

Lipase : enzyme pour détergents, transformation des graisses, biocatalyse alimentaire et biodiesel

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

La **lipase** est une enzyme hydrolase qui catalyse la coupure des liaisons ester des lipides, notamment des triglycérides, pour former des acides gras, du glycérol et des glycérides partiels. En formulation B2B, elle est surtout pertinente lorsque le problème technique implique des huiles, graisses, sébum, matières grasses alimentaires ou substrats lipidiques : détergents, transformation alimentaire, biocatalyse, cosmétique, pharmacie et production de biodiesel. Enzymes.bio fournit en ligne une lipase alcaline pour détergents en unité de 1 kg ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande .

Lipase : c'est quoi, et pourquoi cette enzyme intéresse les formulateurs ?

La question « **lipase c'est quoi** » peut recevoir deux réponses selon le contexte. En biochimie, une lipase est une enzyme qui agit sur les lipides ; en usage industriel, le terme désigne un biocatalyseur ajouté à une formulation ou à un procédé pour accélérer une réaction ciblée sur des graisses ou des esters lipidiques. Les lipases microbiennes sont particulièrement étudiées parce qu'elles combinent sélectivité, diversité d'origines, intérêt applicatif et possibilités d'optimisation par formulation ou immobilisation ^[1].

Dans un détergent, une lipase n'est ni un solvant ni un tensioactif. Elle ne « dissout » pas directement les graisses : elle catalyse leur hydrolyse, ce qui fragmente une partie des triglycérides en molécules plus petites et plus faciles à disperser par le système de lavage. Cette complémentarité explique l'intérêt d'une **lipase alcaline** dans les lessives, poudres, liquides, capsules et produits d'entretien orientés vers les taches grasses, huiles de cuisson, sauces, sébum et résidus lipidiques .

Les lipases sont également utilisées ou étudiées dans des procédés où les lipides sont des matières premières plutôt que des salissures. Les revues sur les lipases microbiennes décrivent des applications en alimentation, détergence, pharmacie, cosmétique, synthèse organique et biocarburants, avec un intérêt récurrent pour les enzymes tolérantes à la température, aux solvants et aux conditions de procédé ^{[1][2]}.

Mécanisme d'action : hydrolyse des triglycérides et catalyse interfaciale

Le substrat classique d'une lipase est le triglycéride : une molécule composée d'un squelette glycérol estérifié par trois acides gras. La lipase catalyse l'attaque de ces liaisons ester par l'eau ; selon la lipase, la structure du substrat et les conditions de réaction, l'hydrolyse peut produire des acides gras libres, du glycérol, des monoglycérides et des diglycérides. Cette spécificité pour les interfaces lipide/eau distingue de nombreuses lipases d'autres hydrolases plus actives sur des substrats totalement solubles [3].

Sur le plan structural, plusieurs lipases appartiennent à la famille des hydrolases à repliement α/β et utilisent une triade catalytique impliquant typiquement une sérine nucléophile, une histidine et un résidu acide. La régiospécificité — par exemple la préférence pour certaines positions ester sur un glycéride — dépend de l'architecture du site actif, des poches hydrophobes qui accueillent les chaînes acyles et des mouvements conformationnels qui contrôlent l'accès au substrat [4].

