

Lipase alcaline Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing : contrôle du pitch, des dépôts collants et propreté des procédés papier-pâte

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

Réponse directe — Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing est une lipase alcaline destinée aux procédés papetiers où les matières lipophiles, le pitch et certains contaminants collants perturbent la préparation de pâte, le recyclage des fibres ou la marche machine. Son rôle technique est d'hydrolyser des substrats gras ou esterifiés afin de réduire leur tendance à former des dépôts, à s'agglomérer ou à encrasser les circuits, dans une fenêtre de procédé compatible avec les conditions alcalines. Enzymes.bio la propose en ligne pour usage B2B industriel, en unité de 1 kg, avec CoA et SDS fournis avec la commande .

Définition technique : ce que fait une lipase alcaline en papeterie

Une lipase est une enzyme qui catalyse l'hydrolyse de lipides, notamment des triglycérides et certains esters gras. Dans l'industrie papetière, cette activité est pertinente parce qu'une partie des dépôts problématiques provient de substances hydrophobes naturellement présentes dans le bois ou introduites avec les fibres recyclées. Les matrices lignocellulosiques contiennent de la cellulose, des hémicelluloses, de la lignine et des fractions extractibles ; la distribution spatiale de ces polymères et composés associés influence leur accessibilité aux traitements chimiques ou biologiques ^{[1][2]}.

Le qualificatif **alcaline** indique que l'enzyme est conçue pour conserver une utilité dans des milieux à pH élevé, typiques de plusieurs étapes de préparation de pâte, de désencrage, de recyclage ou de contrôle des dépôts. Les lipases alcalines étudiées dans la littérature sont recherchées pour leur stabilité en conditions exigeantes : pH alcalin, température de procédé, présence de tensioactifs, sels, solvants ou contaminants organiques. Des travaux récents décrivent par exemple des lipases alcalines compatibles avec des détergents, thermostables ou tolérantes à certains solvants, ce qui illustre l'intérêt industriel de cette famille enzymatique pour des environnements non idéaux ^{[3][4][5]}.

Dans le contexte de ce produit, **Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing** désigne une préparation enzymatique fournie par Enzymes.bio pour le traitement papier-pâte, avec un positionnement centré sur la réduction des dépôts collants et l'amélioration de la qualité du papier. Enzymes.bio doit être compris comme un fournisseur en ligne B2B : ce n'est ni un fabricant d'enzymes ni un laboratoire d'analyse. Le produit est vendu directement en ligne par unité de 1 kg ; les documents CoA et SDS accompagnent la commande.

Pourquoi le pitch et les matières grasses posent problème en papier-pâte

Le **pitch** désigne généralement les dépôts liés aux extractibles du bois : acides gras, résines, cires, stérols, esters et autres composés lipophiles. Ces substances peuvent se disperser pendant la mise en pâte, puis s'agglomérer sous l'effet du pH, de la température, des ions dissous, des charges minérales, des agents de rétention ou des variations de cisaillement. La littérature sur la biomasse lignocellulosique montre que les traitements de prétraitement et de délignification modifient profondément les fractions lignine-hémicellulose-cellulose, mais que les composés hydrophobes et les produits de dégradation restent des facteurs importants de comportement en procédé ^{[6][7]}.



Figure 1. 알칼리성 리파아제는 피치 발생이 잦은 버진 펄프, 재생 섬유 탈묵, 백수 오염물 관리, 그리고 특정 펄프 청정도 개선 공정에 가장 관련성이 높습니다.

Dans une papeterie, les dépôts lipophiles ne sont pas seulement un problème de propreté visuelle. Ils peuvent provoquer des salissures sur toiles et feutres, des défauts de feuille, des ruptures, des pertes de drainage, une instabilité du wet-end et une hausse des interventions de nettoyage. Les effluents et

boues de l'industrie papier-pâte contiennent aussi des matières organiques complexes issues du bois, des additifs, des charges et des circuits d'eau, ce qui explique pourquoi les stratégies biologiques et physico-chimiques de traitement des eaux de procédé sont activement étudiées ^{[8][9]}.

Les lipases ciblent une partie précise de ce problème : les constituants hydrolysables à caractère gras ou esterifié. Elles ne dissolvent pas la lignine, ne remplacent pas une étape de blanchiment et ne traitent pas tous les polymères collants. Leur intérêt réside dans un mécanisme plus ciblé : transformer certains composés lipophiles en produits de réaction moins susceptibles de se déposer, plus dispersables ou plus compatibles avec les conditions alcalines du circuit.

