

Cutinase hydrolase enzyme pour l'industrie pâte et papier : contrôle des stickies, dépôts gras et pitch

Équipe de recherche Enzymes.bio · Wellington, Nouvelle-Zélande · June 19, 2026

La **cutinase hydrolase enzyme pour l'industrie pâte et papier** est une estérase spécialisée utilisée comme auxiliaire de procédé lorsque des contaminants gras, cireux, résineux ou adhésifs perturbent la préparation de pâte, les circuits d'eau blanche ou la marche machine. Son rôle principal n'est pas d'attaquer la fibre cellulosique, mais d'hydrolyser des liaisons ester dans des matières hydrophobes afin de contribuer au contrôle des stickies, des dépôts gras et de certains pitches, notamment dans les flux recyclés et les pâtes issues de résineux.

Enzymes.bio propose cette enzyme comme produit industriel vendu directement en ligne par unité de **1 kg** ; le CoA et la SDS sont fournis avec la commande. Le produit doit être compris comme une solution fournie pour usage industriel, et non comme une fabrication ou une prestation de laboratoire réalisée par Enzymes.bio.

Définition technique : qu'est-ce qu'une cutinase hydrolase ?

Une cutinase est une **hydrolase de liaisons ester** historiquement associée à la dégradation de la cutine, polymère lipidique insoluble présent dans la cuticule des plantes. La cutine contient des acides gras hydroxylés reliés par des liaisons ester ; cette architecture explique pourquoi les cutinases sont étudiées comme enzymes capables d'agir sur des substrats lipidiques, cireux, estérifiés ou polymériques lorsque ces substrats sont accessibles à l'enzyme ^[1].

Dans la classification fonctionnelle des enzymes, les cutinases se rapprochent des **estérases** : elles catalysent l'hydrolyse d'esters en produisant des alcools et des acides carboxyliques correspondants. Les revues sur les estérases décrivent ce type de catalyse comme central pour de nombreuses applications industrielles, car les liaisons ester sont présentes dans des lipides, des cires, certains polymères, des additifs organiques et des contaminants issus de formulations industrielles ^[2].

Dans une papeterie, cette définition a une conséquence pratique : la cutinase n'est pas un substitut à une cellulase, à une xylanase ou à un agent de blanchiment. Elle est plutôt positionnée sur des fractions **hydrophobes et collantes** : adhésifs de vieux papiers, dépôts gras, résidus cireux, constituants

résineux ou matériaux de surface contenant des esters. La page produit d'Enzymes.bio décrit explicitement l'enzyme comme destinée à la dégradation de cutine et de dépôts gras afin d'aider au contrôle des stickies et à l'amélioration de la runnabilité de la machine à papier .

Pourquoi cette enzyme intéresse les usines de pâte et papier

Les lignes de pâte et papier combinent des fibres, des charges minérales, des additifs, des encres, des liants, des colles, des résines naturelles et des contaminants exogènes. Dans les circuits de fibres recyclées, les vieux papiers et cartons récupérés apportent souvent des adhésifs sensibles à la chaleur, des colles de reliure, des encres, des cires, des films et des polymères de couchage. Lors du repulpage, ces matières peuvent se fragmenter, s'agglomérer ou se redéposer sous forme de **stickies**, entraînant encrassement des équipements, défauts de feuille et pertes de stabilité de production .

Le produit est décrit pour des flux de vieux papiers tels que **OCC, MOW, OMG et ONP**, qui correspondent respectivement à des cartons ondulés récupérés, papiers de bureau mélangés, magazines ou papiers mécaniques couchés, et journaux. Ces matières premières recyclées ne posent pas toutes les mêmes problèmes, mais elles ont en commun la présence possible de contaminants organiques hydrophobes et adhésifs que les opérations mécaniques seules ne rendent pas toujours inertes .

