

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

佳作

091102

製備奈米銀之最佳條件與性質探討

學校名稱：國立嘉義高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職二 魏廷伊	林碩彥
職二 蘇玟萍	賴瓊玉
職二 蔡佩汝	
職二 林慧宣	

關鍵詞：奈米銀、紫外光/可見光光譜儀、檸檬酸鈉

摘要

本實驗是使用各濃度硝酸銀水溶液以檸檬酸鈉作為保護劑、氫硼化鈉為還原劑，製備奈米銀粒子。使用紫外光/可見光光譜儀依其特徵峰與顏色變化做探討，發現不同濃度會影響奈米銀之生成穩定性。從 TEM 圖中可得知，在使用不同光源照射下所製備的奈米銀粒子形狀會有所不同。而將不同濃度的鹽類加入奈米銀溶液後顏色會改變，且大部分奈米銀粒子之特徵峰進行紅位移，濃度越高的鹽類紅位移程度越多，應為奈米銀粒子聚集所造成，且當硝酸銀濃度增加時，所生成奈米銀粒子的粒徑有變大的趨勢；在找出最佳製備條件後用於殺菌實驗結果可得知有奈米銀試樣確實具有殺菌效果，且照射 UV 光者的殺菌能力較未照 UV 光者的殺菌能力更佳。

壹、研究動機

在製備奈米銀過程中，常因產生銀粒子凝聚作用而影響其物理性質與化學性質，希望藉由不同實驗條件下，以得到製備奈米銀粒子的最佳條件。

貳、研究目的

為得知奈米銀的最佳製備條件，本實驗嘗試在不同光源照射下(紫外光與可見光)，並利用不同濃度的硝酸銀、檸檬酸鈉、氫硼化鈉製備不同條件的奈米銀粒子，並利用穿透式電子顯微鏡(TEM)觀察其結構的變化以及紫外光/可見光光譜儀分析其特徵峰變化。

參、研究器材及過程

一、器材：

燒杯、試管、吸量管、安全吸球、稱量瓶、磁石攪拌器、定量瓶、玻棒、藥匙、UV燈
紫外光/可見光光譜儀、精密天平、鋁箔紙。

二、藥品：硝酸銀、氫硼化鈉、檸檬酸鈉、氯化鉀、溴化鉀、碘化鉀。

三、製備藥品

(一)配製硝酸銀 AgNO_3

1M、0.5M、0.1M、 10^{-2}M 、 $5 \times 10^{-2}\text{M}$ 、 10^{-3}M ，倒入試管中備用。

(二)配製檸檬酸鈉 $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $2 \times 10^{-1}\text{M}$ 、 $2 \times 10^{-3}\text{M}$ 。

(三)配製氫硼化鈉 NaBH_4 $2 \times 10^{-3}\text{M}$ 。

(四)配製溴化鉀 KBr 、氯化鉀 KCl 、碘化鉀 KI 各 1M 、 0.1M 。

四、製備試樣

(一)吸取硝酸銀溶液各濃度之 1mL ，倒入 48 支包著鋁箔紙的試管之中。

(二)吸取檸檬酸鈉溶液濃度 $2 \times 10^{-1}\text{M}$ 、 2×10^{-3} 各 1mL 、 5mL ，依序加入其中。

(三)吸取氫硼化鈉濃度 $2 \times 10^{-3}\text{M}$ 1mL 、 5mL 依序交錯加入其中。

(四)將每個試樣加水定量至 50mL ，倒入燒杯後放置於磁石攪拌器上定時定速兩分鐘攪拌之。













(五)將每個試樣分成兩等份，一份倒入包著鋁箔紙的硬試管中並置於暗室照射紫外光 24 小時，另一份置於可見光下，於隔天觀察顏色變化並紀錄之。









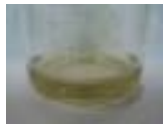



五、將照射於紫外光和可見光下的兩大類試樣中各挑出 17 支試管，各別加入三種不同濃度鹽類分別為 KBr 、 KCl 、 KI 各 1M 、 0.1M ，並依序抽取試樣至石英吸收槽，並放入紫外光/可見光光譜儀中，操作紫外光/可見光光譜儀並紀錄之。










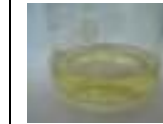
六、選出最佳條件之奈米銀溶液，滴入黑黴菌中觀察其變化。

肆、研究結果

一、原試樣照射紫外光及可見光後之對比圖

	圖一	圖二	圖三	圖四	圖五	圖六
照射可見光						
溶液顏色	黑色沉澱	白色澄清	無色透明	灰色透明	無色透明	褐色透明
照射紫外光						
溶液顏色	灰色沉澱	灰色沉澱	無色透明	無色透明	無色透明	黑色沉澱

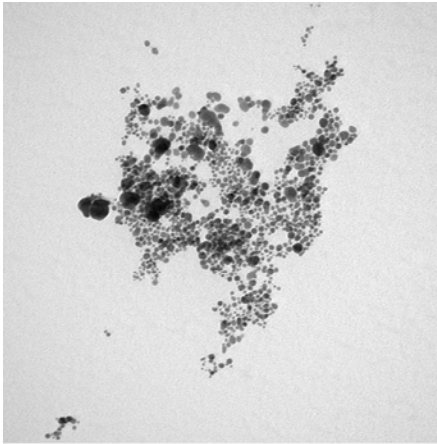
	圖七	圖八	圖九	圖十	圖十一	圖十二
照射可見光						
溶液顏色	黑色透明	黃色透明	褐色透明	黃色透明	黃色透明	黃色透明
照射紫外光						
溶液顏色	褐色沉澱	黑色沉澱	黃色澄清	黃色澄清	黃色澄清	黃色澄清

	圖十三	圖十四	圖十五	圖十六	圖十七
照射可見光					
溶液顏色	黃色透明	黃色透明	黃色澄清	黃色澄清	黃色澄清
照射紫外光					
溶液顏色	無色透明	微黃色透明	金黃色透明	淡黃色透明	金黃色透明

討論：

- 1.表二與表三(見附錄一)之檸檬酸鈉濃度不同，但加入不同濃度之鹽類均為白色沉澱，可知檸檬酸鈉濃度對此兩種試樣無太大變化，即非主要變因。
- 2.表十二至表十七(見附錄一)之原試樣均呈黃色溶液而加入 0.1MKCl 均變為無色透明溶液。
- 3.十七支原試樣在照射紫外光後發現顏色均變淡。
- 4.各項結果分將與紫外光/可見光光譜儀相互比較且更進一步討論是否有奈米銀之生成。

二、穿透式電子顯微鏡 TEM(Transmission electron microscopy)圖之比較

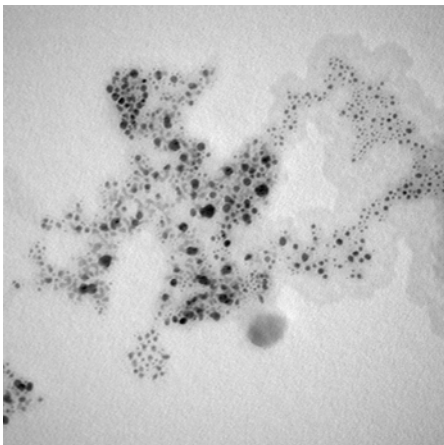


圖十八：高濃度奈米銀粒子之 TEM 圖(未照射 UV 光)

條件：HV = 75.0kV

倍率：100000X

討論：硝酸銀溶液 0.01M 加入 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉(未照 UV 光)的 TEM 圖。著重於一小部分的分析，發現較高濃度的硝酸銀有緊密聚集的現象產生，推知檸檬酸鈉的包覆能力在硝酸銀高濃度下能力失效，無法區隔奈米銀粒子。此圖奈米銀粒子為球形。

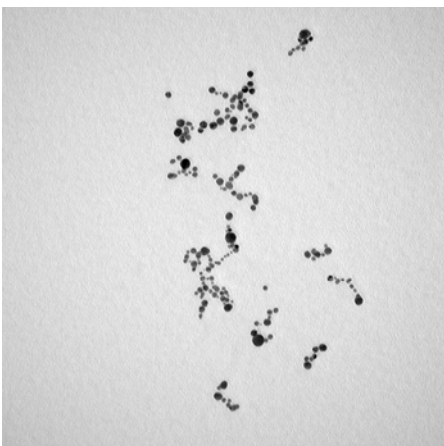


圖十九：高濃度奈米銀粒子之 TEM 圖(照射 UV 光)

條件：HV = 75.0kV

倍率：150000X

討論：此圖為硝酸銀 0.01M 加入 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉(照 UV 光)的 TEM 圖。發現較高濃度硝酸銀有聚集現象產生，推知檸檬酸鈉的包覆能力在高濃度下，無法區隔奈米銀粒子。照過 UV 光的奈米銀粒子由球形變成不規則狀。

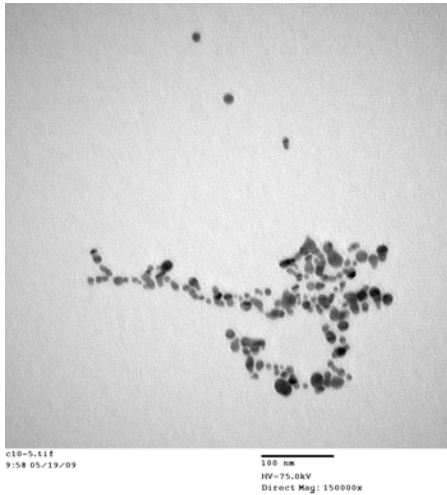


圖二十：高濃度奈米銀粒子之 TEM 圖(照射 UV 光)

條件：HV = 75.0kV

倍率：100000X

討論：此圖為 0.001M 硝酸銀加入 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉(未照 UV 光)的 TEM 圖。濃度較低的硝酸銀較無聚集現象，可均勻分散在溶液當中。此圖奈米銀粒子為球形。



