

Rhamnosidase alimentaire pour désamérisation des agrumes, hydrolyse de la naringine et biotransformation des flavonoïdes

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

La rhamnosidase alimentaire, plus précisément l' α -L-rhamnosidase, est utilisée pour réduire l'amertume des jus et ingrédients d'agrumes en hydrolysant la naringine, un flavonoïde glycosylé particulièrement associé au pamplemousse et à d'autres matrices riches en composés amers. Son action enlève un résidu terminal de L-rhamnose et transforme la naringine principalement en prunine ; une hydrolyse complète jusqu'à la naringénine nécessite en plus une activité β -D-glucosidase, typique de certaines naringinases ^[1]. Pour Enzymes.bio, ce produit est fourni comme enzyme alimentaire disponible en ligne par unité de 1 kg, avec CoA et SDS fournis avec la commande .

Comprendre la rhamnosidase dans les applications d'agrumes

Une rhamnosidase est une glycosidase qui catalyse la rupture de liaisons glycosidiques impliquant le L-rhamnose. Dans les agrumes, l'intérêt technologique principal concerne les flavonoïdes rhamnoglycosylés, notamment la naringine, dont la structure sucrée contribue à ses propriétés sensorielles et à sa réactivité enzymatique. Les revues récentes sur les applications de l' α -L-rhamnosidase soulignent son rôle dans l'industrie alimentaire, la transformation des flavonoïdes, le désamérisant des jus d'agrumes et la valorisation de coproduits végétaux ^[2].

La naringine est souvent décrite comme un marqueur important de l'amertume dans les jus de pamplemousse et certains produits d'agrumes. Les techniques de réduction de l'amertume des jus d'agrumes incluent des approches physiques, adsorptives, fermentaires et enzymatiques ; l'approche enzymatique se distingue parce qu'elle vise la structure chimique du composé amer plutôt que de seulement l'extraire ou le masquer ^[3]. Cette spécificité explique pourquoi les rhamnosidases et naringinases sont étudiées pour des boissons où le maintien du profil fruité, de la couleur et des composés bioactifs reste important.

Dans ce contexte, le terme « rhamnosidase alimentaire » doit être compris comme une préparation enzymatique destinée à des procédés alimentaires où l'objectif est l'hydrolyse de substrats contenant du rhamnose. Elle ne doit pas être confondue avec un désamérisant universel : son domaine d'action concerne surtout les glycosides accessibles à l'enzyme, et non l'ensemble des molécules amères pouvant exister dans un jus ou un extrait d'agrumes [3].

Mécanisme : de la naringine à la prunine, puis éventuellement à la naringénine

La naringine est un flavanone glycoside. L' α -L-rhamnosidase hydrolyse le résidu L-rhamnose terminal et convertit la naringine en prunine, avec libération de L-rhamnose. Cette étape est la base biochimique du désamérisant enzymatique ciblant la naringine, car la structure glycosylée initiale est modifiée au lieu d'être simplement diluée ou masquée par formulation [4].

La réaction peut être représentée de manière simplifiée :

