

Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process : 丹寧水洗用中性纖維素酶的機制、應用與製程價值

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

Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 是用於丹寧成衣水洗、bio-stoning 與布面生物拋光的中性纖維素酶，主要作用是選擇性水解棉纖維表面的微纖維，使靛藍染料隨表層纖維鬆脫而形成洗舊效果。相較於單純依賴浮石的傳統石洗，中性纖維素酶可協助降低機械磨耗、改善布面手感，並支援較溫和、較可控的丹寧整理流程。Enzymes.bio 作為酵素供應商，提供此類產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

酵素名稱與主要應用

酵素名稱： Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process

中文描述： 丹寧水洗用中性纖維素酶

主要應用： 丹寧成衣酵素洗、bio-stoning、生物石洗、布面生物拋光、降低毛羽、改善手感、輔助形成自然洗舊外觀。

丹寧水洗的核心不是單純「把布洗淡」，而是在成衣、染料、纖維表面與機械作用之間取得平衡。纖維素酶已被多篇紡織加工研究與綜述列為重要的微生物酵素應用之一，尤其適合用於棉質材料的表面改質、丹寧洗舊與較永續的濕加工流程設計 ^[1]。

什麼是丹寧水洗用中性纖維素酶？

纖維素酶是一組能水解纖維素 β -1,4 糖苷鍵的酵素系統；在丹寧加工中，它的目標並不是把整件棉布「分解」，而是優先作用於成衣表面已暴露、較鬆散、較容易被機械摩擦接觸到的纖維素微纖維。針對丹寧 bio-stoning 相關菌株的研究指出，endo- β -1,4-glucanase 等纖維素水解酵素與丹寧生物石洗能力直接相關，顯示纖維素酶的表面水解能力是此應用的技術基礎 ^[2]。

「中性」在這裡指的是此類纖維素酶適合被配置於接近中性的洗水條件中使用，通常用於希望降低過度酸性條件、維持較乾淨色相、兼顧布面強度與後整理相容性的丹寧流程。相對地，酸性纖維素酶也可用於丹寧水洗，但其色相、返沾、去色速度與布面損傷風險需要以不同邏輯管理；比較不同石洗與

生物石洗的研究亦顯示，丹寧水洗成效取決於酵素、機械作用與處理條件的組合，而非單一因子 [3]。

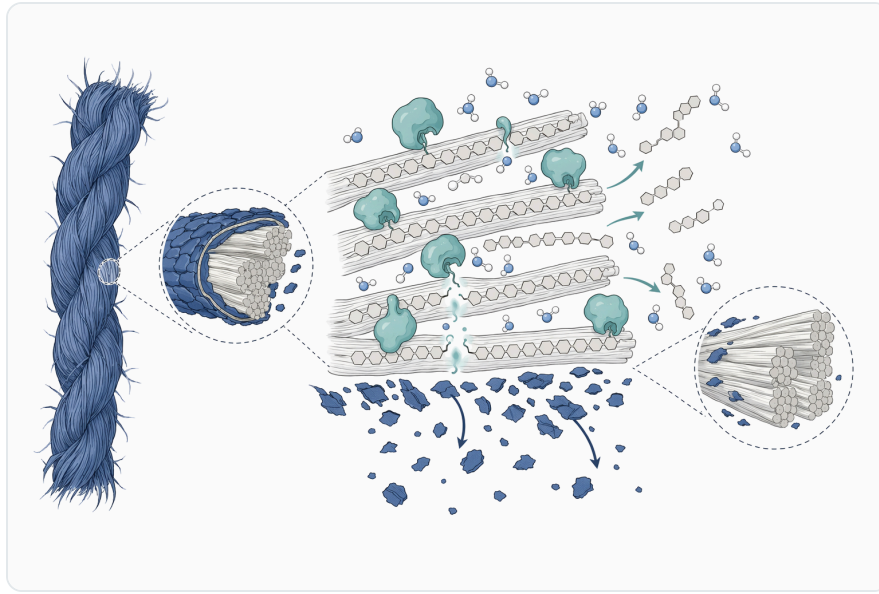


Figure 1. 中性纖維素酶可水解牛仔布表面可接觸的纖維素微纖，形成受控磨損並去除靛藍染料。

從應用角度看，Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 的角色是幫助洗水廠或品牌開發可重複、可調整的洗舊效果。它可用於牛仔褲、丹寧外套、襯衫、裙裝與棉質丹寧布料，特別適合需要自然褪色、較柔軟手感、較少毛羽，以及希望降低傳統浮石依賴的製程情境 [4]。