條件：HV = 75.0kV

倍率：150000X

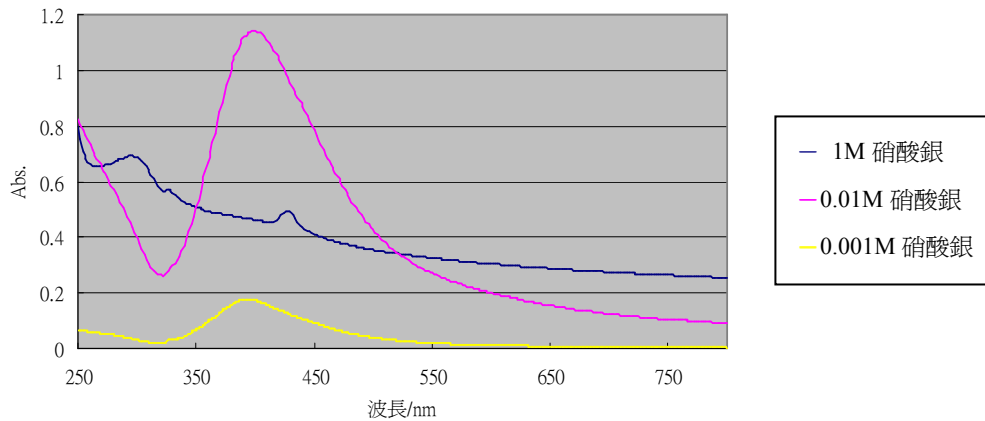
討論：此為硝酸銀濃度 0.001M 加入 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉(照 UV 光)的 TEM 圖。硝酸銀濃度低時檸檬酸鈉可包覆住奈米銀粒子並將粒子分隔開，得到較穩定的奈米銀粒子狀態。照過 UV 光的奈米銀粒子由球形變成不規則狀。

圖二十一：低濃度奈米銀粒子之 TEM 圖(照射 UV 光)

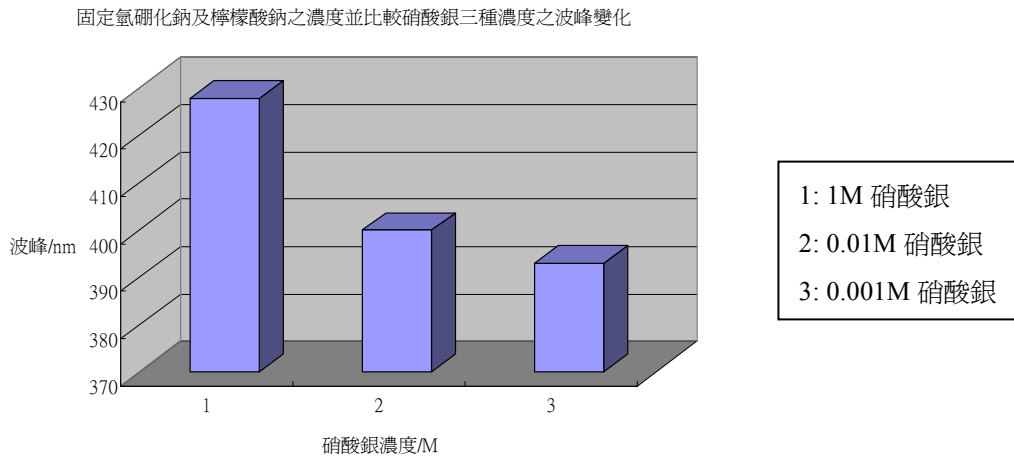
三、濃度及波峰分析比較圖

(一)原試樣濃度比較圖

1.固定氫硼化鈉及檸檬酸鈉之濃度並比較硝酸銀三種濃度之波峰變化



圖二十二：固定氫硼化鈉及檸檬酸鈉之濃度並比較硝酸銀三種濃度之之 UV/Vis 光譜儀

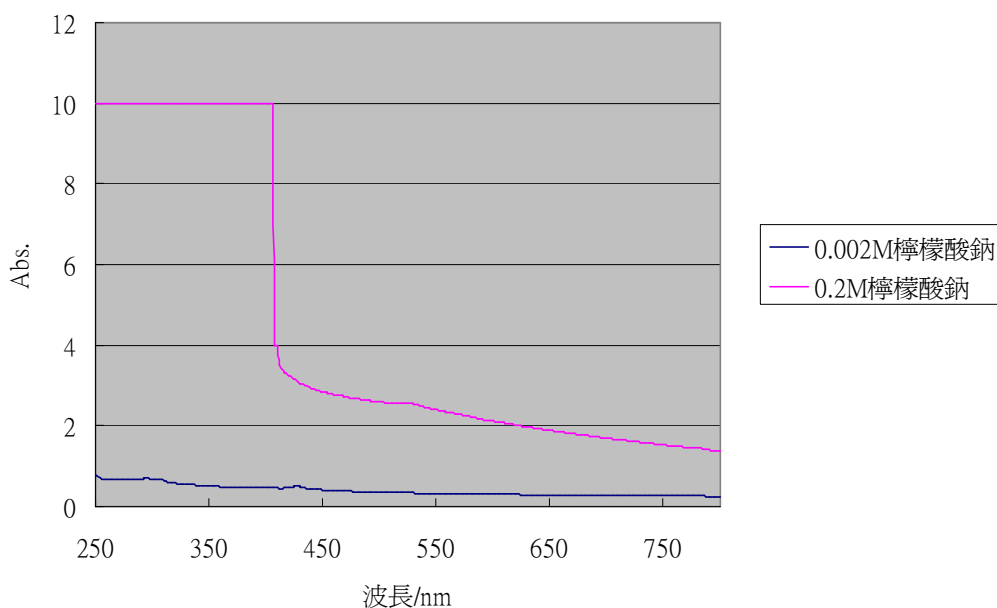


圖二十三：固定氫硼化鈉及檸檬酸鈉之濃度並比較硝酸銀三種濃度之波峰變化

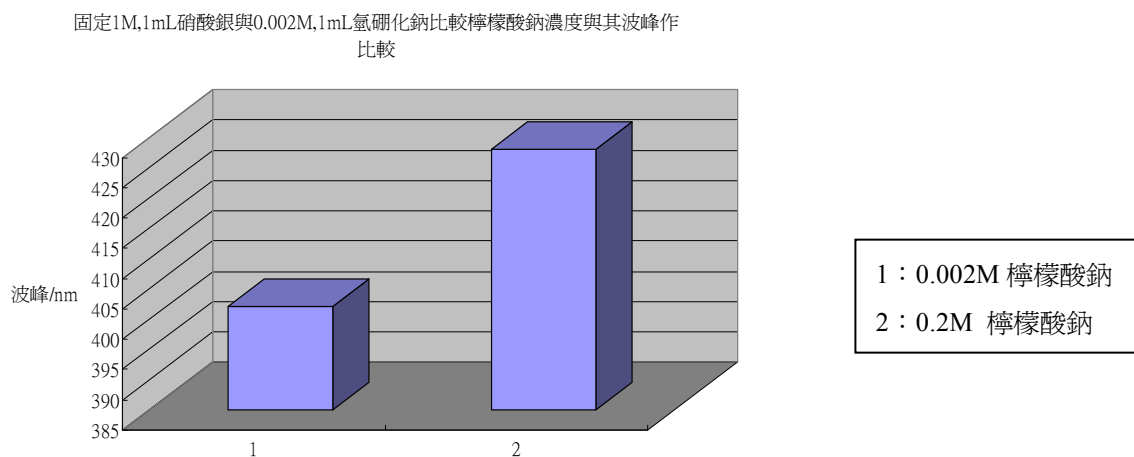
各種硝酸銀濃度與其波峰之比較(0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉)

討論：固定 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉比較硝酸銀濃度高低與其波峰比較，由圖二十三得知硝酸銀濃度為 0.01M 時波峰介於 390~400nm，接近於奈米銀之特徵峰，而硝酸銀濃度為 0.001M 時波峰更加接近。由上述 TEM 圖看出濃度越高表示銀粒子較容易凝聚成較大顆粒難以形成奈米級的粒子。

2. 固定氫硼化鈉及硝酸銀之濃度比較檸檬酸鈉兩種濃度之波峰變化



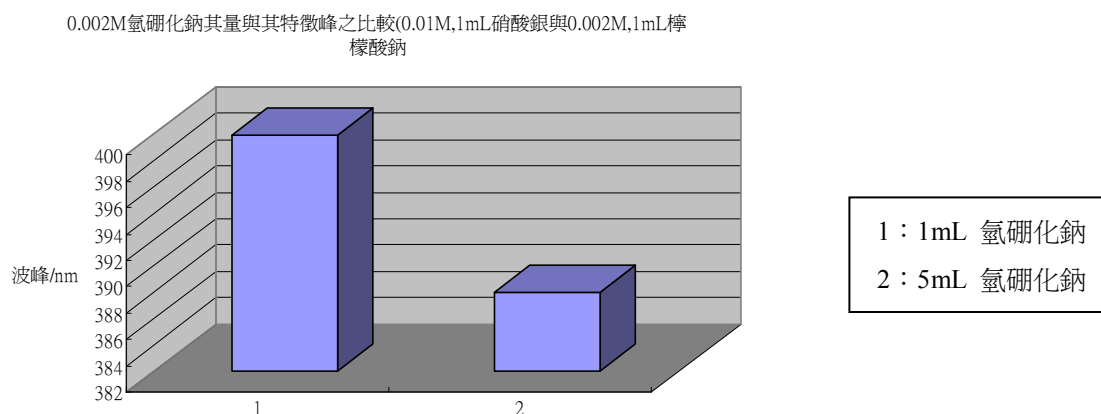
圖二十四：固定 1M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 氫硼化鈉比較檸檬酸鈉濃度之 UV/Vis 光譜儀



圖二十五：固定 1M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 氫硼化鈉比較檸檬酸鈉濃度與其波峰作比較

