

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 農業與食品學科

團隊合作獎

052202

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

學校名稱：臺中市立大甲高級中等學校

作者： 高二 陳紘赫 高二 鄭晴云 高二 張筑涵	指導老師： 阮季芷
---	------------------

關鍵詞：可食性塗層(edible coating)、蜂蠟(beeswax)、
聖女番茄(*Solanum lycopersicum* var.
cerasiforme)

摘要

使用葵花油與椰子油分別與蜂蠟以重量比例 9：1、8：2 與 7：3 製成六種可食性塗層，塗抹於聖女番茄(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)後，分別保存於 4°C 與 20°C 共 15 天，分析聖女番茄之減重率(%)、總可溶性固形物(⁰Brix)、抗壞血酸含量、呼吸作用速率、pH 值並進行感官品質評估，以探究不同可食性塗層對聖女番茄保鮮的效果。

六種可食性塗層皆可有效降低聖女番茄的減重率，延緩 pH 值與總可溶性固形物的上升，保留更多抗壞血酸，並降低呼吸作用的速率，於感官品質評估中得分亦明顯高於對照組。根據前述六項保鮮效果評估的實驗結果，葵花油與蜂蠟比例 8:2 組別於 4°C 保存 15 天後，保鮮的效果最好。本實驗製作的可食性塗層確實可以達到保鮮的效果並延長聖女番茄的保質期。

壹、前言

一、研究動機

聖女番茄 (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) 為茄科 (Solanaceae) 番茄屬 (*Lycopersicon*) 1~2 年生之草本植物，又稱為櫻桃番茄(cherry tomato)，在台灣是常見的園藝作物。由於富含番茄紅素(Lycopene)、β-胡蘿蔔素(β-Carotene)、維生素 A 與維生素 C 等抗氧化成分，營養價值高，因此深受國人喜愛(洪瑛穗，2019)。

近期，因環保意識抬頭，因此，使用可食性塗層或其他可分解的保鮮膜來取代塑料保鮮材料，是未來蔬果與食品保鮮的趨勢。因為文獻中有提到番茄(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*)的保質期(shelf life)較短，熟化的程序進展的較快速(Park et al, 2019)，本研究想利用常見的食用油--葵花油、椰子油與可食性蜂蠟(beeswax)製作可食性塗層，希望可減少塑料保鮮材料的使用，延長聖女番茄的保質期並達到保鮮的效果。

二、研究目的

製作不同食用油與蜂蠟比例的可食性塗層：葵花油與蜂蠟的重量比例分別為 9：1、8：2 與 7：3；椰子油與蜂蠟的重量比例分別為 9：1、8：2 與 7：3，塗抹於聖女番茄後，分別保存於 4°C 與 20°C 共 15 天，探究不同塗層對聖女番茄(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) 保鮮的效果。

(一)測試可食性塗層對聖女番茄保存期間減重的影響。

(二)測試可食性塗層對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)與抗壞血酸(ascorbic acid)等成分的影響。

(三)測試可食性塗層對聖女番茄呼吸作用速率與 pH 值之影響。

(四)針對可食性塗層處理之聖女番茄進行感官品質評估(sensory quality assessment)。

三、文獻回顧

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill, Tomato)性喜冷涼且日夜溫差大的環境，一般在中南部平地於秋冬為主要栽培時期。由於富含茄紅素、維生素 A 及 C，營養價值極高，因此常以蔬菜、水果及加工製品為用途，臺灣於日據時代由日本人引入優良的栽培品種，而逐漸成為我國重要的栽培作物(吳麗春，2009)。國內番茄品種可依果形大小再分成大果番茄與小果番茄兩類，大果番茄依外觀可分為黑柿、粉柿、牛番茄及其他四類，大果番茄可作為水果切盤、蔬菜炒食或加工用途；小果番茄重量約 10~20 克，故又稱為迷你番茄、聖女番茄或櫻桃番茄，小果番茄依外觀可分為紅果、黃果和其他三類，其中以紅色系果實最為常見，因糖度高、風味十足且果實小巧可愛，因此已經水果化，成為鮮食番茄的主流(洪瑛穗，2019)。

以可食性膜或可食性塗層來取代無法生物分解的塑料包裝材料是新興的儲存技術(Oliverira et al, 2018)。製作可食性膜或可食性塗層的主要材料為生物性高分子物質，如碳水化合物、蛋白質、脂質或這些材料混合使用形成的複合膜。其中，脂質類可食性塗層具有良好的水氣阻隔性，塗抹於蔬果可延緩呼吸作用速率及防止產品水分損失，延長保存期限(陳建賢，2010)。Abhirami(2020)使用米糠蠟(rice bran wax)製作脂質塗層塗抹於番茄(*Solanum lycopersicum*)表面，可延緩熟化而延長番茄保質期 (Yadav et al, 2021)。Mejía-torres(2009)使用巴西棕櫚蠟(carnauba wax)塗抹於番茄(green tomato fruit)表面，發現可有效降低番茄的減重率，減少 pH 值、總可溶性固形物與顏色的變化，維持番茄的感官品質並減少葉綠素的降解(Khalid et al, 2022)。

葵花油為全球食用油品製造的第二順位，僅次於大豆油。葵花油具有 69% 亞麻油酸(linoleic acid)、20%油酸(oleic acid)、11%不飽和脂肪酸及豐富的維生素、礦物質與生育酚(tocopherols)營養價值高(Khan et al, 2015)。天然的葵花油因有明顯功效與低成本，因此，常作為醫藥用途之天然添加物。濃縮的葵花油中具有 90%必需脂質(essential lipids)、5%植物固醇(phytosterol)及 1%維生素 E。其脂質和皮膚角質層之脂質成分相似，可以促進表皮神經醯胺(epidermal ceramide)和膽固醇(cholesterol)之合成，使用於皮膚，可保濕並增進皮膚屏障(Eichenfield et al, 2009)。人體證據顯示，葵花油具有生育酚維生素 E (tocopherol vitamine E)，有抗氧化之特性(Stoia et al, 2015)。在可食性膜或可食性塗層的應用上，葵花油常添加於綜合

的可食性膜或可食性塗層中(composite edible films and coatings)。Azarakhsh(2012)將葵花油添加於多醣基底的可食性塗層(polysaccharide-based edible coatings)中並使用於鳳梨切片上，結果顯示，鳳梨切片的減重率與呼吸作用速率皆明顯低於對照組，並可有效維持鳳梨切片的緊實度(firmness)(Azarakhsh et al, 2012)。Abugoch(2014)則將葵花油添加於綜合的可食性塗層(quinoa protein/chitosan/sunflower oil edible coating)中，結果顯示，塗層可有效降低藍莓(*Vaccinium corymbosum* L. cv. O'Neal)的減重率與 pH 值的變化，並維持藍莓的緊實度(Abugoch et al, 2014)。

椰子油富含月桂酸(lauric acid)，證據顯示，月桂酸於體內可轉變為月桂酸甘油酯(monolaurin)，具有抗病毒、抗細菌與抗真菌的活性。椰子油塗層可使氣孔關閉降低蒸散作用及呼吸作用的速率(Nasrin et al, 2020)。Das(2013)使用椰子油與米澱粉製作綜合的可食性塗層可有效降低番茄的減重率並延緩熟化的過程(Yadav et al, 2021)。

蜂蠟具有非常廣泛的商業用途，當作柑橘類表面的塗層可形成半透性屏障，以提高二氧化碳並降低氧氣的濃度，進而降低呼吸作用與氧化作用等代謝速率，降低蒸散作用速率而減少失重，並可抵抗病原體入侵，提高保存效益(Sultan et al, 2021)。Zewdie(2022)使用蜂蠟與苦楝葉萃取液製作脂質基底的綜合性可食性塗層，發現可有效降低番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)的減重率，維持緊實度並維持番茄的色澤與風味(Khalid et al, 2022)。

2019 年全球的塑膠產量達到 3 億 6 千 8 百萬噸，其中 40%的塑膠用於包裝相關用途，對地球環境造成沉重的負擔(Plastic europe, 2021)。本研究藉著製作不同食用油與蜂蠟比例的可食性塗層，因為原料天然、無毒、可生物分解並且可食用，因此，希望可在友善環境的前提下達到番茄保鮮的效果。





貳、研究設備及器材

一、實驗植物來源

聖女番茄(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)：來自壠西坪休閒農場。

二、表 1 本研究使用的相關設備、儀器、化學藥品

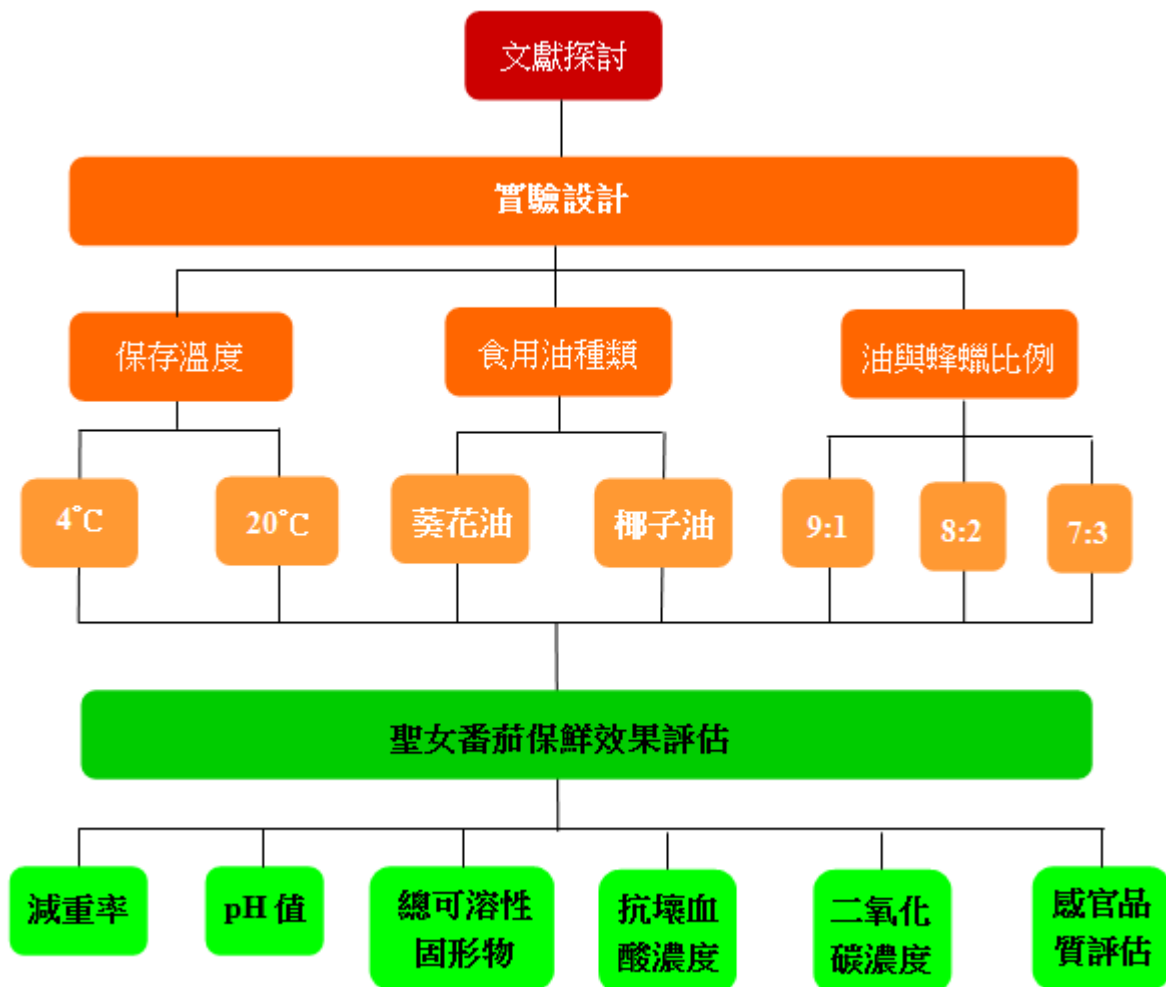
名稱	植物生長箱	電冰箱	分光光度計	微量天平
圖片				
備註	DENG YNG DR-60	Panasonic NR-B426GV	VERNIER Go Direct SpectroVis Plus	Precisa LX320M
名稱	電磁攪拌加熱器	pH 計	手持式折光儀	CO ₂ 監測儀
圖片				
備註	CORNING PC-4200	EUTECH pH510	HT119ATC	Critical-environment YESAIR
名稱	桌上型離心機	微量分注器	抗壞血酸	2,6-二氯靛酚
圖片				
備註	番茄萃取液離心用	Eppendorf Research plus	ascorbic acid	2,6-dichlorophenolindophenol, DCPIP
名稱	偏磷酸	蜂蠟	椰子油	葵花油
圖片				
備註	metaphosphoric acid	購於曾文蜂業農產行	購於大甲區全聯超市	購於大甲區全聯超市

