

Special Microbe Bacteria Used For Solid Garbage Treatment : 固體有機垃圾處理微生物菌群的主要應用與作用機制

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

Special Microbe Bacteria Used For Solid Garbage Treatment 是

Enzymes.bio 供應的固體垃圾處理用微生物產品，主要應用於可生物降解有機固體廢棄物、堆肥線、餐廚與農業殘渣穩定化流程；它不是單一酵素，而是以微生物群落在現場產生多種胞外酵素來協助有機物分解。

在合理操作條件下，這類微生物菌群可支援纖維素、蛋白質、果膠、澱粉與部分脂質等有機組分的生物轉化，但不應被宣稱可分解金屬、玻璃、灰渣、一般混合塑膠或危害性化學污染物。^[1]

Enzymes.bio 是供應商，不是製造商或實驗室；產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，適合需要小包裝環境處理材料的 B2B 使用者。

產品定位：不是單一酵素，而是固體有機垃圾處理用微生物菌群

Special Microbe Bacteria Used For Solid Garbage Treatment 可理解為一種用於固體垃圾處理、堆肥與有機廢棄物穩定化的微生物產品。Enzymes.bio 將其列於環境與廢棄物處理相關產品範圍，產品頁面名稱直接指向「solid garbage treatment」，因此較精確的描述是「固體有機垃圾處理微生物菌群」，而不是單一纖維素酶、蛋白酶或脂肪酶產品。

這種定位對採用者很重要。固體垃圾通常不是單一底物，而是餐廚殘渣、果蔬廢棄物、紙纖維、農業秸稈、蛋白質殘渣、油脂、土砂與包材的混合物；其中只有可生物降解的有機部分能成為微生物代謝與酵素水解的主要對象。市政固體廢棄物管理研究也顯示，分類政策會影響碳排與後端處理效率，這代表前端分類與有機物分流仍是微生物處理能否發揮效果的基礎。^[2]

與直接添加單一酵素相比，微生物菌群的核心價值在於「活體代謝」與「多酵素譜」。在適當水分、通氣、溫度與養分條件下，微生物可分泌纖維素酶、蛋白酶、果膠酶、澱粉酶等胞外酵素，把不易吸收的大分子切成較小分子，再進一步轉化為二氧化碳、水、熱量、微生物生物量與較穩定的腐殖化有

機質。微生物蛋白酶的綜述即指出，蛋白酶是分布廣泛且應用範圍很大的酵素族群，可參與多種有機基質轉化。^[3]

因此，這項產品較適合放在「生物處理流程輔助投入」的位置：它能協助有機組分降解，但不能取代分類、破碎、混合、通風、翻堆、滲出液管理、病媒控制或法規要求。機械生物處理廠在市政固體廢棄物應用上常遇到組成波動、操作管理與設施整合等挑戰，這也說明微生物產品必須與現場工程條件配合，而不是被視為單獨解決所有固廢問題的材料。^[4]

固體有機垃圾中的主要底物與微生物酵素機制

固體有機垃圾的分解通常從胞外酵素水解開始。纖維素、半纖維素、澱粉、蛋白質、果膠與角蛋白等分子體積大、結構複雜，微生物無法直接大量吸收；它們會先分泌相對應的水解酵素，使聚合物變成寡糖、單糖、胺基酸、胜肽或脂肪酸等較小分子。近年關於微生物酵素在廢棄物管理中的研究，反覆強調這些酵素在永續處理與資源化流程中的角色。^[5]

