

# 非破壞厚皮水果糖度測定儀之研發<sup>1</sup>

李汪盛<sup>2</sup>

## 摘 要

本研究旨在開發一種適用於厚皮水果糖度及重量檢測之設備，該機由本體、糖度檢測、重量檢測、顯示及計價等單元組合而成，操作容易，使用者僅需按鍵即可完成水果糖度判別及標籤列印。以網紋香瓜測試糖度檢測性能，判定係數達 0.8，每一顆水果檢測時間約 4 秒，每小時可檢測 900 顆水果。本儀器適用於厚皮水果糖度分級，可取代市售攜帶型水果糖度檢測儀。

關鍵詞：雷射二極體、厚皮水果、糖度

## 前 言

傳統水果糖度檢測方式必須破壞水果進行榨汁，然後將果汁滴入屈折計（Brix meter）中量測水果糖度，此種量測方法，因為必須破壞水果，所以僅能進行抽測，因是取樣檢測仍有品質不均的問題，無法取信於消費者。

近年來非破壞水果糖度檢測技術蓬勃發展，如日本方面山田（2008）、玉野（2009）及伊藤（2007）分別利用近紅外光技術開發水果選別裝置及果菜類糖度測定裝置及方法；Kurata 等（2013）利用近紅外光技術開發葡萄柚非破壞品質檢測；Abbaszadeh 等（2013）利用雷射多普勒測振儀（Laser Doppler vibrometer；LDV）非破壞量測西瓜糖度、酸度及糖酸比；Aoki 等（1996）、Jie 等（2013）及 Jie 等（2014）利用高瓦數鹵素光源進行擴散穿透式近紅外光技術開發西瓜及網紋香瓜糖度檢測儀器；Sun 等（2010）針對以往有關西瓜及網紋香瓜內部品質研究進行整理。中國方面王等（2008）利用可見近紅外能量光譜鑒別蘋果褐腐病及水心病；劉等（2010）以 LED 組合光源

---

<sup>1</sup> 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 481 號。

<sup>2</sup> 桃園區農業改良場副研究員(通訊作者，wslee@tydais.gov.tw)。

完成水晶梨可溶性固形物及大小線上檢測。台灣方面林 (2001) 應用近紅外光檢測技術於蓮霧及木瓜內部品質檢測；區等 (1997)、陳等 (1999) 及陳等 (2000) 分別以近紅外光技術檢測椪柑品質、分析蓮霧之糖度及葡萄糖酸度之研究。另外如 Clark 等 (2003)、Irawan 等 (1995)、McGlone 等 (1998)、Shao 等 (2007)、Tanabe 等 (1995) 亦分別利用近紅外光檢測技術應用於奇異果、蘋果、鳳梨、芒果及月桂果內部品質檢測，成果豐碩。以上大部分僅限於實驗階段之非破壞性品質檢測，無法應用於快速檢測需求；目前雖有相關非破壞糖度檢測設備製售，如住友金屬礦業有限公司 (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.)、久保田株式會社 (Kubota Corporation)、FANTEC 有限公司 (FANTEC Co., Ltd.)、精機株式會社 (Seiki Co., Ltd.) 及薩克米機械設備有限公司 (SACMI Machinery Equipment Co., Ltd.)，惟此方面技術被視為商業機密並未對外公佈，且售價及維護費用高，國內一般農會、青果社及產銷班幾乎無力採購，推廣不易。

目前國內使用之攜帶型水果糖度檢測儀，僅能檢測薄皮類水果，且悉由日本進口，售價新台幣 30 至 100 萬元，因穿透能量不足，故無法應用於厚皮水果之糖度檢測。因此，本研究針對厚皮水果如網紋香瓜，開發非破壞厚皮水果糖度測定儀，提供國內一般農會、青果社及產銷班使用，落實水果分級，解決引進國外機種高價格及維修困難等問題。

## 材料與方法

### 一、材料

2009 年 12 月市售網紋香瓜 50 顆。

### 二、試驗方法

#### (一) 網紋香瓜光譜量測

以白色鐵氟龍為白板，取得反射光譜之參考值。將水果置於非破壞厚皮水果糖度測定儀之水果座上，進行光譜掃描，掃描位置為網紋香瓜中間部分，掃描波長範圍 700 nm-1,160 nm。

