

貯藏溫度對麻竹(*Dendrocalamus latiflorus* Munro) 品質之影響

劉惠菱¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：麻竹筍、貯藏溫度、品質、PPO、POD、PAL、粗纖維

摘要：麻竹筍(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)採收後在常溫下呼吸作用高、產生大量乙烯及品質劣變快速。本試驗中麻竹筍採收後呼吸率及乙烯產生量隨著貯藏溫度增加而有上升趨勢，並且以 1°C、3°C、6°C 貯藏時外觀顏色的褐化面積較少、硬度較低、木質化及褐化相關酵素活性較低、粗纖維含量較少之結果，但在 1°C 及 3°C 貯藏 19 天時有寒害症狀的表現。因此麻竹筍貯藏溫度建議以 6°C 較佳約有 19 天貯藏壽命。

前 言

麻竹筍(*Dendrocalamus latiflorus* Munro)屬於禾本科多年生常綠單子葉植物，依據台灣農業統計(2007)，全省竹筍栽培面積約在 27,993 公頃，其中麻竹筍約有 16,800 公頃，以台中縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣低海拔丘陵區為主要栽培地區。麻竹筍為台灣夏季主要蔬菜之一，產期集中於 6~9 月，具有味道清新、鮮美，營養豐富等特色(吳和歐，2003)。

呼吸作用是園產品採收後為維持生命及提供能量的重要代謝作用，並且可以作為生理活性及貯藏壽命的指標之一(Mathooko, 1996)。Hardenburg 等人 (1986) 指出呼吸作用主要會受外在因子如光、化學、水分、貯藏溫度、外界氣體成分等或內在因素如發育階段、品種特性等之影響。一般而言，貯藏器官如堅果、塊莖具有較低的呼吸速率，營養組織附有生長點或是花菜類如蘆筍、竹筍、花椰菜具有較高呼吸率。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

依據 Van.t Hoff 定率，當外界溫度在 0~30°C 時，每提高 10°C 會促進呼吸作用上升 2~3 倍，此溫度係數稱為 Q10。因此將綠竹筍貯藏在 20°C 下時呼吸率會較貯藏在 2°C 下高出了 8.5 倍(Kleinhenz *et al.*, 2000)；而由綠竹筍的呼吸率在採收後 4~6 小時為最高，並且隨著貯藏時間的延長，呼吸速率開始下降(余等，2007)，此類的園產品採收後品質迅速下降，櫥架壽命短。

貯藏溫度的高低也會影響乙烯的產生量，孟竹筍貯藏在 20°C 下 24 小時後乙烯產生量開始增加，而以 1°C 貯藏則是貯藏 9 天後乙烯產生量才有些微增加(Matsui *et al.*, 2005)。

除此之外在顏色的表現上也與溫度息息相關，蘆筍採收後未經任何處理貯藏在 2.5°C 下 6 天再移至 25°C 1 天，蘆筍尖端會有花青素的生合成，形成很深的紫羅蘭色(Anastasios *et al.*, 2005；Siomos *et al.*, 2001)。而竹筍在採收後極容易褐變(陳，2006)，特別是放置在 20°C 下時，在貯藏 3 天後由於基部顏色褐化程度嚴重，會導致色相角值過低無法準確判斷顏色，而在 1°C 貯藏可以延緩褐化表現達 9 天之久(Matsui *et al.*, 2005)。

而竹筍上質地是與其硬度的表現相關，質地包括口感中的軟硬、脆韌、粗細、多汁或乾粉、爽口程度等，是竹筍品質的重要依據之一。影響採收後硬度的變化因素有很多，貯藏溫度是其中一項因子，貯藏在 2°C 下 30 天的竹筍硬度在貯藏後較原本增加了 17.4%，而以 20°C 貯藏 12 天則是會較原本增加了 26.3%(Luo *et al.*, 2008a)。因此本試驗探討麻竹筍貯藏溫度與品質的關係及得到麻竹筍最適合之貯藏溫度。

材料與方法

一、材料來源與試驗方法

試驗材料取自台中縣太平市麻竹筍栽培區，並於當日早晨採收後未經清洗即裝箱迅速送達實驗室。

本試驗分成 2 次採樣，第一次為 97 年 5 月 21 日，第二次為 97 年 5 月 30 日。試驗所使用的材料先經過清洗及筍基切面(筍面)再次切除，並且挑選筍身及筍面無受傷之麻竹筍作為試驗材料；第一次試驗貯藏溫度為 1、5、10、15、20°C，將材料放置在容量 45L 的壓克力箱內，通入加濕的空氣使濕度維持近 100% RH，於貯藏後 1、3、5 天取出調查。第二次的貯藏溫度為 1、3、6°C，材料選擇及貯藏方式與第一次採樣相同，並於貯藏 5、10、19 天後取出調查。兩次試驗中每處理為 3 重複，每重複一支竹筍。

