

세포배양육(Cell-Cultured Meat) 배지 개발 산업 동향

Trends of Media for Cell-Cultured Meat

박시은, 강민지, 김조현, 이재근, 이주연*

(Si Eun Park, Minji Kang, Cho Hyun Kim, Jae Keun Lee, Joo Youn Lee*)

(주)엑셀세라퓨틱스

Xcell Therapeutics Inc.

I. 서론

최근 가장 떠오르는 분야로서 대체 단백질(alternative protein) 식품 중 하나인 세포배양육(cell-cultured meat)은 동물의 근육줄기세포와 같은 세포 조직을 체외 배양하여 고기와 유사한 맛과 영양성분을 구현한 동물성 단백질 식품을 의미한다. 산업적으로 지속가능하고 합리적인 세포배양육을 소비하기 위해서는 세포주 및 배양기술, 배지 및 설비개발, 제품화, 규제 및 안전성 등 해결해야 할 과제가 많이 남아 있다. 세포배양육 생산 비용의 50-90%를 차지하는 것이 배지이다. 주로 배지 내 소태아혈청(fetal bovine serum, FBS)을 사용하고 있는 실정이며, 이는 비윤리적, 비환경적, 고비용 문제점을 가지고 있다. 세포배양육의 지속가능성과 안전성을 고려한다면 식용 무혈청 배지의 개발이 필수적이기 때문에, 혈청 대체제 개발에 대한 연구보고서와 논문 등이 많이 보고되고 있다. 따라서 본문에서는 세포배양배지 개발 현황 및 시장 동향을 분석해 보고, 현재 시점에서 세포배양육 배지 개발 현황을 파악하여 관련 산업이 어디까지 발전하였는지를 되짚어 보고자 한다.

II. 본론

1. 세포배양배지 개발 현황 및 시장 동향

세포배양은 분자생물학, 면역학, 의학 분야 연구에 있어 가장 기본적이고 중요한 실험 기법이며, 생명공학 및 생명과학의 세포 연구, 개발, 생산에 가장 중요한 요소이다. 세포배양 과정에서 최적화된 배양배지로 세포의 배양 환경을 조성하는 것은 성공적인 목표 달성을 위한 가장 기초적인 조건이다. 세포배양 연구의 최적화된 연구결과를 얻기 위해 세포배양배지 연구는 지속적으로 증가되고 이에 따라 세포배양배지 시장도 지속적으로 커지고 있다.

*Corresponding author: Joo Youn Lee
Institute of Life Science, Xcell Therapeutics Inc.
Tel: +82-70-8896-7937
Email: jylee@xcell.co.kr

세포배양배지는 세포 성장과 발달을 조절하고 영양분을 제공하는 역할을 하며, 첨단바이오 의약품의 생산성과 품질, 치료 결과 등에 영향을 미치는 중요한 요소라고 할 수 있다. 따라서 세포 배양의 목적에 적합한 배지를 선택하는 것이 필수적이다. 특히 첨단바이오의약품 분야에서 사용되는 일차세포(primary cell)는 바이오의약품 분야에서 사용되는 불멸화세포주(immortalized cell line)와 달리 세포의 종류에 따라 필요로 하는 성분이 다르기 때문에 적합한 배지를 선택하는 것이 중요하다(Freshney, R.I. et al., 1994).

1) 세포배양배지의 유형

배양 배지는 일반적으로 화학 성분에 따라 기초배지/복합배지, 천연 배지/인공 배지로 구분된다. 기초 배지는 세포의 생존에 필요한 요소이며 주로 탄소원, 아미노산, 비타민, 무기염 및 미네랄 등으로 구성되어 있다(Philippeos C et al., 2012). 세포의 성장과 특성유지를 위해 혈액, 혈청 또는 조직 추출물과 같은 추가 구성요소가 포함될 수 있는데 이를 복합 배지라고 한다(BIO ECONOMY BRIEF, Issue 180, Aug. 2023).

