

Cutinase Hydrolase Enzyme para industria de pulpa y papel: control de pitch, reciclaje y tratamiento de fibras

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

Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry es una hidrolasa orientada a modificar enlaces éster en materiales hidrofóbicos, como ceras, extractivos, ciertos lípidos, adhesivos o poliésteres presentes en corrientes papeleras. En pulpa, papel y reciclaje, su papel técnico más realista es complementar otros tratamientos enzimáticos para mejorar la limpieza de fibras, reducir depósitos orgánicos y facilitar procesos más selectivos, no sustituir de forma universal a celulasas, xilanasas, lipasas o lacasas. La evidencia más directa conecta a las cutinasas con la hidrólisis de poliésteres y depósitos tipo “sticky”, mientras que la literatura papelería muestra que las enzimas ya se usan en reciclaje, destintado, refinado y acondicionamiento de fibras ^[1].

Qué es una cutinasa hidrolasa y por qué interesa en papel y pulpa

Una cutinasa es una enzima hidrolítica capaz de romper enlaces éster mediante la incorporación de agua en el enlace químico objetivo. En términos prácticos, esto significa que puede convertir materiales esterificados grandes, insolubles o hidrofóbicos en fragmentos más pequeños, más polares o más fáciles de dispersar y retirar. En la literatura de bioreciclaje, las cutinasas se tratan como una de las familias enzimáticas relevantes para la hidrólisis de poliésteres, incluido el PET, lo que confirma su afinidad por sustratos poliméricos con enlaces éster ^[1].

En una fábrica de papel, los problemas de proceso rara vez provienen de una sola molécula. Una suspensión fibrosa puede contener celulosa, hemicelulosa, lignina residual, extractivos de madera, almidones, tintas, adhesivos, cargas minerales, agentes de resistencia húmeda y microcontaminantes orgánicos. Por ello, la cutinasa debe entenderse como una herramienta especializada para fracciones esterificadas e hidrofóbicas, no como una enzima general de degradación de biomasa. Los estudios sobre hidrólisis heterogénea de materiales lignocelulósicos muestran que la accesibilidad, la composición del sustrato y la adsorción no productiva determinan fuertemente la respuesta enzimática ^[2].

El interés papelerero de la cutinasa se concentra en tres escenarios: control de depósitos orgánicos, tratamiento de fibras con componentes cerosos o esterificados y apoyo a corrientes recicladas con adhesivos, recubrimientos o poliésteres dispersos. Esta lógica es coherente con la evolución de los procesos enzimáticos en papel, donde distintas enzimas se aplican según el sustrato dominante: celulasas para modificar fibras, xilanasas para hemicelulosas, lipasas para fracciones lipídicas y otras hidrolasas para contaminantes específicos ^[3].

Mecanismo de acción: ruptura selectiva de enlaces éster

La cutinasa actúa sobre enlaces éster presentes en materiales naturales o sintéticos. En una interfaz fibra-agua, la enzima debe primero acercarse al sustrato hidrofóbico, adsorberse de manera productiva y orientar el enlace éster hacia su sitio catalítico. Después, la hidrólisis divide la molécula en productos más pequeños, típicamente con grupos ácido y alcohol, que pueden cambiar la humectabilidad, la dispersabilidad o la tendencia a formar depósitos.

Este mecanismo es especialmente relevante cuando los contaminantes no son puramente celulósicos. Por ejemplo, un adhesivo sensible a presión, una cera de recubrimiento, un extractivo vegetal o una partícula de poliéster no se comportan como una fibra de celulosa. La evidencia sobre PET hidrolizado por enzimas muestra que las cutinasas y enzimas relacionadas pueden atacar enlaces éster en polímeros sintéticos, aunque la eficiencia depende de la estructura del polímero, su cristalinidad, la superficie expuesta y el diseño del sistema de reacción ^[1].

En el proceso papelerero, la consecuencia práctica no debe describirse como “disolver” automáticamente los depósitos. Es más preciso hablar de modificación parcial: la cutinasa puede reducir masa molecular, alterar la polaridad superficial, debilitar la cohesión de una película hidrofóbica o facilitar que la acción mecánica, la flotación, el lavado o la dispersión retiren el material. Este enfoque evita sobredimensionar el efecto enzimático y se ajusta mejor a la realidad de matrices complejas como pulpas recicladas o aguas blancas.

