

Phytase thermostable CAS 37288-11-2 pour alimentation animale : applications en aliments volailles, porcs et aquaculture

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

La phytase thermostable CAS 37288-11-2 est une enzyme utilisée dans les aliments pour animaux afin d'hydrolyser le phytate, forme végétale peu disponible du phosphore, et de libérer du phosphate utilisable par l'animal. Sa thermostabilité est recherchée lorsque l'aliment subit des contraintes de fabrication comme le conditionnement thermique et la granulation, qui peuvent réduire l'activité des enzymes moins résistantes.

En nutrition animale, son intérêt principal est de mieux valoriser le phosphore naturellement présent dans les céréales, tourteaux et autres ingrédients végétaux, tout en contribuant à limiter les effets antinutritionnels du phytate. Enzymes.bio propose cette enzyme en ligne en unité de 1 kg ; Enzymes.bio agit comme fournisseur B2B, non comme fabricant ni laboratoire, et le CoA ainsi que la SDS sont fournis avec la commande .

Définition technique : qu'est-ce qu'une phytase thermostable ?

Une phytase est une phosphatase capable de déphosphoryler l'acide phytique, ou phytate, molécule dans laquelle une partie importante du phosphore des matières premières végétales est stockée sous une forme peu accessible aux animaux monogastriques. Dans les régimes à base de maïs, blé, soja, colza, tournesol ou coproduits végétaux, ce phosphore phytique peut traverser le tube digestif sans être entièrement valorisé si aucune hydrolyse enzymatique suffisante ne se produit ^[1].

Le qualificatif « thermostable » désigne une phytase formulée, sélectionnée ou modifiée pour conserver une part utile de sa fonctionnalité après exposition à des contraintes de chaleur. Cette propriété est importante dans les aliments composés, car la granulation combine température, humidité, pression et cisaillement ; ces facteurs peuvent dénaturer les protéines enzymatiques, modifier leur conformation et réduire leur capacité catalytique une fois l'aliment consommé ^[2].

Le numéro CAS 37288-11-2 sert d'identifiant chimico-enzymatique pour la phytase. Il ne signifie pas que toutes les phytases portant cette désignation ont le même profil : l'origine microbienne, la famille enzymatique, le comportement au pH digestif, la résistance aux protéases, la protection technologique et la matrice alimentaire influencent fortement la performance pratique. Des travaux sur les phytases issues de bactéries, de champignons et d'enzymes ingénierées montrent que la même fonction générale — hydrolyser le phytate — peut être portée par des architectures enzymatiques différentes [3].

Pourquoi le phytate est un enjeu majeur en formulation animale

Le phytate est à la fois une réserve de phosphore et un facteur antinutritionnel. Sa structure riche en groupes phosphate lui permet de complexer des cations minéraux, notamment le calcium, le zinc, le fer et d'autres oligoéléments, ce qui peut réduire leur disponibilité dans le tractus digestif. Une revue narrative sur l'acide phytique, la déphytinisation et la supplémentation en phytase décrit ce rôle de chélation et ses conséquences sur la biodisponibilité des éléments traces [4].

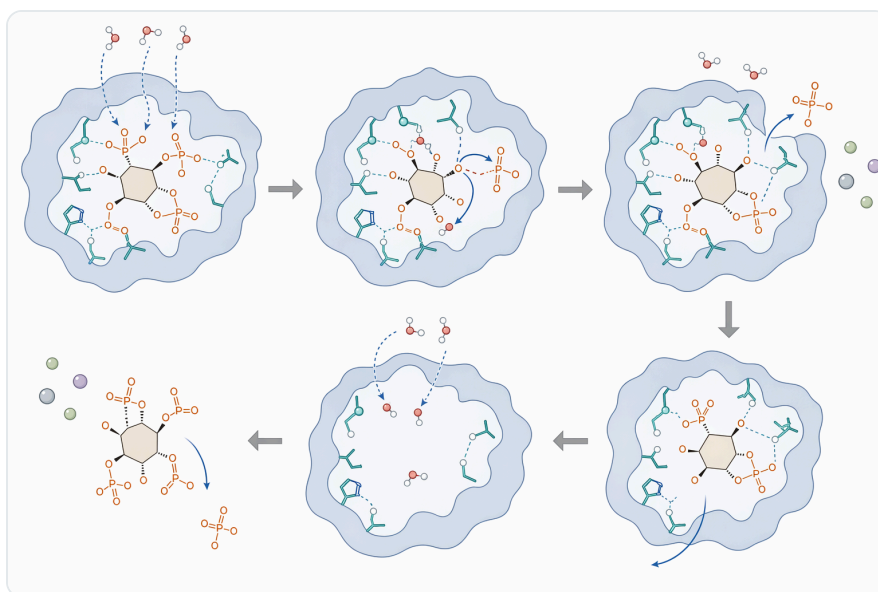


Figure 1. 피타아제는 피틴산의 인산 에스터 결합을 가수분해하여 무기 인산을 방출하고 저분자 이노시톨 인산 생성물을 형성합니다.

