

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 冷藏蔬果超音波特性和變化之分析

### Ultrasonic Properties of Fruit and Vegetable under Cold Storage

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2313 - B - 002 - 236

執行期間：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：盧福明

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學生物產業機電工程學系

中 華 民 國 90 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 冷藏蔬果超音波特特性變化之分析

### Ultrasonic Properties of Fruit and Vegetable under Cold Storage

計畫編號：NSC 89-2313-B-002-236

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：盧福明 國立台灣大學生物產業機電工程學系

#### 一、摘要

本研究目的為探討冷藏方式影響蔬果超音波特特性之程度以供品質檢測之參考依據。本實驗針對白蘿蔔研究冷藏期間之超音波性質的變化。溫度共分為 5、10、15 和 20 四級，貯藏期共分 5 天、10 天和 15 天三級。在冷藏過程中，溫度和貯藏天數等因子影響波速變化量之統計分析結果為非常顯著，而且各因子影響波速變化量的程度相近。

**關鍵詞：**蘿蔔，超音波，冷藏。

#### Abstract

The objective of this paper was to study the feasibility of adopting ultrasonic property of fruit and vegetable under cold storage as one of quality evaluation criteria. Radish samples were selected and stored in cold environment of 5、10、15 and 20 for 5, 10, and 15 days. The result indicated that ultrasound velocity was significantly and equally affected by storage temperature and period.

Keywords: Radish, Ultrasonic, Cold storage.

#### 二、緣由與目的

蘿蔔從種植以後大約經過 90 天即可採收，一般蘿蔔的缺陷有空心、纖維化、褐化等等，蘿蔔的空心會影響其甜度，空心的程度越高，其甜度越小，因此一般蘿蔔均需冷藏，以減緩其空心的程度，如果以 0 冷藏時，大約可以保存 20 天左右。種植時的溫度太高會造成蘿蔔的纖維過粗，此為蘿蔔的一種缺陷，如果纖維化太嚴重，即影響蘿蔔的品質。

農產品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

不易做分析選別，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。

蔬果必須使用低頻率、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、堅實度係數 (firmness) 和共振頻率等物理性質，再與超音波各種特性 (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，國內相關研究如蘿蔔的空心 (仲, 1995)、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, 2000) 利用超音波檢測法來量測酪梨和芒果的成熟度，其論文指出超音波的衰減會隨儲藏時間的增加而變大。

本研究目的為探討冷藏方式影響蔬果超音波特特性之程度以供品質檢測之參考依據。

#### 三、試驗材料與方法

整體實驗架構圖如圖 1 所示，實驗設備主要包括下列各項：

1. 美國 Ultrasonic Laboratories, Inc. 發展之 HPN 500 型方波脈衝接收器，含 I/O card，軟體以及轉接器，其基本性能如下：

(1) 高能量的波源 (25~400 Volts)，方形脈

波。

- (2) 脈波頻率採可變方式，範圍在 20KHz~10MHz。
- (3) 輸入增益(Gain)，2dB~80dB。
- (4) 低通濾波頻率，2KHz、5KHz、10KHz。
- (5) 高通濾波頻率，20KHz、100KHz、500KHz。
- (6) 輸入衰減 40dB。

其中，儀器所需要的參數直接由軟體顯示在電腦螢幕上，可隨時由電腦上直接輸入參數值。

2. 換能器(Ultran KRD 型)：直徑 50.8mm(2 in)，50KHz。
3. LeCroy 9304 型示波器。
4. 486 個人電腦。
5. Shimadzu Autograph BCS-5000 型萬能試驗機(量測楊氏係數)。
6. Telclock Corporation Hardness Tester SRIS-0101 Expanded Rubber & Yan Hardness(量測表面壓力)。
7. PR-100 數位甜度測量計。
8. 氮氣一瓶。(測孔隙率)
9. Memmert Model 600 型烤箱。
10. Tabai Espec Corp. PL-4F 型恆溫恆濕槽。

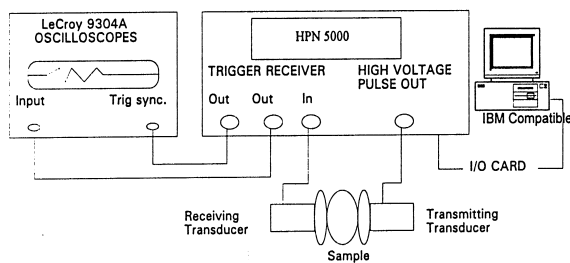


圖 1 整體實驗架構圖

採用複因子完全隨機設計(Complete Randomized Design, CRD)，共有兩個因子，一為溫度，另一為貯藏期。溫度共分為 5、10、15 和 20 四級，貯藏期共分為 5 天、10 天和 15 天三級，每個處理組

