

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 農業與食品學科

052202

蝦殼與樹葡萄萃取物複合薄膜之特性探討

學校名稱： 國立彰化高級中學

作者：	指導老師：
高二 周帛均	丁建棋
高二 黃沛謙	
高二 蔡孟澤	

關鍵詞： 農漁業剩餘資材、幾丁聚醣、多酚化合物

摘要

本研究的目的為使用回收處理後的農業廢棄物製成薄膜，並且以取代含塑化劑、需非常大量時間才能被環境分解的塑膠保鮮膜為目標。本實驗以蝦殼中的幾丁聚醣為原料，並在其摻入不同重量百分濃度的樹葡萄皮萃取液，製備薄膜後進一步對樣品進行特性的檢測。

我們採用 ISO 22196 方法測試薄膜的抗菌活性；DPPH 自由基清除活性測試薄膜抗氧化能力，以及將其放入土壤進行降解能力的測試。實驗結果發現含 20%萃取液之薄膜在各項特性測試中表現皆最佳，除卻顏色較深可能無法達到美觀需求外，其能達到的保鮮效果具有最大的潛力。

壹、前言

一、研究動機

在這個重視環保的時代，如何應用可重複利用的物質成為大家關注的焦點。參考農業部 2018-2021 年統計，臺灣每年農漁業廢棄物排放量約為 500 萬公噸，若處理不當，可能在加工過程結束後再次造成環境汙染，並且對於農漁民或加工廠商處理廢棄物也是成本負擔之一。反之，將其妥當處理後不僅減少一大廢棄物來源，再生產品也能帶來方便以及經濟效益。

回收農漁業廢棄物除了上述理由以外，其中可被利用的化學物質、營養成分也具有極大的潛力。因此本實驗選用富含幾丁質之蝦殼並將其加工成幾丁聚醣薄膜，並以樹葡萄皮作為薄膜抗氧化成份來源。

二、研究目的

製造出具抗菌能力且對環境友善的薄膜

（一）製備幾丁聚醣薄膜

（二）將不同濃度的萃取物摻入幾丁聚醣薄膜

（三）探討加入不同濃度萃取物的幾丁聚醣薄膜之性質

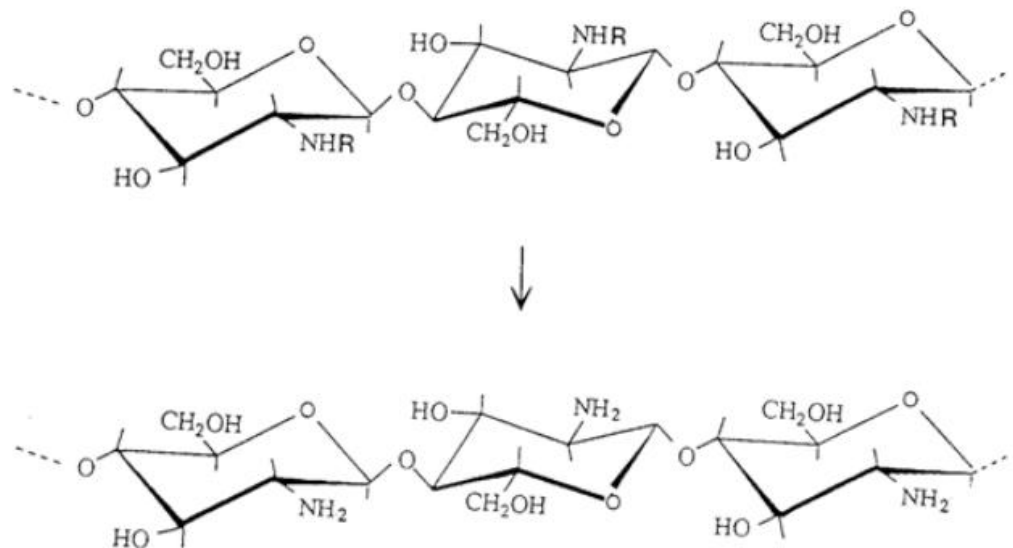
- (1) 吸光度&紫外光阻隔能力
- (2) 抗氧化能力&抗菌活性
- (3) 土壤降解能力

三、文獻回顧

(一) 幾丁聚醣(chitosan)

1.幾丁聚醣結構

幾丁聚醣為一種天然線性多醣，由 N-乙醯葡萄糖胺 (N-acetyl-D-glucosamine) 和 D-葡萄糖胺 (D-glucosamine)以 β -(1 \rightarrow 4) 糖苷鍵連接而成。其來源為甲殼類外殼所含有的幾丁質去乙醯化，經過此步驟後可使幾丁聚醣相較於幾丁質具有更高的水溶性以及生物相容性。



圖（一）幾丁質去乙醯化為幾丁聚醣

圖片來源：參考文獻七。呂卦南.2006. 幾丁質與幾丁發酵之製作與鑑定。 康寧學報 8 p162。

2.幾丁聚醣薄膜

文獻中的幾丁聚醣薄膜保鮮實驗加入了麵包蟲蛋白質的萃取物，當加入的萃取物量愈多，其薄膜顏色會愈黃。而在食物保鮮的部分，無論加了多少麵包蟲蛋白質萃取物，保鮮

草莓的效果皆較市面上的塑膠保鮮膜好。（塑膠薄膜可以保存約 4 至 6 天，而自製的幾丁聚醣薄膜則可保存大於 6 天。）因此我們在這個實驗中嘗試使用和麵包蟲一樣常見的農業常見的材料來加入幾丁聚醣薄膜，製作出保鮮能力更好的薄膜。另外，研究者也有探討此類幾丁聚醣薄膜的特性。研究者以 SEM 觀察幾丁聚醣薄膜的奈米結構，表面較粗糙代表其接觸面積較大，被土壤分解的效率較高。加入較多的麵包蟲蛋白質萃取物可以使幾丁聚醣薄膜表面變得粗糙；而市面上的 PE 保鮮膜則顯得非常平滑。因此塑膠薄膜不易被土壤分解。此外，研究者也使用 FTIR（可照射出不同波段的光）分析薄膜吸收不同波長的光的特性。因此我們也將以此儀器分析自製的薄膜。