Pour les volailles et les porcs, l'enjeu est particulièrement concret : ces espèces produisent peu de phytase endogène efficace dans les conditions digestives nécessaires à une hydrolyse complète du phytate alimentaire. La conséquence est double : une partie du phosphore végétal n'est pas absorbée, et les formulateurs peuvent être amenés à ajouter du phosphate minéral pour sécuriser les apports.

Lorsque la ration est correctement reformulée, l'ajout de phytase vise à réduire cette dépendance au phosphore inorganique ajouté, sans supprimer la nécessité d'équilibrer précisément calcium, phosphore disponible, énergie et acides aminés ^[5].

Le phytate peut aussi interagir avec les protéines et les enzymes digestives, en particulier dans des environnements où le pH favorise la formation de complexes. La réévaluation du mécanisme d'action de la phytase en nutrition animale insiste sur le fait que les bénéfices observés ne se limitent pas au phosphore : la dégradation progressive du phytate peut modifier la solubilité des minéraux et les interactions nutritionnelles dans le bol alimentaire ^[1].

Mécanisme d'action : hydrolyse du phytate et libération de phosphate

La phytase catalyse l'hydrolyse séquentielle des groupes phosphate de l'acide phytique. Au cours de cette réaction, le phytate fortement phosphorylé est transformé en inositol-phosphates moins phosphorylés, avec libération de phosphate inorganique. Ce phosphate devient plus disponible pour l'absorption, à condition que l'environnement digestif permette à l'enzyme d'agir suffisamment tôt et que la ration soit équilibrée pour valoriser cette libération ^[1].

L'efficacité dépend du moment et du lieu d'action. Une phytase destinée à l'alimentation animale doit idéalement commencer à fonctionner dans les segments digestifs où le phytate est encore soluble et accessible, avant qu'il ne forme des complexes moins facilement hydrolysables avec le calcium ou d'autres minéraux. C'est pourquoi les propriétés de pH, de stabilité protéolytique et de vitesse d'hydrolyse sont étudiées dans la recherche sur les phytases, même si les performances commerciales ne peuvent pas être déduites d'un seul paramètre isolé ^[6].

La thermostabilité intervient avant la digestion : elle vise à préserver la fonctionnalité de l'enzyme pendant la fabrication de l'aliment. Une phytase qui serait très active en conditions idéales mais fortement dégradée pendant la granulation risquerait de délivrer une activité insuffisante dans l'aliment fini. Les études sur des phytases thermostables ou résistantes à la protéolyse, notamment chez *Penicillium polonicum* ou *Bacillus licheniformis*, illustrent l'importance de combiner stabilité thermique et aptitude à fonctionner dans les conditions digestives pertinentes ^{[2] [7]}.

Thermostabilité : intérêt réel et limites pratiques

La thermostabilité n'est pas un argument abstrait : elle répond à une contrainte industrielle fréquente. Dans les usines d'aliments, la granulation peut améliorer la densité, la manutention et la consommation de l'aliment, mais elle expose les enzymes à des conditions susceptibles de déplier les protéines. Une

phytase thermostable est donc recherchée pour réduire la perte de fonctionnalité entre l'incorporation dans le mélange et la consommation par l'animal [8].

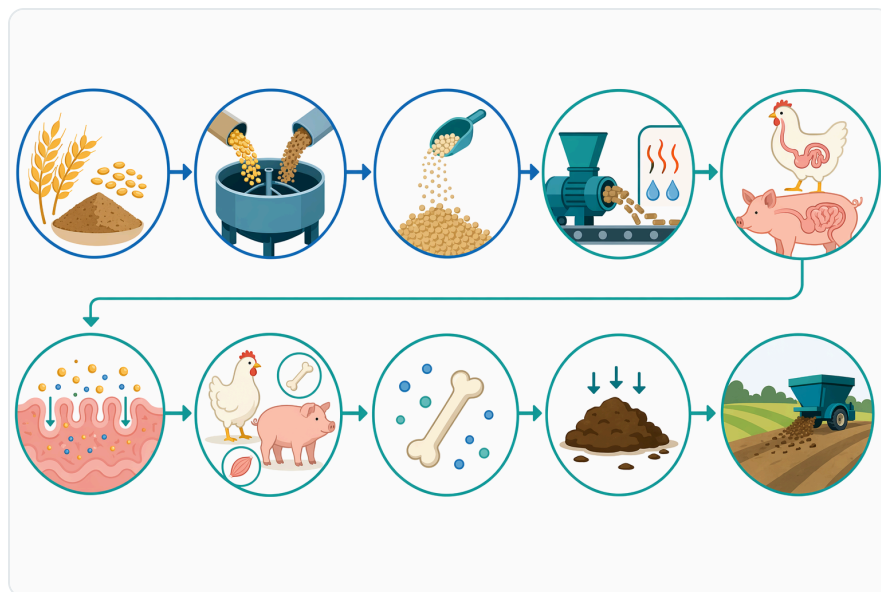


Figure 2. 내열성 피타아제는 컨디셔닝, 펠릿화 또는 압출 공정을 견뎌 섭취 후 피틴산 가수분해에 사용할 수 있는 활성 효소가 남아 있도록 설계됩니다.

