

Mannanase Digestive Enzyme zur Viskositätsreduktion in mannanreichen Futtermitteln und Pflanzenprozessen

Enzymes.bio Research-Team · Wellington, Neuseeland · June 18, 2026

Mannanase ist ein hemicelluloseabbauendes Enzym, das β -1,4-Bindungen im Rückgrat von Mannanen, Galactomannanen und Glucomannanen spaltet. Dadurch werden hochmolekulare, wasserbindende Polysaccharide in kürzere Oligosaccharide zerlegt, was in passenden Rohstoffen die Viskosität senken und die Zugänglichkeit pflanzlicher Zellwandbestandteile verbessern kann ^[1].

Für B2B-Anwender ist Mannanase vor allem dann relevant, wenn die Zähigkeit einer Futtermittelmatrix, Pflanzenmaische oder Suspension tatsächlich durch mannanreiche Nicht-Stärke-Polysaccharide verursacht wird. Enzymes.bio stellt das Produkt als Lieferant in 1-kg-Einheiten online bereit; CoA und SDS werden bei der Bestellung mitgeliefert .

Einordnung: Was dieses Enzym leistet — und was nicht

Mannanase ist kein allgemeiner „Verdüner“, sondern ein substratspezifisches Enzym. Ihr Zielsubstrat sind Mannane: pflanzliche Hemicellulosen, deren Hauptkette aus Mannosebausteinen besteht und die je nach Rohstoff zusätzlich Galactose-, Glucose- oder Acetylsubstitutionen tragen können. Gerade diese strukturelle Vielfalt erklärt, warum Mannanabbau in realen Rohstoffen nicht nur von der Mannanase selbst, sondern auch von Substratzugänglichkeit, Vorbehandlung und Begleitpolymeren abhängt ^[1].

Der Begriff „Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme“ beschreibt zwei typische B2B-Anwendungen: als Verdauungsenzym in futtermittelbezogenen Konzepten und als Viskositätsreduktionsenzym in mannanreichen Prozessströmen. In beiden Fällen ist der gleiche biochemische Mechanismus entscheidend: lange Polysaccharidketten werden kürzer, ihre hydrodynamische Wirkung nimmt ab, und Wasser wird weniger stark in hochviskosen Polymernetzwerken gebunden ^[2].

Wichtig ist die Abgrenzung zu anderen Ursachen von Viskosität. Stärkequellung, Pektin, β -Glucane, Arabinoxylane, Proteine, Lipide oder feine Feststoffpartikel erzeugen jeweils andere rheologische Probleme. In solchen Fällen kann Mannanase nur dann einen sichtbaren Beitrag leisten, wenn

Mannane ein relevanter Teil des Problems sind; ansonsten sind andere Enzymklassen oder mechanische Prozessanpassungen naheliegender ^[3].

Der Mechanismus: Warum Mannanabbau Viskosität senkt

β -Mannanase wirkt endo-hydrolytisch: Sie greift nicht nur vom Ende einer Kette an, sondern spaltet interne β -1,4-glykosidische Bindungen im Mannanrückgrat. Dadurch sinkt die mittlere Kettenlänge schnell, und bereits eine begrenzte Zahl von Spaltungen kann die Fließeigenschaften deutlich verändern, weil die Viskosität polymerer Lösungen überproportional von der Molekülgröße und Kettenverschränkung abhängt ^[1].

Bei Galactomannanen erschweren Seitenketten den Zugang zum Rückgrat, können aber gleichzeitig die Löslichkeit erhöhen. In komplexen Pflanzenmatrices ist die Mannanasewirkung deshalb ein Zusammenspiel aus Löslichkeit, Verzweigungsgrad, physikalischer Zugänglichkeit und Kontaktzeit. Arbeiten zur enzymatischen Degradation komplexer Mannanstrukturen betonen genau diese Herausforderung: Mannan ist kein einheitliches Substrat, sondern eine Familie verwandter Zellwandpolymere mit unterschiedlicher Abbaubarkeit ^[1].