#### (二) 網紋香瓜糖度分析

將近紅外光分光光度計掃描過之樣品，以榨汁機榨汁，以滴管吸取一滴果汁滴於

屈折計上測定糖度 ( $^{\circ}\text{Bx}$ )，2 重覆。若兩次之誤差值超過 5%，則再分析一次。分析值取較接近平均值者為糖度含量。

### (三) 網紋香瓜糖度校正線建立

結合光譜及糖度值，利用統計分析方法建立非破壞厚皮水果糖度測定儀糖度校正方程式。

## 結果與討論

### 一、硬體架構及控制軟體之設計與開發

本研究著重於硬體架構及控制軟體之設計與開發，本系統是由本體、糖度檢測、重量檢測、控制裝置、顯示裝置、計價及標籤列印裝置等單元組合而成，如圖 1 所示，分述如下：

#### (一) 本體

銚大科技股份有限公司設計製造，以鋼板成型焊接而成，再進行烤漆製成。

#### (二) 糖度檢測單元

主要構造包括雷射發射端及雷射接收端等零組件。

- 雷射發射端：雷射二極體，輸入電流 1,000 mA，輸入電壓 1 V，波長範圍 780-1,050 nm 內共計選擇 6 個不同波長的雷射二極體組成發光光源。另於每組雷射二極體上端設置一組準直透鏡，準直透鏡與垂直線夾角為  $45^{\circ}$ ，準直透鏡主要功用為校正雷射二極體發光圖形由橢圓形修正為近似圓形以減少雷射光發散而降低能量。
- 雷射接收端：使用吸收波長為 400-1,050 nm 之光二極體，代替傳統使用之分光光度計以節省感測器費用。另於光二極體上端設置一個聚光鏡（透鏡）將雷射光聚光於水果表面，經過特別設計之聚光鏡可以收集進入水果內部的擴散反射光的訊號。
- 固定盤：自行設計及製造鋁製固定盤，用以固定雷射發射端及雷射接收端。
- 調整螺絲：用於調整固定盤高度。

