熱處理在園產品採後處理之應用

文／黃偉峻

一、前言

熱處理是指園產品在貯藏前，先置於高溫下短時間的處理技術，最常使用於果實類的園產品，其目的在於防止果實腐敗、延緩後熟、殺死害蟲或減輕低溫傷害等。果實於貯運期間腐爛是採收後重要的損耗原因之一，腐爛大多由真菌所引起，早於1922年即發現用熱水處理柑橘可防止柑橘由炭疽病引起的腐爛，從而開始了熱處理的研究。然而，化學防治藥劑開發出來後，效果比熱處理好，方便操作、成本又低，因此長期以來控制果實採後病害的主要措施是使用化學殺菌劑，但是長期大量使用殺菌劑會嚴重汙染環境，直接或間接地危害人體健康。此外，密集使用單一種類之殺菌劑會使病原菌產生抗藥性而喪失藥效，造成日後使用化學藥劑防治病害愈趨困難。近年來，人們對於農藥殘留問題的關注日益增加，因此熱處理技術才又被重新重視，並且被廣泛的研究與應用。

二、熱處理的方式

熱處理的方式可以分為溫湯處理、熱風處理及蒸熱處理。溫湯處理是將園產品浸泡於50~60℃的熱水中，處理時間少於10分鐘，經常用在防治潛藏於果實表面的病原菌，降低病原菌的數量或活力。近年來，溫湯處理除了以浸泡處理的方式之外，另外開發出熱水沖淋法，或者於熱水沖淋時搭配刷毛刷洗的處理方式。而熱風處理的方式是將熱空氣注入一密閉空間，並利用風扇使空間內的溫度一致，常用的熱風處理溫度範圍為38~46℃，處理時間12~96小時。蒸熱處理則常用於檢疫處理，以殺死蟲卵及幼蟲為目的，處理溫度為40~50℃，相對濕度90%以上。熱風處理與蒸熱處理主要的差別在於空氣濕度不同，熱風處理只有運用風扇將高溫空氣均勻分佈到整個處理室，而蒸熱處理則是給予高濕度的熱空氣，以達到提升溫度傳導的效果。

三、應用於貯藏病害防治

熱處理能應用於許多作物病害的防治上，熱處理防治病害的機制包括：

(1)在進行溫湯處理的同時，對果實有清洗的作用，能夠降低果實表面的病原菌數目。

(2)溫湯處理能略為融化果蠟並重新包覆果實。許多果實表皮含有蠟質，例如葡萄柚。葡萄柚果皮上的蠟質並不是完整地包覆著果實，而是呈片塊狀，果蠟之間有許多的縫隙，病原菌可以透過縫隙以及表皮上的氣孔侵入果實組織。‘Star Ruby’葡萄柚果實經過50℃溫湯處理3分鐘後，能使果蠟略為融化，融化的果蠟能填補果蠟之間的縫隙，並且能部分地或完全地堵塞住氣孔，防止病原菌藉由這些孔隙侵入果實內部。

(3)誘導苯丙氨酸解氨酶(L-phenylalanine ammonia-lyase, PAL)活性增加，以合成木質素等酚類化合物。木質素可透過物理性的阻隔抑制病原菌的生長，達到防治病害的效果。酚類化合物中還包括了許多對病原菌具有毒性的酚類物質及植物防禦素，因此熱處理誘導苯丙氨酸解氨酶活性增加，能提高果實中多種酚類化合物的含量，同時也提高了果實抗病的能力。

四、抑制果實的軟化

植物的細胞壁主要是由約30%的纖維素、35%的果膠、30%的半纖維素及5%的結構蛋白構成。在果實中，果膠的含量比其他組織細胞來的高，因此果膠對果實後熟的軟化有重要的影響。果膠甲酯酶(Pectin methylesterase)及聚半乳糖醛酸酶(Polygalacturonase)可分解果膠分子，使細胞壁中膠層崩解，使得組織的結構變得鬆散而使果實軟化。在許多的例子中，熱處理能抑制或破壞使果實軟化的酵素活性，使得果實在貯運的過程中，維持果實的硬度或延緩果實的軟化。

雖然運用熱處理技術有許多的優點，但是若以不適當的熱處理條件處理時，會使產品受到傷害。例如番木瓜果實以過高的處理溫度或長時間處理，會使果實發生不正常軟化的現象，這種情形可能是由於部分的果膠酵素受熱變性，永久失去恢復活性的能力，也可能使葉綠素酶失去活性，導致轉色不良的情形發生。

五、抑制乙烯的生合成

在Yang cycle中，當甲硫胺酸(Methionine)形成硫腺酐甲硫胺酸(S-Adenosyl methionine)後，1-胺基環丙烷-1-羧酸合成酶（ACC Synthase）會將硫腺酐甲硫胺酸合成1-胺基環丙烷-1-羧酸(1-amino-cyclopropane-1-carboxylic acid, ACC)，接著經由1-胺基環丙烷-1-羧酸氧化酶(ACC Oxidase)的作用形成乙烯。其中溫度是影響乙烯正常釋放的主要因素，當溫度高於35℃時，ACC Oxidase的活性會被抑制，因此乙烯的生合成也受到抑制。

乙烯在果實後熟中扮演重要的角色，尤其對更年性果實影響更大，當果實開始後熟時，乙烯釋放率大幅增加，呼吸率亦隨之增加，形成明顯的高峰後再逐步降低，因此於更年性果實啟動後熟之前抑制乙烯的生合成，能夠延緩果實的後熟，並延長貯藏的時間。需長時間貯運的產品若能適當地運用熱處理技術，可以維持果實品質，並能減少損耗的發生，也較具有經濟效益。

六、減少寒害症狀的發生

園產品常利用低溫貯藏以調節供需及延長採後壽命，但園產品容易在低溫貯藏期間發生寒害。寒害的症狀包括凹陷、斑點、燙斑、表皮變色、內部褐化、組織崩解、喪失後熟能力等。於貯藏前先予以熱處理，能夠減少或延後寒害症狀的發生。例如‘Golden Delicious’蘋果先經38℃熱風處理4天後再貯藏於0℃，能有效降低寒害的發生。‘Star Ruby’葡萄柚於貯藏前先經62℃熱水沖刷20秒，亦能降低寒害的發生率。‘富有’甜柿以53℃熱風處理50分鐘，再貯藏於1℃，能有效減少寒害並維持果實的色澤。熱處理能減少寒害發生的機制包括細胞膜相的改變、激活抗氧化機制、熱休克蛋白的參與等。

七、結論

熱處理技術最常應用於外銷的園產品，由於海運外銷運輸期長，園產品於運輸途中常因病原菌引起腐爛，或長期低溫貯藏發生寒害等原因，造成產品的損耗，此時運用適當的熱處理技術，可以減少產品的損耗並維持產品品質。熱處理技術有其適用的園產品種類，不同園產品的處理條件也會有所差異，因此應先經試驗評估後才可進行應用。