

# Tannase (單寧酶)：茶飲澄清、去澀、沒食子酸生成與多酚生物轉化的酵素應用

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

Tannase (單寧酶, tannin acyl hydrolase, EC 3.1.1.20) 是一種能水解可水解性單寧中酯鍵與 deposite 鍵的酵素, 主要用於茶飲澄清、降低澀味、調整多酚組成, 以及由單寧基質生成沒食子酸 (gallic acid)。在食品與飲料加工中, tannase 的價值不在於「去除所有多酚」, 而是選擇性切除 galloyl 結構, 使沉澱、澀感與萃取物穩定性更容易被控制。Enzymes.bio 供應的 tannase 以 1 kg 單位線上販售, CoA 與 SDS 會隨訂單提供, 適合作為 B2B 使用者評估製程整合的酵素原料之一。

## Tannase 是什麼：從「單寧水解」到「多酚重塑」

Tannase 又稱 tannin acyl hydrolase, 屬於水解酶中的酯酶類, 典型反應是切斷 gallotannins、部分 ellagitannins、galloylated catechins 或其他沒食子酸酯類分子中的酯鍵; 在某些單寧結構中, 也可作用於 galloyl 基團之間的 deposite 鍵。其產物常包含沒食子酸、去 galloyl 化的糖類或多酚片段, 因此 tannase 在食品加工中常被視為「多酚結構調整酵素」, 而不只是單純的澄清助劑<sup>[1]</sup>。

從來源來看, tannase 可由真菌、細菌、酵母與植物等生物產生; 工業與研究文獻中最常見的是微生物來源, 原因是微生物發酵較容易放大, 且不同菌種可提供不同的 pH 耐受性、熱穩定性與底物偏好。近年研究也持續從酵母、乳酸菌、厭氧菌、黑酵母與環境分離菌中尋找新型 tannase, 以滿足茶飲、果汁、農業副產物轉化與環境處理等不同需求<sup>[2]</sup>。

對 B2B 使用者而言, 理解 tannase 的關鍵不是背誦單一酵素參數, 而是掌握三個問題: 第一, 待處理原料中的單寧與 galloyl 化多酚是什麼; 第二, 製程目標是澄清、去澀、釋放沒食子酸, 還是改變功能性成分輪廓; 第三, 該製程的 pH、溫度、固形物、金屬離子與其他添加物是否會影響酵素表現。文獻反覆指出, tannase 的效果與來源、底物結構與反應環境密切相關, 因此同樣稱為 tannase 的酵素, 在茶湯、果汁、植物萃取物或廢水中的結果可能並不相同<sup>[3]</sup>。