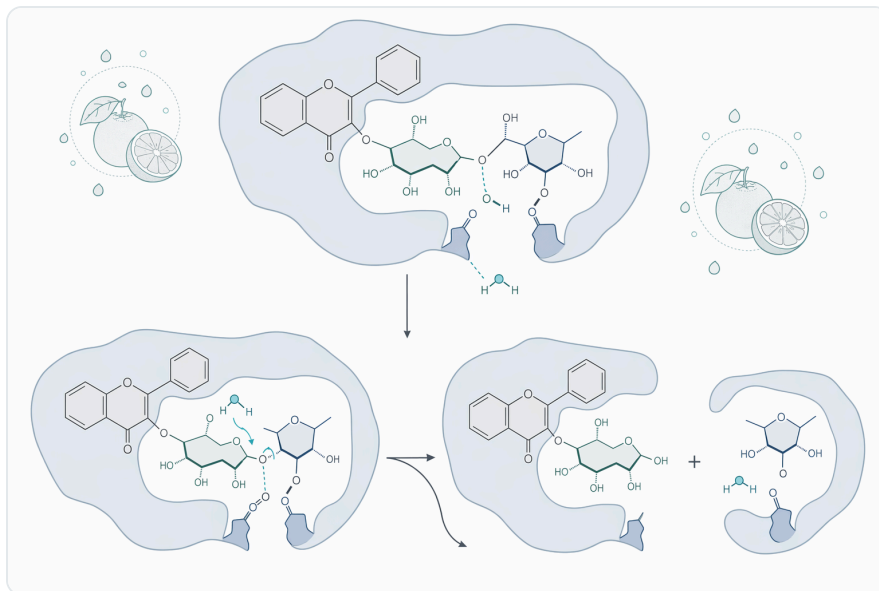


Figure 1. α -L-람노시다아제는 감귤류 매트릭스에서 나린진의 말단 L-람노스를 제거해 프루닌을 형성한다.

Naringine + eau $\xrightarrow{\alpha\text{-L-rhamnosidase}}$ prunine + L-rhamnose

Si une activité β -D-glucosidase est aussi présente, la prunine peut être hydrolysée plus loin pour former la naringénine et du glucose. C'est pourquoi la littérature distingue l' α -L-rhamnosidase, qui effectue l'étape de dé-rhamnosylation, et la naringinase, souvent décrite comme un système enzymatique comprenant une activité α -L-rhamnosidase et une activité β -D-glucosidase [1].

Prunine + eau $\xrightarrow{\beta\text{-D-glucosidase}}$ naringénine + glucose

Cette distinction est importante pour les utilisateurs industriels. Une rhamnosidase ciblée peut être recherchée lorsque la priorité est la réduction de la naringine avec production de prunine ; une naringinase complète ou une combinaison d'activités peut être pertinente lorsque l'objectif inclut la production de naringénine. Les travaux sur des bioconversions de glycosides flavonoïdes issus de déchets de transformation des agrumes montrent que le choix du système enzymatique influence fortement les produits obtenus et la sélectivité de la transformation ^[5].

Rhamnosidase, naringinase et autres enzymes : comparaison technique

Point de comparaison	α -L-rhamnosidase	Naringinase	β -D-glucosidase seule
Fonction principale	Retire un résidu terminal de L-rhamnose	Associe généralement dé-rhamnosylation et dé-glucosylation	Hydrolyse des liaisons glucosidiques
Substrat clé dans les agrumes	Naringine et autres rhamnoglycosides accessibles	Naringine, prunine et autres glycosides selon la préparation	Prunine ou autres glucosides, si accessibles
Produit typique à partir de la naringine	Prunine + L-rhamnose	Naringénine possible après étapes successives	Naringénine à partir de prunine
Intérêt en jus d'agrumes	Réduction ciblée de la naringine	Désamérisation et biotransformation plus poussée	Complément utile mais insuffisant pour enlever le rhamnose initial
Point de vigilance	Ne traite pas toutes les amertumes	Spectre plus large, pouvant transformer plusieurs substrats	Ne démarre pas l'hydrolyse de la naringine si le rhamnose bloque l'accès

La naringinase immobilisée est régulièrement étudiée comme biocatalyseur pour le désamérisant des jus d'agrumes, notamment parce que l'immobilisation peut faciliter la stabilité opérationnelle et la réutilisation dans des systèmes expérimentaux. Une revue récente présente cette approche comme une voie plus respectueuse de l'environnement pour réduire l'amertume des jus, tout en soulignant que les performances dépendent du support, de la source enzymatique et de la matrice traitée ^[1].

Pourquoi l'amertume des agrumes est une cible industrielle importante

Les produits d'agrumes présentent une grande diversité de composés phénoliques, flavonoïdes, pigments, acides organiques et composés volatils. Les écorces et coproduits de transformation sont particulièrement riches en molécules bioactives, ce qui en fait à la fois une ressource valorisable et une matrice complexe à transformer ^[6]. Dans un jus, cette complexité se traduit par des équilibres sensoriels délicats : acidité, douceur, arômes frais, notes zestées et amertume doivent rester compatibles avec l'acceptabilité du produit fini.

L'amertume liée à la naringine peut devenir problématique dans les jus de pamplemousse, de pomelo, de certains hybrides et dans des extraits concentrés issus d'écorces ou de fractions riches en flavonoïdes. Les revues consacrées aux « ennemis » de la qualité des jus d'agrumes décrivent la formation et la présence de composés amers comme un enjeu majeur, car ils peuvent limiter la consommation ou nécessiter des opérations de correction technologique ^[3].

