표준사료성분표 2009년판(Standard Tables of Feed Composition in Japan, NARO) 및 DSM Vitamin Supplementation Guidelines 2016 for animal nutrition을 활용

표 4-3. Seaweeds Nutrient Specification (Sargassum spp.)

Items	Average
<i>Main analysis (% of DM)</i>	
Dry matter	92.1
Crude protein	8.5
Crude fibre	10.1
NDF	29.5
ADF	21.3
Lignin	4.5
Ether extract	1.2
Ash	35.9
Total sugars	1.9
Gross energy	9.1
<i>Minerals (mg/kg DM)</i>	
Calcium	3.8
Phosphorus	2.2
Potassium	46.2
Sodium	36
Magnesium	7.7
Manganese	214
Zinc	214
Copper	7
iron	7291
<i>Amino acid (% protein)</i>	
Alanine	4.6
Arginine	4.9
Aspartic acid	7.6
Cystine	0.9
Glutamic acid	14.5
Glycine	4
Histidine	2

Isoleucine	3.9
Leucine	6
Lysine	3.5
Methionine	1.6
Phenylalanine	3.7
Proline	3.2
Serine	3.3
Threonine	3.5
Tryptophan	0.4
Tyrosine	2.9
Valine	4.6

- (3) 반추위 발효 실험 결과를 기반으로 원료의 최종 첨가량을 결정하여 시제품에 대한 원가절감 대안 마련
- 한우를 대상으로 모자반 이용 다양한 배합비를 구성한 TMR을 공동연구기관 건국대학교에 제공함



그림 8-1. 팽생이모자반 함유 TMR 사료 샘플

- 반추위 발효 실험 결과를 토대로 반추위 내 총 VFA 함량에 변화를 주지 않으면서, 메탄을 저감 시킬 수 있는 최적 농도로 0.4% 결과를 얻음
- 미생물 발효 또는 전처리 가공법 도입을 통해 발효 모자반의 중금속 함량 수준을 감소하기 위한 연구가 계속해서 진행 중임
- 모자반의 열처리와 같은 전처리 가공의 도입이 필요하게 된다면 원가비용이 동반 상승하게 되어 이를 최소화하기 위해 공동연구기관 제주테크노파크와 협조하여 모색하고 있음

나) 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료의 제품화 추진

- (1) 해당 시제품(TMF)를 재평가하여 배합비 기준 수치와 일치성 모니터링
- 한우 사양표준 3차 개정판(농촌진흥청 국립축산과학원, 2018년), CVB Feed Table 2021, INRA Feeding System for Ruminants(2018년) 및 일본 사양표준(Japanese Feeding Standard for Beef Cattle, NARO, 2008년)을 활용하여 영양수준에 적합한 배합비를 구성
 - 원료평가는 한국 표준사료 성분표(농촌진흥청 국립축산과학원, 2017년), CVB Feed Table 2021, 일본 표준사료 성분표(Standard Tables of Feed Composition in Japan, NARO, 2009년) 및 SDM Vitamin Supplementation Guidelines 2016 for Animal Nutrition을 활용함
 - 팽생이모자반을 포함한 사료 구성 원료의 영양적 기능 평가를 진행하여 TMF 형태의 사료 시제품을 개발함

원료	첨가 수준	기대 효과	근거자료
궤생이모자반	0.4% (DM기준)	메탄 저감	건국대학교 선행연구결과
탄닌(탄닌노50)	0.31% (DM기준)	항산화	M. Safari et al. (2018) / J Dairy science (SCIE)
MSG	0.2% (DM기준)	항산화 및 기호성 증진	기호성: S.W. Nombekela(1994) / J Dairy science (SCIE) 항산화: 이광원(2016) / Food science and industry
생균제	10g	기호성 및 소화력 증진	제품 권장 섭취량
Pico Fat	30g	메탄 저감	C12(Lau), C14(Myf) : 30, 15mg/day, Carla R. Soliva 2004

그림 8-2. 발효 TMR(TMF) 배합비 구성

(2) 제품 평가 이후 사양실험(공동연구기관 건국대 연계)을 통해 문제점 및 개선방안 강구

- 공동연구기관(제주테크노파크)은 ‘궤생이모자반의 세척 조건에 따른 중금속 함량 변화연구’를 통해 끓는 물의 온도 변화에 따라 원물의 비소 함량 대비 79% 감소(60℃와 80℃) 및 85%(100℃) 이상 감소할 수 있다고 제안함
- 이에 2차년도에는 공동연구기관(제주테크노파크)은 궤생이모자반 원물 및 100℃ 열처리된 시험제재를 주관연구기관(이안스)과 공동연구기관(건국대학교)에 제공함
- 이들 궤생이모자반 원물 및 열처리된 시험제재를 이용하여 시제품(TMF)을 제조, 이들에 대한 최적 급여량과 메탄 저감효과 평가를 통해 최종 제품화를 추진함

(3) 최종 시제품의 산업화 추진을 위한 대량 생산체계 확보

- 제품의 형태는 발효 사료 형태의 Fermentrol Total Mixed Ration(F-TMR)로 제작을 추진함
- 이때 발효에 사용한 균주는 유산균(액상), 바실러스 균, 효모 등 총 6종의 복합생균제를 첨가하여 제조함
- TMR 생산공정에서 발효 베이스(M) + 옥수수 등(곡류) + 조사료(모자반 믹스) 등을 종합적으로 함유한 배합비로 급여 사료를 출시함
- TMR 생산 후 7~15일간의 보온시설에서 발효과정을 거친 후 이를 공동연구기관(건국대학교) 사양실험 농장에서 급여실험을 진행 후 최종 개발을 완료함
- 사용된 모자반 시료의 경우 공동연구기관(제주테크노파크)에서 1차 건조 후 주관연구기관(이안스) 생산공장에서 기타 기능성 물질을 혼합하여 모자반 믹스(가칭)로 TMR 제조 공장에 공급하여 생산함
- 모자반 믹스 제조과정은 해조류의 특성상 부식이 염려되는 상황으로 Sels line의 생산라인을 활용하여 위생 및 안전성을 확보하여 공급하였음.
- 완성된 제품의 품질평가 기준은 Ph 4.5 (발효 사료 평가 기준), 수분함량 45% 이하로 평가하여 모니터링함(Ph 및 수분 측정은 이안스 기업부설 연구소에서 주기적으로 진행)
- 공동연구기관(건국대학교) 사양실험 연구 결과와 더불어 개발된 제품의 급여기준은 한국 사양표준의 건물 섭취량 및 영양소 요구량을 고려하여 설계 및 공급할 예정임
- 현재 Royal FEED 육성 TMR의 급여 프로그램은 아래와 같이 기획하고 있음

연도		【로알】 발효 티엠알(TMFM/ FMR/ fTMR 시리즈) : 한우(거세)																														
해당월																																
월	영 (월)	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32				
표준체중	(kg)	180	202	227	253	282	312	343	375	407	439	470	499	527	553	578	602	624	646	668	690	710	728	746	764	780	791	800				
일당중체	(kg)	입식	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3					
【로알】 0722	(kg)		9.0	10.0	11.0	12.0	12.5	13.0	14.0	7.5	7.0	6.0	5.5	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0														
【로알】 1430	(kg)									7.5	8.0	9.5	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0				
급여합계	(kg)		9.0	10.0	11.0	12.0	12.5	13.0	14.0	15.0	15.0	15.5	15.5	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0				

그림 8-3. 한우 거세우 대상 급여프로그램

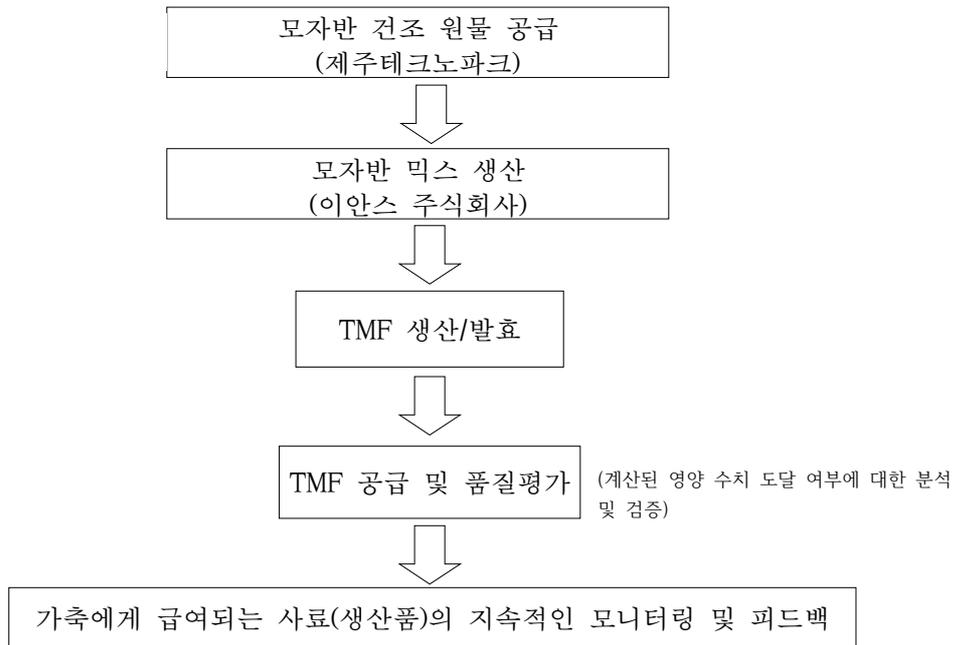


그림 8-4. 제품 생산을 위한 과정 추진도

건국대학교(공동연구기관) : 모자반 활용 친환경 사양기술 개발

가) 모자반의 사료 영양분석 조사

(1) 실험 결과

- 모자반의 조단백 함량은 11.8%, NDF 함량은 19.02%로 여타 조사료 보다 낮은 섬유소 함량을 가지며, 화본과와 두과작물 사이의 단백질함량을 가져, 양질의 조사료 대체원으로 사용될 수 있을 것으로 판단됨(표 5-1)
- 염분 함량은 3.59%로 비교적 높은 수치로, 이를 저감을 위한 연구가 제2 공동연구기관(제주테크노파크)에서 진행 중임
- 불소(F) 함량은 16.75ppm으로 배합사료 내 허용치(젖소 30ppm, 한우 50ppm)와 단미사료 내 기준 최대 허용량(1,000ppm) 수준에 속함
- 비소(As) 함량은 248.80ppm으로, 배합사료 허용치(2ppm)와 단미사료 허용량(40ppm) 수준 이상이지만, 현재 제2 공동연구기관(제주테크노파크)의 ‘팽생이모자반의 세척 조건에 따른 중금속 함량 변화연구’에 따르면 끓는 물의 온도 변화에 따라 원물의 비소 함량 대비 79% 감소

(60°C와 80°C) 및 85%(100°C) 이상 감소 결과를 보임

○ 그 외 구리(Cu), 셀레늄(Se), 납(Pb), 카드뮴(Cd), 크로뮴(Cr)은 검출되지 않음

표 5-1. Chemical, micro minerals and heavy metals composition of *Sargassum horneri*

Items	<i>Sargassum horneri</i>
<i>Chemical composition (% of DM)</i>	
CP	11.80
NDF	19.02
ADF	20.19
EE	0.32
Ash	21.61
<i>Macro minerals (% of DM)</i>	
Ca	0.99
P	0.25
NaCl	3.59
<i>Micro minerals (ppm)</i>	
Cu	ND
Zn	22.49
Se	ND
Pb	ND
Cd	ND
Cr	ND
As	248.80
F	16.75

CP, crude protein; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; EE, ether extract; Ash, crude ash; Ca, calcium; P, phosphorous; NaCl, sodium chloride; Cu, copper; Zn, zinc; Se, selenium; Pb, lead; Cd, cadmium; Cr, chromium; As, arsenic; F, fluoride.

(2) 요약

- 팽생이모자반의 가축 사료로서의 영양학적 가치를 측정한 결과, 여타 조사료 보다 낮은 섬유소 함량과 화분과와 두과작물 사이의 단백질함량이 조사되어 양질의 조사료 대체원으로 사용될 수 있을 것으로 평가됨
- 배합사료 허용치(2ppm)와 단미사료 허용량(40ppm) 수준 이상인 원물 비소(As) 함량은 끓는 물 전처리 과정을 통해 해소될 수 있을 것으로 제안함

나) 반추위 발효실험을 통한 최적 배합비 선정

(1) 반추위 발효실험을 통한 팽생이모자반 원재료의 생리활성물질의 기능성 규명

(가) 실험 결과

- 대표적인 팽생이모자반의 생리활성물질인 8,8'-bieckol은 24시간 발효에서 0.8% 첨가가 총 가스생산량을 7.50%를, 반추위 유래 메탄을 8.57% 감소시킴(표 5-2)
- 또한 1.6%의 첨가는 총 가스생산량을 7.33%를, 반추위 유래 메탄을 6.98% 감소시킴
- 24시간 발효에서 또한 pH가 유의적으로 증가하는 것을 보이고, iso-butyrate, butyrate, iso-valerate, valerate, 그리고 AP ratio에서 유의차가 나는 것이 관찰됨
- 48시간 발효 결과로는 pH가 유의적으로 증가하는 모습을 보이나 메탄 발생량에는 차이가 나타나지 않음
- 이는 8,8'-bieckol이 24시간 초기 발효 동안 메탄 저감에는 다른 두 물질보다 효과가 있기에 휘발성지방산 조성에서 변화가 보였으며 특히 A:P ratio가 증가하는 것으로 보아 더 강력한 메탄 저감 효과가 있음을 의미함. 48시간 후기 발효에서는 반추위 미생물 군집이 적응하여 소멸한 것으로 판단됨

표 5-2. Effects of inclusion of 8,8'-bieckol on rumen fermentation characteristics after 24 and 48 h of incubation

Items	8,8' - bieckol (% of DM)					SEM	p-value	
	0	0.2	0.4	0.8	1.6		L	Q
24 h incubation								
pH	6.79 ^b	6.78 ^b	6.78 ^b	6.81 ^{ab}	6.83 ^a	0.01	0.001	0.420
IVDMD (%)	60.67	61.95	62.22	60.79	58.40	0.55	0.0275	0.1404
TGP (mL/g DM)	233.47 ^a	229.11 ^a	232.53 ^a	215.97 ^{bc}	216.35 ^b	2.11	<.0001	0.0246
CH ₄ (mL/g DM)	40.24 ^a	39.00 ^{abc}	39.54 ^{ab}	36.79 ^c	37.43 ^{bc}	0.48	0.004	0.047
NH ₃ (mg/L)	72.89	70.93	73.1	70.95	72.09	1.34	0.861	0.687
Total VFA (mM)	63.41	65.33	63.11	66.41	61.17	0.95	0.417	0.250
Acetate (mol%)	40.34	41.52	40.11	42.2	39.29	0.63	0.591	0.359
Propionate (mol%)	13.3	13.79	13.3	14.12	12.79	0.22	0.250	0.067
iso-butyrate (mol%)	0.63 ^a	0.61 ^{ab}	0.60 ^{ab}	0.60 ^{ab}	0.53 ^b	0.01	0.006	0.521
Butyrate (mol%)	7.40 ^{ab}	7.65 ^a	7.53 ^{ab}	7.73 ^a	7.00 ^b	0.15	0.022	0.012
iso-valerate (mol%)	0.97 ^{ab}	0.97 ^a	0.97 ^a	0.94 ^{ab}	0.84 ^b	0.03	0.004	0.194
Valerate (mol%)	0.79 ^{ab}	0.80 ^{ab}	0.82 ^a	0.81 ^{ab}	0.72 ^b	0.02	0.009	0.036
A:P ratio	3.06 ^b	3.05 ^b	3.08 ^{ab}	2.94 ^c	3.14 ^a	0.02	0.037	<.001
48 h incubation								
pH	6.70 ^{ab}	6.68 ^b	6.69 ^b	6.71 ^{ab}	6.74 ^a	0.01	0.003	0.239
IVDMD (%)	69.76	69.61	67.84	66.92	66.31	0.61	0.044	0.384
TGP (mL/g DM)	234.14	233.14	228.01	237.83	238.12	1.90	0.169	0.721
CH ₄ (mL/g DM)	45.30	43.78	44.71	45.43	44.55	0.37	1.000	0.798
NH ₃ (mg/L)	106.35	103.16	99.14	101.93	100.69	1.35	0.140	0.156
Total VFA (mM)	93.67	106.68	83.30	89.35	91.12	5.25	0.365	0.320
Acetate (mol%)	60.83	70.48	53.90	58.28	59.64	3.74	0.407	0.339
Propionate (mol%)	19.42	21.27	17.09	18.26	18.66	1.01	0.373	0.257
iso-butyrate (mol%)	1.12	1.20	0.96	1.08	1.03	0.07	0.281	0.496
Butyrate (mol%)	9.80	10.53	8.86	9.34	9.10	0.42	0.178	0.480
iso-valerate (mol%)	1.81	1.91	1.46	1.69	1.59	0.08	0.234	0.415
Valerate (mol%)	1.20	1.28	1.03	1.14	1.10	0.05	0.235	0.436
A:P ratio	3.18	3.23	3.13	3.19	3.16	0.04	0.606	0.957

SEM, standard error of the mean; L, linear effects; Q, quadratic effects; TGP, total gas production; VFA, volatile fatty acids; AP ratio, acetate and propionate ratio.

