

Mannanase (endo- β -mannanase) 飼料添加與半纖維素處理：用於 mannan-rich 原料利用、MOS 生成與動物飼料配方優化

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 21, 2026

Mannanase (endo- β -mannanase) 是用於動物飼料與植物原料處理的外加酵素，主要作用是切割 β -1,4-mannan、galactomannan 與 glucomannan 等半纖維素骨幹，將高分子 mannan 轉化為較短的 mannose-rich oligosaccharides (常被歸入 MOS 相關寡糖範疇) [1]。

在含豆類副產物、棕櫚核粕、棕櫚核粉、部分 DDGS 或其他富含 mannan 的配方中，mannanase 的技術價值在於降低非澱粉多醣造成的消化阻礙，並提升原料中既有營養素的可利用性，而不是額外「創造」蛋白質或能量[2]。

Enzymes.bio 供應的 Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing 以 1 kg 單位在線上販售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；Enzymes.bio 的角色是供應商，不是製造商，也不是檢測實驗室。

產品定位：用於飼料添加與原料處理的 endo- β -mannanase

Mannanase 在飼料與生物加工領域通常指 endo-1,4- β -D-mannanase，屬於能水解 mannan 類半纖維素的技術性酵素。它的目標底物不是澱粉或蛋白質，而是植物細胞壁與部分種子胚乳中常見的 β -mannan 主鏈；當這些多醣以高分子量形式存在於飼料中時，會影響消化液滲透、營養素釋放與腸道內容物流變性，因此成為單胃動物配方中特別受關注的非澱粉多醣之一[3]。

在應用語境上，本產品可被理解為「飼料添加用 mannanase」與「半纖維素 mannan 水解用酵素」的交集：一方面可加入含 mannan 原料的飼料系統，另一方面也可用於原料預處理或寡糖製備，使大分子 mannan 轉成較短鏈的 mannose oligosaccharides。這類應用尤其常見於希望提高植物性副產品價值、降低抗營養效應，或把農業副產物轉化為更可利用飼料成分的流程[4]。

Enzymes.bio 的供應模式偏向 B2B 客戶可直接採購的小包裝線上供應；本文僅就公開研究與產品功能定位說明 mannanase 類酵素的技術邏輯與應用邊界，不將 Enzymes.bio 描述為原始菌株開發者、工廠或實驗室。產品批次文件如 CoA 與 SDS 會隨訂單提供，便於使用端進行內部紀錄、倉儲與安全管理。

Mannan 為何會成為飼料中的技術問題？

β -mannan 是半纖維素的一類，常以 mannan、galactomannan、glucomannan 或 galactoglucomannan 形式存在；其結構差異來自主鏈上是否帶有 galactose、glucose、acetyl 等取代基，以及與其他細胞壁成分的緊密程度。這些結構特徵會影響水溶性、黏度、酵素可及性與最終水解產物，因此同樣稱為「mannan-rich」的原料，在實務反應上可能差異很大^[1]。

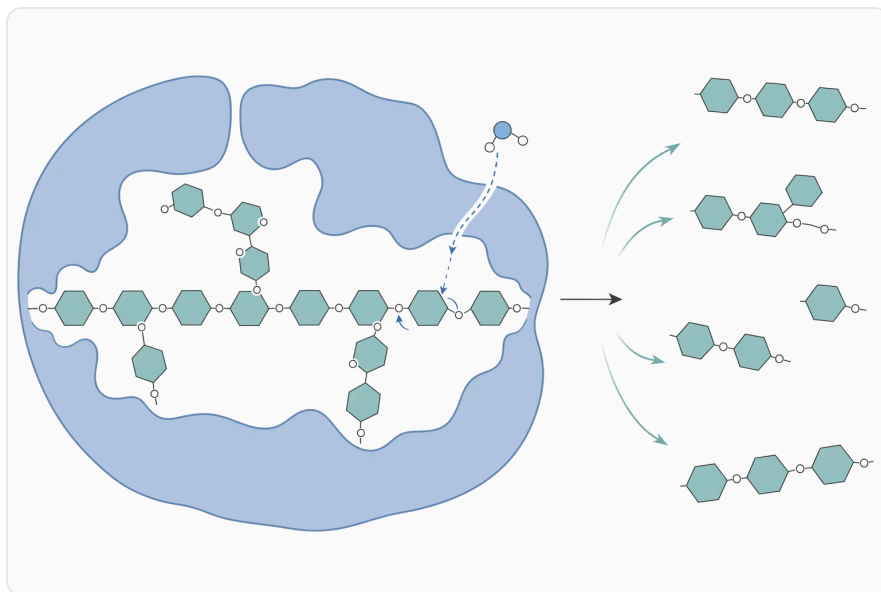


Figure 1. 內切 β -甘露聚糖酶會水解甘露聚糖型半纖維素內部的 β -1,4 鍵結，產生較短、富含甘露糖的寡糖。

在飼料配方中，mannan 的問題不只是不被完全消化。高分子非澱粉多醣可能增加腸道內容物黏稠度，降低內源性消化酵素與營養底物接觸的效率，也可能讓蛋白質、脂質或澱粉被困在細胞壁結構內，造成表觀消化率下降。對家禽與豬等單胃動物而言，這類物理與生理阻礙會放大原料品質波動，尤其在替代性植物副產品比例提高時更明顯^[5]。