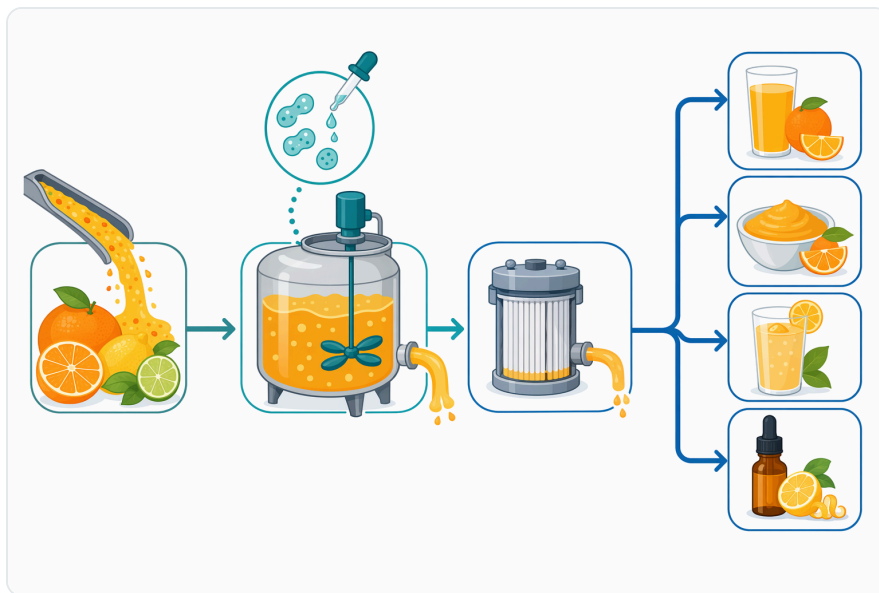


Figure 2. 나린진이 나린제닌으로 완전히 전환되려면 먼저 α -L-람노시다아제가, 그다음 β -D-글루코시다아제가 작용해야 한다.

Le désamérisant enzymatique présente un intérêt particulier lorsqu'un transformateur souhaite conserver une identité agrume nette sans recourir uniquement à l'ajout d'édulcorants, au mélange avec des jus moins amers ou à des procédés d'adsorption pouvant retirer simultanément des composés d'intérêt. L'enzyme intervient au niveau moléculaire sur une liaison spécifique, ce qui permet une stratégie plus ciblée que les approches globales de séparation ^[7].

Applications alimentaires : jus, extraits et ingrédients d'agrumes

L'application la plus directe est le traitement de jus de pamplemousse ou de matrices similaires pour réduire l'amertume de la naringine. Les études sur la naringinase immobilisée confirment que cette famille d'enzymes est pertinente pour des jus d'agrumes, notamment lorsque l'activité reste compatible avec l'acidité naturelle de ces produits ^[1]. L'objectif n'est pas d'éliminer toute complexité sensorielle, mais de diminuer une amertume excessive qui perturbe l'équilibre organoleptique.

La rhamnosidase peut également servir dans la transformation d'extraits d'écorces ou de coproduits d'agrumes. Les écorces contiennent des composés phénoliques et flavonoïdes à valeur potentielle pour les ingrédients alimentaires, nutraceutiques ou fonctionnels ; des approches d'extraction plus vertes et de bioconversion enzymatique sont étudiées pour mieux valoriser ces flux secondaires ^[8]. Dans ce cadre, l'hydrolyse de glycosides peut modifier la solubilité, la perception sensorielle ou le profil de composés disponibles pour une formulation.

Les flux secondaires de la transformation des agrumes intéressent aussi les procédés fermentaires. Des travaux récents sur des oligosaccharides dérivés de pectine obtenus à partir de coproduits traités enzymatiquement montrent que les side streams d'agrumes peuvent devenir des substrats ou ingrédients fonctionnels après transformation contrôlée ^[9]. La rhamnosidase n'est pas une enzyme pectinolytique, mais elle s'inscrit dans cette logique plus large de valorisation enzymatique des composés végétaux.

