

# 中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 生活與應用科學科(一)

佳作

082820

西瓜鮮不鮮？熟不熟？手機告訴你！

學校名稱：國立臺南大學附設實驗國民小學

作者：	指導老師：
小五 盧沛紳	林士揚
小六 楊皓荃	蔡岱芬
小四 李彧	
小四 黃茗祺	

關鍵詞：西瓜、成熟度、聲音辨識

編

## 摘要

夏日經常看到市場的阿公阿嬤在拍瓜聽音選瓜，令人疑惑拍西瓜真可選中好吃的西瓜嗎？正巧六年級的自然課中學到音叉敲擊時的聲音振動及頻率高低關係，引發我們的聯想：可以應用 AI 人工智慧的聲音辨識技術來正確辨識西瓜的新鮮/成熟度，甚至利用手機 App 進行有效判別嗎？

本研究中發現：1) 不同位置的果肉，甜度也會有所不同；不論大小顆，西瓜中心果肉是最甜的部份；2) 西瓜的密度與西瓜甜度無明顯相關；3) 冬天西瓜放置兩週（成熟）可能達到最佳甜度，放置四週（過熟）甜度則大幅降低。

本研究有兩項設計：1) 製作一款固定敲擊力量的敲擊器；2) 全國首創西瓜新鮮/成熟度辨識 App，可以讓消費者方便地用手機即可挑選成熟好吃又甜的西瓜，這是本研究最大貢獻。

## 壹、前言

### 一、研究動機

炎熱的夏天，來點西瓜解暑，清涼又舒爽，暑氣全消！但是在琳瑯滿目的水果攤如何挑選成熟、好吃的西瓜呢？對一般民眾都是困難的挑戰！平常到菜市場買西瓜時，經常看到市場中的阿姨、婆婆、叔叔們在拍西瓜聽聲音，拍瓜聽音真的可以選中成熟好吃的西瓜嗎？一直令人很好奇，好吃的西瓜是不是有特別的音頻？人的耳朵真的可以分辨嗎？

剛好這學期在六年級的自然課中我們玩了音叉，聽音叉的頻率有高有低，老師教我們聲音和聲波有關，聲音的高低稱為音調，而頻率越高，聲音的音調越高，反之，頻率越低，則聲音的音調越低。因而引發我們的聯想：聲音的頻率是否也可以應用在辨識西瓜的新鮮/成熟度呢？成熟的西瓜拍擊時的聲音較沉重，表示音調低嗎？而新鮮的西瓜拍擊時的聲音很清脆，表示音調高嗎？

正巧 2022 年 10 月底，我們在電視新聞上看到了 Facebook（2021 年 10 月改名為 Meta）創辦人馬克·祖克柏和台灣工程師，打造了一款可將台語語音翻譯成英語語音的系統，因此

刺激我們突發奇想，如果利用這種聲音辨識口語翻譯的 AI 人工智慧技術，是否也可以用來辨識西瓜的成熟度呢？因此我們拜訪某大學資訊工程系語音辨識引擎的專家詢問：語音辨識技術是否也可以應用在辨識西瓜的成熟度？專家認為根據聲音頻率理論應該可行，並建議可以試試看用 App Inventor 開發一個 App (App Inventor 由美國 MIT 大學維護及營運，和學校資訊社團老師教我們的 Scratch 一樣用積木程式的概念，拖曳積木方塊整合出 App 程式)。經過討論，我們決定嘗試利用 App Inventor 和某大學資訊工程系語音實驗室開發的聲音辨識引擎的支援，來**設計一款有用的西瓜新鮮/成熟度辨識手機 App**，可以幫助民眾以方便有效的工具快速辨別西瓜鮮不鮮、熟不熟、好不好吃！

## 二、研究目的

如何**挑選成熟、好吃的西瓜是消費者時常遭遇的日常生活問題**！本研究應用**聲音頻率理論**和**人工智慧的聲音辨識技術**，並借助 App Inventor 積木程式嘗試設計一款**手機 App** 來協助消費者方便有效來**判別西瓜的新鮮/成熟度**，其研究目的如下：

- 研究目的 1：調查消費者購買西瓜敲擊習慣，來模擬設計有效的西瓜敲擊器
- 研究目的 2：瞭解西瓜大小/位置/果肉密度和甜度的關係
- 研究目的 3：瞭解西瓜成熟度和甜度的關係
- 研究目的 4：瞭解西瓜成熟度和冰箱保鮮的關係
- 研究目的 5：製作單擺架和設計有效的西瓜敲擊器
- 研究目的 6：瞭解西瓜**拍擊聲音頻率和成熟度的關係**
- 研究目的 7：**設計西瓜新鮮/成熟度辨識 App**，幫助消費者方便有效挑選西瓜
- 研究目的 8：**到水果行進行 App 實測**

## 三、文獻回顧

### (一) 消費者選購西瓜常見問題及專家選購準則：

- 消費者選購西瓜經常遭遇問題：**不知如何挑選？**
  - ◆ 大部份消費者，看旁邊的人都在拍打，跟著加入拍打行列，**假裝自己很專業**，根

本聽不出來聲響有什麼差別，還是很心虛。

- ◆ 買回家的西瓜，切開後壞掉了，無奈又生氣！
- ◆ 新鮮好吃？成熟好吃？放幾天，才會好吃？大顆還是小顆好吃？
- ◆ 參考網路和新聞資訊，眾說紛紜，但仍然不知如何挑選？
  - ✓ 挑選西瓜，熟度最重要，熟度不足，不但甜度低、肉質硬實，而且吃來毫無「沙」感。挑瓜的要領，不外聽音、辨形，建議這樣挑選：
    - ✓ 看形狀：瓜紋清晰、頭尾勻稱、瓜臍窄小緊實，按壓有彈性，靠地面的瓜皮顏色變黃，就代表熟度夠。（遭遇狀況：有概念，但實際不易執行！）
    - ✓ 聽聲音：用手指輕彈瓜果，聲音不能太脆，音頻稍微低沉，但也不能「碰」、「碰」的空洞感，應介於兩者之間，彈後並有回震感。（遭遇狀況：一般消費者耳朵還是不易分辨！）
- 雖然專業瓜農提供西瓜選購準則：還是缺乏標準方法和工具
  - ✓ 瓜蒂新鮮：熟度適宜的西瓜，採收後幾天內風味最佳，瓜蒂若已乾枯，則表示採收已久，品質容易變劣。
  - ✓ 瓜形端正肥滿：果形不端正不肥滿，就是發育不良，不甜不脆不好吃。
  - ✓ 果皮硬度高：若果皮稍壓即有彈性，很可能是枯枝採收或日曬過久，果肉呈水軟，風味不佳。
  - ✓ 果面平滑：果面不光滑的果實，多是過熟或果肉崩裂空心，甜度低，品質低等。
  - ✓ 果臍平而小：果臍若大或凹入、裂開，都是低溫期結果，皮厚肉粗硬。
  - ✓ 成熟度適中：用手掌敲擊果實聽聲音，頭部聲的未成熟，腹部聲的已過熟，胸部聲的品質最佳。

## （二）西瓜甜度和熟度的科學定義：

- 甜度定義：採收下來前，西瓜內部的酵素（纖維素酶）會讓裏內的澱粉轉變成糖，而採收下來後，這些酵素持續運作，讓西瓜變得更熟、更甜，這種採收後果實持續增加甜度的現象稱為後熟（行政院農業委員會農業知識家，2023b）。本研究的甜度測量則

以甜度計中所測得的數值為主。

- **成熟定義**：成熟是水果生長過程中的一個階段，通常為植物成長的顛峰時期，也常被用來指植物開花、結果的階段。而西瓜生長的過程中，瓜皮變硬，裏面的瓜瓢（果肉）會因為**纖維素酶的作用、含糖量的提升而發生結構上的變化，直到成熟**（元氣網，2019）。一般來說，西瓜的成熟判別，多半是看瓜蒂上方的捲鬚，若一半以上為乾枯時才算西瓜成熟可採收（元氣網，2019；惠農網，2021）。
- **後熟現象**：西瓜在 10~15 度 C 下可保存 2~3 週，此與後熟現象最明顯的香蕉來比較的話，在 13~14 度 C 僅可保存數天，但是與沒有什麼後熟現象的葡萄柚相較，在 10~15 度 C 下可保存 6~8 週，因此要確切表示西瓜有或無後熟現象是有相當大的爭論在，就**後熟的定義**而言，是指**果品成熟到適宜食用的階段**，若要明確的實驗證明則需實際量測乙烯對於西瓜自催化反應後呼吸速率是否明顯升高才可得知了（行政院農業委員會農業知識家，2023b）
- **呼吸躍變現象**：根據果實是否表現呼吸躍變現象，將果實分為兩類：
  - 1) 躍變型果實：這一類果實在成熟期表現躍變現象，屬於這一類的果實有蘋果、梨子、杏桃、無花果、香蕉、番茄等。
  - 2) 非躍變型果實：這一類果實在成熟期不發生躍變現象，此類果實有柑桔、葡萄、櫻桃等。

而屬於第 1 種類型的「**躍變型**」水果，就是有「**後熟**」的現象，果實在採收後，其**乙烯量會升高來幫助果實成熟，同時呼吸作用也會變得旺盛，甜度增高、色澤會改變**。

### （三）「聽音辨瓜」的奧秘：

- 研究人員對「聽音辨瓜」進行了研究，研究表明，用手拍打西瓜，聽聲音判斷西瓜品質，是有科學依據的。這套方法的檢驗原理是聲波在介質中傳播受到介質密度和質地的影響，因此，可以找出**拍擊西瓜獲得的聲波與西瓜品質之間的關係**。這樣，就能夠在不用切開西瓜的前提下，分析拍擊西瓜獲得的聲波，檢測其成熟度和內部品質，所以敲擊時聲音較清脆的是新鮮西瓜，敲擊聲相對沉悶的是成熟西瓜。

- 語音辨識技術：隨著亞馬遜、谷歌和 Apple 紛紛推出語音助理和智慧音箱，語音控制的智慧科技產品變得越來越流行。這些語音控制產品主要是利用語音辨識技術將人類的語音控制命令轉換為相對應的文字。語音辨識技術，主要是藉由電腦來處理語音聲波訊號，可用麥克風收下來語音的「聲波波形」訊號後轉變成頻率訊號，再進行文字辨識。語音辨識技術的最主要困難點，在於「聲波波形」的千變萬化。
- 聲音辨識技術：目前國際上有一些公司或研究單位應用聲音辨識技術，已經開發出有效協助民眾進行居家安全監控。舉例來說，能夠透過辨識特定的聲音或噪音，來提醒用戶潛在的危險情況。例如煙霧警報探測器，當煙霧警報器發出聲響時，會即時進行聲音辨識判斷是否為煙霧警報器聲響，在辨識成功時會發送警報通知您。另外，藉由玻璃破碎聲辨識傳送警報，用戶可以透過警報得知住家是否有不明人士入侵危險。

