

Alpha-Galactosidase (α -半乳糖苷酶) : 植物性原料、飼料與機能性寡糖加工的酵素應用

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

Alpha-Galactosidase (alpha galactosidase , 中文常譯為 α -半乳糖苷酶) 是一類能切除末端 α -D-半乳糖基的糖苷水解酶 , 核心用途是分解棉子糖、水蘇糖等含 α -半乳糖鍵的寡糖 , 或參與特定 α -半乳寡糖的合成設計。對 B2B 應用而言 , 它主要被評估於植物性食品加工、豆粕與其他植物性飼料原料處理、半乳甘露聚糖改質 , 以及高底物濃度條件下的寡糖生產。相關研究顯示 , 不同來源的 alpha-galactosidase 在底物偏好、蛋白酶耐受性、固定化適性與轉糖基反應傾向上差異明顯 , 因此應以目標原料與製程條件理解其價值 , 而不是把所有 α -Gal 視為同一種產品 [1] 。

什麼是 Alpha-Galactosidase ? 從「alpha galactosidase中文」到工業語境

若以「alpha galactosidase中文」或「alpha galactosidase 中文」搜尋 , 最常見的對應名稱是「 α -半乳糖苷酶」或「 α -半乳糖苷水解酶」。它不是單一蛋白 , 而是一群可辨識 α -D-galactosyl 結構的酵素 ; 在微生物、植物與哺乳動物中都可找到不同型態。早期研究已針對咖啡豆、腫瘤細胞相關酵素與微生物來源的 α -galactosidase 比較底物專一性 , 顯示「同樣叫 α -Gal」並不代表對每一種半乳糖苷底物都有相同反應效率 [2] 。

在食品與飼料語境中 , α -Gal 最常被提到的底物是 raffinose family oligosaccharides (RFOs) , 例如棉子糖 raffinose 與水蘇糖 stachyose。這些寡糖含有 α -連結半乳糖基 , 若未在上游加工或消化道前段被分解 , 可能進入後段微生物發酵 , 造成產氣、滲透壓負擔或營養利用率下降 ; 因此 , α -Gal 的工業價值並不只是「把糖切小」 , 而是改變植物性原料中難利用碳水化合物的行為 [3] 。

需要注意的是 , 搜尋結果中有時會出現「alpha-galactosidase b」或醫學研究中的人類 lysosomal alpha-Galactosidase A。這些名詞可能涉及不同同工酶、不同底物偏好 , 甚至與 α -N-acetylgalactosaminidase 並列討論 ; 因此 , 工業用 α -Gal 不應與臨床或細胞生物學語境中的人類溶小體酵素直接混同 [2] 。

酵素作用機制： α -半乳糖鍵水解與轉糖基反應

Alpha-galactosidase 的主要反應，是辨識底物非還原端的 α -D-半乳糖基，並切斷其與後續糖單元之間的糖苷鍵。以 raffinose 為例， α -Gal 可切除其半乳糖部分，使底物轉為較容易被其他酵素或微生物代謝的糖類；以 galactomannan 為例， α -Gal 也可移除甘露聚糖主鏈上的半乳糖側鏈，進而改變黏度、溶解性與後續水解可及性。Pseudomonas fluorescens 來源 α -Galactosidase A 的研究即指出其在 galactomannan hydrolysis 中扮演功能性角色 [4]。