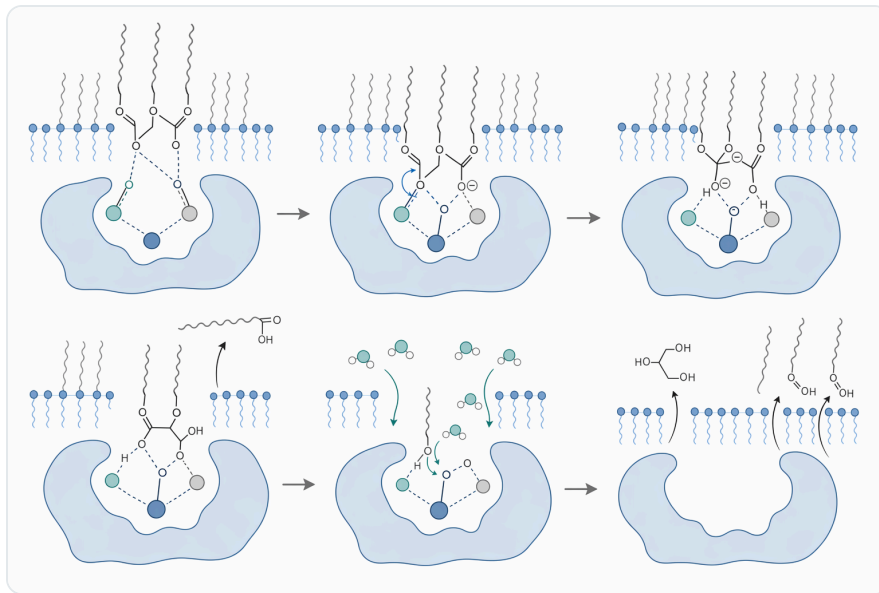


Figure 1. 리파아제는 트리글리세리드의 에스터 결합을 절단하여 유리 지방산, 모노아실글리세롤, 디아실글리세롤, 그리고 최종적으로 글리세롤을 방출한다.

Un trait important est l'activation interfaciale. Certaines lipases possèdent un « couvercle » ou domaine mobile qui peut masquer le site actif en solution aqueuse et s'ouvrir au contact d'une interface hydrophobe. Des travaux récents sur les transitions conformationnelles médiées par l'eau aux interfaces de solvants organiques montrent que l'environnement local de l'enzyme influence fortement son état actif, sa flexibilité et son comportement catalytique [3].

Dans une lessive, ce mécanisme devient pratique seulement si plusieurs conditions sont réunies : la tache contient une fraction lipidique accessible, l'eau de lavage permet le contact enzyme-substrat, les tensioactifs dispersent les produits formés et les autres composants de formulation ne déstabilisent pas excessivement la protéine. La page produit Enzymes.bio positionne ainsi la lipase alcaline comme un ingrédient pour favoriser la dégradation des graisses et huiles dans des formulations de détergence plutôt neutres à alcalines .

Lipase industrielle et lipase prise de sang : deux sujets à ne pas confondre

Les recherches en ligne autour de « **lipase prise de sang** », « **lipase élevée** », « **lipase haute** », « **lipase augmentée** », « **lipase valeur normale** », « **norme lipase** », « **normes lipase** », « **quel taux de lipase dangereux** », « **quel est le taux de lipase à ne pas dépasser** », « **taux de lipase 170** », « **taux de lipase élevé fatigue** » ou « **lipase basse** » concernent la lipase mesurée dans le sang, pas l'enzyme utilisée comme ingrédient industriel. En médecine, la lipase sérique est un marqueur biologique interprété avec les symptômes, l'examen clinique, l'imagerie et les intervalles de référence du laboratoire ; les valeurs ne doivent pas être extrapolées à une enzyme commerciale destinée à la détergence ou à la biocatalyse ^[5].

La **lipase pancréatique** est l'une des lipases humaines impliquées dans la digestion des graisses, et son dosage peut être utilisé dans l'évaluation de pathologies pancréatiques. Cependant, un résultat isolé — qu'il soit décrit comme lipase élevée, lipase hautement augmentée ou lipase basse — ne permet pas, hors contexte médical, de conclure à une gravité précise. Pour une page B2B, cette clarification évite une confusion fréquente : l'enzyme fournie pour formulation n'est pas un test clinique, et Enzymes.bio n'est pas un laboratoire d'analyse médicale ^[5].

Applications B2B de la lipase

Détergents, lessives et entretien textile

L'application la plus directe de la lipase alcaline fournie par Enzymes.bio concerne la détergence. Les taches grasses sont souvent mixtes : huile alimentaire, beurre, sauce, sébum, particules pigmentaires et protéines peuvent coexister dans la même salissure. La lipase cible la fraction lipidique ; les tensioactifs, agents alcalins, builders et autres enzymes éventuelles contribuent aux autres mécanismes de lavage. Cette logique de formulation explique pourquoi la lipase est un complément technique plutôt qu'un substitut aux composants détergents classiques .

La valeur d'une lipase en détergence tient aussi au fait que les dépôts de sébum et d'huiles peuvent retenir des salissures secondaires et générer un aspect grisâtre ou une sensation résiduelle sur les fibres. En hydrolysant une partie des triglycérides, la lipase peut rendre les dépôts plus faciles à émulsionner et à évacuer pendant le lavage. L'efficacité réelle dépend néanmoins du textile, de la formulation complète, de la température, du pH, du temps de contact et du type de salissure .

