

不同乾燥溫度對茶花蜂花粉品質之影響

徐培修*、廖久薰

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

摘 要

本研究目的為探討乾燥條件對茶花蜂花粉化學成分、生物活性成分和抗氧化能力的影響，將新鮮茶花蜂花粉樣品分別以 37°C、41°C、45°C 和 49°C 乾燥處理 24 小時，再分析乾燥處理前後品質之變化。結果顯示依上述乾燥條件處理茶花蜂花粉其水分含量在 3.73~5.13% 和水活性則在 0.20~0.24 之間，即符合食品安全需求。蛋白質、灰分、總黃酮含量和自由基清除能力不受乾燥處理影響，然而脂質、碳水化合物和總酚含量受乾燥處理影響，且總酚含量隨著乾燥溫度的升高而降低。酚類化合物為重要生物活性物質，據此建議茶花蜂花粉乾燥處理最適溫度為 37°C 以維持營養價值。

關鍵詞：茶花蜂花粉、乾燥、酚

*論文聯繫人

e-mail: pshsu@mdais.gov.tw

前 言

蜂花粉是一種天然保健食品，含有超過 200 種具醫療應用潛力的生物活性物質 (Komosinska-Vassev *et al.*, 2015; Kurek-Górecka *et al.*, 2020; Thakur and Nanda, 2020)。蜂花粉是指蜜蜂採集植物花粉粒再混合唾液、花蜜和蜂蜜之後，攜帶回巢供蜂群食用的花粉團，是蜜蜂個體生長和發育的主要營養來源 (Campos *et al.*, 2008)。蜂農藉由在蜂箱口安置收粉器，蜜蜂通過時後足上的花粉團被刮下落入集粉盒中，即可達到採收蜂花粉目的 (徐, 2020)。隨著老年人口的快速成長，現今市場對於保健食品的需求與日俱增，而蜂花粉的成分恰可滿足人類綜合營養需求，正適合作為每日膳食補充品 (Thakur and Nanda, 2020)。蜂花粉的成分亦被證實可促進動物

生長發育，增強繁殖能力和免疫力，所以被推薦作為畜牧用營養補充品 (Abdelnour *et al.*, 2019)。因此世界各地積極地進行蜂花粉成分的研究 (Serra Bonvehí and Escolà Jordà, 1997; Human and Nicolson, 2006; Schulte *et al.*, 2008; Modro *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2011; Estevinho *et al.*, 2012; Thakur and Nanda, 2020; Al-Kahtani *et al.*, 2021)，就營養素而言，蜂花粉含有 3~62% 的蛋白質、1~24% 的脂質和 19~83% 的碳水化合物 (Campos *et al.*, 2008; Somerville, 2001; Roulston and Cane, 2000; Yang *et al.*, 2013; Liolios *et al.*, 2016; Thakur and Nanda, 2020; Hsu *et al.*, 2021)。主要的生物活性物質為酚類化合物，以每公克蜂花粉所含沒食子酸當量 (gallic acid equivalent, GAE) 毫克數表示，含量範圍為 0.5~213 mg GAE / g (Rzepecka-Stojko *et al.*, 2015; Thakur and Nanda, 2020)，這些酚類化合物使蜂花粉具有藥用價值，如抗菌、抗氧化、抗發炎、抗致突變性、保肝和抗過敏作用等特性 (Campos *et al.*, 2008; Medeiros *et al.*, 2008; Nogueira *et al.*, 2012; Pascoal *et al.*, 2014)。

近十年臺灣蜂花粉於外銷市場年平均出口重量為 67 公噸，年平均出口總值為新臺幣 1.3 億元；最高峰於 2017 年出口重量達 116 公噸，出口總值達新臺幣 2.3 億元；每公斤平均單價為新臺幣 1,908 元（每公斤新臺幣 1,262~3,168 元）（財政部關務署，2022）。估計臺灣蜂花粉年產量約為 500 公噸，年產值上看新臺幣 10 億元，約佔蜂產品年產值三分之一，銷售量相當可觀 (Lu, 2018)。臺灣蜂花粉生產以茶花蜂花粉為最大宗，茶 (*Camellia sinensis*) 為重要飲料作物，亦為蜜蜂秋冬季重要粉源植物，茶主要產區位於南投縣及嘉義縣，總栽培面積約為 1.2 萬公頃，由於面積廣大且栽培區集中，因此適合生產蜂花粉（安及鄭，1993；Lu, 2018；徐等，2019）。

一般來說蜂花粉的採收後處理程序包含晾曬、乾燥、清理、過篩、分裝和保存，其中乾燥處理之目的為延長保存期限以增加商品櫥架壽命（徐，2021）。雖然新鮮蜂花粉可作為即食食品出售，但是鮮品必須冷凍保存成本較高，因此通常以密封包裝的乾燥蜂花粉於室溫狀態上架販售。剛採收的新鮮蜂花粉水分含量介於 7~30%，水活性介於 0.39~0.86 (Thakur and Nanda, 2020)，是細菌和真菌繁殖的溫床，亦為化學作用和酵素反應的適合環境，若未妥善保存將減損其營養甚或失去商品價值，所以才需利用乾燥處理降低蜂花粉的水分含量，各國法定乾燥蜂花粉的水分含量極限

