



제7회 청소년 체커톤 대회



장려상

친환경? 너 누군데?

▶ 김지현, 송현준, 김민하, 박이림



 리포트

대체육은 친환경적인가?

 게임

보드게임 '대체육? 너 누군데?'



2025. 4. 14. - 11. 15.



 각오한마디

안녕하세요. 저희는 “친환경? 너 누군데?” 팀입니다. 팀명은 ‘친환경’이라는 말이 너무 자주 쓰이지만, 그 의미는 생각보다 가볍게 소비되고 있다는 문제의식에서 시작했습니다. 특히 대체육은 환경 보호의 대안으로 주목받고 있지만, 실제로는 생산 과정에서의 에너지 사용, 포장재 문제, 원재료 수급 방식 등 환경에 영향을 줄 수 있는 요소들이 여전히 존재합니다. 저희 팀은 이번 프로젝트를 통해 대체육이 가진 긍정적인 가능성과 그 한계를 함께 살펴보고, 보다 현실적이고 균형 잡힌 관점에서의 대체육 소비 방향을 제시하고자 합니다. 무조건적인 친환경이라는 이미지보다는, 어떻게 만들고, 어떻게 소비하느냐에 따라 달라질 수 있는 ‘지속 가능성’의 조건을 고민하는 팀이 되겠습니다.

팩트체크 리포트

대체육은 친환경적인가?

팩트체크 계획 수립하기

이 주제를 선택하게 된 이유



(그림1) 출처: 헬스조선 (온라인 커뮤니티 갈무리)

라면을 먹다가 고기처럼 느껴지는 건더기를 씹어본 적 있을 것이다. 사실 그건 고기가 아닌, 콩 단백질로 만든 식물성 고기이다. 고기의 맛과 식감을 재현해 낸 이 건더기는 어느새 우리의 식탁에 자연스럽게 자리 잡았다.

이처럼 일상 속에 스며든 대체육은 이제 단순한 대체 식품을 넘어, 지속 가능한 미래 식량으로 각광받고 있다. 그 중심에는 축산업의 환경 파괴 문제가 자리하고 있다. 기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC)은 2019년 특별 보고서를 통해, 축산업이 전 세계 온실가스 배출량의 약 14.5%를 차지한다고 밝히며 기존 육류의 환경적 영향에 대한 우려를 나타냈다.

이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 떠오른 것이 바로 대체육이다. 대체육은 일반적으로 식물성 대체육과 배양육으로 나뉘며, 곤충 단백질이나 발효 기반 단백질 등으로도 분류되기도 한다.

대체육은 동물을 도축하는 방식 대신, 식물성 재료나 배양 기술을 활용해 고기의 맛과 식감, 단백질 함량 등을 구현한다. 여러 연구는 이러한 방식이 기존 축산업에 비해 온실가스 배출이 낮고, 토지와 수자원 사용이 덜해 환경적 이점을 가질 가능성이 높다고 주장한다.

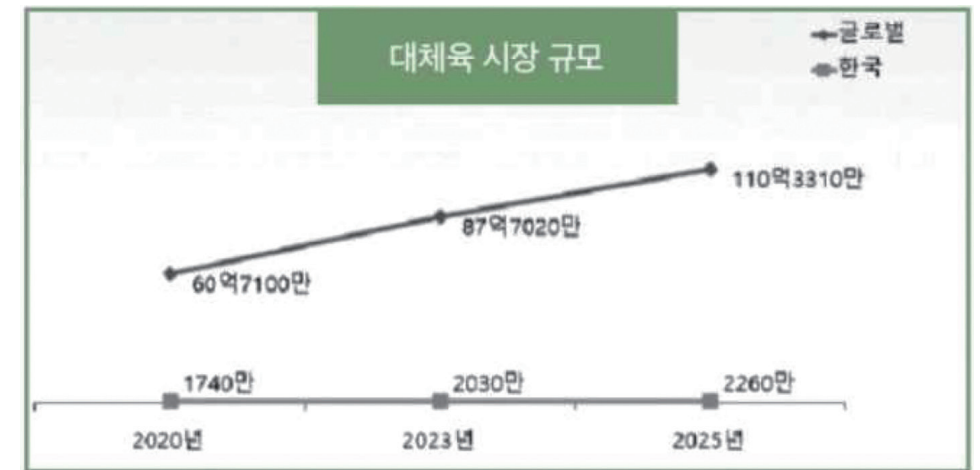
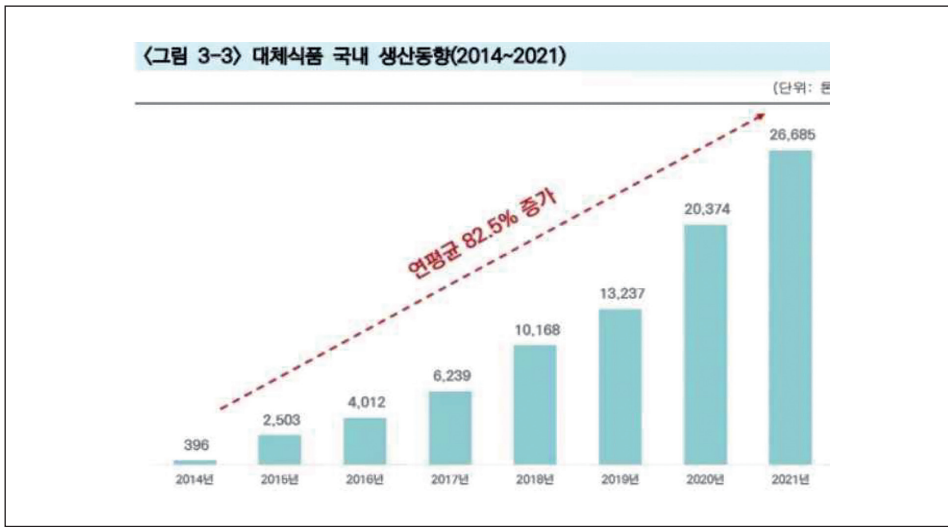


그림 1. 대체육의 시장 규모(출처: 한국농수산물유통공사, 단위: 달러).

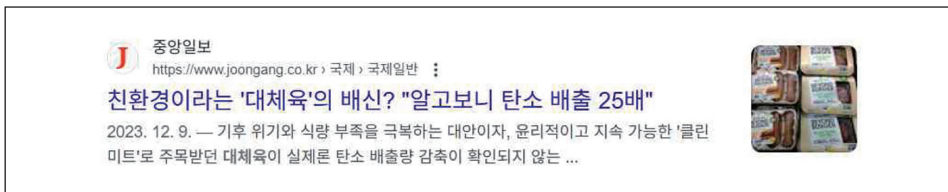
(그림2) 출처: 팜인사이트, '대체육 시장 전망과 축산업계 대응 방안' (2024.02.28.)

이에 따라 대체육 시장은 빠르게 성장하고 있다. 미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 식물성 패티나 배양육을 활용한 다양한 제품이 출시되고 있으며, 스타트업부터 글로벌 식품 기업까지 다양한 주체들이 이 시장에 진출하고 있다. 국내 시장의 규모는 아직 크지 않지만, 2014년 이후 연평균 82.5%의 성장률을 기록하며 꾸준히 확대되고 있다.

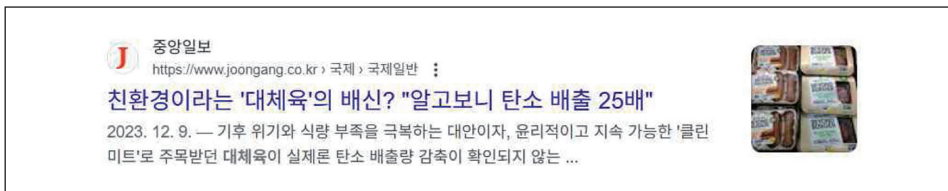


(그림3) 출처: 대체단백질식품 안전관리 기준 마련 연구, 식품의약품안전처 (2022.09)

그러나, 이러한 급성장과 긍정적 기대 속에서 대체육의 친환경성에 대한 의문이 제기되고 있다.



(그림4) 출처: 중앙일보, '친환경이라는 '대체육'의 배신? "알고보니 탄소 배출 25배"' (2023.12.09)



(그림5) 출처: 한국외식신문, '대체육, 늘 옳은 것은 아니다' (2023.1.30)

이들 기사에서는 대체육이 과연 친환경적인 식품인지에 대한 우려를 제기하고 있으며, 이는 '친환경'이라는 이미지를 기반으로 성장해온 대체육 시장에 대한 소비자 혼란을 야기할 수 있다. 이에 본 연구는 '대체육은 정말 친환경적인가?'라는 질문을 중심으로 팩트체크를 수행해, 이러한 혼란을 해소하고 나아가 대체육에 대한 올바른 이해를 돕고자 한다.

☰ 팩트체크 방법에 대한 계획

1. 대체육의 온실가스 배출량 저감 효과 조사

축산업, 식물성 대체육, 배양육 각각의 온실가스 배출량을 비교해 절감 효과를 확인한다.

1.1. 기존 축산업의 온실가스 배출량

- FAO에서 2023년 발표한 기존 축산업 온실가스 배출량

1.2. 식물성 대체육의 온실가스 배출 절감 효과

- 2018 Our World in Data에서 식물성 대체육 원료 생산 시 배출되는 온실가스 확인

- 2020 Santo et al., 에서 식물성 대체육 가공 단계 포함 배출되는 온실가스 확인

1.3. 배양육의 온실가스 배출 절감 효과

- CE Delft(2021), Risner et al., (2025), UC DAVIS ACS Food Science & Technology 에서 배양육 가공 단계 포함 배출되는 온실가스 확인

- Lynch & Pierrehumbert(2019)에서 배양육 온실가스 오염도 확인

1. 대체육의 토지 사용량 저감 효과 조사

축산업, 식물성 대체육, 배양육 각각의 토지 이용량을 비교하고 사료 전환 효율(FCR)과 오염도 등을 검토하여 실제 절감 효과를 확인한다.

2.1. 기존 축산업의 토지 사용과 오염

- FAO에서 2018, 2020년 발표한 전 세계 농경지·방목지 비중 확인

- 2019 Our World in Data 자료에서 거주 가능한 땅 사용 구조 및 식량 공급 비율 확인

- 2021 분뇨 발생 수치 확인

- 2022, 2023 STATISTA 축산업 관련 환경 지표 확인하여 토지 효율성 및 오염 기여도 검증

2.2. 식물성 대체육의 토지 이용량 절감 효과

- 2020 LCA 데이터를 활용해 단백질 100g 생산 시 토지 이용량 비교

- 2018 Science의 글로벌 식품 환경발자국 데이터와 교차 검증

- 한국농촌경제연구원 보고서에서 사료 전환 효율(FCR) 수치 확인

- OECD-FAO Agricultural Outlook (2021~2023) 자료를 참고하여 실제 곡물 재배 면적 변화와 연결

2.3. 배양육의 토지 이용량 절감 효과

- 2021 LCA 보고서에서 배양육과 소·돼지·닭의 단백질 100g당 토지 이용량 비교
- 2021 CE Delft 사료 전환 효율(FCR) 분석

1. 대체육의 수자원 사용량 저감 및 수질 오염 저감 효과 조사

3.1 기존 축산업과 물 사용량 및 수질 오염

- 2024 Da Young Lee et al. 자료에서 기존 축산업 소요되는 물 사용량 비교

3.2 식물성 대체육의 물 사용량

- 2018 Our World in Data 자료에서 단백질 100g당 담수 섭취량 확인
- 2020 Santo et al. 자료에서 단백질 100g당 청색수 (지하수, 강, 호수) 사용량 확인
- 2023 Myers et al. 자료에서 미국산 1/4 파운드(약 113g) 소고기 식물성 대체육 버거의 전체 전과정 환경 영향 비교 분석

3.3 식물성 대체육의 수질 오염 저감 효과

- 2018 Our World in Data 자료에서 식품 1Kg당 부영양화 배출량 확인
- 2023 Myers et al., 자료에서 담수 생태독성, 담수 부영양화, 해양 생태독성, 해양 부영양화 지표 통해 수질 오염도 확인

3.4 배양육의 물 사용량 저감 효과

- 2021 CE Delft 자료에서 배양육과 기존 축산업의 물 발자국 비교

3.5 배양육의 수질 오염 저감 효과

- 2023 Myers et al. 자료에서 기존 육류 생산 및 배양육의 영양소 관리 전략별 비용 비교
- 중앙대학교 식품영양과 하상도 교수와 폐배양액 및 부산물 처리 방안 관련 인터뷰
- 씨워드 (대체육 기업) 금준호 대표와 배양육 생산 시 폐수 및 배양액 처리 및 재사용 관련 인터뷰

팩트체크 해보기

먼저 팩트체크에 앞서 팩트체크 대상을 구체화하고자 한다.

