

Neutral Protease Bacillus subtilis Protease：麵粉與烘焙用中性內切蛋白酶的作用機制與應用

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

Neutral Protease Bacillus subtilis Protease 是以枯草芽孢桿菌來源蛋白酶為核心的麵粉加工用酵素，主要應用在小麥粉、麵團、烘焙與部分發酵麵製品中，用於調整蛋白質網絡、改善麵團延展性與製程穩定性。

在麵粉系統中，中性蛋白酶透過切割麩質蛋白內部肽鍵，降低過強麵筋造成的回彈、收縮或成形困難；但效果高度依賴麵粉蛋白質品質、吸水、鹽、糖、脂肪、發酵條件與作用時間。

Enzymes.bio 為此產品的供應商，產品以 1 kg 單位線上銷售，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供；本文聚焦於應用機制、食品製程意義與公開文獻可支持的證據邊界。

酵素名稱、定位與主要應用

Neutral Protease Bacillus subtilis Protease 可譯為「枯草芽孢桿菌來源中性蛋白酶」。其主要功能不是提供風味本身，而是在麵粉加水後、蛋白質開始水合並形成麩質網絡的階段，對蛋白質結構進行受控水解，使麵團的彈性、延展性、黏著性與成形行為更接近目標製程需求。Bacillus subtilis 長期被研究作為食品成分與特殊化學品的微生物生產平台，其蛋白分泌能力、工業可培養性與多種酵素應用潛力，是此類蛋白酶被用於食品加工討論的基礎之一 [1]。

產品英文名稱中若出現「flour-specific endonuclease」字樣，需在技術上謹慎理解：對麵粉與麩質蛋白而言，實際關鍵功能應是「內切型蛋白酶」或「endo-protease」，也就是切割蛋白質內部肽鍵；endonuclease 在嚴格生化語境中通常指核酸內切酶，並非麵粉蛋白改質的主要作用。本文因此以「麵粉用中性內切蛋白酶」描述其應用，不將其解讀為核酸酶產品。

此酵素的主要應用場景包括吐司、餐包、捲麵包、冷凍麵團、薄餅、餅乾、壓延麵片、部分中式麵點，以及以小麥粉為主、需要調整筋性與加工阻力的配方。與澱粉酶、木聚糖酶、脂肪酶等烘焙酵素不同，蛋白酶的目標不是直接處理澱粉或非澱粉多醣，而是改變麩質蛋白的分子大小與網絡連續性；這也是為什麼其用量與作用時間需要更謹慎，因為不足時效果不明顯，過度時可能造成麵團軟塌、黏手或保氣性下降。麵粉中內源性或外源性蛋白酶活性與麵粉技術品質、流變性及烘焙表現之間的關聯，已在受病害或發芽影響的小麥研究中被反覆討論 [2]。

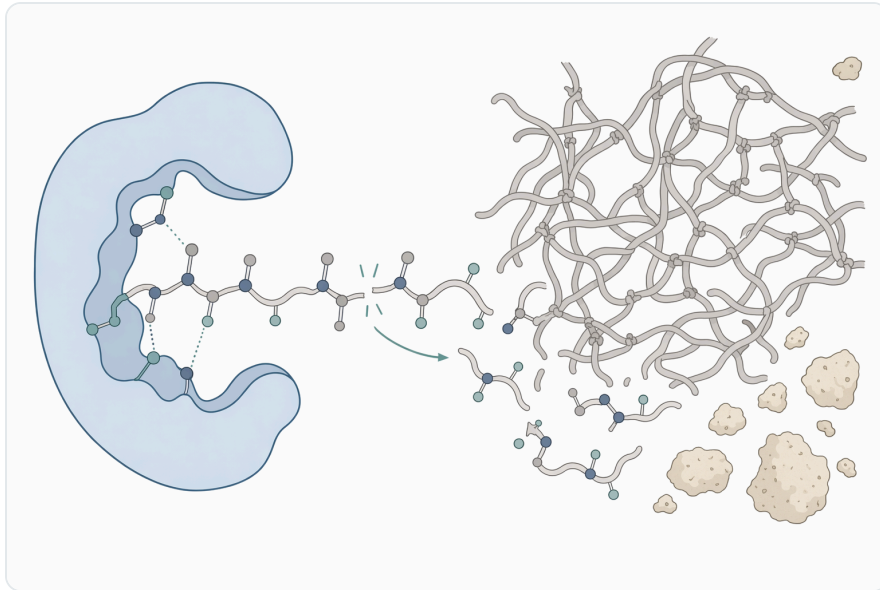


Figure 1. 枯草桿菌中性蛋白酶可水解麩質蛋白中的肽鍵，降低麵團彈性並改善操作性。

為什麼麵粉製程會需要中性蛋白酶？

在工業烘焙與麵製品生產中，「蛋白含量高」不必然等於「好加工」。某些麵粉批次麩質強、彈性好、延展不足，會在壓延、捲起、切割、填餡或模具成形時產生回縮；產線端看見的問題可能是麵片寬度不穩、捲麵後開裂、切面變形、機械負荷上升，或最終產品高度、孔洞與外觀波動。蛋白酶的價值在於把過度緊繃的蛋白網絡適度放鬆，使麵團在既有機台條件下更容易延展與定型。

