

成熟度對於百香果採後品質之影響

陳靖儒¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：百香果、成熟度、可溶性固形物、可滴定酸

摘要：本試驗目的主要為了解成熟度對於‘台農一號’百香果貯藏壽命和貯藏後果實品質之影響。於自然落果前先行摘取果皮半紅綠之‘台農一號’百香果，果實於採後能夠繼續轉色，果汁糖酸比於採收 7 日後可以上升至和高成熟相似，且無低成熟度果實果汁風味不佳之缺點。因此若以貯藏或長程運輸為目的者，宜採用果皮半紅綠之果實。

前 言

百香果屬西蕃蓮科(Passifloraceae)，西蕃蓮屬(*Passiflora*)多年生蔓性植物，原產於熱帶南美洲巴西。世界上共有 400 餘種，其中 60 餘種可供食用，商業化栽培主要計有 5 種：大西番果(*P. quadrangularis* L.)、桂葉百香果(水檸檬，*P. laurifolia* L.)、矮性西番果(*P. incarnata* L.)、紫色種百香果(*P. edulis* Sims.)及黃色種百香果(*P. edulis* f. *flaricarp* Degener) (林, 1995)。主要栽培地區有澳洲、巴西、新幾內亞、南非、委內瑞拉、哥倫比亞及台灣等國(李及翁, 1999)。台灣百香果最早係於日據時代由日本人引進(林, 1995)。本省 7 至 9 月為百香果主要之採收期，主要之產地係位於南投縣，另花蓮、台東及嘉義等地尚有零星種植，惟栽培面積較低。省產百香果於民國 71 年間栽培面積一度達到 1,213 公頃(李及翁, 1999)，之後因毒素病等因素而逐年降低。根據台灣農業統計年報(2003)調查顯示，92 年本省百香果栽培面積為 291 公頃。

台灣早期所引進之紫色種百香果，因產量甚低因此現已無經濟栽培。至於 50 年代所引進黃色種百香果，雖具有口味極佳之優點，唯因自交不親合性必需依賴人工加以授粉，提高農民栽培成本，因此栽植面積遂又逐年降低(林, 1995)。民國 64 年鳳山熱帶園藝試

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。

驗所利用紫色種百香果與黃色種百香果雜交，培育出‘台農一號’百香果。因具有果大、高產及質優等特性，且不需依賴人工授粉等優點，廣受農民及消費者歡迎，故成為台灣現今主要栽培品種(李及翁, 1999)。

台灣百香果目前主要收穫方式，係於田間撿取自然落下之成熟果實，再進行初步之分級。高級品提供作為鮮食用途，次極品及其他不良品則作為果汁加工使用。一般而言百香果置放於室溫下大約 5~7 天果實即開始呈現皺縮狀，並且容易感染黴菌腐爛以及果肉發酵等現象，損及外觀、果重、風味和營養價值(林, 1995)。此情況並依據季節、採收天候、產地等因素而有所不同。因此針對不同產區特性，於自然落果前先行摘取適當成熟度之百香果實，或可成為一種延長貯藏期之考慮方式。本試驗目的主要在調查本省主要栽培品種‘台農一號’百香果之適當採收成熟度，期能延長百香果之貯藏期，提高產值。

材料及方法

一、試驗材料

本試驗以‘台農一號’百香果為材料，採自南投縣埔里鎮藍城里賴氏果園。果實於採收當日即運回實驗室，並挑選大小一致、且無外傷之果實為實驗之材料。

二、試驗方法

於果園採收時即先依果皮轉色程度分 1=全綠、2=綠帶微紅、3=綠紅平均、4=粉紅及 5=紫紅等 5 種不同之成熟度。每種成熟度各摘取 70 個果實分為 7 組，再置放於 25°C 的室溫環境下。5 種成熟度每日各取出 10 顆果實進行調查，連續調查 7 日。

三、調查項目及方法

(一)、失重率

每組試驗材料(10 個果實)於採收當日即利用電子天秤秤其重量並記錄之，再於處理後秤其貯藏後之重量，以求其平均失重率。其計算方式如下：

$$\text{失重率} = (\text{初重} - \text{貯藏後重}) / \text{初重} \times 100\%$$

(二)、果皮顏色

利用色差儀(Handy colorimeter, Nippon Denshoku, Model NR-3000)測定百香果果皮之 L、a、b、C、H 值。每一果實均測試 2 點，測試點位於果實赤道處。L 值表示果實明亮度，a 值表示紅綠程度，a 值為正代表顏色偏紅、a 值為負代表顏色偏綠；b 值代表黃藍程度，b 值為正代表顏色偏黃、b 值為負代表顏色偏藍；C 值表示彩度(chroma)，數值愈高代表彩度愈高；H 值係為色相角(hue angle)，表示果實色相之變化，色相角為 0 度=紅色-紫色(red-purple)；90 度為黃色(yellow)；180 度為藍-綠色(bluish-green)；270 度為藍色(blue)。

(三)、全可溶性固形物

以 10 顆果實分為 5 個重複數，每重複使用 2 顆果實。先將果實切成對半後，挖出種

子置於紗布上用力擠壓榨出果汁，再將濾出於燒杯中之果汁震盪使之混合，後即利用滴管吸取適當果汁於手持折射計(Hand refractometer, Atago, Model N1)。測定果汁中全可溶性固形物(Total soluble solid, TSS)之含量，單位以⁰Brix 為表示。