Stickies des fibres recyclées : un cas plus hétérogène que le pitch

Dans les lignes utilisant des fibres recyclées, les **stickies** proviennent souvent d'adhésifs, d'étiquettes, de rubans, d'encres, de couchages, de liants et de contaminants polymériques. Leur composition est plus variable que celle du pitch naturel du bois : certains contiennent des fractions esterifiables ou lipophiles accessibles à une lipase, tandis que d'autres sont des polymères synthétiques peu sensibles à l'hydrolyse enzymatique par lipase seule. Les procédés de recyclage et de désencrage sont donc des systèmes multi-contaminants où la lipase peut être utile, mais rarement comme unique levier ^{[10][11]}.

L'intérêt pratique d'une lipase alcaline dans le recyclage vient du fait que les contaminants sont souvent dispersés dans une phase aqueuse alcaline avec agitation, tensioactifs et action mécanique. Cette configuration peut favoriser le contact entre l'enzyme et certaines interfaces hydrophobes. Toutefois, l'effet dépend fortement de la nature chimique des stickies, de leur taille, de leur état de dispersion et du moment où l'enzyme est ajoutée dans le procédé. Les traitements enzymatiques des effluents et matrices papetières sont d'ailleurs étudiés sous forme de biocatalyseurs libres ou immobilisés, ce qui souligne l'importance de l'accessibilité du substrat, pas seulement de l'activité intrinsèque de l'enzyme ^[12].

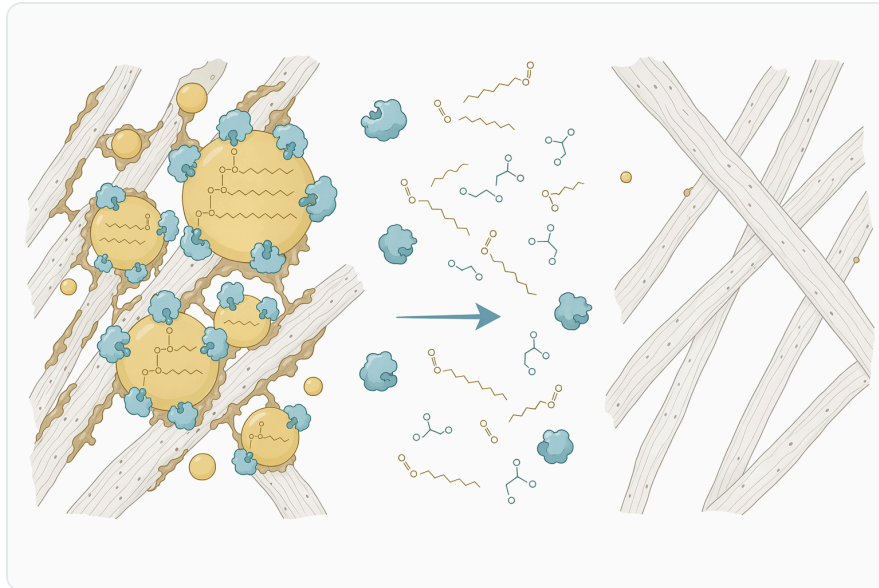


Figure 2. 리파아제는 트리글리세라이드와 지방산 에스터의 에스터 결합을 가수분해하여, 알칼리 조건에서 소수성 중성 지질을 더 작고 분산되기 쉬운 생성물로 전환합니다.

Mécanisme d'action : hydrolyse, dispersion et réduction de la tendance au dépôt

La réaction centrale d'une lipase est l'hydrolyse de liaisons ester dans des lipides. Lorsqu'un triglycéride ou un ester gras est accessible, l'enzyme catalyse sa coupure en molécules plus petites telles que des acides gras et des glycérols ou alcools associés. Dans un milieu alcalin, les acides gras peuvent se comporter différemment de leurs précurseurs neutres : ils peuvent être mieux dispersés, moins compatibles avec la formation d'agglomérats collants, ou plus facilement entraînés avec les eaux de procédé selon la chimie locale.

Ce mécanisme est cohérent avec l'usage industriel des lipases dans des environnements où l'élimination de graisses, huiles et matières hydrophobes est recherchée. Des lipases alcalines thermostables et compatibles avec les détergents ont été étudiées pour le traitement d'eaux usées huileuses, la dégradation de graisses et des applications de nettoyage, ce qui montre que l'hydrolyse de substrats lipidiques sous conditions alcalines peut rester fonctionnelle dans des matrices complexes ^[3] [13][14].

En papeterie, l'action doit être comprise à l'interface entre la phase aqueuse et les particules hydrophobes. Une lipase n'agit efficacement que si le substrat est accessible : un contaminant encapsulé dans un agglomérat, adsorbé sur une charge ou piégé dans un dépôt ancien sera moins réactif qu'une gouttelette ou particule bien dispersée en suspension. C'est pourquoi le bénéfice attendu est généralement plus plausible en amont de la formation des dépôts, par exemple dans une zone de pulpage, de stockage ou de circulation où les matières grasses sont encore mobiles.

