

Pectate Lyase : enzyme pectinolytique pour dégomme textile, clarification de jus, bioscouring et dégradation des pectines

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

La **Pectate Lyase** est une enzyme qui fragmente les pectates et les zones peu méthylées de la pectine par un mécanisme de β -élimination, ce qui réduit l'effet liant, gélifiant ou colmatant des polysaccharides pectiques dans les matrices végétales. Elle est particulièrement étudiée pour le **dégomme de la ramie**, le **bioscouring des fibres**, la **clarification de jus**, certaines opérations de traitement de biomasse végétale et l'élimination de taches alimentaires riches en pectine. Enzymes.bio fournit cette enzyme comme ingrédient technique vendu directement en ligne par unité de **1 kg**, avec CoA et SDS fournis avec la commande.

Définition technique : ce que fait réellement une Pectate Lyase

La **Pectate Lyase**, souvent abrégée en PL, appartient au groupe des enzymes pectinolytiques capables de modifier les polysaccharides pectiques des parois végétales. Sa cible principale n'est pas la cellulose ni les protéines, mais le squelette d'acide galacturonique des pectates, c'est-à-dire des formes de pectine peu ou non méthylées. Cette spécificité explique pourquoi elle est utile lorsque la pectine agit comme un « ciment » entre fibres, cellules végétales ou particules en suspension ^[1].

Dans les tissus végétaux, les pectines participent à la cohésion de la lamelle moyenne et de la paroi primaire. Elles forment une matrice hydratée qui influence la fermeté des fruits, la viscosité des purées, la stabilité des suspensions et l'adhérence de certains résidus végétaux. Les recherches sur les bactéries phytopathogènes et commensales montrent d'ailleurs que les pectate lyases sont des enzymes clés pour désorganiser les tissus végétaux, ce qui confirme leur rôle biologique dans la dégradation des polysaccharides de paroi ^[2].

La réaction catalysée par une pectate lyase diffère de celle d'une polygalacturonase. Une polygalacturonase hydrolyse les liaisons glycosidiques, tandis qu'une pectate lyase coupe le polymère par **β -élimination**, générant des oligosaccharides insaturés. Cette différence est importante en

formulation : la pectate lyase est recherchée quand on veut réduire la taille de chaînes pectiques et diminuer leur fonction structurante sans appliquer uniquement une hydrolyse acide ou un traitement alcalin sévère [3].

Pourquoi la pectine pose problème dans les procédés industriels

La pectine est utile dans la nature et dans certaines formulations alimentaires, mais elle devient un obstacle dans plusieurs opérations industrielles. Elle retient l'eau, augmente la viscosité, stabilise des suspensions, colle des particules entre elles et rend certaines matrices végétales plus difficiles à filtrer, séparer ou laver. Dans les fibres végétales, elle contribue à l'adhésion entre constituants non cellulosiques ; dans les jus, elle peut maintenir le trouble ; dans les taches de fruits, elle renforce l'accrochage des résidus au textile [4].

L'intérêt pratique d'une pectate lyase est donc de transformer une matrice pectique longue, hydratée et cohésive en fragments plus courts, moins capables de former un réseau. Ce changement n'équivaut pas à une disparition complète de la matière végétale : l'enzyme réduit un facteur précis de cohésion. C'est pourquoi elle est souvent envisagée comme auxiliaire de procédé, en complément d'étapes mécaniques, de lavage, de filtration, de clarification ou de traitement thermique modéré [5].

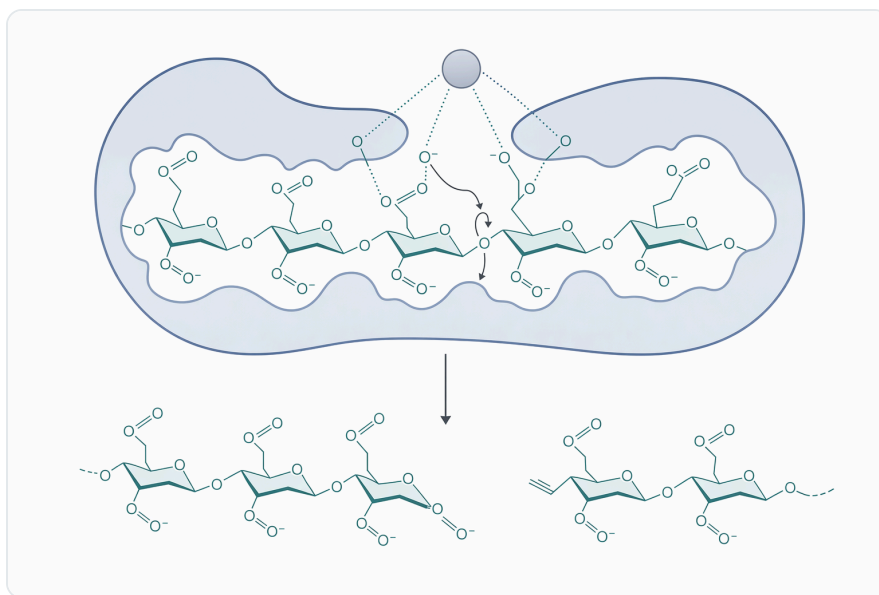


Figure 1. 펙테이트 분해효소는 칼슘의 도움을 받는 베타-제거 반응을 통해 폴리갈락투론산을 절단하여 불포화 펙틴 올리고당을 생성한다.