# 作用機制：為什麼 tannase 能降低澀味與沉澱？

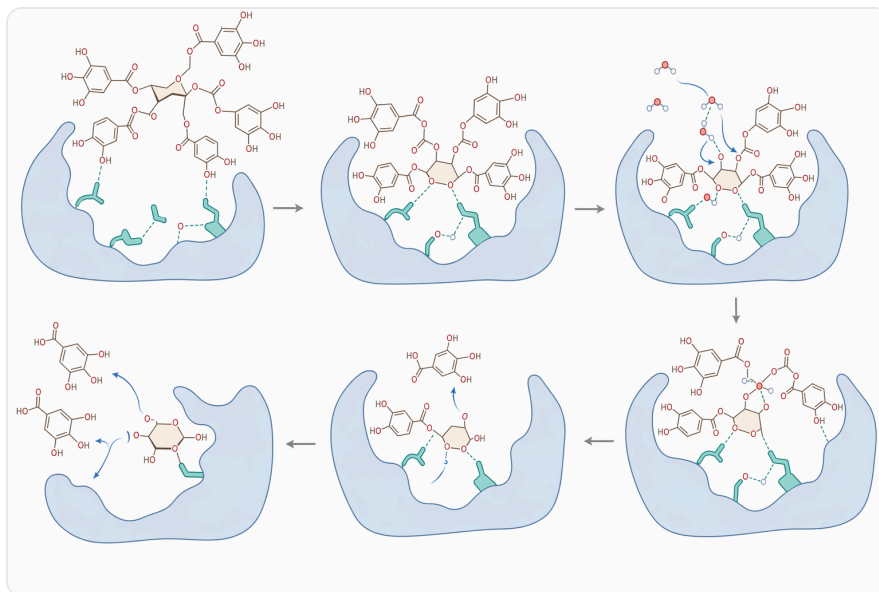
## 水解 galloyl 結構，改變多酚的結合行為

茶飲與許多植物萃取物的澀味，與多酚和唾液蛋白、食品蛋白或其他大分子之間的結合有關。含 galloyl 基團的兒茶素與單寧通常更容易與蛋白質形成複合物；當 tannase 切除 galloyl 基團後，分子疏水性、氫鍵能力與立體結構會改變，與蛋白質形成不溶性聚集體的傾向通常下降，因而有助於降低澀味與冷藏渾濁<sup>[4]</sup>。

在茶飲系統中，這個機制特別重要。綠茶與紅茶萃取液在冷卻、濃縮或貯存後可能出現「tea cream」或沉澱，與 gallated catechins、茶黃素、咖啡因、蛋白質、多醣與金屬離子等交互作用有關。tannase 透過去 galloyl 化作用降低部分多酚的聚集能力，使萃取液在冷藏或即飲包裝條件下更容易維持透明度與口感穩定<sup>[1]</sup>。

## 釋放沒食子酸，創造下游轉化價值

當 tannase 水解 gallotannins 或 tannic acid 類底物時，會釋放沒食子酸。沒食子酸是食品、化工與醫藥相關製程中常見的酚酸中間體，也可作為進一步合成酯類或抗氧化相關材料的原料。以酵素反應取代強酸、強鹼或高溫水解的吸引力在於反應條件較溫和，副反應較少，但實際經濟性仍取決於基質成本、反應效率、純化需求與製程放大條件<sup>[5]</sup>。



**Figure 1.** 單寧酶可將大型可水解單寧與沒食子酸酯轉化為較小的酚類化合物，如沒食子酸，降低其形成不溶性複合物的傾向。

值得注意的是，tannase 不只參與水解，也曾被研究用於沒食子酸酯類的酵素合成。早期以微膠囊化 tannase 進行沒食子酸酯合成的研究顯示，有機溶劑環境與酵素底物專一性會明顯影響產物形成，這說明 tannase 在低水活性或非典型食品系統中也可能展現合成方向的催化潛力<sup>[6]</sup>。

### 底物專一性不是固定值，而是結構與環境共同決定

不同來源 tannase 對 tannic acid、methyl gallate、galloylated catechins、ellagitannins 或複雜植物單寧的偏好可能不同。Clostridium butyricum 編碼的三種 tannase 被比較時，即顯示結構多樣性與底物偏好存在差異；這類研究提醒使用者，不應假設所有 tannase 對所有 galloyl 類底物都能達到相同轉化效果<sup>[3]</sup>。

酵素專一性也會受反應環境影響。以茶飲為例，近期研究指出 chlorogenic acid 可能抑制 tannase 介導的去澀作用，機制與酵素—底物互動及多酚之間的競爭或干擾有關。這代表在含多種酚酸、兒茶素與植物萃取物的真實配方中，tannase 的效果需要以整體基質來理解，而不是只用單一模型底物推論<sup>[4]</sup>。

### 主要應用一：茶飲澄清、冷穩定與口感調整

茶產業是 tannase 最成熟的應用方向之一。即飲茶、濃縮茶萃取物、茶粉復水飲品與機能性茶萃取物都可能面臨冷藏渾濁、沉澱、澀味過強或風味不穩定等問題；tannase 透過水解 gallated catechins 與相關單寧結構，可降低茶萃取液形成不溶性複合物的傾向，因此被廣泛討論於茶飲澄清與品質改善<sup>[1]</sup>。

