

산성 프로테아제: 간장·식초 발효에서 단백질 가수분해와 풍미 전구체 형성을 돕는 효소

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

산성 프로테아제는 간장, 식초, 대두·곡물 기반 발효 조미료에서 원료 단백질을 더 작은 펩타이드와 아미노산으로 분해하도록 돕는 식품가공용 효소입니다. 이 작용은 감칠맛 성분을 “직접 첨가”하는 것이 아니라, 발효 미생물이 활용할 수 있는 질소원과 풍미 전구체의 풀을 넓히는 방식으로 공정에 기여합니다. Enzymes.bio는 제조사나 시험기관이 아니라 효소 공급업체이며, 해당 제품은 온라인에서 1kg 단위로 주문할 수 있고 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

산성 프로테아제가 간장·식초 발효에서 하는 일

산성 프로테아제의 핵심 기능은 단백질의 펩타이드 결합을 절단하는 것입니다. 대두, 밀, 곡물, 견과류, 어류 부산물 같은 단백질성 원료는 발효 조미료에서 맛과 향의 중요한 출발점이지만, 큰 단백질 구조 그대로는 미생물 대사에 바로 이용되기 어렵습니다. 산성 프로테아제는 발효 매트릭스가 산성 쪽으로 이동하거나 산성 조건이 요구되는 구간에서 단백질을 펩타이드, 저분자 질소 성분, 유리 아미노산으로 전환하는 데 도움을 줍니다. 대두박 품질 개선 연구에서도 혼합 배양 발효와 프로테아제 활성을 연결해 원료 단백질의 분해와 품질 개선 가능성을 다루고 있습니다^[1].

간장과 식초의 품질은 단일 성분으로 결정되지 않습니다. 간장의 경우 대두 단백질과 밀 성분이 효소적으로 분해되고, 이후 미생물이 아미노산, 유기산, 알코올, 에스터, 알데하이드, 펩타이드성 물질을 생성하면서 복합적인 맛과 향이 형성됩니다. 식초는 초산 생성이 중심이지만, 곡물식초나 대두식초처럼 단백질성 원료가 포함된 제품에서는 아미노산과 펩타이드가 산미의 날카로움을 완화하거나 발효 향의 기반이 되는 보조 성분으로 작용할 수 있습니다. Enzymes.bio의 산성 프로테아제 제품군도 간장, 식초, 주류 발효에서 단백질 가수분해와 발효 풍미 형성 보조 용도로 소개됩니다.

이 효소를 “맛을 내는 첨가물”로 이해하면 공정 판단이 흐려집니다. 산성 프로테아제는 글루탐산, 알라닌, 펩타이드, 향기 성분을 직접 넣는 재료가 아니라, 원료 안에 이미 존재하는 단백질을 잘라 발효가 사용할 수 있는 전구체를 늘리는 공정 보조 효소입니다. 따라서 결과는 원료 조성, 스타터 미생물, 염도, 수분, 산도, 온도, 발효 기간, 후속 열처리와 함께 결정됩니다. 식품 매트릭스에서 단백질 분해효소가 품질 특성에 영향을 준다는 점은 건조 소시지에 *Staphylococcus xylosum* 유래 프로테아제를 적용해 단백질 분해와 품질 특성을 평가한 연구에서도 확인되는 큰 흐름입니다^[2].

“산성” 프로테아제가 필요한 이유

발효 조미료 공정은 시간에 따라 pH, 염도, 수분활성, 산소 노출, 미생물 군집이 달라집니다. 중성에 가까운 초기 원료 혼합 단계와 산성으로 진행된 후반부는 효소가 받는 환경 스트레스가 다릅니다. 산성 프로테아제는 산성 환경에서 단백질 분해 기능을 기대하도록 선택되는 효소군이므로, 산이 생성되거나 산성 조건을 유지하는 공정에서 단백질 가수분해 촉을 보완하는 데 적합합니다. 반대로 알칼리성 프로테아제나 중성 프로테아제는 작동 환경이 달라 같은 발효 단계에서 동일한 효과를 기대하기 어렵습니다.

단백질 분해는 너무 적어도 문제이고, 지나쳐도 문제가 될 수 있습니다. 분해가 부족하면 아미노산 성 질소, 유리 아미노산, 저분자 펩타이드 생성이 제한되어 발효가 둔하고 밋밋한 방향으로 갈 수 있습니다. 반대로 과도한 단백질 분해는 쓴맛 펩타이드, 질소 지표의 불균형, 열처리 중 갈변 반응 증가, 원료 특유의 거친 후미를 유발할 수 있습니다. 우유와 유제품 분야에서도 프로테아제와 리파아제는 저장 품질과 밀접하게 연결되는 효소군으로 다뤄지며, 단백질 분해가 품질에 긍정적 또는 부정적으로 모두 작용할 수 있음을 보여줍니다^[3].

다음 표는 간장·식초 발효 관점에서 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제를 구분해 이해하기 위한 비교입니다. 특정 제품의 성능값이나 분석 조건이 아니라, 공정 설계에서 어떤 효소군을 어떤 환경에 맞춰 생각해야 하는지를 정리한 것입니다.