Dans les boissons fermentées ou aromatiques, l' α -L-rhamnosidase est également étudiée pour la libération de molécules aromatiques liées à des sucres. Une α -L-rhamnosidase décrite comme ayant un potentiel pour l'industrie des jus d'agrumes et la vinification illustre cet intérêt : les glycosides non volatils peuvent agir comme réservoirs d'arômes, et leur hydrolyse sélective peut contribuer au profil aromatique final ^[10].



Figure 3. 람노시다아제는 특정 결합에 선택적으로 작용하는 반면, 나린지나아제 연쇄 반응과 비효소적 쓴맛 제거 방법은 서로 다른 메커니즘으로 감귤류 매트릭스를 변화시킨다.

Données de recherche disponibles sur l' α -L-rhamnosidase

Les travaux de purification et caractérisation d' α -L-rhamnosidase à partir de micro-organismes montrent que ces enzymes varient fortement selon leur origine, leur stabilité et leur spécificité de substrat. Une étude sur une α -L-rhamnosidase de *Bacillus amyloliquefaciens* D1 illustre l'effort de recherche visant à comprendre les propriétés biochimiques de ces enzymes pour des applications en biotransformation [11]. Cette diversité enzymatique est une force, mais elle implique que deux préparations désignées sous le même nom générique ne se comportent pas nécessairement de façon identique.

Des travaux sur l' α -L-rhamnosidase recombinante de *Clostridium stercorarium* ont directement porté sur l'hydrolyse de la naringine d'écorce d'agrumes. Ce type d'étude confirme que les matrices issues des agrumes ne sont pas seulement des modèles analytiques : elles sont des substrats réels où l'enzyme doit agir au milieu d'autres flavonoïdes, sucres, acides et composés phénoliques [4]. La performance observée dans une solution de substrat pur peut donc différer de celle obtenue dans un jus ou un extrait plus complexe.

La recherche porte aussi sur l'amélioration de la stabilité. Une α -L-rhamnosidase mutante a été développée avec une thermostabilité améliorée et une efficacité accrue pour le désamérissant du jus d'orange [12]. Ce type de résultat ne signifie pas que toute rhamnosidase fonctionne dans les mêmes conditions thermiques, mais il montre clairement l'intérêt industriel d'enzymes capables de résister à des étapes de procédé plus exigeantes.

Les revues générales sur les enzymes alimentaires rappellent que les enzymes permettent d'augmenter la sélectivité des transformations, de réduire certaines contraintes de procédé et d'améliorer la durabilité des opérations lorsqu'elles remplacent des traitements moins ciblés [7]. Pour la rhamnosidase, cet avantage se manifeste par l'hydrolyse de glycosides précis plutôt que par une modification globale de la matrice.

Paramètres de procédé qui influencent le résultat

L'efficacité d'une rhamnosidase dépend d'abord de la matrice. Un jus clarifié, un concentré ré-dilué, une purée, un extrait d'écorce ou un flux secondaire de transformation n'offrent pas la même accessibilité au substrat. Les composés phénoliques des écorces d'agrumes sont abondants et variés, ce qui peut favoriser des biotransformations intéressantes mais aussi compliquer la prédiction du comportement enzymatique [6].

