

푸드 시스템 2.0: 지금 필요한 바이오솔루션 업그레이드

우리가 다음 끼니를 어떻게 해결할지 걱정하지 않아도 되는 세상에서, 음식은 언제나 가까이에 있습니다. 전 세계의 식재료들이 대형 마트와 슈퍼마켓 진열대에 풍부하게 구비되어 있죠. 손만 뻗으면 닿을 수 있을 만큼 말입니다



하지만 이처럼 쉬운 접근성은 식품 생산의 이면에 존재하는 환경 문제, 엄청난 식품 낭비, 그리고 전 세계 인구의 4분의 1 이상이 '건강한 식단'을 구할 여력이 없다는 사실을 가리고 있습니다. 이러한 문제는 2050년까지 세계 인구가 100억 명에 도달할 것으로 예상되면서 더욱 심각해질 전망입니다.



불가능해 보이는 도전처럼 들리지만, 지구를 해치지 않으면서도 식량 생산을 늘릴 수 있는 방법들은 이미 존재합니다. 이러한 접근법들은 문제를 더해 만드는 것이 아니라, 미생물과 효소 등 생물학의 힘을 활용해 보다 지속 가능한 대안을 제시하는 것입니다.

하지만 우리가 이야기하는 이러한 ‘바이오솔루션’을 살펴보기 전, 흔히 Farm-to-Table (농장에서 식탁으로)이라는 좁은 시각에 머물러 있는 식품 생산의 실제 모습에 먼저 주목할 필요가 있습니다.

식품 생산은 단순히 농부가 음식을 키우고, 그것이 상점에 진열되는 과정으로만 이루어지지 않습니다. 토양의 건강부터 가공, 저장, 유통에 이르는 전 과정을 거쳐야 비로소 우리가 식사를 할 수 있습니다. 이러한 단계들이 모두 모여 하나의 큰 네트워크, 즉 ‘푸드 시스템(Food Systems)’을 구성하는 것입니다.

그렇기에 지금부터는 바이오솔루션을 보기 전에, 이 푸드 시스템이 무엇인지, 그 의미를 먼저 자세히 살펴보겠습니다.

푸드 시스템이란 무엇인가요?

당신이 가장 좋아하는 영화를 떠올려 보세요. 무대 뒤에서는 어떤 손길들이 움직이고 있나요? 배우들이 주연 자리를 차지하고 있지만, 영화가 진정한 걸작으로 기억되는 데는 수많은 요소들이 협업한 덕분입니다. 매 장면을 완성으로 이끄는 촬영감독, 음향 디자이너, 시각효과 아티스트, 그리고 편집자와 감독까지. 이들이 하나로 어우러져야만, 비로소 스크린 위에 이야기가 살아 숨을 쉬게 됩니다.

푸드 시스템 역시 마찬가지입니다. 농부가 식재료를 기르는 모습만이 전체를 설명하지 않습니다. 토양의 건강, 저장 방식, 가공 흐름, 유통 경로, 최종 소비 구조까지 -이 모든 단계가 연계되어야 비로소 식품이 우리 식탁에 안정적으로 오를 수 있습니다. 이처럼 푸드 시스템(Food Systems)은 영화 제작처럼 설계와 조율이 필요한, 복잡하고 정교한 네트워크입니다.



식품 생산 또한 비슷한 원리로 작동합니다. 밭에서 작물이 자라고, 낙농장에서 가축이 풀을 뜯고, 수확된 농산물이 마트에 깔끔하게 진열되는 장면은 쉽게 떠올릴 수 있습니다. 그러나 식량이 우리 식탁에 오르기까지는 눈에 보이지 않는 수많은 연결된 단계들이 숨어 있습니다. 그 단계들을 연결하는 거대한 네트워크가 바로 우리가 말하는 푸드 시스템(Food Systems)입니다.

OECD는 푸드 시스템을 “식품의 생산과 소비에 관련된 모든 요소 및 활동과, 그로 인해 발생하는 경제적·건강적·환경적 결과를 포함하는 시스템” 이라고 정의하며, 푸드 시스템이 반드시 수행해야 할 세 가지 핵심 과제를 강조합니다:

1. 증가하는 인구에 대한 식량 안보 및 영양 확보
2. 식품 공급망에 참여하는 수백만 명의 사람들의 생계 지원
3. 이를 환경적으로 지속 가능한 방식으로 수행하기

이를 이해하기 쉽게 예를 들어보겠습니다—당신이 좋아하는 햄버거를 생각해 보세요.



