

桑'苗栗 1 號'不同成熟度果實特性之比較

張雅玲¹⁾ 謝慶昌²⁾

關鍵字：採收成熟度、果皮色澤、品質

摘要：將'苗栗 1 號'(Morus atropurpurea Roxb.)果實成熟度分為未成熟果(紅色果皮)、半成熟果(20%紫黑色果皮)、成熟果(50%紫黑色果皮)、近完熟果(80%紫黑色果皮)、完熟果(100%紫黑色果皮)五個等級，調查果實外觀形態及內部組成分之差異。結果顯示，隨著果實成熟度增加，果實長度、寬度、果柄長度、重量、總可溶性固形物、糖酸比、總酚及花青素含量隨之增加，果實硬度及酸度則呈現下降趨勢。果實長度由 31.1 mm 至 34.4 mm、果實寬度由 14.1 mm 至 16.6 mm、果柄長度在完熟時達 12.8 mm、重量 2.9 g 上升至 6.0 g、總可溶性固形物由 5.4°Brix 增加至 7.4°Brix、糖酸比 1.2 增加至 9.5。完熟果實中總酚及花青素含量達 1012 mg/L 及 470 mg/L。硬度由 12.9 N 降低至 1.5 N 及可滴定酸度由 4.5%降低至 0.8%。果實成熟度越高，果皮色澤亮度、色相角度及明亮度數值越低，果皮由紅色轉成紫黑色。完熟果實有最佳的果實特性表現，但果實具有不耐貯藏特性，雖然採收近完熟果會損失部分果實品質，但其硬度較高，適合做為商業採摘時的標準。

前 言

桑椹為桑科(Moraceae)桑屬(Morus)多年生落葉性木本植物，生性強健廣泛分布於熱帶、亞熱帶及溫帶地區，可分為黑桑(black mulberry, *Morus nigra* L.)、紅桑(red mulberry, *Morus rubra* L.)及白桑(white mulberry, *Morus alba* L.) (Gerasopoulos *et al.*, 1997; Oki *et al.*, 2006)等品種。桑最初是利用葉片於蠶業的養殖上，近年來因其富含營養價值，也做為羊、牛及豬等畜禽等飼料(Kandyliis *et al.*, 2009)。桑富含機能利成分及抗氧化物質，如類黃酮(flavonoid)、芸香苷(rutin)、白藜蘆醇(resveratrol)及槲皮酮(querctetin)等(Bae *et al.*, 2007; Wang and Hu,

1)行政院農委會苗栗區農業改良場助理研究員及國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2)國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

2011)，桑的運用性相當廣泛，除了鮮食外，亦可加工製成果醬、果汁及桑椹醋等產品(張及劉，2006；Gerasopoulos *et al.*, 1997)。

商業上果實採摘標準之建立，須同時具備採收後貯藏運輸能力及消費市場對品質需求。目前桑果實於商業上採收的標準，以完全成熟、果皮轉為紫黑色的果實為主。成熟度高的果實具有糖度高、酸度低等良好品質特性，但果皮硬度低，採收時容易遭受傷害，導致產品採收後貯藏不易，造成損失。

本研究使用不同成熟度的桑'苗栗 1 號'果實，測定不同成熟度的果實，外觀品質及內部特性的差異性，以判定提早採收趨近完全成熟的桑椹果實，其品質是否具有商品價值而取代完熟果實之能力。

材料與方法

一、試驗材料

於行政院農業委員會苗栗區農業改良場所種植之十年生果桑'苗栗 1 號'，採收五種不同成熟度的果實，以人工目視判別方式，依照果皮顏色進行分類，分別為未成熟果(紅色果皮)、半成熟果(20%紫黑色果皮)、成熟果(50%紫黑色果皮)、近完熟果(80%紫黑色果皮)、完熟果(100%紫黑色果皮)等五種成熟度(圖 1)。隨機選取外觀一致、乾淨無病蟲害及損傷的果實，每種試驗處理 30 顆果實。

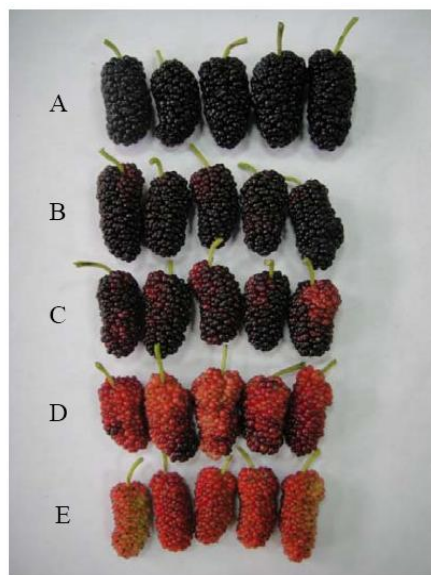


圖 1. 不同成熟度之桑椹。

Fig.1. Mulberry with different maturities.