在綠茶中，EGCG、ECG 等 gallated catechins 是澀味與沉澱形成的重要參與者。tannase 去除 galloyl 基後，可生成相對去 galloyl 化的 catechins 與沒食子酸，進而改變苦澀平衡、透明度與功能性多酚組成。近年針對綠茶 infusion 的研究甚至透過理性設計與定點突變提升 tannase 熱穩定性，顯示茶飲加工對更穩定 tannase 的需求仍在增加<sup>[7]</sup>。



**Figure 2.** 單寧酶不同於果膠酶、蛋白酶、纖維素酶與澱粉酶，因為它作用於單寧中的酯鍵與縮酚酸鍵，而非果膠、蛋白質、纖維素或澱粉。

然而，茶飲應用不是「酵素越多越好」。過度處理可能使多酚輪廓改變過大，影響原本茶香、收斂感與標示訴求；處理不足則可能無法改善冷藏渾濁。較實務的做法是將 *tannase* 視為製程中的結構調整工具，配合萃取濃度、pH、加熱步驟、澄清流程與包裝條件，尋找澄清度、風味與多酚保留之間的平衡<sup>[8]</sup>。

## 主要應用二：果汁、植物萃取物與去澀處理

除茶飲外，*tannase* 也被應用或研究於富含單寧與多酚的果汁、植物萃取物與發酵基質。石榴、莓果、芭樂、柿子、camu-camu 及部分藥食植物原料可能含有 gallotannins、ellagitannins 或其他可水解單寧；這些成分雖與抗氧化能力和機能性訴求相關，但也可能帶來澀味、沉澱與色澤不穩定<sup>[9]</sup>。

以 camu-camu 的 galloylated ellagitannins 為例，*Lactiplantibacillus plantarum* 具有胞外 *tannase* 活性的研究顯示，乳酸菌相關 *tannase* 可參與 galloyl 化 ellagitannins 的生物轉化，改變多酚衍生物組成。這類結果對發酵飲品、植物萃取液與功能性原料開發有啟發性，因為 *tannase* 可與微生物發酵共同塑造最終代謝物輪廓<sup>[10]</sup>。

不過，果汁與植物萃取物比茶湯更複雜。果膠、多醣、蛋白質、有機酸、花青素、金屬離子與不同酚酸都可能影響 *tannase* 的作用結果。對於以感官改善為目標的產品，*tannase* 可能降低澀味；對於以保留特定多酚為訴求的產品，則需避免把目標成分轉化過度。因此，*tannase* 在此類應用中的價值，是提供可控的多酚重塑，而非單向度的「去單寧」<sup>[11]</sup>。

## 主要應用三：沒食子酸生產與農業副產物升值

許多農業副產物含有可水解性單寧，例如某些木材、樹皮、果皮、種子外殼或植物殘渣。若直接丟棄或低價利用，這些多酚資源價值有限；若透過 tannase 轉化，則可釋放沒食子酸或生成更易進一步加工的酚類片段。以 *Swietenia macrophylla* 為基質、使用 *Bacillus gottheilii* M2S2 tannase 進行半固態發酵生產沒食子酸的研究，即呈現了農業或植物性基質轉化的可行方向<sup>[5]</sup>。

這類應用的技術邏輯與飲料澄清不同：飲料加工通常追求感官與穩定性，副產物轉化則追求產物濃度、轉化率、純化可行性與整體成本。tannase 的優勢在於反應條件相對溫和，且可針對 galloyl 酯鍵進行選擇性切割；限制則在於天然基質組成變異大，前處理、固液比、反應時間與下游分離都會決定最終可行性<sup>[12]</sup>。

