

2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

☐國中組 ☒普高組 ☐技高組 成果報告格式

題目名稱：食品級的保鮮膜

一、摘要

塑化劑常常被我們使用在食品的外包裝上，而塑化劑對於食品安全和環境的影響的問題已成為人類永續發展的重要課題，而塑化劑對人體的危害是相當重大的，為了減少這個問題對於人類與大自然的傷害，我們希望利用無塑材料幾丁聚醣和海藻酸鈉來製造對人體影響較小也對自然環境較為友善的保鮮膜。

經過的探究我們發現：

1. 幾丁聚醣在 pH 值較低的環境下水解後可成膜但不防水，在 pH 較高的環境後可防水但膜形相當不光滑。
2. 添加天然增塑劑（甘油、蜂蠟、橄欖油）可增加幾丁聚醣-海藻酸鈉複合膜韌性（拉不斷）、可塑性及防水性，而添加明膠後，雖然韌性降低，但增加可以形變的比率，容易製成包裹於食材的膜。
3. 加入適當的食品添加劑後的膜可以有效地防止麵包發霉與香蕉變色，但無法防止原本容易氧化的蘋果產生褐變。
4. 製膜在浸泡於不同 pH 值的溶液後，仍具包覆效果，而食品添加物的膜具有有效的透氣性。

二、探究題目與動機

各國在全國暖化的衝擊下，幾乎大多數國家都已淨零碳排為國家重要經濟發展的指標，在淨零排碳與永續發展的目標下，塑膠製品的用量必須要有有效的被抑制，所有塑膠的使用會慢慢的被減少。而塑膠使用除了會影響淨零碳排等永續發展的目標外，塑膠相關用品的使用還有不易回收及產生環境無法自行分解的塑化劑，這些問題都造成我們生活環境及身體的不可逆傷害，我們生活上塑膠相關用品常常與食物有所接觸，生鮮食品上包著一層又一層的塑膠製品，特別是食物所使用的保鮮膜都含有大量塑化劑。保鮮膜常用的材質有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯等，它們難以在自然環境中分解，且無法重複使用，一般在使用完畢後大多數會被丟棄，而無法有效的循環再利用對環境造成極大的危害。我們希望能夠從自然界中尋找並製造一種不含塑化劑成分且環境能夠自然分解的薄膜。

在閱讀相關文獻及找尋資料中，我們發現有兩種常常被用於製造薄膜的天然材質，它們有著不同的性質，我們想要了解如何可以得到相對有效的薄膜用於食物裝填使用。其一是存在於生物外殼的幾丁聚醣，它對人類不具有毒性、容易成膜性、與生物相容性高、可以在大自然利用微生物分解性、生物黏附性、抗菌性和抗黴菌性等特性，適合用來製造薄膜。其二是存在於海洋褐藻細胞壁中的天然植物多醣，即海藻酸鈉，具有高度的安定性和

容易成膜性，是一種相當普遍的食品添加物，也有可食性，用於增加稠密度、穩定度、具有保水性和可以抗凍等。如果能夠同時利用幾丁聚醣和海藻酸鈉，利用複合性材質，增加單一膜所沒有的性質，也希望能夠製作出取代保鮮膜的產物，因為保鮮膜是直接接觸食物，也更容易影響食物，若能有效的製備出不同的膜。

三、探究目的與假設

(一) 水解程度和鹼處理對純幾丁聚醣 (CS) 膜的影響

研究者 Rinaudo 等人指出，在酸性溶液中，幾丁聚醣中的胺基會質子化並形成離子形式，這將影響其溶解能力。因此，我們使用冰醋酸作為溶劑，探討水解程度對幾丁聚醣成膜的影響。假設不同水解程度 CS 保鮮膜的特性檢測，而根據實驗結果，我們觀察到了：

1. CS常溫下難溶於水，成膜後韌性較差，但若以冰醋酸水解後即可成膜。
2. 冰醋酸濃度越低製作出的薄膜韌性（拉力）越差（越硬），而冰醋酸濃度越高，膜的韌性就越佳。

雖然幾丁聚醣屬於疏水性物質，但利用冰醋酸溶液水解後製成之膜卻容易被水溶解，因此我們將其浸泡在氫氧化鈉溶液中進行中和反應，希望使幾丁聚醣膜能夠不易溶於水，恢復其疏水性。

1. 在浸泡過NaOH水溶液後，CS膜皆呈現嚴重皺褶。
2. CS膜以氫氧化鈉水溶液中中和後，皆可浸泡於水中且不會破損，具有疏水性。
3. 泡過NaOH水溶液的CS膜變形嚴重無法使用。

