

## 氣變包裝對‘台農二號’番木瓜果實品質之影響

吳國政<sup>1)</sup> 謝慶昌<sup>2)</sup>

關鍵字：‘台農二號’番木瓜、聚乙烯袋包裝、溫度

**摘要：**在常溫下，番木瓜果實利用單層聚乙烯袋打孔包裝，結果顯示具有延長貯藏壽命的效果。在 25°C、30°C 及 35°C 下貯藏，結果顯示聚乙烯袋包裝在 30°C 貯藏至第十天、35°C 貯藏七天，對品質仍無不良影響，對照組果皮已有失水皺縮等現象，嚴重影響其外觀，而 PE 包裝組果實硬度遠高於對照組，果皮仍然光滑，且回復到室溫後果實仍可正常後熟。顯示番木瓜果實利用單層 PE 打孔包裝在常溫貯藏中可延長其貯藏壽命。

### 前 言

番木瓜為番木瓜科多年生半草本熱帶果樹，英文名為 Papaya，學名為 *Carica papaya* L. 據統計，台灣番木瓜於 2005 年種植面積約為 2,780 公頃，總產量 88,475 公噸，產值 14 億 8638 萬 6 千餘元(94 年農業統計年報)，為台灣重要經濟果樹之一。目前主要栽培品種為‘台農二號’，約占 80-85%(王與劉，2002)。

番木瓜以 10°C 到 12.8°C 為最佳的貯藏條件(謝, 2001; Chen and Paull, 1986; Paull *et al.*, 1997)。目前番木瓜大部份的貯運方式仍以紙箱包裝在低溫下進行為主，利用低溫貯運的方式來抑制或延緩果實之更年期上升皆有顯著效果。但基於成本考量，以及並非所有地區都存在低溫冷藏設備，因此有其必需去找替代低溫貯藏的方式來維持番木瓜之貯運壽命。番木瓜果實本身較不耐貯運，在長時間的貯運上很容易發生品質劣變等生理障礙。蒸熱處理為番木瓜進口到非果實蠅疫區之國家(如日本)所須實行之檢疫條件，此一操作已額外增加果實採後之成本，再加上貯運期間之低溫貯藏等，過高之採收成本會減低其外銷優勢。此外低溫貯藏設備並非所有地區或國家容易負擔的起。如何改進貯運方式為本研究主要探討的方向。

---

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。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

本試驗使用南投名間高氏果園之‘台農二號’番木瓜為試驗材料。番木瓜果實成熟度選用轉色約 10~20% 為採收標準，果溝約一至二條轉黃，果實大小一致且外觀無病蟲害及外傷。採收後運回實驗室，於隔日進行試驗。

### 二、試驗方法

#### (一)不同採後處理對台農二號番木瓜常溫貯藏品質之影響

番木瓜果實每處理取二十顆果實，處理分為：

1. 對照組，果實直接以舒果網包裹，放入二十公斤裝紙箱中，最上層鋪一層報紙，並用膠帶封箱但並不密閉，紙箱仍具通氣性。
2. 使用 1-MCP (安喜培®, 有效成份為 0.43%，利統公司出品) 1 克溶於純水 20ml 中(濃度約 3.6ppm)，將二十顆果實放置 500 公升壓克力箱中密閉處理 8 小時，再同對照組方式裝箱。
3. 果實分別浸泡於含 200ppm GA<sub>3</sub> 水溶液中 5 分鐘，待果表水分乾後同對照組方式裝箱。
4. 果實浸泡 200ppm GA 水溶液 5 分鐘後再浸泡果蠟(FreshSeal®P；含甲殼素 20X)，同對照組方式裝箱。
5. 果實以 57°C 溫湯處理浸泡 1.5 分鐘後，待果表水分陰乾後同對照組方式裝箱。
6. 果實以 PE 袋(厚 0.04mm)包裝，並於底層打四孔(孔徑約為 0.6 cm)，將二十顆果實置入同一袋內。果實包裝順序為紙箱、PE 袋、碎報紙絲、番木瓜、報紙。

處理後，所有處理置於常溫下 7 天與 13 天再調查果實品質。

#### (二)氣變包裝與貯藏溫度對‘台農二號’番木瓜果實貯藏品質之影響

番木瓜果實每處理取二十顆果實，處理為單層 PE 包裝(厚度為 0.05mm，長寬各為 100 x 60cm)並在底部打四孔(孔徑約 0.6cm)與未包裝處理(紙箱)，各處理置於 25、30、35°C 恆溫箱中。處理後，置於各處理溫度中調查袋內氣體成份變化，並於七天與十天後分別取出十顆果實，一半數量調查品質另一半則放置室溫下五天或四天再進行品質與腐爛調查。

### 三、調查項目與分析方法

#### (一)果皮與果肉顏色之測定

使用以色差儀 (MiniScan®XE Plus, Model 4500S) 測定果皮與果肉顏色。果實果皮顏色測定於果蒂下方約 2/3 處測定，分別測定 L、a\*、b\*、C、H。其中 +a 值表示紅色、-a 表示綠色；+b 表示黃色、-b 表示藍色；L 值表示明亮度，100 為白色，0 為黑色；C 值為彩度 (Chroma)，數值愈高代表顏色愈濃；H 值為色相角度 (Hue angle)，表示果實顏色色相之變化，0 度為紅色-紫色 (red-purple)，90 度為黃色 (yellow)，180 度為藍色-綠色 (bluish-green)，270 度為藍色 (blue)。果肉顏色則是將果實縱剖，於果實赤道部位以色差儀測其果肉顏色 L、a\*、b\*、C、H 值兩點。

