

자가치유 하이드로젤 기반 맞춤형 마블링 배양육 제조 기술

특허번호 미공개
주발명자 김효정
발명의명칭 배양육 제조용 세포 지지체 및 이의 제조방법

Keyword

자가치유 하이드로젤
배양육 지지체
마블링 구조 구현
생체적합 고분자
세포 조직 적층 기술

기술 개요

- 온도·pH 환경에서 자가 결합이 가능한 자가치유 하이드로젤 기반 세포 지지체를 활용해, 실제 고기처럼 근육과 지방을 원하는 구조로 조립할 수 있는 맞춤형 배양육 제조 기술

기술 개발 배경

- 근육 덩어리와 같은 단조로운 식감의 한계가 있으며, 고기 본연의 맛과 풍미를 구현하지 못해 상용화에 걸림돌이 되고 있음
- 근육세포와 지방세포를 정교하게 공존시키기 위해 기존에 많이 사용되고 있는 3D 바이오프린팅 기술은 장비 의존도, 공정 복잡도가 높아 생산비용 상승, 대면적 구현의 한계, 대량생산의 어려움이 있음

기술 특징 및 우수성

• 자가치유 하이드로젤

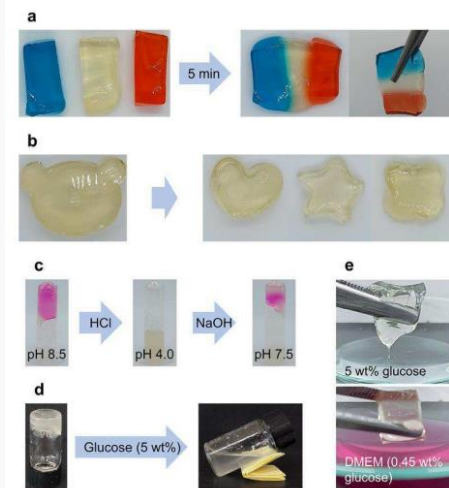
별도 접착제 없이 물리화학적 결합을 통해 수초 내에 자동 접합되어, 생체 적합성이 우수함

• 이중 네트워크 구조

보론산-다이올 에스터 결합 + 수소결합 구조로 기계적 안정성과 유연성 동시에 확보

• 근육·지방 맞춤 지지체 제공

영률(Young's Modulus) 조절로 조직 맞춤 기계적 강도 제공 가능
근육(200~400kPa), 지방(50~180kPa)



[N1 하이드로젤의 자가치유 및 다중 모듈 반응성]

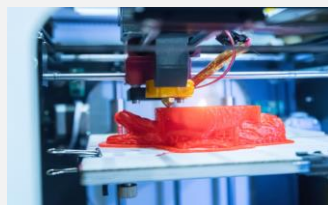
기술 활용 분야

- 배양육을 넘어 동물실험을 대체하는 오가노이드 또는 다세포 구조를 조립하는 어셈블로이드 분야에 응용
- 세포를 손쉽게 구조화할 수 있어 뇌, 간, 장기 등의 모델 조직 제작, 정밀 약물 반응 평가, 조직 재생 모델링 등에 활용 가능

고기형 대체육



동물실험 대체 오가노이드



조직 재생 모델링



시장 전망

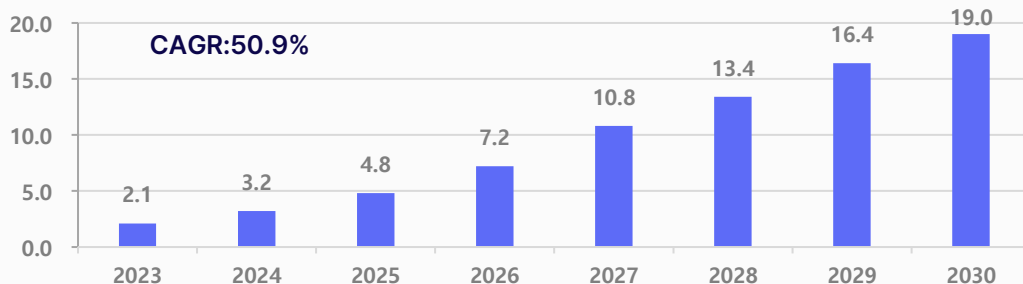
• 세계 배양육 시장 규모

MarketsAndMarkets에 따르면, 글로벌 배양육 시장은 2023년 기준 약 2억 1천만 달러로 평가되었으며, 2030년까지 연평균 성장률(CAGR) 50.9%로 성장하여 약 19억 달러에 이를 것으로 예상