另一個常見需求是原料批次穩定化。小麥品種、產地、儲存條件、磨粉配置與季節都會改變蛋白質品質；即使灰分、蛋白含量或濕麵筋指標相近，實際混合耐受性與延展性仍可能不同。中性蛋白酶可作為配方調節工具，協助在特定範圍內修正過強筋性，但它不是萬能修復劑：若麵粉本身蛋白弱、受損澱粉高或酵素背景過強，額外蛋白水解反而可能放大缺陷。發芽小麥研究顯示，蛋白酶活性變化會牽動麵團性質與蛋白品質，說明「蛋白水解程度」本身就是麵粉加工品質的重要變因 [3]。

對烘焙成品而言，適度蛋白水解可能改善咀嚼柔軟度、減少韌性、讓氣孔更均勻，並提升壓延或成形後的形狀一致性。這些效益通常不是單一酵素獨立決定，而是與攪拌能量、發酵酸化、鹽含量、糖脂配方、氧化還原條件及烘烤熱歷程共同作用。早期關於外源蛋白酶對冬小麥蛋白品質與製麵包特性的研究已指出，蛋白酶可能顯著改變麵粉的烘焙表現，因此在導入時應以「受控改質」而非「越多越好」來思考 [4]。

作用機制：從肽鍵切割到麵團流變改變

小麥麵團的骨架主要來自 glutenin 與 gliadin。簡化而言，glutenin 提供彈性、強度與網絡延展後回復能力；gliadin 則較多貢獻黏性與流動性。當麵粉加水並經攪拌後，這些蛋白質透過氫鍵、疏水作用、二硫鍵與物理纏結形成連續網絡，包覆澱粉顆粒與氣泡。中性蛋白酶會在較溫和的 pH 環境中切割蛋白質內部肽鍵，使部分高分子蛋白轉為較短肽段，降低網絡連續性與抗拉強度。

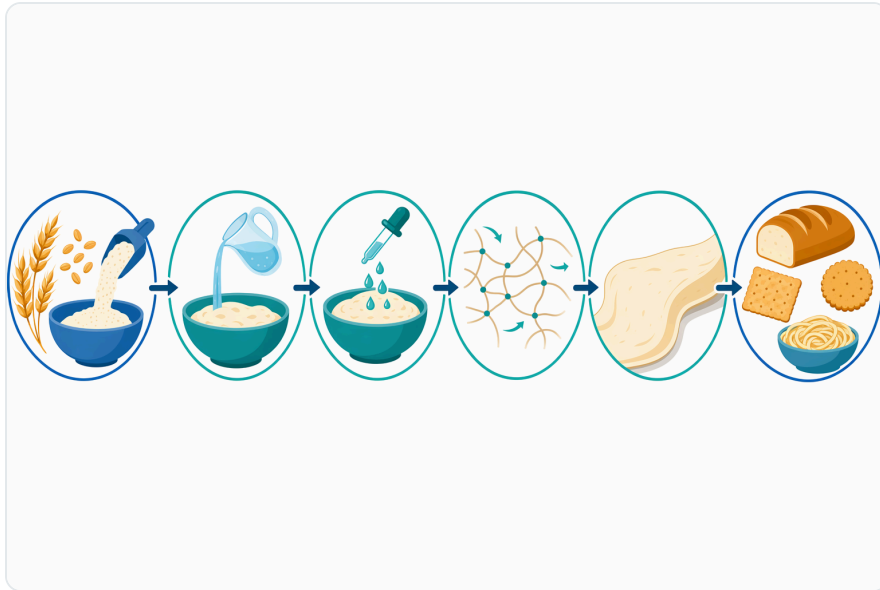


Figure 2. 在麵粉加工中，中性蛋白酶會於攪拌階段添加，以在烘焙或成形前調整麩質強度。

這種水解並不是把所有蛋白「溶掉」，而是改變分子量分布與網絡節點密度。當切割程度適中，麵團的抗延伸力下降，延展距離增加，機械壓延或捲曲時較不易回縮；當切割過度，網絡無法有效包覆氣體，可能造成麵團黏、塌、氣孔粗大、體積下降或表皮皺縮。研究麵包麵團中蛋白酶活性監測的文獻，正是因為蛋白酶作用會影響麵團發展與成品品質，才需要在配方與製程中加以追蹤與控制 [5]。