천연 배지에는 조직 추출 또는 체액을 통해 직접 유도된 생물학적 성분을 포함하고 있지만 정확한 구성이 정해져 있지 않으므로 세포배양의 재현성이 떨어질 수 있다. 합성배지로도 불리는 인공배지는 정해진 화합물

로 구성되어 있으며, 혈청의 함유 여부에 따라 혈청 배지, 무혈청 배지(serum-free media)로 나뉘고 구성성분에 동물/인체유래물질 포함 유무에 따라 무이종 배지(xeno-free, animal component-free media), 화학조성배지(chemically defined media)로 분류된다(표 1)(Karnieli et al., 2017).

총 3세대로 분류 가능한 세포배양배지 중 시장내 가장 범용적으로 사용되는 1세대 소태아혈청(fetal bovine serum, FBS) 배지는 성분 확인이 어렵고 동물 유래물질을 포함하여 감염 위험성, 면역원성, 비균질성과 낮은 세포 생산성을 초래한다는 단점이 있다. 이러한 문제점을 일부 개선한 2세대 무혈청(serum-free: SF/xeno-free: XF) 배지는 동물 유래물질로부터 야기되는 위험은 낮았으나 혈청성분의 대체를 위하여 인체유래물질이 함유되기 때문에 대량 수급, 세포 생산의 재현성 등의 한계가 있다.

앞선 두 세대의 문제점을 보완하기 위해 규명된 성분으로만 구성된 차세대 무혈청 화학조성(chemically defined: CD) 배지가 개발되고 있다. 화학조성 배지는 기존에 사용하던 SF/XF 배지 및 소태아혈청 배지 대비 높은 안전성 및 생산 재현성을 나타내며 경제성까지 제공할 수 있다는 차별점을 보유하고 있다.

세포배양배지의 종류가 빠르게 증가하면서 산업계의 수요도 동시에 다양해지고 증가하고 있다. 배지가 개발된 이래 세포배양배지 산업은 규제와 정책 변화에 따라 혈청 사용량 감소에서 혈청배제로 패러다임이 변하고 있다.

표 1. 배지의 종류 및 정의

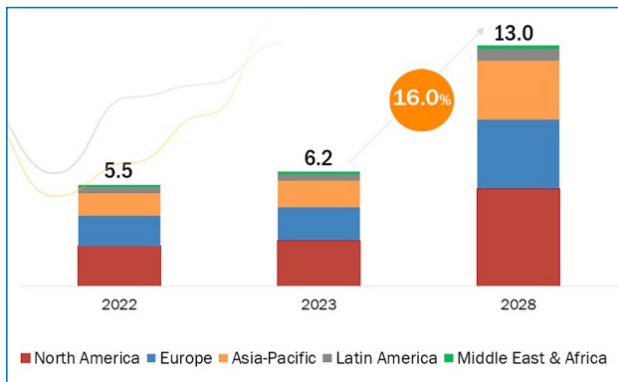
배지 종류	정의
혈청 배지 (Serum media)	동물 또는 인간의 혈청을 포함하는 배지
무혈청 배지 (Serum-free media)	동물 또는 인간의 혈청을 포함하지 않는 배지
동물 유래 성분 미포함 배지 (Xeno-free media)	인간 유래 물질만 포함하는 배지
동물 및 인간 유래성분 미포함 배지 (Animal component-free media)	동물 또는 인간 유래 물질을 포함하지 않는 배지
화학성분이 명확한 배지 (Chemically defined media)	화학조성을 알 수 있는 물질로만 이루어진 배지 - 재조합 단백질, 합성지방 등을 포함할 수 있음 - 가수분해물, 동물/인체유래 혼합물 등 성분을 알 수 없는 물질을 포함하지 않음
무단백질 배지 (Protein-free media)	단백질을 포함하지 않는 배지 - 가수분해물 또는 펩타이드를 사용함

2) 시장 규모

전체 바이오의약품의 80% 이상이 포유류 세포배양 방법으로 생산되고 있으며 1,000개 이상의 바이오의약품이 미국과 유럽 시장을 위해 개발되고 있다. 배지 시장 규모는 2028년까지 약 130억 달러에 이를 것으로 예상되며 2023년부터 2028년까지 연평균 16% 성장할 것으로 예상된다(Growth drivers and challenges, 2023). 세포 배양 배지에 대한 전 세계 시장의 가장 큰 부분은 북미 지역이었다. 주요 제조업체가 위치하고 있으며 의약품 및 기타 의약품에 대한 수요를 증가시키는 질병 유병률 증가, 비임상 및 임상에서 기술발전, 대중의 인식 증가 및 높은 수입 등의 요소에 기인한다. 아시아 태평양 지역은 수많은 연구 기관, 저렴한 제조 및 인건비, 증가하는 의료 인프라, 그리고 중국·인도와 같은 아시아 국가에 대한 미국·유럽의 투자 증가로 인해 유럽에 이어 세 번째로 큰 시장 점유율을 차지하였다.

