

飼料級鹼性蛋白酶用於發酵豆粕：提升植物蛋白水解、胜肽化與飼料利用性的技術說明

Enzymes.bio 研究團隊 · 紐西蘭威靈頓 · June 21, 2026

飼料級鹼性蛋白酶 (Feed Grade Alkaline Protease) 用於發酵豆粕時，主要功能是水解豆粕中的大分子蛋白與部分蛋白性抗營養因子，使其轉為較小的胜肽與胺基酸型態，進而支援單胃動物、幼齡動物與水產飼料的蛋白利用。

現有研究支持蛋白酶可改善豆粕胺基酸消化率、外源酵素可提升小麥—豆粕型日糧的營養利用，且發酵豆粕在豬、肉雞與魚類研究中常與腸道微生物、消化率與生長表現改善相關；但實際效果仍取決於原料、發酵菌種、製程與配方條件。^[1]

酵素名稱與主要應用

本文件討論的酵素為 **Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal**，中文可稱為「發酵豆粕用飼料級鹼性蛋白酶」。其主要應用場景包括發酵豆粕加工、植物性蛋白飼料前處理、豆粕替代魚粉或乳源蛋白時的蛋白質改質，以及水產、乳豬、肉雞等對蛋白品質敏感配方中的原料升值。蛋白酶在動物飼料中的核心定位，是透過切斷蛋白質肽鍵，改善飼料蛋白的可利用性，而不是作為單一營養素或活菌產品。^[1]

Enzymes.bio 作為酵素供應商，提供可線上直接購買的 1 kg 單位產品；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。這類產品真的合理定位，應放在「協助發酵豆粕蛋白水解與原料改質」而非「保證動物生長表現」；因為動物端結果會受日糧設計、原料變異、飼養條件與加工歷程共同影響。

為什麼發酵豆粕需要蛋白酶輔助？

豆粕是畜禽與水產飼料中最重要植物性蛋白來源之一，但「粗蛋白含量高」不等於「所有蛋白都能被有效消化」。大豆蛋白中存在儲藏蛋白、抗原性蛋白與部分蛋白性抗營養因子，對乳豬、雛雞、仔魚、蝦類等消化系統較敏感的動物尤其重要；近期關於豆粕營養品質改良的研究，也持續把降低抗營養因子、提升蛋白利用率視為核心方向。^[2]

發酵豆粕的價值在於透過微生物代謝與酵素作用，降低部分不利因子、改善風味與消化特性，並提高小分子胜肽比例。針對發酵豆粕作為高品質蛋白來源的綜述指出，其機制通常涉及抗營養因子下降、蛋白結構改變、胜肽與胺基酸釋放，以及腸道微生物調節等多重路徑。^[3]

然而，發酵本身不一定能穩定提供足夠或一致的蛋白水解。不同菌株分泌蛋白酶能力不同，發酵溫度、含水量、基質粒徑、通氣與乾燥條件也會影響最終產品。外加鹼性蛋白酶的角色，是在既有發酵製程中補強「蛋白質定向水解」這一段，使豆粕從大分子蛋白原料，逐步轉為較易被消化酵素接觸的小分子蛋白片段。^[4]

鹼性蛋白酶的作用機制：從肽鍵水解到抗營養蛋白弱化

水解大分子蛋白，增加小分子胜肽比例

鹼性蛋白酶的基本功能是催化蛋白質中肽鍵的水解。以豆粕為例，原本緊密摺疊或聚集的大豆蛋白，在酵素作用後可被切割成較短的多肽、寡肽與游離胺基酸。這種「胜肽化」不只是分子量變小，也可能改變溶解性、蛋白暴露位點與後續腸道消化酵素的接觸效率。動物飼料蛋白酶綜述指出，外源蛋白酶被用於補充內源消化能力，並改善飼料蛋白與胺基酸的利用。^[1]

