

# 배양육 생산용 아미노산 비용 및 공급망 분석



## 저자

마리 기번스(Marie Gibbons), 이학석사, 독립 배양육 과학자,  
<https://www.mariegibbonsconsulting.com>

아만다 베스(Amanda Bess), 박사,  
수석 분석 프로그램 매니저

엘리엇 스위츠(Elliot Swartz)\*, 박사,  
배양육 선임 수석 과학자

\*교신 저자: [elliots@gfi.org](mailto:elliots@gfi.org)

---

**권장 인용:** Gibbons, M., A. Bess, and E. Swartz. Amino acid cost and supply chain analysis for cultivated meat. Washington D.C.: Good Food Institute. 2025. <https://doi.org/10.62468/xcjx6040>

**그래픽 디자인, 카피 편집:** 켈리 크롬시그트(Kelli Crowsigt), 에밀리 헤네건(Emily Hennegan), 조 가기(Joe Gagyi), 타라 포스(Tara Foss)

**번역:** Elite Translation Company

## GFI 소개

굿 푸드 인스티튜트(The Good Food Institute)는 지구와 사람, 동물을 위해 글로벌 식품 시스템을 개선하고자 노력하는 비영리 싱크탱크다. 굿 푸드 인스티튜트의 팀은 과학자, 기업, 정책입안자들과 함께 식물성 및 발효기반, 세포배양 고기를 맛있고, 가격 부담이 적으며, 쉽게 접할 수 있도록 만드는 데 집중하고 있다. 자선 기부를 기반으로 운영되는 굿 푸드 인스티튜트는 대안 단백질을 세계의 기후, 글로벌 보건, 식량안보, 생물다양성 목표를 달성하는 데 필요한 핵심 솔루션으로 발전시키고자 하는 국제적 조직 네트워크이다. 굿 푸드 인스티튜트의 모든 활동은 전 세계 기부자 공동체가 제공하는 기부금과 보조금으로 시행되고 있다. 굿 푸드 인스티튜트에 대한 기부에 관해 더 알고 싶다면 [philanthropy@gfi.org](mailto:philanthropy@gfi.org)로 문의하면 된다. 자세한 내용은 [www.gfi.org](http://www.gfi.org)를 참조하면 된다.

# 요약

배양육 산업의 생산 스케일업을 위해서는 비용 효율적인 아미노산 공급을 확보하는 것이 필수적이다. 아미노산은 배양육 생산 비용에서 상당한 비중을 차지하는데, 이는 단순히 필요한 양이 많기 때문일 뿐만 아니라 식품 적용에 적합한 규모와 사양으로 아미노산을 공급하기 위해 필요한 공급망이 복잡하기 때문이다.

**본 백서는 경쟁력 있는 배양육 산업에 필요한 비용과 물량으로 아미노산을 공급하기 위한 경로들을 평가한다. 업계 최초로 미래 아미노산 수요, 대체 조달 전략, 실제 가격 데이터를 분석함으로써 아미노산 공급 업체부터 배양육 생산자에 이르기까지 다양한 이해관계자들이 배양육 산업의 스케일업 과정에서 가장 큰 영향을 미치는 연구 및 공급망 솔루션의 우선순위를 정하는 데 필요한 시사점을 제공한다.**

본 보고서는 아미노산이 배양육 생산 비용에서 중요한 부분을 차지하기는 하지만, 극복할 수 없을 만큼 중대한 부담은 아니라는 것을 보여준다. 선제적인 생산 스케일업, 저비용 원료 혁신, 명확한 규제 요건에 따른 조정이 이뤄진다면, 배양육 산업은 더 저렴하고 확장 가능하며 지속가능한 단백질 생산을 충분히 실현할 수 있다.

