

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080215

攜「手」相「聯」—以到手香與海藻酸鈉交聯
開發新型抗菌用品的可能性之研究

學校名稱：屏東縣屏東市民和國民小學

作者：	指導老師：
小五 許語捷	許修維
小六 王沂歆	許曉綺
小六 林安祐	

關鍵詞：到手香、交聯、抗菌

摘要

新冠疫情影響了人民原本的生活型態，抗菌產品不僅迅速且持續被開發。到手香是長年生的天然植物處處可見文獻中提到其精油具有極佳之抗氧化、抗菌及抗發炎等生物活性。本次研究以到手香與海藻酸鈉交聯-開發新型抗菌球皂的可能性。以球殼形成的完整性、平均膜厚、包覆能力觀察交聯程度。實驗證實，到手香的確與海藻酸鈉發生交聯反應。且在搜尋文獻過程尚未發現有相關發表。期望藉於此研究，不僅能延伸開發抗菌產品亦能達到以天然植物作為交聯劑達到友善環境成效。

壹、研究動機

COVID-19 肆虐全球改變人類原本的生活型態，為了免於感染風險人們戴上了口罩、增加了洗手次數、消毒的習慣迅速被養成。也在短期內無數人突破創新了許多科學研究，在前人科展研究中自製抗菌球皂抵抗細菌即是一個顯著的創新，因此，本研究也朝向抗菌素材的方向進行收集資訊。在蒐集資料過程中我們回想起之前自然課植物繁殖單元中老師曾經提到以莖繁殖的到手香精油成分具有一定的抗菌能力，所以我們決定以到手香作為抗菌成份。

實驗試做時意外發現天然植物「到手香」竟然可以和海藻酸鈉(Sodium alginate , SA)進行交聯，令我十分驚訝。我們搜尋國內外期刊與歷屆科展並未有使用到手香作為交聯劑相關發表，在與老師討論之後，老師期待我能具備存疑創新的科學研究精神，尊重我們的好奇心。因此，我們增加以天然植物到手香液做為交聯劑研究主題，開始了本次的科展研究。

貳、研究目的

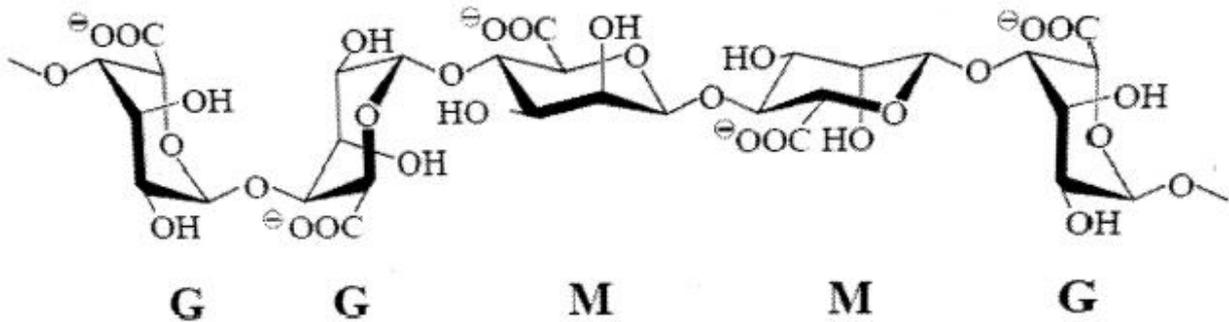
- 一、以到手香萃取液替代氯化鈣作為交聯劑開發新型抗菌清潔球的可能性。
- 二、探討交聯時間對球殼膜厚的影響
- 三、探討到手香濃度對球殼包覆能力差異
- 四、探討液態皂製作方法

參、文獻探討

一、簡介

(一) 海藻酸鈉

海藻膠是存在褐藻的細胞壁與細胞尖細的天然膠質多醣類，經提取存化後，以鈉鹽形式存在者，稱為海藻酸鈉(Sodium alginate)。由於本身帶電荷的巨大分子，在水合後，可以生成黏性；並且可以與多價金屬離子作用，而產生凝膠作用。^[4] 其分子式為 $(C_6H_7O_6Na)_n$ 。海藻酸鈉結構如圖(一)所示，是海藻酸的鈉鹽，由甘露糖醛酸(D-mannuronic acid, M)和葛蘿酸(L-guluronic acid, G)通過 α -1,4 糖苷鍵鏈接所組成。海藻酸鈉是由海帶中提取的天然多糖碳水化合物，廣泛應用於食品、醫藥、紡織、印染、造紙、日用化工等產品，作為增稠劑、乳化劑、穩定劑、粘合劑、上漿劑等使用。^[6]



圖一、海藻酸鈉結構式^[4]

(二) 氯化鈣

由氯化鈣(Calcium chloride)構成，化學式為 $CaCl_2$ 。它是典型的離子型鹵化物，室溫為白色固體。因為它在空氣中易吸水潮解，故無水氯化鈣應在容器中密封儲藏。氯化鈣及其水合物和溶液在食品製造、建築材料、醫學和生物學等多個方面均有重要的應用價值。^[7]

(三) 到手香

到手香為一鄉土植物，由試驗結果可知：其精油具有極佳之抗氧化、抗菌及抗發炎等生物活性。到手香容易種植，利用插枝法即可繁殖，成長迅速，在路邊常常可見到，材料收集相當便利到手香是長年生的天然植物處處可見。到手香(*Plectranthus amboinicus*)為屬唇形科(Lamiaceae)多年生之草本植物，又名著手香、到手香、過手香、印度琉璃苣、印度薄荷、排香草。於全球大多分布於非洲、亞洲、印度和澳大利亞等地區，臺灣

也有本土分布。因葉片中絨毛腺體含有較多精油，故揉捻葉片部位，即會產生濃厚的香氣。由文獻顯示得知到手香精油具有非常廣泛之抗細菌及抗真菌活性。

到手香葉部精油收率為 0.58 ± 0.03 mL/100g，精油成分共有 43 個化合物，主要之化合物為 carvacrol(50.0%)、 γ -terpinene(13.1%)、 β -caryophyllene(11.3%)、*p*-cymene(7.8%)等化合物。再將此精油組成分分類，其中以單含氧類(oxygenated monoterpenes)化合物最多(52.5%)，其次是單碳氫類(monoterpene hydrocarbons)化合物(26.9%)、倍半碳氫類(sesquiterpene)、倍半含氧類(oxygenated sesquiterpenes)化合物(3.7%)，也含有鈣、磷、鉀、鎂、鈉礦物質等。^[2]

到手香精油之抗菌活性抗菌試驗結果顯示，到手香精油之抗菌活性極佳，具有抑制金黃色葡萄球菌、大腸桿菌、肺炎桿菌、腸炎弧菌及白色念珠菌等菌株生長，故精油抑菌活性極佳。

(四)綠薄荷

綠薄荷又稱荷蘭薄荷，植物株高約 20-50 公分，莖為直立綠色略帶紫色密被絨毛如圖二，氣味溫和帶有清新薄荷味，葉形為長橢圓形，葉緣鋸齒深而銳，顏色翠綠，在食品、口香糖、化妝品、牙膏、醫藥品中已被普遍使用。研究顯示綠薄荷對真菌和細菌具有抑菌效果，與成分中含有檸檬烯(limonene)和香芹酮(carvone)有關，而檸檬烯是一種單萜烯，香芹酮是一種含氧單萜。另外，研究顯示綠薄荷對中樞神經系統、消化系統、生殖系統等具有藥理活性。^[9]



圖二、綠薄荷形態

(五)液態皂

液態皂的製作是以熱製法的方式進行。簡單地說，是將製皂過程中的鹼劑換成氫氧化鈉更換為氫氧化鉀，調整適當的油脂和鹼劑的比例，可以節省肥皂熟成的時間，在較短的時間製作出皂基。再依據比例將皂基溶解在無菌水中即可使用。

二、交聯作用

海藻酸鈉是透過主鏈上的醣醛酸單元的羥基(-OH)或羧基(-COOH)與其他交聯劑或其他聚合物的活性官能發生化學反應，製備出以共價鍵交聯為主、具有三維網絡結構的海藻酸鈉水凝膠。其中使用二價陽離子的離子交聯法是最常見的，例如使用Ca²⁺，其會取代兩個海藻酸鈉中的鈉離子進行交聯作用(cross-linking)而構成網狀結構形成膠球或膠條。^[6]

三、皂化反應

皂化反應是油脂或脂肪酸和鹼劑反應形成脂肪酸鹽和甘油的一種過程。代表的油脂以烷基鏈長 12~18 個碳的飽和脂肪酸酯類為主，椰子油、棕櫚油、蓖麻油等。代表鹼劑通常選用鹼性的氫氧化鈉、氫氧化鉀也有使用較弱鹼性的烷醇胺類(Alkanol amines)，例如三乙醇胺(Triethanol amine)。^[11]

肆、研究設備與器材

一、藥品材料

海藻酸鈉、氯化鈣、到手香、薄荷、液態皂(椰子油、橄欖油、棕櫚油、氫氧化鉀)

