

# Mannanase Digestive Enzyme: 식물성 만난 분해와 점도 저감을 위한 $\beta$ -만난아제 효소

Enzymes.bio 연구팀 · 뉴질랜드 웰링턴 · June 17, 2026

Mannanase Digestive Enzyme은 식물성 원료에 포함된 만난, 갈락토만난, 글루코만난 같은  $\beta$ -만난 계열 다당류를 더 짧은 올리고당으로 절단해 점도와 흐름성 문제를 완화하는 효소 제품입니다. 핵심 작용은  $\beta$ -1,4-만노시드 결합을 내부에서 절단하는  $\beta$ -만난아제 활성으로 설명되며, 복잡한 만난 구조에서는  $\beta$ -만노시다아제· $\alpha$ -갈락토시다아제 등 보조 효소와의 협동이 분해 범위를 넓힐 수 있습니다 [1]. Enzymes.bio는 제조사나 실험실이 아니라 B2B 효소 공급업체이며, 이 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 구매할 수 있고 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공됩니다 .

## Mannanase Digestive Enzyme이 다루는 핵심 문제

Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme의 실무적 목적은 “만난성 다당류가 물을 붙잡고 슬러리·추출액·소화물의 점도를 높이는 상황”을 효소적으로 낮추는 것입니다. 식물 세포 벽의 헤미셀룰로오스에는 자일란만 아니라 만난 계열 다당류가 포함되며, 만난은 식물 조직·종자·일부 목질 바이오매스에서 선형 만난, 갈락토만난, 글루코만난, 갈락토글루코만난 등으로 존재할 수 있습니다 [2].

점도 문제는 단순히 “끈적하다”는 감각적 문제가 아니라, 공정과 영양 이용성 모두에 영향을 줍니다. 습식 혼합, 펌핑, 열전달, 여과, 원심분리, 추출, 발효 전처리에서는 고분자 다당류가 사슬 얽힘과 수화층을 형성해 흐름 저항을 높일 수 있고, 사료·소화 분야에서는 장 내용물의 점도 증가가 영양소 확산과 효소 접근성을 제한할 수 있습니다.  $\beta$ -만난아제는 만난 주쇄를 짧게 절단해 고분자 사슬의 유효 길이와 얽힘을 줄이는 방향으로 작용하므로, “만난이 원인인 점도”에는 직접적인 생화학적 근거를 가진 효소입니다 [3].

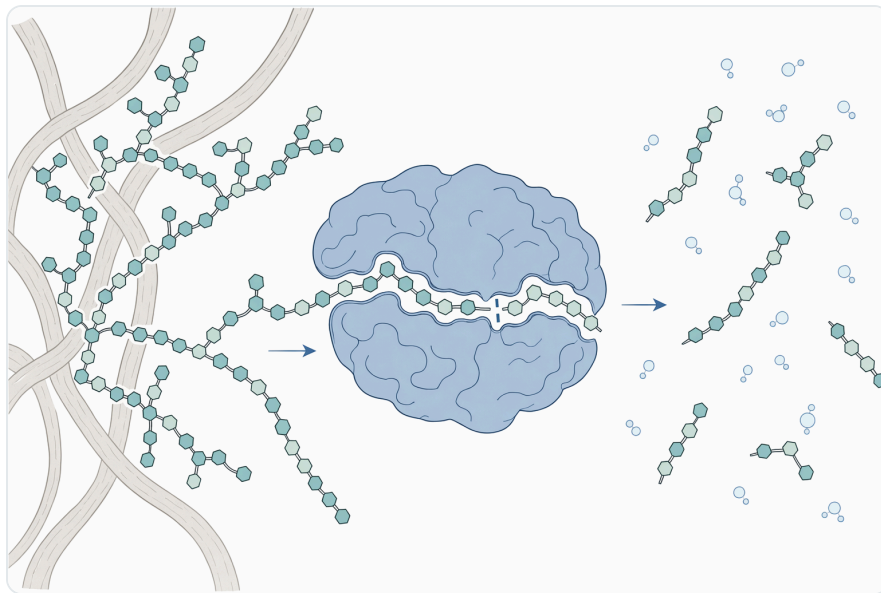
이 제품명에 포함된 “Digestive Enzyme”은 사람의 직접 섭취용 보충제를 의미한다고 해석하기보다, 식물성 원료나 사료 매트릭스에서 소화성·이용성·처리성을 방해하는 만난성 다당류를 분해하는 효소 기능으로 이해하는 것이 안전합니다. Enzymes.bio의 효소 제품은 전문적·산업적 사용을 전제로 공급되며, 특정 제품이 명시적으로 식용 또는 직접 섭취용으로 표시되지 않는 한 소비자용 섭취 제품처럼 취급해서는 안 됩니다 .

