

# 安全抑菌資材浸泡處理對‘珍珠’番石榴果實貯藏品質之影響<sup>1</sup>

吳庭嘉<sup>2</sup>、劉惠菱<sup>2</sup>

## 摘 要

本研究探討番石榴果實採收後，利用蔬果採收後及截切加工過程中可用之安全抑菌資材浸泡處理，藉以降低番石榴外銷貯運過程中，貯藏病害與品質劣變發生。‘珍珠’番石榴果實於符合外銷成熟度採收後，利用次氯酸水(40 mg·L<sup>-1</sup>、100 mg·L<sup>-1</sup>)、殼聚醣(0.2%、0.5%、1%)及脂肪酸蔗糖酯(0.2%、0.5%、1%)浸泡處理，並模擬外銷加拿大貯運2°C、28日與模擬櫥架20°C、1日。結果顯示，本次試驗之安全抑菌資材浸泡處理，對於番石榴模擬貯運與櫥架後的果實品質(總可溶性固形物、可滴定酸、果肉硬度及抗壞血酸含量)，及果皮顏色(L\*、a\*、b\*、C\*及h°值)與對照組間無顯著差異。以40 mg·L<sup>-1</sup>次氯酸水與0.2%脂肪酸蔗糖酯浸泡處理，於模擬貯運與櫥架後有較佳的果實外觀，果皮褐化指數較低，且無果表腐爛與果心水浸狀發生。綜合上述各項指數評估，以0.2%脂肪酸蔗糖酯浸泡處理可降低貯藏病害的發生，提升果品可售率與維持外銷果實品質。

**關鍵詞：**番石榴、採後處理、次氯酸水、殼聚醣、脂肪酸蔗糖酯

## 前 言

臺灣外銷番石榴主要栽培品種‘珍珠’為非更年型果實，與國外更年型品種有明顯區隔。番石榴果實由於富含維生素C、膳食纖維及多酚類，且擁有極高的抗氧化力與亞硝酸鹽清除力，具保健營養的價值<sup>(1, 8)</sup>。雖經過持續推廣宣傳番石榴鮮食營養成分，進而提高知名度以拓展國際市場，但番石榴外銷面臨主要問題為夏季(7-8月)產期果實品質不一、低溫貯藏能力差、果實質地軟化及採後貯藏病害發生等問題<sup>(3)</sup>，尚需配合良好的園產品採後保鮮技術，以提升採後貯運品質與可售率。為降低採收後使用化學藥劑，已有許多研究以非農藥資材進行採後處理或果實表面包覆，以營造不利病原菌生長的环境或保護果實表面來抑制病原菌的侵染，降低貯運及販售期間貯藏病害的發生。在安全農產品之規範下，安全抑菌資材的開發與應用有其必要性。

園產品採收後進行清潔(cleaning)是重要的流程之一，主要目的是為去除殘留在園產品表面的泥土、灰塵及病蟲害等雜質，避免在採後貯運過程中發生病害並維持採後品質<sup>(7)</sup>。水洗是簡便有效的清潔方法，但水容易傳播病原菌，若使用不潔的水進行清潔反而加劇採後病害的發生。因此，園產

<sup>1</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第1008號。

<sup>2</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員及研究助理。

品採後清潔用水的消毒十分重要<sup>(12)</sup>。次氯酸水(hypochlorous acid water)可應用於農業及食品工業上，作為清洗及消毒之用<sup>(10)</sup>。其殺菌原理與漂白水(NaOCl)類似，殺菌消毒能力與水中的有效氯濃度相關。但次氯酸水的殺菌能力較強，使用較低的有效氯濃度即可達到良好的殺菌能力，且不易有餘氯殘留的問題，於百香果採後以 15 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水清洗後進行貯藏，有最佳貯藏品質及較高可售率<sup>(4)</sup>。

殼聚醣(chitosan)與脂肪酸蔗糖酯(sucrose fatty acid ester)皆屬於可食用膜，經過處理後能在園產品表面形成半透膜，形成類似氣變環境，可減緩氣體與水分的交換，進而降低失重情形，同時可作為阻擋病原菌與防腐之功能<sup>(18, 22, 24, 28)</sup>。殼聚醣處理能有效延緩更年型番石榴‘Allahabad safeda’的後熟，降低‘Pearl’番石榴之多酚氧化酶(polyphenol oxidase, PPO)與過氧化物酶(peroxidase, POD)活性及抑制呼吸率<sup>(11, 18, 23)</sup>。脂肪酸蔗糖酯具有生物可降解性、無毒及無味<sup>(15)</sup>等特性，在園產品處理上可作為延緩後熟、抑制氣體交換、抗菌及殺蟲<sup>(14, 16, 25)</sup>等效果。脂肪酸蔗糖酯作為園產品採收後防腐劑，已在香蕉、木瓜、李、蘋果上均有相關研究指出能延長園產品儲架壽命並維持品質<sup>(16, 21, 27)</sup>。以上述之次氯酸水、殼聚醣及脂肪酸蔗糖酯之浸泡處理，可達到清潔蔬果外觀及抑制採後病害發生，因此本試驗將進行次氯酸水(40 mg·L<sup>-1</sup>、100 mg·L<sup>-1</sup>)、殼聚醣(0.2%、0.5%、1%)及脂肪酸蔗糖酯(0.2%、0.5%、1%)浸泡處理，以探討其降低番石榴外銷貯運過程中貯藏病害及品質劣變發生，提升果品可售率，及維持番石榴外銷果實品質。