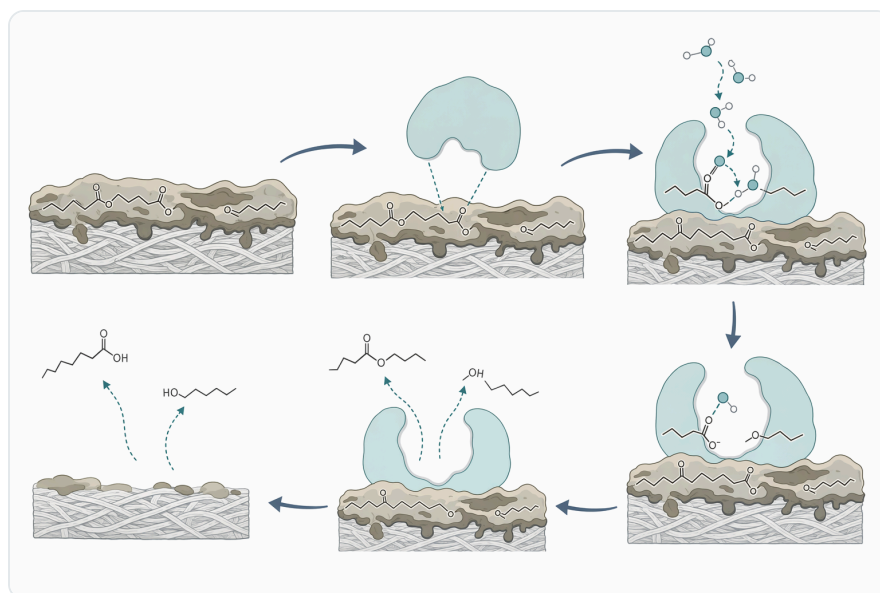


Figure 1. 큐티나아제는 물을 이용해 접근 가능한 에스터 결합을 가수분해하여, 소수성의 에스터가 풍부한 잔류물을 더 극성인 산 및 알코올 함유 조각으로 전환한다.

Un autre domaine d'intérêt concerne les pâtes issues de bois résineux. Les résines du bois, acides résiniques, composés gras et autres extractibles hydrophobes peuvent contribuer aux dépôts de type **pitch** ou à des barrières résineuses. La documentation produit indique que la cutinase peut présenter

des effets de contrôle sur les barrières résineuses générées pendant la mise en pâte de matières premières de résineux, ce qui situe l'application au croisement de la chimie des extractibles et de la gestion des dépôts .

L'intérêt des enzymes dans l'industrie papetière s'inscrit aussi dans une évolution plus large : l'utilisation de biocatalyseurs pour modifier des composants ciblés de la pâte, réduire certaines charges chimiques ou améliorer des étapes de traitement. Les ressources consacrées aux enzymes microbiennes en pâte et papier décrivent plusieurs familles enzymatiques utilisées ou étudiées pour le bioblanchiment, la modification des fibres, la gestion des dépôts et le traitement de flux secondaires ^[3].

Mécanisme d'action : hydrolyse d'esters et modification des contaminants hydrophobes

Le mécanisme central d'une cutinase est l'**hydrolyse enzymatique d'une liaison ester**. Dans un contaminant gras ou cireux, cette liaison relie une chaîne hydrophobe à un groupe alcool ou acide ; sa coupure peut modifier la polarité, la cohésion, la viscosité locale ou la capacité d'adhésion du matériau. Dans un système papetier aqueux, cette modification ne signifie pas nécessairement dissolution totale, mais elle peut rendre une fraction des dépôts moins collante, plus dispersable ou plus compatible avec les opérations de purge, lavage, flottation, épuration ou clarification déjà présentes ^[2].

Les cutinases sont généralement décrites comme des enzymes de type sérine-estérase, avec un site catalytique capable d'activer l'eau pour attaquer le carbone carbonyle de l'ester. Ce type de catalyse explique leur efficacité sur des substrats estérifiés, mais aussi leur sélectivité : une cutinase ne rompt pas indistinctement toutes les liaisons chimiques présentes dans une fibre papetière. Elle est pertinente lorsque le problème industriel implique une fraction ester, lipidique, cutineuse, cireuse ou apparentée ^[1].

Une différence importante entre cutinases et lipases classiques est souvent discutée dans la littérature : certaines lipases nécessitent fortement une interface huile-eau et une activation interfaciale, tandis que les cutinases sont connues pour pouvoir agir sur des substrats esters sans dépendre de la même manière d'un grand domaine hydrophobe mobile. Cette propriété explique leur intérêt dans des matrices complexes où les contaminants ne sont pas forcément présentés sous forme d'émulsion idéale ^[1].

Dans le cas des stickies, l'objectif n'est donc pas de "faire disparaître" toute particule collante par une réaction unique. Les stickies sont chimiquement hétérogènes : certains contiennent des esters hydrolysables, d'autres davantage de polymères peu sensibles ou de mélanges minéraux-organiques.

La cutinase cible la part du problème liée aux composants hydrolysables par estérase, ce qui en fait un outil de **conditionnement chimico-enzymatique** plutôt qu'un remplacement des équipements de séparation .



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

Positionnement par rapport aux autres enzymes papetières

Les enzymes papetières ne sont pas interchangeables. Une cellulase modifie prioritairement des surfaces cellulosiques ou des fibrilles ; une xylanase agit sur des hémicelluloses, notamment dans des stratégies de bioblanchiment ; une laccase est associée à des réactions d'oxydation de composés phénoliques ou ligniniques ; une lipase vise plus directement certains triglycérides ou lipides. La cutinase, elle, occupe un espace distinct : les **esters hydrophobes**, les matières cutineuses, certains dépôts gras et des adhésifs esterifiés ^[3].

