

# 植物生長調節劑噴施對紅龍果品質與貯藏之影響<sup>1</sup>

柯懿婷<sup>2</sup>、陳盟松<sup>2</sup>

## 摘 要

臺灣紅龍果產季集中於 5-10 月，易因大量種植而造成生產過剩的問題，採收後之果實成熟過程持續進行，如何維持貯藏果實品質拓展外銷途徑是極需面對的問題。本試驗為瞭解植物生長調節劑對紅龍果果實品質之影響，選用吉貝素(Gibberellins, GA<sub>3</sub>)與喜果精(Cytex)試劑，適量噴施於越南白肉種與大紅紅肉種紅龍果開花期或花後第 7 與 14 天花朵基部，在花後第 32 天採收調查果實品質，其後進行低溫貯藏並監測果實品質在試驗期間的變化。試驗結果顯示，在 PE 塑膠包材的包覆下，貯藏試驗至第 28 天紅龍果果實單果平均失重率維持在果實重量 2%之內。植物生長調節劑對不同品種紅龍果果實影響而異，吉貝素對越南白肉種紅龍果影響較廣，有效增加果皮與苞片厚度並延遲果皮轉色程度，且高濃度(20 ppm)吉貝素處理會增長果實形態，經低溫貯藏後也降低苞片尖端枯黃情況；大紅紅肉種紅龍果對吉貝素的感受性較低。喜果精對於越南白肉種或大紅紅肉種紅龍果的外觀轉色程度、果實形狀、大小及硬度無明顯影響，但對大紅紅肉種紅龍果果實苞片尖端厚度有增加效果，且經過喜果精處理後的果實與對照組相比，在低溫貯藏後保有較佳的果實品質與外觀。

**關鍵字：**植物生長調節劑、吉貝素、喜果精、苞片

## 前 言

紅龍果原產於熱帶、亞熱帶美洲大陸，為仙人掌科植物，常見有紅皮白肉種(*Hylocereus undatus* Britt. & Rose)、紅皮紅肉種(*H. polyrhizus* & *H. costaricensis*)及黃皮白肉種(*H. megalanthus*)紅龍果，富含多種營養物質，除鮮食用途，果皮和果肉亦可進行加工以提高作物經濟價值應用層面<sup>(3)</sup>。紅龍果易栽培生長，在臺灣產季集中於 5-10 月，栽培面積自民國 100 年 878 公頃逐年增加，至民國 110 年達 2,820 公頃，果品產量 64,730 公噸<sup>(1)</sup>，產期調節、包裝貯藏技術及銷運管理是面臨的重要課題<sup>(4-6)</sup>。

植物生長調節劑(plant growth regulators, PGRs)常見包括有生長素(auxins)、吉貝素(gibberellins)、細胞分裂素(cytokinins)、離層酸(abscisic acid)及乙烯(ethylene)等五大類植物激素，廣泛應用於調節果樹的生長與產量調節<sup>(7)</sup>，影響層面涉及植株根系生長、開花期、著果、果實大小及品質，也應用

<sup>1</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 1049 號。

<sup>2</sup> 行政院農業委員會臺中區農業改良場計畫助理、副研究員。

於果實採後成熟度的調節與減緩果實老化速度。對大部分的蔬果而言，採收後的貯藏方式或開發延緩後熟技術，決定了農產品的市場價值。紅龍果果實在採收後，生理機能持續進行，若未適當保存，果實凋萎狀況逐步出現，表皮皺縮與苞片失水枯黃將影響果實外觀與販售價格。已有研究指出紅龍果採前處理植物生長調節劑明顯增加苞片厚度<sup>(2, 8, 9)</sup>，因此本試驗採用吉貝素與喜果精兩種植物生長調節劑，在開花期與花後不同時間點處理紅龍果花朵與果實基部，於採收時測量紅龍果的外觀與苞片狀況，檢視調節劑對果實特徵產生的變化，之後予以塑膠包材，進行低溫貯藏試驗，進一步探究低溫環境對果實外觀與苞片色澤轉變之影響，期能進一步了解不同植物生長調節劑對紅龍果果品在低溫環境轉變狀況，改善採後貯運期間苞片失水導致果實品質劣變情況，以提高販售價值。

## 材料與方法

### 一、試驗材料及方法

實驗植株種植於臺中區農業改良場紅龍果試驗區，試驗品種為國內農民主要栽培品種大紅紅肉種(Da-Hong, DH)紅龍果及越南白肉種(Vietnam-White, VW)紅龍果，調查期間為民國110年6-10月，隔批留花，進行至少3次試驗。吉貝素(GA<sub>3</sub>, Sigma G7645, 臺灣)為花後第7天與第14天處理試劑，施用濃度為10 ppm與20 ppm，對照組以水採用相同噴施方式進行；細胞分裂素-喜果精(Cytex, 寶成貿易股份有限公司, 臺灣)於開花當日處理，採用原液250倍與500倍稀釋使用。試劑均勻噴施於花朵基部，大紅品種於試劑處理後套黑色網袋，越南白肉品種套牛皮紙袋，在花後第32天採收。

### 二、果實形態與品質分析

- (一)果實重量變化測量：以電子天平秤取採收後與試驗完成當週移出冷藏庫之果實重量，讀值取至小數點後第二位，以克(g)為標示單位，果實失重率(%)=(貯藏前重量-貯藏後重量)/貯藏前重量 x100%。
- (二)果實測量果長(mm)、果寬(mm)及果皮厚度(mm)，果皮厚度取向陽與背陽側中點果皮厚度平均值，果形指數(shape index)=果長/果寬。
- (三)果實縱切後，以果實硬度計FR5120 配備直徑0.8 cm 圓柱狀壓棒測定向陽側與背陽側果肉垂直穿刺10 mm所需的力量，並計算平均值，果肉硬度單位以牛頓(Newton, N)表示。
- (四)苞片厚度測量：苞片基部(Base)與轉色尖端(Tip)處以電子式游標卡尺，測量貯藏前後厚度，以mm為標示單位。厚度損失率(%)=(貯藏前厚度-貯藏後厚度)/貯藏前厚度 x100%。
- (五)總可溶性固形物(Total soluble solid, TSS)：縱剖面後取中間部分由上而下分花萼端、中央及花柄端樣品，分別榨汁過濾，取數滴果汁樣品，數位型糖度計Atago PAL-1 測總可溶性固形物含量，以°Brix為標示單位。
- (六)可滴定酸(Titratable acid, TA)量：取適量的果汁樣品，加入1%酚酞酒精溶液作指示劑，利用數字型滴定器以NaOH滴定至果汁樣品顏色產生變化即為滴定終點，再以所需NaOH滴定量