바이오산업이 성장하면서 세포배양배지 산업도 함께 발전하고 있다. 새로운 생물학적 제제, 단클론 항체 및 세포 기반 치료법 개발 확대 등으로 세포 배양공정을 위한 세포배양배지에 대한 수요가 증가하고 있으며, 동물유래 혈청과 관련된 가변성, 안전성 및 윤리적 문제에 대한 우려로 인해 동물유래 성분이 없는 무혈청 배지 개발 및 사용이 증가하고 있다(그림 1).

그림 1. 세포배양배지 글로벌 시장규모



출처: Growth drivers and challenges, 2023

2. 세포배양육 배지 개발 현황

1) 세포배양육 개념

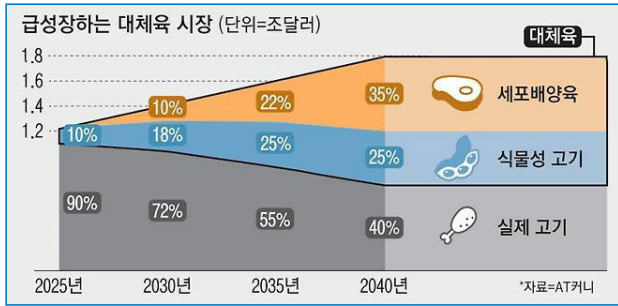
세포배양육은 세포공학기술로 살아있는 동물의 세포를 배양해 고기를 생산하는 대체 단백질의 한 분야이다. 전통적 방식으로 동물을 도살하지 않고, 식품을 대신해 첨단 기술과 여러가지 단백질 소재를 이용하여 기존의 육류, 해산물, 그리고 유제품과 유사한 맛과 식감이 나도록 가공한 식품을 말한다. 많은 회사들이 소, 닭 등 동물을 대상으로 세포배양육 연구를 진행하고 있으며, 일부 회사들은 돼지, 푸아그라, 생선, 갑각류 등을 이용한 세포배양육 연구를 진행하고 있다.

2) 시장 현황

미국 컨설팅 회사 A.T. Kearney의 미래 육류시장 예측 보고서 자료에 따르면, 전통적인 육류시장은 매년 3% 감소하여, 2040년에는 도축으로 얻어지는 실제고기는 총육류소비의 40%를 차지할 것으로 예상했다. 식물대체육은 매년 9% 성장하여 2040년이 되면 육류소비의 25%를 차지할 것이며, 나머지 35%는 세포배양육이 차지할 것으로 예측했다. 세포배양육 산업이 성장함에 따라 환경적, 동물 복지적 이점을 갖는다는 점에서 긍정적 인식이 높아지고 있으며, 이에 따라 대체육 제품에 대한 수요가 증가하고 있다. Allied market research 자료에 따르면, 세포배양육 시장규모는 2021년 164만 달러에서 2030년까지 27억 8,810만 달러에 도달할 것으로 예상하고 있다.

세계 인구 증가에 따른 식량 위기의 해결방안으로 대체식품이 대두되었고, 특히 지속가능성과 동물 복지에 대한 소비자의 관심 증대로 대체단백질에 대한 수요는 확대될 것으로 사료된다. 연구개발, 제품 생산 및 판매 역사가 축적된 식물성 대체육 대비 세포배양육은 현재 기술 개발이 진행 중이기 때문에 기술적 완성도는 비교적 낮은 편이며, 대량생산 가능성 또한 제한적이라 생산비용도 높은 편이다. 그러나 인구 증가 및 기후변화에 의해 기존 축산

그림 2. 세포배양육 시장 규모 및 전망



출처: AT Kearny, Jan 08, 2020

물 생산 지속이 어려워지면 세포배양육이 기존 육류 시장 일부를 대체할 수 있을 것으로 전망한다(그림 2).

