

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease: 밀가루 반죽 조정과 단백질 가수분해용 중성 프로테아제

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

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 *Bacillus subtilis* 계열 중성 프로테아제로 이해할 수 있는 산업용 효소이며, 핵심 기능은 단백질의 펩타이드 결합을 절단해 밀가루 반죽, 곡물·두류 단백질, 동물성 단백질 원료의 물성과 가공성을 바꾸는 것입니다. 제빵에서는 글루텐 네트워크를 과도하게 강화하기보다 부분적으로 느슨하게 만들어 시트성, 성형성, 신장성을 조정하는 데 활용될 수 있고, 단백질 가공에서는 고분자 단백질을 더 짧은 펩타이드로 전환하는 데 쓰입니다. Enzymes.bio는 제조사나 분석 실험실이 아니라 온라인 공급업체이며, 해당 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 구매되는 형태이고 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

제품을 어떻게 이해해야 하는가: “밀가루용 단백질 절단 효소”에 가까운 제품

이 제품명에는 “Neutral Protease”, “*Bacillus subtilis* Protease”, “Flour-Specific Endonuclease”가 함께 들어가지만, 실제 응용 관점에서 중심이 되는 기능은 **중성 조건에서 단백질을 가수분해하는 프로테아제 작용**입니다. *Bacillus subtilis*는 중성 및 알칼리성 프로테아제 생산과 특성화 연구에서 반복적으로 다뤄진 미생물이며, 관련 연구들은 이 균주군이 세포외 단백질 분해 효소의 산업적 생산원으로 활용될 수 있음을 보여 줍니다 ^[1].

프로테아제는 단백질 사슬 내부의 펩타이드 결합을 끊어 단백질의 평균 분자 크기, 수화 거동, 점탄성, 용해성, 표면활성, 탁도 형성 가능성을 바꿉니다. 밀가루 시스템에서는 이 변화가 글루텐의 탄성·저항성 조절로 나타나고, 단백질 원료 슬러리에서는 점도와 용해성, 펩타이드 조성 변화로 나타나며, 곡물 또는 맥주형 음료에서는 단백질성 현탁 성분의 분산·침전 거동에 영향을 줄 수 있습니다 ^[2].

“Flour-Specific Endonuclease”라는 표현은 제품명 요소로 남겨 두되, 효소학적으로는 조심해서 해석해야 합니다. 일반적으로 엔도뉴클레아제는 DNA 또는 RNA와 같은 핵산 내부 결합을 절단하는 효소를 가리키며, 예컨대 구조 특이적 엔도뉴클레아제 연구는 DNA 교차결합 처리와 같은 핵산 기질 반응을 다룹니다 ^[3]. 따라서 이 제품을 설명할 때는 핵산 분해 기능을 확대해 말하기보다, 제공된 제품 맥락과 관련 연구가 뒷받침하는 **중성 프로테아제 기반 단백질 처리**에 초점을 맞추는 것이 더 정확합니다.

Bacillus subtilis 중성 프로테아제가 중요한 이유

*Bacillus subtilis*는 식품·사료·환경·농업 생명공학 분야에서 효소 생산 능력 때문에 자주 연구되는 균주입니다. 중성 프로테아제는 강산성 또는 강알칼리성 프로테아제와 달리 비교적 완만한 pH 영역에서 단백질을 절단하는 효소로 다뤄지며, 식품 원료의 색·풍미·구조를 과격하게 바꾸지 않으면서 단백질 네트워크를 조정하려는 공정에 적합한 후보가 됩니다 [4].

중성 프로테아제의 산업적 가치는 “단백질을 완전히 분해한다”는 데만 있지 않습니다. 실제 공정에서는 부분 가수분해가 더 중요합니다. 밀가루 반죽에서는 글루텐을 전부 붕괴시키면 반죽이 지지력을 잃지만, 제한적으로 절단하면 반죽 저항이 낮아지고 퍼짐성이 좋아질 수 있습니다. 단백질 가수분해물 제조에서도 지나친 분해는 쓴맛, 과도한 저분자화, 기능성 저하로 이어질 수 있으므로, 목표는 원료 단백질의 구조를 필요한 만큼만 조정하는 것입니다 [5].

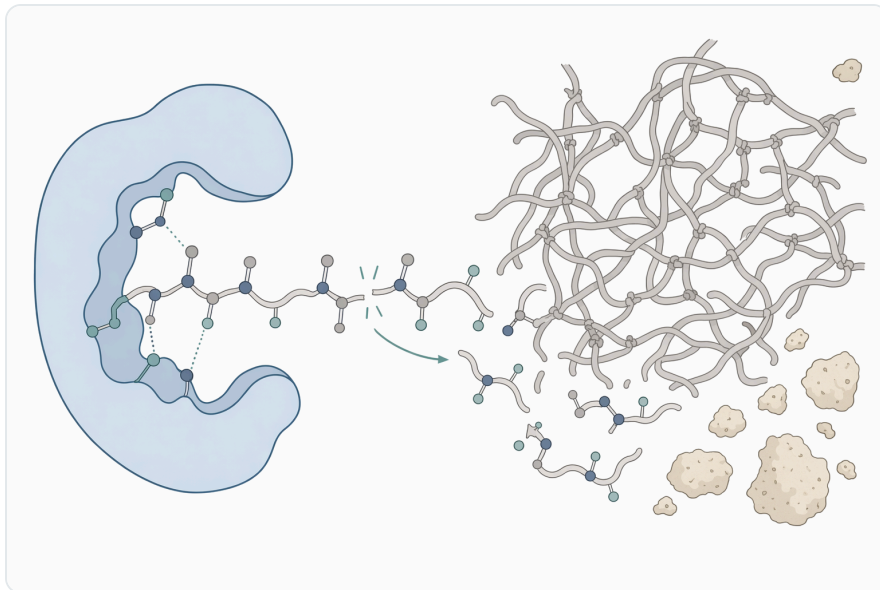


Figure 1. 바실러스 서브틸리스 유래 중성 프로테아제는 글루텐 단백질의 펩타이드 결합을 가수분해하여 반죽의 탄성을 낮추고 취급성을 향상시킵니다.

