

Bulk Food Additive Gelatin Hydrolase: 젤라틴 가수분해, 콜라겐 펩타이드 및 식품가공용 단백질 분해 효소

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

Bulk Food Additive Gelatin Hydrolase는 젤라틴과 콜라겐 유래 단백질의 펩타이드 결합을 절단해 더 작은 펩타이드 분획으로 전환하는 식품가공용 단백질 가수분해 효소입니다. 주된 응용은 가수분해 콜라겐, 콜라겐 펩타이드, 저점도 젤라틴 분획, 수산·축산 부산물 유래 단백질 소재화 공정입니다. Enzymes.bio는 제조사나 실험실이 아니라 온라인 효소 공급업체이며, 해당 제품은 1kg 단위로 직접 구매되는 산업·식품가공용 효소로 이해하는 것이 적절합니다.

젤라틴 하이드롤레이스가 겨냥하는 원료: 젤라틴은 이미 변성된 콜라겐이다

젤라틴은 콜라겐을 열, 산, 알칼리 또는 기타 전처리로 부분 변성해 얻는 단백질 소재입니다. 콜라겐의 삼중나선 구조가 풀리면서 물에 팽윤·용해될 수 있는 젤라틴 사슬이 형성되고, 이 사슬은 냉각 시 다시 물리적 네트워크를 만들며 겔화와 점도 상승을 유도합니다. 식품에서 젤라틴은 겔 형성, 조직감 부여, 안정화, 수분 보유, 필름 형성, 캡슐화 같은 기능으로 사용되며, 최근 리뷰에서도 젤라틴이 식품 기능성 소재로 폭넓게 검토되고 있습니다^[1].

젤라틴 하이드롤레이스는 이 고분자 단백질 사슬을 더 짧은 펩타이드로 나누는 공정 효소입니다. 젤라틴 자체가 콜라겐보다 효소 접근성이 높은 경우가 많기 때문에, 콜라겐 원료를 직접 처리하기보다 먼저 젤라틴화하거나 부분 변성한 뒤 효소 가수분해로 펩타이드 분획을 만드는 흐름이 산업적으로 자주 고려됩니다. 어류 뼈 젤라틴의 효소적 가수분해를 통해 생리활성 펩타이드 생산을 검토한 연구처럼, 젤라틴은 단순 겔 소재를 넘어 펩타이드 원료의 중간 기질로도 다뤄집니다^[2].

작동 기전: 펩타이드 결합 절단이 점도, 겔화성, 용해성을 바꾼다

젤라틴 하이드롤레이스의 핵심 반응은 단백질 사슬 안의 펩타이드 결합 가수분해입니다. 효소의 활성 부위는 젤라틴 사슬의 특정 아미노산 배열이나 구조적으로 노출된 결합을 인식하고, 물 분자를 반응에 참여시켜 아마이드 결합을 절단합니다. 이 과정에서 긴 젤라틴 사슬은 중간 크기의 펩타이드, 더 짧은 올리고펩타이드, 일부 자유 아미노산에 가까운 분획으로 이동합니다. 효소는 모든 결합을 무작위로 동시에 끊는 것이 아니라 접근 가능한 결합과 효소의 기질 선호성에 따라 절단 패턴을 만듭니다.

이 절단은 물성에 즉각적인 영향을 줍니다. 고분자 젤라틴은 사슬 길이가 길어 물속에서 서로 얽히고, 냉각 시 부분적으로 재배열되어 겔 네트워크를 형성합니다. 그러나 사슬이 짧아지면 네트워크를 만들 수 있는 접점이 줄어들고, 같은 고형분에서도 점도와 겔 강도가 감소할 수 있습니다. 반대로 펩타이드 말단기가 증가하면서 물과의 상호작용이 달라져 분산성이나 용해성이 개선될 수 있습니다. 어류 비늘을 수열 전처리한 뒤 효소 가수분해해 젤라틴 가수분해물을 생산한 연구는, 전처리와 효소 반응을 결합해 단단한 콜라겐성 부산물을 가용성 펩타이드 소재로 전환하는 접근을 보여줍니다^[3].

