

# Protéase acide (Acid Protease) pour sauce soja et vinaigre : hydrolyse des protéines, azote aminé et fermentation aromatique

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

**Réponse directe** — La protéase acide est une enzyme protéolytique adaptée aux procédés alimentaires acides où les protéines doivent être converties en peptides et acides aminés, notamment dans la fermentation de sauce soja et certains vinaigres issus de matières premières protéiques. Dans ces matrices, elle soutient la libération d'azote assimilable, la formation de précurseurs aromatiques et la régularité de l'hydrolyse, sans remplacer le contrôle microbiologique, la maîtrise du sel, de l'acidité et du temps de fermentation <sup>[1]</sup>. Enzymes.bio fournit cette enzyme en vente directe en ligne par unité de 1 kg ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande .

## Rôle technologique d'une protéase acide dans les fermentations alimentaires

Une protéase acide est une enzyme qui catalyse la coupure des liaisons peptidiques des protéines dans des environnements à pH bas. Dans une matière première comme le soja, le blé, le riz, le malt ou certains coproduits de fermentation, les protéines ne sont pas immédiatement disponibles sous forme utile pour les micro-organismes ni pour la construction du goût. L'action protéolytique transforme ces macromolécules en peptides de tailles variables et en acides aminés libres, qui peuvent ensuite participer à la nutrition microbienne, à la formation d'umami, aux réactions de brunissement et à l'équilibre sensoriel des produits fermentés <sup>[1]</sup>.

Dans les fermentations de sauce soja, cette fonction est centrale parce que le procédé repose sur la transformation de matières riches en protéines et en glucides par un écosystème enzymatique et microbien complexe. Les moisissures de koji, en particulier les cultures de type *Aspergillus*, apportent naturellement des protéases, amylases et autres hydrolases qui solubilisent les constituants du soja et du blé. Les travaux de synthèse sur la fermentation de sauce soja décrivent le koji comme une étape de catalyse multi-enzymatique où la dégradation des protéines contribue directement à la composition chimique et sensorielle du produit final <sup>[1]</sup>.

Le terme « acide » ne signifie pas que l'enzyme acidifie elle-même la matrice. Il indique que son activité est adaptée à des conditions acides, typiques de nombreux procédés fermentaires ou de phases avancées de fermentation. Cette distinction est importante pour les formulateurs : l'enzyme agit sur les protéines, tandis que l'acidité du milieu résulte surtout des matières premières, des micro-organismes, des acides organiques produits et des paramètres de procédé. Dans les vinaigres, par exemple, les bactéries acétiques pilotent l'oxydation de l'éthanol en acide acétique, tandis qu'une protéase acide intervient plutôt sur la fraction protéique disponible dans le substrat <sup>[2]</sup>.

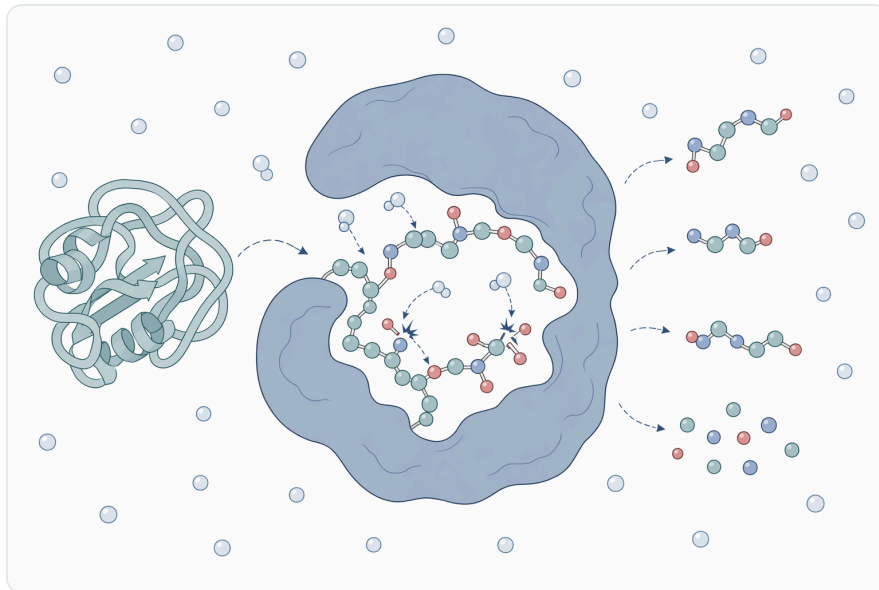
## Mécanisme : de la protéine insoluble aux peptides fermentaires

---

Le mécanisme peut être résumé ainsi : une protéine longue et repliée devient progressivement une population de fragments plus courts. Une protéase acide reconnaît certaines liaisons peptidiques accessibles, les hydrolyse par addition d'eau, puis libère des peptides et, indirectement ou conjointement avec d'autres peptidases, des acides aminés. Dans un procédé réel, cette action dépend de l'accessibilité du substrat, de la structure des protéines, de la teneur en eau, de la salinité, de l'acidité, de la température de procédé et du temps de contact, mais la finalité reste la même : augmenter la fraction azotée soluble et réactive <sup>[3]</sup>.