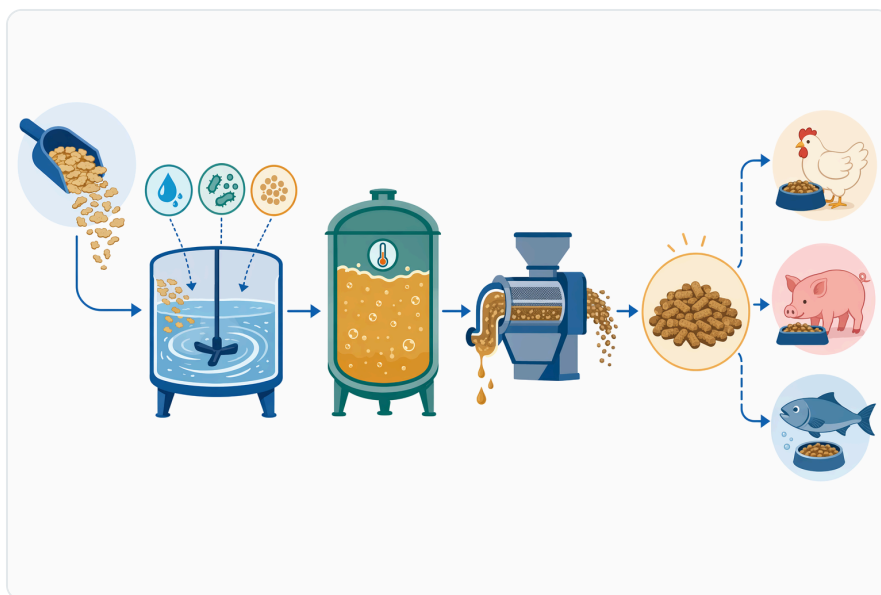


Figure 1. 鹼性蛋白酶在水合豆粕的調質、發酵、乾燥及成品飼料原料處理過程中，可作為一種加工助劑。

對幼齡動物而言，小分子化尤其有意義。斷奶仔豬腸道仍在適應固態飼料，未充分消化的大豆蛋白可能增加後腸發酵壓力；發酵豆粕研究顯示，補充發酵豆粕可透過調節腸道微生物並改善表觀總消化率，與斷奶仔豬生長表現改善相關。這並不表示任何酵素處理都會得到同樣結果，但支持「豆粕改質與腸道利用」之間具有明確生物學連結。^[4]

作用於蛋白性抗營養因子

豆粕中的抗營養因子可分為蛋白性與非蛋白性兩類。鹼性蛋白酶較直接作用於蛋白性因子，例如部分胰蛋白酶抑制因子、凝集素與抗原性蛋白；它不會直接解決所有寡糖、植酸或纖維問題。近年關於大豆粕營養品質提升的研究，仍把降低抗營養因子列為重要目標，因為這些成分會影響動物消化與配方使用彈性。^[2]

酵素水解能否有效降低某一抗營養蛋白的影響，取決於該蛋白的結構、熱處理歷史與酵素可接觸性。換言之，鹼性蛋白酶不是「全面去除抗營養因子」的工具，而是針對蛋白質結構進行剪切與弱化。若配方問題主要來自植酸磷或非澱粉多醣，則需要其他酵素或發酵策略配合。^[5]

與發酵形成互補，而不是取代發酵

發酵微生物可產生有機酸、代謝物與部分內源酵素，並改變豆粕基質結構；鹼性蛋白酶則提供更聚焦的蛋白水解功能。固態發酵在水產飼料研究中被視為提升植物性原料價值的潛在技術，因為它能改善原料營養特性並降低部分不利因子，但其效果仍取決於菌種、基質與製程控制。^[6]

因此，在發酵豆粕製程中，鹼性蛋白酶可以放在三種思路下理解：第一，發酵前預水解，使基質更容易被微生物利用；第二，發酵中協同水解，讓蛋白分解與微生物代謝同步進行；第三，發酵後短程水解，進一步提升小分子肽比例。實際選擇應依製程設計而定，而非假設單一加入點必然最佳。^[3]

研究證據如何支持發酵豆粕用蛋白酶？

蛋白酶與豆粕胺基酸消化率

針對生長豬的研究評估了蛋白酶補充對豆粕胺基酸消化率的影響，研究主題直接聚焦於不同年齡豬隻餵飼豆粕時，外源蛋白酶對胺基酸利用的作用。這類研究的重要性在於，它不是只觀察「粗蛋白」總量，而是看胺基酸層級的消化與吸收潛力，更貼近飼料配方實務。^[7]

