

# Mannanase 飼料添加用酵素： $\beta$ -甘露聚糖酶在家禽與豬飼料中的應用機制與證據

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

Mannanase ( $\beta$ -甘露聚糖酶) 是用於動物飼料添加的外源性碳水化合物酵素，主要作用是水解植物性原料中的  $\beta$ -mannan，降低非澱粉多醣造成的消化負擔。它常被應用於含豆粕、棕櫚仁粕、椰子粕、瓜爾豆副產物等原料的家禽與豬飼糧，以改善營養利用率、腸道環境與低能量配方的穩定性。Enzymes.bio 提供的 Mannanase Enzyme For Animal Feed Additives 為 1 kg 單位線上銷售產品，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；Enzymes.bio 是供應平台，並非製造商或實驗室。

## 酵素名稱與主要應用

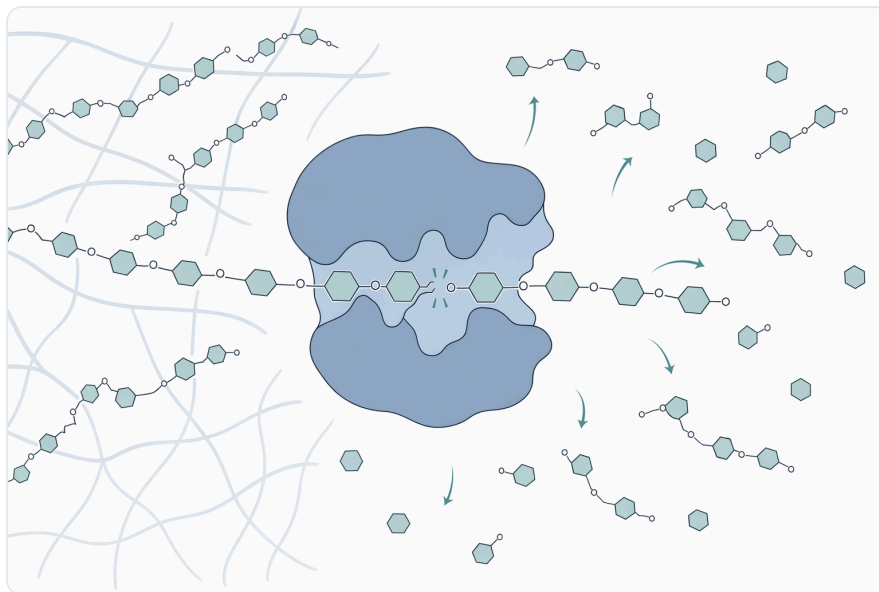
Mannanase，又稱  $\beta$ -mannanase 或  $\beta$ -甘露聚糖酶，屬於可水解  $\beta$ -1,4-mannosidic 鍵結的半纖維素分解酵素。其主要應用是在單胃動物飼料中分解  $\beta$ -mannan、galactomannan 與 glucomannan 等非澱粉多醣，使原本會提高腸內容物黏度、包覆營養分或誘發免疫耗能的高分子成分，轉化為較短鏈的甘露寡糖與可進一步發酵的碳水化合物片段。<sup>[1]</sup>

在飼料添加劑情境中，mannanase 的價值不只來自「把纖維切小」，而是同時影響三個層面：第一，降低可溶性與半可溶性  $\beta$ -mannan 對消化液流動性的干擾；第二，減少動物將飼料中  $\beta$ -mannan 誤判為免疫刺激訊號的機會；第三，生成的短鏈寡糖可被部分腸道菌群利用，進而改變短鏈脂肪酸與微生物競爭環境。這些作用使  $\beta$ -mannanase 在肉雞、蛋雞、火雞、斷奶仔豬與成長豬配方中受到研究與商業應用關注。<sup>[2]</sup>

## 為什麼飼料配方會需要 mannanase ？

現代飼料配方常需要在營養、成本、供應穩定性與永續來源之間取得平衡，因此豆粕、棕櫚仁粕、椰子粕、菜籽副產物、瓜爾豆粕與其他植物性副產物流入配方的比例與情境增加。這些原料的蛋白質、能量或纖維價值不同，但共同挑戰是含有不同結構與溶解性的非澱粉多醣；其中  $\beta$ -mannan 在單胃動物小腸中不易被內源性酵素充分分解，因而可能限制原料的可用性。<sup>[3]</sup>

