

Mannanase Digestive Enzyme ile Bitkisel Yemlerde Viskozite Azaltma

Enzymes.bio Araştırma Ekibi · Wellington, Yeni Zelanda · June 21, 2026

Mannanase Digestive Enzyme, beta-mannan, galaktomannan, glukomannan ve ilgili bitkisel mannan yapılarını daha kısa manno-oligosakkaritlere ayırarak viskoziteyi düşürmeye ve besinlerin sindirim ortamında daha erişilebilir hâle gelmesine yardımcı olan hedefli bir enzimdir ^[1]. Enzymes.bio bu ürünü üretici veya laboratuvar olarak değil, B2B tedarikçi olarak sunar; ürün 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satın alınır ve siparişle birlikte CoA ile SDS sağlanır.

Mannanase Digestive Enzyme nedir?

Mannanase, bitki hücre duvarlarında ve bazı tohum endospermelerinde bulunan mannan temelli polisakkaritlerin hidrolizini katalizleyen bir biyokatalizördür. Teknik olarak ürünün “digestive enzyme” ve “viscosity reduction enzyme” olarak konumlandırılması, enzimin hayvana doğrudan besin sağlamasından değil, yem veya proses matriksindeki mannan polimerlerini daha kısa, daha az viskoz yapı taşlarına dönüştürmesinden kaynaklanır ^[2].

Mannan yapıları tek tip değildir. Literatürde beta-mannan, galaktomannan, glukomannan ve galaktoglukomannan gibi farklı mimariler tanımlanır; bunların ortak noktası, mannose içeren bir ana zincir veya karma bir omurga üzerinden bitkisel hücre duvarı yapısına katkı vermeleridir ^[3]. Bu farklılık pratik açıdan önemlidir çünkü dallanma düzeyi, çözünürlük, su bağlama davranışı ve enzimin substrata erişimi aynı değildir.

Mannanase’in sindirim ve viskozite yönetimi açısından değeri, özellikle bitkisel yem hammaddelerinde ortaya çıkar. Soya türevleri, palm çekirdeği küspesi, copra temelli bileşenler ve benzeri bitkisel kaynaklar, protein ve enerji katkısının yanında sindirim kanalında fiziksel engel oluşturabilen hemiselüloz fraksiyonları da taşıyabilir; mannanase bu fraksiyonun mannan bölümünü hedefler ^[4].

Bu nedenle mannanase, genel bir “her yemde aynı sonucu veren” katkı olarak değil, formülasyonda uygun mannan substratı bulunduğu anlam kazanan bir enzim olarak değerlendirilmelidir. Substratın yapısı, çözünürlüğü, yem proses geçmişi ve sindirim ortamındaki temas süresi enzimin pratik

etkisini belirleyen temel faktörler arasındadır [2].

Viskozite azaltma mekanizması: uzun zincirden kısa oligosakkarite

Mannanase'ın temel etkisi, mannan omurgasındaki iç bağları hidrolize ederek uzun polisakkarit zincirlerini daha kısa manno-oligosakkaritlere dönüştürmesidir. Uzun zincirli mannanlar suyla temas ettiklerinde çözeltinin veya sindirim içeriğinin akış davranışını değiştirebilir; zincir uzunluğu kısaldığında bu yapılandırıcı etki genellikle azalır [1].

Bu mekanizma üç fiziksel sonuçla açıklanabilir. İlk olarak polimer boyu küçülür; ikinci olarak suyla etkileşen ağ yapısı zayıflar; üçüncü olarak sindirim ortamında veya proses sıvısında difüzyon daha az engellenir. Enzim burada bir "seyreltici" gibi çalışmaz; hedef substratın moleküler mimarisini değiştirerek viskozite kaynağını parçalar [3].

Mannanase hidrolizi sırasında oluşan ürünler çoğunlukla mannose içeren kısa zincirli oligosakkaritlerdir. Bu manno-oligosakkaritler ayrı bir araştırma alanıdır; gıda, yem ve mikrobiyota bağlamlarında biyolojik özellikleri incelenmiştir, ancak bu etkiler uygulama matrisine ve canlı türüne bağlı olarak yorumlanmalıdır [5].

