

嘉義市第 38 屆中小學科學展覽會
作品說明書（封面）

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：「蝦」毀！蝦殼也可以回收再利用？

關鍵詞：蝦紅素、抗氧化、抗菌

編號：

摘要

本實驗目的主要是為了探討蝦紅素之抗氧化力及抗菌能力，並找出在各種變因下蝦紅素抗氧化及抗菌之最佳結果。本實驗分別以三個操作變因處理蝦紅素：加熱時間、烘乾溫度以及有機溶劑萃取，再以固定濃度之過錳酸鉀溶液滴定，觀察蝦紅素變色情形。最後自製三種濃度不同之蝦紅素溶液，將其與市售乙醇做抗菌效果的比較。實驗結果發現加熱時間增長、烘乾溫度提高，以及使用乙醇萃取，皆有利於增強蝦紅素之抗氧化力；而乙醇利於抑菌，滅菌效果則為高濃度之蝦紅素溶液較佳。

壹、研究動機

現代人相當注重保養及養生，由於抗氧化物質能防止老化及預防心血管疾病，常被添加在食品及化妝品中。而許多產品常包含「蝦紅素」這個強力的抗氧化物質，其抗氧化力遠遠超過其他抗氧化劑，因此有「超級維生素 E」之稱。

有鑒於此，我們將用完餐後的廢棄蝦殼回收再利用，取出蝦紅素並探討其在不同變因下的抗氧化能力，以期能應用於各種產品的製造，並達到循環經濟的目的。

貳、研究目的

- 一. 探討加熱時間對蝦紅素抗氧化力的影響
- 二. 探討烘乾溫度對蝦紅素抗氧化力的影響
- 三. 探討不同溶劑萃取蝦紅素後之效果
- 四. 探討萃取後的蝦紅素抗菌之效果

參、研究設備及器材

器材及其規格					
器材		規格	器材		規格
1.	燒杯	250 mL、500 mL、1000 mL	10.	濾紙	
2.	滴定管	50 mL	11.	刮勺	
3.	量筒	50 mL、100 mL	12.	無菌操作檯	
4.	容量瓶	250 mL、1000 mL	13.	高溫高壓滅菌釜	
5.	溫度計		14.	電子天平	
6.	酒精燈		15.	研鉢、杵	
7.	鋁箔紙		16.	烘箱	
8.	保鮮膜		17.	培養皿	
9.	玻璃棒		18.		

使用藥品			
1	過錳酸鉀	6	丁醇
2	鹽酸	7	洋菜粉
3	乙醇	8	Lactose broth (乳糖湯)
4	丙酮	9	
5	正己烷	10	

肆、研究過程與方法



一、研究原理：

根據網路上資料查詢，蝦紅素常被稱作為「抗氧化之王」是一種類胡蘿蔔素,也是類胡蘿蔔素合成的最高級別產物，是超強的抗氧化劑之一，其抗氧化能力是β胡蘿蔔素的38倍、維生素E的500倍。

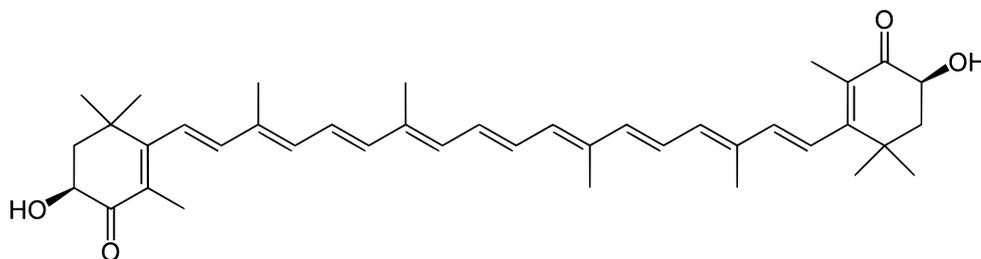
我們運用水煮的方式獲得蝦殼中的蝦紅素，並用不同的操縱變因：加熱時間、烘乾溫度、溶劑種類觀察蝦紅素在不同狀況下所表現出的抗氧化力。

二、蝦紅素的化學性質：

蝦紅素(Astaxanthin)是藻類處於陽光或惡劣環境下為存活下去，所分泌出的一種植物性抗氧化劑。當魚蝦吃下這些藻類後，外觀或肌肉會呈現橘紅色澤。菜市場上活生生的螃蟹、蝦子的外殼都是青綠色，可是餐桌上煮熟的螃蟹、蝦子則是紅色。這個原因就跟蝦蟹體內的色素蝦紅素有關。於蝦體內通常與蛋白質結合而呈藍紫色，直至與其結合的蛋白質變性後才呈現出其原有之橙紅色。