## 만난은 왜 점도를 높이는가

만난 계열 다당류는  $\beta$ -1,4-결합으로 연결된 만노스 잔기를 중심으로 하는 다당류입니다. 구조에 따라 포도당이 주쇄에 섞이면 글루코만난, 갈락토스 결가지가 붙으면 갈락토만난, 두 특징이 함께 있으면 갈락토글루코만난으로 분류됩니다. 이처럼 주쇄 구성과 결가지 치환 정도가 달라지면 물에 대한 친화성, 용해성, 효소 접근성, 점도 형성 능력도 달라집니다 [2].

고분자 만난이 물속에서 문제를 일으키는 이유는 긴 사슬이 큰 수화 부피를 만들고 서로 얽히기 때문입니다. 같은 양의 다당류라도 사슬 길이가 길고 용해 또는 팽윤이 잘 될수록 점도에 미치는 영향은 커집니다.  $\beta$ -만난아제가 내부 결합을 절단하면 평균 중합도가 낮아지고, 긴 사슬이 짧은 올리고당으로 바뀌며, 사슬 얽힘이 풀리기 쉬워집니다. 따라서 만난아제의 점도 저감 효과는 “당을 완전히 단당으로 만드는 것”보다 “고분자 사슬을 충분히 짧게 만드는 것”에서 먼저 나타날 수 있습니다 [1].

다만 모든 만난이 동일하게 분해되는 것은 아닙니다. 갈락토만난에서 갈락토스 결가지가 조밀하게 붙어 있거나, 글루코만난·갈락토글루코만난에서 주쇄 조성이 불균일하거나, 세포벽 매트릭스가 리그닌·셀룰로오스와 강하게 얽혀 있으면 효소 접근성이 낮아질 수 있습니다. 최근 식물 만난 구조 연구는 만난 분해가 단일 결합 절단만의 문제가 아니라 기질의 입체 구조, 치환기, 세포벽 내 배치, 보조 효소와의 상호작용을 함께 고려해야 하는 과정임을 강조합니다 [2].



**Figure 1.** 만난아제는  $\beta$ -만난 골격의 내부  $\beta$ -1,4 결합을 가수분해하여, 물을 붙잡는 긴 고분자를 더 짧은 조각으로 전환합니다.

# β-만난아제의 작동 원리

## 내부 절단이 점도 저감의 출발점이다

β-만난아제는 일반적으로 만난 주쇄 내부의 β-1,4-만노시드 결합을 절단하는 endo형 효소로 설명됩니다. "Endo"라는 점이 중요합니다. 사슬 끝에서 하나씩 만노스를 떼어내는 방식보다, 긴 사슬 중간 중간을 절단하는 방식이 고분자 길이를 빠르게 낮추고 점도 변화를 유도하는 데 유리하기 때문입니다. 문헌에서는 β-만난아제가 β-만노시다아제, α-갈락토시다아제, β-글루코시다아제, 아세틸 만난 에스테라아제 등과 협동해 만난 구조를 더 깊게 분해할 수 있다고 정리합니다 [1].

축매 수준에서는 효소의 기질 결합 홈이 만난 사슬을 붙잡고, 특정 당 잔기 주변의 글리코시드 결합을 가수분해합니다. GH5와 GH26 계열의 endo-β-만난아제가 산업적·생물학적으로 자주 논의되며, exo형 β-만난아제의 구조 연구에서도 만난 사슬 인식과 결합 부위 배열이 효소 반응 특성을 결정하는 핵심 요소로 제시됩니다 [4].

## 보조 효소가 필요한 경우

만난 주쇄가 비교적 노출된 선형 만난이라면 β-만난아제 단독으로도 주쇄 절단이 일어날 수 있습니다. 하지만 실제 식물성 원료에서는 갈락토스 곁가지, 아세틸기, 혼합 당 조성, 세포벽 복합체가 효소 접근을 방해할 수 있습니다. α-갈락토시다아제는 갈락토만난의 α-갈락토스 곁가지를 제거해 주쇄 접근성을 높일 수 있고, β-만노시다아제는 만노올리고당 말단에서 만노스를 방출해 분해를 더 진행시키는 역할을 합니다 [1].

이 차이는 제품 적용 해석에도 중요합니다. Mannanase Digestive Enzyme은 만난성 점도 원인을 낮추는 효소적 도구이지만, 원료의 점도 원인이 펙틴, 전분, 단백질 겔, 셀룰로오스 미세섬유, 지방 유화 안정성에서 비롯된다면 β-만난아제 단독 효과는 제한적일 수 있습니다. 만난이 실제 제한 요인인지, 그리고 그 만난이 얼마나 치환·복합화되어 있는지가 효과를 좌우합니다 [2].

