

2025年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

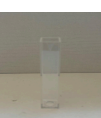
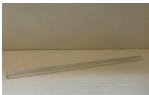
普高組 成果報告表單

題目名稱:就這樣「紫」-建立簡易水楊酸定量法應用於市售洗面乳
一、摘要
水楊酸在青少年的生活中越來越常出現，像是化妝品、保養品中都含有水楊酸的成分。因為洗面乳是我們最常接觸到的保養品，所以我們決定探討不同洗面乳產品的水楊酸濃度。 本次實驗利用三價鐵離子與水楊酸會形成紫色螯合物的原理，製作出可以分析水楊酸的檢測液以及調整檢驗的SOP，再進一步利用廢棄暖暖包內的鐵來當作三價鐵離子，並且把檢測液改良成試紙，來解決試劑遇到產品基質效應所造成偽陰性的問題。 本研究成功以試紙辨別市售五種標示含有不同水楊酸濃度的洗面乳，濃度分別為0%、0.22%、0.45%、0.5%、2%，而未來我們希望可以擴大可以偵測到的水楊酸濃度範圍，以及解決各種不同產品成分所帶來的偽陰性問題，來使民眾得到更準確的檢驗濃度結果。
二、探究題目與動機
接觸過量的水楊酸會導致部分人身體產生乾燥、脫皮、紅疹等反應，但市面上並沒有對應的檢測產品，我們便想作出一個可以檢測水楊酸濃度的試紙，讓大眾們可以方便的檢測手邊的洗面乳所含的水楊酸濃度。 由於民眾取得鐵離子還要額外花錢，我們想到能夠回收使用過的暖暖包中所含鐵源，將它溶於鹽酸後當成本研究的三價鐵離子使用，這不但可以讓廢棄物再利用，也可以讓民眾更容易的取得檢測水楊酸濃度的用品。
三、探究目的與假設
目的： (一) 探討鐵離子製作水楊酸檢測試劑的可行性 (二) 建立水楊酸檢測的SOP以及水楊酸檢量線 (三) 以自製檢量方式檢測市售含水楊酸洗面乳所含的實際水楊酸濃度 (四) 探討回收廢棄暖暖包中鐵離子作為檢測試劑的可行性 (五) 利用廢棄暖暖包中的鐵離子製作水楊酸試紙 (六) 製作出水楊酸試紙比色圖 假設： (一) 假設生成的水楊酸酚鐵顏色深淺可以作為檢測水楊酸的依據 (二) 假設試劑的成分鐵離子有合適的添加比例 (三) 假設暖暖包中的氧化鐵可以代替商用三價鐵離子 (四) 假設自製水楊酸試紙不會受洗面乳其他成分而影響實驗結果 (五) 假設試紙可以準確測量水楊酸濃度
四、探究方法與驗證步驟

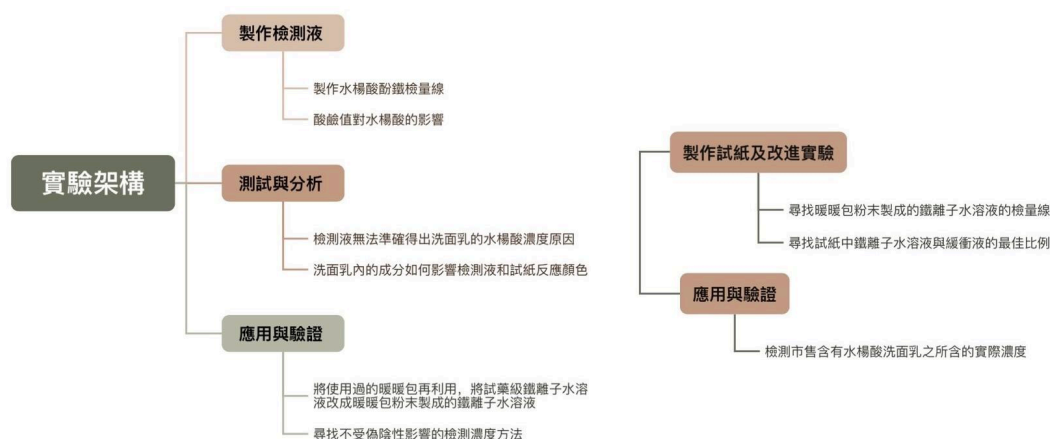
(一)研究設備與器材

化學藥品：水楊酸、氫氧化鉀、硫酸鐵銨、鹽酸

設備：微量吸管、電子秤、分光光度計、分光槽、pH計、烘箱、燒杯、漏斗、定量瓶、滴管、玻棒、濾紙、照光計、市售洗面乳、暖暖包

圖示								
說明	微量吸管	電子秤	分光光度計	分光槽	pH計	烘箱	照光計	暖暖包
圖示								
說明	燒杯	漏斗	滴管	定量瓶	玻棒	濾紙	市售洗面乳	