蝦紅素（分子式為 $C_{40}H_{52}O_4$ ，分子量 596.9），是一種類胡蘿蔔素，色澤

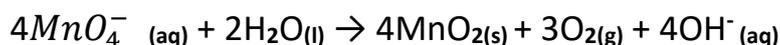
為粉紅色，具脂溶性，不溶於水，可溶於有機溶劑。其結構為 40 個碳子，兩端帶酚基酮環，中間以 13 個共軛雙鍵交替出現之多烯(polyene)連結，兩端帶酚基的苯酮環(圖一)，這些結構具有較活潑的電子效應，使它容易與自由基配對，以達到清除體內自由基之效果，因此，蝦紅素較一般類胡蘿蔔素具有更强的抗氧化活性。



▲ (圖 1)

三、過錳酸鉀滴定原理：

由於過錳酸根離子之還原電位很大，是一個強氧化劑；而它與大部分還原劑的反應速率都非常快速；同時 MnO_4^- 為深紫色，其還原後的 Mn^{2+} 為淡粉紅色幾近無色，所以不需使用指示劑，就可以肉眼判斷滴定終點，因此常用於氧化還原滴定。



四、抗氧化劑原理：

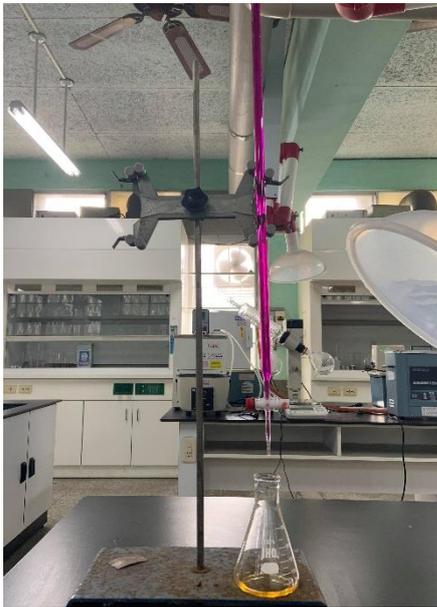
抗氧化劑有助於保護人體免受自由基的傷害。在日常生活中的抗氧化劑種類有很多種，其中包括了維生素抗氧化劑、礦物質抗氧化劑以及植物性營養素抗氧化劑。

抗氧化劑大多是添加在食品裡面，它是能夠防止或減緩食品因氧化而變質、提高食品穩定性以及延長保存時間的一種食品添加劑。

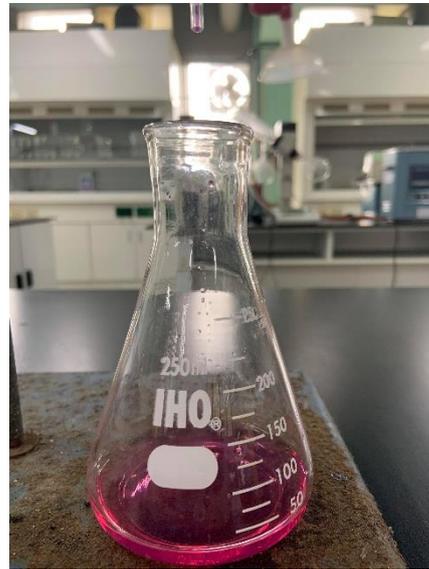
第一部分（探討加熱時間對蝦紅素抗氧化力的影響）

- (一) 將蝦子分成五等份，每份 125g，分別加入 250g 的水
- (二) 加熱至 100°C，取出後剝殼，並分別將其放回杯中
- (三) 取 1000ml 水，0.396g 過錳酸鉀，配置 $2.5 \times 10^{-3}M$ 過錳酸鉀水溶液
- (四) 取其中四杯廢棄蝦殼，每杯 45g，分別放置於電磁爐上，維持 80°C 加熱 3 分鐘、5 分鐘、7 分鐘、9 分鐘

(五) 每次取 20ml 不加熱及加熱時間不同的蝦紅素，以過錳酸鉀水溶液滴定至其變色，記錄變色時所需過錳酸鉀量。



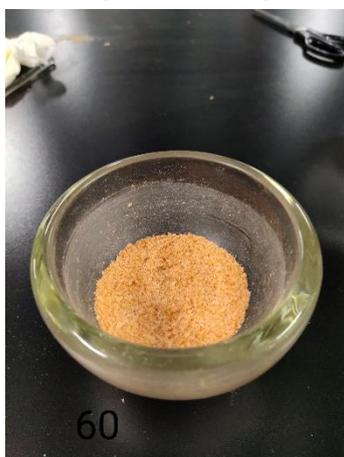
▲ (圖 2) 滴定裝置



▲ (圖 3) 其中不加熱滴定結果

第二部分 (探討烘乾溫度對蝦紅素抗氧化力的影響)