## 주요 만난 구조와 β-만난아제 적용성 비교

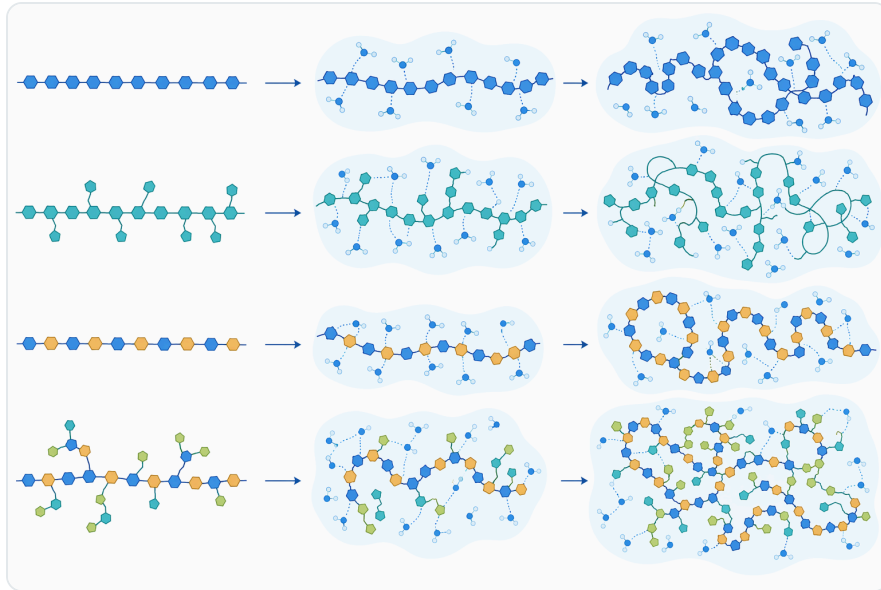
만난 계열 구조	대표적 구조 특징	점도·공정상 의미	β-만난아제 적용 해석
선형 만난	β-1,4-만노스 주쇄 중심	불용성 또는 부분 팽윤성 섬유 성분으로 존재 가능	주쇄가 노출되어 있으면 endo 절단 대상이 비교적 명확함
갈락토만난	만난 주쇄에 α-갈락토스 곁가지	물 결합과 점도 형성에 크게 기여할 수 있음	곁가지 밀도에 따라 β-만난아제 접근성이 달라지며 α-갈락토시다아제 협동이 유리할 수 있음

만난 계열 구조	대표적 구조 특징	점도·공정상 의미	$\beta$ -만난아제 적용 해석
글루코만난	만노스와 포도당이 섞인 $\beta$ -1,4 주쇄	고분자 사슬로 인해 슬러리 점도와 겔성에 관여 가능	$\beta$ -만난아제와 $\beta$ -글루코시다아제 등 보조 반응의 조합이 분해 범위를 넓힐 수 있음
갈락토글루코만난	혼합 주쇄와 갈락토스 결가지를 함께 가짐	연질 목재 등 복합 바이오매스에서 중요	치환기와 세포벽 매트릭스 때문에 접근성이 제한될 수 있어 복합 효소 작용이 중요함
효모 세포벽 만난	주로 $\alpha$ -만난 구조가 많은 세포벽 다당류	식물성 $\beta$ -만난과 다른 결합 구조	일반적인 $\beta$ -만난아제 표적과 구별해야 하며, 식물성 $\beta$ -1,4 만난과 동일하게 해석하면 안 됨

효모 세포벽의 만난은 식물 헤미셀룰로오스성  $\beta$ -만난과 구조적으로 다릅니다. 효모 세포벽 다당류를 정량하기 위한 화학·효소적 접근 연구에서도 효모 세포벽은 글루칸과 만난 등으로 구성된 복합 구조로 다루어지며, 여기서의 만난은 식물성  $\beta$ -1,4-만난과 동일한 효소 표적으로 단순화하기 어렵습니다 [5].

## 사료와 소화성 응용: 만난성 비전분성 다당류를 낮추는 접근

동물 사료에서  $\beta$ -만난아제가 주목받는 이유는 대두박, 팜핵박, 코프라박, 구아 유래 원료처럼 만난성 비전분성 다당류가 포함된 배합에서 소화물 점도와 영양소 이용률이 문제가 될 수 있기 때문입니다. 단위동물 사료 효소 리뷰는  $\beta$ -만난아제를 외인성 효소 첨가제의 한 범주로 다루며, 비전분성 다당류 분해를 통해 사료 원료 이용성을 개선하려는 접근이 축산 영양에서 널리 검토되고 있음을 설명합니다 [6].



**Figure 2.** 서로 다른  $\beta$ -만난 구조는 골격의 접근성과 수화된 고분자가 만들어낼 수 있는 점도에 영향을 줍니다.

팜핵박이 풍부한 돼지 사료 연구에서는  $\beta$ -만난아제 보충이 사료 효율 개선과 관련된 결과를 보였습니다. 이런 연구는 “만난성 원료 비중이 높은 조건”에서 효소 효과가 관찰될 수 있음을 뒷받침하지만, 특정 축종·배합·사육 단계·원료 품질에 따라 결과가 달라질 수 있으므로 모든 사료에서 동일한 성과를 보장하는 근거로 해석해서는 안 됩니다 [7].

