

果實中可溶性固形物與醣類組成相關性之研究¹

劉惠菱、葉文彬、陳盟松、徐錦木、張林仁²

摘 要

果實甜度常以可溶性固形物含量表示，但果實中醣的種類和含量才是決定果實品質的重要指標。本試驗為探討可溶性固形物與醣類組成之相關性，調查三種不同的果樹種類、栽培地區、栽培環境以及品種之果實可溶性固形物與蔗糖、葡萄糖及果糖相關係數。結果顯示椪柑栽培於新社及豐原地區的結果相似，可溶性固形物含量與葡萄糖相關係數最高為0.31，栽培於和平地區則與蔗糖相關係數較高為0.25。紅龍果以露天及溫室栽培時，露天栽培之可溶性固形物與蔗糖相關係數較高為0.80，但溫室栽培下則是與果糖含量相關係數較高為0.41，與蔗糖及葡萄糖相關性低。不同品種之番石榴可溶性固形物含量與醣類組成，‘珍珠拔’及‘世紀拔’可溶性固形物與蔗糖相關係數較高，分別為0.47及0.87，‘水晶拔’可溶性固形物與果糖相關係數最高為0.89；‘帝王拔’可溶性固形物僅與蔗糖含量有正相關，但相關係數僅0.13。

關鍵字：椪柑、紅龍果、番石榴、可溶性固形物、蔗糖、葡萄糖、果糖

前 言

果實風味品質一部分取決於甜度的高低，因此果實的甜度不論在消費者、栽培者、育種者皆為重要的品質指標之一，而在果實中甜度的表達及測定有許多方式，如可溶性固形物、蔗糖含量、還原糖等⁽¹⁾，一般常見是用可溶性固形物的多寡表達，由於大部分果實果汁的可溶性固形物成分中，糖占最大量，因此以手持式折射計所測出之可溶性固形物含量測定值，常被用於表示甜度及糖度的高低⁽⁸⁾。但相同糖度的果實由於其所含醣種類及含量不同，對甜度貢獻不同，一般以蔗糖甜度為1，而果糖：葡萄糖：蔗糖=1.7：0.7：1⁽⁹⁾。並且果實中醣類組成分差異受許多因素影響，如果樹種類、栽培環境、地區及品種等，了解同一品種在不同地區或栽培管理模式，以及不同品種間可溶性固形物與各種醣類成分含量相關性，有助於釐清影響果實品質的醣類成分，並可應用於生產高品質之果實。因此本試驗目的為分析不同的果樹種類、栽培環境、栽培地區及品種的果實可溶性固形物與醣類成分之差異，以了解可溶性固形物含量及不同種類醣之相關性。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 0857 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究助理、助理研究員、助理研究員、助理研究員、助理研究員。

材料與方法

一、試驗材料

試驗一、不同栽培地區之椪柑果實可溶性固形物含量與醣類含量之相關性

2013年11月下旬以和平、新社及豐原地區栽培約15年生椪柑(*Citrus reticulata* Blanco)植株的果實為試驗材料，每區採樣分析之果實數為40粒，採收成熟度為商業成熟度，即為果皮顏色至少1/3轉色。

試驗二、不同栽培環境之紅龍果果實可溶性固形物含量與醣類含量之相關性

2013年7月以臺中區農業改良場栽培約3年生白肉紅龍果(*Hylocereus undatus* Britt. et Rose)植株之果實為試驗材料，栽培環境分為露天及溫室栽培，每處理採樣分析之果實數為10粒，採收成熟度為商業成熟度，即花後32~35天採收。

試驗三、不同品種之番石榴果實可溶性固形物含量與醣類含量之相關性

2014年3~4月以臺中區農業改良場栽培約8年生番石榴(*Psidium guajava* Linn.) 植株之果實為試驗材料，栽培品種為‘珍珠拔’、‘水晶拔’、‘世紀拔’及‘帝王拔’，每品種採樣之果實數為15粒，採收成熟度為商業成熟度，取樣分析果實為套袋後60~63天採收之春果。