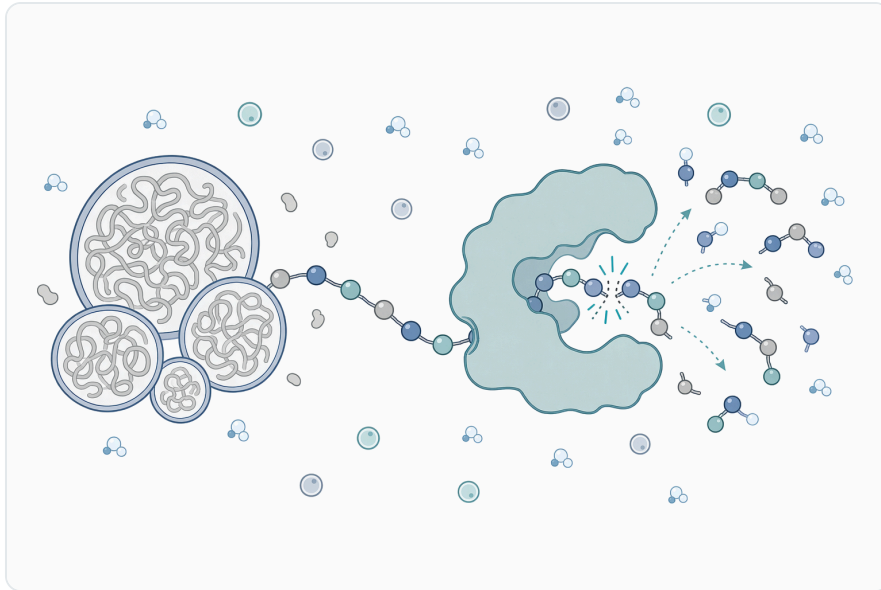


Figure 2. 鹼性蛋白酶會切割大型大豆貯藏蛋白中的肽鍵，形成較小的肽、可溶性氮組分，以及含胺基酸的片段。

另一項同樣聚焦於生長—肥育豬不同年齡階段的研究，也評估了蛋白酶補充對豆粕胺基酸消化率的效果。對 B2B 飼料應用而言，這代表蛋白酶的價值應被放在「原料可利用胺基酸」與「配方安全邊際」中思考，而不是單純宣稱提高蛋白含量。^[8]

發酵豆粕在豬、肉雞與魚類中的應用

斷奶仔豬研究指出，發酵豆粕補充可透過調節腸道微生物，影響生長表現與表觀總消化率。這對發酵豆粕用鹼性蛋白酶的啟示是：如果酵素處理能提高發酵豆粕中可利用胜肽與胺基酸比例，便可能支援發酵豆粕在幼齡豬配方中的使用彈性。^[4]

肉雞方面，研究探討了發酵豆粕取代一般豆粕後，對生長表現與腸道發育的影響。肉雞的腸道發育與蛋白消化效率密切相關，因此發酵豆粕中的蛋白小分子化、抗營養因子下降與基質改質，都可能共同影響其配方價值。^[9]

水產動物對植物性蛋白的耐受度與魚種、成長階段及配方平衡有關。幼魚研究顯示，發酵豆粕補充與生長、抗氧化、免疫及 mTOR 訊號路徑有關；另有日本鰻研究探討發酵豆粕取代魚粉並搭配香菇發酵補充物的效果，顯示發酵植物蛋白在水產配方中已是重要研究方向。^[10]

外源酵素在豆粕型日糧中的配方價值

在小麥—豆粕型肉雞日糧中，外源酵素補充被研究用於提升能量與營養利用。這說明在實際飼料中，酵素常不是單獨服務於某一原料，而是改善整體日糧中蛋白、能量與基質可及性。^[11]

更廣義的農工副產物升值研究也指出，酵素輔助處理可提高肉雞生產中副產物利用效率，並支援更永續的飼料資源利用。對發酵豆粕而言，鹼性蛋白酶的商業價值不只在於單次水解，而是協助植物性蛋白原料從低一致性、較難消化的基質，轉為更容易被配方師納入的功能性蛋白原料。^[5]

