

山藥機能性研究與產業加值

何昱圻^{(1)*} 陸柏憲⁽²⁾ 葉永銘⁽¹⁾ 龔財立⁽¹⁾

摘要

山藥 (*Dioscorea* spp.) 為全球第四大根莖類作物，在臺灣被列為可同時提供食品使用之中藥材，具備鮮食、藥用與機能保健等多重開發價值。在營養上，山藥不僅是優質的碳水化合物來源，其塊莖富含多醣、固醇類皂苷、尿囊素及酚類化合物等成分，被視為滋補強身、幫助維持消化道機能及養顏美容的機能性食材。儘管國際文獻已針對其活性機制進行廣泛探討，但產業化應用仍面臨山藥品種間機能性成分差異大、加工品質穩定性不足，以及人體內生物利用度尚待釐清等挑戰。因此，本文透過系統性彙整臺灣山藥栽培現況與機能性研究，並進一步針對臺灣選育及各地慣行栽培之白肉山藥品種，包含台農 1 號、台農 2 號、花蓮 3 號、桃園 4 號、桃園 5 號、大汕及人參山藥，進行塊莖品質及尿囊素含量調查。期以具體化國內山藥品種資訊與加工副產物加值策略，建立臺灣山藥由農產品邁向高值化生技素材的重要轉型契機。

關鍵詞：塊莖品質、尿囊素、副產物應用

(1) 農業部桃園區農業改良場

(2) 農業部農業試驗所嘉義農業試驗分所

*通訊作者 (ych@tydais.gov.tw)

前言

山藥 (*Dioscorea* spp.) 為薯蕷科 (*Dioscoreaceae*) 薯蕷屬 (*Dioscorea*) 之多年生草本植物，為繼馬鈴薯 (*Solanum tuberosum*)、樹薯 (*Manihot esculenta*) 及甘藷 (*Ipomoea batatas*) 後第四大根莖類作物，於全球熱帶和亞熱帶地區廣泛分布 (Obidiegwu *et al.*, 2020)。山藥不僅是許多發展中國家的主食，還因其豐富的營養與藥用價值，被我國衛生福利部中醫藥司列入 107 年公布的「可同時提供食品使用之中藥材」；代表山藥既可作為日常食材使用，也具備開發機能性素材之高度潛力。本文透過系統性整理臺灣山藥栽培現況、山藥營養組成及機能性成分之相關研究，並探討臺灣白肉山藥不同品種間塊莖品質及尿囊素應用潛力，以期為山藥資源之開發利用提供參考。

臺灣山藥栽培與分布

根據農糧署農情報告資源網 (https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp) 之統計資料顯示，臺灣 113 年山藥栽培面積約 413.6 公頃，主要栽培縣市包含南投縣 (50.0%)、彰化縣 (20.9%) 及新北市 (8.0%) 等地區。由於山藥遺傳變異廣大，各地區所栽培之山藥品種不盡相同，南投縣主要栽培品種包含大汕 (*D. alata*)、台農 1 號 (*D. alata*) 及台農 2 號 (*D. alata*)。彰化縣主要栽培品種為人參山藥 (*D. persimilis*，又稱褐苞薯蕷)。北部地區主要種植白皮削山藥 (*D. alata*)、紅皮削山藥 (*D. alata*) 及基隆山藥 (*D. pseudojaponica*)。此外，部分嘉義地區農民則有零星種植台農 5 號 (*D. alata* L. var. *purpurea* (Roxb.) M. Punch.)、刺蜜薯 (*D. esculenta*) 等山藥品種。桃園區農業改良場 (以下簡稱桃園場) 近期育成新雜交品種山藥桃園 5 號—金豐 (*D. japonica* Thunb.) (Kung and Yeh, 2021)，塊莖口感表現優異，與對照品種花蓮 3 號 (*D. polystachya*) 相比，塊莖產量顯著較高，目前正於臺灣各山藥產區推廣種植中。

山藥營養組成及機能性成分研究

山藥品種繁多且性狀差異性大，其塊莖營養成分之變異除受品種影響外，亦與種植地區、年份及栽培環境密切相關。根據衛生福利部食品藥物管理署之食品營養成分資料庫 (<https://consumer.fda.gov.tw/Food/TFND.aspx?nodeID=178>) 顯示，去皮後新鮮山藥平均水分含量約 78.3%，總碳水化合物 17.8%，粗蛋白 2.8%，膳食纖維 1.3%，灰分 1.0%，粗脂肪 0.1%。乾重組成分中，粗蛋白含量約 9%–16%，粗脂肪含量約 0.25%–0.50%，粗纖維含量約 2.5%–5.0%，並以澱粉含量所占比例最高，約占乾重之 75%–84%，其中直鏈澱粉含量佔 10%–35%，多為 B-type 結晶型，較一般主食類及其他根莖類作物高 (翁, 2011)。

