

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

032908

係金ㄟ？食安健康，奈米金檢測報乎您知！

學校名稱：臺南市立後甲國民中學

作者： 國二 童婉蓁 國二 吳睿恩 國二 范凌瑄	指導老師： 胡維娟
---	------------------

關鍵詞：奈米金、抗壞血酸、鈉鹽檢測

摘要

連續數年食安事件，讓台灣民眾憂心忡忡。本作品設計一個有效、快速又低廉的檢測方式，希望成為國人在食安問題上把關的小尖兵。本作品利用抗氧化劑還原能力，將四氯金酸中的+3 金離子還原為零價金奈米粒子後，再探討還原劑用量對奈米金溶液顏色變化情況之影響程度，並以分光光譜儀對其吸收光譜圖形進行探討，驗證其穩定性。

最後，本實驗檢測日常生活用品、餐具，讓其所含鈉鹽離子無所遁形，更冀望本實驗的成功模式，讓致力於為國人食安把關的相關單位更有信心建立國人食安的終極防護網。本研究近程目標為合成奈米金粒子，找到適當鈉鹽濃度溶液檢測模式，遠程目標則是發展更方便、快速、便宜的檢驗方式，進而成為國人食安把關的一道重要防線。

壹、研究動機

古云：「民以食為天」，而在民生主義中亦提及人民六大需要為：「食、衣、住、行、育、樂」，由此可知，「食」實在是人生一大要事，而食又應以安為先，若人民食難安，則何以奢言國富民強？台灣早年在政府致力於追求經濟成長且民風純樸之下，在食方面素有「美食寶島」的雅號，然而雖然隨著經濟繁榮與科技進步，卻也接連發生許多在食的方面的憾事，例如：「米糠油中毒」、「假酒」、「含瘦肉精及四環素的肉品」、「塑化劑之違法添加」、「黑心油之危害（油品摻銅葉綠素、地溝油、飼料油、工業用油）」等等事件，不僅危害國人健康更重創寶島國際形象。政府在雷厲風行的諸多措施下，要幫國民建立食安的一道防線(如食品 GMP、SNQ 國家品質標章、屠宰衛生檢查合格標誌、鮮乳標章、正字標記、健康食品標章等等)，而我國人民消費意識亦逐漸提升，進而促使中華民國消費者文教基金會等民間消費者保護團體興起，並且揭開了食品、食器、日常生活用品等安全保衛戰之序幕。

近年接連發生了許多食安事件後，使得台灣民眾感到憂心忡忡，已經嚴重至不知到底有哪些食材、器具可以安心無慮地使用。食物中的含鹽量會影響食物的口味，同時也是影響國人健康的殺手之一。鈉鹽攝入量與高血壓發病率有著直接關係。世界衛生組織(WHO)公佈的資料顯示，在歐洲高血壓是頭號健康風險因素。而在台灣，依據衛生福利部於 2017 年 10 月公佈之「民國 105 年死因統計年報」中，亦指出高血壓性疾病為國人十大死因之一。又依據內政部統計處公佈我國老化指數於 2017 年 2 月首度突破 100，台灣已步入老年化國家，成為世界衛生組織所定義之「老化國家」；預計於 2020 年後，老人人口比率將增至 14%的高齡社會，是全世界人口老化最快速的國家之一。

過去在檢驗食安的技術大都採用「食品添加物規格檢驗方法」之鈉鹽化學檢測方法或用原子吸收光譜法(Atomic absorption spectrometry, AAS), 後者是推定與測定微量物質最佳之方法。而要用原子吸收光譜法測定樣品內之鈉含量, 則要先配製數種已知濃度之鈉與鉀為標準溶液, 再使用波長 589 nm(鈉)之光測定不同濃度下之吸光值, 並以吸光值與濃度之關係做出檢量線, 最後以波長 589 nm(鈉)之光分別測定未知濃度之待測樣品, 即可由測得之吸光值與檢量線推算濃度或含量。然而, 此法有送測時間長、儀器昂貴及檢測成本高等缺點。奈米金具有立即檢測、不需昂貴儀器及檢測成本低等優點, 目前已經廣泛用在生物檢測及癌症標靶檢測等實驗領域上, 但卻還沒有探討利用奈米金的特性, 運用在食品安全的檢測研究。基於上述, 本研究希望利用奈米金特性, 找尋一個有效快速又便宜的檢測方式, 協助國人在食安問題上把關, 讓國人能用得安心, 吃的放心, 更希望當台灣步入高度老化國家時, 能夠讓老人家擁有一個健康的食用環境。

貳、研究目的

- 一、利用抗氧化劑的還原能力, 以檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)為還原劑將四氯金酸(HAuCl_4)還原, 製得不同粒徑之金奈米粒子。
- 二、探討還原劑使用量影響奈米金溶液顏色變化的情況, 同時使用UV-Vis吸收光譜儀器對其吸收光譜圖所形成的變化進行更深入的分析及探討。
- 三、在鈉鹽檢測方面, 首先將製備完成的奈米金溶液添加不同濃度的氯化鈉, 以探討奈米金在不同濃度鈉鹽環境下, 所表現出的團聚現象及溶液的顏色變化情況, 來證明奈米金對鈉鹽偵測的可靠性及穩定性。
- 四、本實驗最後目的以台灣民眾生活用品、餐具等作為鈉鹽檢測之對象, 希望證明本次鈉鹽檢測實驗確實可以更進一步的應用於生活之中。整體實驗架構如圖1所示, 底下陳述詳細過程與步驟。

(一) 奈米金製程之探討與研究

1. 奈米金製程及溫度變化對奈米金之探討。
2. 奈米金鈉鹽偵測之吸收光譜與顏色差異的比較。
3. 探討檸檬酸鈉添加量對樣本的影響與反應時間的關係。
4. 奈米金可靠性測試(溫度變化、濕度變化、陽光照射變化、投影筆照射變化、日光燈照射變化、震動變化、儲存容器、雨天變化、不同波長照射變化、酸鹼抗性、再現性測試變化等變因作探討)。

(二) 添加物對於鹽類檢測之影響研究

1. 探討鈉鹽添加量的影響。
2. 探討添加抗壞血酸濃度之影響。
3. 檢測代測物品之有效測試實驗。
4. 高鹽濃度與顏色變化實驗

(三) 一般民眾使用頻率較高之用品所含鈉鹽檢測

1. 漂白劑(NaClO)，又稱為次氯酸鈉，常用以漂白竹製品。
2. 高鹽含量食品，例如：牛肉乾、烤肉醬。
3. 用以清洗餐具的洗碗精，成分為十二烷基硫酸鈉。

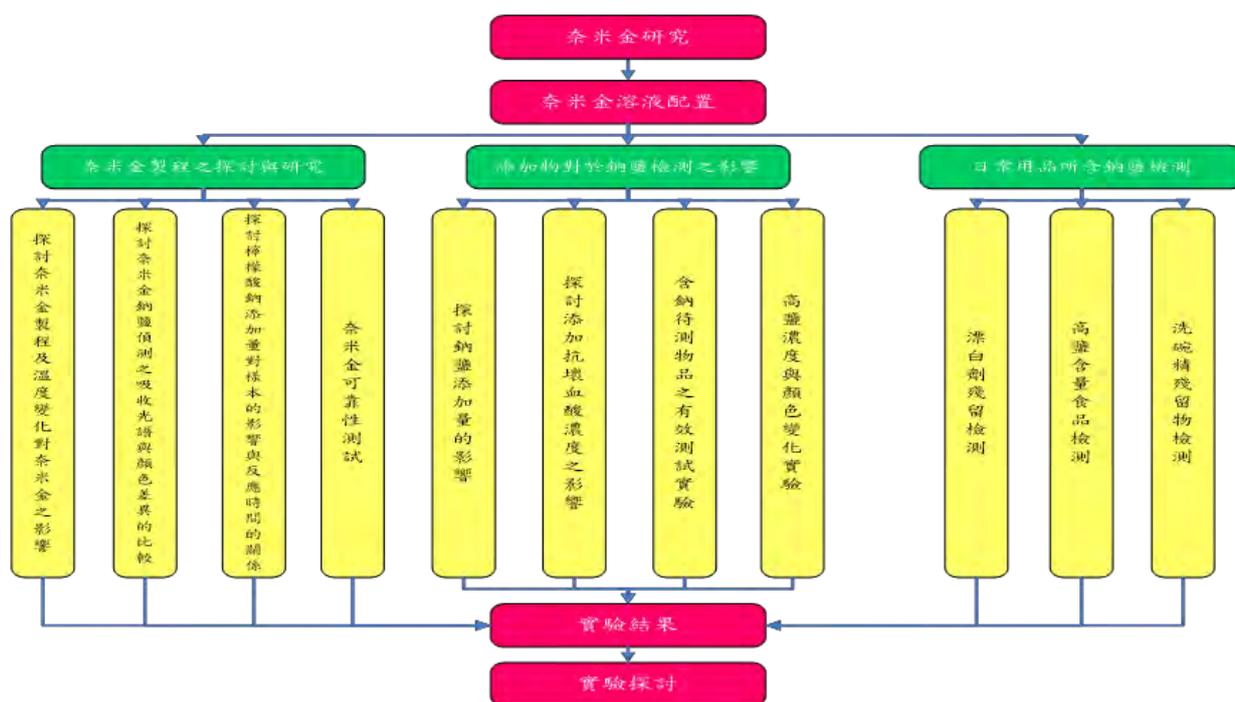


圖 1 本作品實驗架構

參、研究設備及器材

本實驗使用之器材與儀器如表 1 所示，底下略述之。

- 一、藥品：四氯金酸、檸檬酸鈉、抗壞血酸、矽油、氯化鈉。
- 二、儀器：加熱板、溫度計、UV-Vis 吸收光譜儀器、電子秤、照相機、自製拍照平台、冰箱。
- 三、容器：燒杯、50ml 塑膠杯、樣品瓶、石英玻璃碗(隔水加熱用)。
- 四、耗材：滴管、手套、口罩。
- 五、代檢測物品：
 - (一) 金屬：不鏽鋼筷子、湯匙、刀子、叉子等。
 - (二) 非金屬：牙線棒、棉花棒、竹筷、衛生紙等。

肆、研究過程與方法

一、實驗原理

奈米(nanometer)材料是指當材料尺寸介於 1 到 100 奈米(1 奈米=十億分之一公尺)之間，而此時材料因其尺寸效應，使奈米粒子的光學性質、導電性、熔點、沸點等有別於一般塊材。奈米金製程主要是由還原劑(檸檬酸鈉)將四氯金酸中的+3 價金離子還原為奈米金顆粒，其原理如圖 2 所示。

表 1 本實驗使用器材一覽表

器材				
描述	20ml 樣品瓶	50ml 塑膠容器	塑膠量筒	塑膠滴管
器材				
描述	自製照相台	計時器	加熱版 (IKA C-MAG HS7 Digital)	
器材				
描述	電子秤(SHIMADZU ATX124)		吸收光譜儀 UV-Vis (HITACHI U-3900H)	

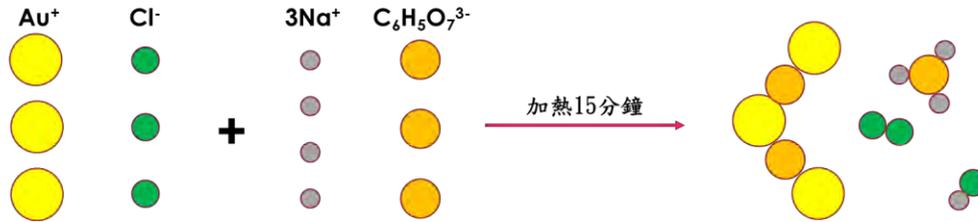
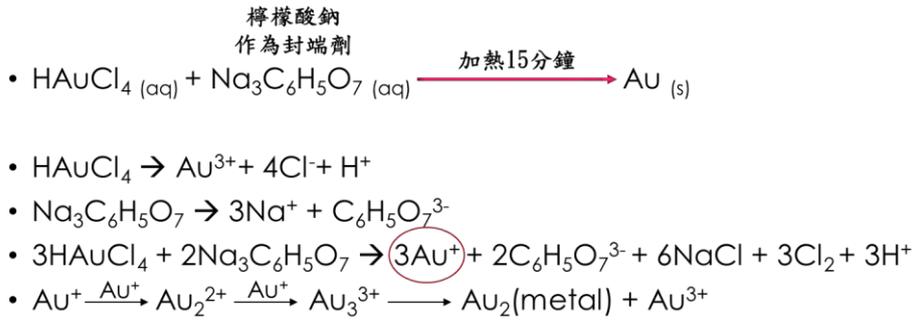