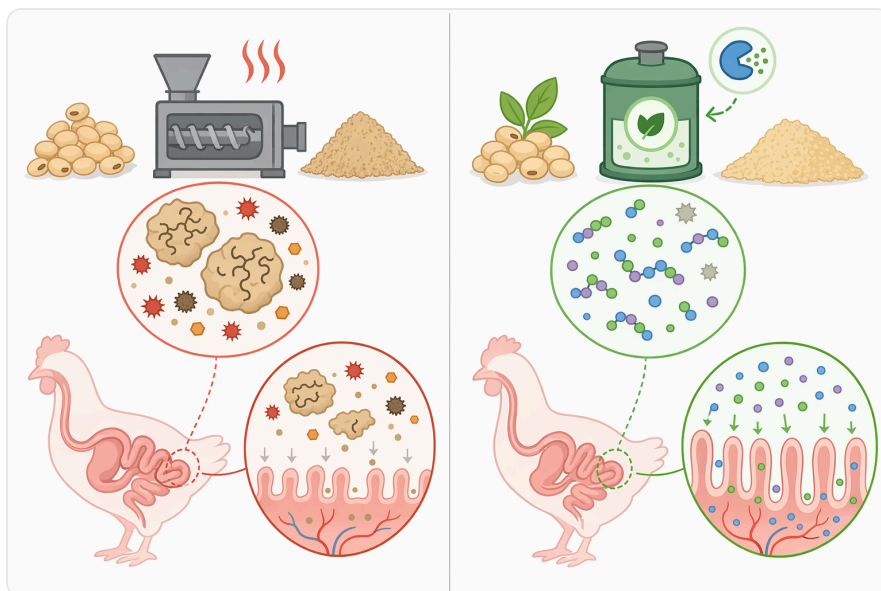


Figure 3. 酸性、中性與鹼性蛋白酶的主要差異，在於它們最適合用於發酵過程中哪一個 pH 階段的蛋白質水解。

發酵豆粕加工中的應用位置比較

不同工廠或飼料原料加工者，對鹼性蛋白酶的使用位置可能不同。以下比較表整理常見製程概念，目的在於說明應用邏輯，而非提供固定操作條件。

應用位置	製程概念	可能優點	需要注意的限制
發酵前預處理	先以鹼性蛋白酶部分水解豆粕蛋白，再進入微生物發酵	可增加可溶性氮源與小分子肽，可能幫助後續菌體利用基質	若水解過度，可能改變發酵氣味、胺基酸平衡或產生苦味肽
發酵中協同添加	酵素與發酵菌種在同一階段作用	蛋白水解與微生物代謝同步進行，製程整合度高	酵素最適條件與菌種最適條件不一定相同
發酵後再水解	發酵完成後，再進行短程蛋白水解	可針對最終產品提高肽化程度，便於調整產品定位	需避免後段乾燥或熱歷程造成品質波動

應用位置	製程概念	可能優點	需要注意的限制
複合酵素策略	與植酸酶、纖維酶、澱粉酶等搭配	可同時處理蛋白、植酸、纖維或澱粉基質問題	不同酵素的作用條件與目標基質不同，不能以蛋白酶取代全部功能

這張表的重點是：鹼性蛋白酶最擅長處理蛋白質，不應被誤用為所有豆粕抗營養因子的單一解方。文獻中關於外源酵素與農工副產物的討論，也強調不同酵素應依基質特性搭配，才能支援飼料效率與原料升值。^[5]

對不同動物配方的意義

乳豬與幼齡單胃動物

乳豬在斷奶前面臨消化酵素分泌、腸道屏障與微生物群重組的壓力，因此對蛋白來源的消化性與抗原性較敏感。發酵豆粕研究顯示，其補充與斷奶仔豬腸道微生物調節及表觀消化率改善相關；若鹼性蛋白酶能在原料端提高小分子胜肽比例，便有機會支援這類高消化率植物蛋白的製備。^[4]

不過，乳豬配方仍須平衡可消化胺基酸、乳糖或能量來源、礦物質與腸道健康策略。鹼性蛋白酶改善的是蛋白基質可水解性，不等於直接替代完整配方設計。這也是為什麼蛋白酶應被視為原料改質工具，而不是獨立的生長促進宣稱。^[1]

肉雞與其他家禽

肉雞配方中，豆粕通常是主要植物蛋白來源，但其消化率、抗營養因子與腸道反應會影響整體飼料效率。研究顯示，發酵豆粕取代一般豆粕時，會影響肉雞生長表現與腸道發育指標；這使發酵豆粕的蛋白水解程度、胜肽組成與原料穩定性成為重要品質面向。^[9]

外源酵素在小麥—豆粕型肉雞日糧中的研究，也顯示酵素補充可與能量與營養利用改善連結。對飼料廠而言，若發酵豆粕已經經過蛋白酶改質，其價值應放在可消化胺基酸、腸道適口性與配方一致性中評估。^[11]