換算樣品中蘋果酸含量。

### 三、低溫貯藏及調查分析

選擇外表無缺陷、外觀整齊均勻的果實進行包裝與低溫模擬貯藏試驗，試驗環境為  $6\pm 1^{\circ}\text{C}$  冷藏庫，於採收當日及貯藏 1、2 及 4 週後取出調查。

### 四、統計分析

數值以平均值(mean) $\pm$ 標準差(SE)方式呈現(n=6)，各 3 次獨立試驗，統計差異以 Duncan's multiple range test 進行分析， $p < 0.05$  具顯著差異。

## 結果與討論

### 一、花後 7 天與 14 天 GA3 處理對果實外觀之影響

本試驗在花後第 7 與 14 天分別對紅龍果越南白、大紅品種之果實噴施 10 ppm 或 20 ppm 吉貝素，越南白肉種紅龍果花後第 7 天處理 10 ppm 之果實重量、果形與對照組相近無差異，20 ppm 濃度處理果實重量稍減，但在花後第 14 天處理同濃度吉貝素之越南白肉種果實其重量增加，與對照組有顯著差異，此時果形偏長；而吉貝素對於紅肉種紅龍果果形外觀，處理組與對照組間無明顯差別，但處理組果實重量明顯下降現象(表一)。

表一、吉貝素處理紅龍果之果實重量、果形分析。(左至右依序為: CK-對照組；

G7\_10-花後 7 天噴施 GA3 10 ppm; G7\_20-花後 7 天噴施 GA3 20 ppm；

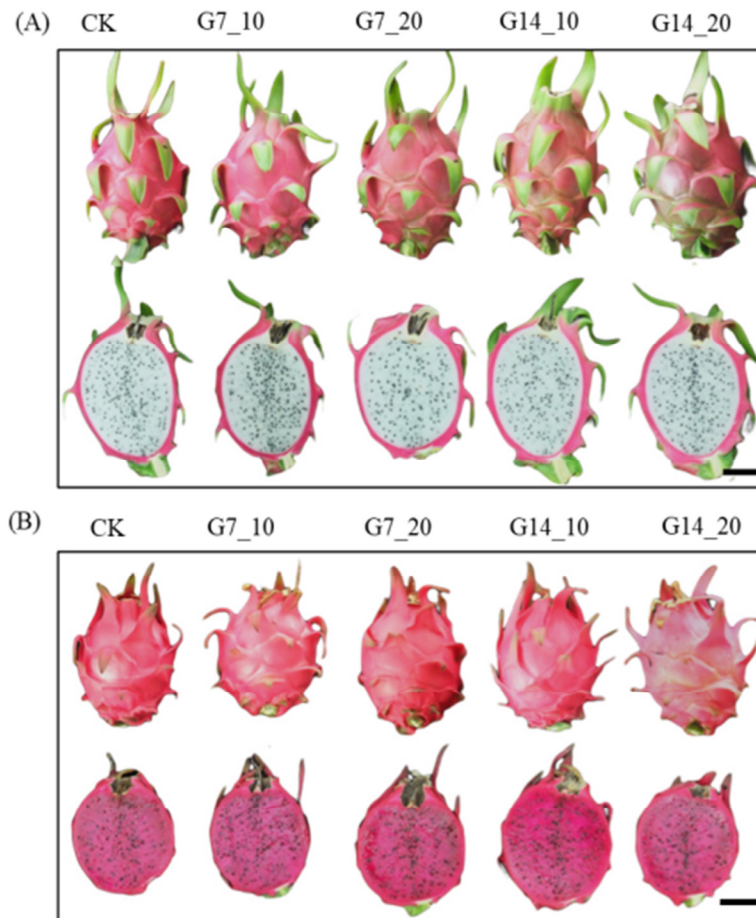
G14\_10-花後 14 天噴施 GA3 10 ppm；G14\_20-花後 14 天噴施 GA3 20 ppm)

Table 1. Weight and shape analysis of GA3 treated pitaya fruits

	CK	G7_10	G7_20	G14_10	G14_20
<b>Vietnam-White</b>					
Weight(g)	539.68 $\pm$ 13.31b	507.04 $\pm$ 27.62b	417.95 $\pm$ 23.83c	594.65 $\pm$ 10.97a	568.58 $\pm$ 16.02a
Shape index	1.38 $\pm$ 0.02b	1.36 $\pm$ 0.02b	1.31 $\pm$ 0.02c	1.36 $\pm$ 0.01b	1.42 $\pm$ 0.03a
<b>Da-Hong</b>					
Weight(g)	462.95 $\pm$ 8.42a	409.01 $\pm$ 9.73b	387.74 $\pm$ 16.04b	418.37 $\pm$ 18.23b	429.63 $\pm$ 10.26b
Shape index	1.17 $\pm$ 0.01a	1.17 $\pm$ 0.01a	1.15 $\pm$ 0.02a	1.15 $\pm$ 0.01a	1.16 $\pm$ 0.01a

Values followed by different letters are significantly different at the 0.05 level. The different letters were shown by comparing the row of values.

吉貝素會延遲越南白肉種紅龍果果實的發育，造成果實腹面果皮轉色不完全，苞片轉色只達約 1/4 程度；花後第 7 天或第 14 天處理相同濃度吉貝素的果實相比較，高濃度(20 ppm)的吉貝素延遲果實成熟轉色程度影響更明顯，此特徵可以延長果實掛果時間；以品種而論，越南白肉種對吉貝素的反應較大紅品種敏感，經過處理的大紅品種紅龍果有較對照組堅挺之苞片，但果皮與苞片之轉色皆已接近成熟標準(圖一)。



圖一、吉貝素處理越南白肉種(A)及大紅紅肉種(B) 紅龍果外觀及剖面圖(左至右依序為: CK-對照組 ; G7\_10-花後 7 天噴施  $GA_3$  10 ppm; G7\_20-花後 7 天噴施  $GA_3$  20 ppm; G14\_10-花後 14 天噴施  $GA_3$  10 ppm ; G14\_20-花後 14 天噴施  $GA_3$  20 ppm) , Scale bar=5cm 。

Fig. 1. Appearance and sectional views of  $GA_3$  treated Vietnam-White (A) and Da-Hong (B) pitaya fruits on harvesting day. (Left to right refer to CK-control, G7\_10- fruits sprayed with 10 ppm  $GA_3$  7 days after anthesis, G7\_20- sprayed with 20 ppm  $GA_3$  7 days after anthesis, G14\_10- sprayed with 10 ppm  $GA_3$  14 days after anthesis, G14\_20- sprayed with 20 ppm  $GA_3$  14 days after anthesis). Scale bar=5 cm.