## 접근 방법

1. 아미노산 공급업체, 세포 배양액 조성 전문가, 배양육 생산자, 가수분해물 전문가를 포함한 공급망 전반의 이해관계자들을 대상으로 구조화된 인터뷰를 실시하여 데이터와 인사이트를 수집했다.
2. 상업화에 적합한 세포 배양액 조성과 아미노산 요구량 추정치(배양육 1kg당 총 아미노산 200~650g)를 사용하여 250킬로톤(kTA)의 배양육을 생산하는 데 필요한 총 아미노산 및 개별 아미노산 사용량을 모델링했다.
3. 실제 견적을 바탕으로 한 두 가지 식품 등급 아미노산 가격 구간과 공급업체 집계 데이터에서 도출한 한 가지 사료 등급 가격 구간에 대해, 세포 배양액 리터당 및 배양육 1kg당 아미노산 비용을 추정했다.
4. 대량의 아미노산을 공급할 수 있는 50가지 원료 및 가수분해물의 잠재력을 평가하고, 발효 유래 아미노산과 경쟁력을 갖추기 위해 필요한 가수분해물의 가격 임계값을 산정했다.

## 주요 결과

1

### 아미노산 비용이 이전 추정치 대비 현저하게 낮아짐

식품 및 사료 등급 아미노산의 실제 가격은 널리 인용된 이전 연구(Humbird 2021)에 사용된 수치보다 최대 10 배 낮다. 업계가 더 낮은 식품 등급 가격으로 아미노산을 조달하고, 생산 효율성을 제고할 수 있다면, 아미노산 비용은 배양육 1kg당 5달러 미만으로 떨어질 수 있다. 이는 총 배양육 생산 비용의 최대 절반을 차지했던 이전 추정치인 약 18~19달러/kg(Humbird 2021)에 비해 크게 개선된 수치다. 상업화에 적합한 세포 배양액에서 총 아미노산 비용은 조성과 가격에 따라 리터당 0.02~0.17달러 범위였다(그림 1). 이는 총 배양액 비용을 0.20달러/L 미만으로 낮추는 것이 가능함을 시사하며, 이는 최근 업계 기업들의 보고에도 부합된다. 이제는 기술 경제성 분석 및 배양액 비용 모델링에서 가장 현실적인 기준선으로 새로 갱신된 아미노산 가격 추정치를 활용해야 한다.

