

## 長期貯藏前後檢疫處理對極柑果實品質之影響

林峻緯<sup>1)</sup> 謝慶昌<sup>2)</sup>

關鍵字：長期貯藏、極柑、檢疫、品質

**摘要：**本試驗探討在長期貯藏前後進行檢疫處理對極柑果實品質之影響。結果顯示先進行貯藏後再行外銷低溫檢疫貯運流程，在第 6 週經低溫檢疫後回溫則會有明顯寒害腐爛情形，並隨貯藏時間延長而日益嚴重，因此可行時間僅有 4 周。若先進行低溫檢疫後再行貯藏則可延至 10 週，因之後則有較明顯之乾米與浮皮現象而降低品質，因此極柑長期貯藏之外銷流程應先進行低溫檢疫後再行貯藏較佳。

### 前 言

極柑(*Citrus reticulata* Blanco)為台灣重要經濟果樹之一，具有良好品質，是外銷日本之主要水果之一。而極柑在十一月中旬開始盛產，產品過於集中進入市場，因此常在十二月時出現供過於求，因而導致滯銷與價格低落，因此需要貯藏技術來進行調節供應(劉，2005a;李，2009)。

台灣極柑外銷至日本前須要經過檢疫處理(黃與劉，2007；陳與張，2009)。目前低溫檢疫處理為將果肉溫度降到 $\leq 1^{\circ}\text{C}$ 之後，維持在  $0^{\circ}\text{C}$  至  $1^{\circ}\text{C}$  之間 14 天(劉與韓，2002)。目前極柑船運至日本時間需經過 7 日左右之船運時間。劉等(1998b)認為極柑與桶柑貯藏的最適溫度在  $12.5\text{-}15^{\circ}\text{C}$ 。貯藏在  $20^{\circ}\text{C}$  以上會有腐爛率與失重率提高，且果色不佳之問題；而貯藏在  $10^{\circ}\text{C}$  可能會發生寒害與果肉異味。劉等(2001)指出，極柑及桶柑貯藏在  $12.5^{\circ}\text{C}$  可以減少失重並提升外觀品質，但可能導致少數果實有異味的發生。

在貯藏期間之品質變化上，劉等(2005a)研究指出，極柑、桶柑與柳橙的可溶性固形物含量在貯藏初期有些微上升，延長貯藏時間後則會緩慢下降，約三個月後下降幅度有加速趨勢。可滴定酸的含量變化上，極柑一開始下降較為緩慢，在一個月後則稍微加快速度，

---

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。

經過三個月的貯藏後只剩下採收時的四成；桶柑及柳橙兩者相似，均緩慢趨勢下降，經過五個月之後，約只剩下原始的 50%(劉等，2005a)。糖酸比變化皆為貯藏初期上升較為緩慢，而後期速度加快；其中椪柑變化速度較為快速，而桶柑與柳橙相近，上升速度相對較緩，其糖酸比的變化主要是由於酸含量的改變所造成(劉等，2005a)。

腐爛率為柑桔果實貯藏的指標之一，在椪柑在貯藏初期腐爛率相當低，但經過 3 個月的貯藏後腐爛率會明顯的上升，因此在商業上如發現腐爛率有明顯的上升時，應該停止貯藏(劉等，2005a)。在綠蒂率的變化上，由於台灣柑桔採收時皆會保留果蒂，綠蒂可做為果實新鮮的一種象徵，在貯藏過程中有些果蒂會保持綠色，有些則會褐化，綠蒂率為緩步下降但與果實內部品質無直接相關，且在外國許多的柑桔類果實並無保留果蒂，因此並無此項考慮(劉等，2005a)。

因此，本試驗目的為探討椪柑果實貯藏前或後進行低溫檢疫，與模擬外銷至日本流程對果實品質之影響與變化。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

本試驗材料來自嘉義縣梅山鄉梅山合作農場周姓果農所生產。試驗期間於 2009 年 11 月開始至隔年 3 月。取樣果實多已部分轉色，挑選果實大小相近，保有果蒂與外觀無損傷之果實進行試驗。

### 二、試驗方法

#### (一) 長期貯藏後檢疫處理對椪柑果實品質之影響

將果實送回實驗室後以甲基多保淨(Thiophanate methyl)(700 ppm) + 2,4-D(100 ppm)混合液浸泡四分鐘後，靜置 2 日晾乾，以厚約 0.03mm 的 PE 袋逐果包裝，將封口扭結後朝下放入籃中。分別於 15°C 下貯藏 2 至 18 週後，移至 1°C 冷藏庫中進行低溫檢疫處理 14 天，結束後轉入 18°C 下貯藏 1 週以模擬運輸及到貨貯藏，隨後置於 25°C 下回溫 3 天模擬貯架壽命。每處理 30 重複，每重複一顆果實。長期貯藏，低溫檢疫，模擬運輸後測定果實轉色程度與顏色指標，經過 25°C 回溫進行品質測定；並於每周挑除並統計於 15°C 下貯藏果實腐爛情形。每階段處理 30 重複，每重複 1 顆果實。

#### (二) 檢疫處理後長期貯藏對椪柑果實品質之影響

與上一個實驗相同方法處理果實後，至 1°C 冷藏庫中進行低溫檢疫處理 14 天，移至 15°C 下貯藏 0 至 16 週後，結束後轉入 18°C 下貯藏 1 週以模擬運輸及到貨貯藏，隨後置於 25°C 下回溫 3 天模擬貯架壽命。每處理 30 重複，每重複 1 顆果實。長期貯藏，模擬運輸後測定果實轉色程度與顏色指標，經過 25°C 回溫進行品質測定；並於每周挑除並統計於

