مسحوق إنزيم السليولاز لعملية Stone Washing للدنيم: غسيل حجري حيوي أكثر تحكمًا

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

مسحوق إنزيم السليولاز المخصص لعملية **Stone Washing** يُستخدم في تشطيب الدنيم لإزالة جزء من الألياف القطنية السطحية الدقيقة، ما يساعد على تفتيح مظهر الإنديغو وتحسين نعومة القماش مع تقليل الاعتماد الكامل على أحجار الخفاف. تعرض Enzymes.bio هذا المنتج كمورّد إنزيمات للشراء المباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، وتُرفق مع الطلب وثائق CoA وSDS، مع بقاء النتيجة الصناعية مرتبطة بضبط عملية الغسيل نفسها وليس بالإنزيم وحده .

ما هو مسحوق إنزيم السليولاز لعملية Stone Washing؟

Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process هو مسحوق إنزيمي موجّه لتشطيب الدنيم والملابس القطنية عندما يكون الهدف هو إنتاج مظهر باهت أو مستعمل يشبه تأثير الغسيل الحجري التقليدي. في هذا التطبيق، لا يُقصد بالسليولاز هضم القماش، بل إحداث تعديل محدود في السطح السليولوزي لألياف القطن، بحيث تُزال الشعيرات الدقيقة والزغب السطحي بالتزامن مع الحركة الميكانيكية داخل آلة الغسيل [1].

تدرج Enzymes.bio المنتج ضمن منتجات السليولاز الموجهة لتطبيقات الغسيل الحجري للدنيم، وتوفره عبر صفحة منتج مباشرة بوحدة 1 كجم. ومن المهم صياغة ذلك بدقة: Enzymes.bio مورّد إنزيمات عبر الإنترنت وليست جهة مصنّعة ولا مختبر اختبار؛ لذلك تُفهم وثائق مثل شهادة التحليل **CoA** ونشرة بيانات السلامة **SDS** باعتبارها وثائق مرافقة للطلب تساعد في الاستخدام والتعامل الآمن، لا كبديل عن ضبط العملية داخل منشأة التشطيب .

السليولاز، علميًا، ليس إنزيمًا منفردًا بمعنى ضيق، بل عائلة أو نظام إنزيمي يعمل على السليولوز، وهو المكوّن البنيوي الرئيسي في القطن. تشرح مراجعات السليولاز أن المنظومة قد تشمل إنزيمات تقطع سلاسل السليولوز من الداخل، وأخرى تعمل على أطراف السلاسل، وأخرى تكمل تحويل النواتج القصيرة إلى سكريات أبسط؛ وفي النسيج تُستغل هذه القدرة بصورة سطحية ومحدودة بدل استخدامها للتحلل الكامل كما في تطبيقات الكتلة الحيوية [2].

لماذا يُستخدم السليولاز في الغسيل الحجري للدنيم؟

الغسيل الحجري التقليدي يعتمد على احتكاك أحجار الخفاف بالدنيم لإزالة جزء من الصبغة السطحية وإنتاج مظهر مستعمل. هذه الطريقة فعالة بصريًا، لكنها قد تسبب مشكلات تشغيلية معروفة: بقايا صلبة في الآلات، غبارًا وحبيبات تحتاج إلى تنظيف، تآكلًا ميكانيكيًا، واحتمال إجهاد القماش عند زيادة الاحتكاك أو طول الدورة [3].

السليولاز يوفر مسارًا مختلفًا: بدل الاعتماد على الاحتكاك وحده، يضعف الإنزيم الألياف الدقيقة البارزة على سطح القطن، ثم تساعد الحركة الميكانيكية على فصلها عن القماش. عند انفصال هذه الشعيرات السطحية، يتحرر معها جزء من الإنديغو المرتبط بالسطح، فيظهر تأثير التفتيح والنعومة؛ لذلك يُشار إلى العملية غالبًا باسم **biostoning** أو الغسيل الحجري الحيوي للدنيم [1].