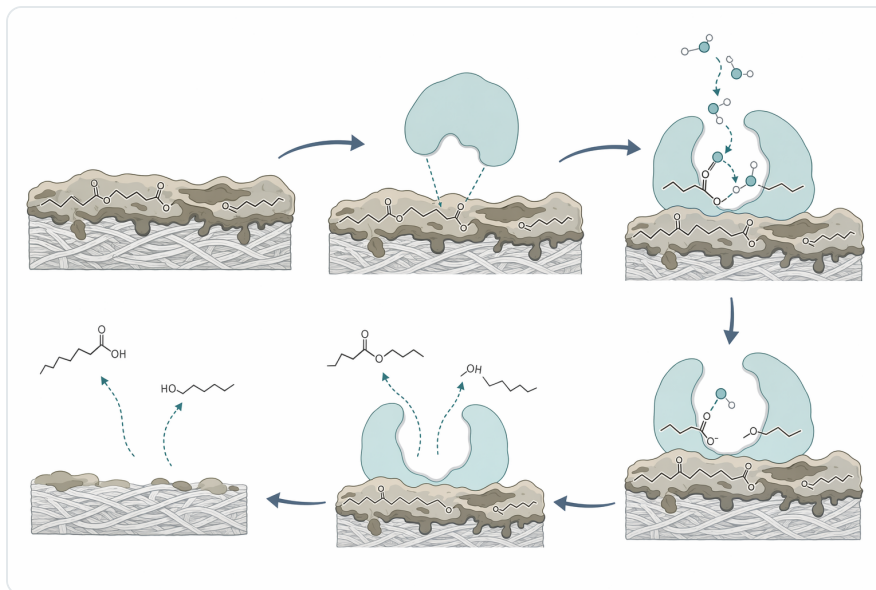


Figure 1. 큐티나아제는 물을 이용해 접근 가능한 에스터 결합을 가수분해하여, 소수성의 에스터가 풍부한 잔류물을 더 극성인 산 및 알코올 함유 분해물로 전환한다.

Aplicaciones principales en la industria de pulpa y papel

Control de pitch, stickies y depósitos orgánicos

El pitch y los depósitos tipo sticky son mezclas complejas de materiales hidrofóbicos. Pueden contener extractivos de madera, resinas, ceras, ácidos grasos, adhesivos, polímeros de recubrimiento y contaminantes procedentes del papel recuperado. En maquinaria papelera, estos materiales pueden adherirse a telas, fieltros, rodillos y circuitos de agua, generando roturas, manchas, pérdida de productividad y defectos superficiales.

La cutinasa es interesante cuando una parte de esos depósitos contiene enlaces éster susceptibles de hidrólisis. Un trabajo reciente centrado en depósitos pegajosos describe una mejora de la biodegradación mediante sinergia cutinasa-lipasa en sistemas celulosómicos diseñados, lo que respalda la hipótesis de que la cutinasa puede contribuir a modificar contaminantes hidrofóbicos en matrices celulósicas [4]. La lectura prudente es que la cutinasa puede ser útil en depósitos con fracción esterificada, pero no debe presentarse como solución universal para todos los stickies.

La diferencia entre “pitch” natural y “stickies” de reciclaje también importa. El pitch de madera suele estar más asociado a extractivos naturales, mientras que los stickies secundarios pueden incluir adhesivos, látex, hot-melts, recubrimientos y polímeros de origen variable. La cutinasa tendrá más sentido técnico cuando el problema incluya ceras, ésteres, poliésteres o fracciones lipídicas; si el depósito está dominado por materiales no hidrolizables, cargas minerales o polímeros sin enlaces éster accesibles, otras estrategias serán más relevantes.

Acondicionamiento de fibras y modificación superficial

La superficie de una fibra determina su humectación, su capacidad de formar enlaces interfibrilares y su comportamiento durante refinado, drenaje y formación de hoja. Las celulasas han sido ampliamente estudiadas en la industria papelera por su capacidad de modificar fibras, mejorar drenaje en ciertos casos y ajustar propiedades de pulpa; sin embargo, actúan principalmente sobre celulosa y pueden afectar resistencia si se usan de manera inadecuada ^[3].

La cutinasa ofrece un modo de acción diferente. En lugar de cortar cadenas de celulosa, se orienta a barreras superficiales esterificadas o hidrofóbicas. En fibras vegetales no madereras, mezclas recicladas, pulpas con extractivos elevados o materias primas con recubrimientos superficiales, esta diferencia puede ser importante: modificar una capa cerosa o un contaminante esterificado puede mejorar el acceso del agua y de otros auxiliares sin atacar directamente la estructura principal de celulosa.



Figure 2. 큐티나아제는 피치, 왁스, 스티키, 코팅물 또는 식물 표면 잔류물에 접근 가능한 가수분해성 에스터 결합이 있을 때 가장 유용하다.

Este enfoque también encaja con la investigación más amplia sobre deconstrucción de biomasa, donde se reconoce que no basta con tener enzimas activas; también es necesario que el sustrato sea accesible. Trabajos sobre pretratamientos de biomasa muestran que cambios físicos y químicos en la estructura del material pueden aumentar mucho la digestibilidad enzimática, precisamente porque reducen barreras de acceso y modifican la superficie disponible ^[5].

Reciclaje de papel y tratamiento de papeles con resistencia húmeda

El reciclaje papelerero incorpora contaminantes y aditivos que no estaban presentes en la pulpa virgen original. Entre ellos se encuentran agentes de resistencia húmeda, recubrimientos, adhesivos, tintas, almidones modificados y polímeros de proceso. La literatura reciente sobre reciclaje de papeles kraft no blanqueados con resistencia húmeda muestra que el uso de enzimas se ha investigado tanto a escala de laboratorio como industrial, lo que indica un interés real por rutas enzimáticas para mejorar la reciclabilidad de materiales difíciles ^[6].

