

Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis : 酸性纖維素酶液體在纖維水解、植物原料加工與生質轉化的應用

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

Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis 是一種供酸性製程使用的液態纖維素酶產品，主要用於分解植物纖維中的纖維素，協助釋放可溶性糖、改善纖維結構、提升後續萃取、發酵、過濾或質地改良效率。纖維素酶不是單一作用點的酵素，而是由內切纖維素酶、外切纖維素酶與 β -葡萄糖苷酶等活性協同水解 β -1,4 葡聚糖鏈的酵素系統。對食品、飼料、青貯、生質能、紡織與纖維材料應用而言，酸性纖維素酶的價值在於能在偏酸性植物基質或酸性前處理後流程中，降低纖維屏障並提升原料利用率。

酵素名稱與主要應用定位

Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis 可理解為「酸性條件下使用的液態纖維素酶」，其核心用途是 fiber hydrolysis，也就是將不溶性或難溶性的纖維素部分水解為較短鏈的纖維寡糖、纖維二糖與葡萄糖。工業上所稱 cellulase 通常涵蓋一組互補酵素活性，而非單一蛋白；這種複合特性使其能針對植物細胞壁中不同可及性、不同結晶程度的纖維素區域逐步作用 [1]。

此類液態酸性 cellulase 適合放入以水相或濕式漿料為主的流程，例如果蔬漿料處理、植物副產物纖維改質、青貯或飼料發酵前處理、預處理生質原料糖化，以及某些紡織與紙漿纖維表面調整。

Enzymes.bio 供應的產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；本文定位為技術教育文件，目的在於說明應用邏輯、作用機制與文獻支持，而非製造端規格書。

為什麼酸性纖維素酶能解決植物纖維加工問題

植物原料中的細胞壁會限制水分、可溶性固形物、色素、酚類、多醣與營養成分釋出。對果汁、果泥、咖啡副產物、椰子粕、玉米膳食纖維或農業殘渣而言，纖維素與半纖維素、果膠、木質素共同形成的網狀結構，常是出汁率、萃取率、消化率與糖化效率的瓶頸。纖維素酶透過切斷纖維素鏈，削弱這個結構屏障，讓機械壓榨、過濾、微生物發酵或下游萃取更容易進行 [2]。

酸性條件尤其常見於果蔬、發酵植物基質與部分預處理後的生質漿料。若酵素能在此類環境維持有效作用，流程上可減少大幅調整酸鹼值的需求，也較容易與果膠酶、半纖維素酶、乳酸菌發酵或酸性熱處理後段銜接。纖維素酶與木聚糖酶的協同作用，是許多植物細胞壁降解流程中的關鍵，因為半纖維素移除後可增加纖維素表面可及性，並降低部分寡糖對水解反應的干擾 [3]。

