

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學科

第三名

030817

另壺沖 酵 OUT 茶毒

學校名稱：臺南市立建興國民中學

作者： 國二 周科霖	指導老師： 楊志鴻 吳采縈
---------------	---------------------

關鍵詞：茶葉、農藥殘毒、酵素

## 摘要

研究利用酵素、茶葉、基質和呈色劑產生呈色反應，觀察酵素的活性受農藥影響的程度判斷茶葉和茶水農藥殘毒多寡。

經過兩次改良，設計了易攜帶、低成本的木製比色儀器，用不同濃度硫酸銅水溶液確認自製儀器測出電阻數值和水溶液濃度有正相關，用呈色反應的黃色溶液測試自製儀器宜搭配紫色 LED 光源，用 Tinkercad 軟體繪製 3D 設計圖，並 3D 列印出儀器成品，可量產供大眾居家使用。

利用分光光度計測量茶葉吸光值農藥殘毒抑制率，發現與自製儀器電阻抑制率接近，自製儀器檢測茶葉、茶包、茶水農藥殘留抑制率，也探討泡茶溫度和時間對農藥殘毒抑制率的影響，實驗證實，將洗茶水溫 80°C、時間 20 至 30 秒洗茶的第一泡茶水倒掉，可去除原茶葉中 96% 以上的農藥殘毒。

## 壹、研究動機

去年爆發茶飲店使用的茶葉，還有衛生局稽查市售茶葉驗出部分品項有殘留芬普尼、愛殺松(有機磷類)、加保扶(氨基甲酸鹽類)等農藥超標的問題，讓一向有泡茶習慣的阿公及喜歡喝茶飲店飲料的堂哥都不太敢喝茶了，在上理化課時聽到老師說台灣農業試驗所利用蒼蠅頭中樞神經的酵素(乙醯膽鹼酶)製作檢測藥劑，利用酵素活性被抑制程度檢測食品農藥，心想如果能了解並學會檢測方法就可以幫愛喝茶的阿公檢查他的茶葉看看到底有沒有農藥殘毒，更進一步想研究泡茶的溫度和時間會不會影響農藥殘毒？如果能找到洗茶的最佳溫度和時間，這樣就可以沖泡一壺純淨無毒好茶了。

相關教材：國中理化第四冊反應速率、國中自然與生活科技第一冊第五章神經系統。

## 貳、研究目的

- 一、 探討如何製作可檢測農藥殘毒抑制率的簡易比色儀器。
- 二、 探討自製比色儀器是否可以判斷溶液的濃度。
- 三、 探討農藥殘毒實驗中自製比色儀器要用什麼顏色的光源較適合。
- 四、 利用分光光度計及自製比色儀器檢驗市售茶葉與茶包中是否有農藥殘毒。
- 五、 探討不同水溫泡茶的茶水中是否有農藥殘毒。
- 六、 探究不同水溫洗茶對茶葉與茶包農藥殘毒抑制率的影響。
- 七、 尋找能夠降低農藥殘毒最適合的洗茶水溫及時間。

## 參、研究設備及器材

### 一、設備器材：

分光光度計	3D 印表機	計時器	三用電表	電子秤
電磁爐	燒杯	量筒	量瓶	試管
試管架	玻棒	比色管	電池座	光敏電阻
0.3-1CC 不等規格針筒	稱量紙	小塑膠罐	藥勺	LED 燈
鍋子	紙巾	刀片	溫度計	標籤紙
黑色油漆	油漆刷	3M 黏著劑	木板木條	濾網

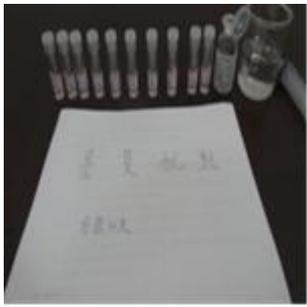
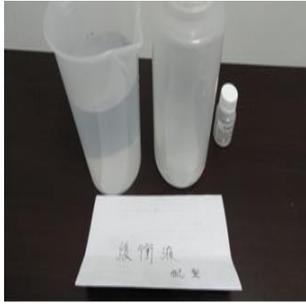
### 二、試劑藥品與材料：

緩衝液 NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> +Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	乙醯膽鹼酶 AChE	乙醯硫代膽鹼 ASCh	呈色劑 DTNB
無水酒精	無水硫酸銅	市售茶葉	市售茶包

### 三、試劑藥品配置：

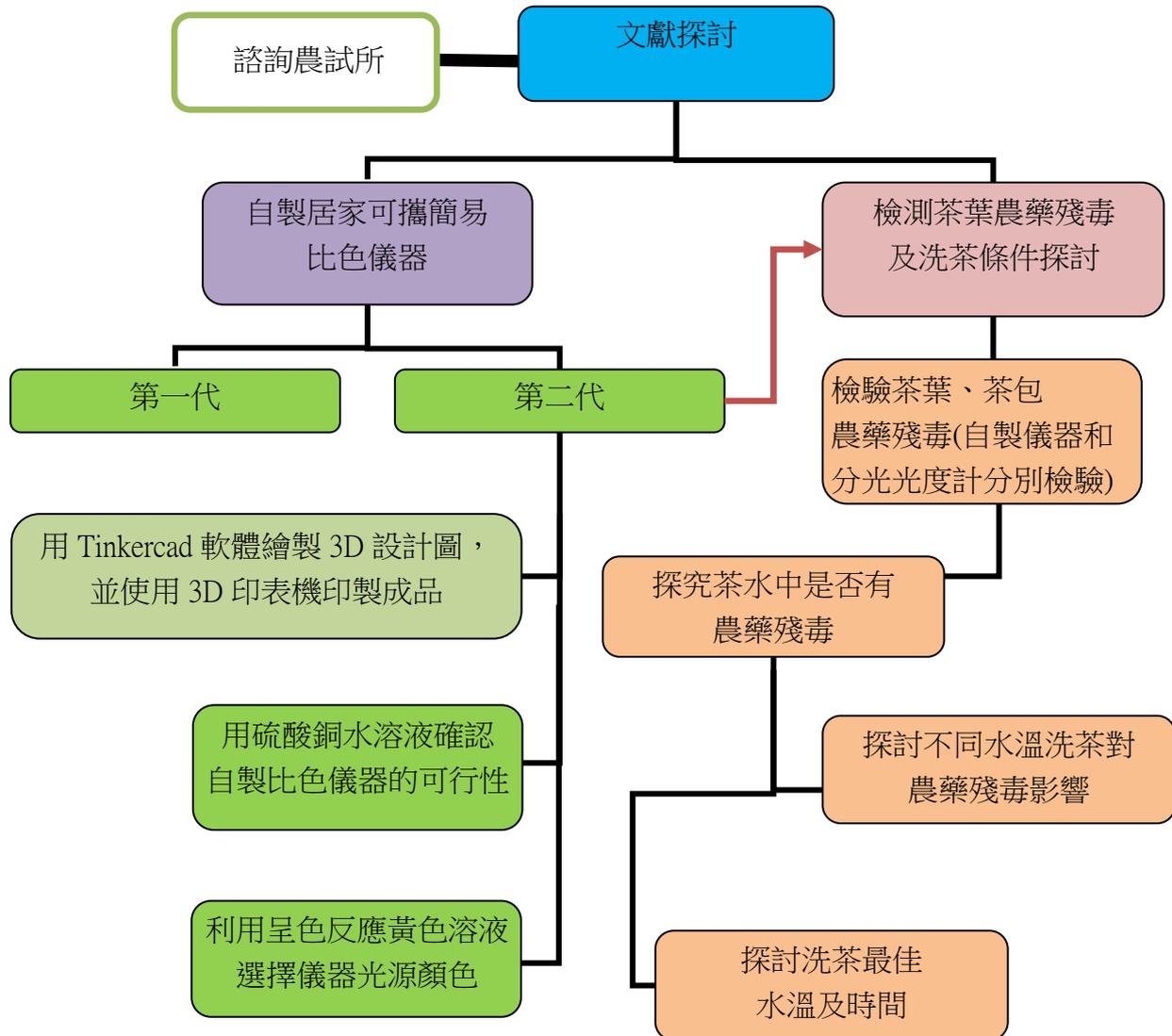
1. 酵素及基質：用 10 cc 針筒抽取 10 ml 蒸餾水注入酵素玻璃容器中，充分搖晃均勻溶解後，分裝在有蓋的 10 支小管，保存 0°C 以下。
2. 呈色劑：用 50 cc 針筒抽取 50 ml 蒸餾水注入呈色劑玻璃容器中搖均勻完全溶解後分裝在有蓋的 10 支小管，保存在 0°C 下。
3. 緩衝液：將粉末試劑加入 500 ml 蒸餾水，充分搖均勻完全溶解後，再加入蒸餾水，製成 1000 ml 緩衝溶液冷藏保存。
4. 酵素、基質、呈色劑分裝後置入冷凍室保存，待要使用時取分裝小管退冰並搖晃均勻後使用，如此才不會造成未使用的部分被汙染，影響實驗的正確性。