Tableau comparatif : types de contaminants et pertinence de la lipase alcaline

| Problème papetier | Origine typique | Substrats potentiellement sensibles à la lipase | Contribution attendue de la lipase alcaline | Limites techniques |
|--|--|---|---|--|
| Pitch naturel | Extractibles du bois, résines, cires, acides gras, esters | Triglycérides, esters gras, fractions lipophiles hydrolysables | Réduction de la tendance à l'agglomération et aux dépôts gras ; meilleure dispersion de certains produits de réaction | N'agit pas directement sur toute la lignine ni sur les composés non hydrolysables |
| Stickies recyclés | Étiquettes, colles, rubans, encres, couchages, adhésifs | Certains adhésifs ou contaminants contenant des liaisons ester ou fractions grasses | Diminution possible de la collance et de l'encrassement si les liaisons ciblées sont accessibles | Forte variabilité chimique ; certains polymères nécessitent d'autres approches |
| Dépôts sur feutres, toiles et rouleaux | Accumulation de pitch, stickies, charges, fines, additifs | Fraction organique lipophile du dépôt en formation | Aide préventive lorsque les contaminants sont encore dispersés | Moins efficace sur dépôts anciens, minéralisés ou fortement oxydés |
| Eaux blanches et circuits fermés | Recyclage d'eau, accumulation d'organiques dissous et colloïdaux | Matières grasses dispersées ou colloïdales | Contribution à une meilleure propreté du circuit dans un programme de contrôle global | Les sels, tensioactifs, biocides et composés dissous peuvent modifier l'activité enzymatique |
| Effluents papier-pâte | Mélange de fibres fines, additifs, lignine, composés organiques | Huiles, graisses ou esters résiduels | Appui possible à des traitements biologiques ou enzymatiques ciblés | Ne remplace pas les traitements d'effluents réglementaires ou physico-chimiques ^[8] ^{[12][9]} |

Ce tableau illustre une règle importante : la lipase alcaline est pertinente lorsqu'il existe des substrats lipidiques ou esterifiés accessibles. Elle ne doit pas être présentée comme une solution universelle aux dépôts papetiers, mais comme un outil ciblé pour une fraction de la charge organique hydrophobe.



Figure 3. 리파아제가 분산된 지질 방울과 먼저 접촉해 공장 설비 표면에 혼합 침전물로 뭉치기 전에 작용할 때 피치 제어가 가장 효과적입니다.

Intégration dans les étapes de procédé papier-pâte

L'application la plus directe est le **contrôle du pitch** dans les pâtes contenant des extractibles du bois. Les traitements de biomasse lignocellulosique montrent que l'accessibilité des polymères et composés de paroi cellulaire dépend des prétraitements, de la chimie alcaline et de la structure de la matière première [15][2]. Dans une pâte où les extractibles lipophiles sont libérés, une lipase alcaline peut aider à transformer certains triglycérides et esters avant qu'ils ne s'agglomèrent sur les équipements.

Une deuxième application concerne le **traitement des fibres recyclées**. Les procédés de désencrage et de recyclage combinent action mécanique, alcalinité, tensioactifs, flottation ou lavage. Des ressources industrielles sur les enzymes en papier-pâte décrivent l'usage d'enzymes pour améliorer le traitement des fibres, le désencrage, le contrôle des dépôts et la réduction de la charge chimique, mais les résultats dépendent du type de matière première et de la configuration de ligne [16][11][17].

Une troisième zone d'intérêt est la **gestion des eaux blanches et des circuits fermés**. Les usines modernes réutilisent davantage leurs eaux de procédé, ce qui peut concentrer les matières organiques dissoutes et colloïdales. Les études sur la filtration membranaire des eaux blanches, le traitement combiné d'eaux domestiques et papetières ou les biotraitements d'effluents montrent que les matrices d'eau papier-pâte sont complexes et nécessitent des approches combinées [18][9][19]. Une lipase alcaline peut y contribuer si une fraction significative de la charge problématique est lipophile et accessible.

Conditions de performance : pH, température, contact et matrice d'eau

La performance d'une lipase alcaline ne dépend pas uniquement de sa formulation. Elle dépend du point d'introduction, du temps de contact, de la dispersion des contaminants, du pH, de la température et des composés présents dans l'eau de procédé. Les lipases alcalines étudiées pour des applications industrielles peuvent présenter une stabilité accrue dans des conditions sévères, mais chaque enzyme possède une fenêtre fonctionnelle au-delà de laquelle l'activité diminue ^{[4][20][21]}.

