

# 文旦內部品質分析<sup>1</sup>

林子傑、鄭榮瑞、鍾瑞永、楊清富<sup>2</sup>

## 摘 要

林子傑、鄭榮瑞、鍾瑞永、楊清富。2010。文旦內部品質分析。臺南區農業改良場研究彙報 56：45-54。

調查不同地區文旦柚果實品質顯示，糖度多分佈於 10~12 °Brix 間，酸度則介於 0.3~0.6 mmol/100gm 間，糖酸比（糖度/酸度）變化，以同地區同土壤性質，其糖酸比較接近；柚皮厚度以麻豆地區較薄。在利用近紅外光譜檢測帶皮及不帶皮文旦，結果顯示二者皆在 1437 nm 及 1950 nm 處皆有明顯的吸收波峰，在 978 nm 及 1200 nm 處也有些微起伏的吸收波峰。推算帶皮文旦糖度的一次微分或二次微分光譜之決定係數（RSQ）都在 0.8 左右，而剝皮後不帶皮者可提高至 0.93 以上。若以文旦汁液在 1 mm、2 mm、4 mm Cuvettes 時，糖度與一次微分或二次微分光譜決定係數（RSQ）皆在 0.97 以上。而文旦柚採收後的後熟過程中，隨著貯放日期延長，其糖度、酸度也跟著些微增加。

**關鍵詞：**近紅外光譜、文旦、水果品質

接受日期：2010 年 11 月 3 日

## 前 言

近紅外光譜分析的原理乃利用光源照射到樣品時，樣品內分子由基態被激發到高能階的受激態（陳，1997），不同官能基如 C-H、O-H、N-H 吸收特定波長能量，使得近紅外光譜之吸收率隨著不同之官能基種類及濃度而呈現明顯的不同，藉以進行定性及定量分析樣品。近紅外光具穿透性、與食物接觸不會變質，且光區的波長範圍為 780~2500 nm，大多數物質的分子官能基，其固定吸收振動光譜也都在此範圍，因此近紅外光譜廣泛被用來作為非破壞性檢測水果糖度、酸度等性質。

張（1999）分析水蜜桃樣品，利用水蜜桃果汁透射光譜進行量測，當光譜間距 10 nm、20 nm、35 nm 時，樣品果汁糖度分佈與原始光譜相關係數  $r_c$  分別為 0.9924、0.9914、0.9912，而二次微分光譜相關係數  $r_c$  分別 0.9951、0.9884、0.9833。顯示原始光譜與二次微分光譜表現無太大差異，相關係數皆有 0.9833 以上。而以帶皮水蜜桃進行近紅外反射光譜檢測，當 10 nm 光譜間距時，有最佳糖度值與光譜相關係數  $r_c$  為 0.8579。如對原始光譜進行二次微分，在 1150 nm、1430 nm 及 1860 nm 處有較明顯的吸收波峰，10 nm 光譜間距時，光譜相關係數  $r_c$  高達 0.9918。

邱（1999）應用近紅外光於芒果內部品質分析，進行果汁透射時，以 MLR 模式二次微分光譜，波長 2274 nm 時，相關係數  $r_c$  為 0.9962；PLSR 模式，則以波長範圍 2050~2350 nm

---

1.行政院農業委員會台南區農業改良場研究報告第 376 號

2.台南區農業改良場作物環境課助理研究員、研究員兼秘書、副研究員、助理研究員。

時， $r_c$  為 0.9981 最佳。其中 1990 nm 為果糖的重要吸收波峰，而 2270 nm 為可溶性糖中 C-H 鍵的吸收波峰位置。而酸度分析以 2274、1462、1181、1798 及 2216 nm 等五波長組，以一次微分光譜，進行總酸度值分析，相關係數  $r_c=0.9962$  效果最好。

Tanabe 等人 (1995) 對鳳梨進行近紅外線光譜糖度、酸度校正分析，糖度選擇波長為 958、978、944 及 904 nm 相關係數  $r_c$  為 0.94，SEP 為 1.02；酸度選擇波長為 794、1074、1018 及 944 nm 相關係數  $r_c$  為 0.87，SEP 為 0.009。河野 (1993) 進行鳳梨糖度、酸度、果皮硬度、果肉硬度等指標與近紅外光譜相關分析，糖度校正線相關係數  $r_c$  為 0.825，其餘相關性皆低於 0.69。