（二） 樹葡萄（*Plinia cauliflora*）

1. 樹葡萄中的主要抗氧化物質

樹葡萄的果皮、果肉、種子及葉片皆富含多種抗氧化物質，尤其是酚類化合物（phenolic compounds），以下是主要成分。

（1）花青素（Anthocyanins）：

花青素是樹葡萄果皮中最主要的抗氧化劑，在不同 pH 值環境下顏色變化明顯，並且具有良好的自由基清除能力。樹葡萄中主要含有的種類包括：氰苷（cyanidin）、飛燕草素（delphinidin）、芍藥苷（peonidin）、矮牽牛苷（petunidin）及錦葵苷（malvidin）等。花青素總量約為 100 – 300 mg/100 g。

（2）鞣花酸（Ellagic Acid）及其衍生物：

鞣花酸是一種酚類化合物，種子中鞣花酸含量最為豐富，約為 10 – 50 mg/100 g，果皮中含量次之，具有抗氧化、抗發炎能力及抗癌潛力。

（3）其他酚類化合物：

包括間苯二酚（resorcinol）、對羟基苯甲酸（p-hydroxybenzoic acid）、羟基肉桂酸（hydroxycinnamic acids）、香豆素（coumarins）及鞣質（tannins）。這些化合物共同增強樹葡萄的抗氧化能力。

（4）維生素 C：

樹葡萄果實富含維生素 C，特別是果肉部分，有助於抗氧化及免疫支持。新鮮果實中維生素 C 含量約為 3.86 – 8.06 mg/100 g。

2. 樹葡萄和其他台灣常見水果 ORAC 值比較

ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) 是用於測量食品在體外抗氧化能力之指標。其數值越高，中和自由基的能力越強，單位為 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ 。以下為臺灣常見水果之 ORAC 值：

水果種類	ORAC 值 ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$)	資料來源
樹葡萄果皮萃取物	25,514	Leite-Lagatti et al., 2012
芭樂	2550-4000	USDA 2010
楊桃	1500-2000	USDA 2010
芒果	1000-1800	USDA 2010
樹葡萄整顆果實	1511	Leite-Lagatti et al., 2012
火龍果	1200-1500	USDA 2010
檸檬	1346	USDA 2010
釋迦	900-1200	USDA 2010
香蕉	879	USDA 2010
荔枝	600-800	USDA 2010
鳳梨	562-600	USDA 2010

樹葡萄整顆果實的 ORAC 值為 1,511 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ ，相較於其他水果無明顯突出。但其冷凍乾燥處理後的果皮萃取物之 ORAC 值高達 25,514 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ ，遠超上述水果。因此我們選用在不同酸鹼環境下能呈現明顯顏色變化，具有強抗氧化能力且為農業廢棄物的樹葡萄果皮作為本實驗薄膜之抗氧化成份來源。

貳、研究設備與器材

一、設備與器材

(一) 研磨機

(二) 電子天秤

(三) 烘箱

攪拌機	分光光度計	離心機
		
抽氣漏斗、冷凝管	滅菌釜	傅立葉轉換紅外線光譜儀
		

作者親自拍攝

二、材料與藥品

(一) 蝦殼粉

(二) 樹葡萄粉

(三) 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼自由基 (DPPH) (作為測試薄膜氧化能力之氧化劑)

(四) 醋酸

(五) 甘油 (丙三醇)

(六) 檸檬醛奈米乳化液 CON

(七) 乙醇

參、研究過程和方法

一、實驗流程

（一）幾丁質合成幾丁聚醣

- 1.Demineralization 去礦物質化：將 50g 蝦殼、140mL 鹽酸、蒸餾水 1110mL 倒入大燒杯，並搭配攪拌機於室溫攪拌 1 小時。
- 2.Deproteinization 去蛋白化：自攪拌機取出後靜置沉澱，倒出上清液，重複數次。製備氫氧化鈉溶液（39.47g+750mL 蒸餾水）倒入幾丁聚醣，於 90℃ 攪拌 12 小時，每 2 小時更換 1 次。
- 3.Deacetylation 去乙醯化：自攪拌機取出後靜置沉澱，倒出上清液，隔水冷卻，同時攪拌。製備氫氧化鈉溶液（133.33g+200mL 蒸餾水）倒入幾丁聚醣，置入 80℃ 烘箱 48 小時。
- 4.後續處理：取出幾丁聚醣並以大量蒸餾水清洗，靜置後倒出上清液，重複多次。測量 pH 值達 7.6 時以丙酮潤洗兩次。倒出上清液後放進 60℃ 烘箱烘乾。

（二）製作幾丁聚醣薄膜（Chitosan, CTS）

成分:1%醋酸 160mL+3.2g 幾丁聚醣
攪拌、反應 4 小時後加入 1g 甘油

（三）製備萃取物溶液（Jabuticaba Extracts, JAE）

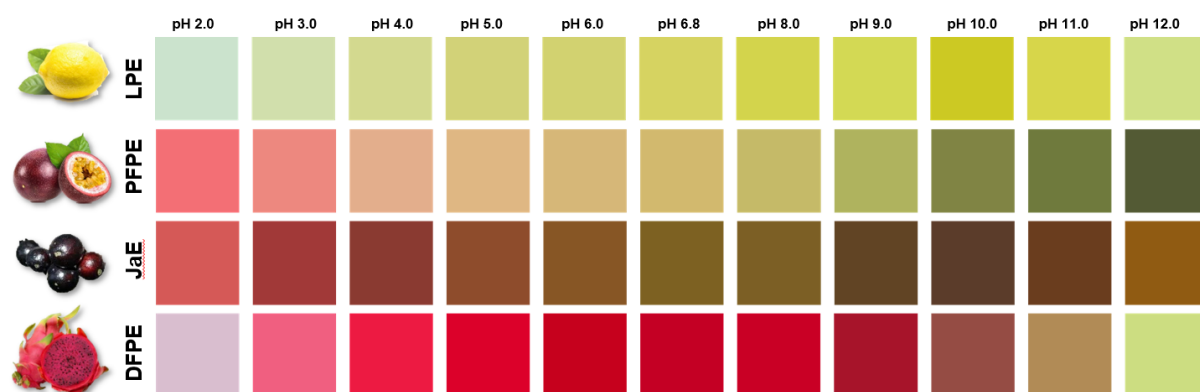
成分:80%乙醇 1L+50g JAE powder
1.冰浴

2.離心(1500 轉，6 分鐘)

