

مسحوق السليولاز المحايد لغسل ملابس الدنيم: إنزيم Neutral Cellulase لتأثيرات Bio-Washing والBiostoning

فريق الأبحاث في Enzymes.bio · ويلينغتون، نيوزيلندا · June 21, 2026

الإجابة المباشرة: مسحوق السليولاز المحايد لغسل ملابس الدنيم هو إنزيم مخصص لمعالجة الألياف السليلوزية السطحية في الجينز، بحيث يساعد الاحتكاك داخل الغسالة على إزالة جزء من الألياف الحاملة للإنديجو وإظهار تأثير باهت شبيه بالغسل الحجري. ميزته العملية أنه يوازن بين التلاشي اللوني، تقليل الوبر، خفض الاعتماد على أحجار الخفاف، والحد من التلطيخ العكسي مقارنة ببعض نظم السليولاز الأكثر حدة عند ضبط العملية جيدًا^[1].

ما هو Neutral Cellulase Powder For Denim Fabric Garment Washing؟

Neutral Cellulase Powder For Denim Fabric Garment Washing هو مستحضر إنزيمي على هيئة مسحوق، موجّه إلى عمليات غسل وتشطيب ملابس الدنيم المصنوعة من القطن أو من ألياف سليلوزية أخرى. يندرج المنتج ضمن تطبيقات السليولاز في صناعة النسيج، حيث تُستخدم السليولازات في biofinishing والbiostoning لتحسين ملمس القماش وإنتاج مظهر "مستعمل" أو "مغسول حجريًا" دون الاعتماد الكامل على التآكل الميكانيكي العنيف^[2].

تورد Enzymes.bio هذا المنتج عبر الشراء المباشر عبر الإنترنت في عبوة 1kg، مع إرفاق وثائق CoA و SDS مع الطلب. Enzymes.bio هنا موّدد ومنصة بيع للإنزيمات، وليست جهة مصنّعة ولا مختبر اختبار؛ لذلك ينبغي قراءة معلومات المنتج بوصفها معلومات توريد واستخدام صناعي عام، لا باعتبارها تقرير تصنيع أو بروتوكولًا تحليليًا داخليًا.

لماذا يستخدم السليولاز المحايد في غسل الدنيم؟

يعتمد الدنيم المصبوغ بالإنديجو على بنية خيطية يكون اللون فيها أكثر حضورًا على السطح مقارنة بلب الخيط، ولهذا فإن إحداث تغيير محدود في الألياف السطحية ينتج فرقًا بصريًا واضحًا. السليولاز لا يبيض الصبغة كيميائيًا، بل يضعف الألياف القطنية الدقيقة التي تحمل جزءًا من اللون، ثم تتكفل الحركة الميكانيكية في الغسالة بإزاحة هذه الأجزاء الضعيفة وإظهار مناطق أفتح^[3].

تطبيق السليولاز المحايد يهيم مصانع غسيل الملابس لأنه يوفر طريقًا بيولوجيًا مضبوطًا لإنتاج تأثيرات تلاشي وتباين، بدل الاعتماد المفرط على أحجار الخفاف أو المعالجات الكاشطة الثقيلة. وقد ركزت دراسات حديثة على تحسين تكلفة وإنتاجية غسل الدنيم الإنزيمي، بما في ذلك علاقة الإنزيم بالحجر والحركة ومخرجات اللون والمتانة، وهو ما يعكس أن الإنزيم أصبح عنصرًا هندسيًا في وصفة الغسل وليس مجرد إضافة ثانوية [1].

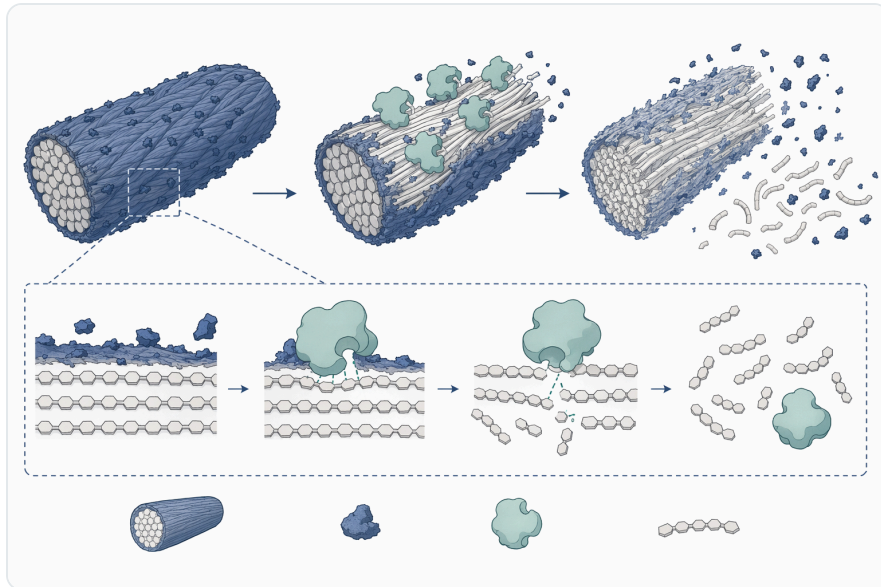


Figure 1. 중성 셀룰라아제는 데님의 표면 셀룰로오스 미세섬유를 가수분해하여 인디고가 묻은 보풀을 제거하고 제어된 워싱 효과를 내는 데 도움을 줍니다.