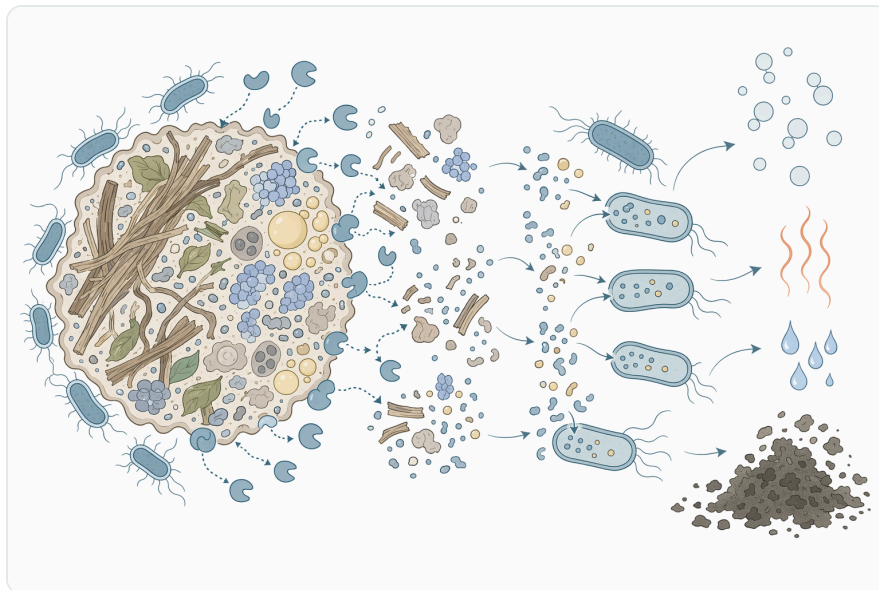


Figure 1. 固體廢棄物用微生物製劑仰賴胞外纖維素酶、澱粉酶、蛋白酶與脂肪酶，將混合有機殘渣水解為可生物降解的片段。

纖維素是農業殘渣、紙類、園藝廢棄物與部分餐廚植物性殘渣中的主要成分。細菌與真菌纖維素酶皆能水解纖維素，但不同來源酵素在效率、穩定性與應用環境上可能不同；比較性研究指出，微生物纖維素酶的應用與效率會受酵素來源與基質條件影響。^[6]

蛋白質與含角蛋白材料則需要蛋白酶或角蛋白酶協助分解。一般餐廚殘渣、屠宰副產物、豆製品殘渣與畜禽廢棄物中都可能含有大量蛋白質；而羽毛、毛髮等角蛋白基質結構更緻密，需要特定角蛋白酶系統才較容易被生物處理。細菌角蛋白酶被認為可用於農工廢棄物生物處理，這支持其在含角蛋白廢棄物資源化中的機制基礎。^[7]

果膠與可溶性多醣常見於果蔬加工殘渣、腐爛水果、蔬菜廢棄物與植物細胞壁材料。研究從腐爛水果與蔬菜樣本中分離果膠酶生產菌，說明果蔬殘渣本身就是尋找果膠降解微生物的重要來源，也反映果膠酶在果蔬類固體廢棄物分解中的實際關聯。^[8]

某些特殊有機殘渣還會涉及幾丁質或類似結構，例如蝦蟹殼、昆蟲殘體與部分真菌細胞壁。來自微生物來源的幾丁質分解酵素在工業與農業應用上受到關注，尤其是耐熱或重組幾丁質酶在複雜基質處理上具有研究價值；不過，是否適用於特定固體垃圾流，仍取決於現場殘渣組成。^[9]



Figure 2. 固體廢棄物細菌處理通常投加於潮濕且通氣的有機廢棄物中，以加速穩定化與堆肥形成。

微生物菌群如何促進堆肥與穩定化

在好氧堆肥中，微生物菌群會經歷明顯的群落演替。早期容易利用的糖類與蛋白質被快速消耗，溫度上升後耐熱或耐受性較高的微生物開始參與纖維素、半纖維素與較難分解有機物轉化；後期則逐漸形成較穩定的腐殖化物質。牛糞堆肥研究指出，微生物製劑可透過微生物群落演替與有機物轉化的耦合機制，影響堆肥進程。^[10]

畜牧糞便、墊料與農業殘渣共同堆肥時，氮素保存是一項關鍵議題。若蛋白質與尿素類物質分解過快、通氣或碳氮平衡不佳，氨氣揮發與臭味壓力可能上升；微生物氮素保留技術的研究指出，好氧堆肥中的微生物可透過同化、硝化、反硝化調節與腐殖化結合等途徑影響氮流向。^[11]

針對稻草、秸稈與其他高纖維農業殘渣，單靠自然堆肥往往需要較長時間，因為纖維素與木質素形成複合結構，限制酵素接觸。快速堆肥研究比較不同微生物菌群對稻草分解的效果，顯示具纖維降解能力的菌群可被設計為加速秸稈轉化的工具之一。^[12]

堆肥後期的價值不只在於「垃圾變少」，也在於有機物是否朝向較穩定的腐殖質方向轉化。木質纖維生質堆肥研究指出，不同功能微生物接種會影響腐殖物形成機制；這意味著微生物菌群可能改變有機碳從易降解形態走向較穩定形態的路徑。^[13]

