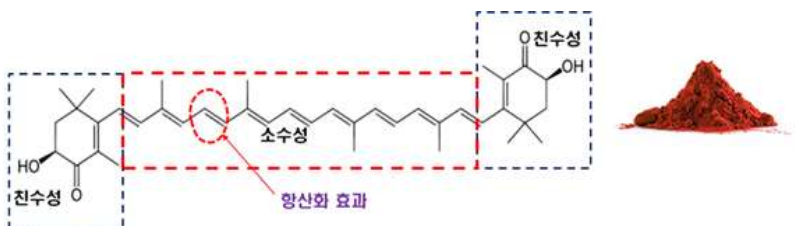
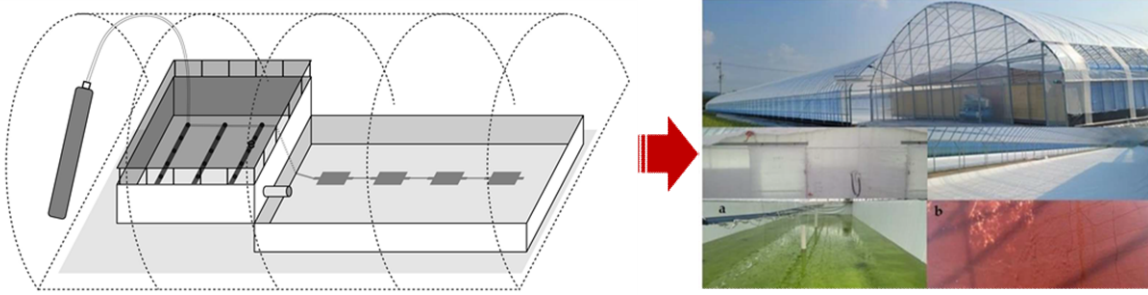


기술 설명서 요약본

기술명	미세조류 바이오매스 (미세조류 헤마토코쿠스 대량배양 신기술)	
기술분류 (대분류-중분류)	해양수산생명-해양수산생물자원	
공사 관련 기술 여부	공사 외 기술	공사 관련 기술
	■	□
기업명	엘지바이오 주식회사	

기술개요	
<p>■ 신청 기술 주요내용 및 특징</p> <p>○ 아스타잔틴 특징</p> <ul style="list-style-type: none"> 아스타잔틴은 비타민 C의 6,000배, 비타민 E의 550배, β-카로틴의 40배 등 다른 색소들에 비해 항산화 능력이 뛰어나며, 이에 대한 독성은 보고된 바가 없음. 강력한 항산화 능력으로 인해 건강기능식품뿐만 아니라 화장품, 식품 및 사료 산업 등에서도 많이 이용되나, 국내에서는 아스타잔틴 대량 생산이 어려워 전량 수입에 의존하고 있는 실정임. 아스타잔틴은 연어, 바닷가재 등에서도 발견되나 가장 높은 수준의 아스타잔틴을 축적하는 것은 미세조류 헤마토코쿠스 (<i>Haematococcus pluvialis</i>)임. 화학적 합성을 통해서도 아스타잔틴 생성이 가능하나 생체 내 안정성이 낮아 천연 공급원으로부터 얻은 아스타잔틴을 선호되고 있으며, 현재 헤마토코쿠스 유래 아스타잔틴만이 건강기능식품의 원료로써 사용 가능함. <div style="text-align: center;">  <p>[아스타잔틴의 특징]</p> </div> <p>○ 헤마토코쿠스의 특징</p> <ul style="list-style-type: none"> 미세조류 헤마토코쿠스는 편모를 가져 운동성을 가지고 있으며, 정상적 성장 상태에서 헤마토코쿠스는 단백질이 풍부하고, 10% 이하의 지질을 가짐. 지질 조성은 비교적 짧은 C16, C18 다중 불포화지방산을 함유하고 있으며, 질소 결핍, 강한 빛, 높은 온도 등의 스트레스 환경에서 천연 아스타잔틴을 축적함. 세포 중량 대비 최대 4%로 높은 아스타잔틴 생산 능력을 가지며, 다른 미생물보다 높은 순도의 아스타잔틴을 얻을 수 있음. <p>○ 헤마토코쿠스 배양의 문제점</p> <ul style="list-style-type: none"> 헤마토코쿠스는 산업적 가치가 높은 바이오매스 소재로 각광받고 있으나, 다른 종과 비교하여 성장 속도가 느리고 환경변화에 민감하여 대량배양이 매우 어려움. 국내의 경우에는 사계절에 따른 기온, 일조량, 강수량, 풍속 등의 변화로 인해 대량배양 기술이 계절에 따라 다르게 적용되어야 하기 때문에 다른 종에 비해 산업화가 어려움. 	