الآلية الإنزيمية: كيف يتحول فعل السليولاز إلى مظهر Stone-Wash؟

يتكون القطن أساسًا من السليلوز، وهو بوليمر خطي طويل من وحدات الجلوكوز المرتبطة بروابط بيتا. منظومات السليولاز الصناعية قد تشمل أنشطة متكاملة مثل الإندوجلوكاناز التي تقطع داخل السلاسل، وأنشطة أخرى تكمل تقصير السلاسل أو تحويل النواتج إلى سكريات أصغر؛ لكن التأثير المطلوب في الدنيم ليس التحليل الكامل للقماش، بل تعديل محدود على السطح فقط [4].

على سطح ألياف القطن، يهاجم السليولاز المناطق الأكثر إتاحة من السليلوز، خصوصًا الألياف الدقيقة والنتوءات والزرغب الخارجي. أظهرت دراسات باستخدام المجهرية السطحية أن معالجة القطن بالسليولاز تغير طبوغرافيا الليف وتدعم فكرة أن التأثير يبدأ من السطح، وهذا يفسر لماذا يرتبط الغسل الإنزيمي بتقليل الوبر وتحسين النعومة وليس فقط بتغيير اللون [3].

عند ضعف الألياف السطحية، تزداد قابليتها للانفصال تحت الاحتكاك بين الملابس وجدار الغسالة أو بين القطع نفسها. لأن الإنديجو مرتبط بصريًا بالطبقة السطحية، فإن إزالة هذه الشعيرات المصبوغة تكشف خيوطًا أو مناطق أقل تشبعًا باللون، فتظهر التأثيرات المرغوبة: تباين، تدرج، مظهر عتيق، وانخفاض في خشونة السطح [5].

ما الذي يميز السليولاز "المحايد" عن السليولاز الحمضي؟

وصف "محايد" لا يعني أن الإنزيم بلا شروط تشغيل، بل يعني أنه مصمم للعمل حول بيئة قريبة من التعادل، وهي بيئة أكثر ملاءمة لكثير من عمليات غسل الملابس الجاهزة مقارنة بالمعالجات الحمضية. عمليًا، يفضّل كثير من مصانع الدنيم السليولاز المحايد عندما تكون الأولوية هي تقليل التلطيخ العكسي والحفاظ على يد القماش ومثاقته قدر الإمكان، مع الوصول إلى تلاشي متدرج [6].

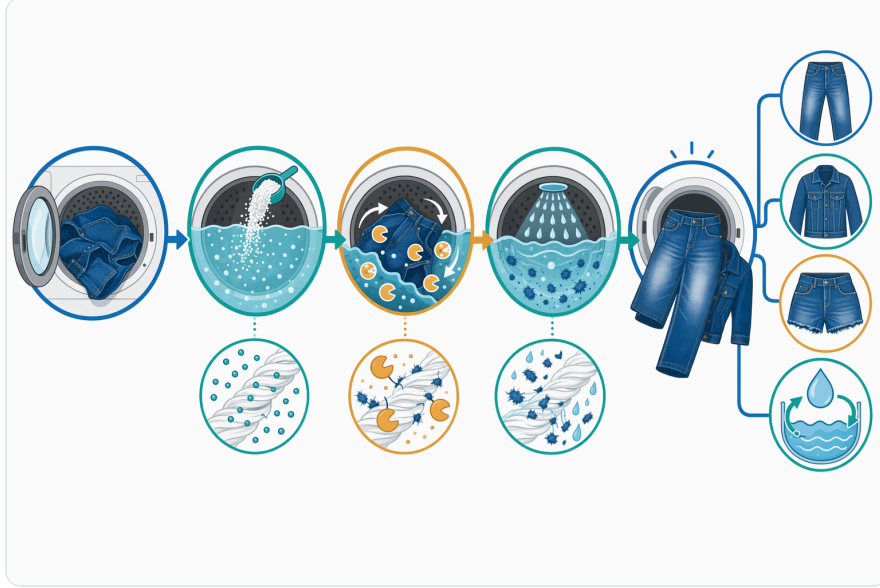


Figure 2. 의류 워싱 공정에서 중성 셀룰라아제를 데님 처리액에 첨가하면 바.이오 스톤워싱, 부드러운 촉감, 국부적인 탈색 효과를 얻을 수 있습니다

السليولاز الحمضي قد يعطي تآكلًا لونيًا سريعًا أو قويًا في بعض الوصفات، لكنه قد يرتبط بمخاطر أعلى في إعادة ترسيب اللون أو إضعاف القماش إذا لم تضبط العملية. في المقابل، يميل السليولاز المحايد إلى تقديم نافذة تشغيل أكثر هدوءًا في الدنيم، خصوصًا عندما تكون القطعة النهائية موجهة إلى جودة ملابس عالية وليس إلى تأثير تدميري حاد [2].

