

## 調理對於麻豆文旦柚低溫貯藏品質之影響

羅 章 倫<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup>

關鍵字：文旦柚、調理、低溫檢疫、寒害

**摘要：**本試驗模擬麻豆文旦柚外銷日本之流程，並比較麻豆文旦柚調理處理對於果實的品質、寒害程度及可售率之影響。將麻豆文旦柚果實於常溫 25 °C 下進行調理處理 7 天，未經調理為對照組，果實經 1 °C 14 天之低溫檢疫處理，再以 10 °C 進行模擬輸日海運，並於至 10 °C 貯藏後的第 1、3 及 6 週取樣，果實於常溫下回溫 3 天後進行品質測定。調理後的麻豆文旦柚果實雖失重率顯著大於未調理的果實，但調理處理也顯著提高麻豆文旦柚果實的可溶性固形物及可滴定酸等食覺品質，並且經調理處理後之果實顯著降低低溫檢疫後寒害及腐爛率。

### 前 言

麻豆文旦柚(*Citrus grandis* (L.) Osbeck cv. Matou Wendan)，英文名為 pummelo、shaddock 或 pomelo，為芸香科(Rutaceae)柑橘屬(*Citrus*)之多年生常綠果樹，為早生種的柚類品種，相傳麻豆文旦原產於中國華南，在乾隆 53 年(1788 年)自廣東引入臺灣，由於產季與中秋節接近，故常作為臺灣人中秋節期間之應景果品(莊，1954)。

調理(Curing)俗稱為辭水，為將麻豆文旦柚置於常溫 25 °C 下 5-10 天，主要目的為使汁胞質地變柔軟及汁胞內部的可溶性固形物提高及可滴定酸含量提高，進而提高食覺品質將麻豆文旦柚以 25 °C 進行短期貯藏 20 天，並發現果汁率、可溶性固形物、葡萄糖與果糖、可滴定酸隨貯藏時間上升，汁胞的截切力和蔗糖含量隨貯藏時間下降(林，1995)。

以 30-38 °C 的溫度中持續 24-72 小時不等的時間進行調理處理其他柑橘類果實，如寬 1)皮柑(*Citrus reticulata*, mandarin)、甜橙(*Citrus sinensis*, orange)、葡萄柚(*Citrus × paradisi*,

---

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教授，通訊作者。

grapefruit)、檸檬(*Citrus limon*, lemon)、白金柚(*Citrus maxima* × *Citrus paradisi*, oroblanco)和金柑(*Citrus japonica*, kumquat), 有降低果實貯藏於低溫時寒害的嚴重程度和綠黴菌(*Penicillium digitatum*)或青黴菌(*Penicillium italicum*)的感染率之效果(Rodov *et al.*, 1995; Porat *et al.*, 2000; Plaza *et al.*, 2004; Perez *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2005)。

## 材 料 與 方 法

### 一、試驗材料

本試驗使用由行政院農業委員會臺南區農業改良場生產之麻豆文旦柚在採收後即立即寄送至中興大學採後處理研究室。實驗於2020年08月20日開始進行。

### 二、試驗方法

調理處理為將果實置於常溫25°C下7天,以未調理為對照組,上述果實以0.02mm PE袋進行逐果扭結包裝後放入1°C中14天模擬低溫檢疫,後取出以10°C貯藏模擬外銷貯運,並於採收後、調理處理後及低溫檢疫後入10°C後第1、3、6週後取樣並以常溫25°C回溫3天後,進行品質調查,每組果實為10重複,每重複為1顆果實。