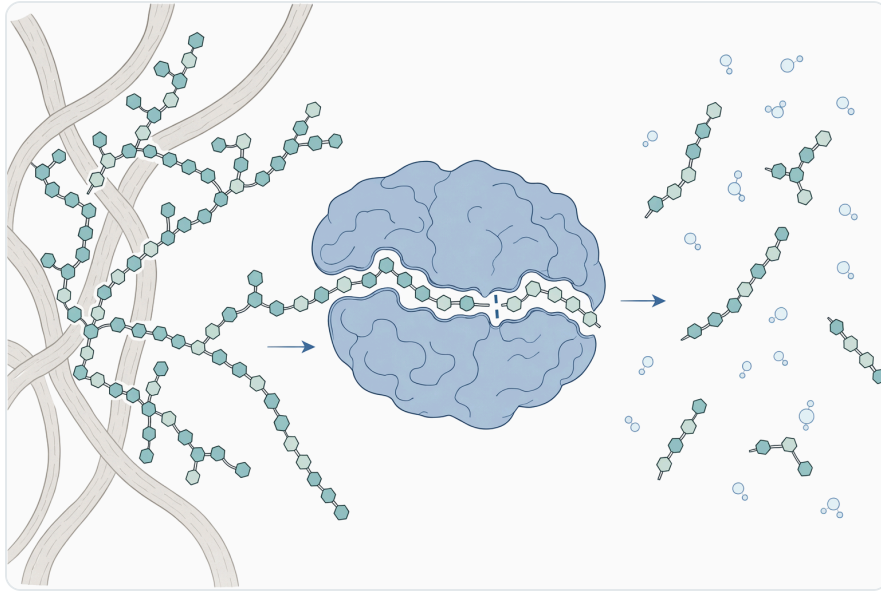


Figure 1. Mannanaz 효소는 β -만난 골격의 내부 β -1,4 결합을 가수분해하여 물을 붙잡는 긴 중합체를 더 짧은 조각으로 전환한다.

Tam hidroliz yalnızca mannanase ile sınırlı olmayabilir. Bazı kompleks mannanlarda yan dalların uzaklaştırılması veya uçtan şeker birimlerinin serbestleşmesi için beta-mannosidase ve alfa-galactosidase gibi tamamlayıcı enzimlerin katkısı literatürde tartışılmıştır; bu, doğal bitkisel mannanların neden tek basamaklı ve tamamen öngörülebilir substratlar olmadığını gösterir [1].

Mannan türleri ve enzim etkisinin pratik yorumu

Mannan içeren hammaddelerde aynı “mannanase” yaklaşımı kullanılsa bile, hedeflenen polisakkarit her zaman aynı yapıda değildir. Galaktomannanlarda mannose ağırlıklı ana zincir galactose yan grupları taşıırken, glukomannanlarda omurga mannose ve glucose birimlerinden oluşur; bu farklılık enzim erişimini ve hidroliz ürünlerinin dağılımını etkileyebilir [2].

Aşağıdaki tablo, mannanase’ın başlıca substrat tiplerinde beklenen teknik etkisini sadeleştirir. Tablo, doz veya aktivite birimi önerisi vermek için değil, mekanizmanın hangi yapısal problemle ilişkili olduğunu göstermek için hazırlanmıştır [3].

Mannan yapısı	Nerede teknik önem kazanır?	Mannanase’ın hedeflediği etki	Pratik yorum
Beta-mannan	Bitki hücre duvarı ve bazı yem hammaddeleri	Mannose ağırlıklı omurganın daha kısa zincirlere ayrılması	Viskozite ve hücre duvarı kaynaklı kapsülleme etkisi azalabilir [1]
Galaktomannan	Tohum dokuları, bazı koyulaştırıcı veya lifli fraksiyonlar	Ana zincirin parçalanması; dallanma düzeyi erişimi etkileyebilir	Yüksek su bağlama ve jel benzeri davranış gösteren sistemlerde önemlidir [2]
Glukomannan	Bitkisel depolama ve hücre duvarı polisakkaritleri	Karma omurganın hidrolizle kısılması	Sindirim veya proses ortamındaki fiziksel engel azalabilir [3]
Galaktoglukomannan	Özellikle odunsu biyokütle ve bazı kompleks bitkisel yapılar	Karma ve dallanmış yapının kısmi parçalanması	Tek enzimle tam dönüşüm beklenmemeli; yapı karmaşıklığı dikkate alınmalıdır [6]