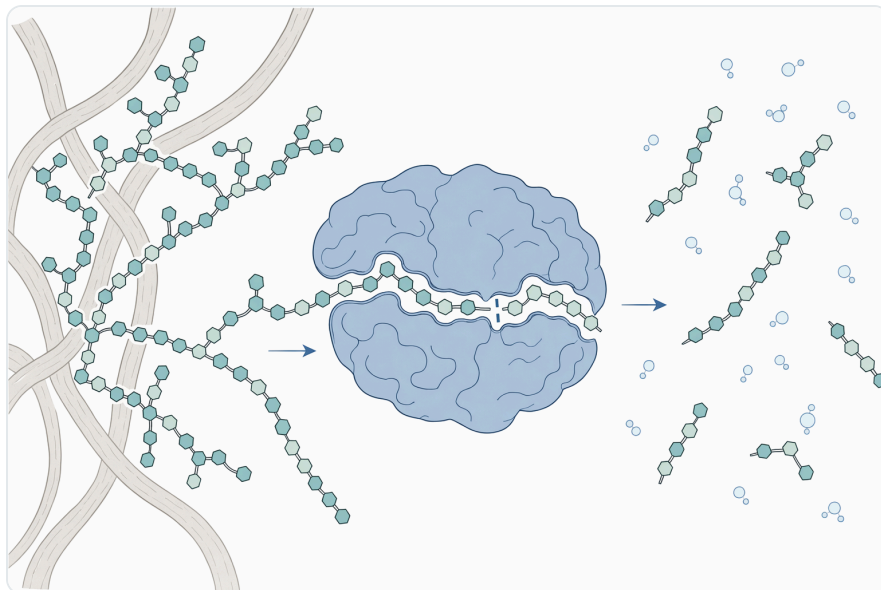


Figure 1. 만나나아제는 β -만난 골격의 내부 β -1,4 결합을 가수분해하여, 물을 붙잡는 긴 고분자를 더 짧은 조각으로 전환합니다.

Das Ergebnis der Hydrolyse sind kürzere Mannanfragmente, Mannooligosaccharide und — bei weitergehendem Abbau durch ergänzende Enzyme — Monosaccharide wie Mannose. Für die Viskositätsreduktion ist nicht zwingend eine vollständige Verzuckerung erforderlich; häufig genügt die

Reduktion der Polymerlänge, um Pumpbarkeit, Durchmischung oder Diffusion zu verbessern. Diese Unterscheidung ist praktisch wichtig, weil Prozessziele wie „Viskosität senken“ und „maximale Zuckerfreisetzung“ nicht identisch sind ^[4].

Wo Mannanase als Verdauungsenzym sinnvoll ist

In Futtermitteln stammen Mannane typischerweise aus pflanzlichen Rohstoffen und Nebenströmen. Sie zählen zu den Nicht-Stärke-Polysacchariden und können im Verdauungstrakt die Chymusviskosität, die Nährstoffdiffusion und die Zugänglichkeit eingeschlossener Nährstoffe beeinflussen. Mannanase wird deshalb in futtermitteltechnischen Konzepten eingesetzt, um antinutritive Effekte mannanreicher Bestandteile zu reduzieren und pflanzliche Zellwandstrukturen partiell aufzuschließen ^[1].

Der Begriff „digestive enzyme“ sollte dabei technisch verstanden werden: Das Enzym soll unter den Bedingungen der jeweiligen Anwendung mit mannanreichen Substraten in Kontakt kommen und diese hydrolysieren. Ob daraus messbare Leistungs-, Verdaulichkeits- oder Prozessvorteile entstehen, hängt von Tierart, Rezeptur, Rohstoffqualität, Partikelstruktur, Feuchtigkeit, Verweilzeit und weiteren Enzymkomponenten ab. Forschung zu Mannanasen aus unterschiedlichen mikrobiellen Quellen zeigt, dass Enzymherkunft und Stabilität für die praktische Anwendung wesentlich sind ^[5].

Mannanase ist besonders plausibel, wenn Rezepturen nennenswerte Mengen an Galactomannanen oder verwandten Hemicellulosen enthalten. In rein stärke- oder proteinbedingten Problemen wäre dagegen keine direkte Hauptwirkung zu erwarten. Für die Formulierungspraxis bedeutet das: Die Rohstoffmatrix entscheidet, nicht der Produktname allein ^[2].

Viskositätsreduktion in pflanzlichen Prozesströmen

Auch außerhalb der Tierernährung ist Mannanase relevant, sobald mannanreiche pflanzliche Polymere Prozessflüssigkeiten verdicken. In Extrakten, Maischen, Nebenströmen oder konzentrierten Suspensionen kann hohe Viskosität die Durchmischung verschlechtern, Wärme- und Stoffübergang begrenzen, Pumpenergie erhöhen oder hohe Feststoffgehalte erschweren. Enzymatische Viskositätsreduktion ist deshalb ein etabliertes Prinzip in mehreren Bioprozess- und Lebensmittelkontexten ^[3].

