

包裝方式對夏季番石榴果實貯藏品質之影響

魏梓訓¹⁾ 林慧玲²⁾

關鍵字：番石榴、包裝、貯藏

摘要：番石榴(*Psidium guajava* L.)果實屬熱帶常綠果樹，對低溫敏感，貯藏溫度過低會產生寒害，使貯藏後品質降低，失去商品價值。本試驗在貯藏時以不同方式包裝，期能改善番石榴的貯藏能力及櫛架品質。包裝分別為聚乙烯塑膠袋內襯白色舒果網外套大型單層或雙層塑膠外袋，以及真空處理(分別由吸塵器或真空包裝機將棉被袋或真空專用塑膠袋吸成真空)，並模擬外銷貯運檢疫流程，將果實置於1°C貯藏14天後再經5°C貯藏7天並在25°C下回溫3天。在貯藏過後調查果實品質，結果顯示真空處理皆無果心水浸徵狀，而利用真空包裝機之真空處理會使果皮產生較嚴重的褐化，顯示真空過程可能會對果皮產生機械傷害。其他調查項目中，如可溶性固形物、硬度、抗壞血酸在所有處理中皆無顯著差異，而吸塵器之真空處理能在回溫25°C下維持果皮顏色。因此真空處理可降低貯藏後的腐爛及水浸等寒害徵狀，維持較佳的櫛架品質。

前 言

番石榴(*Psidium guajava* L.)原產於美洲秘魯及墨西哥區域，栽培地區遍及熱帶及亞熱帶地區的國家(Kwee and Chong, 1990)。近二、三十年來臺灣番石榴產業因品種更新及栽培技術引進，加上可周年生產與外銷市場開發下，使番石榴成為臺灣重要經濟果樹之一(張，2011)。番石榴於臺灣正常花期在4~7月，盛產期在6~9月，時常出現生產過剩或被其他水果產生替代效應，而使市場價格下滑，蔡(2011)指出‘珍珠’拔於臺灣以冬季11月到2月果實品質較佳，相較之下8月及9月的果實品質最差，可能因夏季果實發育快速、易軟化及品質不穩定，故時常出現果賤傷農(張和林，1998)。為穩定番石榴國內產期、產量穩定及增加產值，臺灣正積極開拓外銷市場，從民國92年後外銷量即顯著成長，至100年出

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教授，通訊作者。

口量已達 2,687 公噸，出口國家以加拿大與香港為主，分別佔 62.7%及 16%，產值達 3,547 千美元(林和高，2005；張和葉，2012)。

園產品要達到外銷規格，果實品質及貯藏能力是不可或缺的，而貯藏要素除了溫度及濕度外，最重要的就是貯藏環境的氣體成分，典型的氣調貯藏條件除了控制溫度及濕度外，還能調控低氧及高二氧化碳的環境。氣調貯藏技術原理為降低氧氣濃度及增加二氧化碳濃度，因而降低果實的呼吸率、延遲或抑制更年型果實呼吸峰，達到延緩園產品後熟、衰老速率及維持品質的效果，而在不超出果實能忍受低氧及高二氧化碳的範圍外，氧氣濃度越低、二氧化碳濃度越高所帶來的效益越顯著(劉，1995)。氣變貯藏則利用包裝材質特性及產品本身的呼吸特性，使氧氣逐漸被消耗，二氧化碳逐漸累積，最後達到一平衡點。此方法雖無法準確且快速達到包裝袋內部理想的氣體成分，但因實用簡便與成本低廉，故在貯藏及運輸上仍極具使用價值(劉，1995)。

本試驗於番石榴採收後利用真空及包裝方式，期望能達到氣變貯藏之效果，以改善番石榴果實於低溫檢疫及低溫貯藏後之品質，促進番石榴之外銷，並穩定國內番石榴產業。

材料與方法

一、試驗材料及取樣方法

試驗材料取自高雄岡山洪氏果園(東經：120° 19' 29"；北緯 22° 48' 60")夏季栽培之'珍珠'番石榴。材料於 2012 年 5 月 16 日送抵實驗室，淘汰不良果實後選取 130 果供試驗用。貯藏前將全部果實去除舒果網及 PE 袋後重新進行包裝，分為四種處理，每處理 30 顆果實。包裝方式分為(1)聚乙烯塑膠套袋(0.045 mm)內襯白色舒果網外加單層塑膠外袋(0.05 mm)、(2)聚乙烯塑膠套袋(0.045 mm)內襯白色舒果網外加雙層塑膠外袋(0.1 mm)、(3)將果實放入衣物棉被壓縮袋(0.1 mm)利用吸塵器將袋內空氣抽出製造真空環境、(4)將果實放入專用真空包裝袋(0.09 mm)內利用真空包裝機抽成真空(真空時間 15 秒、封口時間 2 秒、冷卻時間 3 秒)。處理(1)、(2)以扭結包裝而處理(3)、(4)則直接置入瓦楞紙箱內，模擬外銷流程進行貯藏，分別在貯藏前、1°C 貯藏 14 天後、1°C 貯藏 14 天後再經 5°C 貯藏 7 天後、1°C 貯藏 14 天後再經 5°C 貯藏 7 天再於 25°C 回溫 3 天後，於各貯藏期間採樣調查，每處理每次取 10 果調查果實品質與寒害程度，並另外測量處理(1)、(2)的袋內氣體變化。