名稱	研鉢	玻璃容器	玻璃燒杯	玻璃試管
圖片				
備註	研磨番茄	於密閉空間中測量 CO ₂ 濃度	配置可食性塗層	番茄萃取液離心用

各類儀器型號圖示皆由作者自行拍攝

參、研究方法

一、實驗架構



二、製作可食性塗層

1. 分別將葵花油與椰子油分別以重量比例 9:1、8:2、7:3 與蜂蠟混合。
2. 將調配好的可食性塗層以溫度 75~80°C 隔水加熱，以玻棒充分攪拌混合並使其融化至半透明之凝膠狀態。

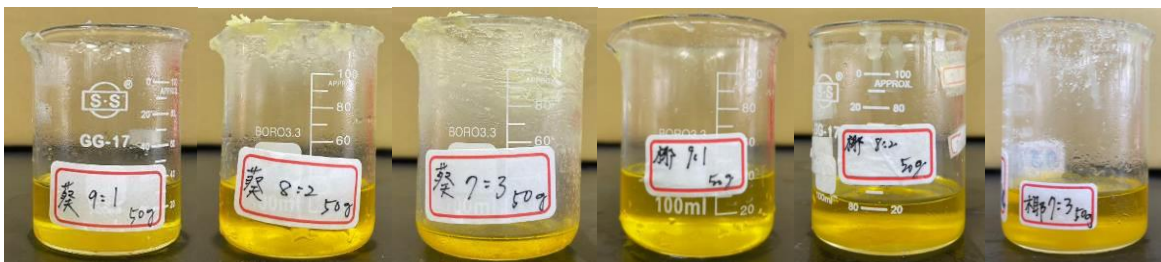


圖 1 葵花油與椰子油分別以重量比例 9:1、8:2、7:3 與蜂蠟混合，製成六種可食性塗層

3. 將融化後的可食性塗層以乾淨的軟毛刷子塗抹在番茄上，並自然風乾凝固。



圖 2 六種可食性塗層塗抹在番茄上，左側為葵花油組，右側為椰子油組

三、實驗聖女番茄準備

聖女番茄(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)以水洗除髒污並自然風乾。為避免實驗誤差，因此，實驗用的聖女番茄來自卓蘭壠西坪聖女番茄農場，為實驗開始前二天所採收，有統一尺寸與特徵，包含重量($14.18 \pm 2.3\text{g}$)、尺寸(長: $32.94 \pm 2.53\text{mm}$ 、直徑: $25.57 \pm 1.93\text{mm}$)、形狀(長橢圓形)與顏色(紅色)，質地緊實且沒有挫傷或真菌感染之徵象。分別塗上六種可食性塗層後，將對照組與六組實驗組保存於溫度 4°C 、濕度 70% 之冰箱中，另外 7 組則保存於溫度 20°C 、濕度 80% 之培養箱中，保存 15 天。實驗共進行二次，每組之重複數分別為 10 顆與 16 顆。

四、測試可食性塗層對聖女番茄保存期間減重的影響

使用微量天平(Precisa LX320M)於實驗開始(第 0 天)、第 3 天、第 6 天、第 9 天、第 12 天與第 15 天測量每一組中每一顆聖女番茄的重量(測量至 0.01g)，並於第 3、6、9、12 與 15 天以下面公式計算減重率(Osae et al, 2022)。

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

W_0 為聖女番茄實驗開始時的重量、 W_P 為聖女番茄實驗開始後每個測量區間的重量

五、測試可食性塗層對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)之影響

以研鉢將聖女番茄磨碎，滴 2~3 滴聖女番茄汁於手持式折光儀上，讀取 TSS 數值($^{\circ}\text{Brix}$) (Gharezi et al, 2012)。

六、測試可食性塗層對聖女番茄抗壞血酸(ascorbic acid)含量的影響

抗壞血酸 (ascorbic acid) 的定量，本研究使用的是 2,6- 二氯靛酚 (2,6-dichlorophenolindophenol, DCPIP)法(Nishkruti et al,2018)。

(一) 配置抗壞血酸標準溶液並建立校準曲線(calibration curve)

1. 將 100mg 的抗壞血酸(ascorbic acid)溶解於 100ml 之 3%(w/v)偏磷酸(metaphosphoric acid)中，即為 1000 μ g/ml 抗壞血酸標準液。
2. 使用 1000 μ g/ml 抗壞血酸標準液以 3%(w/v)偏磷酸進行稀釋，分別配置 20、40、60、80 與 100 μ g/ml 抗壞血酸標準液。
3. 分別取 1ml 之 20、40、60、80 與 100 μ g/ml 抗壞血酸標準液與 3ml 之 0.2mM DCPIP 加入比色管中混合均勻 15 秒，之後使用分光光度計於波長 515nm 測吸光度。

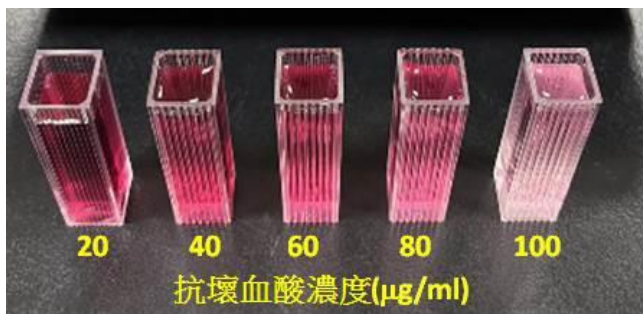


圖 3 DCPIP 法中 20、40、60、80 與 100 μ g/ml 之抗壞血酸標準液

4. 建立校準曲線

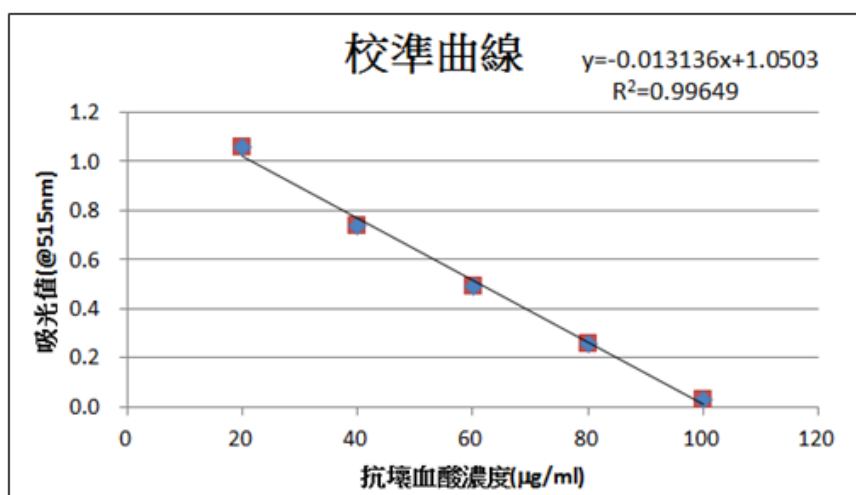


圖 4 抗壞血酸濃度 20、40、60、80 與 100 μ g/ml 之校準曲線

(二) 配置聖女番茄汁待測溶液

1. 使用紙巾將聖女番茄上的可食性塗層擦掉，以微量天平秤取每顆聖女番茄的重量。
2. 分別使用研鉢將每顆聖女番茄磨碎，將聖女番茄汁倒到燒杯中，以 20ml 之 3%(w/v) 偏磷酸(metaphosphoric acid)沖洗研鉢，充分將番茄萃取液沖洗至燒杯中，再將萃取液放入離心管中。
3. 將萃取液以 4000rpm 離心 10 分鐘，取上清液進行抗壞血酸定量分析。
4. 取 1ml 之萃取液與 3ml 之 0.2mM DCPIP 加入比色管中混合均勻 15 秒，之後使用分光光度計(VERNIER Go Direct SpectroVis Plus)於波長 515nm 測吸光度。
5. 利用校準曲線推算番茄中抗壞血酸含量(mg/100g 聖女番茄)。



七、測試可食性塗層對聖女番茄呼吸作用速率之影響

先將二氧化碳監測儀放置於鋁箔紙上，二分鐘後，待二氧化碳監測儀的數值穩定，再分別將各組之聖女番茄放置於鋁箔紙上(如圖 5)並將 20(L)×19(W)×21(H)cm 之玻璃容器蓋在上面，以凡士林塗抹封邊，形成一個密閉空間，利用紅外傳感器二氧化碳監測儀(Infrared CO₂ Sensor, Critical-environment YESAIR)紀錄每小時之二氧化碳濃度(ppm)變化，作為聖女番茄呼吸作用速率的指標。

