

# 食品用菊粉酶 Inulinase：用於菊粉轉化與果寡糖 ( FOS ) 生產的酵素應用指南

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

食品用菊粉酶 ( inulinase ) 的主要應用，是水解菊粉中的  $\beta$ -2,1 果糖苷鍵，將長鏈果聚糖轉化為較短鏈的果寡糖 ( fructooligosaccharides, FOS )、inulooligosaccharides ( IOS ) 或相關糖類分餾物。若製程目標是 FOS，而不是完全水解成游離果糖，關鍵在於酵素作用型態、基質來源、反應時間與終點控制。Enzymes.bio 供應的 Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 產品，適合被定位為食品與配料開發中的碳水化合物 profile 調整工具，而非固定保證某一寡糖比例或健康宣稱的成品配方。

## 產品定位：用於菊粉轉化與 FOS 製程開發的食品應用酵素

Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 是 Enzymes.bio 線上供應的菊粉酶產品，主要面向食品、功能性配料、植物性配方與營養應用中的菊粉轉化需求；產品以 1 kg 單位在線上直接銷售，訂單隨附 CoA 與 SDS，便於使用者在既有開發流程中建立原料紀錄與安全資料管理。這類產品文件較適合被理解為 B2B 技術教育內容：說明菊粉酶在食品加工中的作用機制、應用邏輯與限制，而不是製造商規格書或實驗室方法文件。

菊粉酶的加工價值來自其對菊粉結構的選擇性作用。菊粉是一類植物來源果聚糖，通常由多個果糖單元透過  $\beta$ -2,1 鍵連接，末端可能帶有葡萄糖殘基；當菊粉酶切割這些鍵結時，原本聚合度較高、分子量較大的菊粉會被轉化為較短鏈的寡糖或小分子糖。對食品研發者而言，這不是單純「增加甜味」的工具，而是改變碳水化合物分布、溶解性、黏度、發酵性與感官基礎的酵素加工步驟 <sup>[1]</sup>。

在功能性食品領域，FOS 屬於常被討論的非消化性功能寡糖。綜述文獻指出，非消化性寡糖可透過酵素方式生產，並常被應用於腸道健康、益生質配方與食品質地設計；不過，終端產品是否能標示特定營養或健康宣稱，仍取決於實際成分、用量、食品品類與所在地法規，而不能僅由「使用菊粉酶」推論 <sup>[1]</sup>。

# 菊粉酶如何作用：從長鏈菊粉到 FOS 的分子機制

菊粉酶催化的是水解反應：水分子參與斷裂菊粉鏈中的  $\beta$ -2,1 果糖苷鍵，使長鏈果聚糖縮短。當水解程度受到控制時，反應液中會累積不同聚合度的寡糖；若反應進一步延長或酵素組成偏向外切型活性，產物可能朝游離果糖比例較高的方向移動。這也是為什麼同樣稱為 inulinase，不同來源、不同作用模式與不同反應終點，會導致非常不同的碳水化合物 profile [2]。