### 三、調查項目及方法

#### (一)果皮色差(Chromatic aberration)

使用手持型積分球分光色差儀(MiniScan EZ D/8)進行測量,以取實驗之麻豆文旦柚果實赤道面上對稱兩點進行測量,測量果實表皮之L\*、a\*、b\*、C\*及h°值。本試驗之色差值以CIELab表色法進行表示,L\*(Lightness)值為果實表皮之明暗程度差異,當值為100時為白色,0時則為黑色;a\*值代表紅綠程度,數值為正值時顏色偏向紅色,負值時則為偏向綠色;b\*值代表黃藍程度,數值為正值時顏色偏向黃色,負值時則為偏向藍色;C\*(Chroma)值為果皮顏色之飽和度,數值越高代表顏色越濃;h°(Hue angle)為色相角,用以表示果實色相變化,數值為0°表示為紅色,90°代表黃色,180°呈現藍綠色,270°則為藍色

#### (二)果皮轉色率(Color index)

以目視的方式觀察麻豆文旦柚果實表皮由綠色轉為黃色的面積比例以進行評分,評分分成1-5分,五個等級:1代表轉黃比例0-20%,2為21-40%,3是41-60%,4則是61-80%,5則代表轉色率為81-100%,如(圖3)。

#### (三)失重率(Weight loss rate)

果實編號後貯藏前以電子天秤進行秤重,進行處理後,取樣時再次秤重是為貯藏後重量。以下為失重率之計算公式,並以%表示:

失重率(%)=(貯藏前重量-貯藏後重量)÷貯藏前重量×100 %

(四)密度(Density)

以排水法測量果實之體積，排水法為將裝有水的容器放置於電子秤上，將果實放入水中，若沉入水中以鐵絲將果實提起，若浮於水上則以鐵絲則壓入水中，當果實於水位中央，秤上數值即可換算為果實之體積，並以 1 g 為 1 cm<sup>3</sup> 進行換算。以下為密度計算之公式，並以 g/cm<sup>3</sup> 進行表示：

密度(g/cm<sup>3</sup>)=重量/體積

(五)總可溶性固形物(Total soluble solid)

果實剝去外皮後，裝入塑膠袋施壓使果粒破裂，以榨取果汁，果汁再透過兩層之紗布進行過濾，除去果汁中的殘渣，過濾後的果汁以可攜式電子式糖度計(ATAGO,PR-32)測量果汁總可溶性固形物之濃度，並以°Brix 表示。

(六)可滴定酸(Titratable acidity)

取用上述(五)的果汁，以定量吸管取用 1 mL，並加入 19 mL 的純水，再滴入 3-5 滴的酚酞指示劑(phenolphthalein)，並以 0.1N NaOH 進行滴定至果汁變色時是為滴定終點，紀錄滴定量，並以檸檬酸之換算值換算出果汁中可滴定酸含量，並以%表示，以下為計算公式：

可滴定酸(%)=滴定數值×F 值(校正值)×0.0064(檸檬酸換算值)÷果汁用量(mL)×100

(七)抗壞血酸(Ascorbic acid, mg/100 mL juice)

取用上述(五)的果汁，以定量吸管取用 1 mL 或 2 mL 的果汁，加入 4 mL 純水進行稀釋，以抗壞血酸試紙(Reflectoquant®, Merck)沾取稀釋的果汁後放入 RQ-flex 中讀取抗壞血酸的濃度(mg/L)，再加以換算以 mg·100 mL<sup>-1</sup> 表示，以下為計算公式：

抗壞血酸(mg·100 mL<sup>-1</sup>)=抗壞血酸讀值×稀釋倍數÷10

(八)寒害指數(Chilling injury index)

以目視觀察果實褐化凹陷區域及腐爛區域之面積，以進行評分，評分分為 0-5 分六個等級，0 為無症狀，1 為寒害面積占果實 1-10%，2 為 11-20%，3 為 21-30%，4 為 31-40%，5 為則為寒害面積占果實 40% 以上，如(圖 4)。

(九)果蒂脫落率(Calyx abscission rate)

計算果蒂脫落的果實佔所有果實的比例，並以%表示。

(十)腐爛率(Decay rate)

以目視觀察果實表面有黴菌之病斑、寒害發生區域觸碰時過軟或切開時有嚴重腐臭味，即視為腐爛，並計算腐爛果實在全部果實中所佔之比例，並以%表示。

(十一)可售率(Marketability)