Toutefois, thermostable ne veut pas dire indestructible. Une enzyme reste une protéine sensible à la combinaison de la température, du temps d'exposition, de l'humidité, de la pression mécanique et de la composition de la matrice. Les stratégies scientifiques explorées incluent l'ingénierie de protéines, l'introduction de ponts disulfure, l'immobilisation ou la formation d'agrégats enzymatiques réticulés ; ces approches visent à améliorer la stabilité, mais chacune a ses propres contraintes de formulation et d'application [9] [6].

Il est également important de distinguer stabilité technologique et efficacité nutritionnelle. Une enzyme peut mieux survivre à la fabrication sans pour autant produire le même effet dans toutes les rations. La quantité de phytate disponible, le niveau de calcium, le pH digestif, l'espèce animale, l'âge, la santé intestinale et les interactions avec d'autres additifs influencent la réponse finale. Les essais sur porcs, volailles et poissons montrent que la phytase doit être évaluée dans un système alimentaire complet, et non comme une variable indépendante du reste de la formulation [10] [11] [12].

Applications en alimentation animale

Aliments pour poulets de chair

Dans les aliments pour poulets de chair, la phytase est utilisée pour améliorer l'utilisation du phosphore présent dans les céréales et les tourteaux. Les travaux récents sur des régimes déficitaires en calcium et phosphore, avec ou sans challenge sanitaire intestinal, montrent que la supplémentation en phytase est étudiée non seulement pour la croissance, mais aussi pour la composition corporelle, le développement osseux et la santé intestinale [11].

Cette application est pertinente car le poulet de chair combine croissance rapide, forte demande minérale et utilisation importante de matières premières végétales. Une mauvaise estimation du phosphore disponible peut affecter la minéralisation osseuse, tandis qu'une sur-supplémentation peut augmenter les rejets. La phytase aide à rapprocher le phosphore formulé du phosphore réellement valorisé, à condition que la ration soit ajustée en conséquence [11].

Aliments pour pondeuses

Chez les poules pondeuses, le lien entre phytase, phosphore et calcium est particulièrement important en raison des besoins liés à la production d'œufs et à la qualité de la coquille. Une étude sur la supplémentation en phytase fongique de *Trichoderma reesei* dans des régimes déficitaires en énergie, phosphore et calcium a évalué la performance de production et l'utilisation des nutriments, ce qui illustre l'intérêt de la phytase dans des formulations où l'équilibre minéral est central [13].

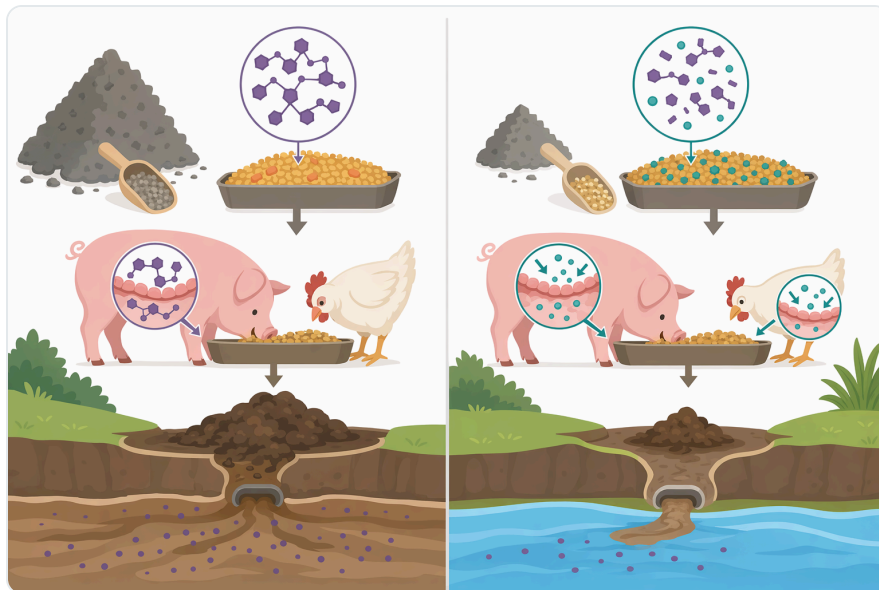


Figure 3. 상업용 피타아제는 동일한 CAS 식별 번호를 공유할 수 있지만, 미생물 기원, 최초 작용 위치, pH 특성 및 가공 안정성은 서로 다를 수 있습니다.

L'utilisation en poules ne se résume pas à libérer du phosphore : elle s'inscrit dans un système où calcium, phosphore disponible, vitamine D, ingestion quotidienne et persistance de ponte interagissent. Une phytase thermostable peut être pertinente dans les aliments granulés ou traités thermiquement, mais la réponse attendue dépend de l'ensemble du programme nutritionnel ^[13].

Aliments pour porcelets et porcs en croissance

Chez les porcelets, la phytase est étudiée pour améliorer la digestibilité des nutriments, les paramètres osseux et la croissance, en particulier dans des régimes dont les niveaux de calcium et de phosphore digestible sont ajustés. Des travaux sur une α -phytase bactérienne chez des porcs en nursery ont évalué les paramètres osseux, la digestibilité des nutriments et les performances de croissance, confirmant que l'enzyme est un levier reconnu dans cette phase sensible ^[10].