二、試驗方法

果實取樣方式為將果實以手壓式榨汁器榨取果汁，並以屈折計(Digital Refractometer DBX-85, ATAGO Co., Ltd., Japan)測量果汁可溶性固形物含量。而榨取下來的果汁以低溫高速離心機(Refrigerated Centrifuge 4K15, Sigma Co., Germany) 17552.6 xg離心5分鐘後過濾取上清液，上清液以0.45 µm nylon filter (Millipore Co., U.S.A.)過濾膜去除大分子，濾液稀釋至適當濃度後以HPLC分析果糖、葡萄糖及蔗糖。HPLC分離管柱為Sugar-PAK(Waters Co. U.S.A.)置於80°C之恆溫箱，移動相為0.01 mM Ca-EDTA，流速為0.5 ml/min，以RI detector(L-2490, Hitachi)為檢出器。以0.1%之葡萄糖及蔗糖、0.05%果糖混合液為標準品，計算檢量線，由積分儀(D-2500 chrmat-integrator, Hitach)所紀錄之面積換算樣品的各成分之濃度。

所得數據以CoStat programming 6.2 (CoHort Software, Berkeley, CA, U. S. A.)進行統計分析，並以相關係數表達其相關性。

結果與討論

試驗一、不同栽培地區之椪柑果實可溶性固形物含量與醣類含量之相關性

由表一果實可溶性固形物含量試驗結果以豐原地區栽培最高為10.85±0.10 °Brix，其次依序為和平地區栽培10.55±0.11 °Brix，新社地區栽培9.77±0.07 °Brix。在各試區醣類組成含量上以蔗糖含量最高為4.09~9.32%，其次為果糖1.44~5.08%，最低為葡萄糖1.28~3.96%。

但由果實可溶性固形物與不同醣類成分相關性來看，栽培於和平地區之椪柑果實可溶性固形物與蔗糖相關係數最高為0.25，葡萄糖相關係數最低為0.03；栽培於新社地區之椪柑果實可溶性固形物則是與葡萄糖相關係數最高為0.33，蔗糖相關係數最低為0.28；栽培於豐原地區

之椪柑果實可溶性固形物與醣類成分相關性與新社地區相似，同樣是與葡萄糖相關係數最高為0.31，蔗糖相關係數最低為0.10。

由前人研究可以得知椪柑果實醣類組成以蔗糖為主⁽⁷⁾，但在葡萄栽培醣類濃度受到環境及栽培管理影響⁽¹³⁾，因此由本試驗結果得知椪柑果實可溶性固形物及醣類含量受到栽培環境及管理模式影響而有所差異。而造成此差異的原因除栽培環境之外，亦有前人研究⁽¹²⁾推測臍橙的醣類組成可能與蔗糖合成酶活性相關，臍橙中因缺乏蔗糖轉化酶，因此主要影響果實糖累積主要酵素為蔗糖合成酶及蔗糖磷酸合成酶，但蔗糖磷酸合成酶為影響果實膨大期可溶性糖含量的主要酵素，成熟期主要是蔗糖合成酶活性，可調節果實內蔗糖梯度，影響葡萄糖及果糖合成，不同栽培環境下臍橙果實內蔗糖合成酶活性有極大的差異^(7,12)。因此若要更進一步了解不同栽培環境下對椪柑果實可溶性固形物及醣類累積之影響，尚須對光合產物的運移、蔗糖代謝相關酵素活性變化和糖的代謝消耗進行綜合研究。

表一、不同地區栽培椪柑可溶性固形物與醣類成分之相關性結果

Table 1. Effect of culture areas on correlation coefficient between total soluble solid contents and sugar contents of ponkan fruit

Areas	TSS ¹ (°Brix)	Sugar content (%)			Correlation coefficient ²		
		Sucrose	Glucose	Fructose	TSS/Sucrose	TSS/Glucose	TSS/Fructose
Heping	10.55±0.11 ³	4.09±0.12	1.28±0.05	1.44±0.05	0.25	0.03	0.13
Xinshe	9.77±0.07	7.45±0.37	2.26±0.11	2.78±0.14	0.28	0.33	0.30
Fengyuan	10.85±0.10	9.32±0.28	3.96±0.13	5.08±0.16	0.10	0.31	0.26

¹ Means total soluble solid content.