討論：如圖二十五所示，檸檬酸鈉濃度越低其波峰越接近奈米銀特徵峰，由外觀得知溶液呈白色且有沉澱並非為奈米銀應有的金黃色澄清溶液，由此判斷未形成奈米銀。

3. 固定硝酸銀與檸檬酸鈉之濃度比較氫硼化鈉其量與其波峰

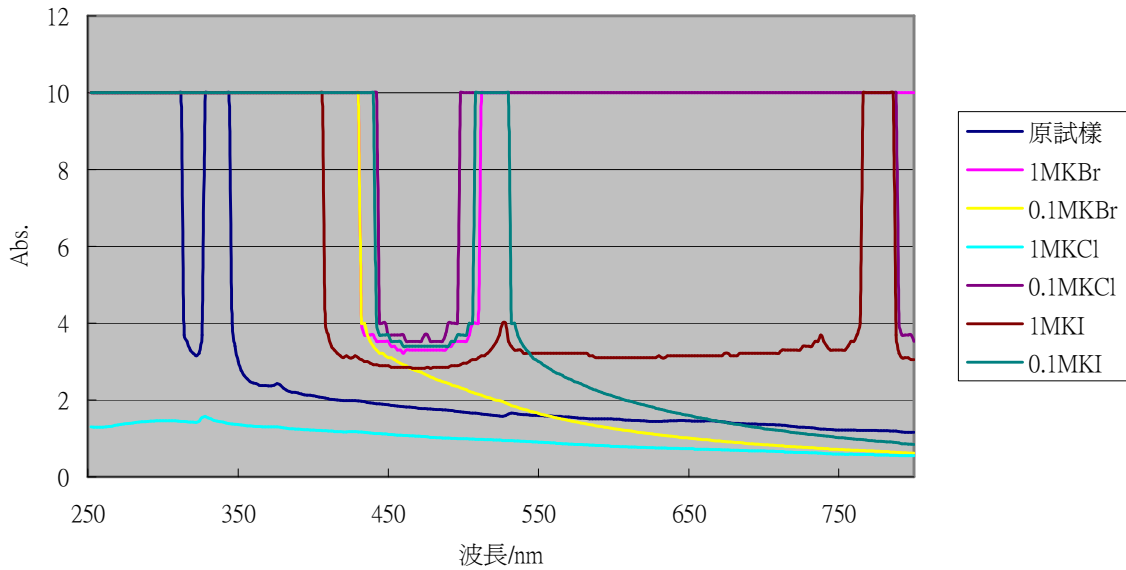


圖二十六：0.002M 氫硼化鈉其量與其特徵峰之比較(0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5mL 檸檬酸鈉)

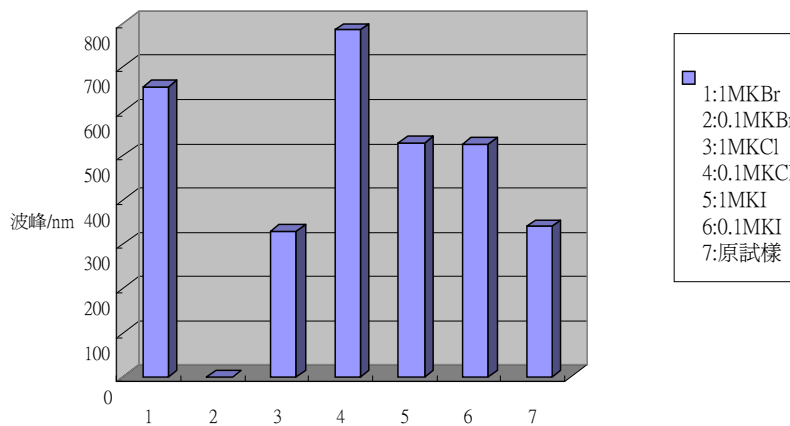
討論：固定 0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5mL 檸檬酸鈉比較氫硼化鈉量與其特徵峰作比較，發現氫硼化鈉量多者其特徵峰較接近奈米銀特徵峰，氫硼化鈉用來當還原劑對奈米銀生成影響較小，外表皆為金黃色溶液，判定為奈米銀溶液。

(二)紫外光/可見光光譜儀:鹽類加入不同奈米銀試樣之比較圖

1. 1M,1mL 硝酸銀與 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入鹽類之比較



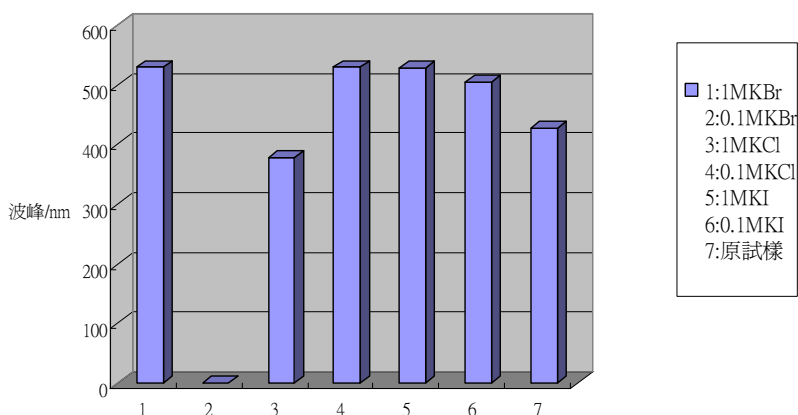
圖二十七：奈米銀溶液加入不同鹽類之特徵峰比較圖



圖二十八：1M,1mL 硝酸銀與 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表一(見附錄一)原試樣是黑色沉澱溶液，加入 1MKBr、KCl 後溶液皆為白色沉澱，而加入 0.1MKBr、KCl 則溶液呈白色澄清，但加入 1MKI 溶液呈灰白色沉澱，而加入 0.1MKI 後溶液呈褐色澄清。如圖二十八，此試樣加入 1MKBr、0.1MKCl 其波峰都較原試樣的波峰高，尤其是加入 0.1MKCl 之波峰更為其他 5 支鹽類的波峰顯著，而加入 1MKCl 其波峰與原試樣較無太大差異。

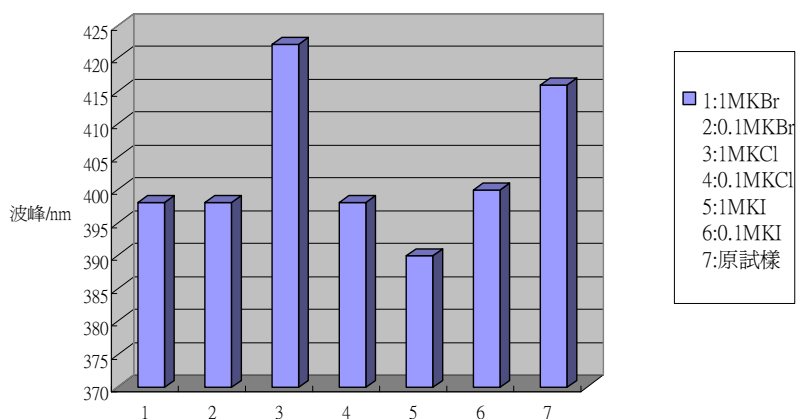
2. 1M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入鹽類之比較



圖二十九：1M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表三所示(見附錄一)，原試樣為白色澄清但加入鹽類之後，立即有白色沉澱析出，未形成理想金黃色奈米銀，發現鹽類濃度越高者沉澱析出越明顯，白色較為深。此試樣的波峰為 428nm 接近於奈米銀之特徵峰，而加入 0.1MKBr 則波峰不明顯，1MKBr、1MKCl、0.1MKCl、1MKI、0.1MKI 其波峰都較原試樣高介於 500~550nm，由上圖得知此組波峰非奈米銀之特徵峰。

3. 0.1M,1mL 硝酸銀與 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入鹽類之比較

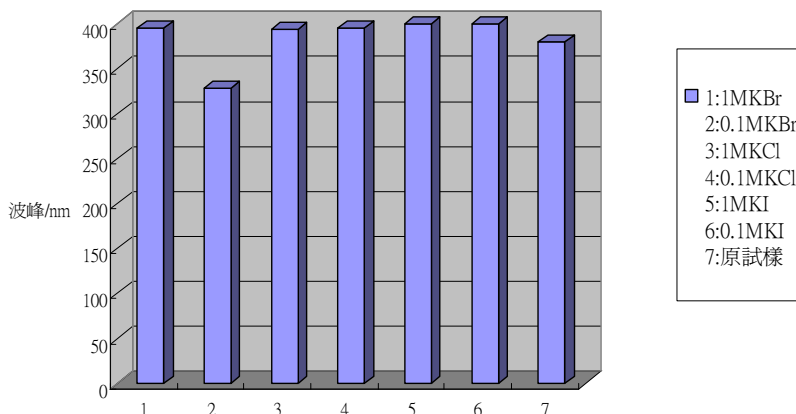


圖三十：0.1M,1mL 硝酸銀與 0.2M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表六(見附錄一)，原試樣為褐色透明，而加入 1MKBr、1MKCl 後皆為褐色溶液且加入時立即有沈澱產生；加入 0.1MKBr、0.1MKCl、0.1MKI 皆為褐色透明，但是加入 1MKI 為無色透明，此組試驗皆未有奈米銀之金黃色產生因此判斷未有奈米銀之形成。由圖三十得

知，原試樣在加入 1M KBr 、0.1M KBr 、0.1M KCl 、0.1M KI 後波峰變低介於 390~400nm 之間，但加入 1M KCl 後發現波峰較原試樣高且介於 410~420nm。

