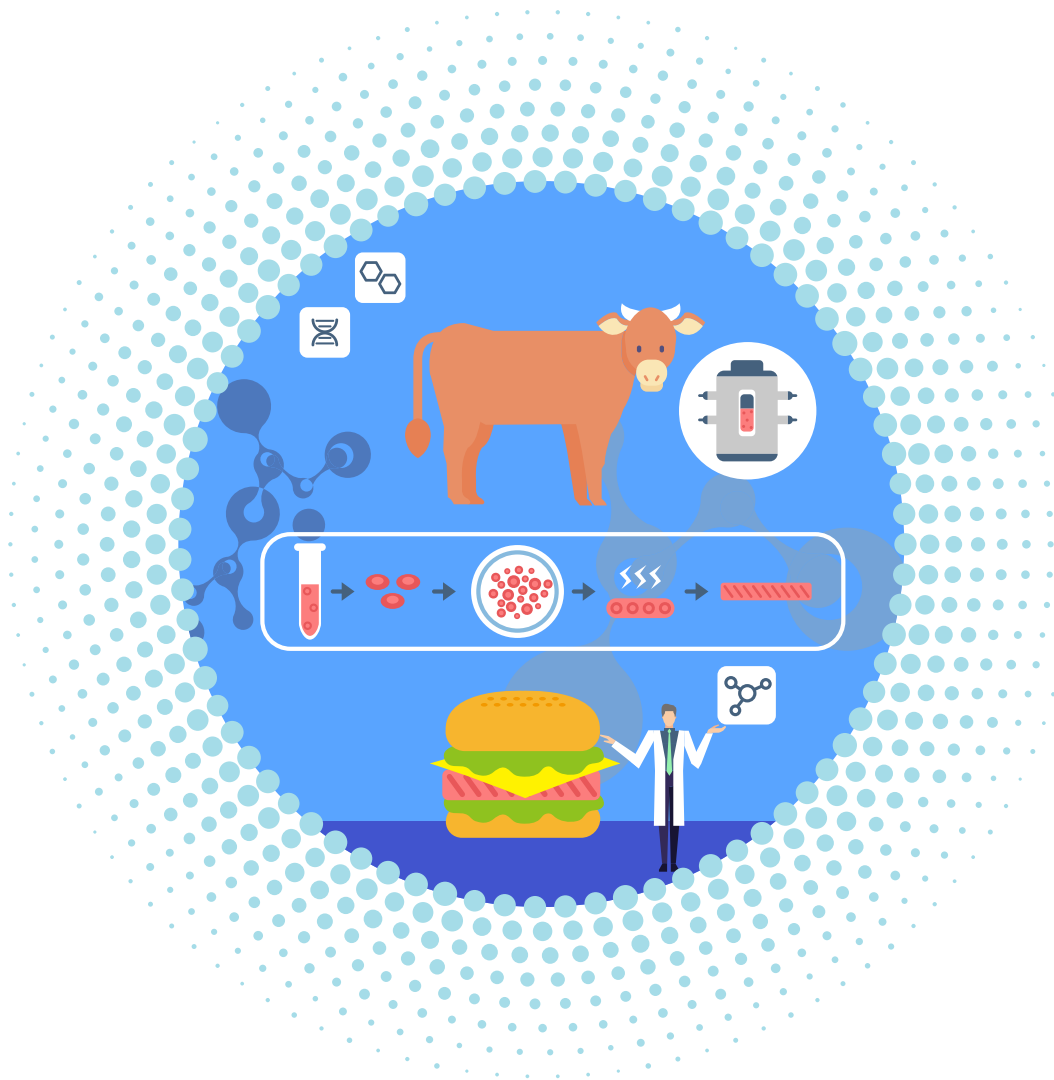


제188회 한림원탁토론회

배양육, 미래의 먹거리일까?

일시 : 2021년 6월 17일(목), 15:30

(한국과학기술한림원 유튜브 채널에서 실시간 생중계)



초대의 말씀

지난해 12월, 싱가포르에서는 실험실에서 인공 배양을 통해 만든 ‘배양육’제품 판매를 세계 최초로 승인하여 큰 화제가 되었습니다. 배양육은 동물의 줄기세포를 배양해서 만든 인공육으로, 동물복지에 대한 관심증가, 식량안보에 대한 세계적 관심 증대 등으로 인해 관련 기술과 산업의 꾸준한 성장이 진행되어오고 있습니다. 특히 지구온난화 등 환경문제에 대한 국제 사회의 관심이 급격히 증대되면서 환경문제 측면에서도 육류를 대체하기 위한 수단으로 큰 주목을 받고 있습니다.

그러나 배양육은 생산과정에서 많은 시간과 큰 비용이 소요되고, 배양육 섭취가 건강에 미치는 영향 문제에 대해서도 완벽히 해소되지 못한 상황이며, 이를 상용화하기 위해서는 넘어야 할 과제가 많습니다. 하지만 전 세계적으로 환경문제에 대한 관심과 해결 노력이 증대되고 있는 가운데 배양육 관련 기술 개발과 관련 산업 분야 성장은 점차 가속화될 것으로 보이며, 인류의 먹거리 문제 해결을 위한 중요한 수단으로 대두되고 있습니다.

이에, 한국과학기술한림원에서는 식품산업 트렌드 변화에 우리나라가 선제적으로 대응하기 위한 전략을 모색하기 위해 관련 분야 전문가를 모시고 배양육의 기술적·제도적 환경과 한계를 알아보고 미래 전망에 대해 논의하고자 합니다. 바쁘시더라도 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

2021년 6월
한국과학기술한림원

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고 국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.

사회: 권대영 한국과학기술한림원 농수산학부장

시간	구분	내용
15:30~15:35 (5분)	개 회	개 회 사 : 한민구 한국과학기술한림원 원장
15:35~15:55 (20분)	주제발표 1	미래의 단백질, 배양육의 현황과 전망 조철훈 서울대학교 식품·동물생명공학부 교수
15:55~16:15 (20분)	주제발표 2	배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용 배호재 건국대학교 줄기세포재생공학과 교수
16:15~17:00 (45분)	지정 토론	
	좌 장	최윤재 서울대학교 식품·동물생명공학부 명예교수
	토론자	이창규 서울대학교 식품·동물생명공학부 교수 이승호 축산관련단체협의회 회장 윤 명 소비자시민모임 사무총장 노수현 농림축산식품부 식품산업정책관 강대진 식품의약품안전처 식품기준기획관
17:00~17:30 (30분)	자유토론	
17:30	폐 회	

※ 본 토론회에서 논의된 내용은 한국과학기술한림원의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

사회자 및 발표자 약력

사회



권대영

한국과학기술한림원 농수산학부장

- 호서대학교 교수
- 前 한국식품연구원 원장
- 前 한국영양과학회 부회장

좌장



최윤재

서울대학교 식품·동물생명공학부 명예교수

- 축산 바로알리기 연구회 회장
- 농협중앙회 (사)나눔축산운동본부 이사
- 남북한 축산진흥연구소 소장

주제발표자



조철훈

서울대학교 식품·동물생명공학부 교수

- 서울대학교 농생명공학부장
- 한국축산식품학회 운영위원장
- 식품의약품안전처 축산물위생심의위원



배호재

건국대학교 줄기세포재생공학과 교수

- 한국차세대과학기술한림원(Y-KAST) 회원(농수산학부)
- Harvard Medical School, Brigham and Women's Hospital, Department of Medicine, Associate Bioengineer/Instructor

패널 약력

토론자



이창규

서울대학교 식품·동물생명공학부 교수

- 서울대학교 농생명과학공동기기원 원장
- 한국동물생명공학회 회장
- 한국발생생물학회 부회장



이승호

축산관련단체협의회 회장

- 한국농축산연합회 부회장
- 한국낙농육우협회 회장
- 우유자조금관리위원회 위원장



윤 명

소비자시민모임 사무총장

- 식품안전정책위원회 위원
- 식품위생심의위원회 위원
- 대통령직속 농어업농어촌특별위원회 농식품분과위원



노수현

농림축산식품부 식품산업정책관

- 前 국립농산물품질관리원장
- 前 농촌진흥청 기술협력국장
- 前 농림축산검역본부 식품검역부장



강대진

식품의약품안전처 식품기준기획관

I

주제발표

주제발표 1 미래의 단백질, 배양육의 현황과 전망

- 조철훈 서울대학교 식품·동물생명공학부 교수

주제발표 2 배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

- 배호재 건국대학교 줄기세포재생공학과 교수

주제발표 1 미래의 단백질, 배양육의 현황과 전망

조 철 훈

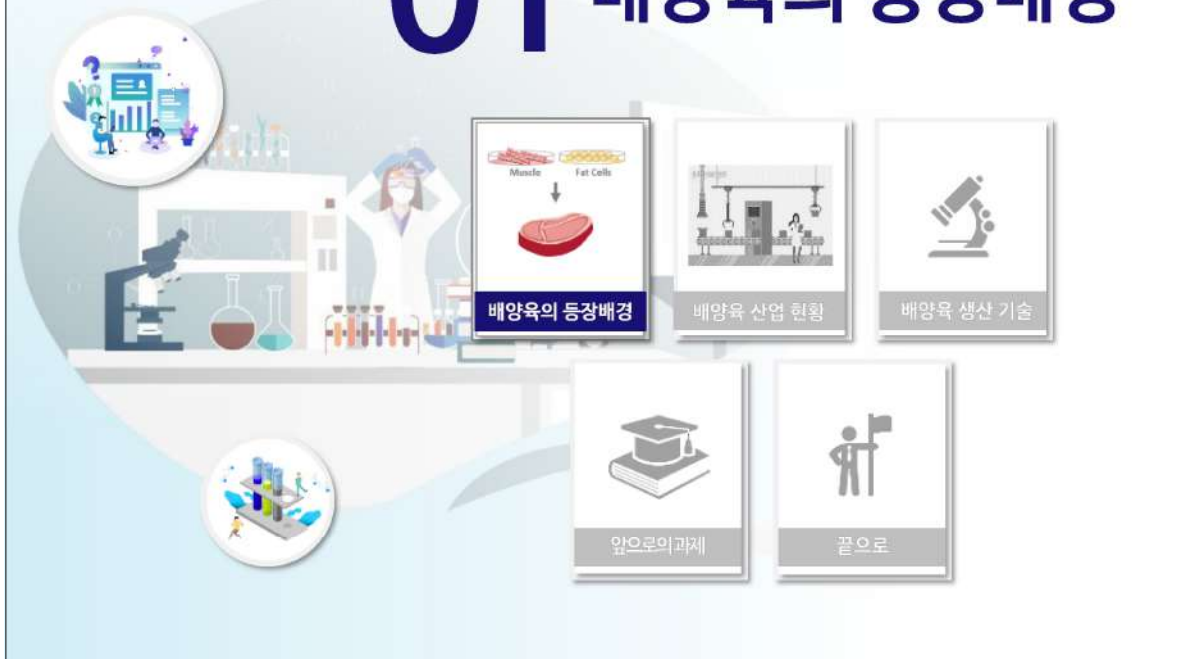
서울대학교 식품·동물생명공학부 교수

미래의 단백질 배양육의 현황과 전망

서울대학교 조철훈



01 배양육의 등장배경



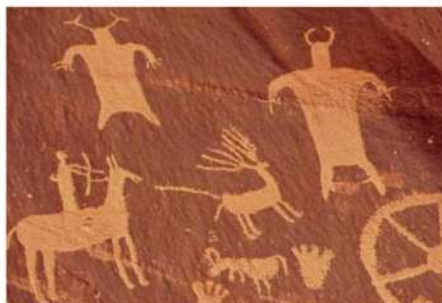
1 배양육의 등장배경 왜 우리는 고기를 먹는가?



