

Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing CAS 9012-54-8：酸性纖維素酶於棉布生物拋光與丹寧 整理的技術說明

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

Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing CAS 9012-54-8 是一種以酸性纖維素酶功能為核心的粉末型酵素產品，主要應用於棉、丹寧與其他纖維素系紡織品的生物拋光、表面毛羽控制、手感改善與丹寧洗水效果。纖維素酶透過受控水解布面突出的微纖維與鬆散纖維端，使表面更平整，但過度反應也可能導致布重或強力下降，因此製程控制是效果與風險的分界點。Enzymes.bio 作為線上酵素供應商提供 1 kg 單位銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；其角色不是製造商，也不是實驗室。

產品定位：酸性纖維素酶不是「柔軟劑」，而是纖維素表面改質工具

Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing CAS 9012-54-8 可理解為一種用於酸性條件下的纖維素酶粉末。它的主要目標不是在布料表面形成塗層，也不是像傳統柔軟劑一樣以潤滑或成膜改善觸感；其作用基礎是對纖維素鏈進行有限度水解，讓布面毛羽、短纖維端與鬆散微纖維更容易在機械作用下脫離布面。纖維素酶在棉織物生物整理中已有研究與產業應用基礎，其中 cotton bio-finishing / bio-polishing 的核心評估通常同時包含外觀改善、起毛起球降低與纖維損失控制^[1]。

酸性纖維素酶的「酸性」指其較適合在偏酸環境中發揮作用。這一點在丹寧加工特別重要，因為 denim bio-stonewashing 常以酸性或偏酸浴條件配合機械洗水，使靛藍染色棉纖維表面被選擇性削弱與移除，形成洗舊、磨白或石洗視覺效果。與單純依靠浮石或高強度摩擦相比，酵素法的優勢在於可利用生物催化進行更具選擇性的表面處理；但它仍然會作用於纖維素，因此不能被視為完全不傷纖維的添加物^[2]。

Enzymes.bio 的產品頁將此品項列為 Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing · CAS 9012-54-8，並以線上 1 kg 單位供應。對採購與研發端而言，較準確的理解是：這是一項可直接納入紡織整理試產或製程評估的酵素原料，而不是由 Enzymes.bio 提供製造端客製化開發或實驗室分析服務的產品。

為什麼纖維素酶能做生物拋光？

纖維素表面的「可接近性」決定反應從哪裡開始

棉、黏膠、莫代爾與萊賽爾等材料的共同點，是其主要結構都與纖維素有關。纖維素由葡萄糖單元形成長鏈，並透過氫鍵與結晶區形成穩定微纖維結構。布料主體纖維中的結晶區通常較難被酵素快速攻擊；相對地，突出於表面的毛羽、斷裂纖維端、鬆散微纖維與較無序區域，具有更高的酵素可接近性，因此會優先受到水解。研究指出，可接近纖維素表面會影響纖維素酶之間的協同作用與水解效率，這也解釋了為何相同酵素在不同布種、織物結構與前處理狀態下可能得到不同效果^[3]。

在生物拋光中，理想反應不是將纖維素完全分解成糖，而是讓表層毛羽被削弱到足以在洗水機械力中脫落。若反應太弱，布面仍保留毛羽，外觀與抗起球改善有限；若反應太強，酵素會進一步進入主體纖維或弱化紗線結構，造成重量損失、破裂強度下降或手感過度鬆散。早期關於 cotton cellulose hydrolysis 的研究已指出，機械作用、酵素濃度與染色基材狀態都會影響棉纖維水解結果，這對紡織生物拋光的製程放大尤其關鍵^[4]。