另一個常被討論的面向是 β -mannan 可能被動物生理系統誤判為病原相關分子而引發 feed-induced innate immune response (FIIR，飼料誘發的先天免疫反應)。此概念在 β -mannanase 飼料添加劑的安全與功效評估文獻中被用來解釋為何降低可溶性 β -mannan 負荷，可能讓能量與胺基酸較少流向非必要免疫活化，而更多用於生長與維持生產表現^[5]。

作用機制：切斷 β -1,4-mannan 骨幹並改變半纖維素行為

Endo- β -mannanase 的核心機制是從 mannan 主鏈內部切斷 β -1,4 glycosidic bonds。與 exo 型酵素從鏈端逐步移除單醣不同，endo 型切割會快速降低聚合物分子量，產生 mannobiose、mannotriose 以及不同聚合度的 mannose-rich oligosaccharides；當底物帶有 galactose 或 glucose 分支時，產物組成也會隨結構而變化^[6]。

這種「降低分子量」本身就具有飼料技術意義。高分子 mannan 對腸道黏度、顆粒包埋與水分結合的影響，往往比單純的總含量更能決定抗營養強度；一旦主鏈被切短，物理阻隔降低，消化酵素較容易接觸澱粉、蛋白質與脂質，營養素釋放也較不受細胞壁屏障限制^[3]。

Mannanase 並非對所有植物纖維都有同等效果。木聚糖、纖維素、果膠與 lignin-rich matrix 需要不同酵素或前處理策略；若 mannan 被高度乙醯化、與纖維素微纖維緊密結合，或包埋於木質化組織中，單一 mannanase 的可及性會下降。因此，在原料預處理情境中，mannanase 常被視為半纖維素水解工具的一部分，而不是處理所有纖維問題的單一解方^[7]。

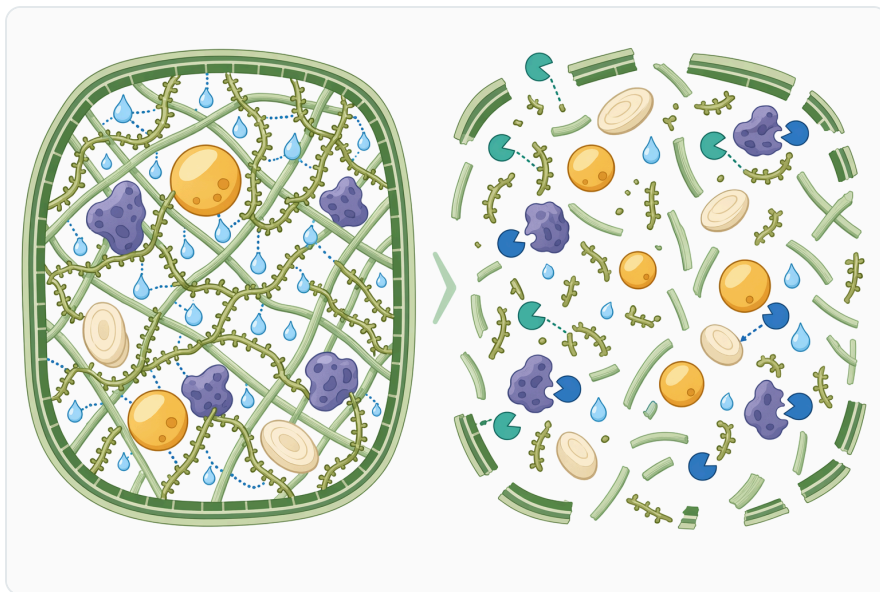


Figure 2. 切斷較長的 β -甘露聚醣鏈可使飼料基質變得鬆散，並改善對富含纖維顆粒中所包埋營養素的物理接觸。

不同來源的 mannanase 在最適反應條件、底物偏好與產物分布上存在差異。真菌 β -mannanase 已被廣泛研究，常見於食品、飼料、紙漿與寡糖製備等生物技術應用；此外，不同 glycoside hydrolase 家族的結構差異會影響催化方式與對分支底物的容忍度，這也是為什麼「同為 mannanase」的商業應用結果仍可能受到酵素來源與製劑設計影響^[1]。

MOS 生成：從抗營養多醣到功能性寡糖的轉換

Mannanase 水解產生的 mannose oligosaccharides 常被放在 MOS 或 mannan-derived oligosaccharides 的框架下討論，但需要精確理解：酵素水解植物 mannan 所得的寡糖，與酵母細胞壁來源的 MOS 在結構來源與組成上不完全相同。酵母來源 MOS 以 mannoprotein 或細胞壁 mannan 結構為主，而植物 mannan 水解產物則更受原料半纖維素結構控制^[8]。