(나) 요약

- 대표적인 펙생이모자반의 생리활성물질인 플로로탄닌 전구체인 8,8'-bieckol은 반추위 생생 메탄 저감에 뚜렷한 효과를 보이는 것으로 나타남

(2) 반추위 발효실험을 통한 펙생이모자반 건물 활용 사료 원료에 대한 최적 배합비 평가

(가) 펙생이모자반의 소화율 평가 연구

① 실험 결과

- 반추위 건물 분해지표 분석결과, 반추위에서 빠르게 분해되는 'a' fraction은 펙생이모자반이 알팔파보다 높은 반면, 잠재적으로 분해될 수 있는 비율인 'b' fraction은 알팔파보다 펙생이모자반인 높게 나타남(표 5-3)
- 하지만, 'b' fraction의 분해속도 상수인 'c' 는 펙생이모자반이 알팔파보다 현저히 낮게 나타나 그에 따라 반추위 건물 유효분해율은 알팔파가 펙생이모자반보다 약 11%/h 가량 높게 측정됨

표 5-3. Dry matter degradability parameters and effective rumen degradabilities of *Sargassum horneri* and alfalfa hay

Items ¹	Alfalfa hay	<i>Sargassum horneri</i>
Dry matter degradation parameters		
a	30.83	32.66
b	49.25	40.00
c	0.07	0.03
Dry matter effective rumen degradability ²		
	62.22	50.73

¹ a = rapidly soluble fraction (%); b = insoluble potentially degradable fraction (%); c = constant for disappearance rate of b fraction

² Effective rumen degradability (ERD) was calculated by the equation from Ørskov and McDonald (1979); $ERD = a + bc / (c + Kp)$, where Kp was the rumen passage rate assumed to be 4 %/h

- 반추위 유기물 분해율 결과를 살펴보면, 반추위 단백질 분해지표는 ‘a’ fraction, ‘b’ fraction, 분해속도 상수 ‘c’ 모두 팽생이모자반이 알팔파보다 더 낮게 측정됨. (표 5-4)
- 이러한 원인은 팽생이모자반이 알팔파에 비해 높은 조회분 함량을 가지고 있기 때문으로 생각됨
- 그에 따라 두 가지 시료에 대한 반추위 유기물 유효 분해율의 차이는 14%/h의 차이가 남

표 5-4. Organic matter degradability parameters and effective rumen degradabilities of *Sargassum horneri* and alfalfa hay

Items ¹	Alfalfa hay	<i>Sargassum horneri</i>
Organic matter degradation parameters		
a	26.49	23.69
b	52.34	44.17
c	0.07	0.04
Organic matter effective rumen degradability ²		
	58.97	44.37

¹ a = rapidly soluble fraction (%); b = insoluble potentially degradable fraction (%); c = constant for disappearance rate of b fraction

² Effective rumen degradability (ERD) was calculated by the equation from Ørskov and McDonald (1979); $ERD = a + bc / (c + Kp)$, where Kp was the rumen passage rate assumed to be 4 %/h

- 반추위 단백질 분해율 결과를 살펴보면, 반추위 단백질 분해지표는 ‘b’ fraction, 분해속도 상수 ‘c’ 모두 팽생이모자반이 알팔파보다 더 낮게 측정되며, 그에 따라 반추위 분해 단백질(RDP)은 알팔파의 40.01% 수준으로 나타남(표 5-5)
- 팽생이모자반의 높은 반추위 bypass율은 RUP(Rumen undegradable protein) 원료로의 이용 가능성을 시사함

표 5-5. Crude protein degradability parameters, rumen degradable and undegradable protein proportions of *Sargassum horneri* and alfalfa hay

Items ¹	Alfalfa hay	<i>Sargassum horneri</i>
Crude protein degradation parameters		
a	21.62	26.89
b	71.99	35.99
c	0.09	0.03
Rumen degradable proteins ²		
	71.43	42.85
Rumen undegradable proteins		
	28.57	57.15

¹ a = rapidly soluble fraction (%); b = insoluble potentially degradable fraction (%); c = constant for disappearance rate of b fraction

² Rumen degradable proteins (RDP) and rumen undegradable proteins (RUP) were calculated by the equation from NRC (2001); $RDP = a + b[c / (c + Kp)]$, $RUP = [1 - (a + b) + b[Kp / (c + Kp)]]$, where Kp was the rumen passage rate was assumed to be 4 %/h

② 요약

- 본 연구를 통해 팽생이모자반의 반추위 건물, 유기물, 단백질 bypass율은 알팔파와 비교하여 높은 것으로 나타남

(나) *In vitro* 연구를 통한 팽생이모자반의 최적 함유율 규명 연구

① 실험 결과

- 24시간 배양 결과, total VFA 생성량은 팽생이모자반 첨가로 영향을 받지 않았음. 이것은 팽생이모자반 첨가가 반추위 발효성상에 부정적인 영향을 주지 않음을 시사(표 5-6)
- 메탄은 팽생이모자반 함유에 따라 linear한 감소($p < 0.001$)하면서 4% 첨가가 약 4%의 메탄 저감율을 보여 24시간 발효 시 반추위 내 다른 미생물들을 저해하지 않으면서 메탄생성을 억제함을 의미
- 암모니아 역시 팽생이모자반 첨가에 따른 linear한 감소($p < 0.001$)가 관찰되었으나, 이에 따른 iso-butyrate와 iso-valerate와 같은 측쇄 지방산의 비율에는 차이가 나지 않음
- 한편, 48시간 배양으로 메탄생성량이 linear하게 감소($p = 0.024$)하나, 대조구와 비교했을 때 첨가에 따른 유의차는 나타나지 않음
- 따라서, 반추위 내 미생물 발효에 부정적인 영향을 끼치지 않으면서 linear하게 메탄 저감을 보였던 4%까지 팽생이모자반이 발효 TMR 내 함유될 수 있다는 것을 제안함

표 5-6. Effects of inclusion of *Sargassum horneri* on rumen fermentation characteristics after 24 and 48 h of incubation

Items	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)						SEM	<i>p</i> -value	
	0	0.5	1	2	3	4		L	Q
24 h incubation									
pH	6.52	6.51	6.50	6.50	6.52	6.51	0.012	0.773	0.159
TGP (mL/g DM)	55.60	55.71	55.55	54.91	54.34	54.53	0.847	0.003	0.695
CH ₄ (mL/g DM)	11.91 ^a	11.98 ^a	11.81 ^{ab}	11.63 ^{abc}	11.43 ^c	11.47 ^{bc}	0.300	<.001	0.375
NH ₃ (mg/L)	9.20 ^a	9.48 ^a	9.17 ^{ab}	9.10 ^{ab}	08.67 ^{bc}	08.40 ^c	0.211	<.001	0.208
Total VFA (mM)	76.94	78.11	78.10	75.28	76.21	77.24	2.690	0.569	0.771
Acetate (mol%)	60.44	60.44	60.43	60.67	60.49	59.87	0.237	0.120	0.054
Propionate (mol%)	23.77	23.80	23.81	23.70	23.82	23.90	0.968	0.677	0.571
iso-butyrate (mol%)	0.99	1.03	1.03	1.03	1.00	1.04	0.232	0.321	0.981
Butyrate (mol%)	10.89	10.78	10.76	10.71	10.75	11.04	0.305	0.253	0.033
iso-valerate (mol%)	2.22	2.23	2.22	2.21	2.20	2.29	0.232	0.321	0.981
Valerate (mol%)	1.69	1.73	1.74	1.69	1.75	1.85	0.551	0.116	0.389
A:P ratio	2.56	2.56	2.56	2.58	2.56	2.52	0.666	0.319	0.195
48 h incubation									
pH	6.45	6.44	6.44	6.38	6.45	6.45	0.011	0.945	0.125
TGP (mL/g DM)	64.66	64.86	64.14	66.56	62.85	62.09	0.912	0.092	0.158
CH ₄ (mL/g DM)	15.10 ^{ab}	15.04 ^{ab}	15.15 ^{ab}	15.52 ^a	14.59 ^{ab}	14.38 ^b	0.314	0.024	0.065
NH ₃ (mg/L)	11.93	12.80	12.81	12.98	12.72	12.56	0.314	0.326	0.023
Total VFA (mM)	93.00	91.47	88.87	90.51	90.29	88.69	3.195	0.274	0.746
Acetate (mol%)	59.86	59.77	59.80	59.97	59.80	60.16	0.531	0.326	0.627
Propionate (mol%)	23.31	23.33	23.22	23.30	23.35	23.17	0.631	0.704	0.740
iso-butyrate(mol%)	1.26	1.27	1.26	1.26	1.25	1.28	0.047	0.736	0.674
Butyrate (mol%)	10.63 ^{ab}	10.75 ^a	10.72 ^a	10.56 ^{ab}	10.55 ^{ab}	10.34 ^b	0.293	0.002	0.239
iso-valerate (mol%)	2.91	2.89	2.95	2.88	2.95	2.95	0.032	0.206	0.521
Valerate (mol%)	2.03 ^{ab}	2.00 ^a	2.05 ^{ab}	2.02 ^{ab}	2.10 ^b	2.09 ^b	0.051	0.001	0.446
A:P ratio	2.59	2.58	2.59	2.59	2.58	2.61	0.086	0.599	0.646

SEM, standard error of the mean; L, linear effects; Q, quadratic effects; TGP, total gas production; VFA, volatile fatty acids; AP ratio, acetate and propionate ratio.

② 요약

- 반추위 VFA 생성과 메탄생성률 연구 결과를 고려하여 반추동물 사료 내 팽생이모자반의 최적 함유율은 4%로 나타남
- 하지만, 공동연구기관(제주테크노파크)의 연구 결과에 따르면, 팽생이모자반 원물 기준 4%는 높은 비소(As) 함량을 나타내 향후 반추동물의 체내 축적 및 축산물 전이를 고려하여 단미사료(2ppm) 허용치를 기준으로 팽생이모자반 원물을 최대 0.8%까지 첨가할 수 있는 것으로 분석됨
- 또한, 팽생이모자반 100°C의 열처리(blanching)로 모자반 원물의 비소(As) 함량을 낮출 수 있었으며, 기초사료 내 최대 4.7% 모자반 함유가 비소 기준에 적합한 것으로 나타남
- 따라서, 2차년도에는 팽생이모자반 원물을 0.4%~0.8%로 열처리 팽생이모자반을 1.0%~4.0%로 급여농도를 결정하여 사양실험을 진행함
- 전처리 가공에 따른 팽생이모자반의 비소 기준 적정량 정보를 주관연구기관에 제공 후, 모자반 원물 및 열처리 함유 시제품(TMf)을 주관연구기관으로부터 제공 받아 2차년도 동물실험을 진행함

다) 동물실험을 통한 최적 급여농도 결정 연구(주관연구기관과 공동 수행)

(1) 한우 대상 모자반 원물 함유 시제품(TMf)에 대한 첨가량 결정 연구

(가) 실험 결과

- 한우 대상으로 기초사료 내 0.4, 0.8%의 모자반(TMf 시제품, 주관연구기관 이안스 제공)을 30일간 첨가 급여에 따른 생산성 및 메탄 발생량은 다음과 같음(표 5-7)
- 건물 섭취량 변화를 살펴보면, 대조구와 비교하여 모든 모자반 처리구에서는 유의적인 차이를 보이지 않아, 모자반에 대한 기호성은 동일한 것으로 나타남
- 종료 체중 및 일당 증체량에 있어서는 모자반 첨가는 대조구 대비 유의적인 차이를 보이지 않았음
- 시험 종료일 0.4% 모자반 함유 시험 사료를 급여한 한우의 호흡 메탄 발생량은 대조구 대비 통계적 감소 경향($p = 0.06$)을 보임
- 또한, 일당 증체량 및 사료 섭취량에 대한 메탄 발생량 변화에 모자반 첨가로 영향을 주지 않는 것으로 나타남

표 5-7. Effects of inclusion of *Sargassum horneri* as a raw material on productivity and methane emissions

Items	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)			SEM	p-value
	0	0.4	0.8		
Productivity					
DMI	8.43	9.03	8.68	0.30	0.89
BWG (kg)	48.50	60.25	60.00	2.75	0.43
ADG (kg/d)	1.62	2.01	2.00	0.09	0.44
Methane (ppm)					
Initial CH ₄ -Breath	13.46	17.10	18.13	1.19	0.52
Final CH ₄ -Breath	12.90	13.03	23.99	1.85	0.06
Initial CH ₄ -Eruc.	73.48	81.80	82.51	7.73	0.82
Final CH ₄ -Eruc.	81.32	81.21	89.67	5.68	0.82
Methane intensity (ppm/ADG)					
Final CH ₄ intensity-Breath	8.35	6.98	12.57	1.11	0.17
Final CH ₄ intensity-Eruc.	53.48	44.71	47.72	3.84	0.83
Methane yield (ppm/DMI)					
Final CH ₄ yield-Breath	1.63	1.51	2.90	0.24	0.14
Final CH ₄ yield-Eruc.	9.90	9.23	10.52	0.75	0.82

0.4% and 0.8% of S hornery were used as a raw material until allow As concentration.

Eruc., eructation; DMI, dry matter intake; BWG, body weight gain; ADG, average daily gain; increment, (final CH₄ - initial CH₄) / initial CH₄ x 100. SEM, standard error of the mean.

(나) 요약

- 모자반 무첨가 대비 0.4% 모자반 함유 TMF는 종료 체중 및 일당 증체량에 영향을 주지 않지만, 메탄 발생을 감소하는 경향을 보였음

(2) 한우 대상 모자반 열처리 함유 시제품(TMF)에 대한 첨가량 결정 연구

(가) 실험 결과

- 공동연구기관(제주테크노파크)의 연구 결과에 따르면, 100°C의 열처리(blanching)로 모자반 원물의 비소(As) 함량을 낮출 수 있었으며, 기초사료 내 최대 4.7% 모자반 함유가 비소 기준에 적합한 것으로 나타남
- 이 기준에 부합하는 조건으로 기초사료 내 열처리된 1.0~4.0% 모자반 함유 TMF(주관연구기관 이안스 제공)에 대한 한우 대상으로 기호성을 평가함(표 5-8)
- 대조구 대비 모든 모자반 첨가 급여는 건물 섭취량과 종료 체중 및 일당 증체량에 영향을 주지 않는 것으로 나타남
- 시험 종료일의 호흡 메탄 발생량을 살펴보면, 2.0% 모자반 첨가 급여는 대조구 대비 높은 수준의 메탄 발생 수준을 나타냄
- 이는 비소(As) 함량을 낮추기 위한 모자반 열처리로 인해 반추위 내 미생물의 이용 증가로 메탄 발생량이 증가한 것으로 판단됨
- 한편, 대조구 대비 4.0% 열처리 모자반은 메탄 발생량 감소에 영향을 주지 않는 것으로 나타남

표 5-8. Effects of inclusion of *Sargassum horneri* on rumen fermentation characteristics after 24 and 48 h of incubation

Items	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)				SEM	p-value
	0	1.0	2.0	4.0		
Productivity						
DMI	8.43	9.58	9.30	8.63	0.30	0.71
BWG (kg)	48.50	51.75	52.50	45.25	2.75	0.87
ADG (kg/d)	1.62	1.73	1.75	1.51	0.09	0.87
Methane (ppm)						
Initial CH ₄ -Breath	13.46 ^a	8.86 ^{ab}	7.91 ^b	7.2 ^b	1.19	0.01
Final CH ₄ -Breath	12.95 ^b	20.3 ^{ab}	28.49 ^a	10.89 ^b	1.85	0.01
Initial CH ₄ -Eruc.	73.48	54.74	94.31	48.52	7.73	0.49
Final CH ₄ -Eruc	81.32	76.97	100.35	51.11	5.68	0.15
Methane intensity (ppm/ADG)						
Final CH ₄ intensity-Breath	8.35	12.76	16.23	7.91	1.11	0.11
Final CH ₄ intensity-Eruc.	53.48	45.71	57.98	38.08	3.84	0.50
Methane yield (ppm/DMI)						
Final CH ₄ yield-Breath	1.63	2.06	3.28	1.27	0.24	0.06
Final CH ₄ yield-Eruc.	9.90	7.93	11.58	5.93	0.75	0.24

1.0% to 4.0% of *S. horneri* were used as a blanched material until allow As concentration.