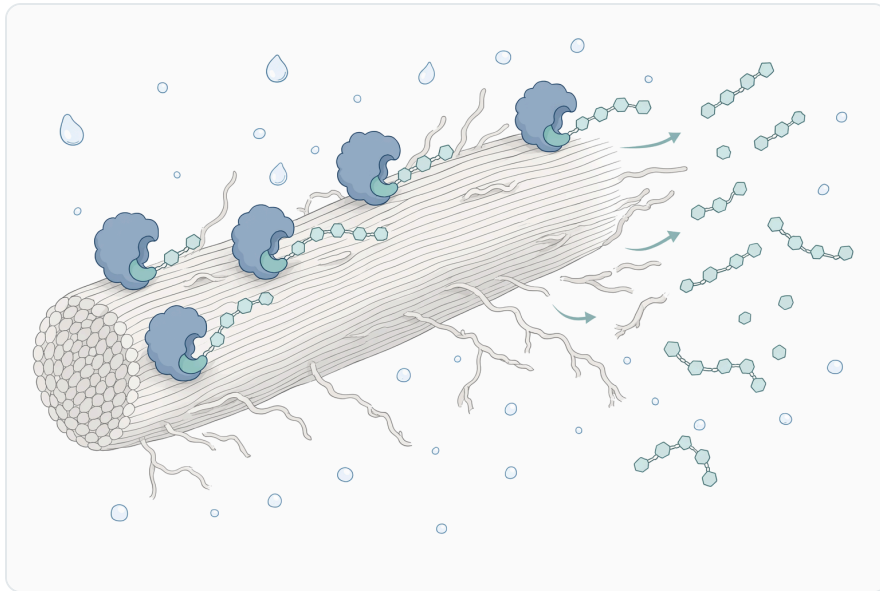


Figure 1. 纖維素酶會水解外露棉纖維微纖維絲中可接觸的 β -1,4-葡聚糖鏈，而較緻密的纖維本體則改質得慢得多。

纖維素酶是多組分協同系統

纖維素酶通常不是單一酵素分子完成所有工作，而是由不同功能的水解酶組成協同系統。常見概念包括：內切型葡聚糖酶可在纖維素鏈內部產生切點，外切型纖維二糖水解酶可由鏈端逐步釋放短鏈產物， β -葡萄糖苷酶則可進一步處理纖維二糖等產物，降低產物累積對反應的限制。這些組分的比例與互補性會影響表面水解速度、反應深度與最終整理效果。關於纖維素酶混合系統的研究顯示，輔助酵素與主要纖維素酶之間可能產生加成或協同效應，但其效果具有高度基材特異性^[5]。

這種基材特異性在紡織上很容易被觀察到：同樣是纖維素材料，精梳棉、普梳棉、環錠紡紗、氣流紡紗、針織布、梭織布、丹寧與再生纖維素纖維的表面結構都不同。即使使用同一種酸性纖維素酶，反應也會因纖維成熟度、前處理、染料、樹脂整理、布重與機械浴中運動方式而改變。研究也指出，輔助酵素提升纖維素水解潛力時，效果會依底物而異，不能把某一基材上的協同結果直接套用到所有纖維素材料^[6]。

酵素吸附與纖維素結合區影響選擇性

許多纖維素酶含有或依賴與纖維素表面結合相關的結構區域，使酵素能在不溶性纖維素表面停留足夠時間。研究顯示，纖維素結合區中的芳香族胺基酸會影響酵素對纖維素的親和力；親和力太弱可能導致表面反應不足，太強則可能讓酵素停留於表面而改變反應效率或造成局部過度作用^[7]。對紡織製程而言，這意味著生物拋光不是單純把酵素加入浴中即可，而是酵素吸附、布面可接近性、攪動與時間共同決定最終效果。

此外，纖維素表面也可能先被氧化型或輔助性酵素改變，使後續水解效率提升。關於裂解型多醣單氧化酶對纖維素表面降解的研究指出，表面結構改變可影響纖維素酶水解效率^[8]。雖然這並不代表本產品含有此類輔助酵素，也不應推論其配方組成，但它有助於理解一件事：纖維素表面狀態越容易被酵素辨識與接近，生物拋光反應越容易發生。