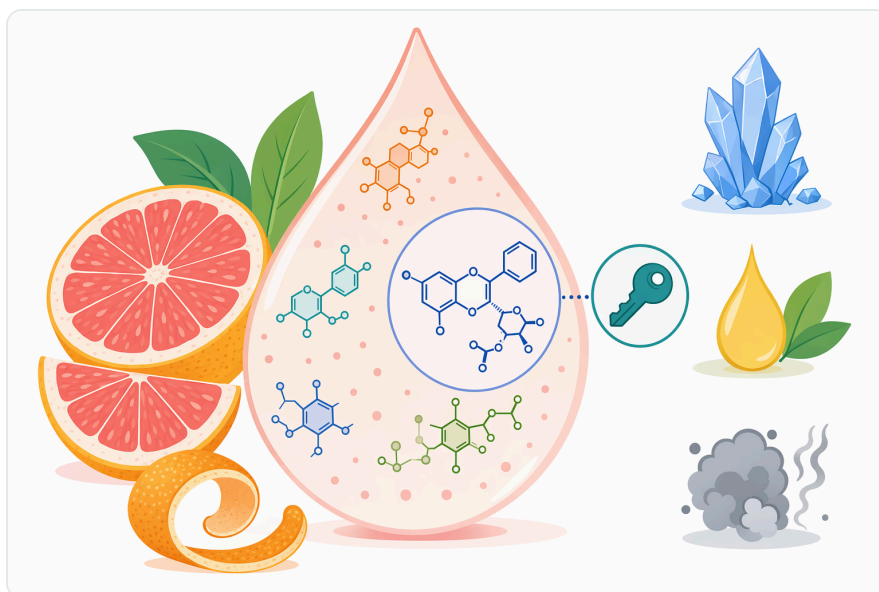


Figure 4. 람노시다아제는 나린진 계열 플라보노이드의 쓴맛을 줄이지만, 감귤류의 모든 쓴맛 성분을 표적으로 하지는 않는다.

Le pH joue un rôle central, car les jus d'agrumes sont naturellement acides. Les enzymes étudiées pour les applications en jus doivent donc conserver une activité suffisante dans cette zone acide, faute de quoi le procédé nécessiterait des ajustements incompatibles avec la qualité sensorielle ou la stabilité du produit. Les travaux sur la naringinase immobilisée pour désamérisation soulignent précisément l'intérêt de systèmes enzymatiques adaptés aux conditions des jus [1].

La température influence à la fois la vitesse d'hydrolyse et la stabilité de l'enzyme. Une température plus élevée peut accélérer certaines réactions enzymatiques jusqu'à une limite au-delà de laquelle la structure protéique se déstabilise. Les études sur des mutants plus thermostables confirment que la

robustesse thermique est une priorité de recherche pour intégrer plus facilement l' α -L-rhamnosidase dans des séquences de transformation de jus [12].

Le temps de contact dépend du niveau initial de naringine, de l'activité effective de la préparation, de la disponibilité du substrat et du résultat sensoriel recherché. Dans une perspective industrielle, il est plus pertinent de raisonner en réduction mesurable de la naringine et en perception finale qu'en temps universel applicable à toutes les matrices. Les revues sur les enzymes immobilisées rappellent que la cinétique observée est fortement liée au système enzyme-support-substrat et ne peut pas être généralisée sans adaptation [13].

La composition du jus influence aussi la transformation. Sucres, acides organiques, solides solubles, pectines résiduelles, polyphénols et composés volatils peuvent modifier la diffusion, l'accessibilité du substrat ou la stabilité de l'enzyme. Les études sur les fruits entiers de *Citrus reticulata* soumis à hydrolyse enzymatique et fermentation montrent que les traitements enzymatiques peuvent modifier simultanément les propriétés nutritionnelles, aromatiques et phytochimiques d'une matrice d'agrumes [14].

Enzymes libres et enzymes immobilisées : ce que disent les travaux

Les enzymes libres sont simples à intégrer dans une matrice liquide : elles sont dispersées dans le jus ou l'extrait et agissent pendant le temps de contact défini par le procédé. Cette approche convient aux traitements en lot, mais l'enzyme n'est généralement pas récupérée comme un biocatalyseur réutilisable. Elle s'inscrit dans les pratiques courantes d'enzymologie alimentaire où l'enzyme agit comme auxiliaire de transformation selon le cadre réglementaire applicable [15].