圖 5 於密閉空間中利用二氧化碳監測儀監測二氧化碳濃度變化

八、測試可食性塗層對聖女番茄果汁 pH 值之影響

以研鉢將聖女番茄磨碎，使用 pH 計(EUTECH pH510)測量聖女番茄汁之 pH 值(Nasrin et al, 2020)。

九、針對可食性塗層處理之聖女番茄進行感官品質評估(sensory quality assessment)

選取二十名評估員，具有基本的味覺、嗅覺及顏色辨認等基本感官能力，各組聖女番茄於儲存 15 天後，評估員針對每一組的每一顆聖女番茄進行觀察，根據視覺新鮮度、顏色、質地、氣味與吸引力(購買慾)進行評分，評分等級為 1~10 分(Oliveira et al, 2018)。

肆、研究結果

一、測試可食性塗層對聖女番茄保存期間減重的影響

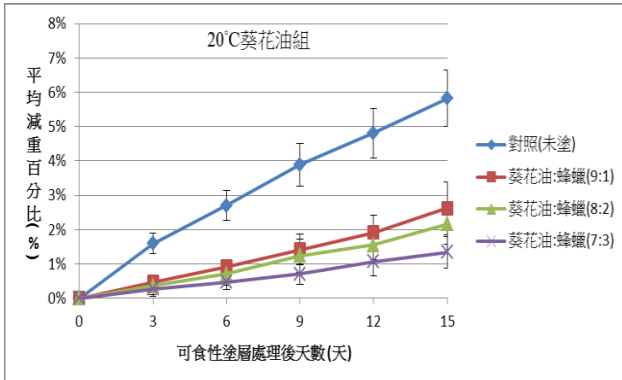


圖 6 不同葵花油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於 20°C 下減重之影響。(n= 16)

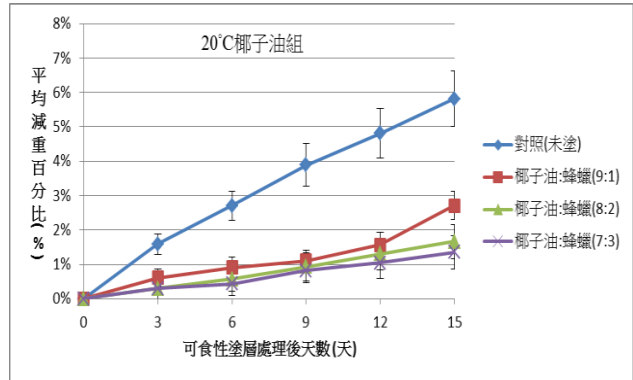


圖 7 不同椰子油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於 20°C 下減重之影響。(n= 16)

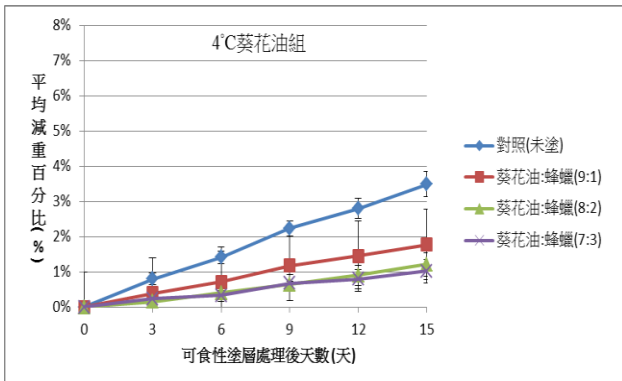


圖 8 不同葵花油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於 4°C 下減重之影響。(n= 16)

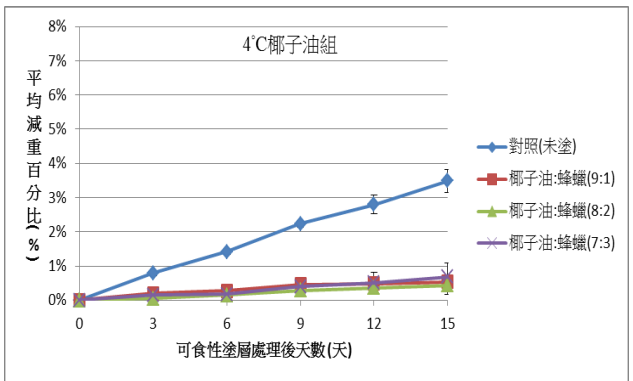


圖 9 不同椰子油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於 4°C 下減重之影響。(n= 16)

以葵花油與蜂蠟重量比例 9:1、8:2 與 7:3 製成的可食性塗層塗抹於聖女番茄後，不論於 20°C(圖 6)或 4°C(圖 8)之保存環境下，聖女番茄減重的情形皆明顯低於未塗抹可食性塗層之對照組($p < 0.01$)。於 20°C 之保存環境下，葵花油與蜂蠟重量比例 7:3 之塗層於第三天開始，減重情形即低於 9:1 之塗層($p < 0.05$)，於第六天開始，減重情形亦低於 8:2 之塗層($p < 0.05$)。葵花油與蜂蠟重量比例 8:2 之塗層於第六天開始，減重情形即低於 9:1 之塗層($p < 0.05$)。於 4°C 之保存環境下，葵花油與蜂蠟重量比例 8:2 與 7:3 之塗層於第三天開始即有明顯的防止減重效果，減重率低於 9:1 之塗層($p < 0.05$)。8:2 與 7:3 之塗層間則無顯著差異。

以椰子油與蜂蠟重量比例 9:1、8:2 與 7:3 製成的可食性塗層塗抹於聖女番茄後，不論於 20°C(圖 7)或 4°C(圖 9)之保存環境下，聖女番茄減重的情形與葵花油組類似，皆明顯低於未塗抹可食性塗層之對照組($p<0.01$)。於 20°C 之保存環境下，椰子油與蜂蠟重量比例 7:3 之塗層於第三天開始，減重情形即明顯低於 9:1 之塗層($p<0.05$)。椰子油與蜂蠟重量比例 8:2 之塗層除了第九天之外，減重情形即明顯低於 9:1 之塗層($p<0.05$)。椰子油與蜂蠟重量比例 7:3 之塗層則於第十五天其減重情形明顯低於 8:2 之組別($p<0.05$) (圖 7)。於 4°C 之保存環境下，椰子油與蜂蠟重量比例 8:2 之塗層於第三天開始即有明顯的防止減重效果，減重率低於 9:1 與 7:3 之塗層($p<0.05$) (圖 9)。比較不同食用油但相同比例之處理間的差異性，保存溫度 20°C 下，於第三天時，葵花油 9:1 組其減重情形明顯低於椰子油 9:1 組($p<0.05$)；於第六天時，椰子油 7:3 組其減重情形明顯低於葵花油 7:3 組($p<0.05$)；於第九天時，椰子油 9:1 與 8:2 組之減重情形明顯低於葵花油組($p<0.05$)；於第十二天時，則為椰子油 9:1 組之減重情形明顯低於葵花油組($p<0.05$)；於第十五天時，椰子油 8:2 組之減重情形明顯低於葵花油組($p<0.05$)。而保存溫度 4°C 下，則椰子油組之減重情形皆明顯低於葵花油組($p<0.05$)。

二、測試可食性塗層對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)之影響

表 2 食用油與不同比例蜂蠟之可食性塗層於 4°C 與 20°C 之儲存溫度下對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)之影響

組別	葵花油組 TSS(⁰ Brix)		椰子油組 TSS(⁰ Brix)	
	20°C	4°C	20°C	4°C
對照組(未塗)	5.07±0.69	5.16±0.70	5.07±0.69	5.16±0.70
油:蜂蠟 (9:1)	4.22±0.57	4.67±0.56	4.24±0.50	4.61±0.74
油:蜂蠟 (8:2)	4.47±0.62	4.31±0.64	4.42±0.56	4.75±0.54
油:蜂蠟 (7:3)	4.46±0.69	4.70±0.65	4.61±0.77	4.80±0.63

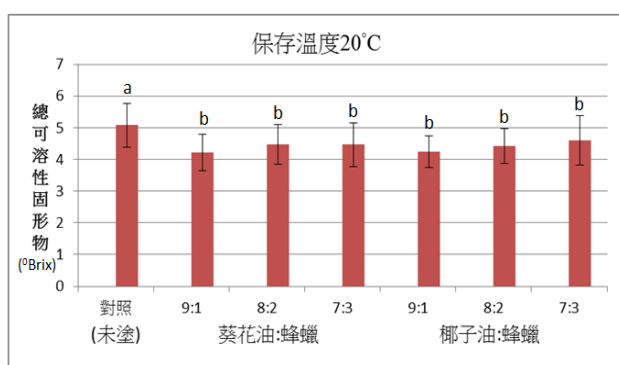


圖 10 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於 20°C 下總可溶性固形物之影響。不同字母表示不同可食性膜之處理間的顯著性差異 (n= 16)(p < 0.05)

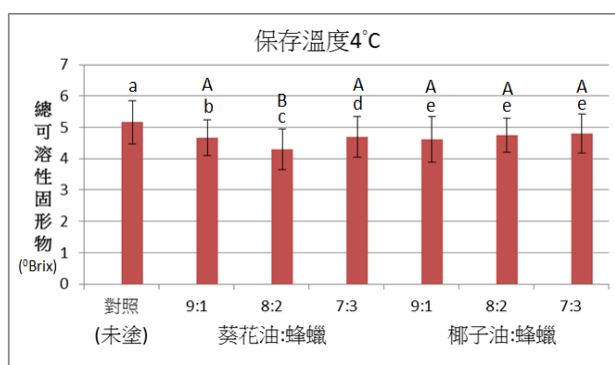


圖 11 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於 4°C 下總可溶性固形物之影響。不同小寫字母表示相同食用油但不同比例之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異(n= 16)(p < 0.05)

以六種可食性塗層分別塗抹聖女番茄後分別於 20°C 與 4°C 保存 15 天，之後測量總可溶性固形物。由表 2 與圖 10 可知，20°C 下，可食性塗層處理之聖女番茄其總可溶性固形物皆低於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。由表 2 與圖 11 可知，4°C 下，可食性塗層處理之聖女番茄其總可溶性固形物皆低於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。葵花油組中，葵花油與蜂蠟重量比例 8:2 之塗層處理之聖女番茄其總可溶性固形物低於 9:1 與 7:3 之組別(p<0.05)。椰子油組中，三組間則無顯著差異。比較相同食用油與蜂蠟比例，但不同食用油種類之組別，保存溫度 20°C 下，三種比例之葵花油組與椰子油組間的總可溶性固形物皆沒有顯著差異(p>0.05)。4°C 下，葵花油與蜂蠟重量比例 8:2 組則明顯低於椰子油組(p<0.05)。