丹寧洗舊效果如何形成：纖維表面水解的三個層次

1. 酵素先接觸布面可及的纖維素區域

丹寧布多以棉纖維為主體，而靛藍染料主要集中在紗線與纖維表層。成衣在轉鼓中翻動時，接縫、折痕、凸起部位與布面毛羽更容易接觸水洗液與機械摩擦；中性纖維素酶因此會優先作用於這些可及表面，而不是均勻深入每一條纖維內部。纖維素酶技術綜述也指出，酵素對纖維素材料的作用與基質可及性、酵素組成及反應環境密切相關 [5]。

2. 表層微纖維被局部削弱與移除

當纖維素酶吸附到棉纖維表面後，會局部水解鬆散或突出的纖維素微纖維，使其在水流與機械摩擦下更容易脫離布面。這個過程可降低表面毛羽，讓布面更平滑，也會讓成衣觸感變得較柔和。以 Bacillus 來源纖維素酶進行紡織應用的研究指出，纖維素酶可被用於改善布料表面性質與整理效果，反映其在纖維素基材表面改質上的實用性 [6]。

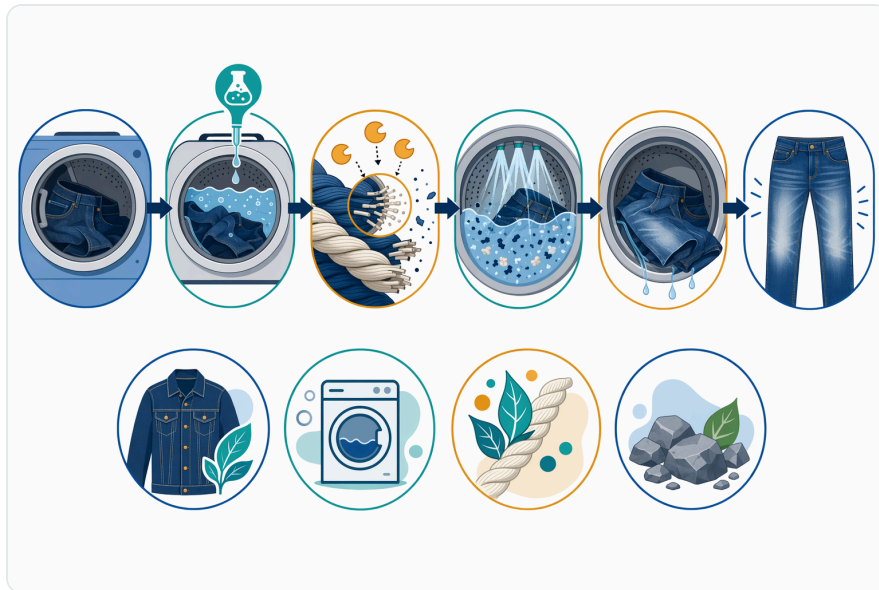


Figure 2. 在牛仔布水洗中，中性纖維素酶可部分或全部取代浮石磨洗，產生可控的褪色效果並使布料手感更柔軟。

3. 染料隨有色表層纖維鬆脫而產生洗舊

丹寧的視覺褪色並非單純由酵素直接「漂白」靛藍，而是因為表層含染料的纖維與毛羽被部分移除，露出較淺色或較少染料覆蓋的區域。這也是為什麼酵素洗常能產生較自然的高低色差：凸起處、縫線旁、皺褶與磨擦集中的部位會比平坦區域更快變淡。近期關於丹寧生物整理的研究也將纖維素酶視為可降低環境衝擊、同時維持外觀與舒適性的加工工具 [7]。

中性纖維素酶在丹寧水洗中的實務價值

降低對浮石的依賴

傳統石洗依靠浮石與成衣之間的摩擦製造磨舊外觀，但浮石會造成設備磨耗、管路沉積、固體廢棄物與布料不必要損傷。生物石洗的發展正是為了用酵素的選擇性表面水解來替代部分機械磨耗，使水洗效果更容易被控制。比較 stone washing 與 bio-stone washing 的研究指出，生物石洗可在丹寧外觀整理中扮演替代或輔助傳統石洗的角色 [3]。

