

貯運溫度與低溫檢疫對椪柑果實品質之影響

柏明禮¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：椪柑、低溫檢疫、貯運溫度

摘要：椪柑果實於低溫檢疫(1°C, 14 天)後，以貯藏於 12、15 和 18°C 下 14 天之果實具有較佳的轉色效率，a 與 a/b 值在模擬貯運結束後均轉為正，L 值、b 值與葉綠素螢光參數的變化也明顯高於其他組，而 6°C 以下的組別於貯運結束後並無顯著的變化，顯示可能受到了低溫的阻礙因而影響了轉色。回溫後各組果實仍持續進行轉色，結果仍以 12°C 以上的組別表現較好，18°C 組果實的色澤較深且偏向橘紅色。各組在全可溶性固形物、可滴定酸含量與糖酸比之間的差異不大，與處理溫度也無明顯的關聯。貯藏於 12、15 與 18°C 的組別具有硬度較低，果蒂脫落率較高的情形。

前 言

椪柑(*Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan)為台灣銷往日本販售的主要鮮果之一。由於台灣為東方果實蠅(*Bactrocera dorsalis* Hendel)疫區而日本則否，果實在輸出之前必須經過檢疫處理。日本目前所允許使用的檢疫處理為將果實貯藏在冷藏庫中，使果實中心溫度降至 1°C 且持續貯藏 14 天(劉與韓，2002)。在日本，聖誕節至元旦為水果銷售旺季，台灣外銷之椪柑多於半轉色時期採收，此時的果實外觀呈現半黃半綠的顏色，雖然有較佳的風味，外觀上仍然不如外皮完全轉為橙黃色的果實受歡迎(劉等人，2007)。果實在貯藏後仍會持續轉色，因此檢疫結束至產品送達目的地的這段期間，如何使果實擁有最佳的外觀表現，並減少低溫貯藏對其造成的傷害是鮮果外銷的目標。

本研究之目的在於觀察椪柑果實於低溫檢疫後，模擬運輸至目的地時，應貯藏於何種溫度下具有最佳的轉色效率和良好的品質。

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

材料及方法

一、試驗材料與方法

本試驗材料為嘉義縣梅山鄉所生產之椪柑，於 11/13 採收後以紙箱裝載送入實驗室，選取大小一致、無外傷之果實進行試驗。果實送回實驗室後，貯藏於 1°C 冷藏庫中 14 天進行低溫檢疫處理，處理結束後將果實分別放入 1、3、6、9、12、15、18°C 等 7 個溫度中貯藏 14 天，模擬貯運時的溫度。貯藏結束後取出置於室溫(約 25°C)回溫三天，分別於採收時、檢疫處理、模擬貯運及回溫結束後進行品質測定。每處理 20 重複，每重複一顆果實。

二、調查項目及分析方法

(一) 果皮轉色率

果實以肉眼進行轉色率之判定，分別以 1 至 4 分為標準。1=整顆果實全為深綠色或少部分呈淡黃色，轉色面積 < 25%；2=果實呈現淡綠色或淡黃色，轉色面積 25-50%；3=果實為橙黃色或少部份轉為橙紅色，轉色面積 50-75%；4=果實為橙黃或橙紅色，轉色面積 > 75%。

(二) 果實顏色之測定

在果實赤道部位取對稱之兩點，以手持式色差儀(MiniScan® XE Plus, Model 4500S)測定其色澤，所得之值包括 L、a* 和 b* 值。L(明度)代表明暗程度的變化，L 值=100 為白色，0 則為黑色，數值的變化代表其明度的增減；a* 為負值表示顏色偏綠，為正值表示顏色偏紅；b* 為負值表示顏色偏藍，為正值表示顏色偏黃。將 a* 除以 b* 即得 a*/b* 值，用以表示椪柑果皮顏色由綠色轉為橙黃或橙紅之程度。

(三) 硬度之測定

果實硬度是以 SUN SCIENTIFIC 公司的 COMPAC-100 綜合物性測定儀進行測量。將果實放置於載物台上，測量位置於果肩對稱的兩點，以壓縮、彈性的非穿刺性感壓軸下壓所需的力道代表果實硬度。測量前模式(MODE)設定為 20，擠壓深度為 10mm，載物台速度為 50cm/min，最大承受重量為 10kg。開始時放置果實的載物台向上移動，直到果實接觸到感應軸時開始計算 10mm，當感應軸下壓達 10mm 便會自動停止，此時的壓力值以 Kg 表示，作為果實硬度的判定。

