

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組 化學科

佳作

050212

暗箱來找「茶」

—利用自製暗箱偵測溶液的抗氧化能力

學校名稱：國立新竹高級中學

作者： 高二 黃冠維 高二 張原嘉	指導老師： 劉淑如
-------------------------	--------------

關鍵詞：氧化還原、化學發光、自製暗箱

摘要

本篇利用改良過的暗箱及裝設光敏電阻，研究哪些變因會影響魯米諾的化學發光亮度。實驗結果顯示，氫氧化鈉、赤血鹽、過氧化氫及魯米諾的濃度，會影響魯米諾的發光亮度。魯米諾在低濃度時，濃度與發光亮度成正比，而抗氧化劑會抑制魯米諾的發光亮度，我們利用此特性做出單寧酸和維生素 C 濃度與發光亮度的檢量線，進一步判斷紅茶及綠茶在回沖數次後，紅茶及綠茶的茶水內抗氧化劑的相對含量。另外我們發現葡萄糖對魯米諾最大發光亮度有增敏現象，利用此一性質做出葡萄糖與發光亮度的檢量線，希望藉由此實驗開發出檢測人體血糖濃度的方法，作為糖尿病的檢測依據。

壹、研究動機

在一個打掃完實驗室的傍晚，看著夕陽餘暉緩緩消逝，路旁燈光盞盞點起，我們看著昏暗的光芒，搭配著月光，帶有了一些美麗與神祕。躺在沙發上，無意識地轉著頻道而看到了一部偵探片，影片中有一特殊試劑，只要沾到血液後就產生藍光，覺得神奇，引發了我的好奇心。查了資料後，發現此一試劑為魯米諾。魯米諾加上氧化劑就會進行氧化還原反應而發出藍光。但學校並無螢光儀可供研究，故想自製一個裝置用於測量魯米諾的發光亮度。查了相關文獻後，雖然有人發展出測量裝置，但靈敏度可再提升，於是我們試圖改良裝置，並想藉此裝置開發一個不需依靠貴重儀器，簡易且攜帶方便的單寧酸檢測法。此實驗可與高中課綱泰宇版選修化學第五章氧化還原反應做呼應。

貳、研究目的

- 一、利用改良版暗箱及程式分析發光亮度。
- 二、探討魯米諾在不同環境下的發光亮度。
- 三、以魯米諾的發光亮度繪製單寧酸、維生素 C 和葡萄糖濃度的檢量線。
- 四、利用單寧酸之檢量線，測量在不同浸泡時間下(1min 及 2min)，紅茶及綠茶在回沖數次後，茶水的抗氧化劑的相對含量。

參、研究設備及器材

一、藥品：

魯米諾 luminol (Ferak)	過氧化氫 H ₂ O ₂ 35% (Choneye pure chemicals)	氫氧化鈉 NaOH(Showa)
赤血鹽 K ₃ Fe(CN) ₆ (Wako pure chemical industries,LTD)	單寧酸(Kojima chemical co.,LTD)	左旋維生素 C (HERNG JANG)
紅茶茶葉(樂水茗)	綠茶茶葉(司迪生)	葡萄糖(KOJIMA CHEMICAL CO, LTD)

二、器材

自製暗箱	arduino 程式板	光敏電阻	電腦
電子天平	磁石加熱攪拌器+攪拌子	燒杯： 50ml,100ml,250ml	洗瓶
分度吸量管：10ml	試管及試管架	微量吸量管	刮勺
秤量紙	玻棒	樣品瓶	定量瓶： 25ml,100ml,250ml,500ml
抽濾瓶	平底漏斗	抽濾裝置	溫度計

肆、實驗原理

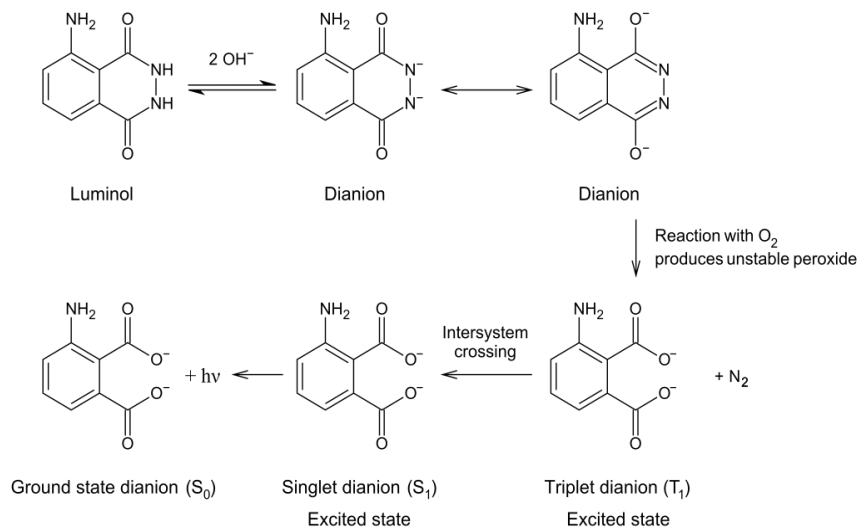
一、Luminol 發光原理(參考資料一)

魯米諾(英文：Luminol)，又稱發光胺、光敏靈，是常見的化學發光試劑，發光機制如下：

- (一)魯米諾與氫氧化物反應生成雙陰離子。
- (二)此雙陰離子被過氧化氫分解出的氧氣氧化形成過氧化物。
- (三)此過氧化物很不穩定，立即分解出氮氣，生成激發態的 3-胺基鄰苯二甲酸。
- (四)激發態回到基態時，能量以光子形式放出，波長位於可見光的藍色(425nm)部分。



(圖一)



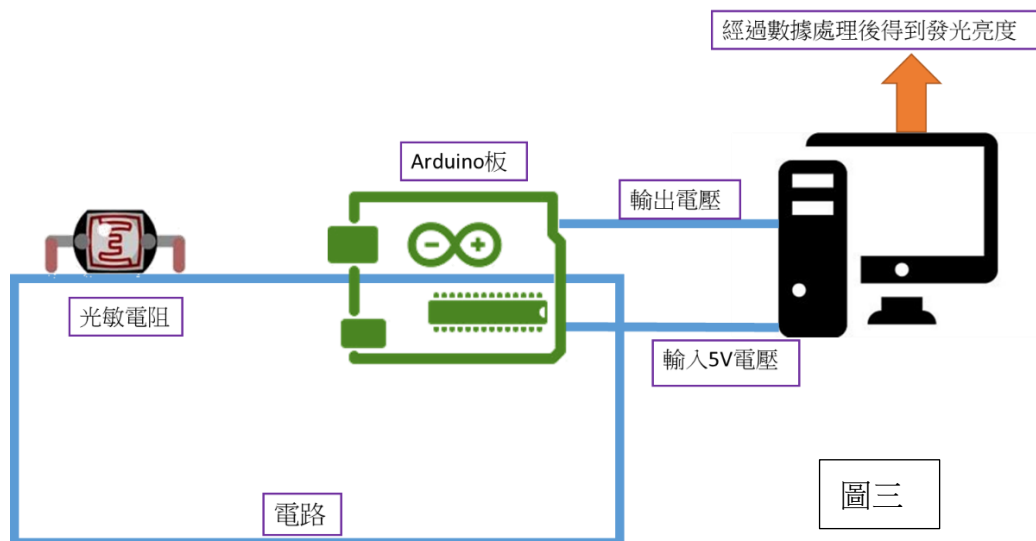
圖(二)

二、光敏電阻原理

光敏電阻的原理是利用光導的性質，當半導體材料吸收光子時產生移動的自由電子，使得電阻值減小。光強度越大，越多游移的自由電子讓光敏電阻的電阻值越小。因此可由光敏電阻的電阻值判斷光的強度。

三、最大發光亮度計算方法

當入射到光敏電阻的光子數增多時，光敏電阻的電阻值會下降，造成通過光敏電阻的電壓下降，進而使 Arduino 板輸出的電壓上升。Arduino 板將偵測到的電壓送至電腦，電腦經線性運算後把數值調至 0-4096 之間顯示於電腦上，因此輸出值越大，代表發光的強度越強。



四、最大發光亮度代表意義

魯米諾發光放光強度如下所示(參考文獻四)

$$I_{CL} = \phi_{CL} \times \frac{dC}{dt}$$

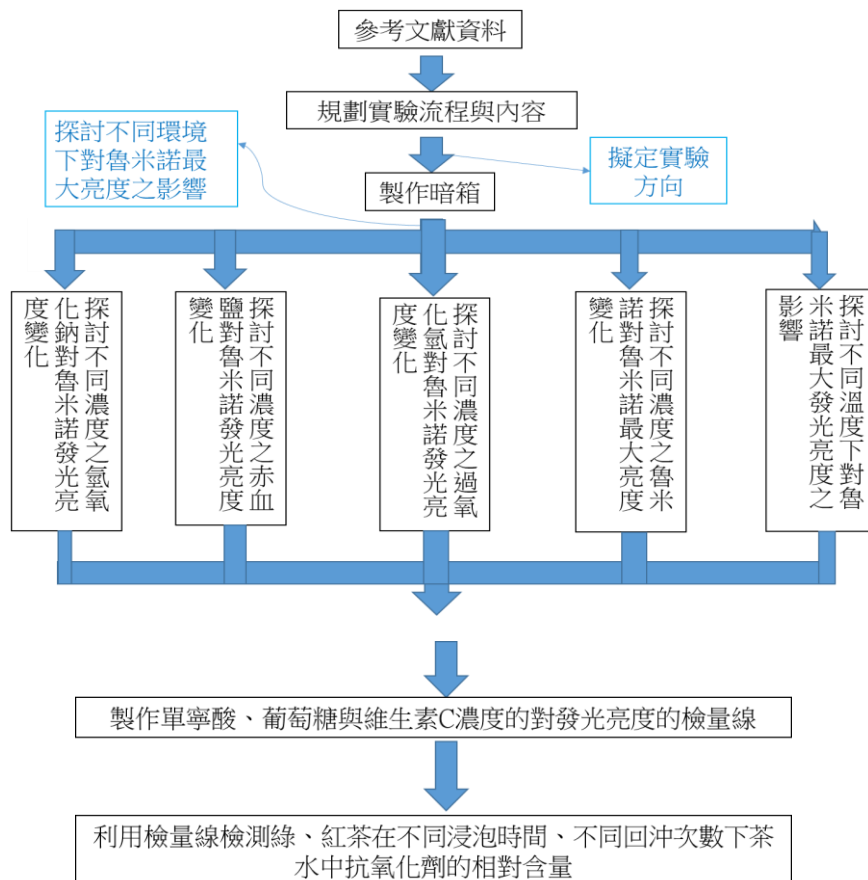
I_{CL} ：放光強度(photons/s)

ϕ_{CL} ：量子產率(photons emitted per molecule reacted)

$\frac{dC}{dt}$ ：化學反應速率

因為魯米諾在水溶液中量子產率為 11.5%。由上面公式可知其放光強度和化學反應速率成正比，又電腦換算數值與放光強度(每秒釋出光子數)成正比，-h 故電腦得出發光最大亮度可代表魯米諾的反應速率。在往後的實驗中我們將電腦換算數值直接表示放光最大亮度，同時亦代表魯米諾的反應速率。

伍、研究過程與方法



圖四

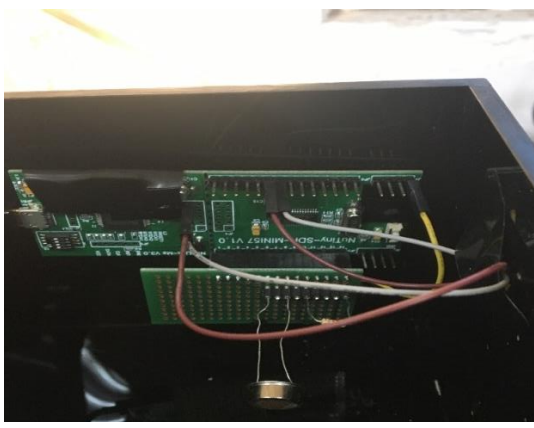

一、自製魯米諾發光強度測量裝置

(一)初始版暗箱(見附錄二)

(二)改良版實驗用暗箱

使用黑色壓克力板製作暗箱，規格如下圖所示。在暗箱內部的麵包板有光敏電阻以及與光敏電阻串聯的其他電阻，此麵包板與 arduino 板連接後，將訊號傳至電腦，利用改寫過的程式碼將發光強度輸出儲存進行研究。

暗箱本體圖		
附註	圖五	圖六 左下之開口：使電線得以順利接出外界
暗箱上蓋圖		
附註	圖七	圖八 左孔：混和液注入孔，右孔：溫度計

暗箱外觀圖		
附註	圖九 光敏電阻裝置	圖十 暗箱組裝圖

(三)發光強度收集方法

- 1.把程式打開，開啟讀值模式，可見螢幕上有讀值不斷出現。
- 2.將裝有待測液的燒杯放置在固定點，內含攪拌子。
- 3.把加熱攪拌器開啟攪拌模式，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌。
- 4.將上蓋闔上，可見電腦上光敏電阻的讀值逐漸下降。
- 5.把裝有注入液的微量吸管插入上蓋的孔中。
- 6.等待讀值降到 0 時開啟存檔模式。
- 7.當混和液混合 2min 後，按壓微量吸管，此時可見數值明顯上升。
- 8.發光完畢後關閉存檔模式，找尋最高的發光數值並記錄。

二、探討不同 $\text{NaOH}_{(aq)}$ 濃度對 luminol 的發光強度變化

- (一)將 5g NaOH 和 0.01g Luminol 配置成 250ml 的溶液，稱為 A_1 液。
- (二)將 10g NaOH 配置成 100ml 溶液，稱為 A_2 液。
- (三)將 A_1 液和 A_2 液和水依比例混合，配置成不同濃度(0.25M、0.5M、0.75M、1M、1.25M) 的 NaOH 溶液，稱為 A 液。
- (四)將 6ml 30% H_2O_2 加水稀釋成 25 毫升溶液，形成 B_1 液。
- (五)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B_2 液。
- (六)將 B_1 液及 B_2 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，開始計時兩分鐘後，用微量吸管吸出。

(七)將不同濃度 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(八)觀察電腦讀值並記錄最大亮度。

三、探討不同的赤血鹽_(aq)濃度對 luminol 的發光強度變化

(一)將 10g NaOH 和 0.01g Luminol 配置成 250ml 的溶液稱為 A 液。

(二)將 6ml 30% $H_2O_{2(aq)}$ 加水稀釋成 25 毫升溶液，稱為 B₁ 液。

(三)分別將 0.15g、0.3g、0.45g、0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，形成不同濃度的 B₂ 液。

(四)將 B₁ 液及不同濃度的 B₂ 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。

(五)將 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(六)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光強度。

四、探討不同的 $H_2O_{2(aq)}$ 濃度對 luminol 的發光強度變化

(一)將 10g NaOH 和 0.01g Luminol 配置成 250ml 的溶液，一次取 10ml 形成 A 液放入試管。

(二)分別將 1.5ml、3ml、4.5ml、6ml 的 30% $H_2O_{2(aq)}$ 加水稀釋成 25 毫升溶液，形成不同濃度的 B₁ 液。

(三)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，形成 B₂ 液。

(四)將 10ml A 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(五)將不同濃度的 B₁ 液及 B₂ 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。

(六)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。

五、探討不同的 luminol_(aq)濃度對 luminol 的發光強度變化

(一)將 4gNaOH 配置成 100ml 的溶液，形成 A₁ 液。

(二)將 4gNaOH 和 0.05g luminol 配置成 100ml 的溶液，形成 A₂ 液。

(三)依比例混和 A₁ 和 A₂ 液，使 luminol 濃度分別為 0.005g、0.01g、0.02g、0.03g、0.04g、0.05g 每 100ml。

(四)將 6ml 30% $H_2O_{2(aq)}$ 加水稀釋成 25 毫升溶液，稱為 B₁ 液。

(五)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B₂ 液。

(六)將 B₁ 液及 B₂ 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。

(七)將不同濃度的 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(八)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。

六、探討微量 luminol_(aq)濃度對 luminol 的發光強度變化

(一)將 10gNaOH 和 0.0125g luminol 配置成 250ml 的溶液，稱為 A₁ 液。

(二)將 10gNaOH 配置成 250ml 的溶液，稱為 A₂ 液。

(三)拿取不同比例的 A₁、A₂ 液，配置成不同濃度的 A 液。

濃度	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	g/100ml
A ₁	1	2	4	6	8	10	(ml)
A ₂	9	8	6	4	2	0	(ml)

表一

(四)將 6ml 30%H₂O_{2(aq)}加水稀釋成 25 毫升溶液，稱為 B₁ 液。

(五)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B₂ 液。

(六)將不同濃度的 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(七)將 B₁ 液及 B₂ 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。

(八)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。

七、探討不同的 luminol_(aq)濃度對 luminol 的發光強度變化

(一)分別將 0.005g、0.01g、0.02g、0.03g、0.04g、0.05g 的 Luminol 和 4gNaOH 配置成 100ml 的溶液，形成不同濃度的 A 液，每次取 10ml 放入試管中。

(二)將 6ml 35%H₂O_{2(aq)}加水稀釋成 25 毫升溶液，稱為 B₁ 液。

(三)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B₂ 液。

(四)將 B₁ 液及 B₂ 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。

(五)將不同濃度的 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪

拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(六)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。

八、研究 luminol 在高濃度下的非線性關係

(一)將 4gNaOH 和 0.01g luminol 配置成 100ml 的溶液，形成 A₂ 液。

(二)將 10gNaOH 配置成 250ml 的溶液，形成 A₁ 液。

(三)拿取不同比例的 A₁、A₂ 液，配置成不同濃度的 A 液。

濃度	0	0.002	0.004	0.006	0.008	0.01	g/100ml
A ₁	0	2	4	6	8	10	(ml)
A ₂	10	8	6	4	2	0	(ml)

