

蒸熱處理對抑制柳橙果實綠黴菌及品質之影響

周 宥 均¹⁾ 陳 昶 霖²⁾ 林 慧 玲³⁾

關鍵字：柑橘類果實、蒸熱處理、綠黴菌

摘要：柳橙為台灣重要柑橘類之一。由於產季集中常造成盛產期之價格低廉，常利用貯藏技術調節市場，但於貯藏與運輸過程中容易因病害造成極大損失，其中又以綠黴菌 (*Penicillium digitatum* Saccardo)和青黴菌 (*Penicillium italicum* Wehmer)之危害較為嚴重。本試驗探討不同蒸熱處理時間 (0-120 分鐘)對抑制綠黴菌之效果及對果實品質之影響。試驗結果顯示，柳橙果實經 50°C 蒸熱處理 30 分鐘，可有效抑制病害發生，且果實無熱害之徵狀，對於果實品質之總可溶性固形物、可滴定酸以及抗壞血酸也無影響。

前 言

柑橘類為芸香科 (Rutaceae)柑橘亞科 (Aurantioideae)之世界重要的經濟果樹，也為台灣重要經濟果樹之一，根據 108 年農業統計年報顯示台灣柑橘類種植面積約為 25,610.2 公頃，其中又以柳橙與椪柑種植面積最廣，由於柑橘類產季集中常造成盛產期之價格低廉，因此需貯藏或是外銷進行調節，於適當貯運環境下，柳橙有 3-5 個月之貯藏期 (劉等, 1997; 劉等, 1998)。但於貯藏與運輸過程中容易因病菌感染造成極大損失，其中又以綠黴菌 (*Penicillium digitatum* Saccardo)和青黴菌 (*Penicillium italicum* Wehmer)之危害最為嚴重，目前常用防治的方式，是在柳橙果實採收後浸漬殺菌劑，藉以減少腐爛率及維持綠蒂延緩老化，如：腐絕，亦有利用放射線、臭氧、生物防治與溫度處理，其中，溫度處理利用低溫或加熱處理促使傷口快速癒合而減少感染機會(楊, 2002)。

近年來，消費者健康意識抬頭，非農藥友善環境之防治方法之研發是為重要課題。熱處理 (Heat treatment, HT)是個有效可行的商業性物理替代方法，具有高可重複性和高效率、成本較低、無化學物質、安全環保、執行速度快並且適用於慣行和有機產品，更可以有效

-
- 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助理教授。
 - 3) 國立中興大學園藝學系教授，通訊作者。

控制病害、蟲害，維持甚至改善果實的貯藏品質。熱處理的方式可以分為熱水、熱風及蒸熱處理。於前人研究中'Oroblanco' (*Citrus grandis* L.×*C. paradisi* Macf.) 柑橘使用 52°C 熱水浸泡 2 分鐘或 56 及 60°C 熱水沖刷 10 秒皆可顯著抑制綠黴菌以及青黴菌之發生 (Rodov *et al.*, 2000)，而'Ponkan'利用 35°C 熱風處理 3 天也可以顯著抑制綠黴菌之感染 (林, 2011)。而蒸熱處理的原理是利用飽和的蒸氣可攜帶較多能量，熱能快速傳導使果實能在短時間升溫至目標溫度，目前主要用於殺蟲檢疫，對於抑制採後病害之研究甚少，因此本試驗主要探討蒸熱處理時間對於抑制綠黴菌之影響，期能建立有效抑制綠黴菌誘發之貯藏病害且不會對柳橙果實品質造成負面影響之條件。

材料與方法

一、試驗材料與方法

試驗分別於 2020 年 3 月 3 日及 2020 年 3 月 12 日進行，第一次材料來自於嘉義縣梅山合作農場生產之柳橙 (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Liucheng)，第二次則從位於台中市大里區金田水果行購買。試驗果實挑選果蒂完整、大小一致、外表無刻傷、凹陷且無病害之果實進行處理。

前處理先利用 40 ppm 次氯酸水清洗果實後風乾，先將果實分為未接種組與接種組，再將果實進行不同時間蒸熱處理，處理時間第一次為 0、30、60、90 及 120 分鐘，第二次為 20、40、60 分鐘。