改善手感與布面整潔度

丹寧成衣常因布重高、紗線粗、後整理多而帶有硬挺或粗糙手感。中性纖維素酶透過移除部分表面毛羽與鬆散微纖維，可協助改善觸感、減少毛茸感，並讓洗舊色差更清楚。微生物酵素在紡織加工與廢棄物管理中的最新綜述指出，酵素可在較溫和條件下進行特定表面改質，因而被視為紡織產業較永續處理路徑的一部分 [1]。

在外觀與布料強度之間取得平衡

任何有效的丹寧洗舊都會改變纖維表面，因此外觀提升與布料性能之間必須取得平衡。處理過度可能導致重量損失、撕裂強度或拉伸強度下降；處理不足則可能無法達到目標色差與手感。關於丹寧可持續生物整理的研究強調，纖維素酶處理需要同時考量外觀、舒適性與材料保留，這也是中性纖維素酶在工業流程中受到重視的原因 [7]。



Figure 3. 中性纖維素酶可用於牛仔布褪色、棉織物生物拋光、去絨毛、抗起球以及改善成衣柔軟度。

中性纖維素酶、酸性纖維素酶與傳統浮石洗的比較

下表以製程管理角度整理三種常見路徑的差異。實際結果仍會受到布重、紗支、靛藍深度、硫化染料、彈性纖維比例、洗水機型、浴比、時間、溫度、pH 與機械負載影響；表格目的在於建立應用判斷框架，而非取代工廠內部製程驗證。丹寧水洗研究普遍顯示，機械作用與酵素反應條件會共同影響最終外觀與布料物性 [3]。

比較項目	傳統浮石洗	酸性纖維素酶洗	中性纖維素酶洗
主要作用方式	以浮石摩擦移除表層染色纖維	在偏酸條件下水解表面纖維素	在接近中性的水洗條件下水解表面微纖維
洗舊外觀	可產生強烈磨白與局部磨損	去色速度可能較明顯，需控制返沾與布損	洗舊較可控，常用於較乾淨、較均勻的色相管理
對設備影響	浮石會增加磨耗、沉積與清理負擔	主要依賴酵素與機械作用	可降低部分浮石需求，減少固體磨料壓力

比較項目	傳統浮石洗	酸性纖維素酶洗	中性纖維素酶洗
對布料強度	機械磨耗較高，易造成局部損傷	視條件而定，過度處理會增加強度損失	較適合在外觀、手感與強度保留之間平衡
製程永續性	固體廢棄物與設備清理壓力較高	可降低部分機械磨耗，但需管理浴條件	常被用於較溫和、較少浮石依賴的生物石洗流程
適合情境	強烈復古、重磨損外觀	需要快速去色且可嚴格控制條件的流程	牛仔褲、外套、棉質丹寧的常規酵素洗與生物拋光

纖維素酶並不是「越強越好」。如果品牌要求的是乾淨藍相、低返沾、較少布損與穩定批次，中性纖維素酶常比單純追求強烈去色更符合製程邏輯。可持續紡織加工文獻也指出，酵素應用的優勢在於專一性與溫和條件，但仍需與整體濕加工流程整合，而不是孤立看待單一添加物 [4]。

在丹寧水洗流程中的位置

前段：退漿與前洗後更容易發揮作用

丹寧成衣通常會先經過退漿或前洗，以移除部分漿料、雜質與加工殘留，使纖維表面更容易被水洗液接觸。若表面漿料過多，中性纖維素酶與棉纖維的接觸會受到限制，洗舊效果可能不均或效率偏低。纖維素酶生產與應用研究普遍指出，酵素對纖維素基質的作用與基質可及性密切相關，這也是前處理在實務中重要的原因 [8]。



Figure 4. 與單純使用浮石磨洗相比，中性纖維素酶牛仔布水洗可帶來更可控的褪色效果，同時降低布料損傷並減少固體廢棄物。

中段：酵素洗或 bio-stoning 是主要作用階段

中性纖維素酶通常被放在成衣水洗的主要酵素整理段，透過水、轉鼓機械作用與酵素共同作用產生洗舊、柔軟與表面整理效果。若需要更強烈石洗感，可搭配較低依賴度的機械摩擦設計；若目標是乾淨、平滑、較低磨耗的外觀，則可偏向以酵素與機械翻動控制效果。丹寧生物石洗相關研究顯示，纖維素酶與機械條件的組合會直接影響外觀與布面變化 [2]。