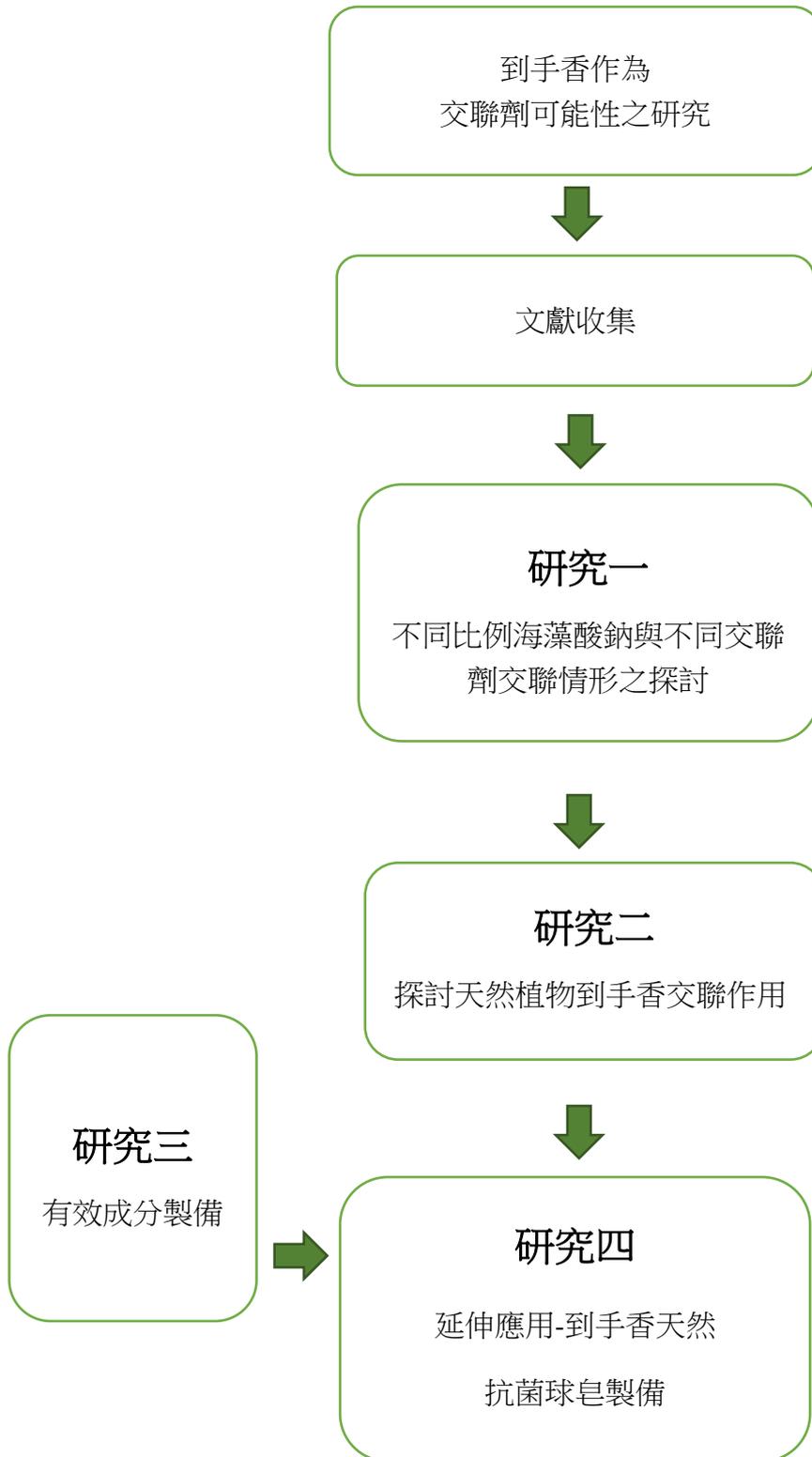
二、器材

表一.器材

				
燒杯	攪拌棒	錐形漏斗	NO.1 濾紙	藥匙
				
培養皿	秤量盤	電子顯微鏡頭	模具	保溫箱
				
卡尺	電磁爐	鍋子	保鮮膜	pH 試紙
				
磅秤	滴定管架	攪拌機	手套	計算機

伍、研究架構

一、主架構



陸、研究過程與結果討論

研究一、不同比例海藻酸鈉與不同交聯劑交聯情形之探討

實驗一、6%海藻酸鈉+1.5%氯化鈣交聯球殼試做

(一)實驗步驟:

根據前人研究修改^[12]，使用濃度 6%海藻酸鈉和固定濃度 1.5%的氯化鈣試作空白球殼，觀察球殼的包覆能力並測量其交聯時間與球殼厚度。

步驟如下:

1. 取 6g 海藻酸鈉加入 94g 的 RO 水中均勻溶解，配製 6%海藻酸鈉溶液。

計算公式(1):

$$w\% = \frac{W_a}{W_a + W_b} \times 100\%$$

W%:重量百分濃度

W_a:溶質,(g)

W_b:溶劑,(g)

2. 取 1.5g 氯化鈣加入 98.5g 的 RO 水中攪拌均勻溶解，配製 1.5%氯化鈣水溶液。
3. 將 2.5g 6%海藻酸鈉加入模具再放入 1.5%氯化鈣水溶液固定頻率做圓形搖動，分別計算以 60sec、120ses、180sec、240sec 四組交聯時間，每一組重複 5 次試驗。
4. 球膜平均厚度(Wt)計算:將球殼刺破後，除去殼內容物。以數位電子式游標卡尺量測各組 5 顆球膜厚。

計算公式(2):

$$Wt(mm) = \frac{w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5}{5}$$

Wt:平均膜厚

W_x:x=1.2.~5，單一膜厚(mm)。

5. 觀察球體成形外觀、以 150 倍的電子式顯微鏡觀察薄膜表面情況並記錄各組 5 顆球平均膜厚。



(二)實驗結果:

表二. 6%海藻酸鈉+1.5%氯化鈣不同交聯時間探討

時間 (sec)	60	120	180	240
外型觀察				
洗淨後狀態				
平均膜厚 (mm)	 1.07	 1.18	 1.42	 1.84
膜表面				

(三)結果討論:

1.交聯時間 60sec、120sec、180sec、240sec 四組實驗，一開始都能形成完整的球殼，平均膜厚分別是 1.07mm、1.18mm、1.42mm、1.84mm，經用 RO 水洗淨後交聯 60sec 球殼隨即破裂內部海藻酸鈉外流；交聯 120 sec 約數分鐘後破裂，內部海藻酸鈉滲出；交聯時間 180 sec、240 sec 的空白球殼，球殼外觀完整，經用 RO 水洗淨

後，球殼外觀光澤，球殼完整且立體具有彈性無破裂。

- 2.洗淨後的膜表面以 150X 的顯微鏡觀察，交聯 60sec、120sec 的膜表面明顯粗糙
120sec 以上交聯時間看起來較光滑。
- 3.在本實驗中發現 6%海藻酸鈉能呈現立體球殼，但是，因為稠度太高，不易加入模
具中，所以後續嘗試配製不同濃度海藻酸鈉尋找更適合的比例。

實驗二、探討不同比例海藻酸鈉+氯化鈣交聯對球殼成型影響

(一)實驗步驟:

使用不同比例 2%、3%、4%、5%海藻酸鈉和固定濃度 1.5%的氯化鈣試作空白球殼，觀察球殼的包覆能力。

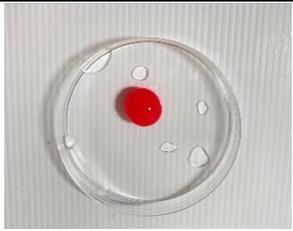
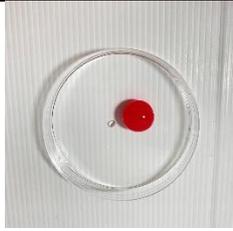
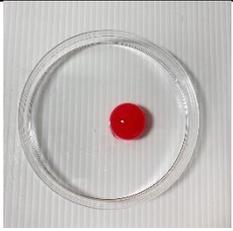
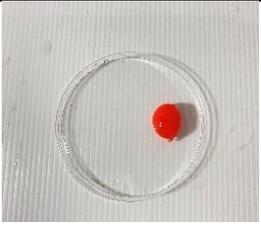
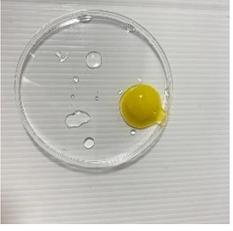
步驟如下:

- 1.取 2g 海藻酸鈉加入 98g 的 RO 水中均勻溶解，配製 2%海藻酸鈉溶液。(添加水彩顏料方便辨識)
- 2.重複步驟 1.配製 3%、4%、5%海藻酸鈉溶液。
- 3.取 1.5g 氯化鈣加入 98.5g 的 RO 水中攪拌均勻溶解，配製 1.5%氯化鈣水溶液。
- 4.分別將不同比例海藻酸鈉分別加入模具再放入 1.5%氯化鈣水溶液固定頻率做圓形搖動，分別計算以 60sec、120ses、180sec、240sec 四組交聯時間，每一組重複 5 次試驗。
- 5.觀察球體成形情形。

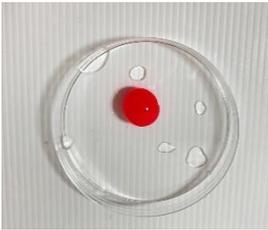
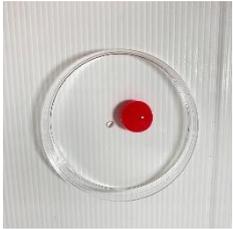
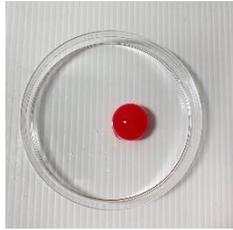
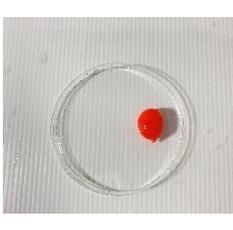
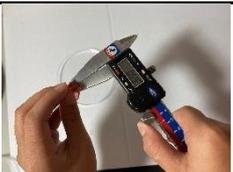
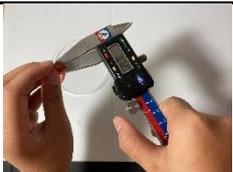
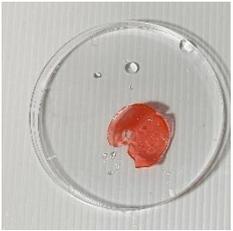
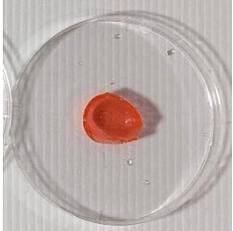
(二)實驗結果:

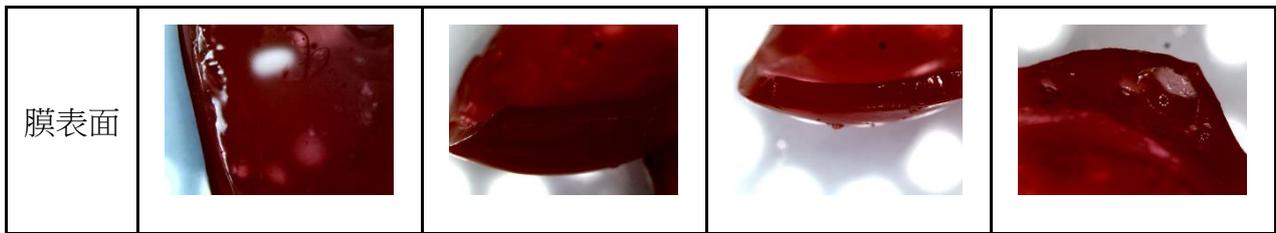
表三. 不同比例海藻酸鈉與 1.5%氯化鈣不同交聯時間探討

	60sec	120 sec	180 sec	240sec
2% 海藻 酸鈉				
結果	NG	NG	OK	OK
3% 海藻 酸鈉				
結果	NG	OK	OK	OK