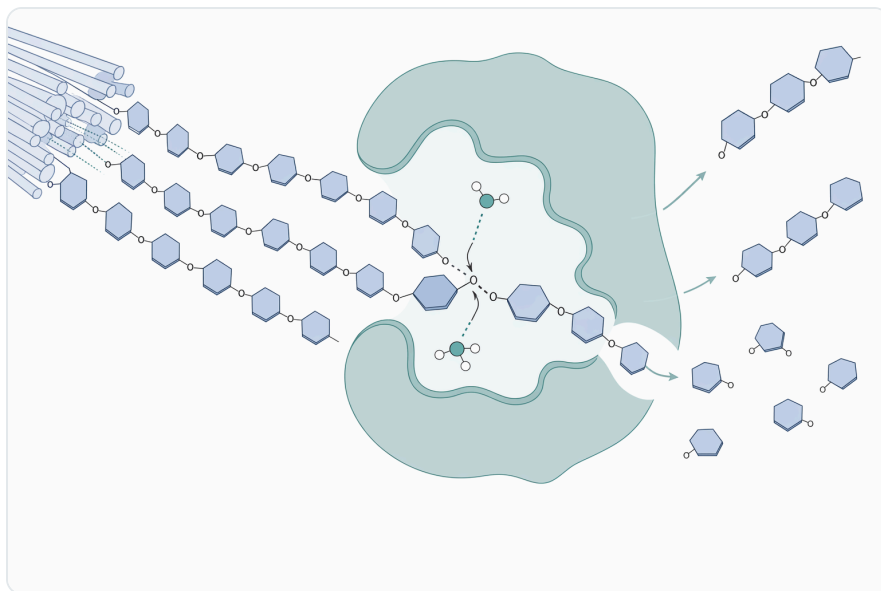


Figure 1. 酸性纖維素酶會水解纖維素纖維中的 β -1,4 糖苷鍵，釋放較短的纖維寡糖與葡萄糖。

纖維素水解機制：從細胞壁屏障到可溶性糖

纖維素是由葡萄糖單元透過 β -1,4 糖苷鍵連接而成的線性聚合物。多條纖維素鏈之間可透過氫鍵形成微纖維，並呈現結晶區與非結晶區並存的結構。結晶區排列緊密，酵素較難進入；非結晶區則較容易被攻擊。天然植物細胞壁中，纖維素又與半纖維素、果膠與木質素交織，因此「可接觸性」往往比纖維素含量本身更能決定水解速度與轉化程度 [4]。

典型 cellulase 系統可分為三個互補角色。內切纖維素酶會在纖維素鏈內部較鬆散的位置切割，產生新的鏈端並降低聚合度；外切纖維素酶或 cellobiohydrolase 會沿著鏈端逐步釋放纖維二糖； β -葡萄糖糖苷酶則將纖維二糖進一步水解為葡萄糖，降低纖維二糖累積造成的產物抑制。這三者若比例與基質條件相容，通常比單一活性更能有效推進纖維素水解 [1]。

水解反應本質上是以水分子裂解糖苷鍵的過程；酵素提供專一性的活性位點與催化環境，降低反應所需能量，讓纖維素在溫和水相條件下逐步轉為較小分子。對生質糖化而言，最終目標常是提高可發酵糖；對食品與飼料而言，目標可能是改善纖維可利用性、改變持水性或釋放被細胞壁包埋的成分；對紡織而言，目標則可能是選擇性修飾棉纖維表面，而不是完全降解纖維 [5]。

酸性條件下使用的技術意義

「酸性纖維素酶」的實務意義不只是能在低 pH 環境中作用，也包含與既有製程條件的相容性。許多水果、果渣與植物發酵基質本身偏酸；若使用適合酸性環境的酵素，可在原料自然條件或輕度調整後直接處理，減少反覆中和造成的鹽分增加、用水負擔或風味變化。對部分經酸處理或酸性萃取後的纖維原料，酸性 cellulase 也有助於銜接後段溫和水解 [2]。

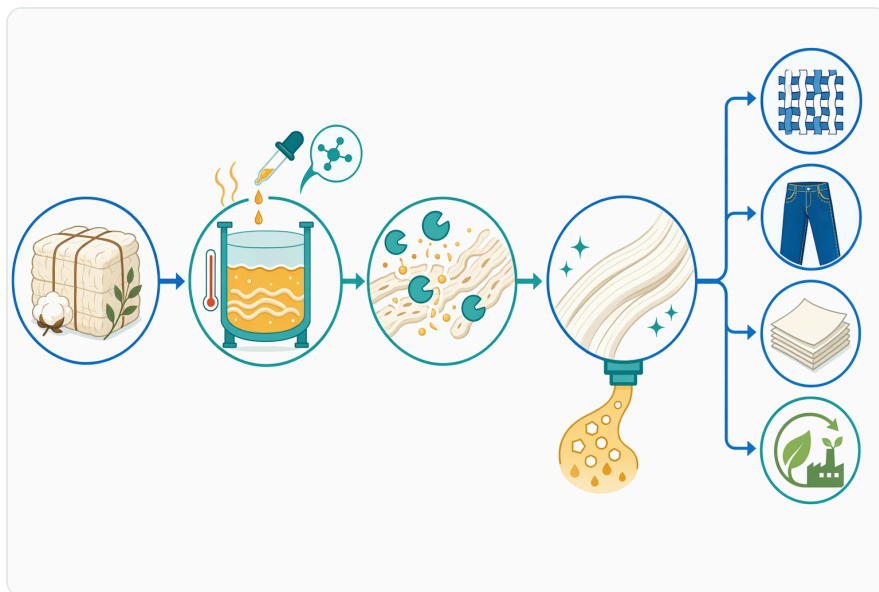


Figure 2. 在工業纖維水解中，將酸性纖維素酶投加至溫熱的酸性浴中，以改質纖維素表面並釋放可溶性水解產物。

研究也顯示，cellulase 的穩定性與活性會受到溶劑環境、溫度、離子條件與反應介質影響。例如以膽鹼類深共熔溶劑評估 cellulase 結構穩定與活性的研究指出，非傳統介質可能改變酵素構形與熱穩定表現，這提醒工業應用不能只看「纖維素含量」，還要看整體反應環境是否會讓酵素失活或降低可及性 [6]。