Studien zur enzymatischen Behandlung von Industrie- und Fermentationsrückständen zeigen, dass die gezielte Hydrolyse von Nicht-Stärke-Polysacchariden Prozessviskosität und Hydrolyseeffizienz beeinflussen kann. Sørensen et al. untersuchten beispielsweise die enzymatische Viskositätsreduktion

und Hydrolyse von Weizen-Arabinoxylanen in einem industriellen Ethanol-Fermentationsrückstand; das Beispiel betrifft nicht Mannanase allein, zeigt aber das gleiche verfahrenstechnische Prinzip: lösliche Hemicellulosen können die Prozessrheologie dominieren [3].

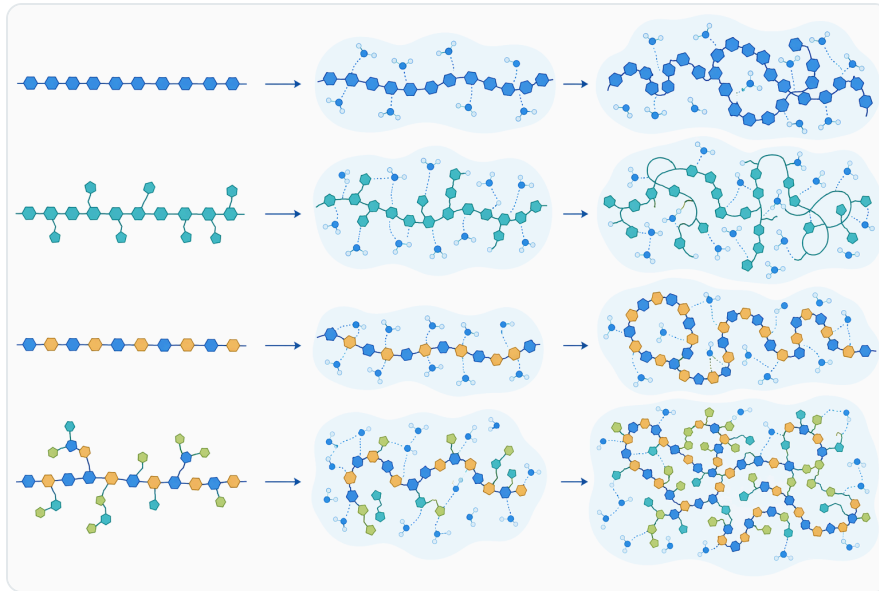


Figure 2. 서로 다른 β -만난 구조는 골격의 접근성과 수화된 고분자가 만들어낼 수 있는 점도의 크기에 영향을 줍니다.

Bei Cassava-Pulp wurde eine simultane Saccharifizierung und Viskositätsreduktion mit einem mehrkomponentigen Enzymsystem beschrieben, das Stärke- und Zellwandabbau kombiniert. Für Mannanase lässt sich daraus kein isolierter Wirkungsnachweis in Cassava ableiten; die Arbeit belegt jedoch, dass in hochfesten pflanzlichen Substraten Zellwandhydrolyse und Viskositätskontrolle eng zusammenhängen [4].

Zuckerrübenmaische ist ein weiteres Beispiel dafür, dass Vorbehandlung und Enzyme gemeinsam wirken können. In einer Arbeit zur alkaliunterstützten enzymatischen Viskositätsreduktion wurde gezeigt, dass chemisch-physikalische Aufschlussbedingungen die enzymatische Verarbeitung hochviskoser pflanzlicher Maischen beeinflussen. Für Mannanase heißt das allgemein: Die beste Wirkung ist oft nicht nur eine Frage des Enzyms, sondern der Substratvorbereitung [6].

Vergleich: Welche Viskositätsursache passt zu welcher enzymatischen Strategie?

