

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

馬鈴薯超音波反應特性應用於選別機械之開發

Application of Ultrasonic Properties of Potatoes on the Design of a Grading Machine

計畫編號：NSC 88-2313-B-002-093

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：盧福明 國立台灣大學農機系

一、中文摘要

本研究以馬鈴薯為樣本，以水面高度、探頭距離及輸送帶前進速度三種變因進行超音波水中測試，以找出最佳的水中量測方式。接著以此方式量測馬鈴薯的水中超音波穿透波與擷取波形時機之間的關係。結果指出超音波波形與擷取不同部位馬鈴薯通過受測區域的波形時機有關。

利用細鐵棒沿馬鈴薯的長軸穿入，製造不同的空心程度，再分析其超音波穿透波的衰減係數和能量頻譜矩。結果發現有穿孔的馬鈴薯其能量頻譜矩比無空心的馬鈴薯要小，所以水中超音波檢測馬鈴薯機械具有開發的可行性。

關鍵詞：馬鈴薯，超音波，水下，衰減係數，能量頻譜矩。

Abstract

Potato samples were selected in this study. The treatments for studying influencing factors on ultrasonic measuring accuracy were water level, distance between transducers and speed of the conveyor belt. Relationships between the characters of underwater transmitting ultrasonic waves (attenuation and spectral moment) and the timing of measurement were also investigated. The results showed that the underwater ultrasonic transmitting waves were affected by timing of measurement.

Potatoes were penetrated by a steel bar along the major axis to create different degrees of hollowness. The spectral moment of transmitting ultrasonic wave was found smaller in hollow potato than in normal potato. It is feasible to develop an underwater ultrasonic detection machine for potato.

Keywords: Potato, Underwater, Ultrasonic, Coefficient of attenuation, Spectral moment.

二、緣由與目的

對於農產品而言，以往一般都是以外觀特徵來作選別，但是對於內部的特性如甜度、空心等卻無法做分析選別，因此要找出一個不破壞農產品本身又能檢測出內部的方法就顯得很重要，非破壞性的檢測方法正符合此需要。

在工業界和醫學上使用的超音波儀器都是使用高頻率、低能量的形式，但由前人研究結果指出，因為蔬果不論在內部的組織結構或是外觀上都非常複雜，且蔬果組織的多孔性特點會使穿透蔬果的高頻超音波產生較高的衰減，所以這類在工業界及醫學界上使用的高頻率、低能量的超音波並不適用在蔬果的檢測上，因此必須使用低頻率、高能量的超音波儀器來克服衰減的問題(Sarkar and Wolfe, 1983; Mizrach et al., 1989)。

一般針對農產品物性的研究，主要是

求得農產品的楊氏係數 (Young's modulus)、堅實度係數 (firmness) 和共振頻率等物理性質，再與超音波的各種特性 (如波速、衰減係數、波反射率、振幅大小等) 作分析，找出其間的相關特性，以做為農產品的內部品質或貯藏時間的指標，如蘿蔔的空心 (仲，1995)、冷藏蘿蔔的品質 (許，1996) 和超音波檢測應用於蘿蔔分級 (李，1997) 等。Upchurch et al. (1985) 利用超音波反射訊號的頻譜分析 (spectral analysis)，分辨蘋果是否損傷。Mizrach et al. (1998) 利用超音波檢測法來量測酪梨 (avocado) 的成熟度。其論文指出超音波的衰減會隨儲藏時間的增加而變大。

以往利用超音波檢測物品時，往往要施一定力於探頭上，以增加探頭和受測物之間的緊密度，但如此一來就會對受測物造成傷害。

本研究目的是利用水中非接觸式檢測農產品超音波特性以便開發出一台可連續量測的檢測機械。

三、試驗材料與方法

(一) 試驗設備

研究設備包括下列各項：

1. Panametric 5058PR 高能量脈波式波形產生器。換能器 (X 1021 型) 一對，頻率 50kHz。
3. LECROY 9304 數位儲存型示波器，頻寬 200MHz。
4. 自製超音波水中不鏽鋼輸送設備。

圖 1 所示為自製的超音波水中檢測馬鈴薯機械，主體是由角鋼自行焊接而成，並提供固定輸送帶行進路線之軸承的定位；動力方面主要由一個 0.5 匹馬力的馬達來帶動，馬達轉速由轉速控制器來調節，範圍在 0 到 1800rpm 之間，並配合蝸齒輪