En ese contexto, la cutinasa puede desempeñar un papel complementario si existen componentes esterificados o hidrofóbicos que limiten la separación de fibra o incrementen la pegajosidad. No debe confundirse con una enzima que destruya por sí sola todas las redes de resistencia húmeda, ya que esos sistemas pueden depender de múltiples químicas. Su contribución esperable es más específica: modificar fracciones éster o cerosas que interfieran con la dispersión, limpieza o acondicionamiento de la fibra recuperada.

El reciclaje también se beneficia de combinaciones enzimáticas. Una revisión sistemática sobre refinado enzimático de fibras recicladas destaca el potencial de las enzimas para desbloquear mejoras en el tratamiento de fibras recuperadas, pero también refleja que el efecto depende de tipo de fibra, historia del material, condiciones de proceso y enzima seleccionada ^[7]. La cutinasa, por tanto, se evalúa mejor como parte de un esquema de tratamiento de fibra, no como un único aditivo capaz de resolver todas las pérdidas de calidad del reciclaje.

Destintado y limpieza de contaminantes

El destintado enzimático se ha estudiado durante décadas como alternativa o complemento a procesos químicos y mecánicos. La revisión clásica sobre destintado enzimático señala el interés de las enzimas para facilitar la separación de tinta y mejorar operaciones de reciclaje, aunque los resultados dependen del tipo de tinta, fibra, formulación y operación de flotación o lavado ^[8].

La cutinasa puede aportar valor en destintado solo cuando la formulación de tinta, barniz, recubrimiento o adhesivo contiene enlaces éster accesibles. En cambio, cuando la separación de tinta depende principalmente de modificar microfibrillas de celulosa, liberar partículas por acción sobre hemicelulosas o cambiar cargas superficiales, celulasas, hemicelulasas u otros sistemas pueden ser más adecuados. Esta distinción es importante para evitar una expectativa excesiva: la cutinasa no es una enzima universal de destintado, sino una hidrolasa útil en subfracciones químicamente compatibles.

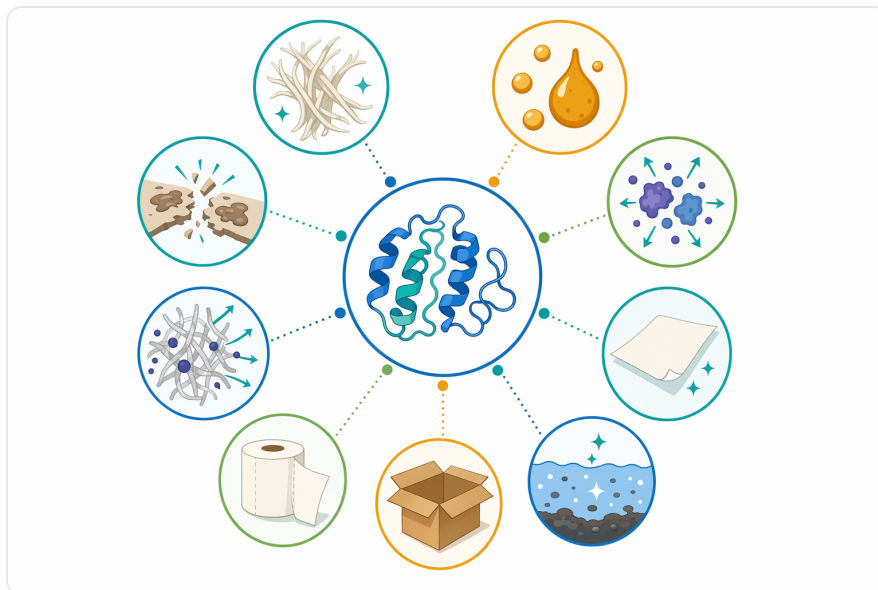


Figure 3. 펄프 및 제지 분야에서 주요 적용 영역은 피치와 왁스 관리, 재활용 섬유의 스티키 문제 완화, 비목재 섬유 처리, 리파이닝 공정의 청정도 유지, 물 또는 슬러지 컨디셔닝이다.

En líneas de reciclado con mezclas de envases, etiquetas, laminados ligeros o fibras procedentes de papeles recubiertos, la presencia de polímeros esterificados puede hacer más interesante la evaluación de cutinasa. La evidencia de enzimas capaces de depolimerizar PET por rutas catalizadas refuerza el concepto de que ciertos poliésteres pueden ser objetivos de hidrólisis enzimática, aunque el comportamiento en una suspensión papelerá real será distinto al de un sistema optimizado para bioreciclaje de plástico ^[9].

Comparación con otras enzimas papeleras

La siguiente tabla resume cómo se posiciona la cutinasa frente a enzimas más conocidas en pulpa y papel. La comparación no implica sustitución directa: cada enzima se justifica por el tipo de enlace químico y el problema de proceso que aborda.

