

Xylanase (木聚醣酶 / 木聚糖酶) 技術概覽：烘焙、飼料、紙漿漂白、果汁澄清與生物煉製應用

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

Xylanase 中文常譯為「木聚醣酶」或「木聚糖酶」，是一類水解植物半纖維素 xylan 的酵素，主要切斷木糖主鏈上的 β -1,4 糖苷鍵，使高分子木聚糖轉為較低分子量的木寡糖與木糖。

在烘焙、動物飼料、紙漿與造紙、果汁澄清、生質能與木寡糖 (XOS) 製程中，xylanase 的核心價值不是「單純分解纖維」，而是透過降低黏度、鬆動植物細胞壁結構、提高底物可及性與調整水分分佈，改善加工效率與最終產品品質。

對 B2B 使用者而言，xylanase 的效果高度依賴原料木聚糖型態、製程 pH / 溫度、停留時間與是否搭配 cellulase、pectinase、 β -glucanase 等其他酵素；因此應以「製程相容性」而非單一通用性能來理解其應用價值。^[1]

Xylanase 是什麼：從 xylan 結構理解酵素功能

Xylanase 指能水解 xylan 類半纖維素的酵素群，其中最常被討論的是 endo- β -1,4-xylanase，會在木聚糖主鏈內部切割 β -1,4 連結的木糖殘基。xylan 是陸生植物細胞壁中重要的半纖維素，常與纖維素微纖維、木質素及其他多醣形成複雜網絡；在穀物中，常見形式為 arabinoxylan，也就是木糖主鏈帶有阿拉伯糖側鏈的結構，這些側鏈會改變溶解性、吸水性與酵素可接近性。^[2]

從應用角度看，xylanase 並不是只產生「更多糖」的酵素。當高分子 arabinoxylan 被部分水解後，分子量下降、鏈間纏結減少，物料黏度會降低；同時，細胞壁基質變得較鬆散，使澱粉、蛋白質、纖維素或果汁中的可溶性固形物更容易釋放。這也是為何同一類酵素能同時出現在麵包改良、飼料消化、紙漿漂白與果汁澄清等看似不同的製程中。^[3]

微生物來源的 xylanase 在工業上最常見，包含細菌、真菌與放線菌等來源；不同來源的酵素在最適 pH、溫度穩定性、底物偏好與副活性組成上可能差異很大。文獻中常以糖苷水解酶家族分類討論 xylanase，例如 GH10 與 GH11 是常見家族；其中 GH11 xylanase 的結構與催化特異性已被深入研究，顯示催化過程涉及糖苷鍵水解與短暫的醣基—酵素中間體。^[4]

作用機制：為什麼切斷 β -1,4 木糖鍵會改變製程表現？

Xylanase 的直接反應是水解 xylan 主鏈，但實際製程效益來自後續的物理化學變化。高分子 arabinoxylan 具有多個羥基，容易吸水並形成黏稠網絡；在麵糰、麥汁、果汁或腸道內容物中，這種網絡會增加黏度並阻礙質傳。當 xylanase 將長鏈切成較短片段後，流動性改善，水分與可溶性物質重新分佈，過濾、混合、澄清或消化吸收的阻力也隨之下降。^[5]

在植物生物質中，xylan 通常包覆或連結於纖維素與木質素之間，形成限制纖維素酶接近纖維素表面的屏障。xylanase 先行或共同作用時，可移除部分半纖維素，增加纖維素表面暴露程度，讓 cellulase 更有效率地水解纖維素。這種 xylanase 與 cellulase 的協同作用，是農業殘渣糖化、生物煉製與纖維素奈米材料製備中反覆被討論的關鍵機制。^[6]