(四) 全可溶性固形物

將果實切對半後，以手擠取果汁於燒杯中，並以 ATAGO 公司的 PR-32 糖度計測量果汁內全可溶性固形物的含量，單位以 °Brix 表示。

(五) 可滴定酸及糖酸比

將前(四)所述燒杯中的果汁靜置數分鐘，以定量吸管吸取 4ml 並加入 36ml 的純水，以 0.1N 之 NaOH 滴定至 pH 值 8.1 到 8.2 之間，由 NaOH 的滴定量來推算果實中檸檬酸的含量，單位以 g/100ml 表示。將糖度除以酸度所得之比值為糖酸比。

(六) 果實葉綠素螢光測定

測定前果實先進行暗馴化處理(dark adapted)，將果實以不透光的黑布覆蓋 30 分鐘，再以攜帶式葉綠素螢光分析儀(portable chlorophyll fluorometer, MiNi-PAM, Walz, Germany)測定。連接的探針利用特殊光纖(special fiberoptic 2010-F)瞬間提供飽和脈衝光，並由下列公式計算而得 PS II (photosynthesis system II)活性。Fo 為最小螢光釋放量，Fm 為螢光釋放最大值，Fv=Fm-Fo，螢光反應以 Fv/Fm 之值表示。

(七) 果蒂脫落率

以手輕撫果蒂，觀察其脫落與否，並紀錄果蒂脫落的果實占各處理間的比率。

結 果

模擬貯運後，15°C 的所有果實在外觀上已轉為橙黃色；回溫後以肉眼判斷的結果，18°C 的組別色澤有偏暗的趨勢。貯藏於 6°C 以上的組別在外觀轉色方面都有明顯轉色，其中 12、15 和 18°C 的 3 個處理，轉色率將近 75%。回溫之後除了 1°C 者變化不大之外，各組別在轉色上也有明顯的增進。結果顯示檢疫後將極柑果實貯藏於 9°C 以上將有助於轉色，以 12、15 和 18°C 具有最佳的效率(表 1)。模擬貯運後，各組 L 值的部分在檢疫處理期間持續增加，模擬運輸貯藏後以 12°C 以上的組別增加的幅度最大；回溫後以 9°C 者上升最為明顯。其餘組別分作兩部分，12、15 和 18°C 者較高，1、3 和 6°C 者較低(表 2)。

果實在檢疫處理前後 a 值的部分變化不明顯，模擬運輸貯藏後，15 和 18°C 的上升幅度最大，而 12、15 和 18°C 已由負轉正，而 1 至 6°C 的組別雖然有所上升，但仍為負值，顯示果實轉色受到了抑制(表 3)。b 值部分在模擬運輸貯藏後，9°C 以上的組別有明顯的上升，代表低溫檢疫後將極柑果實貯藏於 9°C 以上的溫度具有促進轉色的作用，回溫後則以 12°C 以上的組別上升的值最高(表 4)。在 a/b 方面，以 15 和 18°C 上升的幅度最大，回溫後 12°C 以上的組別均轉為正值，顯示 12°C 以上的處理組別其果皮顏色已逐漸褪去綠色(表 5)。各組螢光值均隨著貯藏時間的增加而降低，而模擬運輸貯藏時下降的幅度，除了 1 至 6°C 外各組間都有顯著差異，而以 3°C 為最高的組別。回溫後 1 至 6°C 仍維持 0.7 以上，15 和 18°C 最低(表 6)。

全可溶性固形物方面在模擬運輸貯藏後，各組間的差異無明顯趨勢，以 1°C 最高(9.3)。回溫後以 1、3、6、9 和 15°C 處理者較低，12°C 者最高，顯示貯藏溫度並不會影響檢疫後極柑果實之全可溶性固形物含量(表 7)。在可滴定酸含量方面，低溫檢疫前後並無明顯的差異，在模擬貯運期間，除了 1°C 與 15°C 組別外，各組均有下降的情形，但之間的變化趨勢並不明顯。回溫後各組含量均有下降，除了 1°C 組別以外，檢疫後極柑果實貯藏在高於 9°C 下，可滴定酸含量似乎有較低的趨勢。糖酸比部分，低溫檢疫前後與模擬貯運期間的變化並不明顯。回溫後各組別都有上升的情形，以 1°C 和 12°C 的組別變化最大(表 8、9)。