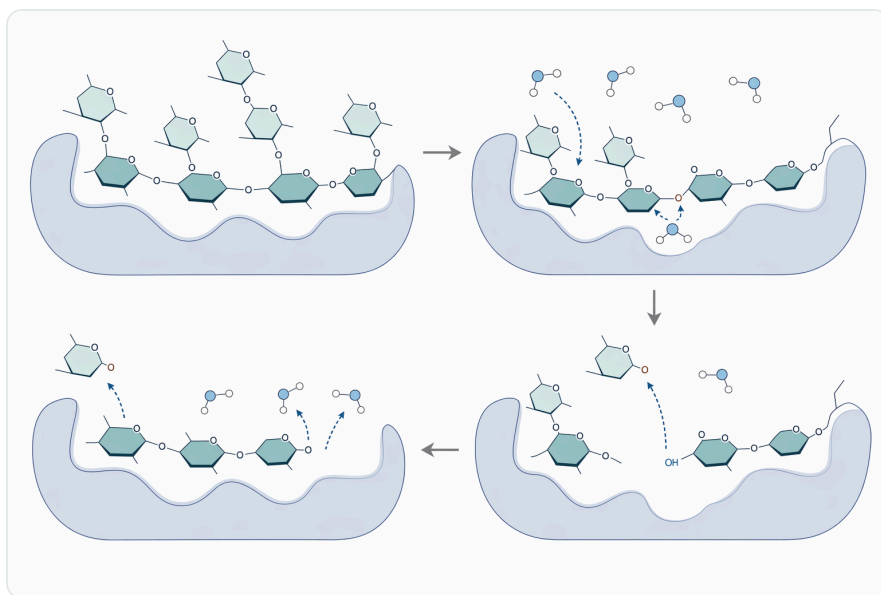


Figure 1. α -半乳糖苷酶可去除棉子糖、水蘇糖等棉子糖家族寡糖末端以 α 鍵連結的半乳糖殘基。

從催化化學來看，許多 α -Gal 屬於保留型糖苷水解酶家族，活性中心會同時控制半乳糖基的辨識、離去基團穩定與水分子攻擊。近年的機制研究與電腦輔助設計指出，若改變活性中心周邊的胺基酸環境，可能改變水解與轉糖基之間的競爭，使酵素不只用於「分解」寡糖，也可被設計為生成特定 galactooligosaccharides (GOS) 的工具 [5]。

在一般含水製程中，水解通常是主反應；但在高底物濃度或水活性較低的環境中， α -Gal 可能把半乳糖基轉移給另一個糖受體，形成 α -連結半乳寡糖。Aspergillus niger APC-9319 α -galactosidase 的研究即以過飽和底物溶液進行反向反應，產生 α -linked galactooligosaccharides，顯示反應方向可受底物濃度與系統熱力學條件影響 [6]。

主要應用一：植物性食品與豆類原料處理

大豆、豆粉、豆漿、豆腐基底與其他豆科原料常含有 raffinose、stachyose 等 RFOs。對食品加工廠而言，這些寡糖本身未必造成風味缺陷，但它們與腸道發酵產氣、消化不良及產品接受度有關；因此，在前處理或配方製程中使用 alpha-galactosidase，可作為降低 RFO 負擔、改善植物蛋白產品消

化相容性的策略。Aspergillus niger 來源 α -Gal 的底物專一性研究，正是理解其對不同 α -半乳糖苷底物反應差異的重要基礎 [3]。

在豆類加工中， α -Gal 的實際效果會受原料顆粒大小、含水量、pH、溫度、可溶性固形物與反應時間影響。若 RFOs 被包埋於蛋白質或細胞壁結構內，單純增加酵素量未必等同於更高轉化；相反地，研磨、浸泡、熱處理或與其他酵素搭配，可能改變底物可及性。這也是為什麼不同研究會強調來源與底物專一性，而不是只用單一活性概念描述所有 α -Gal [1]。

