

蜂糧及人工發酵花粉的營養價值與應用潛力

徐培修（副研究員）

前言

蜂糧是蜜蜂將採集的花粉與花蜜、蜂蜜及唾液混合後，儲存在蜂巢中經過自然發酵而成的產物（圖一），主要作為蜜蜂哺育幼蟲的能量來源，提供重要的蛋白質、脂質、維生素及礦物質等。花粉發酵的過程涉及乳酸菌作用，使其組成成分發生變化，進而提高其儲存穩定性及營養物質的吸收效率。近年來，許多研究報導蜂糧對於人類的營養價值和潛在健康益處，開始嘗試將其作為機能性保健食品，並進一步開發人工發酵花粉的技術，模擬天然蜂糧的特性，期望能生產出標準化且具有特定營養素或健康促進功能的新產品。本文將探討蜂糧的營養成分、其作為人類保健食品的價值、發酵過程中相較原始花粉的成分變化，以及人工發酵花粉作為未來保健食品的可能性。



圖一、儲存於巢房中的天然蜂糧。

蜂糧的成分與營養價值

天然蜂糧是一種成分複雜的蜂產品，其確切組成會因花粉來源植物種類、地理位置及儲存條件等多種因素而異。根據研究蜂糧中有超過 300 種化合物，包括游離胺基酸、醣類、脂肪酸、礦物質、有機酸、多酚類和維生素等。動物實驗亦證實蜂糧可有效改善多種病理狀態，例如高血糖、高血脂和發炎等。

蜂糧含有豐富的蛋白質，發酵過程可以改變蛋白質的結構，提高其體外消化率，並增加游離胺基酸的含量，這使得蜂糧成為易於人體吸收利用的蛋白質來源。蜂糧含有醣類，其中果糖是主要還原糖，其次是葡萄糖，發酵過程中大部分蔗糖通常會被分解。蜂糧含有飽和脂肪酸及不飽和脂肪酸，包括次亞麻油酸 (omega-3) 和花生四烯酸 (omega-6)，這些多元不飽和脂肪酸屬於必需脂肪酸，對人類具有重要功能。蜂糧含有鈣、鉀、鎂、磷等元素以及銅、鎳、鉻、鐵、鋅、錳等微量元素，研究顯示天然蜂糧在鈣、鉀、鎂和磷的含量上平均比原始花粉更豐富。蜂糧因發酵產生多種有機酸，主要為乳酸和醋酸，原始花粉的 pH 值約為 5，這些有機酸使得蜂糧的 pH 值降低至約 3.7-4.2 之間，並產生抗菌特性。蜂糧是酚類化合物、類黃酮及類胡

蘿蔔素的重要來源，這些化合物是天然的抗氧化劑，但其在發酵前後的變化卻不總是一致，主要受花粉植物來源種類影響，有些形成蜂糧後會增加多酚類含量，有些卻會減少。天然蜂糧的水活性通常低於原始花粉，較低的水活性有助於抑制微生物生長，提高蜂糧的儲存穩定性。與未經處理的花粉相比，蜂糧由於發酵過程產生酸性環境並含有抗菌物質，通常具有更高的微生物穩定性。研究顯示，在受控發酵的蜂糧中未檢測到大腸菌群、腸桿菌和葡萄球菌，且黴菌和某些細菌的單位菌數在儲存過程中顯著低於原始或自然發酵的花粉，顯示發酵可降低潛在的微生物風險。整體而言，發酵過程將花粉轉化為蜂糧，不僅改變其風味和質地，更重要的是改變其營養成分的可利用性（如蛋白質和胺基酸）和功能特性（如酸度、微生物穩定性和潛在的生物活性）。

