

# Celulasa alcalina para detergentes de lavandería: cuidado del algodón, reducción de pilling y biopolishing textil

Equipo de investigación de Enzymes.bio · Wellington, Nueva Zelanda · June 21, 2026

La **celulasa alcalina para detergentes de lavandería** es una enzima usada en formulaciones de lavado para modificar de forma controlada las microfibrillas superficiales de algodón y otros textiles celulósicos. Su valor principal no es blanquear ni atacar manchas proteicas, grasas o almidonadas, sino mejorar el cuidado del tejido: menor pelusa, reducción visual del pilling, tacto más suave y apariencia de color más limpia en prendas sometidas a lavados repetidos <sup>[1]</sup>.

En detergentes alcalinos, esta enzima funciona como un ingrediente de **fabric care**: actúa sobre celulosa accesible en la superficie textil y complementa a proteasas, amilasas y lipasas dentro de sistemas multienzimáticos. Enzymes.bio la suministra como producto B2B disponible directamente en línea en unidades de 1 kg; el CoA y la SDS se proporcionan junto con el pedido.

## Qué es una celulasa alcalina para detergentes

Una celulasa es una enzima capaz de catalizar la hidrólisis de enlaces en la celulosa, el polisacárido estructural dominante del algodón y de otras fibras vegetales. En aplicaciones de detergencia, la función se aprovecha de manera limitada y superficial: la enzima no debe “comerse” la prenda, sino actuar sobre regiones accesibles, fibrillas levantadas y fragmentos de celulosa expuestos por el desgaste mecánico del uso y del lavado <sup>[2]</sup>.

El calificativo **alcalina** indica que la enzima está orientada a trabajar en el entorno de pH típico de muchos detergentes para ropa. Esto es importante porque las formulaciones de lavandería contienen tensioactivos, builders, agentes secuestrantes, polímeros, perfumes y, a menudo, otras enzimas; una celulasa útil para detergentes debe conservar funcionalidad en esa matriz, no solo en una disolución simple de laboratorio <sup>[3]</sup>.

En términos comerciales y técnicos, “Alkaline Cellulase For Laundry Detergents” describe una celulasa destinada a detergentes de ropa con beneficios de cuidado textil. Su papel se diferencia de enzimas de eliminación de manchas: una proteasa se dirige a residuos proteicos, una amilasa a almidones, una

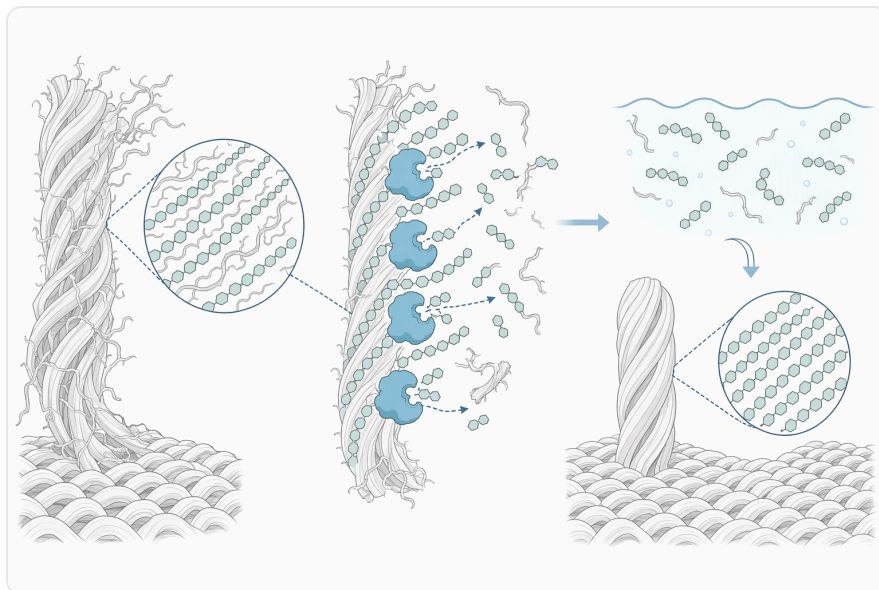
lipasa a grasas, mientras que la celulasa se dirige principalmente a la superficie de fibras celulósicas y a los cambios físicos que deterioran la apariencia de la tela [1].

## Por qué la celulasa importa en el lavado de algodón

El algodón envejece visualmente porque su superficie no permanece lisa. El roce, el uso, el secado, la fricción en la lavadora y la repetición de ciclos levantan microfibrillas; esas fibras finas dispersan la luz, atrapan partículas y crean una capa de pelusa que hace que los colores parezcan apagados. La modificación enzimática de polisacáridos de la fibra de algodón se ha estudiado precisamente como una vía para habilitar detergentes más sostenibles orientados al cuidado de la prenda [1].