3) 세포배양육 배지 개발 관련 주요 이슈

전세계적으로 세포배양육 산업을 육성하고자 많은 나라들이 핵심 원천기술 및 제품화 기술 확보를 위해 노력을 기울이고 있다. 세포배양육 생산과정에서 기술적으로 중요한 요소는 크게 4가지로 나눌 수 있다. 동물 조직에서 얻은 ‘세포’, 세포에 영양분을 제공하는 ‘배지’, 세포가 성장할 공간적 환경을 제공하는 ‘배양기’, 세포가 붙어서 자랄 수 있는 구조체인 ‘지지체’이며, 이들은 종류와 특성에 따라 세포배양육의 안전성과 품질에 영향을 준다.

세포배양육 개발에서 핵심 기술 중 가장 시급한 과제는 합리적인 비용으로 대량생산 공정을 개발하고 체외에서 가축의 근육줄기세포를 유지하기 위한 기초 배양 조건을 최적화하는 것이다. 이러한 과정에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 배지이다. 배지는 세포가 증식하고 근육, 지방, 혈관 등으로 분화하기 위해 필요한 영양분과 신호전달물질 등을 공급하는 역할을 한다. 배지는 일반적으로 소태아혈청이 첨가제로 가장 많이 사용되고 있다. 소태아혈청에는 성장인자(growth factor)와 호르몬 등이 포함되어 있으며, 세포 증식과 분화에 영향을 미치는 동시에 세포면역반응을 억제하고 안정성을 유지하는 것으로 알려져 있다. 소태아혈청은 임신한 어미소에서 소태아를 적출하여 심장에 바늘을 꽂아 혈액을 채취한 후 혈청을 분리하

여 생산한다. 이는 비윤리적이고 생산과정의 어려움과 희소성으로 매우 높은 가격이 책정되고 있지만, 국내 사용량은 꾸준히 증가하고 있으며 대부분 미국과 호주 등으로부터 수입에 의존하고 있다(강도형 등, 2017).

소태아혈청의 전세계 생산량은 연간 80만L 정도인데, 일반적으로 세포배양육 100g 생산을 위해 약 35L의 소태아혈청이 필요하며 이는 현재 기술력으로는 2240kg의 세포배양육을 제조할 수 있는 양에 불과하다. 이처럼 생산량이 한정적이며, 제조 배치마다 품질의 편차가 존재하기 때문에 세포배양육의 대량생산에는 적합하지 않다. 또한 세포배양육 제품 내에 소량의 배지가 잔류하게 되는데, 현재까지 식품으로서의 소태아혈청의 안전성이 입증되지 않았기 때문에 잔류 배지가 인체에 무해하다는 과학적 근거를 제시해야 한다. 세포배양육이 동물의 윤리적 문제를 해결하기 위한 목적도 가지고 있는 것을 고려한다면, 소태아혈청의 사용은 용납되지 않을 것으로 사료된다(그림 3).

상기와 같이 소태아혈청의 수급, 가격 및 안전성 측면에서 발생하는 한계로 인해 최근 세포배양육 연구개발 기업들이 무혈청 배지(serum-free)를 연구하고 있는 실정이다. 최근에는 소태아혈청을 대체하는 것을 넘어, 전체 배양액을 해조류 등 값싼 원료를 사용하여 제조하는 시도가 이루어지고 있으나, 섭취 가능한 안전성을 확보하면서 비용과 효율 문제를 동시에 해결해야 하는 이슈가 발생하게 된다. 세포배양육의 지속가능성과 안전성을 고려한다면 혈청을 대체할 수 있는 대체제 또는 식용이 가능한 성분으로 이루어진 무혈청 배지를 개발하는 것이 필수적이며, 이를 통해 비용 절감 문제도 해결할 수 있을 것이다(표 2).

