

식물 단백질 가수분해용 식품용 파파인: 식물성 단백질의 용해성, 풍미, 펩타이드 설계를 위한 효소

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

식품용 파파인은 파파야 유래 시스테인 프로테아제로, 대두·녹두·쌀·완두·햄프씨드·병아리콩 등 식물성 단백질을 더 짧은 펩타이드로 절단해 용해성, 분산성, 풍미 발현, 가공 적합성을 조정하는 데 쓰입니다. 식물 단백질 가수분해에서 파파인의 핵심 가치는 “단백질을 많이 분해하는 것”이 아니라, 원료별 구조와 최종 제품 목표에 맞춰 제한적 가수분해를 통해 원하는 물성과 맛을 얻는 데 있습니다. Enzymes.bio는 이 제품을 제조사나 실험실이 아니라 온라인 공급업체로 제공하며, 제품은 1kg 단위로 직접 구매할 수 있고 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

파파인이 식물 단백질 가수분해에서 맡는 역할

파파인은 *Carica papaya*에서 유래하는 단백질분해효소로, 활성 부위의 시스테인 잔기가 펩타이드 결합 절단에 관여하는 시스테인 프로테아제 계열에 속합니다. 최근 파파인 추출·정제·특성화 연구에서도 파파야 유래 파파인은 단백질 기질을 분해하는 효소로 다루지며, 식품과 바이오가공 분야에서 활용 가능한 생물촉매로 설명됩니다 ^[1].

식물성 단백질 원료는 동물성 단백질과 달리 세포벽, 저장단백질 구조, 전분·섬유질·지질·페놀성 성분과의 결합, 열처리 이력에 따라 수화과 분산이 크게 달라집니다. 쌀 단백질의 경우 알부민, 글로불린, 프롤라민, 글루텔린 등 분획별 용해성과 기능이 다르고, 원료 추출 및 가공 조건이 식품 적용성을 좌우한다는 점이 리뷰에서 정리되어 있습니다 ^[2].

파파인 가수분해는 이런 구조적 제약을 “완전히 제거”하기보다, 큰 단백질 사슬을 더 짧은 펩타이드로 절단해 물과의 상호작용, 계면 흡착, 점도, 침전 경향, 맛 전구체 형성을 바꾸는 방식으로 작동합니다. 특히 식물성 단백질 음료, 고단백 소스, 대체육용 단백질 베이스, 조미 분말, 발효풍 시즈닝, 펩타이드 원료 개발처럼 단백질의 물성 변화가 품질을 좌우하는 분야에서 파파인은 유용한 공정 도구가 될 수 있습니다 ^[3].

시스테인 프로테아제로서의 작동 기전

파파인은 단백질 사슬 내부의 펩타이드 결합을 절단하는 endoprotease로 이해할 수 있습니다. 반응의 직접적인 결과는 고분자 단백질의 평균 크기 감소, 새로운 N-말단과 C-말단 생성, 소수성 잔기 노출 또는 재배열, 전하 분포 변화, 수화층 변화입니다. 이 변화가 모여 용해성, 유화성, 기포성, 점도, 열 안정성, 관능 특성의 차이를 만듭니다 [4].

기전적으로 중요한 점은 가수분해가 단순히 “단백질을 작게 만드는 과정”에 그치지 않는다는 것입니다. 단백질이 부분적으로 절단되면 접힌 구조가 느슨해지고 내부에 묻혀 있던 소수성 영역이 표면으로 드러날 수 있습니다. 적절한 수준에서는 이 변화가 계면 흡착과 분산성에 도움이 되지만, 지나치면 소수성 펩타이드가 쓴맛을 내거나 단백질 네트워크 형성을 방해할 수 있습니다 [3].

또한 파파인은 원료 단백질의 1차 서열, 2차·3차 구조, 열변성 정도, 응집 상태에 영향을 받습니다. 예를 들어 대두 단백질과 녹두 단백질은 저장단백질 조성, 표면 소수성, 변성 거동이 달라 동일한 프로테아제 처리에서도 계면 거동과 기포 특성이 다르게 나타날 수 있으며, 실제로 프로테아제 종류가 대두·녹두 단백질의 제한적 가수분해물 구조와 발포 특성에 영향을 준다는 연구가 보고되어 있습니다 [3].

식물성 단백질 원료별로 결과가 달라지는 이유

식물 단백질 가수분해에서 가장 흔한 오해는 하나의 효소가 모든 단백질 원료에 동일한 결과를 낸다고 보는 것입니다. 실제로 원료별 저장단백질 조성, 비단백질 성분, 추출 공정, 열처리 이력, 입자 크기, pH 환경이 모두 다르기 때문에 파파인의 접근성, 절단 패턴, 최종 펩타이드 특성은 달라질 수밖에 없습니다.

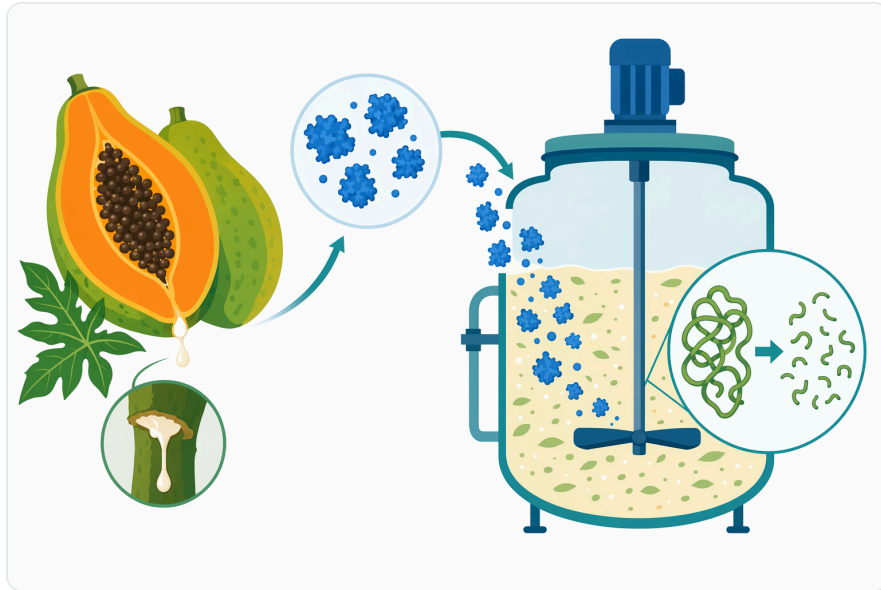


Figure 1. 파파인은 파파야에서 유래한 시스테인 프로테아제로, 새로운 단백질이나 유화제를 추가하는 대신 기존 식물성 단백질을 변형하는 데 사용됩니다.