고기보다 밀이나 쌀이 풍부한 음식이 본질적으로 더 “자연적”이라고 주장하는 사람은 문화나 자연에 대해 잘 모르는 사람이다.

가축의 사육은 과거의 여러 나라에서 식인풍습을 금지시키고 사랑과 자비의 종교를 발전시키는데 중요한 역할을 하였다.

- Dr. Marvin Harris



- 식육은 인류가 오랜 기간 섭취해온 가장 자연스럽고 일반적인 식량자원
- 신체의 성장과 생존에 필수적인 단백질, 비타민, 미네랄의 주요 공급원

1 배양육의 등장배경 식량 안보와 지속가능성 위기

인구 급증과 식육 소비의 지속 증가로 인한 미래 식량안보 및 지속가능성 문제 대두



IFPRI Insights magazine (2012)



• 세계 식육 수요는 계속 증가 전망 (2050년 현재의 1.7배)

• 식육 소비의 급격한 증가로 인한 식량 안보 및 지속가능성 위기 우려

- 증가하는 축산물의 수요는 기존 축산방식으로는 한계 봉착
- 가축 생산을 위한 자원 소요의 증가로 지속가능성 문제 대두

• 조류 인플루엔자, 아프리카돼지열병과 같은 가축 전염병의 지속적 등장

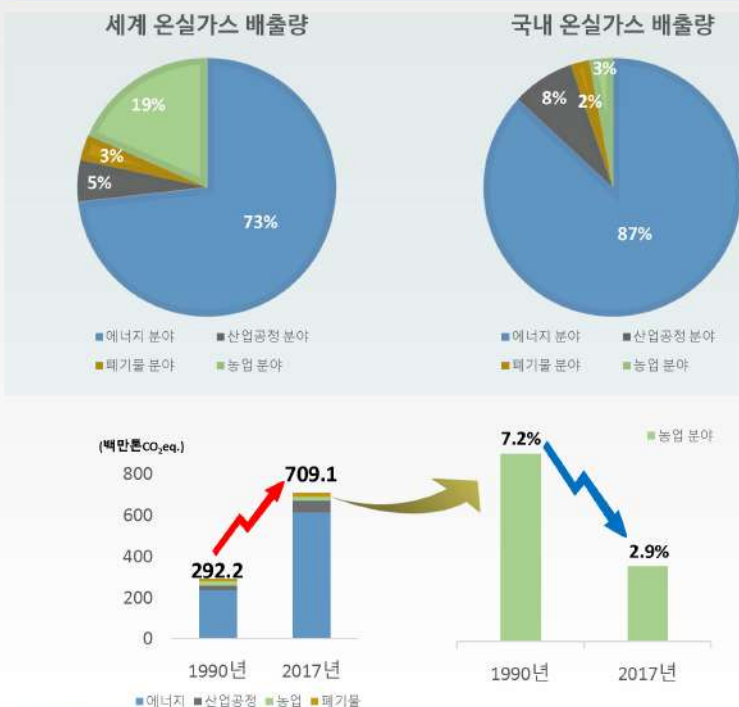
• 동물복지, 식품안전 등 소비자 소비문화의 변화

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

4 / 24

1 배양육의 등장배경 전통 축산과 기후변화?

온실가스 배출량 현황



• 온실가스 배출량에 있어서 축산 분야가 미치는 영향은 다른 분야에 비해 매우 적은 편

• 국내 온실가스 배출량은 지난 1990년에 비해 2017년에 2배 이상 증가함

• 하지만 농업 분야가 차지하는 비율은 2배 이상 감소함

• 농업 분야에서의 온실가스 배출은 적은 편이지만 이를 저감하여 환경문제를 공동으로 해결하는 노력 필요

Climate Watch, the World Resources Institute (2020)
대한민국 정부 (2020)

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

5 / 24

1 배양육의 등장배경 육류 대체식품의 등장

육류 대체식품의 출현



전통 축산이 가지는 불가피한 한계를 극복할 수 있는 대안 필요

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

6 / 24

1 배양육의 등장배경 대체식품의 종류와 특성

대체식품의 종류와 특성

		일반 육류	식물성 대체식품	식용곤충	배양육
정의 및 생산방법	-	전통적인 가축의 사육을 통한 식육 생산	식물성 단백질 또는 곰팡이를 이용하여 제조	식용 가능한 모든 곤충	조직의 배양을 이용한 식육 생산
지속가능성	자원 사용	많음	매우 적음	적음	매우 적음
	온실가스 배출	높음	감소	감소	감소
영양가	-	변화 없음	높은 단백질 함량	높은 단백질 및 무기질 함량	영양소 함량 조절 가능
안전성	-	검증	검증	검증 진행 중	검증 필요
시장 적용가능성	대량 생산	가능	가능	가능	현재 제한적임 (기술 개발 중)
	가격	상승 중	낮음	보통	매우 높음
동물복지 문제	-	있음	없음	없음	없음
기존 육류 유사도	-	-	다소 낮음	낮음	유사함
한계점	-	미래 식육 수요 충족 불가	맛과 조직감 부족	소비자 혐오감	새로운 것에 대한 두려움

Modified from Bonny *et al.*, (2015) J. Integr. Agric.

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

7 / 24

1 배양육의 등장배경 배양육(cultured meat)이란?

배양육의 정의

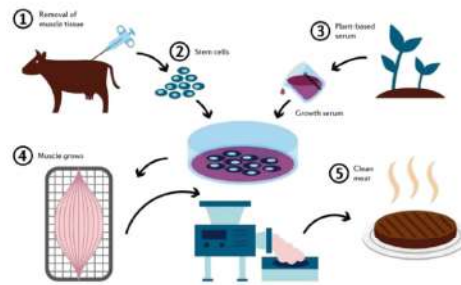
- 동물체로부터 채취한 **근육세포를 증식**하여 생산
- 유일한 동물성 기반 **육류 대체소재** (The cultured muscle-based protein source)
- **In vitro; cultured**; tissue engineered; biofabricated; hydroponic; synthetic; **cell-based food**; bioartificial muscle (BAM); **cultivated meat**

세계 최초의 배양육 패티



출처 : Mosa meat

배양육 생산 원리



<https://www.four-paws.org.au/campaigns-topics/topics/nutrition/clean-meat-and-food-innovation/what-is-clean-meat>

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

8 / 24

1 배양육의 등장배경 배양육의 장점과 개발의 필요성



배양육의 장점

환경보호

자원 및 토지이용률 감소, 온실 가스 및 탄소 발자국 감소, 산림 및 야생 복원

동물복지/안전성

동물복지의 실현, 식중독 및 인수공통 전염병 감소

기능성/편의성

영양·에너지·연령·기능별 맞춤형 식육 생산, 우주식품, 특수 식육 생산

기존 축산과 배양육의 자원사용



<출처> 융합연구정책센터 (2016). 융합연구리뷰
<원출처> Tuomisto (2011) Environ. Sci. Technol. 45:6117



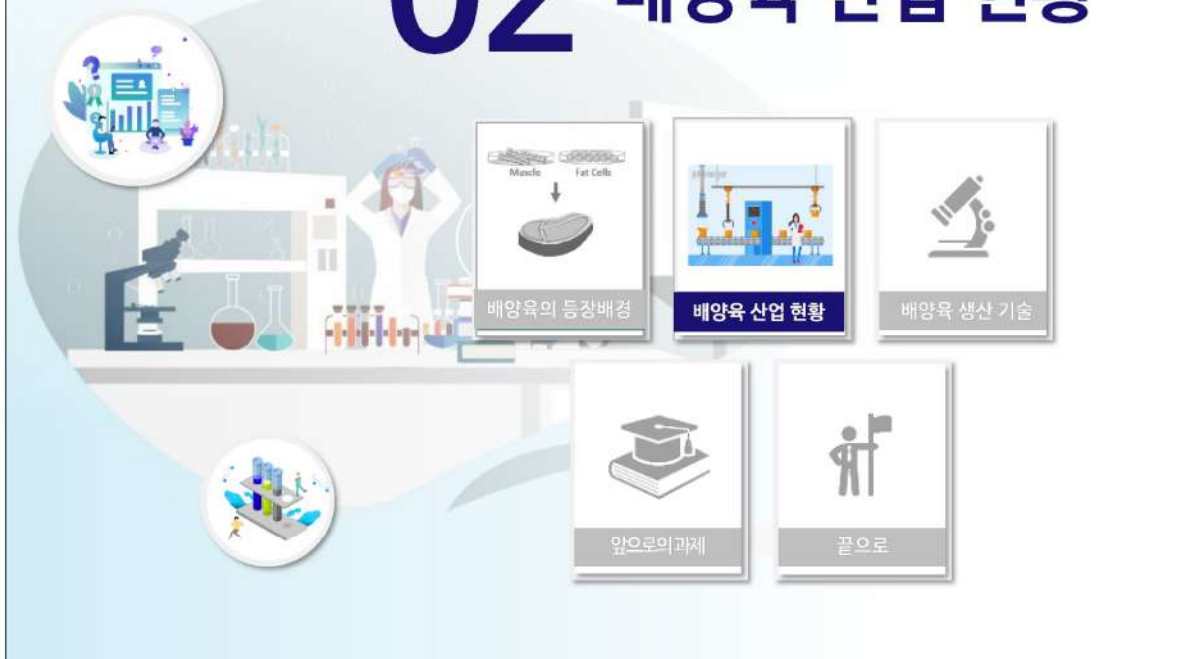
배양육 연구개발의 필요성



미래식육소재 배양육의 현황과 전망

9 / 24

02 배양육 산업 현황



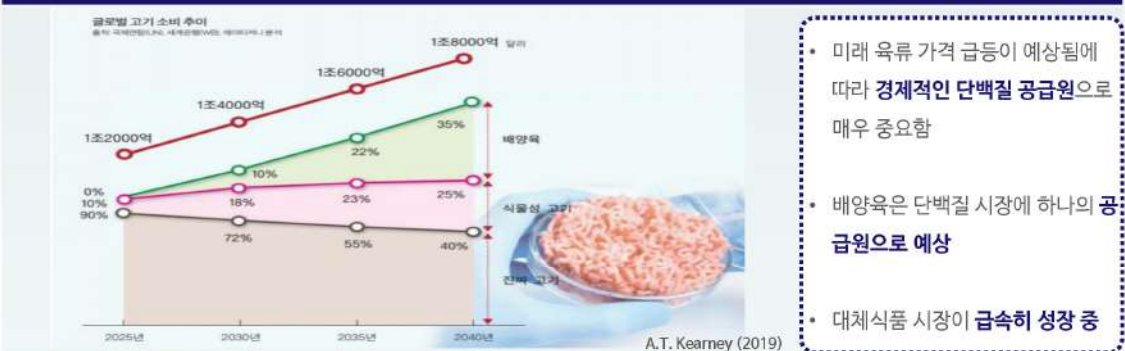
2 배양육 산업 현황 배양육 관련 기업 및 특허 현황

육류 대체식품 관련 연구 기업 및 투자현황

Logos of companies involved in meat alternatives research, including Impossible Foods, Beyond Meat, and others.