Bacillus subtilis 作為蛋白酶來源的技術意義，還在於其被廣泛研究為外泌酵素與高價生物製品的宿主。近年工程化 *Bacillus subtilis* 的綜述指出，該系統在分泌蛋白、代謝工程與生物製造方面持續進展，這支持「*Bacillus* 來源酵素可作為工業加工工具」的廣泛背景；不過，這不等於每一個商品酵素在每一種麵粉中都會有相同效果，仍需以具體配方結果判斷 [6]。

中性蛋白酶與其他烘焙酵素的差異

酵素類型	主要作用基質	對麵團或成品的典型影響	使用風險重點
中性蛋白酶	麩質蛋白與其他麵粉蛋白	降低過強筋性、改善延展性、減少回縮、調整咀嚼感	過度水解會造成麵團軟塌、黏手、保氣性下降

酵素類型	主要作用基質	對麵團或成品的典型影響	使用風險重點
α-澱粉酶	澱粉	增加可發酵糖、影響上色、體積與柔軟度	過量可能造成內部濕黏或結構弱化
木聚糖酶	阿拉伯木聚糖等非澱粉多醣	改善吸水分布、麵團操作性與麵包體積	不同麵粉戊聚糖型態差異大，效果可能波動
脂肪酶 / 磷脂酶	脂質與磷脂	影響乳化、氣泡穩定與麵包柔軟度	可能改變風味或與乳化劑系統交互作用
葡萄糖氧化酶	葡萄糖與氧化還原系統	促進蛋白網絡強化、提升麵團韌性	對已偏強的麵粉可能使加工更困難

此表的重點在於：中性蛋白酶通常是「放鬆」蛋白網絡，而某些氧化型酵素或氧化劑則偏向「強化」網絡。兩者沒有絕對優劣，取決於麵粉狀態與產品目標。如果製程問題來自筋性過強，蛋白酶可能有幫助；若問題來自筋性不足，則需非常保守，否則可能讓弱麵團更難成形。酸種與外源酵素同時存在時，乳酸菌酸化動態與麵團質地也會受影響，顯示酵素作用必須放在整個配方生態中理解 [7]。

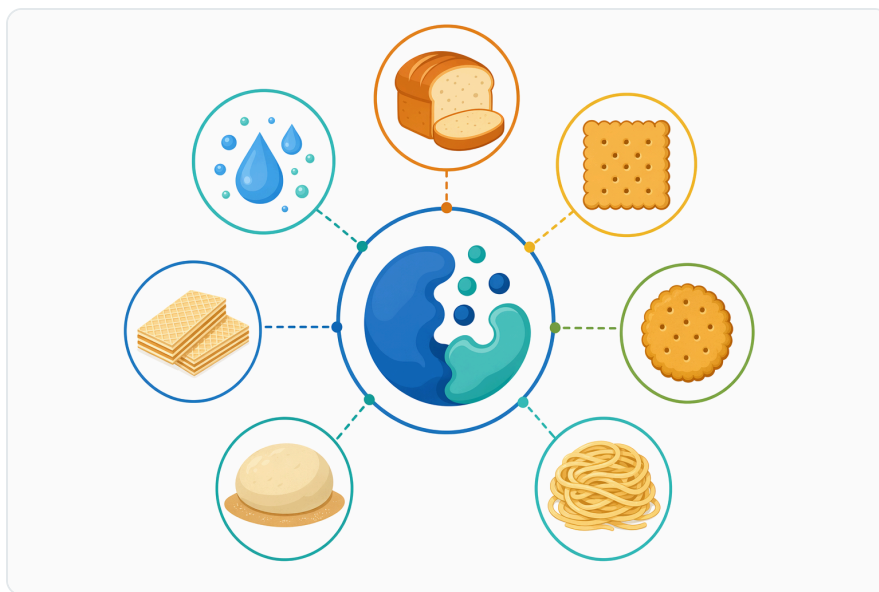


Figure 3. 中性蛋白酶用於烘焙與穀物加工，可調控麵團延展性、質地與機械加工性。

麵粉與烘焙應用中的工藝考量

在實務上，中性蛋白酶通常需要在蛋白質充分接觸水分後才會有效發揮作用，因此添加點常與乾粉預混或加水攪拌階段相關。若混合不均，局部水解可能造成麵團局部黏化或組織不一致；若作用時間過長，尤其在長時間發酵、冷藏鬆弛或冷凍前後流程中，蛋白網絡可能持續被削弱。這也是為什麼烘焙