El **pilling** aparece cuando fibras sueltas se enredan y forman pequeñas bolitas adheridas a la superficie. En tejidos con contenido celulósico, una celulasa compatible con detergente puede debilitar y cortar parte de esas microfibrillas accesibles, facilitando su desprendimiento durante la acción mecánica del lavado. El resultado esperado es una superficie menos vellosa, con tacto más uniforme y apariencia menos envejecida.

Este mecanismo también explica por qué la celulasa alcalina no debe presentarse como un quitamanchas universal. Si la suciedad principal es sangre, huevo, leche, sudor o restos proteicos, la enzima central es una proteasa; si se trata de arroz, pasta, papas o salsas con almidón, la amilasa es más relevante. La celulasa aporta una dimensión distinta: mantenimiento del aspecto del tejido y mejora de la liberación de suciedad atrapada en la microestructura superficial, no hidrólisis directa de todo tipo de mancha [2].



**Figure 1.** 알칼리성 셀룰라아제는 의류 전체를 분해하기보다 면 표면에 노출된 셀룰로오스 미세섬유에 작용합니다.

## Mecanismo concreto: qué ocurre en la superficie de la fibra

---

La celulosa está formada por cadenas de glucosa organizadas en regiones cristalinas y amorfas. En una fibra de algodón intacta, muchas zonas están compactas y son poco accesibles; en cambio, las microfibrillas dañadas, extremos de fibra y capas superficiales erosionadas presentan mayor accesibilidad enzimática. La literatura sobre hidrólisis enzimática de celulosa muestra que la estructura física del sustrato —incluida accesibilidad, cristalinidad y características de la matriz— condiciona la respuesta frente a celulasas <sup>[4]</sup>.

En lavandería, la enzima actúa donde el agua, el tensioactivo y la agitación ya han expuesto zonas vulnerables. La celulasa corta enlaces en segmentos de celulosa accesible de las microfibrillas; al reducir su longitud o debilitar su anclaje, favorece que la fricción normal del lavado las desprenda. Esto produce un efecto de “pulido” superficial: menos fibras levantadas, menor aspereza y una reflexión de luz más homogénea sobre la tela.

La acción no es idéntica a la hidrólisis intensiva usada para convertir residuos celulósicos en azúcares fermentables. En procesos de valorización de residuos textiles o de cartón, la celulasa puede emplearse para generar glucosa como materia prima biotecnológica; en detergentes, en cambio, se busca una modificación limitada de la superficie, porque el sustrato es la prenda que debe conservarse <sup>[5]</sup>.

La selectividad práctica se obtiene por la combinación de tiempo de contacto, concentración en el detergente final, pH, temperatura, formulación y accesibilidad del tejido. Por eso, una celulasa alcalina de lavandería se entiende mejor como una herramienta de **micro-modificación superficial**, no como un agente de degradación masiva del algodón.

## Beneficios realistas en detergentes de lavandería

---

### Reducción de pelusa y pilling en fibras celulósicas

El beneficio más conocido de una celulasa en detergentes es la disminución de la pelusa superficial en algodón. Al eliminar microfibrillas levantadas, la prenda puede sentirse más lisa y verse menos desgastada, especialmente después de varios ciclos de lavado. La investigación reciente sobre modificación enzimática de polisacáridos del algodón vincula este tipo de intervención con detergentes más sostenibles y orientados al cuidado textil <sup>[1]</sup>.

Este beneficio es especialmente relevante en camisetas, ropa casual de algodón, toallas, sábanas, mezclas con viscosa y otros textiles con componente celulósico. En fibras sintéticas puras como poliéster, poliamida o acrílico, el mecanismo de la celulasa no aplica de la misma forma porque el

sustrato no es celulosa.

