

近紅外線分析技術定量甘藷塊根之一般成份¹

吳永培 賴永昌 利幸貞 陳一心²

摘要：本研究用近紅外線光譜儀測定甘藷塊根 4 種化學成份，結果發現除了澱粉一項外，此種分析方法可有效測定甘藷塊根之蛋白質、可溶性糖、灰分含量，此三種成份迴歸模式之複迴歸決定係數 (R^2) 均達 0.94 以上，且此三種成份在 20 個品系的測定中，近紅外線光譜儀與傳統分析法測定值間的差異小，標準偏差亦小，顯示建立之蛋白質、可溶性糖、灰份迴歸模式具有實用價值，可用於需要分析大量樣品之育種工作。

關鍵詞：近紅外線分析技術、甘藷塊根、成份分析。

甘藷是熱帶重要的糧食作物，主要的食用部位為儲藏根，每公頃產量高達 17 噸以上，近數十年來因社會和經濟結構的變遷和人民生活水準的提升，目前甘藷改良重點著重於食用品質、加工品質、營養價值等的改進，以提高產品利用和經濟價值。基此，食用品質優良或適合加工用的甘藷品種便成為當前育種主要的目標⁽¹⁾，而由於育種過程所需篩選後代品系數目均相當龐大，尤其針對甘藷理化成份之篩選，若以一般傳統化學分析方式進行，非但費時費工，且實際執行上亦有困難，因此本分所乃嚐試利用近紅外線分析技術分析有關甘藷品質之各項成份。由於此種分析法快速、簡易、省力、正確的分析等特性，並可同時有效分析同一樣品之多種成份，係快速且實用的方法。若能發展適合甘藷應用之化學成份分析公式，對本省甘藷品質育種或化學成份分析將有極大的幫助。

近年來由於近紅外線分析儀器性能之改良、連線電腦功能之提升及相關軟體之開發，已使得此種分析方法之準確性及應用範圍開始擴大，無論在農產品、食品加工、乳類與乳製品、糖果相關業、肉類與肉製品及發酵與飲料業等均有相當程度之應用⁽²⁾。在農產品應用方面，諸如稻米、小麥、大麥、燕麥、大豆、向日葵種子、茶葉、菸葉等作物均有學者以其進行作物成份測定^(3,4,5)，顯然近紅外線分析技術已成為食品工業與作物成份普遍分析之工具。因此本研究乃以本省甘藷常用之育種材料分析同一樣品中四種主要成份，並建立各項化學成份分析迴歸方程式，且與傳統化學分析法比較，以評估此種分析法應用於甘藷分析之可行性。

材料與方法

一、試驗材料

為涵蓋成份變異，擴大所建立檢量線應用範圍，選用不同性質或來源之甘藷 (*Ipomoea batatas*) 為供試材料，試驗材料包括 10 個台農 57 號實生系，5 個台農 66 號實生系，20 個甘藷多交雜種第一代 (F_1) 實生系，53 個以人工雜交所得雜種第一代 (F_1) 實生系，兩品種或品系間雜種，32 個利用多交育種法所選育初級產量比較試驗的實生系。所有材料於民國 82 年春、夏及秋裡作種植於本分所試驗田。

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告第 1764 號。

2. 本所嘉義農業試驗分所助理、助理、助理、研究員。臺灣省 嘉義市。

二、樣品調製

根據供試材料塊根採收適期分別收穫後，削去塊根表皮製簽再於100°C烘箱中烘乾至水份含量7~8%左右，所得材料採用高速磨粉機研磨成粉末以100mesh 篩網過篩使達到顆粒均勻效果。每一粉末樣品至少10克以上。

三、儀器設備

本分所使用 Bran & Lubbe 公司販售的 InfraAlyzer 450型，其近紅外光學系統的原理係利用19個特定波長 (specific wavelengths) 的濾光片組 (spectrophotometer grating) 及積分球面 (integrating Sphere) 內置有二片硫化鉛 (lead sulphide) 感應器 (detector) 來測定透過試樣後的擴散及反射光 (diffuse-reflectance light)。本儀器組有簡易操作觸控面 (touch-sensitive panel)，並可與個人電腦連線利用該機專用資料分析軟體 IDAS (InfraAlyzer Data Analysis Software) 進行資料管理與分析⁽¹⁰⁾，此套裝軟體具有資料收集、分析與鎖鍊程序 (chain procedure) 等項功能。若樣品有顆粒不一或混合不均現象，可利用重複測量 (repack calculatino) 以平均值來解決變動。另有相容之統計分析專用程式如判別分析 (discrimination)、挑選 (picks) 及光譜分析 (spectra analysis) 等項的功能設計。