當果實有腐爛、汁胞粒化或異味的發生或是寒害指數為 3 以上時，即視為失去商品價值並計算仍具有商品價值的果實在全部果實中所佔的比例，並以%表示。

#### 四、統計分析

試驗數據以 COSTAT 6.4 統計軟體(CoHort Software, USA)來進行最小顯著差異分析(Least significant difference, LSD)，以比較各處理間有無顯著之差異( $P \leq 0.05$ )。

## 結 果

麻豆文旦柚果實失重率隨貯藏顯著呈上升趨勢，經調理後的果實有較高的失重率(表 2)。麻豆文旦經調理後果實之總可溶性固形物和可滴定酸有上升之趨勢(表 3)，具提高果實食用品質之效果。麻豆文旦柚果實色澤之  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 和  $C^*$ 值皆隨著貯藏呈顯著上升之趨勢， $h^\circ$ 色相角也隨著貯藏逐漸趨近  $90^\circ$ ，上述數值，皆代表果皮色澤隨貯藏逐漸變為黃綠色，調理則在低溫檢疫後 21 天的  $L^*$ 值和剛低溫檢疫完及低溫檢疫後 7 天的  $a^*$ 值有影響， $b^*$ 和  $C^*$ 值則的影響顯著(表 4)，且也可直接發現外觀上可觀察到麻豆文旦柚果實外皮隨貯藏逐漸褪綠、轉黃(圖 1)，在果實剖面上則沒有顯著之差異(圖 2)。

麻豆文旦柚果實經  $1^\circ\text{C}14$ 天和  $10^\circ\text{C}$ 進行貯運後，隨著貯藏寒害指數顯著上升，且經過  $25^\circ\text{C}$ 調理處理 7 天後的麻豆文旦柚果實寒害指數顯著低於未經調理的對照組果實，同時調理處理也顯著的降低麻豆文旦柚的腐爛率，而由於調理對於寒害症狀有減緩和腐爛率有降低的效果，使調理後果實較為調理的果實具有顯著較高的果實可售率(表 1)，雖然果實之剖面無明顯差異(圖 2)，但可發現未進行調理處理過之對照組果實再經低溫檢疫及後續貯運時，表皮寒害之褐化、凹陷、腐爛等狀況明顯，而經調理處理的果實外觀則良好、無明顯之寒害症狀(圖 1)。綜合上述結果，未經調理直接  $1^\circ\text{C}14$ 天之低溫檢疫後之果實確實是會有寒害發生，而經  $25^\circ\text{C}7$ 天調理處理之麻豆文旦柚，寒害發生狀況輕微，有較高之可售率。

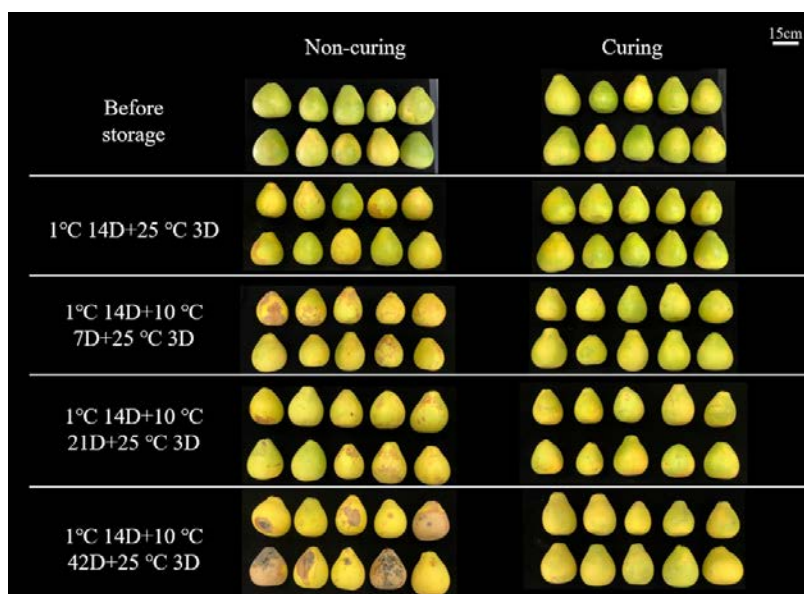


圖 1. 調理對於麻豆文旦柚低溫檢疫後貯藏對果實外觀之影響 (2020.08.20)。

Fig 1. Effect of non- or curing of 'Matou Wendan' pomelo on appearance after cold treatment and storage. (2020.08.20)

