

Lysozyme (CAS No. 12650-88-3) : 用於食品防腐、微生物控制與蛋白配方研究的溶菌酶

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

Lysozyme (溶菌酶 · CAS No. 12650-88-3) 是一種可裂解細菌肽聚糖細胞壁的天然蛋白酵素，主要應用於食品保存、飲料與發酵製程的微生物管理，以及部分飼料與蛋白配方研究場景。其核心價值在於對革蘭氏陽性菌具有明確的細胞壁破壞機制，但對革蘭氏陰性菌或複雜污染系統通常需要與其他保存策略搭配。Enzymes.bio 作為線上酵素供應商，提供 1 kg 單位的 Lysozyme 產品，CoA 與 SDS 會隨訂單提供；本文著重於應用邏輯、穩定性與配方整合判讀，而非製造或實驗室檢測說明。

Lysozyme 是什麼：天然抗菌蛋白與 muramidase 酵素

Lysozyme 又稱 muramidase，是一類小型、帶正電特性的蛋白酵素，最常被討論的來源是雞蛋白溶菌酶；在文獻中，它既被視為天然免疫防禦蛋白，也常被用作蛋白質穩定性、聚集、釋放系統與藥物結合研究的模型蛋白。其商業價值來自「可被配方化」與「作用機制清楚」兩項特徵：前者使其能進入粉體、液體、包覆載體或複合材料系統，後者則讓食品、飲料與生物材料開發者能以較可預期的方式評估其抑菌角色。^[1]

在 B2B 應用語境中，Lysozyme 不應被理解為單一萬能防腐劑，而是微生物風險管理的一個功能性成分。它對細胞壁肽聚糖暴露較明顯的革蘭氏陽性菌較有機制優勢；但若污染風險來自革蘭氏陰性菌、酵母、黴菌或混合生物膜，單獨依賴 Lysozyme 往往不足，需要結合 pH、水活性、溫度、包裝、清潔衛生與其他天然抗菌因子進行系統設計。近年的食品保存研究也持續強調，多機制保存策略通常比單一成分更能面對真實食品基質中的微生物變異。^[2]

主要應用：食品防腐、飲料製程、飼料與配方研發

食品與發酵產品中的微生物控制

Lysozyme 在食品與飲料場景的主要定位，是降低特定細菌造成的品質劣變風險，而不是取代完整的殺菌或衛生管理流程。在乳製品、發酵食品、釀造飲品或高蛋白食品中，革蘭氏陽性菌的生長可能導致酸化異常、產氣、風味偏移、質地變化或貨架期縮短；Lysozyme 透過攻擊細胞壁，可作為配方或

製程中的一項抑菌輔助。此類應用最適合被放入「保存 hurdle」概念下評估，也就是與冷鏈、鹽度、酸度、包裝氣體、熱處理或其他天然抗菌成分共同設計。^[3]

食品保存產業近年對天然抗菌策略的興趣增加，包括 bacteriocins、抗菌胜肽、植物酚類、精油、光動力保存與智慧保鮮薄膜等；Lysozyme 的差異在於它是酵素型蛋白，具有特定底物與結構敏感性，而非廣泛干擾膜結構或氧化代謝的低分子抗菌物。這使它在某些配方中較容易建立清楚的機制假設，但也代表其效能會受到 pH、離子環境、加工溫度與食品基質中蛋白 / 多酚 / 多醣交互作用影響。^[4]

