蘆筍保鮮

Effect of Post-harvest Handling on Quality of Asparagus

吳　碧　鏗

by

B. K. Wu

前　言

在以採摘果實或打獵、撈魚做爲食物的時代，人類食生活非常簡單，自採收或屠殺至消費這一段所經過的時間很短，很少有考慮保鮮之必要。但隨文明進步，人類食生活也愈來愈複雜、愈豐富，而人類食物之生產也愈來愈專業化。隨都市之發達食品產地離消費者之距離愈來愈遠。於此，生鮮食物之保鮮成爲一極重要的問題。如何保持生鮮食物在長距離的流通過程中品質不劣化，如何保持鮮度長久使食物鮮銷時期延長，對生產者、消費者均有極大關係。

由於食品工業之發展，現在可以用冷凍或罐頭等方法長久保存食品不壞，但這並不意味着保鮮並不重要。因只有由鮮度好的原料，始能製成品質良好之成品。許多農作物，其採收適期集中，工廠往往無法即時處理完畢，需要貯藏一段時間，而有的工廠由於其他用料或人工關係設廠離產地較遠，故原料之保鮮在工廠也不可忽視。蘆筍爲臺灣主要外銷加工用農作物之一。尤其臺灣氣溫較高，鮮度較易低落，對於保鮮更需要注意。下面就一般蔬果採收後之生理作用及有關蘆筍保鮮試驗資料等稍加介紹，以供業者參考。

採收後蔬果之生理作用

蔬果一旦被採收下來，與母株分離後，水分、礦物或其他有機物質之正常供應立即被切斷，以致再也不會由二氧化碳及水合成有機物質，但已形成有機物之代謝、水分之蒸發等作用仍在繼續進行。水分之蒸發引起脫水、凋萎而減低其商品價值。採收後蔬果之最主要的代謝作用是呼吸作用。蔬果因此而消耗其所蓄積之有機物，引起成分變化。這些作用之強弱依植物之種類或器官之不同而異。種子、球根等一般都很慢，但如蘆筍等正在生長者則很快，往往可以呼吸速率之快慢來預測蔬果之貯藏性。

影響呼吸作用快慢之主要因素爲溫度及氧和二氧化碳濃度。溫度在 5 ～ 20°C 範圍時，蔬果之呼吸作用是溫度愈高愈快，而高於此溫度時逐漸減緩其增快速度。溫度高低對於速度之影響可以溫度係數（Thermal coefficient）Q_{10} 表示之。一般蔬果呼吸作用之 Q_{10} 爲 2 左右。蘆筍約爲 2 ～ 4。空氣中氧含量約爲 21％，二氧化碳約 0.3％，但細胞間隙內氣體中氧含量只有 15％左右，而二氧化碳 5％左右，因此氧容易進去，二氧化碳容易逸出。如果將蔬果周圍空氣的組成加以改變，例如將其氧含量減低，二氧化碳含量增加，也可以使其呼吸作用減慢。但氧含量過低時引起嫌氣性呼吸作用，產生乙醇及乙醛（Acetaldehyde），而二氧化碳含量過高時將引起組織之損傷。在密閉空間貯藏蔬果時，由於呼吸作用之進行，室內二氧化碳含量會逐漸增高，氧氣含量逐漸減少，故適當的換氣調節氣體組成分比率尤屬重要。但如果最初就能使蔬果貯藏於氧和二氧化碳組成之比例調節適當的空間時，可以控制其呼吸速率。如能再配以低溫貯藏，可以延長蔬果之貯藏時間。

水分之損失與環境空氣之相對濕度有密切關係。在植物體內，水蒸汽壓幾乎是飽和狀態，故環境空氣之相對濕度愈低，水分之蒸發愈快。在相對濕度 100％的空氣下，理論上應該沒有水分蒸發發生，但濕度

本文原載于食品工業第五卷第六期

高時微生物繁殖問題可能變爲嚴重。因此，一般蔬果貯藏環境之濕度都應該保持比飽和低一點。相對濕度又因溫度不同而變化，故溫度高低又會影響到水分蒸發之快慢。溫度高時體內水蒸汽壓因此而提高，但空氣的相對濕度反而會降低。將未經預冷處理的蔬果裝入冷藏庫時，由於品溫仍高，體內水蒸汽壓大，故設若冷藏庫內濕度亦高，在裝入初期仍有相當的水分蒸發出去。