고기 패티든 식물 기반 패티든, 버거든 우리가 보는 표면을 훨씬 넘어선 복잡한 시스템의 일부입니다. 번에 들어간 밀은 어떻게 재배되었을까요? 단순히 수확만 되었던 것은 아닙니다. 화학 비료를 사용해 대량 생산된 것일 수도, 혹은 토양 건강을 회복하면서도 지속 가능한 방식으로 키워진 것일 수도 있습니다. 패티 자체도 식품 과학과 기술이 반영된 결과물로, 맛과 질감 뿐 아니라 보관성 유지와 폐기물 감소까지 고려해 설계된 제품입니다. 빵조차도 더 부드럽게 만들거나 유통기한을 연장하기 위해 특정 성분이 첨가될 수 있습니다.

작물 재배에서부터 원료 가공, 포장, 운송에 이르는 모든 단계가 푸드 시스템의 일부입니다. 이는 단순한 농업이나 유통망이 아니라, 농업·기술·공급망이 유기적으로 연결된 거대한 네트워크입니다. 이들 요소가 조화를 이룰 때만 비로소 음식이 우리의 식탁에 정확히 도달할 수 있습니다.

이제 우리는 조금 더 보이지 않는, 그러나 매우 중요한 푸드 시스템의 구성 요소들을 더욱 자세히 들여다보려고 합니다.

토양 건강 (Soil Health)

식량 생산의 기반은 우리의 발 아래에 있습니다. 하지만 토양은 단순한 흙이 아닙니다. 토양은 살아 있는 생태계이며, 우리의 푸드시스템을 계속 움직이게 하는 핵심입니다. 문제는 우리가 그 한계를 넘어서고 있다는 것입니다. 현재 전 세계 토양의 약 3분의 1이 이미 황폐화된 상태이며⁴, UNEP는 이것의 주요 원인으로 중장비 사용, 지속적 경작, 단일 작물 재배(monocropping), 그리고 과도한 농약·비료 사용 등을 꼽고 있습니다. 토양이 영양분을 잃으면 생산량이 줄고, 농업은 더욱 어려워지며, 푸드시스템 전체가 균열을 겪게 됩니다.

이것은 단지 작물만의 문제는 아닙니다. 가축, 닭, 생선 사육도 건강한 토양에 의존합니다. 예컨대 옥수수와 대두는 전 세계 사료 생산의 대다수를 차지하며, 이들 작물의 생산이 불안정해지면 축산업 전반에 여파가 미칩니다.

당신의 햄버거를 떠올려 보세요. 번(bun)의 밀은 비옥한 토양 없이는 결실을 맺기 어렵습니다. 고기 패티를 위한 사료용 작물 역시 마찬가지입니다. 심지어 식물성 단백질 기반 재료들도 풍부한 토양을 전제로 성장합니다. 만약 토양 건강이 계속 악화된다면, 당신의 한 입에도 위태롭다고 해도 과언이 아닙니다.

작물 건강 (Plant Health)

비옥한 토양이 있다고 해도, 작물은 여전히 병원균과 해충의 위협에 노출됩니다. 세균, 곰팡이, 바이러스 등으로 인한 감염은 전체 수확량을 급감시킬 수 있고, 이는 식량 가격 인상과 농업인의 생계에 큰 타격을 줍니다. 예를 들어, 1840년대 아일랜드 대기근은 ‘감자 역병(Phytophthora infestans)’에 의해 발생해 약 100만 명이 사망했습니다.

FAO에 따르면 전 세계 농작물의 최대 40%가 병해충으로 매년 손실되며, 이는 연간 2,200억 달러 이상의 경제적 피해로 이어진다고 보고합니다.