- 대중의 관심은 대규모 투자로 이어짐
- Tyson foods, Cargill, PHW group, Google 등 유수 기업이 해당 사업에 투자 중
- 저명한 CEO들도 개인 자본으로 해당 기업을 인수 혹은 투자
- 전 세계에 여러 회사들이 다양한 식육 대체식품들을 연구 개발 중

육류 대체식품 시장 전망



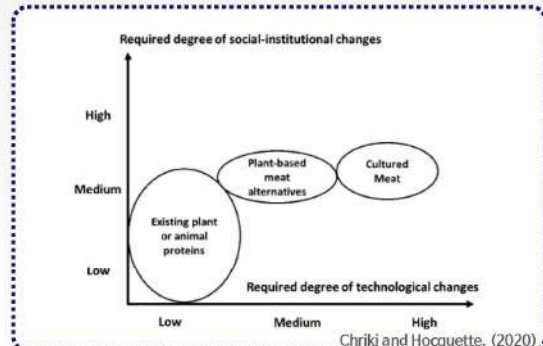
- 미래 육류 가격 급등이 예상됨에 따라 경제적인 단백질 공급원으로 매우 중요함
- 배양육은 단백질 시장에 하나의 공급원으로 예상
- 대체식품 시장이 급속히 성장 중

2 배양육 산업 현황 배양육 관련 기업 및 특허 현황

배양육 관련 기업 증가 현황



배양육 관련 특허 현황



미래식육소재 배양육의 현황과 전망

12 / 24

2 배양육 산업 현황 주요 국가 기업별 시제품 현황



미래식육소재 배양육의 현황과 전망

13 / 24

2 배양육 산업 현황 주요 국가 기업별 시제품 현황

2013



2년의 기간 동안 300,000\$ 사용
(Mark Post 연구팀)

세계 최초 배양육 패티 제조

2017



6개월의 기간 동안 11.36\$의 금액으로 5 oz
(약 142 g) 패티 생산 가능 (Mosa Meat)

The Science Behind Lab-Grown Meat. 2017

2021



Eat Just's ethical chicken has debuted in Singapore—and it tastes just like its farmed counterpart



<https://www.greenqueen.com.hk/eat-just-launches-worlds-first-cultured-meat-home-delivery-foodpanda-singapore/>
<https://vulcanpost.com/742659/eat-just-foodpanda-cultured-meat-delivery-singapore/>

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

14 / 24

03 배양육 생산 기술



3 배양육 생산 기술 체외에서의 근육의 생산

각 체외 근육세포 생산방법의 특징

	근육세포 유도분화	근육세포 교차분화	근육줄기세포 배양
정의	배아줄기세포로부터 근육세포까지 유도분화	유전자 변형을 통한 교차분화	근육줄기세포의 추출 및 배양
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 세포의 영속성 - 동물의 희생 최소화 (동물복지) 	근육세포를 빠르고 쉽게 획득 가능	성체줄기세포로부터 빠른 체외 근육 생산 가능
한계	<ul style="list-style-type: none"> - 장시간 필요 - 다른 세포들의 혼입 	소비자 우려(GMO)	줄기세포 증식의 제한으로 지속적 동물의 희생 필요

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

18 / 24

3 배양육 생산 기술 배양육의 생산 과정

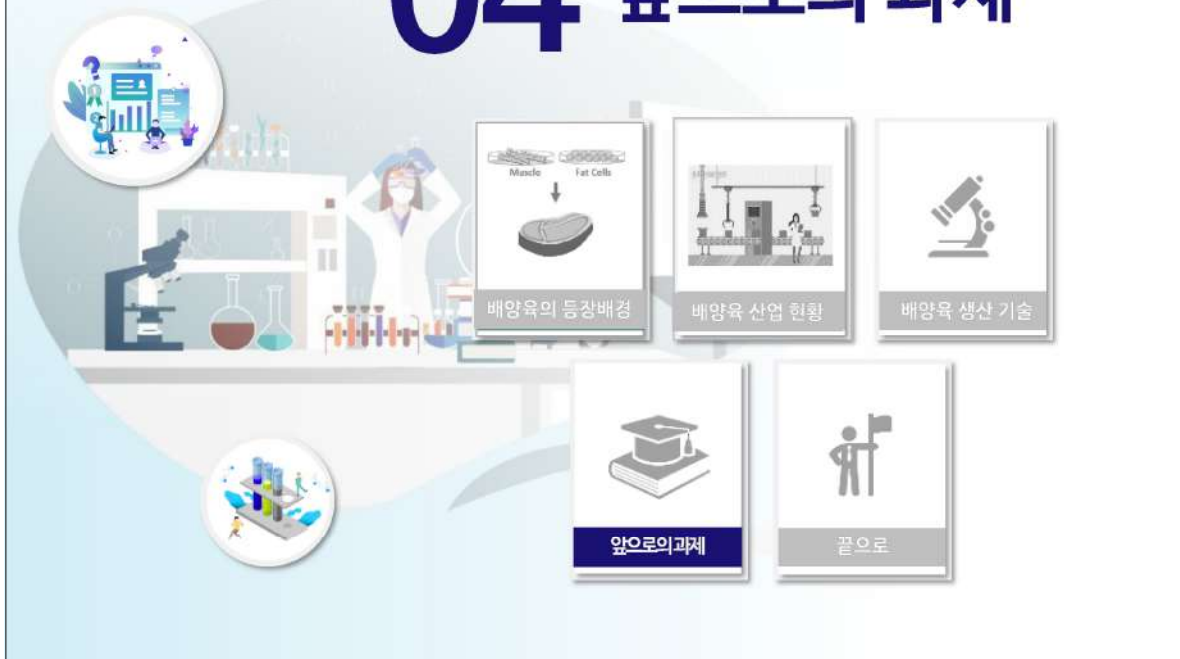


Modified from Choi et al., (2020) CRFSFS

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

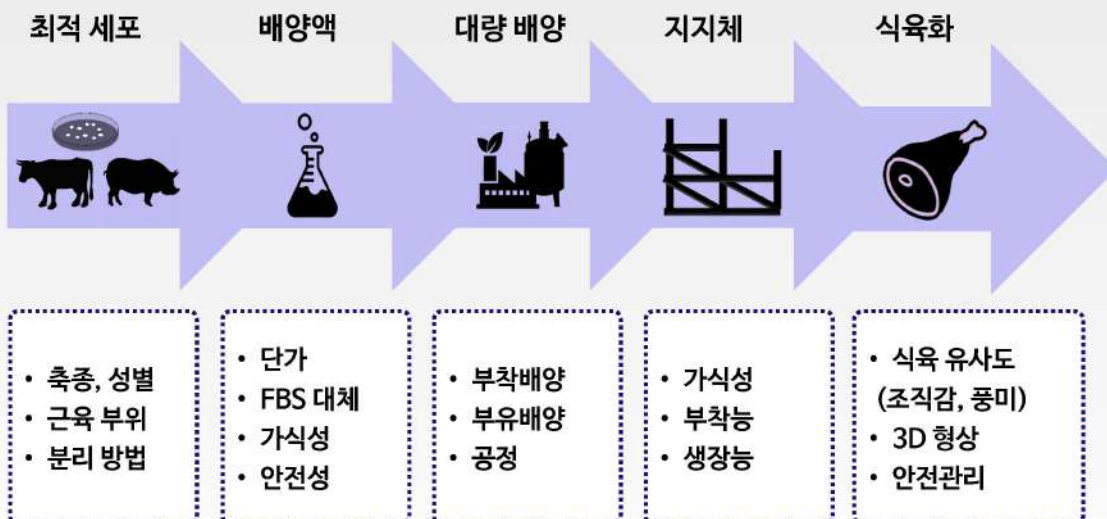
19 / 24

04 앞으로의 과제



4 앞으로의 과제 현재 배양육의 한계

 배양육의 산업화를 위해 극복해야 할 기술적 문제



4 앞으로의 과제 현재 배양육 기술의 한계

풀어야할 제도적 / 사회적 숙제들

Texas Lawmakers Pass Bill Banning 'Beef', 'Chicken' & Other Meat Terms On Plant-Based Labels

Sally Ho Published on May 18, 2021 Last updated May 17, 2021



1 Share

3 Min Read

Legislators in Texas have passed a bill to ban terms such as "meat" and "beef" on the labels of plant-based food products, a law supported by big meat-funded groups to stem the rising popularity of alternative proteins. The bill will also apply to cell-based meat products and insect protein.

Texas lawmakers have approved House Bill 216, which will restrict the use of terms such as "meat", "beef" and "chicken" on plant-based food labeling in order to prevent brands from "misleading" consumers. The new law defines these terms as "any edible portion of a formerly live and whole cattle [or] chicken carcass, not derived by synthetic or artificial means".

<출처> <https://www.greenqueen.com.hk/texas-lawmakers-pass-bill-banning-beef-chicken-other-meat-terms-on-plant-based-labels/>

- 안전성 확보
- 안전관리 가이드라인, 법률 및 제도적 개선
- 명명, 표기법 등 사회적 합의
- 소비자 정보 제공방법/수용성 증진 및 인식제고



Modified from Rolland et al. (2020) PloS ONE

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

22 / 24

05 끝으로



배양육의 등장배경

배양육 산업 현황

배양육 생산 기술



앞으로의 과제



끝으로

5. 끝으로 배양육의 장점과 개발의 필요성



Lee *et al.* (2020) AJAS

미래식육소재 배양육의 현황과 전망

24 / 24



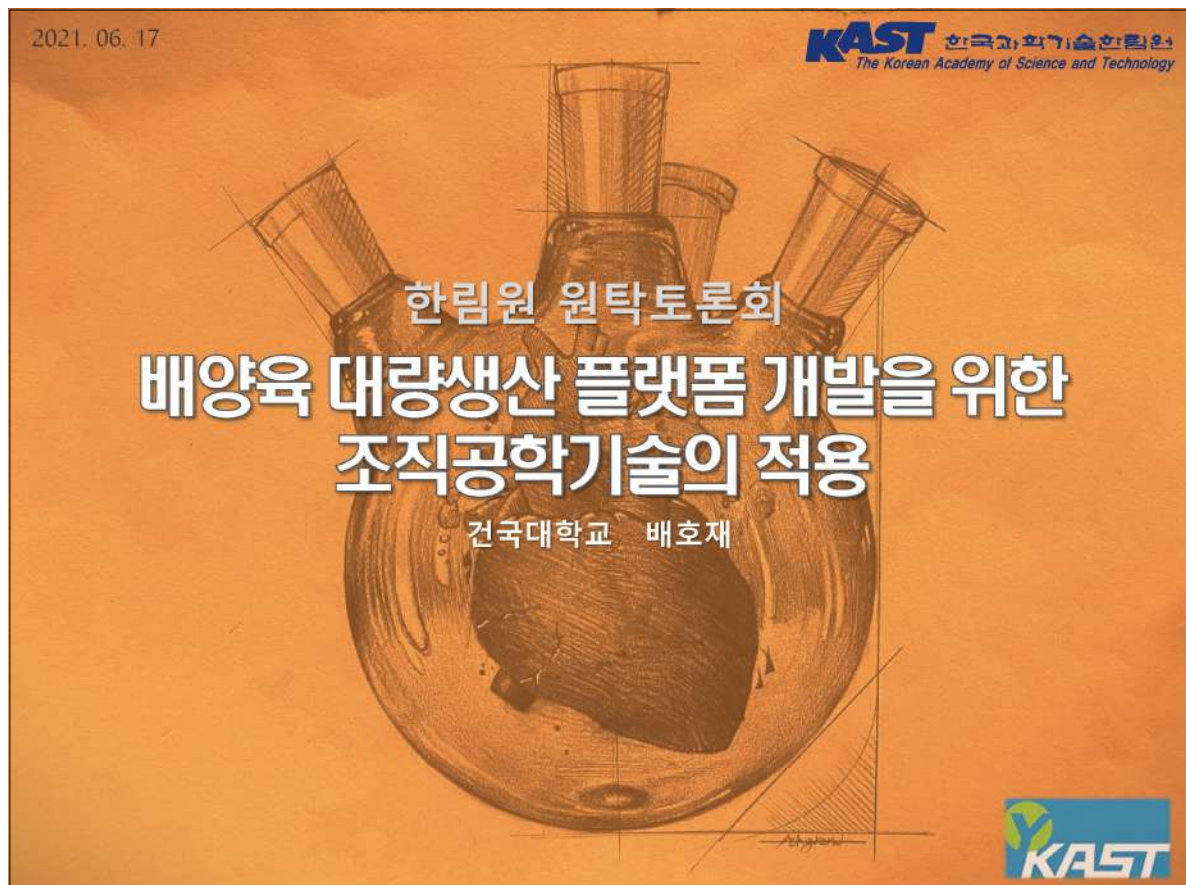
경청해주셔서 감사합니다

주제발표 2

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

배 호 재

건국대학교 줄기세포재생공학과 교수



CONTENTS

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

I. 조직공학(Tissue Engineering)이란?

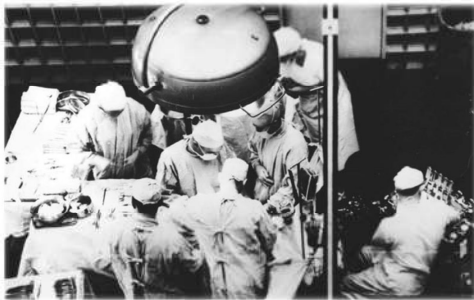
II. 배양육과 지지체의 필요성

III. 배양육 목적 지지체 적용 현황

IV. 향후 발전 방향

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

조직공학(Tissue Engineering)이란?