A= Fully mature, B= Semi- fully mature, C= Mature, D=Semi- mature, E= Immature.

二、調查項目及方法

(一)果實縱徑、橫徑、果柄長度測量

以自動顯示游標卡尺(Insize 出品)測量，以公厘(mm)為表示單位。

(二)果實重量

以自動顯示天秤測量單粒果重，以公克(g)為表示單位。

(三)果實硬度

使用硬度計(Sun Scientific 出品, Rheo meter compae-100II)測定單位面積穿刺果肉所需最大重量。硬度計裝配直徑 8 mm 的探針，設定探針下壓果實的深度為 2.5 mm，所得到數值為果實單位面積之硬度。每顆果實測定 2 點後求取平均值，以牛頓力(N)做為表示單位。

(四)果實表皮色澤

以色差儀(color meter, Nippon Denshoku 出品, NE4000)分別測定表皮 L、a、b 值，每顆果實測量三點後求平均值。L 值表示亮度，數值由 0(黑)至 100(白)，數值越高代表亮度越高，a 值表示紅色(+a)或綠色(-a)，b 值表示黃色(+b)或藍色(-b)。果皮彩度(chroma)以 $(a^2+b^2)^{1/2}$ 計算表示，所求得數值越高表示色彩濃度越高。

(五)總可溶性糖度(total soluble solid, TSS)

將果實榨汁後，以糖度計(refractometer PAL-1)測定果汁所含總可溶性固形物，以 °Brix 表示。

(六)可滴定酸度、糖酸比(titratable acidity、sugar acid ratio)測定

將 2 mL 樣品汁液加水稀釋成 10 mL 溶液，使用自動滴定儀(TIM860 Titration manager, Redimeter analytical)測定可滴定酸含量(titratable acidity, TA)，以 0.1N NaOH 滴定至 pH8.1，計算滴定的 NaOH 量以推算果汁所含檸檬酸當量，乘上稀釋倍數即可得到可滴定酸度，並以百分率(citric acid %)表示之。以總可溶性固形物除以所得之酸度，即可得到糖酸比之值。

(七)總酚(total phenol)

以磷鉬酸酚試劑(Folin-Ciocalteu phenol reagent, FC)測定萃取液的總酚含量。取 0.4 mL 萃取液，加入 2 mL 稀釋 10 倍的磷鉬酸酚試劑及 1.6 mL 碳酸鈉溶液，混合均勻於 30°C 反應 1.5 小時，取上清液至塑膠比色管。使用分光光度計(U-2800A Spectrophotometer, Hitachi)檢測 OD_{765 nm} 的吸光值。總酚含量計算方式，是以不同濃度五倍子酸(gallic acid)製作標準曲線，再利用內插法求出萃取液的總酚含量，以 mg/L 表示。

(八)總花青素(total anthocyanidins)

採 Prior 等人(1998)之 pH 差異法(pH differential method)測定含量，將樣品汁液離心過濾後取上清液，使用 KCL-HCL (pH1.0)及 CH₃COONa-HCl (pH4.5) 緩衝液以相同倍數分別稀釋上清液，取上清液至塑膠比色管。使用分光光度計(U-2800A Spectrophotometer, Hitachi)檢測波長 510 nm 及波長 700nm 的吸光值，最後以公式計算總花青素含量，公式為 $A=(A_{510}$

$\text{nm}-A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1.0}-(A_{510\text{nm}}-A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4.5}$ ，求得之 A 值，再以公式 $(A/\epsilon/L)\times 10^3\times \text{MW}\times \text{稀釋倍數}$ (桑椹花青素主要為 cyanidin 3-O- β -glucoside，故 $\epsilon=29600$ ， $L=1$ ， $\text{MW}=445$)，即可得到總花青素含量，以 mg/L 表示。