主要應用：棉布、丹寧與人造纖維素纖維

棉布與針織品生物拋光

棉針織品與棉梭織物在紡紗、織造、染整與使用洗滌後，常出現表面毛羽與微小纖維端。這些纖維會散射光線，使布面看起來霧化、陳舊或不夠乾淨，也可能在摩擦後纏結成毛球。纖維素酶 bio-polishing 的功能，是透過對表面纖維素的選擇性水解，降低毛羽附著力，再藉由機械作用將其移除。關於棉基織物 bio-finishing 的研究指出，製程參數會顯著影響纖維素酶整理效果，因此拋光品質與損傷控制必須一起考量^[1]。

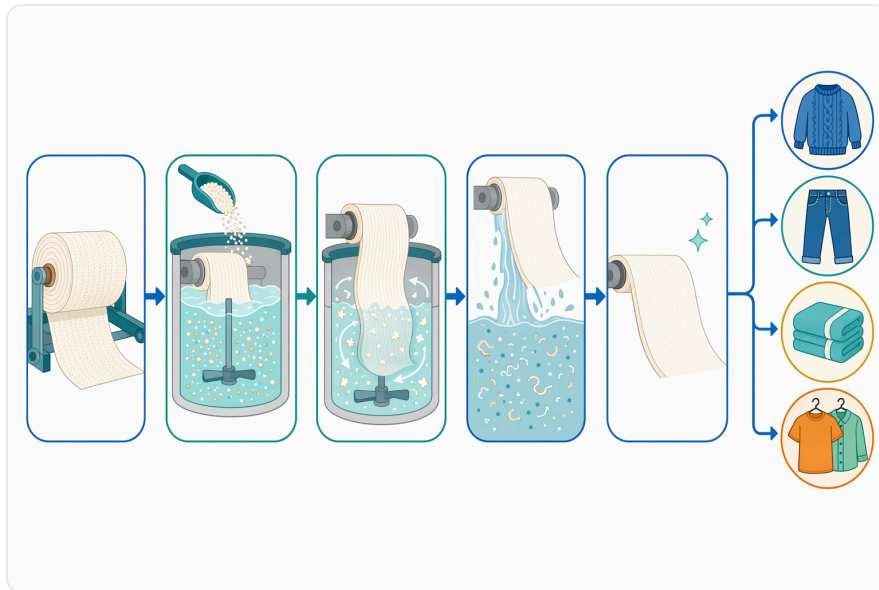


Figure 2. 生物拋光結合了酵素對表面原纖維的弱化作用，以及濕加工中的機械運動，使鬆動的纖維素碎片脫離。

對棉布而言，酸性纖維素酶可以用於表面整理，但其反應強度需要謹慎管理。若目標是高度保強、低失重、細緻手感的棉布生物拋光，通常要特別重視 pH、溫度、時間、浴中機械力與後續失活控制。研究與產業經驗都支持「纖維素酶可改善棉布外觀與起球傾向」這一方向，但不支持將任何纖維素酶視為所有棉布都通用的固定答案^[2]。

丹寧生物石洗與洗舊效果

酸性纖維素酶在丹寧整理中的代表性用途，是 denim bio-stonewashing。丹寧布通常由靛藍染色經紗與未染或較淺色緯紗交織而成，色彩效果高度集中在纖維表層。當酸性纖維素酶削弱表層棉纖維後，機械洗水可促使部分染色纖維脫落，形成局部褪色、柔和磨白與仿舊外觀。這類作用與傳統浮石摩擦不同：浮石主要透過物理磨耗製造效果，酵素則透過纖維素表面水解配合機械力達成較具選擇性的纖維移除^[2]。

不過，丹寧洗水效果不只取決於酵素。布重、紗線捻度、染料穿透深度、前處理程度、成衣縫線位置、洗衣機負載、浴比與摩擦型態，都會影響最終視覺。酸性纖維素酶能提供生物催化工具，但不能單獨保證特定磨白圖案或一致色落。對加工端而言，關鍵是建立酵素、機械力與終止條件之間的平衡，以避免過度褪色、回染、強力下降或批次差異^[4]。