### 四、藥品配置照片：

			
酵素(乙醯膽鹼酶)+ 10 ml蒸餾水	酵素分裝1 ml 10支	10 ml蒸餾水+ 基質(乙醯硫代膽鹼)	基質分裝1 ml 10支
			
呈色劑+50 ml蒸餾水	呈色劑分裝5 ml10支	1000 ml緩衝溶液	冷凍冷藏保存

## 肆、研究過程與方法

研究架構：



文獻探討及研究方法原理：

### 一、有機磷、氨基甲酸鹽類農藥：

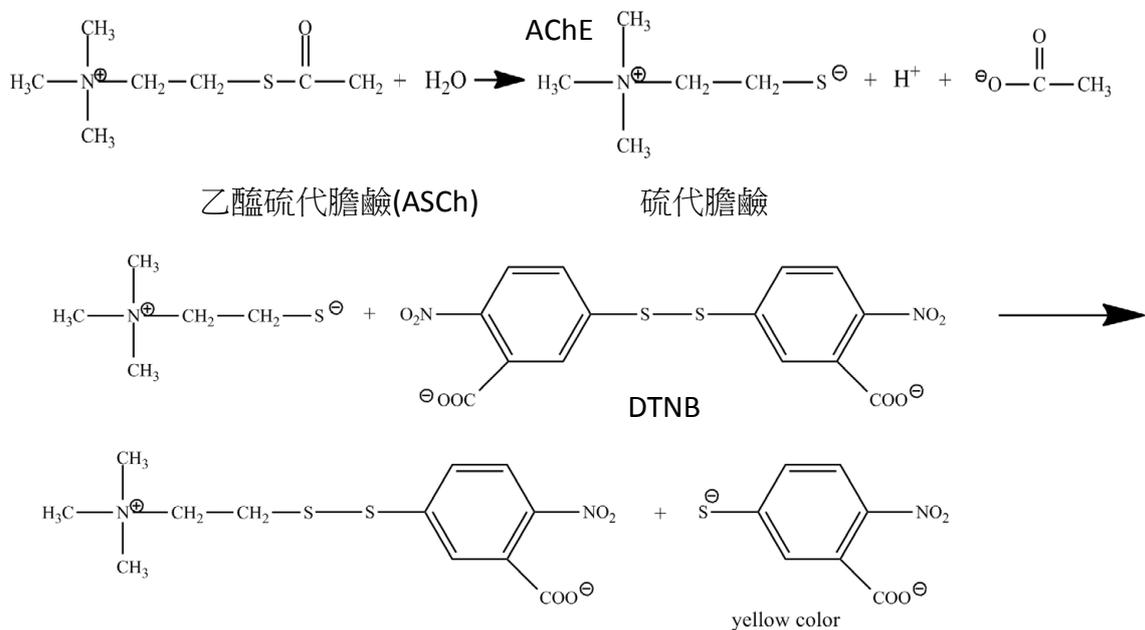
有機磷、氨基甲酸鹽類農藥屬於農藥中使用最多的化學性農藥，臺灣常用氨基甲酸鹽類農藥如納乃得，加保扶，有機磷類農藥如陶斯松、愛殺松等，因為價格低廉有廣效性，可防治茶園中的小綠葉蟬、茶蠶、茶捲葉蛾、茶毒蛾，銷售及使用率是農藥之冠，兩類農藥會和生物體中樞神經的乙醯膽鹼酶結合，對中樞神經造成毒性。去年五月媒體新聞中看到手搖杯茶飲及衛生局稽察茶葉超標事件有查驗到茶葉有這兩類農藥殘毒。茶葉、蔬果農藥殘毒雖無立即危險，但長期累積恐會干擾神經系統或致癌風險。

## 二、農藥檢測方法簡介(化學檢驗法與生化檢驗法)：

目前農藥殘毒檢驗方法可分為化學檢驗法與生化檢驗法：化學檢驗法利用氣相層析質譜、液相層析質譜儀器篩檢兩、三百種以上的農藥，並知道農藥名稱及濃度，但成本昂貴、檢驗時間長；而生化檢驗法，應用原理是因為農藥會對酵素有抑制作用，利用分光光度計測量藥劑的呈色反應吸光值，優點是快速成本便宜，但只能驗出有機磷及氨基甲酸鹽兩類農藥，無法研判「個別藥劑」之殘毒量，因為剛好去年的茶葉農藥超標有這兩類農藥，並且對於學生的我來說成本也是實驗的考量，所以我就選用了生化法來進行研究。

## 三、本研究採用農藥檢測方法及原理：

從網站上得知理化老師介紹的蒼蠅頭提取酵素(乙醯膽鹼酶)的生化檢驗法是台中農業試驗所研發的，就趕緊去請教那邊的研究員叔叔，感謝他們講解檢驗的原理和方法並提供實驗所需的藥劑。藥劑包含乙醯膽鹼酶(酵素)、乙醯硫代膽鹼(基質)、呈色劑，檢驗原理是如果受檢物不含農藥，酵素可幫助基質分解為乙酸及硫代膽鹼，硫代膽鹼與呈色劑反應呈現深黃色(0%抑制率)，受檢物若含有機磷和氨基甲酸鹽類農藥，就會抑制酵素的活性，無法產生呈色反應，或呈色效果變差(輕微抑制率-100%抑制率)，利用黃色反應物濃度大小造成顏色深淺不一，進而判定農藥殘毒多寡。以下是酵素幫助乙醯硫代膽鹼分解及呈色反應化學式：



#### 四、農藥殘毒抑制率的計算方式：

(一)農業試驗所用分光光度計農藥殘毒抑制率計算方法：

測量受檢樣品吸光值變化速率，與對照組之差異計算其抑制率，計算方式如下：

$$\text{抑制率(\%)} = (\Delta A_0 - \Delta A_t) \div \Delta A_0 * 100\%$$

$\Delta A_0$ 為不含農藥對照組吸光值1分鐘的變化值， $\Delta A_t$ 為各受檢樣品與酵素反應後吸光值一分鐘的變化值。

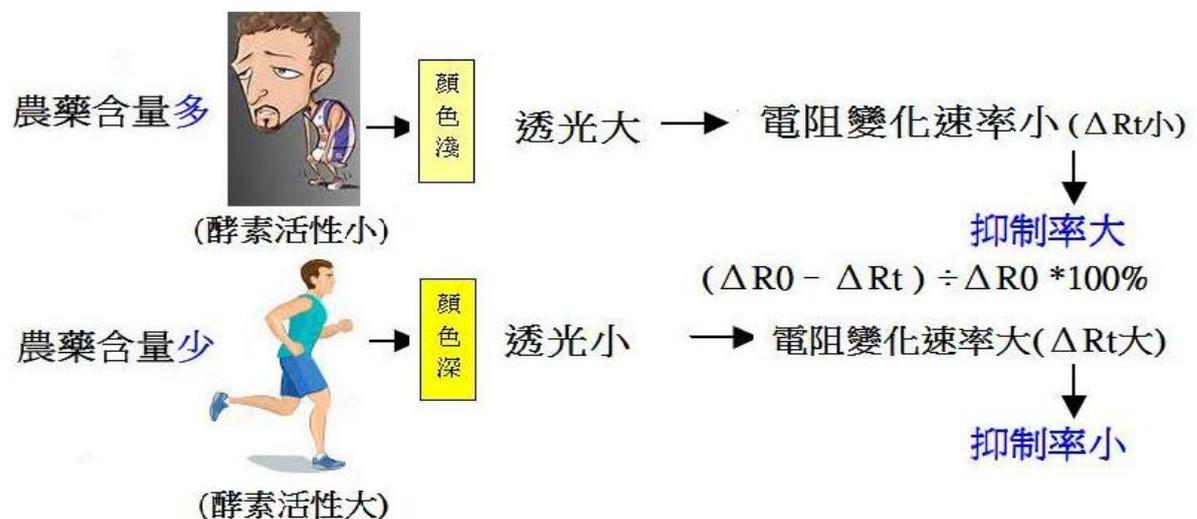
(二)自行發展的比色儀器抑制率計算方法：

$$\text{抑制率(\%)} = (\Delta R_0 - \Delta R_t) \div \Delta R_0 * 100\%$$

$\Delta R_0$ 為不含農藥的對照組電阻1分鐘變化值， $\Delta R_t$ 為各受檢樣品與酵素反應後電阻一分鐘變化值。

#### 五、自製比色儀器原理--光敏電阻和農藥殘毒的關係

光敏電阻是利用光電導效應的一種特殊的電阻，簡稱光電阻，它的電阻和光線的強弱有直接關係。光強度增加，則電阻減小；光強度減小，則電阻增大。當有光線照射時電阻內原本處於穩定狀態的電子受到激發，成為自由電子。所以光線越強，產生的自由電子也就越多，電阻就會越小。本研究利用上述原理來檢測藥劑呈色反應後生成物因濃度不同造成顏色深淺程度不一，影響電阻變化來判斷農藥殘毒多寡。以下是自製比色儀器檢測農藥抑制率原理示意圖。



## 研究過程：

### 【實驗一】製作可檢測農藥殘毒抑制率的易攜便利、低成本比色儀器

實驗利用藥劑呈色反應的黃色生成物不同濃度有深淺不同顏色，判斷農藥殘毒多寡，農試所等檢驗單位會用分光光度計來讀取溶液的吸光值，計算抑制率，但分光光度計很貴，而且因藥劑酵素分裝後要保存於冷凍庫，一次拿一份分裝藥劑退冰使用後最好就要一次用完，酵素活性容易受當時空間溫度影響，每個子實驗最好在同一段時間做完不中斷，如果要到實驗室借用也不太方便，所以我就想要自行設計可以專屬自己的檢測儀器，經請教理化老師及查詢資料文獻後，就開始進行設計製作簡易比色儀器。

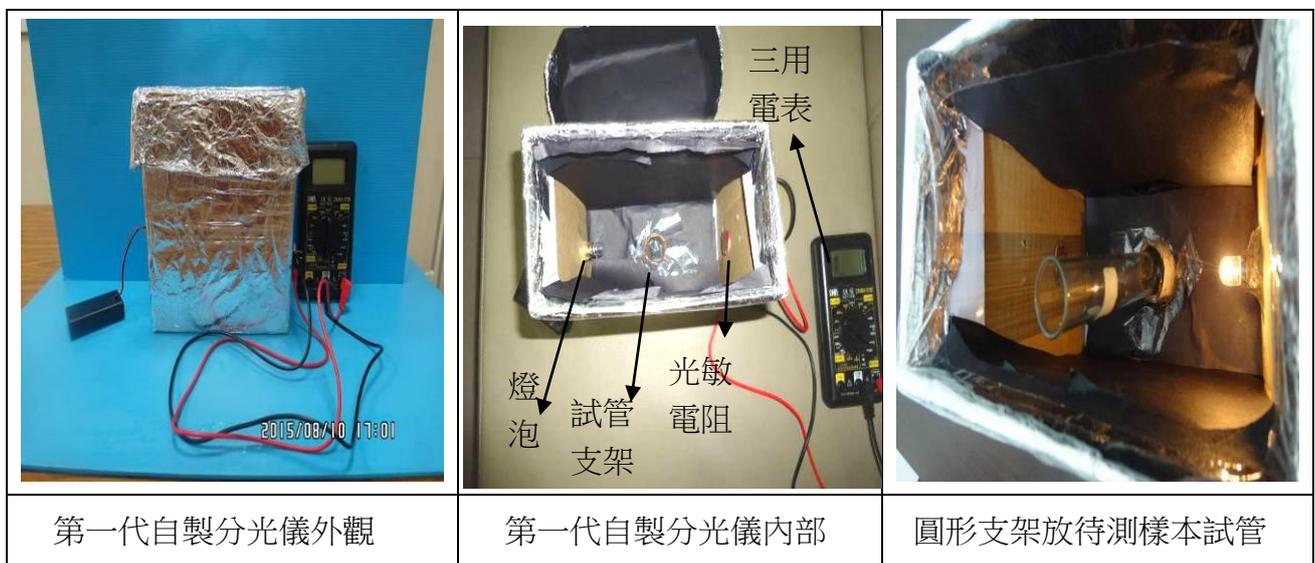
#### (一) 自製簡易比色儀器設計原理：

利用光敏電阻當做光感測器、三用電表、LED 燈，因待測樣品會因農藥殘毒多寡會產生生成物濃度不一的呈色反應，盒中燈泡的光束通過待測樣品會有不同的透光性，光敏電阻感應的透光大則三用電表所讀出的電阻小、透光小則電阻大。

