

Urease(요소분해효소): 요소 분해, Rapid Urease Test, 바이오센서·토양 질소·탄산칼슘 생광물화 응용

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 17, 2026

Urease 뜻은 "요소분해효소"로, 요소를 물과 반응시켜 암모니아와 이산화탄소 계열 생성물로 전환하는 니켈 의존성 효소입니다. 이 단일 반응은 urease test, CLO test rapid urease test, 요소 바이오센서, 토양 질소 순환 연구, 그리고 요소분해 기반 탄산칼슘 침전(EICP/MICP)에서 공통적인 화학적 출발점으로 사용됩니다 ^[1].

Enzymes.bio는 Urease의 제조사나 시험기관이 아니라 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 구매하는 형태로 제공됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 사용자는 실제 적용 전 해당 문서와 내부 용도 요건을 함께 확인할 수 있습니다.

Urease란 무엇인가: "what is urease"에 대한 기술적 정의

Urease는 요소(urea)의 C-N 결합을 효소적으로 절단하는 가수분해효소입니다. 가장 널리 쓰이는 반응식은 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$ 로 단순화해 표현하지만, 실제 수용액에서는 생성된 암모니아가 암모늄으로 전환되고 이산화탄소는 탄산/중탄산/탄산염 평형에 들어가며, 이 때문에 반응계의 pH와 무기탄소 종 분포가 함께 변합니다 ^[2]. "urease urea reaction" 또는 "urea urease reaction"이라는 검색어가 같은 반응을 가리키는 이유가 여기에 있습니다.

효소학적으로 중요한 점은 urease enzyme이 단순히 요소를 "분해한다"는 데 그치지 않고, 수용액의 산-염기 평형을 강하게 움직이는 반응을 촉진한다는 것입니다. 암모니아 생성은 국소 pH를 상승시키고, 탄산염 종의 형성은 칼슘 이온이 존재할 때 탄산칼슘 침전을 유도할 수 있습니다. 따라서 같은 urease라도 임상 미생물 동정에서는 색 변화 신호를 만들고, 토양에서는 질소 전환 속도를 바꾸며, 지반·재료 분야에서는 광물 침전을 유도하는 도구가 됩니다 ^[3].

Urease는 식물, 세균, 진균 등 다양한 생물에 분포하며, 미생물 생태와 질소 순환에서 반복적으로 관찰되는 효소입니다. 식물 생리학에서는 요소 대사와 질소 재활용에 연결되고, 미생물에서는 산성 환경 생존, 질소원 확보, 숙주 조직 또는 토양 미세환경 변화에 관여할 수 있습니다 ^[4]. 이 때문에 "urease bacteria", "urease positive bacteria", "helicobacter urease", "sporosarcina pasteurii urease"처럼 생물종과 함께 검색되는 경우가 많습니다.

니켈 활성부위와 urease mechanism

Urease mechanism의 핵심은 니켈 금속 중심입니다. 문헌 리뷰에 따르면 urease는 활성부위에 니켈을 포함하는 금속효소이며, 요소 기질은 금속 중심과 주변 아미노산 잔기에 의해 반응하기 쉬운 배향으로 고정됩니다 [1]. 이 구조적 배치는 요소의 카보닐 탄소를 친핵성 공격에 취약하게 만들고, 물 또는 수산화물 성격의 리간드가 C-N 결합 절단에 관여하도록 돕습니다.

반응을 더 세밀하게 보면, 요소가 활성부위에 들어오면 카보닐 산소와 아미드 질소가 금속 중심 및 수소결합 네트워크와 상호작용합니다. 그 결과 요소 분자의 전자분포가 왜곡되고, 니켈 사이 또는 니켈 주변에 위치한 물 유래 친핵체가 카보닐 탄소를 공격하기 쉬운 상태가 됩니다. 이후 사면체형 중간체가 붕괴하면서 암모니아가 생성되고, 남은 카바메이트성 중간체는 수용액에서 추가로 분해되어 암모니아와 탄산계 종을 형성합니다 [5].

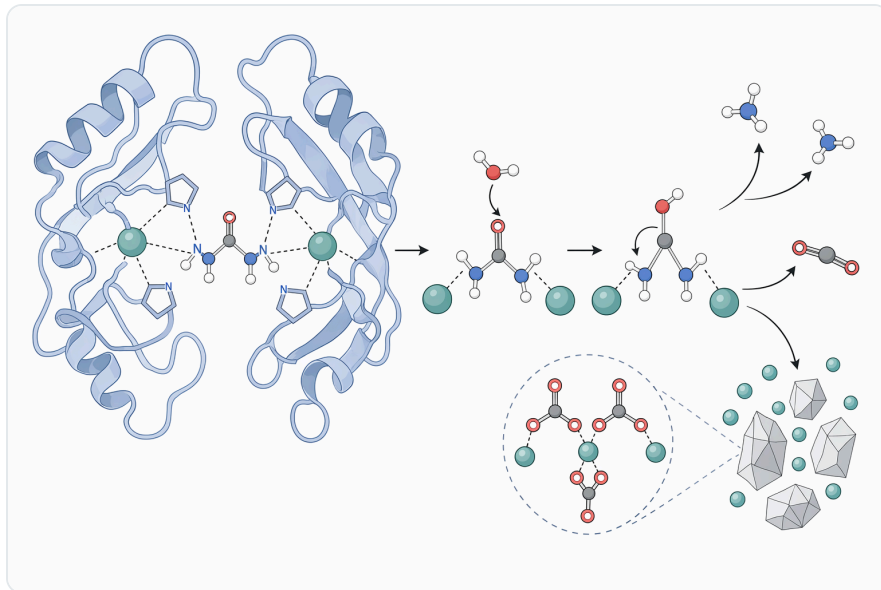


Figure 1. 우레아제는 요소를 암모니아와 이산화탄소로 가수분해하여 탄산염 침전을 유도할 수 있는 알칼리성 조건을 형성합니다.

