第五章

採後處理流程及櫥架管理

◎國立中興大學園藝學系 林慧玲
◎國立臺灣大學園藝暨景觀學系 吳俊達
◎國立中興大學植物病理學系 洪爭坊

集貨

由田間運送至集貨場時，果實不可堆疊過高，並於果實上覆蓋阻隔陽光及熱源之遮蓋物，避免暴露於太陽直射下。果實底下放置襯墊物、減少搬運及翻動次數，可以有效降低擦壓傷發生率。

集貨包裝場應隨時保持乾淨整潔之環境，在果實送達後小心的移動至預冷場所，果實集貨時需注意避免暴露於陽光下或置於溫度過高之場所，且集貨時間愈短則果實受田間熱影響愈少，集貨時間長短影響果實呼吸率及果溫。

預冷

果實採收後主要的熱源來自於田間熱及呼吸熱。田間熱為果實採收前後受環境（陽光、溫度等）因素暫蓄於體內的熱量；呼吸熱為果實呼吸作用所釋放出的熱能。這些熱源影響著果實溫度，當溫度越高，呼吸作用越旺盛，果實會因呼吸作用消耗大量能量，進而加速老化，且高溫因蒸氣壓差之關係，果實失水情形也比較嚴重，因此為了減緩果實老化及脫水等情形，溫度管理是保鮮之重要關鍵。

預冷最主要之作用為去除田間熱，降低果實呼吸作用之速率，可大幅減少貯運期間的損耗。常見的預冷方式有：

一、室冷預冷

最常見也最方便的方法，利用冷藏室內的降溫機組冷卻果實，適用性廣但降溫效率較差。

二、壓差預冷（強制風冷）

利用冷氣系統，配合風道設計及風扇抽氣造成壓力差，使冷風均勻有效率通過果實周遭，迅速帶走熱。

三、冰水預冷

將果實直接接觸以低溫的冰水沖淋，迅速降溫，但部分產品遇水易腐爛或對低溫極為敏感之園產品較不適用。

四、真空預冷

抽氣造成低壓或真空，造成水的沸點下降，而使產品所含的水在常溫下迅速蒸發，同時帶走熱量。對表面積較大的產品較適用，但易造成產品輕微失水。

五、碎冰預冷

將產品埋入碎冰中，或以半冰半水澆淋，僅適用於部分耐極低溫的蔬菜產品。

考量適用性、方便性及成本，番石榴推薦以室冷預冷即可（必要時亦可用壓差預冷，惟操作較繁瑣且成本較高，且果實易失水），利用1-5℃室冷24小時，使果品溫度下降至5-10℃，即可有效去除田間熱，但夏季高溫期（6-9月）果品溫度高達30-35℃，建議採用冰水預冷，可快速去除田間熱，使果品溫度下降至10-15℃。

選別

預冷完成後將果實運移至輸送帶上，去除田間套袋，保留舒果網，並進行果實選別，移除規格外之果實，並將未達成熟度、過度成熟、病害、蟲害、物理性傷害等受損之果實去除。

分級

番石榴外銷需以目標外銷市場，選擇適當果實大小（如外銷加拿大以350公克中果為主）。番石榴果實依果實重量判斷，每箱（10公斤）依不同果實重量可分為25、30、35、40、45果裝規格，利用果實分級機可以快速進行分級，避免人為判斷誤差，同時降低人力成本，並加快採收後處理流程。

為避免分級時對番石榴果實造成機械傷害，集貨籃需墊軟墊，且輕取輕放，避免碰撞，使用果實分級機時需將果實舒果網套好，降低機械傷害的可能性，另外需注意使用果實分級機時，果實掉落高度不可過高，否則易造成碰撞傷。（圖1）



圖1　果實分級機以重量選別進行分級。（拍攝場域盈全國際開發）



圖2　果實扭結包裝後，交錯堆疊排入箱內。

包裝

分級完帶有舒果網之番石榴果實，依分級結果篩選出外銷目標市場規格果實，每果套上打孔PE塑膠袋並扭結包裝，層層排入外銷紙箱中，並於紙箱上清楚標明外銷國家、出口國家、貿易商、果實淨重、果實數量及營養成分等資訊。（圖2）

檢疫處理

一、低溫檢疫處理

輸美番石榴以果心溫度1℃達17天即可達低溫檢疫條件，之後可以使用1-5℃的環境下貯運7天，並以5-10℃低溫下販售7天。常溫櫥架可維持1-2日之壽命。

二、蒸熱檢疫處理

番石榴果實果心溫度維持在46.5℃持續15-35分鐘，可以完全殺死東方果實蠅蟲卵、幼蟲等，即可達檢疫標準，並維持果實品質。檢疫完果實需以低溫1-3℃貯運及櫥架販售，避免損耗（圖3）。