Bacillus subtilis 중성 프로테아제의 구조 안정성은 오래전부터 연구 대상이었습니다. 중성 프로테아제의 표면 루프를 조절해 열 안정성을 높이려는 연구가 수행된 것은, 이 효소균이 단순한 실험실 효소가 아니라 공정 온도와 시간에 노출되는 산업 촉매로 검토되어 왔다는 점을 보여 줍니다 [6]. 이는 특정 상업 제품의 성능을 직접 보증하는 근거는 아니지만, *Bacillus subtilis* 중성 프로테아제 계열이 공정용 효소로 연구되어 온 배경을 설명합니다.

밀가루 반죽에서의 작동 원리: 글루텐 네트워크를 “끊어 없애는” 것이 아니라 “느슨하게 조정”한다

밀가루 반죽의 기계적 성질은 전분 입자, 글루텐 단백질, 비전분 다당류, 지질, 수분이 함께 만드는 복합 구조에서 나옵니다. 이 가운데 글루텐 단백질은 반죽의 탄성, 신장성, 가스 보유력, 시트 저항성에 큰 영향을 미치며, 전분과 단백질의 상호작용도 최종 밀가루 제품의 구조와 질감에 관여합니다 [7].

중성 프로테아제가 반죽에 작용하면 글리아딘·글루테닌을 포함한 단백질 네트워크의 일부 펩타이드 결합이 절단됩니다. 이 절단은 단백질 사슬 길이와 얽힘 정도를 낮추고, 고분자 글루텐 네트워크의 연속성을 약화시킵니다. 그 결과 반죽은 같은 기계적 변형을 받을 때 더 쉽게 늘어나고, 시팅·롤링·스탬핑 과정에서 되튬이나 수축이 줄어들 가능성이 있습니다 [8].

이러한 효과는 특히 쿠키, 크래커, 비스킷, 피자 베이스, 플랫브레드처럼 “강한 글루텐 발달”이 항상 유리하지 않은 제품에서 의미가 큼니다. 식빵류에서는 글루텐이 발효 가스를 붙잡고 부피를 유지하는 데 필수적이지만, 쿠키·크래커에서는 과도한 탄성이 모양 흐림, 표면 균열, 수축, 단단한 식감을 유발할 수 있습니다. 프로테아제는 이때 산화제나 강한 기계 혼합과 반대 방향으로 작용하여 반죽을 더 연성화하는 조절 도구가 됩니다 [9].



Figure 2. 밀가루 가공에서는 베이킹이나 성형 전에 글루텐 강도를 조절하기 위해 혼합 단계에서 중성 프로테아제를 투입합니다.

다만 “반죽이 부드러워진다”는 말은 단순한 감각 표현이 아닙니다. 단백질 절단이 진행되면 수분 결합 위치가 바뀌고, 단백질-전분-섬유 성분 사이의 물 분배가 달라집니다. 귀리, 보리, 밀 같은 곡물 원료에는 β -글루칸, 식이섬유, 결합성 폴리페놀 등도 존재하며, 이들은 단백질·전분과 함께 반죽의

점도와 수분 이동에 영향을 줄 수 있습니다 [10]. 따라서 동일한 프로테아제라도 밀가루 배합, 전립분 사용 여부, 귀리·보리·퀴노아 같은 복합 곡물 사용 여부에 따라 반응 체감이 달라집니다.

단백질 가수분해에서의 작동 원리: 고분자 단백질을 펩타이드 혼합물로 전환

식물성·동물성 단백질 원료는 그 자체로는 용해성이 낮거나 점도가 높고, 열처리 후 응집이 발생하거나, 풍미가 닫혀 있는 경우가 많습니다. 중성 프로테아제는 단백질 내부 결합을 선택적으로 절단해 고분자 단백질을 중간 길이 펩타이드와 더 작은 펩타이드로 바꾸며, 이 과정에서 원료의 분산성, 용해성, 유화성, 발포성, 반응성, 관능 특성이 달라질 수 있습니다 [2].

탈지 대두분을 여러 프로테아제로 가수분해한 연구에서는 효소 종류에 따라 생성되는 단백질 가수분해물의 기능적 특성이 달라졌습니다. 이는 “프로테아제를 넣으면 단백질이 분해된다”는 수준을 넘어, 어떤 절단 패턴을 만들고 어느 정도까지 가수분해하느냐가 최종 물성에 중요하다는 점을 보여줍니다 [2]. 중성 프로테아제는 이러한 공정에서 강한 산·알칼리 처리보다 완만한 조건에서 단백질 구조를 조정하는 선택지로 검토될 수 있습니다.

대두분뿐 아니라 밀 배아 단백질, 아인콘 전립분 단백질, 곤충분 단백질 같은 다양한 원료에서도 효소 가수분해를 통해 생리활성 펩타이드 또는 기능성 펩타이드 생성이 연구되었습니다. 밀 제분 부산물인 탈지 밀 배아 단백질을 전처리하고 펩타이드를 제조한 연구, 아인콘 전립분 단백질을 여러 프로테아제로 직접 가수분해한 연구는 곡물 기반 단백질 원료가 효소적 펩타이드 생산의 대상이 될 수 있음을 보여 줍니다 [11], [9].