Heart transplant for girl, 6



Waiting list candidates >123,000
18 people will die each day waiting for an organ

Joseph Murray, MD, leads the first successful human organ transplant (kidney) in 1954, at Brigham Hospital, Boston (BWH)

Kidney offers for lottery winner

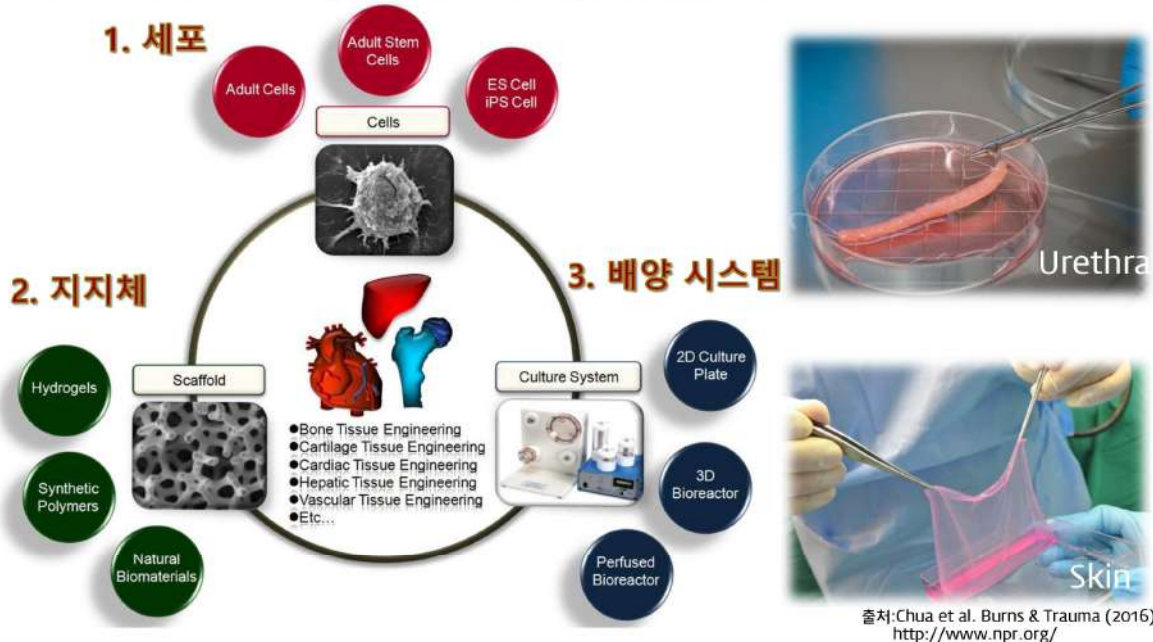


출처: <http://www.unos.org/>

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

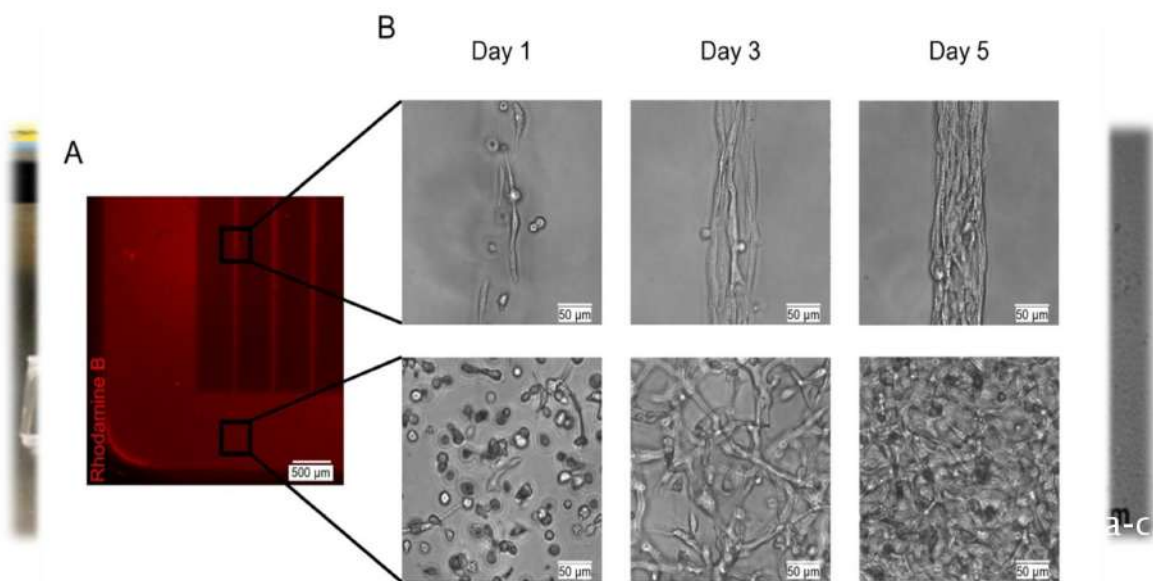
조직공학(Tissue Engineering)이란?

Traditional Tissue Engineering – 조직 배양의 3대 요소



배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

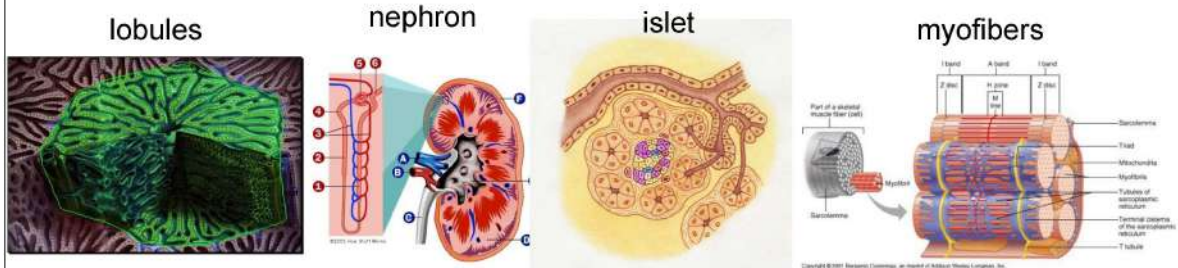
삼차원구조의중요성



출처: Bhise et al. Biofabrication (2016) 014

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

Tissue Microarchitecture



Living tissues are usually constituted by **smaller repeating units**, containing different cell types, in a well-defined **3D architectures**.

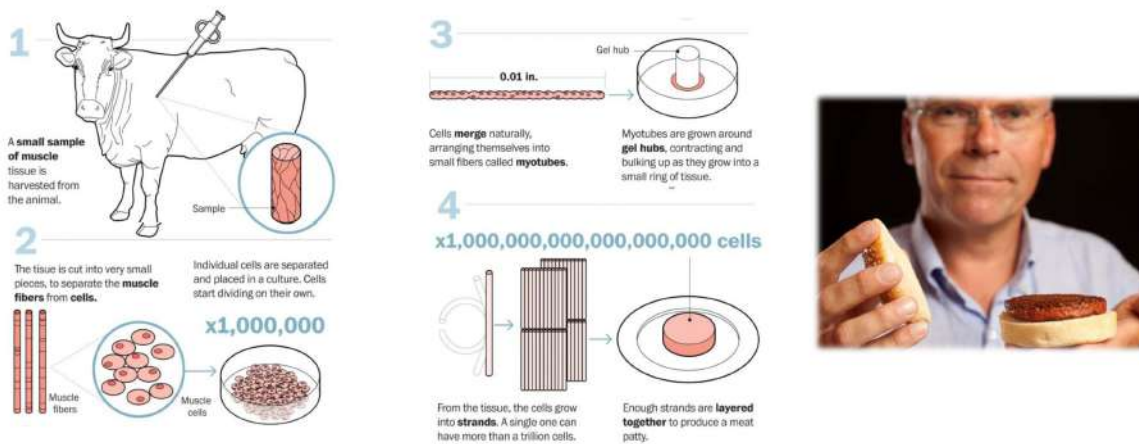
Challenge

Mimic the complexity of native tissue architecture such as repeating tissue units with well-defined **3D architecture**, and synergistic interactions of multiple cell type.

출처: Nat Rev Mol Cell Bio (2006) 7:211

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

Mark Post 연구팀: 세계 최초 배양육 패티



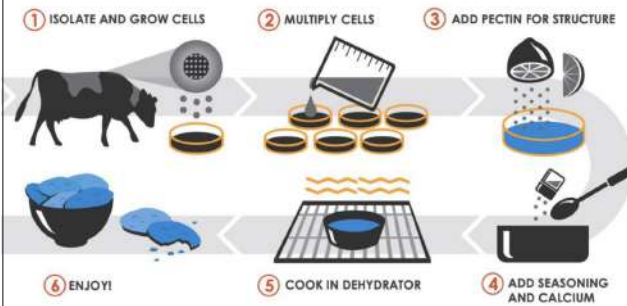
햄버거, 핫도그, 미트볼, 치킨너겟 같은 다진 고기 외에
티본스테이크처럼 두꺼운 조각으로 만들어진 배양육은 구현하지 못함.

출처: Environmental Impacts of Cultured Meat Production

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

Modern Meadow: 스테이크칩

How do we grow cultured steak chips?



티본스테이크처럼 두껍게 만들면 근육조직으로 **영양소를 운반해줄 혈관이** 없어서 배양 중에 영양소를 공급받지 못하는 **안쪽 세포들은** 살아남지 못함.

