

# Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion：中性纖維素酶用於牛仔成衣高效率磨白、仿石洗與生物拋光

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

中性纖維素酶可在接近中性的牛仔濕整理條件下，選擇性水解棉纖維表層的微細纖維，使靛藍染色紗線外層更容易在機械摩擦中脫落，形成可控的 denim abrasion、仿石洗與柔和磨白效果。相較依賴大量浮石的傳統 stone wash，中性纖維素酶有助於降低石材處理、設備磨耗、固體殘渣與回染風險，但實際效果仍取決於布種、染色系統、退漿狀態與洗機機械作用。Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion 由 Enzymes.bio 供應，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。

## 產品定位與主要應用

Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion 是供牛仔成衣洗水、棉質織物表面整理與仿石洗流程使用的中性纖維素酶產品。它的核心用途不是漂白，也不是退漿，而是透過纖維素表面水解，讓牛仔布在洗機內的布面摩擦、滾筒作用或輔助媒介摩擦下，產生更均勻、可控的磨白與布面潔淨效果。紡織酵素應用文獻普遍將纖維素酶列為牛仔磨耗、生物拋光與棉纖維表面改質的重要工具，與澱粉酶退漿、漆酶褪色等處理分屬不同功能段<sup>[1]</sup>。

在牛仔濕加工中，「中性」的實務意義在於製程可安排於較接近中性的環境，通常用於希望保留較深靛藍底色、降低白緯紗沾色、控制纖維損傷與維持成衣強力的洗程。近年永續牛仔整理研究指出，傳統牛仔加工面臨高耗水、高化學品負荷、浮石處理與廢水負擔等問題，因此酵素、雷射、臭氧與低浴比流程被視為改善環境影響的重要方向<sup>[2]</sup>。

## 為什麼牛仔磨白需要纖維素酶？

牛仔布多以棉纖維為主，而棉的主要結構成分是纖維素。靛藍染色牛仔紗線通常呈現「環染」特徵：染料主要集中於紗線外層，核心仍較淺或接近白色。當表層染色纖維被摩擦移除時，白芯或較淺層便顯露出來，形成消費者熟悉的洗舊、磨白、貓鬚與局部仿舊視覺。纖維素酶的功能，正是使這些表層棉纖維更容易被移除，而不是直接像氧化漂白劑一樣破壞染料分子<sup>[3]</sup>。

傳統 stone wash 依靠浮石在滾筒中撞擊、摩擦成衣表面，能產生自然仿舊感，但也會帶來石材搬運、除石、粉塵、設備磨耗、廢水固體負荷與重複性控制不易等問題。永續牛仔文獻將減少浮石、降低水耗與降低濕加工污染列為重要改善目標，而纖維素酶洗可作為完全替代或部分減石的工藝選項之一[4]。

