

真空預冷

壹、前言

隨著經濟的發展，國民生活水準的提高，國內消費者對蔬菜品質的要求也相對提高，而農園產品的新鮮度是決定其品質及價值的重要因素。蔬菜等農園產品具易腐性，乃因收穫後仍具有生命力，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、黃化等，因而加速品質劣變。降低溫度是蔬菜保鮮的最佳手段，因低溫可抑制引起產品劣變的生理變化進行，在不引起寒害和凍害的條件下，愈快降到適當低溫對產品的保鮮愈好。

最近在有關園產品採集後處理技術方面，預冷的觀念愈來愈被重視。何謂“預冷”、其對蔬菜保鮮有何重要性、以及如何有效的來操作預冷技術，將是本文想要探討及介紹的。

貳、淺談預冷

“預冷”，顧名思義是預先冷卻，最早預冷是指產品在裝運前預先冷卻，以防止產品在運輸期間因高溫引起產品敗壞發生。但發展至今，預冷的意義乃泛指農園產品在運輸、冷藏或加工前所採用的一種將產品本身所含田間熱及累積的呼吸熱除去，使產品快速降溫的處理措施。預冷在時間上是有限制的，通常需時數日的冷卻作業不能稱為預冷；一般而言，預冷的冷卻速率要快，應在數十分鐘或數小時內完成，以掌握保鮮時效。

1、預冷之重要性

(1) 去除田間熱

田間熱是指產品自田間採收後至產品冷卻達到其最低的安全儲藏溫度，二者間熱含量之差值。田間熱來自收穫時產品的溫度、採收

後田間曝曬、以及產品在冷卻之前高呼吸作用釋放出較多的熱量。園產品採收後的品溫對產品的品質有直接的影響，尤其是對於一些極易敗壞的產品，僅延後數小時降溫，可能造成一些品質上的損失，例如甜玉米的糖度下降，竹筍的纖維化。所以迅速去除田間熱可以保持良好品質。

（2）減緩失水率

園產品組織富含水份，約佔鮮果重量之 80%，許多新鮮的園產品只要喪失水份達鮮果重量的 3~5%，即出現萎凋與皺縮，嚴重地影響產品的外觀及商品價值。園產品的失水是由於水分子以氣體的狀態自產品表面散失到空氣中的結果。園產品溫度愈高，產品內部的水蒸氣便源源不斷地出氣孔、皮孔、表皮或傷口散失到空氣中。反之，園產品溫度愈低，其失水速率亦減緩。故降低園產品溫度既可減緩失水速率。

（3）降低呼吸率

採收後的園產品雖已脫離植株體或土壤，它仍舊是一個活著的器官或組織，由於失去提供能源的母株。所以只能消耗個體內部原來貯藏的養分，產生能量以維繫生命。園產品和人類一樣行呼吸作用，即將貯藏的養分如澱粉、醣類或脂肪轉化為能量，部份用來合成細胞修復所需能量，但大部份則以熱量的方式釋放出來。高溫時，園產品呼吸速率提高，相對地貯藏的養分代謝速率加快，產品容易老化、腐壞，不耐貯藏。反之，在低溫下，產品呼吸率降低，比較可以長期貯藏。例如甜玉米，在 25℃ 時，每小時每公斤產品釋放量為 282 毫克約二氧化碳，在 0℃ 時，僅釋放 30 毫克，呼吸率約為 25℃ 時的 10%。因此快速降低園產品的溫度，可以減緩呼吸速率，延長貯藏壽命。

（4）抑制病原菌繁殖

一般致使園產品腐敗之病原菌，其生長發育最適溫度恰與產品田間採收溫度相同，約 20~30℃，因此如果不迅速地將產品的溫度冷卻下來，微生物便快速地生長繁殖而使產品腐壞。低溫可以迅速殺死萌芽中的孢子，抑制菌落的生長或減緩孢子的發芽和菌絲的生長。採收後迅速降低溫度至產品所能容忍之最低溫度，是最理想的控制採收後微生物腐敗的方法。