圖 2 奈米金製程原理

還原劑添加量的多寡將影響檢測之效果，究其原因是因為還原劑添加量過多會因為反應劇烈造成團聚的奈米金顆粒會有粒徑不一、普遍顆粒巨大或是沉澱的現象，而不利於應用層面；添加量過少則會因為反應不完全產生的奈米金粒徑會較小或是顆粒較少造成變化不明顯，亦不利於檢測。再者，奈米金會因為添加抗壞血酸促使表面活化導致奈米金粒子會與鈉鹽產生更進一步的團聚現象，進而使溶液顏色產生改變，圖 3 為奈米金的鈉鹽檢測原理。

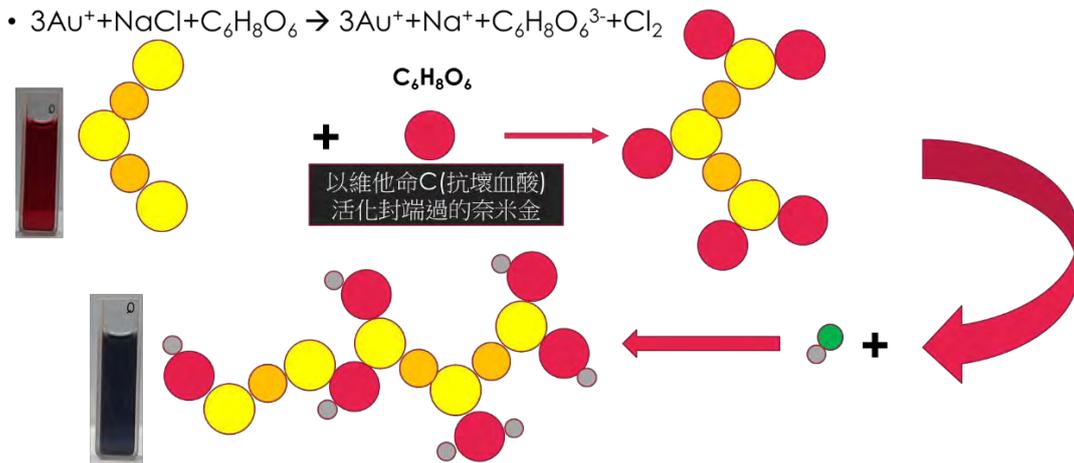


圖 3 奈米金鈉鹽檢測原理

二、實驗方法

(一) 奈米金溶液製程

1. 配置 0.05M/20 毫升的四氯金酸。
2. 將配置完成的四氯金酸溶液加入適當的檸檬酸鈉(還原劑)，連同容器放入攝氏 100 度的矽油進行隔水加熱 15 分鐘。

3. 將反應完成的奈米金溶液連同容器泡入室溫的水中進行降溫 10 分鐘。
4. 放入攝氏四度的環境下保存。
5. 實際檢驗時為將 0.05M/20 毫升的四氯金酸稀釋 100 倍，作為實驗檢驗溶液。

(二)探討還原劑使用量

1. 以製程第二步驟中的檸檬酸鈉添加量作為實驗參數，分別添加 0.01g、0.02g、0.03g、0.04g 等四種不同重量。
2. 製作完成後使用 UV-Vis 吸收光譜儀器，測量樣本的吸收光譜，以便後續進行探討。
3. 紀錄樣本變色時間以及拍照記錄樣本顏色及外觀。

(三)鈉鹽檢測可靠性測試

1. 將製作完成的奈米金溶液添加 0.02g 抗壞血酸。
2. 倒入不同濃度氯化鈉，如 0.0125M、0.025M、0.05M、0.075M、0.1M 等。
3. 紀錄樣本變色時間以及拍照記錄樣本顏色及外觀。
4. 使用 UV-Vis 測量其變色後的吸收光譜。

(四)添加抗壞血酸以加速鈉鹽檢測測試

1. 將製備完成的奈米金溶液添加 NaCl 濃度 0.025M
2. 倒入不同克數的抗壞血酸，如 0.01g、0.03g、0.05g、0.07g、0.1g 等。
3. 紀錄樣本變色時間以及拍照記錄樣本顏色及外觀。
4. 並使用 UV-Vis 測量其變色後的吸收光譜。

(五)鈉鹽檢測

1. 代測物
 - (1) 金屬：不鏽鋼筷子、湯匙、刀子、叉子等。
 - (2) 非金屬：牙線棒、棉花棒、竹筷、衛生紙等。
2. 檢測方法
 - (1) 將代測物浸泡熱水約 10 分鐘。
 - (2) 將浸泡液體取少量加入奈米金溶液並且添加 0.02g 抗壞血酸。
 - (3) 紀錄溶液變色時間並拍照記錄顏色變化

伍、研究結果

一、奈米金製程之探討與研究

(一)探討奈米金製程及溫度變化對奈米金的影響

a.奈米金粒子樣本圖：圖 4(a)為 0.0005M 的四氯金酸尚未添加檸檬酸鈉的溶液，顏色呈現微黃近乎透明的狀態。(b)為添加檸檬酸鈉後將容器放入矽油進行油浴加熱至攝氏 100 度 15 分鐘後的奈米金粒子溶液，顏色呈現紅紫色。

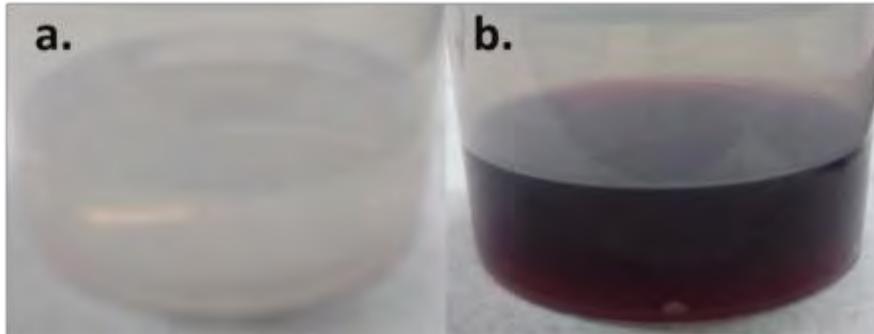


圖 4(a)未添加檸檬酸鈉之 0.0005M 四氯金酸

(b)添加檸檬酸鈉後，進行油浴的奈米金粒子溶液

b.奈米金溫度顏色變化：在溫度 5~55°C 之間，3 分鐘後都是呈現粉紅色，並沒有受到溫度引響而變色，其顏色如圖 5 所示。圖 6 則為經過 10 分鐘後不同溫度下所呈現的顏色情形。

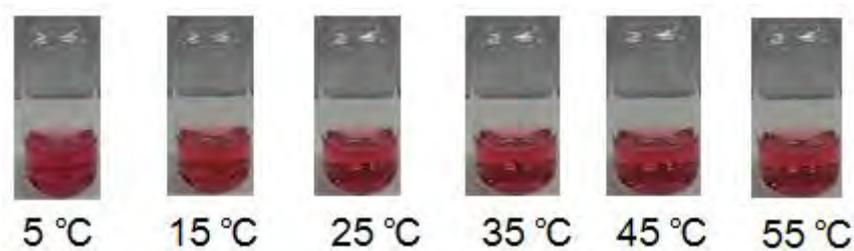


圖 5 奈米金粒子溶液溫度變色實驗 (3 分鐘)

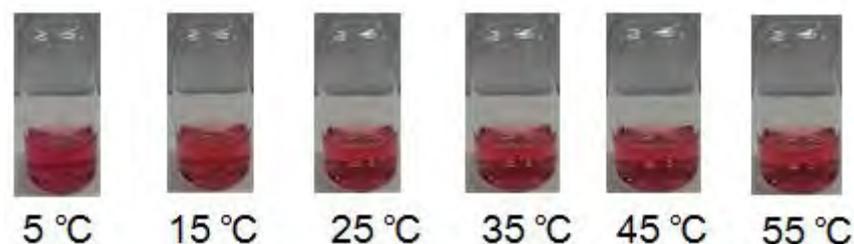


圖 6 奈米金粒子溶液溫度變色實驗 (10 分鐘)

c.奈米金保存：為瞭解奈米金是否會因保存天數而導致顏色有所改變，本實驗分別在控制在攝氏 4 度(圖 7)與 25 度(圖 8)時，每間隔 0.5 日觀察其顏色變化情形，觀察結果都是呈現粉紅色，故在控制溫度下，奈米金沒有因天數變化而改變顏色。



圖 7 奈米金保存天數變色實驗 (攝氏 4 度)

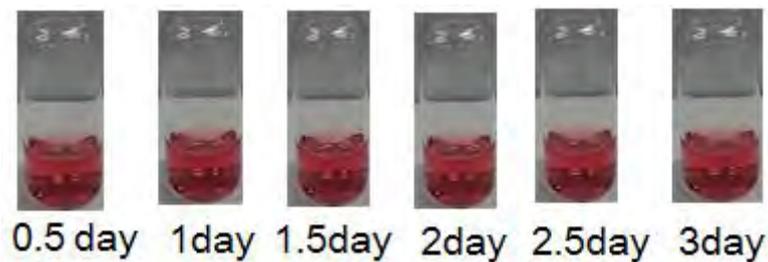


圖 8 奈米金保存天數變色實驗 (攝氏 25 度)

(二)探討奈米金鈉鹽偵測之吸收光譜與顏色差異的比較

a. 添加鈉鹽之可靠性測試：為更進一步得到奈米金顆粒對檢測具有添加鈉鹽物質的可靠性，本實驗更進一步分析奈米金顆粒添加 5%抗壞血酸進行鈉鹽檢測的吸收光譜圖(圖 9)，該圖中黑線為奈米金添加抗壞血酸活化後的吸收光譜。紅線為活化後的奈米金添加鈉鹽的情況下團聚後的吸收光譜。此圖中顯示團聚後奈米金粒徑大小受到改變，其吸收光譜峰值亦產生偏移的現象，同時因為團聚造成奈米金顆粒數減少造成光譜峰值的強度下滑，展現出奈米金活化後對於鈉鹽檢測的可靠性。

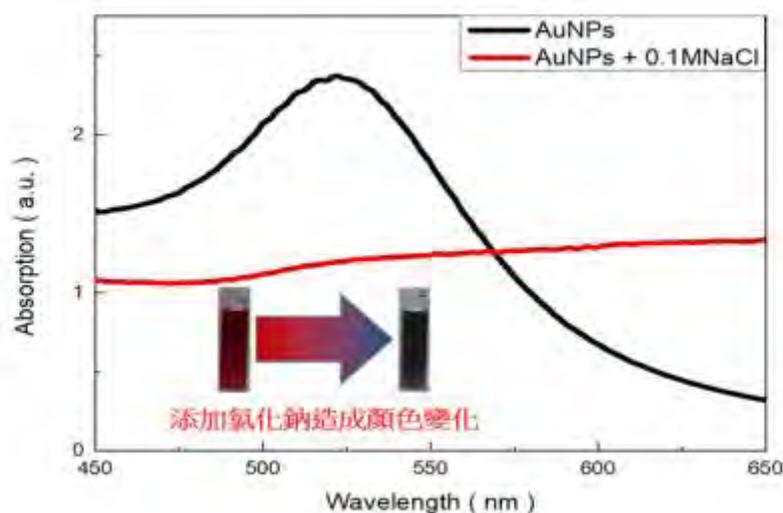


圖 9 為奈米金顆粒添加 5%抗壞血酸進行鈉鹽檢測之吸收光譜圖

(三)探討檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)添加量對樣本的影響與反應時間的探討

a. 添加檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)之影響測試 (900sec)→有添加檸檬酸鈉量(0.00g→0.03g→0.07g)