值不一，如：巴西 4%；瑞士、波蘭 6%；烏拉圭 8%；保加利亞 10% (Campos *et al.*, 2008)，臺灣則未有規定。連續於陽光下曝曬是最簡便低廉的乾燥方法，無需特殊設備，為早期普遍採用的方式，但其缺點為耗時長達 2~3 日，進而增加微生物污染的機會 (徐，2021)。隨著國人對食品安全意識提高，多數農產品加工改採用熱風乾燥機械，處理時間縮短，衛生條件改善，並具備溫度調控功能，是較具效率的處理方式 (Crapiste and Rotstein, 1997; Ramaswamy and Marcotte, 2006)。目前臺灣蜂花粉亦常以熱風乾燥進行處理，不過蜂農僅憑感官經驗設定乾燥條件，溫度設定範圍介於 35~65°C，以 45°C 以上者居多，不同溫度乾燥處理的蜂花粉在外觀和風味上差異很大，而內含的營養成分變化程度也不得而知。蜂花粉通常為連日採收，乾燥處理亦應以 24 小時內為宜始得連日生產，多數蜂農將乾燥溫度設定偏高之原因為擔心蜂花粉乾燥後的水分含量不夠低。

至今有關蜂花粉熱風乾燥溫度條件的研究報導有限，且結果分歧，目前國際上僅巴西具烘乾花粉的規範，其乾燥過程不得超過 42°C (Kayacan *et al.*, 2018)，臺灣和其他國家均未有規定，但國內多數蜂農的溫度設定偏高。Zuluaga-Domínguez *et al.* (2018) 評估 40°C、50°C 及 60°C 對哥倫比亞產蜂花粉 (貓耳菊及西洋油菜混雜) 品質之影響，乾燥處理後總酚、總黃酮、類胡蘿蔔素及抗氧化力皆顯著增加，但 40°C 及 50°C 處理後酸度顯著增加，研究推測為微生物含量較高所致，建議烘乾最適溫度為 60°C。Kayacan *et al.* (2018) 評估 40°C、45°C 及 50°C 對土耳其 (Nigde) 產蜂花粉品質之影響，乾燥處理後總酚、總黃酮及抗氧化力皆顯著降低，其中 50°C 處理後總酚減少幅度顯著低於 40°C 及 45°C，建議烘乾最適溫度為 50°C。Isik *et al.* (2019) 評估 40°C、45°C、50°C、55°C 及 60°C 對土耳其 (Erzincan) 產蜂花粉品質之影響，乾燥處理後蛋白質及維生素 C 皆顯著降低，而脂質及碳水化合物皆顯著增加，其中 40°C 處理後蛋白質及維生素 C 減少幅度顯著低於其他溫度處理，且感官品評分數最高，建議烘乾最適溫度為 40°C。Barajas *et al.* (2012) 評估 35°C 及 45°C 對哥倫比亞 (La Calera, Zipaquirá) 產蜂花粉品質之影響，乾燥處理後蛋白質、灰分及纖維皆無顯著變化，但 45°C 處理後類胡蘿蔔素及維生素 C 顯著減少，建議烘乾最適溫度為 35°C。Kanar and Mazi (2019) 評估 35°C、50°C 及 65°C 對土耳其產蜂花粉 (3~6 月採收) 品質之影響，乾燥處理後總酚及維生素 C 皆顯著降低，其中 65°C 處理後總酚減少幅度顯著低於 35°C 及 50°C，但 35°C 處理後維生素 C 減少幅度顯著低於 50°C 及 65°C。

綜觀上述分析結果之差異，可能來自於產地或粉源植物種類不同所致。國產蜂花粉的乾燥條件至今尚未掌握，因此有必要評估乾燥處理對蜂花粉品質之影響。本研究將以臺灣市面上流通量最大的茶花蜂花粉為檢測標的，比較不同乾燥溫度對其主要化學成分、生物活性物質和抗氧化能力之影響。

材料與方法

一、茶花蜂花粉樣本

新鮮茶花蜂花粉樣本來自於 3 個不同的西方蜜蜂 (*Apis mellifera*) 蜂場，於 2019 年採收，地點和月份分別為：(1) 嘉義縣阿里山鄉達邦，11 月；(2) 南投縣鹿谷鄉永隆，11 月；(3) 南投縣民間鄉松柏坑，12 月。這 3 個地點均為臺灣茶重要產區，採收之茶花蜂花粉在產地當日保存於 $< 0^{\circ}\text{C}$ ，7 日內以冷凍運送至實驗室密封保存於 $< -18^{\circ}\text{C}$ ，直到試驗進行時才取出。在實驗室中依花粉團外觀顏色進行人工篩選，本研究分析之 3 個茶花蜂花粉樣本純度依序分別為 98%、99% 及 98%。純度測定方法為取樣本 10 g 加入水 100 mL 震盪混合，取一小滴稀釋樣本以光學顯微鏡 (Zeiss, Axio Scope A1, China) 檢視花粉粒形態，依臺灣植物花粉圖誌分類檢索表鑑定植物種類 (Huang, 1972)，計算 100 顆花粉粒中茶花蜂花粉粒的數量。

