

# 冷溫高濕貯藏的開發

——利用冷熱輻射方式貯藏庫以及負離子/臭氧混合氣體進行果實的鮮度保持

原文刊載於一丞通訊 VOL.28 1998.7.

## 1. 前言

消費者購買水果時都希望買到新鮮、嬌嫩的水果。水果的品質與鮮度有極密切的關連，如何保持鮮度，提供消費高品質的水果是目前流通貯藏極為重要的課題。曾經使用過以低溫貯藏水果的冷藏貯藏、改變庫內氣體組成的貯藏方式——CA 貯藏以及 MA 貯藏、利用從 0°C 凍結點之間溫度貯藏水果的冰溫貯藏、使用具有多功能的膠膜來包裝貯藏等等貯藏系統。

另外，貯藏水果時（除了一部份例外）需要高濕度條件，但較少利用高濕度貯藏庫。原因是濕度一旦升高，微生物就容易增殖，如此便會加速腐敗的進行。特別是濕度在 90% 以上時，腐敗情形更會急速增加。倘若使用加濕器，來濕潤水果時，想保持低溫高濕條件就更困難了。

在此所要探討的是高濕度條件到哪個程度時，會影響水果鮮度的保持？利用可保持高濕度的冷熱輻射方式貯藏庫來貯藏水果，達到調合的效果。本文針對高濕度貯藏庫從前所遭遇的問題，以及目前利用微生物防止水果腐敗的技術開發等的報告。

## 2. 利用蒸發量預測模式推斷水果的鮮度保持天數

樹上的果實利用蒸發作用推動水份以及養份，以維持正常的生理活動。但收成後水果中水份的蒸散以及生理反應等研究實例卻非常少。然而收成後的水果依然進行著蒸發、呼吸、以及乙烯生成等生理反應。另外，水果的水份減少直接影響重量，降低原有的品質之外，代表新鮮度的張力與光澤都消失不見，並且出現皺紋等現象。故蒸發量被認為與水果新鮮度有極密切的關係，而開發改良水果新鮮度的保持技術以及水果的貯藏性評估技術，都必須從水果的蒸發量開始分析。但是蒸發與水果種類、環境因素都有極複雜的關係，從前僅針對蒸發和溫度，蒸發和濕度等單一因素間的關係來分析，故無法充份了解其性質。目前研究水果的蒸發量，已開發出可以預測水果抵抗、氣溫、相對濕度、風速等因素的模式，貯藏水果的蒸發量 E 如（1）式所示。

$$E = \frac{A(1 - RH / 100)x(t)}{\gamma_f + 170\sqrt{d/v}} \quad (1)$$

E：蒸發量 (g/sec)，A：水果表面積 (m<sup>2</sup>)，RH：相對濕度 (%)。

X (t)：在氣溫 t (°C) 下，飽和時的絕對溫度 (g/m)

$\gamma_f$ ：果皮抵抗 (sec/m)

d：水果的直徑 (m)

v：風速 (m/sec，v < 0.01 時，則 v = 0.01)

測定(1)式中各項目，首先求得水果的果皮抵抗值。桃子的果皮抵抗值大概為300sec/m，而梨為5000sec/m，蘋果為20000sec/m。果皮抵抗值大的水果而言，風速的增減與否對蒸發量的變化較少；果皮抵抗值小的水果而言，風速一旦增加，立即促進蒸發量，風速與蒸發量成正比(圖1)。其次是溫度與蒸發量的關係，溫度一旦上昇，蒸發量亦會線性提高。在(圖2(上圖))中果皮抵抗值較小的桃子，其蒸發量明顯增加，而果皮抵抗值較大的蘋果，隨著溫度的上昇，但蒸發量卻沒有極顯著的變化。另外，可推斷水果蒸發量和相對濕度的關係，如桃子代表果皮抵抗值小的水果(500sec/m)，相對濕度一旦增加，蒸發量則快速地減少。而蘋果代表果皮抵抗值大的水果(20000sec/m)，相對濕度即使很高，蒸發量也沒有變少(圖3(1))。日本梨等水果(果皮抵抗值為5000sec/m)的蒸發量很接近蘋果。從以上的結果得知，桃子等果皮抵抗值小的水果，在低溫高濕的條件下可抑制蒸發量。