무혈청 배지는 비동물성 소재로 주로 효모, 콩, 밀, 쌀, 옥수수, 감자, 해조류 등을 주원료로 사용하는데, 이 소재만으로는 영양분이 부족하므로 다양한 첨가물을 필요로 한다. 해조류는 단백질 함량이 높고, 미네랄, 미량 원소, 지방 등의 세포 성장 및 증식을 돕는 구성요소를 함유하고 있다. 최근에는 U.S. Food and Drug Administration(FDA) 및 식품의약품안전처에 고시된 원료로 친환경성, 영양학적인 우수성 및 안전성이 입증된

그림 3. 소태아혈청 사용의 문제점



표 2. 혈청배지 및 무혈청 배지의 일반적인 장·단점

종류	장점	단점
혈청배지	전반적인 연구 분야에 적용 가능	환경적 윤리적 문제 존재
	다양한 세포주에 적용 가능	고비용 / 수요와 공급의 불균형
	세포배양이 용이함	구성 성분의 불명확함, 가변성
무혈청배지	혈청의 미사용	적용 연구 분야의 한계
	구성 성분의 명확함 (재현성)	생산비용이 높을 수 있음
	품질관리 가능	세포주 적응 과정이 필요

(식품의약품안전처 고시 제2005-4호, 제2010-52호) 해양미세조류 스피룰리나(*Spirulina maxima*) 또는 클로렐라(*Chlorella vulgaris*) 추출물이 혈청을 50-70%까지 대체할 수 있다고 보고되었다(Yamanaka et al., 2023, Jeong et al., 2021, Ng et al., 2020). 이는 아직까지는 비타민, 아미노산 등을 추가적으로 첨가하여 부족한 영양분을 채워야 함을 의미한다고 볼 수 있다.

첨가물질을 추가하는 경우 기존에 식품으로 인정되지 않았던 성분일 가능성이 높으므로, 안전성에 관한 이슈가 발생할 수 있다. 안전성 문제를 해결하기 위해서는 무혈청 배지 내 첨가물이 섭취 가능한 수준으로 무해하다는 것을 증명하거나, 섭취 가능한 기존 허가 성분만으로 제조하여야 한다. 그러나 무해성을 증명하기 위해서는 많은 시간과 비용을 투자해야 하므로 세포배양육 산업의 육성을 저해하는 새로운 규제로 작용할 여지가 있고, 섭취 가능한 기존 허가 성분만으로 제조하는 것은 세포배양육 제조 효율

을 높이기 위한 기술적 어려움이 있을 수 있다.

궁극적으로 잔류농약 기준이나 동물용 의약품 잔류허용기준과 같이 세포배양육의 배양액 관련 기준이 별도로 만들어져야 할 필요가 있다. 2023년 5월 식품의약품안전처는 '식품위생법 시행 규칙' 개정으로 세포·미생물 배양 등 신기술 적용 원료를 식품원료 인정 대상으로 확대하였다(식품의약품안전처 고시 제2023-43호). 이후 2024년 2월 세포배양 등 신기술을 적용해 생산된 원료를 식품으로 인정받으려는 신청자가 제출해야 하는 자료의 범위를 신설하는 '식품 등의 한시적 기준 및 규격 안전 기준'을 개정·고시하였다(식품의약품안전처 고시 제2024-13호). 이러한 움직임은 세포배양육 개발과 관련된 명확한 규제 및 기준이 마련될 것으로 기대한다.

4) 국내외 개발 기술 현황

국내외 기업들이 세포배양육 상용화의 핵심 기술인 배지를 개발하기 위해 노력하고 있다. 특히 무혈청 배지 개발에 주력하고 있으며, 단가를 낮추고 안전성을 확보하기 위해 주로 식물성 소재 또는 비동물성 성장인자를 활용하고 있다. 배지 개발 기술은 기업의 핵심 기술이므로 자세한 정보에 대해 공개되지 않는다. 현재까지 공개된 자료를 바탕으로 국내외 기업들의 배지 개발 기술 동향을 살펴보고자 한다(표 3).