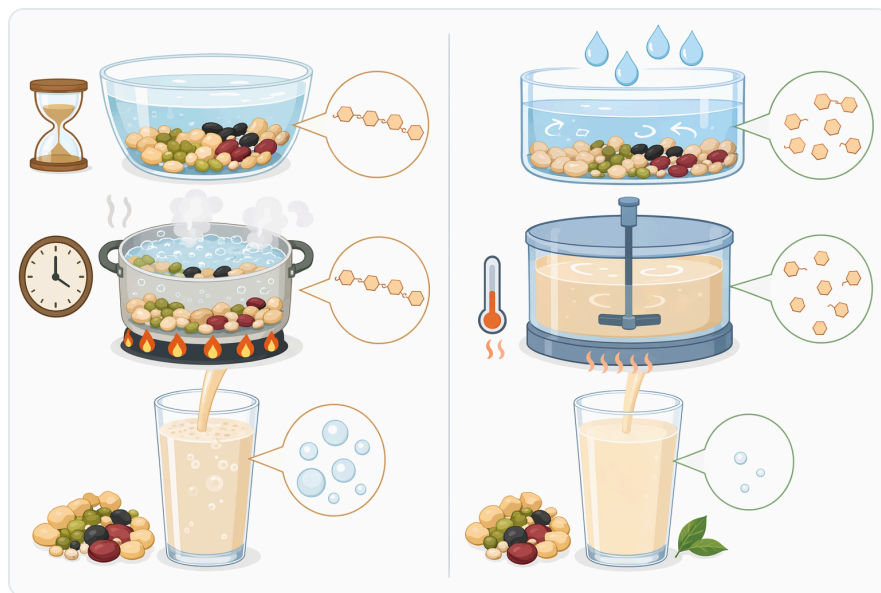


Figure 2. 用於碳水化合物加工的工業用 α -半乳糖苷酶，不同於人類 α -半乳糖苷酶 A 的診斷應用、法布瑞氏症治療，以及 α -gal 過敏相關術語。

對機能性食品與植物基產品而言， α -Gal 也不只是一個「去脹氣」工具。當反應條件偏向轉糖基時，部分 α -Gal 可參與 α -GOS 的形成；而 GOS 類成分在食品應用中常被討論為具結構多樣性的寡糖素材。近年 GOS 綜述指出，GOS 的結構、酵素生產路徑與食品應用之間有密切關係，這使 α -Gal 在特定產品設計中可被視為糖質結構調整工具，而非單純的水解添加物 [7]。

主要應用二：飼料與植物性蛋白原料的營養可利用性

在飼料領域，alpha-galactosidase 常被評估於豆粕、豌豆蛋白、菜籽粕或其他植物性蛋白原料，目標是降低 RFOs 造成的抗營養影響。單胃動物本身對 α -半乳糖苷的內源水解能力有限，若未消化寡糖進入後段腸道，可能增加發酵負擔並影響能量利用；因此， α -Gal 的技術定位通常是協助釋放或轉化植物性碳水化合物，使配方更接近可利用狀態。Rhizopus sp. F78 來源 GH-36 α -galactosidase 的研究特別指出蛋白酶耐受性，這對消化道或含蛋白酶環境中的應用解讀具有參考價值 [8]。

與食品加工不同，飼料環境通常要考慮製粒熱歷程、儲存濕度、胃腸 pH 變化與其他外源酵素共存。 α -Gal 若在前處理階段使用，重點是反應完成度；若作為飼料添加型酵素，則需關注其在加工與消化環境中的穩定性。由於不同微生物來源的 α -Gal 在 pH、溫度與底物偏好上差異很大，文獻中的正面結果不能不經轉換就套用到所有商業來源 [9]。

在配方層面， α -Gal 常與纖維分解酵素、蛋白酶或其他碳水化合物酵素共同被納入植物性原料處理概念。這種搭配的原因在於，RFOs 只是植物性抗營養與消化限制的一部分；細胞壁多醣、蛋白質包埋與黏度變化也會影響營養釋放。 α -Gal 的角色較像是針對 α -半乳糖側鏈與小分子寡糖的精準拆解，而不是取代所有非澱粉多醣酵素 [4]。