本研究針對不同產區文旦進行帶皮、不帶皮、文旦汁液等之近紅外光譜檢測，量測其糖度、酸度值，以完成文旦糖度、酸度檢量線。並進行文旦後熟、表皮厚度等不同參數的檢測，冀能對文旦品質檢測有進一步瞭解，以提供未來開發文旦品質檢測機之參考。

## 材料及方法

### 一、試驗材料

選用不同產區文旦包括台南麻豆（北勢寮、五王廟、溝子墘、安業段、謝厝寮、油車一炷祖廟）、雲林斗六（鎮北）及花蓮瑞穗（鶴岡）等地。

### 二、實驗方法

將文旦柚剖成兩半，一半利用美國 FOSS NIRSYSTEM 6500 進行近紅外線光譜檢測，包括帶皮、不帶皮及榨汁等近紅外光譜量測；另一半利用傳統電子式糖度計進行糖度檢測，並利用化學酸度滴定法進行酸度檢測，如圖 1 所示。

- (一) 帶皮文旦柚近紅外線光譜檢測：利用美國 FOSS 公司之 NIRSYSTEM 6500 近紅外線光譜分析儀 (Near infrared spectroscopy)，並選用粒狀樣品槽盛裝帶皮文旦柚，以反射式偵測器、MLR (Multiple Linear Regression) 模式進行檢測分析 75 個文旦樣品，讀取光譜值並記錄之。
- (二) 不帶皮文旦柚近紅外線光譜檢測：剝去帶皮文旦柚之外表皮，將不帶皮文旦柚盛裝於粒狀樣品槽，並把樣品槽置於近紅外線光譜分析儀 (FOSS NIRSYSTEM 6500)，同樣利用反射式偵測器、MLR (Multiple Linear Regression) 模式進行檢測分析 75 個文旦樣品，讀取光譜值並記錄之。
- (三) 文旦汁液近紅外線光譜量測：先將 75 個文旦柚樣品去皮榨汁，然後用紗布濾掉纖維殘渣，取得之文旦汁液裝入 1、2、4 mm 透明石英製之液體樣品槽，依序置入近紅外線光譜分析儀，選取穿透式偵測器、MLR 模式進行分析，分別讀取光譜值並記錄之。
- (四) 糖度檢測：搾取文旦柚果汁溶液約 1 mL，滴於電子式糖度計 (ATAGO, JAPAN)，待數值穩定後，讀取並記錄其值。
- (五) 酸度檢測：依照中國國家標準 CNS (12570) 酸度之測定標準方法進行化學酸度滴定試驗，測量文旦汁液酸度，並記錄其值。(經濟部中央標準局，1989)
- (六) 文旦柚表皮厚度量測：利用游標尺進行文旦赤道部之表皮厚度量測，並記錄其值。
- (七) 後熟變化：新採收文旦柚置於室溫下，每日隨機選取 3 顆文旦進行後熟試驗，利用電子式糖度計量測糖度及化學方法滴定酸度，逐日量測 20 天，紀錄糖度及酸度變化情形。

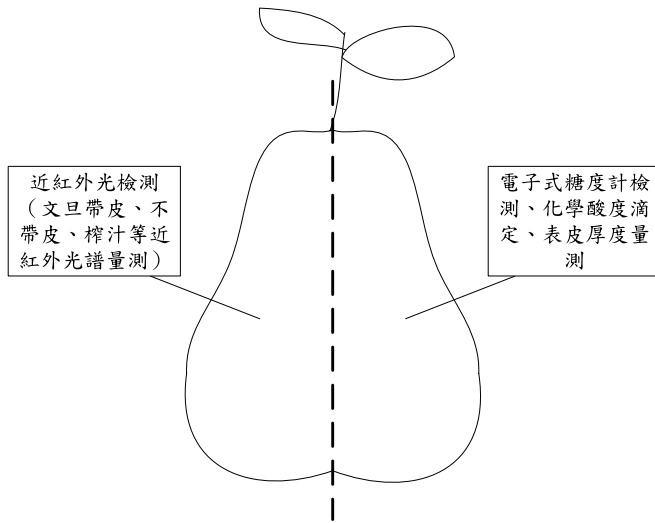


圖 1. 文旦品質檢測示意圖  
Fig. 1. The method of determining the quality of Pomelo

## 結果與討論

### 一、不同產區生產之文旦柚糖度、酸度、糖酸比及果皮厚度檢測結果

調查台南麻豆（北勢寮、五王廟、溝子墘、安業段、謝厝寮、油車一炷祖廟）、雲林斗六（鎮北）及花蓮瑞穗（鶴岡）等地生產之文旦柚的糖度分析結果如圖 2 所示，各地區文旦柚糖度分佈於 8~15 °Brix 間，以麻豆地區油車一炷祖廟段之文旦糖度最高，皆在 12 °Brix 以上。而各地區文旦柚之酸度檢測結果如圖 3 所示，多介於 0.3~0.6 間，而且不同單果間酸度頗不相同，和產地位置無明顯相關。

