

中華民國第 65 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(二)

佳作

082915

誰偷走了玉米的甜？

學校名稱： 新北市私立及人國民小學

作者：	指導老師：
小五 謝晴安	陳瑩雯
小四 劉苡泱	
小四 郭芊慧	

關鍵詞： 玉米老化、澱粉、乙烯吸收劑

誰偷走了玉米的甜？

摘要

本研究選用佳穗 9 號黃玉米探討玉米糖度的變化，利用數位糖度計及無線光與顏色感應器，我們成功建立了一套可以簡單並準確測試玉米糖分及澱粉含量的實驗流程。實驗的結果證實玉米糖分會隨著時間漸漸轉化為澱粉，造成甜度降低、口感變硬；利用冷藏或冷凍保存，則可以延緩玉米老化的速率。

當玉米與其他蔬果一起保存時，會因蔬果的影響，造成玉米老化的更快，甜度降得更低，例如：香蕉、洋蔥等；實驗中利用我們自製的乙烯吸收劑，能有效減少香蕉對玉米的影響，維持玉米的甜度，推論出乙烯是造成玉米老化的原因之一。最後，希望我們的研究可以幫助農民與食品業者優化玉米的保存方式，也可以讓消費者在購買後，能更方便又適當的將玉米保持在最佳狀態！

壹、前言

一、研究動機

吃飯時，有時候可以吃到好甜、好多汁的玉米，有時候卻吃到不甜、硬硬的玉米，媽媽跟我說，這是因為玉米太老了！但是，什麼叫做玉米太老了？媽媽說是玉米買回來很多天了。打電話問在屏東農場種玉米的外公，外公只說採收後的玉米不能放隔夜再處理，不然會變不甜！我們很好奇：玉米的新鮮度跟甜度真的有關係嗎？我們去查資料，發現有文獻指出玉米採收後會行呼吸作用並同時產生熱，而產生的熱又可以促進玉米的呼吸作用，導致糖分迅速轉化而降低糖度（鄭榮瑞、曾清田，1989）。因此，我們想量測玉米在不同保存環境時的糖度變化，也想確認澱粉含量是不是因此而增加，希望能找出讓玉米保持甜度的方法！另外，平常購買玉米時，有可能和其他蔬果放一起，我們很好奇玉米和哪些蔬果放一起會讓糖分轉化的速率改變？這樣以後在存放玉米時就能特別注意了！

二、研究目的

我們希望建立一套測試玉米糖分及澱粉含量變化的方法，可以用來找出玉米保存的最佳條件。為此，我們的研究目的為：

- (一) 決定測試玉米糖分的方式
- (二) 找出適合用來檢測玉米澱粉含量的方法
- (三) 比較可延緩玉米糖分降低的保存環境
- (四) 尋找與玉米一起存放的蔬果好搭檔
- (五) 測試乙烯是否會影響玉米糖分的轉化效率

三、文獻回顧

(一) 玉米粒的組成

根據行政院農業委員會編輯的台灣農家要覽農作篇(一)，玉米種子(玉米粒)由胚乳、胚、果皮及頂蓋所組成，裡面的成分以澱粉最多，再來是蛋白質、粗脂肪、粗灰分及糖分等，不同品種的玉米粒其組成的成分略有不同，以屬甜質種的黃玉米為例，成熟時胚乳內所含的水溶性糖量很高，糖度介於 8-14 度之間。將玉米乾重與我們實驗討論的成分--澱粉及糖分的含量整理在下表 1，依所查資料可知玉米粒在不同部位澱粉和糖的含量不同，因此，我們實驗時要取完整的玉米粒來做實驗才公平。

表 1、玉米粒各部位的組成比例及成分含量。表格來源：整理自台灣農家要覽農作篇(一)內容。

部位	佔乾重百分比 (%)	成分 (%)	
		澱粉	糖
胚乳	82.9	87.6	0.62
胚	11.1	8.3	10.80
果皮	5.3	7.3	0.34
頂蓋	0.8	5.3	1.60
完整玉米粒	100.0	73.4	1.90

(二) 玉米的光合作用與呼吸作用

我們在翰林版 自然領域課程中 五上的第 2 單元 千變萬化的植物 學過了光合作用，也從《國中校園特刊 SEP 2024》中得知，植物會行光合作用和呼吸作用，光合作用是植物在有光的環境時，吸收光能來產生養分的過程，將水和二氧化碳轉化成葡萄糖、氧氣和水。呼吸作用則和光合作用相反，是靠分解養分來產生能量，呼吸作用的反應是： $\text{葡萄糖} + \text{氧氣} \rightarrow \text{水} + \text{二氧化碳} + \text{能量}$ ，其中所產生的能量可用來維持生物體內的各種生理代謝活動，而光合作用產生的葡萄糖大約有 3 - 6 成會被呼吸作用消耗掉。

有趣的是，植物在採收後仍然會進行呼吸作用，黃莉詠等人(2022)在《豐年雜誌》中也提到，採收後的蔬果行呼吸作用是為了將儲存的養分轉換為可利用的能量，才不容易變質，這個過程也會產生熱；當呼吸作用速率越高，養分消耗越多，會加速蔬果的老化。另外，蔬果

的「後熟過程」是指從採收到適合消費者食用的過程，有些蔬果的「後熟過程」會包含呼吸速率突然提升與乙烯的合成，且當後熟到一定的程度後，蔬果便開始走向衰老，像是香蕉的成熟就是個例子；值得一提的是，後熟過程通常都是讓水果越來越甜，像是香蕉、釋迦等，玉米卻是跟別人不同，會越放越不甜。鄭榮瑞、曾清田(1989)曾經對採收後玉米的保存溫度做過實驗，發現在溫度 21°C 時的呼吸量大約為 0°C 時的八倍。

(三) 玉米中的酶與澱粉組成

根據維基百科的介紹，酶 (酵素) (enzyme) 是一種生物催化劑、可以加速化學反應的速度，在一般的情形下，溫度越高則酵素的活性會會隨著增加，到溫度超過正常水平後酵素則會變性、失去活性。植物可將光合作用產生的葡萄糖經由酵素的聚合轉變成澱粉，玉米在澱粉產生的過程中有三個關鍵的酵素：澱粉合成酶 (starch synthase)、澱粉分支酶 (starch branching enzyme) 及澱粉去分支酶 (starch debranching enzyme)，用來產生直鏈澱粉與支鏈澱粉 (陳裕儒等，2017)，這些用來組成玉米中最多的成分-澱粉，讓玉米可以更飽滿。

從維基百科、牛頓中文百科、台灣化學教育中可以查到直鏈澱粉(糖澱粉)(amylose)與支鏈澱粉(膠澱粉)(amylopectin)的不同處。如圖 1 所示，直鏈澱粉是一種由葡萄糖組成的線性聚合物，每個直鏈澱粉分子通常含有數千個葡萄糖單體，排列呈螺旋狀結構，因為直鏈澱粉接觸水的表面積較大、在溫水中溶解度較好。支鏈澱粉是一個具有樹枝形分支結構的多醣，結構是不規則球狀、占有較大的空間，因為呈球狀會將較多的結構包在裡面、水溶性會比直鏈澱粉更差，要更高溫才開始溶解，我們將兩種澱粉的差異比較整理在表 2。

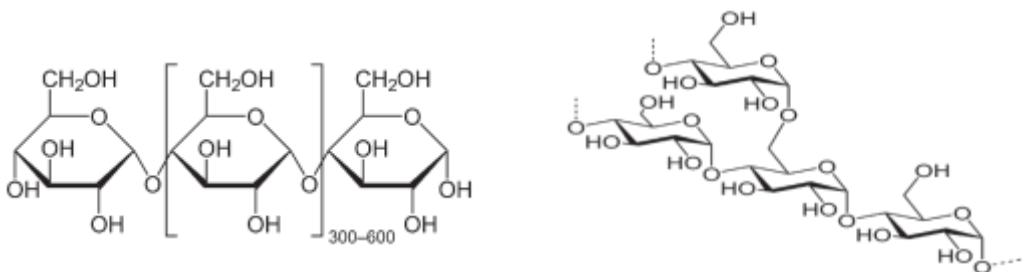


圖 1、左，直鏈澱粉結構；右，支鏈澱粉結構。圖片來源：維基百科。

表 2、直鏈澱粉與支鏈澱粉之比較。表格來源：整理自維基百科內容。

特性	直鏈澱粉	支鏈澱粉
英文名稱	amylose	amylopectin
結構	規則的螺旋狀	具有樹枝形分支的不規則球狀
分子質量	較小，通常為 300 個到 3,000 個葡萄糖單位組成	較大，一般由 1000 個到 300,000 個左右葡萄糖單位組成
顏色	白色	白色
溶解度	較好，溫水中較易溶解	較差，更高溫才開始溶解
普通佔比	20 % - 25 %	75 % - 80 %
與碘反應後顏色	深藍色、藍黑色	紅棕色、紅紫色

(四) 玉米的老化--糖分轉化及乙烯產生

張絮如 (1994) 在桃園區農業改良場研究報告第 17 號發表過，高溫會加速糖分的轉化，在 20°C 保存 4 天會讓玉米糖度下降 25%，而保存在 0°C 時則只損失約 10%。同時，鄭榮瑞等 (1989) 也發現，同樣在 24 小時的時間，30°C 保存會讓甜玉米失去 60% 的糖分，澱粉含量也隨著上升，而保存在 0°C 時則只損失 5% 糖分。另外，玉米採收後約 8 小時、乙烯的產生量達到最高值，20°C 保存時的玉米乙烯產生量大約是在 0°C-5°C 保存時的 3 倍含量。

統整以上資訊，可以知道玉米在採收後，呼吸作用持續進行、將糖分轉變為能量，溫度也隨之增高；在高溫時，將葡萄糖聚合成澱粉的酵素活性高，持續將葡萄糖轉化為澱粉，但已經沒有光合作用來補充葡萄糖的生成。另外，代謝時產生的乙烯在高溫時也會增多，也會讓呼吸作用加速。反之，低溫保存則可以延遲玉米的老化，推測是因為玉米的呼吸作用及糖分轉化澱粉的酵素在低溫時活性受到抑制，且乙烯產生量在低溫時也較少。

乙烯是目前發現唯一以氣體狀態存在的植物荷爾蒙，可用來作為水果和蔬菜的催熟劑，在歷屆科展中也有許多作品觀察乙烯對蔬果的成熟影響，如：第 45 屆全國中小學科展作品「香蕉新樂園」有使用乙烯來催熟香蕉，第 44 屆全國中小學科展作品「橘子紅了」探討產生乙烯及抑制乙烯對水果熟度的影響，但 **還沒有人做過關於乙烯影響玉米成熟度的科展作品**。

我們將採收後玉米體內的呼吸作用、葡萄糖轉化成澱粉路徑及乙烯產生受溫度的影響畫成圖 2 表示。

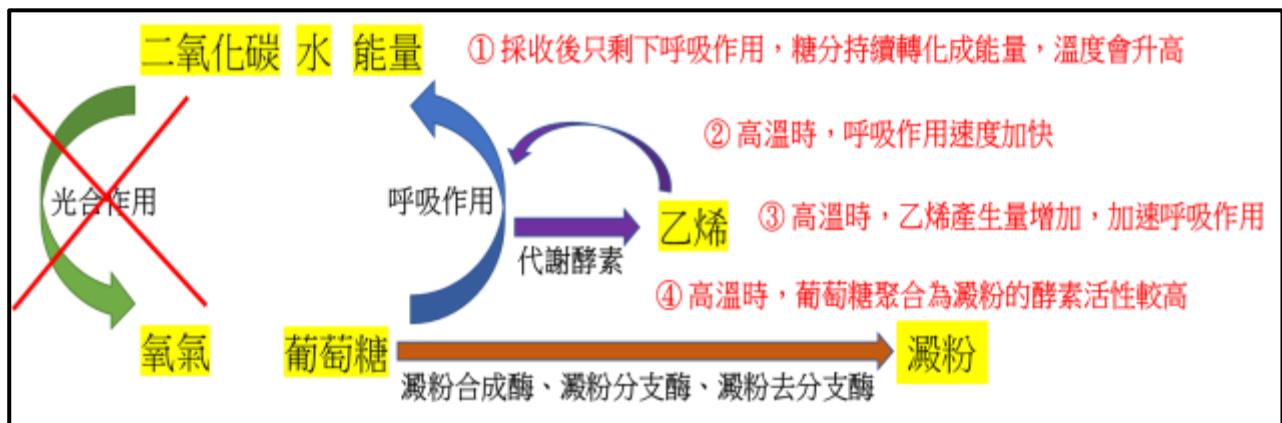


圖 2、玉米採收後的呼吸作用及代謝酵素受溫度影響。圖片來源：研究團隊整理、繪製。

(五) 糖度計的原理

玉米吃起來甜不甜是非常主觀的，甜度要怎麼利用實驗來檢測才會準確呢？我們查到歷屆科展有許多作品使用糖度計來測量水果的甜度，像是第 63 屆全國中小學科展作品「甜葡萄追緝令—自製非侵入式糖度篩選法」用手持糖度計來測葡萄的糖度，第 54 屆全國中小學科展作品「明智之「橘」—吃甜橘小撇步」使用手持糖度計來測橘子的糖度，但是 **還沒有人在科展作品中測過玉米的糖度變化**；糖度計是利用光學折射原理，光線穿透不同濃度的液體

時，折射角度會產生改變，溶液的濃度越濃、折射的角度越大，如圖 3，因此可用糖度計所顯示的折射角度去推估糖的濃度，正好可以驗證 翰林版 自然領域課程中 五上的第 1 單元 光的折射原理。因此，本實驗利用糖度計來測試不同保存條件下的玉米甜度。

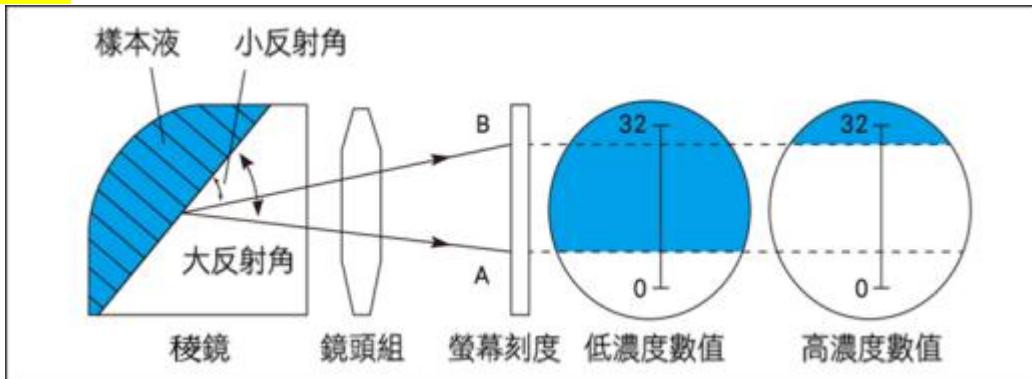


圖 3、糖度計的原理。圖片來源：手持糖度計(MET-PSMA)操作說明書(錫特工業)。

(六) 「碘-澱粉反應」

根據賴喜美(2022)指出，普通玉米粒中的直鏈澱粉含量約佔 22-27 %。常聽說「碘遇到澱粉會變成藍黑色」，經過反覆實驗後，我們發現這個顏色變化其實是針對直鏈澱粉，因為是螺旋狀排列，具有足夠的空間讓碘進入內部結合形成深藍色，如圖 4。若是支鏈澱粉，由於支鏈澱粉的分支結構無法形成緊密的螺旋、對碘的結合較為弱，和碘結合時通常只會產生紅棕色或紅紫色；若同時有直鏈澱粉及支鏈澱粉的存在，與碘溶液反應則會形成紫色。歷屆科展中有許多作品利用「碘-澱粉反應」來測量澱粉含量，像是第 47 屆全國中小學科展作品「解開『澱粉~碘』的藍色密碼」利用碘液去測試不同的澱粉類食物，第 58 屆全國中小學科展作品「利用 App 辨別澱粉食材與優碘反應之顏色變化」用來檢驗食品中的澱粉含量等，但是還沒有人在科展作品中利用「碘-澱粉反應」測過玉米的澱粉量變化。

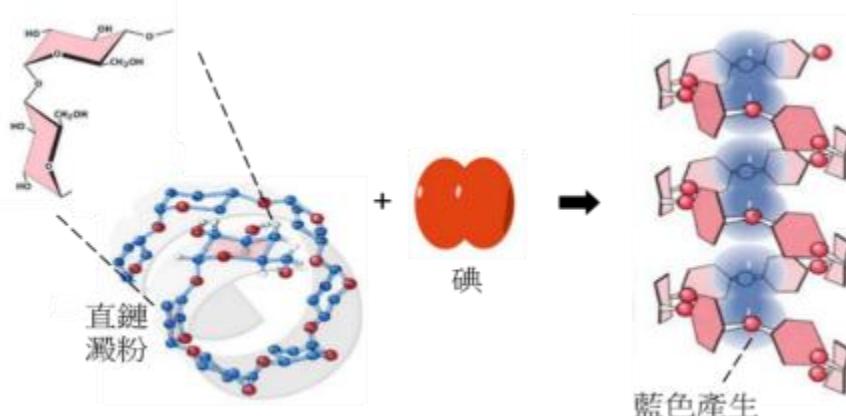


圖 4、直鏈澱粉與碘形成「澱粉-碘」結合，呈藍色。

圖片來源：改編自 Nagaraj P 發表之期刊 (2017)、

中山大學生物科學系高中生物科學資優生培育計畫課程 (2018)。

(七) 過錳酸鉀與乙烯吸收劑

維基百科裡面提到過錳酸鉀，化學式 $KMnO_4$ ，是一種強烈的氧化劑，外表是紫黑色晶體，其水溶液常用來消毒殺菌。過錳酸鉀粉末易燃，會刺激眼睛、皮膚、呼吸系統，使用時需配戴護目鏡、口罩及手套，廢棄的過錳酸鉀粉末可先用酒精或維他命 C 反應、或是用水稀釋後再排放。張粲如(2016)提到乙烯吸收劑通常是用有強烈氧化能力的化學物質讓乙烯氧化或分解，可利用多孔的介質(例如：氧化鋁或蛭石等輕而多孔的礦物質)浸泡過錳酸鉀溶液製成，製作後的吸收劑呈鮮紫紅色，與乙烯反應過後則變成土褐色。我們參考屏東縣第 61 屆中小學科展說明書「香蕉不黑皮-探討改變香蕉成熟速度的影響」的實驗結果，決定選擇白沸石及發泡煉石來自製乙烯吸收劑，過錳酸鉀水溶液濃度則是參考「農業知識入口網」的建議，取 6.4 克過錳酸鉀溶解在 100 mL 水溶液中，每 500 g 白沸石或發泡煉石分別泡在 50 mL 過錳酸鉀溶液後烘乾製成。

貳、研究設備及器材

美工刀、滴管、研磨鉢、研磨棒、紗布、塑膠培養皿、燒杯、1% 安碘液 (維星)、市售乙烯吸收劑 (每包 5 g) (成分：6-8 % 過錳酸鉀、三氧化二鋁 90-92 %、水) (合倫工業)、過錳酸鉀 (99 %) (帝一化工)、白沸石、發泡煉石、電子秤、烘箱、保麗龍箱、微量分注器 (1 mL、200 μ L、20 μ L)、微量吸管尖、塑膠比色管、微量離心機、微量離心管、50 mL 離心管、拭鏡紙、手持式糖度計 (PSMA-GS)、數位糖度計 (MET-PSM55)、PASCO 無線光與顏色感應器 (#PS-3248)、數位溫度及濕度計 (Kinyo)、紀錄紙、電腦、印表機

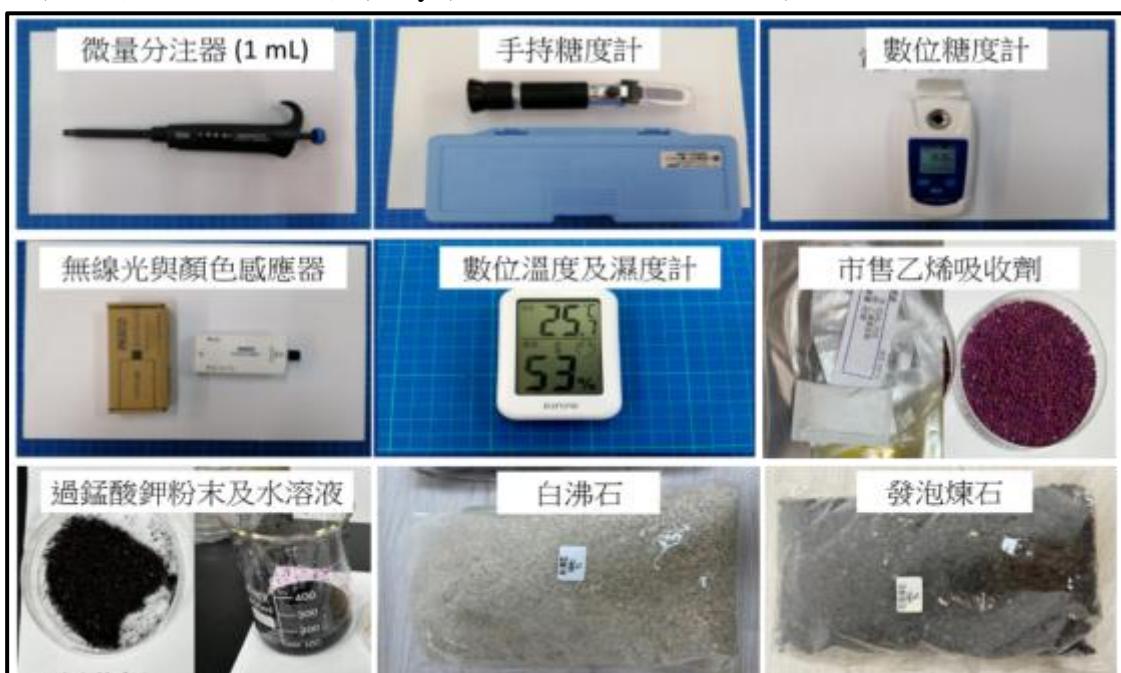


圖 5、使用到的儀器設備及材料。圖片來源：研究團隊自行拍攝。

參、研究過程或方法

研究架構圖

本實驗因為在餐桌上發現問題，進而查詢文獻、了解原因，想要進一步用實驗的方法來證明玉米中糖分轉化為澱粉，並設計實驗方法來驗證，找出家庭中最適合保存玉米的方法，研究架構圖如圖 6：

