

冷凍乾燥家蠶之加值利用

張雅昀（助理研究員）

前言

家蠶 (*Bombyx mori*) 屬於經濟昆蟲之一，影響人類經濟活動深遠，最早可追溯至 5000 多年前亞洲即有蠶絲產製紀錄，爾後逐漸沿著絲路傳播全球各地。天然蠶絲質輕、透氣特性，被譽為「織品之后」，然 18 世紀末工業革命後，人工合成纖維的研發及大量製造，逐漸取代了蠶絲在紡織業的地位。儘管家蠶產業受到衝擊，但經過多年的選育和馴化，家蠶已轉變為可提供研究使用的實驗昆蟲。隨著機能性成分的發現和研究，讓家蠶在市場上增加了蠶幼蟲和蠶蛹的產品銷售管道，本場欲提高消費者對家蠶原料食用及飼料用之接受度，提升產業效益，採用冷凍乾燥技術，將蠶活體幼蟲及蛹凍乾處理，再作後續產品生產研發，期能開拓多樣性市場。

家蠶的經濟利用

家蠶屬於完全變態昆蟲，一個世代會歷經卵、幼蟲、蛹及成蛾等 4 個生命階段，在化蛹前會吐出蠶絲，形成一顆橢圓形立體蠶繭，保護內部剛蛻皮完但尚未化蛹完成的蠶。在經濟利用方面上，最初以直接使用的方式為多，主要取其蠶絲作為紡織原料，可以製作衣服、棉被、其他家居用品及高級裝飾品等。此時期的蠶蛹通常只被視為生產蠶絲時的農業副產物，新鮮蠶蛹可作為魚、鳥類及爬行動物的飼料。

在研究基礎不斷累積下，除了傳統抽取蠶絲利用的方式外，還可以透過加工提取高

價值成分。例如利用熱水、酵素或鹼性溶液煮蠶繭，萃取高濃度的蠶絲蛋白，用於美妝保養品開發應用。蠶的其他生育階段也逐漸為人所知，尤其富含蛋白質和脂肪酸的蠶蛹，根據 Google 學術搜尋的結果，其相關研究量在近十年增加近 3 倍。本場也於 2021 年公告「抗菌性蠶蛹生產技術」授權案，運用特殊技術刺激蠶蛹內生抗菌性物質，作為原料研製多元化加工產品，開拓新途徑提升其經濟價值。

家蠶亦可運用乾燥方式保留其營養成分，進一步利用與開發其他用途，乾燥方法主要可分為 3 種：

- 一、高溫乾燥法：利用烘箱或微波爐，以高溫烘烤，快速去除蟲體水分，蠶卵烘烤後會可能變得脆化易裂，幼蟲、蠶蛹及成蛾雖會萎縮、自中央凹陷但仍能看出原本昆蟲形態。
- 二、噴霧乾燥法：將蟲體打磨成漿狀後，通過噴霧器進入熱空氣中，蒸發內部水分，僅留下固體粉末，適於乾燥熱敏性材料（營養成分會受到高溫變質之液態物質）。
- 三、冷凍乾燥法：將蟲體在 0°C 以下低溫急速冷凍，並在真空條件下昇華內部水分。凍乾後，蠶幼蟲和蛹皆能盡量保持原來形態，但外觀會些微退色降低顏色鮮豔度，重量變極輕。

烘乾和凍乾處理後的家蠶材料，皆可磨成粉末，粉狀更適合進行後續加工和應用，

如用於食品、飼料或藥物等領域，除去了昆蟲的外型更能被一般消費者所接受。

凍乾家蠶之加值應用

將家蠶幼蟲置入冷凍乾燥機中，以 -55°C 真空條件處理約 5 天，可獲得凍乾家蠶，建議使用四齡及五齡幼蟲，因一至三齡幼蟲體型較小，凍乾後觀賞價值不高。此外由於蠶蛹所含脂肪量較高，使水分昇華速度慢於幼蟲，因此凍乾處理時間需延長至 7 天。凍乾家蠶幼蟲屬於一種昆蟲標本製作方式，適用於保存體柔軟的昆蟲，具保留天然的體色和自然活體姿態等優點。

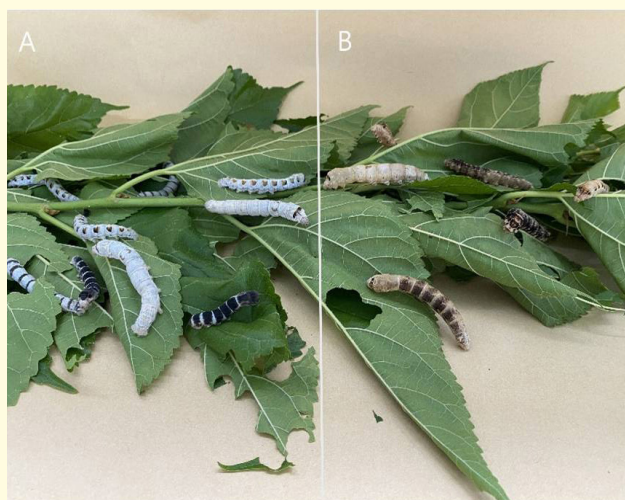
近年來國小學童的自然與生活科技課程，因為桑葉取得不易，以及飼養後家蠶的後續處理等問題，已減少選擇飼育家蠶作為生命教育及昆蟲觀察的材料。利用凍乾家蠶幼蟲作為科普教材可減低教師及家長的煩惱（圖一），保留原有家蠶作為昆蟲觀察教材之優勢，可提供近距離觀察鱗翅目幼蟲特徵（如頭胸腹節、胸足和腹足等）的機會，且不具會引發皮膚紅癢的毒毛，安全性高。另外，近 5 年來乾燥花藝市場熱絡，除了乾燥花束和花盆

