

파파인 효소(Papain Enzyme)로 쇠고기·스테이크 연육하기: 식감 개선과 육가공 응용

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

파파인 효소는 파파야 유래 cysteine protease로, 쇠고기와 스테이크의 근원섬유 단백질 및 일부 결합조직 단백질을 부분적으로 절단해 씹힘 저항을 낮추는 연육용 효소입니다. 특히 질긴 부위, 얇은 슬라이스육, 마리네이드형 ready-to-cook 제품에서 식감 균일화에 활용될 수 있으며, 과도한 반응은 표면 과연화와 흐물거림을 만들 수 있으므로 시간·온도·접촉 방식의 제어가 핵심입니다 [1]. Enzymes.bio는 제조사나 실험실이 아니라 효소 공급 업체이며, Papain Enzyme For Beef And Steak Tenderizing 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 구매할 수 있고 CoA와 SDS는 주문 시 함께 제공됩니다.

파파인 효소가 쇠고기와 스테이크 연육에 쓰이는 이유

파파인(papain)은 파파야에서 얻어지는 단백질분해효소로, 식품 산업에서 오래 사용되어 온 식물성 protease 중 하나입니다. 파파인의 핵심 기능은 단백질 사슬의 펩타이드 결합을 절단해 더 짧은 단백질 조각과 펩타이드를 형성하는 것이며, 이 반응이 육류에서는 근섬유 구조의 단단함과 결합조직 성 질감을 완화하는 방향으로 작용합니다 [2].

쇠고기 연도(tenderness)는 소비자가 스테이크를 평가할 때 가장 직접적으로 체감하는 품질 지표입니다. 같은 등심, 우둔, 설도, 양지 계열 원료라도 동물의 연령, 사후 숙성 정도, 결합조직 함량, 절단 방향, 냉동·해동 이력, 조리 온도에 따라 질감이 크게 달라집니다. 육류 가공에서 효소 반응은 이러한 식감 편차를 줄이는 수단으로 다뤄져 왔으며, 육류 가공에서 효소 반응의 역할을 정리한 리뷰에서도 protease 기반 처리는 조직감 조정과 공정 강화를 위한 주요 접근으로 설명됩니다 [3].

파파인은 “고기를 녹이는 첨가물”이 아니라, 단백질 구조를 부분적으로 느슨하게 만드는 공정 도구에 가깝습니다. 적절히 적용하면 씹을 때의 초기 저항, 섬유질처럼 찢어지는 느낌, 조리 후 단단함을 완화할 수 있습니다. 반대로 반응이 지나치면 스테이크 특유의 탄력과 결이 사라지고, 표면이 물러지거나 잘린 면이 쉽게 무너질 수 있습니다. 따라서 파파인 연육은 단순히 효소를 넣는 문제가 아니라, 목표 식감에 맞게 단백질 분해의 깊이를 조절하는 문제입니다.

연육 메커니즘: 파파인이 고기 조직에서 바꾸는 것

근원섬유 단백질의 부분 가수분해

쇠고기의 씹힘 저항은 근육 세포 내부의 근원섬유 구조와 밀접합니다. 근원섬유는 수축 단백질과 구조 단백질이 규칙적으로 배열된 조직이며, 조리 중 열에 의해 수축하고 수분을 잃으면서 더 단단하게 느껴질 수 있습니다. 사후 숙성 중에는 고기 자체의 내재 효소가 일부 근원섬유 단백질을 분해해 연도를 개선하는데, 파파인은 외부에서 이와 유사한 방향의 단백질 절단을 유도하는 protease로 이 해할 수 있습니다 [4].

파파인이 근원섬유 단백질에 작용하면 긴 단백질 네트워크가 더 짧고 덜 연속적인 구조로 바뀝니다. 이 변화는 칼로 자를 때의 저항, 어금니로 압축할 때의 탄성, 씹는 동안 섬유가 끊어지는 속도에 영향을 줍니다. 중요한 점은 "완전 분해"가 목표가 아니라는 것입니다. 스테이크와 구이용 쇠고기는 일정한 탄력과 섬유감을 유지해야 하므로, 파파인 처리는 근육 구조를 무너뜨리는 수준이 아니라 부분적으로 풀어 주는 수준에서 설계되어야 합니다.