앞서 대체육은 곤충 단백질이나 발효 기반 단백질 등으로도 분류가 된다고 소개했다.



(그림6) 출처: 매일경제, '고기인 듯 고기 아닌 고기 같은' 대체육의 세계(2022.04.26)

하지만 글로벌 대체육 시장의 흐름을 살펴보면, 식물성 대체육과 배양육이 중심을 이루고 있으며, 시장 규모, 기술 개발 수준, 소비자 접근성 등의 측면에서 이 두 분야가 주도적인 역할을 하고 있음을 확인할 수 있다.

이와 관련해 하상도 중앙대학교 식품공학과 교수와의 서면 인터뷰를 통해 다음과 같은 견해를 들을 수 있었다.

Q1. 저희가 알기로 대체육에는 식물성, 배양육, 곤충 단백질 등 다양한 종류가 있습니다. 그럼에도 유독 식물성 대체육과 배양육이 대중의 큰 주목을 받고 있습니다. 특히 배양육은 아직 기술 초기 단계임에도 더 많은 기대를 받는 것 같습니다. 이처럼 식물성과 배양육이 다른 대체 단백질에 비해 더 주목받는 이유에 대한 교수님의 의견이 궁금합니다.

-> 식물성은 낮은 가격에 건강 이미지가 있고 검증된 소재들이 많아 현실적으로 가장 동물성을 쉽게 대체할 수 있습니다. 간단히 두부 등 콩 단백질도 대체육이라 볼 수 있고

콩, 아몬드, 코코넛, 쌀 등으로 만든 식물성 대체 우유도 있습니다. 식물성의 장점은 과잉 양의 시대에 고기 단백질보다 단백질, 지방 함량이 적고 식이섬유가 많아 영양분 섭취를 줄일 수 있고 가격이 싸다는 것이지요. 배양육은 규제도 문제고 제품 자체도 현실적으로 단기간에 바로 실용화되기는 어려우나 최근 푸드테크의 붐과 인기에 편승해 첨단 원천기술을 갖고 있는 대학이나 기술기업, 벤처기업들이 많이들 도전하는 것 같습니다. 특히 배양육은 대규모 생산시설 없이 장비를 갖춘 연구실은 랩 수준에서 쉽게 도전해 볼 만하고 많은 정부 연구개발비나 기업들의 투자금이 몰리다 보니 붐이 일고 있는 것 같습니다.

따라서 본 연구에서는 현실적 영향력과 접근성을 고려해, 식물성 대체육과 배양육을 중심으로 친환경성에 대한 팩트체크를 수행하고자 한다. 또한 본 팩트체크는 대체육의 친환경성에 대한 객관적 검증은 목적으로 하기에 온실가스 배출량, 토지 이용 면적, 물 사용량 및 수질 오염이라는 세 가지 핵심 환경 지표만을 기준으로 삼았다. 건강, 동물 윤리, 소비자 가치 등의 기준은 주관적 요소가 개입되기 쉬우며, 본 공모전의 목적(환경 팩트체크)과 부합하지 않기 때문에 평가에서 제외하였다.

온실가스 팩트체크

1.1 기존 축산업의 온실가스 배출 현황

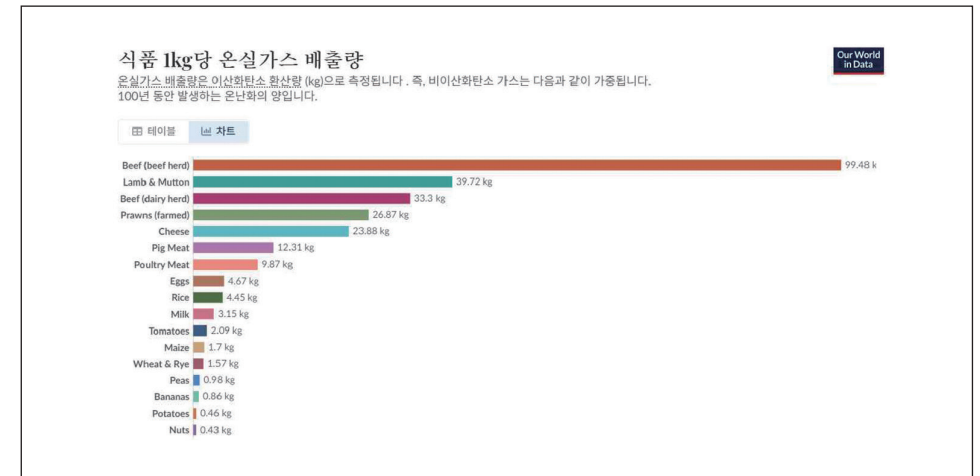
FAO의 보고서(「Pathways towards lower emissions」, GLEAM 3, 2023)에 따르면, 2015년 기준 전 세계 축산업에서 발생한 온실가스 배출량은 연간 6.2Gt CO₂-eq에 달하며, 이는 전 세계 인위적 온실가스 배출량의 약 12%를 차지한다.

축종별로는 소가 전체 축산 배출량의 약 62%를 차지해 가장 큰 비중을 나타냈고, 그 뒤를 이어 돼지(14%), 가금류(9%), 물소(8%), 염소·양 등 작은 반추류(7%) 순이었다.

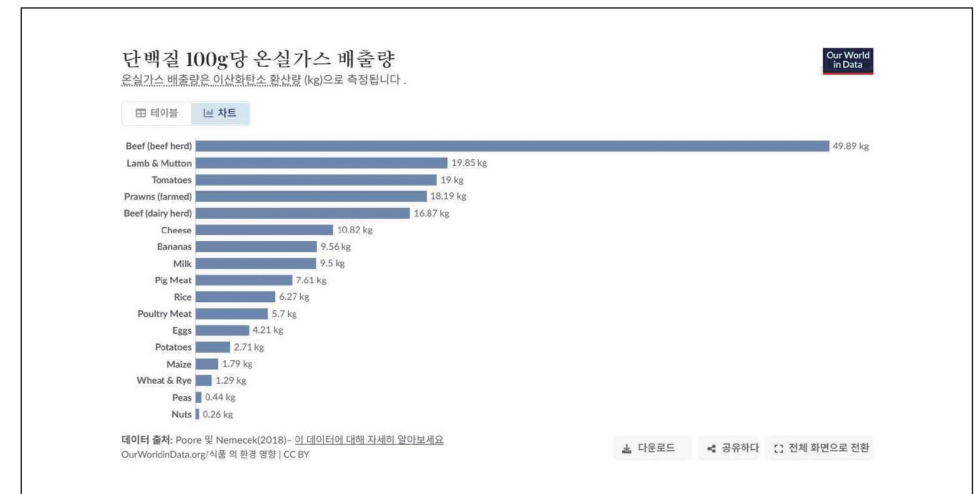
배출되는 온실가스의 구성은 메탄(CH₄) 54%, 이산화탄소(CO₂) 31%, 아산화질소(N₂O) 15%로, 메탄의 비중이 가장 높았다.

1.2 식물성 대체육은 온실가스를 줄이는가?

식물성 대체육은 주로 완두콩과 밀을 원료로 사용하며, 재배 과정에서 온실가스가 배출된다. 이에 따라, 식물성 대체육 원료 1kg 생산 시 배출되는 온실가스를 축산업과 비교해 보았다.



(그림7) 출처: Our World in Data (Poore & Nemecek, 2018)



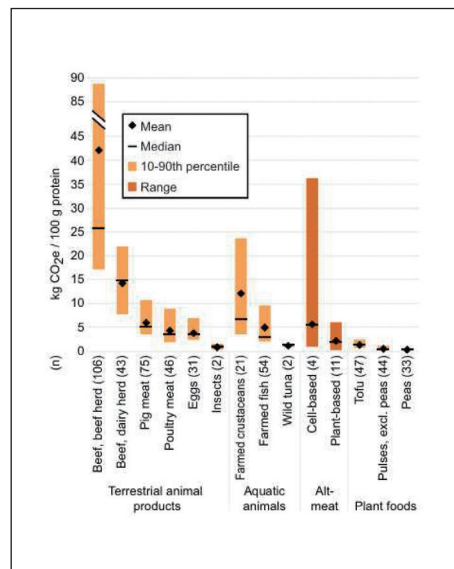
(그림8) 출처: Our World in Data (Poore & Nemecek, 2018)

(그림7)은 전 세계 약 38,700개 농장의 데이터를 기반으로, 식품 1kg당 온실가스 배출량을 나타낸다. 완두콩 1kg 생산 시 배출량은 약 0.98 kgCO₂e, 밀은 약 1.55 kgCO₂e인 반면, 소고기는 평균 59.6 kgCO₂e로 나타났다.

(그림8) 단백질 100g 기준으로 환산할 경우 차이는 더욱 극명해진다. 소고기는 49.89 kgCO₂e를 배출하는 반면, 밀과 완두콩은 각각 1.37 kgCO₂e, 0.44 kgCO₂e에 불과하다.

다만, 원료 재배 단계만으로 친환경성을 판단할 수 없다. 식물성 대체육은 고기와 유사한 질감과 맛을 내기 위해 압출·가공 과정을 거치는데, 이 과정에서 에너지 사용이 추가되어 배출량이 늘어나기 때문이다. 따라서 원료 단계만이 아닌 최종 제품 단위에서의 비교를 확인해보았다.

이러한 최종 제품 간 비교를 위해 학술 저널 *Frontiers in Sustainable Food Systems*에 게재된 리뷰 논문(Santo et al., 2020)을 확인하였다. 해당 논문은 식물성 대체육에 대한 기존의 다양한 연구들을 종합적으로 검토했다.



Y축: kg CO₂-eq
100g protein (온실가스 배출량)
X축: 식품군 (동물성, 수산물, 대체육, 식물성)
표시값: Mean (평균)
Median (중앙값)
전체 막대 범위: 최소-최대값
LCA 범위: 원자재 채굴 및 추출 단계부터 제조 공정 완료 시점

(그림9) 식물성 대체육과 각종 단백질원의 온실가스 배출량 비교. 출처: Santo et al. (2020)의 Figure 3.

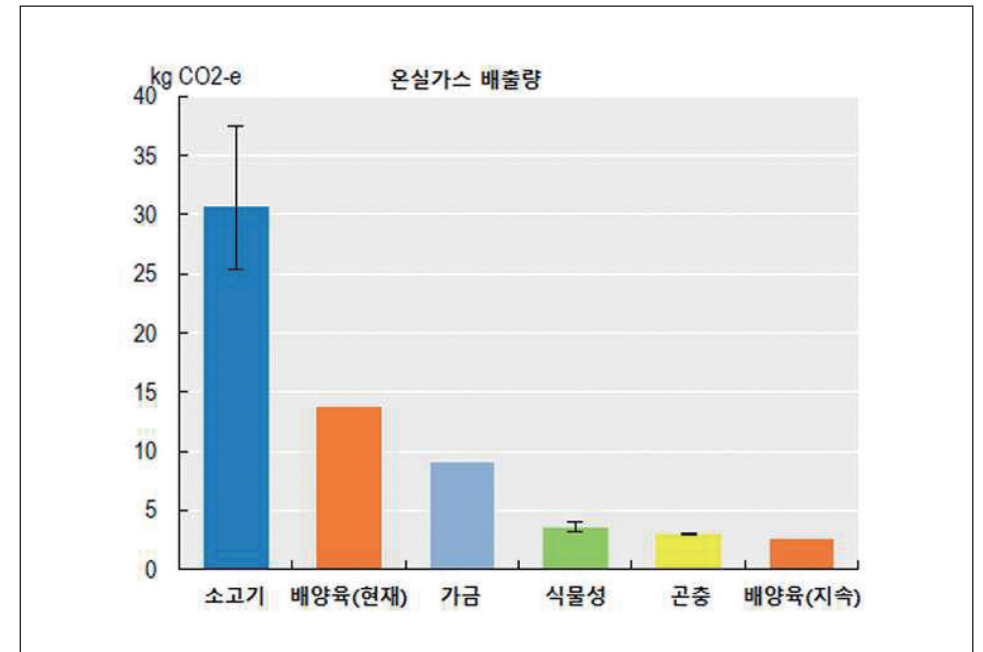
(그림9)은 단백질 100g을 생산할 때 배출되는 온실가스 발자국을 나타낸다. 확인 결과 식물성 대체육이 기존 축산업에 비해 낮은 것으로 나타났다. 구체적으로, 식물성 대체육의 배출량은 양식 어류보다 34%, 가금육보다 43%, 돼지고기보다 63%, 젓소에서 얻은 소고기보다 87%, 육우 소고기보다 93% 더 작았다.