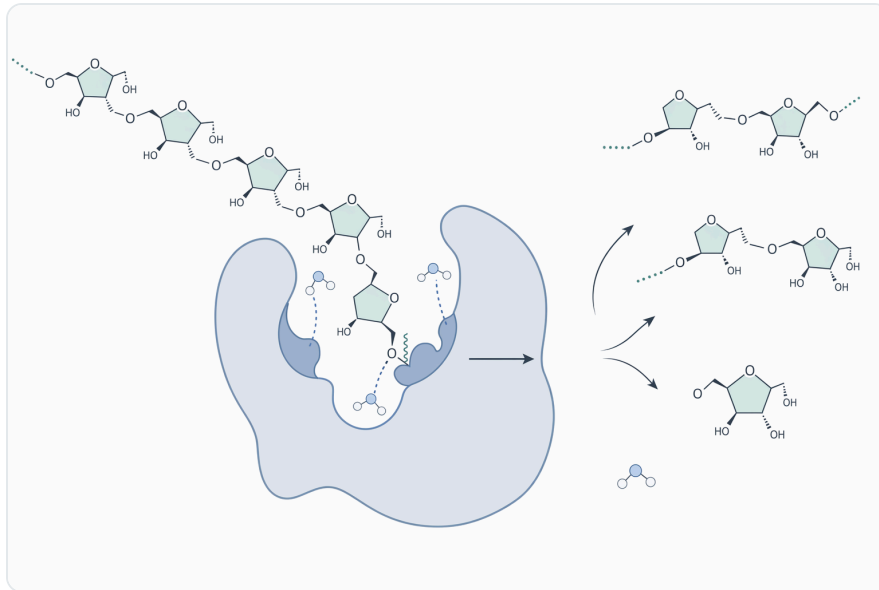


Figure 1. 菊粉酶會切斷菊粉中的  $\beta$ -2,1 果糖苷鍵，使長鏈果聚糖轉變為較短的果寡糖。

## 內切型與外切型菊粉酶的差異

菊粉酶常以作用模式區分為內切型 (endo-inulinase) 與外切型 (exo-inulinase)。內切型菊粉酶傾向在菊粉鏈內部切割，快速降低平均聚合度，較有利於形成一系列短鏈 FOS 或 IOS；外切型菊粉酶則傾向從鏈端逐步釋放果糖，使反應更容易朝高果糖水溶液方向發展。對以 FOS 生產為目標的食品加工而言，內切型作用與反應終點控制通常比單純追求完全水解更重要。

比較項目	內切型菊粉酶傾向	外切型菊粉酶傾向	對 FOS 製程的意義
主要切割位置	菊粉鏈內部 $\beta$ -2,1 鍵	非還原端或鏈端逐步作用	內切型較有利於累積多種短鏈寡糖
主要產物方向	FOS、IOS、不同聚合度片段	果糖比例上升，可能伴隨少量寡糖	若目標是 FOS，需避免過度水解
對黏度的影響	較快降低長鏈菊粉造成的黏度	逐步水解，視反應程度而定	可用於調整飲品或配方流變特性

比較項目	內切型菊粉酶傾向	外切型菊粉酶傾向	對 FOS 製程的意義
製程控制重點	反應時間、基質濃度、終點	水解程度、糖組成變化	終點設定決定寡糖與單糖平衡

這個分類也說明了菊粉酶應用的核心限制：產品名稱或酵素類別只能告訴使用者「它能作用於菊粉」，不能單獨保證最終 FOS 鏈長分布。實際產物會受到菊粉原料的鏈長、來源植物、溶解狀態、反應條件與後段處理影響；因此，食品研發應把菊粉酶視為可調控的轉化工具，而不是固定產出單一分子的化學試劑 [1]。

### 與蔗糖轉果糖基路徑的不同

FOS 不只可由菊粉水解而來，也可由蔗糖經果糖基轉移酶 (fructosyltransferase, FTase) 進行轉果糖基反應生成。兩條路徑都可能得到 FOS，但機制完全不同：菊粉酶路徑是從既有長鏈果聚糖上切割出較短片段；FTase 路徑則是以蔗糖為供體，將果糖基轉移到受體分子上建立寡糖。這使兩者在原料選擇、糖譜、甜味背景與下游純化需求上都可能不同 [1]。

