

定距式水果糖度及重量分級機之研發¹

李汪盛²

摘要

本研究旨在開發定距式水果糖度及重量分級機，應用近紅外光分光光度計，並配合定距式水果排列裝置及重量式分級機，完成水果糖度檢測及重量分級。本系統是由分光光度計、鹵素光源、光纖、控制電腦、定距式水果排列裝置及重量式分級機等設備組合而成，經以新興梨及芒果進行測試，分級速度每分鐘可達 90 個以上，重量量測誤差 1.2%，糖度量測標準差分別為 0.5 及 0.6 °Bx。本機適用於果皮厚度 0.8 cm 以內之水果分級。

關鍵詞：分級機、近紅外光分光光度計、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中量測水果糖度，此種測量方法，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，如日本伊藤（2007）、山田（2008）及玉野（2009）分別利用近紅外光技術開發青果物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。中國王等（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 組合光源完成水晶梨可溶性固形物及大小線上檢測。台灣林（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 Irawan

¹ 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究報告第 472 號。

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

等(1995)、Tanabe 等(1995)、McGlone 等(1998)、Clark 等(2003)、Shao 等(2007)亦分別利用近紅外光檢測技術於奇異果、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、非破壞性線上檢測之需求；日本及韓國方面雖有相關線上型檢測機種生產，惟此方面技術被視為商業機密並未對外公佈，且售價約新台幣 4,000-5,000 萬元，維護費每年約需 50 萬元，國內一般農會、青果社及產銷班幾乎無力採購，推廣不易；因此，本研究針對國產高價水果如梨及芒果等水果，開發定距式水果糖度及重量分級機，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

2010 年 6 月及 8 月屏東枋山地區農會加祿辦事處及新竹縣新埔鎮農會提供愛文芒果及新興梨各 120 個。

二、試驗方法

- (一) 近紅外光光譜資料擷取：將近紅外光分光光度計安裝於分級系統之輸送帶上，進行新興梨及愛文芒果近紅外光光譜擷取。
 - (1) 以白色鐵氟龍為白板，取得反射光譜之參考值。
 - (2) 將水果置於分級機輸送帶之水果載盤上，以動態方式進行光譜截取，每分鐘測定水果數目約 90 個。掃描位置為梨及芒果中間部分，掃描波長範圍為 200~1,160 nm。
- (二) 新興梨及愛文芒果糖度（可溶性固形物）測定：將近紅外光分光光度計掃描過之樣品，以榨汁機榨汁，以滴管吸取一滴新興梨及愛文芒果果汁滴於屈折計上測定糖度（°Bx），2 重覆。若兩次之誤差值超過 5%，則再分析一次。分析值取較接近的平均值為糖度含量。
- (三) 糖度校正線建立：結合新興梨及愛文芒果光譜及糖度值，利用統計分析方法建立糖度非破壞線上品質檢測校正方程式。

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，該系統是由分光光度計、鹵素光源、光纖、控制電腦、定距式水果排列裝置及重量式分級機等設備組合而成，分述如下：

(一) 分光光度計：荷蘭 Avantes 公司 AvaSpec-ULS2048x16-USB2 分光光度計，此型分光光度計具 2,048 個矽材質之 CCD 元件，使用範圍 200-1,160 nm，如圖 1。

