

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

第二名

082906

可食用塗層對帥哥番茄保鮮之研究

學校名稱：臺南市鹽水區鹽水國民小學

作者： 小六 李婕安 小六 許鈇傑 小六 李宥樂 小六 張予寧	指導老師： 陳容甄 張彥萍
---	-----------------------------

關鍵詞：可食用、番茄、保鮮

可食用塗層對帥哥番茄保鮮之研究

摘要

本研究以玄米油和蜂蠟不同比例混合成可食用塗層，再以自製實驗工具塗抹平均每顆 0.2g 塗層於番茄表皮，置於室溫 21~25℃ 環境中，15 天後探討塗層對帥哥番茄的保鮮效果，以減重率、pH 值、糖度、呼吸速率、濕度變化、色彩空間 Value 值、維他命 C 值、感官評估八個向度為研究項目，可以發現：

- 一、 在減重率、pH 值和糖度，實驗組表現優於對照組。
- 二、 油蠟比 5：1 在呼吸速率、色彩空間 Value 值、維生素 C 值方面，表現較佳。
- 三、 在濕度變化上，對照組表現最好。
- 四、 在感官評估上，消費者對油蠟比 2：1 和 4：1 的番茄接受度較高。

因此使用自製實驗工具塗抹油蠟有助於延長帥哥番茄放置於室溫保鮮之時效，且透過感官品質評估調查，調整過的油蠟塗層，消費者的接受度有提升。

壹、研究動機

水果一直是最愛食物之一，番茄更是我的首選，不論是媽媽的番茄炒蛋，還是飯後的小番茄水果，尤其附近農場的番茄因為土質關係，吃起來鹹中帶甜，更是特別。然而番茄常會出現表皮乾皺或損壞發霉樣貌，雖然有塑膠盒的保護可以延長番茄的壽命，但塑膠的毒害已經是現今國家首當其衝的解決要務，因此我們上網搜尋資料，希望能找到一種無毒、可食用且可以直接保護番茄的塗層，來延長番茄的保存期限，減少農產品的損耗和浪費，提升小農收益，也呼應SDGs：確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業的目標。

◆相關課程(南一版)：自然五上第三單元水溶液、自然六下第二單元防鏽與防腐

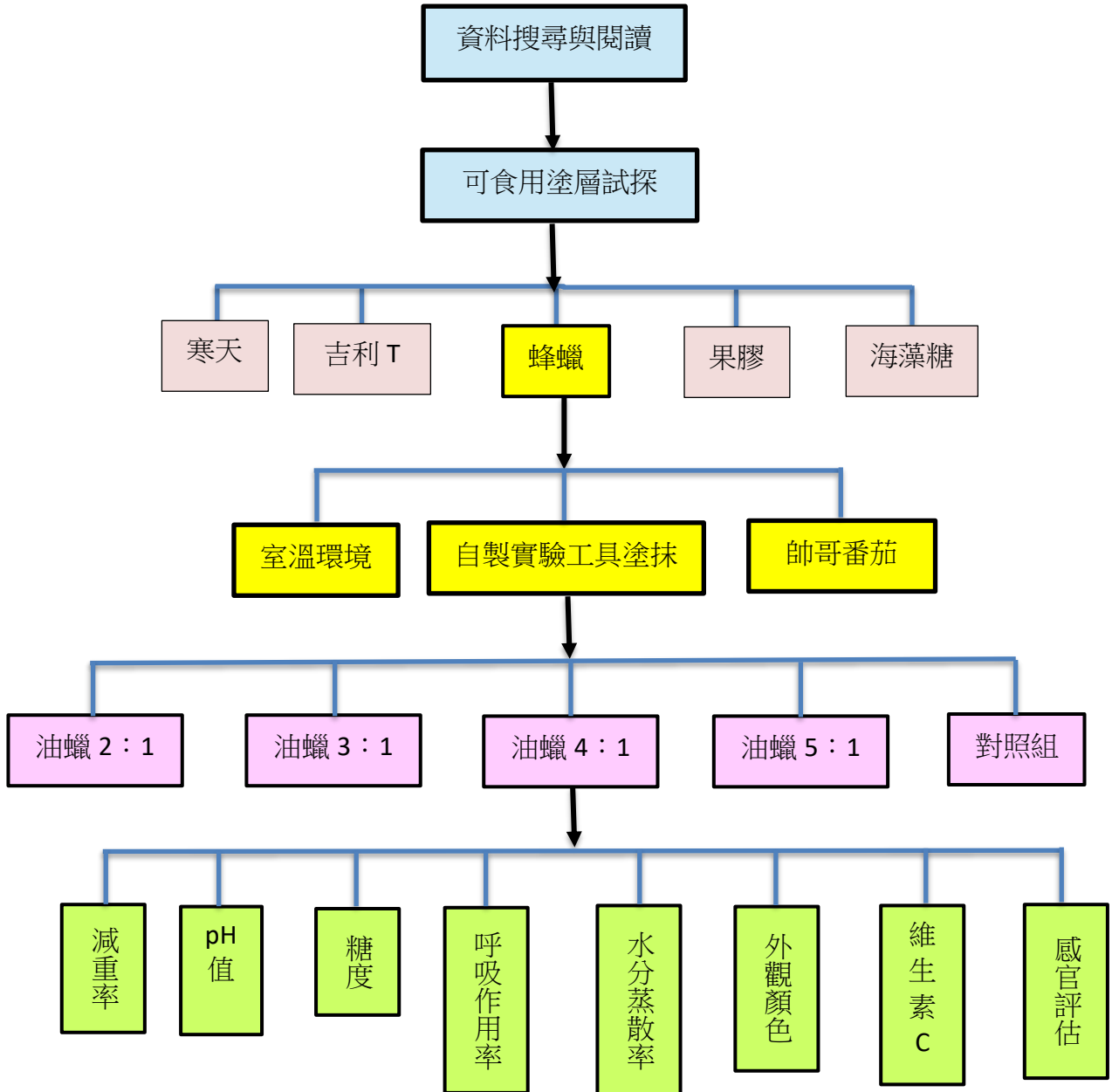
◆本作品說明書中所有的圖片與照片皆由第一指導教師、第二指導教師及所有作者製作和拍攝。

貳、研究目的

製作蜂蠟與玄米油不同比例的可食用塗層，利用自製實驗工具塗抹在番茄上，保存於室溫21~25°C環境中15天後，探究不同塗層對番茄保鮮的效果。

- (一)分析可食用塗層與番茄減重率之關係。
- (二)探討可食用塗層對番茄的pH值、糖度、呼吸作用、水分蒸散之變化。
- (三)研究可食用塗層對番茄的顏色、維生素C之影響。
- (四)針對塗抹可食用塗層處理之番茄外觀做評估調查。

參、研究架構圖



肆、研究設備及器材



一、研究說明：本實驗所使用的番茄為帥哥小明品種，為在地農場所種植，因為土壤關係，吃起來有點鹹味回甘，種皮厚不易裂果，糖度可達 8 度，每次使用為第二~四天所採摘。

二、研究設備與材料：

儀器設備				
名稱	智能恆溫加熱台	濾紙	不鏽鋼研鉢	維他命 C 試紙
圖片				
名稱	pH 計	手持式折光儀	濾網	游標卡尺
圖片				
名稱	CO ₂ 監測儀&溼度計	電子秤	保鮮盒	烘焙紙
圖片				

材料				
名稱	吉利 T	果膠粉	寒天	海藻糖
圖片				
名稱	玄米油	蜂蠟	帥哥番茄	
圖片				

三、自製實驗工具

	第一代實驗工具	第二代實驗工具
圖片		
優缺點	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 方法：將塗層置於番茄上，利用馬達齒輪組帶動旋轉番茄，讓刷子將塗層抹勻。 ◆ 優點：體積小，方便攜帶。 ◆ 缺點：1. 番茄無法全面碰到刷子來將塗層抹勻。 2. 番茄用壓克力板夾住，不是很牢固。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 方法：利用指尖陀螺中間的軸承滾動原理，結合馬達齒輪組，讓番茄能 360 度轉動，輔以刷子將塗層抹勻。 ◆ 優點：1. 番茄能利用刷毛將塗層刷勻。 2. 番茄用指尖陀螺夾住不易掉落。 ◆ 缺點：1. 番茄兩端無法塗到塗層。 2. 番茄取下和置放需花點時間。

第三代實驗工具

圖 片	說 明
	<p>◆構造介紹：</p> <ol style="list-style-type: none">1.結構是馬達齒輪組連接一個牛奶瓶蓋，上套一條寬板橡皮筋增加摩擦力及緩衝力，旁邊輔以樂高積木來固定番茄位置，將抹有塗層的烘焙紙利用磁鐵固定於積木上，而番茄放置於烘焙紙與瓶蓋之間。2.程控的部分是使用 micro:bit 程式來控制馬達運轉的時間，藉由馬達齒輪組的運轉帶動瓶蓋上的橡皮筋旋轉來使番茄翻轉，讓塗層可以均勻地附著在番茄上。 <p>◆優點：</p> <ol style="list-style-type: none">1.烘焙紙不易吸附塗層，且左右包覆番茄能讓塗層均勻沾附在番茄表面和兩端。2.使用 micro:bit 程式來控制馬達運轉的秒數，更能精準掌控時間。3.選擇樂高積木輔助番茄固定位置，可視番茄顆粒大小來調整，既穩固又易拆卸，上端利用磁鐵吸附可方便更換烘焙紙，使用牛奶瓶蓋可以廢物利用，充分達到物盡其用的目標。 <p>◆缺點：</p> <ol style="list-style-type: none">1.馬達運轉需耗費電力，烘焙紙在塗抹過程中是耗材。2.烘焙紙上的塗層並未能百分百附著在番茄上。

伍、文獻探討

一、名詞探究

(一)帥哥番茄

番茄肉質多汁液，品種眾多，多數品種的果實是紅色的，一般種植番茄可分為三種用途：煮食用、鮮食用和加工用。現代的大番茄在定義上為蔬菜，而小番茄則為水果。在眾多番茄品種之中，小果番茄(又稱櫻桃番茄)特別受到喜愛，而且栽培技術不斷進步，果實鮮嫩多汁，可堪稱全球之冠，在台灣已成為主流品種，主要以生食的方式當作水果。在台灣栽培的小果番茄果實無論在外觀、質地、甜度、酸度及風味皆屬上乘(黃晉興，2021)。

「帥哥小明番茄」品種於每年 8-3 月可播種，植株高性且耐番茄捲葉病毒病，果實呈短橢圓、果色紅亮，糖度 8 度，肉質脆，果硬不易裂果，貯運性佳。鹽地種植的小番茄皮較厚實、入口有一股明顯的鹹味、微酸之後則會回甘。

(二)可食用塗層

可食膜塗佈能在輕加工蔬果表面形成連續薄膜包覆，具有對水氣、氣體及揮發性成分的半通透性，可提供類似氣調包裝而維持蔬果品質。可食膜可增加輕加工蔬果的品質、延長保存期限、控制微生物生長與食品安全及增加營養價值。運用可食膜可降低呼吸作用、減少失重、減少乙烯產生、防止褐變、質地改善、控制微生物生長、增加營養價值。可食膜的材料有：碳水化合物、蛋白質、脂質和複合材料。脂質類可食膜大多由蠟質(蜜蠟、棕櫚蠟)、油脂、脂肪酸、蔗糖酯或脂肪酸甘油酯所組成。脂質類可食膜具有良好的水氣阻隔性。蠟質常用於塗抹在蔬果，延緩水果或蔬菜的呼吸速率的作用及防止產品水分損失，延長保存期限 (陳健賢，2010)。

(三)玄米油

玄米油，即米糠、米胚芽榨取的油，又俗稱米糠油，美國心臟協會建議多元不飽和脂肪酸、單元不飽和脂肪酸、飽和脂肪酸攝取比例為 1：1.5：0.8，米糠油為最接近該比例的一種均衡油品，發煙點約 254°C 上下，所以還可作為煎、炒、炸之用。除了脂肪酸組成平衡，米糠油內含豐富穀維素 (γ -Oryzanol) 與膽固醇結構類似，因而可與之競爭吸收而降低血中總膽固醇，並可增加高密度脂蛋白中膽固醇 (將膽固醇從體循環送回肝臟)，保護腸黏膜、調整自律神經、抗氧化等作用 (張越評，2017)。

(四)蜂蠟

蜂巢，主要由蜂蜜和「蜂蠟」組成，而蜂蠟是蜂巢的主要成分，由蜜蜂工蜂分泌，有研究指出蜂蠟所含的長鏈脂肪酸和醇類，可能有助於降低膽固醇、促進心臟健康，是人類可食之物質 (葉佩琿，2019)。

二、歷年科展相關報告

查詢歷年科展報告資料，發現研究資料大多是食用性食器(如：餐具、吸管)或是食用保鮮膜的相關研究，對於應用於蔬果保鮮的可食性塗層研究並不多。輕加工蔬果文獻中提到蔬果

表皮含蠟具高水活性，因此可食膜塗佈要能夠有效的附著在表面及形成穩定的保護層(陳健賢，2010)，而番茄果實表皮具有蠟質，穩定的保護塗層是本研究探究點之一。

以食用油混合蜂蠟製成可食性塗層對聖女番茄保鮮效果之評估(63屆高中組科展)探究不同可食性塗層對聖女番茄保鮮的效果，發現葵花油與蜂蠟比例 8:2 分別於 4°C 保存 15 天後，保鮮的效果最好。但其缺點為包覆基質，為油溶性且於低溫下油脂固化，導致外觀不佳，恐影響消費者之接受度。

本研究是採第 63 屆科展高中組：以食用油混合蜂蠟製成可食性塗層對聖女番茄保鮮效果之評估做更進一步的探究。本研究不同之處在於 21~25°C 室溫進行，嘗試使用不同可食用食材做為塗層保鮮之可行性，另外透過玄米油與蜂蠟比例之調整，和利用自製塗抹工具來提升消費者對可食用塗層番茄之接受度。

陸、研究過程與結果

一、可食用塗層試探

閱讀資料中提到天然材料如殼聚醣、藻酸鹽、纖維素、果膠、明膠、澱粉、樹膠和蠟製備可食用塗層，因此我們挑選了寒天、吉利T、海藻糖、果膠、蜂蠟作為初步試探的材質，比例如下：