(一) 柳橙果實不同蒸熱處理時間對於抑制綠黴菌之影響

接種組沿果實赤道處用釘子製造出四個等距的傷口，深度為深 3 mm、寬 1 mm，將感染綠黴菌之發病果實丟入純水中，將孢子懸浮液濃度調成 1×10^5 spores/mL 與 0.1% 界面活性劑 (豐展)，後將刻傷之果實泡入孢子懸浮液內滾動，使每處充分接觸孢子懸浮液，約 10-15 秒，風乾果實表面後將果實編號，置入籃中，上面以保鮮膜覆蓋避免雜菌掉落於果實表面，於室溫培養一夜，隔日進行蒸熱處理。蒸熱處理使用位於中興大學葡萄中心之蒸熱箱 (國洲儀器有限公司)，將空氣溫度與水溫都設置 50°C，將果實放入蒸熱箱後於相對應的時間拿出，用電風扇將果實表面風乾及降溫，將果實放入方形壓克力呼吸缸中，貯藏於室溫 (約 25°C) 並加濕貯藏 7 日，每日進行調查果實外觀及發病情形，每處理 10 重複，每重複各 10 顆。

(二) 柳橙果實不同蒸熱處理時間對於果實品質之影響

未接種之果實則是未刻傷直接放入蒸熱箱中，並於相對應時間取出果實後，以電風扇將表面風乾及降溫，將果實放入方形壓克力呼吸缸中，置於室溫 (約 25°C) 並加濕貯藏 7 日，於每日調查失重，第 0 天以及第 7 天進行破壞性果實品質調查，每處理 10 重複，每重複各 10 顆果實。

二、調查項目與方法

(一) 不同蒸熱處理時間對柳橙果實抑制綠黴菌之影響

(1) 罹病率 (Disease incidence, %)

每日調查果實於接種點產生之菌絲或於蒂頭發霉的果實所占各處理總果實之比例。一顆果實為一重複，每處理各 10 重複。

(2) 果皮損傷率 (Peel damage, %)

果皮損傷可能由熱害、果皮老化或是腐爛所導致，每日調查損傷果實佔各處理總果實之比例。一顆果實為一重複，每處理各 10 重複。

(3) 外觀等級 (Appearance level)

將果實分為蒂頭與四個面共五個區域，5 = 無受損；4 = 一個區域；3 = 兩個區域；2 = 三個區域；1 = 四個區域；0 = 五個區域發生果皮褐化、老化凹陷或是疾病發生。一顆果實為一重複，每處理各 10 重複。

(二) 柳橙果實不同蒸熱處理時間對於果實品質之影響

(1) 失重率 (Weight loss rate)

果實以電子天平秤重，依據編號紀錄 0 至 7 日鮮重變化，並計算出每日果實的失重率，計算公式如下 (單位為%)：

$$(\text{第 } 0 \text{ 天} - \text{第 } n \text{ 天}) / \text{第 } 0 \text{ 天} \times 100\%$$

一顆果實為一重複，每處理各 10 重複。

(2) 總可溶性固形物 (Total soluble solid, TSS)

每顆果實縱切成一半以紗布過濾擠汁於燒杯中，以電子式糖度計(ATAGO, PR-32)測定果汁內總可溶性固形物之含量，測定單位為^oBrix，一顆果實為一重複，每處理 10 各重複。

(3) 可滴定酸 (Titratable acidity, TA)

取上述 (2) 燒杯之果汁，以定量吸管取 1mL 後加入 19mL 純水，再以滴管吸取酚酞指示劑(phenolphthalein)滴 2-3 低於燒杯中，以 0.1N NaOH 滴定至酚酞變色的時候為滴定終點，記錄其滴定量後換算出果汁中檸檬酸之含量，單位為%。一顆果實為一重複，每處理各 10 重複。

(4) 糖酸比 (TSS/ TA)

將上述 (2) 得之總可溶性固形物含量除以上述 (3) 之可滴定酸含量所得之比為糖酸比。一顆果實為一重複，每處理各 10 重複。

(5) 抗壞血酸 (Ascorbic acid)

