

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease: 식물성 단백질 가수분해와 펩타이드 기능성 조절용 효소

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 18, 2026

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 대두, 완두, 곡물, 유채 등 식물성 단백질을 더 짧은 펩타이드로 절단해 용해성, 분산성, 점도, 유화성, 소화성 같은 가공 특성을 조절하는 데 쓰이는 단백질 가수분해 효소입니다. 중성 부근에서 운전 가능한 프로테아제는 강산·강알칼리 조건을 피해야 하는 식품·발효·사료·바이오소재 배합에서 검토하기 쉽고, 부분 가수분해를 통해 "완전 분해"가 아니라 목표 물성에 맞춘 분자량 분포를 설계하는 데 적합합니다 [1].

Enzymes.bio는 이 효소를 제조하거나 시험하는 기관이 아니라 온라인 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 직접 구매할 수 있습니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 내부 품질 문서와 안전 문서 관리에 활용할 수 있습니다.

식물성 단백질 가수분해에서 중성 프로테아제가 맡는 역할

식물성 단백질 원료는 지속가능성, 원가, 비건·플렉시테리언 식품 개발, 고단백 음료와 분말, 발효 원료, 사료 단백질원, 기능성 펩타이드 소재에서 널리 사용됩니다. 그러나 대두 단백질, 완두 단백질, 밀 글루텐, 쌀 단백질, 유채 단백질 같은 원료는 수화가 느리거나, 등전점 부근에서 침전하거나, 열처리 후 응집하고, 고농도 배합에서 점도가 급상승하는 문제가 생길 수 있습니다. 효소적 가수분해는 단백질 사슬의 펩타이드 결합을 선택적으로 절단해 큰 단백질을 더 짧은 펩타이드로 바꾸며, 이 변화가 용해도, 표면활성, 수분 결합, 점도, 소화 접근성에 직접 영향을 줍니다 [2].

프로테아제는 단백질 내부 또는 말단의 펩타이드 결합을 절단하는 효소군입니다. 미생물 프로테아제는 식품, 세제, 사료, 피혁, 의약·바이오공정 등 여러 산업에서 사용되며, 특히 *Bacillus* 속 미생물은 세포 밖으로 효소를 분비하는 능력 때문에 산업용 프로테아제 연구에서 반복적으로 다루어집니다

[3]. Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 이름 그대로 *Bacillus subtilis* 계열 프로테아제를 기반으로 하는 중성 프로테아제 제품으로 이해할 수 있으며, 식물성 단백질 가수분해 공정에서 단백질 구조를 "잘라 없애는" 것이 아니라 최종 용도에 맞게 "재설계"하는 보조 효소로 보는 것이 정확합니다.

중성 프로테아제의 실무적 장점은 반응 조건입니다. 알칼리성 프로테아제는 강한 단백질 분해력과 세정·피혁·사료 응용에서 장점이 있지만, 산성 향료, 단백질 음료, 발효 베이스, 식품 배합에서는 pH 조정 부담이 커질 수 있습니다. 반대로 중성 부근에서 작동하는 프로테아제는 원료 단백질의 변성, 색 변화, 염미 변화, 후속 배합 호환성을 비교적 관리하기 쉽습니다. 다만 “중성”이라는 표현은 모든 배합에서 동일 성능을 뜻하지 않으며, 실제 반응은 원료 단백질의 구조, 전처리 이력, 염, 당, 지방, 폴리페놀, 열처리 조건에 따라 달라집니다 [4].

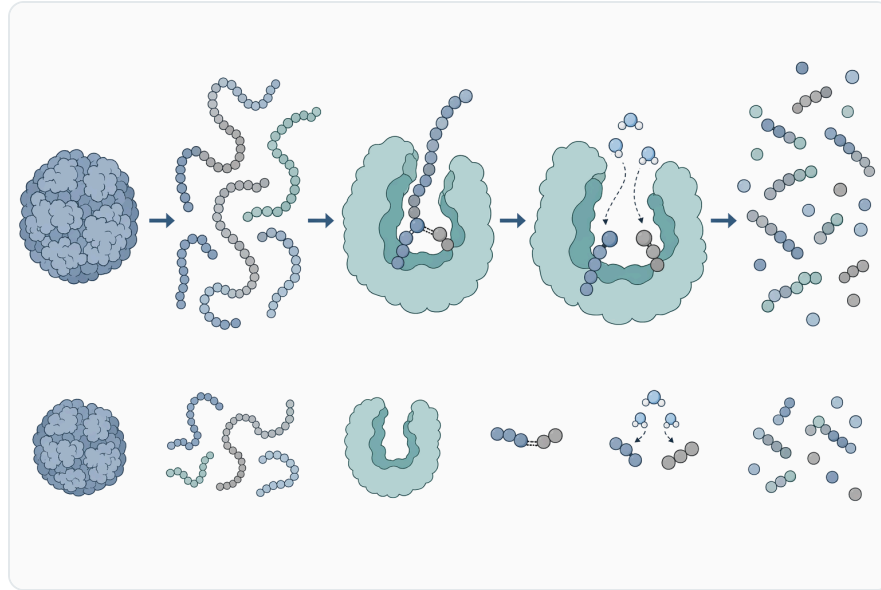


Figure 1. 바실러스 서브틸리스 유래 중성 프로테아제는 약한 중성 조건에서 식물성 단백질의 펩타이드 결합을 가수분해하여 수용성 펩타이드와 아미노산을 생성합니다.