مقارنة عملية بين السليولاز المحايد والسليولاز الحمضي والغسل الحجري التقليدي

البند المقارن	السليولاز المحايد	السليولاز الحمضي	الغسل الحجري التقليدي بالخفاف
آلية التأثير	تعديل إنزيمي للألياف السطحية السيلولوزية ثم إزالة ميكانيكية معتدلة	تعديل إنزيمي قد يكون أشد في ظروف معينة	كشط ميكانيكي مباشر بواسطة الحجر
التلاشي اللوني	تدرجي وقابل للضبط نسبيًا	قد يكون قويًا وسريعًا حسب الوصفة	يعتمد بقوة على الحجر والحمل والحركة
التلطيخ العكسي	غالبًا خيار مفضل عند حساسية الـ Backstaining المهمة	قد يرتفع في بعض التركيبات والصبغات	ممكن بسبب انتقال اللون مع الماء والاحتكاك

البند المقارن	السليولاز المحايد	السليولاز الحمضي	الغسل الحجري التقليدي بالخفاف
أثره على المتانة	يهدف إلى توازن بين المظهر والحفاظ على القماش	قد يحتاج تحكماً أدق لتجنب فقدان زائد	يرفع مخاطر التلف الميكانيكي، خاصة عند الشدة العالية
المخلفات والتشغيل	يقلل الاعتماد على الخفاف وقد يخفض المخلفات الصلبة	مشابه من حيث تقليل الحجر إذا استخدم بديلاً	ينتج بقايا حجرية وقد يزيد تآكل المعدات
موضع الاستخدام الأنسب	Bio-washing و biostoning متوازن للدينيم القطني والمخلوط	وصفات تحتاج تأثيراً قوياً مع تحكم صارم	تأثيرات حجرية تقليدية أو وصفات ذات مظهر خشن جداً

تدعم الدراسات المقارنة في تشطيب الدينيم فكرة أن النتيجة لا تتحدد بنوع الإنزيم وحده، بل تتأثر أيضاً بنوع القماش والصبغة والحركة ومدة التعرض. لذلك ينبغي فهم الجدول كإطار تقني لاتخاذ القرار داخل عملية مضيطة، لا كقاعدة مطلقة تنطبق على كل دينيم أو كل غسالة^[7].

التحكم في الBackstaining: لماذا هو محور مهم في الدينيم؟

الBackstaining هو إعادة ترسيب الإنديجو أو الأصباغ المنزوعة على مناطق لا يراد تلطيخها، مثل الخيوط البيضاء أو الجهة الداخلية أو الجيوب. المشكلة ليست فقد لون فقط، بل فقد تباين: قد تصبح القطعة أقل حدة بصرياً لأن اللون المنتزع من المناطق الداكنة يستقر على المناطق الفاتحة^[8].

تساعد السليولازات المحايدة في الحد من هذه المشكلة عندما تكون متوافقة مع نظام الغسل، لأن إزالة الألياف تكون عادة أكثر تدرجاً وأقل ميلاً إلى إطلاق حمولة صبغية غير مسيطر عليها مقارنة ببعض المعالجات الأكثر عدوانية. ومع ذلك، فإن الBackstaining يتأثر أيضاً بالشطف، ونسبة الحمولة، ومكونات الوصفة، وبنية الدينيم، لذلك لا يصح اعتباره خاصية مضمونة بالإنزيم وحده^[9].



Figure 3. 중성 셀룰라아제는 주로 데님 바이오 스톤워싱, 면 직물의 유연화, 표면 보풀 제거, 부식 사용량 절감에 사용됩니다.

تأثير السليولاز المحايد على نعومة السطح وتقليل الوبر

إلى جانب التلاشي اللوني، يُستخدم السليولاز في biopolishing لتقليل الزغب والشعيرات الدقيقة التي تعطي القماش مظهرًا باهتًا غير مرغوب أو ملمسًا خشنًا. إزالة هذه النتوءات تجعل السطح أكثر انتظامًا وتساعد على إبراز بنية النسيج، خصوصًا في الدنيم ذي الخطوط القطنية السمكة [10].

هذا التأثير لا ينتج من "طلاء" أو إضافة طبقة تشطيب، بل من تعديل انتقائي للأجزاء البارزة من الليف. لذلك قد يجمع الغسل الإنزيمي بين مظهر أكثر نظافة، يد قماش أنعم، وانخفاض في قابلية تكوّن الوبر لاحقًا، بشرط ألا تتجاوز المعالجة الحد الذي يبدأ عنده فقدان الوزن أو انخفاض المتانة في التأثير على جودة القطعة [2].