(四)、可滴定酸

將上述方法(三)所分離出之果汁，取 1ml 的汁液置於 50ml 燒杯，並倒入 20ml 蒸餾水加以混合。再用 0.1N NaOH 滴定至 pH8.2 並紀錄 NaOH 滴定數量，再換算為檸檬酸含量，其單位係以%表示。

(五)、糖酸比

將所測得之全可溶性固形物含量，除以可滴定酸之含量。即可求得果汁之糖酸比。

(六)、呼吸率

以 10 顆果實分為 5 個重複數，每重複使用 2 顆果實。先將果實分組裝入 1 公升壓力製呼吸缸內，封蓋並加以密封，再置放於 25°C 室溫環境下利用計時器定時 1 小時。之後利用塑膠針筒抽取缸內 1ml 氣體，使用紅外線二氧化碳分析儀(IR-analyzer, Maihak, UNOR610)測定樣品內二氧化碳濃度，計算其呼吸率，單位以 mlCO₂/kg hr 表示。

(七)、乙烯釋放率

同上述(六)所取之氣體樣品使用氣象層析儀(gas chromatograph, Shimadzu. Model GC-8A-FID)測定乙烯濃度，計算其乙烯釋放率，單位以 μLC₂H₄/kg hr 表示。

結 果

一、失重率

‘台農一號’百香果採後置於 25°C 的室溫環境下，5 種不同成熟度果實 7 日內之失重率，隨著天數增加都呈現上升的趨勢。第 1 日、第 2 日不同成熟度間失重率均極低且無差異(介於 1.1~1.2%之間)，於第 3 日起則開始增加，不同成熟度間之失重率於採後第 1 日、第 2 日及第 7 日並無差異，而在第 3、4、5、6 日，不同成熟度間之失重率則有差異但呈現無規則變化。貯藏第 5 日起，果實因失水而開始顯現條紋皺縮，第 7 日則呈嚴重皺縮狀，此現象在不同成熟度間並沒無差異(表 1)。

二、果皮顏色

(一)、L 值

於採收第 1 天，成熟度 1 果實(全綠)其 L 值為 5 種不同成熟度中最高者(53.3)，果皮色澤明亮度較高，其次依序為成熟度 2 果實(綠帶微紅)、成熟度 3 果實(綠紅平均)、成熟度 4 果實(粉紅)、成熟度 5 果實(紫紅)為最低(33.4)，顯示百香果果實於採收當時，隨著果實成熟度增加果皮明亮度愈趨降低。於採後第 2 天除成熟度 3 果實較前 1 日呈現降低外，其他 4 種成熟度之 L 值尚無顯著變化，L 值之高低排序仍呈現成熟度愈低 L 值愈高之現

象。於採後第 3 天成熟度 1、2、4 果實之 L 值較前一日呈些微上升，成熟 3、5 果實之 L 值則呈微幅下降趨勢，L 值之高低排序同樣隨著果實成熟度增加而隨之降低。於採後第 4 天除成熟 5 果實 L 值呈現降低現象，其他 4 種成熟度果皮 L 值與前 1 日相較並無顯著差異，L 值之高低排序同樣隨著果實成熟度增加而隨之降低。於採後第 5 天百香果果實開始略顯皺縮狀，除成熟 1 果實之 L 值呈不規則上升現象，其他 4 種成熟度之 L

表 1. 成熟度對百香果採後失重率的影響

Table 1. Effect of maturity on the weight loss of harvested passion fruits during storage at 25°C.

Maturity ^z	Weight loss(%)						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1.11a ^y	1.09a	1.28b	1.44b	1.69a	1.79ab	3.14a
2	1.09a	1.07a	1.27b	1.58a	1.83a	1.71b	2.88a
3	1.10a	1.07a	1.32ab	1.47ab	1.60a	1.74b	3.53a
4	1.10a	1.16a	1.39ab	1.45ab	1.74a	2.16a	3.67a
5	1.15a	1.08a	1.42a	1.44b	1.13b	2.06ab	3.69a

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same latter are not significantly different at p=0.05.

值均呈明顯下降趨勢，L 值之高低排序同樣隨著果實成熟度增加而隨之降低。於採後第 6 天百香果果皮轉色情形愈趨明顯，成熟 1 果實之 L 值相較前一日呈現下降現象，成熟度 2、4 及 5 果實之 L 值則呈現上升之情形，各成熟度間 L 值之高低排序同樣是隨著成熟度增加而隨之降低。於採後第 7 天百香果果皮縮越趨明顯。成熟度 4 及 5 果實 L 值相較前 1 日均呈降低現象，其餘成熟度果實則與前一日差異不大，L 值之高低排序同樣隨著果實成熟度增加而隨之降低，惟差距已逐日減少(表 2)。

(二)、a 值

於採收第 1 天成熟度 1 果實 a 值係呈負值(-4.5)，顯示果實顏色偏綠色。a 值最高者為成熟度 5 果實(35.9)，其次依序為成熟度 4 果實、成熟度 3 果實、成熟度 2 果實。顯示隨著成熟度增加果實轉呈紅色度增加。於採後第 2 天成熟度 1 果實比較前第 1 天有上升現象，其餘成熟度與第 1 日相較並無明顯變化，a 值最高者同為成熟度 5 果實，其次則依序隨著成熟度之降低其 a 值亦隨之降低。於採後第 3 天成熟度 1 果實 a 值降低為負值(-3.1)，

