第七章

紅龍果採後處理、預冷技術及貯運注意事項

◎行政院農業委員會農業試驗所作物組 林妤姍、徐敏記
◎行政院農業委員會農業試驗所植物病理組 林筑蘋
◎行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 劉碧鵑

前言

紅龍果原產於中南美洲，為仙人掌科（*Cactaceace*）三角柱屬（*Hylocereus*）多年生攀緣性肉質植物。早年引入臺灣時產量較低且果實小，經濟栽培不多，但由於具自交親合性，不須人工授粉即可著果，與大果高甜度的品種育成，且利用扦插方式一至兩年即可收穫，全年收穫時間自5月中旬至11月底（白肉種；南北部有分別），紅肉品種甚至可收成9個月，或利用燈照方式進行產期調節，生產技術成熟致使全臺面積急遽擴張，但產期都集中於7-8月，亟需短期貯藏與外銷等產銷調節措施，而採收後未經妥善保存會因果實鱗片脫水與老化，縮短櫥架壽命，加上逐步開展外銷大陸地區以外之東南亞與日本市場因素，因此採收後處理技術的需求日漸增加。

紅龍果採後貯運要點

紅龍果在正常有進行疏果栽培環境下，一般於開花後25-30天，果皮顏色會逐漸轉紅（夏果時間較早、冬果時間較晚），再經5-10天後外觀更加渾圓，適時採收果實重量足、甜度高、風味佳；如越晚採收果形雖可能較大，但部分品種易增加裂果率，及果肉軟化（紅肉種）之情形。因此仍須依販賣市場及是否需貯放時間來判定採收時期。

一、採收時間、氣溫、田間暫存與搬運

採收後的果實雖然離開植株本體，仍具有生命力，因此仍需呼吸來進行新陳代謝，當果實採收時溫度越高，呼吸作用就越旺盛，產生的熱會降低貯藏壽命。故紅龍果採收時宜於清晨至中午前氣溫較低時進行，以減少田間熱（field heat）之累