不同固體廢棄物流的適用性比較

下表整理常見固體廢棄物類型、可能涉及的微生物酵素機制，以及使用固體垃圾處理微生物菌群時的合理期待與限制。它不是配方保證，而是用來判斷「哪些物料較符合微生物處理邏輯」的技術框架。^[5]



Figure 3. 微生物固體垃圾處理主要用於廚餘、堆肥化、糞肥、污泥調理，以及有機廢物流中的臭味降低。

固體廢棄物流	主要可生物降解成分	相關微生物酵素 / 作用	合理期待	主要限制
餐廚與食品加工殘渣	澱粉、蛋白質、油脂、蔬果纖維	澱粉酶、蛋白酶、果膠酶與其他胞外酵素	協助降低易腐敗有機負荷、支援堆肥或穩定化	高鹽、高油、消毒劑殘留或過濕會抑制微生物
果蔬廢棄物	果膠、纖維素、半纖維素、糖類	果膠酶與纖維素酶	適合進入好氧堆肥或有機質轉化流程	過度酸化或滲出液管理不良會造成氣味與厭氧問題 ^[8]
稻草、秸稈、園藝殘渣	纖維素、半纖維素、木質纖維	纖維素酶、半纖維素酶、木質素相關酵素	可作為秸稈快速堆肥或農業殘渣資源化輔助	粒徑過大、含水不足或木質化程度高會降低速度 ^[12]

固體廢棄物流	主要可生物降解成分	相關微生物酵素 / 作用	合理期待	主要限制
牛糞、畜禽糞便與墊料	蛋白質、纖維、未消化有機物、氮素	蛋白酶、纖維素酶與氮轉化微生物作用	支援有機物轉化、升溫、腐殖化與氮素管理	需搭配通氣、碳源與衛生管理 [14]
羽毛、毛髮等角蛋白廢棄物	角蛋白	角蛋白酶、蛋白酶	具特定生物處理潛力	不應假設所有菌群都能有效處理高角蛋白基質 [7]
甲殼類殘渣	幾丁質、蛋白質、礦物質	幾丁質酶、蛋白酶	可作為特殊有機殘渣生物轉化方向	高礦物質或鹽分需另行管理 [9]
混合塑膠、金屬、玻璃、飛灰、重金屬污染物	多數不可生物降解或非有機基質	非一般堆肥微生物主要作用對象	不應視為本產品主要應用	需分類、物化處理、熱處理或污染控制 [15]

與市政固體廢棄物處理的關係：可支援，但不能替代系統管理

市政固體廢棄物處理不是單純的生物降解問題，而是包含分類、收運、機械分選、生物處理、焚化、掩埋、灰渣處理與污染控制的整體系統。近年研究從碳排最佳化、分類政策與機械生物處理廠實施挑戰等角度分析固廢管理，顯示前端分類和處理路徑選擇會大幅影響後端成效。[16]

對微生物菌群而言，最有意義的切入點是「有機分流」後的可生物降解部分，例如餐廚、園藝殘渣、農業副產物與食品加工污泥或固渣。若未經分類的垃圾中混入大量塑膠、金屬、玻璃、灰土、電池、藥品或化學廢棄物，微生物不僅無法分解這些材料，還可能因抑制物或毒性而降低活性。市政固廢中微塑膠研究亦指出，固體廢物流中的塑膠污染仍存在方法與研究缺口，不能以一般微生物堆肥產品簡化處理。[1]

焚化底渣、飛灰與重金屬污染物更不屬於一般有機垃圾微生物處理的範圍。工業規模市政固廢焚化底渣研究關注的是重金屬物質流，而飛灰重金屬整合處理研究則聚焦長期穩定性與環境風險；這些議題需要專門的物理化學或固化穩定化技術，不應與有機物生物降解混為一談。[17]

與塑膠降解研究的界線

近年確實有塑膠降解微生物與木質素降解微生物相關研究，例如以農業廢棄物堆肥相關的木質素分解微生物建立塑膠降解菌群。這類研究支持「特定微生物可能作用於特定塑膠或聚合物」的科學方向，但它不是一般固體垃圾處理微生物都能廣泛分解混合塑膠的證據。[18]