결론: 원료 수급부터 가공 과정을 포함하더라도 식물성 대체육의 온실가스 감축 효과가 크다는 점을 일관되게 보여준다. 이는 축산업 대비 식물성 대체육이 기후변화 완화에 있어 구조적으로 유리한 선택지임을 시사한다고 판단한다. 따라서 식물성 대체육의 온실가스

감축 효과는 사실로 판단된다.

1.3 배양육은 온실가스를 줄이는가?

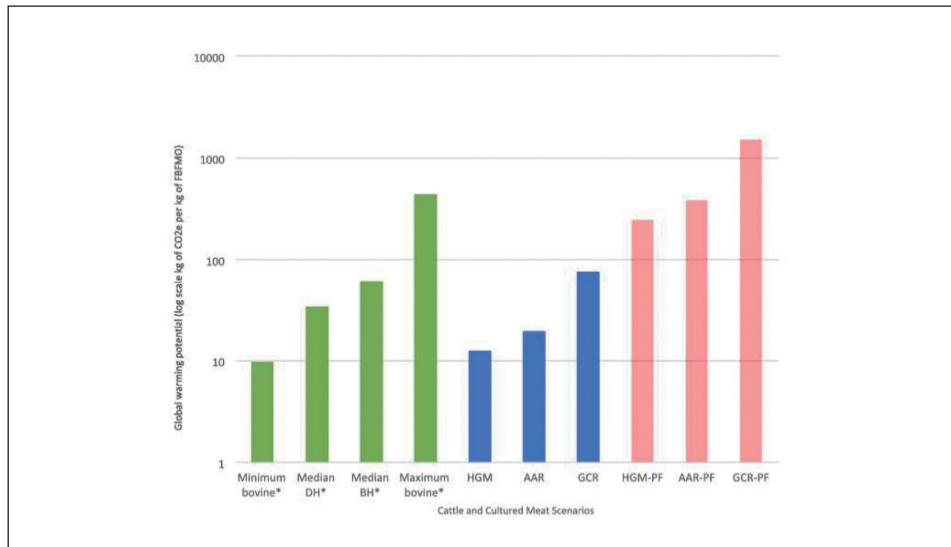
배양육의 온실가스 배출 구조는 기존 축산업과 근본적으로 다르다. 가축 사육에서 발생하는 메탄과 같은 생물학적 배출이 없는 대신, 세포 배양 시설의 온도를 유지하고, 세포에 영양분을 공급하는 '배양액'을 생산 및 정제하는 과정에서 에너지를 소비한다. 즉, 농장의 온실가스가 공장의 온실가스로 대체되는 구조다.



(그림10) 온실가스 배출량 비교 (kg CO₂-e/kg) 출처: 이두영 (2023)

배양육의 온실가스 배출량에 대한 평가는 연구의 전제 조건에 따라 크게 달라진다. 먼저 네덜란드 CE Delft(2021) 연구에 따르면, 현재의 에너지 시스템을 기준으로 배양육 1kg의 온실가스 배출량은 약 14kgCO₂e로, 소고기(약 30kgCO₂e)보다 낮지만 돼지고기(약 5kgCO₂e)와 가금육(약 9kgCO₂e)보다는 높게 나타난다. 같은 연구에서 2030년 기술 발전과 재생에너지 100% 전환을 가정한 미래 시나리오에서는 배출량이 약 2.46kgCO₂e까지 감소할 수 있다는 연구결과를 발표했다.

반면, 배양육이 축산업보다 온실가스를 많이 배출시킨다는 연구결과도 존재한다.



(그림11) 배양육과 축산업의 온실가스 배출량 비교. 출처: Risner et al., (2025)

Beef (BH): 일반적인 소고기 생산 과정에서 나오는 온실가스 배출량의 중간값. (60kg)

파란색 막대: 배양액 성분을 식품 등급으로 정제한 경우

분홍색 막대: 배양액 성분을 의약품 등급으로 정제한 경우

Table 2. TRACI 2.1 LCIA Results for Each Unprocessed and Purified Growth Medium Scenarios

	GCR	GCR-PF	AAR	AAR-PF	HGM	HGM-PF
smog (kg O3 equiv)	4.5	89.4	1.1	22.7	0.69	13.8
acidification (kg SO2 equiv)	0.6	12.9	0.2	3.3	0.10	1.9
respiratory effects (kg PM2.5 equiv)	0.1	1.6	0.0	0.4	0.01	0.3
non carcinogenic (CTUh)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
ecotoxicity (CTUe)	1848.9	36,977.9	469.6	9391.7	229.92	4598.4
global warming potential (kg CO2 equiv)	75.4	1508.3	19.2	383.1	12.31	246.1
ozone depletion (kg CFC-11 equiv)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
carcinogenics (CTU)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0
eutrophication (kg N eq)	0.5	9.0	0.1	2.3	0.07	1.4
fossil fuel depletion (MJ surplus) ^a	85.3	1706.4	21.7	433.4	14.89	297.8

^aEnergy usage by cultured meat production facility not accounted for in the table. GCR, glucose consumption rate scenario; AAR, amino acid requirement scenario; HGM, enhanced Humbird growth medium scenario; PF, purification factor.

(그림12) 배양육과 축산업의 온실가스 배출량 비교2. 출처: Risner et al., (2025), Table2

UC DAVIS 연구팀이 과학 학술지 'ACS Food Science & Technology'에 게재한 연구에 따르면, 현재 기술 수준에서 배양액을 식품 등급으로 정제한 경우 평균적으로 약 36kg CO₂e에 달하는 반면 의약품 등급(GCR-PF)을 사용한 경우 배양육 1kg 생산 시 지구 온난화 잠재력이 최대1,508kg CO₂e에 달한다고 분석했다. 즉, 식품 등급으로 정제한 경우

온실가스 감축 효과 나타나지만, 최악의 경우(GCR-PF) 소고기(BH)에 비해 최대 25배 높은 수준임을 나타낸다.

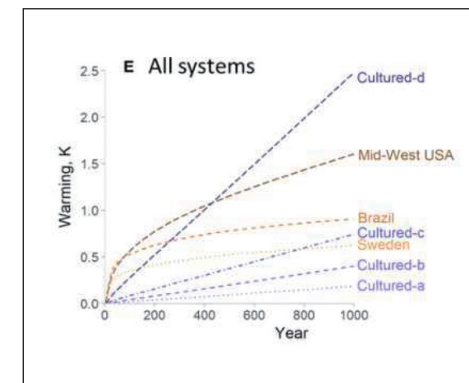
왜 상반되는 결과가 나오는가?

두 연구 결과가 극명하게 갈리는 이유는 '배양액 원료의 순도'와 '에너지원' 대한 가정이 근본적으로 다르기 때문이다.

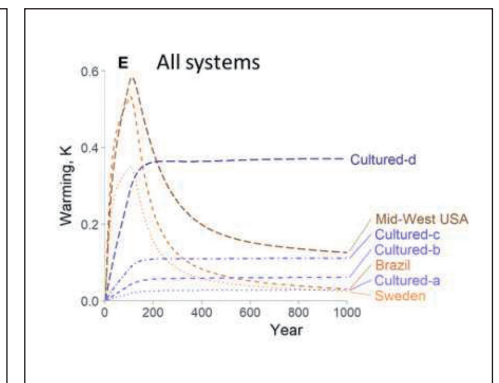
CE Delft의 가정: 이 연구는 현재 기술로도 대량 생산 시 일반 식품 산업에서 쓰는 수준의 '식품 등급' 원료를 사용하는 것이 가능하다고 전제했다. 이 등급의 원료는 생산 및 정제에 필요한 에너지가 상대적으로 적어, 배출량 전망치를 낮추는 결정적 요인으로 작용했다.

UC Davis의 가정: 이 연구는 안전한 대량 생산을 보장하려면 백신 제조 수준의 '의약품 등급' 원료 사용이 필요할 것이라고 가정했다. 세포 배양액은 영양이 풍부해 미생물 오염에 극도로 취약하므로, 사소한 오염만으로도 막대한 손실이 발생할 수 있다는 점을 근거로 들었다. 현재의 화석연료 기반 에너지 시스템에서 이 원료를 정제하는 데 드는 막대한 에너지가 바로 배출량 전망치를 폭발적으로 증가시키는 핵심 원인이다.

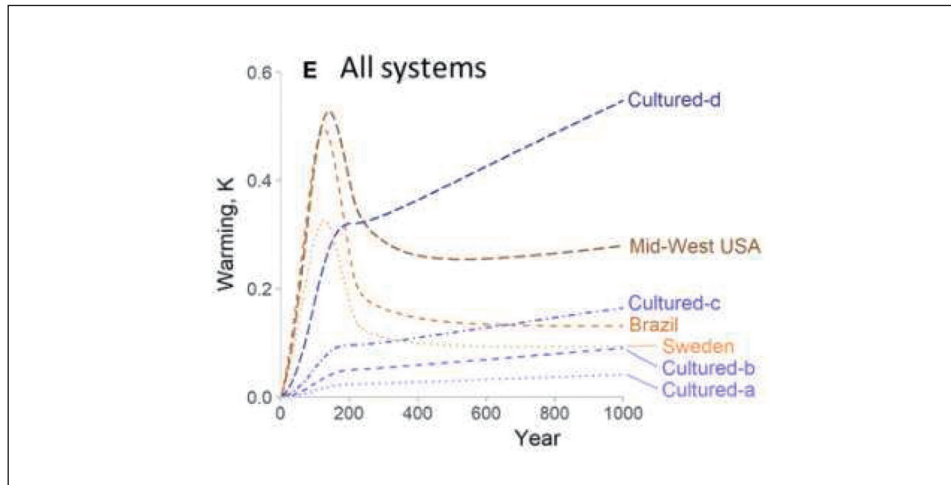
단순 배출량 비교가 아닌, 배출되는 온실가스의 종류 또한 문제점으로 지적된다. Lynch & Pierrehumbert (2019)이 Frontiers in Sustainable Food Systems 저널에 게재한 연구는 소 사육과 배양육의 장·단기 온난화 효과를 비교 분석한 데이터를 제시하며, 이산화탄소와 메탄의 단순 비교는 실제 기후 영향력을 왜곡할 수 있음을 나타냈다.



(그림13) 시나리오1: 지속적 초고소비, 1000년간 유지 출처: Lynch & Pierrehumbert (2019), Figure 1-3



(그림14) 시나리오2: 100년 초고소비 후 소비 완전 중단 출처: Lynch & Pierrehumbert (2019), Figure 1-3



(그림15) 시나리오3: 소비 증가 후 지속가능 수준으로 감소 출처: Lynch & Pierrehumbert (2019), Figure 1-3

X축: 연도

Y축: 온난화 정도(K)

Cultured-d란 배양육 생산 과정 중 에너지 집약적 공정을 가정한 가장 비관적인 시나리오로, 제약 공장 수준의 에너지 사용을 전제로 한다. 반면, Cultured-a, b, c는 식품 등급 원료 사용과 상대적으로 낮은 에너지 의존성을 가정한 시나리오로, 일반적인 배양육 생산의 범주를 뜻한다.

세 그래프는 서로 다른 소비 시나리오에서의 장기적 기후 영향을 보여준다.

(그림13)의 경우 소 사육은 단기적으로 메탄 배출로 인해 온난화 효과가 크지만 시간이 지나면서 안정화되는 경향을 보인다. 반면, 배양육 중 Cultured-d 시나리오는 에너지 사용이 많아 CO₂ 배출이 누적되면서 장기적으로 더 큰 온난화를 초래한다.

(그림14)의 경우 소 사육에서 발생한 메탄은 대기에서 빠르게 줄어들어 온난화 효과가 감소한다. 그러나 배양육은 이미 누적된 CO₂의 영향이 지속되어 온난화 효과가 유지된다.

(그림15)의 경우 소 사육은 소비가 줄어들면 온난화 효과도 점차 감소하지만, Cultured-d는 높은 에너지 의존성으로 인해 CO₂ 누적 효과가 장기적으로 계속 남는다.

해당 연구를 통해, 낙관적-중간 시나리오 (Cultured-a, b, c)는 대체로 소 사육보다 온난화 효과가 낮아 친환경적 잠재력이 있지만 최악의 시나리오(Cultured-d)의 경우 장기적으로

소 사육보다 더 큰 온난화를 유발할 수 있음을 확인할 수 있었다.