## 材料與方法

### 一、材料來源

本試驗使用‘珍珠’番石榴果實為試驗材料，栽種於彰化縣二水鄉張氏果園，選取 6 分熟果實(外銷成熟度)，果形大小一致、外觀完整、無病蟲害及機械傷害之果實進行試驗。

### 二、試驗方法

‘珍珠’番石榴採收後模擬外銷加拿大之貯運流程，自田間採收 6 分熟番石榴果實除去套袋與剔除不良果後，進行安全抑菌資材浸泡處理。以次氯酸水作為清潔浸泡資材，由微酸性電解水生成裝置(+HOCl 0.36T，衛康商貿股份有限公司)分解鹽酸分解製造有效氯濃度 40 mg·L<sup>-1</sup>，與次氯酸生成機(RA-1060，錦蕊環境控制股份有限公司)分解鹽酸製造有效氯濃度 100 mg·L<sup>-1</sup>。殼聚醣浸泡資材為將 20、50 及 100 g 之殼聚醣粉末(Chitosan-FG95-P)分別溶解於等量冰醋酸中，再以自來水配置 10 L，配置濃度為 0.2%、0.5%及 1%殼聚醣溶液。脂肪酸蔗糖酯浸泡資材為將 20、50 及 100 g 之脂肪酸蔗糖酯粉末(SFE-15)溶解於 10 L 自來水中，配置濃度為 0.2%、0.5%及 1%。可用於蔬果採後及截切加工過程中的抑菌資材處理，番石榴果實分別浸泡於上述安全抑菌資材中 30 秒後取出，靜置 5-20 min 待果實表面風乾後，進行後續外銷果品包裝與模擬貯運試驗。對照組為無浸泡處理，僅更換新的舒果網及外銷包裝袋。番石榴果實浸泡處理後待表面風乾，逐果套上舒果網與外銷包裝之 PE 袋(厚 0.01 mm)，放入外銷規格紙箱內並送入 2°C 冷藏庫中貯藏。隨後模擬外銷加拿大貯運流程，於 2°C 模擬貯運 28 天，並於 20°C 模擬儲架 1 天。分別於模擬貯運與儲架後各取 10 個果實進行

調查，測定番石榴果實品質變化與貯藏病害之發生。

### 三、調查項目

#### (一)果皮顏色

果皮顏色以攜帶型分光色差儀(Spectrophotometer NF-555, Nippon denshoku industries co., LTD)測定果實赤道面上對應兩點之  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$  值，並換算出  $C^*$ 、 $h^\circ$  值，每果實以兩點平均值表示。 $L^*$ (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； $h^\circ$ (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。

#### (二)果肉硬度

以硬度計(Fruit Hardness Tester FR-5120)測定果實單位面積( $0.49 \text{ cm}^2$ )內穿刺果肉所需之力量，每個果實測量赤道面上對應兩點求其平均值，單位以牛頓(N)表示。

#### (三)果肉總可溶性固形物、可滴定酸含量

以折射儀(Digital Refractometer DBX-85, ATAGO Co., Ltd., Japan)測量果汁總可溶性固形物含量單位以 $^\circ\text{Brix}$ 表示；利用數字型滴定器(SI Analytics®, TITRONIC®300)以蘋果酸滴定測量果汁可滴定酸，並以蘋果酸含量(%)表示之。

#### (四)抗壞血酸(ascorbic acid)含量

取 1 ml 果汁加入 4 mL 純水均勻混和後以抗壞血酸試條(Reflectoquact ascorbic acid test strip, 24-450 mg/L, Merck)沾取待測溶液，置於 RQ-flex (Merck)讀取抗壞血酸濃度。

#### (五)果實外觀及寒害指數

以目測方式對果實的寒害徵狀進行判定，果實寒害徵狀的指標調查依果實外觀及內部分為四項，分別為果皮褐化(skin browning)、果表腐爛(decay)、果心水浸狀(water-soaking core)及果肉維管束褐化(vascular browning)。依照發生面積做為判斷，指數為 0 代表無徵狀發生 0%；1 代表局部或徵狀輕微 1-20%，果實仍具商品價值；2 代表徵狀面積擴大至 21-40%；3 代表徵狀佔 41-60% 面積；4 為徵狀佔 61-80% 面積；5 為徵狀佔 81% 以上。

#### (六)損耗率及可售率

經模擬貯運與櫥架後依上述果實外觀、寒害指數判定損耗率及可售率，依外銷商與消費者選購時可接受輕微的果實外觀及內部品質損失，但若果實腐爛則無法銷售。因此，果品損耗率判定標準為果表腐爛指數大於 0(即發生病害腐爛)，果皮褐化指數、果心水浸狀指數及果肉維管束褐化指數大於 3(即發生 41% 以上)即為不可銷售之損耗品，反之則為可售品。計算方式如下：

損耗率(loss) (%) = (損耗果數量 / 總果數量) \* 100%。

可售率(marketability) (%) = (可售果數量 / 總果數量) \* 100%。

### 四、統計分析

將試驗結果以 COSTAT6.2 統計軟體(CoHort Software, USA)計算平均值，並利用 ANOVA 進行

變方分析(analysis of variance)與最小顯著差異(least significant difference method, LSD)比較各處理間之差異顯著性。