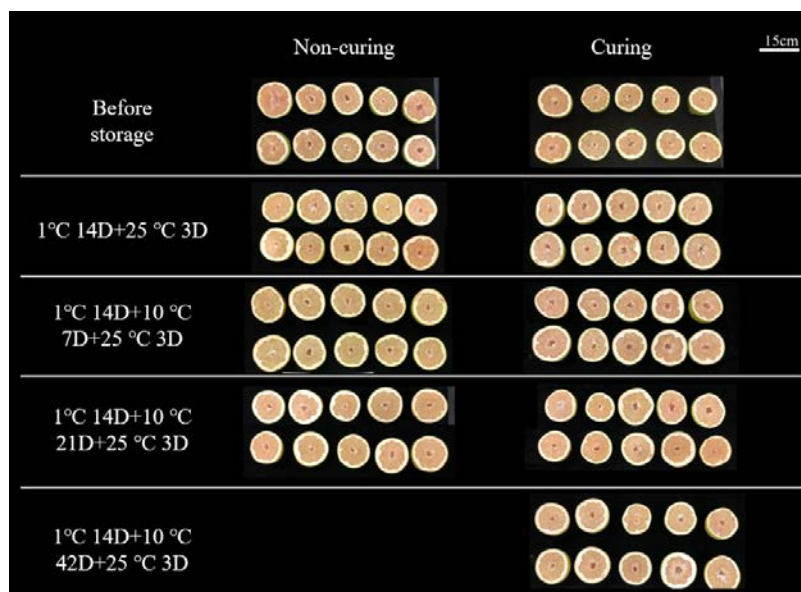


圖 2. 調理對於麻豆文旦柚低溫檢疫後貯藏對果實剖面之影響 (2020.08.20)。

Fig 2. Effect of non- or curing of 'Matou Wendan' pomelo on cross-section after cold treatment and storage. (2020.08.20)

表 1. 調理對於麻豆文旦柚低溫檢疫後貯藏之離層發生率、寒害指數、腐爛率及可售率影響 (2020.08.20)

Table 1. Effect of non- or curing of ‘Matou Wendan’ pomelo on calyx abscission rate, chilling injury index, decay rate and marketability after cold treatment and storage. (2020.08.20)

Treatment	Calyx abscission rate (%)		Chilling injury index <sup>y</sup>		Decay rate (%)		Marketability(%)	
	Non-curing	Curing <sup>w</sup>	Non-curing	Curing	Non-curing	Curing	Non-curing	Curing
Before storage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00
1 °C 14D+ 25 °C 3D	20.00	0.00	1.20 bA <sup>z</sup>	0.20 bA	10.00	0.00	70.00	100.00
1 °C 14D+ 10 °C 7D+ 25 °C 3D	60.00	50.00	1.80 abA	0.40 abB	0.00	0.00	60.00	100.00
1 °C 14D+ 10 °C 21D+ 25 °C 3D	80.00	40.00	1.30 bA	0.70 aA	0.00	0.00	50.00	90.00
1 °C 14D+ 10 °C 42D+ 25 °C 3D	100.00	60.00	3.00 aA	0.60 abB	80.00	0.00	30.00	90.00

<sup>z</sup>Means within a column followed by the same capital letter are not significantly different and means within a row followed by the same lower-case letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

<sup>y</sup>The percentage of chilling injury area of ‘Matou Wendan’ pomelo. 0 =No sympto, 1 =1-10%, 2 =11-20%, 3 =21-30%, 4 =31-30%, 5 =40% or more.

