

# 園產品預冷處理與 美國加州冷鏈管理發展現況介紹

農試所作物組 徐敏記 黃肇家

## 一、前言

採收後的蔬果雖然離開植物本體，但其生命仍然存在，因此仍需進行呼吸作用，是以果實採收時溫度越高，呼吸作用就越旺盛。且溫度越高因蒸氣壓差關係，果實脫水情形也會較為嚴重，因此為了避免脫水並目的性減緩老化，且降低病害發生，溫度的控制就顯得十分重要。依據加州大學園產品採後處理中心先前研究顯示，以成熟與未成熟的羽衣甘藍菜(kale)進行試驗，分別貯放於5°C至20°C的環境下，顯示溫度越低，品質愈能維持。相同的，無論是葉綠素與維生素C等品質決定要素，也因溫度的差異而有了明顯的變化。因此，如想長期維持品質並藉以調整供應時間，溫度的控制是不可或缺的一環。

大部分之農產品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。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醣類、蛋白質與脂質也隨之變化，且因

溫度較高使得呼吸作用旺盛，呼吸作用產生之熱能也造成果實維持較高溫度，貯藏壽命也隨之降低，因此採收時間宜於氣溫較低時採收。然而採收過後又該如何維持高品質農產品呢?此時預冷處理(precooling)便派上了用場。

## 二、預冷種類與方式

為了避免田間熱與輸送過程中產品品質的劣變及微生物的危害，「預冷處理」(pre-cooling treatment)就顯得十分重要，良好的「預冷處理」可快速降低產品的溫度，減少失水情形，並節省冷藏庫之能源使用，因此預冷處理對很容易老化或腐損，及採收後壽命很短或需經長途運輸才能到達市場的園產品特別需要。而預冷通常為了考量時間與成本，許多產品冷卻至3至5°C即可，但有寒害疑慮的農產品只能冷卻至寒害溫度的上限，如熱帶果樹蓮霧就僅至13度左右即可。目前預冷的方式有室冷(room cooling)、強制風冷(force air cooling)、水冷(hydrocooling)、碎冰預冷(icing cooling)、真空預冷(vacuum cooling)等五種為主，其中在加州因園產品生產種類，目前常使用的有強制風冷、水冷、碎冰預冷、真空預冷等方式。

作者：徐敏記助理研究員  
連絡電話：04-23317124

## 常用之預冷處理方式：

1. **室冷**：室冷是最簡單的預冷方法，主要原理是將產品放置於冷庫中讓冷空氣與產品接觸，堆放時需稀疏以便冷空氣與產品接觸，且冷空氣需有適當循環，但此種方式常因容器材料與容器內空氣等因素造成很大的傳導阻力，速度緩慢是其缺點，但是好處是任何產品均能適用。
2. **水冷**：指用冷水淋洗或短時間浸泡園產品藉以降溫，好處是冷水可直接與產品完全接觸，因水的比熱較大因此能帶走的熱能也較多，其速率較室冷更快，但缺點為並非所有園產品均可以水冷方式預冷，處理後反而會造成貯放時間縮短，如葡萄等；而如需水冷容器也需耐水且有適當孔道讓水流入與流出，或經處理後需再另行裝箱，增加處理之複雜性。
3. **碎冰預冷**：於產品裝箱時碎冰加入其上或產品裝箱後再加入碎冰方式預冷稱之(圖一)，目前加州地區另有使用半冰半水之方式由產品堆上或側邊的開口進行澆灌，又稱作liquid icing cooling，效果快速且可大量處理。缺點則是非每種農產品均可使用此法，目前多使用於易於老化或可耐低溫之青花菜、青蔥及甜玉米，國內則使用於長豇豆與蘆筍等，且碎冰預冷也易於運輸途中，即拍賣販賣時回溫而有冰水滲出造成地面濕滑，而經處理打蠟過後的包裝容器如為紙箱則回收再次使用機率低，製造成本也較高，但於舊金山蔬果批發市場所見，則是將廢棄之紙箱與蔬果殘渣回收製成堆肥，以減少環境汙染。
4. **強制風冷**：又稱為壓差預冷(圖二)，與室冷類似的情形是同樣利用冷空氣在冷庫內預冷，但是藉由入風口與出風口之壓力差使得強迫空氣由一邊吹入容器中，與產品直接接觸然後由容器另一開口出去，差別的部分則是在室冷冷空氣多只在容器的表面通過。壓差的形成方式，目前多是以一邊靠著機器進風口造成負壓，另一方面則是以帆布或厚塑膠布將上方與前方蓋住，因此操作時就形成容器內低壓而使得冷空氣強制流入，此方式需注意的地方則是容器左右前後的通風口大小、堆疊方式、高度、數量、抽風強度與冷氣溫度等均有關，而通常開孔面積約為5%到10%左右，目前多間公司如 Driscoll's 莓類生產公司、Ocean Mist company與Mountain View Cold Storgae公司均有見到相關處理方式。
5. **真空預冷**：真空預冷原理為將園產品至於接近真空環境(4.6mmHg)中，使原本於一大氣壓下(760mmHg)沸點為100°C的水轉變為0°C，由於水氣化時需要吸收大量的汽化熱 (latent heat of vaporization)，因此園產品便可藉由水分迅速汽化達到降溫的效果(圖三)。目前使用真空運冷方式以葉菜類等表面積大的蔬菜為最多，每當降低11°F (6°C)需要耗損1%植株重量，所以之後又開發了於真空預冷前先噴灑水後再行施作的Hydro-vacuum cooling系統，真空預冷方式可大量且快速(20