Les études applicatives récentes couvrent des environnements très différents : enzymes alcalines pour fibres, enzymes thermotolérantes pour procédés textiles, enzymes actives à basse température pour jus d'orange, ou encore formes immobilisées pour améliorer la réutilisation et la stabilité

opérationnelle. Cette diversité montre que le mot « pectate lyase » ne désigne pas une performance unique : il désigne une fonction catalytique, dont l'efficacité dépend fortement de la source enzymatique et du procédé ^[6].

Mécanisme d'action : β -élimination des chaînes pectiques

La pectate lyase agit sur des régions de pectine riches en résidus d'acide galacturonique. En présence d'un environnement favorable, elle positionne le polymère dans son site actif et catalyse une rupture de liaison par β -élimination. Le résultat est la formation de fragments pectiques plus courts, généralement porteurs d'une insaturation à l'extrémité nouvellement formée. Cette signature chimique distingue les lyases des hydrolases classiques ^[1].

Sur le plan fonctionnel, cette coupure réduit la capacité de la pectine à former une matrice continue. Dans un jus ou un extrait végétal, cela peut diminuer la viscosité ou faciliter la séparation des particules. Dans une fibre végétale, cela peut affaiblir les liaisons pectiques qui maintiennent des gommés, cires ou substances non cellulosiques. Dans une tache de fruit, cela peut fragmenter la fraction collante qui maintient les pigments et résidus alimentaires sur la fibre textile ^[7].

Les travaux de modélisation structurale et d'amarrage avec la pectine soulignent l'importance de la complémentarité entre la surface enzymatique et le substrat pectique. Les interactions avec le squelette polygalacturonique gouvernent la reconnaissance du substrat, tandis que les conditions de pH, de température et d'ions influencent la stabilité de la conformation active. Autrement dit, une pectate lyase efficace n'est pas seulement une enzyme « qui coupe la pectine » : c'est une protéine dont la structure doit rester adaptée à la matrice traitée ^[8].

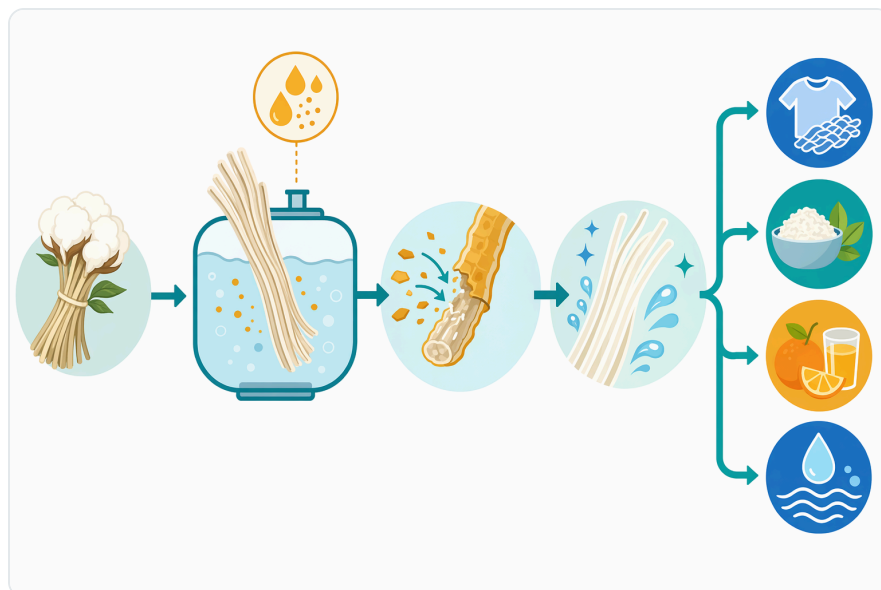


Figure 2. 산업용 펙테이트 분해효소는 약알칼리성 공정 조건에서 식물성 원료의 펙틴 물질을 제거한다.