$\beta$ -mannan 的問題常被低估，因為它不是傳統意義上的抗營養因子毒素，而是透過物理與生理途徑「吃掉效率」。高分子  $\beta$ -mannan 可增加腸內容物黏稠度，使胰液、膽汁、刷狀緣酵素與飼料顆粒之間的接觸受限，也可能讓澱粉、蛋白質與脂質被包埋於細胞壁或多醣網絡中，造成表觀消化率下降。對高速生長的肉雞或腸道尚未成熟的斷奶仔豬而言，這種小幅但持續的消化阻力，會反映在料肉比、日增重或糞便狀態上。<sup>[4]</sup>



**Figure 1.**  $\beta$ -甘露聚醣酶可水解甘露聚醣型半纖維素中的  $\beta$ -1,4 鍵，產生較短、含甘露糖的片段。

另一個更具機制性的概念是 feed-induced immune response (FIIR，飼料誘發免疫反應)。 $\beta$ -mannan 的分子結構可能與某些微生物細胞壁多醣具有相似訊號特徵，動物免疫系統可能將其視為「需要反應」的外來分子，導致急性期蛋白、免疫細胞活化與發炎相關代謝支出增加。這不一定表現為明顯疾病，卻會讓能量與胺基酸被轉向免疫維持，而不是生長、產蛋或肌肉沉積。<sup>[1]</sup>

## $\beta$ -mannanase 的生化作用：從高分子纖維到可利用寡糖

$\beta$ -mannanase 的核心反應是內切式水解  $\beta$ -mannan 主鏈，也就是在  $\beta$ -1,4-linked mannose 骨架中間位置切割，而非只從末端逐步拆解。這種內切作用可快速降低多醣平均分子量，使原本對腸道黏度影響較大的長鏈結構變成較短的 manno-oligosaccharides；在含半乳糖側鏈的 galactomannan 或含葡萄糖共聚的 glucomannan 中，反應效率會受到側鏈密度、溶解度與原料加工狀態影響。<sup>[5]</sup>

從結構生物學角度看，不同來源的  $\beta$ -mannanase 可能屬於不同醣苷水解酵素家族，活性中心會以特定胺基酸殘基固定底物並促進醣苷鍵斷裂。以 *Bacillus licheniformis* 來源 GH5 mannanase 的研究為例，蛋白質晶體結構與定點突變可用來解釋底物結合口袋、催化殘基與熱穩定性之間的關係；這類研究有助於理解為什麼不同 mannanase 對棕櫚仁粕、豆粕或瓜爾豆來源多醣的反應表現可能不同。

<sup>[5]</sup>

在動物消化道中，mannanase 的作用通常發生於飼料與胃腸液混合後的水相與顆粒表面。當高分子  $\beta$ -mannan 被切割後，黏度下降可改善消化酵素擴散與營養分釋放；同時，短鏈寡糖進入後段腸道後，可能成為部分菌群的發酵基質，促進乙酸、丙酸、丁酸等短鏈脂肪酸生成。這些短鏈脂肪酸與腸上皮能量供應、腸道 pH、黏膜屏障與菌群競爭有關，因此 mannanase 的效果可被視為「消化效率」與「腸道生態」的共同調節。<sup>[2]</sup>