三、測試可食性塗層對聖女番茄抗壞血酸(Ascorbic acid)濃度之影響

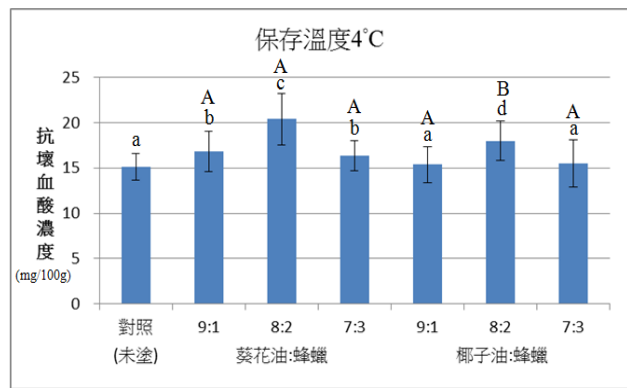
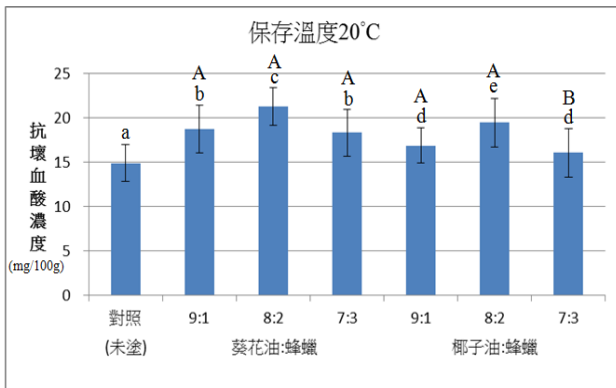


圖 12 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於 20°C 下抗壞血酸濃度之影響。不同小寫字母表示相同食用油但不同比例之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異(n=10)(p < 0.05)

圖 13 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於 4°C 下抗壞血酸濃度之影響。不同小寫字母表示相同食用油但不同比例之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異(n=10)(p < 0.05)

以六種可食性塗層分別塗抹聖女番茄後分別於 20°C 與 4°C 保存 15 天，之後測量每 100 克聖女番茄中的抗壞血酸含量(mg)。由圖 12 可知，20°C 下，可食性塗層處理之聖女番茄其抗壞血酸含量皆高於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。葵花油組中，葵花油與蜂蠟重量比例 8:2 之塗層處理之聖女番茄其抗壞血酸含量高於 9:1 與 7:3 之組別(p<0.05)，椰子油組中也呈現相似的結果，比例 8:2 之塗層處理之聖女番茄其抗壞血酸含量亦高於 9:1 與 7:3 之組別(p<0.05)。比較相同食用油與蜂蠟比例，但不同食用油種類之組別，可知葵花油與蜂蠟重量比例 7:3 組明顯高於椰子油組(p<0.05)，比例 9:1 與 8:2 之葵花油與椰子油的組別間則無顯著差異。4°C 下，除了椰子油與蜂蠟比例 9:1 之組別外，其他可食性塗層處理之組別其抗壞血酸含量皆高於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。比較相同食用油但不同比例之組別間的抗壞血酸含量則與 20°C 之結果相似，葵花油與椰子油組皆為比例 8:2 組別之聖女番茄其抗壞血酸含量高於 9:1 與 7:3 之組別(p<0.05)。比較相同食用油與蜂蠟比例，但不同食用油種類之組別，可知葵花油與蜂蠟重量比例 8:2 組明顯高於椰子油組(p<0.05)，比例 9:1 與 7:3 之葵花油與椰子油的組別間則無顯著差異(圖 13)。

四、測試可食性塗層對聖女番茄呼吸作用速率之影響

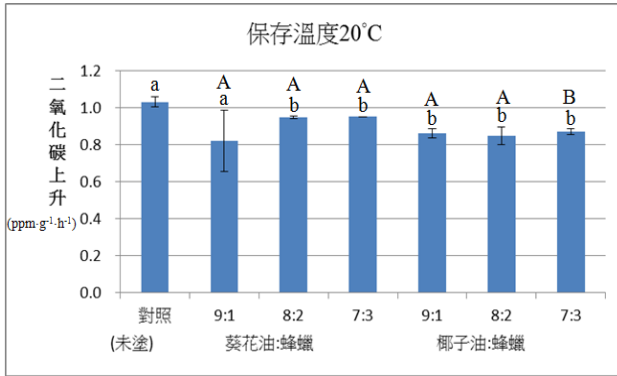


圖 14 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於 20°C 下二氧化碳產生之影響。不同小寫字母表示相同食用油但不同比例之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例處理間的顯著性差異(n= 10)(p < 0.05)

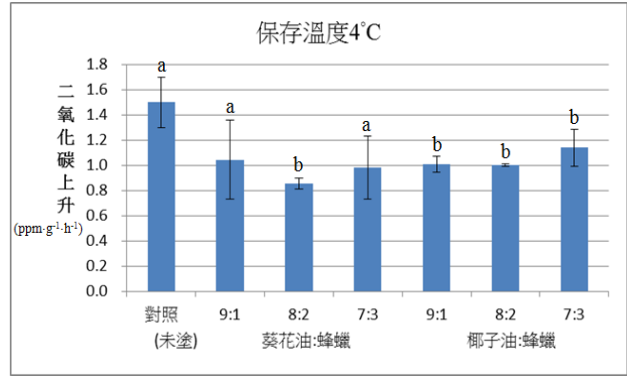


圖 15 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於 4°C 下二氧化碳產生之影響。不同字母表示不同可食性膜之處理間的顯著性差異 (n= 10)(p < 0.05)

以六種可食性塗層分別塗抹聖女番茄後分別於 20°C 與 4°C 保存 15 天，之後於密閉空間中，利用紅外傳感器二氧化碳監測儀(Infrared CO₂ Sensor, Critical-environment YESAIR)測量二氧化碳的濃度變化，以二氧化碳上升的幅度來反映番茄組織呼吸作用的強度。由圖 14 可知，20°C 下，可食性塗層處理之聖女番茄，除了葵花油與蜂蠟重量比例 9:1 組之外，其餘組別之二氧化碳上升的濃度皆低於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。比較相同食用油與蜂蠟比例，但不同食用油種類之組別，可知葵花油與蜂蠟重量比例 7:3 組之二氧化碳上升的濃度明顯高於椰子油組(p<0.05)。其餘二種比例之組別間則無顯著差異。於 4°C 下，可食性塗層處理之聖女番茄，除了葵花油與蜂蠟重量比例 9:1 與 7:3 兩組外，其餘組別之二氧化碳上升的濃度皆低於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。相同食用油與蜂蠟比例，但不同食用油種類之組別間則無顯著差異(圖 15)。

五、測試可食性塗層對聖女番茄 pH 值之影響

表 3 不同可食性塗層於 4°C 與 20°C 之儲存溫度下對聖女番茄 pH 值之影響

組別	葵花油組 pH 值		椰子油組 pH 值	
	20°C	4°C	20°C	4°C
對照組(未塗)	4.48±0.10 ^α	4.38±0.10 ^α	4.48±0.10 ^α	4.38±0.10 ^α
油:蜂蠟 (9:1)	4.48±0.07 ^α	4.33±0.09 ^β	4.48±0.12 ^α	4.31±0.11 ^β
油:蜂蠟 (8:2)	4.44±0.11 ^α	4.27±0.08 ^γ	4.47±0.11 ^α	4.31±0.12 ^β
油:蜂蠟 (7:3)	4.49±0.08 ^α	4.29±0.14 ^{βγ}	4.46±0.11 ^α	4.29±0.10 ^β

不同字母表示不同可食性塗層之處理間的顯著性差異(n= 16)(p < 0.05)

以六種可食性塗層分別塗抹聖女番茄後分別於 20°C 與 4°C 保存 15 天，之後以 pH 計 (EUTECH pH510)測量番茄汁之 pH 值。由表 3 可知聖女番茄於 20°C 保存 15 天後，各組間之 pH 值並無顯著差異。但是，保存於 4°C 之組別， pH 值皆較 20°C 之組別低(p<0.05)。4°C 之葵花油組，比例 8:2 之 pH 值明顯低於對照組與 9:1 組(p<0.05)。椰子油組之 pH 值則明顯低於對照組(p<0.05)，三種比例之組別間則無顯著差異。

六、針對可食性塗層處理之圣女番茄進行感官品質評估(sensory quality assessment)

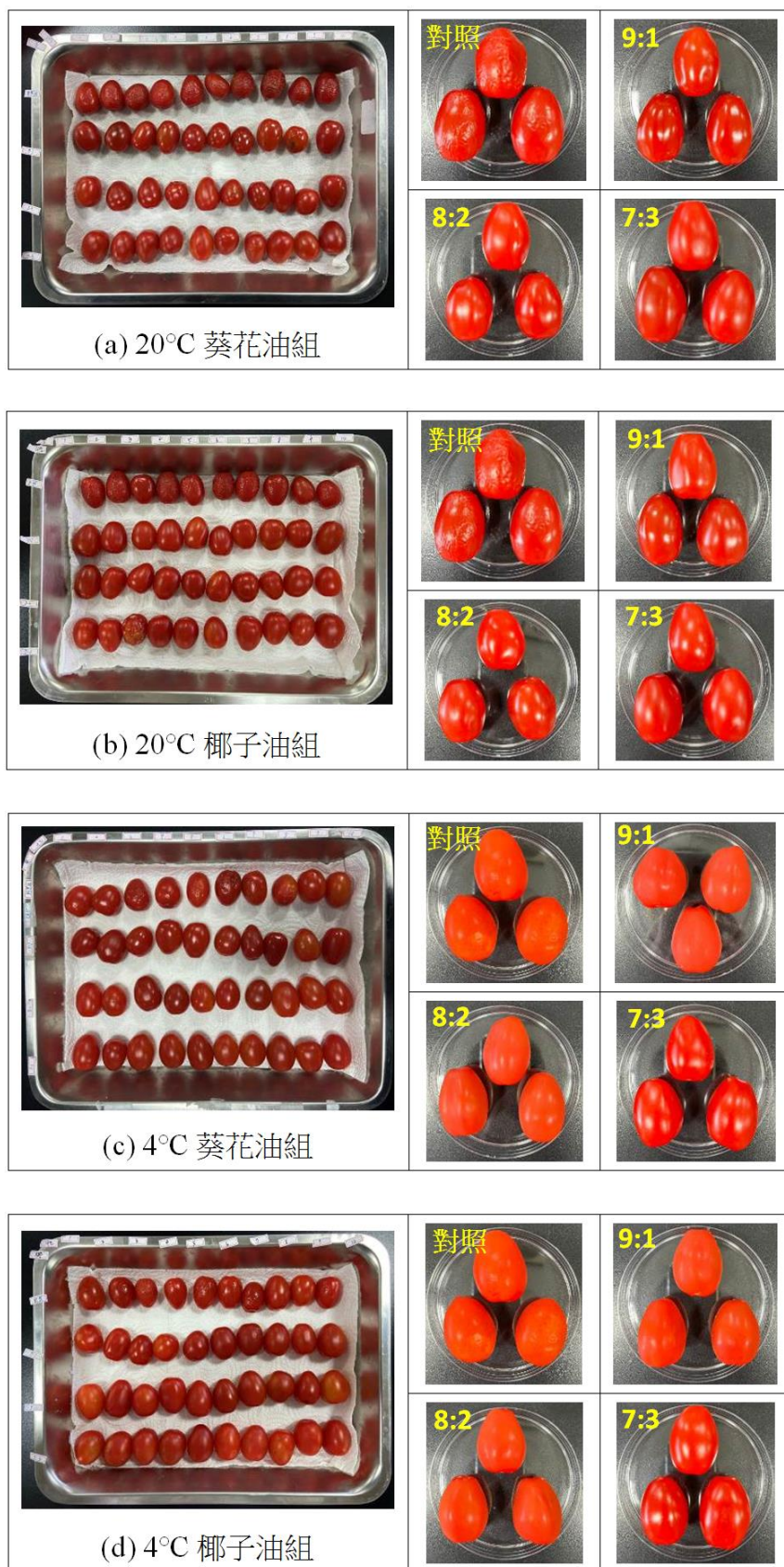


圖 16 針對(a)~(d)組圣女番茄進行感官品質評估(1~10 分)