작동 기전: 펩타이드 결합 절단이 물성을 바꾸는 방식

단백질은 아미노산이 펩타이드 결합으로 이어진 고분자입니다. 프로테아제가 단백질 사슬 내부의 결합을 절단하면 평균 분자량이 낮아지고, 접혀 있던 소수성 영역이나 전하를 띤 영역이 새롭게 노출됩니다. 이때 단백질 입자 표면의 전하 분포, 물과 접촉하는 면적, 응집에 참여하는 소수성 패치의 크기, 계면에 흡착하는 속도가 함께 변합니다. 그래서 동일한 원료라도 가수분해 정도가 낮으면 점도 완화와 분산성 개선이 나타날 수 있고, 가수분해가 지나치면 유화막 형성 능력이나 겔 네트워크가 약해질 수 있습니다 [1].

식물성 단백질에서는 이러한 변화가 특히 중요합니다. 대두와 완두 단백질은 구상 단백질 비율이 높고, 열·염·pH 조건에 따라 응집체를 만들 수 있습니다. 밀 글루텐은 글리아딘과 글루테닌이 점탄성 네트워크를 형성해 물에 잘 풀리지 않는 특성이 강합니다. 유채 단백질은 영양적 가치가 주목되지만, 원료 분획과 동반 성분에 따라 용해성·풍미·색 문제가 공정 설계의 핵심이 됩니다 [5]. Neutral

Protease *Bacillus subtilis* Protease를 이용한 부분 가수분해는 이런 원료의 구조적 한계를 완전히 없애기보다는, 목표 제품에서 문제가 되는 응집·점도·분산성을 줄이는 방향으로 단백질 크기와 표면 특성을 조정하는 접근입니다.

효소 가수분해의 결과는 “얼마나 많이 잘랐는가”보다 “어떤 크기와 성질의 펩타이드 분포를 만들었는가”에 더 가깝습니다. 짧은 펩타이드는 용해성과 소화 접근성을 높일 수 있지만, 소수성 아미노산이 많이 노출되면 쓴맛이 강해질 수 있습니다. 중간 길이의 펩타이드는 계면에 빠르게 흡착하면서 유화 안정성에 기여할 수 있지만, 너무 짧아지면 기름-물 계면에서 탄성 있는 막을 형성하기 어렵습니다. 따라서 식품용 식물성 단백질 가수분해에서는 완전 분해보다 부분 가수분해가 더 자주 목표가 되며, 이 점이 중성 프로테아제의 공정적 의미입니다 [2].

왜 *Bacillus subtilis* 유래 프로테아제가 자주 연구되는가

*Bacillus subtilis*는 단백질 분비 능력과 산업 생명공학에서의 활용성 때문에 프로테아제 연구에서 자주 등장합니다. 미생물 프로테아제 관련 문헌은 *Bacillus* 속 효소가 단백질성 기질을 분해하고, 산업 공정에서 비교적 넓은 적용 범위를 가질 수 있음을 반복적으로 보여줍니다 [6]. 이러한 배경 때문에 *Bacillus subtilis* protease는 식물성 단백질 가수분해, 발효 원료 전처리, 사료 원료 개선, 기능성 펩타이드 생성 같은 응용에서 기술적으로 검토됩니다.

식물성 원료와 직접 관련된 예로는 대두박 발효 연구가 있습니다. *Bacillus subtilis* natto를 이용한 대두박 발효 최적화 연구는 수산사료용 원료 개선 맥락에서 단백질성 원료의 생물처리 가능성을 다루며, 대두박처럼 항영양 인자와 단백질 이용성이 동시에 문제 되는 기질에서 미생물 효소 시스템이 가공성을 바꿀 수 있음을 보여줍니다 [7]. 이 연구가 특정 중성 프로테아제 제품의 성능을 그대로 대변하는 것은 아니지만, *Bacillus subtilis* 계열 생물공정이 식물성 단백질 원료 전환에 실질적으로 활용될 수 있다는 문헌적 배경을 제공합니다.



Figure 2. 산업적 식물성 단백질 가수분해 공정은 일반적으로 단백질 슬러리 준비, 중성 프로테아제 처리, 분리, 건조, 그리고 식품·사료·발효 제품용 제형화를 포함합니다.

또 다른 관련 근거는 *Bacillus subtilis* GS-1 유래 프로테아제의 단백질 가수분해 가능성을 다룬 연구입니다. 해당 연구는 *Bacillus subtilis* 프로테아제의 활성 최적화와 단백질 가수분해 응용을 보고하며, 이 효소균이 단백질 기질을 산업적으로 의미 있는 펩타이드 혼합물로 전환할 수 있음을 시사합니다 [8]. 제품별 조성, 로트, 적용 조건은 다를 수 있으므로 문헌 결과를 수치적으로 그대로 전이할 수는 없지만, 같은 효소균을 식물성 단백질 가공에 사용하는 기술적 타당성은 충분히 설명됩니다.

식물성 단백질 원료별 적용 관점

대두 단백질: 용해성, 항원성 지표, 사료·식품 원료 개선

대두 단백질은 식물성 단백질 시장에서 가장 널리 쓰이는 원료 중 하나입니다. 대두분리단백, 농축 대두단백, 대두박, 발효 대두 원료는 단백질 함량이 높고 가격 경쟁력이 있지만, 일부 배합에서는 비린 향, 점도, 침전, 항영양 인자, 항원성 단백질 지표가 문제가 됩니다. 효소 가수분해는 대두 단백질의 고분자 구조를 절단해 용해성 및 소화 접근성을 개선하고, 발효나 열반응에서 사용 가능한 펩타이드·아미노산 풀을 늘리는 데 활용될 수 있습니다 [1].