15°C下貯藏果實腐爛情形。每階段處理 30 重複，每重複 1 顆果實。

### 三、調查項目與方法

#### (一) 果皮目測轉色程度

以目測對果皮進行轉色程度判定，分為 1 至 4 個等級。1 為整個果實全為綠色只有少部分淺黃斑；2 為果實以綠色為主，之中帶有明顯淡黃斑；3 為果實以黃色為主，之中帶有明顯綠斑；4 為整個果實全為黃色至帶有少數淺綠。

#### (二) 果實顏色測定

於果實赤道部分任取對稱兩點，以手持式色差儀(MiniScan® XE Plus, 4500S)測定其顏色，顏色以 L、C、H 與 a/b 值為表示。L 值為亮度，代表顏色之明暗程度變化，L 值 100 時為白色，0 時則為黑色；C 值為彩度(chroma)，數值越高表示顏色越濃；H 值為色相角(Hue angle)，0 度為紅色，90 度為黃色，180 度為綠色，270 度為藍色，顏色漸進變化。a/b 值則以 a\*除以 b\*值得之。

#### (三) 硬度測定

硬度測定使用 COMPAC-100 綜合物性測定儀，為 SUN SCIENTIFIC CO., LTD 出品。將果實置於載物台上，測定位置於果肩對稱兩端，固定最大力量為 10kg，載物台移動速度為 100mm/min，接觸果實開始計算下壓 10mm 後停止，測定此時之壓力值，測定單位為 kg。

#### (四) 可滴定酸含量

取每果實對稱兩果瓣放入袋中擠汁，將果汁以紗布過濾後至於燒杯中，以定量吸管吸取 5ml 後加入純水 35ml，以 0.1N 之 NaOH 滴定至 pH 值 8.2，紀錄其滴定量後換算果汁中之檸檬酸含量，單位為 % 表示。

#### (五) 可溶性固形物含量及糖酸比

取上述(五)燒杯之果汁，以 ATAGO 公司出品之電子式糖度計 PR-32 測定果汁內總可溶性固形物含量，測定單位為 °Brix。將可溶性固形物含量除以可滴定酸含量所得之比為糖酸比。

#### (六) 果實腐爛率

每周挑除並調查一次長期貯藏過程中之腐爛情形，計算腐爛果實占整體貯藏果實之比例。

#### (七) 腐爛直徑

腐爛直徑以 Mitutoyo 公司之電子式游標尺測量果實腐爛區域之直徑，測量單位為 cm。

#### (八) 乾米率

果實對半撥開後，目視觀察果瓣乾米發生情形，計算乾米果實占每次調查各處理間果實總數之比例。

#### (九) 乾米指標

以目測觀察果瓣乾米發生嚴重程度，共分為 6 個等級。0 為無乾米現象發生；1 為果

瓣一端或兩端略有汁囊白化、乾米情形，此階段無明顯影響食用品質，嚴重程度為 1%-20%；2 為果瓣一端或兩端有明顯汁囊白化、乾米情形，此階段略有影響食用品質，嚴重程度為 20%-40%；3 為果瓣兩端至中間位置皆有汁囊白化乾米現象，但仍有明顯正常汁囊，嚴重程度為 40%-60%，此階段明顯影響食用品質，應不易被接受；4 為整個果瓣有明顯汁囊白化、凹陷、乾米現象，但仍有少數汁囊為正常顏色，已失去食用品質，無法被接受，嚴重程度為 60%-80%；5 為果瓣汁囊完全白化、明顯凹陷、乾米之情形，已失去食用品質，無法被接受，嚴重程度為 80%-100%。

#### (十) 浮皮率

目視觀察果實浮皮發生情形，計算浮皮果實占每次調查各處理間果實總數之比例。

#### (十一) 浮皮指標

以目測觀察浮皮發生嚴重程度，共分為 6 個等級。0 為無浮皮現象發生；1 為果肩有輕微浮皮情形，嚴重程度為 1%-20%；2 為果肩與赤道處略為明顯浮皮情形，嚴重程度為 20%-40%；3 為整個果實皆有浮皮現象，但果實形狀仍為完整，嚴重程度為 40%-60%；4 為整個果實有明顯浮皮現象，果蒂下凹，嚴重程度為 60%-80%；5 為果實有嚴重浮皮現象，果實變形，果蒂與周圍果皮可能有破裂或裂痕情形，嚴重程度為 80%-100%。

#### (十二) 統計分析

試驗結果使用 Costat 軟體(Cohort software, Minneapolis, MN)計算平均值，與利用 ANOVA 進行變方分析(analysis of variance)及鄧肯氏多變域檢定(Duncan's Multiple Range Test)比較處理間差異顯著性。