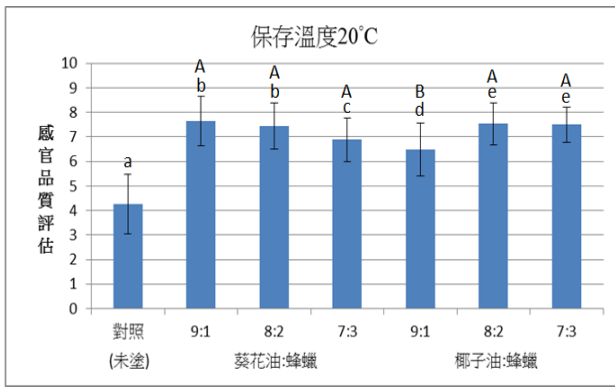


圖 17 不同可食性塗層處理之圣女番茄儲存於 20°C 下 15 天後之感官評估。不同小寫字母表示相同食用油但不同比例之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異(n= 16)(p < 0.05)

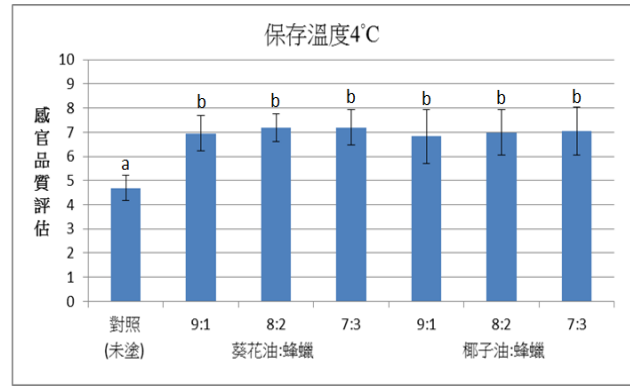


圖 18 不同可食性塗層處理之圣女番茄儲存於 4°C 下 15 天後之感官評估。不同字母表示相同食用油但不同比例之處理間的顯著性差異(n= 16)(p < 0.05)

以六種可食性塗層分別塗抹圣女番茄後分別於 20°C 與 4°C 保存 15 天，之後進行感官品質評估(1~10 分)。20°C 下，可食性塗層處理之圣女番茄其感官評估分數皆高於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。葵花油組中，9:1 與 8:2 組別之分數明顯高於 7:3 組(p<0.05)，椰子油組則為比例 8:2 與 7:3 組之分數明顯高於 9:1 組別(p<0.05) (圖 17)。比較相同食用油與蜂蠟比例，但不同食用油種類之組別，可知葵花油與蜂蠟重量比例 9:1 組明顯高於椰子油組(p<0.05)，比例 8:2 與 7:3 塗層之葵花油與椰子油組別間則無顯著差異(圖 17)。由圖 18 可知，4°C 下，可食性塗層處理之圣女番茄其感官評估分數亦高於未塗抹可食性塗層之對照組(p<0.05)。相同食用油種類但不同比例之組別間則無顯著差異，不同食用油種類但相同比例之組別間亦無顯著差異(p>0.05)。

伍、討論

一、可食性塗層對聖女番茄保存期間減重的影響

聖女番茄於保存期間會因蒸散作用與呼吸作用而減重(Oase, 2017)。實驗結果顯示，二種食用油與蜂蠟製成的可食性塗層可明顯降低聖女番茄的減重情形，保存於 20°C 下，葵花油組為 8:2 與 7:3 比例之塗層防止減重的效果較佳。而保存於 4°C 下，則椰子油組之減重情形皆明顯低於葵花油組($p<0.05$)。脂質類可食性塗層具有良好的水氣阻隔性，塗抹於蔬果可防止產品水分損失並維持氧氣與二氧化碳濃度而延緩呼吸作用速率及延長保存期限(陳建賢，2010)。食用油添加蜂蠟製成可食性塗層可有效防止水分散失而延長番茄的保質期。

二、可食性塗層對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)之影響

總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)包含醣類，可溶性礦物質與有機酸等，其中醣類約占總可溶性固形物的 80~85%，總可溶性固形物於熟化的過程會增加，原因可能為澱粉水解產生醣類，因此，總可溶性固形物是果實熟化的重要指標(Oase, 2017)。研究結果顯示，二種食用油與蜂蠟製成的可食性塗層可明顯降低聖女番茄中之總可溶性固形物，保存溫度 4°C 下，葵花油與蜂蠟重量比例 8:2 組降低總可溶性固形物的效果最佳，可減緩聖女番茄熟化的過程。

三、可食性塗層對聖女番茄抗壞血酸(Ascorbic acid)濃度之影響

抗壞血酸是聖女番茄中重要的抗氧化物質，主要是藉由 L-半乳糖途徑(L-galactose pathway)產生，並由抗壞血酸氧化酶(ascorbate oxidase)與抗壞血酸過氧化物酶(ascorbate peroxidase)催化降解(Zheng et al, 2022)。研究結果顯示，二種食用油與蜂蠟製成的可食性塗層可有效減緩聖女番茄中之抗壞血酸的流失，不論聖女番茄保存於 4°C 或 20°C，葵花油組與椰子油組皆為比例 8:2 組別的聖女番茄中之抗壞血酸的含量最高。

四、可食性塗層對聖女番茄呼吸作用速率之影響

本研究於密閉空間中偵測二氧化碳上升的濃度，作為聖女番茄呼吸作用速率的指標。研究結果顯示，二種食用油與蜂蠟製成的可食性塗層可有效降低聖女番茄中呼吸作用的速率，保存於 4°C 的實驗組別，呼吸作用的速率較保存於 20°C 的實驗組別低。Arte's(1999)亦發現番茄保存溫度 2°C 的實驗組別，呼吸作用的速率為 10°C 實驗組別的一半。保存於 4°C 之葵花油與蜂蠟比例 8:2 組別，呼吸作用的速率較其他實驗組別低。

五、可食性塗層對聖女番茄 pH 值之影響

Osae(2017)指出，番茄的保存天數增加，其 pH 值亦隨之上升，保存期間 pH 值上升的原因可能為呼吸作用等代謝速率上升(Osae, 2017)。本研究結果顯示，保存於 4°C 之實驗組番茄其 pH 值明顯低於對照組，亦明顯的低於 20°C 之組別。保存於 4°C 之葵花油與蜂蠟比例 8:2 組別之 pH 值較低，椰子油不同比例之組別皆則無顯著差異。

六、針對可食性塗層處理之聖女番茄進行感官品質評估(sensory quality assessment)

未塗抹可食性塗層之對照組於 4°C 與 20°C 保存 15 天後，呈現脫水的表面且明顯減重，聖女番茄之觸感與緊實度皆比實驗組表現差，感官品質評估的得分較低。保存於 4°C 之組別間感官品質評估的得分無顯著差異，保存於 20°C 之組別則為葵花油 9:1 與 8:2 組與椰子油 8:2 與 7:3 組別感官品質評估的得分較高。

七、未來展望

1. 測試可食性塗層對聖女番茄保存期間 pH 值、總可溶性固體與抗壞血酸濃度隨時間之變化。
2. 測試可食性塗層對聖女番茄保存期間呼吸作用的速率隨時間之變化。
3. 測試可食性塗層對聖女番茄保存期間乙烯濃度的變化。
4. 測試其他食用油如橄欖油、大豆油等與蜂蠟製成的可食性塗層之保鮮效果。
5. 測試本實驗之可食性塗層應用於高單價水果如蘋果與水梨等之保鮮效果。
6. 將實驗中的可食性塗層推廣於家庭或超市之蔬果保存上。

陸、結論

葵花油與椰子油以 9:1、8:2 與 7:3 比例和蜂蠟混合後製成可食性塗層處理聖女番茄，之後保存於 4°C 與 20°C，經過 15 天的保存期，可食性塗層可有效降低聖女番茄的減重率，延緩 pH 值與總可溶性固體的上升，保留更多抗壞血酸，並降低呼吸作用的速率，於感官品質評估中得分亦明顯高於對照組。綜合以上評估，保存於 4°C 的組別中，葵花油與蜂蠟比例 8:2 組別保鮮的效果最好。本實驗製作的可食性塗層確實可以達到保鮮的效果並延長聖女番茄的保質期。

柒、參考資料

1. 洪瑛穗、周明燕、郭宏遠、劉明宗、李美娟(2019)。番茄生產、抗病育種及品種育成概況。種苗科技專訊第 105 號研究成果。
2. 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
3. 吳麗春(2009)。台灣番茄產業概況。桃園區農業技術專輯 1 期，1-7 頁。
4. Abugoch, L., Tapia, C., Plasencia, D., Pastor, A., Castro-Mandujano, O., López, L. and Escalonad, V..2015. Shelf-life of fresh blueberries coated with quinoa protein/chitosan/sunflower oil edible film. *J Sci Food Agric* 96: 619–626. DOI 10.1002/jsfa.7132
5. Arte´s, F., Conesa, M.A., Herná´ndez, S., Gil, M.I.1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology* 17 (1999) 153–162. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00044-7)
6. Azarakhsh, N.,Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P. and Mohd Adzahan, N..2012. Optimization of alginate and gellan-based edible coating formulations for fresh-cut pineapples. *International Food Research Journal* 19(1): 279-285. DOI: 10.17660/ActaHortic.2011.902.67
7. Eichenfield, L. F., McCollum, A. and Msika, P..2009. The Benefits of Sunflower Oleodistillate (SOD) in Pediatric Dermatology. *Pediatric Dermatology* 26(6): 669–675. DOI: 10.1111/j.1525-1470.2009.01042