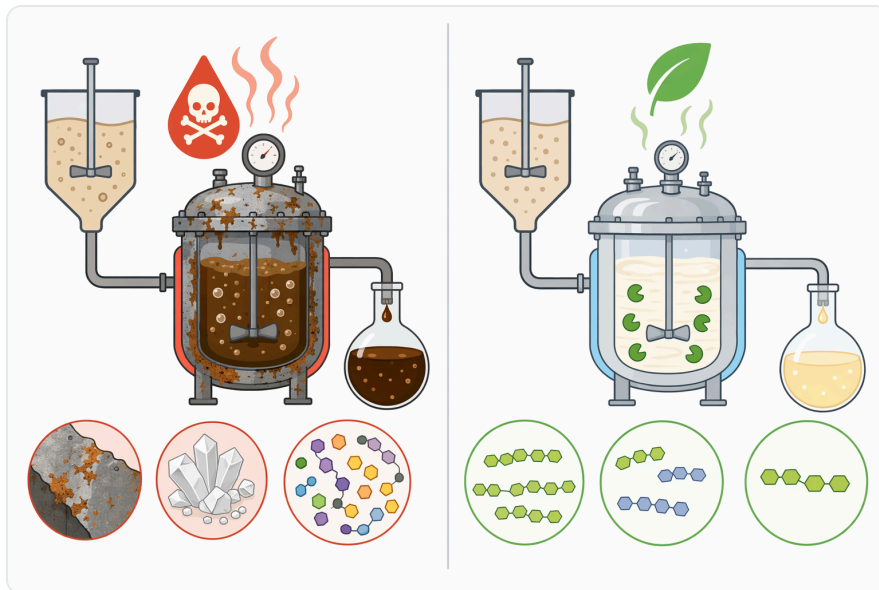


Figure 2. 內切型菊粉酶偏好在鏈的內部進行切割以形成果寡糖，而外切型菊粉酶則會從鏈端逐步釋放果糖。

生產路徑	主要原料	主要反應邏輯	可能優勢	主要限制
菊粉酶水解菊粉	菊粉、菊苣菊粉、菊芋或其他果聚糖原料	切斷 $\beta$ -2,1 果糖苷鍵，使長鏈變短鏈	適合把長鏈菊粉轉為 FOS/IOS profile	需控制過度水解與游離果糖生成
FTase 轉果糖基	蔗糖	轉移果糖基形成短鏈寡糖	原料取得容易，常見於 FOS 生產研究	產物糖譜與副產糖需依製程管理

生產路徑	主要原料	主要反應邏輯	可能優勢	主要限制
完全酸水解或非選擇性處理	菊粉或其他碳水化合物	非酵素式斷裂糖苷鍵	條件簡單、反應快	選擇性較低，不利於精準 FOS profile

## 研究證據：哪些結論可以穩健採用？

目前較穩健的結論是：菊粉酶確實能水解菊粉，並被研究用於 FOS、IOS、高果糖糖漿或其他果糖相關產物的製備。非消化性寡糖的酵素生產綜述將 FOS 歸入重要食品應用寡糖，並指出酵素法在控制結構、提升食品適用性與支援腸道健康相關應用方面具有產業意義 [1]。

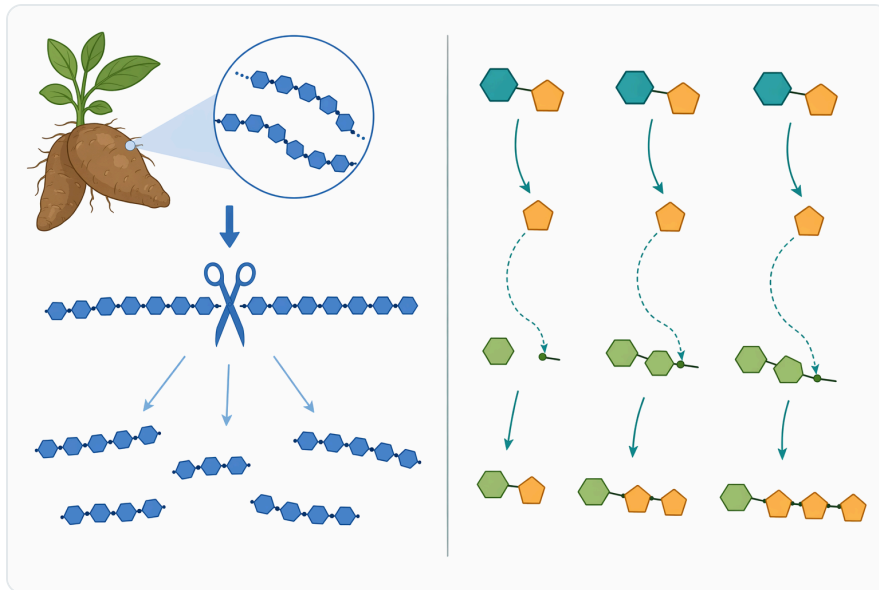
針對菊粉酶來源與製程應用，*Aspergillus welwitschiae* 的研究顯示，真菌來源酵素組合可在農業材料誘導下取得，並被探討用於 FOS 生產。這類研究的意義不在於提供所有商業產品都可直接套用的條件，而在於證明：菊粉酶可與植物性碳水化合物原料結合，透過酵素水解產生較短鏈寡糖，具備食品配料開發與原料升級的技術基礎 [2]。