減速機構 (減速比為 15) 減速之後再由鍊條傳動到橡膠圓筒，以帶動不鏽鋼網狀輸送帶，待測馬鈴薯至於輸送帶的凹型承座上。量測部份因為探頭和訊號線間並不防水，所以又以兩個長 25cm、寬 10cm、高 50cm 的壓克力槽並切出一個圓洞供探頭固定之用，探頭與壓克力槽的接縫處並補上矽力康以防漏水，在兩壓克力槽高 40 公分處鑽一小孔，以方便利用有孔角鋼鎖上螺絲以調整探頭之間的距離。

取 20 顆新鮮馬鈴薯，先量測其超音波穿透波之衰減係數與能量頻譜矩，接著以一直徑 3.07mm 的細鐵棒沿著馬鈴薯的長軸穿入，製造一個細孔，並以黏土封住開口，然後再量測其穿透波的衰減係數與能量頻譜矩，最後再製造出第二個和第三個細孔，並分別量測其衰減係數和能量頻譜矩。

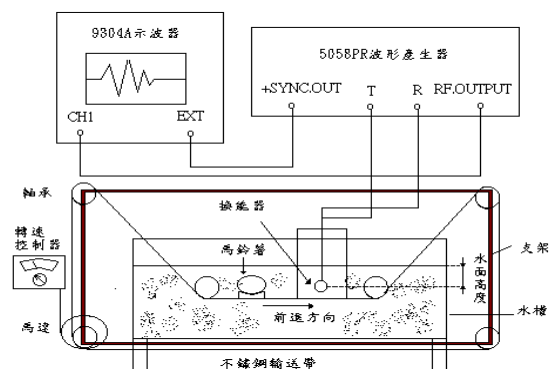
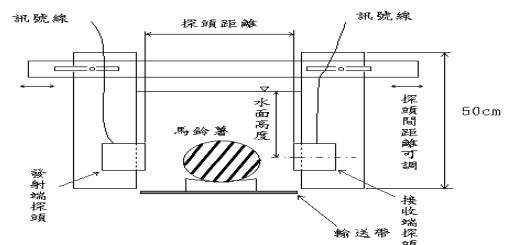


圖 1. 超音波水中檢測馬鈴薯機械

四、結果與討論

馬鈴薯在空氣中和水中所量測到的

穿透波波形之一例分別如圖 2 和圖 3 所示。空氣中量測時施加 2.4 公斤的外力，且以水當耦合劑；水中量測的條件為水面高度 10 公分、探頭距離 15 公分和輸送帶前進速度為馬達轉速 300rpm，速度約為 2.15m/min。

在空氣中和水中所量測到的最大振幅電壓值分別為 766mV 和 1656mV，而在空氣中（探頭直接接觸）和水中（透頭距離 15cm）探頭間無受測物的最大振幅電壓值都為 2625mV，表示超音波在水中的衰減極小，適合當作超音波檢測的介質。計算出此馬鈴薯在空氣中和水中的衰減係數分別為 20.9 neper/m 和 8.1 neper/m。圖 2 和圖 3 在選取觸發點之後 200 μ s 的時間範圍，經快速傅立葉轉換後可得到能量頻譜密度圖。將能量頻譜密度圖下方的面積加以積分後，可得能量頻譜矩分別為 $0.08V^2$ 和 $0.39V^2$ 。

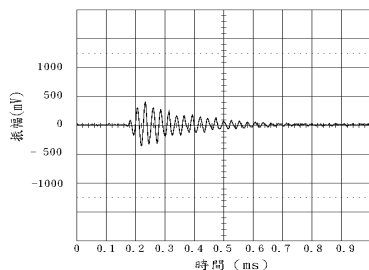


圖 2. 空氣中超音波波形(施力 2.4kg)

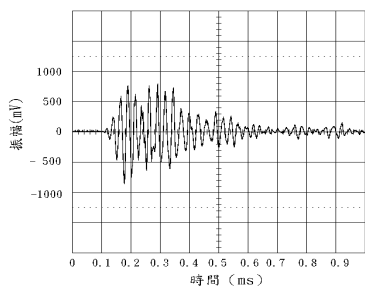


圖 3. 水中超音波波形(探頭距離 15cm)

以水中超音波檢測機所量測的超音波穿透波，取其衰減係數和能量頻譜矩直接做變方分析，所得到的結論與上述相同，

表示目前自製的水中超音波檢測機與空氣中量測的結果相符。輸送帶前進速度為 0m/min、2.15m/min 和 3.82m/min 三種。在水下輸送機測試結果指出，水面高度、探頭距離與輸送帶前進速度三個因子沒有顯著差異，水中馬鈴薯超音波穿透波特性與各因子並無顯著差異存在，且彼此之間也沒有交感反應現象。