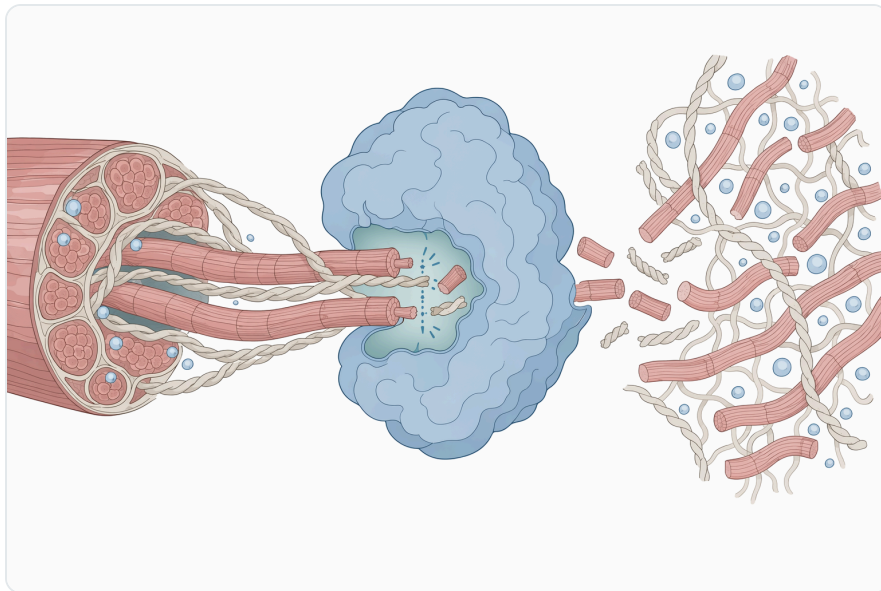


Figure 1. 파파인은 접근 가능한 육류 단백질을 분해해 근육 구조가 물거나 씹을 때 덜 저항하도록 만들어 쇠고기를 연하게 한다.

결합조직과 콜라겐성 질감의 완화

질긴 쇠고기 부위에서는 근섬유 자체뿐 아니라 근육 다발을 감싸는 결합조직이 식감을 좌우합니다. 콜라겐은 결합조직의 주요 단백질이며, 나이가 많은 동물이나 운동량이 많은 부위에서는 더 질긴 씹힘을 만들 수 있습니다. 파파인은 특정 collagenase처럼 콜라겐만 선택적으로 절단하는 효소로 단순화할 수는 없지만, 폭넓은 단백질분해 작용을 통해 결합조직 주변 단백질 네트워크를 느슨하게 만들 수 있습니다.

콜라겐 분해와 단백질 용해도 증가는 육류 및 육류 부산물의 효소적 가수분해 연구에서 중요한 현상으로 다뤄집니다. 예를 들어 collagen degradation이 효소 가수분해 중 질소 용해도 증가와 연결된다는 연구는, 결합조직성 단백질이 분해될 때 조직의 물리적 특성과 용해성 단백질 분획이 함께 변할 수 있음을 보여줍니다 [5]. 또한 파파인을 이용한 collagen extraction 연구는 파파인이 콜라겐이 많은 동물성 원료 처리에서 단백질 구조를 변화시키는 데 활용될 수 있음을 뒷받침합니다 [6].

펩타이드 생성과 수분 보유 특성의 변화

파파인 처리 후에는 고기 단백질 일부가 펩타이드와 더 작은 단백질 조각으로 전환됩니다. 이러한 가수분해 산물은 조직을 느슨하게 만들 수 있지만, 동시에 수분 보유, 조리 손실, 표면 점착성, 마리네이드 흡수감에도 영향을 줄 수 있습니다. 단백질 가수분해가 진행되면 단백질의 전하 분포와 물 결합 가능 부위가 달라질 수 있기 때문입니다.

버팔로 고기 육포 연구에서는 서로 다른 파파인 처리 수준이 연도와 수분 결합 능력에 영향을 줄 수 있음을 분석했습니다 [7]. 이 결과를 쇠고기 스테이크에 그대로 대입할 수는 없지만, 파파인 처리가 단순히 "부드러움"만 바꾸는 것이 아니라 건조·가열·저장 후의 수분 관련 품질까지 함께 바꿀 수 있음을 시사합니다. 따라서 스테이크용, 육포용, 마리네이드용 제품은 같은 파파인이라도 목표 품질을 다르게 설정해야 합니다.

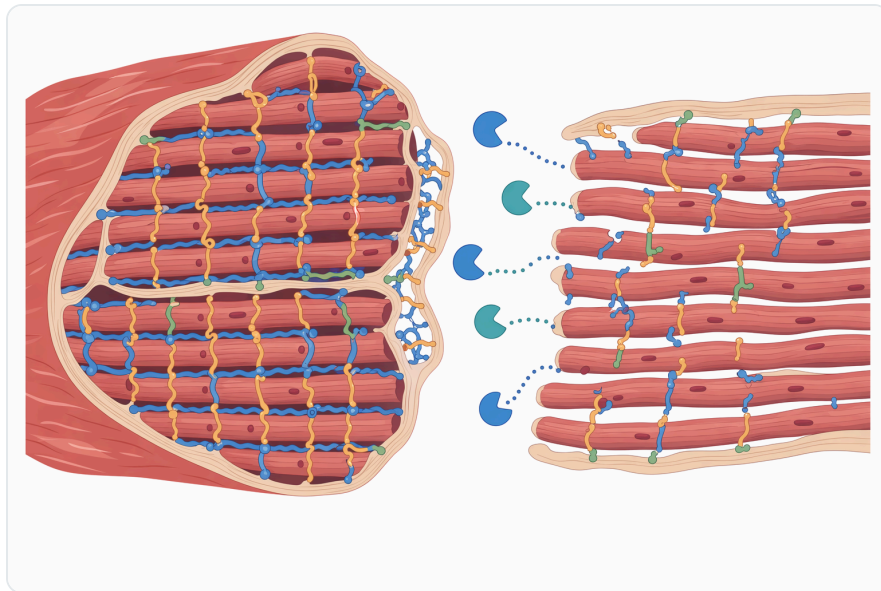


Figure 2. 조절된 파파인 처리는 섬유질의 고기 구조를 무너뜨리지 않으면서 근육 및 결합조직 관련 구조의 단백질 결합을 약화시킨다.