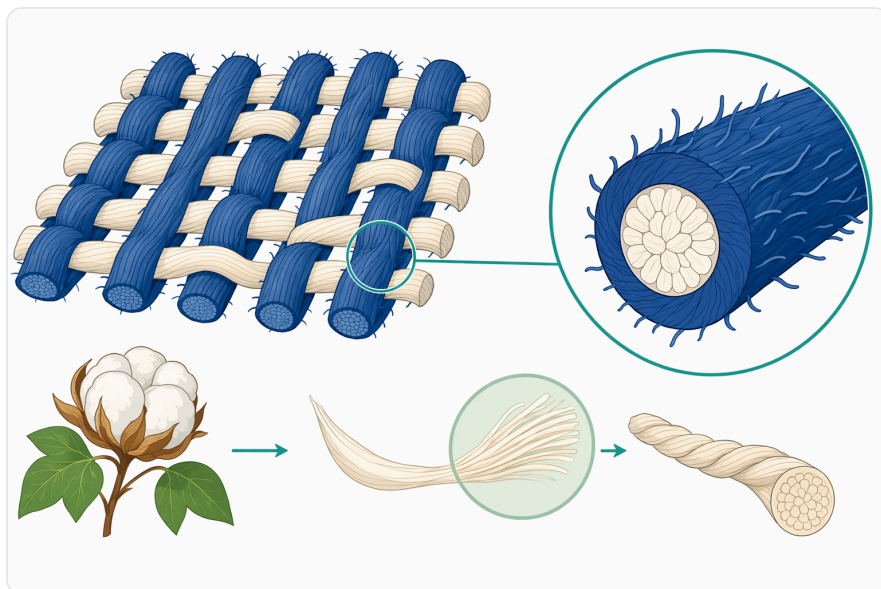


Figure 1. 丹寧磨損是一種表面處理，因為可見的靛藍色澤大多停留在外層纖維的表面。

## 作用機制：中性纖維素酶如何產生 denim abrasion ？

纖維素酶並非單一作用形式；工業纖維素酶通常可能包含內切型纖維素酶、外切型纖維素酶與 $\beta$ -葡萄糖苷酶等活性組成，不同來源與配方比例會影響水解速度、對結晶區或非結晶區的偏好，以及對布面強力的影響。就牛仔磨白而言，表層微纖維與鬆散纖維的水解特別關鍵，因為這些部位最容易在機械作用下剝離並帶走表層染色纖維[5]。

在洗機中，中性纖維素酶先吸附於棉纖維表面，對可及的纖維素鏈段進行水解，使纖維表面產生微觀鬆動。接著，滾筒翻動、布與布摩擦、布與筒壁接觸，或少量浮石 / 替代磨耗媒介的摩擦，會把被削弱的表層纖維帶離布面。這種「酵素水解 + 機械移除」的雙重機制，使磨白效果能比純機械石洗更容易控制，同時保留牛仔自然洗舊感[6]。

中性纖維素酶的價值在於平衡磨耗與布面乾淨度。酸性纖維素酶常被認為磨白速度較快、去色較強，但在部分靛藍或硫化染布種上，脫落染料與纖維碎屑可能重新沉積於白色緯紗或口袋布，造成回染與髒污感。中性條件通常較有利於降低這類回染風險，因此常用於深色牛仔、硫化黑牛仔、需要高對比但不希望白底發灰的款式[7]。

## 與酸性纖維素酶、浮石與其他褪色技術的比較

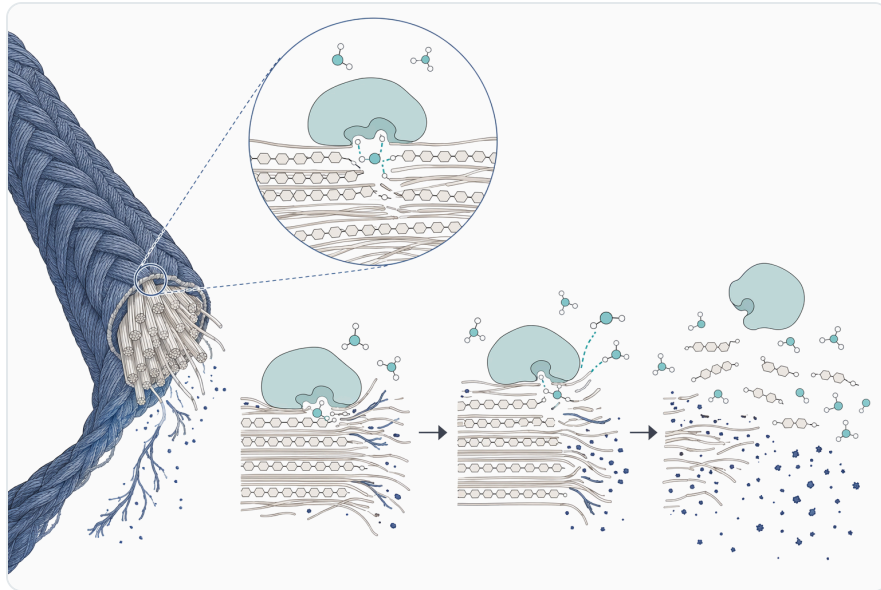
整理方式	主要作用機制	適合目標	優勢	需要管理的限制
中性纖維素酶	水解棉纖維表層，使染色表層在機械摩擦中脫落	中度磨白、仿石洗、生物拋光、深色牛仔回染控制	較易維持深色底調，布面較乾淨，可降低浮石依賴	過度處理仍可能造成重量與強力損失，效果受布種與機械作用影響
酸性纖維素酶	在酸性條件下較強烈水解表層纖維	較快速或較明顯磨白	去色速度常較積極，磨耗感明顯	某些布種上回染與強力下降風險較高
傳統浮石洗	浮石與布面直接機械摩擦	粗獷仿舊、強石磨外觀	視覺效果自然，產業熟悉度高	石渣、除石、設備磨耗、粉塵與廢水固體負荷較高
漆酶或氧化褪色	以酵素或氧化系統改變靛藍色料	顏色變淺、整體褪色、漂洗感	可用於不同褪色方向，與磨耗段互補	主要作用在染料，不等同於纖維素酶磨耗；需避免過度褪色或色相偏移
雷射 / 臭氧等低水技術	以能量或氧化方式局部或整體改變色澤	低水耗、圖案化、局部效果	可降低部分濕加工負擔	設備投資與效果設計門檻較高，通常仍需與洗水手感整理搭配