이 기전 때문에 urease는 금속 이온, 킬레이터, 중금속, 활성부위 결합 억제제, pH, 온도, 지지체 표면, 단백질 변성 조건에 민감할 수 있습니다. 니켈이 "필요하다"는 사실은 니켈을 무조건 더 넣으면 활성이 증가한다는 뜻이 아니라, 성숙한 효소 구조 안에서 올바른 위치와 배위상태로 존재해야 촉매 기능을 수행한다는 의미입니다 [4]. 실제 응용에서는 효소 자체의 존재뿐 아니라 반응계가 활성부위 구조를 유지하도록 설계되어 있는지가 성능을 좌우합니다.

Urease test, rapid urease test, CLO test의 공통 원리

Urease test는 미생물이 요소를 분해할 수 있는지를 확인하는 생화학적 판별 원리입니다. 요소가 urease에 의해 분해되면 암모니아가 형성되고 pH가 상승하며, pH 지시약이 포함된 배지나 장치에서는 색 변화가 나타날 수 있습니다 ^[6]. “urease test pdf” 또는 “rapid urease test procedure”를 찾는 사용자가 많지만, 산업·연구용 효소 이해 문맥에서는 절차보다 반응 원리를 먼저 구분하는 것이 중요합니다.

CLO test rapid urease test는 위 생검 시료에서 *Helicobacter pylori*와 관련된 urease 활성을 빠르게 확인하는 방식으로 알려져 있습니다. *H. pylori*는 강한 urease 활성을 통해 요소에서 암모니아를 만들고, 산성 위 환경에서 국소적인 pH 완충 효과를 얻는 것으로 설명됩니다 ^[1]. 다만 Enzymes.bio의 Urease 제품은 진단키트나 의료기기가 아니며, 임상 판정용 완제품을 대체하는 것이 아닙니다.

“urease positive bacteria”라는 표현은 미생물 동정에서 유용하지만, 단독 결과만으로 종을 확정하는 기준은 아닙니다. 예를 들어 *Providencia urease test*, *Citrobacter freundii urease test*처럼 특정 세균명을 붙여 검색하는 경우가 있지만, 실제 동정에서는 배양 특성, 다른 생화학 반응, 분자진단 또는 장비 기반 패널 결과와 함께 해석됩니다 ^[6]. Urease는 특정 미생물군을 구분하는 강력한 단서가 될 수 있으나, “양성/음성” 하나만으로 병원성, 감염 여부, 공정 오염원을 단정할 수 없습니다.

주요 응용 분야 비교

Urease의 산업적 가치는 하나의 반응이 여러 신호와 물질전환으로 확장된다는 데 있습니다. 아래 표는 B2B 사용자가 urease enzyme을 검토할 때 자주 만나는 응용 영역을 반응 원리, 기대 효과, 주의점 중심으로 비교한 것입니다.

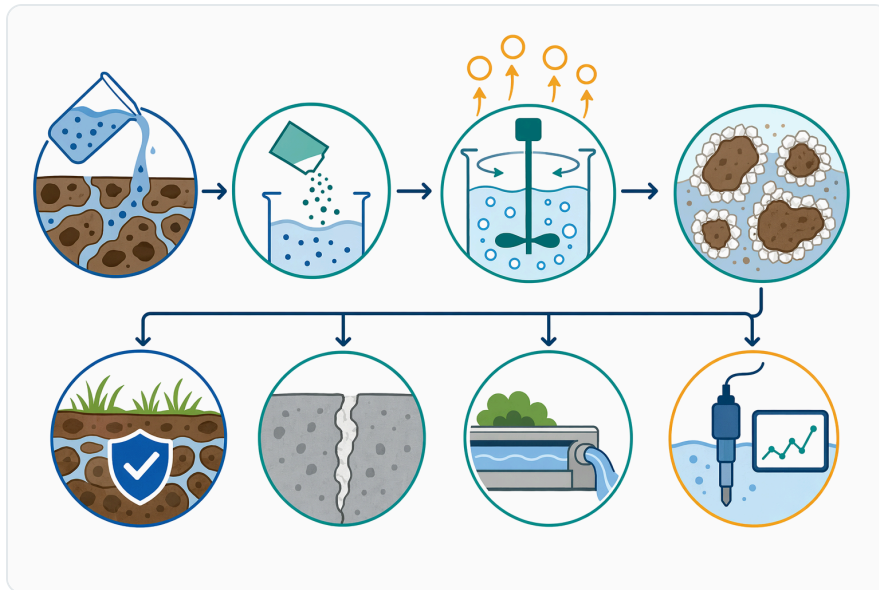


Figure 2. 산업용 우레아제 공정은 제어된 요소 가수분해를 활용해 탄산염 광물화, 요소 제거 또는 암모니아 생성을 수행합니다.

응용 영역	urease가 수행하는 핵심 기능	관찰·활용되는 결과	실무상 주의점
Urease test 및 rapid urease test	요소를 암모니아와 탄산계 중으로 전환	pH 상승, 색 변화, urease positive bacteria 판별 단서	시험법 자체는 검증된 진단·동정 체계 안에서 해석해야 함
H. pylori 및 병원성 연구	산성 환경에서 암모니아 생성	국소 pH 완충, 생존·정착 기전 연구	효소 제품은 치료제·진단키트가 아님
요소 바이오센서	요소 농도를 pH·이온·광학 신호로 변환	혈액·공정액·환경 시료의 요소 감지 플랫폼 연구	효소 고정화, 막, 전극, 매트릭스 간섭이 성능을 좌우
토양 질소 연구	요소 비료의 가수분해 반응 모델	암모늄 형성, pH 변화, 질소 손실 연구	실제 토양은 미생물군·수분·유기물·온도 영향이 큼
EICP/MICP 생광물화	요소분해로 탄산염 생성 및 pH 상승	칼슘 존재 시 탄산칼슘 침전	침전 균일성, 암모니아 부산물, 막힘 현상 관리 필요
효소 고정화 연구	지지체에 결합해 반복 사용성 부여	회수성, 안정성, 장치화 가능성	고정화가 항상 반응성을 높이는 것은 아니며 확산 제한 가능

이 비교에서 보듯 urease는 “한 가지 제품이 여러 완제품 기능을 즉시 제공한다”기보다, 요소 분해 반응을 공정·분석·재료 시스템의 한 요소로 연결해 주는 생촉매입니다. 특히 바이오센서와 생광물화 처럼 반응 후 생성물의 물리화학적 효과를 이용하는 분야에서는 효소 외부의 설계 요소가 결과를

크게 바꿉니다 [7].