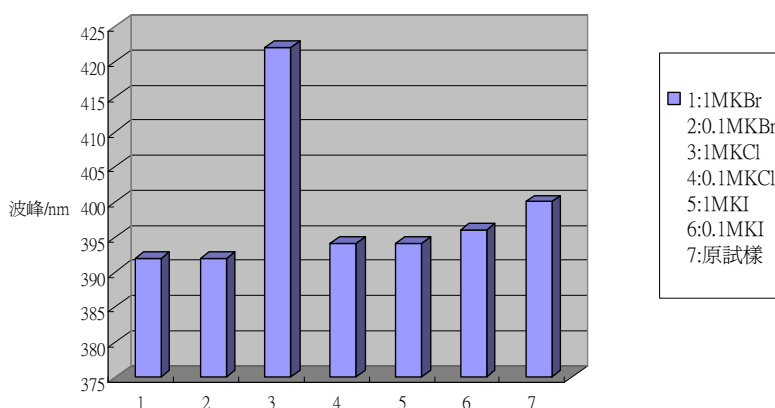
4. 0.1M,1mL 硝酸銀與 0.2M,5mL 檸檬酸鈉與 0.002M,5mL 氫硼化鈉加入鹽類之比較



圖三十一：0.1M,1mL 硝酸銀與 0.2M,5mL 檸檬酸鈉與 0.002M,5mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表七(見附錄一)原試樣為黑色透明，加入 1M KBr 、0.1M KBr 、0.1M KI 、1M KI 均為黑色沉澱，加入 1M KCl 、0.1M KCl 皆為褐色沉澱。此試樣加入 1M KBr 、1M KCl 、0.1M KCl 、1M KI 、0.1M KI 其波峰皆高於原試樣介於 380~400nm 之間，而加入 0.1M KBr 其波峰卻較原試樣低。

5. 0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入鹽類之比較

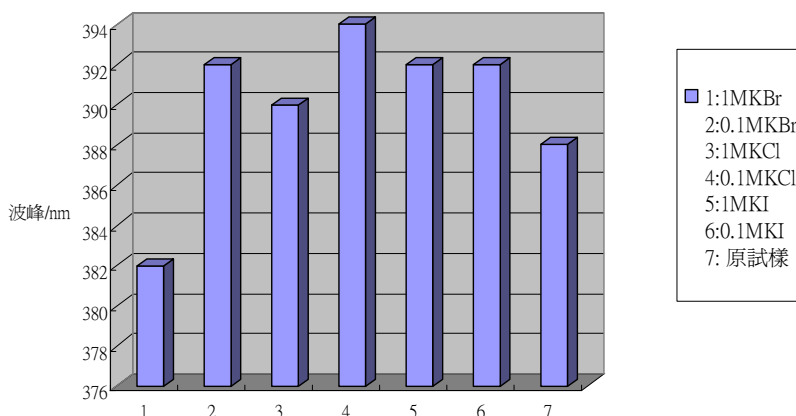


圖三十二：0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表八(見附錄一)原試樣為黃色透明，加入 1M KCl 、1M KI 、0.1M KBr 、0.1M KI 均為無色透明，加入 1M KBr 呈褐色透明而加入 0.1M KCl 呈黃色透明。此試樣加入 1M、0.1M KBr 、

0.1MKCl、1M、0.1MKI 波峰皆較原試樣低且介於 390~400nm 之間接近於奈米銀之特徵峰。

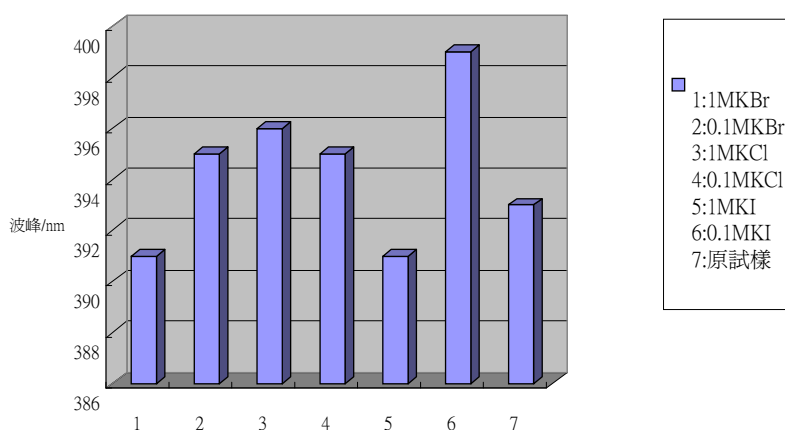
6. 0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,5mL 氫硼化鈉加入鹽類之比較



圖三十三：0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,1mL 檸檬酸鈉與 0.002M,5mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表九(見附錄一)原試樣為褐色透明，加入 1M、0.1MKBr、1MKCl、1M、0.1MKI 均為無色透明，0.1MKCl 則呈白色沉澱。由圖三十三看出，此試樣加入 1MKBr 其波峰低於原試樣，而加入 1MKI、0.1MKI、1MKCl、0.1MKCl、0.1MKBr 波峰均接近原試樣且介於 390~395nm 之間。

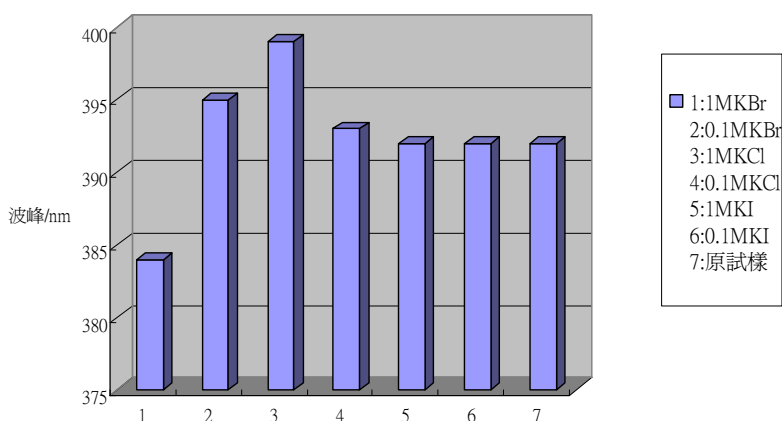
7. 0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5 mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入鹽類之比較



圖三十四：0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表十(見附錄一)原試樣為黃色透明，1MKBr、1MKCl、0.1MKBr、0.1MKCl 均為黃色透明，1MKI、0.1MKI 皆呈無色透明。由圖三十四得知，此原試樣其波峰接近奈米銀，但與加入 1MKBr、1MKI 波峰均有些微的下降。

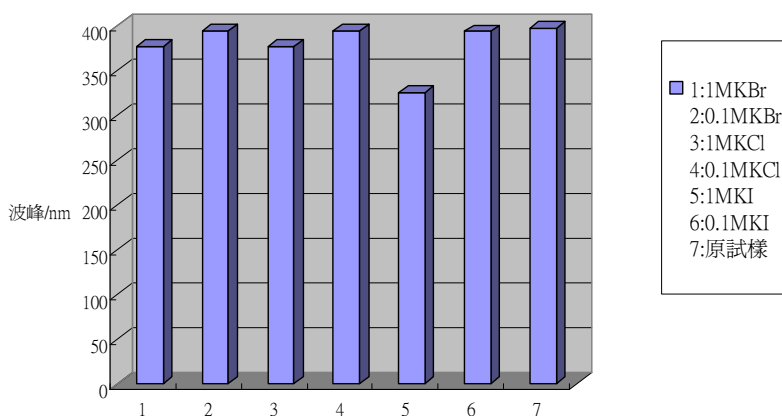
8. 0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5 mL 檸檬酸鈉與 0.002M,5mL 氫硼化鈉



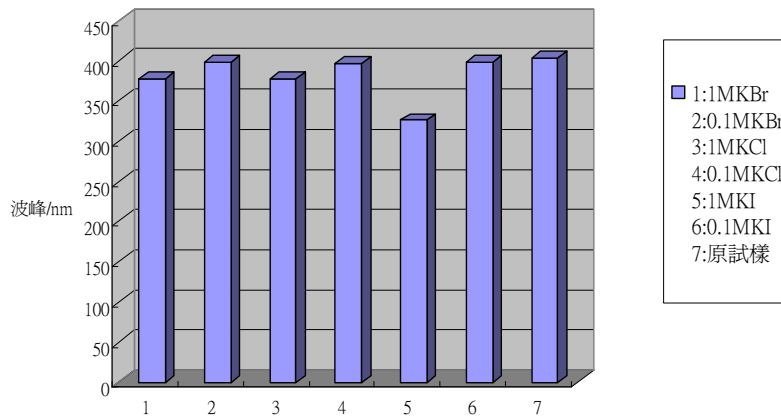
圖三十五：0.01M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5 mL 檸檬酸鈉與 0.002M,5mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：如表十一(見附錄一)原試樣為黃色透明，1MKBr 為黑色透明，1MKCl、0.1MKCl 皆為無色透明，1MKI 則呈灰色透明，0.1MKBr、0.1MKI 皆呈黃色透明。如圖三十五所示，此原試樣加入 0.1MKBr、1MKCl、0.1MKCl、1MKI、0.1MKI 後其波峰均接近於原試樣，介於 390~400nm 之間，而加入 1MKBr 則波峰較原試樣低。

9. 0.001M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5mL 檸檬酸鈉與 0.002M 氫硼化鈉加入鹽類之比較



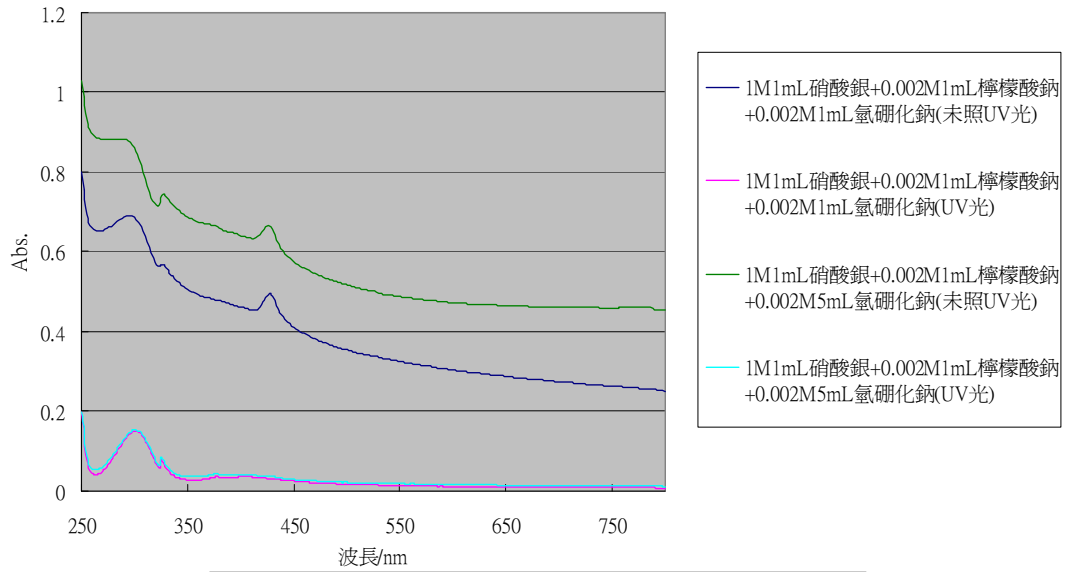
圖三十六：0.001M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5mL 檸檬酸鈉與 0.002M,1mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化