二、調查項目及分析方法

(一) 失重率

將貯藏後果實與貯藏前果實以電子天平秤重，比較重量減少的程度，失重率的單位以 % 表示。計算方式： $(\text{貯藏前鮮重} - \text{貯藏後鮮重}) / \text{貯藏前鮮重} \times 100\%$ 。

(二) 果實可溶性固形物

以電子式糖度計(ATAGO PR-32)測定果肉擠壓出汁液之可溶性固形物，每個果實測量赤道面上對應兩點汁液混合之讀值，單位以 $^{\circ}$ Brix 表示。

(三) 果肉硬度

以手持式硬度計(Penetrometer FT-327)測定果實單位面積(0.49cm^2)內穿刺果肉所需之力量，每個果實測量赤道面上對應之兩點求其平均值，單位以牛頓(N/cm^2)表示。

(四) 果實抗壞血酸測定

將新鮮果實切丁後秤取 1 克，將 1 克果實樣品加 9 毫升偏磷酸抽取液(含 6% metaphosphoric acid 之 2 N acetic acid)於研鉢磨碎，以抗壞血酸試紙(Reflectoquact[®] ascorbic acid test strip, Merck)沾取後置入 RQ-flex (RQ-flex 10, Merck, Germany)讀取抗壞血酸之濃度(mg/l)，換算濃度單位以 $\text{mg}/100\text{g}$ 表示。

(五) 離子滲漏率

離子滲漏率之測定參考自 Woolf(1997)之方法，以水果削皮器取下果實三個不同面向的果皮，再以直徑 1 公分之打孔器各取厚度約 2 毫米之果皮圓片，將每果三圓片稍微以純水清洗擦拭後放入裝有 10 毫升 0.4 M 甘露醇(Mannitol)之去離子塑膠瓶中，於室溫下震盪 3 小時，以電導度測定儀(conductivity meter, Suntex SC-170)測定初電導度。總電導度的測定則是將測定完初電導度之樣品放入 -20°C 凍箱中至少 1 天，再將結凍之樣品取出解凍後再重複結凍一次，最後取出解凍並震盪 3 小時以測定總電導度。離子滲漏率的單位以%表示。計算方式： $(\text{初電導度}/\text{總電導度})\times 100\%$ 。

(六) 葉綠素螢光

先將果實暗適應(dark-adapted)至少 30 分鐘，在陰暗環境以攜帶式葉綠素螢光分析儀(photosynthesis yield analyzer, Walz Mini-PAM)測定果實赤道面上相對應之兩點的 F_v/F_m 值。 F_v/F_m 代表 PS II 在暗適應下的最高光效率(maximum quantum yield)， $F_v=F_m-F_o$ ， F_m 為螢光釋放最大值， F_o 為最小螢光釋放量。葉綠素螢光的讀值以 F_v/F_m 表示。

(七) 果實呼吸率

將果實秤重後放入 1 公升呼吸缸中，密閉 1 小時後以塑膠針筒抽取 1 毫升氣體偵測樣品產生的二氧化碳含量。二氧化碳的測定使用紅外線二氧化碳分析儀(IR-analyzer, Maihak, Model UNOR610)，與已知濃度的二氧化碳標準品換算出樣品含二氧化碳濃度，並計算其呼吸率，單位以 $\text{ml CO}_2/\text{Kg}\cdot\text{hr}$ 表示。

(八) 酒精與乙醛含量

以削皮器削取果實外部，並以打孔器穿取果皮及果肉重量 1 克，以液態氮急速冷凍，放入 13 毫升試管中並以血清塞密封，樣品置於 -20°C 冷凍庫中待測。冷凍樣品於 30°C 下震盪 1 小時，再以塑膠針筒抽取試管中氣體 1 毫升注入氣相層析儀(gas chromatograph, Shimadzu Model GC-8A)，並以火焰離子檢出器(flame ionization detector, FID)進行測定，分離管採用不鏽鋼管內部填充 Silicone-UV-17，管柱溫度設定為 90°C ，注射孔溫度設定為