Figure 4. 與未經管理的棄置相比，微生物處理可加速有機物分解、降低臭味，並產生較穩定、類似堆肥的殘餘物。

因此，在 B2B 應用文件中，對塑膠相關效益必須保守表述。若垃圾流中含有可堆肥包材、可生物降解聚合物或受污染塑膠薄膜，仍需依材料種類、處理條件與法規分類管理；不能把「微生物菌群」等同於「塑膠消除劑」。這一點對避免錯誤採購預期與後端合規風險尤其重要。^[1]

典型應用場景

餐廚垃圾與集中式有機廢棄物處理

餐廚垃圾含水高、成分波動大，常包含澱粉、蛋白質、油脂、蔬菜纖維與鹽分。微生物菌群在此場景的目標不是讓垃圾瞬間消失，而是協助可分解有機物更快進入穩定化階段，降低未分解物造成的酸敗、滲出液與臭味壓力。微生物酵素在永續廢棄物管理中的應用研究，支持以多酵素系統處理複雜有機基質的方向。^[5]

在實務上，餐廚類物料通常需要先經過分類、去除不可降解雜質、適度破碎與混合，再進入堆肥或其他生物處理。若含水過高或通氣不足，局部厭氧會導致有機酸、硫化物或胺類氣味增加；此時微生物產品只能輔助分解，不能替代基本工程控制。好氧堆肥中微生物氮素保存機制研究也提醒，氮轉化與氣味管理高度依賴操作條件。^[11]

農業殘渣、稻草與園藝廢棄物

農業殘渣以纖維素、半纖維素與木質纖維為主，常見問題是分解時間長、堆體升溫慢或後期腐熟不足。纖維素降解微生物接種研究顯示，這類菌群會影響堆肥期間胺基酸降解與生物合成，說明纖維降解並不是單一反應，而是連動碳、氮代謝與微生物群落變化。^[19]

對稻草、秸稈與枝葉類廢棄物，微生物菌群的效果通常與前處理程度密切相關。破碎可增加接觸面積，混合較易降解的氮源可改善微生物生長，適度通氣則能維持好氧代謝；快速堆肥研究比較多種微生物菌群處理稻草的成效，支持以功能菌群提升秸稈轉化速度的應用邏輯。^[12]

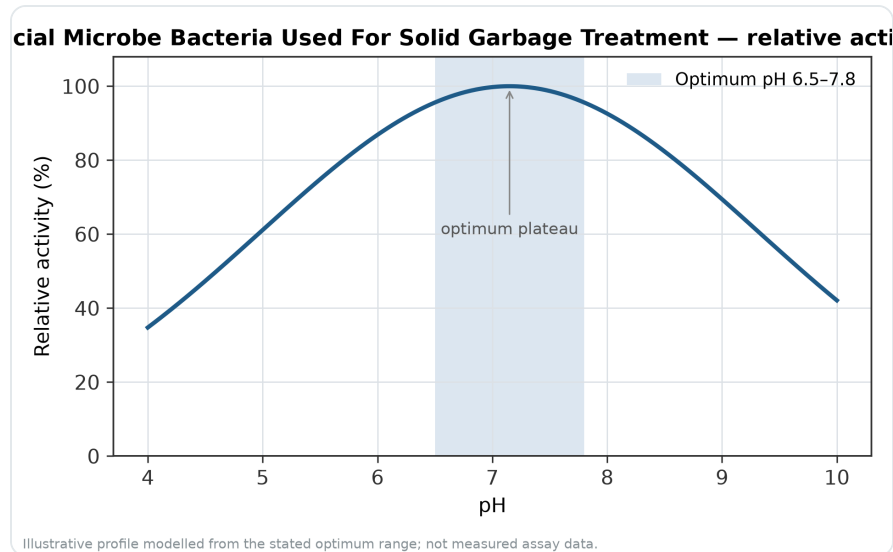


Figure 5. 固體垃圾處理用特殊微生物菌隨 pH 變化的相對活性，顯示其最適平台位於 pH 6.5–7.8。

畜牧糞便、牛糞與墊料堆肥

牛糞、禽畜糞便與墊料通常同時含有未消化纖維、蛋白質、尿素類氮、微生物生物量與水分。微生物菌群可協助有機物分解與堆體升溫，但若碳氮比例、通氣或含水控制不佳，也可能放大氨味或滲出液問題。牛糞分解研究指出，導入微生物菌群可提高堆肥效率，反映菌群接種在畜牧廢棄物處理中的應用價值。^[14]