Chez les porcs en engraissement, l'intérêt porte aussi sur la réduction du phosphate inorganique ajouté et sur la gestion de l'excrétion de calcium et de phosphore. Une étude sur des porcs nourris avec un aliment sans phosphate inorganique ajouté a examiné les effets de la phytase sur la performance, la minéralisation osseuse, le métabolisme et l'excrétion minérale ; ce type de travail illustre le rôle potentiel de la phytase dans des stratégies de formulation plus économes en phosphore minéral ^[5].

Truies en gestation tardive et lactation

Les besoins des truies en fin de gestation et en lactation sont élevés, car la croissance fœtale, la mise bas, la production laitière et la récupération corporelle mobilisent des nutriments minéraux. Une étude récente sur une α -phytase dérivée d'*Escherichia coli* a rapporté des effets sur l'efficacité de mise bas et les performances des truies pendant la fin de gestation et la lactation, ce qui montre que l'intérêt de la phytase ne se limite pas aux animaux en croissance ^[14].

Dans ce contexte, la formulation doit rester prudente : la phytase peut contribuer à la disponibilité du phosphore, mais elle ne remplace pas l'évaluation des apports en calcium, phosphore digestible, énergie, acides aminés et fibres. Les réponses biologiques chez la truie dépendent fortement de l'état corporel, de la taille de portée, de la consommation alimentaire et du statut minéral initial ^[14].

Aquaculture et tilapia

Les aliments aquacoles incorporent de plus en plus de protéines végétales, ce qui augmente l'intérêt des enzymes capables de valoriser les nutriments associés à ces ingrédients. Chez le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), une étude a évalué les effets de la supplémentation en phytase sur la

croissance, la morphologie intestinale et le métabolisme, indiquant que l'enzyme est également étudiée dans des systèmes d'alimentation aquacole [12].

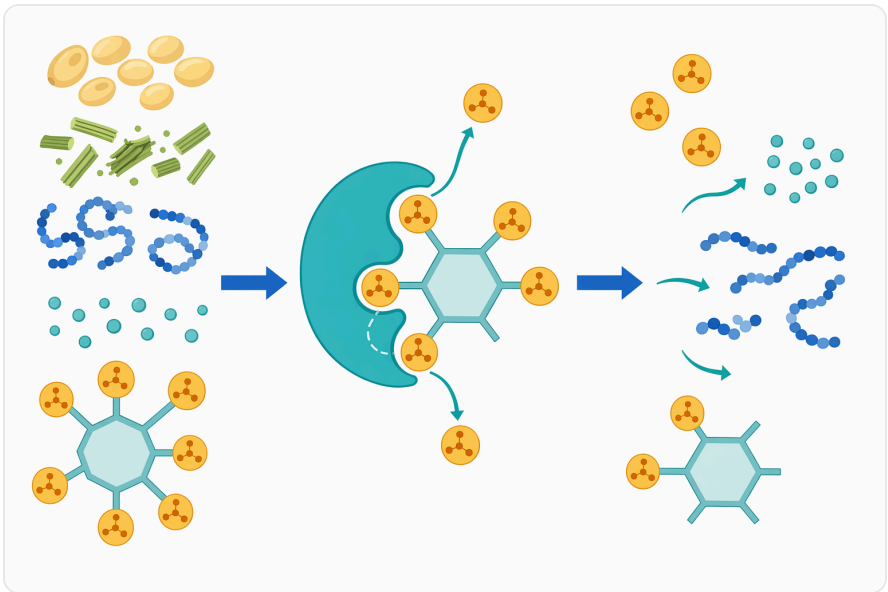


Figure 4. 피틴산의 단계적 탈인산화는 음전하 밀도를 낮추고 사료 매트릭스 내에서 피틴산이 미네랄 및 단백질과 결합하는 힘을 약화시킵니다.

L'application aquacole doit toutefois tenir compte de contraintes spécifiques : stabilité de l'aliment dans l'eau, durée de consommation, température du milieu, composition des matières premières et physiologie digestive de l'espèce. Une phytase thermostable peut être utile si l'aliment est extrudé ou soumis à une étape thermique, mais sa valeur dépend de sa capacité à rester fonctionnelle jusqu'au site d'action digestif [12].

Tableau comparatif des principales applications

Segment d'alimentation	Objectif nutritionnel principal	Points de formulation à surveiller	Exemples de preuves disponibles
Poulets de chair	Améliorer l'utilisation du phosphore phytique et soutenir la minéralisation	Équilibre calcium-phosphore, santé intestinale, densité nutritionnelle	Études sur régimes déficitaires en calcium/phosphore et développement osseux [11]
Pondeuses	Soutenir l'utilisation des minéraux dans les régimes végétaux	Calcium, phosphore disponible, production d'œufs, qualité de coquille	Étude avec phytase fongique dans régimes déficitaires [13]