黏膠、莫代爾、萊賽爾等再生纖維素纖維

再生纖維素纖維同樣具有纖維素骨架，因此也可能受纖維素酶作用。黏膠、莫代爾與萊賽爾常被用於柔軟、垂墜與親膚布料，但在濕態摩擦或反覆洗滌後，仍可能出現毛羽與起球。產業資料指出，生物拋光可用於棉與人造纖維素纖維，以移除鬆散纖維端並改善穿著與洗滌後外觀^[9]。

再生纖維素纖維的控制難度有時不低於棉。原因在於不同纖維的濕強、原纖化傾向、纖維截面、表面可接近性與後整理處方差異很大。例如萊賽爾可能因原纖化形成特殊表面微纖維，適度酵素處理可帶來乾淨手感，但過度水解也可能放大表面變化。因此，酸性纖維素酶在這類材料上應被定位為可調控的表面修整工具，而不是一種固定劑量即可通用於所有人造纖維素纖維的材料^[3]。



Figure 3. 酸性纖維素酶可用於棉織物生物拋光、抗起毛起球處理、丹寧水洗、亞麻柔軟整理，以及為後續整理預備纖維素表面。

酸性纖維素酶與中性纖維素酶：應用邏輯比較

酸性纖維素酶與中性纖維素酶都可作用於纖維素，但其應用情境與風險管理重點不同。酸性纖維素酶常與丹寧洗水、酸性浴條件與較明顯的表面磨洗效果相關；中性纖維素酶則常被用於希望較溫和控制在布損的棉布生物拋光。這並不是說酸性纖維素酶不能用於棉布，也不是說中性纖維素酶不能用於丹寧，而是兩者在流程相容性、反應控制與加工目標上各有偏向^[2]。

比較項目	酸性纖維素酶	中性纖維素酶
常見製程定位	偏酸條件下的纖維素表面水解	接近中性條件下的表面整理
典型應用方向	丹寧 bio-stonewashing、酸性浴生物拋光、表面磨洗效果	棉布 bio-polishing、降低起毛起球、較重視保強的整理
主要優勢	可在酸性洗水流程中發揮作用，適合與丹寧洗舊效果結合	反應通常較利於細緻控制，常用於降低過度布損風險
主要風險	反應過度時可能導致失重、強力下降或色落過多	若條件不足，可能拋光效果不明顯或加工時間需調整

比較項目	酸性纖維素酶	中性纖維素酶
製程控制重點	pH、溫度、時間、機械力與終止反應需緊密配合	同樣需控制反應條件，但目標常更偏向外觀與保強平衡

這張比較表的目的是不是替加工端做單一選擇，而是說明產品定位。Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing CAS 9012-54-8 的核心價值，在於提供酸性條件下的纖維素表面改質能力；是否適合某一特定布種，仍取決於該布種的纖維結構、染整歷史與加工目標^[1]。

製程控制觀念：效果來自「有限水解」，不是反應越強越好

pH 與溫度決定酵素是否處於有效狀態

酵素是蛋白質催化劑，其構型會受 pH 與溫度影響。酸性纖維素酶需要偏酸條件才能維持較佳作用狀態；若 pH 偏離適合範圍，酵素活性、纖維吸附與反應速率都可能改變。溫度同樣會影響反應速率：溫度偏低時水解速度可能不足，溫度過高則可能使酵素變性或增加非預期纖維損傷。關於酸性纖維素酶 bio-polishing 的研究指出，製程因素會顯著影響拋光結果，因此條件管理本身就是技術核心^[2]。

在實務上，pH 與溫度不應只被視為「讓酵素有活性」的條件，也應被視為控制反應深度的工具。對丹寧而言，較明顯的表面洗舊可能需要足夠反應強度；對高支棉或輕薄布料而言，過度水解的容許空間較小。這也是為何同一支酸性纖維素酶在不同產品線上，可能需要完全不同的製程窗口^[4]。