這些技術並非互斥。永續牛仔整理的研究趨勢更傾向「組合式製程」：例如先以雷射建立局部圖案，再以中性纖維素酶進行柔和磨耗與布面清潔；或以酵素取代部分浮石，以維持傳統手感但降低石材負擔。近期牛仔褪色研究指出，雷射等現代技術可降低某些傳統濕加工的不利影響，但在商業成衣上仍需考慮手感、洗感、色差與後續整理的整體配合<sup>[8]</sup>。

## 中性纖維素酶在牛仔洗水中的實務角色

### 1. 深色靛藍牛仔的柔和磨白

對深色靛藍牛仔而言，品牌常希望保留濃郁底色，同時在縫線、摺痕、凸出部位與布面高點形成自然磨白。中性纖維素酶可提供較溫和的纖維表面削弱，使洗機機械作用逐步帶出白芯，而不一定需要大量浮石。這種方式尤其適合追求「乾淨、柔和、對比可控」的 wash down 效果，而非極端破壞或重漂白外觀<sup>[9]</sup>。



**Figure 2.** 中性纖維素酶會吸附在外露的棉纖維微原纖上，水解纖維素鏈，並讓洗滌時的摩擦帶走含有靛藍的微纖維。

## 2. 仿石洗與減石洗

在仿石洗流程中，中性纖維素酶可單獨使用，也可與較低比例的機械媒介搭配，使表層纖維在較小石材負荷下達到可接受的磨耗。研究與產業回顧皆指出，酵素應用可降低紡織濕加工對嚴苛化學條件的依賴，並有助於改善部分傳統製程的環境負荷；不過減石幅度仍受機台、布量、款式、磨白目標與後整理組合影響<sup>[10]</sup>。

## 3. 生物拋光與抗起毛起球

除了牛仔 abrasion，中性纖維素酶也可用於棉質布面生物拋光。其作用是移除突出於布面的微細毛羽與鬆散纖維，使表面更平滑，觸感更柔順，並降低後續穿著洗滌中起毛起球的傾向。棉纖維經纖維素酶處理後，常會同時出現外觀改善與物性變化，因此加工強度需要與最終成衣的強力、耐磨與手感要求一起評估<sup>[11]</sup>。

## 4. 硫化黑與特殊染色牛仔的布面潔淨度控制

硫化黑、深灰、靛藍疊硫化染與特殊塗層牛仔，常對回染、沾色與灰霧感特別敏感。中性纖維素酶的較溫和加工特性，可協助在不過度剝離染色層的情況下改善表面毛羽與局部磨白。對這類布種而言，重點通常不是追求最高去色，而是維持白緯紗清晰度、口袋布乾淨度與整體色相穩定<sup>[12]</sup>。

## 與退漿、柔軟整理及後段製程的關係

中性纖維素酶不是退漿酵素。若牛仔布或成衣仍含有澱粉型漿料，通常需要先完成退漿，使纖維表面更容易被水、酵素與機械作用接觸。紡織酵素應用中， $\alpha$ -澱粉酶常用於分解澱粉漿，而纖維素酶則用於棉纖維表面水解與生物拋光，兩者作用基質與製程目的不同<sup>[13]</sup>。