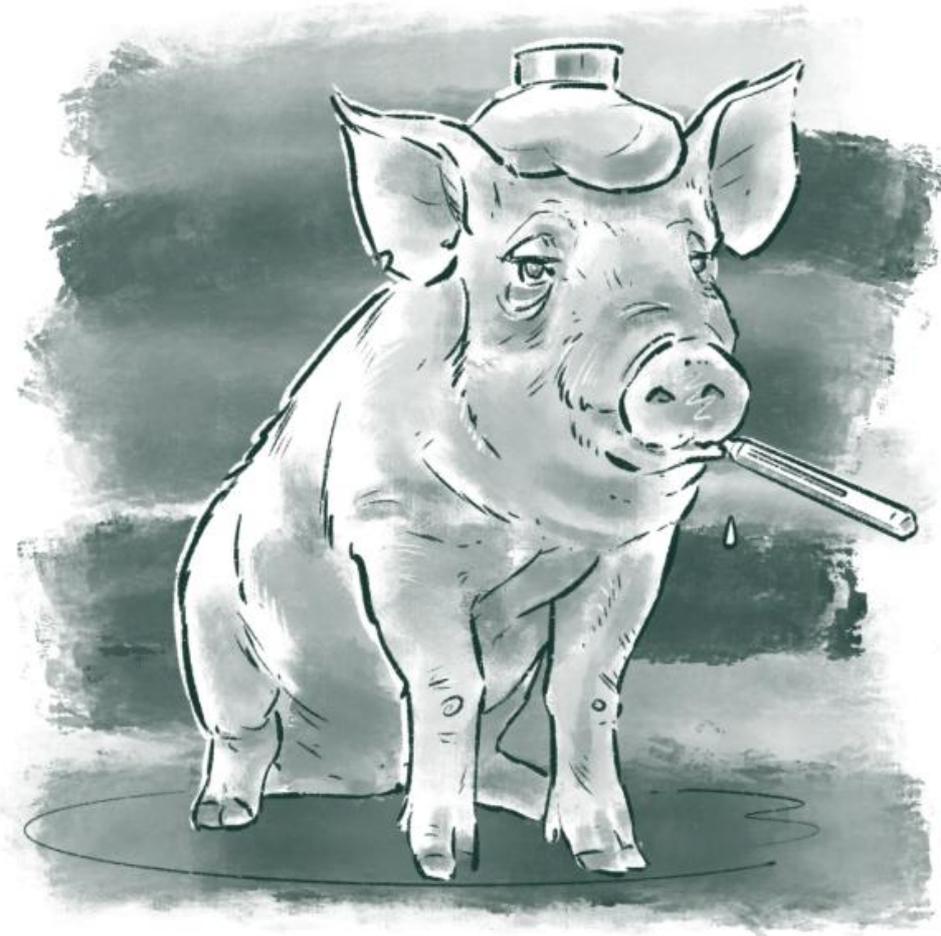
농부들은 통합적 방제를 통해 균형을 유지해왔지만, 기후 변화는 새로운 병해와 해충의 확산을 촉진하며 작물 취약성을 증가시키고 있습니다.

이제 다시 햄버거로 돌아가 봅시다. 번에 들어가는 밀은 전통적으로 stem rust 같은 곰팡이병에 취약했으며, 토핑으로 사용되는 토마토는 Tomato brown rugose fruit virus 같은 위험에 노출됩니다. ‘Plant-based meat’를 만드는 대두 기반 원료조차도 soybean sudden death syndrome 과 같은 병해로 인해 공급이 어려워질 수 있습니다. 만약 작물 보호 기술이 확보되지 못한다면, 식품 가격 상승과 원료 부족은 현실이 될 수 있습니다.

동물 건강 (Animal Health)

가축과 수산물 역시 푸드시스템에서 중요한 위치를 차지합니다. 그러나 이들도 전염병에 취약하며, 한 번의 질병 유행으로 대규모 피해가 발생할 수 있습니다.

2018년 아프리카돼지열병(African Swine Fever, ASF)의 발발은 전 세계 돼지 사육 개체수의 약 25%가 사망 또는 살처분되는 대혼란을 불러왔습니다—단일 연도에만 약 2억 2500만 마리의 돼지고기가 사라졌습니다. 이는 단순한 통계 이상의 충격이었습니다. 이러한 대규모 질병 발생은 글로벌 돼지고기 공급망을 뒤흔들었고, 가격 급등과 식량 불안정으로 이어졌습니다. 베트남, 중국, 일부 아시아 국가들은 여전히 긴장 상태이며, 최근에도 2025년 베트남에서만 514건 이상의 ASF 발병이 보고되며 3만 마리가 넘는 돼지를 살처분 했다는 긴급 발표가 있었습니다.