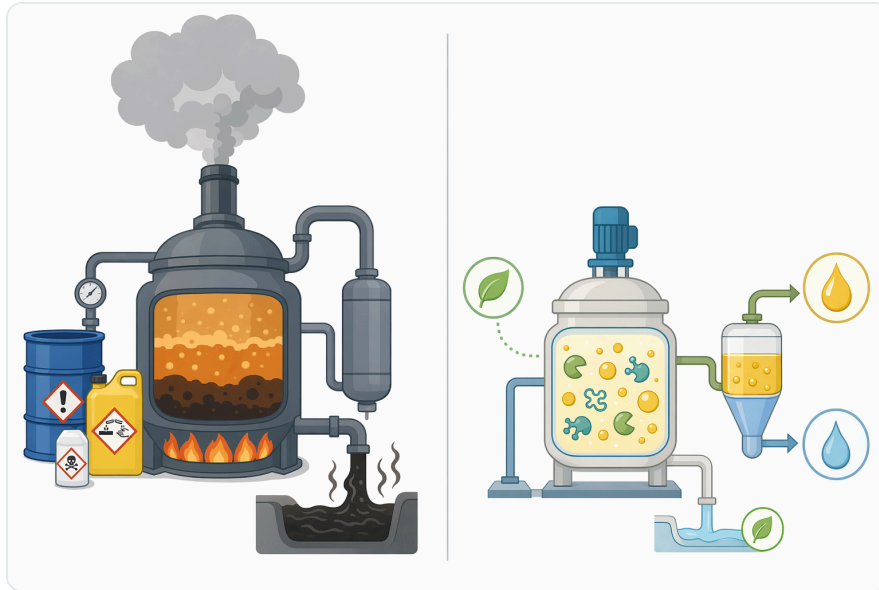


Figure 2. 산업용 리파아제는 지질 기질을 처리하는 생체촉매인 반면, 혈액 리파아제 검사는 의료 현장에서 해석되는 임상 지표이다.

Transformation alimentaire et arômes lipidiques

Dans l'industrie alimentaire, les lipases peuvent servir à hydrolyser ou modifier des matières grasses pour ajuster des profils sensoriels, texturaux ou fonctionnels. Un exemple documenté est l'utilisation de lipase ou de protéase dans la production de fromage modifié enzymatiquement, où l'objectif est d'améliorer certaines propriétés de qualité par transformation contrôlée des composants alimentaires [6].

La lipase intervient aussi dans la stabilité des farines et matières premières riches en lipides. Dans le millet perlé, l'interaction entre lipase et lipoxygénase est étudiée pour comprendre la rancidité : la lipase libère des acides gras, qui peuvent ensuite participer à des voies d'oxydation responsables de défauts sensoriels. Cette observation montre que la lipase peut être utile ou problématique selon le procédé : elle doit être maîtrisée, non simplement ajoutée sans objectif technique [7].

Biodiesel et valorisation d'huiles usagées

Les lipases intéressent la production de biodiesel parce qu'elles peuvent catalyser des réactions sur huiles et graisses, notamment dans des systèmes où la sélectivité enzymatique est recherchée. Des travaux sur des agrégats enzymatiques réticulés magnétiques de lipase Km12 ont étudié un nanobiocatalyseur stable pour la synthèse de biodiesel à partir d'huile de cuisson usagée, illustrant l'intérêt de combiner lipase et support récupérable [8].

Ce type de recherche ne signifie pas qu'une lipase détergente est automatiquement adaptée à une ligne de biodiesel. Les conditions de méthanol, eau, température, solvants, acides gras libres et récupération du catalyseur peuvent différer fortement d'un système de lavage. Il montre toutefois pourquoi les lipases restent une famille d'enzymes centrale dans la chimie des lipides et les procédés de conversion d'huiles [2].

Cosmétique, pharmacie et synthèse d'esters

Les lipases sont également pertinentes pour les secteurs cosmétique et pharmaceutique lorsque l'objectif est de transformer sélectivement des esters, acides gras ou dérivés lipidiques. Leur intérêt repose sur la sélectivité, la possibilité de travailler dans des conditions plus douces que certaines synthèses chimiques et, dans certains cas, la capacité à fonctionner en milieux organiques ou à faible activité de l'eau [1][2].