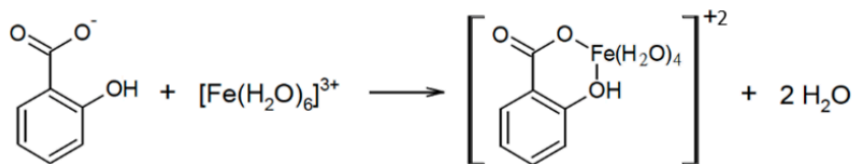
(二)實驗架構



▲【圖】實驗架構圖

(三)實驗方法

方法第一部分：三價鐵離子與水楊酸反應會形成紫色螯合物



紫色柳酸鐵錯合物

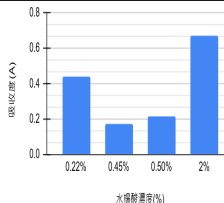
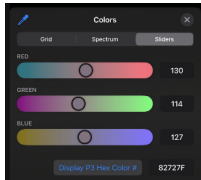
▲【圖】水楊酸與三價鐵離子形成紫色錯合物的方程式

方法第二部分：選定市售洗面乳已知的水楊酸濃度來互證本研究方法的可信度

1.為了分散實驗結果的數據，我們找了多種含不同水楊酸濃度的洗面乳來檢測

- 2.為了使酸鹼值和市售多數洗面乳的pH值接近，我們將水楊酸溶液酸鹼值調至中性(pH=7)
- 3.為了不讓洗面乳的混濁干擾數據，我們改用試紙檢測產品中的水楊酸濃度
- 4.為了能準確分辨試紙的顏色差異，我們使用手機軟體輔助顏色辨認

(四)實驗步驟

			
調配0.1M三價鐵離子水溶液	調配0.2%、0.5%、1%、1.5%、2%的pH7水楊酸水溶液	尋找最佳檢測波長以及建立水楊酸檢量線	溶出法檢測市售洗面乳
			
洗面乳檢測結果帶入檢量線，發現實驗數據不符	製作水楊酸試紙	以試紙檢測市售洗面乳	使用手機相簿功能分析試紙顏色

1.調配0.1M的Fe³⁺水溶液

(1)測量2.66 g硫酸鐵銨，溶入100 mL水中。

2.調配0.2%、0.5%、1%、1.5%、2%的pH7水楊酸水溶液

(1)分別秤取0.2 g、0.5 g、1 g、1.5 g、2 g的水楊酸溶入適量水中並調整pH至7

2.尋找最佳吸收光譜及最佳鐵離子劑量

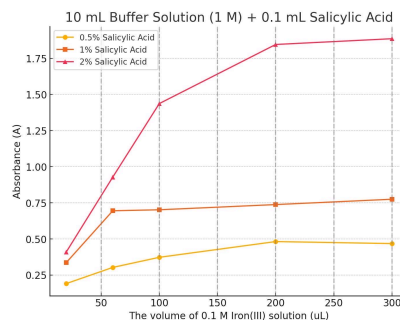
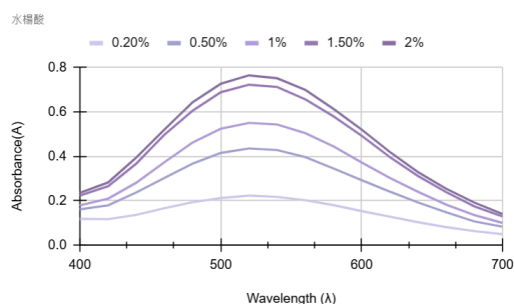
(1)在相同比例檢測液(10 mL緩衝溶液:0.1 mL鐵離子)中加入0.2%、0.5%、1%、1.5%、2%水楊酸

(2)檢測不同濃度水楊酸酚鐵溶液在波長400 nm-700 nm吸收度，繪製圖表並找出最大值(520 nm)

(3)取10 mL緩衝溶液及0.1 mL水楊酸溶液，加入不同劑量鐵離子並在檢測波長520 nm時吸收度

(4)用0.5%、1%、1.5%水楊酸重複步驟(3)利用數據繪製圖表，得知鐵離子劑量趨勢

(5)由圖表鐵離子溶液在0.1 mL時接近飽和，因此使用0.1 mL完成後續實驗



▲【圖】不同濃度水楊酸形成紫色酚鐵的吸收光譜

▲【圖】不同濃度水楊酸形成紫色酚鐵的吸收度 (A)