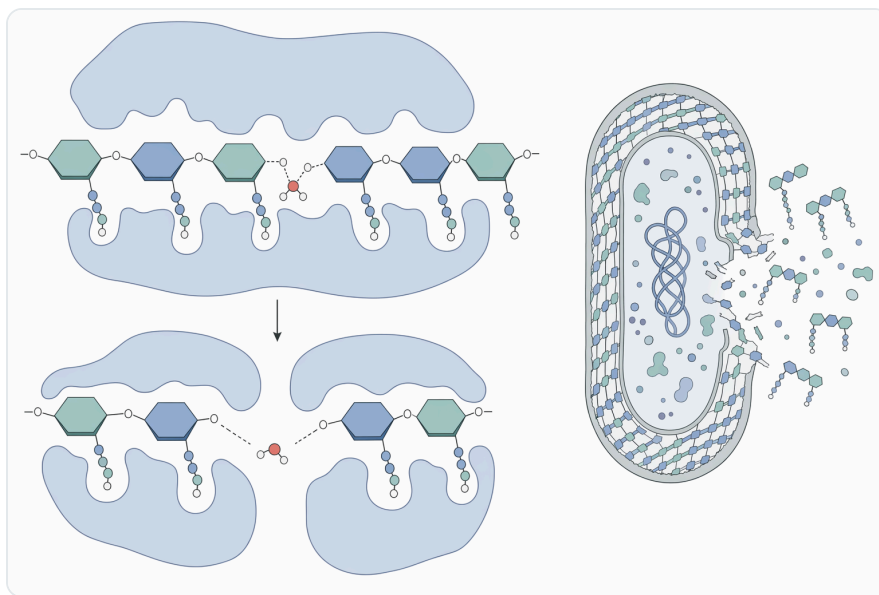


Figure 1. 溶菌酶會水解細菌肽聚糖中的 $\beta(1\rightarrow4)$ 糖苷鍵，削弱細胞壁，使易受影響的細菌更容易發生裂解或受到生長抑制。

飲料、發酵與後段加工

在飲料與發酵流程中，Lysozyme 的應用邏輯通常與「後段微生物穩定」有關，例如控制不希望持續增殖的乳酸菌或其他革蘭氏陽性菌。實務上，這類系統的挑戰不是酵素能否在理想緩衝液中發揮作用，而是它能否在酒精、酸度、多酚、金屬離子或膠體物質並存的基質中維持足夠結構完整性與功能。研究顯示，Lysozyme 能與小分子化合物產生結合或交互作用，這對飲料、植物萃取物或多酚含量高的配方尤其值得注意。^[5]

飼料與動物營養配方

在飼料應用中，Lysozyme 常被定位為支持腸道微生物管理的蛋白性功能成分。由於腸道環境包含胃酸、蛋白酶、膽鹽與複雜菌群，Lysozyme 是否能在特定動物種類、日糧結構與飼養條件下產生可重複效益，需要以配方整體來判讀，而不宜將體外抑菌結果直接推論為生產性能改善。相關文獻對 Lysozyme 的藥理與載體能力有廣泛討論，但飼料端仍應區分「抗菌機制存在」與「現場生產效益穩定」這兩個不同層次。^[1]

蛋白配方、載體與材料研發

Lysozyme 也是蛋白質配方與控制釋放研究中常見的模型蛋白。研究者將其裝載於 niosome、PLGA 植入物、海藻酸鹽複合奈米粒、碳奈米管複合物等系統，用來觀察蛋白穩定性、釋放行為、聚集傾向或生物相容性；這些研究不等同於一般食品添加情境，但可提供「蛋白酵素如何在加工與材料環境中維持結構」的重要線索。^[6]

抗菌機制：水解肽聚糖，而不是單純「抑制生長」

Lysozyme 的經典機制，是水解細菌細胞壁肽聚糖中 N-acetylmuramic acid (NAM) 與 N-acetylglucosamine (NAG) 之間的 β -1,4 糖苷鍵。肽聚糖是許多細菌維持細胞形狀與滲透壓穩定的關鍵結構；當其被切割後，細胞壁強度下降，細菌在滲透壓壓力下容易出現生長受阻、形態改變或裂解。因此，Lysozyme 對肽聚糖較外露的革蘭氏陽性菌通常更具直接性，而革蘭氏陰性菌外膜會形成額外屏障，使其對 Lysozyme 的敏感性降低。^[1]

然而，實際食品或飼料系統中的抗菌結果不只由酵素與細胞壁決定。鹽類可能影響蛋白電荷與底物接近性；酸鹼條件可能改變酵素構形；脂肪、蛋白質、多醣或多酚可能吸附或包埋 Lysozyme；加工溫度則可能造成部分變性或聚集。換言之，Lysozyme 的抗菌效果應被視為「酵素結構、底物可及性、基質干擾與微生物生理狀態」共同作用的結果，而不是固定不變的單一數值。^[7]