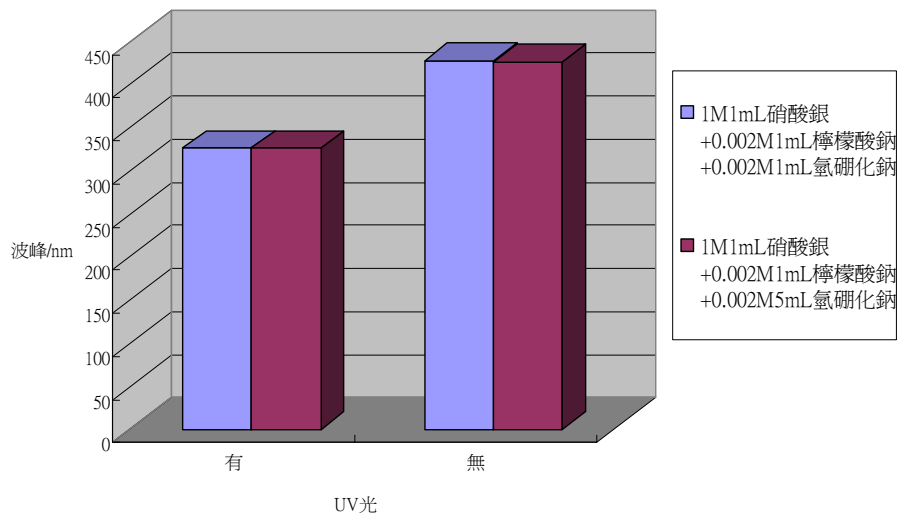
圖三十七：0.001M,1mL 硝酸銀與 0.002M,5mL 檸檬酸鈉與 0.002M,5mL 氫硼化鈉加入不同濃度鹽類觀察波峰變化

討論：由表十四及十五(見附錄一)原試樣為黃色澄清溶液，加入 1M、0.1MKCl 後容易皆呈無色澄清，而加入 0.1MKBr、0.1MKI 則呈黃色澄清，並且溶液加入 1MKBr 則為灰色澄清，而加入 1MKI 為褐色澄清。由圖三十六及三十七得知此試樣加入 1M、0.1MKBr、1M、0.1MKCl、0.1MKI 後波峰均無太大變化，而此原試樣溶液顏色呈金黃色，由此判斷為奈米銀溶液。

(三) 奈米銀試樣照射紫外光並改變各濃度條件之比較分析

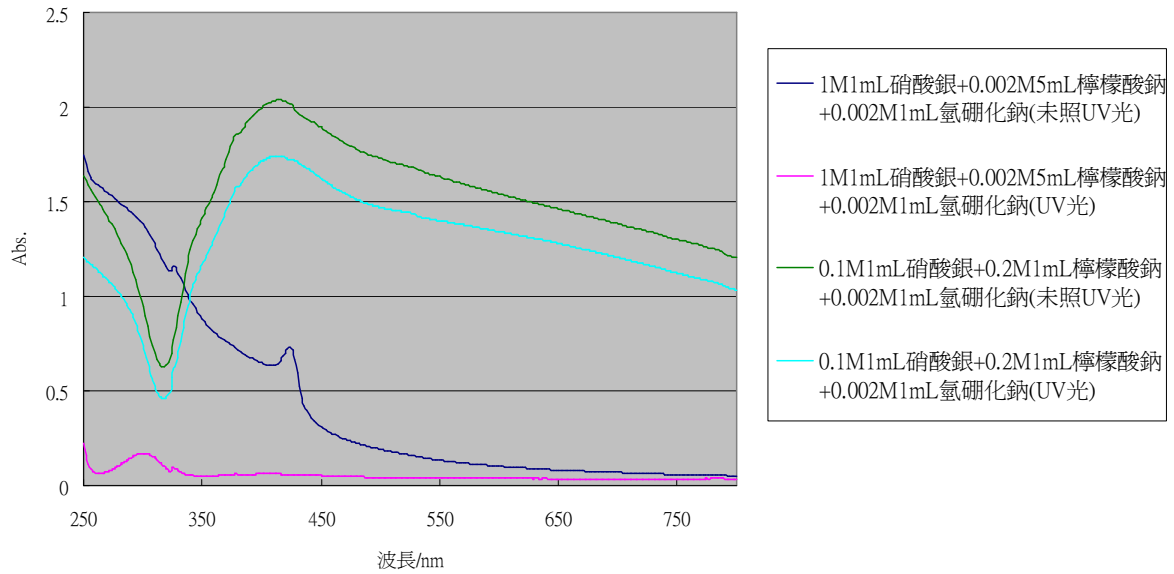


圖三十八：照射紫外光及可見光之特徵峰比較圖

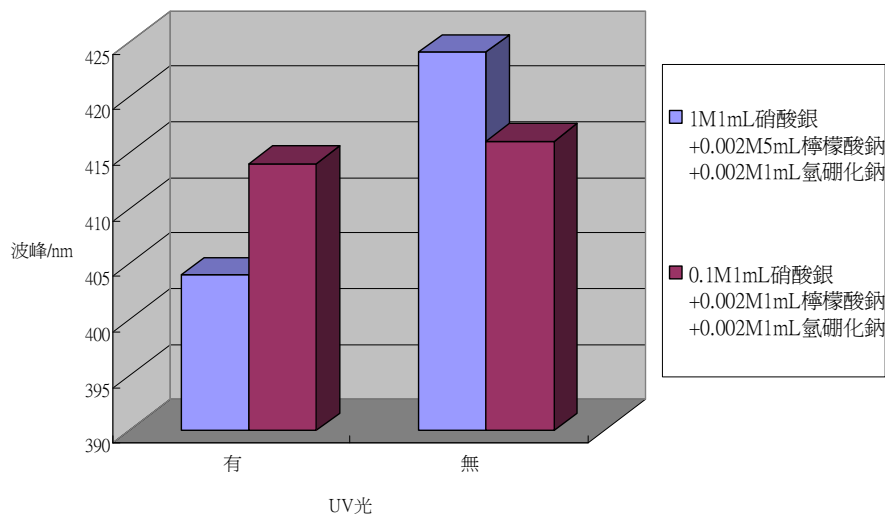


圖三十九：有無照射紫外光之長條比較圖

討論：照過 UV 光的試樣會降低其吸收度，吸收峰降低，A 試樣（1M,1mL 硝酸銀+0.002M,1mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉）B 試樣（1M,1mL 硝酸銀+0.002M,1mL 檸檬酸鈉+0.002M,5mL 氫硼化鈉）在 440nm 處出現一波峰，而照過紫外光後，此波峰卻消失了，推斷可能是照過紫外光後奈米銀的粒子的形狀發生改變，由 TEM 圖可看出奈米銀的形狀結構的改變，判斷出紫外光可降低奈米銀的吸收度。A 試樣溶液顏色為無色透明，照過紫外光後仍未改變其顏色；B 試樣溶液顏色為無色透明，照過紫外光後仍未改變其顏色。