(5) 防止乙烯造成不良的影響

乙烯是一種天然的植物荷爾蒙。所有的植物組織都只有產生乙烯的能力。尤其在果實後熟、物理傷害、環境逆境及組織老化時會產生乙烯。乙烯除了對更年性果實，可以使其食味變佳外。會造成葉片脫落、葉綠素消失、組織老化等不良影響。大多數園產品誘發乙烯作用之最適溫度在 16~21℃，配合某一特定乙烯濃度。才能激發它的作用。因此採收後將產品迅速地冷卻，並維持在適當的低溫下，可以有效地抑制乙烯所造成的不良影響。

(6) 提高經濟效益

由於預冷處理已除去園產品的田間熱，降低呼吸速率，使得隨後的運輸或貯藏僅維持低溫即可有效減輕冷藏負荷。又因入庫前已先預冷降溫，則不必考慮新、舊產品堆置的位置分隔，可提高經濟效益。

2、預冷的方式

在前面一再提到預冷作業通常需符合在短時間內處理大量產品的需求，因此預冷作業目前大都已是獨立於冷藏之外的另一項作業，而且需要一些特別的設備來完成，並在特定的空間中來實施。

目前已被實際採用的預冷方法可以分為下列幾項：**冰水預冷**、**室內風冷**、**壓差預冷**、**真空預冷**，**碎冰預冷**等，在未進一步詳述預冷方法前，