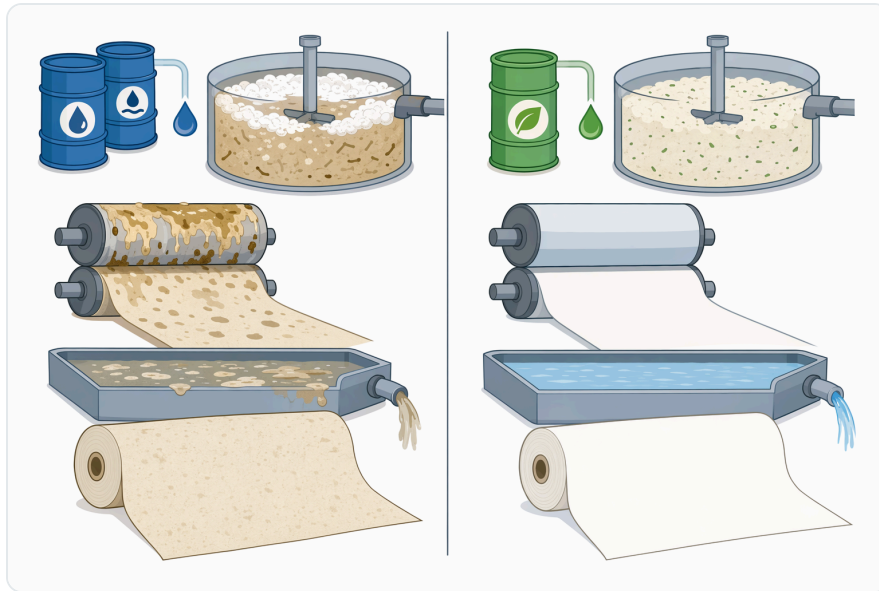


Figure 4. 제지용 효소마다 표적으로 하는 기질이 다르며, 리파아제는 셀룰로오스, 자일란, 리그닌 또는 무기 스케일이 아니라 지질 에스터에 작용합니다.

Le **pH alcalin** est central : il peut favoriser la dispersion de certains produits d'hydrolyse et correspond aux environnements de plusieurs étapes papetières. Toutefois, un pH favorable à la chimie du procédé n'est pas automatiquement optimal pour l'enzyme. De même, la température peut accélérer les réactions jusqu'à un certain point, puis entraîner une perte d'activité si elle devient excessive. Les travaux sur des lipases thermo-alcalines soulignent précisément l'intérêt de rechercher des enzymes capables de conserver leur fonction dans des conditions chaudes et alcalines ^{[5][22][14]}.

La **matrice d'eau** est souvent le facteur le plus sous-estimé. Les eaux de papeterie contiennent des ions, additifs, tensioactifs, conservateurs, fines, charges minérales, lignine dissoute, acides organiques et composés oxydants résiduels. Ces espèces peuvent modifier l'adsorption de l'enzyme à l'interface, la stabilité de sa structure ou l'accessibilité des substrats. Les études sur la valorisation et le traitement des effluents papetiers montrent que la charge organique et colloïdale des eaux varie fortement selon les procédés, ce qui explique les différences de réponse observées d'un site à l'autre ^{[8][23][12]}.

Comparaison avec d'autres enzymes utilisées en papier-pâte

La lipase alcaline n'est qu'une partie de la boîte à outils enzymatique papetière. Les xylanases, cellulases, hémicellulases, laccases, pectinases, estérases ou cutinases ciblent des substrats différents. Par exemple, les xylanases sont associées à la modification des hémicelluloses et peuvent faciliter certaines étapes de traitement de pâte ; les cellulases agissent sur la cellulose et doivent être contrôlées pour éviter une perte de résistance ; les laccases interviennent sur des composés phénoliques et des structures liées à la lignine ^{[10][24][25]}.