二、調查項目與方法

1. 基部切面顏色之測定

在待測麻竹筍基部以色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku 出品，Model NR-3000)測定 H 值，每一麻竹筍測定一點。H 值為以 $\tan^{-1}(b/a)$ 計算出的色相角度(Hue angle)，表示顏色色相之變化，色相角度 0 度為紅色-紫色(red-purple)，90 度為黃色(yellow)，

180 度為藍色-綠色(bluish-green)，270 度為藍色(blue)。

2. 硬度之測定

將麻竹筍由基部算起每隔 5cm 切段，每一麻竹筍切成三段，並將每段以硬度計 (Penetrometer, F327)測單位面積內穿刺麻竹筍所需最大重量，每段筍塊測量一點，將所測得之三點平均代表麻竹筍整體硬度。讀取單位為 kg/cm^2 ，並將讀值換算為牛頓力(N)，作為表示硬度之單位。

3. 呼吸率及乙烯產生量

將待測的麻竹筍稱重後，置入已知體積(8L)的呼吸缸中密閉 1 小時，再以塑膠針筒抽取缸內氣體約 25ml，並由此塑膠針筒中分別抽取 1ml 分析二氧化碳及乙烯濃度，二氧化碳以紅外線二氧化碳分析儀分析(IR-analysis, Maihak, UNOR610)，乙烯以氣相層析儀分析(gas chromatograph, Shimadzu. Model GC-8A-FID)，再換算為速率，單位分別以 $\text{ml CO}_2/\text{kg}/\text{hr}$ 及 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg}/\text{hr}$ 表示。

4. 總酚類化合物之測定

依 Keith 等人(1958)之方法，先將麻竹筍由基部算起每隔 5cm 切段，每一麻竹筍取三段，並由每段取麻竹筍 1g 新鮮筍塊加少許海砂與 5ml 0.1M 磷酸緩衝液(pH 7.0)於研鉢內，冰浴研磨後倒入 12ml 高速離心管，在 4°C 下以 $20000\times g$ 離心 20 分鐘，過濾後取上清液加入去離子水稀釋至適當倍數取 1ml，加 0.1ml Folin-Cio-Calteu's phenol reagent(Merck)與 0.2ml 20% Na_2CO_3 及 8.7ml 去離子水，混和均勻後於沸水浴中加熱 3 分鐘，冷卻後以分光光度計(spectrophotometer, Hitachi U-2000)測在 600nm 之吸收值。標準曲線以 100ppm caffeic acid 配製，單位以 mg/gFW 表示。並將所測得的三個值平均代表整支麻竹筍總酚類化合物含量。

5. 多酚氧化酵素之測定

依 Lee 和 Smith(1979)之方法，先將麻竹筍由基部算起每隔 5cm 切段，每一麻竹筍取三段，並由每段取麻竹筍稱取 2g 之新鮮筍塊加少許海砂與 5ml 之 0.1M 磷酸緩衝液(pH 7.0，含 1% PVP 及 0.25% Triton)置於研鉢內，冰浴研磨後倒入 12ml 高速離心管中，在 4°C 下以 $20000\times g$ 離心 20 分鐘，過濾後取上清液在冰浴中備用。活性測定時取 1.9ml 之 0.1M 磷酸緩衝液(pH 8.0)，加入 0.2ml 之 0.5M Catechol，最後加入 0.1ml 之酵素抽出液，迅速混合均勻後，以分光光度計(Shimadzu UV-200S)及記錄器(Recorder)記錄在 420nm 波長下反應初期(0-60 秒)吸收值的變化。單位以 $\Delta A_{410}/\text{min}/\text{g.FW}$ 表示。並將所測得的三個值平均代表整支麻竹筍多酚氧化酵素活性。

6. 過氧化酵素之測定

依 Guaiacol(Johnson and Cunningham, 1972)之方法，先將麻竹筍由基部算起每隔 5cm 切段，每一麻竹筍取三段，並由每段取麻竹筍稱取 2g 之新鮮筍塊加少許海砂與 5ml 0.1M 磷酸緩衝液(pH 7.0)置於研鉢中，冰浴研磨後倒入 12ml 高速離心管，在 4°C 下以 $20000\times g$ 離心 20 分鐘，過濾後取上清液在冰浴中備用。分析時，依序取 2ml 含有 $3.6\times 10^{-3}\text{M}$ Guaiacol