Segment d'alimentation	Objectif nutritionnel principal	Points de formulation à surveiller	Exemples de preuves disponibles
Porcelets	Améliorer digestibilité, paramètres osseux et croissance	Niveau de phytate, calcium, phosphore digestible, phase post-sevrage	Essais sur 6-phytase bactérienne et paramètres osseux [10]
Porcs en engraissement	Réduire la dépendance au phosphate inorganique ajouté	Excrétion minérale, performance, sécurité de formulation	Étude avec aliment sans phosphate inorganique ajouté [5]
Truies	Soutenir la disponibilité minérale en gestation/lactation	État corporel, ingestion, taille de portée, lactation	Étude sur 6-phytase en fin de gestation et lactation [14]
Tilapia et aquaculture	Valoriser les ingrédients végétaux dans les aliments aquacoles	Stabilité de l'aliment, extrusion, physiologie digestive	Étude sur croissance, intestin et métabolisme du tilapia [12]

Origines enzymatiques et familles de phytases

Les phytases utilisées ou étudiées pour l'alimentation animale proviennent de sources variées : bactéries, champignons, levures, micro-organismes marins ou souches optimisées. Les 6-phytases bactériennes sont largement étudiées en nutrition porcine et avicole, tandis que des phytases fongiques comme celles associées à *Trichoderma reesei*, *Mucor indicus* ou *Penicillium* sont également explorées pour leurs propriétés catalytiques et technologiques [\[13\]](#) [\[2\]](#) [\[15\]](#).

Les β -propeller phytases constituent une famille particulière, souvent associée à des propriétés catalytiques distinctes de celles des phytases acides à histidine. Une revue sur les β -propeller phytases décrit leur diversité, leurs attributs catalytiques et leurs applications biotechnologiques potentielles, ce qui rappelle que « phytase » désigne une fonction enzymatique plutôt qu'un produit unique [\[3\]](#).

L'ingénierie enzymatique vise notamment à améliorer la thermostabilité, la résistance aux protéases ou l'activité dans des plages de pH pertinentes. Des travaux sur une phytase de *Lactobacillus plantarum* ont étudié le clonage du gène et l'amélioration de l'activité catalytique et de la thermostabilité par ingénierie protéique ; d'autres travaux sur *Bacillus licheniformis* ont exploré la stabilisation par ingénierie de ponts disulfure [\[8\]](#) [\[7\]](#).

Phytase seule ou programmes enzymatiques combinés

La phytase cible le phytate ; elle ne remplace pas les enzymes qui hydrolysent d'autres substrats. Dans les aliments riches en arabinoxylanes, une xylanase peut viser la fraction fibreuse soluble ou insoluble ; dans des matrices riches en protéines moins digestibles, une protéase peut être étudiée ; dans certaines céréales, des β -glucanases peuvent avoir un intérêt. La phytase agit donc comme un outil spécifique de gestion du phosphore phytique et des effets associés au phytate ^[16].

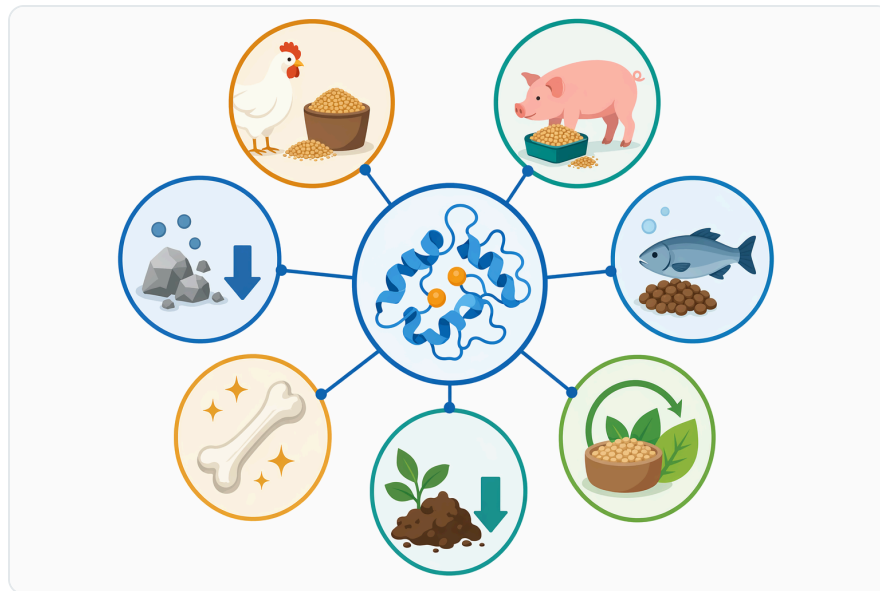


Figure 5. 피타아제는 가금류, 돼지 및 양식 사료 전반에서 식물성 원료에 결합된 인과 관련 미네랄 영양 지표의 이용성을 높이기 위해 사용됩니다.

Les programmes multi-enzymatiques doivent être compris comme des combinaisons de fonctions, non comme une addition automatique de bénéfices. Une étude chez des porcs de la phase post-sevrage à la finition a examiné l'ajout de protéase à des régimes pauvres en acides aminés contenant un niveau élevé de phytase, avec des critères de performance, de santé intestinale post-sevrage et de carcasse. Ce type de recherche montre que les interactions entre enzymes, formulation et stade physiologique doivent être évaluées avec nuance ^[16].