파파인 연육이 특히 유용한 쇠고기 제품군

스테이크와 구이용 포션육

스테이크에서 파파인의 역할은 두껍고 질긴 조직을 무조건 연하게 만드는 것이 아니라, 표면과 절단면 근처의 씹힘 저항을 완화해 조리 후 식감을 개선하는 것입니다. 특히 조리 시간이 짧은 팬시어링, 그릴, 급속 조리 제품에서는 원료육 자체의 질감이 그대로 드러나기 쉬우므로, 조리 전 마리네이드나 표면 처리와 결합한 효소 연육이 실무적으로 의미를 가질 수 있습니다.

다만 두꺼운 스테이크에서는 효소가 내부까지 균일하게 이동하지 않습니다. 표면에 접촉한 파파인은 먼저 외층 단백질을 분해하고, 내부는 상대적으로 덜 영향을 받을 수 있습니다. 이런 차이를 고려하지 않으면 겉은 지나치게 부드럽고 중심부는 여전히 질긴 제품이 될 수 있습니다. 육류 공정에서 효소 반응과 새로운 처리기술을 결합하려는 연구가 이어지는 이유도, 효소 접촉성과 침투성을 관리하는 것이 식감 균일화에 중요하기 때문입니다 [3].

얇은 슬라이스육과 볶음·불고기형 제품

얇게 절단된 쇠고기는 표면적이 넓고 두께가 작아 파파인과 빠르게 접촉합니다. 따라서 짧은 처리만으로도 식감 변화가 나타날 수 있으며, 두꺼운 스테이크보다 과연화 위험도 큼니다. 불고기, 볶음용, 샤브샤브용, 즉석조리용 슬라이스육에서는 파파인이 마리네이드의 염, 당, 산미, 향신 성분과 함께 작용해 조리 후 질감을 줄이는 데 도움을 줄 수 있습니다.

이 제품군에서 중요한 것은 효소 처리 후에도 절단면이 무너지지 않고, 팬이나 그릴에서 조리했을 때 형태를 유지하는 것입니다. 단백질 분해가 과도하면 익히기 전에는 부드러워 보여도 조리 중 수분이 빠지고 표면이 점착적으로 변할 수 있습니다. 따라서 얇은 제품일수록 "강한 연육"보다 "짧고 균일한 표면 반응"을 목표로 하는 편이 바람직합니다.

육포, 건조육, ready-to-cook 제품

건조육과 육포에서는 연육과 수분 관리가 동시에 중요합니다. 원료육이 질기면 건조 후 씹기 어려운 제품이 되고, 반대로 단백질이 과도하게 분해되면 건조 과정에서 조직이 약해져 절단성이나 씹는 즐거움이 떨어질 수 있습니다. 파파인을 이용한 버팔로 고기 육포 연구는 효소 처리가 연도뿐 아니라 수분 결합 능력과도 연결될 수 있음을 보여 주며, 건조육 제품에서 효소 적용을 설계할 때 조직감과 수분 특성을 함께 봐야 한다는 점을 시사합니다 [7].

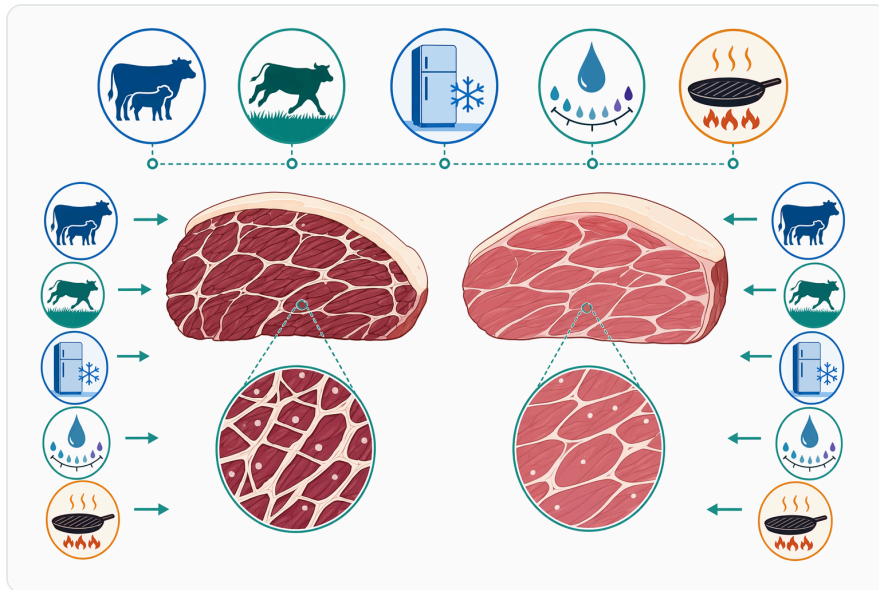


Figure 3. 쇠고기의 연도는 근육의 생물학적 특성, 결합조직, 사후 처리, pH, 조리 조건이 최종 식감에 모두 영향을 미치기 때문에 달라진다.

ready-to-cook 쇠고기 제품에서는 파파인이 마리네이드형 소스, 브라인, 진공 텀블링, 표면 코팅과 결합될 수 있습니다. 이때 효소는 향미 성분이 아니라 단백질 구조를 바꾸는 기능 성분이므로, 최종 제품의 목표가 "스테이크 같은 탄력"인지 "부드럽게 씹히는 양념육"인지에 따라 적용 강도를 달리해야 합니다.