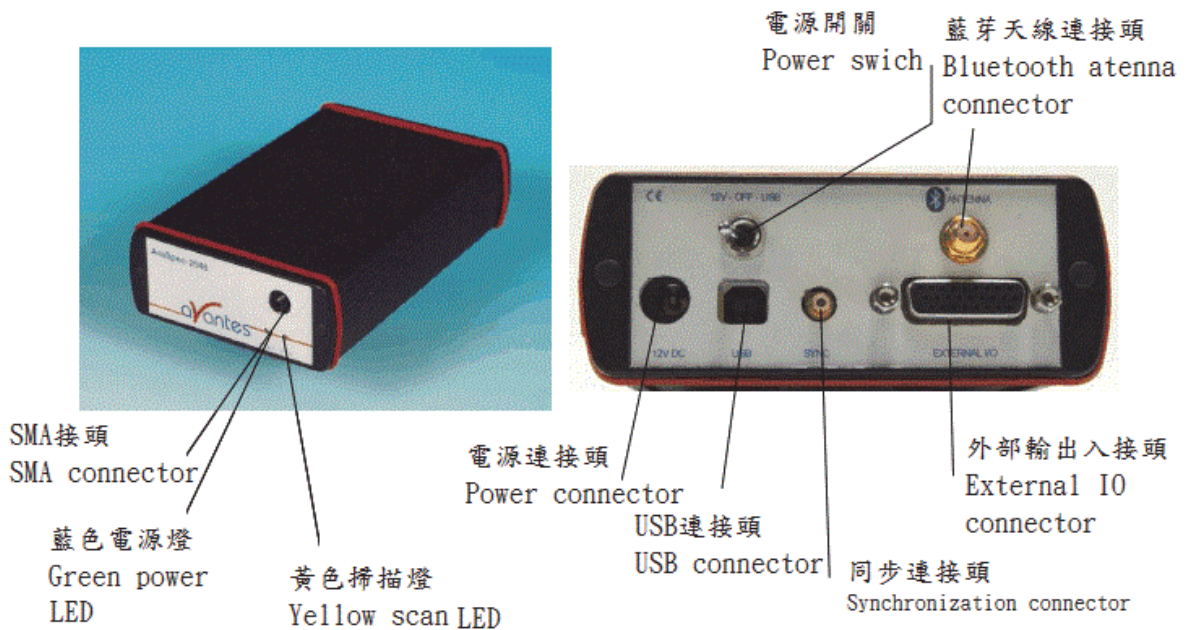


圖 1. 分光光度計外觀 (AvaSpec-ULS2048x16-USB2)

Fig. 1. View of spectrophotometer (AvaSpec-ULS2048x16-USB2)

(二) 鹵素光源機：日本 Moritex 公司型號 MHAA-100W 鹵素光源機。

(三) 近紅外光內部控制軟體：採用 Microsoft Visual Basic 程式語言自行研究開發撰寫分析軟體。

(四) 控制電腦：Pentium IV 等級工業電腦。

(五) 定距式水果排列裝置：

定距式水果排列裝置（圖 2）可根據水果大小自動調整水果與光纖探頭距離以減少距離變化所造成之光譜量測誤差。鹵素光源機與檢測口相對位置如圖 3 所示。定距式水果排列裝置包括水果載盤、皮帶、驅動組件、軌道、隆凸區段、皮帶輪、馬達、防倒裝置、檢測口及惰輪等零組件；其中水果載盤係用以承載受測水果；檢測口係鹵素光源之入射口。防倒裝置係用於皮帶移動時，藉以控制每一個受測水果之外緣與該鹵素光源保持在預定距離範圍之內，不致於因為受測水果之大小不同，而影響糖度檢測的準確性。

水果糖度檢測裝置具有複數個水果載盤，並設有驅動組件用以帶動各水果載盤通過檢測位置；該驅動組件具有一相對設於各水果載盤進出檢測位置行程處的軌道，該軌道設在各水果載盤相對於該鹵素光源另側的行程處，並在該軌道相對於各水果載盤位於檢測位置的行程處有一個用以推頂水果載盤之隆凸區段。當傳送組件帶動各水果載盤通過檢測位置之過程中，即可受該驅動組件之軌道導引，而使各水果載盤位於測檢位置時，配合做一傾斜動作使該水果載盤上的受測水果因盤面傾斜而朝向鹵素光源的方向移動至其外緣，落在防倒裝置上之檢測口，以進行糖度檢測。以及當受測水果完成糖度檢測之後，於各水果載盤離開檢測口時，各水果載盤係受該驅動組件之軌道導引而擺正，使該水果載盤上的受測水果穩固的於水果載盤上，並隨著水果載盤被輸送至預定的位置。

防摩擦裝置係由馬達、皮帶輪、惰輪、皮帶及防倒裝置等組合而成，皮帶係繞設於一組皮帶輪，該組皮帶輪係受一馬達之帶動而運轉，使該皮帶能夠配合水果載盤之移動而沿著預定之路線繞行，且繞行速度與軌道速度相同，以避免受測水果與皮帶產生摩擦損傷。再者，在該皮帶與該鹵素光源之間設有一防倒裝置用以支撐皮帶，使皮帶具一定的穩定度，該防倒裝置並設有一處供檢測光線通過的檢測口；同時於該皮帶之繞行行程處設惰輪，調整皮帶之鬆緊度，並確保皮帶得以沿著預定的路徑繞行，以維持整體水果糖度檢測裝置之正常運作。