사료 영역에서는 대두박의 생물처리와 발효가 특히 중요합니다. 수산사료에서 식물성 단백질원 비중이 높아질수록 소화율, 장 건강, 항영양 인자 관리가 성능을 좌우합니다. *Bacillus subtilis* natto를 이용한 대두박 발효 연구는 대두박의 사료 적합성을 높이기 위한 조건 최적화를 다루며, 단백질 분해와 발효가 결합될 때 원료 가치가 달라질 수 있음을 보여줍니다 [7]. Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 이러한 맥락에서 발효 전후 단백질 가수분해 보조제로 검토될 수 있지만, 최종 사료 성능은 배합 전체와 동물종별 평가에 의해 결정됩니다.

식품 영역에서는 대두 단백질의 쓴맛 관리가 중요합니다. 가수분해가 깊어질수록 소수성 펩타이드가 증가할 수 있고, 이는 음료나 뉴트리션 제품에서 관능 리스크로 이어질 수 있습니다. 따라서 대두 단백질에는 높은 가수분해율 자체보다 목표 점도와 용해도에 도달하는 최소한의 부분 가수분해가 더 적합할 때가 많습니다. 식물성 단백질 가수분해물의 기능성은 가수분해 조건과 펩타이드 구성에 크게 의존하므로, 원료별로 다른 최적점이 존재합니다 [2].

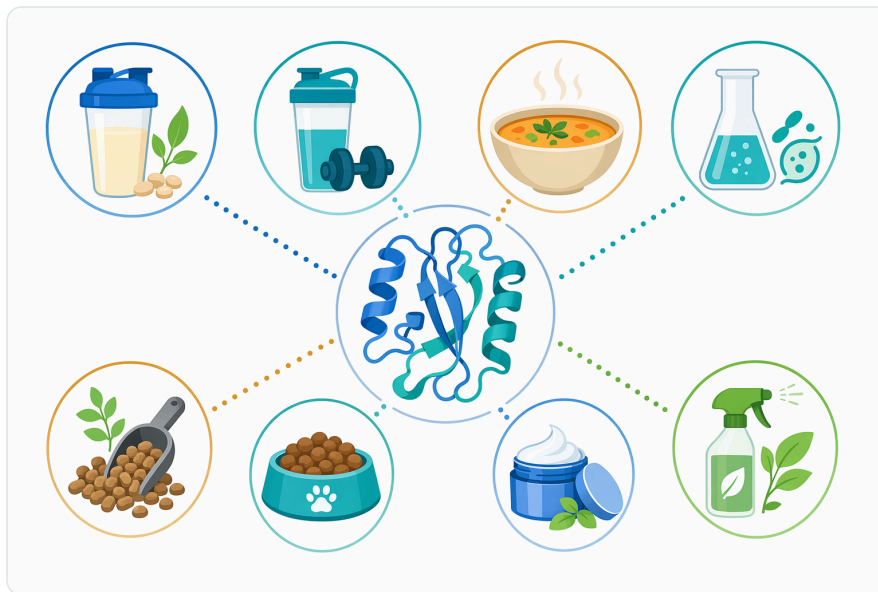


Figure 3. 중성 바실러스 프로테아제는 영양, 풍미, 발효, 사료, 반려동물 식품, 화장품 및 생물촉진제 용도의 식물성 단백질 가수분해물 제조에 사용됩니다.

완두·콩류 단백질: 분산성, 입안 질감, 소화 접근성

완두 단백질과 렌틸, 병아리콩 등 콩류 단백질은 알레르겐·지속가능성·원가 측면에서 대두 대체 원료로 주목받습니다. 그러나 콩류 단백질은 입자감, 침전, 텁텁한 맛, 열처리 후 응집, 단백질 음료에서의 모래 같은 질감이 문제 될 수 있습니다. 펄스 단백질 가공 연구는 분획, 열처리, 건조 방식, 효소 가수분해 같은 선택이 최종 원료의 용해성, 수분 보유, 유화, 거품, 겔화 특성을 바꾼다고 설명합니다 [9].

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease를 콩류 단백질에 적용할 때는 구조 완화가 핵심입니다. 큰 단백질 응집체가 부분적으로 절단되면 입자 크기 분포가 낮아지고 물과 접촉하는 표면이 늘어나 분산성이 개선될 수 있습니다. 동시에 펩타이드가 너무 짧아지면 단백질 네트워크 기반의 점탄성이나 유화막 강도가 줄어들 수 있으므로, 음료용 원료와 식물성 육류용 원료의 목표 가수분해 수준은 서로 다르게 설정됩니다. 콩류 단백질 발효 연구에서도 특정 효소적 가수분해와 단백질 구조 변화가 기능 특성에 영향을 준다는 점이 보고되어, 효소 처리와 발효를 결합한 설계가 유효한 접근임을 보여줍니다 [10].

