

Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects : 低溫丹寧石洗用纖維素酶粉的技术解析

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

酵素名稱與主要應用：Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects，主要用於丹寧成衣洗水、牛仔布石洗效果、酵素洗、表面去毛羽與柔軟化整理。

這類低溫丹寧用酵素粉通常以纖維素酶作用為核心，透過選擇性改質棉纖維表層，使靛藍染色丹寧在較低至中等洗滌條件下形成自然褪色、柔軟手感與類石洗外觀。相較單純依賴浮石、強氧化或高溫洗程，酵素處理可提高表面整理的可控性，並有機會降低機械磨耗、能源需求與部分廢水負荷；但最終效果仍取決於布種、機械作用、pH、時間與後段整理流程的整合 [1]。

產品定位：低溫丹寧洗水用的纖維素酶粉

Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects 是供丹寧洗水與成衣後整理使用的酵素粉，應用重點不是「漂白」本身，而是透過纖維素酶對棉纖維表面進行有限水解，讓表層微纖維、毛羽與鬆散纖維更容易在滾筒摩擦中脫落，進而帶出靛藍染色丹寧常見的泛白、磨舊與柔軟手感。丹寧酵素處理在研究與工業應用中已被廣泛討論，尤其是利用 cellulase 取代部分傳統石洗或改善成衣表面質感的做法 [2]。

這項產品適合被視為「工藝輔助型酵素原料」，而不是單獨決定外觀的完整洗水方案。Enzymes.bio 的角色是酵素供應商，並非製造商或檢測實驗室；該品項以 1 kg 單位線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單提供，方便工廠在接收後依內部安全與批次管理流程使用。產品資訊可作為導入低溫丹寧酵素洗的材料參考，但量產外觀與品質仍需由使用端依自有設備與布種條件調整。

為什麼丹寧石洗會使用纖維素酶？

傳統石洗主要依靠浮石與成衣表面的機械摩擦，讓靛藍染料層與表面纖維被磨除，形成不規則的磨舊效果；缺點是石料會破碎、產生沉積物與設備負擔，也可能造成縫線、口袋邊、布面局部過度磨損。纖維素酶的價值在於它能先削弱棉纖維表層的微細結構，使後續或同步的機械作用更容易產生可見褪

色，因此可作為減少石料用量、縮短粗磨處理或改善手感的工具 [3]。

丹寧的靛藍染色多集中於紗線表面，染料並非完全深入整條纖維內部；因此，當酵素作用於表層纖維素並配合滾筒撞擊、布料互磨或少量石料摩擦時，被削弱的表面纖維與附著染料會一起移除，形成視覺上的泛白與高低對比。這種機制與氧化漂白不同：酵素不直接氧化染料，而是透過纖維表面改質間接促進染料移除 [1]。