以植物的生長器官做爲食物者，例如蘆筍、竹筍等，採收後除上述兩種主要作用外，最初一段時間，在有水分存在下仍然繼續其生長作用，增加長度，同時消耗其所蓄積的成分合成表皮細胞物質，包括木質素（Lignin）在內。碳水化合物亦將起變化（青豌豆採收後很快地消耗其所存蔗糖，變成不甜）。不但總量會變，而往往糖類之比例，例如蔗糖、葡萄糖及果糖之比例，亦有所改變。（Duckworth,1965）Scott 等（1949）認爲蘆筍中維他命C的含量，隨貯藏溫度之昇高及時間之延長而減少，故可能做爲鮮度判斷之依據。Kramer等（1949）報告稱，維他命C與鮮度有密切關係，但與風味、加工後成品品質無顯著相關。

保鮮方法

1.降溫：

降溫是蔬果保鮮之一個很有效的途徑。與品質劣化有關的生活作用、蒸發作用及微生物之爲害等等都隨溫度之降低而有效的被抑制。一般蔬果之呼吸作用溫度係數與其他作用相似約在2左右，則在15°C能保存商品價值2天的話，在5°C可保存4天左右，而在25°C 1天以內就會損傷其商品價值。冷却蔬果除降低顯熱及考慮熱損失外，應考慮其呼吸熱。降低顯熱所需冷凍能力有Guillou(1960)之表可參考。

連續冷却所需冷凍能力（1小時內冷却1噸農作物所需冷凍噸數）

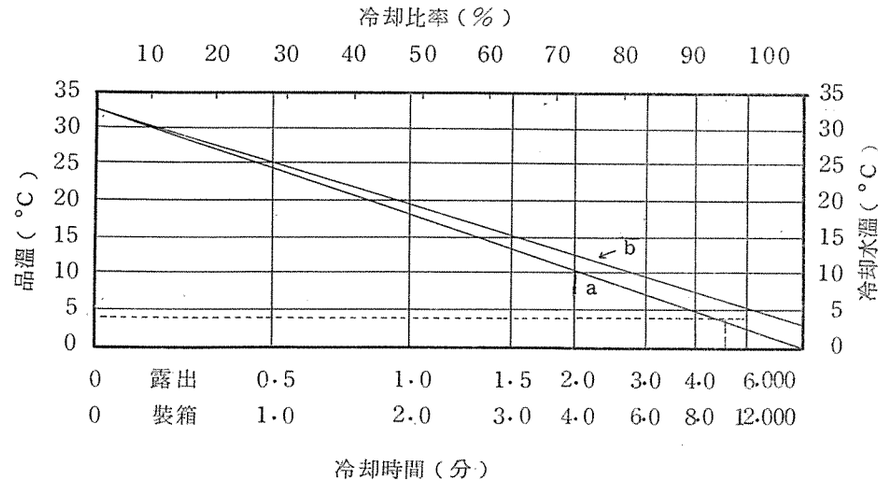
冷凍有效利用率		0.5（保溫不良）	0.65	0.85（保溫良好）
降低溫度數（°F）	70	22	17	14
	60	19	14	12
	50	16	12	10
	40	12	10	8
	30	9	7	6
	20	6	5	4

1分子葡萄糖分解時放出674卡熱量而其大部分以呼吸熱放出體外。吸取1噸蘆筍在不同溫度下所發出呼吸熱所需冷凍能力如下：（Guillou,1960）。

溫度	80°F	70°F	60°F	50°F	40°F
冷凍噸	0.50	0.39	0.24	0.15	0.05

在呼吸作用非常旺盛的蔬果，例如蘆筍（呼吸速度271mg CO_2/kg. hr.）之保鮮，儘快去除其蓄熱（Field Heat）非常重要。這種蔬果之預冷（Precooling）有空氣冷却法（Air-cooling）、冷水冷却法（Hydro-cooling）、碎氷冷却法（Top-icing）或眞空冷却法（Vacuum-cooling）等方法被應用。空氣冷却法較爲衛生，操作容易，溫濕度及氣體組成分亦容易控制，但除了用強風循環，其冷却速度一般都較爲緩慢，不適合於呼吸作用旺盛者。有人作桃子冷藏試驗時，發現放入冷藏庫後推中心桃子中心溫度達0°C需時1星期。

