

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process : 石洗用纖維素酶粉在牛仔布生物石洗與棉質後整理的應用

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

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process 是用於牛仔布與棉質紡織品後整理的工業用纖維素酶粉，主要應用在生物石洗、酵素水洗與生物拋光。其核心價值是以纖維素酶選擇性作用於棉纖維表層微纖維，協助形成石洗外觀、降低毛羽、改善手感，並可減少傳統浮石石洗帶來的顆粒廢棄物與機械磨損。Enzymes.bio 作為供應通路提供 1 kg 單位線上銷售，並隨訂單提供 CoA 與 SDS；本文聚焦於應用機制、文獻證據與製程理解，不將 Enzymes.bio 描述為製造商或實驗室。

產品定位：石洗用纖維素酶粉的主要應用

石洗用纖維素酶粉屬於紡織後整理用酵素，使用情境多集中在牛仔布 denim finishing、成衣水洗、棉質布料生物拋光，以及需要降低表面毛羽或提升布面潔淨感的纖維素基材處理。纖維素酶在永續紡織加工中被廣泛討論，原因在於它能以較溫和的生物催化方式取代部分強烈化學處理或高磨耗機械處理，並與紡織業減少水洗負荷、改善製程可控性的方向相符^[1]。

在牛仔布石洗中，傳統浮石會透過滾筒中的機械撞擊與摩擦，使靛藍染料與棉纖維表面產生局部磨耗，形成不均一但受市場喜愛的褪色視覺。纖維素酶的角色不是「漂白劑」，而是透過水解表層纖維素，使染料附著的微纖維更容易在機械攪拌中脫離，因此可形成類似石洗的視覺層次；早期專利與後續紡織整理文獻都已將 cellulase 用於石洗外觀開發列為成熟技術路線之一^[2]。

Enzymes.bio 供應的 Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process 以 1 kg 單位在線上銷售，適合需要直接取得工業用酵素粉並納入既有水洗流程評估的紡織加工廠、洗水廠與服裝後整理單位。產品文件如 CoA 與 SDS 會隨訂單提供，用於批次文件、職業安全與廠內合規留存；內容不應被理解為製造端配方、實驗室檢測方法或活性單位定義。

為何牛仔石洗會使用纖維素酶？

傳統浮石石洗的效果直觀，但也帶來明顯的操作成本：浮石在滾筒中破碎後會形成細小顆粒，增加廢水與設備清理負擔；石塊也可能卡在口袋、縫線或滾筒縫隙，造成返工或設備維護問題。相較之下，纖維素酶石洗利用生物催化先弱化纖維表層，再由機械翻動帶走鬆散纖維與部分染料，能降低對大量浮石的依賴，並使製程變因更容易以時間、pH、溫度與浴比等條件管理^[3]。

另一個關鍵理由是手感與表面品質。牛仔布與棉布在織造、染整與成衣製作後，表面常有短纖維、毛羽與微小纖維束；這些突出纖維會影響光澤、觸感與起毛球表現。纖維素酶在生物拋光中能優先作用於較外露、可及性較高的纖維素區域，使表層纖維被削短或移除，布面因而更平整、顏色視覺更乾淨，也較不容易因摩擦形成粗糙毛球^[4]。