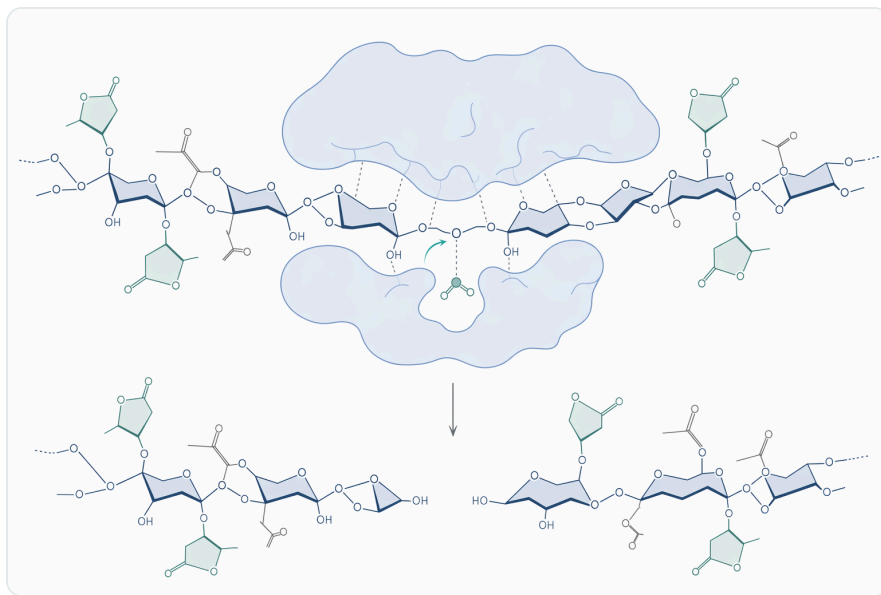


Figure 1. 木聚醣酶會水解木聚醣主鏈中的內部 β -1,4 鍵，形成較短的木寡醣與可溶性半纖維素片段。

需要注意的是，xylanase 對「側鏈很多」或「被乙酰化、阿魏酸化」的 xylan 可能不會單獨達到完全降解。實際植物細胞壁包含 arabinofuranosidase、acetyl xylan esterase、ferulic acid esterase、 β -xylosidase 等輔助活性所對應的結構障礙；因此在高纖原料或特定副產物中，xylanase 常與其他酵素搭配，以取得更完整的細胞壁鬆動或寡糖生成效果。^[1]

主要應用比較：同一酵素，不同製程目標

下表整理 xylanase 在常見 B2B 應用中的作用邏輯。重點在於「原料中的 xylan 造成什麼限制」以及「水解後希望改善哪個加工指標」。

應用領域	主要處理對象	製程痛點	xylanase 的作用	常見觀察效益
烘焙與麵粉加工	小麥、全麥、高纖麵粉中的 arabinoxylan	麵糰吸水高、黏滯或延展性不足，麵包體積與組織不穩	部分水解 arabinoxylan，調整水分分佈與麵糰流變	改善操作性、氣孔結構與烘焙穩定性
動物飼料	小麥、裸麥、大麥、穀物副產物中的非澱粉多醣	腸道內容物黏度高，養分被細胞壁包埋	降低可溶性 arabinoxylan 黏度，釋放包埋營養	改善消化率、能量利用與飼料效率
紙漿與造紙	Kraft 紙漿中的殘留木聚糖	木聚糖阻礙漂白藥劑滲透，增加化學負荷	移除或改質纖維表面 xylan	提升漂白效率、降低漂白化學品需求
果汁與植物飲品	果肉細胞壁半纖維素	濁度高、黏度高、過濾困難	鬆動細胞壁並降低多醣黏度	提高出汁、澄清與過濾表現
生質能 / 生物煉製	秸稈、蔗渣、酒糟等木質纖維素原料	半纖維素遮蔽纖維素，糖化效率受限	釋放 xylan 組分並提高纖維素可及性	增加可發酵糖與整體水解效率
XOS 木寡糖製備	木質纖維素或海洋 / 農業生物質中的 xylan	需要控制寡糖聚合度與副產物	選擇性水解 xylan 產生木寡糖	取得具食品與益生質潛力的 XOS

烘焙與麵粉加工：調整 arabinoxylan，而不是破壞麵筋

在烘焙中，xylanase 的核心對象是麵粉中的 arabinoxylan，尤其是全麥、高纖或麩皮比例較高的配方。水不溶性 arabinoxylan 會干擾麵筋網絡形成，而水溶性 arabinoxylan 則可能提高麵糰黏度；兩者都會影響攪拌、發酵持氣性與最終麵包組織。適當的 xylanase 可將部分不溶性 arabinoxylan 轉為較可溶或較低分子量片段，使麵糰更容易發展並改善氣泡穩定性。^[5]

這裡的「適當」非常重要。xylanase 不是越多越好；過度水解可能讓麵糰過軟、發黏，甚至降低成形穩定性。文獻對水解酵素與麵糰性質的回顧指出，xylanase 對麵糰延展性、氣體保持與麵包體積有正向潛力，但實際結果會受到麵粉蛋白質品質、纖維含量、配方含水量與攪拌條件影響。^[5]

近年的無麩質烘焙研究也顯示，xylanase 可用於調整非小麥基質的流變性。例如以桑葉與米粉為基礎的無麩質餅乾配方中，研究探討了 *Aureobasidium pullulans* 來源 xylanase 對麵糰性質與餅乾特性的影響，說明 xylanase 的應用已不侷限於傳統小麥麵包，而可延伸到高纖、替代穀物與功能性烘焙產品。^[7]