同時，文獻也提醒使用者不要把單一研究條件視為通用標準。不同微生物來源的菊粉酶可能具有不同的 pH 偏好、溫度適應性與內切 / 外切活性比例；不同菊粉原料也可能因聚合度分布、礦物質、蛋白質、多酚或其他多醣伴隨物而改變反應表現。因此，學術研究支持的是「作用機制與應用方向」，而不是每一個食品基質都會得到相同糖譜 [2]。

## 可應用的食品與配料場景

### FOS 與益生質概念配料

FOS 常被用於益生質概念食品、營養配方、粉末飲品、乳品、植物基食品與膳食纖維相關產品。其技術吸引力來自短鏈果聚糖在水溶性、口感與微生物利用性上的特性；相較於長鏈菊粉，FOS 通常更容易進入飲品、即溶粉與低黏度配方設計。菊粉酶可作為將長鏈菊粉轉向短鏈寡糖 profile 的加工工具 [1]。



**Figure 3.** 果寡糖可透過縮短既有的菊粉聚合物來生產，也可藉由果糖基轉移酶在蔗糖系統中進行轉移反應而生成。

對配方開發者來說，FOS 的價值不應只被簡化為「甜味劑」或「纖維」。短鏈寡糖可能同時影響水相溶解性、口感厚度、發酵底物特性與糖組成標示；在複合食品中，這些效果會與蛋白質、脂肪、酸度、熱處理及其他膳食纖維互相作用。因此，菊粉酶應放在整體配方架構中評估，而不是單獨以添加量或反應時間推論結果 [1]。

### 飲品、乳品與植物基配方

在飲品與乳品系統中，長鏈菊粉可能帶來增稠、懸浮或口感修飾效果，但也可能造成溶解速度慢、黏度過高或澄清困難。透過菊粉酶降低平均聚合度，可讓部分長鏈果聚糖轉為較短鏈組分，進而改變溶液黏度、口感與加工流動性。這對植物基飲料、營養飲、機能性飲品或發酵乳基底都可能有應用價值。

不過，飲品與乳品也是最容易受到基質干擾的系統之一。蛋白質熱變性、酸度、礦物質平衡、膠體穩定性與後段殺菌條件，都可能改變成品外觀與口感；菊粉酶能處理的是果聚糖結構，並不能單獨解決所有乳化、沉澱或風味問題。因此，較負責任的技術描述是：菊粉酶可協助調整菊粉相關碳水化合物 profile，但終端質地與穩定性仍需依配方整體設計確認 [1]。

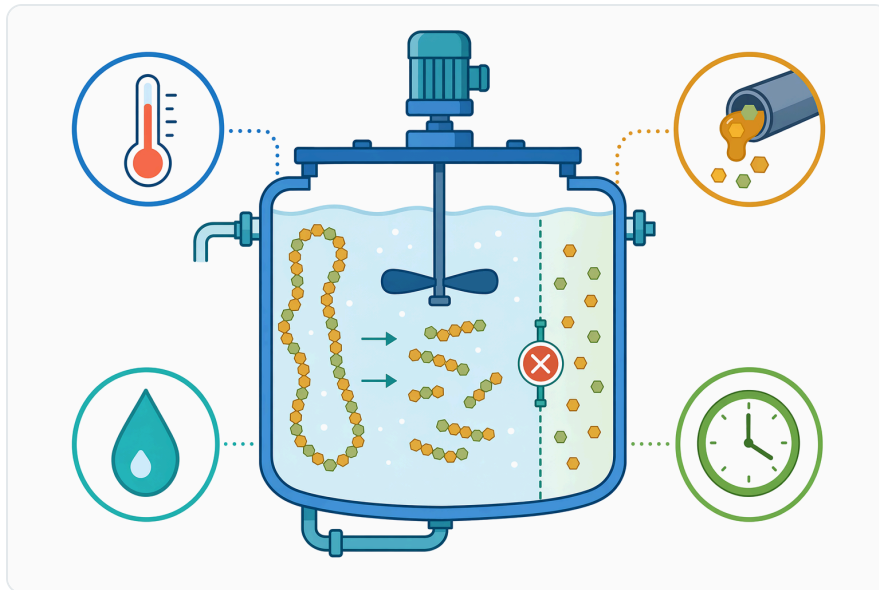


Figure 4. 溫度、pH 值、固形物濃度、混合條件與反應時間，都會影響菊粉酶處理是累積果寡糖，還是繼續分解成更小的糖類。

## 植物原料升級與副產物流利用

菊粉含量較高的植物原料，如菊苣、菊芋或其他富含果聚糖的根莖類原料，是菊粉酶應用中最直觀的基質。當這些原料被製成萃取液、濃縮液或含菊粉分餾物後，菊粉酶可用於降低聚合度，產生 FOS/IOS 或混合糖漿，提升原料在食品配料中的使用彈性 [2]。