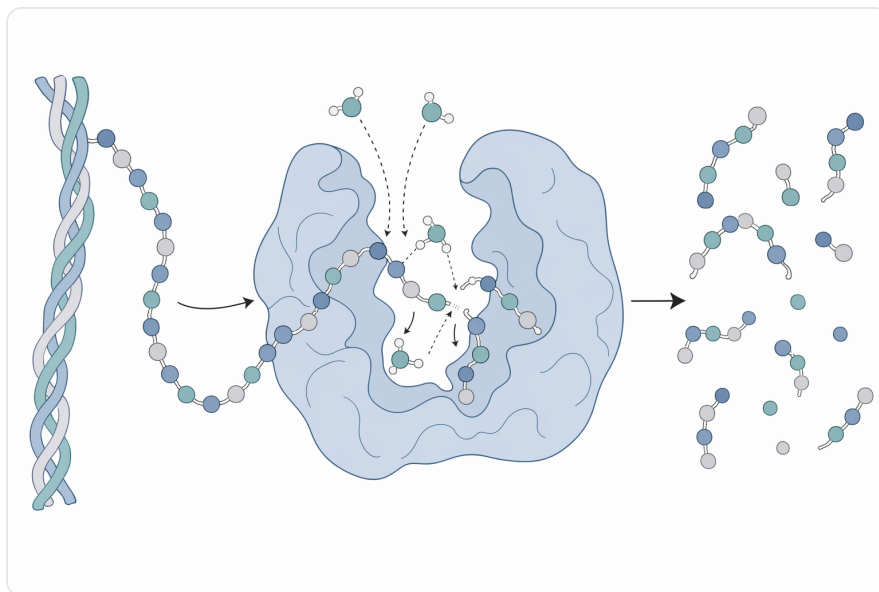


Figure 1. 젤라틴 가수분해효소는 젤라틴의 펩타이드 결합을 절단하여 수용성 콜라겐 펩타이드와 아미노산 조각을 생성합니다.

가수분해가 지나치게 진행되면 원하는 물성이 손상될 수도 있습니다. 예를 들어 저점도 액상 원료를 원할 때는 강한 가수분해가 유리할 수 있지만, 젤라틴 특유의 바디감이나 약한 겔성을 일부 유지해야 하는 조성에서는 과도한 절단이 불리합니다. 따라서 젤라틴 하이드롤라이스의 가치는 “많이 분해한다”가 아니라, 원료와 최종 제형에 맞게 분자량 분포와 물성을 조절할 수 있다는 데 있습니다.

젤라틴 가수분해의 산업적 목표

콜라겐 펩타이드 및 가수분해 콜라겐 원료 생산

가장 직접적인 응용은 콜라겐 펩타이드 또는 가수분해 콜라겐 원료 생산입니다. 일반적인 공정 개념은 콜라겐성 원료를 추출·변성해 젤라틴 형태로 만들고, 젤라틴 하이드롤라이스 같은 단백질 가수분해 효소로 펩타이드 분해를 생성한 뒤, 여과·농축·건조 등 후속 공정을 통해 분말 또는 액상 원료로 전환하는 방식입니다. 이때 효소 단계는 분자량을 낮추고, 고점도 원료를 다루기 쉬운 상태로 만들며, 최종 제품의 용해성과 분산성을 설계하는 데 관여합니다.

특히 어류 유래 젤라틴은 포유류 유래 원료의 대안으로 연구가 활발합니다. 어류 뼈 젤라틴을 효소적으로 가수분해해 하이드록시프롤린 함량과 펩타이드 생성을 검토한 연구는, 수산 원료가 콜라겐 펩타이드 생산의 실질적 기질이 될 수 있음을 보여줍니다^[2]. 단, 특정 펩타이드의 조성, 분자량 범위, 관능 특성은 원료 종, 전처리 정도, 효소 절단 특성, 반응 종료 시점에 따라 달라집니다.

젤라틴 점도 저감과 액상 공정성 개선

젤라틴은 점도와 겔 형성력이 강점이지만, 액상 원료, 음료 베이스, 고형분 농축액, 분무건조 전 피드액에서는 같은 특성이 문제로 작용할 수 있습니다. 고점도 젤라틴 용액은 교반, 펌핑, 열전달, 여과, 막분리, 분무건조 안정성에 부담을 줍니다. 효소 가수분해는 사슬 길이를 줄여 점도를 낮추고, 액상화와 후속 공정성을 개선하는 데 쓰일 수 있습니다.

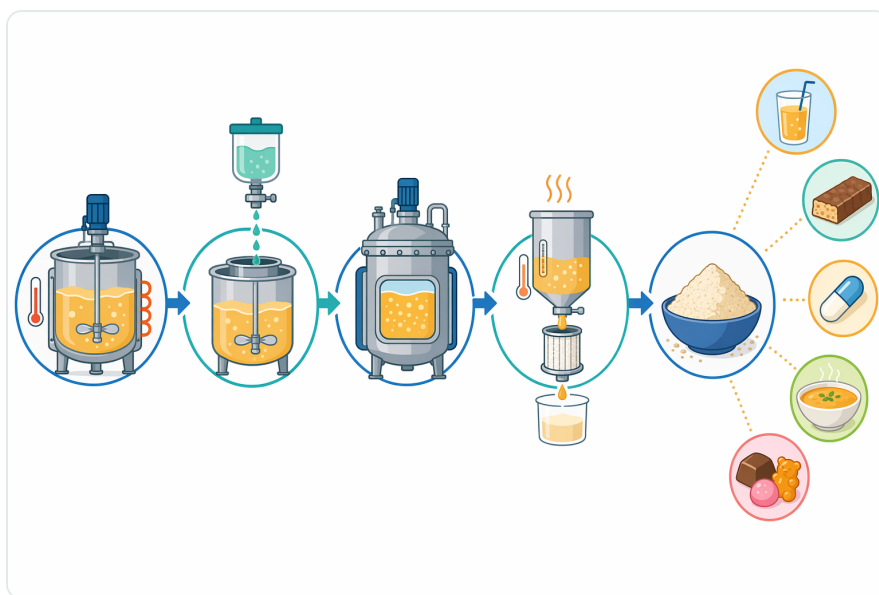


Figure 2. 산업적 젤라틴 가수분해 공정은 용해된 젤라틴을 식품 및 영양 제품용 펩타이드 원료로 전환한 뒤 여과하고 건조합니다.