8. Gharezi, M., Joshi, N. and Sadeghian, E.. 2012. Effect of Post Harvest Treatment on Stored Cherry Tomatoes. *Journal of Nutrition & Food Sciences* 2(8):1~10.
<http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000157>
9. Khalid, M. A., Niaz, B., Saeed, F., Afzaal, M., Islam, F., Hussain, M., Muhammad, M., Khalid, H. S., Siddeeg, A. & Al-Farga, A..2022. Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. *International Journal of Food Properties*. 25(1) : 1817–1847. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2107005>
10. Khan, S., Choudhary, S., Pandey, A., Khan, M. K., Thomas, G.. 2015. Sunflower Oil: Efficient Oil Source for Human Consumption. *Emer Life Sci Res* 1(1): 1-3. doi: 10.21475/poj.12.01.19.pt1773
11. Nasrin, T. A. A., Rahman, M. A., Arfin, M. S., Islam, M. N.. 2020. Effect of novel coconut oil and beeswax edible coating on postharvest quality of lemon at ambient storage. *Journal of Agriculture and Food Research* 2 :100019 <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2019.100019>
12. Oliveira, V.R.L., Santosa, F.K.G, Leitea, R.H.L., Arouchaa, E.M.M., Silva, K.N.O..2018. Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. *Food Chemistry* 259 : 55–64. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.03.101
13. Osaе, R., Apaliya, M. T., Alolga, R. N., Kwaw, E., Otu P. N. Y., Akaba, S.. 2022. Influence of shea butter, bee wax and cassava starch coatings on enzyme inactivation, antioxidant properties, phenolic compounds and quality retention of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruits. *Applied Food Research* 2 : 100041. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100041>
14. Osaе R., Essilfie G., Anim J. O..2017. Assessment of locally produced waxing materials on the shelf life and fruit quality of two tomato varieties (*Solanum lycopersicum*). *JENRM*, Vol. 4, No. 6, 36-47.
15. Park K. M., Kim H. J., Kim S. S., Lee S. B., Mooncheol Jeong, Kee Jai Park, Minseon Koo.2019. Effect of temperature treatment on postharvest quality of the cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*). *Korean J. Food Preserv*, 6(6) : 595-605.
<https://doi.org/10.11002/kjfp.2019.26.6.595>
16. Plastic Europe. 2021. Plastic- The Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data.
https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_version

17. Sultan, M., Hafez, O. M., Salehb, M. A. and Youssef, A. M.. 2021. Smart edible coating films based on chitosan and beeswax–pollen grains for the postharvest preservation of Le Conte pear. *Royal Society of Chemistry Advances* 11 : 9572–9585. DOI: 10.1039/d0ra10671b
18. Yadav, A., Kumar, N., Upadhyay, A., Sethi, S.. 2021. Edible coating as postharvest management strategy for shelf-life extension of fresh tomato (*Solanum lycopersicum* L.): An overview. *Journal of Food Science*, 87: 2256-2290. DOI: 10.1111/1750-3841.16145
19. Zheng, X., Gong, M., Zhang, Q., Tan, H., Li, L., Tang, Y., Li, Z., Peng, M., and Deng, W..2022. Metabolism and Regulation of Ascorbic Acid in Fruits. *Plants* 11 : 1602.
<https://doi.org/10.3390/plants11121602>

【評語】 052202

1. 研究以葵花油、椰子油或可食性蜂蠟作為蔬果之塗層以達到食品包鮮之目的，對農產品品質延長，降低不良或廢棄率，減少食物浪費應有助益。
2. 惟目前探討之包覆基質，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。製程需要降溫處理，經濟效益如何？
3. 試驗成果報告撰寫整理不錯，問題回答完整，團隊合作默契佳。

作品海報



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

摘要

使用葵花油與椰子油分別與蜂蠟以重量比例9:1、8:2與7:3製成六種可食性塗層，塗抹於聖女番茄(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)後，分別保存於4°C與20°C共15天，分析聖女番茄之減重率(%)、總可溶性固形物(⁰Brix)、抗壞血酸含量、呼吸作用速率、pH值並進行感官品質評估，以探究不同可食性塗層對聖女番茄保鮮的效果。

六種可食性塗層皆可有效降低聖女番茄的減重率，延緩pH值與總可溶性固形物的上升，保留更多抗壞血酸，並降低呼吸作用的速率，於感官品質評估中得分亦明顯高於對照組。其中，葵花油與蜂蠟比例8:2組別於4°C保存15天後，保鮮的效果最好。本實驗製作的可食性塗層確實可以達到保鮮的效果並延長聖女番茄的保質期。

壹、前言

一、研究動機

因環保意識抬頭，使用可食性塗層或其他環保包材取代塑料保鮮材料，是未來保鮮的趨勢。由於文獻中提到番茄(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*)的保質期(shelf life)較短，熟化的程序進展的較快速(Park et al, 2019)，本研究想利用常見的食用油--葵花油、椰子油與可食性蜂蠟(beeswax)混合製成可食性塗層，希望可減少塑料材料的使用，延長聖女番茄的保質期並達到保鮮的效果。

二、研究目的

- (一)測試可食性塗層對聖女番茄保存期間減重的影響。
- (二)測試可食性塗層對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)與抗壞血酸(ascorbic acid)等成分的影響。
- (三)測試可食性塗層對聖女番茄呼吸作用速率與pH值之影響。
- (四)針對可食性塗層處理之聖女番茄進行感官品質評估(sensory quality assessment)。

三、文獻回顧

- 以可食性塗層來取代無法生物分解的塑料包裝材料是新興的儲存技術(Oliverira et al, 2018)。
- 脂質類可食性塗層具有良好的水氣阻隔性，塗抹於蔬果可延緩呼吸作用速率及防止產品水分損失，延長保存期限(陳建賢, 2010)。
- 米糠蠟及巴西棕梠蠟製成脂質塗層塗抹於番茄，可以有效地減緩番茄的熟化(Yadav et al, 2021; Khalid et al, 2022)。
- 蜂蠟具有降低蒸散作用速率而減少失重，並可抵抗病原體入侵，提高保存效益(Sultan et al, 2021)。
- 葵花油添加於塗層中，可有效減少鳳梨切片與藍莓的減重率，並維持其緊實度(Azarakhsh et al, 2012; Abugoch et al, 2014)。
- 椰子油與米澱粉製成的可食性塗層可有效降低番茄的減重率並延緩熟化的過程(Yadav et al, 2021)。
- 葵花油具有生育酚維生素E(tocopherol vitamine E)，有抗氧化之特性(Stoia et al, 2015)。
- 椰子油中富含月桂酸，具有抗病毒、抗細菌與抗真菌的活性。(Nasrin et al, 2020)。



貳、研究方法與過程

一、實驗植物與來源

聖女番茄(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)：來自壠西坪休閒農場。

二、工具、耗材與儀器

微量分注器(Eppendorf Research plus)、植物生長箱(DENG YNG DR-60)、微量天平(Precisa LX320M)、離心機(DSC-N158T)、分光光度計(VERNIER Go Direct SpectroVis Plus)、電冰箱、電磁攪拌加熱器(CORNING PC-4200)、pH計(EUTECH pH510)、手持式折光儀(HT119ATC)、CO₂監測儀(Critical-environment YESAIR)、抗壞血酸(ascorbic acid)、2,6-二氯靛酚(2,6-dichlorophenolindophenol, DCPIP)、蜂蠟、椰子油、葵花油。



圖1 分光光度計



圖2 手持式折光儀



圖3 植物生長箱



圖4 CO₂監測儀



三、研究架構

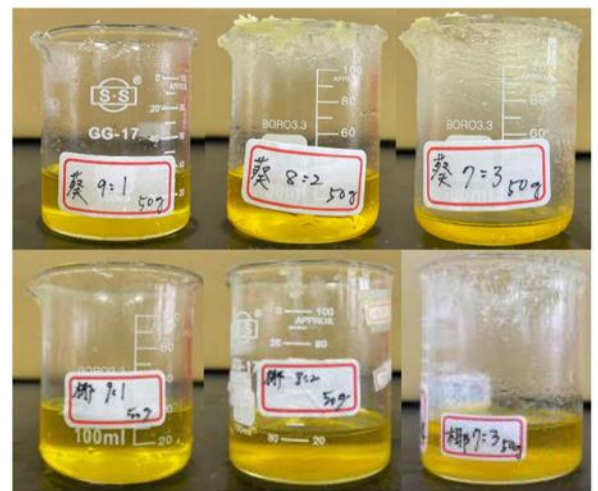


圖5 葵花油與椰子油分別以重量比例9:1、8:2、7:3與蜂蠟混合，製成六種可食性塗層



圖6 以可食性塗層處理之番茄。葵花油&蜂蠟組(左)、椰子油&蜂蠟組(右)

參、研究結果與討論

一、測試可食性塗層對聖女番茄保存期間減重的影響

1. 減重率(%) = $(W_0 - W_p) / W_0 \times 100\%$

- 有塗抹可食性塗層之組別減重情形皆明顯低於未塗層之對照組⇒可食性塗層可降低番茄的減重。
- 4°C下，有塗抹可食性塗層之組別減重情形皆明顯低於20°C之組別。
- 4°C下，椰子油組減重情形皆明顯低於葵花油組，其中椰子油重量比例8:2防止減重的效果最好。

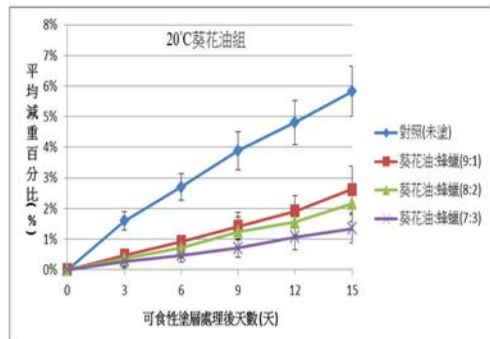


圖7 不同葵花油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於20°C下減重之影響。(n=16)

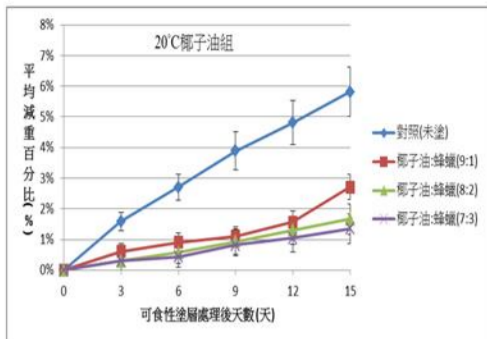


圖8 不同椰子油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於20°C下減重之影響。(n=16)