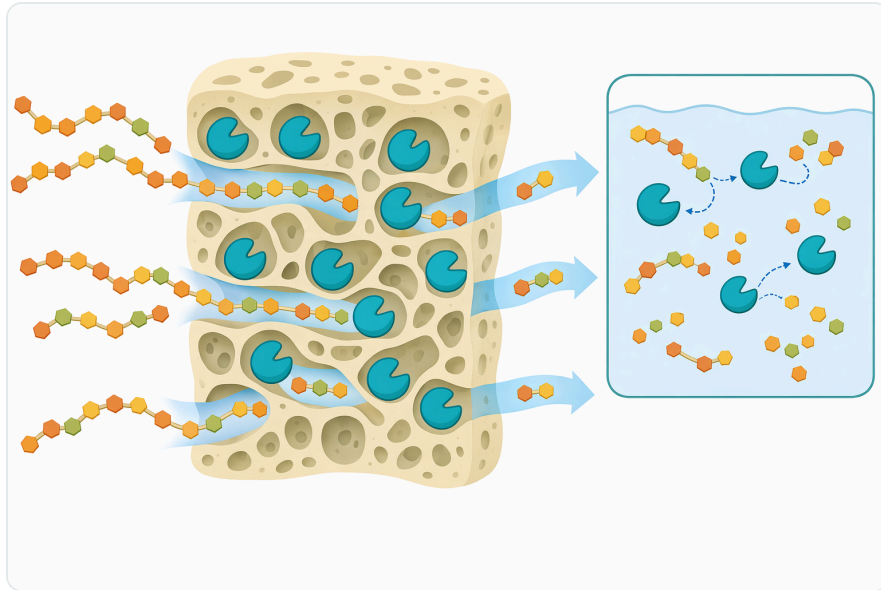
農業副產物與植物性碳水化合物流的升級，也與食品產業對永續加工的關注一致。以農業材料誘導菊粉酶生產並用於 FOS 生成的研究，顯示酵素技術可以連結低價原料、功能性寡糖與食品配料開發；但從研究案例走向商業食品，仍需要考慮原料穩定性、批次差異、風味負荷與法規適用性 [2]。

## 製程觀點：影響 FOS profile 的主要變因

### 基質來源與聚合度分布

菊粉不是單一固定分子，而是一群聚合度不同的果聚糖混合物。不同植物來源、萃取方式與前處理條件，會造成鏈長分布差異；鏈越長，水解後可能形成的寡糖範圍越廣，但也可能帶來較高黏度與較慢的酵素接觸效率。若原料本身已含有較多短鏈果聚糖，菊粉酶反應後的糖譜也會不同 [1]。

原料中的伴隨成分也不能忽略。植物萃取液可能含有有機酸、多酚、蛋白質、礦物質或不溶性纖維，這些成分可能影響酵素與基質接觸、溶液黏度、顏色與風味。對食品應用而言，純化菊粉溶液中的反應結果，未必能完全代表複合植物原料中的表現 [2]。