구분	주로 기대하는 환경	발효 조미료에서의 해석	기대 효과	주의할 점
산성 프로테아제	산성 쪽으로 진행되거나 산성 조건이 유지되는 원료 매트릭스	간장, 식초, 산성 소스, 곡물·대두 발효액에서 단백질 가수분해 보조	펩타이드, 유리 아미노산, 질소원 전구체 형성	과분해 시 쓴맛 또는 후속 갈변 반응과 연결될 수 있음
중성 프로테아제	비교적 완만한 pH의 원료 처리 또는 초기 분해 단계	대두·곡물 원료의 전처리, 일부 발효 초기 단계에서 검토	원료 단백질의 초기 절단, 가용화 보조	산성화가 진행되면 기여도가 달라질 수 있음
알칼리성 프로테아제	알칼리성 또는 높은 pH 쪽 공정	세정, 단백질 제거, 일부 특수 원료 처리에 더 자주 연결	강한 단백질 분해, 원료 조직 변화	간장·식초의 산성 발효 단계와는 적합성이 다를 수 있음

알칼리성 프로테아제는 별도 산업 분야에서 널리 연구됩니다. 예를 들어 *Bacillus licheniformis* 유래 알칼리성 프로테아제가 육계 성장, 도체 특성, 육질, 항산화 능력, 장 형태에 미치는 영향을 살펴본 연구나, *Bacillus* 및 *Aspergillus* 계열의 알칼리성 프로테아제 생산 연구들이 있습니다^[4]. 그러나 이러한 연구는 산성 발효 조미료에 동일하게 적용된다는 의미가 아니라, 프로테아제가 작동 pH와 공정 환경에 따라 용도가 달라지는 효소군임을 보여주는 참고점으로 보는 것이 적절합니다.

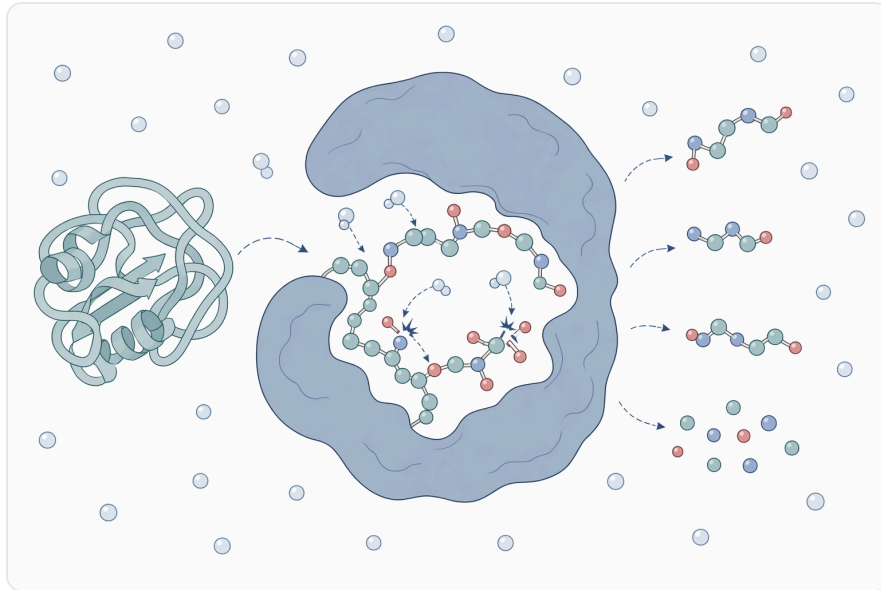


Figure 1. 산성 프로테아제는 산성이거나 발효 중 산성이 형성되는 기질에서 식품 단백질을 분해해 수용성 펩타이드, 아미노산, 아미노태질소를 증가시킨다.

간장에서의 작동 논리: 대두 단백질을 맛 전구체로 전환

간장의 핵심 원료인 대두와 밀은 단백질과 탄수화물의 복합 매트릭스입니다. 대두 단백질은 감칠맛과 질소 지표의 주요 출발점이고, 밀 성분은 당화와 향기 형성에 기여합니다. 발효가 진행되려면 단백질은 펩타이드와 아미노산으로, 전분성 물질은 당으로 분해되어야 하며, 이후 미생물 대사가 산, 알코올, 에스터, 알데하이드, 고분자 갈변 성분을 만들어 냅니다. 산성 프로테아제는 이 중 단백질 가수분해 흐름을 보강하는 효소입니다.

대두박 발효 연구는 프로테아제 활성을 기반으로 혼합 배양을 설계해 원료 품질 개선을 다룹니다. 이 맥락은 간장 공정과 완전히 동일하지는 않지만, 대두 단백질이 발효와 효소 작용을 통해 더 이용 가능한 형태로 바뀔 수 있다는 점에서 간장류 원료 해석과 연결됩니다^[1]. 간장에서는 단백질 분해가 충분히 일어나야 아미노산성 질소와 유리 아미노산 풀이 형성되고, 이 성분들이 감칠맛, 단맛, 구수한 향, 후숙감에 관여합니다.