Tablodaki ayırım, yem formülasyonu açısından da önemlidir. Eğer formüldeki lif fraksiyonu ağırlıklı olarak mannan dışı polisakkaritlerden oluşuyorsa, mannanase’ın etkisi sınırlı kalabilir; buna karşılık mannan veya galaktomannan yükü belirginse enzim, hedef substrata daha doğrudan temas eder [4].

Sindirim uygulamalarında neden önemlidir?

Monogastrik hayvanlarda bitkisel hücre duvarı polisakkaritlerinin önemli bir bölümü endojen sindirim enzimleriyle verimli şekilde parçalanamaz. Mannanase, bu noktada yemin besin değerini “eklemekten” çok, mevcut besinlerin fiziksel olarak daha erişilebilir olmasına katkı verebilecek bir işlem görür [2].

Viskozitenin yükselmesi, yalnızca sıvının koyulaşması anlamına gelmez. Daha yoğun bir sindirim matriksi, endojen enzimlerin substrata ulaşmasını, çözünen besinlerin hareketini ve sindirim içeriğinin homojen karışmasını etkileyebilir; mannanase'ın viskozite azaltma iddiası bu fiziksel bağlamda değerlendirilmelidir [1].

Bitkisel yemlerde hücre duvarı matriksi protein, yağ, nişasta ve minerallerin çevresinde fiziksel bir bariyer oluşturabilir. Mannanase, mannan içeren hemiselüloz ağını zayıflatarak sindirim sıvılarının yem partikülü içine nüfuz etmesini kolaylaştırabilir; ancak sonuç, hammaddenin yapısına ve proses koşullarına bağlıdır [3].

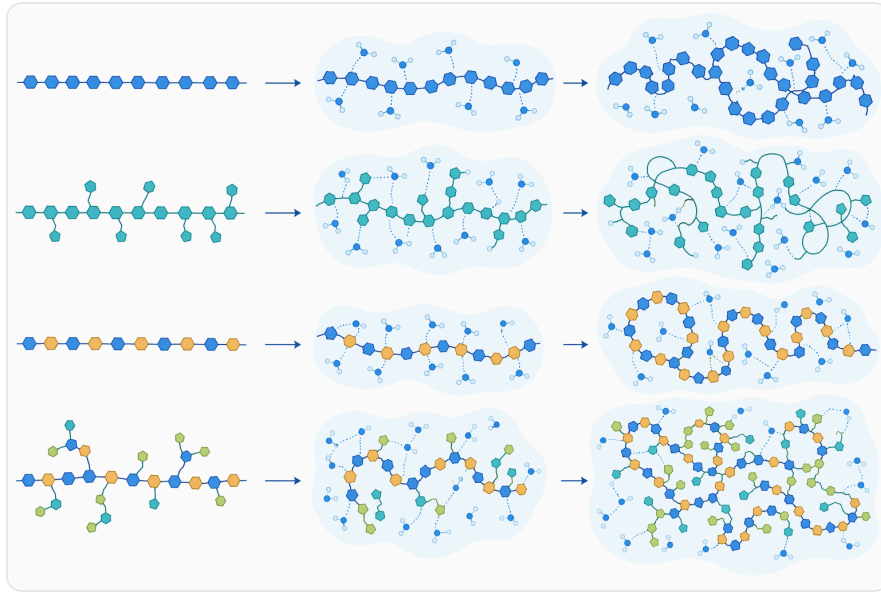


Figure 2. 서로 다른 β -만난 구조는 골격의 접근성과 수화된 중합체가 만들어낼 수 있는 점도의 정도에 영향을 준다.