## (二)果肉硬度之測定

將果實橫切，於果蒂下方約2/3處，以探針大小為 $0.49\text{cm}^2$ 之硬度計(Penetrometer, F327)測定單位面積內穿刺果肉所需之最大重量，每果測定2點，硬度計單位為公斤(kg)，將讀值乘上9.8換算成牛頓(N)，表示硬度之單位。

## (三)果肉全可溶性固形物之測定

取番木瓜果肉果汁，以手持折射計(Hand refractometer, Atago, Model N1)，測定果汁中全可溶性固形物(total soluble solid, TSS)的含量為代表。單位以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示之。

## (四)果實腐爛率

以果表面出現病徵(如出現水浸狀、表皮腐爛凹陷與菌絲出現等)為依據，(腐爛果數/20) $\times$ 100%。

## (五)PE袋內氧氣、二氧化碳與乙烯濃度之測定

使用塑膠針筒30ml抽取袋內上層之氣體，再從其中各抽取1ml測定二氧化碳與乙烯濃度，剩餘氣體測量氧氣濃度。以氣相層析儀(Shimadzu Model GC-8A-FID)測定乙烯濃度，單位以ppm表示；以紅外線二氧化碳分析儀(IR-analyzer, Maihak, UNOR610)測量二氧化碳濃度，單位使用%表示；氧氣的部份則是以氧氣分析儀(Oxygen analyzer, Mocontoray)測定之，單位使用%表示。

# 結 果

## 一、不同採後處理對‘台農二號’番木瓜常溫貯藏品質之影響

所有處理中以對照組之可溶性固形物含量較高，但各處理間與對照組差異最大只有 $0.6^{\circ}\text{Brix}$ ，顯示處理對可溶性固形物影響並不大(表 1)。在硬度方面，1-MCP 與 PE 處理在常溫貯運 7 天後硬度仍然保持相當高的狀態，並無明顯軟化現象，其中又以 PE 處理硬度最高，硬度幾乎與採收時相同。其它處理，包括 GA、GA+蠟、 $57^{\circ}\text{C}$  1.5 分鐘溫湯處理等對果實硬度並無顯著影響，仍能後熟軟化(表 1)。在果皮顏色方面，GA 與 GA+Wax 處理對果皮呈色與對照組並無顯著性之影響，顯示無延緩後熟之現象。另外在溫湯處理部份，經過七天常溫貯藏後，果皮顏色 L、 $b^*$ 、C、H 值均較對照組低，顯示果皮顏色由原本完熟時之亮黃色轉變為過熟之暗黃色，表示溫湯處理對後熟有促進之影響(表 1)。

使用 PE 包裝果皮顏色幾乎無轉色，L、 $a^*$ 、 $b^*$ 、C、H 值與採收時狀態類似。其次施用 1-MCP 對果皮轉色也有抑制的效果，不過對果皮的影響沒有 PE 包裝處理來的高。在果肉顏色的部份，1-MCP 與 PE 包裝處理對對果肉轉色上會造成延遲之影響， $a^*$ 、 $b^*$ 、C 值均較對照組要低，顯示此時這兩種處理其果肉顏色有抑制的情形，果肉顏色偏白，而其他處理方面，溫湯處理其  $b^*$  與 C 值較對照低，但外觀觀察差異並不大，其他處理則與對照無顯著差異(表 2)。常溫貯運七天，PE 處理與 1-MCP 都無後熟現象，進一步放置到

表 1. GA、GA 和蠟、1-MCP、溫湯處理、聚乙烯袋包裝對‘台農二號’番木瓜室溫下貯運 7 及 13 天後果肉硬度、可溶性固形物與果皮顏色之影響

Table 1. Effect of GA, GA combination with wax, 1-MCP, hot-water, and PE packing treatment before simulation transportation at ambient temperature for 7 days and 13 days on the peel color, firmness and total soluble solid (TSS) of ‘Tainung No.2’papaya.

Transportation Time	Treatments <sup>z</sup>	Firmness (N)	TSS (°Brix)	Peel color				
				L	a*	b*	C	H
At harvest				41.2	- 9.1	20.1	22.1	114.8
7 days	CK	25.1c <sup>y</sup>	10.0a	59.1a	18.6a	51.1a	54.5a	70.1c
	GA	24.5c	9.6ab	58.5ab	19.6a	47.8ab	51.7ab	67.8cd
	GA+ Wax	23.1c	9.7ab	56.2bc	21.1a	50.0a	54.3a	67.1cd
	1-MCP	207.3b	9.8ab	53.0d	4.5b	40.3c	40.9c	84.5cd
	HW	29.1c	9.4b	55.7c	20.8a	45.1b	49.7b	65.2b
	PE	221.6a	9.4b	43.1e	- 6.9c	22.4d	23.5d	107.4a
13days	1-MCP	163.0	9.4	57.8	14.8	54.1	56.3	74.9
	PE	25.2	10.1	54.1	9.3	48.0	49.0	79.0

<sup>z</sup> GA= Gibberellin; HW= Hot water; PE=Polyethylene bagging; 1-MCP= 1-methylcyclopropene. HW=57°C hot water 1.5min.