#### (二) 第一代分光儀製作過程：

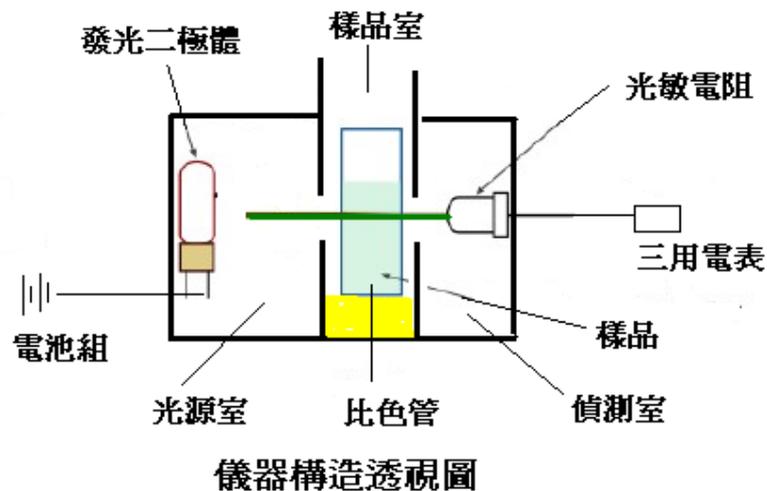
1. 將紙盒、蓋子內部皆貼上黑紙，外部皆貼上鋁箔紙用以反光，成為不透光的箱子，紙盒中間做一個可放試管的圓柱支架。
2. 紙盒一端嵌入燈泡，電池連接在外，另一端裝上光敏電阻，外部再接上三用電表，連接口縫隙再用黑紙補強。

#### (三) 第一代自製儀器照片：



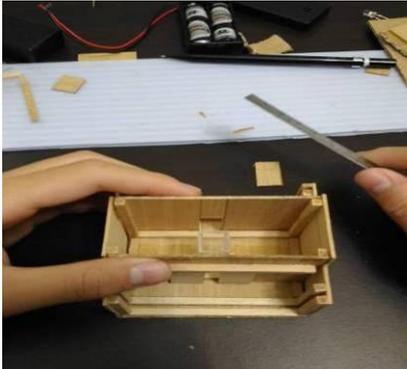
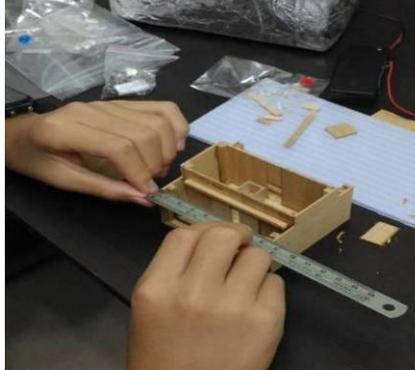
(四)第二代自製比色儀器製作過程：

1. 以第一代儀器測試實驗時發現，所有的試劑加在一起才 3.16 ml (3 ml 緩衝液+20  $\mu$ l 酵素+ 20  $\mu$ l 萃取液+ 100  $\mu$ l 呈色劑+20  $\mu$ l 基質 )，放入試管中只有淺淺一層，燈泡及光敏電阻位置相對液體都太高，如果將試管換成分光光度專用的小支塑膠比色管，藥劑放進去容量剛好，但因第一代紙盒子較深，放比色管時操作起來不太順手。還有光源會擴散沒有集中光束，會影響光敏電阻讀出的數值，於是針對第一代儀器的缺點進行改良成第二代簡易比色儀器。



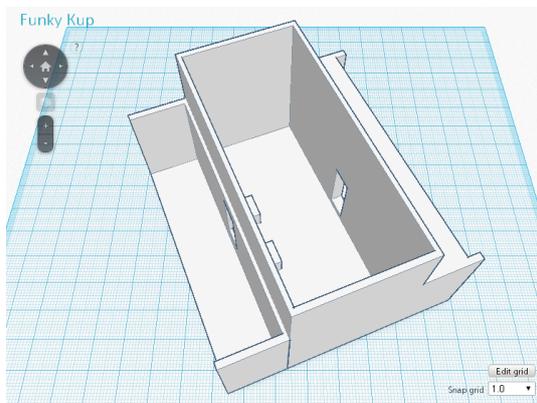
2. 利用木條 0.2\*0.2\*90 cm 和木片 0.15\*20\*60 cm 裁剪成需要的規格(長 9\*寬 7\*高 6 cm)，改良原本第一代儀器高 19 cm 高度太高，要放置比色管時不順手導致測量時延誤時間的缺點。以 3M 木質專用黏著劑黏牢，並以木片做出隔間以區分光源室及偵測室，樣品室做一凹槽可置放比色管(見上圖)，光源室到樣品室間、樣品室到偵測室隔間都只留小狹縫，讓光束集中穿過比色管，改善第一代儀器光束擴散不集中的缺點。
3. 兩端各嵌入發光二極體及光敏電阻，接上直流電電池組及三用電表，做密合度高的蓋子後整台儀器塗黑色油漆，改良第一代紙盒黏上黑紙會不密合，造成箱子無法完全成為暗箱的缺點。

(五)第二代比色儀器製作照片：

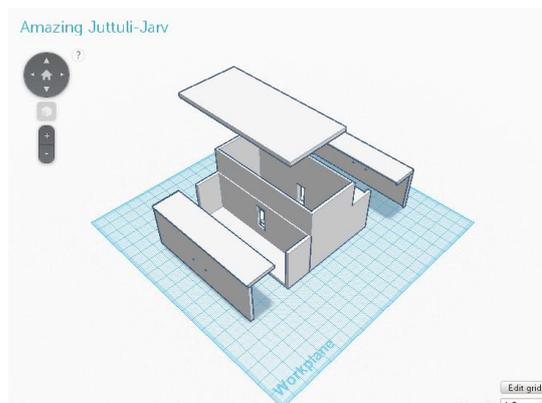
		
<p>裁剪木條木片成需要的規格</p>	<p>木片做出隔間區分成三區</p>	<p>樣品室做凹槽置放比色管</p>
		
<p>做儀器蓋子務求密合</p>	<p>接直流電電池及三用電表</p>	<p>儀器塗黑色油漆成為暗箱</p>

(六)第二代比色儀器 3D 列印繪圖及列印

由於第二代自製木作儀器製作較費工費時，用 Tinkercad 軟體繪製 3D 設計圖，以 3D 印表機 (Kossel mini)，線材(PLA) 列印儀器成品，期能快速製作並量產，普及大眾居家使用。



Tinkercad 主體模型設計圖



Tinkercad 整體加蓋模型設計圖

## 【實驗二】探討硫酸銅水溶液濃度與電阻的關係確認自製比色儀器的可行性

研究是利用酵素、基質、呈色劑的呈色反應造成生成物濃度不同而有深淺不同的顏色來判斷農藥殘毒的多寡，自製的比色儀器是否可以判斷待測物濃度大小呢？如果可以，這個儀器才是可行的，所以我用不同濃度藍色硫酸銅水溶液作為這個實驗的待測物，來觀察自製儀器的電阻和濃度關係，儀器也使用不同顏色的 LED 光源來觀察電阻和藍色水溶液濃度關係。

### (一)實驗步驟：

1. 取硫酸銅 5.104 克加水配成 0.8 M 溶液 40 ml；取 0.8 M 硫酸銅 12 ml，加水成 16 ml，配成 0.6 M 溶液；取 0.8 M 硫酸銅 25 ml，加水成 50 ml 配成 0.4 M 溶液；取 0.4 M 硫酸銅 25 ml，加水成 50 ml 配成 0.2 M 溶液；取 0.2 M 硫酸銅 25 ml，加水成 50 ml 配成 0.1 M。
2. 自製比色儀器分別接紅、橙、黃、綠、藍、紫色發光二極體，連接固定電壓 3V 電池，測試 0 M 及以上配置不同濃度藍色硫酸銅溶液電阻，各別做三次並求平均值。

### (二)實驗照片：

			
調配不同濃度硫酸銅	不同濃度依序排列	使用不同顏色 LED 燈	自製儀器測量電阻

### 【實驗三】利用酵素等藥劑呈色反應黃色溶液濃度與電阻關係選擇儀器的光源顏色

因為藍色硫酸銅水溶液是藍色的，而研究中使用的呈色反應水溶液是黃色的，所以用酵素等藥劑呈色反應後的黃色水溶液，再調配不同的濃度為自製儀器待測物選擇 LED 光源顏色。

#### (一)實驗步驟：

1. 取緩衝溶液 21 ml，乙醯膽鹼酶 140  $\mu$ l，基質 140  $\mu$ l，呈色劑 700  $\mu$ l，加入 50 ml 燒杯中，充分搖晃混合，靜置到溶液顏色(黃色)不再變深。取出該溶液（濃度設為 64X)10 ml 放入量筒中，加水成 20 ml 溶液，稀釋成 2 倍溶液，重複同樣步驟，分別稀釋成 4 倍、8 倍、16 倍、32 倍、64 倍溶液。各稀釋倍數溶液濃度分別為 32X、16X、8X、4X、2X、1X，以及空白水溶液。
2. 將各稀釋倍數溶液，分別取 3 ml 放入比色管。使用自製比色儀，分別在紅、橙、黃、綠、藍、紫色發光二極體光源下測電阻，每一濃度檢測 3 次，取其平均電阻。