Les protéases acides d'origine fongique sont particulièrement pertinentes dans les fermentations inspirées du koji, car les moisissures de fermentation produisent naturellement des systèmes enzymatiques capables de dégrader les protéines végétales. Une étude consacrée à la production de protéase acide par *Aspergillus oryzae* a mis l'accent sur son activité de libération de glycine et son intérêt pour l'industrie alimentaire, ce qui illustre le lien entre protéolyse, acides aminés et fonctionnalité dans les matrices alimentaires <sup>[3]</sup>. Cette donnée ne suffit pas à prédire la performance dans chaque recette, mais elle soutient la logique technologique d'une protéase acide dans les substrats alimentaires riches en protéines.

La libération d'acides aminés a aussi une conséquence sensorielle. Les acides aminés libres et certains peptides contribuent à l'umami, à la rondeur, à la longueur en bouche et à la perception de maturité fermentaire. Dans la sauce soja, ces composés servent également de précurseurs à des réactions chimiques et biochimiques qui forment des molécules aromatiques plus complexes au fil de la fermentation et du vieillissement. Les études récentes sur le koji de sauce soja relient les paramètres physicochimiques, les communautés microbiennes et les composés de flaveur, ce qui confirme que la protéolyse s'inscrit dans un réseau de transformations plutôt que dans une réaction isolée <sup>[4]</sup>.



**Figure 1.** 산성 프로테아제는 산성 또는 산이 생성되는 식품 매트릭스에서 식품 단백질을 분해하여 가용성 펩타이드, 아미노산 및 아미노태 질소를 증가시킨다.

## Pourquoi la sauce soja est l'application la plus structurante

La sauce soja illustre mieux que tout autre condiment l'intérêt d'une protéase acide, car sa qualité dépend de l'équilibre entre hydrolyse protéique, hydrolyse glucidique, fermentation alcoolique, fermentation lactique éventuelle, réactions de brunissement et maturation salée. Le koji transforme d'abord les matières premières en un substrat enzymatiquement actif ; la phase de moromi, plus saline et évolutive, poursuit ensuite la conversion des protéines et des glucides. Les synthèses récentes sur le brassage de sauce soja décrivent précisément le rôle des moisissures de départ et de la catalyse multi-enzymatique dans la formation de la composition finale <sup>[1]</sup>.

Dans ce contexte, une protéase acide peut être considérée comme un levier d'hydrolyse complémentaire, surtout lorsque la disponibilité en peptides et acides aminés devient un facteur limitant. Elle ne remplace pas le koji, les levures ou les bactéries associées, mais peut renforcer la conversion de protéines en composés azotés plus courts lorsque les conditions du procédé le permettent. Des travaux sur l'optimisation des activités protéase et amylase issues de koji de sauce soja montrent que ces deux familles enzymatiques sont des variables importantes de performance, car elles structurent à la fois la fraction azotée et la fraction glucidique disponibles pour la fermentation <sup>[5]</sup>.