파파인, 다른 연육 접근법과의 비교

파파인은 대표적인 식물성 protease이지만, 육류 연육에는 여러 접근법이 존재합니다. 자연 숙성, 기계적 tenderizing, 마리네이드, 염지, 가열 조건 조절, 다른 식물성 protease 사용 등은 서로 대체 관계이기도 하고 조합 관계이기도 합니다. 아래 표는 쇠고기·스테이크 연육 관점에서 주요 접근법의 차이를 정리한 것입니다.

접근법	주요 작용 지점	기대되는 식감 변화	강점	주의점
파파인 효소	근원섬유 단백질, 결합조직 주변 단백질의 부분 가수분해	씹힘 저항 감소, 표면 연화, 질긴 부위의 식감 완화	마리네이드·브라인·슬라이스육 적용이 비교적 유연함	과도한 반응 시 표면 과연화, 흐물거림, 조직 붕괴 가능
자연 숙성	고기 내재 효소에 의한 사후 단백질 분해	풍미 발달과 연도 개선	전통적이며 제품 이미지가 좋음	시간, 냉장 공간, 재고 관리 부담
actinidin 등 다른 식물성 protease	특정 근육 단백질 가수분해	효소별로 다른 단백질 분해 패턴	파파인과 다른 식감 프로파일 설계 가능	효소별 반응성이 달라 동일 조건 적용이 어려움

접근법	주요 작용 지점	기대되는 식감 변화	강점	주의점
기계적 tenderizing	물리적 절단·천공·충격	즉각적인 조직 약화	효소 없이 빠른 효과	표면 오염 관리와 조직 손상 관리 필요
가열·비가열 공정 조합	단백질 변성, 효소 활성 변화, 수분 이동	조리감, 탄력, 보수력 변화	살균·품질 설계와 병행 가능	색, 산화, 수분 손실, 효소 반응 정지 시점 관리 필요

키위 유래 actinidin의 쇠고기 근육 단백질 가수분해 연구는 식물성 protease마다 근육 단백질에 대한 작용 양상이 다를 수 있음을 보여 줍니다 [8]. 따라서 파파인을 다른 효소와 단순히 “더 강하다/약하다”로 비교하기보다는, 어떤 제품 형태에서 어떤 식감 변화를 원하는지에 따라 선택해야 합니다. 파파인은 폭넓은 단백질분해 특성과 식품 산업 내 오랜 사용 경험 때문에 쇠고기 연육에서 실용성이 높은 효소로 평가됩니다 [1].

공정 설계에서 중요한 변수

접촉 방식: 표면 처리, 마리네이드, 브라인

파파인은 고기와 직접 접촉해야 작용합니다. 가장 단순한 방식은 표면에 분산시키거나 마리네이드에 포함해 고기 표면과 접촉시키는 것입니다. 슬라이스육처럼 얇은 제품에서는 이 방식만으로도 충분한 식감 변화가 나타날 수 있습니다. 반면 두꺼운 스테이크나 블록육에서는 표면과 내부의 차이가 커질 수 있어, 제품 목표에 따라 텀블링, 진공 마리네이드, 주입형 공정 등이 검토될 수 있습니다.