고압 처리와 효소적 가수분해를 결합해 어류 젤라틴의 가수분해를 연구한 사례는, 젤라틴 기질의 구조적 접근성을 바꾸는 물리적 공정이 효소 반응성과 연결될 수 있음을 시사합니다^[4]. 이는 젤라틴 하이드롤레이스를 단독 “첨가제”가 아니라, 전처리·용해·반응·불활성화·분리·건조가 이어지는 전체 단백질 가공 공정의 한 단계로 봐야 한다는 점을 보여줍니다.

수산·축산 부산물의 고부가가치화

콜라겐은 피부, 뼈, 비늘, 연골, 결합조직에 풍부합니다. 수산가공과 축산가공에서 발생하는 이러한 부산물은 원래 폐기되거나 저부가가치 사료·비료 원료로 사용되는 경우가 많지만, 적절한 전처리와 효소 가수분해를 거치면 젤라틴 가수분해물, 펩타이드 원료, 아미노산이 풍부한 단백질 분획으로 전환될 수 있습니다. 수산 부산물이 효소와 생체고분자의 유력한 공급원이라는 리뷰는 이러한 자원화 방향을 뒷받침합니다^[5].

어류 비늘을 수열 전처리한 뒤 효소 가수분해해 젤라틴 가수분해물을 생산한 연구는 단단한 무기질·콜라겐 복합 구조를 가진 부산물도 단계적 처리로 펩타이드 소재화가 가능함을 보여줍니다^[3]. 메기가공 잔여 프레임을 초음파 보조 효소 가수분해로 처리해 칼슘과 아미노산이 풍부한 가수분해물을 얻는 연구 역시, 수산 부산물에서 단백질과 무기질을 함께 회수하려는 공정적 관심을 반영합니다^[6].

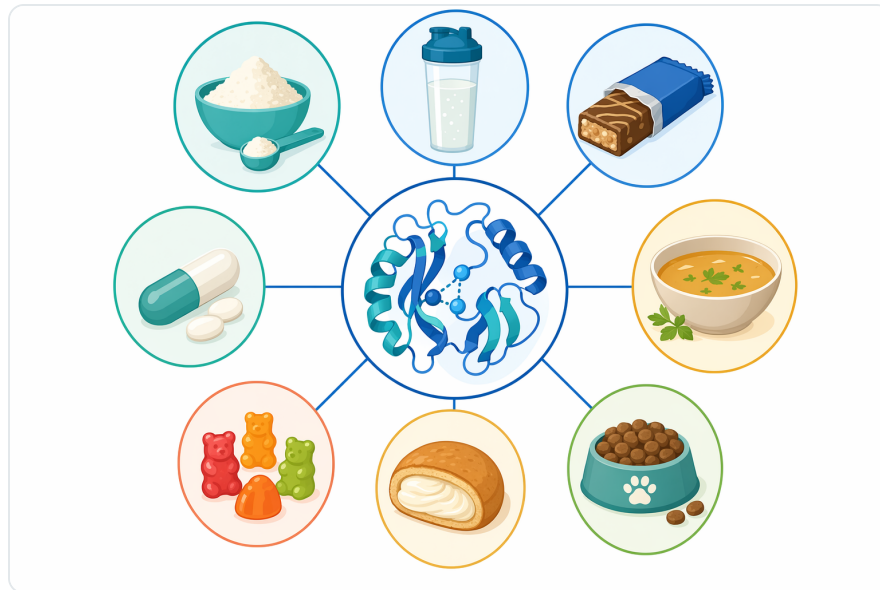


Figure 3. 젤라틴 가수분해효소는 음료, 보충제, 식품, 제과류 및 영양 제품에 사용되는 콜라겐 펩타이드 원료를 만드는 데 사용됩니다.

복합 식품 매트릭스에서의 물성 조절

젤라틴 가수분해물은 단독 원료로만 쓰이지 않습니다. 유청 단백질, 식물성 단백질, 다당류, 셀룰로오스계 소재, 미네랄, 향미 성분과 함께 복합 매트릭스를 만들 수 있습니다. 예를 들어 유청 단백질의 효소적 가수분해가 젤라틴-유청 복합 하이드로겔의 성질에 영향을 준 연구는, 단백질 가수분해가 단순히 분자량을 낮추는 작업을 넘어 복합 겔의 네트워크 구조와 물성 설계에 관여할 수 있음을 보여줍니다^[7].

젤라틴 기반 하이드로겔에 효소 가수분해로 얻은 대두 줄기 나노셀룰로오스를 도입한 연구도, 젤라틴이 단백질 소재이면서 다른 생체고분자와 결합해 물성을 조절할 수 있는 플랫폼임을 보여줍니다^[8]. 식품가공용 젤라틴 하이드로콜로이드는 이러한 복합 조성에서 젤라틴 사슬 길이와 점도 기여도를 조정하는 도구로 해석할 수 있습니다.