단백질 가수분해는 스타터 미생물의 작용과도 분리할 수 없습니다. 곰팡이, 효모, 젖산균, 내염성 세균은 각각 다른 효소와 대사 경로를 제공하며, 단백질분해효소만으로 완성된 맛을 만들지는 않습니다. 효소가 단백질을 절단해 기질을 제공하면, 미생물은 이 질소 성분과 탄소원을 이용해 유기산, 휘발성 향기 성분, 세포외 대사산물을 형성합니다. *Debaryomyces hansenii*처럼 식품 발효에서 향미 물질 생성과 잠재적 응용이 논의되는 효모 연구는 발효 향이 효소적 가수분해와 미생물 대사의 결합 결과라는 점을 보여줍니다^[5].

간장 공정에서 산성 프로테아제를 고려하는 이유는 특히 pH가 내려가거나 산성화가 진행되는 구간에서도 단백질 분해를 유지하고자 할 때입니다. 물론 간장은 높은 염도를 동반하는 경우가 많아 효소 반응성이 원료 혼합액과 다르게 나타날 수 있습니다. 염은 단백질 구조, 수분활성, 효소-기질 접촉성, 미생물 성장에 영향을 주므로, 산성 프로테아제가 투입된다고 해서 항상 단백질 분해가 선형적으로 증가하는 것은 아닙니다. 따라서 이 효소는 “발효 전체를 대체하는 재료”가 아니라, 단백질성 원료가 충분히 수화되고 효소와 접촉할 수 있는 공정 위치에서 의미가 큼니다.

식초에서의 작동 논리: 산 생성이 아니라 질소·풍미 기반 보조

식초 발효의 주된 생화학 반응은 에탄올이 초산으로 산화되는 과정입니다. 이 점에서 산성 프로테아제는 초산균의 기능을 대체하지 않습니다. 초산을 만드는 효소가 아니라, 단백질성 원료가 포함된 식초 매트릭스에서 단백질을 펩타이드와 아미노산으로 분해해 미생물 대사와 풍미 전구체 형성을 보조하는 효소입니다.

곡물식초, 대두식초, 견과류 기반 발효식초, 복합 발효 조미식초는 단순한 산성 액체가 아닙니다. 원료에서 유래한 단백질, 다당류, 폴리페놀, 지질, 미네랄이 발효 중 변화하며, 미생물 군집이 이 성분들을 다시 대사합니다. 효소 처리와 발효를 결합했을 때 식품 성분과 생리활성 지표가 달라질 수 있다는 연구는 여러 식물성 매트릭스에서 보고되어 왔습니다. 예를 들어 구아바 잎 차에서는 발효와 복합효소 가수분해가 총 가용성 페놀과 플라보노이드 아글리콘, 생리활성에 영향을 주는 방식으로 연구되었습니다^[6].

쌀겨에서도 증자 전처리, 효소 처리, 발효를 결합해 총 페놀성 성분과 항산화 활성을 높이는 연구가 수행되었습니다^[7]. 이들 연구가 산성 프로테아제의 식초 적용을 직접 증명하는 것은 아니지만, 효소적 가수분해와 미생물 발효를 결합하면 식품 매트릭스의 가용성 성분, 전구체, 기능성 지표가 변화할 수 있음을 보여줍니다. 식초에서도 단백질성 원료가 존재한다면 산성 프로테아제는 탄수화물 분해효소나 초산균과 다른 축, 즉 질소와 펩타이드 형성 축을 담당합니다.

식초 공정에서 기대할 수 있는 가치는 세 가지입니다. 첫째, 미생물이 사용할 수 있는 저분자 질소원을 늘려 발효 안정성에 기여할 가능성입니다. 둘째, 아미노산과 펩타이드가 산미의 단조로움을 줄이고 원료감 있는 풍미를 형성하는 데 관여할 수 있습니다. 셋째, 단백질성 탁도나 침전 경향이 있는 원료에서는 일부 단백질 구조 변화가 질감과 안정성에 영향을 줄 수 있습니다. 다만 이는 원료와 공정에 따라 달라지므로, 산성 프로테아제를 식초의 산 생성 효율을 높이는 직접 수단으로 표현하는 것은 정확하지 않습니다.