쌀 단백질

쌀 단백질은 저자극성 식물성 단백질 원료로 관심을 받지만, 특정 분획은 물에 잘 녹지 않고 가공 중 거친 입자감이나 침전을 만들 수 있습니다. 쌀 단백질 리뷰는 쌀 단백질의 조성, 추출 방식, 기능성, 식품 적용 가능성을 폭넓게 다루며, 가공 조건이 단백질 기능 발현에 중요하다는 점을 강조합니다 [2].

파파인 처리의 실무적 목적은 쌀 단백질을 짧은 펩타이드로 전환해 수계 제형에서의 분산성과 관능을 조정하는 것입니다. 다만 쌀 단백질의 낮은 용해성은 단백질 자체만의 문제가 아니라 전분, 섬유질, 열변성, 입자 구조와도 연결되므로, 효소 가수분해만으로 모든 침전 문제가 해결된다고 보기는 어렵습니다.

햄프씨드 단백질

햄프씨드 단백질은 식물성 단백질 시장에서 영양성과 지속가능성 측면의 관심을 받는 원료입니다. 햄프씨드 단백질 리뷰는 가공, 영양, 기능성을 함께 다루며, 단백질 구조와 처리 방식이 최종 식품에서의 활용성을 결정한다고 설명합니다 [5].

햄프씨드 단백질처럼 지질, 섬유, 페놀성 성분이 함께 존재할 수 있는 원료에서는 파파인 가수분해가 단백질의 분산성 개선에 기여할 수 있지만, 산화취, 색, 떫은맛, 입자감 같은 비단백질 요인도 함께 관리되어야 합니다. 따라서 파파인의 역할은 햄프씨드 원료 전체의 품질 문제를 해결하는 단독 처리제가 아니라, 단백질 부분의 구조를 조정하는 효소적 수단으로 보는 것이 정확합니다.

병아리콩, 대두, 녹두 단백질

병아리콩은 단백질, 전분, 식이섬유를 함께 제공하는 식물성 원료이며, 최근 리뷰에서는 영양적 중요성, 기술기능성, 식품 응용이 종합적으로 정리되었습니다 [6]. 병아리콩 단백질은 후무스형 제품, 단백질 강화 베이커리, 식물성 소스, 스낵, 대체육 소재 등으로 확장될 수 있지만, 특유의 콩비린내와 입자감, 열처리 후 점도 변화가 응용의 변수가 됩니다.

대두와 녹두 단백질은 식물성 단백질 가공에서 대표적인 연구 대상입니다. 대두 단백질 분리물과 녹두 단백질을 제한적으로 효소 가수분해한 연구에서는 프로테아제 종류가 구조, 계면 거동, 발포 특성에 영향을 주는 것으로 분석되어, 식물 단백질에서 "어떤 효소를 쓰는가"가 최종 기능성에 직접 연결된다는 점을 보여줍니다 [3].

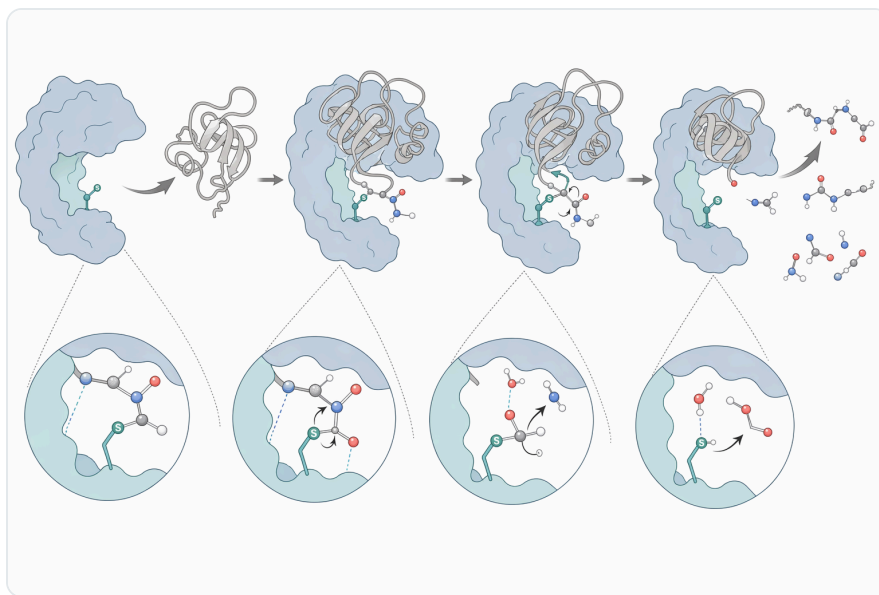


Figure 2. 파파인은 시스테인 프로테아제 작용 메커니즘을 통해 접근 가능한 펩타이드 결합을 절단하여, 새로운 말단기를 가진 더 짧은 펩타이드 조각을 생성합니다.

조·기장·손가락조 등 밀렛류 단백질

밀렛류는 전통 곡물에서 기능성 곡물로 재조명되고 있으며, 가공 기술이 영양성분, 항영양 인자, 항산화 특성, 저장성에 영향을 준다는 리뷰들이 보고되어 있습니다 [7]. 손가락조도 물성, 가공, 건강 관련 응용이 정리된 원료로, 단백질뿐 아니라 전분과 폴리페놀, 섬유질이 함께 품질을 좌우합니다 [8].