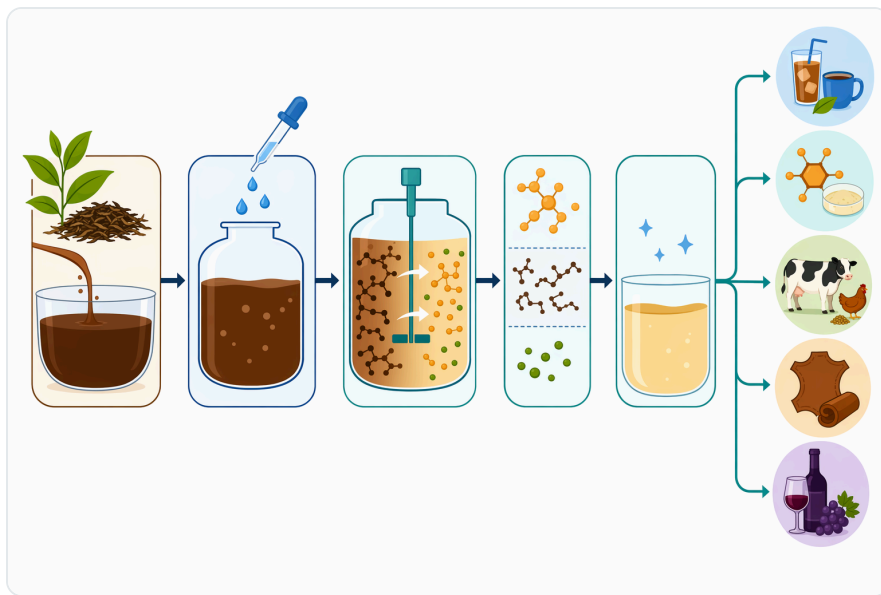


Figure 3. 在茶葉加工中，單寧酶會在後續分離前使茶多酚脫沒食子醯基，以減少茶乳、混濁與低溫不溶性。

此外，tannase 也可能與其他酵素共同使用，例如纖維素酶、果膠酶或半纖維素酶協助打開植物細胞壁，提高單寧基質可及性。不過，這類複合酵素策略需要以實際原料與目標產物來設計，不能直接從單一 tannase 文獻外推至所有農業副產物<sup>[13]</sup>。

## 主要應用四：鞣製廢水與高單寧廢液處理

皮革鞣製、植物萃取、食品加工與部分農產處理流程可能產生含單寧廢水。高分子量單寧會造成廢水色度、化學需氧量與生物處理負荷，也可能抑制部分微生物活性。tannase 的潛在角色是把大型或複雜單寧切割成較小分子，使後續生物處理、吸附、氧化或資源回收更容易進行<sup>[14]</sup>。

已有研究比較來自 *Lactobacillus plantarum* 與 *Staphylococcus lugdunensis* 的 tannase 表現與固定化應用於鞣製廢水處理，顯示 tannase 在環境工程上並非只停留於概念；但這類應用仍比茶飲加工更依賴現場條件，包括廢水組成波動、抑制物、酵素穩定性、固定化材料、停留時間與處理成本<sup>[14]</sup>。

因此，環境應用可歸類為「具研究與工程潛力，但需要場域驗證」的方向。對 B2B 使用者而言，tannase 可作為含單寧廢液前處理或資源化策略的一部分，但不宜被描述為單獨解決所有廢水問題的通用方案<sup>[11]</sup>。

## 應用比較：tannase 在不同場景中的技術重點

應用場景	主要處理對象	tannase 的核心作用	可能效益	證據成熟度與限制
即飲茶、綠茶萃取液	gallated catechins、茶單寧	去 galloyl 化，降低沉澱與澀感	改善澄清度、冷穩定、口感平衡	證據較成熟；效果受茶種、萃取條件與配方影響 <sup>[1]</sup>
果汁與植物萃取物	gallotannins、ellagitannins、多酚複合物	分解可水解單寧，改變多酚輪廓	降低澀味、改善外觀與成分可利用性	中度證據；基質複雜，需避免目標成分過度轉化 <sup>[10]</sup>
沒食子酸生產	tannic acid、植物單寧基質	水解酯鍵釋放 gallic acid	副產物升值、溫和轉化路徑	技術可行；經濟性取決於原料與下游分離 <sup>[5]</sup>
鞣製廢水與高單寧廢液	聚合單寧、鞣製殘留多酚	降解高分子單寧，提高後續處理性	降低處理負荷、改善生物處理相容性	具潛力；需現場工程驗證 <sup>[14]</sup>
酵素合成與酯化	沒食子酸與醇類底物	在特定低水或有機相環境中催化酯形成	製備 gallate esters	研究型應用；受溶劑、固定化與底物選擇影響 <sup>[6]</sup>