#### (四) 過去科展研究參考和本研究創新：

- 王裕中、洪崑涵、黃俊諺、黃俊穎（2006）研究西瓜音頻的科展作品中，提及好西瓜的頻率較為低而集中（666.7Hz~800Hz），壞西瓜則有頻率偏高且又分散的現象（400Hz~4000Hz），這應就是清音與濁音的區別。此外水果行老闆的經驗，西瓜的密度、果肉受力形變量，都可與聲音分析的結果相互驗證，來證明分析方法的有效性。但西瓜重量、糖度則與聲音分析的數據關聯性小，無法用來判斷西瓜的好壞。
- 吳元劭（2007）於 2007 年科展的報告主要是探究西瓜成熟與否和聲音關係，該研究利用拍擊西瓜所造成之聲音進行非破壞性音波檢測，來探討西瓜之成熟度。此研究希望從客觀的科學角度，探討「聽音辨瓜」的奧秘。由研究結果得知，西瓜的拍聲在頻譜中可分為三個頻區，即西瓜殼所造成的高頻區，水及含水量高的果肉所形成的中頻區，及由空洞及含水量低的果肉所造成的低頻區，而西瓜商就是藉由這三種音頻所表現出的綜合效果進行判斷。
- 我們這次科展研究主要利用聲音辨識技術來判別西瓜的新鮮 / 成熟度，並且設計便利有效的檢測 App 協助消費者，這是目前台灣甚至全世界首創的西瓜新鮮 / 成熟度檢測手機 App。

#### 四、研究問題探討

1. 很好奇：西瓜好不好吃？甜不甜？跟那些因素條件有關？
2. 西瓜的**新鮮/成熟度**會不會影響到**西瓜的甜度**？如果新鮮/成熟度會影響甜度，那**什麼時候會最甜**？
3. 西瓜放冰箱會不會比較慢成熟？
4. 好吃的西瓜是不是有特別的音頻？人的耳朵真的可以分辨嗎？
5. **聲音頻率的原理**是否也可以應用在辨識西瓜的新鮮/成熟度呢？成熟的西瓜拍擊時的聲音較沉重，表示音調低嗎？而新鮮的西瓜拍擊時的聲音很清脆，表示音調高嗎？
6. 很想知道：**語音辨識或是聲音辨識技術是否可應用在辨識西瓜的新鮮/成熟度**？
7. 如何利用 **App Inventor** 和**聲音辨識引擎**來設計**西瓜成熟度辨識 App**？可幫民眾方便有效的挑選西瓜！
8. 西瓜成熟度辨識 **App** 效果如何？如何評估？

## 貳、研究設備與器材

1. 小玉西瓜	2. 甜度計和滴管	3. 碗和湯匙	4. 筆電	5. 錄音軟體 (Audacity)	6. 手機
					
7. 成熟度辨識 App	8. 奇異筆	9. 白板筆	10. 磅秤	11. 水桶	12. 水果刀
					
13. 捲尺	14. 第一版敲擊器	15. 紙箱	16. 劍玉	17. 第二版敲擊器	18. 敲擊球棒



## 參、研究方法與實驗流程設計

### 一、研究架構圖

本研究首先進行消費者拍瓜聽音選瓜習慣調查，拜訪語音辨識專家，瞭解利用音頻高低和設計 App 辨識西瓜新鮮/成熟度的可行性。購買西瓜，量測基本數據，設計寶特瓶模擬實驗、開始錄音、訓練西瓜新鮮/成熟度聲音辨識模型、開發 App，除了實驗室驗證效果並到水果行進行實測，本研究架構圖如圖 1，**實驗流程共規劃七大核心步驟進行**，說明如下：

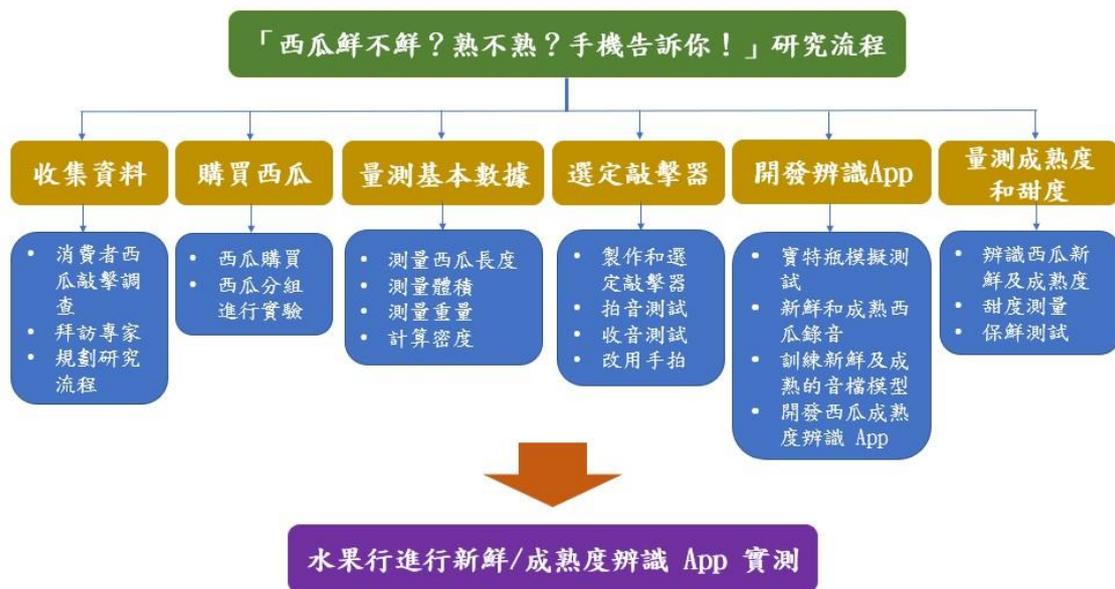


圖 1：研究架構圖

### 二、實驗流程設計

#### 【實驗一】收集資料：確定題目和研究步驟/消費者拍擊西瓜習慣調查/拜訪語音辨識專家

- ✓ 實驗步驟 1-1：組員提出三個題目，討論優缺點，請教指導老師，最後組員票選確認研究題目「**西瓜鮮不鮮？熟不熟？手機告訴你！**」，並規劃研究方法與實驗流程設計（如圖 1）。
- ✓ 實驗步驟 1-2：針對不同年齡層消費者進行購買西瓜敲擊習慣訪談調查（如表

1)。

- ✓ 實驗步驟 1-3：拜訪某大學資訊工程系語音辨識專家，瞭解利用**聲音頻率高低是否可以辨識西瓜新鮮/成熟度？**專家表示可行，有聲音辨識開源程式碼可以支援正確判別，而且國中小學生可以利用 **App Inventor** (美國 MIT 大學維護及營運) 的積木式程式設計出辨識 App。

年齡	會拍擊	不會拍擊	人數 (45 人)
40 以下	80% (12 人)	20% (3 人)	15
41~60 歲	90% (18 人)	10% (2 人)	20
61 以上	<b>100%</b> (10 人)	0% (0 人)	10
平均	<b>89% (40/45)</b>	11% (5/45)	100%

表 1：消費者購買西瓜時拍擊西瓜習慣訪談調查表

步驟 1-1：組員討論三個題目優點	步驟 1-1：請教指導老師研究方法與實驗流程
	

### 【實驗二】購買西瓜和分組編號：

- ✓ 實驗步驟 2-1：新化果菜市場購置 15 顆小玉西瓜。
- ✓ 實驗步驟 2-2：挑選其中 12 顆，分成大顆和小顆兩類，一顆大西瓜和一小顆西瓜配對成一組，共分 6 組，分別編號大顆為 1A 至 6A，小顆為 1B 至 6B；剩下 3 顆，作為備用。



### 【實驗三】量測西瓜長、寬、重量、體積各項基本數據：

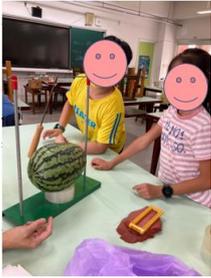
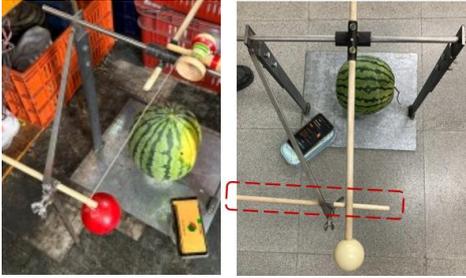
- 實驗步驟 3-1：把西瓜放在桌上拿捲尺確定長度並記錄下來。
- 實驗步驟 3-2：將西瓜放入裝滿半桶水的水桶，看水增加了多少公升(L)，所增加的量即是它的體積。
- 實驗步驟 3-3：把西瓜放在磅秤上量測它的重量。
- 實驗步驟 3-4：把西瓜的重量除以體積，求出密度。
- 實驗步驟 3-5：重複實驗步驟 3-1~3-4，直到把所有西瓜的各項基本數據都量測完。

### 【實驗四】製作單擺架和確定有效的敲擊方式與器材：

- 實驗步驟 4-1：製作單擺架和選定敲擊器（第一版），收集並測試各式可敲擊的物品作為敲擊西瓜的器具，包含螺絲起子、木棍、打擊棒...等，讓敲擊的力量及頻率可以標準化。最後選定以打鼓用的鼓棒作為敲擊西瓜的器具。
- 實驗步驟 4-2：運用鼓棒敲擊器敲擊西瓜並進行拍音測試，使用一般音效編輯軟體錄製西瓜敲擊聲音（例如本研究使用的免費開源錄音編輯軟體 Audacity），但是聲音音量較小。為了放大收音音量，放置紙箱及保麗龍箱作為收音箱，但收音測試後，使用紙箱的收音效果沒有比較好，所以決定放棄使用紙箱收集西瓜敲擊頻率資料。
- 實驗步驟 4-3：為了達到每次敲擊力量的一致性（按照本屆地區科展評審建議），第二版敲擊器特別設計一根固定高度活動式抽取木棍，當木棍抽取後，敲擊棒將從同一高度/位置落下，因此每次敲擊力量是一致的（如下圖）；為了放大收音音量，取得有效聲音訓練樣本，先用玩具劍玉木球模擬成功，然後分別製作

直徑約 5 公分的實心撞球棍 (2023/6/4) 當作敲擊棒；以及直徑約 6 公分的劍玉木球敲擊棒 (2023/6/13) 和網球敲擊棒 (2023/6/13)。

- 實驗步驟 4-4：等待廠商在 2023/6/4 和 2023/6/13 協助我們製作出三款敲擊棒後，利用我們設計的西瓜成熟度辨識 App (參考實驗步驟 5-4)，2023/6/14 立即進行三支敲擊棒 (撞球、劍玉木球和網球) 的敲擊收音測試和辨識效果比較實驗。