저에너지 배합에서  $\beta$ -만난아제를 적용한 육돈 연구도 경제성과 생산성 관점에서 관심을 받았습니다. 한 연구는 순에너지 함량을 낮춘 배합에  $\beta$ -만난아제를 적용했을 때 도체 중량당 생산 비용이 낮아지는 결과를 보고했으며, 이는 효소가 고가 영양소를 단순히 대체한다기보다 원료 내 이용 가능한 에너지와 영양소 접근성을 개선하는 방식으로 작용할 수 있음을 시사합니다 [8].

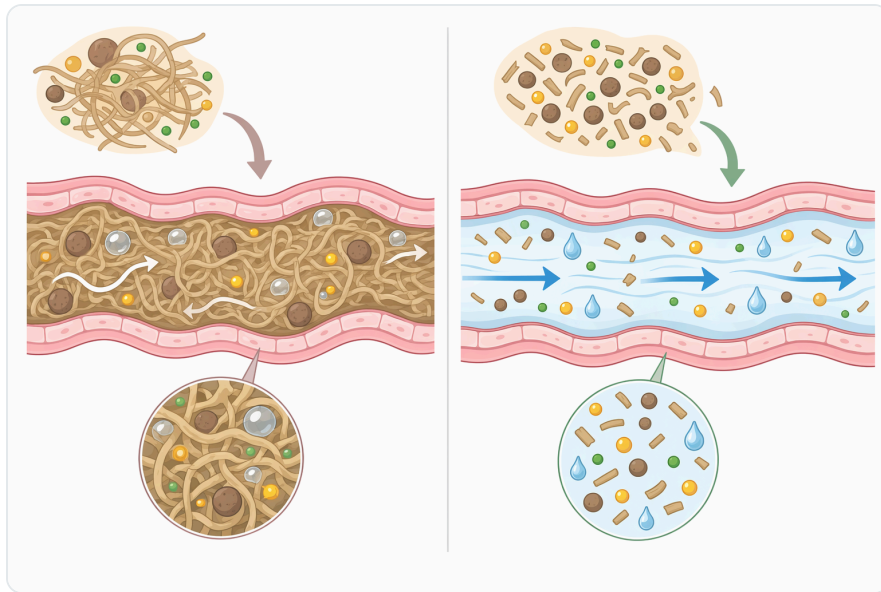
이유 후 자돈 연구에서는 순에너지 함량을 낮춘 사료에  $\beta$ -만난아제를 적용해 동등한 생산 성과와 추가 경제적 이점을 보고했습니다. 이러한 결과는 만난성 비전분성 다당류가 사료 효율을 제한하는 조건에서  $\beta$ -만난아제가 배합 설계의 보조 수단이 될 수 있음을 보여주지만, 효소 효과는 사료 내 실제 만난 함량과 원료 가공 이력에 크게 의존합니다 [9].

## 식품·식물성 원료 가공에서의 점도 저감

식품 및 식물성 원료 가공에서 Mannanase Digestive Enzyme의 의미는 “소화 보조”보다 “습식 공정의 물성 제어”에 가깝습니다. 식물성 단백질 추출, 곡물·종자 기반 슬러리, 고섬유 원료의 추출액, 식물성 검류 또는 부산물 처리에서는 만난성 고분자가 물을 붙잡고 점도를 높여 혼합과 분리를 어렵게 만들 수 있습니다.  $\beta$ -만난아제는 해당 고분자 사슬을 절단해 흐름성을 개선할 수 있는 효소적 선택지입니다 [3].

만난아제 처리의 실무적 장점은 점도 저감이 추출·분리·열전달과 연결된다는 점입니다. 고점도 슬러리는 교반 에너지와 펌핑 부하를 높이고, 효소나 용매가 입자 내부로 확산되는 속도를 낮추며, 고품분 분리 단계에서 여과 케이크 형성이나 원심분리 효율에도 영향을 줄 수 있습니다. 만난이 주요 점도 원인이라면,  $\beta$ -만난아제에 의한 중합도 감소가 이러한 공정 병목을 완화할 수 있습니다 [1].

다만 “식품 가공”이라는 단어 때문에 제품을 최종 식품 원료로 곧바로 해석해서는 안 됩니다. Enzymes.bio는 효소 공급업체이며, 제품의 적합한 사용 범위는 구매자의 공정 목적, 규제 환경, 제품 문서, 최종 용도에 따라 판단되어야 합니다. Enzymes.bio의 약관은 효소 제품이 전문적·산업적 사용을 위한 물질로 취급되어야 하며, 사용자는 관련 안전·규제 요건을 준수해야 한다고 설명합니다 .



**Figure 3.** 만나나아제는 자일라나아제,  $\beta$ -글루카나아제, 셀룰라아제, 펙티나아제와 구별되며, 각 효소는 서로 다른 식물 다당류 계열을 표적으로 합니다.

## 바이오매스 전처리와 당화 공정에서의 역할

만난아제는 바이오리파이너리와 목질계 바이오매스 전처리에서도 중요한 보조 효소로 연구되어 왔습니다. 연질 목재에는 갈락토글루코만난 같은 만난성 헤미셀룰로오스가 존재하며, 이 성분은 셀룰로오스 섬유에 대한 효소 접근성을 제한할 수 있습니다. 곰팡이 유래 GH5 및 GH26 endo-만난아제를 이용한 연구에서는 연질 목재 당화 촉진과 관련된 결과가 보고되었습니다 [10].