이처럼 상반된 주장이 나오는 근본적인 이유는 배양육 원료의 순도에 대한 통일된 기준이 아직 없기 때문이다. 미국의 현행 배양육 관련 규제 방식을 살펴보면 이 상황을 명확히 알 수 있다.

2019년 미국 식품의약국(FDA)과 농무부(USDA)가 체결한 「동물 세포 배양 기술 유래 식품의 감독에 관한 공식 협약」에 따르면 배양육 기업이 자사의 공정과 원료가 안전함을 스스로 입증하면 사례별로 심사하는 방식을 채택하고 있다.

이는 '의약품 등급'이나 '식품 등급'처럼 법으로 통일된 원료 순도 기준이 마련되지 않았음을 의미한다. 따라서 안전성 심사를 위한 규제 틀은 존재하지만, 업계 전반에 적용되는 표준은 아직 없어 연구마다 서로 다른 가정을 사용할 수밖에 없는 상황을 초래한다.

결론: 배양육의 온실가스 배출은 경우에 따라 기존 축산업보다 높게 나타날 수 있다. 그러나 이는 최악의 시나리오만을 가정한 결과이므로, 이를 근거로 일반화할 수는 없다. 실제로 동일한 연구에서도 낙관적-중간 시나리오에서는 배양육이 친환경적 잠재력을 가진 대체 식품임이 확인되었다. 따라서 배양육은 온실가스 측면에서 친환경적 잠재력을 가진 식품으로 평가할 수 있다.

보다 정확한 평가를 위해, 배양육의 온실가스 문제에 대해 하상도 중앙대학교 식품공학 교수님과 서면 인터뷰를 진행했다.

Q. 자료를 조사하며 배양육의 온실가스 영향에 대한 평가가 극명하게 엇갈린다는 점을 확인했습니다. 이처럼 상반된 주장이 공존하는 상황 속에서, 배양육의 온실가스 측면의 친환경성을 어떻게 평가하시는지 궁금합니다.

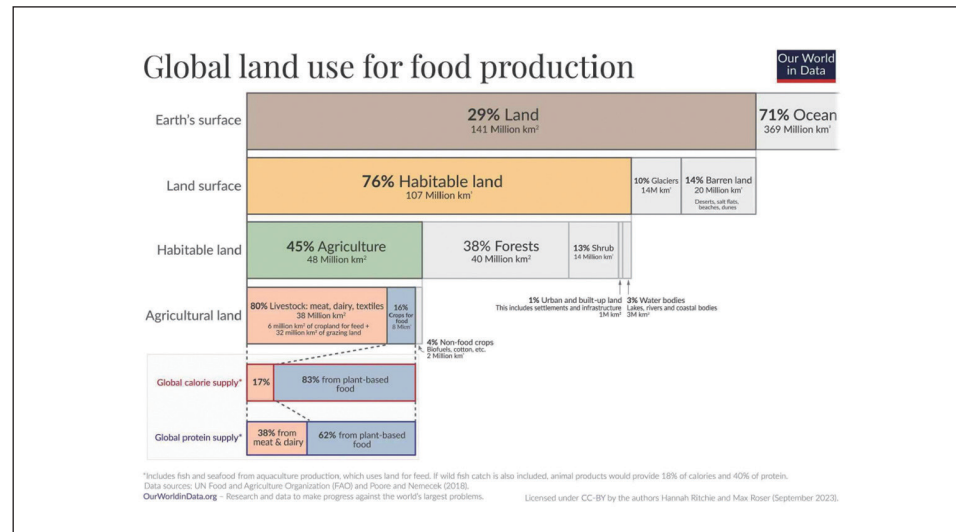
-> 저는 아무리 배양육이 실험실에서 이산화탄소를 많이 만들고 폐기물을 많이 만든다 하더라도 가축 생산보다는 적을 것이라 생각합니다. 실제 가축이 먹어치우는 사료, 물, 산소 등에다가 배설하는 이산화탄소, 대소변 등 환경에 미치는 악영향이 매우 크다고 생각합니다. 다만, 기후위기 대응 차원에서 배양육이 실질적인 친환경 식품이 되기 위해서는, 배양액 원료 순도에 대한 통일 기준 마련과 생산 공정의 에너지 전환이 필요해 보인다. 따라서 배양육의 온실가스 감축 효과는 대체로 사실로 판단된다.

토지 팩트체크

2.1 기존 축산업의 토지 사용 현황

FAO에 따르면, 지구의 얼음이 없는 땅의 26%는 가축 방목에 사용되고, 농경지의 33%는 가축 사료 생산에 사용된다. Hannah Ritchie와 Max Roser의 연구에 제시된 아래의 표는 이러한 구조를 잘 보여준다.

거주 가능한 땅의 절반(총 4,800만 km²)은 농업에 사용된다. 농업지 중 80%는 가축 사육에 사용되지만 가축은 전 세계 칼로리의 17%, 단백질의 38%만을 공급한다. 이는 축산업이 과도한 토지를 사용하지만 식량 공급 효율은 낮다는 사실을 보여준다. 따라서 토지 이용 측면에서 축산업은 비효율적이며 대안을 모색할 필요가 있다.



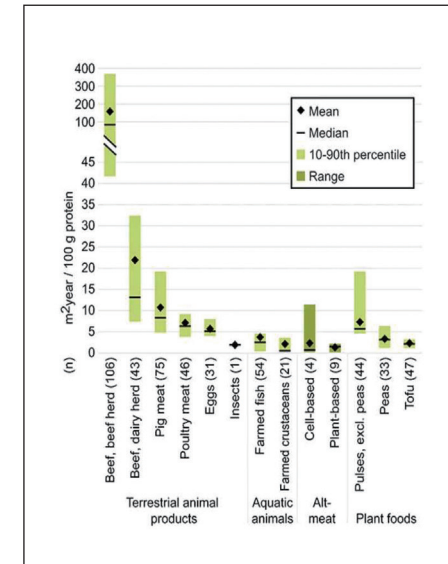
(그림16) 식량 생산을 위한 전 세계 토지 이용량 출처: FAO, Livestock and Landscapes, Food and Agriculture Organization of the United Nations, p.1, 2012,

2.2 기존 축산업의 토지 오염도 현황

축산업은 토지 오염에도 심각한 영향을 미친다. 이는 경작지에서뿐만 아니라, 가축 사육 과정에서 나타나다. 가축 사료에는 질소, 인이 포함되어 있으며 동물들은 이를 일부는 사용, 나머지는 분뇨로 배출한다. Köninger et al. (2021)에 따르면 EU와 영국에서는 연간 14억 톤 이상의 분뇨가 발생하여 토양에 다시 사용되면서 잠재적으로 유해한 영향을 미친다고 말한다.

2.3 식물성 대체육은 토지 사용을 절감하는가?

식물성 대체육의 토지 절감 효과를 확인하기 위해 단백질 100g 생산 시 필요한 토지 사용량을 살펴보았다.



Y축: m²-year / 100g protein (단백질 100g당 토지 이용량)
X축: 식품군 (동물성, 수산물, 대체육, 식물성)
표시값: Mean (평균)
Median (중앙값)
전체 막대 범위: 최소-최대값
LCA 범위: 원자재 채굴 및 추출 단계부터 제조 공정 완료 시점

(그림17) 단백질 100g 생산 시 필요한 토지 이용량 m²/년 출처: Santo et al., 2020, Figure 4.

(그림17)에 따르면 식물성 대체육은 단백질 100g 생산에 평균 약 5m² 미만의 토지가 필요하며, 이는 돼지고기 대비 약 82%, 닭고기 대비 약 77%, 소고기 대비 약 98% 낮은 수준이다. 그러나 육류의 토지 사용량은 대부분 사료 생산을 위해 사용되므로, 사료 전환 손실을 함께 고려하는 것이 정확한 평가를 위해 중요하다.

한국농촌경제연구원 자료에 따르면, 소고기 1kg 생산에는 7~10kg의 사료가 필요하며 전환율은 10~14%이고, 돼지고기는 4~5kg의 사료가 필요하며 전환율은 20~25% 수준이다. 반면, 1kg의 식물성 대체육 생산에는 약 1.3kg의 경작 작물이 필요하며 전환율은 약 75%로 육류보다 높다(이두영, 2023).

결론: 식물성 대체육은 토지 사용 측면에서 기존 육류보다 단백질 생산에 필요한 토지가 현저히 적고 사료 전환 효율 또한 높아 실제 토지 사용 절감 효과가 있다 판단된다. 따라서 식물성 대체육의 토지 사용 절감 효과는 사실로 판단된다.

2.4 배양육은 토지 사용을 절감하는가?

배양육은 실험실에서 세포를 증식해 고기를 만들기 때문에, 토지 사용 절감 효과가 있다고 알려져있다.

(그림17)을 통해, 배양육은 소고기 대비 토지 사용량이 크게 낮다는 것을 확인할 수 있었다. 구체적으로 소고기의 경우 단백질 100g 생산에 평균 100m² 이상이 필요한 반면, 배양육은 약 5~11.5m² 수준에 머물러 있었다. 다만, 배양육은 돼지고기, 닭고기와 비교했을 때 토지 사용량이 크게 차이나지 않는 것으로 나타났다.

보다 정확한 평가를 위해 배양육의 사료 전환 효율을 확인해보았다.

Resource type	Description	Cultivated meat	Chicken ^a	Pork ^a	Beef (dairy cattle) ^a	Beef (beef cattle) ^a
Biotic	Primary feed	0.8	1.5	3.1	3.7	4.6
	By-product feed	0.2	1.3	1.5	2.1	1.1
	Grass				7.5	31.6
Mineral	Salts and other	0.2				
Total biotic + mineral (incl. grass)		1.3	2.8	4.6	13.4	37.3
Total biotic + mineral (excl. grass)		1.3	2.8	4.6	5.8	5.7
Total biotic (excl. grass)		1.0	2.8	4.6	5.8	5.7

(그림18) 투입 건물 대비 산출 신선육 출처: CE Delft, 2021, Table 3

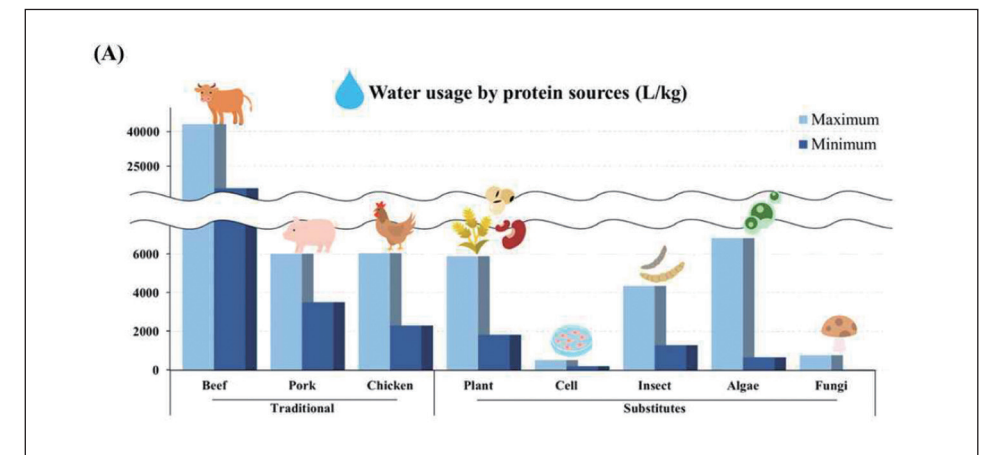
(그림18)는 배양육의 사료 전환 효율(FCR)을 보여준다. 확인 결과, 배양육 1kg을 생산하기 위해 약 0.8kg의 주요 곡물 사료와 0.2kg의 부산물이 필요하며, 소량의 광물질도 추가되어 총 투입량은 약 1.3kg으로 나타난 것을 확인할 수 있다. 이는 닭고기(2.8kg), 돼지고기(4.6kg), 젓소고기(5.8kg), 비육우(5.7kg)와 비교했을 때 가장 낮은 수치이다. 특히 사료 효율이 가장 좋은 축종으로 알려진 닭고기보다 절반 수준으로, 배양육의 사료 전환 효율이 높다는 점을 확인할 수 있다.

결론: 배양육의 토지 사용 측면에서 소고기에 비해 필요한 토지가 적지만, 돼지고기와 닭고기와는 유사한 수준임을 확인하였다. 그러나 사료 전환 효율이 높아 실제 토지 사용 절감 효과가 유의미하다고 판단된다. 배양육의 토지 사용량 절감 효과는 사실로 판단된다.