Les travaux sur les cellulases dans l'industrie papetière montrent que les enzymes peuvent influencer la morphologie des fibres, la fibrillation, le drainage ou certaines propriétés de surface, mais ces mécanismes ne doivent pas être transposés tels quels à une cutinase. Les cellulases agissent sur des liaisons glycosidiques de la cellulose ; la cutinase agit sur des liaisons ester, ce qui explique des usages et des risques techniques différents ^[4].

Famille enzymatique	Cible chimique principale	Usage papetier typique	Différence avec la cutinase
Cutinase hydrolase	Liaisons ester dans cutine, cires, lipides, dépôts gras ou adhésifs esterifiés	Contrôle des stickies, dépôts gras, pitch résineux, contaminants hydrophobes	Cible des matières estérifiées et hydrophobes plutôt que la fibre cellulosique elle-même
Cellulase	Liaisons glycosidiques de la cellulose	Modification de fibre, drainage, désencrage, propriétés de surface	Peut affecter directement la fibre ; mécanisme distinct de l'hydrolyse d'esters ^[5]
Xylanase / hémicellulase	Hémicelluloses, notamment xylanes	Bioblanchiment, accessibilité de la lignine résiduelle, réduction de certaines charges chimiques	Vise les polysaccharides non cellulosiques, non les dépôts gras ^[3]
Lipase	Lipides, huiles, triglycérides	Gestion de graisses ou de certains pitches	Plus orientée lipides classiques ; la cutinase peut être pertinente sur des esters polymériques ou cutineux ^[2]
Laccase	Composés phénoliques, lignine, réactions oxydatives	Traitements liés à la lignine, modification oxydative	Mécanisme oxydatif, non hydrolytique ^[3]

Cette distinction est importante pour éviter les attentes excessives. Une cutinase n'est pas choisie pour augmenter mécaniquement le raffinage, remplacer un bioblanchiment par xylanase ou modifier fortement la résistance de la feuille. Elle est choisie quand la cause racine du défaut est compatible avec son mécanisme : contaminants hydrophobes, dépôts gras, matières cireuses, résines ou adhésifs dont une fraction contient des liaisons ester accessibles .

Applications industrielles principales

Contrôle des stickies dans les fibres recyclées

L'application la plus directe est le **contrôle des stickies** dans les systèmes de recyclage. Les vieux papiers contiennent une grande variété de formulations adhésives : colles de fermeture, adhésifs de reliure, étiquettes, rubans, liants de couchage, encres et résidus plastifiés. Lors du repulpage, ces matériaux peuvent se fragmenter en particules collantes de tailles variables ; certaines restent dans la pâte malgré le criblage ou l'épuration, puis se déposent plus loin dans le procédé .

La cutinase agit ici comme auxiliaire de modification chimique : en hydrolysant des groupes ester présents dans une partie des contaminants, elle peut diminuer leur caractère gras ou collant, modifier leur surface et améliorer leur dispersion. La documentation produit d'Enzymes.bio positionne l'enzyme sur les adhésifs générés pendant la mise en pâte de vieux papiers comme OCC, MOW, OMG et ONP, ce qui correspond précisément aux environnements où les stickies sont souvent observés .