主要應用一：果蔬漿料、植物副產物與食品纖維改質

在果汁、果泥與植物萃取中，纖維素酶常與果膠酶、半纖維素酶共同使用，以打開細胞壁、降低黏度、改善壓榨與過濾。其效益不是單純「把所有纖維素變成糖」，而是透過部分水解讓水分與可溶性成分更容易流出，並降低細胞壁對色素、香氣前驅物與酚類物質的包埋。植物性發酵食品與其微生物群的研究亦顯示，細胞壁分解與發酵微生物代謝會共同影響植物基質中營養與功能性成分的釋放 [7]。

咖啡副產物研究提供了食品纖維改質的具體例子：以動態高壓、乙醯化與 cellulase 水解處理咖啡加工副產物，可改變其物化性質，使其具備作為功能性與永續食品配料的潛力。這類應用的重點在於調整纖維粒徑、可溶性、持水或持油特性，而非追求完全糖化 [8]。

椰子粕膳食纖維資料也顯示，cellulase 水解、酸處理與粒徑分布會影響膳食纖維的物化與功能特性。這對食品配方開發有實務意義：相同植物副產物若經不同程度的酵素改質，可能呈現不同的膨潤性、溶解性與加工適性，進而影響飲品、烘焙、營養棒或高纖配料的質地 [9]。



Figure 3. 酸性纖維素酶可用於紡織後整理、牛仔布處理、紙漿與造紙改質、生物質加工、洗衣護理，以及富含纖維的飼料應用。

玉米不溶性膳食纖維研究則顯示，射頻加熱與酵素水解的組合可提升纖維改質效果，並影響後續發酵性與短鏈脂肪酸生成。這代表 cellulase 在食品纖維領域的價值，常來自與熱處理、機械處理或其他預處理的協同，而不是獨立完成所有功能轉換 [10]。

主要應用二：飼料、青貯與植物性發酵基質

在飼料與青貯系統中，纖維素酶的角色是提高植物細胞壁可降解性，釋放可被乳酸菌或反芻動物微生物利用的糖源，並降低高纖原料對消化率的限制。以 *Caragana korshinskii* 青貯為例，cellulase 與乳酸菌會影響青貯表現與細菌群落結構，顯示纖維分解與微生物發酵品質之間存在連動 [11]。

濕啤酒糟與玉米秸稈混合青貯研究也顯示，cellulase 與乳酸菌補充會影響發酵特性與微生物組成。對 B2B 應用而言，這類結果支持一個實務觀點：cellulase 在青貯中通常不是單獨評估，而是與乳酸菌、糖蜜、含水率、原料比例與壓實密封條件共同決定最終品質 [12]。

甘蔗渣作為工業副產物用於乳牛飼養的研究指出，經 *Lactobacillus casei*、cellulase 與糖蜜處理後，會影響飼料利用、瘤胃生態與泌乳表現。這並不表示所有纖維副產物加入 cellulase 都會得到相同結果，而是說明在高纖副產物再利用中，酵素處理可作為提升原料可用性的策略之一 [13]。