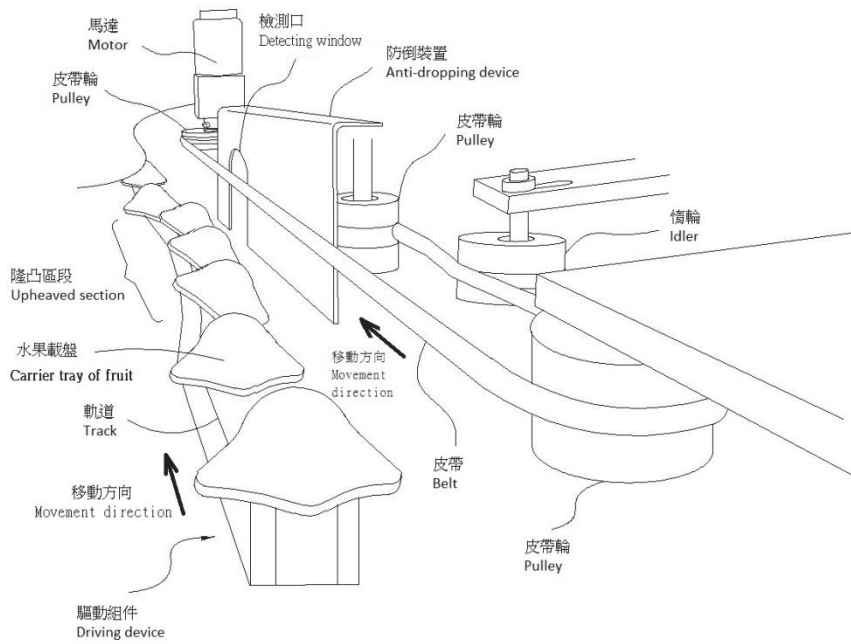


圖 2. 定距式水果排列裝置

Fig. 2. The schematic diagram of fixed distance type fruit arrangement device.

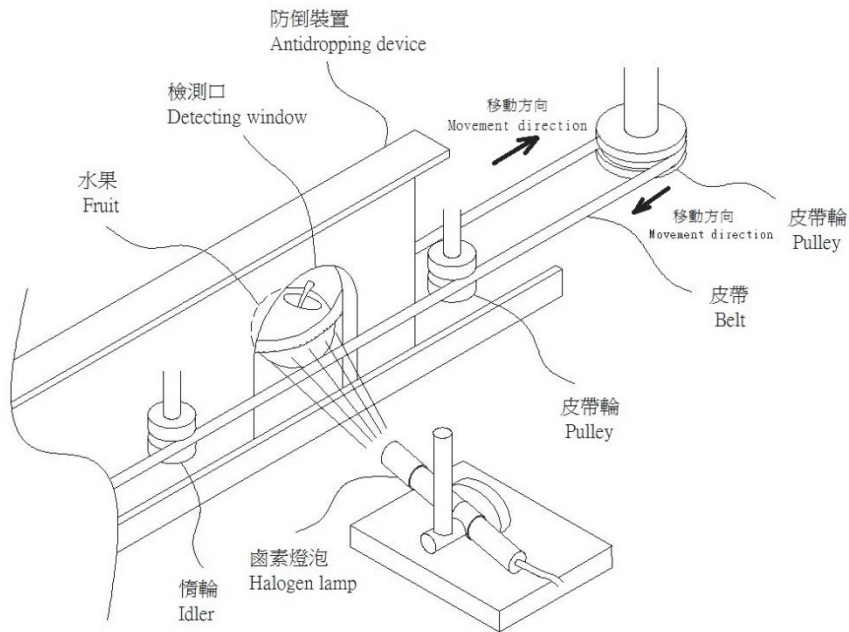


圖 3. 鹵素光源機及檢測口示意圖

Fig. 3. The schematic diagram of halogen light source and detecting window.

(六) 重量式分級機：台南市晨嘉自動化有限公司製造，重量式分級機係依照整合控制電腦所輸出之水果等級訊號進行分級，控制程式採用 Microsoft Visual Basic 程式語言開發，控制電腦為 Pentium IV 等級工業電腦。