另除成熟度 2 果實 a 值降低，其餘成熟度則呈些微上升趨勢。a 值最高者同樣為成熟度 5 果實(38.7)，其次則依照果實成熟度之降低而隨之降低。於採後第 4 天所有成熟度之 a 值均呈現上升趨勢，a 值最高者為成熟度 5 果實，隨著成熟度降低果皮 a 值也會隨之降低。於採後第 5 天呈現上升又下降之不規則現象，除成熟度 2 果實外，其餘成熟度果實之 a 值均呈不規則降低。於採後第 6 天 5 種成熟度果實均呈現上升之趨勢，成熟度較高之果實(成熟度 3、4 及 5)增加情形更為明顯。於採後第 7 天除成熟度 5 果實有明顯提高之外，其餘成熟度並無明顯差異，成熟度越高之果實，同樣果皮 a 值也越高(表 3)。

表 2. 不同成熟度百香果採後果皮 L 值之變化

Table 2.Changes in lightness of peel color of passion fruits harvested at various maturity and set at 25°C.

Maturity ^z	Lightness						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	53.34a ^y	51.26a	52.83a	44.56a	52.19a	44.80a	42.57a
2	45.75b	47.42b	47.90b	44.50a	37.72b	43.63a	41.29a
3	44.8b	41.03c	39.97c	39.07b	33.29c	35.39b	33.67b
4	36.84c	36.43d	37.84c	36.83b	30.51cd	34.15b	31.07c
5	33.4d	32.44e	31.71d	32.08c	26.99d	32.90b	29.78c

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same latter are not significantly different at p=0.05.

(三)、b 值

於採收第 1 天成熟度 1 果實為所有成熟中 b 值最高者(30.6)，顯示果皮顏色偏黃，隨著成熟度愈高果皮 b 值則會降低；於採後第 2 天所有成熟度果實之 b 值均較前一日為低，顯示果實表皮黃色程度均呈降低現象。於採後第 3 天 b 值係出現不規則之變動起伏，成熟度 1、2 及 5 果實較前一日增加，而成熟度 3 及 4 則降低。於採後第 4 天成熟度 1 及成熟度 2 果實 b 值出現明顯降低，其他成熟度果實雖呈降低趨勢，但並不顯著。於採後第 5 天除成熟度 1 果實呈現下降又上升之不規則情形之外，其餘果實皆呈明顯降低現象。於採後第 6 天除成熟度 1 果實 b 值降低外，其餘 4 種成熟度果實均較前一日增加。於採後第 7 天成熟度 3 果實呈現上升，

成熟度 5 果實則是下降，其餘成熟度果實與前一日相比並無明顯差異，b 值高低排序同樣是隨著果實成熟度之增加，果皮 b 值隨之降低，不同成熟度果實果皮黃色程度會日益降低，藍色程度則會漸高，此現象成熟度較高之果實更為明顯(表 4)。

表 3. 不同成熟度百香果採後果皮 a 值之變化

Table 3. Changes in a value of peel color of passion fruits harvested at various maturity and set at 25°C.

Maturity ^z	a* value						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-4.45d ^y	3.45e	-3.14d	7.96d	-2.89c	13.85c	10.36d
2	11.47c	10.59d	7.99c	16.66c	17.71b	20.36b	18.47c
3	18.78b	21.35c	26.36b	28.00b	17.83b	40.22a	36.59b
4	32.84a	30.41b	30.71b	32.31b	27.62a	39.99a	41.61a
5	35.96a	37.91a	38.67a	37.68a	26.29a	39.34a	42.68a

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

表 4. 不同成熟度百香果採後果皮 b 值之變化

Table 4. Changes in b value of peel color of passion fruits harvested at various maturity and set at 25°C.

Maturity ^z	b* value						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	30.61a ^y	27.93a	30.18a	21.11a	27.93a	21.59a	23.32a
2	22.61b	22.81b	24.15b	19.79a	13.11b	17.89b	16.45b
3	17.79c	15.20c	14.16c	12.83b	6.02c	10.21c	13.25c
4	10.91d	10.75d	10.68d	11.25b	4.03c	8.65cd	7.87d
5	8.33e	7.60d	8.58d	6.66c	3.93c	7.64d	4.12e

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

(四)、C 值

於採收第 1 天係以成熟度 5 為最高(36.9)，其次則為成熟度 4 及 1 果實，成熟度 2 及 3 果實為最低但差異不大。於採後第 2 天成熟度 5 果實 C 值最高(38.7)，最低為成熟度 1 果實(30.0)，C 值係呈現隨著果實成熟度之增加而隨之提高。於採後第 3 天各成熟度果實均呈現上升趨勢，惟差異不大。於採後第 4 天成熟度 1 果實較前一日顯降低，其餘成熟度則無差異變化，成熟度愈高之果實其彩度也愈高。於採後第 5 天除成熟度 1 果實呈現上升之外，其餘成熟度均較前一日明顯降低，並呈現不規則波動現象。於採後第 6 天除成熟度 1 果實外，其餘成熟度 C 值則出現繼前一日下降後又上升之不規則波動現象。於採後第 7 日，成熟度 3 及 4 果實出現降低趨勢，其餘成熟度則沒有太大變動。大體而言成熟度較低之果實，其果皮彩度數值會愈低(表 5)。

表 5. 不同成熟度百香果採後果皮彩度之變化

Table 5. Changes in chroma of peel color of passion fruits harvested at various maturity and set at 25°C.