130°C。以 0.1%酒精與 0.01%乙醛混合為標準液進行計算，經換算後酒精及乙醛的單位皆以 $\mu\text{mole/g.F.W.}$ 表示。

(九) 果實外觀及果肉寒害指數

以目測對果實的寒害症狀進行判定，將寒害症狀的指標分為四項，分別為果皮褐化、果表腐爛、果心維管束褐化、果心水浸狀。指數為 0 代表沒有寒害症狀；1 代表局部或症狀輕微 1-25%，果實仍具商品價值；2 代表寒害症狀擴大或寒害面積加深到 26-50%；3 代表寒害症狀佔果實 51-75%面積；4 為寒害症狀面積大於 75%，完全不具商品價值。以指數作為寒害程度的表示方式。

三、統計分析

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

結 果

一、包裝方式對番石榴貯藏品質之影響

將'珍珠'番石榴模擬低溫檢疫條件於 1°C 下貯藏 14 天配合不同包裝方式，調查對貯藏後品質之影響，其中果實失重率會隨貯藏時間增加而緩緩上升，處理間以真空包裝機抽真空的果實經貯藏後失重率較高，但所有處理貯藏 24 天後失重率皆低於 1%，外觀皆為表現失水皺縮的現象。在總可溶固形物方面於各處理及貯藏期間均無顯著差異，硬度方面則是除了聚乙烯套袋內襯白色舒果網外加雙層塑膠袋之處理在貯藏後略為下降外，其餘皆無顯著差異。抗壞血酸則是普遍隨著貯藏時間增加而下降，又以套單層塑膠外袋內襯白色舒果網之對照組在貯藏 24 天回溫後較其他處理組低(表 1)。

表 1. 採收後包裝方式對'珍珠'番石榴果實貯藏期間失重率、可溶性固形物、硬度及抗壞血酸之影響。

Table 1. Effect of packing methods on weight loss, total soluble solids, firmness and ascorbic acid during storage of 'Jen-Ju' guava fruit after harvest.

Evaluated stage	Packing material ^z	Weight loss (%)	TSS (°Brix)	Firmness (N/cm ²)	Ascorbic acid (mg/100 g)
Before storage ^z		- ^x	8.8 abc ^y	141.5 a	-
1°C 14days	CK	0.28 f	8.9 abc	117.8 bcd	109.0 a
	DP	0.25 f	8.4 bc	112.1 cdef	105.7 ab
	Vp	0.42 e	9.0 abc	96.6 efg	97.9 abc
	Vm	0.42 e	8.7 abc	124.1 abcd	96.2 abc
1°C 14days +5°C 7days	CK	0.51 de	8.8 abc	112.1 cdef	89.6 abc
	DP	0.63 bcd	9.3 ab	93.4 fg	76.0 c
	Vp	0.64 bc	8.2 c	129.2 abc	86.5 abc
	Vm	0.86 a	8.8 abc	115.4 bcde	97.2 abc
1°C 14days +5°C 7days +25°C 3days	CK	0.55 cd	9.6 a	111.2 cdef	45.7 d
	DP	0.57 cd	9.1 abc	77.9 g	81.5 abc
	Vp	0.74 b	9.0 abc	108.9 def	79.3 bc
	Vm	0.96 a	8.4 bc	132.1 ab	74.4 c

^z: Fruits harvested in May, 2012.

^y: CK: single fruits bagged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into a big polyethylene plastic bag. DP: similar to CK except that the bagged fruits are put into two layers of big polyethylene plastic bags. Vp: unwrapped fruits were sealed inside a vacuum bag and then vacuumed with a vacuum cleaner. Vm: similar to Vp except that vacuum is achieved by a vacuum machine.

^x: No data.

^w: Means followed by the same letters within same column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

二、包裝方式對番石榴離子滲漏率及葉綠素螢光之影響

離子滲漏率為測量植物組織內細胞液滲出的離子含量，而葉綠素螢光則可量化植物組織正常行使光合作用的能力，兩者普遍皆用來檢測果實表面細胞受損程度。在離子滲漏率方面，以套單層塑膠外袋之對照組離子滲漏率最低 24.9-29.2%，其餘各處理及貯藏期間皆

無顯著差異，整體滲漏率皆在 23.8-37.7%。使用傳統聚乙烯袋內襯舒果網包裝貯藏的果實葉綠素螢光值皆可在貯藏溫度由 5°C 移溫至 25°C 時少量回復，且其組的螢光值 Fv/Fm 為 0.51 高於其他處理。使用真空及部分真空的果實則是隨著貯藏時間的增加而持續下降，且無法於 25°C 下回復葉綠素螢光值 Fv/Fm (表 2)。

表 2. 採收後包裝方式對'珍珠'番石榴果實貯藏期間離子滲漏率及葉綠素螢光(Fv/Fm)之影響。

Table 2. Effect of packing methods on electrolyte leakage and chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) during storage of 'Jen-Ju' guava fruit after harvest.