<sup>y</sup>Means separation within column of 7 days were by Duncan’s multiple range test at 5% level.

第十三天觀察變化。結果顯示 PE 處理在解除處理後能夠使果實正常後熟軟化，硬度從第七天 221.6N 降到 25.2N 與對照組硬度相當，果皮顏色也有轉黃的現象，果肉顏色與對照組無明顯差異，顯示番木瓜果實在經 PE 包裝一周後仍可使其正常後熟(表 1、2)。另一方面，1-MCP 處理果實硬度仍然相當高，仍處於不可食用之狀態，不過果皮顏色可達正常後熟時之黃化程度(表 1)，果肉顏色部份則是呈現偏白的現象，並未完全轉紅，此外果腔有異味產生(表 2)，結果顯示，1-MCP 處理使得果實無法正常後熟。

## 二、氣變包裝與貯運溫度對‘台農二號’番木瓜果實貯藏品質之影響

### (一) 貯藏七天與回溫對其品質之影響

在貯藏七天後，硬度方面顯示超過 30°C 會抑制果實硬度軟化(表 3)。利用 PE 包裝在

表 2. GA、GA 和塗蠟、1-MCP、溫湯處理、聚乙烯袋包裝對‘台農二號’番木瓜室溫下貯運 7 及 13 天後果肉顏色之影響。

Table 2. Effect of GA, GA combination with wax, 1-MCP, hot-water, and PE packing treatment before simulation transportation at ambient temperature for 7 days and 13 days on the pulp color of ‘Tainung No.2’papaya.

Transportation Time	Treatments <sup>z</sup>	Pulp color				
		L	a*	b*	C	H
7 days	CK	45.6d <sup>y</sup>	19.5a	32.4a	37.8a	58.9a
	GA	48.6bc	19.7a	33.2a	38.6a	59.2a
	GA+Wax	47.9c	20.7a	33.3a	39.2a	58.1a
	1-MCP	50.8a	15.1b	25.2c	29.4c	59.1a
	HW	46.1d	19.1a	29.8b	35.4b	57.3a
	PE	50.1ab	15.4b	22.1d	26.9d	55.3b
13 days	1-MCP	46.9	15.7	26.5	30.8	58.8
	PE	41.2	17.9	32.2	36.9	60.8

<sup>z</sup> GA= Gibberellin; HW= Hot water; PE=Polyethylene bagging;

1-MCP= 1-methylcyclopropene. HW=57°C hot water 1.5min.

<sup>y</sup>Means separation within column of 7 days were by Duncan’s multiple range test at 5% level.

相同溫度下更能延緩硬度下降，但 25°CPE 包裝硬度僅稍硬於未包裝組(表 3)。在果皮顏色部份，在兩次試驗之中，PE 包裝在 30 及 35°C 會使果皮轉色延遲，a\* 仍為負值，25°CPE 包裝對果皮轉色並不會有顯著之影響，就外觀上看來與對照並無明顯差異(表 3)。在果肉顏色部份，30 與 35°CPE 包裝會延緩果肉轉色，其 b\* 與 C 值都較對照組要低，兩次處理情形皆類似。25°CPE 包裝則與對照組無明顯差異，顏色表現正常(表 4)。所有處理貯藏七天後解除 PE 包裝並置於室溫下五天觀察果實品質的變化。硬度部份仍以 30 及 35°CPE 包裝較高於其他處理，果皮顏色方面 30 及 35°CPE 包裝 a\* 值較低，果皮轉色程度受到影響，其它部份差異不大(表 5)。

在果肉顏色部份，各處理與溫度的控制下七天，回到室溫下其果肉顏色均能正常轉紅(表 6)。25°C 有無 PE 包裝處理之果實有明顯腐爛症狀產生，其中未 PE 袋處理果皮明顯產生皺縮現象，顯示果實失水情形嚴重，PE 包裝則較無皺縮情形。

表 3. ‘台農二號’番木瓜果實經氣變包裝後於不同貯藏溫度 7 天對其果肉硬度、可溶性固形物、果皮顏色之影響

Table 3. Effect of modified atmosphere package on the peel color, firmness and total soluble solid(TSS) of ‘Tainung No.2’papaya stored at 25°C, 30°C, and 35°C for 7 days.

Treatments	Firmness (N)	TSS (°Brix)	Peel color				
			L	a*	b*	C	H
At harvest			40.6	- 9.5	29.6	31.2	108.8
CK 25°C	41.8c <sup>z</sup>	9.9a	24.8b	3.1a	45.8a	46.0a	86.4b
CK 30°C	72.5c	9.2ab	26.0b	5.9a	48.5a	49.2a	83.5b
CK 35°C	134.1b	9.0ab	29.6b	5.6a	49.1a	50.0a	84.9b
PE 25°C	57.8c	9.3ab	24.8b	5.7a	47.3a	47.9a	83.8b
PE 30°C	>260.2a	8.6b	33.2ab	- 3.0b	39.3b	39.6b	94.9a
PE 35°C	243.9a	8.4b	38.0a	- 3.3b	36.6b	37.1b	96.6a

<sup>z</sup>Means separation within column were by Duncan’s multiple range test at 5% level.

