鳳梨釋迦加工果泥苦味成分之介紹

文、圖/ 陳盈方

前言

鳳梨釋迦主要種植於熱帶及亞熱帶地區，屬更年型果實，採收後呼吸率高，須經後熟始可食用。果實具獨特酸甜風味、濃郁香氣及Q彈口感，目前以鮮食為主，深受消費者喜愛。鳳梨釋迦軟熟後，果肉可溶性固形物含量約26°Brix、酸鹼值(pH)約4.53、總酸度約0.37g/100g；總多酚含量則達346-540mg GAE/100g，屬於多酚物質含量極高之水果。然而，這項豐富的營養優勢卻成為加工上的致命傷。在氧氣充足且溫度高於45℃的環境下，多酚物質易與多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)或過氧化酶(peroxidase, POD)作用產生極為快速的「酵素性褐變」，使乳白色的果泥迅速轉為暗棕色。當褐變發生時，果泥中常伴隨產生強烈的苦澀味。高溫加熱通常是商業食品加工中抑制微生物污染、延長保存期限的重要手段，但鳳梨釋迦不耐高熱、加熱後易生味苦與褐變的特性，嚴重限制了其加工產品的開發。因此，深入探討鳳梨釋迦熱加工後苦味物質的生成機制，並尋求有效的脫除技術，實為當前推動鳳梨釋迦加工產業升級的關鍵課題。

鳳梨釋迦果泥熱加工苦味物質之生成

在常溫或冷凍狀態下，新鮮的鳳梨釋迦果肉並無明顯的苦味。然而，當鳳梨釋迦果泥加熱超過65℃時，其化學成分會發生劇烈的轉變。探究其微觀機制，主要是因為高溫熱處理與果泥本身的弱酸性環境(pH約4.53)，會共同破壞果實細胞內「液泡」(Vacuoles)的膜結構。在健康的植物細胞中，多酚類物質通常被安全地儲存在液泡內，與細胞質中的酵素相互隔離；一旦液泡受熱破損，原本處於結合狀態的多酚類物質與

表1. 鳳梨釋迦果泥熱加工所產生之苦味物質特性比較

苦味物質	分子結構	感官風味	口腔收斂性(澀感)	熱穩定性
兒茶素	單體(分子量約290)	苦味較直接微澀	弱→中	熱降解、游離釋放與異構化同時發生，並相互競爭，導致苦澀感與褐變速度提高
表兒茶素	單體(分子量約290)	苦味持久微澀	弱→中	
原花青素二聚體	二聚體(分子量約578)	苦澀並重	中→強	容易受熱裂解甚至進一步產生聚合
原花青素三聚體	三聚體(分子量約866)	強烈收斂性	極強	高溫下容易與蛋白質交聯沉澱

單寧(Tannins)便會大量游離、釋放。就鳳梨釋迦果泥而言，受熱後總酚與單寧含量顯著增加，且伴隨著兒茶素、表兒茶素及原花青素之游離與結構轉變，進而生成兒茶素、表兒茶素、原花青素二聚體及原花青素三聚體等四種苦味物質(表1)，這四種成分在加熱前的鮮果肉中含量極低甚至無法檢出(除了三聚體有微量存在外)，但經過高溫熱處理後，其濃度顯著增加，此即為熱加工後產生強烈苦澀味之主因(圖1)。上述四種苦味成分均屬於黃烷-3-醇(Flavan-3-ols)家族，依分子量大小呈現出不同的化學與感官特性。該四種物質在化學結構上具有高度的連續性與相關性，主要分為單體與縮合聚合物兩大類：兒茶素與表兒茶素屬於黃烷-3-醇單體，而縮合單寧與原花青素，則可進一步聚合而形成二聚體與三聚體。

苦味物質影響感官特性之解析

了解上述四種苦味物質的化學特性與其引發的感官味覺感受，為掌握鳳梨釋迦果泥加熱變化的重要關鍵。在感官表現上，兒茶素及表兒茶素等單體分子雖然帶有苦味，但其苦味閾值(人類舌頭能感受到苦味的最低濃度)範圍較寬，意即人類對其苦味的敏感度相對較低，通常需要極高的濃度才會在口腔中引發不適感。當果泥受熱時，這些單體分子或原花青素前驅物會相互連結，進行聚合形成黃烷-3-醇縮合聚合物。2個單體連結即形成原花青素二聚體，3個單體串聯則形成原花青素三聚體。隨著聚合度的增加，分子的物理化學性質發生改變，與人類口腔黏膜上皮細胞(或唾液中的蛋白質)結合的能力也會隨之增強，而結構上的連續性變化，直接影響了感官上的「苦味」與「澀味」強度。聚合物分子