廠導入蛋白酶時，常會同步觀察攪拌曲線、壓延表現、醒發耐受性與烘烤後結構，而不是只看單一指標。

pH、鹽、糖與脂肪也會影響觀察到的效果。中性蛋白酶顧名思義偏向中性附近環境，但實際配方可能因酸種、乳酸菌發酵、鹼性麵製品或高糖高油系統而改變酵素接觸蛋白的效率。鹽會改變麩質蛋白水合與網絡緊密度，也會影響麵團韌性；減鹽配方往往需要重新理解加工性，因為鹽不只是風味來源，也是麵團結構調節因子。食品減鹽對加工技術造成的影響已有綜述討論，這類背景有助於解釋為何酵素效果不能脫離鹽含量與配方系統判讀 [8]。

熱處理則是另一個關鍵。烘烤、蒸煮或高溫乾燥會使多數食品酵素逐步失去活性，但在失活前完成的蛋白水解會保留下來，形成最終麵包或麵製品的質地差異。因此，蛋白酶真正的「作用窗口」通常位於混合、靜置、壓延、發酵、醒發與升溫前期，而不是成品冷卻後。若產品為冷凍麵團或半烘烤產品，則還需要考量凍結前水解程度、解凍後麵團強度與二次加熱時的結構保持。

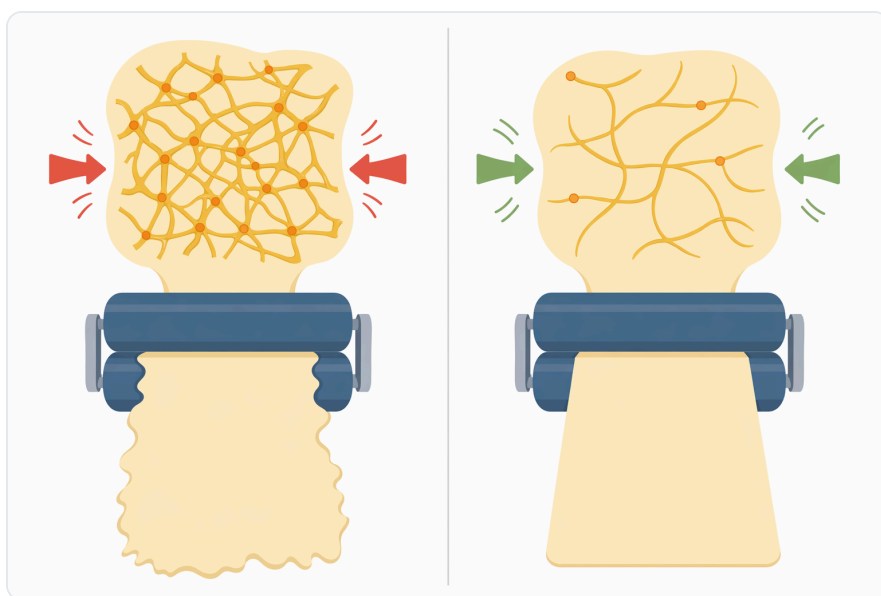


Figure 4. 相較於機械或化學方式軟化麵團，蛋白酶處理可在溫和加工條件下實現具針對性的麩質鬆弛。

主要產品情境與預期效益

對吐司與餐包線而言，中性蛋白酶可用於降低麵團過度彈性，讓分割、滾圓、整形與入模更穩定。當麵團在捲起後持續回彈，可能造成捲紋不密、孔洞不均或側邊爆裂；受控蛋白水解能降低這種回復力，使機械整形更容易達到固定形狀。然而若吐司配方本身需要高保氣與高窯彈，蛋白酶使用就必須特別克制，以免犧牲體積與側壁支撐。

對餅乾、薄餅、派皮或壓延型產品而言，目標通常不是建立強麵筋，而是讓麵團容易延展、切割後不收縮、烘烤後尺寸穩定。這類產品中，蛋白酶可協助降低麵筋造成的韌性與回縮，讓片狀成形更一致。相對地，若配方含高油脂或高糖，蛋白質水合本來就受限制，酵素能接觸到的蛋白基質較少，效