물 팩트체크

3.1 기존 축산업의 수자원 사용 현황

축산업은 육류 생산 과정에서 막대한 양의 수자원을 소비한다. 여기에는 가축 음수뿐만 아니라 사료 재배, 축사 청소, 도축·가공 과정에서 사용되는 물이 포함된다. Mekonnen과 Hoekstra(2012)에 따르면, 소고기 1톤 생산에는 약 15,400 m³, 돼지고기는 6,000 m³, 닭고기는 4,300 m³의 물이 필요하다. 또한 Lange와 Nakamura(2021)는 소고기, 돼지고기, 닭고기 1kg 생산에 필요한 물이 각각 22,000~43,000 L, 3,500 L, 2,300 L라고 분석하였다.



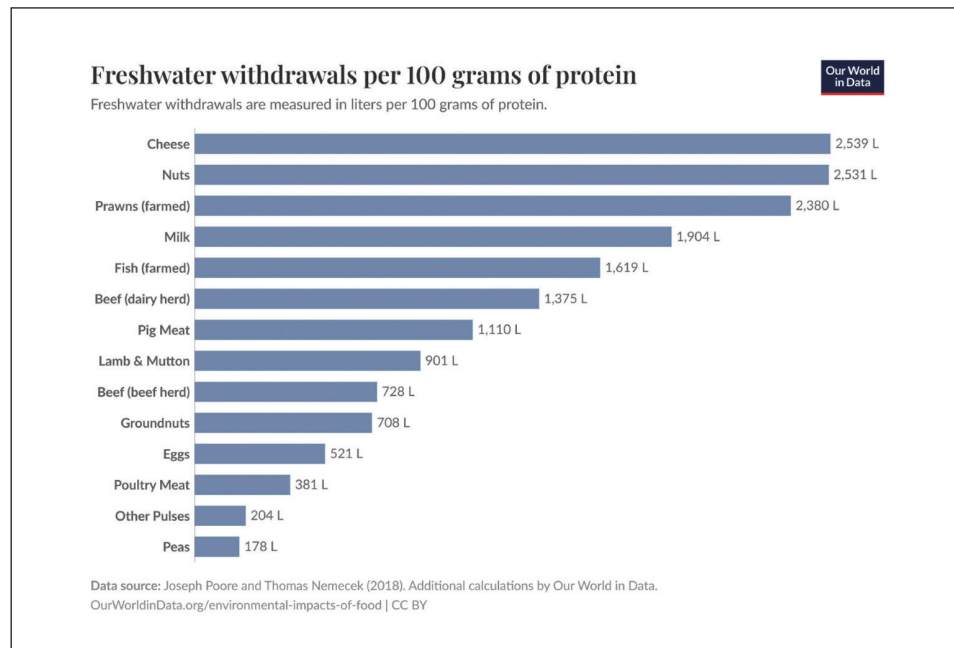
(그림19) 출처: Da Young Lee et al. (2024)

이러한 수자원 사용은 축산업의 '물 발자국(water footprint)'으로 이어진다. 모든 동물성 제품의 물 발자국은 동일한 영양가를 지닌 식물성 작물보다 훨씬 크다(Mekonnen & Hoekstra, 2012). 실제로 전 세계 농업 부문의 총 물 발자국 중 약 29%가 동물성 제품 생산과 관련되며, 이 가운데 약 1/3은 소고기 생산에서 발생한다(Lange & Nakamura, 2021). 특히 사료 생산 단계에서의 물 소비 비중이 크다. Heinke 등(2020)에 따르면, 연간 약 4,387 km³의 물이 사료 생산에 사용되며, 이는 전체 농업용수의 약 41%에 해당한다. 축산물의 유통과 소비 단계에서도 냉장·냉동, 조리·보관 과정에서 물과 에너지가 추가로 사용되며, 식품 폐기물은 수질 부담을 가중시킨다(정석희, 2023). 아울러 축산업은 수질 오염과도 직결된다. 가축 분뇨와 합성 비료 사용으로 인한 질소(N)와 인(P)의 유출은 부영양화를 초래하며, 이는 수질 악화의 주요 원인으로 작용한다

(Heinke 등., 2020). 이처럼 축산업은 전 세계적으로 이용 가능한 담수의 약 1/4을 사용하며, 수자원 고갈과 수질 악화에 중요한 영향을 미친다.

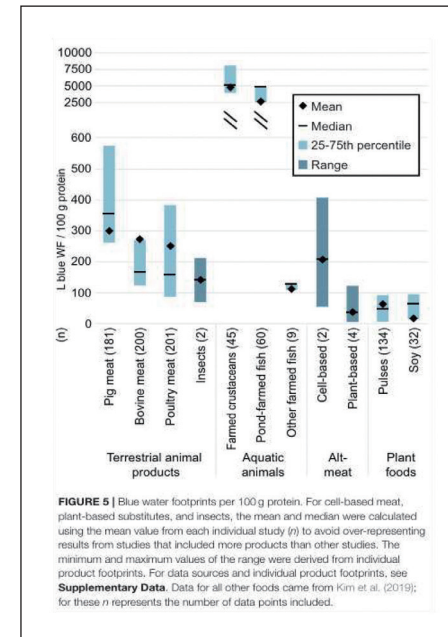
3.2 식물성 대체육은 물 사용량을 줄이는가?

식물성 대체육의 물 절감 효과를 확인하기 위해 먼저, 식물성 대체육의 원료단계에서의 담수 섭취량을 확인해보았다.



(그림20) 출처: Our World in Data (Poore & Nemecek, 2018)

(그림20)은 단백질 100g당 담수 섭취량을 보여준다. 단백질 100g 생산을 위한 담수 사용량은 동물성 단백질이 식물성 단백질에 비해 높은 것으로 나타났다. 구체적으로 돼지고기 1,110L, 소고기 728L, 가금류 381L의 담수가 요구되는 반면, 식물성 단백질 원료인 완두콩은 178L로 낮은 물을 필요로 한다. 이는 원료 단계에서 식물성 단백질이 물 소비 측면에서 우위에 있음을 보여준다. 하지만 가공 단계에서 추가적인 물 사용이 발생한다. 공정 과정에서 세척, 가공, 위생 관리, 장비 세척 등 다양한 용도로 물이 사용되며, 이는 원료 단계의 물 사용량에 더해져 최종 제품의 총 물 발자국에 기여한다. 이러한 가공 단계까지 고려한 단백질 100g당 청색수 (지하수, 강, 호수) 사용량은 다음과 같다.



(그림21) 단백질 100g당 청색수 사용량 출처: Santo et al. (2020) Figure 5

해당 그래프에 따르면, 식물성 대체육의 청색수 사용량 중앙값은 사육 가금류, 소고기, 돼지고기보다 각각 76%, 77%, 89% 낮은 것으로 나타났다. 이는 가공 단계를 포함한 제품 단계에서도 식물성 대체육이 동물성 육류 대비 청색수 사용량이 현저히 적음을 의미한다. 해당 자료는 청색수만을 기준으로 한 비교이므로, 청색수 (빗물)을 포함한 자료도 추가로 확인해보았다.

Impact Category	Unit	Beef Patty (i)	Beyond Burger (ii)	Impossible Burger (iii)
GHG Emissions	kg CO ₂ eq.	3.7 (2.9, 4.3)	0.35 (0.33, 0.37)	0.40 (0.35, 0.45)
			-90.5% (-90.0%, -91.1%)*	-89% (-87.8%, -90.5%)*
Energy use	MJ	11.4 (9.5, 13.6)	5.7 (5.38, 6.08)	-
			-50% (-46.7%, -52.8%)*	-
Land use	m ² a eq.	7.0 (4.2, 11.6)	0.45 (0.42, 0.47)	0.28 (0.18, 0.42)
			-93.5% (-93.3%, -94%)*	-96% (-94%, -97.4%)*
Absolute Water use	L eq.	96.4 (70.1, 140.4)	3.27 (3.09, 3.48)	12.11 (6.45, 23.05)
			-96.6% (-96.4%, -96.8%)*	-87.4% (-76.1%, -93.3%)*
Aquatic Eutrophication Potential	g PO ₄ eq.	1.71 (1.62, 6.87)	0.15 (0.26-1.10)	-
			-91% (-35.7%, -84.8%)*	-

(그림22) 미국산 1/4 파운드(약 113g) 소고기 식물성 대체육 버거의 전체 전과정 환경 영향 비교 출처: Myers et al. (2023) Table3

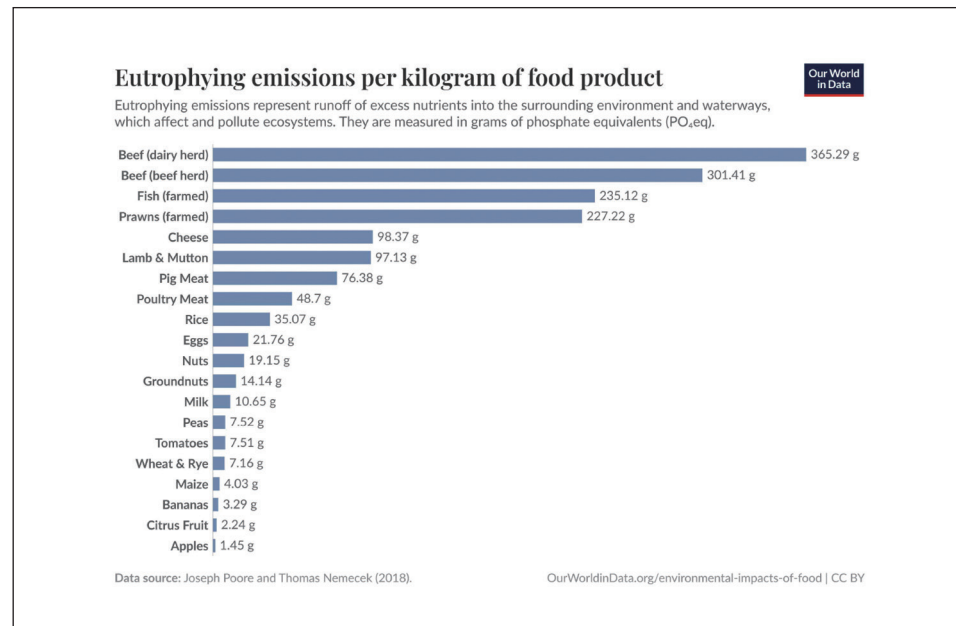
(그림22)는 식물성 대체육 버거와 기존 소고기 패티 물 사용량을 보여준다. 평균적으로 식물성 대체육 버거에서 96.6%, 87.4% 이상 물 사용량을 감소시키는 것으로 확인되었다.

반박의견

그러나 이러한 연구 결과들이 식물성 대체육의 절대적인 우위를 단정하기는 어렵다는 지적도 존재한다. 이는 소고기 생산 방식이 물 사용량에 미치는 영향이 매우 크기 때문이다. 대부분의 비교 연구는 공장식 축산을 기준으로 삼지만, 방목 사육의 경우 자연 강수(녹색수)에 훨씬 더 많이 의존하므로 관개 용수(청색수) 사용이 적다. Ridoutt et al. (2014)과 Fresán et al. (2019a)의 연구에서는 방목 사육 소고기와 식물성 대체육의 청색수 사용량이 비슷하거나, 특정 경우 방목 사육 소고기가 더 적게 나올 수도 있다고 지적한다.

3.3 식물성 대체육은 수질 오염을 감소시키는가?