Sources biologiques et familles étudiées

Les pectate lyases sont décrites chez de nombreuses bactéries, champignons et organismes associés aux plantes. Les espèces du genre *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Aspergillus*, *Aeromonas*, *Dickeya* ou encore *Xanthomonas* apparaissent dans la littérature pour des raisons différentes : production industrielle potentielle, caractérisation biochimique, virulence végétale ou dégradation de biomasse. Cette distribution large reflète l'importance écologique de la pectine comme substrat végétal ^[9].

Chez les bactéries phytopathogènes, les pectate lyases peuvent contribuer directement à la macération des tissus. *Dickeya dadantii*, par exemple, est un modèle classique de dégradation des polysaccharides végétaux ; ses enzymes pectinolytique participent à la déstructuration de la paroi et facilitent la libération de nutriments. Ces observations biologiques ne sont pas des recommandations d'usage industriel, mais elles démontrent la puissance fonctionnelle de ces enzymes sur les tissus riches en pectine ^[10].

Des travaux sur *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* montrent également qu'une pectate lyase peut être un facteur de virulence clé, avec un transporteur associé requis pour la pathogénicité. Ce type d'étude aide à comprendre pourquoi le clivage enzymatique des pectines peut avoir des effets macroscopiques sur l'intégrité des tissus végétaux, depuis le ramollissement jusqu'à la séparation cellulaire ^[11].

Dans une perspective industrielle, les sources microbiennes sont étudiées pour des propriétés comme l'alcalistabilité, la thermostabilité, l'activité à basse température ou l'expression recombinante. Les publications sur des pectate lyases issues de *Paenibacillus lactis*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus nidulans* ou de métagénomés illustrent cette recherche d'enzymes adaptées à des contraintes de procédé spécifiques [12].

Applications industrielles principales

Dégommage de la ramie et traitement des fibres végétales

Le **dégommage de la ramie** est l'une des applications les plus documentées de la pectate lyase. La ramie contient des fibres cellulosiques associées à des gommages végétales, dont des substances pectiques. L'objectif du dégomage est de retirer ou d'affaiblir ces composants non cellulosiques pour obtenir une fibre plus propre, plus souple et plus exploitable. Les pectate lyases alcalines sont particulièrement étudiées parce que de nombreux procédés de fibres fonctionnent dans des conditions alcalines [13].

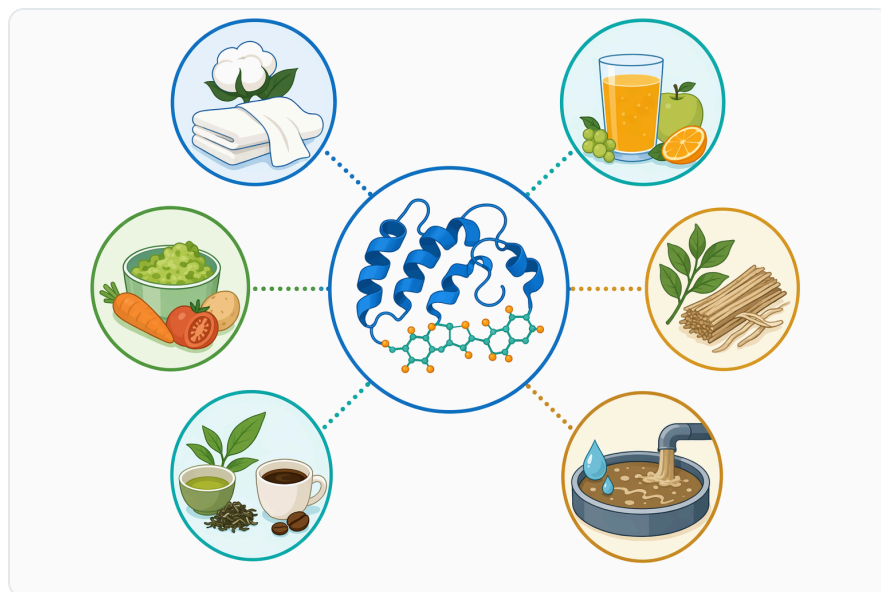


Figure 3. 펙테이트 분해효소는 섬유 바이오키퍼링, 식품 가공, 식물 섬유 처리, 펙틴이 풍부한 폐수 관리에 사용된다.

Des travaux ont montré que l'amélioration de la thermostabilité ou de la performance catalytique de pectate lyases pouvait renforcer leur intérêt pour le dégomage de la ramie. L'enjeu n'est pas seulement d'avoir une enzyme active sur pectate en conditions de laboratoire, mais de conserver une activité utile dans un bain de traitement réel, où le pH, la température, la charge en biomasse et les impuretés peuvent perturber la protéine [14].

L'ingénierie rationnelle de pectate lyases pour le dégomme vise souvent à améliorer l'activité spécifique, la stabilité ou l'adéquation au substrat fibreux. Des études fondées sur la structure ont ainsi exploré comment des modifications de la protéine peuvent influencer la performance en ramie. Ces travaux confirment que l'application textile repose sur une relation étroite entre architecture enzymatique et conditions industrielles ^[15].