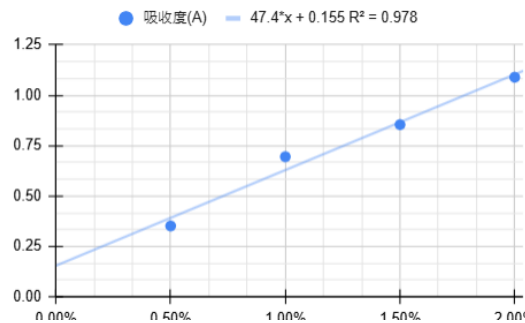
隨鐵離子劑量變化(10 mL 檢測液中的100 uL
相當於0.001M)折線圖

3. 建立水楊酸酚鐵SOP之檢量線

(1) 在五個不同的瓶子內加入10 mL 緩衝溶液 (pH2)、200 uL 試藥級鐵離子水溶液

(2) 分別加入100 uL 的0.2%、0.5%、1%、1.5%、2% 水楊酸溶液

(3) 將步驟(1)的五個溶液加入分光槽，利用分光光度計檢測在波長520 nm 時的吸收度，繪製出水楊酸的濃度檢量線，並計算其迴歸方程式以及R square 值。

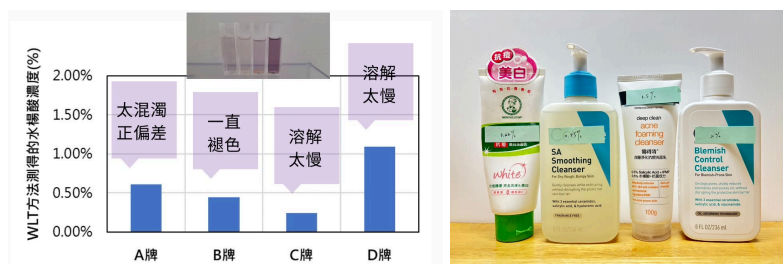


▲【圖】pH7時不同水楊酸濃度(%)經水楊酸檢測試劑SOP所得到的紫色酚鐵吸收度(A)

4. 利用水楊酸酚鐵檢測之SOP檢測市售產品所含的水楊酸濃度

(1) 在五個不同的瓶子內加入10 mL 緩衝溶液 (pH2)、100 uL 試藥級鐵離子水溶液

(2) 分別加入1 mL 分別為0.22%、0.45%、0.5%、2% 的洗面乳



▲【圖】使用本研究檢量線檢測市售洗面乳樣本的長條圖結果(某些樣本呈現負偏差)，以及本實驗選擇的市售洗面乳樣本(由左到右分別為A牌、B牌、C牌、D牌)

5. 為排除洗面乳其他成分之干擾進而開發水楊酸試紙SOP

發現產品的混濁及本身顏色會影響吸收度的測量，於是想出製作試紙的方法，檢測洗面乳含的水楊酸濃度

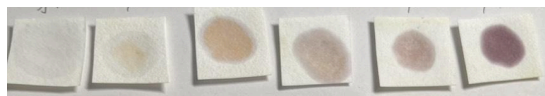


▲【圖】試紙實驗選擇的市售洗面乳樣本(由左到右分別為O牌、A牌、B牌、C牌、D牌)

5. 調整鐵離子比例的過程

(1) 依照檢測融液的比例 (鐵離子溶液: 緩衝溶液10:0.1) 做成試紙，發現鐵離子濃度不夠，導致無法觀察出顏色差異

(2)提高試紙檢測溶液中的鐵離子劑量、並用肉眼觀察最適合的比例



▲【圖】從低到高依序增加檢測液中鐵離子比例

▲【圖】緩衝液和鐵離子比例1:4製作之試紙檢測結果

7.尋找最佳暖暖包代替商用三價鐵離子溶液比例(取商用鐵離子加入0.5%水楊酸的吸收度)

(1)利用分光光度計檢測在波長520 nm時的吸收度, 0.5%水楊酸的吸收度數據為標準

(2)調整暖暖包粉末和鹽酸的的比例

(3)將水楊酸檢測試劑中的商用鐵離子溶液代換成暖暖包鐵離子溶液(商用鐵離子吸收度約0.352)

暖暖包粉末重量	鹽酸體積	水楊酸濃度	吸收度(A)
1 g	5 mL	0.5%	0.100
2 g	5 mL	0.5%	0.326
2.5 g	5 mL	0.5%	0.303