#### (二)實驗照片：

			
配置酵素、基質、呈色劑反應的黃色溶液	稀釋成不同濃度的黃色溶液	不同顏色LED光源放置在自製比色儀中	自製儀器測量電阻並記錄下三次平均值

## 【實驗四】利用自製比色儀器、分光光度計抽樣檢測市售茶葉、茶包氨基甲酸鹽及有機磷兩類農藥殘毒抑制率

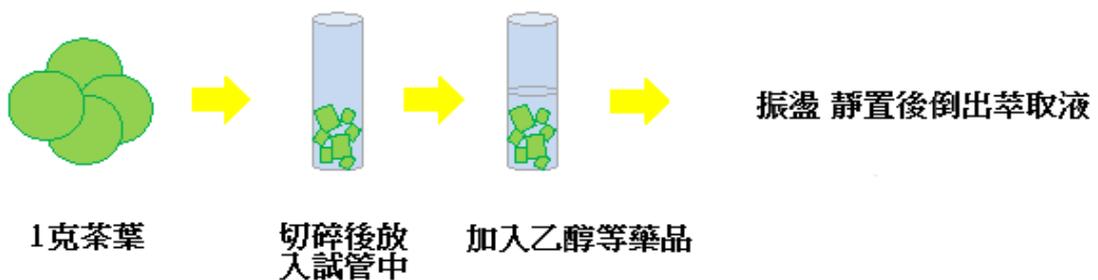
本實驗依據農試所生化檢驗法，農試所是利用分光光度計測量藥劑的呈色反應吸光值計算抑制率，能驗出有機磷及氨基甲酸鹽兩類農藥，我的實驗中用自製儀器和分光光度計分別檢驗茶葉中這兩種農藥殘留，也想利用這實驗來確認自製儀器是否可以替代分光光度計檢測茶葉中農藥殘毒。

### (一)實驗步驟：

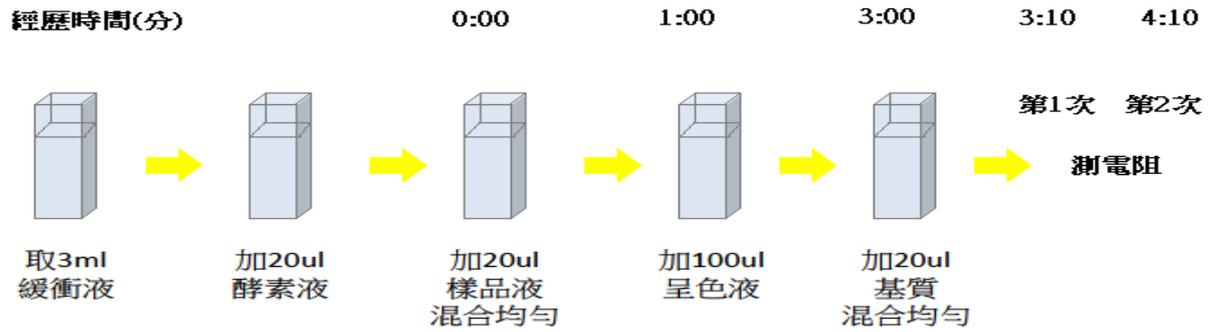
1. 取超商及家人常泡的 8 種茶葉、8 種茶包以電子秤各取 1 克四份放入小塑膠瓶內。
2. 利用乙醇等藥品分別萃取茶葉、茶包中氨基甲酸鹽及有機磷兩類農藥殘毒。
3. 利用農試所提供的檢測農藥殘毒流程，將 3 ml 緩衝液放入方形比色管中，加入 20  $\mu\text{l}$  的酵素(乙醯膽鹼酶)和 20  $\mu\text{l}$  的茶葉、茶包萃取液，上下混搖均勻，靜置 1 分鐘後加入 100  $\mu\text{l}$  呈色劑，再經 2 分鐘，加入 20  $\mu\text{l}$  的基質(乙醯硫代膽鹼)，上下混搖均勻。
4. 將方形比色管樣品放入自製比色儀器內，測量第 10 秒與 1 分 10 秒的電阻值。
5. 記錄結果與對照組(萃取液以同體積的酒精替代)電阻值比較，再計算成抑制率。
6. 將另一份茶葉、茶包按測試流程以分光光度計測量吸光值(設定波長為 412nm)，記錄第 10 秒與 1 分 10 秒的吸光值並計算抑制率，並與自製儀器測出的電阻抑制率相比較。

(以下為農試所提供的食品農藥殘留萃取及測試農藥殘毒方法流程圖)

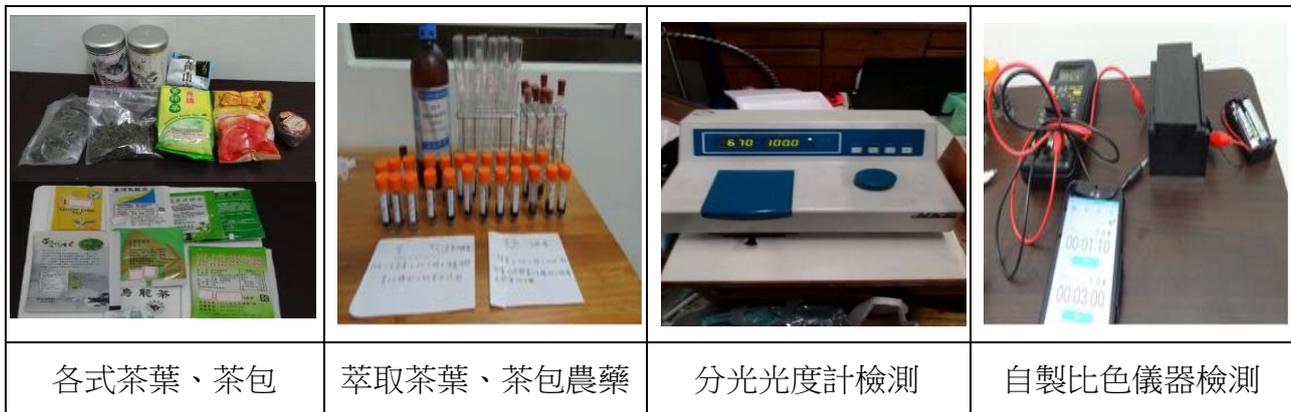
### 萃取流程圖



### 樣品組測試流程



### (二)實驗照片：



### 【實驗五】檢測不同水溫泡茶的茶水農藥殘毒抑制率

前面的實驗是檢驗茶葉和茶包的農藥殘毒抑制率，那麼我們真正要喝的是泡出的茶水，那茶水到底有沒有殘留農藥呢？所以這個實驗採用上述實驗中抑制率較多的茶葉、茶包來泡茶再檢驗茶水中是否有農藥殘毒，並且因為我們平常也會用不同水溫來泡茶，那麼水的溫度對茶水農藥殘毒是否有不同的影響？也是這個實驗想探究的。

#### (一)實驗步驟：

1. 取上個實驗中農藥殘毒抑制率較多的茶葉、茶包並各用電子秤取 1 g\*五份。因為每次實驗環境氣溫會影響酵素活性，所以雖然上個實驗已驗過茶葉茶包抑制率，每次實驗前仍須重新檢測原本茶葉抑制率。
2. 將水加熱，將茶葉茶包放入濾網中加入室溫冷水、及攝氏 50、80、100°C 的水 20 ml 浸泡一分鐘後取走過濾茶葉只留下茶水，用針劑吸取出 20  $\mu$ l 使用自製儀器檢驗。

(二)實驗照片：

			
將水加熱到需要溫度	不同水溫泡茶一分鐘	不同水溫泡茶後 取走茶葉的茶水	檢驗茶水的農藥

【實驗六】探究不同水溫洗茶對茶葉與茶包農藥殘毒抑制率的影響

我想起爺爺泡茶前會先洗茶，茶葉加少量水在壺中搖晃一下，再將茶水倒掉後才正式開始泡茶。洗茶後茶葉茶包的農藥殘毒是否會減少？不同洗茶水溫對抑制率有不同影響嗎？

(一)實驗步驟：

1. 取實驗四中兩類農藥殘毒量較多的茶葉、茶包並各取 1 g\*十份分別放入燒杯內。
2. 使用電晶爐將水加熱，分別加入室溫溫度的冷水、及 50°C、80°C、100°C 的水 20 ml 洗茶並攪拌茶葉及茶包 1 分鐘後取出，另備一份茶葉不清洗作為基準值。
3. 按萃取流程萃取茶葉、茶包中兩類農藥殘毒。
4. 將不同溫度洗茶後的茶葉、茶包萃取液使用農藥殘毒檢驗方法檢測並計算抑制率。

(二)實驗照片：

			
不同溫度的熱水	洗茶後取出茶葉	萃取茶葉中兩類農藥	檢測農藥抑制率

## 【實驗七】尋找能夠降低農藥殘毒抑制率最佳的洗茶水溫及時間

本實驗將縮短洗茶時間，因上個實驗過程中 100°C、一分鐘來洗茶，已聞到茶香，卻要將這第一泡茶水倒掉實在可惜，想探討縮短時間找到降低殘毒抑制率最佳的洗茶水溫及時間。

### (一)實驗步驟：

1. 取農藥殘毒量較多的茶葉以電子秤各取 1 g\*五份，先檢測原來茶葉的農藥抑制率。
2. 使用電晶爐將水加熱至 80°C，將上述茶葉分別放入濾網中加入 80°C 的水 20 ml 洗茶 10 秒、20 秒、30 秒及一分鐘後取走濾網茶葉只留下茶水。
3. 經不同時間洗茶後的茶水用針劑吸出取 20  $\mu$ l 使用自製比色儀器檢驗計算抑制率。
4. 將洗茶時間 10 秒、20 秒、30 秒、及一分鐘後倒掉茶水後的茶葉萃取農藥殘毒後，使用自製比色儀器檢驗並計算抑制率。