四、調查項目及分析法

(一)蛋白質：採用 Semi-micro Kjeldal method 法定量⁽⁴⁾。

(二)灰份：仿A.O.A.C灰份定量方法，秤取1克甘藷塊根粉末於550°C的灰化爐中灰化3小時後剩餘灰化物之重量⁽⁴⁾。

(三)可溶性糖：以Yosihida *et al.* (1972)⁽¹¹⁾之方法定量之。

(四)澱粉：以 Yosihida *et al.* (1972)⁽¹¹⁾之方法定量之。

五、分析步驟

將所蒐集之240個材料逢機分成兩群，分別於近紅外線分析儀中讀取吸光值後，樣品在各波長之吸收光值以專用軟體IDAS中Picks功能挑選欲進行傳統手工化學分析之樣品，每群挑選出60個樣品進行化學成份後，並依各項成份分方法每一樣品重複分析二次，重複分析值差異較大時，則再分析一次，分析值以較接近值的平均為成份含量值。將分析所得之成份含量值輸入連線電腦中進行各成份檢量線的製作與校正，並檢測其再現性與準確度。

結果與討論

一、檢量線之精確度

傳統化學分析法分析作物成份，需將蛋白質、可溶性糖類、澱粉及灰分分別定量，而利用近紅外線分析儀定量時，在完成上述成份檢量線製作後，可經一次分析同時完成4種成份的測定。惟分析結果的準確性，端賴所製作檢量線好壞，因此若能製作優良檢量線，則數十秒內便可完成作物數種成份之測定，其效率當較傳統分析法宏大。基此，本分所於八十二年開始進行甘藷一般成份檢量線製作，結果如表1所示，其中蛋白質、可溶性糖、灰分之檢量線的 R^2 值均在0.94以上 (表1)，已具有實際運用價值，而就運用範圍來看，所有檢量線所用材料成份含量的變異範圍，蛋白質在1.55~9.48%，可溶性糖在4.82~28.79%，灰分則在2.15~5.46%之間。所有檢量線涵蓋之成份變化範圍廣，顯示所有檢量線具有相當的代表性。澱粉檢量線 R^2 值僅達0.65，標準機差高達2.04，顯示分析之精確度較差。此外，理論上近紅外線分析儀不具有測定無機成份之功能，但實驗結果顯示此法定量甘藷灰分，其 R^2 值仍達0.94，應已具實際應用價值。此現象在毛豆、穀類作物和醬油分析中亦曾發現^(7,8,9)，其原因有待進一步研究。

表1. 用近紅外線分光儀測定四種甘藷塊根成份各迴歸方程式之統計指標

Table 1. The prediction statistics of calibration equation for constituents of sweet potato tuber

Constituent	No. of filter	Content range (%)	R ² of calibration curve	SEP of calibration test ^y
Protein	6	1.55~9.48	0.99 (N=40)	0.17
Soluble sugars	6	4.82~28.79	0.96 (N=40) ^z	0.17
Starch	7	59.67~75.90	0.65 (N=46)	2.04
Ash	7	2.15~5.46	0.94 (N=46)	0.25

^z Value in parentheses indicates the number of samples used.

^y Standard error of prediction of calibration test.

二、成份檢量線迴歸方程式

近紅外線區域內發生之吸光現象主要為含有氫原子結合基造成之吸收，與紅外線區域相比，其吸收較弱，並因多數結合基存在，其倍振動或結合振動之吸收會相互重疊，而形成複雜之光譜。然亦因其吸收較弱之特性，分析試料不須經稀釋即可進行測定，因此只要掌握含氫原子之結合基量，即可了解分析試料中大部分有機化合物之實際情況。至於相互重疊吸收則可藉用電腦與統計分析方法加以處理，利用試料在多個固定波長之吸光值，運用統計方法對傳統化學分析或成份值進行迴歸模式製作，進而組成複迴歸方程式⁽³⁾。表2所列係甘藷塊根各成份其19個波長吸光值經IDAS套裝專用軟體分析所得之迴歸方程式係數與波長，其中蛋白質、可溶性糖在選用5個波長之迴歸模式其複迴歸決定係數(R²)值雖分別高達0.98、0.95以上。然為增加迴歸模式之解釋能力，仍選用含六個波長的迴歸模式。至於灰分，則需選用七個波長方能有較滿意的結果。澱粉之檢量線由於複相關係數(R²)值不高，雖選用七個波長仍無好的結果，此檢量線無法精確推估澱粉含量，僅能作澱粉估量概估用。其他成份之三條檢量線則可實際運用。惟應用表2所列之檢量線，會因近紅外線分析儀之機型、機齡不同及機器所在環境不同，在分析樣品成份時會有偏差(bias)產生，因此在利用時先做偏差校正即可。