4% 海藻 酸鈉				
結果	OK	OK	OK	OK
5% 海藻 酸鈉				
結果	NG	NG	NG	OK

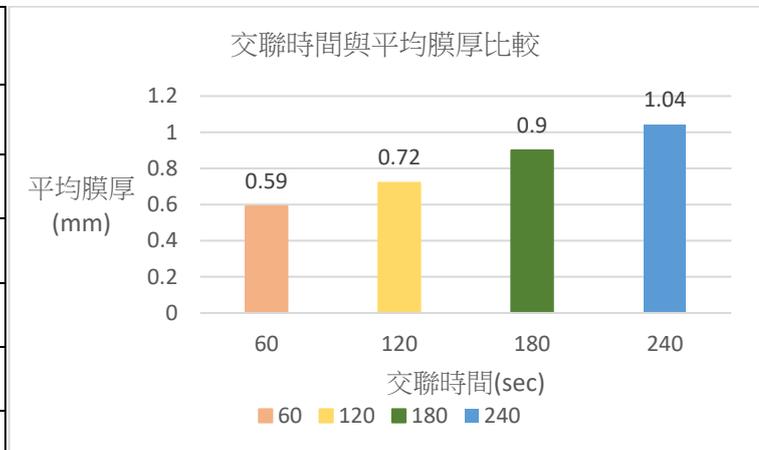
表四. 4%海藻酸鈉與 1.5%氯化鈣不同交聯時間探討

時間 (sec)	60	120	180	240
外型 觀察				
平均 膜厚 (mm)	 0.59	 0.72	 0.9	 1.04
洗淨後 狀態				



表五、4%海藻酸鈉與 1.5%氯化鈣不同交聯時間平均膜厚

時間 (sec)	60sec	120sec	180sec	240sec
1	0.59	0.71	0.88	0.99
2	0.61	0.74	0.91	1.04
3	0.60	0.69	0.89	1.05
4	0.57	0.70	0.9	1.00
5	0.61	0.74	0.9	1.10
平均	0.59	0.72	0.9	1.04



圖三、4%海藻酸鈉與 1.5%氯化鈣

(三)結果討論:

1.表三中交聯時間 60sec、120sec、180sec、240sec 一開始都能形成完整的球殼，經用 RO 水洗淨後除了 2%海藻酸鈉經 60sec 交聯球殼隨即破裂內部海藻酸鈉外流；120 sec 交聯約數分鐘後破裂，內部海藻酸鈉滲出；3%海藻酸鈉交聯 60sec、120sec 經一段時間也會有少量滲出內容物情形；4%海藻酸鈉交聯海藻酸鈉 60sec、120sec、180sec、240sec 球殼完整無破裂；5%海藻酸鈉交聯 60sec、120sec、180sec、240sec 一開始球殼完整無破裂，經過數小時後部分被包覆物皆滲出。推估因為海藻酸鈉濃度太高導致球殼因為水分蒸發球殼內外張力不均導致撐破球殼。另外，不同濃度交聯時間較長的 180 sec、240 sec 的空白球殼外觀完整，經用 RO 水洗淨後，球殼外觀光澤形狀立體完整無破裂情形。

2.表四條件，以 150X 顯微鏡觀察，可以發現與 6%海藻酸鈉膜表面最大差異是 4%海藻酸鈉反應後表面光滑且膜具有彈性。由表五統計結果的平均膜厚分別是 0.59mm/60sec、0.72mm/120sec、0.9mm/180sec、1.04mm/240sec。由圖三得知，平均膜厚隨著交聯時間的增加有增加趨勢。

3.由前項實驗 6%海藻酸鈉和 5%海藻酸鈉在注模都比較困難度和可能因為海藻酸鈉

濃度過高與交聯時間長短造成球殼包覆能力不佳。所以，我們嘗試選擇以 4%流動性較適中海藻酸鈉進行研究二實驗，觀察球殼的包覆能力並測量其交聯時間與球殼平均厚度。

實驗三、探討未過濾到手香萃取原液與 4%海藻酸鈉交聯可能性

原先預將到手香添加作為抗菌成份包覆於球殼內，實驗意外發現天然植物「到手香」竟然可以和海藻酸鈉直接進行交聯，所以，我們以到手香替代氯化鈣作為交聯劑，進行以下實驗。

(一)實驗步驟:

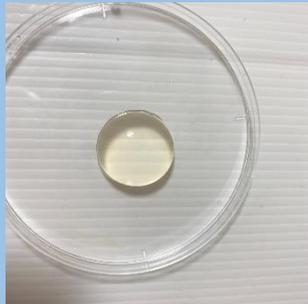
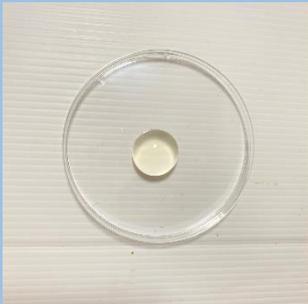
由實驗二中結果，我們選用濃度 4%海藻酸鈉和 1.5%的氯化鈣試作空白球殼的配方球殼包覆力較佳，所以，本實驗以 4%海藻酸鈉和未過濾液到手香萃取原液初步進行交聯，觀察球殼成型的可能性。

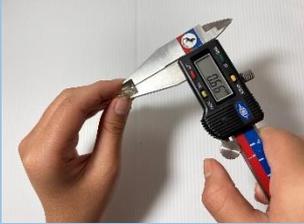
步驟如下:

1. 取 4g 海藻酸鈉加入 96g 的 RO 水中均勻溶解，配製 4%海藻酸鈉溶液。
2. 將到手香葉子清洗乾淨後晾乾，將葉子放入果汁機中絞碎將萃取的原液擠出備用。
3. 將 2.5g 4%海藻酸鈉加入模具再放入到手香原液中，固定頻率做圓形搖動，分別計算以 60sec、120ses、180sec 三組交聯時間，每一組重複 5 次試驗。
4. 觀察球體成形情形、並記錄不同交聯時間與平均膜厚的關係。

(二)實驗結果:

表六.4%海藻酸鈉與未過濾到手香萃取原液不同交聯時間探討

時間 (sec)	60	120	180
外型觀察			

平均膜厚(mm)	—	 <p style="text-align: center;">0.81</p>	 <p style="text-align: center;">1.0</p>
----------	---	--	--

* ” — ” 表示無法量測

(三)結果討論:

1.表六 4%海藻酸鈉與未過濾到手香萃取原液進行交聯，一開始都能形成完整的球殼，經用 RO 水洗淨後，60sec 交聯球殼隨即破裂內部海藻酸鈉外流；無法量測球膜厚度；交聯 120sec 可形成球殼，經用 RO 水洗淨後球殼外觀光澤，量測平均膜厚 0.81mm，球殼在數分鐘後內部海藻酸鈉少量滲出；交聯 180sec 可形成較立體球殼，經用 RO 水洗淨後球殼外觀光澤，量測平均膜厚 1.0 mm。由實驗證實，到手相萃取原液與海藻酸鈉發生交聯反應。

研究二、探討天然植物到手香交聯作用

(一)實驗步驟:

將前項實驗中未過濾液到手香萃取液和過濾液到手香萃取液分別以 100%、75%、50%、25%不同濃度與固定濃度 4%海藻酸鈉進行交聯探討球膜平均厚度、交聯時間的關係。步驟如下:

- 1.取 4g 海藻酸鈉加入 96g 的 RO 水中均勻溶解，配製 4%海藻酸鈉溶液。
- 2.將到手香葉子清洗乾淨後晾乾，將葉子放入果汁機中絞碎將萃取的液體，擠出液體備用稱為 A。
- 3.將步驟 2 中取出一半未過濾的擠出液體經 No.1 濾紙過濾出萃取液備用稱為 B。
- 4.將步驟 A、B 2 組除了原液(定義為濃度 100%)外，分別再稀釋成濃度 75%、50%、25%進行實驗。
- 5.把 4%海藻酸鈉分別加入模具再放入 A、B 二組不同濃度到手香萃取液，以固定頻率做圓形搖動，分別計算以 60sec、120ses、180sec 三組交聯時間，每一組重複 5 次試驗。
- 6.觀察球體成形外觀並記錄 A、B 二組在不同交聯時間與平均膜厚的關係。



(二)實驗結果:

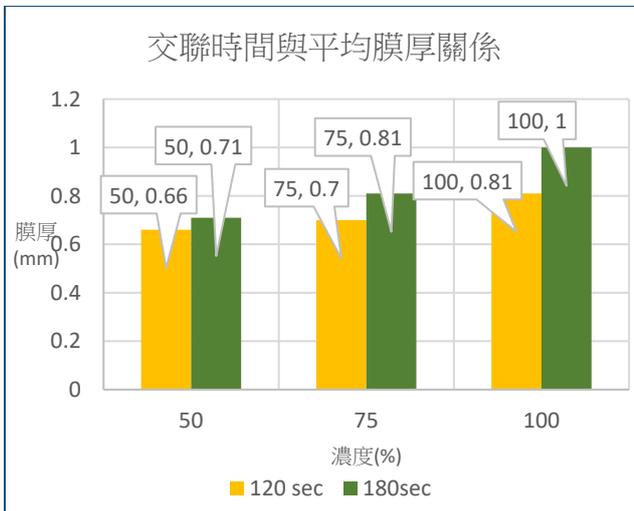
濃度% \ 交聯時間(sec)	100	75	50	25
60	-	-	-	-
120	0.81	0.70	0.66	-
180	1.0	0.81	0.71	-

濃度% \ 交聯時間(sec)	100	75	50	25
60	-	-	-	-
120	0.70	0.69	0.69	-
180	0.72	0.71	0.69	-