밀렛류 단백질에 파파인을 적용할 때는 단백질 가수분해 자체와 곡물 매트릭스 변화가 분리되어 생각되어야 합니다. 즉, 파파인은 단백질 사슬을 절단하지만, 전분 호화, 섬유질 수화, 폴리페놀 결합, 열처리 갈변 같은 현상은 별도의 공정 변수로 남습니다.

제한적 가수분해가 중요한 이유

식물 단백질 가수분해의 목표는 대개 완전 분해가 아닙니다. 음료 안정화, 소스 점도 조정, 조미 베이스 개발, 대체육 조직감 보완, 단백질 파우더의 용해성 개선처럼 실무 목표가 다르면 필요한 펩타이드 크기와 맛 프로파일도 달라집니다.

제한적 가수분해에서는 단백질의 큰 응집체가 부분적으로 잘려 분산성이 좋아질 수 있고, 표면 활성 펩타이드가 생겨 유화나 기포 안정성에 기여할 수 있습니다. 반대로 과도한 가수분해는 단백질 네트워크를 약화시키고, 점도를 지나치게 낮추며, 쓴맛 펩타이드나 원하지 않는 후미를 만들 수 있습니다 [3].

펌프 이송, 분무건조, 열살균, UHT, 레토르트, 압출, 고압처리 같은 후속 공정도 펩타이드와 잔존 단백질의 거동에 영향을 줍니다. 예를 들어 고압처리는 과일·채소 제품의 구조와 품질을 바꾸는 비열처리 기술로 검토되고 있으며, 단백질 기반 제품에서도 압력, 열, pH의 조합이 효소 처리 결과와 상호작용할 수 있습니다 [9].

파파인과 다른 단백질 가수분해 접근법의 비교

파파인은 식물 단백질 가수분해에 사용할 수 있는 여러 프로테아제 중 하나입니다. 브로멜라인, 피신, 액티니딘, 미생물 유래 프로테아제, 산 가수분해 등도 단백질 절단에 사용되지만, 절단 특이성, 관능 결과, 공정 제어성은 다릅니다. 우유 단백질을 대상으로 액티니딘, 브로멜라인, 파파인을 비교한 연구에서도 식물 유래 프로테아제 간 반응 특성과 가수분해 양상이 서로 다를 수 있음이 다뤄졌습니다 [10].

접근법	주요 특징	식물 단백질 가수분해에서의 장점	주의할 점
파파인	파파야 유래 시스템인 프로테아제	다양한 단백질 기질에 적용 가능, 제한적 가수분해로 용해성·풍미·가공성 조정 가능	원료별 결과 차이, 쓴맛 펩타이드 관리 필요
브로멜라인	파인애플 유래 프로테아제	파파인과 함께 식물성·동물성 단백질 가수분해 연구에 자주 등장	절단 양상과 관능 결과가 파파인과 다를 수 있음
피신	무화과 유래 프로테아제	식물 유래 프로테아제 대안으로 검토 가능	식품 매트릭스별 적용 데이터 확인 필요
미생물 프로테아제	균주와 생산 조건에 따라 특성 다양	특정 pH, 온도, 기질에 맞춘 선택 폭이 넓음	효소별 풍미, 잔류 활성, 공정 적합성 차이 큼
산 가수분해	화학적 비효소 가수분해	강한 분해력, 전통적 조미 소재 생산에 사용	선택성이 낮고 풍미 제어가 제한적일 수 있음

브로멜라인, 피신, 파파인은 모두 식물 유래 단백질분해효소로 함께 비교되는 경우가 많습니다. 과일 부산물에서 유래한 브로멜라인·피신·파파인의 프로테아제 활성과 응용 가능성을 검토한 연구도 있어, 이들 효소가 단백질 구조 변환 도구로 다양한 산업에서 관심을 받고 있음을 보여줍니다 [11].

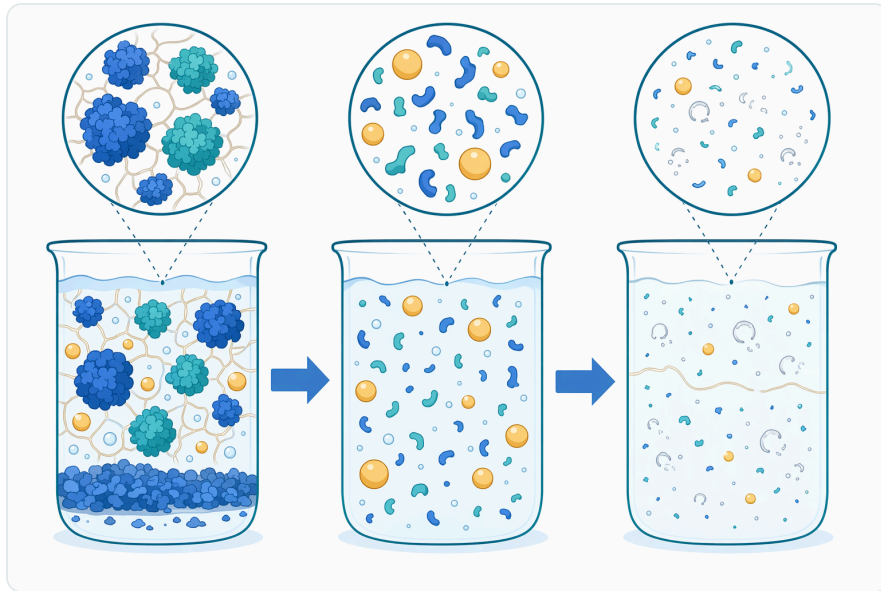


Figure 3. 제한적인 가수분해는 기능을 향상시킬 수 있지만, 과도한 가수분해는 점도, 거품 안정성, 겔 구조를 약화시킬 수 있습니다.