塗層材料	比例
寒天	粉：水=1.5：50
吉利T	粉：水=1：40
海藻糖	粉：水=7：10
果膠	粉：水=1：1.2
蜂蠟	油：蠟=8：2



塗抹果膠試探

■ **實驗結果**：我們依包裝上建議的比例來調製塗層，使用矽膠刷毛沾染後塗抹在番茄上，發現除了蜂蠟外，其他均無法附著在番茄表皮上，液體會滑落滴下，原因是番茄有一層光滑的表皮，使得塗層不易附著。

我們決定使用蜂蠟與玄米油去調製塗層來探討對番茄保鮮的效果，但閱讀過63屆科展報告後，發現塗層保鮮效果優，但在低溫下油脂會固化，導致外觀不佳，且使用刷子塗抹無法達到客觀的標準，因此我們想設計一種科學化的塗抹工具來進行實驗並探討番茄保鮮的效果。

二、油蠟塗層製作過程：

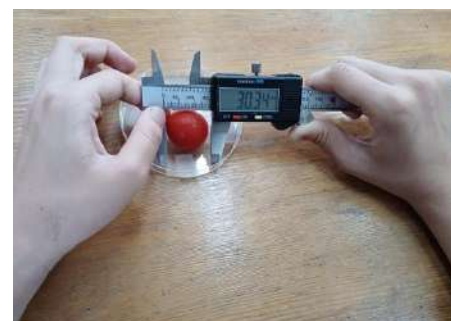
我們選擇玄米油：蜂蠟 = $2:1$ 、 $3:1$ 、 $4:1$ 、 $5:1$ ，蜂蠟的熔點在 $62\sim 64^{\circ}\text{C}$ ，融化後與油混合均勻，冷卻後備用。



四種油蠟比例的塗層

三、番茄挑選原則：

我們選用附近鹽地農場種植的帥哥番茄，約為採收後的二~四天，控制尺寸長度為 $30\sim 40\text{mm}$ ，重量為 $8\sim 15\text{g}$ ，形狀為略橢圓形，顏色為鮮紅色，外觀為完整無破損，蒂頭帶葉。實驗之前先去除果實萼片，並用餐巾紙擦拭乾淨備用。



測量番茄的長度

四、自製實驗工具塗抹可食用塗層

我們先將塗層平均 0.2g (番茄重量平均約 $11\sim 12\text{g}$)抹於烘焙紙上，再將番茄置於自製實驗工具上，利用馬達上的齒輪來推動番茄翻轉，翻轉過程中番茄會把烘焙紙的塗層沾附在表皮上。每次設定1分鐘時間運轉，塗抹完成後將番茄放置於小量杯中，每次秤重時連同杯子一起進行秤重，再扣掉杯子的重量，來計算番茄的實際重量。另把拍照組的番茄置於固定的製冰盒中，15天內不移動，以利拍照的角度和位置不改變。



四種油蠟塗層的番茄和對照組

五、可食用塗層研究過程

■ **研究說明**：在本研究中，所有報告的數據皆為至少三次實驗結果的平均得來。

研究一、測試塗抹可食性塗層對番茄保存期間的減重率

■ **研究想法**：呼吸作用是植物在酶的作用下的緩慢氧化的過程，是植物的主要代謝過程。其原理是生物內的有機物，如澱粉、糖、有機酸分解後轉化為簡單的化合物，如二氧化碳和水。
 水果呼吸作用越旺盛，水分蒸散越多，重量損失也越多，減重率越大。

■ **實驗步驟**：我們將4種油蠟比例(2:1、3:1、4:1、5:1)的塗層，用自製實驗工具塗抹平均0.2克在每顆番茄表皮上，在第0天(塗抹後)、第5天、第10天、第15天測量番茄(含量杯)的重量，再扣掉量杯的重量(2.984g)，並依下列公式計算番茄的減重率，做為塗層對番茄保鮮效果的參考依據。

$$\text{減重率(\%)} = (W_0 - W_p / W_0) \% 100\%$$

W₀：番茄第0天的重量

W_p：番茄第P天的重量



塗層均勻塗抹在烘焙紙紅框內



將塗層用自製工具塗抹在番茄上

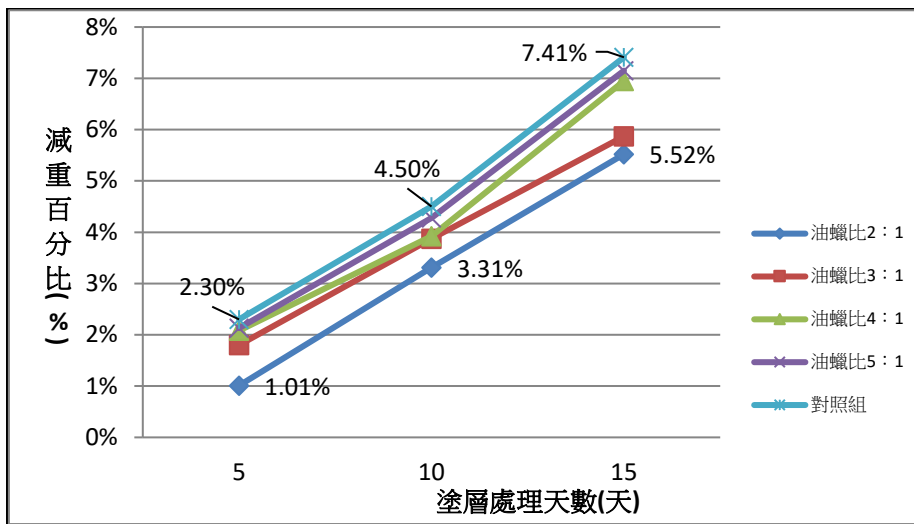
■ **實驗記錄**：

表1 不同比例的塗層對番茄保存時間的減重率

種類 \ 天數	第 5 天	第 10 天	第 15 天
油蠟比 2 : 1	1.01%	3.31%	5.52%
油蠟比 3 : 1	1.80%	3.87%	5.87%
油蠟比 4 : 1	2.08%	3.92%	6.95%
油蠟比 5 : 1	2.13%	4.28%	7.15%
對照組	2.30%	4.50%	7.41%



測量番茄(含量杯)的重量



加熱油蠟混合塗層

圖1 不同比例的塗層與番茄減重率的關係圖

結果與討論：

- 1.以玄米油和蜂蠟不同比例混合成可食用塗層，再以自製實驗工具塗抹於番茄表皮，放置於室溫21~25℃環境中，15天後可以發現油蠟比2:1、3:1、4:1、5:1的減重率皆小於對照組。
- 2.在15天內減重率由小到大為油蠟比2:1 < 3:1 < 4:1 < 5:1，顯示蜂蠟比例越重，減重率越小，番茄水分流失率越小，蜂蠟有明顯的防止番茄水分流失的效果。
3. 15天內實驗組和對照組的減重率都持續上升，顯示番茄的呼吸作用持續進行中。

研究二、測試塗抹可食性塗層對番茄保存期間的pH值之影響

研究想法：番茄是屬於後熟水果，「後熟」是指當後熟作用進行時，果實貯存的澱粉會分解成糖分為主的可溶性固形物，這樣會讓水果吃起來比較甜，酸味會減少，因此pH值會上升。故我們想探討番茄的pH值，看看可食用塗層是否可以延緩番茄保存時間的「後熟」。

實驗步驟：

- 1.先使用研鉢來研磨番茄的果肉。
- 2.用濾網先過篩果皮與果泥。
- 3.用濾紙做二次過濾。
- 4.再使用pH計測試茄汁的pH值。



使用研鉢研磨果肉

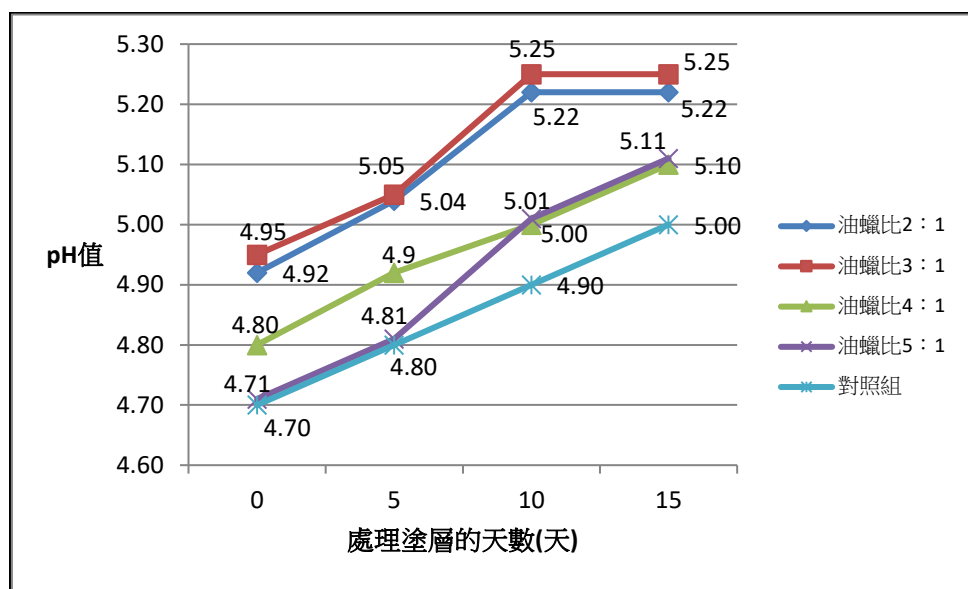
■ 實驗記錄：

表2 不同比例的塗層對番茄保存時間的pH值變化

種類 \ 天數	第 0 天	第 5 天	第 10 天	第 15 天
油蠟比 2 : 1	4.92	5.04	5.22	5.22
油蠟比 3 : 1	4.95	5.05	5.25	5.25
油蠟比 4 : 1	4.80	4.9	5.00	5.10
油蠟比 5 : 1	4.71	4.81	5.01	5.11
對照組	4.70	4.80	4.90	5.00



使用濾網過篩



測量茄汁的 pH 值

圖2 不同比例的塗層對番茄pH值的影響

表3 不同比例的塗層對番茄pH值的上升率

種類 \ 天數	第 5 天	第 10 天	第 15 天
油蠟比 2 : 1	2.4%	6.1%	6.1%
油蠟比 3 : 1	2.0%	6.1%	6.1%
油蠟比 4 : 1	2.5%	4.2%	6.3%
油蠟比 5 : 1	2.1%	6.4%	8.5%
對照組	2.1%	4.3%	6.4%

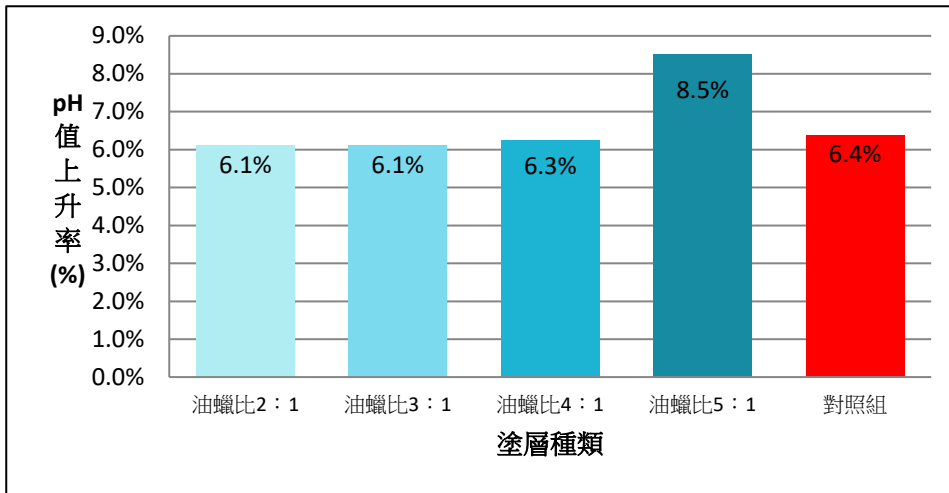


圖3 不同比例的塗層對番茄pH值的第15天上升率

結果與討論：

1. 番茄pH值在15天內皆呈現上升的趨勢。
2. 油蠟比2:1和3:1在第10天到第15天的pH值維持不變，而油蠟比4:1和5:1的pH值則持續上升。
3. 油蠟比2:1、3:1和4:1的pH值上升率在第15天低於對照組，顯示這三種塗層對番茄保鮮的效果佳。

研究三、測試塗抹可食性塗層對番茄保存期間的糖度之影響

研究想法：番茄是屬於後熟水果。「後熟」是指當後熟作用進行時，果實貯存的澱粉會分解成糖分為主的可溶性固形物，這樣會讓水果吃起來比較香甜可口，因此糖度會上升。故我們想探討番茄的糖度，即可食用塗層是否可以抑制番茄的「後熟」，達到水果保鮮的目的。

實驗步驟：使用研鉢來研磨番茄的果肉，用濾網先過篩果皮與果泥，再用濾紙做二次過濾，再使用手持式折光儀(糖度計)測量茄汁的糖度。

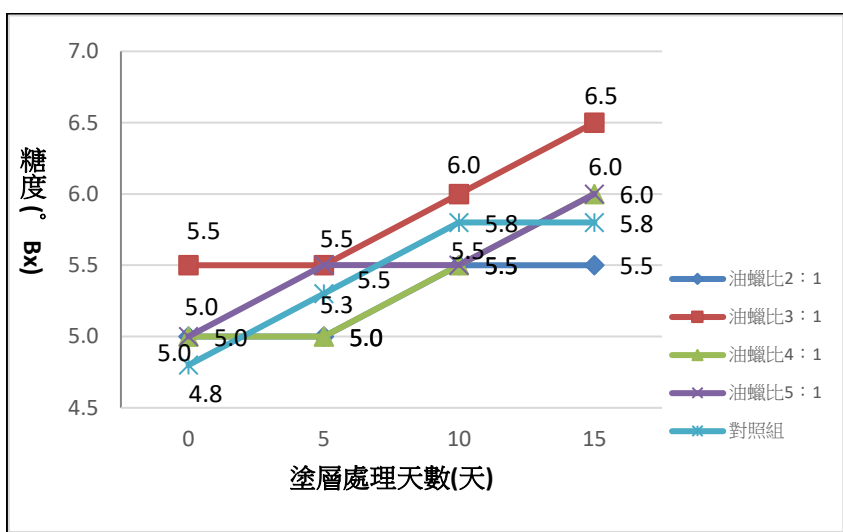


使用手持式折光儀(糖度計)測量茄汁糖度

■ 實驗記錄：

表4 不同比例的塗層對番茄保存時間的糖度(°Bx)