表二

(四)將 6ml 30% H_2O_2 (aq) 加水稀釋成 25 毫升溶液，稱為 B₁ 液。

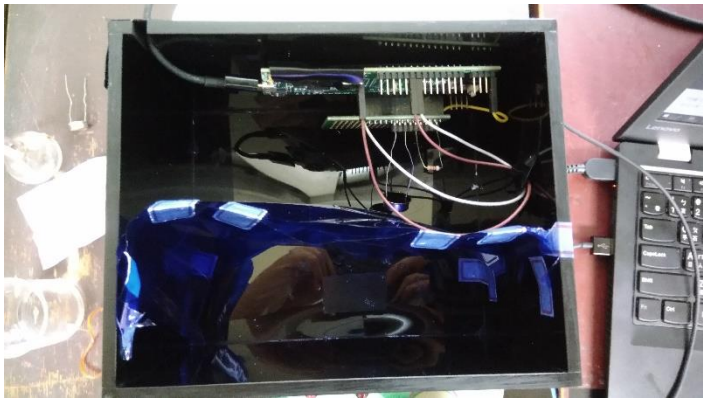
(五)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B₂ 液。

(六)將 B₁ 液及 B₂ 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。

(七)將不同濃度的 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。




(八)在光敏電阻和燒杯中放置三層玻璃紙等比例減低光線

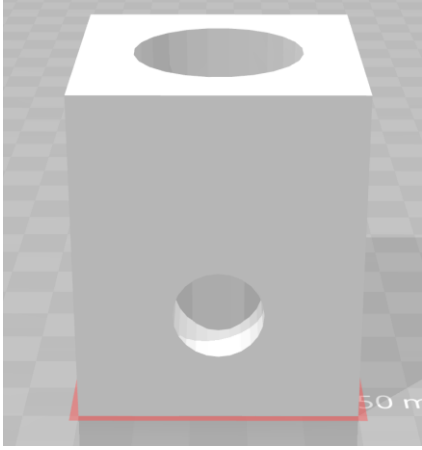
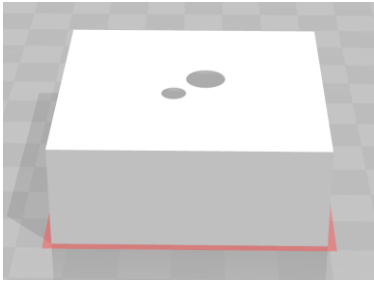
(九)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。

玻璃紙擋光裝置	
附註	圖十一 經過測試後，我們選擇疊三張玻璃紙來擋光，使得發光亮度在暗箱偵測極限內

九、探討不同溫度下 luminol 的發光強度變化

- (一)將 10g NaOH 和 0.05g Luminol 配置成 250ml A₁ 液，取 50ml A₁ 液和 8g NaOH 配置成 250ml A₂ 液，再拿取 25ml 的 A₂ 液加入 9g NaOH 配置成 250ml A₃ 液。
- (二)將 2.4ml 30% $H_2O_{2(aq)}$ 加水稀釋成 100 毫升溶液，稱為 B₁ 液。
- (三)將 0.24g 赤血鹽配置成 100 毫升溶液，稱為 B₂ 液。
- (四)將 B₁ 液及 B₂ 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。
- (五)將 10mlA₃ 液隔水分別加熱至 5°C、15°C、25°C、35°C、45°C、55°C、65°C。
- (六)將不同溫度下的 A 液倒入樣本瓶中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌後，置於隔熱容器並全部放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。
- (七)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。

自製保溫裝置		
附註	圖十二 以 3D 列印製作裝置	圖十三
暗箱外觀		
附註	圖十四 因為我們自製的保溫裝置較小，所以兩放置電子溫度計與微量吸量管的兩口間距較暗箱上蓋小，所以我們以黑色膠帶覆蓋取代原先上蓋。因為在膠帶覆蓋時亮度也是 0，仍然能驗證實驗的精準度。	

自製保溫裝置 設計圖		
附註	圖十五 裝置本體	圖十六 裝置上蓋

十、研究不同單寧酸_(aq)濃度對 Luminol 發光強度影響

(一)將 20g NaOH 和 0.02g Luminol 配置成 100ml 的溶液，一次取 5ml 形成 A₁液放入試管中。

(二)將 0.34g 的單寧酸配置成 100ml 的溶液，取 10ml 再稀釋成 100ml 溶液，成為 A₂液

(三)拿取不同比例的 A₁、A₂、A₃和水，配置成不同濃度的 A 液。

單寧酸濃度 (x10 ⁻⁵ M)	0	2	4	6	8	10
A ₁ (ml)	5	5	5	5	5	5
A ₂ (ml)	0	1	2	3	4	5
水(ml)	5	4	3	2	1	0

表三

(四)將 6ml 30%H₂O₂ 加水稀釋成 25 毫升溶液，稱為 B₁液。

(五)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B₂液。

(六)將不同濃度的 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(七)將 B₁液及 B₂液各取 0.5ml 混合，形成 1mlB 液，用微量吸管吸出。

(八)等待 2min，在室溫下，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大亮度。

(九)將數次紀錄去除極端值後取平均值。

十一、研究紅茶茶葉、綠茶茶葉在不同單位時間(1min、2min)回沖數次後紅茶內單寧酸之含量

(一)1 分鐘紅茶茶葉沖泡方法

- 1.取 1g 紅茶茶葉，加入 100⁰C、50g 之熱水，計時 1min。
- 2.時間到後，將茶進行抽濾分離溶液與茶葉，持續 3 分鐘後，得到第一泡紅茶原液。
- 3.將泡過的茶葉再加入 100⁰C 熱水，計時 1min 後將茶葉抽濾，得到第二泡紅茶原液。
- 4.重複上述動作，得到第三、四、五 泡一分鐘紅茶原液。

(二)2 分鐘紅茶茶葉沖泡方法

- 1.取 1g 紅茶茶葉，加入 100⁰C、50g 之熱水，計時 2min。
- 2.時間到後，將茶進行抽濾分離溶液與茶葉，持續 3 分鐘後，得到第一泡紅茶原液。
- 3.將泡過的茶葉再加入 100⁰C 熱水，計時 2min 後將茶葉抽濾，得到第二泡紅茶原液。
- 4.重複上述動作，得到第三、四、五 泡兩分鐘紅茶原液。

(三)1 分鐘綠茶茶葉沖泡方法

- 1.取 1g 綠茶茶葉，加入 100⁰C、50g 之熱水，計時 1min。
- 2.時間到後，將茶進行抽濾分離溶液與茶葉，持續 3 分鐘後，得到第一泡綠茶原液。
- 3.將泡過的茶葉再加入 100⁰C 熱水，計時 1min 後將茶葉抽濾，得到第二泡綠茶原液。
- 4.重複上述動作，得到第三、四、五 泡一分鐘綠茶原液。

(四)2 分鐘綠茶茶葉沖泡方法

- 1.取 1g 綠茶茶葉，加入 100⁰C、50g 之熱水，計時 2min。
2. 時間到後，將茶進行抽濾分離溶液與茶葉，持續 3 分鐘後，得到第一泡紅茶原液。
- 3.將泡過的茶葉再加入 100⁰C 熱水，計時 2min 後將茶葉抽濾，得到第二泡紅茶原液。
- 4.重複上述動作，得到第三、四、五 泡二分鐘紅茶原液。

(五)稀釋上述原液 10 倍，得到一分鐘紅茶稀釋液、二分鐘紅茶稀釋液、一分鐘綠茶稀釋液、二分鐘綠茶稀釋液。

(六)20gNaOH 和 0.02g Luminol 配置成 250ml 的溶液，稱為 A₁ 液。

(七)取 5ml 不同的稀釋液與 5ml A₁ 液混合為不同濃度之 A 液，倒入燒杯中，內含攪拌子，

使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。

(八)將 6ml 30% H_2O_2 加水稀釋成 25 毫升溶液，形成 B_1 液。

(九)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B_2 液。

(十)將 B_1 液及 B_2 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。

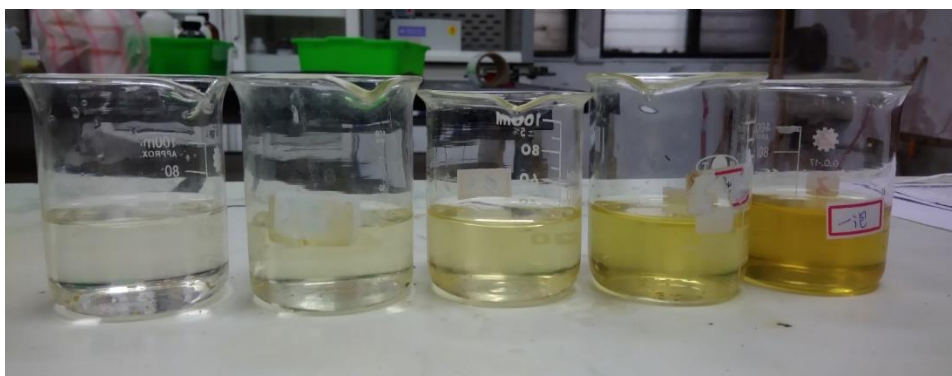
(十一)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。



圖十七 由右到左分別為第(一、二、三、四、五)泡紅茶 1min 原液。)



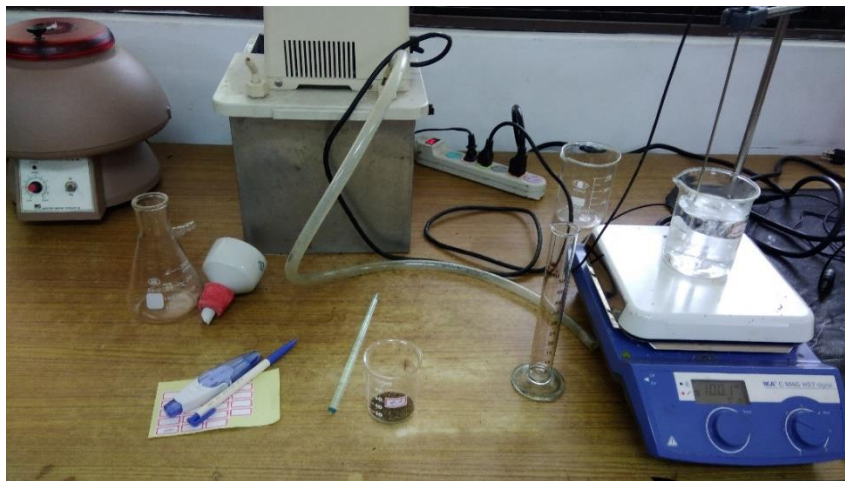
圖十八 (由左到右分別為第(一、二、三、四、五)泡紅茶 2min 原液。)



圖十九 (由右到左分別為第(一、二、三、四、五)泡綠茶 1min 原液。)



圖二十 (由右到左分別為第(一、二、三、四、五)泡綠茶 2min 原液。)



圖二十一 實驗裝置圖

十二、維生素 C 濃度對 luminol 最大亮度變化

(一)將 20gNaOH 和 0.02g Luminol 配置成 250ml 的溶液，稱為 A₁ 液。

(二)將 0.176g 維生素 C 配置成 100ml 的溶液，調配出 $1 \times 10^{-2}M$ 維生素 C 溶液，稱為 A₂ 液，與 A₁ 液進行混合，形成不同維生素 C 的 A 液。

維生素 C 濃度	維生素 C(ml)	水(ml)	A 液(ml)
0M	0	5	5
0.001M	1	4	5
0.002M	2	3	5
0.003M	3	2	5
0.004M	4	1	5
0.005M	5	0	5

表四

- (三)將 6ml 30% H_2O_2 加水稀釋成 25 毫升溶液，形成 B_1 液。
- (四)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B_2 液。
- (五)將 B_1 液及 B_2 液各取 0.5ml 混合，形成 B 液，用微量吸管吸出。
- (六)等待 2min，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大發光亮度。

十三、研究不同葡萄糖_(aq)濃度對 Luminol 發光強度影響

- (一)將 20g NaOH 和 0.01g Luminol 配置成 250ml 的溶液，稱為 A_1 液。
- (二)將 10g 的葡萄糖配置成 100ml 的溶液，成為重量百分濃度 10%的葡萄糖溶液，稱為 A_2 液

- (三)拿取不同比例的 A_1 、 A_2 和水，配置成不同濃度的 A 液。

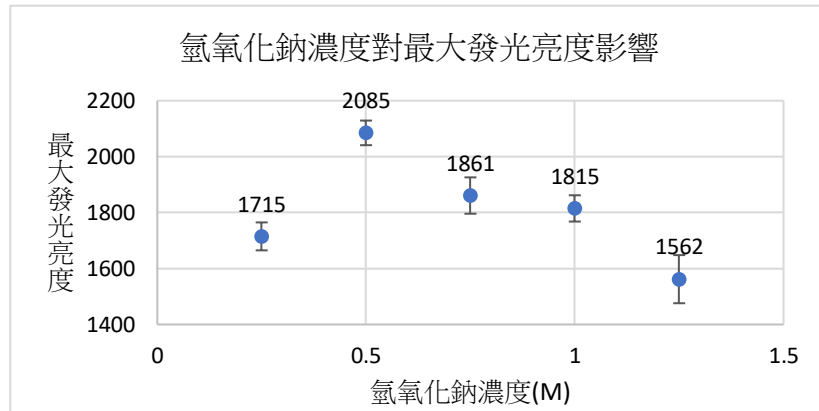
濃度(%)	0	1	2	3	4	5
A_1 (ml)	5	5	5	5	5	5
A_2 (ml)	0	1	2	3	4	5
水(ml)	5	4	3	2	1	0

表五

- (四)將 6ml 30% H_2O_2 加水稀釋成 25 毫升溶液，稱為 B_1 液。
- (五)將 0.6g 赤血鹽配置成 25 毫升溶液，稱為 B_2 液。
- (六)將不同濃度的 10mlA 液倒入燒杯中，內含攪拌子，使攪拌子能夠順利的在溶液中攪拌，放入暗箱中，蓋上蓋子並將微量吸管插入加入口。
- (七)將 B_1 液及 B_2 液各取 0.5ml 混合，形成 1mlB 液，用微量吸管吸出。
- (八)等待 2min，在室溫下，按下微量吸管，觀察電腦讀值並記錄最大亮度。
- (九)將數次紀錄去除極端值後取平均值。