단백질 가수분해물 제조에서 중요한 것은 최종 제품이 “짧은 펩타이드가 많다”는 사실만이 아닙니다. 펩타이드 길이 분포, 소수성 아미노산 노출, 말단 아미노산 조성, 잔존 고분자 단백질 비율은 쓴맛, 용해성, 열 안정성, 침전성, 소스·분말 제품의 분산성에 직접 영향을 줍니다. 곤충 단백질 원료인 *Tenebrio molitor* flour와 단백질 농축물의 가수분해물에서도 항산화·항당뇨·항고혈압 관련 펩타이드 특성이 연구되어, 단백질 기질과 효소 반응 조건이 기능성 펩타이드 프로파일을 좌우함을 보여 줍니다 [12].

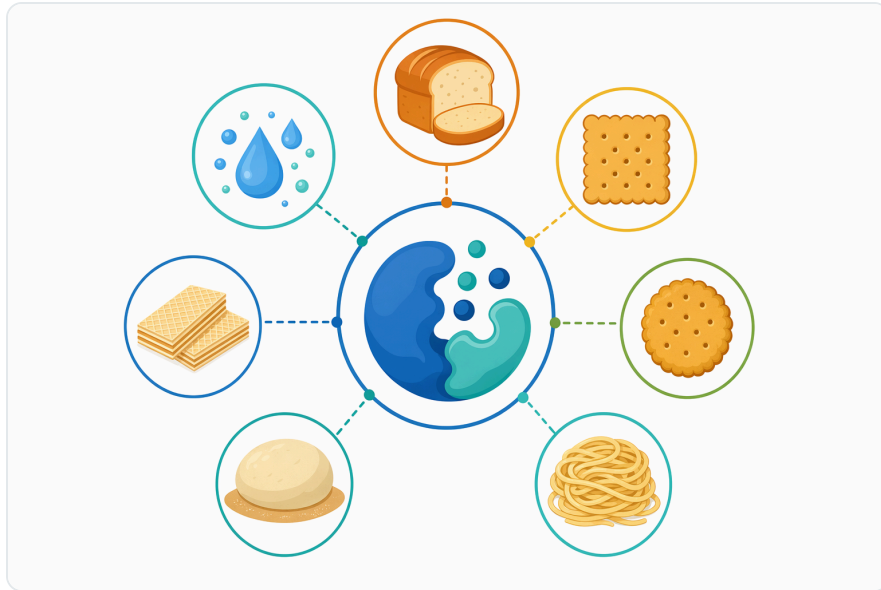


Figure 3. 중성 프로테아제는 제빵 및 곡물 가공에서 반죽의 신장성, 식감, 기계 가공성을 조절하는 데 사용됩니다.

밀가루·곡물 시스템에서 프로테아제와 다른 효소의 차이

밀가루 가공에서는 프로테아제 외에도 아밀레이스, 자일라네이스, 셀룰레이스, β -글루카네이스 등 여러 효소가 쓰일 수 있습니다. 그러나 이들의 표적은 서로 다릅니다. 프로테아제는 단백질 네트워크를 직접 조정하고, 아밀레이스는 전분을 당 또는 덱스트린으로 분해하며, 섬유분해 효소는 아라비노자일란· β -글루칸 같은 비전분 다당류의 점도와 수분 결합을 바꿉니다. 보리분 연구에서 α -아밀레이스가 보리 단백질에 흡착되면 전분 소화에 영향을 줄 수 있다는 결과는, 밀가루·곡물 시스템에서 단백질과 전분 효소 반응이 서로 분리되어 있지 않다는 점을 잘 보여 줍니다 [13].

효소 유형	주된 기질	공정에서 주로 바꾸는 성질	밀가루 제품에서 기대되는 방향	주의할 점
중성 프로테아제	글루텐, 곡물·두류·동물성 단백질	단백질 사슬 길이, 네트워크 강도, 펩타이드 생성	반죽 신장성 증가, 시트성 개선, 단백질 가수분해물 제조	과도하면 반죽 지지력 저하, 끈적임, 쓴맛 가능
α -아밀레이스	전분	당 생성, 점도, 발효성 당 공급	발효 보조, 색·부피·크럼 특성 조정	과도하면 끈적한 크럼, 구조 약화 가능
β -글루카네이스·섬유분해 효소	β -글루칸, 식이 섬유성 다당류	점도, 수분 결합, 여과성	귀리·보리 등 고섬유 곡물 배합에서 점도 조정	식감과 수분 유지에 예상 밖 영향 가능
복합 효소 시스템	단백질·전분·섬유 복합체	다성분 네트워크 전체	단일 효소보다 넓은 물성 조정	원인-결과 해석이 어려워질 수 있음

이 표에서 보듯, Neutral Protease Bacillus subtilis Protease의 위치는 전분을 당화하는 효소가 아니라 **단백질 구조를 조정하는 효소**입니다. 따라서 쿠키 반죽의 수축, 크래커 시트의 저항, 단백질 슬러리의 용해성, 곡물 단백질 가수분해와 같은 문제에는 직접적으로 연결되지만, 전분 노화 억제나 당화만을 목표로 하는 공정에는 아밀레이스류와 역할이 다릅니다 [7].

쿠키·크래커·비스킷: 강한 반죽을 낮추는 데 적합한 응용

쿠키와 크래커 공정에서 반죽이 지나치게 탄력적이면 성형 후 수축이 발생하고, 스탬핑된 무늬가 흐려지거나, 제품 모서리가 불균일해질 수 있습니다. 이 현상은 단순히 믹싱이 부족해서가 아니라, 단백질 네트워크가 수분과 기계적 에너지에 의해 과도하게 연결되었을 때 나타나는 점탄성 문제입니다. 프로테아제는 이 네트워크를 부분적으로 절단해 반죽이 장비 흐름에 더 잘 따라가도록 만들 수 있습니다 [8].