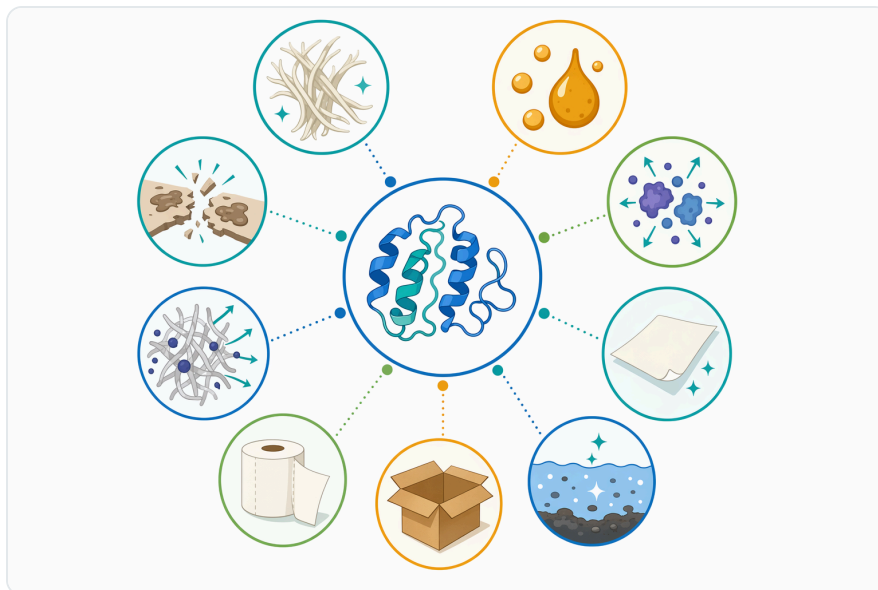


Figure 3. 펄프 및 제지 분야의 주요 적용 영역은 피치와 왁스 관리, 재생섬유의 스티키 문제 완화, 비목재 섬유 처리, 정련 공정의 청정도 유지, 물 또는 슬러지 컨디셔닝이다.

Il faut toutefois rester précis : tous les stickies ne sont pas des substrats de cutinase. Certains polymères synthétiques, charges minérales ou particules multicouches peuvent être peu sensibles à l'hydrolyse enzymatique. La performance dépend donc de la composition des vieux papiers, du degré de fragmentation, de l'accessibilité du contaminant, du temps de contact et de la compatibilité avec les autres auxiliaires de procédé .

Gestion des dépôts gras, cires et matières résineuses

Les dépôts gras et cireux proviennent à la fois des matières premières et des additifs : extractibles du bois, cires d'emballage, résidus d'encres, liants, agents hydrophobants, graisses et composés d'origine recyclée. Ces matières peuvent migrer dans les circuits, s'accumuler sur des surfaces chaudes ou hydrophobes, et créer des dépôts qui perturbent la propreté de la pâte ou la stabilité de la feuille ^[3].

La cutinase est pertinente lorsque ces matières contiennent des **esters d'acides gras** ou structures apparentées. L'hydrolyse enzymatique peut produire des fragments plus polaires ou moins cohésifs que le dépôt initial. Dans certains cas, cela peut faciliter l'action combinée des dispersants, des étapes

de lavage ou des purges de circuit ; dans d'autres, l'effet peut être limité si la fraction dominante n'est pas hydrolysable [2].

Pour les pâtes de résineux, la documentation produit indique une action possible sur les barrières résineuses générées pendant la mise en pâte. Cette formulation correspond à une logique de maîtrise du pitch : réduire la contribution de composants hydrophobes à l'encrassement, sans prétendre éliminer toutes les résines ni remplacer les pratiques de contrôle chimique et mécanique déjà utilisées en usine .

Conditionnement de surfaces et contaminants hydrophobes

Les cutinases sont également étudiées dans d'autres contextes où la surface d'un matériau doit être modifiée sans destruction complète du support. Une étude sur la laine prétraitée par cutinase, suivie de traitements enzymatiques, illustre l'intérêt de cette famille pour modifier des surfaces biologiques ou semi-hydrophobes avant d'autres étapes de traitement [6].

Cette logique est transposable conceptuellement aux contaminants papetiers : l'enzyme peut agir à l'interface entre l'eau du procédé et une particule hydrophobe. Lorsque des groupes ester de surface sont hydrolysés, la mouillabilité, la charge locale ou l'adhésion peuvent évoluer. Dans une pâte recyclée, même une modification partielle de surface peut avoir un impact pratique si elle réduit la tendance des particules à former des amas ou à adhérer aux feutres, toiles, rouleaux ou parois .