[해외]

싱가포르(2020년 12월, SFA, Hani, Dec 03, 2020)와 미국(2023년 6월, USDA, FDA, Mar 17, 2023)에서 닭 배양육 시판 승인을 받은 Good meat(미국)는 식품 등급의 식물성 소재를 이용하여 무혈청 배지를 개발하였다. 옥수수, 밀, 완두, 대두 등의 식물성 소재로 배지 내 당, 단백질, 지방, 섬유질, 비타민, 미네랄을 구성하였

으며, 혈청, 항생제 및 호르몬을 포함하지 않았다(Good meat, 2022). Believer meats(이스라엘)은 식품등급의 원료만 사용하여 무혈청 배지를 개발하였다고 발표하였다(Believermeats, 2023).

무혈청 배지를 개발하기 위해 식품 등급의 식물성 소재를 활용하는 방법 이외에도 비동물성 성장인자를 활용하는 방법도 있다. Upside foods(미국)는 미생물 재조합 단백질 생산 기술(외래 유전자가 아닌 닭 유전자)로 제작한 비동물성 성장인자를 포함한 무혈청 배지를 개발하였으며(FDA, Mar 17, 2023), Good meat와 같이 2023년 6월에 미국에서 닭 배양육의 시판 승인을 받았다(FDA, Mar 17, 2023). 2024년 이스라엘 보건 당국으로부터 세계 최초로 소 배양육 생산 허가를 받은 Aleph farms(이스라엘)은 유전자 변형 식물 또는 식품 등급의 효모나 박테리아에서 얻은 비동물성 성장인자를 생산하여 무혈청/무항생제 배지를 개발하였으며, 최종 산물에는 성장인자 자체가 포함되지 않아 안전성을 확보할 수 있었다(Aleph-farms, 2024).

표 3. 국내외 세포배양육 관련 기업 배지 개발 현황

	기업명	배지개발 현황 및 특징
국외	Aleph farms (이스라엘)	- 무혈청/무항생제 배지 : 유전자 변형 식물 또는 식품 등급의 효모나 박테리아에서 얻은 비동물성 성장인자 활용 - 2018년 쇠고기 스테이크 배양육 개발 - 2023년 스위스 연방식품안전 및 수의학협회(FSVO) 규제 승인 신청서 제출 - 2024년 이스라엘 보건 당국으로부터 세계 최초로 소 배양육 생산 허가
	Believer meats (이스라엘)	- 무혈청/무항생제 배지: 식품 등급의 원료만 사용 - 2021년 닭고기 배양육 패티 1개 생산 비용 8,900원까지 낮추는데 성공 - 2023년 닭, 돼지, 양 배양육 양산이 가능하며, 쇠고기 배양육 개발 중임
	Good meat (미국)	- 무혈청/무항생제/무호르몬 배지: 식물성 소재 활용 - 배양육 제조 시 혈청/무혈청 배지 둘 다 사용 - 2020년 닭 배양육 싱가포르 시판 승인(SFA, 12월) - 2023년 닭 배양육 미국 시판 승인(FDA, 6월)
	Upside foods (미국)	- 무혈청 배지: 미생물 재조합 단백질 생산 비동물성 성장인자 활용 - 배양육 제조 시 혈청/무혈청 배지 둘 다 사용 - 2023년 유전자 변형 닭 배양육 미국 시판 승인(FDA, 6월)
국내	셀미트	- 2021년 자체 무혈청 배양액 전세계 3번째 개발 성공, 세계 최초 독도새우 배양 성공 - 배지 단가: 1L 당 1,000원대 이하 - 식품의약품안전처 시판 승인 절차 돌입(안전성 입증, 2023.10)
	심플플래닛	- 무혈청 배지: 유산균 배양했던 배지(부산물) 재활용 - 배지 단가: 1L 당 1,500원 - 고단백 배양육 파우더, 불포화지방산 고품유 지방 페이스트, 배양육 쌀 개발 - 2022년 국내 최초 불포화지방산 함유 높은 배양육 개발 성공
	씨워드	- 무혈청 배지: 해조류 스피롤리나 활용 - 배지 단가: 1L 당 2,000원 이하 - 세계 첫 해조류 기반 소 배양육 생산

[국내]