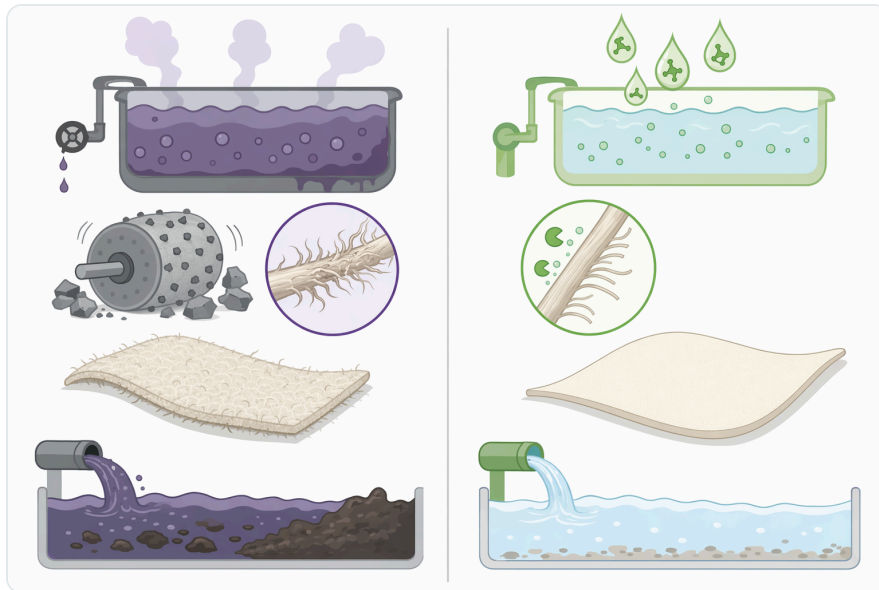


Figure 4. 相較於強烈化學處理或磨耗性加工，酸性纖維素酶可實現較溫和且更具選擇性的纖維素纖維水解。

主要應用三：生質能、農業殘渣與可發酵糖釋放

在二代生質酒精或其他生物煉製流程中，cellulase 的任務是將預處理後的纖維素轉換為可發酵糖。玉米芯、棉花加工廢棄物、秸稈、甘蔗渣與水葫蘆等原料都含有纖維素，但其木質素含量、半纖維素組成與結晶度不同，因此需要不同程度的物理、酸、鹼或酵素協同前處理。酸與酵素耦合製備微晶纖維素的研究顯示，酸處理可先改變纖維結構，再由酵素進一步調整纖維素材料特性 [4]。

水葫蘆利用研究中的耐熱 cellulase 篩選與酵素特性分析，說明農業或水生植物生質轉化常需要考量原料取得、預處理、酵素穩定性與水解效率。對實務流程而言，若原料纖維結構未被有效打開，cellulase 會受限於可接觸表面不足，導致反應速率與糖釋放受限 [14]。

纖維素酶與木聚醣酶的協同在生質轉化中特別重要。半纖維素包覆纖維素時，單靠 cellulase 可能無法有效進入反應位點；加入 xylanase 可協助移除木聚醣屏障，增加 cellulase 可及性，並改善總糖釋放。這也是許多工業生物技術流程會採用多酵素組合，而非只使用單一 cellulase 的原因 [3]。

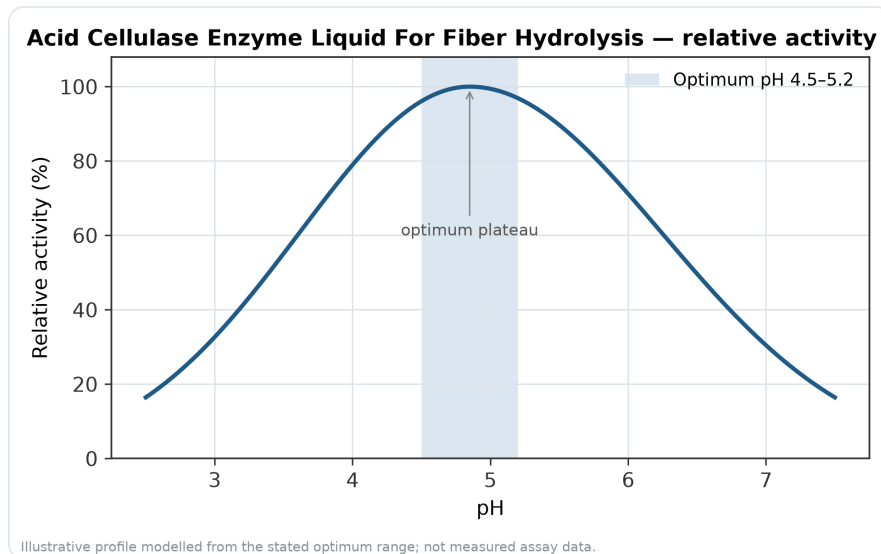


Figure 5. 纖維水解用酸性纖維素酶液的相對活性隨 pH 值變化，顯示其最佳平台區位於 pH 4.5–5.2。

主要應用四：紡織、紙漿與纖維表面修飾

在紡織加工中，cellulase 可用於棉織物生物拋光、牛仔布洗水與纖維表面整理。其機制是選擇性水解織物表面的微細纖維與絨毛，使布面更平整、手感更柔軟，並降低起毛起球傾向。相較完全依賴強烈機械摩擦或高負荷化學處理，微生物酵素在永續紡織與廢棄物管理中被視為較溫和的加工工具之一 [15]。