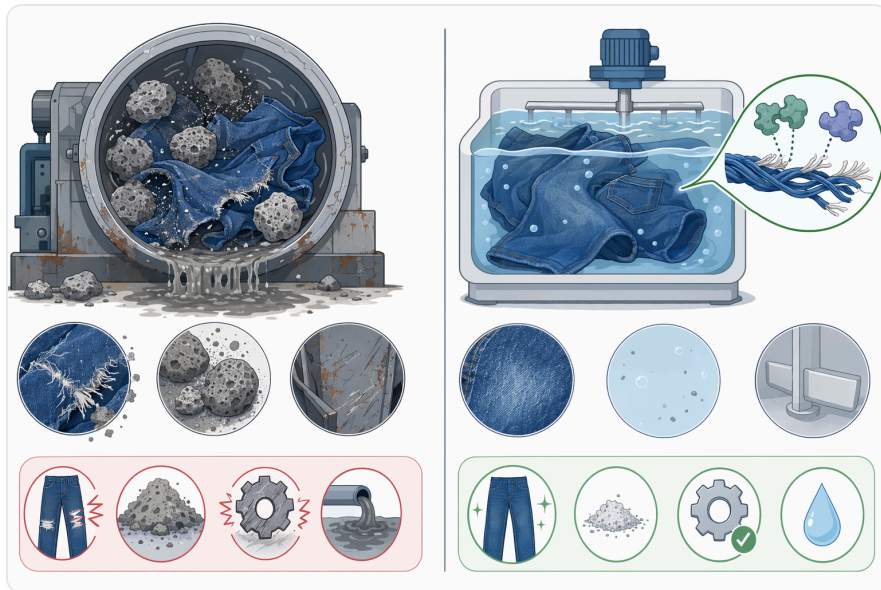


Figure 3. 酵素輔助磨洗可在仍運用機械作用營造舊化丹寧外觀的同時，降低對大量浮石撞擊的依賴。

在實務流程中，纖維素酶磨耗後通常會接續洗淨、酵素失活或移除、柔軟整理、脫水與烘乾等步驟。柔軟劑可改善最終觸感，但不能取代纖維素酶對微纖維與表層染色纖維的水解作用；反過來，纖維素酶可改善布面平滑度，但不等同於提供後段柔軟劑的滑爽、蓬鬆或親水手感。這些段落互相補強，而非單一材料完成所有整理效果<sup>[14]</sup>。

## 影響磨白效果的關鍵變因

中性纖維素酶的表現高度依賴布種。環染深度、紗支、織物密度、彈性纖維含量、退漿完整性、前處理殘留與染色方式，都會改變酵素能接觸的纖維表面與染料脫落行為。即使使用相同酵素，不同批布也可能呈現不同色差、毛羽移除程度與強力保留表現，這是牛仔洗水需要製程經驗的主要原因之一<sup>[15]</sup>。

機械作用同樣關鍵。纖維素酶負責削弱表面纖維，但實際磨白多半來自洗機內的摩擦與翻動；裝載狀態、滾筒結構、轉動方式、浴比與成衣間接觸，都會放大或限制酵素效果。若機械作用不足，可能出現水解已發生但磨白不明顯；若機械作用過強，則可能增加局部磨損、破洞、縫線磨耗或尺寸穩定問題<sup>[7]</sup>。

加工時間與處理強度也需要平衡。較長處理通常會提高表面纖維移除與褪色程度，但同時可能增加布重下降、強力損失與表面過度毛羽化後再脫落的風險。關鍵不在於追求最大反應，而在於讓目標 wash 樣、強力要求、手感與回染控制達到可接受平衡<sup>[12]</sup>。