- (一) 將蝦子煮熟後取出剝殼
- (二) 將蝦殼分成三等份，分別放入烘箱中以 60°C、120°C、180°C 烘乾 1.5hr
- (三) 各取 10g 蝦殼，以 100g 水浸泡 5 分鐘並過濾沉澱
- (四) 取 1000ml 水，0.396g 過錳酸鉀，配置 $2.5 \times 10^{-3} \text{M}$ 過錳酸鉀水溶液
- (五) 每次取 20ml 烘乾溫度不同的蝦紅素水溶液，以過錳酸鉀水溶液滴定至其變色，記錄變色時所需過錳酸鉀量。



(圖 3) 60°C



(圖 4) 120°C



(圖 5) 180°C

第三部分（探討溶劑種類萃取蝦紅素對蝦紅素抗氧化力的影響）

- (一) 將蝦子煮熟後取出剝殼
- (二) 將蝦殼放入烘箱以 60°C，40 分鐘烘乾
- (三) 各取 10 克 g 蝦殼，泡 100g（乙醇、丙酮、正己烷、丁醇）5 分鐘
- (四) 取 1000ml 水，0.396g 過錳酸鉀，配置 $2.5 \times 10^{-3}M$ 過錳酸鉀水溶液
- (五) 每次取 20ml 萃取出來的蝦紅素水溶液，以過錳酸鉀水溶液滴定至其變色，記錄變色時所需過錳酸鉀量



乙醇

丙酮

正己烷

丁醇

▲（圖 6）

肆、第四部份（探討萃取後的蝦紅素抗菌之效果）

- (一) 將蝦子煮熟後取出剝殼
- (二) 將蝦殼放入烘箱以 60°C，40 分鐘烘乾
- (三) 各取 40 克 g 蝦殼，泡 400g 乙醇（75%）5 分鐘
- (四) 承裝容器大小與數量計算所需的培養基重量(g),再以電子天平量稱所需的培養基。（洋菜粉 3g、Lactose broth 6.25g、熱蒸餾水 250ml）
- (五) 分別放入 500ml 玻璃器皿之中，再將洋菜粉、Lactose broth 培養基於瓶子中溶解掉。
- (六) 將瓶蓋栓於瓶口上，放入高溫高壓滅菌釜裡面進行滅菌。
- (七) 濕熱滅菌之後，待培養基降溫後將培養基倒入培養皿，等待凝固
- (八) 配置乙醇（75%）、蝦紅素溶液：純水（1：3）、（1：5）、（1：7）
- (九) 分別以只塗菌、不塗菌、抑菌、殺菌觀察其效果

伍、研究結果

一、第一部分(探討加熱時間對蝦紅素抗氧化力的影響)