## 製程整合時應理解的關鍵變因

### pH、溫度與基質條件

tannase 的適用 pH 與溫度範圍會因來源而異。部分真菌或酵母來源 tannase 適合酸性食品系統，某些細菌或重組 tannase 則被研究用於較高溫或特定 pH 條件。近年文獻針對 thermostable tannase 的表現有多篇報導，反映出產業對熱穩定、製程耐受與加工彈性的需求正在提高<sup>[15]</sup>。



**Figure 4.** 當可水解單寧或沒食子醯化合物導致混濁、沉澱、澀味、抗營養效應或影響沒食子酸產量時，單寧酶的應用最具效益。

但在實務上，pH 與溫度不能只看酵素本身，也要看底物狀態。茶多酚在不同 pH 下氧化、聚合與沉澱行為不同；果汁中的有機酸與金屬離子會改變多酚結合；植物萃取物中的膠體與懸浮固形物也會影響酵素接觸底物的效率。也就是說，tannase 的反應不是孤立發生，而是在整個食品或工業基質中進行<sup>[1]</sup>。

### 反應程度：從輕度去澀到深度水解

tannase 的處理程度會決定產品結果。輕度處理可能只降低部分澀味與沉澱，保留較多原始多酚風味；深度水解則可能釋放更多沒食子酸，並大幅改變兒茶素或單寧組成。對茶飲而言，過度去 galloyl 化可能讓口感變薄或失去特定茶感；對沒食子酸生產而言，較高轉化則通常是目標之一<sup>[8]</sup>。

因此，製程設計應以終端品質來回推反應條件，而不是只追求最大水解。常見的品質觀察指標包括外觀穩定、沉澱趨勢、澀味強度、目標多酚保留、沒食子酸生成與熱處理後穩定性；這些指標可由使用者依內部品管制度建立，不需要把 tannase 視為單一規格即可預測所有產品結果的添加物<sup>[9]</sup>。

### 配方成分可能促進或干擾反應

多酚之間會互相競爭或干擾酵素作用。chlorogenic acid 對 tannase 介導去澀效果的抑制研究，提醒配方中若含大量咖啡酸衍生物、酚酸或其他植物萃取物，可能改變 tannase 對主要 galloyl 底物的有效反應。這對複方茶飲、草本飲品、果茶與機能飲料尤其重要<sup>[4]</sup>。

金屬離子、蛋白質、多醣、乳化劑與其他酵素也可能影響結果。有些成分會改變單寧可及性，有些會與多酚形成複合物而降低酵素接觸機會，也有些可能在後段加熱或貯存時改變沉澱行為。換言之，tannase 的功能性需要與配方整體相容性一起評估<sup>[11]</sup>。

## 不同來源 tannase 的差異：為什麼「同名酵素」不代表同樣效果？

tannase 不是單一分子，而是一類具相似反應功能的酵素。真菌 tannase、細菌 tannase、酵母 tannase 與乳酸菌 tannase 可能在分子大小、糖基化、熱穩定性、分泌性、底物通道與活性位點周邊結構上不同。這些差異會影響它們對 tannic acid、天然 gallotannins、ellagitannins 或 gallated catechins 的反應偏好<sup>[12]</sup>。