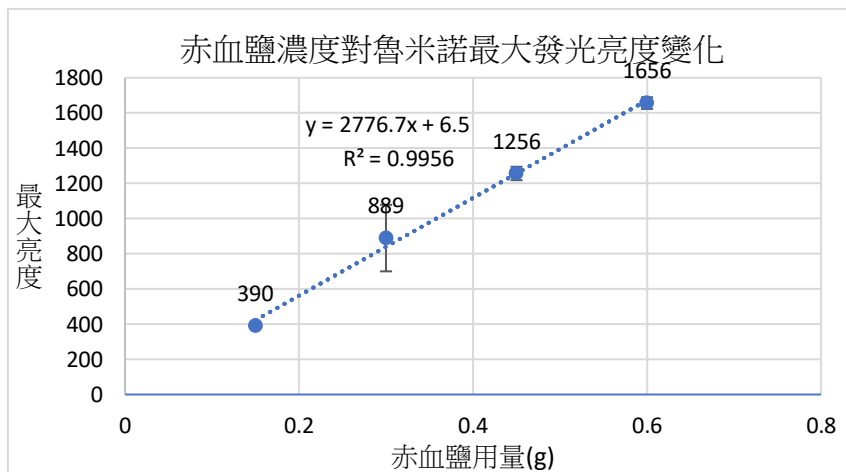
陸、研究結果

一、不同氫氧化鈉濃度對 Luminol 發光強度影響



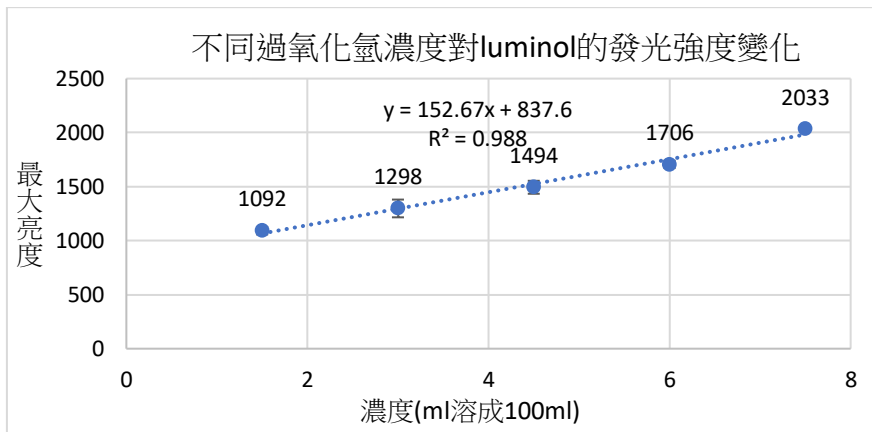
圖二十二

二、不同赤血鹽濃度對 Luminol 發光強度影響



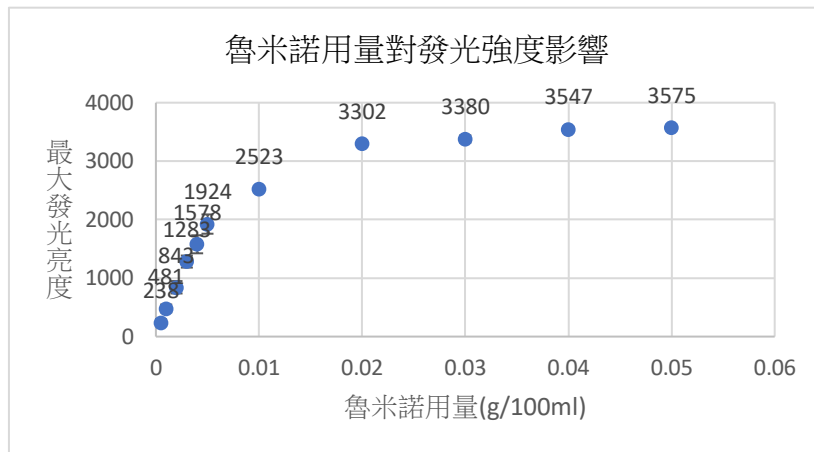
圖二十三

三、不同的過氧化氫濃度對發光強度影響

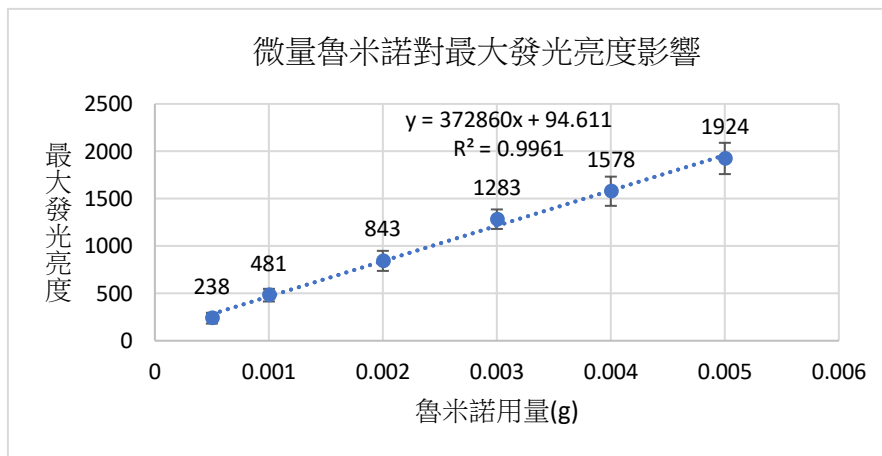


圖二十四

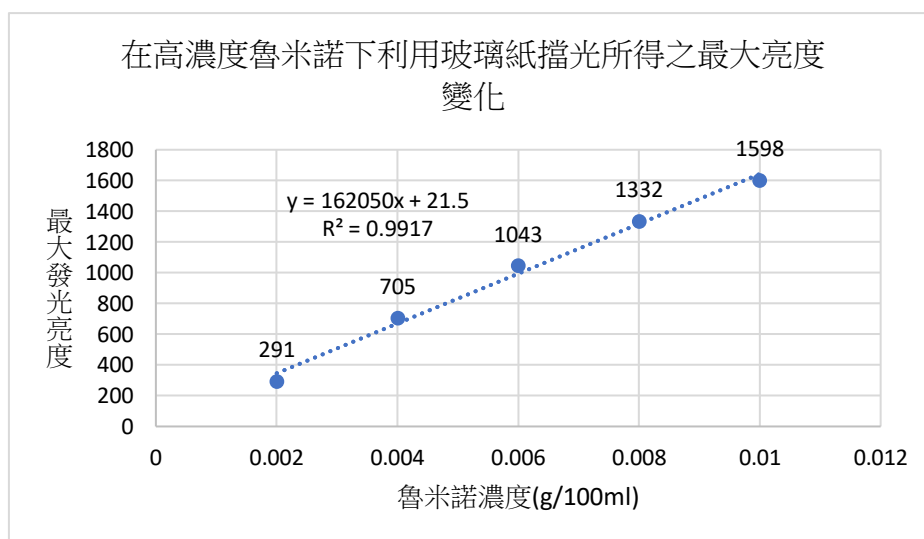
四、不同魯米諾濃度對發光強度影響



圖二十五

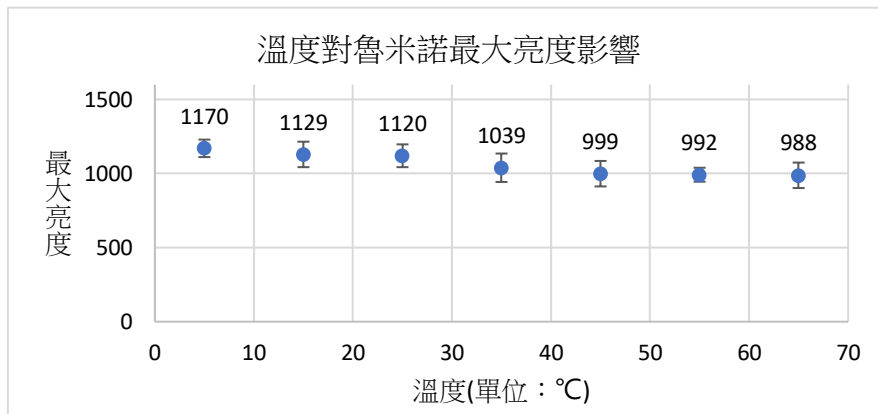


圖二十六



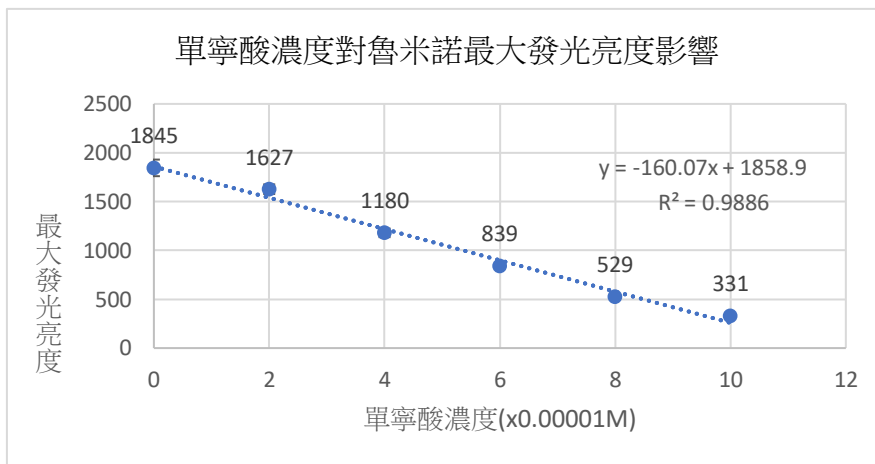
圖二十七

五、不同溫度對 luminol 最大亮度的影響



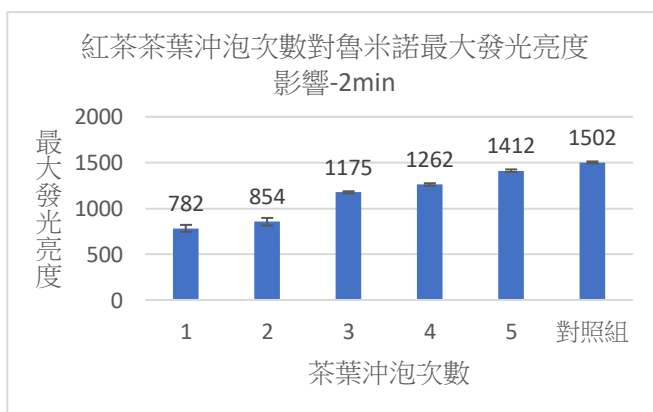
圖二十八

六、不同單寧酸濃度對 luminol 最大亮度變化

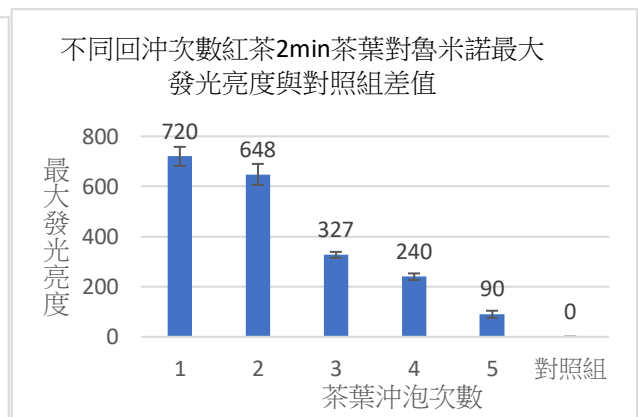


圖二十九

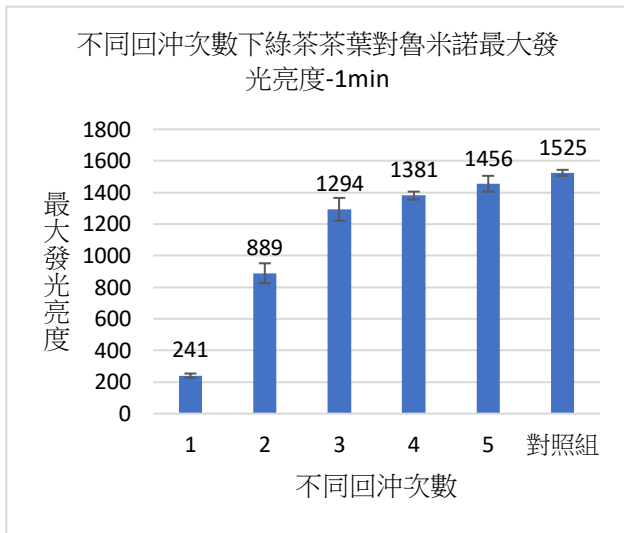
七、紅茶茶葉、綠茶茶葉在不同單位時間(1min、2min)回沖數次後對魯米諾最大亮度變化及與對照組的差值



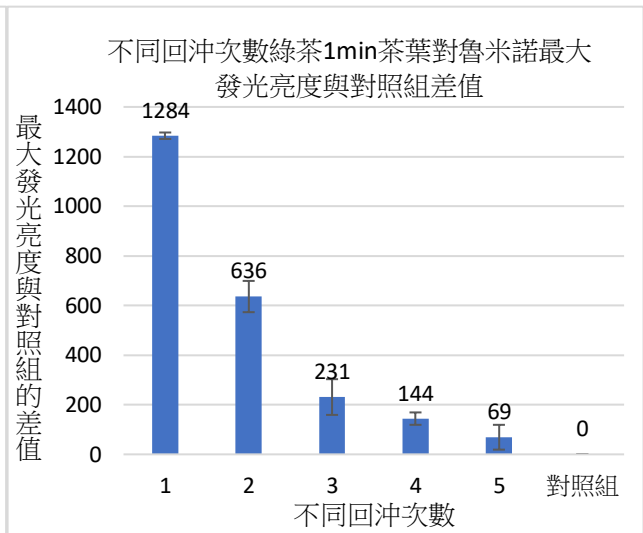
圖三十



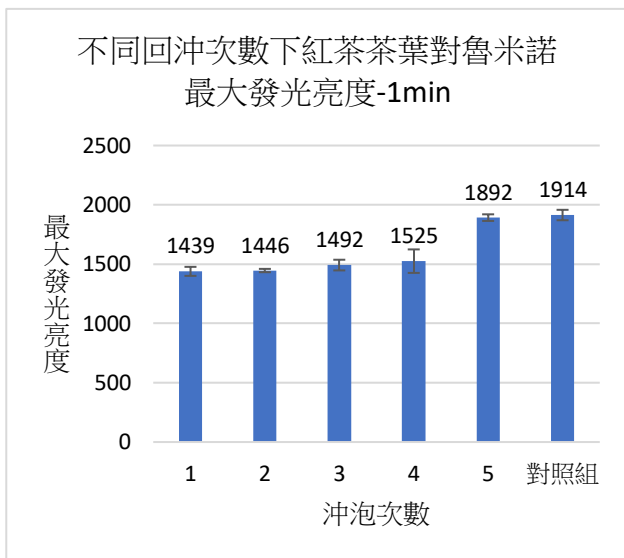
圖三十一



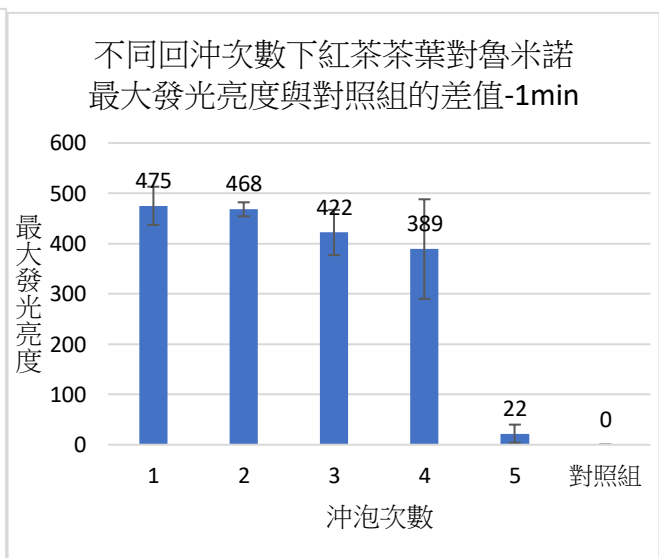
圖三十二



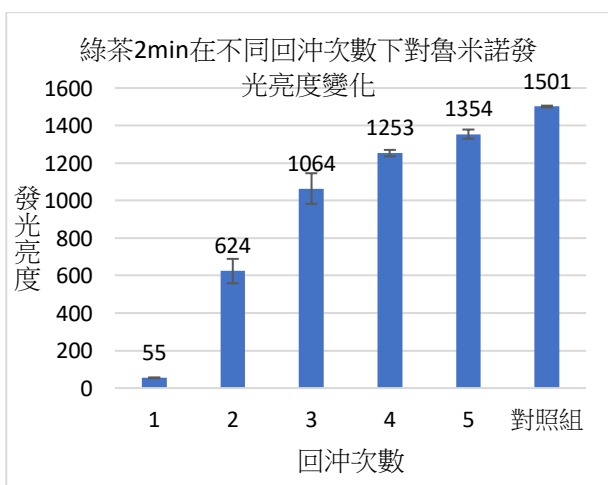
圖三十三



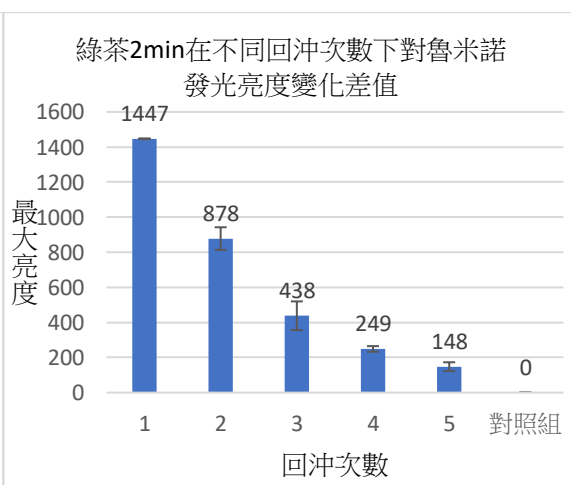
圖三十四



圖三十五

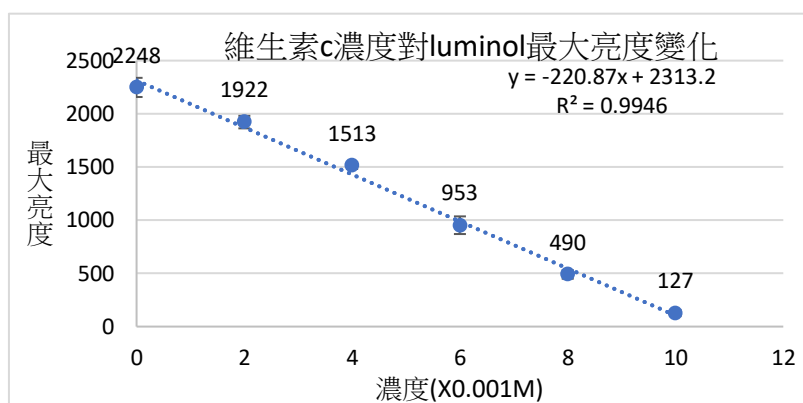


圖三十六



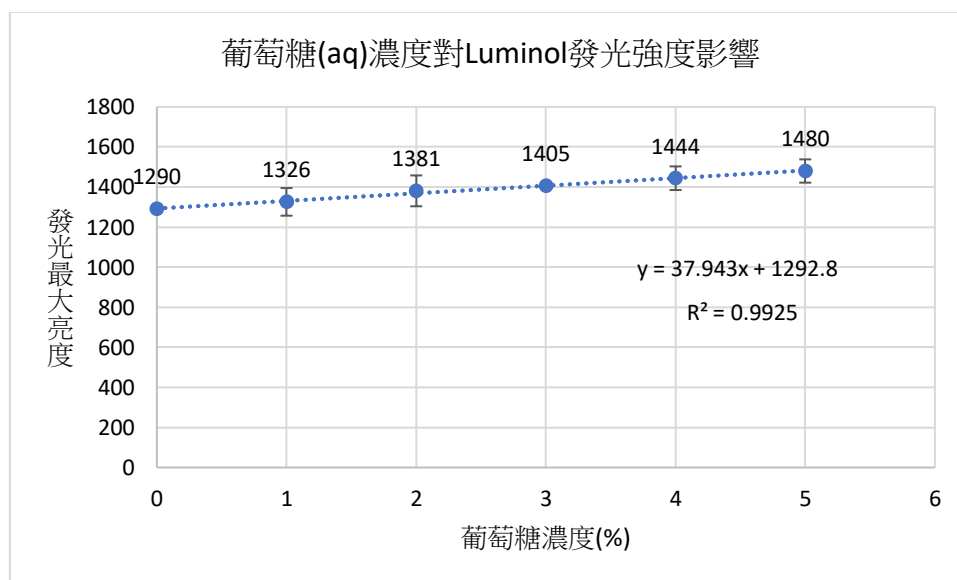
圖三十七

八、探討維生素 C 濃度對 luminol 最大亮度變化



圖三十八

九、不同葡萄糖(aq)濃度對 Luminol 發光強度影響



圖三十九

柒、討論

一、自製魯米諾發光強度測量裝置的討論

(一)第一版實驗用暗箱其優點為材料取得容易，但其缺點為無法歸零，且光敏電阻會因接收到的發光強度過高而燒壞，同時微量吸管的注射孔會因多次使用而變形，造成密合度下降，所以進行改良。

