

Mannanase Feed Addition: Yemlerde Hemiselüloz Parçalama ve Manno-Oligosakkarit İşleme

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

Mannanase Feed Addition, bitkisel yem hammaddelerindeki mannan, galaktomannan ve glukomannan gibi hemiselüloz fraksiyonlarını daha kısa karbonhidrat zincirlerine dönüştürmek için kullanılan bir β -mannanase ürünüdür. Başlıca uygulaması, kanatlı, domuz ve ruminant yemlerinde mannan kaynaklı sindirilebilirlik sınırlamalarını azaltmaya; ayrıca hemiselüloz bazlı proseslerde manno-oligosakkarit oluşumunu desteklemeye yöneliktir. Enzymes.bio bu ürünü üretici veya laboratuvar olarak değil, profesyonel kullanım için çevrim içi 1 kg birimler halinde tedarik eden bir B2B enzim tedarikçisi olarak sunar .

Mannanase Nedir ve Hangi Substratları Hedefler?

Mannanase, mannan omurgasında bulunan β -1,4 bağlı mannoz birimleri arasındaki iç glikozidik bağları hidroliz eden bir karbonhidrazdır. Endüstriyel ve yem uygulamalarında “ β -mannanase” veya “endo- β -mannanase” olarak anılan enzimler, uzun mannan zincirlerini uçtan tek tek değil, zincirin iç noktalarından keserek daha kısa mannan parçaları ve manno-oligosakkaritler oluşturur; bu nedenle etkisi özellikle çözünürlük, viskozite ve substrat erişilebilirliği üzerinde görülür ^[1].

Hedef substratlar tek tip değildir. Düz mannan zincirleri, galaktoz yan dalları taşıyan galaktomannanlar, glukoz ve mannoz içeren glukomannanlar ve daha karmaşık galakto-glukomannan yapıları farklı hidroliz davranışı gösterebilir. Bu yapısal çeşitlilik, aynı “mannanase” teriminin farklı hammaddelerde farklı sonuçlar verebilmesinin temel nedenidir; örneğin palm çekirdeği küspesi gibi mannan açısından zengin materyallerde yan dallanma derecesi ve matriks yapısı enzimatik parçalanmayı belirgin biçimde etkileyebilir ^[2].

Yem formülasyonlarında mannan kaynakları çoğunlukla bitkisel proteinler, yağlı tohum küspeleri, bazı baklagil türevleri ve lifçe zengin yan ürünlerle ilişkilidir. Kanatlı ve domuz beslemesinde carbohidrase enzimlerinin rasyoneli, hayvanın kendi sindirim enzimleriyle yeterince parçalayamadığı nişasta dışı polisakkaritleri hedeflemek ve bu bileşenlerin besin kullanımını sınırlayan etkilerini azaltmaktır ^[3].

Yemlerde Mannan Sorunu: Sadece “Lif” Değil, Erişilebilirlik Meselesi

β -mannanlar genellikle lif fraksiyonu içinde değerlendirilse de yem teknolojisi açısından sorun yalnızca sindirilemeyen kütle oluşturmaları değildir. Çözünür veya kısmen çözünür mannan fraksiyonları bağırsak içeriğinin fiziksel özelliklerini değiştirebilir, besinlerin enzimlerle temasını sınırlayabilir ve bazı formülasyonlarda enerji kullanımının beklenenden düşük kalmasına katkıda bulunabilir. Bu nedenle β -mannanase, genel bir “lif azaltıcı” katkıdan çok, belirli bir polisakkarit grubunu hedefleyen tamamlayıcı bir yem enzimi olarak ele alınmalıdır [3].

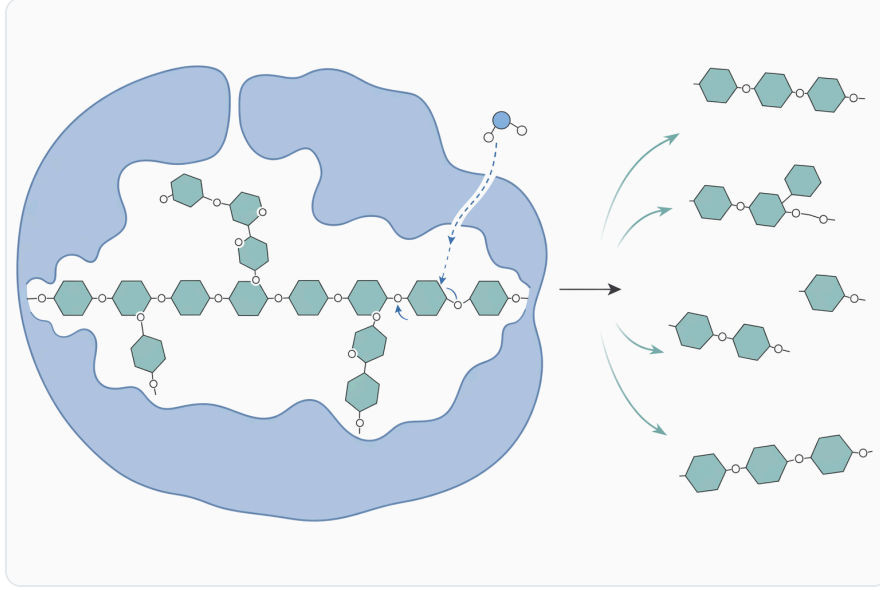


Figure 1. 엔도- β -만난분해효소는 만난 기반 헤미셀룰로오스의 내부 β -1,4 결합을 가수분해하여 만노스가 풍부한 더 짧은 올리고당을 생성한다.