種類 \ 天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2 : 1	5.0	5.0	5.5	5.5
油蠟比 3 : 1	5.5	5.5	6.0	6.5
油蠟比 4 : 1	5.0	5.0	5.5	6.0
油蠟比 5 : 1	5.0	5.5	5.5	6.0
對照組	4.8	5.3	5.8	5.8



測量茄汁的糖度

圖4 不同比例的塗層對番茄糖度的影響

表5 不同比例的塗層對番茄糖度的上升率

種類 \ 天數	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2 : 1	0.0%	10.0%	10.0%
油蠟比 3 : 1	0.0%	9.1%	18.2%
油蠟比 4 : 1	0.0%	10.0%	20.0%
油蠟比 5 : 1	10.0%	10.0%	20.0%
對照組	10.4%	20.8%	20.8%

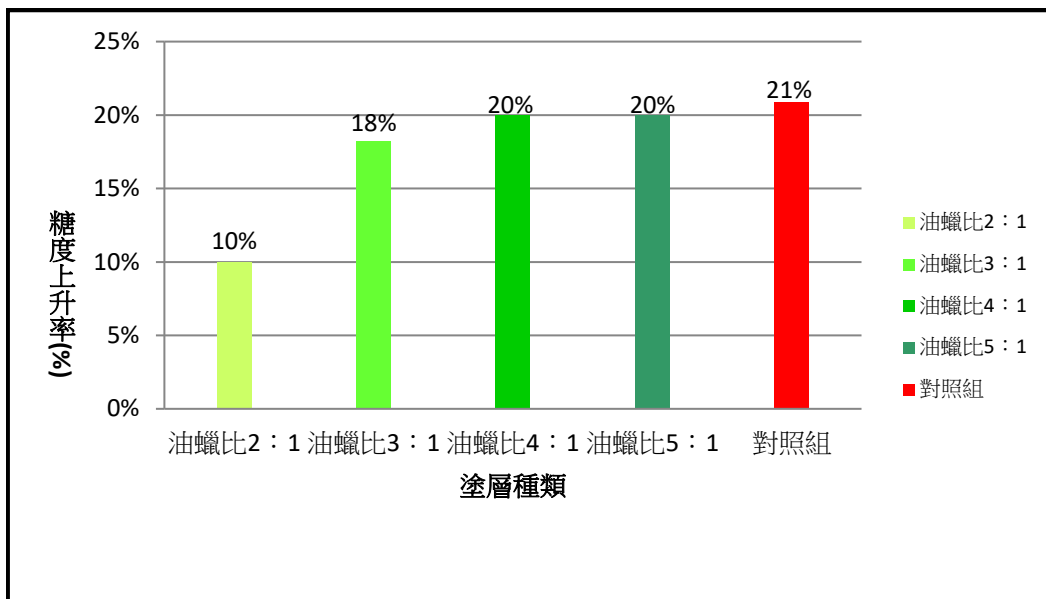


圖5 不同比例的塗層對番茄糖度第15天上升率

■ 結果與討論：

1. 實驗組在番茄糖度第15天的上升率小於對照組，故塗層對番茄的保鮮有明顯成效。
2. 由上圖可知糖度上升率由低到高依序是油蠟比 $2:1 < 3:1 < 4:1 = 5:1$ ，顯示蜂蠟成分越高，越能延緩番茄的呼吸作用，即番茄的保鮮效果越好。

研究四、測試塗抹可食性塗層對番茄保存期間呼吸作用之影響

■ 研究想法：番茄是屬於後熟水果。「後熟」是指當後熟作用進行時，水果的呼吸作用會增強，並生成大量乙烯氣體，一系列的劇烈生理變化，會讓果實產生「香味更濃」、「酸澀味下降」、「甜度增加」、「果實軟化」、「外觀顏色轉變」，使果實吃起來更可口。故我們想探討番茄的呼吸速率，看看可食用塗層是否可以減緩番茄的呼吸作用，延長水果保鮮的期限。

■ **實驗步驟：**

1. 準備不鏽鋼透明保鮮盒，將紅外線二氧化碳監測儀先測試到穩定狀態(數字呈現約在400~500之間)。
2. 將一顆番茄(約10g)和儀器一起置於保鮮盒中，並將蓋子緊密闔緊。
3. 從透明蓋上觀察原始二氧化碳的呈現數字，並計時10分鐘。
4. 10分鐘後觀察二氧化碳出現數字，與原始數字相減後並記錄。



測量番茄的二氧化碳上升值

■ **實驗記錄：**

表6 不同比例的塗層對番茄保存時間二氧化碳上升值(ppm/g/min)

種類 \ 天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比2：1	0.58	1.69	2.92	2.50
油蠟比3：1	0.43	1.16	2.17	1.32
油蠟比4：1	0.73	2.73	3.25	1.91
油蠟比5：1	1.01	1.28	3.42	1.43
對照組	0.58	1.28	1.16	1.20

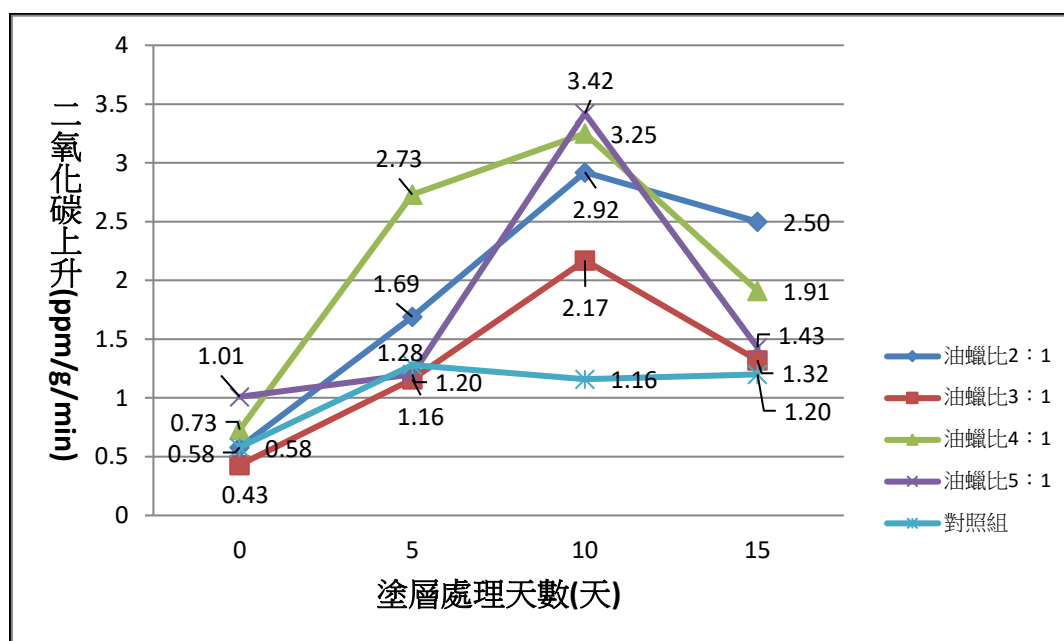


圖6 不同比例的塗層對番茄二氧化碳上升的影響

表7 不同比例的塗層對番茄呼吸作用的速率

種類 \ 天數	第 5 天	第 10 天	第 15 天
油蠟比 2 : 1	191%	403%	331%
油蠟比 3 : 1	170%	405%	207%
油蠟比 4 : 1	274%	345%	162%
油蠟比 5 : 1	19%	239%	42%
對照組	121%	100%	107%

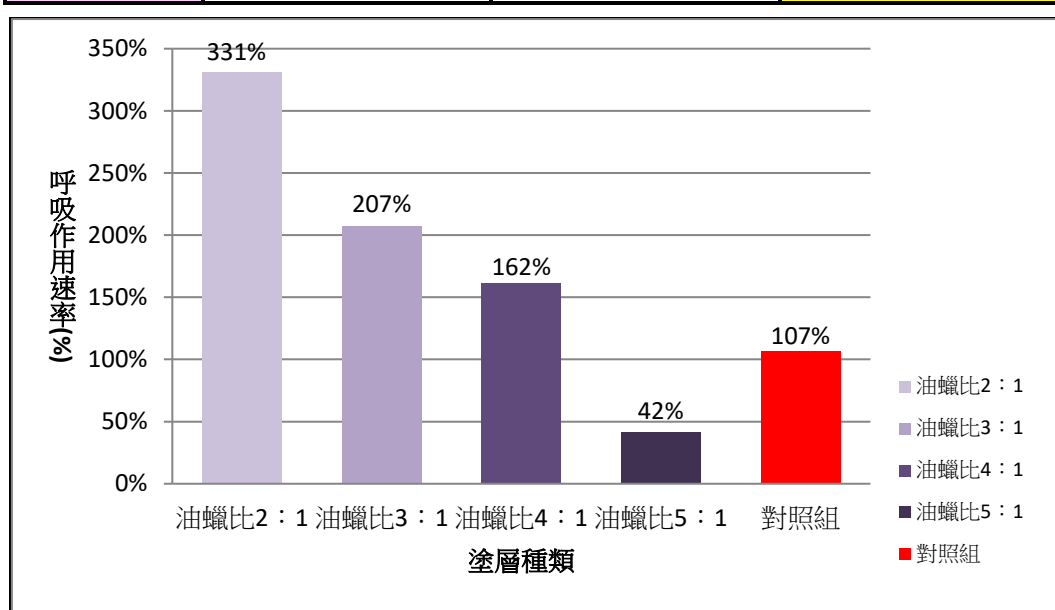


圖7 不同比例的塗層對番茄第15天呼吸速率的影響

結果與討論：

以四種油蠟比例塗抹在番茄表皮上，放置在室溫21~25°C 15天後，將番茄(每顆以10g計算)與紅外線二氧化碳感測器一同放進不鏽鋼保鮮盒，密閉蓋子後測試10分鐘內番茄的二氧化碳上升的數值，來得知番茄呼吸作用速率的強弱，我們可以發現到：

- 1.由圖6可得知4種塗層皆在第10天的二氧化碳上升值達到最高峰。
- 2.由圖7可得知在第15天油蠟比5:1的呼吸速率小於對照組，顯示該塗層有效減緩番茄的呼吸作用，其他塗層對番茄的呼吸作用則沒有顯著減緩的效果。

研究五、測試塗抹可食性塗層對番茄保存期間水分蒸散之影響

■ **研究想法**：呼吸作用是植物在酶的作用下的緩慢氧化的過程，是植物的主要代謝過程。其原理是生物內的有機物，如澱粉、糖、有機酸分解後轉化為簡單的化合物，如二氧化碳和水。相對濕度的數值變化越大，代表水果產生的水氣越多，呼吸作用越旺盛，因此我們想探討番茄在密閉環境中，其濕度變化值來了解可食用塗層是否可以延緩呼吸作用，以達到水果的保鮮。

■ **實驗步驟**：

- 1.準備不鏽鋼透明保鮮盒和濕度計。
- 2.將番茄和儀器一起置於保鮮盒中，並將蓋子緊密闔緊。
- 3.從透明蓋上觀察原始濕度的呈現數字，並計時10分鐘。
4. 10分鐘後記錄濕度出現數字，與原始數字相減後並記錄。



測量番茄的濕度變化值

■ **實驗記錄**：

表8 不同比例的塗層對番茄保存時間濕度上升值(%)

種類 \ 天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比2：1	2.0	3.0	5.5	5.0
油蠟比3：1	2.0	4.0	6.0	5.0
油蠟比4：1	2.0	5.0	6.5	6.5
油蠟比5：1	2.0	4.0	7.0	6.5
對照組	3.0	4.5	6.0	5.0

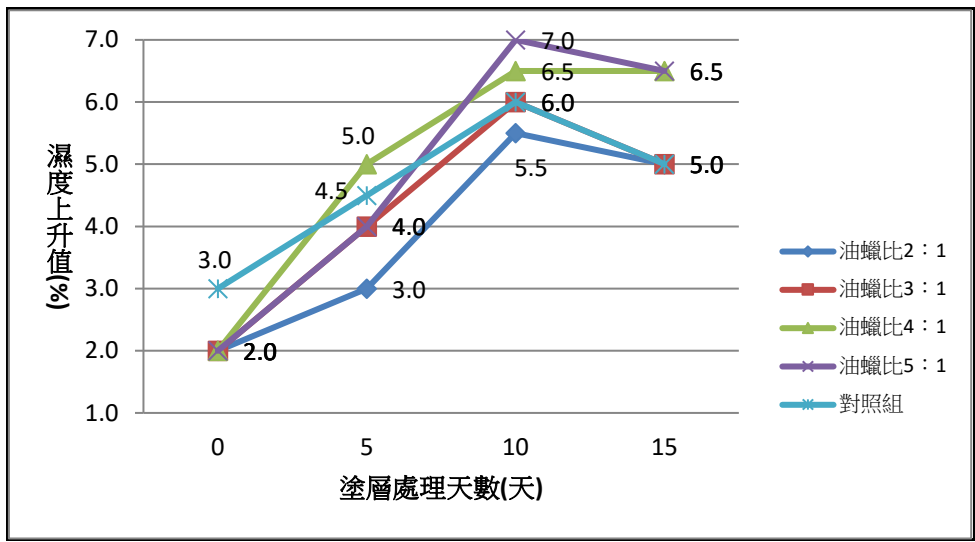


圖8 不同比例的塗層對番茄濕度的影響

表9 不同比例的塗層對番茄濕度的上升率

種類 \ 天數	第 5 天	第 10 天	第 15 天
油蠟比 2 : 1	50%	175%	150%
油蠟比 3 : 1	100%	200%	150%
油蠟比 4 : 1	150%	225%	225%
油蠟比 5 : 1	100%	250%	225%
對照組	50%	100%	67%