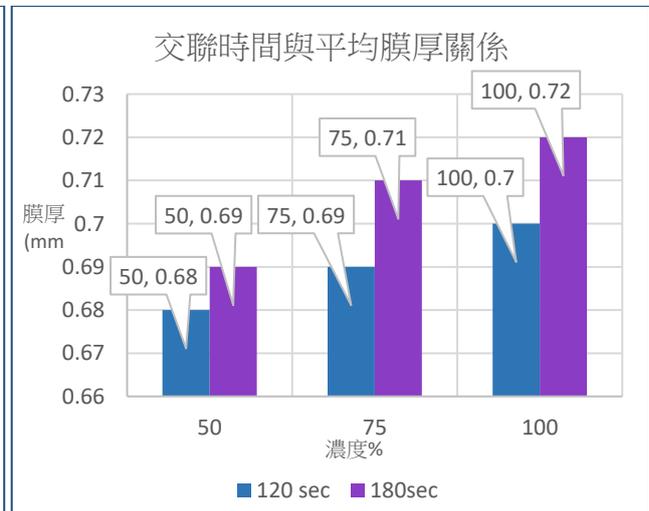
* 黃色區域表示球膜平均厚度(mm)

*-表示無法測量

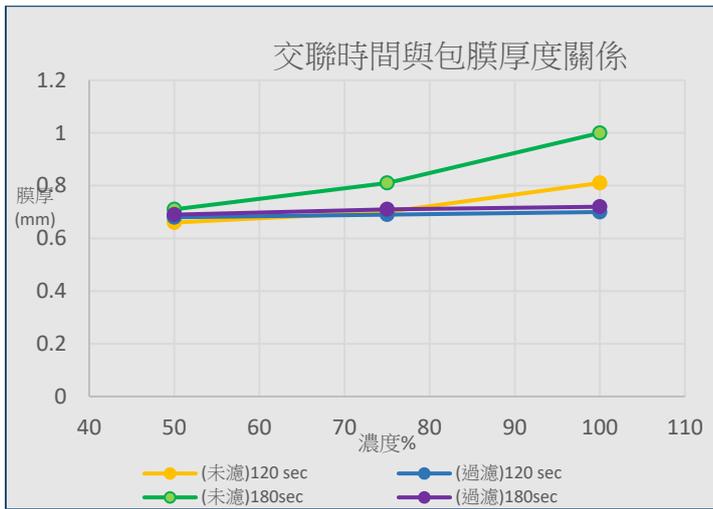
*假設到手香原液濃度當 100%



圖四、未過濾到手香萃取液



圖五、過濾到手香萃取液

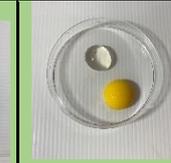
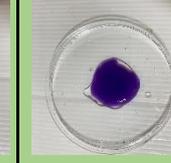


圖六、A、B 交聯時間與平均膜厚比較

圖七、以到手香萃取液交聯的空白球殼

表九、未過濾和過濾到手香萃取液在不同稀釋濃度下與交聯時間探討

		未過濾			過濾		
100 %	時間 (sec)	60	120	180	60	120	180
	外型觀察						
	平均膜厚 (mm)	—	0.81	1.0	—	0.70	0.72
75%	時間 (sec)	60	120	180	60	120	180
	外型觀察						
	平均膜厚 (mm)	—	0.70	0.81	—	0.69	0.71
50%	時間 (sec)	60	120	180	60	120	180

	外型觀察						
	平均膜厚 (mm)	—	0.66	0.71	—	0.69	0.69
25%	時間 (sec)	60	120	180	60	120	180
	外型觀察						
	平均膜厚 (mm)	—	—	—	—	—	—

(三)結果討論:

1 探討未過濾和過濾到手香萃取液在不同稀釋濃度下與 4%海藻酸鈉交聯，由表七、表八中交聯時間 60sec 無論是未過濾或過濾的任何濃度實驗結果，皆無法成功形成球殼。至少需 120sec 交聯才有可能成型。由圖四、圖五結果在交聯 120sec、180sec 殼膜厚度只有微小差異，但是都有隨交聯時間增加而增加的現象。由圖六未過濾與過濾到手香萃取液分別比較 120sec 和 180se 交聯殼膜厚度，平均膜厚會介於 0.6~0.8mm 之間，唯有未過濾到手香萃取液在交聯 120sec、180sec 的膜厚較明顯變化。

2.由表九結果，不同濃度到手香液交聯後的球殼無論是未過濾或過濾，萃取液濃度低於 75%時，球殼的延展性變得極差，雖然交聯 120sec 可順利形成球殼形狀但是稍稍施力容易碎裂。可能是左手香液稀釋倍數過高，導致到手香液中的二價離子不足導致殼膜無法達到適當的交聯程度且交聯 60sec 無法成型，另外未過濾萃取液在交聯完成後外觀色澤不佳。

3.所以，我們濃度 75%以上即可順利形成球殼。但是，考慮後續要與含薄荷液態皂的 4%海藻酸鈉進行交聯製作之抗菌球殼可能有無法包覆、破殼內容物外流的情形，因此決定先以原液不做稀釋，以提高薄荷液態皂包覆可能性。

研究三、有效成分製備

實驗一、液態皂製作流程

(一)實驗步驟:

製作液態皂透明皂備用。

步驟如下:

1. 190g 椰子油、40g 橄欖油、70g 棕櫚油混合油品加熱
2. 取 73g 氫氧化鉀溶於 227g 的無菌水中攪拌攪拌完全溶解備用。
3. 待溫度到達 70℃ 將步驟二配好的氫氧化鉀水溶液，緩緩倒入步驟 1 中。以電動攪拌機攪拌皂化。
4. 大量出現泡泡，停止攪拌器，移開火源。
5. 以手動攪拌代替電動攪拌棒攪拌，待皂基由白色變化到半透明狀，停止攪拌。
6. 蓋上保鮮膜放入保溫箱等待 2 週熟化。
7. 以 pH 試紙測試 pH 值約為 8，透明皂基完成備用

(二)實驗結果:

表十.透明皂基製作過程

	步驟一	步驟二	步驟三	步驟四	步驟五
示意圖					
步驟說明	190g 椰子油、40g 橄欖油、70g 棕櫚油混合油品加熱	測量溫度到達 70℃	添加 24%氫氧化鉀溶液混合進行攪拌	油和鹼逐漸皂化	大量出現泡泡，停止攪拌器，移開火源
	步驟六	步驟七	步驟八	步驟九	步驟十
示意圖					
步驟說明	以手動攪拌皂基逐漸變透明	由白色變化到半透明狀，停止攪拌	蓋上保鮮膜放入保溫箱等待熟化	pH 試紙測試 pH 值約為 8	熟成的皂基

(三)結果討論:

以 300g 混合油品與 24%氫氧化鉀配方可製作出透明液態皂基，在二週熟成時間後 pH 值可達到 8，作為後續抗菌皂的基質。

實驗二、萃取薄荷液流程

(一)實驗步驟:

新鮮薄荷葉的抗菌成分。

步驟如下:

1. 新鮮薄荷葉清洗晾乾秤取 100g 加入 50ml 絞碎，擠出萃取液。
2. 以 No.1 濾紙過濾。
3. 測量 pH 備用

(二)實驗結果:

表十一. 薄荷液萃取流程

	步驟一	步驟二	步驟三	步驟四
示意圖				
步驟說明	新鮮薄荷葉清洗 晾乾秤重	加水絞碎	以 No.1 濾紙過濾	pH 試紙測試 pH 值約為 7

(三)結果討論:

新鮮萃取的薄荷經過絞碎後過濾所得萃取液 pH 為 7，可作為後續抗菌皂的基質。

實驗三、液態皂基配方設計

(一)實驗步驟:

嘗試以多種比例製作透明薄荷皂液，尋找與 4%海藻酸鈉混合的最適比例。

步驟如下:

1. 分別以表十二薄荷萃取液、水、皂基調成不同比例的皂基水溶液。
2. 分別將步驟 1 的結果再與同表中 4%海藻酸鈉不同比例混合。
3. 以上步驟 1 和 2 中皆以無乳化現象為合格。

(二)實驗結果:

表十二、液態皂基配方設計

	薄荷萃取液	水	皂基		4%海藻酸鈉	
				結果		結果
No.	比例				比例	
1	0	5	5	NG	-	-
2	0	4	6	NG	-	-
3	0	3	7	OK	0.5	NG
4	0	3	7	OK	1	NG
5	0	3	7	OK	1.5	OK
6	1	2	7	OK	0.5	NG
7	1	2	7	OK	1	NG
8	1	2	7	OK	1.5	OK
9	2	1	7	OK	0.5	NG
10	2	1	7	OK	1	NG
11	2	1	7	OK	1.5	OK

(三)結果討論:

1.因為文獻指出薄荷具有抗菌能力^[12]，在多種比例比較下，我們選擇薄荷含量較高薄荷萃取液和水、皂基以 2:1:7 的透明薄荷皂液作為和海藻酸鈉的實驗組合配方，再以透明薄荷皂液和 4%海藻酸鈉以 1:1.5 做為球皂基質。

實驗四、皂體包覆液態皂試驗

(一)實驗步驟:

前項實驗中，到手香萃取液在較高濃度皆能形成完整球型，所以，我們選擇 100%的過濾到手香萃取液作為與不含薄荷皂液的 4%海藻酸鈉基質的交聯劑，計算球殼交聯時間和觀察球殼厚度與包覆能力。

步驟如下:

1. 配製表十二中 No.5 配方。
2. 將到手香葉子清洗乾淨後晾乾，將葉子放入果汁機中絞碎將萃取的液體，擠出液體

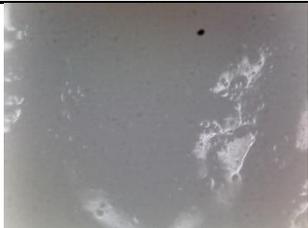
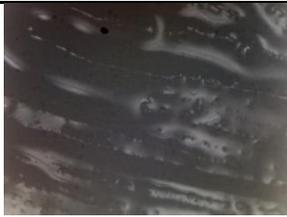
經 No.1 濾紙過濾出萃取液備用。

