

真空預冷技術原理及應用

文/圖 林棟樑

前言

新鮮農產品採收後仍具有生命力，其呼吸作用、蒸散作用及其他許多生理變化仍繼續在進行，這些現象通常會加速產品老化、萎凋及黃化等。低溫可抑制引起產品劣變的生理變化進行，及減緩病原菌滋生，因此降低溫度及適當的溫度管理在園產品保鮮處理上是一項很重要的工作。所謂「預冷」是指在短時間內將產品降溫，通常須在數分鐘到數小時內達到所需的低溫，由於需掌握時效，因此預冷處理實際上包含許多在不傷害產品情形況下快速降溫的技術，而不是只有單純的降溫手段。如集貨至運輸或貯藏前短時間內大量產品的降溫技術。經過預冷後的產品基本上溫度已經降至合理程度，接下來的其他溫度管理措施才可接著進行，例如在低溫中進行較長期的貯藏，或進行低溫運輸以減少運輸期間的損耗。



大型真空預冷機操作情形

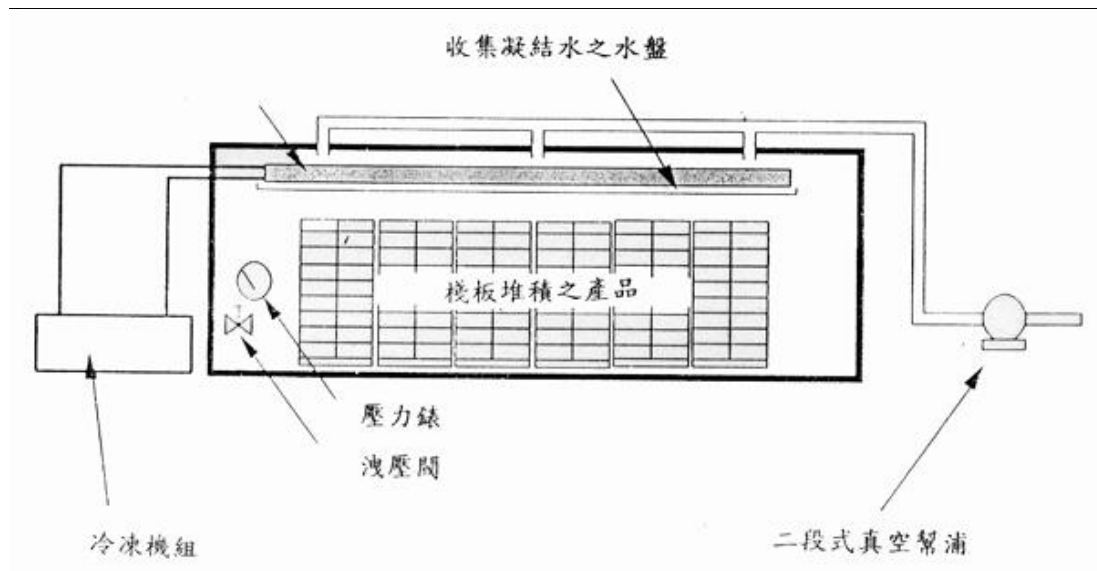


中型真空預冷機操作情形

預冷作業大都已是獨立於冷藏之外的一項作業，而且需要一些特別的設備來完成，並在特定的空間中來進行。目前已被實際採用的預冷方法可分為下列幾項：冰水預冷，室內風冷，壓差預冷，真空預冷以及碎冰預冷等。不同的預冷方式各有其優缺點，通常須依作物種類、操作方便性及設備成本等考量，選擇適當的預冷方式。本文將只針對真空預冷之原理、特性及其應用作進一步的介紹。

真空預冷的降溫原理

圖1為真空預冷設備之模式圖，主體結構為可棧板堆積的真空槽，另須具有真空幫浦以降低倉內壓力。在真空幫浦之前有一冷凍機組是用來凝結幫浦抽出的氣體中之水氣，由於水氣的蒸發會使真空幫浦的負荷加大，因此在真空幫浦之前先行凝結以提高真空幫浦效能。



處理時將產品以起重機作業，放入真空槽中，起動冷凍機組，然後抽氣降低槽內壓力，在正常大氣壓力下(760毫米水銀柱)，水的沸點是 100°C ，隨著壓力降低，水的沸點降低，當壓力降至4.6毫米水銀柱之壓力終點時，水的沸點降低至 0°C ，水沸騰時由液態變為氣態帶走大量的熱，產品溫度亦迅速降低。由於真空預冷是靠水分蒸發帶走大量的熱，故產品每降低 6°C 約須失水1%，預冷完成時通常須失水2~4%，由於真空預冷所失去的水分是自產品表面均勻的散失，只要失水率在5%以下，產品因真空預冷所造成的萎凋情況並不明顯。雖然如此，採收後仍應在產品尚未萎凋前儘速預冷，有時甚至必須在產品表面灑水來加強預冷降溫效果及減少失水失重。