<sup>x</sup>When chilling injury index was higher than three or decay occurred, the sample lost marketability.

<sup>w</sup>The ‘Matou Wendan’ pomelo stored at room temperature 25 °C for 7 days.

表 2. 調理對於麻豆文旦柚低溫檢疫後失重率、密度及轉色程度之影響 (2020.08.20)

Table 2. Effect of non- or curing of 'Matou Wendan' pomelo on weight loss rate, density and color index after cold treatment and storage. (2020.08.20)

Treatment	Weight loss rate (%)		Density(g/cm <sup>3</sup> )		Color index <sup>y</sup>	
	Non-curing	Curing <sup>w</sup>	Non-curing	Curing	Non-curing	Curing
Before storage	0.00	3.93	0.74	0.73	3.60	3.60
1 °C 14D+						
25 °C 3D	0.70 bB <sup>z</sup>	4.00 bA	0.73 aA	0.70 aA	4.10 aA	3.40 bA
1 °C 14D+						
10 °C 7D+	1.01 aB	4.09 bA	0.72 aA	0.70 aA	4.20 aA	4.30 aA
25 °C 3D						
1 °C 14D+						
10 °C 21D+	0.97 aB	4.24 abA	0.71 aA	0.71 aA	3.80 aA	3.20 bA
25 °C 3D						
1 °C 14D+						
10 °C 42D+	-	4.62 a	-	0.67 a	3.80 aA	3.70 abA
25 °C 3D						

<sup>z</sup>Means within a column followed by the same capital letter are not significantly different and means within a row followed by the same lower-case letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

<sup>y</sup>The area of 'Matou Wendan' pomelo peel degreening rate. 1 = 0-20%, 2 = 21-40%, 3 = 41-60%, 4 = 61-80%, 5 = 81-100%.

<sup>w</sup>The 'Matou Wendan' pomelo stored at room temperature 25 °C for 7 days.

-No data

表 3. 調理對於麻豆文旦柚低溫檢疫後貯藏之果實品質影響 (2020.08.20)

Table 3. Effect of non- or curing of 'Matou Wendan' pomelo on total soluble solid, titratable acid and ascorbic acid after cold treatment and storage. (2020.08.20)

Treatment	Total soluble solid (%)		Titratable acid (%)		Ascorbic acid (mg/100 mL juice)	
	Non-curing	Curing <sup>w</sup>	Non-curing	Curing	Non-curing	Curing
Before storage	9.87	10.44	0.46	0.48	54.46	49.82
1 °C 14D+ 25 °C 3D	9.75 aB <sup>z</sup>	10.24 aA	0.46 aB	0.50 aA	51.20 bB	61.18 aA
1 °C 14D+ 10 °C 7D+ 25 °C 3D	9.60 aA	9.98 aA	0.45 aA	0.47 bA	50.24 bA	51.54 bcA
1 °C 14D+ 10 °C 21D+ 25 °C 3D	9.80 aA	10.13 aA	0.42 aA	0.43 cA	57.94 aA	58.30 abA
1 °C 14D+ 10 °C 42D+ 25 °C 3D	-	9.94 a	-	0.40 c	-	50.74 c

<sup>z</sup>Means within a column followed by the same capital letter are not significantly different and means within a row followed by the same lower-case letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

<sup>w</sup>The 'Matou Wendan' pomelo stored at room temperature 25 °C for 7 days

- No data



表 4. 調理對於麻豆文旦柚低溫檢疫後貯藏之果實色差影響 (2020.08.20)

Table 4. Effect of non- or curing of 'Matou Wendan' pomelo on chromatic aberration after cold treatment and storage. (2020.08.20)

