السيليولاز القلوي Alkaline Cellulase لمنظفات الغسيل: عناية إنزيمية بالقطن وتقليل الزغب

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

إجابة مباشرة: السيليولاز القلوي في منظفات الغسيل هو إنزيم يستهدف الزغب والألياف السليلوزية الدقيقة على سطح القطن والقطن المخلوط، لذلك يُستخدم أساسًا لتحسين مظهر القماش وملمسه وليس لإزالة بقعة غذائية محددة. في الصياغات القلوية، يكمّل هذا الإنزيم عمل البروتياز والأميلاز والليباز عبر إضافة بُعد "العناية بالقماش" إلى منظومة التنظيف متعددة الإنزيمات، مع اعتماد الأداء النهائي على الصياغة ونوع النسيج وظروف الغسيل [1].

ما هو السيليولاز القلوي في منظفات الغسيل؟

السيليولاز القلوي هو فئة من الإنزيمات القادرة على العمل في بيئة منظف قلوية، حيث تتعامل مع السليلوز، وهو المكوّن البنيوي الرئيس في القطن والألياف النباتية. في تطبيقات الغسيل، لا يكون الهدف تحلل القماش أو تقليل عمره، بل تعديل السطح السليلوزي الخارجي بصورة محدودة: إزالة جزء من الألياف الدقيقة البارزة، تقليل الزغب، وتنعيم السطح الذي يتأثر بالاحتكاك والغسيل المتكرر. لهذا يُصنَّف السيليولاز غالبًا ضمن إنزيمات العناية بالقماش أكثر من كونه إنزيمًا مباشرًا لإزالة البقع مثل البروتياز أو الأميلاز [2].

تاريخيًا، اكتسبت السيليولازات القلوية أهمية خاصة لأن كثيرًا من منظفات الغسيل تعمل في وسط قلوي وتضم مواد خافضة للتوتر السطحي وبناة منظفات ومكونات مساعدة قد لا تناسب الإنزيمات غير المتكيفة. أظهرت دراسات على سلالات قلوية من جنس **Bacillus** أن بعض السيليولازات المنتجة منها ملائمة لتطبيقات منظفات الغسيل، ما جعل هذا الجنس الميكروبي أحد النماذج البحثية المهمة في تطوير إنزيمات منظفات تعمل في الوسط القلوي [3].

تورد Enzymes.bio منتج **Alkaline Cellulase For Laundry Detergents** كمادة إنزيمية موجهة لتطبيقات منظفات الغسيل، مع البيع المباشر عبر الإنترنت بوحدة **1 kg**. Enzymes.bio مورّد للمنتج وليست جهة تصنيع أو مختبرًا، وتُرفق مع الطلب وثائق الدعم المعتادة مثل **CoA** و**SDS** لتوفير معلومات الدفعة والسلامة المرتبطة بالتعامل مع المادة.

لماذا تحتاج منظفات الغسيل إلى السيليولاز القلوي؟

حتى عندما ينجح المنظف في إزالة البقع المرئية، قد تبدو الملابس القطنية أقدم بعد دورات متكررة من الاستخدام والغسيل. السبب ليس دائمًا بقايا أوساخ كبيرة، بل تغيرات سطحية صغيرة: شعيرات قطنية دقيقة، زغب، حبيبات سطحية، وتفاوت في انعكاس الضوء. هذه التفاصيل الدقيقة تجعل القماش يبدو باهتًا أو خشنًا، وتؤثر في إدراك المستخدم للنظافة والجودة بقدر تأثير إزالة البقع نفسها [2].

يعمل السيليولاز القلوي على هذه المشكلة من زاوية مختلفة عن إنزيمات البقع. فالبروتياز يستهدف بقايا البروتين، والأميلاز يستهدف النشا، والليباز أو الإستيراز يستهدفان الدهون أو الإسترات، بينما يتعامل السيليولاز مع السطح السليلوزي نفسه. لذلك يمكن لصياغة منظف متعددة الإنزيمات أن تجمع بين تنظيف البقع والعناية بالمظهر، وهو اتجاه توسع في صناعة منظفات الغسيل الحديثة مع نمو دور الإنزيمات في تحسين الأداء عند ظروف غسيل واقعية [1].