## 結 果

### 一、安全抑菌資材浸泡處理對‘珍珠’番石榴模擬貯運後果實品質之影響

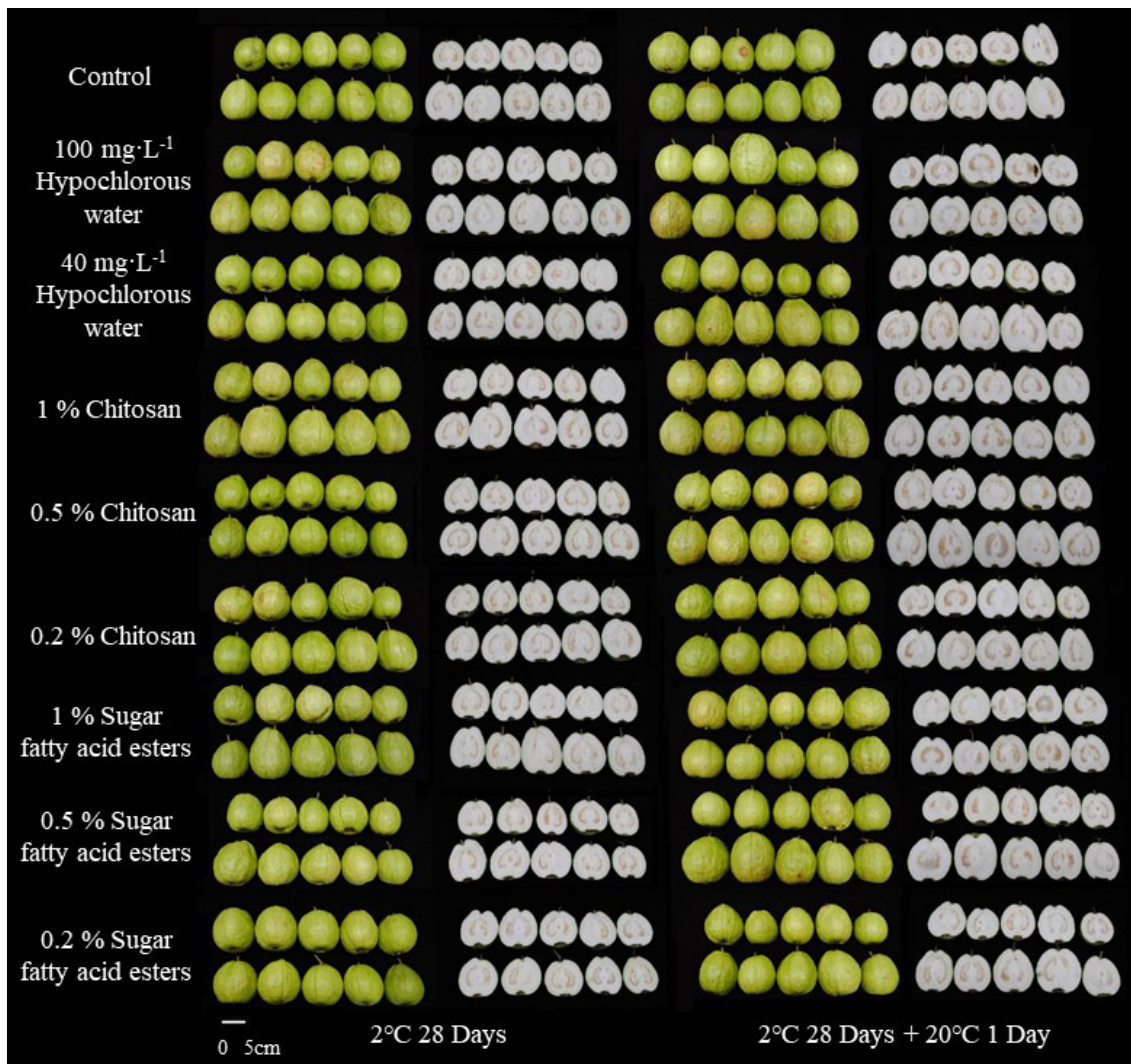
‘珍珠’番石榴果實於外銷成熟度(6分熟)採收,分別經  $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  與  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次氯酸水, 0.2%、0.5%及 1%殼聚醣, 0.2%、0.5%及 1%脂肪酸蔗糖酯等安全抑菌資材浸泡處理後, 模擬外銷加拿大之外銷包裝與貯運流程, 調查其貯運與櫥架後果實品質。經安全抑菌資材浸泡處理之番石榴果實總可溶性固形物含量, 經過  $2^{\circ}\text{C}$  模擬貯運 28 日後, 各處理總可溶性固形物含量為 8.1-9.6°Brix, 以 0.5% 殼聚醣浸泡處理有最高的總可溶性固形物含量(表一); 模擬貯運後再經  $20^{\circ}\text{C}$  模擬櫥架 1 日, 各處理間總可溶性固形物含量無顯著差異, 以 0.5% 脂肪酸蔗糖酯浸泡處理有最高的總可溶性固形物含量。可滴定酸含量於模擬貯運與櫥架後, 各處理間無顯著差異, 與模擬貯運相比經模擬櫥架後可滴定酸含量有下降的趨勢(表一)。果肉硬度方面, 於  $2^{\circ}\text{C}$  模擬貯運 28 日後, 果肉硬度為 0.58-0.87 N, 其中以對照組與  $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次氯酸水浸泡處理有較高的果肉硬度(分別為 0.85 及 0.87 N); 模擬貯運後再經  $20^{\circ}\text{C}$  模擬櫥架 1 日, 各處理間無顯著差異, 經模擬櫥架後果肉硬度有下降的趨勢(表一)。抗壞血酸含量於模擬貯運及櫥架後, 各處理間無顯著差異, 經模擬櫥架後抗壞血酸含量無明顯下降的趨勢(表一)。上述試驗結果顯示, 本次試驗之安全抑菌資材浸泡處理後不影響番石榴模擬貯運與櫥架後的果實品質。