3.抽氣過濾

4.減壓濃縮

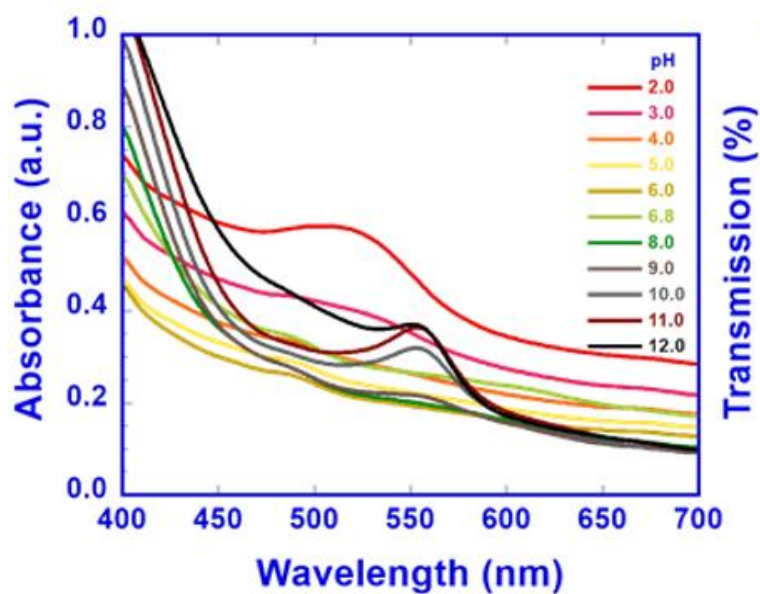
*萃取物保存時不可照光



圖（二）植物果皮萃取物在不同 pH 值環境下之顏色對照表

指導老師拍攝

由圖（二）可知樹葡萄相較其他水果在不 pH 值環境的變色程度較明顯。因此我們使用樹葡萄萃取物作為本實驗材料，可以更精準地判別不同 pH 值的環境，進而判斷包覆的食品是否腐敗。



作者親自繪製

圖（三）不同 pH 值樹葡萄萃取物的吸光度

圖（三）將 JAE 加入 pH 2~12 的緩衝溶液中，觀察顏色變化並量測波長，大致上和圖（二）第三列（樹葡萄果皮）吻合。

二、薄膜檢測與分析

（一）以 DPPH 進行抗氧化活性測試：

秤取 40mg 薄膜樣品並切成小片，加入試管中。

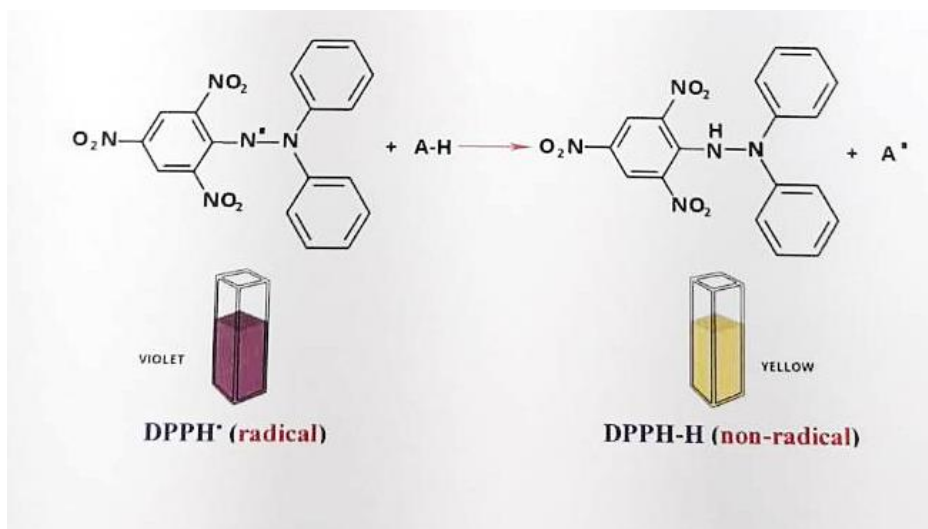
同時準備 0.2mM DPPH（10mg DPPH 溶於 100mL 甲醇溶液）並避光。

每支試管加入 4mL DPPH，並等待反應進行 30 分鐘。將分光光度計波長調至 517nm 進行以下準備：

1.將 4mL DPPH 添加至空管作為對照測試。

2.以甲醇作為空白測試，校準機器。

最後在 517nm 處測量薄膜樣品的 DPPH 吸光度。



圖（四）DPPH 被還原後由紫色變為黃色以及結構式變化

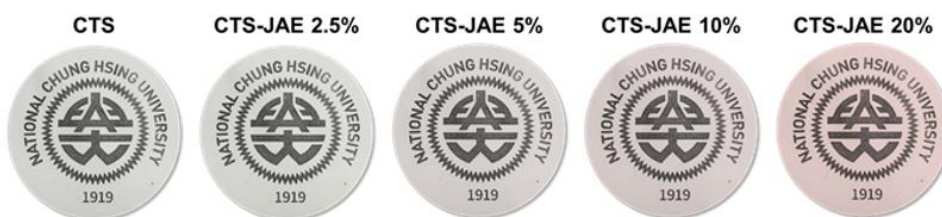
指導老師繪製

（二）放入土壤觀察薄膜降解情形

將薄膜分為五個組別，PE 保鮮膜、CTS、CTS-JAE 以及經過噴灑檸檬醛奈米乳液處理的 CTS、CTS-JAE，將其置入土壤。以五天為單位，對第五天、第十天……第三十天的薄膜進行拍攝，並計算其放置土壤前後面積差異，以了解薄膜在不同成分及放置天數下被微生物降解的程度。