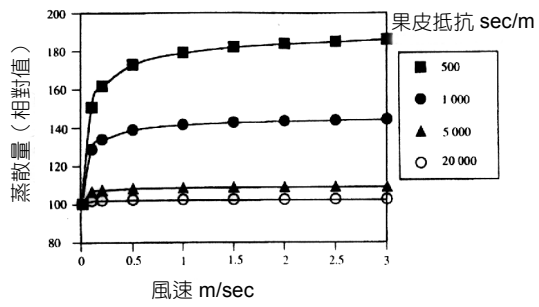
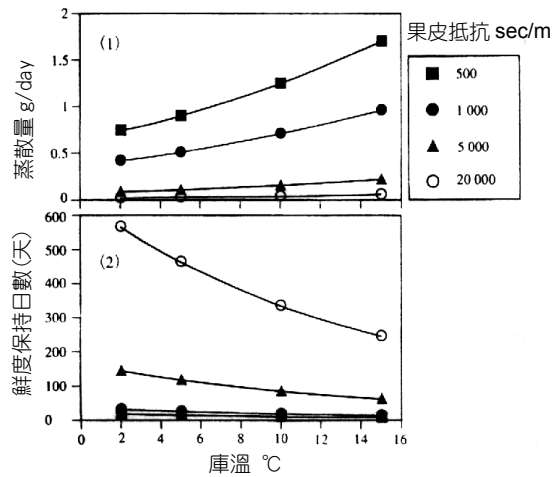


圖1 風速與果皮阻抗對儲藏果實蒸散量的影響



果重 270g，相對溼度 95%，風速 0.1m/sec  
鮮度保持天數是水果減少 5%重量時的天數。

圖2 庫溫與果皮阻抗對儲藏果實蒸發量和鮮度保持天數的影響

接下來討論使用蒸發量預測模式，檢討水果的鮮度保持天數。樽谷等研究人員以水果重量減少5%時的標準作為貯藏界限，同樣以5%減量作為劣化指標，調查鮮度保持天數和相對濕度的關係。將水果重量減少5%時的天數視為鮮度保持天數S，S如(2)式所示：

$$S = 5.79 \times 10^{-7} \frac{W \left( \gamma_f + 170 \sqrt{d/v} \right)}{A(1 - RH/100)x(t)} \quad (2)$$

- A：水果表面積 (m<sup>2</sup>)，RH：相對濕度 (%)
- $\chi(t)$ ：在氣溫 t (°C) 下，飽和時的絕對濕度 (g/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_f$ ：果皮抵抗 (sec/m)，d：水果的直徑 (m)
- v：風速 (m/sec，v < 0.01 時，v = 0.01)
- S：鮮度保持天數 (日)
- W：水果重 (W)

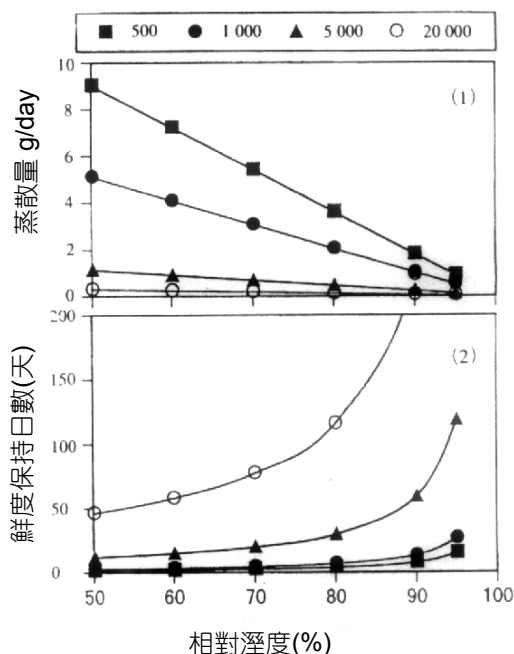
結果，相對濕度變高，鮮度保持天數亦增加（圖 3 (2)）。特別是相對濕度超過 90 % 時，鮮度保持天數增加得非常明顯。而與溫度的關係圖中，似乎在低溫下才能增加鮮度保持天數（圖 2 (2)）。