冷水冷却法之冷却速度很快，適合於蘆筍、芹菜等之預冷（但不適合於抱子甘藍、花菜等之預冷，因腐敗率較高）。Stewert（1963）提出估計降低蔬果溫度所需時間的簡便計算法。附圖是預測蘆筍冷却所需時間或降低溫度用的列線算圖（Nomograph），直線a、b是使用例子。設裝箱蘆筍芽溫度爲32.2°C，冷却水溫度爲0.6°C則連結這兩點劃成直線a，可由直線a可以讀出要使該蘆筍芽溫度降至4.4°C需時7分鐘。假定所用冷却水的水溫爲2.8°C則連結左邊品溫32.2°C的點及右邊冷却水溫2.8°C的點得直線b。由直線b可知要品溫降至4.4°C需時12分，而一方面如果冷却4分後品溫只降到10.6°C。



該列線算圖是根據蘆筍5束重量6.8kg 在冷水流量11.3 ℓ/min 的冷却條件下其半冷却期間（Half cooling time）爲2分左右之資料劃成的。（也可以用計算方法：$\text{Log}\frac{t-t_0}{t_1-t_0}=C\times\theta$，但C爲冷却係數（Cooling Coefficient）t_1爲初溫，t_0爲水溫，t爲冷却θ小時後的品溫。半冷却期間常被用於表示冷却速度之快慢，是溫度比 $\frac{t-t_0}{t_1-t_0}=0.5$所需時間，一般以Z表示之）。

碎氷冷却法其冷却速度似不很快。Melon 上面放碎氷再從上面以電扇吹風，結果其Z爲3小時。則品溫t_1爲29.4°C，循環空氣溫度t_0爲6.7°C時3小時後降爲$29.4-\frac{1}{2}\times(29.4-6.7)=18.2$℃，再經3小時（則6小時後）將降爲$18.2-\frac{1}{2}\times(18.2-6.7)=12.4$°C。可能可應用於運輸中保持低溫而不適合於預冷用。碎氷1噸之體積約爲1.4m³，而蘆筍1噸之融氷量爲Z爲24小時時0.6噸，12小時時0.3噸，4小時時0.1噸，1小時時0.02噸。

眞空冷却法是依照氣壓愈低水之沸點愈低之原理，在眞空度4.6mm 水銀柱（此時水之沸點爲0°C）下保持20分鐘左右讓蔬果水分蒸發奪取蒸發潛熱（水分蒸發1 kg 奪取600 Kcal）來冷却蔬果之方法。最近在加拿大被推薦使用於洋菇之冷藏前處理，但似不太適合於蘆筍。理論上重量損失1%可降溫5.5℃。Barger（1963）對於蘆筍試驗結果，初溫19.4°C，在眞空下保持20分後品溫爲10.0°C，重量損失1.5%，初溫20.6°C，眞空處理30分後溫度降爲8.3°C，重量損失2.3%（中馬豐1968）。

蔬果鮮度保持用冷藏溫度應該在不低於凍結點範圍，愈低愈好。一般蔬果之凍結點在－1～－2°C。蘆筍爲－1.2°C。因冷藏庫內溫度波動之控制不易，對於蘆筍芽實用的冷藏溫度，國際冷凍協會推薦的溫度爲0～5°C。

2.水分保持：

低溫以外，水分之保持對於蘆筍之保鮮也很重要。Wiley 等（1956）曾經做如下不同處理比較其對

於蘆筍嫩度之影響。（冷藏溫度 35～40°F）

ⓐ浸於 1°C 的水 6 分鐘後把切口浸於水中冷藏。

ⓑ浸於 1°C 的水 6 分鐘後裝箱冷藏。

ⓒ不浸水，把切口浸於水中冷藏。

ⓓ不浸水，裝箱冷藏。

結果顯示，預冷處理之效果不顯著，但冷藏中把切口浸水與否（即裝箱），其嫩度有顯著差異。截壓值，前者減低 0.11％，後者增加 0.24％。臺灣北部綠竹筍採收後至在小販販賣時爲止一直都浸在水中，從保鮮觀點看似不無道理。