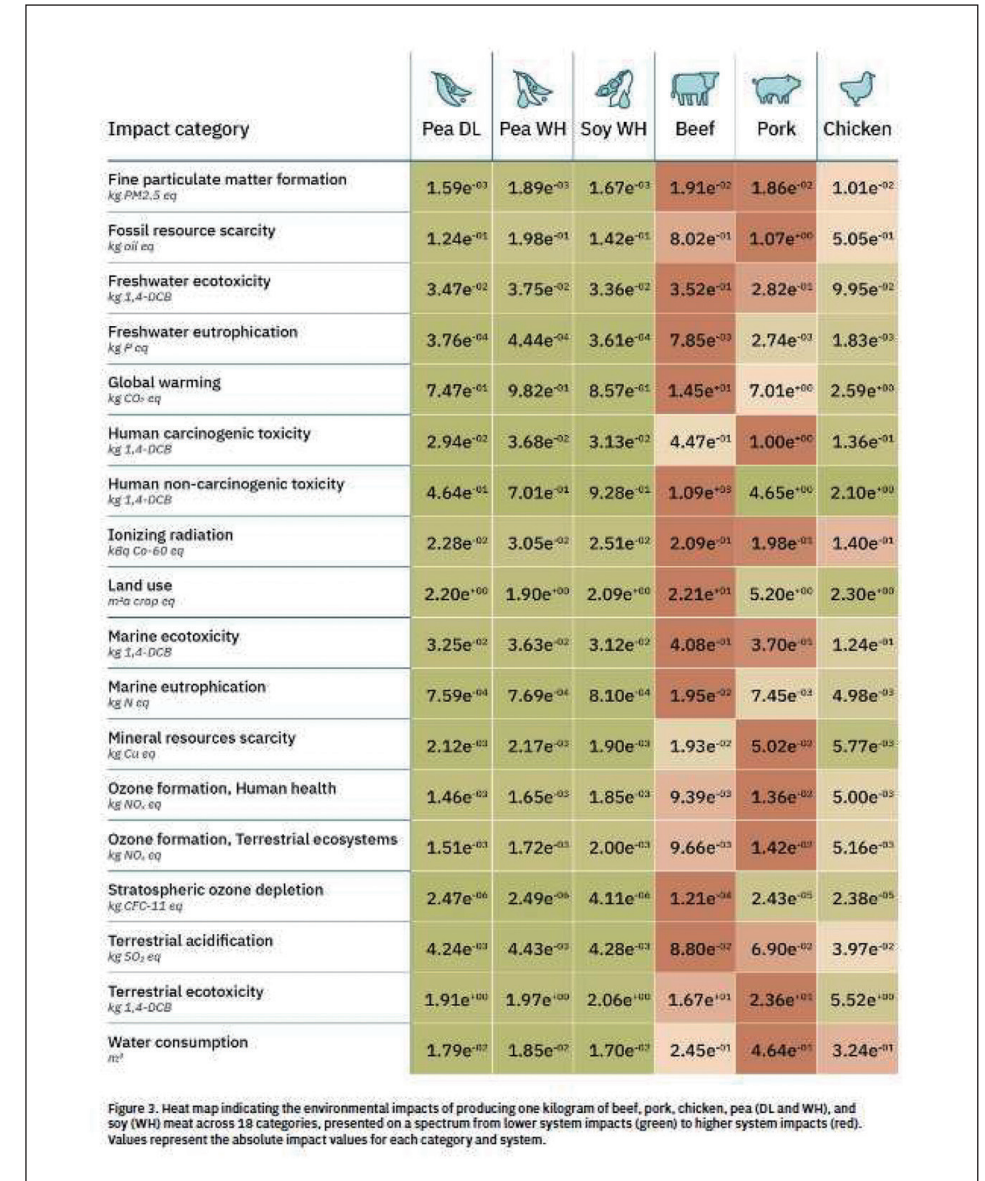
식물성 대체육은 원료 생산과 가공 과정에서 부영양화를 유발할 수 있다. 부영양화란 물속에 영양분이 과도하게 쌓여 녹조 등 수중 식물이 급격히 번식하고, 이로 인해 산소가 고갈되어 다른 수중 생물이 살기 어려워지는 현상을 말한다.



(그림23) 출처: Our World in Data (Poore & Nemecek, 2018)

(그림23)은 식품 1Kg당 부영양화 배출량을 보여준다. 소고기는 완두콩 대비 약 48배 높은 부영양화 잠재력(gPO₄eq/kg)이 나타난 것을 알 수 있다.

하지만 식물성 단백질은 공정 과정에서 추가적으로 오염을 시킬 수 있기에, 가공 단계까지 고려한 수질 오염도를 추가적으로 확인해 보았다.



(그림24) 1kg 단백질 생산의 환경 영향 비교 히트맵 출처: Myers et al., 2023, Figure 3

수질오염과 관련된 지표는 총 4가지로 다음과 같다. 3번째: 담수 생태독성, 4번째: 담수 부영양화, 10번째: 해양 생태독성, 11번째: 해양 부영양화

(그림24)은 소고기, 돼지고기, 닭고기, 완두콩(DL 및 WH), 대두(WH) 육류 1kg 생산의 환경 영향을 18개 범주에 걸쳐 나타낸 히트맵이다. 시스템 영향이 낮을수록 녹색에 가까우며, 높을수록 빨간색에 가까게 표현되었다. 담수 생태독성의 경우, 식물성 대체육은 0.033~0.037 kg 수준으로 소고기 대비 약 95~107배, 돼지고기 대비 약 76~86배, 닭고기 대비 약 2.8~3배 낮다.

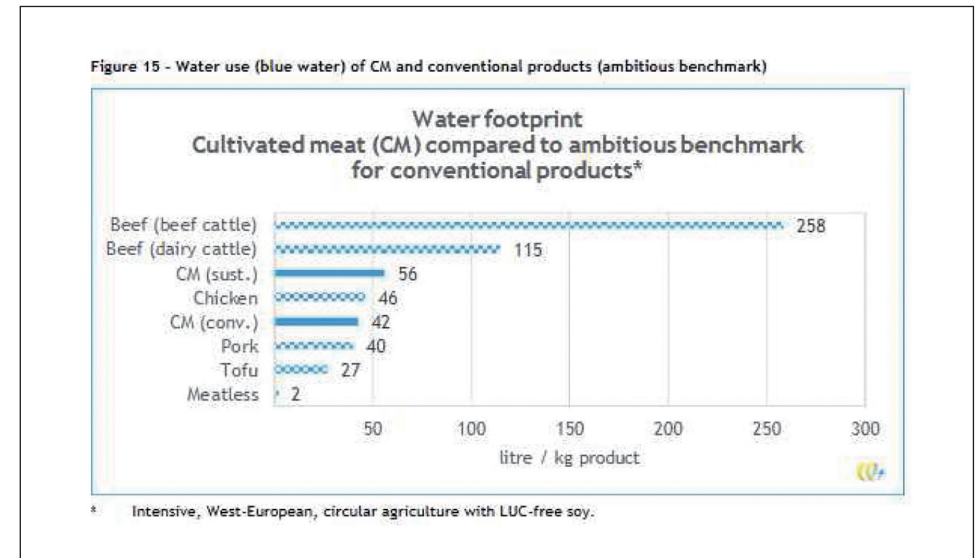
담수 부영양화의 경우, 식물성 대체육은 약 0.00036~0.00044 kg 수준이다. 이는 소고기 대비 약 18~22배, 돼지고기 대비 약 6~8배, 닭고기 대비 약 4~5배 낮다. 해양 생태독성의 경우, 식물성 대체육은 약 0.031~0.036 kg 수준이다. 이는 소고기 대비 약 110~131배, 돼지고기 대비 102~120 배, 닭고기 대비 약 3.4~4배 낮다.

해양 부영양화의 경우, 식물성 대체육은 약 0.00076~0.00081 kg 수준이다. 이는 소고기 대비 약 24~26배, 돼지고기 대비 약 9~10배, 닭고기 대비 약 6배 낮다.

결론: 식물성 대체육은 원료 단계와 최종 가공 단계에서 소고기, 돼지고기, 가금류 등 동물성 육류에 비해 낮은 담수 사용량을 보이며, 이는 물 절약 효과를 뒷받침한다. 다만, 사육과정에 따라 물 사용량에 대한 수치는 달라질 수 있다. 이에 식물성 대체육이 절대적인 물 절약 효과를 갖는다고 단정하기보다는, 일반적인 공장식 축산과 비교할 경우 물 사용량 저감 효과가 있는 것으로 판단하는 것이 더 합당하다. 따라서 식물성 대체육의 물 사용량 절감 효과는 대체로 사실로 판단된다. 수질 오염 저감 효과에 관해서는 담수·해양 생태독성, 부영양화 지표를 비교한 결과, 가공단계까지 포함해도 식물성 대체육은 전반적으로 기존 육류보다 수질 오염 지표가 낮게 나온 것을 확인할 수 있다. 이에 따라 수질 오염 저감 효과는 일관되게 확인되며, 사실이라는 판단을 내릴 수 있다.

3.4 배양육은 물 사용을 줄이는가?

배양육은 생산 과정, 특히 세포 배양 과정에서 물을 소비하는 구조다. 이에 따라 배양육과 기존 축산업의 물발자국을 확인해보았다.



(그림25) 물 발자국-기존 제품에 대한 최대 잠재 성과치와 비교한 대체육 출처 CE Delft, 2021

(그림25)은 배양육 1kg 제품 생산 시 필요한 청색수 사용량을 나타낸다. 닭고기, 돼지고기와 비슷한 수준인 반면, 소고기에 비해서는 훨씬 적은 것으로 확인할 수 있다.

다만 배양육의 경우 물 사용량 분석에 한계가 있다. 위의 수치는 초기 세포 배양 단계 기준으로 산출된 것이기에 현재 완전히 적용이 된다고 보기는 힘들며, 실제 식품화 과정에서는 추가 물 사용이 불가피하다. 따라서 초기 연구 결과가 보여주는 물 절감 효과는 가공 및 상업화 단계에서 일부 상쇄될 가능성이 있으며, 배양육의 수자원 절감 효과를 정확히 평가하기 위해서는 후속 연구와 검증이 필요하다. (Risner et al, 2024)

3.5 배양육은 수질 오염을 줄이는가?

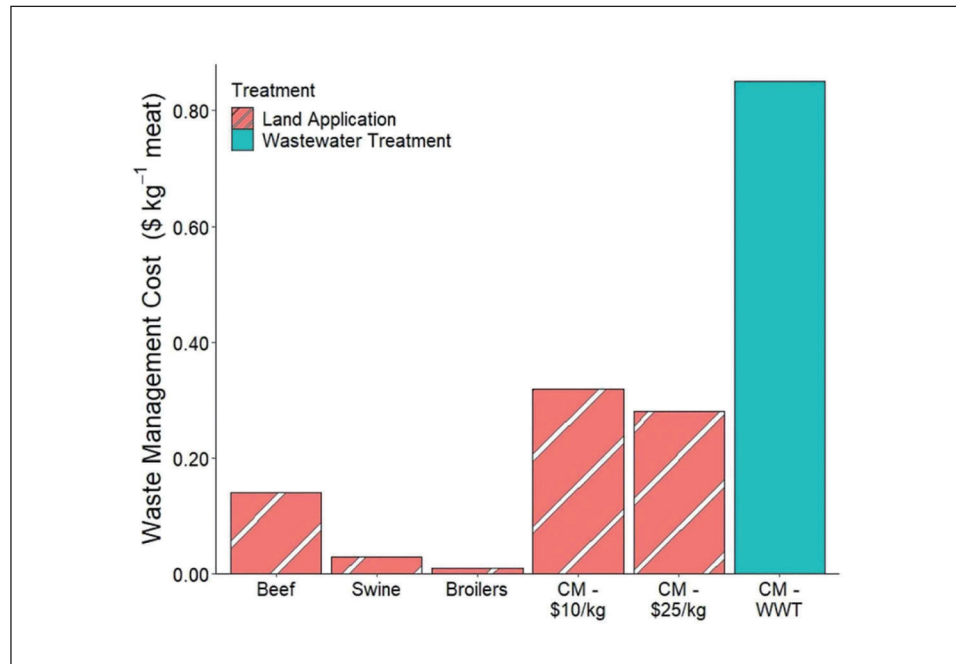
배양육은 생산과정에서 배양액이 사용되며, 이는 단백질을 만들기 위한 질소 성분이 다량 들어간다. 세포가 자라면서 해당 성분을 모두 소모하지 못하면, 남은 질소가 포함된 폐배양액이 발생하는 구조다.

이에 따라 폐배양액의 질소를 기존 축산업의 질소와 비교해 보았다.

연구(Myers et al., 2023)에 따르면, 배양육 생산 과정에서 나오는 폐배양액의 질소 농도는 약 1,060 mg/L로, 가축 분뇨의 평균 질소 농도(약 3,000 mg/L)보다 낮다. 이는 배양육이 가축 분뇨보다 질소 오염 부담이 덜할 수 있음을 시사한다.

하지만, 질소 오염의 진정한 환경적 영향은 배출 농도뿐만 아니라 총 배출량에 의해 결정된다. 현재까지 배양육의 단위당 발생하는 총 질소 배출량에 대한 연구 자료는 매우 제한적이다. 따라서 배양육이 기존 축산업보다 총 질소 배출량을 얼마나 줄일 수 있는지에 대해서는 아직 단정하기 어렵다.

배양육의 질소 처리 방식에 따라 환경적 결과가 크게 달라진다.