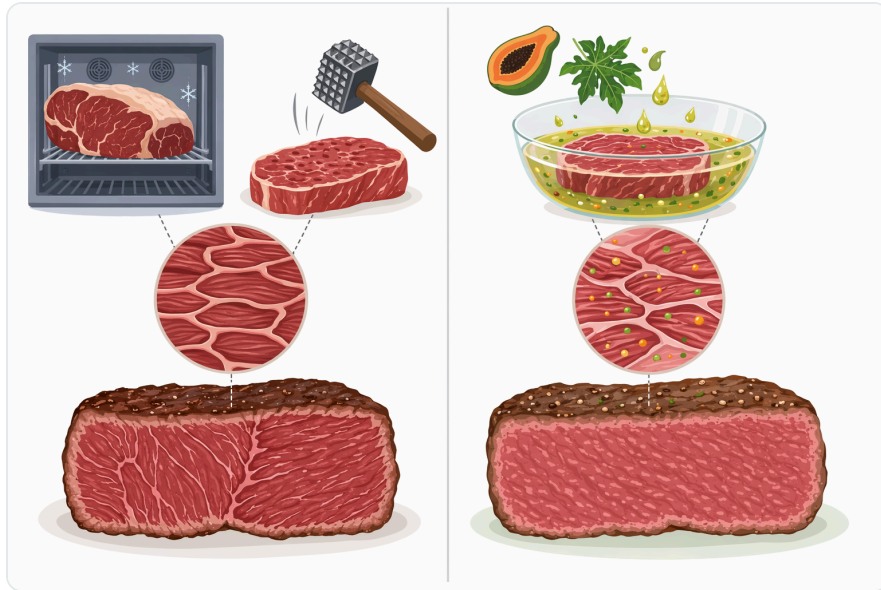


Figure 4. 파파인, 브로멜라인, 피신, 그리고 숙성 과정의 내인성 효소는 모두 단백질 분해를 통해 고기를 연하게 하지만, 원료, 실제 활용 방식, 작용 속도, 조절상의 위험성은 서로 다르다.

브라인이나 마리네이드에 파파인을 포함할 때는 염, 산미 성분, 당류, 향신료, 유화 성분이 효소 반응 환경을 바꿀 수 있습니다. 파파인의 단백질분해는 pH와 온도에 영향을 받기 때문에, 마리네이드 조성은 맛뿐 아니라 효소 작용의 속도와 깊이에도 관여합니다. 육류 가공에서 효소 반응은 원료, 공정, 최종 품질이 함께 움직이는 시스템으로 다뤄져야 하며, 단일 조건만으로 결과를 예측하기 어렵습니다 [3].

시간과 온도: “많이, 오래”가 답이 아니다

파파인 처리에서 가장 흔한 실패는 효소 반응을 과도하게 진행시키는 것입니다. 연육이 부족하면 질긴 식감이 남지만, 연육이 지나치면 고기 표면이 물러지고 씹는 구조가 사라집니다. 특히 얇은 슬라이스육, 다짐 전 원료, 표면적이 큰 절단육에서는 반응이 빠르게 누적될 수 있습니다.

온도는 효소 반응 속도와 식품 안전을 동시에 좌우합니다. 높은 온도는 일반적으로 단백질분해 반응을 빠르게 할 수 있지만, 원료육의 미생물 증식 위험, 색 변화, 산화, 수분 손실도 함께 고려해야 합니다. 열처리나 조리가 시작되면 단백질 효소의 활성이 감소하거나 정지되므로, 실제 연육 정도는 조리 전 접촉 시간과 보관 조건에서 대부분 결정됩니다. 육류의 열·비열 처리기술은 단백질, 감각 품질, 화학적 변화, 산화 특성을 복합적으로 바꾸므로 효소 처리와 함께 설계할 때 상호작용을 고려해야 합니다 [4].

pH와 염: 효소 반응과 육질 품질의 균형

파파인은 pH 환경에 따라 작용성이 달라질 수 있습니다. 하지만 실제 쇠고기 마리네이드에서는 효소 활성만 최대화하는 것이 목표가 아닙니다. pH가 지나치게 낮거나 높으면 고기의 색, 보수력, 조리 중 수분 손실, 향미 안정성에 영향을 줄 수 있습니다. 염도 역시 단백질 추출성과 수분 보유에 관여하며, 효소가 만들어 내는 조직 변화와 함께 최종 식감을 결정합니다.

최근 육류 산업에서는 인산염 대체, 저염 제품, 클린 라벨 접근이 함께 논의되고 있습니다. 인산염 대체 관련 리뷰에서는 육가공에서 보수력, 조직감, 산화 안정성, 규제·소비자 수용성이 복합 과제로 다뤄진다고 설명합니다 [9]. 파파인은 인산염의 직접 대체제가 아니라 단백질 구조 조정 도구이지만, 저염 또는 차별화된 식감 설계 제품에서 다른 기능성 성분과 함께 검토될 수 있습니다.

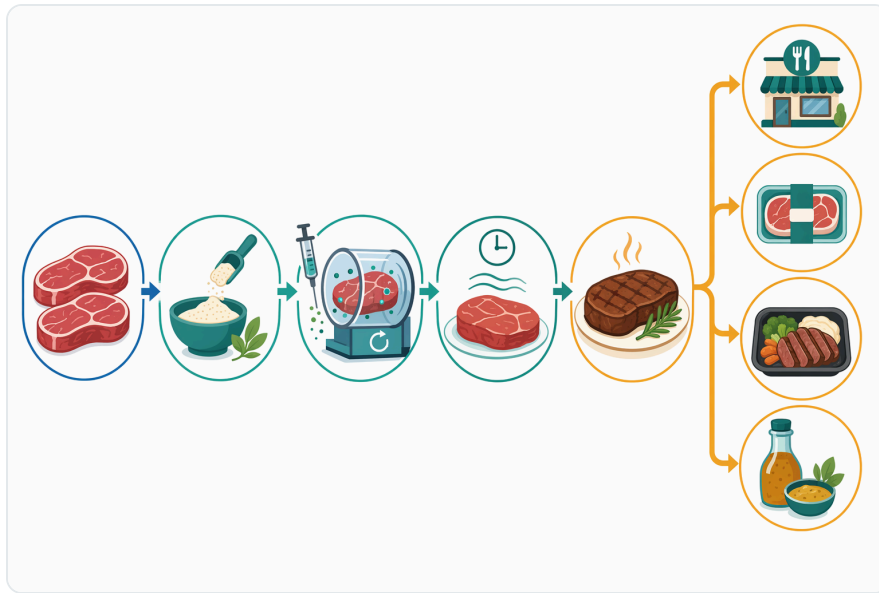


Figure 5. 마리네이드, 염지액, 텀블링, 표면 처리는 파파인이 조리 전에 고기 단백질과 접촉할 수 있도록 고르게 퍼지게 하는 데 도움이 된다.