安全抑菌資材浸泡處理後, 經  $2^{\circ}\text{C}$  模擬貯運 28 日與再經  $20^{\circ}\text{C}$  模擬櫥架 1 日後, 對番石榴果皮顏色無顯著影響。番石榴果皮  $L^*$  值在各處理於模擬貯運與櫥架後皆與對照組無顯著差異(表二), 顯示安全抑菌資材浸泡處理後不影響果皮亮度表現。在模擬貯運後, 番石榴果皮  $a^*$  值以 0.2%、0.5% 殼聚醣及 0.2% 脂肪酸蔗糖酯浸泡處理與對照組無顯著差異, 果皮維持較綠的顏色;  $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  與  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次氯酸水, 1% 殼聚醣, 及 0.5% 與 1% 脂肪酸蔗糖酯浸泡處理後有較高的  $a^*$  值, 果皮綠色減少。 $b^*$  值部分,  $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次氯酸水, 0.5% 與 1% 殼聚醣及 0.2%、0.5% 及 1% 脂肪酸蔗糖酯浸泡處理使  $b^*$  值上升, 果皮顏色較對照組轉黃。 $C^*$  值部分, 0.2% 殼聚醣浸泡處理與對照組相比有顯著增加  $C^*$  值, 使果皮顏色彩度增加。 $h^{\circ}$  值方面, 以  $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  與  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次氯酸水, 0.2% 與 1% 殼聚醣, 及 0.5% 與 1% 脂肪酸蔗糖酯浸泡處理顯著較對照組低, 果皮顏色較為黃綠。模擬貯運及櫥架後, 各處理之  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $b^*$ 、 $C^*$  及  $h^{\circ}$  值與對照組間無顯著差異(表二)。

### 二、安全抑菌資材浸泡處理對‘珍珠’番石榴模擬貯運後對果實外觀及寒害指數之影響

番石榴果實分別經  $100$  與  $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次氯酸水, 1、0.5 及 0.2% 殼聚醣, 1、0.5 及 0.2% 脂肪酸蔗糖酯浸泡處理後, 於  $2^{\circ}\text{C}$  模擬貯運 28 日後對照組未有果皮褐化及果心水浸狀發生, 但有發生果表腐爛及輕微果肉維管束褐化現象(指數皆為 0.1)(表三、圖一)。安全抑菌資材浸泡處理後, 以  $100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  次氯酸水與 1% 殼聚醣浸泡處理, 有顯著較高的果皮褐化(分別為 1.1 及 1)與果心水浸狀指數(分別

為 0.6 及 0.5);所有處理皆未有果表腐爛發生,與對照組相比有較佳的抑制貯運期間病害發生情形;在果肉維管束褐化部分以 0.2%殼聚醣及 1%、0.5%脂肪酸蔗糖脂浸泡處理有較高的發生指數(皆為 0.6)。利用安全抑菌資材浸泡處理後,對照組與 100 mg·L<sup>-1</sup>次氯酸水浸泡處理有較高的果實損耗率(皆為 10%),其餘安全抑菌資材浸泡處理則無損耗,可售率為 100%。



圖一、‘珍珠’番石榴果實經 100 與 40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水, 1、0.5 及 0.2% 殼聚醣, 1、0.5 及 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理後於 2°C 模擬貯運 28 日, 隨後於 20°C 模擬櫥架 1 日後果實外觀及剖面之影響。

Fig. 1. Effect of hypochlorous acid water, chitosan and sucrose fatty acid esters on appearance of peel and pulp of ‘Jen Ju’ guava at 2°C for simulating 28 days transportation and then at 20°C for simulating 1 day shelf selling.

表一、‘珍珠’番石榴果實經 100 與 40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水，1、0.5 及 0.2% 殼聚醣，1、0.5 及 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理後，於 2°C 模擬貯運 28 日後再於 20°C 模擬櫥架 1 日對果實品質之影響

Table 1. Effect of hypochlorous acid water, chitosan and sucrose fatty acid esters on fruit quality of ‘Jen Ju’ guava at 2°C for simulating 28 days transportation and then at 20°C for simulating 1 day shelf selling

Treatment	Total soluble solid (°Brix)	Total titratable acid (%)	Firmness (N)	Ascorbic acid (mg/100g)
Control	8.1 d <sup>1</sup>	0.29 ab	0.85 a	60.0 bc
Hypochlorous water 100 mg·L <sup>-1</sup>	9.1 abc	0.31 ab	0.72 b	68.1 ab
Hypochlorous water 40 mg·L <sup>-1</sup>	8.7 bcd	0.30 ab	0.87 a	73.6 a
2°C 28 days				
Chitosan 1%	9.5 ab	0.31 ab	0.58 c	68.3 ab
Chitosan 0.5%	9.6 a	0.31 ab	0.65 bc	65.8 abc
Chitosan 0.2%	8.7 cd	0.29 ab	0.68 bc	64.8 abc
Sucrose fatty acid esters 1%	8.9 abcd	0.27 b	0.70 bc	55.8 c
Sucrose fatty acid esters 0.5%	8.9 abcd	0.29 ab	0.68 bc	64.6 abc
Sucrose fatty acid esters 0.2%	9.0 abc	0.33 a	0.69 bc	61.3 bc
2°C 28 days + 20°C 1day				
Control	8.6 b	0.27 b	0.62 ab	70.6 a
Hypochlorous water 100 mg·L <sup>-1</sup>	8.8 ab	0.28 ab	0.60 ab	67.2 ab
Hypochlorous water 40 mg·L <sup>-1</sup>	9.0 ab	0.28 ab	0.65 ab	66.4 ab
Chitosan 1%	9.0 ab	0.30 ab	0.59 ab	57.0 bc
Chitosan 0.5%	9.1 ab	0.29 ab	0.54 b	51.6 c
Chitosan 0.2%	9.0 ab	0.34 a	0.62 ab	66.5 ab
Sucrose fatty acid esters 1%	8.7 ab	0.24 b	0.86 a	71.0 a
Sucrose fatty acid esters 0.5%	9.5 a	0.29 ab	0.61 ab	69.2 a
Sucrose fatty acid esters 0.2%	8.5 b	0.29 ab	0.64 ab	60.3 abc