後段：清洗、終止作用與柔軟整理

當洗舊效果達到目標後，後續通常會透過清洗、條件調整與整理步驟停止或降低酵素作用，避免成衣在後段仍持續被水解。此後可依品牌手感要求進行柔軟整理、脫水與乾燥。這些步驟的重點不是增加酵素用量，而是讓已形成的外觀與手感穩定下來；紡織酵素應用研究亦強調，酵素流程需與整體後整理條件共同設計，才能達到可重複的加工結果 [1]。

影響效果的關鍵製程因素

布種與染色系統

靛藍丹寧、硫化黑丹寧、彈性丹寧、棉混紡丹寧與不同布重的反應差異很大。重磅丹寧可能需要更強機械作用才能形成明顯高低色；彈性丹寧則更需要避免過度摩擦造成彈性纖維或布面結構損傷。關於紡織材料顯微結構與染色布面觀察的研究提醒，織物的纖維結構、染料分布與表面狀態會影響整理後外觀 [9]。

時間、溫度、pH 與機械作用

中性纖維素酶的洗水效果通常由多個變數共同決定：水洗時間影響水解程度，溫度影響酵素反應速率，pH 影響酵素構形與穩定性，機械翻動則決定表面纖維是否能被有效移除。這些因素彼此交互作用，因此實務上常需要以工廠設備與目標外觀建立內部製程窗口。纖維素酶技術綜述指出，酵素催化表現受反應條件與基質特性影響，這也是工業應用必須控制條件的原因 [5]。

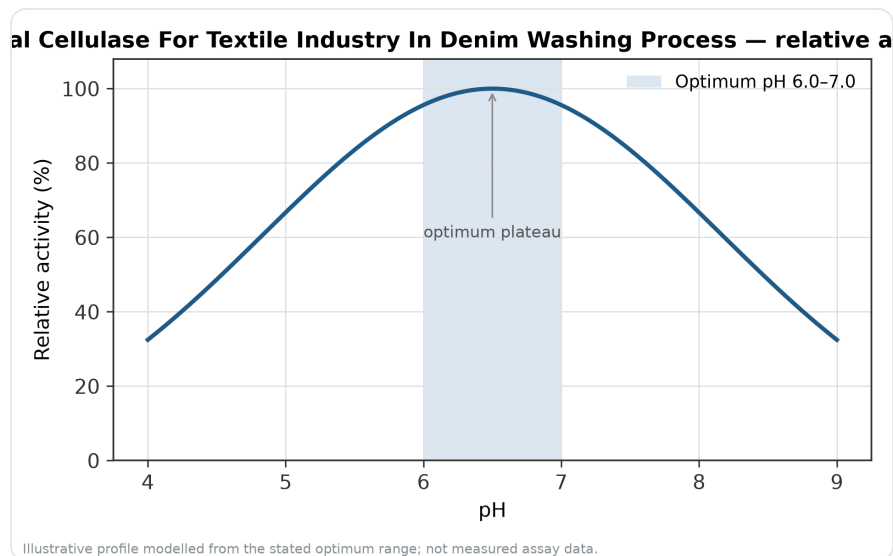


Figure 5. 紡織工業牛仔布水洗製程用中性纖維素酶的相對活性隨 pH 變化，顯示其最佳平台位於 pH 6.0–7.0。

返沾與色相控制

丹寧水洗時，被移除的染料與纖維碎屑可能重新附著在布面較淺色區域，形成返沾或灰霧感。中性纖維素酶常被用於希望控制返沾、維持較乾淨藍相的流程，但返沾仍取決於染料系統、洗浴清潔度、機械負載、後洗與分散條件。研究顯示，部分能產生丹寧 bio-stoning cellulase 的 *Aspergillus* 分離株也被探討於染料生物脫色，反映酵素、染料與水洗系統之間存在複雜關係 [10]。

研究證據：哪些主張較有把握？

纖維素酶可用於丹寧 bio-stoning

丹寧生物石洗與纖維素酶的關聯已有直接研究支持。針對紙張降解與丹寧 bio-stoning 纖維素酶生產 *Aspergillus* 分離株的基因特徵研究，確認 endo- β -1,4-glucanase 類酵素與此類應用相關，提供了從酵素功能到丹寧加工的機制證據 [2]。