품질 개선 효과와 한계의 균형

파파인의 가장 직접적인 장점은 질긴 쇠고기의 씹힘 저항을 낮출 수 있다는 점입니다. 이는 원료육 활용 범위를 넓히고, 부위별 식감 편차를 줄이며, ready-to-cook 제품의 소비자 만족도를 높이는 데 기여할 수 있습니다. 특히 일정한 조리 편의성과 부드러운 식감을 요구하는 B2B 식품가공 환경에서는 효소 연육이 원료 표준화 수단으로 활용될 여지가 큼니다.

그러나 파파인은 품질 문제를 모두 해결하는 만능 처리가 아닙니다. 지방 함량이 낮아 딱딱한 고기, 냉동 손상으로 드립이 많은 원료, 조리 조건이 과도해 수분 손실이 큰 제품에서는 파파인만으로 육즙감과 풍미를 복원하기 어렵습니다. 또한 단백질분해가 진행될수록 조직은 부드러워지지만, 스테이크다운 탄력과 씹는 결은 약해질 수 있습니다. 따라서 파파인의 성공적인 사용은 “부드러움의 최대화”가 아니라 “목표 제품에 맞는 연도와 조직감의 균형”에 달려 있습니다.

단백질 가수분해는 식품 단백질의 기능성에도 영향을 줍니다. 육류 부산물 및 공동생산물에서 단백질 효소 가수분해를 다룬 리뷰는 효소 처리 조건에 따라 용해도, 펩타이드 생성, 기능적 특성이 달라질 수 있음을 정리합니다 [10]. 이 원리는 스테이크 연육에도 적용됩니다. 즉, 파파인은 식감 개선을 돕지만 동시에 수분, 표면 상태, 조리 후 조직 안정성에 변화를 줄 수 있으므로 제품별 검증이 필요합니다.

식품 안전과 위생 관리: 파파인은 살균 공정이 아니다

파파인 처리는 육류 안전관리 공정을 대체하지 않습니다. 효소가 일부 미생물 세포 구조나 단백질 환경에 간접적 영향을 줄 가능성이 논의될 수는 있지만, 파파인의 주목적은 살균이 아니라 연육입니다. 원료육의 미생물 오염은 도축, 절단, 냉장, 포장, 유통, 조리 전 취급 조건에 의해 좌우되며, 효소 처리만으로 관리할 수 없습니다.

현대 원료육 처리에서 미생물 오염 저감은 물리적·화학적·비가열 기술, 위생적 취급, 냉장 체계, 열처리 조건 등을 포함하는 통합 관리 문제로 다뤄집니다 [11]. 따라서 파파인을 적용한 쇠고기 제품도 기존의 HACCP, 냉장보관, 교차오염 방지, 적정 조리 기준을 유지해야 합니다. 특히 주입, 텀블링, 기계적 tenderizing처럼 표면과 내부가 더 많이 접촉하는 공정에서는 위생 관리의 중요성이 커집니다.

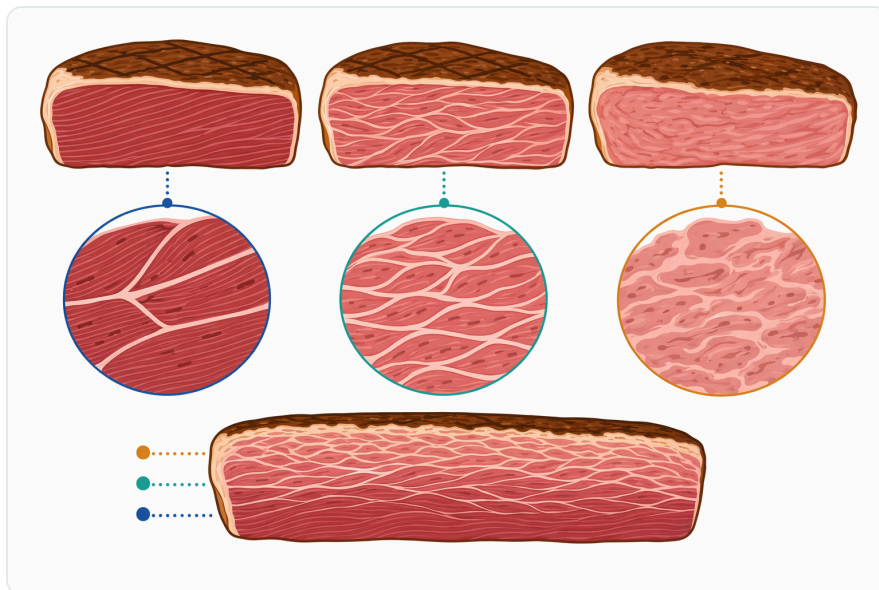


Figure 6. 파파인에 너무 오래 또는 과도하게 노출되면 단백질 구조가 지나치게 분해되어 과도한 연화가 발생하며, 특히 표면이나 균일하게 처리되지 않은 고기 조각에서 두드러진다.