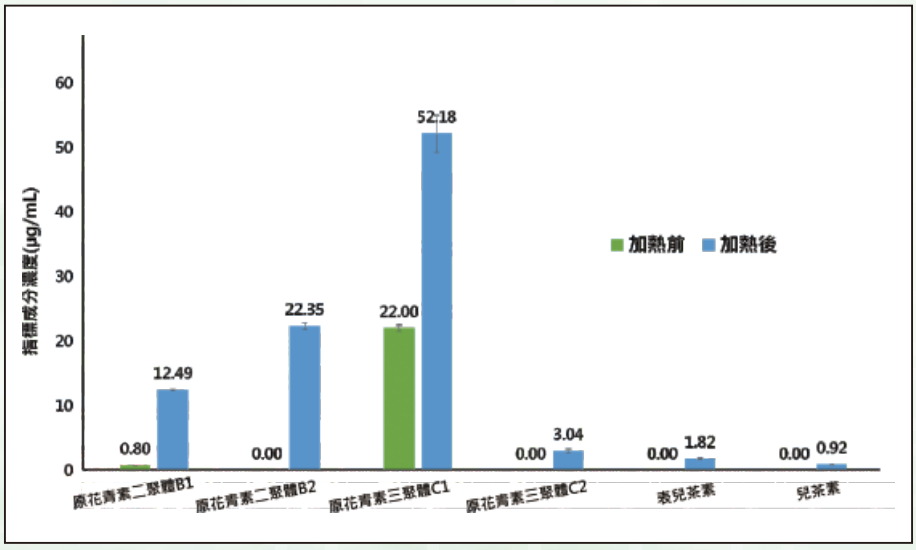


圖1.鳳梨釋迦果泥於加熱前後苦味物質之變化

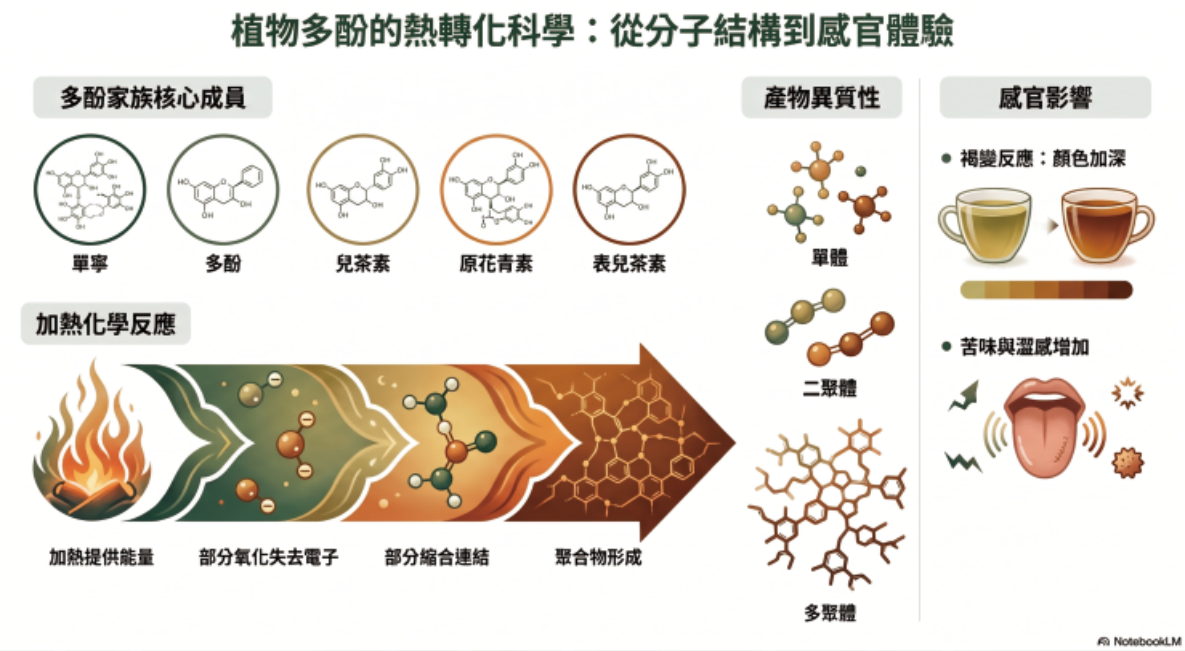


圖2. 植物多酚類物質受熱之化學反應與對感官之影響(本圖片由作者利用AI工具Notebook LM製作)

之苦味閾值較低，些許含量就會造成人類口腔明顯感受到苦味(圖2)。

結論

鳳梨釋迦果泥中的多酚類物質，經受熱進行一連串化學反應之後，產生多種苦味物質，未來研究便可以聚焦於苦味物質脫除方法進行探討。目前主要分為兩個方向進行，其一是從源頭阻隔，移除前驅物；其二是先加熱產生苦味物質再進行脫苦處理。若欲進一步精進脫除苦味之製程，可持續探討苦味物質吸附或脫除之方法，有助於鳳梨釋迦加熱抑菌製程之改善。