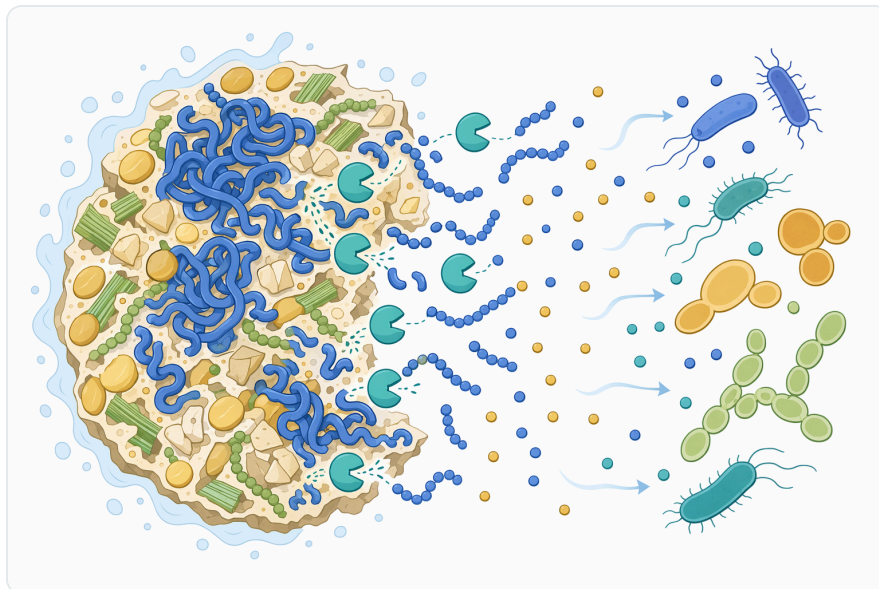
Le développement aromatique de la sauce soja ne dépend pas uniquement des protéases. Les levures halotolérantes, telles que *Zygosaccharomyces rouxii*, et d'autres levures associées comme *Candida versatilis*, influencent la formation de composés volatils et l'équilibre de flaveur. Une étude sur leur relation de co-culture a montré que les interactions entre levures peuvent modifier le profil

aromatique de la sauce soja, ce qui rappelle qu'une enzyme protéolytique agit en amont ou en parallèle d'un système microbien plus large [6]. Autrement dit, l'hydrolyse protéique prépare des substrats et précurseurs ; la flaveur finale dépend de la manière dont l'écosystème les transforme.

L'apport de bactéries lactiques ou d'autres co-inoculants pendant le koji peut également modifier les propriétés physicochimiques de la sauce soja. Des recherches sur l'utilisation de *Lactobacillus plantarum* ou *Enterococcus faecalis* avec *Aspergillus oryzae* en fabrication de koji ont montré que les co-inoculants influencent les paramètres du produit, ce qui souligne l'interdépendance entre enzymes, microorganismes et matrice [7]. Une protéase acide doit donc être comprise comme un outil de maîtrise de la protéolyse, et non comme une garantie isolée de profil aromatique.

## Intérêt pour le vinaigre : utile surtout quand la matrice apporte des protéines

Dans les vinaigres, l'intérêt d'une protéase acide dépend beaucoup plus du substrat que dans la sauce soja. Un vinaigre élaboré à partir de riz, de céréales, de malt, de vin de riz, de lies ou de matières végétales contenant des protéines offre davantage de substrat protéique qu'un vinaigre de fruit très pauvre en protéines. Lorsque cette fraction existe, l'hydrolyse enzymatique peut augmenter la quantité de peptides et d'acides aminés disponibles, avec un effet potentiel sur la nutrition microbienne, la complexité aromatique et la stabilité de certaines fractions colloïdales [8].



**Figure 2.** 단백질 분해는 기질의 일부를 불용성의 매트릭스 결합 단백질에서 미생물과 풍미 반응이 활용할 수 있는 가용성 질소 화합물로 전환한다.

Les procédés de vinaigre sont dominés par les bactéries acétiques, qui oxydent l'éthanol en acide acétique et interagissent avec d'autres micro-organismes selon le type de fermentation. Des travaux récents sur les vinaigres de datte, par exemple, se concentrent sur l'isolement d'*Acetobacter* et la

formulation de cultures de départ, montrant que la robustesse microbiologique est un enjeu majeur pour ces produits <sup>[9]</sup>. Dans un tel système, une protéase acide ne pilote pas l'acétification ; elle agit plutôt sur la fraction azotée et sur les précurseurs issus de la matière première.

Les vinaigres aromatiques présentent aussi une dynamique complexe entre communautés microbiennes et métabolites de flaveur. Dans le vinaigre aromatique Hongqu, l'évolution des communautés microbiennes pendant la fermentation acétique a été corrélée à des changements de composés de flaveur, ce qui illustre la diversité des voies métaboliques impliquées <sup>[10]</sup>. Une protéase acide peut soutenir certaines de ces voies en amont, en augmentant les composés azotés disponibles, mais son impact réel dépendra de la richesse protéique, du microbiote, de l'acidité et de la séquence de fermentation.

Un autre exemple utile est la production de vinaigre fonctionnel enrichi en GABA à partir de lies de vin de riz par co-fermentation sérielle de bactéries lactiques et acétiques. Cette approche montre qu'un substrat de vinaigre peut contenir des nutriments et précurseurs capables d'être transformés par plusieurs groupes microbiens, au-delà de la seule production d'acide acétique <sup>[8]</sup>. Dans ce type de matrice, l'hydrolyse des protéines peut être pertinente parce qu'elle rend certains composés azotés plus accessibles aux voies métaboliques microbiennes.