(一) 目的：欲了加熱時間的長短對蝦紅素的抗氧化能力

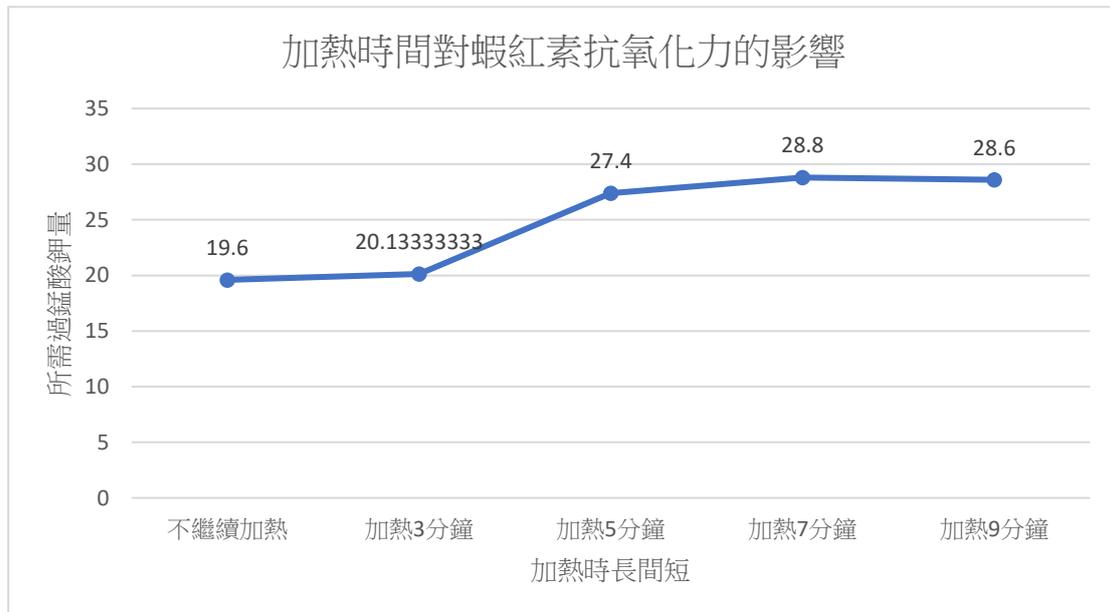
(二) 實驗設計：

1、蝦紅素來源及製備：因想了解其抗氧化力的強弱，故我們將廢棄的蝦殼以不同時間加熱並蒐集起來備用。

2、實驗變因及結果：

● 操縱變因為加熱時間(不繼續加熱、加熱 3 分鐘、加熱 5 分鐘、加熱 7 分鐘)。			
● 控制變因為 $2.5 \times 10^{-3} \text{M}$ 過錳酸鉀水溶液、廢棄蝦殼 45g。			
	第一次(mL)	第二次(mL)	第三次(mL)
不繼續加熱	19.2	20	19.6
加熱 3 分鐘	20.8	20	19.6
加熱 5 分鐘	28.6	26.6	27
加熱 7 分鐘	28.6	28.6	29.2
加熱 9 分鐘	29.4	28.6	27.8

▲表一



▲表二

(四) 實驗總結：

根據第一部份的實驗，我們可以得知：四個不同的加熱時間所測出的抗氧化力效果皆優於不繼續加熱的效果，而在加熱五分鐘後的效果均不再有明顯差異。

二、第二部分(探討烘乾溫度對蝦紅素抗氧化力的影響)

(一) 目的：欲了烘乾溫度對蝦紅素的抗氧化能力

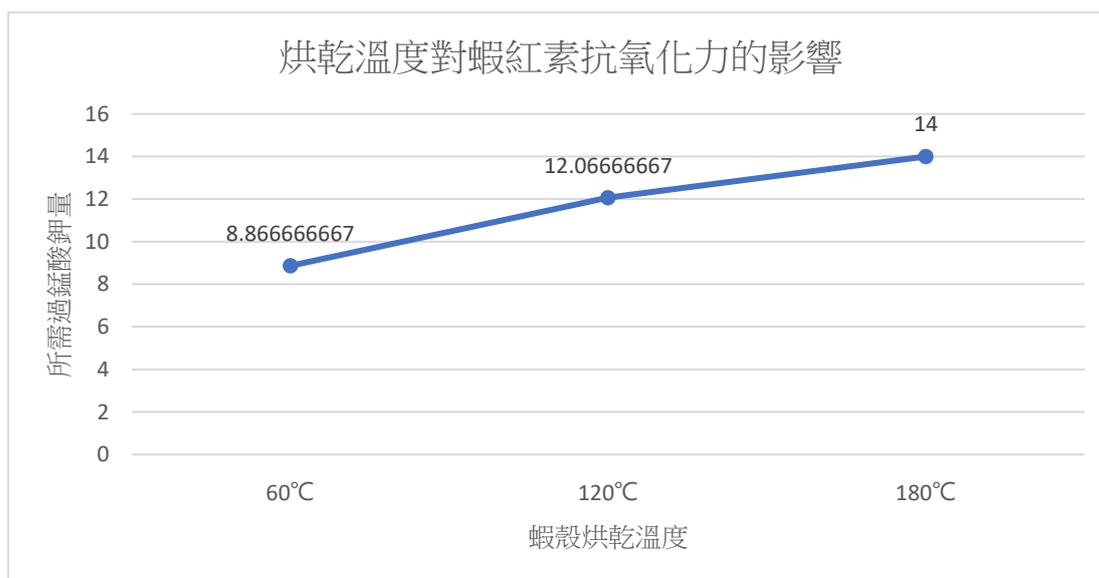
(二) 實驗設計：

1、蝦紅素來源及製備：因想了解其抗氧化力的強弱，故我們將廢棄的蝦殼以烘箱烘乾，磨粉並蒐集起來備用。

2、實驗變因及結果：

● 操縱變因為蝦殼烘乾溫度 (60°C、120°C、180°C)			
● 控制變因為 $2.5 \times 10^{-3} \text{M}$ 過錳酸鉀水溶液、10g 廢棄蝦殼。			
	第一次(mL)	第二次(mL)	第三次(mL)
60°C	8.8	8.8	9
120°C	12.5	11.9	11.8
180°C	14.3	13.7	14