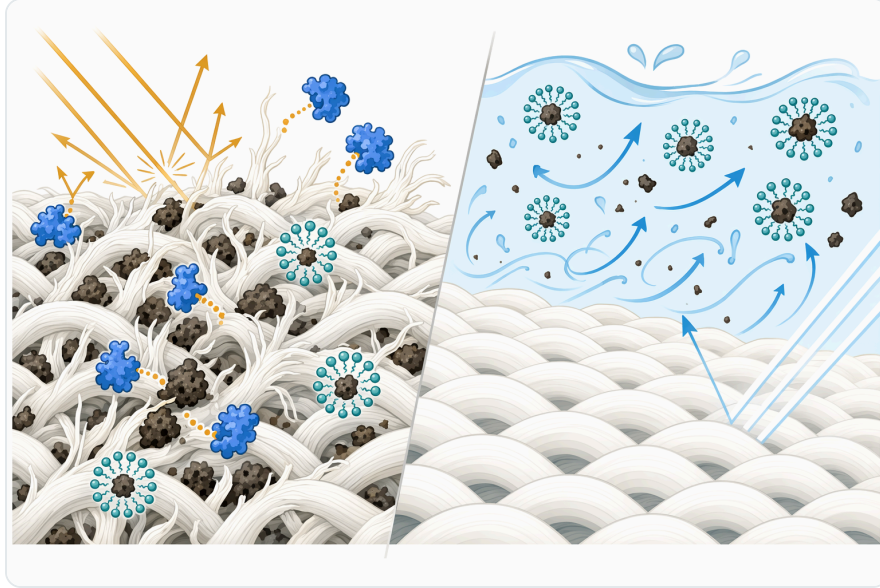


Figure 2. 솟아오른 면 섬유 잔털을 정리하면 착용으로 닳은 면 표면에서 물리적인 오염물 보유와 빛 산란이 줄어듭니다.

### Mejora de apariencia de color

Cuando una tela de algodón desarrolla vellosoidad superficial, el color puede parecer más grisáceo o apagado aunque el tinte permanezca en la fibra. La capa de microfibrillas dispersa la luz y reduce la percepción de profundidad cromática. Al pulir parcialmente esa superficie, la celulasa puede contribuir a una apariencia de color más limpia, sin que esto signifique teñir, blanquear o renovar químicamente el colorante.

Este punto es importante para posicionamiento de detergentes “color care”. La celulasa no sustituye a polímeros antirredeposición, inhibidores de transferencia de color o sistemas de protección de tinte; los complementa mediante una vía física y enzimática sobre la superficie celulósica.

### Tacto más suave y menor aspereza

La aspereza del algodón usado no depende solo de la composición química, sino también de la topografía superficial. Una superficie con fibras levantadas genera fricción contra la piel; una superficie menos fibrilada suele sentirse más suave. Las celulosas industriales se describen de forma amplia en aplicaciones textiles precisamente porque permiten modificar materiales celulósicos bajo condiciones más suaves que tratamientos químicos severos [2].

La suavidad percibida no debe confundirse con el efecto de suavizantes catiónicos. Un suavizante deposita compuestos lubricantes sobre la tela; la celulasa reduce parte de la irregularidad superficial. En una formulación completa, ambos mecanismos pueden ser conceptualmente distintos y, según el sistema, complementarios o incompatibles.

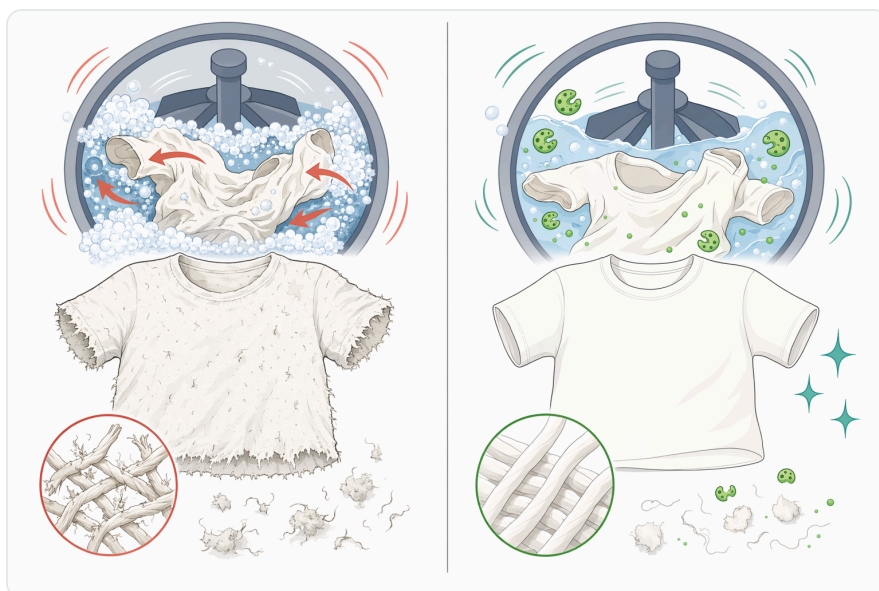
### Apoyo a formulaciones más sostenibles

La industria de detergentes busca reducir temperatura de lavado, consumo energético y dependencia de tratamientos químicos agresivos. Las enzimas contribuyen a ese objetivo porque catalizan transformaciones específicas en condiciones más moderadas que muchos procesos puramente químicos. Las formulaciones de biodetergentes sostenibles que incorporan componentes enzimáticos se investigan como parte de esa transición hacia productos de menor impacto [3].

En el caso de la celulasa, el argumento de sostenibilidad no debe exagerarse: por sí sola no convierte un detergente en ecológico. Su aporte está en permitir beneficios de cuidado textil y desempeño superficial dentro de lavados modernos, potencialmente compatibles con ciclos menos intensivos cuando la formulación global está bien equilibrada.