(二)改良過的暗箱，上蓋與暗箱密合度很好，進行測量前可以歸零。在暗箱內部的麵包板將光敏電阻串聯另一電阻，可避免光敏電阻因接收到的發光強度過高而燒壞，延長光

敏電阻壽命，改寫過的程式碼可直接將發光強度輸出儲存進行研究，無須將訊號經由程式轉出 excel 檔再進行研究，並且能將訊號放大，有利於數據分析。

(三)本校並無螢光儀，所以想要自製可以測量螢光強度的裝置。查閱相關文獻之後，發現有人使用三用電表量測光敏電阻之電流值進行研究，雖然搭配了手機錄影分析，但手機攝影規格每秒只有 3-4 張影格，所以我們想要提升裝置靈敏度，採用本實驗改良版的暗箱裝置，可以每 0.1 秒讀取一次數據，可有效提升靈敏度。

(四)利用此自製暗箱測量魯米諾的發光強度時，有最大偵測極限，大約在 2000 左右，因此，若要利用魯米諾的發光強度做檢量線時，必須讓所有數值低於 2000，經由實驗得知，魯米諾的含量必須低於 0.004g/100ml。

(五) 經由實驗發現過氧化氫和赤血鹽混合後，因催化作用使得氧氣量會快速下降，造成魯米諾發光亮度下降，為了控制此變因，我們採用將溶液混合後，靜置 2min 再注入。

(六)在每次實驗開始時，會使用一固定的對照組確認驗箱的穩定性，雖然每次的最大發光亮度有些微不同，但大多位在 1800 左右，可說明此暗箱系統的穩定性高。

二、不同的 $\text{NaOH}_{(aq)}$ 濃度對 Luminol 發光亮度影響

Luminol 要在鹼性下才會形成雙陰離子，於是我們想了解 NaOH 濃度在多大時，發光亮度最大。本次實驗中， NaOH 濃度在 0.5M 時發光強度最大，顯現溶液中氫氧根濃度會影響魯米諾的發光亮度，但過多氫氧根會和過氧化氫形成錯合物，使得過氧化氫的濃度下降，因而發光亮度降低。

三、不同的赤血鹽濃度對 Luminol 發光亮度影響

(一)我們會想研究赤血鹽對 Luminol 發光亮度影響，原因是由觀看的影片了解到血液遇 Luminol 會發光，推測與血液中含有鐵離子有關，因此查閱的相關文獻，發現鐵離子在此反應中扮演氧化劑及催化劑的角色，但鐵離子易與氫氧根產生沉澱，可以將鐵離子形成錯離子來避免沉澱的產生。文獻中顯示，相較於其他含鐵錯離子，赤血鹽是最安定，最不容易產生沉澱，所以選用赤血鹽來研究。

(二)本次實驗中發現，在最大亮度偵測範圍內，赤血鹽濃度與發光亮度成正比例，因為氧化劑及催化劑濃度愈高，反應向右趨勢增加且反應速率變快，發光強度就增加。因此我們亦可利用此系統檢測赤血鹽的濃度。

四、不同的 H_2O_2 濃度對 Luminol 發光亮度影響

H_2O_2 在此實驗中扮演產生 O_2 的角色，當 H_2O_2 濃度愈高，產生的 O_2 愈多，就能生成愈多過氧化物使發光亮度增大。然而過氧化氫濃度對最大發光亮度的濃度對最大發光亮度未成正比只呈線性。我們推測赤血鹽是主要的氧化劑，而 H_2O_2 是次要的氧化劑。赤血鹽為光敏靈能否發出螢光反應的關鍵物質，既是氧化劑亦為催化劑。光敏靈系統的發光機制乃由赤血鹽啟動， H_2O_2 擔任 O_2 的提供者。(參考資料 2)。

五、不同的 luminol_(aq) 濃度用量對發光亮度影響

由於魯米諾是產生螢光的主要物質，所以推測 luminol 濃度與發光亮度應有正相關，實驗結果證實，luminol 濃度在微量時，luminol 濃度與發光亮度的確會成正比，但當濃度大於 0.005g/100ml 時，發光亮度漸趨緩。我們推測原因有二：

1. 光敏電阻的偵測極限：由於光敏電阻的電阻值會受到外界光子的入射而產生改變，當光子數過多時，可能已達光敏電阻的改變上限，進而造成激發出的光子數與電阻值不成正比，上升幅度趨緩。
2. 螢光自噬的結果：當螢光溶液一次釋放出過多光子時，粒子碰撞的結果使得光子能量逸散成熱能，造成發光亮度減低。

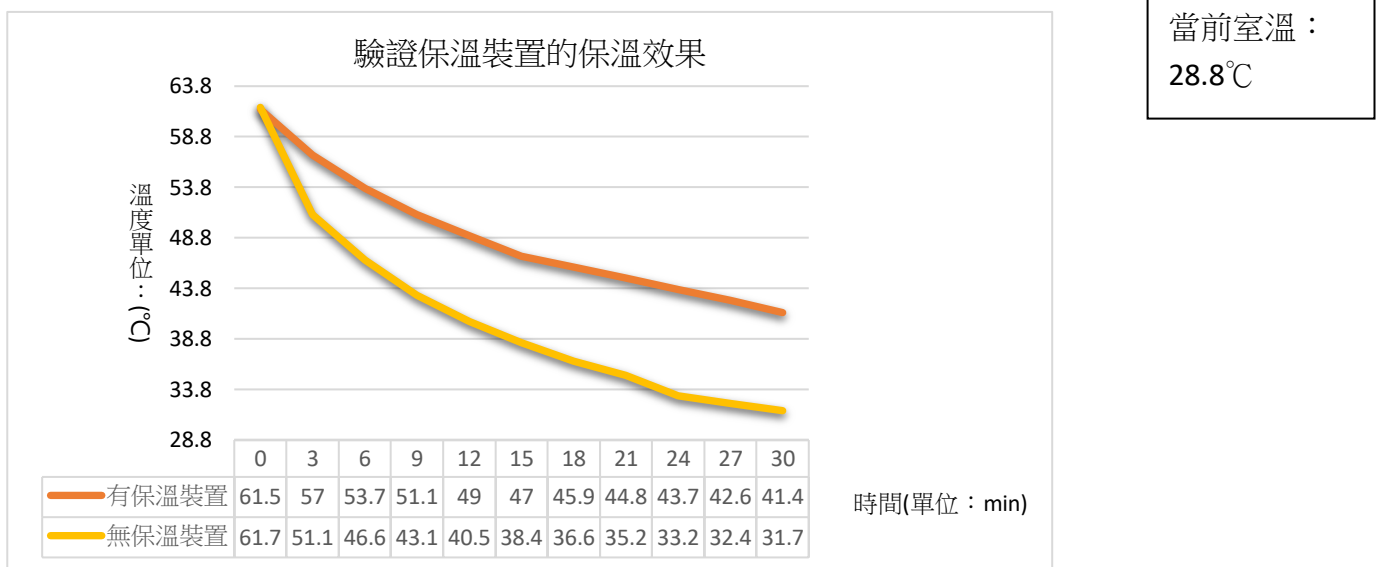
為了找出真正影響發光亮度的原因，我們在溶液和光敏電阻之間加上三層遮光的藍色玻璃紙，使光敏電阻接收到的光子數下降。根據實驗結果四發現，加上玻璃紙後原本趨緩的發光亮度呈現線性關係(如圖 14)，證明發光亮度的趨緩是因為光敏電阻的偵測

極限所致。因此在做單寧酸和維生素 C 濃度與發光亮度的檢量線時，採用 0.004g luminol/100ml 做為對照組溶液，而在做葡萄糖濃度與發光亮度的檢量線時，採用 0.002g luminol/100ml 做為對照組溶液。

本次實驗數據顯示，儘管溫度相差 50°C，發光強度卻相差不到 150，因此推論溫度對 luminol 發光亮度影響不大。

六、不同溫度對 luminol 最大亮度的影響

(一) 為了確認保溫裝置是否有保溫效果，我們進行時間與溫度變化的觀察，結果如下圖所示，由此可知，此裝置具有保溫效果，尤其在高溫下溫度不會瞬間下降。



圖四十

(二) 實驗結果顯示反應溫度越高，最大發光亮度越低，但 5°C 和 65°C 的最大發光亮度相差約 180，顯示溫度變化會影響魯米諾的發光，但差異不大。溫度升高造成發光亮度下降的原因是，因為魯米諾的放光反應為放熱反應，當溫度升高時，根據勒沙特列原理判斷，反應向左移動，產生的光子數降低，發光亮度也隨之下降。

七、不同單寧酸濃度對 luminol 發光亮度的影響

(一) 根據實驗結果發現，當單寧酸濃度越大，發光亮度越低。原因推測如下：

1.單寧酸會與氫氧化鈉進行酸鹼中和，造成氫氧化鈉濃度下降，發光強度降低。

2.單寧酸會與溶液中的 luminol 反應，使得 luminol 濃度降低，發光亮度因而下降。

我們利用 pH 計觀察加入單寧酸之前與之後的 pH 值，發現均維持在 13.81，沒有變化。所以推測，因單寧酸可視為氧化劑，所以能與 luminol 反應，消耗 luminol，造成 luminol 濃度降低，發光亮度因而下降。

(二)因為 luminol 濃度在微量時，luminol 濃度與發光亮度的確會成正比，且加入的單寧酸用量亦與發光亮度呈現線性關係。接下來我們將利用此特性做出單寧酸濃度與發光亮度的檢量線，進一步觀察紅茶在不同的浸泡時間與不同的回沖次數，茶水中的抗氧化劑相對含量。

十一、紅茶茶葉、綠茶茶葉在不同單位時間(1min、2min)回沖數次後對魯米諾最大亮度變化及與對照組的差值

我們選取了兩種不同種類的茶葉，藉由改變沖泡時間及沖泡次數這兩個變因，探討平常喝的茶水中抗氧化劑的相對含量。

(一)當紅茶與綠茶每次浸泡 1min 後，進行過濾與回沖，實驗結果發現，紅茶沖泡到第 5 次、綠茶沖泡到第 3 次時亮度突然增高，意指此時茶水中的抗氧化劑的含量銳減，且綠茶的下降趨勢較紅茶顯著。

(二)當紅茶與綠茶每次浸泡 2min 後，進行過濾與回沖，實驗結果發現，紅茶及綠茶沖泡到第 3 次時亮度突然增高，意指此時茶水中的抗氧化劑的含量銳減，但綠茶的下降趨勢較紅茶顯著。

以上結果我們推測，可能是茶種與茶葉的顆粒大小不盡相同所致。大體上來說，不論紅茶或綠茶，在泡茶時只要喝前兩泡茶水，就能得到茶葉中的大部分的抗氧化劑。

十二、探討不同維生素 C 濃度對 luminol 發光亮度的影響。

實驗結果發現，維生素 C 用量與 luminol 發光亮度呈現線性關係，因為維生素 C 可視為

氧化劑，所以能與 luminol 反應，消耗 luminol，造成 luminol 濃度降低，發光亮度因而下降。根據此結果可做出維生素 C 的檢量線。

十四、不同葡萄糖_(aq)濃度對 Luminol 發光強度影響

實驗結果顯示，葡萄糖對魯米諾的發光有增敏效果，我們查文獻後發現葡萄糖會與過氧化氫釋放出的氧氣在鹼性環境下形成超氧化物(O_2^-)， O_2^- 與 luminol 反應的速率較 O_2 快，造成發光亮度增高。根據此特性，我們繪製出葡萄糖濃度對魯米諾的檢量線，發現在 1%到 5%葡萄糖濃度與發光亮度呈現線性關係。我們上網查資料後發現人體血糖大約為 0.1%，若能將檢量線往下繪製，也許可應用於人體血糖濃度的檢測。

捌、結論

- 一、使用壓克力製作的暗箱，搭配光敏電阻及 arduino 程式板，可提升自製化學發光亮度測量裝置的靈敏度。
- 二、NaOH 濃度在 0.5M 時的發光強度最高。
- 三、當赤血鹽及過氧化氫的濃度愈高，發光強度也愈高加越多，但赤血鹽的影響大於過氧化氫的影響，顯示赤血鹽是主要的氧化劑，而 H_2O_2 是次要的氧化劑。
- 四、溫度對魯米諾發光影響不大。
- 五、單寧酸與維生素 C 會抑制 luminol 的發光亮度，而葡萄糖會增高 luminol 的發光亮度。
- 六、luminol 濃度在微量時，luminol 濃度與發光強度的確會成正比且加入的單寧酸、維生素 C 與葡萄糖濃度與發光強度也呈現線性關係。可利用此特性做出單寧酸、維生素 C 與葡萄糖濃度和發光強度的檢量線。
- 七、茶葉回沖兩次後，茶水中的抗氧化劑相對含量明顯下降，在泡茶時只要喝前兩泡茶水，就能得到茶葉中的大部分的抗氧化劑。

玖、未來展望

- (一)繼續利用自製暗箱開發不同物種的檢量線。
- (二)提高偵測不同溶液中抗氧化物濃度的精密度。
- (三)設計暗箱的恆溫裝置。
- (四)利用其他實驗儀器或方法驗證暗箱偵測的準確性。
- (五)研發可應用於人體血糖濃度檢測的檢量線。

拾、參考文獻

- 一、龔俊豪、張茗傑。(民 97)。螢光乍現的真相探索。中華民國第四十八屆高中化學組科展作品。
- 二、洪秀真(2001)。利用 luminol-horseradish peroxidase 化學冷光系統對尿酸的流動注射分析。p.13-p.18。國立中山大學化學研究所碩士論文。
- 三、林宛玲、林梅琪、花秀馨、宋孝純。(民 86)。光化學反應發光之變化及其動力論之探討。中華民國第三十七屆高中化學組科展作品。
- 四、謝之真、李信宏、黃柏堅、賴柏岑。(民 79)。光敏靈發光的探討。中華民國第三十屆高中化學組科展作品。
- 五、利用 Luminol-Ferricnide/Ferrocyanide 化學冷光系統對蔗糖的流動注射分析。p.33。國立中山大學化學研究所碩士論文。
- 六、Knox Van Dyke.(1985).Bioluminescence and chemiluminescence: Instruments and applications. CRC Press.
- 七、Marlene A. Deluca, William D. Mcelroy, bioluminescence and chemiluminescence basic chemistry and analytical applications. Academic Press.

拾壹、附錄

附錄 1

一、本實驗使用之光敏電阻簡介：

- (一)型號：PGM-1201
- (二)最大電壓(VDC)：250
- (三)最大功率(mW)：250
- (四)環境溫度：-30~70

(五)光譜峰值 (nm) : 560

(六)亮電阻 (10Lux)(KΩ) : 4~10

(七)暗電阻 (MΩ)min : 2.0

(八) γ min : 0.7

(九)響應時間(ms) : 上升 : 30 下降 : 30

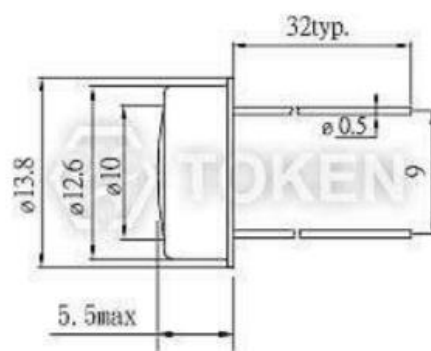
※亮電阻:用 400~600Lux 光照射 2 小時後，在標準光源 A (色溫 2854K) 下，用 10Lux 光測量。

※暗電阻:關閉 10Lux 光照后第 10 秒的電阻值。

※ γ : 10Lux 照度和 100Lux 照度下的標準值。 $\gamma = \log(R_{10}/R_{100}) / \log(100/10) = \log(R_{10} / R_{100}) / \log(10)$ ， R_{10} 分別為 10Lux，100Lux 照度下的電阻值。 γ 的公差為±0.1。



12mm CDS 光敏電阻器(PGM12**~MP 金屬外殼封裝)



12mm CDS 光敏電阻器(PGM12**~MP 金屬外殼封裝)

光敏電阻圖(資料來源：

附錄二、第一版實驗用暗箱

利用回收的紙箱內部貼上不會反光的黑色膠帶，同時在上蓋與暗箱連接處用黑色魔鬼氈密合，避免光的干擾。在暗箱內部裝上含有光敏電阻的麵包板，麵包板與 arduino 板連接後，利用接線將訊號傳至電腦，再利用程式碼將發光強度輸出，但此數據需藉由程式轉出 excel 檔才能進行研究。程式圖裝置圖如下所示。