• 시장 성장 요인

향후 고기 조직의 현실적 재현이 가능한 고기형 배양육 기술이 차세대 핵심 경쟁력으로 주목됨

[세계 배양육 시장 규모 및 전망]



출처: MarketsAndMarkets, 2024

기술 완성도



관련 지재산 현황

No.	특허명	등록현황	특허번호
1	배양육 제조용 세포 지지체 및 이의 제조방법	출원	미공개

실제 고기처럼 '마블링'이 살아있는 배양육, 스스로 치유하는 지지체로 완성한다

- 고기의 식감과 풍미를 올려주는 마블링 구조, 자가치유 기술로 안정화
- 근육과 지방 세포를 원하는 대로 배치해... 진짜 같은 식감, 외형 구현
- 자연 유래 바이오 고분자 기반 지지체로, 친환경, 대량생산도 가능
- 배양육, 식물성 고기 뛰어넘는 차세대 대체육 기술로 주목

□ 진짜 고기처럼 ‘마블링’이 살아있는 배양육, 이제는 가능해진다. 국내 연구진이 손상돼도 스스로 회복하는 ‘자가치유형 지지체 (Self-healing Scaffold)’ 기술을 활용해 근육과 지방 세포가 함께 자라며 고기의 마블링 구조를 형성할 수 있는 기술을 세계 최초로 개발했다. 기존 대체육의 한계를 넘는, 진짜 고기 같은 형태를 갖춘 배양육 시대가 성큼 다가온 셈이다.

- 인하대 오동엽 교수·서강대 박제영 교수와 한국화학연구원(원장이영국) 김효정 박사 공동 연구팀은 실제 고기처럼 지방과 근육이 어우러진 배양육을 만들기 위해 꼭 필요한 ‘세포 지지체(스캐폴드)’에 주목했다.
- 지금까지의 배양육은 근육과 지방이 따로 배양되어 서로 결합되지 못하는 구조적 한계로 인해 마블링이 없는, ‘근육 덩어리’ 같은 단조로운 식감을 지닌 제품이 대부분이었다. 이로 인해 기존 제품은 고기 본연의 맛과 풍미를 구현하지 못해 상용화에 큰 걸림돌이 되어 왔다.
- 마블링이 살아있는 고기 구조를 구현하는 것은 배양육 연구 분야에서 가장 큰 난제 중 하나였다. 근육세포와 지방세포를 정교하게 공존시키기 위해 ‘3D 바이오프린팅’ 기술이 주로 활용되어 왔으나, 이 방식은 장비 의존도와 공정 복잡도가 높아 생산 비용 상승, 대면적 구현의 한계, 대량생산의 어려움이 큰 단점으로 지적되어 왔다.
- 이에 연구팀은 생리적 조건(37℃, 수분, 영양분 등)에서도 스스로 복원되는 ‘자가치유 고분자 스캐폴드’를 개발했다. 이 스캐폴드는 원하는 모양으로 자유롭게 형상화할 수 있으며, 각 구조에 근육 또는 지방 세포를 별도로 배양한 뒤, 레고 블록처럼 조립하는 방식으로

마블링 조직을 손쉽게 구현할 수 있다.

- 이는 복잡한 인쇄나 접착 공정 없이도 자연스러운 계면 형성과 고정 가능성이 가능하며, 센티미터급의 대형 조직 제작이나 모듈화된 대량생산에도 유리한 구조로, 배양육 상용화를 위한 생산 효율을 크게 높일 수 있는 기술이다.