Evaluated stage	Packing material ^y	Electrolyte leakage (%)	Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm)
Before storage ^z		27.6 d ^x	0.72 a
1°C 14days	CK	29.2 cd	0.45 cd
	DP	30.1 bcd	0.42 cde
	Vp	30.3 bcd	0.41 de
	Vm	23.8 d	0.48 bc
1°C 14days +5°C 7days	CK	24.9 d	0.40 de
	DP	28.9 cd	0.33 f
	Vp	28.1 d	0.37 ef
	Vm	30.4 bcd	0.41 de
1°C 14days +5°C 7days +25°C 3days	CK	25.8 d	0.51 b
	DP	36.4 ab	0.43 cd
	Vp	35.4 abc	0.20 g
	Vm	37.7 a	0.19 g

^z: Fruits harvested in May, 2012.

^y: CK: single fruits bagged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into a big polyethylene plastic bag. DP: similar to CK except that the bagged fruits are put into two layers of big polyethylene plastic bags. Vp: unwrapped fruits were sealed inside a vacuum bag and then vacuumed with a vacuum cleaner. Vm: similar to Vp except that vacuum is achieved by a vacuum machine.

^x: Means followed by the same letters within same column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

三、包裝方式對袋內氣體、果實呼吸率及揮發氣體之影響

比較聚乙烯塑膠套袋內襯白色舒果網外加單層塑膠外袋的對照組及外加雙層塑膠外袋的處理組，於貯藏期間測量最外層塑膠套袋內氣體中的二氧化碳及氧氣含量，結果顯示果實在置入袋內後便微幅增加二氧化碳濃度，但很快即達到穩定；相較之下套雙層塑膠外袋處理會在處理前兩天迅速提高二氧化碳濃度至 5%，並減少氧氣濃度至 15%。而真空包裝機可快速將真空袋內氣體抽至真空，相較之下使用吸塵器吸取棉袋袋內的氣體則會殘存些許空氣(圖 1)。

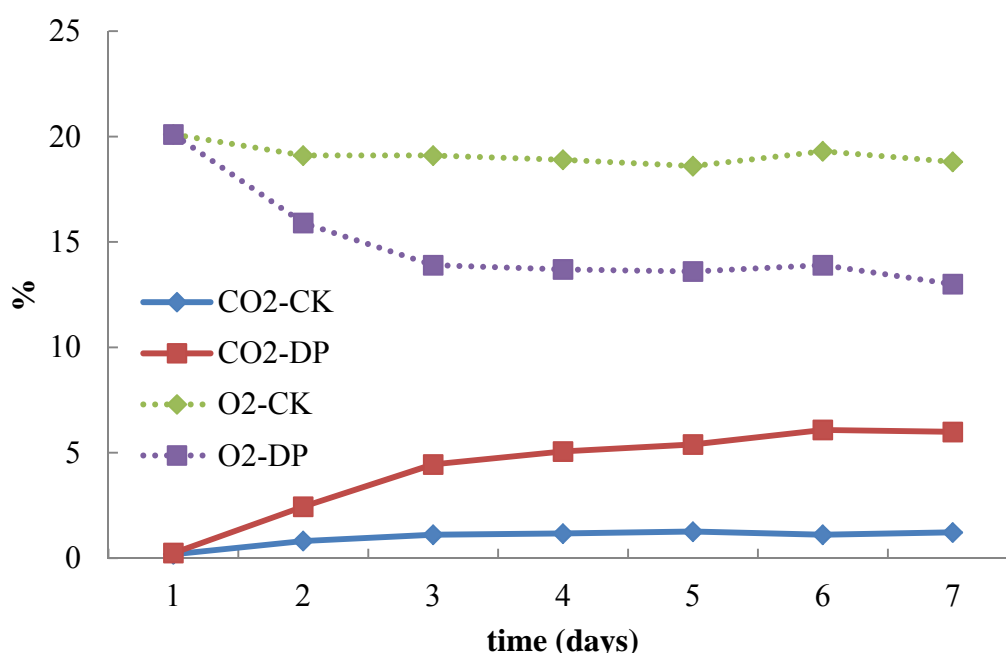


圖 1. 採收後包裝方式對'珍珠'番石榴果實貯藏期間周遭氣體濃度之影響。

Fig. 1. Effect of packing methods on changes of gas concentration in bag during storage of 'Jen-Ju' guava fruit after harvest.

CK: single fruits bagged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into a big polyethylene plastic bag. DP: similar to CK except that the bagged fruits are put into two layers of big polyethylene plastic bags.

果實由貯藏環境取出後立即測量果實呼吸率，結果顯示呼吸率會隨著貯藏時間增加而上升，尤其以真空包裝的兩個處理呼吸率會遠高於聚乙烯塑膠袋包裝處理，貯藏 24 天後真空處理之果實呼吸率達 100.1-107.3 ml CO₂/kg hr。揮發性氣體如酒精及乙醛的揮發量同

樣隨著貯藏時間而增加，且真空處理顯著高於聚乙烯塑膠袋包裝的處理，於貯藏 24 天後果實之酒精及乙醛揮發量分別為 24.3-36.2 $\mu\text{mole/g Fw}$ 及 0.81-0.94 $\mu\text{mole/g Fw}$ ，同時對照組的酒精及乙醛揮發量只有 5.0 及 0.39 $\mu\text{mole/g Fw}$ (表 3)。

表 3. 採收後包裝方式對'珍珠'番石榴果實貯藏期間呼吸率、酒精及乙醛濃度之影響。

Table 3. Effect of packing methods on respiratory rate, ethanol and acetaldehyde concentration during storage of 'Jen-Ju' guava fruit after harvest.