二、乾燥流程

分別取 3 個茶花蜂花粉樣本各 1 kg 分為 5 等份，每份 200 g，其中 1 份樣本維持新鮮狀態不進行處理，其他 4 份樣本以熱風乾燥機 (Cheng Sang Scientific Co., CRI-120S, Taiwan) 進行不同溫度之乾燥處理，分別為 37°C 、 41°C 、 45°C 及 49°C ，持續乾燥 24 小時。乾燥處理溫度之選擇以臺灣蜂農最常使用的 45°C 為基準，增減幅度為 4°C ，預期 49°C 乾燥處理對茶花蜂花粉品質可能產生不良影響，而 37°C 乾燥處理可能水分含量過高。乾燥處理前先將樣本解凍至室溫，將機器調整至處理溫度預熱 30 分鐘，使乾燥室溫度穩定，再將樣本平鋪於不鏽鋼盤上送入乾燥室內，樣本厚度為 2 mm。乾燥完成的樣本重新包裝後密封保存於 -20°C ，直到後續分析時才取出。

三、水分測定

依照食品中水分之檢驗方法 CNS 5033 N6114 測定 (經濟部標準檢驗局，

1984)。取樣本 4 g 置於已乾燥至恒量之稱量瓶中，以烘箱 100°C 乾燥 4 小時，取出移入乾燥器中放冷 30 分鐘，稱量，重複乾燥步驟直至恒量為止，計算乾燥前後之重量差值。

四、水活性測定

依照食品水分活性測定法 CNS 5255 N6119 測定（經濟部標準檢驗局，1987）。取樣本 10 g 以水活性測定儀 (Novasina, Thermoconstanter TH-3 / RTD-33, Switzerland) 測定 RH% 值，其值除以 100 即為樣本水活性。

五、蛋白質測定

依照食品中粗蛋白質之檢驗法 CNS 5035 N6116 測定（經濟部標準檢驗局，1986）。預先將硫酸銅與硫酸鉀以 1:4 之比例混合調製為分解促進劑，取樣本 10 mg 置於分解瓶中，加入分解促進劑並加熱至完全分解，以 Kjeldahl 蒸餾法滴定，測定出總氮量 (N)，蛋白質含量以 $N\% \times 6.25$ 表示。

六、脂質測定

依照食品中粗脂肪之檢驗方法 CNS 5036 N6117 測定（經濟部標準檢驗局，1984）。取樣本 10 g 置於圓筒濾紙中，塞上脫脂棉，以烘箱 100°C 乾燥 2 小時，放冷後以 Soxhlet 脂肪抽出器，於 60°C 水浴下，以乙醚連續萃取 8 小時，取下燒瓶以烘箱 100°C 乾燥 1 小時吹乾乙醚，取出移入乾燥器中放冷 30 分鐘，稱量，重複乾燥步驟直至恒量為止，計算萃取物重量。

七、灰分測定

依照食品中粗灰分之檢驗方法 CNS 5034 N6115 測定（經濟部標準檢驗局，1984）。取樣本 4 g 置於已乾燥至恒量之坩鍋中，以灰化爐 600°C 灰化 4 小時，使溫度下降至 200°C，取出移入乾燥器中達室溫時迅速稱量，計算灰化物重量。

八、碳水化合物估算

依照 Estevinho *et al.* (2012) 樣本所含碳水化合物重量百分率計算公式如下：碳水化合物 % = 100% - (水分 % + 蛋白質 % + 脂質 % + 灰分 %)。

九、乙醇萃取樣本檢液

依照 Carpes *et al.* (2007) 的萃取方式，取 100 g 樣本磨粉後，再取其中 1 g 樣本置於 15 mL 離心管中，加入 10 mL 70% 乙醇，以旋轉式細胞混合器混合均勻，以 70°C 萃取 30 分鐘。待其自然沉澱後，取上清液備用，下層物再以 5 mL 70% 乙醇重複上述萃取步驟，待萃取完畢後，收集上清液，以濾紙過濾並定量至 10 mL，置於 4°C 等待續測總酚、總黃酮及抗氧化能力。

十、總酚測定

依照吳等 (2009) 之檢驗方法，取乙醇萃取樣本檢液 10 μ L，加入 100 μ L Folin-Ciocalteu's phenol reagent 震盪混合，加入 190 μ L 20% Na_2CO_3 均勻混合後，於室溫下靜置 30 分鐘，以分光光度計 (Tecan Co., Infinite M200 Pro, Switzerland) 測定波長 735 nm 之吸光值。另配置 0、10、20、40、60、80、100 及 150 ppm 沒食子酸 (gallic acid) 製作標準曲線計算樣品總酚含量，以每公克樣本所含沒食子酸當量毫克數表示。

十一、總黃酮測定

取乙醇萃取樣本檢液 250 μ L，加入 10% 硝酸鋁和 1 M 醋酸鉀各 50 μ L，再加入 1.3 mL 去離子水，混合後於室溫反應 40 分鐘，以分光光度計測定波長 415 nm 之吸光值。另配置 0、25、50、75 及 150 ppm 的槲皮素 (quercetin) 製作標準曲線樣品類黃酮含量，以每公克樣本所含槲皮素當量 (quercetin equivalent, QE) 毫克數表示。

十二、自由基清除能力測定

以測定 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 自由基清除效力作為抗氧化能力指標。配製新鮮 DPPH 溶液，取 2 mg DPPH 溶於甲醇，定量至 50 mL，使用前避光。取乙醇萃取樣本檢液 150 μ L，加入 1.35 mL 100 μ M DPPH 甲醇溶液，均勻混合後於室溫下靜置 5 分鐘，以分光光度計測定波長 528 nm 之吸光值 (B)，另以未添加檢液樣品之 150 μ L 純水作為空白對照測定吸光值 (A)，以乙醇萃取樣本檢液加入甲醇之反應測定吸光值 (C)。DPPH 清除效應百分率計算公式如下：清除率 = $(A - B - C) / A \times 100\%$ 。