## Tableau comparatif : sauce soja, vinaigre et autres matrices acides

Application	Substrat protéique typique	Fonction principale de la protéase acide	Bénéfice technologique attendu	Limite à garder en tête
Sauce soja	Élevé : soja, blé, koji	Hydrolyser les protéines en peptides et acides aminés	Renforcer l'azote aminé, l'umami et les précurseurs de flaveur	Le profil final dépend aussi du koji, du sel, des levures, des bactéries et de la maturation <sup>[1]</sup>
Vinaigre de riz, céréales ou malt	Variable à modéré	Libérer des composés azotés à partir des matières premières	Soutenir la nutrition microbienne et la complexité aromatique	L'acétification reste pilotée par les bactéries acétiques <sup>[2]</sup>
Vinaigre de fruit pauvre en protéines	Faible	Dégrader une fraction protéique limitée	Effet possible sur certains troubles ou composés colloïdaux	Impact gustatif souvent plus limité si le substrat manque de protéines
Boissons ou moûts fermentés acides	Variable	Réduire certaines protéines et	Aider la fermentation, la filtration ou la	Les objectifs diffèrent de ceux de la sauce soja

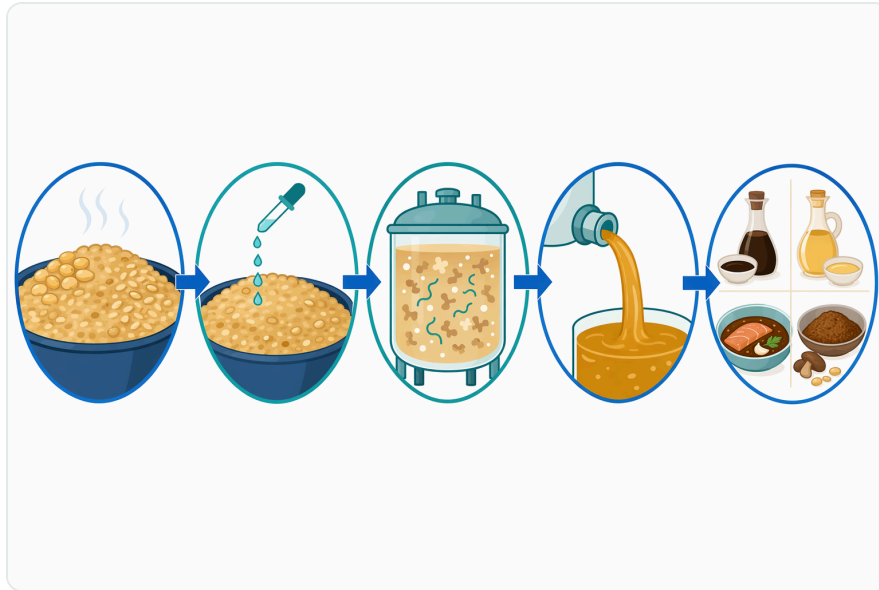
Application	Substrat protéique typique	Fonction principale de la protéase acide	Bénéfice technologique attendu	Limite à garder en tête
		augmenter l'azote disponible	stabilité	
Matrices végétales fermentées riches en protéines	Variable à élevé	Produire peptides et acides aminés	Améliorer solubilisation, digestibilité potentielle et goût	Le risque d'amertume dépend du profil peptidique obtenu

Ce tableau met en évidence une règle pratique : plus la matrice contient de protéines accessibles, plus la contribution d'une protéase acide peut être structurante. À l'inverse, dans une matrice pauvre en protéines, l'enzyme peut encore avoir un rôle technologique, mais l'effet sera souvent plus ciblé et moins central pour le goût. Les recherches sur la sauce soja confirment que les protéases sont au cœur de la transformation, tandis que les études sur le vinaigre mettent davantage l'accent sur les bactéries acétiques et les trajectoires métaboliques propres à chaque substrat <sup>[10]</sup>.

## Effets attendus sur l'azote aminé, l'umami et la régularité du procédé

Le premier effet attendu est l'augmentation de la fraction azotée soluble. Dans une fermentation de sauce soja, cette fraction est déterminante parce qu'elle reflète en partie la conversion des protéines en composés plus petits. Des études comparant des productions de sauce soja à partir de différentes légumineuses, comme le pois d'Angole et le soja, se sont intéressées à la relation entre activité protéasique et teneur en acides aminés, ce qui montre que la protéolyse est un indicateur technologique pertinent pour ces produits <sup>[11]</sup>.