علاقة الإنزيم بأحجار الخفاف والاستدامة التشغيلية

الغسل الحجري التقليدي يعتمد على الخفاف لإنتاج الاحتكاك، لكنه يسبب مخلفات صلبة، غبارًا وحببيات، تآكلًا في المعدات، واحتمال تلف زائد للملابس. إدخال السليولاز المحايد يسمح بتقليل دور الحجر أو استخدامه بصورة أخف في بعض الوصفات، لأن الإنزيم يضعف سطح الليف ويجعل الاحتكاك المطلوب للوصول إلى الأثر البصري أقل عنقًا [1].

من منظور الاستدامة، لا ينبغي المبالغة والقول إن الإنزيم يجعل العملية "بلا أثر بيئي"، لأن الغسل ما زال يستهلك ماء و طاقة و يتطلب إدارة للحمولة والمخلفات. لكن الأدبيات الحديثة في تشطيب الدنيم تشير إلى أن العمليات الإنزيمية جزء من توجه أوسع لتقليل الاعتماد على الكشط الشديد والكيماويات القاسية، وتحسين قابلية التحكم في المخرجات [9].

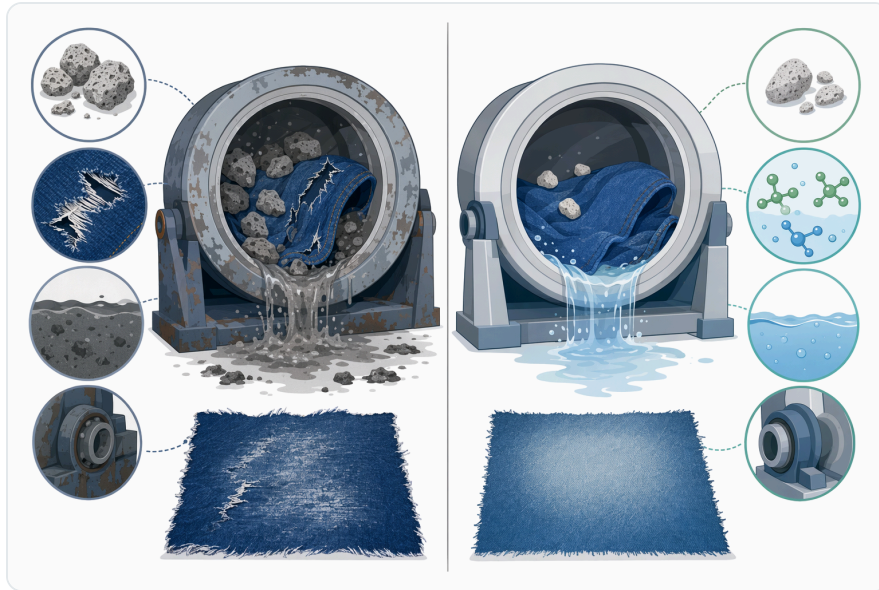


Figure 4. 부식만을 이용한 마찰 가공과 비교할 때, 중성 셀룰라아제 바이오 워싱은 석재로 인한 손상을 줄이고 고형 폐기물을 낮추면서 제어된 데님 탈색 효과를 제공할 수 있습니다.

ملاءمة السليولاز المحايد للأقمشة القطنية والمخلوطة

التطبيق الأساسي لهذا المنتج هو الدنيم القطني، لكن عمله يمتد إلى الأقمشة المحتوية على السليولوز مثل القطن المخلوط، القنب القطني، وبعض الألياف السليولوزية المصنعة. أظهرت دراسة على قماش مخلوط من القنب والقطن أن الغسل الإنزيمي يؤثر في مظهر القماش وخصائصه، ما يؤكد أن بنية الخليط ونسبة الألياف ليست تفاصيل هامشية بل عوامل تحدد استجابة العملية^[11].

في دنيم الجوت-قطن، تمت دراسة تأثير الإنزيم المحايد على خصائص القماش بعد الغسل، وهذا مهم لأن الألياف النباتية غير القطنية قد تختلف في الخشونة والبنية السطحية وقابلية إزالة الألياف الدقيقة. لذلك، عند التعامل مع دنيم مخلوط، يكون التوقع الأدق هو "تعديل قابل للضبط" لا "نسخ نفس مظهر القطن النقي"^[6].

الأقمشة المحتوية على إيلاستان أو خيوط مرنة تتطلب عناية إضافية، لأن التلف لا يرتبط بالسليولوز وحده بل أيضًا بحساسية الخيوط المرنة للحركة والحرارة والمواد المصاحبة. وقد ناقشت دراسات حديثة تأثيرات الغسل الحجري على راحة الدنيم وخواصه الميكانيكية منخفضة الإجهاد عند وجود مكونات مرنة، ما يبرز أهمية عدم النظر إلى الإنزيم بمعزل عن بنية الثوب كاملة^[12].