효소적 가수분해와 비효소적 처리의 비교

젤라틴 또는 콜라겐성 원료를 분해하는 방법은 효소만 있는 것이 아닙니다. 열, 산, 알칼리, 고압, 초음파 같은 물리·화학적 처리도 단백질 구조를 풀거나 결합을 약화시키는 데 사용됩니다. 그러나 최종적으로 식품 원료에 적합한 펩타이드 분포와 관능 품질을 확보하려면 각 접근의 장단점을 구분해

야 합니다.

접근 방식	주요 작용	젤라틴/콜라겐 공정에서의 장점	주의할 점	관련 연구 맥락
효소적 가수분해	펩타이드 결합을 선택적으로 절단	비교적 온화한 조건에서 분자량, 점도, 용해성 조절 가능	효소 특성, 원료 접근성, 반응 종료 시점에 따라 결과가 달라짐	어류 뼈 젤라틴의 효소 가수분해와 펩타이드 생산 연구 [2]
수열 전처리 후 효소 처리	열과 수분으로 조직을 풀고 효소 접근성 향상	비늘·뼈처럼 단단한 콜라겐성 부산물 처리에 유리	과도한 열처리는 색, 냄새, 단백질 변성 패턴에 영향	어류 비늘의 수열 전처리-효소 가수분해 연구 [3]
고압 보조 처리	압력으로 단백질 구조와 수화 상태 변화	효소가 접근하기 어려운 구조를 부분적으로 개방 가능	장비 의존성이 높고 공정 목적에 맞는 최적화 필요	고압이 어류 젤라틴 효소 가수분해에 미치는 영향 연구 [4]
초음파 보조 효소 처리	캐비테이션과 물리적 분산으로 기질 접근성 변화	뼈·프레임 등 복합 부산물의 분산과 추출 보조 가능	지나친 처리로 산화, 입자 변화, 열 발생 가능	메기 프레임의 초음파 보조 효소 가수분해 연구 [6]
열분해 또는 강한 화학 처리	비선택적 변성·분해	빠른 구조 붕괴 가능	품질 저하, 염 부담, 부반응, 관능 문제 가능	스터전 피부 젤라틴-펩타이드 복합체에서 열분해와 효소 가수분해를 비교한 연구 [9]

이 표에서 중요한 결론은 효소적 가수분해가 모든 상황에서 단독 해법이라는 뜻이 아니라는 점입니다. 실제 산업 공정에서는 물리적 전처리로 구조를 열어주고, 효소 단계에서 분자량을 정밀하게 낮추며, 후처리로 불용성 잔사와 냄새·색·염을 관리하는 조합이 자주 검토됩니다. 젤라틴 하이드롤레이스는 이 중 “펩타이드 결합 절단을 통해 기능성 단백질 분획을 설계하는 단계”에 위치합니다.

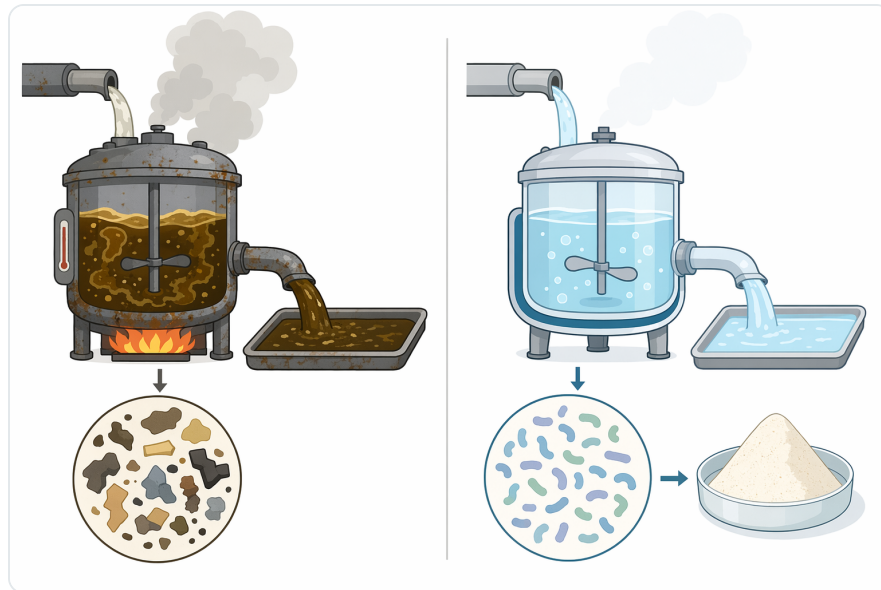


Figure 4. 산 또는 고온 가수분해와 비교할 때, 효소적 젤라틴 가수분해는 더 온화한 공정과 보다 제어된 펩타이드 생산을 제공합니다.

결과를 좌우하는 공정 변수

원료의 동물종과 조직 구조

젤라틴 하이드롤라이스의 반응성은 원료 젤라틴의 출처에 영향을 받습니다. 어류, 소, 돼지, 조류 등 동물종에 따라 콜라겐의 아미노산 조성, 교차결합 정도, 열 안정성, 하이드록시프롤린 함량, 전처리 이력이 다릅니다. 특히 수산 원료는 종과 부위에 따라 뼈, 피부, 비늘의 무기질 함량과 콜라겐 배열이 달라 효소 접근성이 크게 달라질 수 있습니다. 수산 부산물에서 효소와 생체고분자를 회수하는 연구 동향은 이러한 원료 다양성이 공정 설계의 출발점임을 보여줍니다^[5].