▲表三



▲表四

(三) 實驗總結：

根據第二部份的實驗，我們可以得知：三個不同的烘乾時間所測出的抗氧化力效果會隨著溫度的提升而增加。

三、第三部分（探討不同溶劑萃取蝦紅素後之抗氧化力效果）

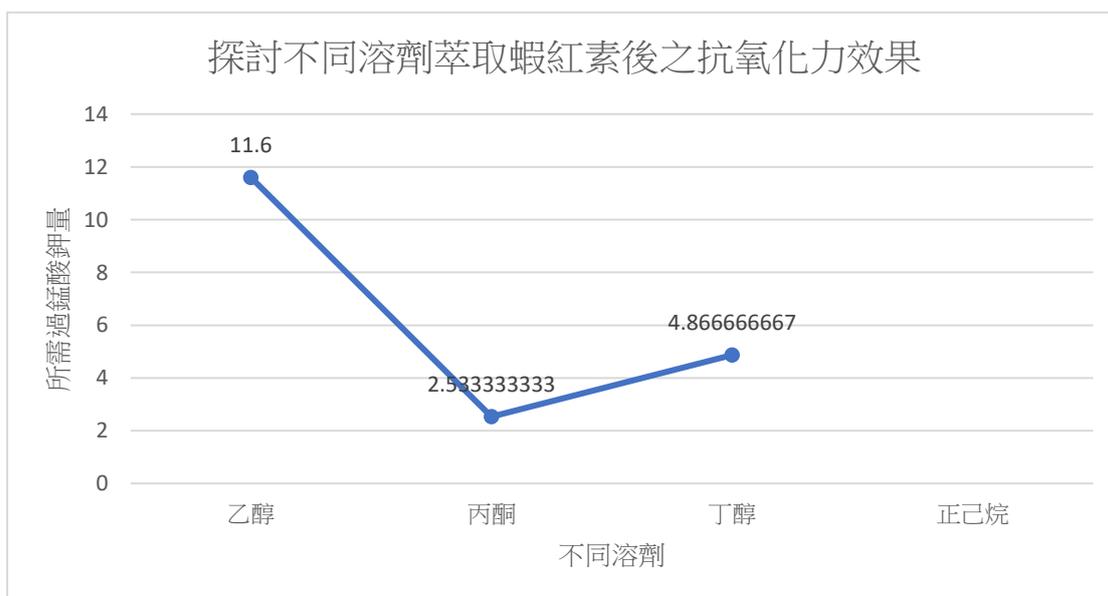
（一）目的：欲了不同溶劑萃取蝦紅素後之抗氧化力效果

（二）實驗設計：

- 1、蝦紅素來源及製備：因想了解其抗氧化力的強弱，故我們將廢棄的蝦殼以不同溶劑萃取並蒐集起來備用。
- 2、實驗變因及結果：

● 操縱變因為有機溶劑（乙醇 95%、丙酮、正己烷、丁醇）			
● 控制變因為烘乾蝦殼 10 克、 $2.5 \times 10^{-3}M$ 過錳酸鉀水溶液。			
	第一次(mL)	第二次(mL)	第三次(mL)
乙醇	12	11.6	11.2
丙酮	2.6	2.5	2.5
丁醇	4.9	4.8	4.9
正己烷	無法與過錳酸鉀互溶		

▲表五



▲表六

（三）實驗總結：

根據第三部份的實驗，我們可以得知三種不同的溶劑所萃取出的蝦紅素的抗氧化力效果。正己烷因無法與過錳酸鉀互溶而無法測得。最終測得使用乙醇萃取出的蝦紅素抗氧化力效果最佳

四、第四部份（探討解萃取後的蝦紅素的抗菌能力）

（一）目的：欲了解萃取後的蝦紅素的抗菌能力

（二）實驗設計：

1、細菌來源及製備：因想了解其對環境中常見的微生物的抑制效果，故我們將手中細菌以無菌水作洗滌後並蒐集起來備用。

2、實驗對照組及實驗操作變因：

組別	正對照組	負對照組	實驗組一	實驗組二	實驗組三	實驗組四
細菌	+	-	+	+	+	+
蝦紅素溶液 (比例蝦： 水)	-	+	75% (乙醇)	1 : 3	1 : 5	1 : 7