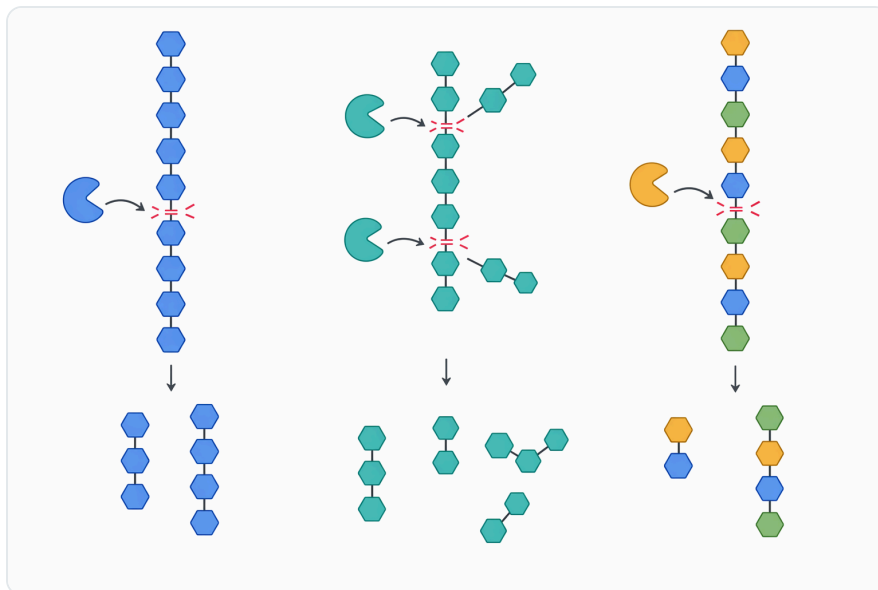


Figure 2.  $\beta$ -甘露聚糖、半乳甘露聚糖和葡甘露聚糖在結構上有所不同，但都含有  $\beta$ -甘露聚糖酶所作用的甘露聚糖型鍵結。

## 常見原料中的 $\beta$ -mannan 挑戰與 mannanase 作用

原料或配方情境	主要 $\beta$ -mannan 相關挑戰	mannanase 的預期作用	證據成熟度
豆粕為主的玉米-豆粕型 家禽飼糧	$\beta$ -mannan 含量不一定最高，但使用量大，累積效應明顯	降低非澱粉多醣干擾，支援低能量配方下的表現穩定	家禽研究與整合分析較多
棕櫚仁粕或椰子粕比例提高	mannan-rich 細胞壁結構較多，原料消化率變異較大	分解 mannan 骨架，提高副產物應用彈性	原料處理與應用研究支持
瓜爾豆或 galactomannan 較高的 配方	可溶性黏性多醣可能提高腸內容物黏度	降低分子量與黏度，改善消化液流動	機制合理，效果受原料結構影響
斷奶仔豬配方	腸道成熟度與免疫敏感度較高，FIIR 成本較明顯	支援腸道健康、營養利用與低能量配方經濟性	近年豬隻研究增加

原料或配方情境	主要 $\beta$ -mannan 相關挑戰	mannanase 的預期作用	證據成熟度
採用副產物或替代蛋白的配方	非澱粉多醣、纖維與蛋白可及性不穩定	作為酵素策略的一部分，改善原料可用性	需依配方條件評估

棕櫚仁粕是 mannanase 應用討論中常見的代表，因為其細胞壁多醣中 mannan 比例較高，未處理時可能限制蛋白質與能量釋放。針對棕櫚仁粕功能性改善的研究指出，前處理方式與 mannanase 選擇會影響水解結果，顯示原料物理結構、粒徑、熱處理歷史與酵素底物相容性都會左右最終效果。<sup>[6]</sup>

## 家禽應用：低能量配方、腸道菌群與短鏈脂肪酸

肉雞是  $\beta$ -mannanase 證據相對集中的應用對象之一。針對不同代謝能水準飼糧的研究顯示， $\beta$ -mannanase 補充可影響生長性能、消化酵素活性、盲腸微生物群與短鏈脂肪酸生成；這代表其效果不僅可由「額外釋放能量」解釋，也包含腸道環境與發酵終產物改變。<sup>[2]</sup>

低能量配方是家禽使用 mannanase 的典型場景。配方師有時會降低油脂或高成本能量原料，並透過外源性酵素補足部分可利用能量； $\beta$ -mannanase 在這裡的角色是降低  $\beta$ -mannan 對消化與免疫的負面影響，而不是憑空創造營養。若基礎飼糧中的 mannan 底物不足，或加工使底物可及性受限，效果也可能較不明顯。<sup>[7]</sup>

家禽免疫器官與腸道健康也是研究焦點。肉雞補充  $\beta$ -mannanase 後，免疫相關器官的形態與功能狀態曾被用來觀察 FIIR 與免疫負荷變化；這類研究支持「飼料中非病原性多醣也可能造成免疫代謝成本」的概念。對生產者而言，這個機制的重要性在於：改善料肉比不一定只來自消化率提高，也可能來自免疫系統不再長期消耗額外養分。<sup>[8]</sup>