## 二、GA<sub>3</sub> 施用對果實貯運品質之影響

本試驗於花後處理植物生長調節劑的紅龍果果實，採收後以 PE 袋包覆封箱進入 6°C 冷藏庫貯存，監測試驗期間果皮轉色及苞片厚度變化。經吉貝素處理之紅龍果果實，在越南白肉種紅龍果的果皮及苞片(含基部及轉色尖端)厚度明顯增加，與對照組具顯著差異；果肉硬度亦較對照組高，貯藏期間，總可溶性固形物在貯藏期樣本間並沒有明顯變化，果肉酸度則會隨著存放時間增長而降低，在第二週開始明顯降低酸度、第四週降至適宜食用標準(表二)。

表二、吉貝素處理之越南白肉種紅龍果貯藏期間果實物化性質分析。(W0-冷藏前；W1、W2、W4 依序為低溫貯藏後第 1、2、4 週)

Table 2. Analysis of GA<sub>3</sub> treated Vietnam-White pitaya fruits under low-temperature storage. (W0-measurement on harvest day, W1, 2, 4- under low-temperature storage for 1, 2 or 4 week(s)).

Vietnam-White		CK	G7_10	G7_20	G14_10	G14_20
Firmness (N)	W0	5.55±0.10b	5.77±0.10b	5.28±0.23c	5.94±0.06a	5.99±0.10a
	W1	6.03±0.15a	5.71±0.07b	5.68±0.07b	6.14±0.12a	6.18±0.11a
	W2	5.83±0.17b	5.99±0.12b	6.06±0.12ab	6.18±0.11ab	6.40±0.11a
	W4	6.37±0.10b	6.21±0.15b	6.13±0.11b	6.05±0.19b	7.08±0.23a
Pericarp (mm)	W0	3.90±0.30b	4.31±0.39ab	4.96±0.45a	4.93±0.30a	5.22±0.28a
	W1	3.58±0.24c	4.01±0.28b	4.38±0.39b	4.27±0.17b	5.60±0.35a
	W2	3.20±0.21c	4.74±0.28b	4.24±0.24b	4.23±0.19b	5.62±0.34a
	W4	3.14±0.22c	3.62±0.26c	4.36±0.21b	3.59±0.24c	5.49±0.63a
TSS (°Brix)	W0	16.48±0.33a	16.32±0.52a	15.84±0.53b	16.68±0.33a	16.87±0.34a
	W1	16.66±0.33b	16.96±0.60b	16.48±0.56b	17.40±0.41a	16.83±0.43b
	W2	16.36±0.45a	15.67±0.47a	15.15±0.52a	15.48±0.80a	15.92±0.27a
	W4	15.77±0.41a	16.17±0.45a	14.72±0.39b	15.88±0.36a	14.03±0.46b
TA (%)	W0	0.55±0.03ab	0.54±0.03ab	0.50±0.05b	0.54±0.03ab	0.60±0.03a
	W1	0.57±0.02a	0.48±0.02b	0.46±0.04b	0.54±0.02a	0.56±0.04a
	W2	0.45±0.04a	0.44±0.02a	0.44±0.03a	0.45±0.03a	0.50±0.03a
	W4	0.24±0.02ab	0.23±0.01bc	0.21±0.02b	0.26±0.01a	0.24±0.01ab
Base thickness of bract(mm)		2.09±0.07c	2.47±0.11b	2.63±0.09a	2.38±0.08b	2.61±0.11a
Tip thickness of bract (mm)		3.03±0.07c	3.19±0.09c	3.13±0.10c	3.28±0.07b	3.56±0.11a

Values followed by different letters are significantly different at the 0.05 level. The different letters were shown by comparing the row of values.

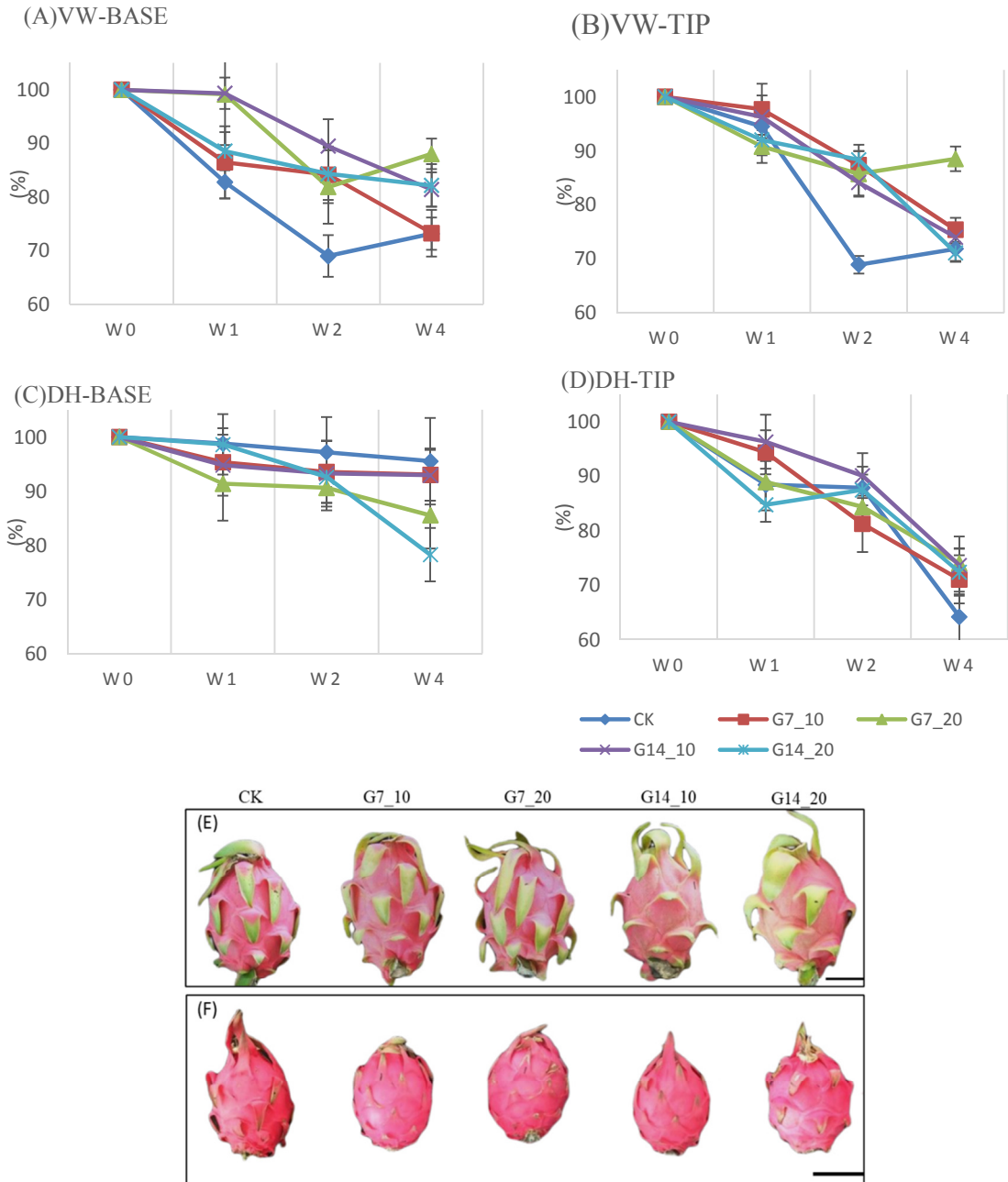
大紅紅肉種紅龍果對吉貝素的感受性相較於越南白肉種紅龍果較低，在採收當日果實果皮與苞片已近轉色完全，硬度則因處理過吉貝素而與對照組有明顯差異，果皮厚度在花後第 14 天施用吉貝素試驗組則有增厚趨勢。大紅紅龍果果實在採收當日總可溶性固形物即達 19.71- 21.96°Brix，起始酸度 0.27-0.31%，貯藏至第二週之總可溶性固形物與酸度可達一般食用標準值，第四週酸度明顯降低。對照組與試驗組間無差異；果實苞片在採收日均已轉色逾三分之二，試驗組苞片稍厚於對照組，其試驗組基部與尖端最厚樣本各為 1.49 mm 與 1.09 mm，對照組則為 1.13 mm 與 1.09 mm (表三)。