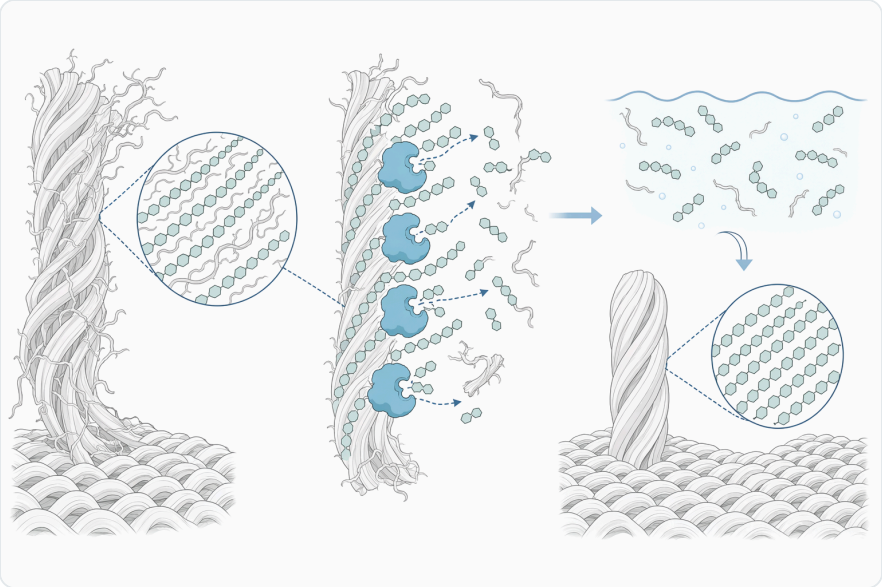

Figure 1. 알칼리 셀룰라아제는 의류 전체를 분해하기보다 면 표면의 접근 가능한 셀룰로오스 미세섬유에 작용한다.

من الناحية العملية، تظهر قيمة السيليولاز القلوي بوضوح في الملابس القطنية والقطن المخلوط، وخصوصًا المنتجات التي تسعى إلى تقليل المظهر الباهت وتحسين النعومة بعد الغسيل المتكرر. أما الألياف غير السليلوزية الخالصة، مثل البوليستر الخالص، فلا تمثل ركيزة مباشرة للسيليولاز؛ ومع ذلك، قد تظهر فائدة في الأقمشة المخلوطة عندما يكون جزء من سطح النسيج سليلوزيًا وقابلًا للتعديل الإنزيمي [4].

آلية العمل: كيف يقلل السيليولاز الزغب دون استهداف القماش بالكامل؟

السليلوز بوليمر طويل يتكون من وحدات غلوكوز مرتبطة بروابط غليكوسيدية، وتنتظم سلاسله في مناطق بلورية أكثر انتظامًا ومناطق أقل انتظامًا وأسهل وصولًا. في القطن المغسول أو المحتك، تنفصل أجزاء دقيقة من الألياف عن السطح وتكوّن زغبًا أو شعيرات قصيرة. تميل هذه المناطق السطحية الضعيفة والأكثر تعرضًا إلى أن تكون

أسهل وصولًا للإنزيم من قلب الليف المتماسك، ولذلك يكون التأثير المطلوب في الغسيل تأثيرًا سطحيًا انتقائيًا لا هضمًا عميقًا للنسيج [4].

ضمن عائلة السيليولازات، تلعب الإنزيمات ذات الطابع الإندوغلوكانازي دورًا مهمًا في قطع الروابط داخل المناطق الأقل انتظامًا من السليلوز. عندما يحدث ذلك على الألياف الدقيقة البارزة، يضعف ارتباطها بسطح القماش وتصبح أكثر قابلية للانفصال أثناء حركة الغسيل والشطف. النتيجة المتوقعة ليست "تبييضًا كيميائيًا" ولا إزالة صبغة، بل سطح أكثر انتظامًا يقلل تشتت الضوء ويمنح إحساسًا أنعم عند اللمس [5].

هذا يفسر سبب ربط السيليولاز القلوي غالبًا بمفاهيم مثل **biopolishing** أو الصقل الحيوي في تطبيقات النسيج والعناية بالأقمشة. في هذه التطبيقات، لا يُستخدم الإنزيم لإزالة كتلة كبيرة من السليلوز، بل لتحسين خواص سطحية قابلة للإدراك: انخفاض الزغب، تحسن السلاسة، وتقليل المظهر الباهت الناتج عن الألياف الدقيقة. وقد ركزت أعمال حديثة على تعديل عديدات السكاريد في ألياف القطن إنزيميًا كطريق لدعم منظفات أكثر استدامة وأفضل عناية بالنسيج [2].

الفرق بين السيليولاز القلوي وبقية إنزيمات منظفات الغسيل

تتكون منظفات الغسيل المتقدمة غالبًا من منظومة مكونات، وليس من مادة فعالة واحدة. المواد الخافضة للتوتر السطحي تبلل النسيج وتساعد على فصل الأوساخ، والبناة يعدلون بيئة الغسل، والإنزيمات تكسر ركائز محددة. السيليولاز يختلف عن إنزيمات البقع لأنه يعمل أساسًا على سطح القماش السليلوزي، بينما تستهدف الإنزيمات الأخرى بقايا طعام أو إفرازات أو زيوت مترسبة على النسيج [6].