微生物纖維素酶在紡織加工中具有多來源研究基礎

纖維素酶可由多種微生物來源取得，包括絲狀真菌與細菌。近年關於絲狀真菌纖維素酶生產的綜述整理了其酵素系統與生物製程研究進展；另有 *Aspergillus awamori* cellulase 與 *Bacillus* 來源纖維素酶的紡織應用研究，顯示不同來源纖維素酶皆可被評估於布面整理與纖維素材料處理 [11]。

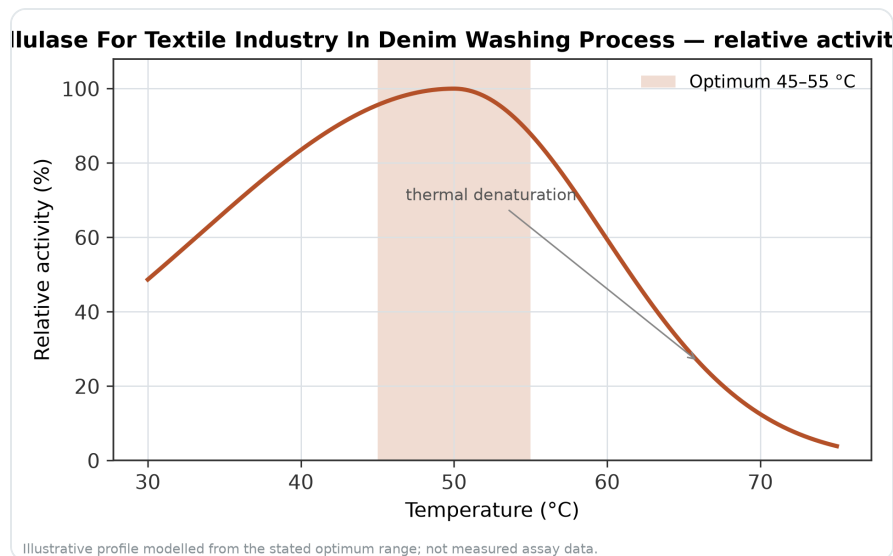


Figure 6. 紡織工業牛仔布水洗製程用中性纖維素酶的相對活性隨溫度變化，最佳溫度為 45–55 °C，且高於最佳溫度後呈現典型的熱變性下降。

酵素法有助於較永續的紡織加工，但不是單一解方

酵素法常被視為較溫和、較具選擇性的紡織加工工具，可協助降低部分高耗能、高化學負荷或高機械磨耗流程的依賴。不過，丹寧加工仍包含退漿、洗水、後洗、柔軟、乾燥、廢水管理與品質檢查等多個環節；中性纖維素酶能改善其中的表面整理與生物石洗段，但不能單獨取代完整的製程管理。歐洲紡織產業永續性研究也指出，紡織永續轉型牽涉技術、資源、供應鏈與政策等多層面因素 [12]。

適合的工業應用情境

牛仔褲、丹寧外套與棉質丹寧成衣

中性纖維素酶適合用於標準牛仔褲、丹寧外套、襯衫、裙裝與其他棉質丹寧成衣。常見目標包括自然洗舊、局部高低色、降低表面毛羽、改善穿著舒適性，以及讓成衣在後續柔軟整理前具有更乾淨的布面狀態。丹寧可持續生物整理研究亦將纖維素酶視為降低環境衝擊並改善布面舒適性的技術方向 [7]。

減少浮石使用的 bio-stoning 流程

若工廠希望維持石洗視覺但降低浮石用量，中性纖維素酶可作為生物石洗方案的一部分。它能透過纖維表面水解產生類似磨舊效果，讓機械摩擦需求更容易被調整。比較傳統石洗與生物石洗的研究支持此方向，顯示生物石洗可在丹寧外觀整理中提供可行替代路徑 [3]。

布面生物拋光與毛羽管理

對於需要較平滑表面、較少起毛與較柔和觸感的丹寧布，中性纖維素酶可被用於生物拋光。此應用尤其適合不追求極端破壞感，而是需要乾淨外觀、手感改善與穩定量產品質的品牌線。纖維素酶在紡織加工中的應用研究顯示，其表面改質能力可支援多種纖維素基材的整理需求 [6]。