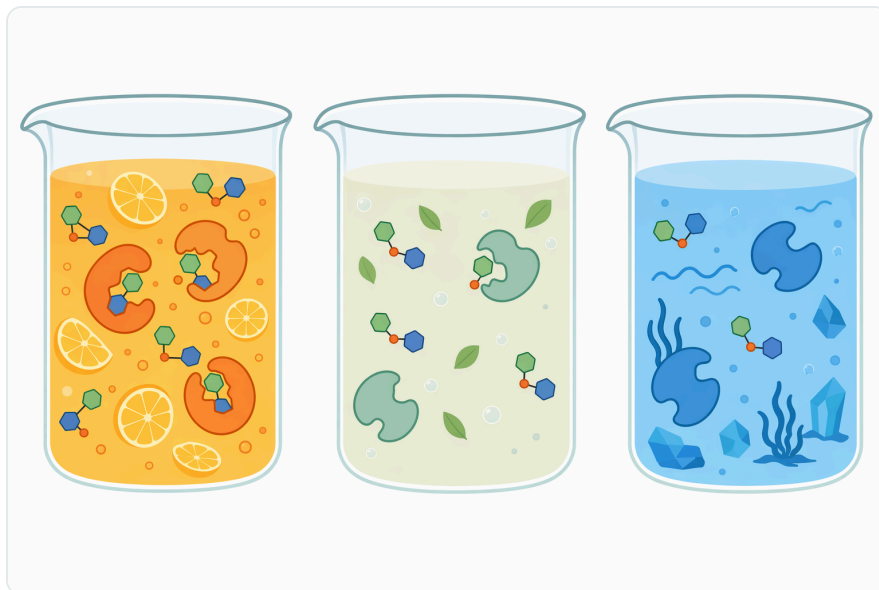


Figure 5. 감귤류의 쓴맛 제거에는 산성 과일 주스 조건에서도 적합하게 유지되는 람노시다아제 활성이 유리하다.

Les enzymes immobilisées, au contraire, sont fixées sur un support. L'objectif est souvent d'améliorer la stabilité, de faciliter la séparation du biocatalyseur et de permettre des traitements répétés ou continus. Les revues sur l'immobilisation enzymatique dans l'industrie alimentaire décrivent plusieurs familles de supports et d'approches, avec des bénéfices possibles en stabilité et en contrôle de procédé, mais aussi des contraintes de diffusion, de coût et de validation selon l'application [16].

Pour la naringinase et la rhamnosidase, l'immobilisation est étudiée comme une voie prometteuse pour le désamérisant des agrumes. La revue de 2024 sur la naringinase immobilisée met en avant son potentiel comme biocatalyseur adapté à une approche plus durable, tout en soulignant que les résultats dépendent fortement du type d'immobilisation et des conditions expérimentales [1]. Ces données sont utiles pour comprendre les tendances technologiques, mais elles ne doivent pas être interprétées comme une promesse uniforme pour toutes les préparations commerciales.

Effets sur les flavonoïdes et intérêt des produits d'hydrolyse

L'hydrolyse de la naringine ne fait pas disparaître la matière flavonoïde : elle la transforme. La prunine et la naringénine appartiennent à des formes moins glycosylées de flavonoïdes, dont les propriétés physicochimiques et biologiques peuvent différer de celles du composé initial. Les travaux sur la bioconversion de glycosides flavonoïdes issus de déchets d'agrumes montrent que ces transformations enzymatiques sont étudiées pour produire des molécules de plus grande valeur à partir de coproduits de transformation [5].

Les composés phénoliques des écorces d'agrumes sont étudiés pour leur bioactivité et leur potentiel d'utilisation. Une revue récente sur la récupération, la bioactivité et l'utilisation de ces composés souligne l'intérêt d'extraire et de transformer les phénoliques d'écorces plutôt que de les considérer uniquement comme des déchets ^[6]. La rhamnosidase peut contribuer à cette valorisation lorsqu'un flavonoïde rhamnosylé est le substrat pertinent.

Il convient toutefois de rester précis : produire de la naringénine à partir de naringine n'est pas l'effet automatique d'une rhamnosidase seule. L'étape naringine-vers-prunine relève de l' α -L-rhamnosidase ; l'étape prunine-vers-naringénine dépend d'une activité β -D-glucosidase. Cette distinction est l'une des raisons pour lesquelles la naringinase, en tant que système bifonctionnel, occupe une place importante dans les publications sur la désamérisation et la biotransformation des flavonoïdes ^[1].



Figure 6. 식품 등급 람노시다아제는 자몽과 포멜로 주스, 키노 껍질 부산물 흐름, 감귤 추출물, 음료 베이스, 플라보노이드 전환 공정에 적용될 수 있다.

Limites techniques : ce que la rhamnosidase ne fait pas

La rhamnosidase ne corrige pas toutes les causes d'amertume des agrumes. Les jus peuvent contenir d'autres composés amers, notamment certains limonoïdes, dont les mécanismes de formation et les stratégies de réduction diffèrent de ceux de la naringine. Les revues sur les défauts et composés indésirables des jus d'agrumes insistent sur cette pluralité des causes d'amertume et sur la nécessité de choisir une technologie adaptée au composé ciblé ^[3].