果可能低於直覺預期。

對發酵麵製品與混合粉系統而言，蛋白酶的角色更複雜。若配方含黑麥、雜糧、豆類蛋白、米粉或其他植物蛋白，水分競爭、非小麥蛋白干擾與酸化條件都會改變麵團結構。關於黑麥與小麥混合粉中使用細菌酸種與酵素製作麵包的研究顯示，微生物發酵與酵素系統可共同影響麵包品質，這支持在複合配方中以整體配方策略評估蛋白酶，而不是將其視為單一變數 [9]。

證據強度：哪些可合理推論，哪些需要現場確認？

主張	證據強度	可支持的理解	邊界與注意
Bacillus subtilis 是食品與生物製造中常見的酵素來源平台	較強	其分泌蛋白與工業應用背景被多篇綜述討論	來源平台的可靠性不等於個別產品在所有配方中效果一致
蛋白酶會改變麵粉蛋白品質、流變性與烘焙表現	較強	小麥病害、發芽與外源蛋白酶研究均顯示蛋白水解會影響加工品質	研究中的蛋白酶來源與條件未必等同本商品
中性蛋白酶可改善過強麵團的延展性與降低回縮	中等	機制與烘焙經驗一致，符合麩質網絡被部分切割後的物性變化	需依麵粉批次、配方與製程確認，過量可能反效果
可提升成品柔軟度、氣孔均勻性或製程良率	中等至有限	在特定配方中有合理機制支持	成品品質受多因子控制，不能保證單獨由蛋白酶決定
可取代所有化學改良劑或完全修復劣質麵粉	有限	酵素可作為配方調節工具	不應誇大為全面替代或補救方案

上述判讀也反映食品酵素證據的特性：有些證據支持「機制」與「類別應用」，但不直接等於特定產線的量化效益。以 Bacillus subtilis 安全菌株譜系生產食品酵素的安全評估研究為例，其價值在於展示食品酵素需以菌株、生產過程、殘留風險與用途逐案評估，而不是單靠物種名稱做絕對判斷 [10]。

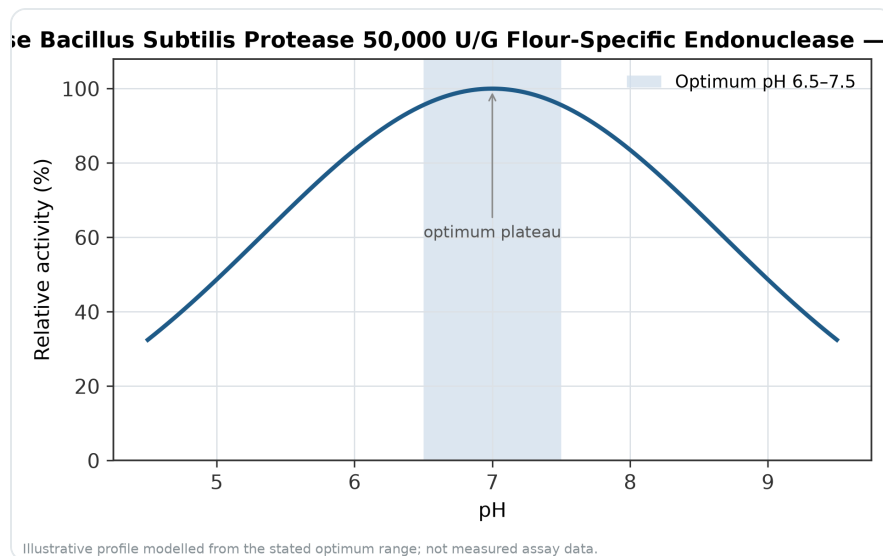


Figure 5. 中性蛋白酶（枯草桿菌蛋白酶 50,000 U/g · 麵粉專用內切酶）的相對活性隨 pH 值變化，顯示其最佳活性平台位於 pH 6.5–7.5。

安全、合規與文件解讀

Bacillus subtilis 來源食品酵素在公開文獻中有多種安全評估案例，但合規結論通常與菌株、生產方式、純化程度、使用用途與暴露量有關。近年針對 genetically modified *Bacillus subtilis* 來源木聚糖酶與麥芽水解相關食品酵素的安全評估，顯示監管審查會關注生產菌株特性、製程殘留與預期食品用途；這提醒使用者，即使同屬 *Bacillus subtilis* 來源，仍應依產品文件與當地法規進行內部審核 [11]。

從工廠操作角度，粉末型酵素最常見的職業安全重點是避免吸入粉塵與長時間皮膚或眼睛接觸。蛋白酶屬於可水解蛋白的生物催化劑，對作業人員而言應以一般酵素粉體的防護邏輯管理，包括降低揚塵、保持通風、使用適當個人防護具，並依 SDS 建立內部處理程序。Enzymes.bio 作為供應商，會隨訂單提供 CoA 與 SDS，供使用者納入品質、倉儲、職安與合規紀錄。