綜合這些成分，蜂糧被認為是一種營養豐富的食物，具有顯著的抗氧化能力，能清除自由基，具有抗菌和抗真菌活性，能作為天然抗生素與食品防腐劑。此外，近年來多項研究成果顯示蜂糧對人類健康有益，包括希臘的研究團隊於 2021 年證實蜂糧萃取物對於腸病毒具有抗性；波蘭及葡萄牙的研究團隊分別於 2013 年及 2017 年證實蜂糧萃取物對某些癌細胞系表現出細胞毒性，但對正常肝細胞無毒；日本的研究團隊於 2005 年證實蜂糧萃取物對於血管收縮素轉化酶具有抑制活性，表示具有降血壓功效，後續土耳其的研究團隊於 2020 年證實蜂糧萃取物透過抑制

碳水化合物水解酶以控制代謝障礙的能力，可以應用於糖尿病控制，隨之摩洛哥及馬來西亞的研究團隊於 2020 年至 2021 年進行動物試驗，以糖尿病大鼠餵食蜂糧，證實能有效降低血糖水平，預防糖尿病導致的體重減輕，具有降血脂作用，避免冠心病風險指數、動脈粥樣硬化指數及心血管指數升高。

未來應用人工發酵花粉做為營養食品的可能性

考慮到天然蜂糧的諸多健康益處和發酵過程帶來的優勢，人工發酵花粉作為一種新型營養食品具有巨大的潛力。首先，天然蜂糧不容易量產，因為蜂糧被緊密壓實在蜂巢的巢房中，必須以人工從蜂巢中挖取，產量相當稀少。相較之下蜂花粉採收非常容易（圖二），技術門檻和勞力成本較低，大部分專業蜂農都能生產。但由於花粉植物來源多變，乾燥設備和條件不一，導致最終產品成分和品質差異甚鉅。人工發酵的目標是透過控制發酵條件，規模化生產具有與天然蜂糧相似甚至更佳特性的產品，並控制其一致性以滿足市場或法規對健康食品的基本要求。藉由選擇特定的花粉材料和乳酸菌菌株，可以精確控制最終產品的成分，這有助於克服蜂花粉或天然蜂糧成分批次間差異過大的問題。此外，人工發酵可以顯著降低甚至消除蜂花粉中潛在的有害微生物，並提高產品在儲存過程中的微生物穩定性，從而延長儲架壽命。另有研究指出，調整發酵溫度和利用超音波前處理，有助於提升人工發酵蜂糧的酚

類化合物和脂質的含量。近年的研究成果包括義大利的研究團隊於 2019 年利用乳酸桿菌 *Lactobacillus kunkeei* 和酵母菌 *Hanseniaspora uvarum* 混合接種模擬天然蜂糧發酵條件，成功發酵原始蜂花粉。波蘭的研究團隊於 2023 年利用乳酸桿菌 *Lactobacillus rhamnosus* 建立人工發酵花粉條件，發酵後的蜂花粉檢測出更高的多酚含量和相近的抗氧化活性。



圖二、利用花粉採集器生產蜂花粉。

天然蜂糧的發酵過程是一個複雜的生態系統，涉及多種微生物和酶的作用。人工發酵可能難以完全複製天然過程產生的所有細微成分和特性，需要進一步研究不同花粉來源、微生物菌株、發酵時間、溫度和水分含量等參數對最終產品成分、生物活性和感官特性的影響。臺灣植物多樣性高，花粉種類眾多，可積極篩選適合發酵蜂糧的益生菌菌株，並建立本土花粉的人工發酵條件，以開發創新的保健食品。

結語

蜂糧是天然蜂產品，富含多種營養成分

和生物活性物質。相較於其原料花粉，蜂糧經過發酵後在理化性質和成分上發生顯著變化。這些差異不僅提高了蜂糧的穩定性和營養利用效率，也賦予其多樣化的健康促進潛力，包括抗氧化、抗菌、抗病毒等多種生物活性。基於對天然蜂糧成分和發酵機制的理解，人工發酵花粉技術應運而生，為生產標準化、高品質的營養食品提供了新的途徑。未來，可通過控制發酵條件，人工發酵花粉可以獲得與天然蜂糧相似甚至營養或機能性更佳的特性。隨著科學技術的進步，人工發酵花粉有望成為一種新興健康導向型食品。