緩衝液(100ml 0.1M 磷酸緩衝液加入 0.04ml 之 guaiacol, pH 6.0), 0.1ml 去離子水, 0.2ml 0.0135M H₂O₂, 以及 0.1ml 酵素萃取液, 迅速混合後, 放入分光光度計(Shimadzu UV-200S)測在 470nm 波長下反應初期(0-60 秒)吸收值的變化。單位以 $\Delta A_{470}/\text{min}/\text{gFW}$ 表示。並將所測得的三個值平均代表整支麻竹筍過氧化酵素活性。

7. 苯丙胺酸脫氨裂解酶之測定

依 Cheng 及 Breen(1991)之分析方法, 先將麻竹筍由基部算起每隔 5cm 切段, 每一麻竹筍取三段, 並由每段取麻竹筍稱取 2g 加少許海砂與 5ml 0.1N 硼酸緩衝液(pH 8.8, 含 2mM EDTA 及 2-mercaptoethanol)置於研鉢中, 冰浴研磨後, 1°C 下以 100rpm 震盪 1 小時。再於 4°C 下以 20000xg 離心 20 分鐘, 過濾後取上清液加入 0.1N 硼酸緩衝液適當稀釋後取 0.1ml 加入 2.9ml 60mM L-phenylalanine 混合均勻後於 40°C 反應 1 小時, 反應後加入 0.1ml 6N 鹽酸終止反應, 以分光光度計(spectrophotometer, Hitachi U-2000)測定在 290nm 波長下吸收值之變化, 標準曲線以 10ppm t-cinnamic acid 配製, 單位以 mg t-cinnamic acid/hr/gFW 表示。並將所測得的三個值平均代表整支麻竹筍苯丙胺酸脫氨裂解酶活性。

8. 粗纖維之測定

依 Van Soest(1967)之分析方法, 秤取 5g 樣品以濾袋包裝, 並記錄單純濾袋重量(W1), 加入樣品後紀錄濾袋與樣品的總和重量(W2), 並將袋口封好放置在消化槽上, 並加入酸洗液藥劑, 使其蓋過樣品並攪拌及加熱至 100°C 1 小時。之後以 100°C 清洗樣品 3 次每次 5 分鐘, 再將濾袋擠乾放入燒杯中浸泡丙酮 3~5 分鐘, 並待丙酮揮發後放入 100°C 烘箱 4 小時後取出稱重(W3)。

計算公式 = $(W3-W1)/(W2-W1) \times 100\%$

酸洗液配製: 取 CTAB (cetyl trimethylammonium bromide) 200 克與 96% 硫酸 280 ml 定量至 10 L。

9. 統計分析

數據分析採用 Duncan's 分析其信賴區間 5% 之顯著性。

結果與討論

一、貯藏溫度對麻竹筍呼吸率及乙烯產生量之影響

竹筍採收後隨著貯藏溫度提高乙烯產生量會增加(表 1), 所有處理組在貯藏 1 天時乙烯產生量為最高, 並且以 15 及 20°C 貯藏者在貯藏 1 天時乙烯產生量明顯高於其他組別, 之後乙烯產生量開始下降, 但在貯藏 5 天時 15 及 20°C 貯藏者乙烯產生量卻有上升的表現, 推測可能是因為此時麻竹筍有腐爛的產生, 因此造成乙烯產生量較貯藏 3 天時要高。而以 1、5、10°C 貯藏者則是能減緩麻竹筍乙烯產生量。在呼吸率方面, 較高溫度貯藏者呼吸率較高, 並在貯藏 1 天時呼吸率為最高, 之後開始下降(表 2)。

園產品採收後溫度會影響產品各種生化反應的速率，在產品貯藏之適當溫度時，若溫度每增加 10°C，其生化反應即增加 2~3 倍，損壞率亦增加 2~3 倍，也會影響乙烯的效應，降低氧氣吸收及增加二氧化碳產生，影響呼吸率(Kader, 1987)。因此由結果可以得知，呼吸率在 15°C 貯藏 1 天時較 5°C 貯藏 1 天高出約 1.8 倍，貯藏 5 天時高出約 3.2 倍；乙烯產生量的結果更加明顯，15°C 貯藏 1 天時較 5°C 貯藏 1 天高出約 9.1 倍，貯藏 5 天時高出約 18 倍(表 1-2)。這樣的結果與孟竹筍貯藏在 20°C 時乙烯快速增加相同 (Matsui *et al.*, 2005)。