在檢疫處理後果實硬度有明顯下降的情形，以 15°C 的幅度最大，其餘組別之間則無顯著差異。回溫後所有組別都有上升的現象，以 6°C 和 9°C 者為最高(表 10)。在檢疫處理後少數果實有果蒂脫落的現象，模擬運輸貯藏後 1 至 9°C 沒有果蒂脫落的現象，12°C 以上的組別果蒂脫落率均大於 50%，以 18°C 的組別最高。回溫後所有組別都有果蒂脫落的情形，1 到 9°C 的組別低於 50%，其餘 3 組仍然較高，但以 12°C 的表現較好(60%)(表 11)。試驗期間並無發生果實腐爛的情形，因此無數據的呈現。

表 1. 貯運溫度與低溫檢疫對椪柑果實轉色率之影響

Table 1. Effect of transportation temperature on the peel yellow index of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	Yellow rate ^y			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	3.0	2.0	2.3 c ^z	2.4 d
3	3.0	2.0	1.9 d	2.3 d
6	3.0	2.0	2.4 c	2.9 c
9	3.0	2.0	3.1 b	3.5 b
12	3.0	2.0	3.9 a	4.0 a
15	3.0	2.0	4.0 a	4.0 a
18	3.0	2.0	4.0 a	4.0 a

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

^yYellow index: 1= yellowing area from 0 to 25%; 2= 25 to 50%; 3= 50 to 75%; 4= 75 to 100%.

表 2. 貯運溫度與低溫檢疫對椪柑果皮 L 值之影響

Table 2. Effect of transportation temperature on the peel L value of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	L value			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	40.2	42.7	43.0 cd ^z	45.7 c
3	40.2	42.7	41.6 d	45.1 c
6	40.2	42.7	44.7 c	46.1 c
9	40.2	42.7	49.8 b	53.8 b
12	40.2	42.7	57.2 a	57.9 a
15	40.2	42.7	58.7 a	58.9 a
18	40.2	42.7	58.4 a	59.5 a

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 3. 貯運溫度與低溫檢疫對極柑果皮 a* 值之影響

Table 3. Effect of transportation temperature on the peel a* value of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	a* value			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	-8.9	-8.8	-6.8 d ^z	-4.8 d
3	-8.9	-8.8	-8.5 d	-6.2 d
6	-8.9	-8.8	-6.9 d	-5.1 d
9	-8.9	-8.8	-3.4 c	3.8 c
12	-8.9	-8.8	6.2 b	14.3 b
15	-8.9	-8.8	12.3 a	15.7 ab
18	-8.9	-8.8	11.4 a	16.3 a

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 4. 貯運溫度與低溫檢疫對極柑果皮 b* 值之影響

Table 4. Effect of transportation temperature on the peel b* value of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	b* value			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	43.1	46.2	46.9 d ^z	47.6 c
3	43.1	46.2	43.2 e	47.2 c
6	43.1	46.2	47.3 d	47.9 c
9	43.1	46.2	53.5 c	59.2 b
12	43.1	46.2	64.0 b	66.7 a
15	43.1	46.2	67.9 a	65.9 a
18	43.1	46.2	64.8 b	67.3 a

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 5. 貯運溫度與低溫檢疫對椪柑果皮 a/b 值之影響

Table 5. Effect of transportation temperature on the peel a/b value of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	a/b ratio			
	At harvest	1°C -14 days	14 days transport	25°C -3 days
1	-0.22	-0.20	-0.16 d ^z	-0.11 c
3	-0.22	-0.20	-0.20 e	-0.14 c
6	-0.22	-0.20	-0.16 d	-0.12 c
9	-0.22	-0.20	-0.08 c	0.05 b
12	-0.22	-0.20	0.09 b	0.21 a
15	-0.22	-0.20	0.18 a	0.24 a
18	-0.22	-0.20	0.18 a	0.24 a