밀 글루텐과 곡물 단백질: 불용성 네트워크 완화

밀 글루텐은 단백질 함량이 높고 조직 형성력이 강하지만, 물에 잘 녹지 않고 끈적한 네트워크를 형성합니다. 이 특성은 빵이나 면류에서는 장점이지만, 음료, 소스, 조미 베이스, 분말형 단백질 소재에서는 분산성 문제로 나타납니다. 효소 가수분해는 글루텐 네트워크를 부분적으로 절단해 불용성 집합체를 줄이고, 펩타이드성 소재로 전환하는 데 사용할 수 있습니다 [1].

곡물 단백질은 전분, 섬유, 지질, 폴리페놀과 함께 존재하는 경우가 많아 단백질만 분리된 기질보다 반응이 복잡합니다. 단백질 표면이 전분이나 섬유 구조 안에 묻혀 있으면 효소 접근성이 낮아지고, 열처리로 응집이 진행되면 절단 가능한 결합이 물리적으로 가려질 수 있습니다. 이때 중성 프로테아제는 강한 pH 충격 없이 단백질 네트워크를 완화하는 도구가 될 수 있지만, 필요에 따라 섬유분해효소나 전분분해효소와 별도 공정으로 조합되는 경우도 있습니다. 실제로 식물성 부산물과 폐자원에서 단백질 추출·효소 가수분해를 통합적으로 다루는 연구는 원료 매트릭스 전체를 고려한 공정 설계가 중요하다고 설명합니다 [11].

유채·기타 신형 단백질: 영양성과 기능성의 균형

유채 단백질은 지속가능한 식물성 단백질원으로 관심이 높아지고 있습니다. 관련 리뷰는 유채가 영양 기반의 지속가능한 단백질 공급원으로 가능성이 있지만, 원료 처리, 동반 성분, 기능성, 관능 특성을 함께 고려해야 한다고 설명합니다 [5]. Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 유채 단백질처럼 새롭게 확장되는 원료군에서도 용해성 개선, 펩타이드 생성, 발효 적합성 향상을 목표로 검토될 수 있습니다.



Figure 4. 산 또는 알칼리 가수분해와 비교할 때, 중성 프로테아제 공정은 더 온화한 조건에서 식물성 단백질 가수분해물의 펩타이드를 더 깔끔하게 생성할 수 있습니다.

새로운 단백질 원료일수록 가수분해의 이점과 손실을 동시에 봐야 합니다. 예를 들어 용해성은 좋아졌지만 쓴맛이 증가하거나, 소화성은 높아졌지만 겔화 능력이 낮아질 수 있습니다. 식물성 단백질의 분획·가공 조건은 소화율에도 영향을 주며, 가공 선택은 단백질 구조뿐 아니라 영양적 이용성까지 바꿀 수 있습니다 [12]. 따라서 유채, 해바라기, 쌀, 귀리, 부산물 단백질에는 단일한 표준 조건보다 최종 제품 목적에 맞춘 제한적 가수분해 전략이 적합합니다.

공정 변수별 품질 변화: “더 많이”보다 “원하는 만큼”

효소 반응에서 pH는 효소 활성만이 아니라 단백질 자체의 전하 상태를 바꿉니다. 식물성 단백질은 등전점 부근에서 순전하가 낮아져 응집과 침전이 쉬워지고, 등전점에서 멀어질수록 전하 반발이 커져 분산성이 좋아지는 경향이 있습니다. 중성 프로테아제를 사용할 때는 효소가 작동 가능한 조건과 원료 단백질이 가장 잘 분산되는 조건이 완전히 일치하지 않을 수 있으므로, 반응성과 분산 안정성 사이의 균형이 중요합니다 [9].

온도는 반응 속도와 단백질 구조를 동시에 바꿉니다. 온도가 올라가면 일반적으로 효소 반응은 빨라지지만, 단백질 변성·응집도 함께 증가할 수 있습니다. 일부 단백질은 적당한 열 변성 후 효소 접근성이 좋아지지만, 과도한 열처리는 불용성 응집체를 만들어 오히려 효소가 접근하기 어렵게 할 수 있습니다. 프로테아제의 산업 응용을 다룬 문헌은 효소 안정성, 기질 구조, 공정 조건이 함께 작용한다는 점을 강조합니다 [13].

반응 시간은 펩타이드 길이를 결정하는 핵심 변수입니다. 짧은 반응은 점도 감소와 용해성 개선이 제한적일 수 있고, 긴 반응은 과분해, 쓴맛, 유화성 저하, 질감 손실을 일으킬 수 있습니다. 특히 고단백 음료나 식물성 육류 대체품에서는 “많이 분해된 단백질”보다 “특정 물성을 유지하면서 일부 문제가 완화된 단백질”이 더 유용한 경우가 많습니다. 효소적 식물 단백질 가수분해 연구는 펩타이드 크기, 노출된 아미노산, 표면 특성이 기능성의 핵심 매개변수라고 설명합니다 [1].