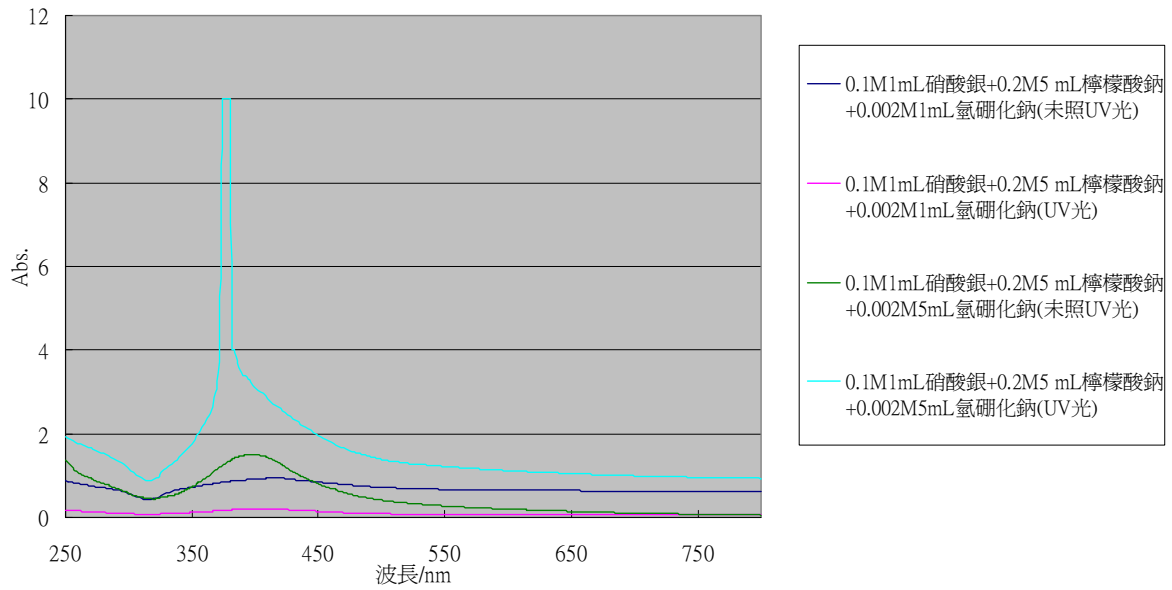


圖四十：照射紫外光及可見光之特徵峰比較圖

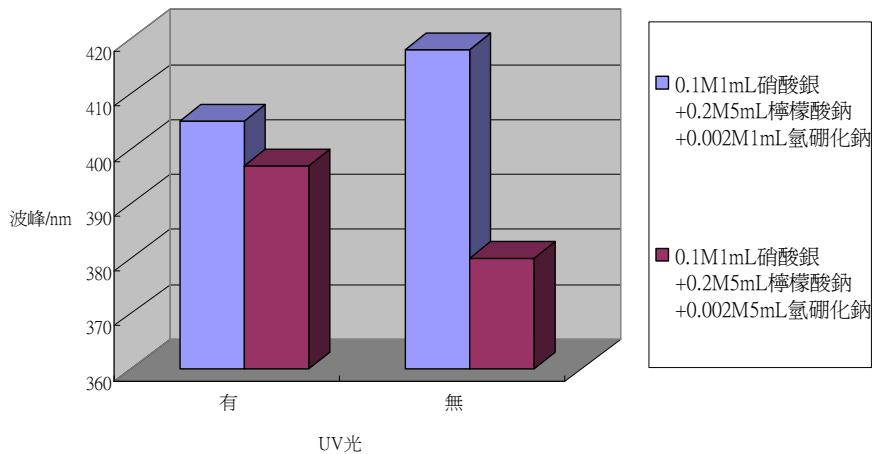


圖四十一：有無照射紫外光之長條比較圖

討論：A 試樣（1M,1mL 硝酸銀+0.002M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉），在 430nm 處出現一波峰，而照過紫外光後，此波峰卻消失了卻在 400nm 的地方出現一波峰，吸收度下降甚多， B 試樣（0.1M,1mL 硝酸銀+0.002M,1mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉）照過紫外光其吸收度也跟著下降。A 試樣的顏色照紫外光後仍然保持無色透明，而 B 試樣從褐色透明變成黑色透明溶液。

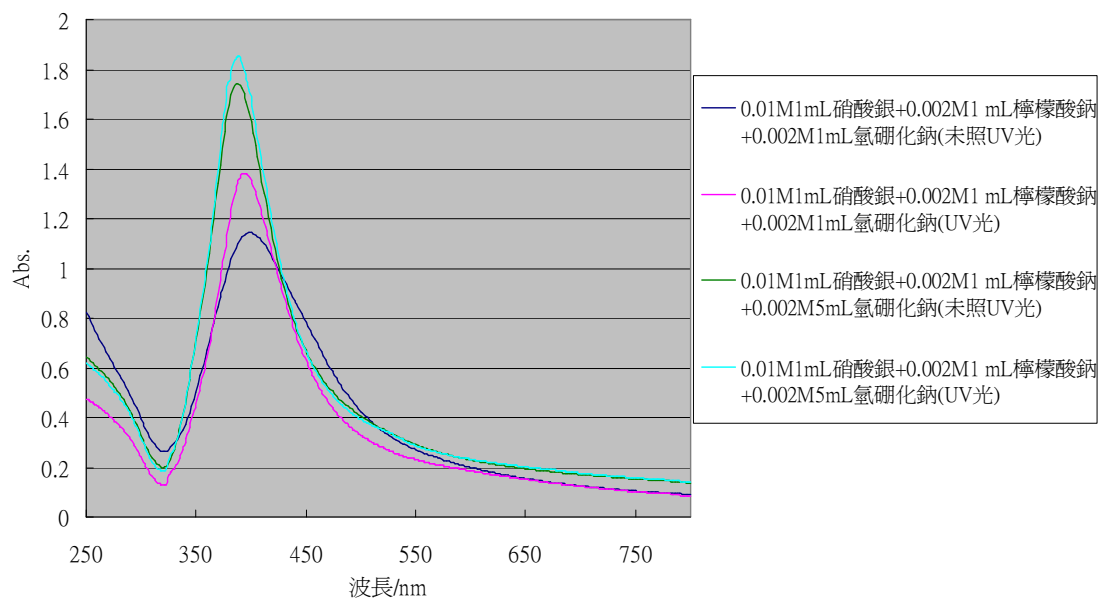


圖四十二：照射紫外光及可見光之特徵峰比較

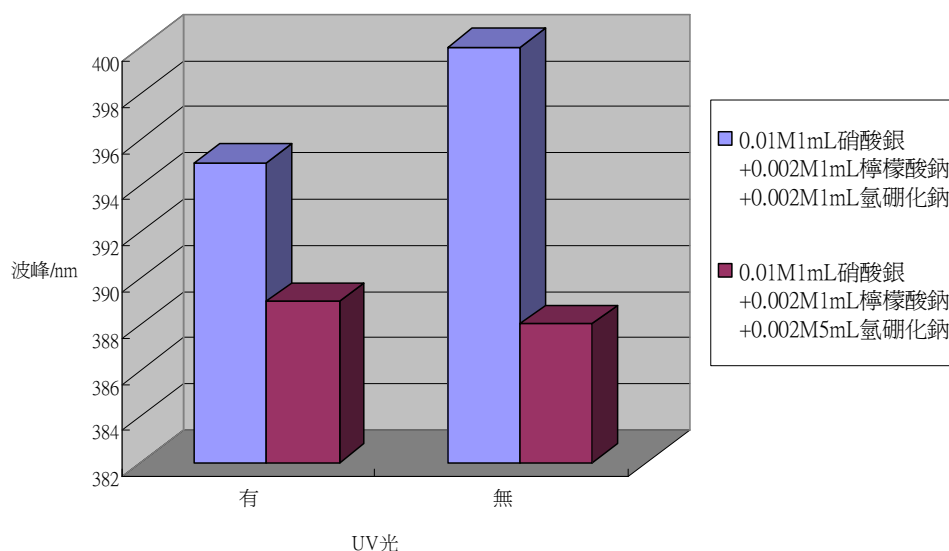


圖四十三：有無照射紫外光之長條比較圖

討論：由圖四十二發現，A 試樣（0.1M,1mL 硝酸銀+0.2M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉）照過紫外光其吸收峰稍微下降；B 試樣（0.1M,1mL 硝酸銀+0.2M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,5mL 氫硼化鈉）打過紫外光後吸收強度突然升高，由 TEM 圖可看出奈米銀的形狀結構的改變，討論為何照了紫外光 B 試樣的吸收度會突然升高。A 試樣的顏色從黑色透明因照了紫外光而變成褐色的沉澱析出；B 試樣的顏色由黑色透明因照了紫外光而有黑色的些微沉澱之析出。由圖四十三判斷出，A 試樣的有、無照紫外光的波峰都較 B 試樣的有、無照紫外光的波峰來的高，由此可討論氫硼化鈉的量的濃度越高，吸收度越強。