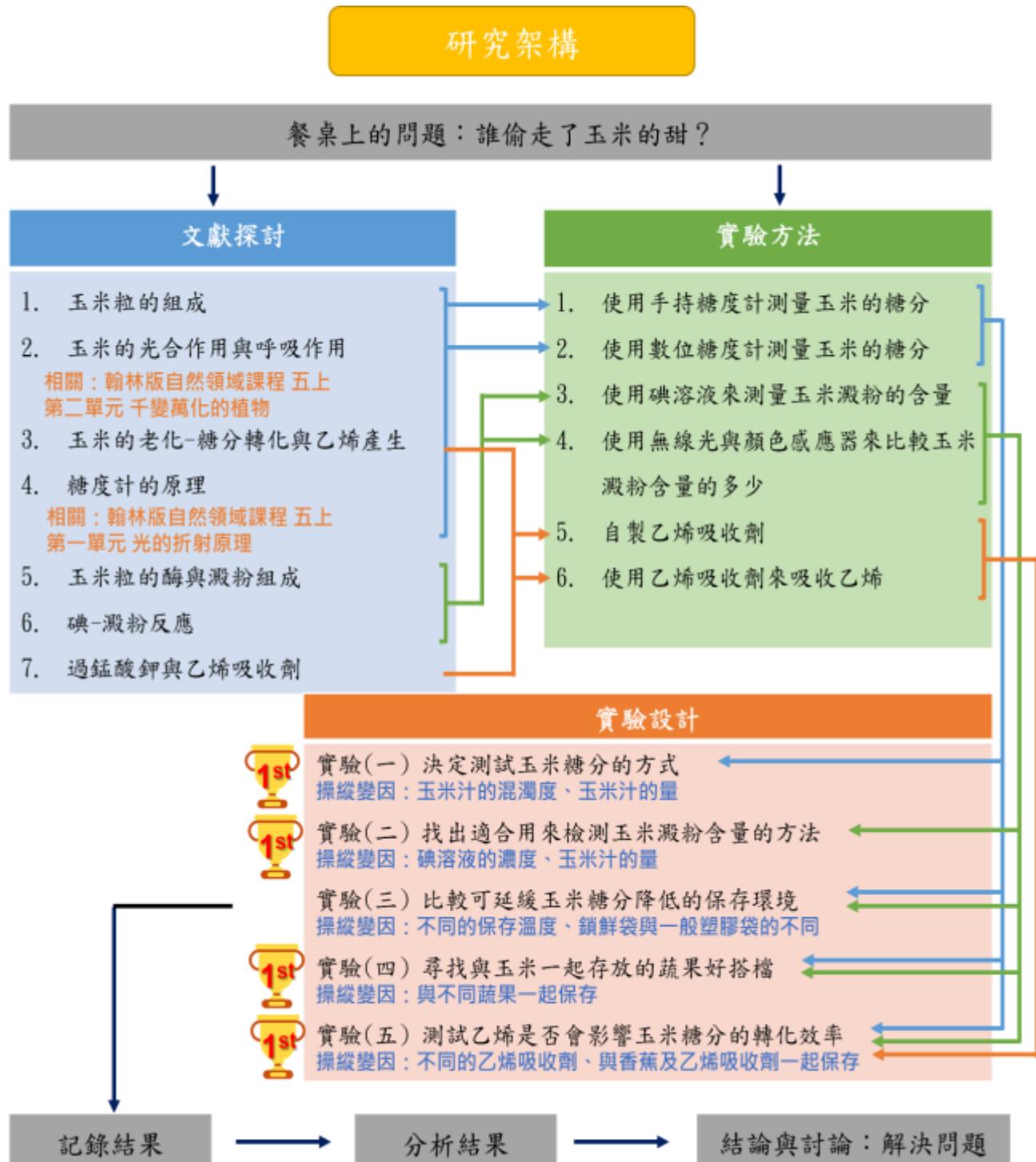


圖 6、研究架構圖。圖片來源：研究團隊自行繪製。

一、決定測試玉米糖分的方式

(一) 選擇適合的玉米品種：

我們一開始使用 3 個品種的玉米，包括白龍王水果玉米、佳穗 9 號黃玉米及糯米玉米，實驗中發現白龍王水果玉米皮薄汁多但不容易取得實驗用的完整玉米粒，糯米玉米則因為澱粉量很高，讓後續澱粉的量測實驗差異不大，佳穗 9 號黃玉米是一般人最常購買的食用玉米，因此本次實驗選用**佳穗 9 號黃玉米**進行後續實驗。

(二) 製備適合的玉米樣本液：

1.我們使用糖度計來檢測玉米糖度，但該取何部位的玉米粒？同時購買的一批玉米，每根玉米的甜度有差嗎？同一根玉米，在不同部位的甜度又是否會相同？我們取了同一批大小相似的 3 根玉米(A、B、C) 分別測量每根玉米的長度、重量及徑圍，並把每根玉米依序平分成上段、中段、下段共 3 段，在每段玉米取下 40 顆完整的玉米粒，用研鉢將玉米搗碎後再用紗布過濾出玉米汁液，步驟如圖 7、圖 8。



1. 將玉米分好組別，每組3根



2. 測量玉米的長度



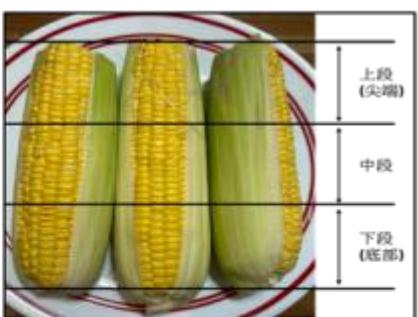
3. 測量玉米的重量



4. 測量玉米的周長



5. 測量玉米的直徑



6. 將玉米分為上、中、下段三部分

圖 7、製備玉米樣本流程。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

2.用微量分注器將上述玉米汁液充分混合後取 1mL，放入離心管離心 2 分鐘，觀察離心後玉米汁液在管內的顏色變化，並取離心管上層較清澈的汁液，利用手持糖度計 (PSMA-GS)測量出玉米糖度，步驟如圖 7、圖 8。

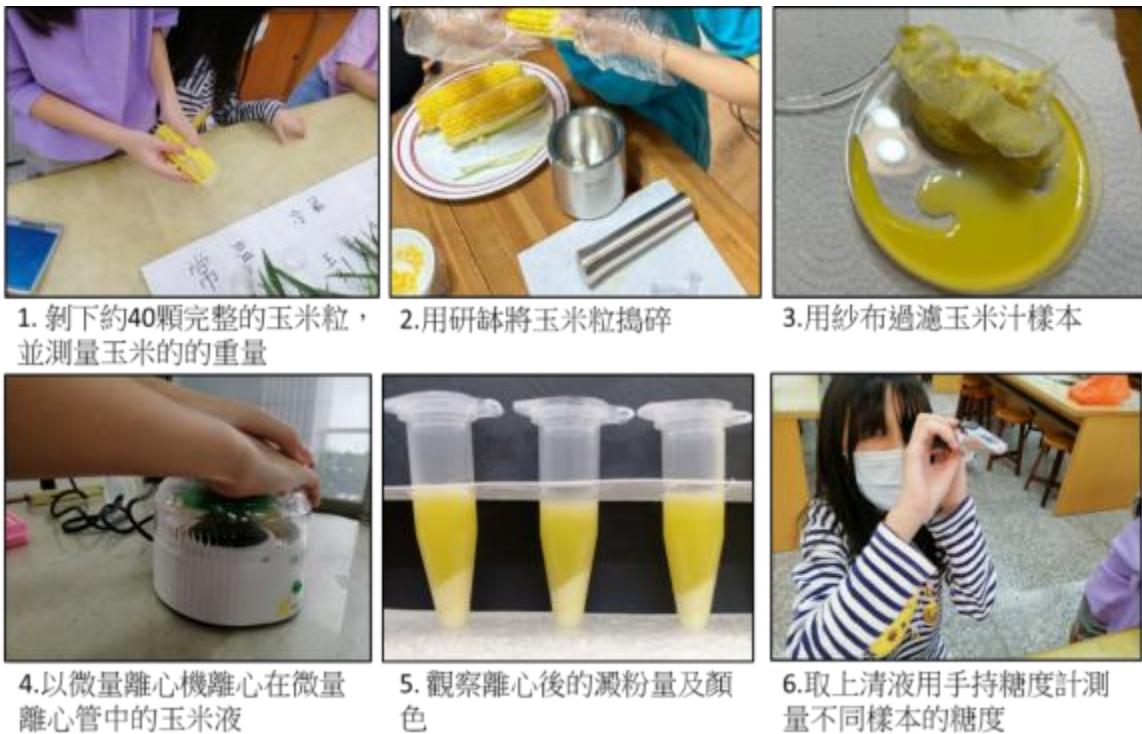


圖 8、製備手持糖度計的玉米樣本流程。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

(三) 糖度計的選用變更：

1. **手持式糖度計(PSMA-GS)**：使用手持式糖度計時，要將過濾後的玉米汁滴到折光棱鏡上，發現視野裡藍白交界處的刻度很模糊難以辨別，因此每次的判讀差異很大，推測可能是因為玉米汁太濃稠、無法透光，不溶解的澱粉等物質影響了折射率；於是我們將玉米汁放到微量離心管中以微量離心機將不溶解的物質離心到底部，再取上部清液測量甜度，就可以清晰看到視野裡的藍白交界線、辨別出正確的糖度。

小結：若使用手持式糖度計測量玉米的甜度，玉米汁需要先離心以分離不溶的物質，再取上部清液去測量糖度，才能得到清晰的判讀結果；**如果每個樣本都能準確取等量的玉米汁離心，也可以順便觀測離心下來沉澱的澱粉含量及顏色。**

2. **數位糖度計(MET-PSM55)**：用手持式糖度計測量甜度，很容易因為每個人的判讀標準、糖度計是否有保持水平(接目鏡必須貼近眼睛並保持與地面平行)等等因素造成讀取差異，我們打電話到農業部農糧署請教專家如何測量玉米甜度，得知他們測量時是使用數位糖度計，只要將玉米汁攪拌均勻、不需要再離心，因此我們也購入**數位糖度計**來進行量測，步驟如圖 9。

小結：使用數位糖度計測量過濾後的玉米汁，不需要離心、但要混合均勻，數值判定比較不會有人為誤差。無論是加入 $125 \mu\text{L}$ 、 $250 \mu\text{L}$ 或是 $500 \mu\text{L}$ 的玉米汁樣本，都可以順利測得糖度，後續的實驗我們都採取 $250 \mu\text{L}$ 玉米汁來測量。

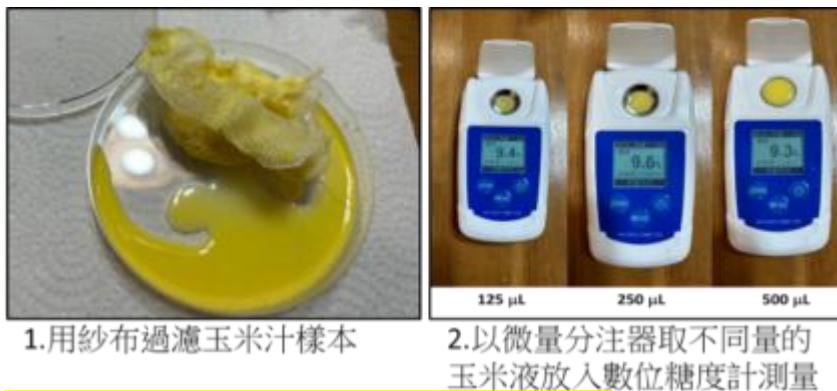


圖 9、使用數位糖度計的方法。

圖片來源：研究團隊自行拍攝。

1.用紗布過濾玉米汁樣本

2.以微量分注器取不同量的玉米液放入數位糖度計測量

二、找出適合用來檢測玉米澱粉含量的方法

一般常用碘溶液來檢測澱粉，但是碘液的濃度要如何選用？玉米汁液中的澱粉量有多少？該用多少的玉米汁液？碘液要多少濃度、加上多少量的才適合用來檢測實驗呢？我們想要找出測量玉米汁中澱粉含量的方法。

(一) 找出最適合檢測玉米的碘溶液濃度及玉米的汁液量：

我們知道，稀釋後的碘溶液呈黃褐色，遇到澱粉會變成藍黑色。但是，一開始時我們將研磨並過濾後的玉米汁樣本 200 μL 與 2 mL 的 0.02 % 碘溶液混合反應，發現有些樣本加入碘溶液後不是純粹的藍黑色，有些是紫色，有些樣本甚至不能順利呈色，變成白色混濁狀，覺得很奇怪、百思不得其解。

後來，我們推測原因可能是澱粉濃度過高，碘分子無法全部進入澱粉分子中，或碘量不足以與澱粉充分結合，這可能導致藍紫色褪去，使溶液顯得較白或混濁。

因此，我們決定先找出適合檢測玉米澱粉的碘溶液濃度及加入的玉米汁液量，讓實驗後的樣本在比較澱粉含量時有相同的基準，實驗設計步驟如下：

1. 將買來的 1 % 安碘液分別稀釋為 0.005 %、0.01 %、0.02 %、0.04 % 四種濃度，並以微量分注器吸取稀釋過的碘溶液到塑膠比色管或試管備用。
2. 取不同量(0、25、50、100、150、200 及 250 μL)的玉米汁樣本，加入不同濃度(0.005 %、0.01 %、0.02 %、0.04 %)的 2mL 碘溶液塑膠比色管或試管中，混合均勻、觀察其顏色變化，拍照並互相比較。

(二) 使用 PASCO 無線光與顏色感應器來檢驗碘液變色情形：

我們利用碘溶液測玉米中的澱粉含量時，發現不同濃度的碘溶液、不同量的玉米液，所生成的反應顏色相差很大，有的呈現藍黑色、有的紅棕色，甚至有白色或乳白色，而且每個人對顏色的判定差異很大，該如何仔細分別這些反應的顏色呢？參考第 58 屆全國中小學科展作品「利用 App 辨別澱粉食材與優碘反應之顏色變化」，發現可以利用儀器來辨別食材裡的澱粉與優碘反應之顏色變化；因此，我們使用 PASCO 無線光與顏色感應器來測量白光與紅色、綠色、藍色(RGB)三基色的數值，希望可以更準確分辨澱粉含量的變化。

依照產品說明書指示，經由安裝在 IPad 裡的 SPARKvue 軟體連接 PASCO 無線光與顏色感應器，利用傳感器量測在塑膠比色管中與玉米汁樣本液反應後的碘溶液顏色，記錄白光與紅色、綠色、藍色(RGB)三基色的數值，步驟如圖 10。



圖 10、利用無線光與顏色感應器讀取碘-澱粉反應顏色。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

三、比較可延緩玉米糖分降低的保存環境

一般家庭購買玉米後的儲存方式，不外乎是保存在室溫、冷藏及冷凍這三種方式，於是我們將玉米分成 3 組(室溫組、冷藏組、冷凍組)來實驗比較，每組用 3 根玉米來實驗，測試不同溫度對玉米糖度及澱粉量的影響。

我們購買同一批大小相似的玉米 12 根，測量所有玉米的糖度後，選出糖度較一致的 9 根玉米，由高到低排列後，以 S 型分布打散、平均分配到 3 個組別並編號，以減少玉米的個別誤差，接著在後面的連續 5 天，持續觀測玉米的糖度與澱粉量變化，實驗流程設計如圖 11，實驗步驟如圖 12。

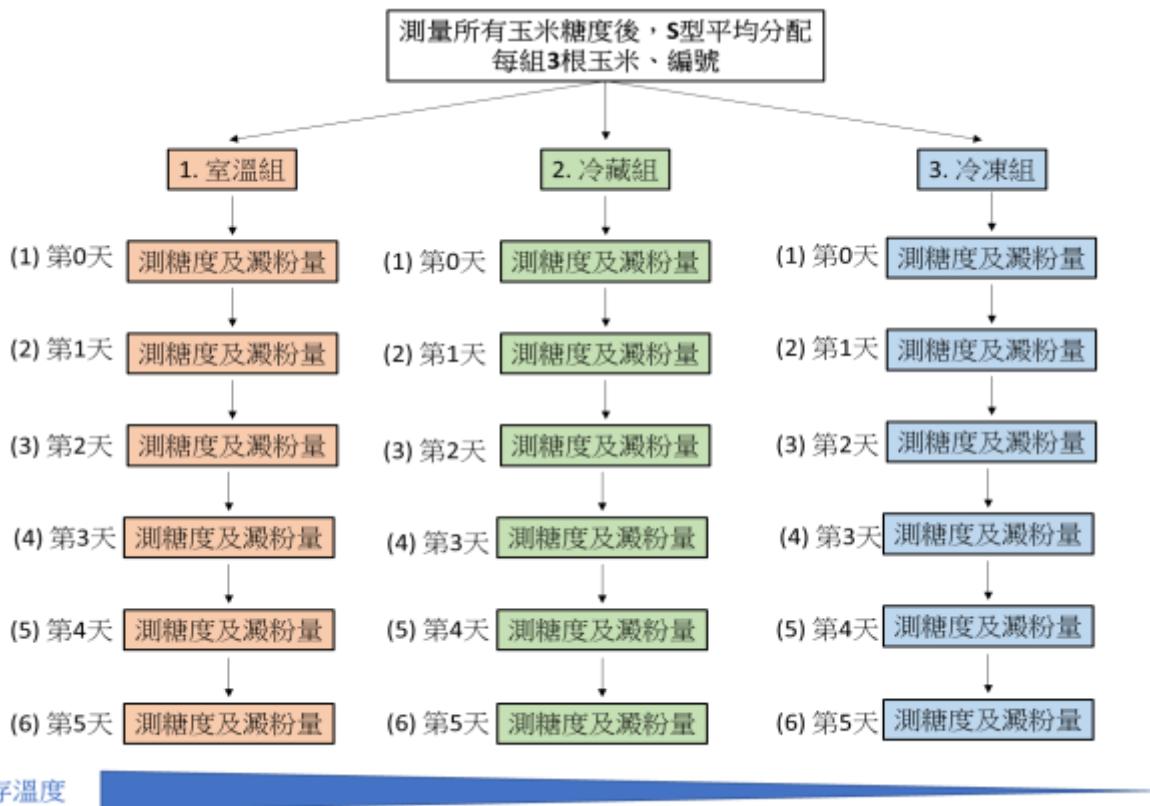


圖 11、測量不同溫度對玉米糖度及澱粉量影響之流程設計圖。圖片來源：研究團隊自行繪製。



圖 12、測量不同溫度對玉米糖度及澱粉量影響的實驗步驟。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

四、尋找與玉米一起存放的蔬果好搭檔

我們由實驗知道玉米買回家後，放到冰箱保存可以幫助延緩玉米轉化為澱粉的速率，但冰箱裡也可能同時存放著很多蔬果。我們很好奇玉米和哪些蔬果放一起，會讓糖分的轉化速

率改變？因此選了蘋果、香蕉、紅蘿蔔、小黃瓜、洋蔥、蒜頭等 6 種蔬果來測試。在測量糖度後，選出糖度較一致的 21 根玉米由高到低排列後，依 S 型分布打散、平均分配到七個組別，以減少玉米的個別誤差，在冷藏 6 天後，測量玉米的糖度與澱粉量的變化，實驗步驟如圖 13。



圖 13、測量不同蔬果對玉米糖度及澱粉量影響之實驗步驟。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

五、測試乙烯是否會影響玉米糖分的轉化效率

(一) 自製乙烯吸收劑：

我們已經知道玉米在老化的過程會產生乙烯，而且玉米與富含乙烯的香蕉一起保存時，會讓玉米老化的速率變快；因此，我們想證實乙烯是否會影響玉米糖分的轉化速率？我們購買市售的乙烯吸收劑，又將白沸石與發泡煉石浸泡過錳酸鉀溶液，經烘乾後做成自製的乙烯吸收劑。我們利用室溫存放的香蕉，測試這三種乙烯吸收劑能否延緩香蕉的成熟，也用此方式來比較吸收劑的效果。實驗步驟如圖 14。



圖 14、自製乙烯吸收劑對香蕉成熟度影響之實驗步驟。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

(二) 乙烯吸收劑對玉米糖分轉化速率的影響：

在比較市售與我們自製的 2 種乙烯吸收劑對香蕉釋放乙烯影響的效果後，發現我們**自製乙烯吸收劑抑制香蕉成熟效果較市售的好**，於是我們決定使用自製乙烯吸收劑測試對玉米糖分的轉化速率有否幫助？同時，若玉米與香蕉一起存放時，乙烯吸收劑的效果還能持續嗎？實驗步驟如圖 15。



圖 15、乙烯吸收劑對玉米糖分轉化成澱粉速率影響之實驗步驟。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

肆、研究結果

經過一連串的實驗與修正檢驗後，我們將得到的實驗結果歸納如下：

一、決定測試玉米糖分的方式

由表 3 的結果發現，當玉米粒取樣的位置不同時(上段、中段、下段)，儘管是同一根玉米，糖度也會有差異，實驗發現玉米下段的糖度最低。因此我們決定後續實驗的玉米取樣，將以整根玉米由上至下、縱向平均取 40 顆完整的玉米粒研磨，作為測量玉米糖度的取樣標準，可避免因為取不同部位的玉米粒而造成糖度不同的誤差。另外，實驗用玉米都是同時在同一地方取得，當比較不同的實驗變因時，每次每組實驗都選用條件相似的 3 根玉米實驗，再將實驗結果平均，做為相互比較的標準，以增加準確性。

表 3、玉米的不同部位糖度之比較。圖片來源：研究團隊記錄實驗結果並繪製。

玉米	A			B			C		
總長 (cm)	14			15			16		
總重 (g)	178.1			180.3			189.4		
部位	上	中	下	上	中	下	上	中	下
段長度 (cm)	5	4	5	5	5	5	6	5	5
段重量 (g)	41.8	73.1	64.2	58.6	73.5	49.3	54.3	80.7	53.3
段徑圍 (cm)	14	16	16	14	16	14	14	15.5	15
玉米顆數	40			40			40		
重量 (g)	10.6	10.7	11.4	18.8	13.4	11.8	13.8	16.2	10.2
糖度 (度)	11	11	9	13	13	11	12	12	10

二、找出適合用來檢測玉米澱粉含量的方法

(一) 找出最適合檢測玉米的碘溶液濃度及玉米汁液量：

使用 0.005 %、0.01 %、0.02 % 及 0.04 % 不同濃度的碘溶液，加入不同量的玉米汁液 (0、25、50、100、150、200 及 250 μL) 反應，並觀察記錄顏色變化如表 4 及圖 16。

表 4、在不同濃度碘溶液加入不同量的玉米汁之顏色變化判定。圖片來源：研究團隊自行繪製。

玉米汁體積	0 μL	25 μL	50 μL	100 μL	150 μL	200 μL	250 μL	
碘溶液濃度 (%)	0.005	淡黃	淺紫	灰白	灰白	白	乳白	米白
	0.01	淺黃褐	褐	藍紫	淺紫	白	乳白	乳白
	0.02	黃褐	褐	深褐	藍黑	藍黑	灰藍	灰
	0.04	咖啡	褐	深褐	藍黑	藍黑	藍黑	藍黑

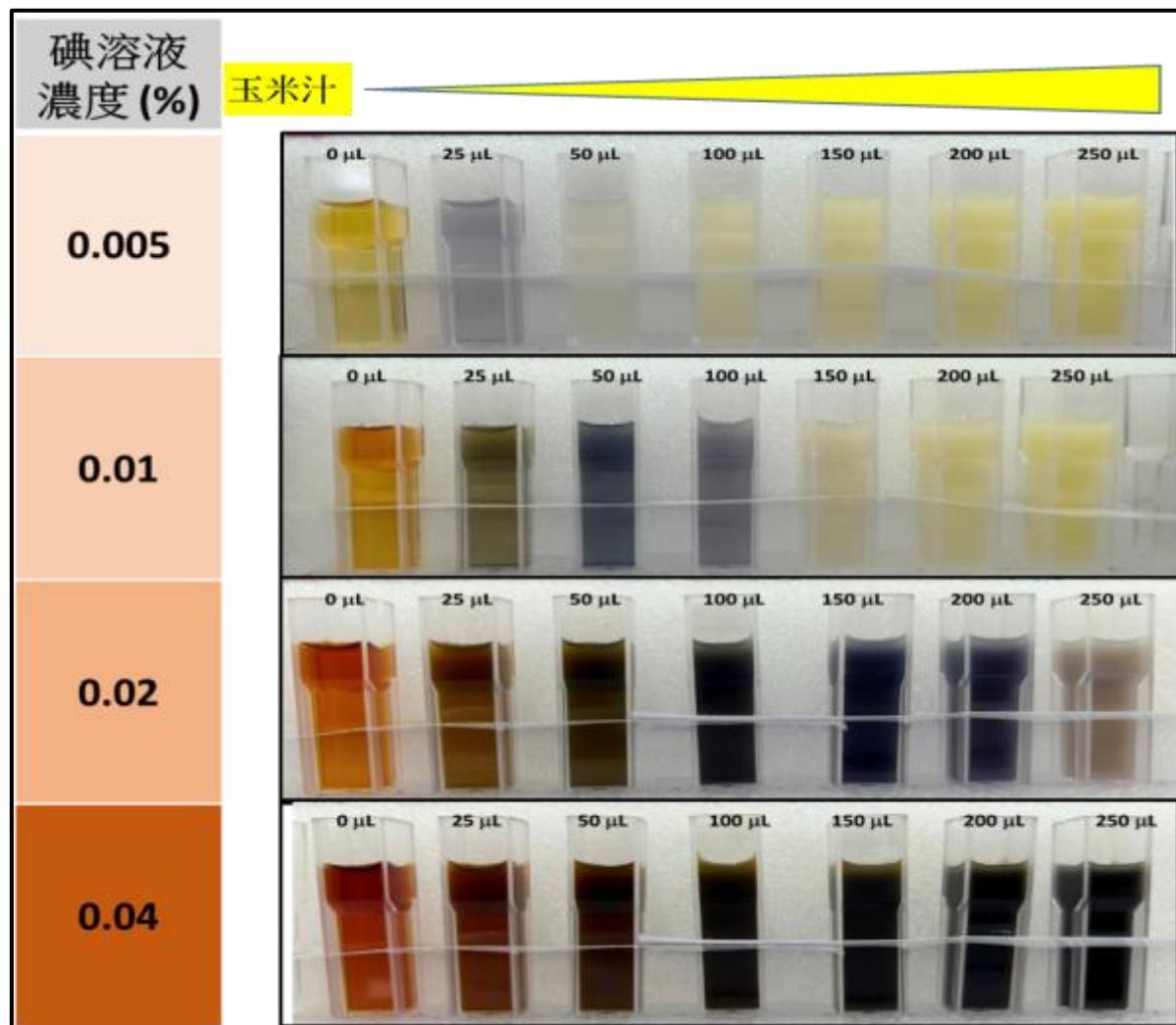


圖 16、在不同濃度碘溶液加入不同量的玉米汁汁顏色變化。

圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

結果：在碘溶液濃度較低時，加入玉米汁、顏色不會變藍黑色；碘溶液濃度高時，超過一定的玉米汁量，顏色反而從藍黑色開始變淺，因此，**不同濃度的碘溶液有其澱粉量可測量範圍**。