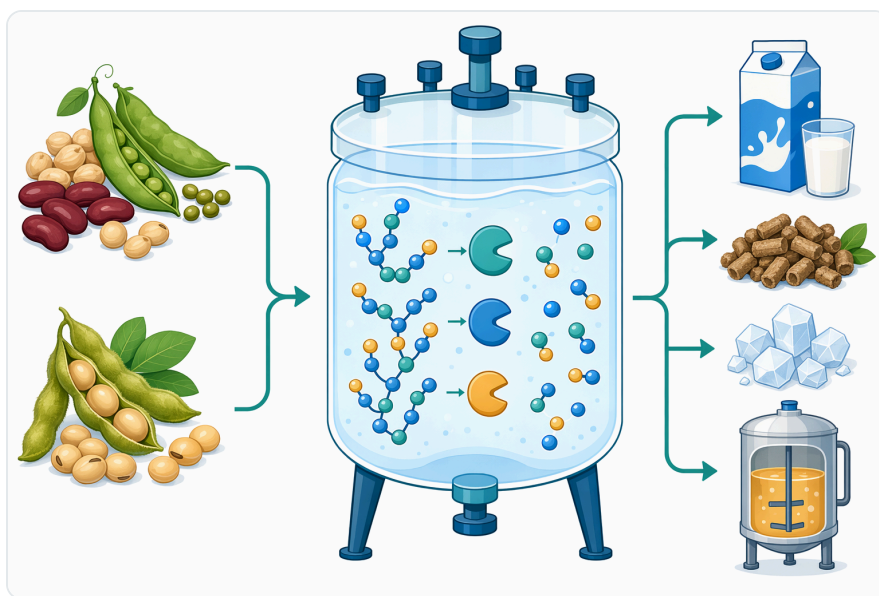


Figure 3. 大豆與豆類中的棉子糖家族寡糖是關鍵目標，因為它們可能在消化過程中持續存在，或影響後續加工。

主要應用三：半乳甘露聚糖與寡糖結構改質

Galactomannan 是由 mannose 主鏈與 galactose 側鏈組成的植物多醣，存在於多種種子膠與植物材料中。 α -Gal 透過移除半乳糖側鏈，可改變多醣的酵素可及性、溶液行為與後續加工路徑；這在食品膠體、植物原料精煉與生物質利用中都具有技術意義。Pseudomonas fluorescens subsp. cellulosa 的 α -Galactosidase A 被研究用於 galactomannan hydrolysis，說明此類酵素不只針對 RFOs，也能作用於更大分子的半乳糖取代多醣 [4]。

在寡糖合成方面，Bifidobacterium breve 203 的新型 α -galactosidase 被報導可合成 Gal- α -1,4 linkage，顯示特定來源的 α -Gal 可形成不同於一般水解結果的糖苷鍵。這對開發具特定結構的 α -GOS 很重要，因為寡糖功能不只取決於單糖組成，也取決於鍵結位置、聚合度與立體化學 [10]。

固定化也是 α -Gal 工業化討論中的一個方向。Aspergillus niger α -galactosidase 固定於離子交換樹脂的研究指出，交聯劑與載體環境會影響固定化結果；其意義不在於提供通用製程，而是說明酵素在連續化、重複使用或受控反應器中的表現，會受到載體化學與蛋白構形變化影響 [11]。

Alpha-Galactosidase、 β -Galactosidase 與搜尋混淆：不要把名字相近的酵素混在一起

α -Galactosidase 與 β -galactosidase 都屬於糖苷酶，但它們辨識的鍵結立體方向不同。 α -Gal 針對 α -半乳糖苷鍵，常見於 RFOs、 α -GOS 或 galactomannan 側鏈處理； β -galactosidase 則常與乳糖水解、 β -GOS 生產及乳品加工相關。以 Aspergillus oryzae β -galactosidase 生產 GOS 的研究為例，其反應邏輯與 α -Gal 的 α -連結寡糖合成不同，不應只因都含有 “galactosidase” 就視為可互換 [12]。