Hauptursache der Viskosität	Typische Matrix oder Situation	Plausible enzymatische Richtung	Einordnung für Mannanase
Mannane, Galactomannane, Glucomannane	mannanreiche Futtermittel, Pflanzenextrakte, hemicellulosereiche Nebenströme	β -Mannanase, ggf. mit ergänzenden Hemicellulasen	Direkt relevant, wenn Mannan der viskositätsbildende Hauptanteil ist ^[1]
Arabinoxylane	Getreidefraktionen, Ethanol-Fermentationsrückstände, Weizenströme	Xylanase- bzw. Arabinoxylan-abbauende Systeme	Mannanase nur ergänzend sinnvoll, wenn zusätzlich Mannane vorhanden sind ^[3]
Stärke und Zellwandpolymere gemeinsam	Cassava-Pulp, stärkehaltige Hochfeststoffmaischen	Amylolytische Enzyme plus Zellwand-abbauende Komponenten	Mannanase kann Teil eines Systems sein, ist aber nicht der Stärkeabbau-Hauptakteur ^[4]
Cellulose-/Hemicellulose-Strukturen in Pulpen	Kraftzellstoffe, Faserstoffe, Saccharifizierungsprozesse	Cellulasen, Xylanasen, Mannanasen je nach Faserchemie	Relevanz abhängig vom Hemicelluloseprofil des Zellstoffs ^[7]
Partikelgröße und physikalische Feststoffeffekte	dampfexplodierte Biomasse, hochkonzentrierte Suspensionen	Mechanische Zerkleinerung, Vorbehandlung, danach Enzyme	Mannanase kann zugänglicher werden, ersetzt aber keine Partikelgrößenkontrolle ^[8]

Diese Tabelle ist bewusst prozessbezogen formuliert. In realen Rohstoffen liegen mehrere Viskositätsursachen gleichzeitig vor, und die sichtbare Wirkung eines einzelnen Enzyms kann durch Stärkeverkleisterung, Faserquellung, Proteinaggregation oder unlösliche Partikel überlagert werden ^[8].

Evidenz aus Forschung und Anwendung: Was übertragbar ist

Die biochemische Grundlage von Mannanase ist gut abgesichert. Naganagouda et al. beschrieben eine endo- β -1,4-Mannanase aus *Aspergillus niger* für Anwendungen in der Lebensmittelverarbeitung. Solche Arbeiten stützen die grundsätzliche Aussage, dass mikrobielle Mannanasen Mannanstrukturen spalten und für technische Prozesse nutzbar gemacht werden können ^[2].

Aktuelle Forschung betrachtet Mannanabbau zunehmend als Systemproblem. Mafa et al. diskutieren, wie komplexe Pflanzenmannane enzymatisch abgebaut werden und welche Rolle Substratarchitektur und Enzymkombinationen spielen. Für Anwender ist diese Perspektive wertvoller als ein reiner Aktivitätsvergleich, weil sie erklärt, warum dasselbe Enzym in unterschiedlichen Rohstoffen sehr verschieden wirken kann [1].

Immobilisierungsstudien zeigen zudem, dass Enzymstabilität und Wiederverwendbarkeit durch Trägermaterialien verändert werden können. Mohapatra et al. untersuchten beispielsweise eine β -Mannanase aus einer *Streptomyces*-Spezies, immobilisiert auf Chitosan-Nanopartikeln. Das ist keine Aussage über das Enzymes.bio-Produkt, zeigt aber, welche technologischen Stellschrauben in der Enzymentwicklung grundsätzlich untersucht werden [5].

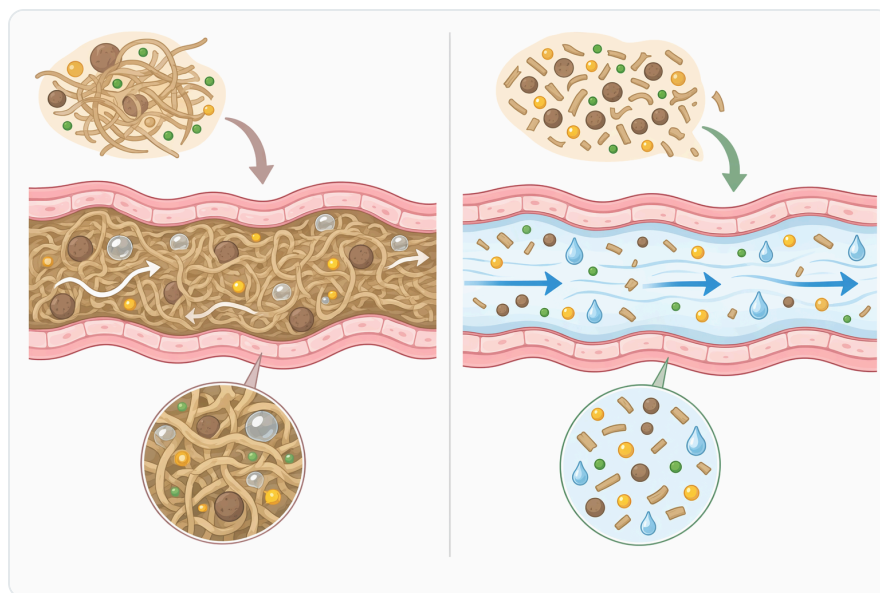


Figure 3. 만나나아제는 자일라나아제, β -글루카나아제, 셀룰라아제, 펙티나아제와 구별되며, 각 효소는 서로 다른 식물 다당류 계열을 표적으로 합니다.