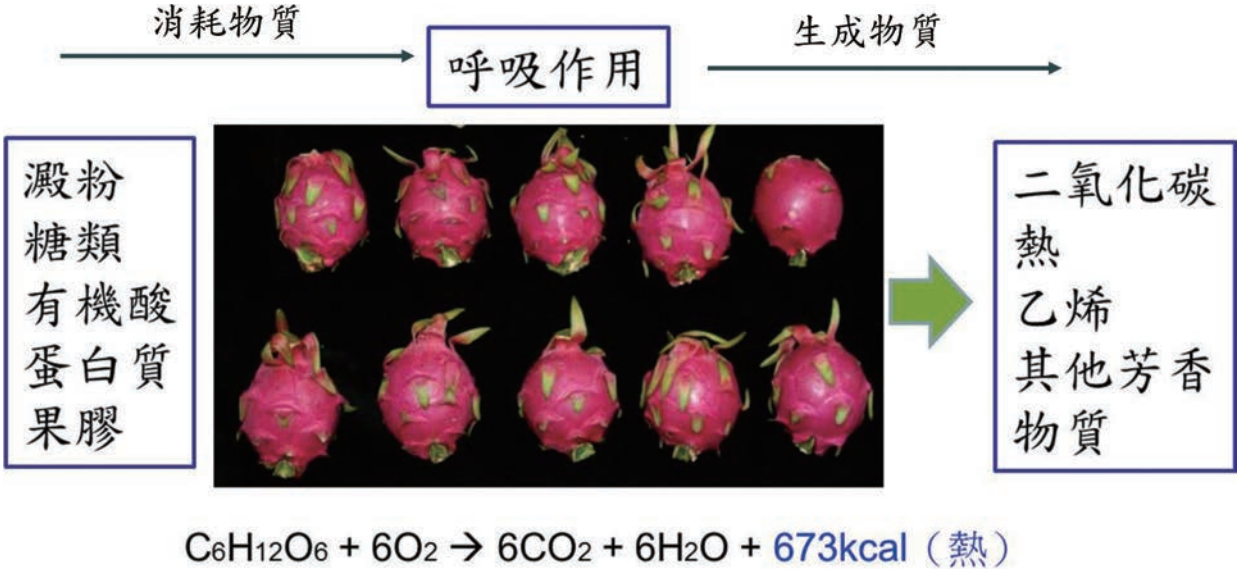


圖1　園產品經呼吸作用消耗與產生之物質。

積及因果實進行呼吸作用而造成之品質下降。果實之呼吸作用主要是吸收氧氣並釋放二氧化碳，同時並耗損果實內的貯藏性糖類、有機酸、果膠等物質，同時蛋白質與脂質也隨之變化，並釋放出熱、乙烯與其他芳香物質（圖1），因此採收宜於氣溫較低時進行。另外溫度較低時蒸散作用速率也越低，蒸散作用低果實失水也較為緩慢，因此也不易導致鱗片失水萎凋。此時需注意不宜於雨天採收，因為果皮膨壓太大易損傷表皮，且濕的果品也易傳播病菌與發生病害，因此整體而言紅龍果採收時應選擇氣溫較低，且避免於雨天採收。

另外採收之果實也應避免陽光直接照射，如需於田間暫時放置，應進行遮陰避免果溫上升。表皮有損傷者，則易於貯藏時與貯藏完畢回溫後增加病害發生率，此外若需於田間直接裝箱，除在陰涼環境操作外，也須注意擺放方式，例如不宜太擠並注意通風。總而言之，避免採收後果實溫度上升最需注意有三點，第一是選擇溫度較低的採收時間，第二是避免陽光照射（遮陰），第三是注意通風等因素。

除了需注意採收時間與氣溫外，採收時也需注意堆放方式與搬運過程。紅龍果採收時每粒果實重量約350-750克，若容器盛載力不足，或盛裝果品重複堆疊過高則易壓傷，形成機械性傷害，另外搬動產品及上下運輸車輛也易使產品受傷，上述有些傷害或許當下不易顯現，但極易於室溫放置及冰存回溫後表現，造成商品價值下降。因此動作輕柔、運輸道路平順、搬運車輛行駛緩慢是減輕產品受傷之重要條件，且工作人員小心搬運及減少大量堆疊之放置方式，也會延長貯藏壽命。（圖2）



圖2　國產紅龍果搬運與分級情形。

二、預冷處理與外銷流程處理實務

紅龍果於較高溫的田間採收時，果實帶有高的田間熱，因此果實內部的蒸汽壓（Vapor pressure）很高，若急遽置於冷藏庫中（除冷藏庫特別設計高濕式外），常因蒸氣壓差的因素，果實鱗片失水、枯黃、捲曲導致品質降低賣相差。另外帶高田間熱之紅龍果直接置入冷藏庫中或堆疊貯放導致降溫速度緩慢。因此採收後如能先行「預冷」（Pre-cooling），將果實溫度降低以利田間熱移除，除了可減少果實失水外，也可減輕冷藏庫負荷能力，同時能在最短的期間內把果實溫度降至適當的貯藏溫度，也可減少長途運輸中遭受高溫而品質降低之損失。此外若無預冷，因成熟度高的水果較不易運輸貯藏，因此需要提早採收以避免老化情形產生。

紅龍果預冷處理與貯運現況

一般預冷方式共分為壓差預冷（Forced-air cooling）、室冷（Room cooling）、冰水預冷（Hydrocooling）、真空預冷（Vacuum cooling）與碎冰預冷（Pack- icing）等。紅龍果為新興果樹，適宜之預冷方式與設備尚需更進一步之試驗，建議以紅龍果生產專區方式，採收後統一進行預冷處理，方能增加效率與降低成本。而目前內銷果實如需低溫貯藏或短