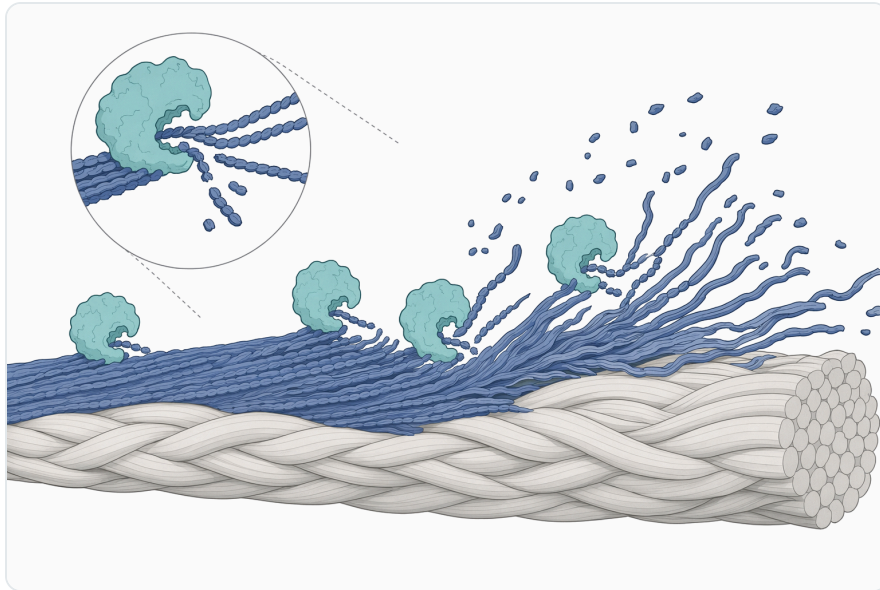


Figure 1. 纖維素酶會削弱外露的棉質纖維素原纖，使滾筒翻動時能去除帶有靛藍染料的表層物質，從而形成丹寧褪色效果。

「低溫」在丹寧酵素洗中的意義

低溫型丹寧酵素粉的重點，是在較低至中等洗滌溫度下仍保有實用的表面整理作用，使洗水廠不必完全依賴高溫條件來推動反應。這對含彈性纖維的牛仔褲、帶有熱敏性輔料的成衣、或希望降低蒸汽與加熱成本的產線特別有意義；不過，低溫並不代表反應與溫度無關，而是代表配方被設計為在較溫和條件下仍可用於工業洗程 [4]。

在實務上，溫度會改變酵素反應速率、纖維膨潤程度、染料移除效率與布面手感。低溫條件通常可降低熱傷害與能源需求，但若機械作用不足、處理時間不合適或布面結構過於緊密，外觀可能偏輕、偏均勻或褪色不足。因此，低溫酵素洗的核心不是單純把溫度降下來，而是重新平衡「酵素作用、機械作用、時間、pH 與後處理」之間的關係 [2]。

作用機制：纖維素酶如何形成 stone-wash effects

纖維素酶是一組能水解纖維素 β -1,4-葡萄糖苷鍵的酵素系統，常見作用包括切割非晶區、削弱外露微纖維與促進纖維表層斷裂。丹寧布主要以棉纖維為基底時，酵素會優先接觸洗液可達的表面區域，例如毛羽、突起纖維、紗線外層與經摩擦後較鬆散的纖維素結構；這些區域被部分水解後，更容易在滾筒洗水中脫落 [5]。

這種表面選擇性是丹寧酵素洗能被工業採用的關鍵。受控條件下，酵素不需要深度破壞整條纖維，也能透過移除少量表層材料造成明顯外觀變化；若控制得當，可在取得泛白、柔軟與去毛羽效果的同時，避免過度降低布料強度。相反地，若處理時間過長、機械作用過強或化學環境不適合，纖維表面可能被過度移除，進而導致重量損失、強度下降或破洞風險增加 [6]。



Figure 2. 低溫纖維素酶旨在較低溫或中等溫度的洗滌條件下提供有效的表面作用，同時支援成衣處理與能源管理目標。

丹寧 stone-wash effects 的「自然感」不是只由酵素決定，而是由酵素與布料運動共同產生。成衣在滾筒中翻轉時，凸起處、縫線邊緣、口袋角、褶皺與布面接觸點會承受較多摩擦；酵素讓這些受力區域的表面纖維更容易被帶走，因此高點會更快泛白、低點保留較多深色，形成牛仔褲常見的立體磨舊效果 [3]。

可達成的應用效果

1. 自然褪色與磨舊外觀

低溫丹寧酵素粉可用於建立自然泛白、穿著感與較柔和的石洗外觀。與強氧化漂白相比，酵素洗通常更偏向表面剝離與物理視覺改質，因此色相變化較依賴原始靛藍染色深度、布面組織、浴中機械作用與後段漂洗。研究指出，酵素處理對丹寧成衣的色變、重量變化與手感都有顯著影響，但不同工藝條件會導致不同結果 [2]。

2. 去毛羽與 bio-polishing

丹寧布面與棉織物表面的毛羽會影響觸感、視覺潔淨度與後續穿著起毛狀況。纖維素酶可削弱突出的微纖維，使其在洗水過程中脫落，讓表面更平整、手感更柔順；這類 bio-polishing 效果不僅用於牛仔褲，也常被視為棉織物後整理的重要方向。纖維素酶在紡織應用中的表面整理價值，與其對纖維素基材的選擇性水解能力有關 [7]。