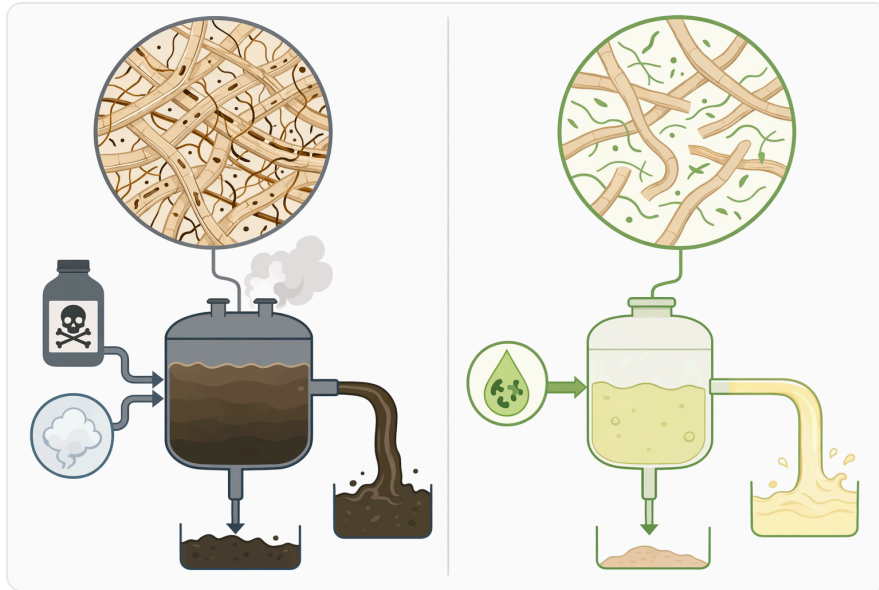


Figure 2. GH10 木聚醣酶通常具有較寬的活性位點裂隙，可作用於帶有取代基的木聚醣；而 GH11 木聚醣酶通常較小，能有效作用於容易接近的木聚醣主鏈。

動物飼料：降低非澱粉多醣黏度與提升營養可及性

在家禽與豬等單胃動物飼料中，xylanase 常用於含小麥、裸麥、大麥或其副產物的配方。這些原料含有相當比例的非澱粉多醣（NSP），其中 arabinoxylan 可提高腸道內容物黏度，阻礙消化酵素與營養物質接觸，也可能使澱粉與蛋白質被細胞壁包埋而降低可利用性。外源性 xylanase 的目的，是在消化道環境中部分水解 arabinoxylan，降低黏度並釋放被包埋的營養。^[8]

研究通常將飼料 xylanase 的效益歸因於三個層面：第一，降低腸道黏度、改善養分擴散；第二，打開植物細胞壁、提高澱粉與蛋白質的可消化性；第三，產生低聚木糖類片段，可能與腸道微生物組變化相關。近期針對瘤胃纖毛蟲來源 xylanase 的研究也從腸道菌相角度討論其潛在益生質應用，顯示 xylanase 的作用不只限於物理性降黏。^[9]

不過，飼料端的反應幅度高度依賴原料組成。當配方本身可溶性 NSP 含量較高、穀物批次差異大或副產物比例較高時，xylanase 的可觀察效益通常較容易被放大；相反地，在低 NSP 或高度精製配方中，效果可能較不明顯。這也是飼料應用文獻經常強調「配方背景」與「底物供應」的原因。^[8]

紙漿與造紙：生物漂白中的 xylanase 前處理

在 Kraft 製漿後，部分木聚糖會重新沉積或殘留於纖維表面，形成阻礙漂白化學品滲透的屏障。xylanase 前處理可選擇性改質或移除表層 xylan，使後續漂白程序更容易作用於殘餘木質素，因此常被稱為生物漂白的一環。與直接加強化學漂白相比，酵素前處理的價值在於改善藥劑可及性，而非以酵素本身取代整個漂白系統。^[10]

紙漿應用對酵素特性的要求與食品或飼料不同。製程可能偏鹼性且具一定溫度負荷，因此文獻特別關注細菌 xylanase、耐鹼 xylanase 與熱穩定性表現。若 xylanase 含有不希望的纖維素酶副活性，可能影響纖維強度；因此造紙應用通常更重視選擇性水解 xylan，而非廣泛降解所有多醣。[2]

整體而言，xylanase 在紙漿漂白中的證據基礎相當成熟，回顧文獻已將其列為微生物 xylanase 的重要工業用途之一。實務效果會依木材種類、製漿方式、洗滌程度、漂白序列與酵素處理條件不同而變動；因此較合適的表述是「可降低後續漂白負荷並改善漂白效率」，而不是保證固定比例的化學品節省。[10]