Auch anorganische Nanomaterialien werden als Träger für Enzymimmobilisierung in der Lebensmittelverarbeitung diskutiert. Solche Arbeiten sind für das Verständnis der Branche relevant, sollten aber nicht mit einer Produktspezifikation verwechselt werden: Sie beschreiben Forschungs- und Formulierungsansätze, nicht automatisch die Eigenschaften eines online erhältlichen B2B-Enzyms [9].

Stabilität ist ein weiteres zentrales Forschungsthema. Hu et al. verbesserten die Stabilität einer β -Mannanase aus *Armillariella tabescens* über rationale N-Glykosylierungsmodifikation. Der praktische Schluss daraus ist allgemein: Proteinstruktur und posttranslationale Modifikationen können Temperatur- und Prozessstabilität beeinflussen; konkrete Produktleistung muss jedoch immer produktspezifisch betrachtet werden [10].

Prozessfaktoren, die über Erfolg oder Enttäuschung entscheiden

Der wichtigste Faktor ist das Substrat. Wenn eine Matrix wenig zugängliches Mannan enthält, wird Mannanase keine starke Viskositätsreduktion erzeugen. Wenn dagegen lösliche oder gequollene Galactomannane die Rheologie dominieren, kann bereits begrenzte Hydrolyse eine deutliche Änderung des Fließverhaltens bewirken. Das erklärt, warum Rohstoffkenntnis und Prozessverständnis bei Mannanase wichtiger sind als eine pauschale Dosierlogik ^[1].

Feuchtigkeit und Durchmischung sind ebenfalls entscheidend. Hydrolyse findet an der Grenzfläche zwischen Enzym und Substrat statt; in trockenen oder schlecht benetzten Systemen ist der Kontakt begrenzt. In hochviskosen Suspensionen kann wiederum die Viskosität selbst den Stofftransport behindern, sodass die Wirkung anfänglich langsam erscheint und nach ersten Kettenspaltungen schneller sichtbar wird ^[3].

Temperatur beeinflusst sowohl Reaktionsgeschwindigkeit als auch Enzymstruktur. In der Lebensmittelverarbeitung können thermische Verfahren, lokale Erwärmung und spezielle Energieeinträge wie Mikrowellenbestrahlung Enzymaktivität über Konformationsänderungen, Wasserverteilung und Massentransfer beeinflussen. Cao et al. beschreiben solche Mechanismen allgemein für Enzyme unter Mikrowellenbedingungen; daraus folgt, dass Prozesswärme nicht nur als „schneller oder langsamer“, sondern als Stabilitätsfaktor betrachtet werden muss ^[11].

Der pH-Wert wirkt auf die Ladung von Enzym und Substrat sowie auf die katalytischen Aminosäuren im aktiven Zentrum. Da Mannanasen aus unterschiedlichen Mikroorganismen verschiedene pH- und Temperaturprofile besitzen, sind Literaturdaten aus einer Quelle nicht automatisch auf jedes Produkt übertragbar. Forschung zu Mannanasen aus *Aspergillus*, *Streptomyces* und anderen Quellen zeigt gerade diese Vielfalt ^[5].



Figure 4. 사료 및 소화 분야에서 만나나아제는 β -만난이 소화물의 점도를 높이거나 영양소 접근성을 낮출 수 있는 식물 유래 원료에 주로 활용됩니다.

Vorbehandlung kann die Wirkung verstärken oder abschwächen. Alkalisierung kann pflanzliche Zellwandstrukturen öffnen, Hemicellulosen solubilisieren oder andere Polymere verändern; mechanische Partikelgrößenreduktion kann Oberfläche erhöhen, aber auch Feststoffbelastung und Wasserbindung verändern. Studien zu Zuckerrübenmaische und dampfexplodiertem Weizenstroh verdeutlichen, dass Enzymwirkung und physikalische Rohstoffstruktur zusammen betrachtet werden müssen ^[6].