Bu nedenle mannanase, rasyon tasarımında “genel performans garantisi” gibi değil, substrat odaklı bir viskozite ve erişilebilirlik aracı gibi ele alınmalıdır. Bilimsel literatür, mannan hidrolizinin mekanizmasını güçlü biçimde desteklerken, saha performansı her zaman hayvan türü, yaş, yem bileşimi ve yönetim koşullarıyla birlikte yorumlanmalıdır [4].

Anti-besinsel baskı ve fiziksel kapsülleme etkisi

Mannanlar, yem matriksinde yalnızca pasif lif bileşenleri değildir. Çözünür veya kısmen çözünür fraksiyonlar suyu bağlayarak sindirim içeriğinin reolojisini değiştirebilir; çözünmeyen fraksiyonlar ise hücre duvarı yapısı içinde besinleri fiziksel olarak sınırlayabilir [2].

Bu iki etki birlikte düşünülduğünde mannanase'ın değeri daha somut hale gelir. Enzim, bir taraftan uzun zincirli mannanların viskozite oluşturma kapasitesini düşürürken, diğer taraftan bitkisel hücre duvarı matrisinin daha geçirgen hale gelmesine katkı verebilir [1].

“Anti-besinsel etki” ifadesi burada dikkatli kullanılmalıdır. Mannanase'ın hedefi hayvan metabolizmasına doğrudan farmakolojik bir müdahale değildir; hedef, yem kaynaklı bir polisakkaritin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmektir [3].

Bu yaklaşım, özellikle hammaddeler arası değişkenliğin yüksek olduğu bitkisel formülasyonlarda önemlidir. Aynı isimle satılan bir bitkisel yan ürünün lif kompozisyonu, işleme şekli ve partikül yapısı farklı olabilir; bu nedenle mannanase'ın beklenen etkisi de matriks bazında değerlendirilmelidir [2].

Manno-oligosakkarit oluşumu: ikincil ama önemli bir çıktı

Mannanase hidrolizinin doğrudan çıktılarında biri manno-oligosakkarit oluşumudur. Bu kısa zincirli ürünler, prebiotik özellikler, mikrobiyal etkileşimler ve fonksiyonel karbonhidrat üretimi açısından araştırılmıştır; ancak bu alan, viskozite azaltma mekanizmasından ayrı ve daha biyolojik bir yorum gerektirir [5].

Manno-oligosakkarit üretimi üzerine yapılan çalışmalar, beta-mannanase ile farklı mannan substratlarından belirli oligosakkarit profillerinin elde edilebildiğini göstermiştir. Bununla birlikte hidroliz ürünlerinin dağılımı substratın türüne, dallanma yapısına ve proses koşullarına bağlıdır [7].

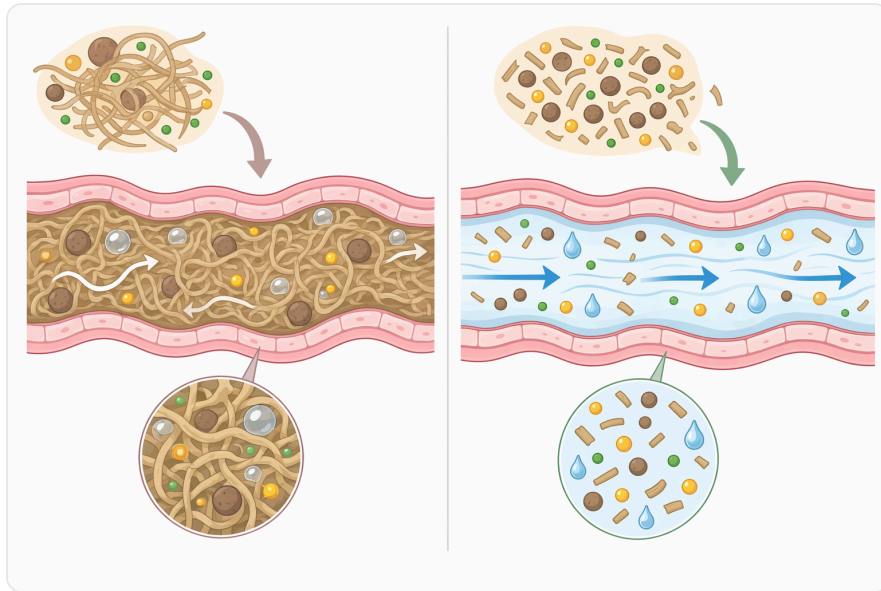


Figure 3. 만난분해효소는 자일라나아제, β -글루카나아제, 셀룰라아제, 펙티나아제와 구별되는데, 각 효소가 서로 다른 식물 다당류 계열을 표적으로 하기 때문이다.