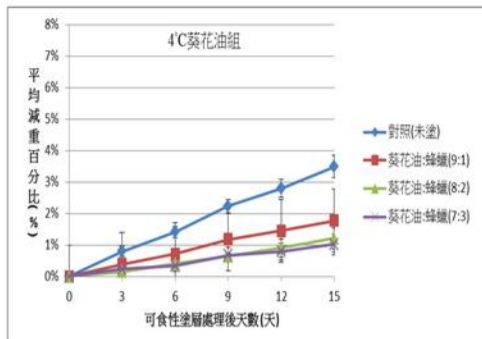


圖9 不同葵花油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於4°C下減重之影響。(n=16)

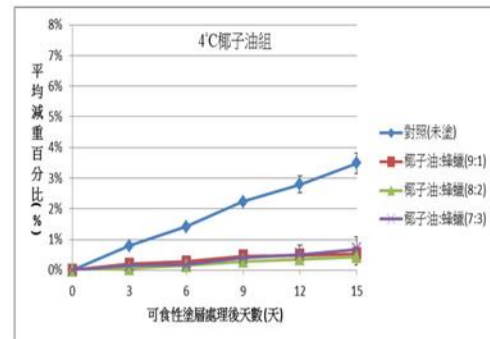


圖10 不同椰子油與蜂蠟比例之塗層對聖女番茄儲存於4°C下減重之影響。(n=16)

二、測試可食性塗層對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)之影響

- 有塗抹可食性塗層組別之總可溶性固形物皆明顯低於未塗層之對照組。
- 20°C下，相同比例之葵花油組與椰子油組間並沒有顯著差異。
- 4°C下，葵花油重量比例8:2降低總可溶性固形物的效果最佳。
- 總可溶性固形物主要為醣類，是果實熟化的重要指標，因此，可食性塗層可延緩番茄的熟化。

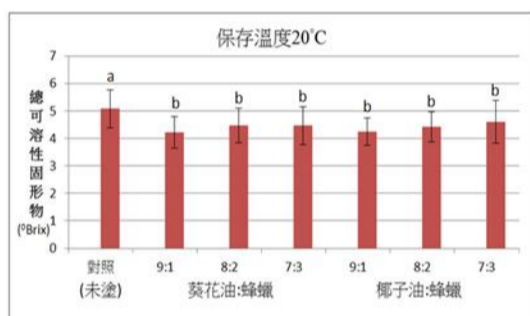


圖11 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於20°C下總可溶性固形物之影響。

不同小寫字母表示不同可食性塗層之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異(n=16) (p<0.05)

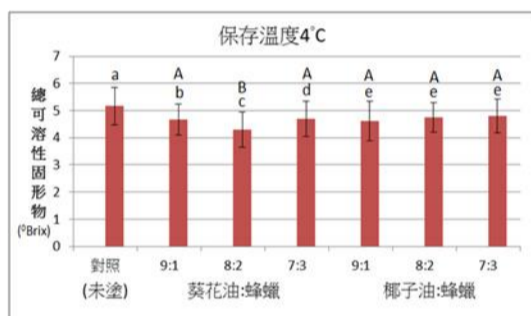


圖12 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於4°C下總可溶性固形物之影響。

表一 食用油與蜂蠟混合之可食性塗層於4°C與20°C之儲存溫度下對聖女番茄總可溶性固形物(total soluble solids, TSS)之影響

組別	葵花油組 TSS(°Brix)		椰子油組 TSS(°Brix)	
	20°C	4°C	20°C	4°C
對照組(未塗)	5.07±0.69	5.16±0.70	5.07±0.69	5.16±0.70
油:蜂蠟 (9:1)	4.22±0.57	4.67±0.56	4.24±0.50	4.61±0.74
油:蜂蠟 (8:2)	4.47±0.62	4.31±0.64	4.42±0.56	4.75±0.54
油:蜂蠟 (7:3)	4.46±0.69	4.70±0.65	4.61±0.77	4.80±0.63

三、測試可食性塗層對聖女番茄抗壞血酸(Ascorbic acid)濃度之影響

- 除4°C椰子油重量比例9:1外，其餘有塗層組別之抗壞血酸含量皆明顯高於未塗層之對照組。
- 20°C與4°C下，葵花油與椰子油組皆為重量比例8:2組別之抗壞血酸含量最高。
- 可食性塗層可延緩番茄抗壞血酸的流失。

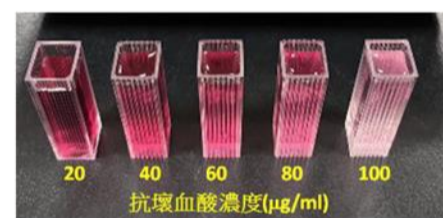


圖15 DCPIP法中五種濃度之抗壞血酸標準液

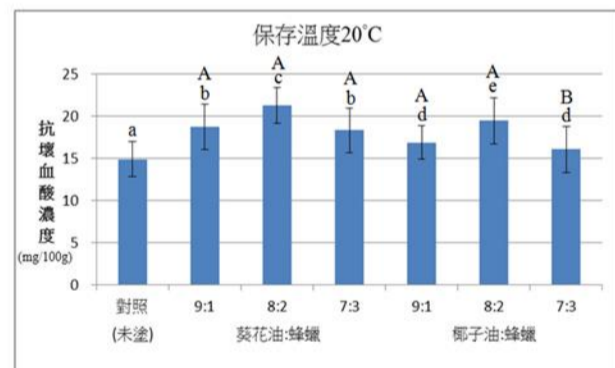


圖13 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於20°C下抗壞血酸濃度之影響。

不同小寫字母表示不同可食性塗層之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異(n=10) (p<0.05)

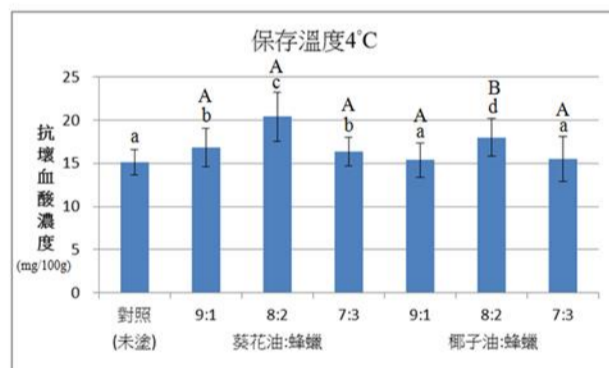


圖14 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於4°C下抗壞血酸濃度之影響。

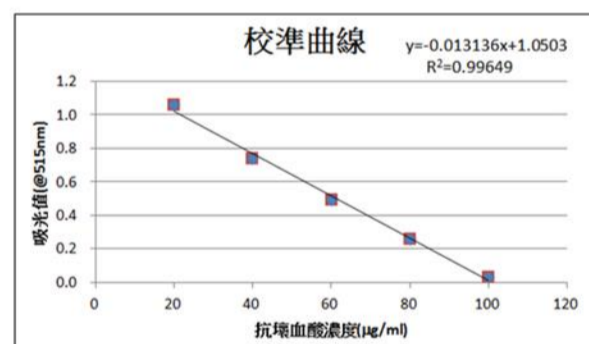


圖16 抗壞血酸濃度20~100 µg/ml之校準曲線

四、測試可食性塗層對聖女番茄呼吸作用速率之影響

- 除20°C葵花油重量比例9:1與4°C葵花油重量比例9:1與7:3外其餘組別CO₂上升濃度皆明顯低於對照組。
- 4°C葵花油重量比例8:2組別之CO₂上升濃度最低⇒可食性塗層可降低番茄的呼吸作用速率。

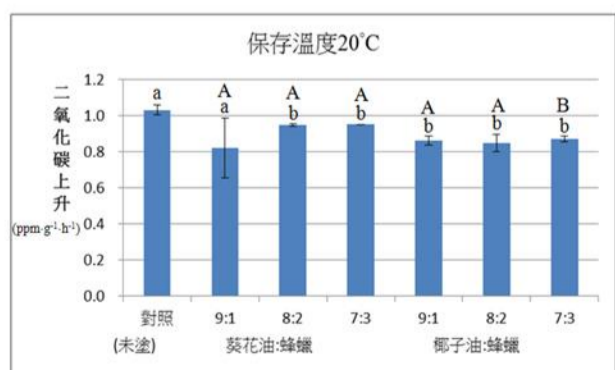


圖17 不同可食性塗層對聖女番茄儲存於20°C下二氧化碳產生之影響。

不同小寫字母表示不同可食性塗層之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異(n=10) (p<0.05)

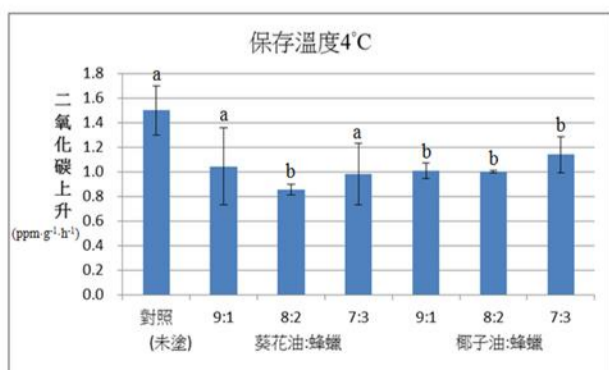


圖18 不同可食性塗層對聖女小番茄儲存於4°C下二氧化碳產生之影響。

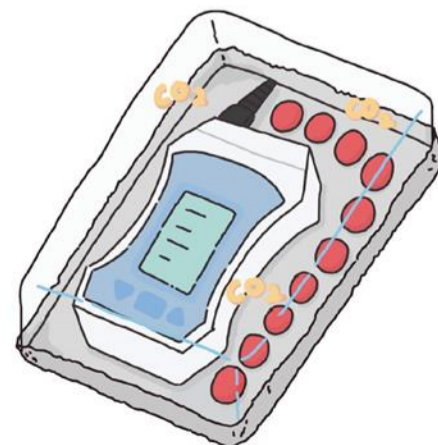


圖19 測量二氧化碳濃度變化之實驗裝置示意圖(作者自行手繪)

五、測試可食性塗層對聖女番茄pH值之影響

1. 20°C下各組間pH值皆無顯著差異。

2. 4°C下，葵花油與椰子油組別皆低於對照組，葵花油8:2組明顯低於7:3與9:1組；椰子油組間則無顯著差異。

表二 不同可食性塗層於4°C與20°C之儲存溫度下對聖女番茄pH值之影響

組別	葵花油組 pH 值		椰子油組 pH 值	
	20°C	4°C	20°C	4°C
對照組(未塗)	4.48±0.10 ^α	4.38±0.10 ^α	4.48±0.10 ^α	4.38±0.10 ^α
油:蜂蠟 (9:1)	4.48±0.07 ^α	4.33±0.09 ^β	4.48±0.12 ^α	4.31±0.11 ^β
油:蜂蠟 (8:2)	4.44±0.11 ^α	4.27±0.08 ^γ	4.47±0.11 ^α	4.31±0.12 ^β
油:蜂蠟 (7:3)	4.49±0.08 ^α	4.29±0.14 ^{βγ}	4.46±0.11 ^α	4.29±0.10 ^β