<sup>1</sup>Means within columns followed by the same small letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

於 2°C 模擬貯運 28 日後以 20°C 模擬櫥架 1 日後，對照組、0.5 及 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理有較低的果皮褐化指數(分別為 0.3、0.4 及 0.5)(表三、圖一)，而 1 與 0.5% 殼聚醣浸泡處理有顯著較高的果皮褐化指數(分別為 1.4 及 1.2)。果表腐爛僅對照組、0.2% 殼聚醣、1% 及 0.5% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理有發生，腐爛發生之表面積低，各組間無顯著差異。果心水浸狀以對照組與 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理未發生(指數為 0)，100 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水、0.2% 殼聚醣、1% 及 0.5% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理有較高的果心水浸狀發生。果肉維管束褐化以 1 與 0.5% 殼聚醣發生指數較高，但各處理間皆與對照組無顯著差異。番石榴果實經 1、0.5% 殼聚醣與 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理，模擬貯

運及櫥架後有較佳的可售率，與對照組(80%)相較可分別提升 20%、10%及 20%的可售率。但以消費者挑選果品時之肉眼觀察果實外觀(圖 1)，40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水與 0.2%脂肪酸蔗糖脂浸泡處理後，模擬貯運及櫥架後有較佳的果實外觀，果皮褐化指數較低且無果表腐爛與果心水浸狀發生(表三、圖一)。但 40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水與 0.2%脂肪酸蔗糖脂浸泡處理兩者比較，以 0.2%脂肪酸蔗糖脂浸泡處理有最低的果皮褐化指數，且無果表腐爛及果心水浸狀的發生，模擬貯運與櫥架後無損耗(0%)，有最佳的可售率(100%)。綜合上述各項指數評估，以 0.2%脂肪酸蔗糖脂浸泡處理可降低損耗發生，維持番石榴外銷果實品質。

表二、‘珍珠’番石榴果實經 100 與 40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水，1、0.5 及 0.2%殼聚糖，1、0.5 及 0.2%脂肪酸蔗糖脂浸泡處理後於 2°C 模擬貯運 28 日後再於 20°C 模擬櫥架 1 日對果皮顏色之影響

Table 2. Effect of hypochlorous acid water, chitosan and sucrose fatty acid esters on skin color of ‘Jen Ju’ guava at 2°C for simulating 28 days transportation and then at 20°C for simulating 1 day shelf selling

	Treatment	L*	a*	b*	C*	h°
2°C 28days	Control	60.0 ab <sup>1</sup>	-11.1 c	36.8 b	46.3 b	89.6 a
	Hypochlorous water 100 mg·L <sup>-1</sup>	60.2 a	-9.2 ab	38.7 ab	47.2 ab	83.4 b
	Hypochlorous water 40 mg·L <sup>-1</sup>	59.4 ab	-9.5 ab	39.1 a	47.3 ab	83.8 b
	Chitosan 1%	60.7 a	-8.8 a	39.2 a	47.7 ab	82.6 b
	Chitosan 0.5%	59.9 ab	-10.7 bc	39.9 a	48.2 a	85.5 ab
	Chitosan 0.2%	59.0 ab	-9.9 abc	38.3 ab	46.5 b	84.7 b
	Sucrose fatty acid esters 1%	60.2 a	-9.4 ab	39.2 a	47.6 ab	83.6 b
	Sucrose fatty acid esters 0.5%	59.6 ab	-9.5 ab	39.5 a	47.7 ab	83.6 b
	Sucrose fatty acid esters 0.2%	58.4 b	-10.4 bc	39.4 a	47.6 ab	85.3 ab
2°C 28days + 20°C 1day	Control	61.2 ab	-9.2 ab	40.5 a	49.1 a	82.9 abc
	Hypochlorous water 100 mg·L <sup>-1</sup>	60.3 ab	-7.1 a	38.8 a	47.4 b	79.5 bc
	Hypochlorous water 40 mg·L <sup>-1</sup>	58.8 b	-10.9 b	38.7 a	48.7 ab	85.3 a
	Chitosan 1%	59.3 ab	-6.5 a	39.1 a	47.4 b	78.5 c
	Chitosan 0.5%	60.7 ab	-6.9 a	39.8 a	48.4 ab	79.1 bc
	Chitosan 0.2%	58.9 b	-9.1 ab	40.3 a	48.3 ab	82.7 abc
	Sucrose fatty acid esters 1%	61.8 a	-7.5 a	39.1 a	48.0 ab	80.2 bc
	Sucrose fatty acid esters 0.5%	61.6 a	-9.0 ab	39.7 a	48.5 ab	82.5 abc
	Sucrose fatty acid esters 0.2%	59.4 ab	-9.4 ab	39.8 a	47.9 ab	83.4 ab

<sup>1</sup>Means within columns followed by the same small letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.