Mannanase in kombinierten Enzymsystemen

In vielen pflanzlichen Rohstoffen ist Mannan nicht allein. Zellwände enthalten typischerweise Mischungen aus Cellulose, Xylanen, Mannanen, Pektinen und weiteren Polymeren. Deshalb werden in technischen Prozessen häufig Enzymsysteme eingesetzt, die mehrere Bindungstypen adressieren. Mannanase kann darin eine spezifische Rolle übernehmen: Sie öffnet oder verkürzt Mannanfraktionen, während andere Enzyme andere Polymere bearbeiten ^[4].

Bei Faserstoffen und Zellstoffprozessen ist dieses Zusammenspiel besonders offensichtlich. Carrillo-Varela et al. untersuchten Alkalibehandlung von Kraftpulpen aus Kiefer und Eukalyptus sowie Effekte auf enzymatische Saccharifizierung und Viskositätskontrolle von Cellulose. Obwohl der Fokus nicht auf einem einzelnen Mannanaseprodukt liegt, zeigt die Arbeit, dass Viskositätskontrolle in faserigen Matrices mehrere Polymerfraktionen und Vorbehandlungen umfasst ^[7].

Für Anwender bedeutet das: Wenn eine Prozessmatrix heterogen ist, kann eine alleinige Mannanasewirkung begrenzt erscheinen, obwohl Mannanase biochemisch aktiv ist. Die Ursache liegt dann nicht zwingend am Enzym, sondern daran, dass andere Polymere die makroskopische Viskosität dominieren oder den Zugang zu Mannanen blockieren [1].

Realistische Nutzenprofile für B2B-Anwendungen

Der erste Nutzen ist die gezielte Verringerung mannanbedingter Viskosität. In Futtermittelbreien, pflanzlichen Suspensionen oder Prozessmedien kann eine kürzere Polymerkettenlänge Fließverhalten und Durchmischung verbessern. Entscheidend ist, dass die Viskosität nicht nur gemessen, sondern ihrer Ursache zugeordnet wird [3].

Der zweite Nutzen ist die bessere Zugänglichkeit von Nährstoffen oder Substraten. Wenn Mannane Zellwandstrukturen stabilisieren oder Nährstoffe physikalisch einschließen, kann ihre Hydrolyse dazu beitragen, andere Bestandteile besser erreichbar zu machen. In stärkehaltigen Substraten wurde dieses Prinzip für kombinierte Stärke- und Zellwandhydrolyse beschrieben, auch wenn die konkrete Enzymzusammensetzung je nach Rohstoff angepasst werden muss [4].

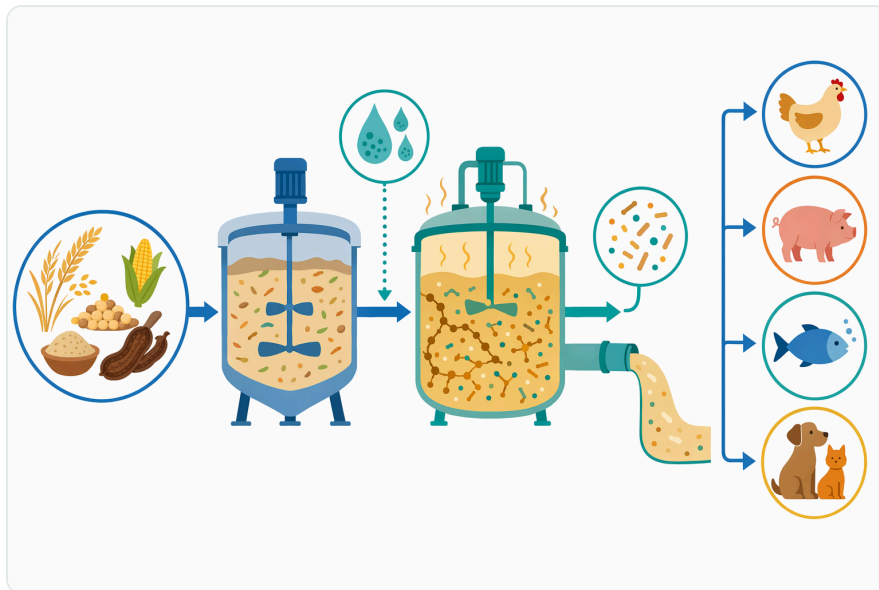


Figure 5. 수분이 있는 식물 가공 과정에서 만나나아제 처리는 이후의 혼합, 펄핑, 여과, 분리 또는 제형화 단계 전에 만난 고분자를 짧게 만들 수 있습니다.

