

Soy Protein Modification Enzyme : modification des protéines de soja pour solubilité, émulsions, gels et aliments végétaux

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

Soy Protein Modification Enzyme est une préparation enzymatique destinée à ajuster les propriétés fonctionnelles des protéines de soja : solubilité, dispersion, émulsification, moussage, gélification, texture et interaction avec les composés d'arôme. Les mécanismes les mieux documentés sont l'hydrolyse enzymatique des chaînes protéiques, la déamidation par protein-glutaminase et, selon les systèmes, la réticulation enzymatique qui restructure les réseaux protéiques. Enzymes.bio fournit ce produit en ligne en unité de **1 kg** ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande.

Ce que recouvre une enzyme de modification des protéines de soja

Dans l'industrie alimentaire et des ingrédients végétaux, l'expression **Soy Protein Modification Enzyme** ne désigne pas une seule réaction universelle. Elle regroupe des enzymes capables de modifier la structure des protéines de soja pour rendre leur comportement plus adapté à une formulation : meilleure dispersion dans l'eau, stabilité d'émulsion, formation de mousse, construction d'un gel, ou compatibilité avec des procédés tels que l'extrusion et les matrices riches en huile. Les protéines de soja sont largement étudiées dans les systèmes composites, les gels alimentaires, les analogues végétaux et les applications de texture, mais leurs performances dépendent fortement de leur état d'agrégation, de leur solubilité et de leur conformation ^[1].

Les protéines majeures du soja, notamment les fractions globulaires 7S et 11S, sont des structures repliées dont les zones hydrophiles, hydrophobes et réactives ne sont pas toutes accessibles dans les mêmes conditions. Une modification enzymatique peut ouvrir partiellement ces structures, couper certaines liaisons peptidiques, transformer des groupes fonctionnels ou favoriser des interactions entre chaînes. C'est cette modification de l'architecture protéique — plus que l'ajout d'un simple additif texturant — qui explique les changements observés dans la viscosité, l'adsorption aux interfaces, la capacité de rétention d'eau ou l'élasticité d'un gel ^[2].

Pour un utilisateur B2B, l'intérêt pratique est de disposer d'un levier de procédé applicable à des matières premières courantes comme l'isolat de protéine de soja, le concentré de protéine de soja, la farine de soja ou des bases végétales plus complexes. La littérature montre toutefois que les résultats ne sont pas automatiques : une hydrolyse légère peut améliorer une propriété interfaciale, tandis qu'une hydrolyse trop avancée peut affaiblir une structure de gel ; de même, une modification qui améliore la solubilité peut modifier la perception sensorielle ou l'interaction avec les composés volatils [3].

Mécanismes principaux : hydrolyse, déamidation et structuration

Hydrolyse enzymatique : réduire la taille et changer la flexibilité

L'hydrolyse enzymatique consiste à couper certaines liaisons peptidiques des protéines. Les chaînes longues deviennent des fragments plus courts, ce qui peut réduire la taille apparente des particules, augmenter la flexibilité moléculaire et exposer des régions initialement enfouies. Ces changements favorisent souvent la dispersion dans l'eau et l'adsorption aux interfaces huile-eau ou air-eau, deux propriétés essentielles pour les boissons végétales, les sauces, les crèmes, les mousses et les systèmes émulsionnés [4].

Les travaux comparant plusieurs enzymes commerciales sur des isolats de protéines de soja montrent que toutes les protéases ne produisent pas le même niveau de modification. Dans une étude citée dans la littérature, le degré d'hydrolyse variait fortement selon l'enzyme, avec un ordre observé de type Alcalase > Flavourzyme > papaine > bromélaïne > Neutrase > trypsine, illustrant l'effet de la spécificité enzymatique sur la structure finale [2]. Cette différence est technologiquement importante : une enzyme plus agressive peut générer rapidement des peptides courts, alors qu'une action plus limitée peut préserver une partie de la capacité de structuration.