我們先來了解一下影響產品預冷時降溫速率的因素，包括以下幾項：

(1) **冷卻介質與產品間的溫度差**：冷卻介質本身的溫度愈低，或冷卻介質與產品間的溫差愈大，達到預冷所需低溫的時間愈短，冷卻速度愈快。

(2) **冷卻介質的個別吸熱特性**：

冷卻介質包括冰水、碎冰及冷空氣等，其中以冰水的吸熱效果最好，冷空氣的效果最差。

(3) **冷卻介質的流動速度**：

單位時間內有愈多的介質與產品接觸，則冷卻的速度愈快，如冰水流速，冷空氣的循環速率等。

(4) **產品與冷卻介質接觸的程度**：

冷卻產品的包裝方式如塑膠袋包裝，或開孔不足的紙箱均使預冷效率降低，空氣的流動路線也會影響產品與冷卻介質接觸的程度。

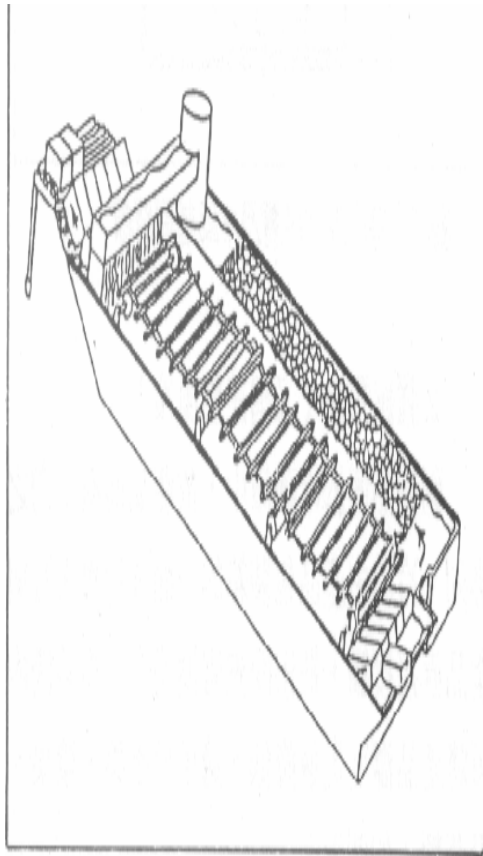
(5) **產品的形狀與體積**：