結論：決定後續的實驗將使用 **0.02 %、2 mL 碘溶液加入 50 μL 玉米汁樣本來觀測顏色變化**。

(二) 使用 PASCO 無線光與顏色感應器來檢驗碘液變色情形：

使用無線光與顏色感應器所測得的所有數據詳細記錄請參考**實驗日誌**。在可測量範圍內，當澱粉越多時，白光照度會因為呈色顏色越深而數值越低，藍色佔三基色裡的比例則會增加。

另外，我們以未加玉米汁的空白對照組的白光照度當作 100 % 來比較，白光照度百分比增加，代表顏色變淺，**白光照度百分比減少，代表顏色變深**。我們將不同碘溶液濃度配上不同玉米汁量所測得之白光照度百分比及藍色佔三基色比例的折線圖繪製如圖 17。

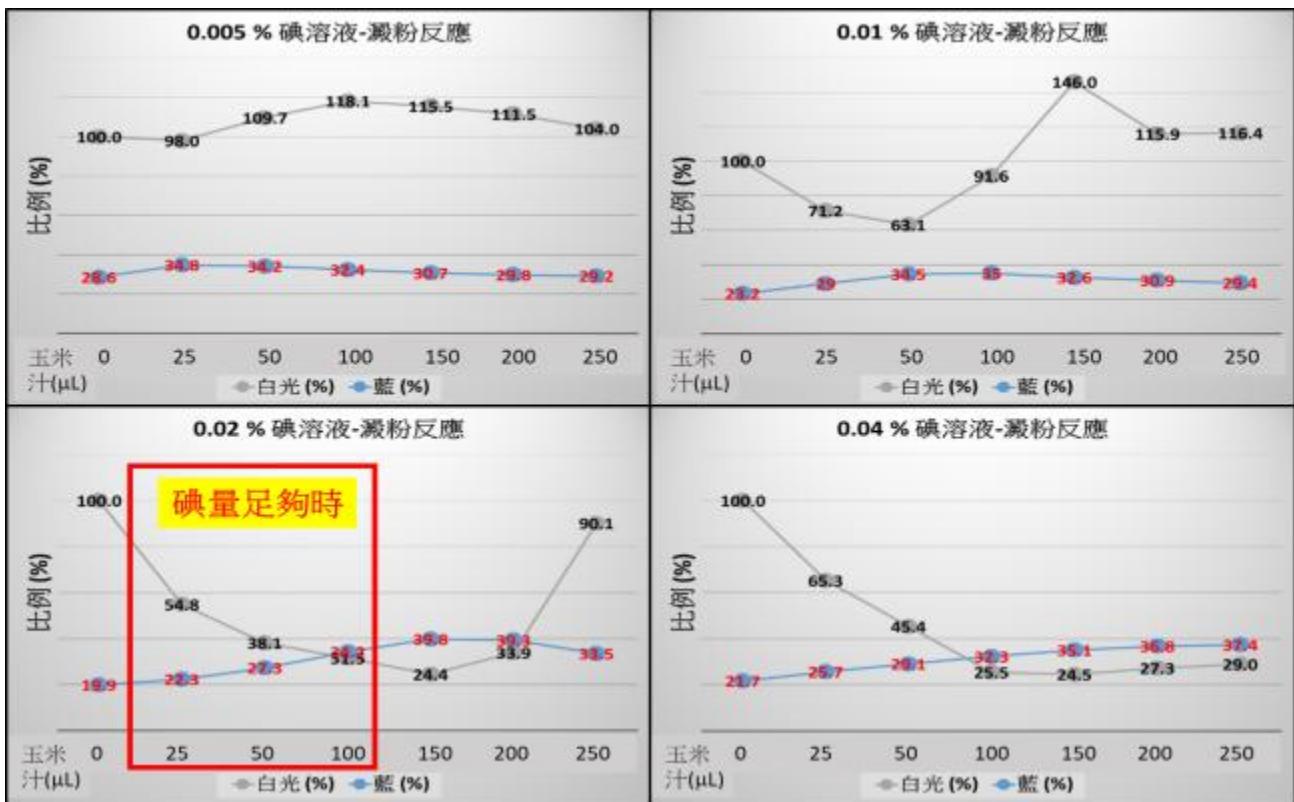


圖 17、在不同濃度碘溶液加入不同量玉米汁，白光照度百分比與藍色所佔百分比之折線圖。

圖片來源：研究團隊自行繪製。

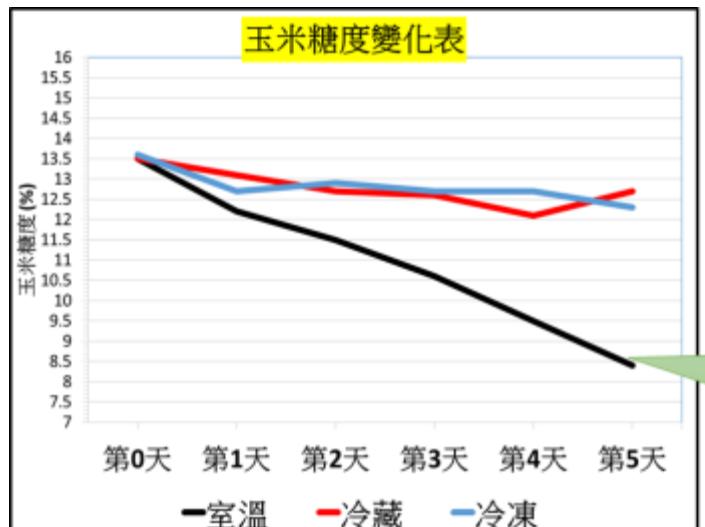
結果：

- 根據不同濃度碘溶液加入不同量玉米汁，我們成功證實當碘分子不足，過量的澱粉會讓藍紫色褪去，使溶液變成白色混濁；澱粉量過多需要增加碘溶液濃度或降低玉米液的體積。
- 使用 **0.005 %** 碘溶液時，碘分子的量不夠跟澱粉作用成穩定的藍色物質，會呈現白色混濁，且隨著玉米汁量的增多，白光照度與空白對照組比較，反而會增加。
- 使用 **0.01 %** 碘溶液時，若與 $50 \mu\text{L}$ 以下的玉米汁反應，白光照度會減少、三基色裡的藍色比例會增加，顯示碘-澱粉反應完全。但玉米汁的量在 $100 \mu\text{L}$ 以上時，會開始藍色減少，出現白色混濁，且白光照度與空白對照組比較會增加。
- 使用 0.02% 碘溶液時，若與 $100 \mu\text{L}$ 以下的玉米汁反應，白光照度會減少、藍色比例會增加，顯示碘-澱粉反應完全。**但玉米汁在 $150 \mu\text{L}$ 以上時，開始有一些白色混濁物產生；直到玉米汁加入 $200 \mu\text{L}$ 以上，藍色所佔比例開始下降、白光照度的百分比例開始回升。
- 使用 **0.04 %** 碘溶液時，若與 $150 \mu\text{L}$ 以下的玉米汁反應，白光照度會減少、三基色裡的藍色比例會增加，顯示碘-澱粉反應完全。但玉米汁量在 $200 \mu\text{L}$ 以上時，開始有一些白色混濁物，白光照度與空白對照組相比的比例開始回升。

結論：當使用 **0.02% 2 mL 碘溶液加入 $50 \mu\text{L}$ 玉米汁樣本**，碘-澱粉可以反應完全，無線光與顏色感應器測得的白光照度會隨著澱粉增加而減少、三基色的藍色比例會隨著澱粉增加而增加；因此，無論是用白光照度或藍色所佔比例都可反映出澱粉含量的不同。

三、比較可延緩玉米糖分降低的保存環境

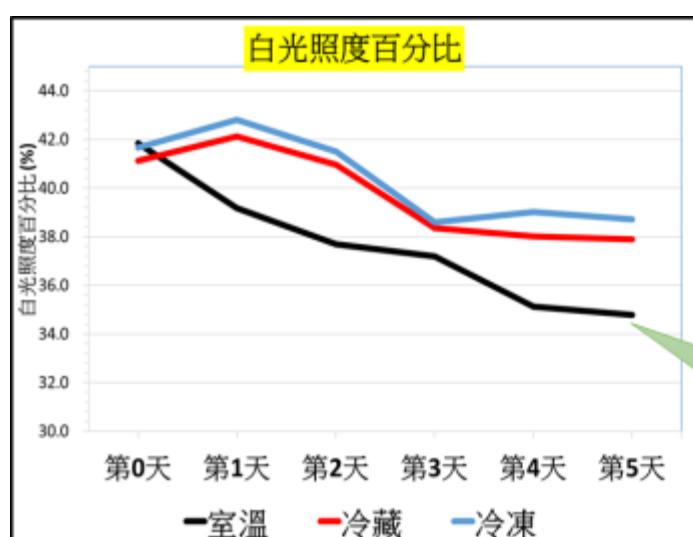
第 0 天以及每隔一天所測得的所有數據詳細記錄請參考實驗日誌，我們將所有資料統計整理後，將 3 根玉米每天的糖度及碘溶液-澱粉反應的照度資料平均，繪製成折線圖(圖 18)，每組的平均白光照度百分比及藍色所佔三基色比例與時間的關係則整理在圖 19 及圖 20。



室溫組糖度
下降明顯

圖 18、不同溫度
保存的玉米汁
隨時間的糖度
變化折線圖。

圖片來源：研究
團隊自行繪製。

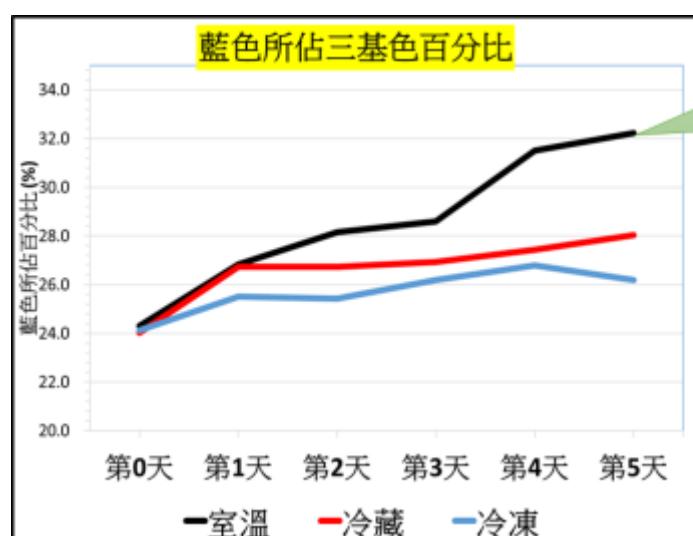


室溫組白光照度
下降明顯

圖 19、不同溫度保
存的玉米汁隨時
間的白光照度百
分比變化折線圖
(以空白對照組為
100 %)

白光照度下降，代
表顏色變深，澱粉
量變多。

圖片來源：研究團
隊自行繪製。



室溫組藍色比例
上升明顯

圖 20、不同溫度保
存的玉米汁隨時
間的藍色所佔三
基色百分比變化
折線圖

藍色百分比上
升，代表澱粉量增
加。

圖片來源：研究團
隊自行繪製。

結論：

1. 新鮮的玉米糖度最高，放置室溫後糖度有明顯的降低，低溫時糖度隨著時間緩慢下降，與我們的假設以及之前的文獻結果一致，推測可能因為呼吸作用讓玉米的糖度變低。另外，冷藏組的糖度在第 5 天稍微有點回升，推測可能因為玉米在冰箱冷藏時水分散失，反而造成糖分濃縮、測出來的糖度上升。
2. 根據碘-澱粉反應的數據，可看到在室溫保存的玉米，在糖度降低的同時，白色照度變低、藍色所佔三基色的百分比例增加，代表常溫組的澱粉量較冷藏組及冷凍組多，且保存時間越久，常溫組的數值與另兩組的差距越大。推測可能是因為會幫助糖分轉化為澱粉的酵素在室溫時活性較好，在低溫時則酵素活性變低、導致澱粉聚合變少。
3. 從科學教育月刊（王月雲，1981）及維基百科我們了解到澱粉也可以被分解為糖分，但要在酸性的環境及有澱粉酶的存在下才會進行，[玉米的澱粉酶在玉米種子發芽或受熱處理時會活化、將澱粉分解為較小的糖類（如麥芽糖、葡萄糖）](#)。因此，在平常的情況下，玉米主要是糖分會轉化、聚合為澱粉，而澱粉不會分解成糖分；這與我們的實驗結果：室溫時，玉米的糖分會隨時間下降、澱粉含量則隨時間增加，是相符合的。
4. [我們實驗證實了玉米在甜度降低的同時，轉化變成了澱粉，因此，可利用我們建立的實驗方法去檢測玉米保存的最佳條件。](#)

四、尋找與玉米一起存放的蔬果好搭檔

不同蔬果組別的玉米由第 0 天及第 6 天時所測得的所有數據紀錄請參考[實驗日誌](#)。將所有的資料統計整理後，進一步把各組別 3 根玉米的平均糖度整理成圖 21，每組的平均白光照度百分比及藍色所佔三基色比例依照時間則整理如圖 22 及圖 23。

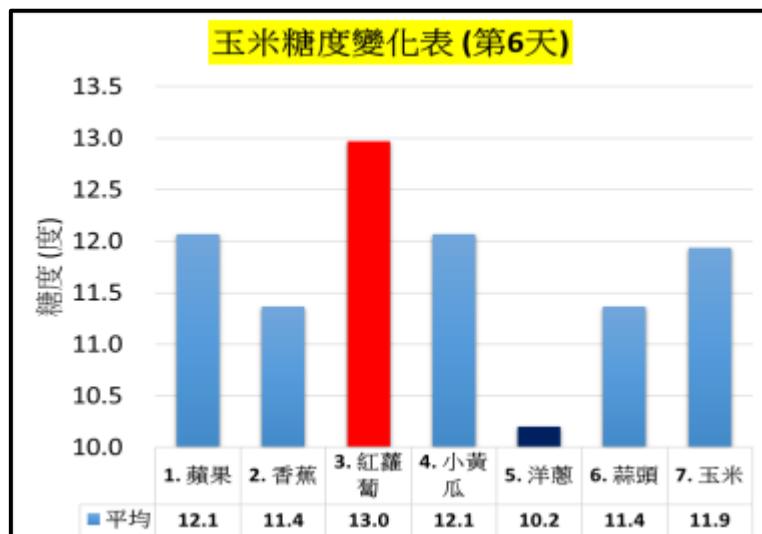


圖 21、與不同蔬果一起保存的玉米 6 天後的糖度變化。

圖片來源：研究團隊自行繪製。

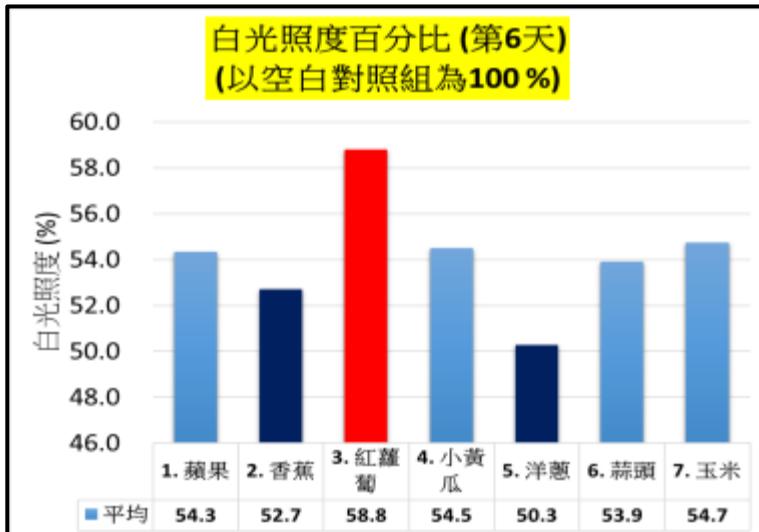


圖 22、與不同蔬果一起保存的玉米
6 天後的白光亮度百分比變化

白光亮度下降，代表顏色變深，澱粉量變多。

圖片來源：研究團隊自行繪製。

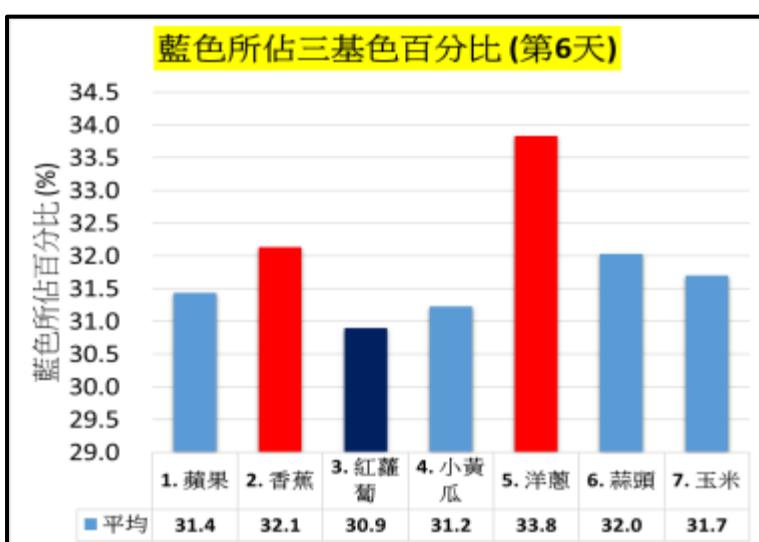


圖 23、與不同蔬果一起保存的玉米 6 天
後的藍色所佔三基色百分比變化

藍色百分比上升，代表澱粉量增加。

圖片來源：研究團隊自行繪製。

結論：

- 在冰箱冷藏保存的情形下，與其他蔬果一起存放的玉米，經過 6 天之後，所有組別的糖分都比第 0 天時還低。其中，與紅蘿蔔放在一起的玉米糖分損失的最少，與洋蔥、香蕉、蒜頭放在一起的玉米糖分流失的最多。
- 在冰箱保存 6 天後，各組玉米的白光亮度和空白對照組比較後，發現以紅蘿蔔組最高，香蕉組及洋蔥組較低，代表與紅蘿蔔一起保存的玉米澱粉含量最低與香蕉及洋蔥一起保存的澱粉量增加最多。同時，藍色所佔三基色的比例，以紅蘿蔔組最低，香蕉組及洋蔥組較高，同樣代表紅蘿蔔組的玉米澱粉含量最低，香蕉組及洋蔥組的澱粉量最多。
- 根據實驗結果，我們知道玉米冷藏可以延緩糖分的降低，如果和紅蘿蔔放在一起，還能減緩糖分轉化為澱粉的速率，但玉米和香蕉及洋蔥放在一起則會加速糖分轉化為澱粉，因此，不建議將買回來的玉米和香蕉、洋蔥在一起保存。

五、測試乙烯是否會影響玉米的糖分轉化效率

(一) 自製乙烯吸收劑對香蕉成熟度的影響：

將同一串香蕉分組、分別與市售乙烯吸收劑及 2 種自製乙烯吸收劑一起保存，每天觀察香蕉成熟度並拍照紀錄如圖 24，三種乙烯吸收劑使用前與使用後顏色比較如圖 25，其他數據及圖片請詳見實驗日誌。

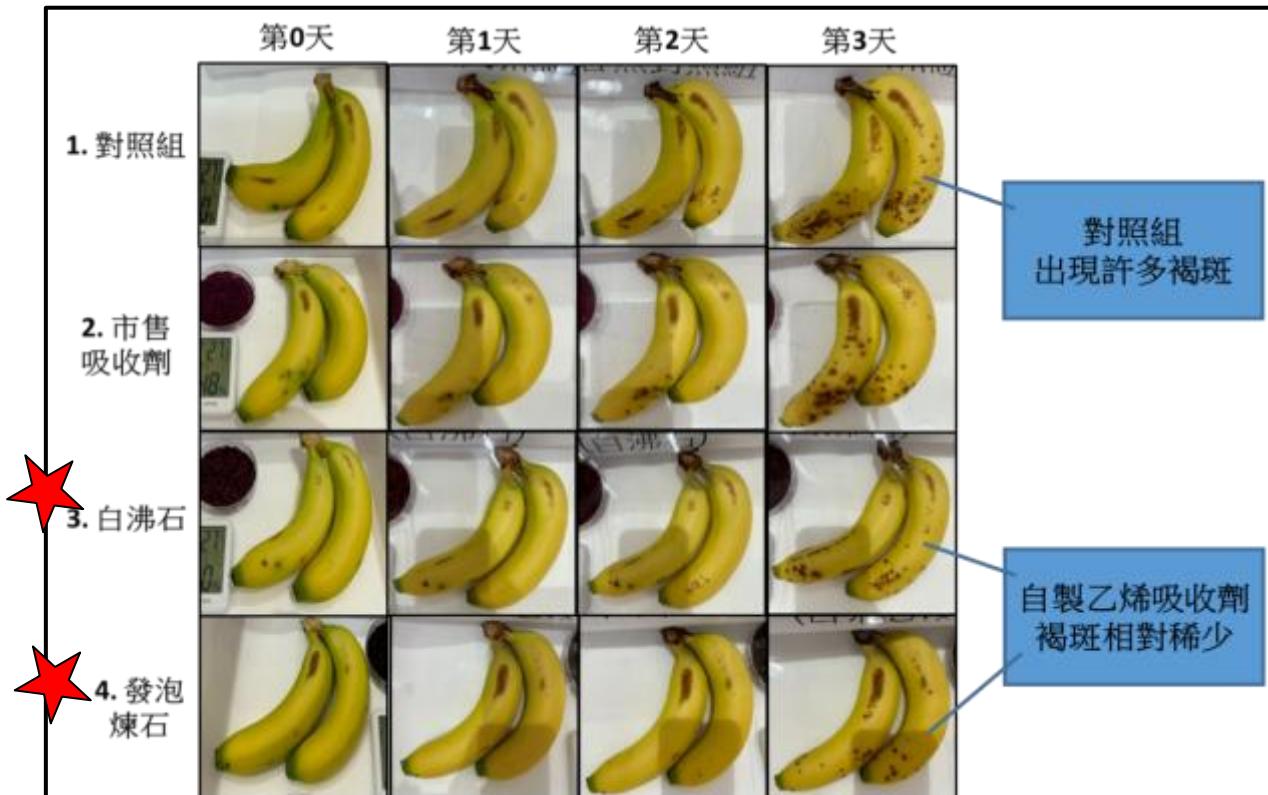


圖 24、香蕉成熟度受不同乙烯吸收劑之影響。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

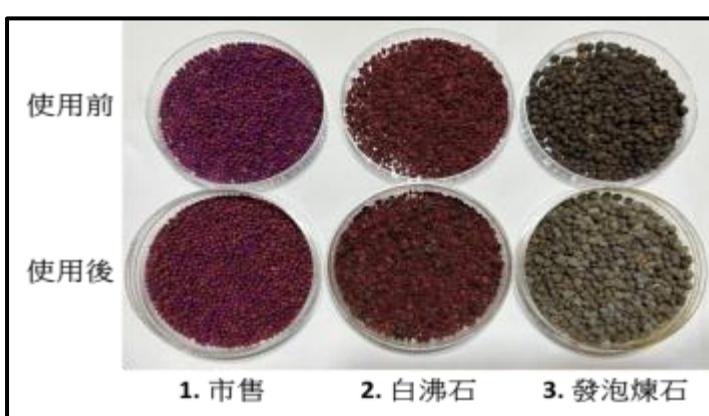


圖 25、三種乙烯吸收劑在使用前、後的顏色觀察。

圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

結論：在觀察 4 天後，發現和自製乙烯吸收劑放在一起的香蕉，產生的褐斑明顯較少，尤其是發泡煉石組的效果明顯；因此，我們決定以自製乙烯吸收劑做後續實驗。另外，每個組別的溫度跟濕度並沒有明顯差異，只有發泡煉石組的濕度有比較低一些，使用後的乙烯吸收劑顏色變偏褐色，發泡煉石吸收劑看起來乾燥、呈現灰色。