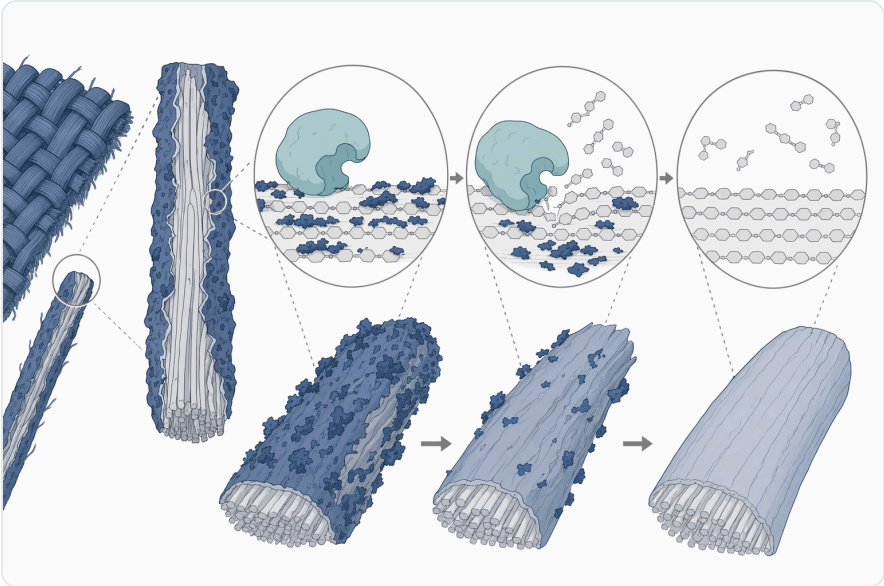

Figure 1. 셀룰라아제는 접근 가능한 면 표면의 미세 섬유에 작용하여, 기계적 텀블링으로 느슨해진 셀룰로오스와 인디고가 포함된 물질을 제거할 수 있게 합니다.

هذا لا يعني أن السليولاز يلغي دائمًا الخفاف أو يلغي الحاجة إلى الحركة الميكانيكية. في كثير من أنظمة التشطيب، يمكن استخدامه وحده أو ضمن معالجة مشتركة لتقليل شدة الاحتكاك أو تخفيف كمية الخفاف، بحسب مظهر الدنيم المطلوب وتصميم العملية. الأدبيات الخاصة بالمعالجة الإنزيمية للنسيج تؤكد أن الإنزيمات لا تعمل بمعزل عن الوسط والحركة وبنية القماش، بل تُعد عنصرًا داخل منظومة تشطيب كاملة [4].

آلية عمل السليولاز على سطح الدنيم

من السليولوز إلى التأثير البصري

القطن في الدنيم يتكون أساسًا من السليولوز، وهو بوليمر طويل من وحدات الغلوكوز المرتبطة في سلاسل مرتبة جزئيًا. عند صبغ الدنيم بالإنديغو، تكون الصبغة مرتبطة بدرجة كبيرة بالطبقات الخارجية من الخيوط، لذلك فإن أي تعديل محسوب في الألياف السطحية يمكن أن يغير مظهر اللون من دون الحاجة إلى اختراق كامل لبنية الليف [5].

تبدأ الآلية بارتباط مكونات السليولاز بالمناطق السليولوزية المكشوفة، خصوصًا الألياف الدقيقة والزغب الناتج عن الغزل والنسج والاحتكاك السابق. تقوم إنزيمات من نوع الإندوغلوكاناز بقطع روابط داخلية في مناطق أقل انتظامًا من السليولوز، ما يقلل تماسك الشعيرات السطحية؛ ثم تسهم مكونات أخرى من منظومة السليولاز في تقصير

السلاسل أو تفكيك النواتج الصغيرة، وفق تركيب النظام الإنزيمي المستخدم [6].

بعد إضعاف هذه الطبقة السطحية، تأتي أهمية الحركة الميكانيكية في آلة الغسيل. دوران الملابس واحتكاكها ببعضها وبجدار الجهاز يساعدان على نزع الشعيرات التي أصبح ارتباطها أضعف، فتقل الوبرية ويتحرر جزء من اللون السطحي. لذلك تُعد النتيجة النهائية تفاعلًا بين التحلل الإنزيمي المحدود والإزالة الميكانيكية، لا نتيجة كيميائية منفصلة عن ظروف المعالجة [7].

لماذا لا يذيب السليولاز القماش عند الاستخدام الصحيح؟

الفرق بين الاستخدام الصناعي المفيد والتلف غير المرغوب هو **عمق التأثير**. في الغسيل الحجري الحيوي، الهدف هو الطبقة الخارجية الدقيقة من ألياف القطن، لا جسم الخيط بالكامل. عندما تكون المعالجة مضبوطة، يُستغل السليولاز لإزالة الزغب وتعديل السطح؛ أما الإفراط في المعالجة فقد يؤدي إلى فقدان قوة أو ترقق أو تغير ملمس يتجاوز المطلوب [8].