Evaluated stage	Packing material ^y	Respiratory rate (ml CO ₂ /kg.hr)	Ethanol ($\mu\text{mole/g.Fw}$)	Acetaldehyde ($\mu\text{mole/g.Fw}$)
Before storage ^z		22.8 de ^x	-	-
1°C 14days	CK	12.4 e	1.13 d	0.04 d
	DP	26.5 de	1.47 d	0.04 d
	Vp	36.1 d	2.21 d	0.08 cd
	Vm	31.4 d	2.62 d	0.10 cd
1°C 14days +5°C 7days	CK	14.2 e	2.71 d	0.12 cd
	DP	30.2 d	2.11 d	0.09 cd
	Vp	72.7 b	4.99 cd	0.27 bc
	Vm	77.9 b	5.21 cd	0.24 bcd
1°C 14days +5°C 7days +25°C 3days	CK	56.0 c	4.99 cd	0.39 b
	DP	70.4 bc	14.10 c	0.74 a
	Vp	100.1 a	24.30 b	0.94 a
	Vm	107.3 a	36.20 a	0.81 a

^z: Fruits harvested in May, 2012.

^y: CK: single fruits bagged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into a big polyethylene plastic bag. DP: similar to CK except that the bagged fruits are put into two layers of big polyethylene plastic bags. Vp: unwrapped fruits were sealed inside a vacuum bag and then vacuumed with a vacuum cleaner. Vm: similar to Vp except that vacuum is achieved by a vacuum machine.

^x: Means followed by the same letters within same column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

四、包裝方式對番石榴寒害指數及外觀之影響

番石榴於各包裝處理貯藏期間寒害症狀指數如表 4 所示，果實於 1°C 貯藏 14 天且 5°C 貯藏 7 天並於 25°C 回溫 3 天後果實之外觀及剖面如圖 2 及圖 3。聚乙烯塑膠袋內襯舒果網

外加單層塑膠外袋處理經 24 天貯藏後，果皮有褐化症狀且果心水浸狀最為嚴重，指數達 1.9；雙層塑膠外袋處理的症狀皆與單層塑膠外袋相似，但果心維管束褐化較為顯著，指數達 2.3；棉被袋抽真空的包裝處理有最低的果皮褐化症狀指數為 1.8，且幾乎無腐爛、果心水浸及維管束褐化等症狀出現；真空包裝機抽真空處理同樣能減輕果實腐爛、水浸及維管束褐化，但果實表皮褐化非常嚴重，指數達 3.6，已影響到果實外觀品質。

表 4. 採收後包裝方式對'珍珠'番石榴果實貯藏期間寒害指數之影響。

Table 4. Effect of packing methods on chilling injury during storage of 'Jen-Ju' guava fruit after harvest.

Evaluated stage	Packing material ^z	Chilling injury symptom index ^y			
		Skin browning	Decay	Water-soaking core	Vascular browning
1°C 14days	CK	0.7 d ^x	0.0 d	0.2 cd	1.4 bcd
	DP	0.5 d	0.0 d	0.7 b	1.2 cde
	Vp	0.4 d	0.0 d	0.0 d	0.7 def
	Vm	0.7 d	0.0 d	0.0 d	0.3 f
1°C 14days +5°C 7days	CK	0.9 d	0.1 cd	0.7 b	1.8 abc
	DP	1.9 c	0.0 d	0.5 bc	2.1 ab
	Vp	2.3 bc	0.1 cd	0.2 cd	0.4 ef
	Vm	2.0 c	0.0 d	0.0 d	0.8 def
1°C 14days +5°C 7days +25°C 3days	CK	2.2 bc	0.3 bc	1.9 a	1.0 cdef
	DP	2.7 b	0.6 a	0.8 b	2.3 a
	Vp	1.8 c	0.0 d	0.0 d	0.6 def
	Vm	3.6 a	0.5 ab	0.0 d	0.2 f

^z: CK: single fruits bagged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into a big polyethylene plastic bag. DP: similar to CK except that the bagged fruits are put into two layers of big polyethylene plastic bags. Vp: unwrapped fruits were sealed inside a vacuum bag and then vacuumed with a vacuum cleaner. Vm: similar to Vp except that vacuum is achieved by a vacuum machine.

^y: Chilling injury symptom index: 0: no symptom; 1: 1-20%; 2: 21-40%; 3: 41-60%; 4: 61-80%; 5: 81-100%.