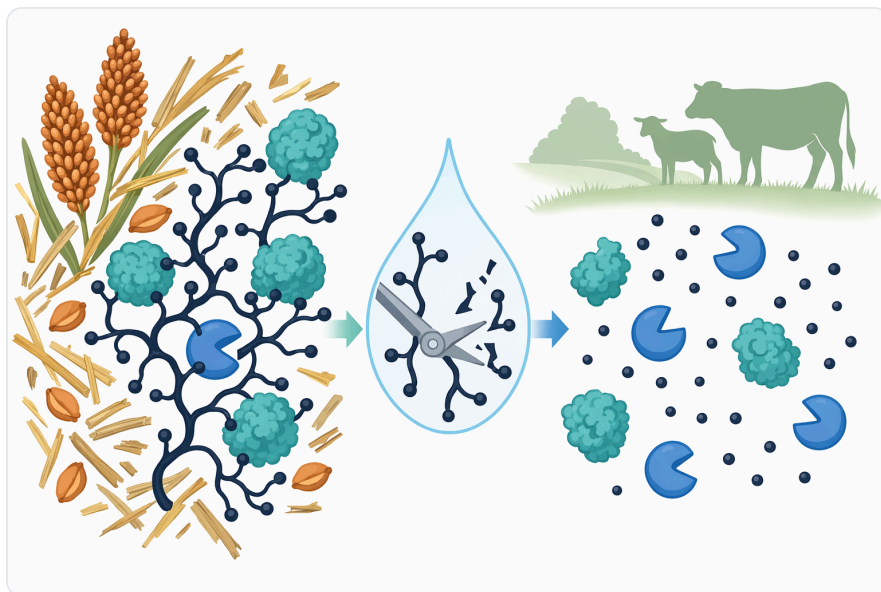


Figure 5. 在飼料處理中，單寧酶透過水解可水解單寧結構，降低單寧與蛋白質及消化酶的結合。

以 *Debaryomyces hansenii* 的 pH 穩定 tannase 為例，研究顯示其可進行 gallate esters 的生物轉化，並在特定 pH 條件下維持功能；這類酵母來源酵素對食品與發酵系統有參考價值，因為許多食品基質本身位於酸性環境<sup>[16]</sup>。

*Aureobasidium melanogenum* T9 來源的耐熱 tannase 也被研究為食品與農業用途候選酵素，重點在於其分泌表現、熱穩定性與加工適用性。這些案例不表示所有 tannase 都具相同穩定性，而是說明酵素來源與蛋白質工程會深刻影響應用範圍<sup>[17]</sup>。

結構研究亦提供機制線索。tannase-like feruloyl esterase FaeC 與 p-coumaric acid 複合物的晶體結構，雖然不等同於所有 tannase，但有助於理解這類  $\alpha/\beta$  hydrolase fold 酵素如何透過活性位點形狀、芳香族配體結合與催化殘基排列來決定底物辨識<sup>[18]</sup>。

## 證據強度與合理期待

目前證據最充分的領域，是 tannase 對可水解性單寧與 galloyl 化多酚的水解能力，以及其在茶飲澄清、冷穩定與去澀上的應用。茶產業綜述指出，tannase 已被長期研究於改善茶萃取液品質，並且近年仍有針對熱穩定、風味與功能性成分調整的改良研究<sup>[1]</sup>。

中度證據的領域包括果汁、植物萃取物、發酵基質與功能性食品。這些應用有清楚機制與實驗支持，但不同原料的多酚組成差異很大，處理後的抗氧化性、澀味、色澤與穩定性不一定朝同一方向變化。因此，tannase 應被視為可調整多酚輪廓的工具，而不是保證提升所有機能指標的添加物<sup>[19]</sup>。