Mannan içeriği yüksek hammaddelerin etkisi, rasyonun genel besin yoğunluğuna, hayvan yaşına, bağırsak gelişimine ve diğer lif fraksiyonlarının varlığına bağlıdır. Yeni süttten kesilmiş domuzlar gibi sindirim sistemi hâlâ adaptasyon döneminde olan hayvanlarda, β -mannanase takviyesinin bağırsak sağlığı ve büyüme performansı bağlamında araştırılması bu nedenle önemlidir; literatürde bu yaş grubunda farklı yem tipleriyle yapılan çalışmalar, mannanase yanıtının yem matriksine göre değişebildiğini göstermektedir [4].

Kanatlılarda da benzer bir mantık geçerlidir. Broiler yemleri genellikle yüksek oranda bitkisel protein ve enerji kaynağı içerdiğinden, nişasta dışı polisakkaritlerin parçalanması yemden yararlanma üzerinde etkili olabilir. Standart veya orta düzeyde düşürülmüş proteinli broiler diyetlerinde β -mannanase kullanımını değerlendiren araştırmalar, enzimin performans ve besin kullanım parametreleriyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir; ancak sonuçlar rasyonun temel bileşimine bağlıdır [5].

Etki Mekanizması: Mannan Zincirinden Manno-Oligosakkarite

Mannanase reaksiyonunun ilk adımı, enzimin mannan omurgasındaki uygun bağlanma bölgelerine tutunmasıdır. Enzim, polisakkarit zincirini aktif bölgesine konumlandırır ve su aracılığıyla β -1,4 glikozidik bağın hidrolizini katalizler. Bu işlem zincirin iç kısımlarında gerçekleştiği için ürün profili çoğunlukla farklı uzunluklarda oligosakkaritler, daha küçük mannan parçaları ve substrata bağlı olarak sınırlı miktarda daha basit şekerlerden oluşur [1].

Bu mekanizmanın pratik sonucu, uzun ve daha az erişilebilir hemiselüloz zincirlerinin daha kısa, daha çözünür ve mikrobiyal veya sindirimsel süreçlere daha açık fraksiyonlara dönüşmesidir. Konjak glukomannanları üzerinde yapılan enzimatik hidroliz çalışmaları, molekül büyüklüğünün düşürülmesinin fizikokimyasal özellikleri ve bağırsak sağlığıyla ilişkili biyolojik etkileri değiştirebildiğini göstermiştir; bu bulgu mannan bazlı oligosakkarit işleme mantığını destekler [6].

Yan dallı substratlarda tek başına mannanase etkisi sınırlı kalabilir, çünkü galaktoz yan dalları enzimin omurgaya erişimini zorlaştırabilir. Palm çekirdeği küspesi üzerinde yürütülen araştırmalarda β -mannanase ile yan dal uzaklaştıran tamamlayıcı enzimlerin birlikte çalışmasının hidrolizi güçlendirebildiği bildirilmiştir; bu durum karmaşık hemiselülozlarda “tek bağ-tek enzim” yaklaşımının her zaman yeterli olmadığını gösterir [2].

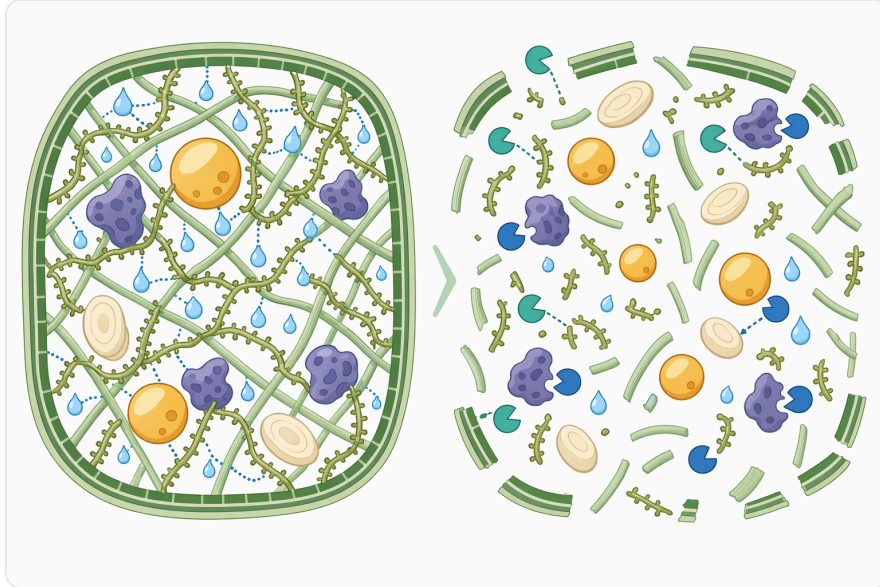


Figure 2. 긴 β -만난 사슬이 절단되면 사료 매트릭스가 느슨해져 섬유질이 풍부한 입자 안에 묻혀 있는 영양소에 물리적으로 더 쉽게 접근할 수 있다.

