

草莓採收成熟度與貯藏品質

吳岱融¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：草莓、成熟度、貯藏

摘要：草莓採收成熟度對貯藏壽命有顯著的影響。在美國加州產區通常是以 75% 轉色成熟為採收標準，但在臺灣則採收完全成熟的果實。本試驗以轉色程度 40%、60%、80%、100% 的桃園 1 號果實為材料，探討提早採收與貯藏品質間的關係。結果顯示，提早採收能延長貯藏壽命，果實較硬利於運輸，但品質較差。轉色程度 40% 的果實雖然貯藏壽命最久，但品質和 100% 轉色相比顯著較低。若以提早採收的方式延長果實貯藏期，考量果實品質以 60% 至 80% 轉色時採收較佳，可延長貯藏壽命 27 至 79%。

前 言

草莓是極易腐敗的果實。草莓採收時的成熟度對於草莓採後貯藏壽命有顯著的影響 (Mokkila *et al.*, 1996)。美國加州草莓產區通常是以 75% 轉色成熟為採收標準，但是在臺灣的草莓產業則是採收完全成熟的果實(黃, 2004)。

一般而言，草莓果實以轉色程度做為成熟度的判斷依據 (Forney *et al.*, 1998; Nunes *et al.*, 2006; Chai *et al.*, 2013)。轉色程度達 75% 的草莓果實，在貯藏期間的 pH 值、酸度、可溶性糖、抗壞血酸及總酚含量，可以與田間現採 100% 轉紅的草莓果實相類似。採收 75% 轉紅的草莓果實，比 100% 轉紅的果實，可以保存得更久，而且維持較好的果實硬度與顏色 (Nunes *et al.*, 2006)。草莓風味影響因子最主要的是可溶性糖，其次為有機酸 (Cordenunsi *et al.*, 2003)。草莓果實在可溶性固形物 7% 以上，可滴定酸 0.8% 以下，視為具有可接受的品質 (Manning, 1993)。

1) 國立中興大學園藝學系博士班研究生、行政院農業委員會苗栗區農業改良場助理研究員。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

草莓果實顏色的色素來源為花青素，其為水溶性化合物，主要存於細胞液泡中，也是含量較多的酚類化合物(da Silva *et al.*, 2007)。草莓在貯藏期間，花青素含量會提高，因此草莓於貯藏期間會持續轉色(Kalt *et al.*, 1993)。花青素合成反應會受到貯藏低溫的影響而減緩(Cordenunsi *et al.*, 2005)。經過 8 天 0°C 的貯藏，草莓果實的花青素含量比原本高出 1.7 倍，但同時 30°C 貯藏的花青素含量為 6.8 倍(Kalt *et al.*, 1999)。

在最合適的成熟度採收，是關乎後續貯藏、加工品質最佳化的關鍵步驟(Sturm *et al.*, 2003)。為提升草莓採後貯運的品質，了解草莓品種的採收適期，及其在採後的品質變化是關鍵。由於目前臺灣草莓以桃園 1 號(俗稱'豐香'，日文名 Toyonoka)為主流品種，且於草莓果實 100%轉色時進行採收，因此本試驗以轉色程度 40%、60%、80%、100%的桃園 1 號果實為材料，探討不同轉色程度的果實在貯藏期間的品質變化，以做為產業藉提早採收果實延長成熟度，應以什麼成熟度為宜，以及不同成熟度果實在貯藏期的品質變化，提供產業鏈貯運之參考。

材料與方法

一、果實品質變化

草莓果實來源為苗栗區農業改良場生物防治分場的玻璃溫室試驗區(位於苗栗縣大湖鄉，種植面積為 0.1 公頃)，該田區於 105 年 10 月定植植株，同年 12 月開始開花，採收 106 年 2 月結果期的果實。本試驗採收不同轉色程度(40%、60%、80%、100%)的桃園 1 號果實(圖 2-1)為材料，採收時間為上午 8 時至 10 時，採收方式為人工採摘，採收過程不碰觸果實表面。汰除畸形果、病果及表面受損的果實後，以各轉色期 30 顆果實的方式進行分組，調查單顆果實表面顏色、果實硬度、糖度、酸度、糖酸比等項目(調查方式如下)，調查時間為貯藏第 0、3、6、9、12 日之下午 15 時至 17 時(各轉色期共使用 150 顆果實，每次調查 30 顆果實)。貯藏方式為將果實放置於內部以海綿絨布鋪底的草莓紙箱(1 斤包裝，長 17.5 cm、寬 14.5 cm、高 8.5 cm)中，封箱後貯藏於 4°C 冷藏庫(Yang *et al.*, 2010)。