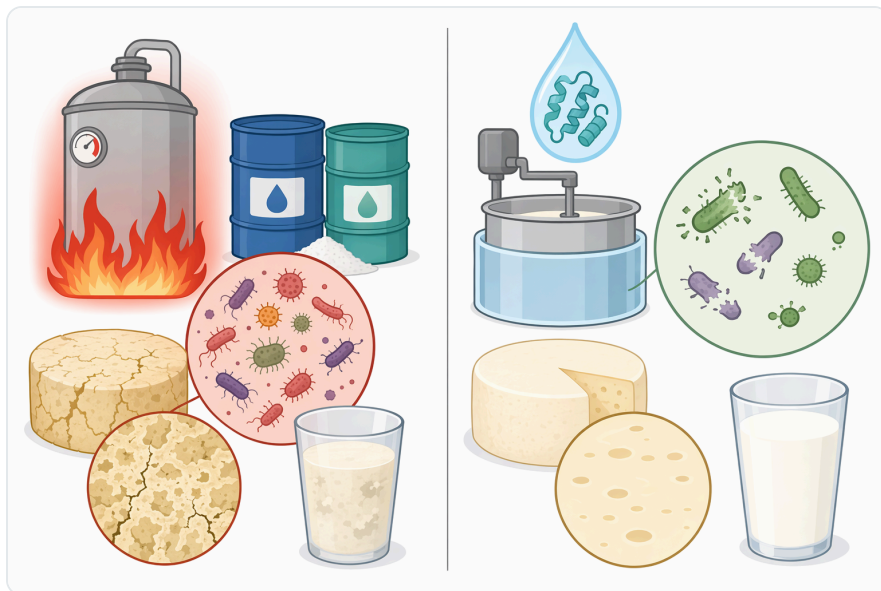


Figure 2. 溶菌酶不同於加熱、酸化、加鹽、酒精與整合等抑菌障礙，其主要作用是以酵素方式切斷細菌細胞壁中可接觸到的肽聚糖。

除催化細胞壁水解外，Lysozyme 也被研究作為可與其他分子或材料互動的蛋白。其與異黃酮等小分子的結合研究顯示，Lysozyme 可在特定條件下與生物活性分子形成交互作用；這對保健食品、植物萃取物飲品或藥物遞送研究有參考價值，但也提醒配方開發者：成分越複雜，越需要考慮蛋白結合造

成的可用性與穩定性變化。^[5]

與其他天然保存策略的比較

Lysozyme 在天然防腐或微生物管理工具中，最適合被歸類為「酵素型、細胞壁目標導向」的方案。下表比較常見天然或低加工保存策略的機制差異，有助於判斷 Lysozyme 應該單獨作為主功能成分，或與其他機制互補。^[8]

保存策略	主要作用機制	常見優勢	主要限制	與 Lysozyme 的互補性
Lysozyme	水解肽聚糖細胞壁，對革蘭氏陽性菌較具機制優勢	作用路徑清楚、天然蛋白來源、可納入粉體或液體配方	對革蘭氏陰性菌較受外膜限制，且受 pH、熱與基質交互作用影響	可與酸度、冷鏈、包裝或膜破壞型成分搭配
Bacteriocins / 抗菌胜肽	影響細胞膜、孔洞形成或干擾細胞壁合成	對特定食品菌群具針對性，研究與應用活躍	抗菌譜與法規適用性需逐案確認	可提供與細胞壁水解不同的攻擊點 ^[8]
植物酚類	多靶點干擾膜、蛋白、酵素與氧化還原平衡	來源多樣，可同時提供抗氧化與感官特色	可能帶來苦澀、顏色或香氣影響	可能增強微生物壓力，但也可能與蛋白結合 ^[4]
精油	破壞細胞膜完整性、改變通透性與能量代謝	抗菌廣度較高，適合包材或表面應用研究	揮發性與強烈氣味限制食品用量	可補足 Lysozyme 對外膜屏障的不足 ^[9]
光動力保存	光敏劑受光後產生活性氧，氧化細胞成分	可用於新鮮食品表面或包裝系統設計	需控制光源、光敏劑與食品基質相容性	屬不同機制，可作為表面微生物管理輔助 ^[10]

從表中可以看出，Lysozyme 的優勢不是「最廣效」，而是「機制明確」。若產品的主要風險是革蘭氏陽性菌導致的酸敗、產氣或品質失控，Lysozyme 較容易被納入明確的製程假設；若目標是廣泛抑制多類微生物，則通常需要多機制組合，例如搭配膜通透性干擾、低 pH、冷藏、降低水活性或抗菌包材。食品保存綜述也指出，智慧保鮮膜與多機制協同正成為降低單一防腐因子用量與提升貨架穩定性的方向。^[2]