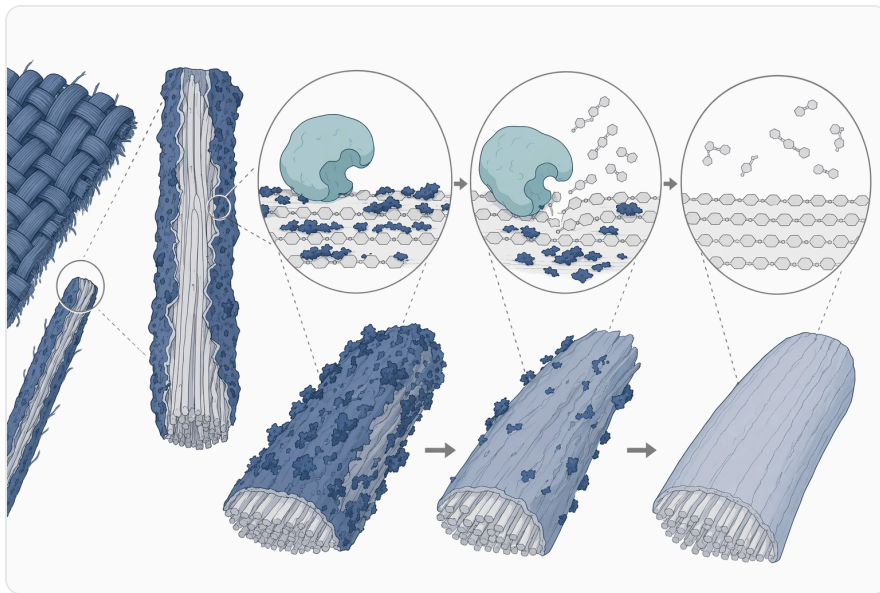


Figure 1. 纖維素酶作用於棉布表面可接觸的原纖維，使機械翻滾能去除已鬆動的纖維素與帶有靛藍的物質。

對品牌與加工端而言，酵素水洗的吸引力還包括批次再現性。浮石的大小、硬度、破碎程度與裝載比例都會影響磨耗結果；酵素製程雖然仍需管理布種、染色深度與機械作用，但其反應可透過操作條件調整，對大批量生產的外觀一致性通常更有利。近年的 denim enzyme washing 研究也持續以實驗設計方式分析時間、溫度、pH 與處理強度對褪色與物性的影響，反映此技術已從經驗操作走向參數化管理^[5]。

作用機制：纖維素酶如何創造石洗外觀？

棉纖維的主要成分是纖維素；纖維素由葡萄糖單元以 β -1,4 鍵結形成長鏈，並進一步組成微纖維、結晶區與非結晶區。纖維素酶不是單一功能的概念，而是一群可水解纖維素鏈的酵素系統，常見作用包括從纖維鏈內部切割、從鏈端逐步釋放短鏈片段，以及將短寡糖進一步分解；這些協同作用共同改變

纖維表層結構^[6]。

在牛仔石洗中，最重要的是「表面選擇性」。酵素較容易接觸到布面突出的毛羽、未緊密排列的微纖維與染料附著附近的可及性區域；當這些區域被部分水解後，滾筒中的機械翻動會把鬆散纖維帶走，連同局部染料或染料附著層一併移除。結果不是整件布料均勻漂白，而是在縫線、摺痕、凸起處與受摩擦較大的位置形成較明顯的淺色層次，這正是石洗外觀的核心^[7]。

纖維素酶與布料表面的吸附能力也會影響後整理效果。有研究指出，纖維素酶分子表面的疏水性胺基酸殘基與 denim washing performance 有關，代表酵素不只需要具備催化能力，還必須能在固體纖維表面有效吸附、停留並發揮作用；這可解釋為何不同來源或不同組成的纖維素酶，在相似條件下可能產生不同褪色程度與回染傾向^[8]。

生物拋光的機制與石洗相近，但目標較偏向布面平整與手感改善，而非強烈褪色。對棉質衣物而言，纖維素酶可修飾纖維表面多醣結構，降低鬆散纖維在洗滌與穿著中的再度糾結；相關研究也把棉纖維多醣的酵素修飾視為永續洗滌與紡織品保養的一部分，因其能在較溫和條件下改變表面性能^[9]。