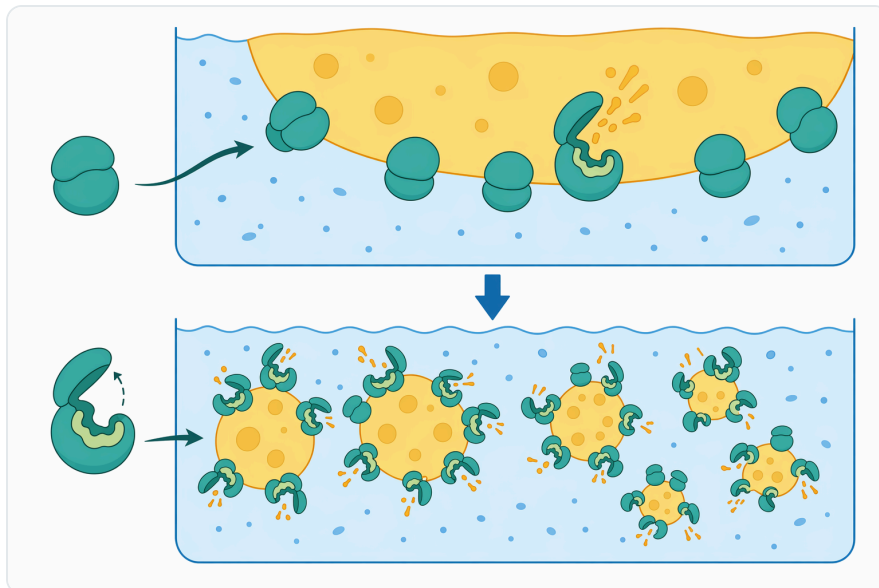


Figure 3. 많은 리파아제는 지질-물 계면에서 더 높은 활성을 보이는데, 이는 계면이 활성 부위를 드러내고 기질 접근성을 높일 수 있기 때문이다.

Les travaux sur la lipase traitée avec un tensioactif à tête glucose en solvant organique montrent que l'environnement moléculaire peut maintenir une activité de type aqueux dans des conditions non aqueuses. Ce résultat illustre un point clé pour la biocatalyse spécialisée : la performance ne dépend pas seulement de la séquence de l'enzyme, mais aussi de l'organisation de l'eau, des interfaces et des additifs autour de la protéine [9].

Tableau comparatif des principales applications de la lipase

Domaine d'application	Substrat ou problème principal	Rôle de la lipase	Bénéfice technique recherché	Niveau de preuve disponible
Détergents et lessives	Huiles, graisses alimentaires, sébum, taches lipidiques	Hydrolyse des triglycérides et esters lipidiques	Faciliter la dispersion et l'élimination des dépôts gras	Application produit documentée pour lipase alcaline détergente
Alimentaire / fromage	Matières grasses laitières ou alimentaires	Modification enzymatique des lipides	Développement d'arômes, ajustement de propriétés de qualité	Études applicatives sur fromages modifiés enzymatiquement [6]
Céréales et farines	Lipides endogènes sensibles à l'oxydation	Activité à contrôler plutôt qu'à renforcer	Comprendre et limiter la rancidité	Étude sur interaction lipase/lipoxygénase dans le millet perlé [7]
Biodiesel	Huiles végétales, graisses, huiles usagées	Catalyse de réactions de conversion des lipides	Biocatalyse potentiellement plus sélective, supports récupérables	Recherche sur lipases immobilisées et nanobiocatalyseurs [8]
Cosmétique / pharmacie	Esters, acides gras, intermédiaires lipidiques	Hydrolyse, estérification ou transestérification selon milieu	Transformation sélective de molécules lipidiques	Revue sur lipases microbiennes et lipases tolérantes aux solvants [1] [2]
Procédés immobilisés	Lipase fixée sur support ou agrégée	Catalyse hétérogène, récupération facilitée	Stabilité, réutilisation potentielle, intégration procédé	Revue sur immobilisation et supports [10][11]

Lipases microbiennes : production, diversité et propriétés enzymatiques

Les lipases industrielles proviennent souvent de micro-organismes, car les bactéries, levures et champignons offrent une grande diversité de profils catalytiques. Une revue sur les sources, la purification, l'immobilisation et les applications des lipases microbiennes décrit cette diversité comme l'une des raisons de leur adoption dans plusieurs secteurs industriels ^[1].