<p>步驟 4-2：測試單擺架+敲擊器 (第一版) 敲擊收音效果</p>	<p>步驟 4-2：測試紙箱收音效果不佳</p>
	
<p>步驟 4-3：第二版敲擊器特別設計一根活動式抽取木棍，改進每次敲擊力量的一致性 (用玩具劍玉木球模擬)</p>	<p>步驟 4-3：測試第二版敲擊器收音效果良好，然後進行三支敲擊棒 (撞球、劍玉木球和網球) 的辨識效果比較實驗</p>
	

**【實驗五】寶特瓶模擬實驗、開始錄音、訓練西瓜新鮮/成熟度辨識模型、設計新鮮/成熟度辨識 App：**

- 實驗步驟 5-1：在進行西瓜新鮮/成熟度辨識模型訓練之前，我們想到利用寶特瓶進行模擬實驗，首先準備 2 支寶特瓶 (300cc)，1 支裝滿水、另 1 支空瓶，裝滿水寶特瓶用手掌敲擊發出低沉聲音類似成熟西瓜；空瓶寶特瓶用手掌敲擊發出清脆聲音類似新鮮西瓜，委託某大學資訊工程系語音實驗室協助訓練空瓶/水瓶

辨識模型，測試正確率超過 80%。

- 實驗步驟 5-2：額外購買新鮮和成熟西瓜各兩顆，進行**新鮮和成熟西瓜的敲擊音頻錄音**，每顆西瓜敲擊錄音各 25 次。
- 實驗步驟 5-3：導入該語音實驗室開發的聲音辨識引擎，進行新鮮和成熟西瓜辨識模型訓練。
- 實驗步驟 5-4：聯繫該語音實驗室老師請研究生進行**6 小時 App Inventor 的積木式程式設計教學**，快速設計出第一版西瓜成熟度辨識手機 App，隨後陸續添加功能完成第二和第三版。本屆地區科展後，按照評審建議，完成**第四版 App (2023/6/4)** 修改，App 接收辨識引擎回傳辨識結果，呈現三種符合民眾購買西瓜需求的顯示：1. 新鮮（還可放幾天），2. 成熟（最甜，趕快食用），3. 已過熟幾天（立即食用或放置冰箱）。表 2 展示第四版 App 西瓜敲擊測試結果畫面。

<p>第一部分：設定 App 螢幕背景、請求錄音、網路和外部檔案存取權限</p> 	<p>第二部分：設定西瓜敲擊錄音檔路徑位置和檔案名稱</p> 
<p>第三部分：按下 App 錄音鈕、然後拍擊西瓜、進行錄音和儲存音檔</p>	<p>第四部分：傳送西瓜敲擊錄音檔到伺服器、呼叫西瓜新鮮/成熟度辨識引擎進行辨識</p>
	
<p>第五部分：辨識引擎回傳辨識結果：</p>	<p>App 測試：第四版 App 畫面展示和西</p>

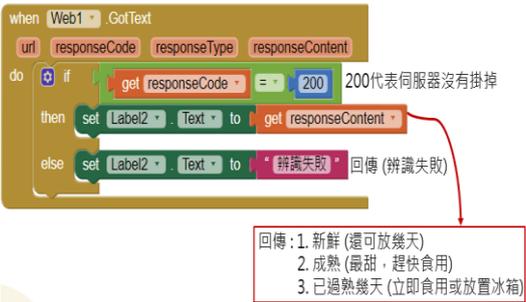
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新鮮 (還可放幾天)</li> <li>2. 成熟 (最甜, 趕快食用)</li> <li>3. 已過熟幾天 (立即食用或放置冰箱)</li> </ol>	<p>瓜敲擊測試結果範例</p>
	

表 2：西瓜新鮮/成熟度辨識 App 積木式程式碼五大功能簡介和 App 實測結果

步驟 5-4：學習 App 程式設計	步驟 5-4：App 程式碼修改討論	步驟 5-4：App 畫面修改
		

**【實驗六】量測西瓜新鮮/成熟度和甜度，並進行保鮮測試：**

- 實驗步驟 6-1：使用 App 量測西瓜新鮮/成熟度，每顆測試 5 次，每次敲擊西瓜 1 下，然後計算 App 辨識正確率。
- 實驗步驟 6-2：甜度量測，了解西瓜大小/位置與甜度的關係。將配對大小西瓜各一顆剖開，分成上(瓜蒂)、中(中心)、下(瓜臍)及側邊四個位置以直徑 2 公分為範圍用湯匙挖取一瓢的西瓜放在碗中壓出汁來，以滴管將汁液放到甜度計測試，並將所測試之數值紀錄下來。取樣部位示意圖如圖 2 所示。

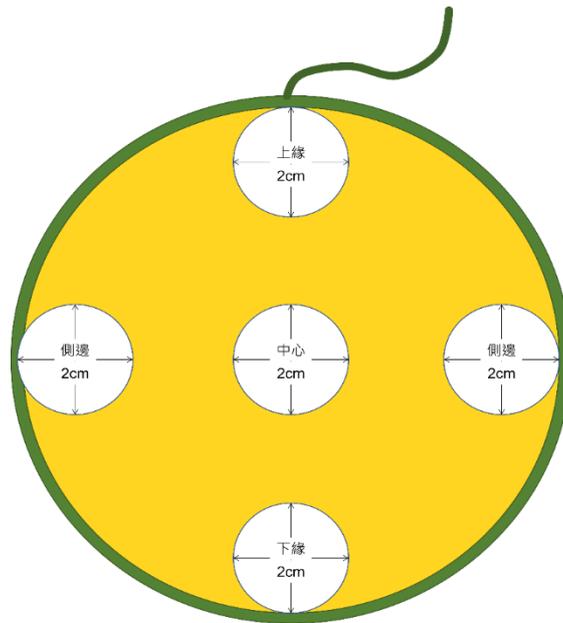
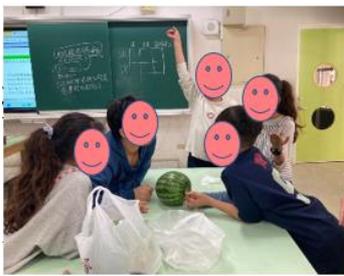


圖 2：西瓜甜度量測取樣部位示意圖

- 實驗步驟 6-3：將西瓜放進冰箱進行保鮮，2-3 週後進行冷藏保存後的新鮮/成熟度辨識測試，以及離開冰箱後常溫保存一個禮拜的新鮮/成熟度測試。

步驟 6-1：討論人耳如何聽聲辨識西瓜是成熟還是新鮮	步驟 6-1：使用自製 App 量測西瓜新鮮/成熟度	步驟 6-1：App 量測西瓜新鮮/成熟度結果
		
步驟 6-2：壓汁測量甜度	步驟 6-2：將西瓜汁滴入甜度計	步驟 6-2：看甜度計紀錄甜度
		

**【實驗七】前往水果行進行西瓜新鮮/成熟度辨識 App 實測：**

• 實驗步驟 7-1：

- (1) **第一次實測 (2023/03/01)：**選定**三家水果行進行西瓜新鮮/成熟度辨識 App 實測**，先請水果行老闆挑選新鮮和成熟西瓜各一顆（但第三家水果行前一天剛進貨，沒有成熟西瓜），然後使用 App 量測西瓜新鮮/成熟度，每顆測試 5 次，每次敲擊西瓜 1 下，然後計算 App 辨識正確率。
- (2) **第二次實測 (2023/06/10)：**選定**某家水果行願意配合協助我們進行較多顆西瓜實測**，然後先請水果行老闆挑選 10 顆新鮮和 3 顆成熟西瓜（因水果行前兩天進貨新鮮西瓜，缺少成熟西瓜，因此臨時補貨，只有 3 顆成熟西瓜），然後使用 App 量測西瓜新鮮/成熟度，每顆測試 5 次，每次手掌敲擊西瓜 1 下，然後計算 App 辨識正確率。

<p>步驟 7-1：第一次水果行實測 (第一家)</p>	<p>步驟 7-1：第一次水果行實測 (第二家)</p>	<p>步驟 7-1：第一次水果行實測 (第三家)</p>
		
<p>步驟 7-1：第二次水果行實測 (同時了解劍玉球敲擊棒收音效果)</p>	<p>步驟 7-1：第二次水果行實測 (App 辨識正確/錯誤紀錄)</p>	<p>步驟 7-1：第二次水果行實測 (了解撞球敲擊棒收音效果)</p>
		

## 肆、研究結果

### 【研究結果一】西瓜基本數據量測：

- ✓ 根據表 3 我們利用西瓜外圍、直徑、重量、體積的量測數據進行西瓜大小的分類和比較（圖 3），以此進行後續的實驗。

西瓜基本數據量測：外圍、直徑、重量、體積一覽表 (2022/12/14)							
編號	外圍		直徑		重量 (Kg)	體積(L)	密度 (Kg/L)
	長度 (cm)	寬度 (cm)	長度 (cm)	寬度 (cm)			
1A	57.4	53.0	18.6	16.4	1.76	2.950	0.59
1B	47.8	47.8	14.7	13.2	1.26	1.850	0.68
2A	55.9	51.5	19.7	17.2	1.80	2.450	0.73
2B	48.2	47.2	15.8	13.8	1.28	1.900	0.67
3A	58.9	53.3	20.2	17.8	1.83	3.100	0.59
3B	51.0	49.2	18.0	15.2	1.42	2.300	0.61
4A	57.0	54.3	19.3	16.6	2.07	2.950	0.70
4B	48.9	49.0	16.1	15.2	1.37	1.975	0.69
5A	55.3	51.4	19.2	15.9	1.65	2.600	0.63
5B	48.7	47.9	15.1	14.3	1.19	1.875	0.63
6A	56.1	51.8	17.8	15.8	1.71	2.875	0.59
6B	47.2	44.9	15.1	13.0	1.16	1.825	0.63
平均(A/大)	56.7	57.8	19.1	16.6	1.80	2.800	0.64
平均(B/小)	48.6	47.6	15.8	14.1	1.28	1.954	0.65