在食品標示與加工助劑認定方面，不同市場規範差異很大。某些地區會依酵素是否在最終食品中具有技術功能、是否失活、是否需標示來源或過敏原風險來判定管理方式。本文不提供法規結論；食品企業應依銷售地法規、產品類別與自身品質系統判斷。*Bacillus subtilis* 食品酵素安全評估的更新案例也顯示，監管資料會隨新資訊與用途更新而重新檢視，企業不宜以過時或跨用途資料直接套用 [12]。

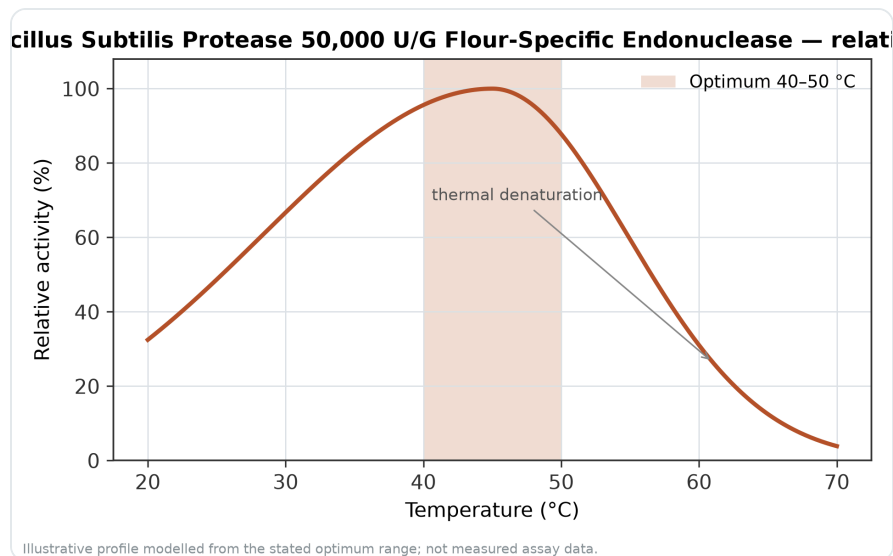


Figure 6. 中性蛋白酶（枯草桿菌蛋白酶 50,000 U/g，麵粉專用內切酶）的相對活性隨溫度變化，最佳溫度為 40–50 °C，且在高於最佳溫度後呈現典型的熱變性活性下降。

與酸種、發酵與配方成分的交互作用

若產品使用酸種、老麵或乳酸菌發酵，蛋白酶作用會與酸化、內源酵素活性及微生物代謝交織。酸化可能改變麩質蛋白帶電狀態與水合行為，也可能使中性蛋白酶偏離最適作用環境；同時，乳酸菌本身也可能透過蛋白水解系統釋放小肽與胺基酸，影響發酵風味與麵團質地。研究外源酵素與酸種乳酸菌交互作用時，已觀察到酸化動態與麵團質地可能同時改變，這對工業酸種麵包尤其重要 [7]。

若配方加入蛋白質來源，例如乳粉、豆粉、麩皮、芝麻粕、豆類蛋白或其他植物蛋白，蛋白酶可能不只作用於小麥麩質，也可能水解其他蛋白，改變吸水、黏度、風味前驅物與褐變反應。以米麵團中添加酪蛋白水解物的研究為例，蛋白水解物可影響發酵特性、質地與微生物組成，說明「小肽與游離胺基酸」不只是結構變因，也可能牽動發酵生態與風味化學 [13]。

此外，麵粉中天然蛋白酶抑制物或原料背景也可能影響效果。針對高蛋白酶活性麵粉使用天然蛋白酶抑制物的研究，從反方向證明了蛋白酶活性對麵粉品質可能具有足夠影響，以至於需要透過抑制策略來管理 [14]。因此，當原料本身已有高內源蛋白酶活性，例如發芽、病害或儲存異常小麥，額外添加蛋白酶需更保守。