^x: Means followed by the same letters within same column are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

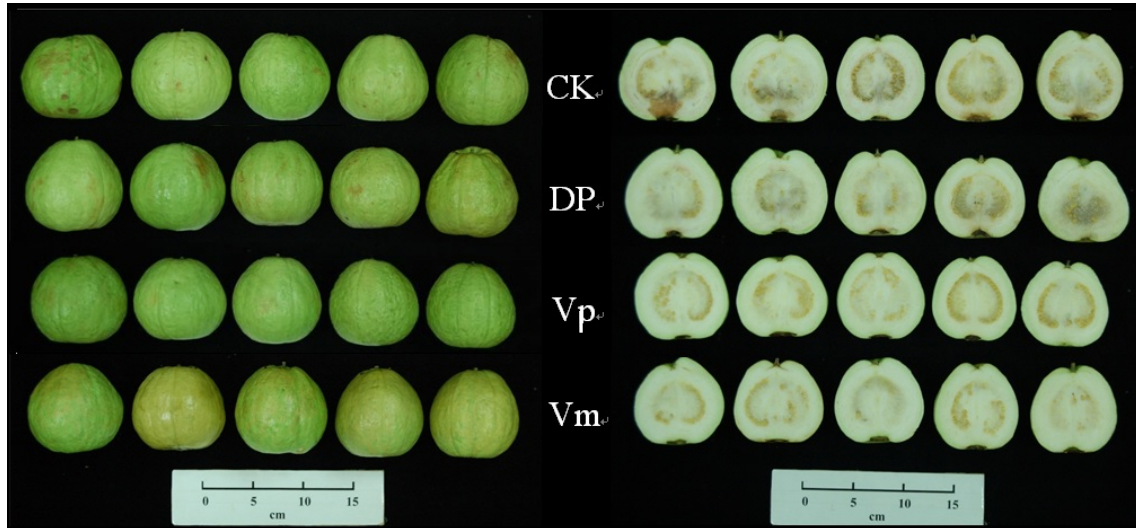


圖 2. 採收後包裝方式對'珍珠'番石榴果實以 1°C 貯藏 14 天且 5°C 貯藏 7 天並於 25°C 回溫 3 天之果實外觀及剖面之影響。CK: 聚乙烯塑膠套袋內襯白色舒果網外加單層塑膠外袋、DP: 聚乙烯塑膠套袋內襯白色舒果網外加雙層塑膠外袋、Vp: 棉被壓縮袋抽真空、Vm: 真空包裝袋抽真空。

Fig. 2. Effect of packing methods after rewarming at 25°C for 3 days following storage at 1°C for 14 days and 5°C for 7 days on the appearance of peel and pulp of 'Jen-Ju' guava fruit after harvest. CK: single fruits bagged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into a big polyethylene plastic bag. DP: similar to CK except that the bagged fruits are put into two layers of big polyethylene plastic bags. Vp: unwrapped fruits were sealed inside a vacuum bag and then vacuumed with a vacuum cleaner. Vm: similar to Vp except that vacuum is achieved by a vacuum machine.

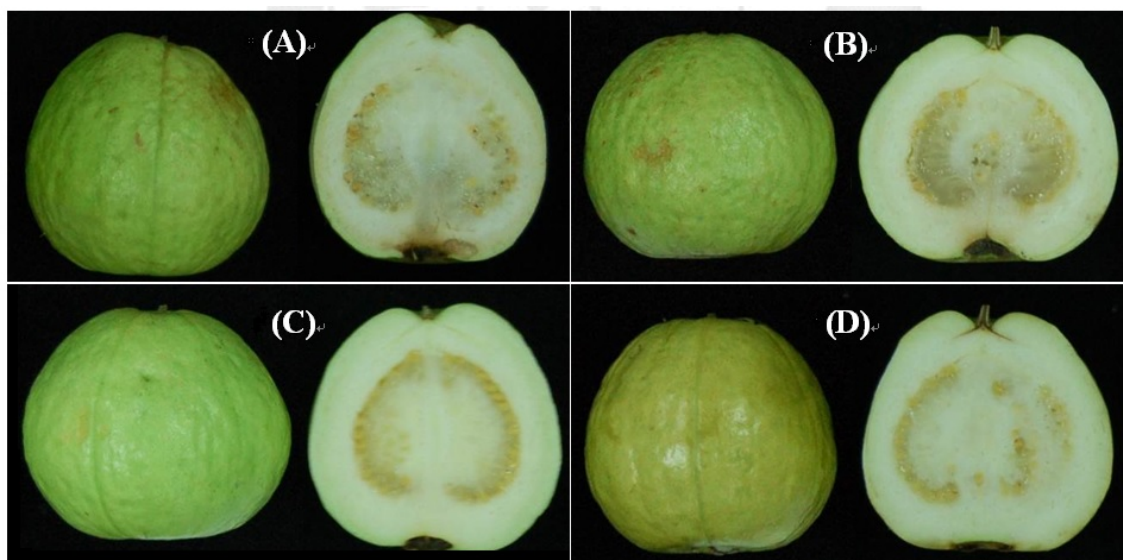


圖 3. 採收後包裝方式對'珍珠'番石榴果實寒害症狀之表現：聚乙烯塑膠套袋內襯白色舒果網外加單層塑膠外袋(A)、聚乙烯塑膠套袋內襯白色舒果網外加雙層塑膠外袋(B)、棉被壓縮袋抽真空(C)、真空包裝袋抽真空(D)。