Bioscouring et préparation textile

Le **bioscouring** désigne une préparation enzymatique des fibres, notamment du coton, destinée à éliminer des substances non cellulosiques et à améliorer l'hydrophilie ou la propreté de la surface. Les pectines présentes dans les parois végétales contribuent à la couche de matières qui gêne le mouillage et la finition textile. Une pectate lyase adaptée peut participer à la rupture de cette couche pectique sans cibler directement la cellulose ^[16].

L'intérêt environnemental du bioscouring tient au potentiel de réduction de traitements chimiques fortement alcalins ou agressifs, même si l'enzyme n'annule pas toutes les contraintes du procédé. Les études sur des pectate lyases thermo-alcalines montrent que la recherche porte sur des protéines capables de supporter des conditions proches des bains textiles, où la stabilité thermique et le maintien de l'activité en milieu alcalin sont des critères fonctionnels essentiels ^[16].

Clarification de jus et matrices alimentaires végétales

Dans les jus de fruits, la pectine peut maintenir le trouble, augmenter la viscosité et ralentir la filtration. Les pectate lyases sont donc étudiées pour la **clarification de jus**, notamment lorsqu'une dépolymérisation ciblée de la pectine peut améliorer la séparation des particules. Une pectate lyase alcalistable produite par *Paenibacillus lactis* PKC5 a ainsi été caractérisée pour une utilisation en clarification de jus, ce qui illustre l'intérêt agro-industriel de cette famille enzymatique ^[4].



Figure 4. 기존의 알칼리 정련과 비교할 때, 펙테이트 분해효소를 이용한 바이오 스킨링은 섬유 품질을 유지하면서 화학 처리 강도를 낮출 수 있다.

Les matrices alimentaires sont toutefois plus sensibles que les applications textiles : le choix d'une enzyme dépend du procédé, de la matière première, du statut réglementaire, de l'objectif de clarification et des critères sensoriels. La littérature récente sur une pectate lyase active à basse température pour la clarification de jus d'orange montre que des profils enzymatiques spécifiques peuvent être recherchés pour préserver des conditions de traitement plus douces ^[17].

Production d'oligosaccharides pectiques

Au-delà de la simple réduction de viscosité, la pectate lyase peut servir à produire des **oligosaccharides pectiques**. Ces fragments résultent de la coupure contrôlée du polymère pectique. Des travaux sur une pectate lyase inhabituelle dérivée de *Humicola insolens* Y1 ont étudié cette production, montrant que l'enzyme peut être exploitée non seulement pour nettoyer ou clarifier, mais aussi pour transformer la pectine en molécules de plus faible masse ^[3].

Cette application demande une maîtrise plus fine du degré de dépolymérisation que les usages de nettoyage ou de dégommage. Le procédé doit éviter une coupure insuffisante, qui laisserait des chaînes trop longues, ou une dégradation excessive, qui modifierait le profil des produits obtenus. La pectate lyase devient alors un outil de biotransformation ciblée plutôt qu'un simple auxiliaire de séparation ^[3].

Détergence : taches de fruits, confitures et résidus végétaux

Les taches de fruits, smoothies, confitures, sauces végétales ou produits contenant des morceaux de fruits peuvent adhérer fortement aux textiles parce que la pectine forme une matrice collante. Dans une formulation détergente, une pectate lyase peut fragmenter cette matrice afin de rendre les résidus plus accessibles aux tensioactifs, aux agents alcalins et à l'action mécanique du lavage [7].

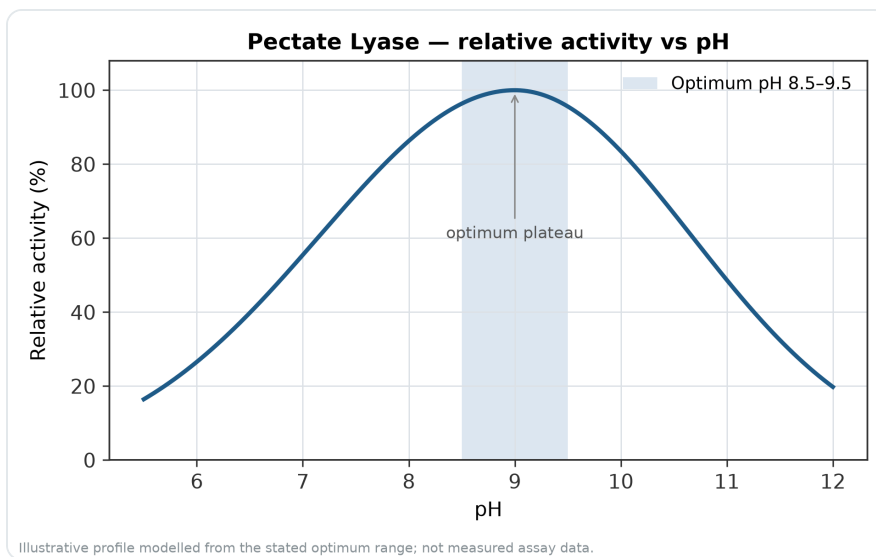


Figure 5. pH에 따른 펙테이트 분해효소의 상대 활성으로, pH 8.5–9.5에서 최적 활성 구간이 나타난다.