在紙漿與回收纖維領域，cellulase 與其他酵素可用於改善纖維表面、促進排水、輔助脫墨或降低部分機械處理負擔。不過紙漿應用需要精準控制水解程度，因為過度降解可能削弱纖維強度。近期以鹼耐受木聚醣酶與纖維素酶處理 kraft pulping 黑液並萃取高純度木質素的研究，也反映出纖維素酶在紙漿副流與生物煉製整合上的延伸潛力 [16]。

主要應用五：纖維素材料與奈米纖維素前處理

纖維素酶也可用於材料領域，例如微晶纖維素、奈米纖維素或細菌纖維素奈米晶的製備前處理。酵素法的優點在於反應條件較溫和，能選擇性攻擊非結晶區，協助縮短纖維鏈或增加後續酸水解、機械解纖維效率。以酵素途徑製備奈米晶纖維素的研究指出，cellulase 可作為降低化學負荷、調整材料結構的一種路線 [17]。

不過，奈米纖維素製備並非只要加入 cellulase 即可達到工業目標。細菌纖維素奈米晶的酵素與酸性路徑比較研究顯示，不同製備路線會造成主要性質與體外生物反應差異，因此材料應用需根據粒徑、結晶性、表面化學與生物相容性需求選擇流程。酸性纖維素酶在此更適合作為可控前處理或協同處理工具，而不是單獨取代所有化學或機械步驟 [18]。

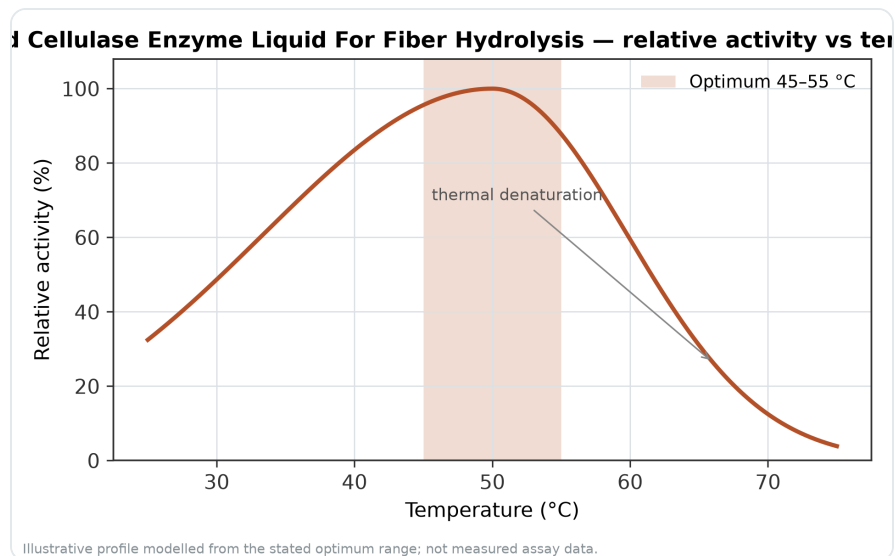


Figure 6. 纖維水解用酸性纖維素酶液的相對活性隨溫度變化，最佳溫度為 45–55 °C，且在高於最佳溫度後呈現典型的熱變性下降。

應用場景比較表

應用領域	主要處理對象	cellulase 的核心作用	常見協同條件	主要效益與注意事項
果汁、果泥、植物萃取	水果漿料、果渣、植物細胞壁	降低細胞壁屏障、釋放可溶性成分	果膠酶、半纖維素酶、溫和加熱	改善出汁、過濾與萃取；需控制黏度與風味影響
食品纖維改質	咖啡副產物、椰子粕、玉米纖維	改變纖維結構、溶解性與功能性	機械處理、酸處理、熱處理	可提升副產物高值化；效果依原料差異大
飼料與青貯	秸稈、甘蔗渣、混合青貯原料	促進纖維降解與糖釋放	乳酸菌、糖蜜、壓實密封	改善發酵品質與原料利用；需與含水率及微生物管理搭配
生質糖化	預處理農業殘渣、草本生質	生成可發酵糖	xylanase、 β -glucosidase、預處理	提高糖釋放；木質素與抑制物會限制效率
紡織與紙漿	棉纖維、紙漿、回收纖維	表面修飾、微纖維移除	機械洗水、其他酵素	改善手感或加工性；過度水解會影響強度
纖維素材料	微晶纖維素、奈米纖維素前驅物	選擇性降解非結晶區	酸水解、機械解纖	可降低處理強度；材料性質需依終端用途驗證