十三、統計分析

試驗設計採用隨機完全區集設計，區集為 3 個不同的茶花蜂花粉樣本，避免因產地不同可能造成之試驗誤差，處理為新鮮和 4 個不同的乾燥溫度，試驗目的為比較這 5 種處理之間的差異。前述每項測定值均為以完全相同的方法量測 3 次後取平均值，以增加精準度並減少人為操作可能造成之誤差。所得數據以 3 個茶花蜂花粉樣本之平均值 \pm 標準差表示，以 SAS Enterprise Guide 7.1 統計分析軟體進行變方分析 (ANOVA)，後續檢定以最小顯著差異性測驗 (Fisher's protected least significant difference) 比較各處理間之差異性。

結果與討論

一、水分和水活性

水分含量多寡是影響食物成分組成比例的主要因素，水活性是指物品飽和蒸氣壓相對於在相同條件下的純水飽和蒸氣壓的比值，數值介於 0~1 之間，越接近 1 表示物品中能夠被微生物利用的水越多，因此水活性與食物的品質和儲存期限息息相關 (Nogueira *et al.*, 2012)。水活性較高的基質會促進微生物生長和酵素活性，尤其是滋生真菌，可能產生真菌毒素 (mycotoxins) 和赭麴毒素 (ochratoxins)，這些真菌毒素已被證實會影響人體及動物健康，嚴重時可能會導致死亡，是蜂花粉產生毒性的根本原因 (Feás *et al.*, 2012)。食品藉由乾燥處理而得以保存，正是因為水活性降低至微生物難以生長的程度，且腐敗變質的生化反應速率降低至極小值 (Toledo, 2007)。

正如預期茶花蜂花粉的水分含量和水活性在乾燥處理後均顯著下降（表一）。新鮮茶花蜂花粉的水分含量為 18.47%，水活性為 0.58，顯著高於以 37°C、41°C、45°C 及 49°C 乾燥處理後的茶花蜂花粉水分含量為 3.73~5.13%，水活性為 0.20~0.24，此外不同溫度乾燥處理之間均無顯著差異。國際上法定乾燥蜂花粉的水分含量介於 4~10% 之間，de Arruda *et al.* (2013) 建議乾燥蜂花粉的水分含量必須介於 5~9% 之間，以保留蜂花粉的營養成分並確保食品安全。乾燥蜂花粉的水分含量不可低於 3%，此狀態會導致變色和產生異味的化學反應速率增加，如梅納反應、果糖脫水、芳香化合物損失和脂質氧化等 (Nogueira *et al.*, 2012)。以 37°C 乾燥處理

後的茶花蜂花粉水分含量為 5.13% 較符合國際趨勢，其餘 3 種溫度乾燥處理後的茶花蜂花粉水分含量均低於 5%，但尚未低於 3%。另一方面，雖然水活性才是食物品質劣變與否的關鍵因素，然而目前沒有任何國家法定蜂花粉之水活性標準值，一般來說水活性降低至 0.7 以下可以防止微生物引起的食物腐敗，但其他變質反應如：酵素活性、非酵素性褐變和脂質氧化等，須將水活性降低至接近 0.3 時才得以抑制，若水活性低於 0.3 以下則脂質氧化速率反而上升 (Ramaswamy and Marcotte, 2006)。本研究中新鮮茶花蜂花粉水活性為 0.58，代表微生物不易生長或繁殖速度緩慢，但確實仍須乾燥處理，而 4 種溫度乾燥處理後的茶花蜂花粉水活性均低於 0.3，其中又以 37°C 乾燥處理的茶花蜂花粉水活性為 0.24 最接近。

表一、茶花蜂花粉樣本的水分含量和水活性

Table 1. Moisture content and water activity of tea pollen sample

Treatment	Moisture content (%)	Water activity
Fresh	18.47 ± 2.35 a	0.58 ± 0.10 a
37°C	5.13 ± 1.57 b	0.24 ± 0.04 b
41°C	4.03 ± 0.71 b	0.20 ± 0.01 b
45°C	3.73 ± 0.87 b	0.20 ± 0.01 b
49°C	3.93 ± 0.93 b	0.20 ± 0.02 b

Values are expressed in mean ± standard deviation, and values with the same letter within the same column are not statistically significant at $p > 0.01$

二、化學成分

乾燥處理前後茶花蜂花粉的化學成分變化如表二。新鮮茶花蜂花粉的蛋白質含量為 29.07%，以 37°C、41°C、45°C 及 49°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的蛋白質含量為 28.97~29.10%，此 5 種處理之間均無顯著差異。代表本研究中 4 種溫度乾燥處理對茶花蜂花粉的蛋白質含量均無影響，與 Barajas *et al.* (2012) 的研究結果一致。然而 Isik *et al.* (2019) 的研究中以 40~60°C 乾燥處理後蜂花粉（未知花粉來源）的蛋白質含量顯著減少 33~59%，且隨乾燥溫度升高蛋白質含量相對下降，該研究推