三、輻射檢疫處理

以100-250Gy輻射處理的番石榴果實，以1℃貯藏可以保持良好果實品質，於5-10℃低溫櫥架販售具有7天以上之壽命（圖4）。

需依據欲出口之對象國家所制訂的檢疫法規，選擇適當的檢疫條件。部分番石榴品種不耐低溫無法進行低溫檢疫，可改用輻射檢疫。蒸熱檢疫番石榴果實常會有熱害發生而影響貯運品質。輻射檢疫處理快速且簡便，對於果實造成傷害較小，是未來具潛力之檢疫方法。

運輸與貯藏條件

非更年型番石榴品種

一、最適運輸與貯藏條件

（一）‘珍珠拔’番石榴、‘津翠’番石榴、‘帝王拔’番石榴及‘彩虹’番石榴（紅肉番石榴）最適運輸與貯藏溫度為1-5℃，可以有20-28天壽命，秋冬季生產之果實較不易發生寒害，而夏季生產之果實則對低溫較為敏感。

（二）‘水晶拔’番石榴放在5-10℃環境下約有14至21天果實壽命。

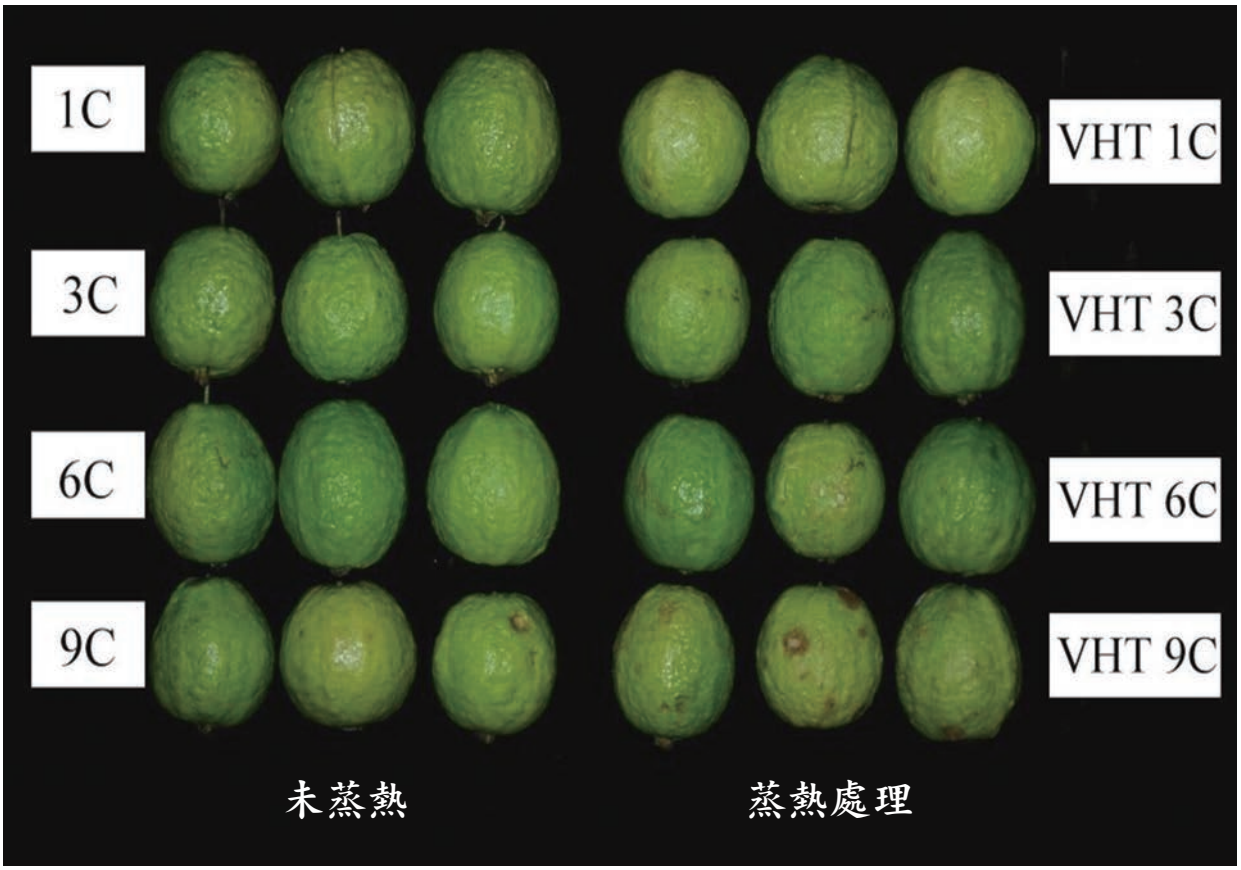


圖3　番石榴果實蒸熱檢疫處理後於1、3、6和9°C貯藏3週後之果實外觀。



圖4　番石榴果實輻射處理後於1°C貯藏1週之果實外觀。

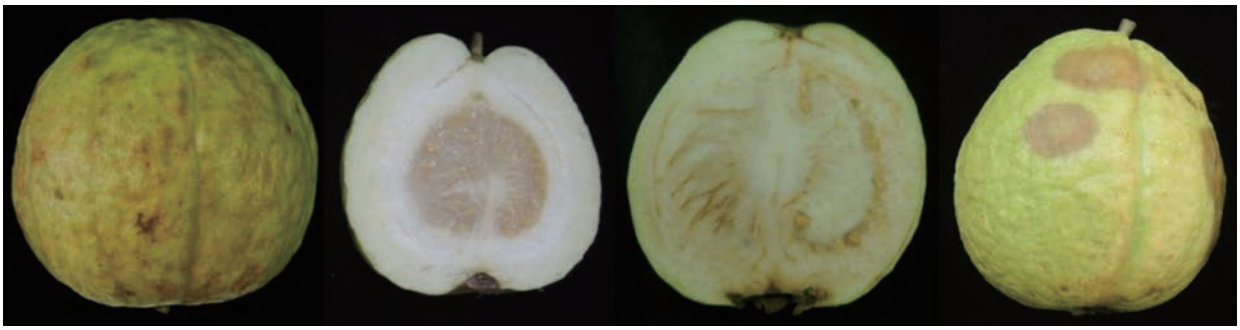


圖5　‘珍珠拔’番石榴寒害症狀。（左1：果皮褐化，左2：果心水浸狀，右2：維管束褐化，右1：果實腐爛）