#### (三) 重量檢測單元

主要構造包括重量感應器及水果座等零組件。

1. 重量感應器：晨嘉自動化股份有限公司設計製造，以負荷元（Load cell）為重

量感測元件，誤差 $\pm 1$  g。

2. 水果座：自行設計製造，PE 材質，水果座與本體表面間隙 3 mm。

3. 支撐架：支撐水果座用，支撐架下方連接重量感應器。

#### (四) 控制裝置

包括控制器及控制按鍵。控制器採用微處理器為控制核心，以 8051 程式語言自行研究開發韌體及分析軟體，控制按鍵係用於不同水果糖度校正線選擇。

#### (五) 顯示裝置

LCD 液晶顯示螢幕，用於顯示糖度、重量、等級、價格及控制參數等資訊。

#### (六) 計價單元

包括計價控制單元及輸入鍵盤等組件，輸入鍵盤用於設定等級及價格資料，計價控制單元則負責將資訊儲存於記憶體供控制裝置分析軟體使用。

#### (七) 標籤列印裝置

GODEX 條碼機，型號 EZ2-Plus。

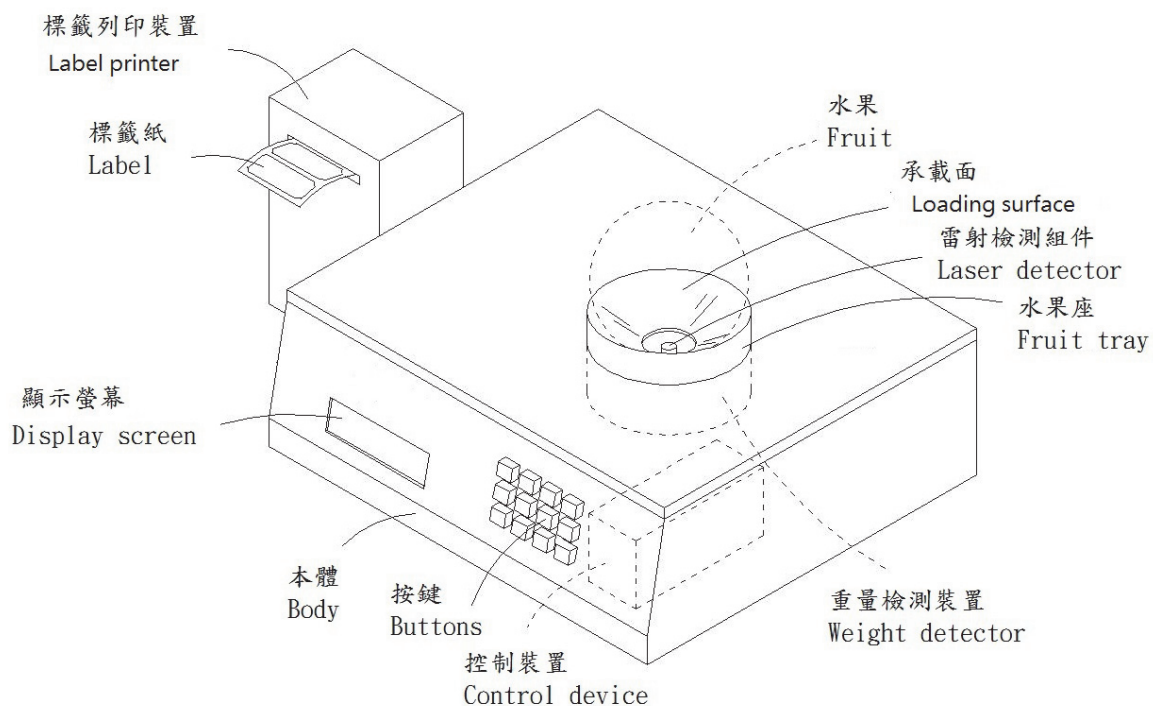


圖 1. 非破壞厚皮水果糖度測定儀示意圖。

Fig. 1. Schematic of nondestructive sugar content measuring apparatus for thick-rind fruit.

非破壞厚皮水果糖度測定儀包括本體、糖度檢測裝置、重量檢測裝置、顯示裝置、控制裝置、計價及標籤列印裝置等。其中本體主要由鋼板所製成，而糖度檢測裝置、重量檢測裝置、顯示裝置、計價及控制裝置均設置於本體上，且控制裝置分別與糖度檢測裝置、重量檢測裝置及顯示裝置連結。標籤列印裝置配置於本體之旁側處，透過 RS232 與控制裝置進行連接，在接收到控制裝置所傳送之糖度、重量、分級及價格等資訊後，將資訊直接輸出列印於標籤紙。使用者可即時將檢測資訊直接貼附於受檢測的水果上，以達到即時檢測及記錄的目的。

圖 2 為非破壞厚皮水果糖度測定儀之糖度檢測裝置示意圖。糖度檢測裝置設置於本體中，係雷射檢測組件，用以對待檢測水果進行雷射檢測，設置於水果座下方，而雷射檢測組件包括雷射發射端、雷射接收端及固定盤。其中，雷射發射端與雷射接收端均設置於固定盤上，藉由調整螺絲固定於本體底部，使整組雷射檢測組件不與水果座或重量檢測裝置接觸而互相干擾；雷射接收端位於水果座之中心處，於雷射接收端上端設置聚光鏡，利用聚光鏡放大雷射光吸收訊號，雷射發射端則位於雷射接收端之旁側，呈圓形排列；在圓弧上每隔  $60^\circ$  設置一個雷射二極體，共設置 6 個，並於每組雷射二極體上端設置一組準直透鏡，以校正雷射二極體發光圖形由橢圓形修正為近似圓形。