### FSF4 배양액의 아미노산 비용

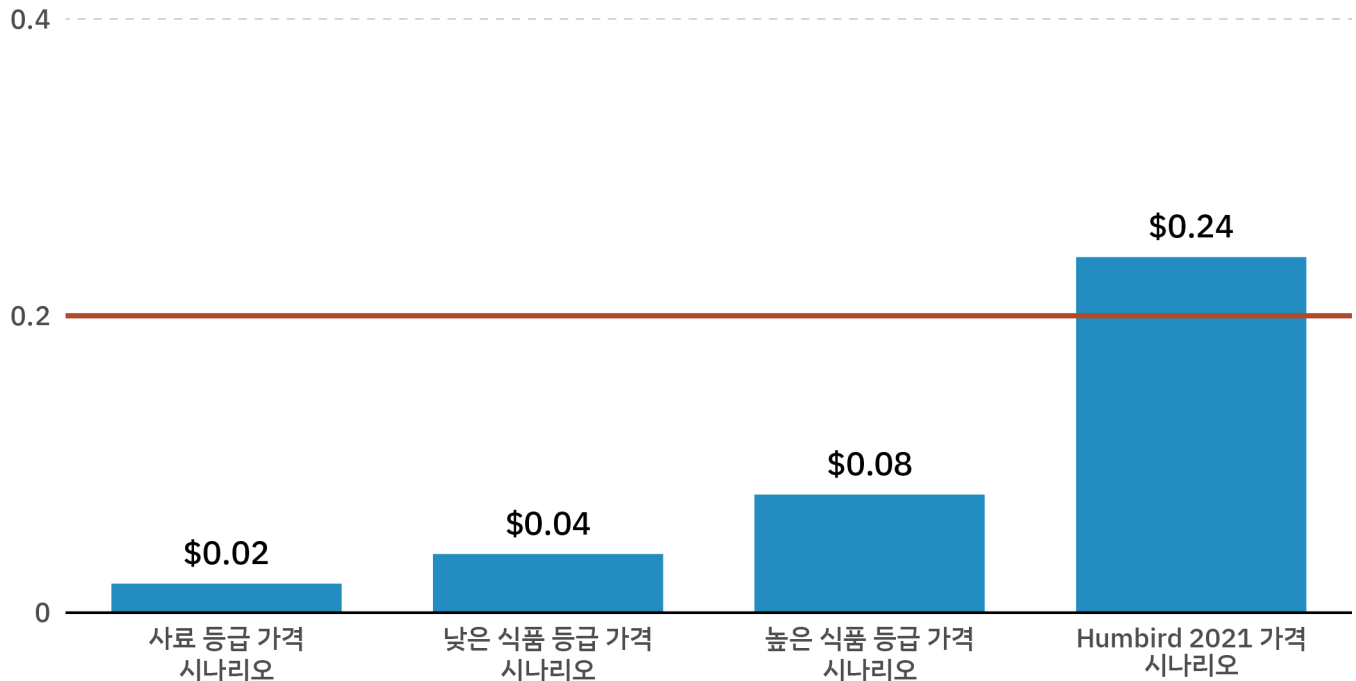


그림 1. 네 가지 가격 시나리오별 상업화에 적합한 배양액 조성에서의 총 아미노산 비용. 관련 기업들의 최근 보고를 나타내기 위해 리터당 0.20달러에 빨간색 기준선을 표시했다. 추가적인 배양액 조성에 관한 데이터는 그림 6에 제시되어 있다.

## 2

### 예상 아미노산 수요가 글로벌 공급망에 부담을 줄 수 있음

현재의 아미노산 공급량과 배양액 제조 역량은 오늘날의 수요를 충족하기에 충분하지만, 이러한 상황은 앞으로 빠르게 바뀔 수 있다. 향후 배양육 생산 규모를 현재 전 세계 육류 소비량의 1% 미만에 해당하는 수준인 250kTA로 가정할 경우, 총 아미노산 수요가 약 50~163kTA까지 증가할 수 있다. 아르기닌, 글루타민, 세린의 연간 수요는 각각 10,000MT를 초과할 것으로 예상되며, 이 밖에 8종의 아미노산도 연간 최소 2,200MT가 필요할 것으로 추정된다. 아스파라긴, 글루타민, 히스티딘, 프롤린, 세린, 티로신, 그리고 그보다 정도는 덜하지만 류신과 아이소류신은 미래 수요가 현재 생산량을 앞지를 가능성이 있어 향후 공급 병목 현상이 발생할 위험이 큰 것으로 나타났다.

## 3

### 가수분해물은 장기적으로 큰 잠재력을 가지고 있으나 아직 한계가 있음

가수분해물과 그 원재료는 글루타민, 아르기닌, 시스틴, 세린, 아스파라긴과 같은 핵심 아미노산의 함량이 전반적으로 부족하므로, 이들 아미노산을 별도로 보충해야 한다. 또한 단일 가수분해물만으로는 충분히 공급하기 어려운 다른 아미노산들도 있기 때문에, 두 가지 이상의 가수분해물을 혼합해야 할 가능성이 높다. 그럼에도 불구하고, 모델링 시나리오에서는 일부 가수분해물 혼합물이 필요한 아미노산의 최대 60%까지 공급할 수 있는 것으로 나타났다. 발효 유래 아미노산과 경쟁하기 위해서는 가수분해물 혼합물의 가격이 가수분해물 1kg당 1.51~11.27달러 수준이어야 한다. 배치 간 변동성, 용해도 문제, 제한적인 조성 데이터는 여전히 가수분해물 도입 확대를 위해 해결해야 할 과제로 남아 있다. 가수분해물에 대한 기대가 크고 현재 연구개발 프로그램 내에서 시험도 진행되고 있지만, 이러한 과제가 해결되기 전까지는 가까운 장래에 출시될 배양육 제품에 아미노산 보충원으로 가수분해물이 활용될 가능성은 낮다.



Photo credit: 사진 제공 / Adobe Stock

# 4

## 6가지 아미노산이 비용 및 공급 측면에서 특히 리스크가 높음

세린, 글루타민, 아스파라긴, 히스티딘, 프롤린, 아르기닌의 6가지 아미노산은 높은 배합 비율, 높은 가격, 낮은 글로벌 생산량 또는 제조의 복잡성으로 인해 가장 리스크가 큰 것으로 나타났다(그림 2). 이 가운데서도 배양액 내 총 아미노산 비용의 약 16~38%를 차지하는 세린이 특히 두드러진다. 또한 이들 아미노산의 대부분은 가수분해물로 대체하기 어렵고, 앞으로도 계속 발효 공정에 의존할 가능성이 높다. 장기적인 스케일업을 위해서는 이러한 고위험 원료의 생산 효율성을 개선하고, 조달처를 다변화하며, 비용을 절감하기 위한 전략적 노력이 필요할 것이다.