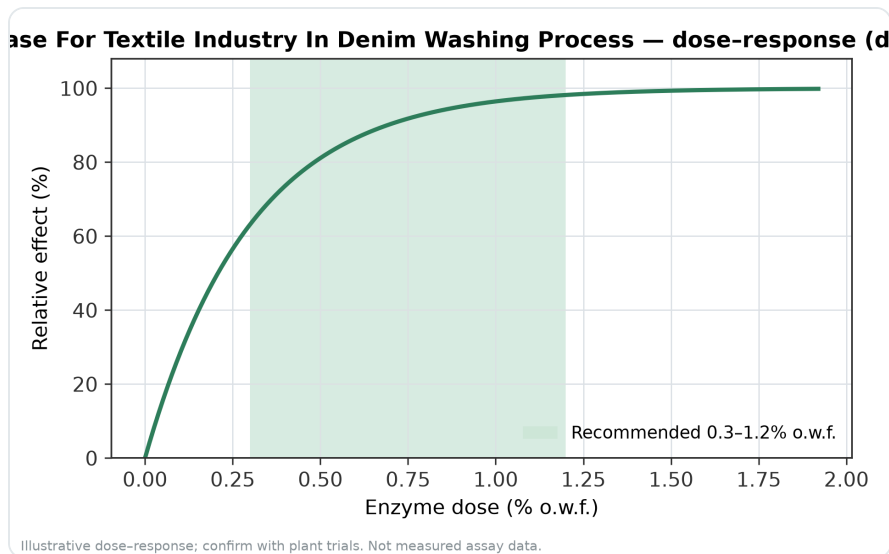


Figure 7. 紡織工業牛仔布水洗製程用中性纖維素酶在建議用量範圍 (0.3–1.2% o.w.f.) 內的示意劑量反應。

與現代紡織製程管理的關係

丹寧洗水正逐漸從經驗導向走向數據化與可追溯製程管理。雖然中性纖維素酶本身是生物催化工具，但其實際價值往往來自穩定的配方案管理、批次紀錄、機械條件控制與成衣結果回饋。紡織與服裝領域的 Industry 4.0 系統性回顧指出，數位化、資料整合與智慧製造正在改變紡織產業的生產管理方式，這也會影響酵素洗等濕加工流程的控制邏輯 [13]。

近年人工智慧也被納入染整與後整理研究，用於預測色差、優化參數與降低重工。對丹寧水洗而言，這意味著中性纖維素酶不只是「添加一種酵素」，而是可被納入參數化管理的製程變數之一。關於染色、印花與整理中深度學習與 AI 的回顧指出，資料驅動工具正在被用於改善紡織加工的預測與決策能力 [14]。

Enzymes.bio 供應資訊

Enzymes.bio 是酵素供應商，提供多類酵素產品資訊與線上購買管道；本文所述 Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 可作為丹寧水洗與生物拋光流程中的酵素選項。Enzymes.bio 不是製造商，也不是實驗室；此文件以應用教育與技術理解為目的，協助使用者掌握中性纖維素酶在丹寧整理中的合理用途與限制。