출처: Environmental Impacts of Cultured Meat Production

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

배양육과 지지체의 필요성



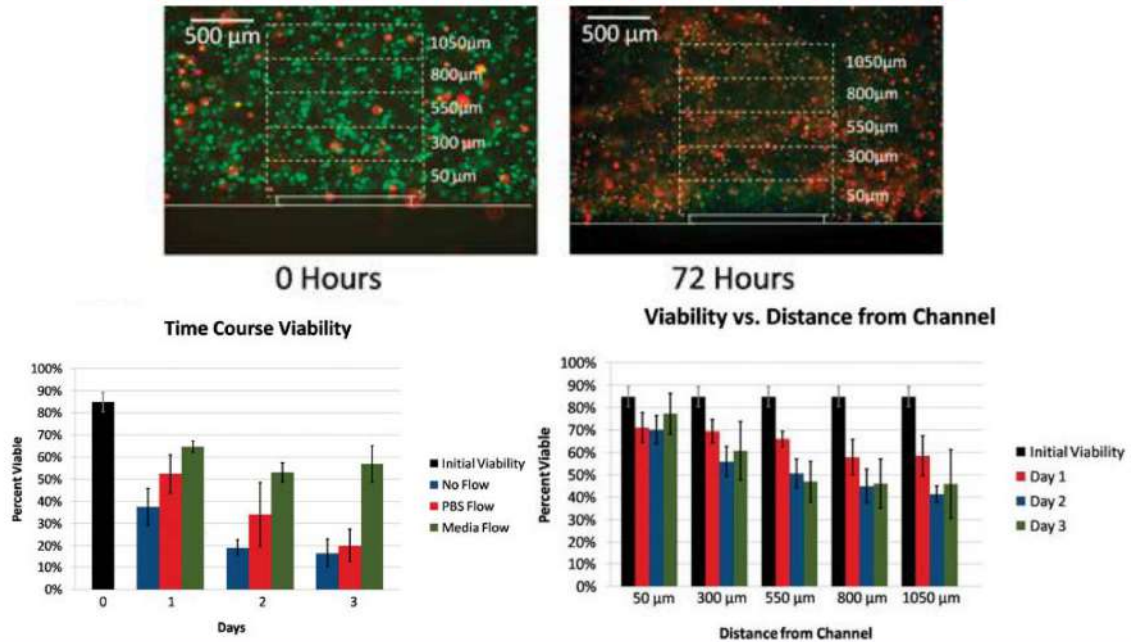
-Edelman et al. Tissue Engineering (2005)

출처: Shin et al. ACS Nano (2013); Nichol et al. Biomaterials (2010); Manuel Schmidt et al. Cellular and Molecular Life Sciences (2019); Aubin et al. Biomaterials (2010)

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

배양육과 지지체의 필요성

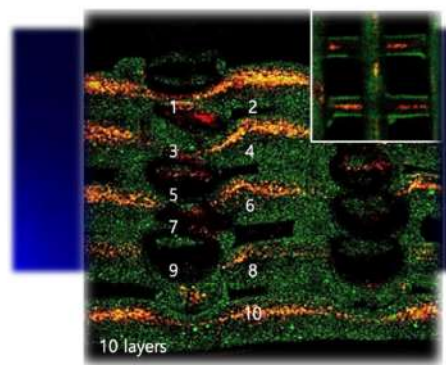
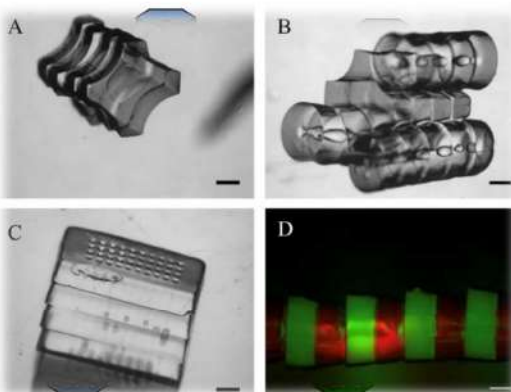
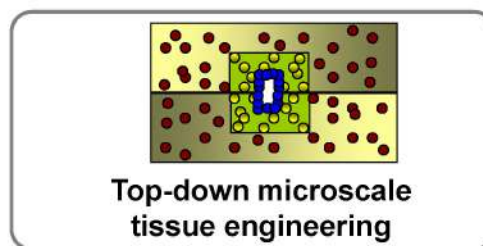
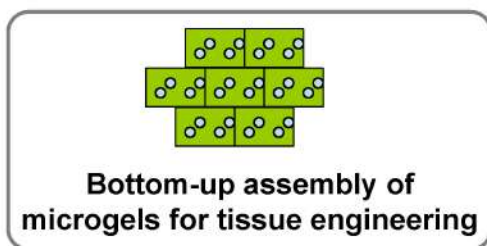
Cells in close proximity of microchannels remain viable



출처: Ling et al. Lab on a Chip (2007)

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

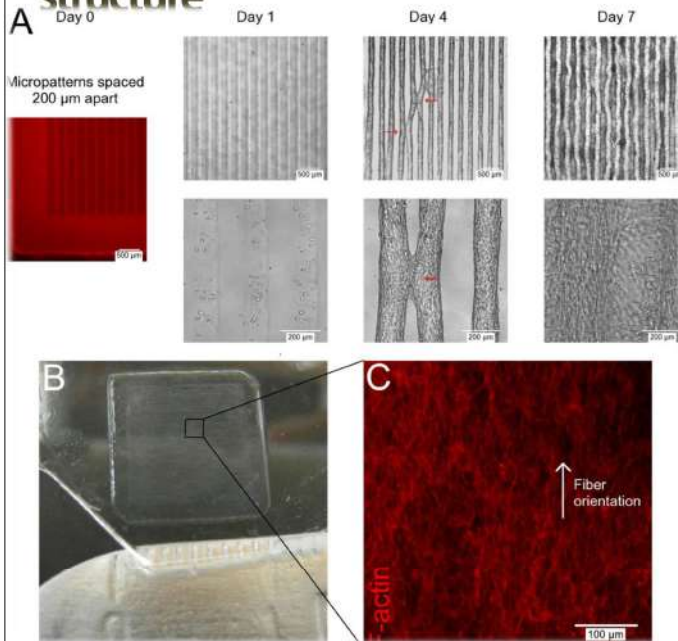
조직공학기술의 장점 활용



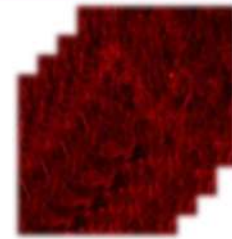
Lab Chip, 2014, 14, 2202-2211; Biofabrication, 2014, 6(2), 024105; Small, 2010, 6, 937-944; PNAS, 2008

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

Aligned myofiber-like structure



Layer-by-Layer (LbL) Approach



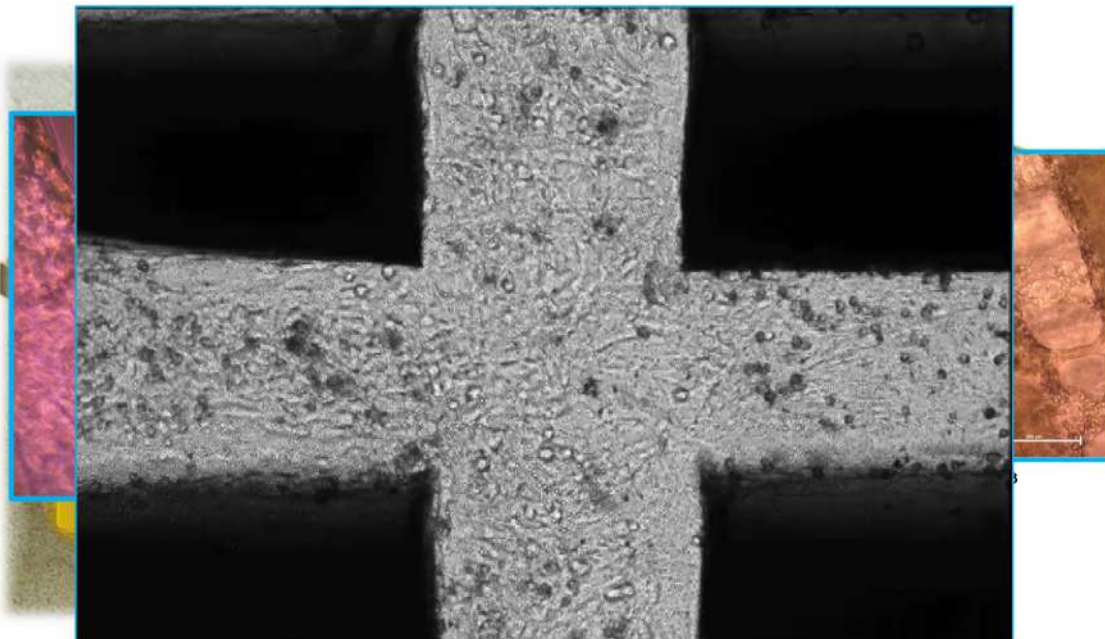
LbL 방법을 통한 모사조직 제작

- 시간이 많이 소요됨
- 제작단가가 높음
- 대량생산이 어려움

출처: Aubin et al. Biomaterials (2010)

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

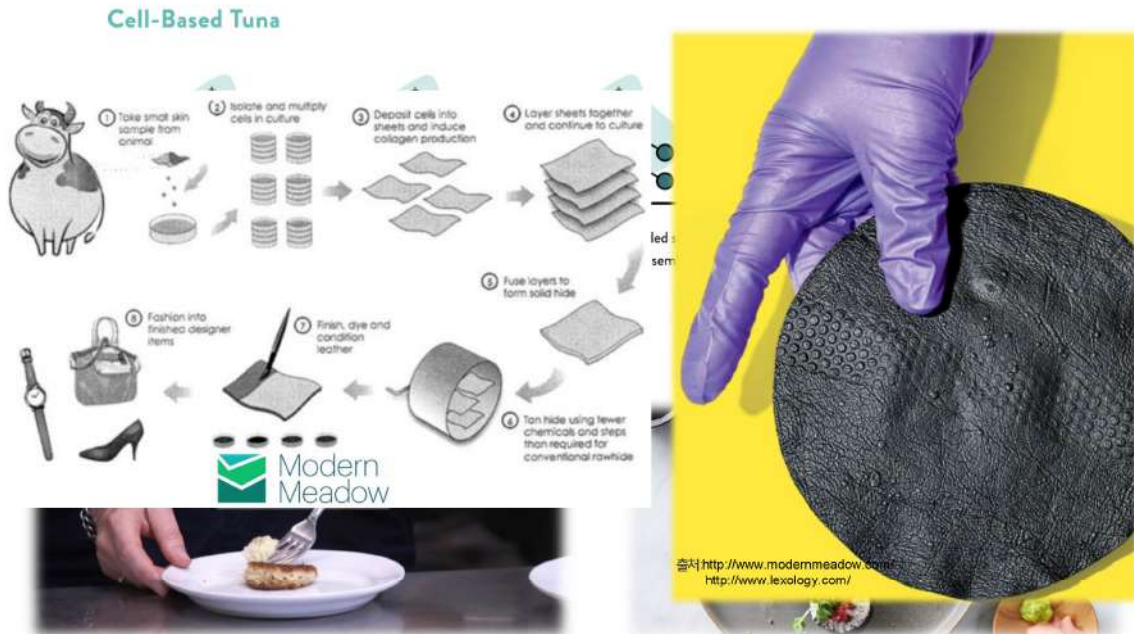
3D 바이오프린팅 기반 지지체 제작 기술



출처: Shin et al. Advanced Functional Materials (2010)