Bu nedenle Enzymes.bio tedarikli Mannanase Digestive Enzyme için en sağlam teknik açıklama, “mannan polimerlerini daha kısa ürünlere ayırarak viskoziteyi ve fiziksel erişim engelini azaltma” şeklindedir. Manno-oligosakkarit oluşumu bu mekanizmanın doğal bir sonucu olabilir, fakat tek başına evrensel bir biyolojik fayda beyanı gibi sunulmamalıdır ^[8].

Bitkisel biyokütle, odun ve proses uygulamalarından gelen kanıtlar

Mannanase’in etkisi yalnızca yem sindirimi bağlamında incelenmemiştir. Odunsu biyokütlede bulunan galaktoglukomannan gibi kompleks yapılar, selüloz ve diğer hemiselülozlarla birlikte bulunur; mannanazların bu yapılarda hidrolizi destekleyebildiği gösterilmiştir ^[6].

Yumuşak odun sakkarifikasyonu üzerine yapılan çalışmalar, mannan hedefli enzimlerin karma biyokütle matrislerinde diğer hidrolitik enzimlerle birlikte çalışabildiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, bitkisel hücre duvarının tek bir polisakkaritten değil, birbiriyle etkileşen çok bileşenli bir yapıdan oluştuğunu hatırlatır ^[6].

Kağıt ve selüloz endüstrisinde de mannanase, ksilanaz ve lakkaz gibi enzimlerle birlikte odun hamurunun işlenmesi bağlamında araştırılmıştır. Softwood kraft pulp ağartma çalışmalarında enzim kombinasyonlarının sinerjik etkileri rapor edilmiştir; bu, mannanase’in lifli bitkisel matrislerde hedefli bir proses enzimi olarak değerlendirildiğini gösterir ^[9].

Endüstriyel literatürde alkali koşullara dayanıklı veya yüksek sıcaklık ortamlarında çalışabilen mannanazlar da araştırılmıştır. Bu çalışmalar, mannanase ailesinin farklı proses ihtiyaçlarına göre değişebilen biyokatalitik özelliklere sahip olduğunu gösterir; ancak bu bulgular doğrudan her ticari ürünün aynı koşullarda çalışacağı anlamına gelmez ^[10].

Bitki fizyolojisinden gelen mekanistik destek

Mannanase aktivitesi yalnızca endüstriyel bir kavram değildir; bitkilerde tohum çimlenmesi ve endosperm hücre duvarı değişimi gibi doğal süreçlerle de ilişkilidir. Arpa tohumlarında ifade edilen bir mannanase geninin, çimlenme sırasında nişastalı endosperm hücre duvarı mannanlarının hidrolizinde rol oynayabileceği araştırılmıştır ^[11].



Figure 4. 사료 및 소화 관련 분야에서 만난분해효소의 활용은 β -만난이 소화물의 점도를 높이거나 영양소 접근성을 낮출 수 있는 식물 유래 원료에 초점을 맞춘다.

Bu bilgi, mannanların bitki dokularında yapısal ve depolama işlevleri olduğunu ve mannanase'in bu yapıların kontrollü parçalanmasında biyolojik olarak anlamlı bir rol oynayabildiğini gösterir. Yem teknolojisi açısından bakıldığında, aynı temel kimya sindirim veya proses ortamında hedeflenen hidroliz mantığını açıklar [11].

Ancak doğal bitki süreçleri ile yem uygulamaları birebir aynı değildir. Çimlenme sırasında enzim, bitkinin kendi fizyolojik ortamında çalışırken, yem kullanımında sıcaklık, pH, nem, partikül boyutu, transit süresi ve diğer enzimlerle etkileşim gibi dış faktörler devreye girer [2].

Mannanase, diğer yem enzimlerinden nasıl ayrılır?