此類場景的合理目標是形成較穩定、較低臭味、較易後續利用的堆肥或土壤改良原料，而非把糞便完全「消除」。關於牛糞堆肥的微生物製劑研究顯示，堆肥過程涉及微生物群落演替與有機物轉化兩個層面，這也解釋了為何同一種投入在不同場域可能有不同表現。^[10]

果蔬加工、食品工廠與植物性副產物

果蔬殘渣、果皮、菜葉、榨汁渣與罐頭加工副產物通常富含果膠、纖維素、可溶性糖與有機酸。由於這些物料容易快速酸化，若堆體缺乏通氣或緩衝材料，可能出現酸敗與滲出液。果膠酶生產菌從腐爛水果與蔬菜樣本中被分離與篩選，說明果蔬廢棄物與果膠降解微生物之間具有直接生態關聯。^[8]

對植物性副產物而言，微生物菌群的作用通常是把易腐敗的糖類與果膠快速轉化，同時逐步處理纖維性結構。若與秸稈、木屑或乾燥園藝廢棄物混合，通常更容易形成適合好氧堆肥的孔隙與水分條件；這些流程條件會決定酵素是否能接觸底物並持續作用。纖維素酶效率與應用研究也強調，基質特性與酵素來源會影響實際分解效率。^[6]

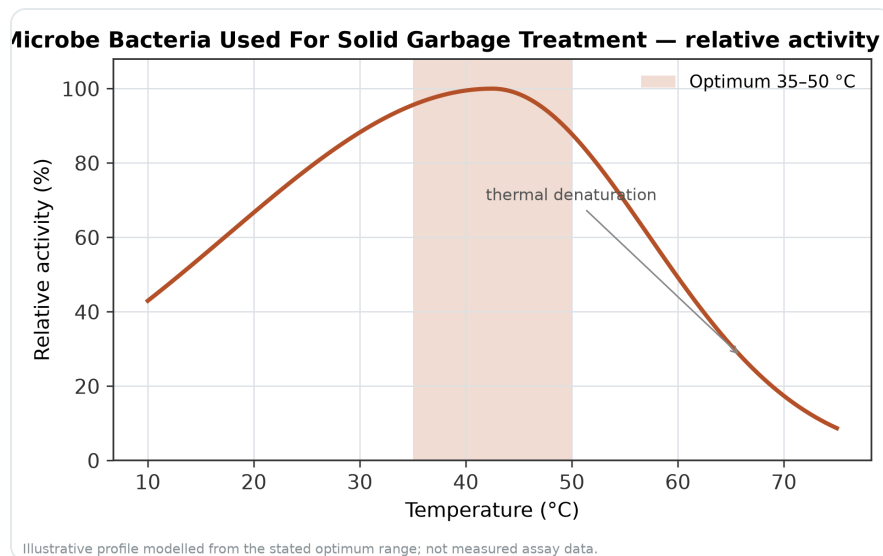


Figure 6. 固體垃圾處理用特殊微生物菌隨溫度變化的相對活性，最適溫度為 35–50 °C，且在超過最適範圍後呈現典型的熱變性活性下降。

可期待效益：加速有機物轉化、支援臭味管理與資源化

在可生物降解有機物比例高、分類清楚且流程條件穩定的情況下，固體垃圾處理微生物菌群可望提升有機物分解速率。其機制並非單一「吃垃圾」，而是微生物分泌多種酵素，先水解大分子，再透過代謝把碳源與氮源轉入熱、氣體、微生物細胞與腐殖化有機質。微生物酵素在廢棄物管理中的應用研究，支持這種以酵素驅動生物轉化的基本模式。^[5]

臭味管理方面，合理說法是「協助降低未穩定有機物造成的氣味風險」，而不是保證除臭。臭味通常來自蛋白質腐敗、脂肪酸累積、氨揮發、硫化物生成與厭氧微區；微生物菌群若能促進好氧分解與氮素保留，可降低部分臭味來源，但前提仍是通氣、含水、混合與原料比例受到控制。好氧堆肥氮素保存機制研究即指出，微生物途徑會影響氮素損失與轉化。^[11]

資源化方面，微生物處理可把有機固廢導向堆肥、土壤改良材料或其他後續利用路徑。腐殖酸結構與微生物營養限制研究顯示，有機—無機共堆肥中的腐殖化與微生物營養限制相互影響；這意味著堆肥品質不是只看減量，也與有機質穩定化、養分保存與污染控制有關。^[20]