表 3：西瓜基本數據

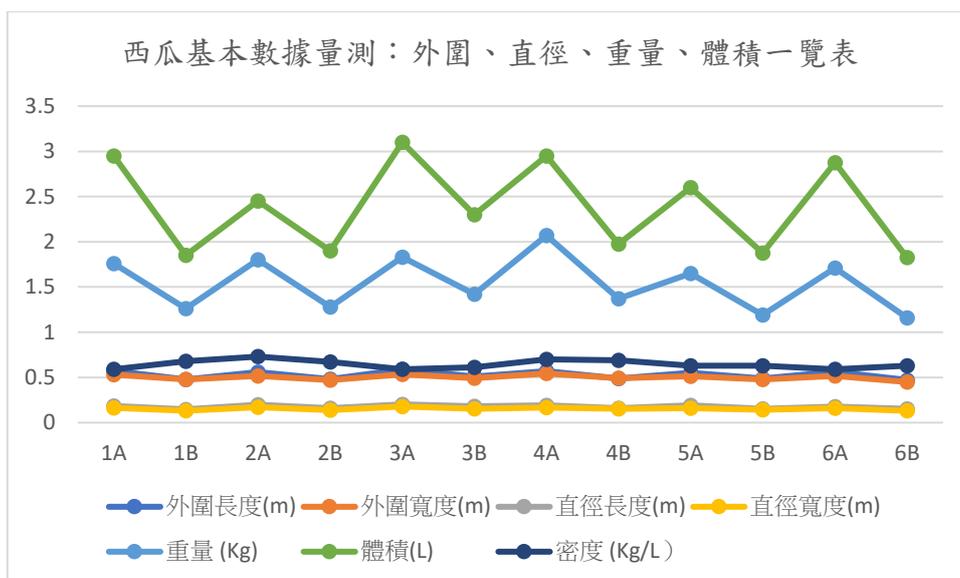


圖 3：西瓜基本數據量測：外圍、直徑、重量、體積圖示比較

【研究結果二】單擺架和西瓜敲擊棒敲擊收音和辨識效果差異比較：

- ✓ 根據表 4，以手掌拍擊西瓜的 App 辨識結果（新鮮的辨識正確率大約為 93%，成熟的正確率為 80%）分析，比較三款敲擊棒敲擊收音和辨識效果：撞球敲擊棒的新鮮辨識正確率表現最好（約 80%），劍玉木球敲擊棒的成熟正確率表現最佳（約 93%），但是網球敲擊棒卻有最好的平均辨識正確率大約為 73%（新鮮約 73%，成熟也是 73%）。

西瓜敲擊棒成熟度辨識效果差異比較 (2023/06/14)												
編號	單擺架+撞球敲擊棒			單擺架+劍玉木球敲擊棒			單擺架+網球敲擊棒			手掌拍擊		
	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率 (%)	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率 (%)	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率 (%)	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率 (%)
F1	3	2	60	5	0	100	1	4	20	5	0	100
F2	0	5	0	5	0	100	5	0	100	5	0	100

F3	4	1	80	4	1	80	5	0	100	1	493	80
M1	5	0	100	2	3	40	4	1	80	5	0	100
M2	5	0	100	1	4	20	4	1	80	4	1	80
M3	2	3	40	3	2	60	3	2	60	3	2	60
平均 (新鮮)	2.3	2.7	46.7	4.7	0.3	93	3.7	1.3	73	4	1	93
平均 (成熟)	4	1	80	2	3	40	3.7	1.3	73	4	1	80

表 4：西瓜敲擊棒敲擊收音和辨識效果差異比較

【研究結果三】西瓜位置和甜度的關係：

- ✓ 根據表 5，A 組西瓜中心的平均甜度為 8.76，甜度大於其他位置（上方、下方、側身）的甜度；而 B 組西瓜中心的平均甜度為 9.16，甜度大於其他位置（上方、下方、側身）的甜度（圖 4）；下方與側身處的果肉皆明顯甜度較低。不論是大或小的西瓜，其中心的甜度比該西瓜其他部位的甜度都來得高（圖 5）。

西瓜不同部位甜度量測（甜度單位：糖度/Brix）				
編號/量測時間	中心	上方(瓜蒂)	下方(瓜臍)	側身
1A (2022/12/14)	10.6	9.4	8.2	8.9
1B (2022/12/14)	10	8.7	8.7	8.2
2A (2022/12/21)	8.9	8.3	9.0	9.0
2B (2022/12/21)	9.4	7.9	7.5	7.1
3A (2022/12/28)	8.9	9.0	9.0	9.5
3B (2022/12/28)	11.0	10.0	9.3	8.7
4A (2023/01/04)	8.5	8.0	6.0	5.9
4B (2023/01/04)	8.0	7.1	6.7	6.0

5A (2023/01/11)	6.9	6.8	6.0	7.0
5B (2023/01/11)	7.4	7.3	4.9	5.4
6A (因腐爛未量測)	無	無	無	無
6B (因腐爛未量測)	無	無	無	無
平均(A/大)	8.76	8.3	7.64	8.06
平均(B/小)	9.16	8.2	7.42	7.08
全部平均數	8.0775			

表 5：西瓜甜度測量

西瓜不同部位甜度量測

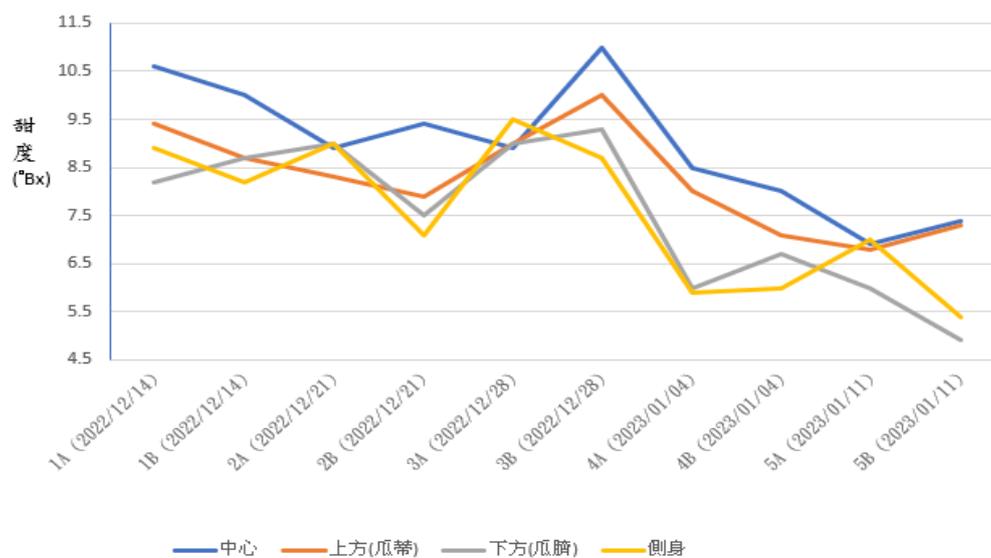


圖 4：西瓜各部位果肉和甜度的關係分析比較圖

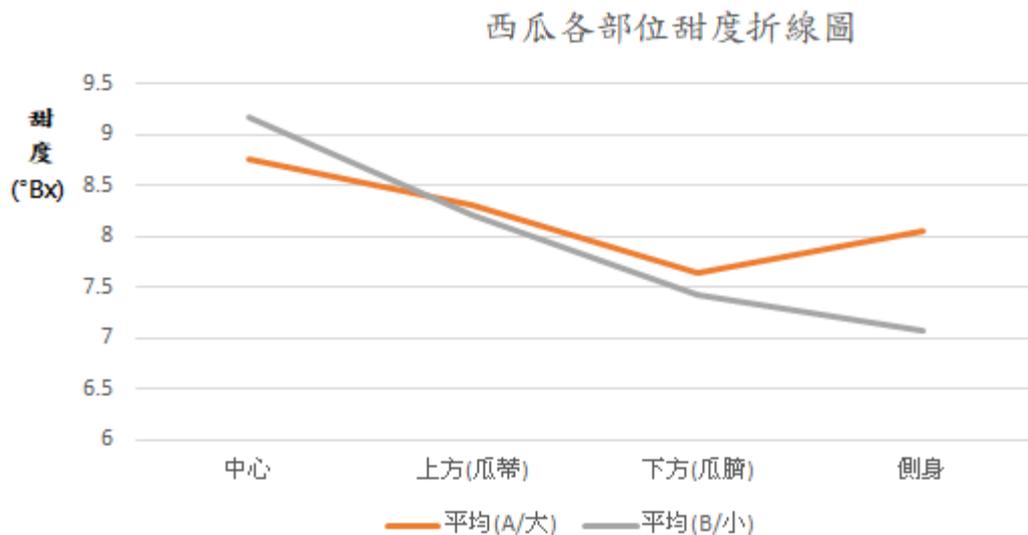


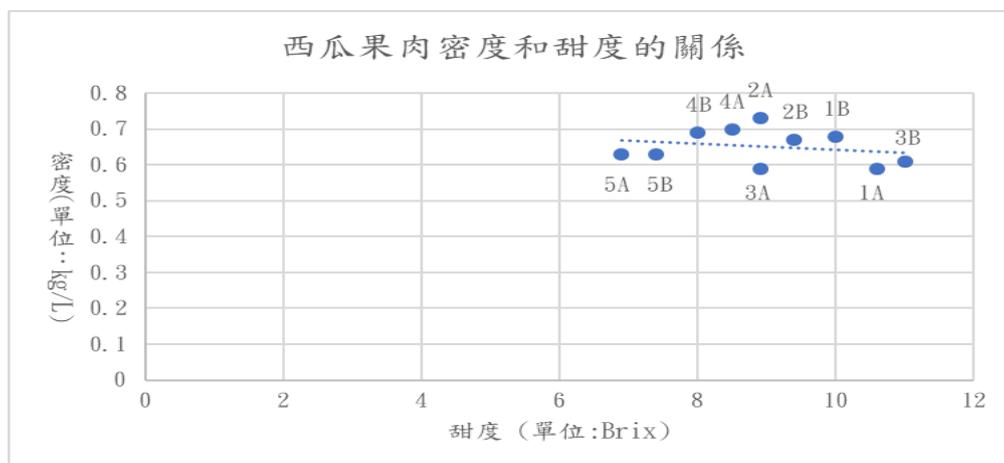
圖 5：A、B 兩組各部位果肉和平均甜度關係折線圖

**【研究結果四】西瓜大小和甜度的關係：**

- ✓ 根據研究結果三，我們可以得知依照 A、B 兩組的西瓜大小分組對比甜度數據後，在西瓜中心的果肉 B 組甜度略大於 A 組，但其餘位置 A 組則甜於 B 組；進一步進行各個組別細項探討，則只有側身的位置的果肉 A 組有明顯甜於 B 組的現象。

**【研究結果五】西瓜果肉密度和甜度的關係：**

- ✓ 根據表 3 的密度和表 5 的甜度值，畫出圖 6 的密度和甜度的關係圖後，我們發現這兩個項度彼此間沒有明顯關係。



✓ 圖 6：西瓜果肉密度和甜度的關係散布圖

**【研究結果六】西瓜成熟度和冰箱保鮮的關係：**

- ✓ 從表 6 中我們可以得知，藉由冰箱的保鮮方式可以幫助我們的西瓜延長成熟時間，有利於西瓜的保存；根據表中的數據顯示西瓜在放入冰箱 2-3 個禮拜後仍可維持其新鮮的程度，並於放置在常溫一個禮拜後達到成熟。