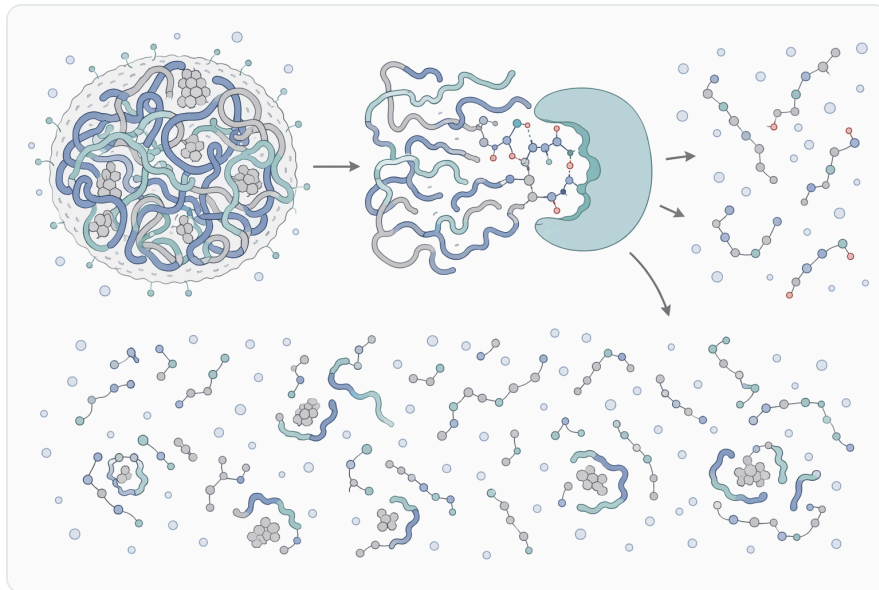


Figure 1. 콩 단백질 변형 효소는 펩타이드 결합을 절단해 더 작은 펩타이드로 만들거나 단백질 사슬 사이에 공유 결합을 형성하는 방식으로 작용합니다.

L'hydrolyse n'est donc pas seulement une "solubilisation". Elle modifie aussi la répartition des charges, l'exposition des zones hydrophobes, la capacité à former un film interfacial et la compatibilité avec d'autres biopolymères. Dans les produits extrudés, par exemple, des hydrolysats de protéines de soja ont été étudiés en interaction avec l'amidon d'igname, montrant que la protéine hydrolysée peut influencer les propriétés structurelles et fonctionnelles d'une matrice amidon-protéine pendant l'extrusion [5].

Déamidation par protein-glutaminase : augmenter les charges et la dispersion

La **protein-glutaminase** est particulièrement étudiée pour la modification des protéines végétales. Son action convertit des groupes amide de certains résidus glutamine en groupes carboxyle, ce qui augmente la charge négative nette de la protéine et peut améliorer l'hydratation, la répulsion électrostatique et la dispersion. Dans le cas de l'isolat de protéine de soja, cette voie est intéressante lorsque l'objectif est de limiter l'agrégation et d'améliorer la compatibilité avec des systèmes colloïdaux [6].

Des travaux récents sur l'encapsulation de la curcumine ont montré que la modification d'un isolat de protéine de soja par déamidation, combinée à un déplacement de pH, pouvait renforcer les performances d'encapsulation et éclairer les mécanismes d'interaction entre protéine modifiée et composé hydrophobe [6]. Ce type de résultat est pertinent pour les applications où la protéine de soja sert à transporter, stabiliser ou protéger des ingrédients sensibles tels que pigments, arômes, huiles essentielles ou composés lipophiles.

La déamidation enzymatique est aussi liée aux émulsions de type Pickering, où des particules protéiques stabilisent l'interface huile-eau. Des isolats de protéines de soja modifiés par protéin-glutaminase ont été étudiés comme stabilisants d'émulsions Pickering et comme systèmes de délivrance, ce qui montre que la modification de charge et de structure peut transformer une protéine soluble ou agrégée en particule interfaciale fonctionnelle [7].

Réticulation et réseaux protéiques : renforcer ou réorganiser la texture

À l'inverse de l'hydrolyse, certaines modifications enzymatiques visent à relier des chaînes ou à renforcer un réseau. La réticulation peut augmenter la cohésion d'un gel, modifier sa fermeté, sa rétention d'eau ou sa résistance aux contraintes mécaniques. Les systèmes de gels à base de protéines de soja sont un domaine très actif, car ils concernent à la fois le tofu, les yaourts végétaux, les analogues de viande, les desserts structurés et les matrices protéiques texturées [1].

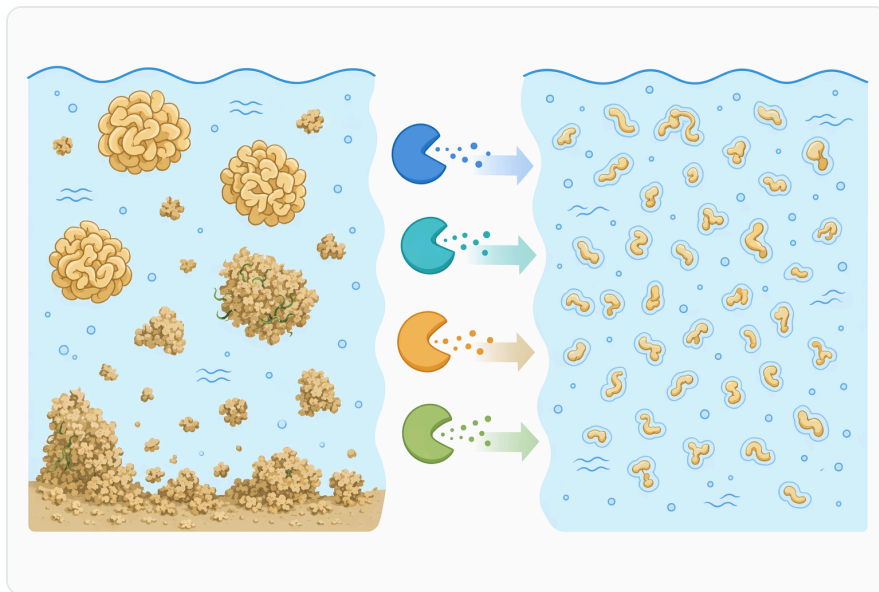


Figure 2. 천연 콩 단백질은 조밀한 구형 구조와 응집체가 수화와 분산을 방해할 때 성능이 떨어질 수 있습니다.