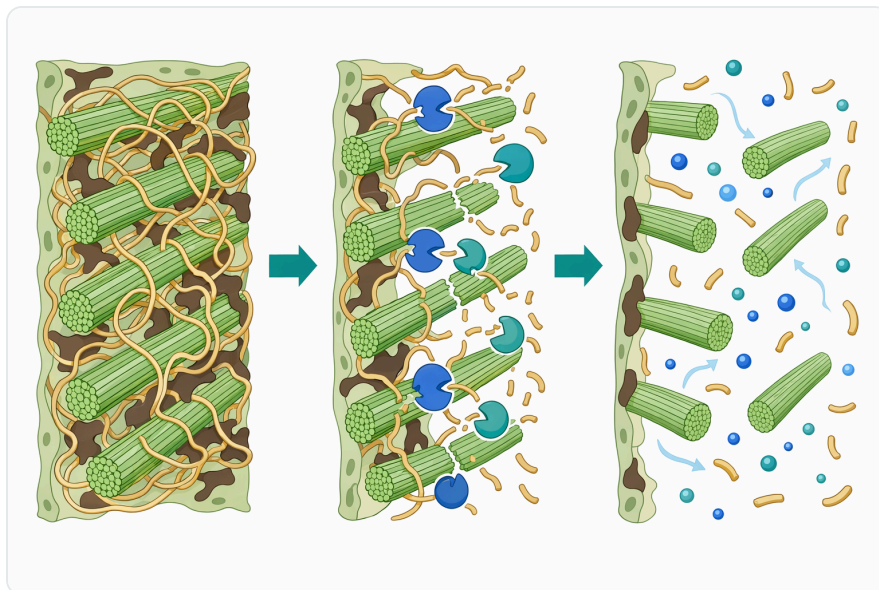


Figure 3. 內切型木聚醣酶透過縮短限制纖維素、含木質素區域、營養成分或可溶性萃取物可及性的木聚醣鏈，使植物材料變得鬆散。

果汁澄清與植物飲品：降低黏度、提高出汁與過濾性

果汁與植物飲品中的濁度與黏度，常來自果膠、纖維素、半纖維素與蛋白質等複合膠體。xylanase 在這類應用中通常不是單獨扮演全部角色，而是與 pectinase、cellulase 等酵素一起鬆動果肉細胞壁，促進汁液釋放並降低懸浮多醣造成的黏稠感。果汁澄清回顧指出，xylanase 是果汁加工中具多面向作用的酵素，可影響澄清、過濾與出汁效率。[3]

在特定果汁或植物萃取液中，xylanase 的實際效益取決於原料細胞壁組成。例如高果膠水果可能更依賴 pectinase，而含較多半纖維素的植物組織則可能更受益於 xylanase。研究中也有將 pectinase 與 xylanase、cellulase 組合用於多種料理果汁，以提升出汁與澄清表現的案例，顯示多酵素協同通常比單一酵素更符合複雜植物基質。[11]

對飲料製程而言，xylanase 的主要價值通常表現在較快的固液分離、更低的黏度與較穩定的澄清結果。這些效益與設備條件密切相關，例如壓榨、離心、過濾或膜處理的設定都會影響最終觀察；因此在飲料場景中，xylanase 應被視為改善質傳與分離效率的工具，而非單一決定風味或營養宣稱的成分。^[3]

生質能與生物煉製：提高纖維素可及性與糖化效率

木質纖維素原料如小麥秸稈、甘蔗渣、油棕殘渣與酒糟等，通常由纖維素、半纖維素與木質素共同構成。半纖維素中的 xylan 會包覆纖維素，限制 cellulase 接近 β -1,4 葡聚糖鏈；因此 xylanase 可作為前處理後水解的一部分，幫助釋放木糖與木寡糖，同時提升 cellulase 對纖維素的水解效率。^[12]

xylanase 與 cellulase 的協同作用已在多種生物質研究中被討論。其機制不是兩種酵素做同一件事，而是 xylanase 移除半纖維素障礙，cellulase 進一步水解纖維素；若前處理使 xylan 更可接近，協同效果通常更明顯。針對甘蔗渣不同前處理的研究即指出，前處理方式會改變 cellulase 與 xylanase 的協同表現。^[12]