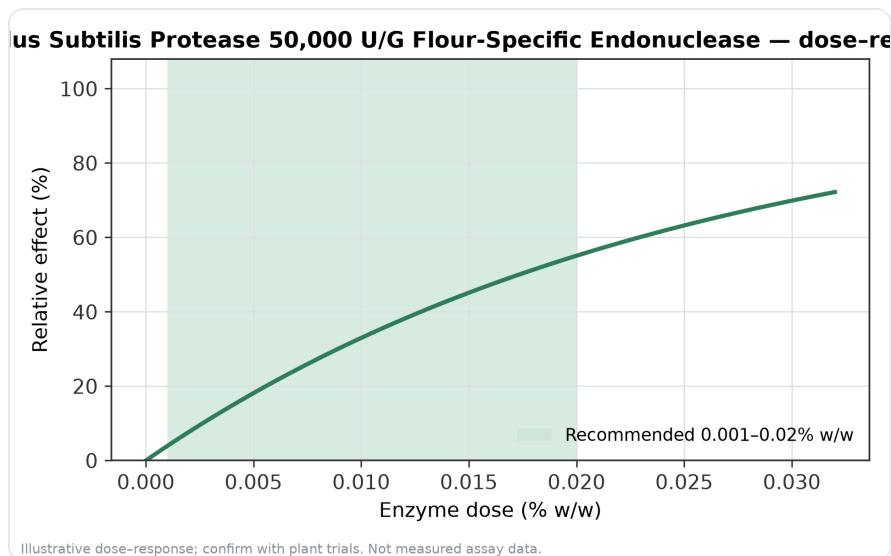


Figure 7. 中性蛋白酶（枯草桿菌蛋白酶 50,000 U/g，麵粉專用內切酶）在建
議使用範圍（0.001–0.02% w/w）內的示意性劑量反應。

導入時的品質觀察重點

導入中性蛋白酶時，企業可將觀察重點放在「製程表現」與「成品表現」兩層。製程端包括攪拌時麵團形成速度、表面狀態、黏缸或黏輥情形、壓延後回縮、分割重量穩定性、整形完整性與醒發耐受性。成品端則包括體積、外觀、切面氣孔、咀嚼韌性、柔軟度保持、片狀產品尺寸穩定性，以及是否出現塌陷、粗孔或黏芯。

需要特別注意的是，蛋白酶效果常具有延遲性。剛攪拌完成時麵團可能看似正常，但經過靜置、發酵或冷藏後，水解效果逐漸累積，才出現過軟或黏著問題。因此，評估時不宜只看混合後即刻手感，也應觀察完整製程時間內的變化。受 *Fusarium head blight* 影響小麥的研究顯示，蛋白酶活性可與麵粉技術品質及流變特性連動，這也是工業評估必須跨越單一時間點的原因 [2]。

供應型態與文件

Enzymes.bio 供應的 Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease 以 1 kg 單位在線上直接銷售，適合需要在配方開發、產線調整或常規生產中使用麵粉用蛋白酶的食品企業。Enzymes.bio 並非製造商，也不是實驗室；其角色是提供產品與隨訂單文件，協助客戶將原料納入自身品質與合規流程。

每筆訂單會隨貨提供 CoA 與 SDS。CoA 可用於確認該批次的供應文件資訊，SDS 則支援倉儲、職業安全、操作防護與內部風險管理。本文不列出活性單位、分析方法或活性定義；實際產品識別、批次資訊與文件內容應以隨貨資料為準。

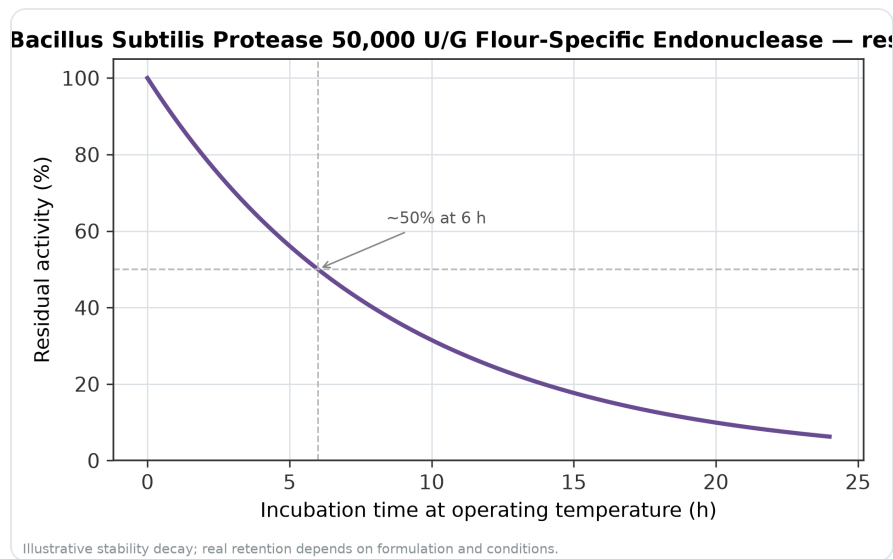


Figure 8. 中性蛋白酶（枯草桿菌蛋白酶 50,000 U/g · 麵粉專用內切酶）的示意性熱穩定性衰減——在操作溫度下殘餘活性隨時間下降。

結論：把蛋白酶視為「麵筋網絡調節工具」

Neutral Protease *Bacillus subtilis* Protease 的核心價值，是在麵粉加工與烘焙製程中對蛋白質網絡進行受控放鬆。當麵粉筋性偏強、麵團回彈大、壓延或整形困難時，中性內切蛋白酶可透過切割麩質蛋白內部肽鍵，降低網絡抗拉強度並改善延展性；但若麵粉本來偏弱或製程時間過長，過度水解也可能造成結構不足。