특히 크래커류에서는 얇게 펴는 과정에서 반죽의 되튐 저항이 중요합니다. 글루텐 사슬이 길고 네트워크가 강하면 롤링 후 원래 형태로 돌아가려는 힘이 커지고, 균일한 두께를 유지하기 어렵습니다. 중성 프로테아제가 단백질 사슬 일부를 절단하면 동일한 수분 조건에서도 변형 저항이 낮아질 수 있으며, 이는 시트 두께 균일성, 절단 안정성, 굽기 후 모양 재현성에 영향을 줄 수 있습니다 [9].

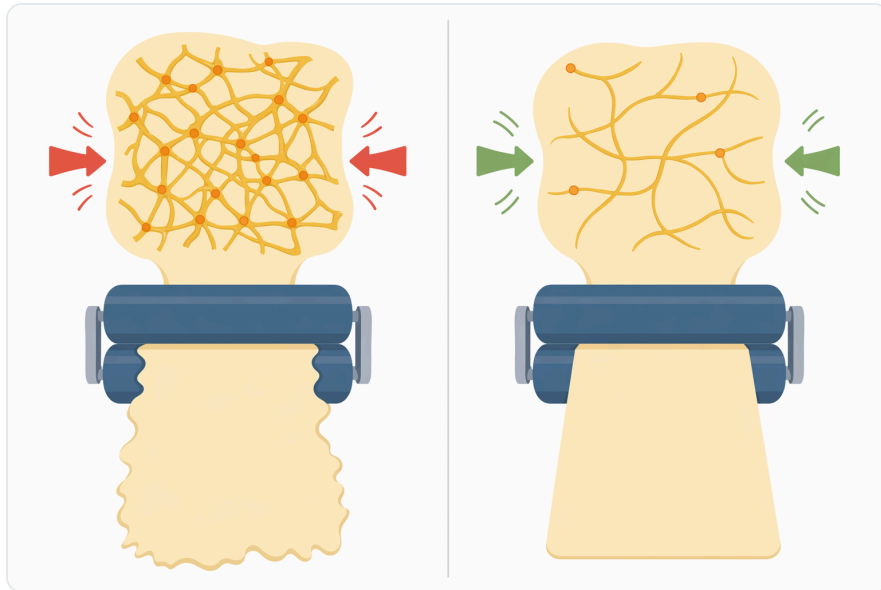


Figure 4. 기계적 또는 화학적 반죽 연화 방식과 비교할 때, 프로테아제 처리는 온화한 가공 조건에서 글루텐을 표적으로서 이완시킬 수 있습니다.

하지만 쿠키·크래커에서 프로테아제 효과는 항상 긍정적으로만 나타나지 않습니다. 당, 지방, 유화제, 전립분, 코코아, 견과류 분말처럼 단백질·수분 상호작용을 바꾸는 원료가 많을수록 효소 반응의 체감이 달라집니다. 지방 함량이 높은 반죽에서는 글루텐 형성 자체가 제한되므로 프로테아제의 추

가 효과가 작을 수 있고, 수분이 높은 반죽에서는 효소 확산과 기질 접촉이 더 쉬워져 반응이 크게 나타날 수 있습니다. 이처럼 반죽의 물성은 단백질만이 아니라 전분·지방·식이섬유·폴리페놀의 복합 상호작용으로 결정됩니다 [14].

빵·피자·플랫브레드: 신장성은 얻되 지지력 손실은 피해야 한다

빵류에서는 프로테아제가 더 신중하게 다루어져야 합니다. 발효 빵은 글루텐 네트워크가 이산화탄소를 포집하고 오븐 스프링을 지지해야 하므로, 단백질 절단이 지나치면 반죽이 퍼지고 부피가 낮아질 수 있습니다. 반대로 너무 강한 밀가루를 쓰거나 피자·플랫브레드처럼 펼침성이 중요한 제품에서는 제한적 프로테아제 처리가 반죽 확장성과 작업성을 개선할 수 있습니다 [8].

피자 베이스나 플랫브레드에서는 성형 중 찢어짐과 되튐이 동시에 문제됩니다. 글루텐이 너무 약하면 찢어지고, 너무 강하면 퍼지지 않습니다. 중성 프로테아제는 이 균형에서 “강도를 낮추는 방향”으로 작용하므로, 고단백 밀가루, 짧은 휴지 시간, 빠른 성형 라인에서 의미가 있을 수 있습니다. 다만 실제 효과는 밀 단백질 품질, 산화·환원 환경, 소금 농도, 반죽 온도, 수분 흡수율에 따라 달라집니다 [7].

밀가루 품질 개선이나 빵 품질 연구에서는 효소 활성, 단백질 용해성, 단백질 조성 변화가 제빵 품질과 연결되어 평가됩니다. 밀의 침지와 발아 과정에서 효소 활동이 단백질의 용해성·조성·생리활성 및 제빵 품질과 관련된다는 연구는, 밀 단백질의 효소적 변화가 단순한 화학 변화가 아니라 실제 반죽 성능과 연결될 수 있음을 보여 줍니다 [8].

대두분·두류분·식물성 단백질: 용해성, 점도, 펩타이드 기능 조정

식물성 단백질 가공에서 대두분, 완두, 잠두, 병아리콩, 밀 배아, 곡물 부산물은 모두 단백질 가수분해의 대상이 될 수 있습니다. 대두분의 경우 단백질과 탄수화물이 복합 매트릭스를 이루고 있어, 단백질 농축이나 기능성 개선을 위해 여러 효소 조합이 검토됩니다. 대두분 탄수화물의 효소적 가수분해를 통해 단백질 강화 방향을 모델링한 연구는, 식물성 원료 가공에서 단백질만이 아니라 탄수화물 분획도 함께 고려해야 함을 보여 줍니다 [15].