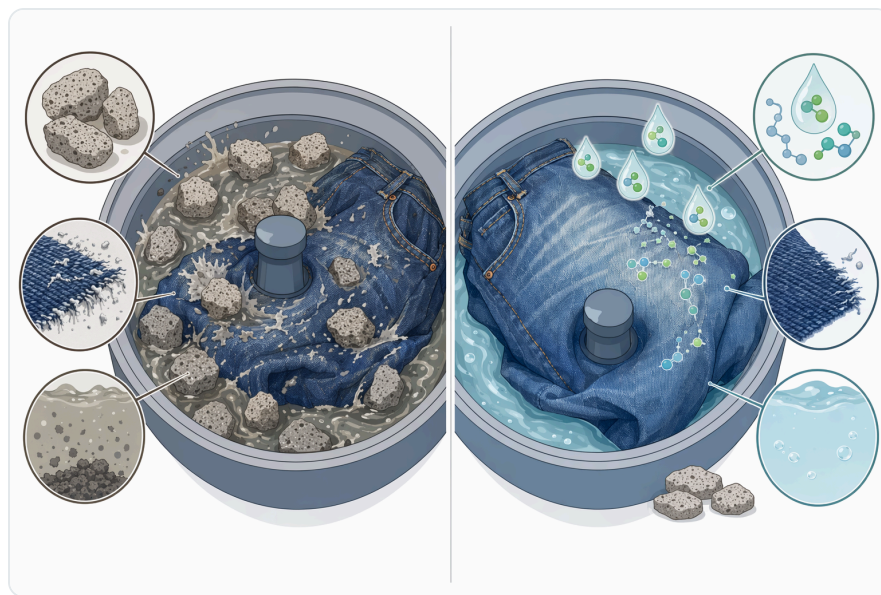


Figure 2. 僅使用浮石的石洗仰賴堅硬礦物的磨擦，而纖維素酶輔助洗滌則結合了針對性的表面水解與機械運動。

酸性與中性纖維素酶：石洗效果與布料保護的取舍

不同纖維素酶產品或配方會在不同 pH 區間呈現較佳效果。紡織產業常將酸性纖維素酶與中性纖維素酶作功能性區分：酸性條件下的纖維素酶常用於較明顯的石洗與褪色；中性纖維素酶則常見於較溫和的生物拋光、降低毛羽與控制布料強度損失。這種分類是應用邏輯，並不代表所有產品只有單一行為，實際結果仍受布種、染料、設備與助劑影響^[1]。

比較面向	傳統浮石石洗	纖維素酶生物石洗	浮石 + 纖維素酶複合流程
主要作用	依靠石塊與布料機械摩擦	酵素水解表層纖維素，再由機械翻動移除鬆散纖維	以較低浮石負荷搭配酵素作用
外觀特徵	局部磨耗強、差異明顯	可形成較可控的褪色與柔化效果	可兼顧明顯石洗感與降低石塊用量
對布料影響	機械損傷與縫線磨耗風險較高	過度處理仍可能造成強度下降，但可透過條件控制	需同時管理機械磨耗與酵素反應
製程負擔	浮石殘屑、設備清理、廢棄物較多	顆粒廢棄物較少，重點轉為 pH、時間與終止管理	介於兩者之間，常用於過渡或特殊外觀
品質控制	受石塊品質、破碎程度影響	受酵素型態、布面可及性與染料相容性影響	變因較多，但外觀彈性也較高

此比較可看出，纖維素酶並不是單純「更溫和」或「更強烈」的替代品，而是一種把石洗效果從純機械磨耗轉向生物催化加機械移除的流程工具。紡織後整理文獻將 denim finishing 視為多種方法的組合，包括酵素、臭氧、樹脂、柔軟整理與機械處理；因此纖維素酶常被納入整體外觀設計，而不是孤立使用^[3]。

製程條件如何影響結果？

纖維素酶處理的三個核心變因是 pH、溫度與時間。pH 影響酵素構形與催化效率，溫度影響反應速率與酵素穩定性，時間則決定纖維表層被作用的程度；當三者與機械翻動強度疊加時，就會形成不同的褪色、柔軟度與強度保留結果。對石洗而言，目標不是讓纖維素被大量分解，而是在可控範圍內移除表層微纖維，因此過度追求反應強度可能反而造成布料物性損失^[6]。

布料本身的可及性也非常重要。若棉纖維表面有上漿、油脂、樹脂整理或過度緊密的結構，酵素與纖維素接觸的效率會下降；相反地，若布面已經過強烈前處理或機械磨耗，酵素可能更容易進入表層結構，使反應加速。纖維素可及性會影響酵素介導水解速率，這一點在纖維素材料研究中被反覆強調，也能用來理解紡織品上不同布種反應差異^[10]。