Fig. 3. The chilling injury symptoms of 'Jen-Ju' guava by packing methods after storage. (A) single fruits bagged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into a big polyethylene plastic bag, (B) similar to (A) except that the bagged fruits are put into two layers of big polyethylene plastic bags, (C) vacuum by vacuum cleaner in vacuum seal bag, (D) vacuum by vacuum packaging machine in vacuum seal bag.

討 論

本試驗為了改善番石榴貯運後之品質，以較經濟之氣變包裝方式，配合低溫貯藏並模擬檢疫條件，探討此試驗未來之應用潛力。Singh and Pal(2008)調查 'Lucknow-49'、'Allahabad Safeda'及'Apple Colour'番石榴在 8°C，相對溼度近 80%的環境下進行氣調貯藏 30 天，並在回溫後觀察，在所有處理 2.5kPa O₂ + 2.5kPa CO₂、2.5kPa O₂ + 5kPa CO₂、5kPa O₂ + 2.5kPa CO₂、5kPa O₂ + 5kPa CO₂、8kPa O₂ + 5kPa CO₂、10kPa O₂ + 10kPa CO₂ 及一般空氣中，處理組皆能在貯藏期間及回溫時降低果實的呼吸率及乙烯生成量，並維持果實硬度、抗壞血酸含量及總酚類化合物，延緩果實可滴定酸降解及可溶性固形物的轉換，所有處理中又以 5kPa O₂ + 2.5kPa CO₂ 及 5kPa O₂ + 5kPa CO₂ 所達到的效果最佳。另外果實失水及擦壓傷皆為貯藏過程果實損耗的主要因子，而以聚乙烯塑膠袋包裝可提高濕度並延緩果

皮皺縮及果皮褐化，故後續實驗皆以聚乙烯塑膠袋內襯舒果網扭結包裝作為對照組處理。聚乙烯塑膠袋扭結包裝可影響袋內氧氣的消耗及二氧化碳的累積，低氧及高二氧化碳可有效延緩果實後熟並降低寒害症狀(Pesiset *al.*, 1994; Kader, 1995; Tian, 1996)，故嘗試利用包裝及真空處理來達到相同效果，以進一步改善番石榴貯藏品質。

常見的包裝材料以塑膠資材為主，又以聚乙烯(polyethylene, PE)和聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)最常被利用，如 Gaspar 等人(1997)使用 PVC 及低密度聚乙烯袋(low density polyethylene bags, LDPE)對'Kumagai'番石榴進行包裝後貯藏於 8°C 下 2 至 3 週，顯示有包裝的果實能有效的減少果實的失水，並能減緩果色轉變及果肉軟化的速度，且 LDPE 較 PVC 套袋對維持品質更為有效。Costa 等人(2011)使用厚度 0.02、0.04 及 0.08mm 的聚丙烯袋(polypropylene, PP)在鮮食葡萄上，結果可有效延長保存期限達 70 天以上，且以最厚的 0.08mm 處理效果最好。枇杷則是在 5°C 貯藏下以 0.02mm 的 PE 袋包裝保鮮的作用比 0.03 及 0.05mm 更好，能貯藏到 2 的月以上(Ding *et al.*, 2002)。說明即使是同樣的包裝材質，其材質的厚度與產品特性仍然會對保鮮效果造成影響。

試驗結果顯示，真空處理及聚乙烯塑膠套袋內襯白色舒果網外加雙層塑膠外袋處理，皆能有效降低果實周遭環境之氧氣濃度及提高二氧化碳濃度(圖 1)，且真空處理確實能夠有效維持果實硬度，且不影響可溶性固形物及抗壞血酸等果實品質，雖失重率較塑膠袋包裝之處理高出些許，但全部處理均將失重率降至 1% 以下，不會影響到果實外觀及品質(表 1)。以聚乙烯塑膠袋及舒果網包裝之處理雖然果皮顏色表現及葉綠素螢光值 Fv/Fm 皆較真空處理佳(表 2)，但卻會使果實於低溫貯藏 21 天及 25°C 回溫 3 天後出現些微腐爛及水浸症狀(圖 2)，而真空包裝機之真空處理在貯藏到最後回溫後會出現顯著的果皮黃化(圖 3)，並產生少量無氧代謝產物(表 3)，但幾乎無果心的寒害徵狀出現(圖 3、表 4)；相較之下以吸塵器進行之真空處理不但能維持硬度、果皮顏色且於貯藏 24 天後幾乎未出現任何寒害徵狀(表 4、圖 3)，推測原因為真空包裝機會迅速抽光袋內氣體，而在氣壓快速變化的過程會造成果皮受到嚴重的傷害。因此將番石榴放入棉被包裝袋中以吸塵器抽成真空，再放入瓦楞紙箱中進行低溫貯藏，較能抑制果實表面褐化及內部果心水浸狀等寒害徵狀，並且對果實其他品質並無顯著影響，具有降低果實低溫檢疫處理之寒害症狀，並改善夏季果實長程貯運後品質之潛力。