MOS 被關注的原因在於其潛在 prebiotic-like 功能，包括調節腸道菌相、影響黏膜免疫、降低部分病原附著機會等。然而，這些效果高度依賴寡糖的聚合度、分支、溶解性、動物種類、年齡與基礎日糧；因此在技術文件中更合理的表述是「可能形成具功能性潛力的 mannose-rich oligosaccharides」，而非保證所有配方都會產生一致的腸道健康結果^[6]。

在水產與家禽研究中，MOS 類成分常被評估其對生長、免疫與腸道狀態的影響。例如魚類飼料文獻曾整理 MOS 可能透過腸道微生物、免疫調節與腸黏膜功能影響健康與生長；肉雞與蛋雞研究也探討了 MOS 對腸道基因表現、免疫與繁殖性能的可能作用，但不同來源 MOS 與不同動物模式之間仍需分開解讀^[9]。

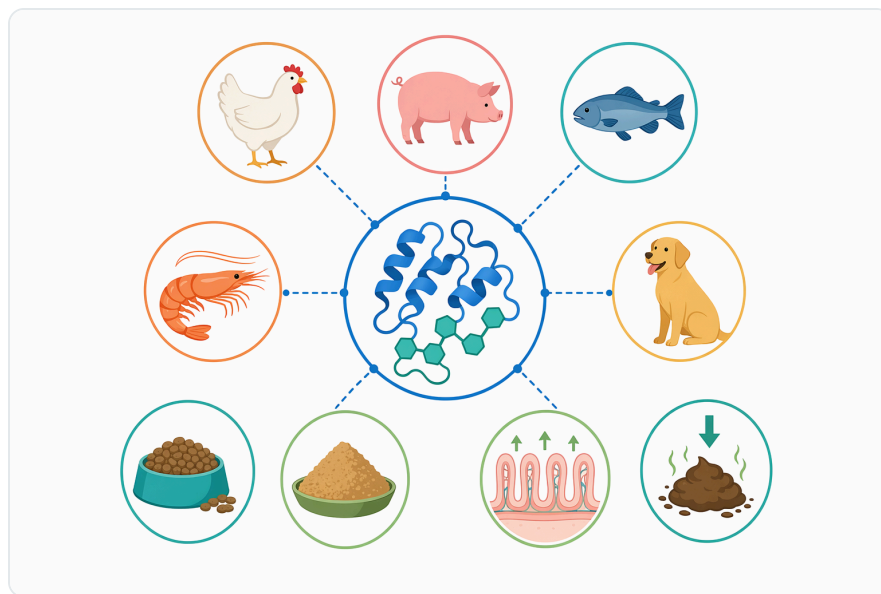


Figure 3. 當可被利用且富含 β -甘露聚糖的植物性原料會造成黏度增加、營養素包埋或抗營養作用時，甘露聚糖酶在家禽、豬及其他動物的日糧中最具相關性。

主要應用場景：家禽、豬、原料預處理與副產品升值

家禽飼料是 mannanase 研究與商業應用最常見的領域之一。EFSA 對 β -mannanase 飼料添加劑的評估案例顯示，這類酵素已被納入肉雞、火雞與其他禽類增重用途的安全與功效討論；其應用邏輯通常是降低含 mannan 原料的抗營養效應，進而改善飼料效率或支持能量調整配方^[2]。

在豬與其他單胃動物配方中，mannanase 的價值同樣來自降低非澱粉多醣屏障。當配方中使用較多豆類副產物、棕櫚核相關原料或其他植物加工共產品時，mannanase 可作為提升原料利用率的工具；但若基礎配方中 mannan 負荷低，實際效益可能不明顯，這也是研究結果常呈現情境依賴的原因^[5]。

棕櫚核粕與棕櫚核粉常被視為 **mannanase** 特別相關的原料，因其半纖維素中 **mannan** 比例高，未處理時可能限制消化率與動物表現。針對木質纖維性農業副產物的酵素水解研究指出，透過合適酵素處理可改善飼料原料的營養特性與釋放可發酵糖，但效果會受原料粒徑、前處理、纖維結構與酵素組合影響^[4]。

水產飼料也逐漸重視酵素水解技術，尤其在植物蛋白替代魚粉、提高副產品利用與改善腸道健康方面。雖然水產研究涵蓋蛋白水解、甲殼素水解與多種功能性成分，不全然聚焦 **mannanase**，但整體趨勢顯示酵素處理可提高原料功能性與可消化性，對永續飼料開發具有參考價值^[10]。