越多，鈉鹽檢測顏色越明顯(圖 10、圖 11 所示)。

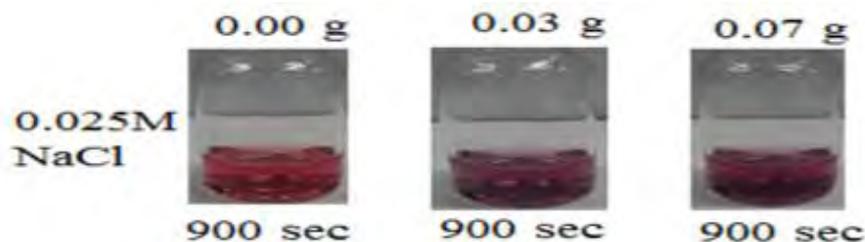


圖 10 添加檸檬酸鈉量對奈米金鈉鹽檢測 (0.025 M NaCl)顏色變比較

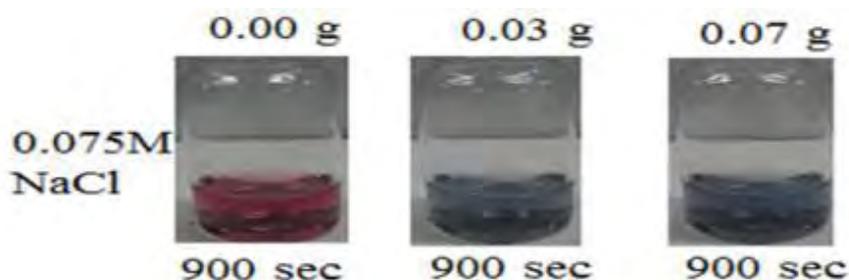


圖 11 添加檸檬酸鈉量對奈米金鈉鹽檢測(0.075 M NaCl)顏色變化比較。

b. 添加檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)之影響測試：為了解添加量與時間之關係，本實驗特別觀察在添加不同劑量下，溶液變色時間。由本實驗得到當添加 0.03g 時，15 秒即變色；而添加更多劑量 0.07g 時，其變色時間更縮短至 5 秒，不同劑量組合與時間關係如圖 12。

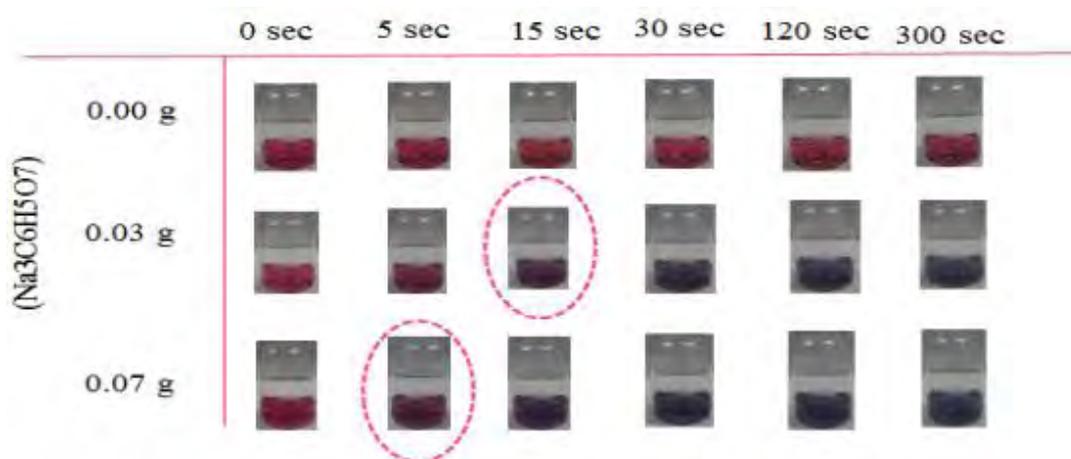


圖 12 添加檸檬酸鈉量對奈米金鈉鹽檢測(0.075 M NaCl)顏色時間變化之比較。

(四) 奈米金可靠性測試

針對奈米金可靠性分析部分，本實驗進一步從溫度變化、陽光照射變化、投影筆照射變化、日光燈照射變化、震動變化、儲存容器、雨天變化、不同波長照射變化、再現性測試變化等變因進行深入探討。

二、添加物對於鹽類檢測之影響研究

(一)探討鈉鹽添加量之影響

a. 添加 0.0125 M NaCl 時，奈米金溶液顏色無明顯變化，吸收光譜分不出明顯變化(圖 13)。

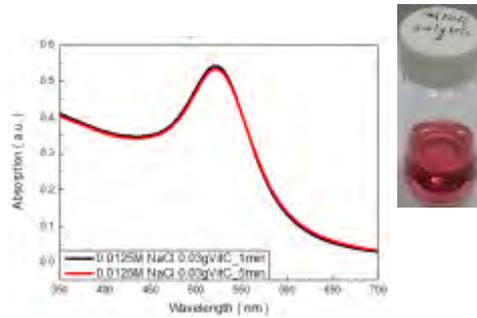


圖 13 為添加 0.0125 M NaCl 對奈米金納鹽檢測試驗

b. 添加 0.05 M NaCl 時，奈米金溶液顏色由紅變暗紅，吸收光譜可以分出明顯變化(圖 14)。

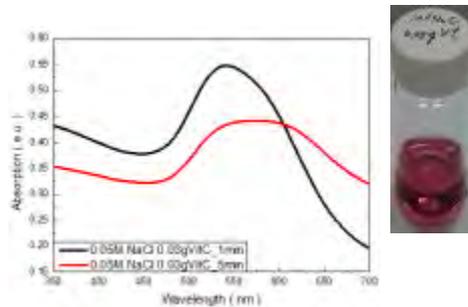


圖 14 為添加 0.05 M NaCl 對奈米金納鹽檢測試驗

c. 添加 0.025 M 以上 NaCl 時，奈米金溶液顏色由紅變暗紅，吸收光譜可分出明顯變化，此可以做為作此次奈米金納鹽檢測試驗的最低濃度(圖 15)。

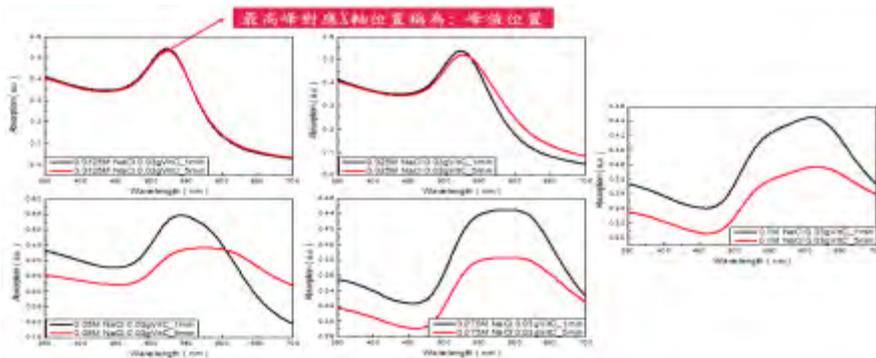


圖 15 為添加 0.125 M~0.1M NaCl 對奈米金納鹽檢測試驗

(二)探討添加抗壞血酸濃度之影響

a. 添加 0.01g 抗壞血酸時，奈米金溶液顏色無明顯變化，吸收光譜並無明顯變化(圖 16)。

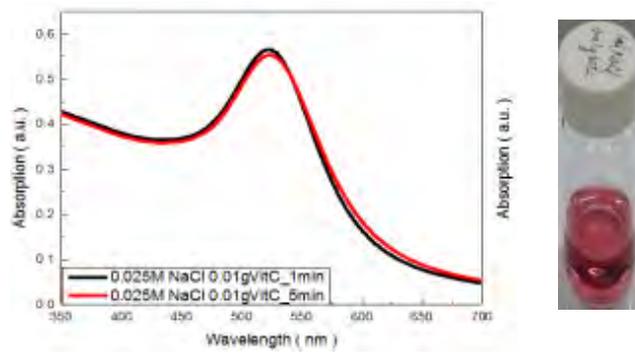


圖 16 添加 0.01g 抗壞血酸對奈米金納鹽檢測試驗

b. 添加 0.05g 抗壞血酸時，奈米金溶液顏色由紅變暗紅，吸收光譜呈現明顯變化(圖 17)。

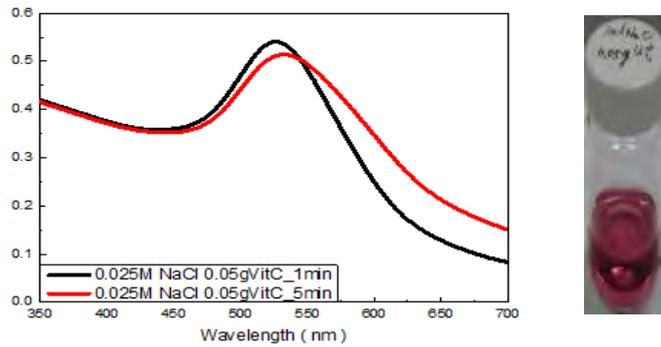


圖 17 添加 0.05g 抗壞血酸對奈米金納鹽檢測試驗

c. 添加 0.025g 以上抗壞血酸時，奈米金溶液顏色由紅變暗紅，吸收光譜呈現更顯變化，因此，可以做為作此次加速奈米金納鹽驗測的最低添加濃度(圖 18)。

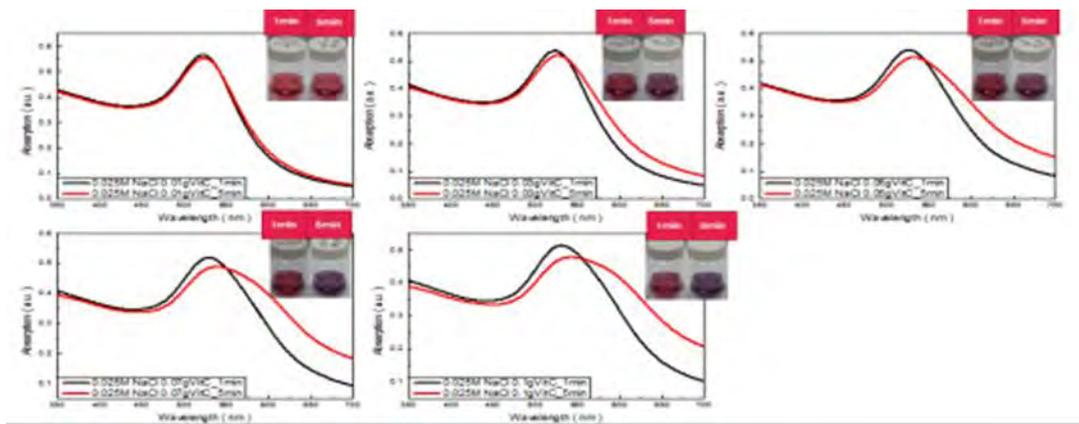


圖 18 添加 0.01g~0.1g 抗壞血酸對奈米金納鹽檢測試驗

(三) 檢測代測物品之有效測試實驗

a. 高鈉食品檢測：針對高鈉烤肉醬測試，奈米金溶液顏色由紅變暗紫(圖 19)。



圖 19 高鈉鹽食品之奈米金鈉鹽測試試驗

(四)高鹽濃度與顏色變化實驗

經過高鹽濃度測試，奈米金會很快速地由紅變暗紫，證明本實驗所調配的奈米金溶液可以做為高鹽品的快速檢驗測試。

三、日常用品所含鈉鹽檢測

本實驗在了解奈米金溶液檢測鈉鹽之性質與可靠度後，特針對民眾較常接觸或使用的物品，以本實驗製備之溶液進行檢測，於檢測前先對檢測之物品進行前置處理，其過程如圖 20。



圖 20 一般民眾使用及食用的用品所含鈉鹽檢測之前處理

(一)漂白劑(NaClO)，又稱為次氯酸鈉，常用以漂白竹製品

a.竹筷子及竹籤檢測結果，奈米金溶液顏色由紅變暗紫，其餘則呈現暗紅色(圖 21)。



圖 21 一般民眾竹製用品的奈米金鈉鹽測試試驗

(二)高鹽含量食品，如牛肉乾、烤肉醬

牛肉乾、烤肉醬→奈米金溶液顏色均由紅變暗紫(圖 22)。



圖 22 一般民眾食用高鈉食品的奈米金鈉鹽檢測結果

(三)洗碗精，成分為十二烷基硫酸鈉，用來清洗餐具。

鐵製餐具→奈米金溶液顏色均無明顯變化(圖 23)。

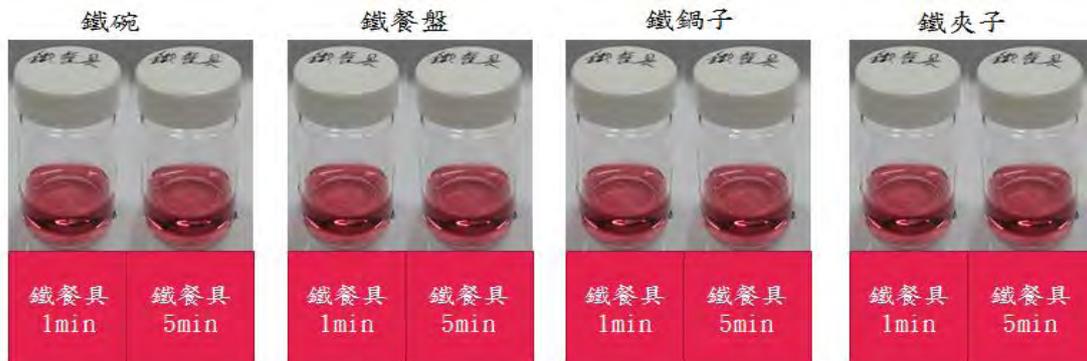


圖 23 鐵製餐具以洗碗精清洗後的奈米金鈉鹽測試結果

陸、討論

一、奈米金製程之探討與研究

(一)探討奈米金製程及溫度變化對奈米金的穩定性的穩定性之影響

- a.經由 0.05M 的四氯金酸添加檸檬酸鈉後，進行油浴加熱至攝氏 100 度 15 分鐘後的奈米金粒子溶液，可以產生顏色容易分辨的紅紫色。
- b.本實驗採還原氧化方法所製成的奈米金，可在溫度 5~55°C 級距，十分鐘內均呈現穩定的紅紫色。所以在此溫度區間，奈米金不會受到溫度變化而變色，可作為穩定的奈米金試驗溶液。
- c.本實驗所製成的奈米金，可在攝氏 4 度及常溫 25°C 下放置三天內不會受到天數變化而變色，可作為穩定的奈米金試驗溶液。