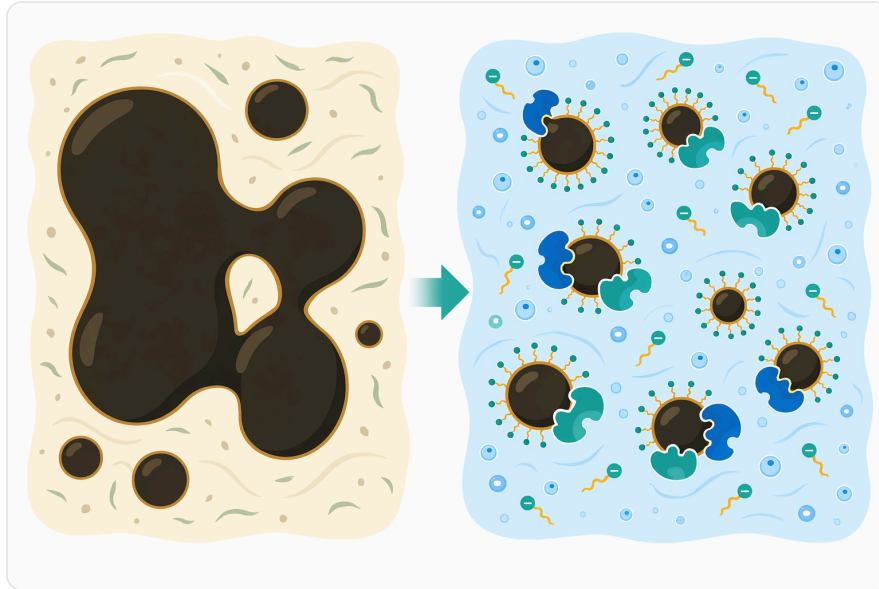


Figure 5. 알칼리 조건에서는 지방산 가수분해 생성물이 원래의 중성 트리글리세라이드가 풍부한 방울보다 더 이온화되고 분산되기 쉬워질 수 있습니다.

| Famille enzymatique | Substrat principal | Usage papetier typique | Différence par rapport à une lipase alcaline |
|------------------------|--|---|---|
| Lipase alcaline | Lipides, triglycérides, certains esters gras | Contrôle du pitch, dépôts gras, certains stickies | Cible les fractions lipophiles et esterifiées |
| Xylanase | Hémicelluloses, notamment xylanes | Modification de pâte, appui à certains traitements de blanchiment | Agit sur polysaccharides, pas sur graisses |
| Cellulase | Cellulose | Drainage, désencrage, modification de surface des fibres | Peut affecter les fibres ; action à maîtriser |
| Laccase/oxydoréductase | Composés phénoliques, lignine | Modification de lignine, effluents, valorisation | Mécanisme oxydatif, non hydrolytique |

| Famille enzymatique | Substrat principal | Usage papetier typique | Différence par rapport à une lipase alcaline |
|---------------------|---|--|---|
| Estérase/cutinase | Esters variés, polyesters ou cires selon enzyme | Certains stickies, surfaces, contaminants esterifiés | Peut compléter la lipase sur des substrats non triglycéridiques |

Cette comparaison permet de situer clairement Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing : son rôle n'est pas de traiter la matrice fibreuse dans son ensemble, mais d'intervenir sur la fraction grasse et hydrolysable des contaminants. Dans des procédés complexes, une stratégie enzymatique peut associer plusieurs activités, mais la lipase reste l'option logique lorsque le problème est dominé par des matières lipophiles.

Bénéfices industriels attendus et niveau de certitude

Le bénéfice le mieux fondé est la **réduction du potentiel de dépôt des matières grasses hydrolysables**. Lorsque le pitch contient des triglycérides ou esters accessibles, la lipase peut les transformer en produits moins propices à l'agglomération. Cette relation entre substrat lipidique et activité lipasique est robuste au niveau biochimique et cohérente avec les applications de lipases en traitement de graisses, eaux usées et nettoyage industriel ^{[3][14]}.

Un deuxième bénéfice est la **stabilisation potentielle de la marche machine**. Si la formation de dépôts diminue, les toiles, feutres, rouleaux et circuits peuvent rester plus propres, ce qui peut contribuer à moins de défauts de feuille, moins d'interruptions et une qualité plus régulière. Les sources industrielles sur les enzymes papier-pâte mettent en avant leur rôle dans l'amélioration du traitement des fibres, la propreté de procédé et la réduction de certains intrants chimiques, tout en les présentant comme des outils intégrés dans un système de production existant ^{[16][17]}.

Un troisième bénéfice possible est la **réduction de la pression sur les programmes chimiques de contrôle des dépôts**. Une enzyme ne remplace pas nécessairement les dispersants, agents de fixation, tensioactifs, nettoyages ou traitements d'eau ; elle peut cependant réduire la charge de contaminants lipophiles à gérer. Les approches durables de transformation de la biomasse et de traitement des effluents visent précisément à combiner des leviers biologiques, chimiques et physiques pour limiter l'intensité chimique tout en conservant la performance industrielle ^{[6][1][18]}.