3. 減少浮石依賴

酵素可以搭配少量浮石使用，也可在某些款式中部分取代浮石。其效益包括降低石屑、減少機台清理負擔、降低布面粗暴磨損，以及讓工藝控制更依賴可調參數而非石料批次與破碎狀態。近年針對 denim washing 的研究也持續把 cellulase 視為降低 pumice consumption、改善環境表現與維持外觀效果的主要技術路徑之一 [3]。

4. 較溫和處理彈性丹寧與複合成衣

彈性丹寧含有氨綸或其他彈性纖維時，高溫、強氧化與過度機械磨耗可能影響回彈、尺寸穩定或縫線表現。由於纖維素酶主要作用於棉纖維素，對非纖維素合成纖維的直接水解作用有限，因此低溫酵素洗可成為較溫和的表面改質選項；不過，成衣中的皮標、金屬件、印花、縫線與樹脂整理仍可能影響最終結果 [8]。



Figure 3. 可見的丹寧洗舊效果會先出現在外露且摩擦較高的區域，因為鬆動的原纖與帶有靛藍的碎片最容易在這些部位脫落。

與傳統石洗、漂白整理的比較

工藝路徑	主要作用方式	外觀特徵	對布料與設備的影響	環境與流程考量
傳統浮石洗	石料與成衣表面摩擦	局部磨舊強、隨機性高	可能造成布面損傷、石屑沉積與設備負擔	石料處理、污泥與清潔成本較高
強氧化漂白	化學氧化染料或纖維表層	褪色快，可做明顯色變	若控制不當，可能傷纖維、影響縫線與彈性	藥劑管理與廢水處理壓力較高
低溫纖維素酶洗	表面纖維素有限水解，配合機械作用移除染料層	自然泛白、柔軟、去毛羽，可調性佳	過度處理仍可能造成重量與強度損失	有機會降低石料、熱能與部分強化學步驟依賴
酵素+少量石料	酵素削弱表層，石料強化高點磨耗	兼具自然感與較明顯對比	可降低粗磨強度，但仍需管理石屑	常用於平衡外觀、效率與布面保護

這張比較可看出，低溫酵素粉不是把所有傳統工藝完全取代，而是提供一個更可控的表面改質工具。若品牌需要極端破壞、貓鬚、局部噴砂感或高對比手工效果，仍可能需要與雷射、樹脂、局部擦磨或氧化步驟搭配；若目標是柔和石洗、降低浮石依賴、改善布面手感，酵素處理通常更容易融入現有洗水流程 [9]。

影響成品效果的關鍵工藝因素

丹寧酵素洗的視覺效果會受到布料結構強烈影響。開放組織、較鬆紗線或表面毛羽較多的布料，通常更容易出現明顯酵素洗效果；緊密高支紗、樹脂預整理或表面較封閉的布料，反應可能較慢或外觀較均勻。不同酵素處理對丹寧成衣外觀、機械特性與重量變化的影響在文獻中已有比較，顯示布種與加工條件不可分開討論 [2]。

機械作用是第二個關鍵。酵素負責削弱纖維表面，但褪色圖案多半由成衣在機器內的翻動、撞擊與摩擦決定；裝載量、浴比、轉速型態、是否加入石料、成衣尺寸與縫製結構，都會改變高點磨耗與布面接觸模式。因此，同一酵素粉在不同機台或不同款式上，可能呈現不同的 stone-wash effects [3]。

pH 與洗液組成也會影響酵素表現。纖維素酶是蛋白質催化劑，對酸鹼環境、金屬離子、表面活性劑、螯合劑、氧化劑與其他整理助劑可能有不同敏感性。若酵素步驟與氧化漂白、樹脂整理或其他化學程序安排不當，可能造成活性下降、效果不穩定或布面反應過度；單浴單階段的丹寧酵素處理研究，也反映出流程整合對效率與穩定性的影響 [4]。