### (二)實驗照片：



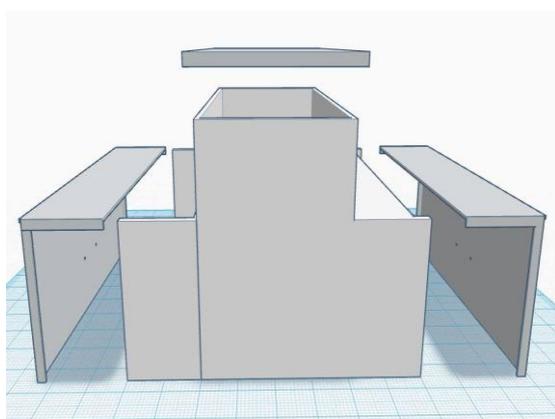
## 伍、研究結果與討論

### 【實驗一】製作可檢測農藥殘毒抑制率的易攜便利、低成本、普及化比色儀器

經改良後完成第二代 9\*7\*6cm 比色儀器、有三隔間室(光源室、偵測室、樣品室)皆以木板隔間只留一隙縫，讓測試光束集中進入偵測室，光源室隔板可活動抽換不同顏色 LED 燈，偵測室嵌入光敏電阻，塗黑色油漆隔絕外界光線干擾，由於此木作儀器製作較費工費時，利用 Tinkercad 軟體繪製 3D 列印設計圖，3D 列印出儀器成品，未來可量產供大眾居家使用，另外農藥測試的試劑單位最小到 20  $\mu$ l (0.02 cc)，使用一支六元胰島素針筒替代數千元的微量滴管，這樣的設計讓整個農藥殘毒檢測設備是低成本、可居家使用、攜帶方便的。



胰島素針筒吸取小體積實驗藥劑



Tinkercad 軟體繪製 3D 設計圖



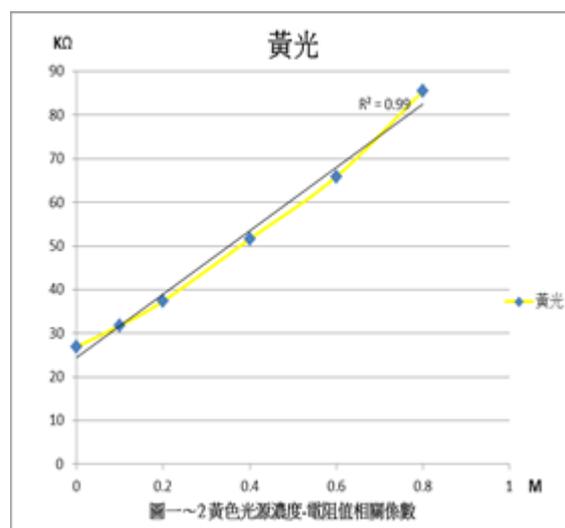
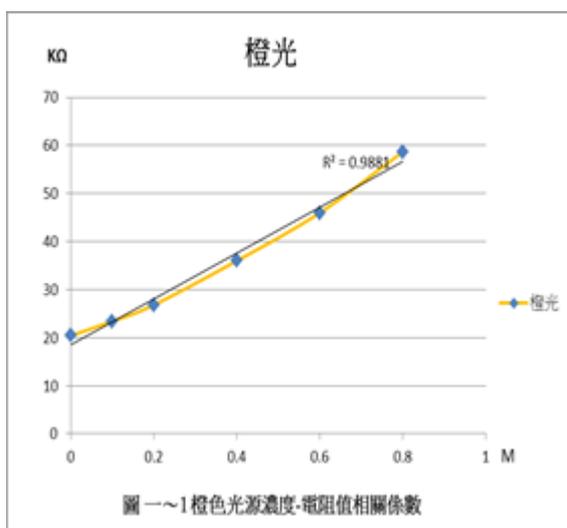
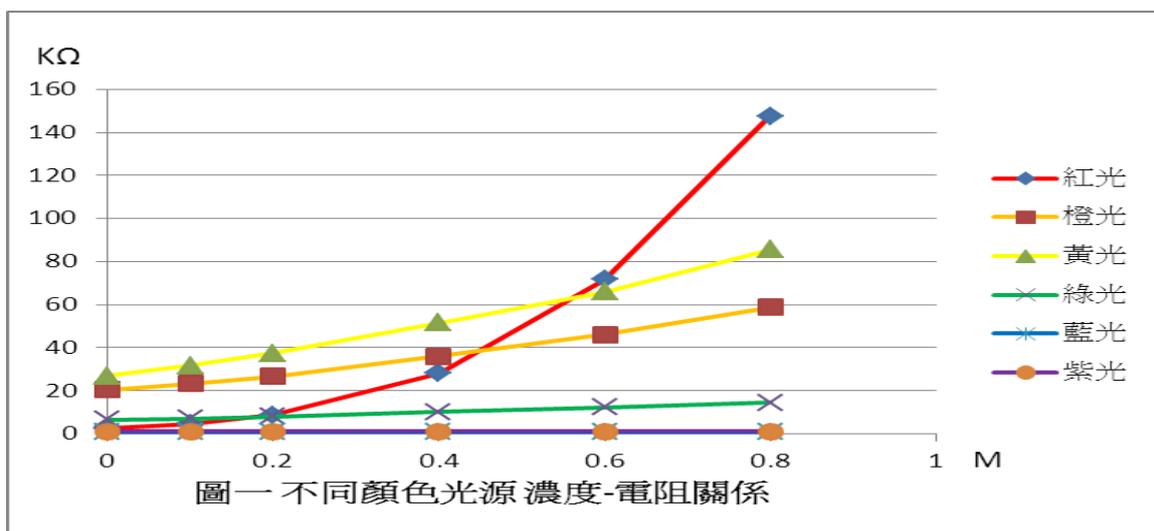
3D 列印機印出的儀器成品

【實驗二】探討硫酸銅水溶液濃度與電阻的關係確認自製比色儀器的可行性

(一)實驗結果數據圖表：

表一 不同顏色 LED 燈---不同硫酸銅水溶液濃度---平均電阻數值表

LED 電阻 KΩ 硫酸銅 濃度(M)	紅光	橙光	黃光	綠光	藍光	紫光
0 M	2.48	20.4	26.9	6.48	0.89	1.05
0.1M	4.69	23.4	31.8	7.18	0.89	1.05
0.2M	8.86	26.8	37.4	7.99	0.9	1.06
0.4M	28.2	36	51.6	10.13	0.92	1.07
0.6M	71.6	46	65.9	12.39	0.92	1.07
0.8M	147.6	58.7	85.5	14.58	0.92	1.07



## (二)發現與討論：

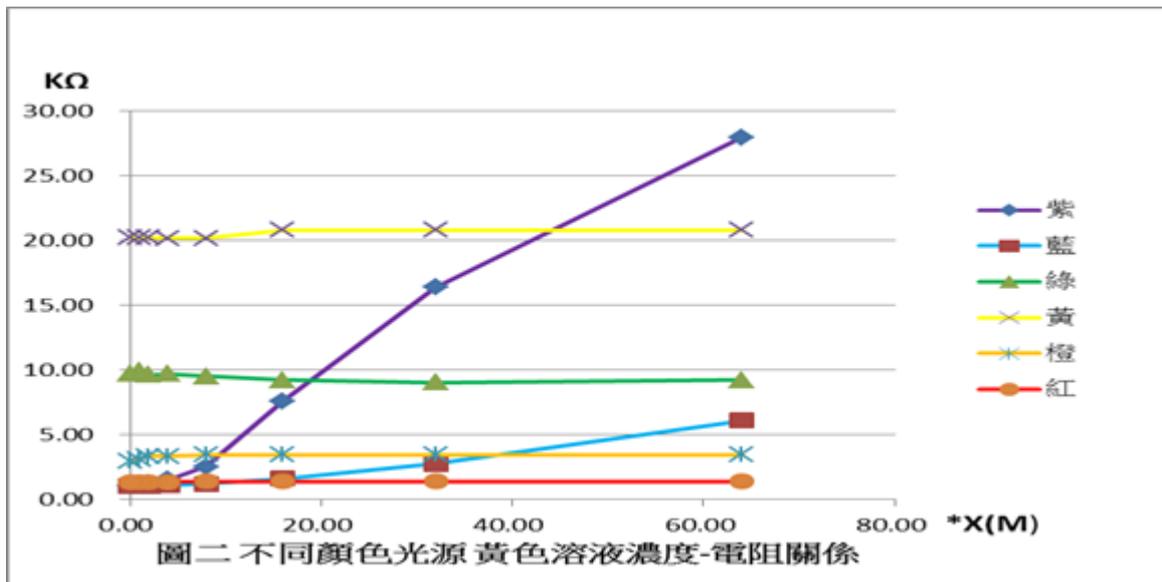
1. 實驗發現除了藍、紫光外，硫酸銅水溶液濃度愈大，電阻愈大，並有正相關，顯示自製儀器確實可以用光敏電阻測出來的電阻值判斷待測物溶液濃度大小。
2. 藍色硫酸銅水溶液若使用紫色、藍色 LED 為光源時，光敏電阻呈現的電阻幾乎沒有變化，所以推論若使用與待測物相同色系的 LED 光源無法判斷待測物濃度。
3. 發現以藍色硫酸銅水溶液為樣本檢測濃度與電阻關係，自製儀器用橙光與黃光是很適合的光源。
4. 檢測茶葉農藥殘毒是利用呈色反應的黃色水溶液的濃度來判斷農藥殘留多寡，所以下個實驗再利用呈色反應黃色水溶液濃度與電阻關係，選擇真正實驗時儀器的光源顏色。

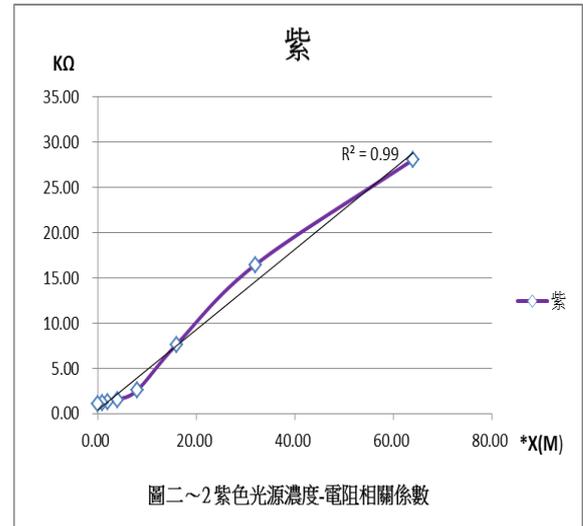
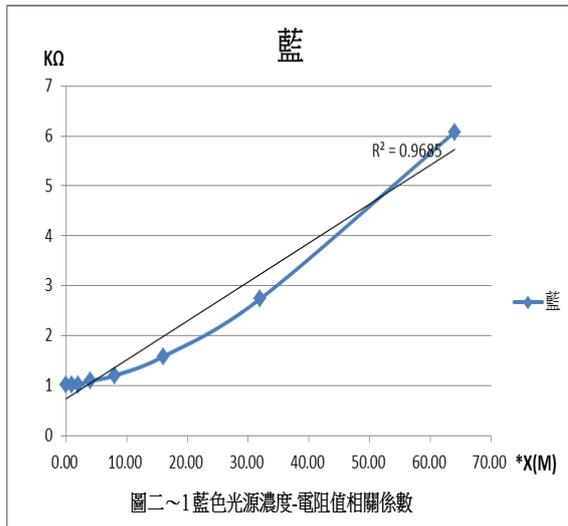
【實驗三】利用酵素等藥劑呈色反應黃色水溶液濃度與電阻關係選擇儀器的光源顏色