三、資料及統計分析：

試驗數據資料以 SAS-EG 4.0(statistic analysis system software-Enterprise Guide 4.0)軟體進行變異數分析(ANOVA)，在最小顯著差異法(least significant difference, LSD)檢定下，若 $p < 0.05$ 表示兩者之間有顯著性差異。以重複之平均值(mean)和標準偏差(standard deviation, SD)表示計算出各成分的含量。

結 果

一、不同成熟度果實外觀特性變化

試驗結果顯示，果實外觀中長度、寬度及果柄長度隨著果實成熟度增加而增加。果實長度由成熟果至完熟果期間顯著增加，由未成熟果的 31.1 mm 增加至完熟果的 34.4 mm。果實寬度亦呈現相同的增加趨勢，由未成熟果的 14.1 mm 增加至完熟果的 16.6 mm。完熟果的果柄長度最長，達到 12.8 mm(表 1)。

果實重量隨成熟度提高，由未成熟果 2.9 g 上升至完熟果 6.0 g，期間增加 107%，其中從半完熟果開始，果實重量增加的速度顯著提升。果實硬度則由未成熟果 12.9N 降低至完熟果 1.5N，其中未成熟果生長為半成熟果(5.4N)的過程中，硬度降低最快，果實硬度損失達 58%(表 1)。果實成熟度越高，果皮色澤明亮度及彩度數值隨之降低，明亮度由最初的 29.0 轉變為 16.1，表示果皮色澤由明亮色趨向暗色(表 2)。

二、不同成熟度果實內部品質特性變化

果實內部品質特性中(表 3)，總可溶性固形物由未成熟果 5.4°Brix 增加至完熟果 7.4°Brix，提高 2°Brix。可滴定酸度由最初的 4.5%降低至完熟時的 0.8%，成熟期間以半成熟果至成熟果生長期間酸度變化最大，由 4.3%降低至 1.6%，降幅達 63%。果實糖酸比 1.2 增加至 9.5，由半完熟果的 5.4 增加至完熟果 9.5 最為顯著。抗氧化物質的總酚含量以完熟果最高，達到 1012 mg/L。果實總花青素含量由未成熟果 59 mg/L 增加至完熟果的 470 mg/L，其中以成熟果 194 mg/L 至半完熟果 329 mg/L 生長期間增加最為顯著。

表 1. '苗栗 1 號' 桑不同成熟度果實之長度、寬度、果柄長度、重量及硬度。

Table 1. The fruit length, fruit diameter, fruit stalk length, weight and firmness of 'Miaoli No. 1' mulberry harvested at different maturity.

Maturity ^z	Fruit	Fruit	Fruit stalk	Weight	Firmness
	length(mm)	diameter(mm)	length(mm)	(g)	(N)
Immature	31.1±2.0b ^y	14.1±0.8c	11.2±2.2b	2.9±0.3d	12.9±3.3a
Semi- mature	31.4±2.2b	15.9±1.2ab	11.7±3.1b	3.7±0.4bc	5.4±1.7b
Mature	31.3±2.6b	15.6±1.2b	14.6±3.2a	3.7±0.4c	3.2±0.8c
Semi- fully mature	32.7±2.1ab	15.9±1.0ab	14.7±3.2a	4.3±0.7b	2.1±0.6cd
Fully mature	34.4±2.4 a	16.6±1.1a	12.8±3.9ab	6.0±1.1a	1.5±0.4d
LSD(0.05)	2.0	1.0	2.8	0.6	1.6

^z Immature= red peel

Semi- mature= 20% Purple-black peel

Mature= 50% Purple-black peel

Semi-fully mature = 80% Purple-black peel

Fully mature=100% Purple-black peel

^yMean ± standard deviation (n=30). Mean within each columns followed by the different letter(s) are significantly different at $p < 0.05$ according to Fisher's protected LSD test.

表 2. 比較不同成熟度桑表皮色澤。

Table 2. Comparison of skin colour of mulberry with different maturities.

Treatments ^z	Skin color ^y			
	L	a	b	C
Immature	29.0±2.6 a ^x	21.1±3.1a	15.5±1.8a	26.4±0.4 a
Semi- mature	22.8±2.4 b	18.5±2.8b	10.7±2.2b	21.4±1.1 b
Mature	18.2±0.9 c	6.6±2.2 c	3.8±0.9 c	7.6±0.7 c
Semi- fully mature	16.6±0.8cd	3.6±1.5 d	2.0±0.7 d	4.2±0.4 d
Fully mature	16.1±1.7 d	1.4±1.3 e	1.0±0.8 d	2.0±0.4 e
LSD(0.05)	1.6	2.04	1.27	1.86

^z described as in table 1^yL=lightness, C=chroma^xMean ± standard deviation (n=30). Mean within each columns followed by the different letter(s) are significantly different at $p < 0.05$ according to Fisher's protected LSD test.