Le deuxième effet concerne l'umami et la complexité gustative. Les acides aminés libres, notamment certains acides aminés associés à la sapidité, ainsi que des peptides courts, peuvent renforcer la perception de bouillon, de corps et de maturité. Les travaux sur les systèmes de sauce soja enrichis ou optimisés montrent que la modification de la matrice et du procédé peut influencer les profils fonctionnels et sensoriels, ce qui inclut nécessairement les voies liées à l'hydrolyse des protéines et à la formation de composés azotés <sup>[12]</sup>.



**Figure 3.** 간장식 발효에서 산성 프로테아제는 단백질이 풍부한 원료가 펩타이드, 아미노산, 아미노태 질소 및 숙성된 감칠맛으로 이어지는 핵심 과정을 뒷받침한다.

Le troisième effet est la régularité de l'hydrolyse. Dans les procédés traditionnels, l'activité enzymatique provient largement des micro-organismes et varie avec la qualité du koji, la matière première, l'humidité, l'aération et la salinité. Ajouter une protéase acide revient à introduire une fonction catalytique ciblée dans une étape donnée du procédé, afin de réduire la dépendance exclusive aux enzymes naturellement présentes. Cette logique est cohérente avec les travaux sur l'optimisation des activités enzymatiques du koji, qui montrent que la performance protéasique et amylasique est une composante mesurable de la conduite de fermentation [5].

Il faut toutefois éviter de promettre une amélioration automatique. Une hydrolyse excessive peut produire des peptides amers ou déséquilibrer la perception sensorielle, tandis qu'une hydrolyse trop faible peut ne pas libérer assez de composés utiles. Les procédés courts, comme certaines sauces soja traditionnelles à maturation réduite, montrent que la composition finale dépend de plusieurs ajustements de formulation et de fermentation, et pas seulement de l'intensité protéolytique [13].

## Interaction avec les micro-organismes : enzyme, koji, levures et bactéries

La protéase acide agit dans une matrice vivante ou issue d'une matrice vivante. En sauce soja, le koji apporte une première vague d'enzymes ; les bactéries et levures prennent ensuite une place croissante dans la phase salée et dans la maturation. La littérature récente décrit la production de koji comme un écosystème dans lequel paramètres physicochimiques, composés de saveur et communautés microbiennes évoluent ensemble [4]. Dans ce contexte, l'enzyme n'est pas un additif isolé : elle modifie le pool de nutriments et de précurseurs auquel les micro-organismes ont accès.

Les bactéries lactiques peuvent contribuer à l'acidification, à la stabilité microbienne et à la formation de métabolites dans certains aliments fermentés. Les revues sur leurs applications dans l'industrie alimentaire soulignent leur rôle dans la production de composés bioactifs, d'acides organiques et de métabolites fonctionnels [14]. Dans des fermentations combinant étapes lactiques et acétiques, comme certains vinaigres fonctionnels, l'équilibre de l'azote disponible peut influencer la croissance et les conversions métaboliques, même si la protéase n'est qu'un facteur parmi d'autres [8].

Les bactéries acétiques, quant à elles, restent les organismes clés du vinaigre. Les travaux sur les vinaigres et les bactéries acétiques montrent que ces microorganismes déterminent l'acétification et contribuent à la signature métabolique du produit [2]. La protéase acide ne remplace donc ni une culture acétique adaptée ni une conduite correcte de l'oxydation ; elle peut seulement rendre disponibles certains composés issus des protéines, lorsque la matière première en contient.

## Stabilité colloïdale, précipitation et clarification

Au-delà du goût, l'hydrolyse enzymatique peut influencer la stabilité physique des matrices fermentées. Dans la sauce soja, des problèmes de précipitation à l'échelle submicronique ou nanométrique peuvent apparaître et affecter l'aspect du produit. Une étude industrielle sur la précipitation de sauce soja a décrit une approche combinant enzymolyse par protéase et conditions alcalines pour traiter ces particules, ce qui montre que les protéines ou fragments protéiques peuvent participer à des phénomènes de trouble ou de dépôt [15].