合各重複四次，因此共有 48 個樣本，所有樣本均為由傳統市場購買之未刷洗蘿蔔。

波傳遞方式採穿透法，儀器校正使用廠商提供之測試塊，材料為 Polystyrene，求出超音波在測試塊中的波速，再與文獻中的記錄相比較。

由示波器上擷取波形，從波形中求算超音波傳過樣本所需的時間，因為採取穿透傳遞方法，所以波所走的路徑就是樣本厚度，將其相除即是波速。本研究同時量測蘿蔔一些物理性質以探討和波速之相關性，例如密度、表面硬度、含水率、孔隙、甜度和楊氏係數。實驗中，必須在探頭和被測物之間塗上耦合劑，目的是使兩者間能緊密的接觸，避免其間含有空氣而將波散射或吸收掉，影響超音波的傳遞效率。

#### 四、結果與討論

比較不同貯藏溫度 20、15、10 和 5 的波速變化，如圖 2 所示。除了 5 的波速幾乎沒有變化以外，在 10、15、20 的貯藏過程中，其波速均會隨著貯藏時間的增加而減少，而且其遞減的變化趨勢均相同，只是互相平移而已，在統計分析上，此一現象指出溫度和貯藏天數兩因子不具有交感反應現象。

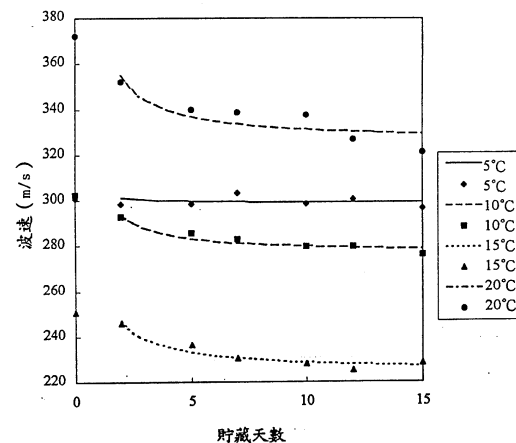


圖 2 不同貯藏溫度的波速變化比較圖

圖 3 為貯藏於不同溫度的波速與個別蘿蔔冷藏第零天基準波速比較之變化量。由圖可知冷藏 15 天於 5 時，波速降低量只有 1% 左右，10 時降低量約為 7%，15 時降低量約為 10%，20 時降低量約為 14%，貯藏溫度增高時，波速降低變化量也增大，蘿蔔品質也越差，因此可作為判斷貯藏蘿蔔品質的參考。在圖中 10 和 15 有不規則升降情形，應為量測誤差所致。

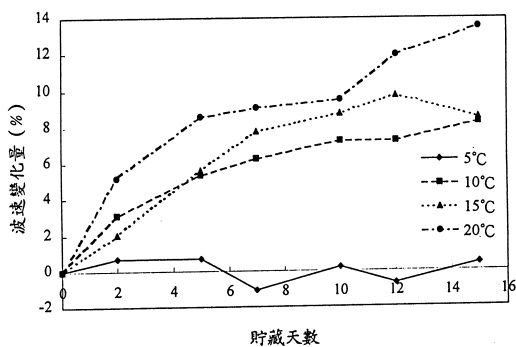


圖 3 不同貯藏溫度的波速改變量比較圖

複因子實驗分析貯藏溫度與貯藏天數影響波速變化量之變方分析結果如表 1 所示。由於每顆新鮮蘿蔔的波速範圍不一致，因此變方分析採用各貯藏期所量測波速與基準波速比較所得之變化量來分析，以排除基準點不同的問題。

表 1 波速變化量變方分析表

變因	自由度	平方和	均方	F 值	P 值
溫度	3	262.791	87.597	5.021**	0.0052
貯藏天數	2	221.434	110.717	6.346**	0.0044
交感反應	6	44.301	7.384	0.423	0.8586
機差	36	628.112	17.448		
總計	47	1156.638			

\*顯著度 =0.05 \*\*顯著度 =0.01

由變方分析結果指出，溫度和貯藏天數對於波速變化量的影響極為顯著（=0.01），也就是溫度和貯藏天數會影響到波速的變化；溫度和貯藏天數兩者之間不具交感反應現象，即溫度和貯藏天數是兩

個互相獨立影響波速變化的因子。

為了要探討溫度以及貯藏天數對波速影響的趨勢，採用向量法，將溫度因子分成一次方、二次方和三次方等三級，將貯藏天數分為一次方和二次方等兩級來探討，其結果如表 2 所示。