表三、‘珍珠’番石榴果實經 100 與 40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水，1、0.5 及 0.2% 殼聚糖，1、0.5 及 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理後於 2°C 模擬貯運 28 日，隨後於 20°C 模擬櫥架 1 日後對果實寒害指數之影響

Table 3. Effect of hypochlorous acid water, chitosan and sucrose fatty acid esters on chilling injury symptom index of ‘Jen Ju’ guava at 2°C for simulating 28 days transportation and then at 20°C for simulating 1 day shelf selling

Treatment	Peel Browning index <sup>1</sup>	Decay index <sup>2</sup>	Core Water soaking index <sup>3</sup>	Vascular Browning index <sup>4</sup>	Marketability (%)	Loss (%)
Control	0 b <sup>5</sup>	0.1 a	0 c	0.1 b	90	10
Hypochlorous water 100 mg·L <sup>-1</sup>	1.1 a	0 b	0.6 a	0.1 b	90	10
Hypochlorous water 40 mg·L <sup>-1</sup>	0.2 b	0 b	0 c	0.2 ab	100	0
Chitosan 1%	1 a	0 b	0.5 ab	0.5 ab	100	0
Chitosan 0.5%	0.1 b	0 b	0.2 abc	0.4 ab	100	0
Chitosan 0.2%	0.2 b	0 b	0.2 abc	0.6 a	100	0
Sucrose fatty acid esters 1%	0.2 b	0 b	0 c	0.6 a	100	0
Sucrose fatty acid esters 0.5%	0 b	0 b	0 c	0.6 a	100	0
Sucrose fatty acid esters 0.2%	0.1 b	0 b	0.1 bc	0.4 ab	100	0
Control	0.3 c	0.1 a	0 b	0.3 abc	80	20
Hypochlorous water 100 mg·L <sup>-1</sup>	0.9 abc	0 a	1.2 a	0.3 abc	60	40
Hypochlorous water 40 mg·L <sup>-1</sup>	0.8 abc	0 a	0.5 ab	0.1 c	80	20
Chitosan 1%	1.4 a	0 a	0.6 ab	0.5 ab	100	0
Chitosan 0.5%	1.2 ab	0 a	0.8 ab	0.6 a	90	10
Chitosan 0.2%	0.6 bc	0.2 a	1.3 a	0.1 c	80	20
Sucrose fatty acid esters 1%	0.6 bc	0.2 a	1.1 a	0.1 c	70	30
Sucrose fatty acid esters 0.5%	0.4 c	0.2 a	0.9 a	0 c	70	30
Sucrose fatty acid esters 0.2%	0.5 c	0 a	0 b	0.2 bc	100	0

<sup>1</sup> Peel Browning index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

<sup>2</sup> Decay index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

<sup>3</sup> Core Water soaking index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

<sup>4</sup> Vascular Browning index: 0, no symptom; 1, 1-20%; 2, 21-40%; 3, 41-60%; 4, 61-80%; 5, >81%.

<sup>5</sup> Means within columns followed by the same small letter are not significantly different at P<0.05 by LSD test.



## 討 論

臺灣番石榴的主要栽培品種為‘珍珠’番石榴，亦是外銷主要品種。園產品採收後低溫貯藏能減緩生理代謝、失水及腐損，可延長果實貯藏壽命。番石榴屬於低溫敏感作物，果實貯藏在8-10°C則果實容易出現凹陷、無法正常後熟及果心水浸狀等寒害徵狀<sup>(2, 26)</sup>。園產品採收後因病害產生的損耗，對於生產者是成本損失，為避免田間病原菌潛伏感染造成貯藏期間的病害發生，最簡便的方法之一為清洗，但清洗用水若未消毒完全，則可能成為病原菌傳播的媒介，反而加劇貯藏病害的發生<sup>(7, 12)</sup>。百香果採後以15 mg·L<sup>-1</sup>次氯酸水清洗後貯藏，有最佳貯藏品質與較高可售率<sup>(4)</sup>。殼聚醣處理可抑制龍眼與荔枝 PPO、POD 活性及抑制番石榴活性氧生成，並具有延緩獼猴桃與番石榴等作物呼吸率，維持果實品質<sup>(13, 15, 19)</sup>。而脂肪酸蔗糖酯可延緩截切莖切口褐化、抑制黃金葡萄球菌及大腸桿菌之生物膜(biofilm)形成，並破壞細菌細胞壁成分<sup>(12, 28)</sup>。