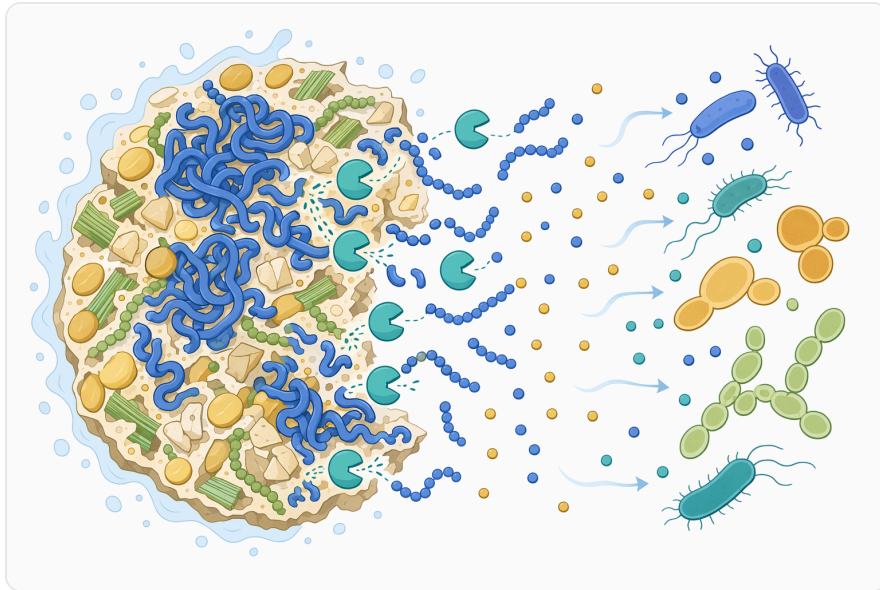


Figure 2. 단백질 분해는 기질의 일부를 불용성이며 매트릭스에 결합된 단백질에서 미생물과 풍미 반응이 이용할 수 있는 수용성 질소 화합물로 전환한다.

단백질 가수분해가 풍미에 연결되는 구체적 경로

산성 프로테아제가 발효 풍미에 관여하는 경로는 크게 네 단계로 볼 수 있습니다. 첫 단계는 기질 접근성의 증가입니다. 열처리, 분쇄, 수화, 미생물 성장으로 단백질 구조가 느슨해지면 효소가 펩타이드 결합에 접근하기 쉬워집니다. 이때 산성 프로테아제는 큰 단백질을 중간 크기 펩타이드로 절단합니다. 이후 다른 펩티다아제나 미생물 효소가 더 작은 펩타이드와 아미노산을 생성할 수 있습니다.

두 번째 단계는 질소원의 가용화입니다. 단백질이 저분자화되면 물 또는 염수 매트릭스 안에서 더 이동하기 쉬운 질소 성분이 늘어납니다. 이 성분은 효모, 젖산균, 초산균, 기타 발효 미생물의 성장과 대사에 관여할 수 있습니다. 탄닌 내성 젖산균과 탄닌산을 함께 사용한 사일리지 연구에서도 발효 품질, 프로테아제 활성, 세균 군집 변화를 함께 다루며, 단백질 분해와 미생물 생태가 분리되지 않는다는 점을 보여줍니다^[8].

세 번째 단계는 맛 활성 물질의 증가입니다. 글루탐산 계열의 감칠맛, 알라닌과 글리신 계열의 단맛, 일부 소수성 펩타이드의 쓴맛, 복합 펩타이드의 kokumi 유사 후미는 단백질 가수분해 정도에 의해 영향을 받을 수 있습니다. 따라서 효소 사용의 목적은 가능한 한 많은 아미노산을 만드는 것이 아니라, 원하는 제품 스타일에 맞는 분해 수준을 얻는 것입니다. 지나친 분해는 오히려 쓴맛이나 거친 후미를 만들 수 있으므로, 산성 프로테아제는 정밀한 풍미 설계 도구에 가깝습니다.

네 번째 단계는 후속 반응입니다. 아미노산은 미생물 대사로 향기 성분이 되거나, 환원당과 함께 열처리 중 Maillard 반응에 참여할 수 있습니다. 이 반응은 간장 특유의 색, 구수한 향, 로스팅 노트를 만드는 데 도움을 줄 수 있지만, 과도하면 탄맛, 과갈변, 열처리 후 불균형으로 이어질 수 있습니다.

즉 산성 프로테아제는 발효 중 단백질 분해만이 아니라, 후숙과 살균 이후 품질에도 간접적으로 영향을 줄 수 있습니다.

원료별 적용 해석

대두와 대두박

대두는 간장과 대두 발효 조미료에서 가장 중요한 단백질 원료입니다. 대두 단백질은 구조가 치밀하고 열처리와 염 조건에 따라 용해성과 효소 접근성이 달라집니다. 산성 프로테아제는 수화된 대두 단백질을 펩타이드와 아미노산으로 전환하는 데 도움을 줄 수 있으며, 특히 발효 중 산성화가 진행되는 구간에서 단백질 분해를 보조하는 의미가 있습니다. 대두박을 혼합 배양으로 발효해 품질을 개선한 연구는 대두 단백질 원료에서 프로테아제 활성이 품질 변화와 연결될 수 있음을 뒷받침합니다 [1].

대두 원료에서는 분해 정도의 균형이 중요합니다. 단백질 분해가 부족하면 감칠맛과 질소 지표가 충분히 올라오지 않을 수 있고, 과도하면 쓴맛 펩타이드나 지나친 아미노산성 후미가 나타날 수 있습니다. 또한 대두에는 탄수화물, 지질, 이소플라본, 미량 성분이 함께 존재하므로 단백질분해효소만으로 전체 품질을 설명할 수 없습니다. 산성 프로테아제는 대두 매트릭스 안에서 "단백질 축"을 담당하고, 전분·당·지질·폴리페놀 변화는 다른 효소와 미생물 대사에 의해 함께 조절됩니다.