表 4. ‘台農二號’番木瓜果實經氣變包裝後於不同貯藏溫度 7 天對其果肉顏色之影響

Table 4. Effect of modified atmosphere package on the pulp color of ‘Tainung No.2’papaya stored at 25°C, 30°C, and 35°C for 7 days.

Treatments	Pulp color				
	L	a*	b*	C	H
CK 25°C	45.9ab <sup>z</sup>	16.6a	27.6a	32.2a	59.1ab
CK 30°C	47.6ab	15.6ab	23.0ab	27.9ab	55.7b
CK 35°C	45.3ab	16.2a	23.4ab	28.5ab	55.8b
PE 25°C	44.1b	17.5a	27.6a	32.8a	57.9ab
PE 30°C	48.7ab	13.1ab	20.4b	24.2b	57.1ab
PE 35°C	49.4a	11.2b	20.5b	23.4b	61.9a

<sup>z</sup>Means separation within column were by Duncan’s multiple range test at 5% level.

表 5. ‘台農二號’番木瓜果實使用氣變包裝後於不同貯藏溫度 7 天後置於室溫下 5 天對其果肉硬度、可溶性固形物、果皮顏色之影響

Table 5. Effect of modified atmosphere package on the peel color, firmness and total soluble solid (TSS) of ‘Tainung No.2’ papaya after stored at 25°C, 30°C, and 35°C for 7 days and then rewarmed at ambient temperature for 5 days.

Treatments	Firmness (N)	TSS (°Brix)	Peel color				
			L	a*	b*	C	H
CK 25°C	24.8b <sup>z</sup>	8.7a	51.1b	14.4bc	43.7b	46.1c	72.0bc
CK 30°C	26.0b	8.8a	55.2a	15.7ab	49.5a	52.0ab	72.6bc
CK 35°C	29.6b	9.0a	56.3a	16.9ab	51.3a	54.1a	71.7bc
PE 25°C	24.8b	9.6a	55.1a	18.4a	49.9a	53.3ab	69.8c
PE 30°C	33.2ab	9.0a	54.0ab	14.2bc	49.3a	51.3abc	73.9ab
PE 35°C	38.0a	8.8a	53.8ab	10.9c	46.3ab	47.8bc	77.2a

<sup>z</sup>Means separation within column were by Duncan’s multiple range test at 5% level.

表 6. ‘台農二號’番木瓜果實使用氣變包裝後於不同貯藏溫度 7 天後置於室溫下 5 天對其果肉顏色之影響

Table 6. Effect of modified atmosphere package on the pulp color of ‘Tainung No.2’ papaya after stored at 25°C, 30°C, and 35°C for 7 days and then rewarmed at ambient temperature for 5 days.

Treatments	Pulp color				
	L	a*	b*	C	H
CK 25°C	39.5a <sup>z</sup>	18.0a	29.1ab	34.2ab	58.1ab
CK 30°C	42.7a	18.0a	27.3ab	32.7ab	56.5ab
CK 35°C	41.3a	16.3a	24.3b	29.2b	56.2b
PE 25°C	39.6a	17.7a	29.5a	34.5ab	59.1a
PE 30°C	41.9a	18.8a	29.7a	35.1a	57.6ab
PE 35°C	41.5a	17.3a	27.7ab	32.7ab	58.1ab

<sup>z</sup>Means separation within column were by Duncan’s multiple range test at 5% level.

(二) 貯藏十天與回溫對其品質之影響

在 25°C、30°C、35°C 條件下並以 PE 包裝觀察 10 天後對番木瓜果實品質之影響。在硬度部份，35°C 會抑制果實軟化，果實仍為不可鮮食之狀態，利用 PE 包裝使得果實軟化程度較不明顯，為 247.4N，但對照貯藏七天時來看，硬度已呈些許下降的趨勢(>260.2N)(表 3、7)。25°C 與 30°C PE 包裝其果實硬度變化已達可食用之程度，其中 30°C PE 包裝硬度稍高，為 54.6N，顯示十天 30°C PE 貯藏仍有延緩硬度之軟化之效果(表 7)。果皮顏色部份，35°C PE 包裝之 a\* 值仍為負值，H 值為 95.3°，均於其他處理有明顯差異，顯示果實外觀仍為綠色，而 L 值也較低，果實顏色較暗(表 7)。25°C 與 30°C PE 包裝果皮轉色正常，就外觀來看與對照組並無明顯差異(表 7)。果肉顏色部份，30°C 與 35°C PE 包裝會對果肉轉色造成影響，造成 b\* 與 C 值偏低，紅色較淡，且稍偏白(表 8)。