取上述(2)燒杯之果汁，用抗壞血酸試紙 (Reflectoquant[®], Merk, Germany)沾取果汁後放入 RQ-flex 讀取抗壞血酸之濃度 (mg/L)，再將單位換算成為 mg/100 mL juice。

三、統計分析

利用 SAS 9.4 (Statistic Analysis System)軟體進行 ANOVA 變方分析 (analysis of variance) 和最小顯著差異 (least significant difference method, LSD)比較各處理間之差異顯著性 ($P \leq 0.05$)。

結 果

一、柳橙果實不同蒸熱處理時間對於抑制綠黴菌之影響

(一) 50°C蒸熱處理 (VHT)時間對於柳橙果實罹病率之影響

柳橙果實先以 30、60、90 以及 120 分鐘進行 50°C蒸熱處理。結果顯示，蒸熱處理 30-120 分鐘均顯著抑制綠黴菌且無病徵的發生 (表 1)，因此將時間往下縮短，以 20、40、60 分鐘進行處理，結果顯示，對照組於第 3 日發病，而蒸熱處理組於觀察結束皆無發病，結果顯示於柳橙果實使用 20 分鐘蒸熱處理即可抑制綠黴菌引起之病害發生 (表 2)。

(二) 50°C蒸熱處理 (VHT)時間對於柳橙果皮外觀之影響

表 3 顯示，對照組於第 3 日開始果皮出現損傷，直至第 7 日果皮損傷率為 90%，主要由果實發病所導致損傷率快速上升。而 50°C 蒸熱處理 90 以及 120 分鐘中，果皮出現果蒂凹陷或是些微果皮變色之情形，表現熱害現象，主要是由失水所造成的果皮老化使果皮損傷率上升，30 與 60 分鐘 VHT 則無此現象發生，觀察至第 7 日時，30 與 60 分鐘 VHT 果皮損傷率顯著低於其他處理 (圖 1)。使用 20、40 及 60 分鐘進行蒸熱處理處理中 (圖 2)，對照組於第 2 日內發病外觀品質急遽下降，柳橙果實於接種處開始有軟腐水浸狀的現象發生，直到第 4 日全部果實發病使得外觀等級降至 0。蒸熱處理，觀察第 7 日 20 及 40 分鐘 VHT 外觀等級顯著高於其他處理，其次為 60 分鐘 VHT，表示柳橙果實即使使用 40 分鐘 VHT，也不會對於果實外觀造成熱害 (表 4)。

表 1. 接種綠黴菌後以 50°C不同蒸熱處理時間後放置於 25°C1-7 天對柳橙果實罹病率之影響 (2020.3.3.)

Table 1. Disease incidence (%) of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. (2020.3.3.).

Treatment	Disease incidence (%)							
	0D	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
CK	0 a ^z	0 a	0 a	20 a	40 a	80 a	80 a	90 a
30 min	0 a	0 a	0 a	0 a	0 b	0 b	0 b	0 b
60 min	0 a	0 a	0 a	0 a	0 b	0 b	0 b	0 b
90 min	0 a	0 a	0 a	0 a	0 b	0 b	0 b	0 b
120 min	0 a	0 a	0 a	0 a	0 b	0 b	0 b	0 b

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

表 2. 接種綠黴菌後以 50°C 不同蒸熱處理時間後放置於 25°C 1-7 天對柳橙果實罹病率之影響 (2020.3.12.)

Table 2. Disease incidence (%) of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. (2020.3.12.).

Treatment	Disease incidence (%)							
	0D	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
CK	0 a ^z	0 a	0 a	90 a	100 a	100 a	100 a	100 a
20 min	0 a	0 a	0 a	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
40 min	0 a	0 a	0 a	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
60 min	0 a	0 a	0 a	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

表 3. 接種綠黴菌後以 50°C 不同蒸熱處理時間後放置於 25°C 1-7 天對柳橙果實果皮損傷率之影響 (2020.3.3.)。

Table 3. Peel damage (%) of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. (2020.3.3.).