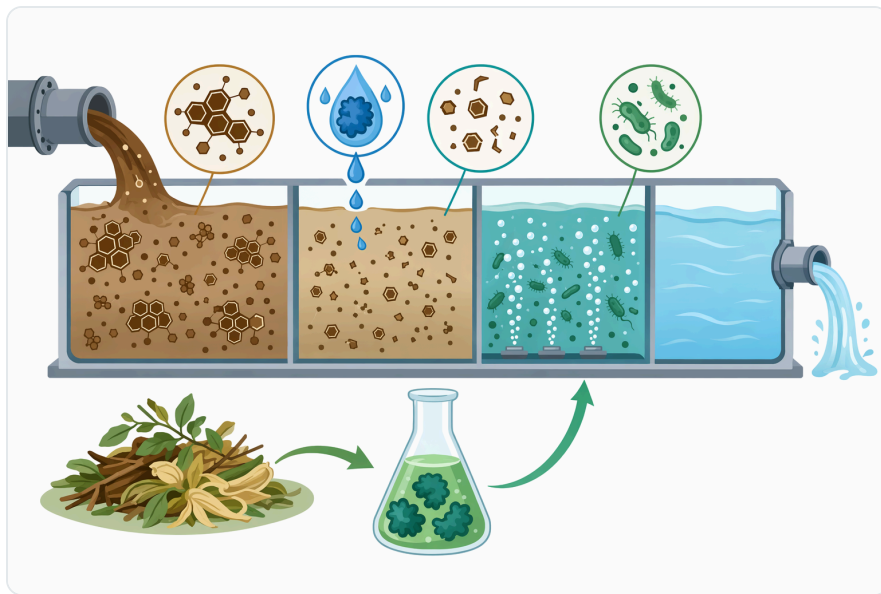


Figure 6. 單寧酶可透過將複雜單寧分解為較小分子，在更廣泛的廢水處理與循環加工系統中發揮作用。

較需工程驗證的領域包括大規模廢水處理、農業副產物資源化與 gallate ester 合成。這些方向在文獻中具有可行性，但商業化取決於基質供應、酵素穩定、反應器設計、下游分離、法規定位與成本結構。對企業而言，這些應用值得評估，但不宜以單篇研究結果直接推論量產效益<sup>[14]</sup>。

## 使用與文件支援：Enzymes.bio 供應定位

Enzymes.bio 作為酵素供應商，提供 tannase 產品供 B2B 客戶在線上以 1 kg 單位購買；產品出貨時會隨訂單提供 CoA 與 SDS，便於使用者依內部品質、安全與倉儲流程管理。本文內容旨在協助理解 tannase 的科學背景與應用邏輯，不代表製造商製程說明，也不取代使用者自身的法規、配方與製程評估。

作為蛋白質性酵素原料，tannase 粉末在搬運時應避免吸入粉塵，並依 SDS 與企業內部安全規範使用適當防護。食品、飼料、化妝品、環境處理或化學轉化等不同用途，涉及的法規定位與最終產品要求並不相同，使用者需依所在地與產品類別確認合規性。

## 結論：tannase 的核心價值是可控的 galloyl 水解

Tannase 的產業價值來自其對 galloyl 酯鍵與相關單寧結構的選擇性水解能力。這個機制讓它能在茶飲中降低冷藏渾濁與澀味，在果汁與植物萃取物中調整多酚輪廓，在農業副產物中釋放沒食子酸，並在高單寧廢液處理中提供前處理或資源化可能<sup>[1]</sup>。

對技術決策者而言，最重要的是把 tannase 視為「製程工具」而非單一效果保證。其表現取決於酵素來源、底物結構、pH、溫度、配方干擾物、反應程度與後段加工條件；當這些因素被合理整合，tannase 可成為食品飲料、植物萃取與多酚轉化製程中具有實用價值的生物催化選項<sup>[3]</sup>。

### 線上訂購 Tannase

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 Tannase →](#)

## 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. Tang, Z., Shi, L., Liang, S., Yin, J., Dong, W., Zou, C., & Xu, Y. (2024). Recent Advances of Tannase: Production, Characterization, Purification, and Application in the Tea Industry. *Foods*, 14.
2. Kushwaha, V., Patil, J. R., Nikalje, G., & Yadav, L. S. (2025). Exploration of Mangrove Endophytes as Novel Sources of Tannase Producing Fungi. *Journal of Fungi*, 11.
3. Ristinmaa, A. S., Coleman, T., Cesar, L., Weinmann, A. L., Mazurkewich, S., Brändén, G., Hasani, M., ... et al. (2022). Structural diversity and substrate preferences of three tannase enzymes encoded by the anaerobic bacterium Clostridium butyricum. *Journal of Biological Chemistry*, 298.
4. Shen, Q., You, J., Xie, Z., Zhang, J., Zhou, Q., & Ruan, Z. (2025). Inhibitory effect of chlorogenic acid on tannase-mediated astringency removal and its mechanism. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105.
5. Borah, A., Selvaraj, S., & Murty, V. R. (2023). Production of Gallic Acid from Swietenia macrophylla Using Tannase from Bacillus Gottheilii M2S2 in Semi-Solid State Fermentation. *Waste and Biomass Valorization*, 14, 2569-2587.