العوامل العملية التي تحدد النتيجة النهائية

أول عامل هو نوع الدنيم نفسه: كثافة النسيج، نمرة الخيط، طريقة الصباغة، التشطيب السابق، ومقدار الإنديجو المتاح على السطح. كل هذه التفاصيل تغير سرعة ظهور التلاشي ومدى احتمالية فقدان القوة، لذلك قد تعطي وصفاً واحدة نتائج مختلفة بين بنطال ثقيل، قميص دنيم خفيف، أو قماش مخلوط^[13].

العامل الثاني هو شدة الحركة الميكانيكية. السليولاز يضعف الألياف، لكنه لا يخلق مظهر الغسل الحجري وحده؛ فالاحتكاك هو الذي يزيح الألياف الضعيفة. لهذا تظهر في دراسات الدنيم أهمية الربط بين الإنزيم، مدة المعالجة، حركة الغسالة، والحجر أو البدائل الكاشطة عند استخدامها [7].

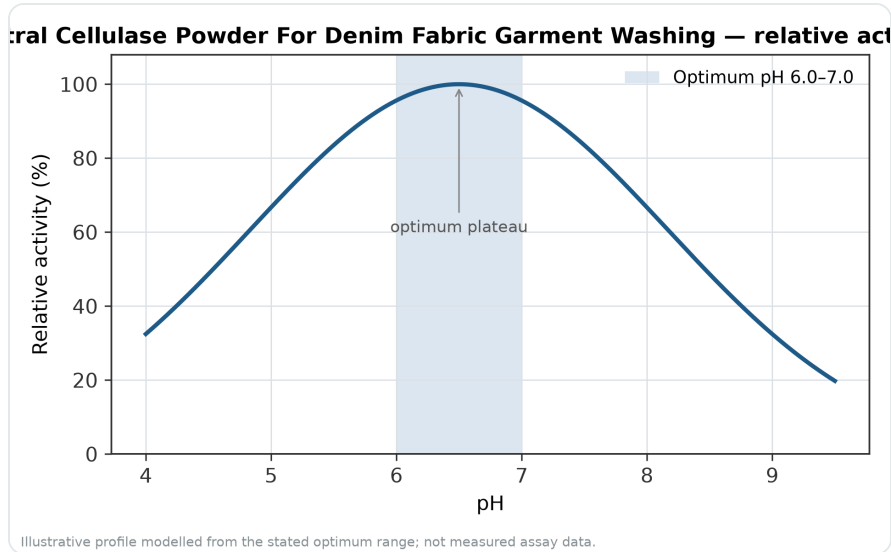


Figure 5. pH에 따른 데님 원단 의류 위싱용 중성 셀룰라아제 분말의 상대 활성으로, pH 6.0~7.0에서 최적 활성 구간을 나타냅니다

العامل الثالث هو توقيت إيقاف الفعل الإنزيمي والشطف اللاحق. بعد الوصول إلى الأثر البصري المطلوب، يجب منع استمرار الإنزيم في مهاجمة السليولوز حتى لا يتحول التعديل السطحي إلى فقد غير مرغوب في المتانة أو الوزن. الأدبيات النسيجية تؤكد أن ضبط خطوات المعالجة الرطبة بعد الإنزيم جزء أساسي من الحفاظ على خواص القماش [2].

التوازن بين التلاشي والمتانة وفقدان الوزن

أي معالجة بالسليولاز تحقق التلاشي عبر إزالة جزء من المادة السطحية، ولذلك يوجد دائمًا توازن بين المظهر وفقدان الكتلة أو القوة. المطلوب صناعيًا هو الوصول إلى التلاشي المرئي والنعومة دون تجاوز حد يصبح فيه القماش أضعف أو أكثر عرضة للتمزق أثناء الاستخدام [5].

تظهر أهمية السليولاز المحايد هنا لأنه يمنح عادة مسارًا أكثر تدرجًا، ما يساعد مدير العملية على إيقاف المعالجة عند نقطة مناسبة. دراسات النمذجة والتجارب على غسل الدنيم توضح أن خصائص مثل التشوه، الانتفاخ الموضعي، والخواص الميكانيكية بعد الغسل تتأثر بمجموعة عوامل متداخلة، لذلك لا يمكن اختزال جودة الغسل في "كمية إنزيم" فقط [14].

الدنيم المصبوغ بالإنديجو مقابل الدنيم المصبوغ أو المعالج بأصبغ أخرى

الدنيم التقليدي المصبوغ بالإنديجو يستجيب بوضوح للسليولاز لأن اللون متركز نسبيًا على السطح، لكن الأقمشة التي تضم أصبغًا كبريتية أو طبقات تشطيب إضافية قد تسلك سلوكًا مختلفًا. اختلاف نوع الصبغة يغير سهولة تحرير اللون، احتمالية التلطيخ العكسي، وشكل التباين بعد الغسل [8].