**Figure 5.** 固定化菊粉酶系統可將催化酶保留在結構化材料中，同時讓基質接觸酶並使產物離開反應器。

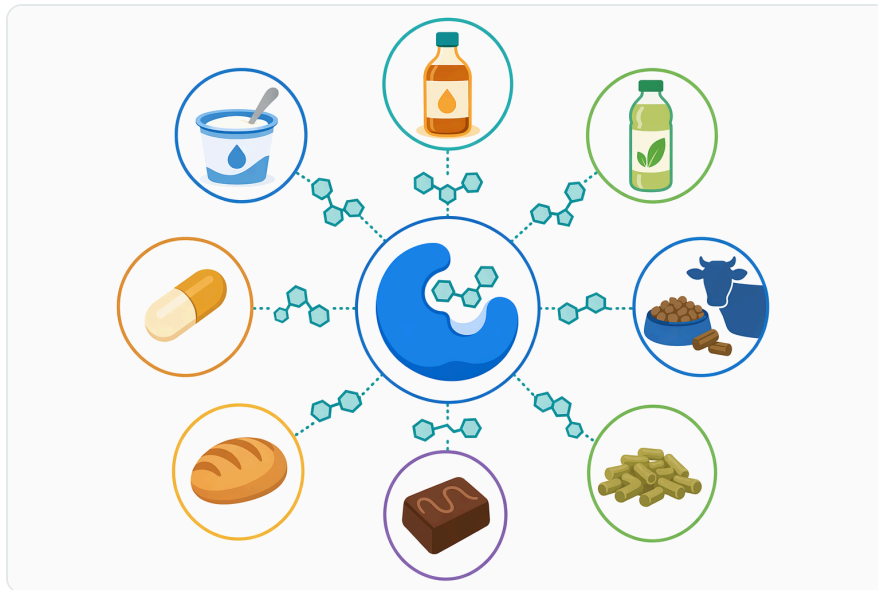
## pH、溫度與反應時間

菊粉酶活性通常受到 pH 與溫度影響，但不同來源酵素的適用範圍可能不同。研究文獻中的條件可作為理解酵素行為的參考：酸性、微酸性或接近中性的環境都曾被不同來源菊粉酶研究採用；然而，這些條件不能直接轉換成所有商業食品的固定設定，因為食品基質與酵素組成會改變實際反應 [2]。

反應時間則直接影響 FOS 與游離糖之間的平衡。短時間反應可能只降低部分長鏈菊粉，形成較多中短鏈寡糖；反應過長時，寡糖可能進一步水解，游離果糖比例上升。若終端產品希望保留 FOS 作為主要功能性碳水化合物，製程設計通常會關注「在何時停止反應」，而不是讓水解無限制進行。

## 酵素作用型態與終點控制

內切型與外切型活性的相對比例，是影響最終糖譜的重要因素。偏內切型的反應較可能快速產生多種寡糖片段；偏外切型的反應則更容易累積果糖。實務上，使用者觀察到的成品差異，往往不是「菊粉酶是否有效」的問題，而是「水解程度是否符合目標 profile」的問題。



**Figure 6.** 由菊粉酶處理所產生的果寡糖，可應用於乳製品、烘焙品、糖果、飲料、植物萃取物、寵物食品及益生元配料系統。

終點控制也與後段加工相連。例如飲品可能接續熱處理、酸化或澄清；粉末配料可能經過濃縮、乾燥與混合；發酵基底則可能讓微生物進一步利用部分寡糖或單糖。菊粉酶反應只是整體製程中的一段，後續步驟仍可能改變糖組成、風味與產品穩定性 [1]。

## 與其他功能性碳水化合物的比較

FOS、菊粉、 $\beta$ -葡聚糖、抗性糊精與其他非消化性寡糖都可出現在功能性食品配方中，但它們的結構、黏度、發酵性與標示定位不同。菊粉酶的角色並不是取代所有膳食纖維，而是專門處理菊粉類果聚糖，讓長鏈結構轉為較短鏈的寡糖分布。這種結構轉換可以支援配方彈性，但也會改變原本長鏈菊粉帶來的增稠或質地效果 [1]。

成分類型	結構特徵	常見配方角色	與菊粉酶的關係
長鏈菊粉	較高聚合度果聚糖	膳食纖維、質地修飾、脂肪感模擬	可作為菊粉酶基質
FOS / IOS	較短鏈果聚糖寡糖	益生質概念、即溶配方、低黏度應用	菊粉酶水解的重要目標產物
抗性糊精	葡萄糖聚合物衍生物	纖維補充、飲品配方	非菊粉酶主要作用基質
$\beta$ -葡聚糖	$\beta$ -葡萄糖聚合物	黏度、膳食纖維、穀物功能性	需不同酵素系統處理