(一)實驗結果數據圖表：

表二 不同顏色 LED 燈---不同稀釋倍數的黃色水溶液濃度---平均電阻數值表

LED 電阻 KΩ 黃色溶 液濃度(X)	紅光	橙光	黃光	綠光	藍光	紫光
空白水溶液	1.3	2.96	20.22	9.74	1.01	1.02
稀釋 64 倍(1X)	1.34	3.11	20.22	9.92	1.01	1.12
稀釋 32 倍(2X)	1.34	3.31	20.24	9.63	1.02	1.22
稀釋 16 倍(4X)	1.35	3.31	20.20	9.71	1.09	1.52
稀釋 8 倍(8X)	1.36	3.42	20.20	9.52	1.20	2.53
稀釋 4 倍(16X)	1.36	3.42	20.82	9.22	1.58	7.59
稀釋 2 倍(32X)	1.39	3.42	20.82	9.02	2.74	16.40
未稀釋( 64X)	1.37	3.42	20.82	9.22	6.08	28.00





## (二)發現與討論：

1. 實驗證明跟前一實驗藍色硫酸銅不能用藍色系光源一樣，發現酵素呈色反應後黃色溶液同色系的黃、橙色光源電阻值沒有變化，無法作為檢測光源。
2. 紫光與藍光作為自製儀器的光源時，溶液濃度與電阻有正相關，表示用黃色水溶液為樣本時紫、藍兩種光源都可以用電阻判斷溶液濃度多寡。
3. 雖然發現黃色水溶液紫、藍兩種光源都可以使用，但農藥殘毒檢測是比較低的濃度，由表二中空白水溶液和最低濃度稀釋 64 倍的電阻數據中，藍光都是 1.01 KΩ 沒有變化，紫色 LED 光源測出電阻是 1.02 和 1.12 KΩ，表示紫光比藍光在低濃度中較為靈敏。
4. 實驗證明如要檢測農藥影響呈色反應的黃色生成物，在低濃度範圍下，儀器光源要使用紫色，也符合農業試驗所檢測農藥使用分光光度計中波長 412 nm 時會有最大的吸光值，此波長屬於紫光的波長 (380-440 nm)紫光範圍。

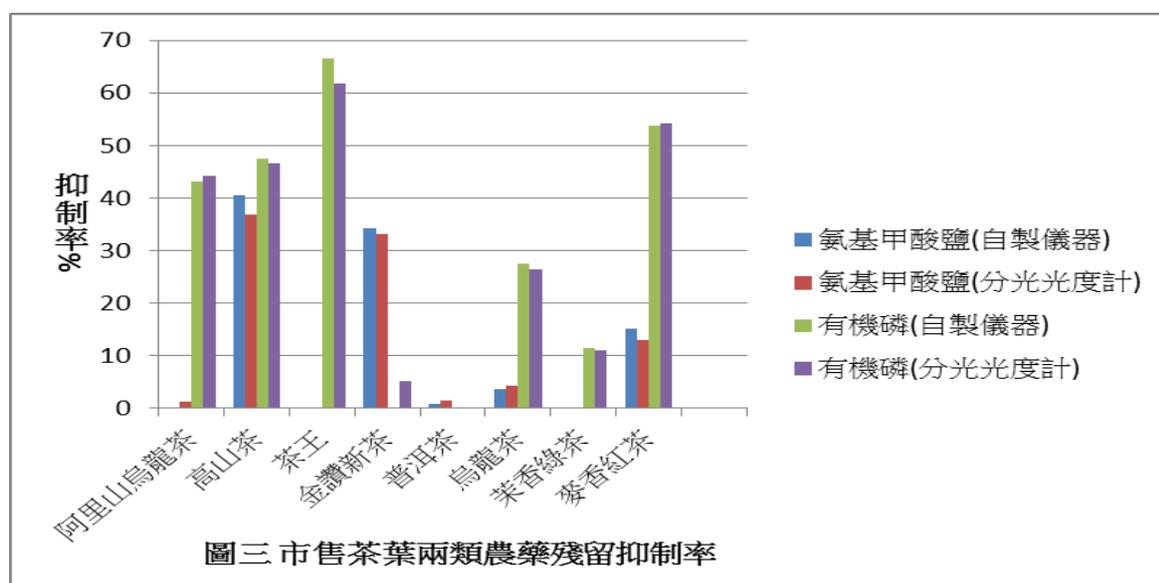
【實驗四】利用自製比色儀器、分光光度計抽樣檢測市售茶葉、茶包氨基甲酸鹽及有機磷兩類

農藥殘毒抑制率

(一)實驗結果數據圖表：

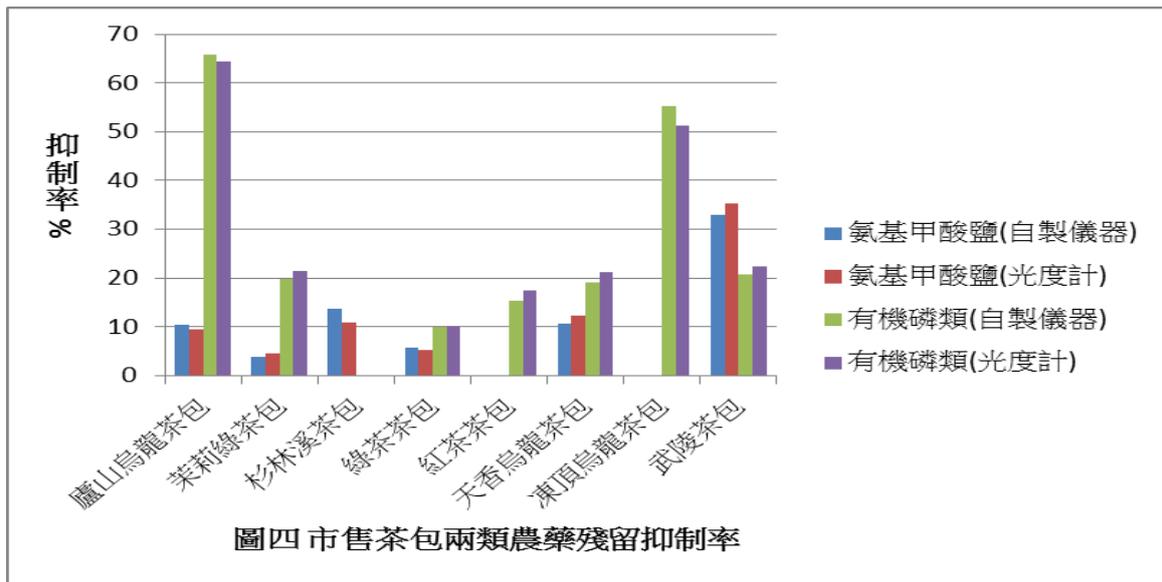
表三 市售茶葉農藥殘毒自製比色儀器電阻值抑制率與分光光度計抑制率(%)

茶葉 抑制率% 農藥	阿里山 烏龍茶	高山茶	茶王	金讚 新茶	普洱茶	烏龍茶	茉香 綠茶	麥香 紅茶
氨基甲酸鹽 (自製儀器)	0	40.56	0	34.16	0.91	3.60	0	15.23
氨基甲酸鹽 (分光光度 計)	1.21	36.94	0	33.14	1.53	4.42	0	13.06
有機磷 (自製儀器)	43.06	47.55	66.58	0	0	27.62	11.54	53.85
有機磷(分光 光度計)	44.23	46.65	61.72	5.23	0	26.52	10.93	54.25



表四 市售茶包農藥殘毒自製比色儀器電阻值抑制率與分光光度計抑制率(%)

茶包 抑制率 農藥 %	廬山烏 龍茶包	茉莉綠 茶包	杉林溪 茶包	綠茶 茶包	紅茶 茶包	天香烏 龍茶包	凍頂烏 龍茶包	武陵 茶包
氨基甲酸鹽 (自製儀器)	10.52	3.96	13.61	5.69	0	10.64	0	32.92
氨基甲酸鹽 (光度計)	9.53	4.62	10.96	5.23	0	12.31	0	35.32
有機磷類 (自製儀器)	65.84	19.8	0	9.9	15.35	19.05	55.19	20.79
有機磷類 (光度計)	64.32	21.35	0	10.23	17.40	21.32	51.32	22.45