Başlıca Uygulama: Kanatlı ve Domuz Yemlerinde β -Mannanase

Kanatlı yemlerinde mannanase kullanımının ana hedefi, rasyondaki mannanlı polisakkaritlerin sindirim kanalında oluşturduğu sınırlamayı azaltmak ve bitkisel hammaddelerden gelen enerjinin daha tutarlı kullanılmasına katkı sağlamaktır. Kanatlı ve domuz beslemesinde carbohidrase enzimleriyle ilgili güncel derlemeler, β -mannanase'nin fitaz, ksilanaz, β -glukanaz ve proteaz gibi diğer yem enzimleriyle birlikte daha geniş bir sindirilebilirlik stratejisi içinde değerlendirildiğini belirtir ^[3].

Broilerlerde β -mannanase etkisi özellikle düşük veya yeniden dengelenmiş besin yoğunluğuna sahip diyetlerde incelenmiştir. Standart ve orta düzeyde azaltılmış ham protein içeren diyetlerle yapılan araştırmalar, β -mannanase eklemesinin büyüme performansı ve besin kullanımına ilişkin ölçütlerle birlikte değerlendirildiğini; ancak etkinin yalnızca enzime değil, protein seviyesi, hammadde seçimi ve yem matriksine bağlı olduğunu ortaya koyar ^[5].

Domuzlarda uygulama alanı, süttten kesim sonrası dönemde bağırsak adaptasyonu ve yem geçişiyle yakından ilişkilidir. Yeni süttten kesilmiş domuzlarda yürütülen çalışmalar, β -mannanase'nin büyüme, besin kullanımı ve intestinal sağlık parametreleri açısından araştırıldığını; iki farklı yem tipinde yanıtın aynı olmayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle domuz yemlerinde mannanase, yaş dönemi ve hammadde profiliyle birlikte teknik olarak değerlendirilmelidir ^[4].

Post-weaning piglet uygulamalarında bir başka önemli araştırma hattı, net enerji değeri düşürülmüş diyetlerde performansın korunup korunamayacağıdır. Bu alandaki çalışma, β -mannanase eklenmiş daha düşük enerji içerikli diyetlerin performans ve ekonomik sonuçlar açısından değerlendirilebildiğini göstermiştir; bu bulgu mannanase'nin yalnızca sindirim enzimi değil, rasyon optimizasyon aracı olarak da incelendiğini gösterir ^[7].

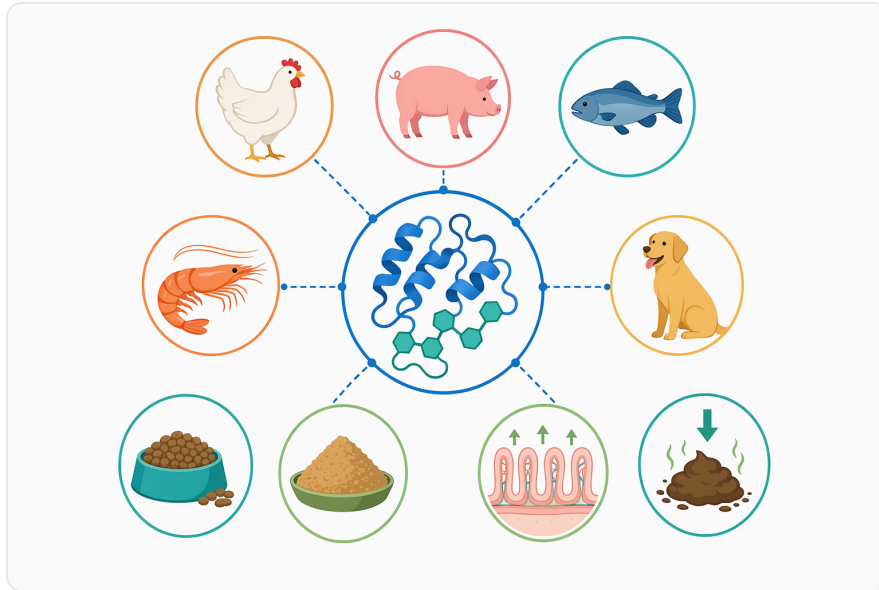


Figure 3. 만난분해효소는 접근 가능한 β -만난이 풍부한 식물성 원료가 점도 증가, 영양소 포집 또는 항영양 효과를 유발하는 경우 가금류, 돼지 및 기타 동물용 사료에서 특히 중요하다.

Ruminant Beslemede Mannanase: Rumen Mikrobiyotasıyla Birlikte Düşünmek

Ruminantlarda lif parçalanması doğal olarak rumen mikrobiyotası tarafından yürütülür; buna rağmen dış kaynaklı enzimler özellikle yüksek lifli veya değişken yan ürünlerin kullanıldığı formülasyonlarda ilgi görür. Süt sığırı beslemesinde β -mannanase takviyesini ele alan güncel derleme, enzimin beslenme, performans ve çevresel sürdürülebilirlik bağlamında araştırıldığını göstermektedir [8].

Ruminantlarda mannanase etkisi monogastrik hayvanlardaki gibi doğrudan bağırsak sindirimiyle sınırlı yorumlanmamalıdır. Rumen ortamında mikrobiyal fermentasyon, lif parçalanması ve uçucu yağ asidi üretimi gibi süreçler enzimin potansiyel etkisini şekillendirir. Bu nedenle β -mannanase burada çoğu zaman rumen mikrobiyotasının substrata erişimini artıran veya lif fraksiyonlarının ön parçalanmasını destekleyen bir araç olarak değerlendirilir [8].