表面積大的產品如葉菜類或體積小的產品如草莓其冷卻速度愈快。

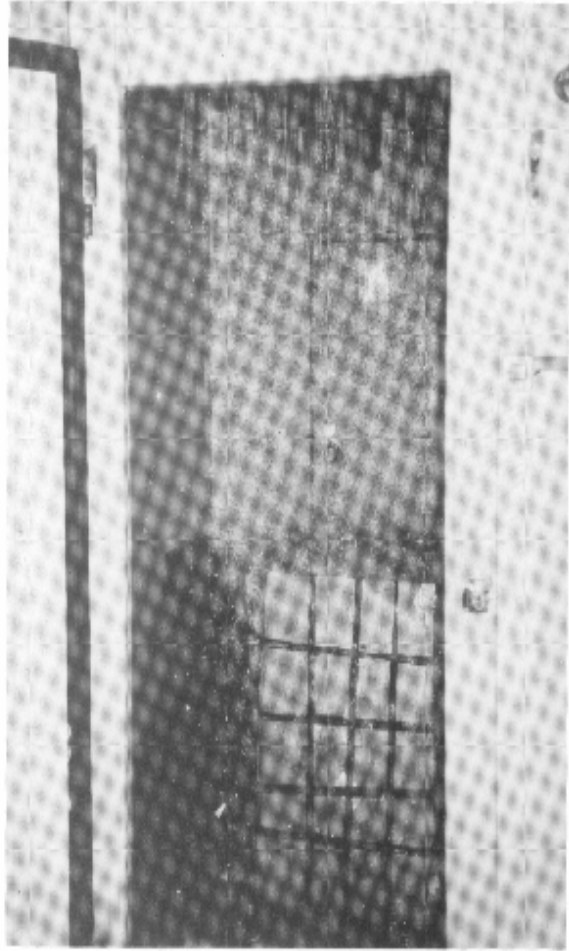
參、目前國內外常用的預冷方法介紹

1.冰水預冷

園產品浸在冰水中，或以冰水噴灑、沖淋至產品表面，以達到降溫效果的一種冷卻方法。適用於果菜類、嫩莖菜(如下圖)。



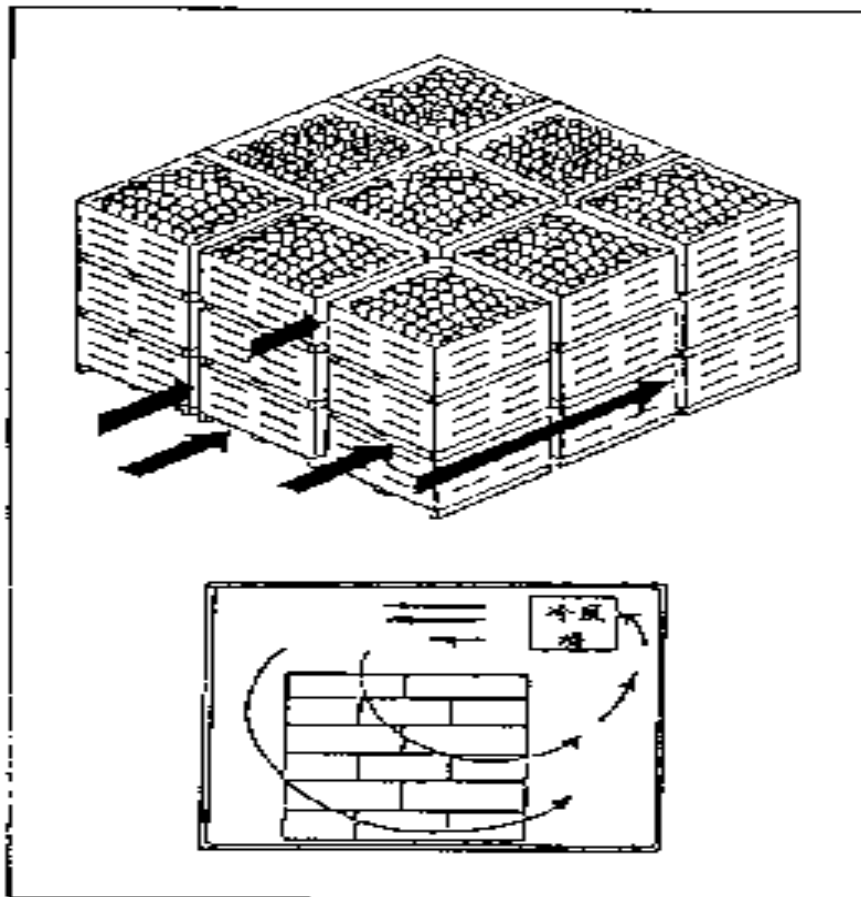
圖三、冰水預冷裝置



圖二、冰水預冷

2. 室內風冷

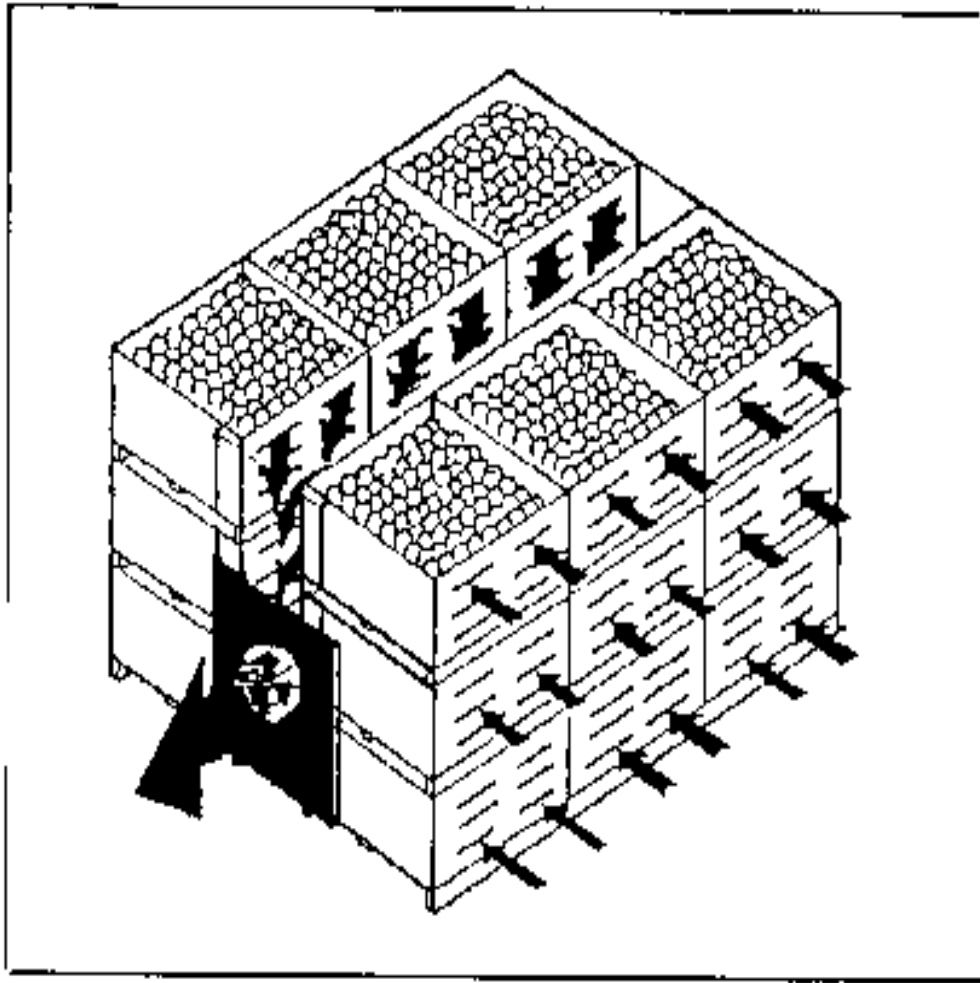
園產品置於冷藏庫中，以庫內冷空氣將田間熱置換出來，冷空氣不易進入包裝箱中，致使冷卻速度緩慢。若改善室內空氣流動的速率，有助於加速冷卻速度。適用於所有園產品(如下圖)。