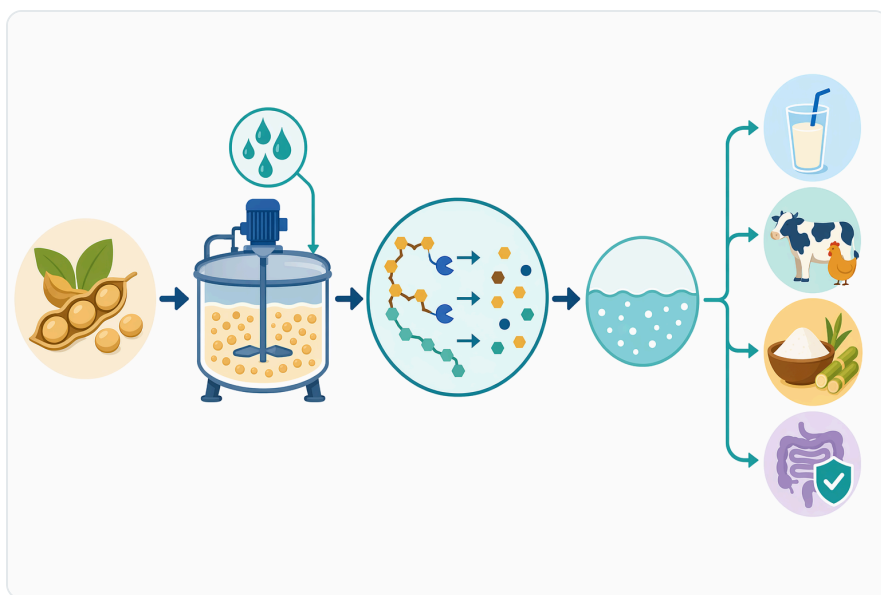


Figure 4. 有效的 α -半乳糖苷酶處理取決於水合程度、基質可及性、酶與基質接觸、水解作用，以及由此造成的寡糖組成變化。

另一個常見搜尋詞是「alpha-complementation of beta-galactosidase」。這是分子生物學中 lacZ α -fragment 與 β -galactosidase 互補的概念，常用於藍白篩選；它與本文所說的 alpha-galactosidase 並非同一種酵素。換言之，這裡的 alpha 是 β -galactosidase 蛋白片段名稱的一部分，而不是 α -半乳糖苷鍵水解活性 [13]。

名稱或搜尋詞	實際指涉	典型應用	與本文 α -Gal 的關係
alpha-galactosidase / alpha galactosidase	α -半乳糖苷酶，水解或轉移 α -D-半乳糖基	豆類 RFO 降解、飼料原料處理、 α -GOS、galactomannan 改質	本文主題
β -galactosidase	水解或轉移 β -D-半乳糖基	乳糖水解、乳品 GOS、生物技術	底物鍵結不同，不可直接替代
alpha-complementation of beta-galactosidase	lacZ α 片段互補現象	分子克隆與篩選	名稱相似，但不是 α -Gal 酵素
alpha-galactosidase b	可能指不同同工酶或相關糖苷酶命名	需依文獻與產品語境判讀	不應直接等同工業 α -Gal

如何理解 alpha galactosidase Km：數值不是跨來源比較的捷徑

在酵素動力學中， K_m 常被用來描述酵素對特定底物在特定條件下的表觀親和特徵，因此「alpha galactosidase k_m 」是研發人員常搜尋的技術詞。不過， K_m 不是固定產品屬性；它會因底物種類、pH、溫度、離子環境、酵素來源與反應系統而改變。Penicillium sp. 23 α -galactosidase 與 Aspergillus niger 來源酵素的底物專一性研究都提醒，同一類酵素對不同 α -半乳糖苷底物可能呈現不同反應表現 [1]。

對 B2B 應用而言， K_m 的價值在於幫助理解「某一酵素在某一底物濃度範圍內是否容易被底物驅動」，而不是用單一數字決定採用與否。例如，食品前處理可能面對高固形物與複雜基質，飼料添加可能面對短暫停留與多酵素共存，寡糖合成則可能故意使用高底物濃度推動轉糖基。這些場景下，即使同一酵素的 K_m 文獻值相近，實際加工結果仍可能不同 [5]。

因此，在閱讀產品資料或研究摘要時，較合理的方式是把 K_m 與底物專一性、反應方向、穩定性與基質可及性一起理解。 α -D-galactose 類似物可用於人類 α -galactosidase 的親和純化研究，這從另一角度說明活性中心對半乳糖構型的辨識非常精細；但親和辨識與實際工業基質中的轉化效率仍是兩個層次 [14]。



Figure 5. 當棉子糖與水蘇糖在基質中可被酶接觸時，豆漿、大豆漿料、豆類原料及豆類食品都是適用的應用領域。

來源差異：真菌、細菌與哺乳動物 α -Gal 不是同一個應用對象

真菌來源 α -Gal 在食品與工業加工文獻中相當常見，例如 *Aspergillus*、*Penicillium*、*Mortierella* 與 *Rhizopus* 相關研究。這些來源的優點通常在於可發酵生產、分泌或耐受特定加工條件；但不同菌株的蛋白結構與糖基化狀態可能不同，導致穩定性與底物範圍不一致。*Mortierella vinacea* 的新型 α -galactosidase 研究即包含純化、特性與 cDNA cloning，反映來源鑑定對理解功能的重要性 [15]。

細菌來源則常被關注於基因可操作性、特定鍵結合成能力或多醣協同降解。*Bifidobacterium breve* 203 的 α -Gal 能合成 Gal- α -1,4 linkage，而 *Pseudomonas fluorescens* 來源酵素則與 galactomannan hydrolysis 相關；這些研究說明細菌 α -Gal 的價值往往在於特定反應能力，而非單純替代真菌酵素 [10]。