表面顏色：以色差儀(Color meter NE4000, Nippon Denshoku)量測草莓果實赤道線上隨機 3 個點的平均 L*值、a*值、b*值。L*值表示亮度，數值由 0(黑色)到 100(白色)，數值越高亮度越高；a*值表示紅色程度，由數值低(-a*，綠色)到數值高(+a*，紅色)；b*值表示黃色程度，由數值低(-b*，藍色)到數值高(+b*，黃色)。色差儀的偵測孔徑為 6 mm。

硬度：以物性測定儀(Rheo meter compac-100II, Sun Scientific)搭配直徑 5 mm 的探針，穿刺深度為 3 mm 量測草莓果實最寬處的相對兩個點之平均，量測單位為牛頓(Newtons, N)。

糖度：以糖度計(PAL-1, ATAGO)量測果實榨出果汁的糖度 2 次數值的平均值，單位為°Brix。

酸度：將果實均質化後，取 2.5 g 的果泥混和 15 ml 的水，以 0.1 N NaOH 溶液，使用自動滴定儀(Titralab AT1000, Hach)滴定至 pH 8.1 所量測到的數值。酸度以檸檬酸表示，單位為

%。

糖酸比：以糖度值除以酸度值得之。

二、果實貯藏特性

依果實轉色程度 40%、60%、80%、100%之分類，以各轉色期 45 顆果實進行單顆果實調查。材料來源、採收及貯藏方式如材料與方法一、(一)所述。調查項目包括失重率、腐敗指數、貯藏壽命(調查方式如下)，調查時間為第 0、2、4、6、8、10 日之下午 15 時至 17 時。

失重率： $(\text{第 0 日果實重量} - \text{第 N 日果實重量}) / \text{第 0 日果實重量} \times 100\%$ 。

腐敗指數：以視覺檢視果實表面的腐敗程度，0 代表無腐敗、1 代表極輕微腐敗，果實表面腐敗面積 $<10\%$ 、2 代表輕微腐敗，腐敗面積 10-25%、3 代表中度腐敗，腐敗面積 25-40%、4 代表嚴重腐敗，腐敗面積 $>40\%$ (Cai *et al.*, 2015)。

貯藏壽命：果實腐敗指數大於或等於 2 即認定其失去商品價值，故以第 2、4、6、8、10 日貯藏調查中，計算腐敗指數小於 2 之日數，單位為「日」。

結 果

一、果實品質變化

不同成熟度果實在貯藏期間的品質變化如表 1。在採收當日，不同轉色程度果實的 L* 值呈現顯著差異，數值最高的為 40% 轉色果實的 56.06，其次為 60% 的 52.26，80% 的 44.13，顯著最低的為 100% 轉色的 38.08。貯藏第 3 日差異持續維持，從 40% 到 100% 轉色的果實數值分別為 55.09、46.38、38.23、35.33。貯藏第 6 日 40% 到 100% 轉色果實的數值分別為 39.15、37.76、37.30、35.13。從第 9 日至第 12 日，各轉色程度的 L* 數值間都無顯著差異，第 9 日的數值範圍為 36.86 至 38.21，第 12 日的範圍為 36.11 至 37.47。整個貯藏期間，各轉色程度果實的 L* 值逐漸相近。