真空預冷之應用

以恆資公司提供的商業預冷機操作為例，每次蔬菜處理量約800公斤，進行短期非結球型葉菜類真空預冷處理，預冷時真空槽中壓力在6分鐘後降至100 Torr(毫米水銀柱)以下，到10分鐘時降至10 Torr以下，如前所述，此時水的沸點已接近 0°C (圖2)。測量真空槽中產品的溫度變化如圖3，在8分鐘前，溫度幾乎沒有降低，但在8~10分鐘時，兩分鐘內溫度迅速由 27°C 左右降至 5°C 以下，之後再加上回壓時間，整個處理過程應在15~20分鐘內完成一批產品的預冷作業。

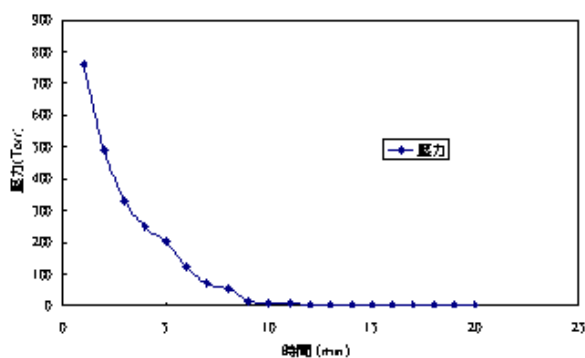


圖2.真空預冷時真空槽內壓力降低情形

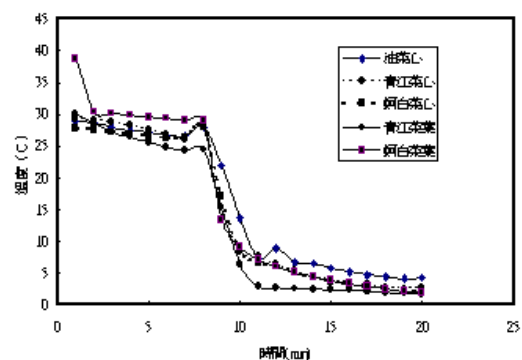


圖3.數種短期菜類真空預冷時降溫情形

計算其耗電量每操作一次共需17度(KW/hr)，每度電費以1.65元計算(農業用電)，共需28.05元，折合每公斤處理電費成本為0.035元，可見就操作成本及能源使用效率來說，真空預冷是最經濟的預冷處理方式。雖然如此，真空預冷機也不是萬能的，有許多產品進行真空預冷時降溫速率緩慢，如水果類、果菜類及根菜類。最主要為其可供水分蒸散的表面積與體積的比例小，而真空預冷最主要

是靠水分的蒸散原理降溫。因此，真空預冷最主要還是應用在葉菜類或花卉上效果較顯著。但在日本也有使用於裝箱蘿蔔與胡蘿蔔，除去洗滌的水分，並達到部分降溫，以保持輸送品質。

真空預冷的優缺點

真空預冷的優點是1.使產品預冷澈底且降溫均勻，保鮮效果顯著。2.操作簡便，產品不須特別堆積處理，且經由自動控制設備通常只須按一鍵即可完成所有操作。3.降溫速度快，以短期葉菜類為例，每次只要20~30分鐘即可完成數公噸的處理量。4.沒有包裝容器的限制，不像水冷式須考慮容器的防水性，氣冷式須考慮冷空氣與產品的接觸性，還可以冷卻塑膠袋裝的小包裝蔬菜。5.能源使用效率高，由於大幅縮短預冷時間，及處理量大，因此操作時之耗能相對的較水冷或壓差預冷少。

而真空預冷的缺點是：1.部分品目不適合，園產品中水果類並不適合使用，蔬菜類中如附表一，有部分產品不適合，如果菜類、根菜類由於預冷時蒸散表面積小，因此預冷效率差，但表面積大的葉菜類則大都很適合。2.處理不當會造成失水萎凋。3.設備費用高，初期的投資成本大。4.必須有冷藏庫配合，預冷處理完的產品必須進入冷藏庫中貯藏。

使用上應注意事項

- 1.真空預冷通常以表面積與體積比大的產品較適合，如**結球萵苣**等葉菜類，水果及結球緊密的甘藍、結球白菜表面積小及蒸散作用小的產品較不適合真空預冷。但在日本部分根菜類及果菜類如胡蘿蔔、甜椒、甜玉米等亦採用真空預冷，主要考量的因素是其操作方便性。
- 2.雖然有很好的預冷降溫設備，但仍須注意產品的新鮮度，如儘量利用清晨或傍晚採收以減少田間熱，採收後並儘快進行預冷降溫處理，否則產品新鮮度一旦喪失，即很難恢復，再好的處理技術通常只能維持品質而無法增進品質。
- 3.容易失水的產品如短期葉菜類，甜玉米等，處理前先淋水，可增進預冷降溫效率及減少失重。
- 4.真空預冷處理之操作通常需有起重機及棧板操作，否則會失去其操作簡便性之優點。另處理場附近須有冷藏庫，以利預冷處理完之產品保鮮貯藏。
- 5.大部分產品可以壓力控制操作流程，使操作時間固定，部分具有低溫寒害特性的產品則須改以溫度控制，並應注意預冷終溫的設定。