² Means correlation coefficient between total soluble solid content and sucrose content, total soluble solid content and glucose content and total soluble solids and fructose content.

³ Means ±SE of the means (n=40).

試驗二、不同栽培環境之紅龍果果實可溶性固形物含量與醣類含量之相關性

由試驗結果露天栽紅龍果可溶性固形物含量高於溫室栽培紅龍果，分別為11.67±0.24及10.27±0.13 °Brix，而在不同醣類組成方面，以葡萄糖含量最高分別為0.38±0.02及0.35±0.01%，其次為果糖含量0.11±0.01及0.08±0.01%，而蔗糖含量在此兩種栽培環境下均只有0.01±0.00% (表二)。

在露天及溫室栽培紅龍果可溶性固形物與醣類成分之相關係數結果，露天栽培下紅龍果可溶性固形物與蔗糖相關係數較高為0.80，與果糖之相關係數其次為0.77；但在溫室栽培之紅龍果可溶性固形物則是與果糖含量相關係數較高為0.41，並且與蔗糖及葡萄糖不相關，兩者差異相當明顯。

紅龍果果實以果糖及葡萄糖為主^(15,16)，但因在露天栽培及溫室栽培下環境條件在光度及溫度均不同，因此植株在光合作用及酵素活性表現也有所差異，本試驗以露天栽培可溶性固形物含量及果糖含量較高。由於紅龍果可溶性固形物及醣類成分變化受蔗糖代謝相關酵素影

響，如酸性蔗糖轉化酶活性在紅龍果花後21~23天時快速增加並在花後29天時快速下降，果糖及葡萄糖含量也隨酵素活性變化⁽⁶⁾。而環境溫度會影響酵素活性表現，在不同季節栽培之紅龍果以冬季低溫栽培之果實果糖含量較夏季果實高⁽¹⁸⁾，因此本試驗結果推測與環境光度及溫度有關，不論是在果樹或蔬菜溫室栽培環境光度皆較露天栽培不足，光合產物較少，加上溫室內溫度較高，造成植株呼吸作用較快^(2,4)，亦可能影響醣類合成相關酵素活性，因此使得溫室栽培之紅龍果可溶性固形物、葡萄糖及果糖含量較露天栽培低，可溶性固形物含量和蔗糖、果糖相關係數也較低。

表二、露天及溫室栽培紅龍果可溶性固形物與醣類成分之相關性結果

Table 2. Effect of open-field and PE-house cultivation on correlation coefficient between total soluble solid content and sugar contents of pitaya fruit

Treatments	TSS ¹ (°Brix)	Sugar content (%)			Correlation coefficient ²		
		Sucrose	Glucose	Fructose	TSS/Sucrose	TSS/Glucose	TSS/Fructose
Open-field	11.67±0.24 ³	0.01±0.00	0.38±0.02	0.11±0.01	0.80	0.71	0.77
PE-house	10.27±0.13	0.01±0.00	0.35±0.01	0.08±0.01	-0.30	-0.07	0.41

¹ Means total soluble solids.

² Means correlation coefficient between total soluble solids and sucrose content, total soluble solids and glucose content and total soluble solids and fructose content.

³ Means ± SE of the means (n=10).

試驗三、不同品種之番石榴果實可溶性固形物含量與醣類含量之相關性

表三的試驗結果在果實可溶性固形物含量以‘帝王拔’ 11.63±0.33 °Brix最高，其次為‘世紀拔’、‘珍珠拔’及‘水晶拔’，分別為9.88±0.47、9.62±0.23及9.38±0.23 °Brix；在不同醣類組成中，4個品種番石榴均以蔗糖含量最高0.18~0.21%，果糖次之0.14~0.16%，葡萄糖最低為0.10~0.12%。

表三、不同品種番石榴可溶性固形物與醣類成分之相關性結果

Table 3. Effect of different variety on correlation coefficient between total soluble solid content and sugar contents of guava fruit

Variety	TSS ¹ (°Brix)	Sugar content (%)			Correlation coefficient ²		
		Sucrose	Glucose	Fructose	TSS/Sucrose	TSS/Glucose	TSS/Fructose
Jen-Ju Bar	9.62±0.23 ³	0.20±0.01	0.11±0.00	0.14±0.00	0.47	0.31	0.32
Shui-Jing Bar	9.88±0.47	0.20±0.01	0.11±0.01	0.14±0.01	0.76	0.85	0.89
Shyh-Jii Bar	9.38±0.23	0.18±0.01	0.10±0.00	0.16±0.01	0.87	-0.03	0.07
Di-Wang Bar	11.63±0.33	0.21±0.01	0.12±0.00	0.15±0.00	0.13	-0.67	-0.42

¹ Means total soluble solids.