	L* value		a* value		b* value		C* value		h° value	
	Non-curing	Curing <sup>w</sup>	Non-curing	Curing	Non-curing	Curing	Non-curing	Curing	Non-curing	Curing
1 °C 14D+										
25 °C 3D	64.08 bA <sup>z</sup>	65.77 cA	-3.70 bA	-5.67 bB	42.34 bA	43.80 bA	42.55 bA	44.21 bA	95.20 aA	97.54 aA
1 °C 14D+										
10 °C 7D+	69.42 aA	69.46 bA	-2.06 aA	-5.20 bB	48.56 aA	47.16 aA	48.64 aA	47.48 aA	92.48 aB	96.39 aA
25 °C 3D										
1 °C 14D+										
10 °C 21D+	69.39 aB	71.74 aA	-2.92 abA	-3.00 aA	48.63 aA	49.43 aA	48.76 aA	49.57 aA	93.54 aA	93.57 bA
25 °C 3D										
1 °C 14D+										
10 °C 42D+	-	70.57 ab	-	-1.65 a	-	49.44 a	-	49.49 a	-	91.97 b
25 °C 3D										

zMeans within a column followed by the same capital letter are not significantly different and means within a row followed by the same lower-case letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

wThe 'Matou Wendan' pomelo stored at room temperature 25 °C for 7 days.

- No data



圖 3. 果皮轉色率五個不同等級示意圖(2020.08.20)。

Fig 3. Schematic diagram of five different grades of peel degreening rate. (2020.08.20)



圖 4. 寒害指數六個不同等級示意圖(2020.08.20)。

Fig 4. Schematic diagram of six different levels of chilling injury index. (2020.08.20)

## 討 論

麻豆文旦柚進行調理處理的主要目的為提高麻豆文旦柚的食覺品質，而在其他柑橘類果實的前人文獻中，調理處理主要目的降低果實黴菌發生率或寒害的發生率(Rodov *et al.*, 1995; Porat *et al.*, 2000; Plaza *et al.*, 2004; Perez *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2005)，因此前述試驗中以經調理或未調理的果實進行低溫處理，一方面是為檢測調理處理是否確實能提高麻豆文旦柚之食用品質，另一方面則是為了檢測調理處理能否降低果實經低溫處理後寒害之發生。麻豆文旦以常溫 25 °C 進行調理 7 天，雖失重率顯著提高(表 2)，但食用品質上之可溶性固形物及可滴定酸都顯著升高(表 3)，此外麻豆文旦柚果實在經低溫檢疫處理及低溫貯運後，經調理後的果實有顯著較輕微的寒害症狀及較高的可售率(表 1)，調理後之果實可降低寒害的原因複雜包含產生微生物物理上的屏障、對於抗菌化合物或抗病機制相關蛋白的影響、穩定細胞膜或植物毒素在調理期間分解等原因(Plaza *et al.*, 2004)。

前人研究結果，麻豆文旦柚以 25 °C 進行短期貯藏 20 天，期間麻豆文旦柚果實食用品質的總可溶性固形物及可滴定酸皆提升，果肉截切力降低使質地變得柔軟，並認為此種方式為一種調理處理，後續普遍將這一過程俗稱為辭水(林, 1995)，本試驗中麻豆文旦柚果實經常溫 25 °C 調理 7 天後，可溶性固形物及可滴定酸確實顯著增加(表 3)。前人研究中 Porat 等(2000)對‘Star Ruby’葡萄柚以 36 °C 調理處理 3 天、Rodov 等(1995)對‘Marsh’葡萄柚、‘Eureka’檸檬、‘Oroblanco’白金柚和‘Nagami’金柑以 36 °C 調理 3 天、Erkan 等(2005)以 53 °C 1 或 6 小時及 48 °C 12 小時替‘Valencia’柳橙及‘Clementine’柑橘進行調理處理及 Wild(1993)‘Marsh’葡萄柚以 20 °C 調理處理 7 天等前人文獻中調理處理皆可以顯著降低各類柑橘類果實之寒害指數與黴菌感染，‘Goliath’柚子經 33 或 36 °C 之調理後果實中的植物防禦素像是鞣形酮和濱蒿內酯含量較未調理果實高，可能也是造成調理後果實腐爛率降低之原因(Ben-Yehoshua *et al.*, 1987; Zhang *et al.*, 2005)，本試驗中麻豆文旦柚寒害指數隨貯藏時間增加而上升，但經調理處理後的寒害指數顯著降低，同時調理也顯著降低麻豆文旦柚的腐爛率，因而顯著提高試驗果實之可售率(表 2)。