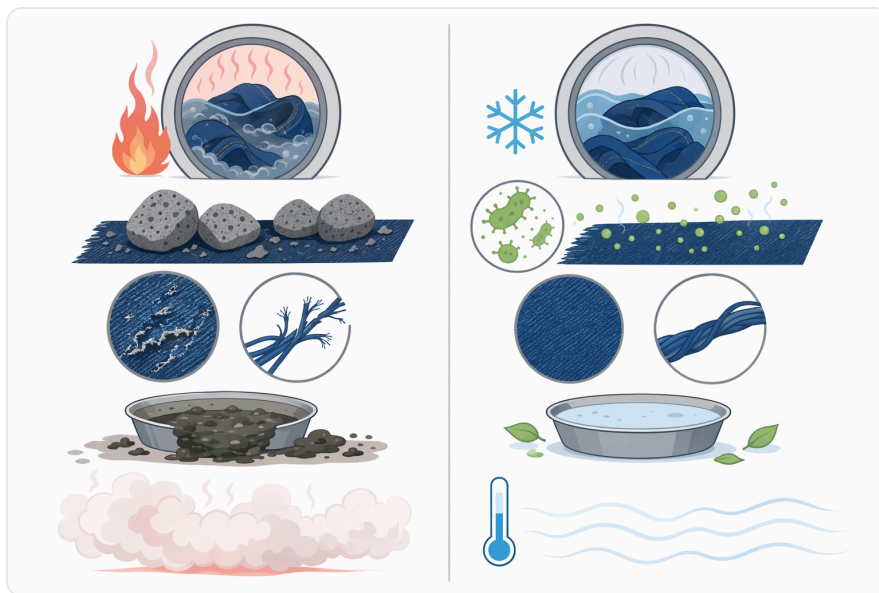


Figure 4. 純石洗、纖維素酶洗、酵素加石洗，以及化學褪色等方式，主要差異在於效果是由摩擦、生物性表面水解、兩者結合作用，還是化學反應所驅動。

時間與終止控制則關係到強度保留。酵素反應若持續太久，表層材料移除會逐步累積，可能造成布面變薄、撕裂強度下降或局部破損。丹寧洗水研究常把殘餘變形、重量、尺寸與力學性質納入評估，原因正是外觀整理與耐用性之間存在平衡；對商業生產而言，漂亮的褪色必須同時符合穿著壽命與客訴風險管理 [6]。

低溫酵素洗的永續與營運價值

從營運角度看，低溫酵素處理的直接價值之一是降低加熱負擔。洗水廠若能在較溫和水溫下完成部分表面整理，就有機會減少蒸汽或熱水使用，並降低對熱敏性輔料的壓力。丹寧產業近年面臨水、能源、化學品與廢棄物壓力，從纖維到後整理都在尋找更低衝擊的替代方案，酵素整理正是其中較成熟的一類技術 [9]。

另一個價值是降低粗暴機械處理的依賴。浮石石洗雖然效果直覺，但石料破碎會增加污泥、排水與清機問題，也可能加劇機台磨耗；以纖維素酶輔助石洗，可在維持自然磨舊視覺的同時，減少部分石料或縮短強摩擦階段。針對 denim washing 的研究已明確把 cellulase enzymes 與減少 pumice consumption、提升環境友善性連結在一起 [3]。

不過，永續效益不應被簡化為「使用酵素就一定更環保」。如果酵素洗造成過度重洗、返工、布料報廢或後段漂洗增加，整體資源消耗仍可能上升。因此，真正的效益來自穩定的工藝整合：以適當條件達成目標外觀、降低不必要的高溫與粗磨，同時保持強度、尺寸與色差在可接受範圍內 [1]。