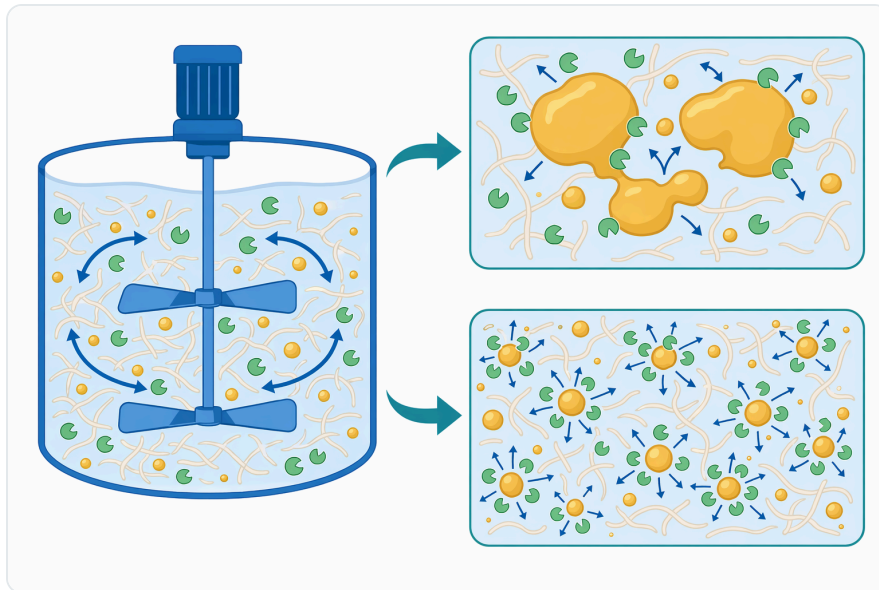


Figure 6. 리파아제의 성능은 물-지질 계면에서의 접촉에 좌우되므로, 혼합과 액적 분산은 접근 가능한 기질 표면적을 증가시킵니다.

Le niveau de certitude est plus faible lorsque l'on parle de **stickies polymériques** ou de contaminants recyclés très hétérogènes. Une lipase peut agir sur certaines fractions esterifiées, mais elle ne dégrade pas tous les adhésifs sensibles à la pression ni tous les polymères de couchage. Les résultats dépendent de la composition réelle du gisement de vieux papiers, du degré de dispersion des contaminants, de la chimie du désencrage et des traitements mécaniques associés.

Pertinence pour les effluents et circuits d'eau papetiers

Les effluents de l'industrie papier-pâte sont étudiés pour leur charge organique, leur variabilité et leur potentiel de valorisation ou de traitement biologique. Des travaux récents portent sur la carbonisation hydrothermale de boues papetières, les biocatalyseurs libres et immobilisés pour effluents de l'industrie papier, ainsi que la filtration membranaire des eaux blanches ^{[8][12][9]}. Ces études ne signifient pas qu'une lipase alcaline traite à elle seule un effluent complet, mais elles confirment que les matrices papetières contiennent des fractions organiques complexes qui peuvent justifier des interventions ciblées.

Dans un circuit fermé, les matières lipophiles non maîtrisées peuvent se reconcentrer. Une lipase alcaline peut contribuer à modifier cette fraction avant accumulation, surtout si elle est appliquée à un endroit où le mélange est suffisant et où les contaminants sont encore dispersés. En revanche, elle ne remplace pas les exigences de traitement réglementaire des eaux, ni les opérations de clarification, flottation, filtration, traitement biologique ou gestion des boues.

Positionnement Enzymes.bio et format de vente

Enzymes.bio référence Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing comme une enzyme destinée au traitement papier-pâte, avec un positionnement orienté contrôle du pitch, réduction des dépôts collants et amélioration de la qualité du papier . Le produit est destiné à des utilisateurs B2B dans un contexte industriel ou de transformation, et non à un usage alimentaire, domestique ou médical. Il est proposé directement en ligne en unité de 1 kg.