(二) 乙 烯吸收劑對玉米糖分轉化速率的影響：

各組別玉米第 0 天及第 3 天所測得的糖度數據紀錄及照片整理請參考實驗日誌。第 3 組(香蕉組)及第 4 組(香蕉+乙 烯吸收劑組)的香蕉每天拍照記錄整理如圖 26，第 2 組(乙 烯吸收劑組)及第 4 組(香蕉+乙 烯吸收劑組)內的乙 烯吸收劑使用前後的顏色對照如圖 27。所有的數據統計整理後，將各組玉米的平均糖度整理成圖 28，每組的平均白光照度百分比及藍色所佔三基色比例則整理如圖 29 及圖 30。

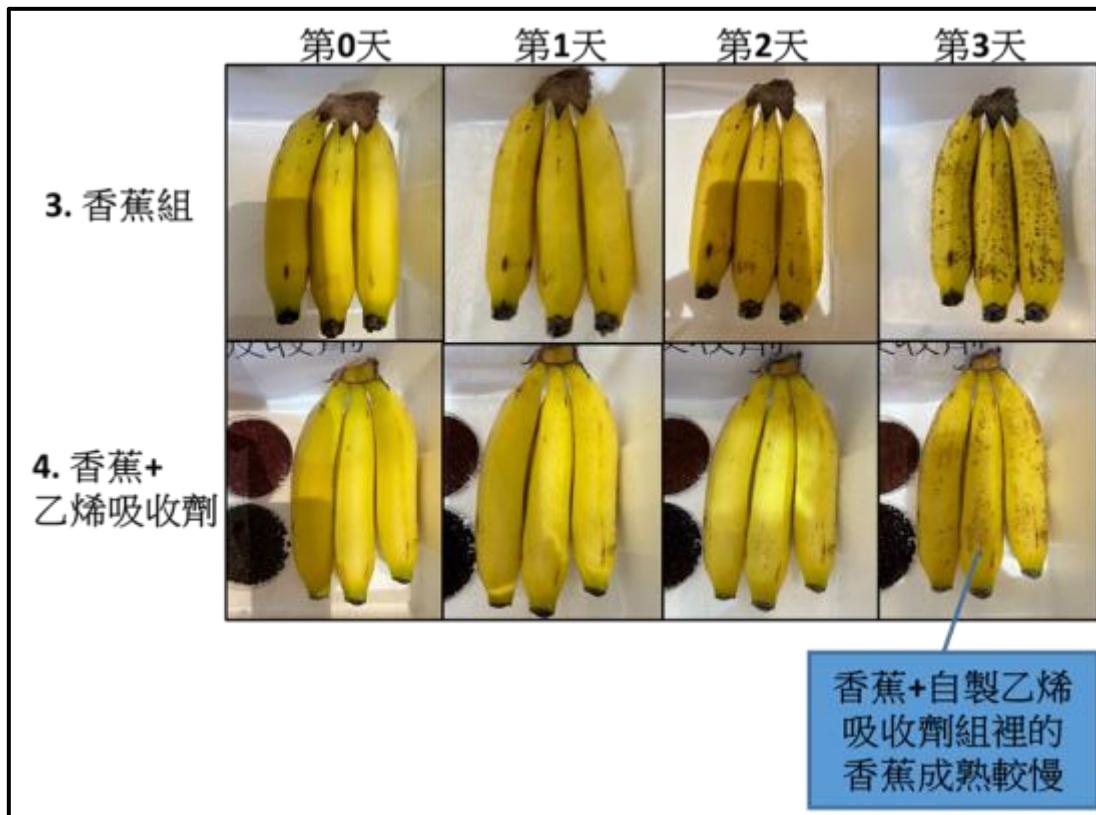


圖 26、自製乙 烯吸收劑影響香蕉的成熟度。圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。

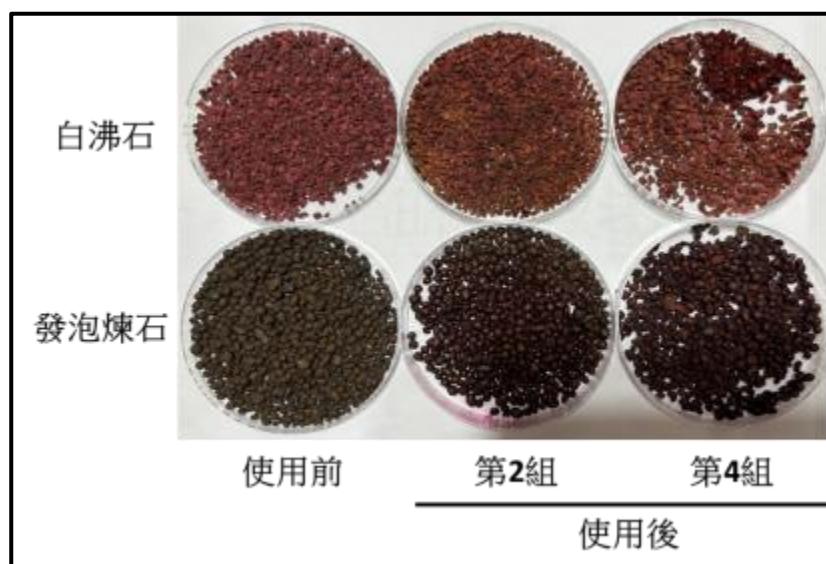


圖 27、第 2 組及第 4 組的乙 烯吸收劑在使用前、後的顏色觀察。

圖片來源：研究團隊自行拍攝。

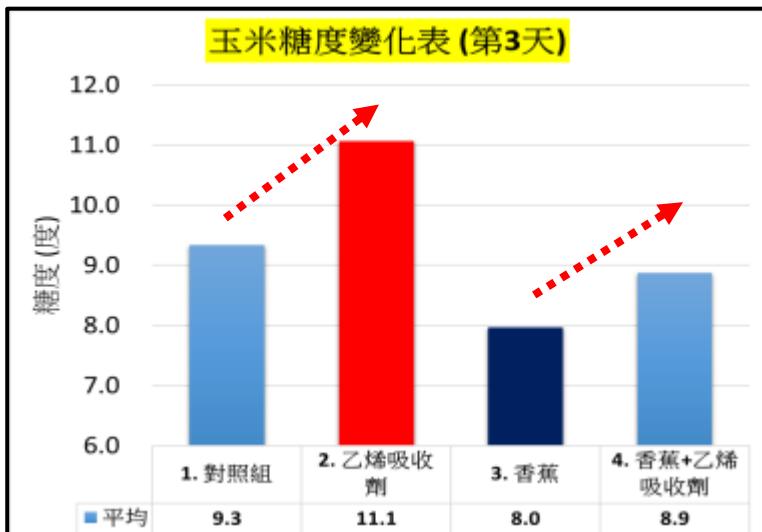


圖 28、乙烯吸收劑影響玉米的糖度變化。

圖片來源：研究團隊自行繪製。

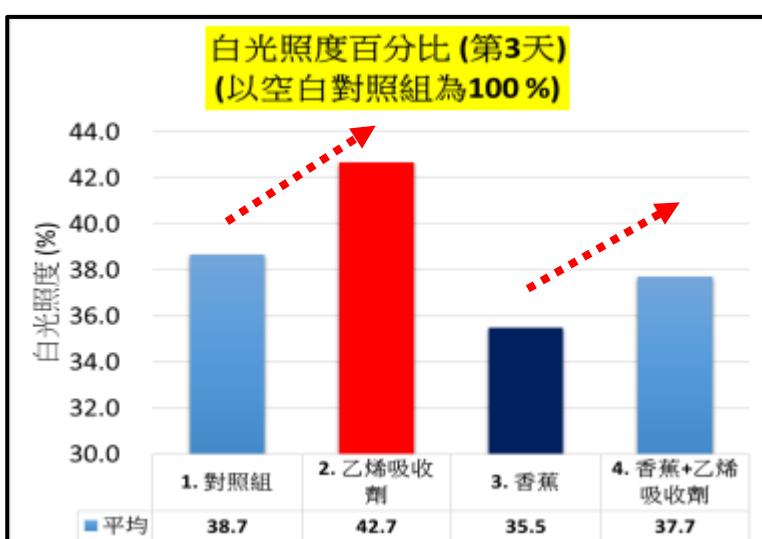


圖 29、與乙烯吸收劑一起保存的玉米 3 天後的白光照射百分比變化。

白光照射度下降，代表顏色變深，澱粉量變多。

圖片來源：研究團隊自行繪製。

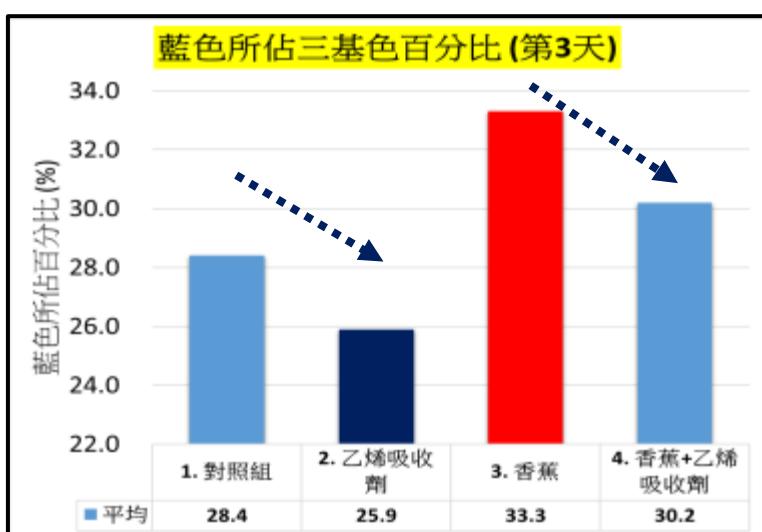


圖 30、與乙烯吸收劑一起保存的玉米 3 天後的藍色所佔三基色百分比變化

藍色百分比上升，代表澱粉量增加。

圖片來源：研究團隊自行繪製。

結論：

- 如圖 26 所示，在兩個有香蕉的組別中，有乙烯吸收劑的存在下、香蕉成熟較慢，代表我們的自製乙烯吸收劑可以有效吸收乙烯、延緩香蕉成熟。

2. 我們做此實驗時，遇到連日大雨、室內溼度很高，加上玉米的呼吸作用及玉米梗缺口產生大量的水氣，因此量測每組溼度都是 99 %、保鮮膜下甚至都凝結出水滴。所以再次重做實驗時，我們利用除濕機讓室內溼度維持在 60 %以下，當室內溼度較低的情況下，有放入自製乙烯吸收劑的組別測量出的濕度會較低，代表乙烯吸收劑同時也會吸收水氣；但在第 2 天之後濕度幾乎就都維持 99 %了，推測可能因為吸水能力已經到了極限。如圖 27，使用後的乙烯吸收劑偏褐色，若被凝結的水滴到會成塊，發泡煉石看起來是漂亮的咖啡色。
3. 經由室溫 3 天的保存，我們發現和香蕉一起保存的玉米，和對照組相比，糖度下降最多，澱粉反應中的白光亮度百分比最低、藍色所佔三基色比例則最高，代表糖分轉化為澱粉的速率變快，與之前的實驗結果一致。
4. 室溫下，和自製乙烯吸收劑放一起的玉米，糖度明顯比對照組高，且澱粉含量最低，因此，我們證明了乙烯的含量真的會影響玉米老化速率。
5. 室溫下，同時和香蕉、乙烯吸收劑一起保存的玉米，糖度下降還是比對照組多，但與香蕉組比較則有回升；同時，澱粉含量也介於對照組與香蕉組之間，代表乙烯吸收劑對於香蕉所產生的乙烯也有一定的吸收效果，實驗結果也證實香蕉所產生的乙烯的確是造成玉米糖分快速下降、澱粉增加的原因之一。

伍、討論

在實驗中我們發現了一些問題，也遇到了許多困難，經過結果分析、查詢資料及大家一起討論後，我們歸納如下：

一、決定測試玉米糖分的方式

(一)玉米品種的考量：我們最後選用佳穗 9 號黃玉米，不但方便取得，更是一般人常購買的食用玉米，容易用手剝下完整的玉米粒，避免不完整玉米粒的部位糖分不同，可確定每次取樣的一致性，又因為甜度高，所以佳穗 9 號黃玉米適合用來做糖度改變的實驗。

(二)糖度計的選用：我們發現用手持糖度計測量搗碎、混濁的玉米汁時，無法清晰看到藍白交界線，需要用離心機將不溶解的物質離心到底部，再取上部的清液去測量才能清晰看到藍白交界線、辨別出正確的讀數。但是，我們不確定離心後的上清液是否可以代表玉米全部的糖分，又很容易因為個人的判讀標準、糖度計是否有保持水平等等因素造成讀取差異。請教農業部農糧署專家，得知他們測量玉米糖分是用數位糖度計，直接用初步過濾後的玉米汁測量，不需要再離心，因此我們也購入數位糖度計來進行量測，除了可以避免人為判讀的誤差，也可以測得玉米全部組成的糖分。

二、找出適合用來檢測玉米澱粉含量的方法

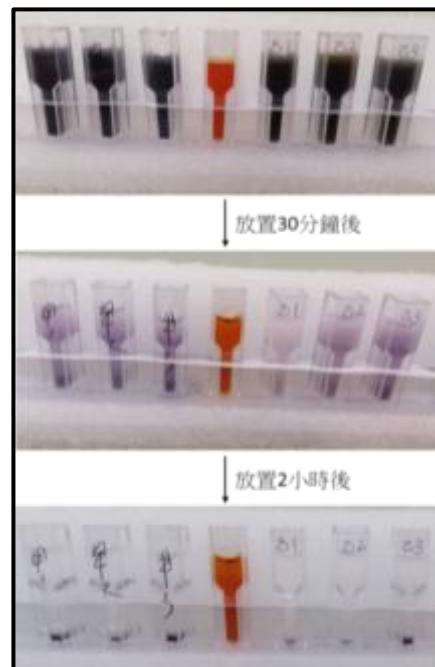
(一)碘溶液-澱粉反應的條件確認：在實驗過程中，

我們無意間發現，碘溶液-澱粉反應產生的藍色，在反應後會隨著放置的時間、慢慢變成藍黑色沉澱物沉澱，且顏色會繼續變化，如圖 31。

解決方法：在取好每組實驗的 3 根玉米汁液後，迅速與塑膠比色管內的碘溶液反應，並立即測量記錄，減少因時間放置沉澱並造成顏色判讀上的測量誤差。

圖 31、碘溶液-澱粉反應後的溶液隨著放置時間改變顏色。

圖片來源：研究團隊自行拍攝、繪製。



(二)無線光與顏色感應器的限制：在多次的實驗中，我們發現白光亮度的變化很大，室內的光線變化、測量的角度偏差，都容易讓同一個樣品有不同的數值；由於我們固定在同一個實驗桌、同樣燈源下的相同位置做量測，但是室內光線在晴天、陰天的不同亮度仍會影響白光亮度的測量。所以，我們**利用空白對照組當作 100 % 去對比**，所有實驗互相比較的組別，都是同時一起完成檢測，避免不同時間外界光線的差異，也更有比較的依準。

(三)直鏈澱粉與支鏈澱粉的比例：根據參考資料，我們知道一般的玉米內含大約 30 % 直鏈澱粉和 70 % 支鏈澱粉，直鏈澱粉會和碘溶液反應成藍黑色，支鏈澱粉則會和碘溶液反應成紅紫色；雖然支鏈澱粉的含量應該較多，由實驗數據我們卻看到只有藍色比例增加、紅色比例沒有增加，證明我們玉米液中碘溶液-澱粉反應主要是由直鏈澱粉造成，那麼支鏈澱粉跑去哪兒了呢？我們好奇地**把實驗剩下的玉米蒸熟後去測碘溶液-澱粉反應**，結果發現會有紅紫色的反應(紅色比例也增加)，推測可能是溫度的上升讓比較難溶解的支鏈澱粉溶解在玉米液中，造成有較多的支鏈澱粉去參與碘溶液-澱粉反應。因此，**在我們的實驗中主要還是檢測糖度及直鏈澱粉的變化，由藍色佔三基色的比例去代表澱粉量是可行的。**

三、比較可延緩玉米糖分降低的保存環境

(一)溫度影響糖分：為了怕冷藏和冷凍組的玉米汁樣本溫度較室溫組低，會影響糖分比較，我們會**先將玉米回溫、讓 3 組的樣品溫度相同，避免誤差**。另外，值得一提的是，我們的實驗從夏天做到冬天，在夏天時，室溫組的玉米都只能做 3 天，3 天後就發酵、臭酸了，而且，玉米糖分在室溫組下降的很快！到了冬天實驗，甚至有寒流來襲，室溫組的玉米糖分下降就沒有夏天時那麼明顯，但還是**可以明顯看出與冷藏、冷凍組的差別**。冬天室溫組

的玉米實驗可以延長到 5 天後，與冷藏、冷凍組的比較就更明顯！

(二)冷藏或冷凍的選擇：玉米冷藏在冰箱中可以有效減緩糖分轉化為澱粉，若玉米沒有要馬上吃，可先冰在冰箱冷藏；冷凍會讓轉化酵素活性降低、較不會降低甜度，但冷凍後的食物口感變得軟爛，一般家用的冷凍庫空間也較小，所以比較不建議冷凍玉米。

(三)密封袋的使用：我們在實驗中保存玉米時，都有用塑膠袋或密封袋將玉米仔細密封好，這樣的好處是可以減少玉米的水分降低、延緩糖分下降，但在一般家庭買回的玉米很少會特地再包裝處理，因此實際的糖分下降應該會比我們測出的結果更明顯。另外，我們發現市面上有標榜可讓蔬果延長保存期限、鎖住蔬果新鮮及營養的保鮮袋(鎖鮮袋)，我們也好奇是否可以拿來防止玉米糖分流失及澱粉轉化的速率變慢？實測結果和我們利用一般塑膠袋密封包起、冷藏保存的效果差不多。

四、尋找與玉米一起存放的蔬果好搭檔

(一)紅蘿蔔是玉米好搭檔：由實驗結果得知，與紅蘿蔔一起保存的玉米，糖分下降轉化成澱粉的最少，推測原因可能是：1. 紅蘿蔔是低乙烯釋放蔬菜，減少了乙烯對玉米的影響；2. 紅蘿蔔含有 β -胡蘿蔔素、維生素 C 和其他抗氧化物質，可以減少玉米在存放過程中的氧化損害，也可能幫助分解乙烯；3. 紅蘿蔔的水分含量高，與玉米一同存放時，可能有助於保持環境濕度，減少玉米水分流失；因此，買回家的玉米就安心的跟紅蘿蔔放在一起吧！

(二)香蕉、洋蔥是玉米壞搭檔：我們發現和香蕉、洋蔥放在一起保存的玉米，糖分下降的比只有單獨存放玉米時的低，澱粉反應更高。推測原因可能是：1. 香蕉在成熟過程中釋放乙烯，可促進玉米的呼吸作用，加速糖分的轉化；2. 洋蔥含有硫化合物，可能影響玉米內的酵素活性，也加速了糖分轉化為澱粉；因此，如果想降低玉米糖分轉化為澱粉的速率，我們要避免將玉米與香蕉、洋蔥存放在一起！

五、測試乙烯是否會影響玉米糖分的轉化效率

(一)自製乙烯吸收劑：在我們的實驗條件下，市售的乙烯吸收劑無論是放在密封袋裡或放在保麗龍箱中都對延緩香蕉的成熟沒有明顯的助益，且市售乙烯吸收劑價格昂貴，每 5 克就要 30 元。因此我們參考了歷屆科展及網路上的教學，選用了白沸石及發泡煉石來浸泡過錳酸鉀溶液、烘乾後就成了我們自製的乙烯吸收劑，結果發現我們自製的乙烯吸收劑可以有效抑制香蕉褐斑的產生(成熟度)，而且成本 500 克不到 10 元，大約是市售價格的 1/300！另外，有些園藝人員會直接噴灑過錳酸鉀溶液替植物進行殺菌，或用過錳酸鉀當作植物的鉀肥，過錳酸鉀也常用來進行水族箱的殺菌，所以自製乙烯吸收劑使用過後，就算有殘留的過錳酸鉀也可以放心回收白沸石及發泡煉石用在植栽，幫助植物消毒殺菌或作肥料！因

為過錳酸鉀、白沸石及發泡煉石都很容易在園藝行及網路平台買到的，我們也推薦家庭中可以自製乙烯吸收劑，使用過錳酸鉀粉末時注意不要接觸眼口鼻，過錳酸鉀加水溶解後刺激性就會變弱很多，利用多孔性介質製成乙烯吸收劑，就可以放冰箱來幫助蔬果保鮮！

(二) **呼吸作用需要氧**：我們一開始使用密封袋來測試香蕉是否會受乙烯吸收劑影響成熟速度，結果發現放在室溫中，密封袋裡的香蕉外表沒有出現明顯褐斑，但剝開卻發現裡面都已經爛掉、有酒味；查詢維基百科關於呼吸作用的資料後，我們猜測是香蕉在缺氧的情形下、沒辦法進行呼吸作用產生乙烯，但卻無氧發酵變成乙醇(酒精)與乳酸等代謝產物，導致果肉變爛、發臭；因此，我們改採用保麗龍箱、蓋上保鮮膜來做實驗，可透氣又能最大限度保留乙烯在箱子裡實驗。

(三) **乙烯吸收劑對玉米糖分轉化速率的影響**：我們利用自製乙烯吸收劑證明了乙烯會影響玉米糖分轉化為澱粉的速率，不論是有或沒有香蕉的存在下，放入乙烯吸收劑一起保存後，都可以讓同樣在室溫保存 3 天後的玉米糖分的下降明顯減少。我們注意到，做實驗時有放玉米的保麗龍箱濕度都很高，推測可能是玉米呼吸作用產生的水分及玉米梗剝掉玉米粒的地方及切口處有持續散失水分；我們不知道濕度過高的環境會不會影響玉米的呼吸作用及糖分轉化澱粉速率，但水分散失太多會影響玉米的口感，或許可以考慮保留外葉來防止玉米水分散失太多。

陸、結論

經反覆查找資料及文獻，發現我們是第一個用糖度計來測試玉米糖度並證明當澱粉過量時，碘溶液會變白色混濁的科展作品。沒有任何資料能查出如何檢測玉米汁中的「碘-澱粉反應」，但我們研究出最佳檢測玉米汁的條件！我們的實驗是最早探究有哪些蔬果會影響玉米糖度的轉化效率？並嘗試利用自製的乙烯吸收劑來驗證乙烯會影響玉米糖度及澱粉量的作品！

經我們整理所有的實驗結果並分析後，歸納結論如下：

一、決定測試玉米糖分的方式

- (一) 以容易取得的佳穗 9 號黃玉米進行實驗，最適合測玉米糖分及澱粉量。
- (二) 發現玉米的下段糖度最高，所以玉米粒的取樣是由上到下、縱向平均選取 40 顆完整玉米粒，經過研磨、紗布過濾，以數位糖度計測量玉米汁，可得到最正確穩定的實驗結果。

二、找出適合來檢測玉米澱粉含量的方法

- (一) 確定以 0.02 % 碘溶液 2 mL 加入 50 μ L 玉米汁樣本，就可以讓碘溶液-澱粉的顏色變化落在可準確測量的範圍內。
- (二) 以無線光與顏色感應器來檢測澱粉含量，確認可用白光度百分比及藍色所佔三基色比例，這兩種數值都可用來證明澱粉含量的變化。