(一)程式碼

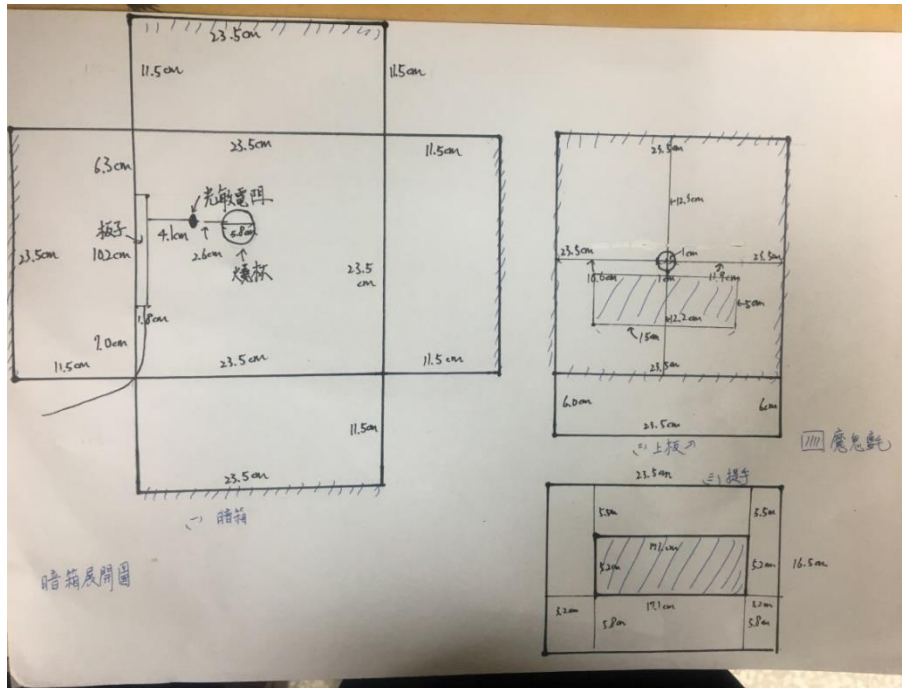
```
int analogPin = 0;
int RED = 0;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Time,Timer,RED");
}
void loop(){
  RED = analogRead(analogPin);
  Serial.print("DATA,TIME");
  Serial.print(",");
```

```

Serial.print("TIMER");
Serial.print(",");
Serial.print(RED);
Serial.print(",");
    delay(100);
}

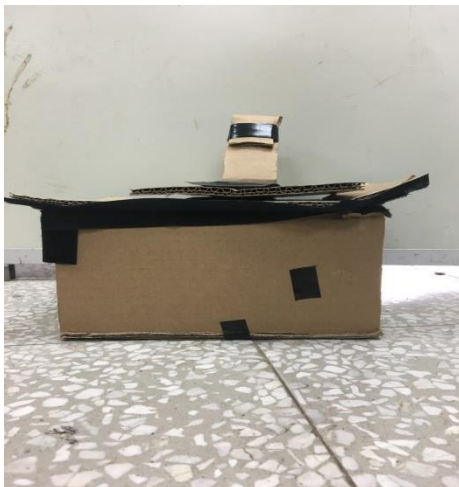
```

(二)裝置設計圖



圖四十一

(三)暗箱外觀



圖四十二



圖四十三



圖四十四

圖四十五

【評語】 050212

本研究有自行組裝暗箱及光敏電阻來量測 luminol 的螢光亮度，進而測定抗氧化物的量和螢光強度關係，因而能檢測一些抗氧化物的量。也發現葡萄糖對 luminol 有增加光的效果，有些應用價值。唯茶葉中有很多物質，溶出物是混合物，其中也許含有各種可能可以吸收 luminol 的螢光，而非單純為抗氧化物質所引起的螢光強度變化，未來可朝測量物質的專一性改進。

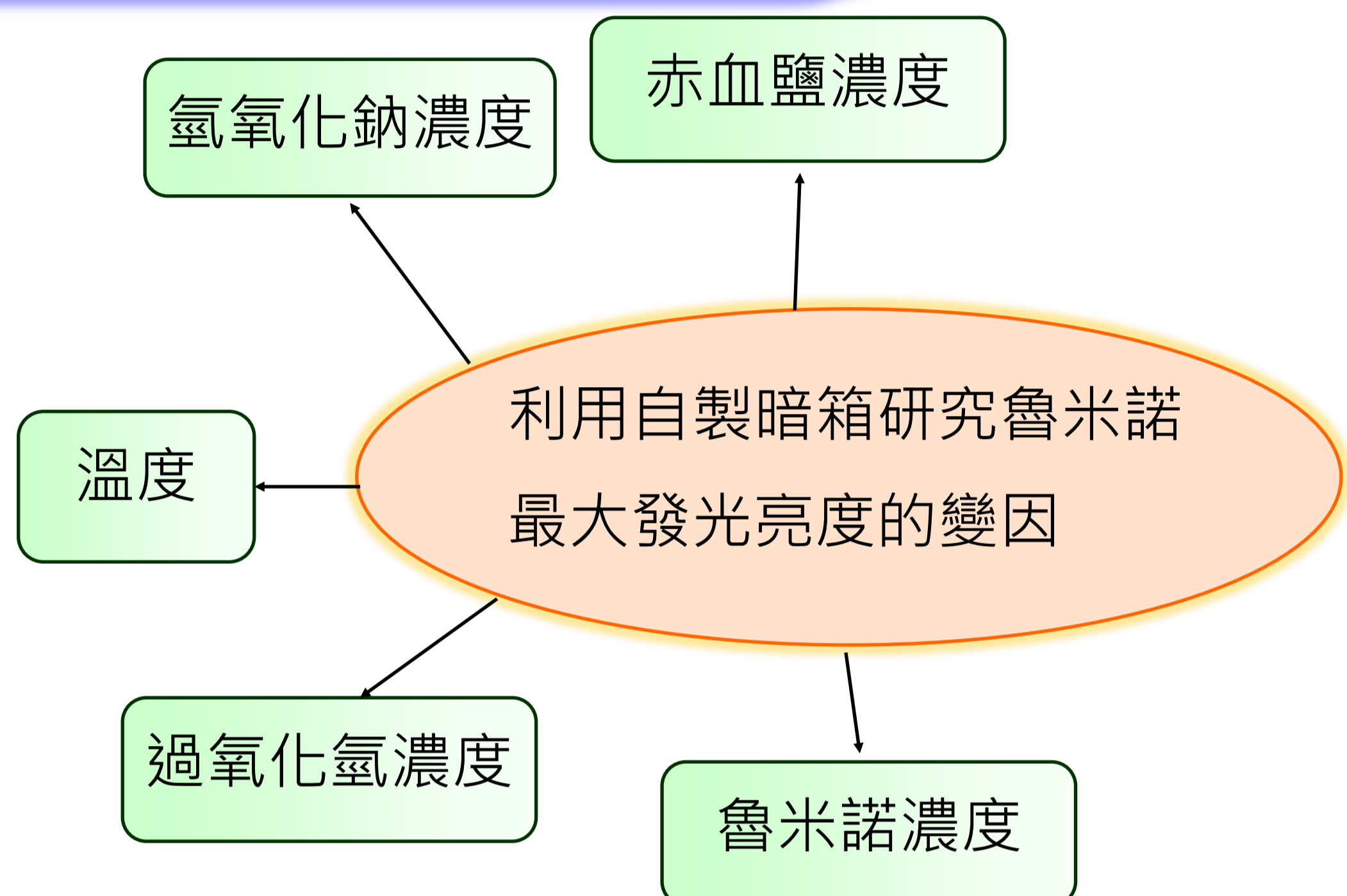
摘要

利用改良過的暗箱及裝設光敏電阻，研究哪些變因會影響魯米諾的化學發光亮度。我們利用抗氧化劑會抑制魯米諾的最大發光亮度之特性做出單寧酸和維生素C濃度與最大發光亮度的檢量線，進一步判斷紅茶及綠茶在回沖數次後，紅茶及綠茶的茶水內抗氧化劑的相對含量。另外我們發現葡萄糖對魯米諾最大發光亮度有增敏現象，利用此一性質做出葡萄糖與最大發光亮度的檢量線，希望藉由此實驗開發出檢測人體血糖濃度的方法，作為糖尿病的檢測依據。

壹、研究動機

一部偵探片，影片中有一特殊試劑，只要沾到血液後就產生藍光。查了資料後，發現此一試劑為魯米諾。魯米諾加上氧化劑就會進行氧化還原反應而發出藍光。但學校並無螢光儀可供研究，故想自製一個裝置用於測量魯米諾的發光亮度。查了相關文獻後，雖然有人發展出測量裝置，但靈敏度可再提升，於是我們試圖改良裝置，並想藉此裝置開發一個不需依靠貴重儀器，簡易且攜帶方便的抗氧化劑及血糖的檢測法。