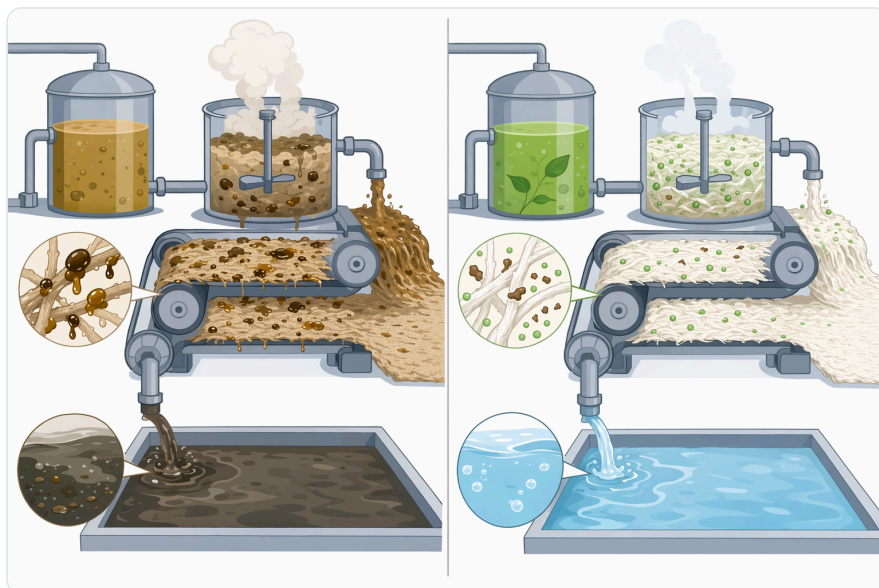


Figure 4. 큐티나아제는 광범위한 섬유, 리그닌 또는 다당류 변형이 아니라 표적화된 에스터 가수분해를 실질적 역할로 한다는 점에서 자일라나아제, 셀룰라아제, 라카아제, 펙티나아제, 리파아제와 다르다.

Conditions générales d'emploi dans un procédé papetier

La documentation produit indique des conditions d'orientation pour l'usage papetier : pH **6,0 à 9,0**, température **45 à 65 °C** et temps de réaction **45 à 90 minutes**, avec application rapportée à la fibre sèche. Ces valeurs doivent être lues comme des repères de procédé, non comme une garantie universelle de performance dans toutes les lignes de production .

Ces plages sont cohérentes avec une application en préparation de pâte, en cuve de stockage, dans un traitement de pâte recyclée ou dans une zone offrant un mélange suffisant et un temps de contact réel. Une enzyme de ce type a besoin que le contaminant soit accessible : si les particules sont encapsulées, rapidement évacuées, fortement adsorbées sur des charges minérales ou exposées trop brièvement, l'effet observé peut être réduit .

Le pH et la température influencent simultanément l'activité enzymatique, la stabilité de l'enzyme et l'état physique des contaminants. Une température modérée peut ramollir certaines matières grasses ou adhésives et rendre les liaisons ester plus accessibles, mais des conditions trop éloignées de la plage recommandée peuvent diminuer l'efficacité. De même, un pH proche du neutre à légèrement alcalin peut convenir à de nombreux circuits de pâte, mais les chimies de rétention, charges, biocides, dispersants et eaux blanches recirculées peuvent modifier le comportement réel .

Le point d'introduction doit être cohérent avec le problème visé. Pour les stickies de vieux papiers, une zone amont de traitement de pâte recyclée peut permettre à l'enzyme d'agir avant que les contaminants ne se redéposent. Pour les dépôts gras ou résineux, le choix dépend de l'endroit où les extractibles deviennent problématiques : pulpeur, stockage, boucle courte ou alimentation machine. Cette logique d'intégration est comparable à celle d'autres enzymes papetières, dont l'efficacité dépend fortement de la séquence de procédé ^[3].

Effets attendus et indicateurs de performance en usine

Le bénéfice recherché le plus courant est une réduction de la tendance aux dépôts : moins d'agglomération, moins de contamination des surfaces, meilleure propreté des circuits et meilleure continuité de marche. La page produit relie explicitement la dégradation de cutine et de dépôts gras au contrôle des stickies et à l'amélioration de la runnabilité de la machine à papier .

Un second effet attendu est la complémentarité avec les opérations existantes. La cutinase ne remplace pas les cribles, nettoyeurs, flottateurs, purges ou stratégies chimiques ; elle peut aider ces opérations en modifiant la nature de certains contaminants avant leur séparation ou leur évacuation. Cette approche est réaliste dans l'industrie papetière, où les problèmes de dépôt sont rarement résolus par un seul levier technique ^[3].