比較表：mannanase 與其他常見飼料酵素的功能差異

酵素類別	主要作用底物	主要技術效果	與 mannanase 的差異	常見應用脈絡
Mannanase / endo- β -mannanase	β -mannan、galactomannan、glucomannan	降低 mannan 分子量、生成 mannose-rich oligosaccharides、減少 mannan 抗營養效應	專注 mannan 類半纖維素，對木聚糖或纖維素不是主作用	家禽、豬、含棕櫚核粕或豆類副產物配方、MOS 生成
Xylanase	Arabinoxylan、xylan	降低小麥、玉米副產品等原料中 xylan 造成的黏度與細胞壁屏障	主要處理 xylose-based 半纖維素，不直接針對 mannan 主鏈	小麥型、玉米副產品型日糧與半纖維素處理
Cellulase	Cellulose	協助破壞纖維素結構、提高植物細胞壁開放度	作用於 β -1,4-glucan，不等同於 mannanase	高纖維副產品、原料預處理、複合酵素系統
Protease	蛋白質	提高蛋白質水解與胺基酸釋放	解決蛋白質可及性或抗營養蛋白問題，不直接水解 NSP	高蛋白原料、植物蛋白替代、消化率改善
Phytase	Phytate	釋放植酸磷並降低植酸抗營養效應	目標是植酸，不是半纖維素	幾乎所有植物性單胃動物配方

此比較可幫助釐清：**mannanase** 的賣點不是取代所有飼料酵素，而是在 **mannan** 是限制因子時，針對性地降低半纖維素障礙。若原料同時富含 **xylan**、**cellulose** 或其他 **NSP**，複合策略可能更符合原料結構，但 **mannanase** 仍負責其中 **mannan fraction** 的水解^[11]。

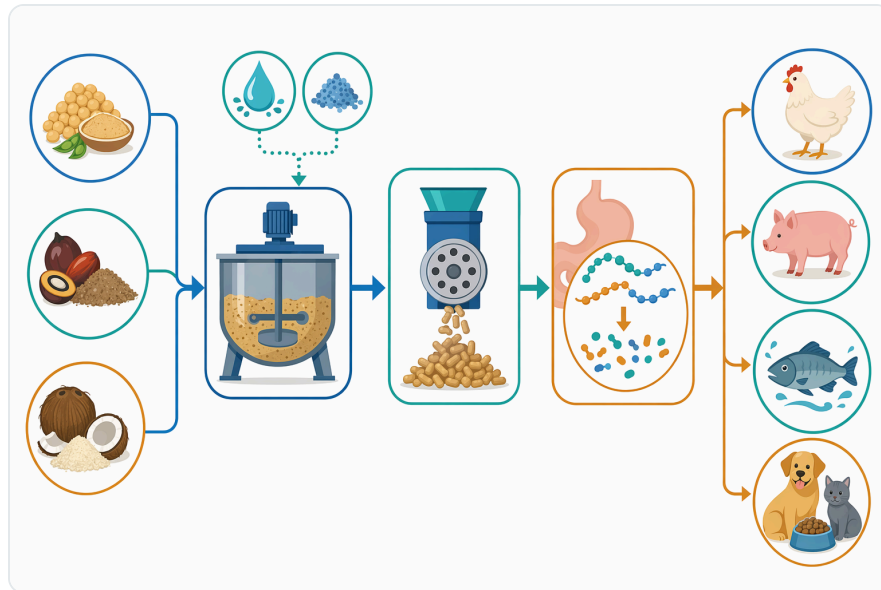


Figure 4. 對於棕櫚仁粕或壓榨粕等富含甘露聚糖的副產品，使用甘露聚糖酶可視為一種原料升級流程，從改善物理可及性，到半纖維素水解，再到提升營養素釋放。

科學證據強度：哪些結論較穩健，哪些需要情境化？

較穩健的結論是：endo- β -mannanase 能水解 β -mannan 類底物，生成較短 mannose-rich oligosaccharides，並在 mannan-rich 原料中降低高分子半纖維素帶來的物理阻礙。這一點有酵素學、真菌 β -mannanase 綜述、MOS 製備研究與飼料添加劑評估共同支持，屬於此類酵素的核心功能^[1]。

第二個較有支撐的結論是：在家禽等單胃動物中， β -mannanase 已有被監管機構評估的飼料添加案例，評估內容涵蓋目標動物安全性、使用者安全性與功效資料。這不代表所有 mannanase 產品都自動等同於特定已評估產品，但說明 endo-1,4- β -mannanase 作為飼料添加技術已有明確的科學與法規討論基礎^[12]。

需要情境化的部分，是生長性能、料肉比、成本節省或免疫調節等實際效益。這些結果取決於原料 mannan 含量、動物種類與日齡、基礎日糧營養密度、加工溫度、胃腸道條件與配方中其他酵素或添加物；若原料本身 mannan 負荷低，或生產瓶頸來自蛋白品質、黴菌毒素、礦物質失衡或環境壓力，mannanase 的邊際貢獻自然會降低^[5]。

MOS 功能性也是需要謹慎表述的領域。雖然 prebiotic manno oligosaccharides 的合成、結構鑑定與生物活性已有豐富研究，並顯示其可能具備腸道與免疫相關效益，但不同 MOS 來源、結構與聚合度會導致功能差異；因此，產品應用上不宜把「水解產生 MOS」直接等同於固定的益生效果^[13]。