(二)探討奈米金鈉鹽偵測之吸收光譜與顏色差異的比較

本實驗所製成的奈米金為可分辨的紅紫色顏色，經分光光譜儀(UV-Vis)實測在波長 520nm 處有一個明顯的吸收波峰，代表奈米金溶液易吸收波長 520nm 的光。如果奈米金顆粒添加 5% 抗壞血酸進行鈉鹽檢測的吸收光譜圖，會因團聚後奈米金粒徑大小受到改變，其吸收光譜峰值往長波長偏移的現象，同時因為團聚造成奈米金顆粒數減少造成光譜峰值的強度下滑，展現出奈米金活化後對於鈉鹽檢測的靈敏度與可靠性(圖24)。

吸收光譜：是材料在某一些頻率上對電磁輻射的吸收所呈現的比率。也就是以不同波長的光照射樣本，檢測其吸收掉的光源強度比例。奈米金其吸收峰約落在 520nm 左右，圖25為吸收光譜對應光譜波長(顏色)以及樣本顏色(互補光)。

(三)探討檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)添加量對樣本的影響與反應時間的探討

- a.添加檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)的量越多，奈米金的鈉鹽檢測顏色也越明顯。

在 0.025 M NaCl 下，添加檸檬酸鈉量(0.00g→0.03g→0.07g)，鈉鹽檢測顏色由紅紫色變化為紫色，已可以經由肉眼清楚辨認顏色變化。

在 0.075 M NaCl 下，添加檸檬酸鈉量(0.00g→0.03g→0.07g)，鈉鹽檢測顏色由紅紫色變化為紫色，再變成藍色。

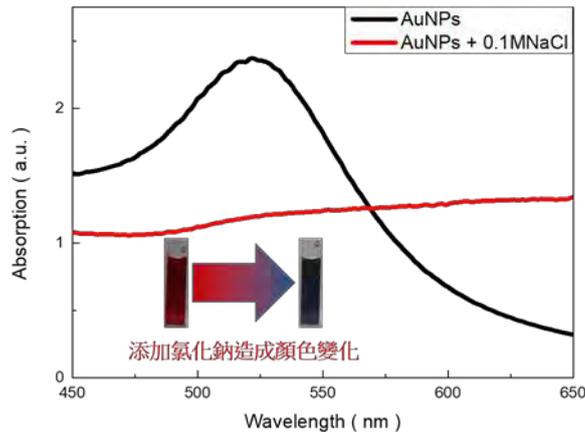


圖24 奈米金以及添加鈉鹽檢測後的奈米金→吸收峰值向長波長移動(往右) →吸收強度下降(團聚導致奈米金顆粒數量減少)

波長/nm	顏色	互補光
400-450	紫	黃綠
480-480	藍	黃
480-490	綠藍	橙
490-500	藍綠	紅
500-560	綠	紫紅
560-580	黃綠	紫
580-610	黃	藍
610-650	橙	綠藍
650-760	紅	藍綠

圖25 為吸收光譜對應光譜波長(顏色)以及樣本顏色(互補光)

- b. 添加檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)的量越多，奈米金的鈉鹽檢測速度也越明顯。經由添加檸檬酸鈉量對奈米金鈉鹽檢測(0.075 M NaCl)速度變化觀察並實測，得到結果為添加 0.03g 時，奈米金 15 秒即變色；添加 0.07g 時，奈米金 5 秒即變色。
- c. 經由添加檸檬酸鈉的比較，可知沒有檸檬酸鈉的還原反應下的奈米金無法進行真正的鈉鹽檢測，提高檸檬酸鈉的劑量所製成的奈米金可以幫助快速測出鈉鹽反應。如圖 26~圖 28，本小組利用高速攝影下所拍下的奈米金鈉鹽檢測之顏色觀察，利用奧斯德色環來標註奈米金顏色變化之顏色系數，並透過顏色系數加以作圖，結果敘述如下：1. 添加適當的檸檬酸鈉量可以幫助奈米金鈉鹽測試；2. 添加 0.03g 的檸檬酸鈉於 6 秒可觀察其顏色變化，比肉眼觀察少 9 秒；3. 添加 0.07g 的檸檬酸鈉於 3 秒可觀察其顏色變化，比肉眼觀察少 2 秒；4. 雖然顏色還隨時間變化來變色，到 180 秒穩定，但還是證明本實驗所製得的奈米金可以在適當的檸檬酸鈉添加下，快速 10 秒下測出高溶度的鈉鹽檢測($\text{NaCl}=0.075\text{M}$)。

生變化，吸收光譜強度下降等現象。

(四)奈米金可靠性測試

針對奈米金可靠性分析部分，分別從溫度變化、濕度變化、陽光照射變化、投影筆照射變化、日光燈照射變化、震動變化、儲存容器、雨天變化、不同波長照射變化、酸鹼抗性、再現性測試變化等變因做一探討，以下分別針對各變因作探討。

1.奈米金可靠性測試－溫度變化

台灣一年四季分明，溫度的分佈介於 10~40°C 之間，為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的穩定性，本實驗設定 5~65°C 的 30 分鐘的溫度穩定性測試。並探討奈米金於 5/25/35/45 °C 溫度之下三天的顏色變化，做為未來奈米金的溫度穩定性(stability)的參考依據。實驗結果(圖 29)顯示本實驗所調配出的奈米金可以在 5~45°C 溫度保持三天以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用於台灣的天氣溫度變化。

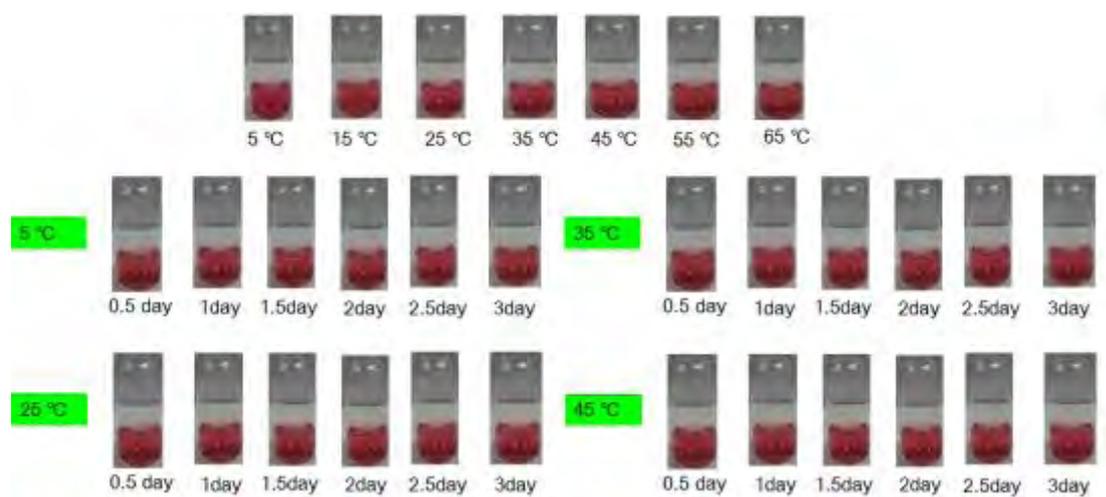


圖 29 奈米金之可靠性測試(溫度變化)

2.奈米金可靠性測試－濕度變化

台灣是一個海島型高濕度的國家，濕度的分佈介於 65~90 %之間，為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的穩定性，本實驗設定 10~90 %的 30 分鐘的穩定性測試。並探討奈米金於濕度 30/50/70/90%之下三天的顏色變化，做為未來奈米金的濕度穩定性的參考依據。實驗結果(圖 30)本實驗所調配出的奈米金可以在 30~90 %濕度保持三天以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用於台灣的天氣濕度變化。

3.奈米金可靠性測試－陽光照射變化

台灣是一個陽光普照的國家，尤其是南部夏天的天氣多處於艷陽高照情形，太陽光為含有紫外線，可見光，及紅外線波長分佈之光源。為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的穩定性，本實驗設定 25 °C 於陽光照射下 270 分鐘的穩定性測試。並探討奈米金於 10/20/30/40 °C 於陽光照射下 180 分鐘的顏色變化，做為未來奈米金於陽光照射下的穩定性參考依據。實驗

結果(圖 31)顯示本實驗所調配出的奈米金可以在 10~40 °C 於陽光照射下保持 180 分鐘以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用於台灣的高豔陽高照的變化。

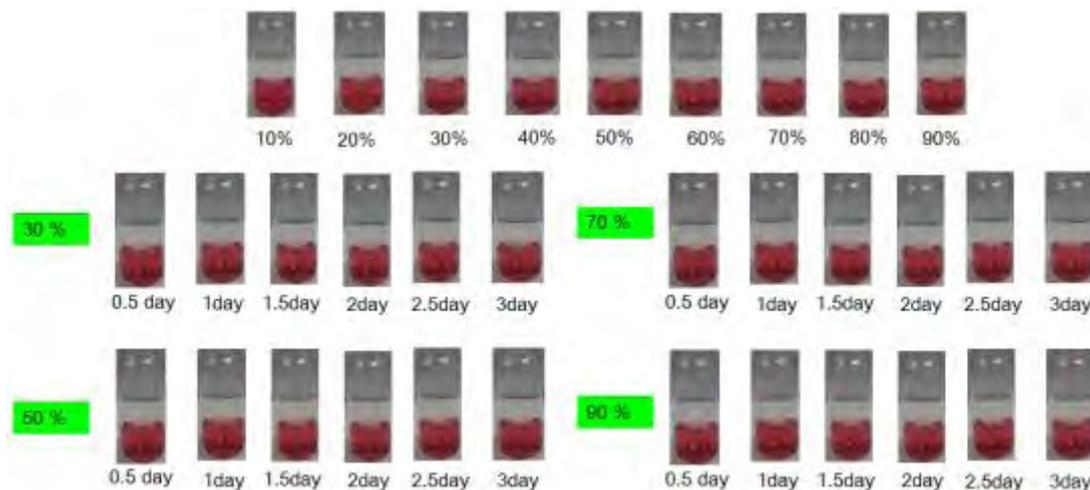


圖 30 奈米金之可靠性測試(濕度變化)



圖 31 奈米金之可靠性測試(陽光照射變化)

4. 奈米金可靠性測試－投影筆照設變化

台灣的投影筆使用率高，尤其是在教學環境。為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的穩定性，本實驗設定 25 °C 於投影筆照射下 1.5 分鐘的穩定性測試。並探討奈米金於 10/20/30/40 °C 於投影筆照射下 1 分鐘的顏色變化，做為未來奈米金於投影筆照射下的穩定性參考依據。實驗結果(圖 32)顯示本實驗所調配出的奈米金可以在 10~40 °C 於投影筆照射下保持 1.5 分鐘以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用於台灣室內教學環境下的作業環境。

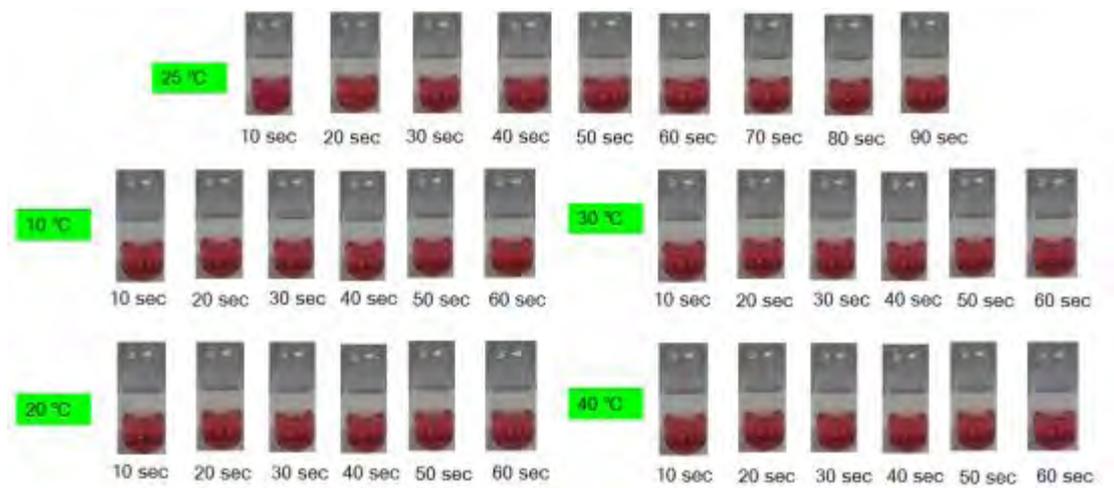


圖 32 奈米金之可靠性測試(投影筆射變化)