肆、研究成果

一、薄膜外觀

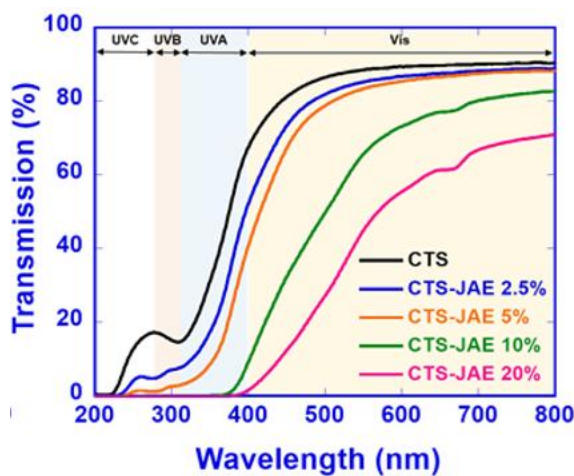


圖（五）薄膜外觀顏色

作者親自繪製

圖（五）以相機拍攝摻入不同重量百分濃度樹葡萄萃取物的薄膜，經比較可發現隨著加入的萃取物濃度增加，薄膜外觀顏色逐漸變深。

二、可見光吸光度及紫外光阻隔能力

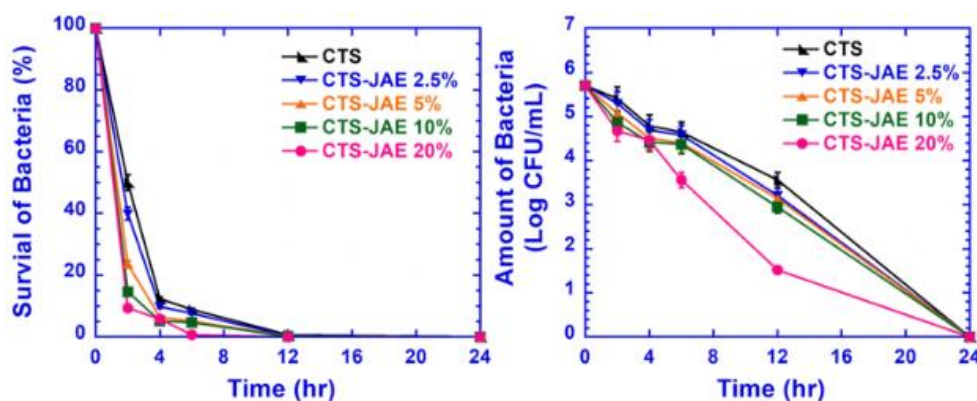


圖（六）加入不同 JAE 濃度的薄膜的光線穿透度

作者親自繪製

圖（六）為使用紫外光可見光光譜儀測量各薄膜樣品對不同波長光線穿透率，橫軸為波長（200-800nm），縱軸為光線穿透率（%）。作圖後發現含有 JAE 濃度愈高，光線穿透率愈低，避光能力越好。而光線為造成食品腐敗因素之一，因此可透過此實驗了解 JAE 濃度越高，其避免被包覆食品受光照之能力越佳。

三、薄膜抗菌活性



圖（七）、圖（八）不同薄膜對存活細菌比例、菌落數量的影響

作者親自繪製

$$Survival\ Ratio(\%) = (N_t/N_0) \times 100$$

$$Disinfection\ efficiency(\%) = (1 - N_t/N_0) \times 100$$

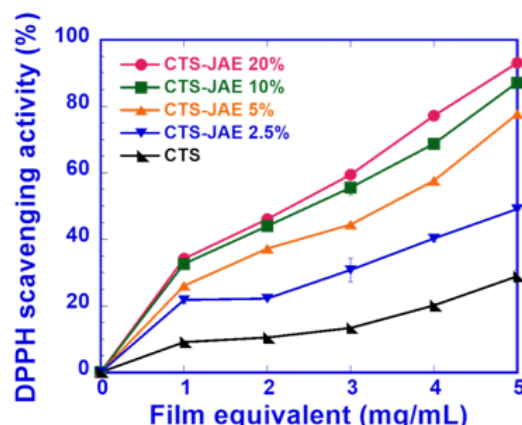
圖（九）細菌存活率計算公式， N_t 和 N_0 分別代表在第 t 小時和第 0 小時的存活的細菌的濃度。

圖（七）顯示細菌之存活比例，橫軸為時間（小時），縱軸為存活率（%）。圖（八）為經過不同時間的菌落數量，橫軸為時間（小時），縱軸為菌落數（CFU/mL）取 Log 之值。

圖（七）、圖（八）以大腸桿菌（E.coli）作為除菌目標，將不同種類薄膜置入含有大腸桿菌的環境，可發現樹葡萄萃取物重量百分濃度愈高，細菌存活率以及菌落數量愈

低，且在 JAE 濃度達到 20%時抗菌效果最為明顯。

四、DPPH 自由基清除活性（抗氧化能力）



圖（十）不同薄膜及 DPPH 溶液濃度對自由基清除活性影響

作者親自繪製

$$DPPH \text{ radical scavenging activity } (\%) = \left(\frac{A_{blank} - A_{sample}}{A_{blank}} \right) \times 100$$

圖（十一）DPPH 自由基清除能力百分比計算公式， A_{blank} 和 A_{sample} 各代表純 DPPH 溶液和實驗組之分光光度計所測得之吸光值。

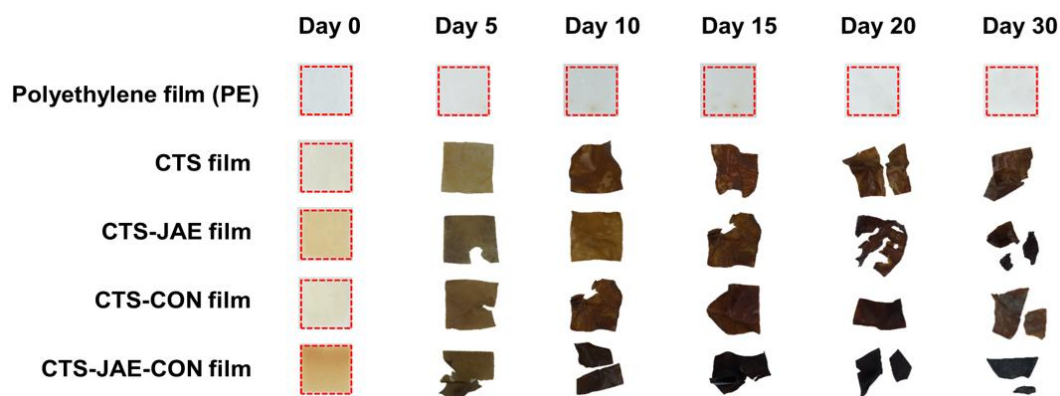
圖（十）為不同薄膜樣品之自由基清除活性。橫軸為當量 DPPH 溶液之中所含的有效成分（即為樹葡萄萃取物），單位為（mg/mL）。縱軸為自由基清除活性（%）。