從以上模式實驗中得知，濕度變高，則水果的鮮度保持天數亦會提高，故期望引進能夠維持高濕度的冷熱輻射方式貯藏庫於果樹試驗場中，進行水果鮮度保持效果的各項檢討。

### 3. 冷熱輻射方式貯藏庫的特徵

冷熱輻射方式貯藏庫的主要特徵是使用冷卻器將循環於貯藏庫內壁面的冷媒冷卻下來，因庫內壁整體都被冷卻，故沒有除霜的必要性。庫內整體都均勻地被冷卻，相對濕度保持在 95% 以上，如此便能防止水果的蒸發（圖 4）。從前的冷藏庫是屬於冷氣對流方式貯藏庫，利用冷卻風扇將貯藏庫內的冷風循環冷卻。空氣中的水份進入冷卻器之後，溫度會降至 0°C 以下，而循環風中的水分在冷卻器表面結霜，將庫內的水分除卻，相對濕度即會降低，從水果中減少的水分会變大。具有冷熱輻射方式貯藏庫的低溫高濕條件，先透過預測模式計算，對水果的鮮度保持極有幫助。

果皮阻抗 sec/m



果重 270g，相對濕度 95%，風速 0.1m/sec  
鮮度保持天數是水果減少 5%重量時的天數。

圖 3 溼度與果皮阻抗對儲藏果實蒸發量和鮮度保持天數的影響

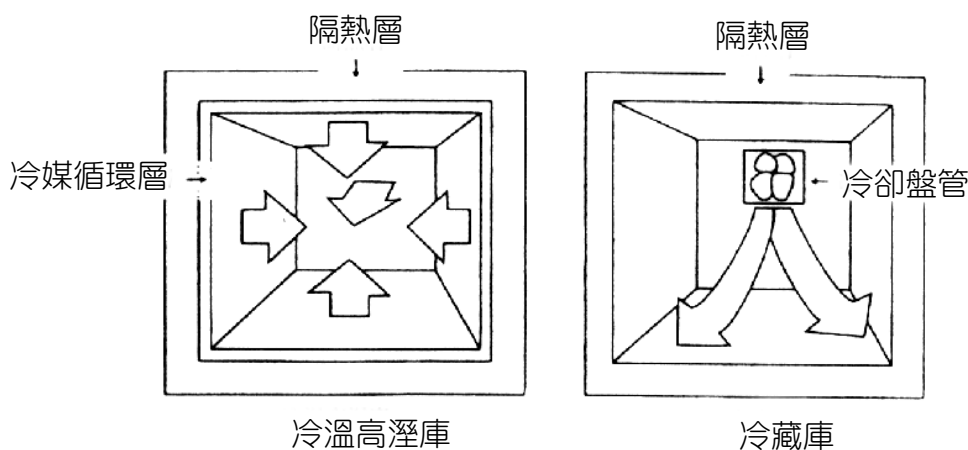


圖 4 冷熱輻射方式（冷溫高溼庫）與冷氣對流方式（冷藏庫）之原理示意圖

## 4. 冷熱輻射方式貯藏庫的鮮度保持效果

### (1) 貯藏庫內的溫度和濕度

先設定冷熱輻射方式貯藏庫的溫度為 0°C，而冷藏庫的溫度為 5°C。冷溫高濕庫的庫內溫度安定性較佳（圖 5）。冷藏庫的濕度在 80~90% 之間移動，而冷溫高濕庫的濕度變動不大，都保持在 95%。

### (2) 梅子的貯藏

日本岩田等研究人員發現梅子若貯藏在低溫下，就可以抑制黃化、軟化現象。低溫傷害大多發生在 5°C 左右，可以使用聚乙烯袋將水果密封起來，如此便可防範傷害。適逢收穫期採收的梅子"劍先"先貯藏約 1 個月，在冷藏庫內（貯藏溫度為 5°C）減少約 25% 的重量，幾乎所有的水果開始腐爛時，就會被認為喪失商品性（圖 6）。而在冷溫高濕庫內的水果，重量變化不大，品質可保持與貯藏前的狀態一樣。結果，當利用冷藏庫貯藏梅子時，因果實被脫水而發生低溫傷害，若採用冷溫高濕庫貯藏梅子，就可以防範傷害（圖 7）。梅子果實與矽膠一起置於容器中密閉貯藏，而矽膠的量隨著腐敗、軟化或者褐變的發生程度而改變。有無發生腐敗、軟化現象的乙烯發生量，一致認為沒有多大的差別。梅子發生腐敗、軟化以及褐變現象，與蒸發作用的脫水有關。在高濕度的條件下，即使沒有使用聚乙烯袋包裝，亦可以防範梅子的低溫傷害。