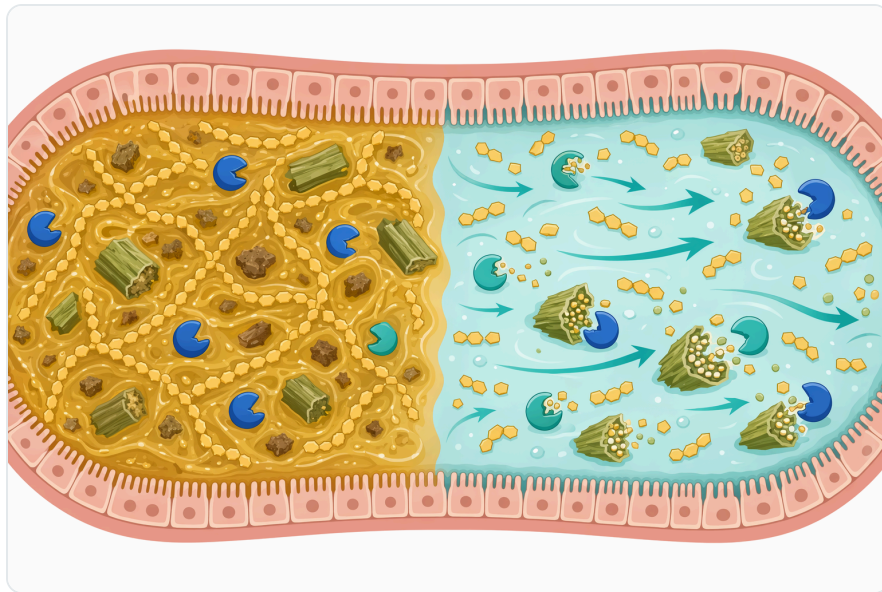


Figure 3. 完整且水合的甘露聚醣會增加食糜黏度，並降低營養素在物理上的可及性。

## 豬隻應用：斷奶壓力與配方經濟性

斷奶仔豬在換料、社會混群與腸道菌群重組時，對飼料中非澱粉多醣與免疫刺激更敏感。近年研究指出， $\beta$ -mannanase 在新斷奶豬使用時，可能支援腸道健康與生長表現，且效果會隨飼料型態與原料組成而變動。這意味著 mannanase 並非單一「增重添加物」，而是與配方壓力、腸道成熟度與原料底物共同作用的工具。<sup>[4]</sup>

在降低淨能含量的斷奶後仔豬飼糧中， $\beta$ -mannanase 應用研究顯示，適當配方情境下可維持生產性能並帶來經濟效益。這類結果對 B2B 飼料配具有實務意義：當原料價格波動或能量原料成本上升時，酵素可被納入配方彈性工具，但效益大小仍需由場域條件、健康狀態與原料批次穩定性共同決定。<sup>[9]</sup>

## 與其他飼料酵素的差異

Mannanase 常與 xylanase、 $\beta$ -glucanase、cellulase、protease 或 phytase 一同出現在飼料酵素策略中，但其底物與機制不同。Xylanase 主要針對阿拉伯木聚醣，常見於小麥、黑麥或麩皮較高的配方；phytase 則處理植酸磷與礦物結合問題；protease 影響蛋白質可消化性。Mannanase 的專長是  $\beta$ -mannan，因此在豆粕、棕櫚仁粕、椰子粕與瓜爾豆副產物相關配方中更具針對性。<sup>[1]</sup>

酵素類型	主要底物	主要飼料問題	與 mannanase 的關係
Mannanase	$\beta$ -mannan、galactomannan、glucomannan	黏度、FIIR、mannan-rich 原料利用	本文主題，針對甘露聚醣

酵素類型	主要底物	主要飼料問題	與 mannanase 的關係
Xylanase	Arabinoxylan、xylan	小麥、黑麥、麩皮型非澱粉多醣	可與 mannanase 互補，但底物不同
$\beta$ -glucanase	$\beta$ -glucan	大麥、燕麥黏性多醣	同屬黏度管理工具，適用原料不同
Phytase	Phytate	磷釋放、礦物利用、植酸抗營養	與纖維酵素機制不同
Protease	蛋白質與抗營養蛋白	胺基酸釋放、蛋白消化率	可與纖維酵素共同改善營養可及性