² Means correlation coefficient between total soluble solids and sucrose content, total soluble solids and glucose content and total soluble solids and fructose content.

³ Means ± SE of the means(n=15).

不同品種之番石榴彼此之間可溶性固形物含量與醣類的相關係數結果，‘珍珠拔’可溶性固形物與蔗糖相關係數較高為0.47；‘水晶拔’可溶性固形物與所測量之三種糖類成分相關係數皆高於0.7，其中與果糖相關係數最高為0.89；‘世紀拔’則是與蔗糖相關係數較高為0.87，並且與葡萄糖不相關；‘帝王拔’可溶性固形物只有與蔗糖含量具正相關，但相關係數並不高僅0.13。

前人研究指出番石榴果實中以蔗糖為主⁽⁵⁾，與本試驗結果一致，但本試驗結果不同品種之番石榴果實可溶性固形物含量與蔗糖、葡萄糖及果糖相關性不同，推測可能原因為品種間果實蔗糖代謝相關酵素活性不同，如番茄中普通栽培種與野生種由於酸性蔗糖轉化酶活性不同，蔗糖在普通番茄果實含量極少⁽⁹⁾；在刺梨果實也有相似的結果⁽¹⁴⁾。此外由謝等⁽¹⁰⁾及林等⁽³⁾研究結果可知，‘珍珠拔’為‘帝王拔’之母本，而‘珍珠拔’與‘世紀拔’親緣相關性為0.70，此三品種親緣十分接近，可溶性固形物與各醣類含量相關性結果相似，可溶性固形物與蔗糖相關性最高。

結 論

由本試驗三種不同果樹種類及其果實醣類組成結果，極柑及番石榴部分均以蔗糖含量最高，其次為果糖，葡萄糖含量最低；而紅龍果部分則以葡萄糖含量最高，其次為果糖，蔗糖含量最低。故不同果樹種類，其果實醣類組成有所差異。

由試驗結果可以了解果樹種類、栽培地區及環境、不同品種間果實醣類組成的差異，以及其與可溶性固形物含量相關性，果實中所含之主要醣類受種類的影響有所不同⁽¹¹⁾，其對可溶性固形物含量影響不一，含量較高之醣類未必與可溶性固形物含量相關性高，但大部分果實可溶性固形物含量與果實內主要組成之醣類含量相關係數最高。而部分果實可溶性固形物與醣類相關係數不高，可能原因為果實中可溶性固形物包含了醣類、有機酸類、可溶性蛋白質及礦物元素等，其中任何一項皆會影響可溶性固形物含量，但以‘Valencia’甜橙果實為例，醣類占可溶性固形物含量63~80%⁽¹⁷⁾，因此醣類成分與可溶性固形物含量相關性仍可作為果實栽培上之參考，不同果樹種類栽培時控制環境及肥培管理，使與可溶性固形物相關性高之醣類成分含量增加，並使可溶性固形物含量增加，提高果實品質。

參考文獻

1. 李文生、楊媛、石磊、馮曉元、張長松、楊軍軍 2012 水果中蔗糖、還原糖、可溶性糖及甜度相關性的研究 北方園藝 1: 58-60。
2. 林月金、林嘉興 1986 巨峰葡萄設施栽培之經濟效益分析 臺中區農業改良場研究彙報 12: 61-71。
3. 林慧玲、徐國彰、王自存 2007 利用逢機增幅DNA多型性標誌鑑別番石榴品種之研究 植物種苗 10(1): 38-57。
4. 郭孚耀 1985 簡易設施栽培對蔬菜生產之影響 臺中區農業改良場研究彙報 11: 59-69。