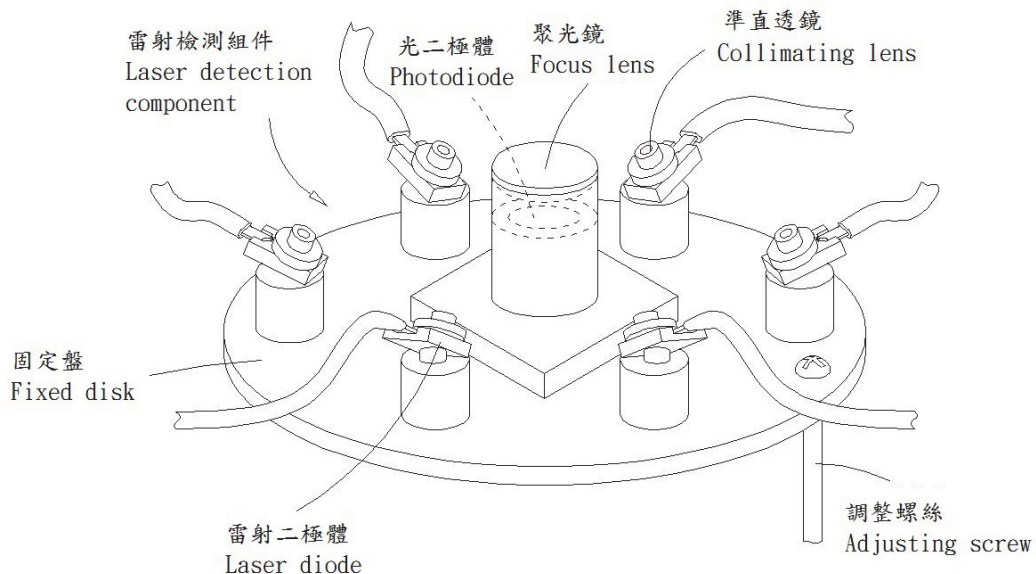


圖 2. 非破壞厚皮水果糖度測定儀之糖度檢測裝置示意圖。

Fig. 2. Schematic of sugar content inspecting device of nondestructive sugar content measuring apparatus for thick-rind fruit.

圖 3 為本儀器重量檢測裝置之剖面示意圖。重量檢測裝置包括水果座、負荷元及支撐架。水果座與本體表面間隙 3 mm，水果座包括一個承載面，藉以供待檢測水果放置，承載面採弧面設計，使水果固定於水果座，且該水果座係位於糖度檢測裝置上方，並固定於重量檢測裝置上。負荷元係騰空設置於本體底部並位於雷射檢測組件下方，支撐架之中央固定於重量感應器上，而另一端則與水果座抵接，並且因整組重量檢測裝置與雷射檢測組件無直接接觸，故不會相互影響而產生誤差。在待檢測水果放置於水果座時，水果座即形成受力而朝向重量感應器壓迫，此時即會產生一個電子訊號，並傳送至控制裝置，經由運算得知待測物之重量。

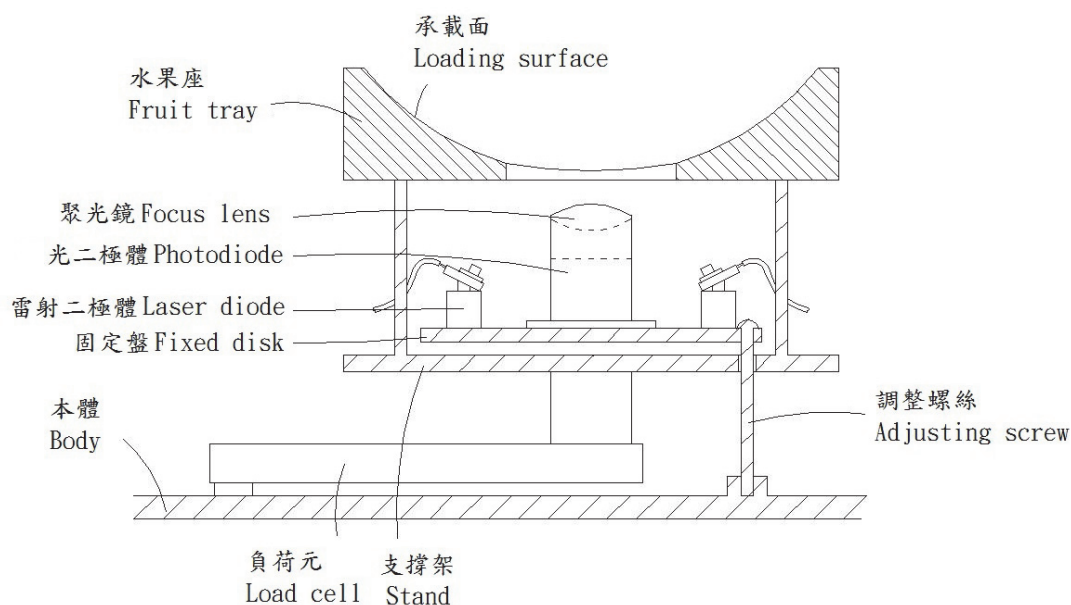


圖 3. 非破壞厚皮水果糖度測定儀之重量檢測裝置立體示意圖。

Fig. 3. Profile of weighting device of nondestructive sugar content measuring apparatus for thick-rind fruit.