在採收當日各轉色程度的 a* 值呈現顯著差異，40%、60%、80%、100% 的數值分別為 9.08、17.55、29.30、34.62。貯藏第 3 日時，80% 轉色果實的 a* 值提升為 37.68，與 100% 轉色的數值 37.49 無顯著差異，而與 60% 轉色果實的數值 29.43 具有顯著差異。40% 轉色果實的數值為 20.83，顯著最低。貯藏第 6 日時，100%、80%、60% 轉色果實的 a* 值無顯著差異，數值範圍為 35.08 至 35.39，40% 轉色果實的數值為 34.02 最低。貯藏第 9 日與貯藏第 12 日的趨勢相同，100% 轉色果實的數值最高，分別為 33.79、33.23。其次為 80% 與 60% 轉色果實，兩者在兩個貯藏日的數值分別為 33.15、32.77 與 31.06、30.81，皆無顯著差異。40% 轉色果實在貯藏第 9 日與第 12 日的數值都是顯著最低，分別為 31.01、29.14。各轉色程度果實的 a* 值在貯藏第 6 日最相近。

在採收當日，100%、80%、60%、40% 轉色的草莓果實 b* 值顯著不同，數值分別為 29.18、

31.29、27.07、22.76。貯藏第3日時，最高值為80%轉色的31.78，其次為60%的31.12、100%的29.45，40%轉色果實的數值25.96顯著最低。貯藏第6日時，各轉色果實的數值範圍為29.25到31.02。貯藏第9日時各轉色果實間數值無顯著差異，範圍為28.49至28.92。貯藏第12日各轉色果實數值範圍為27.14至28.98。各轉色程度果實的b*值在貯藏第9日最相近。

各轉色程度的果實，在貯藏當日(第0天)的L*、a*、b*值皆呈現顯著差異，而在貯藏第6日後數值趨於相同。L*值、b*值在貯藏第9日時各轉色程度果實間已無顯著差異，a*值在貯藏第6日時，各轉色程度果實間的差異程度最小。果實顏色調查結果顯示，提早採收的果實，在貯藏期間會持續轉色。轉色程度100%、80%、60%、40%的果實，表面顏色在採收當日呈現顯著差異，但經過溫度4℃貯藏6日後，顏色會趨於相同。

各轉色程度的果實，在採收當日的果實硬度具有顯著差異，100%、80%、60%、40%轉色果實的數值分別為1.05 N、1.26 N、1.50 N、1.73 N。各轉色程度在果實硬度上的差異，延續至整個貯藏期。40%轉色的果實硬度從貯藏第3日到第12日的數值分別為2.01、2.24、2.34、2.13。60%為1.78、2.04、2.09、1.92。80%為1.16、1.37、1.68、1.73。100%為0.75、1.20、1.22、1.30。轉色程度40%、60%的草莓果實，在貯藏第9日達到最高的硬度數值，80%、100%轉色果實，在貯藏第12日達到最高數值。各個轉色程度的果實硬度在貯藏期間會增加。

在採收當日100%轉色果實的糖度最高，為10.25，其次為80%轉色果實的10.18、60%轉色果實的9.86，40%轉色果實的9.60。貯藏第3日時，100%轉色的果實有顯著最高值10.38，其次為80%轉色果實的9.87。60%與40%轉色果實間沒有顯著差異，數值分別為9.00、9.04。貯藏第6日、第9日的趨勢相同，100%轉色果實的糖度顯著最高，分別為9.03、8.96。80%與60%轉色果實兩者在第6日的數值為8.19、8.35，第9日的數值為7.99、7.79。40%轉色的果實在第6日、第9日的數值為8.02與7.69。貯藏第12日時，100%與80%轉色果實的糖度無顯著差異，分別為7.86、7.76；60%與40%間亦無顯著差異，數值為7.34、7.13。各轉色程度的果實，在貯藏期間糖度會降低。

各轉色程度果實的酸度在採收當日沒有顯著差異，數值範圍從0.94到1.06。第3日到第9日40%轉色果實的酸度數值分別為1.32、1.36、1.31，60%為1.35、1.50、1.21。80%轉色果實，從貯藏第3日到第9日的數值為1.13、1.16、1.03。100%轉色的果實有最低的數值，分別為1.10、1.01、0.90。貯藏第12日時，40%、60、80%轉色果實間的酸度數值沒有顯著差異，範圍從1.07到1.11，而100%轉色果實數值0.84顯著最低。整體貯藏期間大致以60%轉色的果實具有最高的酸度，100%轉色的果實具有最低的酸度。各轉色程度的果實酸度隨著貯藏時間有先增後降的趨勢，其中以60%果實的數值變化最大。

表 1. 40%、60%、80%、100%轉色果實貯藏期間之果實品質變化。

Table 1. Change in fruit quality of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit during storage.