(二)發現與討論：

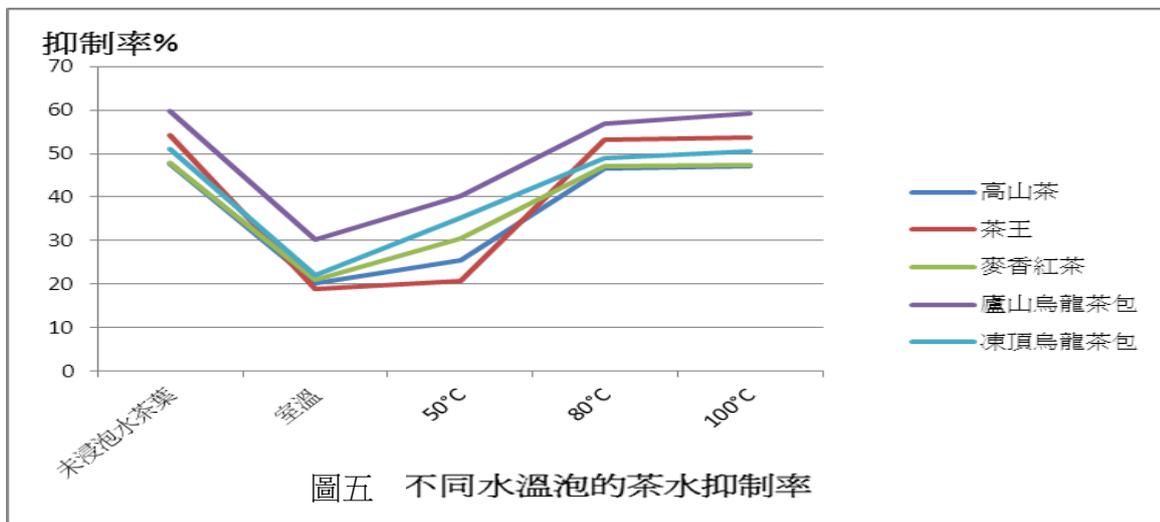
1. 發現利用分光光度計測量茶葉萃取液吸光值並計算其抑制率時，與用自製儀器測量的電阻值抑制率相近，可見自製儀器確可以替代分光光度計來測量農藥殘毒，以後實驗便不再使用分光光度計而皆使用自製儀器進行農藥殘毒測量。
2. 利用酵素檢驗農藥的方法只能檢驗到有機磷及氨基甲酸鹽兩類農藥，氨基甲酸鹽類農藥用酒精萃取後，由數據發現高山茶、金讚新茶、麥香紅茶抑制率較高。
3. 阿里山烏龍、高山茶、茶王、麥香紅茶有機磷農藥殘毒量比較多。
4. 茶包中氨基甲酸鹽類殘毒量較多是武陵茶包，有機磷殘毒量較多是廬山烏龍茶包、凍頂烏龍茶包。
5. 拿茶葉入菜直接食用，如抹茶蛋糕、綠茶粉食用就要注意會吃到農藥殘毒。

【實驗五】檢測不同水溫泡茶的茶水農藥殘毒抑制率

(一)實驗結果數據圖表：

表五 不同水溫泡茶的茶水農藥殘毒抑制率(%)

茶水 抑制率% 不同水溫	高山茶茶水	茶王茶水	麥香紅茶 茶水	廬山烏龍 茶包茶水	凍頂烏龍 茶包茶水
未浸泡水茶葉	47.55	54.23	48.03	59.87	51.12
室溫水泡的茶水	20.23	18.86	20.89	30.26	22.02
50°C 水泡的茶水	25.53	20.63	30.44	40.32	35.12
80°C 水泡的茶水	46.56	53.15	47.07	56.78	49.05
100°C 泡的茶水	47.05	53.65	47.35	59.27	50.65



(二)發現與討論：

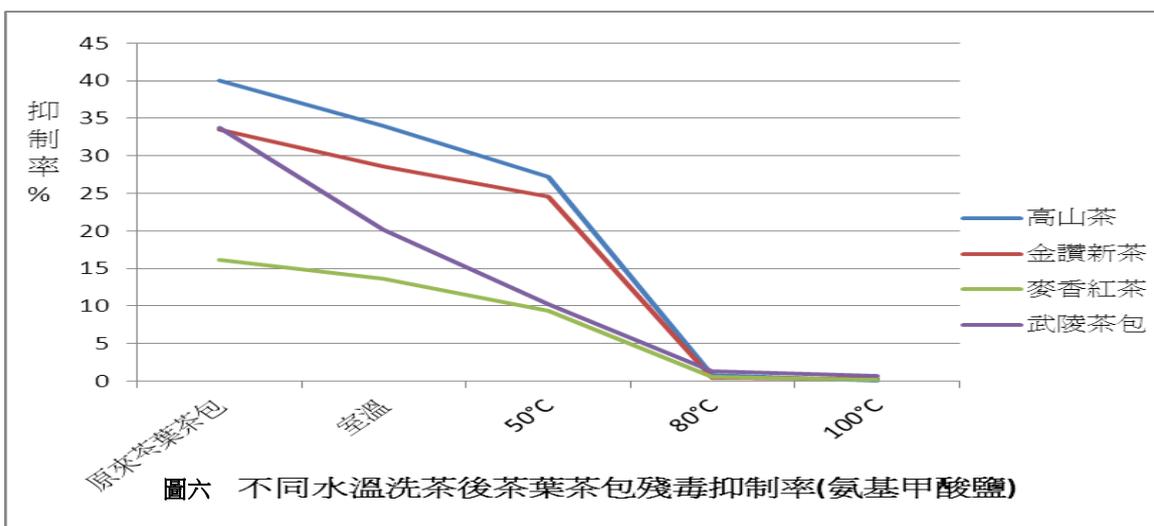
1. 用室溫水泡的茶水抑制率都算低，所以如果用室溫沖泡的冷泡茶茶水中所含農藥較少。
2. 製作時包得較緊實的茶葉茶王低、中溫時茶水農藥抑制率較小，茶包內的茶葉是開展的，抑制率較大，泡出茶水中比包得緊實的茶葉有較多的農藥。
3. 80°C 及 100°C 的熱水泡出的茶水抑制率最高，已跟未浸泡水的茶葉農藥殘毒抑制率接近，表示原本檢驗出茶葉茶包中的農藥殘毒，幾乎都在高溫的茶水中。
4. 泡茶時若用高溫的水泡茶，茶水會帶著原本茶葉中大部分的農藥殘毒被我們喝下。

【實驗六】探究不同水溫洗茶對茶葉與茶包農藥殘毒抑制率的影響

(一)實驗結果數據圖表：

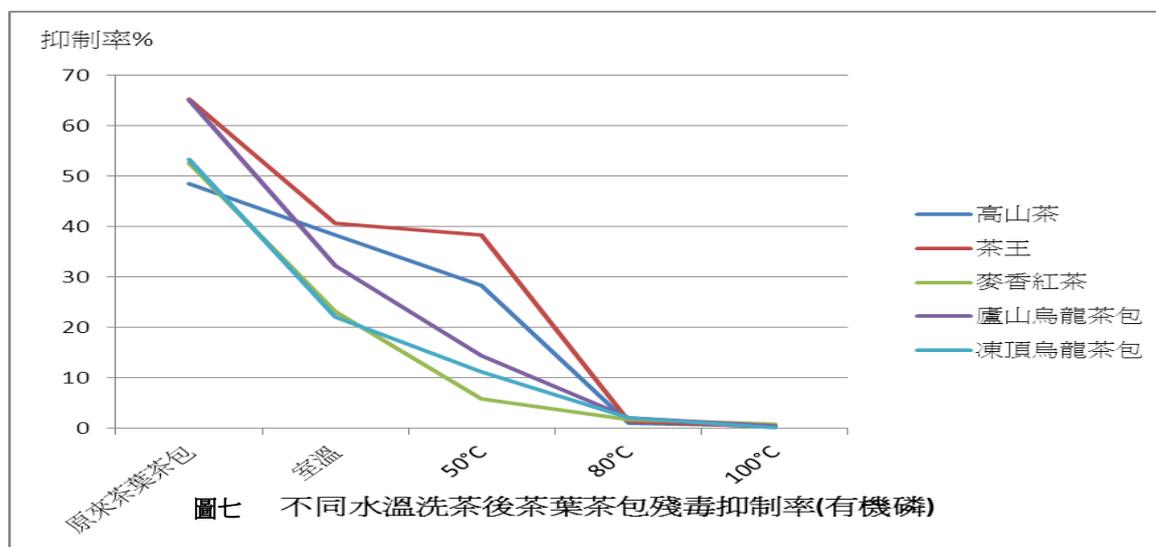
表六 不同水溫洗茶後茶葉及茶包的農藥殘毒抑制率(%) (氨基甲酸鹽類農藥)

茶葉茶包 抑制率 不同水溫 %	高山茶	金讚新茶	麥香紅茶	武陵茶包
原來茶葉茶包	40.02	33.55	16.12	33.72
室溫	34.02	28.63	13.65	20.23
50°C	27.25	24.52	9.33	10.29
80°C	0.79	0.45	0.54	1.33
100°C	0.12	0.25	0.21	0.65



表七 不同水溫洗茶後茶葉及茶包的農藥殘毒抑制率(%) (有機磷類農藥)

茶葉茶包 抑制率% 不同水溫	高山茶	茶王	麥香紅茶	廬山烏龍 茶包	凍頂烏龍 茶包
原來茶葉茶包	48.52	65.23	52.62	64.98	53.32
室溫	38.32	40.65	23.11	32.26	22.02
50°C	28.32	38.32	5.78	14.32	11.12
80°C	1.03	1.46	1.78	2.08	2.05
100°C	0.55	0.23	0.92	0.54	0.18



(二)發現與討論：

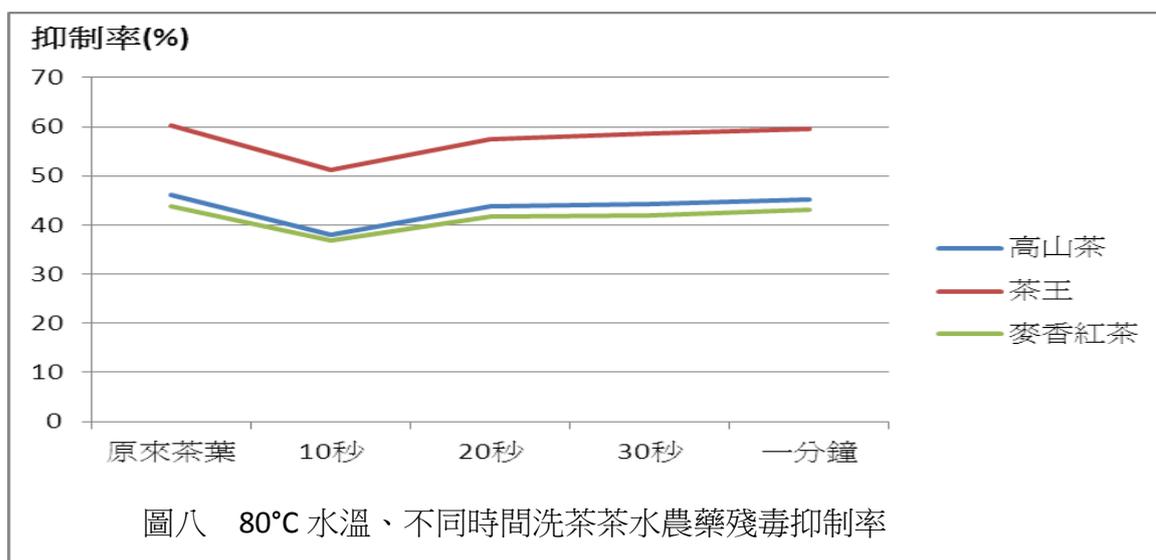
1. 用不同水溫洗茶一分鐘並加以攪拌過濾後萃取檢測，發現各茶葉樣本的兩類農藥抑制率在室溫冷水清洗時就可以降低，室溫水可以清洗掉部分農藥。
2. 包得緊實的茶葉，如高山茶在 50 度溫水抑制率下降是原來不清洗的 30-40%，紅茶或茶包類茶葉較細並是開展的，接觸水的面積較大，譬如武陵茶包 50 度溫水抑制率下降就有 70%左右。但緊實的高山茶遇到 80 及 100 度熱水，葉片開展後抑制率就大幅下降為原來茶葉抑制率的 98 %以上了。
3. 茶包的茶葉本身製作時較細，接觸水的面積較大，不須高水溫抑制率下降幅度大。較緊實的茶葉就需要較熱的水燙開讓水接觸茶葉表面，去除農藥較徹底。
4. 80°C 及 100°C 的水溫洗茶一分鐘的茶葉，兩類農藥殘毒抑制率去除了原來的 97%-99%，要喝茶前建議可以用 80°C 以上水溫洗茶再將第一泡茶倒掉，可洗去大部分農藥殘毒。
5. 但這次的實驗是洗茶一分鐘，茶的香氣已被沖出，如果將這有香氣的洗茶茶水倒掉是很可惜。