ASF 만이 위험한 질병이 아닙니다. 조류 인플루엔자(일명 조류독감)는 수백만 마리의 가금류를 살처분하게 만들며, 육류 공급망에도 직접적인 영향을 미칩니다. 심지어 양식 산업에서도 **바이러스성 출혈성 패혈증(Viral Hemorrhagic Septicemia, VHSV)**과 같은 질병은 어류 대량 폐사를 초래하며 식량 공급에 심각한 부담을 줍니다.

동물 건강은 단순한 질병 발생 여부에만 좌우되지 않습니다. 사료의 품질, 물의 청정도, 사육 환경 등이 성장 속도와 면역체계에 직접적인 영향을 줍니다. 영양 상태가 불균형하면 가축은 쉽게 병에 취약해지고 성장 속도는 감소하며, 어류 역시 변형 또는 성장 부진 문제가 발생할 수 있습니다.

그러면 버거는 어떨까요? 당신이 먹는 햄버거—소고기, 닭고기, 또는 생선을 사용한 모든 패티는 건강한 동물 개체가 있어야 가능합니다. 가축의 건강이 위협받거나 사료 공급이 불안정해지면 그 영향은 즉각적으로 제품 공급과 가격에 반영됩니다. 버거는 단순한 가공식품이 아니라, 토양→작물→사료→동물→가공→소비자로 이어지는 긴 연결고리 위에 있습니다. 이 중 한 축이라도 약해지면 전체 시스템이 흔들릴 수 있습니다.



단백질 생산 (Protein Production)

성장하는 인구를 충분히 영양 공급할 만큼의 단백질을 생산하면서도, 동시에 지구에 미치는 영향을 줄이려면 어떻게 해야 할까요?

단백질은 우리 몸에 필수적인 영양소이지만, 이를 생산하는 과정은 상당한 환경적 비용을 동반합니다. 전통적으로 가축 사육 중심이었던 단백질 공급은 온실가스 배출량 증가, 막대한 토지 및 물 자원 사용 등의 문제와도 직결됩니다. 한편, 식물 기반 단백질 식품은 수요가 빠르게 증가하고 있으나, 이들 역시 책임 있는 원료 조달과 지속 가능한 생산 방식이 필요합니다..

이렇게 보면, 인구 증가에 대응할 만큼 단백질을 생산하면서도 환경 부담은 낮춰야 한다는 과제가 생깁니다. 이는 단순히 생산량 확대가 아닌, 생산 방식 전체를 재구성해야 한다는 뜻입니다.

이제 다시 햄버거로 돌아가 볼까요? 식물성 패티든, 소고기 패티든, 바삭한 닭고기 필레든, 단백질 생산 방식이 얼마나 중요한지를 단 한 입으로 확인할 수 있습니다. 소고기를 생산하기 위해 벌목된 땅에서 키워졌는지, 식물성 대체 단백질의 주원료인 대두가 지속 가능한 농법으로 재배되었는지, 우리의 선택 하나하나가 푸드시스템의 미래는 물론 햄버거 한 입의 질과 지속 가능성까지 결정합니다



음식물 쓰레기와 손실 (Food waste and loss)

모든 음식이 우리 식탁에 오르는 것은 아닙니다. 농장, 가공 공장, 운송 과정, 심지어 부엌까지—푸드 시스템의 여러 단계에서 엄청난 양의 음식이 손실되거나 버려지고 있습니다. 충격적인 수치로, 전 세계 연간 탄소 배출량 33억 톤의 61%가 가정에서 발생하는 음식물 폐기물에서 나온다고 합니다—여기에는 유제품, 과일, 채소, 빵 등이 포함됩니다. 예를 들어, 연구에 따르면 20% 이상의 사람들이 빵이 마르면 그냥 버린다고 합니다.

냉장 보관 인프라가 부족한 지역에서는 소비자 단계보다 훨씬 전에 공급망에서 손실이 발생합니다. 반면, 선진국의 슈퍼마켓은 유통기한이 임박한 제품조차 폐기하는 경우가 많으며, 이는 식량 불안정으로 고통 받는 사람들에게는 더욱 비극적인 일이 될 수 있습니다.