	Turn-red stage	Days after storage				
		0-d	3-d	6-d	9-d	12-d
Color value (L*)	40%	56.06±0.85 ^z a ^y	55.09±1.29 a	39.15±0.80 a	38.21±0.56 a	36.23±0.55 a
	60%	52.26±0.89 b	46.38±1.05 b	37.76±0.65 ab	36.92±0.49 a	36.55±0.56 a
	80%	44.13±0.75 c	38.23±0.42 c	37.30±0.54 b	36.90±0.50 a	36.11±0.51 a
	100%	38.08±0.52 d	35.33±0.51 d	35.13±0.52 c	36.86±0.62 a	37.47±0.51 a
Color value (a*)	40%	9.08±1.27 d	20.83±1.48 c	34.02±0.43 b	31.01±0.29 c	29.14±0.56 c
	60%	17.55±1.16 c	29.43±0.97 b	35.08±0.51 ab	32.77±0.36 b	30.81±0.39 b
	80%	29.30±0.58 b	37.68±0.36 a	35.35±0.32 a	33.15±0.34 ab	31.06±0.40 b
	100%	34.62±0.35 a	37.49±0.34 a	35.39±0.28 a	33.79±0.36 a	33.23±0.38 a
Color value (b*)	40%	22.76±0.70 d	25.96±0.88 c	31.02±0.60 a	28.86±0.64 a	27.14±0.73 b
	60%	27.07±0.56 c	31.12±0.57 ab	30.53±0.46 ab	28.49±0.61 a	27.64±0.65 ab
	80%	31.29±0.39 a	31.78±0.51 a	30.41±0.43 ab	28.92±0.48 a	27.83±0.51 ab
	100%	29.18±0.47 b	29.45±0.53 b	29.25±0.49 b	28.49±0.61 a	28.98±0.47 a
Firmness (N)	40%	1.73±0.05 a	2.01±0.05 a	2.24±0.07 a	2.34±0.07 a	2.13±0.07 a
	60%	1.50±0.04 b	1.78±0.04 b	2.04±0.06 b	2.09±0.07 b	1.92±0.07 b
	80%	1.26±0.03 c	1.16±0.05 c	1.37±0.05 c	1.68±0.04 c	1.73±0.07 c
	100%	1.05±0.03 d	0.75±0.03 d	1.20±0.04 d	1.22±0.07 d	1.30±0.05 d
Total soluble solids (°Brix)	40%	9.60±0.15 c	9.04±0.14 c	8.02±0.12 c	7.69±0.07 c	7.13±0.07 b
	60%	9.86±0.10 bc	9.00±0.15 c	8.35±0.08 b	7.79±0.08 bc	7.34±0.09 b
	80%	10.18±0.16 ab	9.87±0.10 b	8.19±0.12 bc	7.99±0.13 b	7.76±0.10 a
	100%	10.25±0.12 a	10.38±0.16 a	9.03±0.12 a	8.96±0.08 a	7.86±0.19 a
Titratable acid (%)	40%	1.02±0.05 a	1.32±0.04 ab	1.36±0.15 ab	1.31±0.04 a	1.07±0.06 a
	60%	1.06±0.04 a	1.35±0.04 a	1.50±0.18 a	1.21±0.09 ab	1.11±0.08 a
	80%	0.98±0.06 a	1.13±0.04 bc	1.16±0.07 bc	1.03±0.03 bc	1.08±0.07 a
	100%	0.94±0.05 a	1.10±0.13 c	1.01±0.04 c	0.90±0.07 c	0.84±0.04 b
Sugar/acid ratio	40%	9.28±0.64 c	7.13±0.30 c	6.64±0.61 b	6.36±0.25 c	7.45±0.31 b
	60%	9.48±0.53 bc	7.21±0.36 c	6.79±0.67 b	7.67±0.56 bc	8.13±0.58 b
	80%	11.59±1.10 ab	9.35±0.45 b	8.74±0.53 a	8.91±0.43 b	8.61±0.56 b
	100%	12.90±0.58 a	11.32±0.99 a	10.21±0.64 a	11.52±1.04 a	11.11±0.64 a

^zValues represent mean±standard error. ^yValues in each column with the same letter was not significantly different according to Fisher's protected LSD test at $p \leq 0.05$.