## 結 果

### 一、長期貯藏後檢疫處理對椪柑果實品質之影響

經 2 到 18 周貯藏後之椪柑，果實目測轉色程度方面，僅在 15°C 下貯放第 2 周之間有差異，第 2 周果實在經過 25°C 3 天回溫之後轉色已接近完全，採收 4 周以後進行模擬外銷低溫檢疫貯運流程後，所有果實已達轉色完全(數據未列)。果實亮度方面，在 2 周貯運流程結束後與 4 周時為最高，之後則有逐漸降低並顯示果實隨著貯藏時間增長，果皮顏色將加深(數據未列)。果實彩度變化方面，貯藏初期 2 周數值迅速上升，之後上升趨於緩慢至採前 10 周，10 周之後數值大多約在 69 至 76 之間(表 1)。色相角數值方面，果實色相角在貯藏初期會快速下降，到採前 4 周之後趨於穩定，仍有緩慢降低之趨勢，最低值約在 60 度(表 2)。

果實硬度變化方面，在採收時至第 4 周貯運流程結束，下降幅度較為快速，約降低了 40%，之後則持續緩慢降低(表 3)。可滴定酸含量在採收初期至貯藏 2 周降低較為快速，下降 0.13%，之後則趨於穩定緩和下降，從第 2 周至第 16 周之間，每次間隔下降約 0.05%。

表 1.長期貯藏後低溫檢疫處理對椪柑果實彩度之影響

Table 1. Effect of quarantine treatment after long-term storage on the chroma on 'Ponkan' fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Chroma			
	15°C-storage <sup>x</sup>	1°C-14day	18°C-7day	25°C-3day
0	49.71h <sup>y</sup>	—	—	—
2	57.20g	62.90d	66.92bc	64.52d
4	64.69e	70.84bc	67.62b	65.36d
6	61.15f	70.64bc	65.16c	68.61bc
8	69.00cd	69.89c	67.68b	66.68cd
10	66.70de	73.21a	70.61a	68.74bc
12	76.11a	71.39abc	67.99b	67.98c
14	69.68c	71.13abc	70.69a	70.77ab
16	69.85c	71.88abc	69.11ab	71.38a
18	73.48b	72.68ab	67.61b	64.93d

<sup>z</sup> Storage time: Storage time after harvest.

<sup>y</sup> Mean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup> Evaluation at storage.

可溶性固形物含量在採收日至第 2 周間略有增加，之後則緩慢下降，12 至 16 周之間稍有上升之後又下降(表 3)。糖酸比的變化上，在各貯藏階段為穩定上升，貯藏後期的 12 周至 16 周之間因可溶性固形物略有上升，使上升速度有稍微加快(表 3)。果實長期貯藏於 15°C，未經低溫檢疫與貯運流程之腐爛率，每兩周發生約為 1% 至 3% 之間，貯藏初期可能多為擦壓傷後導致果皮出現水浸狀之腐爛，貯藏後期則以蒂腐病較為常見(表 3)。試驗中無落蒂情形發生(數據未列)。

在腐爛率方面，果實經低溫檢疫與貯運流程後，貯藏第 6 周後開始出現，主要出現於低溫檢疫後 18°C 7 天所顯現的寒害水浸狀，與貯藏過程中所發生的蒂腐病兩者為主，貯藏後期發生率持續上升，16 周時已超過 70%(表 4)。果實腐爛直徑在腐爛發生時已有較大面積，貯藏後期多數果實為完全腐爛(表 4)。果實浮皮發生率與程度方面，貯藏初期已有些微發生但不明顯，貯藏至 8 周後有觀察到較為明顯的浮皮發生，轉至 1°C 14 天進行進行檢疫時，回溫後腐爛率明顯上升，而腐爛果實僅標記腐爛而無進行其他調查，故浮皮與果肉乾米程度並未大量增加(表 4)。調查後期之果實普遍有浮皮現象，經過低溫檢疫與回溫後，未腐爛果實的浮皮與果肉乾米程度多在 1 至 2 之間，並未嚴重(表 4)，乾米情形多以靠近果蒂部位汁囊失水。果實貯藏至後期果肉風味明顯偏淡，如外觀有寒害現象發生者，果實

表 2.長期貯藏後低溫檢疫處理對椪柑果實色相角之影響

Table 2. Effect of quarantine treatment after long-term storage on the hue angle on ‘Ponkan’ fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Hue angle			
	15°C-storage <sup>x</sup>	1°C-14day	18°C-7day	25°C-3day
0	92.56 a <sup>y</sup>	—	—	—
2	82.64 b	80.48 a	72.96 a	71.16 a
4	75.36 c	70.09 b	67.79 b	66.67 b
6	73.94 c	65.49 c	63.91 c	64.15 c
8	63.29 d	64.05 d	62.61 d	66.88 b
10	62.38 d	62.42 e	63.65 c	61.93 d
12	64.72 d	62.87 de	61.99 d	61.73 d
14	61.02 d	63.96 d	60.66 e	60.87 e
16	62.32 d	63.16 de	60.51 e	61.44 de
18	62.86 d	63.01 de	60.35 e	59.94 f

<sup>z</sup>Storage time: Storage time after harvest

<sup>y</sup>Mean separation within columns is by Duncan’s multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup>Evaluation at storage.