這樣的比較有助於避免產品溝通過度簡化。若配方目標是增加黏度與飽足感，保留部分長鏈菊粉可能有意義；若目標是提高水溶性、降低黏度並導入 FOS 概念，菊粉酶轉化就更符合加工邏輯。換言之，菊粉酶不是單純「讓菊粉變好」的酵素，而是讓菊粉結構往特定應用方向移動的工具。

## 食品應用中的標示與宣稱邊界

FOS 與菊粉常與益生質、腸道菌相與功能性食品連結，但產品開發時需要區分「研究支持的機制」與「可在終端產品上使用的宣稱」。文獻可支持 FOS 作為非消化性功能寡糖的研究定位，也可支持菊粉酶作為酵素生產工具；但任何腸道健康、免疫、血糖或代謝相關說法，都需要依終端產品成分、有效攝取量、法規與標示規範判斷 [1]。

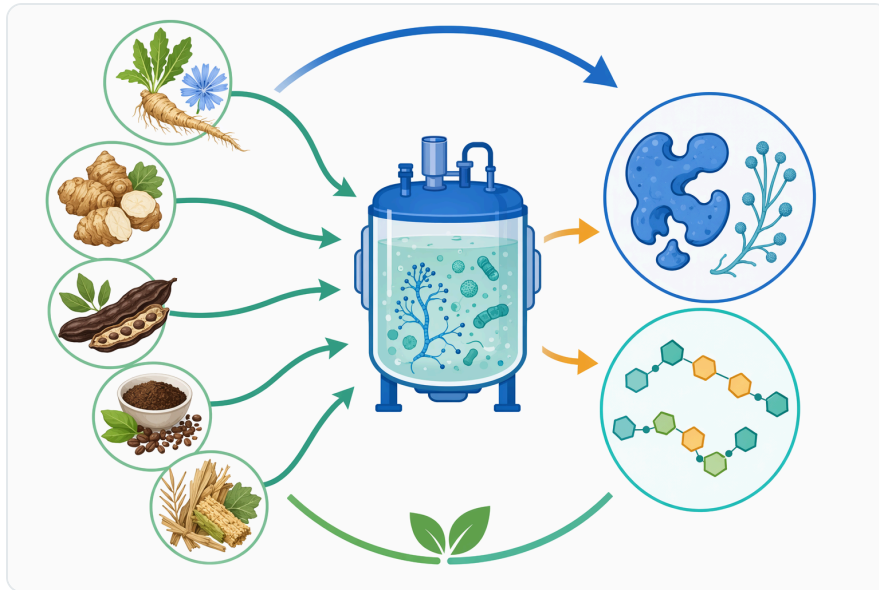


Figure 7. 菊粉酶研究連結了可再生植物性碳水化物流、微生物酶生產，以及較高價值的寡糖配料。

食品添加物與功能性成分的使用也越來越受到安全、透明與倫理邊界的討論。對 B2B 使用者而言，較穩健的做法是把菊粉酶描述為「加工助劑 / 酵素加工工具」與「碳水化合物 profile 調整方案」，而不是直接把酵素本身包裝成健康功效來源。這種說法更符合技術文件的可信度，也能降低終端行銷過度延伸的風險 [3]。

## Enzymes.bio 供應情境與文件使用方式

Enzymes.bio 是酵素供應商，並非製造商或實驗室；因此，本文不以製造端語氣宣稱特定製程表現，也不提供活性單位、檢測方法或分析條件。對食品研發、配料公司與小批量應用團隊而言，重點在於理解菊粉酶的反應邏輯，並將其納入既有的配方與製程評估流程。產品以 1 kg 單位在線上直接購買，CoA 與 SDS 會隨訂單一併提供。

在 B2B 溝通上，這類技術文件的價值是把學術研究與商業應用語言連接起來。食品產業中的知識轉移常需要把科學證據轉換成研發、採購、法規與產品管理都能理解的說明；菊粉酶文件尤其需要清楚交代「能做什麼」與「不能保證什麼」，避免把研究案例誤讀為所有食品系統的固定結果 [4]。