外，亦有藝術品設計推陳出新，如以用玻璃盅或相框裝起作為居家裝飾，搭配凍乾家蠶形成微景觀設計（圖二），更能升級其藝術品價值與樂趣。

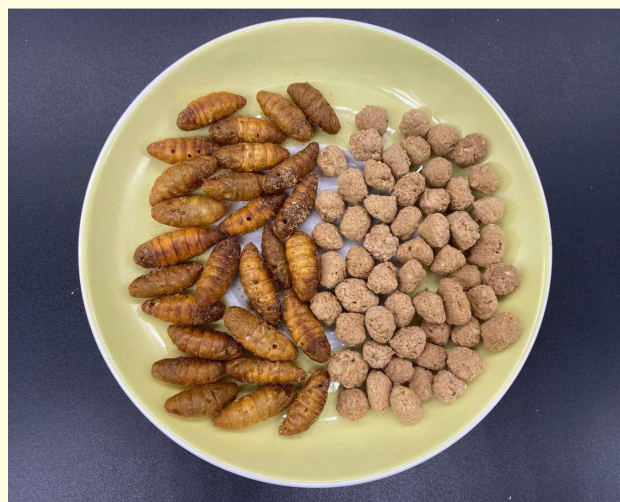


圖二、乾燥花搭配凍乾家蠶的微景觀設計。

在食品飼料方面，原型凍乾蝗蟲、蟋蟀和麵包蟲經常作為爬蟲類寵物的飼料，亦有犬貓凍乾飼料商品添加黑水虻或蠶蛹粉末再製成粒狀，既看不出昆蟲原型又可以保留其機能性成分（圖三）。隨著資源永續利用的理念普及化，昆蟲作為動物性蛋白來源的趨勢正流行，然而，含有昆蟲的凍乾飼料產品為保留機能性成分，故未完全殺菌，可能會衍



圖一、家蠶五齡幼蟲 (A) 及冷凍乾燥之家蠶五齡幼蟲 (B)。



圖三、凍乾蠶蛹（左）及含凍乾蠶蛹粉的動物飼料（右）。

生病原微生物附著問題，或受水氣浸潤或氧化，導致變質或產生異味，建議此類產品應採單一小包裝，拆封後應盡快食用，未食用完者須妥善密封保存。

凍乾家蠶幼蟲粉末在保健食品應用方面顯示，1992 年韓國農村振興廳學者柳江善博士等人發現家蠶吃了桑葉後，會將桑葉所含的 1- 脫氧野尻黴素 (1-Deoxynojirimycin, 1-DNJ) 成分濃縮 2~3 倍，1- 脫氧野尻黴素是一種具有降低哺乳類動物血糖之物質，故其所製之凍乾蠶粉同樣具抑制醣類分解酵素如 α - 葡萄糖甘 (α -glycosidase) 之活性，在小鼠試驗中，對於被餵食大量醣類的小鼠，有減緩體內醣類分解速度、抑制血糖濃度升高的功效。2019 年韓國一松生命科學研究所學者高永浩博士等人，以凍乾蠶粉餵食帶有阿茲海默症基因的老鼠近 1 年後，結果顯示其腦部 β 類澱粉蛋白 (在腦部累積後導致阿茲海默症成因的一種胺基酸) 無累積現象，並可增加粒線體活性及保護神經細胞等功能，研究

結果也發現供試老鼠具較強的好奇心和短期記憶能力。根據我國衛福部食藥署「食品原料整合查詢平臺」，蠶蛹列於「昆蟲及其來源製取之原料」的其中之一，可供食品原料使用。目前尚無以凍乾蠶粉為成分之商品化保健食品，未來在科學研究的評估下，凍乾家蠶應有作為保健食品的潛力。

結語

臺灣蠶農戶數相較於過去紡織興盛年代大幅減少，蠶桑經濟產業也隨之沒落，導因於過去相關產品種類單一且多以蠶繭絲利用為主。為了活化蠶桑市場，本場積極開發多元產品和利用方式，擴大蠶幼蟲和蠶蛹的利用價值。冷凍乾燥方法除能夠維持家蠶幼蟲與蠶蛹原型外，更具保留其營養價值之優點，可加值家蠶資源並延長其使用期限。未來期盼凍乾家蠶和蠶蛹能成為高附加價值農產素材，提升蠶農經濟效益，以吸引更多農民投入養蠶行列。