六、針對可食性塗層處理之聖女番茄進行感官品質評估(sensory quality assessment)

1. 20°C與4°C下，有塗層組別感官品質評估得分皆明顯高於對照組。

2. 4°C下，不論葵花油或椰子油，各比例組別間皆無顯著差異。

3. 20°C葵花油重量比例9:1與8:2、椰子油重量比例8:2與7:3組別得分較高。

4. 可食性塗層處理之番茄，評估員的購買慾望較高。

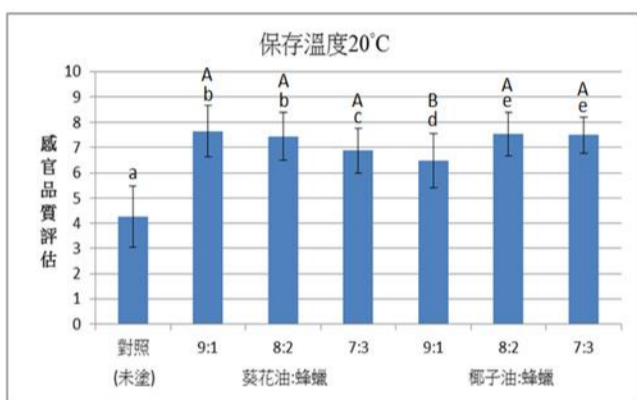
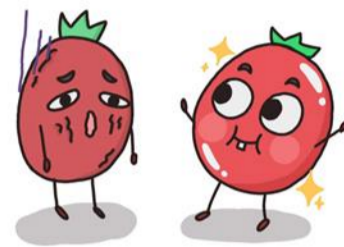


圖20 不同可食性塗層處理之聖女番茄儲存於20°C下15天後之感官評估。

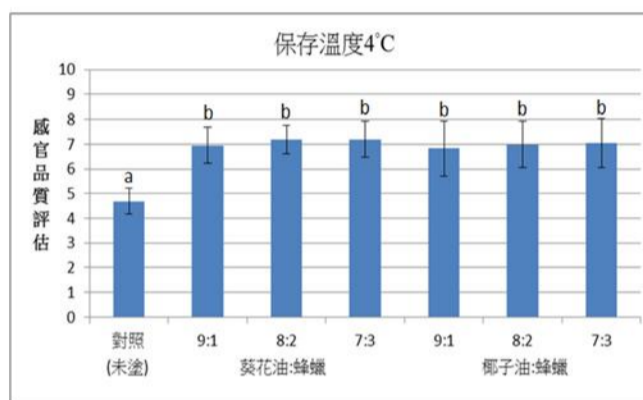


圖21 不同可食性塗層處理之聖女番茄儲存於4°C下15天後之感官評估。

不同小寫字母表示不同可食性塗層之處理間的顯著性差異，不同大寫字母表示不同食用油但相同比例之處理間的顯著性差異 (n=10) (p<0.05)

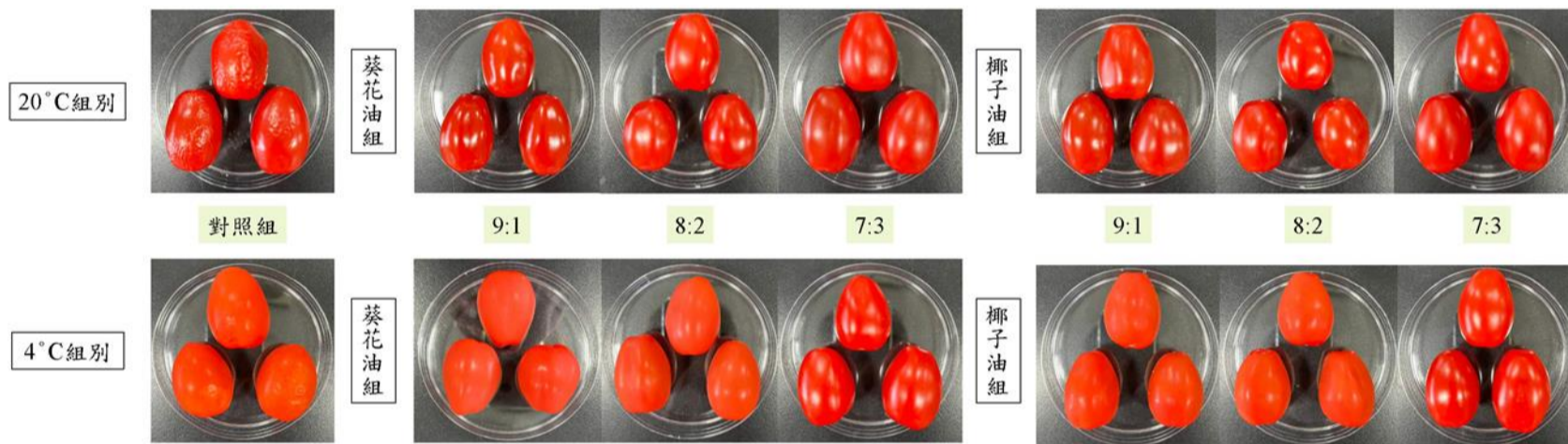


圖22 進行感官品質評估之聖女番茄圖示

肆、結論

一、總結

葵花油與椰子油以9:1、8:2與7:3比例和蜂蠟混合後製成可食性塗層處理聖女番茄，分別保存於4°C與20°C，經過15天的保存期，可食性塗層可有效降低聖女番茄的減重率，延緩pH值與總可溶性固體的上升，保留更多抗壞血酸，並降低呼吸作用的速率，於感官品質評估中得分亦明顯高於對照組。綜合以上評估，**保存於4°C的組別中，葵花油與蜂蠟比例8:2組別保鮮的效果最好**。本實驗製作的可食性塗層確實可以達到保鮮的效果並延長聖女番茄的保質期。

二、未來展望

1. 測試可食性塗層對聖女番茄保存期間pH值、總可溶性固體與抗壞血酸濃度隨時間之變化。
2. 測試可食性塗層對聖女番茄保存期間呼吸作用的速率隨時間之變化。
3. 測試可食性塗層對聖女番茄保存期間乙烯濃度的變化。
4. 測試其他食用油如橄欖油等與蜂蠟製成的可食性塗層之保鮮效果。
5. 測試本實驗之可食性塗層應用於高單價水果如蘋果與水梨等之保鮮效果。
6. 將可食性塗層推廣到家庭或超市之蔬果保存上。

伍、參考資料

1. 洪瑛穗、周明燕、郭宏遠、劉明宗、李美娟(2019)。番茄生產、抗病育種及品種育成概況。種苗科技專訊第105號研究成果。
2. 陳健賢、賴麗旭(2010)。可食膜塗層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
3. 吳麗春(2009)。台灣番茄產業概況。桃園區農業技術專輯1期，1-7頁。
4. Abugoch, L., Tapia, C., Plasencia, D., Pastor, A., Castro-Mandujano, O., López, L. and Escalonad, V. 2015. Shelf-life of fresh blueberries coated with quinoa protein/chitosan/sunflower oil edible film. J Sci Food Agric 96: 619-626.
5. Arte's F., Conesa M.A., Herna'ndez S., Gil M.I. 1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. Postharvest Biology and Technology 17 (1999) 153-162. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00044-7)
6. Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P. and Mohd Adzahan, N. 2012. Optimization of alginate and gellan-based edible coating formulations for fresh-cut pineapples. International Food Research Journal 19(1): 279-285.
7. Eichenfield L. F., McCollum A. and Msika P. 2009. The Benefits of Sunflower Oleodistillate (SOD) in Pediatric Dermatology. Pediatric Dermatology 26(6): 669-675. DOI: 10.1111/j.1525-1470.2009.01042.
8. Gharezi M., Joshi N. and Sadeghian E.. 2012. Effect of Post Harvest Treatment on Stored Cherry Tomatoes. Journal of Nutrition & Food Sciences 2(8):1-10. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000157>
9. Khalid, M. A., Niaz, B., Saeed, F., Afzaal, M., Islam, F., Hussain, M., Muhammad, M., Khalid, H. S., Siddeeq, A. & Al-Farga, A..2022. Edible coatings for enhancing safety and quality attributes of fresh produce: A comprehensive review. International Journal of Food Properties. 25(1): 1817-1847.
10. Khan S., Choudhary S., Pandey A., Khan M. K., Thomas G.. 2015. Sunflower Oil: Efficient Oil Source for Human Consumption. Emer Life Sci Res 1(1): 1-3. doi: 10.21475/poj.12.01.19.pt1773
11. Nasrin T. A. A., Rahman M. A., Arfin M. S., Islam M. N. 2020. Effect of novel coconut oil and beeswax edible coating on postharvest quality of lemon at ambient storage. Journal of Agriculture and Food Research 2 :100019
12. Osae R., Apaliya M. T., Alolga R. N., Kwaw E., Otu P. N. Y., Akaba S. 2022. Influence of shea butter, bee wax and cassava starch coatings on enzyme inactivation, antioxidant properties, phenolic compounds and quality retention of tomato (Solanum lycopersicum) fruits. Applied Food Research 2 : 100041. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100041>
13. Osae R., Essilfie G., Anim J. O..2017. Assessment of locally produced waxing materials on the shelf life and fruit quality of two tomato varieties (Solanum lycopersicum). JENRM, Vol. 4, No. 6, 36-47.
14. Oliveira V.R.L., Santos F.K.G., Leite R.H.L., Aroucha E.M.M., Silva K.N.O..2018. Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. Food Chemistry 259 : 55-64.
15. Park K. M., Kim H. J., Kim S. S., Lee S. B., Mooncheol Jeong, Kee Jai Park, Minseon Koo.2019. Effect of temperature treatment on postharvest quality of the cherry tomato (Lycopersicon esculentum var. cerasiforme). Korean J. Food Preserv. 6(6) : 595-605. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2019.26.6.595>
16. Plastic Europe. 2021. Plastic- The Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf
17. Sultan M., Hafez O. M., Salehb M. A. and Youssef A. M. 2021. Smart edible coating films based on chitosan and beeswax-pollen grains for the postharvest preservation of Le Conte pear. Royal Society of Chemistry Advances 11 : 9572-9585. DOI: 10.1039/d0ra10671b
18. Yadav, A., Kumar, N., Upadhyay, A., Sethi, S. 2021. Edible coating as postharvest management strategy for shelf-life extension of fresh tomato (Solanum lycopersicum L.): An overview. Journal of Food Science, 87: 2256-2290
19. Zheng, X., Gong, M., Zhang, Q., Tan, H., Li, L., Tang, Y., Li, Z., Peng, M., and Deng, W..2022. Metabolism and Regulation of Ascorbic Acid in Fruits. Plants 11 : 1602. <https://doi.org/10.3390/plants11121602>