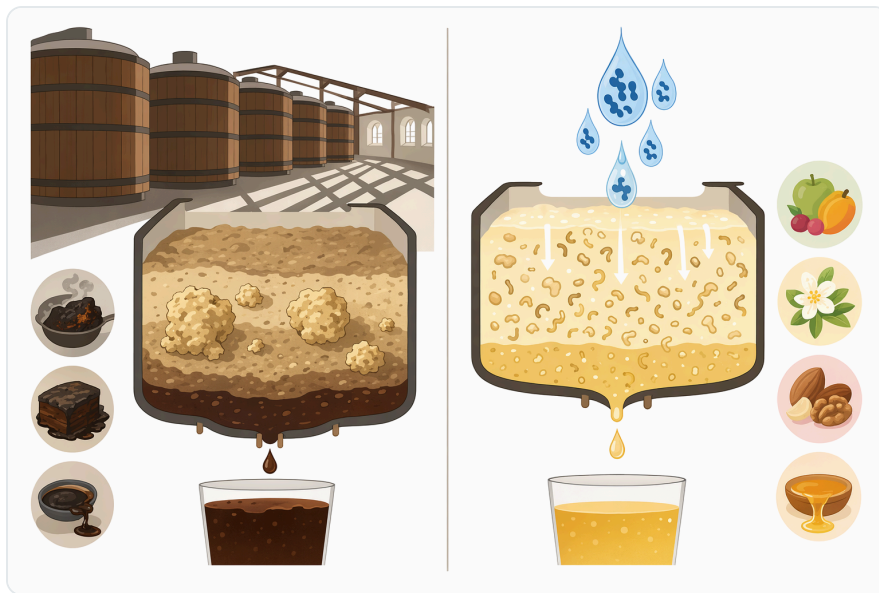


Figure 4. 산성 프로테아제는 식초 기질에서 단백질 가수분해를 돕는 반면, 에탄올을 아세트산으로 산화하는 역할은 초산균이 담당한다.

Cela ne signifie pas qu'une protéase acide élimine tous les risques de précipitation. Les dépôts peuvent dépendre de sels, polyphénols, polysaccharides, complexes protéiques, conditions thermiques et historique de stockage. En revanche, la protéolyse modifie la taille et la solubilité des fractions protéiques, ce qui peut contribuer à une meilleure maîtrise de certaines instabilités. Dans les produits acides, cette fonction est surtout pertinente lorsque les protéines résiduelles interagissent avec d'autres composants et perturbent la limpidité ou la filtration <sup>[15]</sup>.

Les applications de clarification sont donc secondaires par rapport à la fermentation de sauce soja, mais elles restent cohérentes avec la fonction de l'enzyme. Dans un moût, un vinaigre de céréales ou une base végétale, fragmenter certaines protéines peut réduire leur capacité à former des agrégats. Le résultat dépend toutefois de la composition réelle de la matrice ; une protéase n'aura pas le même impact sur un vinaigre de riz riche en composés issus de lies que sur un vinaigre de fruit très pauvre en protéines.

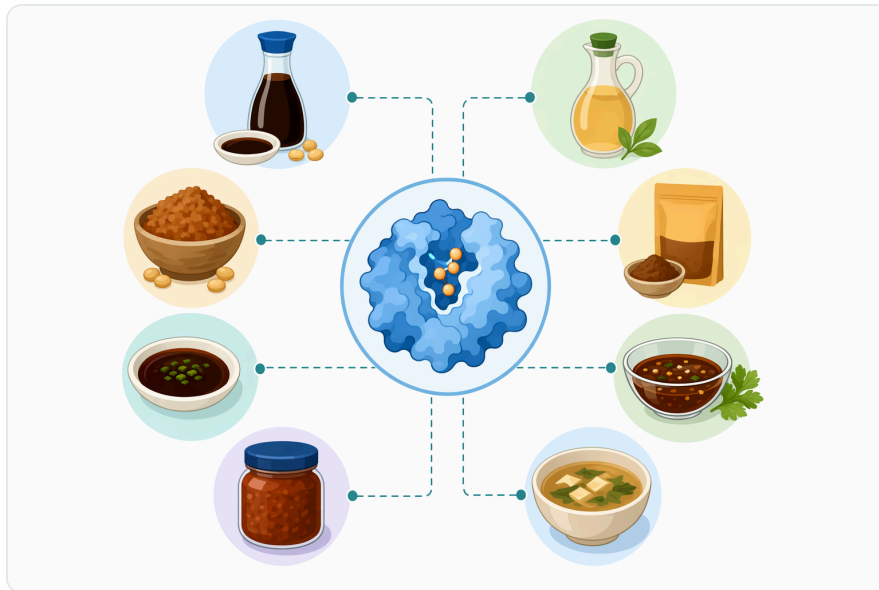
## Limites techniques et interprétation prudente des bénéfices

---

La première limite est la spécificité du substrat. Une protéase acide ne crée pas de peptides utiles s'il n'y a pas de protéines accessibles à hydrolyser. Dans un vinaigre très filtré, pauvre en azote et déjà stabilisé, l'effet peut être marginal. À l'inverse, dans une pâte de soja, un koji, une base de céréales ou une matrice fermentaire contenant des protéines solubilisables, l'effet potentiel est beaucoup plus important. Les études sur le koji de sauce soja confirment que les enzymes ont surtout un impact lorsqu'elles rencontrent une matrice riche en macromolécules transformables <sup>[1]</sup>.