至30分鐘)將園產品降低至目標溫度(圖四),不但外葉且心葉也同時冷卻,但缺點則在於設備昂貴且葉菜類等較為適用。

預冷處理對易腐爛老化的園產品而言需求最大,但就實際操作面而言,成本與操作方便簡易也需考量入內,成本也往往反映了售價與業主的收益,因此需考慮,園產品特性與操作模式,及售價對預冷及低溫貯藏的費用等條件。



圖一、碎冰預冷實際操作情形及低溫貯藏情形(拍攝於Ocean Mist company)。



圖二、強制風冷處理設備與園產品實際處理情形,另注意於產品包裝箱上應有開口以利冷空氣進入箱內(拍攝於Ocean Mist company)。



圖三、新式灑水後再行真空預冷設備,可看出處理完後之地面上有水滴落(拍攝於Ocean Mist company)。



圖四、Hydro-vacuum cooling處理完之冰水附著棧板結冰情形,處理之後以大型堆高機將園產品送入冷藏庫中進行冷藏保存(拍攝於Ocean Mist company)。

### 三、冷鏈管理方式發展與長程鐵路運輸

「冷鏈管理」(cold-chain management；中國大陸稱為冷鏈運輸或冷鏈物流)，稱為冷鏈管理原因為從產地到市場，甚至消費者的手上均須處於低溫且能維持良好品質的狀態下，除了溫度調整外，濕度與包裝等其他因素都需要進行協同管理。而從預冷處理後產品放置冷藏庫內貯藏，包裝後經過運送至販售的流程，均維持在「穩定」的低溫環境中則稱為冷鏈(cold-chain)，整個的控管流程就稱為冷鏈管理。美國加州Railex公司主要為一家生鮮農產品運輸物流公司之分公司，因產業之需求，因此於2006年重新將農產品改以鐵路運輸，據該公司內部資料評估以鐵路運輸可節省三倍之燃料成本，且因運輸過程中未離開「main train line」(主鐵路幹線)因此不須中間停靠各站，更可節省時間與成本。

目前美國主要於農產品生產大州-加州與華盛頓州設有接駁車站，從加州至華盛頓州約兩日，再由華盛頓州送至東岸約三日，因此流程約五日即可完成；車站內除了以卡車運送產品來冷藏之冷藏庫外，尚有具「冷鏈系統」之冷藏火車廂專用月台(同樣維持低溫)(圖五)，因此農產品於運送包裝及入火車期間均處於40°F(約5°C)的環境下，可避免回溫與冷凝水的產生，減少呼吸熱及避免失水，而每台列車可裝入約104,000磅之農產品，共計有十九節車廂可裝農產品(可依設計另行加掛)(圖六)，該列車也是專

門設計成低溫冷藏之車廂，平均運送速度為70英里/小時。此種運輸模式可將生鮮農產品自採收後均處於冷鏈系統下運輸，且可降低運輸成本、時間及風險(圖七)。

### 四、冷鏈管理於農產品食用安全的重要性

另依美國FDA 2011年統計資料顯示，從1996年到2009年所發生的532件食品安全問題來說，有70.1%是細菌所造成的，其餘則是化學物質與毒素17.5%，病毒為4.5%，寄生蟲為4.1%，其餘4%為未知，此項資料可能與國外食用生菜之習慣有關，另外歐洲也爆發了大腸桿菌污染小黃瓜與豆芽事件，造成數十人喪生，也使得政府機關更加重視農產品食用安全。因此除了採收前的田間衛生管理外，維持低溫操作與貯藏也可避免微生物大量增生，包裝現場無論工作人員與參觀者均需清潔雙手後戴上髮套與鞋套(圖八)，且項鍊及手表等物品均須統一保管不可帶入，也不可隨意碰觸操作人員與物品，整廠區維持在10°C以下，甚至有的維持在4°C，部分廠房甚至要求穿上特定服裝避免外界汙染，且於進入前先行詳閱資料與簽註個人無健康疑慮與疾病之文件，繁多的管理規則都是為了保證產品安全無虞。

### 五、結論

預冷處理近年來推展迅速，除國內自產地運送到市場外(西螺至台北果菜市場)，外銷果品與蔬菜更是不可或缺，無





圖五、特殊設計之冷藏列車專用月台。



圖七、公司後方冷鏈列車裝貨之情形。



圖六 模擬農產品裝入列車之情形，接合處有伸縮布可減少冷氣散失與產品回溫。



圖八、於包裝廠內工作人員配附全套衛生服裝，確保於過程中的食品安全。

論是結球萵苣的真空預冷，或是外銷荔枝所用的冷鏈處理，在在都顯示預冷對維持品質的重要性。此外觀察加州地區許多包裝與低溫貯藏生鮮蔬果廠商，發現均會於分級包裝前進行消毒(多以次氯酸鈉為主)，目的在於確保產品安全與後續病害之抑制發病。或許是因為大部分處理廠商商品多為鮮食沙拉用，但來觀察國內廠商僅有少部分有此設施，或是截切產品、加工食品廠等才有部分使用。但如需外銷至東南亞或中東地區，回溫後的病腐情況造成樹架壽命縮短，反而造成外銷受限的因素之一，如何搭配技術與相關設備的開發或引入，以及配合國內法規的制定，都是未來應該克服的問題。

## 六、參考文獻

- 園產品採後處理與貯藏技術。劉富文著。178pp。青果合作社印行。
- Kader, A. A. (Technical Editor) 2002 Postharvest technology of horticultural crops. 3rd. Univ. of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311. 535pp.
- Kitinoya, L. and J. R. Gorny. 1999. Postharvest technology for small-scale produce marketers: Economic opportunities quality and food safety. University of California, Davis.