- 해당 지지체는 보로닉산 작용기를 화학적으로 도입한 키토산(ChsB(OH))과 폴리비닐알코올(PVA) 간의 상호작용으로 구성된 이중 네트워크 구조를 가진다. 이러한 동적 결합은 중성 pH에서도 자가치유 기능을 가능하게 하며, 조직화된 세포 구조의 안정적인 접합을 유도한다.

- 놀라운 점은 ‘마블링’-소위 말하는 고기결 모양’을 실제로 재현할 수 있다는 것이다.

- 고기 특유의 씹는 맛과 육즙은 근육과 지방이 불규칙적으로 배치된 구조에서 비롯되는데, 연구팀의 스캐폴드는 이런 복잡한 구조를 모사할 수 있을 정도로 높은 세포 정렬성과 조직 안정성을 보여주었다. 실험에서는 실제 고기의 마블링에 근접한 조직이 형성된 것을 확인했다.

- 더 나아가, 이 기술은 산업 현장에서도 실현 가능성이 크다. 연구팀은 기존 배양육 제조 라인에도 적용 가능한 공정을 개발했으며, 스캐폴드 소재는 비교적 저가의 원료로 제조 가능해 대량 생산에도 유리하다. 이는 고기 한 덩이 가격이 수십만 원에 이르던 초기 배양육의 상용화 장벽을 크게 낮춰줄 것으로 기대된다.

- 연구팀은 “진짜 고기의 조직감과 맛을 구현하려면, 단순히 세포를 키우는 것을 넘어 복잡한 조직 구조를 재현할 수 있어야 한다”며 “자가치유형 스캐폴드는 바로 그 열쇠가 될 수 있다”고 밝혔다.

- 해당 스캐폴드는 기존 석유계 고분자가 아닌, 바이오매스 유래 천연 고분자인 키토산으로부터 제조할 수 있다. 특히, 향후 리그노셀룰로오스에서 유래된 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 기반 다가 알코올

고분자를 활용할 경우, 유사한 자가치유성과 역학적 특성을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

- 특히, 이번에 개발된 자가치유 지지체는 배양육을 넘어, 동물실험을 대체하는 오가노이드(organoid) 또는 다세포 구조를 조립하는 어셈블로이드(assembloid) 분야에도 응용이 가능하다.

세포를 원하는 위치에 정밀하게 배치하고, 손쉽게 구조화할 수 있다는 점에서, 뇌, 간, 장기 등의 모델 조직 제작, 정밀 약물 반응 평가, 조직 재생 모델링 등에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 더 나아가, 세포 기반 바이오센서 플랫폼, 조직 간 인터페이스를 갖는 칩 기반 질환모델 (organ-on-a-chip) 등에도 적용이 가능해, 다양한 생명과학 및 의료연구의 도약을 이끄는 기반 기술로서의 확장성도 높다.