La deuxième limite est sensorielle. La protéolyse peut favoriser l'umami, mais elle peut aussi produire des peptides amers selon le substrat, le degré d'hydrolyse et les autres enzymes présentes. Le bon profil n'est donc pas simplement « plus d'hydrolyse », mais une hydrolyse adaptée à l'objectif. Les recherches sur les interactions entre levures de sauce soja montrent que le profil de saveur est le résultat d'un équilibre complexe ; modifier un seul flux de précurseurs peut influencer plusieurs familles aromatiques <sup>[6]</sup>.

La troisième limite concerne la compatibilité avec le procédé. Les conditions de sel, d'acidité, de chaleur et de temps peuvent favoriser ou réduire l'action enzymatique. Dans la sauce soja, les protéases naturellement produites doivent déjà fonctionner dans des environnements complexes, et les travaux de recherche cherchent souvent à optimiser ou sélectionner des systèmes enzymatiques capables de contribuer à la qualité malgré ces contraintes <sup>[5]</sup>. Une protéase acide externe doit donc être placée dans une étape où la matrice, l'eau disponible et les conditions de procédé permettent réellement son action.



**Figure 5.** 산성 프로테아제는 대두박, 유지종자 압착박, 콩류, 곡물 부산물, 쌀슬 지게미 및 기타 단백질이 풍부한 발효 기질에 관련된다.

La quatrième limite est réglementaire et qualité. Le produit est destiné à la transformation alimentaire ou industrielle, mais chaque utilisateur reste responsable de son application dans le cadre réglementaire de son marché, de sa recette et de son étiquetage. Enzymes.bio intervient comme fournisseur en ligne, et non comme fabricant ni laboratoire de validation de procédés. Le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande, ce qui aide à documenter l'achat et la manipulation, sans remplacer les validations internes propres à l'utilisateur .

## Positionnement produit chez Enzymes.bio

La protéase acide proposée par Enzymes.bio est positionnée pour des applications de fermentation alimentaire acide, en particulier la sauce soja et le vinaigre, où l'hydrolyse des protéines est recherchée pour libérer peptides, acides aminés et azote assimilable . Le produit est vendu directement en ligne par unité de 1 kg ; cette présentation convient aux transformateurs qui souhaitent intégrer l'enzyme dans des essais de procédé ou dans une production maîtrisée, sans assimiler Enzymes.bio à un fabricant ou à un laboratoire d'analyse.

Dans une logique B2B, la valeur du produit repose sur sa fonction technologique : catalyser l'hydrolyse des protéines dans des matrices acides. Les preuves scientifiques les plus robustes concernent le rôle des protéases dans le koji et la sauce soja, la contribution des enzymes au profil azoté et aromatique, ainsi que l'importance des interactions microbiennes pendant la fermentation <sup>[1]</sup>. Pour le vinaigre, l'intérêt est plus dépendant du substrat : il est particulièrement cohérent avec les vinaigres de céréales, de riz, de malt, de lies ou d'autres bases contenant une fraction protéique exploitable <sup>[8]</sup>.

## Conclusion

---

La protéase acide est un outil enzymatique pertinent pour les procédés alimentaires acides où la conversion des protéines en peptides et acides aminés influence la fermentation, le goût et la stabilité. Son application est particulièrement solide en sauce soja, car la protéolyse y constitue l'un des piliers de la formation d'azote aminé, d'umami et de précurseurs aromatiques. Les recherches sur le koji, les activités protéase-amylase et les communautés microbiennes de sauce soja confirment que l'hydrolyse des protéines est un levier central de qualité <sup>[1]</sup>.

Dans le vinaigre, l'intérêt existe surtout lorsque la matière première contient des protéines ou des composés azotés transformables, comme dans certaines bases de riz, céréales, malt ou lies. L'enzyme peut alors contribuer à la disponibilité nutritionnelle et aromatique, tout en laissant aux bactéries acétiques le rôle principal dans l'acétification <sup>[2]</sup>. Utilisée avec une compréhension claire de la matrice et des paramètres de fermentation, la protéase acide fournie par Enzymes.bio constitue donc un levier ciblé pour améliorer l'hydrolyse protéique et soutenir la construction sensorielle des fermentations acides.