Figure 4. 酸性、中性與鹼性纖維素酶都具有水解纖維素的機制，但在實際製程所適用的 pH 條件與紡織整理效果上有所不同。

機械作用不是附屬條件，而是移除毛羽的必要因素

生物拋光的「拋光」效果，並非只靠酵素在靜置浴中完成。酵素先削弱表面纖維，機械作用再協助被削弱的毛羽從布面脫離。若機械力不足，毛羽可能被水解但仍附著於表面，外觀改善有限；若機械力過強，則即使酵素反應合適，也可能造成布面擦傷、縫線磨損或丹寧色落不均。棉纖維水解研究已顯示，機械作用與酵素條件會共同影響最終纖維變化，這對大機台運轉尤其重要^[4]。

機械作用也會影響浴中酵素與布面接觸。攪動可提升傳質效率，但也可能增加泡沫、氣液界面與酵素失活風險。研究指出，在低酵素負載條件下，纖維素酶於氣液界面的失活可能是纖維素轉化不完全的重要原因之一；雖然該研究背景並非紡織生物拋光，但它提醒我們，浴中流體狀態與界面行為會影響酵素表現^[10]。

終止反應是品質穩定的一部分

當布面達到目標手感、外觀或洗舊程度後，必須讓酵素反應停止或降至不再造成後續影響。若未能有效終止，殘餘活性可能在後續濕處理或儲存期間繼續作用，增加批次差異、強力下降或色變風險。常見工業邏輯是利用溫度或 pH 改變使酵素失去有效反應能力；但具體流程仍需配合布種、設備與後整理安排。研究與產業資料均顯示，時間、pH、溫度與機械作用是 bio-polishing 結果的重要變因^[1]。

終止反應也與後續處理相容性有關。例如丹寧洗水後可能接續柔軟、固色或烘乾；棉針織生物拋光後可能接續染色、皂洗或親水整理。若酵素反應未被妥善結束，後續流程中的濕熱環境可能改變原本設定好的拋光程度。因此，酸性纖維素酶的使用邏輯應包括「啟動反應、控制反應、停止反應」三個階段，而不是只關注投料步驟^[2]。

可期待效益：外觀、手感與製程彈性

在條件合適時，酸性纖維素酶可協助降低布面毛羽，使棉與纖維素系布料呈現更乾淨、平整的外觀。毛羽減少後，布面光線散射降低，顏色看起來可能更清晰；穿著與洗滌過程中的纖維纏結機會也可能下降，進而改善起毛起球表現。生物拋光研究以 cotton-based fabrics 為對象，指出纖維素酶處理條件會影響布面整理結果，支持其作為棉布表面改善工具的技術基礎^[1]。