西瓜成熟度量測正確率					
編號	量測時間	人耳猜測 結果	次數		正確率
			正確	錯誤	
1A	App 開發中	無	無	無	無
1B	App 開發中	無	無	無	無
2A	2022/12/21	新鮮	5	0	100%
2B	2022/12/21	新鮮	3	2	60
3A	2022/12/28	成熟	4	1	80
3B	2022/12/28	成熟	3	2	60
4A	2022/12/21	新鮮	3	2	60
	2023/01/04	成熟	4	1	80
4B	2022/12/21	新鮮	5	0	100
	2023/01/04	成熟	3	2	60
5A	2023/12/28	新鮮	4	1	80
	2023/01/11	成熟	4	1	80
5B	2023/12/28	新鮮	3	2	60
	2023/01/11	成熟	4	1	60
6A	2023/01/11	成熟	3	2	60
6B	2023/01/11	新鮮	3	2	60

平均 (新鮮)	略	略	3.71	1.29	74
平均 (成熟)	略	略	3.57	1.43	71

表 6：成熟西瓜與新鮮西瓜的測量結果

【研究結果七】西瓜拍擊聲音和成熟度的關係：

- ✓ 根據表 6 我們初步得到西瓜新鮮/成熟度辨識 App 量測正確率皆大於 70%，新鮮西瓜的辨識正確率大約為 74%，成熟西瓜的辨識正確率大約為 71%。

【研究結果八】設計西瓜新鮮/成熟度辨識 App，幫助消費者方便有效挑選西瓜：

- ✓ 根據研究結果六，我們設計的西瓜新鮮/成熟度辨識 App 經過三個版本修改，可以得到量測正確率大約 70%，初步已經可以協助消費者方便有效挑選西瓜（圖 7）。按照本屆地區科展評審建議，應該考量符合民眾購買西瓜需求的畫面顯示：**1. 新鮮**（還可放幾天），**2. 成熟**（最甜，趕快食用），**3. 已過熟幾天**（立即食用或放置冰箱）。第四版 App（2023/6/4）修改完成，開始規劃實驗測試。



圖 7：新鮮與成熟西瓜 App 測試結果

【研究結果九】到水果行進行 App 實測：

- ✓ 第一次水果行西瓜成熟度 App 實測（2023/03/01）：到三家水果行進行 App 實測前，我們有請協助訓練模型的語音辨識實驗室增加新鮮/成熟西瓜拍擊音頻樣本，

並挑選比較好的訓練樣本重新訓練，因此這次得到新鮮西瓜的辨識正確率大約為100%，成熟西瓜的辨識正確率大約為90%（請參考表7：三顆新鮮西瓜編號F1, F2, F3；但成熟西瓜只有兩顆編號F1, F2, 因為第三家水果行前一天剛進貨，沒有成熟西瓜）。

- ✓ **第二次水果行西瓜成熟度 App 實測**（2023/06/10）：本次實驗目標將進行較多西瓜成熟度 App 正確性實測，僅有一家水果行可以配合我們這次較大規模實驗，先請水果行老闆挑選10顆新鮮和5顆成熟西瓜（水果行前兩天剛進貨新鮮西瓜，缺成熟西瓜，臨時補貨只有5顆成熟西瓜），這次得到新鮮西瓜的辨識正確率大約為98%，成熟西瓜的辨識正確率大約為72%（參考表8）。

第一次水果行西瓜成熟度 App 實測正確率（手掌拍擊）					
編號	量測日期	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率(%)	甜度 (糖度/Brix)
F1	2023/03/01	5	0	100	7.9
F2	2023/03/01	5	0	100	8.6
F3	2023/03/01	5	0	100	10.0
M1	2023/03/01	5	0	100	11.3
M2	2023/03/01	4	1	80	9.7
平均（新鮮）	略	5.0	0	5.0/5 = 100	8.8
平均（成熟）	略	4.5	1.0	4.5/5 = 90	10.5

表7：第一次水果行西瓜成熟度實測結果（2023/03/01）

第二次水果行西瓜成熟度 App 實測正確率 (手掌拍擊)				
編號	量測日期	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率(%)
F1	2023/06/10	5	0	100
F2	2023/06/10	5	0	100
F3	2023/06/10	4	1	100
F4	2023/06/10	5	0	100
F5	2023/06/10	5	0	100
F6	2023/06/10	5	0	100
F7	2023/06/10	5	0	100
F8	2023/06/10	5	0	100
F9	2023/06/10	5	0	100
F10	2023/06/10	5	0	100
<hr/>				
M1	2023/06/10	5	0	100
M2	2023/06/10	2	3	40
M3	2023/06/10	1	4	20
M4	2023/06/10	5	0	100
M5	2023/06/10	5	0	100
平均 (新鮮)	略	4.9	0.1	4.9/5 = 98
平均 (成熟)	略	3.6	1.4	3.6/5 = 72

表 8：第二次水果行西瓜成熟度實測結果 (2023/06/10)

## 伍、討論

一、根據表 5，3B 西瓜中心的甜度在第三週 (12/28) 量測為 11.0，是五週實驗甜度量測最高，西瓜最適合食用的時間點，App 量測結果屬於「成熟」，引起我們的好奇。為了瞭解

西瓜成熟度和甜度關係，我們將 1A 至 5B 共 10 顆西瓜果肉中心的甜度畫出曲線圖如圖 8，縱軸表示甜度，發現在第二週至第三週（大約 10-14 天）甜度逐步上升至 11.0，但是第四至第五週（大約 14-28 天）卻急速翻轉下降到最低 6.9。根據圖 8 橫軸（代表成熟度）的時間軸推移，西瓜從「新鮮」到「成熟」大約 2 週（14 天），再經過 2 週變成「過熟」（退甜）。從成熟變成過熟階段，我們觀察到西瓜外皮呈現逐漸變軟的狀態，推測應為果肉內的水分滲進西瓜皮內，使西瓜皮逐漸軟化，甚至爆裂。

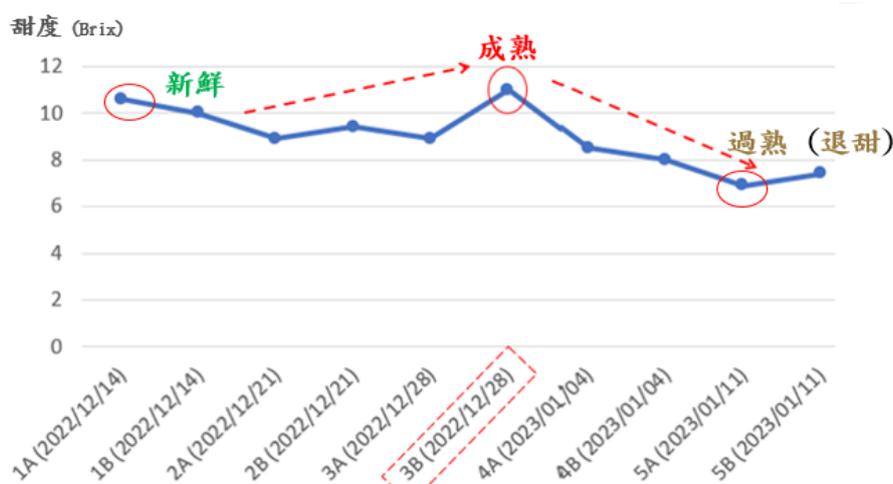


圖 8：西瓜成熟度和甜度關係之時間軸觀察分析

- 二、除了果肉中心位置外，大顆的西瓜甜度通常較小顆高，且各部位甜度較為平均，因此推測大顆的西瓜應為發育完全的西瓜，各部位果肉甜度不至於有太大落差，而小顆的西瓜應為發育不完全的西瓜，因此中心甜度較甜，其餘周圍果肉則甜度較低。
- 三、根據討論二推測，我們猜想西瓜成熟的順序應是由最內部中心位置先成熟後，逐漸向外成熟。
- 四、根據西瓜果肉密度與甜度的關係，可以發現密度與甜度並未呈現正相關性，因此目前果肉的緊實度未能成為判斷甜度的依據。
- 五、在進行完 App 正確率試驗後，可以觀察到西瓜在放入冰箱冷藏後將可有長達 2-3 週的保鮮期，維持其新鮮的程度，並可再放回室溫後有一個禮拜的成熟時間，可成為西瓜保鮮的實用方法。
- 六、為了達到每次敲擊力量的一致性（按照本屆地區科展評審建議），重新製作新版敲擊器

(第二版)，利用固定高度活動式抽取木棍，敲擊棒落下敲擊西瓜時，每次敲擊力量是一致的。三款敲擊棒實驗測試，發現**網球敲擊棒獲得最佳平均西瓜新鮮/成熟辨識正確率**。猜測原因，**網球橡膠球體外層包覆羊毛、尼龍和棉花毛氈**，和人類手掌骨骼包覆肌肉和表皮，略具彈性。但**實心撞球和劍玉木球**非常硬，在**實驗時造成兩顆新鮮西瓜產生裂痕**。

七、本次研究所研發的辨識 App 在使用手掌拍擊西瓜時，依照音頻進行**西瓜成熟度的判斷**，**呈現高正確率**，結合圖 7 所示**西瓜成熟度時間軸和甜度**之關係，將可**協助消費者找出西瓜最適合的食用時間或是否繼續存放**，避免放置過久，導致**過熟破裂腐爛**。

八、水果行實測討論水果行實地 App 測試確實有效區分出新鮮和成熟水果，**水果店老闆也對於實驗結果非常感興趣，想要使用 App**；未來持續錄製更多**成熟**和**過熟**西瓜拍擊聲音當作訓練樣本，改進正確率，可讓消費者便利地使用 App 解決挑選西瓜的難題，期望後續其他瓜類（如哈密瓜和香瓜）也加入 App 判別的行列。但是，由於水果行通常開在大馬路邊，**實測時常有的噪音問題（如人聲、車聲），可能影響實驗結果**，未來仍需要加強處理。

## 陸、結論

### 一、西瓜的甜度與西瓜大小顆的關係：

比較大小顆西瓜的甜度後，發現大顆的西瓜甜度在四個甜度測試位置通常較小顆的甜度高。

### 二、西瓜的果肉位置與甜度的關係：

根據實驗結果，西瓜正中心的果肉，甜度最高，其次則為頭部（瓜蒂附近的果肉）、尾部（瓜臍附近的果肉）及側面，因此推測西瓜成熟時，由最內部先成熟後，逐漸向外成熟。過去國內科展並未提到這個現象，這是本次科展重大發現。

### 三、西瓜的甜度與西瓜的新鮮/成熟度關係：

比較各種成熟度的西瓜甜度後，我們發現過熟西瓜的甜度並沒有達到最高，反而呈現降低的情況，過去國內科展並未提到這個現象，這也是本次科展新發現。

### 四、西瓜甜度量測貢獻：

西瓜研究首度使用甜度計，有效協助釐清西瓜甜度和成熟度相關科學基本常識。

### 五、製作單擺架和設計固定敲擊力量的西瓜敲擊器：

製作一款單擺架和有效的木球敲擊棒，並特別設計一根固定高度活動式抽取木棍，達成每次敲擊力量一致性。這也是本次科展貢獻。

### 六、西瓜的成熟度對聲音的影響：

根據實驗結果，新鮮的西瓜聲音十分清脆，而西瓜過熟時，則最容易產生出沉重的聲音。最適合食用的西瓜則介於兩者之間（冬天新鮮西瓜購買後放置 1-2 週），其聲音既不沉又不脆。