5. 奈米金可靠性測試－日光燈照射變化

日光燈為民眾普遍使用的照明燈具，為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液具有日光燈穩定性。本實驗設定 25 °C 於日光燈照射下 4.5HR 的穩定性測試。並探討奈米金於 10/20/30/40 °C 於投影筆照射下 3HR 的顏色變化，做為未來奈米金於日光照射下的穩定性參考，依據實驗結果(圖 33)顯示本實驗所調配出的奈米金可以在 10~40°C 日光燈下保持 4.5HR 以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用於台灣有使用日光燈的環境。

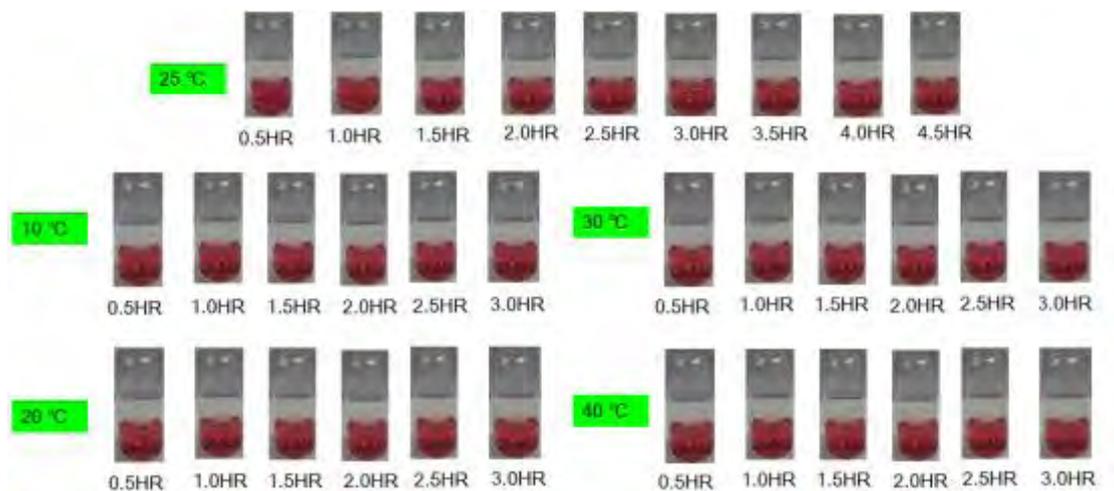


圖 33 奈米金之可靠性測試(日光燈照射變化)

6. 奈米金可靠性測試－震動變化

由於樣品可能會受到搬遷移動的影響。為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的穩定性，本實驗設定 25°C 於高頻率振盪器下 1.5 分鐘的穩定性測試。並探討奈米金於 10/20/30/40 °C 於高頻率振盪器下 1 分鐘的顏色變化，做為未來奈米金於高頻率振盪器下的穩定性參考依據。

圖 34 顯示本實驗所調配出的奈米金可以在 10~40°C 於高頻率振盪器下保持 1.5 分鐘以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用搬遷移動的環境。

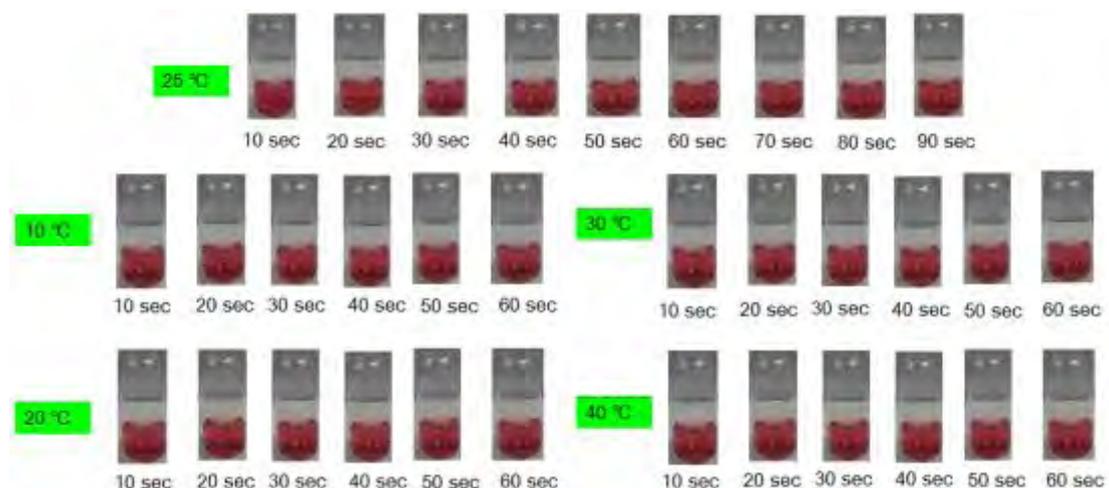


圖 34 奈米金之可靠性測試(震動變化)

7. 奈米金可靠性測試－儲存容器

為了瞭解本奈米金測試溶液的廣用性，並探討不同容器的儲存穩定性及變化。本實驗設定 25°C 於四種一般常用且易取得的容器下進行 240 分鐘的穩定性測試。並探討奈米金於塑膠瓶，不鏽鋼瓶，玻璃瓶及鐵氟龍容器下 240 分鐘的顏色變化，做為未來奈米金於陽光照射下的穩定性參考依據。實驗結果(圖 35)顯示本實驗所調配出的奈米金可以在塑膠瓶，不鏽鋼瓶，玻璃瓶及鐵氟龍容器下保持 240 分鐘以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用推廣的廣用性。



圖 35 奈米金之可靠性測試(儲存容器)

8. 奈米金可靠性測試－雨天變化

台灣 4~5 月事梅雨季節，尤其是北部的天氣多處於多雨的情形。為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的穩定性，本實驗設定 25 °C 於下雨時 270 分鐘的穩定性測試。並探討奈米金於 10/20/30/40°C 於下雨時 180 分鐘的顏色變化，做為未來奈米金於下雨時的穩定性參考依據。實驗結果(圖 36)顯示本實驗所調配出的奈米金可以在 10~40°C 於於下雨時保持 180 分鐘以上，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此本奈米金可以適用於台灣的梅雨季的環境。

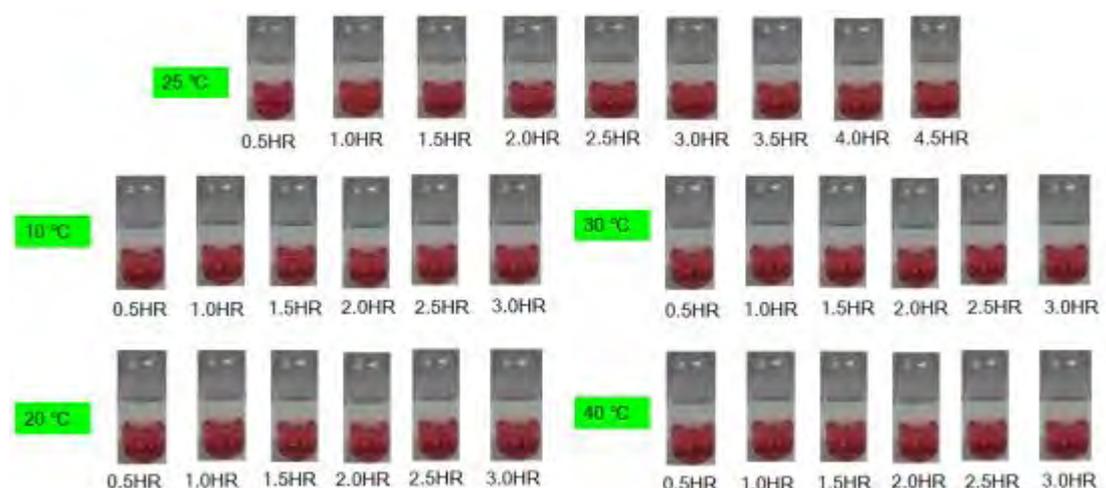


圖 36 奈米金之可靠性測試(雨天變化)

9. 奈米金可靠性測試－不同波長照射變化

為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的穩定性，可適用於台灣各種不同的工作及生活環境。實驗結果(圖 37)顯示 254~580nm 光源照射 0~20 分鐘下的結果，吸收光譜強度皆維持在 98%以上，事實證明樣本經照射可見光到能量極強的深紫外光皆無顯著影響。對一般進行生物標記不耐光照的奈米金而言，這種奈米金對光的抗性極強，因此本奈米金可以適用於台灣不同波長照射的環境。

10. 奈米金可靠性測試－酸鹼抗性

台灣降雨 PH 值(酸鹼度)大約介於 4.44~6.35 間，為了驗證本實驗所調配出的奈米金試液的具有酸鹼抗性的穩定性，實驗結果(圖 38)顯示奈米金本身酸鹼度約是 5，為弱酸性。在酸性(pH = 4~7 之間)相對穩定，但是在 pH = 3 之時，其顏色變化劇烈且吸收光譜偵測亦是如此。在鹼性環境中，奈米金相對酸性環境較不穩定，但是在 pH = 10 其訊號強度僅下降約 15%，證實酸鹼耐性佳(pH = 4~9)，因此本實驗奈米金可以適用於台灣偏酸 PH 值的環境。

1、254-580nm光源照射0-20分鐘下的結果，吸收光譜強度皆維持在98%以上。
 事實證明樣本照射可見光至能量極強的深紫外光皆無顯著影響。
 2、對一般進行生物標記不耐光照的奈米金而言，這種奈米金對光的抗性極強。

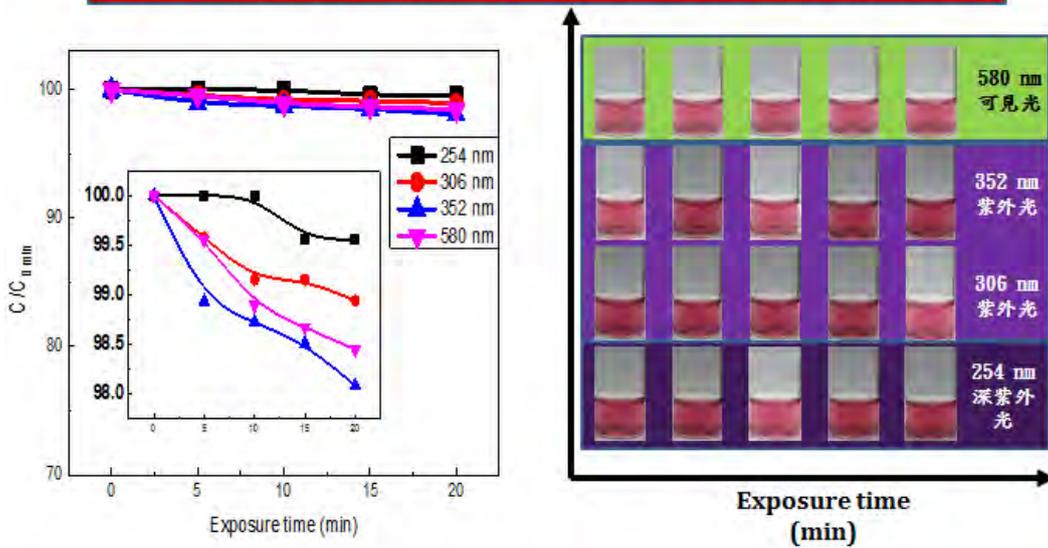


圖 37 奈米金之可靠性測試(不同波長照射變化)