▲表七 +：有做此處理 -：無作此處理

（三）實驗結果：

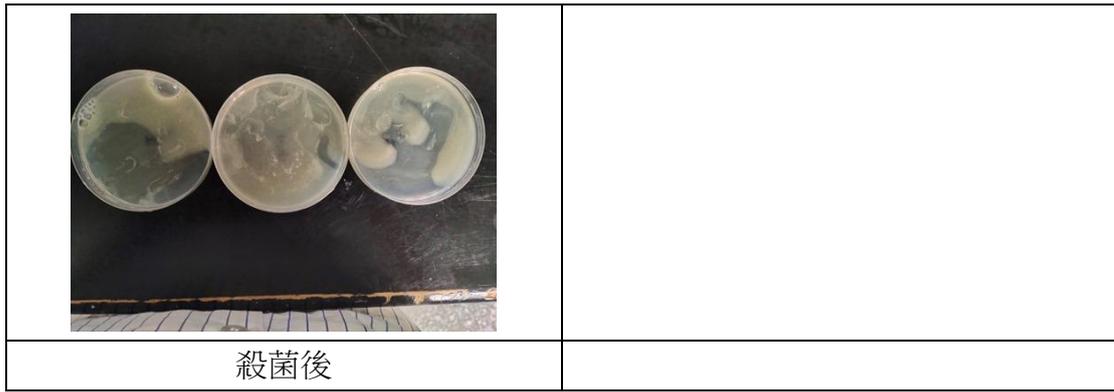
1、添加 75%酒精的抗菌能力



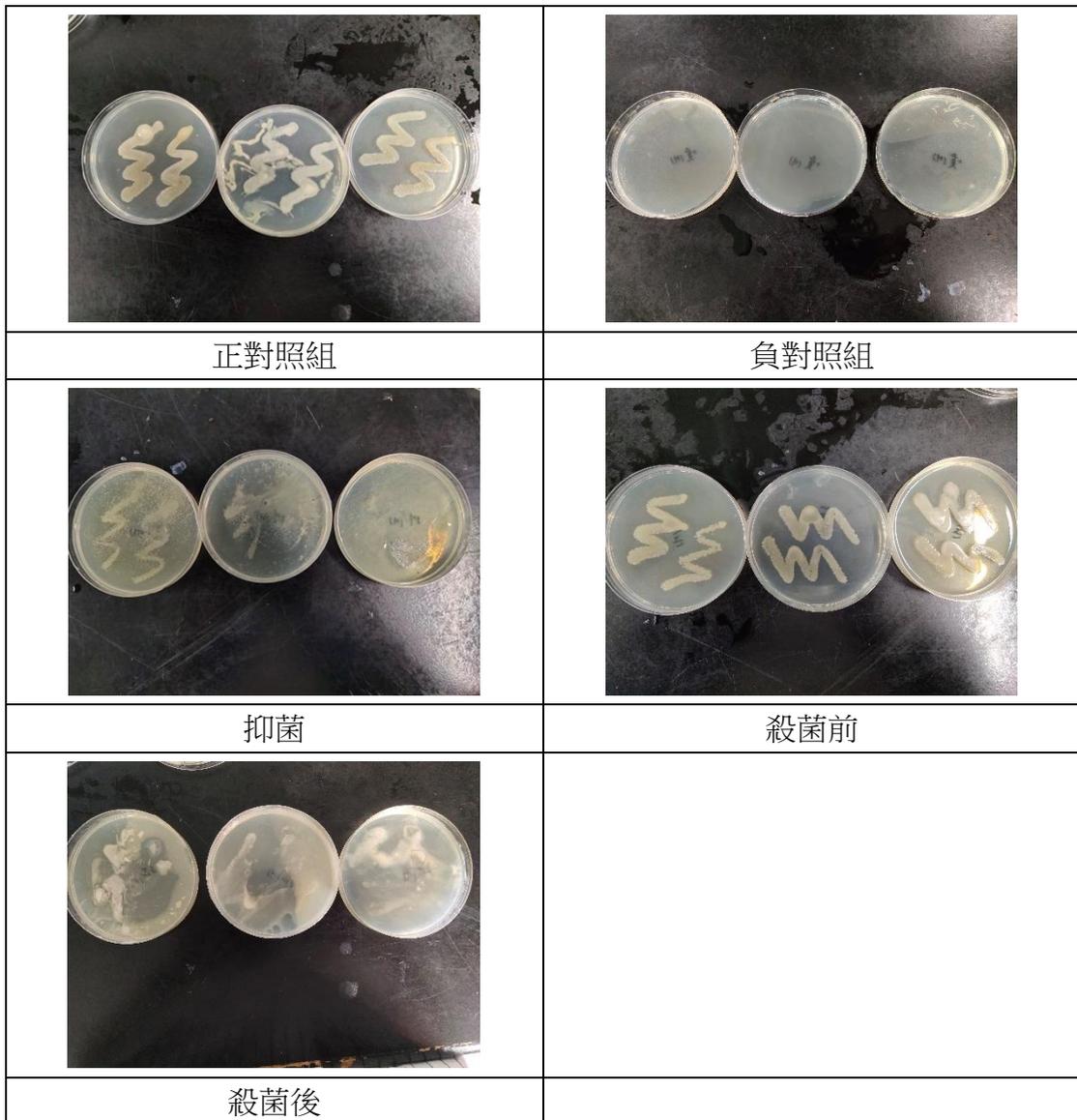
	
<p>抑菌</p>	<p>殺菌前</p>
	
<p>殺菌後</p>	

2、添加蝦紅素溶液：水（1：3）的抗菌能力

	
<p>正對照組</p>	<p>負對照組</p>
	
<p>抑菌</p>	<p>殺菌前</p>



3、添加蝦紅素溶液：水（1：5）的抗菌能力



4、添加蝦紅素溶液：水（1：7）的抗菌能力

	
<p>正對照組</p>	<p>負對照組</p>
	
<p>抑菌</p>	<p>殺菌前</p>
	
<p>殺菌後</p>	

(四) 實驗總結：根據第四部份的實驗

- 1、乙醇抑菌效果較所有濃度之蝦紅素溶液佳。
- 2、高濃度之蝦紅素溶液殺菌效果最佳，乙醇效果最差。

陸、討論

一、第一部分實驗結果討論

原本我們猜想加熱時間越長，滴定蝦紅素所需之過錳酸鉀量會越多，然而結果並非完全如此。加熱時間增長，過錳酸鉀用量明顯增加，因此可以推知**加熱對蝦紅素抗氧化力的效果是有幫助的**，但加熱五分鐘後的用量均無明顯差異，由此我們得知**加熱時間五分鐘已到了抗氧化力最佳的效果**。

根據文獻，蝦子加熱會使其體內大部分色素**遇高溫**分解，但蝦紅素**並不會被破壞**，所以**煮熟的蝦子會顯現出鮮豔的橘紅色**。由此我們推測：當**加熱時間愈長，所釋出之蝦紅素愈多，抗氧化力效果愈強**，但過錳酸鉀溶液使其變色之用量並非持續增加，**仍有其上限**。

本次實驗選用過錳酸鉀作為標準液，因過錳酸根還原電位大，為一強氧化劑，且反應速率非常快速；而達滴定終點時蝦紅素由深橘紅色逐漸變成淺橘色，**用肉眼即可判斷滴定終點**。