### 七、西瓜新鮮/成熟度辨識 App 對西瓜成熟度的辨識正確率：

(一)在經過實驗（請見表 6）後，以手掌拍擊西瓜產生聲音後藉由 App 來判斷西瓜成熟與新鮮的正確率皆超過 70%，未來應持續錄製收集更多訓練樣本，改進正確率，將可有效幫助民眾判斷西瓜的成熟度。

(二)兩次水果行實地 App 測試（表 7、表 8）確實有效區分出新鮮和成熟水果，可讓消

費者便利地使用 App 解決挑選西瓜的難題，這是**本次科展重大貢獻**。

#### 八、開發 App 遭遇問題：

雖然學校的電腦課程中有教 scratch 的程式設計，但是本次 App 開發中的 scratch 程式難度已經超出學校的教學範圍，而且**結合 MIT APP Inventor 應用程式還是第一次**，**花了很多時間摸索**，還請教某大學資工系研究所學生擔任老師指導我們開發 App，讓我們組員也學會 App 程式中各個步驟的原理以及相關的流程設計。

#### 九、產業應用：

(一)在本研究中，設計**全國首創西瓜成熟度辨識 App**，初步達成目標：可以讓消費者方便地**用手機即可挑選成熟好吃又甜的西瓜**，解決消費者挑選西瓜難題。未來將收集各類型西瓜數千個大量拍擊聲音樣本，快速提升「成熟西瓜」的辨識正確率。目前 App 在 Google Play 商店有上架（委託協助聲音辨識引擎開發的大學實驗室協助），預計三至六個月改版後正式上架。

(二)未來可以擴大到產業應用，例如上游西瓜種植農家和中間商以及水果行可以利用本 App 建立西瓜成熟和預測甜度履歷，讓消費者安心，刺激銷售量。**這也是本次科展對西瓜產業經濟的重大貢獻**。

#### 十、未來延伸研究主題和擴充實驗：

(一)**西瓜成熟度辨識最佳參數調整**：為了配合消費者西瓜購置後的食用和存放最佳需求，完成第四版 App（2023/6/4）設計，App 可呈現三種符合消費者需求的顯示：1. **新鮮（還可放幾天）**，2. **成熟（最甜，趕快食用）**，3. **已過熟幾天（立即食用或放置冰箱）**。

(二)**西瓜成熟度辨識最佳參數調整**：我們將收集更多西瓜敲擊音頻樣本，持續改進新鮮/成熟辨識模型正確率和調整最佳參數；此外，在水果行實測時常有的噪音問題（如人聲、車聲），未來仍需要加強處理。

(三)**其他瓜類 App 聽聲辨識應用**：首先我們將西瓜辨識 App 擴充到其他類型物品辨識，譬如**寶特瓶空瓶/水瓶辨識**（參考先前實驗步驟 5-1 的模擬實驗），仍然是有效，利用敲擊瓶子聲音可以正確判別空瓶或水瓶（如圖 9）。未來，我們可以把**更多瓜類**

(例如哈密瓜、香瓜等) 的新鮮/成熟聲音檔案錄製，然後訓練辨識模型。

- (四) **擴充西瓜果肉乙烯數據量測實驗**：西瓜屬於有後熟現象的水果，而有後熟現象水果成熟過程中，呼吸作用的速率與乙烯的產生量會突然上升，形成一波高峰（即呼吸躍變），再飛快下降回原本的數值。**乙烯可以刺激有後熟現象的水果中的許多生化反應進行，使水果變軟、產生香氣，並將貯存的澱粉分解成糖分。**



圖 9：擴充 App 辨識類型到寶特瓶「空瓶/水瓶」辨識以及其他瓜類 App 聽聲辨識應用

## 柒、參考文獻資料

1. 三立新聞網 (2022 年 10 月 20 日)。祖克柏「台語嘛欸通」！Meta 新 AI 即時口譯，背後功臣是台灣人。參考：  
[https://today.line.me/tw/v2/article/eLGx0Vg?utm\\_source=lineshare](https://today.line.me/tw/v2/article/eLGx0Vg?utm_source=lineshare)
2. 大紀元(2020)。又沙又甜的西瓜要怎麼挑選？老瓜農教 4 秘訣。參考：  
<https://www.epochtimes.com/b5/20/4/29/n12069777.htm>
3. 元氣網 (2022)。敲打聽聲音辨西瓜是否成熟，背後的原理是什麼？。參考：  
<https://health.udn.com/health/story/10561/3933377>
4. 行政院農業委員會農業知識家 (2023a)。如何選西瓜？參考：  
[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=4066](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=4066)
5. 行政院農業委員會農業知識家 (2023b)。西瓜有後熟現象嗎？參考：  
[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=3790](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=3790)
6. 行政院農業委員會農業知識家 (2023c)。請西瓜皮上的黃色對熟度的影響？參考：  
[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=2004](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=2004)
7. 行政院農業委員會農業知識家 (2023d)。請問呼吸躍變和後熟作用是否有相關？參考：  
[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=4048](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=4048)
8. 惠農網 (2021)。西瓜多少天成熟？如何判斷西瓜成熟度？參考：  
<https://www.cnhnb.com/xt/article-102937.html>
9. 王裕中、洪崑涵、黃俊諺、黃俊穎 (2006)。西瓜之音=? Hz。中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品。參考：  
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/junior/0308/030819.pdf>
10. 吳元劭 (2007)。西瓜成熟與否和聲音關係。臺灣二 0 0 七年國際科學展覽會作品。參考：  
<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6822&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=3101>

## 【評語】 082820

本作品運用聲音來辨識試水果果肉之熟度，設計一敲擊器，透過 APP 即時辨識，具有實用性。

本作品的優點可臚列如下：

1. 研究拍擊西瓜產生聲音頻率與瓜成熟程度、與西瓜甜度關係，研究具細緻化。
2. 研製手機 App 方便操作與應用，並以置於 Google Play。
3. 結合傳統生活智慧與現代 AI 科技，顯示跨領域整合能力。
4. 透過實地研究和實證，分析歸納西瓜甜度和儲存時間的關係，提供了實際可參考的結果。

若有機會精益求精，可考慮朝下列方向思考：

1. 將新鮮度與成熟度的定義，作更細緻化的處理。新鮮與成熟在 App 平均正確度，只有約七成，仍有努力空間。

2. 進一步探討不同西瓜的品種、實驗的數量儲存條件和環境因素(如溫度、濕度)是否可能會影響判定結果。

# 作品海報

西瓜鮮不鮮？熟不熟？

手機告訴你！

西瓜新鮮/成熟度辨識 APP 之研發



# 摘要

本研究應用AI人工智慧的聲音辨識技術來正確辨識西瓜的新鮮/成熟度，並設計和利用手機App進行有效判別。

本研究中發現：1) 不同位置的果肉，甜度也會有所不同；不論大小顆，西瓜中心果肉是最甜的部份；2) 西瓜的密度與西瓜甜度無明顯相關；3) 冬天西瓜放置兩週(成熟)可能達到最佳甜度，放置四週(過熟)甜度則大幅降低。

本研究有兩項創新設計：1) 製作一款固定敲擊力量的敲擊器；2) 全國首創西瓜新鮮/成熟度辨識App，可以讓消費者方便地用手机即可挑選成熟好吃又甜的西瓜。

# 貳、研究目的

1. 調查消費者購買西瓜敲擊習慣，來模擬設計有效的西瓜敲擊器
2. 瞭解西瓜大小/位置/果肉密度和甜度的關係
3. 瞭解西瓜成熟度和甜度的關係
4. 瞭解西瓜成熟度和冰箱保鮮的關係
5. 製作單擺架和設計有效的西瓜敲擊器

# 壹、動機與文獻

- 王裕中、洪崑涵、黃俊諺、黃俊穎 (2006) 研究西瓜音頻的科展作品中，分析出好西瓜的頻率較為低而集中 (666.7Hz~800Hz)，壞西瓜則有頻率偏高且又分散的現象 (400Hz~4000Hz)，但西瓜重量、糖度則與聲音分析的數據關聯性小，無法用來判斷西瓜的好壞。
- 吳元劭 (2007) 於科展探究西瓜成熟與否和聲音關係，研究結果顯示西瓜的拍聲在頻譜中可分為三個頻區，即西瓜殼所造成的高頻區，水及含水量高的果肉所形成的中頻區，及由空洞及含水量低的果肉所造成的低頻區，但這樣的結果仍無法客觀有效地讓經驗不足的民眾判別西瓜的好壞。

本研究應用聲音頻率理論和人工智慧的語音辨識技術，並借助App Inventor積木程式嘗試設計一款手機App來協助消費者方便有效來判別西瓜的新鮮/成熟度。

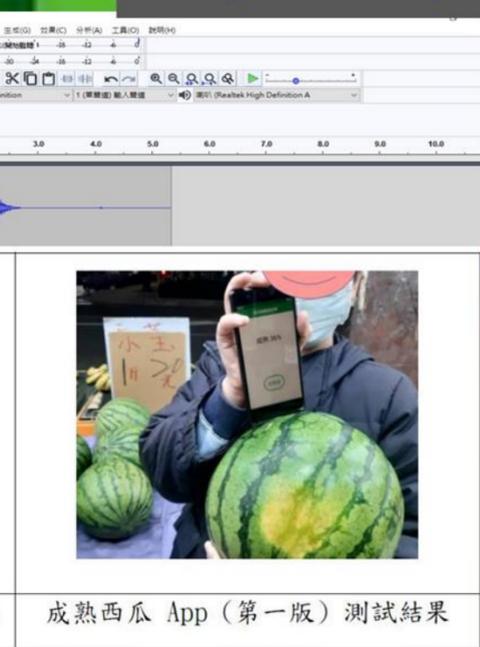
6. 瞭解西瓜拍擊聲音頻率和成熟度的關係
7. 設計西瓜新鮮/成熟度辨識App，幫助消費者方便有效挑選西瓜
8. 到水果行進行App實測