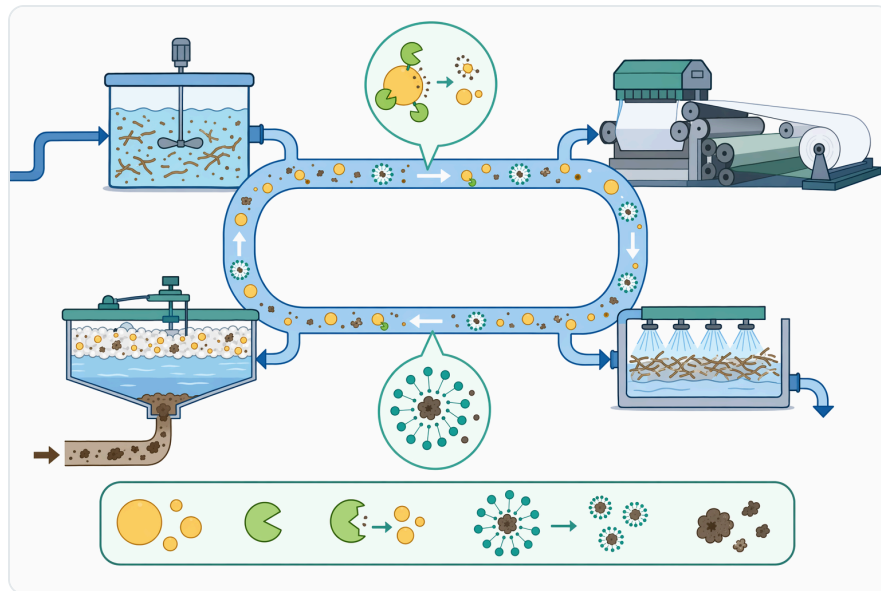


Figure 7. 리파아제는 지질의 화학적 성질을 변화시키며, 계면활성제, 백수 조건, 세척 및 부상 공정은 이렇게 변형된 오염물이 어디로 이동할지를 결정합니다.

Les documents CoA et SDS sont fournis avec la commande, ce qui permet de disposer des informations documentaires associées au lot livré. Enzymes.bio agit comme fournisseur en ligne ; il ne doit pas être présenté comme un fabricant, un producteur d'enzyme ou un laboratoire réalisant des analyses de performance sur site. Cette distinction est importante pour interpréter correctement les informations produit : le choix d'intégration reste lié au procédé papetier réel, à la matière première et aux conditions de ligne.

Conclusion technique

Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing est une solution enzymatique ciblée pour les papeteries confrontées à des dépôts lipophiles, au pitch et à certains contaminants collants issus du bois ou des fibres recyclées. Sa logique d'action repose sur l'hydrolyse de substrats gras ou esterifiés, ce qui peut réduire leur tendance à s'agglomérer, à encrasser les circuits ou à générer des défauts de feuille. Les

preuves scientifiques sur les lipases alcalines soutiennent leur intérêt dans des environnements industriels complexes, notamment lorsque les conditions de pH, température, dispersion et contact restent compatibles avec l'activité enzymatique [\[4\]\[5\]\[14\]](#).

Son efficacité doit toutefois être comprise avec précision : une lipase alcaline ne traite pas tous les dépôts papetiers, n'élimine pas à elle seule les stickies synthétiques et ne remplace pas les programmes globaux de contrôle chimique, mécanique et hydraulique. Elle est surtout pertinente lorsque la fraction problématique contient des lipides ou esters accessibles. Utilisée dans une fenêtre de procédé adaptée, elle peut contribuer à des circuits plus propres, une marche plus stable et une qualité papier plus régulière, en complément des pratiques industrielles existantes de préparation de pâte, recyclage, désencrage et gestion des eaux de procédé.

Commander Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing 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 Alkaline Lipase Paper And Pulp Processing →](#)

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. Vu, H., Nguyen, L., Vu, M. T., Johir, M. A. H., McLaughlan, R., & Nghiem, L. (2020). [A comprehensive review on the framework to valorise lignocellulosic biomass as biorefinery feedstocks.](#) *Science of the Total Environment*, 743, 140630 .
2. Zhu, J., Ren, W., Guo, F., Wang, H., & Yu, Y. (2024). [Revealing spatial distribution and accessibility of cell wall polymers in bamboo through chemical imaging and mild chemical treatments.](#) *Carbohydrate Polymers*, 339, 122261 .
3. Ariaeenejad, S., Kavousi, K., Han, J., Ding, X., & Salekdeh, G. (2022). [Efficiency of an alkaline, thermostable, detergent compatible and organic solvent tolerant lipase with hydrolytic potential in biotreatment of wastewater.](#) *Science of the Total Environment*, 161066 .
4. Singh, P., Patel, V., Shah, V., & Madamwar, D. (2019). [A Solvent-tolerant Alkaline Lipase from Bacillus sp. DM9K3 and Its Potential Applications in Esterification and Polymer Degradation.](#) *Applied Biochemistry and Microbiology*, 55, 603 - 614.
5. Li, Q., Zhu, Z., Liu, Q., An, Y., Wang, Y., Zhang, S., & Li, G. (2022). [Characterization of a novel thermostable alkaline lipase derived from a compost metagenomic library and its potential application in the detergent industry.](#) *Frontiers in*

Microbiology, 13.