表 3. 桑不同成熟度果實物化特性

Table 3. Physicochemical properties of mulberry with different maturities.

Treatments ^z	TSS ^y (°Brix)	TA (%)	TSS/ TA	Total phenol (mg/L)	Total anthocyanin (mg/L)
Immature	5.4±0.3c ^x	4.5±0.6a	1.2±0.2c	602±101b	59±11d
Semi- mature	6.3±0.3 bc	4.3±0.9a	1.5±0.2c	604±95b	152±31cd
Mature	6.1±0.6 bc	1.6±0.4b	3.9±1.0b	502±76b	194±43c
Semi- fully mature	6.6±0.9 ab	1.3±0.4bc	5.4±2.2b	434±15b	328±95b
Fully mature	7.4±1.0 a	0.8±0.1c	9.5±1.3a	1012±231a	469±120a
LSD(0.05)	1.04	1.14	8.5	272	95.6

^z described as in table 1

^y TSS=total soluble solids

TA=titratable acidity

TSS/TA=otal soluble solids/ Titratable acidity

^x Values are mean of 30 replicates per treatment

Mean separation within columns followed by same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ according to Fisher's protected LSD

討 論

由試驗結果得知，桑果實成熟度越高，果實長度、寬度及果柄長度隨之增加，果實硬度降低，重量增加(表 1)，果實色澤由紅色轉變為紫紅色(表 2)。果實總可溶性固形物、糖酸比、總酚及花青素含量亦隨成熟度增加而增加(表 3)。Gerasopoulos 等人(1997) 探討不同成熟度的桑椹品質，試驗發現果實鮮重由未成熟果實的 4g 增加到完熟果實的 7g，硬度隨著果實成熟而軟化，果實總可溶性固形物由每 100g 鮮重含有 10g 上升至 20g 以上，和本研究結果相似。覆盆子及草莓果實成熟度增加，果皮色澤亦隨之轉深(Krüger *et al.*, 2011; Shin *et al.*, 2008)。

桑椹果實中以檸檬酸為主及少量的蘋果酸，因不同的品種而有不同的含量變化(Özgen *et al.*, 2009)。果實中酸度的改變主要是由於果實逐漸成熟，所含的有機酸會轉變成糖，或經由被氧化、被鉀離子和鈣離子等中和，造成果實的酸味下降(潘, 2011)。本研究中，可滴定酸在完熟果中含量降至最低(表 3)，相較於未成熟果，降幅達到 86%。Gerasopoulos 等(1997)研究中，完熟果實的可滴定酸度較未成熟果實下降 50%。

酚類化合物為植物體內抗氧化成分的主要來源，含量的多寡可代表抗氧化能力。前人

研究中(Ercisli *et al.*, 2007 ; Özgen *et al.*, 2009) , 在不同品種中的桑皆含有高總酚含量 , 其中又以黑桑的含量最高(分別為 2737 μ g GAE/g fw 及 1422 mg gallic acid equivalents/100g fresh matter) 。本研究果實總酚含量在未成熟果含量達 602 mg/L , 之後有下降再升起的情形 , 最後完熟果的總酚含量達到 1012 mg/L 。但 Shin 等(2008)研究不同成熟度草莓果實特性中 , 完熟果總酚含量有減少的趨勢。

桑椹果實主要含有的花青素為 cyanidin 3-glucoside 、cyanidin-3-rutinoside 及 pelargonidin 3- rutinoside 等 , 其中 cyanidin 3-glucoside 含量最高(盧, 2005 ; Oki, 2006) 。Gerasopoulos 等人(1997)觀察不同品系桑椹花青素表現,發現在未成熟果中花青素已存在 , 隨著果實的趨近成熟 , 花青素含量也隨之增加。此結果和本研究結果相似(表 3) , 在完熟果中有最高的花青素含量。果實中花青素含量影響果皮色澤及總酚含量的變化 , 當果實的成熟度越高 , 果實含有的花青素含量越多。受到花青素含量增加的影響 , 果皮由紅色轉成更深的紫黑色 , 總酚也在完熟果中達到最大含量。其它莓果類作物中 , 如草莓、覆盆子及波森莓等 , 完熟果具有最高花青素含量(Krüger *et al.*, 2011 ; Vicente *et al.*, 2006 ; Wang and Lin, 2000) 。