採收當日的糖酸比從 100%轉色到 40%轉色的果實分別為 12.90、11.59、9.48、9.28。貯藏第 3 日時，100%轉色的果實數值顯著最高，為 11.32，其次為 80%轉色的 9.35，60%與 40%轉色果實的數值顯著最低，分別為 7.21、7.13。貯藏第 6 日時，100%轉色與 80%轉色的糖酸比，顯著高於 60%與 40%轉色的果實，數值分別為 10.21、8.74、6.79、6.64。貯藏第 9 日 100%轉色的果實數值顯著最高，為 11.52，其次為 80%、60%、40%轉色的果實，分別為 8.91、7.67、6.36。貯藏第 12 日 100%轉色果實數值為 11.11 顯著最高，其次 80%、60%、40%轉色果實數值範圍為 8.61 至 7.45。整體貯藏期間 100%轉色果實數值顯著最高，其次為 80%、60%與 40%轉色果實。

二、果實貯藏特性

在貯藏特性方面，貯藏第 2 日 100%、80%、60%、40%轉色果實的失重率分別為 3.18%、2.17%、1.90%、2.62% (表 2)。從貯藏第 4 日到 10 日呈現穩定趨勢，在第 4 日時，100%轉色的失重率數值為 5.23，顯著高於 80%的 4.12%、60%的 3.75 與 40%的 3.97%。貯藏第 6 日 100%轉色果實的數值為 7.62%顯著最高，其次分別是 80%的 5.93%、60%的 5.56%與 40%的 5.73%。貯藏第 8 日時，100%轉色果實的失重率為 9.85%顯著最高，其次是 80%的 7.98%，60%與 40%轉色的果實，數值分別為 7.27%與 7.00%。貯藏第 10 日時，100%轉色果實的數值顯著最高為 12.40%。其次是 80%、60%、40%轉色的果實，數值分別為 9.40%、8.93%、7.82%。在整體貯藏期間，轉色程度 100%的果實失重率顯著最高，其次是轉色程度 80%的果實。轉色程度 40%、60%的果實，貯藏期間的失重率大致沒有顯著差異。

各轉色程度的腐敗指數在第 2 日時即呈現顯著差異 (表 3)。顯著最高的為 100%轉色的果實，數值為 0.79，其次為 80%轉色果實的 0.49，60%與 40%轉色果實的數值沒有顯著差

表 2. 轉色 40%、60%、80%、100%的草莓果實於 4°C 貯藏期間的失重率(%)變化。

Table 2. Change in fruit weight loss of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit stored at 4°C.

Turn-red stage	Days after storage				
	2-d	4-d	6-d	8-d	10-d
40%	2.62±0.06 ^{2b} ^y	3.97±0.10 b	5.73±0.15 b	7.00±0.18 c	7.82±0.31 c
60%	1.90±0.05 c	3.75±0.10 b	5.56±0.13 b	7.27±0.17 bc	8.93±0.21 b
80%	2.17±0.10 c	4.12±0.18 b	5.93±0.18 b	7.98±0.22 b	9.40±0.22 b
100%	3.18±0.14 a	5.23±0.22 a	7.62±0.28 a	9.85±0.33 a	12.40±0.33 a

²Values represent mean ± standard error. ^yValues in each column with the same letter was not significantly different according to Fisher's protected LSD test at p≤ 0.05.

異，分別為 0.17 與 0.00。同樣的趨勢維持至貯藏第 4 日與第 6 日。100%轉色果實的腐敗數值顯著最高，兩日數值分別為 1.32、1.76。其次為 80%轉色的果實，兩日數值為 0.84、1.14。60%與 40%轉色果實的腐敗指數，在兩個貯藏日彼此之間都沒有顯著差異，在第 4 日時，60%與 40%的數值分別為 0.21 與 0.00，在第 6 日時分別為 0.28 與 0.13。貯藏第 8 日與貯藏第 10 日的差異趨勢相同，100%與 80%轉色果實沒有顯著差異，數值在兩個貯藏日分別為 2.03、1.80 與 2.56、2.45。其次為 60%轉色的果實，在兩個貯藏日的數值分別為 0.96 與 1.40。40%轉色果實的數值顯著最低，在兩個貯藏日的數值為 0.50、0.88。在整個貯藏期中，轉色程度 100%轉色的果實的腐敗指數顯著最高，其次為轉色程度 80%的果實，接續為 60%轉色的果實。40%轉色果實的腐敗指數顯著最低。

表 3. 轉色 40%、60%、80%、100%的草莓果實於 4°C 貯藏期間的腐敗指數變化。

Table3. Change in fruit decay index of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit stored at 4°C.