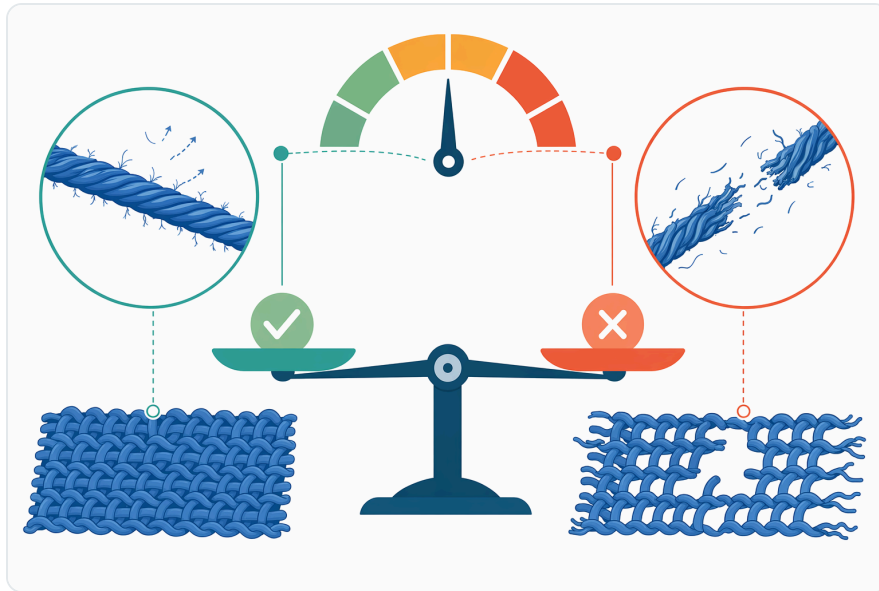


Figure 4. 受控的纖維素酶洗可去除表面絨毛狀纖維；但過度處理可能造成重量流失並降低布料強度。

## 永續性：酵素洗的優勢與不能誇大的地方

從永續加工角度看，酵素的優勢在於可在相對溫和的條件下對特定基質作用，降低部分傳統化學或機械處理負擔。紡織濕加工綜述指出，酵素在退漿、精練、生物拋光、牛仔整理與廢水管理中具有重要角色，原因是其選擇性高、反應條件較溫和，並可幫助製程朝低污染方向發展<sup>[10]</sup>。

不過，酵素洗不應被描述成「零耗水」或「無環境影響」。牛仔成衣仍需要濕加工設備、洗淨水、溫控、機械能與後處理；若搭配浮石、柔軟劑、氧化褪色或多段洗程，整體環境表現仍取決於完整製程設計。系統性回顧也指出，牛仔永續改善必須同時評估水耗、能源、化學品、廢水處理與產品耐用性，而不能只看單一材料替換<sup>[4]</sup>。

中性纖維素酶較務實的永續價值，是幫助工廠降低部分浮石依賴、減少石渣與設備磨耗、改善重複性，並在某些洗程中縮短達到目標磨白所需的機械強度。若再與低浴比設備、雷射前處理、臭氧褪色或更有效率的漂洗流程結合，整體改善空間會更大，但應依各工廠實際設備與款式目標評估<sup>[9]</sup>。

## 品質風險與製程控制重點

中性纖維素酶最常見的品質風險，是過度水解造成布重下降、強力損失、局部磨破或彈性牛仔手感失衡。纖維素酶的作用對象是棉纖維本身，因此只要磨白發生，就必然伴隨某種程度的表面纖維移除；差異在於移除是否控制在成衣外觀與物性可接受範圍內<sup>[3]</sup>。