表三、吉貝素處理之大紅紅肉種紅龍果貯藏期間果實物化性質分析。(W0-冷藏前；W1、W2、W4 依序為低溫貯存後第 1、2、4 週)

Table 3. Analysis of GA<sub>3</sub> treated Da-Hong pitaya fruits under low-temperature storage. (W0-measurement on harvest day, W1, 2, 4- under low-temperature storage for 1, 2 or 4 week(s)).

Da-Hong		CK	G7_10	G7_20	G14_10	G14_20
Firmness (N)	W0	7.13±0.29a	6.76±0.16a	6.13±0.24b	6.33±0.24b	4.19±0.14c
	W1	4.18±0.06b	4.72±0.14b	5.04±0.23ab	4.78±0.26ab	5.58±0.14a
	W2	5.18±0.13b	5.22±0.21b	5.94±0.21a	5.63±0.15a	5.15±0.19b
	W4	4.98±0.12a	4.73±0.19a	5.09±0.15a	4.63±0.10a	5.08±0.23a
Pericarp (mm)	W0	1.62±0.12b	1.57±0.11b	1.58±0.09b	1.73±0.11ab	1.96±0.13a
	W1	2.07±0.15a	1.43±0.11b	1.52±0.11b	1.80±0.13a	1.90±0.09a
	W2	1.41±0.10ab	1.11±0.09b	1.47±0.08ab	1.54±0.12ab	1.84±0.10a
	W4	1.53±0.10b	1.12±0.06c	1.35±0.10b	1.10±0.08c	1.83±0.14a
TSS (°Brix)	W0	21.96±0.51a	21.12±0.61a	19.97±0.69b	20.08±0.60b	19.71±0.50b
	W1	19.43±0.63c	21.24±0.49a	19.31±0.67c	20.58±0.46b	21.39±0.43a
	W2	20.01±0.52a	21.01±0.61a	21.18±0.51a	20.91±0.46a	20.03±0.56a
	W4	19.19±0.66a	18.83±0.56a	19.67±0.39a	19.50±0.48a	19.03±0.54a
TA (%)	W0	0.27±0.01b	0.27±0.01b	0.27±0.01b	0.31±0.01a	0.30±0.01a
	W1	0.31±0.01a	0.24±0.01b	0.25±0.02b	0.29±0.02a	0.25±0.01b
	W2	0.28±0.00a	0.23±0.01a	0.27±0.01a	0.25±0.01a	0.23±0.02a
	W4	0.15±0.00a	0.12±0.01a	0.16±0.01a	0.12±0.01a	0.14±0.01a
Base thickness of bract (mm)		1.13±0.05b	0.88±0.04b	0.99±0.06b	1.03±0.04b	1.49±0.08a
Tip thickness of bract (mm)		1.09±0.05a	0.75±0.02b	0.77±0.03b	0.84±0.02b	1.09±0.03a

Values followed by different letters are significantly different at the 0.05 level. The different letters were shown by comparing the row of values.



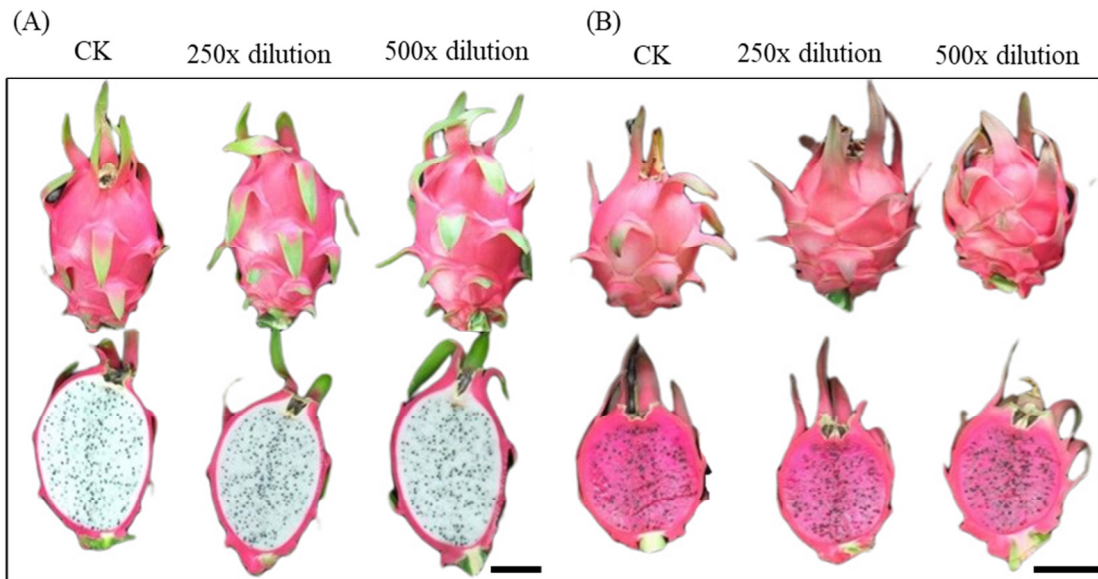
圖二、GA<sub>3</sub> 處理之紅龍果貯藏期苞片厚度變化及貯藏第四週外部型態。越南白肉種紅龍果苞片基部 (A)及尖端(B)厚度損失率；大紅紅肉種紅龍果苞片基部(C)及尖端(D)厚度損失率。越南白肉種(E)及大紅紅肉種(F)紅龍果處理 20 ppm 吉貝素果實貯藏至第四週時外觀，Scale bar=5cm。

Fig. 2. The bract thickness changes and phenotypes of GA<sub>3</sub> treated pitaya fruits after 4 weeks low-temperature storage. Scale bar=5cm.