### 고위험 아미노산

	높은 비용 부담	공급 병목 위험	가수분해물 대체 난이도
아르기닌	●		●
아스파라긴	●	●	●
시스틴/시스테인	●		●
글루타민	●	●	●
히스티딘	●	●	
아이소류신		●	
류신		●	
프롤린	●	●	
세린	●	●	●
티로신		●	

그림 1. 네 가지 가격 시나리오별 상업화에 적합한 배양액 조성에서의 총 아미노산 비용. 관련 기업들의 최근 보고를 나타내기 위해 리터당 0.20달러에 빨간색 기준선을 표시했다. 추가적인 배양액 조성에 관한 데이터는 그림 6에 제시되어 있다.

## 이해관계자별 제언

배양육은 환경 발자국을 크게 줄이고, 공중보건을 개선하며, 기존 육류가 초래하는 윤리적·사회적 영향을 완화함으로써 단백질 생산 방식에 일대 혁신을 가져올 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 이러한 공공 편익을 대규모로 실현하기 위해서는 기존 육류와의 가격 경쟁력을 확보할 필요가 있으며, 이를 위해서는 업계 전반에 걸친 협력과 조율을 통해 아미노산의 비용 및 공급 문제를 해결해야 한다.

아래 제언은 아미노산 공급업체, 연구자, 배양육 기업, 정책입안자, 비영리 단체가 배양육 산업 발전을 가속화하고 배양육용 아미노산 공급망의 회복탄력성, 경제성, 확장성을 확보하기 위해 취할 수 있는 구체적인 조치를 제시한다.

### 아미노산 공급업체

1. 글로벌 배양육 생산 동향을 적극적으로 모니터링하고, 특히 위험도가 높은 아미노산(예: 아스파라긴, 글루타민, 히스티딘, 프롤린, 세린, 티로신)의 수요 증가에 대응할 수 있도록 선제적으로 생산 역량을 계획해야 한다.
  2. 아르기닌, 아스파라긴, 글루타민, 히스티딘, 프롤린, 세린, 티로신과 같은 고위험 아미노산의 발효 생산성과 수율을 개선해야 한다.
  3. 배양육 기업, 규제 전문가와 함께 용도에 적합한 “배양육용 등급(CM-grade)” 아미노산 투입물 기준을 공동 개발하는 데 힘써야 한다. 이를 위해 내독소 기준치, 중금속, 미생물 오염 및 기타 우려 불순물에 대한 기준을 표준화하여 관련 자료 준비 및 규제 검토를 간소화해야 한다.
4. 아미노산 생산량 정보를 공유해야 한다. 현재 배양육에 적합한 대부분의 아미노산은 구체적인 생산량이 알려져 있지 않다. 어떤 아미노산이 공급 제약을 받을 수 있는지 지속적으로 정확하게 파악하려면 보다 개선된 데이터가 필요하다.
  5. 실제 식품 등급 및 사료 등급 아미노산 생산에 대한 최신 전과정 목록(life cycle inventory) 데이터를 공유하고, 환경 영향을 줄이기 위해 재생에너지를 도입해야 한다.

### 학계

1. 상업화에 적합한 바이오프로세스로부터 실증 데이터를 수집·공개함으로써 배양육의 사료 전환 비율과 포도당, 글루타민 및 기타 아미노산과 같은 주요 기질의 소요량을 보다 정교하게 산정할 수 있도록 해야 한다.
2. 본 보고서의 가수분해물 모델링 프레임워크를 활용해 실험적 검증이 필요한 유망 가수분해 원료 혼합물의 탐색 범위를 좁혀야 한다.
3. 가수분해물이 발효 유래 아미노산과 비교해 가격 경쟁력을 갖춘 아미노산 공급원(가수분해물 1kg당 1.51~11.27달러)이 될 수 있도록 가수분해 프로토콜을 개발해야 한다.
4. 배양액 최적화에 인공지능, 머신러닝을 활용할 수 있도록 가수분해물의 조성 and 성능에 관한 오픈액세스 데이터셋을 구축해야 한다.
5. 아미노산 공급업체와 협력해 식품 등급 및 사료 등급 아미노산 생산의 환경영향 데이터를 갱신하고, 이를 향후 전과정 평가 모델에 반영해야 한다.
6. 아르기닌, 아스파라긴, 글루타민, 히스티딘, 프롤린, 세린, 티로신과 같은 영향이 큰 아미노산의 비용 부담을 줄일 수 있도록 발효 수율과 배양육의 사료 전환 비율을 개선할 수 있는 대사공학 및 세포공학 전략을 연구해야 한다.