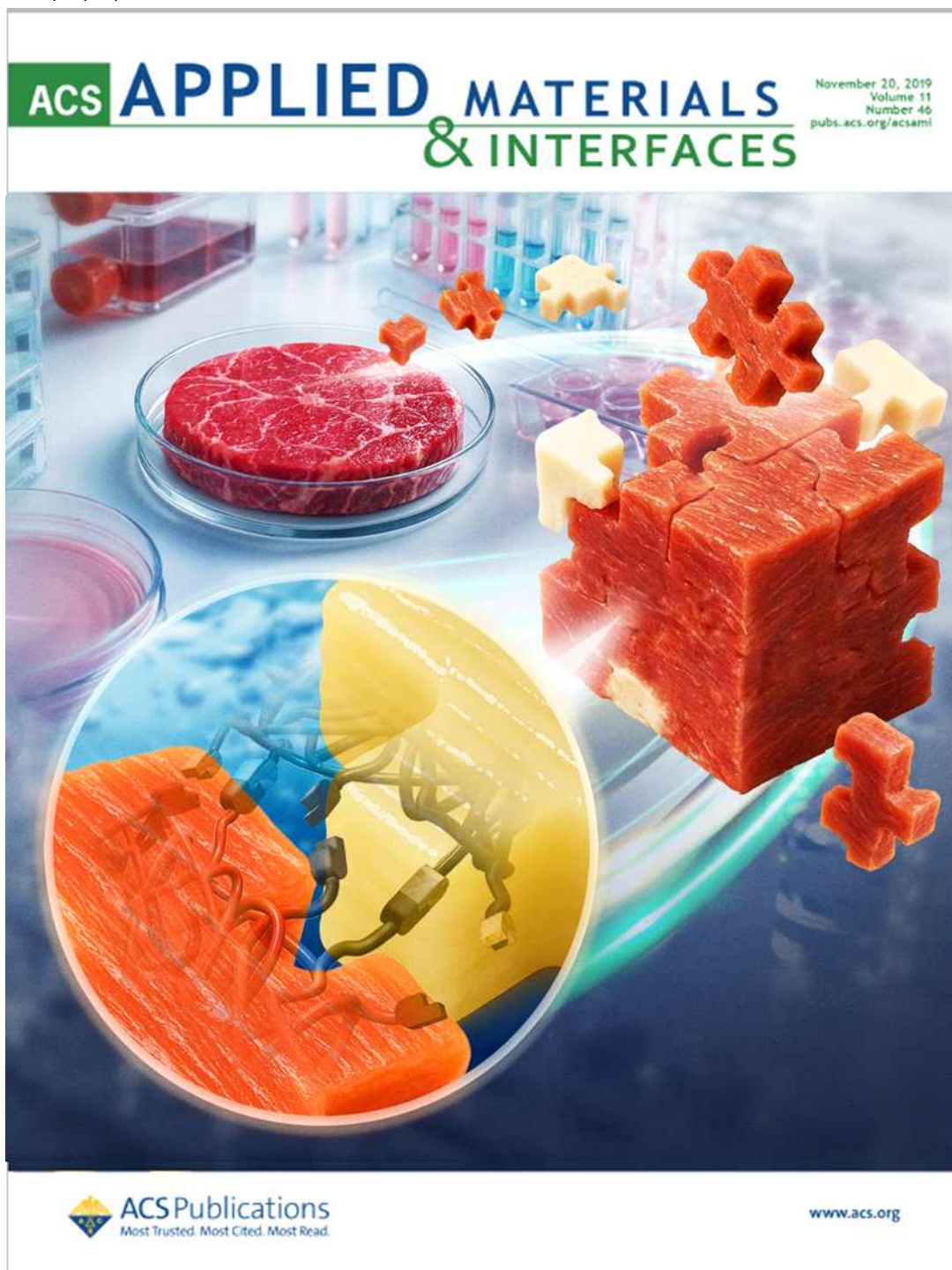
- 이번 연구는 한국연구재단의 나노 및 소재기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 미국화학회(ACS)에서 발간하는 세계적 학술지 ACS Applied Materials & Interfaces 2025년 6월호에 서포팅 표지논문으로 게재되었다.