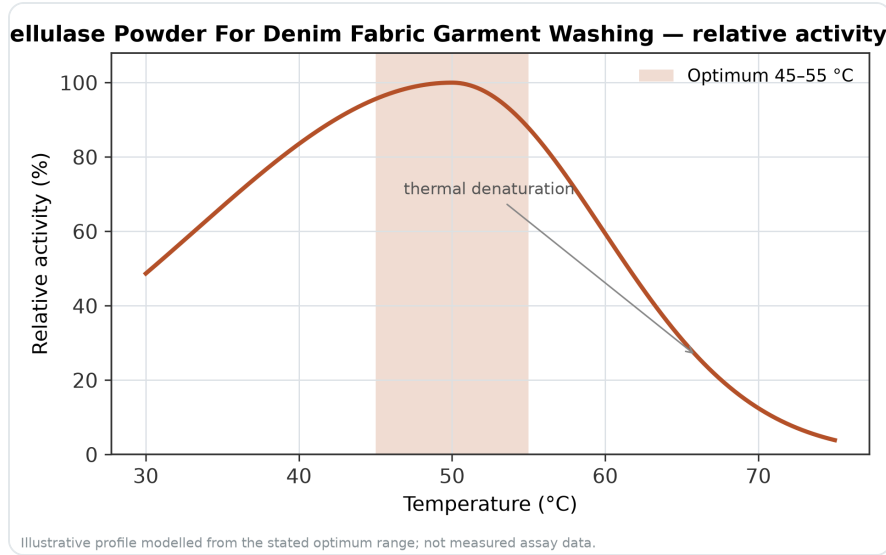


Figure 6. 온도에 따른 데님 원단 의류 워싱용 중성 셀룰라아제 분말의 상대 활성으로, 45~55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 저하가 나타납니다

لذلك، السليولاز المحايد ليس "مزيل لون" عامًا لكل الصبغات، بل أداة تشطيب لألياف سليولوزية مصبوغة بطريقة تجعل التعديل السطحي ذا أثر بصري. هذه النقطة مهمة في المنتجات السوداء أو الكبريتية أو ذات التشطيبات الراتنجية، إذ قد يكون المطلوب الجمع بين إنزيم وغسل لاحق أو خطوات معالجة أخرى للوصول إلى المظهر النهائي [15].

الاستخدام مع المعالجات الراتنجية والتشطيبات السابقة

بعض أقمشة الدنيم تعالج مسبقًا براتنجات أو مواد تشطيب لتحسين الثبات أو التحكم في التجعد أو إعطاء يد قماش معينة. هذه الطبقات قد تغير وصول الإنزيم إلى السليولوز، فتبطئ الفعل أو تجعله غير متجانس، وقد تؤثر في المتانة النهائية بعد الغسل [15].

عندما يكون القماش مطليًا أو معدّلًا كيميائيًا، لا يكون سطح السليولوز متاحًا بنفس الطريقة التي يكون عليها في القطن الخام أو الدنيم التقليدي. لذلك يجب تفسير أداء السليولاز المحايد داخل "تاريخ القماش" كله: غزل، صباغة، تحجيم، تشطيب، خياطة، ثم غسل ملابس جاهزة [2].

اعتبارات السلامة والتداول المهني

الإنزيمات بروتينات نشطة، وقد يسبب الغبار الإنزيمي تهيجًا أو تحسسًا عند الاستنشاق أو الملامسة غير المحكومة. التعامل المهني الرشيد يتطلب منع تطاير المسحوق، تجنب ملامسة العينين والجلد، واستخدام المعلومات الواردة في نشرة بيانات السلامة المرفقة مع الطلب عند إعداد إجراءات المصنع الداخلية.

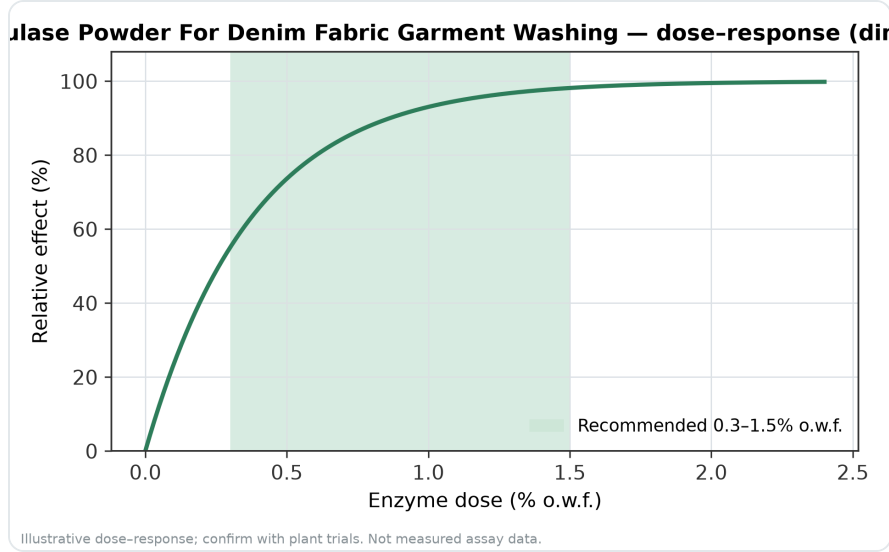


Figure 7. 권장 사용 범위(원단 중량 대비 0.3~1.5%)에서 데님 원단 의류 위생 용 중성 셀룰라아제 분말의 용량-반응 관계를 예시한 그래프입니다