哺乳動物或人類 α -Galactosidase A 屬於完全不同的醫學與細胞生物學範圍。研究曾觀察到 lysosomal alpha-Galactosidase A 在帕金森氏症腦組織中與 α -synuclein 病理累積相關，但這類資料不能用來推論食品或飼料級 α -Gal 的性能、用途或安全性 [16]。

製程條件與配方相容性：pH、溫度、蛋白酶與水活性

α -Gal 的表現通常受 pH 與溫度顯著影響。不同來源可能偏好酸性、中性或較溫和的環境；食品加工若包含浸泡、磨漿、保溫或後段加熱，酵素需在關鍵反應窗口內保有足夠活性。*Penicillium citrinum* 來源 α -galactosidase 的分子特性與工業應用研究，正反映了工業場景會關注來源、穩定性與可應用條件之間的連結 [9]。

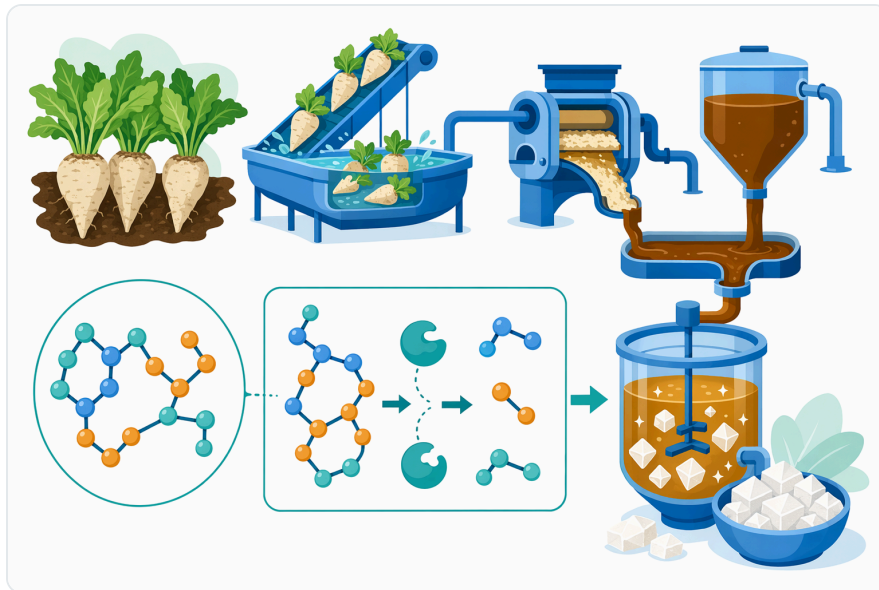


Figure 6. 在甜菜糖蜜與製糖加工中， α -半乳糖苷酶可水解棉子糖；棉子糖可能干擾蔗糖回收或影響物流處理。

蛋白酶耐受性則在飼料與消化環境中特別重要。若 α -Gal 在到達目標反應位置前即被蛋白酶快速降解，實際效果會下降；相反地，具蛋白酶耐受性的來源可能更適合含蛋白酶或消化液的複雜系統。Rhizopus sp. F78 的 GH-36 α -galactosidase 被描述為 protease-resistant，這使其成為討論飼料應用時常被引用的研究案例 [8]。

水活性與底物濃度也會改變反應方向。在一般稀水溶液中，水解較有利；在高糖濃度或受控水活性環境中，轉糖基可能增加，進而生成 α -GOS。這就是為什麼同一類酵素在「降低 RFO」與「合成寡糖」兩種應用中，製程設計邏輯會完全不同 [6]。

Enzymes.bio 供應資訊與文件定位

Enzymes.bio 線上供應 Alpha-Galactosidase，產品以 1 kg 單位直接銷售，定位為工業、飼料與食品加工用途，不是醫療用重組酵素，也不是臨床治療材料。CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，以支援買方內部品質、安全與文件管理；本文不列出具體活性單位數值、等級、分析方法或活性單位定義，因為這些資訊應以隨貨文件與產品頁標示為準。

作為供應商資訊頁，本文的目的不是宣稱製造來源或實驗室能力，而是協助研發、配方與製程團隊理解 α -Gal 的已知機制、文獻脈絡與可能應用邊界。若應用目標是降低豆類 RFO、改善植物性飼料原料利用、改質 galactomannan，或設計 α -連結寡糖， α -Gal 是值得納入評估的酵素工具；但實際效果仍取決於來源、基質、製程窗口與配方環境 [5]。