Cette fonction ne remplace pas les autres enzymes de détergence. Les protéases ciblent les protéines, les lipases les graisses, les amylases l'amidon, tandis que la pectate lyase vise les polysaccharides pectiques. Sa valeur vient donc de la complémentarité : elle agit sur une catégorie de taches végétales que d'autres enzymes traitent moins directement [7].

Traitement de coproduits et effluents riches en pectine

Les industries de fruits, légumes, fibres végétales ou biomasse peuvent générer des flux riches en pectine. Ces matières sont parfois visqueuses, difficiles à pomper, lentes à filtrer ou sujettes à la formation de boues stables. Une pectate lyase peut être intégrée comme auxiliaire de prétraitement pour diminuer la cohésion pectique et faciliter des étapes ultérieures de séparation ou de traitement biologique [5].

Dans ces applications, l'enzyme n'est pas un traitement complet des effluents. Elle modifie une fraction polysaccharidique qui peut compliquer le procédé. La performance réelle dépend de la charge organique, du type de pectine, du pH, de la température et du temps de contact disponible dans l'installation [5].

Tableau comparatif des usages documentés

Application	Rôle de la pectate lyase	Matrice typique	Bénéfice recherché	Sources représentatives
Dégommage de la ramie	Dépolymérisation des pectines associées aux gommages	Fibres de ramie	Séparation des composants non cellulosiques, amélioration du traitement fibreux	[13], [14], [15]
Bioscouring textile	Rupture des pectines de surface	Coton, fibres végétales	Préparation plus ciblée de la fibre, meilleure accessibilité de surface	[16], [18]
Clarification de jus	Réduction de la viscosité et du trouble lié aux pectines	Jus de fruits, jus d'orange	Filtration et clarification facilitées	[4], [17]
Oligosaccharides pectiques	Coupure contrôlée du polymère	Pectine ou coproduits pectiques	Production de fragments pectiques plus courts	[3]
Détergence	Fragmentation de la matrice pectique des taches	Fruits, confitures, smoothies, sauces végétales	Meilleure élimination des résidus au lavage	[7]
Coproduits végétaux	Affaiblissement de la structure pectique	Flux agro-industriels, résidus de fruits ou fibres	Séparation, pompage ou prétraitement facilités	[5]

Conditions de fonctionnement : pH, température et environnement ionique

Les pectate lyases utilisées en industrie sont souvent recherchées pour des conditions neutres à alcalines, car les pectates sont plus directement ciblés que les pectines fortement méthylées et parce que plusieurs procédés textiles ou papetiers utilisent des bains alcalins. Des pectate lyases alcalistables de *Bacillus subtilis* et d'autres microorganismes ont été purifiées, exprimées ou caractérisées précisément pour ces contraintes [18].

La température optimale et la stabilité thermique varient fortement selon l'enzyme. Des études récentes portent sur l'amélioration de la thermostabilité, car une enzyme instable perd rapidement sa fonction en procédé chaud, tandis qu'une enzyme trop peu active à température modérée peut nécessiter un temps de contact incompatible avec la ligne industrielle. Les pectate lyases thermoalcalines sont donc particulièrement intéressantes pour les environnements textiles et de bioscouring [14].