【實驗七】尋找能夠降低農藥殘毒抑制率最佳的洗茶水溫及時間

(一) 實驗結果數據圖表：

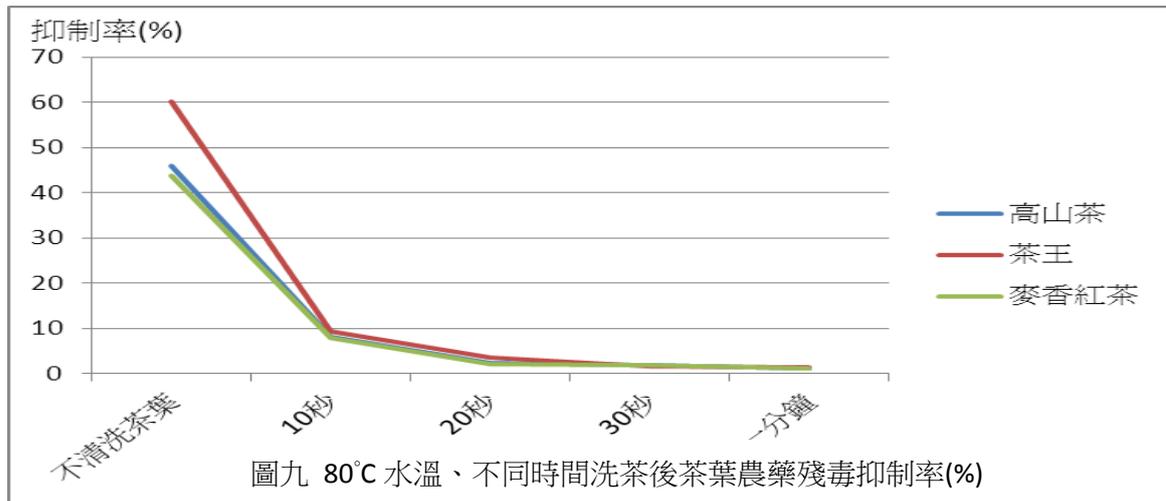
表八 80°C 水溫、不同時間洗茶茶水農藥殘毒抑制率(%)

茶水 抑制率(%) 不同時間	高山茶	茶王	麥香紅茶
原來茶葉農藥抑制率	46.02	60.23	43.86
10 秒洗茶茶水抑制率	38.02	51.23	36.81
20 秒洗茶茶水抑制率	43.89	57.35	41.76
30 秒洗茶茶水抑制率	44.35	58.56	42.02
一分鐘洗茶茶水抑制率	45.12	59.63	43.02



表九 80°C 水溫、不同時間洗茶後茶葉農藥殘毒抑制率(%)

茶葉 抑制率(%) 不同時間	高山茶	茶王	麥香紅茶
不清洗的茶葉抑制率	46.02	60.23	43.86
洗茶 10 秒後倒掉水 茶葉抑制率	8.02	9.29	7.85
洗茶 20 秒後倒掉水 茶葉抑制率	2.29	3.56	2.15
洗茶 30 秒後倒掉水 茶葉抑制率	1.85	1.69	1.89
洗茶一分鐘後倒掉水 茶葉抑制率	1.02	1.38	1.23



## (二)發現與討論：

1. 實驗數據顯示經過 80°C 水溫搖晃 20 至 30 秒洗茶後的茶水中含有原來茶葉農藥殘毒的 95 %-96 %，將這第泡洗茶的茶水倒掉不喝，就可去除原茶葉中絕大部分農藥殘毒。
2. 使用熱水 80°C 洗茶，發現 30 秒與一分鐘的農藥抑制率都剩下 1%多，30 秒就可以跟一分鐘有差不多的效果，所以不需洗到一分鐘。
3. 雖然在實驗六中發現 100°C 水溫、時間一分鐘洗茶，農藥抑制率下降程度到 98 %-99 % 效果很好，但顧及太長的時間及太熱的水會讓茶香、營養流失，這個實驗尋找到採用 80°水溫、時間 20 秒至 30 秒，是最佳的洗茶溫度及時間的選擇。

## 陸、結論

- 一、本研究利用簡單材料及光敏電阻感光強弱，影響三用電表檢測出的電阻數值原理製作比色儀器，經過一代儀器改良缺點後成功製成第二代 9\*7\*6cm 小巧易攜、有三個隔間室讓測試光束集中且隔絕外界光線干擾的可攜式比色儀，可供居家使用快速檢測食品農藥。
- 二、因二代自製儀器木製較費工費時，用 Tinkercad 程式繪製儀器 3D 設計圖，再用 3D 印表機列印出儀器成品，將方便量產提供大眾居家使用。
- 三、本實驗試劑所需劑量使用較小刻度  $\mu\text{l}$ (0.01 cc)，我利用成本不到十元的胰島素注射針筒替代四、五千元微量滴管，單位刻度可適用抽取檢測農藥藥劑的量。
- 四、利用不同濃度藍色硫酸銅水溶液來確認自製儀器可以判斷濃度大小，水溶液的濃度大、光敏電阻測出的電阻大，也發現不能使用與水溶液同色系 LED 燈來做為儀器的光源。

- 五、使用酵素等藥劑與呈色劑反應黃色生成物配置不同濃度，再與簡易比色儀的測出的濃度觀察相關性及靈敏度，發現農藥殘毒檢測實驗，自製儀器最適合搭配的光源是紫色 LED。
- 六、使用自製儀器與分光光度計測量茶葉農藥抑制率時數值相近，顯示自製比色儀器確可替代分光光度計進行農藥殘毒測量。
- 七、抽樣測試市售茶葉、茶包農藥殘毒抑制率，發現部分茶葉茶包有氨基甲酸鹽及有機磷兩類農藥殘毒，如拿茶葉入菜直接食用，像抹茶蛋糕、或是綠茶粉之類直接拿茶葉磨成粉食用，要注意吃到農藥殘毒。
- 八、室溫泡出的冷泡茶茶水中殘毒農藥較少，用 80°C 和 100°C 的熱水沖泡有農藥殘毒的茶葉，茶水中抑制率與未泡水的茶葉抑制率接近，約為原茶葉的 96% 以上，可見若茶葉、茶包若有農藥殘毒再以高溫熱水沖泡後，農藥殘毒幾乎都在高溫的茶水中被我們喝下。
- 九、高溫的水泡茶既然會喝到農藥殘毒的茶水，第一泡茶當成是清洗茶葉後將它倒掉，100°C 沸水清洗茶葉一分鐘能洗去 97-99 % 農藥殘毒，發現倒掉第一泡洗茶茶水也洗去茶香。
- 十、發現 80°C 的水溫洗茶，快速地搖晃茶葉 20-30 秒後將第一泡茶水倒掉，可去除 96 % 的農藥殘毒，並且洗過的茶葉經儀器測試農藥抑制率發現，洗茶 30 秒跟洗茶一分鐘的抑制率差不多，都剩下 1% 上下，所以用 80°C、20-30 秒洗茶去除農藥殘毒的最佳洗茶溫度及時間。

## 柒、參考資料

- 一、行政院農委會動植物防疫檢驗局(2008-11-12)。農藥類別及其毒性。取自網址  
<http://pesticide.baphiq.gov.tw/web/briefDetailView.aspx?sn=31>
- 二、洪堯民(2003)。漫談常見的農藥中毒。高雄榮總醫訊 6 卷 9 期。取自網址  
<http://cms03p.vghks.gov.tw/periodical/asp/contents.asp?txtVolume=6&txtIssue=9>
- 三、行政院農委會動植物防疫檢驗局(2008-11-12)。我國農藥管理及其展望。取自網址  
<http://pesticide.baphiq.gov.tw/web/briefDetailView.aspx?sn=34>
- 四、巫嘉昌(2001)。茶菁中氨基甲酸鹽殺蟲劑之殘毒量研究。台灣茶葉研究彙報 20:43-52。
- 五、巫嘉昌(2003)。茶菁中有機磷殺蟲劑殘毒量研究。台灣茶葉研究彙報 22:101-112。
- 六、黃鎮華等 (2008)。層析質譜檢測技術在農產品農藥殘毒分析之應用。農政與農情 187 期。

- 七、鄭允等(1996)。農藥殘毒快速檢驗技術之研發。台灣省農業試驗所特刊 57:87-94。
- 八、Ellman K. et al.(1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7, 88-95.
- 九、林志成等( 2012)。第 4 章分子吸收光譜法。儀器分析 2 版。台北市:華格那出版社。
- 十、江賢龍等(2006)。光敏電阻。基礎電子實習下冊(206-211 頁)。台北市：台科大。

## 【評語】 030817

1. 邏輯表達清楚、流暢。
2. 實驗設計完整，有實作精神。
3. 報告呈現，最好將不同農藥的檢測分開表示，以免影響判讀。
4. 在地鄉土化，具有實用價值。