貳、研究目的與流程



找到最佳實驗條件

開發用途

檢測茶水中抗氧化劑相對含量

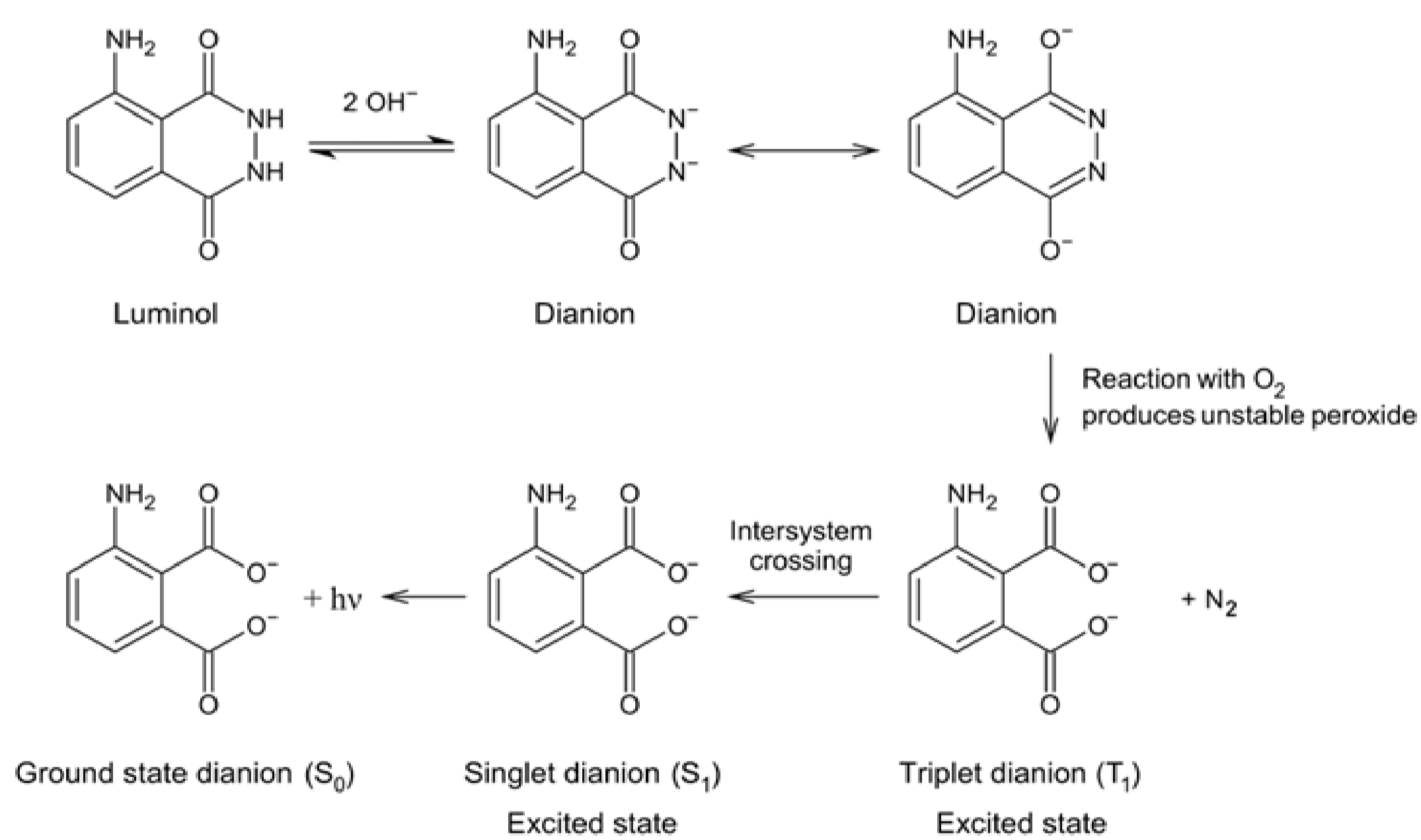
維生素C濃度的檢量線

葡萄糖濃度的檢量線



參、實驗原理與裝置

一、魯米諾發光原理



三、自製魯米諾發光亮度測量裝置



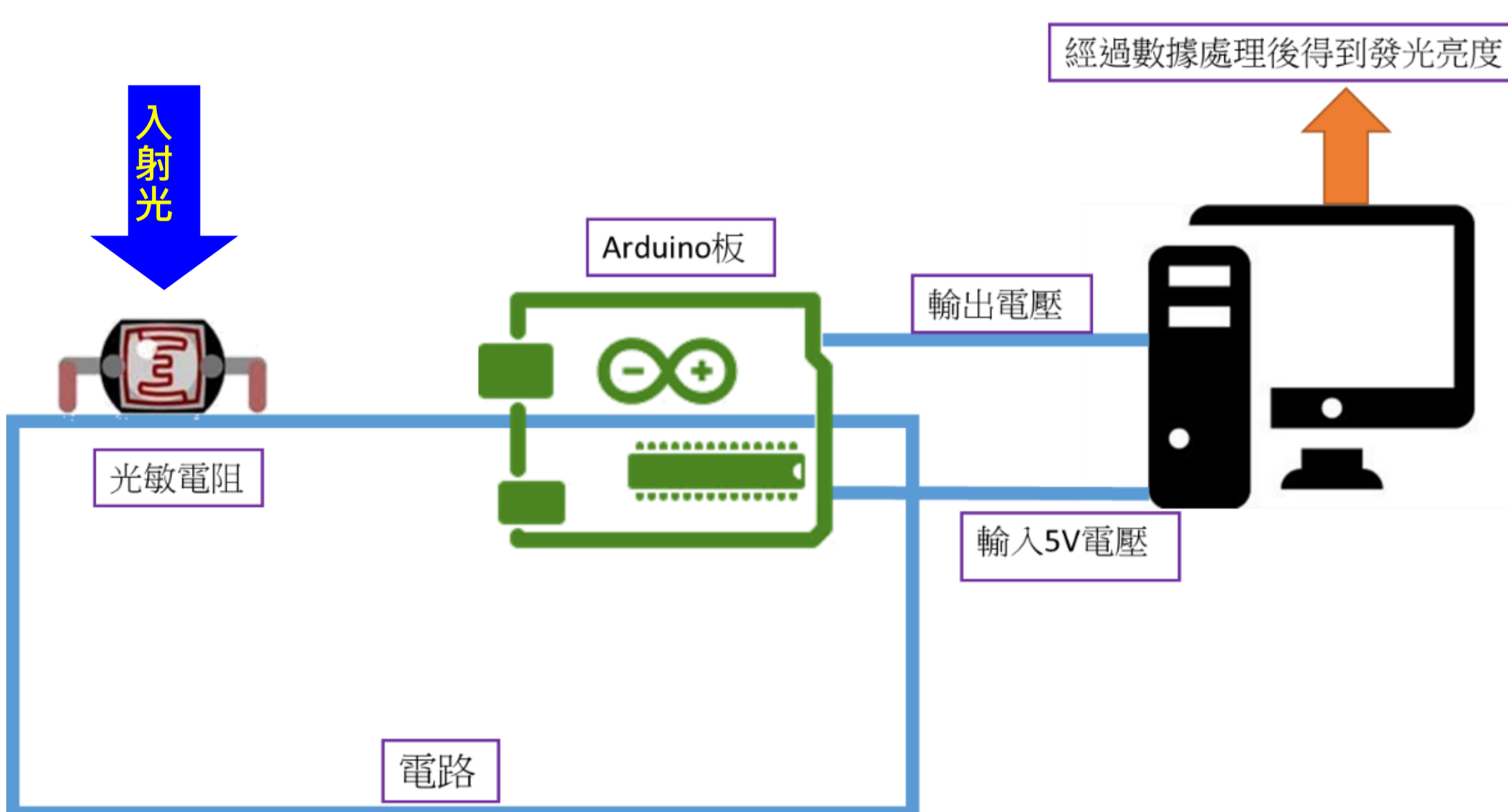
第一代暗箱

利用回收的紙箱內部貼上不會反光的黑色膠帶，同時在上蓋與暗箱連接處用黑色魔鬼氈密合，避免光的干擾。

1. 紙箱厚紙板易毀損

2. 黑色膠帶黏貼易脫落

二、最大發光亮度計算方法



進行改良

价格便宜

高應用性

可攜帶

高靈敏度

高穩定性

第二代暗箱



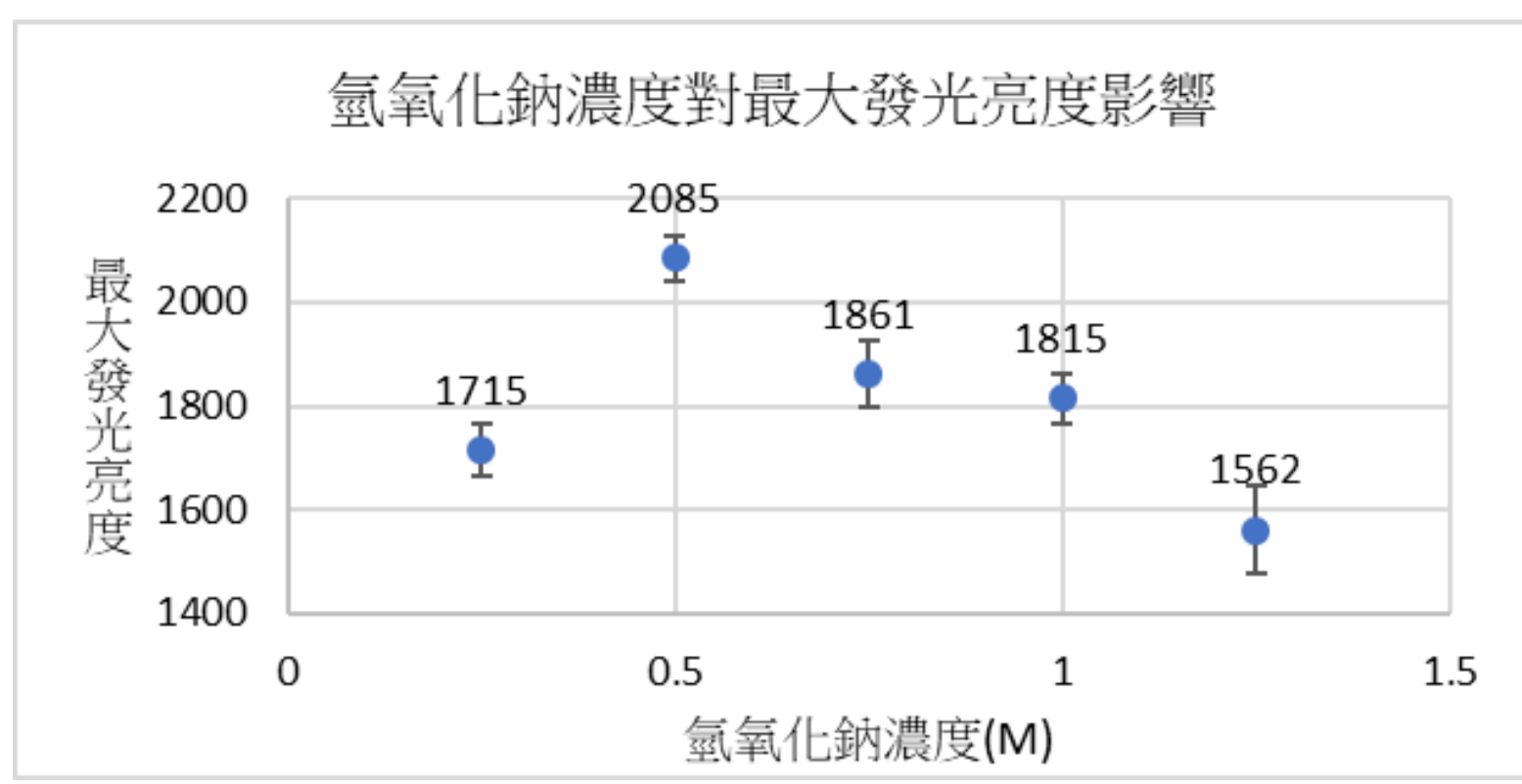
光敏電阻及arduino板



暗箱組裝圖

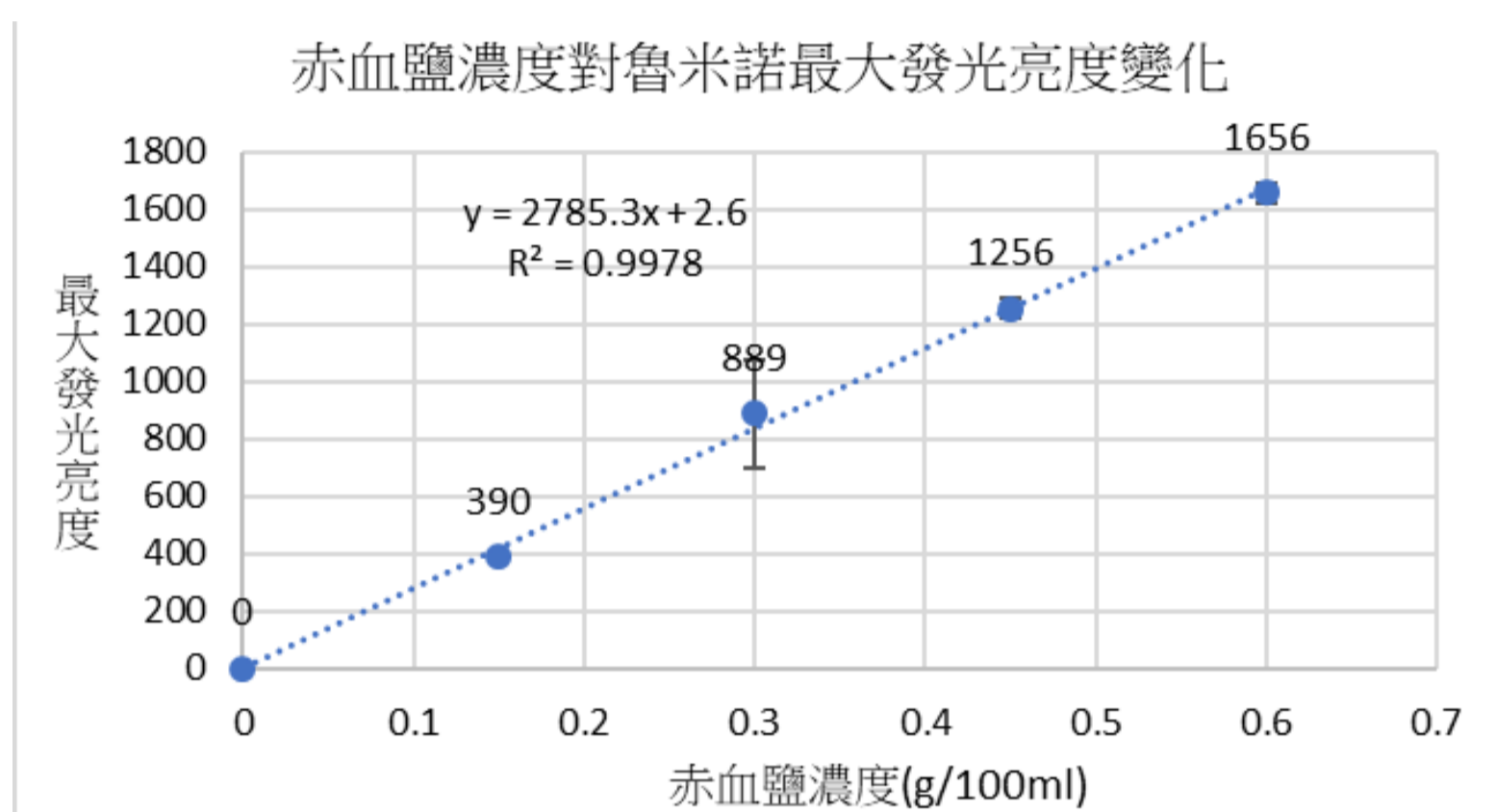
肆、研究結果與討論

一、不同氫氧化鈉濃度對魯米諾最大發光亮度影響



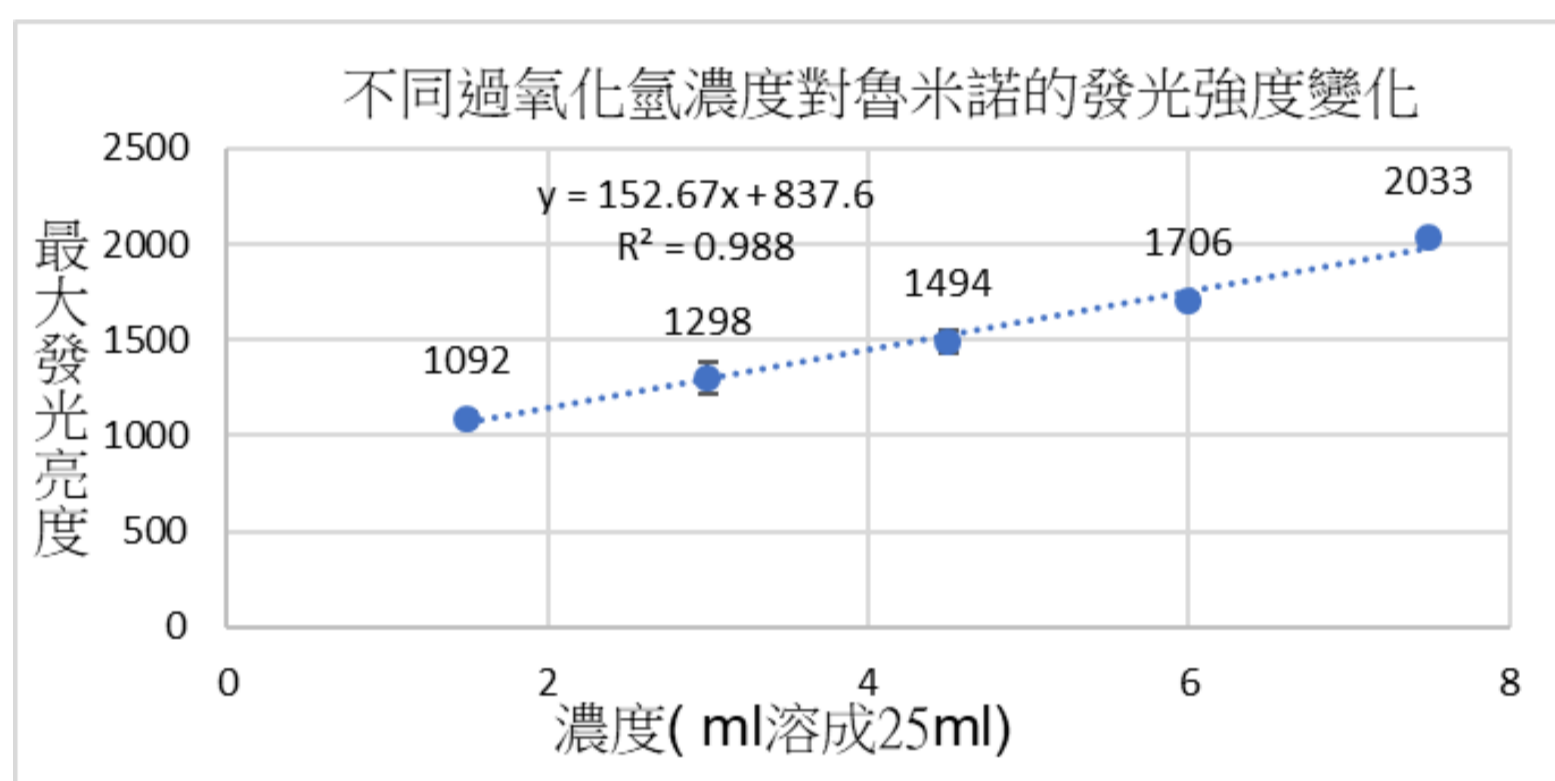
NaOH濃度在0.5M時發光亮度最大，顯現溶液中氫氧根濃度會影響魯米諾的發光亮度，但過多氫氧根會和過氧化氫形成錯合物，使得過氧化氫的濃度下降，因而發光亮度降低。

二、不同赤血鹽濃度對魯米諾最大發光亮度影響



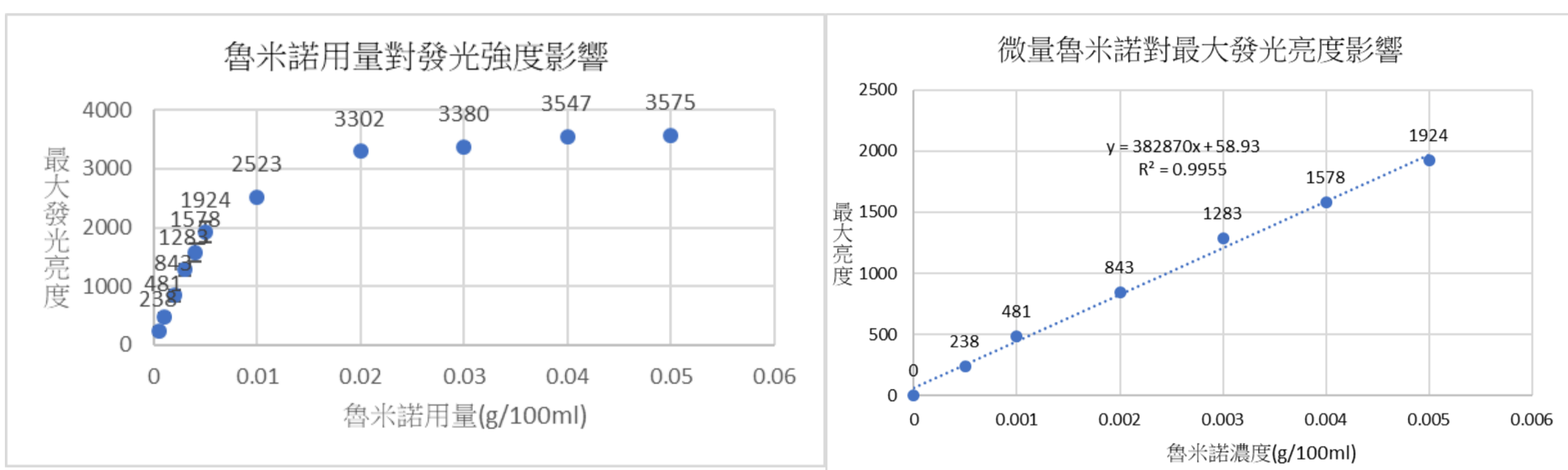
赤血鹽濃度與最大發光亮度成正比，因為催化劑與氧化劑濃度愈高，反應向右趨勢增加且反應速率變快，最大發光亮度增加。

三、不同的 H₂O₂ 濃度對魯米諾的最大發光亮度變化



當H₂O₂濃度愈高，產生的O₂愈多，就能生成愈多過氧化物，使最大發光亮度增大，但相較於赤血鹽濃度的改變，H₂O₂濃度的改變影響較小。推測赤血鹽的氧化反應有助於O₂的生成，因此赤血鹽濃度的改變對最大發光亮度影響較大。

四、不同的魯米諾濃度對魯米諾的最大發光亮度變化



由於魯米諾是產生螢光的主要物質，所以推測魯米諾濃度與最大發光亮度應有正相關，實驗結果證實，魯米諾濃度在微量時，魯米諾濃度與最大發光亮度的確會成正比，但當濃度大於0.005g/100ml時，發光亮度漸趨緩。

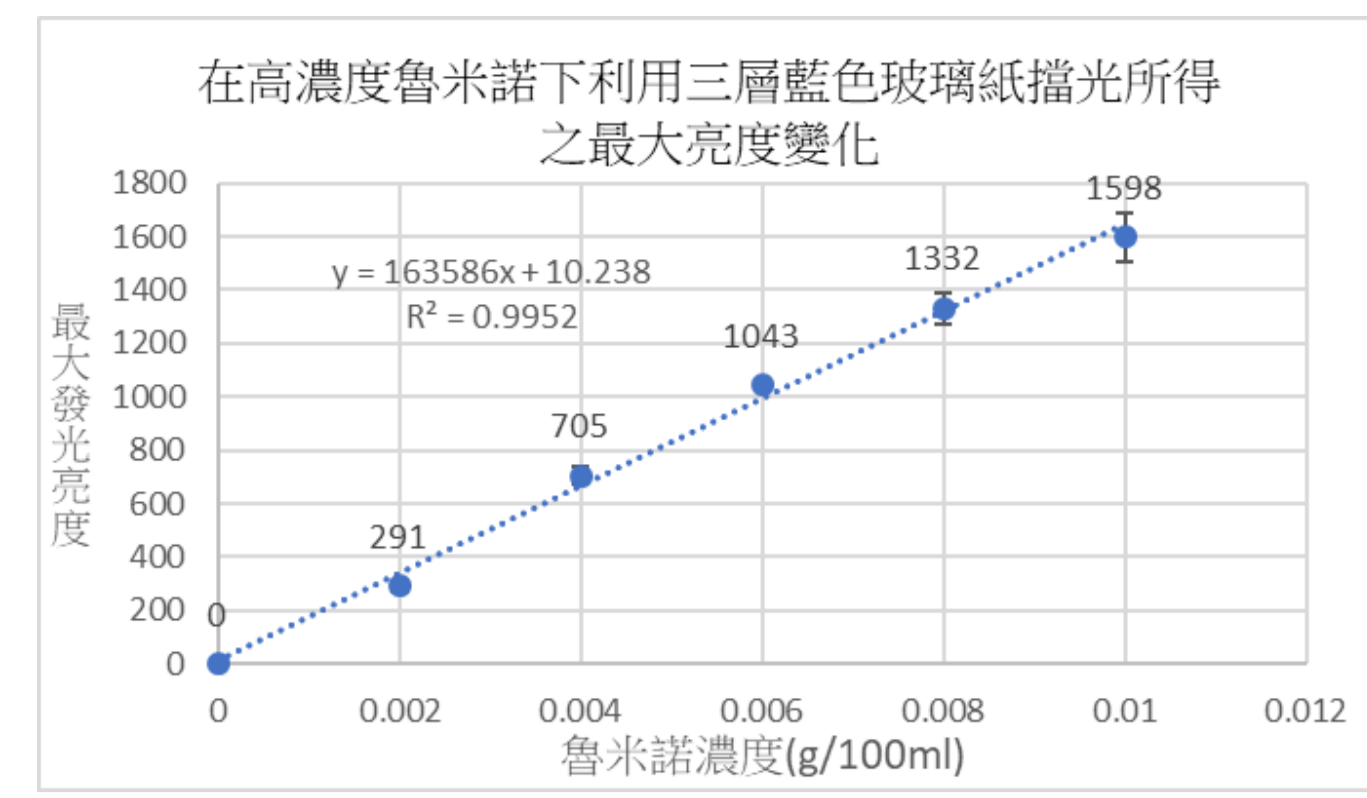
推測原因

1. **光敏電阻的偵測極限**：由於光敏電阻的電阻值會受到外界光子的入射而產生改變，當光子數過多時，可能已達光敏電阻的改變上限，進而造成激發出的光子數與電阻值不成正比，上升幅度趨緩。