Enzima	Sustrato principal o zona de acción	Aplicación papelerá típica	Qué puede aportar	Limitación clave
Cutinasa hidrolasa	Enlaces éster en ceras, cutina, ciertos lípidos, recubrimientos o poliésteres	Control de depósitos orgánicos, tratamiento de contaminantes esterificados, apoyo en reciclaje	Modifica materiales hidrofóbicos y puede reducir pegajosidad o mejorar humectación	Solo actúa si hay enlaces éster accesibles; evidencia papelerá directa aún es más limitada que para enzimas tradicionales ^[4]

Enzima	Sustrato principal o zona de acción	Aplicación papelera típica	Qué puede aportar	Limitación clave
Celulasa	Celulosa superficial, finos y microfibrillas	Modificación de fibra, drenaje, refinado enzimático, destintado	Puede mejorar accesibilidad y propiedades de proceso	Uso excesivo puede afectar longitud de fibra o resistencia [3]
Xilanasa	Xilanos y hemicelulosas	Pretratamientos de pulpa, mejora de accesibilidad en fibras lignocelulósicas	Puede facilitar eliminación de componentes asociados a hemicelulosa	No está diseñada para ceras, pitch ni poliésteres [10]
Lipasa	Triglicéridos y grasas	Control de fracciones lipídicas en pitch	Reduce ciertos lípidos hidrofóbicos	No cubre todos los polímeros ni todos los adhesivos; puede beneficiarse de sinergia con cutinasa [4]
Lacasas y sistemas oxidativos enzimáticos	Compuestos fenólicos y lignina	Modificación oxidativa de lignina y compuestos aromáticos	Útiles donde domina química fenólica	Mecanismo oxidativo distinto; no son la opción principal para enlaces éster

La tabla también muestra por qué una formulación enzimática para papel no debería diseñarse solo por nombre comercial. La variable crítica es la química del problema: celulosa, hemicelulosa, lignina, lípidos, ésteres, adhesivos o mezclas. Esta perspectiva coincide con el desarrollo de bibliotecas de enzimas activas sobre carbohidratos y biomasa vegetal, donde la selección se basa en la arquitectura del sustrato y no en una categoría genérica de “biomasa” [\[11\]](#).

Evidencia científica relevante para cutinasa y matrices papeleras

La evidencia más sólida para cutinasa procede del campo de poliésteres y bioreciclaje. Las revisiones sobre enzimas que hidrolizan PET consideran a cutinasas y enzimas relacionadas como biocatalizadores relevantes, porque pueden romper enlaces éster en polímeros sintéticos bajo condiciones controladas [\[1\]](#). Para papel y pulpa, esto no significa que una cutinasa degrade cualquier plástico presente en papel recuperado, pero sí respalda su uso conceptual frente a contaminantes esterificados.

También se ha estudiado la depolimerización de PET mediante glicólisis catalizada por enzimas, una ruta que ilustra la capacidad de enzimas tipo cutinasa para participar en transformaciones de poliésteres más allá de sustratos naturales ^[9]. En aplicaciones papeleras, la extrapolación debe ser moderada: los contaminantes están diluidos, mezclados con fibra, sometidos a cizalla y rodeados de aditivos. Aun así, la química de base —ruptura de enlaces éster— sigue siendo pertinente.

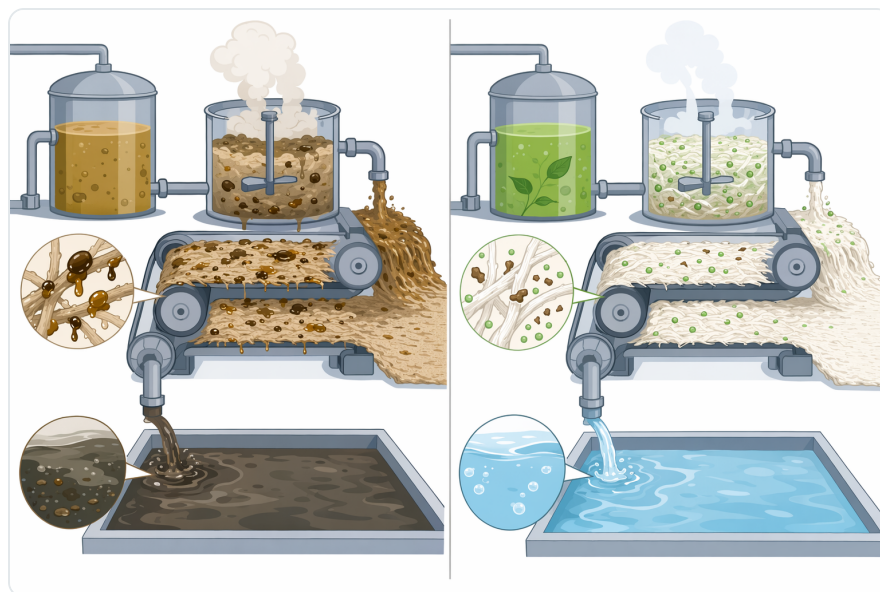


Figure 4. 큐티나아제는 광범위한 섬유, 리그닌 또는 다당류 변형이 아니라 표적화된 에스터 가수분해를 실질적 역할로 한다는 점에서 자일라나아제, 셀룰라아제, 라카아제, 펙티나아제, 리파아제와 다르다.

La investigación sobre recuperación de cutinasa en sistemas de separación de fases acuosas confirma además que la cutinasa es una enzima de interés biotecnológico suficientemente relevante como para desarrollar procesos específicos de recuperación y concentración ^[12]. Aunque esto no describe una aplicación papelerá directa, ayuda a contextualizarla como enzima industrial estudiada, no como una categoría meramente teórica.