合理邊界：哪些不應過度宣稱

首先，這類產品不應宣稱可處理所有「固體垃圾」。玻璃、金屬、砂石、灰渣、陶瓷、一般塑膠與多數複合包材不是微生物堆肥的主要底物；若它們混入有機流，只會稀釋有機物、阻礙混合、增加篩分負擔或造成後端品質問題。微塑膠在固體廢物流中的研究需求與方法缺口，也提醒業界不能把塑膠污染簡化為一般生物處理問題。^[1]

其次，重金屬、焚化飛灰、含危害性化學物質的固廢並不屬於一般有機垃圾微生物菌群的處理範圍。針對市政固廢焚化飛灰的重金屬螯合處理研究關注長期穩定性與環境風險，與餐廚或農業殘渣堆肥的生物降解邏輯不同。^[15]

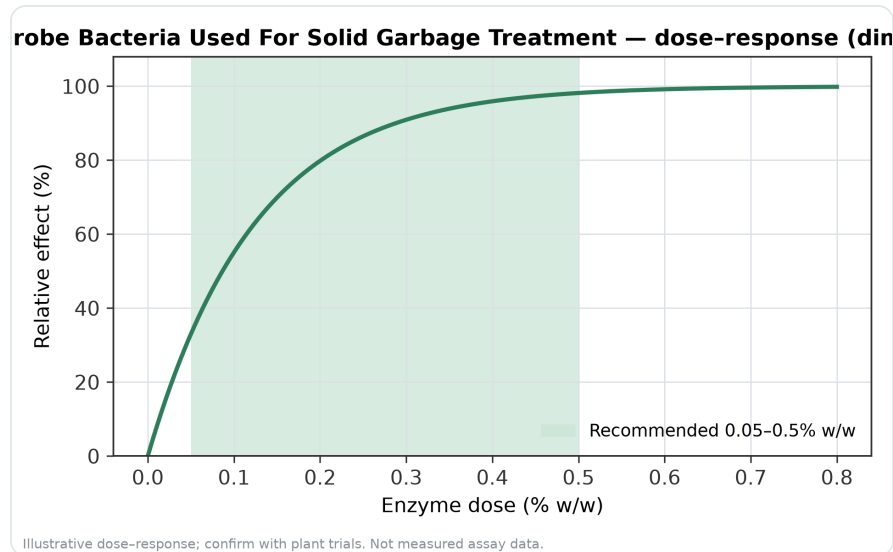


Figure 7. 固體垃圾處理用特殊微生物菌在建議使用範圍 (0.05–0.5% w/w) 內的示意劑量反應。

第三，菌群接種不是越多越有效，也不是在任何環境都能穩定作用。極端 pH、高鹽、高油、消毒劑殘留、重金屬、抗菌劑、過乾、過濕或長期缺氧都可能壓抑微生物活性。堆肥效率研究反覆顯示，微生物菌群的效果與現場基質、群落演替和操作條件共同決定，不能把實驗或特定場域結果直接等同於所有廠區表現。^[10]

流程整合觀念：讓微生物有條件工作

導入固體垃圾處理微生物菌群時，較務實的做法是把它視為既有流程中的生物催化輔助。可生物降解比例高、雜質少、粒徑較均一、含水適中、通氣良好且定期混合的堆體，通常更有利於微生物接觸底物並分泌胞外酵素。機械生物處理廠的實施挑戰研究也顯示，流程設計與操作管理是固廢生物處理能否成功的核心因素。^[4]

好氧系統需要避免長時間厭氧，因為厭氧微區容易累積有機酸、硫化物與其他氣味物質；但過度乾燥又會降低微生物代謝。對高水分餐廚或果蔬殘渣，可透過與乾燥纖維材料混合來改善孔隙與結構；對秸稈與園藝廢棄物，則常需破碎與補充較易降解有機氮源，以促進堆體啟動。稻草快速堆肥菌群研究支持以功能微生物與基質調整共同提高分解效率。^[12]

若流程目標是產出土壤改良材料，後期腐熟與穩定化同樣關鍵。未完全穩定的堆肥可能仍有高呼吸活性、氣味或植物毒性風險；微生物接種可影響腐殖物質形成，但不能省略成熟期管理。木質纖維生質堆肥研究指出，不同功能微生物會改變腐殖物質形成機制，因此後期品質仍需依場域規範管理。^[13]