게임미트의 수확 후 처리와 미생물 안전성을 다룬 체계적 검토에서도, 육류 안전성은 단일 처리보다 처리 단계 전반의 관리와 연결된다는 관점이 강조됩니다 [12]. 쇠고기와 스테이크에 파파인을 사용할 때도 동일합니다. 효소는 식감을 조정하는 도구이고, 식품 안전은 별도의 공정관리 체계로 확보해야 합니다.

B2B 적용 관점: 어떤 제품 목표에 맞는가

Papain Enzyme For Beef And Steak Tenderizing은 다음과 같은 B2B 제품 개발 상황에 적합합니다. 첫째, 상대적으로 질긴 부위를 더 부드러운 구이용·조리용 제품으로 전환하려는 경우입니다. 둘째, 원료육 편차가 큰 상황에서 일정한 식감 기준을 맞추려는 경우입니다. 셋째, 마리네이드형 쇠고기, 슬라이스육, 볶음용, ready-to-cook 제품처럼 조리 전 전처리 단계가 있는 제품입니다.

반면, 고급 숙성 스테이크처럼 자연 숙성 풍미와 탄력 있는 조직감을 강조하는 제품에서는 파파인의 적용 강도를 매우 신중히 조절해야 합니다. 파파인 처리가 강하면 연도는 개선될 수 있지만, 건조숙성이나 습식숙성에서 기대하는 복합 풍미와 고유 조직감은 효소 반응만으로 대체할 수 없습니다. 또한 매우 두꺼운 포션육에서 내부까지 균일한 연육을 기대하는 경우에는 접촉 방식과 침투성 한계를 고려해야 합니다.

파파인은 식물성 효소라는 점에서도 제품 설계상 장점이 있습니다. 파파인의 산업적 응용을 다룬 리뷰들은 식품, 단백질 가공, 육류 연화 등 여러 분야에서 파파인이 활용되어 왔음을 설명합니다 [13]. 다만 "식물성"이라는 원료 특성만으로 모든 소비자 요구나 규제 요건을 충족한다고 볼 수는 없으며, 완제품 표기와 사용 적합성은 해당 시장의 식품 규정에 따라 확인되어야 합니다.

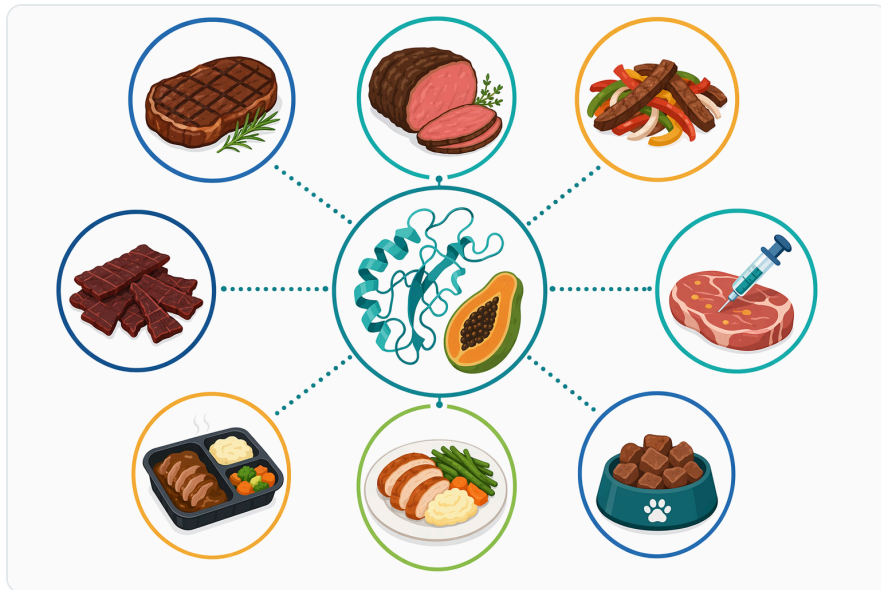


Figure 7. 파파인은 더 부드러운 식감이 분명한 장점이 되는 양념 스테이크, 쇠고기 스트립, 얇게 썬 고기, 큐브 형태의 고기, 즉석식품 구성 재료, 부가가치 제품에 가장 잘 맞는다.

Enzymes.bio에서의 공급 형태와 문서 제공

Enzymes.bio는 효소를 직접 제조하거나 분석하는 실험실이 아니라, 산업 및 식품가공 응용을 위한 효소를 온라인으로 공급하는 B2B 효소 공급업체입니다. Papain Enzyme For Beef And Steak Tenderizing 제품은 1kg 단위로 온라인에서 직접 구매할 수 있으며, 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다.