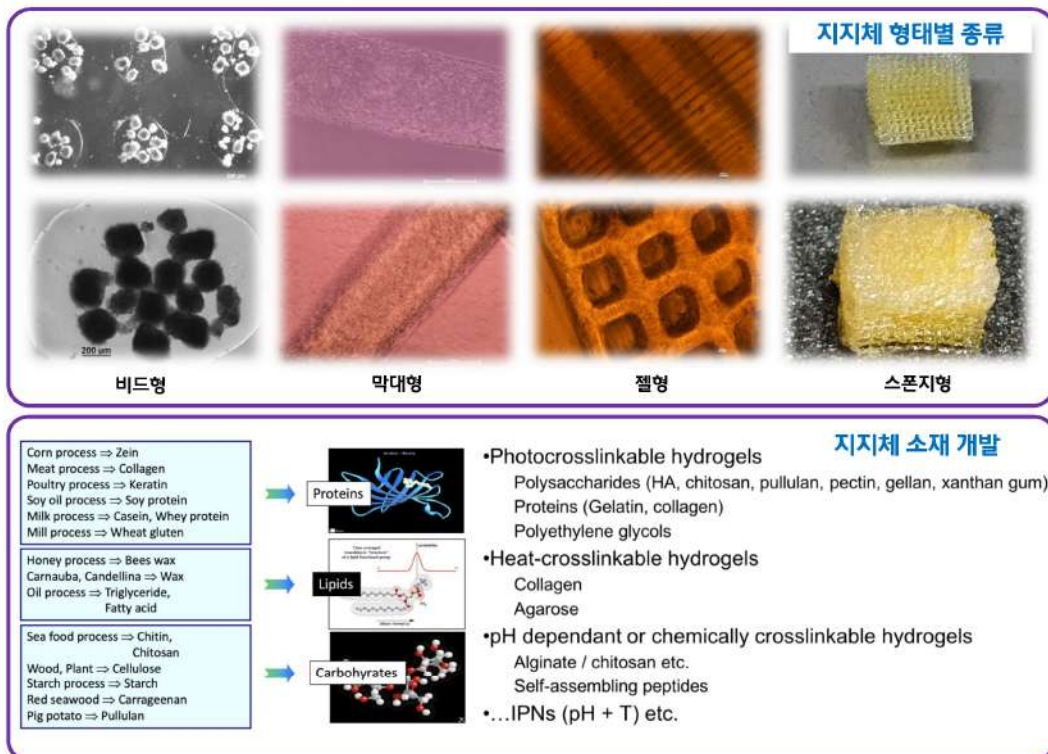
배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

Cellular Agriculture : 지지체 기술의 다양한 적용 가능성



출처: <http://www.firlessfoods.com/>

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용



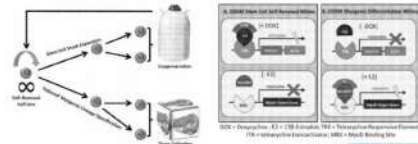
출처: Bhise et al. Biofabrication (2016) 01

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

해외현황 (배양육관련주요특허)

1 Memphis Meats

- ✓ 멤피스 미트는 분자생물학 applications에 중점
- ✓ 유전공학 기술을 이용한 Cell line 제작
- ✓ Proliferation / differentiation 관련



출처 US20160227830A1, WO2017124100A1



2 Just

just.

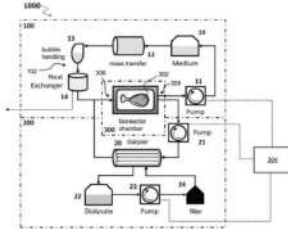
- ✓ 배양육 Pioneer 인 Willem Van Eelen 의 특허를 (1997) 사들임
- ✓ 조직공학 기술을 활용한 배양육 관련 특허 (2000)
- ✓ 2004년에 등록되었고 2022년에 만료



출처 US7270829B2, US20050010965A1

3 Future Meat

- ✓ 배양액 재활용을 위한 Closed-loop perfusion system 배양기 특허
- ✓ 또한 FBS 대체 물질 관련 연구도 포함



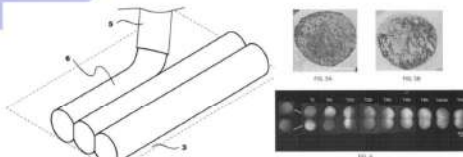
출처 WO2018011805A



4 Modern Meadow



- ✓ 바이오프린팅 기반 배양육 제조기술 특허 보유
- ✓ 바이오프린팅 기술은 초기 Organovo 프린팅 기술 활용.
- ✓ Extrusion 기술 기반 지지체 및 구형 지지체 특허 보유



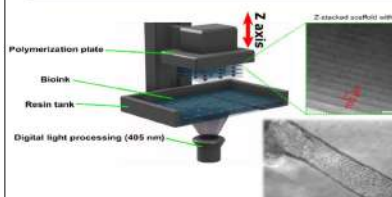
출처 US8703216B2, WO201403993

배양육 대량생산 플랫폼 개발을 위한 조직공학기술의 적용

대량생산을위한체제가능성

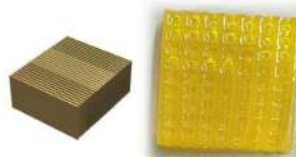
- 배양육 제작 맞춤형 3D 바이오프린팅 플랫폼을 활용

3D 프린팅 기술



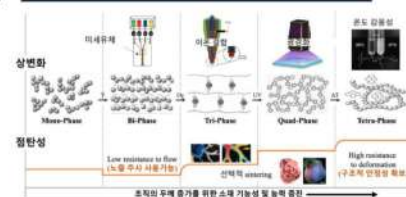
근육세포를 키우는 틀 제작
→ 3차원으로 배양

지지체 정밀 조절 기술



사이즈 증대 및 미세구조
→ 스테이크형 제품 개발

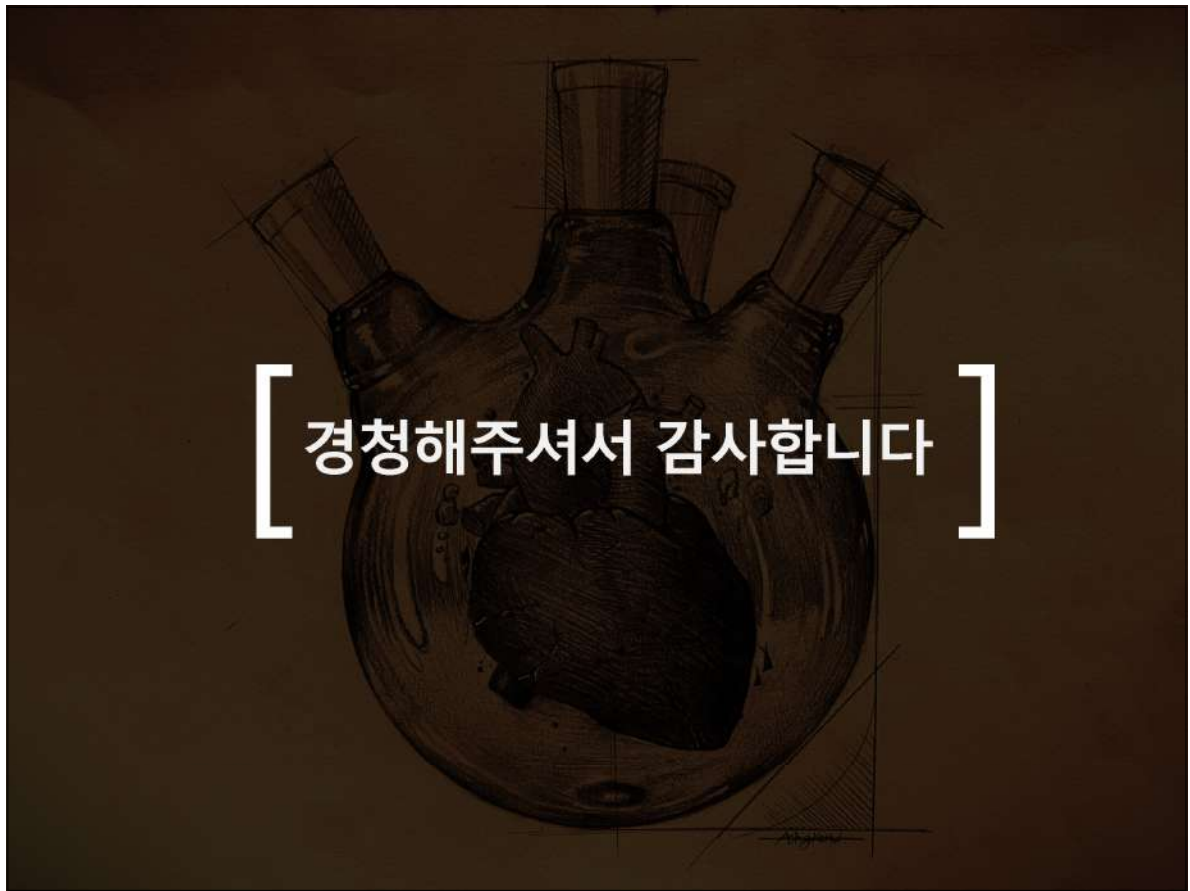
식용지지체 바이오잉크



바이오잉크 성분 단순화
→ 식용 안전성 확보
→ 원가절감

➢ 첫번째로 **가격경쟁력**을 갖추어야 함

➢ 대부분의 소비자들은 **가격, 맛, 편의성** 순으로 중점을 둠



II

지정토론

좌 장 : 최윤재 서울대학교 식품·동물생명공학부 명예교수

지정토론 1 세포로 본 배양육

- 이창규 서울대학교 식품·동물생명공학부 교수

지정토론 2 배양육은 축산물을 대체할 수 없다.

- 이승호 축산관련단체협의회 회장

지정토론 3 소비자 관점에서 바라본 대체육 시장에 대한 기대와 우려

- 윤 명 소비자시민모임 사무총장

지정토론 4 대체식품 산업 동향과 정책방향

- 노수현 농림축산식품부 식품산업정책관

지정토론 5 배양육 관련 안전관리 현황

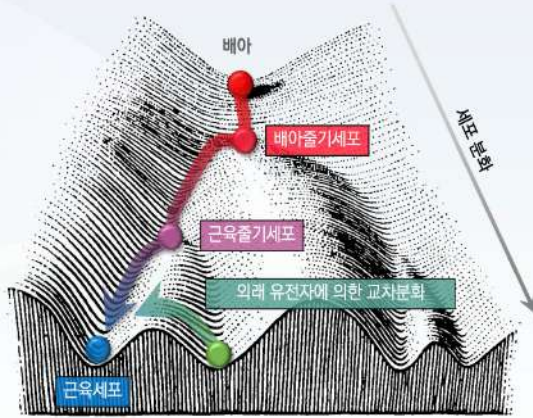
- 강대진 식품의약품안전처 식품기준기획관

지정토론 1 세포로 본 배양육

이 창 규
서울대학교 식품·동물생명공학부 교수



줄기세포 (Stem Cells)



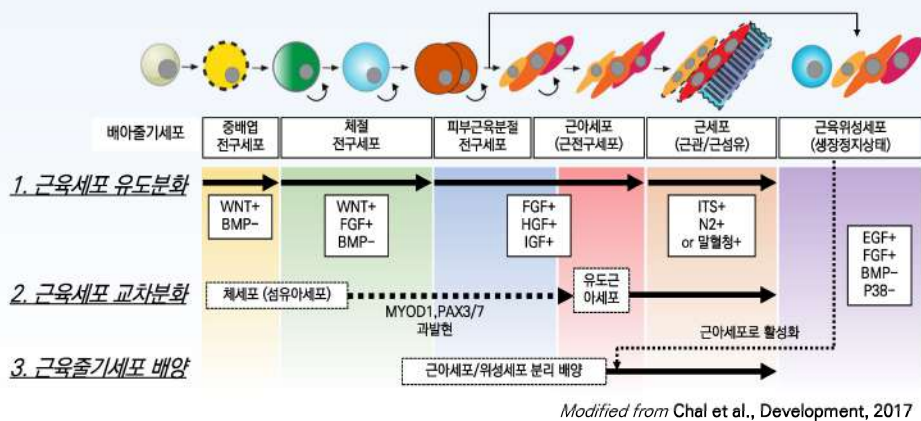
근육줄기세포 추출방법	세포공급	동물 복지	기술 장벽
배아줄기세포	무제한적 공급 (무제한 증식)	Slaughter-Free	높음
근육줄기세포	제한적인 세포공급 (제한적 증식)	지속적인 동물의 희생 불가피	낮음



- 2 -

체외 근육 생산 방법

1. 배아줄기세포에서의 유도 분화 | Directed differentiation
2. 유전자 과발현을 통한 교차분화 | Directed reprogramming
3. 근육줄기세포의 체외배양 | Muscle stem cell culture



Modified from Chal et al., Development, 2017

- 3 -



가축과 체외 배양 시스템간 생산량 비교 분석

	
사육기간(체중)	약 32개월(800kg)
정육 무게	약 360kg

	
사육기간(체중)	약 170일(115kg)
정육 무게	약 57kg



지정토론 2

배양육은 축산물을 대체할 수 없다.