組織之木質化變粗硬，在生長快速的幼莖是爲防止折斷應有的生理作用。維管束管壁增厚並逐漸會有木質素沉積於其中，使維管束變爲纖維樣組織，而使有粗硬之感覺。此種纖維化是由基部向尖端，由外向內方向進行。一般老株，缺少氮肥、水分之土壤或收穫末期及病蟲害較多的嫩度較差。採收後蘆筍幼莖仍在繼續生長。其生長速度與溫度之關係如下：（澤田，1960 樽谷隆之，1969）。單位：cm

筍芽長度 ＼ 溫度	0°C	5°C	10°C	15°C	野外
0～5cm	0.014	0.037	0.548	1.163	1.214
5～20 cm	0.012	0.132	0.969	2.980	3.257
20～100cm	0.033	0.133	1.158	5.162	6.369

由此可知溫度對於生長之影響很大。在 5°C 以下低溫下幾乎沒有生長。

蘆筍基部浸於水中雖對於嫩度之保持有效，但浸漬過久時對風味似有不利影響，又實際操作上仍有困難，故較實用的方法還是保持環境濕度高爲適宜。以 85～90％相對濕度爲適當。濕度過高時微生物之爲害較爲嚴重。低溫對於蒸發作用及微生物之爲害也有抑制效果。在 21°C 貯藏 2 天重量損失 5.5％，但在 0°C 貯藏 6 天後只有 3.5％之重量損失。一般蔬菜重量損失越過 5％則失去其原有之光澤，開始有萎凋現象。水果之保鮮，常常以塗蠟法來防止水分之蒸發。

3. 環境氣體組成分之改變

最近很多使用塑膠袋包裝蔬菜以期防止水分之蒸發，同時使袋內氣體組成分改變以資延長其貯藏生命。但實際上很難兩者兼顧。一般袋子雖可以有效的控制水分的蒸發，但無法控制袋內氣體組成分並對於微生物之繁殖有利。往往因呼吸作用而致二氧化碳含量超過引起二氧化碳障害之高限。高壓 PE 可適當通氣但不透水。爲兼顧這些問題，日本最近發明所謂Mari-pack 的方法，以塑膠袋控制袋內氣體成分而以加裝吸濕紙方法控制濕度。必要時可以在吸濕紙之不與食品接觸一面塗上防腐劑減輕由微生物繁殖之腐敗作用。PE 以 20μ厚的爲適當，但因強度問題一般用 30μ以上的。此時要適當加以穿孔以增加其透氣性。二氧化碳含量應在 10 ％以下。他們就蘆筍試驗結果，在常溫下如此包裝可以保鮮 2 天，適合於北海道空運至東京（長谷川，1970 ）。美國生銷用蘆筍都以塑膠袋將其基部包紮。

4. 生長控制劑之使用

曾經有不少人企圖使用合成的生長控制劑改變蔬果之生理作用。在鳳梨的冷藏，Parachlorophenoxyacetic acid（簡寫CPA）可以減少腐敗率並保存較多的維他命C。Maleic-hydrazide 可用於抑制洋蔥之發芽。

我們曾經把白蘆筍切口浸於木糖（Xylose 1％），Mg － EDTA（0.05％）及蔗糖（1％）等溶液觀察其對於筍芽組織硬化之影響。在 2～4°C，相對濕度 85～90％冷藏庫貯藏 5 天後製罐，再經貯藏（27°C）1 個月後開罐評品結果沒有發現有顯著的保存嫩度效果（與浸漬於水者相比），却對於風味

有不利影響，似不適合用於蘆筍之保鮮（吳等，1973）。

加工用蘆筍原料(在台灣)之最適當保鮮方法

由上面之討論已知應該如何保鮮蘆筍幼芽。但爲明瞭臺灣蘆筍罐頭廠對於原料之保鮮所採用的幾個方法是否有意義，我們曾經使用L_{27}（3^{13}）的直交表實驗計劃法做了一些保鮮試驗（吳等，1973）。將採收至交貨（處理）時間（4、8、12 小時）配在第一行，在檢收場的原料處理方法（乾放、浸在水中、浸在氷水中）配在第二行，其處理時間（2、4、6小時）配在第五行，搬運中之處理（乾運，切口部份放在濕布墊上，低溫）配在第九行，搬運時間（2、3.5、5小時）配在第十行，在工廠冷藏庫貯藏方法（開放、裝於ＰＥ袋、ＰＥ袋加舊報紙）配在第十二行，貯藏溫度（2.5、12.5、22.5°C）配在第十三行，於貯藏 24、36、48、72 及 96 小時後分別裝罐比較品質統計分析之。