Eruc., eructation; DMI, dry matter intake; BWG, body weight gain; ADG, average daily gain; increment, (final CH₄ - initial CH₄) / initial CH₄ x 100. SEM, standard error of the mean.

(나) 요약

- 열처리로 비소 함량을 85% 낮추어 기초사료 내 열처리된 1.0~4.0% 모자반 첨가 급여는 한우의 생산성에 영향을 주지 않는 것으로 나타남

- 모든 열처리된 모자반 첨가 급여는 대조구 대비 한우의 메탄 발생 감소에 영향을 주지 않는 것으로 나타남
- 결론적으로 30일간 한우 대상 원물 및 열처리된 모자반에 대한 한우의 호흡 및 트림에 대한 메탄 발생량 조사를 통해 기초사료 내 0.4% 모자반 원물 첨가 급여가 메탄 발생률을 감소시키는 경향을 보여 이를 장기간의 사양실험을 통해 생산성 및 메탄 발생 변화를 검증함

라) 한우 대상 사양실험을 통한 모자반 활용 발효 사료의 기능성 검증

(1) 실험 결과

- 연구1의 결과를 기초로 90일간의 기초사료 내 0.4% 모자반 원물 첨가 급여에 따른 한우의 성장 성적을 조사함(표 5-9)
- 0.4% 모자반 첨가 급여는 시험 중간일(Mid BWG, 45일) 및 시험 종료일(Final BWG, 90일)의 한우 거세우의 생체중 변화에 영향을 주지 않았음
- 또한, 일당 증체량과 사료 섭취량 및 사료 효율에 있어서도 기초사료 내 0.4% 모자반 첨가 급여로 개선 효과를 보이지 않는 것으로 평가됨

표 5-9. Growth performance of Korean steers fed with a basal diet containing 0.4% *Sargassum horneri*

Items	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)		SEM	p-value
	0	0.4		
Initial BW, kg	634.4	632.1	2.82	0.93
Mid BW, kg	693.4	689.5	2.43	0.90
Final BW, kg	727.8	719.3	2.91	0.90
Initial to Mid BWG, kg	58.8	57.4	0.72	0.85
initial to Final BWG, kg	93.3	87.2	1.07	0.57
Average daily gain, kg/d	1.03	0.98	0.012	0.67
Dry matter intake, kg	9.4	8.8	0.05	0.24
Feed efficiency	0.11	0.11	0.002	0.96

BW, body weight; BWG, body weight gain. Feed efficiency = dry matter intake per body weight gain. SEM, standard error of the mean.

- 기초사료 내 0.4% 모자반 첨가 급여에 따른 한우 대상 호흡(breath) 및 트림(eructation)에 따른 메탄 발생량을 조사함(표 5-11)
- 호흡에 따른 메탄 발생량 변화에 있어서, 기초사료 내 0.4% 모자반 첨가는 시험 개시일(initial)과 시험 종료일(final)에 두 그룹 간 통계적 차이를 보이지 않지만, 시험 중간일(mid)의 호흡에 따른 메탄 발생량은 대조구 대비 0.4% 모자반 첨가로 유의적 낮은 수준($p < 0.01$) 결과를 나타냄
- 한편, 총 90일간의 모자반 첨가 급여는 한우 거세우의 호흡(시험 중간일 제외)과 트림에 따른 메탄 발생량에 통계적으로 영향을 주지 않음(표 5-11)
- 하지만, 시험 기간에 따른 호흡 메탄 발생량 변화추이를 살펴보면 대조구($r^2 = 0.469$)와 비교하여 0.4% 모자반($r^2 = 0.8983$) 처리구에서 보다 급격하게 감소하는 경향을 보이고 있음(그림 2-1)
- 트림에 따른 메탄 발생량 변화에 있어서도 0.4% 모자반 처리구($r^2 = 0.9199$)는 대조구($r^2 = 0.9851$) 대비 다소 낮은 수준의 증가 추세를 보이는 것으로 나타남(그림 9)
- 일당 증체량 및 사료 섭취량에 따른 메탄 발생량은 두 그룹 간 통계적 차이를 나타내지 않는 것으로 분석됨

표 5-11. Growth performance of Korean steers fed with a basal diet containing 0.4% *Sargassum horneri*

Items	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)		SEM	p-value
	0	0.4		
Methane (ppm)				
Initial CH ₄ -Breath	10.1	10.3	0.56	0.77
Mid CH ₄ -Breath	10.7	9.9	0.08	<.01
Final CH ₄ -Breath	8.6	8.7	0.06	0.49
Initial CH ₄ -Eructation	60.6	64.3	5.90	0.66
Mid CH ₄ -Eructation	66.6	66.0	0.46	0.37
Final CH ₄ -Eructation	70.6	71.3	0.79	0.53
Methane intensity (ppm/ADG)				
CH ₄ intensity-Breath	9.2	9.7	0.89	0.72
CH ₄ intensity-Eructation	75.1	79.2	7.33	0.69
Methane yield (ppm/DMI)				
CH ₄ yield-Breath	0.9	1.0	0.04	0.19
CH ₄ yield-Eructation	7.6	8.3	0.36	0.19

SEM, standard error of the mean.

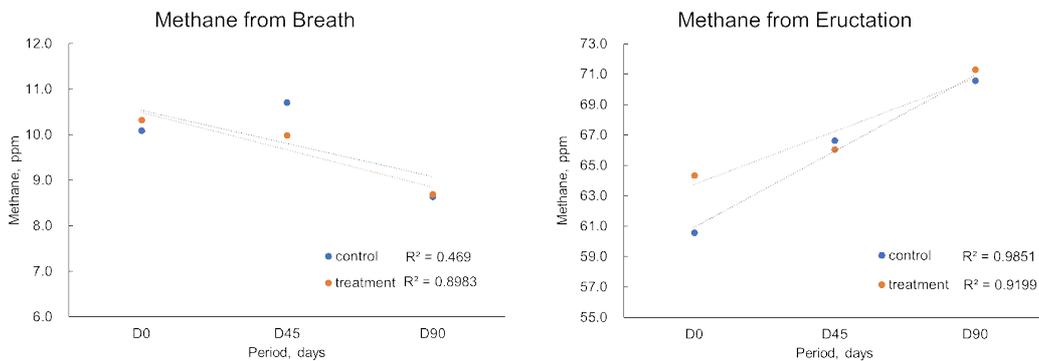


그림 9. Changes in the methane emission from breath and eructation of Korean steers fed with a basal diet containing 0.4% *Sargassum horneri*

- 90일간 기초사료 내 모자반 첨가 여부에 따른 한우의 혈액 성분 결과는 다음과 같음(표 5-12)
- 모자반 첨가 여부(Diet) 및 모자반 첨가와 시험 기간(DxP)과의 interaction에 따른 혈액 성분 모든 지표에서 통계적 차이를 나타내지 않음
- 시험 기간(Period)에 따라 혈액 내 MCH, MCHC, platelet, PCT 항목을 제외한 모든 혈액 성분 지표에서 통계적으로 유의적 차이 또는 경향을 나타냈으나, 정상 범위에 속하는 것으로 나타남
- 따라서, 기초사료 내 모자반 첨가 급여는 한우의 혈액 성상에 영향을 주지 않는 것으로 나타나 사료 첨가제 원료로서 안전성을 시사함

표 5-12. Changes in the blood hematological parameters of Korean steers fed with basal diet containing 0.4% *Sargassum horneri*

Items	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)				SEM	<i>p</i> -value		
	0		0.4			Diet (D)	Period (P)	D x P
	D0	D90	D0	D90				
WBC, x 10 ³ /μL	11.0	7.6	10.7	8.0	0.25	0.96	0.02	0.81
Lymphocyte, x 10 ³ /μL	1.5	2.7	1.7	2.7	0.03	0.46	<.01	0.58
Monocyte, x 10 ³ /μL	0.5	0.6	0.6	0.6	0.01	0.84	0.03	0.69
Granulocyte, x 10 ³ /μL	9.0	4.3	8.4	4.6	0.23	0.93	<.01	0.73
Lymphocyte, %	17.8	35.8	21.9	34.6	0.80	0.64	<.01	0.41
Monocyte, %	5.7	8.5	6.6	8.3	0.19	0.63	<.01	0.36
Granulocyte, %	76.5	55.7	71.6	57.1	0.98	0.63	<.01	0.38
RBC, x 10 ⁶ /μL	10.0	8.3	9.1	8.1	0.14	0.29	<.01	0.50
HGB, g/dL	16.4	13.4	14.9	13.4	0.04	0.34	<.01	0.37
MCV, fL	44.0	46.5	43.4	46.2	0.21	0.83	0.20	0.94
MCH, pg	16.4	16.1	16.3	16.4	0.19	0.85	0.80	0.56
MCHC, g/dL	35.5	34.8	35.6	35.6	0.55	0.20	0.31	0.26
RDW, %	16.6	17.1	16.6	17.1	0.05	0.88	0.07	0.88
Platelet, x 10 ³ /μL	358.1	372.9	352.7	356.5	11.61	0.73	0.77	0.86
PCT, %	0.207	0.232	0.211	0.223	0.0064	0.89	0.25	0.37

WBC, white blood cell; RBC, red blood cell; HGB, hemoglobin; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration; RDW, red cell distribution width; PCT, platelet crit. SEM, standard error of the mean.

- 아울러, 90일간 기초사료 내 모자반 첨가 여부에 따른 한우의 혈중 내 대사산물 결과는 다음과 같음(표 5-13)
- 모자반 첨가 여부(Diet) 및 모자반 첨가와 시험 기간(DxP)과의 interaction에 따른 혈중 내 대사산물 모든 지표에서 통계적 차이를 나타내지 않음
- 이는 기초사료 내 모자반 첨가 급여는 한우의 혈중 내 대사산물에 영향을 주지 않는 것으로 나타나 사료 첨가제 원료로서 영양학적 안전성을 시사함

표 5-13. Changes in the metabolic parameters of Korean steers fed with basal diet containing 0.4% *Sargassum horneri*

Items	<i>Sargassum horneri</i> inclusion (% of DM)				SEM	<i>p</i> -value		
	0		0.4			Diet (D)	Period (P)	D x P
	D0	D90	D0	D90				
Glucose, mg/dL	72.8	73.8	74.7	79.6	3.00	0.04	0.10	0.27
TCHO, mg/dL	141.2	179.0	138.5	181.8	23.46	0.99	<.01	0.81
Albumin, g/dL	3.7	4.0	3.6	4.0	0.21	0.49	<.01	0.85
BUN, mg/dL	16.8	19.6	16.9	20.2	1.79	0.47	<.01	0.65
Total protein	6.6	7.3	6.5	7.2	0.44	0.59	<.01	0.92
GOT, U/L	62.3	68.3	59.5	66.6	3.99	0.49	0.05	0.86
GPT, U/L	24.8	27.2	24.5	25.1	1.20	0.34	0.25	0.49

TCHO, total cholesterol; BUN, blood urea nitrogen; GOT, glutamic-oxaloacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvic transaminase. SEM, standard error of the mean.

(2) 요약

- 총 90일간의 기초사료 내 0.4% 팽생이모자반 원물 첨가 급여는 한우의 성장 성적과 혈액 성분 및 대사산물 지표에 영향을 주지 않는 것으로 나타남

- 또한, 0.4% 모자반 첨가 급여는 한우 대상 일당 증체량과 사료 섭취량에 따른 메탄 발생량에 통계적으로 영향을 주지 않음
- 하지만, 한우 거세우 대상 45일간의 0.4% 모자반 첨가 급여는 대조구의 호흡에 따른 메탄 발생량과 비교하여 통계적으로 낮은 수준($p < 0.01$)의 메탄 발생량을 보이는 것으로 나타남
- 향후, 반추동물 대상 메탄 발생량 저감을 위해 모자반의 전처리 가공(열처리, 냉동, 침지 등)에 따른 최대 수준을 결정하고, 이와 동시에 메탄 저감에 탁월한 효과를 나타내는 홍조류와 같은 해조류와의 혼합을 통해 대량 발생 해조류의 활용 및 메탄 저감용 사료 원료 개발을 추가 연구하고자 함

제주테크노파크(공동연구기관) : 사료용 모자반 최적 발효 기술 개발

1) 팽생이모자반 원재료 표준화 연구를 위한 최적 가공기술 개발

가) 팽생이모자반 최적 가공기술 개발

(1) 팽생이모자반의 세척 조건에 따른 중금속 함량 변화연구

(가) 실험 재료 및 방법

- 팽생이모자반에 있는 비소 등의 중금속 함량을 줄이기 위해 식약처에서 발표한 보도자료 (2017.12.28. 보도자료)를 근거로 실험을 함
- 팽생이모자반 원물을 끓는 물의 온도 변화에 따른 함량 변화를 위해 물의 온도를 60℃, 80℃, 100℃로 하여 각 2분씩 대친 뒤 40℃ 냉풍 제습건조기를 활용하여 건조함
- 실험 결과도출은 공인 시험기관인 제주대학교 생명과학 기술혁신센터에 의뢰하여 수행 및 식품공전에 준해서 실험함



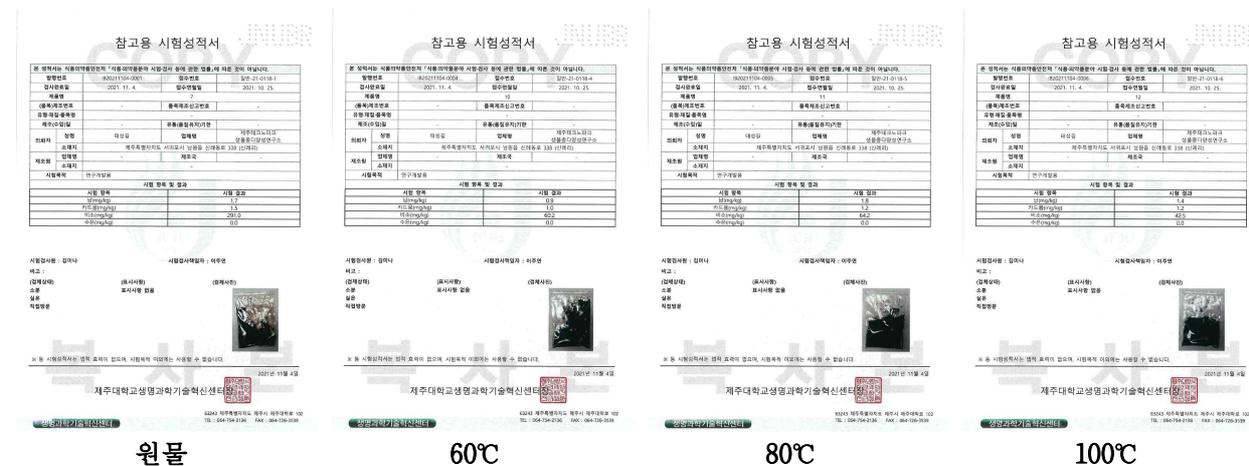
그림 10-1. 팽생이모자반 원물 확보 및 가공 과정



③ 가공 조건별 시료에 대한 성분 분석

표 6-3. 온도 처리 조건별 시료에 대한 유·무기성분 분석 결과

시험항목	단위	원물	60°C	80°C	100°C	시험방법
납	mg/kg	1.7	0.9	1.8	1.4	식품공전 제8.9.1.2
카드뮴	mg/kg	1.5	1.0	1.2	1.2	식품공전 제8.9.1.3
비소	mg/kg	291.0	60.2	64.2	42.5	식품공전 제8.9.1.4
수은	mg/kg	0.0	0.0	0.0	0.0	식품공전 제8.9.1.6



나) 팽생이모자반 발효 균주 동정 및 최적 발효 기술개발

(1) 기 구축(생물종다양성연구소)된 미생물 균주를 활용 배양실험

(가) 실험방법

① 미생물 배양실험 방법

- 멸균수 850ml와 Marine broth 850ml를 합친 배지에 동결건조한 팽생이모자반 250g을 넣음
- B21-272 균주를 5% 접종하여 25도에서 5일간 호기상태로 진탕배양 함
- B21-272 균주는 약산성의 토양 유래 미생물로 16S rRNA 유전자 동정 결과 *Variovorax paradoxus*에 속하는 종임
- Negative control은 균주 접종 대신 멸균수를 넣어 동시에 배양함



그림 10-2. 배양실험 결과 만들어진 배양액

- 실험 결과도출은 공인 시험기관인 제주대학교 생명과학 기술혁신센터에 의뢰하여 수행 및 식품공전에 따라서 실험함

(나) 실험 결과

① 팽생이모자반 최적 발효 기술개발 결과

- 미생물 배양실험의 경우 총 비소와 유기 및 무기비소의 함량 변화는 없었음

표 6-4. 온도 처리 조건별 시료에 대한 유·무기성분 분석 결과

시험항목	단위	원물	N.C.*	발효
총비소	mg/kg	19.0019	0.0107	18.0018
무기비소	mg/kg	14.7957	불검출	14.7931

원물

N.C.