顯示裝置係設置於本體上，用於顯示糖度、重量、等級、價格及控制參數等資訊。控制裝置包括控制器及控制按鍵，其中控制按鍵係位於本體上，且與控制器連結，可用於輸入不同水果糖度校正線選擇參數至控制器，使用者僅需依不同待檢測水果按壓不同的控制按鍵，即可進行不同水果糖度量測；而控制器則位於本體內部，並分別與糖度檢測裝置、重量檢測裝置及顯示裝置連結，用於接收、處理、運算及輸出相關控制訊號。

綜上所述，藉由非破壞厚皮水果糖度測定儀上之糖度檢測裝置及重量檢測裝置，可同時測量待測水果的糖度及重量，結合計價單元之等級及價格資料，經由顯示裝置直接顯示，再經由標籤列印裝置列印在標籤紙上，使用者可即時將檢測的資訊直接貼附於受檢測的水果上，以達到即時檢測即時記錄的目的。

## 二、非破壞厚皮水果糖度測定儀整合及測試

利用本體、糖度檢測裝置、重量檢測裝置、顯示裝置、控制裝置、計價及標籤列印裝置等零組件進行整合並開發控制軟體，完成非破壞厚皮水果糖度及重量測定儀研發，其外觀如圖 4 所示。糖度檢測主要原理係藉由控制裝置之電子開關依序驅動雷射二極體發光並配合光二極體的光電轉換，完成所有波長的光譜量測，再利用統計迴歸分析法，計算出糖度值。糖度檢測單元如圖 5，由於不使用分光光度計進行分光，可大幅降低生產成本。控制裝置硬體如圖 6，控制器採用 8051 微處理器為控制核心，控制軟體及糖度計算程式由本場自行研究開發，控制裝置可藉由 RS232 介面與電腦進行控制資料輸入設定或光譜資料及分級資料輸出通訊，電腦控制軟體操作介面如圖 7。雷射電流調整控制表單如圖 8。雷射接收端頂部與水果座底部距離 8 cm，光線照射水果後其內部擴散反射光，經由聚光鏡聚光於光二極體進行光電轉換後，再將訊號傳送至控制裝置進行處理分析。

非破壞厚皮水果糖度測定儀為本場自行開發並取得美國 US 7,911,597 B2 檢測機發明專利。當水果座置入水果並按下量測按鈕時，觸發控制裝置進行光譜取樣，取樣光譜值與糖度校正線經過數學公式計算後所得到值即為糖度值，再經程式運算，將糖度值區分為"微甜"、"甜"、"特甜"等三個等級，三個等級之區分可由使用者自行設定。計價單元包括計價控制單元（如圖 9）及輸入鍵盤（如圖 10）等組件。輸入鍵盤用於設定等級及價格資料，水果價格輸入可透過本體背面 11 鍵之鍵盤輸入糖度及價格資料，輸入控制碼格式如 \*11109055044033# 共計 16 個字元，其中 \* 開始字元，1 水果代號，11 甜度上限 ( $^{\circ}\text{Bx}$ )，09 甜度下限 ( $^{\circ}\text{Bx}$ )，055 高於上限價格 (NT\$)，044 介於上下限之間的價格 (NT\$)，033 低於下限的價格 (NT\$)，# 結束字元。計價控制單元則負責將計價資訊儲存於記憶體供控制裝置分析軟體使用，標籤列印如圖 11。本儀器另設有光電保護裝置以防止雷射二極體在水果座無水果時激發造成人體傷害。

破壞厚皮水果糖度測定儀可用於果皮厚度 10 cm 以內之水果，如網紋香瓜糖度判別。本儀器應用雷射光技術判別糖度，代替傳統的人工選別，因此，同一等級的產品，

糖度整齊均一，「用電腦選的包甜水果」，將可解決消費者購買時「甜不甜」的心中疑慮，經以網紋香瓜水果進行測試，判定係數達 0.8，每一顆水果檢測時間約 4 秒，即每小時可檢測 900 顆水果，糖度及重量量測誤差分別為 $\pm 1.0^{\circ}\text{Bx}$  及 $\pm 1\text{ g}$ 。目前國內使用之攜帶型水果糖度檢測儀，僅能檢測薄皮類水果；相較之下本場研發之新儀器採用窄頻之雷射二極體為光源（6 顆雷射二極體量產價格約 1 萬元），因為不使用高價之分光光度計（約 15-20 萬元），可以大幅降低生產成本，具市場競爭力。



圖 4. 非破壞厚皮水果糖度及重量測定儀外觀

Fig.4. View of a sugar content and weight measuring apparatus for thick-rind fruits.