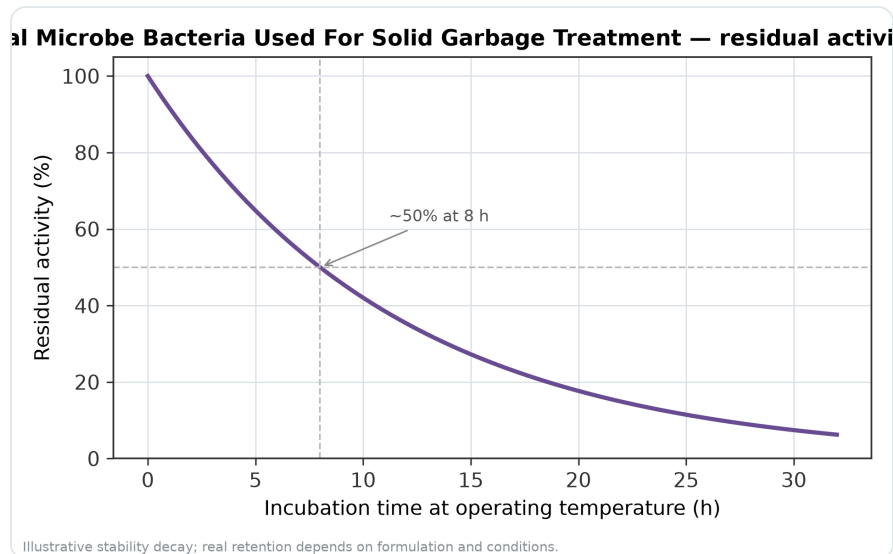


Figure 8. 固體垃圾處理用特殊微生物菌的示意熱穩定性衰減——在操作溫度下，殘餘活性會隨時間下降。

Enzymes.bio 供應資訊與 B2B 使用定位

Enzymes.bio 在此產品中的角色是供應商，而不是製造商或實驗室；因此，本文以公開產品定位與已驗證文獻整理應用邏輯，不把內容寫成製造端的性能保證。產品頁面提供線上購買入口，並以 1 kg 單位供應，適合需要直接下單的小包裝 B2B 使用者；CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供，方便內部文件歸檔與安全管理。

Enzymes.bio 的環境與廢棄物處理產品分類涵蓋工業環境處理用途，這也意味著 Special Microbe Bacteria Used For Solid Garbage Treatment 應被定位為工業或機構端固體有機廢棄物處理輔助材料，而不是家用清潔劑、食品、飼料、醫療材料或消毒產品。

結論：適合有機固廢流程，不是萬用垃圾分解劑

Special Microbe Bacteria Used For Solid Garbage Treatment 的技術基礎，是微生物菌群在合適環境下產生多種胞外酵素，協助可生物降解有機固體廢棄物水解、代謝與穩定化。文獻支持微生物蛋白酶、纖維素酶、果膠酶、角蛋白酶與其他酵素在農工廢棄物、堆肥與有機殘渣處理中的作用，但實際效果取決於垃圾組成、分類品質與操作條件。^[3]

對 B2B 使用者而言，最合理的應用場景是餐廚垃圾、果蔬殘渣、農業秸稈、園藝廢棄物、畜牧糞便與其他可生物降解有機固體廢棄物流；最不合理的期待，則是把它用來處理金屬、玻璃、灰渣、重金屬、一般混合塑膠或危害性化學廢棄物。把產品放入分類、通氣、混合、含水控制與後端穩定化管理完整流程中，才符合目前微生物固體垃圾處理研究與產業實務的證據邊界。^[4]

線上訂購 Special Microbe Bacteria Used For Solid Garbage Treatment

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 Special Microbe Bacteria Used For Solid Garbage Treatment →](#)