Maturity ^z	Chroma						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	32.01b ^y	29.99bc	30.80b	25.32c	28.62a	27.31b	26.41c
2	26.10c	26.15c	26.57c	26.85c	23.04bc	27.68b	27.83c
3	26.46c	27.52bc	30.44b	31.11b	19.19c	41.61a	31.17b
4	34.75ab	31.18b	32.67b	34.56ab	28.26a	40.99a	37.65a
5	36.94a	38.74a	39.36a	38.30a	27.00ab	40.11a	38.46a

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same latter are not significantly different at p=0.05.

(五)、H 值

H 值則以成熟度 5 果實為最低(13.2)，其次依成熟度而降低，表示隨著成熟度增加，果實色相轉趨紫紅色。於採後第 2 天 H 值最高為成熟度 1 果實(83.8)，而隨著果實成熟度增加 H 值則會隨之降低。於採後第 3 天 H 值除成熟度 1 果實呈現上升現象外，其餘成熟度果實並無明顯差異變化。於採後第 4 天各成熟度之 H 值則均較前一日呈降低趨勢，成熟度 1 及成熟度 2 果實並有明顯差異，表示果實色相由黃色愈趨紫紅色。於採後第 5 天成熟度 1 果實 H 值同樣出現不規則上升情形，其餘成熟度都呈現明顯降低現象，其中以成

熟度 2 及 4 果實降低較為明顯。於採後第 6 天各成熟度 H 值均呈現降低趨勢，同樣成熟度愈高之果實果皮 H 值也會比較高。於採後第 7 天 H 值相較前一日除成熟度 3 果實增加之外，其餘成熟度果實並無明顯差異變化，果實成熟度越高 H 值則會越低，顯示隨著成熟度增加果實色相愈趨紫紅色(表 6)。

三、全可溶性固形物

5 種不同成熟度百香果於採收後前 3 天，果實全可溶性固形物含量並無明顯之差異。於採收第 4 天成熟度 1、2、3 及 4 果實全可溶性固形物含量同樣並無差異，成熟度 5 果實則出現降低現象。於採收第 5 天至第 7 天。成熟度 1 果實全可溶性固形物含量有提高之趨勢(分別為 18.2、18.2、18.0)，而成熟度 5 果實全可溶性固形物含量則呈現明顯降低現象(分別為 16.7、17.2、17.1)，成熟度 2、3、4 果實則出現不規則波動情形(表 7)。

四、可滴定酸

成熟度 5 果實於採收後第 1 天可滴定酸含量為最低(2.73%)，成熟度 1、2、3、4 果實則無差異(介於 3.40~3.90%之間)，但有隨成熟度增加而下降的趨勢；於採後第 2 天則是以成熟度 1、2 果實可滴定酸含量較高(分別為 3.3 及 3.2%)，成熟度 4、5 果實較低(分別為 2.5 及 2.6%)。於採收後第 3 日係以成熟度 1 較高(3.4)，成熟度 4、5 較低(均為 2.6%)；於採收後第 4 天果實可滴定酸含量，5 種成熟度間並無差異性；於採收後第 5 日則是以成熟度 2 果實可滴定酸含量較高(2.9%)，其餘成熟度則無差異；於採收後第 6 及第 7 天，5 種成熟度間可滴定酸均已無差異性。整體來看，隨著採後天數之增加，5 種成熟度果實可滴定酸含量均呈現降低之趨勢(表 8)。

表 6. 不同成熟度百香果採後果皮色相之變化

Table 6. Changes in hue angle of peel color of passion fruits harvested at various maturity and set at 25°C.

Maturity ^z	Hue angle						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	96.86a ^y	80.83a	95.18a	65.75a	95.92a	57.35a	66.46a
2	62.98b	64.48b	71.54b	51.67b	39.52b	42.17b	37.64b
3	44.96c	36.38c	30.29c	25.86c	21.36c	14.62c	26.07c
4	18.78d	20.99d	19.64d	20.18cd	12.59d	12.25c	16.48d
5	13.19d	11.64d	10.80e	10.23d	13.14d	11.11c	9.54e

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same latter are not significantly different at p=0.05.

表 7. 成熟度對百香果採後全可溶性固形物的影響

Table 7. Effect of maturity on the total soluble solid(TSS) of harvested passion fruits during storage at 25°C

Maturity ^z	TSS (°Brix)						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	17.65a ^y	18.36a	16.66a	18.08a	18.20a	18.20a	17.96a
2	17.84a	17.96a	17.44a	18.04a	17.28b	17.48bc	17.88a
3	18.36a	18.00a	17.78a	17.60a	17.80a	17.44bc	17.16b
4	18.44a	17.96a	17.56a	17.46a	16.97bc	17.84ab	17.52ab
5	17.64a	17.55a	17.40a	16.72b	16.68c	17.24c	17.08b

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

五、糖酸比

於採收後第 1 天，成熟度 5 果實糖酸比為最高(6.6)，成熟度 1、2、3、4 果實則無差異(介於 4.6~5.5 之間)；於採後第 2 天，5 種成熟度果實糖酸比均呈現上升之趨勢，果實糖酸比值係以成熟度 4 果實為最高(7.4)，成熟度 1 及 2 果實為最低(分別為 5.6 及 5.7)；於採後第 3 天糖酸比值最高為成熟度 4 及 5 果實(分別為 7.0 及 7.1)，其次依序隨著成熟度之降低而降低之趨勢；於採後第 4 天 5 種成熟度間果實糖酸比值並無差異；成熟度 3 果實於採收第 5 天糖酸比最高(8.2)，成熟度 2 果實則為最低(6.0)，5 種成熟度間之糖酸比高低係呈現不規則之波動；於採收第 6 天則以成熟度 1 果實糖酸比大幅提高(9.2)，其他 4 種成熟度果實間糖酸比值並無明顯差異；於採後第 7 天 5 種成熟度果實糖酸比值均無明顯之差異。總體來說於採收後前 3 天，成熟度愈高之果實其糖酸比值愈高。而隨著採後日數的增加，5 種成熟度果實之糖酸比出現逐漸上揚趨勢，尤以低成熟度果實更為明顯。隨著採後天數的增加，不同成熟度果實糖酸比值會漸趨一致(表 9)。