所有處理貯藏十天後解除 PE 包裝並置於室溫下四天觀察果實品質的變化。在硬度方面以 25°C PE 包裝最低(18.2N)，35°C PE 包裝最高(33.4N)已達可食用程度(表 9)。可溶性固形物並不會隨貯藏溫度的改變產生規則的變化，35°C PE 處理其含量最低(7.6°Brix)，最高為 CK35°C(9.2°Brix)(表 9)。在腐爛率的部份，35°C 有無 PE 包裝其腐爛率明顯較低，整體來看，PE 包裝會造成較高的腐爛情形產生(表 9)。果皮轉色的部份，放置室溫四天後，30°C 與 35°C PE 包裝之轉色率分別為 85 與 80%，雖仍與對照組有差異，但可接受之程度。

3. PE 袋內氣體成份之轉變

表 7. ‘台農二號’番木瓜果實經氣變包裝後於不同貯藏溫度 10 天對其果肉硬度、可溶性固形物、果皮顏色之影響

Table 7. Effect of modified atmosphere package on the peel color, firmness and total soluble solid (TSS) of ‘Tainung No.2’papaya stored at 25°C, 30°C, and 35°C for 10 days.

Treatments	Firmness (N)	TSS (°Brix)	Peel color				
			L	a*	b*	C	H
At harvest			40.6	-9.5	29.6	31.2	108.8
CK 25°C	33.6c <sup>z</sup>	8.8ab	53.7c	8.7c	47.3c	48.3c	79.8b
CK 30°C	29.8c	9.0ab	56.5ab	19.3a	50.8b	54.6ab	69.1d
CK 35°C	102.7b	9.4a	58.4a	14.5b	54.6a	56.6a	75.1c
PE 25°C	36.0c	9.6a	54.9bc	11.1c	51.8ab	53.1b	78.1b
PE 30°C	54.6bc	8.3b	56.4ab	15.2b	53.1ab	55.3ab	74.0c
PE 35°C	247.4a	8.4b	47.5d	-3.2d	38.5d	38.9d	95.3a

<sup>z</sup>Means separation within column were by Duncan’s multiple range test at 5% level.



表 8. '台農二號'番木瓜果實經氣變包裝後於不同貯藏溫度 10 天對其果肉顏色之影響

Table 8. Effect of modified atmosphere package on the pulp color of 'Tainung No.2' papaya stored at 25°C, 30°C, and 35°C for 10 days.

Treatments	Pulp color				
	L	a*	b*	C	H
CK 25°C	45.9 ab <sup>z</sup>	16.6 a	27.6 a	32.2 a	59.1 ab
CK 30°C	47.6 ab	15.6 ab	23.0 ab	27.9 ab	55.7 b
CK 35°C	45.3 ab	16.2 a	23.4 ab	28.5 ab	55.8 b
PE 25°C	44.1 b	17.5 a	27.6 a	32.8 a	57.9 ab
PE 30°C	48.7 ab	13.1 ab	20.4 b	24.2 b	57.1 ab
PE 35°C	49.4 a	11.2 b	20.5 b	23.4 b	61.9 a

<sup>z</sup> Means separation within column were by Duncan's multiple range test at 5% level.

表 9. '台農二號'番木瓜果實使用氣變包裝置於不同貯藏溫度 10 天後置於室溫下 4 天對其果肉硬度、可溶性固形物與腐爛率與轉色率影響

Table 9. Effect of modified atmosphere package on the firmness, total soluble solid (TSS), decay, and color turning of 'Tainung No.2' papaya after stored at 25°C, 30°C, and 35°C for 10 days and then rewarmed at ambient temperature for 4 days.

Treatments	Firmness (N)	TSS (°Brix)	Decay (%)	Color turning (%)
CK 25°C	22.8 bc <sup>z</sup>	8.9 a	17.5 b	100
CK 30°C	24.5 b	7.8 bc	32.5 ab	100
CK 35°C	20.8 bc	9.2 a	15.0 b	100
PE 25°C	18.2 c	8.8 ab	41.0 a	100
PE 30°C	20.8 bc	8.4 abc	39.0 a	85
PE 35°C	33.4 a	7.6 c	14.0 b	80

<sup>z</sup> Means separation within column were by Duncan's multiple range test at 5% level.

25°C、30°C、35°C之袋內氧氣，在貯藏後一天其值會降到 14.6%到 16.8%之間，並維持到第三天後開始下降，貯藏第七天 25°C、30°C、35°C之濃度分別為 12.7%、13.0%、11.1%。此後 25°C與 35°C濃度仍會持續下降，但 30°C會有上升的趨勢(圖 1)。

在二氧化碳的部份，三種溫度在前三天值都在 2.0 至 3.1%之間，第四天 25°C會明顯上升，在第八天達到最高(7.8%)；30°C的部份，貯藏後一天二氧化碳濃度會增加到 5.2%但會在第二天降至 2.9，之後便維持穩定之變化；35°C則是在十天貯藏期間緩慢增加，貯藏後一天濃度為 2.5%，七天後為 5.9，十天後則為 5.8%，維持穩定狀態(圖 2)。

乙烯的部份，在 35°C的貯藏期間，乙烯量一直維持在相當低的濃度，貯藏後 1、7、10 天濃度變化分別為 0.004ppm、0.13ppm、0.18ppm，後期開始有微量上升的現象；30°C貯藏在第七天開始明顯上升(0.32ppm)接著持續增加到第十天(3.9ppm)；25°C的部份，在第四天開始累積較多乙烯(0.3ppm)並持續增加，在第十天時濃度為 4.3ppm(圖 3)。