(二) 透過利用海藻酸鈉 (SAL) 溶液和幾丁聚醣 (CS) 溶液製成混合膜

根據實驗一的結果我們可以得知，幾丁聚醣膜易溶於醋酸水溶液，但其疏水性差，不利於製成保鮮膜，而加入鹼液後雖然可使其具有疏水性，但膜表面呈現嚴重皺褶，同樣不利運用，因此我們假設將海藻酸鈉溶液 (SAL Solution) 與幾丁聚醣溶液 (CS Solution) 2種具有不同性質的溶液混合製膜，目的希望優化其膜之特性。我們觀察到：

1. 兩者混合後膜性變差，會形成凹凸不平、不溶於水的凝膠狀物質。
2. 推測是因為兩者混合後幾丁聚醣上的 NH_4^+ 與海藻酸鈉上的 COO^- 發生離子作用力形成不溶水的高分子聚合物。

(三) 利用海藻酸鈉 (SAL) 溶液和幾丁聚醣 (CS) 溶液製成複合膜

我們利用交聯反應，SAL Solution中鈉離子被鈣離子取代時，會使其變成網狀更堅固的結構（半透膜），來加強混合膜缺乏的性質。

1. 膜的性質及外觀大致相同，海藻酸鈉和幾丁聚醣濃度越高越柔軟。
2. 複合膜較混合膜更防水。
3. 複合膜在可塑性上依然無法和市售的PE保鮮膜比較。

(四) 添加物（甘油、蜂蠟、乳化劑）對複合膜包覆食物是否會有影響

1. 加入甘油

甘油是一種水溶性醇類，有增塑劑的功用，而根據研究指出添加增塑劑可以增加膜的延展性及柔軟性，常用的增塑劑有甘油、山梨醇等，其中以甘油效果最佳。

發現：添加甘油複合膜的柔軟度較未添加的還要柔軟，且加入 2%的柔軟度較 1% 高，但是與市售保鮮膜容易塑形的狀態仍有差距。

2. 加入甘油、蜂蠟、乳化劑

蜂蠟可增加疏水性，並也能填充在分子間增加膜的形變率，但因為在常溫下蜂蠟並不溶於水，於是我們添加了乳化劑(S60)，而為了將其乳化性能進一步提升我們再加入了橄欖油。

發現：膜外表光滑平整，依不同的比例添加會有不同的觸感及柔韌度表現。

(五) 探討添加明膠對複合膜性質的影響

我們發現明膠可以用於增加彈性，於是我們添加明膠到複合膜的海藻酸鈉面中，看看是否使其膜更為柔軟。

1.比例較高的明膠使膜更硬也更平整，製膜觸感更像紙張。

2.同複合膜製膜比例下，2g 明膠製作出來的膜最像 PE 膜

發現明膠可使膜更柔軟後接下來要測試韌性及形變率

1. 複合膜在加入明膠後，韌性降低了，但形變率卻有大幅度的提升。

2. %的明膠添加量的複合膜形變率之所以小於 2%的原因是

，我們烘烤複合膜時有觀察到明膠析出的現象，因此我們推測複合膜中明膠的添加量只能到 2%，過多可能導致它全部以水溶液的形式析出。

(六) 探討加入明膠對複合膜包覆個別食品的影響

1.香蕉

未熟情況下帶皮香蕉會釋放出乙烯來催熟。我們將帶皮香蕉透過複合膜來進行包覆，可推論複合膜能否將乙烯排出、甚至是使乙烯無法作用。

發現：全未包覆的相較我們自製的複合膜較有較多的發黑現象產生，這可以得知我們的複合膜像半透膜一樣，可將物質由高濃度擴散製低濃度。

2.蘋果

幾丁聚醣膜具有抗菌功能，在許多相關研究中皆指出其特性，因此可作為天然的醫美甚至外科敷材，若套用在生鮮蔬果上，是否具有抗菌能力的效果，甚至延緩氧化(褐變的能力)。

發現：結果無明顯差異。由於氧化的作用使的蘋果變黑，受酵素活性影響，推測複合膜透氣性較傳統 PE 膜佳，故褐化速度也較 PE 膜快。

3.吐司

發霉是吐司最容易壞掉的方式之一，而我們的複合膜中的幾丁聚醣層則具有抗菌的效果，於是利用吐司測試自製複合膜能否防止麵包發霉。

1.複合膜包覆的吐司比 PE 膜能保持吐司不長黴菌的時間長。

2. 使用自製複合膜包覆的土司比較乾硬，推測是因為透氣性佳，水被散出。

(七) 酸、鹼處理對 CS-SAL 複合膜的影響 (韌性、形變率)