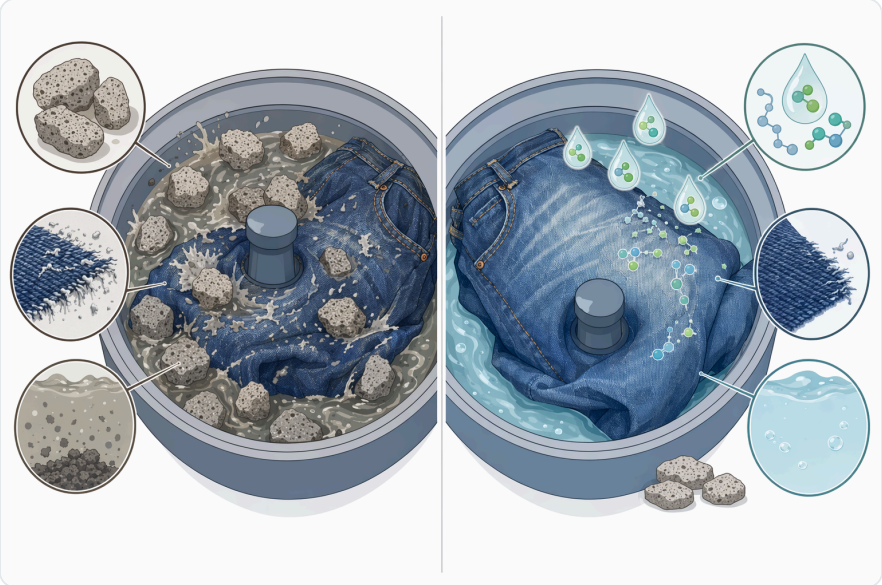

Figure 2. 부석만 사용하는 스톤 워싱은 단단한 광물의 마찰에 의존하는 반면, 셀룰라아제 보조 워싱은 표면을 선택적으로 가수분해하는 작용과 기계적 움직임을 결합합니다.

لهذا السبب تُعامل عملية السليولاز في الدنيم بوصفها عملية حساسة للوسط، ولنوع القماش، ولزمن التماس، ولشدة الحركة. إنزيمات السليولاز نفسها قد تختلف في تفضيلها للوسط الحمضي أو الأقرب إلى التعادل، وفي مدى ميلها إلى إحداث تفتيح قوي أو المحافظة على المتانة. مراجعات الغسيل الإنزيمي للدنيم تشير إلى أن الاختيار بين نظم مختلفة من السليولاز يرتبط غالبًا بالتوازن بين مظهر التفتيح، احتمالية إعادة الترسيب، وحفظ الخواص الفيزيائية [1].

مقارنة بين الغسيل بالخفاف والغسيل الحيوي بالسليولاز

يُفهم دور مسحوق السليولاز بوضوح أكبر عند مقارنته بالغسيل الحجري التقليدي. الجدول التالي يلخص الفروق العملية من منظور تشطيب الدنيم، مع التأكيد أن الاختيار النهائي يعتمد على نوع القماش ومظهر الموضة المستهدف وإعدادات خط الغسيل.

جانب المقارنة	الغسيل الحجري بالخفاف	الغسيل الحيوي بالسليولاز	معالجة مشتركة خفاف + سليولاز
آلية التأثير	احتكاك ميكانيكي مباشر يزيل صبغة سطحية وأليافًا دقيقة	تحلل إنزيمي محدود للشعيرات السليولوزية السطحية ثم فصلها بالحركة	الجمع بين إضعاف السطح إنزيميًا واحتكاك ميكانيكي مخفف
التحكم في المظهر	يعتمد بقوة على الاحتكاك وحجم الخفاف وحركة الآلة	أكثر ارتباطًا باستجابة القطن والوسط الإنزيمي وشدة الحركة	يسمح بتدرجات مظهر متعددة عند ضبط العملية
أثره على الآلات	قد يترك حبيبات وبقايا ويزيد التآكل	يقلل الاعتماد على المواد الصلبة الكاشطة	يمكن أن يخفض عبء الخفاف مقارنة بالاعتماد الكامل عليه
أثره على القماش	قد يعطي مظهرًا قويًا لكنه قد يجهد النسيج عند القسوة	يحسن النعومة ويقلل الزغب عند المعالجة المضبوطة	يوازن بين مظهر حجري واضح وتقليل الاحتكاك الزائد
نقاط الانتباه	بقايا صلبة، تنظيف لاحق، تفاوت احتكاكي	احتمال الإفراط في التحلل أو إعادة ترسيب الإنديغو إن لم تُضبط العملية	يتطلب تنسيقًا بين النشاط الإنزيمي والاحتكاك والشطف

تدعم الأدبيات الصناعية فكرة أن الإنزيمات، ومنها السليولاز، دخلت معالجة النسيج لأنها تسمح بعمليات أكثر انتقائية من كثير من المعالجات الميكانيكية أو الكيميائية القاسية. ومع ذلك، لا ينبغي تقديمها كحل يلغي كل التحديات؛ فهي تنقل جزءًا من عبء التحكم من الخفاف والاحتكاك إلى إدارة الوسط الإنزيمي والحركة والإيقاف والشطف [9].