三、比較可延緩玉米糖分降低的保存環境

- (一) 糖分降低程度：室溫組 > 冷藏組 = 冷凍組
- (二) 澱粉增加程度：室溫組 > 冷藏組 = 冷凍組

四、尋找與玉米一起存放的蔬果好搭檔

- (一) 糖分降低程度：洋蔥組 > 香蕉組 > 蒜頭組 > 玉米對照組 = 蘋果組 = 小黃瓜組 > 紅蘿蔔組，其中紅蘿蔔組的糖分維持效果最好，糖分降低量最少。
- (二) 澱粉增加程度：洋蔥組 > 香蕉組 > 蒜頭組 = 玉米對照組 = 蘋果組 = 小黃瓜組 > 紅蘿蔔組，其中洋蔥組的澱粉增加最明顯。

五、測試乙烯是否會影響玉米糖分的轉化效率

- (一) 以白沸石及發泡煉石自製乙烯吸收劑可以有效吸收乙烯、抑制香蕉褐斑的產生。
- (二) 利用自製乙烯吸收劑，可以證實乙烯會加速玉米糖分轉化變成澱粉的速率，且香蕉是透過產生乙烯來影響玉米的老化。

綜合以上結論，我們成功建立了一套簡單又準確、可以用來測量玉米糖分及澱粉含量變化的實驗方法：以數位糖度計來分析糖分的變化、以無線光與顏色感應器來測量白光度及藍色所佔三基色的比例代表澱粉量變化。利用不同的保存溫度及蔬果一起存放，我們證實了低溫可以減緩玉米的老化，也找出適合與不適合和玉米一起保存的蔬果。最後，我們利用自製的乙烯吸收劑證實了：無論是玉米本身、還是香蕉所產生的乙烯都會加速玉米的老化。因此，我們建議將買回來的玉米冰在冰箱，可以和紅蘿蔔放在一起，但盡量避免與洋蔥、香蕉放在一起，才能避免玉米的甜被”偷走”。同樣的，建議農民在採收玉米後，要盡快的把玉米冰起來，無論是存放在倉庫或是後來的運送途中，都要盡量避免和洋蔥、香蕉放在一起，這樣，我們才能吃到最甜的玉米！

柒、未來展望

在實驗的過程中，我們也有遇到許多無法解釋、但覺得很有趣的問題，像是：

一、鎖鮮袋不鎖鮮：我們發現標榜可以延緩蔬果老化的鎖鮮袋，和便宜的塑膠袋密封好後放冰箱的效果差不多，出乎意料之外！我們很好奇如果是放在室溫中保存，鎖鮮袋的優點是否就會突顯出來？鎖鮮袋的「機能性特殊薄膜」是否就是乙烯吸收劑？值得進一步研究。

二、熟玉米的糖度變化與澱粉種類：我們很好奇玉米煮熟後、酵素都被高溫破壞掉，糖度是否還會依時間而轉化為澱粉？所以我們打算將玉米蒸熟後、放在室溫及冰箱冷藏來做比較。但是，無論是用電鍋蒸熟、還是用瓦斯爐隔水蒸熟，黃玉米的汁液都被蒸乾或被澱粉吸收掉、擠不出玉米汁來做實驗，如果用水煮又會殘留太多水分、容易不準確。之後可以嘗試控制蒸熟的時間，或是溫度不要太高，還是改用像白龍王水果玉米那樣更多汁的品種，應該可以較順利取得熟玉米汁來做實驗。另外，我們也發現熟玉米汁的「碘-澱粉反應」會有紅色佔三基色比例的增加，推測是因為較難溶解、卻又佔較大比例的支鏈澱粉在高溫的情況下溶解出來與碘溶液形成了紅紫色，有機會的話還能進一步的繼續研究。

捌、參考文獻資料

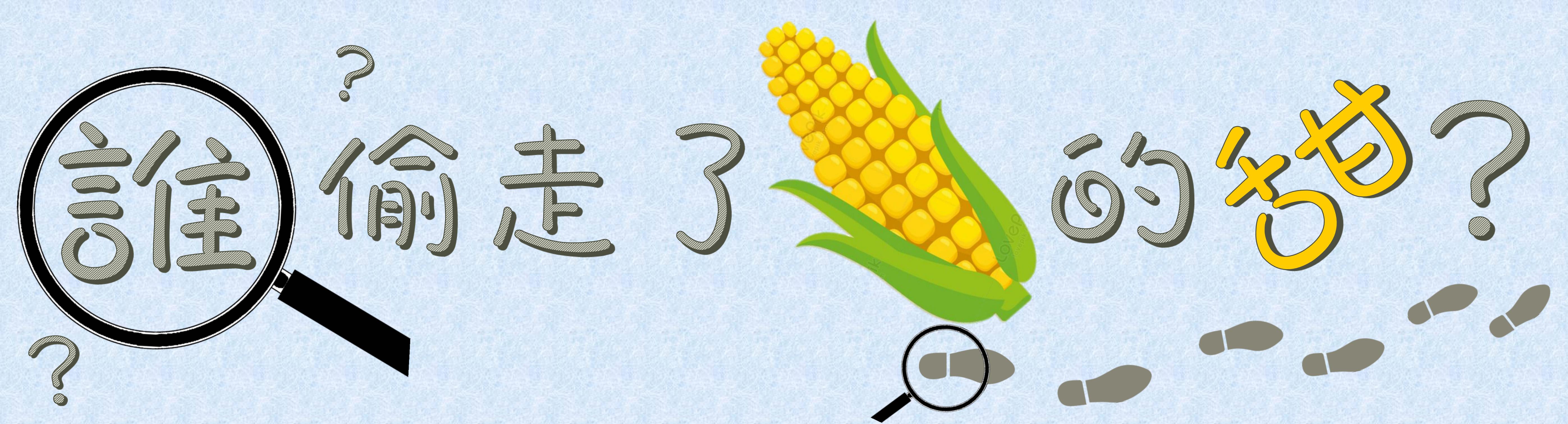
- 1.王月雲 (1981)。<澱粉酶的性質及檢驗>。科學教育月刊 第 43 期, p 52-56。2025 年 5 月 12 日取自：
https://www.sec.ntnu.edu.tw/uploads/asset/data/66eb0bb00e0b30f99f4f4c13/1981-043-10_52-56_.pdf。
- 2.鄭榮瑞、曾清田 (1989)。<超甜玉米預冷保鮮技術>。台南區農業改良場技術專刊 農機 -1(No.50)。2025 年 5 月 12 日取自：<https://book.tndais.gov.tw/Brochure/tech50.htm>。
- 3.張粲如 (1994)。<超甜玉米採收後保鮮技術之研究>。桃園區農業改良場研究報告第 17 號, p 9-18。2025 年 5 月 12 日取自：
https://www.tydares.gov.tw/redirect_files.php?id=18554&file_name=TO3b6GgWGPlus01ZrovpdIsHNbDkWfIl8B1r1WGPlusmGPXVm5NWdeff2tyYbf9dWq2KqWRfys。
- 4.陳韋臣、陳曉亭、王曉薇、馮毅夫 (2004)。<橘子紅了>。中華民國第 44 屆中小學科學展覽會作品說明書。2025 年 5 月 12 日取自：
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/44/D/030807.pdf>。
- 5.謝光耀 (2005)。台灣農家要覽農作篇(一)。台北：行政院農業委員會。2025 年 5 月 12 日取自：<https://naturallybread.yam.org.tw/TGS-G/TGS-G013.pdf>。
- 6.戴岑桓、謝豐駿、湯楷琳、陳韻婷、陳韻惠、羅燮琳 (2005)。<香蕉新樂園>。中華民國第 45 屆中小學科學展覽會作品說明書。2025 年 5 月 12 日取自：
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/45/elementary/0808/080814.pdf>。
- 7.王暉暉、邱耀慶、郭主歆 (2007)。<解開「澱粉~碘」的藍色密碼>。中華民國第 47 屆中小學科學展覽會作品說明書。2025 年 5 月 12 日取自：
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/47/high/031628.pdf>。
- 8.彭貞甄、陳品翰、施硯晟 (2014)。<明智之「橘」—吃甜橘小撇步>。中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品說明書。2025 年 5 月 12 日取自：

- <https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/54/pdf/080215.pdf>。
- 9.李佳蕙、蘇韋嘉、楊水平 (2016)。<微量化學實驗：常見食物營養成分的微量檢驗>。台灣化學教育第十四期。2025年5月12日取自：
https://chemed.chemistry.org.tw/wp-content/uploads/2016/07/本期專題_楊水平等_常見食物營養成分的微量檢驗_學生實驗手冊 V1-.pdf。
- 10.張粲如 (2016)。<乙烯吸收劑在蔬果保鮮上之應用>。農業知識庫桃園區農情月刊第8期。2025年5月12日取自：
https://kmweb.moa.gov.tw/redirect_files.php?theme=knowledgebase&id=485592。
- 11.Nagaraj P, Sasidharan A, David V, Sambandam A. (2017) Effect of Cross-Linking on the Performances of Starch-Based Biopolymer as Gel Electrolyte for Dye-Sensitized Solar Cell Applications. *Polymers* **9**(12):E667。2025年5月12日取自：
<https://europepmc.org/article/pmc/6418899>。
- 12.陳裕儒、謝一民、謝光耀、賴喜美 (2017)。<臺灣硬質玉米澱粉理化性質分析與比較>。農業生技產業季刊第49期, p. 41-45。2025年5月12日取自：
https://www.bioeconomy.tw/wp-content/uploads/2023/01/07_臺灣硬質玉米澱粉理化性質分析與比較.pdf。
- 13.中山大學生命科學系 (2018)。<生物大分子>。高中生物科學資優生培育計畫 107 期高一班課程。2025年5月12日取自：
<https://www2.nsysu.edu.tw/Bio/images/commen/biomacro10103.pdf>。
- 14.林宏歷、甯宇欣、蔡昀靜、于凡毅、林圓伸、黃珮琪 (2018)。<利用 App 辨別澱粉食材與優碘反應之顏色變化>。中華民國第 58 屆中小學科展作品說明書。2025年5月12日取自：
<https://www.ntsec.edu.tw/article/FileAtt.ashx?id=11970>。
- 15.作者未知 (2021)。<香蕉不黑皮-探討改變香蕉成熟速度的影響>。屏東縣第 61 屆中小學科學展覽會說明書。2025年5月12日取自：
https://sci.ptc.edu.tw/Pthsci61/Upfile/Works/1615454631_855251_51.pdf。
- 16.黃莉詠、林彥丞、林恒生 (2022)。<現代農產品延長保鮮關鍵 蔬果採收後的品質威脅與防治方法>。豐年雜誌 2022 年 8 月號。2025年5月12日取自：
<https://www.agriharvest.tw/archives/87129>。
- 17.維基百科 (2022)。<支鏈澱粉單元>、<呼吸作用單元>、<直鏈澱粉單元>、<過錳酸鉀單元>、<澱粉酶>。2025年5月12日取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/>。
- 18.賴喜美 (2022)。<國產硬質玉米之特性與應用>。2020 臺加全穀豆類營養保健與創新加工國際研討會論文輯。2025年5月12日取自：https://www.tcdares.gov.tw/upload/tdais/files/web_structure/13047/17_%20國產硬質玉米之特性與應用.pdf。
- 19.林羿葦、李振寧、趙禹昕 (2023)。<甜葡萄追緝令—自製非侵入式糖度篩選法>。中華民國第 63 屆中小學科學展覽會作品說明書。2025年5月12日取自：
<https://www.ntsec.edu.tw/article/FileAtt.ashx?id=16090>。
- 20.翰林國小組 (2024)。<第 1-3 單元 光的折射> <第 2 單元 千變萬化的植物>。國小翰林自然領域五上課本。
- 21.國語周刊 (2025)。<揭開植物呼吸和光合作用的面紗>。國中校園特刊 2024 年 9 月號。2025 年 5 月 12 日取自：<https://www.mwm.com.tw/youth-pop-202409.php>。
- 22.牛頓出版社 (未知)。<澱粉遇碘顯色原理>。牛頓百科全書。2025 年 5 月 12 日取自：<https://newton.com.tw/wiki/澱粉遇碘顯色原理/2741385>。
- 23.錫特工業 (未知)。MET-PSMA_掌上型糖度計(0~32%)產品說明書。2025 年 5 月 12 日取自：
<https://www.seattools.com.tw/products/met-psma>
- 24.農業知識入口網 (未知)。<乙烯吸收劑製作法>。2025 年 5 月 12 日取自：
https://kmweb.moa.gov.tw/redirect_files.php?id=135204。

【評語】082915

1. 本實驗有良好的科學實驗內容，包括實驗設計、執行方法、討論實驗及其應用性。
2. 探究玉米後熟期間甜度降低之原因，並研究如何減緩甜度降低之方法。研究主題具實用性，有助於民眾保存黃玉米之科學性參考方法。
3. 自製乙烯吸收劑。
4. 報告撰寫清楚，相關內容有備註引用文獻，實驗原理及數據說明完整。

作品海報



誰

?

偷走？



尋找？



摘要

本研究選用佳穗9號黃玉米探討玉米糖度的變化，利用數位糖度計及無線光與顏色感應器，我們成功建立了一套可以簡單並準確測試玉米糖分及澱粉含量的實驗流程。實驗的結果證實玉米糖分會隨著時間漸漸轉化為澱粉，造成甜度降低、口感變硬；利用冷藏或冷凍保存，則可以延緩玉米老化的速率。

當玉米與其他蔬果一起保存時，會因蔬果的影響，造成玉米老化的更快，甜度降得更低，例如：香蕉、洋蔥等；實驗中利用我們自製的乙烯吸收劑，能有效減少香蕉對玉米的影響，維持玉米的甜度，推論出乙烯是造成玉米老化的原因之一。最後，希望我們的研究可以幫助農民與食品業者優化玉米的保存方式，也可以讓消費者在購買後，能更方便又適當的將玉米保持在最佳狀態！

壹、研究動機

吃飯時，有時可以吃到好甜、好多汁的玉米，有時候卻吃到不甜、硬硬的玉米，媽媽跟我說，這是因為玉米太老了！但是，什麼叫做玉米太老了？媽媽說是玉米買回來很多天了。打電話問在屏東農場種玉米的外公，外公只說採收後的玉米不能放隔夜再處理，不然會變不甜！我們很好奇：玉米的新鮮度跟甜度真的有關係嗎？

貳、研究目的

我們希望建立一套測試玉米糖分及澱粉含量變化的辦法，可以用來找出玉米保存的最佳條件。為此，我們的研究目的為：

- (一) 決定測試玉米糖分的方式
- (二) 找出適合用來檢測玉米澱粉含量的方法
- (三) 比較可延緩玉米糖分降低的保存環境
- (四) 尋找與玉米一起存放的蔬果好搭檔
- (五) 測試乙烯是否會影響玉米糖分的轉化效率

參、研究架構

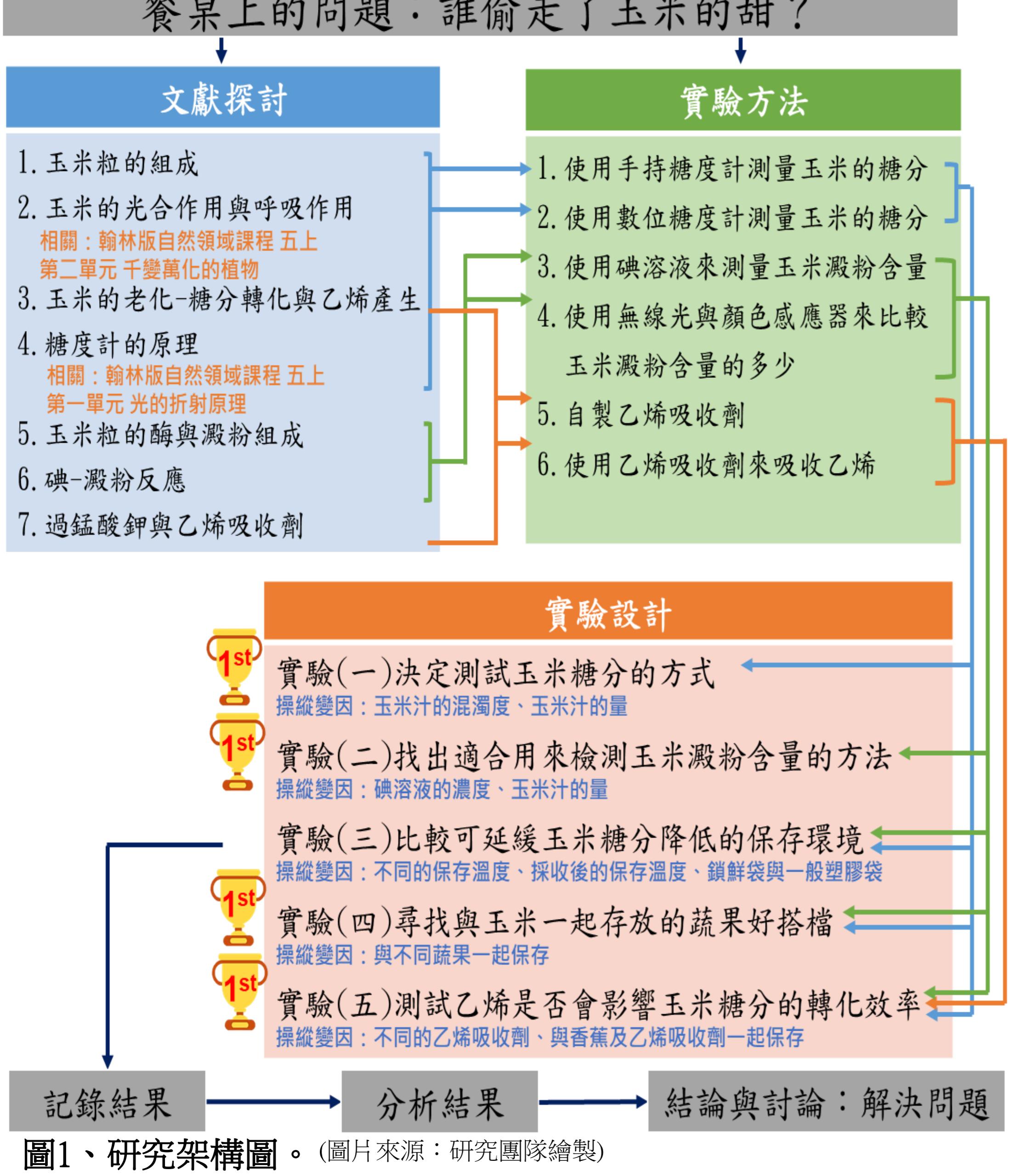


圖1、研究架構圖。(圖片來源：研究團隊繪製)

★相關課程：五上自然領域課程(翰林版)

第1-3單元 光的折射原理、第2-2單元 植物存活的本事

肆、文獻探討

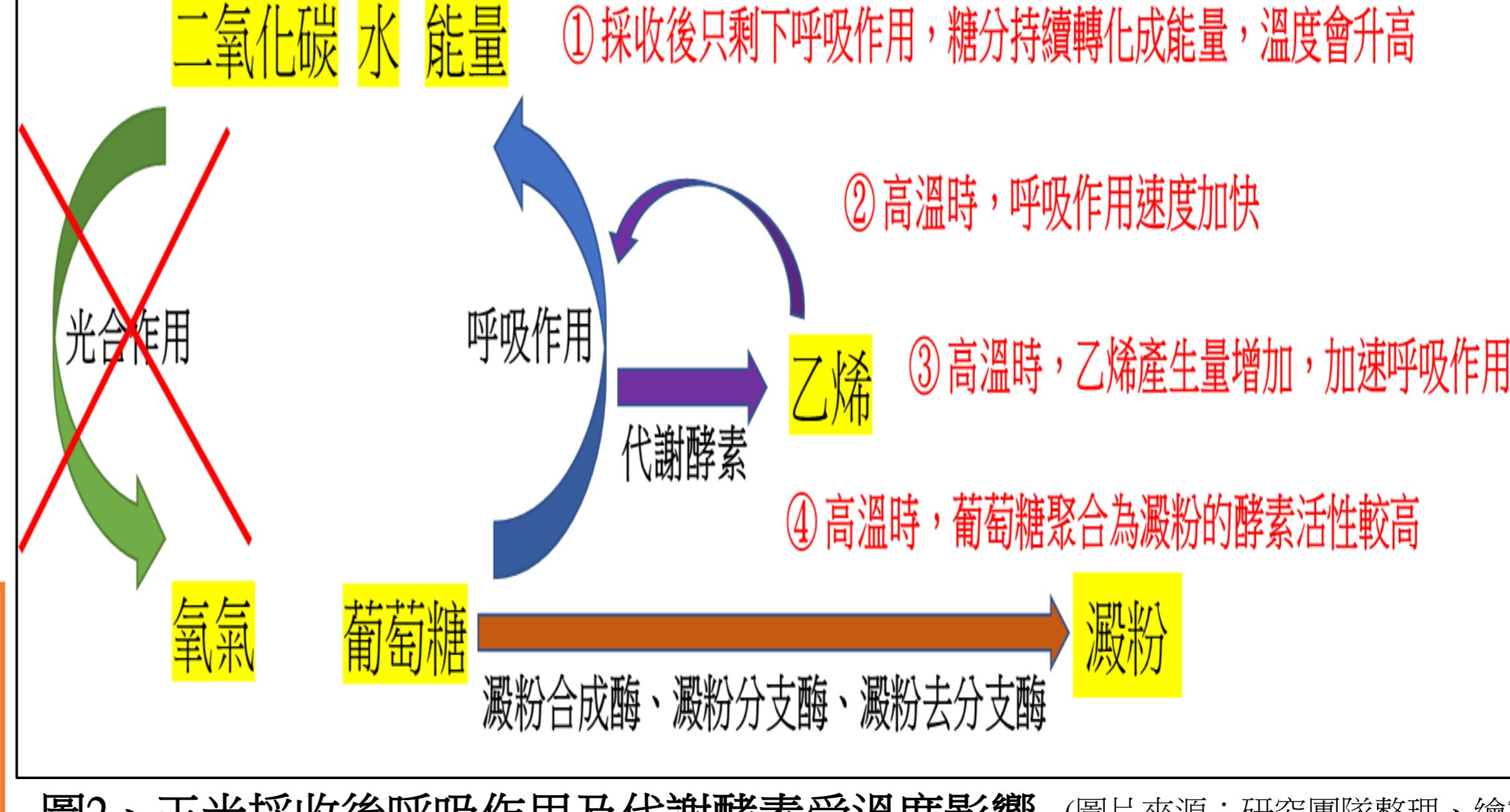


圖2、玉米採收後呼吸作用及代謝酵素受溫度影響 (圖片來源：研究團隊整理、繪製)