### Commander Acid Protease (Food Grade, 100,000 U/G) – Specialized Enzyme For Soy Sauce And Vinegar Fermentation 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 Acid Protease \(Food Grade, 100,000 U/G\) – Specialized Enzyme For Soy Sauce And Vinegar Fermentation →](#)

## 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. Liu, Y., Sun, G., Li, J., Cheng, P., Song, Q., Lv, W., & Wang, C. (2024). Starter molds and multi-enzyme catalysis in koji fermentation of soy sauce brewing: A review. *Food Research International*, 184, 114273 .
2. Mota, J., & Vilela, A. (2024). Aged to Perfection: The Scientific Symphony behind Port Wine, Vinegar, and Acetic Acid Bacteria. *Fermentation*.
3. Murthy, P., & Kusumoto, K. (2015). Acid protease production by *Aspergillus oryzae* on potato pulp powder with emphasis on glycine releasing activity: A benefit to the food industry. *Food and Bioproducts Processing*, 96, 180-188.

4. Liu, Z., Fan, G., Song, H., Liu, X., Chen, R., Yu, Z., & Yu, J. (2026). Dynamic Changes and Correlations of Physicochemical Parameters, Flavor Compounds and Microbial Communities During Soy Sauce Koji Production. *Foods*.
5. Hoang, N. X., Ting, C., & Hsu, C. (2020). Optimization of Protease and Amylase Activities Derived from Soy Sauce Koji.
6. Fu, B., Wang, J., Xiao, T., Liu, Z., Fu, C., Zhou, M., Liu, Z., ... et al. (2023). Co-culture relationship between *Zygosaccharomyces rouxii* and *Candida versatilis* and its effect on the flavour of soy sauce. *International Journal of Food Science & Technology*.
7. Zhang, X., Liu, Z., Kang, B., Huang, Y., Fu, C., Li, W., Wu, Q., ... et al. (2022). Effect of *Lactobacillus plantarum* or *Enterococcus faecalis* as co-inoculants with *Aspergillus oryzae* in koji making on the physicochemical properties of soy sauce. *Journal of Food Science*.
8. Park, Y., Kwon, M., Shin, D., & Lee, S. (2024). Production of Functional Vinegar Enriched with  $\gamma$ -Aminobutyric Acid through Serial Co-Fermentation of Lactic Acid and Acetic Acid Bacteria Using Rice Wine Lees. *Applied microbiology*.
9. Al-Kharousi, Z. S., Al-Ramadhani, Z., Al-Malki, F. A., & Al-Habsi, N. (2024). Date Vinegar: First Isolation of *Acetobacter* and Formulation of a Starter Culture. *Foods*, 13.
10. Li, W., Tong, S., Yang, Z., Xiao, Y., Lv, X., Weng, Q., Yu, K., ... et al. (2022). The dynamics of microbial community and flavor metabolites during the acetic acid fermentation of Hongqu aromatic vinegar. *Current Research in Food Science*, 5, 1720 - 1731.
11. Muangthai, P. (2007). STUDY OF PROTEASE ENZYME AND AMINO ACID CONTENTS IN SOY SAUCE PRODUCTION FROM PEAGION PEA AND SOY BEAN. *KMITL-Science and Technology Journal*, 7.
12. Song, W., Zhang, X., Yang, H., Liu, H., & Wei, B. (2025). Soy Sauce Fermentation with *Cordyceps militaris*: Process Optimization and Functional Profiling. *Foods*, 14.
13. Jeong, S., Shin, M., Jeong, S., Yang, H., & Jeong, D. (2014). Characteristic Analysis and Production of Short-Ripened Korean Traditional Soy Sauce Added with Rice Bran.
14. Abedin, M., Chourasia, R., Phukon, L. C., Sarkar, P., Ray, R., Singh, S. P., & Rai, A. (2023). Lactic acid bacteria in the functional food industry: biotechnological properties and potential applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64, 10730 - 10748.
15. Liu, Y., Sun-Waterhouse, D., Cui, C., Hu, Y., & Wang, W. (2020). Dealing with soy sauce precipitation at submicron-/nano-scale: An industrially feasible approach involving enzymolysis with protease and alkaline conditions. *Food Research International*, 137, 109670 .

## Contacter Enzymes.bio

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

E-MAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto: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