穩定性關鍵：pH、乾燥、聚集與賦形環境

Lysozyme 是蛋白質，應用時最重要的限制之一是結構穩定性。高濃度蛋白配方研究顯示，蛋白在不同環境下可能發生二級結構改變、熱轉變行為變化或聚集；Lysozyme 常被用來作為模型，正是因為它的結構變化可反映許多蛋白性成分在配方中的共同挑戰。對食品與飼料開發者而言，這意味著 Lysozyme 不宜被當作惰性粉末看待，而應視為會受加工條件影響的功能性蛋白。^[11]



Figure 3. 溶菌酶適用於特定食品、葡萄酒、飲料、生物技術、口腔護理與衛生應用，前提是存在易受影響的細菌，且配方條件相容。

pH 是另一個關鍵因素。研究指出，Lysozyme 在酸鹼誘導變性條件下的穩定性會受到溶液環境影響，某些離子液體或深共熔溶劑相關系統可改善其對 pH 變性的耐受性；雖然這類研究多屬配方科學與蛋白穩定性領域，不代表可直接移植到食品生產，但它說明了「微環境」對 Lysozyme 結構保存的重要性。^[12]

乾燥製程也會改變 Lysozyme 的物理狀態。比較噴霧乾燥與結晶 Lysozyme 的研究發現，界面活性劑與糖類會影響粉體與蛋白性質；另有凍乾蛋白配方研究顯示，糖類可透過降低分子運動性來幫助維持蛋白穩定。這些結果對粉體混配、乾燥食品、飼料預混或固態配方具有啟示：配方中的糖、多醣、界面活性物質與水分狀態，都可能影響 Lysozyme 的可用性。^[13]

聚集則是另一個需要關注的蛋白風險。Lysozyme 在不同 pH 條件下可能形成聚集體，相關電化學研究以 pH 2 與 pH 7.4 條件觀察 Lysozyme 聚集行為，顯示蛋白聚集並非只發生在極端加工，而可能在儲存或配方條件變動中逐步出現。對應用端而言，聚集可能降低活性、改變溶解性，甚至影響外觀或感官表現。^[14]

控制釋放與包覆：從研究模型到應用啟示

Lysozyme 被廣泛用於控制釋放系統研究，原因在於它是水溶性、結構明確且功能可追蹤的蛋白。Niosome 載體研究將 Lysozyme 裝載於非離子界面活性劑囊泡中，評估其物理化學特性與受控釋放潛力；這類成果對食品或飼料端的直接意義，不是宣稱產品具有藥物遞送功能，而是提示：脂質或界面活性材料可改變 Lysozyme 的分散、保護與釋放行為。^[6]