六、呼吸率

成熟度 1 果實於採後第 1 天呼吸率較高(139.2 ml CO₂ / kg-hr)，其餘成熟度則無明顯差異；於採後第 2 天 5 種成熟度果實，呼吸率均呈現降低，成熟度低之 1、2、3 果實之呼吸率要高於成熟度較高之 4、5 之果實；於採後第 3 天除成熟度 4 果實呼吸率呈現升高之外，各成熟度果實大致同前 1 天呈現降低現象，成熟度 3 果實呼吸率並呈現大幅降低現象(69.52 ml CO₂ / kg-hr)；於採後第 4 天，係以成熟度 3 及成熟度 4 果實呼吸率較高(分別為 87.6 及 84.7 ml CO₂ / kg-hr)，成熟度 1 果實呼吸率則降至 1 週內之最低點(63.88 ml CO₂ / kg-hr)；於採後第 5 天，除成熟度 4 果實持續降低外，其餘成熟度果實均呈現上升之現象，

表 8. 成熟度對百香果採後可滴定酸的影響

Table 8. Effect of maturity on the titratable acidity(TA) of harvested passion fruits during storage at 25°C.

Maturity ^z	TA(%)						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	3.89a ^y	3.29a	3.35a	3.03a	2.37b	1.99a	2.20a
2	3.75a	3.22a	2.98ab	2.64a	2.89a	2.46a	1.98a
3	3.39a	2.93ab	2.84ab	2.51a	2.20b	2.30a	2.29a
4	3.44a	2.44b	2.57b	2.51a	2.30b	2.19a	2.22a
5	2.72b	2.63b	2.54b	2.93a	2.52ab	2.10a	2.18a

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

表 9. 成熟度對百香果採後糖酸比的影響

Table 9. Effect of maturity on the TSS/TA of harvested passion fruits during storage at 25°C.

Maturity ^z	TSS/TA ratio						
	Days after harvest						
	1	2	3	4	5	6	7
1	4.55b ^y	5.60b	5.08b	6.04a	7.73ab	9.15a	8.26a
2	4.77b	5.68b	5.90ab	6.89a	6.01c	7.16b	9.04a
3	5.47b	6.32ab	6.28ab	7.29a	8.20a	7.74ab	7.57a
4	5.44b	7.39a	7.02a	7.01a	7.42ab	8.44ab	8.07a
5	6.56a	6.78ab	7.06a	5.84a	6.72bc	8.32ab	8.61a

^zMaturity: 1=mature green, 2=pale green with tinge of red colour, 3=half red colour, 4=full pink colour, 5=redish purple.

^yMeans within a column followed by the same letter are not significantly different at p=0.05.

成熟度 3 果實並達高峰(97.50 ml CO₂ / kg-hr)；於採後第 6 天，成熟度 4 果實呼吸率降至 1 週貯藏期間之最低點(37.99 ml CO₂ / kg-hr)，成熟度 1 果實呼吸率則呈現較高(103.5 ml CO₂ / kg-hr)；於採收後第 7 天，成熟度 1、2、3 果實呼吸率(分別為 94.4、86.8 及 81.3 ml CO₂ / kg-hr)要高於成熟度 4、5 之果實(分別為 55.5 及 59.3 ml CO₂ / kg-hr)。總體看來，於採收後前 3 日 5 種成熟度果實呼吸率大致呈逐漸下降之趨勢，呼吸高峰大致於採後第 5、6 日出現但不明顯，成熟度較低之果實呼吸率變動情形較為明顯(圖 1)。

七、乙烯釋放率

5 種成熟度果實於採後第 1 天，乙烯釋放率具有顯著之差異，成熟度愈低之果實乙烯釋放率愈低。成熟度 1 果實乙烯釋放率為 38.9 μ l C₂H₄ / kg-hr，而成熟度 5 果實則達到 390.4 μ l C₂H₄ / kg-hr；於採後第 2 天，除成熟度 5 果實乙烯釋放率呈降低現象以外，其餘成熟度果實相較前 1 均呈現上升情形，採後第 2 日係以成熟度 4 果實乙烯釋放率較高 439.5 μ l C₂H₄ / kg-hr，成熟度 1 果實同樣則為最低(81.3 μ l C₂H₄ / kg-hr)，成熟度 2、3 及 5 果實間乙烯釋放率並無差異；於採後第 3 天則以成熟度 2 果實為最高(388.3 μ l C₂H₄ / kg-hr)，成熟度 1 果實同樣則為最低(31.63 μ l C₂H₄ / kg-hr)，其餘成熟度間則無差異；於採收第 4 天，成熟度 3 及 4 果實乙烯釋放率大幅上升，並達一週內之最高峰(分別為 423.74 及 517.87 μ l C₂H₄ / kg-hr)，成熟度 1 果實則為最低(114.1 μ l C₂H₄ / kg-hr)，但呈現逐漸上升趨勢；於採後第 5 天，成熟度 1 果實呈現大幅上升之情形(347.24 C₂H₄ / kg-hr)，此時成熟度較低果實之乙烯釋放率，開始高於成熟度較高之果實，成熟度 4 果實則呈從前 1 日之高峰大幅降低(226.92 C₂H₄ / kg-hr)；於採後第 6 天，成熟度 1 果實攀升到一週內之最高峰(499.71 μ l C₂H₄ / kg-hr)，成熟度 4 果實則緩慢降低(189.48 C₂H₄ / kg-hr)；於採後第 7 天，成熟度 2 果實升高至高峰(539.051 μ l C₂H₄ / kg-hr)，成熟度 4 果實則與前一日一樣呈現和緩降低現象(181.36 C₂H₄ / kg-hr)，成熟度 5 果實則維持平緩上升趨勢(圖 2)。由上述結果顯示，成熟度 1 果實約有 3 天的更年前期，之後乙烯開始上升。而成熟度 2 及 3 者則處於更年上升期，成熟度 4 者為更年高峰期。至於成熟度 5 者則以在更年後期，乙烯釋放率已在下降中。

