

溫湯處理對'臺農二號'番木瓜葉綠素螢光值與 果皮轉色之影響

吳庭嘉¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：'臺農二號'番木瓜、溫湯處理、葉綠素螢光值、果皮轉色

摘要：番木瓜果實在貯運及銷售過程中容易產生病害，喪失商品價值，故需利用溫湯處理控制病害的發生。本試驗希望了解溫湯處理對於不同季節採收之'臺農二號'番木瓜果實的影響，於冬季低溫時期採收之番木瓜果實於 57°C 溫湯處理 90 秒會產生熱傷害，並降低果皮葉綠素螢光值，使果皮顏色之 h° 值增加， L^* 值、 C^* 值及果皮轉色程度降低，且增加病害發生的程度；而於夏季高溫時期採收之果實則無熱傷害的現象，且果實可正常轉色。在高溫及低溫時期採收之番木瓜果實，於 55°C 溫湯處理 90 秒的試驗中，皆無熱傷害的現象且果皮可正常轉色，但在低溫時期採收者其果皮葉綠素螢光值低於高溫時期採收者。

前 言

番木瓜(*Carica papaya* L.)為多年生半草本熱帶果樹，原產於熱帶美洲，為臺灣重要的經濟果樹之一，目前的主要栽培品種為'臺農二號'，亦為國內外銷果品之一(王，2005；李等，2012)。目前番木瓜在產業上所需要克服的問題有，果實本身較不耐貯運，在長時間的運輸上很容易發生品質劣變等生理障礙，以及採收後容易發生的一些病害，如炭疽病、蒂腐病等問題(李等，2012；謝和薛，2005)。

採後熱處理為物理防治方法，可以替代化學藥劑的使用，已利用在芒果、番木瓜、柑橘等園產品採收後處理上的病蟲害的控制、減輕低溫或高溫逆境的反應、延緩後熟、維持品質、延長貯藏壽命等。不同熱處理的方式及園產品在熱處理的溫度與時間，皆會影響其採收後之後熟過程(Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2010; Lurie, 1998; Paull and Chen, 2000)。因採收

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。

後真菌孢子及潛伏傳染的病菌通常會位於蔬果表面組織或是最外面數層細胞之間，容易受到熱能之影響，因此溫水處理對於採收後病害抑制的效果較易顯現(Lurie, 1998; 楊和倪, 2008)。針對番木瓜採後病蟲害控制的溫湯處理條件有 48°C 20 分鐘(Couey *et al.*, 1984)、49°C 20 分鐘(Nishijima *et al.*, 1992)、57°C 90 秒(吳, 2007)、55°C 3 分鐘(Chávez-Sánchez *et al.*, 2013)等。

過度的熱處理會造成園產品產生熱傷害的現象，在番木瓜果實熱傷害的徵狀有硬塊、燙斑及轉色不良等現象(Lurie, 1998)。影響果實耐熱性的因子有田間栽培時誘導的耐熱性、品種特性、果實的大小及形狀、果實成熟度及熱處理的溫度、時間和熱傳導速率等(Lurie, 1998; Paull, 1995; Paull and Chen, 2000)。

材料及方法

一、材料來源

本試驗使用'臺農二號'番木瓜果實為試驗材料，栽種於高雄縣六龜鄉邱氏果園(東經 120° 37' 34.54"，北緯 22° 52' 15.05")，選取果皮 10-25%轉色的成熟度(果溝一至兩溝轉黃)，果形大小一致、外觀完整、無病機械傷害或蟲害之果實進行試驗。

二、試驗方法

本試驗共進行五次，處理共分為對照組(control)、溫湯處理組(HW)。第一、二次試驗於 2011 年 11 月 4 日及 12 月 5 日進行，對照組無處理，溫湯處理組以 57°C 溫湯處理 90 秒。一顆果實為一重複，第一次試驗對照組 7 重複，溫湯處理組 8 重複；第二次試驗各組 10 重複。第三、四次試驗於 2012 年 3 月 31 日及 5 月 5 日進行，以 55°C 溫湯處理 90 秒，每組 10 重複。第五次試驗於 2012 年 7 月 10 日進行，分別以 55 或 57°C 溫湯處理 90 秒，每組 10 重複。

番木瓜果實經過溫湯處理後，待番木瓜果實風乾、降溫，再測量葉綠素螢光值。測定後將果實套上舒果網，密封於紙箱中。於 12°C 貯藏 7 天後，調查果皮葉綠素螢光值。隨後於箱中加入電石在 30°C 下催熟 2 天，調查果皮顏色。再於 25°C 下通以加濕空氣 3 天，調查果皮顏色及發病率。通以加濕空氣有利於病原菌生長，以了解不同處理對病害的控制。

三、調查項目

(一)、葉綠素螢光值(chlorophyll fluorescence)

在番木瓜果實長之 1/4、2/4、3/4 處各標定一個綠色的部位做為測定點，於 12°C 貯藏前及 12°C 貯藏 7 天後測定其葉綠素螢光值。測量時先以黑色絨布覆蓋果實，進行暗適應(dark-adapted)處理 30 分鐘，再利用攜帶式葉綠素螢光測定儀(portable chlorophyll fluorometer, MiNi-PAM, Walz, Germany)測定。其探針藉由特殊光纖(Special Fiberoptic 2010-F)提供測定光及飽和脈衝光，測得 Fo 及 Fm 值，計算光系統 II 的活性，以 Fv/Fm 表