5. 彭德昌 2004 花蓮地區番石榴之肥培管理 花蓮區農業專訊 50: 6-8。
6. 黃琇亭、林慧玲 2010 紅龍果果實發育後期醣類合成酶和蘋果酸去氫酶活性之變化 臺灣園藝 56(2): 81-91。
7. 劉永忠、李道高 2003 柑橘果實糖積累與蔗糖代謝酶活性的研究 園藝學報 30(4): 457-459。
8. 劉慧瑛 1992 果蔬甜度、糖度、可溶性固形物與糖含量的論析 臺灣省農業試驗所技術服務 10: 12-17。
9. 霍建勇、劉靜、馮輝、王玉剛 2005 番茄果實風味品質研究進展 中國蔬菜 (2): 34-36。
10. 謝鴻業、王智立、楊淑惠、王德男、劉政道、林慧玲、謝慶昌、陳幼光 2006 番石榴新品種臺農1號(帝王拔)之育成 農業試驗所技術服務 67: 1-4。
11. 羅霄、鄭國琦、王俊 2008 果實糖代謝及其影響因素的研究進展 農業科學研究 29(2): 69-74。
12. 龔榮高、張光倫、呂秀蘭、曾秀麗、羅楠、胡強 2004 臍橙在不同生境下果實蔗糖代謝相關酶的研究 園藝學報 31 (6): 719-722。
13. Dai, Z. W., N. Ollat, E. Gomès, D. Stéphane, J. P. Tandonnet, L. Bordenave, P. Pieri, G. Hilbert, C. Kappel, C. Leeuwen, P. Vivin and S. Delrot. 2011. Ecophysiological, genetic, and molecular causes of variation in grape berry weight and composition: a review. *Am. J. Enol. Viticult.* 62: 413-425.
14. Kuti, J. O. and C. M. Galloway. 1994. Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit. *J. Sci. Food Agric.* 59(2): 387-388.
15. Nomura, K., M. Ide and Y. Yonemoto. 2005. Changes in sugars and acids in pitaya (*Hylocereus undatus*) fruit during developing. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 80: 711-715.
16. Wu, M. C. and C. S. Chen. 1997. Variation of sugar content in various parts of pitaya fruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110: 225-227.
17. Smith P. F., W. Reuther and G. Kemeth. 1953. Effect of differential supplies of nitrogen, potassium and magnesium on growth and fruit of young Valencia orange trees in sand culture. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 61: 38-48.
18. Yonemoto, Y., M. Ide and K. Nomura. 2009. Comparison of photosynthetic properties of field-grown pitaya between in summer and winter conditions. *Trop. Agr. Develop.* 53(3): 67-73.

Studies on the Correlation between Total Soluble Solid Contents and Sugar Compositions in Fruit¹

Huei-Ling Liu, Wen-Pin Yeh, Meng-Sung Chen, Chin-Mu Hsu and
Lin-Ren Chang²

ABSTRACT

Fruit sweetness is often presented by total soluble solids (TSS), however the types and content of sugars in fruit are more important index. This study compared the relationships of TSS and sugar compositions in different kinds of fruits, cultivation regions and varieties. The correlation coefficient of ponkan cultivated in Heping area was 0.25 between TSS and sucrose, higher than other sugars. In pitaya, correlation coefficient between TSS and sucrose is 0.80 under open-field cultivation. In contrast, TSS was correlated with fructose in PE-house cultivation with a coefficient of 0.41, and was not significant with sucrose and glucose. The relationships between TSS and sugars revealed from different varieties of guava studied were that TSS was correlated with sucrose in 'Jen-Ju Bar' and 'Shyh-Jii Bar' and the correlation coefficient was 0.47 and 0.87, respectively. 'Shui-Jing Bar' was related with fructose and correlation coefficient is 0.89. TSS was positively correlated with sucrose, but the correlation coefficient was only 0.13 in 'Di-Wang Bar'.

Key words: ponkan, pitaya, guava, total soluble solids, sucrose, glucose, fructose

¹ Contribution No. 0857 from Taichung DARES, COA.

² Research Assistant, Assistant Horticulturist of Taichung DARES, COA.