La levure *Yarrowia lipolytica* illustre cet intérêt : des travaux ont étudié sa production de lipase en fermentation solide à partir de coproduits de fruits amazoniens et de tourteau de soja. Cette approche montre comment des substrats agro-industriels peuvent être explorés pour produire des enzymes microbiennes, même si les conditions exactes de production et de purification relèvent du procédé de chaque producteur ^[12].

Les lipases fongiques restent également importantes. Une étude récente sur l'expression hétérologue et les propriétés enzymatiques d'une lipase de *Mucor circinelloides* souligne l'intérêt de caractériser les paramètres enzymatiques, la stabilité et le comportement catalytique pour relier une séquence ou une source microbienne à des applications concrètes ^[13].

Conditions d'utilisation : pH, température, eau, interfaces et formulation

Une lipase agit dans une fenêtre de conditions où sa structure reste suffisamment stable et où le substrat est accessible. En détergence, l'intérêt d'une lipase alcaline est de fonctionner dans des formulations au pH plutôt neutre à alcalin, cohérentes avec les systèmes de lavage. La page Enzymes.bio positionne la lipase alcaline pour les formulations de lessive et d'entretien où les taches lipidiques sont un enjeu central .

La température influence à la fois la vitesse de réaction et la stabilité de l'enzyme. Les lipases thermorésistantes et tolérantes aux solvants font l'objet de nombreuses recherches parce que les procédés industriels imposent parfois des conditions plus exigeantes que les systèmes biologiques naturels. Une revue consacrée à ces lipases souligne l'importance des approches biotechnologiques pour obtenir ou adapter des biocatalyseurs plus robustes ^[2].

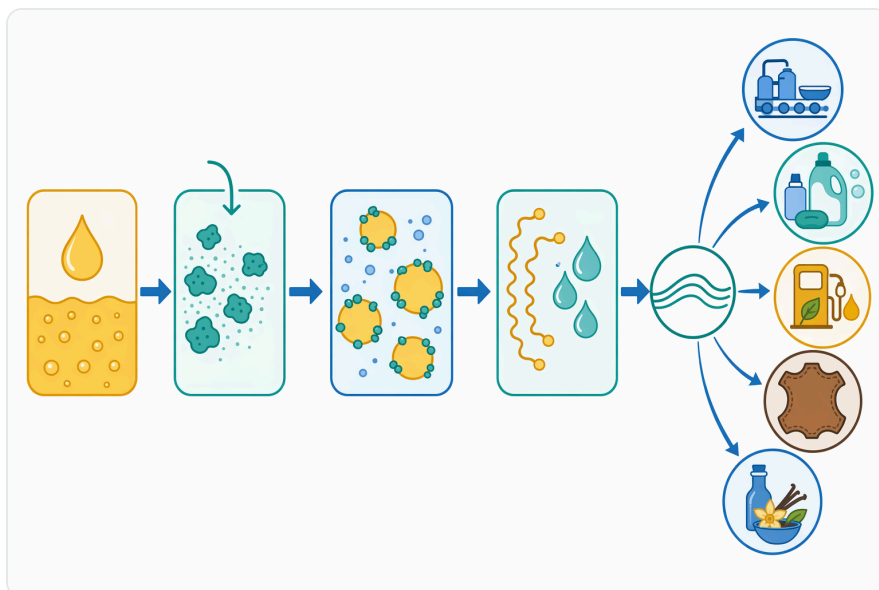


Figure 4. 물이 풍부한 시스템에서는 가수분해가 촉진되는 반면, 수분이 적고 지질이 풍부한 시스템에서는 에스터화, 전이에스터화, 인터에스터화, 산분해 또는 알코올분해가 촉진될 수 있다.

À l'inverse, les enzymes psychrophiles montrent que l'activité à basse température peut être recherchée dans certains domaines. Les enzymes adaptées au froid possèdent souvent une flexibilité structurelle accrue, ce qui peut soutenir l'activité catalytique lorsque l'énergie thermique disponible est limitée. Ce principe est pertinent pour les lavages à basse température, même si chaque lipase doit être évaluée dans son contexte d'application [14].