圖（十）以不同質量的各種薄膜樣品放入 DPPH 溶液，並以分光光度計量測混合溶液之吸光度，再經過圖（十一）的公式推導可得出自由基清除活性數值。（和無添加薄膜樣品之 DPPH 溶液比較）

圖（四）中表示在氧化態的 DPPH 為紫色；還原態的 DPPH 則為黃色（一說為淡黃色或無色，但實際上我們只觀察到淺黃色。）當試管內顏色愈偏黃色，分光光度計在 517nm 處所量測到的吸光值愈小。因此，將數據帶入圖（十一）的公式便可得出愈易氧化的樣品愈容易將 DPPH 中的自由基清除。作圖後可發現在 CTS-JAE10%時達到臨界值，

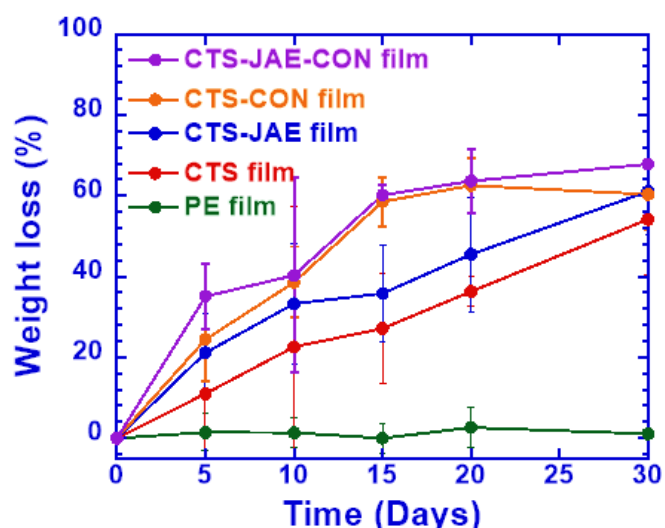
而 CTS-JAE20%僅微幅增加自由基清除能力。

五、土壤降解情形



圖（十二）不同薄膜在土壤中之降解情形

作者親自繪製



圖（十三）不同薄膜在土壤中之質量損失百分比

作者親自繪製

圖（十二）、圖（十三）將摻入不同成分的薄膜置入土壤中，觀察並計算各種薄膜在土壤中的質量損失百分比，並繪製成折線圖。由圖可知，由幾丁聚醣製成的薄膜即可被土壤分解，而添加樹葡萄萃取物之薄膜雖可提升降解程度，但添加檸檬醛奈米乳化液之薄膜分解程度效果更佳。因此在製備添加樹葡萄萃取物的同時，可同時加入植物精油以

提高土壤降解程度。

伍、討論與未來展望

一、討論

由於我們的最終目標為保鮮效果較佳的保鮮膜，我們得出以下推論：

- （一）可見光及紫外光在照射到食品時，會連帶增加食品表面的溫度，可能會加速其中的化學物質氧化或提供微生物良好的生長環境，進而加速食品的腐敗。根據圖（五），薄膜樣品中樹葡萄萃取物重量百分濃度越高，其肉眼可見顏色越深。而圖（六）同樣也顯示含越高萃取物濃度之樣品，其光線穿透率越低，避光能力越好。並且在濃度為 10% 及 20% 時避光能力相較於其他組別有顯著的提升，使這兩個組別的保鮮能力較好。
- （二）食品腐敗時會提供大腸桿菌較好的生長環境，而大腸桿菌為常見造成人類腹瀉的原因。根據圖（七），至 12 小時之後所有組別的大腸桿菌存活率皆已接近 0%，並且線段趨勢差異不大，顯示無論是否添加萃取物、萃取物濃度大小，薄膜皆有抗菌能力。但若將同組實驗數據取 Log 值得圖（八），使薄膜殺菌效率呈線性，變得更為直觀後，可發現 CTS-JAE 20% 的組別在 8 小時之後菌落數下降速率明顯比其他四個組別高出許多，因此判斷 CTS-JAE 20% 有最佳且具顯著差異的殺菌效率。
- （三）根據圖（十），薄膜樣品中樹葡萄萃取液含量越多，其中花青素和多酚化合物含量越高，因此清除自由基的能力越好。但在萃取物濃度達到 10% 時期清除能力已到達臨界值，即便提高樹葡萄萃取液濃度，也僅能微幅增加 DPPH 自由基清除的百分率。
- （四）在土壤降解實驗中，PE 塑膠薄膜為對照組。根據圖（十二）、（十三），其他四個組別，無論是否添加樹葡萄萃取物或噴灑檸檬醛奈米乳化液，在十五天之後薄膜皆有明顯破碎及面積損失，並且質量隨放置天數增加而減少，顯示幾丁聚醣薄膜

可被土壤中微生物降解的特性。而 PE 保鮮膜大小及形狀和質量在放置三十天後仍無明顯改變，它被土壤分解所需的時間尺度大於幾丁聚醣薄膜許多。

（五）另外，根據圖（十三），比較四個不同添加物的幾丁聚醣薄膜，可以發現 CTS-JAE 的質量損失率明顯高於未添加樹葡萄萃取液的 CTS 薄膜。但 CTS-CON 及 CTS-JAE-CON 這兩個噴灑檸檬醛奈米乳化液組別的質量損失率相較其他兩組又高出許多，並且這兩個組別的質量損失率數值相似。因此可以判斷是否噴灑檸檬醛奈米乳化液對於薄膜對土壤降解能力的影響力大於是否添加樹葡萄萃取液。