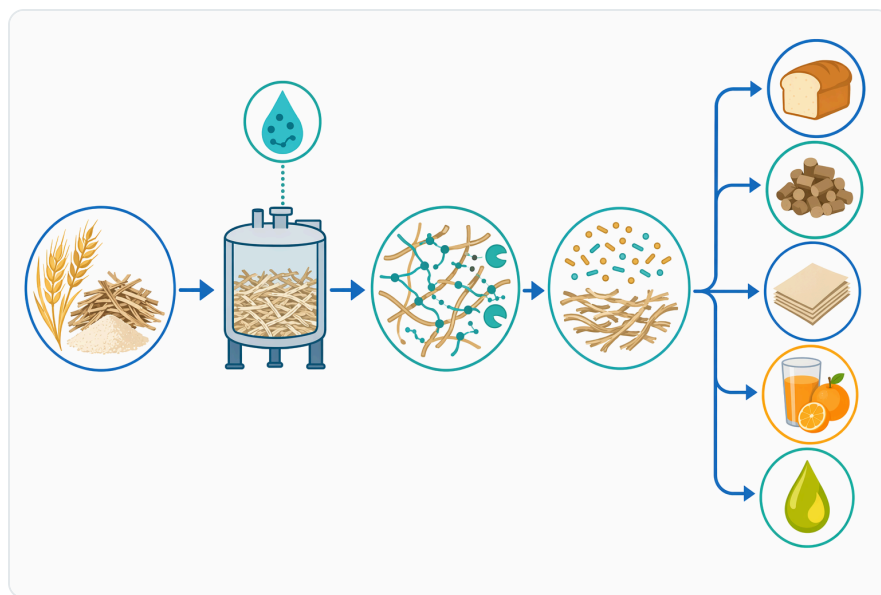


Figure 4. 在紙漿預漂白中，木聚醣酶可部分去除重新沉積於表面的木聚醣，使漂白化學品更有效地滲入纖維，並讓木質素衍生的發色團釋出。

然而，生物煉製中的經濟效益不能只看酵素水解率。若下游發酵菌株不能有效利用木糖，或分離、濃縮與抑制物控制成本過高，xylanase 釋放的額外糖源未必能完全轉化為收益。因此在二代乙醇、平台化學品或農業殘渣高值化流程中，xylanase 的價值應放在整體流程設計中評估，包括前處理、酵素組合、發酵微生物與副產物利用。^[6]

XOS 木寡糖製備：從完全水解轉向可控水解

近年 xylanase 的另一個重要方向，是用於生產 xylooligosaccharides (XOS , 木寡糖) 。XOS 通常由 xylan 部分水解而來，具有食品與益生質應用潛力；與完全水解成木糖不同，XOS 製程更重視聚合度分佈、單糖副產物控制與原料來源。2024 年的回顧指出，木質纖維素與海洋生物質皆可作為 XOS 的酵素水解原料，但製程仍需面對原料異質性、產物分離與成本等挑戰。[13]

可控水解的關鍵在於酵素選擇與反應條件。某些 xylanase 會偏向產生較短寡糖，另一些則可能在特定底物上保留較高比例中等聚合度產物；乙醯化 xylan 的水解建模研究也顯示，底物取代基與酵素作用模式會影響 XOS 聚合度分佈。這對食品配方、益生質開發與功能性糖類生產相當重要，因為不同聚合度的 XOS 可能有不同溶解性、發酵性與應用表現。[14]

熱穩定或冷適應 xylanase 也被研究用於 XOS 製備。耐熱酵素有利於提高反應溫度、降低污染風險或配合熱處理後原料；冷適應酵素則可能在較低溫條件下維持水解效率，降低熱敏性成分受損的可能。這些研究顯示，xylanase 的未來應用會更強調「產物導向」與「條件匹配」，而不只是傳統的大宗纖維分解。[15]

與其他酵素的協同：xylanase 常是配方中的關鍵一環

在實際製程中，xylanase 經常與 cellulase、pectinase、amylase、 β -glucanase 或蛋白酶搭配。這種搭配不是單純增加酵素種類，而是針對植物細胞壁、穀物胚乳或果肉組織的多成分結構進行分層處理。例如在生質能中，xylanase 移除半纖維素屏障，cellulase 水解纖維素；在果汁中，pectinase 降低果膠黏度，xylanase 與 cellulase 則進一步鬆動細胞壁。[6]

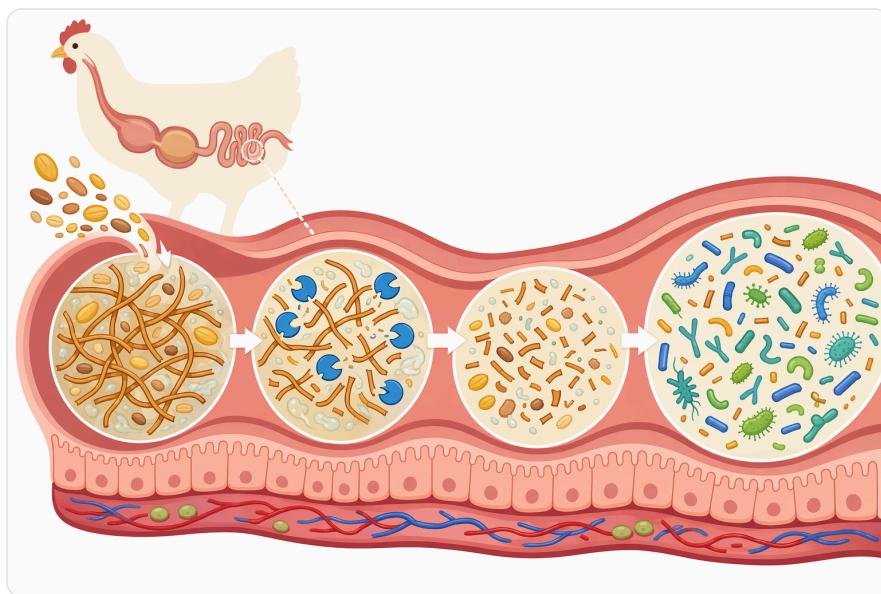


Figure 5. 在飼料中，木聚醣酶可降低阿拉伯木聚醣造成的屏障，並可能產生木聚醣來源的片段，進而影響下游微生物發酵。

烘焙配方也常見多酵素系統。xylanase 影響 arabinoxylan 與水分分佈，amylase 影響澱粉水解與發酵糖供應，氧化還原相關酵素則可能改變麵筋網絡強度。若只調整 xylanase 而忽略其他酵素與乳化劑、糖、鹽、油脂及纖維來源的交互作用，容易得到不穩定結果。這也是烘焙應用中常以「流變性與終產品質共同觀察」來判讀 xylanase 效果的原因。^[5]