2. **螢光自噬的結果**：當螢光溶液一次釋放出過多光子時，粒子碰撞的結果使得光子能量逸散成熱能，造成發光亮度減低。

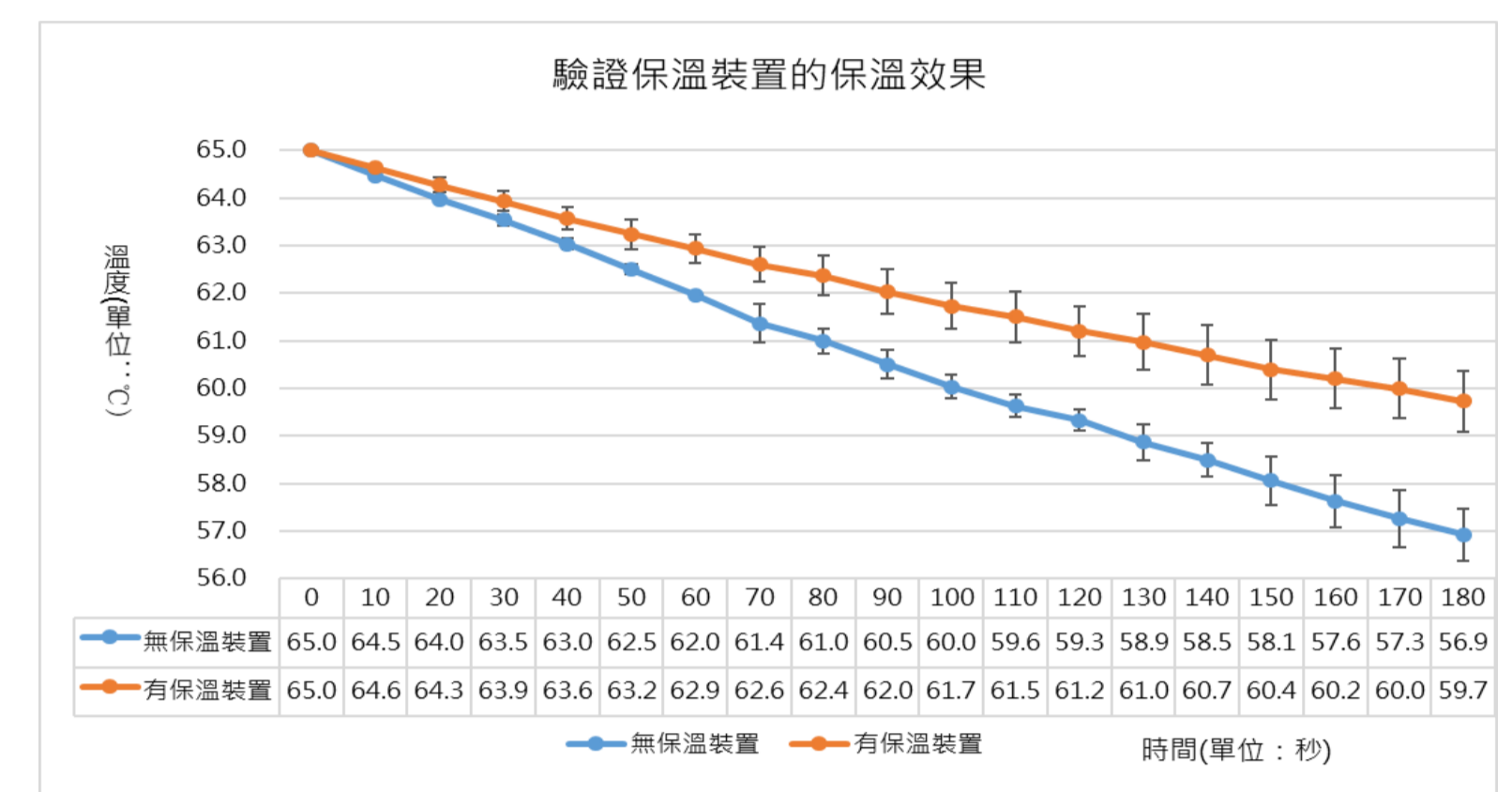
我們在溶液和光敏電阻之間加上三層遮光的藍色玻璃紙，使光敏電阻接收到的光子數下降。

高濃度魯米諾下在利用玻璃紙擋光下所得之最大發光亮度變化

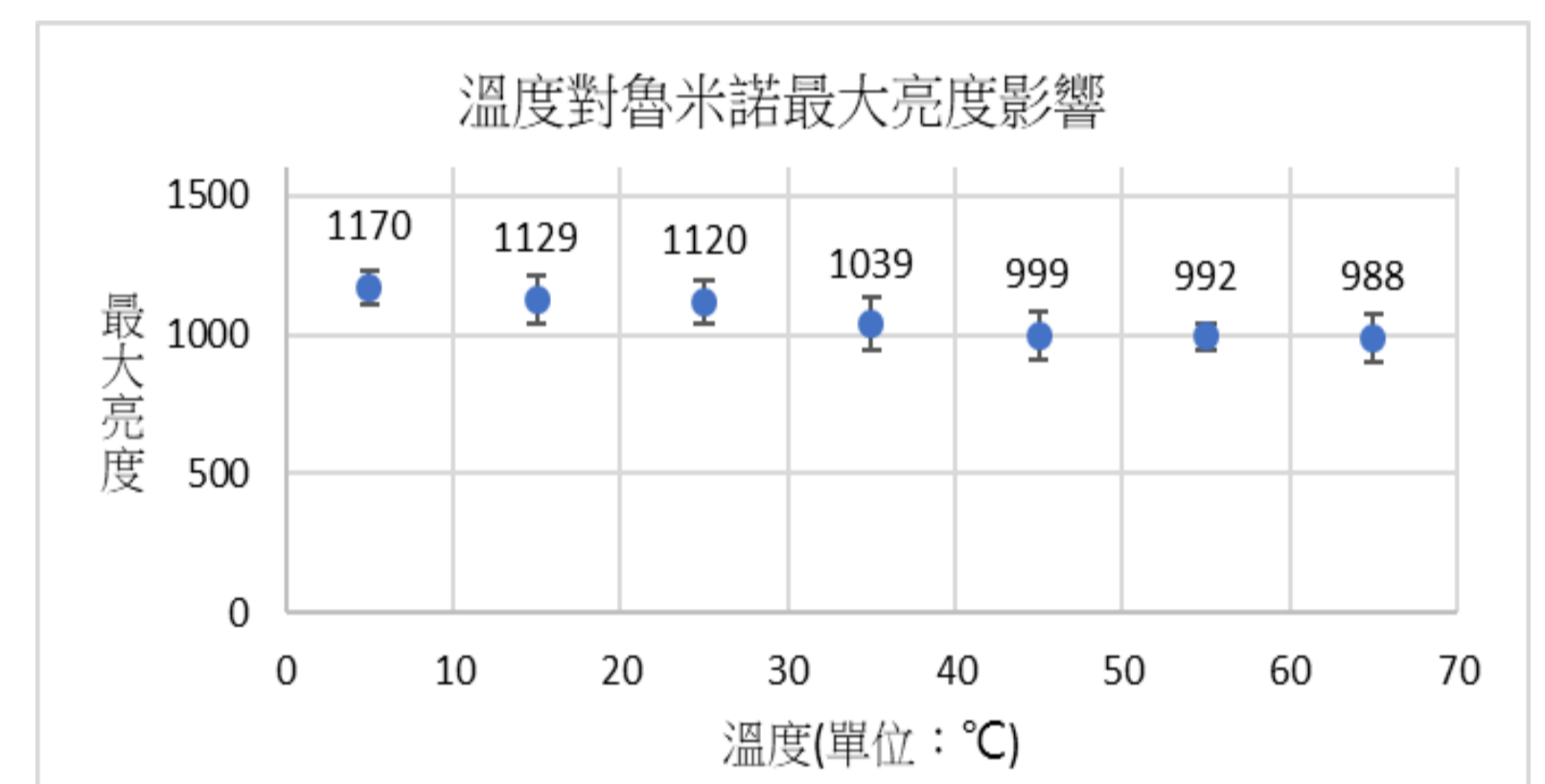


可以發現，加上玻璃紙後原本趨緩的發光亮度呈現線性關係，證明發光亮度的趨緩是光敏電阻的偵測極限所致。因此在做單寧酸和維生素C濃度與發光亮度的檢量線時，採用0.004g魯米諾/100ml做為對照組溶液，而在做葡萄糖濃度與發光亮度的檢量線時，採用0.002g魯米諾/100ml做為對照組溶液。

五、不同溫度對魯米諾最大發光亮度的影響

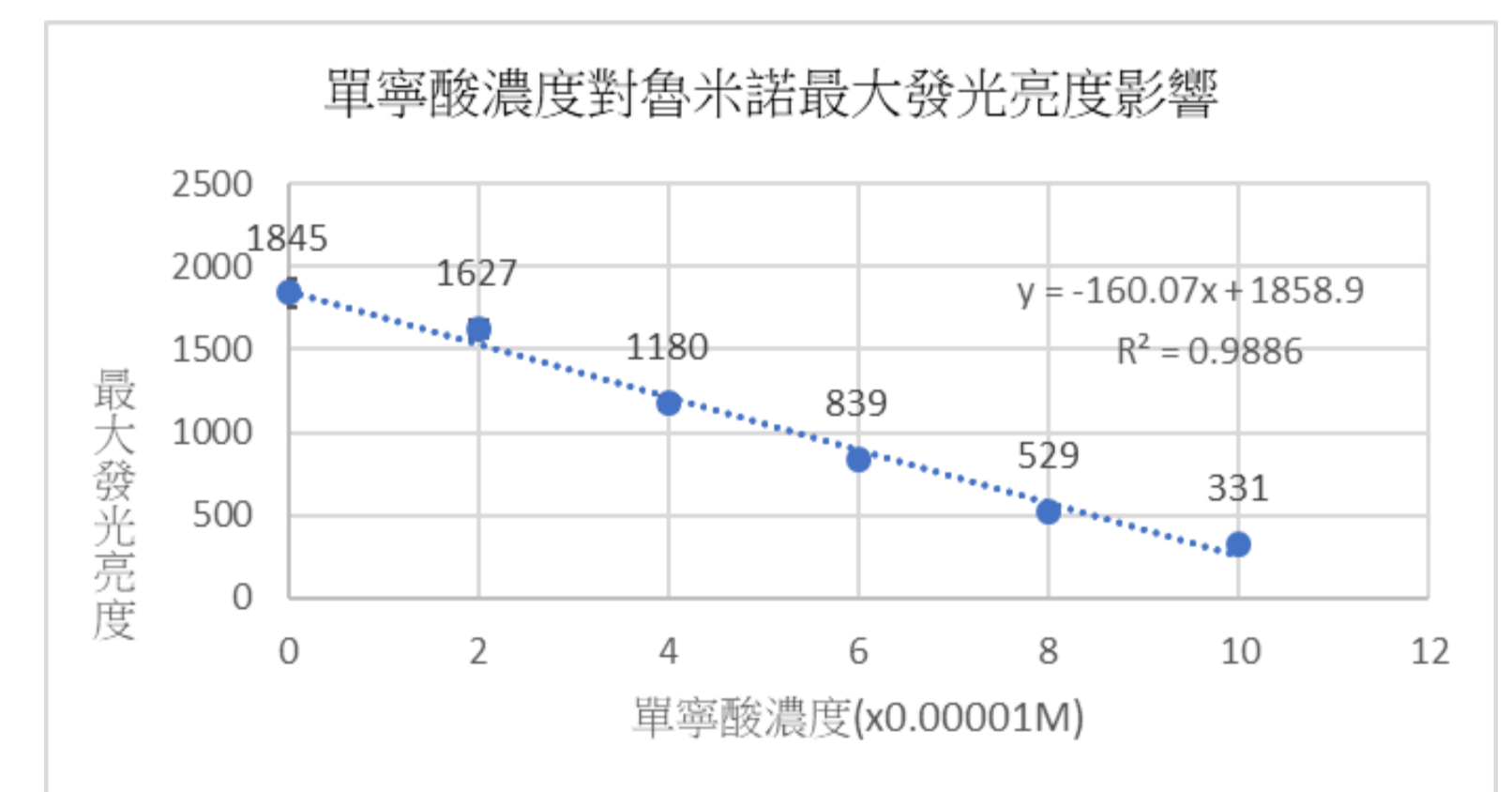


為了確認保溫裝置是否有保溫效果，我們進行時間與溫度變化的觀察，由結果可知，此裝置具有保溫效果。



實驗結果顯示反應溫度越高，最大發光亮度越低，但5°C和65°C的最大發光亮度相差約180，顯示溫度變化會影響魯米諾的發光，但差異不大。溫度升高造成發光亮度下降的原因是，因為魯米諾的放光反應為放熱反應，當溫度升高時，根據勒沙特列原理判斷，反應向左移動，產生的光子數降低，發光亮度也隨之下降。

六、不同單寧酸濃度對魯米諾最大發光亮度影響



(一)根據實驗結果發現當單寧酸濃度越大，發光亮度越低。原因推測如下：

推測原因

1. **單寧酸會與氫氧化鈉進行酸鹼中和**：造成氫氧化鈉濃度下降，發光亮度降低。

2. **單寧酸進行氧化還原反應**：與魯米諾競爭氧化劑，最大發光亮度因而下降。

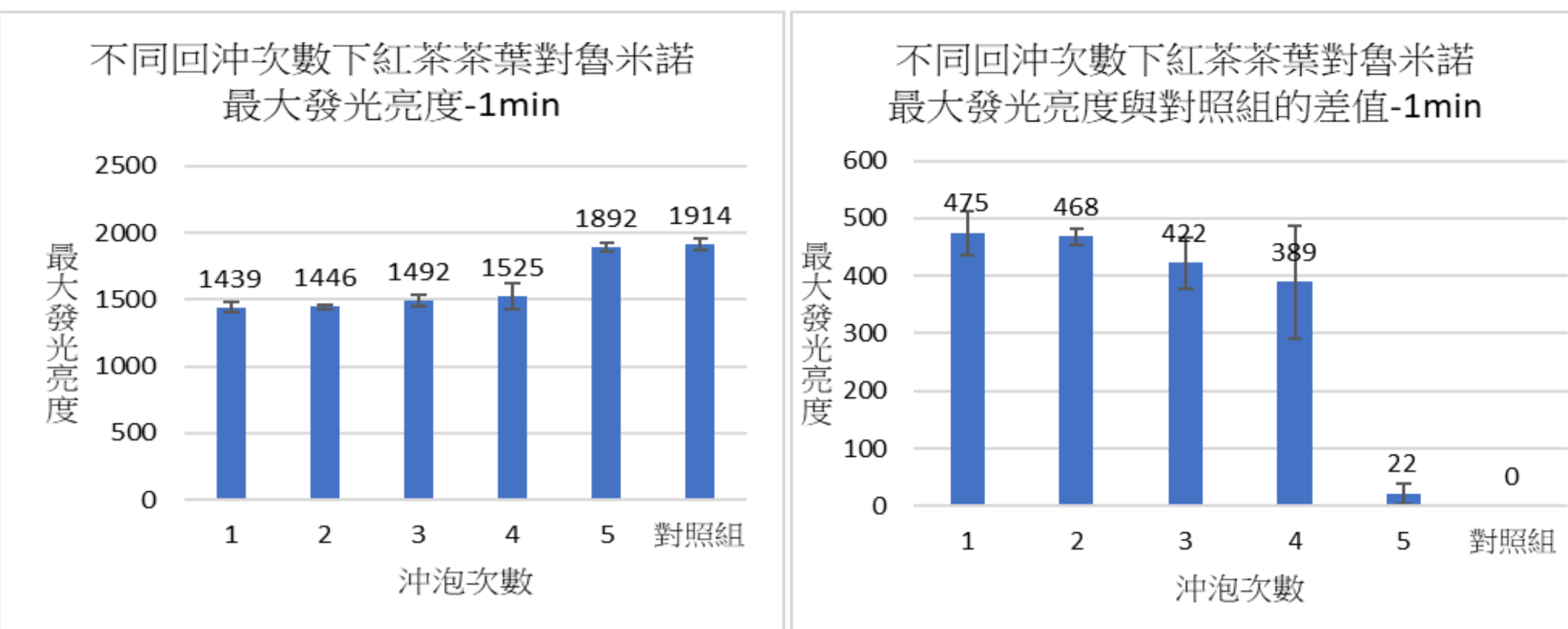
我們利用pH計觀察加入單寧酸之前與之後的pH值，發現均維持在13.81，沒有變化。所以推測，因單寧酸可視為還原劑，所以能與魯米諾競爭氧化劑，最大發光亮度因而下降。

(二)因為魯米諾濃度在微量時，魯米諾濃度與最大發光亮度的確會成正比，且加入的單寧酸用量亦與發光亮度呈現線性關係。接下來我們將利用此特性做出單寧酸濃度與發光亮度的檢量線，進一步觀察紅茶與綠茶在不同的浸泡時間與不同的回沖次數，茶水中的抗氧化劑相對含量。