국내 세포배양육 관련 기업들은 해조류, 부산물 등 다양한 전략으로 저렴하고 안전한 비동물성 무혈청 배지를 개발하고 있다. 씨위드는 해조류인 스피룰리나를 활용하여 무혈청 배지를 개발하여 배지 단가를 2,000원/L 이하로 절감하였으며, 해조류 내 글루타민의 단맛을 활용해 세포배양육의 풍미를 증진시키는 기술을 보유하고 있다(Monthlypeople, Nov 01, 2022, Donga, May 12, 2023). 심플플래닛은 유산균을 배양하였던 배지를 재활용하여 무혈청 배지를 개발하였으며, 기존 산업의 부산물을 재활용하기 때문에 배지 단가 또한 1,500원/L까지 절감하였다(Chosun Biz. Noc 14, 2023). 마지막으로 전 세계에서 3번째로 무혈청 배지를 개발한 셀미트는 배지 기술에 대해 공개하지 않았으나, 배지 단가 1000원 이하로 생산이 가능하다고 발표했다(Fortunekorea, Jan 08, 2024). 최근 식약처에 한시적 식품 원료 인증을 받기 위해 승인 절차에 돌입하여 배지의 안전성을 확보했을 것으로 추측된다(Joongang, Nov 20, 2023). 이 외에도 엑셀 세라퓨틱스, 네오크레마, 셀쿠아, 스페이스에프 및 팡세 등 많은 기업들이 무혈청 배지를 개발하고 있다.

국내외적으로 다양한 방법으로 무혈청 배지가 개발되고 있지만, 아직까지는 기술적 한계가 존재한다. 앞서 언급한 Good meat와 Upside foods는 무혈청 배지를 개발하여 사용하였지만, 제조 과정에서 일부 혈청이 포함된 배지를 사용하여 안전성을 입증하기 위해 배지 성분에 대한 문헌 자료와 잔류량 시험 등의 자료를 제출하였다(FDA, Mar 17, 2023). 혈청이 포함된 배지를 사용하여 FDA에 안전성을 입증 받았기 때문에 무혈청 배지 개발

의 필요성에 대해 의문을 가질 수 있다. 그러나, 세포배양육 개발의 궁극적인 목표인 지속가능성을 실현시키기 위해서는 무혈청 배지 개발은 필수적이며 이를 통해 동물의 희생이 없는 지속가능한 세포배양육을 생산하고, 단가를 낮춰 상용화를 앞당길 수 있을 것이다.

III. 결론

세포배양육이 산업에 상용화가 되기 위해서는 세포주, 배지, 생산기술, 소비자 수용 및 법적 기준 등 아직 해결해야 할 이슈들이 있다. 특히 배지는 연구개발 초기에는 소태아혈청만을 배양액으로 활용하였으나, 비윤리적, 비환경적, 고비용 문제점을 가지고 있다. 현재는 이러한 문제점을 해결하기 위해 혈청이 포함되지 않은 무혈청 배지를 개발하고 있지만, 섭취 가능한 기존 허가 성분만으로 제조할 경우 효율을 높이기 어렵고 식품원료로 등록되지 않은 신규 성분을 추가할 경우 무해성을 입증해야 하는 어려움이 있다. 세포의 증식과 분화를 위해 배지에는 화학물질이 첨가될 수도 있으며, 기존 육류의 풍미를 구현하기 위해 색소 등 식품첨가물들이 첨가될 수 있다.

따라서 배지의 안전성을 확보할 방안을 제도적으로 뒷받침할 필요가 있으며, 연구개발과 상용화가 진행 중인 만큼 관련 기술력 고도화, 투자 및 생산설비 확대, 대량 생산 실현을 통한 비용 절감, 소비자 수용성 문제, 다양한 시장으로의 진출, 정부기관의 규제 완화 등이 선결되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 강도형 외. 2021. 해양 생물기반 소태아혈청(FBS) 대체 serum free 바이오소재 원천기술개발. 한국해양과학기술원.
2. 박봉현 외. 2023. 세포 배양 배지 시장 동향 및 기업 활동, 한국바이오경제연구센터, 한국바이오협회.
3. 백종윤 외. 2021. [바이오 소부장 동향] 바이오의약품 생산용 배지. 한국바이오경제연구센터, 한국바이오협회
4. 양용형 외. 2022. 바이오신소재 규제이슈 연구(I): 배양육. 한국개발연구원.