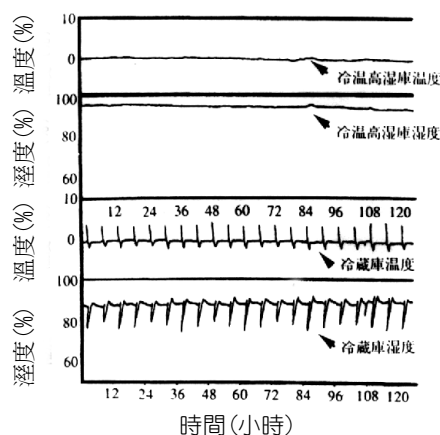


圖 5 冷熱輻射方式和冷氣對流方式之庫溫和濕度（設定為 0°C）

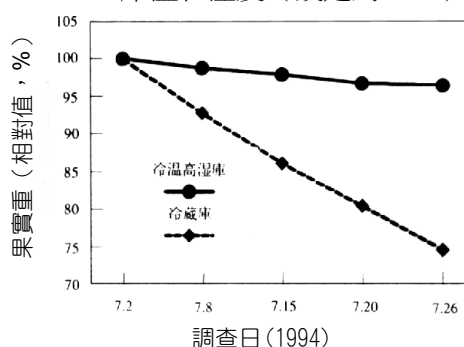


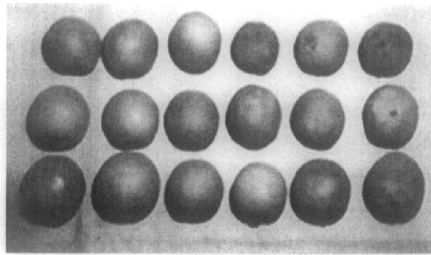
圖 6 儲藏中"劍先"梅子的果實重量變化

### (3) 葡萄的貯藏

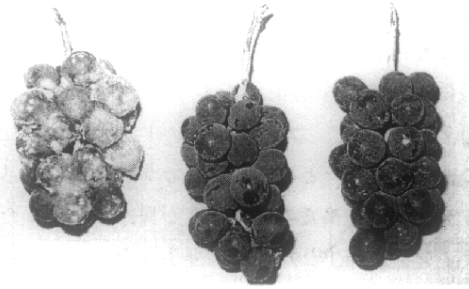
在冷藏庫內（設定溫度為 5°C）貯藏約 1 個月後，果實重量約減少 6% 左右，而在冷溫高濕庫中幾乎沒有任何改變（圖 8）。葡萄果梗和穗軸呈現綠色的程度通常是左右消費者購買的要因。至今為保有新鮮的果梗色澤，利用覆蓋分段覆膜（paragraph film）的方式或者個別包裝的方法，作為保持鮮度最有效的方法。

接下來討論在設定可維持高濕度的 5°C 冷溫高濕庫中，對"巨峰"葡萄鮮度的保持效果。葡萄保存在冷藏庫中約 1 週之後，軸部位完全褐變，而在冷溫高濕庫中卻仍保有綠色（圖 9）。但果梗切斷部位的褐變程度卻差別不大，貯藏在冷藏庫中的葡萄，大多是從果梗和穗軸表面蒸發而產生損害，形成褐變現象。而貯藏在冷溫高濕庫中的"巨峰"葡萄比在冷藏庫中的葡萄，其商品期限