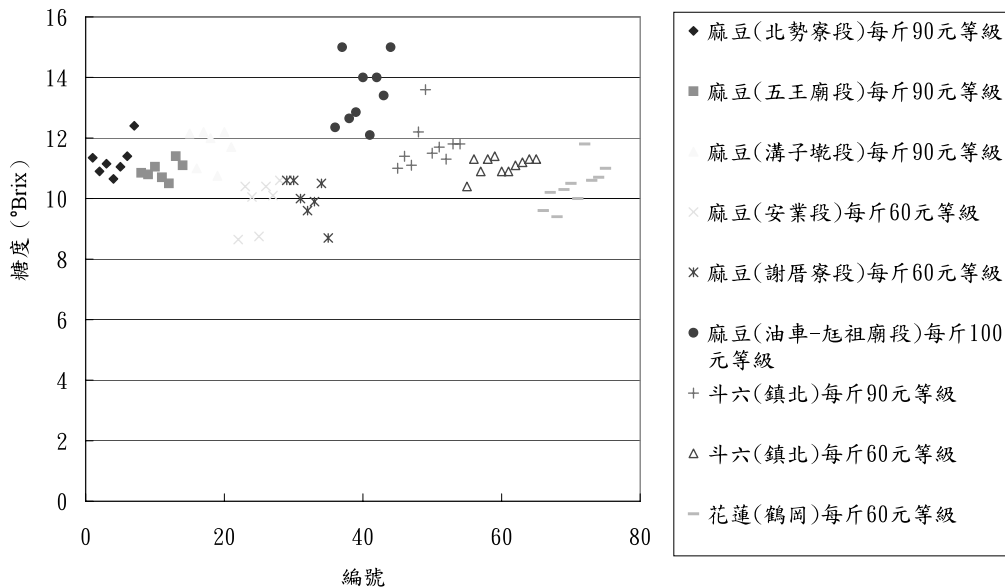


圖 2. 不同產區文旦糖度  
Fig. 2. The brix of Pomelo product from different area

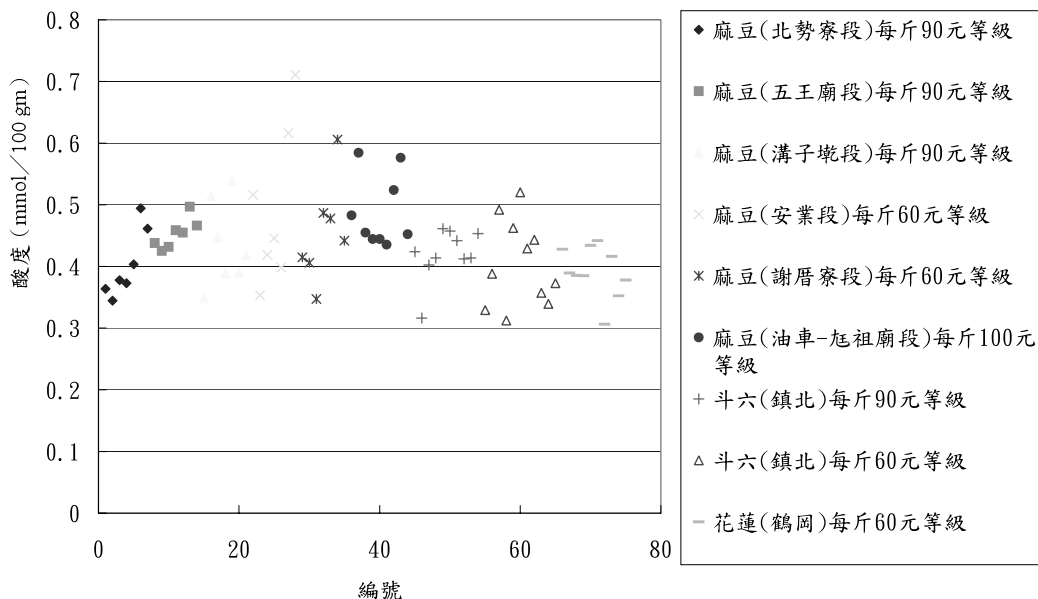


圖 3. 不同產區文旦酸度

Fig. 3. The acidity of Pomelo product from different area

由不同產區糖酸比（糖度/酸度）變化情形如表 1 所示，同一地區，糖酸比較接近，如斗六鎮北地區文旦糖酸比皆在 28.2 左右；而同地區同屬壤土的麻豆油車—旭祖廟段及麻豆北勢寮段，二地文旦糖度雖不同分別為 13.5°Brix 與 11.3°Brix，其平均糖酸比則都接近 28 左右，可能因土壤土質相近有關，砂土成分較多的麻豆安業段，糖酸比為 21.0 明顯不同。在文旦果皮厚度方面如表 1，以麻豆地區較薄，平均果皮厚度 6.6mm，斗六鎮北及瑞穗鶴岡文旦表皮較厚。

表 1. 不同產區文旦之糖酸比及果皮厚度

Table 1. The brix-acidity ratio and peel thickness of Pomelo product from different area

	平均糖酸比	平均果皮厚度 (mm)
麻豆（北勢寮段）文旦每斤 90 元等級	28.3	6.25
麻豆（五王廟段）文旦每斤 90 元等級	24.1	7.42