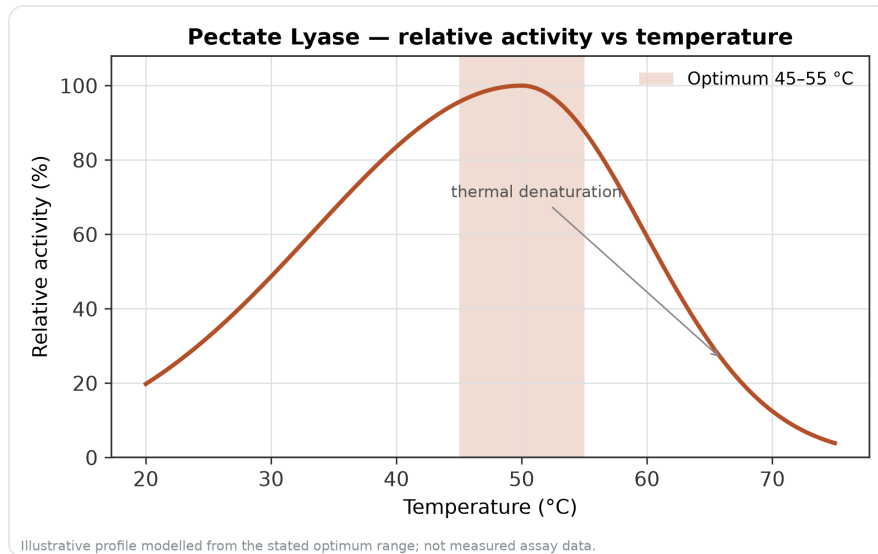


Figure 6. 온도에 따른 펙테이트 분해효소의 상대 활성으로, 45–55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성에 따른 전형적인 활성 감소가 나타난다.

À l'inverse, certaines applications alimentaires peuvent rechercher une activité à plus basse température, par exemple pour limiter l'impact thermique sur les arômes ou la qualité du jus. La caractérisation d'une pectate lyase active à basse température pour la clarification de jus d'orange montre que l'adaptation thermique n'est pas seulement une question de robustesse : elle doit correspondre à la matrice et à l'objectif du procédé [17].

L'environnement ionique peut aussi influencer l'activité. Les pectate lyases interagissent avec un substrat chargé, riche en acides uroniques, et leur conformation active peut être affectée par les sels, métaux, chélatants ou autres composants de formulation. Les études de structure et de docking montrent que la reconnaissance du polymère pectique dépend d'interactions locales qui peuvent être modifiées par le milieu réactionnel [8].

Pectate lyase, pectinase, pectin lyase : bien distinguer les termes

Le terme **pectinase** est un mot large qui regroupe plusieurs enzymes dégradant la pectine. Il peut inclure des polygalacturonases, pectin méthylesterases, pectin lyases et pectate lyases. Une pectate lyase est donc une pectinase, mais toutes les pectinases ne sont pas des pectate lyases. Cette distinction est importante pour choisir une fonction enzymatique cohérente avec une matrice riche en pectate [9].

La **pectin lyase** agit généralement sur des pectines plus méthylées, tandis que la **pectate lyase** cible préférentiellement les pectates ou régions déméthylées. La **polygalacturonase**, elle, utilise un mécanisme hydrolytique. La conséquence pratique est que deux enzymes classées comme « pectinases » peuvent produire des profils de coupure, des performances de clarification ou des effets sur fibres très différents [1].

Dans un document technique ou une formulation, employer le terme pectate lyase permet donc de préciser l'action recherchée : une coupure lyasique du squelette polygalacturonique. Cette précision évite de confondre l'enzyme avec un mélange pectinolytique plus général ou avec une activité principalement estérase [3].

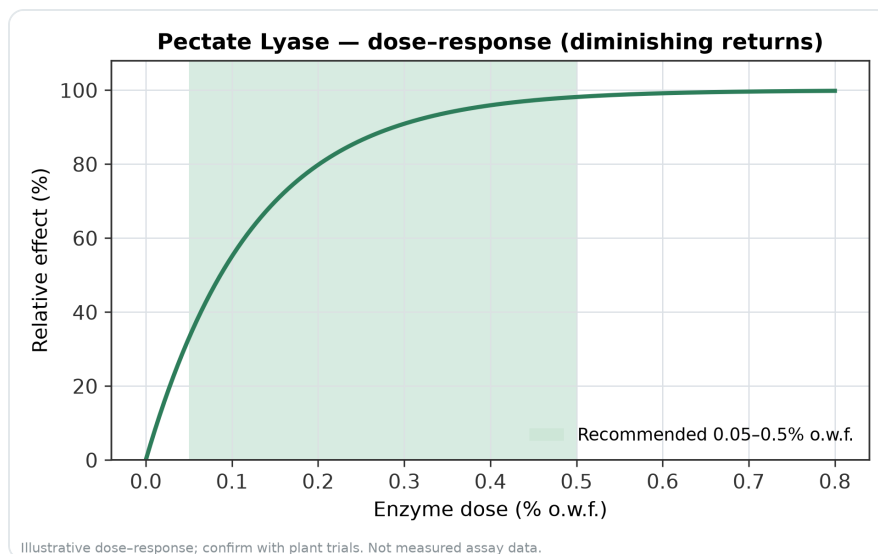


Figure 7. 권장 사용 범위(0.05-0.5% o.w.f.)에서 펙테이트 분해효소의 예시적 용량-반응 관계.

Limites techniques et points d'attention

La pectate lyase n'est pas une enzyme universelle pour toutes les biomasses végétales. Si la pectine présente est fortement méthylée, peu accessible ou protégée par d'autres composants de paroi, l'efficacité peut être limitée. De même, une matrice trop acide, trop chaude, trop chargée en inhibiteurs

ou trop pauvre en substrat adapté peut réduire fortement la performance observable [1].