○ 당해 기관의 개발기술 개요



[개발된 하이브리드 대량배양 시설 모식도]

- 본 기술은 실외에서 헤마토코쿠스 배양을 통해 고농도의 바이오매스를 생산할 수 있는 배양시스템 장치 및 기술임.
- 본 기술은 헤마토코쿠스 배양의 세포 성장을 특징으로 하는 성장하는 녹색 단계와 아스타잔틴 축적을 특징으로 하는 적색 단계의 두 단계로 분리하였음.
- 배양 방식은 녹색단계에서 외부와 차단된 항온장치가 있는 배양 수조이며, 아스타잔틴 생산을 위해 하이브리드 오픈형 수조 시스템을 통해 배양하였음.
- 또한 배양 성장 효능을 촉진하기 위해 유기탄소원을 주입하여 성장 속도를 증가시켰으며, 수조의 수확을 경제적으로 수행하기 위해 친환경 응집제를 개발하여 적용하여 고농도의 바이오매스를 생산할 수 있는 기술을 개발하였음.
- 본 개발된 장치 및 기술을 기반으로 고농도의 헤마토코쿠스 바이오매스와 아스타잔틴 생산 비용을 낮추는데 유용한 신기술임.



[헤마토코쿠스 대량배양을 위한 요소기술]

■ 기존 기술과의 차별성

○ 기존기술의 문제점

- 국내는 계절이 뚜렷해 봄 평균 12.57℃, 여름 25.34℃, 가을 12.95℃, 겨울 -0.79℃로 계절별 기온 편차가 큰 편임. 따라서 최적 배양 온도가 20~27℃로 알려져 있는 미세조류 헤마토코쿠스는 야외 대량배양이 어려움(Klochova, 2013, Osundeko, 2014).
- 폐쇄형 배양은 오염 위험이 적은 장점이 있으나 설계 및 운영 비용이 개방형 배양에 비해 많이 들고, 대량 배양에 적용하기 쉽지 않아 산업화하기 어려움(Zhang, 2009).
- 이에 비해 개방형 배양은 확장성이 높고 초기 투자 비용이 저렴한 장점이 있으나 세포가 희석되어 폐쇄형 배양할 때보다 바이오매스 생산성이 낮고 수확 시 더 많은 양의 배양물을 처리해야 하므로 수확 비용이 높다고 알려져 있음(Liyanaarachchi, 2021).



[다양한 미세조류 대량 배양 방식]

○ 신형 요소기술별 기존 기술과의 차이점 및 우수성

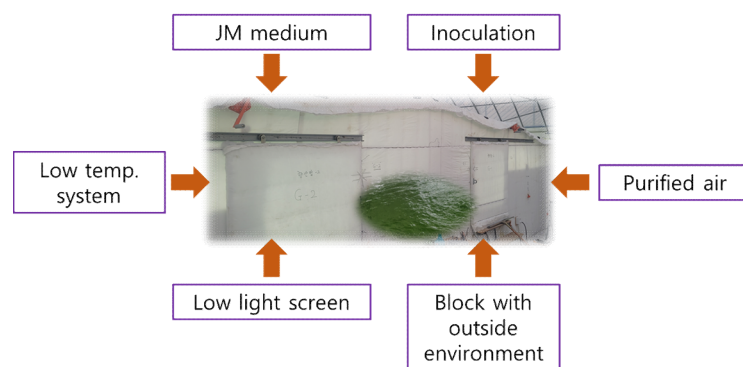
[폐쇄형 및 개방형 배양장치 비교]

요인	개방형 배양	폐쇄적 배양	하이브리드 배양
공정기술	복잡함	간단함	간단함
공간 요구	높음	낮음	높음
온도	조절 어려움	냉각 필요	조절가능
순환	패들 휠 또는 공기 순환	가스 교환기	공기 순환
에너지 소비	낮음	높음 (2,000W/3m³)	낮음
유입 및 정비	쉬움	어려움	쉬움
환경 요인	pH 제어의 어려움	배양 온도 조절 어려움	제어 용이
확장성	쉬움	어려움	쉬움
외부 오염	발생 용이	없음	제어 가능