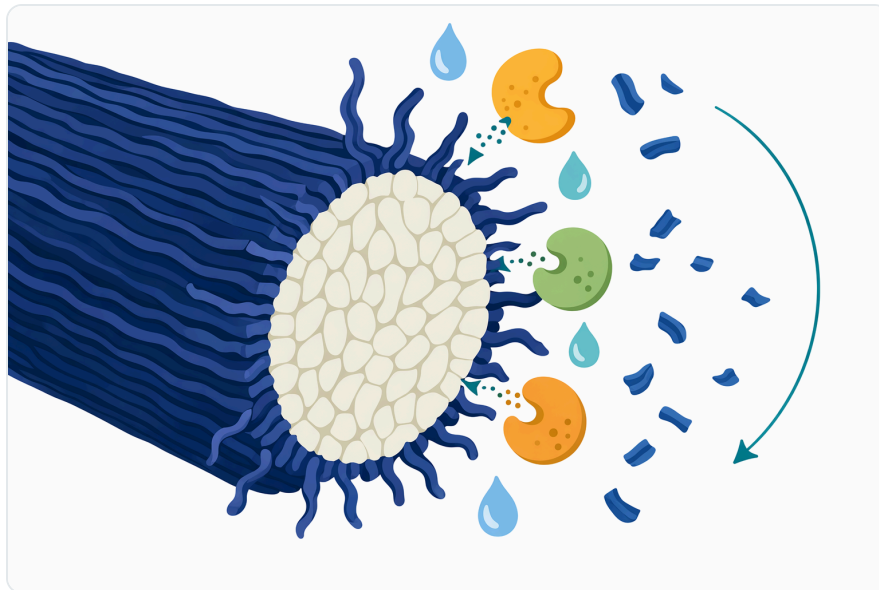


Figure 3. 靛藍環染讓外層棉纖維表面的受控去除，以局部褪色的形式清楚呈現。

染料與洗液中的分散狀態則關係到背染。牛仔布常使用靛藍染色，靛藍顆粒在水洗中脫落後若重新附著於口袋布、白色縫線或較淺區域，就會造成 backstaining。纖維素酶處理會釋放微纖維與染料碎屑，因此後續漂洗、洗液流動、分散體系與終止管理會影響最終清潔度；這也是 denim finishing 中必須平衡褪色效果與色汗風險的原因^[5]。

在實務上，纖維素酶處理後通常會以升溫、改變 pH 或充分洗滌等方式讓反應停止並移除鬆散纖維。此處重點不是追求「最強」酵素作用，而是讓反應在達到外觀與手感目標時停止；若終止不足，布料在後續濕處理中仍可能持續受到酵素影響，造成批次之間的手感或強度差異。相關紡織酵素應用綜述也將反應控制與後處理視為工業導入的核心限制之一^[1]。

文獻證據：從牛仔褪色到棉布拋光

纖維素酶在 denim fading 的研究不只停留在概念層次。近期有研究以幾丁聚醣與 Eudragit S-100 等生物聚合物固定化纖維素酶，用於 denim fading 應用，目的在提高回收與重複使用可能性；即使固定化技術與一般粉狀產品不同，該研究仍支持纖維素酶能在牛仔褪色中產生可觀工藝價值^[7]。

在棉布拋光方面，來自耐熱 *Bacillus subtilis* F3 的纖維素酶研究指出，經優化與表徵的 cellulase 可用於 cotton fabric polishing activity，反映纖維素酶對棉纖維表面毛羽與平滑度具有直接應用意義。這類研究通常以布面外觀、纖維表面變化與拋光效果作為觀察重點，可補足牛仔石洗以外的棉質後整理應用證據^[4]。

其他纖維素基材也顯示類似表面改質邏輯。黃麻 / 棉交織布在酸、鹼與富含纖維素酶的混合酵素處理後，布料性能會出現可量測變化，說明纖維素酶對天然纖維表面的作用可延伸至混紡與家飾布等不同應用場景；雖然這不等同於牛仔石洗，但有助於理解酵素對纖維素材料的廣泛表面調控能力^[11]。