바이오센서와 요소 검출: pH 변화에서 신호 변환까지

Urease 기반 요소 바이오센서는 요소가 분해될 때 생기는 암모니아, 암모늄, pH 변화, 전도도 변화 등을 측정 가능한 신호로 바꾸는 방식으로 설계됩니다. 센서 구성은 전기화학식, 광학식, 표면 플라즈몬 공명 기반, 고분자막 기반 등 다양하며, 핵심은 효소 반응을 장치 표면의 안정적인 신호 변화로 연결하는 것입니다 [8]. 따라서 "urease test"가 색 변화 중심의 미생물 판별이라면, 바이오센서는 같은 반응을 정량·모니터링 목적에 맞게 재구성한 시스템이라고 볼 수 있습니다.

최근 연구에서는 천연 urease뿐 아니라 인공 urease 유사 나노소재도 요소 감지와 혈액 정화 관련 개념 검증에 활용되고 있습니다. 예를 들어 란타넘 도핑 세리아 나노입자를 이용한 인공 urease 연구는 효소 유사 활성과 생체적합성을 함께 다루며, 요소 검출 또는 안전한 요소 제거 플랫폼의 가능성을 탐색했습니다 [9]. 이는 urease 반응이 단순 효소학을 넘어 소재과학, 나노바이오, 의료공학으로 확장되고 있음을 보여줍니다.

효소 자체를 센서에 붙이는 고정화 기술도 중요한 축입니다. 다공성 고분자 지지체에 urease를 고정화하면 효소가 액상에서 자유롭게 떠다니는 방식과 달리 회수·재사용·장치 통합이 쉬워질 수 있으며, 반응표면 주변의 미세환경을 조절할 여지도 생깁니다 [7]. 다만 고정화는 효소 안정성을 높일 수 있는 동시에 기질 확산 제한, 입체장애, 지지체 표면과의 비특이적 상호작용 같은 새로운 변수를 만들 수 있습니다.

DNA origami에 urease를 부위특이적으로 연결한 연구도 있습니다. 이 접근은 효소를 나노미터 규모의 정해진 위치에 배치하면서 활성을 유지하려는 시도로, 단일 효소의 반응성을 넘어서 효소 배열, 공간 제어, 나노구조 기반 반응 네트워크 설계 가능성을 보여줍니다 [10]. 산업 사용자가 당장 DNA origami를 적용하지 않더라도, 이 연구 흐름은 urease가 "용액에 넣는 효소"에서 "구조화된 기능성 표면의 촉매 요소"로 진화하고 있음을 시사합니다.



Figure 3. 우레아제는 생물광물화, 환경 처리, 진단 및 질소 관리 분야에 활용됩니다.

토양 질소 순환과 요소 비료 연구에서의 urease

농업과 토양과학에서 urease는 요소 비료의 전환 속도를 결정하는 주요 효소 중 하나입니다. 토양 미생물과 식물 잔재, 유기물, 점토광물, 수분 조건이 함께 작용하는 환경에서 요소는 urease에 의해 암모니아/암모늄으로 전환되고, 이후 질산화·휘산·흡착·식물 흡수 경로로 이동합니다 ^[11]. 이 반응이 너무 빠르면 작물 흡수 전에 질소가 손실될 수 있고, 너무 느리면 초기 질소 공급성이 떨어질 수 있습니다.

토양 urease 활성은 기후, 식생, 토양 물리화학적 성질, 미생물군집에 따라 달라집니다. 오크 숲의 기후 구배 연구처럼 미기후 조건과 토양 효소 활성을 함께 본 연구들은 urease가 단순한 단일 효소 지표가 아니라 토양 생물학적 기능과 환경 조건을 반영하는 지표 중 하나임을 보여줍니다 ^[12]. 따라서 실험실에서 정제 urease로 관찰한 요소 분해 속도는 실제 토양에서의 질소 동태를 이해하는 출발점이지만, 현장 결과를 그대로 대체하지는 않습니다.

재배체계와 식생 조성도 urease 활성에 영향을 줄 수 있습니다. 혼파 또는 혼효림 연구에서는 토양 효소 활성, 미생물 다양성, 물리화학적 성질이 함께 변화할 수 있음을 보고하며, urease는 이러한 변화의 질소 순환 측면을 보여주는 지표로 자주 포함됩니다 ^[13]. "urease bacteria"를 검색하는 농업·환경 사용자는 특정 균 하나만이 아니라, 토양 전체 미생물 네트워크와 효소 풀을 고려해야 합니다.

최근에는 플라스틱 잔류물 같은 인위적 오염 요인이 토양 미생물군집과 대사체 프로파일을 바꾸는 지도 연구되고 있습니다. 이런 환경 변화는 직접 또는 간접적으로 질소 관련 효소 활성과 요소 전환 과정에 영향을 줄 수 있습니다 ^[14]. Urease는 이러한 복잡한 토양 시스템에서 특정 반응축, 즉 요소 가수분해를 분리해 이해하게 해주는 기준 효소로 활용될 수 있습니다.