Treatment	Peel damage (%) ^y							
	0D	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
CK	0 a ^z	0 a	0 a	30 a	80 a	80 a	90 a	90 a
30 min	0 a	0 a	0 a	10 a	20 b	20 bc	20 b	30 b
60 min	0 a	0 a	10 a	10 a	10 b	20 bc	20 b	30 b
90 min	0 a	0 a	10 a	10 a	10 b	10 c	10 b	50 ab
120 min	0 a	0 a	20 a	30 a	40 b	50 ab	60 a	80 a

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

^yPeel damage: any part of the peel was browning, peel aging, pitting or disease incidence.

表 4. 接種綠黴菌後以 50°C 不同蒸熱處理時間後放置於 25°C 1-7 天對柳橙果實外觀等級之影響 (2020.3.12.)

Table 4. Appearance level of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. (2020.3.12.).

Treatment	Appearance level ^y							
	0D	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
CK	4.9 ab ^z	4.5 a	2.9 b	0.5 b	0 b	0 b	0 b	0 c
20 min	5.0 a	4.2 a	4.1 a	4.1 a	3.8 a	3.5 a	3.5 a	3.3 a
40 min	4.9 ab	4.8 a	4.7 a	4.3 a	4.2 a	3.9 a	3.7 a	3.6 a
60 min	4.6 b	4.5 a	4.0 a	3.9 a	3.7 a	3.3 a	3.0 a	2.1 b

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P < 0.05$ by LSD test.

^yAppearance level: one fruit was divided into 5 proportions, stem-end and 4 sides separately. 5, no symptom; 4, one of the proportions; 3, two of the proportions; 2, three of the proportions; 1, four of the proportions; 0, all of the proportions were browning, peel aging, pitting or disease incidence.

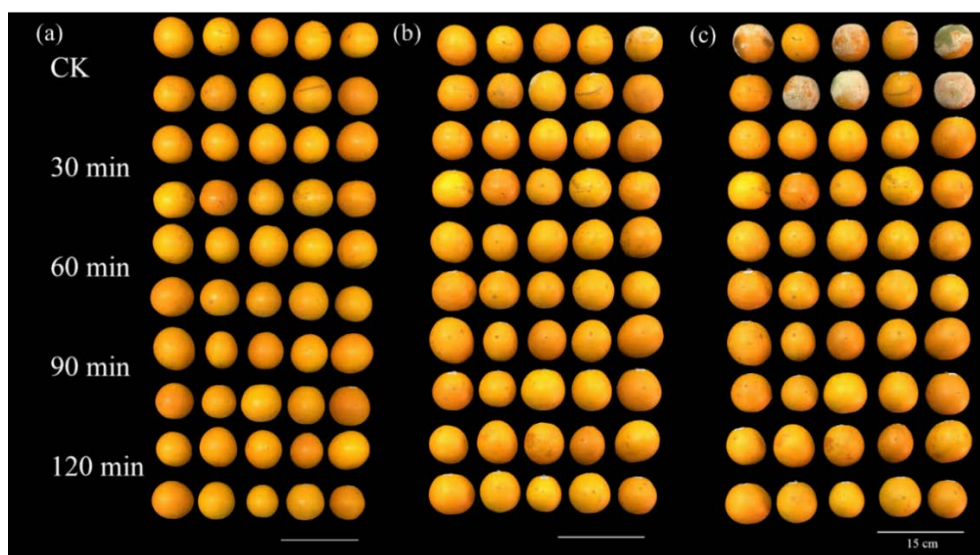


圖 1. 柳橙果實接種綠黴菌後以 50°C 不同蒸熱處理時間(0、30、60、90 以及 120 分鐘)對果實外觀的影響 (a)第 0 天 (b)第 4 天 (c)第 7 天 (2020.3.3.)。

Fig. 1. Fruit appearance of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. The appearance level and heat injure was recorded at (a) 0 (b) 4 (c) 7 day. (2020.3.3.)