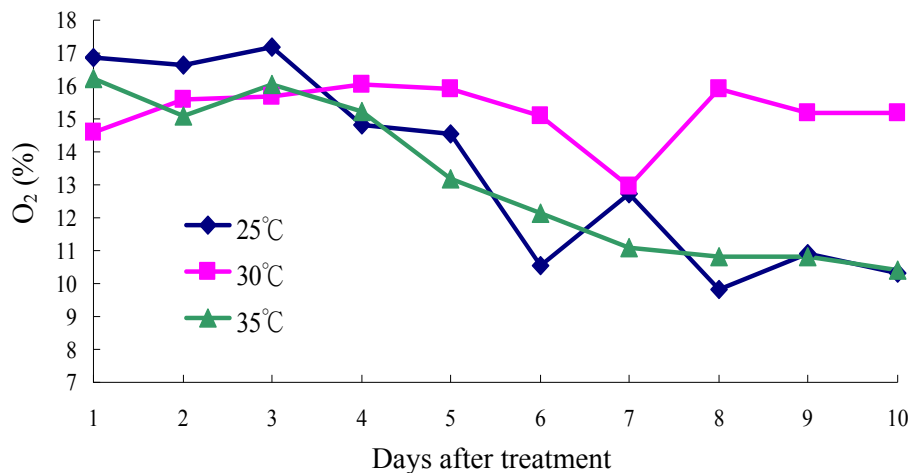


圖 1. '台農二號'番木瓜使用氣變包裝後置於不同溫度下其袋內氧氣濃度之變化。

Fig. 1. Change in oxygen concentration in the bag for 'Tainung No.2' papaya during stored at various temperature.

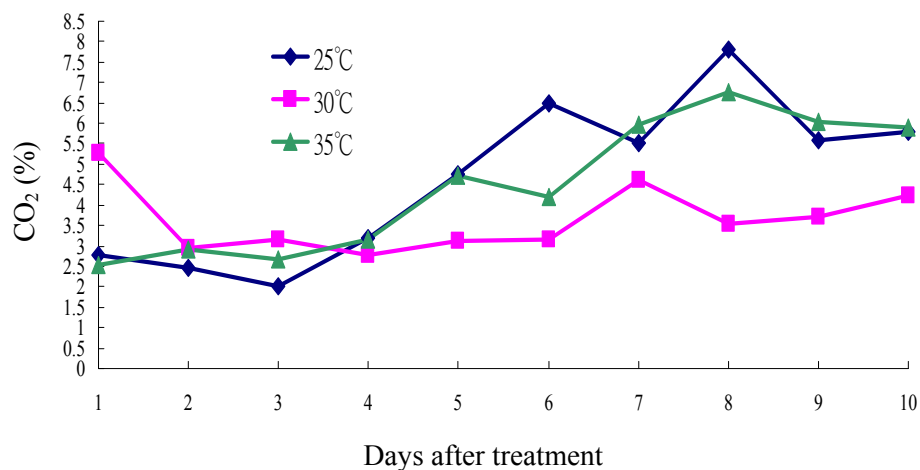


圖 2. '台農二號'番木瓜使用氣變包裝後於不同溫度下袋內二氧化碳濃度之變化。  
Fig. 2. Change in carbon dioxide concentration in the bag for 'Tainung No.2' papaya during stored at various temperature.

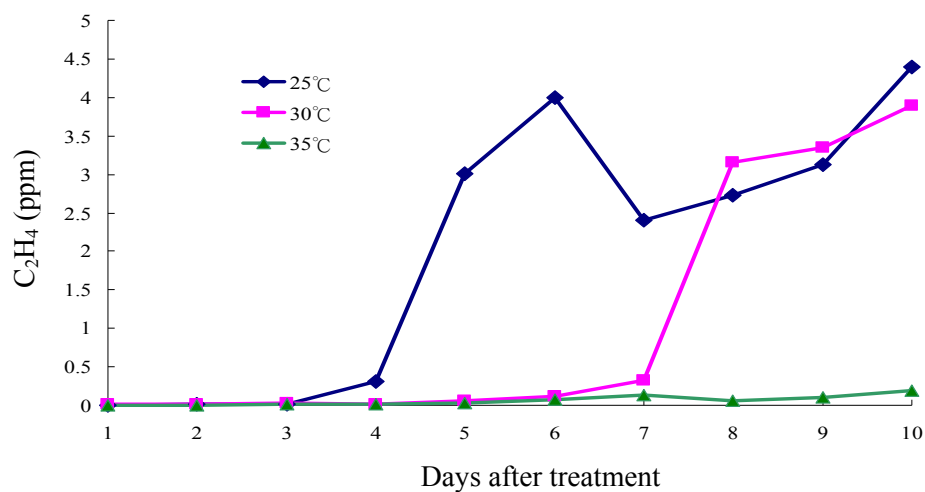


圖 3. '台農二號'番木瓜使用氣變包裝後置於不同溫度下其袋內乙烯濃度之變化。  
Fig. 3. Change in ethylene concentration in the bag for 'Tainung No.2' papaya during stored at various temperature.