중요한 것은 “파파인이 항상 더 좋다”거나 “브로멜라인이 항상 더 순하다” 같은 단순 비교가 아니라, 원료 단백질과 최종 제품 목표에 따라 적절한 효소가 달라진다는 점입니다. 실제로 오카라 단백질 가수분해에서 브로멜라인과 파파인 조합을 사용해 물리화학적·기능적 특성을 평가한 연구처럼, 단일 효소보다 조합 접근이 검토되는 경우도 있습니다 [12].

용해성, 분산성, 점도에 미치는 영향

식물성 단백질 음료와 액상 베이스에서 가장 즉각적으로 관찰되는 파파인 효과는 용해성 또는 분산성 변화입니다. 단백질이 큰 응집체로 남아 있으면 침전, 모래 같은 입자감, 고형분 분리, 불균일한 점도가 발생할 수 있습니다. 제한적 가수분해는 입자 크기와 단백질-물 상호작용을 바꿔 이러한 현상을 완화할 가능성이 있습니다 [13].

산업용 식물 단백질의 용해화 가능성을 효소 가수분해와 분광학적 방법으로 검토한 연구는, 효소 처리가 저가 또는 산업 등급 식물 단백질의 가공성을 높이는 접근이 될 수 있음을 보여줍니다 [13]. 이는 파파인 같은 프로테아제가 단백질 원료의 기능성 개선을 위한 실무적 도구로 사용될 수 있다는 방향성을 뒷받침합니다.

다만 용해성 개선은 항상 직선적으로 증가하지 않습니다. 가수분해 초반에는 큰 응집체가 풀리며 분산성이 좋아질 수 있지만, 중간 이후에는 노출된 소수성 펩타이드가 다시 상호작용하거나, 후속 열처리에서 탁도와 침전을 만들 수 있습니다. 따라서 단백질 음료나 소스 제형에서는 가수분해 후 열안정성, pH 안정성, 염 존재하 안정성, 저장 중 침전을 함께 보아야 합니다.

풍미 형성과 쓴맛의 균형

파파인 가수분해는 조미 베이스 제조에서 특히 중요합니다. 단백질이 펩타이드와 아미노산으로 절단되면 감칠맛, 구수함, 발효풍, 육향 전구체, 로스팅 반응 전구체가 늘어날 수 있습니다. 곡물 기반 기능성 음료 리뷰에서도 곡물의 영양·기능성 잠재력과 가공 기술이 제품 유형 및 품질에 영향을 준다고 다루지며, 단백질과 펩타이드의 가공적 의미가 확대되고 있습니다 [14].

그러나 풍미 개발에는 항상 쓴맛 리스크가 따라옵니다. 소수성 아미노산이 풍부한 펩타이드가 일정 농도 이상 생성되면 쓴맛, 떼은 후미, 금속성 느낌이 나타날 수 있습니다. 이 문제는 식물성 단백질에서 더 두드러질 수 있는데, 콩류 특유의 비린 향, 곡물의 폴리페놀성 떼은맛, 열처리 향과 결합하면 관능 결합이 복합적으로 나타나기 때문입니다.

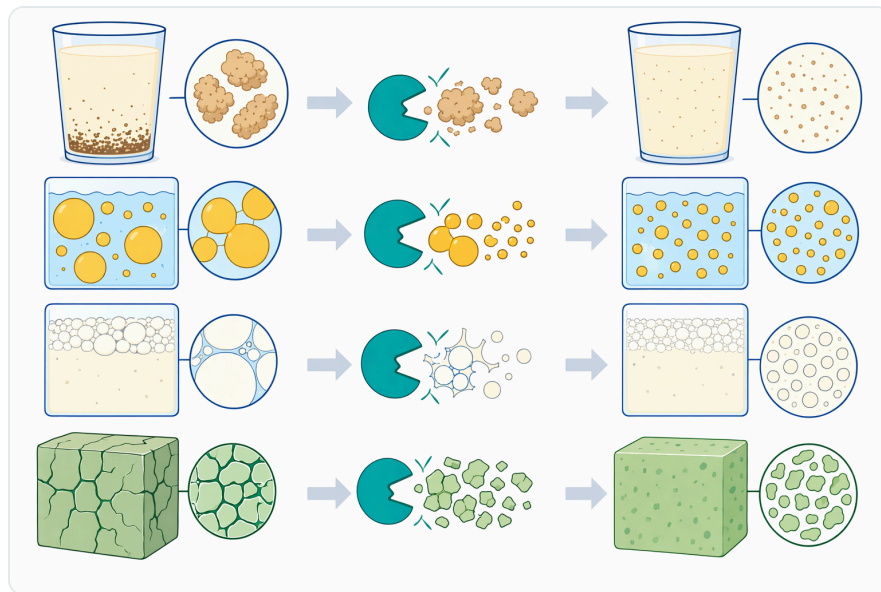


Figure 4. 식물성 단백질은 추출과 가공 과정에서 응집되거나 용해성이 낮아지거나 구조 형성이 어려워질 수 있어, 조절된 변형이 필요한 경우가 많습니다.

따라서 파파인을 조미 베이스에 사용할 때의 핵심은 충분한 맛 전구체를 만들되 과도한 저분자 소수성 펩타이드 생성을 억제하는 것입니다. 대두와 녹두 단백질의 생리활성 펩타이드 생성을 최적화한 연구처럼, 식물 단백질 가수분해에서는 효소 처리 조건과 생성 펩타이드의 기능·관능적 균형을 함께 고려해야 합니다 [15].

식물성 단백질 음료와 고단백 제형에서의 의미

고단백 식물성 음료는 단백질 함량을 높일수록 점도, 침전, 열 안정성, 입안 잔류감 문제가 커질 수 있습니다. 파파인 처리는 단백질 평균 크기를 낮추어 점도를 낮추고 분산성을 개선할 가능성이 있지만, 제품이 원하는 바디감까지 잃지 않도록 제한적으로 적용되어야 합니다.