이 분야에서 만난아제는 셀룰라아제를 대체하는 효소가 아니라, 셀룰로오스 접근성을 높이는 보조 구성 요소로 이해하는 것이 정확합니다. 헤미셀룰로오스가 셀룰로오스 표면을 덮거나 리그닌과 함께 복합 매트릭스를 만들면, 셀룰라아제만으로는 반응이 제한될 수 있습니다. 만난성 헤미셀룰로오스를 절단하면 셀룰로오스 표면 노출이 증가하고, 후속 당화 효소의 접근성이 개선될 가능성이 있습니다 [11].

복합 바이오매스에서는 만난아제, 자일라나아제, 셀룰라아제, 산화적 효소, 물리·화학적 전처리가 함께 논의되는 경우가 많습니다. 따라서 Mannanase Digestive Enzyme을 바이오매스 처리에 검토할 때도 “전체 당화 시스템 중 만난성 장벽을 낮추는 효소”로 보는 것이 타당합니다. 단일 효소만으로 리그노셀룰로오스 전체 구조를 충분히 분해한다고 기대하는 것은 과도한 해석입니다 [2].

## 만노올리고당 형성과 기능성 해석의 경계

$\beta$ -만난아제가 만난을 절단하면 만노올리고당이 형성될 수 있습니다. 재조합 *Bacillus licheniformis*  $\beta$ -만난아제를 이용한 연구에서는 여러 만난 기질에서 만노올리고당 생산과 특성 평가가 이루어졌고, 이는  $\beta$ -만난아제가 단순 점도 저감뿐 아니라 올리고당 생성에도 연결될 수 있음을 보여줍니다 [12].

또 다른 연구에서는 난분해성 만난의 효소 가수분해 조건과 만노스 계열 산물의 프리바이오틱 특성을 검토했습니다. 그러나 이러한 문헌은 특정 효소·기질·조건에서 얻어진 연구 결과이며, Mannanase Digestive Enzyme을 사용하면 자동으로 특정 프리바이오틱 효과나 건강 기능성이 발생한다는 의미는 아닙니다 [13].

B2B 기술 문서에서 중요한 것은 기능성 마케팅보다 반응 산물의 범위를 정확히 설명하는 것입니다.  $\beta$ -만난아제 처리는 고분자 만난을 더 짧은 올리고당으로 전환할 수 있고, 반응이 더 진행되면 보조 효소의 존재 여부에 따라 더 작은 당류가 증가할 수 있습니다. 하지만 최종 산물 분포는 기질 구조, 처리 시간, 수분, pH, 온도, 효소 조합, 혼합 상태에 따라 달라집니다 [1].



**Figure 4.** 사료 및 소화 관련 분야에서 만나나아제는  $\beta$ -만난이 소화물의 점도를 높이거나 영양소 접근성을 낮출 수 있는 식물 유래 원료에 주로 사용됩니다.

## 생물학적 맥락: 식물도 만난을 분해한다

만난 분해는 산업 효소만의 인위적 현상이 아니라 식물 생리에서도 중요한 과정입니다. 보리 종자 발아 연구에서는 aleurone에서 발현되는 HvMAN1 유전자가 배유 세포벽 만난 가수분해와 관련될 수 있다는 가능성이 제시되었습니다. 이는 만난 분해가 종자 저장 조직의 세포벽 변형과 영양분 동원 과정에서 생물학적으로도 의미 있는 반응임을 보여줍니다 [14].

이 생물학적 배경은 Mannanase Digestive Enzyme의 작용을 이해하는 데 도움이 됩니다. 식물성 원료의 세포벽은 단순한 불활성 섬유 덩어리가 아니라, 발아·성장·분해 과정에서 특정 효소에 의해 구조가 바뀌는 다당류 네트워크입니다. 산업 공정에서  $\beta$ -만난아제를 적용하는 것은 이러한 자연적 만난 가수분해 원리를 특정 원료와 목적에 맞게 활용하는 접근이라고 볼 수 있습니다 [3].