같은 “젤라틴”이라도 산 처리 젤라틴과 알칼리 처리 젤라틴은 전하 특성, 점도, 겔화 행동이 다를 수 있습니다. 따라서 효소 반응의 결과도 단순히 효소 사용 여부가 아니라 원료 젤라틴의 이력과 현재 물리 상태에 의해 좌우됩니다.

젤라틴 용해 상태와 사슬 접근성

효소는 고체 덩어리 내부보다 수화되고 풀린 단백질 사슬에 더 잘 접근합니다. 젤라틴이 충분히 팽윤·용해되지 않으면 반응은 표면에서만 진행되고, 내부 고분자 사슬은 남을 수 있습니다. 반대로 지나치게 높은 고형분은 생산성에는 유리하지만 점도가 높아 혼합과 열전달이 어려워질 수 있습니다. 이 경우 효소가 균일하게 분산되지 않아 분자량 분포가 넓어질 수 있습니다.

고압이나 초음파 같은 보조 처리가 연구되는 이유도 이 접근성 문제와 관련이 있습니다. 고압 처리가 어류 젤라틴의 효소적 가수분해에 미치는 영향을 다룬 연구와, 초음파 보조 효소 가수분해로 수산 부산물의 가수분해물을 얻은 연구는 모두 기질 구조를 어떻게 열어 효소 반응을 유도할 것인가

라는 공통 질문을 갖고 있습니다^{[4][6]}.

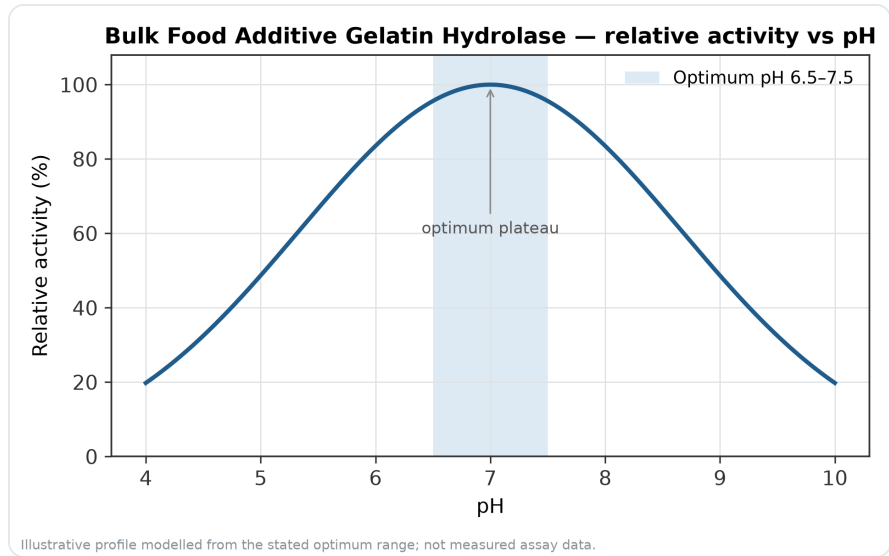


Figure 5. pH에 따른 벌크 식품첨가물 젤라틴 가수분해효소의 상대 활성으로, pH 6.5–7.5에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

반응 종료 시점과 후처리

가수분해가 진행될수록 평균 사슬 길이는 짧아지고 점도는 낮아지는 경향을 보입니다. 그러나 펩타이드가 지나치게 짧아지면 쓴맛, 짠맛 인지, 금속성 뒷맛, 흡습성, 건조성, 분말 흐름성 같은 관능·공정 문제가 생길 수 있습니다. 또한 젤라틴의 필름 형성력이나 약한 겔 네트워크가 필요한 제품에서는 과도한 분해가 불리합니다.

반응을 멈추는 단계는 효소 공정에서 중요합니다. 일반적으로는 열처리, pH 변화, 후속 살균·건조 조건 등을 통해 효소 활성을 낮추거나 불활성화합니다. 이후 여과, 원심분리, 막분리, 농축, 건조 같은 단계가 이어지며, 이 단계들이 최종 원료의 색, 냄새, 용해성, 탁도, 분자량 분포에 영향을 줍니다. 스터전 피부 젤라틴-펩타이드 복합체 연구에서 열분해와 효소 가수분해가 구분되어 비교된 것처럼, 반응 방식과 종료 조건은 최종 생물학적·물리적 특성을 함께 바꿀 수 있습니다^[9].

식품가공에서 보는 기능적 이점

저분자화에 따른 용해성과 분산성 개선

젤라틴 사슬이 짧아지면 물속에서 큰 네트워크를 만들 가능성이 줄어들고, 분말을 다시 물에 녹일 때 분산이 쉬워질 수 있습니다. 이는 음료, 분말 스틱, 액상 농축액, 단백질 보강 식품 원료에서 특히 중요합니다. 젤라틴이 식품에서 기능성 성분으로 검토되는 이유는 겔화뿐 아니라 수화, 안정화, 조직감 조절, 다른 성분과의 상호작용을 포함하기 때문입니다^[1].