곡물 기반 기능성 음료 분야에서는 원료의 영양성, 페놀성 성분, 가공 기술, 제품 유형이 함께 검토됩니다 [14]. 파파인은 이 중 단백질 부분을 조정하는 도구이며, 전분 호화나 섬유질 분산, 지방 산화, 향미 안정화까지 직접 해결하는 효소는 아닙니다.

고단백 파우더에서는 재수화성이 중요합니다. 단백질 입자가 물을 만나 빠르게 젖고 균일하게 분산되어야 덩어리와 침전이 줄어듭니다. 파파인 처리로 단백질 표면 특성이 바뀌면 재분산성이 좋아질 수 있지만, 너무 짧은 펩타이드가 많아지면 쓴맛과 흡습성, 분말 흐름성 변화가 생길 수 있습니다.

대체육, 소스, 시즈닝에서의 응용 포인트

대체육에서는 단백질 가수분해가 양면성을 가집니다. 한편으로는 파파인이 식물성 단백질의 거친 질감과 공취를 완화하고, 감칠맛 베이스를 만드는 데 기여할 수 있습니다. 다른 한편으로는 조직화 단백질이 필요한 경우 과도한 가수분해가 섬유상 구조 형성을 방해할 수 있습니다.

밀렛 압출 가공 리뷰는 곡물 단백질과 전분의 기능성이 압출 조건과 밀접하게 연결된다는 점을 다루며, 식물성 원료의 구조화에는 단백질 변성, 수분, 전단, 열이 복합적으로 작용함을 보여줍니다 [16]. 따라서 압출 대체육용 원료에 파파인을 적용할 때는 "가수분해 후 압출"과 "압출 후 풍미 베이스 첨가"가 전혀 다른 결과를 낼 수 있습니다.

소스와 시즈닝에서는 파파인 가수분해물이 점도와 맛의 조정재로 쓰일 수 있습니다. 특히 수프, 소스, 스낵 시즈닝, 육향 보강, 발효풍 소스 베이스에서는 펩타이드와 아미노산이 맛의 깊이를 만드는 데 관여합니다. 이때 최종 제품의 염도, 당, 산도, 향료, 열처리 조건이 펩타이드 맛을 크게 바꾸므로, 파파인 처리만이 아니라 전체 레시피 안에서 평가해야 합니다.

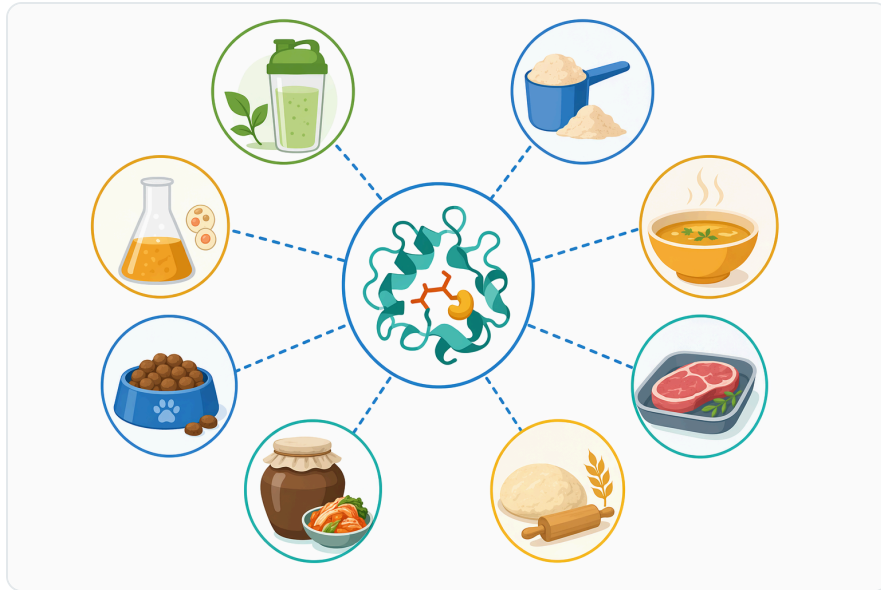


Figure 5. 파파인 가수분해는 펩타이드 크기와 표면 화학 특성을 변화시켜 분산성, 유화성, 기포 형성, 수분 결합, 식감, 소화율에 영향을 줄 수 있습니다.

생리활성 펩타이드 연구와 제품 표현의 경계

단백질 가수분해물은 항산화, ACE 저해, 항염, 면역 조절 등 다양한 생리활성 펩타이드 연구와 연결됩니다. 예를 들어 호박씨 단백질 가수분해물 연구에서는 기존 효소 가수분해와 초음파 보조 가수분해를 통해 얻은 가수분해물의 물리화학적 특성과 시험관 내 항산화 활성이 분석되었습니다 [17].

하지만 이러한 연구 결과를 식품용 파파인 제품 자체의 건강 효능으로 직접 표현해서는 안 됩니다. 특정 원료, 특정 효소 처리, 특정 분획, 특정 시험계에서 관찰된 생리활성은 최종 식품 섭취 효과와 다르며, 인체 적용성을 말하려면 별도의 검증이 필요합니다.

유청 단백질에서도 파파인 유래 가수분해물이 새로운 생리활성 펩타이드 탐색에 활용된 사례가 있지만, 이는 유제품 단백질 기반 연구이며 식물 단백질 원료 전체에 그대로 일반화할 수 없습니다 [18]. 식물 단백질 가수분해용 파파인의 가장 안전하고 정확한 표현은 "펩타이드 생성과 단백질 기능성 조절을 위한 식품 가공 효소"입니다.