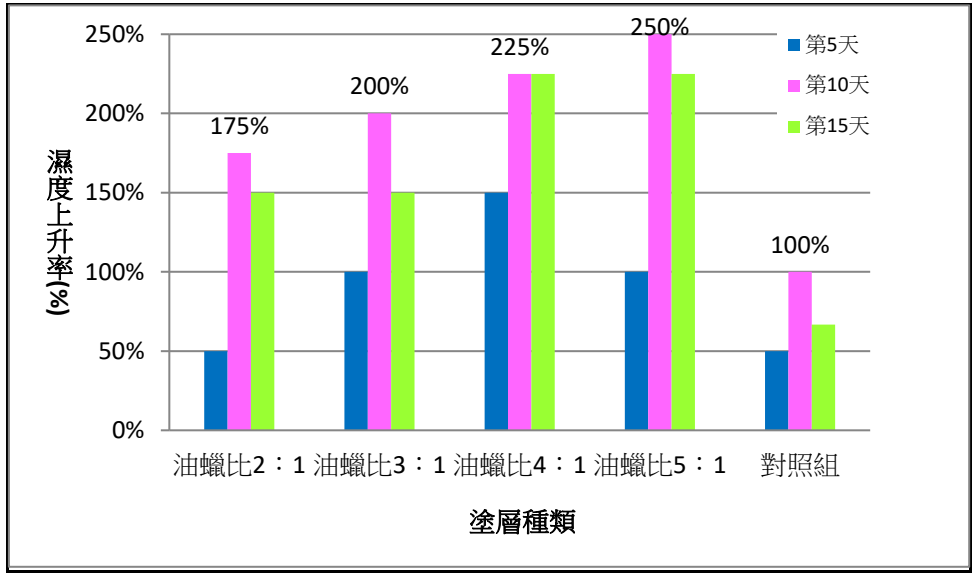


圖9 不同比例的塗層對番茄濕度的上升率

■ 結果與討論：

番茄在採摘後，會產生後熟作用，此時水果的呼吸作用會增強，其所產生的水氣會發散至空氣中，稱之為發散作用。我們發現到：

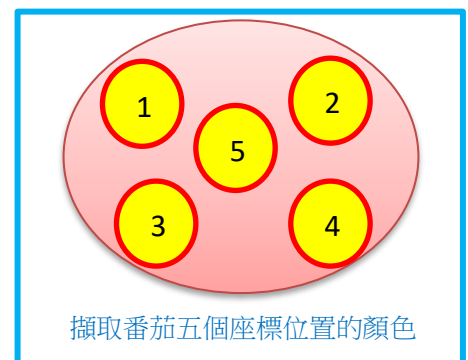
1. 實驗組和對照組皆在第10天的濕度上升值達到最高點，即番茄約在第10天時，其呼吸作用最旺盛。
2. 除了油蠟比2:1在第5天的濕度上升率與對照組相同，其餘塗層的濕度上升率皆比對照組高，顯示四種塗層在濕度變化上，其番茄保鮮效果不佳。

研究六、測試塗抹可食性塗層對番茄保存期間顏色之影響

■ 研究想法：番茄是更年性水果，在進行後熟作用時，顏色會變紅是因為葉綠素被分解或脫鎂而呈現番茄紅素，氣溫在20°C-28°C時易形成番茄紅素，促使果實轉色或變紅。因此在這個研究中，我們想探討在15天內番茄的顏色變化，進而證明塗層是否能延緩呼吸作用。

■ 實驗步驟：

1. 將番茄固定在盒子的一格中，在15天內位置不做任何移動。
2. 實驗過程使用同一台相機做拍攝，過程中相機的拍攝解析度、角度及距離固定，外在環境光源一致。
3. 由於一般相機拍出來的相片解析度很大。為了容易擷取待測位置的資訊，故使用小畫家軟體將照片擷取成像素固定639*535。
4. 利用座標固定選取番茄照片的五點位置(200,150)(400,150)(200,400)(400,400)(300,275)，使用顏色擷取軟體來記錄番茄的RGB數值並轉換色彩空間的Value值。



5.HSV色彩模型將顏色分為色相（Hue）、飽和度（Saturation）和明度（Value）三個參數。色相H表示顏色的種類，S表示飽和度，數值越小越白，顏色越淡。**V表示顏色的明亮度，數值越大越亮，越鮮豔。**我們將依V值明亮度來判斷番茄成熟度，V值越小，顏色越暗，表示番茄越成熟，代表番茄的呼吸作用旺盛，塗層無法達到水果保鮮的目的。

■ 實驗記錄：

表10 不同比例的塗層對番茄HSV色彩空間的Value值

種類 \ 天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比2：1	48.0	45.0	38.0	37.0
油蠟比3：1	44.0	43.0	38.0	34.0
油蠟比4：1	53.0	50.0	42.0	42.0
油蠟比5：1	45.0	43.0	42.0	41.0
對照組	56.0	54.0	52.0	50.0

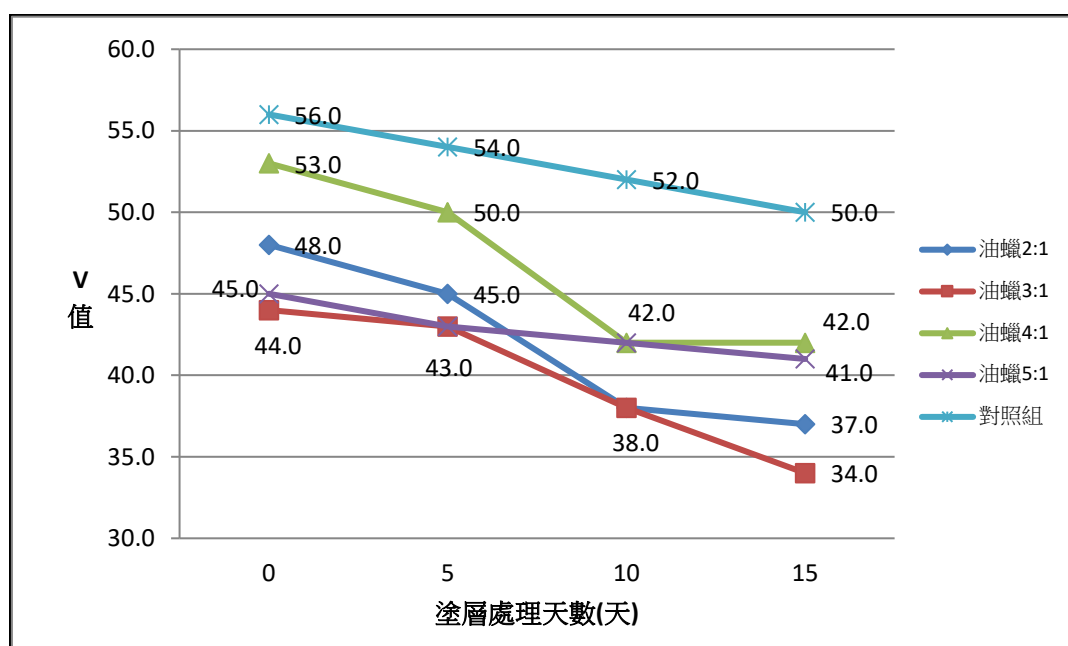


圖10 不同比例的塗層對番茄HSV色彩空間的Value值之影響

表11 不同比例的塗層對番茄HSV色彩空間的Value值下降率

種類 \ 天數	第5天	第10天	第15天
油蠟比2：1	6.3%	20.8%	22.9%
油蠟比3：1	2.3%	13.6%	22.7%
油蠟比4：1	5.7%	20.8%	20.8%
油蠟比5：1	4.4%	6.7%	8.9%
對照組	3.6%	7.1%	10.7%

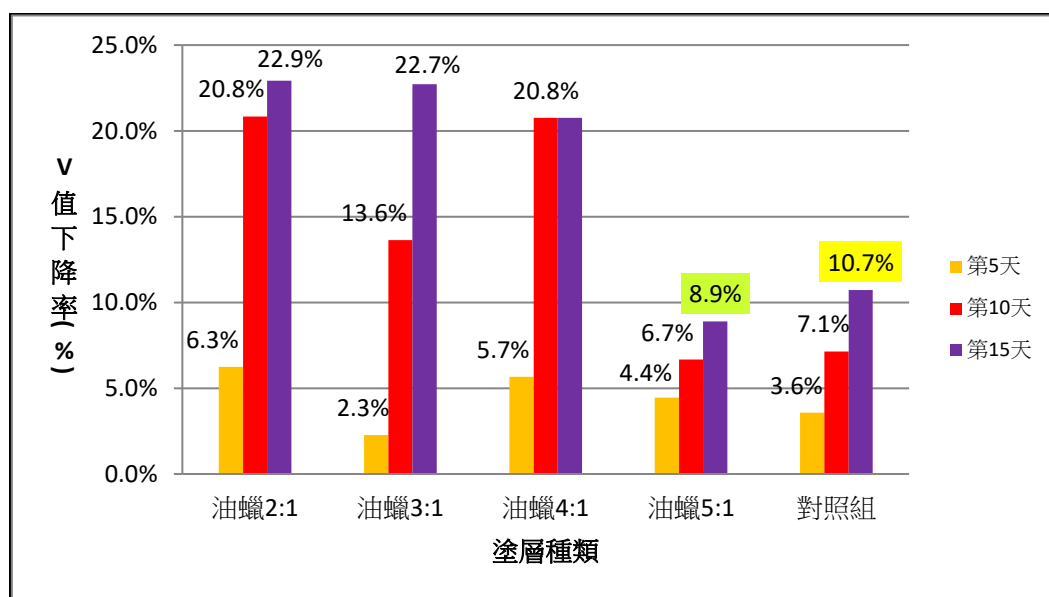


圖11不同塗層對番茄HSV色彩空間的Value值下降率

■ 結果與討論：

番茄在行呼吸作用時，一系列的劇烈生理變化，會讓果實產生「外觀顏色轉變」，我們以四種不同比例的油蠟塗層用自製實驗工具塗抹於番茄表皮保存15天後，測量番茄外觀顏色的變化，可以發現到：

- 1.由表10可得知，在15天內，實驗組與對照組的HSV色彩空間的Value值皆為下降趨勢，Value值越小代表顏色越暗，番茄越成熟。
- 2.由表11可得知第15天油蠟5：1的Value值下降率小於對照組，此塗層延緩番茄呼吸作用有明顯效果。
- 3.蜂蠟比例越多的塗層對番茄保鮮效果沒有呈現正相關。

研究七、測試塗抹可食性塗層對番茄保存期間維生素C之影響

■ **研究想法**：隨著水果成熟，其營養成分的比例會發生變化。水果中的糖含量增加，而維生素C含量和抗氧化劑的濃度也增加。我們想了解番茄在保存期間維生素C值的變化，來探討不同比例的塗層是否可以延緩番茄的呼吸作用，達到水果保鮮的目的。

我們利用維生素C試紙來測量番茄的維生素C含量，方便且快速，對於缺乏精密且昂貴實驗設備的國小學生而言，經由試紙的比對色卡，可以達到實驗目的，又符合該學習階段探究實驗的學習態度。

■ **實驗步驟**：

- 1.將番茄切開，使用研鉢研磨果肉。
- 2.用濾網先過濾果皮與果泥，再用濾紙過濾汁液。
- 3.使用陸恆生物維生素C檢測試紙沾染茄汁約2秒。
- 4.取出試紙，等約15秒。
- 5.根據試紙顏色來比對色卡，判斷維生素C的含量[單位：mg/L(ppm)]。
- 6.試紙檢驗範圍：50~2000mg/L



利用維生素C試紙顏色來比對色卡

■ **實驗記錄**：

表12 不同比例的塗層對番茄保存時間的維生素C[mg/L(ppm)]

種類 \ 天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比2：1	550	800	1000	1000
油蠟比3：1	550	800	900	1200
油蠟比4：1	550	800	800	1100
油蠟比5：1	550	700	700	1000
對照組	500	750	1000	1000

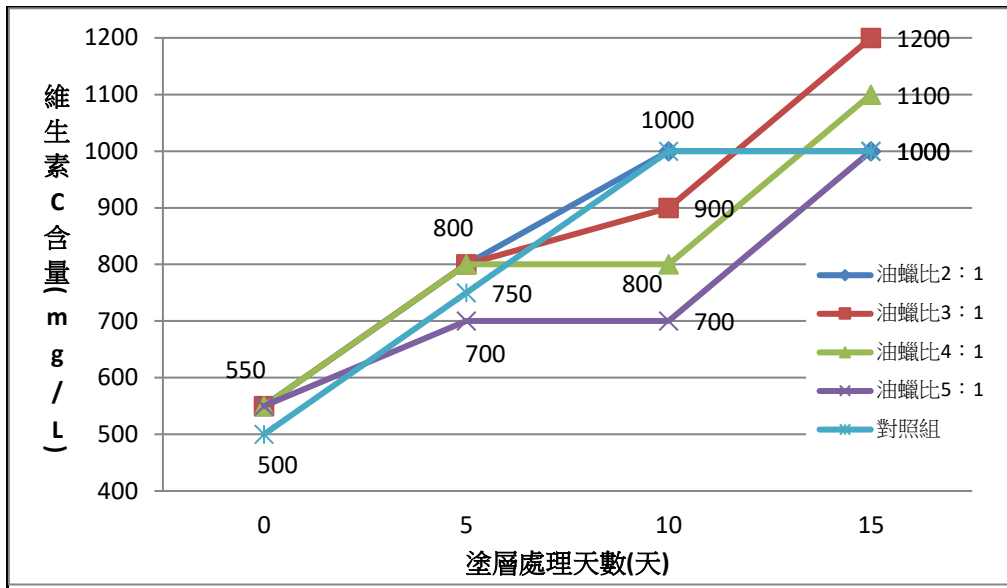


圖12 不同比例塗層對番茄保存時間維生素C的影響

表13 不同比例的塗層對番茄保存時間維生素C的上升率

種類 \ 天數	第5天	第10天	第15天
油蠟比2:1	45%	82%	82%
油蠟比3:1	45%	64%	118%
油蠟比4:1	45%	45%	100%
油蠟比5:1	27%	27%	82%
對照組	50%	100%	100%