本試驗結果顯示，次氯酸水浸泡處理後並未對‘珍珠’番石榴果實品質(總可溶性固形物、可滴定酸、果肉硬度及抗壞血酸含量)造成負面影響，可維持模擬貯運及櫥架後的果實品質及果皮外觀顏色(表一、二)。但100 mg·L<sup>-1</sup>次氯酸水浸泡處理後於模擬貯運與櫥架後有較高的果皮褐化指數(表三)，因果皮色差值僅測量赤道面相對兩點，無法完全代表全果外觀，使得果皮顏色數值各處理間無顯著差異，但於肉眼觀察果實外觀時，可明顯觀察到果皮外觀有褐化現象(圖一)。以殼聚醣與脂肪酸蔗糖酯浸泡處理後模擬外銷加拿大貯運及櫥架，試驗結果顯示，0.2%、0.5%及1%殼聚醣與0.2%、0.5%及1%脂肪酸蔗糖酯浸泡處理對果實品質無顯著影響，可維持模擬貯運及櫥架後的果實品質與果皮外觀顏色(表一、二)。經過殼聚醣與脂肪酸蔗糖酯浸泡處理之果皮外觀，於模擬櫥架後0.5%、1%殼聚醣及0.5%、1%脂肪酸蔗糖酯處理皆有程度不一的果皮褐化現象(表三、圖一)，同時發現0.5%與1%脂肪酸蔗糖酯處理並不能有效抑制腐爛的發生。‘珍珠’與‘帝王’番石榴真空包裝試驗發現，1°C貯藏28天隨後以5°C貯藏7天，並於25°C回溫3天後，真空包裝處理的果皮明顯產生塊狀，甚至全果褐化情形<sup>(9)</sup>，與本試驗結果的果皮褐化情形類似。楊等<sup>(7, 8)</sup>調查不同濃度殼聚醣(0.1%、0.5%、1%、2%及3%)的薄膜透氣性，發現殼聚醣濃度增加會使薄膜厚度增加(分別為0.2、0.4、0.6、0.8及1.1 mil)，當薄膜厚度增加會使透氣性隨之下降。當殼聚醣薄膜厚度為0.2與0.4 mil時，CO<sub>2</sub>的透氣性約是O<sub>2</sub>的3-3.5倍；而當膜厚度增加為0.6與0.8 mil時，CO<sub>2</sub>的透氣性約是O<sub>2</sub>的1.3-1.6倍，改變果品內部氣體與水氣之透性。適當的殼聚醣處理延緩‘梨仔拔’番石榴之轉色，降低‘梨仔拔’番石榴等之呼吸率與乙烯釋放率，使‘梨仔拔’與‘水晶拔’都會維持較高的果實硬度<sup>(5)</sup>。但高濃度殼聚醣處理(1、2及3%)會造成‘聖心’芒果果實中累積大量乙醛與乙醇，進而產生異味<sup>(6)</sup>。因此推測為0.5%與1%殼聚醣及0.5%與1%脂肪酸蔗糖酯浸泡處理的濃度過高，導致低氧逆境，降低果實貯藏能力，導致最終果實損耗率增加、可售率降低。

0.2%殼聚醣與脂肪酸蔗糖酯處理，在模擬貯運與櫥架階段均能有效維持果實外觀，且有較低果皮褐化與果表腐爛指數，仍有一定水準的商品價值。認為0.2%殼聚醣與脂肪酸蔗糖酯處理，對果實外觀並不會造成負面影響。與對照組80%的可售率相比，0.2%脂肪酸蔗糖酯浸泡處理可售率為100%(表3)，可維持果實品質與較低的寒害指數及損耗率，相較於對照組提升20%可售率，可提升

貯運後果實品質。比較各處理以 40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水與 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理後，模擬貯運與櫥架後有較佳的果實外觀，果皮褐化指數較低且無果表腐爛與果心水浸狀發生(表三、圖一)。綜合上述各項指數評估後，以 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理可降低損耗發生，維持番石榴外銷果實品質。

以 40 mg·L<sup>-1</sup> 次氯酸水與 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理，相對其他處理有較佳的模擬貯運與櫥架品質，相對於 0.2% 脂肪酸蔗糖脂浸泡處理，有最低的果皮褐化指數，且無果表腐爛與果心水浸狀的發生，使得模擬貯運與櫥架後無損耗(0%)，有最佳的可售率(100%)。此外，次氯酸水與脂肪酸蔗糖酯處理在實際應用上，皆須有供番石榴果實浸泡處理之水浴設備與風乾空間，次氯酸水初期需有電解次氯酸水製造機的設備投入(依廠牌、設備規格等差異，價格約為 95,000-120,000 元或以上)，後續使用依設備電解食鹽或鹽酸產生費用，而脂肪酸蔗糖酯處理僅需購買脂肪酸蔗糖酯的費用，二處理應用可考量未來使用頻率、使用方式及成本決定合適的採後處理方式。

## 參考文獻

1. 吳庭嘉、葉文彬、林慧玲 2015 番石榴採後處理及果實營養成分 臺中區農業專訊 90: 24-27。
2. 林慧玲 1998 番石榴果實後熟生理之研究 國立臺灣大學園藝學系研究所博士論文 臺北，臺灣。
3. 林慧玲、李宜穎 2015 番石榴外銷核心技術及加值策略 植物種苗生技 p.59-63。
4. 黃昭銘、林慧玲 2016 果實成熟度、電解次氯酸水處理及貯藏溫度對‘台農一號’百香果果實貯藏壽命及品質之影響 國立中興大學園藝學系所碩士學位論文 pp.88。
5. 楊沁儀、洪登村、謝慶昌 2004a 甲殼素處理對水果品質之影響 國立中興大學園藝學系碩士論文 pp.97。
6. 楊沁儀、洪登村、謝慶昌 2004b 甲殼素處理對芒果品質之影響 興大園藝 29(3): 65-76。
7. 劉富文 1995 園產品採後處理及貯藏技術 臺灣省青果運銷合作社編印 178pp。
8. 謝鴻業、林慧玲、洪爭坊 2017 番石榴 重要外銷水果採收後處理專刊 112-129。
9. 魏梓訓 2012 改善番石榴果實貯藏品質之研究 國立中興大學園藝學系碩士論文 臺中，臺灣。
10. Al-Haq M. I., J. Sugiyama and S. Isobe. 2005. Applications of electrolyzed water in agriculture and food industries. Food Sci. Technol. Res. 11(2): 135-150.
11. Batista Silva, W., G. M. Cosme silva, D. B. Santana, A. R. Salvador, D. B. Medeiros, I. Belghith, N. M. da silva, M. H. M. Cordeiro and G. P. Misobutsi. 2018. Chitosan delays ripening and ROS production in guava (*Psidium guajava* L.) fruit. Food Chem. 242: 232-238.
12. Boyette. M. D., D. F. Ritchie, S. J. Carballo, S. M. Blankenship and D. C. Sanders. 1993. Chlorination and postharvest disease control. HortTechnology 3(4): 395-340.
13. Dong, H., L. Cheng, J. Tan, K. Zheng and Y. Jiang. 2004. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. J. Food Eng. 64: 355-358.