表 1. 貯藏溫度對麻竹筍乙烯產生量之影響

Table 1. Effect of storage temperature on the ethylene production of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Ethylene production ($\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg-hr}$)		
	1 ^z	3	5
1°C	0.37	0.43	0.00
5°C	0.35	0.03	0.02
10°C	0.26	0.10	0.06
15°C	3.20	0.26	0.36
20°C	1.61	0.37	1.06

^z Storage time(day)

表 2. 貯藏溫度對麻竹筍呼吸率之影響

Table 2. Effect of storage temperature on the respiration rate of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Respiration rate ($\text{ml CO}_2/\text{kg-hr}$)		
	1 ^z	3	5
1°C	33.96	28.82	5.76
5°C	44.15	34.89	12.42
10°C	55.58	51.38	31.49
15°C	78.79	55.09	39.82
20°C	70.29	58.85	41.94

^zStorage time(day).

二、貯藏溫度對麻竹筍外觀及顏色之影響

麻竹筍採收時筍面色相角值為 96.7，顏色呈現淡黃色，在貯藏第 3 及第 5 天，隨著貯藏溫度的增加色相角值具有下降趨勢，15 及 20°C 貯藏者在貯藏 3 天後色相角值皆低於 80，呈現紅褐色(表 3)。而以低溫貯藏者則可以維持色相角值達 19 天。並且乙烯產生量的增加較高的組別外觀及顏色的表現較差，以 15 及 20°C 貯藏的組別在貯藏 5 天時色相角值屬於紅褐色的範圍(表 3、圖 1、2)。

在外觀上，以低溫貯藏者在貯藏 5 天後與入庫當天並無差異，但以 15 及 20°C 貯藏者竹筍基部褐化嚴重(圖 1)。若以低溫貯藏至 19 天後，依然可以維持基部顏色，沒有褐化的產生(圖 2)。但以 1 及 3°C 貯藏 19 天時，在脫去筍殼後可以發現在表面上有疑似寒害症狀的產生(圖 3)。

並且低溫(1、3、6°C)貯藏時，由於在貯藏期間呼吸率及乙烯產生量較低，因此外觀在貯藏 19 天後與採收時並無顯著差異(圖 2)。不過當貯藏 1、3°C 會有寒害症狀的發生(圖 3)。這樣的結果與孟竹筍貯藏在 20°C 時乙烯快速增加使得色相角下降、筍面褐化類似(Matsui *et al.*,2005)。

表 3. 貯藏溫度對麻竹筍筍面切口顏色色相角值之影響

Table 3. Effect of storage temperature on the hue angle of cut surface of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Hue angle			
	At harvest	1 ^z	3	5
1°C	96.7	91.0 aA ^y	91.3 aA	92.8 aA
5°C	96.7	89.6 aA	89.7 aA	91.9 aA
10°C	96.7	79.1 aA	86.1 bA	85.4 bA
15°C	96.7	87.6 aA	79.9 cB	77.9 cC
20°C	96.7	84.1 aA	77.4 dA	72.5 dA

^z Storage time(day)

^y Mean separation within column (small letters) and within row (capital letters) was by Duncan's multiple range test at 5% level.

三、貯藏溫度對麻竹筍硬度之影響

在硬度上，貯藏第 1 天時各處理間並無顯著差異，然而在貯藏第 5 天時以較高溫度貯藏者(15、20°C)硬度較高，(表 4)。以低溫貯藏者則是可以減緩此現象，試驗二中貯藏 19 天的麻竹筍硬度與剛採收下的麻竹筍並無差異，並且不論是以 1、3、6°C 貯藏，硬度表現均無差異(數據未列)。