열처리, 비열처리, 고형분 조건과의 상호작용

파파인 가수분해는 보통 수분이 있는 단백질 분산계에서 진행되며, 고형분 농도와 점도는 효소 접근성에 영향을 줍니다. 고형분이 높으면 생산성은 좋아질 수 있지만 혼합이 어려워지고, 효소와 기질의 접촉이 불균일해질 수 있습니다. 반대로 고형분이 너무 낮으면 반응 제어는 쉬워도 농축·건조 비용이 커질 수 있습니다.

초음파 보조 효소 가수분해처럼 물리적 처리를 결합하는 접근도 연구되고 있습니다. 호박씨 단백질 가수분해물 연구는 초음파 보조 처리와 기존 효소 가수분해를 비교해 가수분해물의 물리화학적 특성과 항산화 활성을 평가했으며, 이는 전처리와 효소 반응의 조합이 펩타이드 결과에 영향을 줄 수 있음을 보여줍니다 [17].

고압처리도 단백질 구조와 효소 접근성에 영향을 줄 수 있는 기술입니다. 과일·채소 제품에 대한 고압처리 리뷰는 압력이 제품 특성과 품질에 미치는 영향을 다루지만, 단백질 기반 식물성 제형에서도 압력, 열, pH, 효소 처리 순서는 신중히 설계되어야 합니다 [9].



Figure 6. 파파인은 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제 유형과 달리 식물 유래 시스테인 프로테아제로, 다양한 단백질을 절단하는 데 유용하다는 점에서 가치가 있습니다.

파파인의 안정성과 보관 관점

파파인은 단백질 효소이므로 습기, 열, 산화, 부적절한 보관 조건에 의해 활성이 저하될 수 있습니다. 파파인의 화학적 안정성 향상을 위해 캡슐화 시스템을 검토한 리뷰는 파파인이 유용한 효소이지만 안정성 개선이 중요한 기술 주제임을 보여줍니다 [4].

식품 공정 관점에서는 보관 중 효소가 덩어리지는 문제, 수분 흡수, 장기 저장 후 반응성 변화가 품질 일관성에 영향을 줄 수 있습니다. 따라서 밀봉, 건조, 직사광선 회피, 과도한 열 노출 방지는 효소 원료 취급의 기본입니다.

고정화 효소나 나노입자 기반 효소 안정화 같은 기술도 연구되고 있으나, 이는 주로 효소 재사용성, 안정성, 공정 지속가능성을 높이기 위한 연구 분야입니다. 효소 고정화 리뷰는 나노입자 기반 접근이 효소의 안정성과 산업적 활용 가능성을 높이는 방향으로 논의되고 있음을 보여줍니다 [19].

식품용 파파인 적용 시 기대할 수 있는 품질 변화

파파인 처리 후 관찰될 수 있는 변화는 크게 네 가지입니다. 첫째, 단백질 평균 분자 크기가 작아지며 분산성이 개선될 수 있습니다. 둘째, 점도가 낮아져 펄핑, 여과, 농축, 분무건조 같은 공정성이 달라질 수 있습니다. 셋째, 펩타이드와 아미노산이 증가하면서 풍미가 더 진해지거나 복합적으로 바뀔 수 있습니다. 넷째, 유화성·기포성·계면 거동이 달라져 소스, 드레싱, 거품형 제품에서 기능 변화가 나타날 수 있습니다 [3].

그러나 같은 변화가 모든 제품에서 장점이 되는 것은 아닙니다. 예를 들어 음료에서는 점도 감소가 장점일 수 있지만, 소스에서는 바디감 손실로 인식될 수 있습니다. 조미 베이스에서는 강한 펩타이드 맛이 유리할 수 있지만, 중립적인 단백질 파우더에서는 쓴맛으로 평가될 수 있습니다.

따라서 파파인은 "기능 개선제"라기보다 "단백질 구조 조정 도구"로 이해하는 편이 더 정확합니다. 원하는 구조 변화와 원하지 않는 관능 변화를 동시에 만든다는 점을 전제로, 최종 제품의 목표에 맞춰 반응 범위를 설정해야 합니다.

동물성 단백질 연구가 식물 단백질 적용에 주는 참고점

이 제품의 주요 응용은 식물 단백질 가수분해이지만, 파파인은 동물성 단백질 연구에서도 널리 다뤄집니다. 우유 단백질을 대상으로 액티니딘, 브로멜라인, 파파인의 가수분해 동역학과 열역학을 비교한 연구는, 효소 종류에 따라 단백질 절단 반응의 속도와 특성이 달라질 수 있음을 보여줍니다 [10].



Figure 7. 일반적인 파파인 가수분해 공정은 식물성 단백질을 수화한 뒤 효소를 첨가하고, 접촉 시간을 조절하며, 반응을 불활성화한 다음 가수분해물을 혼합, 가열, 건조하거나 배합하는 과정으로 이루어집니다.

유청 단백질 가수분해 연구에서는 파파인 처리로 생성된 가수분해물에서 새로운 생리활성 펩타이드를 탐색하는 접근이 보고되었습니다 [18]. 야크 유청 단백질 농축물의 효소 가수분해 최적화와 펩타이드 분획의 생리활성 평가 연구도 있어, 단백질 가수분해가 펩타이드 기능 연구의 핵심 단계임을 보여줍니다 [20].

어류 부산물에서도 파파인 가수분해는 저가 바이오매스의 단백질 가수분해물 생산에 활용됩니다. 저가 어류 바이오매스와 가공 부산물을 파파인으로 가수분해해 어류 단백질 가수분해물을 생산하고 조성을 평가한 연구는, 파파인이 다양한 단백질 매트릭스를 펩타이드 원료로 전환하는 데 쓰일 수 있음을 시사합니다 [21].

이러한 동물성 단백질 연구는 파파인의 단백질 절단 능력을 이해하는 데 도움이 되지만, 식물 단백질에 그대로 대입할 수는 없습니다. 식물 단백질은 세포벽 잔류물, 전분, 섬유질, 폴리페놀, 항영양 인자와 결합되어 있는 경우가 많아 효소 접근성과 최종 관능이 다르게 나타납니다.