相對地，並非所有協同都一定正向。若底物不足、反應時間過長或酵素組合過度降解結構性多醣，可能造成麵糰過軟、飲料口感變薄、纖維損傷或糖化液中副產物增加。因此，xylanase 的應用重點是把水解程度控制在「足以改善製程、但不破壞目標結構」的區間。^[1]

製程條件與穩定性：pH、溫度、時間與原料差異

不同 xylanase 的 pH 與溫度適應性差異很大。真菌來源酵素常被研究於食品與飼料相關環境，細菌來源酵素則常因耐熱、耐鹼或表現系統優勢而受到工業關注；但這些只是大方向，不能直接推論到每一項商品或每一個製程。近期對 *Trichoderma longibrachiatum* xylanase II 的研究即從溫度依賴性結構變化角度說明，溫度會影響酵素構形與功能表現。^[16]

製程停留時間同樣關鍵。烘焙中，xylanase 通常在攪拌、醒發與烘烤升溫前段發揮作用；飼料中則需考慮混合、製粒與消化道條件；紙漿中要兼顧酵素接觸時間與纖維品質；果汁澄清則要平衡出汁、澄清速度與風味穩定。相同 xylanase 在不同停留時間下，可能從「改善流動性」轉變為「過度降解結構」。^[3]

原料批次也會造成明顯差異。小麥品種、麩皮含量、秸稈預處理、紙漿洗滌程度、果實成熟度與副產物儲存歷史，都會改變 xylan 的可接近性與取代程度。這些變因會影響 xylanase 的可觀察效果，因此 B2B 製程通常會把 xylanase 視為需要與原料規格、設備條件和品質目標共同匹配的加工助劑。^[1]

應用證據的成熟度：哪些領域較穩定，哪些仍在快速發展？

以研究與產業採用程度來看，烘焙、動物飼料、紙漿漂白與果汁澄清屬於較成熟的 xylanase 應用。這些領域的共同特徵是：目標效果明確，例如降低黏度、改善流變、提高過濾性或降低漂白負荷；評估指標也相對直接，例如麵包體積、飼料轉換、紙漿亮度或果汁濁度。多篇回顧均將這些用途列為微生物 xylanase 的主要工業應用。^[17]

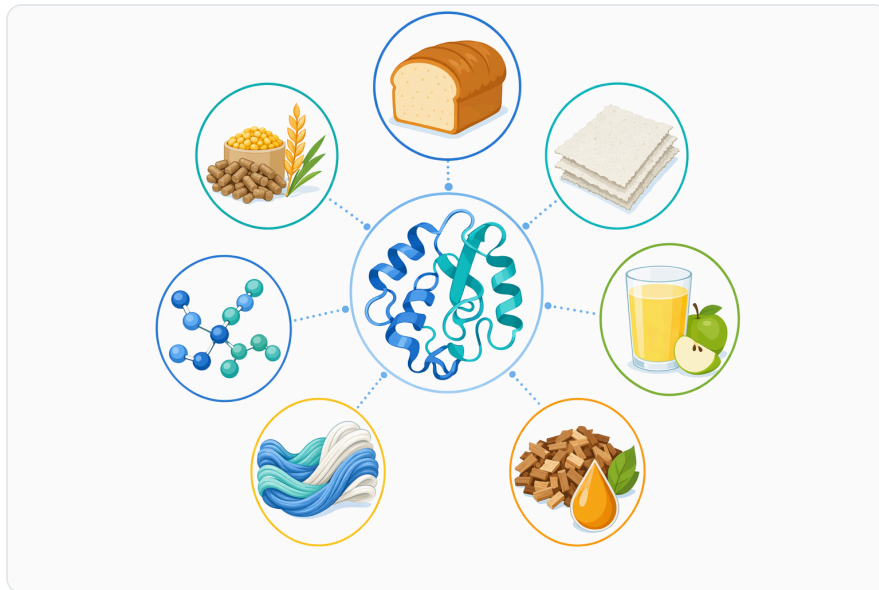


Figure 6. 食品與穀物應用仰賴木聚醣酶調節阿拉伯木聚醣對麵團水分分布、黏度、萃取、過濾以及結合型化合物釋放的影响。

生質能、XOS 與高值生物煉製則屬於持續快速發展的領域。其科學機制明確，但商業可行性更依賴上下游整合，包括原料前處理、酵素成本、產物分離、發酵或純化效率，以及副產物流向。近年研究已從「能否水解」進一步走向「如何控制產物分佈」、「如何提高選擇性」與「如何與既有生產線整合」。^[13]