En papel y reciclaje, la evidencia específica de enzimas es más amplia para celulosas y tratamientos de fibra. La revisión sobre celulosa en la industria de pulpa y papel recoge aplicaciones en modificación de fibras, destintado, drenaje y mejora de procesos, lo que demuestra que la industria ya ha integrado el razonamiento enzimático en varias etapas ^[3]. La cutinasa debe ubicarse dentro de esa misma lógica, pero con un objetivo químico diferente.

La literatura sobre refinado enzimático de fibras recicladas es especialmente relevante porque muestra que los beneficios de las enzimas no dependen solo de la actividad catalítica, sino de cómo cambian la respuesta mecánica de la fibra. En fibras recicladas, donde la hornificación y la pérdida de capacidad

de enlace son problemas recurrentes, una enzima puede ayudar si modifica la superficie adecuada sin degradar en exceso la estructura fibrosa ^[7].

Condiciones de proceso que influyen en el rendimiento

El rendimiento de una cutinasa en una línea papelera depende de la accesibilidad del sustrato. Si el material esterificado está en forma de película expuesta, gota dispersa o partícula fina, la enzima tendrá más oportunidades de contacto. Si está encapsulado dentro de una matriz de adhesivo, cubierto por cargas minerales o aglomerado en partículas grandes, la hidrólisis será más limitada. Los modelos cinéticos de hidrólisis de materiales lignocelulósicos insisten en que la heterogeneidad del sustrato condiciona la velocidad y extensión de la reacción ^[2].

La mezcla y el tiempo de contacto también son relevantes. Una suspensión papelera es un sistema dinámico: hay fibras, finos, aire, cargas, polímeros y superficies metálicas o poliméricas en contacto continuo. Para que la cutinasa funcione, debe permanecer activa el tiempo suficiente y entrar en contacto con la fracción objetivo antes de ser arrastrada, inactivada o adsorbida de forma no productiva. Las revisiones sobre sistemas enzimáticos inmovilizados para biomasa lignocelulósica destacan precisamente que estabilidad, reutilización y contacto enzima-sustrato son temas centrales en aplicaciones industriales ^[13].

El pH, la temperatura, los oxidantes, los tensioactivos, los biocidas y los agentes de retención pueden afectar la respuesta de cualquier enzima. En este artículo no se proporcionan valores operativos específicos porque deben seguirse las indicaciones del producto recibido y las condiciones internas de cada proceso. El punto técnico esencial es que la cutinasa debe ubicarse en una etapa donde conserve actividad y donde el sustrato éster esté disponible; de lo contrario, la dosificación no se traducirá en efecto medible.

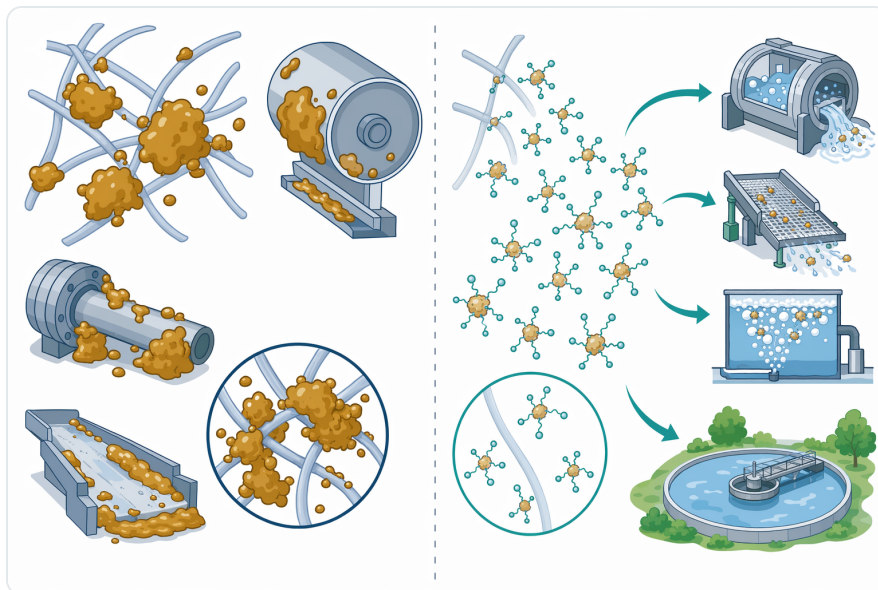


Figure 5. 성공적인 처리는 침전물 전체를 반드시 용해시키기보다는 응집성, 점착성, 섬유 부착성을 낮춰 오염물의 거동을 변화시킨다.

La compatibilidad con otras enzimas puede ser positiva cuando los sustratos son mixtos. Por ejemplo, una lipasa puede actuar sobre triglicéridos mientras la cutinasa modifica ceras o poliésteres más complejos; una celulasa puede abrir o flexibilizar fibra mientras la cutinasa reduce barreras hidrofóbicas superficiales. La investigación sobre depósitos pegajosos mediante sinergia cutinasa-lipasa apoya esta idea de acción combinada sobre contaminantes hidrofóbicos ^[4].