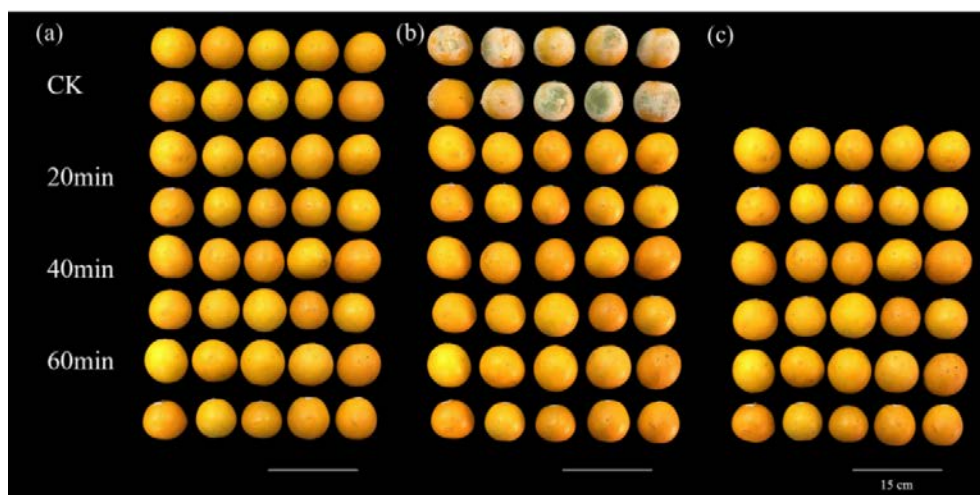


圖 2. 柳橙果實接種綠黴菌後以 50°C 不同蒸熱處理時間(0、20、40 以及 60 分鐘)對果實外觀的影響 (a)第 0 天 (b)第 4 天 (c)第 7 天 (2020.3.12.)。

Fig. 2. Fruit appearance of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. The appearance level and heat injure was recorded at (a) 0 (b) 4 (c) 7 day. (2020.3.12.)

二、柳橙果實不同蒸熱處理時間對於果實品質之影響

(一) 50°C 蒸熱處理 (VHT) 時間對於柳橙失重率之影響

於第一次試驗中蒸熱時間 0-120 分鐘，隨著時間增加失重率隨之上升，在室溫貯藏 7 天中皆以 VHT 120 分鐘失重率顯著高於其他處理，對照組的失重率顯著最低，第 7 日對照組、30、60、90 及 120 分鐘失重率分別為 0.75、1.17、1.51、1.57 與 1.77% (表 5)。

第二次試驗中使用 20、40 與 60 分鐘蒸熱處理，於貯藏期間處理組與對照組間皆無顯著差異，於第 7 日對照組、20、40 與 60 分鐘失重率分別為 0.88、0.89、0.95 與 1.04% (表 6)。

(二) 50°C 蒸熱處理 (VHT) 時間對柳橙果實品質之影響

第一次試驗中蒸熱時間 0-120 分鐘，室溫貯藏 7 日後總可溶性固形物以蒸熱 60 分鐘顯著最低 (13.53° Brix)，其次為 120 與 90 分鐘的 13.74、14.38° Brix，30 分鐘與對照組接近，分別為 14.53 與 14.80° Brix，當時間提升到 60 分鐘以上可能會對果實造成負面影響使得可溶性固形物的下降。在可滴定酸(TA)的部分則是以 120 分鐘顯著最低 (0.38%)，其他處理間無顯著差異。於糖酸比與抗壞血酸處理間皆無顯著差異 (表 7)。

第二次試驗中，20、40 與 60 分鐘蒸熱處理於總可溶性固形物、可滴定酸、糖酸比與抗壞血酸皆無顯著差異，表示利用 20、40 與 60 分鐘進行蒸熱處理對於柳橙果實品質不會造成危害 (表 8)。

表 5. 50°C不同蒸熱處理時間後放置於 25°C1-7 天對柳橙失重率之影響 (2020.3.3.)

Table 5. Weight loss (%) of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. (2020.3.3.).

Treatment	Weight loss (%)						
	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
CK	0.30 d ^z	0.45 d	0.53 c	0.58 d	0.62 d	0.66 d	0.75 d
30 min	0.47 bc	0.69 bc	0.82 b	0.90 c	0.97 c	1.05 c	1.17 c
60 min	0.50 b	0.75 ab	0.91 a	1.05 ab	1.18 ab	1.32 b	1.51 b
90 min	0.44 c	0.65 c	0.81 b	0.96 bc	1.11 b	1.32 b	1.57 b
120 min	0.56 a	0.79 a	0.96 a	1.09 a	1.27 a	1.48 a	1.77 a

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P<0.05$ by LSD test.