L'enzyme ne remplace pas non plus la maîtrise de la matière première. Variété, maturité, partie du fruit utilisée, conditions de stockage et opérations d'extraction influencent la concentration en flavonoïdes et le profil sensoriel. Les travaux sur les fruits d'agrumes à maturation tardive montrent que les

mécanismes de structure du fruit et de composition varient selon les variétés, ce qui contribue aux différences technologiques entre lots [17].

Enfin, les résultats publiés sur une source enzymatique ou un système immobilisé ne doivent pas être transposés mécaniquement à une autre préparation. Les α -L-rhamnosidases peuvent différer par leur spécificité, leur stabilité et leur comportement en matrice complexe. Les études de caractérisation enzymatique et les revues d'application montrent précisément que la valeur industrielle de ces enzymes dépend de l'adéquation entre source enzymatique, substrat, pH, température et objectif de transformation [11].

Positionnement du produit fourni par Enzymes.bio

La rhamnosidase alimentaire proposée par Enzymes.bio est destinée aux applications de désamérisation des agrumes et d'hydrolyse de la naringine. Enzymes.bio intervient comme fournisseur en ligne, et non comme fabricant ni laboratoire ; le produit est vendu directement par unité de 1 kg. Le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande, ce qui permet à l'utilisateur d'intégrer ces documents dans sa documentation qualité interne .

Ce positionnement convient aux utilisateurs qui recherchent une enzyme de procédé pour travailler sur des jus, concentrés, extraits ou ingrédients d'agrumes où la naringine est une cible pertinente. Le rôle attendu de l'enzyme est biochimique : hydrolyser des liaisons impliquant le L-rhamnose et réduire la contribution sensorielle de la naringine lorsque les conditions de matrice permettent l'accès au substrat [2].



Figure 7. 감각적 변화는 쓴맛 분자를 그대로 가린 것이 아니라, 온전한 나린진을 전환함으로써 나타난다.

Pour une formulation ou un procédé alimentaire, l'utilisateur doit aussi tenir compte du cadre réglementaire applicable à son pays et à son produit fini. Les références internationales sur les préparations enzymatiques alimentaires rappellent que les enzymes utilisées dans les aliments peuvent provenir de sources végétales, animales ou microbiennes et qu'elles doivent être évaluées dans un cadre de sécurité et de bonnes pratiques approprié [15].

Lecture pratique pour les transformateurs d'agrumes

La valeur de la rhamnosidase réside dans sa sélectivité. Lorsque l'amertume est principalement liée à la naringine, l'enzyme offre une solution plus ciblée qu'un masquage par recette ou qu'une extraction non spécifique. Cette logique est cohérente avec l'évolution générale des enzymes alimentaires : transformer une molécule définie sous conditions modérées plutôt que recourir à des interventions plus lourdes sur l'ensemble de la matrice [7].

Pour les jus de pamplemousse, pomelo ou agrumes riches en naringine, la rhamnosidase peut contribuer à améliorer l'équilibre sensoriel si le procédé laisse suffisamment de temps de contact et si la matrice n'inhibe pas fortement l'activité. Pour les extraits d'écorces et coproduits, elle peut servir à orienter la biotransformation des flavonoïdes vers des formes moins glycosylées et potentiellement plus intéressantes pour certaines applications d'ingrédients [8].

La conclusion technique est donc nuancée mais favorable : l' α -L-rhamnosidase est une enzyme bien documentée pour l'hydrolyse de la naringine et la réduction ciblée de l'amertume associée aux flavonoïdes rhamnosylés des agrumes. Ses performances réelles dépendent de la matrice, de la préparation enzymatique, de la température, du pH et de l'objectif sensoriel ou analytique. Utilisée dans ce cadre, elle constitue un outil pertinent pour les boissons d'agrumes, la valorisation des flavonoïdes et les procédés alimentaires cherchant une transformation enzymatique précise [1].