七、紅茶茶葉、綠茶茶葉在不同浸泡時間與回沖數次後對魯米諾最大發光亮度影響

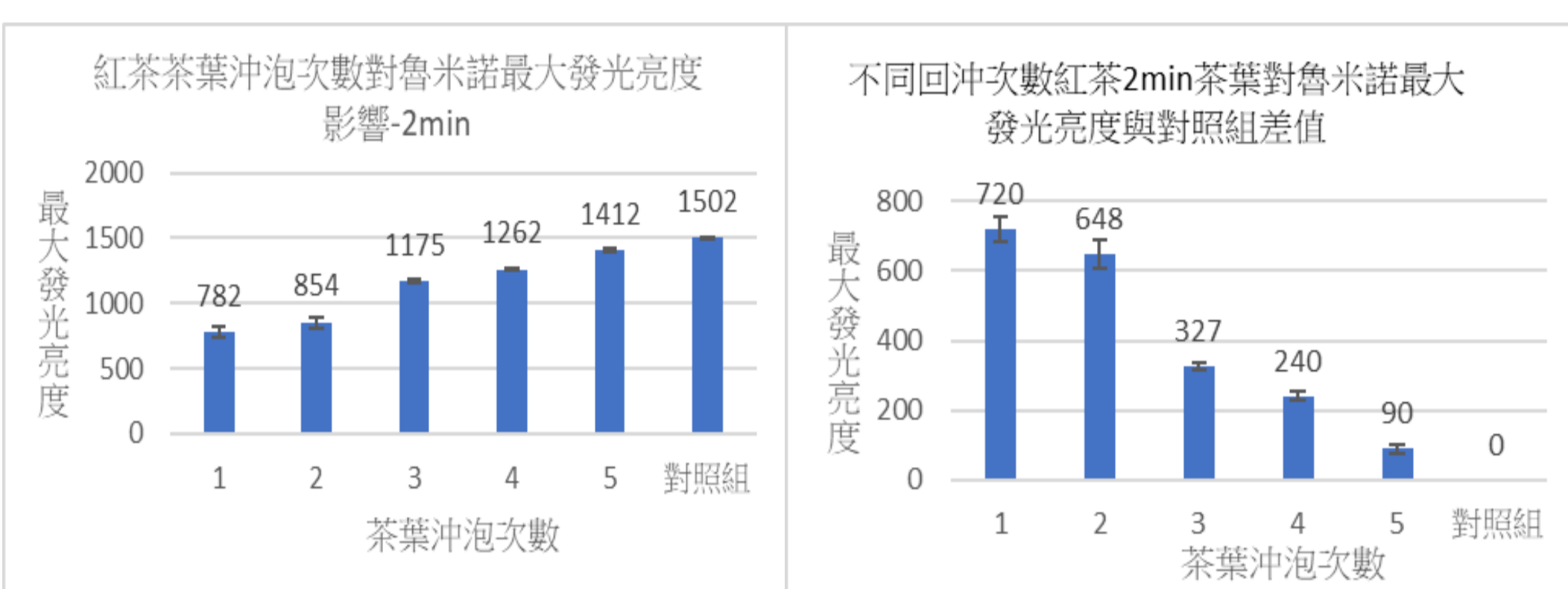
紅茶茶葉在不同浸泡時間與回沖數次後對魯米諾最大發光亮度影響

浸泡時間1min



浸泡時間為1分鐘時，在沖泡第4次後，最大發光亮度與對照組的差值急遽下降，代表沖泡第四次後，茶葉中的抗氧化劑大部分已溶出。

浸泡時間2min



浸泡時間為2分鐘時，在沖泡第2次後，最大發光亮度與對照組的差值急遽下降，代表沖泡第四次後，茶葉中的抗氧化劑大部分已溶出。

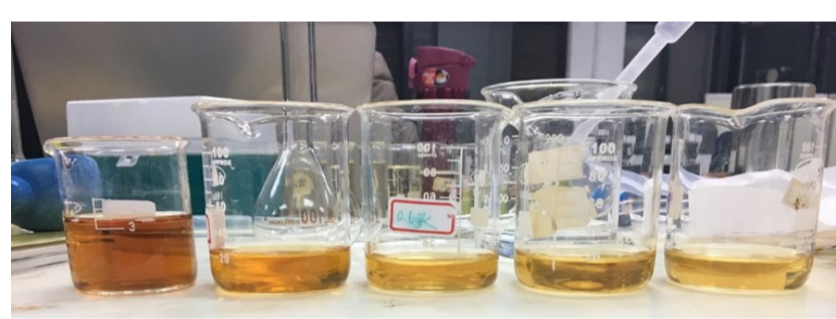
浸泡時間1min與2min討論

若兩者的總浸泡時間均為4分鐘，每次浸泡時間為1分鐘，沖泡四次的總抗氧化劑量，較每次浸泡時間為2分鐘，沖泡兩次的總抗氧化劑量為多，代表沖泡次數較浸泡時間影響較多。

紅茶浸泡1min

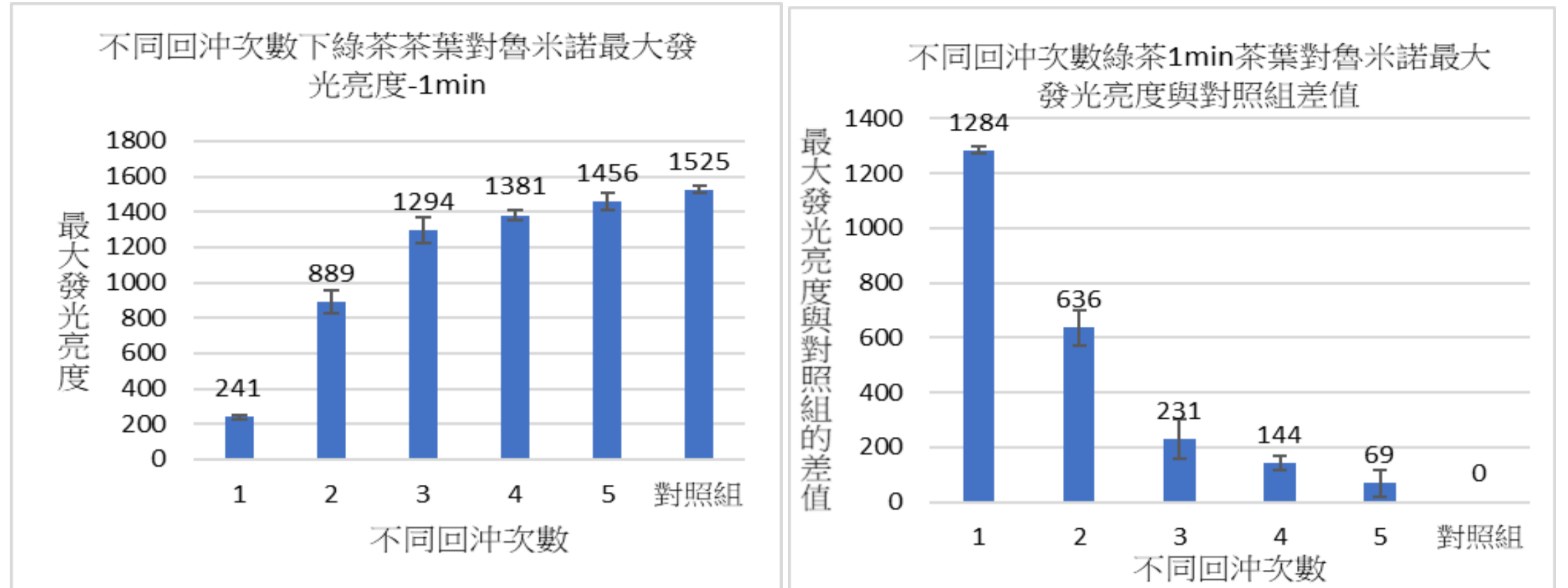


紅茶浸泡2min



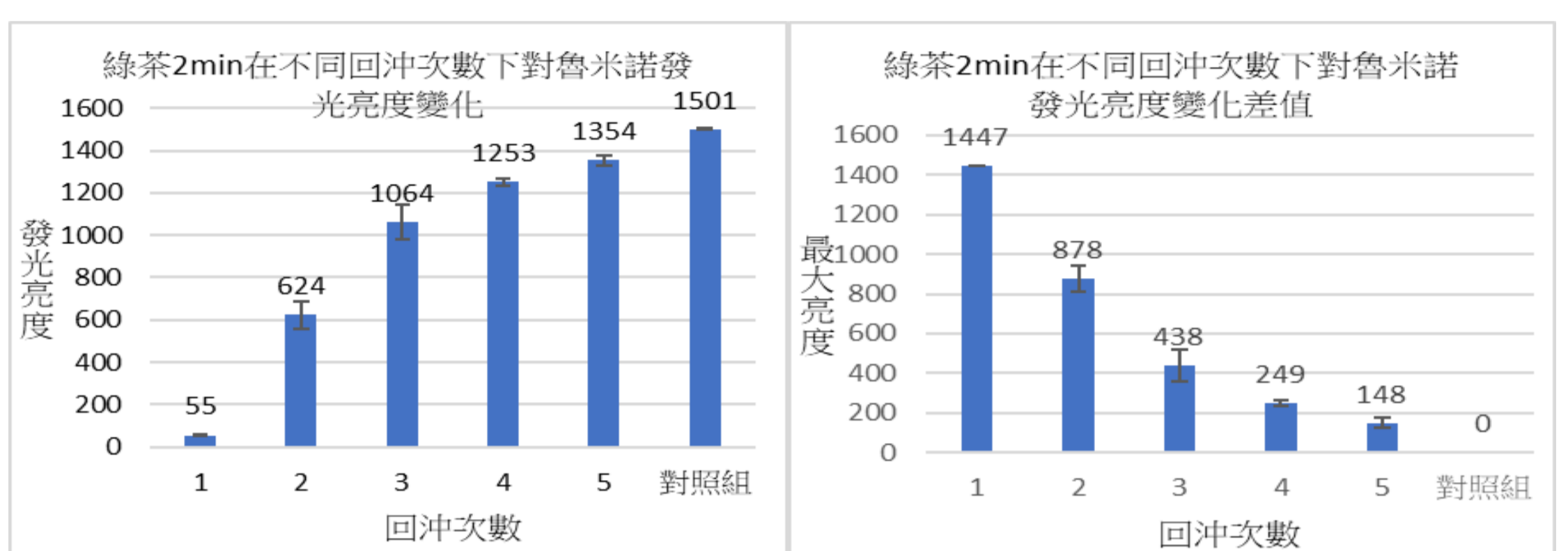
綠茶茶葉在不同浸泡時間與回沖數次後對魯米諾最大發光亮度影響

浸泡時間1min



當浸泡時間為1分鐘時，在沖泡第三次後，最大發光亮度與對照組的差值急遽下降，代表沖泡第三次後，茶葉中的抗氧化劑大部分已溶出。

浸泡時間2min

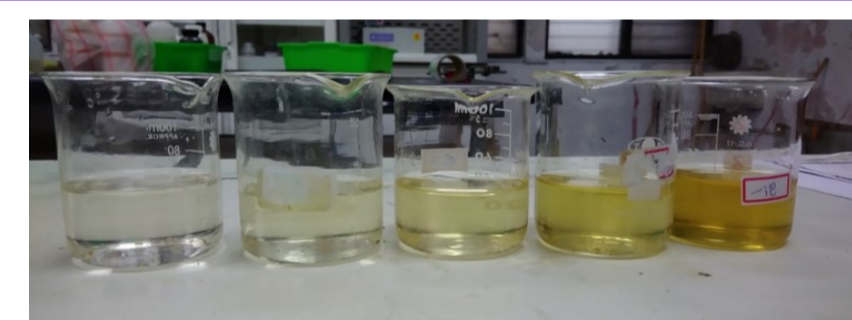


當浸泡時間為2分鐘時，也在第三次沖泡後，最大發光亮度與對照組的差值急遽下降，代表沖泡第三次後，茶葉中的抗氧化劑大部分已溶出。

浸泡時間1min與2min討論

若兩者的總浸泡時間均為4分鐘，每次浸泡時間為2分鐘，沖泡兩次的總抗氧化劑量，較每次浸泡時間為1分鐘，沖泡四次的總抗氧化劑量為多，代表浸泡時間較沖泡次數影響較多，但差異不大。

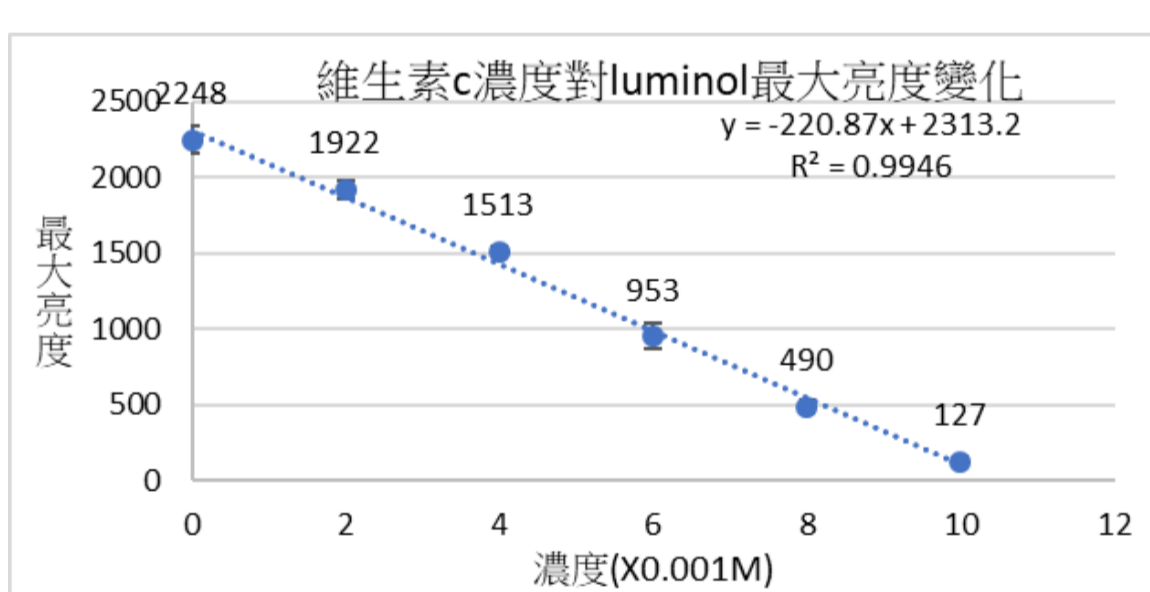
綠茶浸泡1min



綠茶浸泡2min

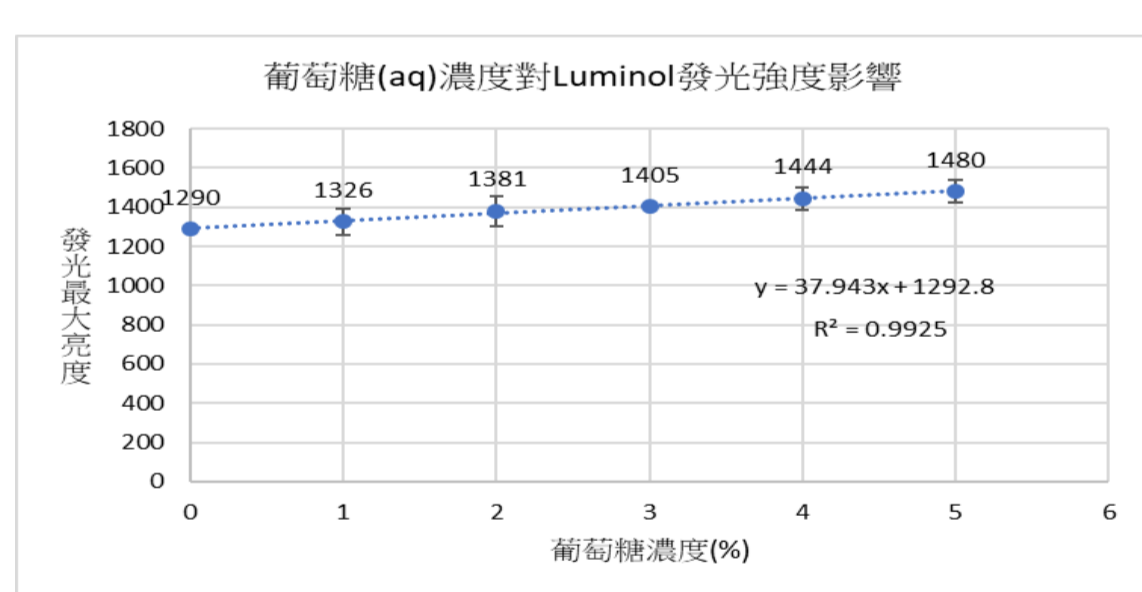


八、維生素C濃度對魯米諾最大發光亮度影響



實驗結果發現，維生素C用量與魯米諾最大發光亮度呈現線性關係，因為維生素C可視為還原劑，所以能與魯米諾競爭氧化劑，發光亮度因而下降。根據此結果可做出維生素C的檢量線。

九、不同葡萄糖濃度對魯米諾最大發光亮度影響



實驗結果顯示，葡萄糖對魯米諾的發光有增敏效果，根據此特性，我們繪製出葡萄糖濃度對魯米諾的檢量線，發現在1%到5%葡萄糖濃度與最大發光亮度呈現線性關係。我們上網查資料後發現人體血糖大約為0.1%，若能將檢量線往下繪製，也許可應用於人體血糖濃度的檢測。

伍、結論

- 一、使用壓克力製作的暗箱，搭配光敏電阻及 arduino 程式板，可提升自製化學發光亮度測量裝置的靈敏度。
- 二、NaOH 濃度在 0.5M 時的發光亮度最高。
- 三、當赤血鹽及過氧化氫的濃度愈高，發光亮度也愈高加越多，但赤血鹽的影響大於過氧化氫的影響，顯示赤血鹽是主要的氧化劑，而 H_2O_2 是次要的氧化劑。
- 四、溫度對魯米諾發光亮度影響不大。
- 五、單寧酸與維生素C會抑制魯米諾的發光亮度，而葡萄糖會增高魯米諾的發光亮度。
- 六、魯米諾濃度在微量時，魯米諾濃度與發光亮度的確會成正比且加入的單寧酸、維生素C與葡萄糖濃度與發光亮度也呈現線性關係。可利用此特性做出單寧酸、維生素C與葡萄糖濃度和發光亮度的檢量線。
- 七、若是喝紅茶茶葉泡出來的茶水，可回沖多次，得到較多的抗氧化劑，若是喝綠茶茶包泡出來的茶水，要增加每次的浸泡時間，回沖1至2次即可丟棄。