발효

* N.C. : negative control

2) 팽생이모자반 원재료 표준화 연구를 위한 지표성분 설정 및 기능성 분석

가) 원재료 표준화를 위한 지표성분 설정

(1) 표준품(해조류 성분) 3종에 대한 성분 함량 분석

(가) 실험방법

- 팽생이모자반 원재료표준화를 위한 지표성분 설정을 위해 기존 판매되고 있는 해조류 성분 표준품 3종(fucoxanthin, fucosterol, phloroglucinol) 함량 분석

① 표준품(해조류 성분) 3종에 대한 성분 함량 분석

- 표준품 fucoxanthin, fucosterol, phloroglucinol 10 mg/mL로 80% 메탄올에 녹여 제조

- 500, 250, 125, 62.5, 31.25 ug/mL 으로 희석

- 0.2 um 실린지 필터로 여과 후 사용

② 샘플 분석

- 팽생이모자반 시료 10 mg/mL로 80% 메탄올에 희석하여 제조

- 0.2 um 실린지 필터로 여과 후 사용

③ 샘플 분석

- 추출물 및 표준품 분석은 Waters photodiode array(PDA) detector 2998(Waters Co. Milford, MA, USA)를 장착한 high performance liquid chromatography(HPLC) system e2695 (Waters Co.)을 사용함

- 분석조건

Time (min)	D.W.	ACN	Flow (ml/min)
0	90	10	1
5	90	10	1
15	70	30	1
20	30	70	1
25	30	70	1
26	10	90	1
36	10	90	1
37	90	10	1
45	90	10	1

- 컬럼: phenomenex Luna-C18 (250 mm x 4.6 mm)
 - 온도: 40°C
 - Volume: 10 uL

(나) 실험 결과

- 팽생이모자반 원재료 표준화를 위한 지표성분 설정을 위해 기존 판매되고 있는 해조류 성분 표준품 3종(fucoxanthin, fucosterol, phloroglucinol) 함량 분석

① fucoxanthin 분석(447nm)

- 팽생이모자반에서 fucoxanthin(37 min)은 모든 시료에서 검출되었고 2월 시료에서 높게 검출되었으며, 특히 온도 조건별 시료에서 높게 검출되었음(그림 10-3 ~ 10-15)

② fucoxanthin(125 ug/mL) HPLC spectrum_447 nm

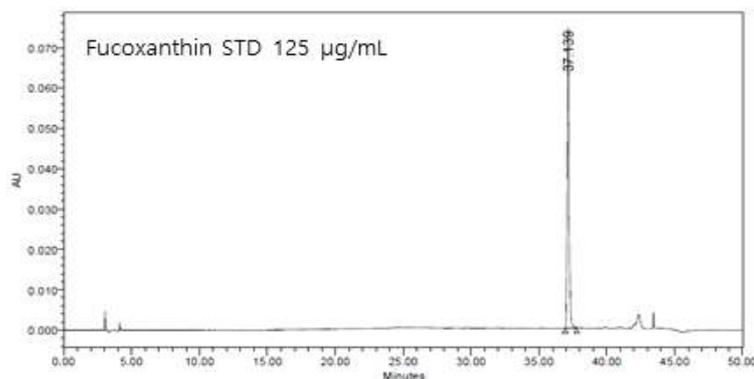


그림 10-3. fucoxanthin HPLC spectrum

② Fucoxanthin 표준품 검량곡선

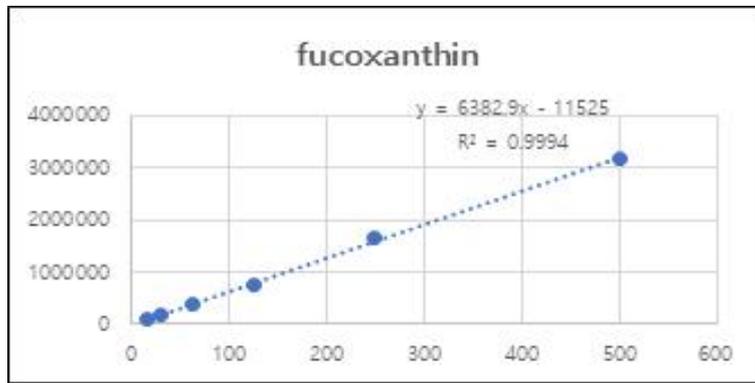


그림 10-4. fucoxanthin 검량곡선

③ 팽생이모자반 추출물 HPLC spectrum_266 nm

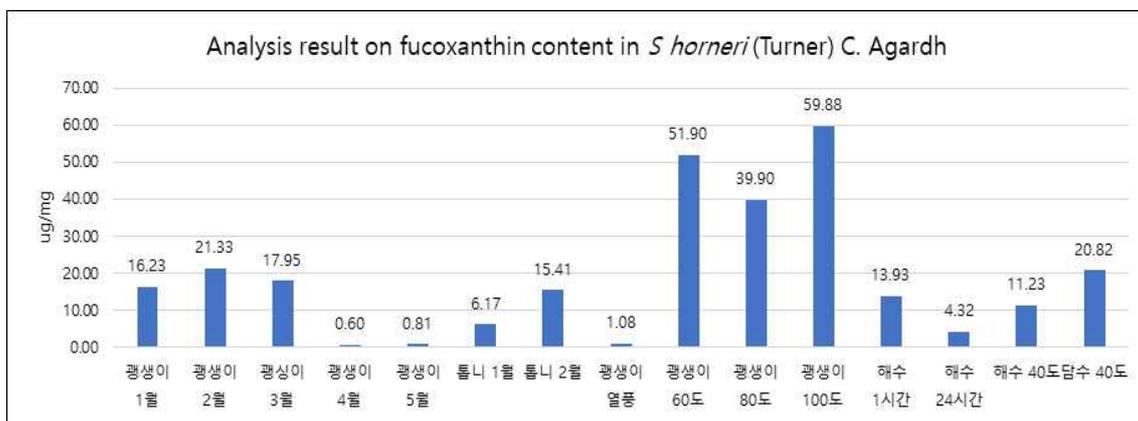
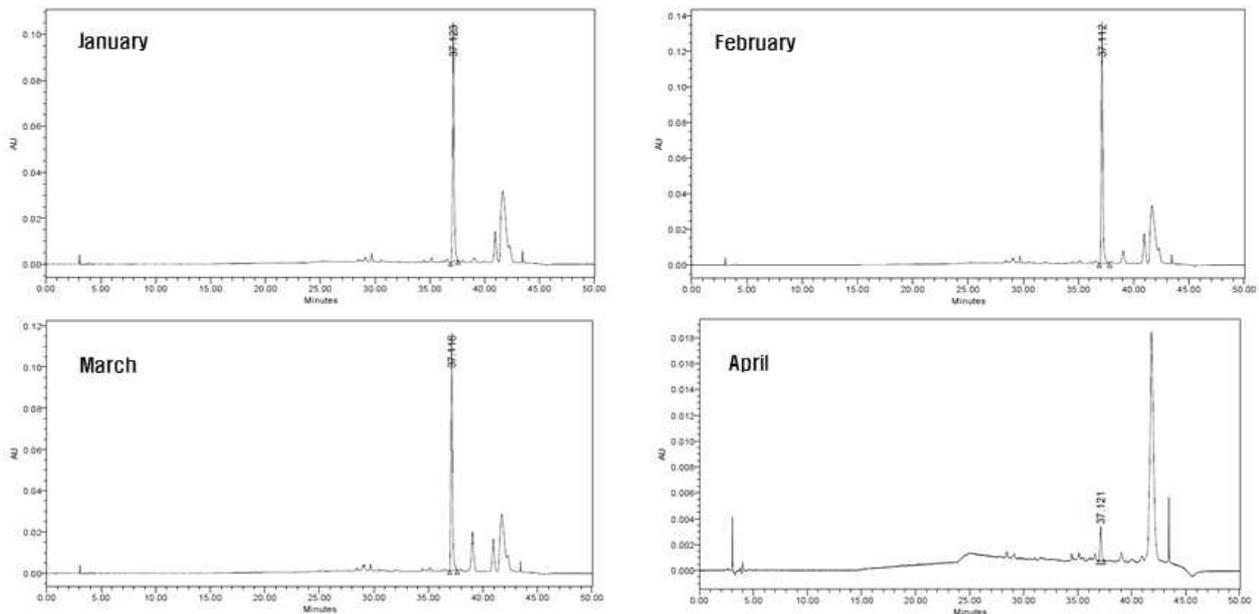


그림 10-5. 팽생이모자반 추출물 HPLC spectrum



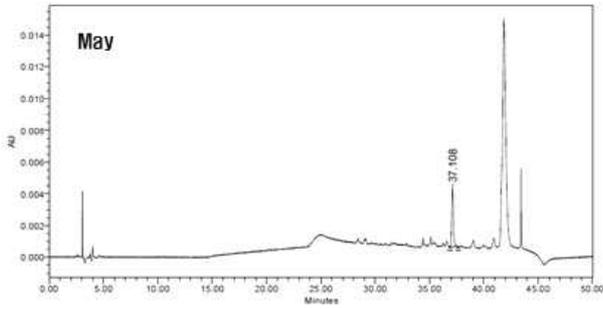


그림 10-6. 팽생이모자반 월별 시료에 대한 지표성분(fucoxanthin) 함량 분석

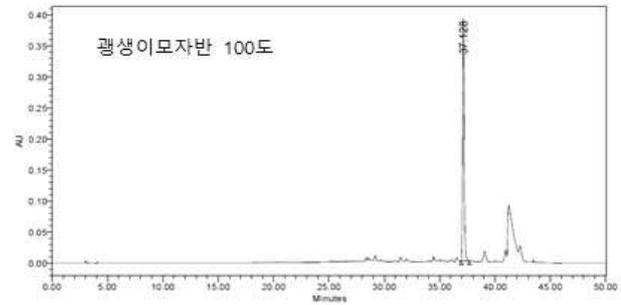
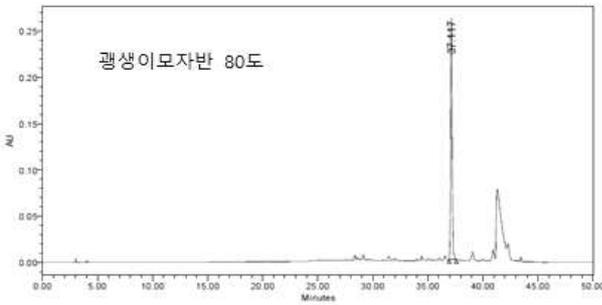
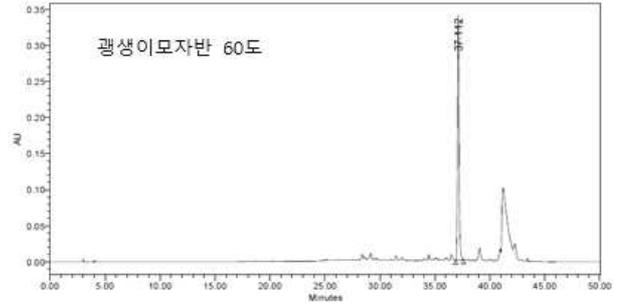
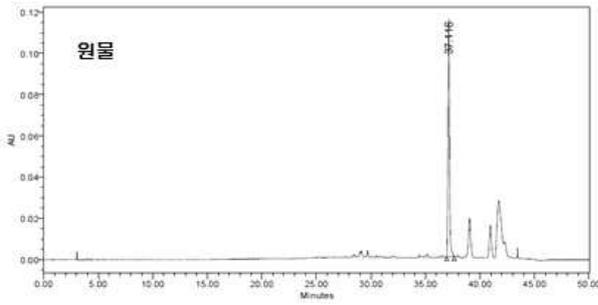


그림 10-7. 팽생이모자반 온도 조건별 시료에 대한 지표성분(fucoxanthin) 함량 분석

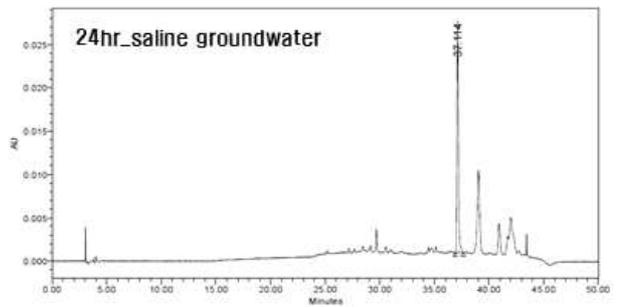
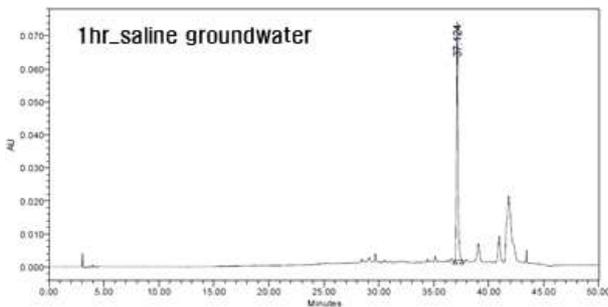


그림 10-8. 팽생이모자반 침지 조건별 시료에 대한 지표성분(fucoxanthin) 함량 분석

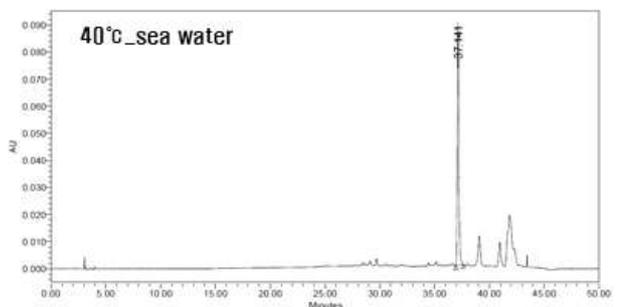
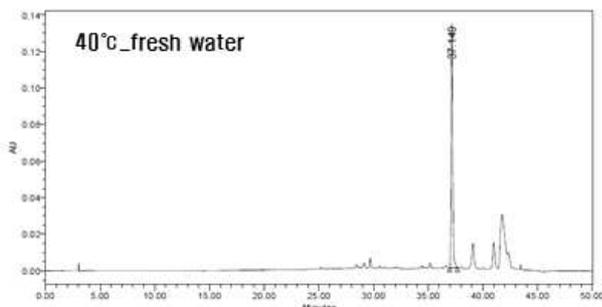


그림 10-9. 팽생이모자반 침지 조건별 시료에 대한 지표성분(fucoxanthin) 함량 분석

② fucosterol 분석(204 nm)