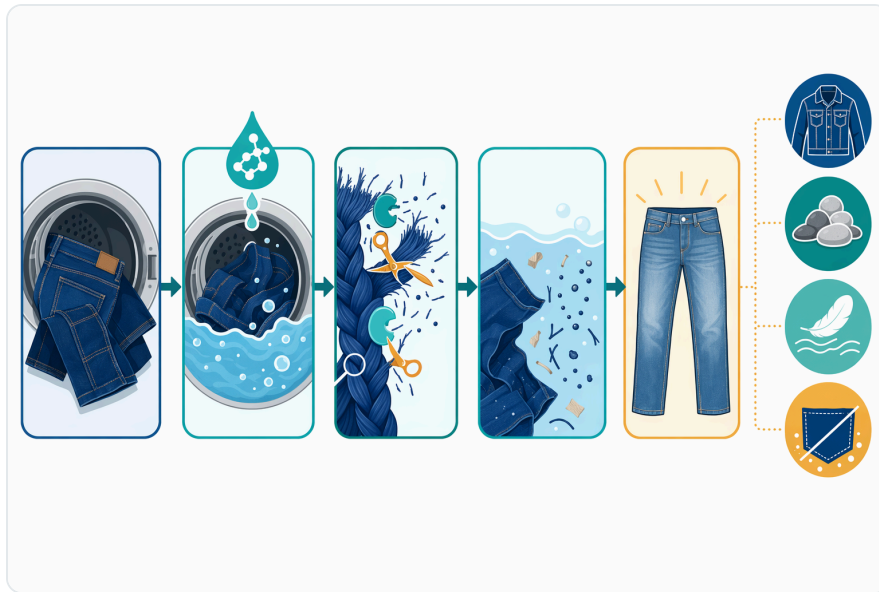


Figure 5. 最終的丹寧效果取決於整體洗滌流程的組合，包括前處理、酵素接觸、機械磨洗、沖洗或去除酵素，以及後整理。

另一個需要注意的風險是回染與色相變化。中性條件通常比酸性條件更有利於回染控制，但並不代表所有布種都完全不會沾色；染料脫落量、洗液中分散狀態、布面殘留助劑、洗淨效率與後段柔軟整理都可能影響白底乾淨度。對高對比牛仔、黑牛仔與淺色拼接款式而言，布面潔淨度往往與磨白程度同等重要<sup>[7]</sup>。

彈性牛仔也需要額外留意。纖維素酶主要作用於棉纖維，但彈性布的尺寸穩定、回彈與手感會受到洗程整體機械作用、熱歷史與後整理影響。若只追求快速磨白，可能犧牲彈性回復、褲型穩定或縫線部位耐用性，因此中性纖維素酶更適合被納入整體成衣工程設計，而不是孤立看待<sup>[15]</sup>。

## 適合採用中性纖維素酶的應用情境

Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion 特別適合需要中度、可控、乾淨磨白的牛仔成衣洗程，例如深靛藍基本款、復古中藍款、硫化黑牛仔、需要降低浮石使用的仿石洗，以及希望改善布面毛羽與手感的棉質成衣整理。這些應用的共同點，是要求表面纖維被有控制地移除，而不是追求劇烈漂白或破壞性效果<sup>[1]</sup>。

若加工目標是極淺色漂洗、強烈化學褪色或高度圖案化局部效果，中性纖維素酶通常需要與其他技術搭配，例如雷射、臭氧、漆酶或後段漂洗。漆酶在牛仔整理中的主要角色是影響靛藍色料與褪色表現，與纖維素酶的纖維表面磨耗機制不同；兩者可互補，但不能簡單視為彼此替代<sup>[16]</sup>。

## 供應與文件資訊

Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion 由 Enzymes.bio 供應，並以 1 kg 單位在線上直接銷售。這類供應定位適合已有牛仔洗水設備、既定成衣後整理流程，並希望將中性纖維素酶導入 denim abrasion、仿石洗或生物拋光段的使用者。產品隨訂單提供 CoA 與 SDS，便於使用單位完成入庫、安全管理與內部製程文件留存。



Figure 6. 中性纖維素酶可用於棉含量高的丹寧，呈現乾淨的深色水洗、中度舊化效果、縫線與邊緣的打亮、較柔軟的手感，以及石洗效果。

作為供應型產品文件，本文重點放在材料功能、作用機制、應用場景與已發表研究可支持的加工邏輯，而非製造敘述或實驗室測試設計。對洗水廠與品牌技術團隊而言，更重要的是理解中性纖維素酶能在什麼條件下協助達成磨白、減石、低回染與布面拋光，以及哪些品質風險需要由既有製程控制來管理<sup>[14]</sup>。