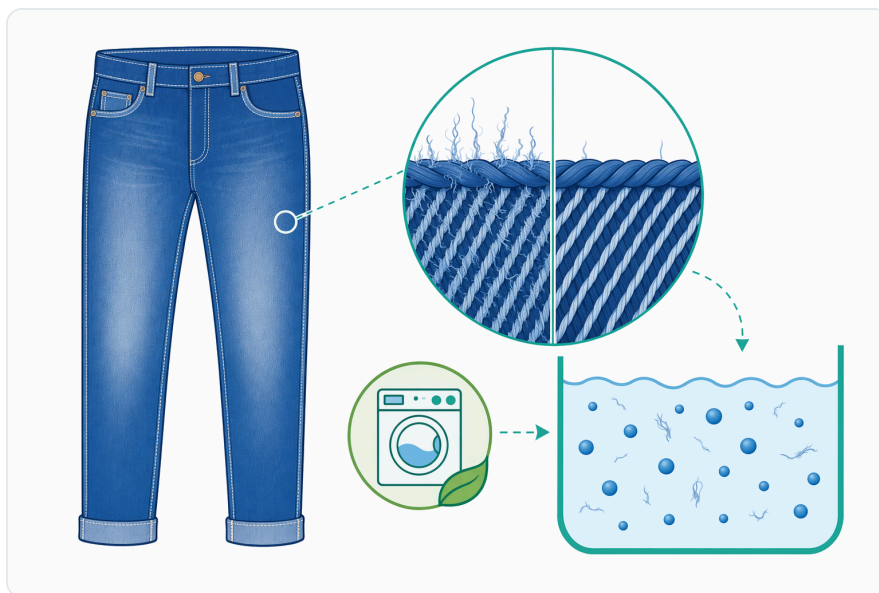


Figure 4. 酵素石洗可降低外露區域的色深、減少表面毛羽、使手感更柔軟，並將含染料的細屑釋放到洗液中。

纖維素酶也被用於開發超疏水纖維素布料的前處理，透過酵素處理改變布面結構後，再進行表面疏水化，顯示酵素可作為纖維表面工程的前置工具。對紡織加工而言，這代表 cellulase 的價值不限於褪色，也包括為後續整理創造更合適的表面狀態^[12]。

可能效益：外觀、手感、永續與製程管理

以工業買方角度來看，石洗用纖維素酶粉的第一個效益是外觀控制。透過調整處理條件，洗水廠可在淺褪色、強烈石洗、柔化與拋光之間取得不同平衡；對相同布種與染色批次而言，酵素流程比完全依賴浮石更容易把差異轉換成可管理的製程參數。denim finishing 的研究與產業整理均指出，後整理效果本來就是由材料、化學 / 生物處理與機械條件共同決定^[3]。

第二個效益是布面品質。纖維素酶能降低毛羽與表面粗糙感，使棉布更平滑，並可能改善顏色的視覺清晰度；在服飾端，這通常表現為更乾淨的色面、更柔軟的手感與較好的穿著觸感。對需要高品質手感的牛仔、休閒褲、襯衫布或棉質針織品而言，生物拋光可作為獨立步驟，也可與石洗流程整合^[4]。

第三個效益是降低浮石依賴。減少浮石不僅是廢棄物議題，也涉及設備磨耗、人工清理與成衣殘留顆粒的品質問題。酵素應用被視為永續紡織加工的一環，原因在於它可降低部分傳統高負荷化學或機械處理需求，並在適當設計下減少對極端條件的依賴^[1]。

第四個效益是流程彈性。纖維素酶可與其他後整理技術形成互補，例如臭氧水整理也被研究用於牛仔布後整理，可在顏色調整與環境負荷之間提供不同路徑；對加工端而言，酵素、臭氧、柔軟整理與機械處理並非互斥，而是依客戶外觀、布料物性與設備條件進行組合^[13]。



Figure 5. 纖維素酶石洗是一道濕式機械流程，其中酵素接觸、翻滾、鬆動物質去除、終止反應與漂洗都必須受到控制。

限制與風險：避免把酵素視為萬能替代品

纖維素酶會作用於棉纖維本身，因此若處理過強、時間過長或布料原本結構較脆弱，可能造成撕裂強度、耐磨性或縫線附近牢度下降。這是所有纖維素酶石洗流程都必須面對的物性取舍：褪色越明顯、毛羽移除越多，通常也代表纖維表層受影響越大；製程設計需要在外觀與耐用度之間取得平衡^[6]。

回染是另一個常見限制。當靛藍染料與纖維碎屑在洗液中懸浮時，若分散與漂洗不足，顏色可能重新沉積在不希望上色的位置。不同纖維素酶對 denim washing performance 的差異，部分與酵素對纖維及染料環境的吸附、結構特徵有關，因此同樣稱為 cellulase 的產品，在相同布料上也可能產生不同回染與褪色行為^[8]。

此外，纖維素酶對不同纖維組成的效果並不相同。純棉、棉 / 彈性纖維、棉 / 聚酯混紡、環錠紗與開端紗的表面結構與染料分布都不同；酵素主要作用於纖維素部分，對合成纖維本體不會產生相同水解效果。因此若布料中棉含量較低，或表面被樹脂、塗層、柔軟劑大量覆蓋，實際石洗與拋光效果可能低於純棉牛仔布^[11]。