[개발된 요소기술의 특징]

개발된 요소기술의 종류	기술 내용	특징
미세조류 헤마토코쿠스 성장 단계 배양시스템	외부차단 배양 항온 시스템	외부와 차단하여 성장단계의 헤마토코쿠스의 수온을 유지하며 외부 오염원을 제어할 수 있음
아스타잔틴 축적 배양 시스템	태양광이 고광도로 조사될 수 있도록 투명 비닐장치와 저수위로 배양할 수 있는 시스템	저광도에서 배양된 헤마토코쿠스를 고광도의 태양광을 조사하여 5일 내로 아스타잔틴으로 전환시킬 수 있음
탄소원 첨가를 통한 헤마토코쿠스 성장 및 아스타잔틴 축적 촉진 기술	유기탄소원의 특정 농도를 주입하는 기술	유기탄소원을 헤마토코쿠스의 성장 단계 및 아스타잔틴 축적 단계에 첨가 시 성장 및 축적 시간을 단축시킬 수 있음
경제적 수확 기술	키토산의 전기적 특성을 이용하여 응집시키는 기술	키토산을 이용하여 헤마토코쿠스를 응집 침전시켜 경제적인 수확이 가능한 기술임

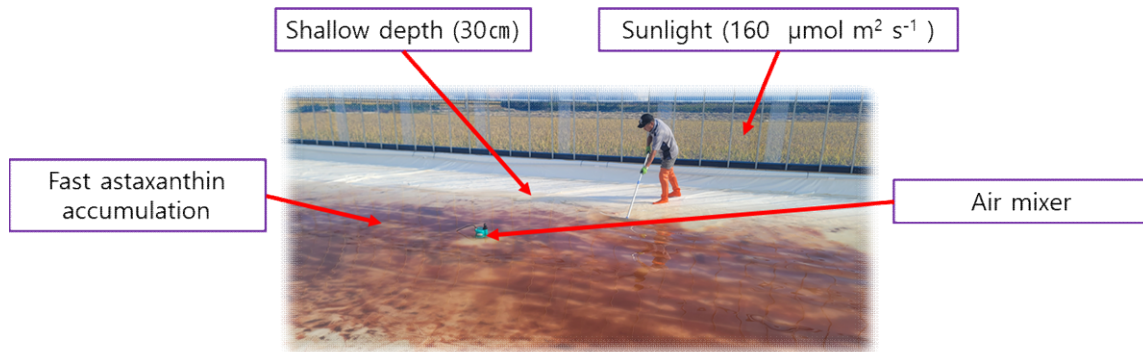
• 미세조류 헤마토코쿠스 성장 단계 배양 시스템



[헤마토코쿠스 성장단계 배양 시스템]

- 상층에 스크린을 설치하여 태양광을 제어하여 $25 \pm 5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 의 저조도 환경을 유지하였고, 항온 시스템을 설치하여 배양 수온을 $18 \pm 3^\circ\text{C}$ 로 유지하여 미세조류 세포의 분열을 안정화함.
- 이와 같은 미세조류 헤마토코쿠스 성장을 향상을 위한 하이브리드 배양시스템을 구축하였음.

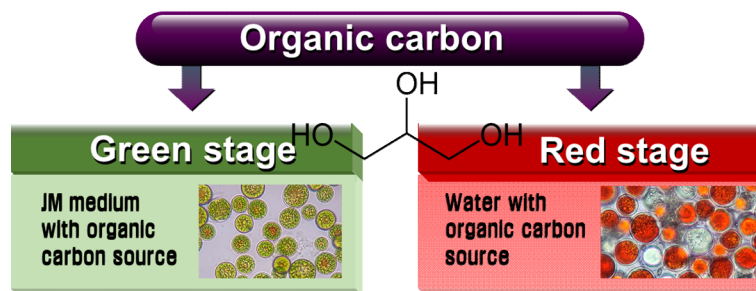
• 아스타잔틴 축적 촉진 배양 시스템



[아스타잔틴 축적 촉진 배양 시스템]