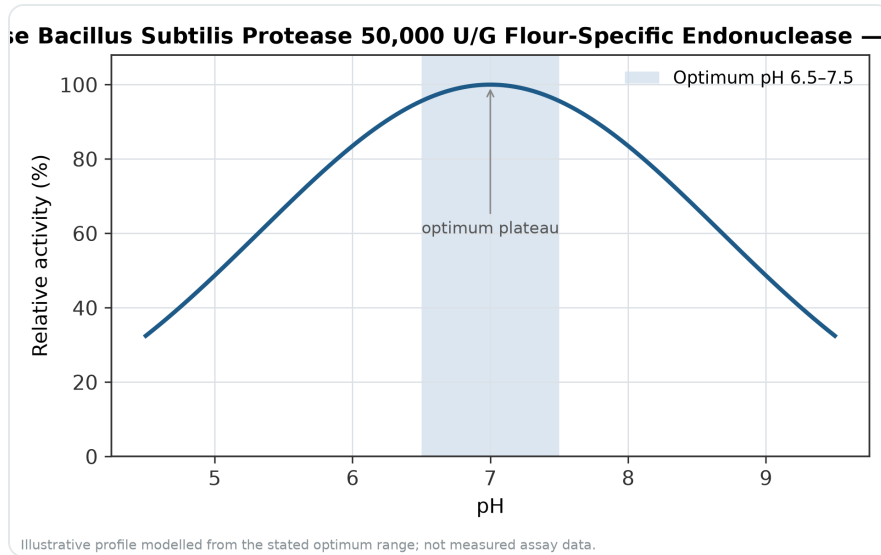


Figure 5. pH에 따른 바실러스 서브틸리스 유래 중성 프로테아제 50,000 U/g 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 상대 활성으로, pH 6.5-7.5에서 최적 활성 구간을 보입니다.

탈지 대두분을 프로테아제로 처리하면 고분자 저장 단백질이 펩타이드로 전환되고, 이로 인해 용해성·유화성·수분 결합성이 바뀔 수 있습니다. 연구에서는 서로 다른 프로테아제가 대두 단백질 가수분해물의 기능적 특성에 서로 다른 영향을 주었으며, 이는 효소 선택과 반응 정도가 최종 제품 특성에 직접 연결된다는 점을 시사합니다 [2].

잠두분처럼 항영양 인자와 단백질 소화율이 함께 중요한 원료에서는 효소 침투와 수화 과정이 결과에 영향을 줍니다. 효소 함침과 침지 조건이 잠두분의 항영양 인자와 단백질 소화율에 영향을 주었다는 연구는, 단백질 가수분해가 단순히 "효소를 첨가하는 단계"가 아니라 원료 조직 내부로 효소와 물이 어떻게 들어가느냐에 좌우된다는 점을 보여 줍니다 [16].

동물성 단백질·부산물 원료: 점도와 분해 정도의 균형

어류 부산물, 육류 부산물, 젤라틴성 원료, 곤충 단백질 등은 단백질 함량이 높지만 원료 냄새, 점도, 침전, 열 응집, 미생물 관리 같은 공정 부담이 큼니다. 프로테아제는 이러한 원료를 더 작은 펩타이드 혼합물로 전환해 펄핑성, 여과성, 혼합성, 건조 전 분산성을 개선하는 데 활용될 수 있습니다. 적색 틸라피아 내장 단백질의 효소 가수분해 동역학 연구는 기질 농도와 효소 농도가 단백질 분해 속도와 진행 양상을 좌우한다는 점을 모델링 관점에서 보여 줍니다 [5].

동물성 단백질에서는 과도한 가수분해가 쓴맛과 냄새 노출을 증가시킬 수 있습니다. 단백질 내부에 묻혀 있던 소수성 아미노산 잔기가 짧은 펩타이드 표면에 드러나면 관능 품질이 나빠질 수 있기 때문입니다. 따라서 중성 프로테아제의 장점은 강한 화학 분해처럼 무차별적으로 구조를 깨뜨리는 것이 아니라, 상대적으로 완만한 조건에서 목표 기능에 맞는 부분 가수분해를 설계할 수 있다는 데 있습니다 [12].

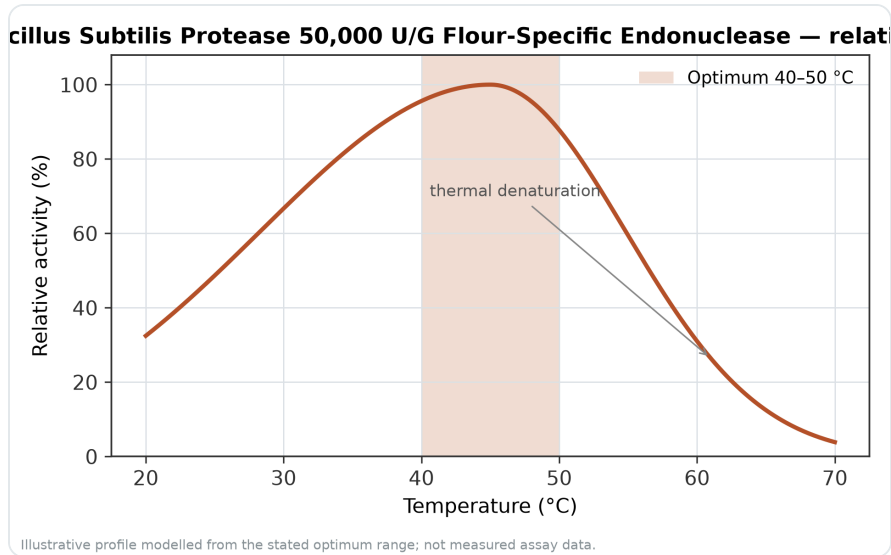


Figure 6. 온도에 따른 바실러스 서브틸리스 유래 중성 프로테아제 50,000 U/g 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 상대 활성으로, 40–50 °C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

맥주·곡물 음료·탁도 관리: 단백질성 현탁 성분을 낮추는 방향의 응용

맥주와 곡물 음료의 탁도는 단백질, 폴리페놀, β-글루칸, 전분 잔류물, 미세 입자, 효모 잔류물 등 여러 요인이 겹쳐 만들어집니다. 프로테아제는 이 가운데 단백질성 성분을 더 작은 펩타이드로 전환함으로써 혼탁 형성 경향을 낮추는 방향으로 작용할 수 있습니다. 다만 탁도는 단백질만으로 결정되지 않으므로, 프로테아제 하나로 모든 안정성 문제를 해결한다고 보는 것은 부정확합니다 [14].