La structuration des gels ne dépend pas d'un seul type de liaison. Elle combine interactions hydrophobes, liaisons hydrogène, ponts disulfure, associations électrostatiques et parfois liaisons covalentes. Des systèmes associant protéines de soja, fermentation par **Lactobacillus plantarum** et polysaccharides acides de *Tremella fuciformis* ont par exemple été étudiés pour caractériser les réseaux, les interactions et les propriétés de gel, soulignant que la performance finale vient souvent d'une combinaison de modifications biochimiques et d'interactions entre ingrédients [8].

Comparaison des voies de modification enzymatique

Voie de modification	Effet structural dominant	Propriétés généralement visées	Risques technologiques si le traitement est mal contrôlé	Exemples d'applications
Hydrolyse enzymatique par protéase	Coupure des chaînes protéiques en peptides plus courts	Solubilité, dispersion, adsorption interfaciale, moussage, interaction avec arômes	Perte de cohésion, amertume, affaiblissement de gel, stabilité interfaciale insuffisante si peptides trop courts	Boissons végétales, poudres, sauces, mousses, extrusion, ingrédients protéiques
Déamidation par protéin-glutaminase	Conversion de groupes amide en groupes carboxyle, augmentation de charge	Hydratation, répulsion électrostatique, stabilité colloïdale, encapsulation, Pickering emulsions	Modification excessive de charge, changement de viscosité ou d'interaction avec sels et polysaccharides	Encapsulation de curcumine, émulsions Pickering, systèmes de délivrance [6]
Réticulation enzymatique ou structuration assistée	Formation ou renforcement de réseaux protéiques	Fermeté, élasticité, rétention d'eau, stabilité de gel	Agrégation, baisse de solubilité, texture trop ferme ou cassante	Gels de soja, tofu, analogues végétaux, matrices texturées [1]
Combinaisons enzyme + procédé physique	Dépliection, exposition de groupes réactifs, hydrolyse plus accessible	Fonctionnalités multiples : solubilité, émulsification, gel, stabilité	Effets difficiles à dissocier, optimisation spécifique à la matrice	Ultrasons + traitement enzymatique, pH-shifting, extrusion [9]

Solubilité et dispersion : un effet réel, mais dépendant de la matrice

L'amélioration de la solubilité est l'un des objectifs les plus fréquents de la modification enzymatique des protéines de soja. Les protéines non modifiées peuvent s'agréger selon le pH, la force ionique, le traitement thermique ou la présence d'autres ingrédients ; cela se traduit par sédimentation, sensation farineuse, mauvaise reconstitution ou instabilité dans les boissons. Des travaux sur l'effet combiné de protéase et phytase ont examiné la solubilité de protéines de soja modifiées, confirmant que l'approche enzymatique peut agir sur ce paramètre [10].

La prudence reste nécessaire, car la solubilité mesurée dans un système modèle ne prédit pas toujours la performance dans une boisson, une pâte extrudée ou une émulsion. Une étude sur l'hydrolyse de protéines végétales a souligné que certaines méthodes peuvent surestimer la solubilité si elles excluent la fraction insoluble avant calcul, ce qui donne une vision trop favorable de l'effet réel du traitement ^[11]. Pour l'application industrielle, la question pertinente n'est donc pas seulement "la protéine devient-elle soluble ?", mais "reste-t-elle dispersée et fonctionnelle dans la matrice finale ?".

L'action enzymatique peut également être renforcée ou modifiée par des procédés physiques. Les ultrasons combinés à un traitement enzymatique ont été étudiés pour modifier la structure et les fonctions de l'isolat de protéine de soja, illustrant l'intérêt de combiner dépliement physique et transformation enzymatique lorsque l'accessibilité des sites protéiques limite la réaction ^[9]. Cette logique est fréquente : l'enzyme agit mieux si la protéine est correctement hydratée, dispersée et rendue accessible.

Émulsions, Pickering emulsions et systèmes de délivrance

Les protéines de soja sont amphiphiles : elles peuvent interagir à la fois avec l'eau et avec l'huile. Cette propriété permet leur utilisation comme stabilisants d'émulsions, mais la performance dépend de leur mobilité, de leur solubilité, de leur capacité à migrer vers l'interface et de la résistance du film formé autour des gouttelettes. L'hydrolyse limitée peut faciliter l'adsorption interfaciale, tandis que la déamidation peut améliorer la dispersion et la charge de particules protéiques ^[7].