Turn-red stage	Days after storage				
	2-d	4-d	6-d	8-d	10-d
40%	0.00±0.00 ^z c ^y	0.00±0.00 c	0.13±0.05 c	0.50±0.11 c	0.88±0.16 c
60%	0.17±0.06 c	0.21±0.08 c	0.28±0.09 c	0.96±0.13 b	1.40±0.17 b
80%	0.49±0.09 b	0.84±0.13 b	1.14±0.15 b	1.80±0.16 a	2.45±0.18 a
100%	0.79±0.12 a	1.32±0.17 a	1.76±0.15 a	2.03±0.14 a	2.56±0.14 a

^zValues represent mean±standard error. ^yValues in each column with the same letter was not significantly different according to Fisher's protected LSD test at $p \leq 0.05$.

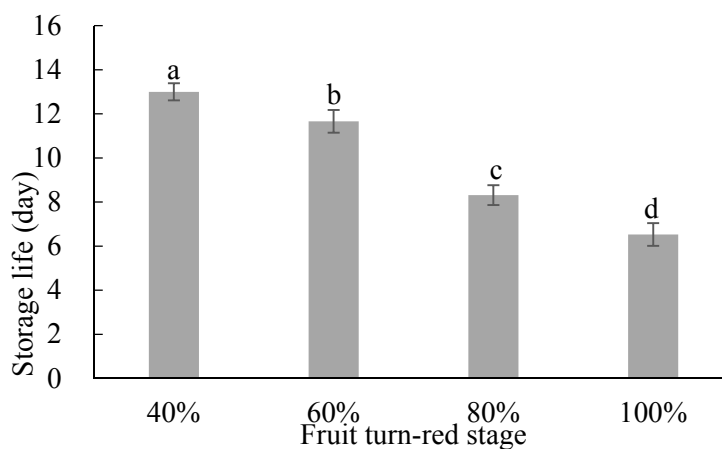


圖 1. 轉色 40%、60%、80%、100%的草莓果實於 4°C 的貯藏壽命。

Fig1. The storage life of the 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red fruit stored at 4°C.

貯藏壽命在各轉色程度果實兩兩之間具有顯著差異(圖 1)，100%轉色的果實貯藏壽命顯著最短，為 6.5 日。其次為 80%轉色果實的 8.3 日、60%轉色果實的 11.7 日，貯藏日期顯著最久的為 40%轉色的 13 日。結果顯示，成熟度越低的果實，貯藏壽命越久，故提早採收果實能顯著延長草莓果實的貯藏壽命。

討 論

草莓採收後，花青素會持續合成，就算在低溫貯藏時，也不會抑制這個反應(Holcroft and Kader, 1999)。因此草莓在貯藏期間，花青素含量會提高(Kalt *et al.*, 1993)。果實顏色調查的結果顯示，提早採收的果實，在貯藏期間沒有光線的情況下仍然會持續轉色。100%、80%、60%、40%轉色程度的果實，在採收當日的表面顏色呈現顯著差異，但在貯藏過程中顏色差異逐漸減少。L*值、b*值在貯藏第 9 日時各採收成熟度果實間已無顯著差異。代表紅色的 a*值在貯藏第 6 日時，各採收成熟度果實間的差異程度最小。總體而言，經過貯藏溫度 4°C 貯藏 6 日後，各轉色階段採收的果實表面顏色會趨於相同。