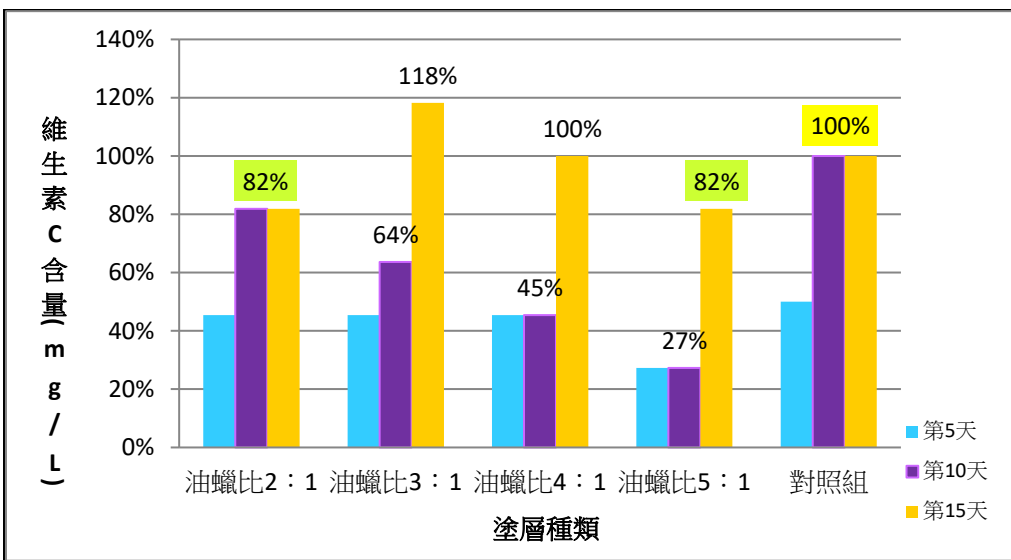


圖13 不同比例塗層對番茄保存時間維生素C上升率

■ 結果與討論：

- 1.由圖 12 得知在 15 天內番茄的維生素 C 皆呈現上升趨勢。
- 2.由表 13 得知第 10 天前所有實驗組的維生素 C 上升率皆低於對照組，代表第 10 天前塗層可延緩番茄呼吸作用。
- 3.第 15 天油蠟比 2:1 和 5:1 維生素 C 上升率明顯低於對照組，代表在第 15 天時該塗層延緩番茄呼吸作用，對水果的保鮮效果顯著。

研究八、針對塗抹可食性塗層處理之番茄外觀做評估調查






■ 研究想法：我們購買物品常常是觀看外表來決定是否購買的依據，因此我們拍下第15天的番茄照片，挑選100位不同年齡的一般民眾，針對感官部分來做評估給分，來得知塗層是否讓番茄保持新鮮，達到延緩呼吸作用的目的。

■ 實驗步驟：

我們設計電子問卷，將第15天番茄的照片用編號1~5代替，依序是對照組、油蠟比 2:1、油蠟比 3:1、油蠟比 4:1、油蠟比 5:1，評估項目包括有外觀完整度、表皮光滑度、顏色鮮豔度、果肉飽滿度、購買慾望，每項依番茄的外觀由劣到優給分1~5。

■ 實驗記錄：

表14 第15天番茄外觀評估平均分數表

塗層種類 評分項目	對照組	油蠟比2：1	油蠟比3：1	油蠟比4：1	油蠟比5：1
					
代 號	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5
外觀完整， 無裂開破損	3	4.5	3	4	2
表皮光滑， 無皺褶或凹陷	3	3.5	2	4	1
顏色鮮豔， 無暗沉黑點	3	3	3	4	2
顆粒飽滿	3	4	2	3.5	2
購買慾望	3	4	1	4	1
總 分	15	19	11	19.5	8

■ 結果與討論：

1. 在第15天的番茄外觀評估分數上，油蠟比4：1 > 2：1 > 對照組 > 3：1 > 5：1，蜂蠟比4：1和2：1塗層對番茄保鮮效果佳。
2. 蜂蠟所佔的比例雖然沒有明顯對番茄保鮮有正相關的現象，但2：1、3：1和4：1感官評估的分數明顯高於5：1，推測蜂蠟比例高還是有較佳的保鮮效果。
3. 帥哥番茄因為表皮較厚，因此在室溫21~25℃環境放置15天後，對照組外觀上只有些許凹陷和皺褶，是種很耐放的更年性水果。

柒、研究結論

以玄米油和蜂蠟不同比例混合成可食用塗層，再以自製實驗工具塗抹於番茄表皮上，放置於室溫21~25°C環境中，第15天後可以發現：

- 一、油蠟比2:1、3:1、4:1、5:1的減重率皆低於對照組。
- 二、油蠟比2:1、3:1和4:1的pH值上升率低於對照組，顯示這三種塗層對番茄保鮮的效果佳。
- 三、在糖度實驗方面，實驗組表現較好。
- 四、油蠟比5:1有效減緩番茄的呼吸作用，其他塗層對番茄的呼吸作用則沒有顯著的效果。
- 五、實驗組的濕度上升率皆比對照組高，顯示四種塗層對番茄的保鮮效果不佳。
- 六、油蠟比5:1的V值下降率小於對照組，此塗層延緩番茄呼吸作用有明顯效果。
- 七、油蠟比2:1和5:1的維生素C上升率明顯低於對照組，塗層延緩番茄呼吸作用，對水果的保鮮效果顯著。
- 八、消費者對油蠟比4:1和2:1塗層的番茄接受度佳。
- 九、在室溫環境下使用自製實驗工具塗抹油蠟於帥哥番茄上，方便又快速，不會影響外觀，也有水果保鮮的效果。

捌、參考資料

- 一、黃晉興(2021年3月)。影響小果番茄果實貯運外觀品質的因子。農業試驗所技術服務季刊，125，15-18。取自 <https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/15906/1/32-1-8.pdf>
- 二、陳健賢、賴麗旭(2010)。可食膜塗佈技術在輕加工蔬果的發展與應用。興大農業第72期農產品加工技術專輯，39-45頁。取自 <https://ir.lib.nchu.edu.tw/bitstream/11455/84361/1/6.pdf>
- 三、張越評(2017年2月4日)。健康烹調用油正當紅 哪一種油最好。食力 foodNEXT。取自 <https://www.foodnext.net/life/health2/paper/4593759877>
- 四、葉佩琿(2019年3月11日)。冰淇淋、甜點上附的蜂巢到底能不能吃下肚。食力 foodNEXT。取自 <https://www.foodnext.net/life/health2/paper/5616293960>
- 五、陳紘赫、鄭晴云、張筑(2023)。以食用油混合蜂蠟製成可食性塗層對聖女番茄保鮮效果之評估，中華民國第63屆中小學科學展覽會。

【評語】 082906

1. 本研究在探討玄米油和蜂蠟混合製成的可食用塗層對帥哥番茄保鮮效果。能以自製實驗工具將每顆番茄表面均勻塗抹 0.2 克塗層，置於室溫 21~25°C 下保存 15 天，並通過減重率、pH 值、糖度、呼吸速率、濕度變化、顏色、維生素 C 含量及感官評估等八個方面進行研究，研究方法提供了全面的數據支持，證明了塗層的有效性，具有實驗精神。實驗結果能有效延長番茄的保鮮期，對家庭日常生活中保存新鮮水果和蔬菜具有實際應用價值。
2. 以感官評估可能存在主觀性，因不同評估者可能有不同標準，影響結果的可靠性和一致性。
3. 番茄果皮原本就有蠟質，若僅以蜂蠟塗層，對於保鮮的效果是否有影響，也值得後續測試。

作品簡報



可食用塗層對



帥哥番茄保鮮之研究

摘要

本研究以玄米油和蜂蠟不同比例混合成可食用塗層，再以自製實驗工具塗抹平均每顆0.2g塗層於番茄表皮，置於室溫21~25℃環境中，15天後探討塗層對帥哥番茄的保鮮效果，以減重率、pH值、糖度、呼吸速率、濕度變化、色彩空間Value值、維他命C值、感官評估八個向度為研究項目，可以發現：

- 一、在減重率、pH值和糖度，實驗組表現優於對照組。
- 二、油蠟比5：1在呼吸速率、色彩空間Value值、維生素C值方面，表現較佳。
- 三、在濕度變化上，對照組表現最好。
- 四、在感官評估上，消費者對油蠟比2：1和4：1的番茄接受度較高。

因此使用自製實驗工具塗抹油蠟有助於延長帥哥番茄放置於室溫保鮮之時效，且透過感官品質評估調查，調整過的油蠟塗層，消費者的接受度有提升。

壹、研究動機

水果一直是最愛吃的食物之一，番茄更是我的首選。然而番茄常會出現表皮乾皺或損壞發霉樣貌，雖然有塑膠盒的保護可以延長番茄的壽命，但塑膠的毒害已經是現今國家首當其衝的解決要務，因此我們上網搜尋資料，希望能找到一種無毒、可食用且可以直接保護番茄的塗層，來延長番茄的保存期限，減少農產品的損耗和浪費，提升小農收益，也呼應SDGs：確保糧食安全，消除飢餓，促進永續農業的目標。

■ 相關課程(南一版):自然五上第三單元水溶液
自然六下第二單元防鏽與防腐

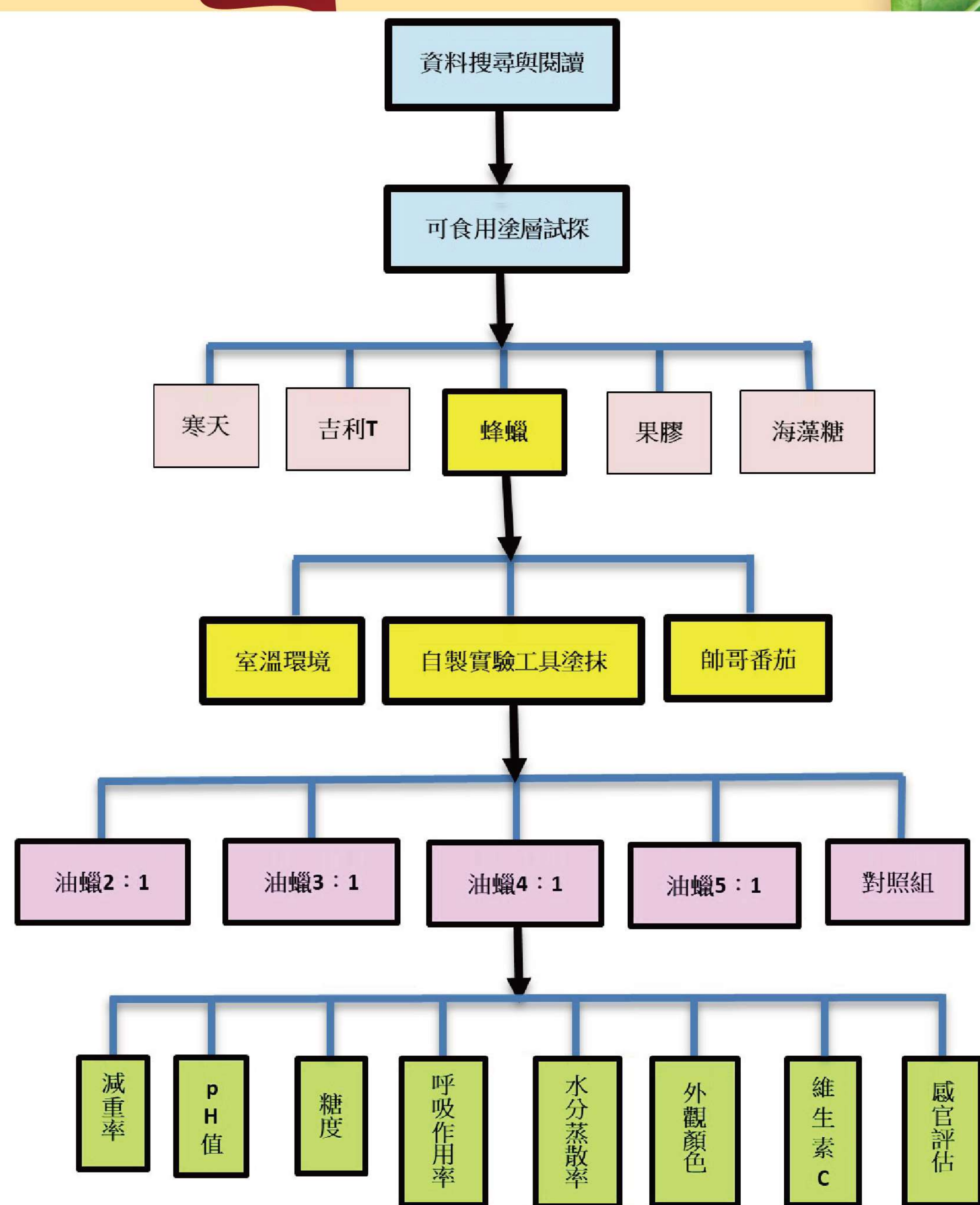
貳、研究目的

製作蜂蠟與玄米油不同比例的可食用塗層，利用自製實驗工具塗抹在番茄上，保存於室溫21~25℃環境中15天後，探究不同塗層對番茄保鮮的效果。

- (一) 分析可食用塗層與番茄減重率之關係。
- (二) 探討可食用塗層對番茄的pH值、糖度、呼吸作用、水分蒸散之變化。
- (三) 研究可食用塗層對番茄的顏色、維生素C之影響。
- (四) 針對塗抹可食用塗層處理之番茄外觀做評估調查。

◆ 海報中所有的圖片與照片皆由第一指導教師、第二指導教師及所有作者製作和拍攝。

參、研究架構圖



伍、文獻探討

(一) 帥哥番茄

每年8-3月可播種，果實呈短橢圓、果色紅亮，糖度8度，肉質脆，果硬不易裂果，貯運性佳，入口有一股明顯的鹹味、微酸之後則會回甘。

(二) 可食用塗層

可食膜可增加輕加工蔬果的品質、延長保存期限及增加營養價值。可食膜的材料有：碳水化合物、蛋白質、脂質和複合材料。脂質類可食膜具有良好的水氣阻隔性，蠟質常用於塗抹在蔬果上，延緩呼吸速率作用及防止水分損失。