山藥作為具備高度開發潛力的機能性素材，其主要生理活性成分，包含多醣、固醇類皂苷 (steroidal saponins)、尿囊素 (allantoin) 及酚類化合物等 (Li *et al.*, 2023)。相關機能性說明如下：

一、多醣：

多醣是山藥中研究最廣泛的生物活性成分，研究顯示山藥乾重中碳水化合物佔比約 67%–84%；多醣通常由葡萄糖 (50%)、甘露糖 (25%) 與半乳糖 (10%) 組成，具備良好之水溶性與黏性 (Xuc *et al.*, 2019)。針對山藥多醣於血糖調節之應用研究，在高脂飲食結合 STZ 誘導之第二型糖尿病小鼠模型中，已證實其可有效促進細胞對葡萄糖之攝取。分子機制研究證實，其主要是透過調節關鍵蛋白質 (如 InsR 及 GLUT4) 的表現，進而達到促進肝醣合成、減輕胰島素阻抗並抑制糖質新生的作用 (Feng *et al.*, 2022)。此外，針對山藥多醣在腸胃保健應用的研究，在酒精誘導之小鼠胃黏膜損傷模型中，山藥多醣具有顯著的預防性保護作用，每日 200 mg kg⁻¹ 與 400 mg kg⁻¹ 之處理組，可顯著降低胃部損傷指數 (lesion index)，且在組織病理切片觀察到黏膜組織的損傷程度明顯減輕 (Guo *et al.*, 2020)。

二、固醇類皂苷：

山藥的固醇類皂苷，如薯蕷皂苷 (dioscin) 及其代謝產物薯蕷皂苷元 (diosgenin) 具抗發炎及心血管保護作用 (Li *et al.*, 2021)。研究指出，在高脂飲食動物試驗中，薯蕷皂苷能顯著減少促發炎細胞因子 (如 TNF- α 、IL-1 及 IL-6) 的釋放，緩解由動脈粥狀硬化所誘導的心臟發炎反應 (Li *et al.*, 2019)。

三、尿囊素：

山藥相對於其他植物含有較高含量的尿囊素，前人研究針對 *D. japonica* 山藥及其他根莖類作物之尿囊素含量進行調查，結果顯示在山藥品種 Jinenjo 之薯肉有較高的含量 (6.3 mg g⁻¹ dw)，而在甘藷、馬鈴薯及野芋中尿囊素含量皆偏低，幾乎無法測得 (Ninomiya *et al.*, 2003)。尿囊素被廣泛利用在化妝保養品及皮膚敷料中，然其應用性不僅適合外用，近期針對尿囊素的機能活性相關研究，顯示在血糖調節及胃保護功能上皆有應用開發潛力。在化學物誘導的糖尿病大鼠試驗模型中，山藥尿囊素萃取物可增強肌肉對血液葡萄糖的吸收效率，具調節血糖應用潛力 (Niu *et al.*, 2010)。另有文獻指出尿囊素可減緩酒精及非類固醇抗炎症藥物及壓力引起之胃潰瘍，其腸胃保護機制包含抗發炎、抗氧化、抗胃酸分泌以及胃保護活性，其中後兩項可能與尿囊素能增加 PGE2 (prostaglandin) 有關 (da Silva *et al.*, 2018)。

四、酚類化合物 (Polyphenols)：

包含總酚與總黃酮。酚類化合物透過直接清除超氧陰離子與羥基自由基，可防止細胞氧化損傷。此外，酚類化合物含量亦與山藥褐變有關，有研究針對高度易褐變山藥品種進行多酚類化合物組成與酵素性褐變易感性之間的探討，結果顯示山藥褐變除與總酚含量有高度關聯性外，亦與原花青素中多酚組成種類與聚合度有關。這些由兒茶素 (catechin) 與表兒茶素 (epicatechin) 單元組成之原花青素，多以二聚體或更高階的寡聚體存在，在多酚氧化酵素的催化下極易發生氧化聚合，形