Sürdürülebilir yem kullanımı açısından ruminant uygulamalarının önemi, agro-endüstriyel yan ürünlerin daha verimli değerlendirilmesiyle ilişkilidir. Lifçe zengin yan ürünlerde enzim stratejileri, yalnızca performans iddiası olarak değil, yem kaynaklarının daha iyi kullanılması ve atık azaltımı perspektifiyle de tartışılmaktadır; bu yaklaşım keçilerde agro-endüstriyel atık bazlı tamamlayıcı yemlerde sindirilebilirlik üzerine yapılan çalışmalarla da paraleldir [9].

Hemiselüloz İşleme ve Manno-Oligosakkarit Üretimi

Mannanase, yem katkıları dışında hemiselüloz işleme uygulamalarında mannan bazlı fraksiyonları kontrollü biçimde kısaltmak için kullanılabilir. Bu uygulamalarda amaç, yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritleri daha çözünür oligosakkaritlere dönüştürmek, proses akışkanlığını iyileştirmek veya sonraki fermantasyon ve biyodönüşüm adımlarına daha uygun bir karbonhidrat profili oluşturmaktır [1].

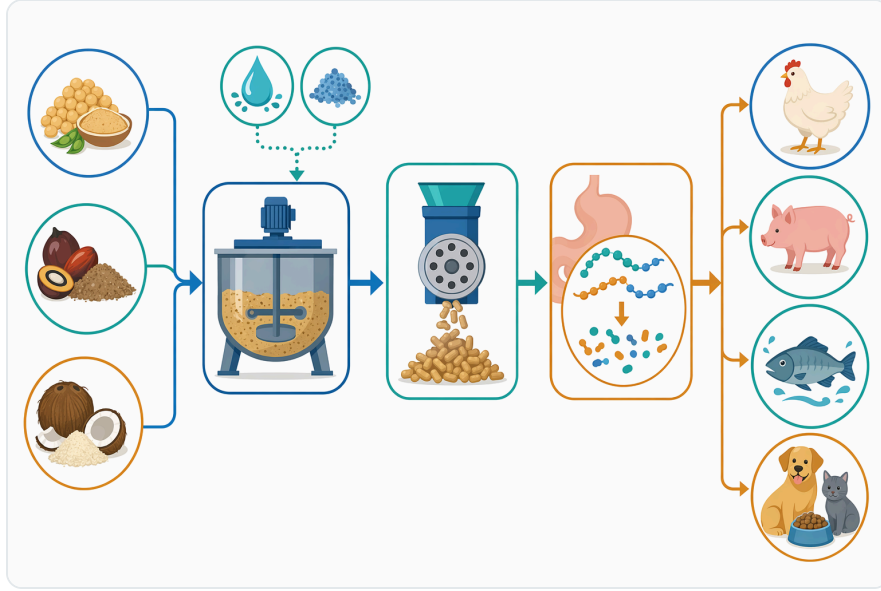


Figure 4. 팜핵박이나 압착박처럼 만nan이 풍부한 부산물의 경우, 만nan분해효소 사용은 물리적 접근성 향상에서 헤미셀룰로오스 가수분해와 영양소 방출 개선으로 이어지는 원료 업그레이드 과정으로 볼 수 있다.

Manno-oligosakkarit ifadesi, mannan omurgasından türeyen kısa zincirli mannoz ağırlıklı karbonhidratları anlatır; bu terim maya hücre duvarı kaynaklı ticari MOS kavramıyla her zaman aynı bileşimi ifade etmez. Enzimle hidrolize edilmiş glukomannanlar üzerine yapılan çalışmalar, zincir uzunluğu ve moleküler özelliklerdeki değişimin biyolojik etkiyi etkileyebileceğini gösterdiğinden, manno-oligosakkarit işleme uygulamalarında ürün profili ve başlangıç substratı birlikte düşünülmelidir [6].

Gıda atıkları veya bitkisel yan ürünlerin hayvan yemi değerine dönüştürülmesi gibi biyodönüşüm süreçlerinde enzim-fermantasyon kombinasyonları giderek daha fazla araştırılmaktadır. Restoran gıda atığının enzim-fermantasyonla hayvan yemi bileşenlerine dönüştürülmesini ele alan çalışma, enzimatik ön işlemin yem amaçlı biyodönüşümde nasıl kullanılabileceğine dair daha geniş bir proses perspektifi sunar [10].

Mannanase'nin Diğer Yem Enzimleriyle Karşılaştırılması

Mannanase'nin teknik rolünü doğru konumlandırmak için onu diğer yaygın yem enzimleriyle karşılaştırmak yararlıdır. Aynı rasyonda birden fazla nişasta dışı polisakkarit bulunabildiği için, enzim seçimi “tek en iyi enzim” sorusundan çok, yem matriksindeki sınırlayıcı substratların hangi bağ tipleriyle temsil edildiği sorusuna bağlıdır [3].