3. 將 No.5 4%海藻酸鈉加入模具再放入到手香原液中，固定頻率做圓形搖動，分別計算以 60sec、120ses、180sec 三組交聯時間，每一組重複 5 次試驗。

4. 觀察球體成形外觀、以 150 倍的電子式顯微鏡觀察薄膜表面情況，並記錄各組 5 顆球平均膜厚，探討不同交聯時間與平均膜厚的關係。

(二)實驗結果:

表十三、不含薄荷皂液的 4%海藻酸鈉基質與 100%到手香萃取液不同交聯時間探討

	過濾		
時間 (sec)	60	120	180
外型觀察			
平均膜厚 (mm)	—	 0.66	 0.71
皂膜表面	—		

(三)結果討論:

1.以表十二 No.4 不含薄荷皂液的 4%海藻酸鈉基質添加到到手香液中，立即呈現白色乳化狀。推估可能是 No.4 的配方比例不佳或是交聯時間太短。修改以表十二 No.5 不含薄荷皂液的 4%海藻酸鈉基質添加到到手香液中，包覆球皂可順利成型，交聯時間也改為 120s 平均膜厚 0.71mm，但經過約 5 分鐘後球皂內容物會慢慢滲出。修改以

表十二 No.5 不含薄荷皂液的 4%海藻酸鈉基質添加到到手香液中，交聯時間也改為 180s 平均膜厚 0.71mm，包覆球皂可順利成型，以 150 倍電子顯微鏡皂膜表面較為光滑。

2.依表十二中 No.5 不含薄荷皂液的 4%海藻酸鈉基質添加到到手香液中，包覆球皂可順利成型，180 ses 交聯時間後的球皂也能穩定保有良好外觀。所以，我們後續試圖以薄荷萃取液替代水的量作為溶解皂基的溶劑後再與 4%海藻酸鈉基質進行天然抗菌球皂製備。

研究四、延伸應用-到手香天然抗菌球皂製備

實驗一、到手香天然抗菌皂球製備

(一)實驗步驟:

前項實驗中，到手香萃取液在較高濃度皆能形成完整球型，所以，我們以 100%過濾到手香萃取液作為與含薄荷液態皂的 4%海藻酸鈉的交聯劑，觀察球殼的包覆能力並測量其交聯時間與球殼厚度。

步驟如下:

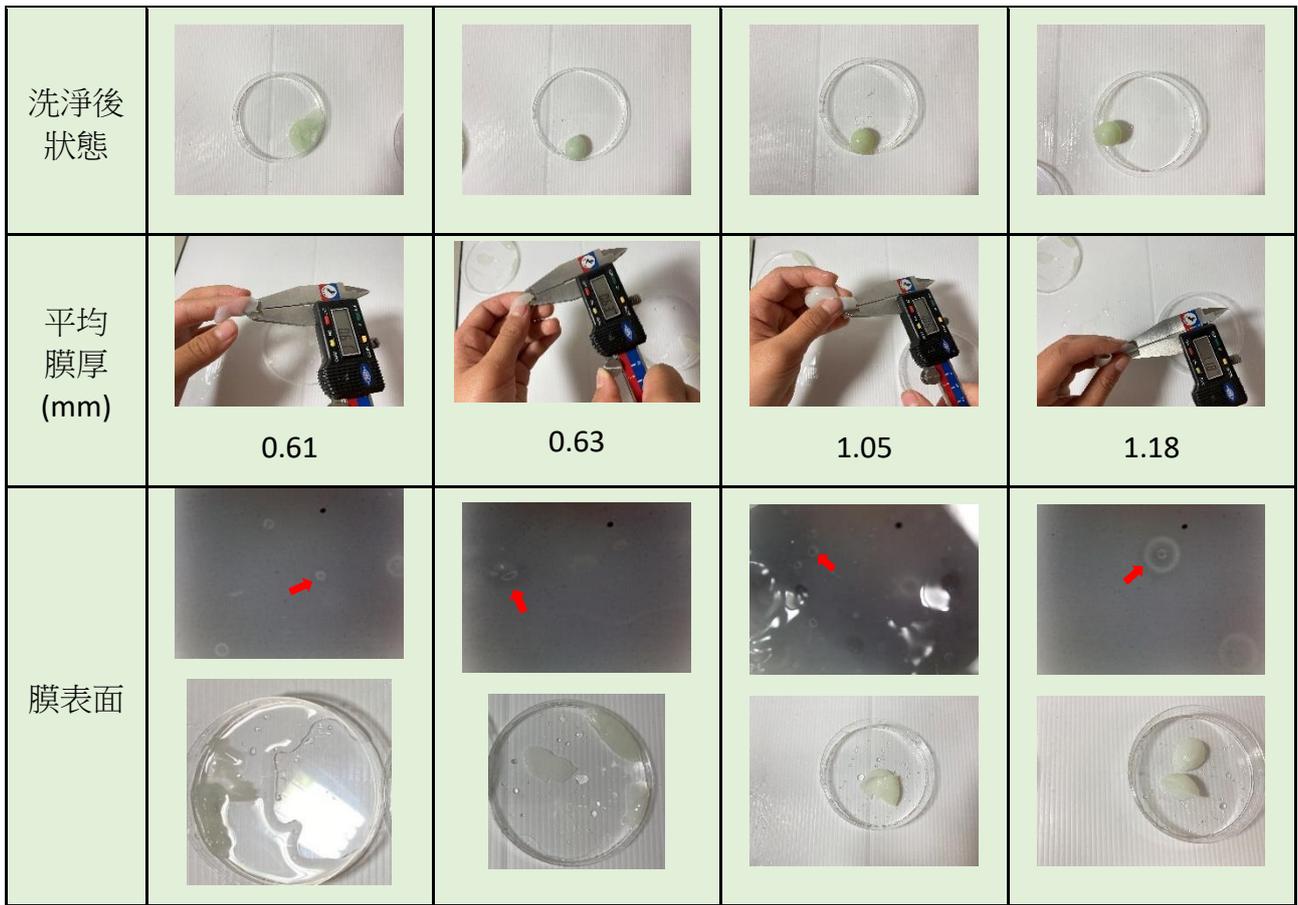
1. 配製表十二中 No.11 配方。
2. 將到手香葉子清洗乾淨後晾乾，將葉子放入果汁機中絞碎將萃取的液體，擠出液體經 No.1 濾紙過濾出萃取液備用。
3. 將 No.11 4%海藻酸鈉加入模具再放入到手香原液中，固定頻率做圓形搖動，分別計算以 60sec、120ses、180sec、240sec 四組交聯時間，每一組重複 5 次試驗。
4. 觀察球體成形外觀、以 150 倍的電子式顯微鏡觀察薄膜表面情況並記錄各組 5 顆球平均膜厚，探討不同交聯時間與平均膜厚的關係。



(二)實驗結果:

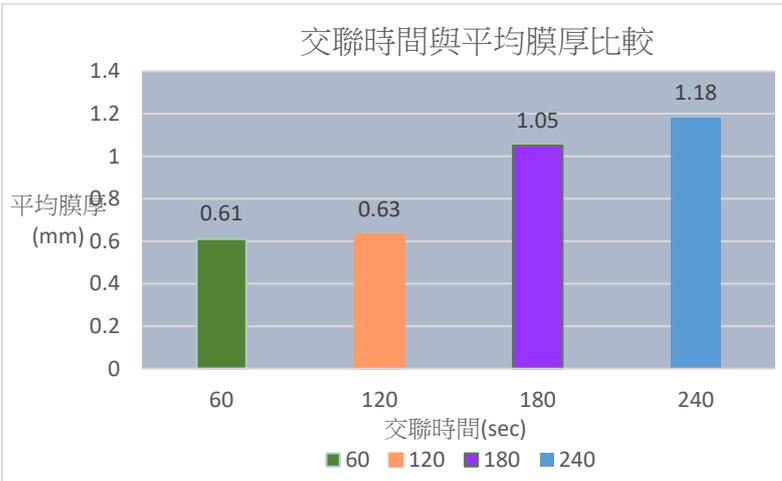
表十四. 含薄荷液態皂的 4%海藻酸鈉基質與 100%到手香萃取液不同交聯時間比較

時間 (sec)	60	120	180	240
外型觀察				

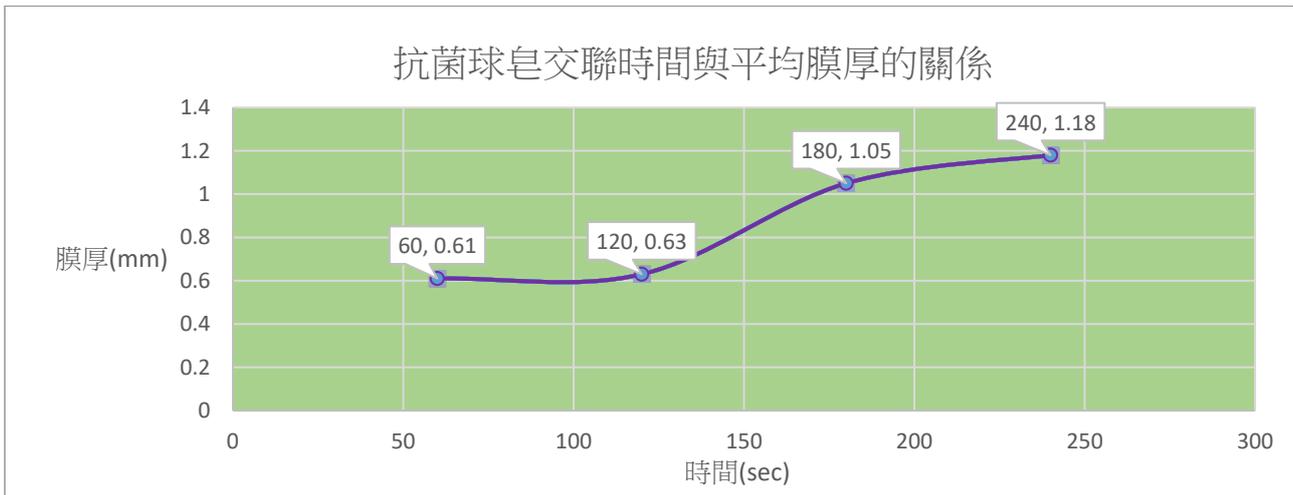


表十五、含薄荷液態皂的 4%海藻酸
鈉基質與 100%到手香萃取液反應平
均膜厚

時間 (sec)	60sec	120sec	180sec	240sec
1	0.60	0.67	1.05	1.10
2	0.68	0.64	1.07	1.18
3	0.61	0.61	0.99	1.24
4	0.62	0.63	1.08	1.17
5	0.56	0.63	1.04	1.19
平均	0.61	0.63	1.05	1.18