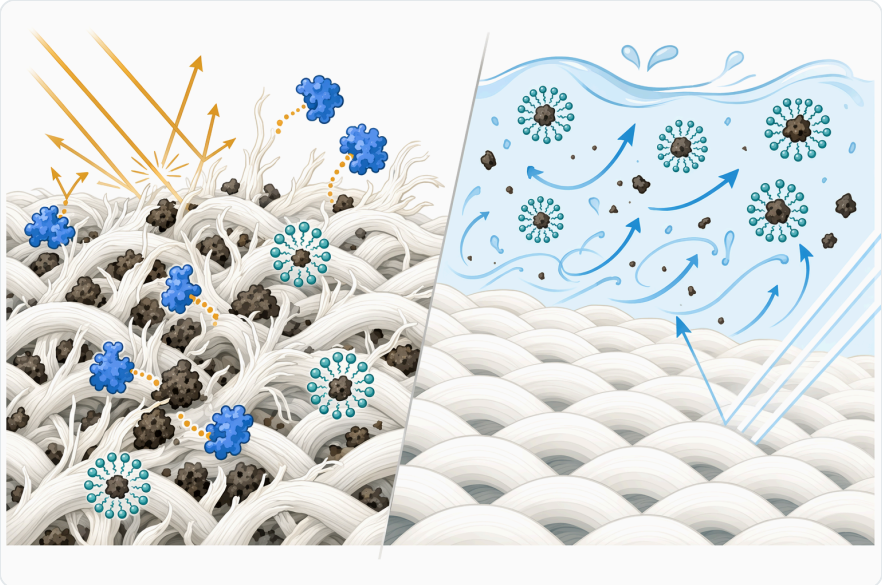

Figure 2. 솟아오른 면 미세섬유를 정리하면 마모된 면 표면에서 오염물이 물리적으로 붙잡히는 현상과 빛 산란이 줄어든다.

نوع الإنزيم في منظفات الغسيل	الركيزة أو المشكلة الأساسية	الدور العملي في المنظف	ما يميزه عن السيليولاز القلوي
السيليولاز القلوي	الزغب والألياف السليلوزية الدقيقة على القطن	العناية بالقماش، تحسين النعومة، دعم مظهر أكثر انتظامًا	يعمل على سطح النسيج السليلوزي نفسه بصورة محدودة
البروتياز	بقع بروتينية مثل بقايا الطعام والعرق وبعض البقع الحيوية	تفكيك البروتينات لتسهيل إزالتها	يستهدف البقع البروتينية لا الزغب القطني
الأميلاز	النشا ومخلفات الأغذية النشوية	تقليل التصاق البقع النشوية بالنسيج	لا يعالج خشونة سطح القطن مباشرة
الليباز/الإستيراز	دهون وزيوت وإسترات	المساعدة في إزالة المكونات الدهنية	دوره مرتبط بالدهون أكثر من مظهر السطح السليلوزي
أنظمة متعددة الإنزيمات	خليط من بقع ومشكلات سطحية	دمج التنظيف والعناية بالقماش	السيليولاز يضيف وظيفة العناية بالمظهر ضمن النظام

توضح الدراسات التي تتناول إنزيمات المنظفات أن وجود عدة إنزيمات في منتج واحد ليس تكرارًا للوظيفة، بل توزيع للأدوار. على سبيل المثال، درست أبحاث حديثة إنزيمات ذات نشاط بروتازي وإستيرازي مع مواد خافضة للتوتر السطحي لاستخدامها في منظفات متقدمة، وهو ما يعكس اتجاه الصناعة نحو الجمع بين مسارات إزالة أوساخ مختلفة ضمن صياغة واحدة [7].

الأساس العلمي للسيليولازات القلوية من Bacillus

تُعد سلالات **Bacillus** القلوية مصدرًا بارزًا للإنزيمات الصناعية، ومنها السيليولازات المناسبة لبيئات منظفات الغسيل. أهمية هذه السلالات لا تأتي فقط من قدرتها على إنتاج سيليولاز، بل من أن بعض إنزيماتها طُورت أو وُصفت في سياق الوسط القلوي تحديدًا، وهو شرط حاسم لأن منظف الغسيل ليس بيئة مائية محايدة بسيطة بل نظام كيميائي معقد [3].

في دراسة مبكرة حول السيليولازات القلوية لمنظفات الغسيل، عُزلت سلالات قلوية من **Bacillus** وأُشير إلى خصائص إنزيماتها الخام بوصفها مناسبة للتطبيق في منتجات التنظيف. مثل هذه الأعمال أسست لفكرة أن السيليولاز الموجه للمنظفات يجب أن يُفهم من حيث التوافق مع منظومة المنظف، وليس من حيث قدرته العامة على تكسير السليلوز فقط [3].

كما تبرز السيليولازات القلوية المنتجة من كائنات مثل **Bacillus licheniformis** في أدبيات الإنزيمات الصناعية بسبب ارتباطها بخصائص ملائمة للتطبيقات العملية. ورغم أن الدراسات قد تختلف في مصدر الإنزيم ونطاق التطبيق، فإنها تدعم المبدأ العام: السيليولاز القلوي ليس إنزيمًا مخبريًا منعزلًا، بل فئة إنزيمية لها صلة بصناعات تعتمد على تعديل السليلوز تحت ظروف غير حمضية [5].