Les résultats obtenus sur un substrat modèle ne se transposent pas automatiquement à une fibre, un jus ou une tache réelle. Dans une fibre de ramie, la pectine est intégrée à un réseau complexe avec hémicelluloses, lignine, cires et autres gommés. Dans un jus, elle interagit avec particules, protéines, polyphénols et minéraux. Dans une tache, elle est mélangée à sucres, pigments, acides organiques et matières insolubles [13].

Les travaux d'ingénierie enzymatique montrent que les limites de stabilité, d'activité ou d'adaptation au substrat sont suffisamment importantes pour justifier la recherche de variants améliorés. Des pectate lyases ont été modifiées ou immobilisées pour renforcer leur performance catalytique, leur thermostabilité ou leur usage répété dans certains cadres expérimentaux. Ces innovations confirment l'intérêt de l'enzyme, mais aussi la nécessité de l'adapter au contexte [6].

Enfin, l'usage industriel doit tenir compte de la sécurité, de la poussiérabilité éventuelle, de la compatibilité avec les autres ingrédients et de la réglementation applicable à l'usage final. Le CoA et la SDS fournis avec la commande sont les documents à conserver pour l'identification du lot et les informations de sécurité associées.

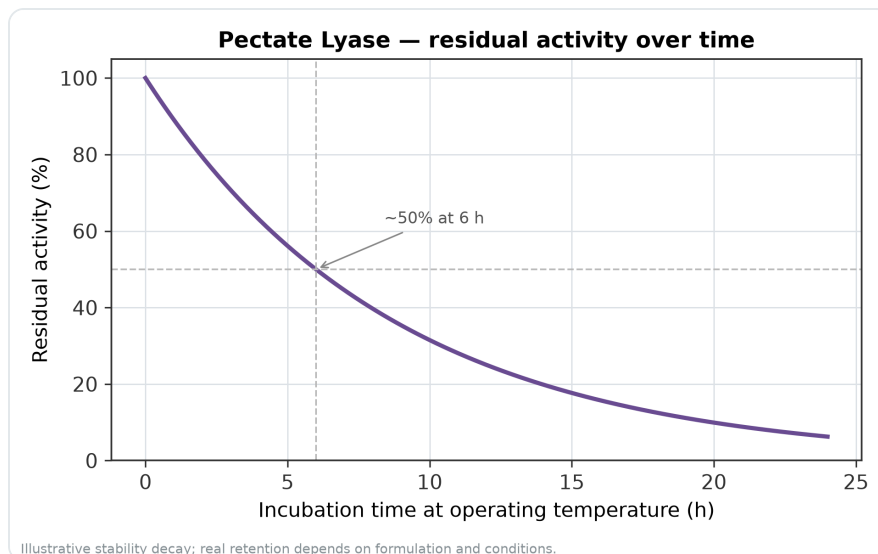


Figure 8. 작동 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소하는 펙테이트 분해효소의 예시적 열 안정성 감소.

Positionnement B2B du produit Enzymes.bio

Enzymes.bio fournit la **Pectate Lyase** comme ingrédient enzymatique technique disponible à l'achat direct en ligne par unité de **1 kg**. Enzymes.bio agit comme fournisseur : l'entreprise n'est pas présentée comme fabricant ni comme laboratoire de développement. Les informations ci-dessus visent à

expliquer la fonction, les mécanismes et les usages documentés de l'enzyme, sans se substituer aux procédures internes de qualification, sécurité ou conformité propres à chaque utilisateur.

Le **certificat d'analyse — CoA —** et la **fiche de données de sécurité — SDS —** sont fournis avec la commande. Ces documents accompagnent l'utilisation responsable du produit livré et doivent être intégrés aux pratiques qualité et HSE de l'utilisateur.

Conclusion

La **Pectate Lyase** est une enzyme spécialisée dans la fragmentation des pectates par β -élimination. Son intérêt industriel vient de sa capacité à réduire l'effet structurant de la pectine dans des matrices où celle-ci augmente la viscosité, maintient le trouble, colle des résidus ou lie des composants végétaux. Les applications les mieux documentées concernent le dégommeage de la ramie, le bioscouring textile, la clarification de jus, la production d'oligosaccharides pectiques, la détergence contre les taches végétales et le prétraitement de flux riches en pectine ^{[13], [4], [7]}.

Son efficacité dépend cependant du substrat, du pH, de la température, de l'accessibilité de la pectine et de la stabilité de l'enzyme dans la formulation ou le procédé. Utilisée dans un cadre adapté, la pectate lyase constitue un outil enzymatique précis pour traiter les polysaccharides pectiques sans prétendre remplacer à elle seule l'ensemble d'un procédé industriel.