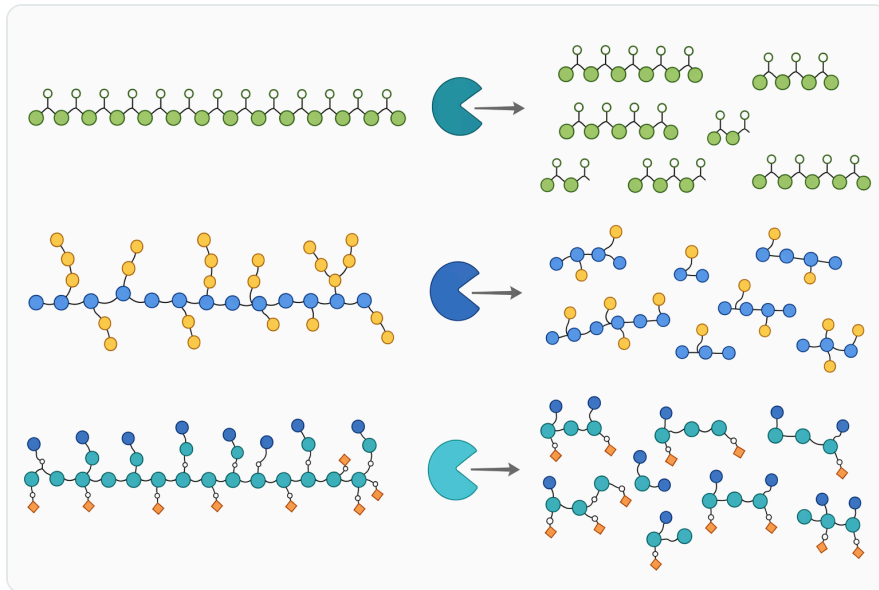


Figure 5. 甘露聚醣酶所產生的寡醣混合物取決於原始甘露聚醣的結構，包括其分支與取代模式。

原料處理與半纖維素加工：何時比直接飼料添加更有意義？

Mannanase 不一定只能在最終飼料中使用。對於高纖維、高 mannan 或結構較緊密的植物副產品，先進行原料預處理可能更能發揮水解效果，因為加工端可控制含水量、混合均勻度、停留時間與底物接觸條件。農業殘渣經酵素水解後再作為飼料或發酵基質的研究，顯示此路徑有助於提高副產品利用價值^[14]。

在厭氧消化或生物精煉領域，酵素水解稻稈等 lignocellulosic feedstock 可提高單醣或可發酵糖釋放，這與飼料原料預處理共享同一個核心邏輯：先打開或部分降解細胞壁多醣，再提高後續生物利用率。雖然能源用途與動物飼料用途的品質標準不同，但半纖維素降解機制具有可借鏡性^[7]。

對於希望生產 mannose oligosaccharide ingredients 的流程，mannanase 的角色更偏向「受控水解工具」。研究者會根據底物種類、酵素來源與反應條件調整產物聚合度分布，以取得特定寡糖輪廓；例如 açai seeds 等植物副產物被研究作為 mannan-oligosaccharides 與糖生產的潛在原料，反映了 mannan-rich biomass 在功能性成分開發上的可能性^[15]。

與永續飼料和副產品利用的關聯

飼料產業面臨的核心壓力之一，是在原料價格波動、土地與碳排議題、抗生素減量與動物表現穩定之間取得平衡。外加酵素不能單獨解決所有永續問題，但可在特定配方中提高植物副產品可用性，降低對高成本或高競爭性原料的依賴，並支援更彈性的配方設計^[10]。

以 hemicellulose-derived oligosaccharides 的研究脈絡來看，半纖維素不再只是低價纖維，而是可透過酵素加工轉化為具生物活性潛力的寡糖來源。這種觀點對飼料業重要，因為許多農產加工副產品含有大量結構性碳水化合物；若能把其中一部分轉化為可利用能量、可發酵基質或功能性寡糖，原料價值會明顯提高^[13]。