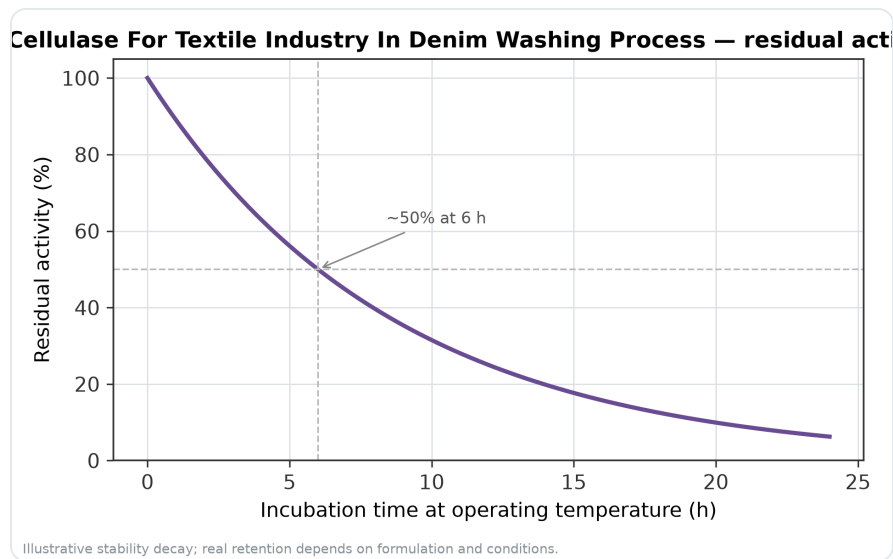


Figure 8. 紡織工業牛仔布水洗製程用中性纖維素酶的示意熱穩定性衰減——在操作溫度下，殘餘活性隨時間下降。

產品以 **1 kg 單位** 在線上直接銷售；下單後依線上訂單流程處理，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。對洗水廠、成衣整理單位與品牌研發團隊而言，較務實的做法是把中性纖維素酶視為可整合進既有丹寧水洗流程的生物加工工具，並以自身布種、設備、外觀標準與品質要求建立可重複的製程條件 [4]。

結論

Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 的核心價值，在於以中性纖維素酶的表面水解作用，協助丹寧成衣形成自然洗舊、較柔和手感與較平滑布面，同時降低對傳統浮石機械磨耗的依賴。研究證據支持纖維素酶與丹寧 bio-stoning、紡織生物整理及較永續濕加工之間的關聯，但最終效果仍由布種、染料、設備、機械作用與製程條件共同決定 [2]。

對 B2B 使用者而言，中性纖維素酶不是誇張承諾式的萬用解方，而是一項可被整合、可被參數化管理、且有研究基礎的丹寧水洗工具。當目標是兼顧外觀、手感、布面品質與製程永續性時，它能在生物石洗與生物拋光階段提供明確而實用的技術價值 [1]。

線上訂購 Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim 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 Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim 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. Khan, M. F. (2025). Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. *The Scientist*.
2. Ahmed, J., Asma-Ul-Taslim, J., Raihan, T., Shohag, M., Hasan, M., Suhani, S., Qadri, F., ... et al. (2022). Characterization of an endo-beta-1,4 glucanase gene from paper-degrading and denim bio-stoning cellulase producing *Aspergillus* isolates. *Biotechnology and applied biochemistry*, 70, 1057 - 1071.
3. Montazera, M., & Maryanb, A. S. (2007). A comparative Study of Different Stone and Bio-stone Washing of Denim.
4. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
5. 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*.
6. Napte, S. U., & Dixit, P. P. (2024). Applications of cellulase enzyme in textile industry purified from *Bacillus paramycoides* S 5. *International Journal of Science and Research Archive*.
7. Demirhan, E., Kut, D., Karakaya, E., Yıldırım, İ., Liaqat, F., & Khazi, M. I. (2026). Sustainable bio-finishing of denim fabric using a novel thermostable cellulase from mutant *Bacillus subtilis* IE3 for reduced environmental impact. *International Journal of Biological Macromolecules*, 151223 .
8. Boondaeng, A., Keabpimai, J., Trakunjae, C., Vaithanomsat, P., Srichola, P., & Niyomvong, N. (2024). Cellulase production under solid-state fermentation by *Aspergillus* sp. IN5: Parameter optimization and application. *Heliyon*, 10.
9. Бектаев, К., Абзалбекұлы, Б., Онем, Е., Сарыбаева, Ә., Мирзамуратова, Р. Ш., Ташмухамедов, Ф., Гафуров, Ж., ... et al. (2025). Microscopic analysis of the structures of textile materials dyed with natural dyes. *The Journal of Almaty Technological University*.
10. Taslim, A., Hakim, A., & Kalam, A. M. A. (2025). Bio-decolorization of Direct Textile Dyes by *Aspergillus* Isolates Producing Denim Bio-stoning Cellulase. *Bangladesh Journal of Microbiology*.
11. Zhang, Z., Xing, J., Li, X., Lu, X., Liu, G., Qu, Y., & Zhao, J. (2024). Review of research progress on the production of cellulase from filamentous fungi. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134539 .
12. Marinova, V., & Radev, R. (2023). Sustainability of the European textile industry. *E3S Web of Conferences*.
13. Forno, A. J. D., Bataglini, W. V., Steffens, F., & Souza, A. A. U. (2021). Industry 4.0 in textile and apparel sector: a systematic literature review. *Research Journal of Textile and Apparel*.

14. Ingle, N., & Jasper, W. J. (2024). A review of deep learning and artificial intelligence in dyeing, printing and finishing. *Textile research journal*, 95, 625 - 657.

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。