各轉色階段的果實，在採收當日的果實硬度具有顯著差異，40%、60%、80%、100%轉色程度的果實硬度分別為 1.73 N、1.50 N、1.26 N、1.05 N，符合前人研究所指，草莓果實成熟過程中，隨著轉色程度增加，果實硬度減少(Forney *et al.*, 1998)。各轉色程度在果實硬度上的差異，延續至整個貯藏期。各個轉色程度的果實硬度，會在貯藏期間增加。桃園 1 號的果實硬度，在貯藏期間會增加(Cordenunsi *et al.*, 2003; 黃, 2004)，可能原因為貯藏期間果實失重逐漸增加，造成果實結構縮緊所致。

本試驗中各轉色程度的果實，在貯藏期間糖度會降低。桃園 1 號貯藏期的糖度變化在文獻中趨勢各有不同，有可能維持(Cordenunsi *et al.*, 2003)、略增(黃, 2004)或降低(Yang *et al.*, 2010)。而在本次實驗中只有 100%轉色果實的糖度在貯藏第 3 日時略增(未達顯著差異)，其他都是下降趨勢，與(Yang *et al.*, 2010)的結果相同。貯藏期間可溶性固形物含量的降低，原因為果實的呼吸作用(Velickova *et al.*, 2013)。

各轉色程度的果實酸度隨著貯藏時間有先增加後降低的趨勢，其中以 60%果實的數值變化最大。草莓貯藏期間酸度的變化依品種而有所不同，大多不會有顯著的變化，但桃園 1 號的酸度會提高(Cordenunsi *et al.*, 2003; 黃, 2004)。對於提早採收的草莓，像是開始轉色、50%轉色、75%轉色程度的草莓果實，在貯藏期間的酸度通常是增加的(Forney *et al.*, 1998; Nunes *et al.*, 2006)，原因可能為果實發育期造成有機酸增加的酵素持續作用所致。貯藏期間酸度的降低，可視為果實代謝作用的改變，或是在呼吸作用過程中消耗了有機酸(Maftoonzad *et al.*, 2008)。

在貯藏期間轉色程度 100%的果實失重率顯著持續最高，最高值為 12.40%，其次是轉色程度 80%的果實，轉色程度 40%、60%的果實較低。在整個貯藏期 100%轉色果實的腐

敗指數顯著最高，其次為轉色程度 80%的果實，接續為 60%轉色的果實，40%轉色果實的腐敗指數顯著最低。100%轉色的果實貯藏壽命顯著最短，為 6.5 日。其次為 80%、60%轉色果實，貯藏壽命分別為 11.7、8.3 日。貯藏日期顯著最久的為轉色程度 40%的果實，數值為 13 日。試驗結果顯示，成熟度越低的果實，貯藏特性越佳。成熟度較低的草莓果實，具有較高的硬度、較少的腐敗情況，比起完全成熟的草莓更能夠承受運輸時的條件(Forney *et al.*, 1998)。草莓採收時的成熟度對草莓採後貯藏壽命有顯著影響，Mokkila 等學者(1996)以草莓品種'Elsanta'、'Kent'進行試驗結果顯示，採收完全成熟的果實，即使已在採後進行完整的冷藏作業，其品質最多維持 3 日，而採收 75%成熟的草莓，貯藏壽命可延長 3 日以上，最多甚至可延長到 7 日。

提早採收的草莓果實，雖然在貯藏期間持續轉色，但果實的糖、酸含量則未必能符合消費者需求(Kalt *et al.*, 1993; Sacks and Douglas, 1993)。本試驗結果顯示，採收成熟度越低的草莓，與完全成熟的果實在果實品質的差異越大。Nunes 等學者(2006)指出，轉色程度達 75%的草莓果實，在貯藏期間的 pH 值、酸度、可溶性糖、抗壞血酸及總酚含量，與田間現採 100%轉色的草莓果實相類似。採收 75%轉紅的草莓果實，比 100%轉紅的果實，可以保存更久，且維持較好的果實硬度與顏色。依據本試驗結果，若以提早採收的方式延長貯藏壽命，同時考量果實品質，60%至 80%轉色的成熟度較佳，可以依後續的貯運日程做調整。