則可能會有異味產生，但此部分僅為研究者自行觀察，無數據呈現。

就以上結果得知，於 15°C 貯藏一個月內果實皆能轉色完全，如長期貯藏後果實亮度將逐漸降低，可能導致外觀品質降低；貯運流程方面，如欲先行貯藏，再進行低溫檢疫流程，可行時間為 4 周，能獲得較佳之商品價值。

## 二、低溫檢疫處理後長期貯藏對椪柑果實品質之影響

果實目測轉色程度在經過低溫檢疫後略有下降但不顯著，貯藏兩周後進行模擬處理流程時果實轉色皆已達完全(數據未列)。果實亮度方面，採收後經過貯運流程隨這轉色程度提高，果實亮度也隨之增加，第 2 周與第 4 周之間達到最高值，之後隨貯藏時間延長，果實亮度有緩慢降低之趨勢(數據未列)。果實彩度變化隨著果實轉色程度而上升，貯藏時達到最高值，之後隨著貯藏時間延長而降低，貯藏至 12 周之後，果實再經過 18°C 7 天與 25°C 3 天的處理流程後，果實彩度有降低之趨勢(表 5)。果實色相角經過低溫檢疫後略微上升，之後有明顯下降趨勢，至第 8 周則趨於穩定，不受處理流程所影響(表 6)。就以上結果可知，果實採收經低溫檢疫後，各指標均有稍微降低轉色現象，之後各數值會快速變化，

表 3. 長期貯藏後低溫檢疫處理對椪柑果實硬度、可滴定酸、可溶性固形物、糖酸比與貯藏過程腐爛率之影響

Table 3. Effect of quarantine treatment after long-term storage on the firmness titratable acidity, total soluble solid, TSS/TA and decay rate of storage on 'Ponkan' fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Firmness (kg)	Titratable acidity (%)	Total soluble solid (°Brix)	TSS/TA ratio	Decay rate (%) <sup>y</sup>
0	3.46a <sup>x</sup>	0.66a	10.22ab	15.57f	0
2	2.58b	0.53b	10.45a	19.84ef	1.04
4	2.12c	0.48bc	10.17ab	21.16de	2.85
6	2.09c	0.44cd	10.20ab	23.30de	1.30
8	2.15c	0.39de	10.08ab	26.68d	3.63
10	2.07c	0.32ef	10.00bc	32.43c	3.11
12	2.02c	0.28fg	9.18e	33.62c	1.81
14	2.05c	0.24gh	9.55de	41.11b	2.33
16	1.96cd	0.19h	9.65cd	52.16a	3.37
18	1.81d	0.18h	9.40de	51.34a	2.85

<sup>z</sup>Storage time: Storage time after harvest.

<sup>y</sup>Decay rate: Determination at 15°C.

<sup>x</sup>Mean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

而經過貯運流程後，顏色變化較持續貯藏於 15°C 中更為快速，貯藏中期與後期果實經過貯運流程則無明顯影響出現。

果實硬度在一開始下降較為明顯，直到貯藏第 8 周後硬度下降趨緩，保持約在 1.4kg 左右，但與剛採收相較已下降 50%(表 7)。可滴定酸含量方面，果實經低溫檢疫過程含量無明顯改變，之後則緩步下降，16 周含量僅剩採收時的 35%(表 7)。可溶性固形物含量在採收初期無明顯變化，約為 10°Brix 左右，之後則為緩步下降趨勢，但下降幅度並不明顯，14 周至 16 周之間有較為明顯下降，僅剩 8.87°Brix (表 7)。糖酸比因採收時可溶性固形物與可滴定酸含量變化幅度較小，而緩慢上升，14 周至 16 周間由於可滴定酸含量下降，糖酸比明顯提高(表 7)。果實長期貯藏於 15°C 中，腐爛率在第 4 周開始有較為明顯出現，每周發生約在 1%至 4%之間，貯藏初期可能多為擦壓傷後導致果皮出現水浸狀腐爛，貯藏後期則以蒂腐病較為常見(表 7)。試驗中僅於第 8 周有 1 果發生落蒂(數據未列)。

表 4. 長期貯藏後低溫檢疫處理對椪柑果實之腐爛率、腐爛直徑、浮皮率、浮皮指標、乾米率與乾米指標之影響。

Table 4. Effect of quarantine treatment after long-term storage on the decay rate、lesion diameter、puffiness rate、puffy index、granulation rate and granulation index on 'Ponkan' fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Decay rate (%)	Lesion diameter (cm) <sup>w</sup>	Puffiness rate (%)	Puffy index <sup>y</sup>	granulation rate (%)	granulation index <sup>x</sup>
0	0	0	0	0	3	1
2	0	0	20	1.33 bc	0	0
4	3.33	3	63	1.36 bc	0	0
6	26	6.57 b <sup>v</sup>	50	1.2 c	0	0
8	56	6.84 b	50	1.56 abc	0	0
10	46	5.97 b	53	1.62 abc	6	1.5
12	46	6.62 b	46	2.21 a	31	1
14	66	8.91 a	73	1.63 abc	20	1.5
16	73	8.79 a	70	1.8 abc	37.5	1
18	83	9.69 a	70	2 ab	14	1

<sup>z</sup>Storage time: Storage time after harvest

<sup>y</sup>Puffy index:1=puffy level from 1 to 20 % ; 2=20 to 40 % ; 3=40 to 60 % ; 4=60 to 80 % ; 5=80 to 100 %.

<sup>x</sup>Granulation index:Granulation level 1 to 20 % ; 2=20 to 40 % ; 3=40 to 60 % ; 4=60 to 80 % ; 5=80 to 100 %.

<sup>w</sup>Lesion diameter  $\geq 10$  cm stop calculate.