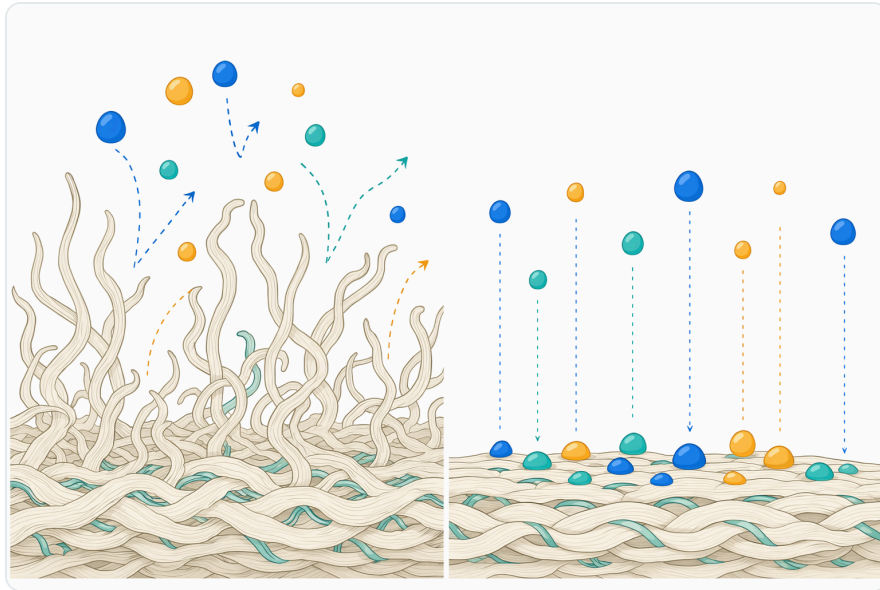


Figure 5. 去除外層原纖維可使纖維素表面更潔淨，並提高其對染料、植物萃取物、抗菌劑或柔軟劑的可及性。

丹寧方面，酸性纖維素酶可支援較柔和的 stonewashing 與仿舊效果。與高比例浮石磨耗相比，酵素法可減少對石材摩擦的完全依賴，並提供另一種控制色落與表面纖維移除的方式。不過，酵素並不會自動創造一致的高對比洗水效果；若目標是強烈貓鬚、局部破壞或特殊色落，仍需與成衣設計、機械摩擦與後整理流程搭配。酸性纖維素酶在 denim 應用中的合理價值，是提升表面水解與機械洗水之間的可控性^[2]。

從永續製程角度看，酵素整理常被視為較溫和的生物處理方向，有機會降低部分傳統強烈化學或高磨耗步驟的負荷。需要謹慎的是，永續效益不能只由「使用酵素」本身推論；實際環境表現仍取決於用水、能耗、重洗率、廢水處理與良率。生命週期評估研究在其他生物基與回收系統中已顯示，環境效益常取決於整體流程與供應鏈配置，而非單一材料標籤^[11]。因此，對紡織加工而言，酸性纖維素酶的永續價值應以實際製程減量、品質穩定與返工降低來評估。

合理限制：避免把酸性纖維素酶當成萬用方案

第一個限制是纖維損傷風險。纖維素酶的本質就是水解纖維素；只要反應持續，就可能從表面毛羽處理轉向主體纖維弱化。生物拋光的最佳點通常是「足以移除毛羽，但不足以明顯損害布體」。這也是為何許多研究會同時關注拋光效果與重量損失或強力變化，而不是只看布面是否變乾淨^[1]。

第二個限制是酸性纖維素酶不一定是所有棉布拋光的最佳選擇。對某些要求低失重、低色變、高保強的布種，中性纖維素酶或其他整理策略可能更容易取得平衡；對丹寧或偏酸流程，酸性纖維素酶則可能更具流程相容性。換言之，「酸性」不是優劣標籤，而是製程條件與應用方向的描述^[2]。

第三個限制是不同纖維素材料差異很大。棉纖維有天然成熟度與結晶度差異，再生纖維素纖維則受製程與後處理影響；丹寧又多了靛藍染色與成衣洗水變數。研究顯示，纖維素酶協同作用高度依賴底物特性，因此不能把單一材料上的結果直接推廣到所有紡織品^[6]。



Figure 6. 同樣是纖維素水解作用，雖可改善表面平滑度，但若反應超出預期的表面效果，可能會造成重量或強度損失。

產品供應與文件交付資訊

Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing CAS 9012-54-8 由 Enzymes.bio 以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合需要以標準包裝導入研發、試產或常規加工評估的 B2B 使用者。Enzymes.bio 是酵素供應商，不是製造商，也不是實驗室；因此本文不以製造商口吻描述配方來源、製造流程或檢驗能力，也不提供活性單位、等級、分析方法或活性定義。產品隨訂單提供 CoA 與 SDS，供客戶在內部品保、安全管理與收貨文件流程中使用。

對使用端而言，最務實的採用方式，是把此產品視為酸性條件下的纖維素表面處理酵素，並依自身布種、機台、染整路線與品質目標建立內部製程窗口。產品本身提供的是可參與生物拋光與丹寧整理的酵素功能；最終布面效果仍由材料、設備與製程控制共同決定。