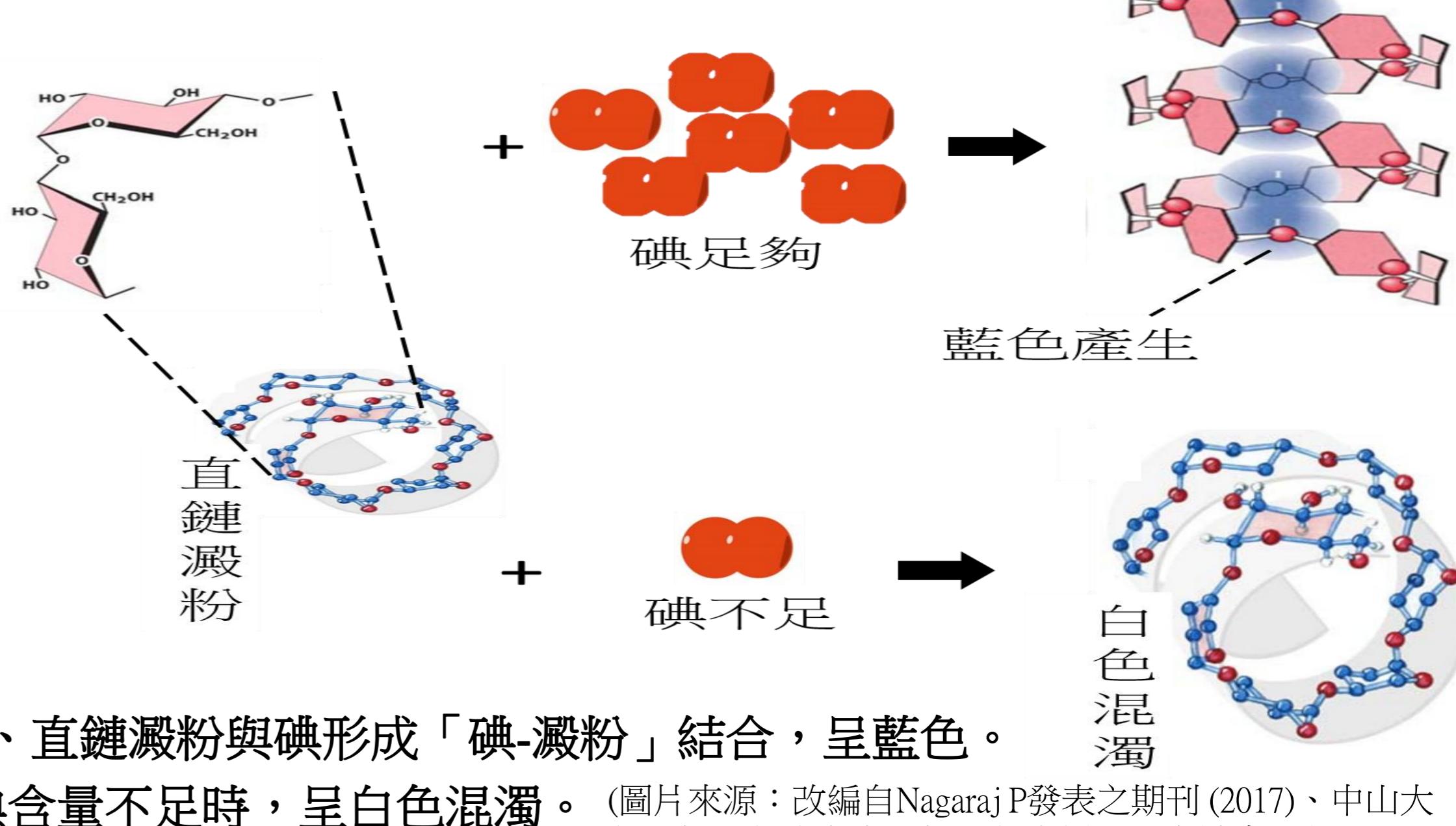


圖3、直鏈澱粉與碘形成「碘-澱粉」結合，呈藍色。

若碘含量不足時，呈白色混濁。(圖片來源：改編自Nagaraj P發表之期刊(2017)、中山大學生物科學系高中生物科學資優生培育計畫課程(2018))

伍、研究設備及器材

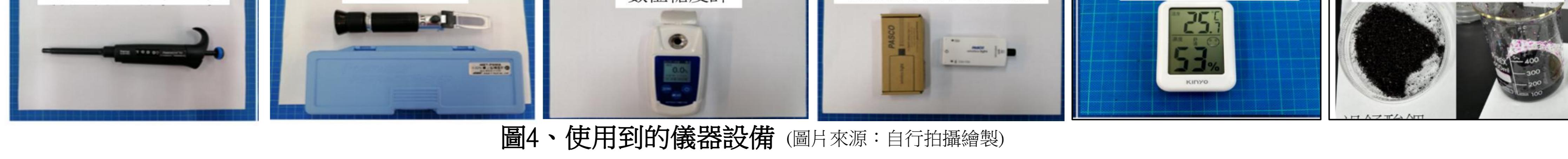


圖4、使用到的儀器設備 (圖片來源：自行拍攝繪製)

陸、研究過程或方法與結果討論

實驗(一)-1：選擇適合的玉米品種

- 白龍王玉米：皮薄汁多、無法取得完整的玉米粒
- 糯米玉米：澱粉太多，影響糖分測量
- 佳穗9號黃玉米：容易取得、可以剝下完整玉米粒

實驗(一)-2：糖度計的選用變更

測量玉米的重量、長度、周長、直徑，確定每根玉米大小差不多

將每根玉米各切成上、中、下3段，並分開剝取40顆玉米研磨、用紗布過濾玉米汁

手持糖度計

微量離心機離心

數位糖度計



沒有清楚藍白交界，無法判定糖度

可以判定糖度，但容易有人為誤差

測量容易、可精準定量糖度

實驗(一)-3：製備適合的玉米樣本液

表1、玉米的不同部位糖度之比較 (表格來源：研究團隊實驗分析結果)

玉米	A			B			C		
總長(cm)	14			15			16		
總重(g)	178.1			180.3			189.4		
部位	上	中	下	上	中	下	上	中	下
段長度(cm)	5	4	5	5	5	5	6	5	5
段重量(g)	41.8	73.1	64.2	58.6	73.5	49.3	54.3	80.7	53.3
段徑圍(cm)	14	16	16	14	16	14	14	15.5	15
玉米顆數	40			40			40		
重量(g)	10.6	10.7	11.4	18.8	13.4	11.8	13.8	16.2	10.2
糖度(度)	11	11	9	13	13	11	12	12	10

實驗結果：由表1，我們發現玉米下段的糖度最低。因此我們決定後續實驗的玉米取樣，將以整根玉米由上至下、平均取40顆完整的玉米粒研磨，再以數位糖度計測量糖度，避免因為取不同部位的玉米粒而造成糖度不同的誤差。



圖5、測量玉米的徑圍、直徑、將玉米分成三段 (圖片來源：自行拍攝繪製)

實驗(二) 找出適合來檢測玉米澱粉含量的方法

實驗(二)-1：找出最適合檢測玉米的碘溶液濃度及玉米的汁液量

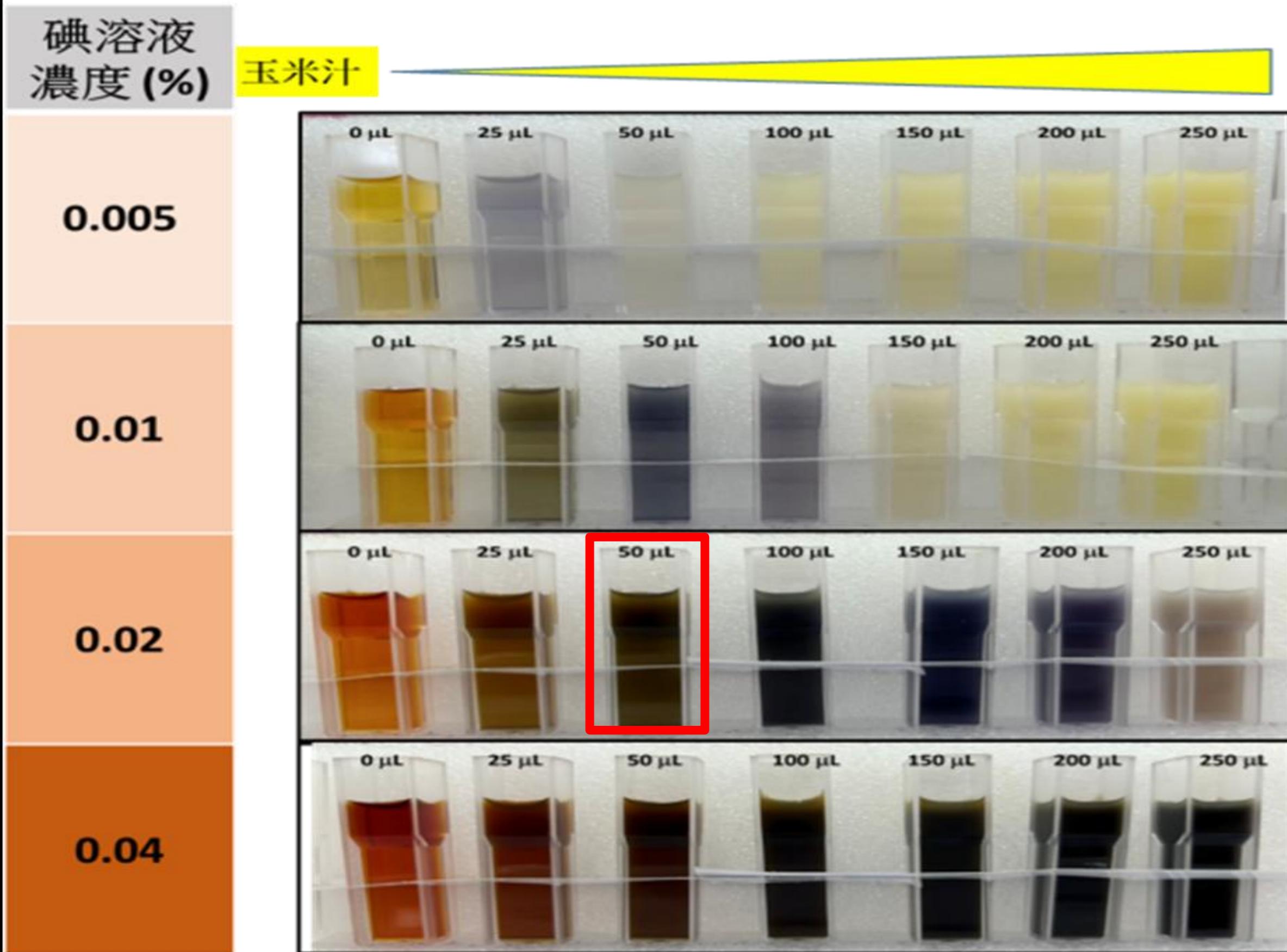


圖6、不同濃度碘溶液加入不同量玉米汁，混合均勻後的顏色變化

(圖片及表格來源：研究團隊自行拍攝及實驗分析結果)

實驗結果：經過不同濃度碘溶液配上不同量的玉米汁，我們找出最適合來測量玉米汁中澱粉變化的組合，就是在2 mL 0.02 %的碘溶液中加入50 μL的玉米汁，可以順利測到「碘-澱粉」反應的顏色變化。

實驗(二)-2：使用PASCO無線光與顏色感應器來檢驗碘液變色情形

說明：每個人對顏色的判定都不相同，同時我們也發現碘-澱粉反應的顏色差異沒有大到可以輕易用肉眼判定澱粉的含量多寡。因此，我們使用無線光與顏色感應器來測量白光照度與紅色、綠色、藍色(RGB)三基色的數值，希望可以更準確判定澱粉含量的變化。

表2、在0.02 %碘溶液加入不同量玉米汁的RGB數據

碘濃液濃度	玉米汁 0 μL	玉米汁 25 μL	玉米汁 50 μL	玉米汁 100 μL	玉米汁 150 μL	玉米汁 200 μL	玉米汁 250 μL
白光照度	1293	709	493	407	316	438	1165
白光照度百分比(%) (與對照組比較)	100.0	54.8	38.1	31.5	24.4	33.9	90.1
紅(%)	50.4	45.5	38.5	30.9	27.1	27.7	32.1
綠(%)	29.6	32.2	34.2	34.8	33.1	33.0	34.4
藍(%)	19.9	22.3	27.3	34.2	39.8	39.3	33.5

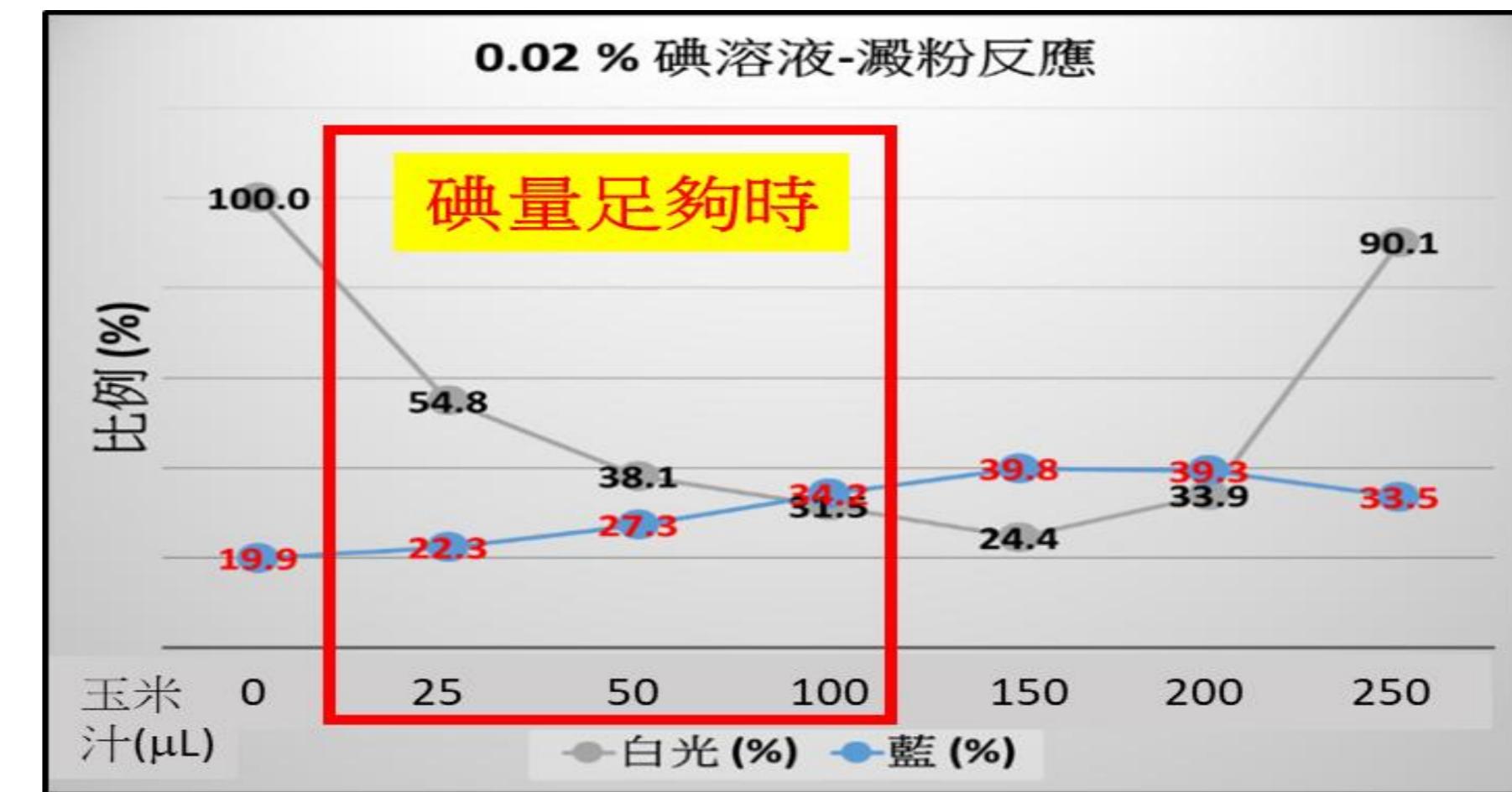


圖7、在0.02 %碘溶液加入玉米汁，白光照度百分比與藍色所佔百分比之折線圖

(圖片來源：研究團隊記錄及分析結果)

實驗結果：

- 我們確定了在碘量足夠的情形下，越多澱粉與碘溶液反應會形成越深的藍黑色，所以白光的照度會越低，而藍色所佔三基色比例就會越高。
- 當使用0.02% 2mL碘溶液加入50 μL玉米汁樣本，碘-澱粉可以反應完全，無線光與顏色感應器測得的白光照度會隨著澱粉增加而減少、三基色裡的藍色比例會隨著澱粉增加而增加；因此，無論是用白光照度或藍色所佔三基色比例都可以來反應出澱粉含量的不同。

實驗(三) 比較可延緩玉米糖分降低的保存環境

說明：成功建立精準測試糖度及澱粉含量的方法後，我們想知道室溫、冷藏、冷凍三種溫度的保存方法對玉米糖度及澱粉含量的影響，在第0天我們先以數位糖度計測量所有玉米的糖度，去掉差異較大的3根玉米後，再利用S型分布，平均分配給3個溫度組別，每組各3根玉米，持續追蹤，並用無線光與顏色感應器記錄白光照度及三基色的數值。之後，每隔一天都把玉米拿出來縱向剝取40粒完整的玉米粒、測量糖度及澱粉含量的變化。

實驗(三)-1：不同溫度保存對玉米甜度的影響

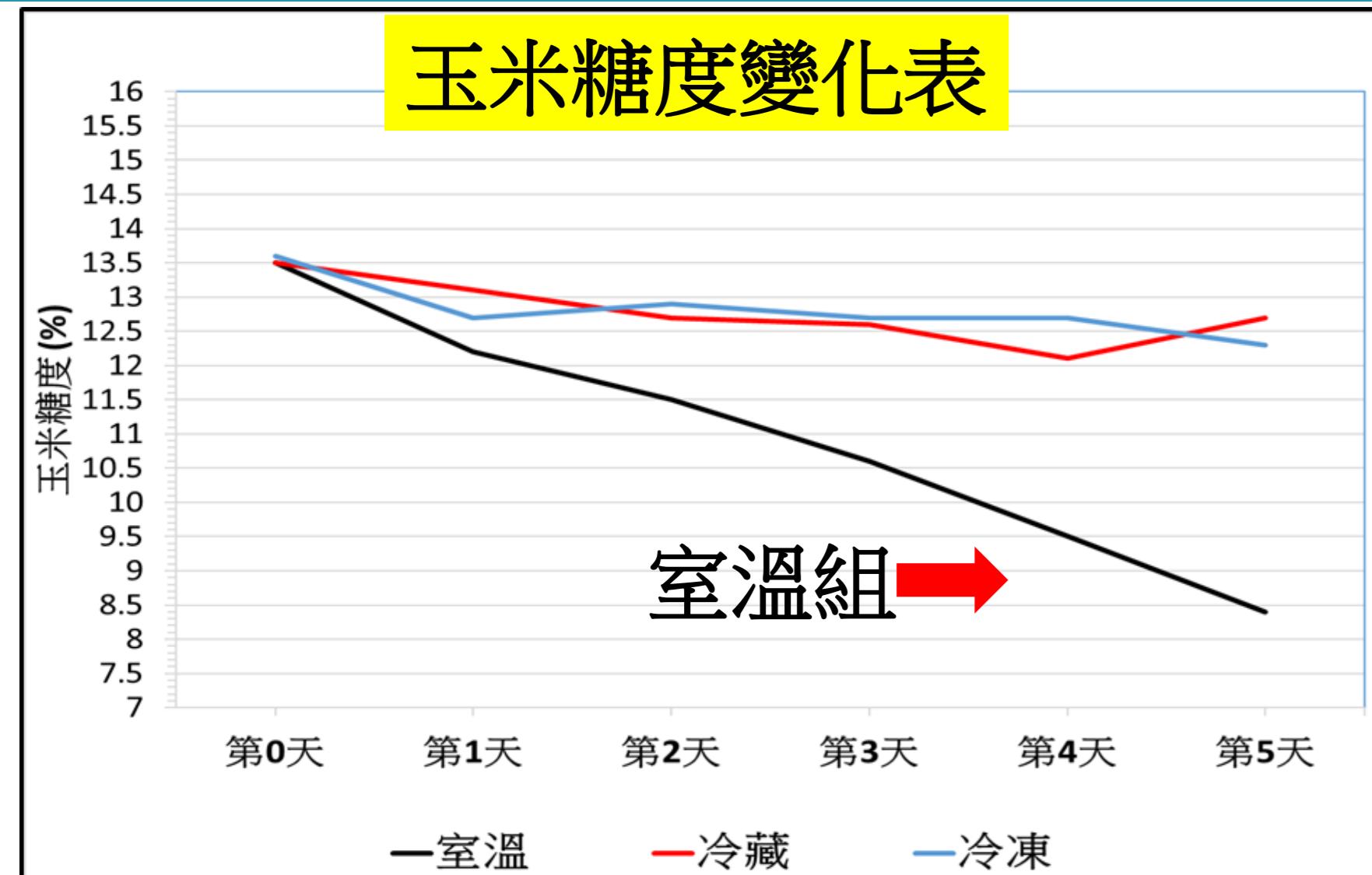


圖8、不同溫度保存的玉米隨時間的糖度變化折線圖

(圖片來源：研究團隊自行繪製)

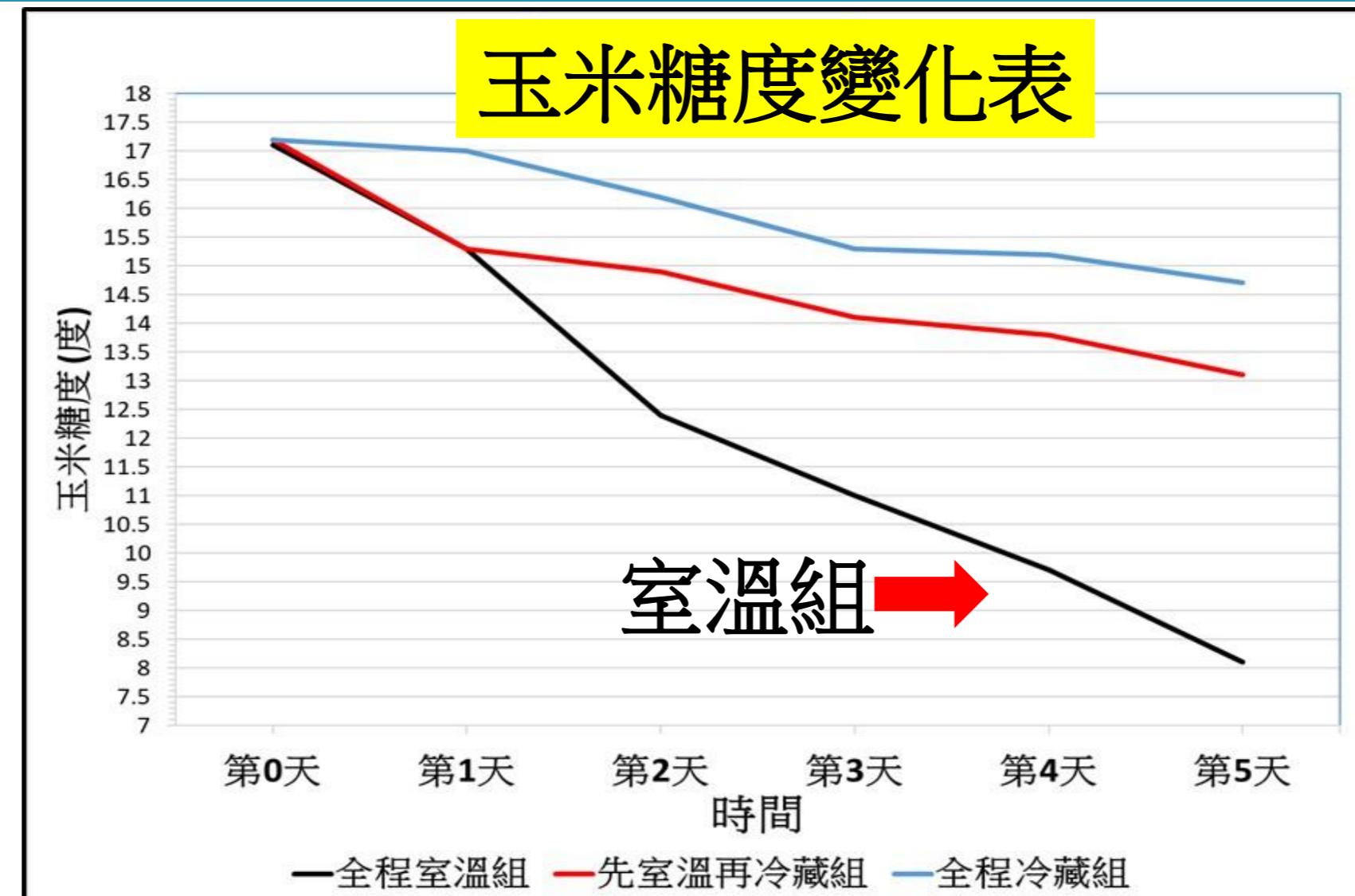


圖9、鮮採玉米不同保存方式的糖度變化折線圖

(圖片來源：研究團隊自行繪製)

實驗結果：

- 在室溫保存的玉米的糖度下降最快；低溫保存時，玉米糖度只會隨著時間的增加而緩慢下降。
- 發現農場採收的新鮮玉米，如果採收完就立即冷藏，糖度會比先放室溫一天後再冷藏的玉米明顯高很多。
- 我們證實了低溫保存可以幫助玉米的糖度保持，可能是因為低溫時玉米的呼吸作用速率降低、糖分轉化變慢，且建議農民在採收後玉米後要馬上低溫處理玉米。