توافق السيليولاز مع بيئة المنظف

بيئة منظف الغسيل صعبة بالنسبة للبروتينات الإنزيمية. فهي قد تحتوي على مواد خافضة للتوتر السطحي، قلوية، بناة، عوامل تعليق، عطور، مواد حافظة، وأحيانًا إنزيمات أخرى. لذلك فإن صلاحية السيليولاز القلوي لا تُقاس بمفهوم "نشاطه على السليلوز" فقط، بل بقدرته على الاحتفاظ بوظيفته ضمن خليط منظف حقيقي أو قريب من الواقع [8].

تُظهر الأدبيات أن التفاعل بين الإنزيمات ومكونات المنظف يمكن أن يكون معقدًا؛ فقد تؤثر المواد الخافضة للتوتر السطحي في بنية البروتين أو وصوله إلى الركيزة أو استقراره أثناء التخزين والاستخدام. لذلك يجب النظر إلى السيليولاز كجزء من صياغة كاملة، حيث تحدد المكونات الأخرى ما إذا كان الإنزيم سيصل إلى سطح القطن ويؤدي دوره دون فقد كبير في الفاعلية [9].

Figure 3. 산성, 중성, 알칼리성 셀룰라아제는 주로 셀룰로오스 표면 활성과 가장 관련이 큰 pH 환경에서 차이가 난다.

في المنتجات الجافة أو الحبيبية، يُعد استقرار الإنزيمات أثناء التخزين عاملًا مهمًا، لأن الإنزيم مادة بروتينية يمكن أن تتأثر بالرطوبة والمكونات القلوية والتلامس مع مكونات نشطة أخرى. وقد تناولت أعمال منشورة استقرار الإنزيمات في منتجات إنزيمية حبيبية مخصصة لمنظفات الغسيل، ما يؤكد أن شكل المنتج وبيئة التخزين والصياغة كلها عوامل مؤثرة في الأداء المتوقع عند الاستخدام [10].

الأثر على مظهر القطن والقطن المخلوط

عندما تتراكم الألياف الدقيقة على سطح القماش، يتغير انعكاس الضوء من سطح منتظم نسبيًا إلى سطح أكثر تشتتًا. هذا التشتت يجعل الملابس الملونة تبدو أقل عمقًا، ويجعل الأقمشة الفاتحة تبدو أقل إشراقًا. يساهم السيليولاز القلوي في تقليل هذه المشكلة عبر إضعاف أو فصل الزغب السليلوزي السطحي، ما يترك سطحًا أكثر انتظامًا من حيث البنية الدقيقة [2].

هذا لا يعني أن السيليولاز يعمل كعامل تبييض أو معزز بصري بحد ذاته. فهو لا يضيف لونًا ولا يزيل صبغات بالطريقة التي تعمل بها أنظمة التبييض، بل يحسن مظهر السطح الذي يراه المستخدم. لذلك فإن فوائده تكون مرتبطة بقابلية القماش للتعديل السطحي وبطبيعة الصبغة والنسيج ودورات الغسيل، وقد تكون أوضح في القطن والقطن المخلوط مقارنة بالألياف الصناعية الخالصة [4].

من منظور تجربة المستخدم، يرتبط تقليل الزغب أيضًا بالملمس. فالألياف الدقيقة البارزة تزيد الإحساس بالخشونة وتلتقط جزيئات صغيرة يمكن أن تمنح القماش إحساسًا غير نظيف. عندما يصبح السطح أقل زغبًا، قد يتحسن الإحساس بالنعومة حتى لو لم تتغير بنية الليف الأساسية بعمق. هذا هو جوهر دور السيليولاز في "العناية بالقماش" داخل منظفات الغسيل [2].

ما الذي يستطيع السيليولاز القلوي فعله وما الذي لا يفعله؟

يستطيع السيليولاز القلوي دعم منظفات الغسيل في تقليل الزغب السطحي على الأقمشة السليلوزية وتحسين النعومة والمظهر العام مع الاستخدام المناسب. كما يمكن أن يساعد في تقديم فرق حسي وبصري يتراكم مع دورات الغسيل، خصوصًا عندما تكون المشكلة مرتبطة بخشونة القطن أو بهتان مظهره بسبب الألياف الدقيقة. هذه الوظيفة تجعل الإنزيم ذا صلة بالمنظفات التي تركز على العناية اليومية بالملابس لا على إزالة البقع فقط [1].

Figure 4. 알칼리 셀룰라아제의 주요 세탁 효과는 면을 더 밝아 보이게 하고, 입자성 오염물의 제거를 돕고, 보풀을 줄이며, 촉감을 더 매끄럽게 하고, 면 함량이 높은 직물 관리 효과를 뒷받침하는 것이다.

في المقابل، لا ينبغي تقديمه كإنزيم شامل لإزالة جميع أنواع البقع. بقع الدم أو البيض أو الحليب تحتاج عادةً إلى بروتياز مناسب، وبقع النشا تحتاج إلى أميلاز، والبقع الدهنية تحتاج إلى نظام سطحي وإنزيمي ملائم للدهون. السيليولاز لا يحل محل هذه الإنزيمات، بل يضيف وظيفة مختلفة موجهة إلى السطح السليلوزي للقماش [11].