二、定距式水果糖度及重量分級機之整合及測試

利用分光光度計、鹵素光源、光纖、控制電腦、定距式水果排列裝置及重量式分級機等零組件進行整合並開發控制軟體，完成定距式水果糖度及重量分級機研發，其外觀如圖 4 所示。近紅外光內部品質部分開發軟體工具為 Microsoft Visual Basic 語言，控制及操作介面如圖 5，水果載盤可利用隆起軌道（如圖 2 之隆凸區段）將載盤與基座分離而向上抬高，然後進行定距排列通過檢測口，另亦可利用單邊舉起機構（下料裝置）進行出料，如圖 6。鹵素光源機產生之光源經由 Y 型光纖外環傳送至光纖探針頂部，光纖探針頂部與檢測口距離 15 cm，光線照射水果後其表面反射及內部擴散反射光，經光纖中心之光纖束傳至分光光度計進行分光。定距式水果排列裝置（圖 7）為本場自行開發並取得我國 M395161 水果糖度檢測裝置新型專利。檢測水果進入定距式水果排列裝置定距排列情形如圖 8，水果分級過程中機械損傷主要是由機械震動及撞擊所造成之瘀傷，而瘀傷為造成褐變的原因之一，同時褐變亦降低水果品質；褐變為水果之生理與化學變化，主要是與褐變酵素聚苯酚氧化酶（polyphenol oxidase）的反應有關（一丞冷凍工業股份有限公司，1999），因表皮受損而誘導酵素活性導致褐變發生，造成水果變色與變質。陳（2011）開發線上型葉綠素螢光影像檢測蘋果瘀傷，結果顯示由機械撞擊所產生之瘀傷，於撞擊發生後 45 分鐘，瘀傷辨識成功率為 100%。本研究採用分級機為線上型分級機，其發生瘀傷情形與陳（2011）相似。因此為確保瘀傷檢測，本研於分級後 3 天以人工檢測水果是否撞傷，結果發現果肉並無瘀傷，如圖 9。荷重元採雙臂式設計可減少單臂式設計之誤差，重量量測誤差由單臂式設計誤差 2% 降至 1.2%。當水果載座進入檢測口時（圖 10），若水果載座有水果時，則觸發分光光度計進行光譜取樣，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。

定距式水果糖度及重量分級機可用於果皮厚度 0.8 cm 以內之水果，如芒果及梨等水果分級。本系統應用近紅外光技術判別甜度，代替傳統的人工選別，因此，同一等級的產品，甜度整齊均一，「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，經以新興梨及芒果進行測試，分級速度每分鐘可達 90 個以上，重量量測誤差 1.2%，糖度量測標準差分別為 0.5 及 0.6 °Bx。目前國內使用之同類型水果品質檢測系統，係由日本進口，其售價 3,000 - 5,000 萬元新台幣。本機完全由本場自行設計研發，關鍵技術可完全掌控，售價約新台幣 250 萬元，具市場競爭力。



圖 4. 非破壞水果糖度及重量分級機全貌

Fig. 4. View of nondestructive sugar content and weight grading machine for fruits.



圖 5. 控制系統外貌

Fig. 5. View of control system

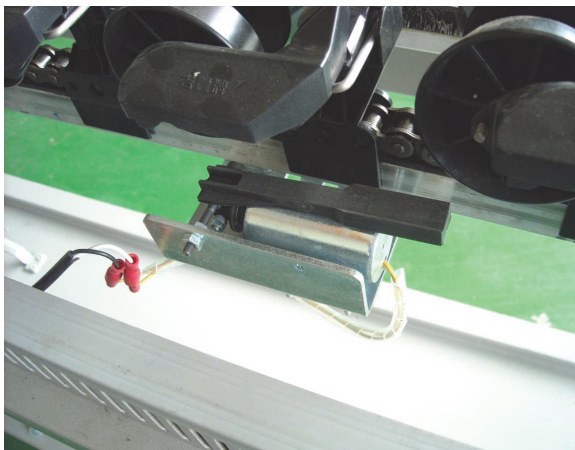


圖 6. 水果下料裝置外觀外貌

Fig. 6. View of the fruit unload device.



圖 7. 定距式水果排列裝置外貌

Fig. 7. View of fixed distance type fruit arrangement device.

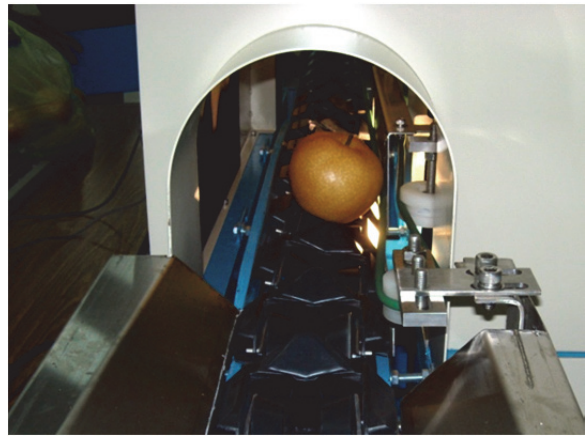
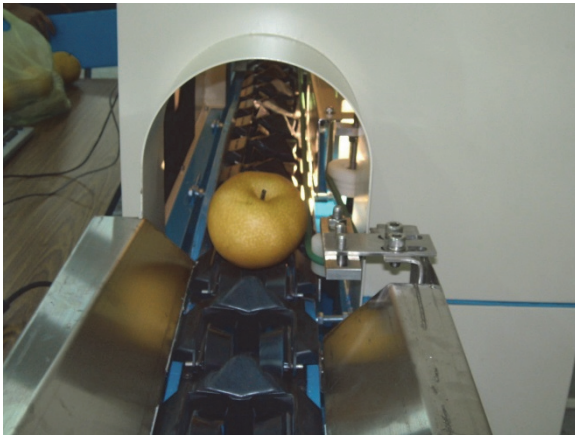


圖 8. 梨進入定距式水果排列裝置之情形

Fig. 8. View of pear fruit entering the fixed distance type fruit arrangement device.