Der dritte Nutzen liegt in der Rohstoffflexibilität. Pflanzliche Nebenströme sind wirtschaftlich interessant, bringen aber häufig höhere Gehalte an Nicht-Stärke-Polysacchariden mit. Enzymatische Strategien können helfen, solche Rohstoffe verarbeitbarer zu machen, solange die verwendeten Enzyme zu den dominierenden Polysacchariden passen [6].

Ein weiterer möglicher Nutzen ist die Bildung kürzerer Mannanfragmente. Diese sind für die Viskositätsreduktion vor allem deshalb relevant, weil sie weniger stark zur Polymervernetzung beitragen. Ob solche Fragmente in einer bestimmten Anwendung zusätzliche funktionelle Bedeutung haben, sollte jedoch nicht pauschal angenommen werden ^[1].

Grenzen, die in technischen Entscheidungen berücksichtigt werden sollten

Mannanase kann keine Viskosität entfernen, die überwiegend aus Stärkeverkleisterung entsteht. Bei stärkehaltigen Matrices ist die Stärkefraktion oft der Haupttreiber der Rheologie; dann sind amylolytische Systeme und Prozessführung entscheidend. Die Cassava-Pulp-Literatur zeigt gerade, dass Viskositätsreduktion in solchen Substraten häufig mehrkomponentige Enzymsysteme erfordert ^[4].

Mannanase kann auch keine mechanischen Probleme vollständig lösen, wenn Partikelgröße, Feststoffgehalt oder Faserstruktur dominieren. Hoppert et al. untersuchten den Einfluss der Partikelgrößenreduktion auf die Hochfeststoff-Hydrolyse von dampfexplodiertem Weizenstroh. Solche Arbeiten zeigen, dass physikalische Struktur und enzymatische Zugänglichkeit untrennbar verbunden sind ^[8].

Außerdem ist nicht jede Forschungsarbeit direkt produktübertragbar. Studien verwenden bestimmte Stämme, gereinigte Enzyme, immobilisierte Systeme, definierte Substrate oder spezielle Prozessbedingungen. Sie erklären Mechanismen und Einsatzmöglichkeiten, ersetzen aber keine anwendungsspezifische Bewertung der eigenen Matrix ^[9].

Produkt- und Lieferkontext bei Enzymes.bio

Enzymes.bio ist in diesem Zusammenhang Lieferant, nicht Hersteller und nicht Analyselabor. Das Produkt „Mannanase Digestive Enzyme – Viscosity Reduction Enzyme“ wird online in 1-kg-Einheiten angeboten; die zugehörigen Dokumente wie CoA und SDS werden bei der Bestellung bereitgestellt .



Figure 6. 부분 가수분해는 개별 당으로 완전히 전환하지 않고도 만난올리고당과 더 짧은 조각을 생성할 수 있습니다.

Für die technische Nutzung ist das Sicherheitsdatenblatt maßgeblich. Enzyme können als Proteine bei unsachgemäßem Umgang sensibilisierend wirken, insbesondere bei Staub- oder Aerosolbildung; konkrete Schutzmaßnahmen, Lagerhinweise und Handhabungsinformationen sind den mitgelieferten Unterlagen zu entnehmen. Diese Dokumente sind Teil der Bestellung und sollten vor der innerbetrieblichen Verwendung in die jeweilige Arbeitsschutz- und Prozessdokumentation übernommen werden .

Das Produkt sollte als B2B-Enzym für verarbeitende Anwendungen verstanden werden, nicht als Verbraucherprodukt. Entscheidend ist die sachgerechte Integration in eine Matrix, in der mannannreiche Polysaccharide tatsächlich eine funktionelle Rolle spielen. Die wissenschaftliche Literatur unterstützt den Mechanismus klar, lässt aber zugleich Raum für starke Matrixabhängigkeit ^[1].

Praktische Schlussfolgerung

Mannanase ist technisch dann sinnvoll, wenn Mannane, Galactomannane oder Glucomannane die Viskosität oder Nährstoffzugänglichkeit einer pflanzlichen Matrix begrenzen. Der Kernmechanismus ist die endo-hydrolytische Spaltung von β -1,4-Mannanbindungen, wodurch lange wasserbindende Polymerketten in kürzere Fragmente überführt werden ^[2].

Die beste Wirkung ist in Rohstoffen zu erwarten, in denen Mannanfraktionen zugänglich sind und nicht andere Polymere die Viskosität dominieren. In komplexen Futtermitteln, Maischen oder Nebenströmen kann Mannanase allein ausreichend sein, häufiger aber Teil eines breiteren enzymatischen oder prozesstechnischen Konzepts werden ^[4].