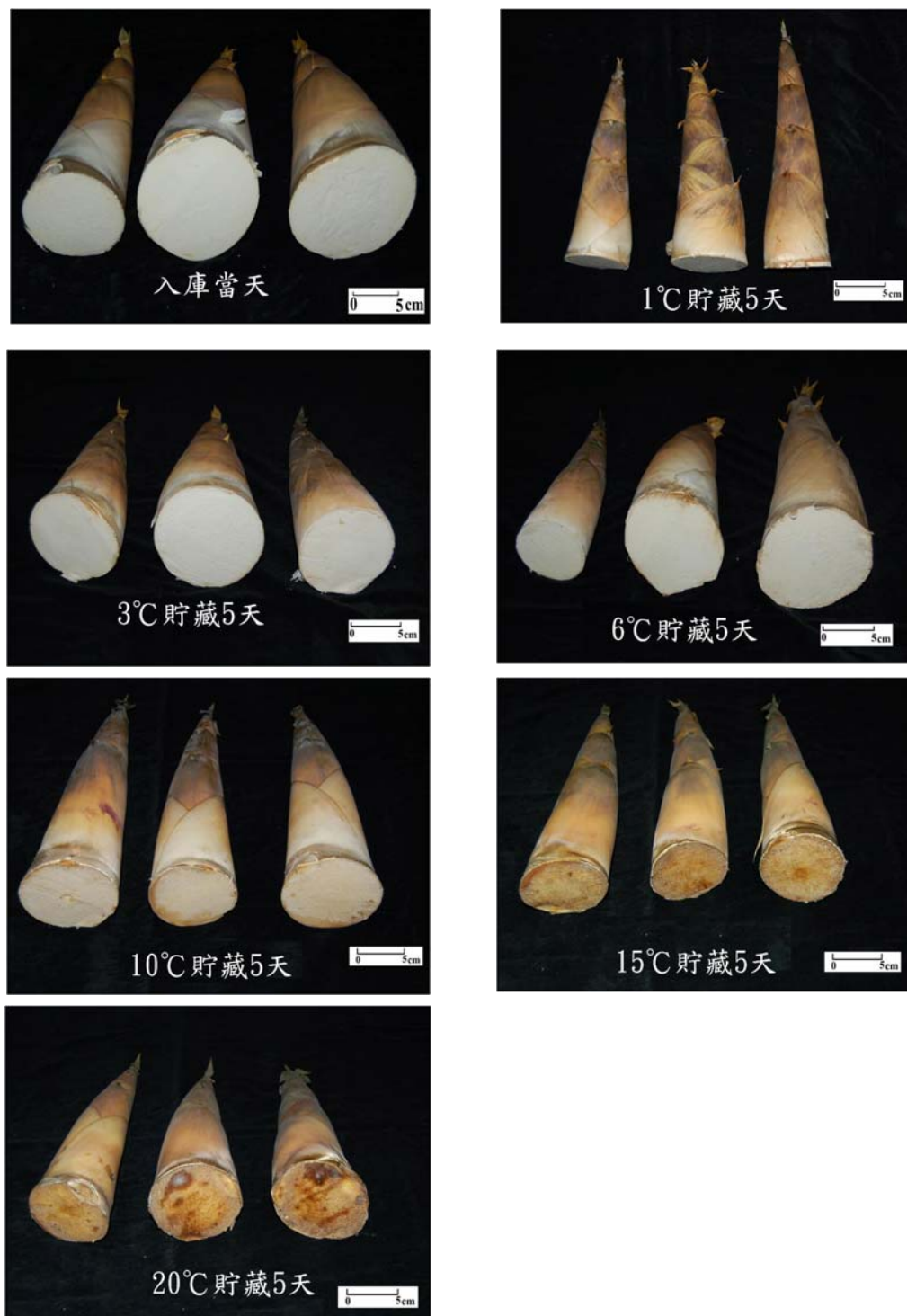


圖 1. 溫度對麻竹筍貯藏 5 天後外觀之影響

Fig. 1. Effect of storage temperature on the appearance of cut surface of bamboo shoot during storage.



圖 2. 溫度對麻竹筍貯藏 19 天後外觀之影響

Fig. 2. Effect of storage temperature on the appearance of cut surface of bamboo shoot after 19 days storage.

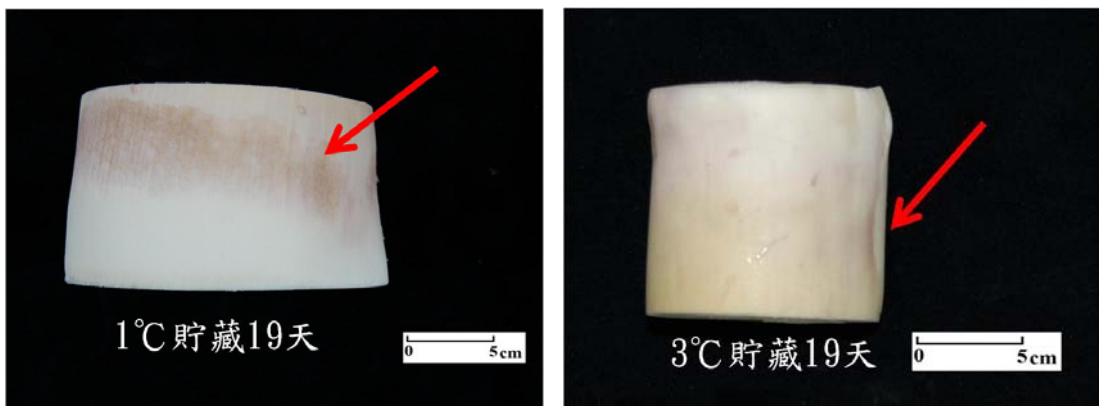


圖 3. 麻竹筍低溫貯藏後之寒害症狀(1°C 或 3°C，19 天)

Fig. 3. The chilling injury of bamboo shoots accrues after stored at 1°C or 3°C for 19 days.