Enzim grubu	Ana hedef substrat	Yem uygulamasındaki tipik amaç	Mannanase'den farkı
β-Mannanase	Mannan, galaktomannan, glukomannan	Mannan kaynaklı hemiselüloz sınırlamalarını azaltmak; manno-oligosakkarit oluşumunu desteklemek	Mannoz ağırlıklı omurgayı hedefler; etkisi mannan içeriğine güçlü biçimde bağlıdır [1]
Ksilanaz	Arabinoksilan ve ksilan fraksiyonları	Tahıl bazlı rasyonlarda viskozite ve lif erişilebilirliği üzerinde çalışmak	Özellikle buğday, çavdar ve bazı tahıl yan ürünlerinde ksilan yapılarıyla ilişkilidir [3]
β-Glukanaz	β -glukanlar	Arpa ve yulaf gibi hammaddelerde çözünür lif etkisini azaltmak	Glukoz omurgalı β -glukanları hedefler; mannan bağlarına odaklanmaz [3]
Fitaz	Fitik asit ve fitat bağlı fosfor	Fosfor yararlanımını artırmak ve mineral bağlanmasını azaltmak	Polisakkarit değil, fitat kompleksini hedefler; karbonhidrat hidrolizi yapmaz [11]
Proteaz	Proteinler ve peptit bağları	Protein sindirilebilirliğini desteklemek	Karbonhidrat lifleri değil, protein yapılarını parçalar [3]

Bu karşılaştırma, mannanase'nin özellikle mannan içeriği belirgin hammaddelerde anlam kazandığını gösterir. Eğer rasyondaki temel sindirilebilirlik sınırlaması arabinoksilan, β -glukan veya fitat kaynaklıysa, tek başına mannanase'den beklenen etki sınırlı olabilir; buna karşılık soya yan ürünleri, palm çekirdeği küspesi, kopra türevleri veya galaktomannan içeren bileşenler kullanıldığında teknik gerekçe güçlenir [2].

Performansı Belirleyen Formülasyon ve Proses Faktörleri

Mannanase etkisinin ilk belirleyicisi substrat varlığıdır. Enzim yalnızca hedefleyebileceği mannan veya mannan benzeri hemiselüloz bulunduğunda anlamlı katalitik katkı sağlar; bu nedenle mısır-soya temelli düşük mannanlı bir rasyon ile palm çekirdeği küspesi içeren yüksek lifli bir rasyon aynı yanıtı

vermeyebilir [2].

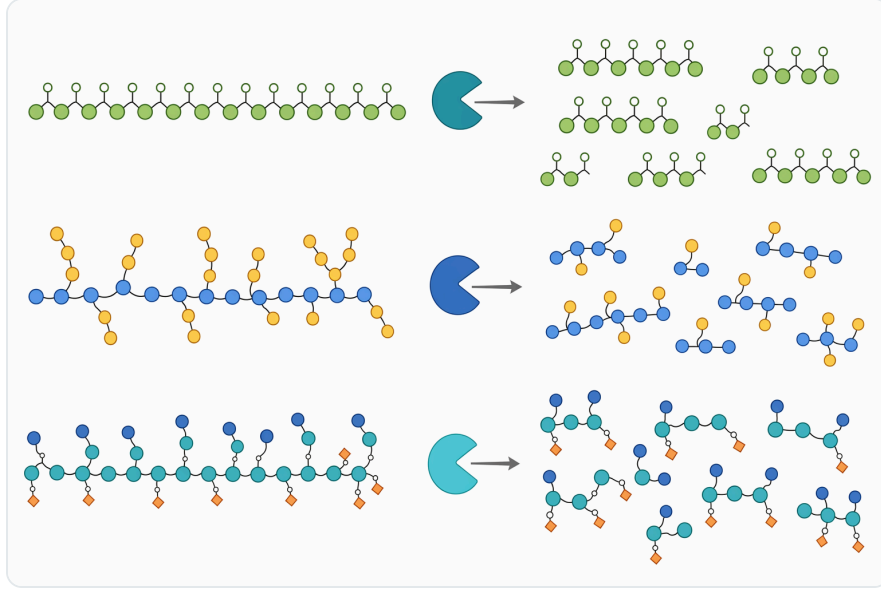


Figure 5. 만난분해효소가 생성하는 올리고당 혼합물은 분지와 치환 패턴을 포함한 원래 만난 구조에 따라 달라진다.

İkinci faktör substrat erişilebilirliğidir. Mannan fraksiyonu bitki hücre duvarı içinde lignin, selüloz, protein ve diğer polisakaritlerle birlikte yer aldığına enzim bağlanma bölgelerine ulaşmakta zorlanabilir. Öğütme, peletleme, ıslatma, fermentasyon veya diğer ön işlemler mannanın fiziksel erişilebilirliğini değiştirebilir; bu durum endo- β -mannanase uygulamalarında proses koşullarının neden önemli olduğunu açıklar [1].

Üçüncü faktör sindirim veya proses ortamıdır. pH, sıcaklık, su aktivitesi, temas süresi, iyonik ortam ve diğer yem bileşenleri enzim konformasyonunu ve reaksiyon hızını etkiler. Mannanase stabilitesi üzerine yapılan çalışmalar, pH'ye bağlı stabilite profilinin pratik kullanım açısından kritik olduğunu vurgular; ancak her ticari ürün için performans, kendi kullanım bağlamında değerlendirilmelidir [12].

Dördüncü faktör diğer enzimlerle etkileşimdir. Yan dallı galaktomannanlarda α -galaktosidaz gibi tamamlayıcı enzimlerin mannanase ile sinerji oluşturabilmesi, kompleks bitkisel materyallerde çoklu enzim yaklaşımının neden araştırıldığını gösterir. Palm çekirdeği küspesi hidrolizi üzerine yapılan çalışma, yan dal uzaklaştırmanın mannan omurgasının daha etkin parçalanmasına katkı sağlayabileceğini göstermiştir [2].