<sup>v</sup>Mean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

果實經過貯運流程後腐爛的發生率與程度指標，貯藏初期果實經貯運流程無明顯腐爛現象，第 10 周開始有腐爛發生，多由蒂腐病所導致，果實軸心與果肉皆會受到感染，腐爛外觀直徑約在 3 至 6 公分，腐爛果實多有浮皮現象(表 8)。果實貯藏約 4 周後觀察到少部分果實有浮皮現象產生，但程度並不明顯，隨著貯藏時間延長發生率隨之提高，但整體平均後不易顯現，貯藏後期果實多有浮皮現象，程度指標也隨之上升(表 8)。果實乾米率與乾米指標方面，貯藏初期未觀察到有明顯乾米現象發生，貯藏 4 周後果實乾米現象逐漸上升，至貯藏後期發生率明顯提高，程度指標變化上僅有少數果實較為嚴重，多數發生指標僅在 2 至 3 之間(表 8)，乾米情形多以靠近果蒂部位汁囊失水。果實風味方面，貯藏後期正常果實(無明顯浮皮與乾米)無明顯酸味，果實風味變淡，發生乾米之果肉乾而無味，商品價值降低。



表 5. 低溫檢疫處理後長期貯藏對椪柑果實彩度之影響

Table 5. Effect of long-term storage after quarantine treatment on the chroma on 'Ponkan' fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Chroma		
	15°C-storage <sup>x</sup>	18°C-7day	25°C-3day
After harvest	62.02d <sup>y</sup>	—	—
0	62.86d	60.01d	67.97A
2	64.04cd	63.87abc	63.24bcd
4	65.92bc	64.64ab	64.25bc
6	69.78a	65.63a	65.16b
8	65.85bc	65.28a	63.81bcd
10	66.95b	64.71ab	67.22a
12	63.84cd	62.99bc	62.72cde
14	65.86bc	64.21ab	62.03de
16	62.80d	61.84cd	61.05e

<sup>z</sup>Storage time: Storage time after harvest<sup>y</sup>Mean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.<sup>x</sup>Evaluation at storage.

就以上結果可知，如果實採收時已有部分轉色，經低溫檢疫後長期貯藏，至 4 周後果實皆轉色完全，果實貯藏 4 至 6 周階段亮度較高，具有良好外觀品質，之後果皮亮度逐漸降低；果實經模擬外銷低溫檢疫貯運流程在 10 周後開始有腐爛現象發生，但約在 20% 以內，浮皮與乾米發生在 6 至 8 周後較為明顯顯現，程度指標約在 1 至 2 之間，12 周後程度指標上升至 2 以上，品質明顯低落。如先行低溫檢疫，再進行貯藏，可行時間可達 10 周，能獲得較佳之商品價值。

## 討 論

### 一、長期貯藏後檢疫處理對椪柑果實品質之影響

果實採後置於 15°C 以下長期貯藏，並於每兩周抽樣一批進行模擬外銷貯運後調查。貯藏於 15°C 2 周能達轉色完全，亮度與彩度測定上雖有變化，但肉眼觀察並不明顯。色相角測定結果顯示，果實如經過模擬外銷流程後顏色會出現變化，經低溫檢疫後色相角數值

表 6. 低溫檢疫處理後長期貯藏對椪柑果實色相角之影響

Table 6. Effect of long-term storage after quarantine treatment on the hue angle on 'Ponkan' fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Hue angle		
	15°C-storage <sup>x</sup>	18°C-7day	25°C-3day
After harvest	77.29b <sup>y</sup>	—	—
0	79.46a	75.61a	65.24b
2	71.47c	67.90b	67.48a
4	66.32d	64.62c	64.07c
6	64.28e	62.92de	62.64de
8	63.12fg	62.88de	62.70de
10	62.44fg	62.41de	62.28e
12	62.48fg	62.15e	62.76de
14	62.09g	62.61de	62.26e
16	63.34ef	63.18d	63.08d

<sup>z</sup>Storage time: Storage time after harvest

<sup>y</sup>Mean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

<sup>x</sup>Evaluation at storage.

則略有上升，在經過 18°C 7 天後則數值再度降低 (表 3)。Van Wyk 等(2009)研究指出，甜橙果實經過-0.6°C 之低溫檢疫後，果皮中的類胡蘿蔔素會受到降解，導致果皮顏色品質降低，如之後提高貯藏溫度則能使果實顏色恢復，此結果與本試驗相符。黃與劉(2007)研究認為，椪柑進行低溫檢疫處理期間轉色幅度很小，且低溫處理不會影響之後的轉色速率，與本試驗結果相符，且本試驗發現，椪柑經過長期貯藏後，於模擬外銷流程後果實顏色仍可能產生變化，但此變化其幅度甚小，肉眼不易觀察。劉等(2005a)研究指出，半轉色椪柑轉色後貯藏於 15°C 中會迅速轉黃，一個月內緩慢轉紅，之後則少變化，與本試驗觀察結果相同。

果實於每次採樣與經模擬外銷流程後進行內部品質調查。果實硬度明顯持續降低，硬度降低可大致分為三階段，採收初期至貯藏 4 周快速下降，4 周至 14 周之間下降幅度趨緩且之間無顯著差異，14 周之後至 18 周之間則有下降幅度加速之情形；可滴定酸含量在每次調查之間呈現穩定下降，一開始降低幅度速度較快，之後則趨緩，在貯藏 16 周至 18 周之間僅下降 0.01%；可溶性固形物含量在貯藏過程呈緩慢下降；糖酸比之變化主要由可滴定酸含量下降速度所影響呈緩慢上升，持續貯藏於 15°C 之果實腐爛在各次調查階段皆有發現，初期果實腐爛推測多由採收貯藏操作過程，或其他原因造成果皮傷害所引發，