可延長 2~3 倍。猜想若貯藏在 0°C 下，可維持長時間的鮮度。



左 3 列：冷溫高溼庫，右 3 列：冷藏庫  
圖 7 儲藏 1 個月後的“劍先”梅子



左：乙烯樹脂包裝區 中、右：雙硫醇類包裝區

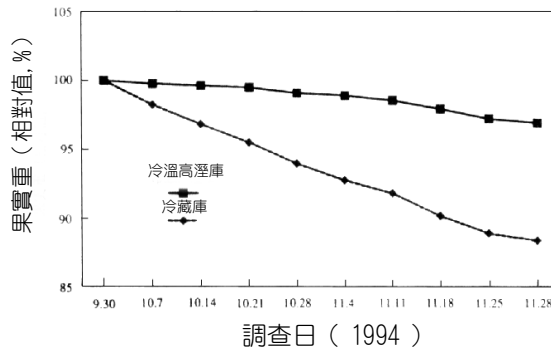


圖 8 儲藏中“巨峰”葡萄果實之重量變化

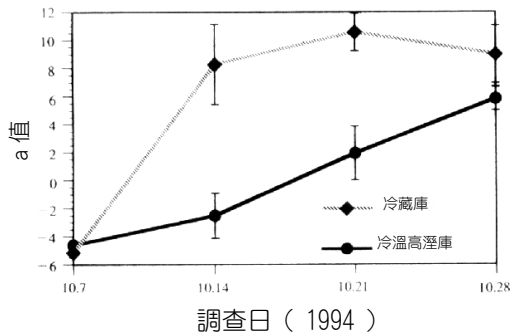
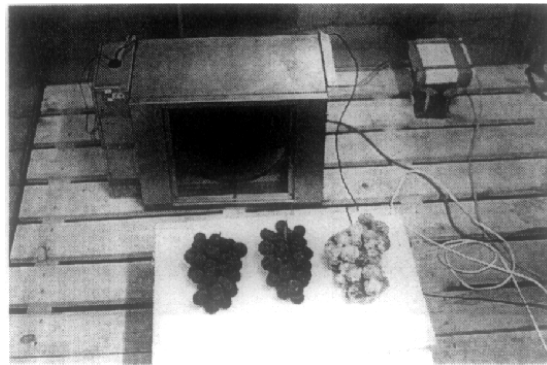


圖 9 儲藏中“巨峰”葡萄果梗色 a 值之變化

圖 10 利用冷溫高溼庫和雙硫醇紙類儲藏 3 個月後的“巨峰”葡萄



左、中：經過負離子/臭氧混合氣體處理的果實  
右：乙烯樹脂包裝區  
內：負離子/臭氧混合氣體發生裝置

圖 11 在負離子/臭氧混合氣體發生裝置與冷溫高溼庫內長期儲藏的“巨峰”葡萄

#### (4) 桃子、蘋果、日本梨的貯藏

除了針對梅子、葡萄等落葉果樹進行檢討。同時比較桃子、蘋果、日本梨減少的重量。在冷溫高溼庫中果實重量幾乎沒有改變，然而，貯藏在冷藏庫約 1 個月之後，桃子約減少 30%，日本梨約減少 8%，蘋果約減少 2%。隨著果實的種類不同，減少率和果皮抵抗值亦大不相同。直接由生產農家送達市場，並貯藏於冷溫高溼庫中的“拂曉”桃子，即使數量有限但可維持高達 30 天以上的商品性。由市場購買的蘋果貯藏約 1 個月之後，進行調查其食用的美味程度，貯藏在冷藏庫中的果實具有極微量的酯臭，肉質稍微軟化，美味程度略遜一籌。而貯藏於冷溫高溼庫中的果實略帶酸味，但肉質沒有問題。

## 5. 開發防霉技術

貯藏在高濕度的貯藏庫中，最容易產生霉菌。即使在冷溫高濕庫中亦不例外，伊庭等研究人員調查濕度和果實腐敗的關係。發現濕度在 95% 以上時，腐敗進行地十分快速。利用防霉材料以及負離子/臭氧混合氣體檢討防菌和防霉技術。

### (1) 利用含有雙硫醇的紙類來防霉

冷溫高濕庫確實具有保持果實鮮度的效果，但卻比冷藏庫更容易發生霉菌利用可以防霉的雙硫醇 (SHR-250) 的紙類，覆蓋在"巨峰"葡萄上，貯藏在 0°C 的冷溫高濕庫中，結果，可貯藏 3 個月以上不會發生霉菌，並可保持鮮度 (圖 10)。而利用銀沸石的膠膜袋貯藏"巨峰"葡萄的防霉效果卻不及雙硫醇的紙類。但是雙硫醇紙類對桃子卻沒有任何效果。若單獨使用冷溫高濕庫時，必須做好有效的防霉措施。