Les émulsions Pickering sont un cas particulièrement intéressant. Contrairement aux émulsions stabilisées principalement par des molécules tensioactives, elles reposent sur l'ancrage de particules à l'interface huile-eau. Des particules de protéines de soja modifiées ont été étudiées pour améliorer la stabilité au cycle congélation-décongélation, avec une application démontrée dans une crème glacée végétale ^[12]. Cela relie directement la modification protéique à un problème industriel concret : limiter la déstabilisation des gouttelettes et la dégradation de texture pendant le stockage congelé.

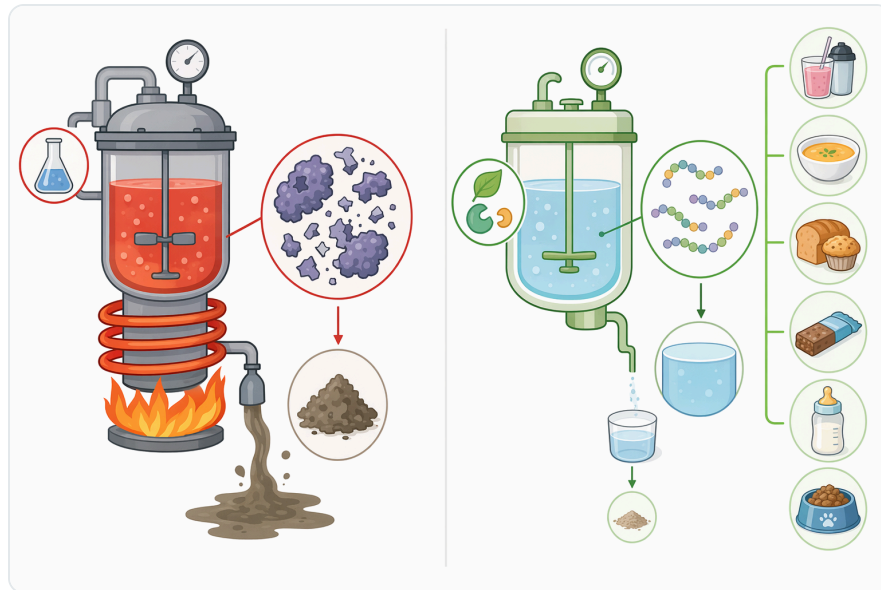


Figure 3. 가수분해는 일반적으로 용해도와 계면 거동을 향상시키는 데 도움이 되며, 가교 결합은 일반적으로 네트워크 강도와 질감을 높이는 데 도움이 됩니다.

Les protéines de soja modifiées sont aussi explorées comme systèmes de protection et de libération contrôlée. Des particules de protéines de soja modifiées par glutathion ont été étudiées pour améliorer la stabilité et la libération d'huile essentielle de cannelle, avec une application antimicrobienne sur melon frais découpé ^[13]. Même si cette modification n'est pas nécessairement identique à toutes les préparations enzymatiques, elle illustre la logique générale : la protéine de soja devient une matrice fonctionnelle capable d'interagir avec des composés actifs.

Moussage et interfaces air-eau

Dans les mousses alimentaires, la protéine doit atteindre rapidement l'interface air-eau, s'y déplier partiellement et former un film suffisamment viscoélastique pour ralentir la coalescence des bulles. Les protéines de soja non modifiées peuvent être trop agrégées ou trop lentes à s'adsorber, surtout dans des matrices complexes. Une hydrolyse contrôlée peut réduire la taille moléculaire et augmenter la flexibilité, ce qui facilite l'installation à l'interface ^[2].

L'équilibre est délicat. Des peptides trop courts peuvent bien diffuser mais former un film trop faible ; des protéines trop peu modifiées peuvent conserver une structure compacte et s'adsorber lentement. C'est pourquoi l'hydrolyse destinée aux mousses est généralement pensée comme une modification limitée, orientée vers l'interface, plutôt qu'une dégradation poussée de la protéine. Les résultats rapportés dans la littérature sur les enzymes commerciales montrent que la spécificité de l'enzyme influence directement les propriétés fonctionnelles finales ^[2].

Les applications concernent les desserts aérés, crèmes végétales fouettées, boissons mousseuses, toppings, produits de boulangerie et matrices hybrides où la stabilité de l'air incorporé est importante. Dans ces systèmes, l'enzyme de modification des protéines de soja n'agit pas seule : sucres, sels, lipides, hydrocolloïdes, traitement thermique et cisaillement déterminent aussi la stabilité finale.

Gels, texture et analogues végétaux

Les protéines de soja sont centrales dans de nombreux gels alimentaires. Le tofu reste l'exemple traditionnel, mais les applications modernes incluent yaourts végétaux, desserts protéinés, analogues de viande, produits extrudés et matrices de type émulsion-gel. Une revue récente sur les systèmes composites à base de protéines de soja décrit la gélification, les applications et les défis associés, confirmant que la maîtrise du réseau protéique est un enjeu majeur de formulation ^[1].