表 7. 低溫檢疫處理後長期貯藏對椪柑果實硬度、可滴定酸、可溶性固形物、糖酸比與貯藏過程腐爛率之影響

Table 7. Effect of long-term storage after quarantine treatment on the firmness、titratable acidity、total soluble solid、TSS/TA and decay rate of storage on 'Ponkan' fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Firmness(kg)	Titratable acidity (%)	Total soluble solid (°Brix)	TSS/TA ratio	Decay rate (%) <sup>y</sup>
After harvest	2.89a <sup>x</sup>	0.51a	10.18a	19.85f	0
0	2.17b	0.50a	10.23a	20.39f	0
2	2.00c	0.44b	10.20a	23.25ef	1.40
4	1.87cd	0.37c	10.02ab	27.50de	4.47
6	1.73d	0.34cd	9.92ab	29.30d	3.63
8	1.44e	0.31de	9.92ab	32.70cd	4.19
10	1.41e	0.32cd	9.47b	29.72d	1.68
12	1.46e	0.26e	9.50b	38.25b	3.07
14	1.31e	0.26e	9.70ab	37.62bc	2.51
16	1.11f	0.18f	8.87c	50.93a	3.63

<sup>z</sup>Storage time: Storage time after harvest

<sup>y</sup> Decay rate: Determination at 15°C.

<sup>x</sup>Mean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

有較多擦壓傷之現象，或為綠黴病或青黴病所引起之腐爛；貯藏後期經觀察則以果實浮皮或果蒂老化後，病原菌由果蒂入侵所造成之蒂腐病居多，貯藏過程至後期有發生率提高之趨勢(表 3)。貯藏過程中無落蒂情形發生，應由於貯藏前浸泡 2,4-D 所至，劉等(2007)指出，2,4-D 能保持果蒂維持綠色，且防止果實腐爛。

果實長期貯藏後經模擬外銷流程，於第 4 周開始果實部分稍有果皮塌陷之情形出現，但不影響其商品價值而未統計，於第 6 周開始果實出現明顯寒害腐爛情形，隨這貯藏時間延長而提高發生率與程度指標(表 4)，發生後果皮崩潰呈水浸狀且果皮有氣孔消失情形，顏色呈現暗沉，果蒂周圍與果實上半部較易出現，嚴重者在整個果實皆會出現。劉與韓(2002)研究指出，果實經過低溫檢疫後容易發生傷害在果頂周緣，有時擴散至赤道部以上；果實模擬低溫檢疫前貯藏時間越長，處理後受傷果實比例越高，與本試驗結果相同。果實出現嚴重寒害腐爛情形時則紀錄腐爛後丟棄，未再調查其他項目，無明顯寒害腐爛症狀以小型果為主，僅為研究者觀察，無資料統計。但相同於李(2009)認為，大型果較不耐貯藏，容易出現乾米與品質降低。果實浮皮發生率在貯藏初期即有觀察發現，但情形並不

表 8. 低溫檢疫處理後長期貯藏對椪柑果實之腐爛率、腐爛直徑、浮皮率、浮皮指標、乾米率與乾米指標之影響

Table 8. Effect of long-term storage after quarantine treatment on the decay rate、lesion diameter、puffiness rate、puffy index、granulation rate and granulation index on 'Ponkan' fruit.

Storage duration <sup>z</sup> (Weeks)	Decay rate (%)	Lesion diameter (cm) <sup>w</sup>	Puffiness rate (%)	Puffy index <sup>y</sup>	granulation rate (%)	granulation index <sup>x</sup>
After harvest	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	63.00	1.37 d	0.00	0.00
4	0.00	0.00	86.00	1.73 cd	26.00	2.13 ab
6	0.00	0.00	76.00	1.78 cd	20.00	2.67 a
8	0.00	0.00	96.00	2.10 bc	43.00	2.38 ab
10	3.00	3.49 a <sup>y</sup>	83.00	1.88 cd	53.00	1.88 b
12	13.00	5.58 a	90.00	2.63b	43.00	2.31 ab
14	13.00	6.20 a	83.00	2.32 bc	56.00	1.82 b
16	6.00	3.71 a	100.00	3.90 a	90.00	2.41 ab

<sup>z</sup>Storage time : Storage time after harvest.

<sup>y</sup>Puffy index:1=puffy level from 1 to 20 % ; 2=20 to 40 % ; 3=40 to 60 % ; 4=60 to 80 % ; 5=80 to 100 %.

<sup>x</sup>Granulation index:Granulation level 1 to 20 % ; 2=20 to 40 % ; 3=40 to 60 % ; 4=60 to 80 % ; 5=80 to 100 %.

<sup>w</sup>Lesion diameter  $\geq 10$  cm stop calculate.

<sup>v</sup>Mean separation within columns is by Duncan's multiple range test at 5% level.