論蛋白質的損失可能是由於高溫使蛋白質變性所致，也許該研究中的蜂花粉蛋白質成分較為特殊。蜂花粉蛋白質含量為重要化學成分和營養指標，Somerville (2001) 依蛋白質含量將蜂花粉區分為 3 個等級：優等 (> 25%)、中等 (20~25%) 和劣等 (< 20%)，所以茶花蜂花粉營養價值應評定為優等。

新鮮茶花蜂花粉的脂質含量為 1.70%，顯著低於以 37°C、41°C、45°C 及 49°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的脂質含量為 3.40~3.43%，此外不同溫度乾燥處理之間均無顯著差異。本研究中乾燥處理後茶花蜂花粉的脂質含量顯著增加 100~102%，與多數研究結果一致，Barajas *et al.* (2012) 的研究中，以 45°C 乾燥處理後蜂花粉（未知花粉來源）的脂質含量顯著增加 34~93%，Isik *et al.* (2019) 的研究中以 45~60°C 乾燥處理後蜂花粉的脂質含量顯著增加 7~31%，但 40°C 乾燥處理對蜂花粉的脂質含量無影響。推測乾燥處理過程可能改變花粉粒結構，似乎可以促進脂質萃取。

灰分含量是蜂花粉中的無機化合物總和，乾燥處理不影響茶花蜂花粉的灰分含量，為 3.07~3.40%，與 Barajas *et al.* (2012) 和 Isik *et al.* (2019) 的研究結果一致，且落在已知乾燥蜂花粉灰分含量區間 3~7% 之內 (Thakur and Nanda, 2020)。

碳水化合物是蜂花粉的主要成分，約佔蜂花粉總乾重的三分之二 (Li *et al.*, 2018)。新鮮茶花蜂花粉的碳水化合物含量為 66.20%，顯著高於以 37°C、41°C、45°C 及 49°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的碳水化合物含量為 64.37~64.50%，此外不同溫度乾燥處理之間均無顯著差異。由於本研究中碳水化合物為推測值非實際測量值，因此受蛋白質、脂質及灰分組成數值影響甚鉅，乾燥處理後茶花蜂花粉的碳水化合物含量顯著減少 2.7~2.8%，可能由於某些醣類在乾燥處理時脫水或降解。蜂花粉中的醣類主要由葡萄糖和果糖 2 種單醣組成 (Liolios *et al.*, 2016)，單醣熱分解的溫度非常高，因此醣類的損失比較可能是源於微生物作用降解，進而產生有機酸或氣體。微生物含量以每公克樣本中含有的菌落形成單位 (colony-forming unit, CFU) 總數表示，據研究報導乾燥蜂花粉中的真菌含量達 2.8×10^3 CFU / g (Estevinho *et al.*, 2012)，估計乾燥蜂花粉中的微生物含量至多約為 10^5 CFU / g (Campos *et al.*, 2010)，乾燥處理後蜂花粉的酸度顯著增加，可能就是醣類經微生物作用利用所致 (Zuluaga-Domínguez *et al.*, 2018)。

表二、茶花蜂花粉樣本的化學成分（乾重）

Table 2. Chemical composition of tea pollen sample (dry mass)

Treatment	Proteins (%)	Lipids (%)	Ash (%)	Carbohydrates (%)
Fresh	29.07 ± 2.06 ns	1.70 ± 0.44 b	3.07 ± 0.12 ns	66.20 ± 2.07 a
37°C	29.07 ± 2.50 ns	3.43 ± 0.59 a	3.07 ± 0.12 ns	64.37 ± 3.11 b
41°C	29.03 ± 1.86 ns	3.40 ± 0.40 a	3.40 ± 0.40 ns	64.40 ± 2.25 b
45°C	28.97 ± 2.20 ns	3.43 ± 0.45 a	3.07 ± 0.06 ns	64.50 ± 2.61 b
49°C	29.10 ± 1.80 ns	3.40 ± 0.53 a	3.07 ± 0.06 ns	64.40 ± 2.31 b

Values are expressed in mean ± standard deviation, and values with the same letter within the same column are not statistically significant at $p > 0.01$

三、生物活性成分

不同乾燥溫度對茶花蜂花粉生物活性成分之影響如表三，結果顯示乾燥溫度會影響茶花蜂花粉的總酚含量，且隨乾燥溫度升高總酚含量相對下降。新鮮茶花蜂花粉的總酚含量為 71.10 mg GAE / g，以 37°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的總酚含量為 70.73 mg GAE / g，此 2 種處理之間無顯著差異，然而此 2 種處理的總酚含量均顯著高於以 49°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的總酚含量 53.97 mg GAE / g。本研究中乾燥茶花蜂花粉的總酚含量 53.97~70.73 mg GAE / g 落在已知乾燥蜂花粉總酚含量區間 0.50~213 mg GAE / g 之內 (Rzepecka-Stojko *et al.*, 2015; Thakur and Nanda, 2020)。本研究中以 49°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的總酚含量顯著減少 24%，類似的結果為 Kayacan *et al.* (2018) 的研究中以 50°C 乾燥處理後蜂花粉（未知花粉來源）的總酚含量顯著減少 43%，Kanar and Mazi (2019) 的研究中以 50°C 乾燥處理後蜂花粉（未知花粉來源）的總酚含量顯著減少 61%，Papoutsis *et al.* (2017) 指出某些酚類化合物在高溫環境易氧化降解，因此在乾燥過程中會損失大量的酚類化合物。但與 Zuluaga-Domínguez *et al.* (2018) 的研究結果恰好相反，該研究以 40~60°C 乾燥處理後蜂花粉（貓耳菊及西洋油菜混雜）的總酚含量顯著增加 55~57%，其推論為高溫時該類花粉粒之外層花粉壁因脫水產生孔隙，進而釋放更多酚類化合物。