‘珍珠拔’番石榴



‘津翠’番石榴



‘彩虹’番石榴



‘帝王拔’番石榴



‘水晶拔’番石榴

圖6　常見非更年型番石榴品種。

（三）‘世紀拔’番石榴需在5-10℃環境下運輸與貯藏，置於低於5℃低溫環境易發生寒害，故‘世紀拔’番石榴無法進行低溫檢疫。

（四）非更年型品種不易軟熟，通常較耐貯運且果肉口感脆甜，深受消費者喜愛，目前國內外銷主力番石榴品種皆為‘珍珠拔’番石榴。

二、寒害症狀

番石榴果實寒害症狀表現在低溫貯藏後回溫時發生，主要寒害症狀為果皮褐化、果心水浸狀及維管束褐化，嚴重時會導致果實腐爛（圖5）。寒害症狀於果實低溫貯藏時會延緩發生，因此推薦置於低溫櫥架進行販售，可維持果實品質加以延長櫥架壽命。

三、採收後損耗

常見的損耗原因為果皮失水、果皮擦壓傷、寒害等。

櫥架管理

外銷番石榴多利用低溫海運運輸至目標外銷市場，而番石榴果實於長期低溫環境下回溫後，易出現寒害症狀，因此推薦末端的通路倉儲在未上架番石榴前，貯藏於1-5℃低溫下，可保持番石榴品質。番石榴在室溫櫥架販售，但因果實於室溫下會快速劣化等問題，因此建議室溫櫥架僅販售一天為限，另外推薦以5-10℃低溫櫥架販售，番石榴果實可有3-7天的櫥架壽命。