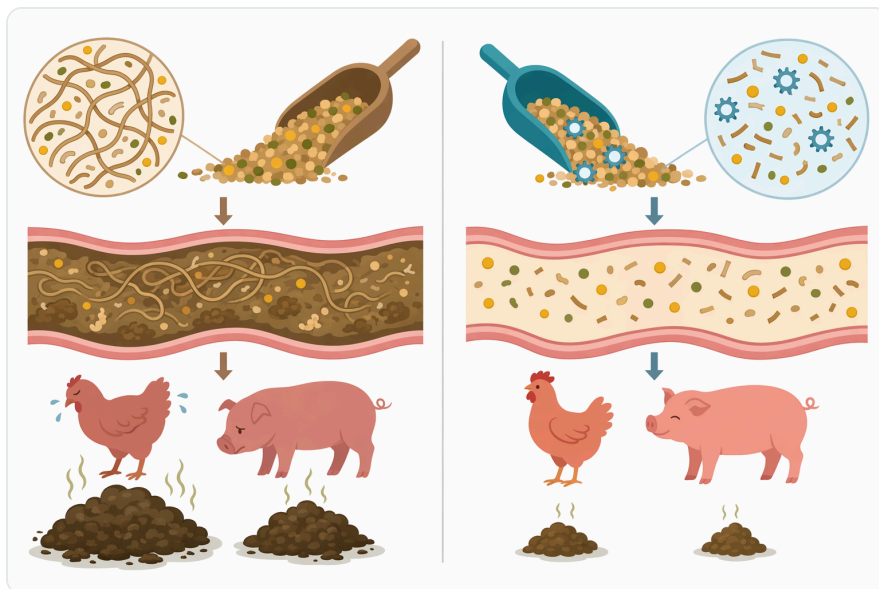


Figure 6. 甘露聚糖酶可與其他飼料酵素互補，因為它的作用目標是 β -甘露聚糖半纖維素，而不是植酸、阿拉伯木聚糖、 β -葡聚糖或蛋白質。

同時也要避免過度宣稱。若要把 mannanase 與減碳、低甲烷或廣泛環境效益連結，必須有對應物種、日糧與排放資料支持；反芻動物甲烷減量添加劑已有獨立的法規與科學證據要求，不能因為某酵素改善消化率，就直接推論其具備經驗證的甲烷減量效果^[16]。

使用端可合理期待的效益與限制

在適合的 mannan-rich 配方中，使用 mannanase 可合理期待的方向包括：降低 β -mannan 抗營養效應、改善營養素釋放、支援副產品原料加入、穩定飼料效率，並可能透過 MOS 生成帶來腸道微生物生態相關的間接效益。這些效益應被視為「依配方與生產條件而定」的技術潛力，而不是所有場域固定發生的結果^[2]。

限制同樣清楚。第一，mannanase 對非 mannan 類纖維不是主作用酵素；第二，高木質化或高度結構化底物可能降低酵素可及性；第三，若飼料加工過程造成酵素失活，或混合不均使酵素無法接觸底物，效果會受影響；第四，若配方瓶頸並非 mannan，添加 mannanase 的回報可能有限^[1]。

對 B2B 使用者而言，較務實的導入方式是把 mannanase 視為配方工具，而不是單一保證成效的添加物。觀察重點通常包括動物表現、飼料轉化、糞便狀態、原料替代比例與整體飼料成本；若用於原料預處理，則更關心物料流動性、可消化性、糖或寡糖釋放方向與後續製程相容性^[4]。

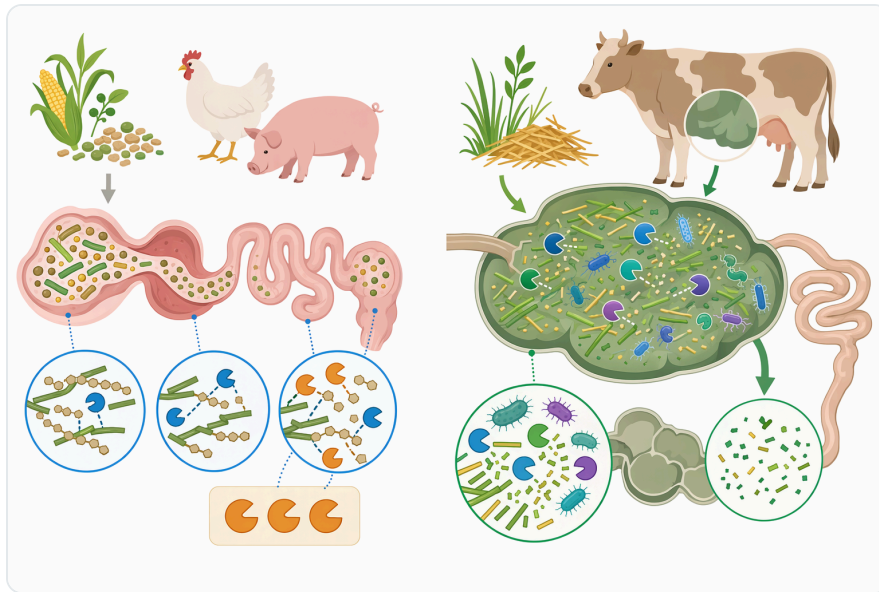


Figure 7. 外源性甘露聚糖酶在單胃動物中的實際應用情境不同於反芻動物，因為反芻動物的瘤胃微生物群本身已具備相當的纖維降解能力。

法規、安全與文件管理的基本理解

飼料酵素在不同法域的管理方式不同，但公開評估文件顯示， β -mannanase 類添加劑的審查通常會涵蓋目標動物安全、消費者安全、使用者暴露風險與環境層面。這類資料對產業的意義在於建立判斷框架：酵素雖然是蛋白質性生物催化劑，仍需要依用途與地區法規進行合規管理^[5]。