# 參、研究設備



甜度計

新鮮西瓜 App (第二版) 測試結果

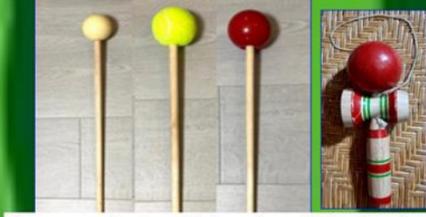


成熟西瓜 App (第一版) 測試結果

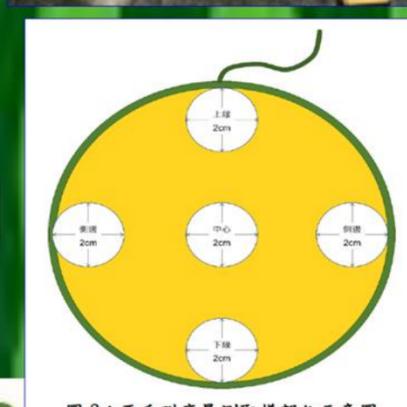
第一版敲擊器：簡易單擺敲擊棒



第二版敲擊器：製作三支敲擊棒（撞球、劍玉木球和網球），收音效果良好

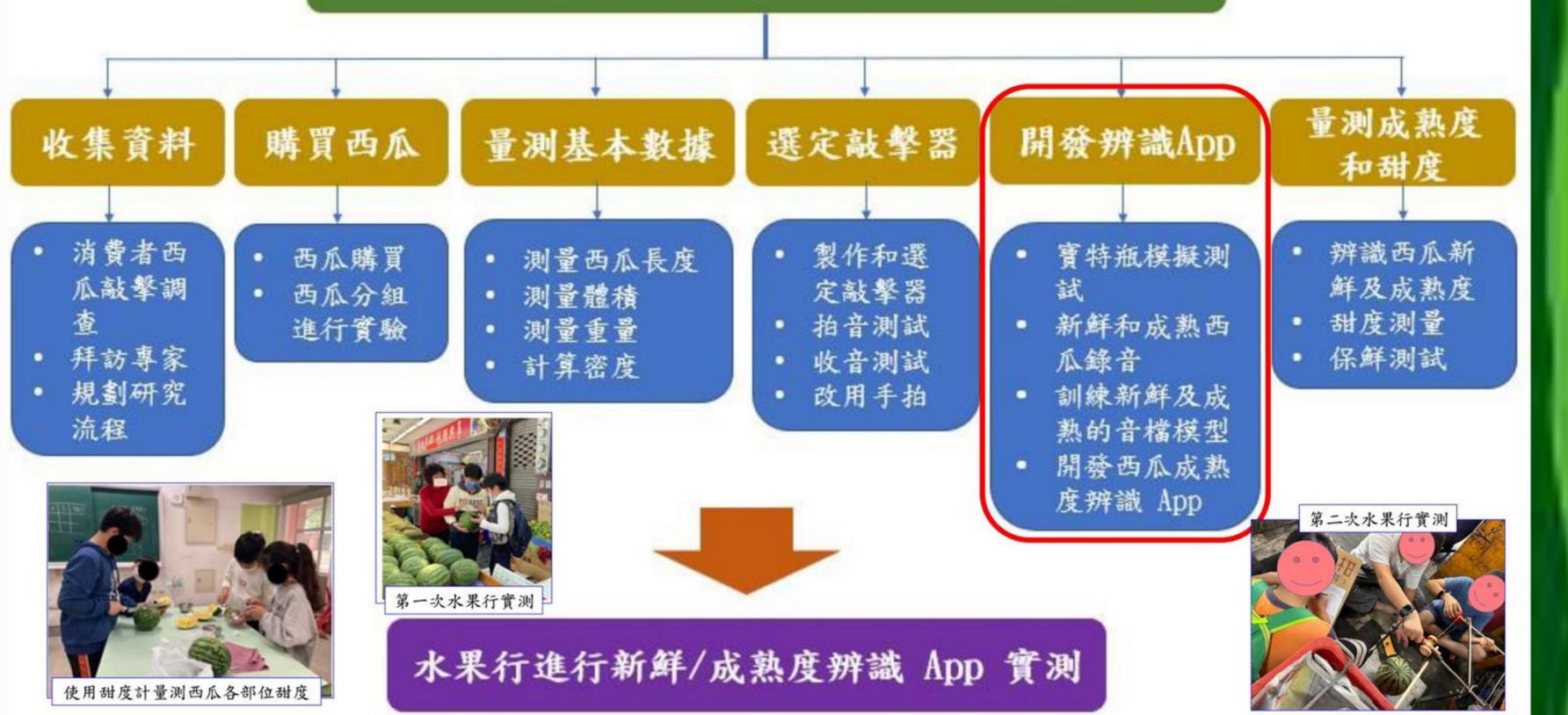


第二版敲擊器：設計一根固定高度活動式抽取木棍，達成每次敲擊力量一致性



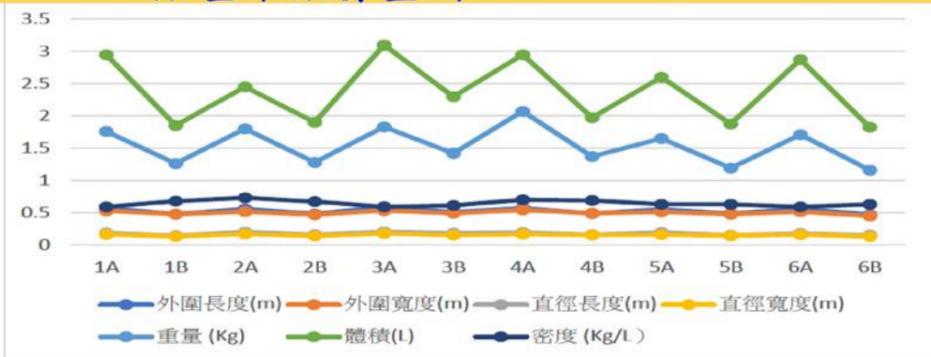
# 肆、研究方法與實驗流程

## 「西瓜鮮不鮮？熟不熟？手機告訴你！」研究流程



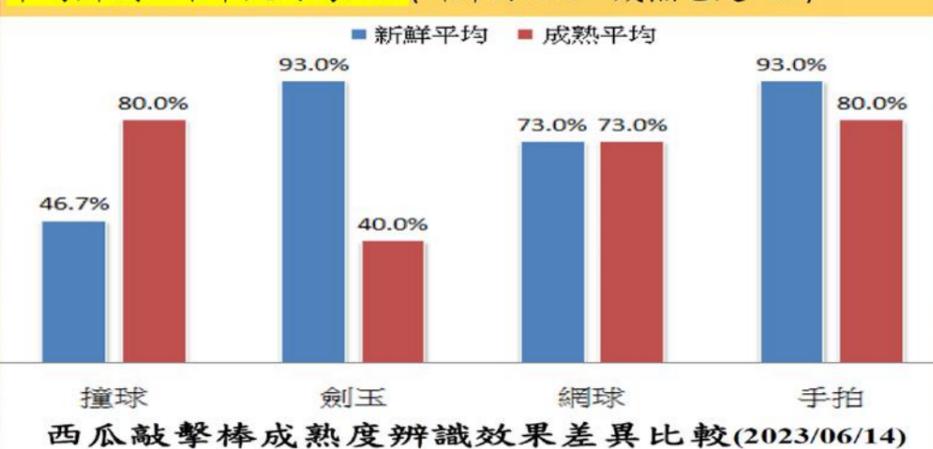
# 伍、研究結果

## 一、西瓜基本數據量測：



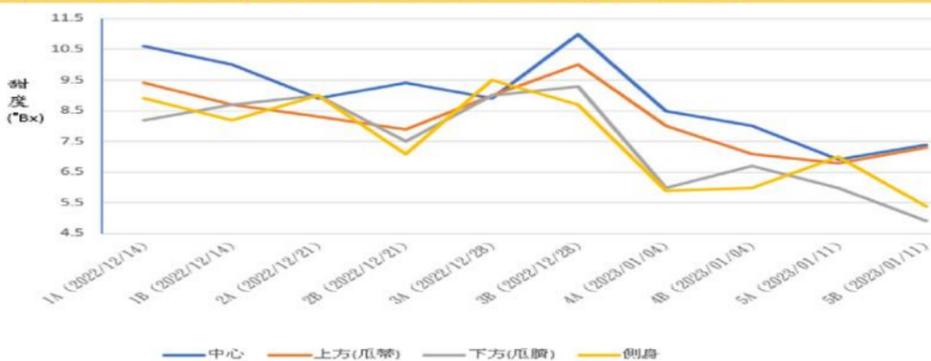
## 二、單擺架和西瓜敲擊棒敲擊收音和辨識效果差異比較：

三種敲擊棒 (撞球、劍玉木球、網球) 中，**網球敲擊棒** 有最好的平均辨識正確率大約為 73% (新鮮約 73%，成熟也是 73%)

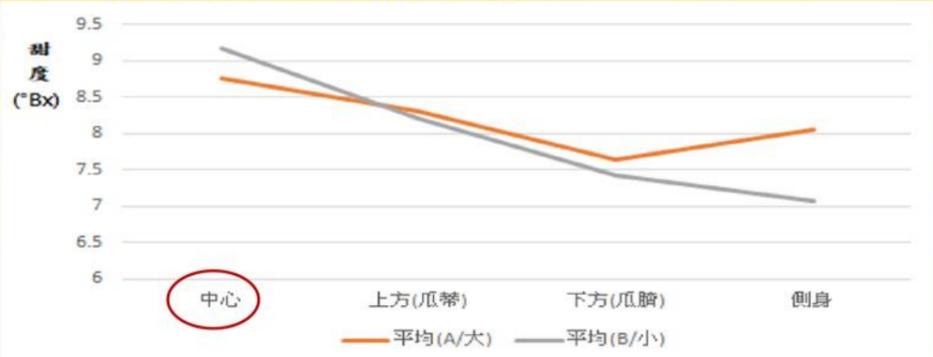


## 三、西瓜位置和甜度的關係：

中心的甜度比該西瓜其他部位的甜度都來得高。西瓜成熟的順序應是由最內部先成熟後，逐漸向外成熟。



## 四、西瓜大小和甜度的關係：



## 五、西瓜果肉密度和甜度的關係：

這兩個項度彼此間沒有明顯關係。

## 六、西瓜成熟度和冰箱保鮮的關係：

冰箱的保鮮方式可以幫助我們的西瓜延長成熟時間，有利於西瓜的保存；表 6 中的數據顯示西瓜在放入冰箱 2-3 個禮拜後仍可維持其新鮮的程度，並於放置在常溫一個禮拜後達到成熟。

## 七、西瓜拍擊聲音和成熟度的關係：

西瓜新鮮/成熟度辨識 APP 量測正確率皆大於 70%，**新鮮西瓜的辨識正確率大約為 74%，成熟西瓜的辨識正確率大約為 71%** (請見表 6)。

編號	量測時間	人耳猜測結果	次數		正確率 (%)
			正確	錯誤	
1A	APP 開發中	無	無	無	無
1B	APP 開發中	無	無	無	無
2A	2022/12/21	新鮮	5	0	100
2B	2022/12/21	新鮮	3	2	60
3A	2022/12/28	成熟	4	1	80
3B	2022/12/28	成熟	3	2	60
4A	2023/01/04	成熟	4	1	80
4B	2022/12/21	新鮮	5	0	100
	2023/01/04	成熟	3	2	60
5A	2023/12/28	新鮮	4	1	80
	2023/01/11	成熟	4	1	80
5B	2023/12/28	新鮮	3	2	60
	2023/01/11	成熟	4	1	60
6A	2023/01/11	成熟	3	2	60
6B	2023/01/11	新鮮	3	2	60
平均 (新鮮)	略	略	3.71	1.29	74
平均 (成熟)	略	略	3.57	1.43	71