圖八、過濾到手香萃取液



圖九、到手香抗菌球皂交聯時間與平均膜厚的關係

(三)結果討論:

- 1.表十四得知，交聯時間 60sec 的洗潔球，球殼外觀完整，經用 RO 水洗淨後，球殼外觀失去光澤，顏色較白，球殼隨即破裂，內部洗潔液外流。平均膜厚 0.61 mm，膜明顯容易破裂；交聯時間 120 sec 的洗潔球，球殼外觀完整，經用 RO 水洗淨後，球殼外觀較無光澤，無褪色情形，球殼約 2 分鐘後破裂，內部洗潔液外流。平均膜厚 0.63 mm；交聯時間 180 sec 的洗潔球，球殼外觀完整，經用 RO 水洗淨後，球殼外觀光澤，無褪色情形，球殼完整無破裂。平均膜厚 1.05 mm；交聯時間 240 sec 的洗潔球，球殼外觀完整，經用 RO 水洗淨後，球殼外觀光澤，無褪色情形，球殼完整無破裂。平均膜厚約 1.18 mm。以 150 倍電子顯微鏡觀察球膜表面，發現球膜中皆發現有白點白色(紅色箭頭處)，應是液態皂基成功包覆的證據。
- 2.由表十五統計結果作圖，圖八中得知平均膜厚隨著交聯時間增加也有增加的趨勢，與先前試驗結果相符。另外，由圖九中得知，交聯時間增加膜的厚度也會隨著增加，且在 120sec~180sec 區間膜厚變化較明顯。

柒、結論

到手香確實與海藻酸鈉產生交聯反應，順利製作出抗菌球皂。此種做法尚未在相關文獻中被發表。所以，我們大膽推估到手香萃取液所含二價離子及化合物能與海藻酸鈉形成交聯。以天然植物到手香萃取液與海藻酸鈉來替代其他在製備過程中會增加環境負擔之交聯劑。以下為實驗所獲得成果：

- 一、 天然植物到手香萃取液濃度 75%以上可發揮一定交聯作用。
- 二、 薄荷萃取液、水、皂基以 2:1:7 比例溶解皂基為我們找到的最佳組合。
- 三、 由實驗結果，到手香萃取液的濃度會影響包覆能力且與交聯時間也有相關，高濃度的條件下、交聯時間愈長、球殼厚度變厚、包覆能力愈好。
- 四、 抗菌球皂製備以不同濃度到手香萃取液與含薄荷液態皂的 4%海藻酸鈉進行交聯作用，實驗結果得知在高濃度的到手香萃取液條件下，交聯時間短膜的厚度薄，且交聯時間不足會影響球殼包覆能力，容易破裂。因此，本實驗決定以最少需 180sec 作為交聯時間。
- 五、 海藻酸鈉濃度低於 2%和高於 5%球膜都容易破裂。若低於 2%應該會和交聯時間太短較有相關，但若是濃度高於 5%是和球膜表面水分揮發時內外部張力差異太大所造成。

捌、未來展望

未來將進一步確認到手香抗菌球的抗菌能力試驗。因為尚未有相關文獻記載到手香萃液是何種成分與海藻酸鈉進行交聯，日後將再進一步研究其明確作用機制與評估應用於生物可降解奈米抗菌材料開發的可能性。

玖、參考文獻

- [1].農業知識入口網，行政院農委會，2022。
- [2].到手香精油之成分及生物活性之探討-2，林業研究專訊 Vol.28 No， 2022。
- [3].目不轉「晶」—探討海藻酸鈉薄膜的形成與其相關應用，第 56 屆中小學科學展覽會，2016。
- [4].江楠 撰，海藻酸鈉包覆左手香微膠囊的抗氧化及留色效能之探討，2017.July。
- [5].環保洗潔球，第 61 屆國小科學展覽會化學科國小組，2021。
- [6].魔幻「膜換」洗潔晶球-點「冰」成品之旅，第 61 屆國小科學展覽會化學科國小組，2021。
- [7].鈣多晶球，第 58 屆國小科學展覽會化學科國小組，2018。
- [8].吃我一顆水球~探討無瓶水製造方式和性質檢測，第 56 屆國小科學展覽會化學科國小組，2016。
- [9].劉力綾 撰，萊姆薄荷及綠薄荷精油脂抗菌、抗氧化及抑制小鼠黑色素腫瘤細胞 B16F10 生成黑色素之性質探討，2014.July。
- [10].謝學丞，陳文正，林裕昇，吳育仁 撰，以海藻酸鈉與明膠交聯之微球製作。
- [11].張麗卿 編著，化妝品製造實務，台灣復文，2010。
- [12].有球必淨-探討液態球皂製作，第 61 屆國小科學展覽會化學科國小組，2021。

【評語】 080215

探討到手香的交聯，到手香有抗菌作用，主題實用有趣，雖然以氯化鈣交聯海藻酸鈉，已有很多研究，但以到手香與海藻酸鈉產生交聯反應製作出抗菌球皂，這與一般用鈣離子交聯凝固的策略不同，在科展中展現頗有創新意念，值得嘉許。但好奇的是，到手香是如何與海藻酸鈉作用？有證據證明是真是交聯嗎？應提出證據。液態皂的製作，以前就有研究，但到手香可以成功製作出液態皂嗎？我們很期待。

一些建議：本作品結合了常見的科展作品題目：海藻酸鈉晶球、殺菌的到手香、手工皂，在晶球製作方面採用了彩色溶液讓量測比較明顯，不過，整體而言沒有很清楚表達將三者合而為一的目的與好處是什麼。一些在撰寫上的小錯漏如第五頁的 Ca^{2+} 要改為 $2+$ 上標。此外有一些疑問如：加入水彩會不會影響結果？球皂如何保存？到手香中也可能有鈣離子等二價離子能與海藻酸鈉形成交聯，還是需要了解是否是鈣離子作用？報告中有些地方行高不一，如第 2 頁，第 20 頁、第 23-24 頁。