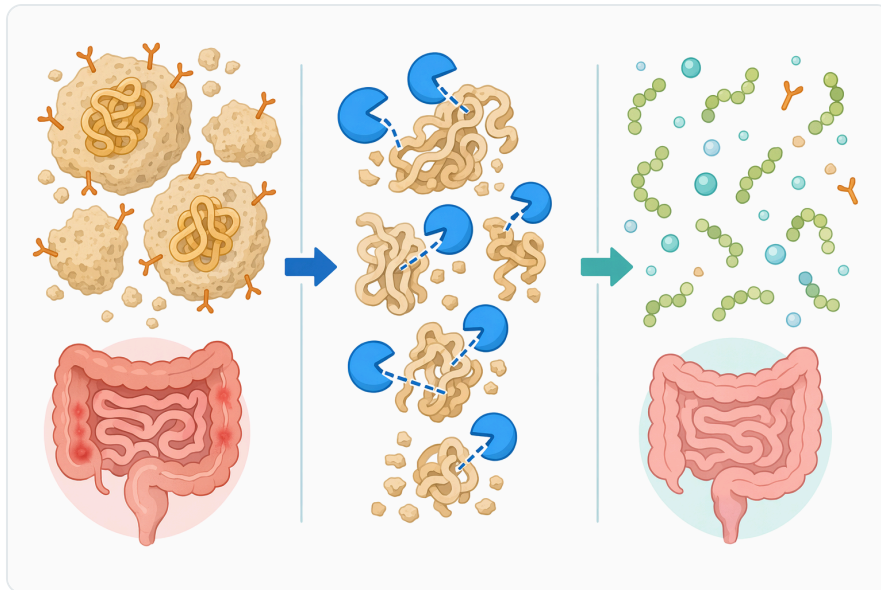


Figure 4. 蛋白酶輔助發酵可破壞完整的球蛋白與 β -伴大豆球蛋白結構，同時增加較小肽類組分。

水產飼料

水產配方常面臨魚粉替代壓力，而發酵豆粕是常見植物蛋白替代方向之一。銀鮭幼魚研究指出，發酵豆粕補充與生長、抗氧化、免疫及 mTOR 訊號路徑相關；白蝦與日本鰻相關研究也探討了發酵豆粕替代魚粉時的營養與生理效果。^[12]

水產動物對可溶性蛋白、游離胺基酸與小分子胜肽的反應，常與攝食、消化率及腸道耐受性有關。鹼性蛋白酶用於發酵豆粕時，可作為提高植物蛋白胜肽化程度的加工工具；但不同魚蝦種類對發酵豆粕取代比例的耐受度不同，仍需依配方與養殖目標判讀。^[13]

品質控制觀點：一致性比誇大效果更重要

發酵豆粕的商業價值，最終取決於穩定性。原料批次、發酵菌種、含水量、乾燥條件與儲存狀態都會影響最終產品；近紅外光譜影像等飼料品質安全研究也反映出，現代飼料產業越來越重視原料快速辨識、品質一致性與安全監控。^[14]

從技術文件角度，鹼性蛋白酶不應被描述為「保證降低成本」或「固定提升換肉率」的產品。較可信的說法是：它能在發酵豆粕加工中提供可解釋的蛋白水解機制，協助提高小分子化與原料改質的一致性；至於動物端結果，需回到日糧配方、動物階段與飼養條件共同判斷。^[1]

常見誤解與正確定位

第一，鹼性蛋白酶不是發酵菌，也不是益生菌。它不會像活菌一樣繁殖，也不會自行完成整套發酵代謝；它的任務是催化蛋白質水解，協助發酵豆粕形成較多可利用的蛋白片段。發酵豆粕綜述將其價值歸因於多重機制，包括微生物作用、營養結構改變與抗營養因子下降，而蛋白酶只是其中與蛋白水解最直接相關的一環。^[3]

第二，鹼性蛋白酶不是所有抗營養因子的處理工具。對蛋白性因子，它有較直接的結構破壞潛力；對植酸、非澱粉多醣或某些寡糖，通常需要植酸酶、纖維酶或發酵菌代謝共同處理。酵素輔助副產物升值研究同樣強調，酵素應依基質特性選擇，而非以單一酵素處理所有營養限制。^[5]