الفوائد التقنية في تشطيب الدنيم

تفتيح الإنديغو بطريقة سطحية موجهة

من أهم فوائد السليولاز في Stone Washing أنه يتعامل مع موضع التأثير المطلوب: سطح الخيط القطني حيث يظهر الإنديغو للمستهلك. عبر إزالة الشعيرات الدقيقة وجزء من الطبقة السطحية، يظهر لون أفتح أو مظهر مستعمل من دون الحاجة إلى كشط عميق في كامل بنية القماش [1].

هذا التفتيح السطحي مناسب خصوصًا لملابس الدنيم التي تحتاج إلى توازن بين الموضة والمتانة. فالمظهر الباهت في الجينز لا يعتمد فقط على انخفاض اللون الكلي، بل على توزيع بصري للتفتيح عند الحواف والنتوءات ومناطق الاحتكاك؛ والسليولاز يساعد في توليد هذه الفروقات عندما تعمل الحركة الميكانيكية على إبراز المناطق

الأكثر تعرضًا [8].

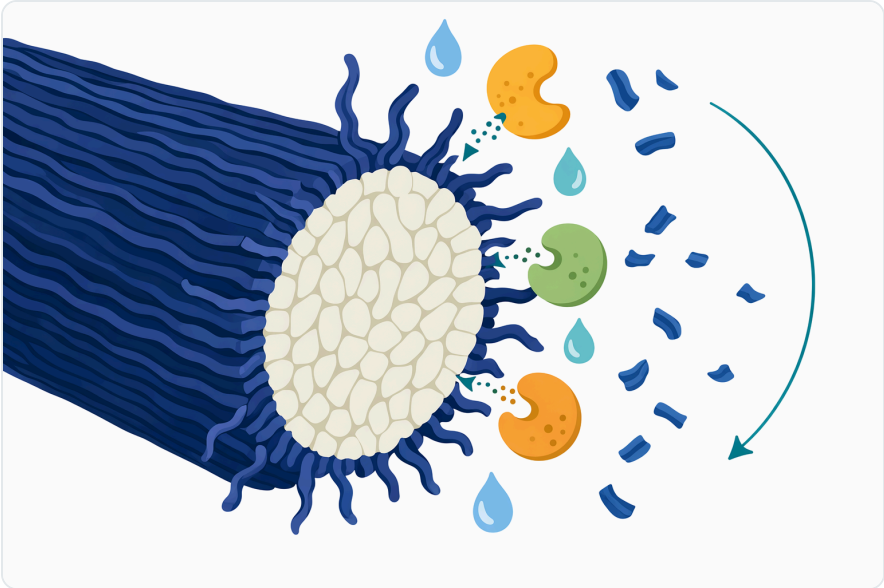

Figure 3. 인디고 링 염색은 면의 바깥 표면이 제어적으로 제거될 때 국부적인 색 빠짐으로 그 효과가 드러나게 합니다.

نعومة أعلى وتقليل الزغب والتكوّر

إزالة الألياف السطحية الدقيقة لا تؤثر في اللون فقط، بل تغير الإحساس بالملمس. عندما يقل الزغب، يصبح سطح القماش أكثر نعومة وأقل قابلية لالتقاط الألياف أو تكوين مظهر وبر غير مرغوب. لذلك يُستخدم السليولاز أيضًا في التلميع الحيوي للأقمشة القطنية، وهو تطبيق قريب من حيث الآلية وإن كان هدفه الأساسي تحسين السطح بدل إظهار تأثير حجري قوي [5].

في الدنيم، هذه النعومة قد تكون جزءًا من جودة التشطيب النهائية، خصوصًا في الملابس الموجهة للارتداء اليومي. لكن يجب الانتباه إلى أن النعومة الزائدة الناتجة عن معالجة شديدة قد ترافقها خسارة في امتلاء القماش أو متانة سطحية؛ لذلك تكمن القيمة الفنية في الوصول إلى نقطة توازن بين المظهر والملمس والخواص الميكانيكية [8].