採收至交貨所經過時間對於成品嫩度有顯著的影響，當以愈早愈好。採收 4 小時以後每延長 4 小時都有顯著的嫩度劣化現象。在檢收站檢收後應儘快浸水或冷氷水降低品溫爲佳。就綠蘆筍之試驗結果在浸在氷水中時數分鐘後品溫就會降至 4°C以下。把筍芽浸在水中對於組織之纖維化之緩和雖有效，但除非水溫低，否則浸漬過久對於風味會有不良影響。經預冷處理時，搬運時間如果不越過 5 小時似不必使用冷凍車或其他多餘的處理。到廠後原料當然應儘快冷藏。如果冷藏溫度不超過 4～5°C，貯藏 96 小時（約 4 天）尚可做爲製罐（剝皮的）用原料。冷藏中以薄的ＰＥ包裝或少開冷藏庫的門爲佳。反過來講，各種保鮮處理中對於成品有影響的是貯藏溫度及時間，對於嫩度，除此而外採收至交貨處理時間也有影響。對於風味有再多二個影響因子，則原料浸水時間及在冷藏庫內之貯藏方法——應儘量避免裸露。

綠蘆筍罐頭一般都不剝皮，因其組織比白的幼嫩不必剝皮。如果採收後 16 小時內，也就是採收當天很早能處理完畢的話，在臺灣氣候下仍似不必太考慮保鮮法。在此範圍貯藏溫度無太大影響。但如果能採收後快速降低品溫，貯藏於低溫（4°C 以下），多濕（相對濕度 85～90％）處可以延長其加工適性，採收後 36 小時仍可供做加工原料（吳等，1971）。

參考文獻

(1)吳碧鏗、李榮輝、劉廷英、張炳揚、張桂林（1973）：白蘆筍保鮮，食品工業發展研究所研究報告第 41 號，1 月。

(2)吳碧鏗、李榮輝、鍾忠勇、賴金華、孫進生（1971）：臺灣產綠蘆筍之冷凍與製罐 I. 綠蘆筍採收後之品質變化。食品工業發展研究所研究報告第十號，3 月。

(3)中馬豐（1968）:ブレクーリソグ 導入における問題點（上）エアクーリング（日本）食品工業 11（(20),68～87;（中）ハイドロクーリング（日本）食品工業 11(22),60～72；（下）バキユームクーリング(日本）食品工業 11（24),70～88。

(4)長谷川久（1970）：マリバツクの果菜類鮮度保持への利用〔Ⅰ〕（日本）食品工業 13(12),73～79;〔Ⅴ〕（日本）食品工業 13(20)91～92。

(5)樽谷隆之（1969）：生體食品（上）青果物の特性（日本）食品工業 12(14)89～96;（下）青果物の特性（日本）食品工業 12(16),65～72。

(6)Barger, W. R. (1963): Factors affecting temperature reduction and weight loss in vacuum cooled lettuce. M. R. R. No. 469. April.

(7)Duckworth, R. B.(1965):„Fruit and Vegetables Chapter 3. Physiology" P. 63-94, Pargamon Press, Sydney.

(8)Guillou, R.（1960）: Coolers for fruits and vegetables. Calif. Exp. Sta. Bulletin 773, Univ. of Calif., July.

(9) Scott, L. E. and Kramer, A. (1949): Physiological changes in asparagus after harvest. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 54, 357-366

(10) Stewart, J. K. and Couey, H. M. (1963): Hydrocooling vegetables. A practical guide to predicting final temperatures and cooling times. M. R. R. No. 637, Dec.

(11) Wiley, R. C., Elehwaney, N., Kramer, A. and Hager, F. J. (1956): The shear-press-An instrument for measuring the quality of foods. IV. Application to asparagus. Food Technol., 10 (9) , 439-443.