6. Yu, X., Li, Y., & Wu, D. (2004). Enzymatic synthesis of gallic acid esters using microencapsulated tannase: effect of organic solvents and enzyme specificity. *Journal of Molecular Catalysis B-enzymatic*, 30, 69-73.
7. Zhou, H., Cao, S., Zhang, C., Wang, M., Tang, Y., Chen, J., Zhu, L., ... et al. (2025). Enhancing the Thermostability of a New Tannase Through Rational Design and Site-Directed Mutagenesis: A Quality Improvement Strategy for Green Tea Infusion. *Beverages*.
8. Ong, C., & Annuar, M. (2024). Potentialities of Tannase-Treated Green Tea Extract in Nutraceutical and Therapeutic Applications. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 196, 7534 - 7553.
9. Kumar, S. S., Sreekumar, R., & Sabu, A. (2018). Tannase and Its Applications in Food Processing. *Energy, Environment, and Sustainability*.
10. Pulido-Mateos, E. C., Lessard-Lord, J., Desjardins, Y., & Roy, D. (2024). Biotransformation of camu-camu galloylated ellagitannins by Lactiplantibacillus plantarum with extracellular tannase activity. *Food & Function*.
11. Natarajan, K., Rajendran, A., & Thangavelu, V. (2017). Tannase enzyme : The most promising biocatalyst for food processing industries.
12. Dhiman, S., Mukherjee, G., Kumar, A., Mukherjee, P., Verekar, S., & Deshmukh, S. (2017). Fungal Tannase: Recent Advances and Industrial Applications.
13. Sarwan, J., Vijaya, Uddin, N., & K, J. B. (2024). Enhanced Production of Microbial Cellulases as an Industrial Enzyme - A Short Review. *Journal of Multidisciplinary Research Advancements*.
14. Chaitanyakumar, A., Somu, P., & Srinivasan, R. (2024). Expression and Immobilization of Tannase for Tannery Effluent Treatment from Lactobacillus plantarum and Staphylococcus lugdunensis: A Comparative Study. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 196, 6936 - 6956.
15. Wu, J., Zeng, H., Zhong, X., Chen, X., Zhang, P., & Deng, Z. (2024). Cloning, purification and characterization of a novel thermostable recombinant tannase from Galactobacillus timonensis. *Enzyme and Microbial Technology*, 184, 110575 .
16. Song, L., Xiao-Wang, Feng, Z., Guo, Y., Meng, G., & Wang, H. (2023). Biotransformation of gallate esters by a pH-stable tannase of mangrove-derived yeast Debaryomyces hansenii. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 10.
17. Liu, L., Guo, J., Zhou, X., Li, Z., Zhou, H., & Song, W. (2022). Characterization and Secretory Expression of a Thermostable Tannase from Aureobasidium melanogenum T9: Potential Candidate for Food and Agricultural Industries. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9.
18. Ferousi, C., Kosinas, C., Nikolaivits, E., Topakas, E., & Dimarogona, M. (2023). Crystal structure of the Fusarium oxysporum tannase-like feruloyl esterase FaeC in complex with p-coumaric acid provides insight into ligand binding. *FEBS Letters*, 597.
19. Cante, R. C., Nigro, F., Passannanti, F., Lentini, G., Gallo, M., Nigro, R., & Budelli, A. (2024). Gut health benefits and associated systemic effects provided by functional components from the fermentation of natural matrices. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23 3, e13356 .


## 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](mailto: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。