貯藏中的紅龍果果實，會持續老化與失水，苞片顏色狀態與厚度是消費者購買意願一項重要指標。越南白肉種紅龍果果實在貯藏期間，未經處理(對照組，CK)之果實苞片基部厚度損失比例介於17-31%，明顯高於吉貝素處理樣本，試驗結果顯示在花後第7或14天處理吉貝素的果實，在貯藏期間能有較少水分損失率；在苞片轉色尖端部分，對照組在第二週損失即達約31%，而試驗組在第二周尚能維持在11-15%的失水率；採收時仍呈現綠色未轉色部分，在第四週時果皮可轉色(圖二A, B, E)。大紅紅肉種紅龍果處理過吉貝素處理之果實，其苞片失水率穩定度與對照組差異甚微，且苞片尖端顏色退綠轉枯黃(圖二C, D, F)。

### 三、開花當天喜果精處理對果實外觀之影響

喜果精為一商業化之混和型細胞分裂素，建議使用倍數為500倍稀釋噴施，本試驗採用250與500倍稀釋比例，比較不同濃度處理之影響效力。在果實外觀上，喜果精施用對於越南白肉種紅龍果或大紅紅肉種紅龍果，並不影響果皮之轉色(圖三)。喜果精處理後之果實果形與未處理組沒有顯著差異，此期試驗在果重方面越南白肉種紅龍果與大紅紅肉種紅龍果試劑處理組約下降近10%(表四)。



圖三、喜果精處理越南白肉種(A)及大紅紅肉種(B)紅龍果外觀及剖面圖，Scale bar=5cm。

Fig. 3. Appearance and sectional views of Cytex treated Vietnam-White (A) and Da-Hong (B) pitaya fruits on harvest day. Scale bar=5cm.



#### 四、喜果精施用對果實貯運品質之影響

不同濃度喜果精對成熟果實的外觀影響甚微，在貯藏監測期間，越南白肉種紅龍果果實之總可溶性固形物、硬度及果皮厚度在處理組的數據與對照組無顯著變化。處理高濃度喜果精(稀釋 250 倍)起始酸度微高於另外兩組，退酸效率(18%)略緩於對照組(25%)及建議施用濃度 500 倍稀釋(20%) (表五)；不同於越南白肉種於貯藏期逐步退酸狀況，果皮轉色完全之紅肉種紅龍果採收時酸度已達適宜食用標準(表六)。喜果精對越南白肉種紅龍果之果皮厚度與苞片尖端厚度無增加現象，苞片基部厚度在喜果精處理組則比對照組薄；大紅紅肉種紅龍果果皮與苞片尖端在建議倍數(500x 稀釋)處理下，有助其厚度增加，基部厚度不受影響(表五、六)。

表四、開花當天喜果精處理紅龍果之果實重量、果形分析  
Table 4. Weight and shape analysis of Cytex treated pitaya fruits

	CK	Cytex 250x dilution	Cytex 500x dilution
<u>Vietnam-White</u>			
Weight(g)	586.98±20.38a	550.12±17.86ab	525.47±12.42b
Shape index	1.50±0.02a	1.55±0.02b	1.54±0.01b
<u>Da-Hong</u>			
Weight(g)	432.35±19.19a	374.38±9.40b	404.07±22.39ab
Shape index	1.10±0.01b	1.09±0.01b	1.14±0.01a

Values followed by different letters are significantly different at the 0.05 level. The different letters were shown by comparing the row of values.

表五、喜果精處理之越南白肉種紅龍果果實貯藏期間果實物化性質分析。(W0-採收當天; W1、W2、W3 依序為低溫貯存 1、2、4 週)

Table 5. Analysis of Cytex treated Vietnam-White pitaya fruits under low-temperature storage. (W0-measurement harvest day. W1, 2, 4-storage under low-temperature for 1, 2 or 4 week(s)).

Vietnam-White		CK	Cytex 250x dilution	Cytex 500x dilution
Firmness (N)	W0	5.14±0.12a	5.48±0.11a	5.38±0.11a
	W1	5.34±0.13a	5.59±0.07a	5.55±0.11a
	W2	6.12±0.11a	5.93±0.10ab	5.75±0.08b
	W4	5.48±0.10ab	5.61±0.12a	5.10±0.14b
Pericarp (mm)	W0	3.08±0.16a	3.14±0.12a	3.05±0.13a
	W1	3.25±0.15a	3.35±0.14a	3.32±0.12a
	W2	3.42±0.10a	3.49±0.19a	3.17±0.13a
	W4	2.98±0.17a	3.35±0.15a	3.11±0.15a
TSS (°Brix)	W0	17.12±0.25a	15.90±0.17b	15.86±0.27b
	W1	16.57±0.25a	15.92±0.22ab	15.23±0.24b
	W2	15.66±0.40a	15.54±0.25a	14.54±0.22b
	W4	15.38±0.24a	15.43±0.25a	14.95±0.26a
TA (%)	W0	0.58±0.02a	0.62±0.03a	0.60±0.04a
	W1	0.54±0.03a	0.58±0.02a	0.52±0.03a
	W2	0.44±0.02a	0.51±0.02a	0.48±0.02a
	W4	0.35±0.02a	0.35±0.01a	0.30±0.02a
Base thickness of bract (mm)		2.28±0.07a	2.12±0.05b	2.05±0.05b
Tip thickness of bract (mm)		3.21±0.09a	3.16±0.08a	3.07±0.06a