## 적용이 잘 맞는 공정 조건과 맞지 않는 조건

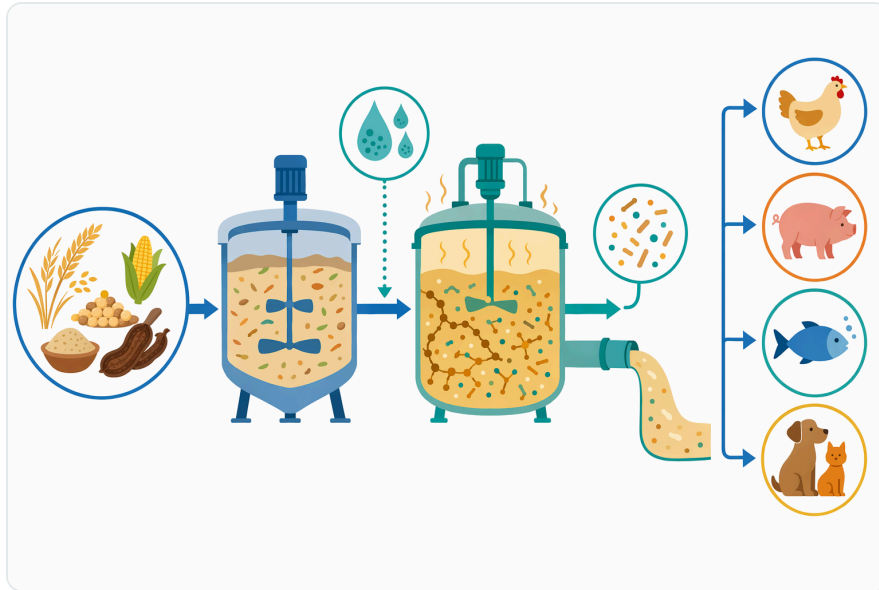
Mannanase Digestive Enzyme이 가장 논리적으로 맞는 조건은 원료에  $\beta$ -만난성 다당류가 존재하고, 그 성분이 점도·소화성·추출성·분리성의 제한 요인으로 작용하는 경우입니다. 예를 들어 갈락토만난이 풍부한 식물성 원료, 팜핵박·코프라박 같은 만난성 부산물, 글루코만난성 고분자가 포함된 습식 슬러리, 연질 목재계 바이오매스의 헤미셀룰로오스 장벽 등이 해당될 수 있습니다 [2].

반대로 점도 원인이 전분 소화, 펙틴 겔화, 단백질 열변성, 지방 유화, 미세 입자 부유 안정성, 셀룰로오스 섬유 네트워크라면  $\beta$ -만난아제의 직접 효과는 낮을 수 있습니다. 이 경우 만난아제가 일부 보조 효과를 줄 수는 있어도, 주된 문제를 해결하려면 전분분해효소, 펙티나아제, 프로테아제, 셀룰라아제, 자일라나아제 등 다른 효소군 또는 물리적 공정 조정이 더 관련될 수 있습니다 [6].

또한 고형분이 너무 높아 혼합이 불균일하거나, 효소가 기질 표면에 접근하기 어려운 입자 구조이거나, 반응 시간이 지나치게 짧으면 만난아제의 잠재력이 충분히 나타나지 않을 수 있습니다. 효소 반응은 촉매 자체의 성능뿐 아니라 기질 접근성, 물의 존재, 온도와 pH의 적합성, 공정 중 효소가 노출되는 전단·열·화학 조건에 의해 제한됩니다 [15].

## 제품 포지셔닝: Enzymes.bio의 역할과 구매 방식

Enzymes.bio는 Mannanase Digestive Enzyme을 제조하거나 분석하는 실험실이 아니라, 전문 고객에게 효소 제품을 공급하는 B2B 온라인 공급업체입니다. 따라서 이 문서의 목적도 제조 공정이나 분석법을 설명하는 것이 아니라, 제품이 어떤 기질과 공정 문제에 과학적으로 연결되는지 이해하도록 돕는 데 있습니다 .



**Figure 5.** 수확된 식물 원료 가공에서 만나나아제 처리는 이후의 혼합, 펄핑, 여과, 분리 또는 제형화 단계 전에 만난 고분자를 짧게 만들 수 있습니다.

본 제품은 1kg 단위로 온라인 직접 구매할 수 있는 산업·전문용 효소로 제공됩니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되므로, 사용자는 해당 문서를 바탕으로 자신의 내부 품질·안전·규제 체계에 맞게 제품을 관리해야 합니다. 이 설명은 특정 활성 단위, 분석법, 등급, 단위 정의를 제시하기 위한 것이 아니라, 제품의 공급 형태와 전문적 사용 맥락을 명확히 하기 위한 것입니다 .

Enzymes.bio의 포지셔닝에서 중요한 점은 과도한 효능 보장보다 적용 범위의 정직한 구분입니다. Mannanase Digestive Enzyme은 "모든 점도 문제를 해결하는 범용 효소"가 아니라,  $\beta$ -만난성 다당류가 실제 제한 요인일 때 가장 설득력 있는 점도 저감 효소입니다. 제품 설명은 만난 주쇄 절단, 고분자 길이 감소, 사료와 식물성 원료 공정에서의 처리성 개선 가능성이라는 과학적 연결고리에 기반해야 합니다 [1].

## 다른 효소와의 기능적 차이

Mannanase를 다른 산업 효소와 구별하는 가장 쉬운 기준은 표적 결합입니다. 아밀라아제는 전분의  $\alpha$ -글루칸 결합을, 셀룰라아제는 셀룰로오스의  $\beta$ -1,4-글루칸 결합을, 자일라나아제는 자일란의  $\beta$ -1,4-자일로스 주쇄를, 펙티나아제는 펙틴성 다당류를 주로 다룹니다.  $\beta$ -만난아제는 이들과 달리  $\beta$ -1,4-만난 주쇄를 표적으로 삼습니다 [3].