表 6. 50°C不同蒸熱處理時間後放置於 25°C1-7 天對柳橙失重率之影響 (2020.3.12.)

Table 6. Weight loss (%) of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 1-7 days at 25°C. (2020.3.12.).

Treatment	Weight loss (%)						
	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
CK	0.17 a ^z	0.37 a	0.45 a	0.52 a	0.66 a	0.80 a	0.88 a
20 min	0.17 a	0.39 a	0.48 a	0.54 a	0.71 a	0.77 a	0.89 a
40 min	0.16 a	0.39 a	0.49 a	0.61 a	0.74 a	0.84 a	0.95 a
60 min	0.17 a	0.42 a	0.56 a	0.70 a	0.81 a	0.93 a	1.04 a

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P<0.05$ by LSD test.

表 7. 50°C不同蒸熱處理時間柳橙果實後常溫下貯藏 7 天果實品質之變化 (2020.3.3.)

Table 7. Quality parameters of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 7 days at 25°C. (2020.3.3.).

Treatment	TSS(°Brix)	TA(%)	TSS/TA	Ascorbic acid (mg/100 mL juice)
Before storage	14.31	0.51	30.13	-
CK	14.80 a ^z	0.45 a	33.89 a	27.87 a
30 min	14.53 ab	0.45 ab	33.25 a	26.72 a
60 min	13.53 c	0.43 ab	32.17 a	28.28 a
90 min	14.38 abc	0.46 a	31.66 a	28.16 a
120 min	13.74 bc	0.38 b	36.89 a	25.17 a

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P<0.05$ by LSD test.

表 8. 50°C不同蒸熱處理時間柳橙果實後常溫下貯藏 7 天果實品質之變化 (2020.3.12.)

Table 8. Quality parameters of 'Liucheng' oranges inoculated with *Penicillium digitatum* and subjected to 50°C VHT for various periods, following 7 days at 25°C. (2020.3.12.).

Treatment	TSS(°Brix)	TA(%)	TSS/TA	Ascorbic acid (mg/100 mL juice)
Before storage	11.81	0.45	26.47	24.28
CK	10.91 a ^z	0.40 a	28.79 a	22.70 a
20 min	11.79 a	0.38 a	32.34 a	21.00 a
40 min	11.28 a	0.34 a	34.05 a	19.96 a
60 min	10.38 a	0.34 a	31.65 a	21.46 a

^zMeans within columns followed by the same small letter are not significantly different at $P<0.05$ by LSD test.

討 論

一、柳橙果實不同蒸熱處理時間對於抑制綠黴菌之影響

(一) 熱處理對於抑制柑橘類採後貯藏病害之條件

最適採收後熱處理條件包括處理溫度、時間、果實成熟度以及果實品種，本試驗中使用 50°C 蒸熱處理柳橙 20-40 分鐘可達到完全抑制綠黴菌之效果。於前人研究中，Porat 等人 (2000) 將 'Star Ruby' 紅葡萄柚接種綠黴菌後用 56、59 和 62°C 熱水沖刷 20 秒，24°C 高濕度環境下貯藏 4 天罹病率為 20、5 以及 1%，但對於 'Shamouti' 橙來說，大於 60°C 會造成熱害。Rodov 等人 (2000) 將 'Oroblanco' 桔橙接種病原菌後利用 52°C 溫湯處理 2 分鐘或 56、60°C 熱水沖刷 10 秒，於 11°C 下貯藏 13 週後，三種不同處理後罹發病率介於 2-4% 之間。林 (2011) 將椪柑果實接種綠黴菌後用 35°C 熱風處理 3 天後，於室溫觀察 6 天，腐爛率為 90%，而以 51-57°C 熱水處理 5-10 分鐘後，室溫貯藏 5 天，其中 51°C 10 分鐘與 53°C 5 分鐘之腐爛率為 30% 與 35% 有最低之腐爛率。Shellie 和 Skaria (1998) 將 'Rio Red' 葡萄柚接種綠黴菌後，利用 46°C 高濕度之壓差熱風處理 300 分鐘，並於 21°C 貯藏 4 天之病斑直徑可從對照組之 6.4 公分減少 2.5 公分。而不管利用熱水浸泡、熱水沖刷、熱風或是高濕度之熱風處理，雖可以顯著減少綠黴菌之發生，但是無法完全抑制腐爛，對於熱水與熱沖刷處理來說，當溫度提高或是時間增長，對於一些熱敏感之品種很容易造成熱害，如 'Shamouti' 橙，而熱風處理則是處理時間長，防治效果與其他熱處理效果較差，高濕度之熱風處理則是溫度較低處理時間相對長，於本試驗中利用蒸熱處理 (50°C) 不僅抑制效果好，且處理時間相對於熱風處理短，處理時間的可容許範圍也較廣，不易因熱處理時間過於短暫而在產業應用無法精準控制造成果實之熱害。