這種差異也說明了為什麼不能只以「酵素總量」或單一活性標示判斷應用價值。飼料中的限制因子若是植酸，mannanase 不會取代 phytase；若限制因子是高溶性 arabinoxylan，xylanase 可能更直接。相反地，當配方含 mannan-rich 原料或 FIIR 風險較高時， $\beta$ -mannanase 的底物專一性才更容易轉化為可觀察的生產效益。<sup>[10]</sup>

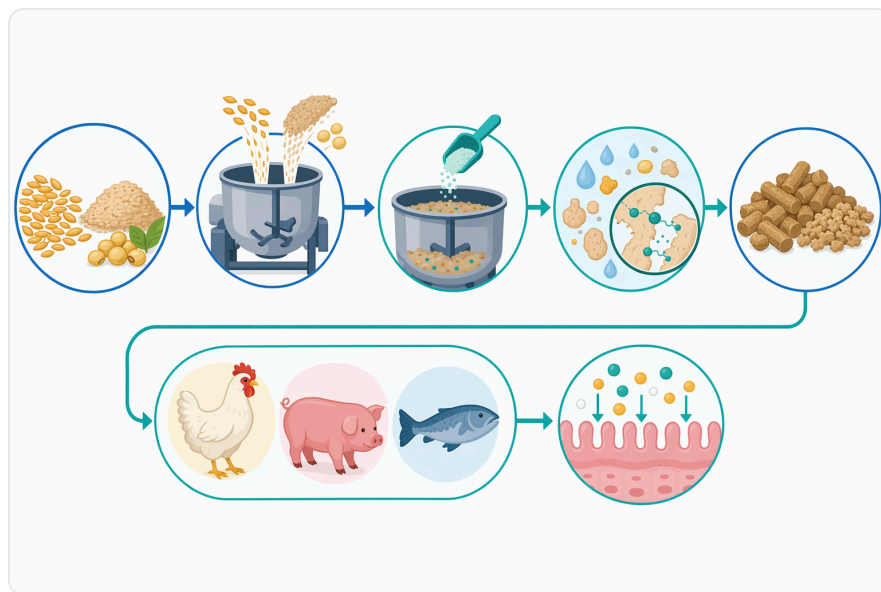


Figure 4. 消化過程依序為：攝取植物性飼料、甘露聚糖水合並形成包埋、 $\beta$ -甘露聚糖酶切割、黏度降低，以及營養素可及性改善。

## 益生元效果：mannanase 產生的寡糖如何影響腸道

Mannanase 水解  $\beta$ -mannan 後形成的 manno-oligosaccharides 與較短鏈碳水化合物，可能具有益生元樣作用。這裡的重點不是把 MOS 視為單一固定物質，而是理解其聚合度、支鏈、溶解度與腸道菌群背景會影響發酵結果；同一種酵素在不同原料上產生的寡糖組成可能不同，因此腸道反應也會有差異。<sup>[11]</sup>

短鏈脂肪酸是評估腸道發酵的重要結果之一。當有益或共生菌利用寡糖產生有機酸時，盲腸與結腸環境可能更不利於部分病原菌競爭，同時為腸上皮提供能量來源。肉雞研究中觀察到  $\beta$ -mannanase 可能影響盲腸微生物群與短鏈脂肪酸生成，支持其作為腸道生態調節工具的角色。<sup>[2]</sup>

不過，益生元效果不應被過度簡化成「一定增加某一菌屬」。腸道菌群受飼料蛋白、脂肪酸組成、抗球蟲策略、墊料管理、環境溫度與疾病壓力共同影響；mannanase 所提供的是底物結構改變與發酵機會，而不是單獨決定菌群走向的因素。因此，在解讀研究或場內數據時，應把菌群變化與生長性能、糞便品質、死亡淘汰率及健康事件一併看待。<sup>[3]</sup>