효소군	주요 표적	점도 저감이 기대되는 대표 원인	Mannanase와의 차이
$\beta$ -만난아제	만난, 갈락토만난, 글루코만난	만난성 헤미셀룰로오스와 검질 다당류	$\beta$ -1,4-만노시드 결합을 중심으로 절단

효소군	주요 표적	점도 저감이 기대되는 대표 원인	Mannanase와의 차이
자일라나아제	자일란	곡물·목질계 자일란성 비전분 다당류	자일로스 주쇄가 표적
셀룰라아제	셀룰로오스	셀룰로오스 섬유 접근성·고형분 구조	결정성 섬유 구조 때문에 작용 양상이 다름
아밀라아제	전분	호화 전분에 의한 점도	$\alpha$ -글루칸 전분 표적
펙티나아제	펙틴	과실·식물 세포벽 펙틴 겔	갈락투론산 기반 다당류 표적
프로테아제	단백질	단백질 겔·점탄성 네트워크	다당류가 아니라 펩타이드 결합 표적

이 구분은 실제 공정에서 중요합니다. 예를 들어 고점도 식물성 슬러리라고 해서 항상 만난아제가 정답은 아닙니다. 원료가 전분질이면 아밀라아제가 더 직접적일 수 있고, 과실 펄프라면 펙티나아제가 더 관련될 수 있으며, 목질계 바이오매스에서는 자일라나아제·셀룰라아제·만난아제의 조합이 필요할 수 있습니다. 만난아제는 “만난성 구조가 병목일 때” 선택성이 높은 효소입니다 [2].

## 기대 가능한 이점과 현실적 한계

Mannanase Digestive Enzyme의 가장 직접적인 이점은 만난성 고분자의 평균 사슬 길이를 낮춰 점도와 흐름 저항을 줄일 수 있다는 점입니다. 습식 원료 가공에서는 혼합 균일성, 펄핑성, 열전달, 여과성, 추출성 같은 공정 지표가 점도와 밀접하게 연결되므로, 만난 분해는 단일 반응 이상의 공정 효과로 이어질 수 있습니다 [1].

사료 분야에서는 만난성 비전분성 다당류 분해를 통해 소화물 물성, 영양소 접근성, 사료 효율이 개선될 가능성이 있습니다. 실제로 여러 축종 연구에서  $\beta$ -만난아제 적용이 에너지 저감 배합이나 만난성 부산물 배합에서 성과 지표와 연결되어 보고되었습니다. 그러나 이러한 결과는 제품 종류, 원료 조성, 동물의 성장 단계, 사육 환경, 기본 배합 설계에 따라 달라지므로, 문헌 결과를 모든 조건에 그대로 적용해서는 안 됩니다 [6].



**Figure 6.** 부분 가수분해를 통해 개별 당으로 완전히 전환하지 않고도 만노 올리고당과 더 짧은 조각을 생성할 수 있습니다.

한계도 분명합니다. 만난 구조가 치환기로 보호되어 있거나, 리그닌·셀룰로오스와 강하게 결합되어 있거나, 원료 입자 내부에 갇혀 있으면 효소 접근이 제한됩니다. 또한 반응 조건이 효소 안정성 범위를 벗어나거나, 물이 부족하거나, 혼합이 불충분하면 기대한 점도 저감이 나타나지 않을 수 있습니다. 산업적으로 유용한  $\beta$ -만난아제는 다양한 미생물 유래 효소로 연구되어 왔지만, 실제 성능은 항상 기질과 공정의 조합으로 평가되어야 합니다 [15].

## 실무적으로 가장 정확한 제품 설명

Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme은 식물성  $\beta$ -만난 계열 다당류를 표적으로 하는 점도 저감 효소로 설명하는 것이 가장 정확합니다. 이 효소는 만난 주쇄를 내부 절단해 고분자 사슬을 짧은 올리고당으로 바꾸며, 그 결과 만난성 점도·흐름성·추출성·소화성 문제를 완화하는데 활용될 수 있습니다 [1].

적합한 응용 분야는 사료, 식물성 원료 가공, 식품 공정 보조, 바이오매스 전처리, 만난성 헤미셀룰로오스가 문제되는 산업 공정입니다. 특히 대두 부산물, 팜핵박, 코프라박, 구아 계열 원료, 글루코만난성 식물 소재, 연질 목재계 바이오매스처럼 만난 구조가 공정 병목에 관여할 가능성이 있는 원료에서 과학적 관련성이 큼니다 [7].

반대로 효모 세포벽  $\alpha$ -만난, 전분, 펙틴, 셀룰로오스, 단백질 겔처럼 다른 구조가 주된 문제라면 Mannanase만으로 해결된다고 표현해서는 안 됩니다. 정확한 포지셔닝은 “만난성 점도 원인을 겨냥한  $\beta$ -만난아제 기반 효소”이며, 복합 원료에서는 다른 효소군과 함께 이해해야 합니다 [5].