表 6：成熟西瓜與新鮮西瓜的測量結果

## 八、設計西瓜新鮮/成熟度辨識 APP

第一部分：設定 APP 螢幕背景、請求錄音、網路和外部檔案存取權限

第二部分：設定西瓜敲擊錄音檔路徑位置和檔案名稱

第三部分：按下 APP 錄音鈕、然後拍擊西瓜、進行錄音和儲存音檔

第四部分：傳送西瓜敲擊錄音檔到伺服器、呼叫西瓜新鮮/成熟度辨識引擎進行辨識

第五部分：辨識引擎回傳辨識結果：  
1. 新鮮 (還可放幾天)  
2. 成熟 (最甜，趕快食用)  
3. 已過熟幾天 (立即食用或放置冰箱)

APP 測試：第四版 APP 畫面展示和西瓜敲擊測試結果範例

表 2：西瓜新鮮/成熟度辨識 APP 積木式程式碼五大功能簡介和 APP 實測結果

## 九、到水果行進行 APP 實測

第一次 (2023/03/01)：新鮮西瓜的辨識正確率大約為 100%，成熟西瓜的辨識正確率大約為 90%。

第二次 (2023/06/10)：新鮮西瓜的辨識正確率大約為 98%，成熟西瓜的辨識正確率大約為 72%。

編號	量測日期	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率 (%)
F1	2023/06/10	5	0	100
F2	2023/06/10	5	0	100
F3	2023/06/10	4	1	100
F4	2023/06/10	5	0	100
F5	2023/06/10	5	0	100
F6	2023/06/10	5	0	100
F7	2023/06/10	5	0	100
F8	2023/06/10	5	0	100
F9	2023/06/10	5	0	100
F10	2023/06/10	5	0	100
M1	2023/06/10	5	0	100
M2	2023/06/10	2	3	40
M3	2023/06/10	1	4	20
M4	2023/06/10	5	0	100
M5	2023/06/10	5	0	100
平均 (新鮮)	略	4.9	0.1	4.9/5 = 98
平均 (成熟)	略	3.6	1.4	3.6/5 = 72

表 8：第二次水果行西瓜成熟度實測結果 (2023/06/10)

編號	量測日期	正確 (次)	錯誤 (次)	正確率 (%)	甜度 (糖度/Brix)
F1	2023/03/01	5	0	100	7.9
F2	2023/03/01	5	0	100	8.6
F3	2023/03/01	5	0	100	10.0
M1	2023/03/01	5	0	100	11.3
M2	2023/03/01	4	1	80	9.7
平均 (新鮮)	略	5.0	0	5.0/5 = 100	8.8
平均 (成熟)	略	4.5	1.0	4.5/5 = 90	10.5

表 7：第一次水果行西瓜成熟度實測結果 (2023/03/01)

## 陸、討論

- 根據圖8，3B小型西瓜中心的甜度在第三週(12/28)量測為11.0，是五週實驗甜度量測最高，西瓜最適合食用的時間點，APP量測結果屬於「成熟」，引起我們的好奇。為了瞭解西瓜成熟度和甜度關係，我們將1A至5B共10顆西瓜果肉中心的甜度畫出曲線圖如圖8，縱軸表示甜度，發現在第二週至第三週(大約10-14天)甜度逐步上升至11.0，但是第四至第五週(大約14-28天)卻急速翻轉下降到最低6.9。



- 根據圖8，橫軸(代表成熟度)的時間軸推移，西瓜從「新鮮」到「成熟」大約2週(14天)，再經過2週變成「過熟」(退甜)。從成熟變成過熟階段，我們觀察到西瓜外皮呈現逐漸變軟的狀態，推測應為果肉內的水分滲進西瓜皮內，使西瓜皮逐漸軟化，甚至爆裂。

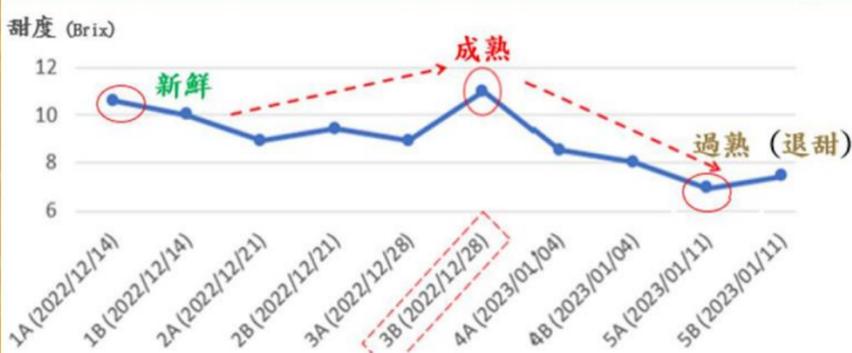


圖8：西瓜成熟度和甜度關係之時間軸觀察分析

## 柒、結論

### 一、西瓜甜度與西瓜大小顆的關係：

大顆的西瓜甜度在四個甜度測試位置通常較小顆的甜度高。

### 二、西瓜果肉位置與甜度的關係：

**本次科展重大發現：**西瓜正中心的果肉，甜度最高，其次則為頭部(瓜蒂附近的果肉)、尾部(瓜臍附近的果肉)及側面，因此推測西瓜成熟時，由最內部先成熟後，逐漸向外成熟。

### 三、西瓜甜度與西瓜新鮮/成熟度關係：

**本次科展新發現：**過熟西瓜的甜度並沒有達到最高，反而呈現降低的情況現。

### 四、西瓜甜度量測貢獻：

西瓜研究首度使用甜度計，有效協助釐清西瓜甜度和成熟度相關科學基本常識。

### 五、製作單擺架和設計固定敲擊力量的西瓜敲擊器：

**本次科展貢獻：**製作一款單擺架和有效的木球敲擊棒，並特別設計一根固定高度活動式抽取木棍，達成每次敲擊力量一致性。

### 六、西瓜成熟度對聲音的影響：

新鮮的西瓜聲音十分清脆，而西瓜過熟時，則最容易產生出沉重的聲音。最適合食用的西瓜則介於兩者之間(冬天新鮮西瓜購買後放置1-2週)，其聲音既不沉又不脆。

### 七、西瓜新鮮/成熟度辨識APP對西瓜成熟度的辨識正確率：

(一)以手掌拍擊西瓜產生聲音後藉由APP來判斷西瓜成熟與新鮮的正確率皆超過70%，未來應持續錄製收集更多訓練樣本，改進正確率，將可有效幫助民眾判斷西瓜的成熟度。

(二)**本次科展重大貢獻：**兩次水果行實地APP測試確實有效區分出新鮮和成熟西瓜，可讓消費者便利地使用App解決挑選西瓜的難題。

### 八、開發APP遭遇問題：

雖然學校的電腦課程中有教scratch的程式設計，但是本次APP開發中的scratch程式難度已經超出學校的教學範圍，而且結合MIT APP Inventor應用程式還是第一次，花了很多時間摸索，還請教某大學資工系研究所學生擔任老師指導我們開發APP，讓我們組員也學會APP程式中各個步驟的原理以及相關的流程設計。

### 九、產業應用：

(一)**全國首創西瓜成熟度辨識APP**讓消費者方便地用手機即可挑選成熟好吃又甜的西瓜。未來將收集大量各類西瓜拍擊聲音樣本，快速提升「成熟西瓜」的辨識正確率。目前第三版APP已在Google Play商店上架，第四版仍在開發中。

(二)**對西瓜產業經濟的重大貢獻：**未來可以擴大到產業應用，例如上游西瓜種植農家和中間商以及水果行可以利用本APP建立西瓜成熟和預測甜度履歷，讓消費者安心，刺激銷售量。

### 十、未來延伸研究主題和擴充實驗：

(一)**西瓜成熟度辨識APP三階顯示調整：**第四版APP(2023/6/4)設計，APP呈現三種符合消費者需求的顯示：1. 新鮮(還可放幾天)，2. 成熟(最甜，趕快食用)，3. 已過熟幾天(立即食用或放置冰箱)。

(二)**西瓜成熟度辨識最佳參數調整：**持續蒐集西瓜敲擊音頻樣本，改進新鮮/成熟辨識模型正確率和調整最佳參數；此外，在水果行實測時常有的噪音問題(如人聲、車聲)，未來仍需要加強處理。

(三)**其他瓜類APP聽聲辨識應用：**做更多瓜的辨識模型類，例如花蓮大西瓜、哈密瓜、香瓜等。

(四)**擴充西瓜果肉乙烯數據量測實驗：**西瓜屬於有後熟現象的水果，而乙烯可刺激並加速成熟，但多少乙稀量和要多少時間才可西瓜早熟增甜，是未來的研究重點。



## 捌、參考資料

1. 三立新聞網(2022年10月20日)。祖克柏「台語嘛欸通」！Meta新AI即時口譯，背後功臣是台灣人。參考：[https://today.line.me/tw/v2/article/eLgX0Vg?utm\\_source=lineshare](https://today.line.me/tw/v2/article/eLgX0Vg?utm_source=lineshare)
2. 大紀元(2020)。又沙又甜的西瓜要怎麼挑選？老瓜農教4秘訣。參考：<https://www.epochtimes.com/b5/20/4/29/n12069777.htm>
3. 元氣網(2022)。敲打聽聲音辨西瓜是否成熟，背後的原理是什麼？。參考：<https://health.udn.com/health/story/10561/3933377>
4. 行政院農業委員會農業知識家(2023a)。如何選西瓜？參考：[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=4066](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=4066)
5. 行政院農業委員會農業知識家(2023b)。西瓜有後熟現象嗎？參考：[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=3790](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=3790)

6. 行政院農業委員會農業知識家(2023c)。請西瓜皮上的黃色對甜度的影響？參考：[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=2004](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=2004)
7. 行政院農業委員會農業知識家(2023d)。請問呼吸躍變和後熟作用是否有相關？參考：[https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge\\_view.php?id=4048](https://kmweb.coa.gov.tw/knowledge_view.php?id=4048)
8. 惠農網(2021)。西瓜多少天成熟？如何判斷西瓜成熟度？參考：<https://www.cnhnb.com/xt/article-102937.html>
9. 王裕中、洪崑涵、黃俊諺、黃俊穎(2006)。西瓜之音=?Hz。中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品。參考：<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/46/junior/0308/030819.pdf>
10. 吳元劭(2007)。西瓜成熟與否和聲音關係。臺灣二〇〇七年國際科學展覽會作品。參考：<https://www.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?a=6822&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=3101>