Beneficios técnicos realistas

El primer beneficio potencial es la reducción de problemas asociados a depósitos orgánicos esterificados. Si una fracción del pitch o sticky contiene ceras, ésteres, poliésteres o lípidos accesibles, la cutinasa puede hidrolizar parte de esos enlaces y cambiar el comportamiento físico del depósito. El resultado esperado no es necesariamente la desaparición total del contaminante, sino una menor cohesión, menor pegajosidad o mejor removilización en lavado, dispersión o limpieza.

El segundo beneficio es la mejora de humectación o accesibilidad superficial en fibras con recubrimientos hidrofóbicos. En procesos papeleros, una superficie más mojable puede responder mejor a refinado, formación y enlaces interfibrilares. Este beneficio será más probable en materias primas con extractivos, ceras o tratamientos superficiales que en pulpas químicas muy limpias, donde la superficie ya está dominada por celulosa e hidroxilos disponibles.

El tercer beneficio es la integración en procesos más suaves. Las enzimas pueden operar de forma selectiva y, en algunas aplicaciones papeleras, contribuir a reducir severidad química o mecánica. En reciclaje de lodos papeleros para bioetanol, por ejemplo, se han evaluado estrategias de reciclaje de

celulasas para mejorar viabilidad económica, lo que ilustra cómo la eficiencia enzimática y el uso racional del biocatalizador son factores relevantes en corrientes derivadas del papel ^[14].

El cuarto beneficio es la especialización. En una planta que ya usa celulasa, xilanasa o ayudas químicas de proceso, una cutinasa no necesariamente reemplaza esos productos; puede cubrir una brecha cuando el problema está vinculado a enlaces éster. Esta especialización es importante porque evita aplicar enzimas sobre sustratos equivocados, una causa común de resultados inconsistentes en matrices industriales complejas.

Limitaciones y expectativas responsables

La cutinasa no es una enzima principal para deslignificación. Si el objetivo es modificar lignina, reducir color asociado a estructuras aromáticas o alterar compuestos fenólicos, otras rutas enzimáticas u oxidativas serán más adecuadas. Tampoco es la herramienta principal para degradar hemicelulosa, donde la xilanasa tiene una base mucho más directa; las revisiones sobre xilanasa describen con detalle sus fuentes, clasificación, modo de acción y aplicaciones como biocatalizador ^[10].

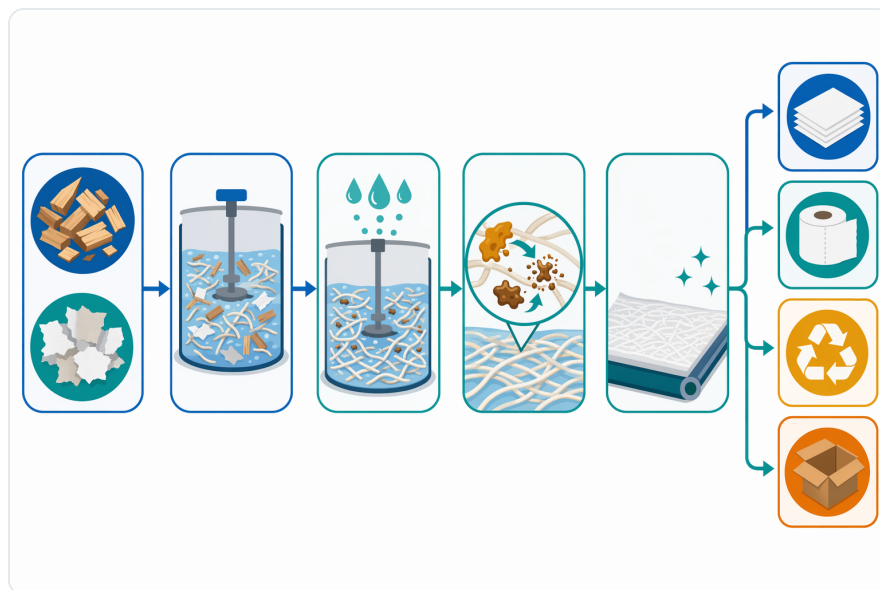


Figure 6. 큐티나아제는 재활용 섬유 준비, 펄프 슬러리 전처리, 브로크 처리, 비목재 섬유 처리, 선택적인 물 또는 슬러리 컨디셔닝 단계처럼 습윤 상태이고 효소가 접근 가능한 공정 구역에 가장 적합하다.

Tampoco debe presentarse como sustituto general de celulasa en refinado o destintado. La celulasa actúa sobre la matriz celulósica y puede modificar fibrilación, finos y drenaje; la cutinasa actúa sobre enlaces éster en componentes hidrofóbicos o poliméricos. En papeles reciclados donde el problema

principal es la hornificación de fibras, la pérdida de resistencia o la necesidad de refinado energético, las estrategias revisadas para refinado enzimático de fibras recicladas serán más directamente aplicables ^[7].