### Comparación con otras enzimas de lavandería

La siguiente tabla resume el papel de la celulasa alcalina frente a otras enzimas comunes en detergentes. La comparación ayuda a evitar afirmaciones imprecisas y a ubicar cada biocatalizador en su función real.



**Figure 3.** 산성, 중성, 알칼리성 셀룰라아제는 주로 셀룰로오스 표면 활성화에 가장 적합한 pH 환경이 서로 다릅니다.

Enzima en detergentes	Sustrato principal	Beneficio dominante en lavandería	Lo que no debe prometerse
<b>Celulasa alcalina</b>	Celulosa accesible en algodón, viscosa y fibras celulósicas	Reducción de microfibrillas, pelusa y pilling; tacto más suave; apariencia de color más limpia	No es la enzima principal para sangre, grasa o almidón
<b>Proteasa</b>	Proteínas y péptidos	Eliminación de manchas proteicas como sudor, sangre, huevo o leche	No mejora por sí misma el pilling del algodón
<b>Amilasa</b>	Almidón y dextrinas	Eliminación de residuos de alimentos ricos en almidón	No actúa sobre microfibrillas de celulosa como beneficio principal
<b>Lipasa</b>	Grasas y aceites	Apoyo contra manchas lipídicas y residuos oleosos	No sustituye a tensioactivos ni a celulasa en cuidado de algodón
<b>Mananasa</b>	Gomas y galactomananos	Apoyo contra espesantes alimentarios y residuos vegetales específicos	No es una enzima general de cuidado superficial textil

La literatura sobre celulasas y sus aplicaciones industriales subraya que diferentes enzimas hidrolíticas tienen especificidad de sustrato y perfiles de aplicación distintos; por ello, una formulación multienzimática debe asignar a cada enzima una función técnicamente coherente <sup>[2]</sup>.

## Compatibilidad con detergentes alcalinos

Una celulasa para lavandería no trabaja aislada. En un detergente real convive con tensioactivos aniónicos y no iónicos, sales alcalinas, secuestrantes, blanqueadores en algunos sistemas, polímeros antiirredeposición, fragancias y otras enzimas. La compatibilidad con esa matriz es decisiva porque la actividad enzimática puede disminuir si la proteína se desnaturaliza, se adsorbe en exceso, se oxida o queda inhibida por componentes de la formulación.

La interacción entre detergentes enzimáticos y materiales textiles puede complicarse aún más por la presencia de metales o nanopartículas de óxidos metálicos en tejidos funcionalizados. Estudios sobre la interacción entre detergentes enzimáticos y textiles con metales u óxidos metálicos muestran que el sistema de lavado debe entenderse como una combinación de enzima, formulación y sustrato textil, no como una reacción aislada <sup>[6]</sup>.

El pH alcalino favorece la detergencia de muchas formulaciones, pero también exige enzimas con estabilidad apropiada. Una celulasa no alcalina podría perder conformación funcional o rendimiento en esas condiciones. Por ello, el término “alkaline cellulase” tiene relevancia práctica: comunica orientación hacia matrices donde el pH de uso se encuentra en la zona típica de detergentes alcalinos.

La temperatura también influye. En lavados modernos, muchos consumidores y lavanderías buscan ciclos templados o de menor temperatura por eficiencia energética y protección de prendas. Una celulasa útil en detergentes debe aportar desempeño en ese rango de uso previsto, siempre dentro de las limitaciones de la formulación final y sin prometer comportamiento universal en todos los equipos, aguas y tejidos.

## Aplicaciones B2B en detergentes y cuidado textil

### Detergentes líquidos y en polvo con enfoque en fabric care

La celulasa alcalina se integra en detergentes que buscan comunicar beneficios de cuidado de ropa, suavidad y mantenimiento de apariencia. En detergentes en polvo, la estabilidad durante almacenamiento y la distribución homogénea son factores formulativos importantes; en líquidos, la enzima debe convivir con agua, tensioactivos y otros componentes durante la vida útil del producto. La investigación sobre biodetergentes y formulaciones enzimáticas confirma que la incorporación de enzimas forma parte de estrategias de desarrollo de detergentes con funcionalidades específicas <sup>[3]</sup>.



**Figure 4.** 알칼리성 셀룰라아제가 세탁에서 주는 주요 이점은 면을 더 밝아 보이게 하고, 미세 입자 오염의 제거를 개선하며, 보풀 발생을 줄이고, 촉감을 더 매끄럽게 하며, 면 함량이 높은 직물 관리 효과를 뒷받침하는 것입니다.

En una propuesta B2B, el mensaje más sólido es “cuidado de tejidos celulósicos”, no “mayor poder quitamanchas total”. Esta precisión reduce reclamaciones exageradas y facilita formular productos con expectativas correctas.