討 論

臺灣地區百香果多提供飲料工廠做為濃縮果汁，以往有關於百香果採後處理方面之研究，多偏重於熱加工後對於百香果汁香味及食品品質保存之研究，至於鮮食保鮮技術方面之文獻則較為缺乏。百香果於台灣水果市場雖非主流產品，種植面積及農業產值方面亦屬較低，然而百香果乃為一世界性之產品，果型可愛、風味獨特且價格可為一般大眾所接受，實屬豐富人類生活不可或缺之果品，值得吾人重視及廣加探討。

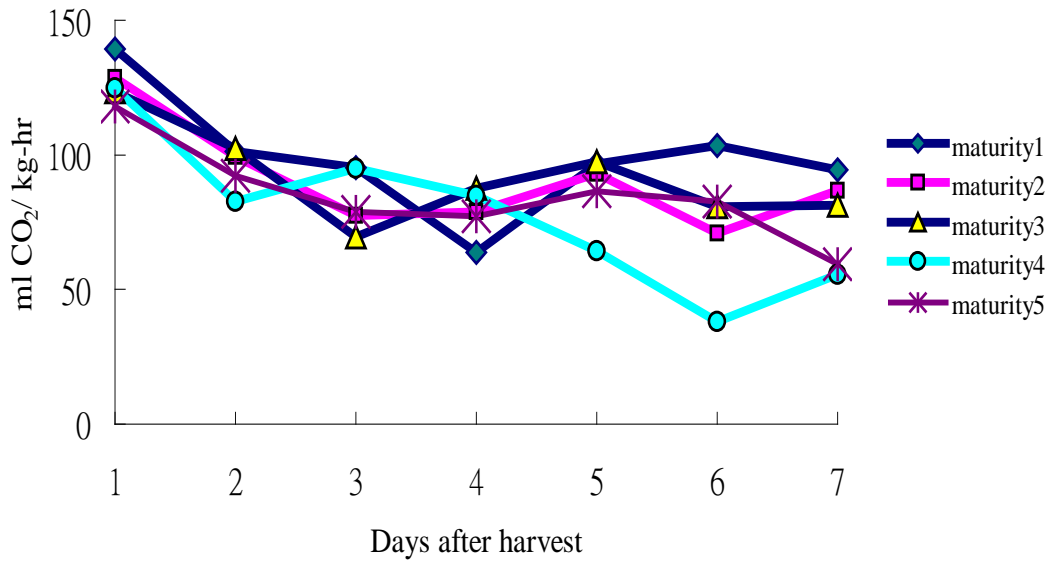


圖 1. 不同成熟度百香果採後呼吸率之變化。

Fig.1.Changes in respiration of harvested passion fruits at various maturity during at 25 °C.

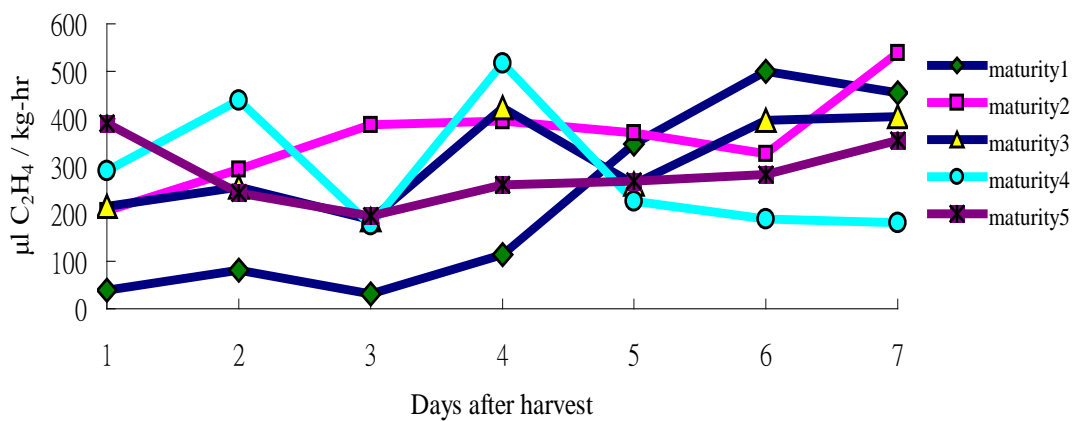


圖 2. 不同成熟度百香果採後乙烯釋放率之變化。

Fig.2.Changes in ethylene production of harvested passion fruits at various maturity during at 25°C.