結語

許多人認為只是把產品浸一下冷水或放入冷藏庫一段時間後溫度有稍微降低就是預冷。甚至有些人有很好的預冷設備如冰水預冷機或壓差預冷庫，但是常常由於操作不良或是因嫌麻煩而自行簡化操作步驟，使預冷處理效果大打折扣，或不再使用而任由設備閒置。由於預冷增加處理成本，且如此不夠澈底的預冷對產品的保鮮增進有限，因此許多人對預冷作業是敬而遠之，或恢復只浸一下冰水或直接放入冷藏庫一段時間降溫就滿意了。因此使得多年來國內預冷預技術的發展走走停停，進展有限。但近幾年來經由農政單位、學術單位及產地業者的努力，至少喚醒了大家對預冷及低溫保鮮的重視，以及建立了預冷技術在國內採後處理的上重要地位。



台大機電所與恆資公司合作開發之本土真空預冷機外觀



真空預冷機內部構造

真空預冷最主要的優點是只要簡單的操作就能使產品均勻而澈底的降溫，因此保鮮效果明顯，且時間短，對採後處理流程影響小，操作的人工成本及耗能成本低。真空預冷技術歐美已發展多年，在大型農場上使用非常普遍，但只限定在某些效果特別明顯的作物上，如結球萵苣、西洋芹菜等，在日本則已開發中小型真空預冷機，且廣泛使用在大多數的蔬菜上面。以往我們沒有直接推廣使用的原因是國內尚未開發商業型真空預冷機，由國外引入除了價錢昂貴外，將來的機械維護及保養也是問題。近年來由台大農業機械工程學系（目前改名生物產業機電工程學系）與廠商建教合作研發，及經多次的改良後，已有很好的商業機在產地實際操演，如此一來真空預冷機將有很大的降價空間及解決了機械維護問題，大大的提高了其在國內發展的可能性。真空預冷技術如果推展成功，在國內園產品的保鮮處理上將會有十足的影響。

表一、數種不同蔬菜最適貯藏條件及預冷方式

種類	菜種	最適貯藏條件		預冷終溫	預冷方式				備註
		溫度	溼度		水冷	強風	真空	壓差	
		圖例							
					◎	○	△	×	
果菜類	番茄	綠熟 13°C~	85~90%	13°C 以上	○	○	×	◎	真空預冷降溫困難
		完熟 7~10°C	85~90%	7°C 以上	○	○	×	◎	
	甜椒	7~10°C	90~95%	7°C 以上	×	○	×	◎	"
	小黃瓜	7~10°C	90~95%	7°C 以上	×	○	×	◎	"
	茄子	7~10°C	90~95%	7°C 以上	×	○	×	◎	"
	毛豆	0°C	95%	5°C	○	○	◎	◎	
	甜玉米	0°C	95%	5°C	○	○	◎	○	真空預冷注意失水問題
	菜豆	7~10°C	90~95%	7°C 以上	○	○	△	◎	
	甜豌豆	0°C	95%	5°C	×	○	○	◎	
莖菜類	草莓	0°C	95%	5°C	×	○	×	◎	水冷造成腐爛嚴重
	洋蔥	0°C	60~70%	5°C	×	○	×	○	
	青蔥	0°C	95%	5°C	○	○	◎	◎	
葉菜類	蘆筍	0°C	95%	5°C	△	○	△	◎	水冷須防止筍尖受傷，真空防止失水
	結球白菜	0°C	95%	5°C	×	○	○	◎	
	甘藍	0°C	95~100%	5°C	×	○	○	◎	
	結球萵苣	0°C	95~100%	5°C	×	○	◎	◎	

葉萵苣	0 °C	95~100%	5 °C	×	○	◎	○
菠菜	0 °C	90~95%	5 °C	×	○	◎	○
小白菜	0 °C	95%	5 °C	×	○	◎	○
茼蒿	0 °C	95%	5 °C	×	○	◎	◎
莧菜	10 °C	95%	10 °C	◎	○	◎	◎
蕪菜	10 °C	95%	10 °C	◎	○	◎	◎
芹菜	0 °C	95%	5 °C	◎	○	◎	◎
蕪菁	0 °C	95%	5 °C	◎	○	◎	◎
花菜類							
花椰菜	0 °C	95%	5 °C	×	○	○	◎
青花菜	0 °C	95%	5 °C	○	○	○	◎
根菜類							
蘿蔔	0 °C	95%	5 °C	◎	○	△	◎
胡蘿蔔	0 °C	98~100%	5 °C	◎	○	△	○
牛蒡	0 °C	98~100%	5 °C	◎	○	△	○

(西村勝義 1993)

[🏠 回首頁](#)

[🏠 回出版品](#)

[🏠 回台南區農業專訊目錄](#)