※ 논문 주요 사항

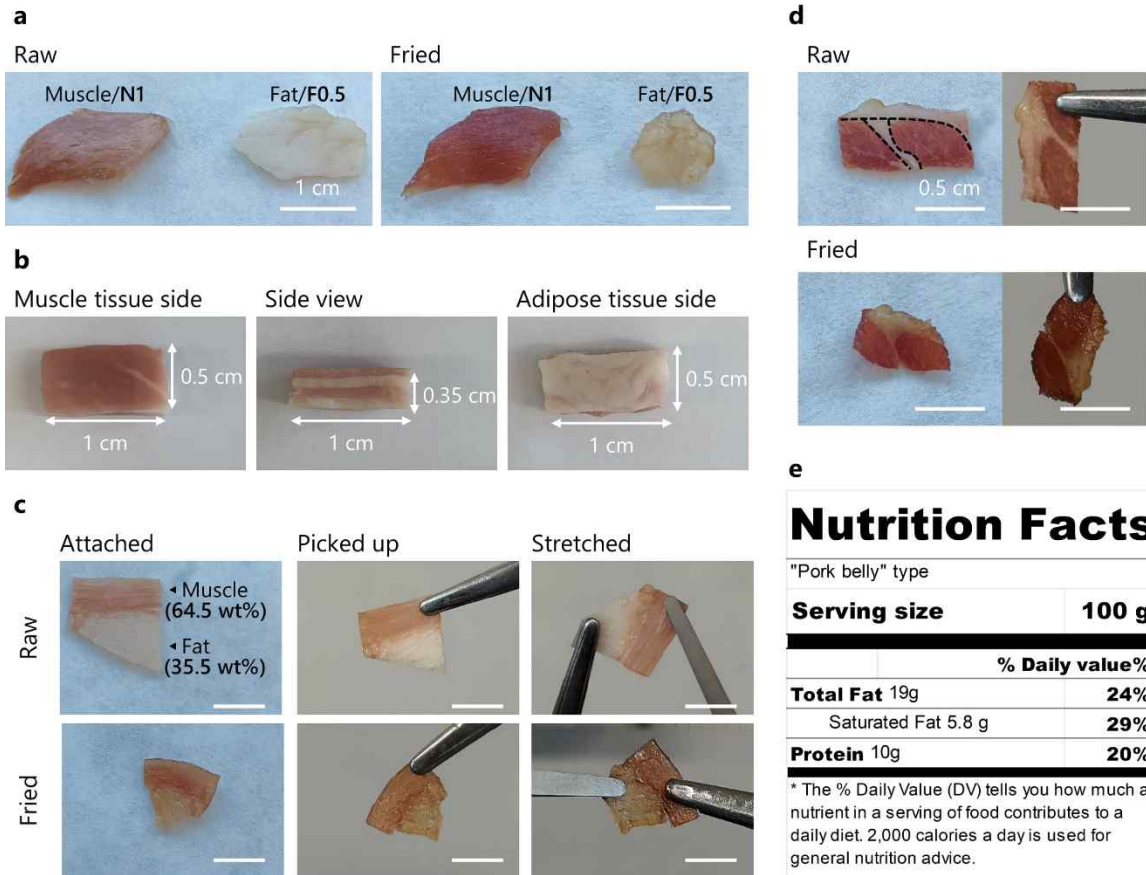
2025.6.XX. 서포팅 표지 논문 채택 (온라인 2025.5.3개 재)	<ul style="list-style-type: none">○ 저널명 : ACS Applied Materials & Interfaces○ 논문명(영문): Self-Healing Scaffolding Technology with Strong, Reversible Interactions under Physiological Conditions for Engineering Marbled Cultured Meat○ 논문명(국문): 생리학적 조건 하에서 스스로 회복되는 강력하고 가역적인 상호작용 지지체를 활용한 마블링 배양육 제조 기술○ 저자 정보 : Lam Tan Hao 박사후연구원 (1저자, 화학연), 박제영 교수 (교신저자, 서강대), 김효정 선임연구원 (교신저자, 화학연), 오동엽 교수 (교신저자, 인하대)○ DOI : https://doi.org/10.1021/acsami.5c03479
---	--