實驗(三)-2：不同溫度保存對玉米澱粉含量的影響

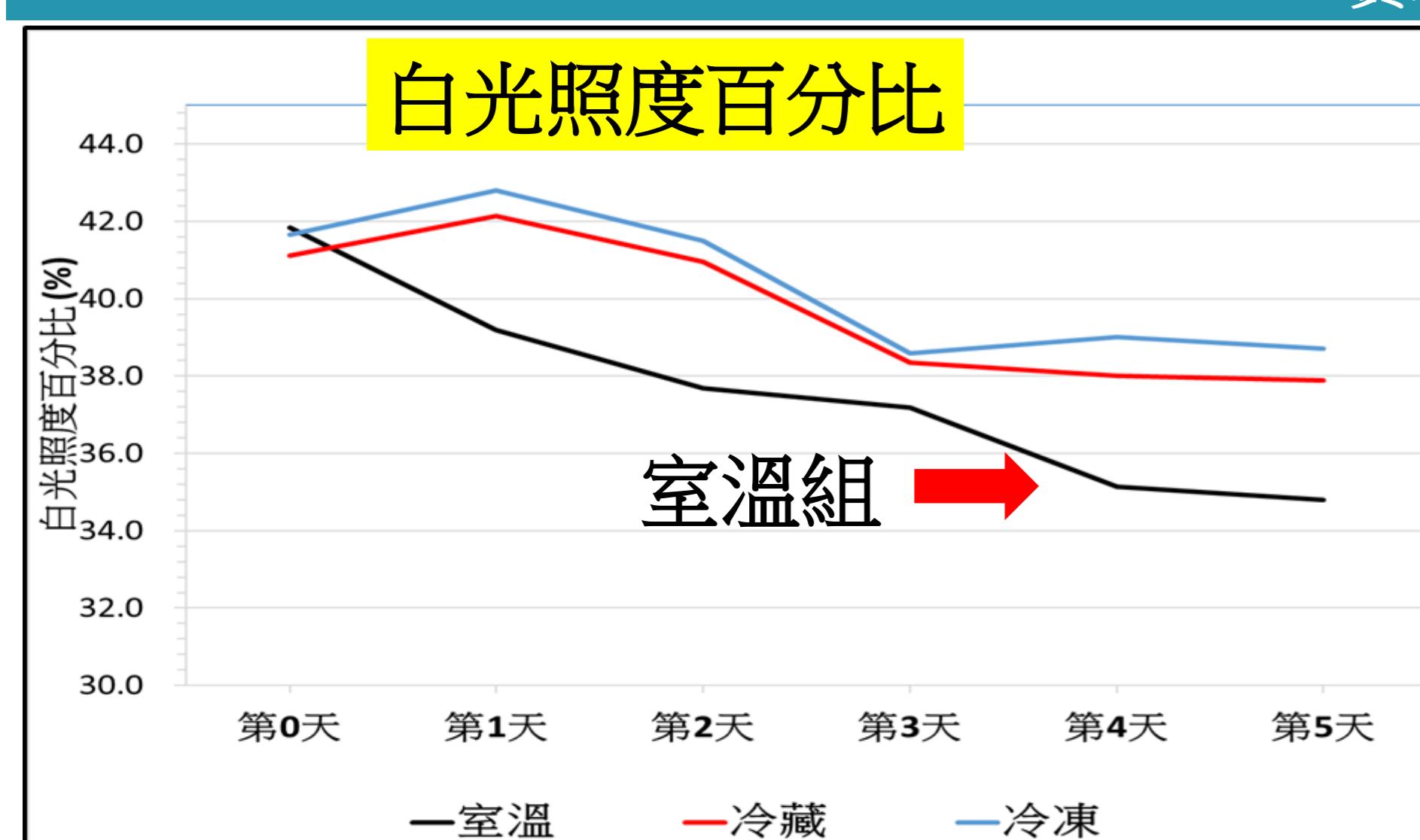


圖10、不同溫度保存的玉米隨時間的白光照度百分比變化折線圖(以空白對照組為100 %)

(圖片來源：研究團隊實驗分析結果)

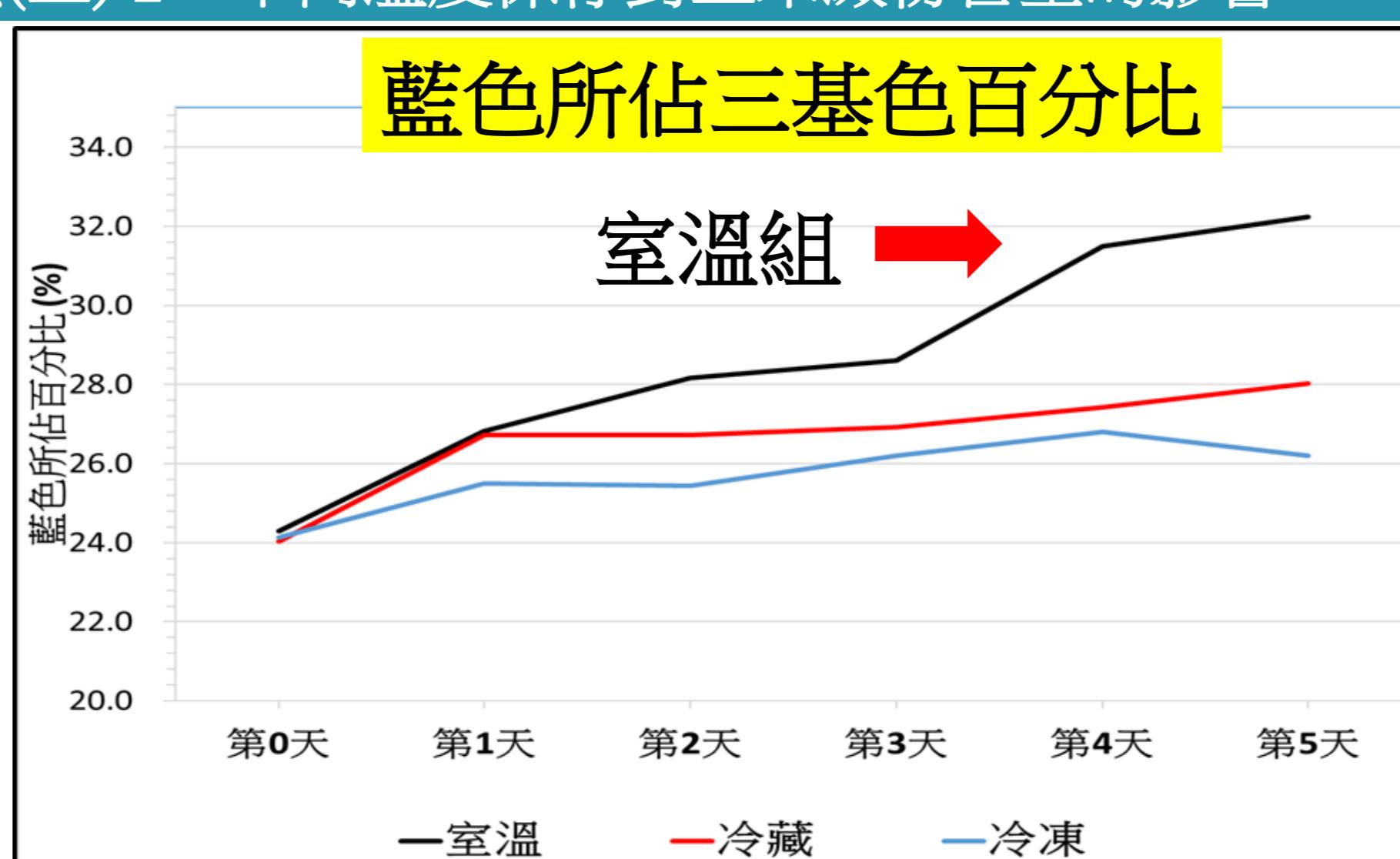


圖11、不同溫度保存的玉米隨時間的藍色所佔三基色百分比變化折線圖(紅色+綠色+藍色百分比共為100 %)

(圖片來源：研究團隊實驗分析結果)

實驗結果：

- 室溫保存的玉米，「碘-澱粉反應」的白色照度變低、藍色所佔三基色的百分比例增加，代表室溫組的澱粉含量較冷藏組及冷凍組多，且保存時間越久，室溫組的數值與另兩組的差距越大。推測可能是因為在室溫時玉米的呼吸作用速率快、由糖分合成澱粉的酵素活性也較好所造成的。
- 我們實驗成功證實了玉米在甜度降低的同時，轉化變成了澱粉，並且也建立了一套可以用來找出玉米最佳保存條件的方法。

實驗(四) 尋找與玉米一起存放的蔬果好搭檔

說明：我們已經知道放到冰箱保存可以幫助延緩玉米轉化為澱粉的速率，但是冰箱裡也可能同時冰著很多蔬果呀！我們很好奇有沒有其他蔬果會影響玉米的甜度變化呢？所以我們挑選了蘋果、香蕉、紅蘿蔔、小黃瓜、洋蔥、蒜頭等6種蔬果來測試。同樣的，我們先測量完所有玉米的糖度，選出糖度較一致的21根玉米，由高到低排列後，再S型分布打散、平均分配到七個組別，以減少玉米的個別誤差，接著在冷藏的6天後，測量玉米的糖度與澱粉量的變化。

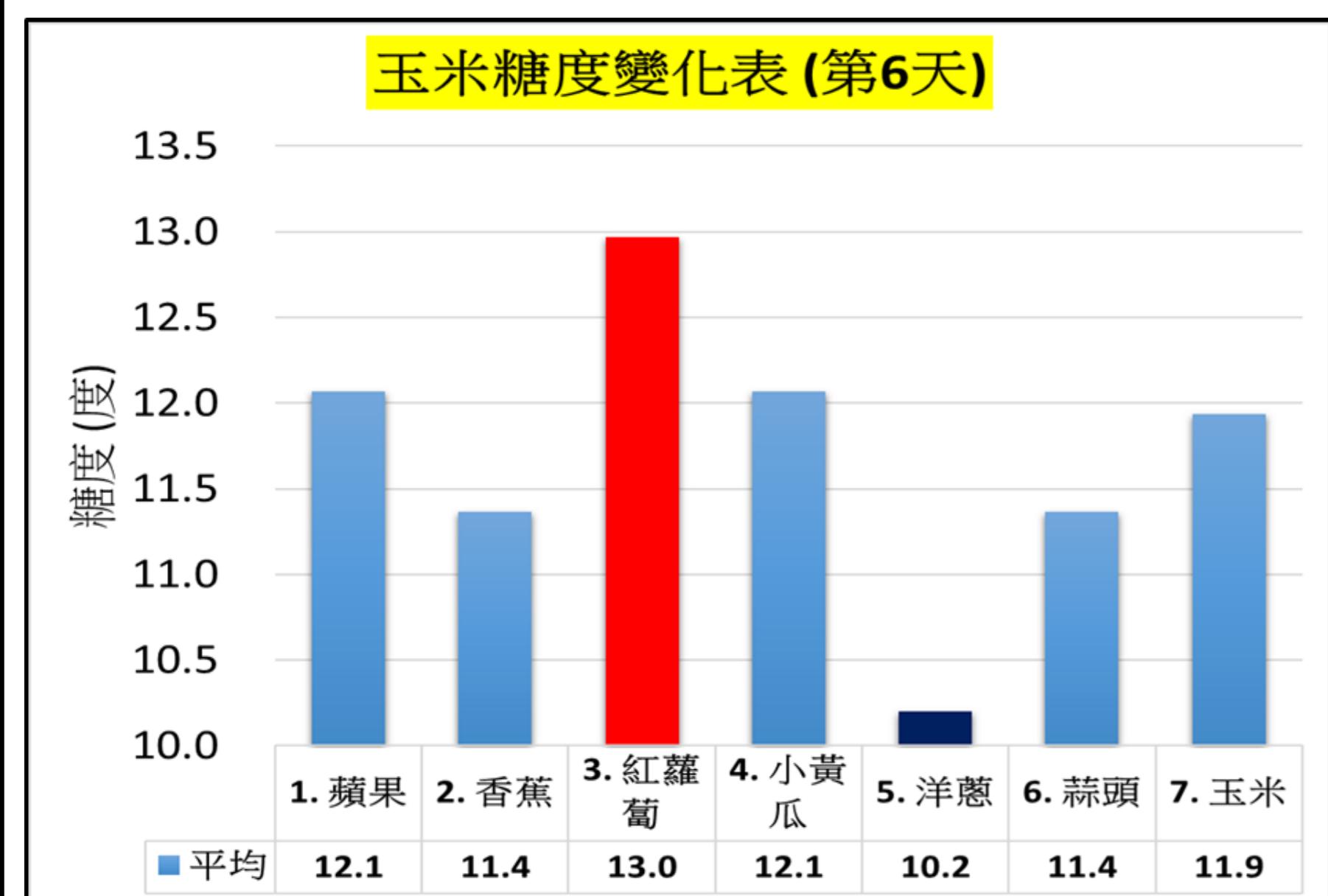


圖12、第6天玉米糖度直方圖

(圖片來源：研究團隊實驗分析結果)

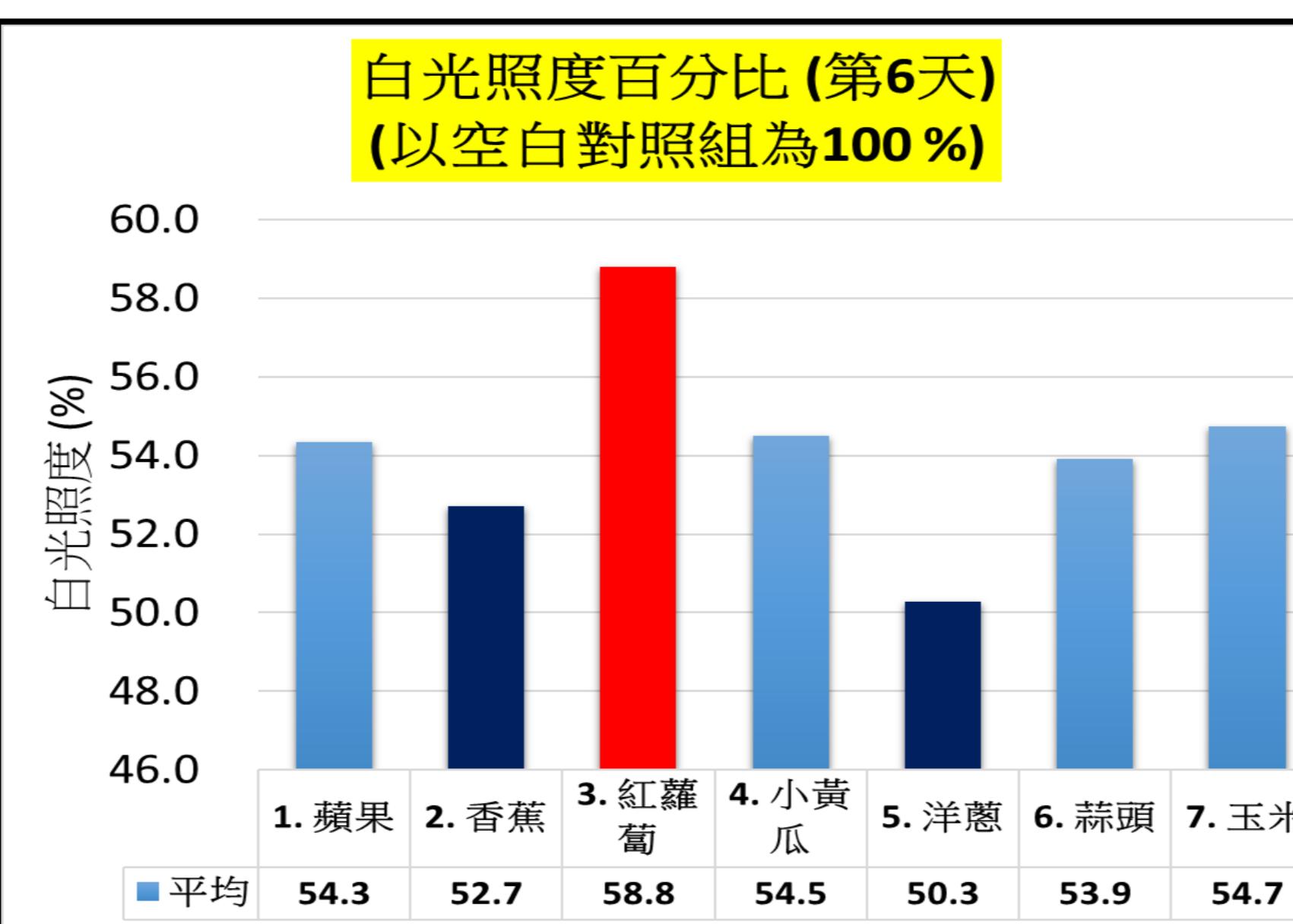


圖13、第6天白光照度百分比直方圖

(圖片來源：研究團隊實驗分析結果)

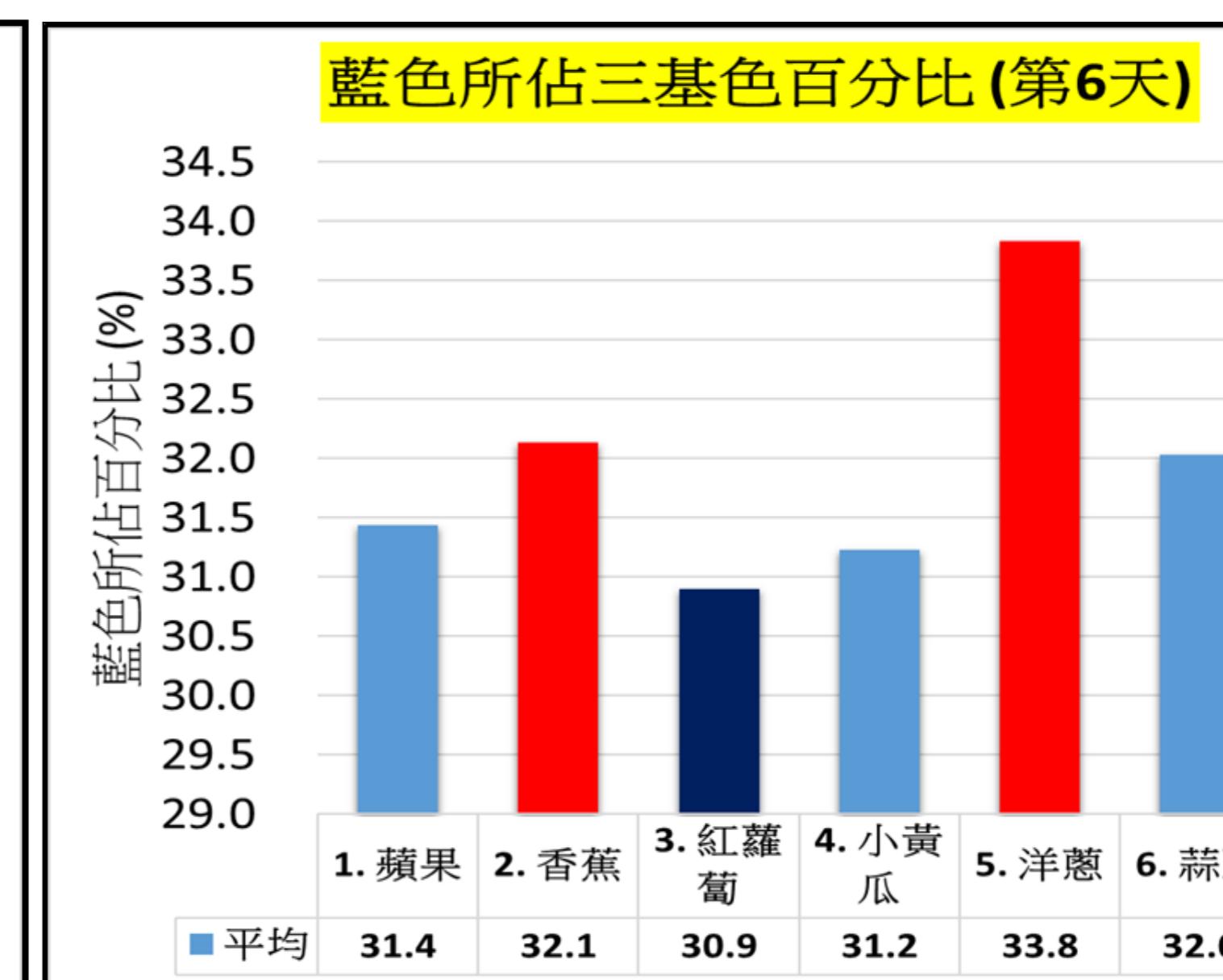


圖14、第6天藍色所佔三基色比例直方圖

(圖片來源：研究團隊實驗分析結果)

實驗結果：

- 在冰箱冷藏保存6天之後，所有組別的玉米糖分都比第0天時還低。
- 與紅蘿蔔放在一起的玉米糖分損失得最少，與洋蔥、香蕉、蒜頭放在一起的玉米糖分流失得最多。
- 在澱粉含量方面，紅蘿蔔組的玉米澱粉含量最低，香蕉組及洋蔥組的澱粉量最多，再度證實了玉米的糖分會隨時間轉化為澱粉。
- 推測在保存環境中，可能會因為洋蔥的硫化物跟香蕉釋放的乙烯而影響玉米糖分轉化為澱粉的速率。

實驗(五) 測試乙烯是否會影響玉米糖分的轉化效率

說明：由實驗(四)結果得知，香蕉會加速玉米轉化為澱粉的速率，我們很好奇是不是香蕉釋放的乙烯影響了玉米的甜度變化呢？我們先買來了市售乙烯吸收劑來測試香蕉的成熟度是否會受到影響？結果效果沒有很顯著，所以我們利用過錳酸鉀、白沸石及發泡煉石自製了乙烯吸收劑，想要測試自製乙烯吸收劑對香蕉成熟度及玉米的糖分轉化澱粉速率是否有影響？

實驗(五)-1：自製乙烯吸收劑對香蕉成熟度的影響

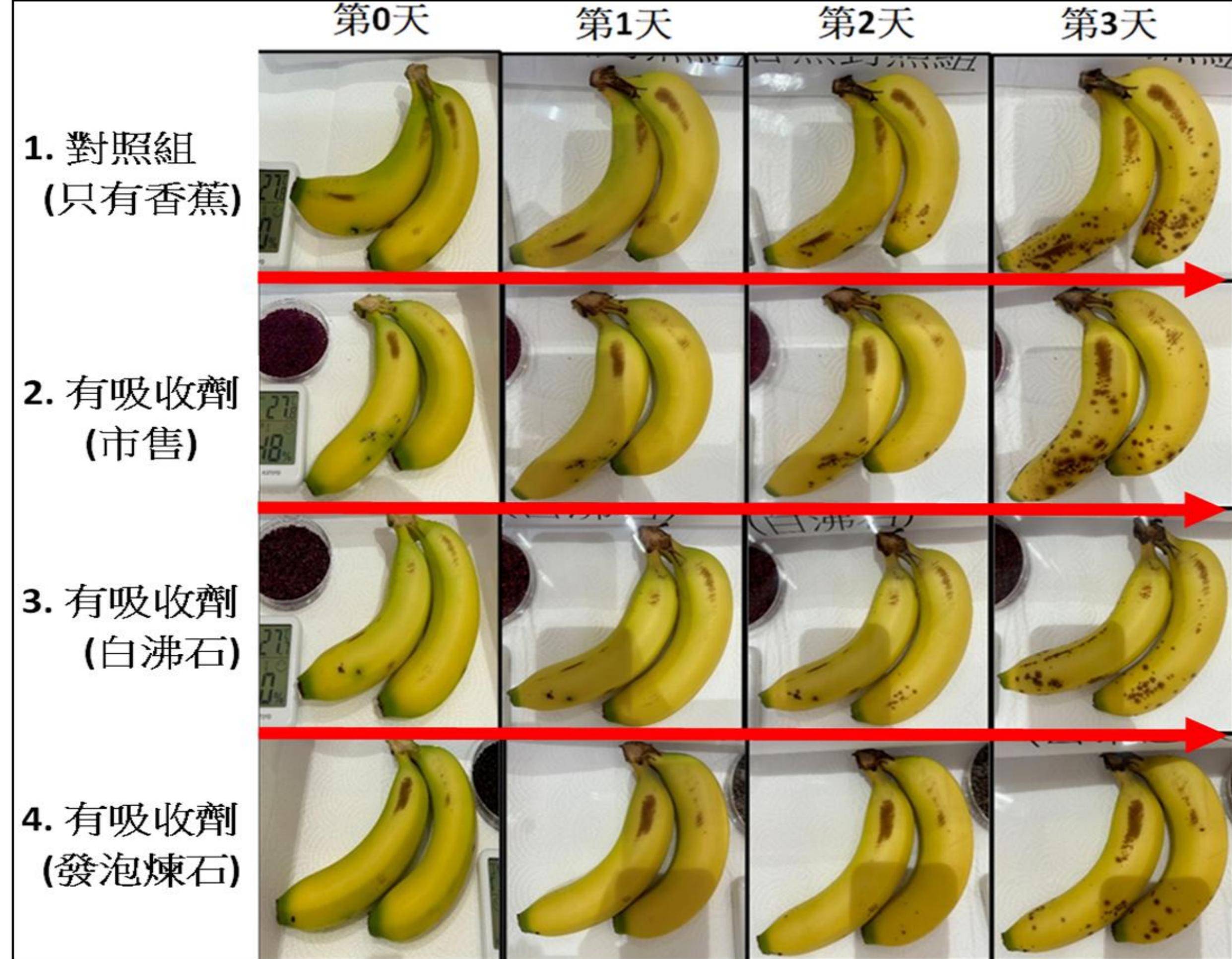


圖15、自製乙烯吸收劑對香蕉成熟度的影響 (圖片出處：研究團隊自行拍攝繪製)