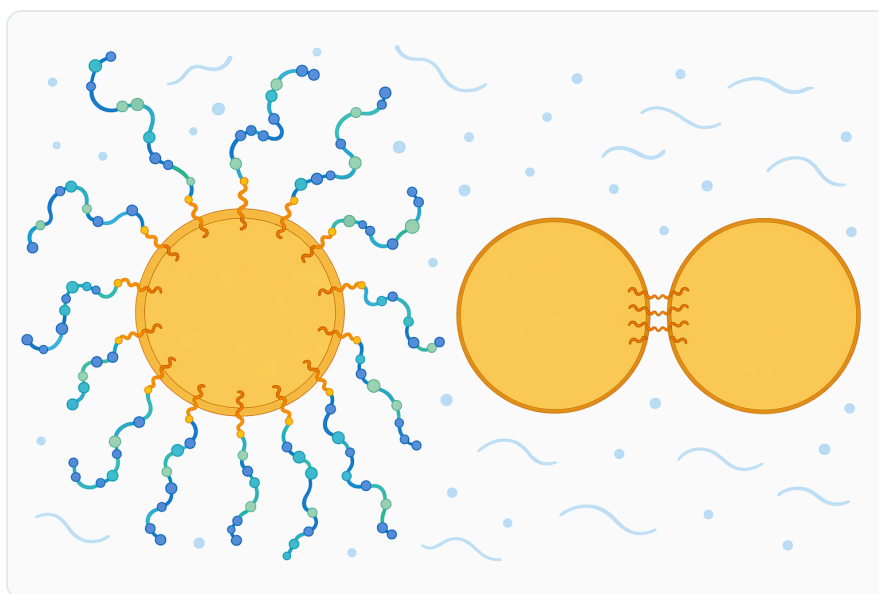


Figure 4. 제어된 가수분해는 콩 펩타이드가 오일-물 계면으로 이동해 에멀전을 안정화하는 막을 형성하도록 도울 수 있습니다.

La modification enzymatique peut intervenir avant ou pendant la formation du gel. Une hydrolyse légère peut améliorer la dispersion et l'hydratation, mais une hydrolyse excessive peut réduire la capacité à construire un réseau continu. À l'inverse, des voies de structuration ou de réticulation peuvent renforcer le réseau, mais risquent de produire une texture trop dense si l'agrégation devient dominante. La fonctionnalité recherchée doit donc être définie en termes de texture finale : fermeté, élasticité, jutosité, rétention d'eau, résistance au tranchage ou fonte en bouche.

Les systèmes de Pickering emulsion gels à forte phase interne sont également étudiés pour des applications alimentaires plus spécialisées. Des conjugués protéine de soja-acide hyaluronique modifiés par ultrasons ont été explorés pour former des gels d'émulsion adaptés à des textures plus

faciles à avaler, montrant que la protéine de soja modifiée peut contribuer à des architectures alimentaires complexes au-delà du simple gel aqueux [14].

Interaction avec arômes et composés d'off-flavour

L'un des défis des produits à base de soja est la présence ou la libération de composés responsables de notes "vertes", "haricot", oxydées ou amères. Une revue sur les composés d'off-flavour dans les viandes végétales à base de soja décrit les mécanismes de formation et les approches de réduction, confirmant que l'acceptabilité sensorielle ne dépend pas uniquement de la texture ou de la teneur en protéines [15].

La modification enzymatique peut influencer ces arômes de plusieurs manières. En ouvrant la structure protéique, elle peut exposer des sites hydrophobes capables de lier certains composés volatils ; en générant des peptides, elle peut aussi modifier l'amertume ou les interactions avec les aldéhydes et autres molécules d'oxydation lipidique. Des travaux mécanistiques sur l'hydrolyse enzymatique contrôlée de l'isolat de protéine de soja ont précisément étudié les comportements de liaison entre protéine et composés d'off-flavour [4].

Cet effet peut être favorable ou défavorable selon la cible. Une meilleure liaison de certains volatils peut réduire leur perception immédiate, mais des peptides amers peuvent apparaître si l'hydrolyse est trop poussée. Pour les formulations d'analogues de viande, boissons et poudres protéiques, l'enzyme doit donc être évaluée non seulement sur les propriétés physicochimiques, mais aussi sur le profil sensoriel de la matrice finie.



Figure 5. 콩 단백질 변형은 음료, 즉석 분말, 대체육, 소스, 베이커리 시스템, 압출 식품, 특수 알레르겐 저감 연구 등 다양한 분야와 관련이 있습니다.

Applications alimentaires et techniques

Boissons végétales, poudres et bases protéiques

Dans les boissons végétales, la protéine doit rester dispersée, limiter la sédimentation et offrir une sensation en bouche compatible avec la consommation directe. Une enzyme de modification peut améliorer l'hydratation et réduire certains agrégats, surtout si le traitement est combiné à une dispersion suffisante et à un profil thermique adapté. Les études sur isolats de protéines de soja modifiés par enzymes commerciales soutiennent cette logique de transformation structurale en vue d'améliorer des fonctions comme la solubilité et l'émulsification ^[2].

Dans les poudres, l'enjeu est différent : il faut conserver une bonne réhydratation après séchage, limiter les grumeaux et maintenir une fonctionnalité après reconstitution. Une hydrolyse trop avancée peut augmenter l'hygroscopicité ou modifier le goût, tandis qu'une modification modérée peut faciliter la dispersion. Les résultats doivent être interprétés dans le contexte de la formulation complète, car sucres, minéraux et arômes influencent aussi la reconstitution.