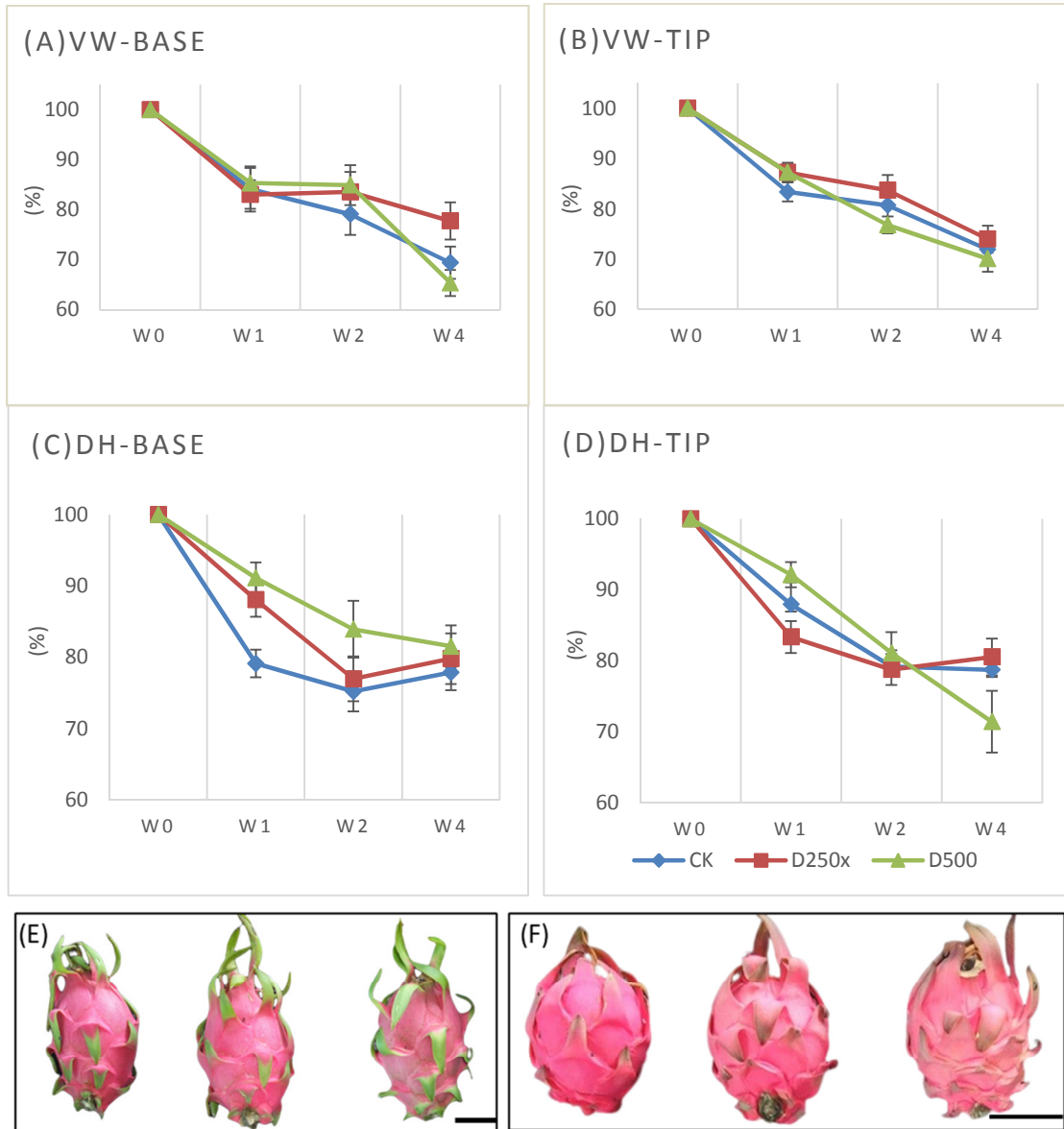
Values followed by different letters are significantly different at the 0.05 level. The different letters were shown by comparing the row of values.

表六、貯運試驗對喜果精處理之大紅紅肉種紅龍果果實物化性質分析。(W0-冷藏前；W1、W2、W4 依序為低溫貯存後第 1、2、4 週)

Table 6. Analysis of Cytex treated Da-Hong pitaya fruits under low-temperature storage. (W0-measurement on harvest day, W1, 2, 4- under low-temperature storage for 1, 2 or 4 week(s)).

Da-Hong		CK	Cytex 250x dilution	Cytex 500x dilution
Firmness (N)	W0	5.31±0.11b	5.39±0.11b	5.81±0.17a
	W1	5.10±0.07a	5.09±0.11a	5.27±0.14a
	W2	5.15±0.09a	5.34±0.12a	5.20±0.08a
	W4	4.79±0.20b	5.40±0.13a	5.52±0.15a
Pericarp (mm)	W0	2.99±0.20a	2.88±0.21a	3.09±0.42a
	W1	2.85±0.24a	2.94±0.22a	3.52±0.41a
	W2	2.62±0.19a	2.79±0.18a	3.15±0.30a
	W4	3.24±0.22a	3.16±0.25a	3.34±0.33a
TSS (°Brix)	W0	19.76±0.53a	18.58±0.35a	18.49±0.45a
	W1	19.71±0.41a	19.34±0.35a	17.85±0.64b
	W2	18.98±0.50a	17.99±0.47a	18.30±0.51a
	W4	16.74±0.39a	16.41±0.37a	15.61±0.45a
TA (%)	W0	0.25±0.02a	0.24±0.01a	0.23±0.03a
	W1	0.27±0.01a	0.26±0.02a	0.22±0.01b
	W2	0.20±0.01b	0.23±0.01a	0.21±0.01a
	W4	0.19±0.01a	0.18±0.01a	0.21±0.01a
Base thickness of bract (mm)		1.85±0.06a	1.92±0.05a	1.95±0.09a
Tip thickness of bract (mm)		1.70±0.06b	1.78±0.05b	2.02±0.08a

Values followed by different letters are significantly different at the 0.05 level. The different letters were shown by comparing the row of values.