麻豆（溝子墘段）文旦每斤 90 元等級	27.7	5.56
麻豆（安業段）文旦每斤 60 元等級	21.0	6.52
麻豆（謝厝寮段）文旦每斤 60 元等級	22.6	8.96
麻豆（油車—旭祖廟段）文旦每斤 100 元等級	27.8	4.99
雲林斗六（鎮北）文旦每斤 90 元等級	28.2	9.18
雲林斗六（鎮北）文旦每斤 60 元等級	28.2	8.20
花蓮瑞穗（鶴岡）文旦每斤 60 元等級	27.0	9.58

## 二、文旦之近紅外光譜檢測

利用近紅外光譜檢測帶皮及不帶皮文旦，結果由圖 4 及圖 5 之光譜值所示，不論帶皮或不帶皮文旦之光譜圖，二者皆在 1437 及 1950 nm 處有明顯的吸收波峰，而在 978 及 1200 nm 處則有些微起伏的吸收波峰。根據 Williams and Norris (1987) 所做的研究，1437 nm 為糖 (sugar) 的吸收波峰，1910 nm 為水 (water) 的吸收波峰，978 及 1200 nm 則為糖及纖維素 (cellulose) 的吸收帶。而帶皮文旦原始光譜圖在可見光帶有較大吸收波峰，而不帶皮文旦在可見光帶則無波峰起伏，推測可能因文旦表皮略帶淡綠黃色，會吸收紅黃光，剝皮後則為白色表膜，不吸收可見光所致。

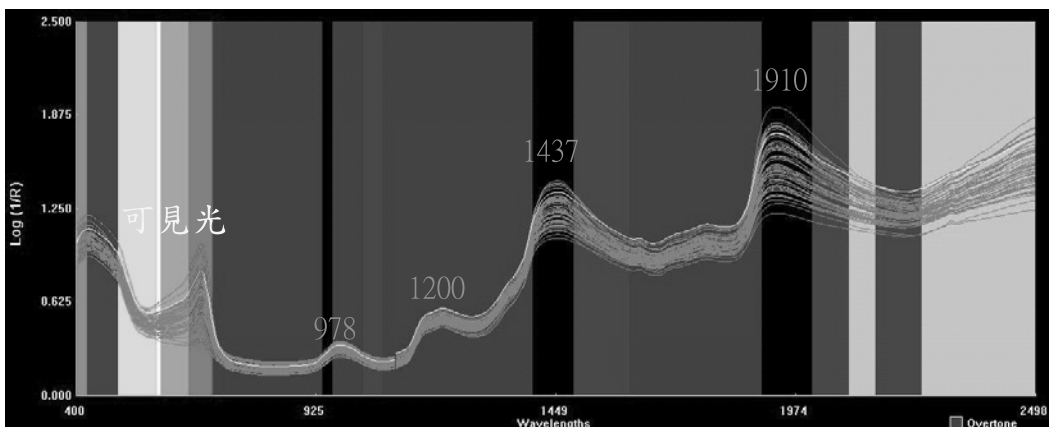


圖 4. 文旦近紅外光原始光譜圖 (帶皮)

Fig. 4. The near infrared spectroscopy of Pomelo (with peel)