### **Lavandería institucional y comercial**

En hoteles, residencias, lavanderías de uniformes y servicios textiles, la apariencia repetida de sábanas, toallas y prendas de algodón es un indicador de calidad percibida. Una celulasa alcalina puede apoyar programas donde se busca reducir aspereza y aspecto envejecido, siempre que el tratamiento no comprometa resistencia del tejido ni se aplique de forma excesiva.

La diferencia entre lavandería doméstica e institucional está en la repetición intensa. Un ingrediente que mejora superficie en ciclos ocasionales puede requerir mayor control en programas donde el mismo textil se lava decenas o cientos de veces. El equilibrio entre beneficio visual y preservación mecánica del algodón es, por tanto, un criterio técnico central.

### **Biopolishing y acabado textil**

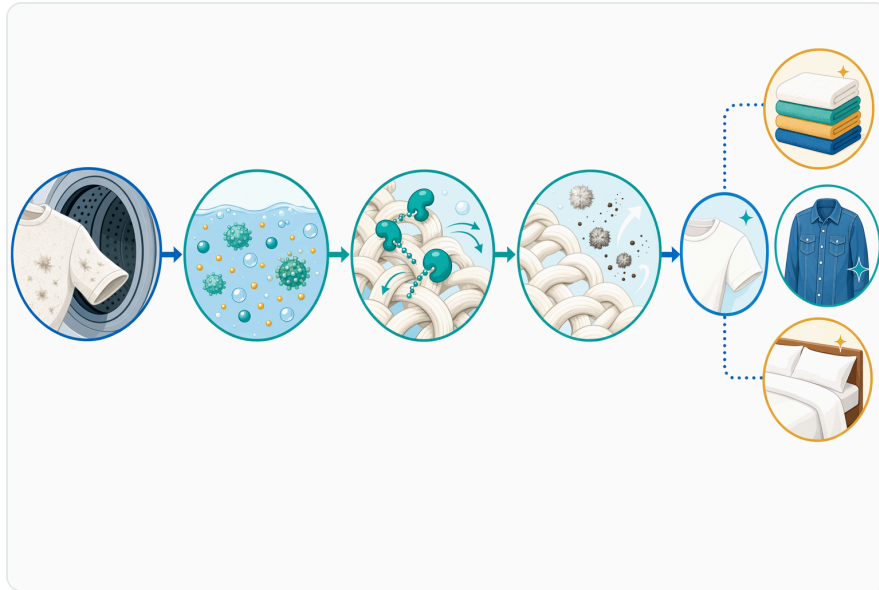
El **biopolishing** usa celulasas para mejorar la superficie de telas celulósicas antes o después de la confección. En lugar de depender únicamente de abrasión mecánica o tratamientos químicos, la enzima ayuda a eliminar fibras sobresalientes. La conexión entre celulasas y procesamiento de residuos o materiales textiles aparece en trabajos sobre recuperación y tratamiento de algodón, donde la hidrólisis enzimática se combina con enfoques mecánicos o químicos para modificar celulosa <sup>[7]</sup>.

Aunque biopolishing industrial y detergente doméstico no son lo mismo, comparten el principio de actuar sobre celulosa accesible en la superficie. La diferencia reside en la intensidad del proceso, el control industrial y el objetivo: acabado textil en un caso, mantenimiento durante el lavado en el otro.

### **Denim y efectos de lavado**

Las celulasas también se relacionan con procesos de denim, donde pueden contribuir a efectos de lavado y modificación superficial de fibras de algodón. En denim, la acción se aprovecha para alterar el aspecto de la prenda de forma más visible; en detergentes de uso regular, el objetivo es más conservador: mantener apariencia y reducir deterioro superficial.

La misma lógica exige prudencia: una enzima que modifica celulosa debe usarse en condiciones adecuadas para evitar pérdida de resistencia o cambios no deseados. El beneficio depende del tejido, el acabado, el colorante, el sistema de lavado y la exposición acumulada.



**Figure 5.** 세제에 사용할 때 알칼리성 셀룰라아제는 제품 형태 안에서 안정성을 유지하고, 세탁액에 분산되며, 면 표면에 접촉하고, 물리적 교반과 헹굼 과정과 함께 작용해 느슨해진 섬유 잔털과 오염물을 제거해야 합니다.

## Evidencia científica que respalda el uso de celulasas en textiles

La base científica de la celulasa se apoya en décadas de investigación sobre hidrólisis de celulosa, estructura de sustratos celulósicos y aplicaciones industriales. Las revisiones sobre celulasas describen su distribución microbiana, producción, caracterización general y aplicaciones en sectores como textil, detergentes, alimentación, papel y bioconversión de biomasa <sup>[2]</sup>.