Kanıtların Güçlü Olduğu ve Sınırlı Kaldığı Alanlar

Mannanase için en güçlü kanıt alanı biyokimyasal rasyoneldir: hedef substrat tanımlıdır, reaksiyon mekanizması hemiselüloz omurgasının hidrolizine dayanır ve endo- β -mannanase'lerin üretim, özellik ve uygulamalarını derleyen literatür bu enzimin mannan bazlı biyokütlelerdeki rolünü açıkça ortaya koyar [1].

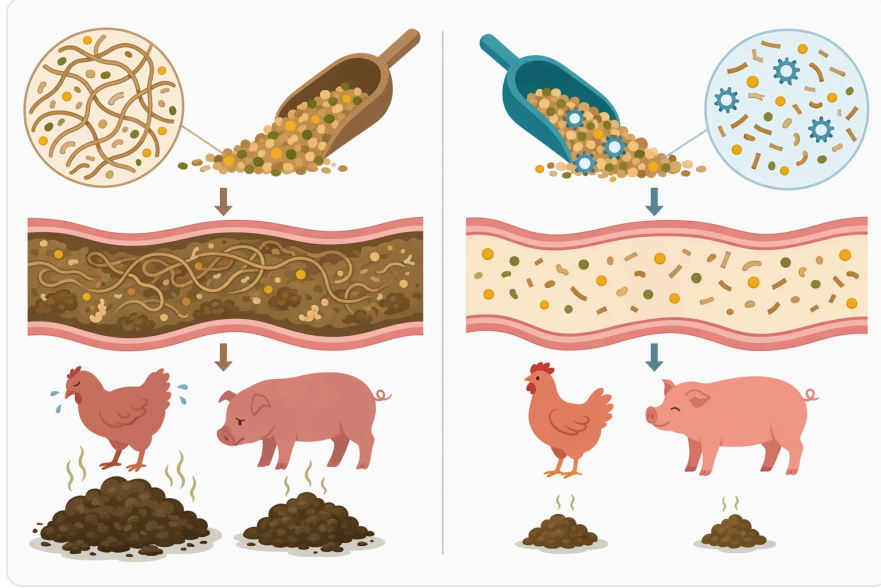


Figure 6. 만난분해효소는 피테이트, 아라비노자일란, β -글루칸 또는 단백질이 아니라 β -만난 헤미셀룰로오스를 표적으로 하므로 다른 사료 효소를 보완한다.

Hayvan performansı açısından kanıt daha bağlama bağımlıdır. Broiler, domuz ve süt sığırı çalışmalarında β -mannanase takviyesi performans, besin kullanımı, bağırsak sağlığı veya sürdürülebilirlik başlıklarıyla araştırılmıştır; ancak sonuçların rasyon tipi, hayvan yaşı ve hammadde kompozisyonuna göre değiştiği dikkate alınmalıdır [5].

Domuz çalışmalarında bu bağlam bağımlılığı özellikle belirgindir. Yeni süttten kesilmiş domuzlarda iki farklı yem tipinde β -mannanase'nin işlevsel ve besinsel rollerini inceleyen araştırma, aynı enzimin farklı yem matrikslerinde farklı sonuçlar doğurabileceğini gösterir; bu, pratikte formülasyon bilgisinin en az enzim seçimi kadar önemli olduğu anlamına gelir [4].

Ruminantlarda ise kanıtlar performans kadar çevresel ve besleme verimliliği perspektifiyle de yorumlanır. Süt sığırlarında β -mannanase kullanımını inceleyen derleme, enzimin besin kullanımını ve sürdürülebilir yem stratejilerini etkileyebilecek bir araç olarak tartışıldığını; fakat rumen sistemi nedeniyle sonuçların monogastrik hayvanlardan doğrudan kopyalanmaması gerektiğini belirtir [8].

Uygulama Beklentileri: Ne Gerçekçi, Ne Abartılı?

Gerçekçi beklenti, mannanase'nin mannan içeren hammaddelerde sindirilebilirliği destekleyen ve hemiselüloz parçalanmasını kolaylaştıran hedefli bir biyokatalizör olmasıdır. Bu, enzimin her rasyonda aynı performans artışını sağlayacağı anlamına gelmez; özellikle hedef substrat düşükse veya substrat fiziksel olarak erişilebilir değilse beklenen etki sınırlı kalabilir [3].