이 승 호
축산관련단체협의회 회장

배양육은 축산물을 대체할 수 없다!

- 축산관련단체협의회 이승호 회장

I. 정부의 배양육 R&D 투자 확대 기조에 유감

- '제3차 농림식품과학기술 육성 종합계획(2020~2024)' 및 부처합동 '그린바이오 융합형 신산업 육성방안(2020)' 을 통해 배양육, 식물성 고기, 식용곤충 등 대체육 기술개발 지원
 - ❖ 영남대학교, 농식품부의 고부가가치 식품개발사업 일환으로 '배양육 대량생산을 위한 식용세포지지체 개발사업' 주관 기관으로 선정
*14억 예산 투입해 인공소고기 배양육 개발(2021~2025년)
 - ❖ 배양육에 대한 정부 R&D 투자규모 확대
*2018년 2억 8천여만원 → 2020년 15억 3천여만원(5.4배 ↑)

II. 배양육은 고기(MEAT)라고 불릴 자격이 있는가?

- 고기는 엄연히 축산업을 통해 생산된 것만이 고기
 - ❖ 배양육 세포를 증식하는 과정에서 수많은 기술들이 동원
- 기존 축산물만큼의 맛이나 영양 보장되지 않음
 - ❖ 육류만이 제공할 수 있는 필수 아미노산이 포함되어 있지 않음
- 선진국들에서는 이미 '고기'라는 표현을 대체육에 금지하는 추세
 - ❖ 미국 : 전통 축산방식으로 획득한 육류만 '고기'라고 명칭 하는 육류광고법 시행
 - ❖ 유럽(EU) : 비건식품 등에 스테이크, 소시지, 버거 등의 표현 금지하는 법안 발의
- 배양육 등 대체육에 대해선 '고기'라는 표현 사용하지 못하도록 식품표기제도 개선 필요

배양육은 축산물을 대체할 수 없다!

- 축산관련단체협의회 이승호 회장

III. 배양육은 먹거리로서 안전한가?

- 식품안전성, 영양학적 가치에서 축산물에 비해 우수한 먹거리라 볼 수 없음
- 배양육은 생산과정에서 과도한 항생제 투입으로 배양
 - ❖ 과도한 약물투입으로 생산된 배양육의 안전성 의문
- 배양육에 도입될 신기술에 대한 인체유해성 검증도 미비
 - ❖ GMO(유전자변형기술) 식품과 같은 인체 유해성 논란 예상
 - 일본 소비자 중 약 13%만이 배양육 구매 의향 응답(2019년 1,800명 대상 설문조사)

IV. 배양육은 '배'보다 '배꼽' 이 크다!

- 배양육은 말이나 소의 태아 혈청을 배양액으로 활용
 - ❖ 혈청 : 임신한 소를 도축하여 태아를 적출한 뒤 태아로부터 뽑아내어 생산
 - ❖ 배양육 생산을 위해 임신한 가축을 도축해야 가능한 모순적인 구조
 - 정부의 동물복지 정책방향에 역행하는 배양육 개발
- 배양육 생산을 위해 지속적인 동물의 희생 유발
 - ❖ 임신우 수는 엄연히 한정, 배양육 생산을 위해 임신시키는 불필요한 행위 발생
 - ❖ 약 100g의 배양육을 만들기 위해서는 약 1만개의 육류 근육 가닥이 필요

배양육은 축산물을 대체할 수 없다!

- 축산관련단체협의회 이승호 회장

V. 정부는 배양육 연구 지원이 아닌 기존 축산업부터 지원하라!

- 축산업이 환경 오염의 주범이라는 인식으로 모든 정책을 접근한 결과, 대국민 축산업 이미지 실추 및 대체 축산물(배양육, 식물성 제품 등) 수요 양산
 - ❖ 2018년 우리나라 온실가스 배출 현황
 - 총량 약 7억 2,760만톤(토지이용 변화 및 임업 제외)
 - 배출 비중 : 에너지 86.9% / 산업공정 7.8% / 농업(축산업 포함) 2.9%
 - 축산업이 차지하는 비중은 배출 총량의 1.3%에 불과
- 우리나라 식량안보의 기반은 엄연히 축산업
 - ❖ 2018년 축산업 생산액 19조 7천억으로 전체 농업의 39.4% 수준
 - ❖ 무역 개방으로 피해를 입은 축산업 기반 유지를 위한 자금률 제고 목표 설정 및 향상 정책 필요
- 정부는 국민 건강에 중요한 단백질 공급원인 축산업의 공익적 가치를 고려한 기반 유지에 적극 지원할 것을 촉구
 - ❖ 소비자 선호가 형성되어 있는 자연식품 시장은 배척하고, 소비자 선호가 없는 식품첨가물 시장 확대를 위해 정부예산이 투입되고 있는 것은 모순

<참고자료>

- 윤성용 외, 2021, 대체육(기술동향브리프 2021-01호), 한국과학기술기획평가원
- 이정민, 2020, 배양육이 축산을 대체할 수 있을까?(시선집중GSN 제279호), GS&J인스티튜트
- 이정민 외, 2018, 대체 축산물 개발 동향과 시사점(농경포커스 제170호), 한국농촌경제연구원
- 2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 2020, 환경부

지정토론 3

소비자 관점에서 바라본 대체육 시장에 대한 기대와 우려

윤 명

소비자시민모임 사무총장

소비자 관점에서 바라본 대체육 시장에 대한 기대와 우려

2021년 6월 17일

윤 명

소비자시민모임 사무총장

소비자 관점에서 바라본 대체육 시장

● 대체육에 대한 용어의 논란

- 용어에 대한 사회적 합의 필요
- 부정적 용어 보다는 소비자가 정확히 인식할 수 있는 용어 필요
(가짜고기? 대체고기? 단백질 대체식품?)
- 해외 '고기' 표현 제한

● 대체육 소비자의 다양한 선택권 확대

- 식품시장에서 대체육 새로운 식품으로 등장
- 소비자의 필요에 따라 다양한 상품 개발 필요

소비자 관점에서 바라본 대체육 시장

● 식품시장에서 기존 육류와의 차별화 필요

- 대체육과 육류의 식품시장에서의 차별성을 만들어야 함
EX 육류(구이), 대체육(가공식품)
- 대체육의 품질, 맛 개발(육류의 특징과 장점 개발)

● 대체육의 위생, 안전성 확보 및 제도적 장치 필요

- 식물성 고기의 다양한 첨가물 문제
- 배양육의 실험실 배양 환경 및 약품 처리(항생제, GMO) 등
- 식품의 안전성은 매우 중요 : 대체육의 안전성 확보를 위한
관리체계 및 제도적 장치 필요

소비자 관점에서 바라본 대체육 시장

● 축산업과 함께 성장 할 수 있는 방향 모색

- 대체육이 축산업계에 피해를 줄 것이라는 시각으로 접근하기 보다 축산업에 활용할 수 있는 방안, 함께 성장할 수 있는 방향에 대한 연구 필요

● 소비자 대상 올바른 정보 제공에 총력

- 코로나19를 계기로 소비 트렌드 급변
- 환경에 대한 관심 증가 : 축산업에 대한 부정적 시각 증대
- 대체육에 대한 정확한 정보 제공 급선무
축산업에 대한 부정적 인식제고를 통한 대체육 산업 성장보다는 대체육의 특징을 강조하는 측면에서 정확한 정보제공 필요(육류와의 차이점 등)

지정토론 4 대체식품 산업 동향과 정책방향

노 수 현

농림축산식품부 식품산업정책관

한림원탁토론회

대체식품 산업 동향과 정책방향

2021. 6.

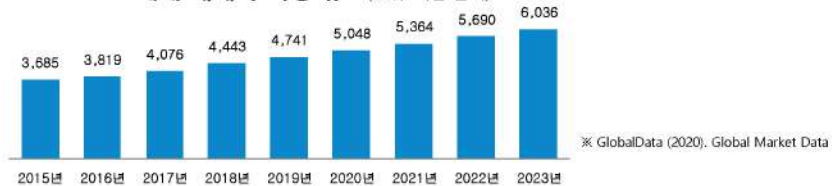


농림축산식품부

대체식품 국내·외 산업 동향

- 세계 육류 대체식품 시장은 약 50억 달러 규모, '23년까지 연평균 6.2% 성 전망
 - 세계 육류 시장 규모는 1.36조 달러 규모, 육류 대체식품 시장은 이의 약 0.4% 수준
 - 동물감염병 확산, 동물복지 및 윤리문제 이슈 등에 따라 대체식품 소비 증가

< 세계 대체육 시장 규모(단위: 백만 달러) >



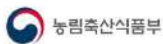
- 우리나라에서도 스타트업을 중심으로 육류 대체식품 산업 진출 확대 중

[식물성 제품]

롯데푸드 베지가스 쓰이마루 스테이크 지구인컴퍼니 슬라이스 지구인컴퍼니 만두

[배양육 개발 기업]

씨위드(한우) 셀미트(소, 돼지)
다나그린(세포지지체) 노아바이오텍(소, 3D프린팅)



대체식품 관련 정책

미래 수요에 대응한 원천기술 개발 지원, 제도 개선을 통한 상용화 촉진

- 육성 대상 '5대* 유망식품' 중 대체식품 제시(식품산업 활력 제고 대책, '19.12.)
 - * 5대 분야 : 맞춤형·특수식품(메디푸드, 고령친화식품, **대체식품**), 기능성식품, 간편식품, 친환경식품, 수출식품
 - 대체식품 개발을 위한 R&D 지원 중장기 로드맵 마련(농식품부, 농진청)
 - 대체식품의 원천기술 R&D에 대한 기업 세제지원 확대(기재부, 농식품부)
 - 전문가 협의체를 통한 대체식품 기준 및 안전관리 절차 등 관리방안 마련(식약처, 농식품부)
- '그린바이오 융합형 신산업 육성방안'(관계부처 합동, '20.9.)
 - 신혁신성장 동력 육성 등을 위한 5대* 산업에 '대체식품' 포함
 - * 5대 산업 : 마이크로바이옴, **대체식품**, 메디푸드, 종자산업, 동물용 의약품, 기타 생명소재
 - 육류 모사 가공기술, 세포 배양기술 등 기술력 확보를 위한 중점 투자(농식품부)
 - 대체식품 안전관리기준 및 식품첨가물 사용기준 마련(식약처)



대체식품 R&D 지원

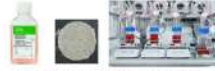
▪ (R&D 투자) 배양육 등 대체식품 투자계획 마련 및 '21년 신규과제 지원

- 대체식품 후방산업 육성 및 상용화 기술 확보를 위해 '21~'25 투자 계획 수립('20)

[배양육 관련 연구 분야]