En materiales textiles, la importancia de la accesibilidad del sustrato se observa claramente en estudios de residuos de algodón y mezclas algodón/poliéster. La recuperación de celulosa desde residuos de la industria textil, incluidas mezclas con poliéster, evidencia que el componente celulósico puede separarse o modificarse mediante estrategias químicas y enzimáticas, aunque los objetivos de esos procesos sean distintos de la lavandería cotidiana <sup>[8]</sup>.

También se ha estudiado la conversión de residuos textiles postindustriales y posconsumo en materias primas para fermentación o productos de valor añadido. En esos casos, los pretratamientos aumentan la accesibilidad de la celulosa para que la hidrólisis enzimática produzca azúcares fermentables; esta literatura ayuda a entender por qué la estructura física del algodón determina la acción de la celulasa <sup>[9]</sup>.

La investigación sobre celulosa bacteriana y nanocristales muestra otro extremo del mismo principio: las celulasas pueden modificar materiales celulósicos con precisión suficiente para generar estructuras de tamaño reducido o alterar propiedades funcionales. Aunque esos estudios no son detergentes,

refuerzan el papel de las celulasas como herramientas para transformar celulosa bajo condiciones controladas [10].

En síntesis, la evidencia no debe extrapolarse de forma simplista. Que una celulasa hidrolice residuos textiles o produzca nanocristales no significa que un detergente degrade una prenda de manera comparable. Lo que sí respalda la literatura es el mecanismo general: la celulasa actúa sobre celulosa accesible, y el resultado depende del sustrato, la formulación, la exposición y el propósito del proceso.

## Límites técnicos y riesgos de sobreactuación

El límite más importante es que el algodón es, en sí mismo, celulosa. Por tanto, una celulasa debe actuar de forma controlada. Si la exposición fuera demasiado intensa o repetida sin equilibrio formulativo, podría afectar propiedades mecánicas del tejido. Esta es la razón por la cual las formulaciones de detergentes usan la celulasa para cuidado superficial, no para hidrólisis profunda.

Otro límite es la variabilidad de los tejidos. Algodón peinado, algodón cardado, mezclas con poliéster, viscosa, lyocell, denim teñido, toallas rizadas y prendas con acabados especiales presentan accesibilidad y respuesta diferentes. Un tejido muy fibrilado puede mostrar una mejora visual más clara; una tela delicada o con acabado particular puede requerir más precaución.

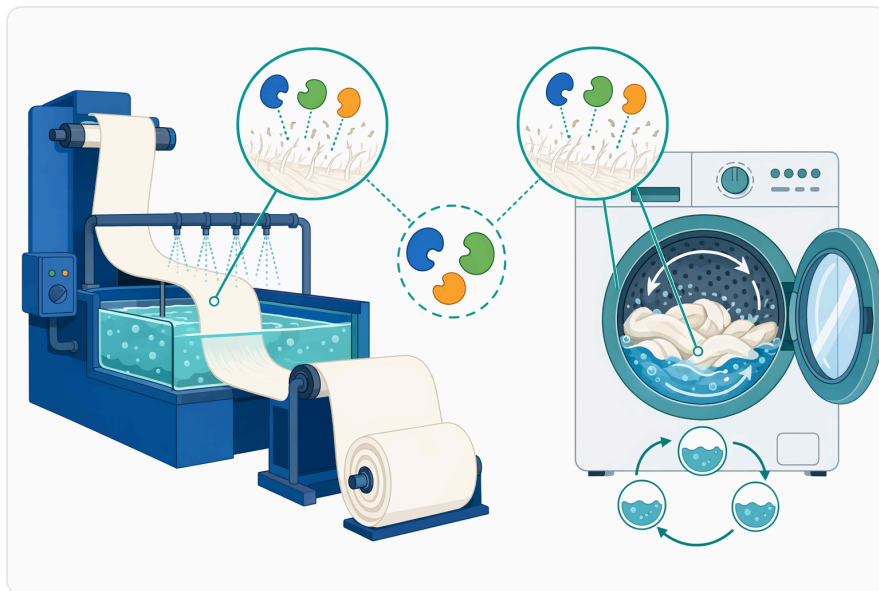


Figure 6. 세탁용 셀룰라아제와 섬유 바이오폴리싱은 서로 다른 공정 조건에서 셀룰로오스 표면을 제어된 방식으로 개질한다는 동일한 원리를 공유합니다.

Los componentes del detergente también importan. Ciertos tensioactivos pueden ayudar a humectar y exponer la superficie, mientras que otros ingredientes pueden reducir estabilidad enzimática o cambiar la adsorción sobre la fibra. La interacción con metales, óxidos metálicos o acabados

funcionales del textil añade otra capa de complejidad en sistemas modernos <sup>[6]</sup>.