## 安全性與合規文件的定位

$\beta$ -mannanase 作為飼料酵素時，安全性評估通常關注生產來源、酵素蛋白本身、殘留製程成分、動物耐受性與使用者接觸風險。針對 *Thermothelomyces thermophilus* 表現蛋白工程  $\beta$ -mannanase 的安全性評估研究，提供了酵素製劑在飼料添加脈絡下進行毒理與耐受性審查的公開案例；這類資料有助於理解監管與安全評估邏輯，但不等同於任何特定供應批次的製造聲明。<sup>[12]</sup>

Enzymes.bio 作為線上供應平台，提供 Mannanase Enzyme For Animal Feed Additives 的 1 kg 單位購買，並隨訂單提供 CoA 與 SDS，以支援買方內部收貨、文件留存與安全管理流程。本文不將 Enzymes.bio 描述為製造商或實驗室，也不提供製程參數、檢測方法或活性單位定義；產品標示與文件應以實際訂單隨附資料為準。



**Figure 5.** 當配方含有帶甘露聚糖的原料時，甘露聚糖酶最具相關性，例如豆粕、棕櫚仁粕、椰粕類原料和芝麻粕。

## 配方導入時的技術思考

在配方設計上，mannanase 最適合被視為「底物導向」工具。也就是說，是否有足夠  $\beta$ -mannan 底物、該底物是否可被酵素接觸、動物是否正處於消化或免疫壓力較高的階段，通常比單純把它加入任何配方更重要。含豆粕比例高、棕櫚仁粕或椰子副產物增加、或希望測試較低能量密度的配方，都是研究與產業討論中常見的應用情境。<sup>[7]</sup>

加工條件也是需要考慮的變數。外源性酵素是蛋白質，會受水分、熱、壓力、停留時間與儲存條件影響；顆粒化、膨化或長時間高溫處理可能改變其可用性。不同商業產品會以不同配方化方式改善穩定性，但實際適配仍取決於飼料廠流程、添加位置與成品儲存環境。這些因素會影響酵素能否在動物攝食後仍保有足夠作用。<sup>[10]</sup>

與其他添加策略並用時，mannanase 通常不會單獨承擔所有腸道健康功能。酸化劑、益生菌、益生元、植酸酶、木聚醣酶、蛋白酶、有機微量元素與管理措施都可能影響結果；若同時使用多種酵素，應從底物互補與配方限制因子理解其作用，而非假設每一種酵素效果會線性相加。<sup>[13]</sup>

## 預期效益與實際限制

研究與應用資料對  $\beta$ -mannanase 的主要支持集中在營養利用、料肉比、低能量配方韌性、腸道微生物與免疫耗能降低等面向。Hickmann 等人的綜述將  $\beta$ -mannanase 描述為可降低豬與家禽飼養環境影響的策略之一，因為提高飼料效率通常能降低每單位肉蛋產出的資源消耗與排放壓力。<sup>[1]</sup>