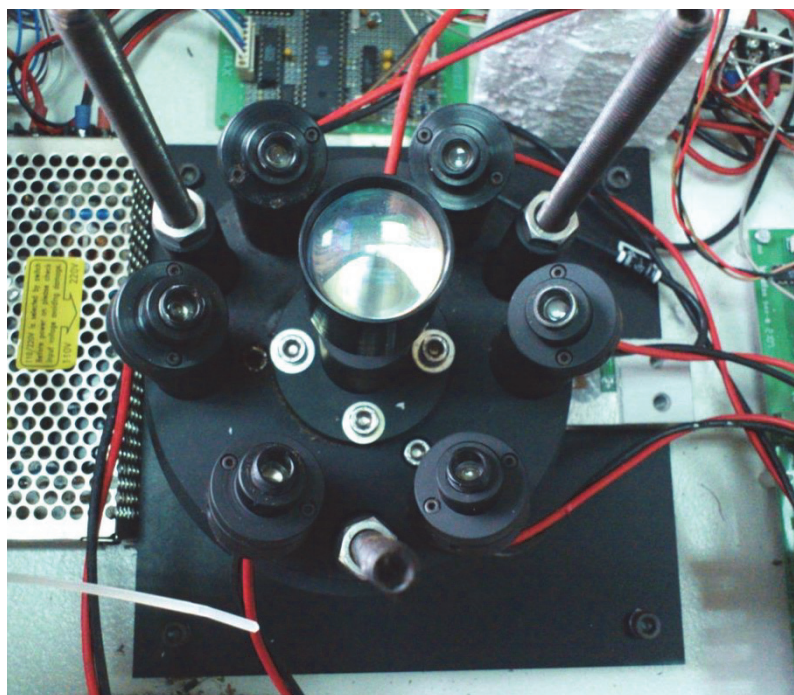


圖 5. 糖度檢測單元外觀

Fig. 5. View of sugar content measuring device.

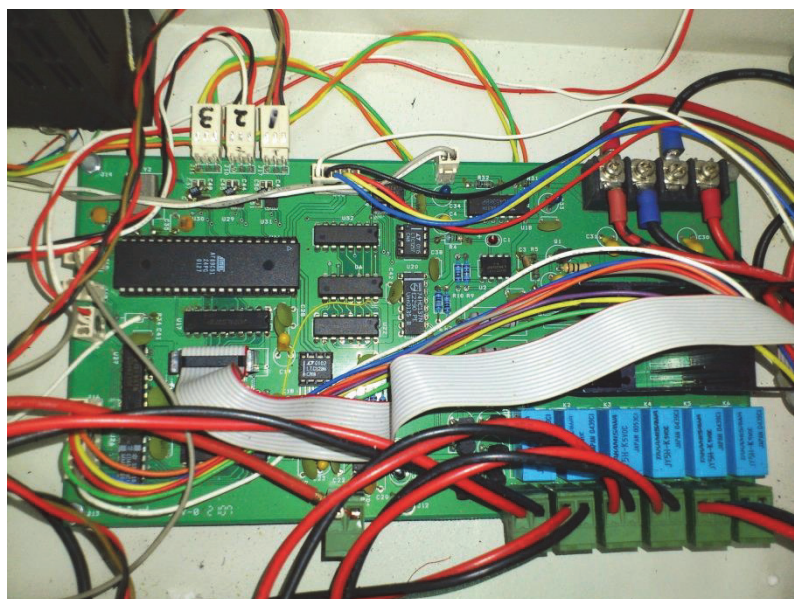


圖 6. 控制裝置硬體外觀

Fig.6. View of control hardware.