乙烯產生量的增加不但會影響麻竹筍的外觀及顏色，也會影響麻竹筍硬度，試驗中以 15 及 20°C 貯藏的組別硬度高於其他組別(表 4)，這與竹筍上使用 500ppm 乙烯在 20°C 下處理 8 小時後硬度在貯藏期間會較未處理組別上升的較快結果相同(Luo *et al.*, 2008b)，因此乙烯產生量的增加會使得麻竹筍硬度上升。

四、貯藏溫度對麻竹筍木質化及褐化相關酵素活性之影響

麻竹筍採收後多酚氧化酵素 (polyphenol oxidase; PPO; EC 1.10.3.1) 活性為 $2.5 \Delta A_{410}/\text{min/g-FW}$ ，以 20°C 貯藏者在貯藏 1 天活性有上升現象，並隨著貯藏時間的增加活性越來越高，貯藏第 3 天 PPO 活性達到 $4.1 \Delta A_{410}/\text{min/g-FW}$ ；15°C 貯藏者在貯藏 1 天時 PPO 活性雖然沒有太大改變，然而仍然會隨著貯藏時間的增加 PPO 活性跟著增加。以低溫貯藏者則無 PPO 活性上升的現象，以 1 及 5°C 貯藏 5 天後 PPO 活性較原本少了一半；以 10°C 貯藏者則是與原本無顯著差異(表 5)。

在過氧化酵素 (peroxidase; POD; EC 1.11.1.7) 活性方面，各溫度貯藏者在貯藏第 1 天活性達到最高，之後隨著貯藏時間的增加而活性下降；貯藏溫度較低的組別 POD 活性較高，15 及 20°C 貯藏者活性次之(表 6)。

表 4. 貯藏溫度對麻竹筍硬度之影響

Table 4. Effect of storage temperature on the firmness of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Firmness (N)			
	At harvest	1 ^z	3	5
1°C	68.0	84.2 aA ^y	91.0 aA	83.3 abA
5°C	68.0	85.5 aA	74.1 bA	82.5 abA
10°C	68.0	82.1 aA	86.7 abA	74.5 bA
15°C	68.0	86.2 aA	103.1 aA	103.4 aA
20°C	68.0	89.4 aA	90.5 aA	89.3 abA

^{z, y} as described in table 3.

而在苯丙胺酸脫氨裂解酵素(phenylalanine ammonia lyase; PAL; EC 4.3.1.5)活性的表現上，隨著貯藏溫度的提高酵素活性跟著增加，在貯藏第 1 天及第 3 天時各處理之間有顯著差異，1°C 及 5°C 貯藏者活性最低，10、15 及 20°C 貯藏者活性最高，然而到了貯藏第 5 天各處理間 PAL 活性並無顯著差異；貯藏天數也會影響 PAL 活性之變化，隨著貯藏時間的增加，PAL 活性也會提高(表 7)。

一般而言外觀及顏色的改變與褐化相關酵素 PAL、PPO、POD 活性相關，在竹筍上 PAL 活性較低的組別褐化指數也較低(陸和孔,2004)，豆薯貯藏在 20°C 6 天時 POD 活性達

到高峰，並伴隨著表面褐化的表現(Aquion-Bolaños *et al.*, 2004)，萵苣受傷後 PPO 含量增加使得切面褐化(Degl'Innocenti *et al.*, 2005)。在本試驗中 15 及 20°C 貯藏組別 PAL 及 PPO 活性較高，並且在總酚類化合物含量也較其他組別高。因此麻竹筍上外觀及顏色褐化的增加主要是採收後乙烯產生量增加促進 PAL、PPO 活性上升，使得總酚類化合物含量增加，進而影響顏色累積使得切面褐化(表 5-8)。

除此之外，硬度較高的組別在木質化相關酵素活性也較高，試驗中 PAL 活性皆是以 15°C、20°C 貯藏組別較高(表 7)；在 POD 活性的結果上，以低溫貯藏特別是 1°C 貯藏時 POD 活性會較高溫貯藏要高(表 6)。冷子番荔枝上以 2°C 貯藏時 POD 活性會較 20°C 貯藏時要高，並伴隨寒害症狀的表現(Guillermo *et al.*, 2001)，對照麻竹筍寒害症狀可以得知低溫延長貯藏容易造成麻竹筍筍殼軟化、皺縮的表現(圖 3)。

表 5. 貯藏溫度對麻竹筍多酚氧化酵素活性之影響

Table 5. Effect of storage temperature on the polyphenol oxidase activity of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Polyphenol oxidase activity ($\Delta A_{410}/\text{min/g-FW}$)			
	At harvest	1 ^z	3	5
1°C	2.5	1.4 bA ^y	1.3 cA	1.1 bA
5°C	2.5	2.2 abA	1.5 cB	0.9 bC
10°C	2.5	2.3 aA	1.7 cA	2.5 aA
15°C	2.5	2.2 abB	2.5 bB	3.2 aA
20°C	2.5	2.7 aA	4.1 aA	3.4 aA

^{z, y} as described in table 3.