使用者安全方面，許多酵素粉末或顆粒在職業暴露上都可能涉及吸入或皮膚接觸風險，因此 SDS 對倉儲、個人防護、清理與意外處理具有實務價值。CoA 則提供批次追溯與供應文件的一致性紀錄；Enzymes.bio 隨訂單提供 CoA 與 SDS，適合需要內部文件留存與安全管理的 B2B 客戶。

需要特別區分的是，本文不提供特定活性數值、等級、分析方法或活性單位定義，也不把公開研究中其他公司特定產品的評估結果直接套用到 Enzymes.bio 供應品上。更準確的寫法是：公開文獻支持 mannanase 這一酵素類別的作用機制與應用場景，而實際批次資訊應依隨貨文件管理^[12]。

Enzymes.bio 供應模式適合哪些需求？

Enzymes.bio 的 Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing 以 1 kg 單位在線上直接販售，適合需要取得小包裝酵素用於飼料配方調整、原料處理探索、內部應用開發或技術評估的 B2B 使用者。此模式的重點是採購流程簡化與文件隨貨提供，而不是客製化製造或實驗室檢測服務。

對飼料廠、預混料商、動物營養顧問或副產品加工業者而言，mannanase 的價值通常出現在「原料結構」與「配方目標」交會之處：當配方中 mannan-rich 原料比例提高，或希望降低半纖維素造成的消化阻礙時，mannanase 才會比一般添加物更具針對性。若目標是處理 xylan-rich、cellulose-

rich 或蛋白抗營養問題，則需搭配其他技術邏輯評估^[11]。

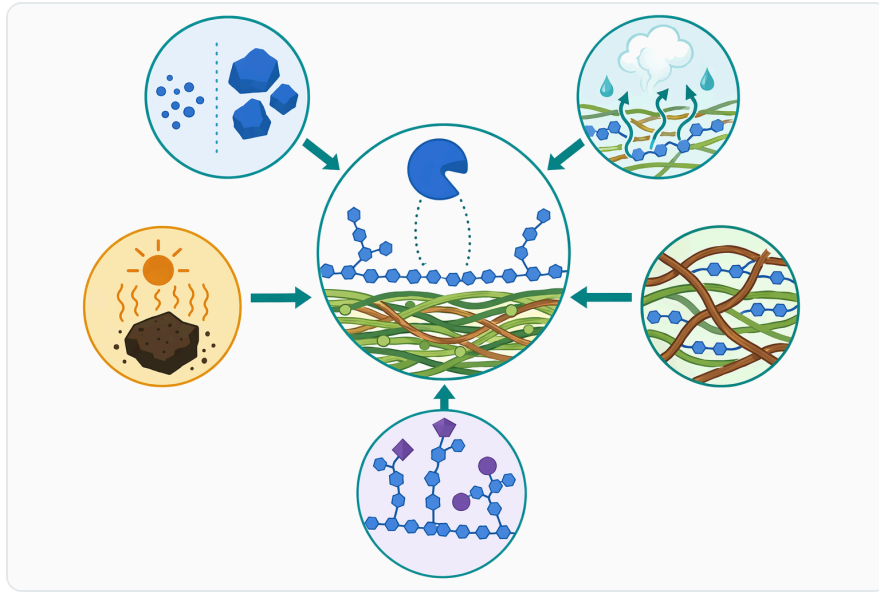


Figure 8. 甘露聚糖酶的效果取決於基質的可及性，而這可能受到顆粒結構、受熱與含水歷程、木質素結合，以及半纖維素化學取代程度的影響。

結論：以明確底物與配方情境發揮 mannanase 價值

Mannanase 的核心價值在於針對 β -mannan 類半纖維素進行內切水解，降低高分子 mannan 對消化與加工的負面影響，並生成 mannose-rich oligosaccharides。對含棕櫚核副產品、豆類副產物、部分 DDGS 或其他 mannan-rich 原料的動物飼料而言，這是一種有明確機制支持的酵素策略^[3]。

最有證據支撐的說法，是 mannanase 可水解 mannan、改變半纖維素分子量與產物分布，並在適當飼料情境中改善原料利用條件；較需保留的說法，則是對生長表現、免疫、腸道菌相或成本節省的具體幅度，因為這些結果高度依賴原料、動物、配方與製程^[6]。

Enzymes.bio 作為供應商，提供 1 kg 單位線上販售的 mannanase 產品，並隨訂單提供 CoA 與 SDS。對希望以酵素方式處理 hemicellulose mannan、提高 mannan-rich 原料利用率，或探索 mannose oligosaccharide processing 的 B2B 客戶而言，這類產品的合理定位是「以已知酵素機制支援配方與原料加工決策」。