二、未來展望

（一）可使用其他同樣含有大量抗氧化成分並且在台灣種植面積大的水果進行試驗。

（二）目前實驗所使用測量抗菌活性的方法（ISO 22196）僅能測試 24 小時以內之抗菌效果，若要做到長時間（數週）保鮮須進行較長時間抗菌活性實驗。

（三）使用其他常見菌種（如金黃色葡萄球菌）、或混和兩種以上的菌種進行抗菌實驗，以更加貼近食品腐敗時的可能情況。

（四）不同土壤含有的成分以及微生物種類不盡相同，未來可針對不同地區的土壤進行降解能力測試。

陸、結論

由上述結果以及討論可發現 CTS-JAE20%在光線阻隔率、抗菌能力、抗氧化能力等方面效果相較於其他組別皆為最佳，並且在抗菌能力的表現最為突出，但因為其花青素含量較高，外觀顏色較紅。因此，如果沒有外觀上的需求，可使用功能性最強的 CTS-JAE20%。

柒、參考文獻

一、吉拓森特生技有限公司官網〈Chitosan 製程〉

<https://www.twc2u.com/about/3>

二、Haiqing Ye, Xiaobin Zhou, Shuo Mao, Xiaoguang Fan, Yingjie Xu, Chengwen Lu, (2023)

Sustained-release composite films incorporated with cinnamon essential oil: Characterization, release kinetics and application for cherry tomato preservation.

三、Mengyao Liu, Hualei Chen, Fei Pan, Xinning Wu, Yuan Zhang, Xiaoming Fang, Xiangxin Li, Wenli Tian, Wenjun Peng, (2024)

Propolis ethanol extract functionalized chitosan/*Tenebrio molitor* larvae protein film for sustainable active food packaging.

四、Junjie Tang, Chen Huang, Wanjing Liu, Xinxin Zeng, Jianxi Zhang, Wenhao Liu, Jie Pang, Chunhua Wu, (2025)

Preparation and characterization of a konjac glucomannan-based bio-nanocomposite film and its application in cherry tomato preservation.

五、Jinzhao Ma, Xiaodi Huang, Liqiang Jin, Qinghua Xu, (2025)

Effect of dialdehyde nanocellulose-tannin fillers on antioxidant, antibacterial, mechanical and barrier properties of chitosan films for cherry tomato preservation.

六、Quach Thi Thanh Huong, Nguyen Thanh Hoai Nam, Bui Thanh Duy, Hoang An, Nguyen Duy Hai, Hoang Thuy Kim Ngan, Lam Thanh Ngan, Tran Le Hoai Nhi, Dang Thi Yen Linh, Tran Nhat Khanh, Dang Vu Anh Thu, Huu Hieu Nguyen, (2023)

Structurally natural chitosan films decorated with *Andrographis paniculata* extract and selenium nanoparticles: Properties and strawberry preservation.

七、呂卦南 幾丁質與幾丁發酵之製作與鑑定。 康寧學報 8 (2006) p157-170.

八、Prior, R. L., et al. (2005). “Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(18), 4290 – 4302.

九、Wu, X., et al. (2004). “Development of a Database for Total Antioxidant Capacity in Foods.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(12), 4026 – 4037.

十、Leite-Legatti, A. V., Batista, Â. G., Dragano, N. R. V., Marques, A. C., Malta, L. G., Riccio, M. F., ... & Maróstica Jr, M. R. (2012). Antioxidant capacity and phenolic composition of jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) fruit and its by-products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(41), 10351 – 10359.

十一、美國農業部 <https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-bhnrc/beltsville-human-nutrition-research-center/nutrient-data-laboratory/>

【評語】 052202

本研究探討利用蝦殼和樹葡萄萃取物製作環保薄膜，符合當前可持續發展的需求，具有實際應用潛力。

文獻回顧中，引用之文獻內容應標示出處。文獻回顧部分已經涵蓋了幾丁聚醣和樹葡萄的相關資料，但可以增加更多國際研究的比較，以強調本研究的獨特性和重要性。

在進行抗菌性和抗氧化能力測試時，增加樣本數量將有助於提高結果的統計學意義，增強研究的可信度。

實驗設計完整性宜加強，報告撰寫需嚴謹精確。

這項研究在環保材料的開發方面展現了良好的潛力和創新性，並在實驗設計及結果呈現上達到了一定的水準。希望未來能在上述方面進一步改善，讓研究成果更加完善。

作品海報



蝦殼與樹葡萄萃取物複合薄膜之特性探討

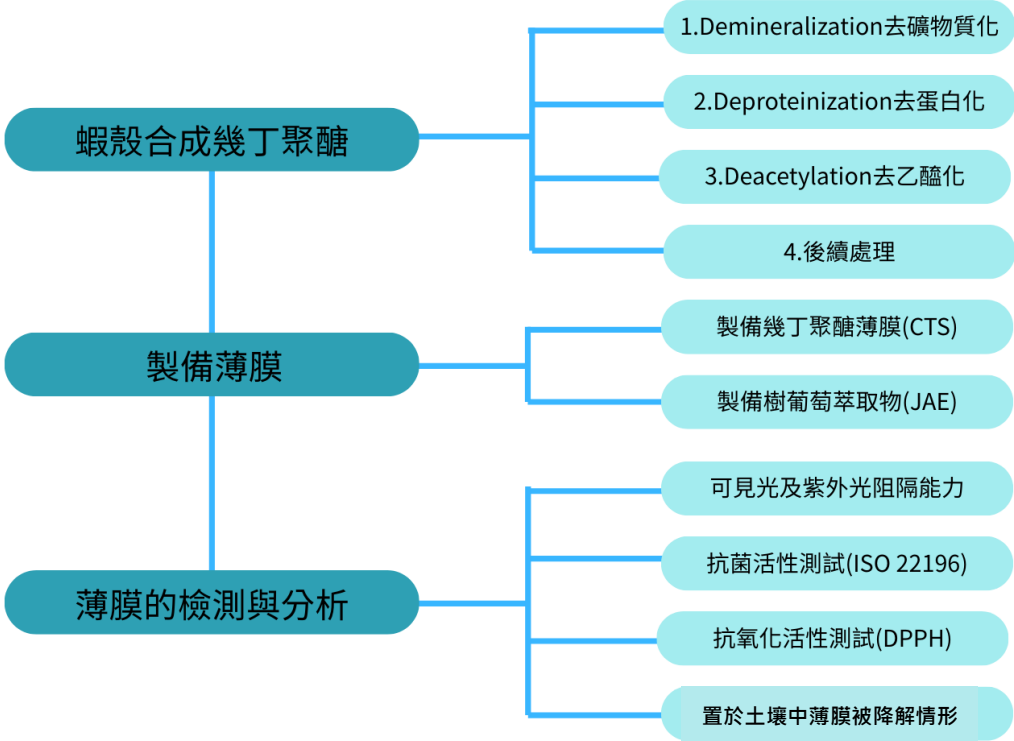
壹、研究動機

在這個重視環保的時代，如何應用可重複利用的物質成為大家關注的焦點。然而，人們在製造出農產品的同時，也會產生許多的農業廢棄物。在眾多農業棄物中，蝦殼含有幾丁質、蛋白質以及礦物質；果皮中則富含大量抗氧化成分。而蝦殼中的幾丁質可以進一步合成幾丁聚醣，可用來製膜。再加上果皮的抗氧化成分，便可製造出有抗氧化能力的薄膜。