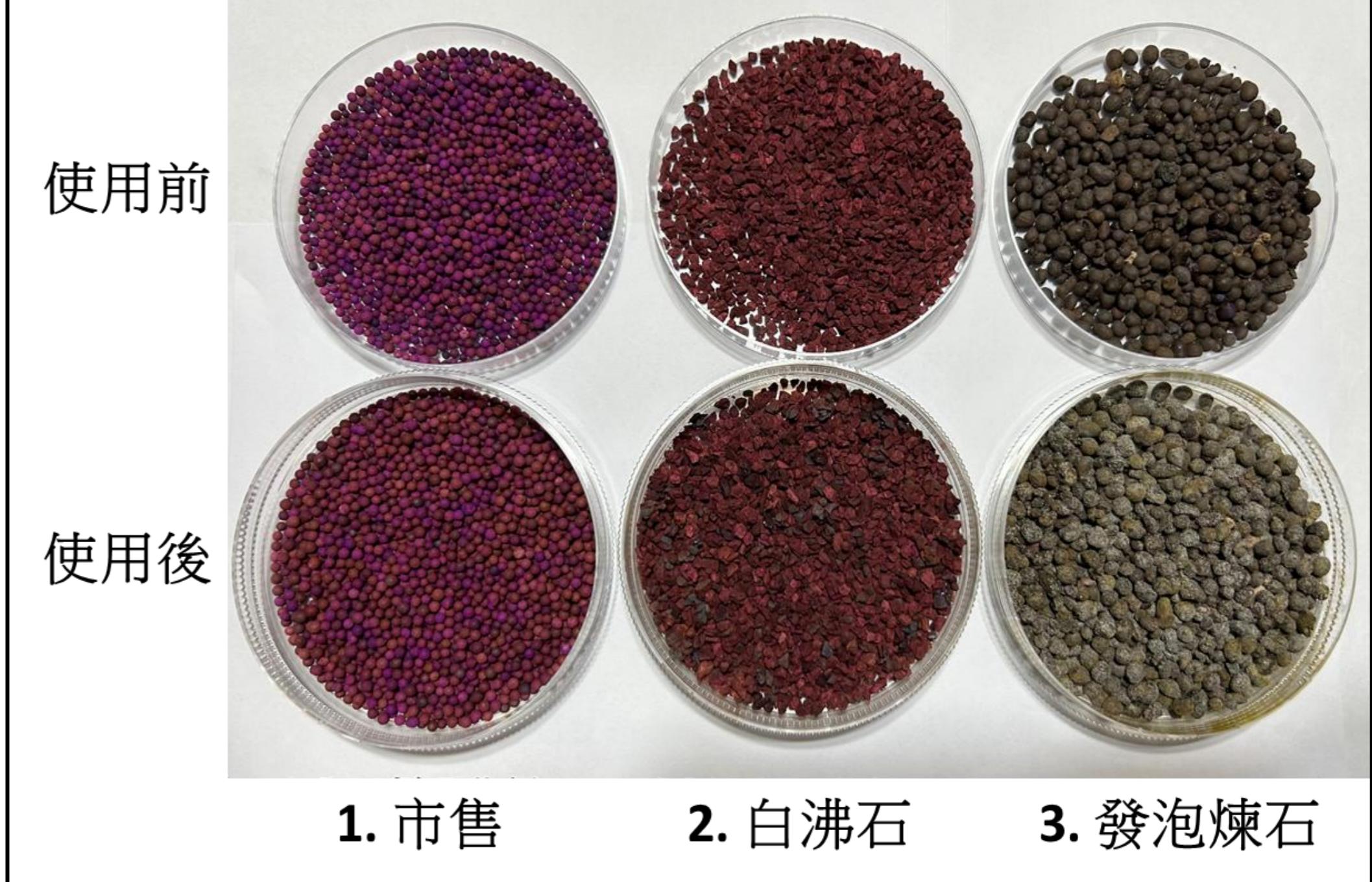


圖16、使用前後的乙烯吸收劑 (圖片出處：研究團隊自行拍攝、繪製)
(由左至右: 市售、白沸石及發泡煉石乙烯吸收劑)

實驗結果：由圖15，兩種自製的乙烯吸收劑都可以明顯減緩香蕉成熟的速率。由圖16，使用後的乙烯吸收劑會由紫紅色轉為褐色。

實驗(五)-2：自製乙烯吸收劑對玉米糖分轉化速率的影響



圖17、自製乙烯吸收劑對玉米糖分轉化實驗 (圖片來源：研究團隊實驗自行拍攝)

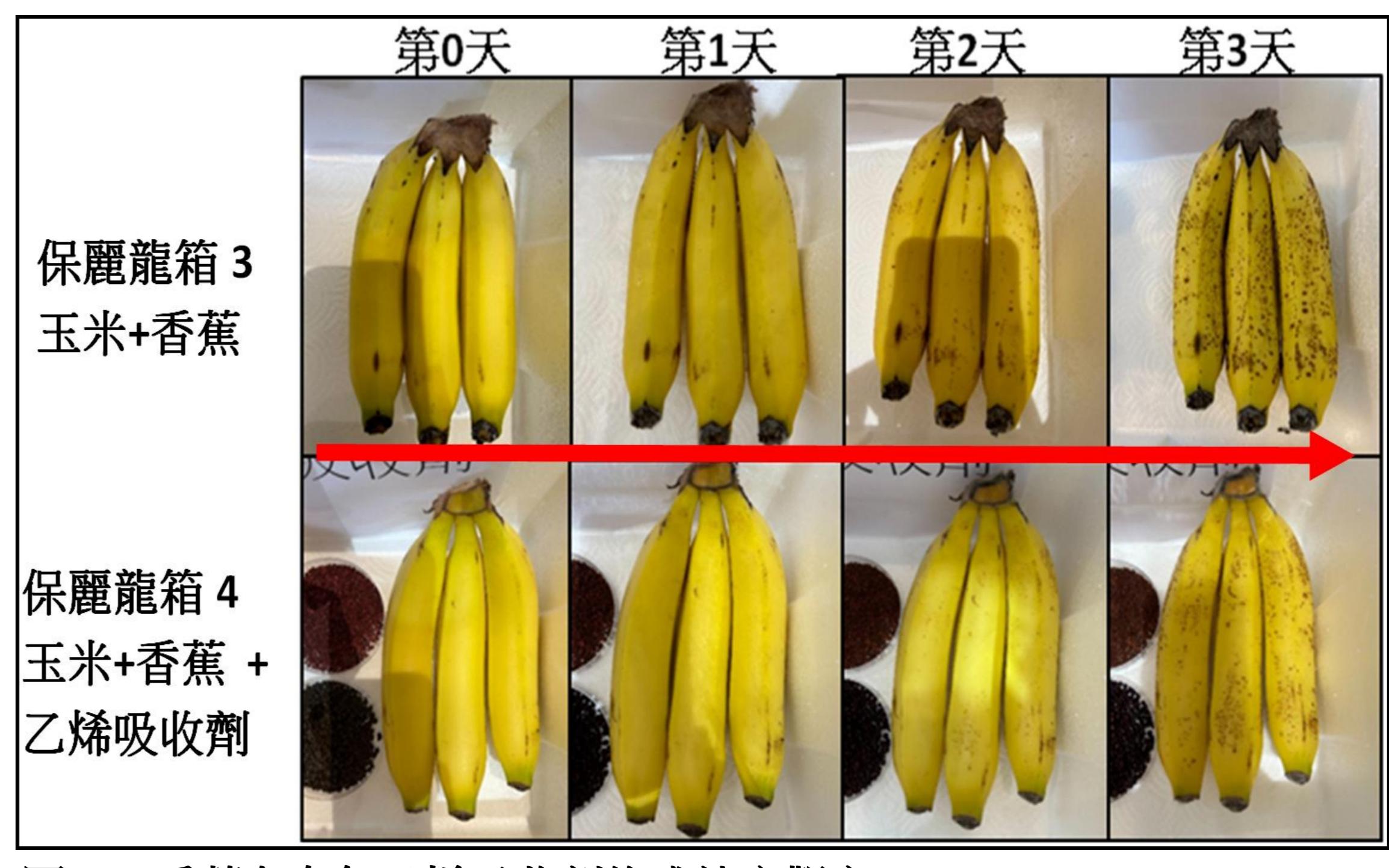


圖18、香蕉在有無乙烯吸收劑的成熟度觀察 (圖片來源：研究團隊實驗自行拍攝)

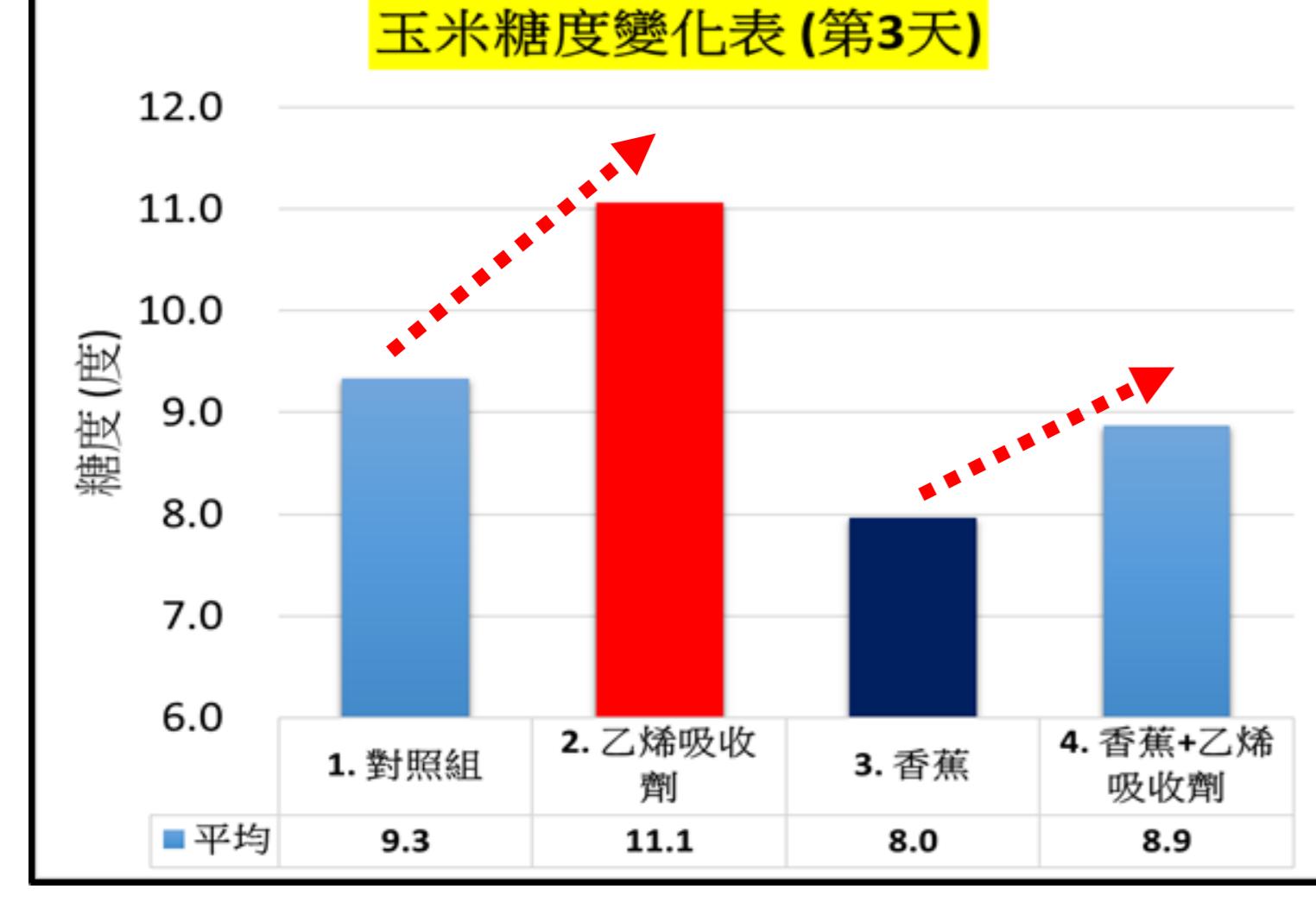


圖19、第3天玉米糖度直方圖
(圖片來源：研究團隊實驗自行拍攝)

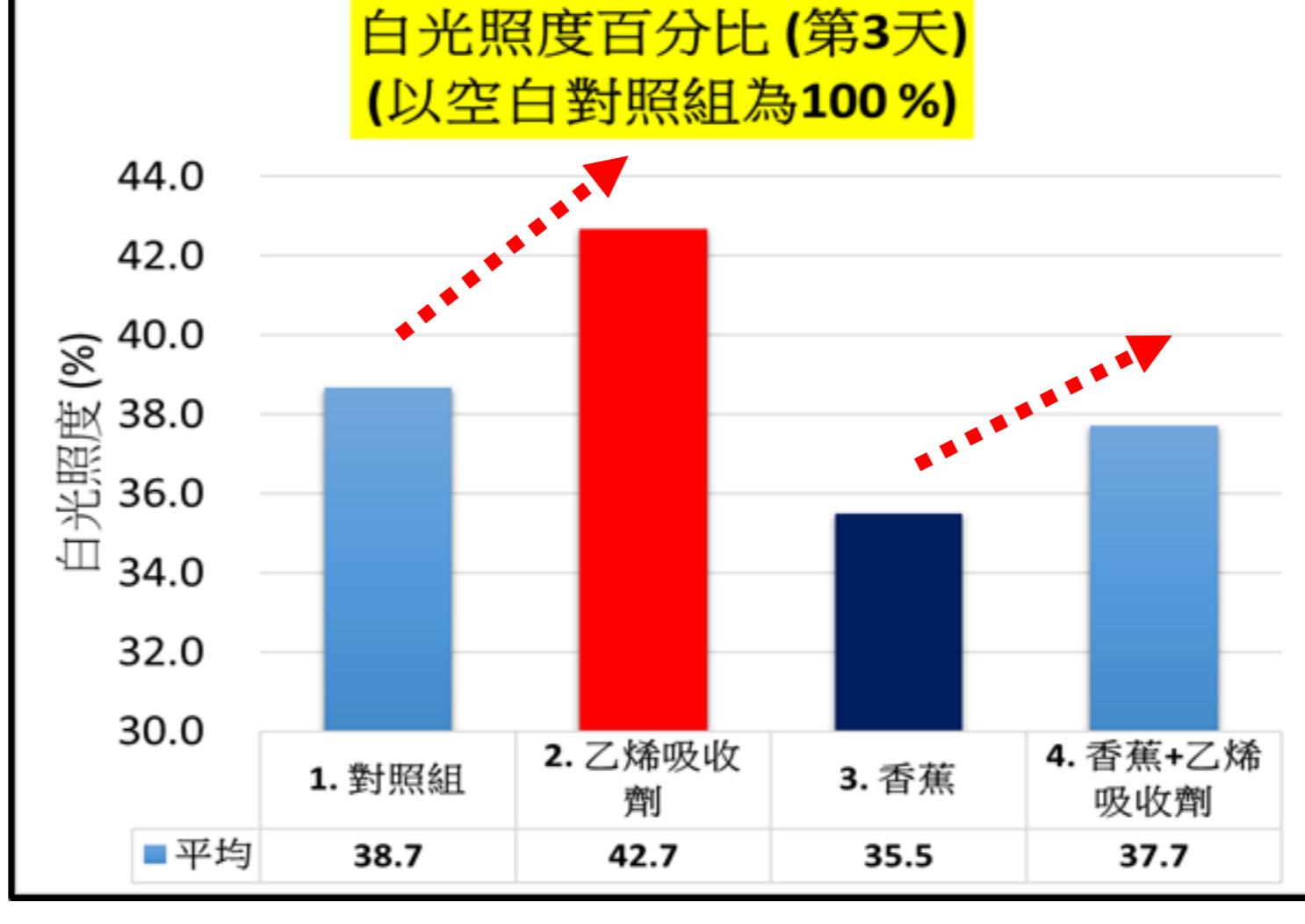


圖20、第3天白光照度百分比直方圖
(圖片來源：研究團隊實驗自行拍攝)

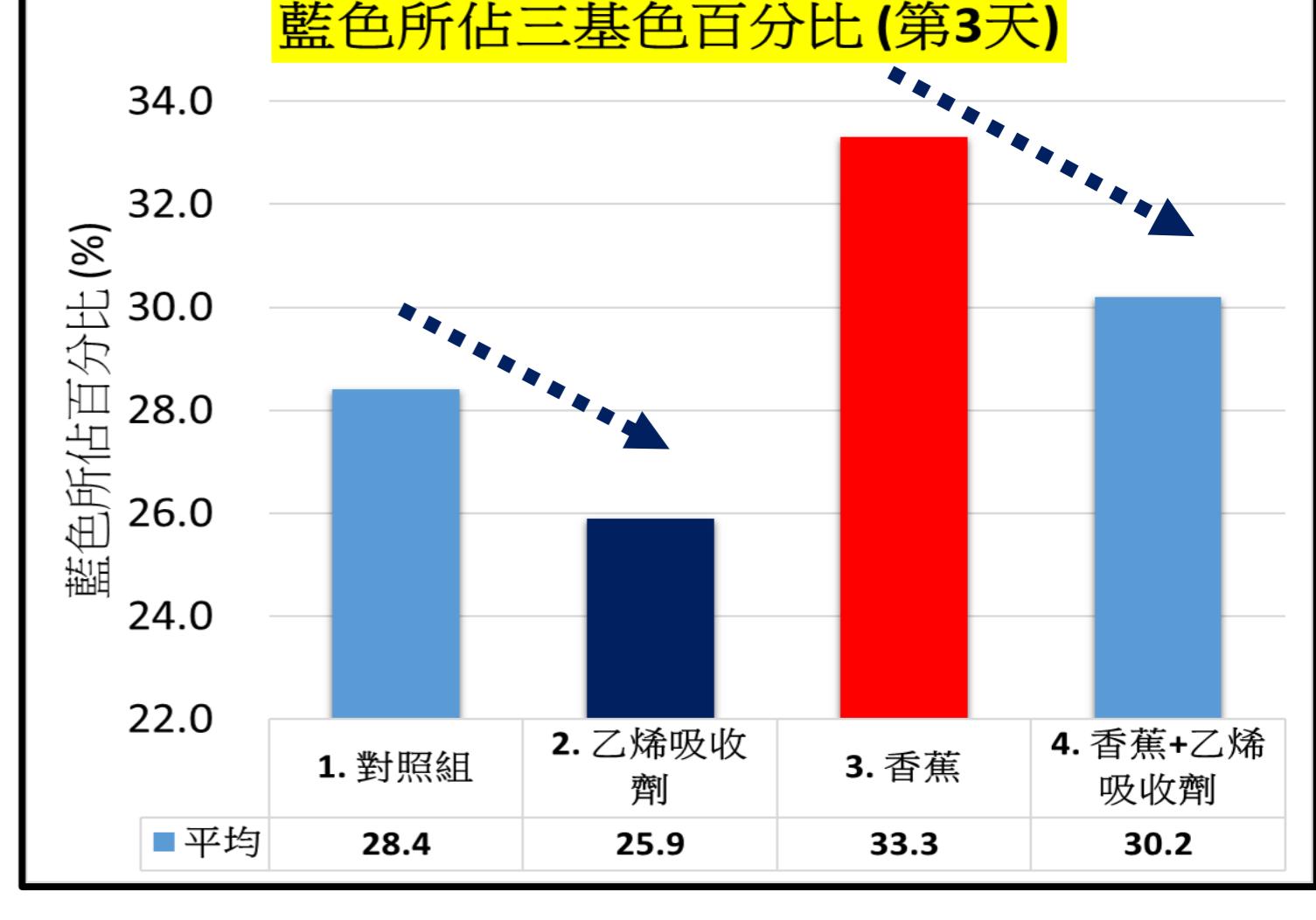


圖21、第3天藍色所佔三基色比例直方圖
(圖片來源：研究團隊實驗自行拍攝)

實驗結果：

- 由圖18，和乙烯吸收劑放在一起的香蕉產生的褐斑較少、成熟較慢，證明我們的自製乙烯吸收劑有效。
- 由圖19-21，室溫保存3天後，和自製乙烯吸收劑放一起的玉米(第2組)，糖度明顯比對照組高，且澱粉含量最低，應該是因為乙烯量減少、玉米的呼吸作用速率減慢造成的。因此，我們證實了乙烯的含量真的會影響玉米老化速率。
- 同時和香蕉、乙烯吸收劑一起保存的玉米，糖度下降還是比對照組多，但與香蕉組比較則有回升；同時，澱粉含量也介於對照組與香蕉組之間，代表乙烯吸收劑對於香蕉所產生的乙烯也有一定的吸收效果，實驗結果也證實香蕉所產生的乙烯的確是造成玉米糖分快速下降、澱粉增加的原因之一。

七、結論

我們很開心成功建立了一套可以簡單又準確測量玉米糖分及澱粉含量變化的實驗方法：以數位糖度計來分析糖分的變化、以無線光與顏色感應器來測量白光照度及藍色所佔三基色的比例代表澱粉量變化，可以用來找到玉米保存的最佳條件及可能影響的原因。

利用玉米不同的保存溫度並與不同的蔬果一起存放，我們證實了低溫可以減緩玉米的老化，也找出了適合與不適合和玉米一起保存的蔬果。最後，我們利用自製的乙烯吸收劑證實了：無論是玉米本身產生的乙烯、還是香蕉所產生的都會加速玉米的老化速度。

我們建議可將買回來的玉米冰在冰箱，並和紅蘿蔔裝一起，但盡量避免與洋蔥、香蕉一起放，才能避免玉米的甜被“偷走”。同樣的，建議農民在採收玉米後，要盡快的把玉米冰起來，無論是存放在倉庫或是後來的運送途中，都要盡量避免和洋蔥、香蕉放在一起，這樣，我們才能吃到最甜的玉米！

捌、參考資料

請參考作品說明書。※本海報未註明出處的圖片及表格均由研究團隊自製※

我們是第一個用糖度計來測試玉米糖度並證明當澱粉過量時，碘溶液會變白色混濁的科展作品。

沒有任何資料能查出如何檢測玉米汁中的「碘-澱粉反應」，但我們研究出了最佳檢測玉米汁的條件！

我們是最早探究有哪些蔬果會影響玉米糖度的轉化效率？並利用自製乙烯吸收劑來驗證乙烯會影響玉米糖度及澱粉量的探究實驗！