職業安全也不可忽略。酵素本質上是蛋白質粉體，工業使用時應避免粉塵吸入與不必要皮膚接觸，並依 SDS 內容安排儲存、搬運、個人防護與洩漏處置。Enzymes.bio 隨訂單提供 SDS 與 CoA，這些文件適合由廠內環安衛與品質系統留存並納入既有作業規範。

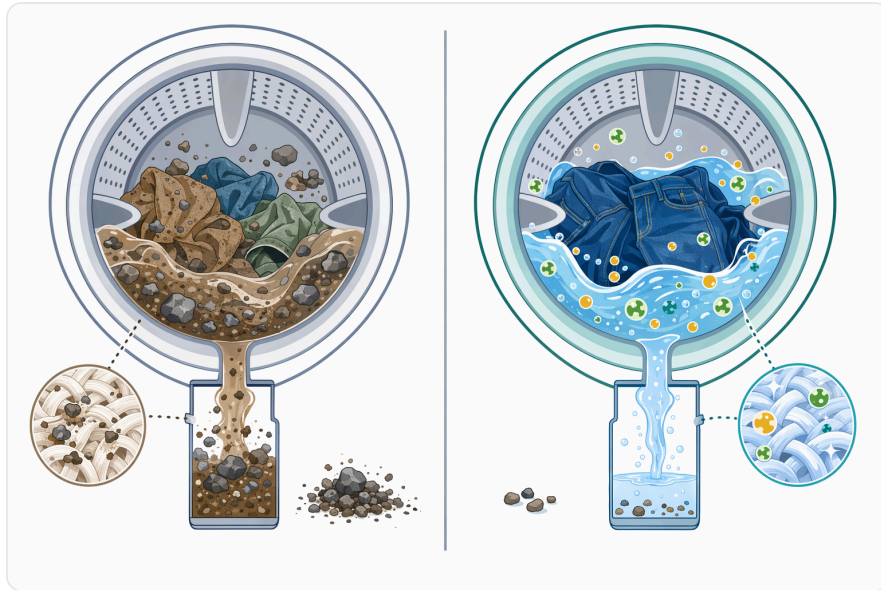


Figure 6. 纖維素酶可降低對浮石的依賴，但用水、能源、助劑以及含染料廢水仍需妥善管理。

與其他後整理技術的搭配觀點

纖維素酶常被放在完整後整理流程中理解，而非單一步驟。前處理會影響酵素接觸纖維的能力，主洗條件決定水解與機械移除程度，後洗與柔軟整理則影響最終手感與色面乾淨度。若搭配浮石，酵素可降低所需機械磨耗；若搭配臭氧或其他褪色技術，則可分擔不同位置與不同層次的顏色調整功能^[13]。

對棉質布料而言，纖維素酶也可與其他酵素或整理方法分工。例如退漿常涉及澱粉類漿料去除，生物拋光則針對纖維素毛羽，柔軟整理則改善觸感與垂墜；將這些目的混在一起容易導致過度處理。永續紡織加工文獻通常強調酵素的專一性，也就是每種酵素應對應其適合的基質與處理目標^[1]。

近年也有多功能木質纖維素酵素組合被研究用於開發環保型纖維素產品，說明纖維素酶、半纖維素酶等可在材料表面改質中形成更複雜的應用。然而在牛仔石洗場景，過度複雜的酵素組合不一定必要；重點仍是讓纖維素酶的表層水解效果與設備機械力相匹配^[14]。

適用對象與採用情境

此類石洗用纖維素酶粉適合已具備水洗設備、需要在牛仔布或棉質成衣上建立生物石洗效果的加工單位。典型情境包括減少浮石用量、改善布面毛羽、提升批次一致性、降低後整理顆粒殘留，或在既有洗水流程中增加較溫和的表面改質步驟。對以外觀差異化為賣點的牛仔品牌而言，纖維素酶可作為石洗、酵洗、柔化與復古效果的基礎工具之一^[3]。

它也適合棉質針織與梭織物的生物拋光應用，尤其是希望降低起毛球、提升觸感與視覺潔淨度的產品線。雖然牛仔石洗最能展現褪色效果，但纖維素酶對棉纖維表面毛羽的作用同樣適用於 T 恤、休閒褲、襯衫布與家用紡織品等場景；這些應用更重視平滑與手感，而非強烈色差^[4]。