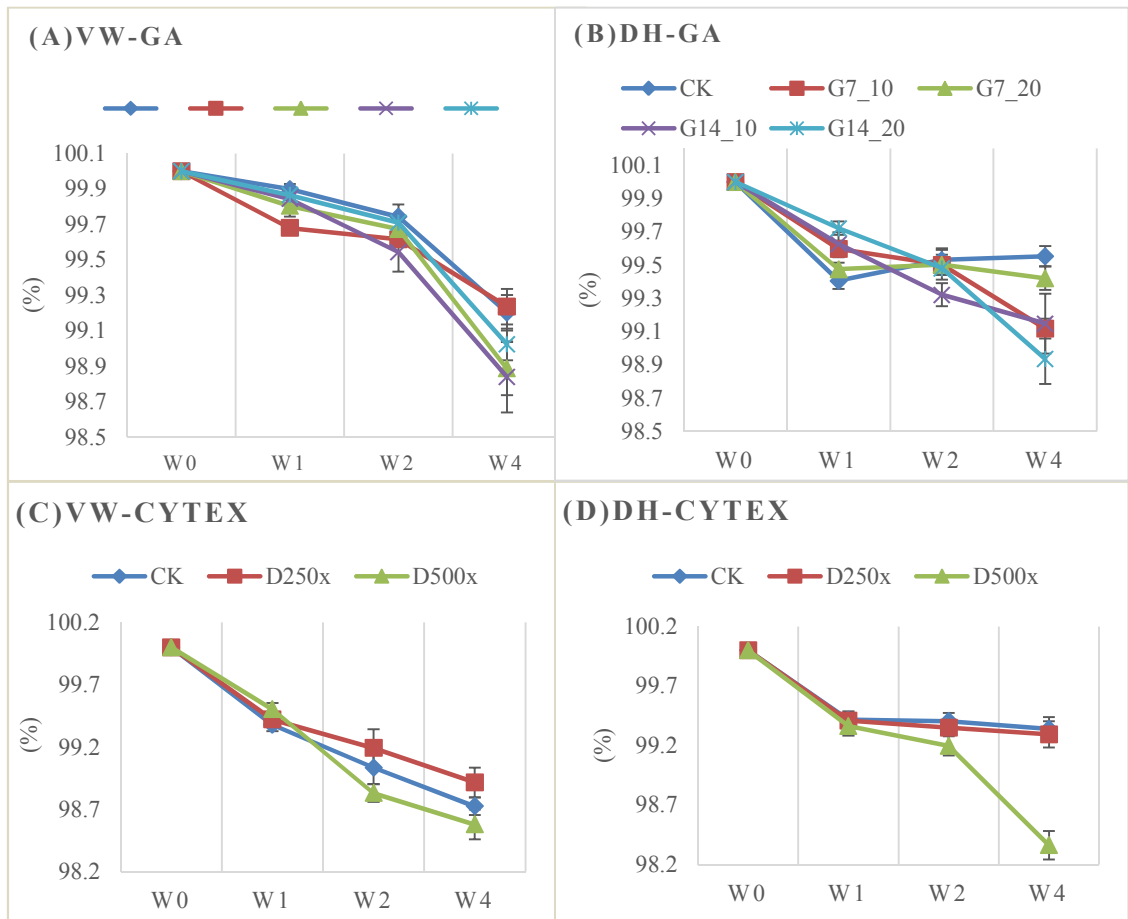
圖四、喜果精處理對貯藏期苞片厚度變化(%)及冷藏第四週外部型態。越南白肉種紅龍果苞片基部(A)及尖端(B)厚度損失率；大紅紅肉種紅龍果苞片基部(C)及尖端(D)厚度損失率。越南白肉種(E)及大紅紅肉種(F)紅龍果處理喜果精貯藏第四週時外觀，Scale bar=5cm。

Fig. 4. The bract thickness changes and phenotypes of Cytex treated pitaya fruits after 4 weeks low-temperature storage. The lost percentages of bract base (A, C) and tip (B, D) thickness and phenotypes (E or F) of Vietnam-White or Da-Hong pitaya fruits. Left to right refer to the images of the CK, Cytex 250x and 500x dilution treated fruits. Scale bar=5cm.

經過喜果精處理之果實，苞片厚度變化在越南白肉種紅龍果苞片基部、苞片轉色尖端及大紅紅肉種紅龍果苞片基部，與對照組相較，在貯存試驗期間有相對較低的失水率(圖四 A-D)。低溫貯藏的過程，果皮轉色持續進行，但苞片轉色變化卻不明顯，經喜果精處理之果實樣本在苞片上可以維持苞片的堅挺度與顏色(圖四 E-F)。

### 五、吉貝素或喜果精施用對貯運果實重量之影響

在果實重量方面，施用吉貝素的紅龍果試驗組不論在越南白肉種或大紅紅龍果，一週內重量下降率約 0.2%，低於喜果精處理組的 0.5%，低溫貯藏四週後最大失重率介於 1.2-1.7% (圖五)。



圖五、吉貝素與喜果精處理對貯藏期紅龍果果實重量損失率(%)之影響。吉貝素噴施之越南白肉種(A)及大紅紅肉種紅龍果(B)或經喜果精噴施之越南白肉種(C)及大紅紅肉種(D)紅龍果貯藏期重量變化。

Fig. 5. The record of fruit weight loss (%) under low temperature storage. The weight loss of Vietnam-White (A, C) or Da-Hong (B, D) pitaya fruits after GA<sub>3</sub> or Cytex treatment.

## 結 論

適當植物生長調節劑施用可以有效維持果品外觀，加上適宜的低溫存技術將延長水果貯藏時間，亦可緩解產量過多，進行海外銷售並提高其經濟價值<sup>(10-11)</sup>。紅龍果果皮轉色與否、貯藏病害及苞片顏色、厚度為市場接受度的重要指標，植物生長調節劑在過去研究發現，對於紅龍果果實苞片厚度維持及貯運品質有正向影響<sup>(2,9)</sup>。本篇試驗經吉貝素處理之越南白肉種紅龍果在田間生長至花後第32天採收時，果實已成熟但顯現果皮轉色延遲，果實品質仍未達適宜食用標準(圖一、表二)，經過適當包裝於6°C低溫貯藏期間，果皮轉色與品質可達適宜食用標準(表二)；越南白肉種與大紅紅肉種紅龍果於幼果期施用吉貝素對果皮及苞片厚度有增加效果，這對於貯放、檢疫期或外銷運輸農產品，植物生長調節劑可用於改善果實品質<sup>(12-14)</sup>。吉貝素常用於進行水果果實增大與增加果肉厚度<sup>(10-11)</sup>，但在本期試驗經過吉貝素處理的紅龍果果實，尤其是大紅紅肉種果實重量並未較對照組增加，推測原因可能在於植株單株留果數、開花期遇雨影響授粉及植株生長勢等因素。