(二) 熱處理對於柑橘類果實外觀之影響

熱處理除了抑制發病外，於試驗中亦有果皮凹陷老化或是熱害褐化造成果實外觀品質下降。柑橘類在非冷藏溫度下的生理失調被稱為果皮崩解 (rind breakdown)、褐變 (rind staining) 或果皮點蝕 (peel pitting)，雖不會影響內部品質，但會降低外觀品質。這種現象常出現於外果皮以及果蒂周圍，初期病徵會有輕微的凹陷小斑塊，但隨著小斑塊的累積擴大，果皮的液泡破裂、油胞褐化且組織下陷，形成環狀斑點或斑塊 (Alquezar *et al.*, 2010; Porat *et al.*, 2004)。Agustí 等人 (2001) 將崩解的外果皮用以掃描式電子顯微鏡觀察，於症狀初期中果皮及外果皮之間的細胞被擠壓，進而壓迫到表皮，使細胞膜降解、液泡破裂，酚類物質流出氧化成褐色物質，後期中果皮的海綿組織結構崩解並使中果皮出現斷裂，而造成此現象主要因為失水，而品種之間果皮老化凹陷之敏感性，也與外果皮厚度以及磷脂酶 D 及磷脂酶 A₂ 之活性有關 (Alquezar *et al.*, 2010; Cronjé *et al.*, 2017)。

二、蒸熱處理時間對柳橙果實品質之影響

柳橙果實於室溫貯藏過程中，隨貯藏時間增加而失重上升，蒸熱處理時間愈長，失重率愈高。而在未受熱害之條件下，皆對於內部果實品質之可溶性固形物、可滴定酸與糖酸比無負面影響，與 Porat 等人 (2000) 於 'Minneola' 明尼桔柚、'Shamouti' 橙和 'Star Ruby' 紅葡萄柚以及 García 等人 (2016) 'Fortune'、'Ortanique'、'Ellendale'、'Clemenules'、'Hernandina' 柑橘與 'Navelate'、'Navelina'、'Lanelate'、'Salustiana' 和 'Valencia' 橙中結果一致。抗壞血酸的濃度在蒸熱處理與對照組之間無顯著差異 (表 7、表 8)。而在 Schirra 等人 (2004) 將不同

品種之血橙 (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck cvs. Tarocco, Moro, and Sanguinello) 以 37°C 熱風處理 48h 與 50°C 熱水處理 3 分鐘, 以及 Bassal 和 El-Hamahmy (2011) 將 'W. Navel' 和 'Valencia' 晚倫西亞橙果實浸泡於 41°C 或 50°C 的熱水中 20 或 5 分鐘, 對於其抗壞血酸含量無顯著差異, 但 Erkan 等人 (2005) 將 'Clementine' 柑橘進行 48°C 熱水處理 12 分鐘 53°C 熱水處理 3 或 6 分鐘, 其中 48°C 熱水處理 12 分鐘有較低之抗壞血酸含量。不同品種的柑橘經不同方式的處理在抗壞血酸含量表現上會有不同的反應, 而本次試驗的品種並未因不同處理時間長短而在抗壞血酸含量有所改變。

綜合本試驗結果顯示, 柳橙果實利用 50°C 蒸熱處理 30 分鐘, 可以抑制綠黴病害的發生, 且不會造成果皮熱害, 且對於果肉之總可溶性固形物、可滴定酸以及抗壞血酸與未蒸熱果實差異不顯著, 是為柳橙防治採收後病害之物理方法之一。