تقليل بعض أعباء الخفاف والمخلفات الصلبة

عند استخدام السليولاز لتقليل الاعتماد على الخفاف، يمكن تخفيف بعض المشكلات المرتبطة ببقايا الأحجار والغبار والترسبات في الآلات وأنظمة التصريف. الدراسات الخاصة بمياه الصرف والنسيج تشير إلى أن تشطيب الدنيم يرتبط عمومًا بتحديات بيئية وتشغيلية، وأن إدخال حلول إنزيمية قد يكون جزءًا من مسار أوسع نحو عمليات أكثر نظافة [9].

ومع ذلك، من الدقة القول إن السليولاز لا يجعل عملية غسيل الدنيم "خالية الأثر". ما يزال هناك ماء، طاقة، ألياف منفصلة، صبغة محررة، واحتياج إلى شطف ومعالجة لاحقة. لذلك تُقاس الفائدة الواقعية من زاوية خفض بعض مصادر العبء، لا من زاوية إلغاء كامل للمعالجة أو لمتطلبات إدارة الصرف [4].

أنواع السليولاز ذات الصلة بالدنيم: حمضي، متعادل، أو نظام مختلط

في صناعة الدنيم، يُشار كثيرًا إلى سليولازات حمضية وسليولازات متعادلة، لكن هذه التسميات لا تعني منتجًا واحدًا أو سلوكًا ثابتًا في كل الحالات. المقصود عادةً هو أن نشاط الإنزيم وتوازنه بين التفتيح، حفظ القوة، وميل الصبغة إلى إعادة الترسيب يختلف تبعًا لنوع السليولاز ومصدره وتركيبة الوسط [1].

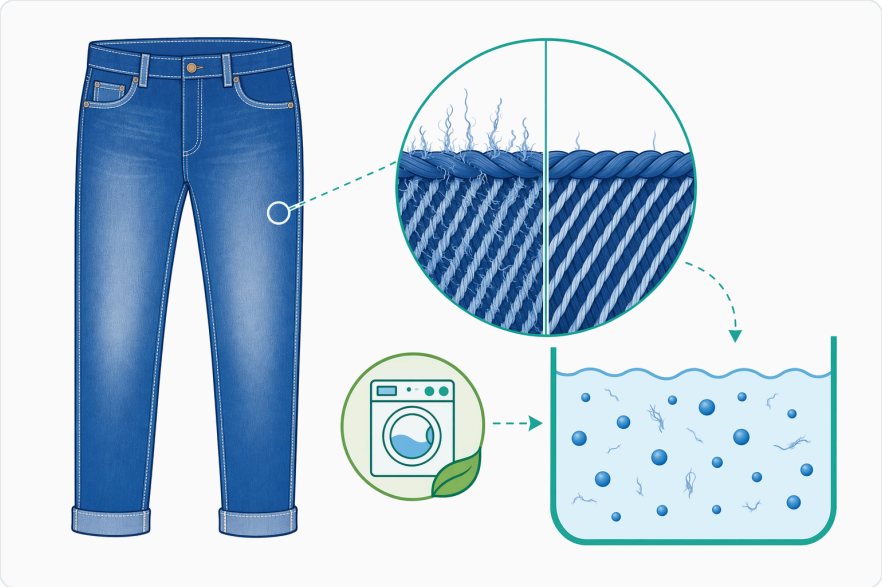

Figure 4. 효소 스톤 워싱은 노출 부위의 색상을 연하게 하고, 표면 보풀을 줄이며, 촉감을 부드럽게 하고, 염료가 포함된 미세 입자를 세척액으로 방출할 .수 있습니다

السليولاز الحمضي ارتبط تاريخيًا بتأثيرات تفتيح قوية في الدنيم، لكنه قد يتطلب اهتمامًا أكبر بظاهرة إعادة ترسيب الإنديغو على المناطق الفاتحة أو على الجيوب والخياطات. أما السليولاز المتعادل فيُستخدم غالبًا عندما يكون الهدف هو التلميع الحيوي وتقليل الزغب مع ميل أكبر إلى المحافظة على مظهر أنظف في بعض الأنظمة، لكن الأداء الفعلي يظل تابعًا لتركيبة الإنزيم ولظروف الحمام [7].

الأبحاث الحديثة في إنتاج السليولاز من كائنات دقيقة مختلفة، مثل فطريات وبكتيريا منتجة للسليولاز، تُظهر أن الاختلاف في المصدر يمكن أن ينعكس على الثبات، التخصص، وتطبيقات النسيج. لذلك من غير الصحيح تعميم نتيجة دراسة على كل مسحوق سليولاز؛ الأدق هو استخدام الأدبيات لفهم فئة الإنزيم وآليتها، ثم ضبط التطبيق على القماش والعملية المعنيين [10].