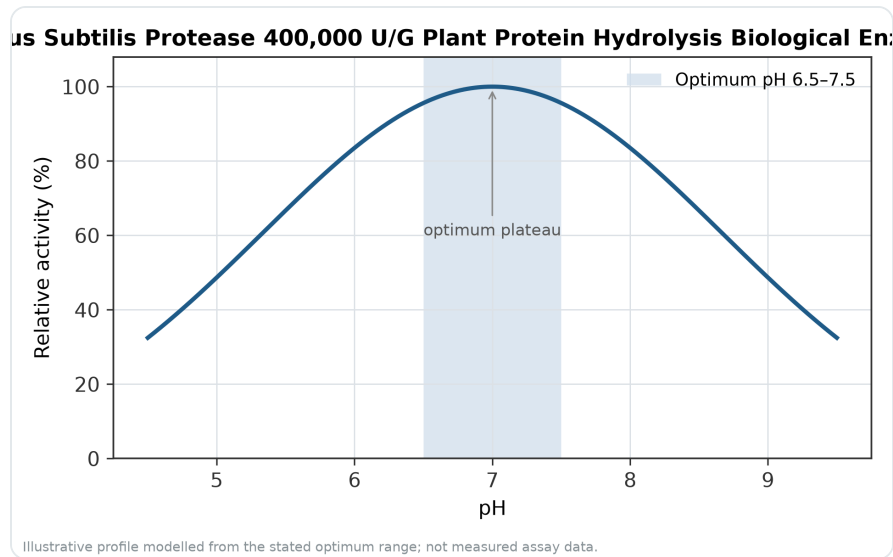


Figure 5. pH에 따른 Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 상대 활성으로, pH 6.5–7.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

반응을 멈추는 단계도 중요합니다. 원하는 수준의 가수분해가 이루어진 뒤 효소가 계속 작동하면 저장 중 점도, 맛, 침전 안정성이 달라질 수 있습니다. 일반적인 효소 공정에서는 열처리나 pH 변화 등으로 효소 활성을 낮추는 후처리를 고려하지만, 구체적인 조건은 최종 식품의 열 민감성, 색, 향, 미생물 관리, 후속 건조 또는 살균 공정에 따라 달라집니다. 이 문서는 특정 시험법이나 분석 절차를 제시하기 위한 것이 아니라, 중성 프로테아제를 식물성 단백질 공정에 적용할 때 어떤 품질 변수가 연결되는지 설명하기 위한 자료입니다.

응용 분야별 기대 효과와 한계

고단백 음료와 분말

고단백 식물성 음료에서는 용해성, 침전 안정성, 입안 질감, 열처리 안정성이 중요합니다. 단백질이 완전히 풀리지 않으면 바닥 침전, 거친 질감, 충전 라인 막힘, 재분산 불량이 발생할 수 있습니다. Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease를 이용한 부분 가수분해는 큰 단백질 입자와 응집체를 줄여 분산성을 개선하고, 분말 제품에서는 재수화성을 높이는 방향으로 기여할 수 있습니다. 식물성 단백질 가수분해물의 기능 특성은 용해도, 유화, 거품, 점도와 밀접하게 연결된다고 보고되어 있습니다 [2].

한계도 분명합니다. 가수분해가 깊어지면 쓴맛이나 떼은맛이 증가할 수 있고, 단백질 특유의 바디감이 줄어 음료가 묽게 느껴질 수 있습니다. 스포츠 뉴트리션이나 고단백 대체식에서는 빠른 용해성과 깔끔한 식감이 장점이지만, 식물성 밀크나 크림에서는 점도와 유화 안정성을 일정 수준 유지해야 합니다. 따라서 음료와 분말에서는 부분 가수분해의 “종료점”이 제품 품질을 좌우합니다.

식물성 육류 대체품과 압출 원료

식물성 육류 대체품에서는 단백질이 물을 흡수하고, 지방과 결합하며, 가열·압출 중 섬유상 구조를 만드는 능력이 중요합니다. 효소 가수분해는 원료 분산성을 높이고 풍미 전구체를 늘릴 수 있지만, 단백질 네트워크 형성 능력을 지나치게 낮추면 조직감이 약해질 수 있습니다. 최근 식물성 단백질 유래 기능성 응집체 연구는 단백질 구조 조절이 식품 조직과 기능성에 영향을 주는 중요한 경로임을 보여줍니다 [14].

이 분야에서 중성 프로테아제는 전체 단백질을 완전히 펩타이드화하기보다, 배합 중 문제를 일으키는 일부 고분자 구조를 완화하는 데 더 적합합니다. 예를 들어 압출 전 슬러리 점도를 낮추거나, 조미액과 단백질의 접착성을 높이거나, 열반응에 참여할 수 있는 펩타이드와 아미노기를 늘리는 방향입니다. 반대로 섬유상 조직을 형성해야 하는 주 단백질을 과도하게 처리하면 결착력과 탄성이 떨어질 수 있으므로, 주원료와 보조 원료를 구분한 적용이 필요합니다.

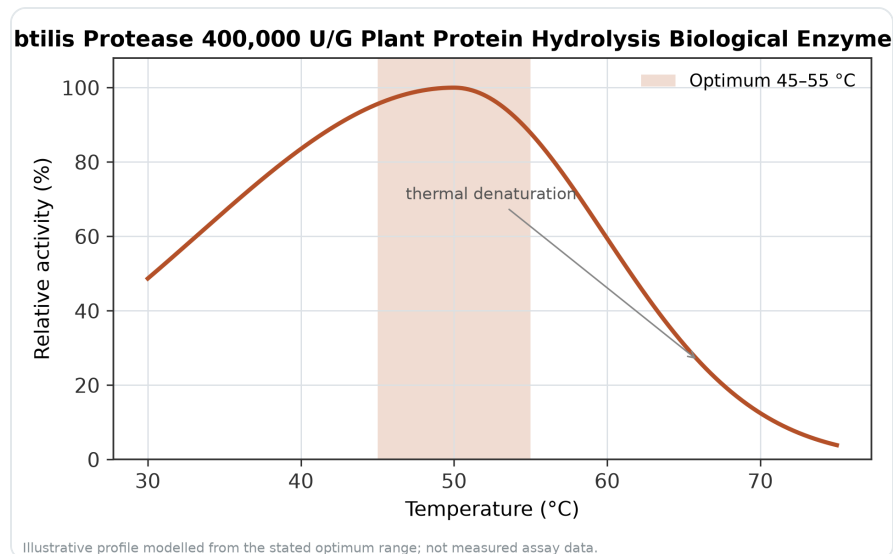


Figure 6. 온도에 따른 Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 상대 활성으로, 45–55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성으로 인한 특징적인 활성 감소가 나타납니다.