14. Drake, S. R., K. Fellman J. and W. Nelson J. 1987. Postharvest use of sucrose polyesters for extending the shelf-life of stored ‘Golden Delicious’ apples. *J. Food Sci.* 52: 1283-1285.
15. Du, J., H. Gemma and S. Iwahori. 1997. Effects of chitosan coating on the storage of peach, Japanese pear, and kiwifruit. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 66(1): 15-22.
16. Furukawa, S., Y. Akiyoshi, G. A. Otoole, H. Ogihara and Y. Morinaga. 2010. Sugar fatty acid ester inhibit biofilm formation by food-borne pathogenic bacteria. *Intl. J. Food Microbiol.* 138: 176-180.
17. Gumel, A. M., M. S. M. Annuar, T. Heidelberg and Y. Chisti. 2011. Lipase mediated synthesis of sugar fatty acid esters. *Process Biochem.* 46: 2079-2090.
18. Hong, K., J. Xie, L. Zhang, D. Sun and D. Gong. 2012. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Sci. Hort.* 144: 172-178.
19. Jiang, Y. and Y. Li. 2001. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. *Food Chem.* 73: 139-143.
20. Kim, C., Y. Hung and R. E. Brackett. 2000. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *J. Food. Prot.* 63: 19-24.
21. Kumar, P., S. Sethi and R. R. Sharma. 2017. Combined effect of edible coating and low temperature on plum fruit quality. *Intl. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 6(7): 4210-4218.
22. Murmu, S. B. and H. N. Mishra. 2018. Selection of the best active modified atmosphere packaging with ethylene and moisture scavengers to maintain quality of guava during low-temperature storage. *Food Chem.* 253: 55-62.
23. Nair, M. S., A. Saxena and C. Kaur. 2018. Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chem.* 240: 245-252.
24. Pokhrel, S., P. N. Yadav and R. Adhikari. 2015. Applications of chitin and chitosan in industry and medical science: a review. *Nepal J. Sci. Technol.* 16: 99-104.
25. Puterka, G. J., W. Farone, T. Palmer and A. Barrington. 2003. Structure-function relationships affecting the insecticidal and miticidal activity of sugar esters. *J. Econ. Entomol.* 96: 636-644.
26. Vazquez-Ochoa, R. I. and M. T. Colinas-Leon. 1991. Changes in guavas of three maturity stages in response to temperature and relative humidity. *HortScience* 25: 86-87.
27. Widodo, S. E., Z. Zulferiyenni and R. Arista. 2013. Coating effects of chitosan and plastic wrapping on the shelf-life and qualities of ‘Mutiaru’ and ‘Crystal’ guavas. *J. ISSAAS* 19: 1-7.
28. Zhao, L., H. Zhang, T. Hao and S. Li. 2015. In vitro antibacterial activities and mechanism of sugar fatty acid esters against five food-related bacteria. *Food Chem.* 187: 370-377.

# Effect of Soaking Treatment on Storage Quality of Guava (*Psidium guajava*) ‘Jen-Ju’<sup>1</sup>

Ting-Chia Wu<sup>2</sup> and Huei-Ling Liu<sup>2</sup>

## ABSTRACT

The aim of this study is to understand the effect of safe antibacterial materials by soaking treatments on postharvest process of guava fruits, which could reduce the storage diseases and quality deterioration during storage and transportation. Guava ‘Jen-Ju’ fruits were harvested at the export maturity level and immersed in hypochlorous acid water (40 mg·L<sup>-1</sup> and 100 mg·L<sup>-1</sup>), chitosan (0.2%, 0.5% and 1%) or sucrose fatty acid ester (0.2%, 0.5% and 1%). After treatments, the guava fruits were simulated storage and transportation for export to Canada at 2°C for 28 days and then shelf selling at 20°C for 1 day. The results showed that all soaking treatments with safe antibacterial materials in this study had no significant difference in terms of the fruit quality (total soluble solids, total titratable acid, pulp firmness and ascorbic acid content) and peel color (L\*, a\*, b\*, C\* and h° values) compare with the control. The better appearance of fruits after simulating storage, transportation and shelf selling were found in soaking treatment for 40 mg·L<sup>-1</sup> hypochlorous acid water and 0.2% sucrose fatty acid ester. Low peel browning index, no fruit surface decay and core water soaking symptom were observed. Based on the evaluation of various indexes above, the 0.2% of sucrose fatty acid ester soaking treatment demonstrated a better effect on reducing storage diseases after harvest, increasing the fruit saleable rate, and maintaining the quality of guava fruits for export.

**Key words:** guava, postharvest, hypochlorous acid water, chitosan, sucrose fatty acid ester

---

<sup>1</sup> Contribution No. 1008 from Taichung DARES, COA.

<sup>2</sup> Assistant Researcher and Research Assistant of Taichung DARES, COA.