番石榴氣調及氣變貯藏

已有不少試驗結果證實改變貯運周邊大氣組成對番石榴果實具有保鮮效益。Kader（2003）推薦番石榴貯運條件為2-5% O_2和0-1% CO_2於5-15℃；Teixeira等（2016）則推薦‘Pedro Sato’番石榴最佳保鮮氣體條件為5% O_2 + 1或5% CO_2。經由氣調（controlled atmosphere; CA）或氣變（modified atmosphere; MA）處理技術應用於番石榴採後處理作業。低氧和/或高二氧化碳對番石榴果實的利益包括降低呼吸與乙烯釋放率、抑制轉色及質地軟化、維持維他命及糖酸成分、抑制部分生理障礙及病害，且由於沒有藥劑殘留困擾，易為消費者接受，亦不造成環境汙染。例如，CA貯藏也可作為控制採後病害的方法，Teixeira等（2007）報導低O_2（5%）為抑制炭疽病和花柱端果腐主要因子，Brackmann等（2012）也指出‘Paluma’番石榴貯藏於CA條件，果腐較一般大氣貯藏者少。此外，綠熟‘Lucknow-49’番石榴於8℃、相對濕度85-90%環境進行5% O_2 +2.5 CO_2或10% O_2 + 5% CO_2 CA貯藏，果實可維持不後熟狀態達1個月，而空氣對照組果實則呈現嚴重寒害徵狀、嚴重失重、軟化變色腐損（Pal et al., 2007）；‘珍珠拔’番石榴以5% O_2 + 2.5% CO_2主動氣變包裝，可減輕0℃貯藏14天的寒害症狀（何和吳，2012）。

CA能精準控制周邊環境氣體組成，有助於採後壽命的延長，但需要氣體監控與調整相關設備，成本較高，使用方便性也不如MA。比起CA技術而言，氣變包裝（MA Packaging; MAP）技術成本相對較低廉、操作容易，藉由利用塑膠袋或資材覆膜（coating）所產生氣變保鮮效果，可減低蒸散失水及延長櫥架壽命（Paull and Duarte, 2011），也可以用於多種園產品混裝併櫃狀況；但缺點是對

氣體控制不如CA精準，易發生乙烯濃度累積，運輸期間若有溫度波動，容易發生袋內凝水問題，誘發病害腐損，也會因此改變包材通透性，袋內氣體組成偏離理想範圍。開發MAP必須考慮許多因子，包括塑膠膜材質種類、厚度、包裝袋大小、貯藏溫濕度、貯運時間，以及園產品品項、數量、生理狀態、對氣體耐受程度。覆膜可於短期和長期貯藏降低鮮重失重。已有不少覆膜資材測試於番石榴果實。棕梠蠟（carnauba wax）覆膜對番石榴失重效果佳（Jacomino et al., 2003; Ribeiro et al., 2005; Zambrano-Zaragoza et al., 2013），但其他覆膜資材如甲殼素（chitosan）、明膠（gelatin）、樹薯澱粉、脂肪酸蔗糖酯（fatty acid sucrose ester）、固體脂質奈米粒（solid lipid nanoparticles）都曾在番石榴果實測試且獲得良好結果。

由於產期調節修剪技術成熟，臺灣番石榴周年生產，因此無利用改變大氣組成保鮮技術長期貯藏壽命以延長供應期的需求。然而，運用改變大氣組成保鮮技術則可應用於長程（2週以上）海運運輸，以維持到貨品質及提高可售率。郭和吳（2015）開發‘珍珠拔’氣變包裝技術，以改善5°C貯運2週以上果實寒害褐變、果肉軟化、病害果腐、衰老轉黃等劣變發生，減少可售率偏低及櫥架壽命短問題，經實際裝櫃、5°C海運加拿大溫哥華市場（約4週航程）測試，比較氣變包裝與現行包裝（舒果網+芭樂袋）處理對採收成熟度七分熟（外銷成熟度）‘珍珠拔’番石榴果實運抵目標市場之保鮮效果差異。氣變包裝組果實到貨可售率為92±2.8%，顯著優於現行包裝組之60.7±13.1%。回溫展售3天，氣變包裝組可售率66.4±13.7%，仍高於慣行包裝組之9.2±1.9%。氣變包裝對延緩‘珍珠拔’病害、質地軟化、果皮轉黃效果尤為顯著；經貯運回溫後，氣變包裝組果肉硬度166±10 $N{\cdot}cm^{-2}$、果皮色相角110±1°，較對照組之140±10 $N{\cdot}cm^{-2}$、106±1°能維持較佳品質，且對風味無不良影響（圖7）。

使用改變大氣組成保鮮技術仍須注意其潛藏對園產品傷害的風險。番石榴於過低O_2和/或過高CO_2環境暴露時間過久，導致乙醇和乙醛累積、異味、無法正常後熟（Ke et al., 1991）。Broughton