圖四、室內風冷裝置及冷風循環路線

3. 強風預冷(又稱壓差風冷)

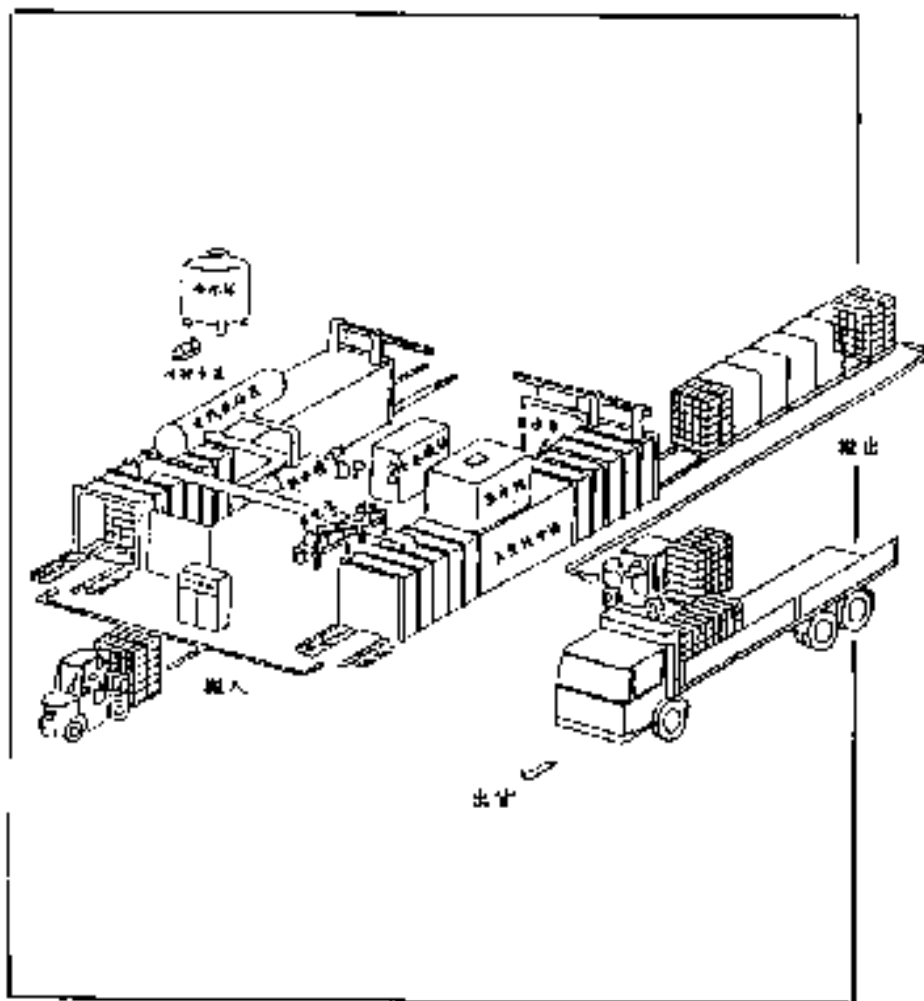
園產品置於冷藏庫中，依產品而有不同之排列。冷風由產品包裝箱的一面強迫貫入與產品直接接觸，把田間熱置換帶走。短時間內可將產品溫度迅速降低。適用於水果、漿果、果菜類(如下圖)。