고형분 처리량과 후속 공정성

젤라틴 가수분해는 같은 고형분에서도 점도를 낮출 수 있어 이송과 농축에 유리할 수 있습니다. 막여과나 분무건조를 고려하는 공정에서는 피드액의 점도와 불용성 잔사가 생산 안정성에 직접 영향을 줍니다. 효소 단계가 적절히 설계되면 원료 손실을 줄이고, 고형분 농축이나 건조 전 액상 안정성을 개선하는 데 기여할 수 있습니다.

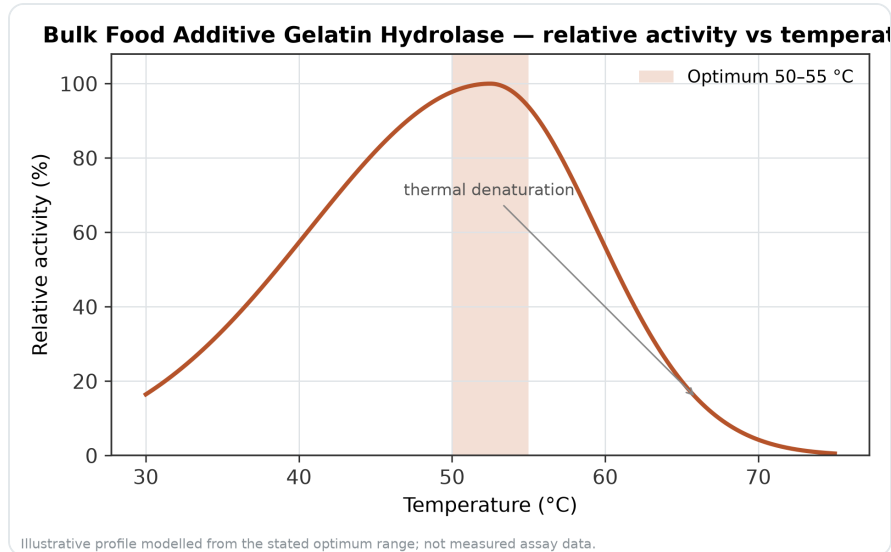


Figure 6. 온도에 따른 벌크 식품첨가물 젤라틴 가수분해효소의 상대 활성으로, 50–55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열 변성에 따른 특징적인 활성 감소가 나타납니다.

부산물 원료의 균질화

수산·축산 부산물은 배치별 변동이 큼니다. 조직 부위, 지방 함량, 무기질, 결합조직 밀도, 보관 이력에 따라 추출성과 점도가 달라질 수 있습니다. 젤라틴화 후 효소 가수분해를 적용하면, 원료 차이에서 오는 고분자 사슬 길이와 점도 차이를 일정 범위에서 완화할 수 있습니다. 닭 도축 부산물의 단백질 가수분해와 펩타이드 항산화 활성을 검토한 연구처럼, 동물성 부산물의 효소 처리에는 식품·사료용 부가가치 소재화라는 공통 목적이 있습니다^[10].

복합 제형에서의 상호작용 제어

젤라틴은 다당류, 유청 단백질, 미네랄, 폴리페놀, 향미 성분과 상호작용합니다. 가수분해 정도가 바뀌면 전하 분포, 수화성, 소수성 노출, 분자량이 함께 변하므로 복합 제형의 안정성도 달라질 수 있습니다. 유청 단백질 가수분해가 젤라틴-유청 하이드로겔의 물성에 영향을 준 연구는 단백질 분해 정도가 혼합 단백질 네트워크 형성에 중요한 변수임을 보여줍니다^[7].

적용 범위와 한계: 효소는 최종 제품의 기능성 주장을 대신하지 않는다

Bulk Food Additive Gelatin Hydrolase는 공정 효소이지, 완제품 콜라겐 보충제나 건강기능성 원료 그 자체가 아닙니다. 효소는 젤라틴의 분자량과 물성을 바꿀 수 있지만, 최종 제품의 생리활성, 표시 가능 문구, 허용 원료 여부, 알레르겐 관리, 종교·문화적 적합성, 국가별 식품 규정은 별도의 검토 대상입니다. 어류 젤라틴의 효소 가수분해 연구가 생리활성 펩타이드 가능성을 다루더라도, 특정 상업 제품에서 동일한 효과가 자동으로 보장되는 것은 아닙니다^[2].