公開文獻對 *Bacillus subtilis* 作為酵素來源平台、蛋白酶影響麵粉流變與烘焙品質、以及食品酵素需逐案安全評估等面向提供了可靠背景支持。然而，特定配方中的最佳效果仍取決於麵粉批次、配方組成、發酵條件、熱處理與目標產品。對 B2B 使用者而言，最務實的定位是：將此產品作為麵粉與麵團品質調節工具，納入既有研發、品管與製程管理系統中，而不是把它視為可單獨解決所有麵粉波動的通用改良劑。

線上訂購 Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease

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 Neutral Protease *Bacillus Subtilis* Protease 50,000 U/G Flour-Specific Endonuclease →

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. Chen, T., Brul, S., & Hugenholtz, J. (2023). Exploring the potential of *Bacillus subtilis* as cell factory for food ingredients and special chemicals. *bioRxiv*, 22.
2. Peršić, V., Božinović, I., Varnica, I., Babić, J., & Španić, V. (2023). Impact of Fusarium Head Blight on Wheat Flour Quality: Examination of Protease Activity, Technological Quality and Rheological Properties. *Agronomy*.
3. Wang, X., Zhao, M., Shang, P., Liu, J., & Zhao, R. (2024). Effect of Microwave Treatment on Protease Activity, Dough Properties and Protein Quality in Sprouted Wheat. *Foods*, 13.
4. Wang, J., Wieser, H., Pawelzik, E., Weinert, J., Keutgen, A., & Wolf, G. (2005). Impact of the fungal protease produced by *Fusarium culmorum* on the protein quality and breadmaking properties of winter wheat. *European Food Research and Technology*, 220, 552-559.
5. David, I., & Misca, C. (2014). The monitoring of enzyme activity of protease on the bread dough.
6. Liu, Z., & Yu, X. (2025). Engineering *Bacillus subtilis* for high-value bioproduction: recent advances and applications. *Microbial Cell Factories*, 24.
7. Cagno, R., Angelis, M., Corsetti, A., Lavermicocca, P., Arnault, P., Tossut, P., Gallo, G., ... et al. (2003). Interactions between sourdough lactic acid bacteria and exogenous enzymes: effects on the microbial kinetics of acidification and dough textural properties. *Food Microbiology*, 20, 67-75.
8. Rysová, J., & Šmídová, Z. (2021). Effect of Salt Content Reduction on Food Processing Technology. *Foods*, 10.
9. Korzhenivska, A., Danylenko, S., Gunko, S., Kozlovska, G., & Lukianets, A. (2023). APPLICATION OF BACTERIAL SOURDOUGH AND ENZYMES IN THE PRODUCTION OF BREAD FROM A MIXTURE OF RYE AND WHEAT FLOUR. *Food Science and Technology*.
10. Galano, M., Dungen, M. W., Rij, T., & Abbas, H. E. (2021). Safety evaluation of food enzymes produced by a safe strain lineage of *Bacillus subtilis*. *Regulatory toxicology and pharmacology : RTP*, 105030 .
11. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2024). Safety evaluation of the food enzyme endo-1,4- β -xylanase from the genetically modified *Bacillus subtilis* strain AR-153. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 22.
12. Zorn, H., Baviera, J. M. B., Bolognesi, C., Catania, F., Gadermaier, G., Greiner, R., Mayo, B., ... et al. (2026). Updated safety evaluation of the food enzyme glucan 1,4- α -maltohydrolase from the genetically modified *Bacillus subtilis* strain BABSC. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 24 2, e9957 .
13. Guo, L., Liu, B., Jiang, Y., Zhang, W., Han, J., Qu, W., Han, Y., ... et al. (2023). Casein hydrolysate's effects on the fermentation properties, texture, and chemical characteristics and the bacterial microbiota of fermented glutinous rice dough. *Frontiers in Microbiology*, 14.
14. Olanca, B., & Ozay, D. S. (2015). Effects of natural protease inhibitors on high protease activity flours. *Journal of Cereal Science*, 65, 290-297.


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。