8.使用暖暖包得出的三價鐵離子溶液製作試紙檢測市售產品

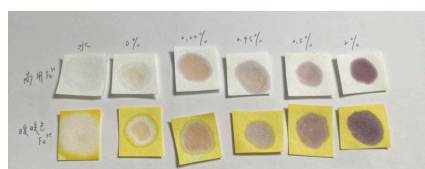
(1)最佳劑量為緩衝液比鐵離子水溶液1:4

(2)用調配出來的溶液將濾紙浸濕

(3)使用烘箱將浸泡過檢測溶液的濾紙烘乾

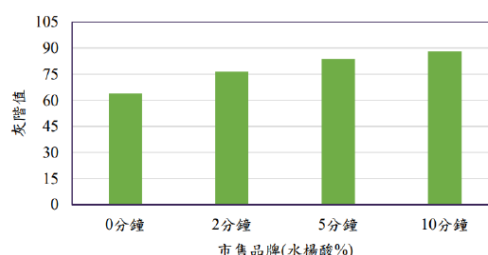
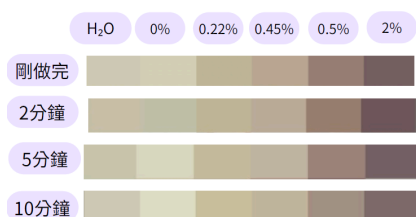
(4)在固定光源下(400 Lux)檢測市售產品

11.實驗結果

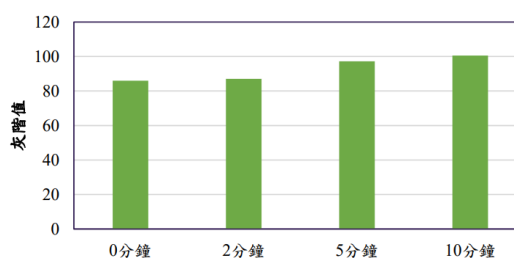
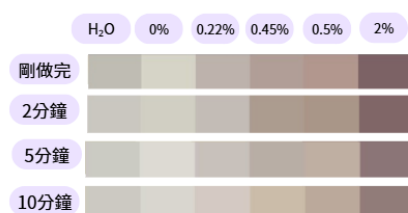


▲【圖】左到右為試紙與H₂O、0%、0.22%、0.45%、0.5%、1.5%、2%濃度水楊酸反應結果, 白色試紙為試藥級鐵離子水溶液製成的試紙, 黃色試紙為暖暖包鐵離子製成的試紙

9.檢測試紙顏色數據及褪色趨勢



▲【圖】暖暖包鐵離子製作之試紙褪色趨勢

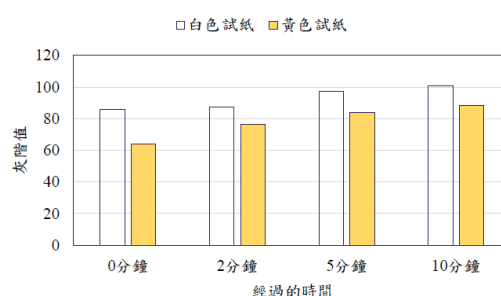


▲【圖】商用鐵離子製作之試紙褪色趨勢

(1)分析試紙RGB數值，灰階質越高，褪色越多

(2)以顏色最深的試紙來看，大約2分鐘內幾乎沒有褪色的疑慮，整體而言10分鐘也褪色不明顯

10.比較兩種不同試紙



▲【圖】試藥級鐵離子製成的試紙和暖暖包製成的試紙褪色效果

五、結論與生活應用

(一)結論

- 1.暖暖包鐵粉可成功替代試藥級鐵離子水溶液，廢棄暖暖包經鹽酸處理可釋出 Fe^{3+} ，形成紫色錯合物，用於環保檢測。
- 2.試紙存在時間性褪色問題，約5-10分鐘內紫色會逐漸消退，建議即時判讀。
- 3.成功以灰階值(RGB轉換)進行數據分析，灰階值可量化試紙顏色變化，褪色越多，灰階值越高。
- 4.民眾若要使用暖暖包來製作試紙試可行的，且靈敏度不錯，但褪色較快，須立即比色。

(二)生活應用

- 1.多數青少年每天都會接觸到洗面乳，有些肌膚較敏感的人接觸到較多量的水楊酸會引起過敏反應，若使用試紙檢測，了解物品的水楊酸濃度，能減少過敏反應發生的機率。
- 2.利用暖暖包中的二價鐵離子反應後會變成三價鐵離子的特性，不僅可以讓實驗材料的取得更便利，還可以循環利用使用過的廢棄物，讓暖暖包的價值不再是用完後就只能丟棄。
- 3.婦女科學節應用推廣：<https://youtube.com/shorts/3tvH3x1zOY8?feature=share>

參考資料

- 1.衛生福利部:使用抗痘產品要注意<https://www.mohw.gov.tw/fp-3203-21858-1.html>
- 2.泛科學:暖暖包的反應<https://pansci.asia/archives/73322>
- 3.美的好朋友:水楊酸和果酸的差別<https://www.medpartner.club/salicylic-acid-introduction/>