程運輸販賣，可於摘採後旋即置於通風陰涼處，將果實裝入有孔塑膠籃平均置放並減少堆疊，必要時可利用電風扇增加空氣流動，冷風流速需達每秒1至2公尺以上，但仍需注意勿直接長時間吹送果實，避免空氣流動過速時間長使鱗片失水萎凋；如有冷藏庫也可進行庫內預冷處理（室冷；使用高濕冷藏庫），此時注意堆放塑膠籃時要留有通風通道，讓更多的果實面積與流動之冷空氣接觸，另外也需避免出風口長時間直接吹送果實，避免果實失水導致鱗片萎凋情形產生，最好以循環風緩慢吹送。（低於1m/s）。本所採後處理研究室於2019年進行紅龍果相關預冷試驗，測試紅龍果自產地採收後裝籃進行5℃室冷試驗，比較不同位置及大中小果降溫情形（圖3），另外實測產地果實降溫效率，以臺灣傳統10斤包裝（6公斤紙箱）裝箱後，於通風良好且穩定的3℃冷藏庫下，果心溫度初期為32℃，降至10℃需時9小時，約12小時降至7-8℃，約30小時達3.0℃（圖4），即超過24小時才到達庫溫，顯示傳統產地冷藏方式即便通風良好，仍需較長時間的冷藏才能讓果實降溫。而在壓差預冷方面，將紅龍果裝籃後，以18℃進行頂吸式壓差預冷，使用18℃進行預冷，係以果實去除田間熱為主，採7/8預冷時間 （當溫度降到產品最初溫度與冷卻介質溫度差的一半時，所需的時間稱半預冷時間。一般用7/8預冷時間（3倍的半預冷時間）作為商業上操作的實際估計）可配合包裝場溫度，溫差較低可使果實不致回溫產生凝結水。果心溫度初期為30℃，以本所