二、第二部分實驗結果討論

在第二部份的實驗中，我們持續探討不同變因對蝦紅素抗氧化力的影響。將蝦殼平分三等份並放入烘箱，分別以**60度、120度、180度**加熱**1.5小時**。再各取**10公克**，以蒸餾水浸泡後過濾沉澱，並分別以濃度（**2.5x1/1000M**）之過錳酸鉀水溶液滴定，觀察蝦紅素顏色變化。

實驗結果顯示，溫度愈高蝦紅素抗氧化力愈好，我們推測此結果與**蝦子體內的蛋白質—「甲殼菁」有關**。蝦紅素帶有酸性，此性質使其容易與甲殼菁蛋白質結合，使尚未遇熱的蝦子呈現青藍色；然而當**蝦子遇高溫，會使體內蛋白質遭到破壞，但蝦紅素不會因此被分解**，由此得知烘乾溫度愈高，**蝦紅素所占比例愈高，抗氧化力愈強**。

三、第三部分實驗結果討論

此實驗我們採用有機溶劑萃取後由過錳酸鉀滴定成果判斷，由實驗結果可發現正己烷因難溶於水，無法與過錳酸鉀水溶液互溶，因此無法測得，接著乙醇、丁醇萃取結果皆較丙酮萃最佳，我們推測是因在高溫下，與蝦紅素結合的甲殼蛋白質—甲殼菁被分解成胺基酸，又**胺基酸具有氫鍵，因此易溶於同樣具備氫鍵的醇類當中**，又乙醇萃取效果較丁醇佳，是因文獻提及**胺基酸易溶於水**，而我們此實驗採用**95%的乙醇具有5%的水**，因此**使用乙醇萃取為此實驗的最佳結果**。

四、第四部份實驗結果討論

我們由文獻得知抗菌是抑菌和殺菌的統稱，因此將此實驗分成了兩大部分，分別為蝦紅素的抑菌效果及蝦紅素的殺菌效果。而為了與市售的 75% 乙醇進行比較，蝦紅素的萃取方法我們採取與 75% 乙醇進行互溶，而非 95%。由僅倒入 75% 的乙醇及高、中、低濃度的蝦紅素與酒精配置之溶液的培養基，可證明 4 種溶液皆為無菌的狀態，因此培養基上的菌種皆為由空氣中、水中及手上取得的雜菌。