식물 단백질 가수분해에서 항영양 인자와 공정의 관계

식물성 원료에는 피틴산, 탄닌, 트립신 저해제, 폴리페놀 등 기능성과 제한성을 동시에 갖는 성분이 존재할 수 있습니다. 밀렛류의 물리화학적·생물학적·열 및 비열처리 리뷰는 주요 소수 밀렛의 항영양 및 항산화 특성이 가공 방식에 따라 달라질 수 있음을 정리합니다 [7].

파파인은 단백질분해효소이므로 항영양 인자를 직접 모두 제거하는 효소로 설명해서는 안 됩니다. 다만 단백질과 결합된 일부 성분의 접근성, 소화성, 물성에 간접적으로 영향을 줄 가능성은 있습니다. 실제 효과는 원료, 전처리, 열처리, 발효, 침지, 발아 같은 다른 공정과 함께 평가되어야 합니다.

손가락조와 같은 곡물 원료에서는 단백질 가수분해보다 전분 구조, 섬유질, 폴리페놀, 미네랄 결합 상태가 더 큰 품질 변수가 될 수 있습니다 [8]. 따라서 파파인은 곡물 전체 가공의 한 요소로 배치되어야 하며, 식물 원료의 영양학적·기술적 문제를 모두 해결하는 단독 솔루션으로 표현하는 것은 적절하지 않습니다.

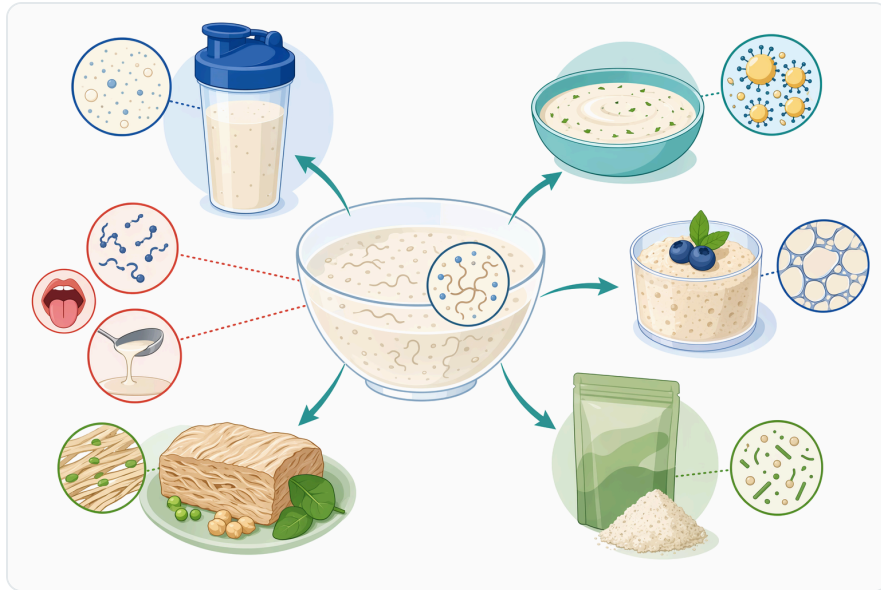


Figure 8. 파파인 가수분해는 분산성과 입안 느낌을 개선할 수 있지만, 펩타이드 분해가 과도하면 쓴맛이 생기거나 묵직한 질감이 줄어들 수 있습니다.

Enzymes.bio 제품의 사용 맥락

Enzymes.bio의 식품용 파파인 제품은 식물 단백질 가수분해를 주요 응용으로 하는 효소 원료입니다. Enzymes.bio는 제조사나 시험기관이 아니라 온라인 효소 공급업체이며, 제품은 1kg 단위로 직접 판매되는 형태로 제공됩니다.

주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 구매자는 제품 수령 후 내부 품질·안전·규정 관리 절차에 맞춰 문서를 보관하고 활용할 수 있습니다. 이 문서는 제품을 과장된 건강효능 소재로 소개하기보다, 식품 제조에서 단백질 가수분해, 펩타이드 생성, 풍미와 물성 조정을 위한 효소 원료로 이해하도록 돕는 기술 설명입니다.

파파인은 식품용 원료로 쓰일 수 있지만, 최종 제품의 표시, 알레르겐, 국가별 식품첨가물 또는 가공보조제 지위, 비건 표시, 유기농 표시, 할랄·코셔 등 인증 관련 판단은 최종 제품을 판매하는 업체의 규정 검토 범위에 속합니다. 특히 식물 단백질 가수분해물은 원료 단백질의 알레르겐성을 그대로 가질 수 있으므로, 효소 처리만으로 알레르겐 표시 의무가 사라진다고 판단해서는 안 됩니다.

실무자가 기억해야 할 핵심 해석

식품용 파파인은 식물 단백질을 더 짧은 펩타이드로 절단해 용해성, 분산성, 점도, 풍미, 계면 기능성을 바꾸는 효소입니다. 쌀, 대두, 녹두, 병아리콩, 햄프씨드, 밀렛류처럼 원료가 달라지면 단백질 구조와 비단백질 성분이 달라지므로 결과도 달라집니다 [2].

파파인의 강점은 다양한 단백질 기질에 작용할 수 있고, 산 가수분해보다 효소적 제어가 가능하다는 점입니다. 그러나 제한적 가수분해 범위를 벗어나면 쓴맛, 과도한 점도 저하, 열처리 후 불안정, 원하지 않는 후미가 나타날 수 있으므로 “많이 분해할수록 좋다”는 접근은 적절하지 않습니다 [3].

생리활성 펩타이드 연구는 파파인과 단백질 가수분해의 과학적 가능성을 보여주지만, 특정 건강 효과를 제품 자체의 기능으로 주장하려면 원료별, 분획별, 인체 적용성 검증이 별도로 필요합니다. 따라서 이 제품의 가장 명확한 포지션은 식물성 식품, 음료, 조미 베이스, 대체육, 단백질 파우더에서 단백질 가수분해를 통해 물성과 풍미를 설계하는 식품가공용 효소입니다.