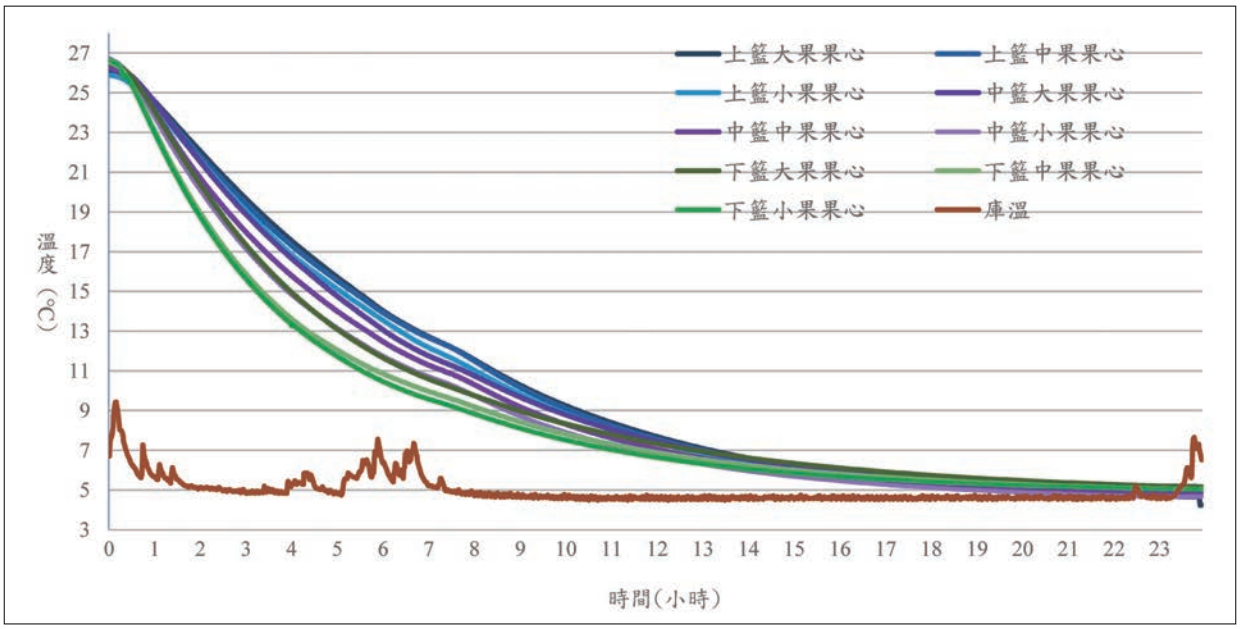


圖3　紅龍果裝籃後以5℃室冷法預冷，不同位置之大中小型果實降溫曲線圖。

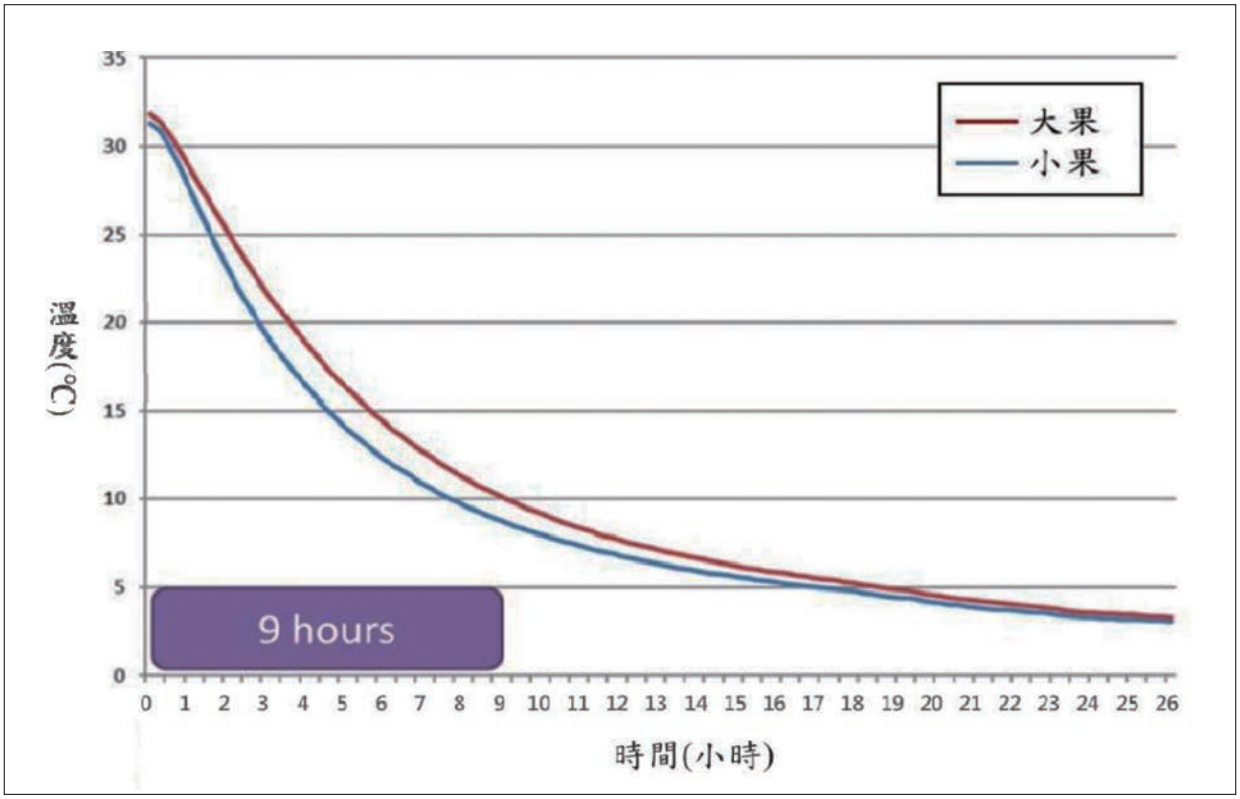


圖4　紅龍果3℃室冷裝箱中間層紙箱大小粒果實之降溫曲線。

開發之頂吸式壓差法預冷處理達7/8預冷期（19.5℃）約2小時，失水率0.14%；室冷達7/8預冷期（19.5℃）約22.5小時（圖5），失水率0.71%，降溫效率達10倍以上，結果顯示頂吸式壓差預冷較傳統裝藍或裝箱後室冷可以快速降溫，可作為採收後預冷之選擇。成本比較上，壓差預冷抽風機所需電費每小時1.2元，而小型頂吸式壓差預冷機組造價約8萬元，適合小型具有冷藏庫（1小時所需電費約12元）之農場或合作社使用。其中頂吸式壓差預冷僅需2小時即可達7/8預冷期溫度，所需電費為26.4元；冷藏室冷則需23小時才能達到7/8預冷期溫度，所需電費為276元，顯示頂吸式壓差預冷可快速縮短預冷時間及節省電費成本。

紅龍果經預冷去除田間熱後，即可進行修整及分級包裝（或先行分級入庫預冷後再出庫包裝）並置入冷藏庫冷藏，若直接將採收後的果實裝箱後置入低溫冷藏庫，此舉不但果實降溫緩慢，果實脫水品質下降，且裝箱堆疊也易導致果實失水（圖6），而有塑膠外包裝果實者若無預冷袋內易有多餘凝結水分，導致病害回溫後大舉發生，無包裝者則因紙箱吸水鱗片失水而導致黃化枯萎。