연구 관련 이미지 및 사진

□ [그림 1] ACS Applied Materials & Interfaces 2025년 6월호 서포팅 표지 논문 이미지

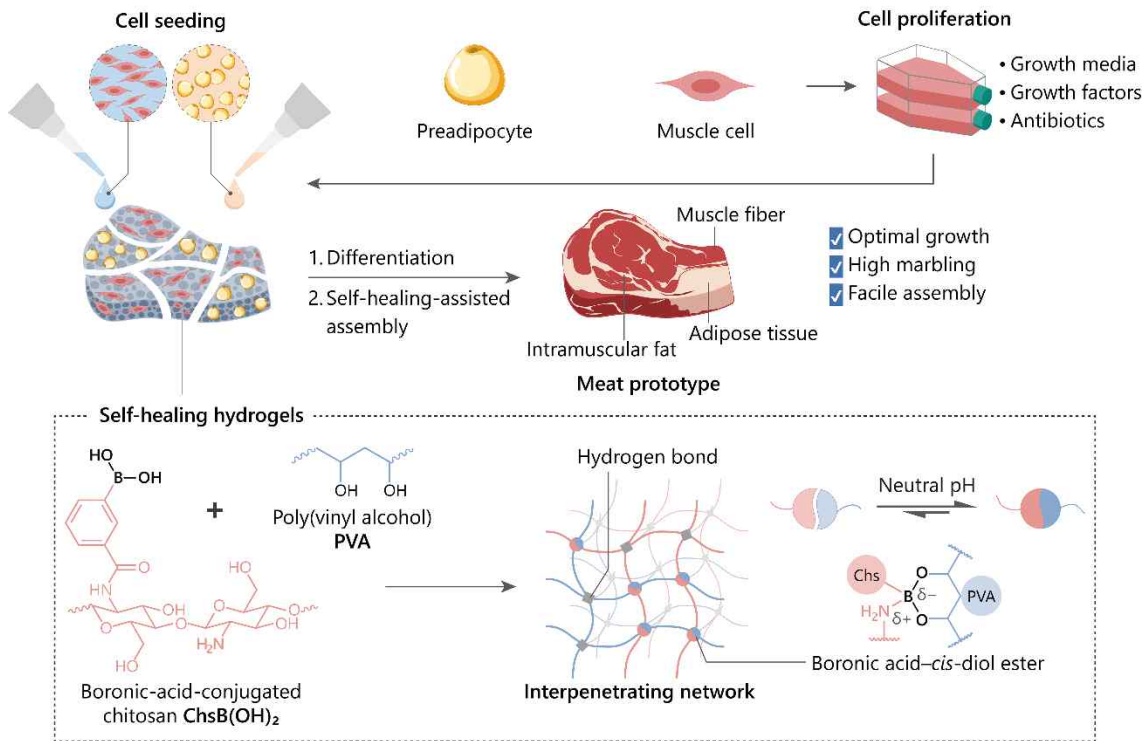


□ [그림 2] 자가치유형 지지체로부터 배양한 근육, 지방 세포 및 ‘마블링’ 배양육 제조 결과물

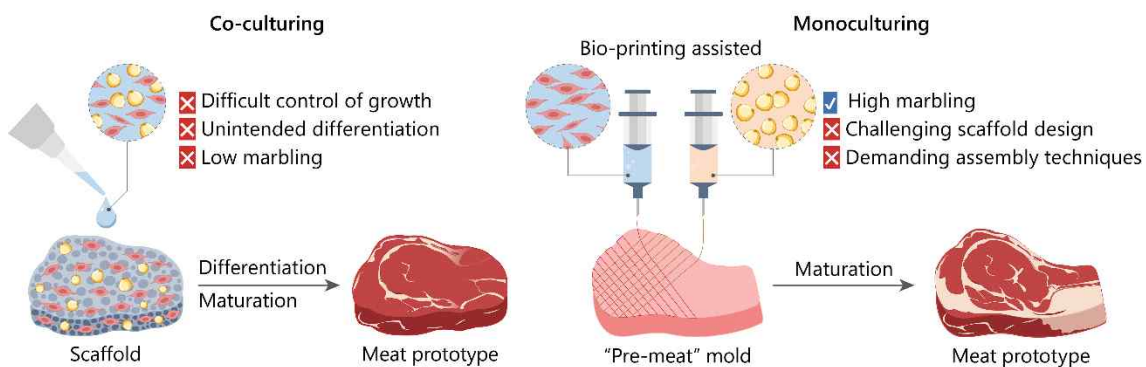


□ [그림 3] 자가치유형 지지체로부터 ‘마블링’ 배양육 제조 방법 소개 및 기존 공동배양(co-culture) 및 단독배양(monoculture) 방식의 단점 비교

a. New Technology: Self-Healing Scaffolding Monoculturing



b. Existing Technologies



□ [그림 4] 제조 배양육과 튀긴 후 형태 변화 관찰

(동영상 URL:

https://pubs.acs.org/doi/suppl/10.1021/acsami.5c03479/suppl_file/am5c03479_si_004.mp4)