L'association avec des stratégies nutritionnelles plus larges — vitamine D métaboliquement active, ajustement du calcium, matières premières alternatives, probiotiques ou autres additifs — peut modifier la réponse. Par exemple, les travaux sur phytase et 25-hydroxycholecalciférol chez le poulet de chair montrent que la nutrition phosphocalcique s'inscrit dans un réseau d'interactions biologiques et sanitaires, notamment lorsque l'intestin est soumis à un challenge ^[11].

Bénéfices attendus et conditions de réussite

Le bénéfice le plus direct est l'amélioration de la valorisation du phosphore végétal. En hydrolysant le phytate, la phytase rend disponible une fraction du phosphore déjà présent dans les ingrédients. Cette action peut soutenir une formulation moins dépendante du phosphate inorganique ajouté, mais uniquement si les valeurs nutritionnelles retenues dans la formulation reflètent correctement la contribution enzymatique attendue [5].

Un deuxième bénéfice concerne la réduction de certains effets antinutritionnels du phytate. La dégradation du phytate peut diminuer sa capacité à complexer des minéraux ou à interagir avec des nutriments, ce qui peut améliorer l'utilisation globale de la ration. Les effets sur les oligoéléments doivent toutefois être interprétés avec prudence, car ils dépendent du minéral considéré, du niveau de phytate, du pH, de la présence de calcium et de la composition complète de l'aliment [4].

Un troisième bénéfice est technologique : une phytase thermostable est mieux adaptée aux aliments soumis à des procédés thermiques. La recherche sur les phytases thermostables, immobilisées ou stabilisées par ingénierie répond précisément à cette contrainte de fabrication. Toutefois, la stabilité au procédé ne garantit pas à elle seule la réponse zootechnique ; elle doit être combinée à une activité digestive utile et à une incorporation homogène dans l'aliment [9] [7].

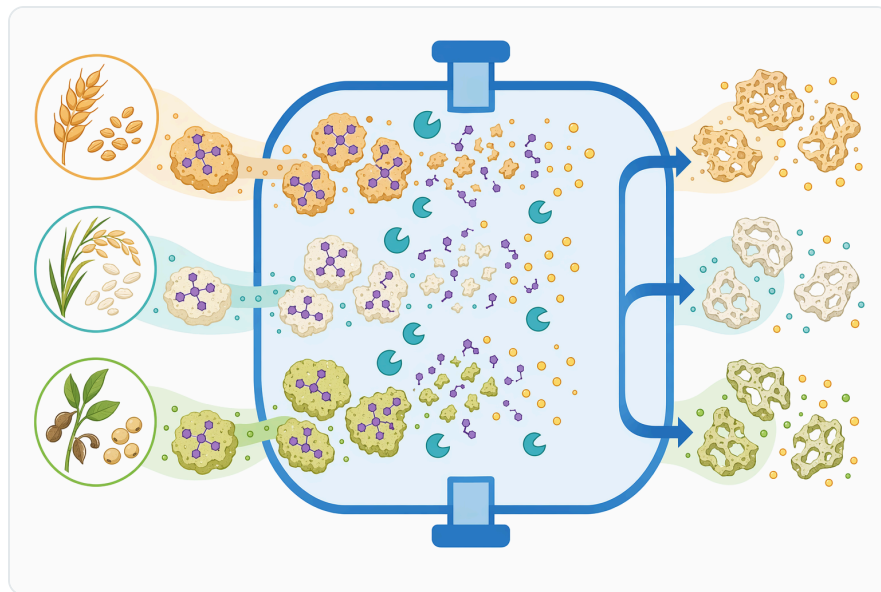


Figure 6. 피타아제는 피틴산 함량이 높은 거와 식물성 부산물에 적용하여 사료로 사용하기 전이나 사용 중에 온전한 피틴산을 줄일 수 있습니다.

La réussite dépend enfin de la présence du substrat. Si la ration contient peu de phytate, la réponse potentielle sera limitée. À l'inverse, dans des formulations très végétales, riches en céréales, tourteaux ou coproduits, le substrat est plus abondant, mais les interactions avec calcium, fibres, protéines et

autres minéraux deviennent plus complexes. La phytase doit donc être intégrée dans une formulation rationnelle, non ajoutée comme correcteur universel ^[1].

Limites d'interprétation des études et des performances

Les essais scientifiques démontrent l'intérêt général de la phytase, mais leurs résultats ne sont pas automatiquement transférables d'un aliment à l'autre. Les différences de souche enzymatique, de formulation, de dose déclarée par l'étude, de composition des matières premières, d'âge des animaux et de conditions d'élevage peuvent modifier l'ampleur de la réponse. Les résultats observés chez des porcelets ne se traduisent pas nécessairement de la même manière chez des poulets, des pondeuses ou des poissons ^{[10] [13] [12]}.

Les études in vitro ou de caractérisation enzymatique sont utiles pour comprendre les propriétés fondamentales d'une phytase, notamment sa stabilité thermique, son comportement à différents pH ou sa résistance aux protéases. Elles ne remplacent pas les observations en conditions d'alimentation, car le tube digestif combine transit, hydratation, compétition avec d'autres substrats, interactions minérales et dynamique microbienne. Les travaux sur des phytases résistantes à la protéolyse ou actives à bas pH illustrent bien cette distinction entre potentiel biochimique et résultat nutritionnel ^{[6] [2]}.