Mannanase'in en net farkı, hedef substratının mannan temelli polisakkaritler olmasıdır. Ksilanazlar ksilan yapılarını, selülazlar selülozik bağları, fitazlar fitat bağlı fosforu hedeflerken, mannanase mannose içeren hemiselüloz fraksiyonuna odaklanır [1].

Bu ayırım pratik formülasyon kararlarında önemlidir. Bir yemde başlıca sınırlayıcı lif fraksiyonu arabinoksilan ise mannanase tek başına doğru araç olmayabilir; buna karşılık galaktomannan veya beta-mannan yükü yüksekse mannanase daha hedefli bir teknik gerekçe kazanır [4].

Enzim yaklaşımı	Hedeflenen yem bileşeni	Beklenen temel etki	Mannanase ile ilişkisi
Mannanase	Beta-mannan, galaktomannan, glukomannan	Mannan kaynaklı viskozite ve kapsülleme etkisinin azaltılması	Ana ürün fonksiyonudur [1]
Ksilanaz	Ksilan ve arabinoksilan yapıları	Ksilan temelli viskozite veya hücre duvarı etkilerinin azaltılması	Mannan dışı hemiselüloz fraksiyonlarını hedefler [12]
Selüloz hedefli enzimler	Selülozik lif	Hücre duvarı lif yapısının kısmi hidrolizi	Karma bitkisel matrislerde tamamlayıcı olabilir [6]
Yardımcı mannan hidroliz enzimleri	Yan dallar veya uç birimler	Daha ileri parçalanma ve oligosakkarit profili değişimi	Kompleks mannanlarda sinerji sağlayabilir [1]

Bu tablo, “tek enzim tüm lif problemlerini çözer” yaklaşımının teknik olarak doğru olmadığını gösterir. Enzim seçimi, yemdeki baskın polisakkarit yapısına ve hedeflenen fiziksel sınırlamaya göre anlam kazanır [2].

Uygulama mantığı: temas, substrat ve proses uyumu

Mannanase’ın çalışabilmesi için enzim ile mannan substratının aynı matris içinde yeterli temas kurması gerekir. Granülasyon, peletleme, nem düzeyi, partikül boyutu ve sindirim ortamındaki kalış süresi gibi değişkenler bu temasın kalitesini etkileyebilir; bu nedenle sonuçlar yalnızca ürün adına bakılarak öngörülemez [4].

Enzimler protein yapılı biyokatalizörlerdir ve performansları ortam koşullarına duyarlıdır. Literatürde farklı mikrobiyal mannanazların çeşitli sıcaklık ve pH koşullarında incelendiği görülür; fakat belirli bir ürün için geçerli pratik aralıklar, siparişle sağlanan ürün dokümantasyonu ve kullanım bağlamı üzerinden değerlendirilmelidir [10].