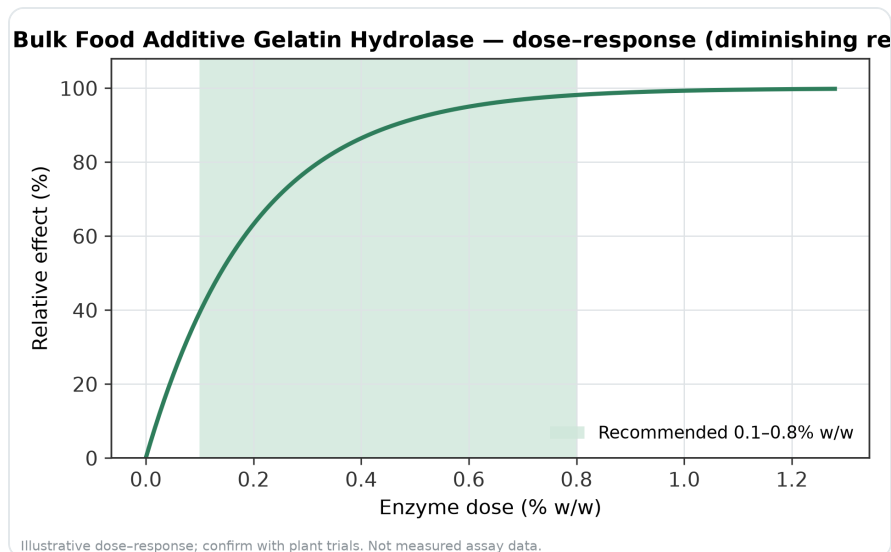


Figure 7. 권장 사용 범위(0.1–0.8% w/w)에서 벌크 식품첨가물 젤라틴 가수분해효소의 예시적 용량-반응 관계입니다.

또한 “콜라겐 펩타이드”라는 명칭만으로 품질이 결정되지 않습니다. 분자량 분포, 원료 종, 냄새, 색, 용해 속도, 아미노산 조성, 잔류 미네랄, 미생물 관리, 후처리 조건이 모두 제품 품질에 영향을 줍니다. 젤라틴 하이드롤레이스는 이 중 분자량과 점도 조절에 관여하는 강력한 도구이지만, 전체 품질 체계를 대체하지는 않습니다.

Enzymes.bio에서의 제품 포지션

Enzymes.bio는 효소를 직접 제조하거나 고객 공정을 시험하는 실험실이 아니라, 산업·식품가공·연구 관련 효소를 온라인으로 공급하는 B2B 효소 공급업체입니다. Bulk Food Additive Gelatin Hydrolase는 젤라틴 처리와 콜라겐 펩타이드 생산에 맞춘 단백질 가수분해용 효소로 이해할 수 있으며, Enzymes.bio의 단백질 가수분해 효소 범주와 자연스럽게 연결됩니다.

제품은 1kg 단위로 온라인에서 직접 구매되는 형태이며, 샘플 요청이나 별도 견적 절차를 전제로 한 조달 모델이 아닙니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 고객사는 이를 내부 원료 문서 관리, 안전 취급, 입고 확인에 활용할 수 있습니다. 다만 최종 제품의 법규 적합성, 표시 문구, 공정 밸리데이션, 원료 승인 여부는 사용 기업의 제품 설계와 시장 규정에 따라 별도로 판단해야 합니다.

실무적으로 기대할 수 있는 결과와 기대해서는 안 되는 결과

젤라틴 하이드롤레이스로 합리적으로 기대할 수 있는 결과는 명확합니다. 첫째, 젤라틴 사슬이 짧아져 점도와 겔화성이 낮아질 수 있습니다. 둘째, 더 작은 펩타이드 분획이 증가해 용해성과 분산성이 달라질 수 있습니다. 셋째, 콜라겐성 부산물에서 추출한 젤라틴을 펩타이드 원료로 전환하는 공정에 활용될 수 있습니다. 이러한 방향은 어류 비늘, 어류 뼈, 메기 프레임 등 다양한 수산 부산물의 효소적 전환 연구와 일치합니다^{[3][6]}.

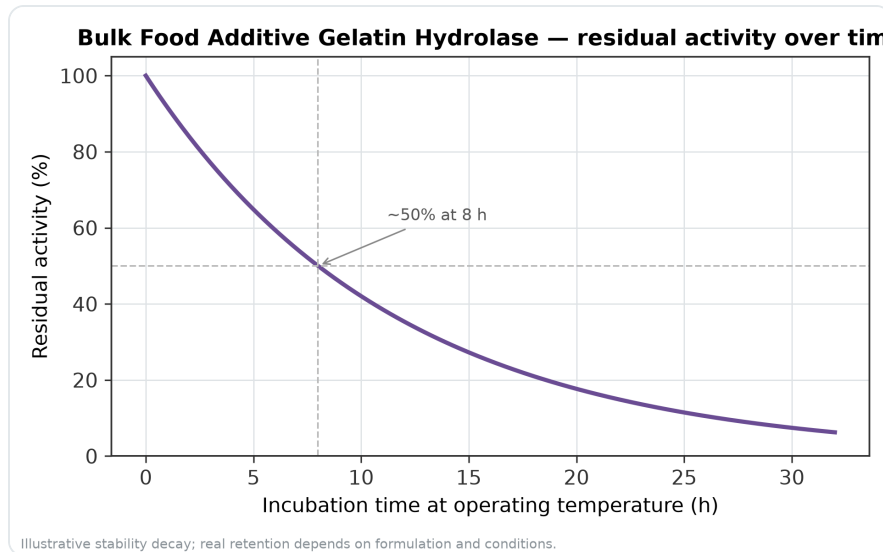


Figure 8. 벌크 식품첨가물 젤라틴 가수분해효소의 예시적 열 안정성 감소 양상으로, 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

반대로 기대해서는 안 되는 것도 있습니다. 효소를 넣는 것만으로 특정 분자량 분포가 자동으로 보장되지는 않습니다. 모든 원료에서 동일한 맛, 색, 냄새가 나오는 것도 아닙니다. 특정 건강효과나 생리활성은 효소 사용 사실만으로 주장할 수 없습니다. 효소 반응은 원료, 용해 상태, 공정 시간, 온도와 pH 범위, 혼합 효율, 반응 종료 방식, 후처리 조건이 함께 결정하는 시스템 반응입니다.