明顯，之後發生率隨著貯藏時間延長而上升，但程度指標多在 1 至 2 級之間，如浮皮嚴重之果實經低溫檢疫後可能皆有寒害腐爛發生而未記錄；乾米的發生在採收時觀察到一果有輕度發生，應於栽培過程即出現；貯藏至第 10 周開始果實開始觀察到乾米現象，但現象多不嚴重，經模擬外銷流程後去除寒害腐爛之果實，其正常果實發生率與程度指標並未大量發生(表 4)。果實貯藏初期風味仍為正常，隨貯藏時間延長，果實經過模擬外銷流程後，除酸味降低、風味變淡外，逐漸有異味產生。Eaks (1960)認為，柑桔果實於低溫處理時有中間產物在組織中累積，由寒害溫度轉變至非寒害溫度時促進寒害症狀的發展，而呼吸作用的提高，顯示氧化反應的參與。貯藏包裝的環境下，寬皮柑與葡萄柚相較下風味與品質

下降更快，由於寬皮柑的氣體交換滲透率較低與酒精脫氫酶(alcohol dehydrogenase)活性較高相關(Shi *et al.*, 2005；Obenland *et al.*, 2011)。Obenland 等(2011)研究指出，柑桔果實在貯藏過程有多種揮發性香氣物質雖然各別含量未顯著減少，但總量上明顯降低可能導致貯藏後果實風味品質的降低。因此，外銷柑桔的低溫檢疫在採後越快處理越好，延遲處理容易受到低溫傷害，而低溫檢疫貯運處理造成果實傷害之嚴重性，受生產時期與產地影響有所不同(劉，2005b)。

## 二、檢疫處理後長期貯藏對椪柑果實品質之影響

果實採後先行經過 1°C 14 天的低溫檢疫後轉至 15°C 進行長期貯藏，每兩周抽樣一批進行模擬外貯運後調查。貯藏一個月內即可達轉色完全，果實顏色變化與長期貯藏後低溫檢疫之長期貯藏變化過程相似，色差儀所測得知亮度、彩度與色相角雖有變化，但肉眼觀察並不明顯。

果實硬度於貯藏初期下降較為快速，之後趨勢則減緩；可滴定酸含量在經過低溫檢疫後開始顯著下降，至第六周間下降趨勢減緩，第十周開始後又有較為明顯的下降；可溶性固形物與可滴定酸相較下，下降趨勢較為緩慢，貯藏 10 周後才與貯藏初期含量有顯著差異，糖酸比在貯藏過程隨著可滴定酸含量快速下降，而可溶性固形物下降緩慢，則快速上升；果實貯藏於 15°C 的過程中第 2 周即開始有腐爛現象出現，貯藏 4 至 8 周間為一腐爛高峰，多以綠黴病或青黴病與擦壓傷所造成的腐爛，少數有蒂腐病或可能因低溫檢疫後的寒害所造成果皮塌陷；貯藏至 10 周開始所發現之腐爛則多以蒂腐病為主(表 7)。貯藏過程中僅於第 8 周有一果落蒂情形發生，應由於貯藏前浸泡 2,4-D 所致，能防止落蒂發生，與劉等(2007)研究相同。

果實經過 18°C 7 天與 25°C 3 天的貯運流程後，10 周開始有出現貯運流程後之腐爛情形，腐爛發生之果實大多都已蒂腐病為主，與少數的綠黴病或青黴病，而腐爛區域多位與果蒂或塊狀出現；果實浮皮發生率在 4 周時即有觀察到，但其不明顯，多在程度 1-2 之間；隨著貯藏時間延長，浮皮的發生隨著貯藏時間的延長而增加，程度指標也隨之上升，貯藏至 12 周開始，大多數果實都已有明顯浮皮現象，且浮皮程度指標較高之果實多半有明顯之乾米情形；乾米現象主要可分為兩種，第一種為果瓣外型仍保持正常，但顏色轉為白色，汁囊呈現顆乾米，但形狀正常，大多數由果瓣兩側先行觀察出現，尤其靠近果蒂端較常發現；另一種乾米為果瓣凹陷、汁囊失水，觀察較易發生在靠近果蒂端，發生初期較不明顯，貯藏後期則大量發生；但兩種乾米情形之果瓣在程度嚴重時將使品質低落，喪失商品價值。

就以上兩試驗相較之結果，兩者在 15°C 貯藏之果實外觀變化趨勢大多一致，但如先經貯藏後再經模擬外銷之組別，在經過檢疫後果實顏色指標有稍微變動，再經 18°C 7 日後則會恢復並且可能提高，但先經過 1°C 14 日之組別則無此變化。兩者的可溶性固形物含量與可滴定酸含量之間變化大致相同；區與林(1996)研究認為，優質椪柑可溶性固形物含量