5. 윤성용 외. 2021. 대체육. 한국과학기술기획평가원.
6. 식약처 고시 제2024-13호. 2024. 「식품등의 한시적 기준 및 규격 인정 기준」. 식품의약품안전처.
7. 식약처 고시 제2023-43호. 2023. 「유전자변형식품등의 안전성 심사 등에 관한 규정」. 식품의약품안전처.
8. Aleph-farms, 2024. <https://aleph-farms.com/faqs/>
9. Believermeats, 2023. <https://www.believermeats.com/>
10. Chosun Biz, Noc 14, 2023. <https://biz.chosun.com/distribution/food/2023/11/14/EEBT7QBUWJD BDJEJHFPTPKIV3M/>
11. Donga, May 12, 2023. <https://www.donga.com/news/lt/article/all/20230512/119264253/1>
12. FortuneKorea, Jan 08, 2024. <https://www.fortunekorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=33013>
13. FDA, Mar 17, 2023. <https://www.fda.gov/food/human-food-made-cultured-animal-cells/inventory-completed-pre-market-consultations-human-food-made-cultured-animal-cells>
14. Gyresearch, Mar 04, 2024. <https://qyresearch.co.kr/post-one/cell-culture-media-market-research-report-2024/>
15. Good meat, 2022. <https://www.goodmeat.co/process>
16. Haraguchi Y, Okamoto Y, Shimizu T. 2022. A circular cell culture system using microalgae and mammalian myoblasts for the production of sustainable cultured meat. *Archives of Microbiology*, 204(10): 615.
17. Hani, Dec 03, 2020. <https://www.hani.co.kr/arti/science/future/972621.html>
18. Joongang, Nov 20, 2023. <https://www.joongang.co.kr/article/25208501#home>
19. Jeong Y, Choi WY, Park A, Lee YJ, Lee Y, Park GH, ... & Kang DH. 2021. Marine *Cyanobacterium Spirulina maxima* as an alternate to the animal cell culture medium supplement. *Scientific Reports*, 11(1): 4906.
20. K-trendynews, Jan 21, 2024. <https://www.k-trendynews.com/news/articleView.html?idxno=165010>
21. Karnieli O, Friedner OM, Allickson JG, Zhang N, Jung S, Fiorentini D, Oh S. 2017. A consensus introduction to serum replacements and serum-free media for cellular therapies. *Cytotherapy*, 19(2): 155-169.
22. Korea, Feb 05, 2015. <https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=156035879>
23. Logarušić M, Gaurina Srček V, Berljavac S, Leboš Pavunc A, Radošević K, Slivac I. 2021. Protein hydrolysates from flaxseed oil cake as a media supplement in CHO cell culture. *Resources*, 10(6): 59.
24. Monthlypeople, Nov 01, 2022. <https://www.monthlypeople.com/news/articleView.html?idxno=355796>
25. Medisobiznews, Nov 26, 2021. <https://www.medisobiznews.com/news/articleView.html?idxno=83257>
26. Make Knowledge, May 18, 2020. <https://v.daum.net/v/jyUcma1TDU>
27. Ng JY, Chua ML, Zhang C, Hong S, Kumar Y, Gokhale R, Ee PLR. 2020. *Chlorella vulgaris* extract as a serum replacement that enhances mammalian cell growth and protein expression. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8: 564667
28. Pigpeople, Feb 27, 2024. <http://www.pigpeople.net/news/article.html?no=14468>
29. Stout AJ, Rittenberg ML, Shub M, Saad MK, Mirliani AB, Dolgin J, Kaplan DL. 2023. A Beefy-R culture medium: replacing albumin with rapeseed protein isolates. *Biomaterials*, 296: 122092.
30. Yamanaka K, Haraguchi Y, Takahashi H, Kawashima I, Shimizu T. 2023. Development of serum-free and grain-

derived-nutrient-free medium using microalga-derived nutrients and mammalian cell-secreted growth factors for sustainable cultured meat production. *Scientific Reports*, 13(1): 498.

31. Yu IS, Choi SY, Choi J, Kim MK, Kim MJ. 2022. Screening of Food-Derived Plant Extracts to Promote Proliferation of Hanwoo Satellite Cells.