成黑褐色物質，造成山藥褐變 (Rinaldo *et al.*, 2022)。

綜合多篇國際山藥研究文獻，多醣、皂苷及尿囊素等已被視為山藥機能性素材開發之重要標的。然而，儘管山藥相較於其他根莖類作物含有更豐富的尿囊素，臺灣目前的產業應用仍尚未充分發揮其生物活性優勢。此外，儘管國際文獻已證實山藥活性成分之功效，然因品種間遺傳變異較大，臺灣山藥中尿囊素之相關研究仍相對缺乏；為填補國內山藥品種成分基礎資料的缺口，桃園場與農業試驗所嘉義農業試驗分所針對臺灣選育及各地慣行栽培之 7 個白肉類山藥品種 (系)，展開系統性之塊莖品質與尿囊素含量評估 (何等, 2024)。

臺灣白肉山藥塊莖品質及尿囊素應用潛力

過去臺灣山藥研究多集中於區域適應性、農藝性狀及生產潛力之比較，而較少針對山藥塊莖品質進行分析。因此，本研究團隊收集 7 種不同白肉山藥品種 (系)，包含台農 1 號 (TN1)、台農 2 號 (TN2)、花蓮 3 號 (HL3)、桃園 4 號 (TY4)、桃園 5 號 (TY5)、大汕山藥及人參山藥，並分析塊莖之乾物量、澱粉率、色澤、尿囊素及總多酚含量等品質性狀，並進一步利用多變量分析增進對臺灣不同白肉山藥品種 (系) 之認識 (何等, 2024)。

研究結果顯示，不同品種白肉山藥塊莖之品質性狀具廣大變異，乾物量介於 27.8%–44.1%，澱粉含量介於 26.7%–45.2% (dw basis)，薯肉總多酚含量介於 1.2–3.4 (mg GAE g⁻¹)，薯皮尿囊素含量介於 4.6–21.0 (mg·g⁻¹)，而薯肉尿囊素含量則介於 4.2–8.9 (mg·g⁻¹)。另一方面，經主成分分析 (principal component analysis, PCA) 結果發現，HL3 和 TY4 則具有較高之澱粉率 and 白色度，TY5 在薯肉尿囊素及乾物量方面表現突出，人參山藥和 TN2 薯皮之多酚及尿囊素含量較高，且在人參山藥的分析結果中，其薯皮的尿囊素含量高於薯肉達 5 倍以上。綜合上述結果，針對不同品種在產品應用上，TY5 薯肉尿囊素含量高且兼具口感，可作為機能性山藥鮮食製品，而人參山藥薯皮則可供生技萃取多酚或尿囊素之原料 (何等, 2024)。

此外，在山藥截切加工製程上，薯皮往往被視為加工副產物，並未加以開發應用，然而在研究數據顯示，薯皮之尿囊素與總多酚含量顯著優於薯肉。未來在實務上若能建立標準化前處理程序，將薯皮轉化為具統一規格及高品質的活性成分萃取原料，不僅呼應全球食品產業的循環永續趨勢，更是臺灣山藥產業由農產品邁向高值化生技素材的重要轉型契機。

結語

山藥不僅是優質之碳水化合物來源，同時亦是具備高度開發潛力之機能性素材，然其產品開發上仍面臨一些挑戰，包含山藥品種間機能性成分差異大、加工品質穩定性不足，及人體內生物利用度尚待釐清。從產業開發之角度，薯皮之尿囊素與總多酚含量顯著優於薯肉，若能建立薯皮副產物回收與安定化標準流程，將其轉化為機能性成分萃取素材，可賦予山藥截切加工副產物全新之資源價值。桃園場山藥研究團隊將持續透過精準品種選育、加工萃取技術開發及副產物應用策略，期使臺灣山藥在競爭激烈之全球機能保健市場佔有一席之地。