需在 10.5°Brix，糖酸比在 20 至 40 之間。劉等(2005b)的試驗中椪柑貯藏 3 個月後可溶性固形物含量為 11.1°Brix，糖酸比為 28；而與本試驗中貯藏至 3 個月後為 9.18 與 9.5°Brix，而糖酸比 33.62 與 38.25，與前人研究結果不同，且品質低於區與林(1996)所認為的優質等級，其可能主要差異為供果園所影響，且採收時之果實條件已有差異。本試驗之以上兩者於 15°C 長期貯藏之腐爛情形大致相同，但先進行低溫檢疫之組別則有部分腐爛情形由寒害所導致。劉與韓(2002)研究指出，椪柑貯藏於 15°C 5 日後進行低溫檢疫處理，結束後再置於 15°C，5 日內即會出現寒害症狀出現，之後受傷果實比例增加不多，但已受傷果實徵狀會加重。因此外銷柑桔採後之低溫檢疫處理因盡速進行，如已貯藏後之柑桔則不適合低溫檢疫處理(劉，2005b)。田間栽培管理、採收及貯運方式會明顯的影響貯藏病害的發生，綠黴病或青黴病之病原菌主要由傷口入侵感染，依靠分生孢子進行傳播，多在果實成熟後出現；蒂腐病在貯運期間由果蒂入侵果實，並在果心部分蔓延，容易在高濕度環境下生長，主要在貯藏其間顯現(楊，1997)。兩試驗最大差異在於先經貯藏後再經模擬外銷之組別，於第六周開始流程結束後果實寒害腐爛情形明顯上升，可能造成嚴重損失；而先經過低溫檢疫之組別所貯藏時間可明顯提高，至 10 周後有明顯之浮皮與乾米之情形。劉等(2001)研究認為椪柑貯藏於 12.5°C 比於 15°C 能減少失重，且貯藏於較低溫度可能減少乾米的發生，但低於 10°C 卻可能引起寒害的發生。Schirra 與 Cohen(1999)研究中指出，‘Olinda’ 柑桔使用間歇升溫處理能延長果實的貯藏壽命，且已在許多柑桔品種中證實(Arte’s, 1995)。謝(2003)認為，檬果在寒害溫度下並未有寒害徵狀的表現，待回溫後開始才顯現，如漸進降溫方式(cold adaptation)可減少檬果寒害的發生。因此，如欲改善椪柑長期貯藏之品質，貯藏溫度的改變可能是研究方向之一。

## 參 考 文 獻

- 李堂察。2009。柑橘貯藏技術。興大農業 68:8-11。
- 區少梅、林聖敦。1996。椪柑品質標準建立之研究。中國園藝 42: 276-288。
- 黃祐慈、劉富文。2007。椪柑採後模擬低溫檢疫處理、貯放溫度及提早採收對轉色之影響。臺灣園藝 53: 267-277。
- 楊秀珠。1997。柑桔及其他水果貯藏病害之調查及防治方法。園產品採後處理與運銷技術研討會專刊。pp. 38-54。
- 陳榮五、張致盛。2009。赴日本進行外銷椪柑貯運試驗及水果市場調查。行政院農業委員會台中區農業改良場。
- 劉富文。2005a。椪柑、桶柑與柳橙長期貯藏之條件與方法。台灣柑橘產業發展研討會專刊。pp. 209-215。
- 劉富文。2005b。外銷椪柑、桶柑與柳橙之採收、檢疫處理與貯、運、銷技術方略。園產

- 品採後處理技術之研究與應用研討會專刊。pp. 1-13。
- 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: 239-252。
- 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。
- 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、韓青秀、梁穎芝。2005a。椪柑、桶柑與柳橙在長期貯藏中各品質指標值之變化。中國園藝 51: 217-228。
- 劉富文、韓青秀、梁穎芝。2005b。椪柑、桶柑與柳橙長期貯藏之濕度與失重率之關係。中國園藝 51: 295-304。
- 劉富文、黃祐慈、梁穎芝。2007。椪柑用乙烯催色之效果與方法。台灣園藝 53: 395-407。
- 謝慶昌。2003。採收後之生理障礙。植物保護圖鑑系列 10-檬果保護。pp. 116-117。
- Arte s, F. 1995. Revision: innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la postrecolección. II. Tratamientos térmicos cíclicos. Rev. Esp. Cienc. Tecnol. Alim. 35: 139-149.
- Eaks, I. L. 1960. Physiological studies of chilling injury in citrus fruits. Plant Physiol. 35: 632-636.
- Obenland, D., S. Collin, B. Mackey, J. Sievert, and M. L. Arpaia. 2011. Storage temperature and time influences sensory quality of mandarins by altering soluble solids, acidity and aroma volatile composition. Posth. Biol. Tech. 59: 187-193.
- Shi, J. X., R. Porat, R. Goren, and E. E. Goldschmidt. 2005. Physiological responses of 'Murcott' mandarins and 'Star Ruby' grapefruit to anaerobic stress conditions and their relation to fruit taste, quality and emission of off-flavor volatiles. Posth. Biol. Technol. 38: 99-105.
- Schirra, M. and E. Cohen. 1999. Long-term storage of 'Olinda' oranges under chilling and intermittent warming temperatures. Posth. Biol. Tech. 16: 63-69.
- Van Wyk, A. A., M. Huysamer, and H. G. Barry. 2009. Extended low-temperature shipping adversely affects rind colour of 'Palmer Navel' sweet orange [*Citrus sinensis* (L.) Osb.] due to carotenoid degradation but can partially be mitigated by optimising post-shipment holding temperature. Posth. Biol. Tech. 53: 109-116.

## Effect of Long-term Storage Before or After Quarantine Treatment on the Quality of 'Ponkan' (*Citrus reticulata* Blanco) Fruit

Chun-Wel Lin<sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh<sup>2)</sup>

Key words: Long-term , Storage , Ponkan , Quarantine , Quality

### Summary

This study discusses the quality of citrus depending upon the order of cold quarantine treatment and long-term storage. If the citrus is in long-term storage for 6 weeks before cold quarantine treatment, the citrus starts decaying shortly after the cold quarantine. However quality is retained for a longer period when stored for only 4 weeks before cold quarantine treatment. If cold quarantine treatment is done before long-term storage, the quality of citrus can be maintained for up to 10 weeks after which granulation and puffiness will appear.

---

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

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

Corresponding author.