示。Fo 為最小螢光釋放量，代表潛在螢光量；Fm 為最大螢光釋放量；Fv = Fm - Fo，為光系統 II 反應中心所釋放的螢光量，代表具活性的光系統 II 量；Fv/Fm = (Fm - Fo)/Fm，光系統 II 的活性，可描述光合作用胞器之生理狀態。

(二)、果皮顏色

果皮顏色同葉綠素螢光值測定點，分別於 12°C 貯藏 7 天後於 30°C 催熟 2 天及 25°C 放置 3 天後測量。利用色差儀(MiniScan®XE Plus, Model 4500S)測量 L*、a*、b*、C*、h° 值。L*(lightness)值表示明亮度，100 為白色，0 為黑色；a*值表示紅綠程度，正值表示紅色，負值表示綠色；b*值表示黃藍程度，正值表示黃色，負值表示藍色；C*(chroma)值為彩度，由 $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ 計算，數值越高表示顏色越濃；h° (hue angle)值為色相角，由 $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ 計算，表示顏色色相變化，0 度為紅-紫色，90 度為黃色，180 度為藍-綠色，270 度為藍色。

(三)、果皮轉色程度

番木瓜果皮轉色面積由目視判斷，視果皮轉為黃色所佔的表面積，以%表示果實轉色程度。

(四)、果實病害發生程度

番木瓜果實病害程度由目視判斷，視病害佔果實之表面積，以%表示病害發生程度。

四、統計分析

將試驗結果以 SAS 9.3 軟體(Institute Inc, 2012)計算平均值，並利用 ANOVA 進行變方分析(analysis of variance)及最小顯著差異(least significant difference method, LSD)比較各處理間之差異顯著性。

結 果

一、葉綠素螢光值

不同月份的試驗中，'臺農二號'番木瓜果實於貯藏前對照組之葉綠素螢光值(Fv/Fm)皆在 0.73-0.8 之間，經溫湯處理後皆會顯著降低葉綠素螢光值(表 1)。於 2011 年 11 及 12 月的試驗中，57°C 溫湯處理顯著降低葉綠素螢光值(0.28、0.14)；2012 年 3、5 及 7 月的試驗中，55°C 溫湯處理使葉綠素螢光值降低(0.62、0.70、0.69)。2012 年 7 月的試驗中，57°C 溫湯處理之葉綠素螢光值較 55°C 溫湯處理者低(0.59、0.69)，當溫湯處理的溫度增加使得處理組的葉綠素螢光值顯著降低。

於 12°C 貯藏 7 天使得 2011 年 11 及 12 月試驗的對照組葉綠素螢光值下降(0.68、0.58)，而 57°C 溫湯處理後於 12°C 貯藏 7 天其葉綠素螢光值有恢復的情形。2012 年 3、5 及 7 月試驗的對照組經過 12°C 貯藏 7 天其葉綠素螢光值無顯著變化，溫湯處理組之葉綠素螢光值有恢復的情形。

表 1. 溫湯處理對不同季節採收之'臺農二號'番木瓜果皮葉綠素螢光值之影響，於果實溫湯處理後及 12°C 貯藏 7 天調查。

Table 1. Effect of hot water treatment on the chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) of 'Tainung No. 2' papaya fruit harvested at different date. The fruits were storage at 12°C for 7 days after hot water treatment.

Treatment ^z	Fv/Fm					
	Nov. ^y	Dec.	Mar.	May.	Jul.	Jul.
	2011	2011	2012	2012	2012	2012
	57°C ^x	57°C	55°C	55°C	55°C	57°C
After hot water treatment (before storage)						
Control	0.77 a ^w	0.73 a	0.77 a	0.78 a	0.80 a	0.80 a
HW	0.28 b	0.14 b	0.62 b	0.70 b	0.69 b	0.59 b
Storage at 12°C for 7 days after hot water treatment						
Control	0.68 a	0.58 a	0.78 a	0.70 a	0.80 a	0.80 a
HW	0.41 b	0.34 b	0.70 b	0.67 b	0.78 a	0.68 b

^z: Control: no hot water treatment ; HW: hot water treatment 90s. ^y: Harvest date.

^x: Hot water treatment temperature. ^w: Mean separation within columns was by LSD at $p \leq 0.05$.

2011 年 11、12 月及 2012 年 7 月的試驗以 57°C 溫湯處理，在採收溫度較低的月份(2011 年 11、12 月)經過溫湯處理其葉綠素螢光值較採收溫度高的月份(2012 年 7 月)低，在 55°C 溫湯處理也相似的趨勢。

二、果皮顏色

在 2011 年 11、12 月試驗中，'臺農二號'番木瓜果實溫湯處理後於 12°C 貯藏 7 天經 30°C 催熟 2 天及於 25°C 放置 3 天的結果，溫湯處理降低果皮 L*值(表 2)；而 2012 年 3、5 及 7 月的試驗中溫湯處理組與對照組的 L*值無顯著差異。C*值的結果與 L*值相似(表 3)，2011 年 11、12 月試驗中，溫湯處理會降低果皮 C*值，使果皮顏色較不鮮豔；而 2012 年 3、5 及 7 月的試驗中溫湯處理組與對照組的 C*值無顯著差異。當'臺農二號'番木瓜果實後熟時果皮顏色明顯由綠轉黃，h°值會由 120-100°降至 70°。除了 2011 年 12 月的試驗的溫湯處理組與對照組之 h°值有顯著差異，在所有的試驗中對照組與溫湯處理組之 h°值在統計上無顯著差異(表 4)。