參考文獻

- 林月金、高德錚。2005。台灣番石榴產業分析。台中區農業專訊第五十一期。高德錚。行政院農業委員會台中區農業改良場編印。pp. 4-8。
- 張林仁、葉文彬。2012。番石榴。臺灣中部地區外銷作物產業專輯特刊112號。蕭政弘、魏芳明。行政院農業委員會台中區農業改良場編印。pp. 28-36。

- 張明郎。2011。番石榴產業發展現況。番石榴栽培技術與經營管理研討會論文輯特刊108號。蔡宜峰、陳彥樺。行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。pp. 1-9。
- 張哲嘉、林宗賢。1998。台灣番石榴生產之現況與改進。中國園藝44(2): 116-124。
- 劉富文。1995。園產品採收後處理及貯藏技術。台灣省青果運銷合作社編印。178pp。
- 蔡宜君。2011。修剪、套袋及網室栽培與低溫貯藏前熱處理對番石榴品質之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。臺灣：臺中。98pp。
- Costa, C., A. Lucera, A. Conte, M. Mastromatteo, B. Speranza, A. Antonacci, and M. A. Del Nobile. 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *J. Food Eng.* 102: 115-121.
- Ding, C. K., K. Chachin, Y. Ueda, Y. Imahori, and C. Y. Wang. 2002. Modified atmosphere packaging maintains postharvest quality of loquat fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 24: 341-348.
- Gaspar, J., F. A. Couto, L. C. C. Salomao, F. L. Finger, and A. Cardoso. 1997. Effect of low temperature and plastic films on post-harvest life of guava (*Psidium guajava* L.). *Acta Hort.* 452: 107-114.
- Kader, A. A.. 1995. Regulation of fruit physiology by controlled/modified atmospheres. *Acta Hort.* 398: 59-70.
- Kwee, L. T., and K. K. Chong. 1990. Guava in Malaysia: Production, Pests and Disorders. Tropical Press Sdn. Bhd., Malaysia. 280pp.
- Pesis, E., R. Marinansky, G. Zauberman, and Y. Fuchs. 1994. Prestorage low-oxygen atmosphere treatment reduces chilling injury symptoms in 'Fuerte' avocado fruit. *HortScience* 29(9): 1042-1046.
- Singh, S. P., and R. K. Pal. 2008. Controlled atmosphere storage of guava (*Psidium guajava* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 47: 296-306.
- Tian, S. P., A. Folchi, G. C. Pratella, and P. Bertolini. 1996. The correlation of some physiological properties during ultra low oxygen storage in nectarine. *Acta Hort.* 374: 131-140.
- Wolf, A. B.. 1997. Reduction of chilling injury in stored 'Hass' avocado fruit by 38°C water treatments. *HortScience.* 32(7): 1247-1251.

Effect of Packaging Methods on Storage Quality of Guava Fruits in Summer

Tzu-Hsun Wei ¹⁾ Huey-Ling Lin ²⁾

Key words: Guava, Packaging, Storage

Summary

Guava (*Psidium guajava* L.) is one of the tropical evergreen fruits which is vulnerable to low temperature storage because low temperature may decrease their qualities. In this experiment, different packaging methods were tested for the improvement of quality and shelf-life of guava fruits. Packaging methods were divided into two types: single fruits are begged with a polyethylene plastic bag plus an inner expanded polystyrene net sleeve individually and then put into either one- or double-layers of polyethylene plastic bag. For vacuum treatment, unwrapped individual fruits were put into a vacuum bag and then either a vacuum machine or a vacuum cleaner was used to achieve the vacuum condition. After packaging, the fruits were subjected to transport simulation by storing at 1°C for 14 days, 5°C for 7 days and then rewarming at 25°C for 3 days. Our results indicated that using vacuum cleaner to vacuum the bag caused no water-soaking core symptom or vascular browning compared with other packaging methods. No significant difference of total soluble solids, firmness, and ascorbic acid can be observed in fruits before and after vacuum treatment. Results from this study suggested that using vacuum cleaner to vacuum the bags are able to maintain the skin color, decrease water-soaking core symptom, prevent fruit decay and extend shelf-life in guava.

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

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