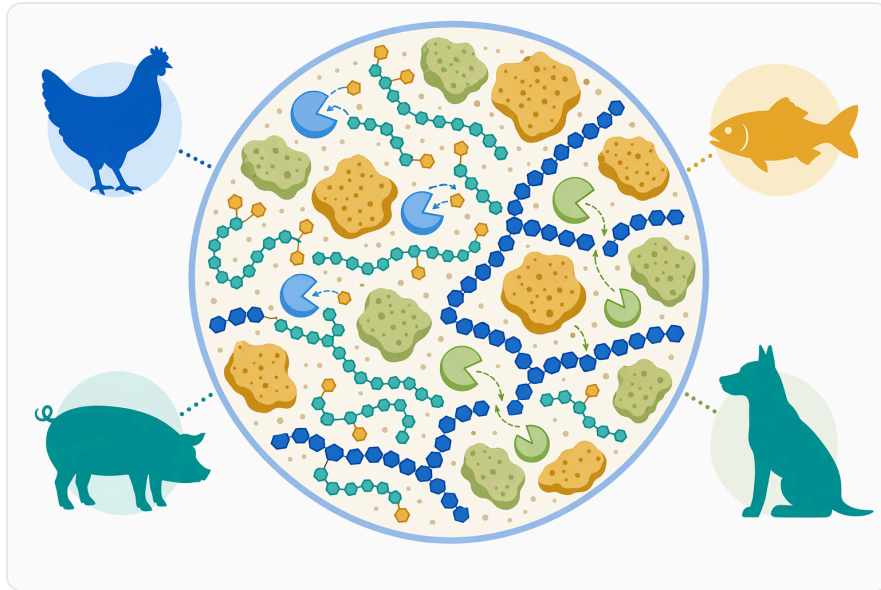


Figure 7. 在飼料與寵物食品中，當植物性粕料含有相當量的 α -半乳糖苷類基質時， α -半乳糖苷酶最具相關性。

實務價值總結： α -Gal 是「結構選擇性」而非萬用型酵素

Alpha-galactosidase 的核心價值在於結構選擇性：它針對 α -D-半乳糖基與相關糖苷鍵，而不是任意分解所有碳水化合物。這種選擇性使它能在豆類食品中降低特定寡糖，在植物性飼料中處理 RFO 抗營養因子，在 galactomannan 系統中移除側鏈，並在受控條件下參與 α -GOS 合成。多個來源與底物專一性研究共同指出，理解「哪一種 α -Gal、作用於哪一種底物、處於哪一個製程條件」才是應用成功的關鍵 [1]。

對食品、飼料與生物加工團隊而言， α -Gal 最適合被視為植物性原料精準加工的一環。它可以與原料前處理、其他碳水化合物酵素、蛋白酶或發酵流程形成互補，但不能取代整體製程設計。當目標從水解轉向寡糖合成時，更需要重視底物濃度、水活性與酵素來源對轉糖基反應的影響 [7]。

總而言之，alpha-galactosidase 的 B2B 應用不應停留在「幫助消化」這種簡化描述，而應從 α -半乳糖鍵辨識、RFO 降解、galactomannan 改質、蛋白酶與熱穩定性，以及 α -GOS 合成潛力等層面評估。Enzymes.bio 提供的 1 kg 線上供應形式，適合需要將 α -Gal 納入食品加工、飼料配方或植物性原料處理流程的團隊，以清楚文件與已發表研究為基礎進行內部導入判斷。

線上訂購 Alpha-Galactosidase

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 Alpha-Galactosidase →](#)