綜合以上結果，調理處理確實可提升麻豆文旦柚果實之品質如總可溶性固形物及可滴定酸，並可有效地降低麻豆文旦柚果實的寒害指數及腐爛率，降低貯運期間之耗損，顯示調理處理對輸日麻豆文旦柚貯運品質維持有其必要性。

## 參 考 文 獻

- 林芳存。1995。短期常溫貯藏對麻豆文旦果實品質之影響。中國園藝 41(4)：288-296  
 莊南山。1954。麻豆文旦。科學農業 2：23-26  
 Ben-Yehoshua, S., B. Shapiro, and R. Moran. 1987. Individual seal-packaging enables the use of

- curing at high temperatures to reduce decay and heal injury of citrus fruits. *HortScience* 22:777-783.
- Erkan, M., M. Pekmezci, I. Karasahin, and H. Uslu. 2005. Reducing chilling injury and decay in stored 'Clementine' Mandarins with hot water and curing treatments. *Eur. J. Hortic. Sci.* 70(4): 183-188.
- Erkan, M., M. Pekmezci, and C. Y. Wang. 2005. Hot water and curing treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest quality of 'Valencia' oranges. *Int. J. Food Sci. Technol.* 40(1): 91-96.
- Porat, R., D. Pavoncello, J. Peretz, S. Ben-Yehoshua, and S. Lurie. 2000. Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of 'Star Ruby' grapefruit. *Postharvest Biol. Technol.* 18(2):159-165.
- Plaza, P., A. Sanbruno, J. Usall, N. Lamarca, R. Torres, J. Pons, and I. Vinas. 2004. Integration of curing treatments with degreening to control the main postharvest diseases of clementine mandarins. *Postharvest Biol. Technol.* 34(1): 29-37.
- Perez, A. G., P. Luaces, M. Olmo, C. Sanz, and J. M. Garcia. 2005. Effect of intermittent curing on mandarin quality. *J. Food Sci.* 70(1):64-68.
- Rodov, V., S. Benyehoshua, R. Albagli, and D. Q. Fang, 1995. Reducing chilling injury and decay of stored citrus-fruit by hot-water dips. *Postharvest Biol. Technol.* 5(1-2): 119-127.
- Wild, B. L. 1993. Reduction of chilling injury in grapefruit and oranges stored at 1-degrees-c by prestorage hot-dip treatments, curing, and wax application. *Aust. J. Exp. Agric.* 33(4): 495-498
- Zhang, J. X. and P. P. Swingle. 2005. Effects of curing on green mold and stem-end rot of citrus fruit and its potential application under Florida packing system. *Plant Dis.* 89(8): 834-840.

## Effects of Curing on the Fruit Quality of 'Matou Wendan' Pomelo During Low Temperature Storage

Chang-Lun Lo<sup>1)</sup> Huey-Ling Lin<sup>2)</sup>

Key words: Pomelo, Curing, Low temperature quarantine, Chilling injury

### Summary

This study simulates the process for export of 'Matou Wendan' pomelo to Japan, and explores the effect of curing on the quality, chilling injury and marketability of 'Matou Wendan' pomelo. The fruit was stored at room temperature for 7 days to achieve the purpose of curing, followed by subjecting to low temperature quarantine at 1°C for 14 days, then moved to 10°C to simulate shipment to Japan. The quality of the fruit was evaluated after 1,3 and 6 weeks of storage at 10°C and rewarmed at room temperature for 3 days. The rate of weight loss was greater in the fruit receiving treatment of curing than that without being treated with curing. The soluble solids in the fruit of 'Matou Wendan' pomelo treated with curing was increased and degree of chilling injury and decay rate were reduced in the fruit during storage at low temperature.

---

1) Student in M.S. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