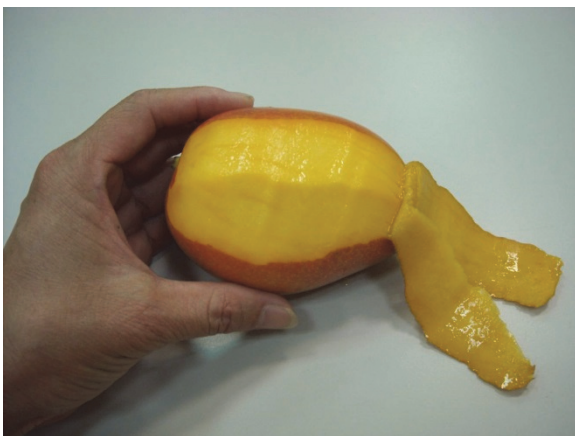


圖 9. 三天後分級水果無損傷

Fig.9. Graded fruit without damage after three days.

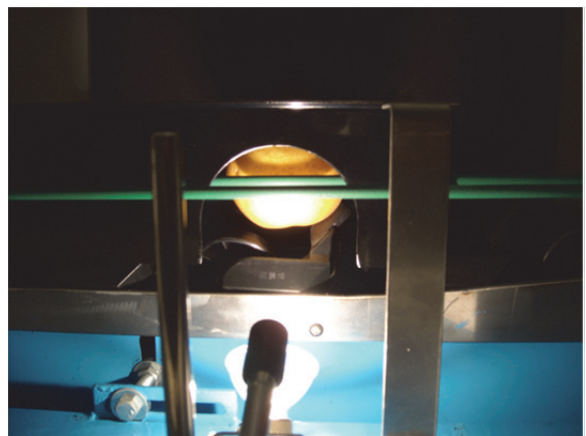


圖 10. 水果載座進入檢測口情形

Fig. 10. View of carrier tray of fruit entering the detecting window.

結 論

應用荷蘭 Avantes 公司 AvaSpec-ULS2048x16-USB2 分光光度計，配合定距式水果排列裝置及重量式分級機，完成非破壞水果糖度及重量分級機之研發。本系統是由分光光度計、鹵素光源、光纖、控制電腦、定距式水果排列裝置及重量式分級機等設備組合而成，經以新興梨及芒果進行測試，分級速度每分鐘可達 90 個以上，重量量測誤差 1.2%，糖度量測標準差分別為 0.5 及 0.6°Bx。本機完全由本場自行設計研發，關鍵技術可完全掌控，售價約新台幣 250 萬元，具市場競爭力。

參考文獻

- 一丞冷凍工業股份有限公司。1999。水果與堅果冷藏過程中之褐變研究。一丞通訊 43:1-5。
- 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。
- 陳俊宏。2011。線上型葉綠素螢光影像檢測蘋果瘀傷系統之研製。宜蘭。國立宜蘭大學生物機電工程學研究所碩士論文。
- 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 and 大小在線檢測。農業工程學報 26(11):338-343。

- 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.
- 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 solublesolids 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.
- 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 Fixed Distance Type Sugar Content and Weight Grading Machine for Fruits¹

Wang-Sheng Li²

Abstract

This work aimed to develop a fixed distance type fruit arrangement device and weight grading mechanism by integrating a near-infrared spectrometer with a weight grading machine, which can fulfill nondestructive sugar content and weight grading machine for fruits. This measuring device were consisted of spectrometer, light source module, detection fiber probe, industrial computer, fixed distance type fruit arrangement device and weight grading machine etc. After experimental test by using the pears and mongo, the velocity of fruit sorting was over 90 grains per minute and measuring error for weight was 1.2 % and standard deviation of measuring error for sugar content were, respectively, 0.5 °Bx and 0.6 °Bx. This machine is suited for fruit grading within 0.8 cm pericarp thickness.

Key words: grading machine, near infrared spectroscopy, sugar content

¹. Contribution No.472 from Taoyuan DARES, COA.

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