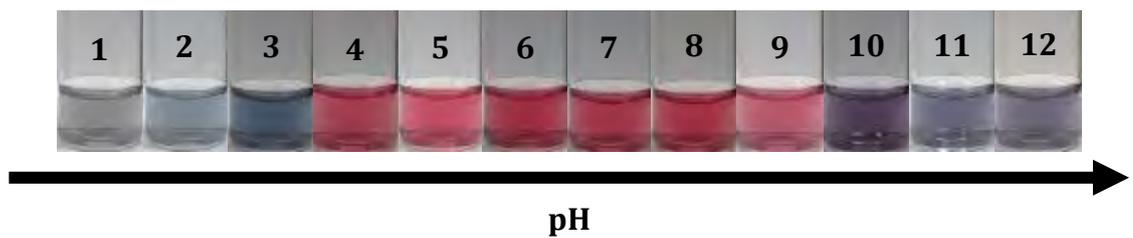


圖 38 奈米金之可靠性測試(酸鹼抗性)

11. 奈米金可靠性測試－再現性測試變化

為了驗證本實驗所調配的奈米金的配置穩定性。本實驗進行三次不同人及不同天，按照本次實驗 SOP 所調配下的奈米金進行三天的顏色變化觀察及研究確認。實驗結果(圖 39)顯示按照本次實驗 SOP 所調配下的奈米金可於三天變化一致，且經由高鹽測試仍然可以發揮奈米金鈉鹽檢測效果，因此次實驗 SOP 所調配下的奈米金再現性非常的穩定。

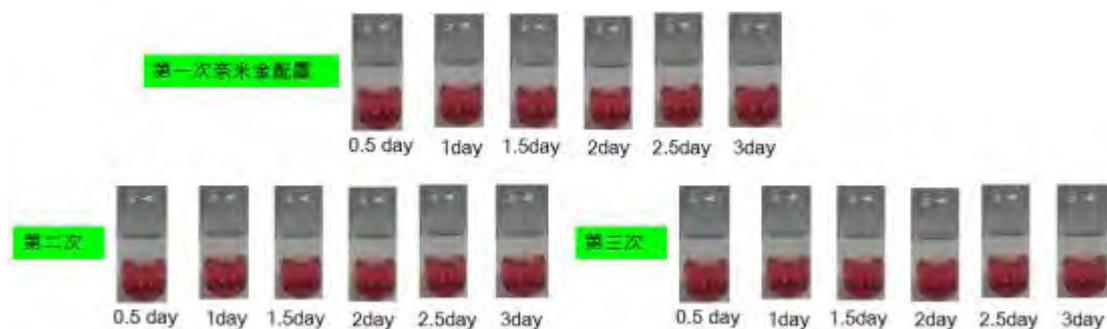


圖 39 奈米金之可靠性測試(再現性測試變化)

二、添加物對於鹽類檢測之影響研究

(一)探討鈉鹽添加量之影響

a. 添加 0.025 M 以上 NaCl 時，奈米金溶液顏色由紅變暗紅，吸收光譜產生明顯變化，因此，可以做為作此次奈米金鈉鹽檢測試驗的最低濃度(圖 40)。

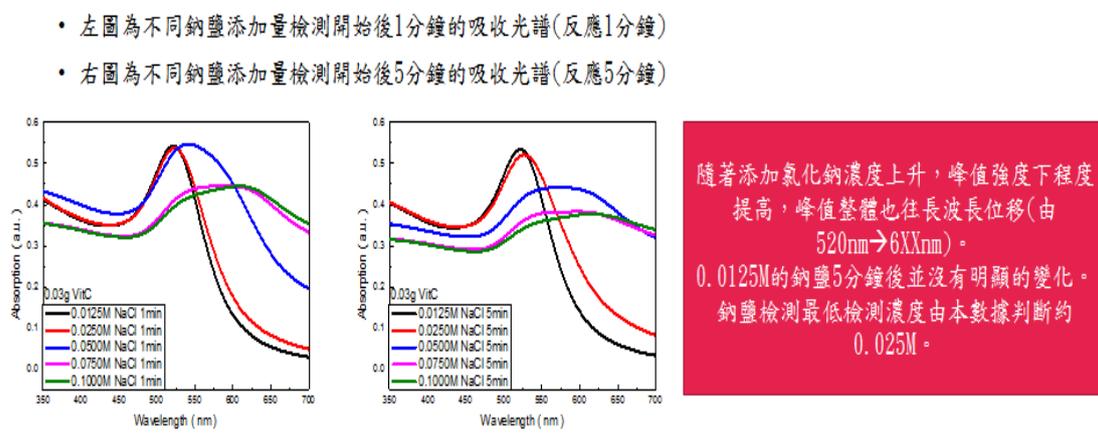


圖40 經分光光譜儀(UV-Vis)實測(添加不同濃度的NaCl)

(二)探討添加抗壞血酸濃度之影響

添加 0.025g 以上抗壞血酸時，奈米金溶液顏色由紅變暗紅，吸收光譜可呈現明顯變化，因此，可以做為作此次加速奈米金鈉鹽檢測的最低添加濃度(圖 41)。

(三)含鈉代測物品之有效測試實驗

經由牛肉乾與烤肉醬高鈉食品的實測得知，奈米金溶液顏色於 30 秒已開始變色，60 秒內已變成紫色，所以本次實驗所製得的奈米金可以提供一個快速的鈉鹽檢測機制。

(四) 高鹽濃度與顏色變化實驗

以下實驗為添加不同濃度的 NaCl，奈米金顏色變化的情形(圖 42)。

1 添加 0.0125 M NaCl 時，為 0.0073g/ 10 mL=7.3mg/10 mL

2. 添加 0.025 M NaCl 時，為 0.0146g/ 10 mL=14.6mg/10 mL

3.添加 0.075 M NaCl 時，為 0.0438g/ 10 mL=43.8mg/10 mL

4.添加 0.1 M NaCl 時，為 0.0584g/ 10 mL=58.4mg/10 mL

- 左圖為不同抗壞血酸添加量檢測開始後1分鐘的吸收光譜(反應1分鐘)
- 右圖為不同抗壞血酸添加量檢測開始後5分鐘的吸收光譜(反應5分鐘)

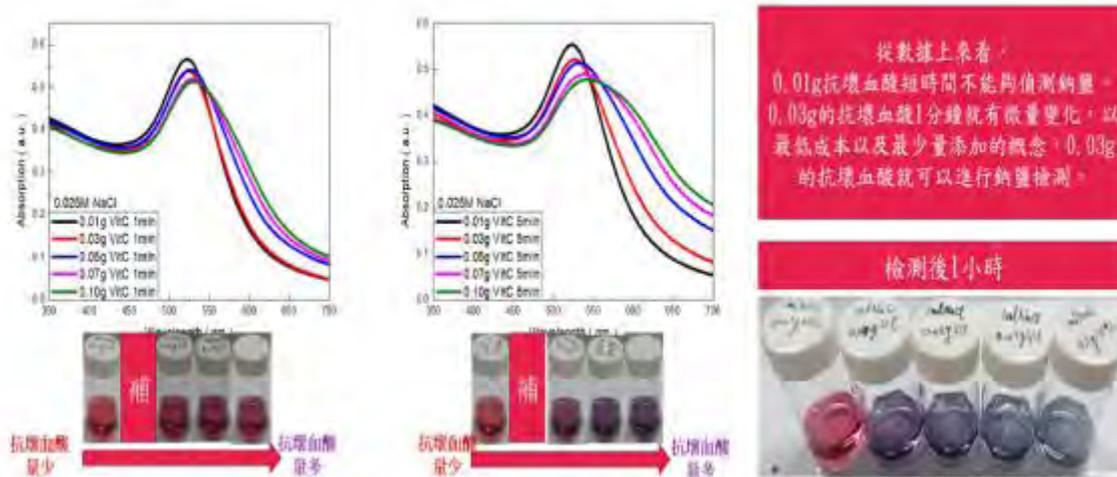


圖 41 經分光光譜儀(UV-Vis)實測(添加不同克數的抗壞血酸)



圖 42 添加 0.0125~0.1 M 以上 NaCl，60 秒後奈米金溶液顏色變化及系數(奧斯德色環)

另外，若以 2g/10mL 牛肉乾加入進去奈米金溶液，顏色系數呈現 12~13 的亮紫色(圖 43)，此次推估含~14.6~29.2mg 的 NaCl/ 5.84~11.68 mg 的鈉鹽。故若民眾吃 100g 牛肉乾，會攝取約 292~584mg 的鈉鹽。若以一天民眾攝取 2400mg 以下鈉鹽攝取量，建議一天不能吃超過 411~821g 牛肉乾。



圖 43 奈米金溶液加入牛肉乾，顏色的變化

若以 2g/10mL 烤肉醬加入進去奈米金溶液，顏色系數呈現 13 的暗紫色(圖 44)，因此推估含 29.2mg 左右的 NaCl/11.68 mg 的鈉鹽。故若民眾吃 100g 烤肉醬，會攝取約 584mg 的鈉鹽。若以一天民眾攝取 2400mg 以下鈉鹽攝取量，建議一天不能吃超過 411 烤肉醬。不同濃度的變化 NaCl 與奈米金的顏色變化如圖 45 所示。



圖 44 奈米金溶液加入牛肉乾，顏色的變化



圖 45 不同濃度的變化 NaCl 與奈米金溶液顏色變化

三、日常用品所含鈉鹽檢測

a.5 分快速測試：牛肉乾與烤肉醬→奈米金溶液顏色比棉花棒深，推測牛肉乾與烤肉醬含有高鈉成分的氯化鈉(圖 46)。



圖 46 牛肉乾與烤肉醬及棉花棒的奈米金鈉鹽實測

b.一小時靜置測試：竹籤及竹筷→奈米金溶液顏色比較深，推測含有高鈉成分的漂白劑 (NaClO)，又稱為次氯酸鈉，常用以漂白竹製品(圖 47)。



圖 47 生活用品的奈米金鈉鹽實測

c.經測試之一般民眾常用之鐵製用品，鐵碗、鐵餐盤、鐵鍋子、鐵夾子等經過奈米金鈉鹽檢測結果沒有呈現明顯的顏色變化，小組認為本次購買的鐵製容器都有安全的產品保證，將持續進行它牌、次級品、及菜市場或五金行便宜的鐵製品來進行檢測，幫台灣民眾在鐵製用品上把關。

柒、結論

近年來，雖然消費者意識日益覺醒，然而許多泯滅良知的廠商卻更變本加厲地添加一些有害人體健康的添加劑，正所謂「道高一尺，魔高一丈」，要杜絕知法犯法的廠商以低成本謀取暴利，而製造出危害國人健康的物品，除仰賴高瞻遠矚的相關政府單位能制定更完善法律、實行更周全制度外，民眾應該也要有自保的有效利器—經濟實惠快速實用的自我檢測方式(試紙、晶片、儀器等)。本研究結果顯示要研發出類似的自我檢測方式雖非一蹴可幾，但卻也有可達之道，冀望透過本小組的拋磚引玉，能讓更多有志之士一起共同努力，在眾志成城之下，實現讓台灣民眾都擁有一個「用得安心，吃的健康」的消費環境之願景。綜合以上的研究與實驗，本研究有以下的結論：

一、穩定性高

經由本次經由氧化還原實驗所製成的奈米金溶液，具有很高的儲存及抗環境變化的穩定性，包含抗溫度變化、抗濕度變化、抗陽光照射變化、抗投影筆照射變化、抗日光燈照射變化、抗震動變化、抗儲存容器變化、抗雨天變化、抗不同波長照射變化、抗酸鹼變化及極佳的再現性等眾變因的穩定性。

二、快速檢驗

可在1分鐘內真正檢測出食品是否含有高鈉，亦可以在1分鐘內真正檢測出竹製用品是否含漂白劑。

三、成本低

本實驗所使用的1g四氯金酸價錢為3750元，本次全部實驗配置為0.0005M溶液(也就是20ml)，換算奈米金價格為14.77元，故一次檢驗消耗1ml量，也就是一次檢測成本約0.74元。顯現成本不高，量產後每次檢驗成本預計會再下降。故本實驗所調配的奈米金可說是便宜且方便的檢驗生活用品方法。