조미 베이스, 발효 원료, 펩타이드 소재

단백질 가수분해물은 조미 베이스, 발효 배지, 효모 추출물 보완 소재, 식물성 소스, 기능성 펩타이드 연구에 사용될 수 있습니다. 프로테아제가 단백질을 펩타이드와 자유 아미노산에 가까운 형태로 전환하면 미생물이 이용할 수 있는 질소원이 늘어나고, 열반응에서 향미 전구체로 작용할 가능성이 커집니다. 미생물 프로테아제의 다분야 응용을 다룬 리뷰는 단백질 분해 효소가 식품과 발효 공정에서 원료 전환 도구로 활용된다는 점을 정리합니다 [13].

기능성 펩타이드 소재에서는 생체이용률과 표적 기능성이 함께 논의됩니다. 식물성 펩타이드와 단백질의 생체이용률 및 기능성 향상 전략을 다룬 리뷰는 효소 가수분해, 전달 시스템, 가공 조건이 펩타이드의 안정성·흡수성·응용 가능성에 영향을 준다고 설명합니다 ^[15]. 다만 특정 생리활성, 건강기능, 질병 관련 효과는 최종 제품의 별도 과학적·규제적 평가 없이는 주장할 수 없습니다. Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 후보 펩타이드 혼합물을 만드는 가공 도구이지, 특정 건강 효과를 보장하는 성분으로 표현해서는 안 됩니다.

중성 프로테아제와 다른 가공 접근의 비교

아래 표는 식물성 단백질 가공에서 Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease를 사용하는 경우와 다른 접근을 비교한 것입니다. 실제 선택은 원료, 최종 제품, 공정 장비, 관능 목표에 따라 달라집니다.

접근 방식	단백질 구조에 대한 주요 작용	장점	주의할 점	적합한 응용
중성 프로테아제 부분 가수분해	펩타이드 결합을 제한적으로 절단해 평균 분자량과 표면 특성 조절	용해성·분산성·점도 조절, 비교적 온화한 pH 조건, 식품 배합 호환성	과분해 시 쓴맛, 유화성 저하, 조직감 손실 가능	식물성 음료, 분말, 조미 베이스, 발효 원료, 펩타이드 소재
알칼리성 프로테아제 처리	높은 pH 영역에서 강한 단백질 분해	세정·사료·일부 원료 전처리에 유리할 수 있음	식품 배합에서는 pH 조정, 풍미·색 변화, 단백질 변성 부담 가능	강한 분해가 필요한 원료 처리, 비식품 공정 일부
산·알칼리 화학 가수분해	비효소적 결합 절단과 변성	빠른 분해와 강한 원료 전환	선택성이 낮고, 맛·색·염 부하·부반응 관리 필요	일부 조미 원료 또는 특수 공정
열·압출 처리	변성, 응집, 네트워크 형성	조직 형성, 살균, 수분 재배치	불용성 응집과 침전이 증가할 수 있음	식물성 육류, 스낵, 조직화 단백질
발효	미생물 효소·산 생성·대사산물 형성	풍미 개선, 항영양 인자 완화, 복합 기능 변화	미생물 관리와 배치 변동성, 시간 소요	발효 대두·콩류 원료, 사료, 조미 베이스

효소 가수분해의 차별점은 선택성과 조절성입니다. 화학적 가수분해나 강한 열처리는 원료를 크게 바꿀 수 있지만, 펩타이드 분포와 관능을 세밀하게 제어하기 어렵습니다. 반면 중성 프로테아제는 pH와 시간, 원료 농도, 열 이력에 따라 비교적 점진적인 변화를 만들 수 있어, 기능성을 유지하면서 특정 문제를 완화하는 데 적합합니다. 식물 단백질 가수분해를 다룬 최신 리뷰도 효소 처리가 단백질 특성을 맞춤화하고 식품 산업 응용을 넓히는 주요 수단이라고 설명합니다 ^[1].