製程整合時需理解的關鍵變因

第一個變因是原料可及性。高纖維含量並不等於高水解效率；若木質素包覆嚴重、纖維素結晶度高或粒徑過大，酵素可接觸的表面有限，反應會明顯受限。這也是為什麼農業殘渣、生質原料與部分食品副產物常先經機械、熱、酸鹼或其他預處理，再進入 cellulase 水解步驟 [4]。

第二個變因是酵素協同。植物細胞壁不是純纖維素材料，通常同時包含半纖維素、果膠、蛋白、多酚與木質素。若目標是總糖釋放，常需考慮 xylanase 與 β -glucosidase；若目標是果蔬出汁或萃取，果膠酶可能更關鍵；若目標是青貯，乳酸菌與可發酵糖的動態也會影響結果。多酵素系統的優勢在於能同時處理細胞壁不同組分，降低單一瓶頸 [3]。

第三個變因是反應環境。pH、溫度、固形物濃度、攪拌、鹽分、溶劑、金屬離子與抑制性副產物都可能影響 cellulase 活性與穩定性。磁性奈米粒子固定化 cellulase 的綜述指出，固定化技術之所以受到研究，是因為它可能改善酵素回收、穩定性與重複使用，但這類技術屬於特定工程設計，與一般液態酵素直接添加流程不同 [19]。

第四個變因是水解程度控制。食品纖維改質、紡織生物拋光與紙漿處理通常不追求完全降解；過度水解可能造成質地變薄、纖維強度下降、黏度過低或產生不希望的糖化副產物。相反地，生質燃料或可發酵糖製程則通常希望提高糖釋放率。相同 cellulase 在不同產業的「最佳結果」定義不同，必須回到終端產品規格與製程目標判斷 [15]。

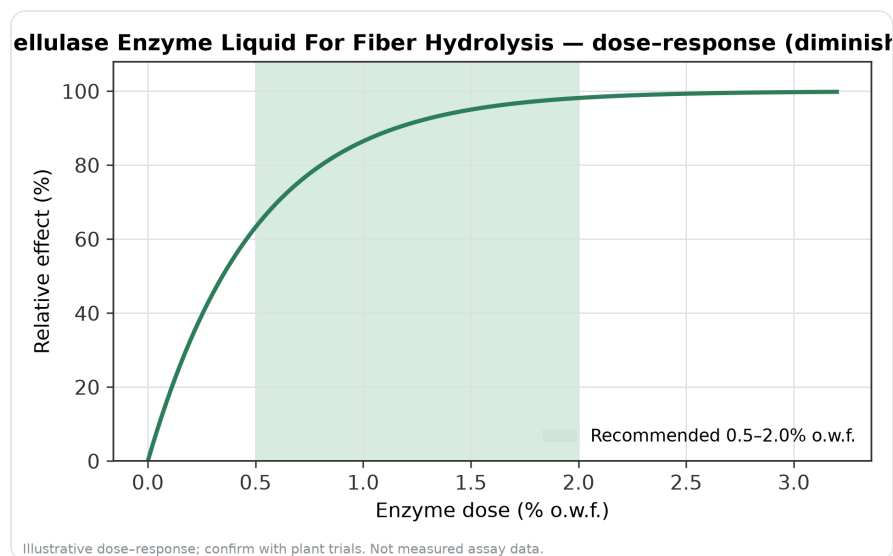


Figure 7. 纖維水解用酸性纖維素酶液在建議使用範圍 (0.5–2.0% o.w.f.，以纖維重量計) 內的示意劑量反應。

證據強度與合理期待

關於 cellulase 能協同水解纖維素的機制，已有大量研究與工業應用支持，屬於證據較穩固的部分。微生物 cellulase 的綜述指出，纖維素酶廣泛應用於食品、飼料、紡織、紙漿、洗滌、生質能源與廢棄物利用等領域，其價值來自對纖維素基質的選擇性降解能力 [2]。

關於「與其他酵素合用通常優於單用 cellulase」的主張，也有相當一致的理論與應用基礎。cellulase 與 xylanase 在工業生物技術中的協同作用已被多篇研究討論，原因在於半纖維素移除可增加纖維素暴露，同時減少部分寡糖抑制。對複雜植物原料而言，單一酵素往往只能處理部分結構瓶頸 [3]。