由試驗結果得知 , 完熟果實具有最佳的果實外觀及品質特性 , 但由於桑椹耐貯藏性不佳 , 果實採收後快速腐壞 , 限制果實販售時間及利用性。近完熟果雖然品質特性較完熟果差 , 但果實硬度較高 , 於商業採收時以採收近完熟果取代完熟果 , 可增加果實的貯藏能力。

參 考 文 獻

- 張哲嘉、劉雲聰。2006。果桑(桑椹)之生育與栽培管理。農業世界 275:46-54。
- 潘瑞熾。2011。植物生理學。藝軒圖書出版社。台北。台灣。
- 盧秀青。2005。桑椹果及洛神葵中花青素之分離與純化。國立臺灣大學化學工程學研究所碩士論文。
- Bae, S. H. and H. J. Suh. 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. LWT - Food Sci. Technol. 40:955-962.
- Ercisli, S. and E. Orhan. 2007. Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruit. Food Chem. 103:1380-1384.
- Gerasopoulos, D. and G. Stavroulakis. 1997. Quality characteristics of four mulberry (*Morus* sp.) cultivars in the area of Chania, Greece. J. Sci. Food Agric. 73:261-264.
- Kandylis, K., I. Hadjigeorgiou, and P. Harizanis. 2009. The nutritive value of mulberry leaves (*Morus alba*) as a feed supplement for sheep. Trop. Anim. Health Prod. 41: 17-24.
- Krüger, E., H. Dietrich, E. Schöpplein, S. Rasim, and P. Kürbel. 2011. Cultivar, storage conditions and ripening effects on physical and chemical qualities of red raspberry fruit.

- Postharvest Biol. Technol. 60:31-37.
- Oki, M., M. Kobayashi, T. Nakamura, A. Okuyama, M. Masuda, H. Shiratsuchi, and I. Suda. 2006. Changes in radical-scavenging activity and components of mulberry fruit during maturation. *Food Chem. Toxicol.* 71:18-22.
- Özgen, M., S. Serce, and C. Kaya. 2009. Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruit. *Sci. Hortic.* 119:275-279.
- Prior, R. L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, and C.M. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.* 46:2686-2693.
- Shin, Y., J.A. Ryu, I. R.H. Liu, J.F. Nock, and C.B. Watkins. 2008. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Bio. Technol.* 49:201-209.
- Wang, S.Y. and H.S. Lin. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J. Agric. Food Chem.* 48:140-146.
- Wang, R.J. and M.L. Hu. 2011. Antioxidant capacities of fruit extracts of five mulberry genotypes with different assays and principle components analysis. *Intl. J. Food Properties* 14:1-8.
- Vicente, A. R.; L. Costa, F. Covatta, G. A. Martinez, A.R. Achaves, P.M. Civello, and O. Sozzi. 2006. Physiological changes in boysenberry fruit during growth and ripening. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 81:525-531.

The Characteristics of Fruit of 'Miaoli No. 1' Mulberry Depending on Maturity Stage

Ya-Ling Chang¹⁾ Ching-Chang Shiesh²⁾

Key words: Harvest maturity, Skin colour, Fruit quality

Summary

The aim of this research was to establish the different in quality of mulberry. There were five stages of maturity (immature, semi-mature, mature, semi-fully mature and fully mature) of 'Miaoli No. 1' mulberry were assessed quality and physic-chemical properties. The length, diameter, stalk length, weight, total soluble solid (TSS), total soluble solids/titratable acidity ratio (TSS/TA), and total anthocyanin content of fruits decreased during maturation, but firmness and titratable acidity (TA) getting lower. The peel color was turned from red to purple then to be purple-black. Fully ripened fruit the best appearance and quality. Nevertheless, due to the poor storage capacity of mulberry, it rapidly spoils after harvest, reducing fruit selling and utilization time. Accordingly, harvesting nearly matured fruit, instead of fully matured ones, can perhaps enhance the storage capacity of the fruit.

1) Assistant researcher of Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, COA, Taiwan, R.O.C. Graduate student of Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.

2) Associate Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC. (corresponding author, E-mail: ccsbiesh@dragon.nchu.edu.tw)