表 2 波速變化量變方分析表

變因	自由度	平方和	均方	F 值	
溫度	一次方	1	232.047	232.047	13.299**
	二次方	1	12.907	12.907	0.74
	三次方	1	17.8379	17.8379	1.002
貯藏天數	一次方	1	221.078	221.078	12.671**
	二次方	1	0.356	0.356	0.02
交感反應	6	44.301	7.384	0.423	
機差	36	628.112	17.448		
總計	47	1156.638			

\*顯著度 =0.05 \*\*顯著度 =0.01

由表 2 得知，溫度影響波速的程度屬於線性關係而非二次方或三次方的關係，貯藏天數影響波速的程度亦屬線性關係。因之分析波速變化量與溫度和貯藏天數的複迴歸關係之結果如表 3 及公式 1 所示。

表 3 複迴歸分析

	迴歸係數	標準差	標準迴歸係數	t 值	p 值
截距	-4.114	1.977	-4.114	-2.081	0.0432*
溫度	0.393	0.102	0.448	3.853	0.0004**
貯藏天數	0.526	0.140	0.437	3.760	0.0005**

\*顯著度 =0.05 \*\*顯著度 =0.01

$$y = -4.114 + 0.393x_1 + 0.526x_2 \quad (1)$$

上式中，y：波速變化量

$x_1$ ：貯藏溫度（ ）

$x_2$ ：貯藏天數

如表 3 所示，貯藏溫度和貯藏天數的標準迴歸係數分別為 0.448 和 0.437，因此可判定貯藏溫度和貯藏天數對波速變化量的影響是相當的。

探討超音波波速與蘿蔔物理性質之關

係，求得波速與蘿蔔品質的相關係數，以瞭解波速與蘿蔔品質的相關性。相關係數矩陣如表 4 所示。波速和密度、孔隙率以及楊氏係數具有極顯著相關性(  $\alpha=0.01$ )。

表 4 蘿蔔波速與物理特性之相關係數矩陣表

	波速	密度	表面硬度	含水率	孔隙	甜度	楊氏係數
波速	1						
密度	0.35**	1					
表面硬度	0.233	-0.034	1				
含水率	0.079	-0.063	-0.135	1			
孔隙	-0.426*	-0.716**	-0.059	-0.013	1		
甜度	-0.105	0.213	-0.131	-0.688**	-0.022	1	
楊氏係數	0.36**	0.526**	0.198	-0.311*	-0.477**	0.164	1

註：n=60

\*顯著度  $\alpha=0.05$  相關係數  $r=0.25$

\*\*顯著度  $\alpha=0.01$  相關係數  $r=0.3248$

貯藏天數乘積(degree-day)和波速變化量迴歸關係如圖 4 所示。由貯藏天數乘積可求出蘿蔔的波速變化量，或已知一蘿蔔的波速變化量時，可推論出其貯藏天數乘積。

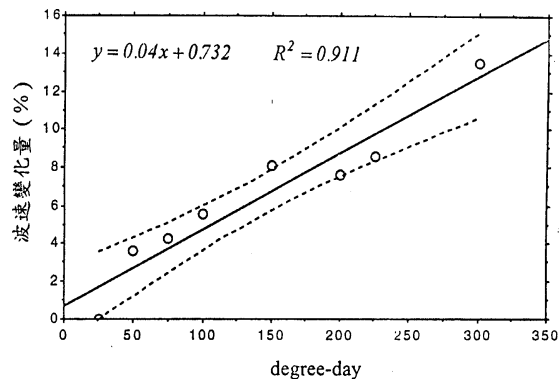


圖 4 貯藏天數乘積和波速變化量迴歸關係圖

## 五、結論

本研究針對蘿蔔在貯藏期間品質的變化做一探討，討論蘿蔔在冷藏過程中的超音波特性以及一些物理性質的變化。

在冷藏過程中，溫度和貯藏天數等因子影響波速變化量之統計分析結果為非常顯著，而且各因子影響波速變化量的程度相近。

在貯藏過程中，溫度和貯藏天數對波速變化量的影響均為線性，迴歸式為  $y = -4.114 + 0.393x_1 + 0.526x_2$ ，其中  $y$  為波速變化量， $x_1$  為溫度， $x_2$  為貯藏天數。

溫度與貯藏天數乘積和波速變化量為線性關係，迴歸式可寫成  $y = 0.732 + 0.04x$ ，其中  $y$  為波速變化量， $x$  為貯藏天數乘積。

## 參考文獻

1. 仲芳琦。1995。超音波特性和蘿蔔品質相關性分析。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. 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.
4. Mizrach, A., U. Flitsanov. 1998. Nondestructive ultrasonic measurement method for evaluation avocado ripening. Acta-horticulture No.421 111-119
5. Mizrach, A. 2000. Determination of avocado and mango fruit properties by ultrasonic technique. Ultrasonic. 38, 717-722.
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.