線上訂購 Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing

以 1 kg 單位販售 · 現貨供應 · 可立即出貨 · 請直接於我們的線上商店下單並付款 · 我們將為您處理訂單 · 每筆訂單皆附分析證明書與安全資料表。

購買 Mannanase Feed Addition Hemicellulose Mannose Oligosaccharide Processing

→

參考文獻

依首次引用順序編號。所有來源皆為開放取用資料，並於發布時確認可連線；正文中的引用編號會連結至此。

1. 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.
2. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Durjava, M., Dusemund, B., Kouba, M., ... et al. (2023). Safety and efficacy of a feed additive consisting of endo-1,4- β - d-mannanase produced by *Thermothelomyces thermophilus* DSM 33149 (Natupulse® TS/TS L) for chickens and turkeys for fattening, minor poultry species for fattening and ornamental birds (BASF SE). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 21.
3. Yamabhai, M., Sak-Ubol, S., Srila, W., & Haltrich, D. (2016). Mannan biotechnology: from biofuels to health. *Critical Reviews in Biotechnology*, 36, 32 - 42.
4. Teixeira, A. J., Menegat, F. D., Weschenfelder, L. M., Oro, C. E., Astolfi, V., Valduga, E., Zeni, J., ... et al. (2022). Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic residues and bromatological characterization for animal feed. *Ciência Rural*.
5. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Dusemund, B., Durjava, M., Kouba, M., ... et al. (2023). Safety and efficacy of a feed additive consisting of β -mannanase produced by *Aspergillus niger* CBS 120604 (Nutrixtend Optim) for use in all poultry for fattening. (Kerry Ingredients & Flavours Ltd). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 21.
6. Jana, U. K., Suryawanshi, R., Prajapati, B., & Kango, N. (2020). Prebiotic mannoooligosaccharides: Synthesis, characterization and bioactive properties. *Food Chemistry*, 128328.
7. Khantibongse, P., & Ratanatamskul, C. (2023). Insight into pathway of monosaccharide production from integrated enzymatic hydrolysis of rice straw waste as feed stock for anaerobic digestion. *Scientific Reports*, 13.
8. Faustino, M., Durão, J., Pereira, C. F., Pintado, M., & Carvalho, A. (2021). Mannans and mannan oligosaccharides (MOS) from *Saccharomyces cerevisiae* - A sustainable source of functional ingredients. *Carbohydrate Polymers*, 272, 118467.

9. Torrecillas, S., Montero, D., & Izquierdo, M. (2014). Improved health and growth of fish fed mannan oligosaccharides: potential mode of action. *Fish and Shellfish Immunology*, 36 2, 525-44 .
10. Wang, Q., Qi, Z., Fu, W., Pan, M., Ren, X., Zhang, X., & Rao, Z. (2024). Research and Prospects of Enzymatic Hydrolysis and Microbial Fermentation Technologies in Protein Raw Materials for Aquatic Feed. *Fermentation*.
11. Dieryck, I., Dejonghe, W., Hecke, W. V., Delacourt, J., Bautil, A., Courtin, C., Vermeulen, D., ... et al. (2023). Toward Renewable-Based Prebiotics from Woody Biomass: Potential of Tailored Xylo-Oligosaccharides Obtained by Enzymatic Hydrolysis of Beechwood Xylan as a Prebiotic Feed Supplement for Young Broilers. *Animals*, 13.
12. Bampidis, V., Azimonti, G., Bastos, M., Christensen, H., Durjava, M., Dusemund, B., Kouba, M., ... et al. (2024). Safety of a feed additive consisting of endo 1,4 β -d-mannanase produced by *Thermothelomyces thermophilus* DSM 33149 (Natupulse® TS/TS L) for chickens and turkeys for fattening, minor poultry species for fattening and ornamental birds (BASF SE). *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 22.
13. Jana, U. K., Kango, N., & Pletschke, B. (2021). Hemicellulose-Derived Oligosaccharides: Emerging Prebiotics in Disease Alleviation. *Frontiers in Nutrition*, 8.
14. Prosvirnikov, D., Tuntsev, D., Valeeva, R. T., Ismagilova, L. M., Brodneva, A. V., & Odilova, R. M. (2025). Enzymatic hydrolysis of plant agricultural materials followed by cultivation of fodder yeasts *Candida tropicalis* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Agrarian science*.
15. Murillo-Franco, S. L., Galvis-Nieto, J. D., & Orrego, C. (2023). Physicochemical characterization of açai seeds (*Euterpe oleracea*) from Colombian pacific and their potential of mannan-oligosaccharides and sugar production via enzymatic hydrolysis. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 889 - 898.
16. Tricarico, J., Garcia, F., Bannink, A., Lee, S., Miguel, M., Newbold, J. R., Rosenstein, P. K., ... et al. (2025). Feed additives for methane mitigation: Regulatory frameworks and scientific evidence requirements for the authorization of feed additives to mitigate ruminant methane emissions. *Journal of Dairy Science*, 108 1, 395-410 .


聯絡 Enzymes.bio


對訂單有疑問嗎？我們的團隊很樂意協助。


電子郵件 wholesale@enzymes.bio

電話 (美國) **+1 (507) 428-6057**

聯絡我們 →

 **400+** B2B 客戶

 **60+** 大學研究合作夥伴

 **54** 服務遍及全球

© 2026 Enzymes.bio · 工業與食品加工用酵素供應 · 非供人體食用或零售銷售。