Commander Pectate Lyase 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 Pectate Lyase →](#)

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. Suzuki, H., Morishima, T., Handa, A., Tsukagoshi, H., Kato, M., & Shimizu, M. (2022). [Biochemical Characterization of a Pectate Lyase AnPL9 from *Aspergillus nidulans*](#). *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 194, 5627 - 5643.
2. Collmer, A. (1987). [Soft Rot Erwinias: What is Pathogenicity?](#).

3. Wang, Z., Xu, B., Luo, H., Meng, K., Wang, Y., Liu, M., Bai, Y., ... et al. (2019). Production pectin oligosaccharides using *Humicola insolens* Y1-derived unusual pectate lyase. *Journal of Bioscience and Bioengineering*.
4. Sheladiya, P., Kapadia, C., Prajapati, V. S., Enshasy, H. A. E., Malek, R. A., Marraiki, N., Zaghloul, N. S. S., ... et al. (2022). Production, statistical optimization, and functional characterization of alkali stable pectate lyase of *Paenibacillus lactis* PKC5 for use in juice clarification. *Scientific Reports*, 12.
5. Guan, Y., Dong-Wang, Lv, C., Zhang, Y., Gelbič, I., & Ye, X. (2020). Archives of microbiology: screening of pectinase-producing bacteria from citrus peel and characterization of a recombinant pectate lyase with applied potential. *Archives of Microbiology*, 202, 1005 - 1013.
6. Wu, P., Luo, F., Lu, Z., Zhan, Z., & Zhang, G. (2020). Improving the Catalytic Performance of Pectate Lyase Through Pectate Lyase/Cu₃(PO₄)₂ Hybrid Nanoflowers as an Immobilized Enzyme. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8.
7. Pectin Stains. *Novonesis*.
8. Panda, S. S., Dey, J., Mahapatra, S., Kushwaha, G. S., Misra, N., Suar, M., & Ghosh, M. (2021). Investigation on Structural Prediction of Pectate Lyase Enzymes from Different Microbes and Comparative Docking Studies with Pectin: The Economical Waste from Food Industry. *Geomicrobiology Journal*, 39, 294 - 305.
9. Dhayalan, A., Thillainathan, N., Velramar, B., Athiyappagounder, P., Sundaramoorthy, D., & Pachiappan, P. (2022). Pectinase from a Fish Gut Bacterium, *Aeromonas guangheii* (SS6): Production, Cloning and Characterization. *The Protein Journal*, 41, 572 - 590.
10. Hassan, S. (2011). Caractérisation de nouvelles enzymes impliquées dans la dégradation de polysaccharides végétaux à partir de la bactérie *Dickeya dadantii* 3937.
11. Burr, T., Chuaboon, W., Athinuwat, D., & Prathuangwong, S. (2013). Pectate lyase from *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* 12-2 and its pili transporter required as a key virulent factor for pathogenicity.
12. Wang, H., Li, X., Ma, Y., & Song, J. (2014). Characterization and high-level expression of a metagenome-derived alkaline pectate lyase in recombinant *Escherichia coli*. *Process Biochemistry*, 49, 69-76.
13. Zhang, C., Yao, J., Zhou, C., Mao, L., Zhang, G., & Ma, Y. (2013). The alkaline pectate lyase PEL168 of *Bacillus subtilis* heterologously expressed in *Pichia pastoris* is more stable and efficient for degumming ramie fiber. *BMC Biotechnology*, 13, 26 - 26.
14. Xu, H., Feng, X., Yang, Q., Zheng, K., Yi, L., Duan, S., & Cheng, L. (2022). Improvement on Thermostability of Pectate Lyase and Its Potential Application to Ramie Degumming. *Polymers*, 14.
15. Zhou, Z., Liu, Y., Chang, Z., Wang, H., Leier, A., Marquez-Lago, T., Ma, Y., ... et al. (2017). Structure-based engineering of a pectate lyase with improved specific activity for ramie degumming. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 2919-2929.
16. Chen, J., Zhang, Y., Zhao, M., Zan, X., Pan, X., Zhang, C., Chen, Z., ... et al. (2025). Unraveling Structural and Biochemical Insights into a Novel Thermo-Alkaline Pectate Lyase from *Caldicellulosiruptor bescii* for Sustainable Fabric Bioscouring. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
17. Bai, Y., Wang, J., Yan, Y., Zhan, Y., Zhou, Z., & Lin, M. (2025). A Low-Temperature-Active Pectate Lyase from a Marine Bacterium for Orange Juice Clarification. *Microorganisms*, 13.

18. Zhou, M., Wu, J., Wang, T., Gao, L., Yin, H., & Lü, X. (2017). The purification and characterization of a novel alkali-stable pectate lyase produced by *Bacillus subtilis* PB1. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 33.

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

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