곡물 음료에서는 β-글루칸과 비전분 다당류도 점도와 여과성에 영향을 줍니다. 보리·귀리 기반 원료에서 β-글루칸은 식품 가공과 영양 특성 모두에 중요한 성분이며, 고분자 다당류가 음료의 흐름성, 입안 감촉, 여과 부담에 관여할 수 있습니다 [10]. 따라서 맥주 또는 곡물 음료에서 중성 프로테아제를 사용할 때의 핵심은 “단백질성 탁도 요인을 낮추는 효소”로 위치를 분명히 하고, 전분·섬유·폴리페놀 문제와 구분해 해석하는 것입니다.

공정 조건을 해석하는 방식: pH, 온도, 시간, 수분은 ‘반응 속도’가 아니라 ‘결과 물성’을 바꾼다

중성 프로테아제는 이름 그대로 중성 부근 조건에서 단백질 가수분해를 기대하는 효소군입니다. 그러나 실제 식품 공정에서 pH와 온도는 단지 효소 반응 속도만 바꾸지 않습니다. 단백질의 접힘 상태, 전분의 팽윤, 섬유의 수화, 폴리페놀 결합, 염에 의한 단백질 용해성, 지방의 분산 상태가 함께 변하기 때문에 최종 물성은 복합적으로 달라집니다 [7].

반죽처럼 수분이 제한된 시스템에서는 효소가 자유롭게 확산하지 못합니다. 효소는 수분이 있는 미세 영역에서 먼저 작용하고, 혼합이 진행되면서 단백질 기질과 접촉합니다. 같은 효소라도 액상 단백질 슬러리에서는 반응이 더 균일하게 진행될 수 있지만, 쿠키 반죽에서는 지방과 당이 수분을 묶고 있어 효소 접근성이 제한될 수 있습니다. 따라서 밀가루 반죽에서의 프로테아제 효과는 액상 단백질 가수분해와 같은 방식으로 예측하기 어렵습니다 [9].

열처리는 또 다른 경계 조건입니다. 단백질은 가열되면서 변성·응집될 수 있고, 효소는 일정 범위를 넘으면 활성을 잃습니다. *Bacillus subtilis* 중성 프로테아제의 열 안정성을 높이려는 구조공학 연구가 수행된 이유도, 실제 공정에서 효소가 온도 스트레스를 받기 때문입니다 [6]. 하지만 상업 제품별 열 안정성은 제형과 원료에 따라 다를 수 있으므로, 특정 온도에서의 효과를 일반화해서 말하는 것은 적절하지 않습니다.

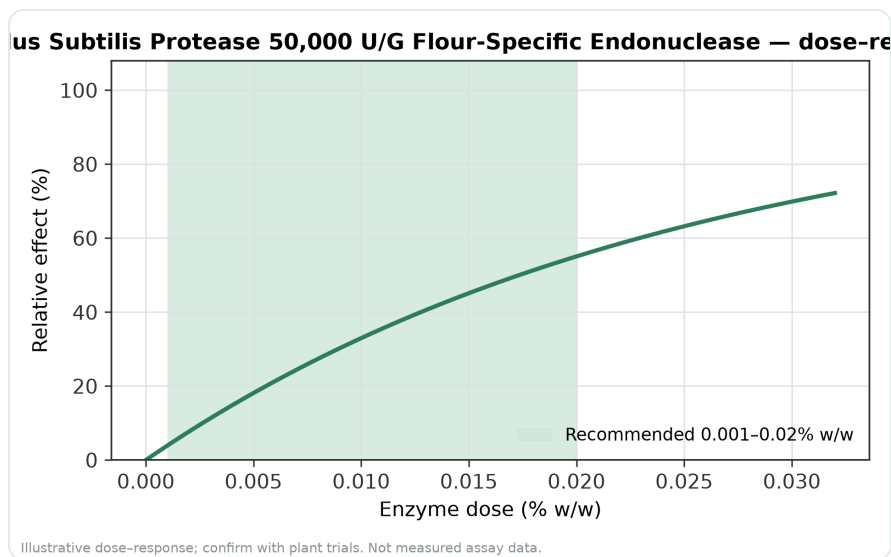


Figure 7. 권장 사용 범위(0.001–0.02% w/w)에서 바실러스 서브틸리스 유래 중성 프로테아제 50,000 U/g 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 예시적 용량-반응 관계입니다.

기대 효과와 한계를 구분해야 하는 이유

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease가 제공할 수 있는 가장 직접적인 효과는 단백질 절단입니다. 이로부터 반죽의 신장성 증가, 성형성 개선, 단백질 가수분해물 생성, 단백질성 탁도 감소 가능성 같은 2차 효과가 나옵니다. 그러나 이 2차 효과는 원료 조성, 수분, 시간, 열처리, 혼합 강도, 다른 효소와의 병용 여부에 따라 달라집니다 [5].

예를 들어 반죽 강도가 높은 밀가루에서는 제한적 단백질 절단이 유리할 수 있지만, 이미 약한 밀가루나 저단백 배합에서는 같은 방향의 절단이 반죽 붕괴로 이어질 수 있습니다. 대부분 가수분해에서는 용해성 개선이 목표일 수 있지만, 특정 펩타이드가 쓴맛을 내면 관능 품질이 떨어질 수 있습니다.