كذلك لا يُعد السيليولاز مطهرًا ولا مادة حافظة ولا بديلًا عن المواد الخافضة للتوتر السطحي. إذا غابت منظومة التنظيف الأساسية، فلن يعوضها السيليولاز؛ وإذا كانت الصياغة غير متوازنة، فقد لا يظهر الأثر المتوقع على القطن. لذلك تكون أفضل قيمة للسيليولاز ضمن صياغة منظف متكاملة تتعامل مع الأوساخ، والبقع، وملمس النسيج، ومظهره في الوقت نفسه [8].

اعتبارات الصياغة في المنتجات القلوية

عند إدراج السيليولاز القلوي في منظف، تكون نقطة الانطلاق هي ملاءمة الإنزيم للبيئة القلوية المقصودة. المنظفات القلوية تختلف في مكوناتها وقوتها ونوع المواد الخافضة للتوتر السطحي والبناة، ولذلك لا يُفترض أن ينتقل أداء الإنزيم من صياغة إلى أخرى بشكل آلي. الأداء النهائي هو نتيجة تفاعل بين الإنزيم، والسطح السليلوزي، ومكونات المنظف، وظروف دورة الغسيل [9].

وجود إنزيمات أخرى في الصياغة يتطلب أيضًا توازنًا مدروسًا. البروتياز، مثلًا، مفيد جدًا لإزالة البقع البروتينية، لكنه قد يؤثر في بروتينات إنزيمية أخرى إذا لم تكن الصياغة مصممة للحفاظ على الاستقرار. لهذا تعتمد منظفات الإنزيمات المتعددة على اختيار مكونات وتراكيب تدعم بقاء كل إنزيم فعالًا حتى يصل إلى مرحلة الغسيل [10].

كما أن اختيار المادة الخافضة للتوتر السطحي يؤثر في وصول السيليولاز إلى سطح القطن. فالخافضات تساعد على ترطيب النسيج وفصل الأوساخ، لكنها قد تغير أيضًا البيئة المحيطة بالإنزيم. الاتجاه نحو خافضات توتر سطحية بديلة أو أكثر استدامة، مثل بعض الأنظمة المرتبطة بمشتقات زيوت نباتية، يوضح أن تطوير المنظفات الحديثة لا ينفصل عن التوافق بين الإنزيمات وبقية مكونات التركيبة [9].

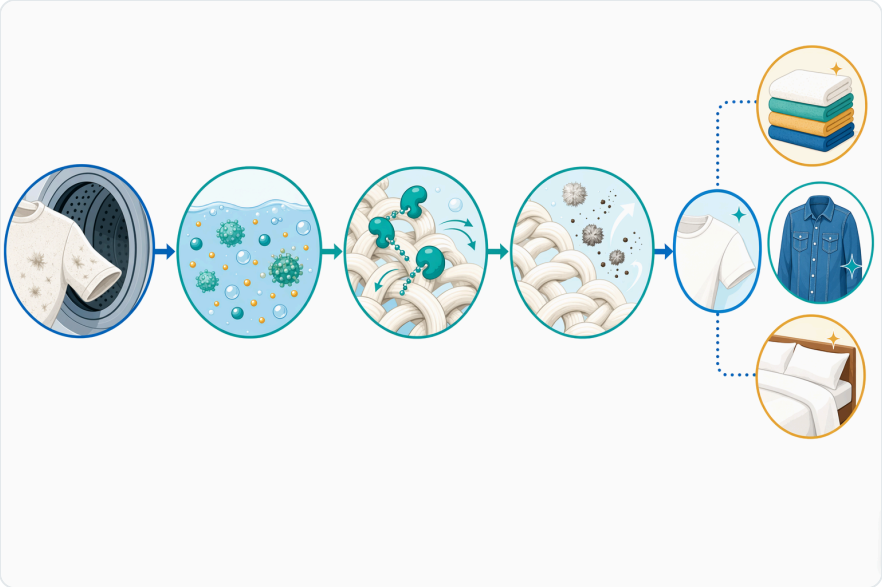

Figure 5. 세제에서 사용될 때 알칼리 셀룰라아제는 제품 형태 안에서 안정성을 유지하고, 세탁액에 분산되며, 면 표면에 접촉하고, 교반 및 헹굼과 함께 작용해 느슨해진 미세섬유와 오염물을 제거해야 한다.

السيليولاز القلوي والاستدامة في منظفات الغسيل

أحد أسباب الاهتمام المتزايد بالإنزيمات في منظفات الغسيل هو قدرتها على تحقيق وظائف محددة بانتقائية عالية. فبدل الاعتماد فقط على كيمياء عامة قوية، يمكن للإنزيم أن يستهدف ركيزة معينة: بروتين، نشا، دهن، أو في حالة السيليولاز، ألياف سليلوزية دقيقة على سطح القطن. هذا النهج يدعم تصميم منظفات أكثر تخصصًا وقد يساعد في تحسين الأداء ضمن ظروف غسيل يومية [1].