表2. 用近紅外線分光儀測定四種甘藷塊根成份之迴歸方程式

Table 2. The regression equation of four constituents determination in sweet potato tuber by NIRS

Constituent	F ₀	F Value (wavelength, nm)			
Protein	5.78	-155.20(1,778) 324.74(2,310)	-64.44(2,139) -337.47(2,348)	1,637.88(2,180)	-824.79(2,208)
Soluble sugars	14.94	36,292.74(1,722) 3,757.29(2,270)	-40,210.64(1,734) -3,193.05(2,310)	3,201.88(1,778)	120.52(1,940)
Starch	92.52	1,494.10(1,940) 4,146.97(2,208)	-2,113.45(1,982) 2,047.02-(2,230)	1,026.68(2,100) -665.28(2,270)	-1,965.04(2,139)
Ash	-4.16	1,134.89(1,734) -480.35(2,180)	-1,935.32(1,759) -697.84(2,270)	905.09(1,818) -308.10(2,336)	44.12(1,940)

此外，以傳統化學分析法及表3之各成份檢量線分析20個甘藷塊根樣品各成份含量，並進行兩種分析法分析結果的比較。結果發現以兩種分析法在分析20個樣品所得成份平均值、標準偏差間之差異，除澱粉的標準偏差較大外，其餘差異不大，可見利用近紅外線光譜儀分析結果可靠，至於澱粉的標準偏差較大，顯示此成份檢量線分析結果較不精確。

表3. 甘藷塊根成份用近紅外線分析技術及傳統化學手工分析法測定之比較

Table 3. Comparison of the conventional chemical method and the NIRS for determination of sweet potato tuber constituents

Constituent	NIRS ^z (A)	Conventional method (B) ^z	Difference ^y (A-B)	Standard ^x (error)
Protein	3.397	3.678	0.055	0.258
Soluble sugars	12.679	12.834	0.154	0.683
Starch	68.801	68.747	-0.183	2.333
Ash	3.455	3.404	0.020	0.343

^z Mean of twenty samples.

^y Difference between means for conventional methods and NIRS values.

^x The standard error of differences.

近紅外線分析技術具有諸多優點，不但快速、省工，且操作簡易，操作人員不需經特殊訓練即可運用，惟此一機器應用上仍有多項條件的限制，首先必須先建立良好的檢量線，此工作十分繁重，因近紅外線分析技術係一間接分析法，其精確度與可靠程度，需以傳統化學分析法為基礎。所以若傳統化學分析法結果不夠精確，結果再現性變異高時，便無法以其製作優良之檢量線。為提高傳統手工化學分析法之精確度，對每一樣品應重複分析，並剔除重複不良之樣品，以減少人為誤差。再者，建立檢量線所用之材料若數目過少，則所建立之檢量線會因無法涵蓋該成份之變異範圍，而降低將來應用之價值與範圍，應多方蒐集不同期作、不同品種（系）或不同來源之各種材料。且並非所有化學成份均能製得優良之檢量線。仍有些化學成份可能因其對近紅外線有不同的吸收特性，而不易或無法製得優良的檢量線。如 Samson (1991) ⁽⁷⁾ 曾以毛豆進行澱粉分析，其所得之檢量線有不錯之結果。然本試驗以甘藷所進行者之精確度卻較差，因此近紅外線分析技術的利用是否會因作物或分析方法不同而造成差異，仍有待進一步探討。再者，由於近外線分析技術對於樣品之前處理的一致性要求得高，而臺灣目前普遍所用之樣品多係經研磨之乾粉末，粉末之顆粒大小、均勻程度會影響樣品之吸光情況，對分析結果影響頗巨，因此樣品前處理應保持固定一致的方式，並盡量採用高速模粉機研磨樣品，原則上以研磨的愈細，干擾愈低，效果愈好。尤其欲直接利用本試驗建立之檢量線時，樣品前處理應盡可能與上述材料與方法之方式相同。