結論：酸性纖維素酶適合用於受控的纖維素表面整理

Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing CAS 9012-54-8 的核心應用，是在偏酸條件下對棉、丹寧與其他纖維素系材料進行受控表面水解，以降低毛羽、改善布面清晰度、調整手感並支援丹寧洗舊效果。其技術基礎來自纖維素酶對可接近纖維素表面的選擇性作用，以及多組分纖維素酶系統對纖維素鏈的協同水解^[5]。

最負責任的定位是：它不是單純提升柔軟度的助劑，也不是對所有布種都無風險的萬用拋光粉，而是一種需要透過 pH、溫度、時間、機械作用與終止反應來管理的生物催化工具。當加工目標是丹寧 bio-stonewashing、棉布 bio-polishing 或人造纖維素纖維表面整理時，酸性纖維素酶可提供有科學機制與產業應用基礎的選項；但最佳結果仍取決於對「有限水解」的控制，而非追求最大反應強度 [2]。

線上訂購 Acid Cellulase Enzyme Powder For Bio-Polishing Cas 9012-54-8

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 Powder For Bio-Polishing Cas 9012-54-8 →](#)

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. Ali, H., Hashem, M., Shaker, N., Ramadan, M., El-Sadek, B., & Hady, M. A. (2012). Cellulase Enzyme in Bio-finishing of Cotton-Based Fabrics: Effects of Process Parameters. *Research journal of textile and apparel*, 16, 57-65.
2. Dai-gu, L. (2013). Factors affecting bio-polishing of acidic cellulase.
3. Hu, J., Gourlay, K., Arantes, V., Dyk, J., Pribowo, A., & Saddler, J. (2015). The accessible cellulose surface influences cellulase synergism during the hydrolysis of lignocellulosic substrates. *ChemSusChem*, 8 5, 901-7 .
4. Cavaco-Paulo, A., & Almeida, L. (1994). CELLULASE HYDROLYSIS OF COTTON CELLULOSE: THE EFFECTS OF MECHANICAL ACTION, ENZYME CONCENTRATION AND DYED SUBSTRATES.
5. Hu, J., Arantes, V., & Saddler, J. (2011). The enhancement of enzymatic hydrolysis of lignocellulosic substrates by the addition of accessory enzymes such as xylanase: is it an additive or synergistic effect?. *Biotechnology for Biofuels*, 4, 36 - 36.
6. Hu, J., Arantes, V., Pribowo, A., & Saddler, J. (2013). The synergistic action of accessory enzymes enhances the hydrolytic potential of a "cellulase mixture" but is highly substrate specific. *Biotechnology for Biofuels*, 6, 112 - 112.
7. Yang, J., Xiong, W., Chen, F., Xu, L., & Han, Z. (2017). Aromatic amino acids in the cellulose binding domain of Penicillium crustosum endoglucanase EGL1 differentially contribute to the cellulose affinity of the enzyme. *PLoS ONE*, 12.
8. Eibinger, M., Ganner, T., Bubner, P., Rošker, S., Kracher, D., Haltrich, D., Ludwig, R., ... et al. (2014). Cellulose Surface Degradation by a Lytic Polysaccharide Monooxygenase and Its Effect on Cellulase

Hydrolytic Efficiency. *Journal of Biological Chemistry*, 289, 35929 - 35938.

9. Biopolishing. *Novonesis*.
10. Bhagia, S., Dhir, R., Kumar, R., & Wyman, C. (2018). Deactivation of Cellulase at the Air-Liquid Interface Is the Main Cause of Incomplete Cellulose Conversion at Low Enzyme Loadings. *Scientific Reports*, 8.
11. Benavides, P., Dunn, J., Han, J., Bidy, M., & Markham, J. (2018). Exploring Comparative Energy and Environmental Benefits of Virgin, Recycled, and Bio-Derived PET Bottles. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*.


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。