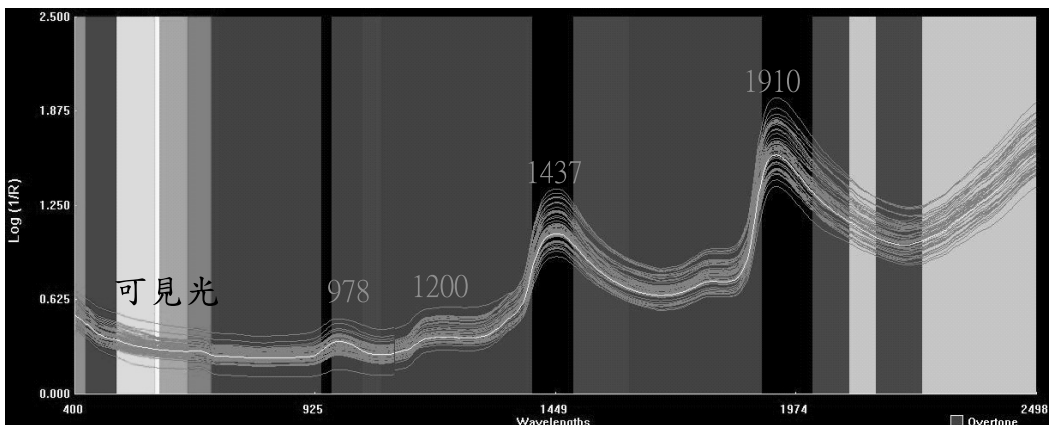


圖 5. 文旦近紅外光原始光譜圖 (不帶皮)

Fig. 5. The near infrared spectroscopy of Pomelo (remove peel)

帶皮文旦及不帶皮文旦的近紅外光譜校正模式由表 2 可知，帶皮文旦糖度的一次微分或二次微分光譜之決定係數（RSQ）都在 0.8 左右，而剝皮後文旦檢測的糖度一次微分或二次微分光譜，其決定係數則可提高至 0.93 以上。而酸度的檢測，不論一次微分或二次微分光譜之決定係數都不高，在 0.2~0.26 間。

表 2. 帶皮與不帶皮文旦柚之近紅外光譜校正模式

Table 2. The model of NIR spectroscopy of Pomelo (with peel and remove peel)

	微分	項目	平均	SD	SEC	RSQ
帶皮文旦	一次微分	糖度	10.9852	0.9952	0.4408	0.8038
	一次微分	酸度	0.4272	0.0643	0.0566	0.2232
帶皮文旦	二次微分	糖度	10.9852	0.9952	0.4164	0.8249
	二次微分	酸度	0.4272	0.0643	0.0551	0.2664
不帶皮文旦	一次微分	糖度	11.0145	1.1671	0.3070	0.9308
	一次微分	酸度	0.4274	0.0656	0.0586	0.2006
不帶皮文旦	二次微分	糖度	11.0509	1.1724	0.1732	0.9782
	二次微分	酸度	0.4274	0.0656	0.0575	0.2326

文旦榨取汁液後，利用不同厚度的 Liquid Cuvettes 所量得的近紅外光譜圖，如圖 6、7、8 顯示。當 Liquid Cuvettes 越厚，即光線穿透文旦汁液的路徑越長，則光譜值在 1449 及 1974 nm 處的吸收波峰越大。由分析結果顯示，文旦汁液在 1 mm、2 mm、4 mm Cuvettes 時，糖度與一次微分或二次微分光譜決定係數（RSQ）皆在 0.97 以上，且以 2 mm Cuvettes 時為最佳，其與一次微分光譜和二次微分光譜之決定係數分別為 0.9788 及 0.9926。而酸度與一次微分或二次微分光譜決定係數（RSQ），則以 1 mm Cuvettes 時最佳，其與一次微分光譜或二次微分光譜之決定係數分別為 0.8175 及 0.7985。