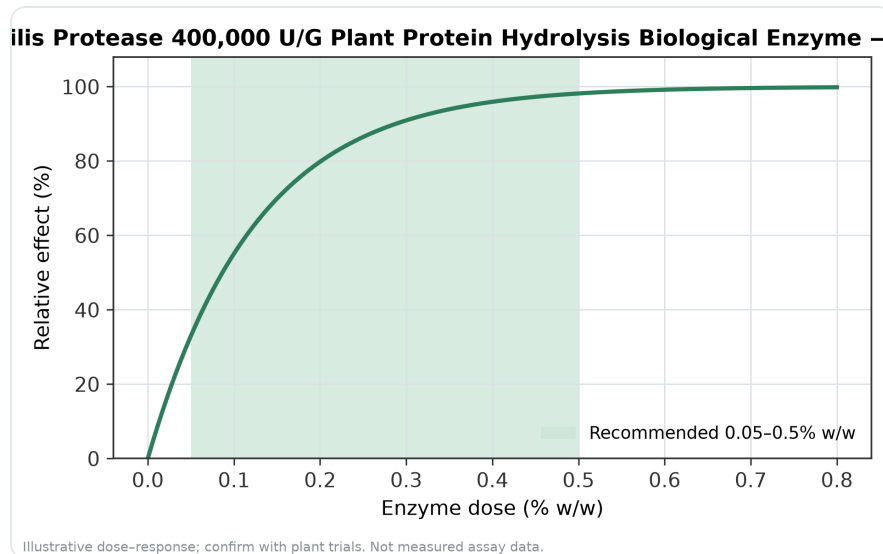


Figure 7. 권장 사용 범위(0.05–0.5% w/w)에서 Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 예시적 용량-반응 관계입니다.

품질 설계에서 반드시 구분해야 할 세 가지 결과

첫째는 **기술적 기능성**입니다. 이는 용해성, 점도, 분산성, 유화성, 거품성, 겔화성처럼 제조공정과 제품 물성에 직접 연결되는 특성입니다. 식물성 단백질 가수분해물 연구는 효소 처리에 의해 기능 특성이 개선될 수 있음을 보여주지만, 모든 기능이 동시에 좋아지는 것은 아닙니다 ^[2]. 예를 들어 용해성은 좋아졌는데 겔 강도는 낮아질 수 있고, 유화 활성은 증가했지만 장기 안정성은 달라질 수 있습니다.

둘째는 **영양적·소화적 특성**입니다. 단백질이 펩타이드로 절단되면 소화효소가 접근하기 쉬워질 수 있고, 일부 항영양 구조나 응집체가 완화될 수 있습니다. 그러나 소화율은 원료 분획, 열처리, 섬유·폴리페놀 동반 성분, 단백질-탄수화물 반응에도 영향을 받습니다. 식물성 단백질의 분획과 가공 조건이 소화성에 영향을 준다는 리뷰는 효소 처리만이 아니라 전체 공정 이력이 중요하다고 설명합니다 ^[12].

셋째는 **관능과 표시 적합성**입니다. 효소 가수분해는 풍미 전구체를 만들 수 있지만, 동시에 쓴맛과 떼은맛을 유발할 수 있습니다. 알레르겐성 또는 항원성 지표가 낮아질 가능성이 연구될 수는 있으나, 이것이 곧 특정 최종 식품의 알레르겐 표시 면제나 임상적 저알레르기성을 의미하지는 않습니다. 단백질 가수분해물의 기능성과 활용은 최종 제품 매트릭스에서 검증되어야 하며, 규제적 표현은 해당 시장의 기준을 따라야 합니다 ^[15].

Enzymes.bio 제품으로서의 위치

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 식물성 단백질을 더 작은 펩타이드로 전환해 가공성과 기능성을 조절하는 효소 제품입니다. Enzymes.bio는 제조사나 분석 실험실이 아니라 온라인 공급업체이며, 이 제품은 1kg 단위로 온라인에서 직접 구매할 수 있습니다. CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공되어 내부 품질·안전 문서 관리에 사용할 수 있습니다.

이 제품을 이해할 때 핵심은 “효소 하나로 모든 식물성 단백질 문제를 해결한다”가 아니라 “단백질 구조를 조절하는 공정 보조 도구”라는 점입니다. 대두, 완두, 밀 글루텐, 유채, 곡물 단백질처럼 서로 다른 원료는 단백질 조성, 변성 이력, 동반 성분, 목표 제품이 모두 다르므로 동일한 효소라도 결과가 달라집니다. 문헌은 효소적 식물 단백질 가수분해가 용해성, 기능성, 소화 접근성, 응용 범위를 조정할 수 있는 유효한 기술임을 보여주지만, 최종 제품의 맛, 안정성, 수율, 표시 적합성은 각 제조 환경에서 확인되어야 합니다 [1].

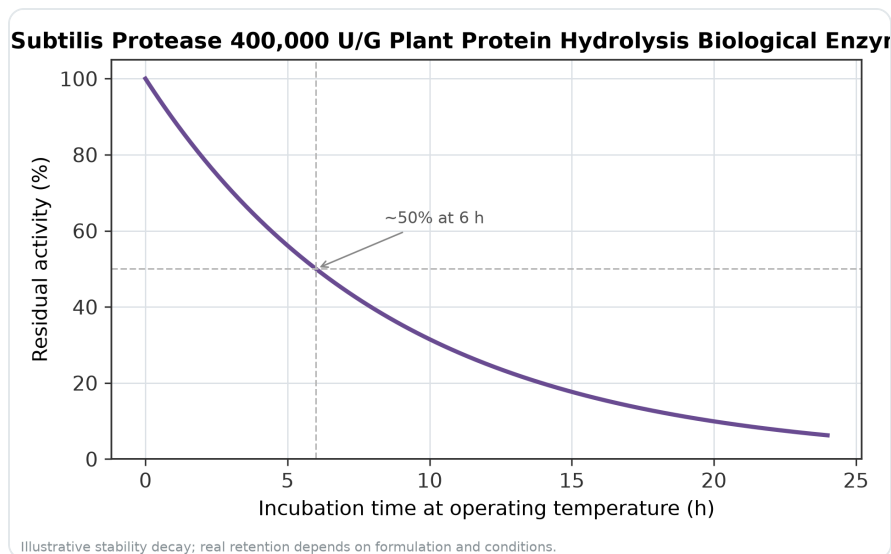


Figure 8. Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme의 예시적 열 안정성 감소 곡선 — 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