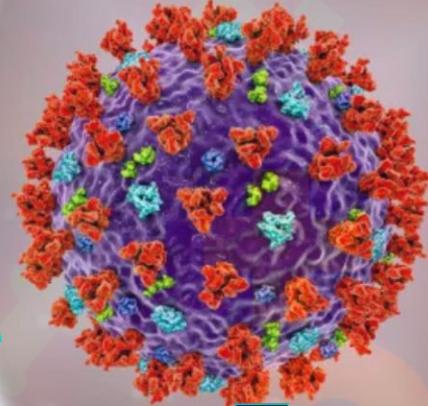
作品簡報

攜「手」相「聯」
—以到手香與海藻酸鈉交聯開發新型
抗菌用品的可能性之研究

國小組 化學科

研究動機

COVID-19



到手香

抗發炎

抗氧化

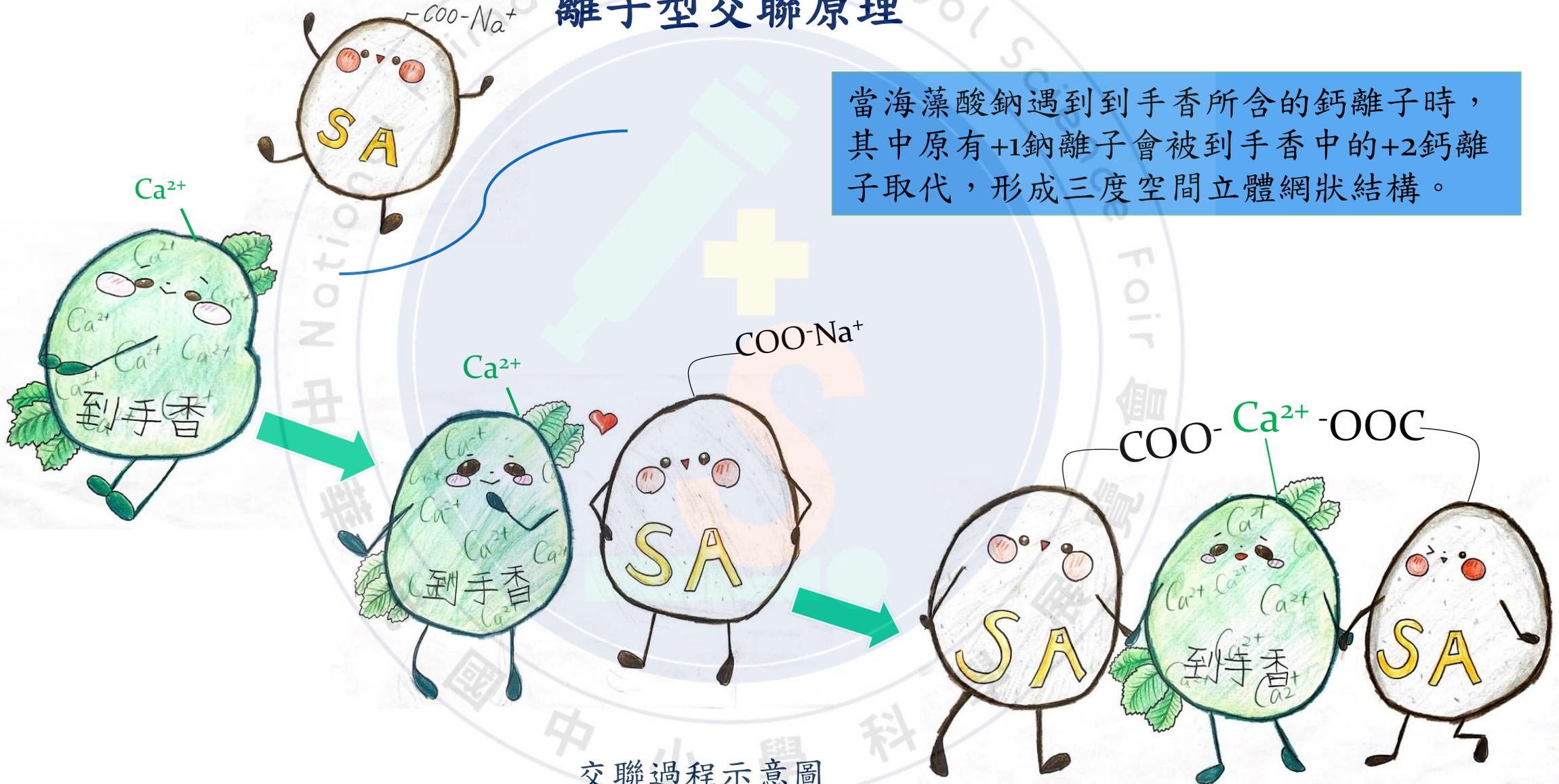
抗菌
抑菌

- 膿性鏈球菌
- 金黃色葡萄球菌
- 大腸桿菌
- 肺炎桿菌



離子型交聯原理

當海藻酸鈉遇到到手香所含的鈣離子時，其中原有+1鈉離子會被到手香中的+2鈣離子取代，形成三度空間立體網狀結構。



交聯過程示意圖

研究流程



+



研究一

探討不同比例海藻酸鈉與交聯劑交聯情形

6%海藻酸鈉

1.5%氯化鈣

2%、3%、4%、5%
海藻酸鈉

1.5%氯化鈣

研究二

探討天然植物到手香交聯作用

4%海藻酸鈉

100%、75%、50%、25%
未過濾到手香萃取液

4%海藻酸鈉

100%、75%、50%、25%
過濾到手香萃取液研究
三、四

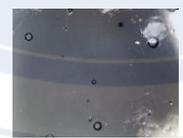
皂球有效成分製備、薄荷天然抗菌球皂製備

4%海藻酸鈉(薄荷液態皂基) 過濾到手香萃取液

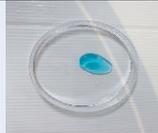
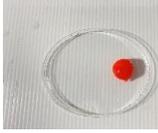
意外發現到
手香可作為
交聯劑~~氯化鈣~~

研究一、探討不同比例海藻酸鈉與交聯劑交聯情形

表一、6%海藻酸鈉與1.5%氯化鈣交聯

時間 (sec)	60 sec	120 sec	180 sec	240 sec
外型 觀察				
洗淨後 狀態				
平均 膜厚 (mm)	 1.07	 1.18	 1.42	 1.84
膜表面				

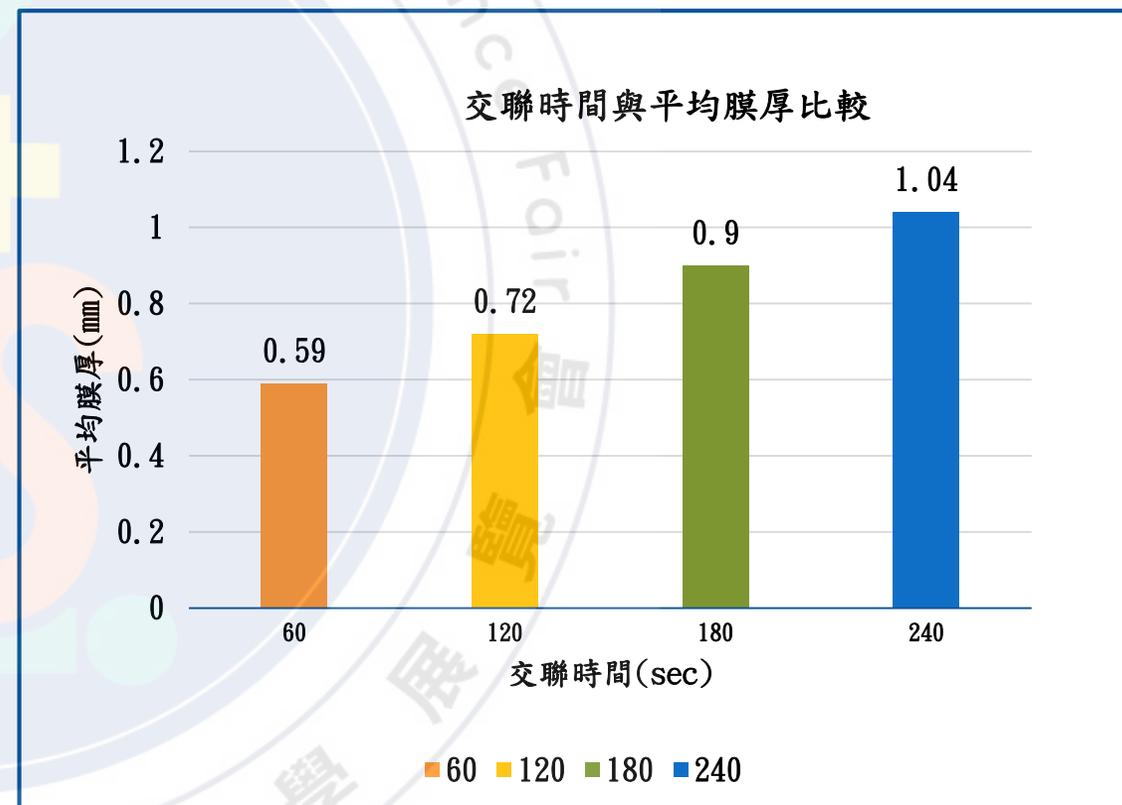
表二、2、3、4、5%海藻酸鈉與1.5%氯化鈣交聯

	60sec	120 sec	180 sec	240sec
2% 海藻 酸鈉				
結果	NG	NG	OK	OK
3% 海藻 酸鈉				
結果	NG	OK	OK	OK
4% 海藻 酸鈉				
結果	OK	OK	OK	OK
5% 海藻 酸鈉				
結果	NG	NG	NG	OK

研究一、探討不同比例海藻酸鈉與交聯劑交聯情形

表三、4%海藻酸鈉與1.5%氯化鈣不同交聯時間平均膜厚

時間 (sec)	60sec	120sec	180sec	240sec
1	0.59	0.71	0.88	0.99
2	0.61	0.74	0.91	1.04
3	0.60	0.69	0.89	1.05
4	0.57	0.70	0.9	1.00
5	0.61	0.74	0.9	1.10
平均	0.59	0.72	0.9	1.04



圖一、平均膜厚與交聯時間之比較

研究二、探討天然植物到手香交聯作用

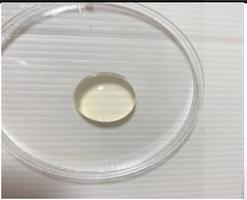
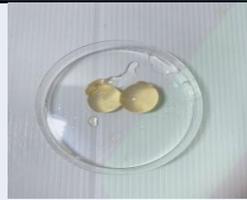
交聯後

色澤不佳

擔心雜質

以過濾之到手香進行後續實驗

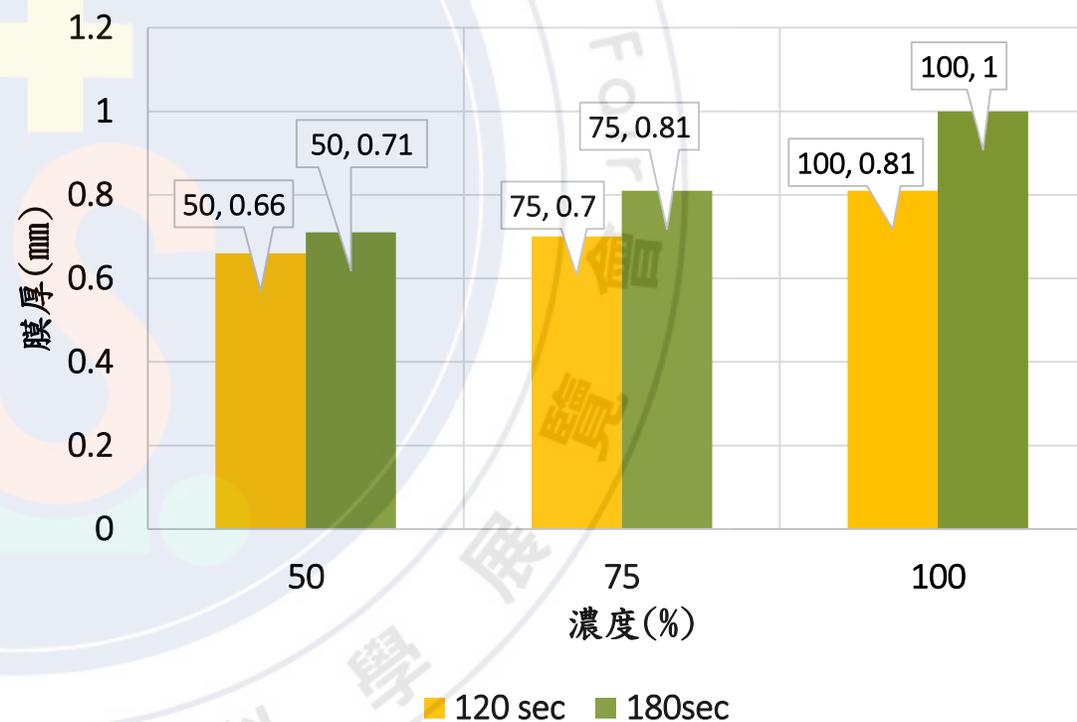
表四、4%海藻酸鈉與未過濾到手香萃取原液不同交聯時間探討

時間(sec)	60	120	180
外型觀察			
平均膜厚(mm)	—	 0.81	 1.0

表五、未過濾到手香萃取液(A組)

濃度%	100	75	50	25
交聯時間(sec)	100	75	50	25
60	-	-	-	-
120	0.81	0.70	0.66	-
180	1.0	0.81	0.71	-