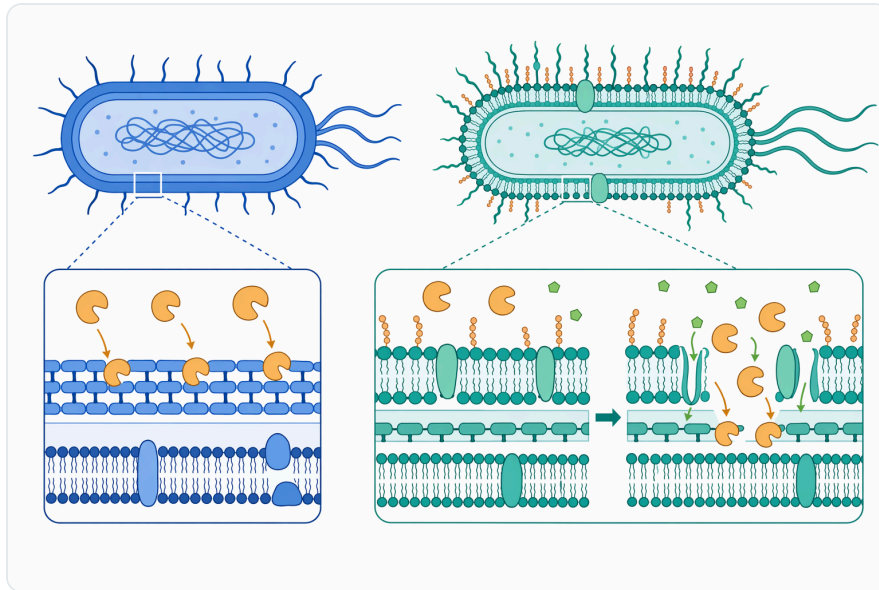


Figure 4. 革蘭氏陽性菌通常較容易受影響，因為其肽聚糖較暴露；而革蘭氏陰性菌的外膜則可能限制溶菌酶的接觸。

高分子系統同樣提供重要線索。PLGA 植入物研究顯示，熱熔擠出製備條件與聚合物環境會影響 Lysozyme 的穩定性與釋放表現；海藻酸鹽聚電解質複合奈米粒研究則探討了 Lysozyme 在多醣複合粒子中的裝載與安全性。對工業配方而言，這些研究提醒開發者，若將 Lysozyme 放入包覆粉末、薄膜、顆粒或凝膠系統，釋放速率與結構穩定性必須和最終用途一起設計。^[15]

在材料科學中，Lysozyme 也曾與單壁碳奈米管形成共價接枝系統，用以分析活性與穩定性，並提出潛在生醫與工業應用。這類研究尚不等同於一般食品接觸材料或商業包材可直接使用，但它說明 Lysozyme 可被視為「可固定化、可複合化」的功能蛋白；未來若用於抗菌表面或主動包裝，仍需依材料安全、遷移風險與當地法規逐案評估。^[16]

實務整合：把 Lysozyme 放在正確的製程位置

在液體系統中，Lysozyme 的加入位置通常應避開會造成蛋白嚴重變性的條件，例如過度高溫、極端酸鹼或會強烈沉澱蛋白的配方環境。若產品後段仍有熱處理或高剪切操作，Lysozyme 的有效性可能下降；若加入太晚，則可能無法充分接觸目標菌群。較合理的思路，是把它放在「目標微生物仍可被接觸、但酵素結構尚能保存」的流程區段，並將其視為整體保存設計的一部分。^[7]

在粉體或乾混系統中，Lysozyme 的挑戰是均勻分散、吸濕控制與儲存期間結構維持。蛋白粉末若暴露於高濕、高溫或反覆溫度波動，可能發生結塊、部分變性或聚集；若與還原糖、多酚、礦物鹽或高反應性植物萃取物長期共存，也可能出現非預期交互作用。凍乾與乾燥蛋白研究顯示，賦形環境會影響分子運動與穩定性，因此粉體配方不能只看添加比例，也要考慮水分與微環境。^[13]



Figure 5. 在細菌裂解流程中，溶菌酶可先軟化肽聚醣細胞壁，再透過機械、滲透壓、清潔劑或其他破壞步驟釋放細胞內物質。

在高多酚或植物性配方中，Lysozyme 與小分子的結合值得特別注意。異黃酮與雞蛋白 Lysozyme 的結合研究說明，蛋白與植物活性分子之間可能存在可測得的相互作用；這可能影響酵素表面電荷、構形或可及性，也可能改變產品澄清度與沉澱傾向。對飲料、營養粉或植物萃取物複方而言，這不是禁止使用 Lysozyme，而是提醒配方設計需要以實際基質判讀效果。^[5]

法規、安全與標示考量

Lysozyme 多與雞蛋白來源相關，因此在食品鏈應用時需注意蛋類過敏原標示與當地法規要求。不同市場對食品添加物、加工助劑、飼料成分或接觸材料的定義不同；同一個成分在不同用途下，合規路徑也可能不同。B2B 使用者應將 Lysozyme 的用途、最終產品類別、目標市場與標示責任一起納入內部評估，而不能只依成分名稱推定可用範圍。^[1]

職業安全方面，Lysozyme 作為蛋白粉末，處理時需避免不必要的粉塵吸入與眼鼻接觸，並依 SDS 中的危害資訊與防護建議執行倉儲、搬運與清理。蛋白酵素粉末的一般風險在於可能造成敏感族群刺激或過敏反應；因此，即使 Lysozyme 來源天然，也不代表在工廠操作中可以忽略粉塵控制、密閉轉移與個人防護。Enzymes.bio 隨訂單提供 CoA 與 SDS，可供下游作為品質追溯與安全文件的一部分。

需要明確區分的是，Lysozyme 的食品、飼料或材料應用，不應被延伸為未經核准的人體治療聲稱。雖然綜述文獻討論了 Lysozyme 的藥理特性、抗菌能力與藥物載體潛力，但這些研究多屬基礎或配方科學範圍；若涉及醫藥、臨床、疾病預防或治療效果，必須依相應法規與臨床證據處理。^[1]