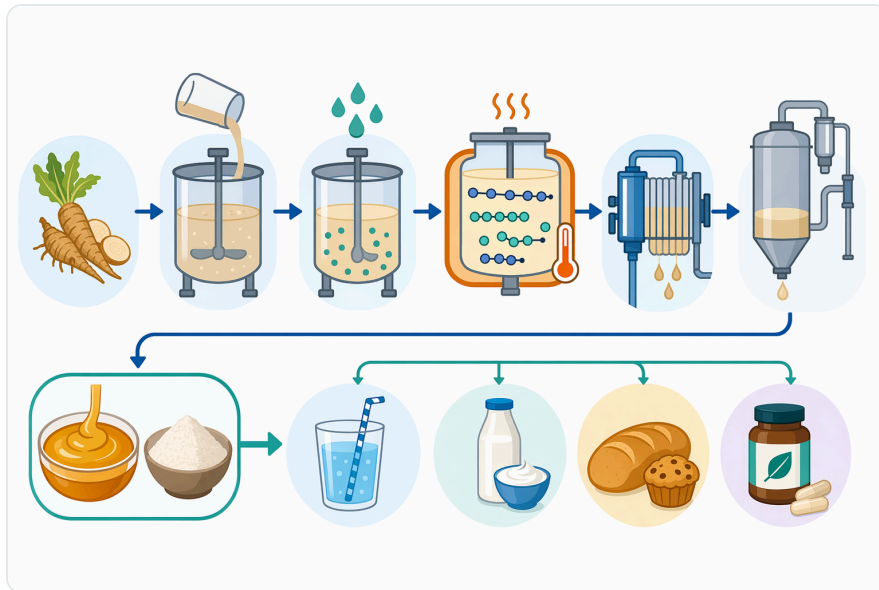


Figure 8. 實用的菊粉酶流程包括製備菊粉水溶液、分散酶、控制反應終點，並進行後續食品加工步驟。

## 實務結論：菊粉酶最適合解決什麼問題？

最有把握的結論是：食品用菊粉酶可作用於菊粉中的  $\beta$ -2,1 果糖苷鍵，將長鏈果聚糖轉化為較短鏈 FOS、IOS 或混合糖類產物；若目標是 FOS，內切型作用、反應時間與終點控制是影響糖譜的核心因素。這一點與非消化性寡糖的酵素生產文獻，以及以真菌菊粉酶組合進行 FOS 生產的研究方向一致 [2]。

較需要保留的結論是：菊粉酶不能單獨保證某一固定 FOS 比例、特定感官結果或終端健康宣稱。原料鏈長、基質組成、pH、溫度、反應時間與後段加工都會改變成品 profile；因此，Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 更適合被視為食品與功能性配料開發中的碳水化合物轉化工具，而不是一個可自動產出固定成品規格的單一解決方案。

對希望開發 FOS 配料、益生質概念產品、植物基飲品、乳品應用或菊粉原料升級方案的團隊而言，菊粉酶的主要價值在於提供可解釋、可調控的結構轉化路徑。它把長鏈菊粉從質地型纖維的一端，推向短鏈寡糖與水溶性功能性碳水化合物的一端；只要在產品溝通中維持證據邊界，這項酵素就能成為食品研發中相當實用的 FOS 製程工具 [1]。

## 線上訂購 Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 100G

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 Food Grade Inulinase For Fructooligosaccharide Production 100G →](#)

### 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. Yang, S., Wu, C., Yan, Q., Li, X., & Jiang, Z. (2023). Nondigestible Functional Oligosaccharides: Enzymatic Production and Food Applications for Intestinal Health. *Annual Review of Food Science and Technology*, 14, 297-322 .
2. Stojanovic, S., Ristović, M., Stepanović, J., Margetić, A., Duduk, B., Vujčić, Z., & Dojnov, B. (2022). Aspergillus welwitschiae inulinase enzyme cocktails obtained on agro-material inducers for the purpose of fructooligosaccharides production. *Food Research International*, 160, 111755 .
3. Xia, B., Abidin, M. R. Z., Wong, J., Dong, H., & Karim, S. A. (2025). Are Food Additives Utilized Judiciously? Novel Insights into Health Risks, Benefits, and Ethical Boundaries. *Food reviews international (Print)*, 42, 720 - 745.
4. Zimpel-Leal, K., & Lettice, F. (2021). Generative Mechanisms for Scientific Knowledge Transfer in the Food Industry. *Sustainability*, 13, 955.

### 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。