- 팽생이모자반에서 fucosterol(10 min)은 1월달 시료에서 미량 검출되었고 나머지 시료에서는 검출되지 않았음

① fucosterol(125ug/mL) HPLC spectrum_211nm

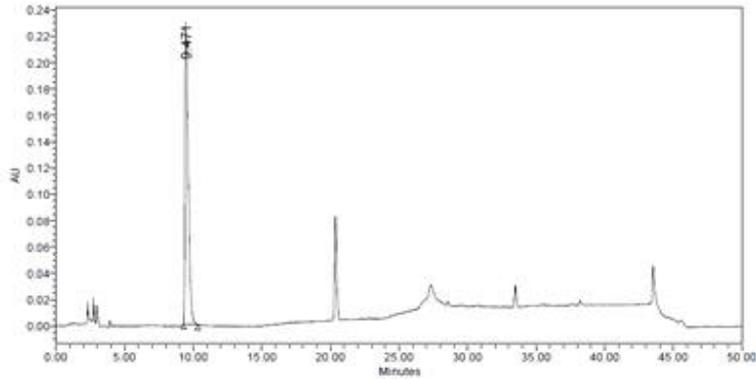


그림 10-10. fucosterol HPLC spectrum

② Fucosterol 표준품 검량곡선

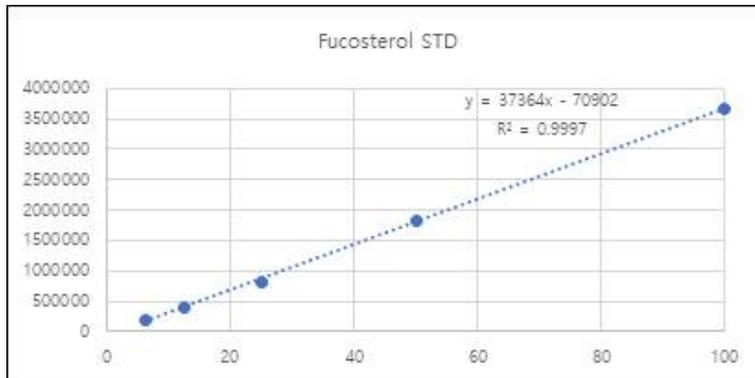


그림 10-11. fucosterol 검량곡선

③ 팽생이모자반 추출물 HPLC spectrum_204nm

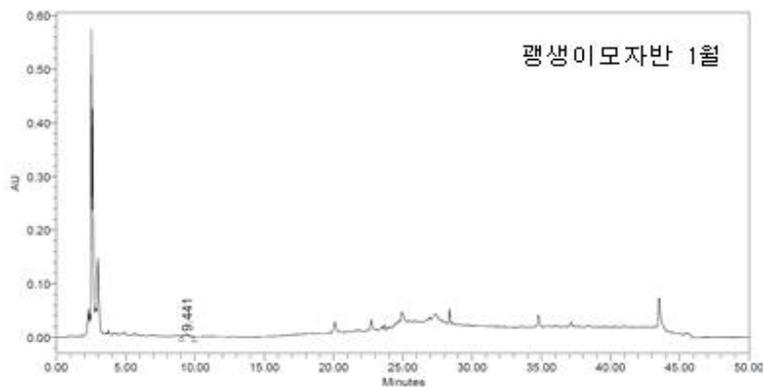


그림 10-12. 팽생이모자반 추출물 HPLC spectrum

③ phloroglucinol 분석(204 nm)

- 팽생이모자반에서 phloroglucinol(6 min)은 검출되지 않았음

① phloroglucinol(125 ug/mL) HPLC spectrum_266 nm

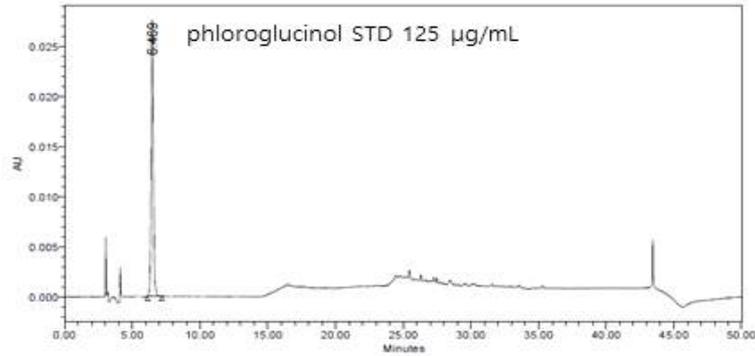


그림 10-13. phloroglucinol HPLC spectrum

㉑ Phloroglucinol 표준품 검량곡선

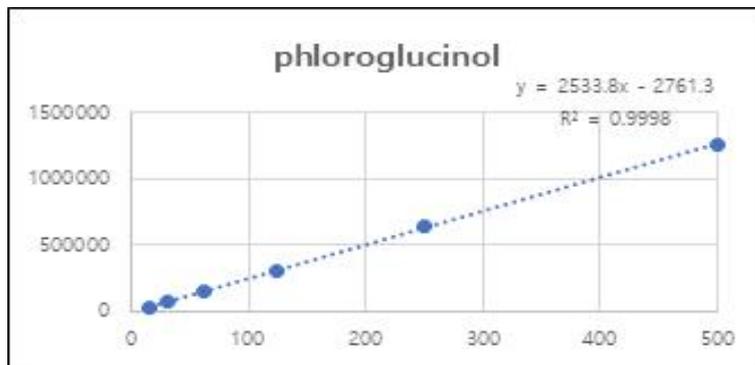


그림 10-14. Phloroglucinol 검량곡선

㉒ 팽생이모자반 추출물 HPLC spectrum_266 nm

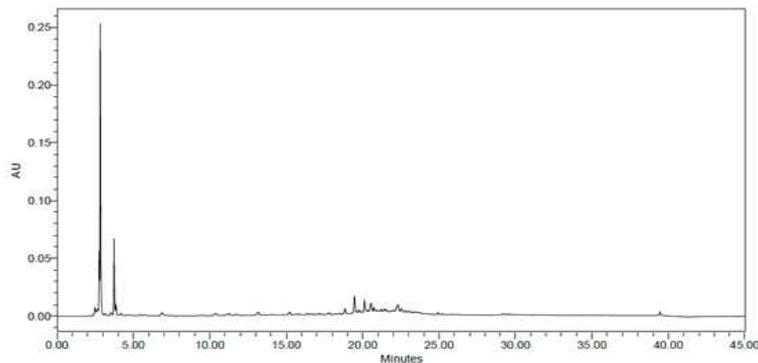


그림 10-15. 팽생이모자반 추출물 HPLC spectrum

나) 원재료 표준화를 위한 기능성 분석

(1) 팽생이모자반 조건별 시료에 대한 기능성 분석

- 팽생이모자반에 대한 원재료표준화를 위해 지표성분 함량 분석외에도 기능성 평가를 통해 조건별 시료에 대한 효능 변화를 확인하여 최종 조건 확립을 위해 활성검증을 실시하였음

(가) 실험방법

- 시료 정보: 팽생이모자반 원재료표준화를 위해 월별로 확보한 시료, 끓는 물에 데치기 및 미생물을 활용한 발효 등을 통해 제작한 다양한 시료를 대상으로 기능성을 분석 진행함(표 3-1)
- 기능성 분석항목: 면역증진, 항염증, 항산화 효능 평가

① 모자반 분석시료의 면역증진 및 항염증 효능평가

㉠ 세포배양

- 대식세포 계열(murine macrophage cell line)인 RAW 264.7 세포는 ATCC(American Type Culture Collection, VA, USA)으로부터 분양받음
- penicillin-streptomycin 100 units/mL과 10% fetal bovine serum(FBS)이 함유된 DMEM 배지 (GIBCO, Grand Island, NY, USA)를 사용하여 37°C, 5% CO² 항온기에서 배양 및 2~3일에 한 번씩 계대배양을 수행

㉡ Nitric oxide 생성평가

- RAW 264.7 세포를 10% FBS가 첨가된 DMEM 배지를 이용하여 1.5×10^5 cells/mL로 희석 후 24-well plate에 접종
- 시료와 LPS(1 μ g/mL)를 동시에 처리하여 24시간 배양 및 생성된 NO의 양은 Griess 시약 [1% (w/v) sulfanilamide, 0.1%(w/v) naphylethylenediamine in 2.5%(v/v) phosphoric acid]을 이용하여 세포배양액 중에 존재하는 NO₂⁻의 형태로 측정
- 세포배양 상등액 100 μ L와 Griess 시약 100 μ L를 혼합하여 96 well plates에서 10분 동안 반응시킨 후 540 nm에서 흡광도를 측정
- 생성된 NO의 양은 sodium nitrite(NaNO₂)를 standard로 비교

㉢ 세포독성 평가(LDH assay)

- RAW 264.7(1.5×10^5 cells/mL)를 DMEM 배지에 의뢰시료와 자극물질 LPS(1 μ g/mL)를 동시처리
- 24시간 배양한 후 배양 배지를 얻어 3,000 rpm에서 5분간 원심분리
- LDH(lactate dehydrogenase) assay는 non-radioactive cytotoxicity assay kit(Promega)를 이용하여 측정
- 96-well plate에 원심 분리하여 얻은 배양 배지 50 μ L와 reconstituted substrate mix를 50 μ L를 넣고, 실온에서 30분 반응시킨 후 50 μ L의 stop solution을 넣은 후 microplate reader(Bio-TEK Instruments Inc., Vermont, WI, USA)를 사용하여 490 nm에서 흡광도를 측정
- 각 시료군에 대한 평균 흡광도 값을 구하였으며, 대조군(LDH control, 1:5000)의 흡광도 값과 비교하여 세포독성을 평가

② 모자반 분석시료의 항산화 효능평가

㉠ DPPH 측정

- 항산화 활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)을 이용하여 시료의 라디칼 소거 활성(radical scavenging effect)을 측정하는 Blois법을 활용
- DPPH 약 2mg을 ethanol 15mL에 녹여 DPPH용액을 제조
- 제조된 용액 12mL에 DMSO 6.25mL를 첨가한 후, 517 nm 파장에서 대조군의 UV-Vis. 흡광도가 0.94 ~ 0.97이 되도록 ethanol로 희석하여 10초간 진탕
- 용매 1mL에 시료 1mg을 섞은 후 충분히 녹이고, 준비된 DPPH 450 μ L에 시험물질 용액 50 μ L를 넣어 섞은 후 실온에서 10분간 방치하였다가 517 nm에서 흡광도를 측정
- DPPH의 흡광도가 50% 감소할 때 나타나는 시료의 농도(IC₅₀)로 표시하였으며, 각 시료는 3회 반복 실험을 하여 평균값을 구함

(나) 실험 결과

① 팽생이모자반 면역증진 효능 평가 결과(그림 10-16 ~ 10-19)

- 면역증진에 관여하는 것으로 알려진 nitric oxide(NO)와 cytokine 생성에 대한 효능을 평가하였고 조건별 시료에서 NO 생성에는 변화가 없었고, 발효 조건별 시료에서는 NO 생성이 증가하였으며 cytokine(TNF- α , IL-1 β) 생성도 농도 의존적으로 증가시키는 것을 확인할 수 있었음

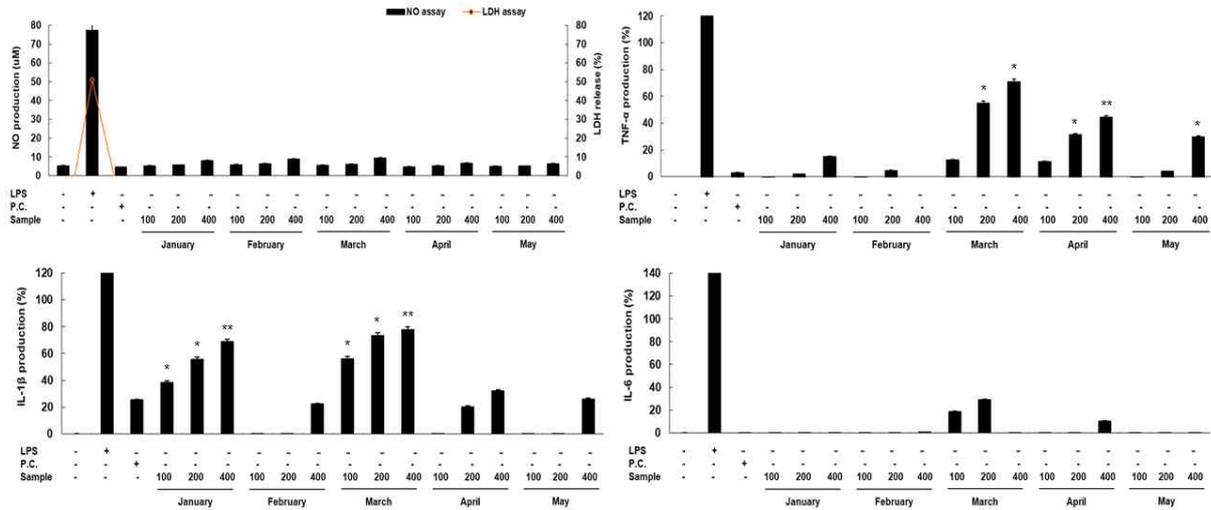


그림 10-16. Effect of immunomodulatory factors and cytotoxicity on variety sample of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of immunomodulatory factors were assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 µg/mL) and variety sample (100, 200, and 400 µg/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean \pm SEM of triplicate experiments. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

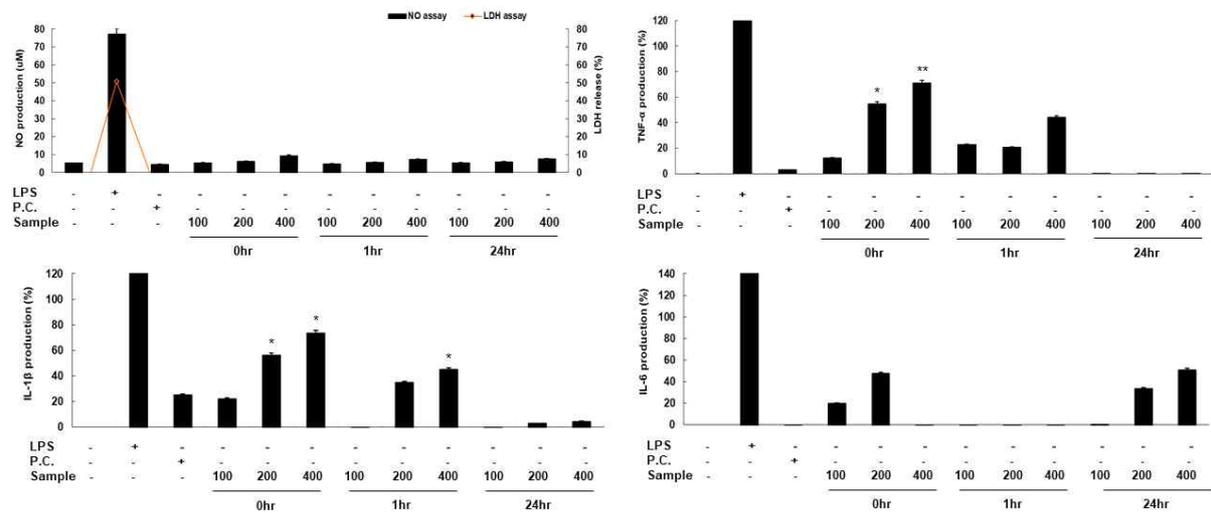


그림 10-17. Effect of immunomodulatory factors and cytotoxicity on variety sample of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of immunomodulatory factors were assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 µg/mL) and variety sample (100, 200, and 400 µg/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean \pm SEM of triplicate experiments. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

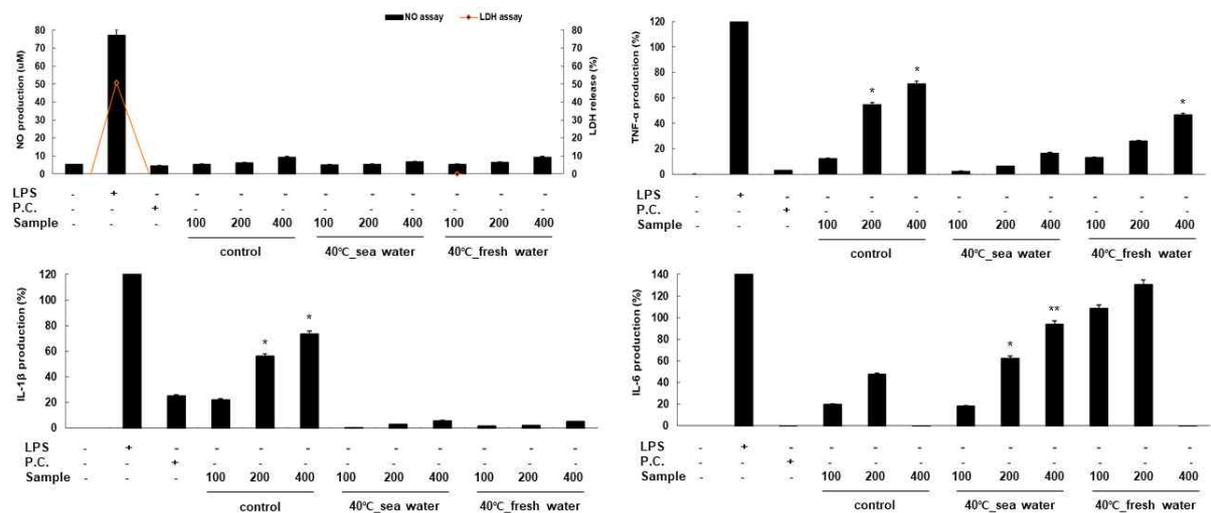


그림 10-18. Effect of immunomodulatory factors and cytotoxicity on variety sample of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of immunomodulatory factors were assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 µg/mL) and variety sample (100, 200, and 400 µg/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean \pm SEM of triplicate experiments. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