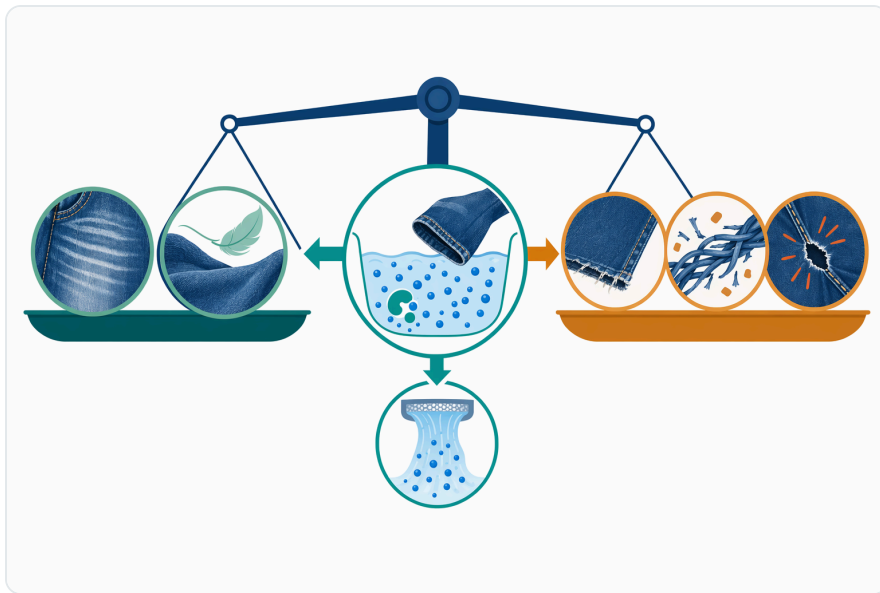


Figure 5. 丹寧酵素洗必須在更強的褪色與柔軟手感，以及重量損失、強度下降、邊緣變薄和返染之間取得平衡。

與樹脂、整理劑與後段加工的相容性思考

丹寧成衣常會經過樹脂定型、柔軟整理、漂白、染補色、酵素洗、矽油柔軟與烘乾等多段加工。若布料已經使用交聯樹脂或丙烯酸類整理劑，表面可及性、手感與機械強度都可能改變，進而影響酵素是否能順利接觸棉纖維表面。關於 DMDHEU 改質與丙烯酸樹脂在酵素洗前後對丹寧棉織物機械性質的影響，已有研究顯示前處理與後整理順序會改變布料表現 [8]。

因此，低溫酵素粉在實際流程中常被放在一個需要協調的位置：太早使用，後段強化學處理可能掩蓋或改變酵素效果；太晚使用，既有樹脂或柔軟膜又可能限制酵素接觸纖維。較穩妥的觀念是把酵素視為「表面開放與改質」步驟，並根據目標外觀安排在合適節點，而不是把它當作所有後整理問題的單一解方 [4]。

風險與限制：避免把酵素效果過度神化

低溫纖維素酶粉雖能改善丹寧洗水效率與手感，但它仍會作用於棉纖維本身；若工藝控制不當，重量損失、強力下降、布面發脆或局部破洞都可能發生。尤其是輕磅布、彈性丹寧、經過多段化學處理的成衣，或本身紗線強度較低的布種，更需要避免把褪色效果推到纖維承受極限 [6]。

另一項限制是外觀可預測性。酵素可以提高反應的生化可控性，但丹寧成衣的最終視覺仍受縫製結構與機械運動影響；同批布料若尺寸、版型、口袋厚度或裝載方式不同，高低點磨耗仍會不同。因此，低溫酵素洗更適合被用來建立可重複的基礎泛白與手感，而不是單獨創造所有局部破壞效果 [2]。

此外，纖維素酶是蛋白質材料，儲存與使用上需避免潮濕、高熱與不相容化學品造成性能下降。Enzymes.bio 隨訂單提供 CoA 與 SDS，可協助使用端掌握批次文件與安全資訊；但實際儲存、投料與現場管理仍須依工廠內部規範執行，並與既有化學品管理制度銜接。



Figure 6. 低溫纖維素酶粉可支援純酵素的乾淨褪色、酵素輔助的減石復古效果、更平滑的生物拋光時尚洗水，以及深色丹寧的輕度洗舊。

適合導入的生產情境

若洗水廠的目標是降低石料使用量、改善牛仔褲手感、在較低溫條件下取得自然泛白，或希望把傳統石洗改為更可控的酵素輔助流程，這類低溫丹寧酵素粉會是合理選項。它尤其適合用於中淺洗、柔和舊化、bio-polishing、成衣表面清潔化，以及需要兼顧外觀與布料強度的商品線 [3]。

若目標是極高對比、強破壞、局部砂洗感或非常快速的大幅脫色，單靠纖維素酶通常不足以達成全部效果，仍可能需要與機械、雷射、氧化或局部加工結合。換言之，酵素的強項是選擇性、可調性與較溫和的表面修飾；它不是所有丹寧視覺效果的替代品，而是洗水工程中可用來降低粗暴處理比例的重要工具 [9]。