貳、研究目的

- (一) 製備幾丁聚醣薄膜
- (二) 將果皮萃取物摻入幾丁聚醣薄膜
- (三) 探討加入萃取物的幾丁聚醣薄膜之性質

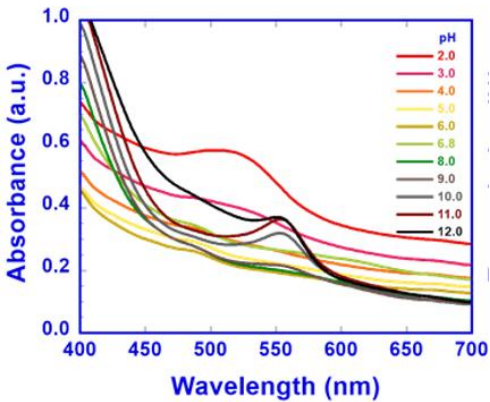
參、研究過程和方法



作者自行繪製



圖（一）植物果皮萃取物在不同 pH 值環境下之顏色對照表
(由指導老師拍攝)



圖（二）之折線大致上和圖（一）第三列（樹葡萄果皮）吻合。

圖（二）不同 pH 值樹葡萄萃取物的吸光度

肆、研究成果

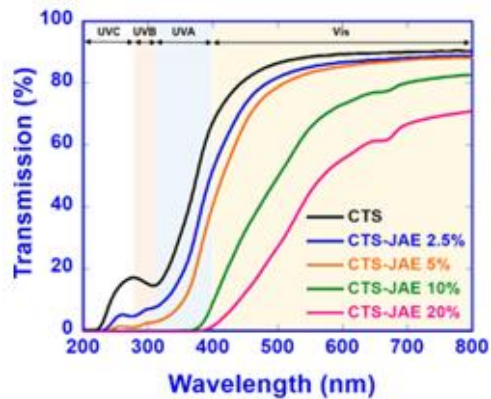
一、薄膜外觀



圖（三）薄膜外觀顏色

由圖（三）可發現隨加入的萃取物濃度增加，薄膜外觀顏色逐漸轉為紅色。

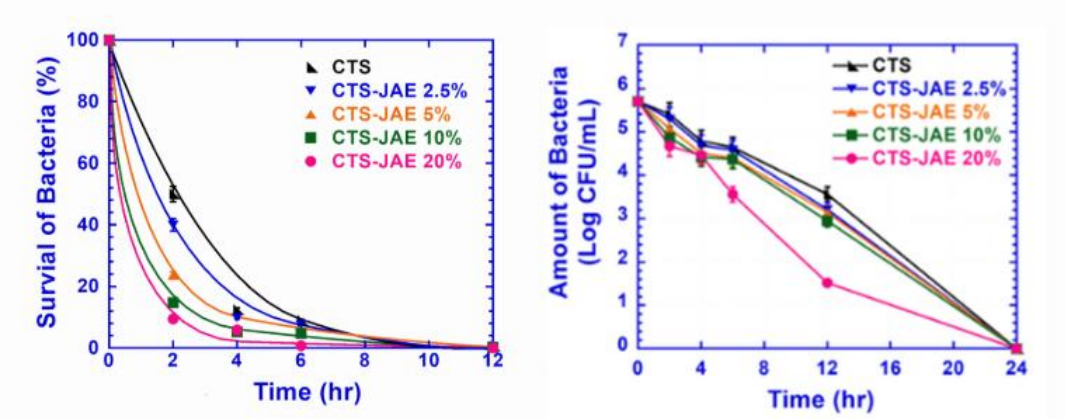
二、可見光吸光度及紫外光阻隔能力



根據圖（四）可觀察到 JAE 濃度愈高，光線穿透率愈低，避光能力越好。

圖（四）不同 pH 值薄膜的紫外光、可見光阻隔能力

三、薄膜抗菌活性



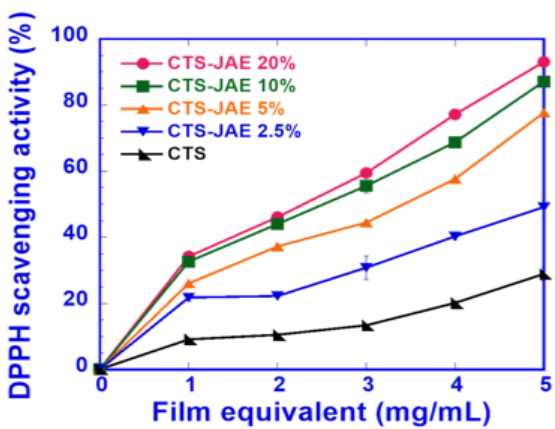
由圖（五）、圖（六）可發現樹葡萄萃取物濃度愈高，細菌存活率以及菌落數量愈低。

圖（五）、圖（六）不同薄膜對存活細菌比例、菌落數量的影響

$$Survival\ Ratio(\%) = (N_t / N_0) \times 100$$
$$Disinfection\ efficiency(\%) = (1 - N_t / N_0) \times 100$$