Sauces, crèmes, émulsions et crèmes glacées végétales

Les sauces et crèmes végétales exigent une stabilité huile-eau, une viscosité maîtrisée et une texture lisse. Les protéines de soja modifiées peuvent agir comme stabilisants interfaciaux, particules Pickering ou composants de réseau, selon leur état structural. L'étude de particules de protéines de soja modifiées pour améliorer la stabilité congélation-décongélation de Pickering emulsions, avec application en crème glacée végétale, illustre directement l'intérêt dans les matrices grasses et congelées ^[12].

Les systèmes de délivrance pour composés lipophiles, comme la curcumine, montrent aussi l'intérêt de la protéine de soja modifiée comme support. La déamidation par protéin-glutaminase combinée à un déplacement de pH a été étudiée pour améliorer l'encapsulation, ce qui peut intéresser les formulations contenant pigments, extraits végétaux ou ingrédients hydrophobes sensibles ^[6].

Analogues de viande, extrusion et matrices texturées

Dans les analogues de viande, les protéines doivent contribuer à la texture fibreuse, à la rétention d'eau, à la jutosité et à la stabilité pendant cuisson. Les protéines de soja sont déjà utilisées dans les protéines texturées et les produits extrudés, mais leur comportement dépend de la taille des agrégats, du degré d'hydratation et des interactions avec amidons, fibres, huiles et arômes. Les hydrolysats de protéines de soja étudiés avec l'amidon d'igname pendant extrusion montrent que la modification enzymatique peut influencer une matrice soumise à forte contrainte thermique et mécanique ^[5].

Les off-flavours sont également critiques dans cette catégorie. Les mécanismes de formation et de réduction des notes indésirables du soja dans les viandes végétales ont été largement discutés, et l'hydrolyse enzymatique contrôlée peut modifier la manière dont les protéines interagissent avec ces composés ^{[15][4]}. La fonctionnalité texturale et la qualité sensorielle doivent donc être traitées ensemble.

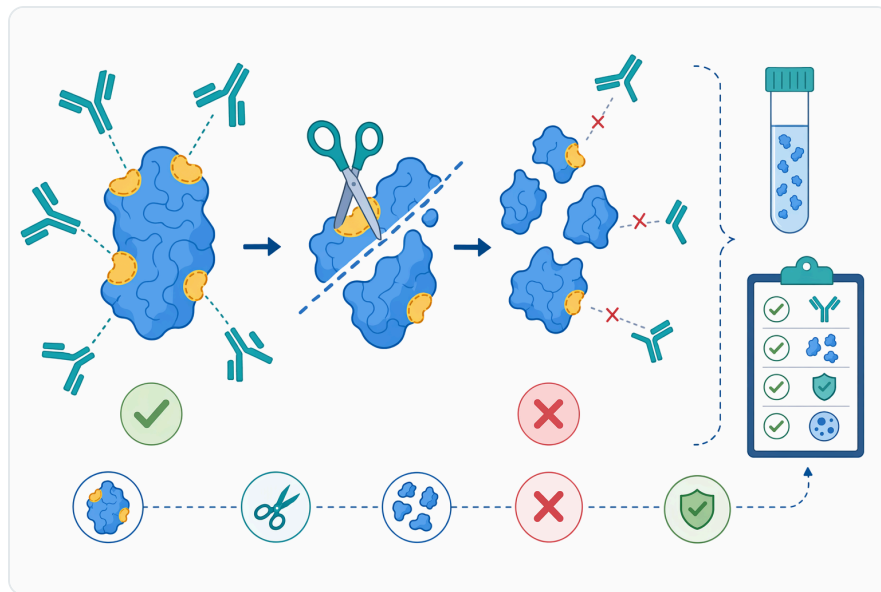


Figure 6. 효소적 분해는 알레르기를 유발하는 콩 단백질 에피토프를 교란할 수 있지만, 알레르겐 관련 표시는 제품별 검증이 필요합니다.

Matériaux biosourcés et adhésifs

Les protéines de soja ne sont pas limitées aux aliments. Elles sont étudiées comme matières premières biosourcées pour films, adhésifs et matériaux techniques. Des travaux sur des adhésifs bois à base de lies de vin et de protéines de soja modifiées montrent l'intérêt de ces protéines dans des systèmes où la cohésion, l'adhésion et la résistance à l'eau sont recherchées ^[16]. Des applications industrielles plus anciennes et plus larges des adhésifs à base de protéines de soja sont également documentées ^[17].

La logique de modification est proche de celle des aliments structurés : ajuster la solubilité, l'exposition des groupes réactifs, la formation de réseau et l'interaction avec d'autres polymères. Les films à base de poly(acide lactique), protéine de soja et HPMC préparés par électrofilage illustrent aussi la place des protéines de soja dans des matériaux destinés à des applications potentielles dans l'industrie alimentaire ^[18].