- 성장 단계 배양장을 통해 배양된 헤마토코쿠스를 외부와 단절된 연결 통로를 통해 아스타잔틴 촉진 배양장으로 이동시킨 후 용수를 이용하여 10배 희석하여 배지 내 질소 함량을 줄여 아스타잔틴 축적을 유도하였음.
- 이후 태양광 제어를 통해 $160 \pm 50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 가 조사되는 고광도 환경에 노출시켜 아스타잔틴을 촉진 속도를 향상시켰음.
- 성장 단계동안 저조도 환경에서 배양된 헤마토코쿠스를 30 cm 이내의 낮은 수심으로 제어하여 고광도 조건을 유지함

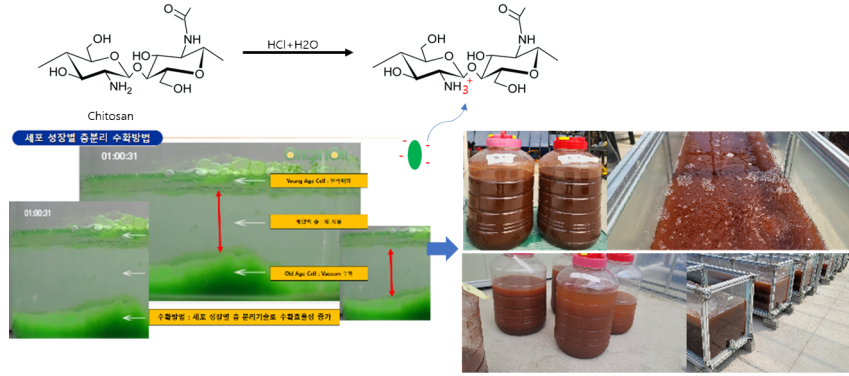
• 유기탄소원 첨가를 통한 헤마토코쿠스 성장 및 아스타잔틴 축적 촉진 기술



[유기탄소원 첨가에 따른 성장 및 아스타잔틴 축적 촉진 기술]

- 헤마토코쿠스 성장 단계에서 JM배지와 유기탄소원인 glycerol을 1.3g/L 농도로 첨가하여 성장률을 1.5배 증가시키는 기술임.
- 아스타잔틴 촉진 배양 단계에서 유기탄소원 glycerol을 1.3g/L 농도로 첨가하여 아스타잔틴 함량을 2배 증가시키는 기술임.

• 경제적 수확 기술



[키토산 침전제를 통한 경제적 수확 기술]

- 특정 pH 상태에서 키토산의 전기적 특성을 활용하여 아스타잔틴 축적된 헤마토코쿠스를 빠르게 침전시키는 기술임.
- 24시간 이내 90% 이상 침전시켜 수확할 수 있어 수확 비용 및 효율을 개선할 수 있음.

경제·산업적 파급효과

- 연중 안정적인 원료 생산 및 공급 체계 구축을 통한 헤마토코쿠스 유래 아스타잔틴 원료의 생산 기반 형성 및 해양바이오 전략 소재 시장의 원료 국산화하여 고가의 수입 원료를 대체하고 가격 경쟁력을 획득 가능함.
- 특히 헤마토코쿠스 미세조류 기반의 아스타잔틴은 눈 건강기능식품 시장에서 우점하고 있는 루테인 대비 항산화능이 월등하여 시장 가치가 계속해서 상승할 것으로 보임
- 화장품 산업 분야에서 항산화를 대표하던 토코페롤을 대체 가능하며 주름 개선, 미백 등의 탁월한 효과로 기능성 화장품 시장 성장에 도움을 줄 것임.
- 국내 생물 산업에 활용 가능한 10만 종 이상의 미세조류가 가지고 있을 고부가가치의 신물질을 연구하는데 직·간접적으로 긍정적인 영향을 줄 것으로 기대됨.
- 헤마토코쿠스 추출물은 양식 산업에서 식용 어류의 색소 및 면역력 증진 용도로 사용되고 있으므로 고순도로 저가에 납품할 수 있다면 국내 양식 산업 활성화에 도움을 줄 것임.