Otra limitación es la variabilidad de las corrientes de reciclaje. Dos lotes de papel recuperado pueden tener composiciones muy distintas aunque se clasifiquen bajo la misma categoría comercial. Un lote puede contener más adhesivos de etiquetas; otro, más recubrimientos; otro, más tintas o cargas minerales. La cutinasa será más efectiva cuando la fracción problemática coincida con su química de acción.

También debe considerarse el tratamiento de aguas y efluentes. Las fábricas de pulpa y papel manejan sistemas complejos de aguas residuales con comunidades microbianas y cargas orgánicas variables; la operación de plantas integradas de tratamiento a escala industrial muestra que el desempeño depende de la composición del efluente y del equilibrio de procesos biológicos ^[15]. Una enzima añadida en proceso debe evaluarse dentro de esa ecología industrial, especialmente si cambia la dispersión o biodegradabilidad de compuestos orgánicos.

Encaje en sostenibilidad y valorización de corrientes papeleras

La industria papelera busca reducir consumo de químicos, pérdida de fibra, depósitos, paradas de máquina y carga orgánica en efluentes. Las enzimas encajan en esa dirección porque ofrecen reactividad selectiva en condiciones relativamente moderadas. Sin embargo, sostenibilidad no significa añadir una enzima sin criterio; significa aplicarla donde reduzca una operación más agresiva, mejore recuperación de fibra o disminuya rechazos.

La valorización de subproductos papeleros también abre oportunidades. La literatura sobre licor negro de pulpa ha explorado sustancias tipo ácido fúlvico como materiales innovadores de reciclaje de residuos, lo que refleja el interés creciente por convertir corrientes papeleras en productos de mayor valor ^[16]. Aunque la cutinasa no es una solución directa para licor negro, pertenece a la misma tendencia de usar herramientas bioquímicas para intervenir selectivamente en matrices industriales complejas.

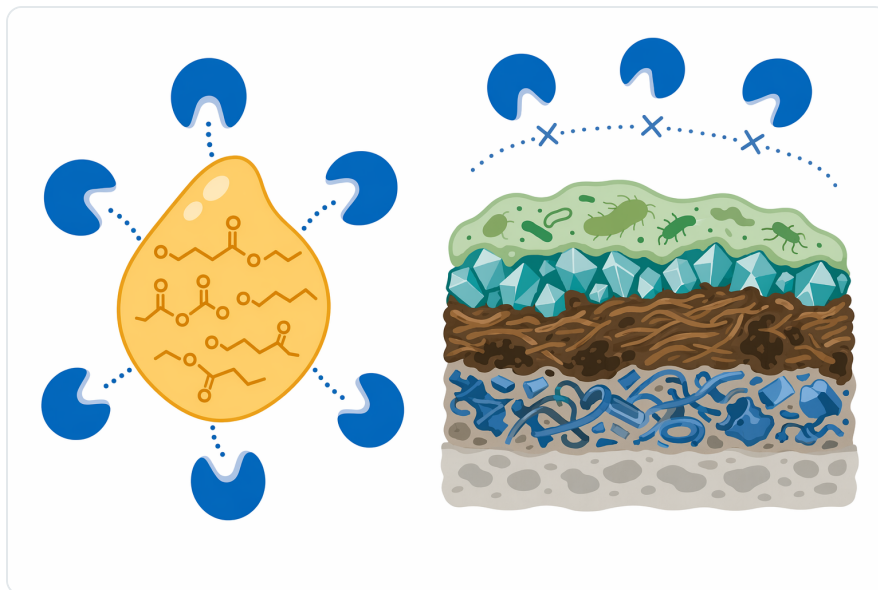


Figure 7. 성능은 신선하거나 분산된 에스터가 풍부한 잔류물에서 가장 현실적으로 기대할 수 있으며, 경화된 혼합 침전물과 비에스터 물질에는 다른 관리 방법이 필요하다.

La deconstrucción de biomasa a altas cargas de sólidos es otro campo útil para entender los desafíos. Los estudios con disolventes eutécticos profundos ternarios muestran que la mejora de accesibilidad y la reducción de recalcitrancia pueden aumentar la eficacia enzimática incluso con cargas de enzima más bajas ^[17]. En papel y pulpa, la lección aplicable es que la enzima funciona mejor cuando el proceso prepara adecuadamente la superficie objetivo.

Uso comercial a través de Enzymes.bio

Enzymes.bio suministra **Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry** como proveedor en línea para aplicaciones industriales. El producto se ofrece para compra directa en presentación de **1 kg**, con CoA y SDS proporcionados junto con el pedido. Enzymes.bio no debe entenderse como fabricante ni laboratorio; su función es facilitar el acceso comercial al producto y la documentación asociada al pedido.

Para usuarios industriales, la forma responsable de considerar esta enzima es vincularla a un problema químico concreto: depósitos con fracción esterificada, stickies con componentes hidrofóbicos, fibras con barreras cerosas, corrientes recicladas con recubrimientos o contaminantes poliéster, o procesos donde una hidrólisis selectiva de ésteres pueda mejorar limpieza y manejabilidad. Esta definición por sustrato es más fiable que una promesa general de mejora de papel, porque el rendimiento de cualquier enzima depende de que encuentre enlaces compatibles y accesibles.