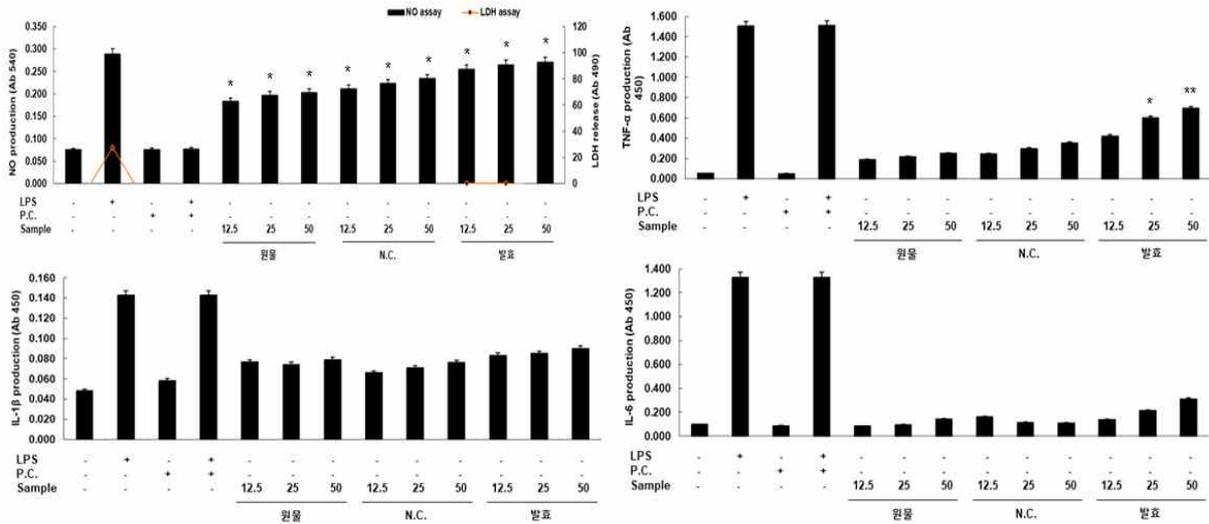


그림 10-19. Effect of immunomodulatory factors and cytotoxicity on variety sample of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of immunomodulatory factors were assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 ug/mL) and variety sample (100, 200, and 400 ug/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean \pm SEM of triplicate experiments. *, P<0.05; **, P<0.01

② 팽생이모자반 항염증 효능 평가 결과(그림 10-20 ~ 10-23)

- 활성산소 중 하나이며, 최근 염증 유발에 중요한 역할을 하는 것으로 알려진 nitric oxide(NO)와 염증성 cytokine 생성 억제 효능을 평가하였음
- 생성된 NO양을 Griess 시약을 이용하여 세포배양액 중에 존재하는 NO²⁻의 형태로 측정하였고 염증성 cytokine은 ELISA assay kit를 이용하여 측정하였음
- NO 생성 억제 효능을 확인할 수 있었으나 유의성은 없었고 염증성 cytokine은 IL-6와 IL-1β에서 2~4월에서 농도 의존적으로 억제 효능이 있는 것을 확인할 수 있었음
- 한편, 세포독성 평가지표로서의 LDH는 모든 세포의 세포질 안에 존재하는 효소로서 pyruvic acid와 lactic acid 간의 가역적 전환에 관여하여 촉매작용을 하고 LDH를 내포한 조직이 파괴될 때 혈액 중으로 흘러나와 혈중 LDH가 상승함
- 모든 시료 400 ug/mL 농도 이하에서는 세포독성이 미비하거나 나타나지 않는 것으로 확인됨

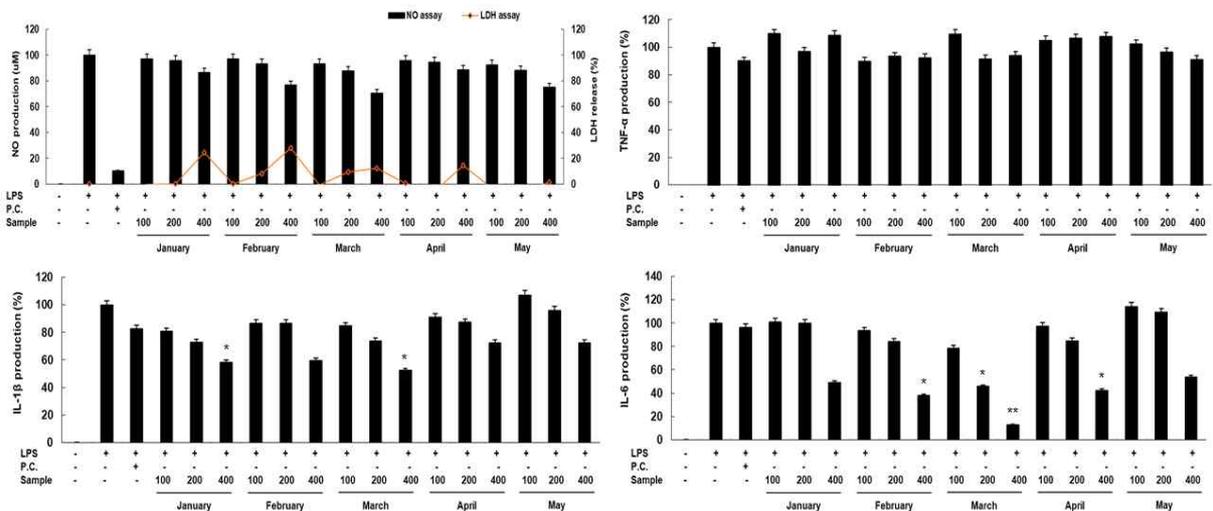


그림 10-20. Effect of pro-inflammatory factors on variety sample of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of pro-inflammatory mediators were assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 ug/mL) and variety sample (100, 200, and 400 ug/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean \pm SEM of triplicate experiments. *, P<0.05; **, P<0.01

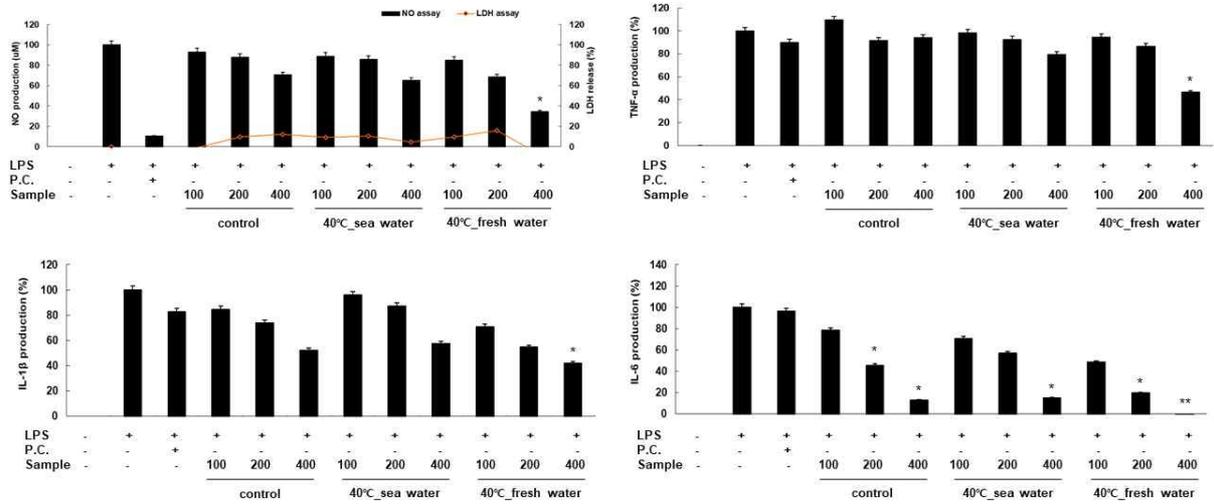


그림 10-21. Effect of pro-inflammatory factors on variety sample of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of pro-inflammatory mediators were assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 µg/mL) and variety sample (100, 200, and 400 µg/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean ± SEM of triplicate experiments. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

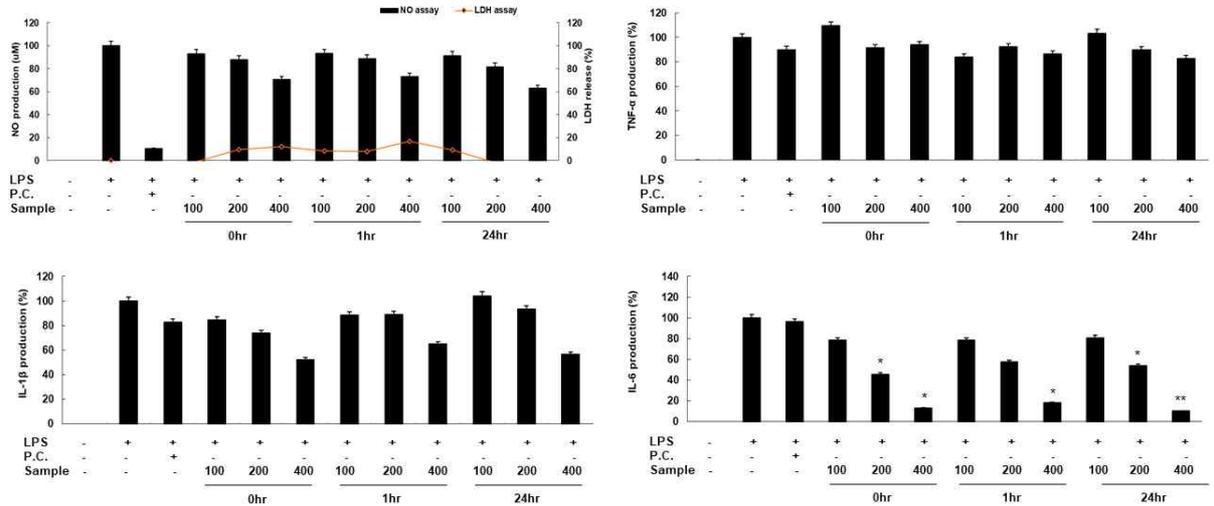


그림 10-22. Effect of pro-inflammatory factors on variety sample of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of pro-inflammatory mediators were assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 µg/mL) and variety sample (100, 200, and 400 µg/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean ± SEM of triplicate experiments. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

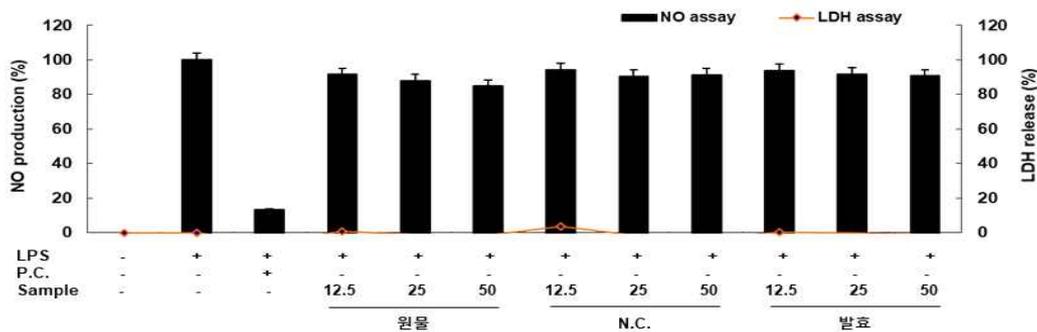


그림 10-23. Effect of nitric oxide production and cytotoxicity on variety sample by fermentation condition of *Sargassum horneri* in RAW 264.7 cells. The production of nitric oxide was assayed in the culture medium for 24 h in the presence of LPS(1 µg/mL) and variety sample(12.5, 25, and 50 µg/mL). Cytotoxicity was determined using the LDH method. Values are the mean ± SEM of triplicate experiments. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$

③ 팽생이모자반 항산화 효능 평가 결과(그림 10-24 ~ 10-28)

- 항산화 효능 평가(DPPH assay)는 항산화 물질의 가장 특징적인 기작인 유리기와 반응하는 것으로 유리기 소거 작용은 활성라디칼(free radical)에 전자를 공여하여 추출물 중의 항산화 효과나 인체에서 노화를 억제하는 척도로 사용
- DPPH는 안정한 유리기로 cysteine, glutathione과 같은 황함유 아미노산과 ascorbic acid, aromatic amine(*p*-phenylenediamine, *p*-aminophenol) 등에 의해 환원되어 탈색되므로 항산화 물질의 항산화능 측정에 많이 이용됨
- 실험 결과, DPPH 소거 활성에 대한 조건별 시료 중에서 모든 시료에서 항산화 효능이 있는 것을 확인할 수 있었으나 온도, 발효, 침지 조건별 시료에서는 다른 시료에 비해 항산화 효능이 낮아지는 것이 확인됨

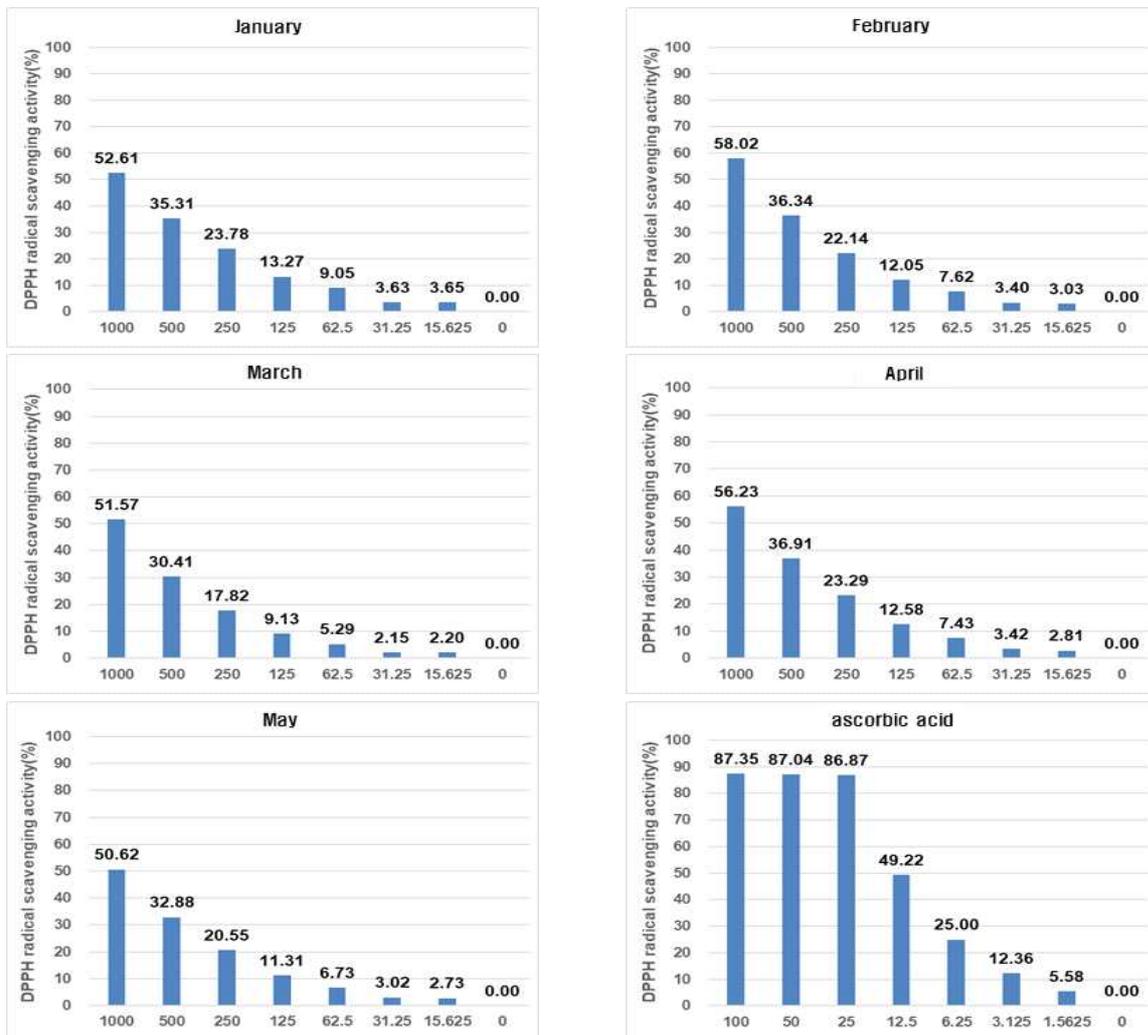


그림 10-24. Anti-oxidant potential on monthly samples of *Sargassum horneri*

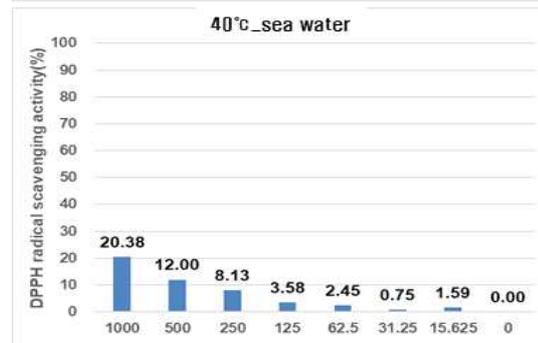
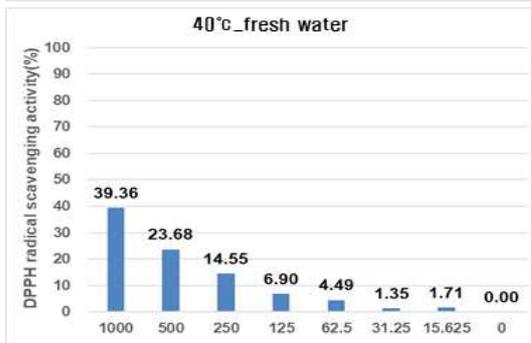
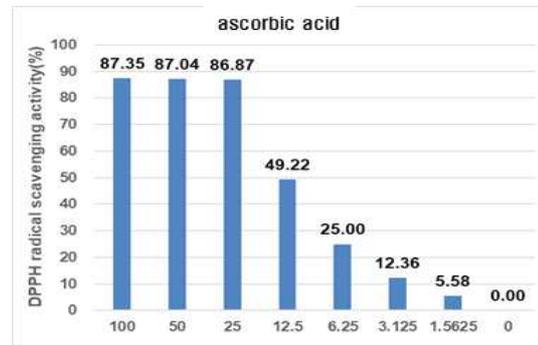
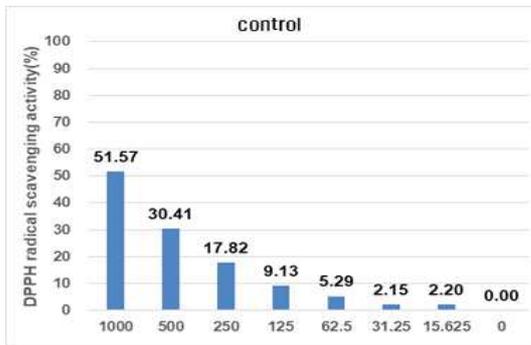