外銷果實部分則須配合蒸熱處理廠之設施與流程，目前處理流程為清潔修整

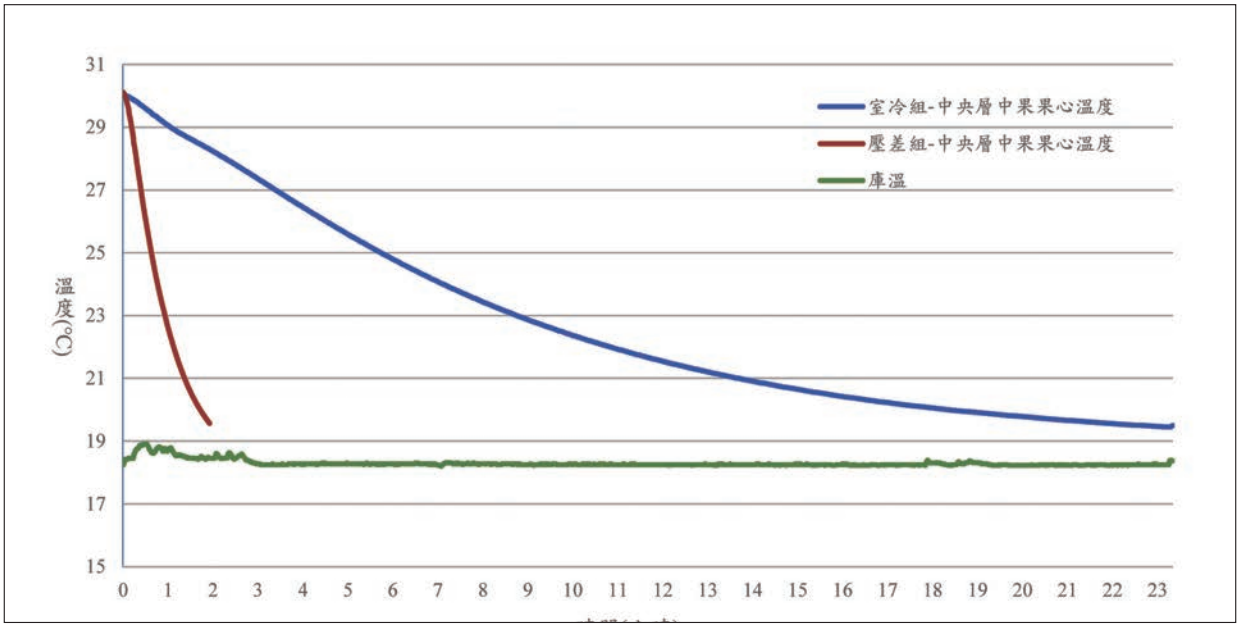


圖5　紅龍果裝籃後，於18°C以室冷法及頂吸式壓差法預冷之中央層中果果心降溫曲線。



圖6　（左）（右）紅龍果預冷與低溫貯放於5°C冷藏庫情形。

分級後之果實進行蒸熱處理，果心溫度須達46.5°C 30分鐘，因此處理流程總計約需2.5至3小時（圖7），此時切忌處理之每批果實大小整齊度不均一，因每顆果心溫度將無法同步達到檢疫標準，則拖長處理時間，增加果實品質劣化的風險。待處理完畢後以天花板由上向下之噴氣口（ceiling jets）噴送冷風以降溫，待降溫後再以舒果網包裹及裝箱，並置於大型冷藏庫中以0~1°C進行低溫貯藏處理，之後



圖7　外銷紅龍果進行蒸熱檢疫處理完畢之出庫情形。

將降溫後之裝箱果實以低溫運輸方式輸送至海關出境。

園產品的貯藏力取決於品種、採前栽培因子、採收因子而決定，但是否能達到該產品之貯藏力極限則需靠貯藏條件決定，貯藏條件要素包含溫度、濕度、氣體構成、乙烯等。紅龍果原產熱帶美洲雨林，屬熱帶果樹，同屬熱帶果樹之蓮霧、芒果、印度棗等均易因低溫貯藏導致寒害（Chilling injury）產生，寒害的症狀如外表凹陷斑點或斑塊（圖8）、果實變色褐化、組織軟化、成分變化產生異味、加速衰老與腐爛及縮短貯藏壽命等，因此良好的溫度管理與適當的包裝可降低寒害，並避免果實品質降低。