Conclusión

Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry es una enzima especializada para la hidrólisis de enlaces éster en materiales hidrofóbicos o poliméricos que pueden aparecer en pulpa, papel y reciclaje. Su valor técnico se concentra en control de depósitos orgánicos, modificación de stickies, acondicionamiento superficial de fibras y apoyo a corrientes recicladas con ceras, lípidos, adhesivos o poliésteres accesibles.

La evidencia disponible permite una posición sólida pero prudente: las cutinasas son relevantes para la hidrólisis de poliésteres y se ha descrito sinergia cutinasa-lipasa frente a depósitos pegajosos, mientras que la industria papelera cuenta con una base amplia para enzimas en celulasa, destintado, reciclaje y refinado ^[4]. Por tanto, la cutinasa no debe presentarse como enzima universal de papel, sino como una hidrolasa complementaria para problemas donde la química de ésteres e hidrofobicidad sea el factor limitante.

Pedir Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry 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 Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry →](#)

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. Kawai, F. (2021). The Current State of Research on PET Hydrolyzing Enzymes Available for Biorecycling. *Catalysts*.
2. Caro, I., Blandino, A., Díaz, A., & Marzo, C. (2019). A kinetic model considering the heterogeneous nature of the enzyme hydrolysis of lignocellulosic materials. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13.
3. Singh, S., Singh, V., Aamir, M., Dubey, M., Patel, J., Upadhyay, R., & Gupta, V. (2016). Cellulase in Pulp and Paper Industry.
4. Liu, F., Tao, Y., Ding, Y., Cui, T., Liang, X., & Li, Q. (2026). Enhanced biodegradation of sticky deposits through cutinase-lipase synergy in designer cellulosomes. *Bioresource Technology*, 133982 .
5. Thomas, V. A., Donohoe, B., Li, M., Pu, Y., Ragauskas, A., Kumar, R., Nguyen, T. Y., ... et al. (2017). Adding tetrahydrofuran to dilute acid pretreatment provides new insights into substrate changes that greatly enhance

- biomass deconstruction by Clostridium thermocellum and fungal enzymes. *Biotechnology for Biofuels*, 10.
6. Bajul-Baradon, A., Nguema-Nkili, T., Sanfaute, A., & Bajul, G. (2023). Investigation and Benefits of the Use of Enzymes for Unbleached Kraft Recycling Wet Strength Paper at Lab and Industrial Scale. *Journal of Materials Science and Engineering*.
 7. Rossi, C., & Solé, A. (2025). A systematic review on enzymatic refining of recycled fibers: A potential to be unlocked. *BioResources*.
 8. Dinus, R. (1998). IPST Technical Paper Series Number 542 Enzymatic Deinking – A Review T. Welt and R.J. Dinus November 1994 Submitted to Progress in Paper Recycling.
 9. Castro, A., & Carniel, A. (2017). A novel process for poly(ethylene terephthalate) depolymerization via enzyme-catalyzed glycolysis. *Biochemical Engineering Journal*, 124, 64-68.
 10. Abena, T., & Simachew, A. (2024). A review on xylanase sources, classification, mode of action, fermentation processes, and applications as a promising biocatalyst. *BioTechnologia*, 105, 273 - 285.
 11. Cardoso, V., Brás, J., Costa, I. F., Ferreira, L., Gama, L. T., Vincentelli, R., Henrissat, B., ... et al. (2022). Generation of a Library of Carbohydrate-Active Enzymes for Plant Biomass Deconstruction. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.
 12. Mutalib, F. A. A., Jahim, J., MohammadDepartment, A. W., & Bakar, F. A. (2018). Optimising cutinase enzyme recovery in thermo-induced phase separation of LS54/DX ATPS by enhanced volume exclusion effect. *Jurnal Kejuruteraan*, 30, 187-192.
 13. Gan, J., Iqbal, H. M., Show, P., Rahdar, A., & Bilal, M. (2022). Upgrading recalcitrant lignocellulosic biomass hydrolysis by immobilized cellulolytic enzyme-based nanobiocatalytic systems: a review. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14, 4485 - 4509.
 14. Gomes, D. G., Serna-Loaiza, S., Cardona, C., Gama, M., & Domingues, L. (2018). Insights into the economic viability of cellulases recycling on bioethanol production from recycled paper sludge. *Bioresource Technology*, 267, 347-355 .
 15. Liang, J., Mai, W., Wang, J., Li, X., Su, M., Jiaxu, D., Wu, Y., ... et al. (2021). Performance and microbial communities of a novel integrated industrial-scale pulp and paper wastewater treatment plant. *Journal of Cleaner Production*.
 16. Wang, Z., Shen, T., Yang, Y., Gao, B., Wan, Y., Li, Y. C., Yao, Y., ... et al. (2020). Fulvic acid-like substance and its characteristics, an innovative waste recycling material from pulp black liquor. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118585.
 17. Chen, Z., Jacoby, W., & Wan, C. (2019). Ternary deep eutectic solvents for effective biomass deconstruction at high solids and low enzyme loadings. *Bioresource Technology*, 279, 281-286 .

Contactar con Enzymes.bio

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

CORREO ELECTRÓNICO 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.