Enzymes.bio 供應定位：線上 1 kg 單位與文件隨附

Enzymes.bio 是酵素供應商，不是製造商，也不是實驗室；因此，本文不提供製造流程、活性單位定義、特定分析方法或批次放行測試細節。其 Lysozyme 產品以 1 kg 單位在線上銷售，適合已有內部配方、法規與品保流程的 B2B 使用者納入開發或生產規劃；CoA 與 SDS 會隨訂單提供，用於收貨確認、文件留存與安全管理。

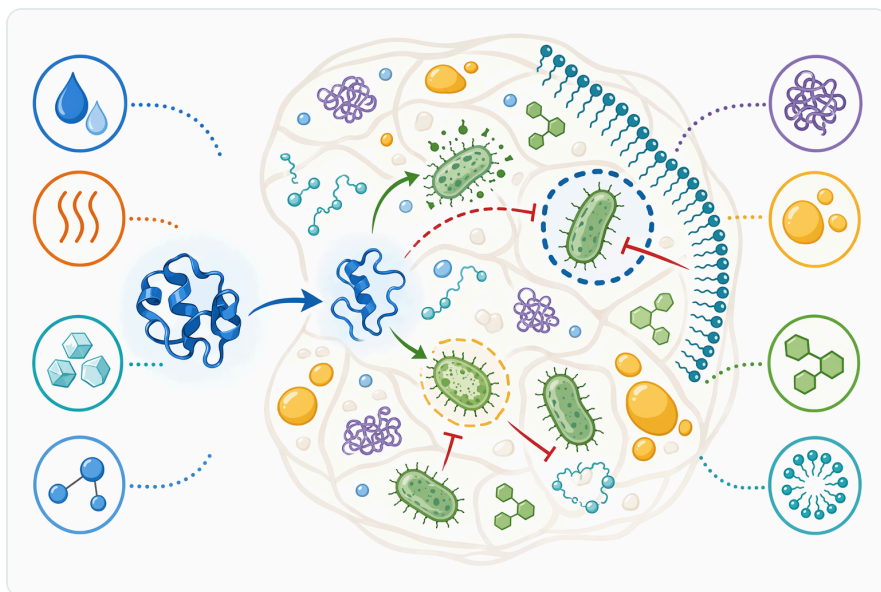


Figure 6. 溶菌酶的表現取決於應用情境，因為 pH 值、溫度、離子強度、酒精、蛋白質、脂肪、界面活性劑及其他成分都可能影響酵素功能及其接觸細菌的能力。

對技術團隊而言，導入 Lysozyme 的重點不是取得更多行銷宣稱，而是建立清楚的應用假設：目標微生物是否以革蘭氏陽性菌為主、產品 pH 與加工熱史是否允許蛋白保持功能、配方中是否存在可能與 Lysozyme 結合或沉澱的成分，以及保存策略是否還需要其他機制補足。這些判斷可讓 Lysozyme 從「一種天然酵素」轉化為可被工程化管理的製程工具。^[12]

結論：Lysozyme 的價值在於明確機制與可配方化能力

Lysozyme (CAS No. 12650-88-3) 是一種機制清楚的天然溶菌酶，核心作用是水解細菌肽聚糖細胞壁，尤其適合被納入針對革蘭氏陽性菌的食品防腐、飲料微生物管理、飼料配方與蛋白材料研究。它的優勢在於作用目標明確、研究基礎深厚且可被粉體、液體或載體系統整合；限制則在於其蛋白本質會受 pH、溫度、乾燥、聚集與配方交互作用影響，且對廣泛混合污染不應被視為單一解方。^[14]

在商業應用上，最穩健的做法是把 Lysozyme 放入多機制保存與製程控制框架中，而不是把它視為替代衛生管理、熱處理或法規審查的捷徑。Enzymes.bio 以 1 kg 單位提供 Lysozyme 線上購買，並於訂單隨附 CoA 與 SDS；下游企業可依自身產品基質、目標市場與內部品保流程，將其作為天然抗菌酵素與蛋白配方工具進行整合。

線上訂購 Lysozyme Cas No.12650-88-3

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 Lysozyme Cas No.12650-88-3 →](#)