## 結論：中性纖維素酶的實際價值

中性纖維素酶在牛仔加工中的價值，不是單純「讓顏色變淺」，而是以較可控的方式削弱棉纖維表層，使機械摩擦能移除靛藍染色外層與布面微纖維，進而形成自然磨白、柔和仿舊、較平滑手感與較乾淨布面。相較傳統大量浮石洗，它可降低部分石材相關負擔；相較酸性纖維素酶，它通常更適合需要保留深色底調與控制回染的牛仔款式<sup>[2]</sup>。

對牛仔洗水廠、成衣後整理單位與品牌技術團隊而言，Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion 適合被定位為中性 denim abrasion 與 biopolishing 的製程工具。它能支援減石洗、深色牛仔柔和磨白、硫化染布面潔淨度控制與棉質布面毛羽改善；但最終洗感仍需與布種、退漿狀態、機械作用、時間、後段洗淨與柔軟整理共同設計，才能在外觀、手感、強力與永續目標之間取得穩定平衡<sup>[12]</sup>。

## 線上訂購 Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion

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 Neutral Cellulase Enzyme For Efficient Denim Abrasion →](#)

## 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. Periyasamy, A., & Periyasami, S. (2023). Critical Review on Sustainability in Denim: A Step toward Sustainable Production and Consumption of Denim. *ACS Omega*, 8, 4472 - 4490.
3. Korsá, G., Konwarh, R., Masi, C., Ayele, A., & Haile, S. (2023). Microbial cellulase production and its potential application for textile industries. *Annals of Microbiology*, 73, 1-21.
4. Araoz-Baltazar, I., Granados-Sánchez, A., Martínez-Zárate, I., & Angel-Medina, O. D. (2025). Sustainable alternatives for water consumption in denim jeans washing: A systematic literature review. *ECORFAN journal Bolivia*.
5. 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.
6. Kizmaz, K., Emire, Z., & Uğraş, S. (2025). Characterization of cellulase by Cellvibrio polysaccharolyticus and assessment of its application in the textile industry. *Journal of the Textile Institute*, 117, 785 - 796.
7. Denim Finishing. *Cottonworks*.
8. Uysaler, T., Altay, P., & Özcan, G. (2025). More sustainable denim fading process of two different indigo dyed denim fabrics with laser treatment. *International Journal of Clothing Science and Technology*.
9. Rahaman, M., Khan, M. S. H., & Pranta, A. (2025). Sustainable approaches to fashionable denim fading: New perspectives on conventional and modern garment washing techniques. *Coloration Technology*.
10. Catarino, M. L., Sampaio, F., & Gonçalves, A. L. (2025). Sustainable Wet Processing Technologies for the Textile Industry: A Comprehensive Review. *Sustainability*.

11. Uğraş, S., Bicen, H. E. I., & Emire, Z. (2024). Determination of Cellulase Enzyme Produced by Bacillus cereus DU-1 Isolated from Soil, and Its Effects on Cotton Fiber. *Brazilian Archives of Biology and Technology*.
12. Mondal, M. I. H., Khan, M. M. R., & Ahmed, M. F. (2016). Physico-Mechanical Properties of Finished Denim Garment by Stone-Enzymatic Treatment. *Journal of textile and apparel technology and management*, 10.
13. Zafar, A., Aftab, M., Iqbal, I., Din, Z., & Saleem, M. (2019). Pilot-scale production of a highly thermostable  $\alpha$ -amylase enzyme from Thermotoga petrophila cloned into E. coli and its application as a desizer in textile industry. *RSC Advances*, 9, 984 - 992.
14. Khan, M. F. (2025). Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. *The Scientist*.
15. Chugá-Chamorro, V., Naranjo-Toro, M., Godoy-Collaguazo, O., & Basantes-Andrade, A. (2025). Sustainable Treatments in Denim Fabric: A Systematic Review of Environmental Impact. *Sustainability*.
16. Muñoz, E., Insuasti, J. A. P., Trujillo, S. D., Río, C. A. D., Arroyave, C., Carrera, M. P., Soto, A., ... et al. (2016). Technology for Denim Finishing Using Laccase Enzymes : A Review.


## 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](mailto: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。