밀과 곡물

밀과 곡물은 간장과 식초에서 탄수화물 공급원으로 주로 인식되지만, 글루텐과 곡물 단백질도 풍미 형성에 참여합니다. 산성 프로테아제는 곡물 단백질을 분해해 펩타이드성 성분을 늘릴 수 있으며, 곡물식초에서는 산미와 곡물향의 균형에 간접적으로 관여할 수 있습니다. 곡물 매트릭스에서는 아밀라아제 계열 효소가 당 생성을 담당하고, 프로테아제는 단백질 질소 흐름을 담당하므로 두 축을 구분해 이해해야 합니다.

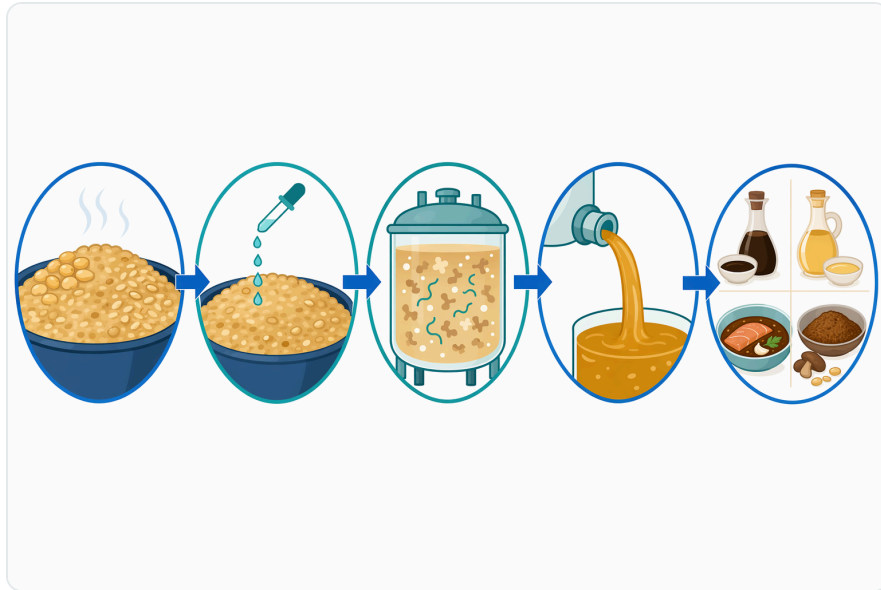


Figure 3. 간장식 발효에서 산성 프로테아제는 단백질이 풍부한 원료가 펩타이드, 아미노산, 아미노태질소, 그리고 숙성된 감칠맛으로 이어지는 핵심 과정을 뒷받침한다.

쌀겨 연구처럼 전처리와 효소, 발효를 결합하면 가용성 성분과 항산화 관련 지표가 달라질 수 있습니다^[7]. 곡물 기반 발효에서도 마찬가지로 단백질, 섬유, 전분, 페놀성 물질이 동시에 변합니다. 산성 프로테아제는 이 중 단백질성 부분에 직접 작용하고, 그 결과가 미생물 대사와 결합하면서 최종 향미에 영향을 줄 수 있습니다.

견과류·종자류와 복합 원료

호두, 참깨, 땅콩, 검은깨 같은 종자류는 단백질과 지질을 함께 포함합니다. 이들 원료를 발효 조미료에 적용하면 고소한 향과 지방산 유래 향기 성분을 기대할 수 있지만, 단백질 분해와 지질 산화가 동시에 관리되어야 합니다. 검은깨 종자에 발효 전처리 후 효소 처리를 적용한 연구에서는 단백질 구조와 생리활성 지표 변화를 평가했습니다^[9]. 이는 종자류 원료에서 효소 처리가 단백질 구조 변화와 연결될 수 있음을 보여줍니다.

복합 원료에서는 산성 프로테아제가 단백질 가수분해를 보조하더라도, 향미 결과는 지질분해효소, 산화 반응, 효모 대사, 유기산 생성에 크게 좌우됩니다. 예를 들어 견과류 기반 식초나 소스에서 단백질 분해가 충분해도 지질 산화가 과하면 산패취가 나타날 수 있습니다. 따라서 산성 프로테아제는 단독 해결책이 아니라 복합 원료의 단백질 이용성을 높이는 한 요소로 보아야 합니다.

어류 부산물과 단백질 강화 발효 소스

어류 부산물이나 육류성 단백질을 포함한 발효 소스에서는 단백질 분해가 훨씬 민감한 품질 변수로 작용합니다. 펩타이드와 아미노산이 풍부하게 생성될 수 있지만, 동시에 비린내, 쓴맛, 암모니아성 후미, 산화취가 발생할 가능성도 있습니다. 잉어 부산물을 활용한 대두 페이스트에서 효소와 미생물

결합 발효가 안전성과 품질에 미치는 영향을 다룬 연구는 단백질성 부산물을 포함한 발효 조미료에서 효소-미생물 조합이 중요한 설계 변수임을 보여줍니다^[10].

산성 프로테아제는 이러한 원료에서 단백질 가수분해를 촉진할 수 있지만, 분해 산물의 관능 품질은 원료 신선도와 발효 미생물의 탈취·향미 생성 능력에 따라 달라집니다. 따라서 어류·육류성 원료에서는 효소 투입 자체보다 발효 균주의 대사 방향, 산화 관리, 염도와 산도, 열처리 조건이 함께 맞아야 합니다.