(그림26) 기존 육류 생산 및 배양육의 영양소 관리 전략별 비용 비교 출처: Myers et al. (2023), Figure 4

(그림26)은 기존 축산업에서 발생하는 가축 분뇨의 토지 처리 비용과, 배양육 생산 과정에서 나오는 배지의 처리 비용을 비교한 그래프다.

소고기 분뇨를 토지에 처리하는 데 드는 비용은 약 \$0.15/kg이며, 돼지와 육계는 이보다 훨씬 낮은 수준이다. 반면, 배양육의 경우 생산 단가에 따라 차이가 있지만, 배지를 토지에 처리할 경우 \$0.28-0.32/kg의 비용이 들며, 이는 소고기보다 높은 수치다. 특히 폐수 처리(WWT) 방식의 경우, 배양육 배지를 처리하는 데 드는 비용이 \$0.80/kg 이상으로 가장 높게 나타난다. 폐수 처리 비용이 이처럼 높은 것은, 일반적으로 질소 등 고농도 오염물질을 제거하기 위한 복잡한 공정과 에너지 투입이 필요하기 때문으로 해석된다.

반면, 배지를 농지에 재활용하는 토지 처리(Land Application) 방식은 폐수처리 보다 비용이 비교적 낮고, 질소를 농업용 비료로 전환할 수 있어 자원 순환 구조로 연결될 수 있다. 그러나 이 방식은 배양육 생산 시설이 농경지 인근에 위치해야만 가능하다는 제약이 있다. 결국, 생산 시설이 농지에서 멀리 떨어져 있을 경우, 배지를 비료로 활용하는 것은 사실상 어렵고, 폐수 처리 방식에 의존할 수밖에 없다. 이때는 비용뿐 아니라 에너지나 자원 소비 측면에서 환경 부담이 커질 가능성도 함께 고려해야 한다.

즉, 배양육이 친환경적이 되려면 단순히 “배양육은 물을 덜 쓴다”는 차원을 넘어, 배양액 속 질소를 어떻게 관리하느냐가 핵심이다. 자원순환(비료화)으로 연결되면 환경적 이점이 커지지만, 폐수로 버리면 축산보다 더 큰 환경 부담을 남길 수 있다.

이와 관련하여 하상도 교수(중앙대학교 식품공학과)는 “폐배양액이나 부산물의 환경적 문제가 크고 다량 배출된다면 배양육의 실용화 자체가 어려울 것”이라며, “폐기물 처리 역시 실용화 성공의 큰 요인 중 하나로, 반드시 환경적 이익이 담보되어야 한다”고 강조했다. 또한 “대체육(배양육)은 식물성에 비해 경제성, 규제, 소비자의 수용도 등 넘어야 할 과제가 여전히 많아, 중장기적으로 해결해야 할 기술적 도전”이라고 덧붙였다.

그렇다면 현재 대체육 기업에서는 폐수 처리가 어떠한 방향으로 이루어지고 있는가.

씨위드의 금준호 대표와 인터뷰를 진행한 결과, 배양육 생산 과정 중 발생하는 폐수, 배양액의 처리 및 재사용에 관하여 다음과 같은 답변을 받을 수 있었다.

현재 배양육 생산에서 배양액 재사용 기술을 미래에 개발할 가능성은 있지만, 산업적 비용과 에너지 문제로 인해 아직 적극적으로 실행되지 않고 있으며, 현재 배양액 단가를 낮춰 저렴하게 사용하는 데 집중하고 있다. 또한 배양액을 재사용하려면 산업용 필터가 필요하고, 필터 자체가 소모품이자 폐기물로 발생하며 자원 소모가 크다. 따라서 현재는 사용한 배양액의 폐수나 부산물 처리에 대한 환경적 고려는 적게 이루어지고 있다.

다만 배양육 생산의 적은 환경적 고려에도 불구하고, 기존 축산업의 환경적 영향과의 비교에서 다음과 같은 답변을 얻었다.

배양육은 기존 축산업과 달리 사료 생산과 가축 사육 과정에서 발생하는 농약, 질소·인 등 수질 오염 및 온실가스 배출 부담을 상당 부분 줄일 수 있다. 세포 배양 과정에서도 질소 화합물과 CO₂가 일부 발생하지만, 소 등의 가축에 비해 총 배출량은 적어 폐수 처리까지 완벽히 이루어지지 않더라도 기존 축산업 대비 환경적 장점이 존재한다.

결론: 배양육의 경우 이론적으로 기존 축산업보다 물 사용량을 줄일 수 있는 잠재력이 있다. 다만 이는 소고기와 비교한 결과이며, 돼지고기 및 닭고기의 경우 배양육과 비슷한 물 사용량이 나타난다. 또한 현재의 데이터는 초기 세포 배양 단계 기준이므로, 상업화 단계에서는 절감 폭이 감소할 가능성이 있다. 따라서 정확한 판단을 위해서는 추가적인 연구가 필요하며, 현재에는 판단하기 어렵다. 따라서 배양육의 물 사용량 절감 효과는 판정 불가하다. 수질 오염의 측면 역시 기존 축산업보다 저감할 수 있는 잠재력이 존재한다. 하지만 이는 폐배양액 관리 방식에 크게 좌우된다. 폐배양액을 농업용 비료로 활용하는 자원순환 구조를 구현하면 수질 오염 저감 효과가 극대화되며, 단순 폐수 처리만 할 경우 일부 환경 부담이 발생할 수 있다. 따라서 수질 오염 저감에는 효과가 있지만, 상업화는 제대로 진행되지 않았다는 결론을 내릴 수 있다. 따라서 배양육의 수질 오염 저감 효과는 대체로 사실이 아니다.

결론 작성하기

본 연구에서는 ‘대체육은 친환경적인가?’라는 주제 하에, 식물성 대체육과 배양육을 대상으로 온실가스 배출, 토지 사용, 수자원 관점에서 환경적 영향을 비교·분석하였다.

첫째, 온실가스 측면에서 식물성 대체육은 원료 수급부터 가공 단계까지 포함하더라도 기존 축산업 대비 감축 효과가 크며, 이는 기후변화 완화 측면에서 구조적으로 유리한 선택임을 일관되게 보여준다. 따라서 식물성 대체육의 온실가스 감축 효과는 사실이라고 판단된다. 배양육의 경우, 최악 시나리오에서는 기존 축산업보다 온실가스 배출이 높게 나타날 수 있으나, 낙관적·중간 시나리오에서는 친환경적 잠재력을 가진 대체 식품으로 평가된다. 다만, 배양육이 실질적인 친환경 식품이 되기 위해서는 배양액 원료 순도의 통일 기준 마련과 생산 공정의 에너지 전환이 필요하다. 따라서 배양육의 온실가스 감축 효과는 대체로 사실이라고 판단된다.

둘째, 토지 사용 측면에서는 식물성 대체육이 단백질 생산에 필요한 토지가 현저히 적고 사료 전환 효율 또한 높아, 기존 축산업 대비 토지 사용 절감 효과가 뚜렷하다. 따라서 식물성 대체육의 토지 사용 면적 절감 효과는 사실로 판단된다. 배양육 또한 소고기 대비

토지 사용이 적고, 돼지고기 및 가금류와 유사한 수준이지만 사료 전환 효율이 높아 실제 절감 효과는 유의미한 것으로 판단된다. 따라서 배양육의 토지 사용 면적 절감 효과는 사실로 판단된다.

셋째, 수자원 및 수질 측면에서 식물성 대체육은 담수 사용량과 수질 오염 지표 모두 기존 축산업 대비 낮은 것으로 확인되며, 수질 오염 저감 효과가 일관되게 나타난다. 다만 사육 과정에 따라 물 사용량에 대한 수치를 달라질 수 있다. 따라서 식물성 대체육의 경우 물 사용량 저감 효과는 대체로 사실이며, 수질 오염 저감 효과는 사실로 판단된다.

배양육의 경우, 잠재적으로 물 사용량 및 수질 오염을 저감할 가능성이 있다. 다만 물 사용량의 경우, 소고기와 비교했을 때만 그러한 결론이 나타나며 데이터가 불완전하다. 또한 수질 오염 저감 측면에서는 폐배양액 관리 방식에 따라 저감 효과가 크게 달라지며 현재 상업화가 제대로 진행되지 않았다는 결론을 내릴 수 있다.

종합적으로, 온실가스, 토지, 수자원 3가지 측면에서 기존 축산업 대비 대체육을 판단하였을 때, 식물성 대체육은 축산업보다 친환경성이 크다 판단된다. 이에 반해 배양육은 아직 기술적·산업적 성숙도가 낮아 환경적 영향에 대한 연구가 제한적이며, 일부 시나리오에서는 기존 축산업보다 비효율적일 가능성도 존재한다. 특히 에너지 집약적 생산 공정과 배양액 관리 방식 등에 따라 환경성 평가 결과가 크게 달라질 수 있다는 점에서 현시점에서의 절대적 친환경성 판단에는 한계가 있다. 그럼에도 불구하고, 배양육은 온실가스 배출 감축 가능성, 토지 절감 효과, 그리고 수자원 절감 측면에서의 잠재적 이점 등을 종합적으로 고려할 때, 친환경적인 잠재력이 있다고 판단된다. 특히 에너지 전환과 생산 공정의 고도화가 이루어진다면, 기존 축산업 대비 친환경적인 대안이 될 수 있는 여지는 충분하다. 따라서 배양육의 현재 한계를 분명히 인식하면서도, 그 친환경적 잠재력에 주목할 필요가 있으며 이러한 점에서 배양육의 친환경성은 ‘대체로 사실’로 판정하는 것이 타당하다고 결론짓는다. 대체육의 친환경적 효과를 실질적으로 확보하기 위해 다음과 같은 개선책이 필요하다.

배양액 원료의 표준화 및 친환경화

- 배양액의 원료 성분(아미노산, 성장인자 등)에 대한 국제적 통일 기준을 마련한다.

- 동물 유래 성분을 최소화하고, 식물성 또는 미생물 기반 대체 배양액을 개발한다.
 배양육이 친환경적으로 생산되기 위해서는 배양액의 원료를 표준화하고 친환경적으로 바꾸는 것이 중요하다. 이를 위해 우선, 배양액 속에 들어가는 아미노산이나 성장인자 같은 성분에 대해 국제적으로 통일된 기준을 만드는 노력이 필요하다. 또, 지금까지는 소 혈청 등 동물에서 얻은 성분을 많이 사용했지만, 앞으로는 이를 줄이고 식물이나 미생물에서 얻은 성분으로 대체하는 방식이 개발되어야 한다. 이렇게 하면 생산 과정에서 환경 부담을 줄일 수 있고, 동시에 더 안전하고 지속 가능한 배양육 생산이 가능해진다.

폐배양액 관리 체계 확립

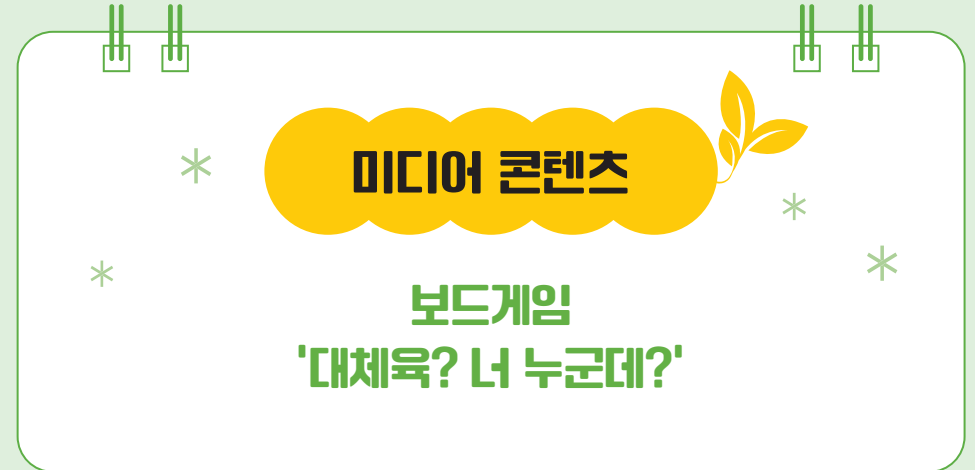
- 배양 후 발생하는 폐액을 정화·재활용하는 친환경 처리 기술을 도입한다.
 - 폐배양액 내 영양분을 다른 산업(예: 비료, 바이오플라스틱 원료)에서 활용하는 순환 경제 모델을 구축한다.