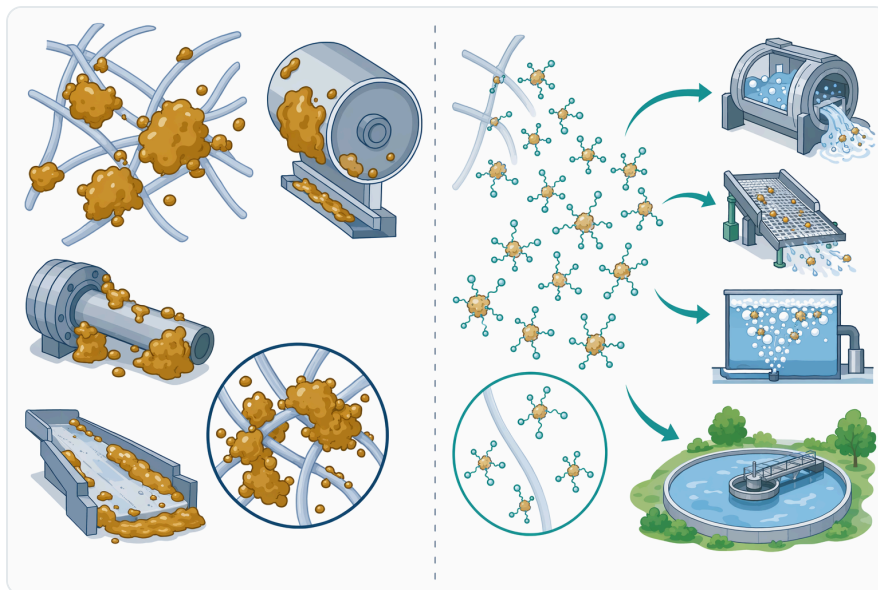


Figure 5. 성공적인 처리는 침전물 전체를 반드시 용해시키기보다는 응집성, 점착성, 섬유 부착성을 낮추어 오염물의 거동을 변화시킨다.

Les bénéfices doivent aussi être évalués à l'échelle du procédé complet. Une diminution visible des dépôts sur rouleaux ou feutres peut être plus importante qu'un indicateur isolé de laboratoire ; inversement, une bonne réaction enzymatique en conditions idéales peut ne pas se traduire en amélioration industrielle si le temps de contact, la turbulence, la chimie de l'eau ou la composition des vieux papiers ne conviennent pas .

Dans un cadre plus large, les démarches de production plus propre et d'efficacité industrielle soulignent l'intérêt d'outils qui améliorent la stabilité opérationnelle et limitent les pertes associées aux arrêts, nettoyages ou rebuts. Les enzymes peuvent contribuer à cette logique lorsqu'elles sont utilisées sur une cible chimique bien définie et dans une fenêtre de procédé compatible ^[7].

Niveau de preuve : ce qui est établi et ce qui reste dépendant du site

Le niveau de preuve est solide pour le **mécanisme enzymatique général** : les estérases, dont les cutinases, hydrolysent des liaisons ester et peuvent agir sur des substrats lipidiques ou polymériques selon leur accessibilité. Cette base biochimique soutient rationnellement l'usage d'une cutinase contre des dépôts gras, cireux ou adhésifs contenant des fonctions ester ^[2].

Le niveau de preuve est également bien établi pour l'intérêt général des enzymes en pâte et papier, mais les données ne concernent pas toujours les mêmes familles enzymatiques. Les cellulases, par exemple, sont étudiées pour leurs effets sur la morphologie des fibres et certaines propriétés de pâte ; les xylanases sont largement discutées dans le bioblanchiment. Ces exemples confirment la pertinence des biocatalyseurs en papeterie, sans prouver directement chaque application de cutinase ^[4].

Les preuves spécifiques à cette référence commerciale proviennent principalement de la documentation produit d'Enzymes.bio, qui décrit les usages visés : contrôle des stickies, dépôts gras, barrières résineuses, vieux papiers OCC/MOW/OMG/ONP et matières premières de résineux. Ces informations sont utiles pour définir le positionnement industriel, mais elles doivent être interprétées comme des indications d'application, dépendantes de la configuration de chaque usine .

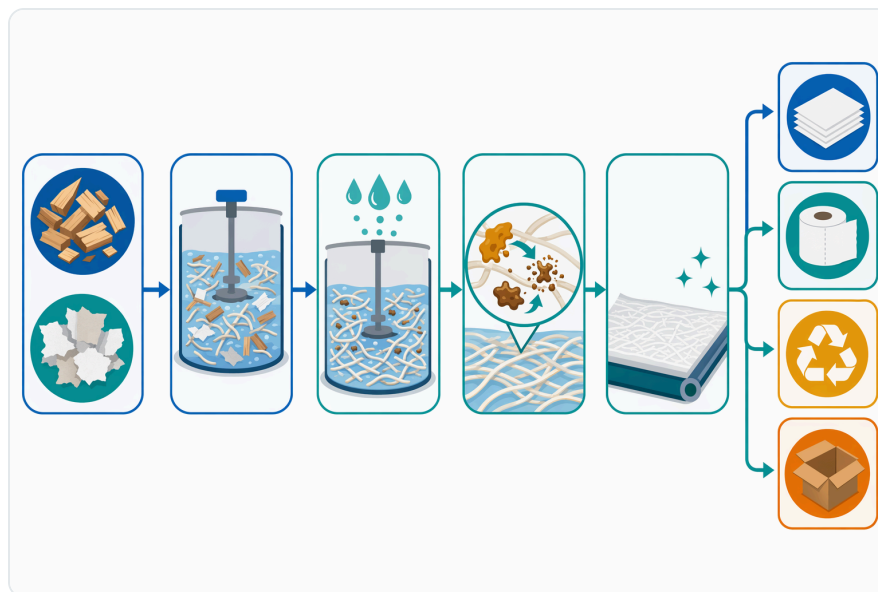


Figure 6. 큐티나아제는 재생섬유 준비, 펄프 슬러리 전처리, 브로크 처리, 비목재 섬유 처리, 일부 물 또는 슬러지 컨디셔닝 단계처럼 습윤 상태이고 접근성이 좋은 공정 구역에 가장 적합하다.