효소-미생물 결합 공정에서의 위치

발효식품에서 효소와 미생물은 경쟁 관계가 아니라 기능 분담 관계입니다. 효소는 고분자 기질을 분해해 미생물이 이용할 수 있는 작은 분자를 만들고, 미생물은 이 분자를 다시 대사해 산, 향기 성분, 항균성 물질, 색과 질감에 관여하는 성분을 만듭니다. 효소-미생물 결합 발효는 식품 폐기물 가수분해, 대두 페이스트, 식물성 차, 쌀겨, 과일 매트릭스 등 다양한 분야에서 연구되고 있습니다^[11].

산성 프로테아제는 이 결합 공정에서 주로 “앞단의 단백질 절단” 또는 “산성화된 매트릭스에서의 추가 가수분해” 역할을 맡습니다. 예를 들어 발효 초기에 원료 단백질을 충분히 열변성·수화시킨 뒤 효소 접근성을 높이면 가수분해가 촉진될 수 있습니다. 반대로 발효 후반에 산성화가 진행된 상태에서 잔존 단백질을 더 낮은 분자량으로 전환하는 목적도 가능합니다. 어느 쪽이 적합한지는 최종 제품이 원하는 풍미, 질소 지표, 탁도, 침전 안정성에 따라 달라집니다.

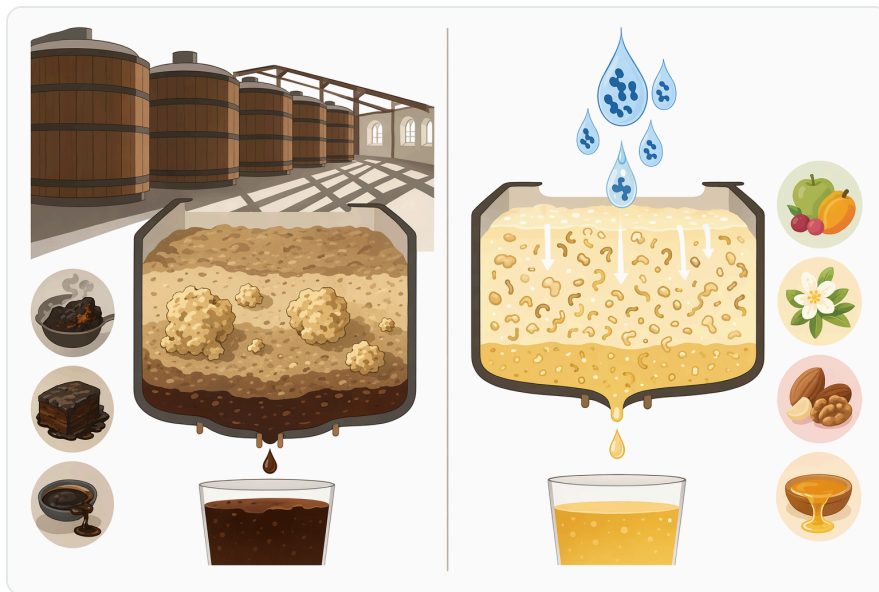


Figure 4. 산성 프로테아제는 식초 기질에서 단백질 가수분해를 돕지만, 에탄올을 아세트산으로 산화시키는 역할은 여전히 초산균이 담당한다.

감귤 전과실을 효소 가수분해와 발효로 처리한 연구는 영양, 풍미, 식물화학 성분이 공정 중 변화할 수 있음을 보고합니다^[12]. 이는 특정 산성 프로테아제의 직접 근거는 아니지만, 효소 처리와 발효가 결합될 때 최종 품질이 단순한 원료 합산이 아니라 공정 중 변화의 결과라는 점을 잘 보여줍니다. 간장과 식초에서도 마찬가지로 산성 프로테아제의 가치는 미생물 대사와 결합될 때 커집니다.

기대할 수 있는 품질 효과

산성 프로테아제를 적절한 공정 위치에서 사용하면 우선 단백질 가수분해가 더 일관되게 진행될 수 있습니다. 이는 원료 단백질의 분산성, 수화 상태, 미생물 효소 생산성 차이로 인해 단백질 분해가 흔들리는 공정에서 특히 유용합니다. 단백질 분해가 안정되면 펩타이드와 유리 아미노산 풀이 형성되고, 이 성분들은 발효 중 질소원과 풍미 전구체로 작동합니다.

두 번째 기대 효과는 발효 미생물의 대사 기반 보강입니다. 미생물은 탄소원뿐 아니라 질소원을 필요로 합니다. 단백질이 큰 구조로 남아 있으면 이용성이 제한되지만, 펩타이드와 아미노산으로 분해되면 세포가 흡수하거나 추가 대사하기 쉬운 형태가 됩니다. 사일리지 연구에서 발효 품질, 프로테아제 활성, 세균 군집이 함께 분석된 것처럼, 단백질 분해와 미생물 생태는 상호 영향을 주는 변수입니다^[8].