L'eau joue un rôle ambivalent. Elle est réactif dans l'hydrolyse, mais l'activité de l'eau, l'émulsion, la présence de solvants et l'organisation des interfaces modifient fortement l'état catalytique. Les études sur les transitions conformationnelles à l'interface de solvants organiques confirment que la lipase n'est pas une entité rigide : elle répond à son microenvironnement, ce qui explique les différences observées entre essais simples et formulations réelles [3].

Immobilisation des lipases : supports, agrégats et stabilité opérationnelle

L'immobilisation consiste à associer l'enzyme à un support ou à créer une forme insoluble plus facile à récupérer. Les objectifs typiques sont d'améliorer la stabilité, de faciliter la séparation, de permettre une réutilisation dans certains procédés et de modifier l'accès du substrat au site actif. Les agrégats enzymatiques réticulés, ou CLEA, sont l'une des approches étudiées pour transformer une enzyme soluble en biocatalyseur particulaire [10].

Les supports à base de chitosane sont également étudiés pour l'immobilisation des lipases. Le chitosane apporte des fonctions chimiques utiles pour l'adsorption, la liaison covalente ou la réticulation, et sa structure peut être adaptée pour influencer la charge, la porosité et la stabilité du biocatalyseur. Une revue dédiée décrit plusieurs stratégies d'immobilisation sur supports chitosane et leurs applications [11].

Des supports magnétiques ou poreux sont explorés lorsque la récupération du catalyseur est importante. Les matériaux de carbone magnétique dérivés de ZIF-8 macroporeux ordonnés ont été étudiés pour l'immobilisation de lipase, illustrant l'intérêt des architectures poreuses dans la circulation du substrat et la manipulation du biocatalyseur [15].



Figure 5. 세제, 식품, 화장품, 정밀화학, 바이오디젤, 가죽, 섬유 및 소재 분야에서의 리파아제 응용은 지질 에스터 변환이라는 공통점으로 연결된다.

D'autres travaux ont combiné des agrégats enzymatiques réticulés avec des matrices nanofibreuses de méthylcellulose pour immobiliser la lipase. Cette approche montre que le support ne sert pas seulement à « porter » l'enzyme : il peut influencer la dispersion, la protection contre la dénaturation et l'accessibilité des substrats lipidiques [16].

L'immobilisation est particulièrement active dans la transformation laitière et alimentaire. Une revue récente sur les approches innovantes d'immobilisation enzymatique dans le traitement du lait met en avant les progrès des supports et de l'intégration industrielle, avec un intérêt pour la stabilité des enzymes et la maîtrise des réactions dans des matrices complexes [17].

Lipase libre ou immobilisée : comparaison technique

Critère	Lipase libre en formulation	Lipase immobilisée ou agrégée
Mise en œuvre	Facile à disperser dans une formulation liquide ou poudre selon le produit	Nécessite un support, une particule ou une matrice adaptée
Contact avec le substrat	Bon si le substrat est accessible et émulsionné	Dépend de la porosité, de la diffusion et de l'orientation de l'enzyme
Récupération après réaction	Généralement non récupérée en détergence	Récupération possible dans certains procédés hétérogènes
Stabilité	Dépend fortement du pH, de la température et des composants de formulation	Peut être améliorée par le support, mais pas systématiquement
Applications typiques	Lessives, nettoyants, procédés où l'enzyme est consommée avec la formulation	Biodiesel, synthèse, réacteurs enzymatiques, procédés réutilisables
Références scientifiques	Applications de lipases microbiennes et détergentes ^[1]	Revue et études sur CLEA, chitosane, supports magnétiques ^{[10][11][15]}

Limites techniques et précautions d'interprétation

La lipase ne traite pas toutes les taches. Elle cible d'abord les graisses et esters lipidiques ; une tache principalement protéique, amidonnée, pigmentaire ou minérale nécessitera d'autres mécanismes de nettoyage. Dans une formulation multi-enzyme, la lipase peut donc être associée à des protéases, amylases, cellulases ou autres biocatalyseurs, mais sa contribution reste liée à la présence d'une fraction lipidique accessible ^[1].

La stabilité est un second point critique. Les oxydants, certains tensioactifs, les solvants, l'humidité excessive, les températures élevées ou un pH inadapté peuvent diminuer l'activité d'une enzyme. Les recherches sur les lipases résistantes à la température et aux solvants montrent que la robustesse enzymatique est une propriété spécifique, recherchée par sélection, ingénierie ou formulation, et non une garantie universelle de toutes les lipases ^[2].