6. Den, W., Sharma, V., Lee, M., Nadadur, G., & Varma, R. (2018). Lignocellulosic Biomass Transformations via Greener Oxidative Pretreatment Processes: Access to Energy and Value-Added Chemicals. *Frontiers in Chemistry*, 6.
7. Gould, J. (1985). Studies on the mechanism of alkaline peroxide delignification of agricultural residues. *Biotechnology and Bioengineering*, 27.
8. Hämäläinen, A., Kokko, M., Kinnunen, V., Hilli, T., & Rintala, J. (2022). Hydrothermal carbonization of pulp and paper industry wastewater treatment sludges - characterization and potential use of hydrochars and filtrates. *Bioresource Technology*, 127258 .
9. Kurniawan, T. A., Othman, M., Adam, M. R., Goh, H., Mohyudin, A., Avtar, R., & Kusworo, T. (2022). Treatment of whitewater from pulp and paper industry using membrane filtrations. *Chemické zvesti*, 76, 5001 - 5010.
10. Carvalho, A. F., Neto, P. D. O., Silva, D. F., & Pastore, G. (2013). Xylo-oligosaccharides from lignocellulosic materials: chemical structure, health benefits and production by chemical and enzymatic hydrolysis. *Food Research International*, 51, 75-85.
11. Applications Of Enzymes In Paper And Pulp Industries. *Infinitabiotech*.
12. Tite, T. E., Ngema, P., & Makhathini, T. P. (2024). Exploration of Free and Immobilized Biocatalysts for the Treatment of Paper Industry Effluents. *Separation & Purification Reviews*, 54, 258 - 275.
13. Devi, T., Sistla, S., Khan, R., Kailoo, S., Bhardwaj, M., & Rasool, S. (2025). Purification and characterization of detergent stable alkaline lipase from Bacillus safensis TKW3 isolated from Tso Kar brackish water lake. *PeerJ*, 13.
14. Akram, F., Fatima, T., & Haq, I. U. (2024). Auto-induction, biochemical characterization and application of a novel thermo-alkaline and detergent-stable lipase (S9 peptidase domain) from Thermotoga petrophila as cleaning additive and degrading oil/fat wastes. *Bioorganic chemistry (Print)*, 151, 107658 .
15. Rahardjo, A. H., Azmi, R., Muharja, M., Aparamarta, H. W., & Widjaja, A. (2021). Pretreatment of Tropical Lignocellulosic Biomass for Industrial Biofuel Production : A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1053.
16. Pulp And Paper. Abenzymes.
17. The Biosolutions Bulletin 13 When Biology Entered The Paper Mill. *Novonesis*.
18. Jagaba, A., Kutty, S., Baloo, L., Birniwa, A. H., Lawal, I., Aliyu, M., Yaro, N., ... et al. (2022). Combined treatment of domestic and pulp and paper industry wastewater in a rice straw embedded activated sludge bioreactor to achieve sustainable development goals. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*.
19. Sátiro, J., Gomes, A., Florêncio, L., Simões, R., & Albuquerque, A. (2024). Effect of microalgae and bacteria inoculation on the startup of bioreactors for paper pulp wastewater and biofuel production. *Journal of Environmental Management*, 362, 121305 .
20. Process optimization for obtaining a maximum yield of alkaline thermostable lipase from Bacillus stratosphericus-MK788130. *Semantic Scholar* (2021).
21. Tailor, A. J., Bariya, N. K., & Gadhi, R. R. (2024). Harnessing a thermo-active and alkaline lipase from novel strain of Brevibacillus borstelensis gp-1, for application in biodiesel synthesis. *Biocatalysis and Biotransformation*, 43, 14 - 28.

22. Xiao, Y., Liu, Y., Yuan, G., Mao, R., & Li, G. (2021). An uncharacterized protein from the metagenome with no obvious homology to known lipases shows excellent alkaline lipase properties and potential applications in the detergent industry. *Biotechnology Letters*, 43, 2311 - 2325.
23. Zainith, S., & Bahuguna, H. (2026). Enzyme-Mediated Biodegradation Of Pulp And Paper Industry Effluent By Indigenous Bacterial And Fungal Isolates. *International Journal of Allied Sciences and Research*.
24. Wang, Z., Xu, J., & Cheng, J. J. (2011). Modeling biochemical conversion of lignocellulosic materials for sugar production: A review. *BioResources*.
25. Cazeils, E., Megiatto, J. D., Gardrat, C., Pichavant, F., Grelier, S., & Castellan, A. (2012). Anthraquinone polymer catalysts for alkaline delignification of lignocellulosic matter. Part 3. Delignification of softwood and action on a phenolic β -O-4 lignin model in kraft pulping conditions.

Contacter 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

© 2026 Enzymes.bio · Fourniture d'enzymes industrielles & de transformation alimentaire · Non destiné à la consommation humaine ni à la vente au détail.