表 6. 貯藏溫度對麻竹筍過氧化酵素活性之影響

Table 6. Effect of storage temperature on the peroxidase activity of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Peroxidase activity ($\Delta A_{470}/\text{min/g-FW}$)			
	At harvest	1 ^z	3	5
1°C	14.8	20.2 aA ^y	12.6 aA	15.3 abA
5°C	14.8	17.8 aA	15.1 aA	16.1 aA
10°C	14.8	19.3 aA	11.3 aB	11.4 bB
15°C	14.8	19.6 aA	12.0 aB	14.6 abB
20°C	14.8	19.1 aA	13.4 aA	14.3 abA

^{z, y} as described in table 5.

表 7. 貯藏溫度對麻竹筍苯丙胺酸脫氨裂解酵素活性之影響

Table 7. Effect of storage temperature on the phenylalanine-amino lyase activity of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Phenylalanine-amino lyase activity(mg t-cinnamic acid/hr.g-FW)			
	At harvest	1 ^z	3	5
1°C	3.9	3.8 bC ^y	5.3 bA	5.0 aB
5°C	3.9	4.0 abB	5.2 bA	5.3 aB
10°C	3.9	4.1 aC	5.5 aA	5.2 aB
15°C	3.9	4.1 aB	5.4 abA	5.3 aA
20°C	3.9	4.2 aB	5.3 bA	5.0 aA

^z, ^y as described in table 3.

五、貯藏溫度對麻竹筍總酚類化合物含量之影響

總酚類化合物含量在各溫度處理間並無顯著差異，但會隨著貯藏時間的增加，具有下降的趨勢，剛採收的麻竹筍總酚類化合物含量為 1.00 mg/g-FW，貯藏第 5 天其值約在 0.8~0.99 mg/g-FW(表 8)。

六、貯藏溫度對麻竹筍粗纖維含量

粗纖維含量隨著貯藏溫度的增加而增加，15 及 20°C 貯藏者貯藏 1 天後粗纖維含量較採收後高出 1 倍，其值為 13.6、13.3%，在達到最大值之後開始下降(表 9)；1、5、10°C 貯藏者只較採收後高出 0.5 倍，其值分別為 9.3、9.3、10.0%，並一直維持在此範圍達 5 天。

表 8. 貯藏溫度對麻竹筍總酚類化合物含量之影響

Table 8. Effect of storage temperature on the total phenolic compound of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Total phenolic compound (mg/g-FW) ¹			
	At harvest	1 ^z	3	5
1°C	1.00	0.84 aA ^y	0.71 bA	0.90 aA
5°C	1.00	0.81 aA	0.86 abA	0.80 aA
10°C	1.00	0.99 aA	0.91 abA	0.99 aA
15°C	1.00	0.99 aA	0.95 aA	0.87 aA
20°C	1.00	0.99 aA	0.92 abA	0.96 aA

^z, ^y as described in table 3.

表 9. 貯藏溫度對麻竹筍粗纖維含量之影響

Table9. Effect of storage temperature on the crude fiber contents of bamboo shoot during storage.

Storage temperature	Crude fiber contents (%)			
	At harvest	1 ^z	3	5
1°C	6.1B	9.3bA ^y	8.6cA	6.8cB
5°C	6.1C	9.3bA	9.6bcA	8.9bB
10°C	6.1C	10.0bA	9.3bcAB	8.5bB
15°C	6.1C	13.6aA	10.4abB	11.7aAB
20°C	6.1C	13.3aA	11.1aB	12.1aAB

^z, ^y as described in table 3.