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 6. 貯運溫度與低溫檢疫對椪柑果實葉綠素螢光參數之影響

Table 6. Effect of transportation temperature on the peel Fv/Fm value of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	Fv/Fm			
	At harvest	1°C -14 days	14 days transport	25°C -3 days
1	0.784	0.771	0.732 a ^z	0.703 a
3	0.784	0.771	0.750 a	0.726 a
6	0.784	0.771	0.739 a	0.704 a
9	0.784	0.771	0.704 b	0.626 b
12	0.784	0.771	0.669 c	0.586 c
15	0.784	0.771	0.619 d	0.530 d
18	0.784	0.771	0.567 e	0.550 d

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 7. 貯運溫度與低溫檢疫對極柑果實全可溶性固形物之影響

Table 7. Effect of transportation temperature on the total soluble solid of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	Total soluble solid (° Brix)			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	9.4	9.0	9.3 a ^z	8.8 abc
3	9.4	9.0	9.1 a	8.9 abc
6	9.4	9.0	8.9 a	8.8 abc
9	9.4	9.0	8.8 a	8.6 bc
12	9.4	9.0	9.0 a	9.5 a
15	9.4	9.0	9.2 a	8.3 c
18	9.4	9.0	8.9 a	9.1 ab

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 8. 貯運溫度與低溫檢疫對極柑果實可滴定酸之影響

Table 8. Effect of transportation temperature on the titratable acidity of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	Titratable acidity(%)			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	0.69	0.67	0.67	0.52
3	0.69	0.67	0.65	0.60
6	0.69	0.67	0.61	0.59
9	0.69	0.67	0.60	0.55
12	0.69	0.67	0.65	0.53
15	0.69	0.67	0.67	0.55
18	0.69	0.67	0.62	0.58

表 9. 貯運溫度與低溫檢疫對極柑果實糖酸比之影響

Table 9. Effect of transportation temperature on the TSS/TA of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	TSS/TA			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	13.67	13.52	13.79	16.80
3	13.67	13.52	13.99	14.83
6	13.67	13.52	14.66	14.83
9	13.67	13.52	14.75	15.57
12	13.67	13.52	13.86	17.82
15	13.67	13.52	13.69	15.26
18	13.67	13.52	14.29	15.89

表 10. 貯運溫度與低溫檢疫對極柑果實硬度之影響

Table 10. Effect of transportation temperature on the firmness of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	Firmness (kg)			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	7.53	5.65	4.73 a ^z	4.83 b
3	7.53	5.65	4.86 a	4.99 ab
6	7.53	5.65	4.88 a	5.43 a
9	7.53	5.65	4.74 a	5.32 a
12	7.53	5.65	4.79 a	4.81 b
15	7.53	5.65	3.99 b	4.53 b
18	7.53	5.65	4.58 a	4.65 b

^zMean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 11. 貯運溫度與低溫檢疫對極柑果實果蒂脫落率之影響

Table 11. Effect of transportation temperature on the button abscission rate of 'Pokan' fruit.

Transporting Temperature (°C)	Button abscission rate(%)			
	At harvest	1°C-14 days	14 days transport	25°C-3 days
1	0	10	0	25
3	0	0	0	25
6	0	0	0	35
9	0	0	0	45
12	0	0	60	60
15	0	0	65	85
18	0	0	85	85

討 論

Hasegawa 和 Iba(1983)認為極柑果實在 15 到 20°C 下貯藏是最適合果實轉色的溫度，劉等人(1998a)也指出極柑果實在 15°C 下長期貯藏能最快轉為橙黃色。試驗結果顯示各組別轉色的速率在模擬運輸以及回溫後大約可分為 3 部分，以 15 及 18°C 組別最快，亮度與色澤的表現也較佳。黃與劉(2007)指出不同成熟度之極柑果實，達到轉色速率最快的貯藏溫度也不同，其中又以 12°C 組別轉色速率最快。劉等人(1998a, 1998b, 2001)指出貯藏溫度對極柑果皮的色澤有影響，在 20°C 長期貯藏的極柑果皮偏淡黃而缺乏橙紅色素，在 15°C、12.5°C 及 10°C 下貯藏均能形成深橙黃(帶紅)色，其中又以 15°C 最佳。由以上結果認為檢疫處理後，極柑果實放置在 12 至 18°C 下均能達到快速轉色的目的，其中置於 18°C 下的果實顏色較深，外觀呈色傾向橘紅色。