四、發展專利與應用於食品檢測晶片

綜而言之，本實驗結果不但可以進一步發展出測試用的試紙或檢測鈉鹽的晶片，更甚者，可據以申請國內外專利，除保護消費者外，更可造福人群，共創更美好的未來。

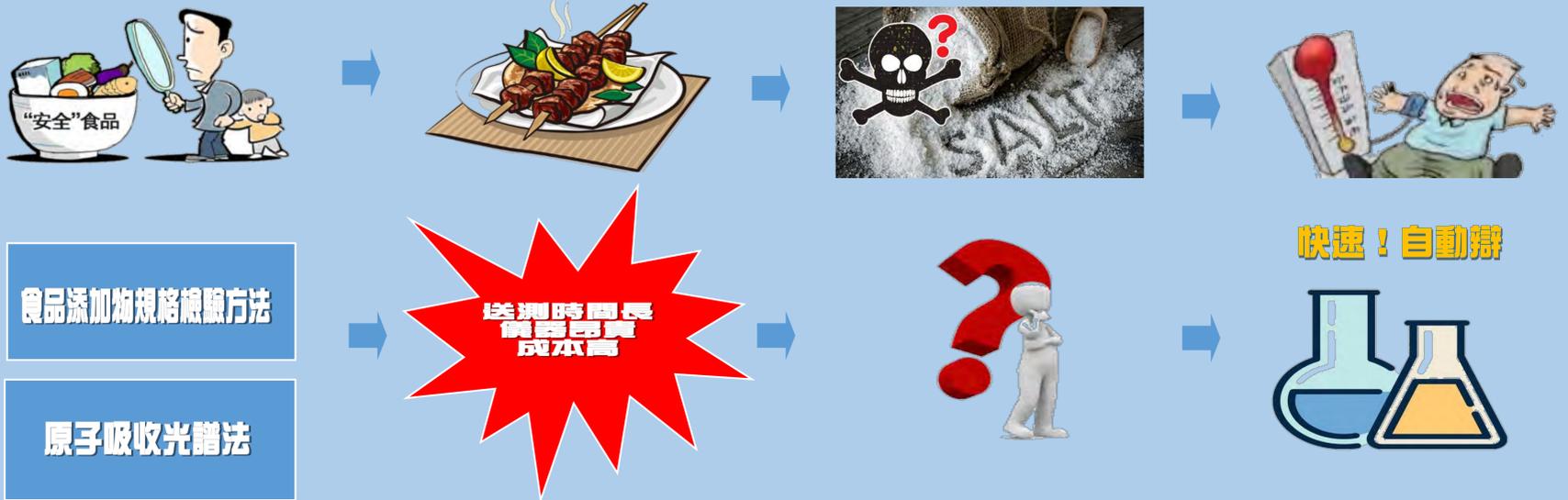
捌、參考資料

1. Agasti SS, Rana S, Park MH, et al: Nanoparticles for Detection and Diagnosis. *Adv Drug Deliv Rev*, 2009.
2. Patra CR, Bhattacharya R, Mukhopadhyay, D, et al: Fabrication of gold nanoparticles for targeted therapy in pancreatic cancer. *Adv Drug Deliv Rev*, 2009.
3. Huang X, Jain PK, El-Sayed IH, et al: Plasmonic photothermal therapy (PPTT) using gold nanoparticles. *Lasers Med Sci* 2008; 23(3): 217-28.
4. Aillon KL, Xie Y, El-Gendy N, et al: Effects of nanomaterial physicochemical properties on in vivo toxicity. *Adv Drug Deliv Rev* 2009; 61(6): 457-66.
5. See V, Free P, Cesbron Y, et al: Cathepsin L digestion of nanobioconjugates upon endocytosis. *ACS Nano* 2009; 3(9): 2461-8.
- 6.<科學發展>，2008年11月，431期，28~33頁。
- 7.自然科學與教育，2015，第一期第一卷，23~32頁。
- 8.痞客邦，JAN,15,WED,2014，微量奈米金粒子與奈米銀粒子的合成及鑑定。
- 9.劉己維、林泐蔚、黃志清、張煥宗；奈米材料之綠色合成法及應用；CHEMISTRY (The Chinese Chemical Society, Taipei) December 2007, Vol. 65, No. 4, pp. 419-424。
- 10.王俐婷、胡雅淳、薛聿涵、徐孟君；吸金耶！磁性奈米金粒的製造與修飾；中華民國第四十七屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 11.李映瑩、蔡宗霖、謝達斌；金奈米於生物醫學上的應用化學；第六十八卷第1期11-20頁。
- 12.劉鎮宇、邱泰嘉、張志聰、胡焯淳，鉛離子之金奈米粒子感測器。
- 13.林育申、林哲仁；金奈米粒子之合成與吸收光譜鑑定國立臺灣大學化學系；大學普通化學實驗，第十二版，國立臺灣大學出版中心：台北，民國九十七年。

【評語】 032908

本作品以奈米金之吸光變化來做食安檢測，以鈉鹽（食品中的食鹽或餐具用之漂白劑）為檢測對象，探討奈米金在不同濃鈉鹽濃度下所表現出的團聚現象及溶液的顏色變化情況。此法相當簡單，可作為簡易的鈉離子檢驗，但宜考慮真實的環境中有其它相同性質的不同離子都可引起金粒子團聚，要有排除雜訊的配套措施。

壹、研究動機



貳、研究目的與實驗架構圖

- 一、利用抗氧化劑的還原能力，以檸檬酸鈉($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)為還原劑將四氯金酸(HAuCl_4)還原，製得不同粒徑之金奈米粒子。
- 二、探討還原劑使用量影響奈米金溶液顏色變化的情況，同時使用 UV-Vis 吸收光譜儀器對其吸收光譜圖所形成的變化進行更深入的分析及探討。
- 三、在鈉鹽檢測方面，首先將製備完成的奈米金溶液添加不同濃度的氯化鈉，以探討奈米金在不同濃度的鈉鹽環境下，所表現出的團聚現象及溶液的顏色變化情況，來證明奈米金對鈉鹽偵測的可靠性及穩定性。
- 四、本實驗最後目的以台灣民眾生活用品、餐具等作為鈉鹽檢測之對象，希望證明本次鈉鹽檢測實驗確實可以更進一步的應用於生活之中。整體實驗架構如圖 1 所示：

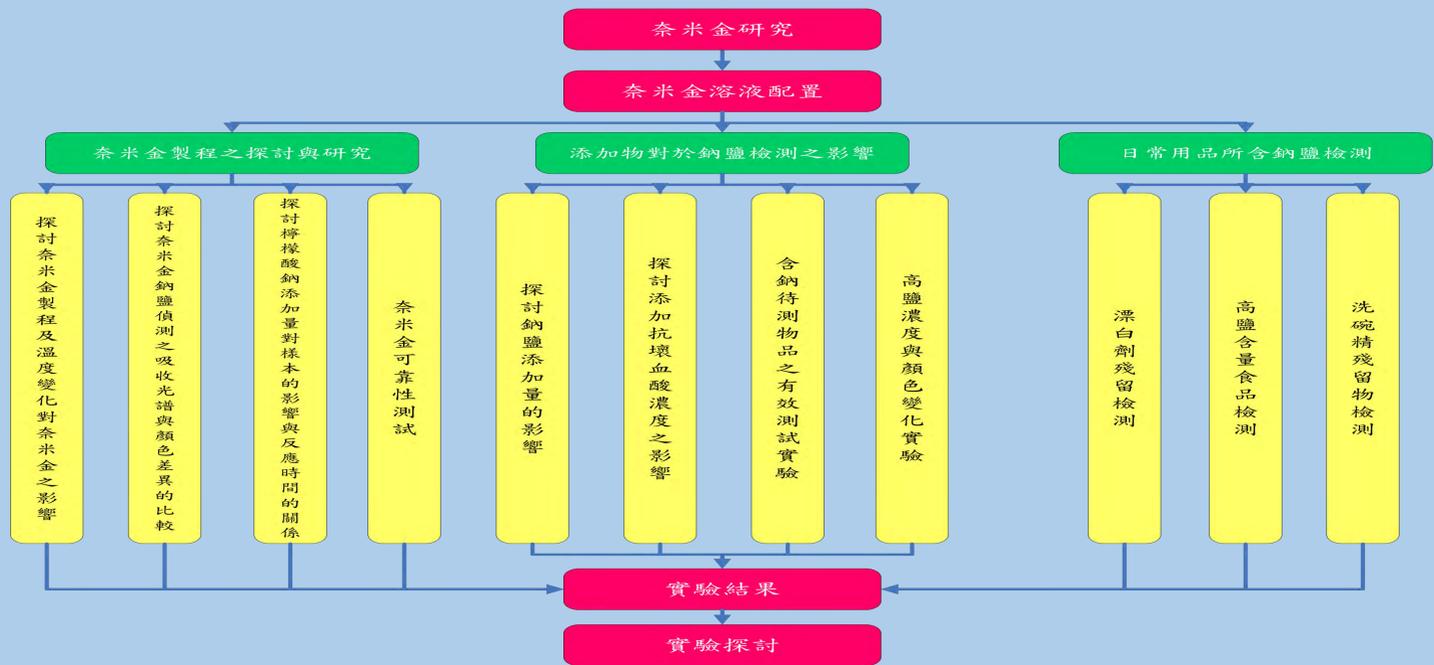


圖 1 本實驗架構圖

參、研究設備及器材

- 一、藥品：四氯金酸、檸檬酸鈉、抗壞血酸、矽油、氯化鈉。
- 二、儀器：加熱板、溫度計、UV-Vis 吸收光譜儀器、電子秤、照相機、自製拍照平台、冰箱。
- 三、容器：燒杯、50ml 塑膠杯、樣品瓶、石英玻璃碗(隔水加熱用)。
- 四、耗材：滴管、手套、口罩。
- 五、代檢測物品(金屬：不鏽鋼筷子、湯匙、刀子、叉子等；非金屬：牙線棒、棉花棒、竹筷、衛生紙等。)

肆、研究過程與方法

1. 奈米金溶液製程	<ol style="list-style-type: none">1. 配置 0.05M/20 毫升的四氯金酸。2. 將配置完成的四氯金酸溶液加入適當的檸檬酸鈉(還原劑)，連同容器放入攝氏 100 度的矽油進行隔水加熱 15 分鐘。3. 將反應完成的奈米金溶液連同容器泡入室溫的水中進行降溫 10 分鐘。4. 放入攝氏四度的環境下保存。5. 實際檢驗時為將 0.05M/20 毫升的四氯金酸稀釋 100 倍，作為實驗檢驗溶液。
2. 探討還原劑使用量	<ol style="list-style-type: none">1. 以製程第二步驟中的檸檬酸鈉添加量作為實驗參數，分別添加 0.01g、0.02g、0.03g、0.04g 等四種不同重量。2. 製作完成後使用 UV-Vis 吸收光譜儀器，測量樣本的吸收光譜，以便後續進行探討。3. 紀錄樣本變色時間以及拍照記錄樣本顏色及外觀。
3. 鈉鹽檢測可靠性測試	<ol style="list-style-type: none">1. 將製作完成的奈米金溶液添加 0.02g 抗壞血酸。2. 倒入不同濃度氯化鈉，如 0.0125M、0.025M、0.05M、0.075M、0.1M 等。3. 紀錄樣本變色時間以及拍照記錄樣本顏色及外觀。4. 使用 UV-Vis 測量其變色後的吸收光譜。
4. 添加抗壞血酸以加速鈉鹽檢測測試	<ol style="list-style-type: none">1. 將製備完成的奈米金溶液添加 NaCl 濃度 0.025M2. 倒入不同克數的抗壞血酸，如 0.01g、0.03g、0.05g、0.07g、0.1g 等。3. 紀錄樣本變色時間以及拍照記錄樣本顏色及外觀。4. 並使用 UV-Vis 測量其變色後的吸收光譜。
5. 鈉鹽檢測	<ol style="list-style-type: none">1. 代測物 金屬：不鏽鋼筷子、湯匙、刀子、叉子等。 非金屬：牙線棒、棉花棒、竹筷、衛生紙等。2. 檢測方法 將代測物浸泡熱水約 10 分鐘。 將浸泡液體取少量加入奈米金溶液並且添加 0.02g 抗壞血酸。 紀錄溶液變色時間並拍照記錄顏色變化。

伍、結論

一、奈米金製程之探討與研究

(一) 奈米金製程及奈米金可靠性測試 (Stability Test)

1. 本實驗經由四氯金酸添加檸檬酸鈉後，進行油浴加熱至攝氏 100 度 15 分鐘後所製成的奈米金，可以產生顏色容易分辨的紅紫色。
2. 本實驗所製成的奈米金完成 11 項 stability test，可穩定於台灣常見的環境變因範圍，故本奈米金可廣泛運用於台灣地區的鈉鹽檢測。