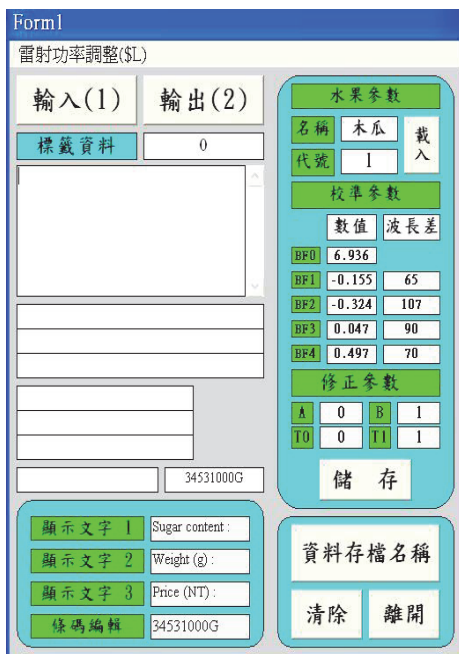


圖 7. 電腦控制軟體操作介面

Fig. 7. Interface of the control software of computer.



圖 8. 雷射電流調整控制表單

Fig. 8. Interface of laser diode current control.

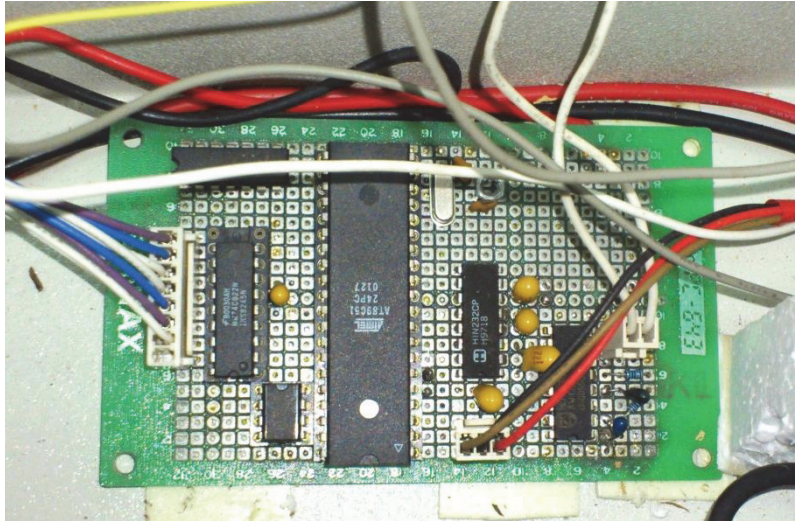


圖 9. 計價控制單元外觀

Fig. 9. View of Pricing control unit.



圖 10 輸入鍵盤外觀

Fig. 10. View of input keyboard.



圖 11. 計價標籤外觀

Fig. 11. View of pricing label.

## 結 論

應用雷射二極體為光源並以光二極體為感測元件取代傳統非破壞糖度計使用之分光光度計，完成非破壞厚皮水果糖度測定儀之研發。該機由本體、糖度檢測、重量檢測、顯示及計價等單元組合而成，操作容易，使用者僅需按鍵即可完成水果糖度判別及標籤列印。經以網紋香瓜測試糖度檢測性能，判定係數達 0.8，每一顆水果檢測時間約 4 秒，每小時可檢測 900 顆水果。相較之下本場研發之新儀器則可應用於厚皮水果糖度分級，具市場競爭力。