Enfin, la phytase ne doit pas masquer les fondamentaux de la qualité des matières premières. Des ingrédients dégradés, contaminés ou très variables peuvent réduire la prévisibilité des performances, même avec une enzyme appropriée. La meilleure logique d'utilisation consiste à considérer la phytase comme un outil de précision pour mieux utiliser le phosphore phytique, et non comme une compensation à une formulation déséquilibrée ^[1].

Positionnement du produit Enzymes.bio

Le produit « Thermostable Phytase Enzyme For Animal Feed CAS 37288-11-2 » est présenté sur Enzymes.bio comme une phytase destinée à l'alimentation animale. La catégorie phytase du site regroupe des enzymes en poudre destinées aux applications volailles et porcines, ce qui correspond aux usages les plus documentés dans la littérature nutritionnelle sur la phytase .

Enzymes.bio doit être compris comme un fournisseur B2B en ligne d'enzymes, et non comme un fabricant ni comme un laboratoire d'essais. Le rôle du fournisseur est de rendre le produit disponible à la commande dans le conditionnement indiqué, avec les documents associés à la commande ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec celle-ci .

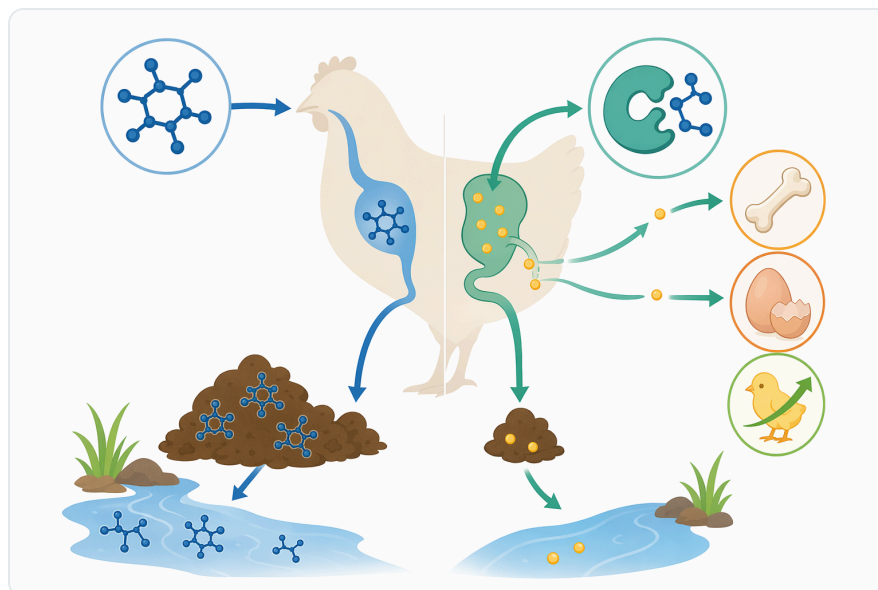


Figure 7. 피타아제는 배설 전에 식물성 원료에 결합된 인을 방출함으로써, 식단이 그에 맞게 배합될 경우 더 많은 인이 흡수 가능한 영양소 풀로 이동하도록 할 수 있습니다.

Pour un utilisateur industriel, la lecture correcte de ce type de produit est donc la suivante : il s'agit d'une enzyme de fonction phytase, identifiée par le CAS 37288-11-2, choisie pour des applications d'alimentation animale où la résistance aux contraintes thermiques est pertinente. Les performances attendues doivent rester reliées à la formulation, au procédé, à l'espèce animale et aux objectifs nutritionnels, plutôt qu'à la seule présence du terme « thermostable » .

Conclusion

La phytase thermostable CAS 37288-11-2 est un outil enzymatique destiné à améliorer l'utilisation du phosphore phytique dans les aliments pour animaux. Son mécanisme repose sur l'hydrolyse du phytate et la libération de phosphate inorganique, avec des effets potentiels sur la disponibilité minérale et la réduction de certaines interactions antinutritionnelles du phytate ^[1].

Son intérêt est particulièrement documenté dans les régimes de volailles, porcs et, de plus en plus, certaines applications aquacoles utilisant des ingrédients végétaux. Les études disponibles montrent des effets étudiés sur la digestibilité, la minéralisation osseuse, la croissance, la performance de ponte, la performance des truies ou la physiologie intestinale selon les espèces et les protocoles ^{[10] [13] [12]}.

La thermostabilité répond à une contrainte réelle de fabrication des aliments, mais elle ne suffit pas à garantir un résultat zootechnique. Une utilisation pertinente exige une ration contenant du phytate, une formulation phosphocalcique cohérente, un procédé compatible et une compréhension réaliste

des limites de l'enzyme. Dans ce cadre, la phytase thermostable proposée par Enzymes.bio en unité de 1 kg constitue une option B2B pour les applications d'alimentation animale où la valorisation du phosphore végétal et la résistance aux procédés thermiques sont des critères importants .