결론: 젤라틴을 펩타이드 소재로 전환하는 공정 효소

Bulk Food Additive Gelatin Hydrolase는 젤라틴과 콜라겐 유래 단백질을 더 작은 펩타이드로 전환하기 위한 식품가공용 단백질 가수분해 효소입니다. 주요 가치는 콜라겐 펩타이드 생산, 가수분해 콜라겐 원료 제조, 젤라틴 점도 저감, 수산·축산 부산물의 고부가가치화, 복합 식품 매트릭스의 물성 조절에 있습니다. 젤라틴이 식품 기능성 소재로 널리 연구되고 있고, 효소적 가수분해가 어류 뼈·비늘·프레임 등 콜라겐성 원료의 펩타이드화에 반복적으로 적용된다는 점은 이 효소의 산업적 위치를 뒷받침합니다^{[1][3]}.

다만 이 효소는 만능 완제품 솔루션이 아니라 공정 도구입니다. 최종 품질은 원료 젤라틴의 출처, 전처리, 반응 제어, 후처리, 제형 설계에 의해 결정됩니다. Enzymes.bio에서 1kg 단위로 구매되는 이 제품은 제조사나 시험기관의 맞춤 공정 검증을 대신하는 것이 아니라, 고객사의 젤라틴 가수분해 및 콜라겐 펩타이드 생산 공정에 투입되는 B2B 효소 원료로 이해하는 것이 가장 정확합니다.

Bulk Food Additive Gelatin Hydrolase 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.

[Bulk Food Additive Gelatin Hydrolase 구매하기 →](#)

참고문헌

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

1. Ulag, C. (2025). Potential of gelatin as functional ingredient in food products: A review. *Respobio Journal*.
2. Atma, Y., Lioe, H., Prangdimurti, E., Seftiono, H., Taufik, M., Fitriani, D., & Mustopa, A. Z. (2018). The hydroxyproline content of fish bone gelatin from Indonesian Pangasius catfish by enzymatic hydrolysis for producing the bioactive peptide. *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*.
3. Zhang, Y., Tu, D., Shen, Q., & Dai, Z. (2019). Fish Scale Valorization by Hydrothermal Pretreatment Followed by Enzymatic Hydrolysis for Gelatin Hydrolysate Production. *Molecules*, 24.
4. Okur, I., Oztop, M., & Alpas, H. (2025). Effect of High Hydrostatic Pressure (HHP) on the Enzymatic Hydrolysis of Fish Gelatin. *Biofactors*, 51.
5. Nag, M., Lahiri, D., Dey, A., Sarkar, T., Pati, S., Joshi, S. J., Bunawan, H., ... et al. (2022). Seafood Discards: A Potent Source of Enzymes and Biomacromolecules With Nutritional and Nutraceutical Significance. *Frontiers in Nutrition*, 9.
6. Zhang, Z., Gao, P., Jiang, Q., Zhang, Z., Zhang, X., Yang, F., Yu, P., ... et al. (2023). Optimization of ultrasound-assisted enzymatic hydrolysis of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) frames yield high-calcium and high-amino acid hydrolysates. *International Journal of Food Properties*, 26, 3393 - 3406.
7. Popescu, V., Molea, A., Moldovan, M., Lopes, P. M., Moldovan, A. M., & Popescu, G. (2021). The Influence of Enzymatic Hydrolysis of Whey Proteins on the Properties of Gelatin-Whey Composite Hydrogels. *Materials*, 14.
8. Velásquez-Castillo, L. E., Freitas, G. I., Moraes, I. C., Tosi, M. M., Angulo, D. E. L., & Amaral Sobral, P. J. (2025). Physical Properties of Gelatin-Based Hydrogels Incorporated with Soybean Straw Nanocellulose Obtained by Enzymatic Hydrolysis. *Foods*, 14.

9. Ma, S., He, Y., Han, Y., Zhao, W., Sun, H., Wang, Z., Nian, Y., ... et al. (2026). Effect of Gelatin–Peptide Complex from Sturgeon Skin on Behavioral, Antioxidant, and Neuroprotective Functions in D-Galactose-Induced Aging Mice: Thermal Degradation vs. Enzymatic Hydrolysis. *Foods*, 15.
10. Hartoyo, B., Widyastuti, T., Rahayu, S., & Santoso, R. S. S. (2022). The Study of Protein Hydrolysis and Peptide Antioxidants Activity of Chicken Slaughterhouse Waste and Its Potential for Feed Additives. *Animal Production*.

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