相對需要保留彈性的，是「效益幅度」與「是否能直接套用到特定原料」。例如青貯、咖啡副產物、椰子粕、玉米膳食纖維與水葫蘆的研究各自有不同基質、前處理與評估指標；它們能支持 cellulase 的應用方向，卻不能保證所有工廠、所有原料批次、所有產品目標都得到相同結果。這也是纖維水解製程必須以原料組成與終端用途為中心設計的原因 [8]。

使用與安全文件說明

Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis 作為液態酵素產品，適合在水相、漿料或可均勻混合的濕式流程中導入。實際操作時，應依產品隨附文件與企業內部製程條件管理，包括儲存、稀釋、添加位置、混合均勻性、接觸時間與作業安全。由於 Enzymes.bio 是供應商而非製造商或實驗室，本文不提供活性單位、檢測方法或製造規格定義；CoA 與 SDS 會隨訂單提供，以供品質與安全文件留存。

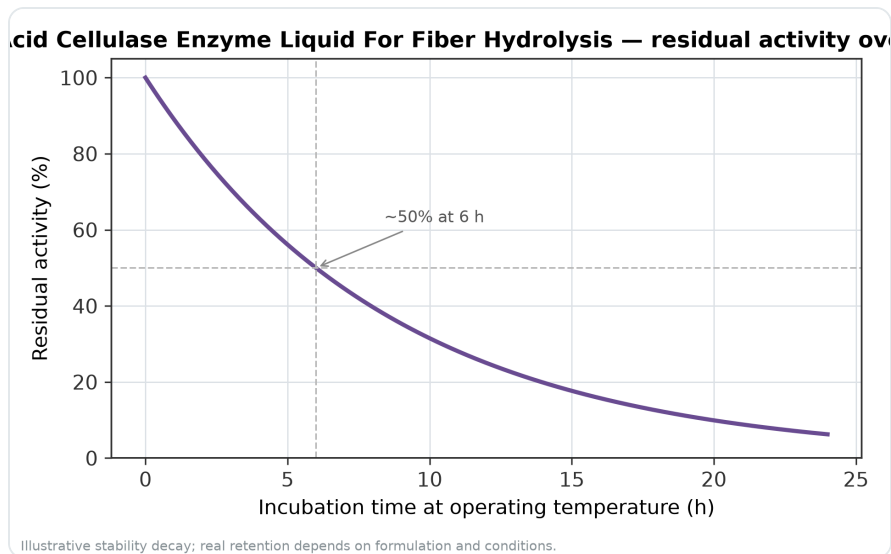


Figure 8. 纖維水解用酸性纖維素酶液的示意熱穩定性衰減——在操作溫度下，殘餘活性隨時間下降。

在食品、飼料或材料用途上，企業仍需依自身產品類別、地區法規、標示要求與終端客戶規範進行合規判斷。酵素在製程中可能被熱處理、過濾、失活或殘留於中間物，這些情境會影響風險評估方式。對需要特定法規聲明或終端產品驗證的應用，應由使用者的法規、品保與製程團隊依隨貨文件及自身製程資料完成內部審查。

結語：將酸性纖維素酶視為「纖維結構管理工具」

Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis 的核心價值，在於以較溫和、具選擇性的方式改變植物纖維結構。它可協助果蔬與植物副產物釋放成分、改善食品纖維功能性、提升青貯與飼料原料利用、促進生質糖化，並在紡織、紙漿與纖維素材料中扮演表面修飾或前處理角色。這些應用的共同邏輯，是透過 cellulase 對 β -1,4 葡聚糖鏈的水解，降低細胞壁或纖維網絡造成的加工阻力 [1]。

合理使用酸性纖維素酶時，最重要的不是把它視為萬用添加物，而是把它放入完整流程中評估：原料是否預處理、是否需要 xylanase 或 pectinase 協同、反應環境是否維持酵素穩定、終端產品是否需要控制水解程度。當這些條件被納入設計，cellulase 才能在纖維水解與植物原料高值化中發揮可預期、可管理的技術效益 [2]。

線上訂購 Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis

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 Acid Cellulase Enzyme Liquid For Fiber Hydrolysis →](#)

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. Singh, A., Bajar, S., Devi, A., & Pant, D. (2021). [An overview on the recent developments in fungal cellulase production and their industrial applications](#). *Bioresource Technology Reports*, 14, 100652.
2. Sutaoney, P., Rai, S., Sinha, S., Choudhary, R., Gupta, A., Singh, S. K., & Banerjee, P. (2024). [Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases](#). *International Journal of Biological Macromolecules*, 130639.
3. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). [Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology](#). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
4. Agblevor, F., Ibrahim, M., & El-Zawawy, W. K. (2007). [Coupled acid and enzyme mediated production of microcrystalline cellulose from corn cob and cotton gin waste](#). *Cellulose*, 14, 247-256.