في حالة السيليولاز، تأتي الاستدامة من زاويتين: الأولى هي دعم مظهر الملابس لفترة أطول عبر تقليل الزغب والبهتان السطحي، والثانية هي تمكين الصياغات من تحقيق جزء من وظيفة العناية بالقماش بآلية إنزيمية انتقائية. وقد تناولت أبحاث حديثة تعديل عديدات السكاريد في ألياف القطن إنزيميًا باعتباره مدخلًا لتطوير منظفات مستدامة تركز على النسيج نفسه لا على إزالة الأوساخ فقط [2].

مع ذلك، يجب عرض الاستدامة بدقة. لا يكفي وجود السيليولاز وحده للقول إن المنتج النهائي مستدام؛ فالأثر البيئي يعتمد على الصياغة الكاملة، نوع العبوة، جرعة الاستخدام، سلوك المستهلك، ومكونات المنظف الأخرى. السيليولاز عنصر داعم داخل هذه المنظومة، وليس ضمانًا منفردًا لنتيجة بيئية محددة [8].

السلامة والتعامل مع الإنزيمات في سياق المنتجات التجارية

الإنزيمات مواد بروتينية فعالة، ولذلك تتطلب تعاملًا مهنيًا مناسبًا وتجنب التعرض غير الضروري للغبار أو الرذاذ أو الملامسة غير المنضبطة. تاريخ استخدام إنزيمات منظفات الغسيل أظهر أهمية إدارة التعرض المهني، خصوصًا للإنزيمات البروتينية المحمولة في الهواء، وهو ما جعل وثائق السلامة وإرشادات التعامل جزءًا أساسيًا من توريد هذه المواد [12].

بالنسبة لمنتج **Alkaline Cellulase For Laundry Detergents** من Enzymes.bio، تُرفق **SDS** مع الطلب لتقديم معلومات السلامة الخاصة بالتعامل والتخزين والاستخدام المهني، كما تُرفق **CoA** لتوثيق معلومات الدفعة. هذه الوثائق لا تحول Enzymes.bio إلى مختبر اختبار أو جهة تصنيع، لكنها تساعد مستخدم المنتج على إدخاله ضمن نظامه الداخلي للجودة والسلامة.

موضع المنتج في تطوير منظفات الغسيل

بالنسبة لمطوري منظفات الغسيل، تكمن قيمة السيليولاز القلوي في أنه يعالج مشكلة لا تظهر دائمًا كبقعة مفردة. المستهلك قد يحكم على جودة المنظف من خلال نعومة الملابس، قلة الزغب، وضوح الألوان، والإحساس بأن القطن يبدو "أحدث" بعد الغسيل. هذه المؤشرات مرتبطة بسطح النسيج، ولذلك يكون السيليولاز مناسبًا عندما يكون هدف المنتج الجمع بين النظافة والعناية بالمظهر [2].

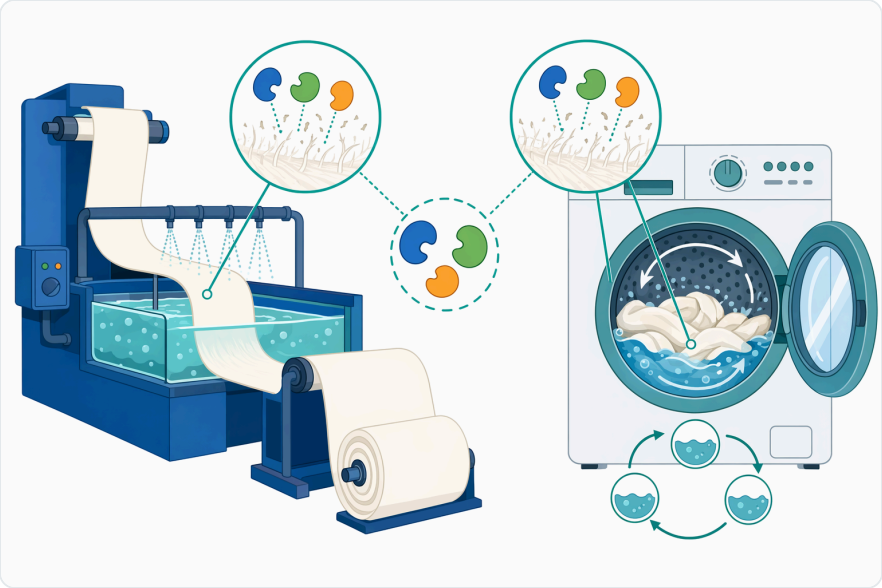

Figure 6. 세탁용 셀룰라아제와 섬유 바이오폴리싱은 서로 다른 공정 조건에서 셀룰로오스 표면을 제어된 방식으로 개질한다는 같은 원리를 공유한다.