Figure 7. 纖維素酶粉末適用於酵素石洗、減石整理、棉織物生物拋光，以及更廣泛的丹寧整理流程。

對採購與製程端而言，Enzymes.bio 的角色是提供可線上購買的 1 kg 單位產品與隨單文件，而不是提供製造端保證或實驗室檢測服務。導入時應把該產品視為工業原料之一，納入既有的廠內製程開發、品質評估與環安衛管理流程，並依 CoA 與 SDS 完成批次留存與安全管理。

結論：纖維素酶石洗的價值在於可控的表面改質

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process 的技術核心，是利用纖維素酶對棉纖維表面微結構的選擇性水解，配合水洗設備的機械作用，達到牛仔石洗、生物拋光、降低毛羽與改善手感的效果。相較於完全依賴浮石，酵素石洗可降低顆粒殘留與部分機械損傷風險，並讓後整理結果更容易以製程參數管理^[1]。

同時，纖維素酶並非無限制的強力褪色劑；它會改變纖維本身，因此必須平衡石洗外觀、回染控制、布料強度與後洗乾淨度。當加工端理解其作用機制，並將 pH、溫度、時間、布料可及性與機械力視為同一套系統管理時，纖維素酶粉才能在牛仔布與棉質紡織品後整理中發揮穩定價值^[6]。

Enzymes.bio 供應的石洗用纖維素酶粉以 1 kg 單位在線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供；本文所述內容旨在協助 B2B 使用者理解產品應用、科學背景與製程限制，而非製造商規格書或實驗室方法文件。

線上訂購 Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process

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 Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process →](#)

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. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
2. En. Google.
3. Choudhury, A. (2017). Finishing of denim fabrics.
4. Fouda, A., Alshallash, K. S., Atta, H. M., Gamal, M. S. E., Bakry, M. M., Alawam, A. S., & Salem, S. (2023). Synthesis, Optimization, and Characterization of Cellulase Enzyme Obtained from Thermotolerant Bacillus subtilis F3: An Insight into Cotton Fabric Polishing Activity. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34, 207 - 223.
5. Patra, A., & Bala, N. (2026). Analysis of Enzyme Washing of Denim using Experimental Design. *International journal of research and scientific innovation*.
6. Budhraj, A. A., & Roy, R. (2024). ADVANCEMENTS IN CELLULASE ENZYME TECHNOLOGY: APPLICATIONS, CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTIVES. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*.
7. Madhu, A., & Chakraborty, J. (2024). Covalent Immobilization of Cellulase Enzyme on Chitosan and Eudragit S-100 Biopolymers for Recovery and Reusability in Denim Fading Application. *Fibers And Polymers*, 25, 4557 - 4573.
8. Gusakov, Sinitsyn, Berlin, Markov, & Ankudimova (2000). Surface hydrophobic amino acid residues in cellulase molecules as a structural factor responsible for their high denim-washing performance. *Enzyme and Microbial Technology*, 27 9, 664-671 .
9. Yau, H. C. L., Byard, J. B., Thompson, L., Malekpour, A. K., Robson, T., Bakshani, C. R., Lelanaite, I., ... et al. (2024). Enzymatic modification of cotton fibre polysaccharides as an enabler of sustainable laundry detergents. *Scientific Reports*, 14.
10. Tian, Y., Wu, T., Sheng, Y., Li, L., & Wang, C. (2023). Effects of cavitation-jet technology combined with enzyme treatment on the structure properties and functional properties of OKARA insoluble dietary fiber. *Food Chemistry*, 423, 136286 .

11. Samanta, A., Sun, Roy, A., Singhee, D., & Samanta, P. (2017). Effects of acid/alkali and cellulase enriched mixed enzyme treatments on properties of jute-cotton union furnishing fabric.
12. Rahman, M. A., Yun, C., & Park, C. (2020). Development of a superhydrophobic cellulose fabric via enzyme treatment and surface hydrophobization. *Textile Research Journal*, 91, 40 - 50.
13. Kamppuri, T., & Mahmood, S. (2019). Finishing of denim fabrics with ozone in water. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology.*
14. Ibrahim, N. A., Abdel-Aziz, M. S., Hamed, A. A., Amin, H. A., Yassin, M. A., & Eid, B. (2024). Biosynthesis and potential application of sustainable lignocellulolytic enzymes cocktail for the development of eco-friendly multifunctional cellulosic products. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27, 2821 - 2836.


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。