新酵素開發仍非常活躍。近年文獻包括堆肥宏基因體 *xylanase* 的異源表現與結構預測、祖先序列重建以取得更穩健的 β -1,4-*xylanase*，以及不同宿主系統中的表現與特性研究。這些研究顯示，*xylanase* 技術並非停留在傳統應用，而是持續透過蛋白質工程、基因探勘與製程建模提升穩定性與選擇性。^[18]

Enzymes.bio 供應資訊與文件提供

Enzymes.bio 是酵素供應通路，不是製造商，也不是實驗室；其角色是讓企業使用者能以線上方式取得酵素產品，用於內部配方、製程或應用評估。*Xylanase* 產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，訂單隨貨提供 CoA 與 SDS，便於客戶進行收貨、儲存、安全與內部品質文件管理。

由於不同產業對 *xylanase* 的要求差異很大，使用者在導入時應把產品文件、既有製程條件與目標指標放在一起判讀。例如食品或飼料應用會關注原料相容性與加工條件，紙漿應用會關注鹼性環境與纖維品質，生質能應用則會關注與 *cellulase* 的協同和下游糖利用。這些判讀屬於使用端製程評估，不應被簡化為單一酵素名稱即可保證相同效果。^[1]

實務導入思路：以目標功能定義 xylanase 的角色

若目標是烘焙品質，xylanase 的角色通常是調整麵糰流變、改善水分分佈與氣孔結構；觀察重點會落在攪拌耐受性、麵糰黏性、醒發穩定性、成品體積與切面組織。若目標是動物飼料，則重點會轉向 NSP 降解、腸道黏度、營養釋放與配方原料差異。這兩個場景都使用 xylanase，但成功條件與判讀指標完全不同。^[8]

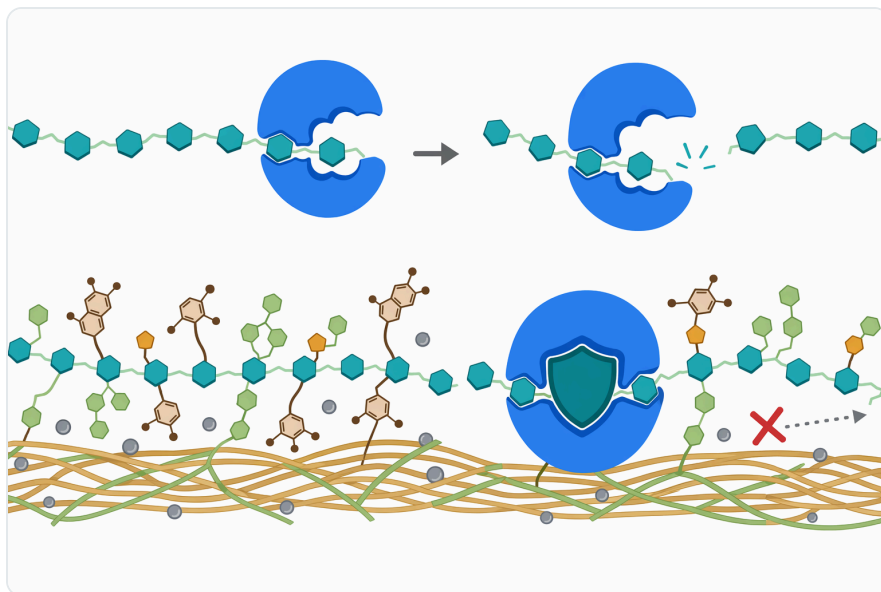


Figure 7. 植物木聚醣酶抑制劑與複雜的原料組成，可能使酵素在純化木聚醣與實際穀物或農業基質中的表現有所不同。

若目標是紙漿漂白或生物煉製，xylanase 更接近前處理或輔助水解工具。紙漿端關注的是選擇性移除 xylan、提高漂白效率並保留纖維品質；生物煉製端關注的是半纖維素可溶化、cellulase 可及性、糖化效率與下游糖利用。這些應用都需要把 xylanase 放入完整流程，而不是孤立評估。^[10]

若目標是果汁澄清、植物萃取或 XOS 製備，則需要進一步考慮產物分佈與感官或功能性結果。果汁製程通常追求澄清、出汁與過濾改善；XOS 製程則追求特定木寡糖組成與較少不必要副產物。兩者都涉及 xylan 水解，但一個偏向加工效率，一個偏向產物設計。^[14]

結語：xylanase 的價值在於「精準改變植物多醣結構」

Xylanase (木聚醣酶 / 木糖酶) 是一項成熟且仍在演進的工業酵素技術。它的共同機制是水解 xylan 主鏈，但真正的商業價值來自對黏度、細胞壁可及性、水分分佈、過濾性、營養釋放與寡糖生成的可控影響。^[17]