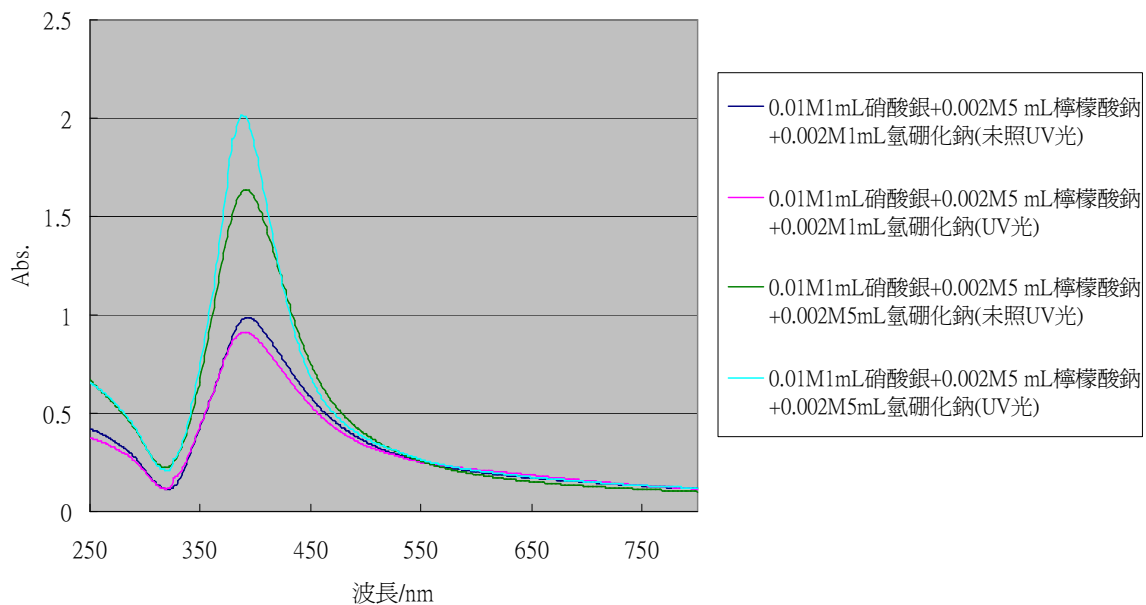


圖四十四：照射紫外光及可見光之特徵峰比較

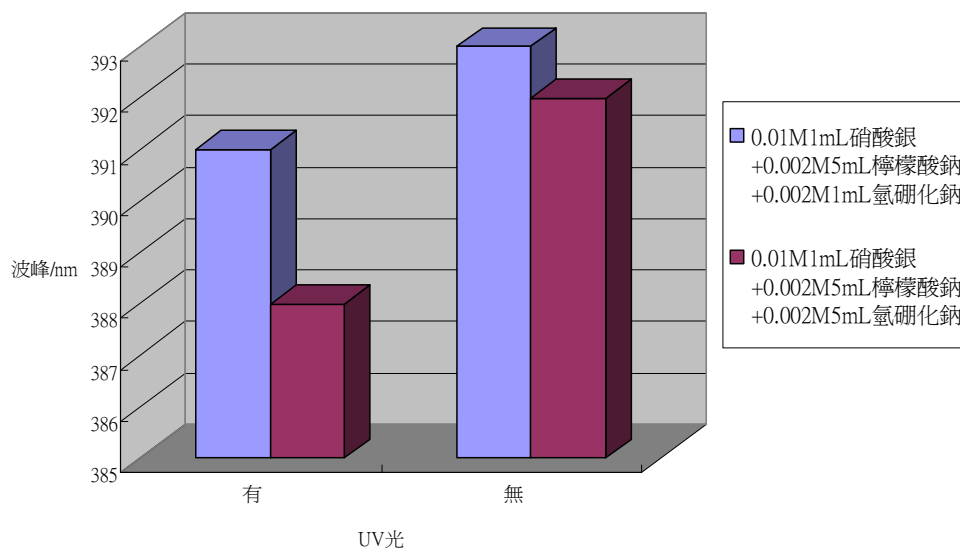


圖四十五：有無照射紫外光之長條比較圖

討論：由圖四十四發現，A 試樣（0.01M,1mL 硝酸銀+0.002M,1mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉）和 B 試樣（0.01M,1mL 硝酸銀+0.002M,1mL 檸檬酸鈉+0.002M,5mL 氫硼化鈉）的有無照紫外光，其波峰皆落在 380~400nm 之間，有照紫外光之 A、B 試樣吸收度皆比無照紫外光之 A、B 試樣高。A 試樣溶液顏色由淡黃色變為暗黃色；B 試樣溶液顏色由黃褐色變為深黃褐色，發現溶液照射紫外光後其顏色變深。由圖得知氫硼化鈉濃度越高其波峰下降且吸收度亦下降。

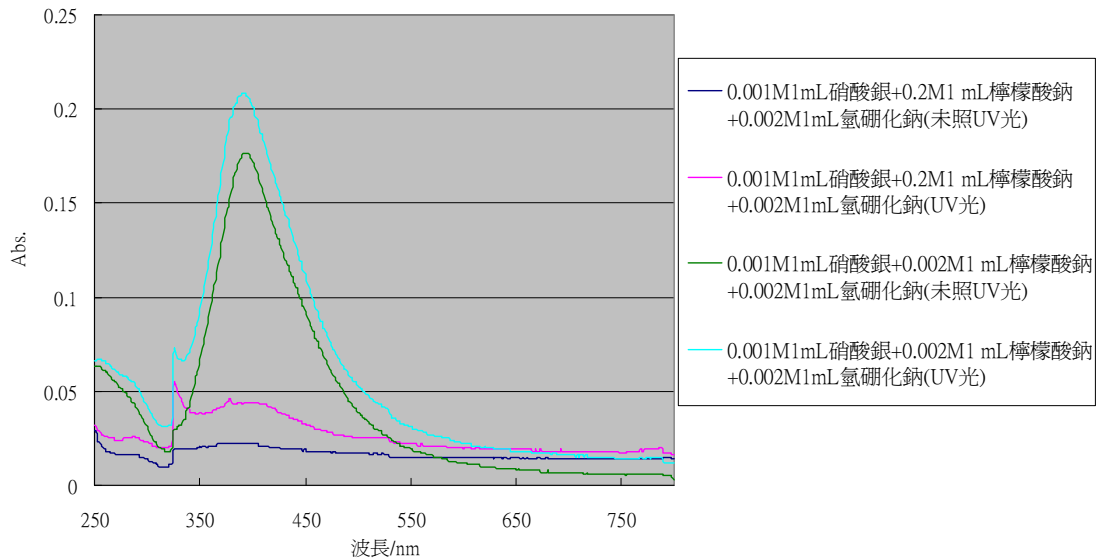


圖四十六：照射紫外光及可見光之特徵峰比較

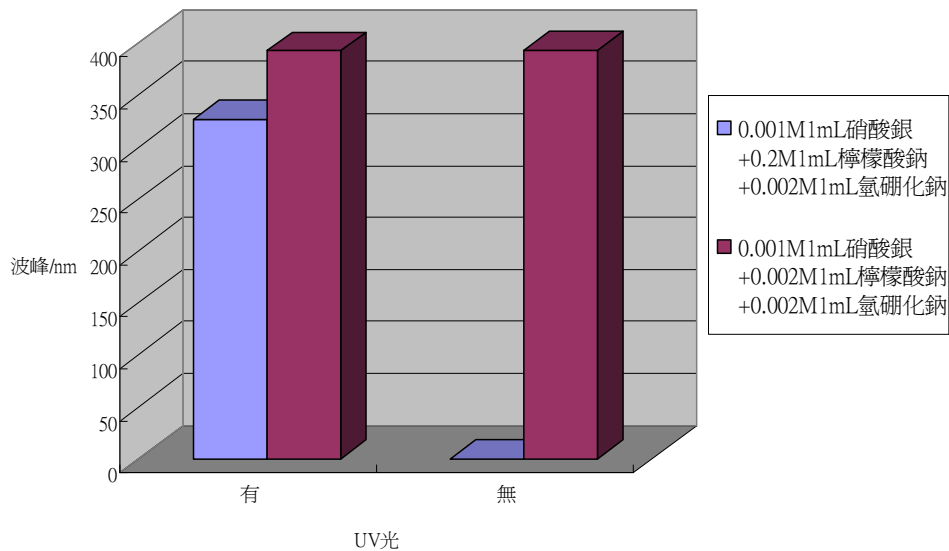


圖四十七：有無照射紫外光之長條比較圖

討論：A 試樣(0.01M,1mL 硝酸銀+0.002M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉)和 B 試樣 (0.01M,1mL 硝酸銀+0.002M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,5mL 氫硼化鈉)由圖四十七發現兩者波峰皆落於 390~395nm 之間，此組吸收峰即為奈米銀特徵峰，表示此組有奈米銀之形成。看圖得知在照射紫外光後 A 試樣由微黃色變為黃色，B 試樣由黃色變為深黃色，比較後發現照射紫外光後溶液顏色皆變深，所以此組試驗之濃度較容易生成我們所想得到的奈米銀粒子。照射紫外光使奈米銀粒子形狀改變，可由 TEM 圖來判斷，就可知道照射紫外光對這組的濃度配置試樣的吸收度有何改變。