實驗變因	實驗變因範圍	實驗結果	實驗結論及未來應用
1. 溫度變化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 5~65°C, > 30 min ◆ 5~45°C, > 3 Day 	<p style="text-align: center;">奈米金無明顯顏色變化</p>   	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可適用於台灣的溫度變化 (10~40°C)。
2. 濕度變化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 10~90%, > 30 min ◆ 30~90%, > 3 Day 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 奈米金試液可適用於台灣的濕度變化(65~90%)。
3. 陽光照射變化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 25°C, > 270 min ◆ 0~40°C, > 180min 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用於台灣的豔陽高照的區域。
4. 投影燈照射變化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 5°C, > 90 sec ◆ 10~40°C, > 60 sec 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用於台灣室內教學作業環境。
5. 日光燈照射變化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 25°C, > 270 min ◆ 10~40°C, > 180min 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用於有使用日光燈的環境。
6. 震動變化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 高頻震盪下 ◆ 25°C, > 90 sec ◆ 10~40°C, > 60 sec 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用高頻率搬遷移動的環境。
7. 儲存容器	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 塑膠瓶/不鏽鋼瓶/玻璃瓶/鐵氟龍 ◆ 25°C, > 240 min 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用多種常用的儲存容器。
8. 雨天變化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 遇雨天情況下 ◆ 25°C, > 270 min ◆ 10~40°C, > 180min 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用於台灣梅雨季的環境。
9. 不同波長照射	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 波長 254~580nm, > 270 min 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用於台灣不同波長照射的環境。
10. 酸鹼抗性	<ul style="list-style-type: none"> ◆ PH = 4~9 酸及鹼液混液測試 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液可以適用於台灣偏酸 PH 值的環境 (PH 值介於 4.44~6.35 間)。
11. 再現性測試	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Sample >3, > 3 Day 		<ul style="list-style-type: none"> ◆ 本次奈米金試液三個樣本再現性非常的穩定。

(二) 奈米金鈉鹽偵測之吸收光譜與顏色差異的比較

本實驗所製成的奈米金經分光光譜儀(UV-Vis)實測在波長 520nm 處有一個明顯的吸收峯，代表奈米金溶液易吸收波長 520nm 的光。如奈米金顆粒添加 5% 抗壞血酸進行鈉鹽檢測的吸收光譜圖(圖 2)，會因團聚後奈米金粒徑大小受到改變，其吸收光譜峰值產生偏移的現象，同時因為團聚造成奈米金顆粒數減少造成光譜峰值的強度下滑，展現出奈米金活化後對於鈉鹽檢測的可靠性。

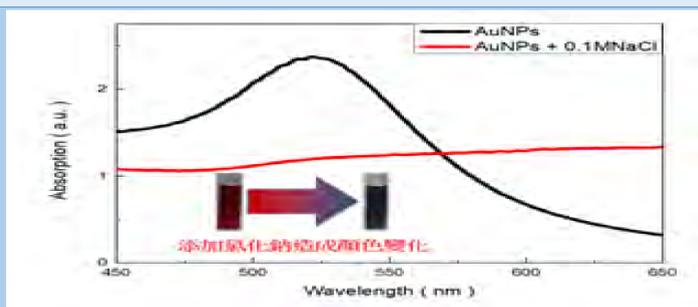


圖 2 奈米金顆粒添加 5% 抗壞血酸進行鈉鹽檢測之吸收光譜圖

(三) 探討檸檬酸鈉(Na₃C₆H₅O₇)添加量對樣本的影響與反應時間的關係

1. 添加檸檬酸鈉的量越多，奈米金的鈉鹽檢測顏色越明顯，同時奈米金的鈉鹽檢測速度也越明顯。經由添加檸檬酸鈉量對奈米金鈉鹽檢測(0.075M NaCl)速度變化觀察並實測，得到結果為添加 0.03g 時，奈米金 6 秒即變色；添加 0.07g 時，奈米金 3 秒即變色。
2. 經由添加檸檬酸鈉的比較，可知沒有檸檬酸鈉的還原反應下的奈米金無法進行真正的鈉鹽檢測，提高檸檬酸鈉的劑量所製成的奈米金可以幫助快速測出鈉鹽反應(如圖 3~圖 4)。
3. 可靠性測試與鈉鹽檢測：添加檸檬酸鈉會活化奈米金顆粒的表面，並且使奈米金更容易與添加的鈉鹽產生激烈的團聚現象，使溶液於短時間內大量團聚造成顏色、外觀產生變化，吸收光譜強度下降等現象。



圖 3 奈米金檢測的顏色變化，經奧斯德色環來標註各顏色的顏色系數

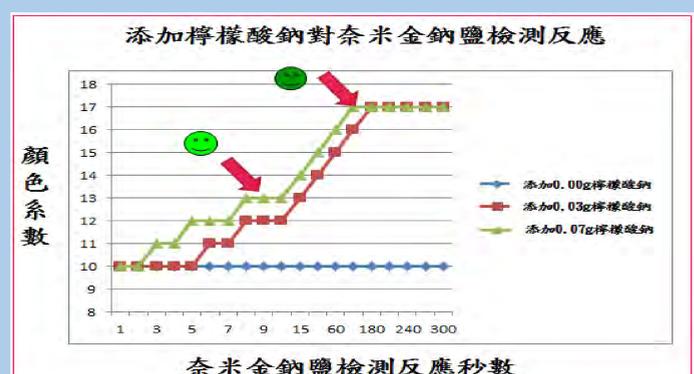


圖 4 不同檸檬酸鈉對奈米金檢測的顏色系數

二、添加物對於鹽類檢測之影響研究

探討鈉鹽添加量的影響(圖 5)與探討添加抗壞血酸濃度之影響(圖 6)

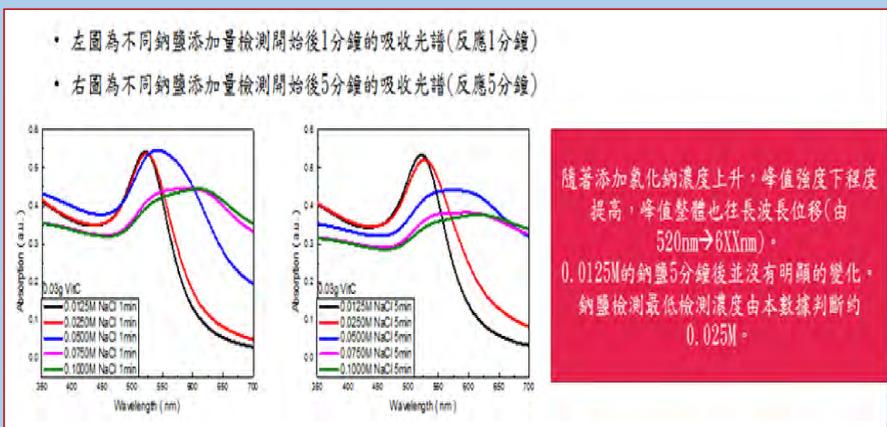


圖 5 經分光光譜儀(UV-Vis)實測(添加不同濃度的 NaCl)

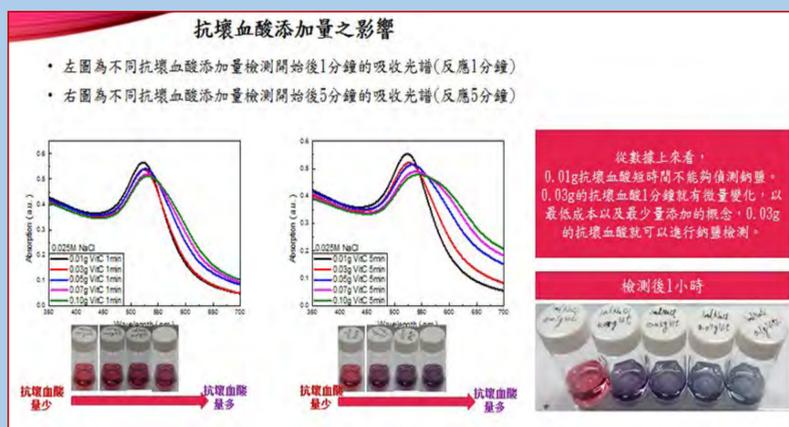


圖 6 經分光光譜儀(UV-Vis)實測(添加不同克數的抗壞血酸)

三、日常用品所含鈉鹽檢測

- (一)漂白劑(NaClO)殘留檢測，竹筷子及竹籤檢測結果，奈米金溶液顏色由紅變暗紫，其餘則呈現暗紅色(圖 7)，推測含有高鈉成分的漂白劑(NaClO)，又稱為次氯漂白竹製品。
- (二)高鹽含量食品，牛肉乾、烤肉醬→奈米金溶液顏色均由紅變暗紫(圖 8)，推測牛肉乾與烤肉醬含有高鈉成分的氯化鈉。
- (三)洗碗精十二烷基硫酸鈉殘留物檢測，鐵製餐具→奈米金溶液顏色均無明顯變化(圖 9)。

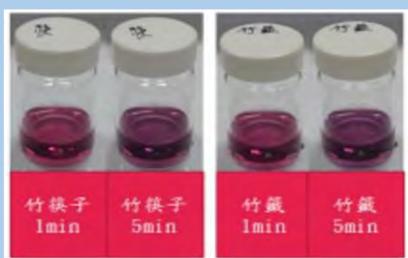


圖 7 竹製用品鈉鹽檢測結果



圖 8 牛肉乾與烤肉醬鈉鹽檢測結果

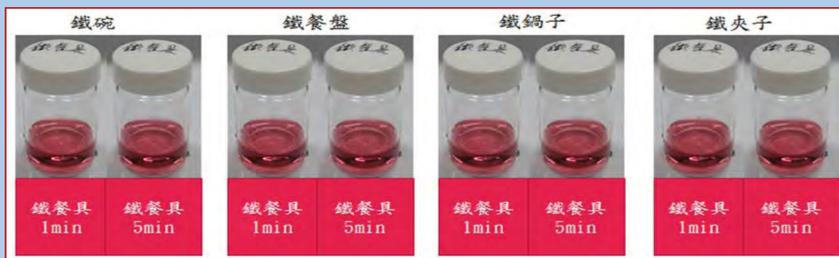


圖 9 鐵製餐具以洗碗精清洗鈉鹽測試結果

四、如何判斷高鹽的顏色係數及高鹽牛肉乾建議攝取量(圖 10)

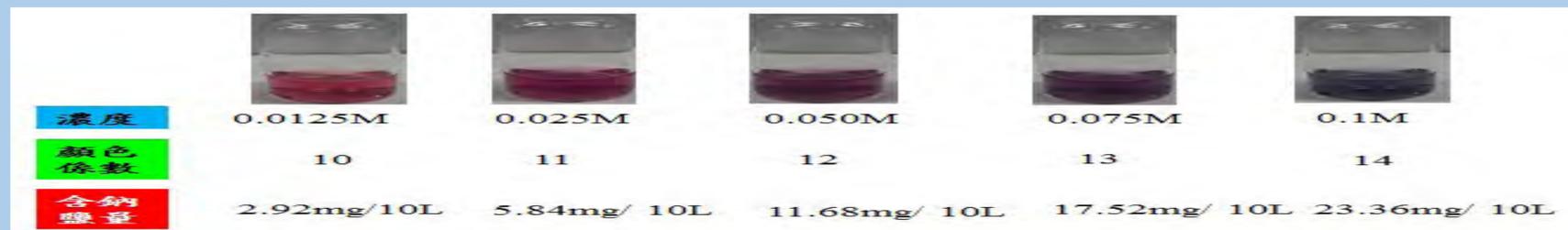


圖 10 添加 0.0125~0.1 M 以上 NaCl，60 秒後奈米金溶液顏色變化及係數(奧斯德色環)

實驗標的	顏色係數	鈉鹽含量	建議與運用
2g 廠牌 A 牛肉乾+本次鈉米金	11	5.84mg	一天不食用超過 821g 廠牌 A 牛肉乾(2400mg 以下鈉鹽)
2g 廠牌 B 牛肉乾+本次鈉米金	12	11.68mg	一天不食用超過 411g 廠牌 B 牛肉乾(2400mg 以下鈉鹽)

柒、結論-生活用品安全把關

奈米金 方便、安全 自動辯!

- ◆ 本實驗所製成的奈米金溶液，具有抗溫度變化、抗濕度變化、抗陽光照射變化、抗投影筆照射變化、抗日光燈照射變化、抗震動變化、抗儲存容器變化、抗雨天變化、抗不同波長照射變化、抗酸鹼變化及極佳的再現性等眾變因的穩定性。
- ◆ 可在 1 分鐘內真正檢測出食品是否含有高鈉。
- ◆ 亦可以在 1 分鐘內真正檢測出竹製用品是否含漂白劑。
- ◆ 一次檢驗消耗 1ml 量，也就是一次檢測成本約 0.74 元。
- ◆ 顯現成本不高，量產後每次檢驗成本預計會再下降。
- ◆ 本實驗所調配的奈米金可說是便宜且方便的檢驗生活用品方法。
- ◆ 本實驗結果不但可以進一步發展出測試用的試紙或檢測鈉鹽的晶片，
- ◆ 可據以申請國內外專利，除保護消費者，更可造福人群，共創更美好的未來。

一、穩定性高

二、快速檢驗

三、成本低

四、發展專利與應用於食品檢測晶片