يمكن استخدام هذا الإنزيم في سياقات مختلفة داخل منظفات الغسيل المنزلية أو المهنية التي تتعامل مع القطن والقطن المخلوط. في المساحيق، تكون قضايا الاستقرار والرطوبة والتلامس بين المكونات مهمة؛ وفي السوائل، تصبح البيئة الكيميائية وحماية البروتين الإنزيمي أكثر حساسية. لا توجد صياغة واحدة تصلح لجميع المنتجات، ولذلك ينبغي فهم السيليولاز بوصفه مكونًا وظيفيًا يحتاج إلى منظومة مناسبة حوله [10].

كما أن السوق الحديث يميل إلى منظفات تجمع بين أداء التنظيف وتجربة المستخدم. منذ توسع استخدام الإنزيمات في منظفات الغسيل، أصبحت الصياغات متعددة الإنزيمات وسيلة لتلبية احتياجات مختلفة دون الاعتماد على آلية واحدة فقط. السيليولاز القلوي يمثل ضمن هذه المنظومة وظيفة العناية بالقماش، وهي وظيفة ذات قيمة خاصة في المنتجات التي تركز على القطن والملابس اليومية [13].

لماذا يهم اختيار "قلوي" تحديدًا؟

كلمة "قلوي" ليست وصفًا تسويقيًا عابرًا، بل تشير إلى ملاءمة الإنزيم لبيئة شائعة في منظفات الغسيل. كثير من الإنزيمات التي تعمل جيدًا في ظروف أخرى قد تفقد جزءًا من بنيتها أو نشاطها في الوسط القلوي أو عند وجود مكونات منظف قوية. لذلك ركزت أبحاث السيليولاز المخصص للمنظفات على إنزيمات من كائنات قلوية أو إنزيمات تظهر قابلية للعمل في بيئات غير حمضية [3].

الملاءمة القلوية مهمة أيضًا لأن سطح القطن أثناء الغسيل يتعرض في الوقت نفسه للإنزيم، والمواد الخافضة للتوتر السطحي، والحركة الميكانيكية، وبقية مكونات المنظف. عندما يكون الإنزيم غير ملائم لهذه البيئة، قد لا يصل إلى الركيزة أو قد يفقد وظيفته قبل إحداث الأثر المطلوب. لذلك فإن السيليولاز القلوي مصمم من حيث التطبيق ليكون أقرب إلى ظروف منظفات الغسيل من سيليولازات أخرى موجهة لتطبيقات مختلفة [5].

Enzymes.bio ودور المورد في سلسلة التوريد

تقدم Enzymes.bio هذا المنتج كمادة إنزيمية متاحة للشراء المباشر عبر الإنترنت بوحدة **1 kg**. يهم توضيح أن دور Enzymes.bio هنا هو التوريد وليس التصنيع أو إجراء اختبارات مخبرية للعملاء. لذلك تُستخدم هذه الوثيقة كشرح تقني تطبيقي لطبيعة الإنزيم ووظيفته في منظفات الغسيل، لا كبديل عن وثائق الدفعة أو متطلبات التحقق الداخلية لدى مستخدم المنتج.

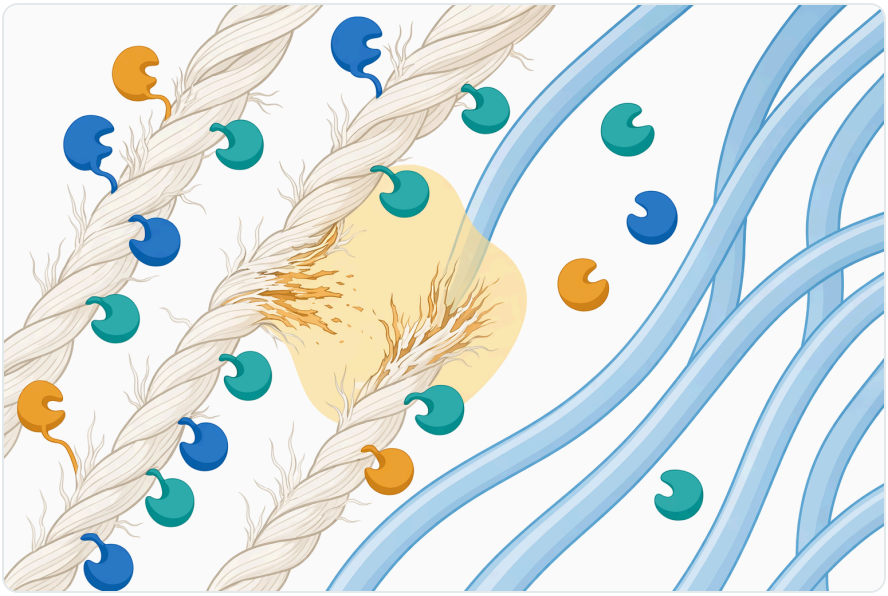

Figure 7. 알칼리 셀룰라아제는 폴리에스터와 같은 비셀룰로오스 섬유가 아니라 면 또는 면 함량이 높은 직물의 접근 가능한 셀룰로오스에 작용하는 것으로 예상된다.