세 번째는 풍미의 깊이입니다. 간장과 식초의 맛은 산미, 짠맛, 단맛, 감칠맛, 쓴맛, 후미가 복합적으로 균형을 이루어야 합니다. 산성 프로테아제는 감칠맛 전구체와 펩타이드성 후미 형성에 도움을 줄 수 있지만, 이 효과는 발효 미생물, 당 생성, 산 생성, 향기 성분 생성과 함께 나타납니다. 단백질분해 효소가 고기 연화에 활용되는 젯산균 프로테아제 연구처럼, 프로테아제는 식품 조직과 단백질 구조를 변화시키는 강력한 도구입니다^[13].

네 번째는 원료 활용성입니다. 대두박, 곡물 부산물, 종자류, 어류 부산물처럼 단백질은 풍부하지만 그대로는 거칠거나 소화·발효 이용성이 낮은 원료에서 산성 프로테아제는 단백질성 성분을 더 가용화하는 데 도움을 줄 수 있습니다. 다만 원료 활용성 증대가 곧바로 관능 품질 향상으로 이어지는 것은 아니며, 쓴맛·잡미·산화취 관리가 함께 필요합니다.

현실적 한계와 오해하지 말아야 할 점

산성 프로테아제는 간장이나 식초의 발효 시간을 무조건 단축하는 만능 수단이 아닙니다. 단백질 분해 속도를 보조할 수는 있지만, 발효식품의 숙성감은 미생물 군집 변화, 유기산 축적, 향기 성분 생성, 색 형성, 산화·환원 상태, 열처리 반응이 함께 만들어 냅니다. 효소가 단백질을 잘라 준다고 해서 효모가 만드는 향이나 초산균이 만드는 산의 품질까지 자동으로 개선되는 것은 아닙니다.

또한 과분해 위험이 있습니다. 단백질이 지나치게 작은 펩타이드와 아미노산으로 분해되면 쓴맛, 아미노산성 강한 후미, 질소 냄새, 열처리 중 과도한 갈변이 나타날 수 있습니다. 고단백 원료일수록 이 위험이 커질 수 있습니다. 우유 분야에서 프로테아제 활성이 저장 품질의 중요한 관리 대상이 되

는 것처럼, 단백질 분해는 좋은 방향과 나쁜 방향을 모두 가질 수 있습니다^[3].

염도와 산도도 한계 요인입니다. 간장 발효에서는 높은 염도가 미생물 성장과 효소 반응을 동시에 제한할 수 있습니다. 식초에서는 산도가 올라가면서 일부 효소와 미생물이 스트레스를 받습니다. 산성 프로테아제라는 이름이 산성 조건에서의 적합성을 의미하더라도, 모든 산도·염도·온도 조합에서 동일하게 작동한다는 뜻은 아닙니다. 실제 결과는 원료의 단백질 구조와 공정 조건에 따라 달라집니다.



Figure 5. 산성 프로테아제는 대두박, 유지종자 압착박, 콩류, 곡물 부산물, 청주박 등 단백질이 풍부한 발효 기질에 활용될 수 있다.

마지막으로, 산성 프로테아제는 최종 소비자가 직접 섭취하는 제품으로 안내되어서는 안 됩니다. 이는 식품 제조 공정에서 단백질 가수분해를 돕는 효소 원료이며, Enzymes.bio는 이 제품을 1kg 단위로 온라인 판매하는 공급업체입니다. 제조사나 시험기관처럼 개별 공정의 성능을 보증하거나 특정 결과값을 제시하는 위치가 아니며, 제품 관련 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

Enzymes.bio에서 구매 가능한 산성 프로테아제의 위치

Enzymes.bio의 산성 프로테아제는 간장, 식초, 주류 발효와 같은 식품가공 공정에서 단백질 가수분해를 보조하는 효소로 이해할 수 있습니다. 제품의 핵심 가치는 “발효 원료 안의 단백질을 더 작은 분자로 전환해 미생물 대사와 풍미 형성의 기반을 넓히는 것”입니다. 대두, 곡물, 종자류, 복합 단백질 원료를 사용하는 발효 조미료에서 산성 조건에 맞춘 단백질 분해 보조 효소를 찾는 경우에 적합한 제품군입니다.

공급 형태와 문서 제공 방식도 명확히 이해해야 합니다. Enzymes.bio는 해당 효소를 제조하거나 자체 시험하는 실험실이 아니라 온라인 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 직접 주문하는 방식입니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 제품 취급과 내부 품질 문서화에 필요한 기본 자료를 확인

할 수 있습니다. 이 문서는 조달 체크리스트가 아니라, 산성 프로테아제가 간장·식초 발효에서 어떤 생화학적 역할을 하는지 설명하기 위한 기술 자료입니다.

간장·식초 발효에서의 최종 해석

산성 프로테아제는 간장과 식초 발효에서 단백질 분해 촉을 강화하는 효소입니다. 간장에서는 대두와 밀 단백질을 펩타이드와 아미노산으로 전환해 감칠맛, 후미, 질소원, 향미 전구체 형성에 관여할 수 있습니다. 식초에서는 초산 생성 자체를 담당하지 않지만, 곡물·대두·견과류 같은 단백질성 원료가 포함된 매트릭스에서 질소원과 펩타이드성 풍미 기반을 보조할 수 있습니다.