2011 年 11 及 12 月之溫湯處理有熱傷害的發生，在 25°C 放置 3 天後果皮仍無法正常轉色且病害程度嚴重(表 5、表 6、圖 1、圖 2)，故果實轉色程度降低。2012 年 3 及 5 月的試驗中，於 30°C 催熟 2 天後溫湯處理組之轉色程度顯著低於對照組(圖 3)，但無熱傷害的發生，再經 25°C 放置 3 天溫湯處理組可正常轉色與對照組無顯著差異。

表 2. 溫湯處理對不同季節採收之'臺農二號'番木瓜果皮顏色 L*值之影響，於果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後 30°C 催熟 2 天，再於 25°C 放置 3 天。

Table 2. Effect of hot water treatment on the L* value of peel color of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days after storage at 12°C for 7 days after hot water treatment.

Treatment ^z	L* value					
	Nov. 2011 ^y	Dec. 2011	Mar. 2012	May. 2012	Jul. 2012	Jul. 2012
	57°C ^x	57°C	55°C	55°C	55°C	57°C
Ripen at 30°C for 2 days						
Control	51.7 a ^w	49.6 a	47.1 a	45.0 a	50.6 a	50.6 a
HW	45.5 b	46.4 b	47.0 a	44.3 a	52.2 a	48.1 a
At 25°C for 3 days						
Control	56.2 a	44.6 a	50.5 a	54.6 a	55.6 a	55.6 a
HW	49.7 b	39.3 b	51.7 a	54.7 a	55.8 a	52.9 a

^z: Control: no hot water treatment ; HW: hot water treatment 90s. ^y: Harvest date.

^x: Hot water treatment temperature. ^w: Mean separation within columns was by LSD at $p \leq 0.05$.

表 3. 溫湯處理對不同季節採收之'臺農二號'番木瓜果皮顏色 C*值之影響，於果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後 30°C 催熟 2 天，再於 25°C 放置 3 天。

Table 3. Effect of hot water treatment on the C* value of peel color of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days after storage at 12°C for 7 days after hot water treatment.

Treatment ^z	C* value					
	Nov. 2011 ^y	Dec. 2011	Mar. 2012	May. 2012	Jul. 2012	Jul. 2012
	57°C ^x	57°C	55°C	55°C	55°C	57°C
Ripen at 30°C for 2 days						
Control	44.6 a ^w	38.3 a	40.5 a	35.5 a	43.8 a	43.8 a
HW	30.5 b	31.8 b	38.0 a	34.5 a	46.0 a	39.1 a
At 25°C for 3 days						
Control	50.3 a	44.0 a	48.2 a	55.7 a	53.4 a	53.7 a
HW	37.8 b	33.2 b	47.9 a	55.5 a	53.9 a	47.8 a

^z: Control: no hot water treatment ; HW: hot water treatment 90s. ^y: Harvest date.

^x: Hot water treatment temperature. ^w: Mean separation within columns was by LSD at $p \leq 0.05$.

表 4. 溫湯處理對不同季節採收之'臺農二號'番木瓜果皮顏色 h° 值之影響，於果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後 30°C 催熟 2 天，再於 25°C 放置 3 天。

Table 4. Effect of hot water treatment on the h° value of peel color of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days after storage at 12°C for 7 days after hot water treatment.

Treatment ^z	h° value					
	Nov. 2011 ^y	Dec. 2011	Mar. 2012	May. 2012	Jul. 2012	Jul. 2012
	57°C ^x	57°C	55°C	55°C	55°C	57°C
Ripen at 30°C for 2 days						
Control	73.0 a ^w	75.5 b	87.9 a	91.8 a	85.2 a	85.2 a
HW	74.0 a	84.6 a	89.9 a	93.2 a	83.0 a	87.3 a
At 25°C for 3 days						
Control	66.7 a	74.8 b	72.1 a	68.2 a	69.4 a	69.4 a
HW	71.1 a	81.0 a	73.8 a	68.7 a	67.6 a	70.1 a

^z: Control: no hot water treatment ; HW: hot water treatment 90s. ^y: Harvest date.

^x: Hot water treatment temperature. ^w: Mean separation within columns was by LSD at $p \leq 0.05$.

表 5. 溫湯處理對不同季節採收之'臺農二號'番木瓜果皮轉色之影響，於果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後 30°C 催熟 2 天，再於 25°C 放置 3 天。

Table 5. Effect of hot water treatment on the peel color of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days after storage at 12°C for 7 days after hot water treatment.

Treatment ^z	Color (%)					
	Nov. 2011 ^y	Dec. 2011	Mar. 2012	May. 2012	Jul. 2012	Jul. 2012
	57°C ^x	57°C	55°C	55°C	55°C	57°C
Ripen at 30°C for 2 days						
Control	89 a ^w	82 a	79 a	63 a	68 a	68 a
HW	43 b	58 b	58 b	52 b	67 a	58 b
At 25°C for 3 days						
Control	79 a	80 a	96 a	93 a	89 a	89 a
HW	29 b	53 b	92 a	91 a	92 a	75 b

^z: Control: no hot water treatment ; HW: hot water treatment 90s. ^y: Harvest date.

^x: Hot water treatment temperature. ^w: Mean separation within columns was by LSD at $p \leq 0.05$.