Por último, las expectativas de consumidor deben ser realistas. La celulasa puede mejorar apariencia y tacto con el tiempo, pero no repara roturas, no reconstruye fibras perdidas, no recolorea tintes degradados y no sustituye buenas prácticas de lavado. Su valor está en reducir algunos efectos superficiales del envejecimiento textil.

## **Consideraciones de formulación sin convertirlo en una promesa universal**

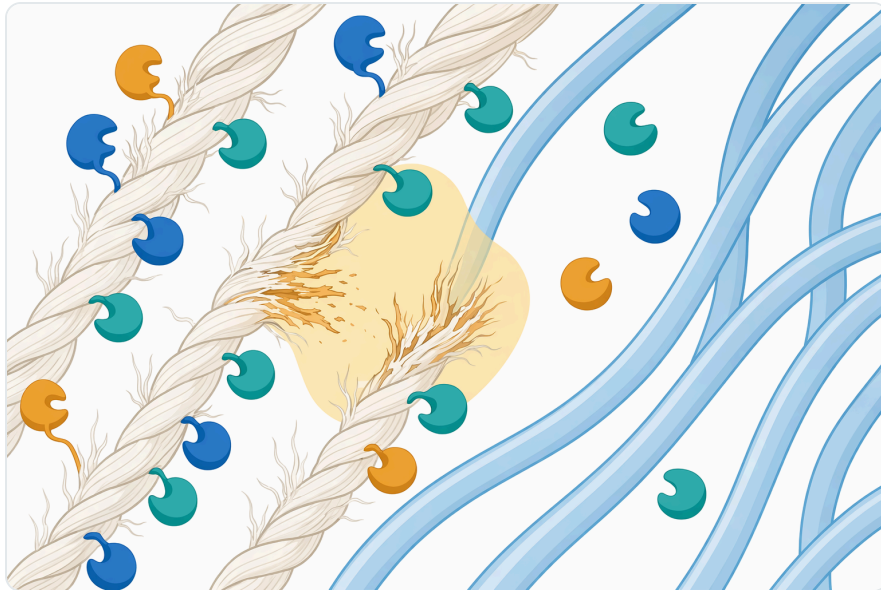
---

Para un formulador, la celulasa alcalina debe evaluarse como parte de un sistema completo. La matriz determina si la enzima mantiene estabilidad durante almacenamiento y si conserva función durante el lavado. En detergentes multienzimáticos, además, se debe considerar la convivencia con proteasas, porque algunas proteasas pueden degradar otras enzimas si la formulación no está estabilizada.

El agua de lavado también influye. Dureza, alcalinidad, presencia de metales y suciedad real cambian la interacción entre enzima, tensioactivo y fibra. En condiciones de agua dura, los builders y secuestrantes pueden modificar la disponibilidad de iones y la humectación del tejido, lo que indirectamente afecta el rendimiento enzimático.

El tipo de producto final define prioridades. Un detergente para ropa de color puede valorar reducción de vellosidad y protección visual; un detergente para toallas puede priorizar tacto; una formulación institucional puede priorizar equilibrio entre apariencia y vida útil del textil. En todos los casos, el beneficio más defendible sigue siendo el cuidado de fibras celulósicas.

La literatura sobre hidrólisis de celulosa en materiales lignocelulósicos muestra que los pretratamientos y la estructura del sustrato pueden cambiar drásticamente la respuesta enzimática. Aunque la madera o biomasa pretratada no equivalen a una prenda de algodón, el principio de accesibilidad ayuda a explicar por qué dos textiles con igual composición química pueden responder de manera diferente <sup>[11]</sup>.



**Figure 7.** 알칼리성 셀룰라아제는 폴리에스터와 같은 비셀룰로오스 섬유가 아니라 면 또는 면 함량이 높은 직물의 노출된 셀룰로오스에 작용할 것으로 예상됩니다.

## Papel de Enzymes.bio como proveedor

Enzymes.bio suministra enzimas para aplicaciones de detergentes y lavandería, incluyendo categorías como proteasa, lipasa, amilasa, celulasa y otras enzimas usadas en formulaciones de limpieza. La celulasa alcalina para detergentes se posiciona dentro de esa lógica como ingrediente de cuidado textil para sistemas alcalinos orientados a algodón y fibras celulósicas .

Es importante describir correctamente el rol de Enzymes.bio: actúa como **proveedor**, no como fabricante ni laboratorio. La información de este artículo tiene finalidad técnico-educativa para formuladores y compradores B2B que necesitan comprender el mecanismo, las aplicaciones y los límites de una celulasa alcalina en detergentes.

El producto se vende directamente en línea en unidades de **1 kg**. El pedido se procesa tras el pago en línea, y el **certificado de análisis (CoA)** y la **ficha de datos de seguridad (SDS)** se proporcionan junto con el pedido. Esta forma de suministro encaja con equipos de formulación que desean incorporar una enzima de lavandería sin convertir la página de producto en una especificación universal de desempeño.