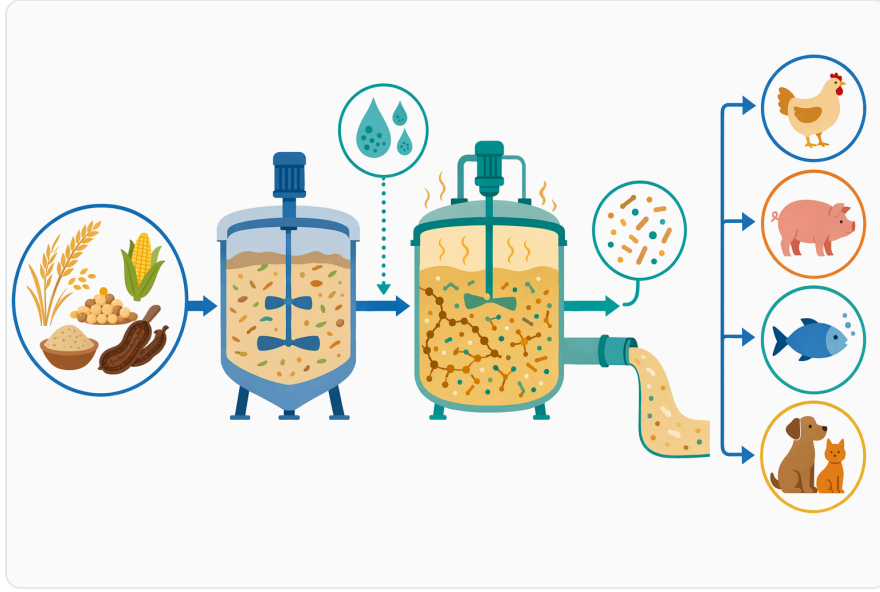


Figure 5. 수분이 포함된 식물 가공 공정에서 만난분해효소 처리는 이후의 혼합, 펌핑, 여과, 분리 또는 제형화 전에 만난 중합체를 짧게 만들 수 있다.

Bu doküman, belirli aktivite birimi, analiz yöntemi veya laboratuvar protokolü sunmaz. Enzymes.bio'nun tedarikçi rolü, ürünü 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satış formatında temin etmek ve siparişle birlikte CoA ile SDS belgelerini sağlamaktır.

Mannanase'in kullanım mantığı, formülasyonda mannan içeren hammadde bulunduğunda daha güçlüdür. Substrat düşükse beklenen viskozite azaltma veya besin erişimi etkisi de sınırlı olabilir; bu, enzimin zayıflığından çok hedef molekülün ortamda yeterli bulunmamasından kaynaklanır [3].

Kanıt düzeyi: ne güçlü, ne koşullu?

En güçlü kanıt alanı, mannanase'in mannan temelli polisakkaritleri hidrolize etme mekanizmasıdır. Derleme çalışmalar, beta-mannanase, beta-mannosidase ve alfa-galactosidase gibi enzimlerin mannan parçalanmasındaki tamamlayıcı rollerini ayrıntılı biçimde ele almıştır [1].

İkinci güçlü alan, mannan hidrolizinden manno-oligosakkarit üretimidir. Çeşitli çalışmalar, mannan substratlarının enzimatik hidroliziyle kısa zincirli ürünlerin elde edilebildiğini ve bu ürünlerin fonksiyonel özelliklerinin araştırıldığını göstermiştir [7].

Üçüncü alan, karma bitkisel biyokütle ve lifli proses matrisleridir. Softwood sakkarifikasyonu ve pulp işleme çalışmaları, mannanase'in yalnızca yem bağlamında değil, bitkisel hücre duvarı mühendisliği ve biyoproseslerde de teknik olarak anlamlı olduğunu göstermektedir [6].

Koşullu yorumlanması gereken alan ise hayvan performansıdır. Mannanase'ın sindirim ortamında viskoziteyi azaltma ve besin erişimini destekleme mekanizması nettir; ancak canlı performans çıktıları rasyon, tür, yaş, sağlık durumu, çevre ve yönetim koşullarının birleşik etkisiyle şekillenir [4].

Bu ayırım B2B karar vericiler için kritiktir. Mekanizması güçlü olan bir enzim bile, uygun substrat yoksa veya proses koşulları enzimin işlevini sınırlıyorsa beklenen ticari sonucu vermeyebilir [2].



Figure 6. 부분 가수분해는 개별 당으로 완전히 전환하지 않아도 만노올리고당과 더 짧은 조각을 생성할 수 있다.

Enzymes.bio tedarik kapsamı

Enzymes.bio, Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme ürününü üretici veya laboratuvar kimliğiyle değil, tedarikçi kimliğiyle sunar. Ürün, B2B kullanım için 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satın alınabilir; numune, teklif veya büyük hacimli sipariş yönlendirmesi bu dokümanın kapsamına dahil değildir.

Siparişle birlikte CoA ve SDS sağlanır. CoA, sipariş edilen partiye ait temel kalite dokümantasyonunu; SDS ise güvenli taşıma, depolama ve kullanım açısından gerekli güvenlik bilgilerini içerir, ancak bu makale belirli test yöntemleri veya reaktif detayları sunmaz.

Ürünün teknik konumlandırması, mannan içeren bitkisel hammaddelerde viskozite azaltma ve sindirim erişilebilirliğini destekleme üzerine kuruludur. Bu ifade, ürünün bir ilaç, tedavi ajanı veya evrensel performans garantisi olduğu anlamına gelmez; ürün, hedef substrata bağlı çalışan bir enzim olarak değerlendirilmelidir [1].