另紅龍果在果實發育過程均無呼吸高峰及乙烯高峰出現，屬非更年性果實，乙烯產生量非常低（< 1.0μl/kg・hr），因此可與其他非更年性果實共同貯藏，但仍須注意貯藏庫內乙烯累積情形，若有病害與寒害發生則果實易因創傷產生乙烯須留意，貯放時間若較長則盡量以乙烯濃度低於0.3ppm為佳，否則易造成鱗片黃化情形。



圖8　紅龍果低溫貯藏後寒害情形，常有表皮褐化、燙傷狀與鱗片變色情形。

溫度管理部分，一般而言溫度越低則呼吸作用、蒸散作用越慢，病害發生也隨之降低，產品後熟及衰老速度也較慢，品質也能夠維持，因此貯藏在“不產生寒害的安全低溫”，是十分重要的。而濕度管理對貯藏條件則是第二需考慮的因素，貯藏溼度高則產品與周圍氣體間蒸氣壓差小，蒸散速率也較低，產品不至於很快皺縮、失重及萎凋，且濕度越高則寒害發生情形也隨之降低。依前人的文獻指出，可溶性固形物（Total Soluble Solid, TSS）與果肉硬度在15℃與25℃下貯放均有隨著貯藏時間增加而呈現降低的趨勢，白肉種紅龍果於0℃貯藏之果實壽命為37日，紅肉種為35日，果實均有輕微寒害產生，而5℃貯藏下白肉種為31日而紅肉種為27日，且無寒害現象。但若考慮櫥架壽命與回溫後病害等因素，影響果品販賣品質與價錢。以臺中市、彰化縣與臺南市生產之紅龍果進行試驗顯示，如以裸放配合舒果網置於紙箱內方式冷藏，則5℃相對溼度85%以上貯放較佳，貯藏時間建議以10-14日為限（以出庫3日仍能保持良好品質鱗片萎凋少而言）（圖9），若需較長時間貯藏，低溫配合適當包裝可延長出庫後之櫥架壽命，以打孔PE袋包裝後置於紙箱內之包裝方式，放置於3℃下可貯藏約3周，並可減少寒害發生，若貯藏時間再增加則病害蔓延嚴重，如炭疽病等，且回溫後鱗片易萎凋變色，建議於栽培時間施用鈣肥與注意微量元素硼是否缺乏，並加強田間衛生管理，如此可降低寒害與避免貯後病害產生（圖10），且配合產期調節方式延長販賣時間，並增加外銷機會。



圖9　模擬新加坡貯運（5℃ 14天）出庫當天（左）與櫥架販售三日後（右）情形，若田間管理得當，則品質仍佳。



圖10　紅龍果貯藏後回溫病害發生情形。（左圖：濕腐病、中圖：褐斑病、右圖：鐮孢果腐病）

紅龍果外銷處理注意事項

一、採收成熟度指標

紅龍果採收後果實無法持續後熟，採收成熟度影響風味品質甚大，必須在果實完全發育成熟方可採收。常用的採收成熟度指標為盛花後天數及果皮紅色程度。

紅龍果開花著果到果皮轉色期需要26-28天，轉色期間果實品質發生重大變化，包括外觀由綠轉紅、果肉澱粉消失、可溶性固形物（糖度）逐漸累積、可滴定酸迅速下降、果肉軟化達到最低點。過早採收，果實可溶性固形物低且易有草腥味。未採收切離前，果實轉色後可溶性固形物及鮮重可繼續增加，果實成熟度越高，有利於提升果實品質，果型亦較豐滿圓潤；但是掛樹超過花後40天，易發生裂果、果肉呈現水浸狀、風味變淡，果皮

色澤轉為暗沉紅色，甚至鱗片黃化萎凋之不利現象與部分品種裂果發生。一般建議在紅龍果果皮轉色後5-7天為採收適期。以越南白肉種紅龍果為例，國內市場建議採收成熟度為花後35-38天；而外銷日本果實宜在花後30-33天採收，以避免蒸熱檢疫處理造成嚴重鱗片失水萎凋問題，貯運性較佳，惟食用品質不如成熟度高者。