我們想模擬複合膜接觸不同酸鹼的溶液後的性質改變，以增加其在保鮮上的可信程度。

1. 浸泡過酸鹼液體後，所有膜的韌性都下降了，幾乎都出現萎縮狀態
2. 複合膜則接不會出現破損等嚴重到無法包覆物品的地步，也就是說我們的膜都有一定的抗酸鹼能力。
3. 部分製膜在接觸酸鹼後表面變的黏稠，且皆發生在 CS 面上。如果要包覆酸鹼性的物品時，複合膜需用 SAL 面向該物品，以達到最佳保鮮方式。

(八) CS-SAL 複合膜對水蒸氣蒸發量的影響

利用水蒸氣擴散作用的特性，測試一定條件下水分通過複合膜的量。

1. 因為天候不佳的影響，我們實驗時，濕度常常改變，瓶內的水可能有時增減不一，故我們採用比較絕對值的方式，將一天有多少水分會通過我們的複合膜來計算。
2. CS 層和 SAL 複合膜的水蒸氣透散量會受層階影響

四、探究方法與驗證步驟

第一個假設中，我們探討鹼處理對純幾丁聚醣 (CS) 膜的影響，根據實驗原理:幾丁聚醣屬於疏水性物質，利用冰醋酸溶液水解後製成之膜卻容易被水溶解，因此我們將其浸泡在氫氧化鈉溶液中進行中和反應，希望使幾丁聚醣膜能夠不易溶於水，恢復其疏水性。

第二個假設中，CS 與 SAL 為海洋多醣，皆有來源廣、成本低與成膜性佳等優點。從此實驗可發現兩者混合後反而膜性變差，會形成凹凸不平、不溶於水的凝膠狀物質，推測是因為兩者混合後幾丁聚醣上的 NH_4^+ 與海藻酸鈉上的 COO^- 發生離子作用力形成不溶水的高分子聚合物。因此我們決定修改製程，先讓海藻酸鈉與鈣離子進行交聯反應，再製成複合膜，使其能夠防水。

而第三個假設中，在我們的實驗結果中使用複合膜包覆的食物較不易滋生黴菌，也能延緩變質。加入蜂蠟等物質在各方面的性能表現與實際應用，我們發現在各方面優於市售 PE 膜，或至少和 PE 膜有相同的性能。但美中不足的地方是，因為由生物材質所組成的複合膜，在形變率上有天生低於 PE 膜的劣勢。

五、結論與生活應用

一、CS 以冰醋酸水解後就可成膜，且提升冰醋酸濃度則能增加 CS 的溶解度，使膜的韌性更佳。冰醋酸濃度越低時製作出的薄膜，拉力 (韌性) 會越差 (越硬)，反之濃度越高時，膜的拉力 (韌性) 越佳，但是製成的膜無法防水。

二、根據實驗結果，以 2%CS-2%SAL 複合成的複合膜較果最好也能防水，但在可塑性上依然是無法和市售 PE 保鮮膜比較，而且複合膜顏色較白、較易縮小。

三、添加甘油、蜂蠟、橄欖油、乳化劑等添加物會使複合膜變柔軟，但有改善空間。

四、複合膜添加明膠後變的非常柔軟，形變率大幅提升，但韌性變的較差。

五、複合膜包覆土司可有效防止吐司發霉變質，包覆香蕉也可使香蕉較慢變黑，但是

對包覆蘋果，卻無法防止其褐變。

六、複合膜在浸泡過酸鹼液體後，所有膜的韌性都下降了，但不會出現破損等嚴重到無法包覆物品的地步，也就是複合膜有一定的抗酸鹼能力。

七、複合膜透氣性較一般 PE 膜高。

參考資料

- 一、李垣勳、李韶郁、李文昭 (2016) 。幾丁聚醣之溶解特性及溶解處理對其性質之影響。林業研究季刊 38 (4) :253-262 ·253 研究報告。
- 二、林鈺純 (2018) Ooho! 「內」個「膜」法—凝膠薄膜性質之探討中華民國第五十八屆中小學科學展覽會。
- 三、王笠安、黃彥樺、陳彥蒲、蘇宸瑩 (2008) 看不見的保鮮膜——幾丁聚醣的萃取與應用。中華民國第 48 屆中小學科學展覽會。
- 四、呂品葳、王沛星、洪佳妤中 (2016) 蝦殼哇哇挖-幾丁聚醣薄膜之研究。中華民國第 56 屆中小學科學展覽會。
- 五、陳榮輝 (2001) 幾丁質、幾丁聚醣的生產製造、檢測與應用。科學發展月刊，29 卷 (10) ，776-787。
- 六、韋少茹、葉承齊、林瑋晟 (2014) 『膜吸膜吸』請問您要吸什麼？—幾丁質聚醣之探討。全國高職學生 103 年度化工群專題暨創意製作競賽複賽作品說明書。