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. Hoffmann, V., & Keen, O. (2025). Microplastics in solid waste streams: Research needs and gaps in research methodology. *Waste Management*, 211, 115297 .
2. Liu, T., Cao, J., & Miatto, A. (2024). Impacts of a municipal solid waste classification policy on carbon emissions: case study of Beijing, China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 26, 2478 - 2490.
3. Solanki, P., Putatunda, C., Kumar, A., Bhatia, R., & Walia, A. (2021). Microbial proteases: ubiquitous enzymes with innumerable uses. *3 Biotech*, 11.
4. Lara-Topete, G. O., Robles-Rodríguez, C. E., Orozco-Nunnelly, D., Vázquez-Morillas, A., Bernache-Pérez, G., & Gradilla-Hernández, M. (2023). A mini review on the main challenges of implementing mechanical biological treatment plants for municipal solid waste in the Latin America region: Learning from the experiences of developed countries. *Waste Management Research*, 41, 1227 - 1237.
5. Khan, M. F. (2025). Recent Advances in Microbial Enzyme Applications for Sustainable Textile Processing and Waste Management. *The Scientist*.
6. S, V. A., Karigar, C. S., & More, S. (2026). Comparative Insights into Fungal and Bacterial Cellulases: Efficiency and Applications. *International journal of research and innovation in applied science*.
7. Brandelli, A. (2008). Bacterial Keratinases: Useful Enzymes for Bioprocessing Agroindustrial Wastes and Beyond. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 105-116.
8. Anjum, F., Zohra, R. R., Ahmad, M., & Zohra, R. R. (2019). Pectinase Producers from Rotten Fruits and Vegetable Samples: Isolation, Screening and Characterization. *International journal of sciences*.
9. Akram, F., Jabbar, Z., Aqeel, A., Haq, I., Tariq, S., & Malik, K. (2022). A Contemporary Appraisal on Impending Industrial and Agricultural Applications of Thermophilic-Recombinant Chitinolytic Enzymes from Microbial Sources. *Molecular Biotechnology*, 64, 1055 - 1075.
10. Zhang, Z., Yang, H., Linghu, M., Li, J., Chen, C., & Wang, B. (2024). Cattle manure composting driven by a microbial agent: A coupled mechanism involving microbial community succession and organic matter conversion. *Science of the Total Environment*, 175953 .

11. Sun, L., Guan, W., Tai, X., Qi, W., Zhang, Y., Ma, Y., Sun, X., ... et al. (2025). Research Progress on Microbial Nitrogen Conservation Technology and Mechanism of Microorganisms in Aerobic Composting. *Microbial Ecology*, 88.
12. Mageshwaran, V., Tripathi, P., Vishvakarma, A. K., & Yadav, A. (2024). Comparative Efficacy Evaluation of Microbial Consortia for Rapid Composting of Paddy Straw. *Journal of Pure and Applied Microbiology*.
13. Wu, D., Gao, W., Zhao, Y., Wei, Z., Song, C., Qu, F., & Wang, F. (2024). Elaborating the microbial mechanism of humic substance formation during lignocellulosic biomass composting by inoculation with different functional microbes. *Industrial crops and products (Print)*.
14. Priyadi, P., Rahmadi, R., Rochman, F., Dulbari, D., Sari, E. Y., Buana, A., Sudrajat, D., ... et al. (2025). Enhancing composting efficiency: Impact of microbial consortia on cow manure decomposition. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*.
15. Zhang, Z., Yu, Y., Rao, Y., Wang, Y., Yu, C., Luo, Z., Zhao, H., ... et al. (2025). Chelation treatment for heavy metals in municipal solid waste incineration fly ash: 300-Day study on stability and environmental risk. *Waste Management*, 200, 114745 .
16. Zhang, B., Liu, Z., Lu, Y., Xu, C., Li, H., & Wang, Z. (2025). Carbon abatement cost optimization in China's municipal solid waste management: a shared socioeconomic pathway analysis. *Waste Management*, 209, 115185 .
17. Mika, S., Mühl, J., Skutan, S., Aschenbrenner, P., Limbeck, A., & Lederer, J. (2025). Substance flows of heavy metals in industrial-scale municipal solid waste incineration bottom ash treatment: A case study from Austria. *Waste Management*, 195, 240-252 .
18. Salinas, J., Martínez-Gallardo, M. R., Jurado, M., Suárez-Estrella, F., López-González, J. A., Estrella-González, M. J., Toribio, A., ... et al. (2024). Construction of versatile plastic-degrading microbial consortia based on ligninolytic microorganisms associated with agricultural waste composting. *Environmental Pollution*, 125333 .
19. Yao, X., Liu, Q., & Li, D. (2024). Mechanism underlying effects of cellulose-degrading microbial inoculation on amino acid degradation and biosynthesis during composting. *Bioresource Technology*, 130899 .
20. Yu, H., Li, P., Bo, G., & Shen, G. (2024). Studies on the humic acid structure and microbial nutrient restriction mechanism during organic-inorganic co-composting. *Journal of Environmental Management*, 353, 120186 .


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。