تُرفق **CoA** و**SDS** مع الطلب لتوفير معلومات الدفعة والسلامة اللازمة للتعامل المهني مع المنتج. هذه الوثائق مهمة لأن الإنزيمات تدخل في صياغات تحتاج إلى ضبط داخلي من جانب مطور المنتج النهائي، خصوصًا عند إدراجها مع مواد خافضة للتوتر السطحي أو إنزيمات أخرى أو أنظمة عطرية وحافظة قد تؤثر في الاستقرار والأداء [10].

الخلاصة التقنية

السيليولاز القلوي لمنظفات الغسيل هو إنزيم عناية بالقماش يستهدف الألياف السليلوزية الدقيقة والزغب السطحي في القطن والقطن المخلوط. قيمته الأساسية ليست في إزالة بقعة واحدة محددة، بل في تحسين ملمس القماش ومظهره عبر تعديل سطحي محدود للسليلوز، ما يدعم نعومة أفضل ومظهرًا أقل بهتانًا عند استخدامه ضمن صياغة مناسبة [2].

تدعم الأدبيات استخدام السيليولازات القلوية، خصوصًا من نماذج ميكروبية مثل **Bacillus**، في تطبيقات المنظفات والأنظمة الصناعية المرتبطة بالسليلوز. ومع ذلك، يبقى الأداء النهائي مرتبطًا بالصياغة الكاملة ونوع الأقمشة وبيئة الغسيل؛ لذلك يجب تقديم السيليولاز القلوي كجزء من منظومة منظف متوازنة، لا كمكون منفرد

يضمن جميع نتائج التنظيف والعناية بالقماش [3].

بالنسبة لمنتج **Alkaline Cellulase For Laundry Detergents**، توفر Enzymes.bio خيار توريد مباشر عبر الإنترنت بوحدة **1 kg**، مع إرفاق **CoA** و**SDS** مع الطلب. وعند إدراجه في منظفات الغسيل القلوية، يكون الاستخدام الأكثر منطقية له في المنتجات التي تستهدف القطن والقطن المخلوط وتريد الجمع بين التنظيف الإنزيمي والعناية بالمظهر والملمس.

اطلب Alkaline Cellulase For Laundry Detergents 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 Alkaline Cellulase For Laundry Detergents →

المراجع

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

1. Ryom, N. M. (2003). Adjusting laundry detergents to modern needs with enzymes. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 80, 313-316.
2. Yau, H. C. L., Byard, J. B., Thompson, L., Malekpour, A. K., Robson, T., Bakshani, C. R., Lelanaite, I., ... et al. (2024). Enzymatic modification of cotton fibre polysaccharides as an enabler of sustainable laundry detergents. *Scientific Reports*, 14.
3. Shikata, S., Saeki, K., Okoshi, H., Tadashi, Yoshimatsu, Katsuya, Ozaki, ... et al. (2018). Alkaline Cellu) ases for Laundry Detergents : Alkalophilie Strains of Baeillus and Some of the Crude Enzymes Production by Properties.
4. Yakubu, A., & Vyas, A. (2023). INDUSTRIAL APPLICATION OF ALKALINE CELLULASE ENZYMES IN PULP AND PAPER RECYCLING: A REVIEW. *Cellulose Chemistry and Technology*.
5. Annamalai, N., Rajeswari, M., Elayaraja, S., Thavasi, R., Vijayalakshmi, S., & Balasubramanian, T. (2012). Purification and Characterization of Thermostable Alkaline Cellulase from Marine Bacterium Bacillus licheniformis AU01 by Utilizing Cellulosic Wastes. *Waste and Biomass Valorization*, 3, 305-310.
6. Gaubert, A., Jeudy, J., Rougemont, B., Bordes, C., Lemoine, J., Casabianca, H., & Salvador, A. (2016). Identification and absolute quantification of enzymes in laundry detergents by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408, 4669-4681.
7. Araujo, F. J., Hissa, D. C., Nagano, C. S., Gonçalves, L. R. B., & Melo, V. M. M. (2025). Dual Esterase and Protease Activities of Bacillus subtilis TIM27 Subtilisin E and Biosurfactant for Advanced Laundry Detergents. *Journal of the Brazilian Chemical Society*

.Soler, M. (2018). Study of efficiency of enzymes in laundry detergents .8

.Bawankule, K. P. (2021). Methyl Ester Sulfonate as an Alternative to Petrochemical Based Surfactants .9

.Biran, S. (2010). Stability of Enzymes in Granular Enzyme Products for Laundry Detergents .10

Hammami, A., Fakhfakh, N., Abdelhedi, O., Nasri, M., & Bayoudh, A. (2018). Proteolytic and amylolytic .11
enzymes from a newly isolated Bacillus mojavensis SA: Characterization and applications as laundry
. detergent additive and in leather processing.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 108, 56-68

Shapiro, R. S., & Eisenberg, B. (1971). Sensitivity to proteolytic enzymes in laundry detergents.. *Journal of* .12
. *Allergy*, 47 2, 76-9

Kirschner, E. (1998). SOAPS & DETERGENTS: New washing machines, enzymes, liquids churn the laundry .13
.detergent ingredients market. *Chemical & Engineering News*, 76, 39-54

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.