5. Hydrolysis. *Khanacademy*.
6. Yadav, N., Chahar, D., Bisht, M., & Venkatesu, P. (2023). Assessing the compatibility of choline-based deep eutectic solvents for the structural stability and activity of cellulase: Enzyme sustain at high temperature. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125988 .
7. Wuyts, S., Beeck, W. V., Allonsius, C., Broek, M. F. L., & Lebeer, S. (2019). Applications of plant-based fermented foods and their microbes. *Current Opinion in Biotechnology*, 61, 45-52 .
8. Belmiro, R. H., Oliveira, L. C., Geraldi, M. V., Júnior, M. M., & Cristianini, M. (2021). Modification of coffee coproducts by-products by dynamic high pressure, acetylation and hydrolysis by cellulase: A potential functional and sustainable food ingredient. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 68, 102608.
9. Zheng, Y., & Li, Y. (2018). Data on the effects of cellulase hydrolysis, acid treatment and particle size distribution on physicochemical and functional properties of coconut (cocos nucifera L) cake dietary fibres. *Data in Brief*, 20, 521 - 524.
10. Igwe, V., Smith, D., Mensah, C., & Swackhamer, C. (2025). Synergistic Enhancement of Corn Insoluble Dietary Fiber via Combined Radiofrequency Heating and Enzymatic Hydrolysis: Fermentability and Short-Chain Fatty Acid (SCFA) Production. *Journal of Food Science*, 90.
11. Bai, B., Qiu, R., Wang, Z., Liu, Y., Bao, J., Sun, L., Liu, T., ... et al. (2023). Effects of Cellulase and Lactic Acid Bacteria on Ensiling Performance and Bacterial Community of Caragana korshinskii Silage. *Microorganisms*, 11.
12. Zhao, G., Wu, H., Yang-Li, Li, L., He, J., Yang, X., & Xie, X. (2023). Fermentation characteristics and microbial community composition of wet brewer' s grains and corn stover mixed silage prepared with cellulase and lactic acid bacteria supplementation. *Animal bioscience*, 37, 84 - 94.
13. So, S., Wanapat, M., & Cherdthong, A. (2021). Effect of sugarcane bagasse as industrial by-products treated Lactobacillus casein TH14, cellulase, and molasses on feed utilization, ruminal ecology and milk production of mid-lactating Holstein Friesian cows. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*.
14. Zhao, X., Liu, L., Deng, Z., Liu, S., Yun, J., Xiao, X., & Li, H. (2021). Screening, cloning, enzymatic properties of a novel thermostable cellulase enzyme, and its potential application on water hyacinth utilization. *International Microbiology*, 24, 337 - 349.
15. Khan, M. F. (2025). Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. *The Scientist*.
16. Xie, Y., Ji, X., Tian, Z., Wang, Y., Mo, X., Zhang, F., & Zhou, J. (2025). Extraction of high-purity lignin from the kraft pulping black liquor by enzyme purification process with alkaline-resistant xylanase and cellulase. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139574 .
17. Beltramino, F., Roncero, M. B., Vidal, T., & Valls, C. (2018). A novel enzymatic approach to nanocrystalline cellulose preparation. *Carbohydrate Polymers*, 189, 39-47 .
18. Claro, A. M., Dias, I. K. R., Lima Fontes, M., Colturato, V. M. M., Lima, L. R., Sávio, L. B., Berto, G. L., ... et al. (2024). Bacterial cellulose nanocrystals obtained through enzymatic and acidic routes: A comparative

study of their main properties and in vitro biological responses. *Carbohydrate Research*, 539, 109104 .

19. Khoshnevisan, K., Vakhshiteh, F., Barkhi, M., Baharifar, H., Poor-Akbar, E., Zari, N., Stamatis, H., ... et al. (2017). Immobilization of cellulase enzyme onto magnetic nanoparticles: Applications and recent advances. *Molecular Catalysis*, 442, 66-73.

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。