觀察蝦紅素其抑菌效果，可明顯看出乙醇抑菌效果遠優於蝦紅素且無法以肉眼判斷蝦紅素溶液的濃度不同對於抑菌效果的影響，與本來我們的猜想一濃度愈高，抑菌效果愈佳有些許不同。因文獻提及蝦紅素具備抑菌效果，我們推測此實驗方法無法有效呈現蝦紅素抑菌效果，本次實驗採取將菌液塗抹於培養基表面上，再將乙醇及高、中、低濃度的蝦紅素分別倒入培養基表面上，我們認為先將菌液和乙醇、蝦紅素溶液混合作用一段時間後再塗抹於培養基表面上可達到更佳的實驗結果。

我們將塗抹菌液後的對照組（只塗菌）及其餘四組實驗組（四種溶液）放置於烘箱以 37.5°C 進行培養，於 18 小時後拿出並將 75% 的乙醇及高、中、低濃度的蝦紅素溶液分別倒入各組培養基表面上，於 24 小時後，由只塗抹菌液的培養基對比倒入四種不同溶液的培養基其殺菌效果，可觀察到蝦紅素殺菌效果較乙醇佳，倒入乙醇之培養基並無明顯變化，而由倒入蝦紅素溶液的培養基可觀察出，高濃度的蝦紅素溶液具較佳殺菌效果，然而其餘中、低濃度的蝦紅素溶液，雖有殺菌效果但兩者效果相似不具明顯差別。探討蝦紅素其殺菌效果，蝦紅素溶液皆優於乙醇，且蝦紅素溶液的濃度高低對於殺菌效果僅有些微影響。

柒、結論

1. 加熱時間增長有利於提高蝦紅素之抗氧化力，但並非時間愈長效果愈好。
2. 根據文獻，加熱蝦子會破壞體內之蛋白質，但蝦紅素並不會因加熱被分解。
3. 烘乾溫度愈高，抗氧化力愈強，推測此結果與甲殼菁遭破壞有關。
4. 以 95% 之乙醇萃取之蝦紅素抗氧化效果最好，因甲殼菁被分解為小分子的胺基酸，其具有氫鍵易溶於乙醇；又胺基酸易溶於水，因此萃取效果較丁醇佳。
5. 選擇萃取溶劑時應考慮其是否易溶於水，如正己烷難溶於水亦無法與過錳酸鉀溶液互溶，因此無法測得。
6. 本次探討蝦紅素之抗氧化力的實驗，皆配製固定濃度 ($2.5 \times 10^{-3} \text{M}$) 之過錳酸鉀溶液作為標準液，因其為強氧化劑且能以肉眼判斷滴定終點。

- 7.在抗菌實驗中，為了配合市售酒精之濃度，我們選用 75%之乙醇與蝦紅素互溶，而非 95%。
- 8.在抑菌方面，乙醇抑菌之效果明顯優於萃取後之蝦紅素溶液；而無法僅用肉眼判斷出三種濃度不同之蝦紅素溶液之間的效果差異。
- 9.在殺菌方面，蝦紅素溶液殺菌之效果較乙醇佳；又高濃度之蝦紅素溶液殺菌效果最好，而中、低濃度之間無明顯差異。
- 10.本次實驗僅倒入 75%的乙醇及高、中、低濃度的蝦紅素與酒精配置之溶液的培養基，皆為無菌狀態，培養基上的菌種皆為空氣中、水中及手上的雜菌。

捌、參考資料及其他

蝦紅素 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%9D%A6%E9%9D%92%E7%B4%A0>

蝦紅素 百度百科

<https://baike.baidu.com/item/%E8%99%BE%E9%9D%92%E7%B4%A0>

蝦紅素 Astaxanthin 抗氧化能力

<http://training.biotin.com.tw/lesson22/astaxanintro.php>

廢棄蝦殼蝦紅素之萃取製程研究及活性分析 嘉義高中王志瑄、李牧謙、徐佑誠。

<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2017/10/2017102910423204.pdf>

每天食用蝦青素的理由 每日頭條

<https://kknews.cc/zh-tw/science/b66r92m.html>

過錳酸鉀的氧化還原滴定 國立臺灣大學化學系

https://www.ch.ntu.edu.tw/~genchem99/doc/demonstration/redox_titrations_with_potassium_permanganate.pdf

抗氧化劑 維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%8A%97%E6%B0%A7%E5%8C%96%E5%89%82>

胺基酸 維基百科

<https://zh.m.wikipedia.org/zhtw/%E6%B0%A8%E5%9F%BA%E9%85%B8?fbclid=IwAR3ty05ujD6dXpWi8YCIHPS3A1TbKyzkJaNEjT5zS6i2xqPoGYjwEZKkOxA>

蝦青素在水產養殖上的應用北京農學院學報 李豔豔、翟占軍、張銀花、曹永春、郭玉琴

蝦青素抗氧化活性研究營養學報 陳晉明、王世平、馬儷珍、鄭瑋、李倩

超級抗氧化劑蝦紅素 喬長誠