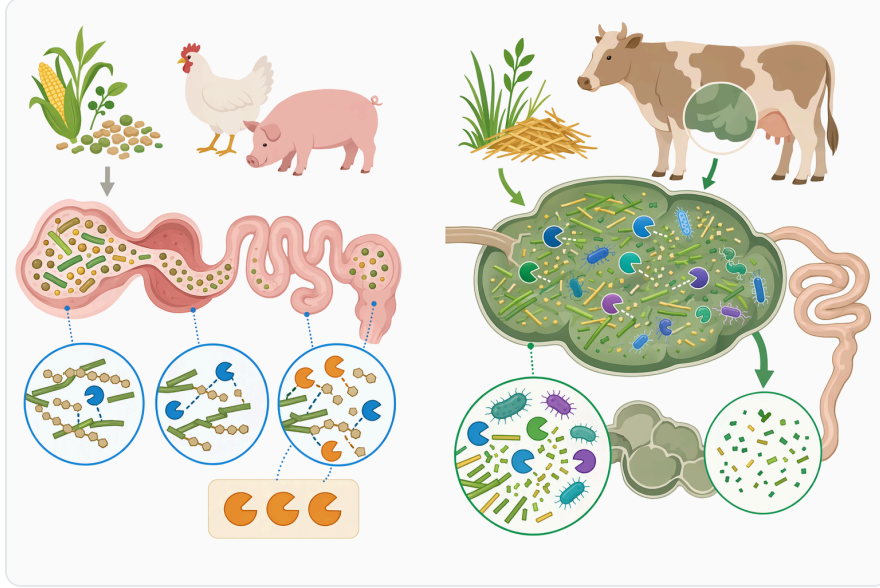


Figure 7. 외부에서 첨가한 만난분해효소는 반추위 미생물군이 이미 상당한 섬유 분해 능력을 제공하는 반추동물보다 단위동물에서 실질적 적용 맥락이 다르다.

Manno-oligosakkarit oluşumu da “tek tip ürün” olarak düşünülmemelidir. Enzimatik hidrolizde ortaya çıkan oligosakkaritlerin zincir uzunluğu, dallanma durumu ve çözünürlüğü kullanılan hammaddeye, temas süresine ve proses koşullarına göre değişir. Konjak glukomannan hidrolizi üzerine yapılan çalışmalar, moleküler özelliklerdeki değişimin fonksiyonel sonucu etkileyebileceğini gösterdiğinden, oligosakkarit işleme hedeflerinde başlangıç materyali kritik önemdedir [6].

Ekonomik değer ise çoğu zaman rasyon yeniden formülasyonu, alternatif hammadde kullanımı veya yüksek lifli yan ürünlerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkar. Post-weaning piglet araştırmasında daha düşük net enerji içeriğine sahip diyetlerde β -mannanase uygulamasının performans ve ekonomik sonuçlarla birlikte değerlendirilmesi, enzimin yalnızca biyokimyasal değil, formülasyon ekonomisi açısından da incelenebileceğini göstermektedir [7].

Ürün Konumlandırması: Enzymes.bio Üzerinden B2B Tedarik

Mannanase Feed Addition, Enzymes.bio üzerinden profesyonel ve endüstriyel kullanım bağlamında sunulan bir enzim ürünüdür. Enzymes.bio burada üretici veya analiz laboratuvarı olarak değil, B2B müşterilerin çevrim içi olarak erişebildiği bir enzim tedarikçisi olarak konumlanır; ürün sayfası bu mannanase ürününün yem katkısı, hemiselüloz ve manno-oligosakkarit işleme uygulamalarıyla ilişkilendirildiğini belirtir .

Ürün 1 kg birimler halinde çevrim içi doğrudan satın alınabilir. Sipariş sürecinde ürünün profesyonel kullanıma yönelik olduğu, sevkiyat ve sipariş koşullarının Enzymes.bio'nun hizmet şartları çerçevesinde yürütüldüğü dikkate alınmalıdır; doğrudan insan tüketimi veya tüketici tipi perakende kullanım amacıyla değerlendirilmemelidir .

Siparişe birlikte CoA ve SDS sağlanır. CoA, ilgili partiye ait ürün bilgilerini belgelemek; SDS ise güvenli elleçleme, depolama ve iş güvenliği iletişimi açısından kullanılır. Enzim tozlarıyla çalışırken solunum yoluyla maruziyet ve toz oluşumu gibi genel enzim güvenliği konuları dikkate alınmalıdır; enzim güvenliği dokümanları, uygun iş hijyeni ve maruziyet kontrolünün önemini vurgular ^[13].

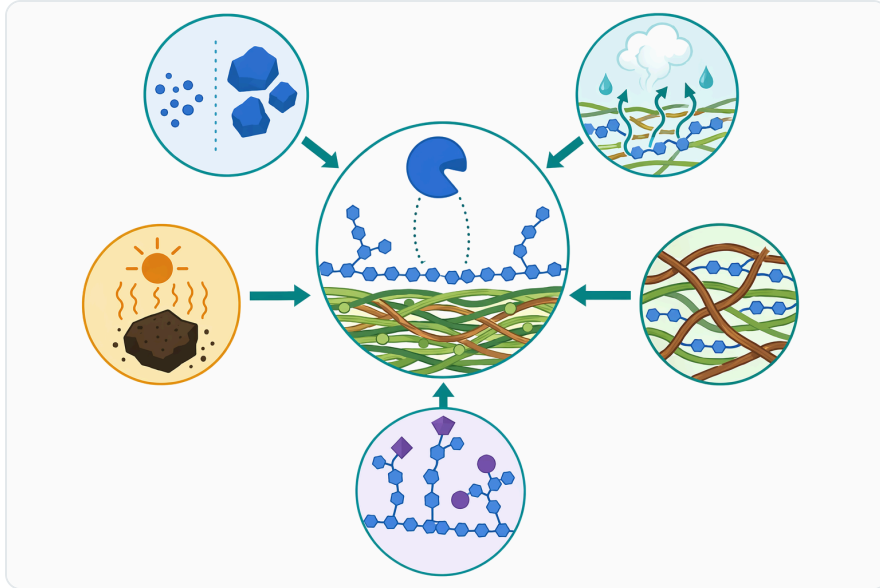


Figure 8. 만난분해효소의 성능은 기질 접근성에 좌우되며, 이는 입자 구조, 열과 수분 이력, 리그닌과의 결합, 헤미셀룰로오스의 화학적 치환에 의해 영향을 받을 수 있다.