## 배양육 기업

1. 아미노산 공급업체와 함께 “배양육용 등급” 아미노산 표준을 공동 개발하고, 아미노산 품질에 대한 용도 적합 기준을 마련해 관련 자료 준비 및 규제 준수 절차를 간소화해야 한다. 이러한 노력을 기울이지 않고 더 높은 등급의 투입물을 관행적으로 채택할 경우, 불필요하게 혁신을 제약하고 상업 규모에서 비용 경쟁력 있는 생산을 저해할 수 있다.
2. 분화 배양액을 포함한 상업화 적합 배양액 조성을 공개해 공동 분석 및 공급망 계획 수립의 기반을 강화해야 한다.
3. 상업화에 적합한 바이오프로세스에 관한 실증 데이터를 공개하여, 배양육의 사료 전환 비율과 포도당, 글루타민 및 기타 아미노산과 같은 주요 기질의 소요량을 정교하게 산정할 수 있도록 해야 한다.
4. 장기적인 비용 절감과 지속가능성 제고를 위해 가수분해물과 발효 유래 아미노산을 통합한 하이브리드 배양액 전략을 검토해야 한다.
5. 업계가 협력해 수요를 묶어 보여 줌으로써, 고위험 아미노산에 대한 실제 시장 수요를 공급업체가 분명히 인식할 수 있도록 공동 조달 체계를 구축해야 한다. 이와 병행해 배양육용 등급 표준을 개발하면 공급망 전체가 동일한 기준과 기대 수준에 따라 운영되도록 할 수 있다.

## 정부, 정책입안자, 규제기관

1. 규제 검토를 간소화하고 비용 효율적인 조달이 가능하도록 “배양육용 등급” 아미노산 표준의 개발 및 인정을 지원해야 한다.
2. 보조금, 세제 혜택, 저금리 융자 프로그램 등을 통해 설비 투자(CapEx) 부담을 낮추고 리스크를 완화하는 인센티브를 마련함으로써, 국내 아미노산 제조를 촉진하고 배양육 분야에서 글로벌 리더십을 구축해야 한다. 아미노산 제조의 국내화를 추진하면 집중된 국제 공급망에 대한 의존성과 그에 따른 리스크를 줄일 수 있을 뿐 아니라, 지역 바이오매스와 공급 원료를 활용한 아미노산 발효를 통해 새로운 일자리와 경제적 기회를 창출할 수 있다.

## 비영리 단체 및 산업 협회

1. 사업을 중단한 스타트업으로부터 배양액 조성과 기타 지식재산(예: 세포주 및 바이오프로세스 데이터)을 확보해 오픈소스로 공개함으로써 업계 전반의 투명성을 제고하고 비용·공급망 모델링의 기반을 마련해야 한다.
2. 가수분해물 혼합물 검증, 원료 조달 및 가공 최적화, 기능적 특성 규명을 수행하는 프로젝트에 자금을 지원함으로써 업계 공통 기초 연구개발(pre-competitive R&D)을 촉진해야 한다.
3. 이해관계자들과 협의하여 “배양육용 등급” 배양액 투입물 표준을 확정하고 그 채택을 촉진하며, 업계의 기대 수준이 규제 요건에 부합되도록 하는 등의 지원 활동을 해야 한다.
4. 향후 비용·공급망 분석과 투자 의사결정을 뒷받침할 수 있도록 아미노산 생산량, 가수분해물 성능, 환경영향에 관한 공유 데이터베이스 구축을 지원해야 한다.