배양육을 만들고 나면 사용이 끝난 폐배양액이 남는데, 이를 그냥 버리면 환경에 부담을 줄 수 있다. 그래서 폐배양액을 깨끗하게 정화하고 다시 쓸 수 있게 하는 친환경 처리 기술을 도입하는 것이 필요하다. 또, 폐배양액 속에는 여전히 영양분이 남아 있기 때문에, 이를 비료나 바이오플라스틱 원료같은 다른 산업에서 활용할 수 있다. 이렇게 하면 자원을 낭비하지 않고 다시 돌려 쓰는 순환 경제 모델을 만들 수 있어 환경적인 이점이 커진다.

데이터 기반 환경 영향 평가 강화

- 배양육 및 식물성 대체육의 전 과정(원료 생산 → 가공 → 유통 → 소비 → 폐기)에 대한 생애주기평가(LCA) 연구를 확대한다.
 - 특히 배양육은 아직 데이터가 불완전하므로, 정부·학계·산업이 협력하여 공개적이고 투명한 데이터베이스를 구축할 필요가 있다.

대체육이 정말로 친환경적인지 확인하려면, 처음 원료를 만들 때부터 가공, 유통, 소비, 그리고 폐기까지 모든 과정을 따져보는 생애주기평가(LCA) 연구가 더 많이 필요하다. 특히 배양육은 아직 관련 데이터가 부족하기 때문에, 정부와 대학, 기업이 함께 협력해 누구나 확인할 수 있는 투명한 데이터베이스를 만들어야 한다. 이렇게 하면 연구 결과가 신뢰성을 얻고, 정책이나 산업 발전에도 제대로 활용될 수 있다.



콘텐츠 소개

🎧 기획의도

지속 가능한 미래 식량 체계의 대안으로 주목받고 있는 대체육은 최근 다양한 미디어에서 ‘친환경’이라는 긍정적인 이미지와 함께 빠르게 확산되고 있습니다. 그러나 이러한 이미지가 과학적 근거에 기반한 사실인지, 혹은 과장되거나 왜곡된 홍보의 산물인지에 대한 의문에서 이번 프로젝트는 출발했습니다. 우리는 대체육을 친환경 대안으로 바로 받아들이기 보다는, 그 안에 내재한 복합적인 환경 요소들을 면밀히 탐색하고자 했습니다. 특히, 식물성 대체육과 배양육을 중심으로 생산 과정, 에너지 소비, 토지 사용, 생물다양성, 온실가스 배출, 폐기물 문제 등 데이터를 균형 있게 살펴봄으로써, 대체육이 친환경적이라는 막연한 인식을 넘어 사실에 기반한 시각을 제시하고자 했습니다.

이번 공모전은 허위조작정보의 확산을 경계하고, 객관적인 사실을 대중이 이해하기 쉬운 방식으로 전달하는 것을 목표로 합니다. 그래서 결과물 또한 정보를 전달하는 것에서 그치지 않고 참여형 보드게임으로 기획되었습니다. 플레이어가 대체육 기업의 CEO가 되어 환경과 수익 사이에서 전략적인 선택을 하도록 설계함으로써, “식물성 대체육은 항상 친환경적일까?”, “배양육은 정말 기존 축산업보다 유리할까?”, “지속 가능성과 수익성은

1) 보드게임 진행

우리팀이 자체 제작한 보드게임 '대체육? 너 누군데?'를 진행하였습니다. 연구를 진행하며 도출한 대체육 관련 다양한 요소들을 보드게임에 반영하여 재미있게 학습할 수 있었다.



2) 강연

대체육에 관한 3가지 관점에서 내용을 정리하여 강연을 진행하였다. '온실가스 배출량 및 그 영향', '물 사용량 및 그 영향', '토지 이용 면적 및 그 영향'에 대해 연구 내용을 공유하였다.



3) 네트워킹

워크샵 소감 및 대체육에 관해 배운 점, 환경과 관련하여 변화된 가치관 등에 관해 이야기를 나누었다.



3. 원페이지 리포트 제작 및 배포

https://www.notion.so/26ae93a264c6803e8caafcb2965ae47?source=copy_link



연구의 핵심 내용을 이해하기 쉽게 전달하기 위해 원페이지 리포트를 제작하였다. 기존 축산업과 비교하여 대체육의 온실가스·수자원·토지의 영향을 비교하였고, 독자들이 함께 팩트체크를 할 수 있도록 도왔다. 또한 리포트 하단에 우리팀의 활동 내역 및 공모전 소개 내용을 담아 확산시켰다.

배포방식은 다음과 같습니다. 먼저 인스타그램 (스토리 및 프로필 링크, 게시물) 및 에브리타임 (홍보게시판)을 활용하여 공유하였다. 또한 국민대학교 기후변화대응산업단 산하 환경동아리 '넷제로'에 연락하여 노선 페이지를 전달하였다.

4. SNS 운영 (인스타그램)

계정: green_meat_project

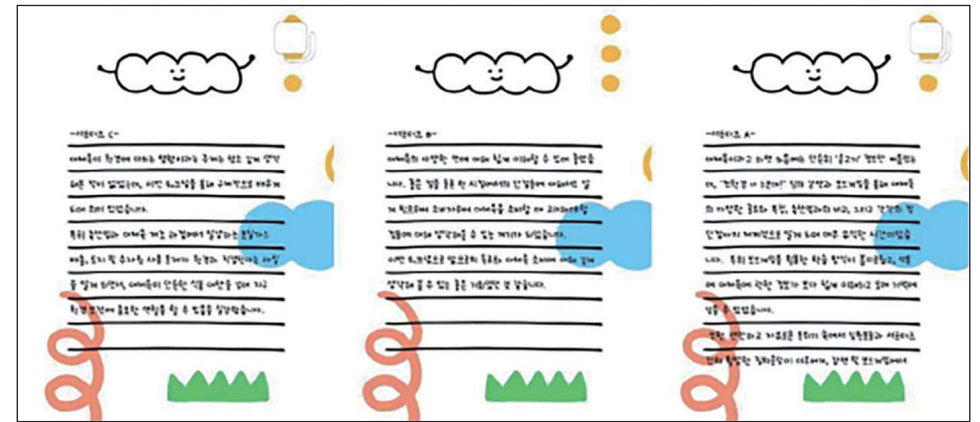
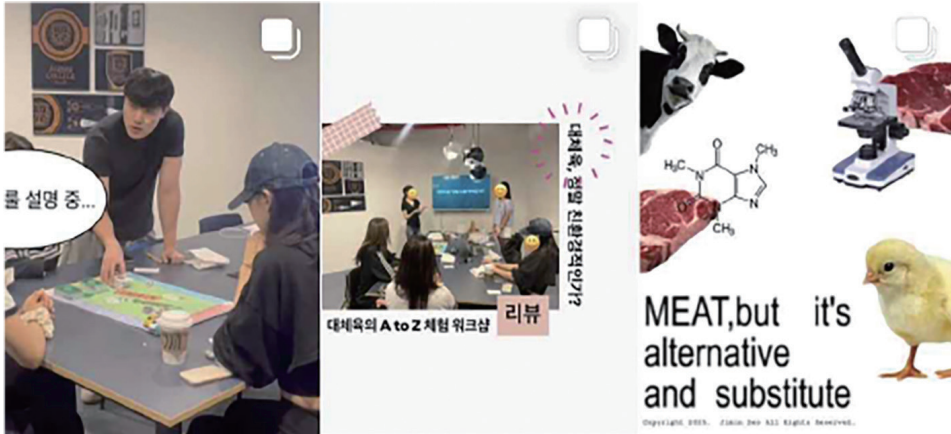


https://www.instagram.com/green_meat_project?igsh=MXU5MmRoODljOG9pYQ%3D%3D&utm_source=qr

인스타그램 계정을 개설하여 활발하게 운영하며 공모전에 참여하는 과정을 꼼꼼하게 업로드하였다.

1) 공모전 활동 및 워크샵 활동 콘텐츠

먼저 '친환경? 너 누군데?' 팀 및 참여하는 공모전 '체커톤'에 관하여 소개하였고, 연구 주제인 '대체육은 친환경적일까?'에 관해 카드뉴스를 제작하였다. 이후 9월 11일에 진행된 워크샵 활동에 관해 업로드하였다. 워크샵 포스터를 제작하여 홍보한 후, '보드게임', '강연', '네트워킹' 3가지 세션의 내용들을 함께 공유하였다. 참가자들의 생생한 사진과 영상, 소감 및 집중적으로 탐구한 내용에 관해 첨부하여 워크샵에 참가하지 못한 팔로워분들도 행사의 내용을 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.



2) 서포터즈 콘텐츠

워크샵에 관한 콘텐츠를 업로드한 이후에는 참가한 서포터즈들에게 카드뉴스를 전달받아 업로드하였다. 서포터즈분들은 각각 개성 넘치는 콘텐츠를 제작하여 전달하였으며, 대체육의 친환경성에 관해 느낀 점 및 배운 점, 대체육에 관한 다양한 정보들이 정리되어 있었다. 또한, 워크샵 직후 실시한 설문조사에서 각 참가자들의 소감을 취합하여 별개의 콘텐츠로 제작하여 올렸다.

3) 성과 요약

9월 21일 기준 20개 게시물 및 1,027명의 팔로워를 달성하였습니다.

참여소감

지현

‘대체육’이라는 주제는 과거 참여했던 아이디어톤에서 처음 관심을 가지게 되었다. 당시 대회는 빠르게 마무리되어 아쉬움을 품고 있었는데 체커톤을 통해 깊게 탐구해볼 기회를 얻어 기뻐다. 막상 시작하자 예상보다 많이 어려워 힘들었지만 끝까지 포기하지 않고 완주를 성공했다는 점이 가장 좋은 경험으로 남을 것 같다. 보고서를 작성하면서 대체육의 물 사용량 및 수질 오염에 관해 집중적으로 분석하였는데, 예상하지 못했던 다양한 정보들을 접하였던 점들이 기억에 남는다. 아직 물 사용량을 측정하는 방안이 합의가 되지 않았다는 점, 또한 부산물 처리 방안에 따라 환경적 영향이 크게 달라진다는 점 등이 가장 인상적이었다. 팀원들 모두 생소한 주제였지만 열심히 참여해주어 많이 고맙고, 나의 부족한 점도 느꼈기에 이번 공모전을 발판 삼아서 앞으로 더 성장하고 싶다.

현준

마치 기자가 된 마음으로 이번 공모전에 임했습니다.

대체육과 관련된 자료는 대부분 해외 사례와 연구를 기반으로 하고 있어, 이를 수집하고 해석하는 과정에서 적지 않은 어려움이 있었습니다.

그러나 ‘무엇이 진짜 친환경인가’라는 문제의식을 갖고 자료를 분석하면서, 단순한 정보 수집을 넘어 팩트에 기반해 비판적으로 사고하는 태도를 기를 수 있었습니다.

특히, 복잡한 정보를 정리하고 근거를 바탕으로 주장을 구성하는 과정은 문제의 본질을 들여다보는 시각을 키우는 데 큰 도움이 되었다고 생각합니다.

이러한 경험을 통해 앞으로 더 넓고 깊은 시각으로 세상을 바라보고자 합니다

민하

이번 체커톤 활동을 하며 대체육에 대해 더 자세하게 공부할 수 있었다. 생소한 주제를 조사하면서, 미디어에 과장된 정보가 많다는 점을 느꼈다. 또 관련된 정보가 워낙 방대하다 보니 이 중에서 나에게 꼭 필요한 사실만을 골라내는 과정은 쉽지 않았다. 이 때, 팀원

들의 도움 덕분에 성공적으로 팩트체킹을 마무리 할 수 있었던 것 같다. 팀원들에게 너무 고맙고 나의 부족한 부분을 보완하여 앞으로 나아가야겠다고 생각했다. 제 7회 청소년 체커톤 대회를 통해 정보를 비판적으로 살펴보고 나에게 필요한 사실을 가려내는 시각을 기르게 되었다. 앞으로 일상에서도 수많은 정보를 꼼꼼히 살펴보는 습관을 이어가고자 한다.

이림

이번 대체육 프로젝트는 단순한 환경 정보를 수집하는 데 그치지 않고, 진짜 ‘대체육은 친환경적인가?’라는 질문에 대해 깊이 있게 고민하고 분석할 수 있었던 기회였습니다.

과정 중에 데이터의 출처를 신뢰할 수 있도록 팩트체크를 반복하고, 전문가 인터뷰나 공신력 있는 연구 자료를 바탕으로 내용을 정리하는 데 많은 시간이 들었지만, 그만큼 보람 있었습니다. 특히 편향된 기사들로 인해 대체육이 친환경적이라는 방향성으로만 해석되는 문제들을 하나하나 검증할 때, 팩트체킹의 보람을 가장 크게 느꼈습니다.