在全可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比與硬度部分，各組的結果與貯藏的溫度並沒有明顯的相關性，試驗中也無果實腐爛的情形。學者認為極柑貯藏於 12.5°C 下過久，部分果實會有異味產生。只要在可容許的範圍內，貯藏於 12.5 到 15°C 甚至更低溫對於風味而言是較佳的貯藏溫度(劉等，2001)。學者認為果蒂老化變褐色甚至脫落容易增加蒂腐病所引起的腐爛(Grierson *et al.*, 1986)，劉等人認為(1998, 1998a, 2001)20°C 的高溫貯藏會造成極柑果實腐爛率及失重率過高、綠蒂率也較低的情形。試驗中發現極柑果蒂脫落率以 18°C 最嚴重，可推測這些果實若經過回溫，脫落率可能比其他組別來得更高，由此可知檢疫處理可能對果實產生了影響，在回溫後導致果蒂快速老化或失水引起脫落的現象。柑橘果實主要以轉色程度作為民眾挑選的主要考量，因此考慮以上結果後，12 到 15°C 之間似乎為較佳的選擇。另外果蒂脫落的傷害，可於貯藏前使用 2,4-D 於果蒂，以維持顏色並防止脫落

的情形(劉等, 2007)。

椪柑果實若欲提早採收或外銷, 經低溫檢疫後可貯藏於 12 至 15°C 作為運輸時的溫度, 不但能達到良好轉色的效果, 也可減少乙烯在催色的使用, 增加使用上的便利性以及減少成本的消耗。

參 考 文 獻

- 劉富文、韓青秀。2002。低溫檢疫處理引起之椪柑果皮傷害。中國園藝 48: 107-115。
- 劉富文、黃祐慈、梁穎芝。2007。椪柑用乙烯催色之效果與方法。臺灣園藝 53: 395-407。
- 劉富文、王自存、潘靜慧。1998a。椪柑、桶柑及柳橙在採收季節之成熟特性。中國園藝 44: 265-273。
- 劉富文、潘靜慧、薛淑滿、洪紫馨。1998b。採收成熟度及貯藏溫度對椪柑貯藏壽命之影響。中國園藝 44: 239-253。
- 劉富文、薛淑滿、洪紫馨。2001。貯藏溫度與套袋方式對椪柑、桶柑貯藏損失及貯藏後品質之影響。中國園藝 47: 388-390。
- Grierson, W., E. Cohen, and H. Kitagawa. 1986. Degreening. p. 253-274. In: Wardowski, W. F. S. Nagy and W. Grierson (eds.). Fresh citrus fruits. AVI, Van Nostrand Co. New York.
- Hasegawa, Y. and Y. Iba. 1983. The effects of storage temperature on the quality of citrus fruit. I: Color change of the citrus peel during storing. Bull. Fruit Tree Res. Stn. B. 10: 119-128.

Effects of Transportation Temperature and Cold Quarantine on the Quality of 'Ponkan' (*Citrus reticulata* Blanco) Fruits.

Ming-Li Bo¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾

Key words: *Citrus reticulata* Blanco cv. Ponkan, Cold quarantine, Transportation temperature

Summary

After the cold quarantine treatment at 1°C for 14 days, the coloration was enhanced when the fruits were stored at 12°C, 15°C, and 18°C. Also, the changes of the L, a, b, a/b, and Fv/Fm were obviously after stimulating transportation storage and rewarming, while the fruits stored at 1°C, 3°C and 6°C showed a poor coloration on the peel. It might be inhibited under low temperature circumstances. The best result indicated on the fruits stored at 12°C, and the color of the ones stored at 18°C was darker and approaching orange after rewarming. Total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA) and TSS/TA were not affected significantly by different temperature storage, however, the results showed lower firmness and higher button abscission rate on the fruits stored at 18°C. Therefore, storing ponkan fruits at 12°C to 15°C showed better coloration and effects.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung-Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung-Hsing University. Corresponding author.