لا ينبغي خلط الإنزيم عشوائيًا مع كيماويات قوية أو ظروف قد تعطل البروتين قبل أداء وظيفته، كما لا ينبغي ترك النشاط مستمرًا بعد الوصول إلى المظهر المطلوب. هذه ليست مسألة سلامة فقط، بل جودة أيضًا، لأن استمرار التحلل السطحي قد يؤثر في يد القماش وماتته ومظهره بعد التجفيف^[4].

التوثيق مع طلب Enzymes.bio

تُرفق Enzymes.bio شهادة التحليل **CoA** ونشرة بيانات السلامة **SDS** مع الطلب، وهو أمر مهم لفرق الجودة والسلامة في مصانع الغسيل لأنه يوفر تعريفًا للدفعة ومعلومات تداول أساسية. وبما أن Enzymes.bio ليست جهة تصنيع أو مختبرًا، فدور هذه الوثائق هو دعم الاستخدام والتتبع لدى العميل، وليس تقديم بروتوكول اختبار مفصل داخل هذا النص.

يُباع المنتج مباشرة عبر الإنترنت بعبوة **1kg**، ما يجعله مناسبًا للمستخدمين الصناعيين الذين يريدون شراء كمية محددة من منتج إنزيمي مخصص لغسل الدنيم دون الدخول في مسار عروض أسعار أو طلبات مخصصة. ويظل ضبط الوصفة والتشغيل مسؤولية عملية لدى منشأة الغسيل بحسب نوع الملابس والمعدات والنتيجة المرغوبة.

كيف تقرأ القيمة التقنية للمنتج؟

القيمة الأساسية لمسحوق السليولاز المحايد ليست أنه "ينتج جينزًا باهتًا" بطريقة آلية، بل أنه يوفر آلية حيوية محددة لتعديل سطح القطن. عند دمجها مع حركة ميكانيكية مضبوطة وشطف مناسب، يمكن أن ينتج تأثيرات تلاشي ونعومة وتباين مع تقليل الاعتماد على الحجر وخفض مخاطر التلف الميكانيكي الزائد [1].

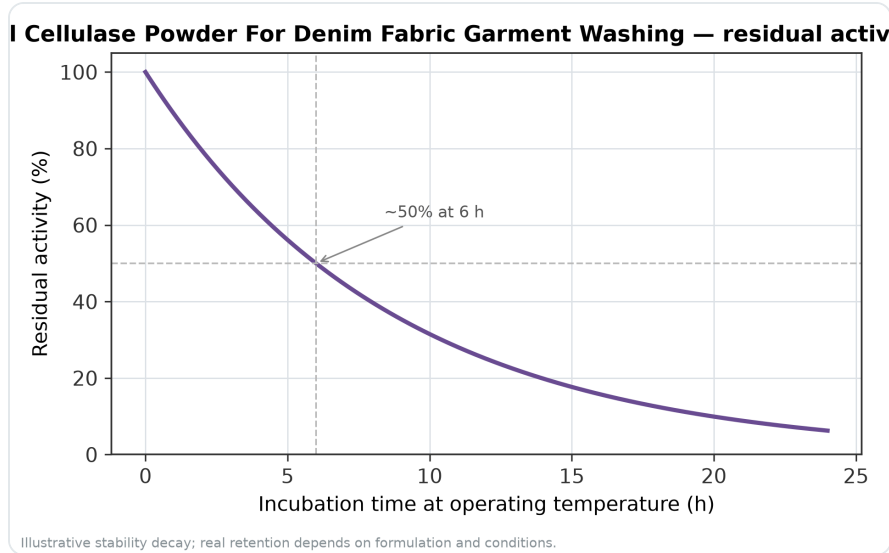


Figure 8. 데님 원단 의류 워싱용 중성 셀룰라아제 분말의 열 안정성 감소를 예시한 것으로, 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소함을 보여줍니다.

من الناحية العلمية، توجد أدلة قوية على استخدام السليولازات في معالجة القطن والدينيم، وأدلة تطبيقية متزايدة على دور الإنزيمات المحايدة في تشطيب الدينيم والمخاليط السليولوزية. لكن النتيجة النهائية تظل مشروطة بالقماش والصبغة والحركة والتشطيبات السابقة، ولذلك يجب النظر إلى المنتج كجزء من منظومة غسل، لا كعامل مستقل يضمن مظهرًا واحدًا لكل الملابس [6].