(三) 玄米油

玄米油，俗稱米糠油，除了脂肪酸組成平衡也內含豐富穀維素，可降低血中總膽固醇，保護腸黏膜、調整自律神經、抗氧化等作用。

(四) 蜂蠟

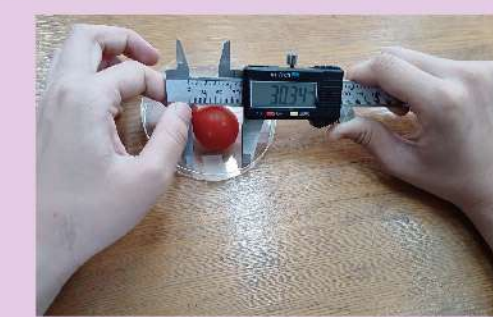
蜂蠟是蜂巢的主要成分，由蜜蜂工蜂分泌，研究指出蜂蠟所含的長鏈脂肪酸和醇類，可能有助於降低膽固醇、促進心臟健康，是人類可食之物質。



蜂蠟

肆、研究設備及器材

一、研究說明：本實驗所使用的番茄為帥哥小明品種，為在地農場所種植，因為土壤關係，吃起來有點鹹味回甘，種皮厚不易裂果，每次使用為第二~四天所採摘，控制尺寸長度為30~40mm，重量為8~15g，實驗之前先去除果實萼片，並用餐巾紙擦拭乾淨備用。



測量番茄的長度

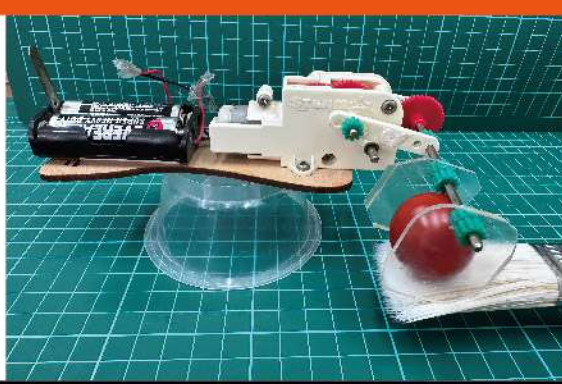


帥哥小明番茄

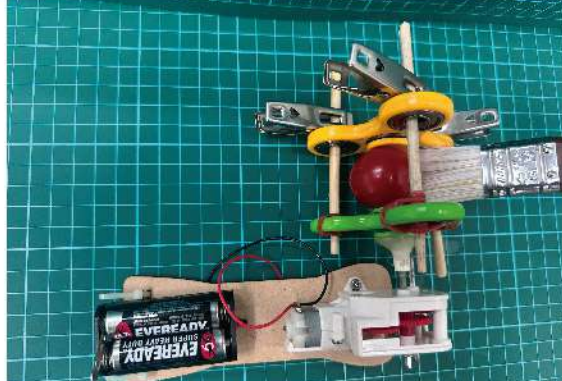
二、研究設備與材料：智能恆溫加熱台、濾紙、不鏽鋼研鉢、維他命C試紙、pH計、手持式折光儀、濾網、游標卡尺、CO2監測儀&溼度計、電子秤、保鮮盒、小量杯、吉利丁、果膠粉、寒天、海藻糖、玄米油、蜂蠟。

三、自製實驗工具

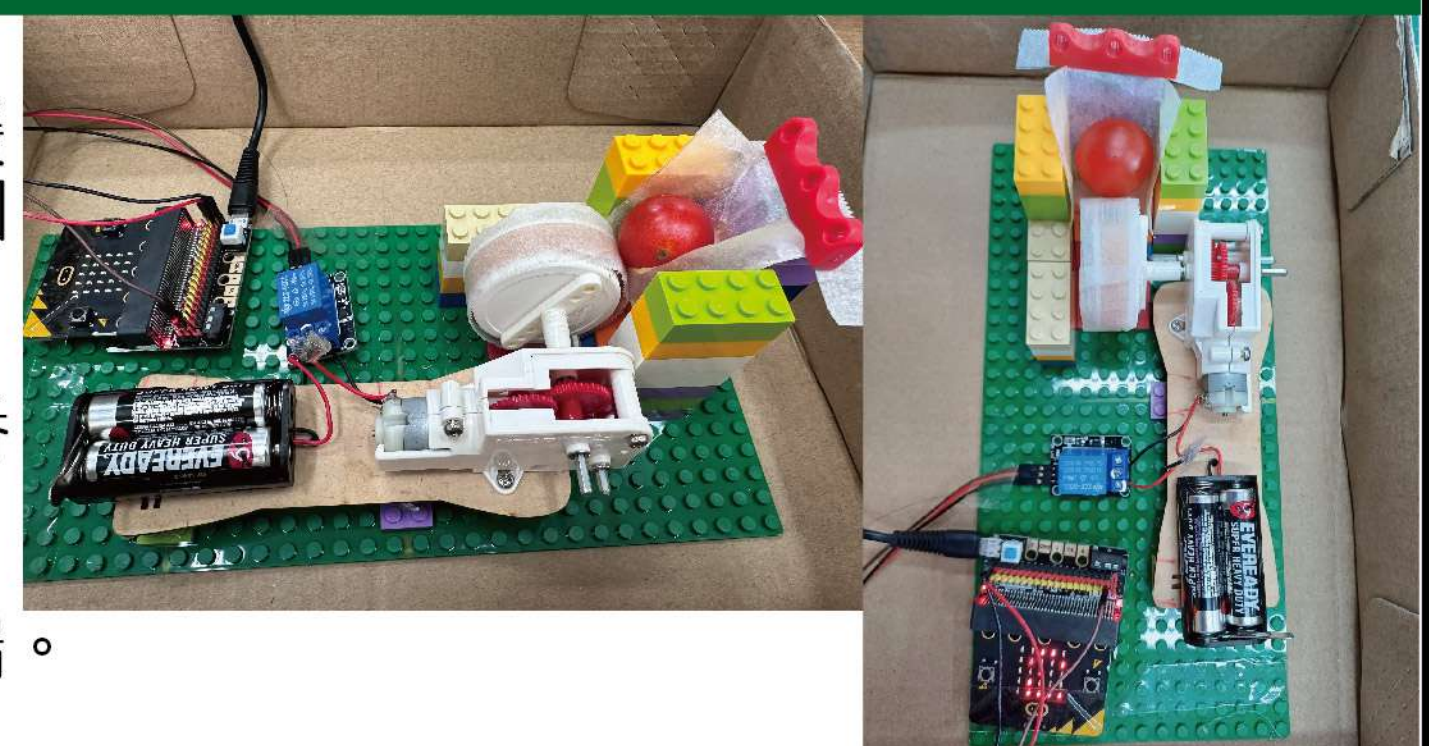
第一代實驗工具



第二代實驗工具



第三代實驗工具



◆ 構造介紹：

1. 結構是馬達齒輪組連接一個牛奶瓶蓋，上套一條寬板橡皮筋增加摩擦力及緩衝力，旁邊輔以樂高積木來固定番茄位置，將抹有塗層的烘焙紙利用磁鐵固定於積木上，而番茄放置於烘焙紙與瓶蓋之間。
2. 程控的部分是使用micro:bit程式來控制馬達運轉的時間，藉由馬達齒輪組的運轉帶動瓶蓋上的橡皮筋旋轉來使番茄翻轉，讓塗層可以均勻地附著在番茄上。

◆ 優點：

1. 烘焙紙不易吸附塗層，且左右包覆番茄能讓塗層均勻沾附在番茄表面和兩端。
2. 使用micro:bit程式來控制馬達運轉的秒數，更能精準掌控時間。
3. 選擇樂高積木輔助番茄固定位置，可視番茄顆粒大小來調整，既穩固又易拆卸，上端利用磁鐵吸附可方便更換烘焙紙，使用牛奶瓶蓋可以廢物利用，充分達到物盡其用的目標。

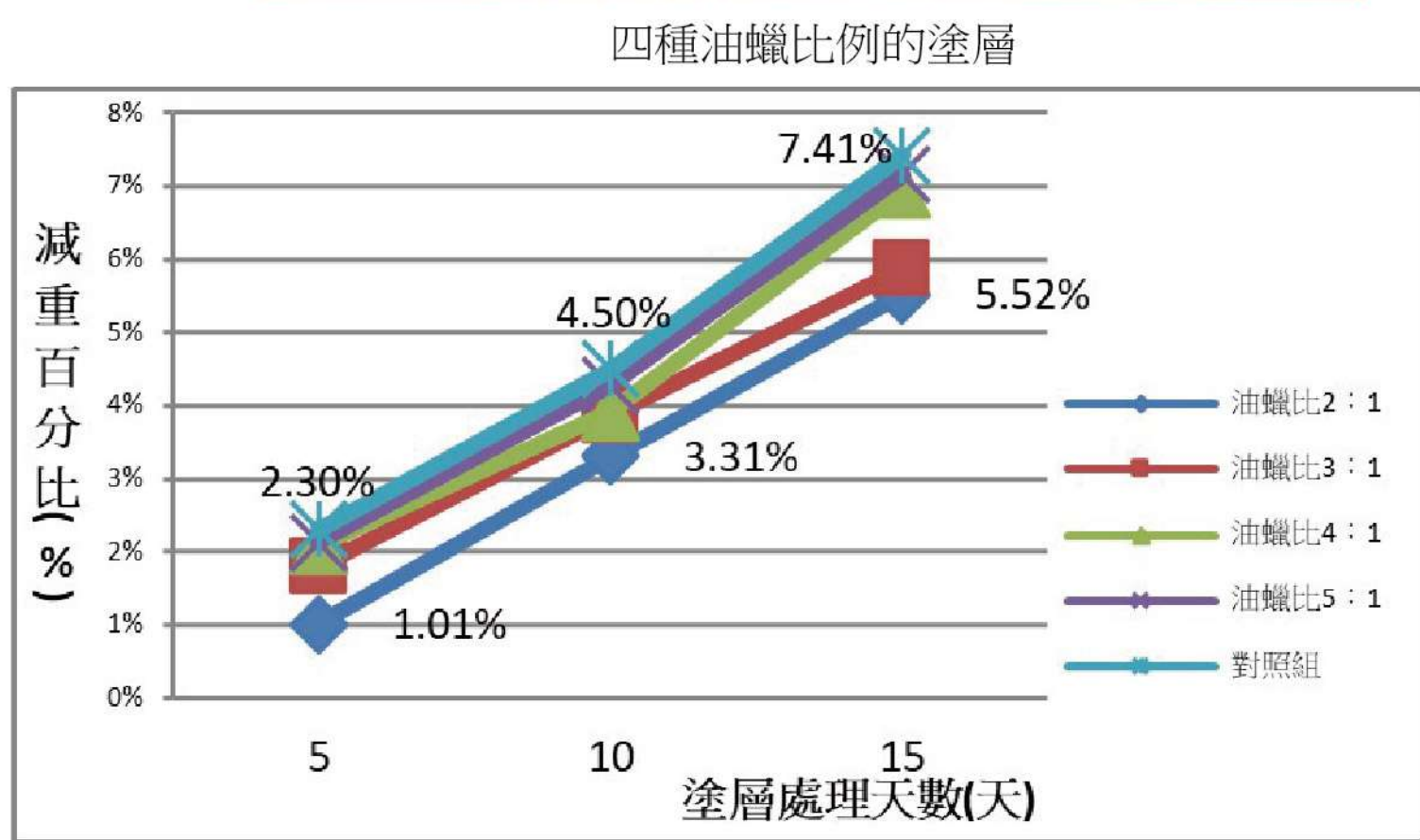
陸、研究過程與結果

研究一、分析可食用塗層與番茄減重率的關係

- **研究想法**：呼吸作用是植物在酶的作用下的緩慢氧化的過程，是植物的主要代謝過程。其原理是生物內的有機物，如澱粉、糖、有機酸分解後轉化為簡單的化合物，如二氧化碳和水。水果呼吸作用越旺盛，水分蒸散越多，重量損失也越多，減重率越大。
- **實驗步驟**：我們將4種油蠟比例(2:1、3:1、4:1、5:1)的塗層，平均0.2g(番茄重量平均約11~12g)抹於烘焙紙上，再將番茄置於自製實驗工具上，利用馬達上的齒輪來推動番茄翻轉，翻轉過程中番茄會把烘焙紙的塗層沾附在表皮上。每次設定1分鐘時間運轉，塗抹完成後將番茄放置於小量杯中，在第0天(塗抹後)、第5天、第10天、第15天測量番茄(含量杯)的重量，再扣掉量杯的重量(2.984g)，來計算番茄的實際重量並依下列公式計算番茄的減重率，作為塗層對番茄保鮮效果的參考依據。

$$\text{減重率}(\%) = \left(\frac{W_0 - W_p}{W_0} \right) \times 100\%$$

W₀：番茄第0天的重量
W_p：番茄第p天的重量



實驗記錄：

表1 不同比例的塗層對番茄保存時間的減重率

種類	天數	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		1.01%	3.31%	5.52%
油蠟比 3:1		1.80%	3.87%	5.87%
油蠟比 4:1		2.08%	3.92%	6.95%
油蠟比 5:1		2.13%	4.28%	7.15%
對照組		2.30%	4.50%	7.41%

結果與討論：

1. 以玄米油和蜂蠟不同比例混合成可食用塗層，再以自製實驗工具塗抹於番茄表皮，放置於室溫21~25°C環境中，15天後可以發現油蠟比 2:1、3:1、4:1、5:1 的減重率皆小於對照組。
2. 在15天內減重率由小到大為油蠟比 2:1 < 3:1 < 4:1 < 5:1，顯示蜂蠟比例越重，減重率越小，番茄水分流失率越小，蜂蠟有明顯的防止番茄水分流失的效果。
3. 15天內實驗組和對照組的減重率都持續上升，顯示番茄的呼吸作用持續進行中。