圖五、強風預冷裝置

4. 真空預冷

園產品放入密閉倉體中，然後迅速將其中之空氣抽出，產品表面水份急速蒸發，致使產品溫度迅速下降。適用於葉菜類、及部份莖、花菜類(如下圖)。



圖六、真空預冷設備

5.碎冰預冷

將壓碎之冰塊撒在園產品上，或與產品一同裝在耐水之容器中，期與園產品接觸面積擴大，增加吸熱效果。適用之農園產品以能忍受冰水直接接觸，且運輸途中亦耐水者，例如青蔥、部份花菜類、根菜類莖菜類(如下圖)。



圖一、碎冰預冷

預冷方法之比較表

預冷方式	費用	設 備	預冷速率	適 用 範 圍
碎冰預冷	便宜	製 冰 機	快	青蔥、部份花菜類、根菜類、莖菜類
冰水預冷	便宜	製 冰 機	快	果菜類、嫩莖菜
室內風冷	中等	冷 藏 庫	慢	所有園產品
強風預冷	中等	強風冷藏庫	中等	水果、漿果、果菜類
真空預冷	昂貴	真 空 庫	最快	葉菜類、及部份莖、花菜類

肆、預冷方法之選擇

1. 成本

真空預冷方式之預冷效果最佳，惟成本較高。欲達到同樣預冷速率且成本低者，碎冰預冷及冰水預冷二者可以嘗試。

2. 園產品本身之特性

上述碎冰預冷及冰水預冷之預冷速率高且成本低。唯處理之園產品需耐浸泡於水中，若產品不耐水，則應考慮空氣預冷方式。

3. 需求性

園產品運輸或貯藏時間愈長者，愈需預冷。反之，僅足販售至鄰近市場則無需預冷。

伍、真空預冷的降溫原理

下圖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。



點是 100℃，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℃，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℃ 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。

1、真空預冷的優缺點

(1) 優點：

- 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 1 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。
- 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。

(2) 缺點

- 1.部分品目不適合，例如：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。

2、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、結球白菜等表面積小且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。真空冷卻設備龐大，電大消耗驚人，如能設計妥善，運作合理，應可減少投資，降低其使用成本。

3、使用真空冷卻設施，可有下列可能途徑以節約能源:

- (1) 真空室要滿載。
- (2) 冷凍系統之壓縮機在閃變點附近才開動。

- (3) 選用大小合宜、高效率之馬達。
- (4) 適量提高冷媒壓縮機之進氣壓力以提高冷媒循環之 c.o.p 值，同時，增加其真空室冷凝管熱交換面積。
- (5) 利用壓縮機冷卻過程中有 7 分鐘的空載。

研究型真空預冷機台簡介





日本(ULVAC)製造之 Booster Pump(展示品)

其抽氣速率在未加上助力幫浦（booster pump）之前一般約可達到 1200Ltr/min 以上，終極壓力可達 1Pa，加裝助力幫浦之後的抽氣速率可達，3600Ltr/min 以上，終極壓力可達 0.1Pa。魯式幫浦得轉子可分為二葉式及三葉式的設計，其特徵為一對稱且藉由定時齒輪（Timer gear）驅動的轉子，其轉速比維持在 1：1 且轉速 1400 至 4000rpm 之間，轉子與外殼之間保持一微小的間隙，由於此間隙的存在且不使用油來做封合，因此所抽除的氣體會由高壓端反流回低壓端，動態平衡後即達到終極壓力。

結語

有許多人認為預冷只是把產品浸一下冷水，或放入冷藏庫一段時間後讓溫度有稍微降低。也有些人已有很好的預冷設備，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。由於預冷處理會增加處理成本，而且如此不夠徹底的預冷做法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，不願去做或只浸一下冰水或直接放入冷藏庫一段時間，覺得已經降溫就滿意了。所以多年來國內預冷技術的發展是走走停停，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，也建立了預冷技術在國內採後處理的上重要地位。