햄버거는 어떨까요? 상추, 토마토, 유제품 토핑 등이 시장에 도달하기 전에 상해 버린다면—그것은 곧 낭비된 식품이자 낭비된 자원입니다. 빵조차 유통기한이 있으며, 적절히 보관되지 않으면 버려지기 쉽습니다. 음식물 쓰레기는 단순한 환경 문제를 넘어, 식탁에 놓이는 것과 비용에도 영향을 미치는 중요한 문제입니다.

푸드시스템의 과제를 다루는 데 드는 비용

지금까지 살펴본 요소들은 푸드시스템을 구성하는 거대한 퍼즐의 일부입니다. 토양 건강, 식물 건강, 동물 건강, 음식물 쓰레기, 단백질 생산—각 구성 요소마다 해결해야 할 과제가 있습니다.

오랫동안 이 문제들에 대한 기본 해결책은 화학물질 사용이었습니다. 작물의 생산량을 늘리기 위해 화학 비료를, 병해충을 막기 위해 살충제와 살균제, 음식 신선도를 유지하기 위해 방부제를 사용했으며, 맛과 질감을 향상시키기 위해 첨단 화학 처리를 적용했습니다.

하지만 이러한 방안들은 결국 환경에 큰 대가를 치르게 만들었습니다. 합성 화학물질의 광범위한 사용은 생태계를 교란하고, 토양 건강을 악화시키며, 수질 오염을 유발하고, 푸드시스템에서 발생하는 탄소 배출을 증가시켰습니다. 결국, 식량 생산을 지속 가능하게 만들기 위한 해결책이 오히려 그 미래를 위협하게 하는 요인이 된 셈입니다.



하지만 이제는 변화가 시작되고 있습니다. 과학은 푸드시스템의 도전에 맞서 자연의 도구를 활용하는 방식— 즉, 바이오솔루션(biosolutions) 을 통해 현실적인 해법을 열어가고 있습니다. 화학물질에 의존하지 않고도 토양 비옥도 향상, 병해 없는 작물 보호 등이 가능해지면서, 보다 지속 가능한 방식이 현실로 자리 잡고 있습니다.

그렇다면 바이오솔루션이란 정확히 무엇이며, 우리가 식량을 재배하고 보호하며 생산하는 방식은 어떻게 변화시키고 있는 걸까요?

푸드시스템에서 바이오솔루션의 역할

바이오솔루션은 이미 화학물질을 대체하거나 보완하면서, 식품 생산과 관리 방식을 근본적으로 전환하고 있습니다. 이로 인해 환경 부담은 줄고, 생산성은 오르며, 체계는 더욱 지속 가능해지고 있습니다.

푸드시스템 내에서 바이오솔루션이 큰 영향을 주고 있는 네 가지 핵심 영역은 다음과 같습니다:

- 토양 및 식물 건강 (Soil and Plant Health)
- 단백질 생산 (Protein Production)
- 식품 제조 (Food Manufacturing)
- 식품 접근성 (Food Access)

이제 이 네 영역에서 바이오솔루션이 실제로 어떤 방식으로 활용되고, 변화를 이끌고 있는지 구체적인 사례를 통해 살펴보겠습니다.



토양 및 식물의 건강 (Soil and Plant Health)

흙 1g에는 최대 100억 개에 달하는 미생물이 살고 있습니다. 이들 박테리아, 곰팡이 등은 눈에 보이지 않지만, 영양소 흡수, 면역 강화, 가뭄과 병해 등 극한 상황 대응에까지 중요한 역할을 합니다. 바이오솔루션은 이러한 자연과 작물 간의 연결을 활용하여 더 건강한 작물과 비옥한 토양을 만들어 냅니다.

대표적인 사례는 ****바이오자극제(biostimulant)****입니다. 예를 들어, 세 가지 핵심 미생물로 구성된 솔루션은 다음과 같습니다:

- *Bacillus amyloliquefaciens* – 작물 뿌리 생장 촉진, 박테리아성 병원체 억제
- *Penicillium bilaiae* – 토양 속 인산을 용해시켜 인 흡수 강화
- *Trichoderma virens* – 식물의 면역 시스템 강화 및 병원체 방제

이 세 가지가 함께 작동하면 작물이 영양소를 더 잘 흡수하게 되어 수확량 증가로 이어집니다. 실제로 밀 수확량을 에이커당 최대 3.8 부셀까지 향상시킨 연구 사례도 있습니다.