Teknik Sonuç

Mannanase Feed Addition, mannan yapılı hemiselülozları hedefleyen ve özellikle bitkisel yem hammaddelerinde sindirilebilirlik sınırlamalarını azaltmak için kullanılan bir β -mannanase ürünüdür. Mekanizma, mannan omurgasındaki β -1,4 bağlarının hidroliziyle daha kısa karbonhidrat fraksiyonları ve manno-oligosakkaritler oluşmasına dayanır; bu nedenle ürünün teknik değeri doğrudan hammadde mannan içeriği ve substrat erişilebilirliğiyle ilişkilidir [1].

Kanatlı ve domuz beslemesinde β -mannanase, nişasta dışı polisakkaritleri hedefleyen yem enzimleri içinde rasyonel bir araç olarak değerlendirilir; broiler ve domuz çalışmalarında performans, besin kullanımı ve bağırsak sağlığı parametreleriyle birlikte araştırılmıştır. Ruminantlarda ise rumen mikrobiyotası, lif fermentasyonu ve sürdürülebilir yem kullanımı bağlamında daha geniş bir yorum gerekir [3].

En doğru B2B konumlandırma, mannanase'yi her koşulda aynı sonucu veren genel bir performans katkısı olarak değil, mannan içeren formülasyonlarda hemiselüloz parçalanmasını ve manno-oligosakkarit işleme mantığını destekleyen hedefli bir biyokatalizör olarak tanımlamaktır. Enzymes.bio üzerinden tedarik edilen bu ürün, 1 kg çevrim içi satış modeliyle profesyonel kullanıcılara sunulur ve siparişe birlikte CoA ile SDS sağlanır .

Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing 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 Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing 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. Srivastava, P., & Kapoor, M. (2017). Production, properties, and applications of endo- β -mannanases. *Biotechnology Advances*, 35 1, 1-19 .
2. Xie, J., Pan, L., He, Z., Liu, W., Zheng, D., Zhang, Z., & Wang, B. (2020). A novel thermophilic β -mannanase with broad-range pH stability from *Lichtheimia ramosa* and its synergistic effect with α -galactosidase on hydrolyzing palm kernel

[meal](#). *Process Biochemistry*, 88, 51-59.

3. Júnior, D. T. V., Genova, J., Kim, S. W., Saraiva, A., & Rocha, G. (2024). [Carbohydrases and Phytase in Poultry and Pig Nutrition: A Review beyond the Nutrients and Energy Matrix](#). *Animals*, 14.
4. Baker, J. T., Deng, Z., Sokale, A., Frederick, B., & Kim, S. W. (2024). [Nutritional and functional roles of \$\beta\$ -mannanase on intestinal health and growth of newly weaned pigs fed two different types of feeds](#). *Journal of Animal Science*, 102.
5. Barekatin, R., Hall, L., Chrystal, P., & Fickler, A. (2024). [Nutrient utilisation and growth performance of broiler chickens fed standard or moderately reduced dietary protein diets with and without \$\beta\$ -mannanase supplementation](#). *Animal Nutrition*, 19, 131 - 138.
6. Yin, J., Ma, L., Xie, M., Nie, S., & Wu, J. (2020). [Molecular properties and gut health benefits of enzyme-hydrolyzed konjac glucomannans](#). *Carbohydrate Polymers*, 237, 116117 .
7. 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*.
8. Onche, E., Habeeb, T., Denen, F., & Omale, S. (2025). [Exploring the benefits of \$\beta\$ -mannanase supplementation in dairy cattle nutrition, performance, and a sustainable environment](#). *Journal of Central European Agriculture*.
9. Dzulqaidah, A. M. A., & Islamiyati, R. (2025). [Impact of Eco-Enzyme Application on Nutrient Intake, Fiber Composition, and Feed Digestibility in PE Goats Using Agro-Industrial Waste-Based Complementary Feed](#). *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*.
10. Bilal, M., Dan-Niu, & Wang, Z. (2024). [Novel enzyme-fermentation process for bioconversion of restaurant food waste into isomaltooligosaccharide-and L-lactic acid-enriched animal feed](#). *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
11. Hossain, S. A., Hossain, S. J., Tuli, T. R., & Akter, R. (2026). [PRODUCTION OF EXTRACELLULAR RECOMBINANT PHYTASE IN YEAST AND ITS APPLICATION IN ANIMAL FEED AS ENZYME SUPPLEMENT](#). *Journal of Experimental and Molecular Biology*.
12. Suryadihardja, G., Suwanto, A., & Yulandi, A. (2024). [Characterizing pH-dependent stability profile of endo- \$\beta\$ -mannanase enzyme: an in silico approach](#). *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 43, 10666 - 10676.
13. [Eta Ghs Enzymes.Pdf](#). *Enzymetechnicalassociation*.

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](tel:+15074286057)

[Bize ulaşın →](#)



400+ B2B müşteriler



60+ üniversite araştırma ortakları



54 dünya genelinde hizmet