ظاهرة إعادة ترسيب الإنديغو Backstaining

أحد أكثر التحديات العملية في الغسيل الإنزيمي للدنيم هو **Backstaining**، أي عودة جزيئات الإنديغو المنفصلة إلى الترسب على مناطق لا يُراد تلونها، مثل الجيوب الداخلية أو الخيوط الفاتحة أو مناطق الخياطة. هذه الظاهرة لا ترتبط بوجود السليولاز وحده، بل بتوازن الصبغة المنفصلة، تركيب الحمام، الحركة، الشطف، وخواص الإنزيم والبروتينات الموجودة في الوسط [1].

آليًا، عندما تنفصل أجزاء من السطح الحامل للإنديغو، تصبح الصبغة أو الجسيمات الملونة حرة في الحمام. إذا لم تُنقل بعيدًا أو تُدار عملية الشطف والإيقاف جيدًا، يمكن أن تلتصق مجددًا بمناطق أخرى من القماش. بعض نظم السليولاز قد تُظهر ميلًا مختلفًا للتفاعل مع الإنديغو أو الألياف، ولذلك تختلف درجة إعادة الترسيب بين العمليات والمنتجات [4].

التحكم في Backstaining لا يكون بإلغاء السليولاز بالضرورة، بل بإدارة العملية ككل: اختيار الوسط المناسب، تجنب المعالجة الزائدة، ضمان شطف فعال، وإيقاف النشاط عند الوصول إلى المظهر المطلوب. هذه الاعتبارات جزء أساسي من نجاح الغسيل الحجري الحيوي لأنها تؤثر مباشرة في نقاء التباين اللوني وجودة الشكل النهائي للملابس [9].

العوامل التشغيلية التي تحدد النتيجة

تعتمد نتيجة مسحوق السليولاز في Stone Washing على عدة عوامل مترابطة. نوع الدنيم، وزن القماش، كثافة النسيج، نمط الصباغة بالإنديغو، وجود معالجات سابقة، وحالة الملابس قبل الغسيل كلها تحدد مقدار السطح المتاح للإنزيم ومدى سهولة إزالة الشعيرات الدقيقة [5].

Figure 5. 셀룰라아제 스톤 워싱은 효소 접촉, 텀블링, 느슨해진 물질 제거, 반응 정지, 헹굼을 제어해야 하는 습식 기계 공정입니다.

كذلك تلعب بنية العملية دورًا حاسمًا: كمية الماء النسبية، مستوى الحركة، تحميل الآلة، طبيعة الاحتكاك بين القطع، الوسط الحمضي أو المتعادل، ومرحلة إيقاف التفاعل كلها تؤثر في التفتيح والنعومة والقوة. لذلك لا يمكن النظر إلى السليولاز كإضافة مستقلة؛ إنه يعمل ضمن علاقة دقيقة بين الكيمياء الحيوية والميكانيكا الرطبة [7].

من الناحية العملية، كلما زادت شدة المعالجة زاد احتمال التفتيح، لكن ذلك قد يصاحبه ارتفاع في خطر فقدان القوة أو ظهور تباين غير مرغوب أو زيادة إعادة الترسيب. وعلى العكس، قد تكون المعالجة الخفيفة مناسبة لتحسين اللمس وتقليل الزغب لكنها لا تعطي دائمًا مظهر Stone Wash واضحًا. الدراسات التي تفحص الخواص

الفيزيائية والميكانيكية بعد المعالجة الحجرية والإنزيمية تؤكد أهمية الموازنة بين التأثير الجمالي والمتانة [8].

السلامة والتعامل والوثائق المرافقة

مثل معظم المساحيق الإنزيمية الصناعية، يجب التعامل مع مسحوق السليولاز باعتباره مادة بروتينية نشطة قد تسبب تهيجًا أو تحسسًا عند سوء التعامل، خصوصًا عند توليد غبار. لذلك تكون وثيقة **SDS** مهمة لفهم احتياطات التخزين والمناولة والحماية الشخصية والتصرف في حالات الانسكاب وفق بيئة العمل المعنية .

أما شهادة **CoA** فتُستخدم بوصفها وثيقة مرافقة للدفعة تساعد المستخدم على معرفة معلومات الجودة المرتبطة بالمنتج المستلم. وبما أن Enzymes.bio مورّد وليست مختبرًا، ينبغي فهم هذه الوثائق كجزء من حزمة المنتج التجارية والفنية، لا كدعوة إلى إجراء بروتوكولات اختبار محددة أو كمواصفة تصنيع صادرة عن Enzymes.bio .