Sporosarcina pasteurii urease와 탄산칼슘 생광물화

Sporosarcina pasteurii urease는 미생물 유도 탄산칼슘 침전(MICP) 연구에서 자주 언급됩니다. 이 세균은 강한 요소분해 능력으로 알려져 있으며, 요소분해가 일어나면 암모니아 생성에 따른 pH 상승과 탄산염 종 증가가 동시에 발생합니다. 칼슘 이온이 충분히 존재하면 이 조건은 탄산칼슘 침전을 유리하게 만들어 모래 입자 결합, 균열 보수, 토양 개량 같은 응용 개념으로 이어집니다 [2].

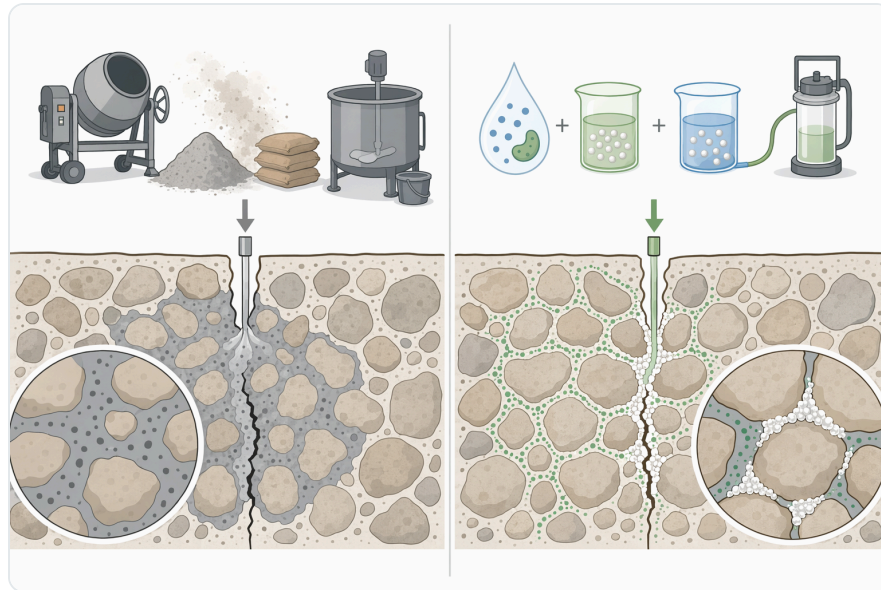


Figure 4. 탄산염 그라우팅에서 우레아제 기반 광물화는 기존 시멘트계 처리에 의존하지 않고도 온화한 조건에서 현장에 방해석을 형성할 수 있습니다.

효소 유도 탄산칼슘 침전(EICP)은 살아있는 균을 배양해 쓰는 MICP와 달리, urease 효소 자체를 이용해 요소분해와 침전을 유도하는 접근입니다. EICP는 미생물 성장 조건에 덜 의존할 수 있지만, 효소 안정성, 용액 침투성, 단백질 유래 막힘, 침전 위치 제어 같은 별도의 공정 변수가 중요합니다 [3]. 따라서 "*sporosarcina pasteurii* urease"가 MICP의 대표 검색어라면, EICP에서는 효소 반응과 전달현상을 분리해 설계하는 것이 핵심입니다.

탄산칼슘 침전에서 urease의 역할은 직접 "시멘트"가 되는 것이 아니라, 침전에 필요한 화학 조건을 빠르게 만드는 것입니다. 요소분해로 pH가 상승하고 탄산염 종이 증가하면 칼슘과 결합해 방해석 등 탄산칼슘 상이 형성될 수 있으며, 이 광물이 입자 사이 공극을 채우거나 표면을 연결합니다 [2]. 그러나 침전이 너무 빠르면 주입부 근처에서 막힘이 생기고, 너무 느리면 목표 위치에서 충분한 결합이 일어나지 않을 수 있습니다.

EICP 연구에서는 단백질성 부산물이나 조추출물 성분이 바이오클로킹을 유발할 수 있다는 점도 논의됩니다. 대두 조추출 urease를 이용한 토양 개량 연구에서는 과잉 단백질이 막힘 문제를 일으킬 수 있어 이를 완화하는 변형 접근이 검토되었습니다 [15]. 이는 효소 반응 속도만 높이는 것이 항상

좋은 전략이 아니며, 용액 점도, 단백질 부하, 침전 위치, 공극 구조를 함께 고려해야 함을 의미합니다.

고온 조건에서 urease 활성을 제어하는 연구도 EICP의 실무적 난점을 잘 보여줍니다. 온도가 높아지면 반응 속도와 단백질 안정성이 서로 다른 방향으로 움직일 수 있고, 침전 속도와 위치가 바뀌어 토양 개량 균일성에 영향을 줄 수 있습니다 [16]. 따라서 생광물화 분야에서 Urease를 사용할 때는 효소를 “더 많이, 더 빠르게” 쓰는 것보다 원하는 위치에서 원하는 시간 동안 반응하도록 조절하는 접근이 중요합니다.

병원성 미생물과 pH 항상성: Helicobacter만의 문제가 아니다

Helicobacter urease는 위산 환경 생존과 연결되어 가장 유명하지만, urease가 병원성 또는 정착성에 기여하는 방식은 균종마다 다릅니다. Staphylococcus aureus 연구에서는 피부와 유사한 조건에서 urease가 pH 항상성과 성장에 기여할 수 있음을 보여주었습니다 [17]. 이는 요소가 존재하는 미세 환경에서 암모니아 생성이 세균 주변 pH를 바꾸고, 그 결과 세균 생존과 숙주 환경 상호작용이 달라질 수 있음을 시사합니다.