지식재산권 및 시험성적

■ 지식재산권

국내 특허		해외 특허		기타(실용신안, 상표, 디자인 등)	
출원: 7 건	등록: 3 건	출원: 1 건	등록: 1 건	출원: 1 건	등록: 2 건
구분	출원번호 (등록번호)	출원일자 (등록일자)	출원명칭 (등록명칭)	출원인 (권리자)	
등록	10-2020-0057401 외 4건	2020.05.13. 외 4건	미세조류 배양장치 외 4 건	엘지바이오(주)	
출원	10-2022-0190390 외 6건	2022.12.30. 외 6건	다기능 미세조류 배양장치 외 6건	엘지바이오(주)	

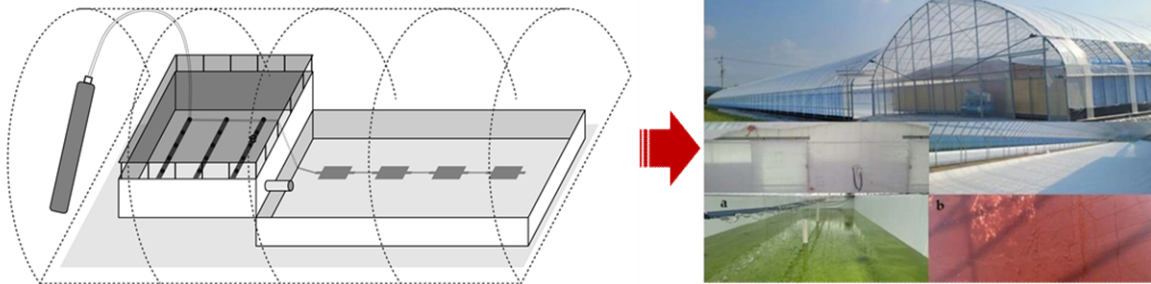
■ 시험성적

시험기관: 친환경시험원 (주)/ 한국기능식품연구원/ (사)에스이엘안전기술원

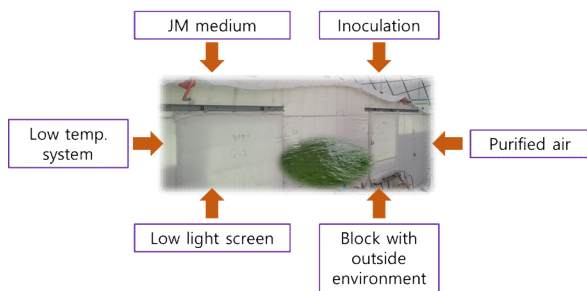
시험내용: 중금속 검출여부, 아세톤 함량, 아스타잔틴 함량, 대장균군 검출여부

시험결과:	항 목		기 준	시험 결과
	중금속 검출 여부		1 mg/kg	불검출
	아세톤함량		30 mg/kg	불검출
	아스타잔틴 함량		60~140 mg/g	10.37%
	대장균군 검출 여부		불검출	불검출

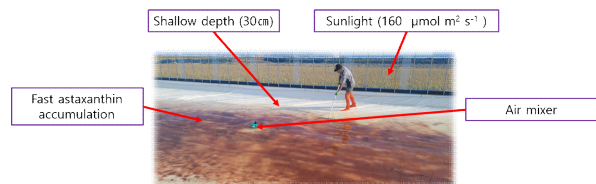
○ 개발된 하이브리드 대량배양 시설



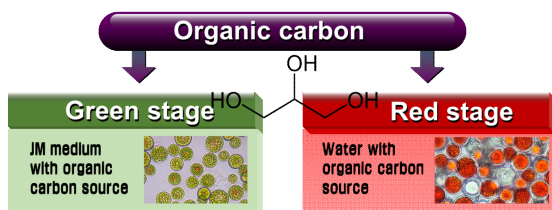
○ 요소기술



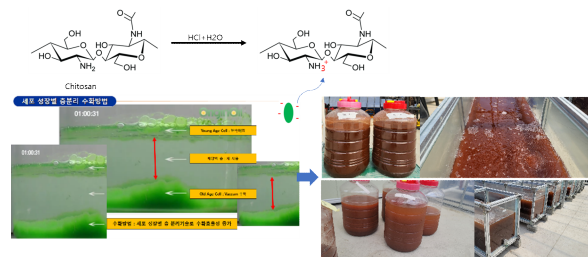
[해마토코쿠스 성장단계 배양 시스템]



[아스타잔틴 축적 촉진 배양 시스템]



[유기탄소원 첨가에 따른 성장 및 아스타잔틴 축적 촉진 기술]



[키토산 침전제를 통한 경제적 수확 기술]