誤差最小的試驗組合為水面高 5cm，探頭距離 21cm，和輸送帶為靜止狀態，但是本試驗的目的為連續量測，所以接下來的試驗採輸送帶速度為 2.15m/min 此組合。

擷取訊號時機試驗結果指出馬鈴薯在通過探頭間的受測區域中，擷取波形的時機最好是馬鈴薯的中間部位正通過受測區域。

模擬空心實驗所量測超音波穿透波之代表波形如圖 4 和圖 5 所示。

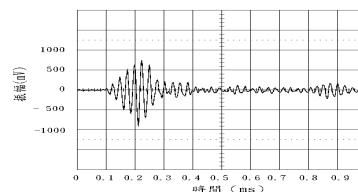


圖 4. 無空洞馬鈴薯之穿透波波形

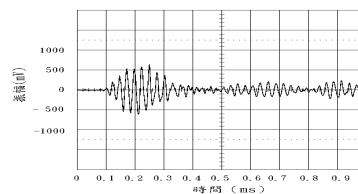


圖 5. 挖兩洞馬鈴薯之穿透波波形

模擬空心實驗所得到的衰減係數亦可看出衰減係數和空心程度並沒有很明顯的區別關係，而能量頻譜矩分布圖如圖 6 所示，則可看出能量頻譜矩與空心或無空心的馬鈴薯有明顯的差異，其分界的標準大約在 $0.2V^2$ 為界限。由時間域的波形來看，有空心的馬鈴薯，其穿透波在 0.5ms 之範

圖內較明顯。

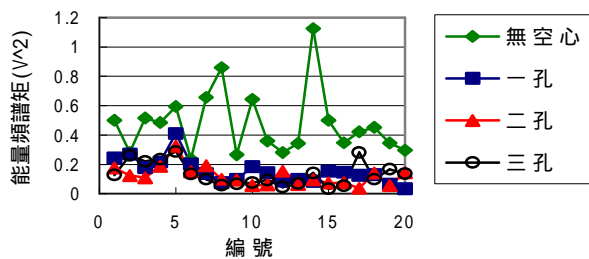


圖 6. 能量頻譜矩與空心程度分布圖

模擬空心實驗中，發現馬鈴薯若有空心則能量頻譜矩大致上會小於 $0.2V^2$ ，如圖 6 所示，大於此值者為良好內部無空心的馬鈴薯，此結果可用來作為判別馬鈴薯的空心與否，所以開發水中超音波檢測馬鈴薯品質的機械具有可行性。

五、結論

本研究目的為發展一台在水中可以連續檢測馬鈴薯品質的檢測機。為確定在水中量測之可行性，首先探討了水面高度、探頭距離和受測物前進速度三種變因影響超音波特性的程度，並將其結果與空氣中所量測的波形做比較。結果指出這些變因並不具極顯著的影響。但受測物與探頭之間的相對位置，影響穿透波的波形甚巨，所以檢測機必須要讓受測物固定在兩個超音波探頭之間一個固定的位置。

探討穿透波波形與擷取波形時機之關係實驗中指出馬鈴薯在通過探頭間的受測區域中，擷取波形的時機最好是馬鈴薯的中間部位正通過受測區域時，這對於將來設計機器上是很重要的。

在模擬空心實驗中，發現馬鈴薯若有空心則能量頻譜矩大致上會小於 $0.2V^2$ ，大於此值者為良好內部無空心的馬鈴薯，此結果可用來作為判別馬鈴薯的空心與否。

參考文獻

1. 仲芳琦。1995。超音波特性和品質相關性分析。碩士論文。國立臺灣大學。
2. 李嘉斌。1997。超音波檢測應用於蘿蔔分級。碩士論文。國立台灣大學。
3. 許冠東。1996。超音波檢測冷藏蘿蔔品質之研究。碩士論文。國立臺灣大學。
4. Mizrach, A., N. Galili and G. Rosenhouse. 1989. Determination of fruit and vegetable properties by ultrasonic excitation. Transactions of the ASAE .32(6):2053-2058.
5. Mizrach, A., U. Flitsanov 1998. Nondestructive ultrasonic measurement method for evaluation avocado ripening. Acta-horticulture No.421 111-119
6. Sarkar, N. and R. R. Wolfe. 1983. Potential of ultrasonic measurements in food quality evaluation. Transactions of the ASAE .26(2)624-629.
7. Upchurch, B. L., E. S. Furgason and G. E. Miles. 1985. Spectral analysis of acoustical signals for damage detection. ASAE Paper No.85-6014. St. Joseph, MI:ASAE.