吉貝素施用於越南白肉種紅龍果，對於果皮厚度、苞片厚度均有明顯增加效果，在貯藏期間並有較低之相對失水狀態(圖二)。經植物生長調節劑處理過的果實於一個月低溫冷藏後其苞片依舊可維持部分朝上且新鮮有脆度，試驗期間有較少的厚度損失率(圖二、圖四)，喜果精對果實本身的外形特徵影響不明顯，但能有效維持果實外觀色澤。低溫貯藏的紅龍果樣品在第四週後開始出現苞片黃化、尖端周未枯萎情形，但喜果精處理組苞片品質狀況優於對照組(圖四)。水果本身品質狀態、包裝方式與貯藏溫度、冷藏低溫耐受力會影響外銷貯運農產品的經濟價值，乙烯拮抗劑1-methylcyclopropene (1-MCP)是目前常用於蔬果保鮮的調節試劑<sup>(15-16)</sup>，有研究顯示對紅龍果採後果實轉色、呼吸速率及苞片鮮度有相當調節作用，但多用於採後之處理。本試驗結果顯示，植物生長調節劑吉貝素與喜果精影響紅龍果果實發育生理狀態，有效增加苞片與果皮厚度，後續以PE塑膠袋封包裝入0.7公斤紙箱、在6°C±1°C冷藏環境可維持近兩週果實外表新鮮，果實品質佳狀態，效果持續至低溫貯藏第四週，因此在紅龍果開花期或花後第7或14天合理化施用植物生長調節劑，有效於維持良好的果實品質，在低溫貯藏技術改善外將對外銷水果提供一個貯運新方向。

## 參考文獻

- 1.行政院農業委員會農業統計資料查詢網  
<https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/inquiry/InquireAdvance.aspx>
- 2.吳庭嘉 2016 採前藥劑處理增加紅龍果果實鱗片厚度之研究 臺中區農業改良場特刊。
- 3.Huang, Y., M.A. Brennan, S. Kasapis, S.J. Richardson and C.S. Brennan. 2021. Maturation process, nutritional profile, bioactivities and utilisation in food products of red pitaya Fruits: A Review. Foods 10: 2862.

4. Jiang, Y. L., Y. Y. Liao, T. S. Lin, and C. L. Lee. 2012. The photoperiod-regulated bud formation of red pitaya (*Hylocereus* sp.). HortScience 47: 1063-1067.
5. Chang, P. T.. 2021. Effect of preharvest application of CPPU and perforated packaging on the postharvest quality of red-fleshed pitaya fruit (*Hylocereus polyrhizus* sp.). Horticulturae 7: 253-264.
6. De Freitas, S. T. and E. J. Mitcham. 2013. Quality of pitaya fruit (*Hylocereus undatus*) as influenced by storage temperature and packaging. Sci Agric 70: 257-262.
7. Rademacher, W.. 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. J Plant Growth Regul 34: 845–872.
8. Van To, L., N. Ngu, N. D. Duc and H. T. T. Huoug. 2002. Dragon fruit quality and storage life: effect of harvesting time, use of plant growth regulators and modified atmosphere packaging. Acta Hort. 575: 611-621.
9. Jiang, Y. L., L. Y. Chen, T. C. Lee and P. T. Chang. 2020. Improving postharvest storage of fresh red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus* sp.) fruit by pre-harvest application of CPPU. Sci. Hortic. 273: 109646
10. Sembok, W., Y. Hamzah and N. A. Loqman. 2016. Effect of plant growth regulators on postharvest quality of banana (*Musa* sp. AAA BERANGAN). J. Trop. Plant Physiol. 8: 52-60.
11. Barac, G., J. Mastilovic, Ž. Kevrešan, B. Milic, R. Kovac, M. Milovic, J. Kalajdzic, A. Bajic, N. Magazin and Z. Keserovic. 2022. Effects of plant growth regulators on plum (*Prunus domestica* L.) grown on two rootstocks at harvest and at the postharvest period. Horticulturae 8: 621.
12. Nerd, A. and Y. Mizrahi. 1999. The effect of ripening stage on fruit quality after storage of yellow pitaya. Postharvest Biol. Technol. 15: 99-105.
13. Garcia-Luis A., M. Agusti, V. Almela, E. Romero and J. L. Guardiola. 1985. Effect of gibberellic acid on ripening and peel puffing in ‘Satsuma’ mandarin. Sci. Hortic. 27: 75-86.
14. Davies F.S., C. A. Campbell and G. R. Zalman. 1997. Gibberellic acid sprays for improving fruit peel quality and increasing juice yield of processing oranges. Proc. Fla. State Hort. Soc. 110: 16-21.
15. Serna L., L. A. Torres and A. Ayala. 2012. Effect of pre- and postharvest application of 1-methylcyclopropene on the maturation of yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus* Haw). Vitae 19: 49-59.
16. Li L., A. Lichter, D. Chalupowicz, D. Gamrasni, T. Goldberg, O. Nerya, R. Ben-Arie and R. Porat. 2016. Effects of the ethylene-action inhibitor 1- methylcyclopropene on postharvest quality of non-climacteric fruit crops. Postharvest Biol. Technol. 111: 322-329.

# Effects of Plant Growth Regulator Treatment on Pitaya Fruit Traits and Quality under Low Temperature Storage<sup>1</sup>

Yi-Ting Ke <sup>2</sup> and Meng-Sung Chen <sup>2</sup>

## ABSTRACT

The pitaya fruit season in Taiwan is concentrated from May to October, which is prone to overproduction caused by large-scale planting. The ripening process of matured pitaya fruits is ongoing after harvested. How to maintain the quality of stored fruits and increase export channels is a problem that needs to be faced. In order to understand the effect of plant growth regulators on the quality of pitaya fruit, we conducted Gibberellins (GA<sub>3</sub>) and Cytex to elucidate the effect of the reagents on both white-flesh and red-flesh pitaya after harvested. The Cytex reagent was selected and sprayed at the base of flower during the flowering period, and the GA<sub>3</sub> was sprayed on the 7th and 14th days after flowering. The test fruits were harvested on day 32th after flowering and traced the fruits quality. The fruits were packing and then stored at low temperature and monitored the changes of fruit quality during the experiment. The test results showed that the average weight loss rate of a pitaya fruit remained within 2% of fruit weight until the 28th day of the test under the cover of appropriate PE plastic packaging material. Different plant growth regulators have different levels of influence on traits of pitaya fruit. GA<sub>3</sub> has more influence on Vietnam-White fruit, which effectively increases the thickness of the peel and bract and may delay the color transformation of peel. High concentration (20 ppm) treatment elongates the fruit morphology and also reduces the yellowing of the bract after low temperature storage. The Da-Hong red-flesh pitaya fruit has a lower sensitivity to GA<sub>3</sub> reagent. However, Cytex treatment had no obvious effect on the color transformation, fruit shape, size and firmness of Vietnam-White or Da-Hong pitaya fruits. It had an effect on increasing the tip thickness of the bracts of Da-Hong pitaya fruits. The fruits after Cytex treatment had better fruit quality and appearance after low temperature storage compared with the control group.

**Keywords:** plant growth regulator, gibberellins, Cytex, bract

---

<sup>1</sup>Contribution No. 1049 from Taichung DARES, COA.

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