Cette distinction évite deux erreurs fréquentes. La première serait de sous-estimer l'enzyme au motif qu'elle ne "dissout" pas tout dépôt : son rôle est ciblé, pas universel. La seconde serait de surestimer son champ d'action : si le dépôt dominant est minéral, purement thermoplastique ou peu esterifié, la cutinase ne peut pas produire le même effet que sur une matière grasse ou cireuse hydrolysable ^[2].

Limites techniques et attentes réalistes

Une cutinase ne doit pas être présentée comme une solution générale à tous les défauts de feuille, à tous les colmatages ou à toutes les variations de runnabilité. Son domaine rationnel concerne les contaminants où l'hydrolyse d'esters peut modifier une propriété utile : adhésion, hydrophobicité, cohésion, dispersion ou facilité d'évacuation. Lorsque la cause du défaut est liée au raffinage, à la rétention, à la formation, à la charge minérale ou à la microbiologie du circuit, d'autres leviers restent nécessaires ^[3].

La composition des vieux papiers est un facteur critique. Deux lots classés sous une même catégorie commerciale peuvent contenir des adhésifs, encres et films très différents. Les fibres recyclées modernes incorporent parfois des formulations complexes, multicouches ou fortement polymérisées ; la fraction réellement hydrolysable par cutinase peut donc varier d'un approvisionnement à l'autre .

Les interactions avec la chimie humide doivent également être considérées. Les agents de rétention, dispersants, biocides, tensioactifs, charges minérales, amidons et polymères peuvent modifier la disponibilité des substrats ou l'environnement de l'enzyme. Le résultat industriel dépend de l'ensemble du circuit, pas seulement de l'ajout de l'enzyme ^[3].

Enfin, l'enzyme doit être utilisée dans des conditions compatibles avec sa fonction. Les plages indiquées de pH, température et temps de réaction donnent un cadre d'application ; en dehors de ce cadre, l'activité, la stabilité ou l'accès au substrat peuvent être insuffisants. L'enzyme doit donc être vue comme un outil de procédé ciblé, intégré dans une séquence existante, plutôt qu'un correctif indépendant de la réalité de ligne .

Informations produit et intégration commerciale

Enzymes.bio présente la **Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry** comme une enzyme industrielle dédiée aux applications pâte et papier, notamment la gestion des stickies, des dépôts gras et des barrières résineuses. Le produit est vendu directement en ligne par unité de **1 kg**, avec documents CoA et SDS fournis avec la commande .

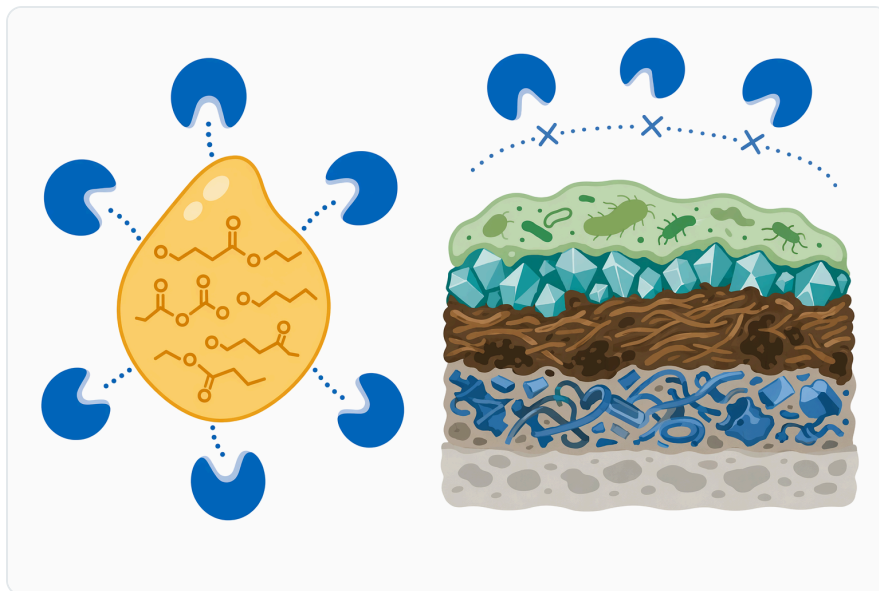


Figure 7. 성능은 신선하거나 잘 분산된 에스터가 풍부한 잔류물에서 가장 현실적으로 기대할 수 있으며, 굳어진 혼합 침전물과 비에스터 물질에는 다른 제어 방법이 필요하다.