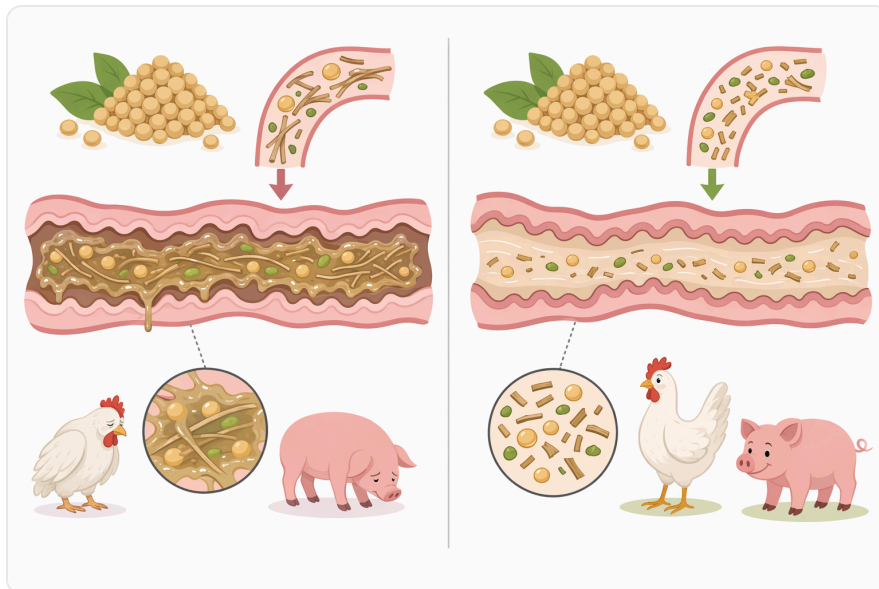


Figure 6. 飼料酵素不可互相替代，因為甘露聚醣酶、木聚醣酶、纖維素酶、植酸酶和蛋白酶分別作用於不同的飼料基質。

然而，mannanase 的效果具有條件性。若基礎配方中  $\beta$ -mannan 負荷低、動物健康狀態良好且能量與胺基酸供應充足，外加酵素帶來的邊際改善可能較小；相反地，在替代原料增加、低能量設計、腸道壓力較高或斷奶階段，效益較容易被放大。這也是為什麼文獻中常看到平均正向趨勢，但單一試驗結果仍會因場域條件而不同。<sup>[4]</sup>

水產與其他動物飼料領域也越來越重視酵素水解技術對副產物利用的價值。雖然 mannanase 在水產配方中的定位需依原料與物種消化生理判斷，但更廣泛的研究顯示，酵素水解可改善蛋白原料、農業副產物或植物細胞壁材料的營養可及性，支持酵素作為飼料資源升值工具的方向。<sup>[13]</sup>

## Enzymes.bio 供應資訊的正確理解

Enzymes.bio 提供的 Mannanase Enzyme For Animal Feed Additives 面向 B2B 用戶，適合需要以 1 kg 單位線上採購飼料添加用酵素的配方、研發或生產團隊。此類供應模式的重點是取得可用於內部流程的產品與隨貨文件，而不是提供製造端研發服務、實驗室測試或客製化生產。

在文件使用上，CoA 與 SDS 分別協助使用者確認批次文件與安全處理資訊，但它們不應被解讀為本文可替代的技術驗證。買方若要評估飼料端效益，仍需結合自身配方、加工條件、動物品種、日齡、場內健康狀態與既有績效資料。本文的角色是說明  $\beta$ -mannanase 的科學機制與應用脈絡，而非提供製造商規格、檢驗程序或採購問卷。<sup>[12]</sup>

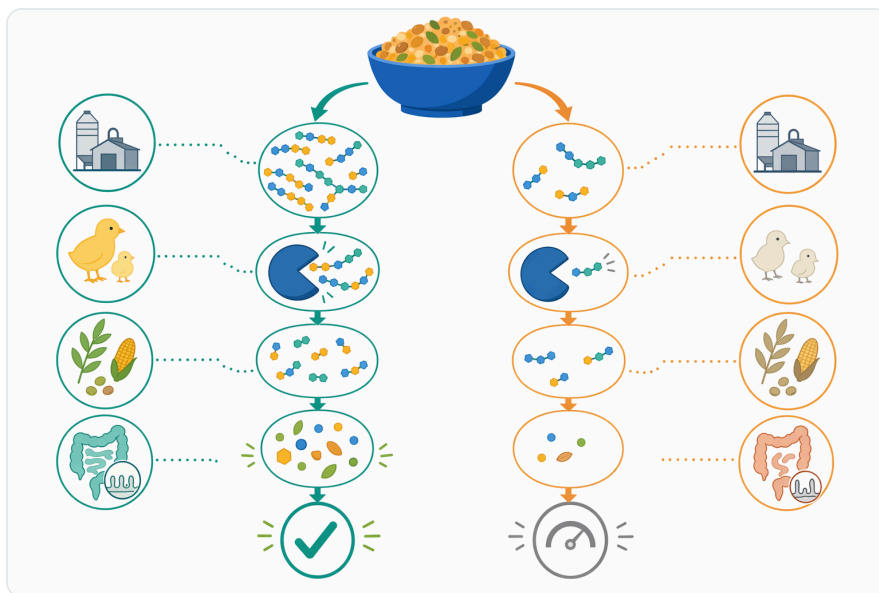


Figure 7. 甘露聚糖酶的實際效果取決於甘露聚糖基質含量，以及動物、原料和加工條件。

## 結論：mannanase 是改善 mannan-rich 配方效率的精準工具

Mannanase 在動物飼料中的核心價值，是針對  $\beta$ -mannan 這類單胃動物難以有效分解的半纖維素，降低其對消化黏度、營養釋放與免疫耗能的負面影響。當配方含豆粕、棕櫚仁粕、椰子粕、瓜爾豆副產物或其他 mannan-rich 原料時， $\beta$ -mannanase 可透過水解主鏈、生成短鏈寡糖、支援短鏈脂肪酸生成與緩解 FIIR，成為提高飼料效率與腸道穩定性的技術選項。<sup>[1]</sup>