參考文獻

- 翁麗倩。2011。山藥加工利用淺談。桃園區農業改良場特刊，第 038 號，37–42。
- 何昱圻、陸柏憲、葉永銘、賴永昌、龔財立。2024。臺灣白肉山藥品種（系）盤點及塊莖品質分析。作物、環境與生物資訊，20: 207–222。
- da Silva, D. M., Martins, J. L. R., de Oliveira, D. R., Florentino, I. F., da Silva, D. P. B., Dos Santos, F. C. A., and Costa E. A. 2018. Effect of allantoin on experimentally induced gastric ulcers: Pathways of gastroprotection. *Eur. J. Pharmacol.* 821: 68–78.
- Feng, X., Zhang, Q., Li, J., Bie, N., Li, C., Lian, R., Qin, L., Feng, Y., and Wang, C. 2022. The impact of a novel Chinese yam-derived polysaccharide on blood glucose control in HFD and STZ-induced diabetic C57BL/6 mice. *Food Funct.* 13 (5): 2681–2692.
- Guo, M., Yu, H., Menga, M., and Wang, C. 2020. Research on the structural characteristics of a novel Chinese Iron Yam polysaccharide and its gastro- protection mechanism against ethanol-induced gastric mucosal lesion in a BALB/c mouse model. *Food Funct.* 11(7): 6054–6065.
- Kung, T. L., and Yeh, Y. M. 2021. Breeding of the new yam variety Taoyuan No. 5–Jin Feng. (in Chinese with English abstract) Bulletin of Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station 89: 35–46.
- Li, H., Yu, L., and Zhao, C. 2019. Dioscin attenuates high-fat diet-induced insulin resistance of adipose tissue through the IRS-1/PI3K/Akt signaling pathway. *Mol Med Rep.* 19 (2): 1230–1237.
- Li, X., Liu, S., Qu, L., Chen, Y., Yuan, C., Qin, A., Liang, J., Huang, Q., Jiang, M., and Zou, W. 2021. Dioscin and diosgenin: Insights into their potential protective effects in cardiac diseases. *J. Ethnopharmacol.* 274: 114018.
- Li, Y., Ji, S. Y., Xu, T., Zhong, Y. H., Xu, M. H., Liu, Y. Q., Li, M. J., Fan, B., Wang, F. Z., Xiao, J. B., and Lu, B. Y. 2023. Chinese yam (*Dioscorea*): Nutritional value, beneficial effects, and food and pharmaceutical applications. *Trends Food Sci. Technol.* 134: 29–40.
- Ninomiya, A., Murata, Y., Tada, M., Shimoishi, Y. 2003. Quantitative analysis of allantoin in fresh tubers of *Dioscorea oppositifolia* ‘Tsukuneimo’. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 72 (4): 321–323.



- Niu, C. S., Chen, W., Wu, H. T., Cheng, K. C., Wen, Y. J., Lin, K. C., and Cheng, J. T. 2010. Decrease of plasma glucose by allantoin, an active principle of yam (*Dioscorea* spp.) , in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Agric. Food Chem.* 58 (22) :12031–12035.
- Obidiegwu, J. E., Lyons, J. B., and Chilaka, C. A. 2020. The *Dioscorea* genus (yam) – An appraisal of nutritional and therapeutic potentials. *Foods*. 9 (9):1304.
- Rinaldo, D., Sotin, H., Pétro, D., Le-Bail, G., and Guyot, S. 2022. Browning susceptibility of new hybrids of yam (*Dioscorea alata*) as related to their total phenolic content and their phenolic profile determined using LC-UV-MS, *LWT*. 162: 113410.
- Xue, H. Y., Li, J. R., Liu, Y. G., Gao, Q., Wang, X. W., Zhang, J. W., Tanokura, M., and Xue, Y. L. 2019. Optimization of the ultrafiltration-assisted extraction of Chinese yam polysaccharide using response surface methodology and its biological activity. *Int J Biol Macromol.* 121: 1186–1193.



Functional Research and Strategic Valorization of Taiwanese Yam

Yu-Chi Ho ^{(1)*} Po-Hsien Lu ⁽²⁾ Yung-Ming Yeh ⁽¹⁾ Tsai-Li Kung ⁽¹⁾

Abstract

Yam (*Dioscorea* spp.) is a globally significant tuber crop and a prominent "dual-use" (food and medicinal) resource in Taiwan. Despite its abundance in bioactive constituents—including polysaccharides, steroidal saponins, allantoin, and phenolic compounds—industrial scalability remains constrained by inter-varietal inconsistencies and processing instabilities. This review systematically evaluates the current landscape of yam cultivation and functional research in Taiwan, specifically characterizing the physicochemical properties and allantoin distribution of seven major white-flesh cultivars: Tainung No. 1, Tainung No. 2, Hualien No. 3, Taoyuan No. 4, Taoyuan No. 5, Da Shan, and Ren Shen. The findings establish a comprehensive database of domestic variety traits and propose strategic frameworks for the valorization of processing by-products. By bridging the gap between raw agricultural production and high-value biotechnological application, this research provides a pivotal foundation for the industrial transformation of the Taiwanese yam sector.

Keywords: Tuber quality, Allantoin, By-product application

(1) Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, Ministry of Agriculture.

(2) Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture.

* Corresponding Author (ych@tydais.gov.tw)