또 다른 바이오솔루션인 ‘생물농약(biopesticide)’은 유익 미생물을 사용해 병해충을 방제함으로써, 합성 살충제보다 토양 건강을 보존하고 생태계 교란을 줄이는 지속 가능한 방법입니다.

단백질 생산 (Protein Production)

2018년 전 세계 단백질 수요는 2.02억 톤이었으며, 인구와 소득 증가로 2050년에는 두 배 이상으로 증가할 전망입니다. 이 과정에서 환경 영향 없이 충분한 단백질 공급을 설계해야 하는 일은 점점 더 중요한 과제가 되고 있습니다.

바이오솔루션은 두 가지 측면에서 이 목표를 돕습니다:

1. 가축의 사료 효율성을 개선하여 동물의 영양 흡수율을 높여 성장 촉진
2. 미생물 또는 탄소 원료 기반의 신규 단백질 생산으로 식물성·미생물 단백질 부문의 활성화

가축 사료 비용은 농장 운영비의 약 70%를 차지하기도 합니다. 바이오솔루션은 소, 가금류, 어류의 소화 및 면역력을 강화하여 질병 리스크를 줄이고 생산성을 높이며 농가 손실을 완화합니다.

더 나아가, 균류를 활용한 고단백 식품이나 탄소에서 단백질을 생성하는 기술, 버려지는 농산물에서 단백질을 추출하는 정밀 발효 기술은 단백질 공급 방식 자체를 혁신하고 있습니다.

식품 제조 및 보존 (Food Manufacturing)

가공 식품의 자원 손실과 부패 후 폐기 문제는 여전히 푸드시스템의 중요한 과제입니다.

원료의 추출, 압착, 분쇄 과정에서 많은 자원이 사라지며, 유통 단계 이후엔 소비자 가정에서 버려지는 음식의 61% 이상이 발생합니다.

바이오솔루션은 이러한 문제에 두 가지 방식으로 대응합니다:

- 추출 효율 개선: 올리브·해바라기 씨앗 등에서 더 높은 오일 수율 확보
- 바이오보존 기술(Bioprotection): 유익균을 활용해 자연 방식으로 부패를 억제하고, 유통기한을 연장. 유제품, 빵, 육류 등에도 적용되고 있습니다.

식품 접근성 및 영양 (Food Access)

전 세계적으로 음식이 충분히 생산되더라도, 영양가 있는 식사를 정기적으로 즐기지 못하는 인구는 여전히 약 20억 명 이상입니다. 이는 식량 생산 이상의 접근 방식이 필요함을 의미합니다.

바이오솔루션은 발효 기반 기술을 통해 건강하고 맛있는 식품을 첨가물 없이, 청결하고 단순한 방식으로 만드는 것을 지원합니다. 특히 영아용 조제분유에 도입된 ‘인간 모유 올리고당(HMOs)’은 모유의 건강 기능을 모방하여 영양 접근성에 혁신을 가져왔습니다.

Farm-to-Table 그 이상의 연결

당신의 접시 위에 놓인 햄버거 —전통적인 소고기 패티든, 식물성 패티든— 이 제품이 완성되기까지 복잡한 시스템이 작동하고 있다는 사실을 쉽게 간과할 수 있습니다. 빵에 들어간 밀을 키우는 토양부터, 식물성 단백질을 고기처럼 맛보이게 만드는 혁신 기술까지, 푸드시스템의 모든 요소가 핵심 역할을 하고 있습니다.

그러나 진짜 도전은 단순히 더 많은 식품을 생산하는 데 있지 않습니다. 진정한 과제는 모두가, 어디에서나, 건강하고 영양가 있는 선택을 누릴 수 있는 환경을 만드는 것입니다. 바로 바이오솔루션이 이를 실현하는 열쇠입니다.

생물학의 힘을 활용함으로써, 우리는 영양가 있고 가격 경쟁력도 갖춘 식품, 유통 기한이 더 길고 지구에도 부담이 적은 식품을 만들어낼 수 있습니다. 이러한 혁신적 해법들이 결합될 때, 우리는 사람들을 영양으로, 환경을 지속가능성으로 연결하는 새로운 푸드시스템을 만들어갈 수 있습니다.

다음에 버거를 먹을 때에는, 그 이면에 우리가 음식을 생산하고, 접근하고, 즐기는 방식을 변화시키는 바이오 혁신의 물결이 있다는 것을 기억하세요.