이 제품을 검토할 때는 파파인을 완제품 레시피의 향미 성분이 아니라 단백질 구조를 조정하는 가공 보조적 효소로 이해하는 것이 적절합니다. 실제 적용 조건은 원료육 부위, 절단 두께, 마리네이드 조성, 보관 조건, 조리 방식, 목표 식감에 따라 달라집니다. 따라서 제품 개발 단계에서는 소량 배합 변화보다도 “어느 지점에서 효소 반응을 멈추고 어떤 조리감으로 연결할 것인가”를 중심으로 설계해야 합니다.

실무적으로 기억해야 할 핵심

파파인 효소는 쇠고기와 스테이크 연육에서 검증된 생화학적 원리를 가진 protease입니다. 근원섬유 단백질과 결합조직 주변 단백질의 부분 가수분해를 통해 질긴 식감을 낮추고, 슬라이스육·마리네이드육·ready-to-cook 제품의 식감 균일화에 도움을 줄 수 있습니다. 그러나 효소 반응은 누적되므로 시간, 온도, 접촉 방식, pH, 염, 조리 전 대기 조건을 함께 관리해야 합니다.

가장 좋은 결과는 “가장 많이 분해한 고기”가 아니라 “제품 목적에 맞게 적당히 풀린 고기”에서 나옵니다. 파파인은 질긴 원료의 활용성을 높이고 스테이크와 쇠고기 제품의 부드러움을 개선할 수 있지만, 과처리하면 조직 붕괴와 부자연스러운 식감이 생길 수 있습니다. 따라서 Papain Enzyme For Beef And Steak Tenderizing은 부드러움, 형태 유지, 육즙감, 조리 안정성의 균형을 설계하는 효소로 사용하는 것이 가장 적절합니다.

Papain Enzyme For Beef And Steak Tenderizing 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 Enzyme For Beef And Steak Tenderizing 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Fernández-Lucas, J., Castaneda, D., & Hormigo, D. (2017). New trends for a classical enzyme: Papain, a biotechnological success story in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*, 68, 91-101.
2. Choudhary, R., Kaushik, R., Chawla, P., & Manna, S. (2024). Exploring the extraction, functional properties, and industrial applications of papain from *Carica papaya*. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
3. Abril, B., Bou, R., García-Pérez, J. V., & Benedito, J. (2023). Role of Enzymatic Reactions in Meat Processing and Use of Emerging Technologies for Process Intensification. *Foods*, 12.
4. Khalid, W., Maggiolino, A., Kour, J., Arshad, M., Aslam, N., Afzal, M. F., Meghwar, P., ... et al. (2023). Dynamic alterations in protein, sensory, chemical, and oxidative properties occurring in meat during thermal and non-thermal processing techniques: A comprehensive review. *Frontiers in Nutrition*, 9.
5. Anzani, C., Prandi, B., Tedeschi, T., Baldinelli, C., Sorlini, G., Wierenga, P., Dossena, A., ... et al. (2018). Degradation of Collagen Increases Nitrogen Solubilisation During Enzymatic Hydrolysis of Fleshing Meat. *Waste and Biomass Valorization*, 9, 1113-1119.
6. Maliha, M., Rashid, T., & Rahman, M. M. (2024). A green strategy for collagen extraction from tannery raw trimmings using papain enzyme: Process optimization by MW-TOPSIS for enhanced yield. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130040 .
7. Amhar, Dzarnisa, Fitri, C. A., Mudatsir, & Afdhal (2025). Analysis of the tenderness and water binding capacity of buffalo meat jerky due to the use of papain enzyme at different levels. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 1510.
8. Lewis, D., & Luh, B. (1988). APPLICATION OF ACTINIDIN FROM KIWI FRUIT TO MEAT TENDERIZATION AND CHARACTERIZATION OF BEEF MUSCLE PROTEIN HYDROLYSIS. *Journal of Food Biochemistry*, 12, 147-158.
9. Molina, R., Bohrer, B., & Mejía, S. M. V. (2023). Phosphate alternatives for meat processing and challenges for the industry: A critical review. *Food Research International*, 166, 112624 .
10. Oro, C. E. D., Mulinari, J., Meneses, A. C., Magro, D. D., Paliga, M., Zin, G., & Oliveira, J. V. (2025). Enzymatic hydrolysis of proteins derived from co- and by-products of the meat industry: a review. *European Food Research and Technology*, 251, 2097 - 2108.
11. Vovkotrub, V., Kowalewska, I., Czerniawska-Piątkowska, E., Iakubchak, O., & Hryb, J. (2024). Modern methods of raw meat processing to reduce microbial contamination. *Ukrainian journal of veterinary sciences*.
12. Ayaz, N., Aydin, A., Bilska-Zajac, E., Branciaro, R., Deksne, G., Economou, V., Futoma-Kołodziej, B., ... et al. (2026). The Effectiveness of Postharvest Processing on Microbiological Safety of Game Meat—A Systematic Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 25.
13. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., Kurbonov, N., Ibragimov, I., ... et al. (2020). Study on industrial applications of papain: A succinct review. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 614.


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