圖 1. 57°C 溫湯處理後於 25°C 不同放置時間再進行蒸熱處理對'臺農二號'番木瓜果實外觀之影響，果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後於 30°C 催熟 2 天(A) 再於 25°C 放置 3 天(B) (2011/11)。

Fig. 1. Effect of 57°C hot water treatment on the fruits appearance of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days following storage at 12°C for 7 days after heat treatment. Treatments: Control, no hot water treatment ; HW, hot water treatment for 90s. (A) ripen at 30°C for 2 days; (B) at 25°C for 3 days.

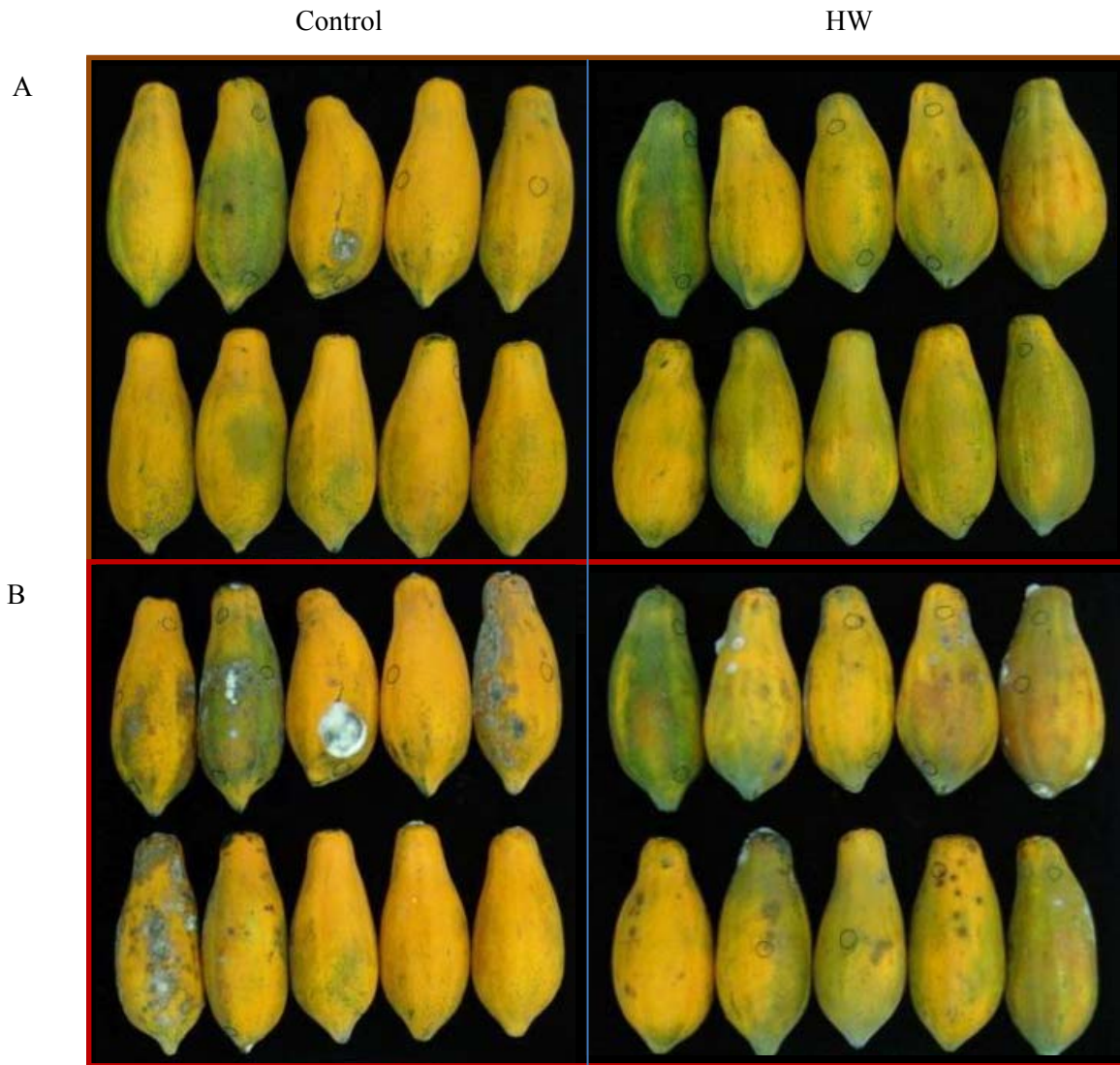


圖 2. 57°C 溫湯處理後於 25°C 不同放置時間再進行蒸熱處理對'臺農二號'番木瓜果實外觀之影響，果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後於 30°C 催熟 2 天(A) 再於 25°C 放置 3 天(B) (2011/12)。

Fig. 2. Effect of 57°C hot water treatment on the fruits appearance of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days following storage at 12°C for 7 days after heat treatment. Treatments: Control, no hot water treatment; HW, hot water treatment for 90s. (A) ripen at 30°C for 2 days; (B) at 25°C for 3 days.