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. Varma, P. D., Shahu, Y. D., Yende, S., Arora, S. K., Mishra, P., Jain, S., & Mishra, A. (2022). [A Brief Review on Lysozyme' s Pharmacology and Drug-Carrying Capacity](#). *Research Journal of Pharmacy and Technology*.
2. Chen, S. (2025). [Research Progress on Multi-Mechanism Synergistic Antibacterial Preservation of Intelligent Fresh-Keeping Films](#). *Theoretical and Natural Science*.
3. Liang, J., Shi, R., Cheng, L., Huang, C., Tu, Z., Wang, X., Hu, L., ... et al. (2026). [Food-Grade Microbial-Origin Antimicrobial Peptides: Structure-Activity Relationships, Mechanisms of Action, and Applications in Food Preservation](#). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 25 2, e70438 .
4. Zhao, L., Zhou, Y., Yue, W., Shen, Q., Ke, J., Ma, Y., Zhang, L., ... et al. (2025). [Natural phenolics as multitarget antimicrobials for food preservation: mechanisms of action](#). *Food chemistry: X*, 31.
5. Badhei, S., Dutta, A., & Thakur, P. (2018). [Drug Delivery and Binding Analysis of Isoflavones with Special Reference to Chicken Egg Lysozyme](#). *Journal of Ultra Chemistry*.
6. Sadeghi, S., Ehsani, P., Cohan, R. A., Sardari, S., Akbarzadeh, I., Bakhshandeh, H., & Norouzian, D. (2020). [Design and Physicochemical Characterization of Lysozyme Loaded Niosomal Formulations as a New Controlled Delivery System](#). *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 53, 921 - 930.
7. Haj-Ahmad, R., Elkordy, A., Chaw, C., & Moore, A. (2013). [Compare and contrast the effects of surfactants \(PluronicF-127 and CremophorEL\) and sugars \(β-cyclodextrin and inulin\) on properties of spray dried and crystallised lysozyme](#). *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 49 4, 519-34 .
8. Fabián, J. C. P., Contreras, A. K. Á., Bonifacio, I. N., Robles, M. F. H., Quiñones, C. R. V., Ramírez, E. I. Q., & Salinas, C. V. (2025). [Toward safer and sustainable food preservation: a comprehensive review of](#)

bacteriocins in the food industry. *Bioscience Reports*, 45, 277 - 302.

9. Gonçalves, S. D., Paiva-Cardoso, M. N., & Caramelo, A. (2025). Green Preservation Strategies: The Role of Essential Oils in Sustainable Food Preservatives. *Sustainability*.
10. Li, H., Ni, Y., Zhao, J., Li, Y., & Bao-Xu (2024). Photodynamic inactivation of edible photosensitizers for fresh food preservation: Comprehensive mechanism of action and enhancement strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23 5, e70006 .
11. Matheus, S., Friess, W., & Mahler, H. (2006). FTIR and nDSC as Analytical Tools for High-Concentration Protein Formulations. *Pharmaceutical Research*, 23, 1350-1363.
12. Jha, I., Rani, A., & Venkatesu, P. (2017). Sustained Stability and Activity of Lysozyme in Choline Chloride against pH Induced Denaturation. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5, 8344-8355.
13. Yoshioka, S., Forney, K. M., Aso, Y., & Pikal, M. (2011). Effect of Sugars on the Molecular Motion of Freeze-Dried Protein Formulations Reflected by NMR Relaxation Times. *Pharmaceutical Research*, 28, 3237-3247.
14. Vasilescu, A., Boulahneche, S., Chekin, F., Gáspár, S., Medjram, M., Diagne, A., Singh, S. K., ... et al. (2017). Porous reduced graphene oxide modified electrodes for the analysis of protein aggregation. Part 1: Lysozyme aggregation at pH 2 and 7.4. *Electrochimica Acta*, 254, 375-383.
15. Ghalanbor, Z., Körber, M., & Bodmeier, R. (2010). Improved Lysozyme Stability and Release Properties of Poly(lactide-co-glycolide) Implants Prepared by Hot-Melt Extrusion. *Pharmaceutical Research*, 27, 371-379.
16. Borzooeian, Z., Taslim, M., Borzooeian, G., Ghasemi, O., & Aminlari, M. (2017). Activity and stability analysis of covalent conjugated lysozyme-single walled carbon nanotubes: potential biomedical and industrial applications. *RSC Advances*, 7, 48692-48701.


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。