결론: 식물성 단백질을 “사용 가능한 펩타이드 기능”으로 전환하는 효소

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 식물성 단백질 가공에서 단백질 사슬을 선택적으로 절단해 펩타이드 분포, 용해성, 분산성, 점도, 유화성, 소화 접근성을 조절하는 데 쓰이는 중성 프로테아제입니다. 중성 부근에서 운전 가능한 특성은 식품·발효·사료·바이오소재 배합에서 강한 pH 변화를 줄이면서 부분 가수분해를 설계할 수 있게 해 줍니다 [4].

가장 중요한 설계 원칙은 과분해가 아니라 목적 적합한 부분 가수분해입니다. 음료와 분말에서는 침전과 입자감을 줄이는 방향, 식물성 육류 대체품에서는 조직 형성을 해치지 않는 범위, 조미·발효 베이스에서는 펩타이드와 질소원 생성을 목표로 조건이 달라져야 합니다. 식물성 단백질 가수분해 연구는 효소 처리가 원료의 기능성을 맞춤화하고 식품 산업 응용을 넓히는 기술임을 뒷받침합니다 [1].

Enzymes.bio에서 공급되는 이 제품은 1kg 단위 온라인 구매 제품으로, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다. 제조사 또는 시험기관의 역할이 아니라 공급 채널로서 제공되는 제품이므로, 최종 적용에서는 원료와 배합, 공정 조건, 제품 품질 목표에 맞춘 내부 검토가 필요합니다 .

Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme 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.

Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 400,000 U/G Plant Protein Hydrolysis Biological Enzyme 구매하기 →

참고문헌

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

1. Gasparre, N., Rosell, C. M., & Boukid, F. (2024). Enzymatic Hydrolysis of Plant Proteins: Tailoring Characteristics, Enhancing Functionality, and Expanding Applications in the Food Industry. *Food and Bioprocess Technology*, 18, 3272 - 3287.
2. Wouters, A., Rombouts, I., Fierens, E., Brijs, K., & Delcour, J. (2016). Relevance of the Functional Properties of Enzymatic Plant Protein Hydrolysates in Food Systems. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15 4, 786-800 .
3. Omoniyi, O. A. O., Moro, D. D., & Afolabi, O. B. (2024). Microbial Proteases: Sources, Significance and Industrial Applications. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*.
4. Wang, H., Li, Y., Sun, Y., & Dong, C. (2025). Classification, expression systems, structure, functions, and applications of proteases. *Life Research*.
5. Karabulut, G., Subası, B. G., Ivanova, P., Goksen, G., Chalova, V., & Çapanoğlu, E. (2025). Towards sustainable and nutritional-based plant protein sources: A review on the role of rapeseed. *Food Research International*, 202, 115553 .
6. Satapathy, A., & Panigrahi, G. K. (2026). Bioprospecting microbial proteases: methods and multisector applications. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 1-17 .

7. Zhang, Y., Ishikawa, M., Koshio, S., Yokoyama, S., Dossou, S., Wang, W., Zhang, X., ... et al. (2021). Optimization of Soybean Meal Fermentation for Aqua-Feed with *Bacillus subtilis* natto Using the Response Surface Methodology. *Fermentation*.
8. Fanghua, W., Liang, L., Yonghua, W., & Bo, Y. (2012). Optimization of Protease Activity from *Bacillus subtilis* GS-1 and Potential Applications in Protein Hydrolysis.
9. Dent, T., & Maleky, F. (2022). Pulse protein processing: The effect of processing choices and enzymatic hydrolysis on ingredient functionality. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63, 9914 - 9925.
10. Du, Q., Li, H., Tu, M., Wu, Z., Zhang, T., Liu, J., Ding, Y., ... et al. (2024). Legume protein fermented by lactic acid bacteria: Specific enzymatic hydrolysis, protein composition, structure, and functional properties. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 238, 113929 .
11. Aguiar, L. L., Cabral, R., Coelho, V. S., Nunes, B., Silva, V. D. M., Oliveira, G. B., Labanca, R., ... et al. (2026). Emerging Techniques for the Extraction and Enzymatic Hydrolysis of Plant Proteins From Waste: An Integrative Review. *Journal of food process engineering*.
12. Rio, A. R. D., Boom, R., & Janssen, A. (2022). Effect of Fractionation and Processing Conditions on the Digestibility of Plant Proteins as Food Ingredients. *Foods*, 11.
13. Fasiku, S., Afolabi, F., & Odeyale, C. I. (2026). Applications of Microbial Proteases: A Review. *Journal multidisciplinary science*.
14. Hu, Y., Ye, A., Cheng, L., Lee, S. J., & Yang, Z. (2025). Recent progress in fabrication, characterization and application of functional protein aggregates derived from plant proteins. *Critical reviews in food science and nutrition*, 65, 8366 - 8405.
15. Shadrack, S. M., Wang, Y., Mi, S., Lu, R., Zhu, Y., Tang, Z., McClements, D., ... et al. (2025). Enhancing bioavailability and functionality of plant peptides and proteins: A review of novel strategies for food and pharmaceutical applications. *Food Chemistry*, 485, 144440 .

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