參 考 文 獻

- 林峻緯。2011。採前套袋、浸泡 S-ABA 及採後熱處理對外銷椪柑果實品質之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。pp.65-66。
- 楊秀珠。2002。柑桔整合管理。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。pp.162-164。
- 劉富文、呂明雄、王怡玓。1997。椪柑、桶柑及柳橙貯藏方法之改良。台灣省農業試驗所特刊 60: 20-37。
- 劉富文、潘靜慧、洪紫馨。1998。採收日期及貯藏溫度對桶柑品質及耐貯藏力之影響。中國園藝。44(3): 253-263。
- Agustí, M., V. Almela, M. Juan, F. Alferez, F. R. Tadeo, and L. Zacarías. 2001. Histological and physiological characterization of rind breakdown of 'Navelate' sweet orange. *Ann. Bot.* 88: 415-422.
- Alquezar, B., C. Mesejo, F. Alferez, M. Agustí, and L. Zacarias. 2010. Morphological and ultrastructural changes in peel of 'Navelate' oranges in relation to variations in relative humidity during postharvest storage and development of peel pitting. *Postharvest Biol. Technol.* 56: 163-170.
- Bassal, M. and M. El-Hamahmy. 2011. Hot water dip and preconditioning treatments to reduce chilling injury and maintain postharvest quality of Navel and Valencia oranges during cold quarantine. *Postharvest Biol. Technol.* 60: 186-191.
- Cronjéa P. J. R., L. Zacarías, and F. Alferez. 2017. Susceptibility to postharvest peel pitting in citrus fruits as related to albedo thickness, water loss and phospholipase activity. *Postharvest Biol. Technol.* 123: 77-82.
- Porat, R., A. Daus, B. Weiss, L. Cohen, E. Fallik, and S. Droby. 2000. Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing

- treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 18: 151-157.
- Erkan, M., M. Pekmezci, I. Karaşahin, and H. Uslu. 2005. Reducing chilling injury and decay in stored 'Clementine' mandarins with hot water and curing treatments. *Eur. J. Hortic. Sci.* 70: 183-188.
- García, J. F., M. Olmo, and J. M. García. 2016. Decay incidence and quality of different citrus varieties after postharvest heat treatment at laboratory and industrial scale. *Postharvest Biol. Tec.* 118: 96-102.
- Porat, R., B. Weiss, L. Cohen, A. Daus, and N. Aharoni. 2004. Reduction of postharvest rind disorders in citrus fruit by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol. Technol.* 33: 35-43.
- Rodov, V., T. Agar, J. Peretz, B. Nafussi, J. J. Kim, and S. Ben-Yehoshua. 2000. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of 'Oroblanco' fruit (*Citrus grandis* L. × *C. paradisi* Macf.). *Postharvest Biol. Tec.* 20: 287-294.
- Schirra, M., M. Mulas, A. Fadda, and E. Cauli. 2004. Cold quarantine responses of blood oranges to postharvest hot water and hot air treatments. *Postharvest Biol. Technol.* 31: 191-200.
- Shellie, K. C. and M. Skaria. 1998. Reduction of green mold on grapefruit after hot forced-air quarantine treatment. *Plant Dis.* 82:380-382.

Effects of Vapor Heat Treatment on Inhibition of *Penicillium digitatum* and Postharvest Quality of Orange Fruits

Yu-Chun, Chou¹⁾ Chang- Lin, Chen²⁾ Huey-Ling, Lin³⁾

Key words: Orange fruit, Vapor heat treatment, *Penicillium digitatum*

Summary

Oranges under the category of citrus fruit are important commercial fruit in Taiwan. Due to the fruit production in a short window of time, oranges are stored for market adjustments. However, green mold (*Penicillium digitatum* Saccardo) and blue mold (*Penicillium italicum* Wehmer) often cause serious fruit rot during the storage process. The trade-off between fruit quality of oranges and the inhibition of green mold by vapor heat treatment (VHT) from 0 to 120 min was explored. The results showed that the disease can be inhibited after a half-hour VHT at 50°C without heat injure and the content of total soluble solids, titratable acid and ascorbic acid were similar with those of control groups.

-
- 1). Student in M.S. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.
 - 2). Assistant professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University
 - 3). Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