Commander Food Industry Grade Rhamnosidase Enzyme - Citrus Debittering & Naringin Hydrolysis 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 Food Industry Grade Rhamnosidase Enzyme - Citrus Debittering & Naringin Hydrolysis →](#)

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. [Immobilized Naringinase as a Suitable Biocatalyst and an Environment-Friendly Approach for De-bittering of Citrus Juices: Recent Developments and Future Perspectives](#). *Semantic Scholar* (2024).
2. Muhammad, A., Ansari, A. R., Javed, S., & Shahzad, M. (2025). [Biotechnological and bio-industrial applications of alpha-L-Rhamnosidase enzyme](#). *Revista Politécnica*.
3. Konwar, J., Das, M., Gogoi, M., Kaman, P., Goswami, S., Sarma, J., Pathak, P., ... et al. (2024). [Enemies of Citrus Fruit Juice: Formation Mechanism and State-of-the-Art Removal Techniques](#). *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*.
4. Kaur, A., Singh, S., Singh, R., Schwarz, W., & Puri, M. (2010). [Hydrolysis of citrus peel naringin by recombinant \$\alpha\$ -L-rhamnosidase from *Clostridium stercorarium*](#). *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 85, 1419-1422.
5. [Highly efficient bioconversion of flavonoid glycosides from citrus-processing wastes in solvent-buffer systems](#). *Semantic Scholar* (2020).
6. Durmus, N., Gulsunoglu-Konuskan, Z., & Kilic-Akyilmaz, M. (2024). [Recovery, Bioactivity, and Utilization of Bioactive Phenolic Compounds in Citrus Peel](#). *Food Science & Nutrition*, 12, 9974 - 9997.
7. Siddikey, F., Jahan, M. I., Hormoni, Hasan, M., Nishi, N. J., Hasan, S., Rahman, N., ... et al. (2025). [Enzyme Technology in the Food Industry: Molecular Mechanisms, Applications, and Sustainable Innovations](#). *Food Science & Nutrition*, 13.
8. Sanli, I., Ozkan, G., & Şahin-Yeşilçubuk, N. (2025). [Green extractions of bioactive compounds from citrus peels and their applications in the food industry](#). *Food Research International*, 212, 116352 .
9. Zwolschen, J., Vos, A., Ariëns, R., & Schols, H. (2025). [Fermentation characteristics of pectin-derived oligosaccharides from enzyme treated side streams of citrus processing](#). *Carbohydrate Polymers*, 355, 123352 .
10. Alvarenga, A., Romero, C., & Castro, G. R. (2013). [A novel \$\alpha\$ -l-rhamnosidase with potential applications in citrus juice industry and in winemaking](#). *European Food Research and Technology*, 237, 977-985.
11. Pegu, B. K., Kardong, D., & Gogoi, D. (2021). [Purification and Characterization of \$\alpha\$ -L-rhamnosidase from *Bacillus amyloliquefaciens* –D1](#). *Asian Journal of Biological and Life Sciences*.
12. Li, L., Wu, Z., Yu, Y., Zhang, L., Zhu, Y., Ni, H., & Chen, F. (2018). [Development and characterization of an \$\alpha\$ -l-rhamnosidase mutant with improved thermostability and a higher efficiency for debittering orange juice](#). *Food Chemistry*, 245, 1070-1078 .
13. Sneha, H. P., Beulah, K., & Murthy, P. (2019). [Enzyme Immobilization Methods and Applications in the Food Industry](#). *Enzymes in Food Biotechnology*.
14. Li, Y., Guo, L., Mao, X., Ji, C., Li, W., & Zhou, Z. (2024). [Changes in the nutritional, flavor, and phytochemical properties of Citrus reticulata Blanco cv. 'Dahongpao' whole fruits during enzymatic hydrolysis and fermentation](#). *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
15. [En. Fao](#).

16. Jothyswarupha, K. A., Venkataraman, S., Rajendran, D., Shri, S., Sivaprakasam, S., Yamini, T., Karthik, P., ... et al. (2024). Immobilized enzymes: exploring its potential in food industry applications. *Food Science and Biotechnology*, 34, 1533 - 1555.
17. Yuan, Y., Huang, Z., Wang, Y., Deng, L., Wang, T., Cao, D., Liao, L., ... et al. (2025). Variety Effect on Peelability and Mechanisms of Action of Late-Ripening Citrus Fruits. *Plants*, 14.

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.