Il faut aussi distinguer les résultats de recherche sur des biocatalyseurs avancés des caractéristiques d'un produit commercial standard. Une lipase immobilisée sur support magnétique, un agrégat réticulé ou une enzyme encapsulée dans un matériau poreux peut présenter des bénéfices intéressants dans un article scientifique, mais ces propriétés ne s'appliquent pas automatiquement à une lipase libre destinée à la détergence ^{[10][15]}.

Enfin, les termes médicaux liés à la lipase ne doivent pas être utilisés pour qualifier une enzyme industrielle. « Lipase élevée », « lipase augmentée », « lipase valeur normale » ou « lipase basse » relèvent du dosage sanguin et de l'interprétation clinique. Ils n'indiquent ni la puissance d'une lipase détergente, ni sa qualité, ni sa sécurité d'emploi en formulation [5].

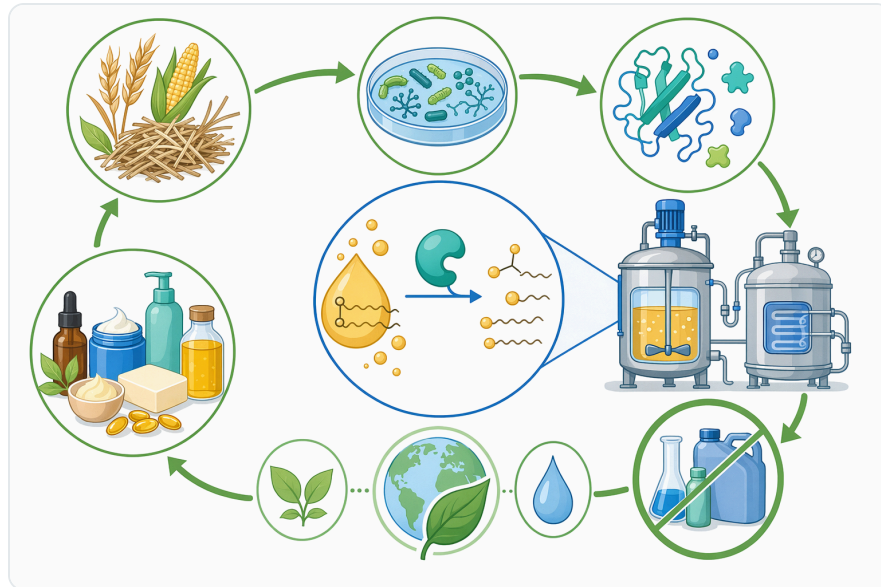


Figure 6. 리파아제는 전체 공정에서 온화한 생체축매 반응, 재생 가능한 원료 사용, 효율적인 회수, 폐기물 감소가 달성될 때 녹색화학 목표를 뒷받침할 수 있다.

Informations pratiques Enzymes.bio

Enzymes.bio fournit une **lipase alcaline pour détergents** vendue directement en ligne par unité de **1 kg**. Le produit est destiné aux formulations de nettoyage visant les salissures lipidiques : huiles, graisses, sébum et taches contenant des triglycérides. Le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande .

Comme toute enzyme en poudre ou granulé, la lipase doit être manipulée avec prudence afin de limiter l'inhalation de poussières ou d'aérosols et le contact inutile avec les yeux ou la peau. Les enzymes sont des protéines biologiquement actives ; chez les personnes sensibles, l'exposition répétée peut provoquer des réactions d'irritation ou de sensibilisation. Les informations de sécurité spécifiques figurent dans la fiche de données de sécurité fournie avec la commande .

Conclusion

La lipase est un biocatalyseur spécialisé dans les lipides. Son intérêt B2B vient de sa capacité à hydrolyser les triglycérides et autres esters gras dans des contextes où les huiles, graisses, sébum ou matières grasses doivent être éliminés, transformés ou valorisés. En détergence, elle complète l'action des tensioactifs ; en biocatalyse, elle ouvre des voies de transformation plus sélectives pour l'alimentaire, les esters, les cosmétiques, la pharmacie et les biocarburants ^{[1][2]}.