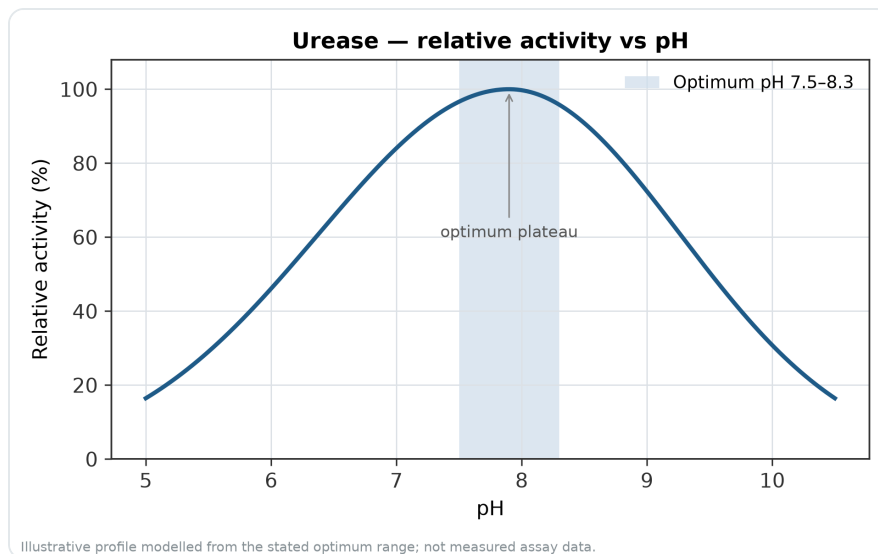


Figure 5. pH에 따른 우레아제의 상대 활성으로, pH 7.5–8.3에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

이 관점에서 urease positive bacteria는 단순한 미생물 동정 범주가 아니라, 숙주 또는 환경 미세공간을 화학적으로 바꾸는 능력을 가진 집단으로 이해할 수 있습니다. 요소가 풍부한 위, 요로, 피부, 토양, 폐수 환경에서는 urease 활성이 pH, 질소 형태, 미생물 간 경쟁, 광물 침전 가능성까지 바꿀 수 있습니다 [1]. 다만 병원성은 urease 하나로 결정되지 않으며, 독소, 부착인자, 면역회피, 생물막, 숙주 상태가 함께 작용합니다.

항-urease 억제제 연구에서는 활성부위 니켈 중심, 기질 유사 구조, 금속 결합성 작용기, 단백질 표면 결합이 주요 표적이 됩니다. 특정 금속을 urease 활성부위로 전달해 기능을 방해하는 접근도 연구되어, urease 억제가 단순 경쟁저해뿐 아니라 금속 중심 교란을 포함할 수 있음을 보여줍니다 [5]. 이런 연구는 신약 탐색, 농업용 urease inhibitor, 미생물 제어 전략 등으로 확장될 수 있지만, 개별 후보물질의 실제 사용 가능성은 별도 평가가 필요합니다.

고정화 urease: 반복 사용성과 안정성의 장점, 그리고 한계

고정화 urease는 효소를 다공성 고분자, 실리카, 나노구조, 막, 전극 표면 등에 결합하거나 포획해 사용하는 방식입니다. 목적은 대개 효소 회수성 향상, 반복 사용, 장치 표면 통합, pH·온도 변화에 대한 내성 개선입니다 [7]. 센서, 연속 반응기, EICP 주입 시스템, 교육용 반응 모듈 등에서는 자유 효소보다 고정화 효소가 설계상 유리할 수 있습니다.

하지만 고정화가 항상 높은 성능을 보장하지는 않습니다. 효소가 지지체에 너무 강하게 또는 부적절한 방향으로 결합하면 활성부위 접근성이 떨어질 수 있고, 기질 요소와 생성물 암모니아가 지지체 내부를 드나드는 확산 과정이 속도 제한 단계가 될 수 있습니다 [18]. 반대로 적절한 다점 고정화는 단백질 구조의 흔들림을 줄이고 장기 운전 조건에서 촉매 지속성을 높일 수 있습니다.

고정화 전략을 선택할 때는 “효소 안정성”과 “반응계 안정성”을 구분해야 합니다. 효소 단백질이 안정하더라도 생성 암모니아로 인한 pH 상승이 주변 재료를 손상시킬 수 있고, 탄산칼슘 침전계에서는 지지체 표면이나 배관 내 비의도적 침전이 발생할 수 있습니다 [3]. 따라서 urease 고정화는 효소학, 재료공학, 유체흐름, 생성물 제거를 함께 다루는 설계 문제입니다.

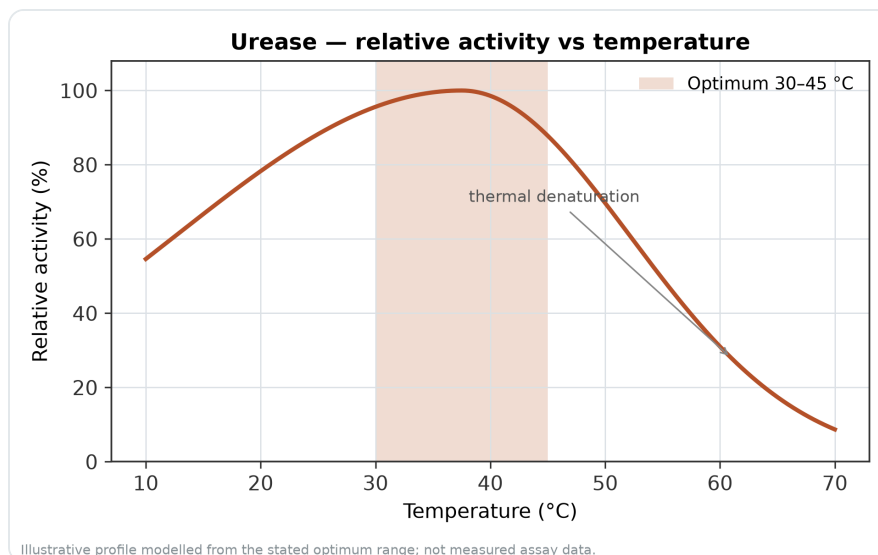


Figure 6. 온도에 따른 우레아제의 상대 활성으로, 30–45°C에서 최적 활성을 보이며 그 이상에서는 열 변성에 따른 특징적인 활성 감소가 나타납니다.