## 參考文獻

- 山田久也。2008。青果物選別裝置。日本公開特許公報。特開 2008-212874A。
- 王加華、孫旭東、潘璐、孫謙、韓東海。2008。基於可見近紅外能量光譜的蘋果褐腐病和水心鑒別。光譜學與光譜分析 28(9):2098-2102。
- 玉野河保。2009。果菜類糖度測定裝置及方法。日本公開特許公報。特開 2009-98033。
- 伊藤秀和。2007。近紅外光分光法網文香瓜品質非破壞量測法開發。野菜茶業研究所研究報告 6:83-115。
- 林育菁。2001。蓮霧及木瓜內部品質之近紅外光檢測。台北。國立臺灣大學生物產業機電工程學研究所碩士論文。
- 區少梅、林聖敦、林添立、吳松杰、田美純。1997。近紅外線光譜技術分析椪柑品質相關成分之研究。中國農業化學會誌 35(4):462-474。
- 陳文誠、謝俊夫、謝欽城。1999。以近紅外光光譜分析蓮霧之糖度。88 年農業機械論文發表會論文摘要集 p.105-106。國立嘉義技術學院編印。
- 陳加增、陳世銘、楊宜璋、黃峻吉。2000。以近紅外光技術檢測葡萄糖酸度之研究。89 年農業機械論文發表會論文摘要集 p.113-114。國立屏東科技大學編印。
- 劉燕德、彭彥穎、高榮傑、孫旭東、郝勇。2010。基于 LED 組合光源的水晶梨可溶性固形物和大小在線檢測。農業工程學報 26(11):338-343。
- Abbaszadeh, R., A. Rajabipour, H. Ahmadi, M.J. Mahjoob, and M. Delshad. 2013. Prediction of watermelon quality based on vibration spectrum. *Postharvest Biology and Technology* 86:291-293.
- Aoki, H., Y. Kouno, K. Matumoto, T. Mizuno, and H. Maeda. 1996. Nondestructive determination of sugar content in melon and watermelon using near infrared (NIR) transmittance. In: *Vijiaysegaran, S., M. Pauziah, M.S. Mohamed, and S. Ahmad, (Eds.), International Conference on Tropical Fruit. Malaysia Agricultural Research and Development Institute, Kuala Lumpur, Malaysia, p.207-218.*
- Clark, C.J., V.A. McGlone, and R.B. Jordan. 2003. Detection of brownheart in 'Braeburn' apple by transmission NIR spectroscopy. *Bioengineering Technologies, Postharvest Biology and Technology* 28:87-96.
- Irawan, R. S., Y. Ikeda, and T. Nishizu. 1995. Determination of individual sugars and acid

- content in apple by NIRS. In: Proceedings of ARBIP95, Kobe. Japan. p.103-108.
- Jie, D.F., L.J. Xie, X.P. Fu, X.Q. Rao, and Y.B. Ying. 2013. Variable selection for partial leastsquares analysis of soluble solids content in watermelon using near-infrared diffuse transmission technique. *J. Food Eng.* 118:387-392.
- Jie, D.F., L.J. Xie, X.Q. Rao, and Y.B. Ying. 2014. Using visible and near infrared diffuse transmittance technique to predict soluble solids content of watermelon in an on-line detection system. *Postharvest Biology and Technology* 90:1-6.
- Kurata, Y., T. Tomoe, and T. Satoru. 2013. Time-of-flight near-infrared spectroscopy for nondestructive measurement of internal quality in grapefruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 138(3):225-228.
- McGlone, V. A. and S. Kawano. 1998. Firmness, dry-matter and soluble solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 13:131-141.
- Shao, Y. N. and Y. He. 2007. Nondestructive measurement of the internal quality of bayberry juice using Vis/NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 79:1015-1019.
- Sun, T., K. Huang, H.R. Xu, and Y.B. Ying. 2010. Research advances in nondestructive determination of internal quality in watermelon/melon: a review. *J. Food Eng.* 100, p.569-577.
- Tanabe, T., Y. Kohda, and T. Akinaga. 1995. Fundamental studies on NIR technique for measurement of internal quality of pineapple and mangoes grown on Okinawa. In: Proceedings of ARBIP95, p.109-115. Kobe. Japan.

# Development of a Sugar Content and Weight Measuring Apparatus for Thick-Rind Fruits<sup>1</sup>

Wang-Sheng Li<sup>2</sup>

## Abstract

This study aims to develop a sugar content and weight measuring apparatus for thick-rind fruits. The instrument consists of body, sugar content measuring device, weight measuring device, display and pricing units. It is easy to operate by users and the sugar content of fruit can be determined and then the label is printed. The determination coefficient of measuring sugar content for melon is 0.8. The measuring time is about four seconds, which can detect 900 fruits per hour. The instrument is suited for sugar content grading of thick-rind fruit and can replaced commercialized portable brix meter for fruits.

Key words: laser diode, thick-rind fruit, sugar content

---

<sup>1</sup>. Contribution No.481 from Taoyuan DARES, COA.

<sup>2</sup>. Associate Researcher (Corresponding author, wslee@tydais.gov.tw), Taoyuan DARES, COA.