二、採收作業與注意事項

外銷用紅龍果實大小以對方市場的需求為主，如日方要求裝箱果實為400g～500g，且需於採收前完成農藥殘留檢測，以避免日方檢出禁用藥品而遭退櫃。田間採收作業方式為以芽切剪為工具，將果實與肉質柄上分離剪下，而後置於推車或塑膠籃中，此時需注意避免碰撞及壓損造成傷口，另採收後的果實雖然離開植株，但其生命仍然存在，仍繼續進行呼吸作用及新陳代謝，採收當時的溫度越高，呼吸作用就越旺盛，養分消耗速率愈快。故紅龍果採收時宜於清晨至中午前氣溫較低時以人工進行採收，以避免田間熱（field heat）之累積，且減少因果實進行呼吸作用而造成之品質下降。

三、外銷選別與蒸熱處理

外銷果實部分則須配合輸入國與蒸熱處理廠之設施及流程，自99年起國產白肉種紅龍果可經蒸熱處理銷往日本。輸日檢疫作業方式需配合日方檢疫官，檢疫處理設施業者需通過設施認證，包括包裝場防蟲設施及清潔檢查、溫度探針及自動記錄器校正及蒸熱庫空庫運轉及堆積測試等。此外，紅龍果自田間採收後需迅速運送至集貨場以重量分級機與人工搭配進行分級，待分級挑選完畢後運送至蒸熱處理場進行處理（以高雄小港處理廠為處理單位，另青果社臺中豐原蒸熱場也有處理設備）。處理前需將果實置放於蒸熱專用處理箱，且上方置放細紗網避免果實蠅叮咬，且處理前溫度需與室溫相近，不可直接自冷藏庫取出後直接進行蒸熱處理，另檢疫官分別將溫度探針插入果實中心以便及時進行檢疫偵測。蒸熱處理進行時果心溫度須達46.5℃以上30分鐘，因此處理流程總計約需3至4小時。

紅龍果果實的包裝箱型式因市場不同而有所不同。以日本市場而言，採周圍無透氣孔之紙箱包裝，以防果實蠅趁虛而入；輸陸紅龍果則以有孔紙箱包裝，方便呼吸熱的散失，裝箱粒數約8-11粒／箱不等。紙箱包裝時果實常使用聚乙烯袋（PE）襯裡與箱底加鋪氣泡袋，可減少因失水造成之果實鱗片皺縮與輸送過程的損傷。

四、採後品質劣變及改善措施

（一）鱗片失水萎凋

紅龍果對失水非常敏感，失水達鮮重

3-4%即會開始發生鱗片萎凋皺縮現象，影響外觀賣相，尤其經過蒸熱處理果實更容易造成鱗片失水問題。因此，塑膠袋套袋維持果實在高相對濕度環境以減少失水，為包裝與貯藏必要採後處理措施。

（二）寒害

紅龍果為寒害敏感型園產品，寒害臨界溫度在0-3℃之間，溫度低於5℃以下，貯藏時間超過3-4週則有寒害發生之虞，但品種、採前栽培環境、採收成熟度不同，也會影響其對低溫的敏感程度，成熟度高的果實對寒害較不敏感。紅龍果寒害徵狀為果肉組織呈現透明水浸狀、鱗片軟化枯萎、外層果肉褐變。果實套袋貯藏可延緩及減輕寒害徵狀發生。

結語

紅龍果近年因選育出高甜度且自交親和品種，加上病蟲害較少等特性，因此全臺栽培面積大幅增加，因此於盛產季來臨時常常面臨不小的銷售壓力，加上紅龍果開花與收成常有「大、小水」（短時間大量收成與少量收成）情形，因此短期貯藏並維持良好品質與櫥架壽命便十分重要。另近年來政府大力推動果品外銷，因此除日本外尚可鎖定免經蒸熱處理之港澳或東南亞地區作為外銷點，或外銷加拿大等地區，作為另一可嘗試的選擇。但仍須注意的是由於出口需長時間貯運，採收前園區清潔與病害控管也十分重要。減少著果與果實成熟之發生與潛在之病害，將可降低低溫貯放回溫後病害發生情形。2018年亞洲食品展中亦可見越南所生產不同品種之紅龍果供外銷（圖11）。另外新品種的育種與採後處理技術的配合，更能使得外銷的產業更為暢通，與其他國家進行差異化銷售增加產業鏈的獲利。



圖11　越南所生產之不同品種外銷用紅龍果於亞洲食品展展出。