식품·발효·공정 모니터링에서의 의미

식품과 발효 공정에서 urease는 두 가지 상반된 관점으로 다뤄질 수 있습니다. 하나는 요소를 제거하거나 측정하기 위한 도구이고, 다른 하나는 원치 않는 암모니아 생성과 pH 변화를 일으킬 수 있는 관리 대상입니다 [1]. 발효 미생물군이 복잡한 시스템에서는 urease 양성 미생물의 존재가 질소 대사와 향미, 안전성, pH 안정성에 간접적인 영향을 줄 수 있습니다.

일부 전통 발효식품 리뷰에서는 미생물 효소활성과 질소 대사가 품질 형성에 영향을 줄 수 있음을 다루며, urease는 그중 요소 및 질소 전환과 연결되는 효소로 이해할 수 있습니다 [19]. 다만 특정 식품 공정에 외부 urease를 바로 적용하려면 원료 조성, 규제 요구, 잔류 단백질, 공정 pH, 열처리, 감각 품질 등을 별도로 검토해야 합니다. 효소 반응 자체가 명확하더라도 식품에서의 결과는 매트릭스의존적입니다.

공정 모니터링 분야에서는 urease가 요소 존재 여부를 빠르게 신호화하는 장점이 있습니다. 예를 들어 폐수, 발효액, 생물공정 시료, 농업 추출액에서 요소가 관심 성분이라면 urease 반응을 pH 또는 이온 신호로 연결할 수 있습니다 [8]. 그러나 복잡한 시료에는 완충능, 암모니아 배경농도, 금속 이온, 계면활성제, 단백질 분해효소, 색소 등이 존재할 수 있어 센서와 효소 반응의 상호간섭을 고려해야 합니다.

사용 조건을 이해하는 방식: pH, 온도, 매트릭스

Urease는 단백질 효소이므로 pH와 온도에 따라 구조와 반응속도가 달라집니다. 중성에서 약알칼리성 영역의 반응계가 자주 사용되지만, 특정 유래의 urease, 지지체, 기질 농도, 완충능, 적용 목적에 따라 적합 조건은 달라질 수 있습니다 [1]. 여기서 중요한 것은 "최적 조건"을 하나의 숫자로 외우는 것이 아니라, 적용 환경에서 요소 접근성, 효소 안정성, 생성물 축적, pH 변화가 어떻게 결합되는지 이해하는 것입니다.

온도는 두 방향으로 작용합니다. 일정 범위에서는 온도 상승이 반응속도를 높일 수 있지만, 단백질 구조가 불안정해지면 활성 손실이 빨라질 수 있습니다. EICP 고온 연구에서 보듯, 특히 현장형 토양 개량이나 실외 공정에서는 주변 온도가 효소 반응, 침전 속도, 용액 이동성에 동시에 영향을 줍니다 [16]. 따라서 고온 적용에서는 빠른 초기 반응만이 아니라 목표 시간 동안의 촉매 지속성을 함께 봐야 합니다.

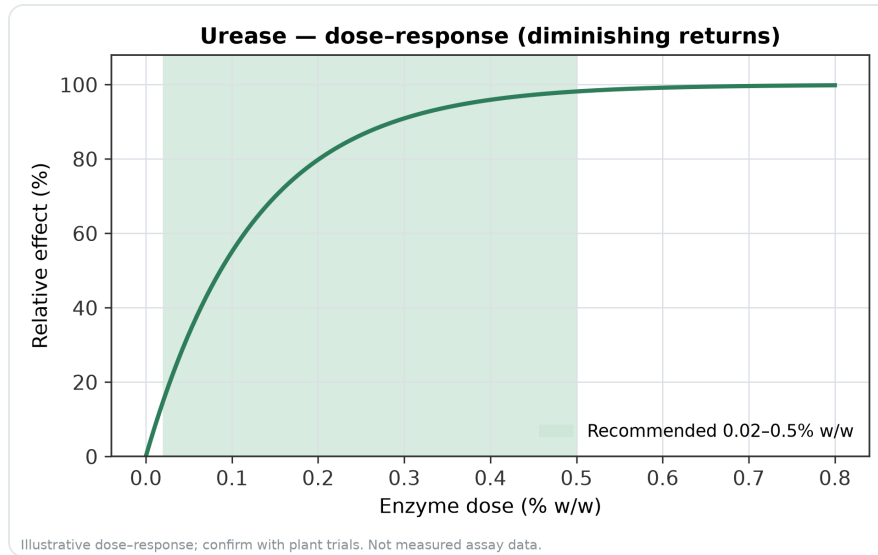


Figure 7. 권장 사용 범위(0.02-0.5% w/w)에서 우레아제의 예시적 용량-반응 관계.

매트릭스 영향도 큼니다. 토양에는 점토, 유기물, 미생물 대사산물, 금속 이온, 염류가 있고, 생체 시료에는 단백질, 완충성 물질, 암모니아 배경, 효소 저해 가능 성분이 존재합니다. 광학섬유 기반 토양 urease 센서 연구처럼 실제 시료 적용을 고려한 연구는 결합, 감지, 억제제 상호작용이 단순 용액보다 복잡함을 보여줍니다 [8]. 따라서 urease 반응을 해석할 때는 효소 자체와 시료 환경을 분리해 생각해서는 안 됩니다.

안전과 취급: 암모니아 생성과 pH 상승을 전제로 보기

Urease 사용 시 가장 직접적인 안전·공정상 변화는 암모니아 생성과 pH 상승입니다. 요소 자체가 비교적 안정하더라도 urease가 존재하면 반응계가 빠르게 알칼리화될 수 있으며, 밀폐 또는 환기가 부족한 환경에서는 암모니아 냄새와 노출 관리가 중요해집니다 [2]. 생광물화나 토양 실험처럼 반응 규모가 커질수록 생성물 축적과 배출 경로를 더 신중히 고려해야 합니다.