Limites techniques et points de prudence

La modification enzymatique des protéines de soja est puissante, mais elle n'est pas une correction universelle. Une hydrolyse excessive peut produire des peptides trop courts pour stabiliser durablement une interface ou former un gel cohésif. Elle peut aussi augmenter l'amertume, modifier la rétention d'eau ou réduire la viscosité d'une matrice qui avait besoin d'une structure protéique plus longue [3].

L'amélioration d'une propriété peut s'accompagner de la dégradation d'une autre. Par exemple, une meilleure solubilité peut réduire la capacité de gélification si les fragments protéiques deviennent trop petits ; une réticulation forte peut améliorer la fermeté mais réduire la dispersion ; une plus grande exposition hydrophobe peut aider l'émulsification tout en modifiant les interactions aromatiques. Les systèmes composites à base de protéines de soja restent donc des équilibres formulation-procédé, et non des réponses linéaires à une dose d'enzyme [1].

La question allergénique doit aussi être formulée avec précision. Certaines modifications enzymatiques peuvent réduire le potentiel de reconnaissance de certains épitopes ou modifier des protéines allergéniques, mais cela ne signifie pas qu'un ingrédient final devient non allergène. Une étude sur un système associant protéine de soja et β -lactoglobuline a montré que la réticulation par transglutaminase pouvait réduire le potentiel allergénique mesuré dans ce système, avec une action préférentielle sur certaines sous-unités de soja ; cette observation reste dépendante du système étudié et ne remplace pas une validation réglementaire du produit fini [19].

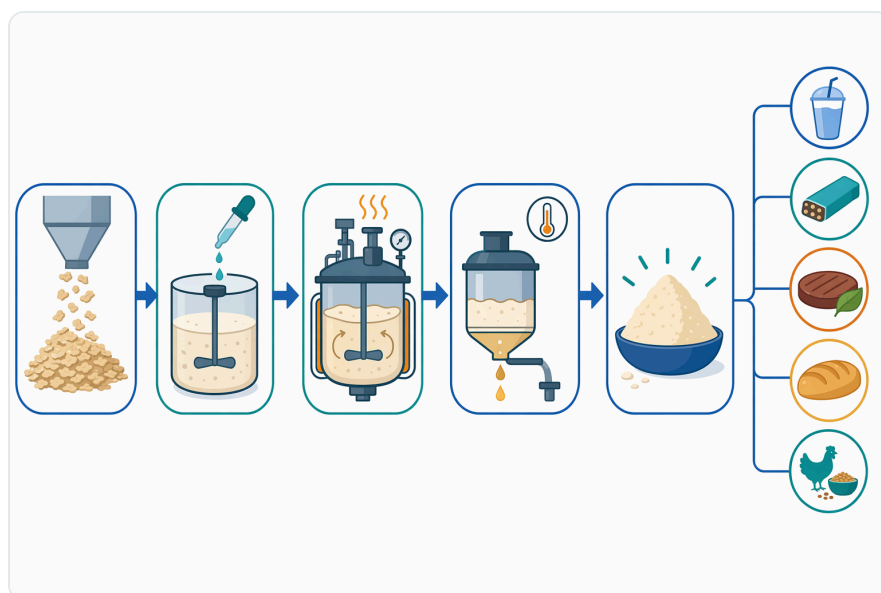


Figure 7. 일반적인 콩 단백질 변형 공정은 수화, 제어된 효소 반응, 처리 정도 모니터링, 후속 안정화 또는 제형화 단계로 구성됩니다.

Positionnement Enzymes.bio

Enzymes.bio fournit **Soy Protein Modification Enzyme** comme fournisseur en ligne, sans se présenter comme fabricant ni laboratoire de développement. Le produit est proposé en unité de **1 kg** pour les utilisateurs professionnels qui souhaitent intégrer une étape enzymatique dans leurs essais de formulation ou leurs procédés existants. Le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande.

L'intérêt de cette enzyme doit être compris comme un levier de transformation des protéines de soja : elle peut contribuer à améliorer la solubilité, l'émulsification, la stabilité de certaines dispersions, la texture de gels ou l'interaction avec des composés hydrophobes, selon la matrice et les conditions de procédé. Les preuves scientifiques soutiennent fortement l'idée que les enzymes peuvent modifier la structure et les fonctions des protéines de soja, mais elles montrent aussi que le résultat dépend du type de modification, du niveau de traitement et de l'application finale ^[9].

Conclusion

Soy Protein Modification Enzyme s'inscrit dans une famille d'outils enzymatiques utilisés pour rendre les protéines de soja plus adaptées aux formulations modernes : boissons végétales, poudres protéiques, sauces, émulsions, mousses, Pickering emulsions, gels, analogues de viande, extrusion et certains matériaux biosourcés. Les mécanismes clés sont l'hydrolyse contrôlée, la déamidation par protein-glutaminase et la structuration de réseaux protéiques, chacun ayant des effets distincts sur la solubilité, l'interface, la texture et la stabilité ^{[6][7][1]}.