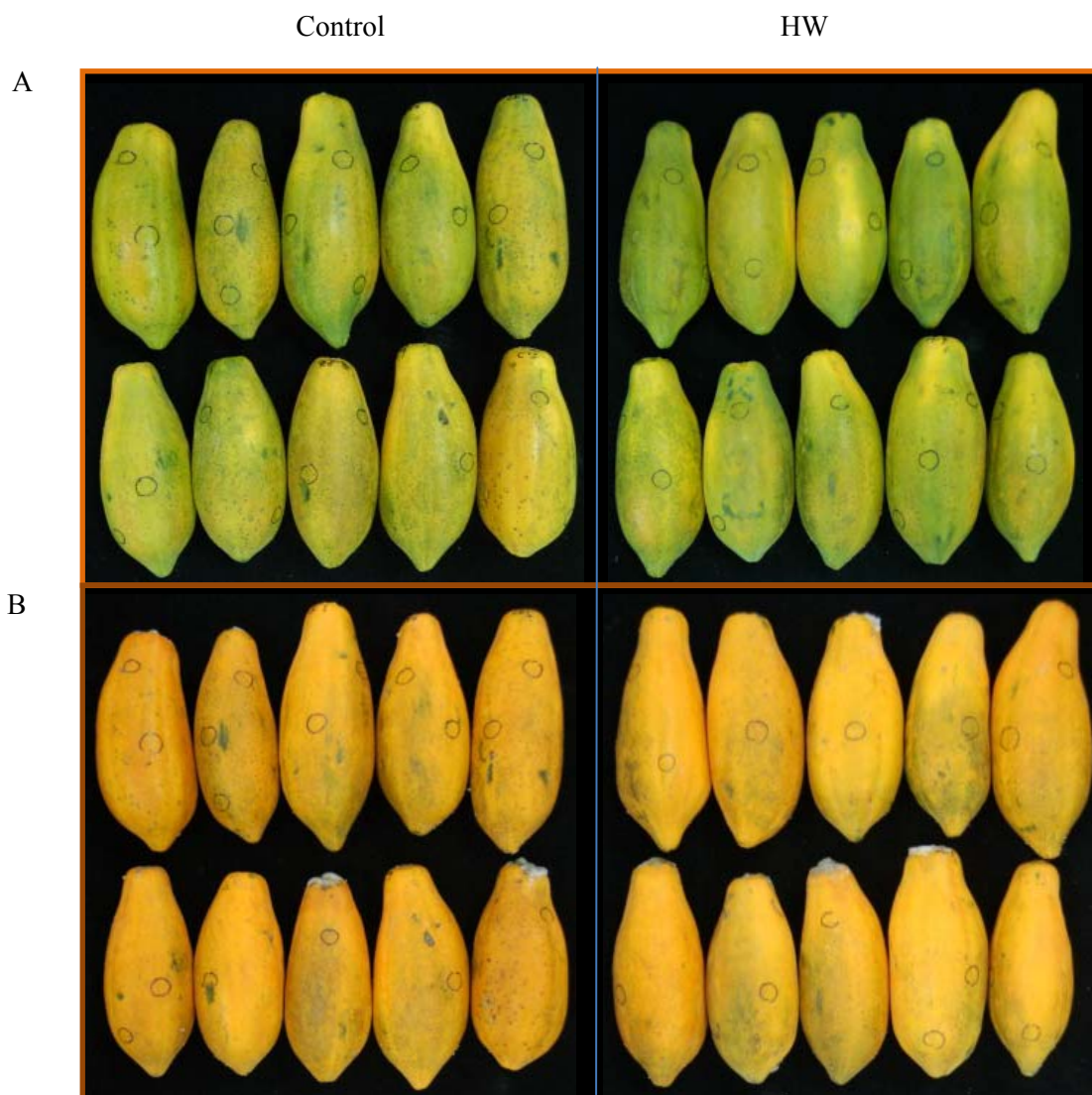


圖 3. 55°C 溫湯處理後於 25°C 不同放置時間再進行蒸熱處理對'臺農二號'番木瓜果實外觀之影響，果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後於 30°C 催熟 2 天(A) 再於 25°C 放置 3 天(B) (2012/03)。

Fig. 3. Effect of 55°C hot water treatment on the fruits appearance of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days following storage at 12°C for 7 days after heat treatment. Treatments: Control, no hot water treatment; HW, hot water treatment for 90s. (A) ripen at 30°C for 2 days; (B) at 25°C for 3 days.