피부·생체 유사 환경에서도 pH 변화는 단순한 화학 변화가 아니라 미생물 성장과 조직 환경에 영향을 줄 수 있습니다. Staphylococcus aureus 연구에서 urease가 피부 유사 조건의 pH 항상성과 성장에 기여했다는 결과는, 요소가 있는 미세환경에서 urease 반응이 생물학적 결과로 이어질 수 있음을 보여줍니다 [17]. 따라서 연구·공정 적용에서는 암모니아, 알칼리화, 생물학적 매트릭스 반응을 함께 고려하는 편이 안전합니다.

Enzymes.bio에서 공급되는 Urease는 1kg 단위 온라인 직접 판매 제품이며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다. CoA는 주문 제품 확인에, SDS는 보관·취급·응급조치·폐기 등 안전 정보 확인에 사용됩니다. Enzymes.bio는 제조사나 시험기관이 아니므로, 사용자는 자체 적용 목적과 현장 절차에 맞춰 SDS 기반의 안전관리를 수행해야 합니다.

Enzymes.bio Urease를 이해할 때의 적합한 관점

Enzymes.bio의 Urease는 요소 분해 반응을 필요로 하는 연구·개발·공정 검토용 효소 소재로 이해하는 것이 적절합니다. 적용 가능 분야는 요소 검출, urease test 원리 기반 교육, rapid urease test 관련 연구 이해, H. pylori urease 및 urease positive bacteria 연구, 토양 질소 전환, urease inhibitor 평가, EICP/MICP 생광물화 검토 등으로 넓습니다 [3]. 그러나 각 분야의 완제품 성능은 효소만이 아니라 장치, 매트릭스, 규제, 해석 체계, 공정 제어에 의해 결정됩니다.

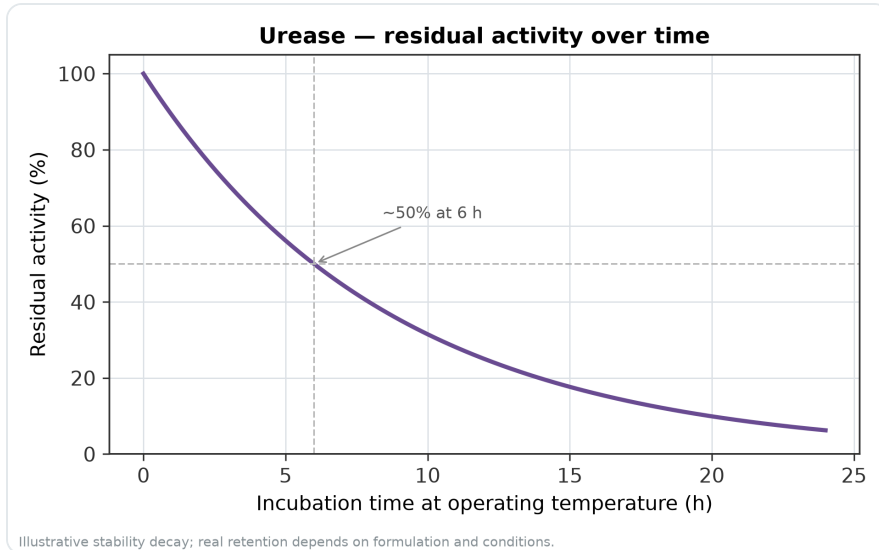


Figure 8. 우레아제의 예시적 열 안정성 감소—작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔류 활성이 감소합니다.

특히 임상 또는 진단 문맥에서는 제품의 역할을 명확히 구분해야 합니다. CLO test rapid urease test나 임상 rapid urease test procedure는 검증된 의료 절차와 장치 체계 안에서 수행·해석되는 것이며, Urease 원료 효소는 그 자체로 진단키트가 아닙니다 [6]. 마찬가지로 H. pylori urease 연구에서 효소 반응 모델이 유용하다고 해서 공급 효소가 치료제나 감염 판정 도구가 되는 것은 아닙니다.

농업·토양·생광물화 문맥에서도 같은 원칙이 적용됩니다. Urease는 요소분해를 빠르게 일으키지만, 실제 토양에서는 수분 이동, 미생물 생태, 칼슘 공급, 암모니아 배출, pH 완충, 공극 구조가 함께 작용합니다 [11]. EICP에서는 효소 반응을 통해 탄산칼슘 침전을 유도할 수 있지만, 침전 균일성과 막힘, 부산물 관리까지 포함해야 기술적으로 의미 있는 결과가 됩니다.

결론: urease는 단순 반응을 정밀한 응용으로 연결하는 효소

Urease는 요소를 암모니아와 탄산계 생성물로 전환하는 니켈 의존성 효소이며, 이 반응은 pH 상승, 질소 형태 변화, 검출 신호, 탄산칼슘 침전이라는 여러 응용 효과로 확장됩니다 [1]. 그래서 “what is urease”라는 기본 질문은 곧 urease test, helicobacter urease, urease bacteria, 요소 바이오센서, 토

양 질소 순환, *Sporosarcina pasteurii* urease, EICP/MICP까지 이어집니다.

가장 중요한 실무 포인트는 urease를 만능 솔루션이 아니라 반응 중심의 생촉매로 보는 것입니다. 효소가 제공하는 것은 요소분해 능력이고, 그 능력을 진단 신호, 센서 출력, 토양 질소 모델, 광물 침전, 억제제 평가로 바꾸는 일은 적용 시스템의 설계에 달려 있습니다 [7]. Enzymes.bio는 이러한 Urease를 1kg 단위 온라인 직접 구매 제품으로 공급하며, 주문 시 제공되는 CoA와 SDS를 통해 제품 확인과 안전 취급 정보를 함께 제공합니다.

Urease 온라인 주문

1kg 단위로 판매되며 재고 보유, 즉시 출고됩니다. 온라인 스토어에서 바로 결제하시면 주문을 처리해 드립니다. 모든 주문에는 시험성적서(CoA)와 물질안전보건자료(SDS)가 포함됩니다.