圖7　‘珍珠拔’番石榴氣變包裝與現行包裝（逐果套舒果網及芭樂袋）於5°C貯運4週、20°C回溫3天外觀比較。



圖8　‘珍珠拔’番石榴主動氣變包裝模擬低溫檢疫船運外銷美國果實兩者差異不大。（興大林慧玲老師提供）

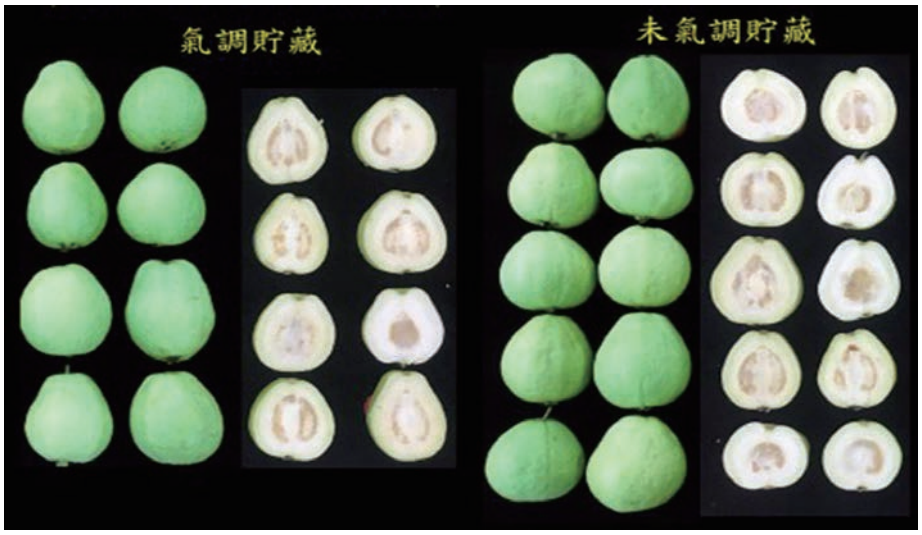


圖9　‘珍珠拔’番石榴以商用氣調櫃模擬長程外銷貯運情形。（興大林慧玲老師提供）

和Leong （1979）認為番石榴無法耐受高於10% CO_2；Teixeira等（2016）試驗結果也有類似結論，將‘Pedro Sato’番石榴於12.2℃進行5% O_2配合不同濃度CO_2氣調處理，貯藏14天以上，高於10% CO_2處理果實易造成硬度下降的高CO_2傷害。不適合的MA設計，由於產品呼吸作用而導致周邊環境明顯的O_2降低和/或CO_2增高，引發乙醇、乙醛和其他揮發性有機化合物累積（Ke et al., 1991）。

標準外銷流程

依據目標國訂定貯運流程，長程貯運（如圖10），選取6-7分熟的果實（低於園藝成熟度），夏季需於七點左右進行採收，果實表面溫度低於30℃，田間熱及呼吸率均較低，對長程貯運果實可降低損耗維持較佳之品質，並迅速運至集貨包裝場，避免於貨車或搬運車上停滯過久，導致果實持續累積田間熱，造成後續預冷效率降低。至集貨場後迅速進行果實之預冷，其中以水冷或壓差預冷對果實之降溫速度較快，室冷則較方便但降溫效率較差，預冷時間需較長，降至果心溫度約為10-12℃即可，番石榴果實在15℃以下呼吸率降低爾後低於15度之溫度對呼吸率下降幅度不大（未發表之資料），因此果實預冷至10-12℃即對呼吸率具明顯的降低效果，迅速至低溫庫保持低果溫，而後經除袋去除不合格品如果重過輕、機械傷害、果形不整、著色不均、成熟度過高或過低、介殼蟲感染或罹病果。重新套上舒果網及PE打孔塑膠袋，並依果重進行機械分級或人工分級，逐果扭結包裝，排入外銷紙箱中，果實淨重約10公斤。