곡물 음료에서는 단백질성 탁도는 줄어도 β -글루칸이나 폴리페놀 결합 문제가 남을 수 있습니다 [14], [10].

따라서 이 제품은 "품질을 자동으로 개선하는 첨가제"라기보다, 단백질 구조를 조정하는 공정 도구로 이해하는 것이 맞습니다. 원하는 결과가 반죽 이완인지, 펩타이드 생성인지, 단백질성 현탁 저감인지에 따라 성공 기준이 달라지며, 같은 단백질 가수분해라도 최종 제품의 좋은 방향과 나쁜 방향이 함께 존재합니다 [2].

Enzymes.bio 공급 형태와 문서 위치

Enzymes.bio에서 제공되는 Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease 제품은 제조사 실험실에서 직접 맞춤 분석을 수행하는 서비스가 아니라, 온라인으로 구매 가능한 효소 원료 공급 품목으로 이해해야 합니다. 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 판매되며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

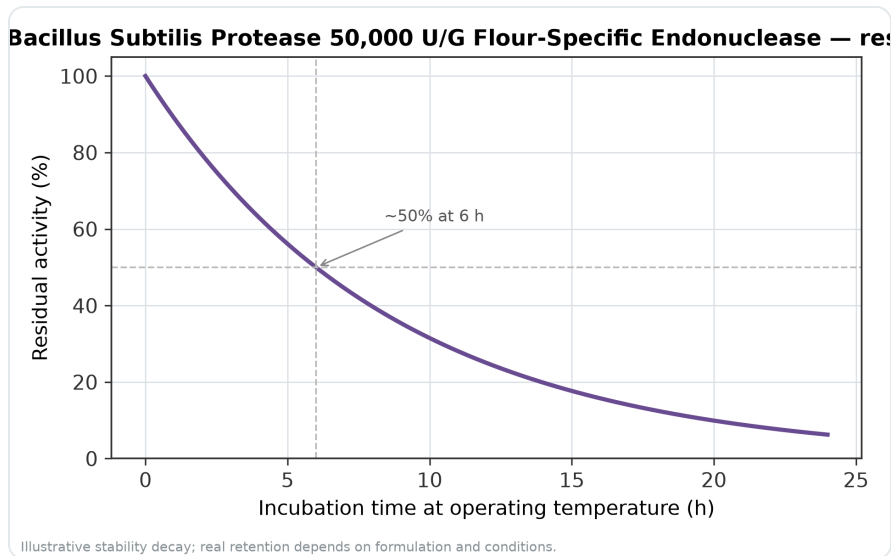


Figure 8. 바실러스 서브틸리스 유래 중성 프로테아제 50,000 U/g 밀가루 전용 엔도뉴클레아제의 예시적 열 안정성 감소로, 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 낮아지는 양상을 보여줍니다.

이 문서는 특정 제조 공정의 보증서가 아니라, 제품 페이지와 함께 읽을 수 있는 기술 해설 자료입니다. 따라서 효소 활성 단위의 정의, 분석법, 등급 비교, 맞춤 실험법을 제시하기보다, 문헌상 확인되는 *Bacillus subtilis* 프로테아제의 효소학적 배경과 밀가루·단백질 가공에서 기대할 수 있는 작동 원리를 설명하는 데 목적이 있습니다 [1].

적용 분야별 요약

적용 분야	주된 원료 문제	중성 프로테아제의 기전	기대 가능한 공정 변화	근거 수준
쿠키·크래커·비스킷	반죽 수축, 높은 시트 저항, 성형 불균일	글루텐 단백질의 부분 절단	신장성 증가, 변형 저항 감소, 시트·스탬핑 안정화 가능	밀가루 단백질·효소 변화와 제빵 품질 연구로 뒷받침 [8]
피자·플랫브레드	반죽 되튐, 펼침성 부족	고분자 글루텐 네트워크 완화	성형성 개선 가능, 단과처리 시 지지력 저하	단백질-전분 상호작용과 반죽 구조 연구와 연결 [7]
대두분·두류 단백질	낮은 용해성, 높은 점도, 기능성 제한	저장 단백질을 펩타이드로 전환	용해성·유화성·분산성 변화 가능	대두분 프로테아제 가수분해 연구 [2]
밀 배아·전립 곡물 단백질	부산물 활용, 펩타이드 생성 필요	곡물 단백질 직접 가수분해	생리활성 펩타이드 생성 가능성	밀 배아·아인콘 단백질 가수분해 연구 [11], [9]
곡물 음료·맥주형 공정	단백질성 혼탁, 안정성 저하	탁도 관련 단백질 저분자화	청징 보조 가능, 비단백요인은 별도 관리 필요	단백질·폴리페놀·섬유 상호작용 연구와 제품 적용 맥락 [14]
동물성·곤충 단백질	점도, 냄새, 기능성 펩타이드 설계	고분자 단백질을 펩타이드 혼합물로 전환	분산성·관능·기능성 변화 가능	어류 부산물 동역학 및 곤충 단백질 펩타이드 연구 [5], [12]

결론: 이 제품의 핵심 가치는 단백질 네트워크 조정이다

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease는 밀가루 제품과 단백질 가공에서 “단백질을 필요한 만큼 절단해 물성을 바꾸는” 중성 프로테아제로 이해하는 것이 가장 정확합니다. 쿠키·크래커·비스킷에서는 글루텐 네트워크를 완만하게 약화시켜 시트성, 성형성, 신장성을 조정하는 데 활용될 수 있고, 대두분·곡물 단백질·동물성 단백질 원료에서는 고분자 단백질을 펩타이드 혼합물로 전환해 용해성, 점도, 분산성, 관능 특성을 바꾸는 데 쓰일 수 있습니다 [2].