## 討 論

### 一、不同採後處理對台農二號番木瓜常溫貯藏品質之影響

GA(Gibberellin)在採前與採後之應用在延長果實貯藏壽命上都有一些相關之研究(Mark *et al.*, 2005; Lers *et al.*, 1998)。本試驗之果實採後浸泡 200ppmGA 對處理七天後之果皮與果肉顏色並無顯著差異(表 1、2)，顯示並無法延緩果皮之轉色。在硬度方面，100ppm GA 的處理對於‘Verna’檸檬貯藏在 15°C 中，能增加貯藏三週期間果實之硬度與減少失重率(Valero *et al.*, 1998)，但在本試驗中 200ppmGA 處理對果實硬度與對照組並無差異(表 1)，綜合來看，本試驗所處理之 GA 條件對‘台農二號’番木瓜果實並不會對其後熟作用產生延遲或抑制之效果，另一試驗施用 GA 浸泡後包覆食用蠟之處理也對果實硬度與果皮、果肉顏色無明顯影響(表 1、2)。至於 57°C 溫湯處理 1.5 分鐘也顯示對常溫貯藏之番木瓜果實後熟作用並無延遲之效果(表 1)。

近年來對於控制果實後熟相關方面，相當多的研究方向是針對 1-MCP (1-methylcyclopropane)的應用。1-MCP 為乙烯作用抑制劑的一種，結構與乙烯類似，分子式為 C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>，主要作用能與乙烯競爭受體結合，使乙烯無法進一步造成反應進而達到延緩果實後熟的效用(Sisler and Serek, 1997)。在本試驗中 1-MCP 處理會抑制番木瓜果實的後熟現象，處理後 13 天果皮與果肉顏色與對照組第七天類似，但果實硬度仍保持在極高的狀態(163N)無法達到食用之程度，且果腔有異味產生(表 1)。據林(2003)表示，以 1-MCP 處理確實可以延緩番木瓜果皮轉色、維持果實硬度、延後果肉轉紅與抑制乙烯生成開始增加等延緩後熟效果，此外亦指出以濃度 1 ppm 以上 1-MCP 處理 18-24 小時，由於抑制內部乙烯濃度上升與 PG 活性，所以造成番木瓜果肉無法正常軟化，使果實失去商品價值。另外，1-MCP 處理時間與果實成熟度可能也會造成對後熟反應的不同 (Bassetto *et al.*, 2005)。Manenoi 等人(2007)對‘Gold’與‘Rainbow’番木瓜果實於不同成熟度時施用 1-MCP 處理，結果顯示，相同處理條件(100 nl/L<sup>-1</sup>, 12h)，對低於 10%轉色之番木瓜果實會有抑制硬度下降之現象，且果肉會造成橡膠(rubbery)症狀，學者認為番木瓜果實轉色達 25%或超過對延緩軟化有較佳之效果，且對果實品質無負面之影響。本試驗 1-MCP 處理濃度為 3.6ppm，處理時間約 12 小時，或許可以朝處理濃度與時間作進一步之研究。

在本試驗中，對於延長番木瓜常溫貯藏最有效之處理為PE包裝，單層PE打孔包裝在處理第七天果實硬度幾乎沒有軟化，果皮a\*值與採收當天幾乎沒有差異，外觀仍保持深綠狀態(L=43.1; a\*=-6.9)(表1)，果肉顏色也較淡(表2)，顯示後熟作用受到抑制。解除PE包裝後置於室溫下五天，其果肉可正常軟化，其果皮果肉顏色與對照組第七天時之外觀類似。由此顯示利用PE包裝可延長‘台農二號’番木瓜常溫下之貯藏壽命。

### 二、氣變包裝與貯藏溫度對‘台農二號’番木瓜果實貯藏品質之影響

番木瓜果實在 25°C、30°C、35°C 下分別貯藏七天與十天。貯藏第七天時，結果顯示 PE 包裝在相同溫度下更能抑制果實硬度之軟化，尤其是 30°C 與 35°C 貯藏時(表 9)。學者

指出番木瓜保持在 32.5°C 10 天將使果實後熟失常，顯示出不良的轉色、不正常之後熟、表皮凹陷(pitting)與異味的產生(An and Paull, 1990)。本試驗將 PE 包裝貯藏延至第十天，解除包裝後放置室溫下四天，結果顯示 30、35°C 果實仍能正常軟化，雖然果皮轉色約 80-85%，但仍視為可接受之程度(表 9)。25°C 對照組果實於貯藏七天後果表已出現皺縮現象，顯示有一定程度的失水，此時所有 PE 包裝組其果皮仍然保持光滑。回溫五天後，25°C 對照組與 25°C PE 包裝果實果皮皆明顯皺縮現象，兩者外觀已失去商品價值。PE 包裝能延緩果實失水，在 30 及 35°C 的包裝中更是明顯。Lazan 等人(1990)對‘Backcross Solo’番木瓜果實利用 PE 密封包裝處理後，包括 PG、多醣醛酸(polyuronide)、可滴定酸等都能較對照組延緩增加或下降的現象，王(1972)表示 PE 包裝具延遲‘蘇魯一號’番木瓜果實失重與後熟之效果。本試驗 PE 包裝之袋內濃度，氧氣濃度方面所有溫度都是在第四天後開始下降，二氧化碳濃度也是約在 4 天才開始明顯上升，而乙烯部份 25°C 在第四天明顯上升，而 30°C 於第七天明顯增加，不過溫度 35°C 直到貯藏第十天仍無明顯上升的現象(圖 1、2、3)。本試驗之結果與學者研究類似(Lazan *et al.*, 1990)。乙烯濃度的上升可當為番木瓜果實後熟開始的徵兆，如 25°C PE 包裝在第四天乙烯濃度增加(圖 3)，第七天時果實已經轉黃且硬度已達可食用階段(表 3)，此時 30°C PE 包裝組乙烯濃度才開始增加，在第七天硬度仍然相當高(>260.2N)，不過在三天後果實硬度即會下降到可食用之階段，同時果皮果肉顏色均已轉黃(表 7)。35°C PE 包裝十天後回溫後對果實品質與轉色都有減少的現象，顯示 35°C PE 包裝貯藏 10 天為果實的耐受極限。而 30°C PE 包裝處理則是貯藏十天果實品質仍無太大問題。