يتوفر المنتج عبر الشراء المباشر على الإنترنت بوحدة 1 كجم، وهي صيغة مناسبة للمنشآت التي تريد دمج إنزيم السليولاز في عمليات تشطيب الدنيم وفق نظامها القائم. ولا يلزم في وصف المنتج افتراض بيع بالجملة أو إجراءات توريد مخصصة؛ فالمعلومة الأساسية هي أن المنتج مدرج للبيع المباشر وأن CoA وSDS تُرفقان مع الطلب .

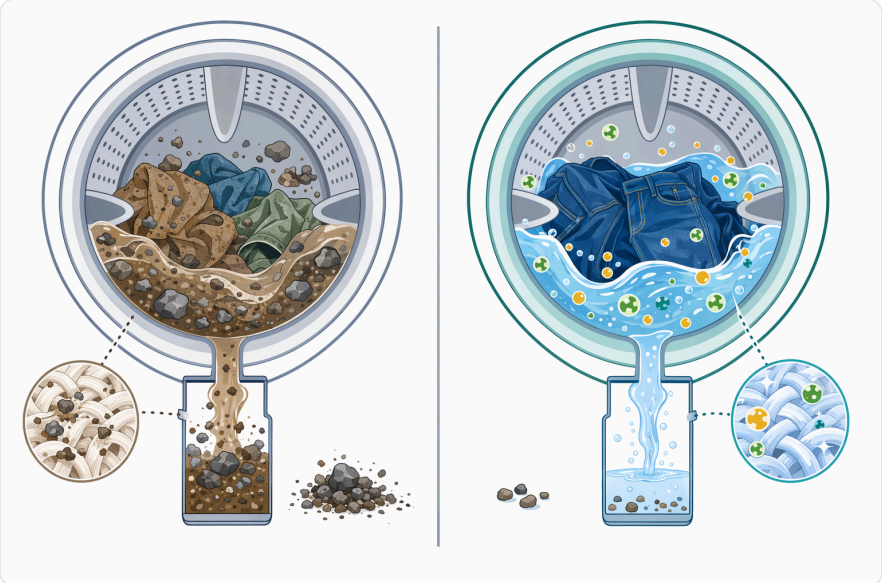

Figure 6. 셀룰라아제는 부석 사용 의존도를 줄일 수 있지만, 물, 에너지, 보조제, 염료가 포함된 폐수는 여전히 관리가 필요합니다.

حدود ما يمكن قوله علميًا عن المنتج

يمكن القول بثقة إن السليولاز كفئة إنزيمية مناسب علميًا لتطبيقات الغسيل الحيوي للدنيم، لأن آلية عمله على السليولوز السطحي موثقة، ولأن استخدامه في النسيج والدنيم وارد في مراجعات وأبحاث تطبيقية متعددة. مراجعات السليولاز تؤكد أهميته الصناعية الواسعة، بما في ذلك النسيج والمنظفات والمعالجة الحيوية للمواد

السليولوزية [2].

كما يمكن القول إن الغسيل الإنزيمي للدنيم قادر على تحسين النعومة وإنتاج مظهر باهت وتقليل الزغب عندما تكون العملية مضبوطة. أبحاث وتطبيقات حديثة على سليولازات ميكروبية تشير إلى استخدامات نسيجية تشمل معالجة الدنيم وتحسين سطح الأقمشة، مع اختلاف النتائج بحسب مصدر الإنزيم وتركيبة العملية [10].

لكن لا يصح الادعاء بأن كل استخدام للسليولاز يعطي النتيجة نفسها، أو أن المنتج يعوض بالكامل عن تصميم العملية. النتيجة النهائية في Stone Washing تعتمد على القماش والآلة والحركة والوسط والشطف والإيقاف، كما أن المعالجة الزائدة قد تضعف القماش أو تزيد مشاكل إعادة الترسيب. لذلك يجب عرض السليولاز كأداة تشطيب فعالة ومثبتة الفكرة، لا كضمان بصري مطلق مستقل عن ظروف التشغيل [8].

موقع السليولاز ضمن تشطيب نسيجي أكثر استدامة

الاهتمام بالسليولاز في الدنيم جزء من تحول أوسع في صناعة النسيج نحو استخدام الإنزيمات لتقليل قسوة بعض المعالجات التقليدية. الإنزيمات تعمل عادة بانتقائية أعلى تجاه ركائزها، ما يسمح بتعديل السطح أو إزالة مكوّنات محددة بدل الاعتماد الدائم على كشط شديد أو كيمياء أكثر عدوانية [9].