目前公開研究對家禽與豬隻應用已有相當支持，尤其是在低能量配方、斷奶仔豬與含非澱粉多醣較高的植物性原料情境中。不過，實際效益仍取決於底物存在、加工穩定性、動物狀態與場內管理；因此，mannanase 最適合被納入整體配方策略，而不是被視為可獨立解決所有消化或腸道健康問題的單一添加物。<sup>[2]</sup>

Enzymes.bio 的 Mannanase Enzyme For Animal Feed Additives 以 1 kg 單位線上供應，並隨訂單提供 CoA 與 SDS。對飼料製造商與配方團隊而言，理解其機制與適用情境，比單純比較標示數字更能幫助做出穩健的應用判斷。

### 線上訂購 Mannanase Enzyme For Animal Feed Additives $\geq 10000\text{U/G}$

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 Enzyme For Animal Feed Additives  \$\geq 10000\text{U/G}\$  →](#)

## 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. Hickmann, F. M. W., Andretta, I., Letourneau-Montminy, M., Remus, A., Galli, G., Vittori, J., & Kipper, M. (2021).  $\beta$ -Mannanase Supplementation as an Eco-Friendly Feed Strategy to Reduce the Environmental Impacts of Pig and Poultry Feeding Programs. *Frontiers in Veterinary Science*, 8.
2. Zhang, L., Huan, H., Zhang, K., Tu, Y., Yan, J., Zhang, H., & Xi, Y. (2024). The effects of  $\beta$ -mannanase supplementation on growth performance, digestive enzyme activity, cecal microbial communities, and short-chain fatty acid production in broiler chickens fed diets with different metabolizable energy levels. *Journal of Animal Science*.
3. Rosli, M. A. A. S., Rahim, M. B. H. A., & Khayat, M. E. (2025). Nutritional, Digestibility, and Safety Perspectives of By-Product Protein Sources in Animal Feed. *JOURNAL OF BIOCHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY*.

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. Briganti, L., Manzine, L. R., Mello Capetti, C. C., Araújo, E. A., Oliveira Arnoldi Pellegrini, V., Guimarães, F., Oliveira Neto, M., ... et al. (2024). Unravelling biochemical and structural features of *Bacillus licheniformis* GH5 mannanase using site-directed mutagenesis and high-resolution protein crystallography studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 133182 .
6. Sathitkowitchai, W., Ayimbila, F., Nitisinprasert, S., & Keawsompong, S. (2022). Selection of pretreatment method and mannanase enzyme to improve the functionality of palm kernel cake. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.
7. Nuamah, E., Okon, U., Kim, J., Cheon, I., Cho, S., Kang, D., Choi, N., ... et al. (2026). Impact of  $\beta$ -mannanase supplementation on broilers fed low-energy diets: A phase feeding meta-analysis. *Poultry Science*, 105.
8. Oliyar, A., Skliarov, P. M., Masiuk, D., Bilyi, D., Logvinova, V., & Lieshchova, M. (2020). Effect of  $\beta$ -mannanase enzyme supplementation on the morphofunctional state of broiler chickens' immunocompetent organs. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*.
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. Werku, T. (2025). Method of Enzyme Application and Effect on the Performance of Broilers Fed Meal-Based Diet in Ethiopia: Systematic Review. *American Journal of Applied Scientific Research*.
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. Kern, A., Shanahan, D., Buesen, R., & Geiger, D. (2020). Safety evaluation of a  $\beta$ -mannanase enzyme preparation produced with *Thermothelomyces thermophilus* expressing a protein-engineered  $\beta$ -mannanase gene. *PLoS ONE*, 15.
13. 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*.


## 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](mailto: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。