Les performances d'une lipase dépendent fortement de son origine, de sa formulation, du pH, de la température, de l'eau disponible, des interfaces et de la matrice de procédé. Les recherches sur l'immobilisation, les supports chitosane, les agrégats réticulés, les matériaux magnétiques et les lipases tolérantes aux solvants montrent que l'environnement de l'enzyme est aussi important que l'enzyme elle-même ^{[10][11][15]}.

Commander Lipase 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 Lipase →](#)

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. Enespa, Chandra, P., & Singh, D. (2022). Sources, purification, immobilization and industrial applications of microbial lipases: An overview. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63, 6653 - 6686.
2. Ismail, A., Kashtoh, H., & Baek, K. (2021). Temperature-resistant and solvent-tolerant lipases as industrial biocatalysts: Biotechnological approaches and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*.
3. Zhang, J., Chen, J., Sha, Y., Deng, J., Wu, J., Yang, P., Zou, F., ... et al. (2024). Water-mediated active conformational transitions of lipase on organic solvent interfaces. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134056 .
4. Zhao, Z., Chen, S., Xu, L., Cai, J., Wang, J., & Wang, Y. (2022). Structural Basis for the Regiospecificity of a Lipase from Streptomyces sp. W007. *International Journal of Molecular Sciences*, 23.
5. Nbk537346. *NCBI*.

6. Li, L., Pei, Y., Cheng, K., Deng, Y., Dong, X., Fang, R., Chu, B., ... et al. (2023). Production and evaluation of enzyme-modified cheese adding protease or lipase to improve quality properties. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.
7. Kumar, R. R., Goswami, S., T, V., Mishra, G. P., Singh, A., Satyavathi, C., Tyagi, A., ... et al. (2025). Rogue Enzymes at Work-Unraveling the Interplay Between Lipase and Lipoyxygenase in Pearl Millet Flour for Solving the Problem of Rancidity. *Journal of Food Science*, 90 11, e70689 .
8. Badoei-dalfard, A., Malekabadi, S., Karami, Z., & Sargazi, G. (2019). Magnetic cross-linked enzyme aggregates of Km12 lipase: A stable nanobiocatalyst for biodiesel synthesis from waste cooking oil. *Renewable Energy*.
9. Lee, H., Oh, Y., Kim, M., & Im, W. (2018). Molecular Basis of Aqueous-like Activity of Lipase Treated with Glucose-Headed Surfactant in Organic Solvent. *Journal of Physical Chemistry B*, 122 47, 10659-10668 .
10. Sampaio, C. S., Angelotti, J. A. F., Fernández-Lafuente, R., & Hirata, D. (2022). Lipase immobilization via cross-linked enzyme aggregates: Problems and prospects - A review. *International Journal of Biological Macromolecules*.
11. Rafiee, F., & Rezaee, M. (2021). Different strategies for the lipase immobilization on the chitosan based supports and their applications. *International Journal of Biological Macromolecules*.
12. Carvalho, A. S. S., Sales, J. C. S., Nascimento, F. V. D., Ribeiro, B., Souza, C. E. C., Lemes, A., & Coelho, M. (2023). Lipase Production by Yarrowia lipolytica in Solid-State Fermentation Using Amazon Fruit By-Products and Soybean Meal as Substrate. *Catalysts*.
13. Zhang, Y., Sun, Y., Liu, Z., Leng, J., Liu, Q., & Song, Y. (2025). Heterologous expression and enzymatic properties of lipase from Mucor circinelloides. *Scientific Reports*, 15.
14. Parvizpour, S., Hussin, N., Shamsir, M. S., & Razmara, J. (2021). Psychrophilic enzymes: structural adaptation, pharmaceutical and industrial applications. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105, 899 - 907.
15. Shi, Y., Zhou, H., Dai, L., Liu, D., & Du, W. (2024). Preparation of Ordered Macroporous ZIF-8-Derived Magnetic Carbon Materials and Its Application for Lipase Immobilization. *Catalysts*.
16. Lee, J. Y., Kwak, H., Yun, H., Kim, Y., & Lee, K. (2016). Methyl cellulose nanofibrous mat for lipase immobilization via cross-linked enzyme aggregates. *Macromolecular Research*, 24, 218-225.
17. Khan, M. U., Farid, A., Liu, S., Zhen, L., Alahmad, K., Chen, Z., & Kong, L. (2025). Innovative approaches for enzyme immobilization in milk processing: advancements and industrial applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 65, 6751 - 6770.

Contacteur 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