圖（七）細菌存活率計算公式，N_t和 N₀分別代表在第 t 小時和第 0 小時的存活的細菌的濃度。

四、DPPH 自由基清除活性（抗氧化能力）



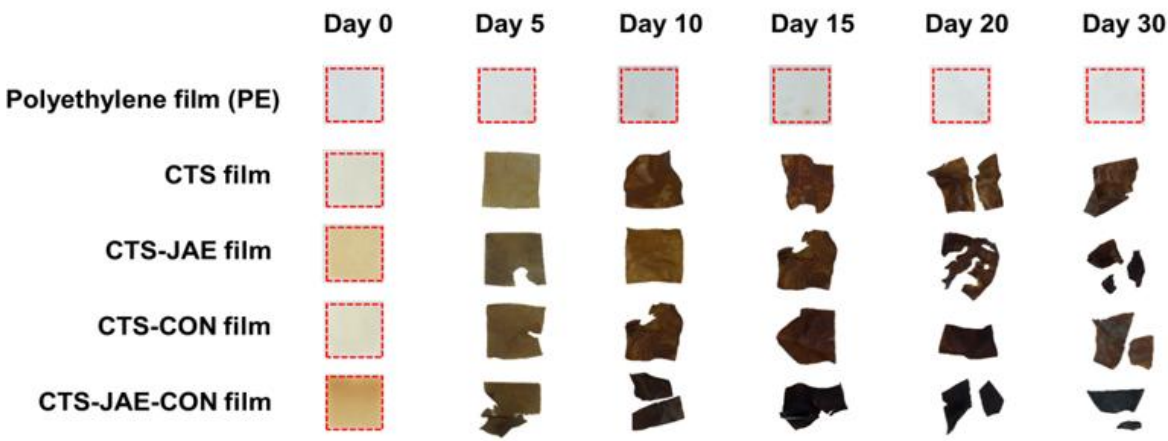
根據圖（八）可發現在 CTS-JAE10%時達到臨界值，而 CTS-JAE20%僅微幅增加自由基清除能力。

圖（八）不同薄膜及 DPPH 溶液濃度對自由基清除活性影響

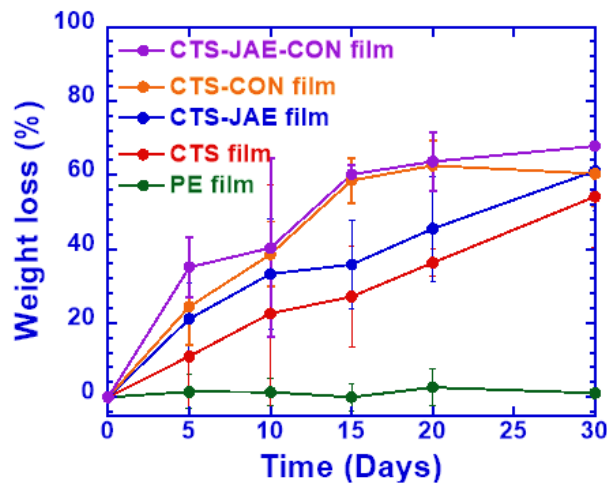
$$DPPH\ radical\ scavenging\ activity\ (\%) = \left(\frac{(A_{blank} - A_{sample})}{A_{blank}} \right) \times 100$$

圖（九）DPPH 自由基清除能力百分比計算公式，A_{blank}和 A_{sample}各代表純 DPPH 溶液和實驗組之分光光度計所測得數據。

五、土壤降解情形



圖（十）不同薄膜在土壤中之降解情形（作者自行拍攝及製圖）



由圖（十）、圖（十一），由幾丁聚醣製成的薄膜即可被土壤分解。添加樹葡萄萃取物之薄膜雖可提升降解程度，但添加檸檬醛奈米乳化液之效果更佳。

圖（十一）不同薄膜在土壤中之質量損失百分比

以上未標示來源圖片、圖表皆為作者拍攝繪製

伍、討論

由於我們的最終目標為保鮮效果較佳的保鮮膜，我們得出以下推論：

- 一、可見光及紫外光阻隔能力可能影響樣品的保鮮程度。而當加入的萃取物濃度提高，此薄膜對光線的阻擋率隨之增加，保鮮效果因而較佳。
- 二、細菌和氧化程度也是影響樣品腐敗的因素之一。由以上結果可知萃取物濃度的增加有助於提高抗菌能力及減少氧化的可能性。
- 三、將薄膜置入土壤中則可觀察對環境的友善程度。當加入的萃取物濃度提高，受土壤的分解程度較高，對環境影響較小；加入 CON 的實驗組別可以大幅提升對土壤的分解程度，未來可以將 CON 獨立做另一組實驗。
- 四、薄膜抗菌實驗和土壤降解實驗對於各薄膜的差異較不明顯，未來還可做進一步的研究。

陸、結論

由上述結果以及討論可發現 CTS-JAE20%在光線阻隔率、抗菌能力、抗氧化能力和土壤降解程度等方面效果皆較其他薄膜更好，但外觀顏色較紅。因此，如果沒有外觀上的需求，可使用功能性最強的 CTS-JAE20%。

柒、未來展望

這種以果皮萃取物製成的薄膜仍處於實驗階段，除了分析環境分解程度及抗菌能力，仍還有許多性質尚待研究。而在土壤降解程度部分，則可進一步研究何種土壤對添加特定萃取物薄膜分解效率較好。其他性質如：拉伸能力、在常溫常壓下的分解程度等仍可另行研究。

捌、參考文獻

- 一、吉拓森特生技有限公司官網〈Chitosan 製程〉
<https://www.twc2u.com/about/3>
- 二、Haiqing Ye, Xiaobin Zhou, Shuo Mao, Xiaoguang Fan, Yingjie Xu, Chengwen Lu, (2023) Sustained-release composite films incorporated with cinnamon essential oil: Characterization, release kinetics and application for cherry tomato preservation.
- 三、Mengyao Liu, Hualei Chen, Fei Pan, Xinning Wu, Yuan Zhang, Xiaoming Fang, Xiangxin Li, Wenli Tian, Wenjun Peng, (2024) Propolis ethanol extract functionalized chitosan/*Tenebrio molitor* larvae protein film for sustainable active food packaging.
- 四、Junjie Tang, Chen Huang, Wanjing Liu, Xinxin Zeng, Jianxi Zhang, Wenhao Liu, Jie Pang, Chunhua Wu, (2025) Preparation and characterization of a konjac glucomannan-based bio-nanocomposite film and its application in cherry tomato preservation.

其餘詳見作品說明書