في حالة Stone Washing، الفائدة البيئية والتشغيلية المحتملة تأتي من تقليل الخفاف ومخلفاته، وخفض التآكل المرتبط بالحبيبات الصلبة، وإتاحة تحكم أدق في السطح. لكنها تظل فائدة مشروطة بإدارة الماء والصرف والصبغة المنفصلة والطاقة؛ لذلك فإن السليولاز جزء من تحسين العملية وليس وصفة منفردة للاستدامة [4].

Figure 7. 셀룰라아제 효소 분말은 효소 스톤 워싱, 부석 사용을 줄인 가공, 면 .바이오폴리싱, 더 넓은 범위의 데님 가공 공정에 적합합니다

تتوافق هذه الرؤية مع الأدبيات المبكرة والحديثة حول التكنولوجيا الحيوية في النسيج، التي تنظر إلى الإنزيمات كأدوات تمكّن من عمليات أنظف وأكثر تخصصًا، لكنها تتطلب معرفة بخصائص الألياف والوسط الصناعي. وهذا مهم لعملاء B2B لأن القرار لا يتعلق بالمادة وحدها، بل بقدرة خط التشطيب على دمجها في دورة غسيل مستقرة وقابلة للتكرار [7].

خلاصة تقنية

مسحوق إنزيم السليولاز لعملية **Stone Washing** هو أداة تشطيب حيوية للدنيم تعمل على الألياف القطنية السطحية الدقيقة، فتساعد على تحرير جزء من الإنديغو السطحي، تقليل الزغب، وتحسين نعومة الملابس. قيمته الأساسية أنه يضيف مسارًا إنزيميًا انتقائيًا إلى عملية كانت تعتمد تاريخيًا على الاحتكاك الميكانيكي الشديد بالخفاف [1].

من منظور صناعي، يمكن للسليولاز أن يدعم مظهر Stone Wash أكثر تحكمًا، وأن يقلل بعض أعباء الخفاف، وأن يحسن ملمس القماش عند ضبط المعالجة. وفي المقابل، تتطلب العملية إدارة دقيقة لتجنب الإفراط في التحلل أو فقدان القوة أو Backstaining، لأن النتيجة تعتمد على تفاعل الإنزيم مع القماش والوسط والحركة وليس على إضافة المسحوق وحدها [8].

تعرض Enzymes.bio المنتج كمورّد إنزيمات للشراء المباشر عبر الإنترنت بوحدة 1 كجم، وتُرفق مع الطلب وثائق CoA وSDS. لذلك تمثل الصفحة نقطة شراء واضحة لمسحوق السليولاز الموجه للغسيل الحجري، بينما يبقى ضبط التطبيق العملي مسؤولية نظام التشطيب المستخدم في المصنع أو ورشة الغسيل .

اطلب Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process 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.

اشترِ Cellulase Enzyme Powder For Stone Washing Process →

المراجع

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

1. Shahid, M., Zhou, Y., Tang, R., & Chen, G. (2017). Enzymatic Washing of Denim: Greener Route for Modern Fashion.
2. 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.

3. Körlü, A., Yapar, S., Perinçek, S., Yılmaz, H., & Bağıran, C. (2015). Dye Removal From Textile Waste Water Through The Adsorption By Pumice Used In Stone Washing. *Autex Research Journal*, 15, 158 - 163.

4. Chatha, S. A., Asgher, M., & Iqbal, H. M. (2017). Enzyme-based solutions for textile processing and dye contaminant biodegradation—a review. *Environmental science and pollution research international*, 24, 14005-14018.

5. Andreaus, J., Colombi, B. L., Gonçalves, J. A., & Santos, K. C. A. (2019). Processing of cotton and man-made cellulosic fibers. *Advances in Textile Biotechnology*.

6. Budhraja, 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. Gübitz, G., & Cavaco-Paulo, A. (2001). Biotechnology in the textile industry–perspectives for the new millennium.. *Journal of Biotechnology*, 89 2-3, 89-90 .

8. 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.

9. Kundu, D., Thakur, M. S., & Patra, S. (2020). Textile Fabric Processing and Their Sustainable Effluent Treatment Using Enzymes—Insights and Challenges.

10. 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.

تواصل مع Enzymes.bio

هل لديك أسئلة حول طلب؟ يسرّ فريقنا مساعدتك.

البريد الإلكتروني **wholesale@enzymes.bio** الهاتف (الولايات المتحدة) **+1 (507) 428-6057** **تواصل معنا →**

+400 عملاء B2B **+60** شركاء بحثيون جامعيون **54** نخدم العملاء حول العالم

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