一、輸美國海運外銷貯運流程（圖 11）

外銷美國需經低溫檢疫處理，果實在集貨場包裝裝箱完後，進入低溫庫降低果實溫度至1℃以下，此時注意庫房溫度不

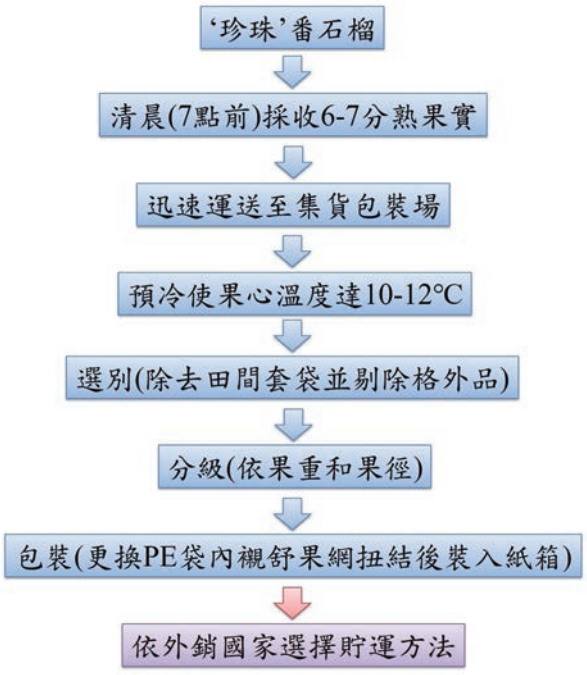


圖10　番石榴外銷採收後處理流程。

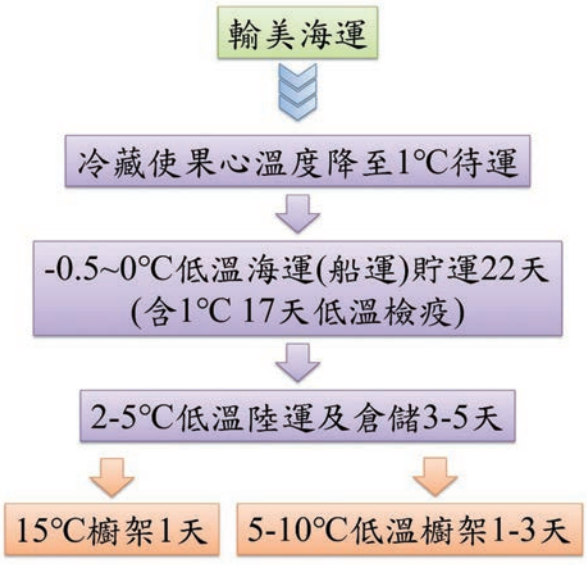


圖11　番石榴輸美國海運貯運流程。

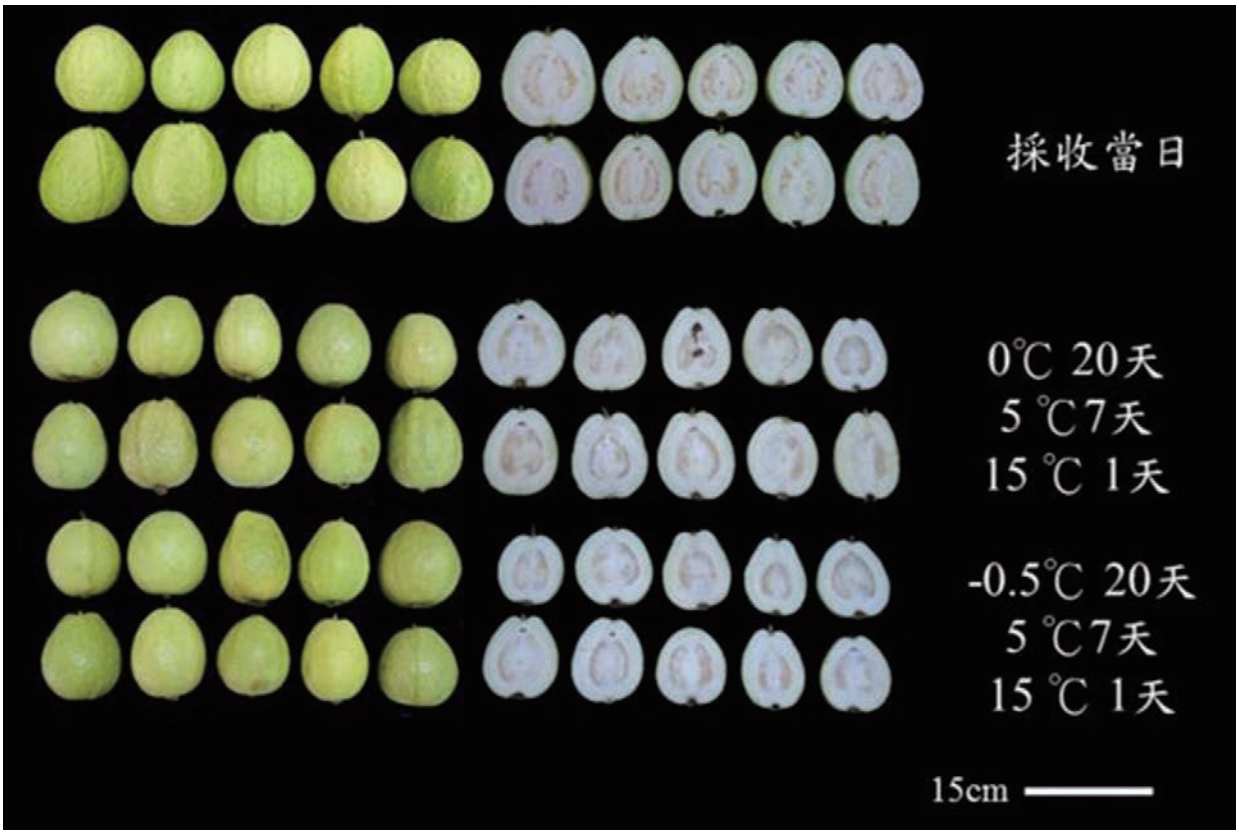


圖12　以0℃及-0.5℃模擬外銷美低溫貯藏6分熟‘珍珠拔’番石榴果實外觀之變化。

宜過低以免果實凍傷，而引起損耗，防檢局插針偵測果心溫度是確認1℃以下，以7-8箱之高度堆疊在棧板上，進行棧板搬運作業至船運低溫檢疫貨櫃，低溫檢疫貨櫃於前、中、後各插果心溫度感應針共6支，並全程監控及記錄溫度變化。低溫檢疫條件為果心溫度1℃需持續17天以確保可殺死檢疫害蟲東方果實蠅、瓜實蠅及南瓜實蠅之卵、蛹、幼蟲及成蟲。到貨打開船運貨櫃檢查時在常溫不可暴露超過2天以上，斷鏈易遭成果實寒害症狀表現而增加果品損耗，超市販售果實以保持低溫可維持較長的櫥架壽命，若在15、20℃或常溫下販售不超過一天以上，則仍可維持良好品質。（圖12）

二、輸加拿大海運外銷貯運流程（圖 13）

船運貨櫃溫度以2-5℃為宜（運輸期間14-22天），果實避免與高乙烯產生量之果品混櫃運輸，易遭成番石榴果實受乙烯汙染而產生軟化之損耗，全程貯運避免斷鏈，船運及加拿大國內陸運均需保持低溫，常溫櫥架販售以不超過一日可保持良好果品，待售果宜貯存於5℃下可維持一周以上之果品（圖14）。