對 B2B 使用者而言，最重要的是把 xylanase 放回具體應用場景：烘焙看麵糰與成品，飼料看 NSP 與營養利用，紙漿看漂白效率與纖維品質，果汁看澄清與出汁，生物煉製看糖化與下游轉化，XOS 則看寡糖分佈。當酵素特性、原料結構與製程條件相互匹配時，xylanase 才能從「纖維分解酵素」轉化為穩定的製程改善工具。^[1]

線上訂購 Xylanase

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 Xylanase →](#)

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. Abena, T., & Simachew, A. (2024). [A review on xylanase sources, classification, mode of action, fermentation processes, and applications as a promising biocatalyst.](#) *BioTechnologia*, 105, 273 - 285.
2. Chakdar, H., Kumar, M., Pandiyan, K., Singh, A., Nanjappan, K., Kashyap, P. L., & Srivastava, A. (2016). [Bacterial xylanases: biology to biotechnology.](#) *3 Biotech*, 6.
3. Kaushal, J., Khatri, M., Singh, G., & Arya, S. (2021). [A multifaceted enzyme conspicuous in fruit juice clarification: An elaborate review on xylanase.](#) *International Journal of Biological Macromolecules*.
4. Sabini, E., Sulzenbacher, G., Dauter, M., Dauter, Z., Jørgensen, P. L., Schüle, M., Dupont, C., ... et al. (1999). [Catalysis and specificity in enzymatic glycoside hydrolysis: a 2,5B conformation for the glycosyl-enzyme intermediate revealed by the structure of the Bacillus agaradhaerens family 11 xylanase.](#) *Chemistry and Biology*, 6 7, 483-92 .
5. Pourmohammadi, K., & Abedi, E. (2021). [Hydrolytic enzymes and their directly and indirectly effects on gluten and dough properties: An extensive review.](#) *Food Science & Nutrition*, 9, 3988 - 4006.
6. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). [Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology.](#) *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
7. Yegin, S., Altinel, B., & Tuluk, K. (2024). [Exploitation of Aureobasidium pullulans NRRL Y-2311-1 xylanase in mulberry and rice flours-based gluten-free cookie formulation: Effects on dough properties and cookie characteristics.](#) *Journal of Food Science*.
8. Pirgozliev, V., Mansbridge, S., Whiting, I., Abdulla, J., Rose, S., Kljak, K., Johnson, A. E., ... et al. (2023). [The Benefits of Exogenous Xylanase in Wheat–Soy Based Broiler Chicken Diets, Consisting of Different Soluble Non-Starch Polysaccharides Content.](#) *Poultry*.

9. Su, W., Luo, H., Chen, X., Ai, G., Wei, Q., Zou, Z., Xu, C., ... et al. (2025). Influence of a rumen ciliate-derived xylanase on the gut microbiota composition: A potential enzyme for prebiotic applications. *Enzyme and Microbial Technology*, 190, 110683 .
10. Gangwar, A. K., Prakash, N., & Prakash, R. (2014). Applicability of Microbial Xylanases in Paper Pulp Bleaching: A Review. *Bioresources*, 9, 3733-3754.
11. Kumar, P. (2015). Efficacy of Pectinase purified from Bacillus VIT sun-2 and in combination with xylanase and cellulase for the yield and clarification improvement of various culinary juices from South India for Pharma and Health Benefits.
12. Huang, C., Zhao, C., Hai-Li, Xiong, L., Xue-Chen, Luo, M., & Xin-Chen (2018). Comparison of different pretreatments on the synergistic effect of cellulase and xylanase during the enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse. *RSC Advances*, 8, 30725 - 30731.
13. Lin, Y., Dong, Y., Li, X., Cai, J., Cai, L., & Zhang, G. (2024). Enzymatic production of xylooligosaccharide from lignocellulosic and marine biomass: A review of current progress, challenges, and its applications in food sectors. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134014 .
14. Fuso, A., Rosso, F., Rosso, G., Risso, D., Manera, I., & Caligiani, A. (2022). Production of xylo-oligosaccharides (XOS) of tailored degree of polymerization from acetylated xylans through modelling of enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 162 Pt A, 112019 .
15. Rodríguez, S., González, C., Reyes-Godoy, J. P., Gasser, B., Andrews, B., & Asenjo, J. A. (2025). Expression and characterization of cold-adapted xylanase Xyl-L in Pichia pastoris for xylooligosaccharide (XOS) preparation. *Microbial Cell Factories*, 24.
16. Nam, K. H. (2024). Temperature-dependent structural changes in xylanase II from Trichoderma longibrachiatum. *Carbohydrate Research*, 541, 109173 .
17. Dhiman, S., Sharma, J., & Battan, B. (2008). Industrial applications and future prospects of microbial xylanases: A review. *BioResources*.
18. Sousa, J., Santos-Pereira, C., Gomes, J. S., Costa, Â. M. A., Santos, A. O., Franco-Duarte, R., Linhares, J. M. M., ... et al. (2024). Heterologous expression and structure prediction of a xylanase identified from a compost metagenomic library. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108.


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