研究三、探討可食用塗層對番茄保存期間的糖度之影響

- **研究想法**：番茄是屬於後熟水果。「後熟」是指當後熟作用進行時，果實貯存的澱粉會分解成糖分為主的可溶性固形物，這樣會讓水果吃起來比較香甜可口，因此糖度會上升。故我們想探討番茄的糖度，即可食用塗層是否可以抑制番茄的「後熟」，達到水果保鮮的目的。
- **實驗步驟**：使用研鉢來研磨番茄的果肉，用濾網先過濾果皮與果泥，濾紙做二次過濾，再使用手持式折光儀(糖度計)測量茄汁的糖度。
- **實驗記錄**：

表4 不同比例的塗層對番茄保存時間的糖度(Bx)

種類	天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		5.0	5.0	5.5	5.5
油蠟比 3:1		5.5	5.5	6.0	6.5
油蠟比 4:1		5.0	5.0	5.5	6.0
油蠟比 5:1		5.0	5.5	5.5	6.0
對照組		4.8	5.3	5.8	5.8

表5 不同比例的塗層對番茄糖度的上升率

種類	天數	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		0.0%	10.0%	10.0%
油蠟比 3:1		0.0%	9.1%	18.2%
油蠟比 4:1		0.0%	10.0%	20.0%
油蠟比 5:1		10.0%	10.0%	20.0%
對照組		10.4%	20.8%	20.8%

結果與討論：

1. 實驗組在番茄糖度第15天的上升率小於對照組，故塗層對番茄的保鮮有明顯成效。
2. 由表5可知糖度上升率由低到高依序是油蠟比 2:1 < 3:1 < 4:1 = 5:1，顯示蜂蠟成分越高，越能延緩番茄的呼吸作用，即番茄的保鮮效果越好。



使用手持式折光儀(糖度計)測量茄汁糖度

研究五、探討可食用塗層對番茄保存期間水分蒸散之影響

- **研究想法**：呼吸作用是植物在酶的作用下緩慢氧化的過程，是植物的主要代謝過程。其原理是生物內的有機物，如澱粉、糖、有機酸分解後轉化為簡單的化合物，如二氧化碳和水。相對濕度的數值變化越大，代表水果產生的水氣越多，呼吸作用越旺盛，因此我們想探討番茄在密閉環境中，其濕度變化值來了解可食用塗層是否可以延緩呼吸作用，以達到水果的保鮮。
- **實驗步驟**：

 1. 準備不鏽鋼透明保鮮盒和濕度計。
 2. 將番茄和儀器一起置於保鮮盒中，並將蓋子緊密闔緊。
 3. 從透明蓋上觀察原始濕度的呈現數字，並計時10分鐘。
 4. 10分鐘後記錄濕度出現數字，與原始數字相減後並記錄。



測量番茄的濕度變化

表8 不同比例的塗層對番茄保存時間濕度上升值(%)

種類	天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		2.0	3.0	5.5	5.0
油蠟比 3:1		2.0	4.0	6.0	5.0
油蠟比 4:1		2.0	5.0	6.5	6.5
油蠟比 5:1		2.0	4.0	7.0	6.5
對照組		3.0	4.5	6.0	5.0

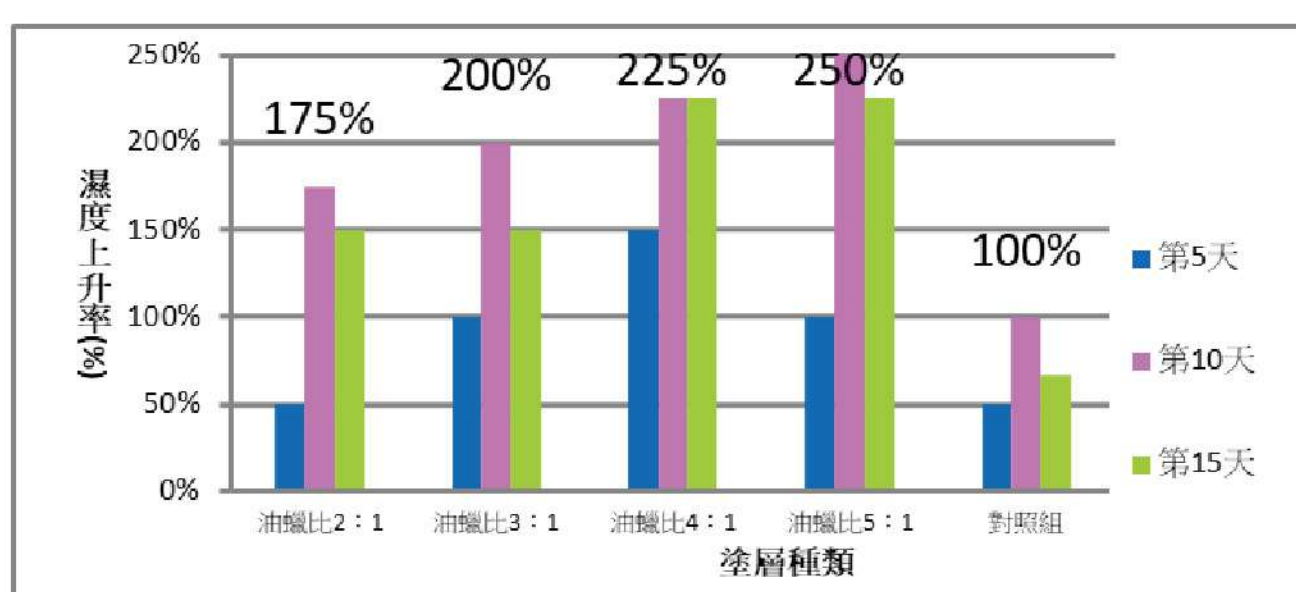


圖9 不同比例的塗層對番茄濕度的上升率

結果與討論：

- 番茄在採摘後，會產生後熟作用，此時水果的呼吸作用會增強，其所產生的水氣會發散至空氣中，稱之為發散作用。我們發現到：
1. 實驗組和對照組皆在第10天的濕度上升值達到最高點，即番茄約在第10天時，其呼吸作用最旺盛。
 2. 除了油蠟比 2:1 在第5天的濕度上升率與對照組相同，其餘塗層的濕度上升率皆比對照組高，顯示四種塗層在濕度變化上，其番茄保鮮效果不佳。

研究二、探討可食用塗層對番茄保存期間的pH值之影響

- **研究想法**：番茄是屬於後熟水果，「後熟」是指當後熟作用進行時，果實貯存的澱粉會分解成糖分為主的可溶性固形物，這樣會讓水果吃起來比較甜，酸味會減少，因此pH值會上升。故我們想探討番茄的pH值，看看可食用塗層是否可以延緩番茄保存時間的「後熟」。
- **實驗步驟**：

 1. 先使用研鉢來研磨番茄的果肉。
 2. 用濾網先過濾果皮與果泥。
 3. 用濾紙做二次過濾。
 4. 再使用pH計測試茄汁的pH值。

實驗記錄：

表2 不同比例的塗層對番茄保存時間的pH值

種類	天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		4.92	5.04	5.22	5.22
油蠟比 3:1		4.95	5.05	5.25	5.25
油蠟比 4:1		4.80	4.9	5.00	5.10
油蠟比 5:1		4.71	4.81	5.01	5.11
對照組		4.70	4.80	4.90	5.00

表3 不同比例的塗層對番茄pH值的上升率

種類	天數	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		2.4%	6.1%	6.1%
油蠟比 3:1		2.0%	6.1%	6.1%
油蠟比 4:1		2.5%	4.2%	6.3%
油蠟比 5:1		2.1%	6.4%	8.5%
對照組		2.1%	4.3%	6.4%

結果與討論：

1. 番茄pH值在15天內皆呈現上升的趨勢。
2. 油蠟比 2:1 和 3:1 在第10天到第15天的pH值維持不變，而油蠟比 4:1 和 5:1 的pH值則持續上升。
3. 油蠟比 2:1、3:1 和 4:1 的pH值上升率在第15天小於對照組，顯示這三種塗層對番茄保鮮的效果佳。



使用研鉢研磨果肉

使用濾網過濾

測量茄汁的pH值

研究四、探討可食用塗層對番茄保存期間呼吸作用之影響

- **研究想法**：番茄是屬於後熟水果。「後熟」是指當後熟作用進行時，水果的呼吸作用會增強，並生成大量乙烯氣體，一系列的劇烈生理變化，會讓果實產生「香味更濃」、「酸澀味下降」、「甜度增加」、「果實軟化」、「外觀顏色轉變」，使果實吃起來更可口。故我們想探討番茄的呼吸速率，看看可食用塗層是否可以延緩番茄的呼吸作用，延長水果保鮮的期限。
- **實驗步驟**：

 1. 準備不鏽鋼透明保鮮盒，將紅外線二氧化碳監測儀先測試到穩定狀態(數字呈現約在400~500之間)。
 2. 將一顆番茄(約10g)和儀器一起置於保鮮盒中，並將蓋子緊密闔緊。
 3. 從透明蓋上觀察原始二氧化碳的呈現數字，並計時10分鐘。
 4. 10分鐘後觀察二氧化碳出現數字，與原始數字相減後並記錄。



測量番茄的二氧化碳上升值

實驗記錄：

表6 不同比例的塗層對番茄保存時間二氧化碳上升值(ppm/g/min)

種類	天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		0.58	1.69	2.92	2.50
油蠟比 3:1		0.43	1.16	2.17	1.32
油蠟比 4:1		0.73	2.73	3.25	1.91
油蠟比 5:1		1.01	1.20	3.42	1.43
對照組		0.58	1.28	1.16	1.20

表7 不同比例的塗層對番茄呼吸作用的速率

種類	天數	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		191%	403%	331%
油蠟比 3:1		170%	405%	207%
油蠟比 4:1		274%	345%	162%
油蠟比 5:1		19%	239%	42%
對照組		121%	100%	107%

結果與討論：

1. 由表6可得知四種塗層皆在第10天的二氧化碳上升值達到最高峰。
2. 由表7可得知在第15天油蠟比 5:1 的呼吸速率小於對照組，顯示該塗層有效延緩番茄的呼吸作用，其他塗層對番茄的呼吸作用則沒有顯著延緩的效果。

研究七、探討可食用塗層對番茄保存期間維生素C之影響

- **研究想法**：隨著水果成熟，其營養成分的比例會發生變化。水果中的糖含量增加，而維生素C含量和抗氧化劑的濃度也增加。我們利用維生素C試紙來測量番茄的維生素C含量，方便且快速，經由試紙的比對色卡，可以達到實驗目的，又符合該學習階段探究實驗的學習態度。
- **實驗步驟**：

 1. 使用研鉢研磨果肉，分別用濾網和濾紙過濾果泥與汁液。
 2. 使用陸恆生物維生素C檢測試紙沾染茄汁約2秒。
 3. 取出試紙，等約15秒。
 4. 根據試紙顏色來比對色卡，判斷維生素C的含量。
 5. 試紙檢驗範圍：50~2000mg/L[單位：mg/L(ppm)]



利用維生素C試紙顏色來比對色卡

表12 不同塗層對番茄保存時間的維生素C值 [mg/L(ppm)]

種類	天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		550	800	1000	1000
油蠟比 3:1		550	800	900	1200
油蠟比 4:1		550	800	800	1100
油蠟比 5:1		550	700	700	1000
對照組		500	750	1000	1000

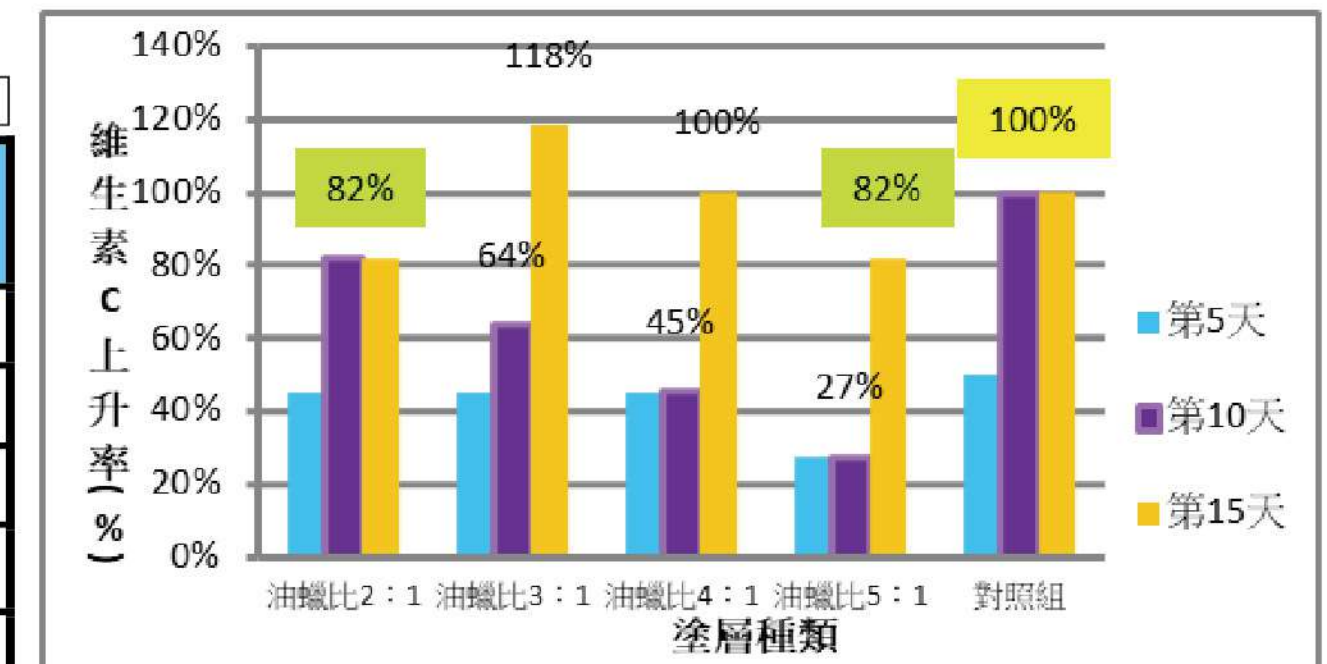


圖13 不同比例塗層對番茄保存時間維生素C上升率

結果與討論：

1. 由表12可得知在15天內番茄的維生素C值皆呈現上升趨勢。
2. 第10天前所有實驗組的維生素C上升率皆低於對照組，代表第10天前塗層可延緩番茄呼吸作用。
3. 第15天油蠟比 2:1 和 5:1 維生素C上升率明顯低於對照組，代表在第15天時該塗層延緩番茄呼吸作用，對水果的保鮮效果顯著。