Commander Thermostable Phytase Enzyme For Animal Feed Cas 37288-11-2 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 Thermostable Phytase Enzyme For Animal Feed Cas 37288-11-2 →](#)

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. Kryukov, V., Glebova, I., & Zinoviev, S. V. (2021). Reevaluation of Phytase Action Mechanism in Animal Nutrition. *Biochemistry (Moscow)*, 86, S152 - S165.
2. Kalkan, Ş. O., Bozcal, E., Tuna, E. E. H., & Uzel, A. (2020). Characterisation of a thermostable and proteolysis resistant phytase from *Penicillium polonicum* MF82 associated with the marine sponge *Phorbas* sp.. *Biocatalysis and Biotransformation*, 38, 469 - 479.
3. Kumar, V., Yadav, A. N., Verma, P., Sangwan, P., Saxena, A., Kumar, K., & Singh, B. (2017). β-Propeller phytases: Diversity, catalytic attributes, current developments and potential biotechnological applications.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 595-609 .
4. Chondrou, T., Adamidi, N., Lygouras, D., Hirota, S. A., Androutsos, O., & Svolos, V. (2024). Dietary Phytic Acid, Dephytinization, and Phytase Supplementation Alter Trace Element Bioavailability—A Narrative Review of Human Interventions. *Nutrients*, 16.
5. Verdú, M., Merriman, L., Guitart, X., Balart, M., Llovet, J. C., Montull, R. T., Comas, J., ... et al. (2023). PSIV-17 Effect of Phytase Supplementation on Growth Performance, Bone Mineralization, Metabolism, and Excretion of Calcium and Phosphorous on Fattening Pigs Fed a Diet Containing no Inorganic Phosphate. *Journal of Animal Science*.
6. Henninger, C., Hoferer, M., Ochsenreither, K., & Eisele, T. (2023). Cross-linked phytase aggregates for improved phytate degradation at low pH in animal feed. *European Food Research and Technology*, 249, 2377-2386.
7. Zhang, Z., Yang, J., Xie, P., Gao, Y., Bai, J., Zhang, C., Liu, L., ... et al. (2020). Characterization of a thermostable phytase from *Bacillus licheniformis* WHU and further stabilization of the enzyme through disulfide bond engineering.. *Enzyme and Microbial Technology*, 142, 109679 .

8. Yang, L., Shi, H., Liu, F., Wang, Z., Chen, K., Chen, W., Niu, X., ... et al. (2022). Gene cloning of a highly active phytase from *Lactobacillus plantarum* and further improving its catalytic activity and thermostability through protein engineering. *Enzyme and Microbial Technology*, 156, 109997 .
9. Lopes, M., Coutinho, T. C., Malafatti, J., Paris, E., Sousa, C. P., & Farinas, C. (2021). Immobilization of phytase on zeolite modified with iron(II) for use in the animal feed and food industry sectors. *Process Biochemistry*, 100, 260-271.
10. Moita, V., Duarte, M. E., & Kim, S. (2022). 93 Efficacy of Bacterial 6-Phytase and its Optimal Supplementation Level on Bone Parameters, Nutrient Digestibility, and Growth Performance of Nursery Pigs. *Journal of Animal Science*.
11. Shi, H., Chopra, V. S. R., Paneru, D., & Kim, W. (2024). Effects of phytase and 25-Hydroxycholecalciferol supplementation in broilers fed calcium-phosphorous deficient diets, with or without *Eimeria* challenge, on growth performance, body composition, bone development, and gut health. *Animal Nutrition*, 19, 411 - 428.
12. Negm, A., Abo-Raya, M. H., Gabr, A. M., Baloza, S. H., El-Nokrashy, A., Prince, A., Arana, D., ... et al. (2024). Effects of phytase enzyme supplementation on growth performance, intestinal morphology and metabolism in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of animal physiology and animal nutrition*.
13. Pirzadeh, S. A., Liu, G., Purba, M. A., & Cai, H. (2024). Enhancing the Production Performance and Nutrient Utilization of Laying Hens by Augmenting Energy, Phosphorous and Calcium Deficient Diets with Fungal Phytase (*Trichoderma reesei*) Supplementation. *Animals*, 14.
14. Peretti, D. C., Callegari, M., Dias, C. P., Souza Romano Bergamo, G., Vasanthakumari, B. L., Costa, M. C. R., Carvalho, R. H., ... et al. (2025). Enhanced Farrowing Efficiency and Sow Performance with *Escherichia coli*-Derived 6-Phytase Supplementation During Late Gestation and Lactation. *Animals*, 15.
15. Venkataraman, S., Raj, K. M., Vivek, S., Johnson, B., & Vaidyanathan, V. (2025). Enhanced Nutritional Efficiency in Poultry Feed: Optimized Production and Immobilization of Thermostable Phytase from *Mucor indicus* Using Agricultural By-Products. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 197, 4351 - 4367.
16. Perez-Palencia, J., Samuel, R., & Levesque, C. (2021). Supplementation of protease to low amino acid diets containing superdose level of phytase for wean-to-finish pigs: effects on performance, postweaning intestinal health and carcass characteristics. *Translational Animal Science*, 5.

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.