Papain 1.5 Million U/G High Enzyme Activity For Plant Protein Hydrolysis Food Grade 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.

Papain 1.5 Million U/G High Enzyme Activity For Plant Protein Hydrolysis Food Grade 구매하기 →

참고문헌

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

1. Khatun, M., Saeid, A., Mozumder, N., & Ahmed, M. (2023). Extraction, purification and characterization of papain enzyme from papaya. *Food Research*.
2. Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A., & O'Mahony, J. (2017). The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 64, 1-12.
3. Zhang, X., Ma, X., Cao, S., Xiang, F., Hu, H., Zhu, J., Agyei, D., ... et al. (2025). Effect of protease species on structure, interfacial behavior, and foaming properties of limited enzyme hydrolysis products of soybean protein isolate and mung bean protein.. *Food Chemistry*, 493 Pt 3, 145926 .
4. Channamade, C., Raju, J. M., Vijayaprakash, S. B., Bora, R., & Shekhar, N. R. (2021). Promise Approach on Chemical Stability Enhancement of Papain by Encapsulation System: A Review. *Journal of Young Pharmacists*.
5. Wang, Q., & Xiong, Y. (2019). Processing, Nutrition, and Functionality of Hempseed Protein: A Review.. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18 4, 936-952 .
6. Kumar, N., Hong, S., Zhu, Y., Garay, A., Yang, J., Henderson, D., Zhang, X., ... et al. (2025). Comprehensive review of chickpea (Cicer arietinum): Nutritional significance, health benefits, techno-functionalities, and food applications.. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24 2, e70152 .

7. Balyatanda, S. B., Gowda, N. N., Subbiah, J., Chakraborty, S., Prasad, P., & Siliveru, K. (2024). Physiochemical, Bio, Thermal, and Non-Thermal Processing of Major and Minor Millets: A Comprehensive Review on Antinutritional and Antioxidant Properties. *Foods*, 13.
8. K, A., & Morya, S. (2022). A review on finger millet properties, processing, health benefits, and applications. *The Pharma Innovation*.
9. Goraya, R., Singla, M., Kaura, R., Singh, C., & Singh, A. (2024). Exploring the impact of high pressure processing on the characteristics of processed fruit and vegetable products: a comprehensive review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 65, 3856 - 3879.
10. Kaur, S., Vasiljevic, T., & Huppertz, T. (2023). Milk Protein Hydrolysis by Actinidin—Kinetic and Thermodynamic Characterisation and Comparison to Bromelain and Papain. *Foods*, 12.
11. Venetikidou, M., Lykartsis, E., Adamantidi, T., Prokopiou, V. D., Ofrydopoulou, A., Letsiou, S., & Tsoupras, A. (2025). Proteolytic Enzyme Activities of Bromelain, Ficin, and Papain from Fruit By-Products and Potential Applications in Sustainable and Functional Cosmetics for Skincare. *Applied Sciences*.
12. Genbrovit, I. P., Ningrum, A., & Manikharda (2026). Production of Okara Protein Hydrolysate With Bromelain-Papain Combination and Characterization of Physicochemical and Functional Properties. *Journal of Food Science*, 91 6, e71153 .
13. Bevilacqua, M., Praticò, G., Plesner, J., Molloy, M., Skov, T., & Larsen, F. H. (2017). Solubilization of industrial grade plant protein by enzymatic hydrolysis monitored by vibrational and nuclear magnetic resonance spectroscopy: A feasibility study. *Food Research International*, 102, 256-264 .
14. Patra, M., Bashir, O., Amin, T., Wani, A., Shams, R., Chaudhary, K. S., Mirza, A., ... et al. (2023). A comprehensive review on functional beverages from cereal grains-characterization of nutraceutical potential, processing technologies and product types. *Heliyon*, 9.
15. Kiss, A., Elhawat, N., Kovács, Z., Kaszás, L., Béni, Á., Domokos-Szabolcsy, É., & Alshaal, T. (2025). Optimizing mung bean and soybean hydrolysis for the generation of bioactive peptides of potential functional food applications. *Food chemistry: X*, 30.
16. Dey, D., Singh, G., Ishwarya, P., & Mateen, A. (2024). Functionality and Extrusion Processing of Millets - A Review. *Food reviews international (Print)*, 40, 3605 - 3633.
17. Pacheco, A. F. C., Pacheco, F. C., Cunha, J. S., Nalon, G. A., Gusmão, J. V. F., Santos, F. R., Andressa, I., ... et al. (2025). Physicochemical Properties and In Vitro Antioxidant Activity Characterization of Protein Hydrolysates Obtained from Pumpkin Seeds Using Conventional and Ultrasound-Assisted Enzymatic Hydrolysis. *Foods*, 14.
18. Czelej, M., Garbacz, K., Czernecki, T., Rachwał, K., Wawrzykowski, J., & Waśko, A. (2025). Whey Protein Enzymatic Breakdown: Synthesis, Analysis, and Discovery of New Biologically Active Peptides in Papain-Derived Hydrolysates. *Molecules*, 30.
19. Abdel-Mageed, H. M. (2025). Frontiers in nanoparticles redefining enzyme immobilization: a review addressing challenges, innovations, and unlocking sustainable future potentials. *Micro and Nano Systems Letters*, 13.

20. Hao, L., Li, X., Zhao, B., Song, X., Zhang, Y., & Liang, Q. (2024). Enzymatic Hydrolysis Optimization of Yak Whey Protein Concentrates and Bioactivity Evaluation of the Ultrafiltered Peptide Fractions. *Molecules*, 29.
21. Niharika, C., Yusufzai, S., Mori, M., Jha, A. K., Jora, K. M., & Rajkumar, D. (2026). Utilization of Low-Value Fish Biomass and Processing By-Products through Papain Hydrolysis: Production and Proximate Composition of a Fish Protein Hydrolysates. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*.


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