세포주 확립 및 대량배양 기술



배양액 등 연관소재 및 배양
시스템 효율화 기술



육류 특성 모사 기술

- 대체식품 관련 '21년 신규과제 9건 지원(총 38억원 규모, 배양육 관련 4개 과제 22억원 지원)

* 배양육 관련 신규과제 : 근육줄기세포 확립 및 대량배양 기술 개발, 근육줄기세포 배양액 개발 및 경제성 확보 연구, 대량생산을 위한 세포지지체 개발, 근육조직화 및 생산비 절감을 위한 배양기법 및 시스템 개발

▪ (세제지원) 대체식품 R&D 비용 및 사업화 시설 투자 비용 세액공제 확대

* 「조세특례제한법」에 따라 연구개발비 최대 40%, 사업화 시설투자비 최대 15% 공제 가능하도록 하위법령 개정

- 신성장·원천기술에 '식물성 단백질 분리·분획·정제 및 구조화 기술' 반영('20.3월)

- '동물세포·조직 등 배양·분화·대량생산 기술' 신규 반영 추진(~'22 상)

▪ (사회적 합의) 대체식품 산업과 축산업 등 기존 농업과의 관계 설정 및 상생을 위한 사회적 합의 도출이 주요 과제

지정토론 5 배양육 관련 안전관리 현황

강 대 진

식품의약품안전처 식품기준기획관



1 배양육 관련 국내 · 외 관리 동향

기존 규제 범위 안에서 새로운 식품원료(Novel Food) 승인 체계에 따라 관리



EU

◆ Novel Food로 평가('18.~)

: 세포배양 소재 등을 포함하는 것으로
신식품(Novel Food) 범위 확대 관리

◆ Farm to Fork Strategy ('20.): 대체단백질식품 확대



미국

◆ GRAS로 배양육 평가

◆ 배양육 공동규제 및 감독 합의('19.)

: (FDA) 세포 수집, 성장 및 분화 감독 vs
(USDA) 배양육 생산 · 표시 감독



싱가포르

◆ 신식품 안전성평가 지침 제정('19.)

: 분야별 전문가위원회를 구성하여 평가

◆ 세계 최초 배양육 3품목(닭고기, 새우, 스낵) 승인('20.)



호주

◆ Novel Food 규정으로 배양육 평가

: 별도 배양육 관리 기준은 없음

◆ 배양육 개발은 초기단계임



대한민국

◆ 새로운 식품원료는 「식품등의 한시적 기준 및 규격 인정 기준」에 따른 인정 필요

: 배양육은 「식품의 기준 및 규격」 식품원료 목록에 등재되지 않은 새로운 원료에 해당

2 그간 추진 경과

국내 · 외 동향 조사

- 대체단백질식품에 대한 주요국 관리 및 연구동향 조사('19.)

안전성 평가 관련 연구

- 배양육 안전성 평가지침 초안 마련
 - 세포배양기술을 이용한 식품의 안전성 평가 기반 연구('19.)

민 · 관 협력

- 산 · 학 · 관 대체단백질식품 전문가 협의체 운영('19.10.~)
- 배양육 등 개발 동향 공유 및 관리방안 의견 수렴



국제 조화

- 미국 정부기관(FDA 및 USDA)과의 실무회의, 현장조사 및 심포지엄 참석('19.11.)
- 식약처, 농식품부 및 농진청 공동



- WHO 주관 배양육 워크숍 참석('21.5)

3 추진 현황 및 계획

배양육 안전관리 기반 연구 및 평가 지침 마련

- (인정단계) 배양육 안전성 평가를 위한 지침
 - 세포배양육의 기원별 안전성 평가 세부지침 개발 연구('21.)
- (생산·제조단계) 배양육의 제조·가공 및 시설기준 가이드
 - 제외국 세포배양 관련 제품의 제조·관리 기준 조사연구('21.)

전문가 협의체 운영 등 지속적 소통과 의견수렴

- 배양육 등 대체단백질식품 관련 산·학·관 전문가 협의체
 - (산업계) 배양육 개발 현황 / (학계) 연구 동향 / (유관기관) 관리방안
- 배양육 관련 소비자 인식도 조사 실시



사회적 합의를 통한 선제적 관리체계 정비

- (배양육 인정 이후) 원료 명칭, 식품 유형 및 표시 기준 등 검토

감사합니다



식품의약품안전처

한림원탁토론회는...

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안 문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론 행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 160여회에 걸쳐 초중등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 현안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

토론결과는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

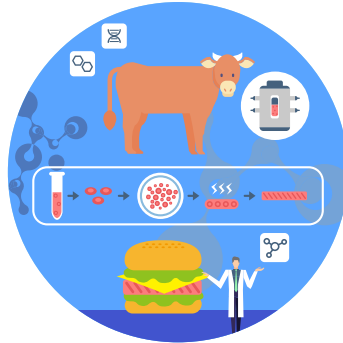
■ 한림원탁토론회 개최실적 (2019년 ~ 2021년) ■

회수	일 자	주 제	발제자
133	2019. 2. 18.	수소경제의 도래와 과제	김봉석, 김민수, 김세훈
134	2019. 4. 18.	혁신성장을 이끄는 지식재산권 창출과 직무발명 조세제도 개선	하흥준, 김승호, 정지선
135	2019. 5. 9.	과학기술 정책성과와 과제	이영무
136	2019. 5. 22.	효과적인 과학인재 양성을 위한 전문연구요원 제도 개선 방안	곽승엽

회수	일 자	주 제	발제자
137	2019. 6. 4.	마약청정국 대한민국이 흔들린다 마약류 사용의 실태와 대책은?	조성남, 이한덕
138	2019. 6. 28.	미세먼지의 과학적 규명을 위한 선도적 연구 전략	윤순창, 안병옥
139	2019. 8. 7.	일본의 반도체·디스플레이 소재 수출규제에대한 과학기술계 대응방안	박재근
140	2019. 9. 4.	4차 산업혁명 시대 농식업(Agriculture and Food) 변화와 혁신정책 방향	권대영, 김종윤, 박현진
141	2019. 9. 25.	과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?	고상백, 신동천, 문일, 이공래
142	2019. 9. 26.	인공지능과 함께할 미래 사회, 유토피아인가 디스토피아인가	김진형, 홍성욱, 노영우
143	2019. 10. 17.	세포치료의 생명윤리	오일환, 이일학
144	2019. 11. 7.	과학기술 석학의 지식과 경험을 어떻게 활용할 것인가?	김승조, 이은규
145	2020. 2. 5.	신종 코로나바이러스 감염증 대처방안	정용석, 이재갑, 이종구
146	2020. 3. 12.	코로나바이러스감염증-19의 중간점검 - 과학기술적 관점에서 -	김호근
147	2020. 4. 3.	COVID-19 팬데믹 중환자진료 실제와 해결방안	홍석경, 전경만, 김제형
148	2020. 4. 10.	COVID-19 사태에 대비하는 정신건강 관련 주요 이슈 및 향후 대책	심민영, 현진희, 백종우
149	2020. 4. 17.	COVID-19 치료제 및 백신 개발, 어디까지 왔나?	신형식, 황응수, 박혜숙
150	2020. 4. 28.	Post COVID-19 뉴노멀, 그리고 도약의 기회	김영자
151	2020. 5. 8.	COVID-19 2차 유행에 대비한 의료시스템 재정비	전병율, 홍성진, 엄호기
152	2020. 5. 12.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 정보 분야	강홍렬, 차미영
153	2020. 5. 18.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 경제·산업 분야	박영일, 박진
154	2020. 5. 21.	젊은 과학자가 바라보는 R&D 과제의 선정 및 평가 제도 개선 방향	김수영, 정우성
155	2020. 5. 25.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 교육 분야	이윤석, 이혜정

회수	일 자	주 제	발제자
156	2020. 5. 28.	지역소재 대학 다 죽어간다	이성준, 박복재
157	2020. 6. 19.	대구·경북에서 COVID-19 경험과 이를 바탕으로 한 대응방안	김신우, 신경철, 이재태, 이경수, 조치흠
158	2020. 6. 17.	코로나 이후 환경변화 대응 과학기술 정책포럼	장덕진, 임요업
159	2020. 6. 23.	포스트 코로나 시대의 과학기술교육과 사회적 가치	이재열, 이태억
160	2020. 6. 30.	코로나19 시대의 조현병 환자 걱정 치료를 위한 제언	권준수, 김 윤
161	2020. 7. 9.	Living with COVID-19	정은옥, 이종구, 오주환
162	2020. 7. 15.	포스트 코로나 시대, 농식품 산업의 변화와 대응	김홍상, 김두호
163	2020. 7. 24.	건강한 의료복지를 위한 적정 의료인력과 의료제도	송호근, 신영석, 김 윤, 안덕선, 한희철
164	2020. 7. 30.	젊은 과학자가 보는 10년 후 한국 대학의 미래	손기훈, 이성주, 주영석
165	2020. 8. 7.	집단면역으로 COVID-19의 확산을 차단할 수 있을까?	황응수, 김남중, 천병철, 이종구
166	2020. 8. 24.	포스트 코로나 시대, 가속화되는 4차산업혁명	윤성로, 김정호
167	2020. 9. 8.	부러진 성장사다리 닦고 싶은 여성과학기술리더가 있는가?	김소영, 문애리
168	2020. 9. 10.	과학기술인재 육성을 위한 대학의 역할	변순천, 안준모
169	2020. 9. 17.	지난 50년 국가 연구개발 투자 성과, 어떻게 나타났나?	황석원, 조현정, 배종태, 배용호
170	2020. 9. 23.	과학기술 재직자 역량 강화 전략	차두원, 김향미
171	2020. 9. 25.	COVID-19 치료제의 개발 현황	김성준, 강철인, 최준용
172	2020. 10. 7.	미래세대 기초·핵심역량 제고 방안	송진웅, 권오남
173	2020. 10. 13.	대학의 기술 사업화 및 교원 창업 활성화 방안	이희숙, 이지훈, 심경수
174	2020. 10. 14.	한국판 뉴딜, 성공의 조건은?	박수경
175	2020. 10. 22.	성공적인 K 방역을 위한 코로나 19 진단 검사	이혁민, 홍기호, 김동현
176	2020. 11. 5.	4단계 BK21 사업과 대학의 혁신	노정혜, 정진택, 최해천
177	2020. 11. 9.	COVID-19의 재유행 예측과 효과적 대응	이종구, 조성일, 김남중
178	2020. 11. 27.	우리나라 정밀의료의 현황과 미래 : 차세대 유전체 염기서열 분석의 임상응용과 미래	방영주, 박웅양, 김열홍

회수	일 자	주 제	발제자
179	2020. 12. 4.	대학 교수평가제도의 개선방안	최태림, 림분한, 정우성
180	2020. 12. 8.	COVID-19의 대유행에서 인플루엔자 동시감염	김성준, 송준영, 장희창
181	2020. 12. 9.	COVID-19 환자 급증에 따른 중환자 진료 대책	김제형, 홍석경, 공인식
182	2021. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김 현, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연
184	2021. 4. 7.	탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언	박진호, 정병기, 윤제용
185	2021. 4. 15.	출연연구기관의 현재와 미래	임혜숙, 김명준, 윤석진
186	2021. 4. 30.	메타버스(Metaverse), 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치	우운택, 양준영
187	2021. 5. 27.	원격의료: 현재와 미래	정 용, 최형식



제188회 한림원탁토론회

배양육, 미래의 먹거리일까?

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.

행사문의

한국과학기술한림원(KAST) 경기도 성남시 분당구 돌마로 42(구미동) (우)13630
전화 (031)726-7900 팩스 (031)726-7909 이메일 kast@kast.or.kr