儘管如此，本試驗之乾燥處理並不影響茶花蜂花粉的總黃酮含量，新鮮茶花蜂花粉的總黃酮含量為 6.03 mg QE / g，以 37°C、41°C、45°C 及 49°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的總黃酮含量為 5.83~6.23 mg QE / g，此 5 種處理之間均無顯著差異，且落在已知乾燥蜂花粉總黃酮含量區間 0.10~57.60 mg GAE / g 之內 (Rzepecka-Stojko *et al.*, 2015; Thakur and Nanda, 2020)。此結果亦代表前述因乾燥損失的酚類化合物並非黃酮類化合物，可能是酚酸化合物。與本研究相異的是，Zuluaga-Domínguez *et al.* (2018) 的研究中以 40~60°C 乾燥處理後蜂花粉（貓耳菊及西洋油菜混雜）的總黃酮含量顯著增加 48~54%，而 Kayacan *et al.* (2018) 的研究中以 50°C 乾燥處理後蜂花粉（未知花粉來源）的總黃酮含量卻顯著減少 50%。由於趨勢幾乎無一致性，推測蜂花粉的總黃酮含量及其受溫度之影響幅度可能與蜜源植物種類有關。

本試驗之乾燥處理亦不影響茶花蜂花粉的自由基清除能力，新鮮茶花蜂花粉的 DPPH 清除率為 89.27%，以 37°C、41°C、45°C 及 49°C 乾燥處理後茶花蜂花粉的 DPPH 清除率為 86.43~90.20%，此 5 種處理之間均無顯著差異。有些研究報導酚類化合物與蜂花粉的抗氧化能力具有高度相關性 (Freire *et al.*, 2012; Ozkok and Silici, 2017; Kalaycioglu *et al.*, 2017)，然而，有些研究卻提出非必然存有相關性，Leja *et al.* (2007) 測定 12 種不同蜂花粉中總酚含量和自由基清除能力，但未觀察到兩者之間的相關性。

表三、茶花蜂花粉樣本的生物活性成分

Table 3. Bioactive content of tea pollen sample

Treatment	Total phenolic content (mg GAE / g)	Total flavonoid content (mg QE / g)	DPPH radical scavenging capacity (DPPH %)
Fresh	71.10 ± 3.78 a	6.03 ± 0.81 ns	89.27 ± 0.95 ns
37°C	70.73 ± 9.49 a	5.83 ± 0.83 ns	87.23 ± 4.79 ns
41°C	65.20 ± 11.56 ab	6.00 ± 0.44 ns	86.43 ± 7.30 ns
45°C	65.83 ± 7.12 ab	6.23 ± 0.55 ns	89.90 ± 0.95 ns
49°C	53.97 ± 13.40 b	6.23 ± 0.35 ns	90.20 ± 0.46 ns

Values are expressed in mean ± standard deviation, and values with the same letter within the same column are not statistically significant at $p > 0.01$

結 論

本試驗收集之國產新鮮茶花蜂花粉水分含量平均為 18.47%，水活性平均為 0.58，於適當溫度下是有利於微生物滋生的良好環境，因此建議必須進行乾燥處理，以確保食用安全。依據本研究於化學成分及生物活性成分分析之結果，建議乾燥處理最適條件為以 37°C 處理 24 小時，水分含量平均可降至 5.13%，水活性平均可降至 0.24。新鮮茶花蜂花粉蛋白質含量平均為 29.07%，灰分含量平均為 3.07%，不受乾燥溫度影響；脂質含量平均為 1.7%，乾燥後含量顯著增加，多數研究亦有報導此現象，但確切原因仍未有定論；碳水化合物平均含量為 66.20%，乾燥後含量顯著降低，可能與微生物作用有關；總酚含量平均為 71.10 mg GAE / g，可能因乾燥溫度過高而受到破壞，以 49°C 乾燥處理含量減少高達 24%；總黃酮含量平均為 6.03 mg QE / g，DPPH 清除率平均為 89.27%，不受乾燥溫度影響。本研究結果可作為制訂乾燥茶花蜂花粉標準之參考，此外不同粉源植物種類之蜂花粉因所含營養成分略有差異，其乾燥條件可能不盡相同，臺灣可生產 10 種以上商品蜂花粉 (Hsu *et al.*, 2021)，不同蜂花粉之最適乾燥處理條件，具有深入研究價值。

誌 謝

本試驗檢測之茶花蜂花粉樣本由專業蜂農王朝立先生、張豐孟先生和郭進壽先生提供，陳炳輝先生協助聯繫接洽，茶花蜂花粉樣本人工篩選工作由鍾彩膺小姐協助進行，生物活性物質測定方法由張雅玲助理研究員協助建立，謹表謝忱。