La meilleure lecture technique est donc nuancée : l'enzyme ne "corrige" pas toutes les limites du soja, mais elle permet de déplacer l'équilibre fonctionnel de la protéine. Lorsqu'elle est intégrée dans un procédé maîtrisé, elle peut transformer une protéine trop agrégée, peu dispersible ou peu performante à l'interface en ingrédient plus utile pour les systèmes végétaux, tout en nécessitant un contrôle attentif pour éviter l'hydrolyse excessive, la perte de structure ou les effets sensoriels indésirables ^[4].

Commander Soy Protein Modification Enzyme 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 Soy Protein Modification Enzyme →](#)

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. Wang, Y., Zhang, S., & Zheng, L. (2025). Soy protein-based protein composite system: gelation, application, and challenges—a review. *European Food Research and Technology*, 251, 311 - 325.
2. [618574931D5Fe6E6285Cbbc0Cbad6Bf3076818F6](#). *Semantic Scholar*.
3. [042Ba54B279C48097Fe62Bf5Dcd0D129412C1781](#). *Semantic Scholar*.
4. Li, X., Zhang, W., Yu, M., Tan, H., Zeng, X., Xi, Y., Li, H., ... et al. (2024). Mechanistic insights into the effects of controlled enzymatic hydrolysis on the binding behaviors between soy protein isolate and off-flavor compounds. *Food Chemistry*, 467, 142271 .
5. Shi, M., Chen, S., Liu, Z., Ji, X., & Yan, Y. (2024). Effects of soy protein isolate hydrolysate on the structural and functional properties of yam starch during extrusion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 138551 .
6. Xu, Y., Zhang, Y., Ma, J., Wang, T., & Zhang, C. (2025). Curcumin encapsulation enhanced by soy protein isolate modified through deamidation and pH-shifting: Mechanistic insights using a novel protein-glutaminase. *Food Chemistry*, 500, 147498 .
7. Li, Z., Wang, K., Ding, Y., Jia, Y., Hou, J., Lu, F., & Liu, Y. (2025). Pickering emulsion stabilized by protein-glutaminase modified soybean isolated proteins as a new delivery system. *Food Chemistry*, 483, 144334 .
8. Peng, X., Liu, Y., Chi, Q., Li, J., Dai, S., Tong, X., Wang, H., ... et al. (2025). Phased characterization of soy protein gel modified by lactobacillus plantarum JYLP-326 in cooperation with acidic tremella fuciformis fruiting body polysaccharide: Focus on structural network, interaction and gel properties. *Food Chemistry*, 472, 142950 .
9. Guo, W., Xu, Y., Yan-Ma, Chen, Z., & Wu, Y. (2026). Effects of Ultrasonication Combined with Enzymatic Treatment on the Structure and Function of Soy Protein Isolate. *Foods*, 15 4.
10. Bae, I., Kim, J., & Lee, H. (2012). Combined Effect of Protease and Phytase on the Solubility of Modified Soy Protein. *Journal of Food Biochemistry*, 37, 511-519.
11. [6Ad12267D7Bc64233244577Fbbaf7E0Ab39509F3](#). *Semantic Scholar*.
12. Hei, X., Liu, Z., Li, S., Wu, C., Jiao, B., Hu, H., Ma, X., ... et al. (2023). Freeze-thaw stability of Pickering emulsion stabilized by modified soy protein particles and its application in plant-based ice cream. *International Journal of*

Biological Macromolecules, 128183 .

13. Liu, L., Zhang, Y., Jin, L., Abdollahi, M., Zhao, G., Venkatachalam, K., & Ban, Z. (2025). Controlled release and stability enhancement of cinnamon essential oil in glutathione-modified soy protein particles: Its antimicrobial application for fresh-cut cantaloupe. *Food Research International*, 211, 116523 .
14. Wang, Y., Ma, Z., Liu, Y., & Gong, Y. (2026). Ultrasound-modified soy protein-hyaluronic acid conjugates for swallowing-friendly high internal phase pickering emulsion gels: structure, properties, and applications. *Ultrasonics sonochemistry*, 128.
15. Nagassa, M., He, S., Liu, S., Wang, J., Cao, X., Chen, S., Song, J., ... et al. (2024). Exploring off-flavour compounds in soy-based meats: Mechanisms and removal methods. *Flavour and Fragrance Journal*.
16. Zhong, C., Hou, X., Peng, S., & Gao, Z. (2024). Acrylamide macromolecules modified wine lees-soy protein wood adhesive. *Journal of Applied Polymer Science*.
17. Sun, X. (2005). 10 – SOY PROTEIN ADHESIVES.
18. Aydoğdu, A., Yıldız, E., Ayhan, Z., Aydoğdu, Y., Sumnu, G., & Sahin, S. (2019). Nanostructured poly(lactic acid)/soy protein/HPMC films by electrospinning for potential applications in food industry. *European Polymer Journal*.
19. 200Caae7883A3E85E3D1769Dd6Bcb36076F4204D. *Semantic Scholar*.

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.