由於近紅外線分析技術具有上述優點，對於需大量分析樣品之研究機構相當有用，本分所自檢量線建立後，即開始利用它代替傳統化學分析法進行甘藷品系成份分析，節省不少人力、物力；由於目前甘藷育種對加工用品種需要迫切，尤其適製薯條之低可溶性糖含量品種，因此本分所嘗試利用可溶性糖之檢量線於雜交或多交雜集團後代進行低可溶性糖材料篩選，並因此選出數個低可溶性糖含量之品系，其效率較傳統手工分析法宏大、迅速。至於對於鮮食品種之選育，則需待對食味與化學成份間之關係釐清、了解後，以其關係並配合所建立之檢量線，方能進一步加以利用，甚至仿水稻食味計建立方式，進一步開發甘藷食味計。

近紅外線分析技術在食品及農產品上的應用範圍日益增廣，目前美國食品工業與飼料製造界之品管已逐漸採用此法，美國、加拿大均分別以此法作為小麥蛋白質的標準分析法⁽²⁾，可見其為一可接受之分析技術。因此若能善用此種分析技術，對本省作物品質育種計畫之實施將有很大之幫助。

誌 謝

本試驗蒙賴秋恩小姐協助化學分析與資料整理，謹此致謝。

引用文獻

1. 李 良、廖嘉信。1994。臺灣甘藷品種改良之成就與展望。根莖作物生產改進及加工利用研討會專刊。11-28頁。
2. 許駿發、袁守方。1984。農產品品質管理的機器化、自動化與電腦化。I、應用近紅外線反射光譜分析儀測定穀物、奶粉、菸葉與茶葉之主要成份。行政院科技顧問組研究報告。1-43頁。
3. 三浦剛。1989。近紅外線分析儀在食品加工製造管理上之應用。食品資訊 48:17-24。
4. Association of official Analytical Chemist. 1984. Official methods of analysis. 14th edition. Washington, D. C., USA.
5. Hymow, A., W. F. McClure and W. W. Weeks. 1974. Estimations of protein and oil concentration in corn, soybean, and oat seed by near infrared light reflectance, Crop Sci. 14:731-743.
6. Iwamoto, M., N. Kongseree, J. Uozumi and T. Suzuki. 1986. Determination of ash content in homegrown wheat flour in Japan by near infrared diffuse reflectance analysis. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 33:842-847.
7. Tsou, Samson, C. S. and T. L. Hong. 1991. Compositional analysis of vegetable soybean by near infrared reflectance spectroscopy, J. Chinese Agri. Chem. Soc. 29:26-32.
8. Williams, P. C. and B. N. Thompson. 1978. Influence of wholemeal of granularity on analysis of HRS wheat for protein and moisture by near infrared reflectance spectroscopy. Cereal Chemistry 55: 1014-1037.
9. Williams, P. C. 1975. Application of near infrared reflectance spectroscopy to analysis of cereal grains and oilseed. Cereal Chemistry 51:561-576.
10. IDAS-pc User's reference manual. 1989. NC:α Bran & Lubbe, Washington, D. C., USA.
11. Yoshida, S., D. A. Foron, J. H. Cock and K. A. Gonez. 1972. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. 2nd edition, International Rice Research Institute, Philippines.

Compositional Analysis of Sweet Potato Tuber by Near Infrared Reflectance Spectroscopy¹

Yong-Pei Wu, Yung-Chang Lai, Hsin-Chen Lee and Yi-Sin Chen²

Summary

The analysis of sweet potato tuber compositions was carried out by the near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). It was found that, except of starch, the contents of protein, soluble sugars and ash can be measured by the NIRS technique. The R² values of predictions for these three compositions were all higher than 0.94. Also, the differences and the stand errors of measurements using the conventional chemical method and the NIRS were small in the twenty entries of this study. It indicated that the NIRS with the regression equations can be used as a mass screening tool for breeding programs.

Key words : Near Infrared reflectance spectroscopy, Sweet potato, Compositional analysis.

1. Contribution No. 1764 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively, Research Assistant, Research Assistant, Research Assistant and Senior Agronomist, Chiayi Agricultural Experiment Station, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.