

愛玉子機能性成分開發與產業發展

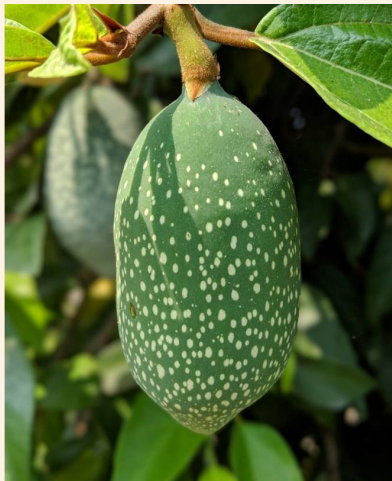
林孟均（副研究員）

盧美君（研究員兼課長）

前言

愛玉子 (*Ficus awkeotsang*) 又稱玉枳、草枳仔或菓蕘，是桑科 (Moraceae) 榕屬 (*Ficus*) 多年生常綠蔓性藤本植物。其葉互生，表面綠色無毛，隱頭花序，果皮為綠色，全白或具白色斑點。野生愛玉子主要分布在中央山脈 800 ~ 1,800 公尺中低海拔山區，多攀附於喬木及石頭上生長。由於我國林相政策變更，大幅縮減林班地野採面積，加上人工栽培技術的精進，近年來愛玉子逐步走上人為量產栽培的產業模式，統計現有人工栽培面積逾 110 公頃以上，其年產值達 2 億元以上。

愛玉子果實 (圖一) 採收後，種子需加工烘乾，種子搓洗後會產生黃色黏稠的愛玉果膠，靜置一段時間後，果膠與水中的鈣離子鍵結，凝固形成大家所熟悉的愛玉凍。根據衛生福利部資料，每百公克的愛玉凍熱量僅約 3 大卡，且富含膳食纖維，深受消費者的喜愛。然而，近年健康意識抬頭，食品的機能性成分及相關功效，變成一項重要的選購指標，過去的愛玉子機能性功效甚少被討論，因此本文參考愛玉子相關機能性成分研究，探討愛玉子之機能性功效及相關用途供各界參考。



圖一、愛玉子為臺灣特有種。

機能性成分相關研發

一、多醣 (Polysaccharide)

愛玉子瘦果富含多醣成分 (圖二)，主要由低甲基化的半乳糖醛酸所組成，近年來有學者研究發現愛玉子多醣其實是生醫用途的潛力材料。研究指出愛玉子多醣可作為藥物載體，用於負載疏水性的口服藥劑，提高藥物的遞送效率及生物吸收度。將愛玉子多醣與普魯蘭多醣混合後製成的納米纖維，可形成快速溶解的藥物運輸系統 (fast-dissolving drug delivery systems)，與愛玉子多醣的結合可提高藥物結晶度、結構強度及藥物滲透性。另外，研究也發現愛玉子多醣負載疏水性的抗生素—氨苄青黴素 (ampicillin) 及皮質類固醇—地塞松 (dexamethasone)，藥物在 60 秒內可快速且均勻地溶解並發揮藥效，藥物遞送效果效率甚佳。



圖二、愛玉子瘦果可釋放大量多醣物質。

二、果膠甲酯酶 (Pectin methylesterase, PME)

果膠甲酯酶為愛玉子瘦果中影響凝凍效率的酵素，多以高甲氧基性果膠 (High methoxyl pectin, HMP) 的型態存在，HMP 會與果膠甲酯酶作用，形成低甲氧基果膠 (Low methoxyl pectin, LMP)，LMP 會再與水中陽離子鍵結形成果膠鈣鹽結構，就是我們平常所吃到的愛玉凍。果膠甲酯酶除了可以用來轉化愛玉子果膠外，由於果膠甲酯酶具有分解果膠的功能，因此可用來取代現有的壓榨、破壁及分離等物理性萃取方式，降低營養成分及芳香族化合物的流失，並可提高果汁的澄清度提升整體品質。此外，少量添加果膠甲酯酶於果醬中，可用來調整加工品的黏稠性，製造過程中可降低至少 30 ~ 60% 糖量的添加，藉此製造更健康的低糖度果醬類產品。

三、果膠甲酯酶抑制劑 (Pectin methylesterase inhibitor, PMEI)