الخلاصة التقنية

مسحوق السليولاز المحايد لغسل ملابس الدينيم هو أداة إنزيمية فعالة لتطبيقات **bio-washing** و **biostoning** عندما يكون الهدف إنتاج مظهر باهت ومتباين مع تحسين نعومة السطح وتقليل الوبر. يعمل الإنزيم على الألياف السليولوزية السطحية الحاملة للصبغة، ثم تساعد الحركة الميكانيكية على إزالة هذه الأجزاء وإظهار تأثير stone-wash دون الاعتماد الكامل على أحجار الخفاف [3].

اختياره يكون منطقيًا خصوصًا عندما تهتم منشأة الغسيل بتقليل Backstaining، الحفاظ على متانة مقبولة، وخفض شدة الكشط الميكانيكي. تورد Enzymes.bio المنتج عبر الإنترنت في عبوة 1kg مع **CoA** و **SDS** مرفقين بالطلب، مع ضرورة التعامل معه كإنزيم صناعي ضمن وصفة معالجة مضبوطة وممارسات سلامة مناسبة.

اطلب Neutral Cellulase Powder For Denim Fabric Garment Washing عبر الإنترنت

يُباع بوحدة 1 kg، وهو متوفر في المخزون وجاهز للشحن. اطلب مباشرة من متجرنا — ادفع عبر الإنترنت وسنعالج طلبك. تُرفق شهادة التحليل ونشرة بيانات السلامة مع كل طلب.

→ [Neutral Cellulase Powder For Denim Fabric Garment Washing](#) اشتر

المراجع

مرقمة حسب ترتيب أول اقتباس. مصادر مفتوحة الوصول، تم التحقق من إتاحتها عند النشر؛ وترتبط أرقام الاستشهاد في النص هنا.

1. Xu, J., He, Z., Li, S., & Ke, W. (2020). Production cost optimization of enzyme washing for indigo dyed cotton denim by combining Kriging surrogate with differential evolution algorithm. *Textile Research Journal*, 90, 1860 - 1871.
2. Andraus, J., Colombi, B. L., Gonçalves, J. A., & Santos, K. C. A. (2019). Processing of cotton and man-made cellulosic fibers. *Advances in Textile Biotechnology*.
3. Lee, I., Lee, I., Evans, B., & Woodward, J. (2000). The mechanism of cellulase action on cotton fibers: evidence from atomic force microscopy. *Ultramicroscopy*, 82 1-4, 213-21
4. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.
5. Paralikar, K. M., & Bhatwadekar, S. P. (1984). Hydrolysis of cotton fibers by cellulase enzyme. *Journal of Applied Polymer Science*, 29, 2573-2580
6. Helal, M., Uddin, M., Rahman, M. M., & Alam, M. (2022). The Impact of Neutral Enzyme on Jute-Cotton Blended Denim Fabric. *GUB Journal of Science and Engineering*.
7. Fraj, A. B., & Jaouachi, B. (2022). Study of the effect of enzymatic washing parameters on the bagging properties of denim fabric with Taguchi method. *Journal of Surfactants and Detergents (JSD)*.
8. Beg, T., & Naveed, S. (2025). Experimental investigation of different denim washes on stones, denim fabric and effluent discharge. *Pigment & Resin Technology*.
9. Macit, A. Ş. (2025). Evaluation of Sustainable Washing Processes for Fashionable Effects in Denim. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*.
10. Calvimontes, A., Lant, N., & Dutschk, V. (2011). Cooperative Action of Cellulase Enzyme and Carboxymethyl Cellulose on Cotton Fabric Cleanability from a Topographical Standpoint. *Journal of Surfactants and Detergents*, 14, 307-316
11. Guo, Y., Sun, Z., Guo, X. Q., Zhou, Y., Jiang, L., Chen, S., & Ma, J. (2019). Study on enzyme washing process of hemp organic cotton blended fabric. *International Journal of Clothing Science and Technology*.

Siddique, A., Naeem, J., Azeem, A., Kit, C. C., Rauf, F., Liu, S., & Xu, Z. (2025). Mitigating elastane damage in denim stone washing: Effects on thermal comfort and low-stress mechanical performance. *Textile research journal*

Hossain, M. A., Hossain, M. A., Emon, J. H., & Islam, M. T. (2024). Effect of core material draft ratio and denier on core spun yarn and denim fabric properties pre and post washing. *Heliyon*, 10

Fraj, A. B., & Jaouachi, B. (2024). Contribution on Modeling of Bagged Denim Fabric Behavior After Mixed Washing Using PCA and Regression Techniques. *Journal of Natural Fibers*, 21

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*

تواصل مع Enzymes.bio

هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسرّ فريقنا مساعدتك.

→ تواصل معنا

الهاتف (الولايات المتحدة) +1 (507) 6057-428

البريد الإلكتروني wholesale@enzymes.bio

54 نخدم العملاء حول العالم

+60 شركاء بحثيون جامعيون

+400 عملاء B2B

© Enzymes.bio 2026 · توريد إنزيمات صناعية & لمعالجة الأغذية · غير مخصص للاستهلاك البشري أو البيع بالتجزئة.