연구 근거를 넓게 보면, 프로테아제 활성은 대두박 발효 품질 개선, 단백질성 식품의 품질 변화, 효소-미생물 결합 발효, 식물성 원료의 가수분해와 발효 품질 변화와 반복적으로 연결됩니다^[1]. 다만 특정 산성 프로테아제를 특정 간장이나 식초 공정에 넣었을 때의 결과는 원료, 미생물, 염도, 산도, 온도, 시간, 열처리 조건에 따라 달라집니다. 따라서 이 효소의 가장 정확한 위치는 “맛을 대신 만들어 주는 첨가물”이 아니라 “발효가 사용할 단백질 유래 전구체를 만들어 주는 공정 보조 효소”입니다.

Enzymes.bio의 산성 프로테아제는 이러한 관점에서 간장, 식초, 복합 발효 조미료의 단백질 가수분해를 보조하는 실용적 효소 원료입니다. 적절한 공정 위치에서 사용될 때 펩타이드와 아미노산 형성, 질소원 공급, 발효 풍미 전구체 확대에 기여할 수 있으며, 이는 발효 미생물의 대사와 결합될 때 최종 제품의 깊이와 균형으로 이어질 수 있습니다.

Acid Protease (Food Grade, 100,000 U/G) – Specialized Enzyme For Soy Sauce And Vinegar Fermentation 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.

[Acid Protease \(Food Grade, 100,000 U/G\) – Specialized Enzyme For Soy Sauce And Vinegar Fermentation 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Wang, C., Qiu, X., Hou, R., Liu, J., Li, L., & Mao, X. (2023). Improvement of soybean meal quality by one-step fermentation with mixed-culture based on protease activity. *Innovative Food Science & amp;*

Emerging Technologies.

2. Sun, F., Wang, H., Liu, Q., Xia, X., Chen, Q., & Kong, B. (2022). Proteolysis and quality characteristics of Harbin dry sausages caused by the addition of Staphylococcus xylosoy protease. *Food Chemistry*, 404 Pt B, 134692 .
3. Khan, M. U., Yu, P., Wu, Y., Chen, Z., Kong, L., Farid, A., Cui, J., ... et al. (2025). Comprehensive review of enzymes (protease, lipase) in milk: Impact on storage quality, detection methods, and control strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 3, e70164 .
4. Yi, W., Liu, Y., Fu, S., Zhuo, J., Zhang, W., Liu, S., Tu, Y., ... et al. (2024). Effect of a novel alkaline protease from Bacillus licheniformis on growth performance, carcass characteristics, meat quality, antioxidant capacity, and intestinal morphology of white feather broilers. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
5. Dong, B., Wang, Y., Yao, Y., & Zhao, G. (2025). Intracellular regulation in response to environmental stresses, production processes of flavor substances, and potential applications of Debaryomyces hansenii in the food industry: a review. *Food Chemistry*, 493 Pt 4, 146111 .
6. Wang, L., Luo, Y., Wu, Y., Liu, Y., & Zhen-Wu (2018). Fermentation and complex enzyme hydrolysis for improving the total soluble phenolic contents, flavonoid aglycones contents and bio-activities of guava leaves tea. *Food Chemistry*, 264, 189-198 .
7. Liu, L., Zhang, R., Deng, Y., Zhang, Y., Xiao, J., Huang, F., Wen, W., ... et al. (2017). Fermentation and complex enzyme hydrolysis enhance total phenolics and antioxidant activity of aqueous solution from rice bran pretreated by steaming with α -amylase. *Food Chemistry*, 221, 636-643 .
8. Guo, X., Chen, D., Huang, P., Gao, L., Zhou, W., Zhang, J., & Zhang, Q. (2024). Effects of tannin-tolerant lactic acid bacteria in combination with tannic acid on the fermentation quality, protease activity and bacterial community of stylo silage. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
9. Du, T., Huang, J., Xiong, S., Zhang, L., Xu, X., Xu, Y., Peng, F., ... et al. (2023). Effects of enzyme treatment on the antihypertensive activity and protein structure of black sesame seed (Sesamum indicum L.) after fermentation pretreatment. *Food Chemistry*, 428, 136781 .
10. Yang, J., Li, Z., Lin, X., Zhang, S., & Ji, C. (2025). Impact of Enzyme–Microbe Combined Fermentation on the Safety and Quality of Soy Paste Fermented with Grass Carp By-Products. *Foods*, 14.
11. Cui, L., Chen, J., Yan, Y., Fei, Q., Ma, Y., & Qun-Wang (2024). Development of oriented microbial consortium-based compound enzyme strengthens food waste hydrolysis and antibiotic resistance genes removal: deciphering of performance, metabolic pathways and microbial communities. *Environmental Research*, 119973 .
12. Li, Y., Guo, L., Mao, X., Ji, C., Li, W., & Zhou, Z. (2024). Changes in the nutritional, flavor, and phytochemical properties of Citrus reticulata Blanco cv. 'Dahongpao' whole fruits during enzymatic hydrolysis and fermentation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
13. Afriani, Arnim, Marlida, Y., & Yuherman (2018). Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria Proteases from Bekasam for use as a Beef Tenderizer. *Pakistan Journal of Nutrition*.


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