다만 제품명에 포함된 “Endonuclease” 표현을 핵산 분해 기능으로 확대 해석하는 것은 신중해야 합니다. 엔도뉴클레아제는 본래 핵산 절단 효소를 뜻하는 경우가 많고, 이 제품의 실무적·문헌적 설명에서 일관되게 연결되는 기능은 단백질 가수분해입니다 [3]. 따라서 이 효소의 기술적 포지션은 “밀가루 및 단백질 원료용 중성 프로테아제”로 두는 것이 타당합니다.

Enzymes.bio는 이 제품을 1kg 단위 온라인 공급 품목으로 제공하며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다. 실제 공정에서의 성능은 원료 단백질 조성, 수분, pH, 온도, 혼합, 반응 시간, 열처리, 다른 효소와의 조합에 따라 달라질 수 있으므로, 이 제품은 완제품 품질을 일률적으로 보장하는 첨가제가 아니라 단백질 구조를 조절하는 공정용 효소로 해석하는 것이 가장 실용적입니다.

Neutral Protease Bacillus Subtilis Protease 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease 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 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Devanadera, M. K., Haw, S., Arzaga, M. J. J., Buenaflor, L., Gagarin, T. J. E., Vargas, A. G., Mercado, S. M., ... et al. (2016). OPTIMIZATION, PRODUCTION, PARTIAL PURIFICATION AND CHARACTERIZATION OF NEUTRAL AND ALKALINE PROTEASES PRODUCED BY BACILLUS SUBTILIS. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 6, 832-838.
2. Hrková, M., Rusnáková, M., & Zemanovič, J. (2018). Enzymatic hydrolysis of defatted soy flour by three different proteases and their effect on the functional properties of resulting protein hydrolysates. *Czech Journal of Food Sciences*, 20, 7-14.
3. Buzon, B., Grainger, R., Huang, S., Rzađki, C., & Junop, M. (2018). Structure-specific endonuclease activity of SNM1A enables processing of a DNA interstrand crosslink. *Nucleic Acids Research*, 46, 9057 - 9066.
4. Nour, S. (2024). OVERPRODUCTION OF NEUTRAL PROTEASE IN BACILLUS SUBTILIS 168 THROUGH SITE-DIRECTED MUTATION FOR BIOCONTROL OF MELOIDOGYNE INCO. *SABRAO journal of breeding and genetics*.
5. Zapata-Montoya, J. E., Giraldo-Rios, D. E., & Baéz-Suarez, A. J. (2018). Kinetic modeling of the enzymatic hydrolysis of proteins of viscera from red tilapia (Oreochromis sp.): effect of substrate and enzyme concentration. *Vitae-revista De La Facultad De Quimica Farmaceutica*, 25, 17-25.
6. Hardy, F., Vriend, G., Vinne, B., Frigerio, F., Grandi, G., Venema, G., & Eijsink, V. (1994). The effect of engineering surface loops on the thermal stability of Bacillus subtilis neutral protease. *Protein Engineering*, 7 3, 425-30 .

7. Zhang, J., Liu, Y., Wang, P., Zhao, Y., Zhu, Y., & Xiao, X. (2025). The Effect of Protein–Starch Interaction on the Structure and Properties of Starch, and Its Application in Flour Products. *Foods*, 14.
8. Žilić, S., Janković, M., Barać, M., Pešić, M., Konić-Ristić, A., & Šukalović, V. H. (2016). Effects of enzyme activities during steeping and sprouting on the solubility and composition of proteins, their bioactivity and relationship with the bread making quality of wheat flour. *Food & Function*, 7 10, 4323-4331 .
9. Akçay, F. A., & Avci, A. (2024). Direct hydrolysis of einkorn whole grain flour proteins for the generation of bioactive peptides using various proteases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133565 .
10. Jurkaninová, L., Dvořáček, V., Gregusová, V., & Havrlentová, M. (2024). Cereal β -d-Glucans in Food Processing Applications and Nanotechnology Research. *Foods*, 13.
11. Zhou, C., Ma, H., Yu, X., Liu, B., Yagoub, A. E., & Pan, Z. (2013). Pretreatment of defatted wheat germ proteins (by-products of flour mill industry) using ultrasonic horn and bath reactors: effect on structure and preparation of ACE-inhibitory peptides. *Ultrasonics sonochemistry*, 20 6, 1390-400 .
12. Matos, F. M., & Castro, R. J. S. (2025). Characterization and Identification of Potential Antioxidant, Antidiabetic, and Antihypertensive Peptides From Hydrolysates of Tenebrio molitor Flour and Its Protein Concentrate. *Journal of Food Science*, 90.
13. Yu, W., Zou, W., Dhital, S., Wu, P., Gidley, M., Fox, G., & Gilbert, R. (2018). The adsorption of α -amylase on barley proteins affects the in vitro digestion of starch in barley flour. *Food Chemistry*, 241, 493-501 .
14. Hou, C., Chen, Y., Zhang, W., Yu, J., Ji, M., Cai, S., Guo, W., ... et al. (2025). An insight into the full aspects of bound polyphenols in dietary fiber: Interaction, composition, function and foundation as well as alteration in food processing. *Food Chemistry*, 485, 144553 .
15. Loman, A., & Ju, L. (2016). Towards complete hydrolysis of soy flour carbohydrates by enzyme mixtures for protein enrichment: A modeling approach. *Enzyme and Microbial Technology*, 86, 25-33 .
16. Arnal, M., Gallego, M., Mora, L., & Talens, P. (2025). Antinutritional factors and protein digestibility of broad bean flours hydrolysed during soaking using vacuum enzyme impregnation. *Food Research International*, 199, 115353 .


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