引用文獻

安奎、鄭元春。1993。臺灣產蜜源植物圖說。臺北：臺灣省立博物館。

吳宗諺、利幸真、邱采新、蔡淑珍。2009。探討不同甘藷品種熱水萃取液之抗氧化能力。
臺灣農業研究 58: 7-16。

徐培修。2020。蜂花粉的收集與保存。豐年 70: 74-79。

徐培修。2021。蜂花粉採後處理及保存方式。苗栗區農業專訊 95: 7-9。

徐培修、顏君靜、吳姿嫻。2019。生態廊道蜜粉源植物圖鑑。苗栗：行政院農業委員會苗栗區農業改良場。

財政部關務署。2022。海關進出口統計。檢自 <https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA35>。

經濟部標準檢驗局。1984。食品中水分之檢驗方法，CNS 5033 N6114。臺北：經濟部標準檢驗局。

經濟部標準檢驗局。1984。食品中粗灰分之檢驗方法，CNS 5034 N6115。臺北：經濟部標準檢驗局。

經濟部標準檢驗局。1984。食品中粗脂肪之檢驗方法，CNS 5036 N6117。臺北：經濟部標準檢驗局。

經濟部標準檢驗局。1986。食品中粗蛋白質之檢驗法，CNS 5035 N6116。臺北：經濟部標準檢驗局。

經濟部標準檢驗局。1987。食品水分活性測定法，CNS 5255 N6119。臺北：經濟部標準檢驗局。

Abdelnour, S. A., M. E. Abd El-Hack, M. Alagawany, M. R. Farag, and Elnesr, S. S. 2019. Beneficial impacts of bee pollen in animal production, reproduction and health. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 103: 477-484.

Al-Kahtani, S. N., E. K. Taha, K. A. Khan, M. J. Ansari, S. A. Farag, D. M. B. Shower, and E. S. M. Elnabawy. 2021. Effect of harvest season on the nutritional value of bee pollen protein. *PLoS ONE* 15: e0241393.

de Arruda, V. A. S., A. A. S. Pereira, A. S. de Freitas, O. M. Barth, and L. B. de Almeida-Muradian. 2013. Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition. *J. Food Compos. Anal.* 29: 100-105.

Barajas, J., M. Cortes-Rodriguez, and E. Rodríguez-Sandoval. 2012. Effect of temperature on the drying process of bee pollen from two zones of Colombia. *J. Food Process Eng.* 35: 134-148.

- Campos, M. G. R., S. Bogdanov, L. B. de Almeida-Muradian, T. Szczesna, Y. Mancebo, C. Frigerio, and F. Ferreira. 2008. Pollen composition and standardization of analytical methods. *J. Apic. Res.* 47: 154-161.
- Campos, M. G. R., C. Frigerio, J. Lopes, and S. Bogdanov. 2010. What is the future of bee-pollen? *J. ApiProduct ApiMedical Sci.* 2: 131-144.
- Carpes, S. T., R. Begnini, S. M. de Alencar, and M. L. Masson. 2007. Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciênc. Agrotec.* 31: 1818-1825.
- Crapiste, G. and E. Rotstein. 1997. Design and performance evaluation of dryers. In: K. Valentas *et al.* (eds), *Handbook of food engineering practice* p. 125-166. CRC Press, Boca Raton.
- Estevinho, L. M., S. Rodrigues, A. P. Pereira, and X. Feás. 2012. Portuguese bee pollen: Palynological study, nutritional and microbiological evaluation. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47: 429-435.
- Feás, X., M. P. Vázquez-Tato, L. Estevinho, J. A. Seijas, and A. Iglesias. 2012. Organic bee pollen: Botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules* 17: 8359-8377.
- Freire, K.R.L. A.C.S. Lins, M.C. Dorea, F.A.R. Santos, C.A. Camara, and T.M.S. Silva. 2012. Palynological origin, phenolic content, and antioxidant properties of honeybee-collected pollen from Bahia, Brazil. *Molecules* 17: 1652-1664.
- Huang, T. C. 1972. Pollen flora of Taiwan. p. 297. National Taiwan University, Botany Dept., Taipei.
- Human, H. and S. W. Nicolson. 2006. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). *Phytochemistry* 67: 1486-1492.
- Hsu, P. S., T. H. Wu, M. Y. Huang, D. Y. Wang, and M. C. Wu. 2021. Nutritive value of 11 bee pollen samples from major floral sources in Taiwan. *Foods* 10: 2229.
- Isik, A., M. Ozdemir, and I. Doymaz. 2019. Effect of hot air drying on quality characteristics and physicochemical properties of bee pollen. *Food Sci. Technol.* 39: 224-231.
- Kalaycioglu, Z., H. Kaygusuz, S. Doker, S. Kolayli, and F.B. Erim. 2017. Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis based on their

- individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities. *LWT-Food Sci. Technol.* 84: 402-408.
- Kanar, Y. and B. G. Mazi. 2019. Effect of different drying methods on antioxidant characteristics of bee-pollen. *J. Food Meas. Charact.* 13: 3376-3386.
- Kayacan S., O. Sagdic, and I. Doymaz. 2018. Effects of hot-air and vacuum drying on drying kinetics, bioactive compounds and color of bee pollen. *J. Food Meas. Charact.* 12: 1274-1283.
- Komosinska-Vassev, K., P. Olczyk, J. Kazmierczak, L. Mencner, and K. Olczyk. 2015. Bee pollen: Chemical composition and therapeutic application. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 2015: 297425.
- Kurek-Górecka, A., M. Górecki, A. Rzepecka-Stojko, R. Balwierz, and J. Stojko. 2020. Bee products in dermatology and skin care. *Molecules* 25: 556.
- Leja, M., A. Mareczek, G. Wyzgolik, J. Klepacz-Baniak, and K. Cze-konsk. 2007. Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chem.* 100: 237-240.
- Li, Q. Q., K. Wang, M. C. Marcucci, A. C. H. F. Sawaya, L. Hu, X. F. Xue, and F. L. Hu. 2018. Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites. *J. Funct. Foods* 49: 472-484.
- Liolios, V., C. Tananaki, M. Dimou, D. Kanelis, G. Goras, E. Karazafiris, and A. Thrasyvoulou. 2016. Ranking pollen from bee plants according to their protein contribution to honey bees. *J. Apic. Res.* 54: 582-592.
- Lu, M. C. 2018. Beekeeping on Taiwan Island. In: P. Chantawannakul *et al.* (eds), *Asian beekeeping in the 21st century* p. 159-173. Springer, Singapore.
- Martins, M. C., M. A. Morgano, E. Vicente, S. R. Baggio, and D. B. Rodriguez-Amaya. 2011. Physicochemical composition of bee pollen from eleven Brazilian states. *J. Apic. Res.* 55: 107-116.
- Medeiros, K. C. P., C. A. V. Figueiredo, T. B. Figueredo, K. R. L. Freire, F. A. R. Santos, N. M. Alcantara-Neves, T. M. S. Silva, and M. R. Piuvezam. 2008. Anti-allergic effect of bee pollen phenolic extract and myricetin in ovalbumin-sensitized mice. *J. Ethnopharmacol.* 119: 41-46.

- Modro, A. F., I. C. Silva, and C. F. Luz. 2009. Analysis of pollen load based on color, physicochemical composition and botanical source. *An. Acad. Bras. Cienc.* 81: 281-285.
- Nogueira, C., A. Iglesias, X. Feas, and L. M. Estevinho. 2012. Commercial bee pollen with different geographical origins: a comprehensive approach. *Int. J. Mol. Sci.* 13: 11173-11187.
- Ozkok, D. and S. Silici. 2017. Antioxidant activities of honeybee products and their mixtures. *Food Sci. Biotechnol.* 26: 201-206.
- Papoutsis, K., P. Pristijono, J. B. Golding, K. E. Stathopoulos, M. C. Bowyer, C. J. Scarlett, and O. V. Vuong. 2017. Effect of vacuum-drying, hot air-drying and freeze-drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (*Citrus limon*) pomace aqueous extracts. *Int. J. Food Sci. Technol.* 52: 880-887.
- Pascoal, A., S. Rodrigues, A. Teixeira, X. Feas, and L. M. Estevinho. 2014. Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food Chem. Toxicol.* 63: 233-239.
- Ramaswamy, H. and M. Marcotte. 2006. Food processing principles and applications p. 233-277. CRC Press, Boca Raton.
- Roulston, T. H. and J. H. Cane. 2000. Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant. Syst. Evol.* 222: 187-209.
- Rzepecka-Stojko A., J. Stojko, A. Kurek-Górecka, M. Górecki, A. Kabała-Dzik, R. Kubina, A. Moździerz, and E. Buszmanet. 2015. Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity. *Molecules* 20: 21732-21749.
- Schulte, F., J. Lingott, U. Panne, and J. Kneipp. 2008. Chemical characterization and classification of pollen. *Anal. Chem.* 80: 9551-9556.
- Serra Bonvehí, J. and R. Escolà Jordà. 1997. Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain. *J. Agric. Food Chem.* 45: 725-732.
- Somerville, D. C. 2001. Nutritional Value of Bee Collected Pollens. NSW Agriculture: Goulburn, Australia.
- Thakur, M. and V. Nanda. 2020. Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends Food Sci. Technol.* 98: 82-106.

- Toledo, R. T. 2007. Fundamentals of food process engineering, p. 431-473, Springer, New York.
- Yang, K., D. Wu, X. Ye, D. Liu, J. Chen, and P. Sun. 2013. Characterization of chemical composition of bee pollen in China. *J. Agric. Food Chem.* 61: 708-718.
- Zuluaga-Domínguez, C., J. Serrato-Bermudez, and M. Quicazán. 2018. Influence of drying-related operations on microbiological, structural and physicochemical aspects for processing of bee-pollen. *Eng. Agric. Environ. Food* 11: 57-64.

Effect of different drying temperature on quality characteristics of bee tea pollen

Pei-Shou Hsu*, Chiu-Hsun Liao

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of drying on chemical properties, bioactive compounds, and antioxidant capacity of bee tea pollen (*Camellia sinensis*). Bee tea pollen samples were dried at 37, 41, 45, and 49°C for 24 hours. The results confirm that the drying process of tea pollen at above temperature has adequate moisture content (3.73-5.13%) and water activity (0.20-0.24) for food safety requirements. The protein, ash, total flavonoid content, and free radical scavenging capacity are not affected by the drying process, whereas the fat, carbohydrate content, and total phenolic content are affected by the drying process. Further, the total phenolic content decreases as the drying temperature increases. According to our results, it is recommended processing the fresh tea pollen at 37°C to preserve the nutritional value.

Keywords: bee tea pollen, drying, phenolics

*Corresponding author email: pshsu@mdais.gov.tw