그림 10-25. Anti-oxidant potential on variety sample of *Sargassum horneri*

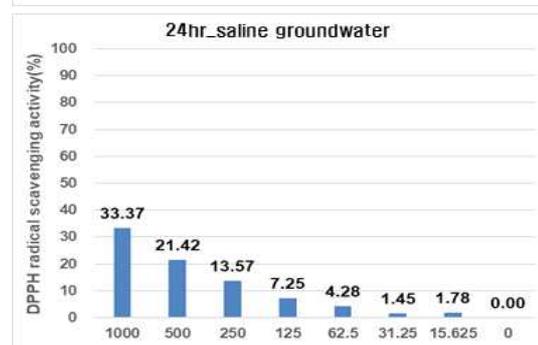
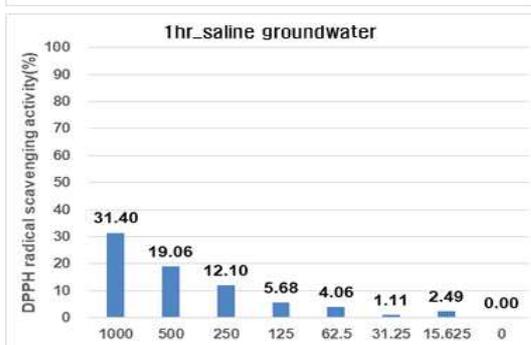
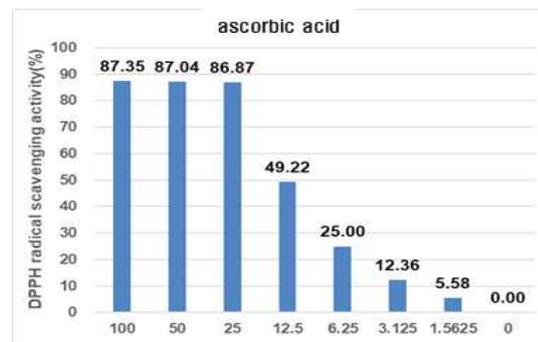
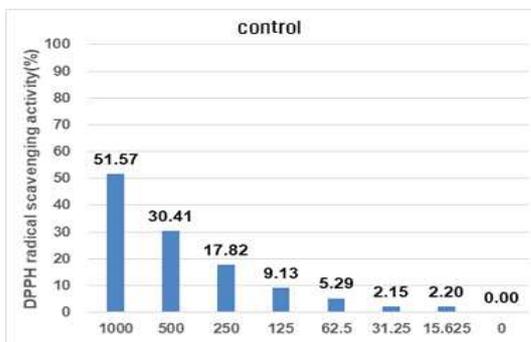


그림 10-26. Anti-oxidant potential on variety sample of *Sargassum horneri*

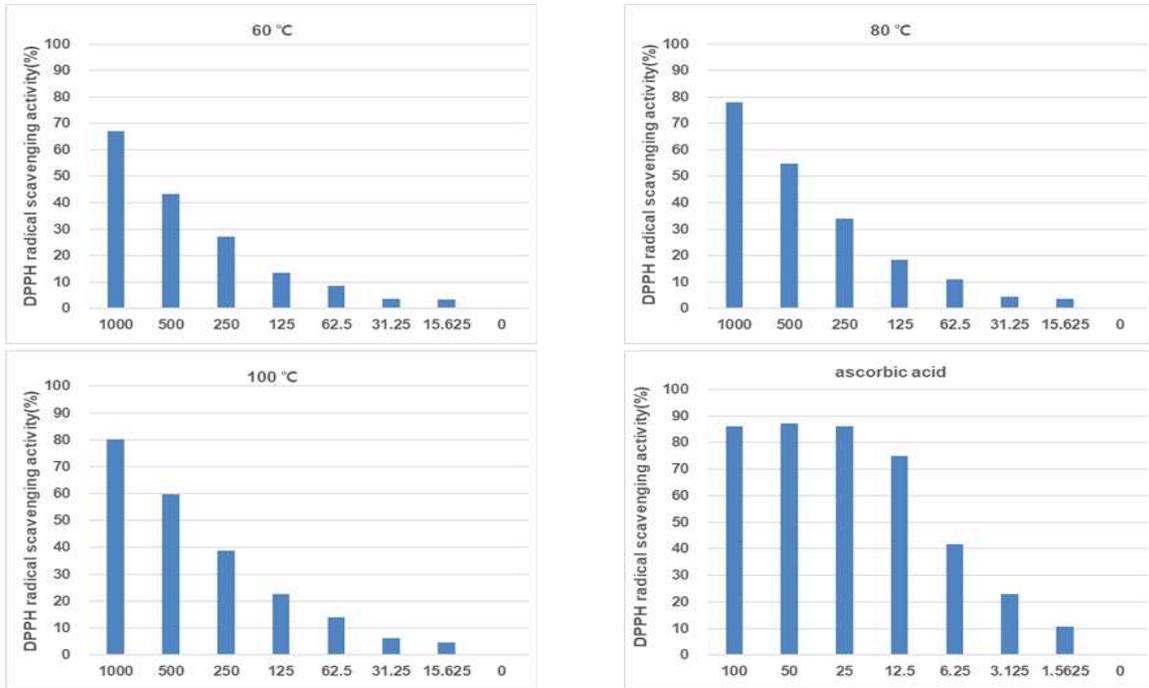


그림 10-27. Anti-oxidant potential on variety sample of *Sargassum horneri*

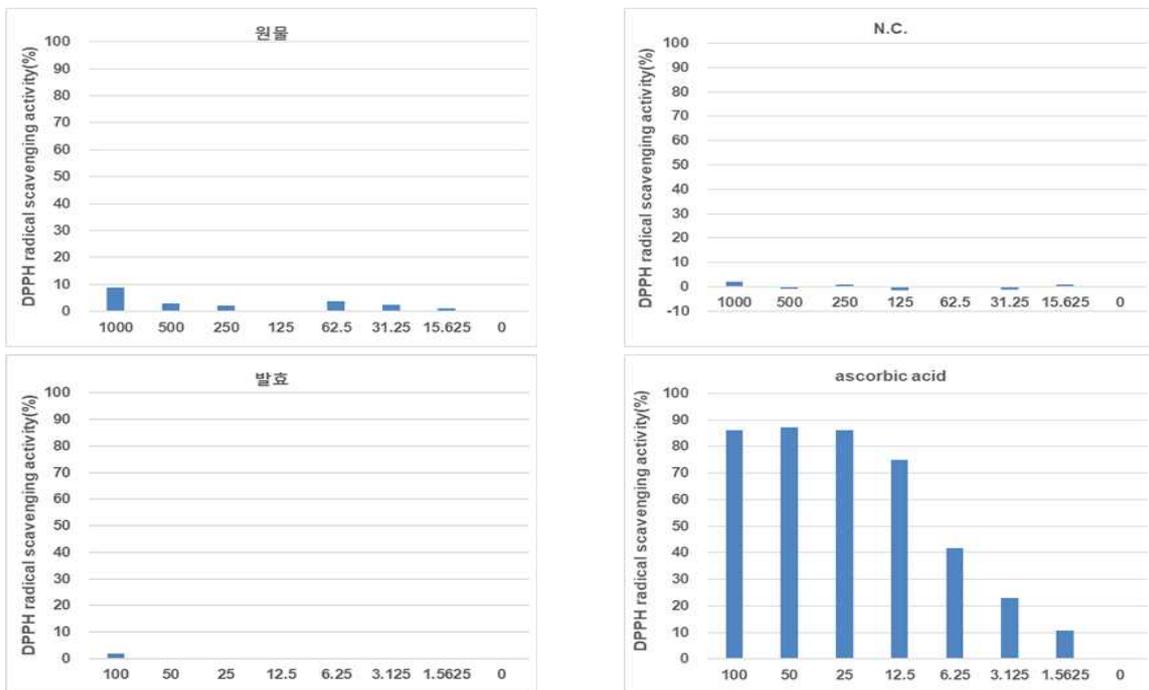


그림 10-28. Anti-oxidant potential on variety sample of *Sargassum horneri*

3) 모자반 공급체계 확립 및 제공(협의 추진 중)

- 해조류 효율적 수거 및 공급체계 확립을 위한 계획안 마련(지자체와 협의)
 - 대량 발생 해조류 수거 비용 예산을 대량 발생 해조류 공급 단체 등 지원 예산으로 전환
 - 대량 발생 해조류 원료화 시설 지원: 이물질 제거 및 세척 시설 등
- 대량 발생 해조류 지역 어촌계, 청년회와 노인회 등 지역 단체를 통한 원료 확보 논의
 - 과거 갯생이모자반 대량 유입 어촌계(애월, 조천, 북촌 등)를 대상으로 코로나19로 인한 대면 회의를 꺼리는 관계로 전화 통화를 통해 유입 갯생이모자반에 대한 수거 및 건조에 대한 협의 진행

- 팽생이모자반이 주로 1~4월에 유입이 많이 되며, 이 시기에는 기온도 낮고, 비가 자주 내리면서 자연건조가 어려워서 어촌계에서 부담을 많이 호소함
- 향후 직접 대면 협의를 통해 팽생이모자반 원료 확보가 가능하도록 건조 방법 및 조건 등을 협의하여 진행하고자 함

(2) 정량적 연구개발성과

- 본 연구팀은 1단계(2021년~2022년) 동안 전담 기관 등록 및 기탁 지표 부분의 단계에서 목표 대비 특허출원 2건, 논문 2건, 논문 평균 IF 5.276, 학술대회 4건을 100% 달성함
- 연구개발과제 특성 반영 지표 부분에서 목표 대비 기술실시 1건, 제품화 1건, 홍보 전시 2건, 고용 창출 2건을 100% 달성함
- 정량적 연구개발성과 중 기술료, 논문, 학술발표, 홍보 전시는 목표 대비 초과 달성을 하였으며, 고용 창출과 수상은 추가 달성함

< 정량적 연구개발성과표 >

(단위 : 건)

성과지표명		연도	1단계 (2021~2022)	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	특허(출원)	목표	2	30
		실적	2	
	논문	목표	1	-
		실적	2	
	학술발표	목표	2	15
		실적	4	
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	기술실시	목표	1	20
		실적	1	
	제품화	목표	1	20
		실적	1	
	홍보전시	목표	1	15
		실적	2	
	고용창출	목표	-	-
		실적	2	
	수상	목표	-	-
		실적	1	
계		목표(건)	8	100
		실적(건)	15	

(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
1	Evaluation of nutritional value of <i>Ulva</i> sp. and <i>Sargassum horneri</i> as potential eco-friendly ruminants feed	Algal Research-Biomass Biofuels and Bioproducts	KY Park	65	Netherlands	Elsevier	SCIE	2022.06	2211-9264	100
2	Effects of <i>Sargassum horneri</i> and <i>Ulva australis</i> Extracts on Body Weight and Serum Glucose Levels of Sprague-Dawley Rats	Preventive Nutrition and Food Science	YH Lee	26	South Korea	The Korean Society of Food Science and Nutrition	비SCIE	2021.07	2287-8602	100

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	Proceedings of 2021 Annual Congress	김유래	2021.07.08	충북대학교 농업생명환경대학 첨단바이오연구센터	대한민국
2	제35회 한국조류학회 학술발표대회	이종철	2021.10.21	소노벨 경주	대한민국
3	완도국제해조류 심포지엄	이종철	2022.05.05	Wando Culture and Art Center	대한민국
4	KOFFST 2022	김성천	2022.11.03	BEXCO, Busan	대한민국

[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	등록 일	등록 번호		
1	특허	대한민국	건국대학교 산학협력단	2022.08.22	10-2022-0 104879					100	○
2	특허	대한민국	제주테크노 파크	2022.12.22	10-2022-0 179626					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
1	√	√	√							
2		√	√	√						

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	ROYAL FEED 육성 TMR	2023.08 (예정)	이안스 주식회사	-	반추동물 메탄저감사료	약 8개월	-	-

□ 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	통상실시	감귤 부산물을 이용한 폐지 증체용 사료 조성물	제주테크노파 크	2022.12.29	5,000,000	-

※ 팽생이모자반 첨가 기능성 사료의 섭취율, 증체율 및 영양성분 등을 고려하여 관련 기술을 이전을 받았으며, 추가 실증 연구를 통해 기능성을 확인한 후 산업화를 추진할 예정입니다

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자기실시	신제품 개발 (출시 예정)	국내	수생태계 환경위협 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발	메탄저감용 배합사료(반추 동물섬유질-고 기소) Royal Feed 육성 TMR	이안스 주식회 사	-	-	-	-

□ 사업화 계획 및 무역 수치 개선 효과

성과		신제품 개발 및 메탄저감용 배합사료 생산			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2년			
	소요예산(천원)	170,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		-	180,000	300,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
국내			-	0.009	0.009
국외			-	-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		수입에 의존하고 있는 사료의 대체 원료 활용으로 메탄저감 사료 생산의 국산화를 계획중임.			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		-	180,000	300,000	
	수출	-	-	-	

[사회적 성과]

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	지방일간지	노컷뉴스	제주해안 덮는 악취 '구멍갈파래', 불청객에서 효자로?	2022.05.25
2	지방TV방송	중부방송	2022 천기누설 천안기업을 말하다 제1편 이안스	2022.09.08

[그 밖의 성과]

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)		합계
			2021년	2022년	
1	수생태계 환경위험 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발	이안스 주식회사	-	2	2
합계			-	2	2

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	1	
		생산인력	2	
	개발 후	연구인력	3	
		생산인력	2	

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	수상	우수상	종합학술발표회 포스터 발표	김유래	2021.07.09	한국축산학회

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 모자반 활용 발효 사료 최적 배합기술 개발	- 모자반 건물 활용 제품 디자인 - 모자반 함유 TMF 시제품 생산	100
○ 모자반 활용 친환경 사양기술 개발	- 모자반 사료 영양 성분 분석 완료 - 반추위 발효실험을 통한 제품 디자인 결정 - 동물실험을 통한 최종 급여 농도 결정 - 한우 대상 현장 실증 결과분석 및 해석	100
○ 사료용 모자반 최적 발효 기술개발	- 원재료 표준화 및 최적 가공기술개발 - 모자반 최적 발효 균주 선발 및 발효조건 연구 - 모자반 공급체계 확보	100

4. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 본 과제에서 연구된 팽생이모자반의 원재료 표준화 및 최적 가공기술, 공급체계 확보, 메탄 발생량 저감을 위한 한우 사양기술 체계 확보, 발효 사료 최적 배합기술 개발을 통해 축산분야 메탄가스 저감 실현 구현 가능
- 유기성 폐자원으로 분류되는 팽생이모자반을 현재 전량 수거 후 지자체의 비용으로 폐기 중이나, 이를 국내 사료 자원으로 활용할 수 있도록 가공하여 지속해서 상승하고 있는 국내 사료 원료 단가의 안정화 및 농가 수익 창출에 기여
- 해외의 비친환경적인 화학적 합성물질(3NOP) 제품에 반하여 메탄 저감 경쟁력 확보를 위한 경쟁에서 국내 생산이 가능한 친환경적 사료 개발의 가능성을 증명
- 국내 대량 발생 해조류를 활용한 기능성 사료첨가제 개발 기술 확보를 통해 청정 축산물 생산이 가능하고 수입되는 사료첨가제 대체 원료 활용으로 사료첨가제 국산화 가능
- 국내 대량 발생 해조류에 대한 처리방안 마련으로 해조류 기반 기능성 사료첨가제 개발에 대한 국내 기술 수준을 한 단계 높이는데 향상 가능

5. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 팽생이모자반은 다른 모자반류와 다르게 식용이 불가능하고, 대량발생하여 수생태계 환경오염을 주고 수거처리 비용에만 연간 100억이 투입되고있는 상황임. 본 연구는 팽생이 모자반을 활용하여 메탄저감 및 친환경 사료개발을 목표로 하여 반추가축 분야에서의 사료 원료로써의 사용가능성을 확인하는 연구임.
- 이를 위해 본 과제에서 확보한 모자반 활용 발효 사료 배합기술을 토대로 제품화를 추진하고, 메탄 저감 사료의 생산체계 구축에 활용할 예정
- 또한, 본 연구를 통해 확보한 모자반 활용 사료 배합 기술은 TMR 외 다른 사료 첨가 원료(예시, 비타민, 생균제, 감귤박 등)에 활용할 수 있어서 가축의 메탄 저감 사료 분야뿐만 아니라 생산성 증진 개선도 가능할 것으로 판단됨. 이를 통해 농가 이익을 극대화할 수 있는 사료 원료로써의 활용이 가능할 것으로 판단
- 본 연구에 사용된 ‘팽생이모자반’이 대량발생하여 해안으로 몰려오기전 바다에서 어선을 활용한 선제적 수거가 이뤄지는등 정부기관과 산업체간의 수거,전처리,가공 및 사용등에 대한 유기적인 시스템이 구축이 된다면 사료 원료로써 효율적인 활용이 가능할 것이라 판단되며, 이 부분에 대해 본 연구팀은 지자체 등에 꾸준한 협력방안을 논의하며, 추가적인 연구개발을 할 것 임
- 팽생이모자반 함유를 위해 새롭게 제안하는 사료 배합비의 확산을 통해서 농가의 사료비 절감 및 생산성 증대를 유도함으로써 축산 농가의 이익을 개선할 수 있을 것으로 판단
- 또한, 선행연구 결과에 따르면 팽생이모자반 추출물에는 수용성 다당인 알긴산과 후코이단이 다량 함유되어 항산화 효과를 보유한 것으로 알려져 있음. 이런 선행연구 결과를 기반으로 반추동물 대상 열스트레스에 따른 생산성 저하를 감소하기 위한 추가연구를 진행하고 함
- 한편, 본 과제에서의 연구 결과를 국외 논문게재, 관련 기술 국내 특허출원 및 등록 등을 통한 다양한 연구 성과달성에 활용할 수 있도록 관리함
- 종합적으로 본 연구팀은 내부와 긴밀하고 지속적인 협업 및 관리로 논문, 특허, 기술 이전 등의 부가적인 정량 및 정성적 성과가 발생할 시 이를 관리 및 과제 포탈에 올릴 계획임

〈 연구개발성과 활용계획표 〉

구분		연구개발 종료 후 5년 이내
국외논문	SCIE	1
	비SCIE	-
	계	1
특허출원	국내	1
	국외	-
	계	1
특허등록	국내	1
	국외	-
	계	1
사업화	기술 이전	1

〈 별첨 자료 〉

별첨 자료
1. 자체평가의견서
2. 연구성과 활용계획서

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		121039-02	
사업구분	유용농생명자원산업화기술개발사업				
연구분야				과제구분	단위
사업명	유용농생명자원산업화기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	수생태계 환경위협 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발			과제유형	기초
연구개발기관	이안스 주식회사 (주관)			연구책임자	김응석
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2021. 04. 01 ~ 2021. 12. 31	169,000	15,000	184,000
	2차년도	2022. 01. 01 ~ 2022. 12. 31	225,000	19,000	244,000
	계	2021. 04. 01 ~ 2022. 12. 31	394,000	34,000	428,000
참여기업	건국대학교, 제주테크노파크				
상대국			상대국연구개발기관		

2. 평가일 : 2023. 02. 06

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
이안스 주식회사	대표이사	김응석

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	김응석
----	-----

I. 연구개발실적

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

본 과제는 수생태계 환경위협 갱생이모자반의 공급체계 확보와 저탄소 기능성 사료 자원으로서의 개발을 통한 갱생이모자반 활용 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발을 목적으로 수행되었음. 그 결과, 국내 해양의 심각한 환경문제를 일으키고 있는 대량 발생 갱생이모자반의 원재료 표준화, 공급체계 확보, 가축의 친환경 사양기술 확보 및 메탄 저감용 발효 TMR(TMF)의 시제품 유도화 하였음. 국외 사례 처럼 높은 수준의 메탄 발생량 감소 효과를 얻을 수 없었지만, 국내 해양 환경오염을 유발하는 해조류를 활용한 가축의 사료화를 위한 부존자원으로 개발한 기술이라는 점에서 매우 의미가 크다고 판단

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

본 연구를 통해 확립된 대량 발생 갱생이모자반의 원재료 표준화 및 메탄 저감용 가축 사료 원료화 기술은 환경, 자원고갈, 산업발전이 종합적으로 고려된 일석삼조 효과의 녹색성장 통합기술 개발에 따른 제주 및 남서해안의 대량 발생 해조류의 관리체계를 확립 및 신생 산업을 유도할 수 있음. 또한 농업 분야에서 발생하는 온실가스의 8% 감소 및 가축 총 에너지의 1.2%를 절약하고, 대량 발생 해조류를 활용한 기능성 사료 개발기술 확보를 통해 청정 축산물(유육) 생산이 가능하며 수입에 의존하고 있는 사료 원료의 활용으로 국산화가 가능할 것으로 예상

3. 연구개발결과에 대한 활용 가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

사료 원료의 90%를 수입에 의존하는 우리나라의 축산업은 자체적인 경쟁력을 갖추기엔 이미 그 의존도가 너무 높아 다양한 국제 정세에 큰 영향을 받을 수밖에 없음. 이러한 상황에서 메탄 저감 정책과 농가에 부담이 되지 않을 방법이 필요하며, 본 연구의 해조류를 활용한 메탄 저감 사료 기술은 매우 경미한 원가 부담만으로도 비육우 및 낙농 농가의 메탄 저감을 실현할 수 있는 해결책이 될 수 있음. 국내 대량 발생 해조류가 육지까지 유입 전 해상에서 수거함으로써 관광지 해안가를 뒤덮어 악취가 발생하는 현상을 예방할 수 있으므로 관광산업과 지역경제 활성화에도 도움이 되고, 지역사회의 경제적인 이익뿐만 아니라 사회 및 환경적으로 긍정적인 효과를 창출할 것으로 예상

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

본 연구는 친환경 사료의 개발과 해조류 연구기관들의 전문성을 기반으로 체계적인 목표 및 연차별 계획을 수립하였으며, 현재 국제적으로 가장 큰 화두가 되는 기후 위기 및 메탄 저감 개선을 통한 축산 농가의 이익 극대화를 최종 목표로 설정하였음. 이를 위해 주관연구기관을 비롯한 공동연구기관은 각 기관이 보유하고 있는 전문 기술을 적용하여 모자반 원료의 표준화 및 메탄 저감용 사양체계 기술을 확립함. 또한 이를 통해 가축 사료용 배합기술 기반 메탄 저감 친환경 사료의 제품화를 추진하고 있음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히 불량)

2년간의 연구를 통해서 본 연구진은 2건의 특허출원, 1건의 기술 이전, 2건의 국내외 전문 학술지 게재, 국내 및 국제 학술대회에 총 4편의 포스터/구두 발표, 대량 발생 해조류의 사료화 연구성과를 일간지 기사 및 미디어 홍보로 진행함으로써 연구의 우수성을 검증하였음. 또한 본 연구를 시작하며 확보한 전문 지식을 바탕으로 2건의 인력 창출 및 국내 학술대회에서 1건의 수상을 달성하여 향후 친환경 사료 개발 산업발전의 기반이 될 것으로 판단됨. 아울러 개발된 연구 결과 제품의 사업화 가능성을 확인하기 위해 해조류 원재료 표준화 및 공급체계 확보 및 가축용 발효 사료 시제품을 제작하였으며, 해당 시제품은 외부 전문기관의 평가 및 산업화 추진을 위한 대량 생산 체계를 확립할 예정임

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
1차년도 주관연구기관(이안스) 모자반 활용 발효 TMR(TMf) 최적의 배합기술 개발	20	100	- 기존의 한우 사료 권장 급여에 근거하여 발효 TMR의 최적 배합비 산정
1차년도 공동연구기관(전국대학교) 가축 사료로서의 이용성 평가	20	100	- 수집된 모자반의 원료 간 영양성분의 균일화 및 분석 자료의 데이터 구축
1차년도 공동연구기관(제주테크노파크) 모자반 최적의 가공 기술개발	10	100	- 모자반 가공적성연구를 통한 최적 가공 기술개발
2차년도 주관연구기관(이안스) 모자반 활용 메탄 저감용 친환경 발효 TMR(TMf)의 제품화	20	100	- 선정된 사료 배합비의 생산공정 개발을 통한 사업화 준비 진행 중
2차년도 공동연구기관(전국대학교) 모자반 활용 메탄가스 발생 저감을 위한 사양기술 개발	20	100	- 반추위 발효 모델(<i>in vitro</i>)을 통해 팽생이모자반의 사료 내 최적 첨가율 선정 및 메탄 발생량 감소를 확인
2차년도 공동연구기관(제주테크노파크) 모자반 최적의 발효 기술개발 및 공급체계 확보	10	100	- 모자반 발효 균주 확보 및 발효기술 개발을 통한 면역증진 효능 확인 - 모자반 공급체계 확보를 위해 지자체와 협의 중
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

본 연구는 수생태계 환경위협 팽생이모자반의 공급체계 확보와 저탄소 기능성 사료 자원으로서의 개발을 통한 메탄 저감용 친환경 기능성 사료 개발을 목표로 하고 있음. 현재까지의 모니터링 결과 온실가스 또는 메탄 저감용 가축용 사료 제품은 상용화되지 않았으나, 변화해가는 축산 정책과 규제에 따라서 본 연구를 통한 친환경 사료의 잠재적 수요가 높아질 것으로 예상됨. 연구수행 결과 공동연구기관들의 연구 전문성 및 이를 기반으로 한 연구자료를 바탕으로 대량 생산 모자반의 원재료 표준화 및 가축용 사료 원료 이용성을 검증하였고, *in vivo* 및 *in vitro* 평가를 통해 메탄 저감의 가능성을 확인하였음. 또한 사업화 진행을 위해 대량 생산 공정개발을 진행하고 있는 점에서 본 과제는 성공적으로 수행되었다고 판단되며, 향후 다양한 대량 발생 해조류 확보를 위한 지자체 협조와 메탄 저감 기술의 최적화 및 친환경 사료 시장 진출에 대한 면밀한 검토를 통해 사업화를 추진한다면 성공 가능성이 매우 클 것으로 확신하고 있음

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 현재 가축 대상 메탄 저감형 사료는 상용화된 바 없어 기타 해조류 원료 및 사료의 판매가격은 확인이 된 바가 없음
- 특히 해조류 중 개발된 해외의 퓨처피드(호주)의 바다고리풀(홍조류)의 경우 지금까지도 물량 확보 및 해당 국가의 온실가스 저감 규제가 농가에 직접적으로 미치는 영향이 미미하여 상용화가 계속 지연이 되고 있음
- 이를 위해 본 연구를 통한 국내 해조류 기능성 효과들을 바탕으로 곧 시행될 저탄소 농축산물 인증제 대비를 준비하고 있으며, 이를 통해 새로운 시장의 진입과 사업화에 충분한 가능성이 있다고 판단

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 주요 고객은 국내외 사료 관련 업계 및 대다수 축산 농가이며, 메탄 저감형 사료 원료 개발 수준이 세계적으로 아직 초기 개발단계이지만, 무엇보다도 먼저 사료 시장을 선점하는 것이 사업 전체를 선도할 것으로 판단됨
- 본 연구 결과를 바탕으로 실제 메탄 저감형 친환경 사료의 제품 출시 준비를 위한 시장조사, 제조원가 확보, 경쟁제품 비교 분석 등의 후속 연구를 수행할 예정임
- 추후 지속적이고 체계적인 다양한 해조류의 원재료 표준화, 메탄 저감 효능 분석 및 이들 메탄 저감 생리 물질 구명 기초연구 확보를 기반으로 축산 농가의 맞춤형 사양 솔루션을 개발할 예정

IV. 보안성 검토

- 해당 없음

달성 실적	2			1	5	1					1	1	5.273	4				2
달성률 (%)	100			100	500	100					100	100		200				200

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	모자반 활용 발효 사료 최적 배합기술
②	모자반 활용 친환경 사양기술
③	사료용 모자반 최적 발효 기술개발

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술복제	외국기술소화·흡수	외국기술개선·개량	특허출원	산업체이전(상품화)	현장에로 해결	정책자료	기타
①의 기술		✓				✓	✓			
②의 기술		✓				✓				
③의 기술		✓				✓				

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	현 과제의 모자반을 포함한 다양한 해조류와 영양소(아미노산, 비타민 등)의 최적 조합을 통해 메탄 저감 효과와 더불어 농가의 생산성을 극대화하려는 방법을 추가로 연구할 예정이며, 이를 바탕으로 가축 대상 사료 배합비를 재구성하면 국내 사료 원료 개발과 사료비 절감 효과를 통해 농가의 이득을 구현할 수 있을 것으로 판단됨
②의 기술	국내 대량 발생 모자반의 사료 영양성분 분석과 동물실험을 통한 최종 급여농도 제시 및 한우 대상 현장 실증 메탄 저감 결과분석 및 해석을 통해 모자반 활용 친환경 사양 기술을 개발하였음. 이들 연구 결과를 기초로 국내 대량 발생하는 다양한 해조류와의 친환경 메탄 저감용 가축 사료로서의 이용성 비교 평가에 대한 기초자료를 확보하여 향후 탄소 농축산물 인증제 대비와 함께 축산 농가의 맞춤형 사양기술을 보급 가능함
③의 기술	팽생이모자반 발효 균주 확보를 위해 식물 병원균에 대한 방제 활성을 갖는 내생 세균인 바리오보락스 계열의 균주를 선발 및 발효기술이 개발되었으며, 면역력 증진 효능을 확인함. 이들 기술을 필요로 하는 관련 기업에 기술 이전을 통해 메탄 저감 효능 외에도 면역력 증진 효능이 있는 복합 기능성을 갖는 사료첨가제 및 배합사료로 개발되어 사업화가 이루어질 것으로 기대함

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활)
	특허 출	특허 등	품종 등	S M A	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창	투자유		논문		학술발			정책활	홍보전	
												S C	B S	논문평						

	원	록	록	R T					출	치		I	C I	균 I F	표		용	시	용 (등)
단위	건	건	건	평 균 등 급	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건	
가중치	20	10			20		20								15				15
최종목표	2	1			1	1	1	925				1	1	0.688	2				1
연구기간내 달성실적	2				1	5						1	1	5.273	4				2
연구종료후 성과장출 계획	1	1					1	925											

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	모자반을 활용한 한우의 발효 사료의 조성물		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	2,000천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input checked="" type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간	2년	실용화예상시기 ³⁾	2025년 6월 예정
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	가축 사료용 모자반 최적 발효기술, 발효 사료 최적 배합기술, 발효 사료에 첨가 비율 정보 등 본 과제 연구성과 및 기술 일괄 이전		

주 의

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