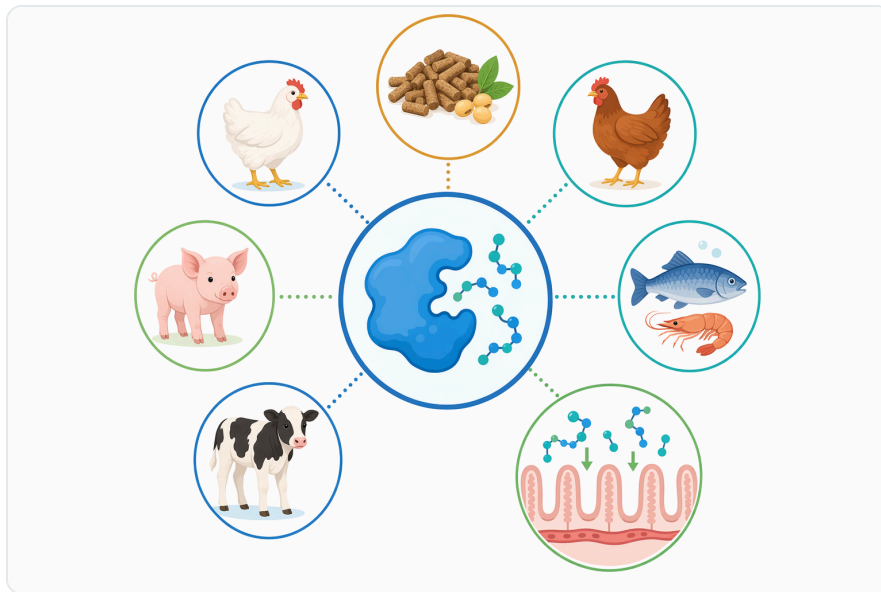


Figure 5. 經蛋白酶處理輔助製成的發酵豆粕，適用於重視可消化植物蛋白並希望降低完整抗原性蛋白的飼料領域。

第三，蛋白水解不是越高越好。過度水解可能造成苦味胜肽、氣味改變或配方適口性問題；水解不足則可能無法達到降低大分子蛋白負擔的目的。發酵豆粕作為高品質蛋白來源時，重點在於找到適合目標動物與配方的水解程度，而非追求單一最大化指標。^[3]

Enzymes.bio 產品頁可採用的技術表述

對 Enzymes.bio 這類線上供應平台而言，**Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal** 可清楚定位為：「用於發酵豆粕與植物性蛋白飼料加工的飼料級鹼性蛋白酶，協助水解大分子豆粕蛋白，促進小分子胜肽與胺基酸釋放，並支援蛋白原料改質與消化利用。」這樣的表述符合蛋白酶在飼料補充與蛋白原料處理中的科學基礎，也避免把加工機制直接誇大為固定動物表現。^[1]

產品資訊上，適合強調 1 kg 單位可線上直接購買，以及 CoA 與 SDS 會隨訂單提供。由於 Enzymes.bio 是供應商而非製造商或實驗室，內容應聚焦於應用邏輯、研究背景與合理使用場景，不宜呈現為製造端製程宣稱或實驗室檢測說明。

總結：發酵豆粕用鹼性蛋白酶的核心價值

發酵豆粕用飼料級鹼性蛋白酶的核心價值，是把豆粕從「高蛋白但部分難消化」的植物原料，推進為「較高小分子化、較易被配方利用」的蛋白改質原料。其機制來自蛋白酶對肽鍵的水解、對部分蛋白性抗營養因子的弱化，以及與微生物發酵在基質改質上的互補。^[1]

現有研究支持發酵豆粕在斷奶仔豬、肉雞與水產配方中的應用潛力，也支持外源蛋白酶可影響豆粕胺基酸消化率與豆粕型日糧的營養利用。不過，最可信的技術結論仍應保持精準：鹼性蛋白酶是有科學基礎的蛋白水解工具，可支援發酵豆粕品質與應用彈性；實際動物表現則需由原料品質、配方設計與飼養條件共同決定。^[4]

線上訂購 Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal

以 1 kg 單位販售，現貨供應，可立即出貨。請直接於我們的線上商店下單並付款，我們將為您處理訂單。每筆訂單皆附分析證明書與安全資料表。

[購買 Feed Grade Alkaline Protease For Fermented Soybean Meal →](#)