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. Varbanets, L., Malanchuk, V., Buglova, T., & Kuhlmann, R. (2001). Penicillium sp. 23 alpha-galactosidase: purification and substrate specificity. *Carbohydrate Polymers*, 44, 357-363.
2. Yagi, F., Eckhardt, A., & Goldstein, I. (1990). Glycosidases of Ehrlich ascites tumor cells and ascitic fluid—purification and substrate specificity of alpha-N-acetylgalactosaminidase and alpha-galactosidase: comparison with coffee bean alpha-galactosidase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 280 1, 61-7.
3. Kaneko, R., Kusakabe, I., Ida, E., & Murakami, K. (1991). Substrate specificity of alpha-galactosidase from *Aspergillus niger* 5-16. *Agricultural and Biological Chemistry*, 55 1, 109-115.
4. Halstead, J. R., Fransen, M. P., Eberhart, R. Y., Park, A., Gilbert, H. J., & Hazlewood, G. (2000). alpha-Galactosidase A from *Pseudomonas fluorescens* subsp. *cellulosa*: cloning, high level expression and its role in galactomannan hydrolysis. *FEMS Microbiology Letters*, 192 2, 197-203.
5. Jitonnom, W., Wanjai, T., Friedman, R., & Jitonnom, J. (2025). Mechanistic Insights and Computer-Informed Design of α -Galactosidase for Galactooligosaccharide Synthesis. *ChemCatChem*, 17.
6. Yamashita, A., Hashimoto, H., Fujita, K., Okada, M., Mori, S., & Kitahata, S. (2005). Reverse reaction of *Aspergillus niger* APC-9319 alpha-galactosidase in a supersaturated substrate solution: production of alpha-linked galactooligosaccharide (alpha-GOS). *Bioscience, biotechnology and biochemistry*, 69 7, 1381-8.
7. Zhao, J., Cao, Y., Miao, Y., Guo, H., Wang, Z., Liang, X., Guan, X., ... et al. (2025). Structure, Enzymatic Production, Biological Activities, and Food Applications of Galacto-oligosaccharides: A Review. *Journal of NutriLife*.
8. Cao, Y., Ya-Wang, Luo, H., Shi, P., Meng, K., Zhou, Z., Zhang, Z., ... et al. (2009). Molecular cloning and expression of a novel protease-resistant GH-36 alpha-galactosidase from *Rhizopus* sp. F78 ACCC 30795. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19 11, 1295-300.
9. Chauhan, A., Kumar, C., & Tiwari, R. (2025). Molecular characterization and protein purification of α -galactosidase from *penicillium citrinum* M(A79) for its industrial applications. *Molecular Biology Reports*, 52.

10. Zhao, H., Lu, L., Xiao, M., Qin-Wang, Lu, Y., Liu, C., Wang, P., ... et al. (2008). Cloning and characterization of a novel alpha-galactosidase from Bifidobacterium breve 203 capable of synthesizing Gal-alpha-1,4 linkage. *FEMS Microbiology Letters*, 285 2, 278-83 .
11. Costa, H. C. B., Ribeiro, E., & Resende, M. M. (2013). Glutaraldehyde Effect in the Immobilization Process of Alpha-galactosidase from Aspergillus Niger in the Ion Exchange Resin Duolie A-568. *Chemical engineering transactions*, 32, 1105-1110.
12. Wang, G., Wang, H., Chen, Y., Pei, X., Sun, W., Liu, L., Wang, F., ... et al. (2021). Optimization and comparison of the production of galactooligosaccharides using free or immobilized Aspergillus oryzae β -galactosidase, followed by purification using silica gel. *Food Chemistry*, 362, 130195 .
13. Ponnusamy, V., & Sankaranarayanan, M. (2023). Targeted gene manipulation of Leloir pathway genes for the constitutive expression of β -galactosidase and its transgalactosylation product galacto-oligosaccharides from Kluyveromyces lactis GG799 and knockout strains. *Enzyme and Microbial Technology*, 169, 110263 .
14. Dwyer, B., Hu, J., Madduri, A., Lundberg, D. M., Miller, B., Gill, J., Meiyappan, M., ... et al. (2020). Affinity purification of human alpha galactosidase utilizing a novel small molecule biomimetic of alpha-D-galactose. *Protein Expression and Purification*, 105752 .
15. Shibuya, H., Kobayashi, H., Sato, T., Kim, W., Yoshida, S., Kaneko, S., Kasamo, K., ... et al. (1997). Purification, characterization, and cDNA cloning of a novel alpha-galactosidase from Mortierella vinacea. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 61, 592.
16. Nelson, M. P., Boutin, M., Tse, T., Lu, H., Haley, E. D., Ouyang, X., Zhang, J., ... et al. (2017). The lysosomal enzyme alpha-Galactosidase A is deficient in Parkinson' s disease brain in association with the pathologic accumulation of alpha-synuclein. *Neurobiology of Disease*, 110, 68 - 81.


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。