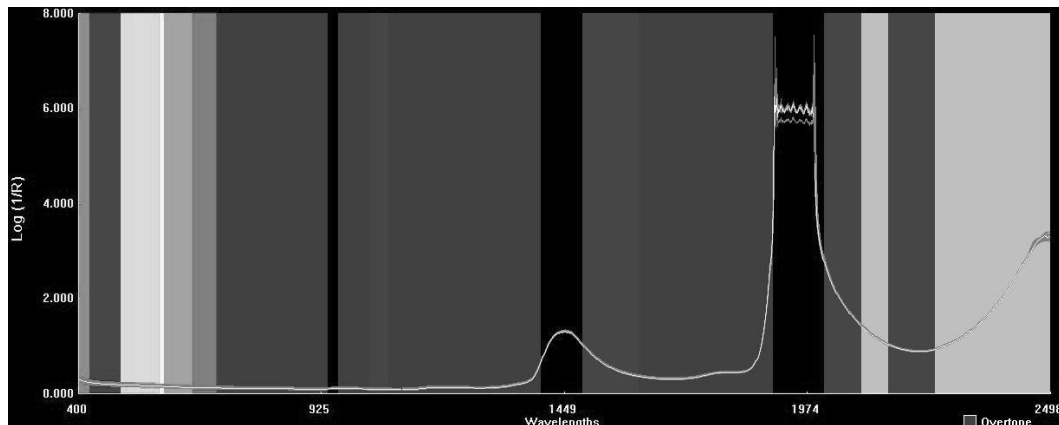


圖 6. 文旦汁液光譜圖 (Liquid Cuvettes 1mm)

Fig. 6. The NIR spectroscopy of Pomelo juice (Liquid Cuvettes 1mm)

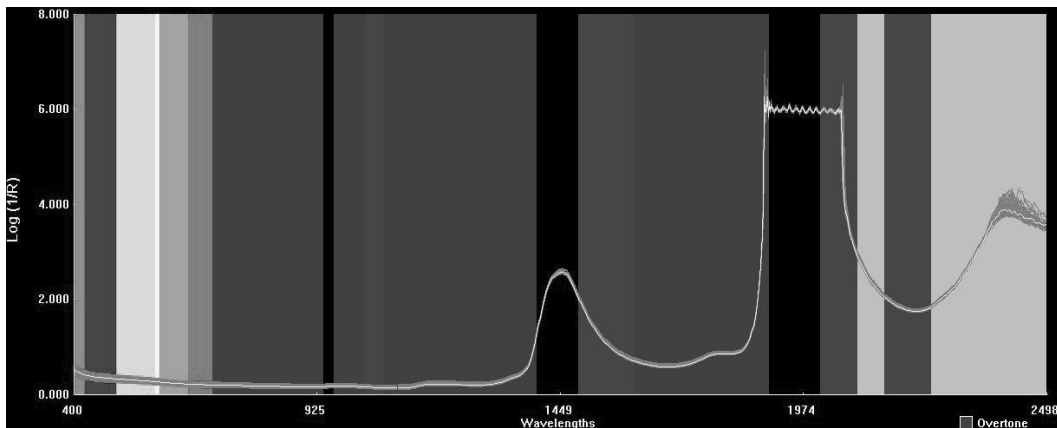


圖 7. 文旦汁液光譜圖 (Liquid Cuvettes 2mm)  
 Fig. 7. The NIR spectroscopy of Pomelo juice (Liquid Cuvettes 2mm)

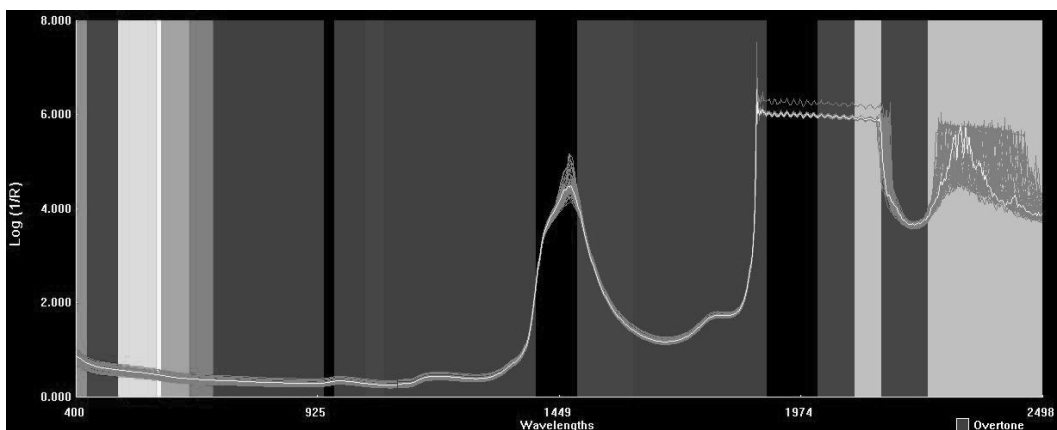


圖 8. 文旦汁液光譜圖 (Liquid Cuvettes 4mm)  
 Fig. 8. The NIR spectroscopy of Pomelo juice (Liquid Cuvettes 4mm)