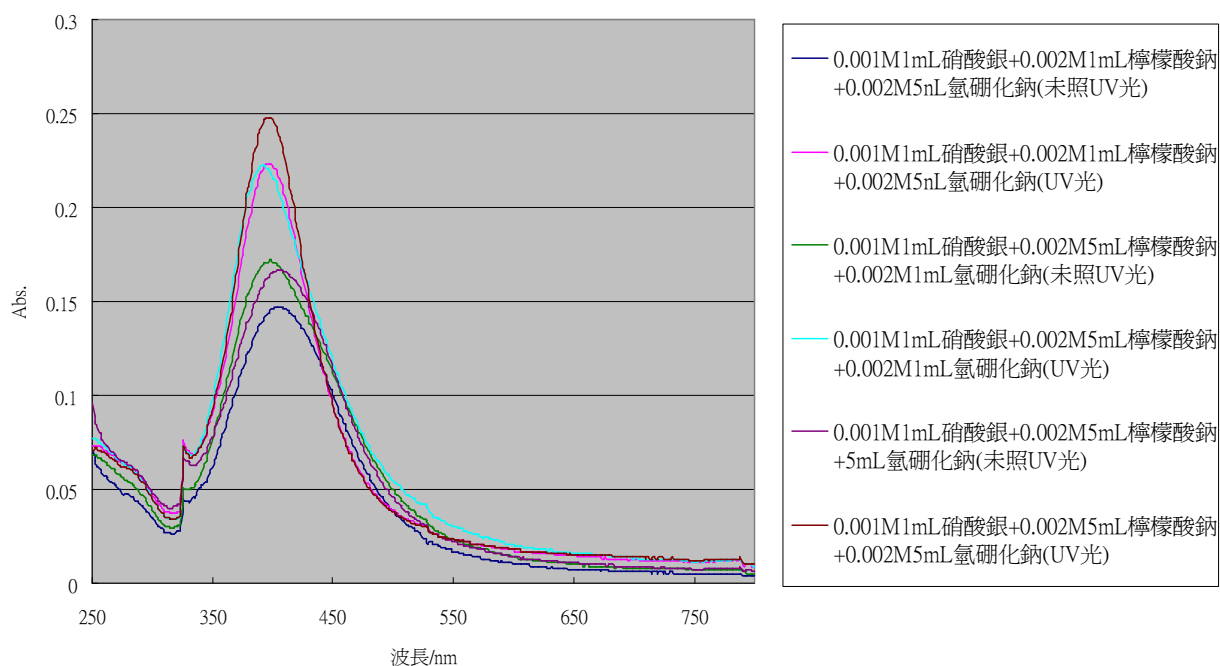


圖四十八：照射紫外光及可見光之特徵峰比較

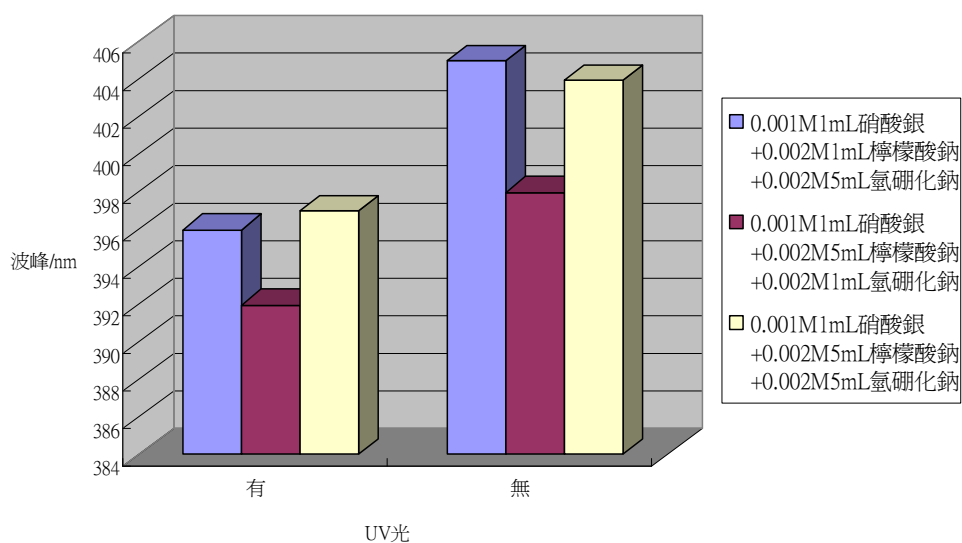


圖四十九：有無照射紫外光之長條比較圖

討論：由圖四十八發現，A 試樣（0.001M,1mL 硝酸銀+0.2M,1mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉）的波峰因為照了紫外光而使波峰突然上升；而 B 試樣（0.001M,1mL 硝酸銀+0.002M,1mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉）的波峰也因為照了紫外光而上升很多，B 試樣的吸收度明顯較 A 試樣的吸收度好。A 試樣的顏色在照紫外光前、後皆是透明澄清狀態；但 B 試樣在照過紫外光之後有些微的黃色出現，表示這裡面含有些許的奈米銀粒子存在，使溶液偏向微黃澄清。可將 A、B 試樣由 TEM 圖比較，看出 B 試樣是否有含奈米銀粒子，並在圖四十九可知道檸檬酸鈉濃度越高越不容易形成奈米銀且無明顯的奈米特徵峰。




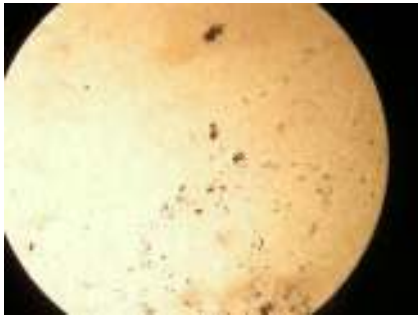
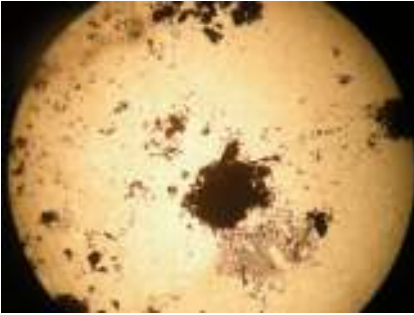
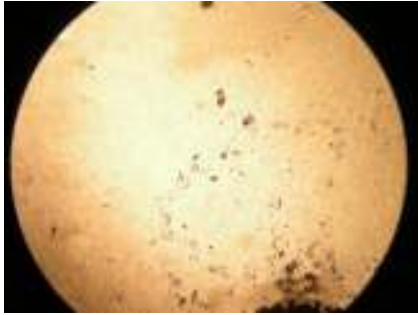




圖五十：照射紫外光及可見光之特徵峰比較圖



圖五十一：有無照射紫外光之長條比較圖

討論：A 試樣 (0.001M, 1mL 硝酸銀 + 0.002M, 1mL 檸檬酸鈉 + 0.002M, 5mL 氫硼化鈉)；B 試樣 (0.001M, 1mL 硝酸銀 + 0.002M, 5mL 檸檬酸鈉 + 0.002M, 1mL 氫硼化鈉)；C 試樣 (0.001M, 1mL 硝酸銀 + 0.002M, 5mL 檸檬酸鈉 + 0.002M, 5mL 氫硼化鈉)。由 A 試樣和 C 試樣比較可知道，檸檬酸鈉的濃度深淺無關，重點是在是否有照過紫外光，沒有照過紫外光的試樣，其波峰較為高，有照的則降低。在圖五十一得知，比較 B 試樣和 C 試樣可知，氫硼化鈉濃度越高則波峰越高，可是 B、C 兩試樣照完紫外光之後吸收峰皆下降。

(四)奈米銀對黑黴菌之殺菌試驗

	滴入奈米銀溶液前	滴入奈米銀溶液後
條件: 0.001M,1mL 硝酸銀 +0.002M,5mL 檸檬酸鈉 +0.002M,5mL 氫硼化鈉 (照 UV 光)		
條件: 0.001M,1mL 硝酸銀 +0.002M,5mL 檸檬酸鈉 +0.002M,5mL 氫硼化鈉 (未照 UV 光)		
條件: 0.01M,1mL 硝酸銀 +0.002M,5mL 檸檬酸鈉 +0.002M,5mL 氫硼化鈉 (照 UV 光)		
條件: 0.01M,1mL 硝酸銀 +0.002M,5mL 檸檬酸鈉 +0.002M,5mL 氫硼化鈉 (未照 UV 光)		

討論：以上為在電子解剖顯微鏡底下觀察黑黴菌並拍攝到之結果，圖中黑色塊狀物為黴菌。經實驗過後，發現照射過 UV 光的奈米銀溶液效果較好。由實驗結果得知，(0.001M,1mL 硝酸銀+0.002M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,5mL 氫硼化鈉) 的效果最好，(0.01M,1mL 硝酸銀+0.002M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,5mL 氫硼化鈉) 次之，由此得知此兩支奈米銀試樣為殺菌效果最好，且照 UV 光者的殺菌能力較未照 UV 光者的殺菌能力強。

伍、結果與討論

一、奈米銀製備過程

未開始作實驗前認為硝酸銀濃度越高效果越好，濃度越高反而出現黑色沉澱並非生成奈米銀之金黃色澄清溶液，但有些試樣之波峰接近於奈米銀之特徵峰，依其顏色判定並非奈米銀之金黃色溶液，因為不同濃度之硝酸銀會影響奈米銀之形成，所以將硝酸銀濃度控制在 0.001 M 為最佳配置奈米銀之濃度；檸檬酸鈉所使用之濃度為 0.2M 與 0.002M 實驗之後判定 0.002M 的檸檬酸鈉效果較佳，作出的奈米銀溶液呈金黃色，經由檸檬酸鈉的保護，奈米銀粒子穩定存在，保持金黃色澤；氫硼化鈉濃度僅使用 0.002M,1mL 及 5mL，實驗後 5mL 效果較佳，量較多表示濃度較高，氫硼化鈉濃度越高反應效果越好。

二、鹽類加入奈米銀

奈米銀加入鹽類之後顏色明顯改變，大部分奈米銀加入鹽類之後其特徵峰進行紅位移，且濃度越高的鹽類紅位移程度越多，經由 TEM 圖判斷應是奈米粒子的聚集所造成，而奈米粒子形狀的變化則會引起特徵峰的分裂，且當銀離子濃度增加時，所生成奈米銀粒子的粒徑有變大的趨勢。

三、不同光源照射奈米銀

我們所挑出來的各個試樣，經過紫外光的照射過後，顏色絕大部分都變淡且吸收度明顯下降，波峰較原試樣為低，而我們發現這組（0.01M,1mL 硝酸銀+0.002M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,1mL 氫硼化鈉）和這一組（0.01M,1mL 硝酸銀+0.002M,5mL 檸檬酸鈉+0.002M,5mL 氫硼化鈉），其顏色較接近金黃色奈米銀，在這兩組的配置濃度下生成奈米銀的效果較好、較為完整的粒子成長，並且發現，照射紫外光的時間如果拉長，可以使銀離子加快反應之速度，檸檬酸鈉這類保護劑因解離度低所以可以牢牢的包覆著奈米銀粒子，使之不會產生凝聚現象，一直維持在奈米級尺寸。

照射紫外光會加速反應的進行，與照射可見光下的銀粒子形狀不盡相同，從 TEM 圖得知照射在可見光之下的奈米銀生成是球形的，而紫外光會使之形狀變形，產生多角形、四方形等結構出現，已達到修飾奈米銀粒子的效果。

四、奈米銀對黑黴菌之殺菌試驗

經過實驗後，可發現將銀粒子奈米化後，會使其活性變大且讓抗菌效果提高，奈米銀粒子能吸引黴菌細胞體內酵素蛋白上的硫氫基，與菌體內硫氫基之酵素作用後失去活性，使得細菌死亡，更進一步發現，當照射紫外光後的奈米銀粒子，其結構改變後，可使殺菌效果更佳。

陸、參考文獻

- 1.金、銀、鈦及其合金之奈米顆粒的合成與應用 劉俊鴻 國立台灣大學化學研究所碩士論文
2002
- 2.含奈米無機微粒塑膠光纖之製作及光學特性研究 何佳樺 國立成功大學化工碩士論文
2003
- 3.奈米材料的製作與應用-陽極氧化鋁膜奈米線製作技術(劉如熹.辛嘉芬.陳浩銘著)
- 4.圖解奈米科技 川和之二等 工業技術研究院 2002
- 5.實用儀器分析(王明光.王敏昭著)
- 6.David B. Pedersen,* Shiliang Wang, E.J. Scott Duncan, and Septimus H. Liang, “Adsorbate—
Induce Diffusion of Ag and Au Atoms Out of the Cores of Ag at Au,Au at Ag, and Ag at AgI Core
— Shell Nanoparticles, 2007
- 7.Hong-Ping Lin, Yu-Shan Chi, Jiunn-Nan Lin, Chung-Yuan Mou and Ben-Zu wan, “Direct
Synthesis of MCM-41 Mesoporous Aluminosilicates Containing Au Nanoparticles in Aqueous
Solution”. *Chem, Lett.*, **2001**, 1116.
- 8.Xiaoming Sun and Yadong Li, “Ag at Carbon Core/Shell Structured Nanoparticles:Controlled
Synthesis, Characterization,and Assembly, 2005

【評語】 091102

本作品以硝酸銀、氫硼化鈉及檸檬酸鈉製備奈米銀粒子，並輔以照射紫外光改變奈米銀粒子形狀，提升殺菌能力。實驗數據多，惟創意稍弱。建議觀察菌試驗時宜以量化數據分析。