本試驗所有溫度 PE 包裝處理也皆無聞到異味之產生，但 35°C PE 包裝貯藏 10 天，回溫後果實果腔略有異味產生，但並非每一果皆有相同症狀。

不過另外一點值得注意的地方，所有 PE 包裝之果實，在貯藏過程中，果實腐敗的現象並不明顯，直到解除包裝回溫後，腐爛的現象會快速增加(表 9)，推測袋內環境可能會抑制病原繁殖與生長。王(1972)指出 PE 包裝會刺激黴菌的增加。本試驗之結果，PE 包裝解除後反而刺激病原菌的快速增加，進一步之研究可朝包裝前殺菌處理(如溫湯處理)方面來進行。

## 參 考 文 獻

- 王德男、劉政道。2002。台灣加入 WTO 後木瓜產業之因應調整對策。農業世界 223: 10-11。
- 王德男。1972。包裝方式及貯藏溫度對於木瓜果實更年期上昇抑制效果之研究。中國園藝 18: 86-93。
- 林馥君。2003。1-甲基環丙烯對於番木瓜果實後熟之影響。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文 pp.75-76。

- 謝慶昌。2001。採收成熟度、貯藏溫度、後熟溫度及強制熱風處理對'台農二號'番木瓜品質之影響。中國園藝 47: 391-408。
- An, J. F. and R. E. Paull. 1990. Storage temperature and ethylene influence on ripening of papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115: 949-953.
- Bassetto, E., A. P. Jacomino, A. L. Pinheiro, and R. A. Kluge. 2005. Delay of ripening of 'Pedro Sato' guava with 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biol. Tehnol.* 35: 303-308.
- Chen, N. M. and R. E. Paull. 1986. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 639-643.
- Manenoi, A., E. R. V. Bayogan, S. Thumdee, and R. E. Paull. 2007. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biol. Tehnol.* 44: 55-62.
- Mark, A. R., M. S. Burton, and T. G. Mccollum. 2005. Effects of pre-or postharvest gibberellic acid application on storage quality of Florida 'Fallglo' tangerines and 'Ruby' tangerines and red grapefruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 118: 385-388.
- Lazan, H., Z. M. Ali, and W. C. Sim. 1990. Retardation of ripening and development of water stress in papaya fruit seal-packaged with polyethylene film. *Acta Hort.* 269: 345-357.
- Lers, A., W. B. Jiang, E. Lomaniec, and N. Aharoni. 1998. Gibberellic acid and CO<sub>2</sub> additive effect in retarding postharvest senescence of parsley. *J. Food Sci.* 63: 66-68.
- Paull, R. E., W. Nishijima, M. Reyes, and C. Cavaletto. 1997. Postharvest handling and during marketing of papaya. *Postharvest Biol. Technol.* 11: 165-179.
- Sisler, E. C. and M. Serek. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. *Physiol. Plant.* 100: 577-582.
- Valero, D., D. Martínez-Romero, M. Serrano, and F. Riquelme. 1998. Post-harvest gibberellin and heat treatment effects on polyamines, abscisic acid and firmness in lemons. *J. Food Sci.* 63: 611-615.

## Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Quality of 'Tainung No.2' Papaya (*Carica papaya* L.) Fruits During Transportation at Ambient Temperature

Guo-Jheng Wu <sup>1)</sup> Ching-Chang Shiesh <sup>2)</sup>

Key words : 'Tainung No.2' papaya, Polyethylene packaging, Temperature

### Summary

The perforated one layer PE packaging had the effect of lengthening fruits storage life. The papaya, which naked and stored for 7 and 13 days at 25°C, 30°C and 35°C, showed signs of peel shrinkage due to water loss. This phenomenon was most significant for fruits stored at 30°C for 10 days, or 35°C for 7 days. The PE packed fruit had not occur this symptom. The fruit firmness of PE packed fruits were higher than that of the control. The former had smooth skin and were able to proceed with ripening when returned to ambient temperature. This proved that the use of PE packaging was capable of extending fruits shelf life under a constant storage condition.

---

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

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

Corresponding author.