參考文獻

依首次引用順序編號。所有來源皆為開放取用資料，並於發布時確認可連線；正文中的引用編號會連結至此。

1. Oliveira Sousa, T., Silva, N. A., Melo Oliveira, V., Silva Ramos, A. V., Filho, J. P. M. B., Batista, J. M. S., Costa, R. M. P. B., ... et al. (2025). Use of proteases for animal feed supplementation: scientific and technological updates. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 797 - 809.
2. Krishnan, H. B. (2025). 279 Enhancing soybean meal nutritional quality through genetic engineering: reducing antinutritional factors for optimal animal feed. *Journal of Animal Science*.
3. Lambo, M. T., Ma, H., Zhang, H., Song, P., Mao, H., Cui, G., Dai, B., ... et al. (2023). Mechanism of action, benefits, and research gap in fermented soybean meal utilization as a high-quality protein source for livestock and poultry. *Animal Nutrition*, 16, 130 - 146.
4. Muniyappan, M., Shanmugam, S., Park, J. H., Han, K., & Kim, I. (2023). Effects of fermented soybean meal supplementation on the growth performance and apparent total tract digestibility by modulating the gut microbiome of weaned piglets. *Scientific Reports*, 13.

5. Sugiharto, S., Handayani, F., Adli, D., Sholikin, M. M., & Ujilestari, T. (2026). Enzyme-assisted valorization of agro-industrial byproducts for sustainable and efficient broiler production. *Veterinary World*, 19, 782 - 804.
6. Kalaiselvan, P., Devi, N. C., Deepti, M., Devi, A. A., Akamad, K., Dheeran, P., Debbarma, S., ... et al. (2025). Solid-state fermentation—a sustainable future technology in aquafeeds?. *Frontiers in Marine Science*.
7. Galli, G. M., Infante, A. P. B., Levesque, C., Cantarelli, V., Chaves, R., Silva, C. C., Fascina, V. S., ... et al. (2024). PSII-17 Effect of protease supplementation on amino acids digestibility of soybean meal fed to growing pigs of different ages. *Journal of Animal Science*.
8. Galli, G. M., Levesque, C., Cantarelli, V. S., Chaves, R., Silva, C. C., Fascina, V., & Perez-Palencia, J. Y. (2024). Effect of protease supplementation on amino acid digestibility of soybean meal fed to growing-finishing pigs in two different ages. *Journal of Animal Science*, 102.
9. Zhao, M., Chen, X., Li, S., Liu, G., Chen, Z., Yang, P., Meng, K., ... et al. (2025). The investigation into the physicochemical properties of fermented soybean meal and its effects as a substitute for soybean meal on the growth performance and intestinal development of broiler chickens. *Poultry Science*, 104.
10. Zhang, Q., Yang, Q., Guo, M., Li, F., Qin, M., Xie, Y., Xu, J., ... et al. (2023). The Effects of Dietary Fermented Soybean Meal Supplementation on the Growth, Antioxidation, Immunity, and mTOR Signaling Pathway of Juvenile Coho Salmon (Oncorhynchus kisutch). *Fishes*.
11. Bauer, M., Ao, T., Jacob, J., Ford, M., Pescatore, A., Power, R. F., & Adedokun, S. (2025). Performance, energy, and nutrient utilization benefits with exogenous enzyme supplementation of wheat-soybean meal-based diets fed to 22-day-old broiler chickens. *Poultry Science*, 104.
12. Dai, J., Chen, S., Chen, Q., Dong, F., Tang, Y., Wang, J., Harpaz, S., ... et al. (2025). Effects of Glycine Supplementation on Growth Performance, Antioxidant Activity, Immunity, and Muscle Tissue Structure of Whiteleg Shrimp (Litopenaeus vannamei) Under Fermented Soybean Meal Substitution. *Aquaculture Research*.
13. Yu, J., Xiao, F., Xiao, Q., Chen, D., Zhou, G., Jiang, H., Fan, X., ... et al. (2025). Effects of Fermented Soybean Meal Replacing Fishmeal and Adding Lentinus edodes Fermentation Supplementation on Japanese Eel (Anguilla japonica) Cultivated in Pond Cage. *Fishes*.
14. Mendoza, P. T. D., Hurburgh, C., Maier, D. E., & Armstrong, P. R. (2023). NIR Spectral Imaging for Animal Feed Quality and Safety. *Applied Engineering in Agriculture*.


聯絡 Enzymes.bio

對訂單有疑問嗎？我們的團隊很樂意協助。


電子郵件 wholesale@enzymes.bio

電話 (美國) **+1 (507) 428-6057**

[聯絡我們 →](#)

 **400+** B2B 客戶

 **60+** 大學研究合作夥伴

 **54** 服務遍及全球

© 2026 Enzymes.bio · 工業與食品加工用酵素供應 · 非供人體食用或零售銷售。