果膠甲酯酶抑制劑存在於愛玉子瘦果中，與果膠甲酯酶相互拮抗，原為調控愛玉子成熟的兩種重要蛋白質。過去研究指出，在楊桃酒製造過程中，添加愛玉子果膠甲酯酶抑制劑，可有效降低發酵過程中果膠甲酯酶的作用，達到抑制甲醇產生的效果，有助於提升釀造酒的品質。亦有研究指出，愛玉子果膠甲酯酶抑制劑對正常的肝細胞不具有毒性作用，但會抑制 B 型肝炎病毒抗原的表達，發揮抗病毒的效果，具有發展成生物製劑的潛力。此外，與果膠甲酯酶剛好相反的是，將愛玉子果膠甲酯酶抑制劑添加在需要保持的混濁狀的全果系果汁，例如：番茄汁、蘋果汁及木瓜汁等，可降低果汁內源性果膠甲酯酶的作用，達到減緩沉澱的效果。本場研究發現，將愛玉子果膠甲酯酶抑制劑提取純

化後，添加在全果系番茄汁中可維持果汁混濁雲霧狀長達 1 個月以上，相較於蘋果、獼猴桃的果膠甲酯酶抑制劑，抑制果汁的沉澱現象更為有效 (圖三)，可用於取代澱粉與脂質所製成的起雲劑。未來果膠甲酯酶抑制劑若能以微生物發酵製造後，可大量純化出具有活性的重組果膠甲酯酶抑制酶，深具產業量產利用之潛力。



圖三、添加愛玉子果膠甲酯酶抑制劑可抑制番茄汁沉澱反應。(左起：未處理對照組、蘋果、獼猴桃及愛玉子酯酶抑制劑)

四、多酚類化合物 (Polyphenols)

愛玉子含有多酚類化合物，將愛玉子多酚與人類白血病細胞 (myelomonocytic leukemia cells U937) 共培養時，可以達到抑制該細胞增殖的效果。使用達到特定劑量可刺激免疫反應，達到抑制癌細胞之效果。本場執行愛玉子機能性產品開發，經特殊製程可大幅萃煉出愛玉子中的多酚類化合物，含量為其它桑科作物的 5 ~ 200 倍，抗氧化測試亦顯示，愛玉子精粹的抗氧化活性甚高，對於人體內不穩定的自由基，包括 1,1- 二苯基 -2- 三硝基苯 (DPPH)、過氧化氫 (H_2O_2) 和羥基自由基等具有很強的清除能力，並具有亞鐵螯合能力和強還原能力等。過去只要

抗氧化力強的資材常伴隨著高細胞毒性，像愛玉子植萃物具有高抗氧化能力但不具有細胞毒性之材料並不多見，具有發展成抗氧化機能產品之潛力。

五、愛玉子美白複合物

本場透過獨特的萃取技術，萃取出具有促進皮膚淨白效果的愛玉子胚細胞，此機能性效果之展現，可能是多種機能性成分共同作用而成，暫時以美白複合物稱之。其研究顯示，愛玉子胚細胞具有抑制皮膚黑色素形成之效果，優於藥用美白成分—維生素C、熊果素、麴酸等，未來可應用於美妝保養業及生醫領域(圖四)。

目前愛玉子胚細胞萃取技術已開放產業技術移轉授權，詳見 <https://www.mdais.gov.tw/ws.php?id=5949>，歡迎有興趣之相關業界人士與本場聯繫洽詢。

結語

臺灣在得天獨厚的環境下孕育出特有物種—愛玉子，本場為國內唯一的愛玉子種原庫，一直以來肩負種原保存及相關技術輔導之責。在本場同仁的努力下，不僅完成高產量新品種苗栗1號及2號之選育，更建立有省工量產栽培體系、有機及友善等栽培模式，農民可遵循愛玉子臺灣良好農業規範(Taiwan Good Agriculture Practice, TGAP)生產安全高品質愛子。近年來也在各界學者的共同合作下，逐漸揭開愛玉子機能性成分的面紗，為產業加值應用，也期盼這些機能性成分的研發，能拓展將愛玉子的應用範圍，並拓展至食品、美妝保健及生醫藥領域產品，促進我國愛玉子產業發展。



圖四、愛玉子機能性淨白產品。