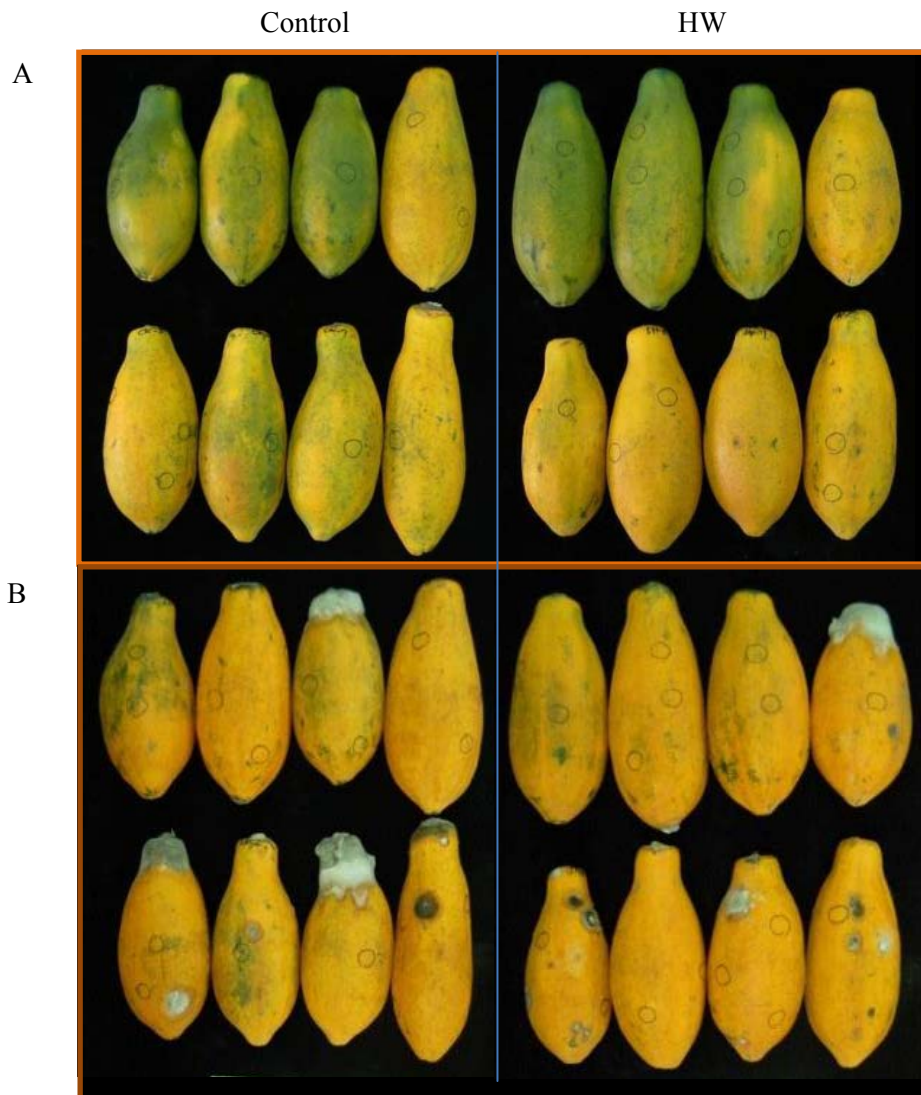


圖 4. 55°C 溫湯處理後於 25°C 不同放置時間再進行蒸熱處理對'臺農二號'番木瓜果實外觀之影響，果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後於 30°C 催熟 2 天(A) 再於 25°C 放置 3 天(B) (2012/07)。

Fig. 4. Effect of 55°C hot water treatment on the fruits appearance of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days following storage at 12°C for 7 days after heat treatment. Treatments: Control, no hot water treatment; HW, hot water treatment for 90s. (A) ripen at 30°C for 2 days; (B) at 25°C for 3 days.

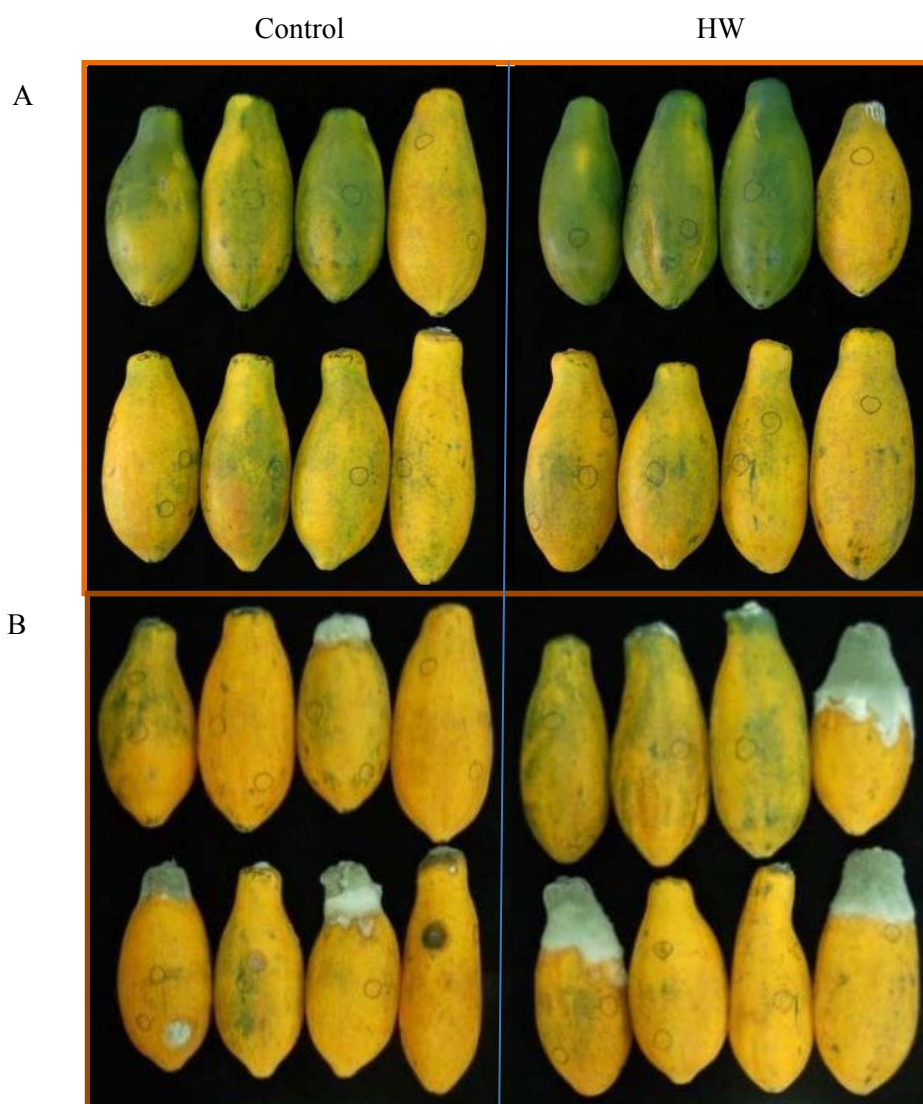


圖 5. 57°C 溫湯處理後於 25°C 不同放置時間再進行蒸熱處理對'臺農二號'番木瓜果實外觀之影響, 果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後於 30°C 催熟 2 天(A) 再於 25°C 放置 3 天(B) (2012/07)。