交聯時間與平均膜厚關係



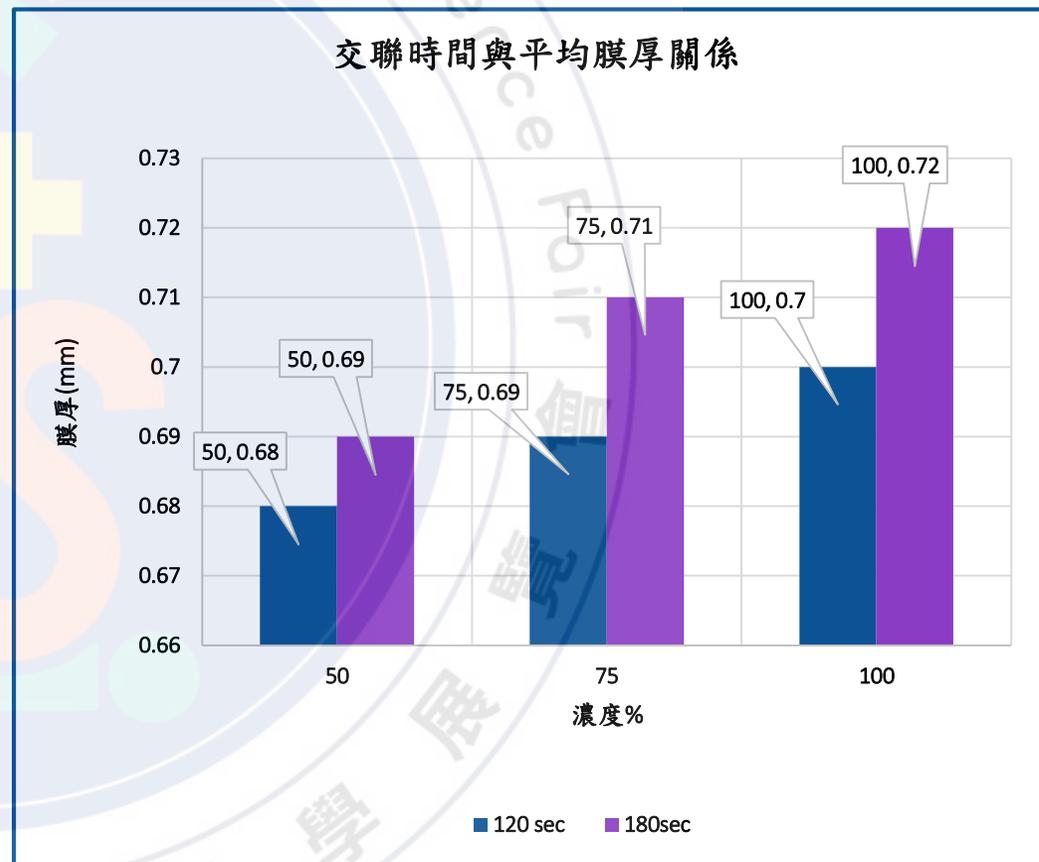
圖二、4%海藻酸鈉與未過濾不同濃度到手香萃取液

研究二、探討天然植物到手香交聯作用

表六、過濾到手香萃取液(B組)

		濃度%			
交聯時間(sec)		100	75	50	25
60	-	-	-	-	-
120	0.70	0.69	0.69	-	-
180	0.72	0.71	0.69	-	-

交聯時間與平均膜厚關係



圖三、過濾到手香萃取液交聯時間與平均膜厚關係

研究三、皂球有效成分製備

表七. 透明皂基製作過程

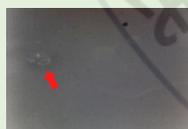
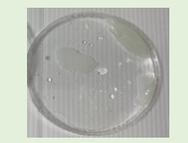
	步驟一	步驟二	步驟三	步驟四	步驟五
示意圖					
步驟說明	190g 椰子油、40g 橄欖油、70g 棕櫚油混合油品加熱	測量溫度到達 70°C	添加 24% 氫氧化鉀溶液混合進行攪拌	油和鹼逐漸皂化	大量出現泡泡，停止攪拌器，移開火源
	步驟六	步驟七	步驟八	步驟九	步驟十
示意圖					
步驟說明	以手動攪拌皂基逐漸變透明	由白色變化到半透明狀，停止攪拌	蓋上保鮮膜放入保溫箱等待熟化	pH 試紙測試 pH 值約為 8	熟成的皂基

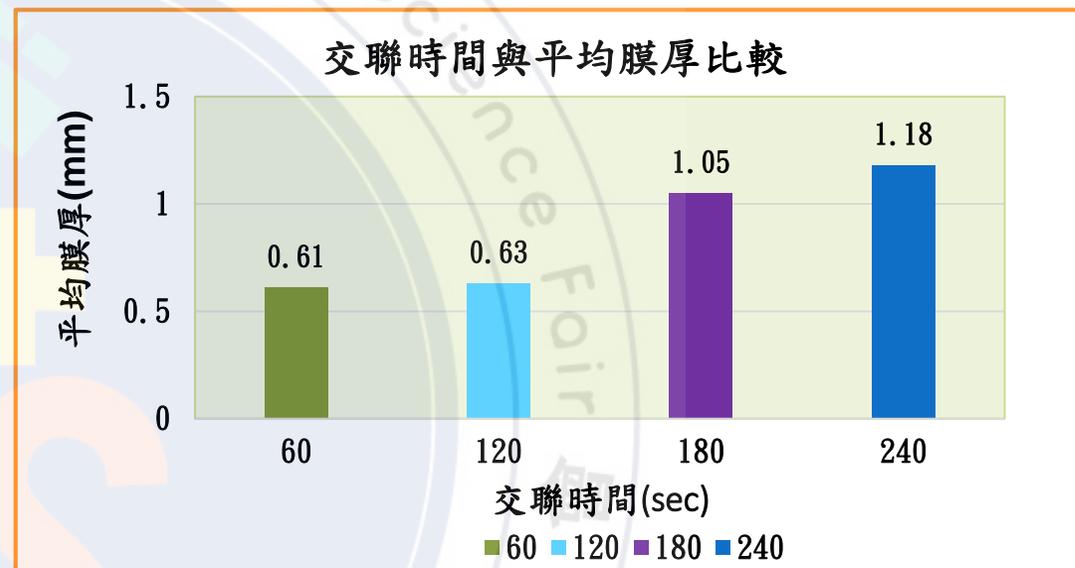
No.	比例				比例	
1	5	5	0	NG	-	-
2	6	4	0	NG	-	-
3	7	3	0	OK	0.5	NG
4	7	3	0	OK	1	NG
5	7	3	0	OK	1.5	OK
6	7	2	1	OK	0.5	NG
7	7	2	1	OK	1	NG
8	7	2	1	OK	1.5	OK
9	7	1	2	OK	0.5	NG
10	7	1	2	OK	1	NG
11	7	1	2	OK	1.5	OK

圖五、薄荷液態皂基配方設計示意圖

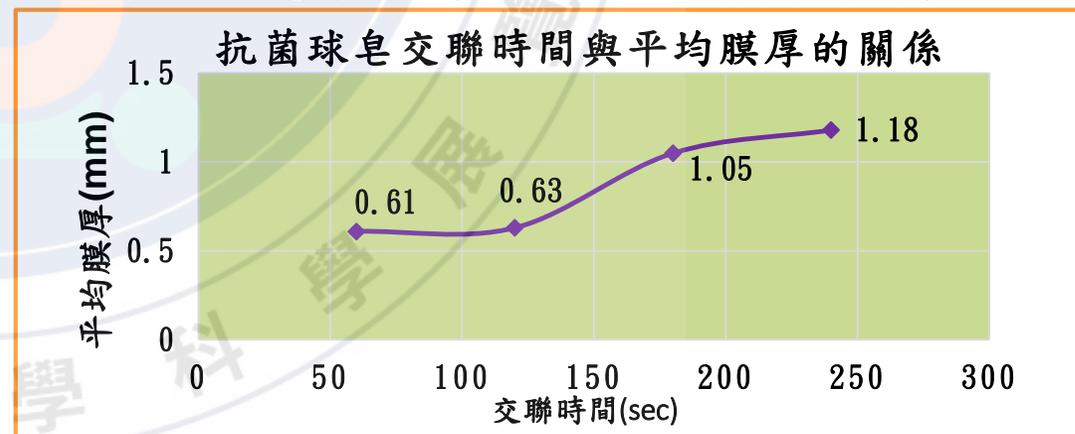
研究四、延伸應用-薄荷天然抗菌球皂製備

表八. 含薄荷液態皂的4%海藻酸鈉基質與100%到手香萃取液不同交聯時間比較

時間(sec)	60	120	180	240
外型觀察				
洗淨後狀態				
平均膜厚(mm)	 0.61	 0.63	 1.05	 1.18
膜表面	 	 	 	 



圖六、過濾到手香萃取液交聯時間與平均膜厚比較



圖七、薄荷抗菌球皂交聯時間與平均膜厚的關係

結 論

-  **1 本研究具獨特性**：到手香與海藻酸鈉可交聯之研究，尚未在其他國內外文獻中被發表。
-  **2 到手香可取代氯化鈣**：本研究意外發現到手香萃取液確實能與海藻酸鈉進行交聯，不需要再添加氯化鈣。
-  **3 成功包覆薄荷製成皂球**：利用到手香製備的球殼，成功包覆薄荷液態皂基製作皂球，具備研發其他抗菌用品之前景。
-  **4 到手香作為交聯劑具商業優勢**：與化學品氯化鈣相較之下，天然植物到手香具有天然、低成本的商業化優勢。

未來工作

- 未來將進一步確認薄荷抗菌球皂的抗菌能力試驗。
- 因為尚未有到手香萃液與海藻酸鈉發生交聯作用的相關文獻被發表，日後將進一步使用儀器確認比較海藻酸鈉分別與到手香及氯化鈣交聯結構相關性，研究其更明確作用機制。
- 應用於生物可降解奈米抗菌材料開發的可能性。

參考文獻

- [1]. Bangwei Zhang, Niluni M. Wijesundard, Growing medium amendments effect on growth, secondary metabolites and anti-streptococcal activity of two species of plectranthus, Journal of Applied Research on Medicinal and two species of Plectranthus.
- [2]. 何振隆、徐光平, 左手香精油脂成分及生物活性之研究, 行政院農業委員會林業試驗所林業研究專訊 Vol.28 No.1, 2021。
- [3]. 環保洗潔球, 第61屆國小科學展覽會化學科國小組, 2021
- [4]. 魔幻「膜換」洗潔晶球-點「冰」成晶之旅, 第61屆國小科學展覽會化學科國小組, 2021。
- [5]. 鈣多晶球, 第56屆國小科學展覽會化學科國小組, 2018。
- [6]. 有球必淨-探討液態球皂製作, 第61屆國小科學展覽會化學科國小組, 2021。