對品牌與加工廠而言，導入低溫酵素洗的價值也包含品質一致性。當外觀目標、布種與設備條件固定後，酵素處理可透過流程參數重複設定，建立比單純依賴浮石磨耗更穩定的基礎效果。研究中對不同酵素處理丹寧成衣的比較，也支持酵素類型與條件選擇會明顯影響整理結果 [2]。

Enzymes.bio 供應品的使用定位

Enzymes.bio 提供的 Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects 可作為現成 1 kg 單位的商業酵素供應品，適合已有丹寧洗水設備、希望導入低溫酵素洗或優化 stone-wash effects 的工廠與工作室採購使用。由於 Enzymes.bio 是供應商而非製造商或檢測實驗室，產品應被理解為可納入既有工藝驗證的酵素原料，而不是附帶客製化製程保證的製造端方案。



Figure 7. 該產品以 1 公斤裝丹寧洗滌用纖維素酶粉末於線上訂購，並提供訂單處理、出貨、分析證明書及安全資料表。

隨訂單提供的 CoA 與 SDS，對接收、倉儲、安全操作與內部文件管理有實務價值。CoA 可協助使用端確認該批次的基本文件資訊，SDS 則支援安全、儲存與操作注意事項；至於實際褪色深度、手感、強度保留與石料減量幅度，仍需要由使用端依布種、設備與目標款式建立內部工藝條件。

技術結論

Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects 的核心價值，在於以低溫可用的纖維素酶作用協助丹寧表面改質，讓棉纖維表層毛羽與鬆散纖維在機械作用下更容易脫落，進而形成自然褪色、柔軟與石洗感。公開研究支持纖維素酶在丹寧生物整理、去毛羽與石洗輔助中的有效性，也指出其效果會隨布料、機械條件、pH、時間與後處理安排而改變 [1]。

對希望降低高溫、浮石與強化學處理依賴的丹寧加工流程而言，低溫酵素粉是一項成熟且可整合的工具；但它必須被放在完整洗水工程中評估，而不是被視為單一萬用添加物。當工廠能把酵素作用、機械磨耗、後段整理與品質控制連成一套穩定流程時，才最能發揮低溫丹寧酵素洗在外觀、手感、效率與永續面向上的綜合效益 [3]。

線上訂購 Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects

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 Low-Temperature Enzyme Powder For Denim Washing & Stone-Wash Effects →](#)

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. R., Mondal, I. H., & Uddin, Z. (2013). Sustainable Washing for Denim Garments by Enzymatic Treatment. *Journal of Chemical Engineering*, 27, 27-31.
2. Montazer, M., & Maryan, A. S. (2010). Influences of Different Enzymatic Treatment on Denim Garment. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 160, 2114-2128.
3. Naveed, S., & Zahid, B. (2025). Optimizing denim washing with cellulase enzymes eco-friendly method to reduce pumice consumption. *Pigment & Resin Technology*.
4. Islam, M. T., Huda, S., Alam, M. S., & Sahariar, M. F. (2024). Single-bath-single-stage enzymatic treatment of denim. *Results in Engineering*.

5. Bajar, S., Singh, A., & Bishnoi, N. (2020). Exploration of low-cost agro-industrial waste substrate for cellulase and xylanase production using *Aspergillus heteromorphus*. *Applied Water Science*, 10.
6. Fraj, A. B., Jaouachi, B., & Gazzah, M. (2022). Effect of washing treatment on residual bagging height of denim fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*.
7. Mostafa, F., Wehaidy, H. R., Sharaf, S., El-hennawi, H., Mahmoud, S. A., & Saleh, S. A. A. (2024). *Aspergillus awamori* MK788209 cellulase: production, statistical optimization, pea peels saccharification and textile applications. *Microbial Cell Factories*, 23.
8. Litim, N., Baffoun, A., & Abdessalem, S. (2016). Impact of Modified Dmdheu and Copolymer Acrylic Resin Using Spraying Treatment Before and After an Enzymatic Washing on the Mechanical Properties of Denim Cotton Fabric. *viXra*.
9. Rethinking Denim. *Fashionforgood*.


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。