麻竹筍在 PAL 活性增加較高的處理組，粗纖維含量有較其他組別高的現象(表 9)，低溫貯藏組粗纖維含量在試驗期間維持一定，顯示低溫貯藏可降低 PAL 活性並減緩粗纖維的累積，進而使硬度較高溫貯藏者低。這樣結果與山竹果、枇杷採收後乙烯產生量增加所導致的 PAL 活性增加、木質素含量上升類似(Ketsa *et al.*,1998 ; Cai *et al.*,2006)。

綜合以上結果低溫貯藏雖然具有降低乙烯產生量及呼吸率的優點，然而此試驗中 1°C 及 3°C 由於貯藏溫度過低，容易造成寒害，較不適於麻竹筍之貯藏，以 5-6°C 貯藏可兼具降低乙烯產生量，減緩酵素活性，維持外觀及品質之優點，故麻竹筍的貯藏溫度以 6°C 較佳。

參 考 文 獻

- 吳景濤，歐陽燕。2003。素食第一名-竹筍。飲食科學 2: 25~25。
- 陳勰。2006。竹筍貯藏過程中木質素變化以及調控之研究現狀。保鮮與加工。34:8-9。
- 陸勝民、孔凡春。2004。低氧氣調包裝對去殼雷筍褐變和木質化的影響。植物生理與分子生物學學報 30: 387-392。
- Aquion-Bolaños, E. N. and E. Mercado-Silva. 2004. Effects of polyphenol oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama. Postharvest Biol. Technol. 33:275-283.
- Anastasios, S. S., G. Dimitriou, and P. Tsouvaltzis. 2005. Prestorage hot water treatments inhibit postharvest anthocyanin synthesis and retain overall quality of white asparagus spears. Postharvest Biol. Technol. 38: 160-168.

- Cai, C., C. Xu, X. Li, I. Ferguson, and K. S. Chen. 2006. Accumulation of lignin in relation to change in activities of lignification enzymes in loquat fruit flesh after harvest. *Postharvest Biol. Technol.* 40:163-169.
- Degl'Innocenti, E., L. Guidi, A. Pardossi, and F. Tognoni. 2005. Biochemical study of leaf browning in minimally processed leaves of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Acephala*). *J. Agric. Food Chem.* 53: 9980–9984.
- Guillermo, O. P. A. S. Brenda, V. Irasema, O. B. Blanca, and A. M. Miguel. 2001. Effect of temperature on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit (*Averrhoa carambola* L.). *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 287: 846-851.
- Hardenburg, R. E., A. E. Watada, and C. Y. Wang. 1986. *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks* pp. 15-21.
- Kader, A. A. 1987. Respiration and gas exchange of vegetables. J. Weichmann (ed). *Postharvest physiology of vegetables*. pp. 25-43. In: Marcel Dekker. New York and Basel.
- Ketsa, S. and S. Atantee. 1998. Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged of mangosteen fruit after impact. *Postharvest Biol. Technol.* 14:117-124.
- Luo, Z., X. Xu, and B. Yan. 2008a. Accumulation of lignin and involvement of enzymes in bamboo shoot during storage. *Eur. Food Res. Technol.* 226: 635-640.
- Luo, Z., X. Xu, and B. Yan. 2008b. Use of 1-methylcyclopropene for alleviating chilling injury and lignifications of bamboo shoot (*Phyllostachys praecox* f. *prevernalis*) during cold storage. *J. Sci. Food Agric.* 88: 151-157.
- Mathooko, M. F. 1996. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. *Postharvest Biol. Technol.* 9: 247-264.
- Matsui, T., K. Yusuke, and M. Eizou. 2005. Postharvest changes in activities of GS, ACC synthase, ACC oxidase, and PAL in bamboo shoots at different storage temperatures. *Food Preservation Sci.* 31:303-308.
- Siomos, A. S., C. C. Dogras, and E. M. Sfakiotakis. 2001. Color development in harvested white asparagus spears in relation to carbon dioxide and oxygen concentration. *Postharvest Biol. Technol.* 23: 209-214.

Effect of Storage Temperature on Quality of Bamboo Shoot (*Dendrocalamus latiflorus* Munro)

Huey-Ling Liu ¹⁾ Ching-Chang Shiesh ²⁾

Key words: Bamboo shoot, Storage temperature, Quality, PPO, POD, PAL, Crude fiber contents

Summary

Postharvest bamboo shoots (*Dendrocalamus latiflorus* Munro) are characterized by an increase in respiration and ethylene production, thus resulting in the rapid deterioration of bamboo shoots. After harvest, respiration and ethylene production in bamboo shoots increased with temperature. However, bamboo shoots stored at 1°C, 3°C, and 6°C resulted in the following: good appearance; lower firmness; decreased PPO, POD, and PAL activity; and decreased fibre content. On the other hand, storage at 1°C and 3°C caused chilling injury after 19 days. The results showed that 6°C is optimum storage temperature of bamboo shoots and the storage life could be extend to 19 days.

1) Graduate Student in MS. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
Corresponding author.