Sonuç: mannan hedefli, mekanizması açık bir viskozite azaltma enzimi

Mannanase Digestive Enzyme, mannan içeren bitkisel yem ve proses matrislerinde uzun zincirli polisakkaritleri daha kısa manno-oligosakkaritlere dönüştürerek viskoziteyi ve fiziksel kapsülleme etkisini azaltmaya yardımcı olabilecek hedefli bir enzimdir ^[3]. En güçlü teknik gerekçe, enzimin doğrudan canlı metabolizmasını değiştirmesi değil, yem veya proses ortamındaki mannan substratının moleküler yapısını dönüştürmesidir.

Mekanizma, beta-mannan, galaktomannan, glukomannan ve daha karmaşık bitkisel mannan yapılarına uygulanabilir; ancak etkinlik substratın tipi, erişilebilirliği ve uygulama koşullarıyla sınırlıdır ^[2]. Bu nedenle mannanase, mannan yükü belirgin bitkisel formülasyonlarda daha anlamlı bir araçtır.

Enzymes.bio tarafından tedarik edilen Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme, 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satın alınabilen, siparişle birlikte CoA ve SDS sağlanan bir B2B enzim ürünüdür. Teknik değerlendirme yapılırken ürün, genel bir katkıdan çok, mannan kaynaklı viskozite ve besin erişimi sorunlarını hedefleyen spesifik bir biyokatalizör olarak ele alınmalıdır.

Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme ürününü online sipariş edin

1 kg birimler halinde satılır; stokta mevcut ve sevkiyata hazırdır. Mağazamızdan doğrudan sipariş verin — online ödeme yapın, siparişinizi işleme alalım. Her siparişe Analiz Sertifikası ve Güvenlik Bilgi Formu dahildir.

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

Kaynaklar

İlk atıf sırasına göre numaralandırılmıştır. Açık erişimli kaynaklardır; her birinin yayım sırasında erişilebilir olduğu doğrulanmıştır. Metindeki atıf numaraları buraya bağlantı verir:

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. Zyl, W. H., Rose, S., Trollope, K., & Görgens, J. (2010). Fungal β -mannanases: Mannan hydrolysis, heterologous production and biotechnological applications. *Process Biochemistry*, 45, 1203-1213.
5. Jana, U. K., Suryawanshi, R., Prajapati, B., & Kango, N. (2020). Prebiotic mannoooligosaccharides: Synthesis, characterization and bioactive properties. *Food Chemistry*, 128328 .
6. 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.
7. 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*.
8. 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.
9. Guo, W., Hui, L., Song, F., Qu, Y., Wang, Q., Zhang, Y., Xin, J., ... et al. (2025). A new strategy for biological enzyme bleaching: combined effects of laccase, xylanase, and mannanase in the bleaching of softwood kraft pulp – a synergistic effect of enzymes. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 40, 465 - 476.
10. Regmi, S., Yoo, H., Choi, Y., Choi, Y., Yoo, J., & Kim, S. (2017). Prospects for Bio-Industrial Application of an Extremely Alkaline Mannanase From *Bacillus subtilis* subsp. *inaquosorum* CSB31. *Biotechnology Journal*, 12 11.
11. 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.
12. Abena, T., & Simachew, A. (2024). A review on xylanase sources, classification, mode of action, fermentation processes, and applications as a promising biocatalyst. *BioTechnologia*, 105, 273 - 285.

Enzymes.bio ile iletişime geçin


Siparişinizle ilgili sorularınız mı var? Ekibimiz yardımcı olmaktan memnuniyet duyar.


E-POSTA wholesale@enzymes.bio

TELEFON (ABD) **+1 (507) 428-6057**

[Bize ulaşın →](#)

 **400+** B2B müşteriler

 **60+** üniversite araştırma ortakları

 **54** dünya genelinde hizmet

© 2026 Enzymes.bio · Endüstriyel ve gıda işleme enzim tedariki · İnsan tüketimi veya perakende satış için değildir.