有鑑於台灣百香果目前不論供作鮮食或加工用途，均採取田間檢拾方式加以收穫，如此雖然省工且方便，但也可能限制了產品貯藏期限及價值。Pruthi(1963)指出，百香果實中的各種成分含量除了受到品種、氣候、季節及地理因素等之影響外，並且也受到果實成熟度的影響。而摘取蔓藤上即將成熟但未完全成熟之百香果，可供做長途運輸及延長貯藏期間(Pruthi, 1959)。然而百香果果實於授粉後約 20 天，果實體積即已達最大體積，隨著成熟度增加果實體積並不會再增加，而此時距離落果還有 40 至 60 天。因此若欲於自然落果前摘取符合長程運輸或貯藏目的之百香果，果皮顏色係為判斷果實成熟度及採後品質的重要指標。

本試驗利用目視判斷所摘取之全綠、綠帶微紅、綠紅平均、粉紅及紫紅等 5 種成熟度 '台農一號'百香果，於採收後 1 至 7 天，越低成熟度之百香果其果皮 L 值愈高，顯示成熟度低之果實有較高之果皮明亮度。放置於室溫下隨著果實失水增加果皮會趨凹陷皺縮狀，百香果果皮之 L 值隨著果實成熟度增加而遞減，此可能是果實於成熟過程中轉色致使果皮明亮度降低。Pruthi(1959)則指出，百香果貯藏在 6.5°C 以上環境下 7 至 10 天，果實外皮的紫色會變成淡褐色，是因花青素分解所造成。調查發現 '台農一號' 百香果不同成熟度果實於採後，果皮明亮度均會逐漸降低(表 2)。成熟度愈低之果實綠色程度愈高，因此利用色差儀所測得之 a 值也越低，而隨著果實成熟度增加果皮 a 值則會隨之增高。伴隨著採後天數的增加，不同成熟度百香果 a 值均會遞增使得果皮紅色程度日益增加(表 3)，此現象可能是由於果皮葉綠素分解，花青素及類胡蘿蔔素逐漸增加累積所致。此與 Pruthi 等人(1960)之研究結果吻合。

成熟愈高之百香果果皮 b 值愈低，顯示果實愈偏藍色。低成熟度之百香果由於果實綠色程度較多，因此果皮 b 值比較高。隨著採後期間之增加，不同成熟度百香果果皮 b 值均會隨之降低，此現象可能由於黃色素(如黃酮等)逐漸被分解所致(表 4)。於採收後 1 至 7 天當中，成熟度愈高之百香果果皮 C 值也愈高，顯示成熟度愈高之果實其果皮彩度愈高。採後 1 週之中隨著置放天數的增加，成熟度 1 果實彩度會逐漸降低，成熟度 3 及成熟度 4 果實則呈現緩慢上升趨勢(表 5)。成熟度愈低之百香果果皮 H 值係偏向於黃色，隨著採後天數的增加果皮越趨紅色-紫色，此現象同樣應是由葉綠素分解，以及花青素增加所致(表 6)，此結果也與 Pruthi(1963)研究大致相符。

園產品採收後呼吸作用及蒸散作用持續進行，長時間下會出現凋萎及皺縮等現象，並且造成失重率之增加而影響產品外觀及價值。'台農一號'百香果採收後置放於 25°C 的室溫環境下，不同成熟度果實於採後第 5 天果皮均略顯條狀凹痕，第 7 天皺縮已然明顯。5 種不同成熟度百香果於採後 7 日內之失重率，於第 1 天及第 2 天均非常低，之後隨著貯藏天數增加均呈現上升的趨勢，惟不同成熟度間失重率並無產生差異(表 1)。由此可知百香果於一般採後室溫環境下，成熟度對於果皮之皺縮程度以及果實失重率並沒有直接影響。

果實全可溶性固形物測定，係為果實品質評估的重要因子之一，果實於後熟期間，可

溶性糖類含量增加，一般認為係由澱粉分解、失水及細胞壁非澱粉多醣類分解成醣類所造成(Tucker, 1993)，‘台農一號’百香果於採收後前3天，不同成熟度果實中全可溶性固形物含量並無差異。於採後第4天，成熟度最低之果實全可溶性固形物含量開始累積較高，而成熟度最高之果實含量反而降至所有成熟度中之最低(表7)。此結果與 Pruthi(1963)所研究之黃色種百香果相反。此現象可能是受到品種、季節及產地等因素所影響、致使成熟度較高之果實，蒸散及呼吸作用消耗速率較快，因而使全可溶性固形物含量迅速降低。本試驗也發現‘台農一號’百香果於採收後3天以內，於25°C環境下，成熟度愈低之果實所含之果實可滴定酸愈高糖酸比則愈低，但於採後第4天則開始沒有差別。成熟度1果實雖然可滴定酸含量逐漸降低，但果汁量較少且呈團糊狀，且存有輕微之臭青味。不同成熟度百香果所含可滴定酸，均一致性隨著採後天數之增加而降低(表8)，而糖酸比則隨之遞增(表9)，此結果則與 Pruthi(1959)研究吻合。

園產品在不同發育階段呼吸速率會有不同之差別，通常在果實發育初期及果實未成熟時期呼吸率會比較高，之後隨著成熟度之增加而降低(Biale, 1964)。但果實到達後熟期時，則會有所差別。一般主要係區分為更年性果實以及非更年性果實二大類。百香果係屬典型之更年性果實(Climacteric fruit)，於採收後至完熟期間會有呼吸高峰產生。