參 考 文 獻

- 黃錦杰。2004。臺灣地區草莓之採後劣變及相關處理技術之研究。國立臺灣大學園藝學研究所碩士論文。104pp。
- Cai, Z., R. Yang, H. Xiao, X. Qin, and L. Si. 2015. Effect of preharvest application of *Hanseniaspora uvarum* on postharvest diseases in strawberries. *Postharvest Biol. Technol.* 100: 52-58.
- Chai, Y. M., Q. Zhang, L. Tian, C. L. Li, Y. Xing, L. Qin, and Y. Y. Shen. 2013. Brassinosteroid is involved in strawberry fruit ripening. *Plant Growth Regul.* 69(1): 63-69.
- Cordenunsi, B. R., J. O. R. do Nascimento, and F. M. Lajolo. 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. *Food Chem.* 83(2): 167-173.
- Cordenunsi, B. R., M. I. Genovese, J. R. O. do Nascimento, N. M. A. Hassimotto, R. J. dos Santos, and F. M. Lajolo. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem.* 91(1): 113-121.
- da Silva, F. L., M. T. Escribano-Bailón, J. J. P. Alonso, J. C. Rivas-Gonzalo, and C. Santos-Buelga.

2007. Anthocyanin pigments in strawberry. *LWT*. 40(2): 374-382.
- Forney, C. F., W. Kalt, J. E. McDonald, and M. A. Jordan. 1998. Changes in strawberry fruit quality during ripening on and off the plant. *Acta Hortic*. 464: 506.
- Holcroft, D. M. and A. A. Kader. 1999. Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. *Postharvest Biol. Technol*. 17(1): 19-32.
- Kalt, W., C. F. Forney, A. Martin, and R. L. Prior. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *J. Agric. Food Chem*. 47(11): 4638-4644.
- Kalt, W., R. K. Prange, and P. D. Lidster. 1993. Postharvest color development of strawberries: influence of maturity, temperature and light. *Can. J. Plant Sci*. 73(2): 541-548.
- Maftoonazad, N., H. S. Ramaswamy, and M. Marcotte. 2008. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. *Int. J. Food Sci. Technol*. 43(6): 951-957.
- Manning, K. 1993. Soft fruit. *Biochemistry of fruit ripening*. Springer. p. 347-377.
- Mokkila, M., K. Randell, J. Sariola, M. Hägg, and U. Häkkinen. 1996. Improvement of the postharvest quality of strawberries. *Acta Hortic*. 439: 553-558.
- Nunes, M. C. N., J. K. Brecht, A. M. M. B. Morais, and S. A. Sargent. 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *J. Sci. Food Agric*. 86: 180-190.
- Sacks, E. J. and D. V. Shaw. 1993. Color change in fresh strawberry fruit of seven genotypes stored at 0°C. *HortScience* 28(3): 209-210.
- Sturm, K., D. Koron, and F. Stampar. 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chem*. 83(3): 417-422.
- Velickova, E., E. Winkelhausen, S. Kuzmanova, V. D. Alves, and M. Moldão-Martins. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT*. 52(2): 80-92.
- Yang, F. M., H. M. Li, F. Li, Z. H. Xin, L. Y. Zhao, Y. H. Zheng, and Q. H. Hu. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4°C. *J. Food Sci*. 75(3): C236-C240.

The Fruit Maturity Level of Strawberry and Their Storage Quality

Dai-Rong Wu ¹⁾ Ching-Chang Shiesh ²⁾

Key Word : Strawberry, Maturity level, Storage

Summary

The storage life of strawberry fruit is close related to its maturity level while picking. In California, U.S.A., strawberry fruits were generally picked in its 75%-turn-red stage, nevertheless in Taiwan, 100%-turn-red stage instead. In this study strawberry 'Taoyuan No. 1' fruits of 40%, 60%, 80%, 100%-turn-red stage were used to find out the relationship of the fruit maturity level and its quality during storage. The result revealed that fruits picked earlier would prolong its storage life, and the firmness of fruit was higher benefit to the transportation afterwards, but the fruit quality decreased. Fruits with 40%-turn-red had the longest storage life, however, its quality were significantly lower than 100%-turn-red ones. Fruits with 80% to 60%-turn-red were the better stage to prolong the storage life when the fruit quality were concerned. The storage life of 80% and 60%-turn-red fruits increased 27%, 79% respectively, compared with the 100%-turn-red ones.

1) Student in Ph.D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, and Assistant Researcher, Miaoli District Agriculture Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan, R.O.C.

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