### (2) 利用負離子/臭氧混合氣體來防霉

使用雙硫醇紙類確實可以防止葡萄發生霉菌，但對於桃子卻不見效果，故必須開發更有效的果實防霉法。日本農林水產省果樹試驗場與日本三菱電機有限公司先端技術綜合研究所，共同研發利用負離子和臭氧的混合氣體來預防果實發霉的技術。

在高濕度條件下使用臭氧，會立即進行直接放電，受到空氣中水份的影響，臭氧的發生效率會降低，故通常採用將外氣臭氧化之後，再裝入庫內的方法。因臭氧發的生量直接受外氣濕度影響且不容易安定，防菌效果也不明確。而且導入外氣會改變庫內的濕度環境，導致很難維持高濕度條件。但是在高濕度環境條件下，可以很安定地利用負離子，故在冷溫高濕庫中設置產生負離子 ( $5 \times 10^4$  個/cm<sup>3</sup>) 和臭氧 (50ppb：依照日本的作業環境基準為 100ppb 以下，環境基準作為光化學氧化劑，每小時值定訂為 60ppb 以下) 的裝置。貯藏葡萄、桃子等容易發霉的果實，利用 50ppb 低濃度的臭氧量和  $5 \times 10^4$  個/cm<sup>3</sup> 高濃度的負離子，即有顯著的防霉效果 (圖 11)。測定庫內空氣中全部的細菌數和酵母、霉菌的數量，確實具有極高的制菌效果。與使用在食品殺菌中的臭氧濃度 (500ppb 以上) 作比較，僅僅只要 1/10 的低濃度，就可以防止霉菌的發生。目前正積極研發長期連續性地製造臭氧和負離子，是否可以增強效果，並檢討各種臭氧和負離子的防霉效果。近年來著手開發研究 HACCP 等安全對策技術，利用負離子/臭氧混合氣體發生裝置，在由原料到流通加工過程中，對於防範微生物污染的效果。

### (3) 發生霉菌的原因和說明

霉菌或者不完全菌的孢子在果實表面孳生，從表面破損部位進入，發生局部性的病變，然後擴大到周圍其他的組織。霉和細菌都喜好在高濕度的場所孳生、繁殖。因果實的 PH 值很低 (PH2.5~PH5.0)，細菌較不容易進入侵蝕，故貯藏果實僅須顧慮防霉對策。

另外，剛收成的果實對微生物較具有抵抗性，像桃子經過幾天後也不易腐敗。水是發生霉菌最重要的因素，濕度一旦高達 90% 以上時，水的穿透性更會快速提昇，水穿透性高的桃子貯藏在高濕度環境下，果實表面立刻呈現濕潤狀態，表示極容易產生霉菌。故霉菌不僅從表面破損部位進入，果實表面的水份和果實表面構造等都是產生霉菌的要因。

## 6. 總結

冷熱輻射方式貯藏庫（冷溫高濕庫「冰藏庫」）的溫度安定性非常良好，並且可常保庫內高濕度的狀態（濕度在 95% 左右，溫度在 0~10℃的範圍）。然而，負離子/臭氧混合氣體裝置，在低溫、高濕的條件下可以連續運轉 1 年以上。從本實驗中得知，在低溫高濕條件下，葡萄的果梗或穗軸都能維持綠色，並且抑制梅子低溫損害的效果極佳，桃子可貯藏 1 個月以上，防霉效果甚佳。組合冷溫高濕庫和負離子/臭氧混合氣體的貯藏方法，可長期維持果實的鮮度。利用聚乙烯等膠膜來包裝水果，可以抑制水果的蒸發作用，已被廣泛利用，若採將用冷溫高濕庫則可貯藏大量的水果，節省膠膜包裝的成本。

由蒸發量來判定水果的鮮度，和貯藏庫，高濕度環境等問題，一併成爲防霉對策的 3 個重點。這是此次介紹的新型冷溫高濕貯藏法。今後預定推動蒸發和乙烯之間關係的研究，以及水的比例影響水果老化現象。