‘台農一號’百香果於採收後1週之中，成熟度愈低果實呼吸率也比較低，呼吸高峰多在採收後5至6天產生，惟高峰現象並不明顯。且成熟度愈高之果實，呼吸率曲線要比低成熟度果實相對來的和緩(圖1)。Biale及 Barcus(1967)指出，百香果果實自生乙烯產生量可達370 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg-hr}$ ，要比梨或蘋果還來的高。然而本次調查發現‘台農一號’百香果乙烯產生量卻可達539 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg-hr}$ 。於果實採收之初期，成熟度愈低之果實乙烯產生量愈低，而隨著採收天數之增加呈現逐日大幅增加之趨勢。成熟度較高之果實於採收初期，相對於低成熟度果實有較高之乙烯產生量，隨著採收天數之增加卻呈現逐日遞減之趨勢(圖2)。此結果推測此時百香果之乙烯產生量已在高峰後期。

綜合上述結果，綠熟的‘台農一號’百香果，採後能繼續轉色(表3、6)，有乙烯生成高峰(圖2)，果汁可滴定酸下降等現象，因此‘台農一號’百香果亦屬更年性果實。另外，低成熟度百香果雖然仍能後熟，採收7日後，果汁糖酸比可以上升至和高成熟相似(表9)，且有較長的更年前期(圖2)。但後熟後果皮顏色不如高成熟度者(表3、6)且果汁風味亦不佳，有異味，因此若以貯藏或長程運輸為目的者，宜採用成熟度3之果實，亦即半紅綠的果實。

參 考 文 獻

- 方祖達、張康榮。1981。天然果汁檢驗標準之研究。台灣大學農學院研究報告 21: 62-69。
王健一、王自存。1988。大氣成分對園產品生理及生化之影響。中國園藝 34: 220-248。

- 史宏財。1985。百香果採收成熟度與貯藏對百香果品質之影響。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文 pp.7-87。
- 田雲生、龍國維。2002。百香果種苗自動嫁接機簡介。農政與農情 125: 96-98。
- 李文立、翁瑞亨。1999。臺灣百香果的生產概況。農業世界 195: 66-98。
- 林瑩達。1995。百香果。臺灣農家要覽 pp.83-88。
- 凌勝豐。1983。百香果果汁檢驗標準之研究。國立台灣大學園藝學研究所碩士論文 pp.78-92。
- 郭美琴。1982。百香果汁揮發性成分之研究及加工因子對其影響之初步探討。國立台灣大學食品科學研究所碩士論文 pp.26-54。
- 農業統計年報。2003。行政院農業委員會農糧署 pp.118-119。
- 劉富文。1994。園產品採後生理。園產品採後處理及貯藏技術。台灣省青果運銷合作社。台北。臺灣 pp.7-55。
- Biale, J. B. 1964. Growth, maturation, and senescence in fruit. *Science* 146: 880-888.
- Biale, J. B. and D. E. Barcus. 1967. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon Basin. *Trop. Sci.* 7: 93-105.
- Casimier, D. J., J. F. Kefford, and F. B. Whitfield. 1981. Technology and flavor chemistry of passion fruit juices and concentrates. *Advances in Food Research* 27: 243-295.
- Chan, H. T. and S. C. M. Kwok. 1975. Identification and determination of sugars in some tropical fruit products. *J. Food Sci.* 40: 419-420.
- Harvey, T. C, Jr., T. S. K. Chang, and E. Chenchin. 1972. Nonvolatile acids of passion fruit juice. *J. Agric. Food Chem.* 20: 110-112.
- Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. Van Nostrand Reinhold, New York. pp.152-156.
- Parliment, T. H. 1972. Some volatile constituents of passion fruit. *J. Agric. Food Chem.* 20: 1043-1045.
- Pruthi, J. S. 1959. Studies in the preservation and storage of passion fruit juice II. Color and flavor retention. *Indian Food Packer* 13: 7-12.
- Pruthi, J. S. 1963. Physiology, chemistry, and technology of passion fruit. *Adv. Food Res.* 12: 203-282.
- Pruthi, J. S., R. Susheela, and G. Lal. 1960. Anthocyanin pigment in passion fruit rind. Central Food Technological Research Institute. *Indian Food Packer.* 26: 29-37.
- Seale, P. J. and G. D. Sherman. 1960. Commercial passion fruit processing in Hawaii. *Hawaii Agric. Expt. Sta. Cirp.* 58: 1-18.
- Tucker, G. A. 1993. Introduction. pp.1-51. *In*: Seymour, G. B., J. E. Taylor, and G. A. Tucker (eds.) *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman & Hall. London.

Effect of Maturity on the Quality of Harvested Passion Fruits (*Passiflora edulis* Sims.)

Ching-Ju Chen ¹⁾ Ching-Chang Shiesh ²⁾

Key words : passion fruit, maturity, total soluble solid, titratable acidity

Summary

The purpose of this study was to examine how maturity of passion fruits influence the length of storage life and quality after being stored of 'Tainung No.1' passion fruits. After the half red color 'Tainung No.1' passion fruits were plucked, they would continue to change color. Furthermore, after seven days of 'Tainung No.1' passion fruits plucking from trees, their TSS/TA would increase to a similar degree of more mature passion fruits, and they would not have a shortage of bad flavor like low mature passion fruits. Therefore, for the purpose of storage or long distance transfer, it has better to choose the half red color 'Tainung No.1' passion fruits. TSS=total soluble solid; TA= titratable acidity.

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

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

Corresponding author.