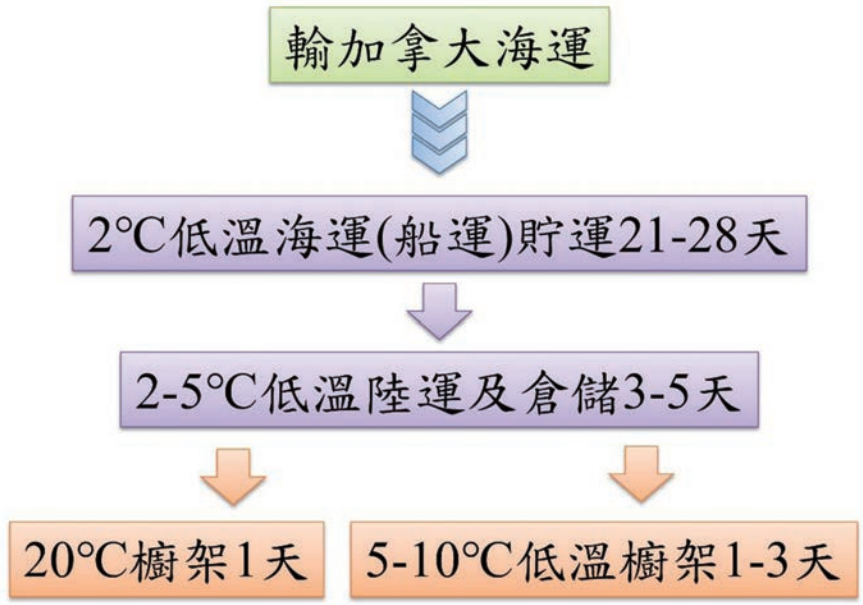


圖13　番石榴輸加拿大海運貯運流程。

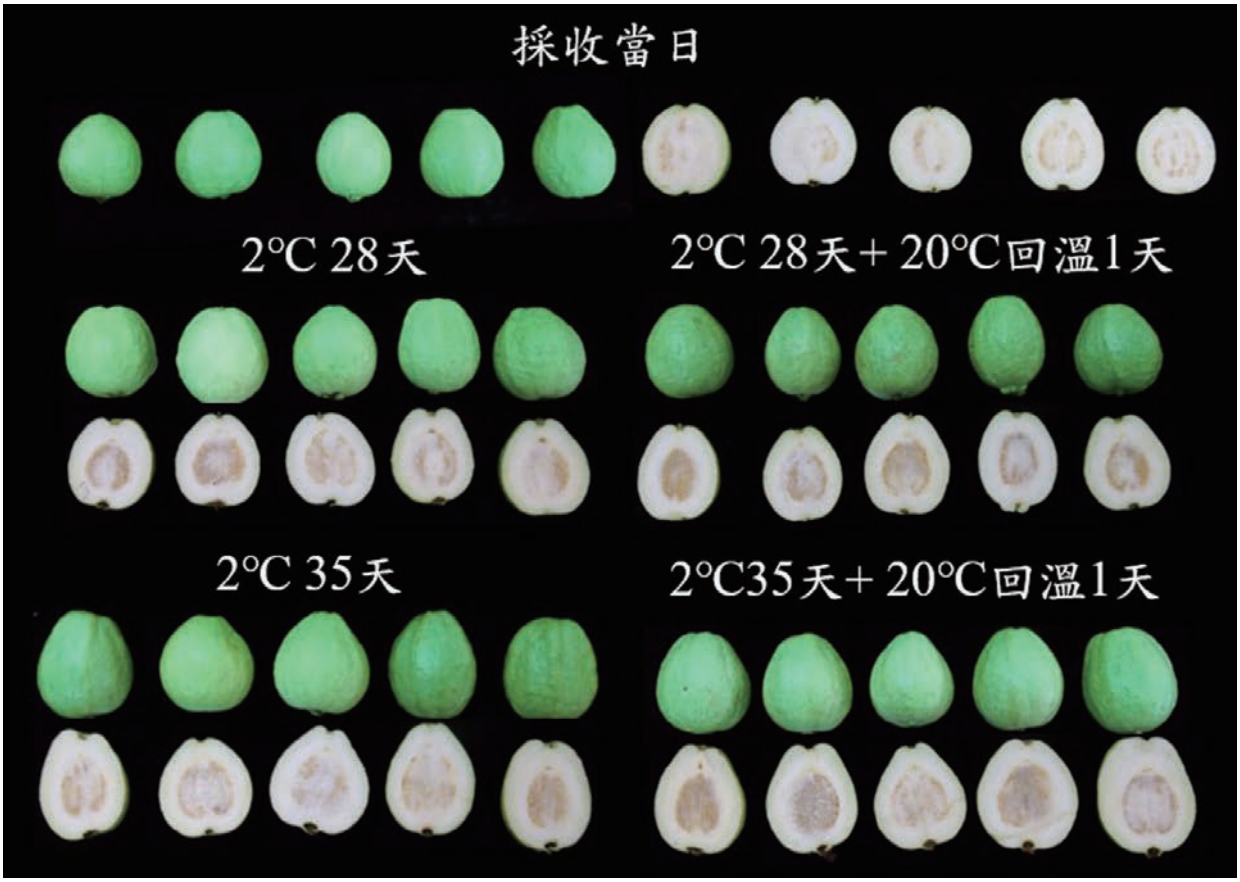


圖14　以2°C模擬外銷加拿大低溫貯藏6分熟‘珍珠拔’番石榴果實外觀之變化。

貯運期間病害

番石榴田間病蟲害管理工作若未確實執行，或是在採收後，選別的果實成熟度過高、或未仔細汰除受害果、包裝時不甚擦、壓傷，甚至冷鏈貯運時的環境控制不穩定…等因素，都可能在貯運過程中或商品上架不久後，出現果實受病原菌為害的症狀。這些問題可能來自田間栽培時常見的病害，例如：黑星病、炭疽病（圖15），或是因為擦壓、碰撞受傷的果肉組織遭真菌感染（圖16）。此外，在貯運時期溫度過低或果實受到撞擊，可能導致果實寒害或水浸狀軟化的症狀（圖17），受害處常因微生物的感染而腐敗，失去商品價值。



圖15　黑星病（黑色斑）與炭疽病（褐色斑）皆為番石榴田間常見病害。（興大林慧玲老師提供農委會國際處傳美國市場番石榴果實）



圖16　果實受傷處遭到真菌感染。（興大林慧玲老師提供）



圖17　果實在低溫貯運時，碰撞受傷處出現水浸狀斑塊，該症狀後續可能因為微生物感染而持續擴大。（興大林慧玲老師提供）