Fig. 5. Effect of 57°C hot water treatment on the fruits appearance of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days following storage at 12°C for 7 days after heat treatment. Treatments: Control, no hot water treatment; HW, hot water treatment for 90s. (A) ripen at 30°C for 2 days; (B) at 25°C for 3 days.

表 6. 溫湯處理對不同季節採收之'臺農二號'番木瓜病害程度之影響，於果實溫湯處理後 12°C 貯藏 7 天後 30°C 催熟 2 天再於 25°C 放置 3 天。

Table 6. Effect of hot water treatment on the decay index of 'Tainung No. 2' papaya fruit. The fruits were left at 25°C for 3 days following ripen at 30°C for 2 days following storage at 12°C for 7 days.

Treatment ^z	Decay index (%)					
	Nov. ^y	Dec.	Mar.	May.	Jul.	Jul.
	2011	2011	2012	2012	2012	2012
	57°C ^x	57°C	55°C	55°C	55°C	57°C
Control	24.1 b ^w	16.0 ab	1.6 a	0.5 a	13.1 a	13.1 a
HW	53.1 a	6.5 b	2.7 a	0.6 a	7.5 a	16.9 a

^z: Control: no hot water treatment ; HW: hot water treatment 90s. ^y: Harvest date.

^x: Hot water treatment temperature. ^w: Mean separation within columns was by LSD at $p \leq 0.05$.

2012 年 7 月的試驗結果不論 55 或 57°C 溫湯處理果實皆可正常轉色(圖 4、圖 5)，但 57°C 溫湯處理有較嚴重的病害發生，使得可視的轉色面積降低，導致轉色程度降低。

三、果實病害程度

2011 年 11 月試驗的溫湯處理有熱傷害發生，使得溫湯處理的病害程度較高(表 6、圖 1)。除 2011 年 11 月的溫湯處理病害程度較高，所有試驗的對照組及溫湯處理組之間無顯著差異。雖然 2012 年 7 月的 57°C 溫湯處理組之部分果實發病嚴重，但其餘果實幾乎無病害發生，所以在統計上各處理間病害程度無顯著差異。

討 論

熱處理已經廣泛的利用在園產品採後處理上，可藉此降低蟲害、控制病害、延緩後熟、減輕二次逆境的影響、增加貯運時間及貯藏壽命等(Lurie, 1998)。溫湯處理可以有效降低園產品採收後病害的發生，但不同的作物對溫度的耐受能力不同(楊和倪, 2008; Lurie, 1998)。過度的熱處理會造成園產品產生熱傷害的現象，造成不正常的後熟、果皮轉色不良、果肉無法正常軟化及增加腐爛率等(李, 2009; Lurie, 1998; Paull and Chen, 2000)。果實於熱處理後可以藉由非侵入性的葉綠素螢光測量，在組織正常老化與環境逆境造成可視徵狀前測量出其變化，以了解熱逆境對於類囊體膜的結構及流動性的影響(Ball *et al.*, 1994; Bron *et al.*, 2004; Fan *et al.*, 2011)。

Fan 等人(2011)將'Jonagold'及'Cortland'蘋果經 48°C 熱風處理，隨處理時間增加至 12 小時明顯降低果皮葉綠素螢光值，且與貯藏後果皮及果肉的褐化率呈負相關。2001 年 Song 等人指出當葉綠素螢光值降至 0.3 以下，表示蘋果果實受到熱傷害；2007 年吳指出當番木瓜果實溫湯處理後其葉綠素螢光值降至 0.4 以下，果實無法正常轉色；2010 年黃指出熱處理後番木瓜果實的葉綠素螢光值低於 0.5 以下，果實後熟受到影響。顯示當熱處理的逆境強度增加，即溫度或時間增加，會使光合系統 II 受到抑制或破壞而降低葉綠素螢光值 (Fv/Fm)。

試驗結果發現 2011 年 11 及 12 月與 2012 年 7 月之 57°C 溫湯處理對'臺農二號'番木瓜果皮葉綠素螢光值的影響有顯著差異，2011 年 11 及 12 月試驗為冬季低溫時期採收的果實其葉綠素螢光值降至 0.3 以下，且有明顯熱傷害的現象(表 1、圖 1、圖 2)；但 2012 年 7 月夏季高溫時期採收果實之葉綠素螢光值為 0.5 以上，且無熱傷害的現象(表 1、圖 5)。於 2012 年 3、5 及 7 月之 55°C 溫湯處理也有類似的趨勢，於 2012 年 3 月的試驗其果皮葉綠素螢光值較同年 5 及 7 月低，但皆可正常轉色(表 1、圖 3、圖 4)。