[Urease 구매하기 →](#)

참고문헌

최초 인용 순서로 번호를 매겼습니다. 모든 출처는 발행 시점에 접근 가능 여부를 확인한 오픈 액세스 자료이며, 본문의 인용 번호가 이곳으로 연결됩니다.

1. Kumar, M., Bhardwaj, M., Yadav, P., Vashishth, D., Chahal, S., Dalal, S., & Kataria, S. K. (2022). [A review on distribution, properties, genetic organization, immobilisation and applications of urease](#). *Journal of Applied and Natural Science*.
2. Omoregie, A., Palombo, E., & Nissom, P. M. (2020). [Bioprecipitation of calcium carbonate mediated by ureolysis: A review](#). *Environmental Engineering Research*.
3. Liu, J., Hu, Y., Shen, J., Liu, W., & Xu, Y. (2026). [A Review of Urease-Based Biomineralization: MICP and EICP](#). *Minerals*.
4. Jesús Rodríguez-Jiménez, T., Ojeda-Barrios, D., Blanco-Macías, F., Valdez-Cepeda, R., & Parra-Quezada, R. (2016). [Urease and nickel in plant physiology](#).
5. Nim, Y., Fong, I., Deme, J., Tsang, K. L., Caesar, J. J. E., Johnson, S., Pang, L., ... et al. (2023). [Delivering a toxic metal to the active site of urease](#). *Science Advances*, 9.
6. [Urease Test Protocol 3223.Pdf](#). *Asm*.
7. Sahin, B., Ozbey-Unal, B., Dizge, N., Keskinler, B., & Balcik, C. (2024). [Optimization of immobilized urease enzyme on porous polymer for enhancing the stability, reusability and enzymatic kinetics using response surface methodology](#). *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 240, 113986 .
8. Singh, O., & Srivastava, S. K. (2025). [Surface Plasmon Resonance-Based Highly Sensitive Optical Fiber Sensor for Detection of Urease Enzyme in Soil: Real-World Application and Binding Insights With](#)

Inhibitor. *IEEE Sensors Journal*, 25, 13019-13026.

9. Ahmad, N., Bishoyi, A. K., Ballal, S., Shankhyan, A., Al-Hasnaawei, S., Jayabalan, K., Maharana, L., ... et al. (2025). Developing a urea biosensor and safe blood cleaning method utilizing a novel high throughput La-doped CeO₂ nanosized artificial urease with high biocompatibility and enzyme-like activity. *Enzyme and Microbial Technology*, 191, 110736 .
10. Murphy, I., Bobilev, K., Hayakawa, D., Ikonen, E., Videbæk, T. E., Dalal, S., Ahmed, W. W., ... et al. (2024). A method for site-specifically tethering the enzyme urease to DNA origami with sustained activity. *PLoS ONE*, 20.
11. Silva, J. M., Toujaguez, R., Alves, E. S. D. A., Silva, P. C. V., Montaldo, Y., Santos, T. M. D., Santos Balbino, R., ... et al. (2025). Enzymatic Activity of Soil Microbiota in Agroecological Systems: A Review of its Relevance for Nutrient Cycling. *Advances in Research*.
12. jafarian, Mirzaei, J., Omidipour, R., & Kooch, Y. (2023). Effects of micro-climatic conditions on soil properties along a climate gradient in oak forests, west of Iran: Emphasizing phosphatase and urease enzyme activity. *CATENA*.
13. Zhang, T., Wang, L., Liu, W., Rihu, S., Li, J., & Zhang, D. (2022). Forage mixed planting can effectively improve soil enzyme activity and microbial community structure and diversity in agro-pastoral interlacing arid zone. *Canadian Journal of Soil Science*, 102, 697 - 706.
14. Dong, D., Guo, Z., Wu, F., Yang, X., & Li, J. (2023). Plastic residues alter soil microbial community compositions and metabolite profiles under realistic conditions. *Science of the Total Environment*, 906, 167352 .
15. Yan, B., Zhou, Y., Li, C., Shu, S., & Gao, Y. (2023). Modified SICP method to mitigate the effect of bio-clogging by excess protein from soybean crude urease extracts for biocementation process. *Acta Geotechnica*, 18, 5047-5062.
16. Sun, X., Miao, L., Wang, H., Guo, X., & Wu, L. (2024). Control of urease activity in enzyme-induced carbonate precipitation method for soil improvement at high temperatures. *Acta Geotechnica*, 19, 7495 - 7515.
17. Costa, F. G., & Horswill, A. (2025). Urease promotes pH homeostasis and growth of Staphylococcus aureus in skin-like conditions. *Journal of Bacteriology*, 207.
18. Mandal, B., Mondal, S., Hansda, B., Mishra, S., Ghosh, A., Biswas, T., Das, B., ... et al. (2022). Multipoint Immobilization at the Inert Center of Urease on Homofunctional Diazo-Activated Silica Gel: A Way of Restoring Room-Temperature Catalytic Sustainability for Perennial Utilization. *Langmuir*.
19. Singh, T. A., Nongthombam, G. D., Goksen, G., Singh, H. B., Rajauria, G., & Sarangi, P. K. (2023). Hawaijar - An ethnic vegan fermented soybean food of Manipur, India: A comprehensive review. *Food Research International*, 170, 112983 .


Enzymes.bio 문의


주문에 관해 궁금한 점이 있으신가요? 기꺼이 도와드리겠습니다.


이메일 wholesale@enzymes.bio

전화 (미국) **+1 (507) 428-6057**

[문의하기 →](#)

 **400+** B2B 고객사

 **60+** 대학 연구 파트너

 **54** 전 세계 54개국 공급

© 2026 Enzymes.bio · 산업용 및 식품 가공용 효소 공급 · 인체 섭취 또는 소매 판매용이 아님