## Conclusión

La **celulasa alcalina para detergentes de lavandería** es un ingrediente técnico de cuidado textil. Su función principal es modificar de forma controlada microfibrillas de algodón y otros sustratos celulósicos para reducir pelusa, suavizar el tacto y mejorar la apariencia visual de prendas que

envejecen por uso y lavado repetido <sup>[1]</sup>.

La evidencia científica sobre celulasas, hidrólisis de celulosa, modificación de algodón y aplicaciones textiles respalda el mecanismo general: estas enzimas actúan sobre celulosa accesible y su efecto depende de la estructura del sustrato, la formulación y las condiciones de exposición <sup>[2]</sup>. En detergentes, esto se traduce en un beneficio de fabric care, no en una promesa de eliminación universal de manchas.

Para una formulación B2B responsable, la descripción más precisa es: **celulasa alcalina compatible con detergentes para mejorar el cuidado de fibras celulósicas en sistemas de lavandería alcalinos**. Usada con criterio dentro de una formulación equilibrada, complementa a proteasas, amilasas, lipasas y otros componentes del detergente, aportando un beneficio diferenciado sobre la superficie del tejido.

### Pedir Alkaline Cellulase For Laundry Detergents en línea

Se vende en unidades de 1 kg, en stock y listo para enviar. Haga su pedido directamente en nuestra tienda: pague en línea y procesaremos su pedido. Con cada pedido se incluyen un Certificado de Análisis y una Ficha de Datos de Seguridad.

[Comprar Alkaline Cellulase For Laundry Detergents →](#)

## Referencias

Numeradas por orden de primera cita. Fuentes de acceso abierto, verificadas como disponibles en el momento de publicación; los números de cita en el texto enlazan aquí.

1. 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.
2. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.
3. Choudhary, J. N., Pant, K. K., Dadsena, A., Tiwari, A., Soni, C., Porte, D., & Chandra, V. (2024). Evaluations of Sustainable Laundry Biodetergent Formulation from Saponin Extract Solution and Enzymatic Beads of Calcium Alginate. *African Journal of Biomedical Research*.
4. Cheng, L., Hu, X., Zheng-Gu, Hong, Y., Li, Z., & Li, C. (2019). Characterization of physicochemical properties of cellulose from potato pulp and their effects on enzymatic hydrolysis by cellulase. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 564-571 .

5. Zebec, Ž., Poberžnik, M., & Lobnik, A. (2022). Enzymatic Hydrolysis of Textile and Cardboard Waste as a Glucose Source for the Production of Limonene in Escherichia coli. *Life*, 12.
6. Mirzajani, F., & Mohseni, N. (2024). Interaction between Enzymatic Detergent and Textile Metals/Metal Oxide Nanoparticles. *Nanoscience & Nanotechnology-Asia*.
7. Schaake, M. M., Pikhhard, O., Bross, M., May, T., Hua, Z. C., Schmidt, L., Jaeger, F. K., ... et al. (2026). Combination of Mechanical Treatment and Enzymatic Hydrolysis During Post-Consumer Cotton Waste Processing. *ChemSusChem*, 19.
8. Elkamel, H., Taşar, Ş., Duranay, N., & Yilgin, M. (2025). Evaluation of textile industry wastes: Cellulose recovery from cotton/polyester blend shearing waste. *Waste Management*, 203, 114850 .
9. Simonetti, M., Butti, P., Lorenzo, R. D. D. D., Mapelli, V., & Branduardi, P. (2024). Valorisation of cotton post-industrial textile waste into lactic acid: chemo-mechanical pretreatment, separate hydrolysis and fermentation using engineered yeast. *Microbial Cell Factories*, 23.
10. Rovera, C., Fiori, F., Trabattoni, S., Romano, D., & Farris, S. (2020). Enzymatic Hydrolysis of Bacterial Cellulose for the Production of Nanocrystals for the Food Packaging Industry. *Nanomaterials*, 10.
11. Vaidya, A., Murton, K., Smith, D. A., & Dedual, G. (2022). A review on organosolv pretreatment of softwood with a focus on enzymatic hydrolysis of cellulose. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12, 5427-5442.

## Contactar con Enzymes.bio

¿Tiene preguntas sobre un pedido? Nuestro equipo estará encantado de ayudarle.

CORREO ELECTRÓNICO [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TELÉFONO (EE. UU.) **+1 (507) 428-6057**

[Contáctenos →](#)



**400+** Clientes B2B



**60+** socios universitarios de investigación



**54** atendidos en todo el mundo

© 2026 Enzymes.bio · Suministro de enzimas industriales y para procesamiento de alimentos · No apto para consumo humano ni venta minorista.