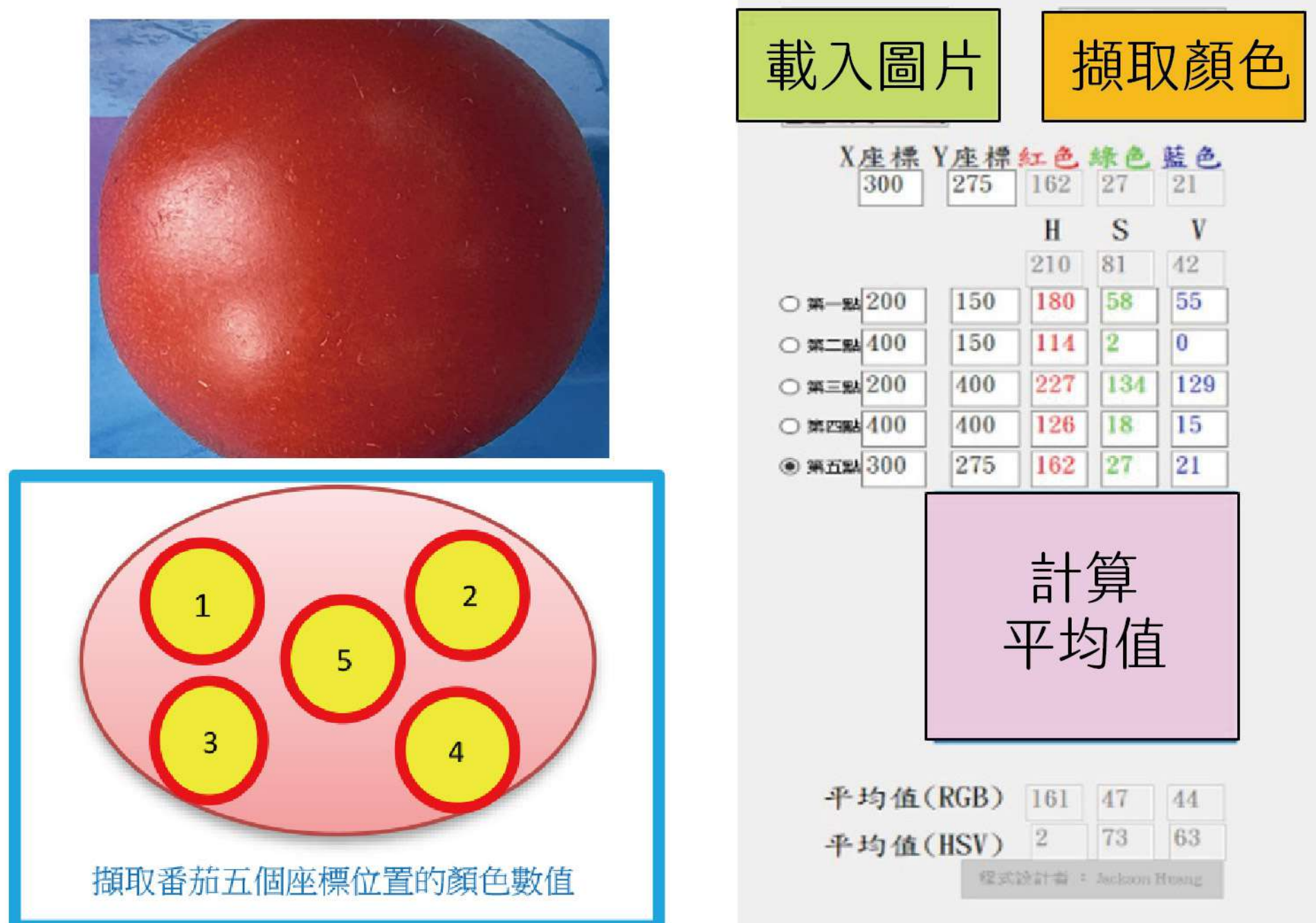
研究六、探討可食用塗層對番茄保存期間顏色之影響

■ **研究想法**：番茄是更年性水果，在進行後熟作用時，顏色會變紅是因為葉綠素被分解或脫鎂而呈現番茄紅素，氣溫在20°C-28°C時易形成番茄紅素，促使果實轉色或變紅。因此在這個研究中，我們想探討在15天內番茄的顏色變化，進而證明塗層是否能延緩呼吸作用。

■ 實驗步驟：

1. 將番茄固定在盒子的一格中，在15天內位置不做任何移動。
2. 實驗過程使用同一台相機做拍攝，過程中相機的拍攝解析度、角度及距離固定，外在環境光源一致。
3. 由於一般相機拍出來的相片解析度很大。為了容易擷取待測位置的資訊，故使用小畫家軟體將照片擷取成像素固定639*535。
4. 利用座標固定選取番茄照片的五點位置(200, 150)(400, 150)(200, 400)(400, 400)(300, 275)，使用顏色擷取軟體來記錄番茄的RGB數值並轉換色彩空間的Value值。
5. HSV色彩模型將顏色分為色相(Hue)、飽和度(Saturation)和明度(Value)三個參數。色相H表示顏色的種類，S表示飽和度，數值越小越白，顏色越淡。V表示顏色的明度，數值越大越亮，越鮮豔。我們將依V值明度來判斷番茄成熟度，V值越小，顏色越暗，表示番茄越成熟，代表番茄的呼吸作用旺盛，塗層無法達到水果保鮮的目的。

* 番茄顏色擷取軟體介面



■ 實驗記錄：

表10 不同比例塗層對番茄HSV色彩空間的Value值

種類	天數	第0天	第5天	第10天	第15天
油蠟比 2:1		48.0	45.0	38.0	37.0
油蠟比 3:1		44.0	43.0	38.0	34.0
油蠟比 4:1		53.0	50.0	42.0	42.0
油蠟比 5:1		45.0	43.0	42.0	41.0
對照組		56.0	54.0	52.0	50.0

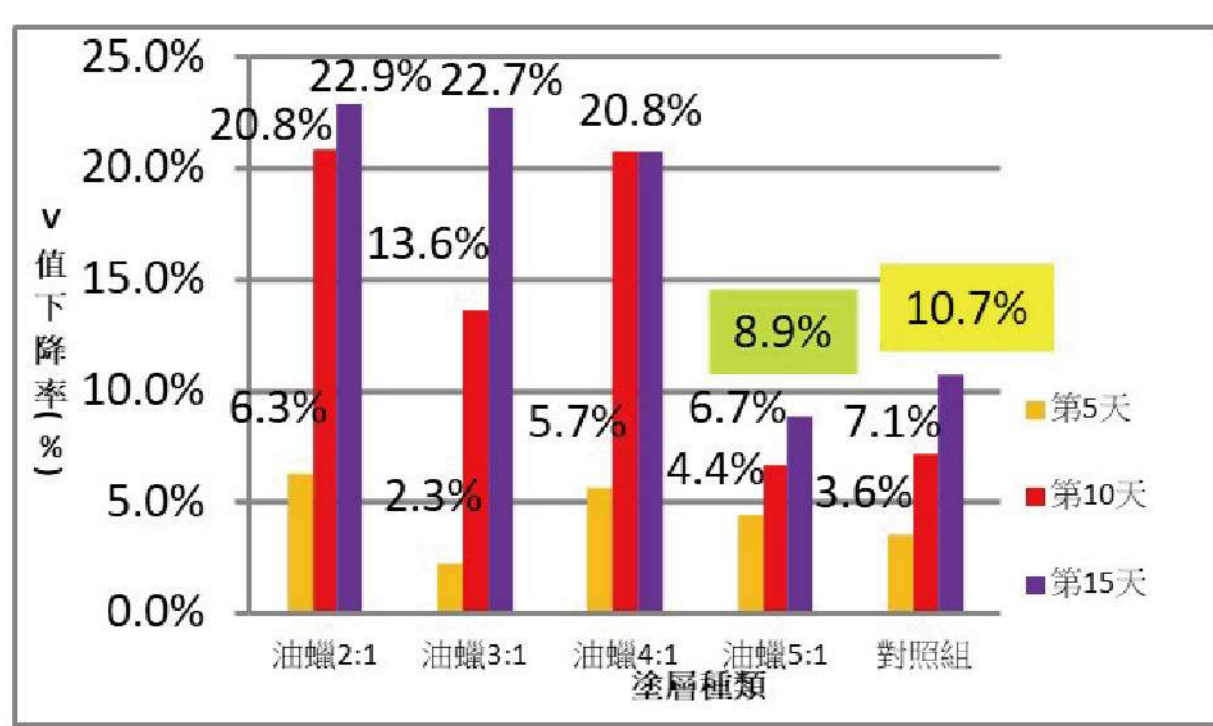


圖11 不同塗層對番茄HSV色彩空間的Value值下降率

■ 結果與討論：

番茄在行呼吸作用時，一系列的劇烈生理變化，會讓果實產生「外觀顏色轉變」，我們以四種不同比例的油蠟塗層用自製實驗工具塗抹於番茄表皮保存15天後，測量番茄外觀顏色的變化，可以發現到：

1. 由表10可得知，在15天內，實驗組與對照組的HSV色彩空間的Value值皆為下降趨勢，Value值越小代表顏色越暗，番茄越成熟。
2. 由圖11可得知第15天油蠟 5:1 的Value值下降率小於對照組，此塗層延緩番茄呼吸作用有明顯效果。
3. 蜂蠟比例越多的塗層對番茄保鮮效果沒有呈現正相關。

研究八、針對塗抹可食用塗層處理之番茄外觀做評估調查

■ **研究想法**：我們購買物品常常是觀看外表來決定是否購買的依據，因此我們拍下第15天的番茄照片，挑選100位不同年齡的一般民眾，針對感官部分來做評估給分，來得知塗層是否讓番茄保持新鮮，達到延緩呼吸作用的目的。

■ 實驗步驟：

我們設計電子問卷，將第15天番茄的照片用編號1~5代替，依序是對照組、油蠟比 2:1、油蠟比 3:1、油蠟比 4:1、油蠟比 5:1，評估項目包括有外觀完整度、表皮光滑度、顏色鮮豔度、果肉飽滿度、購買慾望，每項依番茄的外觀由劣到優給分1~5。

■ 實驗記錄：

表14 第15天番茄外觀評估分數表

塗層種類	對照組	油蠟比 2:1	油蠟比 3:1	油蠟比 4:1	油蠟比 5:1
評分項目					
代號	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5
外觀完整無裂開或破損	3	4.5	3	4	2
表皮光滑無皺褶或凹陷	3	3.5	2	4	1
顏色鮮豔無暗沉黑點	3	3	3	4	2
果肉飽滿	3	4	2	3.5	2
購買慾望	3	4	1	4	1
總分	15	19	11	19.5	8

■ 結果與討論：

1. 在第15天的番茄外觀評估分數上，油蠟比 4:1 > 2:1 > 對照組 > 3:1 > 5:1，蜂蠟比 4:1 和 2:1 塗層對番茄保鮮效果佳。
2. 蜂蠟所佔的比例雖然沒有明顯對番茄保鮮有正相關的現象，但 2:1、3:1 和 4:1 感官評估的分數明顯高於 5:1，推測蜂蠟比例高還是有較佳的保鮮效果。
3. 帥哥番茄因為表皮較厚，因此在室溫21~25°C環境放置15天後，對照組外觀上只有些許凹陷和皺褶，是種很耐放的更年性水果。



柒、研究結論

以玄米油和蜂蠟不同比例混合成可食用塗層，再以自製實驗工具塗抹於番茄表皮上，放置於室溫21~25°C環境中，第15天後可以發現：

- 一、油蠟比 2:1、3:1、4:1、5:1 的減重率皆低於對照組。
- 二、油蠟比 2:1、3:1 和 4:1 的pH值上升率低於對照組，顯示這三種塗層對番茄保鮮的效果佳。
- 三、在糖度方面，實驗組表現較好。
- 四、油蠟比 5:1 有效減緩番茄的呼吸作用，其他塗層對番茄的呼吸作用則沒有顯著的效果。
- 五、實驗組的濕度上升率皆比對照組高，顯示四種塗層對番茄的保鮮效果不佳。
- 六、油蠟比 5:1 的V值下降率小於對照組，此塗層延緩番茄呼吸作用有明顯效果。
- 七、油蠟比 2:1 和 5:1 的維生素C上升率明顯低於對照組，塗層延緩番茄呼吸作用，對水果的保鮮效果顯著。
- 八、消費者對油蠟比 4:1 和 2:1 塗層的番茄接受度佳。
- 九、在室溫環境下使用自製實驗工具塗抹油蠟於帥哥番茄上，方便又快速，不會影響外觀，也有水果保鮮的效果。

捌、參考資料

- 一、黃晉興(2021年3月)。影響小果番茄果實貯運外觀品質的因子。農業試驗所技術服務季刊，125，15-18。取自<https://scholars.tari.gov.tw/bitstream/123456789/15906/1/32-1-8.pdf>
- 二、陳健賢、賴麗旭(2010)。可食膜塗佈技術在輕加工蔬果的發展與應用。興大農業第72期農產品加工技術專輯，39-45頁。取自<https://ir.lib.nchu.edu.tw/bitstream/11455/84361/1/6.pdf>
- 三、張越評(2017年2月4日)。健康烹調用油正當紅 哪一種油最好。食力foodNEXT。取自<https://www.foodnext.net/life/health2/paper/4593759877>
- 四、葉佩瑋(2019年3月11日)。冰淇淋、甜點上附的蜂巢到底能不能吃下肚。食力foodNEXT。取自<https://www.foodnext.net/life/health2/paper/5616293960>
- 五、陳紘赫、鄭晴云、張筑(2023)。以食用油混合蜂蠟製成可食性塗層對聖女番茄保鮮效果之評估，中華民國第63屆中小學科學展覽會。