Für B2B-Kunden bietet Enzymes.bio das Produkt als online bestellbare 1-kg-Einheit an; CoA und SDS werden mit der Bestellung bereitgestellt. Die technische Bewertung sollte sich auf die konkrete Matrix, die Viskositätsursache und die Prozessbedingungen stützen — nicht auf die Annahme, dass jedes Viskositätsproblem durch ein einzelnes Enzym gelöst wird .

Mannanase Digestive Enzyme - Viscosity Reduction Enzyme online bestellen

Verkauf in 1 kg-Einheiten, ab Lager und versandbereit. Bestellen Sie direkt in unserem Shop — bezahlen Sie online, wir bearbeiten Ihre Bestellung. Ein Analysenzertifikat und ein Sicherheitsdatenblatt liegen jeder Bestellung bei.

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

Referenzen

Nummeriert nach Reihenfolge der Erstzitation. Open-Access-Quellen, jeweils zum Veröffentlichungszeitpunkt auf Erreichbarkeit geprüft; die Zitationsnummern im Text verlinken hierher:

1. Mafa, M., & Malgas, S. (2023). [Towards an understanding of the enzymatic degradation of complex plant mannan structures](#). *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 39.
2. Naganagouda, K., Pv, S., & Mulimani, V. (2009). [Purification and characterization of endo-beta-1,4 mannanase from *Aspergillus niger* gr for application in food processing industry](#). *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19 10, 1184-90 .
3. Sørensen, H. R., Pedersen, S., & Meyer, A. (2006). [Optimization of Reaction Conditions for Enzymatic Viscosity Reduction and Hydrolysis of Wheat Arabinoxylan in an Industrial Ethanol Fermentation Residue](#). *Biotechnology progress (Print)*, 22.
4. Poonsrisawat, A., Paemanee, A., Wanlapatit, S., Piyachomkwan, K., Eurwilaichitr, L., & Champreda, V. (2017). [Simultaneous saccharification and viscosity reduction of cassava pulp using a multi-component starch- and cell-wall degrading enzyme for bioethanol production](#). *3 Biotech*, 7, 1-10.
5. Mohapatra, B. (2020). [Characterization of \$\beta\$ -mannanase extracted from a novel *Streptomyces* species Alg-S25 immobilized on chitosan nanoparticles](#). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35, 150 - 161.
6. Srichuwong, S., Arakane, M., Fujiwara, M., Zhang, Z., Takahashi, H., & Tokuyasu, K. (2010). [Alkali-aided enzymatic viscosity reduction of sugar beet mash for novel bioethanol production process](#). *Biomass & Bioenergy*, 34, 1336-1341.
7. Carrillo-Varela, I., Vidal, C., Vidaurre, S., Parra, C., Machuca, Á., Briones, R., & Mendonça, R. (2022). [Alkalization of Kraft Pulps from Pine and Eucalyptus and Its Effect on Enzymatic Saccharification and Viscosity Control of Cellulose](#). *Polymers*, 14.
8. Hoppert, L., & Einfalt, D. (2021). [Impact of particle size reduction on high gravity enzymatic hydrolysis of steam-exploded wheat straw](#). *SN Applied Sciences*, 3.

9. Wu, H., & Mu, W. (2022). Application Prospects and Opportunities of Inorganic Nanomaterials for Enzyme Immobilization in the Food Processing Industry. *Current Opinion in Food Science*.
10. Hu, W., Liu, X., Li, Y., Liu, D., Kuang, Z., Chui-Qian, & Yao, D. (2017). Rational design for the stability improvement of *Armillariella tabescens* β -mannanase MAN47 based on N-glycosylation modification. *Enzyme and Microbial Technology*, 97, 82-89 .
11. Cao, H., Wang, X., Liu, J., Sun, Z., Yu, Z., Battino, M., El-Seedi, H., ... et al. (2023). Mechanistic insights into the changes of enzyme activity in food processing under microwave irradiation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.

Enzymes.bio kontaktieren

Fragen zu einer Bestellung? Unser Team hilft Ihnen gerne weiter.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

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

[Kontakt aufnehmen →](#)



400+ B2B-Kunden



60+ universitäre Forschungspartner



54 weltweit beliefert

© 2026 Enzymes.bio · Enzymlieferant für Industrie & Lebensmittelverarbeitung · Nicht zum menschlichen Verzehr oder für den Einzelverkauf.