### 三、文旦採收貯放之後熟變化

文旦採收貯放之後熟期間三顆樣品平均值的糖度及酸度變化情形如圖 9，結果顯示文旦後熟期間隨著貯放時間的增加，其糖度、酸度隨著些微的增加。而後熟期間文旦糖酸比變化情形則如圖 10 顯示，由圖中可知糖酸比約略成二次曲線，採收後隨著貯放時間增加，糖酸比也遞增。在採收後 8~10 天時糖酸比處於曲線峰處，隨後糖酸比則隨著貯放時間又遞減，此結果和民間文旦採收後需置放一個禮拜『消水』後再食用風味較佳相符。惟圖 9 及圖 10 決定係數皆很小 ( $R^2 < < 1$ )，是否可代表文旦採收貯放後熟期間之變化情形仍有待進一步確認。

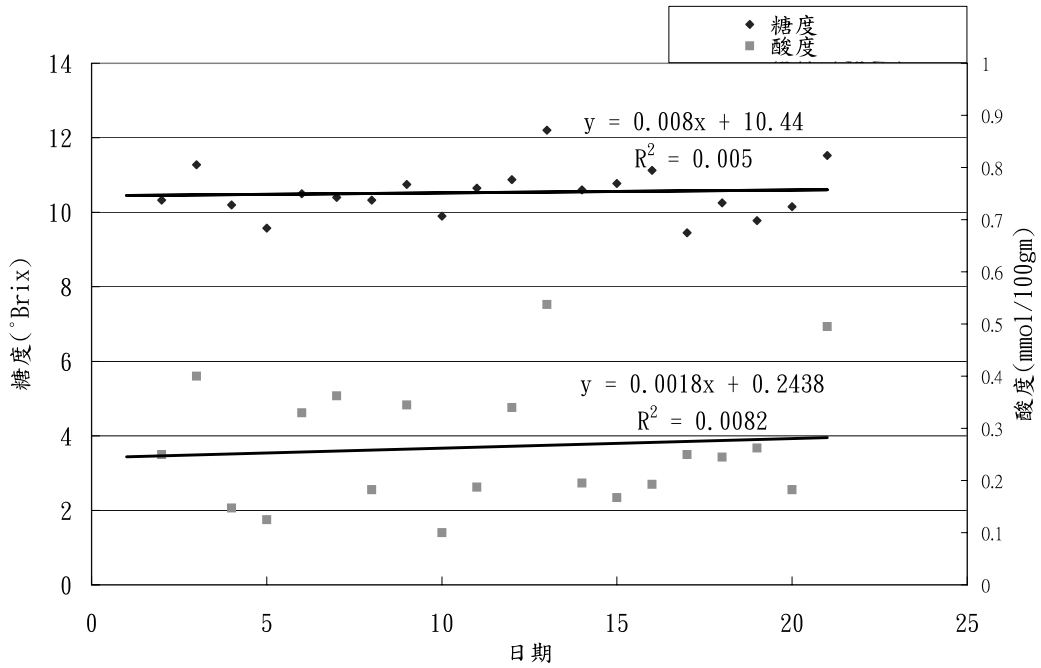


圖 9. 文旦後熟期間糖度及酸度變化情形

Fig. 9. The total sugar content and acidity changes during after-ripening for Pomelo