不同月份採收之'臺農二號'番木瓜果實經溫湯處理後，在果皮轉色方面也與葉綠素螢光值有相關的結果，當測定的葉綠素螢光值低於 0.4 果皮有熱傷害的現象，並顯著降低果皮 L*值及 C*值(表 2、表 3)，且有較高的 h°值(表 4)，果實轉色程度降低(表 5)，增加果實病害程度(表 6)。熱處理後可藉由測量果皮葉綠素螢光值了解果實受傷害的程度，可預測是首受到熱傷害，果實於冬季低溫時期採收對於較高溫度的溫湯處理(57°C 溫湯處理)的耐受性較差，容易產生熱傷害，降低葉綠素螢光值，使果皮轉色不良。隨著採收時環境溫度增加，對於溫湯處理耐受性有逐漸增加的趨勢。'Maradol'番木瓜果實在 55°C 溫湯處理，隨溫湯處理時間由 3 分鐘增加至 6 及 9 分鐘會明顯影響果皮轉色，降低果皮 L*值、b*值、C*值及增加 h 值°(Chávez-Sánchez *et al.*, 2013)，此結果與本試驗相似。

不同季節之果實對熱處理的耐受性不同，Paull (1995)研究結果指出果實的熱敏感性與採收前 3 天的最低溫平均值有最高的相關性，當採前 3 天最低平均溫度高於 22.4°C 則不會有熱傷害的發生，因此冬季採收果實較不耐熱處理，必須降低熱處理的溫度或是時間，以避免熱傷害的發生。

參考文獻

- 王德男。2005。番木瓜。台灣農家要覽農作篇(二)。財團法人豐年社。台北。pp.129-136。
- 吳國政。2007。熱處理及氣變包裝對'臺農二號'番木瓜果實採後品質及炭疽病之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。pp.96。
- 黃偉峻。2010。熱處理對'臺農二號'番木瓜果實品質及抗氧化能力之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。pp.93。

- 李文立。2009。木瓜栽培管理手冊。行政院農業委員會農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所。83pp。
- 李文立、黃慶文、謝慶昌。2012。番木瓜。主要外銷果樹採後處理專刊。Pp.31-40。
- 楊宏仁、倪蕙芳。2008。溫水處理在植物防檢疫之應用。動植物防檢疫季刊 16:21-24。
- 謝慶昌、薛淑滿。2005。外銷番木瓜處理作業及技術改進。園產品採後處理技術之研究與應用研討會專刊。pp.53-58。
- Ball, M. C., J. A. Butterworth, J. S. R. Christian, and J. G. Egerton. 1994. Applications of chlorophyll fluorescence to forest ecology. *Aust. J. Plant Physiol.* 22:311-319.
- Bron, I. U., R. V. Ribeiro, M. Azolini, A. P. Jacomino, and E. C. Machado. 2004. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of 'Golden' papaya fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 33:163-173.
- Chávez-Sánchez, I., A. Carrillo-López, M. Vega-García, and E. M. Yahia. 2013. The effect of antifungal hot-water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. *J. Food Sci. Technol.* 50:101-107.
- Couey, H. M., A. M. Alvarez, and M. G. Nelson. 1984. Comparison of hot-water spray and immersion treatment for control of postharvest decay of papaya. *Plant Dis.* 68:436-437.
- Fan, L., J. Song, and M. A. Jordan. 2011. Fruit maturity affects the response of apples to heat stress. *Postharvest Biol. Technol.* 62:35-42.
- Gonzalez-Aguilar, G. A., J. A. Villa-Rodriguez, J. F. Ayala-Zavala, and E. M. Yahia. 2010. Improvement of the antioxidant status of tropical fruits as a secondary response to some postharvest treatments. *Food Sci. Technol.* 21:475-482.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 14:257-269.
- Nishijima, K. A., C. K. Miura, J. W. Armstrong, S. A. Brown, and B. K. S. Hu. 1992. Effect of forced, hot-water treatment of papaya fruit on fruit quality and incidence of postharvest diseases. *Plant Dis.* 76:723-727.
- Paull, R. E. 1995. Preharvest factors and heat sensitivity of field-grown ripening papaya fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 6:167-175.
- Paull, R. E. and N. J. Chen. 2000. Heat treatment and fruit ripening. *Postharvest Biol. Technol.* 21:21-37.
- Song, J., L. Fan, C. F. Forney, and M. A. Jordan. 2001. Using volatile emissions and chlorophyll fluorescence as indicators of heat injury in apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 32:771-777.

Effect of Hot Water Treatment on the Peel Chlorophyll Fluorescence and Color Change of 'Tainung No. 2' Papaya Fruit

Ting-Chia Wu¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾

Key words: 'Tainung No. 2' papaya fruit, Hot water treatment, Chlorophyll fluorescence, Peel color change.

Summary

Papaya fruits are susceptible to disease and then cause commercial loss during storage, transporting and marketing which shows the necessity of hot water treatment in papaya. The main goal of this study is to understand the effect of hot water treatment on 'Tainung No. 2' papayas which harvested in two different seasons (summer and winter). For winter papaya, fruits dipped into 57°C hot water treatment for 90 seconds caused heat injuries, and the value of chlorophyll fluorescence of fruit peel decreased. For the peel color, the h° value increased while the L* and C* value decreased, and the degree of color changing was low. In summer papaya, dipped into there was no sign of heat injury and the peel color changed normally after of 57°C hot water for 90 seconds. In 55°C hot water treatment for 90 seconds, papayas harvested in both seasons had no sign of heat injury and the peel color changed normally after treatment. However, the value of chlorophyll fluorescence of fruit peel was lower in winter fruits.

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.