La catégorie “pulp and paper enzymes” d’Enzymes.bio regroupe différentes familles d’enzymes destinées à des fonctions distinctes en papeterie. Cette organisation reflète une réalité technique : les enzymes doivent être choisies selon leur cible biochimique, et non comme additifs génériques. La cutinase se distingue par son orientation vers les substrats esterifiés et hydrophobes, tandis que d’autres enzymes de la catégorie répondent à d’autres objectifs de procédé .

Pour un utilisateur industriel, la formulation la plus prudente est donc la suivante : cette cutinase est pertinente lorsque l’analyse du problème de dépôt pointe vers des contaminants gras, cireux, résineux ou adhésifs contenant des liaisons ester accessibles. Elle s’intègre comme auxiliaire de maîtrise des dépôts et de runnabilité, en complément des pratiques mécaniques et chimiques déjà en place, avec des performances dépendantes du procédé réel .

Conclusion technique

La cutinase hydrolase enzyme pour l’industrie pâte et papier est un biocatalyseur spécialisé dont l’intérêt repose sur une base chimique claire : l’hydrolyse de liaisons ester dans des matières hydrophobes telles que cutine, cires, dépôts gras, résines ou certaines fractions d’adhésifs. Cette spécificité explique son positionnement dans le contrôle des stickies, la gestion des dépôts gras et l’atténuation de certains pitches, en particulier dans les flux de vieux papiers et les pâtes issues de résineux ^[2].

Les preuves scientifiques soutiennent fortement le mécanisme d’action des estérases et des cutinases, tandis que les preuves d’application papetière spécifiques à ce produit proviennent principalement de sa documentation industrielle. La bonne attente n’est donc pas une élimination universelle des contaminants, mais une modification ciblée des fractions hydrolysables qui contribuent aux dépôts et à l’instabilité de production .

Utilisée dans les plages générales indiquées — pH 6,0 à 9,0, 45 à 65 °C et 45 à 90 minutes de contact — la cutinase peut constituer un levier complémentaire pour améliorer la propreté des circuits et la runnabilité. Enzymes.bio la fournit comme produit industriel en ligne en unité de 1 kg, avec CoA et SDS accompagnant la commande .

Commander Cutinase Hydrolase Enzyme For Pulp And Paper Industry en ligne

Vendu par unité de 1 kg, en stock et prêt à expédier. Commandez directement sur notre boutique — payez en ligne et nous traitons votre commande. Un certificat d'analyse et une fiche de données de sécurité sont inclus avec chaque commande.

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

Références

Numérotées par ordre de première citation. Sources en libre accès, chacune vérifiée comme accessible au moment de la publication ; les numéros de citation dans le texte renvoient ici.

1. [19203649](#). *Nih*.
2. Mussakhmetov, A., & Silayev, D. (2025). Esterases: Mechanisms of Action, Biological Functions, and Application Prospects. *Applied microbiology*.
3. Microbial Enzymes In Paper And Pulp Industries For Bioleaching Application.Pdf. *Meddocsonline*.
4. Sutaoney, P., Rai, S., Sinha, S., Choudhary, R., Gupta, A., Singh, S. K., & Banerjee, P. (2024). Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130639 .
5. Tang, W. Y., Chen, L., & Zhang, Z. (2013). Action Mechanism of the Improvement of Printability for Eucalypt Bleached Kraft Pulp Pretreated by Cellulase. *Advanced Materials Research*, 779-780, 294 - 301.
6. Wang, P., Wang, Q., Cui, L., Fan, X., Yuan, J., & Gao, M. (2010). A comparative evaluation of the action of savinase and papain to the cutinase-pretreated wool. *Fibers and Polymers*, 11, 586-592.
7. Matos, L. M., Anholon, R., Silva, D., Ordóñez, R., Quelhas, O., Filho, W., & Santa-Eulalia, L. A. (2018). Implementation of cleaner production: A ten-year retrospective on benefits and difficulties found. *Journal of Cleaner Production*.

Contactez Enzymes.bio

Des questions sur une commande ? Notre équipe se fera un plaisir de vous aider.

E-MAIL wholesale@enzymes.bio

TÉLÉPHONE (ÉTATS-UNIS) **+1 (507) 428-6057**

[Nous contacter →](#)



400+ Clients B2B



60+ partenaires de recherche universitaires



54 servis dans le monde entier