Enzymes.bio는 이 제품을 1kg 단위로 온라인 직접 판매하는 효소 공급업체입니다. 주문 시 CoA와 SDS가 함께 제공되며, 사용자는 해당 문서를 바탕으로 산업·전문용 효소를 안전하게 취급해야 합니다. 이 제품의 가치는 특정 활성 수치나 분석법을 전면에 내세우는 데 있지 않고, 만난 분해라는 명확한 생화학적 기능을 공정 문제와 연결하는 데 있습니다 .

## Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme 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.

[Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme 구매하기 →](#)

## 참고문헌

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

1. Malgas, S., Dyk, J., & Pletschke, B. (2015). A review of the enzymatic hydrolysis of mannans and synergistic interactions between  $\beta$ -mannanase,  $\beta$ -mannosidase and  $\alpha$ -galactosidase. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 31, 1167 - 1175.
2. Mafa, M., & Malgas, S. (2023). Towards an understanding of the enzymatic degradation of complex plant mannan structures. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 39.
3. Prendecka, M., Rogalski, J., & Szczodrak, J. (2005). Enzymatic hydrolysis of plant mannans.
4. Domingues, M. N., Souza, F. G. M., Vieira, P. S., Morais, M. D., Zanphorlin, L., Santos, C. R., Pirolla, R., ... et al. (2018). Structural basis of exo- $\beta$ -mannanase activity in the GH2 family. *Journal of Biological Chemistry*, 293, 13636 - 13649.
5. Schiavone, M., Vax, A., Formosa, C., Martin-Yken, H., Dague, E., & François, J. (2014). A combined chemical and enzymatic method to determine quantitatively the polysaccharide components in the cell wall of yeasts. *FEMS Yeast Research*, 14 6, 933-47 .
6. Sureshkumar, S., Song, J., Sampath, V., & Kim, I. (2023). Exogenous Enzymes as Zootechnical Additives in Monogastric Animal Feed: A Review. *Agriculture*.
7. F, V., & O, T. (2022). Supplementation of a  $\beta$ -Mannanase Enzyme Improves Feed Efficiency in Palm Kernel Expeller Rich Swine Diets. *Austin Journal of Nutrition & Metabolism*.
8. Frédéric, V. (2022). Application of a  $\beta$  -Mannanase Enzyme in Diets with a Reduced Net Energy Content Results in Reduced Production Costs Per Kg of Carcass Weight. *Austin Journal of Veterinary Science & Animal Husbandry*.

9. Vangroenweghe, F., Goethals, S., Zele, D., & Bruijn, A. (2023). Application of a  $\beta$ -mannanase enzyme in diets with a reduced net energy content in post-weaning piglets resulted in equal performance and an additional economic benefit. *Medical Research Archives*.
10. Freiesleben, P., Spodsberg, N., Stenbæk, A., Stålbrand, H., Krogh, K. B., & Meyer, A. (2018). Boosting of enzymatic softwood saccharification by fungal GH5 and GH26 endomannanases. *Biotechnology for Biofuels*, 11.
11. Forsberg, Z., Tuveng, T. R., & Eijsink, V. (2024). A modular enzyme with combined hemicellulose-removing and LPMO activity increases cellulose accessibility in softwood. *The FEBS Journal*, 292, 75 - 93.
12. Albia, L. S., Arreola, S. L., Yanos, A. A., Nguyen, T., & Haltrich, D. (2023). Production and characterization of manno-oligosaccharides from hydrolysis of mannan substrates by recombinant beta-mannanase from *Bacillus licheniformis* (Weigmann) Chester DSM 13. *SciEnggJ*.
13. Cheremushkina, I., Glushchenko, A., Anokhina, E., Chigirina, N. A., Cherenkov, D. A., Slepokurov, A. A., Mikhailova, N., ... et al. (2010). Optimization of enzymatic hydrolysis of hard-hydrolyzed mannans and analysis of mannose prebiotic characteristics.
14. Iglesias-Fernández, R., Pastor-Mora, E., Vicente-Carbajosa, J., & Carbonero, P. (2020). A Possible Role of the Aleurone Expressed Gene HvMAN1 in the Hydrolysis of the Cell Wall Mannans of the Starchy Endosperm in Germinating *Hordeum vulgare* L. Seeds. *Frontiers in Plant Science*, 10.
15. Lazareva, M., Semenko, E., & Sineoky, S. (2019). Expression of *Aspergillus aculeatus*  $\beta$ -mannanase in *Pichia pastoris* Yeast and Analysis of Industrially Important Properties of Enzyme. *Biotekhnologiya*.

## Enzymes.bio 문의

주문에 관해 궁금한 점이 있으신가요? 기꺼이 도와드리겠습니다.

이메일 [wholesale@enzymes.bio](mailto: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