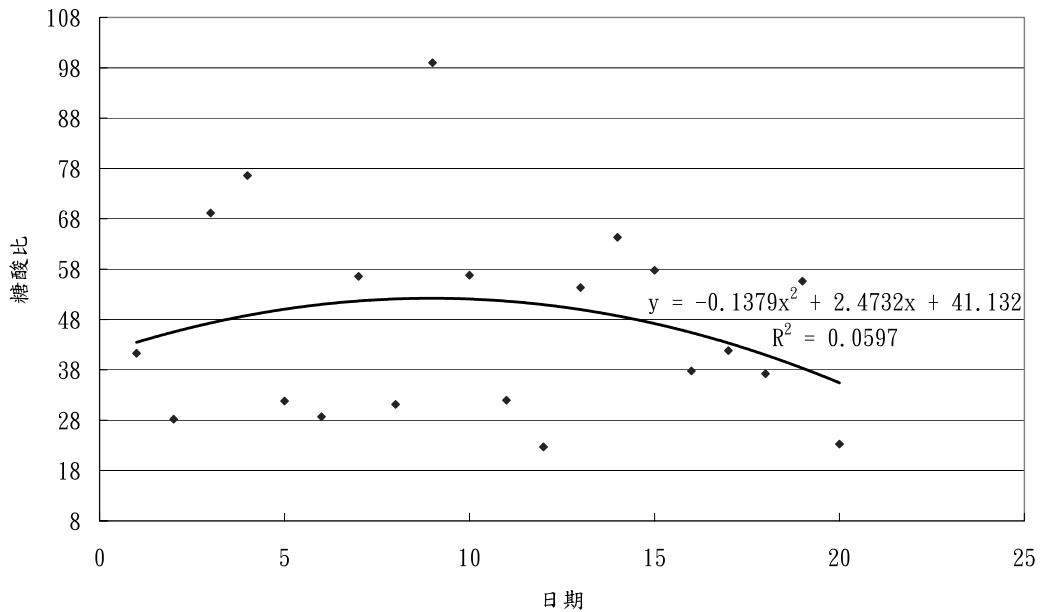


圖 10. 文旦後熟期間糖酸比變化情形

Fig. 10. The total sugar content-acidity ratio changes during after-ripening for Pomelo



## 結 論

- 一、各地區文旦糖度分佈於 8~15 度間，而酸度則多介於 0.3~0.6 間。糖酸比（糖度／酸度）變化情形顯示，同一地區同土壤性質，文旦果實之糖酸比似乎較接近。
- 二、果皮厚度以麻豆地區文旦皮較薄。
- 三、帶皮及不帶皮文旦近紅外光譜圖，二者皆在 1437 及 1950 nm 處有明顯的吸收波峰，而在 978 及 1200 nm 處有些微起伏的吸收波峰。帶皮文旦糖度的一次微分或二次微分光譜之決定係數（RSQ）都在 0.8 左右，而剝皮後文旦檢測的糖度一次微分或二次微分光譜，其決定係數則可提高至 0.93 以上。
- 四、文旦汁液在 1、2、4 mm 之液體樣品槽時，糖度與一次微分或二次微分光譜決定係數（RSQ）皆在 0.97 以上。
- 五、文旦榨汁後糖度與近紅外光譜圖決定係數較高，但如要發展非破壞性文旦品質檢測設備，仍要朝帶皮文旦檢測發展與量測技術突破。
- 六、文旦柚的後熟過程中，果實之糖度及酸度隨著貯放日期逐漸些微增加，而糖酸比則先增後降。

## 誌 謝

感謝麻豆鎮農會、斗六市農會、瑞穗鄉農會協助不同產區文旦採購，使試驗得以順利進行。

## 引用文獻

1. 邱鶴園。1999。近紅外光應用於芒果內部品質分析之研究。碩士論文。台北：台灣大學農業機械工程研究所。
2. 河野吉秀。1993。近赤外分光分析法應用於熱帶果實之內部品質判定。第 52 回農業機械學會年次大會，p.455-456。
3. 陳致平。1997。以近紅外線分光光度計偵測梨的品質。碩士論文。台北：台灣大學農業機械工程研究所。
4. 張文宏。1999。水果品質檢測模式之研究。博士論文。台北：台灣大學農業機械工程研究所。
6. 經濟部中央標準局。1989。中國國家標準 CNS（12570）酸度之測定。
7. Tanabe, T., Kohda, Y. and Akinaga, T. 1995. Fundamental studies on NIR technique for measurement of internal quality of pineapple and mangoes grown on Okinawa. In” Proceedings of ARBIP95”, 109-115. Kobe.Japan.
8. Williams, P. and K. Norris. 1987. Near-infrared Technology in the Agriculture and Food Industries. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc.

# The Analysis of Pomelo Quality<sup>1</sup>

Lin, T. C., J. J. Cheng, J. Y. Chung and C. F. Yang<sup>2</sup>

## Abstract

The total sugar content of Pomelo product from different area are between 10 and 12 °Brix. The total acidity of Pomelo product from different areas is between 0.3 and 0.6 mmol/100gm. The Pomelo product from near area has similar sugar acidity ratio. The Pomelo product from Madou has thinner peel. There are peaks at 1437, 1950, 978 and 1200 nm in near infrared spectroscopy of Pomelo. The coefficients of determination, RSQ, for first derivative spectra and second derivative spectra for the sugar of Pomelo with peel are around 0.8. The coefficients of determination for first derivative spectra and second derivative spectra for the sugar of Pomelo which is removed peel are over 0.93. The coefficients of determination of first derivative spectra and second derivative spectra for the sugar of Pomelo juice are over 0.97. The total sugar content and acidity of Pomelo are little increasing during after-ripening.

**Key words :** NIR spectroscopy, Pomelo, Fruit Quality

Accepted for publication : November 3, 2010

---

1. Contribution No.376 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture.

2. Assistant researcher, Researcher, Associate researcher, and Assistant researcher, respectively, Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture.