

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 化學科

第二名

030215

不夜侯的鐵血靛情

學校名稱：桃園市立瑞原國民中學

作者： 國二 曾鎧勳 國二 葉紫婷 國二 袁政宏	指導老師： 林志忠 葉芳君
---	-----------------------------

關鍵詞：茶多酚、鐵離子、茶飲料

摘要

茶飲是人類經常攝取的飲品之一，但現代人因為忙碌或貪圖方便，常常以市售茶飲料來代替現泡的茶湯，可是市售茶飲料真的能完全替代現泡茶湯的地位嗎？本次研究以此為發想進行一系列的實驗。

關於滴定使用的藥劑，在經過多次測試後，選定用硫氰化鐵來進行滴定，其色澤變化鮮明，且實驗結果之數值與廠商所標示之茶多酚含量十分接近。

為找出茶葉能釋放出最多茶多酚的條件，分別針對沖泡溫度、沖泡時間、沖泡次數以及不同水質對茶多酚的影響進行探討，討論出最適當的條件後，再以此條件進行實驗，作為和市售茶飲料及現泡茶飲料比較的依據。

除此之外，本研究亦對時下正流行的冷泡茶進行實驗分析。研究浸泡的天數對茶多酚的釋放具有多少的影響。

壹、研究動機

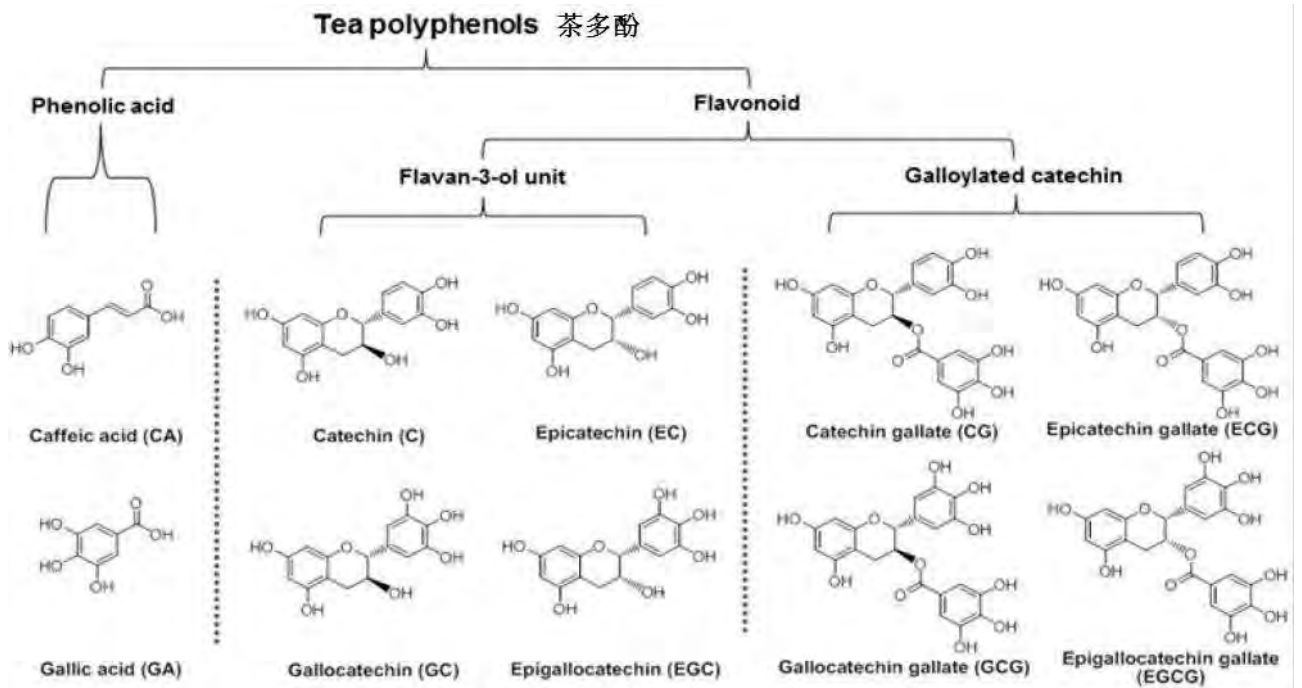
在一次偶然的機會，學校安排了參訪茶葉改良場，小袁在參訪的過程中對於茶葉的成分、製作過程、種類產生了許多疑問，回學校後與同學小婷討論到茶葉中有哪些成分，上網找了許多資料，其中以兒茶素這個成分被討論最為廣泛，兒茶素具有抗氧化、保護心血管及降低體脂肪的效果，小袁感到十分好奇，不同種類的茶葉其兒茶素的含量會有不同嗎？

我們利用課本學習的知識，如國一上學期生物課本 3-1 中「食物中的養分與能量」有提及相關抗氧化的概念，還有國二下學期所學的「氧化還原」、「滴定」概念，與老師多次討論後，想了解不同種類的茶葉、市售茶飲料以及現泡茶飲料中兒茶素含量的多寡。

貳、文獻探討

一、茶多酚的基本介紹

茶多酚是一類組成複雜、分子量不同、極性與結構差異很大的多酚類衍生物的混合體，在 3 大類茶中（綠茶、包種及烏龍茶、紅茶），由於製造方式的差異，導致它們的多酚類態也不同。茶多酚類中的兒茶素類 (catechins) 在綠茶湯中占水溶性固形物的 30~42%，茶湯的苦澀味即是兒茶素類所造成的。兒茶素類主要有 4 種單體：表兒茶素 (EC)、表兒茶素沒食子酸酯 (ECG)、表沒食子兒茶素 (EGC)、表沒食子兒茶素沒食子酸酯 (EGCG)。兒茶素可分為酯型兒茶素（複雜兒茶素）和游離型兒茶素（簡單兒茶素，如 EC、EGC）。



圖(一) 茶多酚的結構式

二、關於茶多酚的研究

無論是歷屆科展作品，抑或是其他研究機構，對於“茶”的探討方式十分多元，且大多聚焦於茶的抗氧化能力。在 44 屆國中組化學科的「綠茶的臉變紅了一應用光敏電阻探討綠茶的變色反應速率及成因」^[1]，使用光敏電阻驗證兒茶素是綠茶變色的主因，數據十分豐富且完整，但用來驗證的兒茶素膠囊卻沒有相關數據可支持其純度，且光敏電阻需在暗室中才能達到最好的效果，些微的光線干擾都可能產生誤差。

45 屆國中組化學科的「茶言觀色—不同茶種之茶液在不同環境下的酸鹼性與顏色變化及

氧化性研究」^[2]，使用鋼絲絨置於茶液中和清水中重量及鋼絲絨的生鏽範圍來判斷抗氧化力的強弱，優點為材料隨手可得，十分方便，但是僅能做出大略的比較，無法做出較為精細的說明結果。

54 屆國小組化學科的「喝茶？找碴？—單寧酸和茶的異想世界」^[3]，使用硫酸鐵、硫酸亞鐵及氯化鐵分別對茶水進行測試，根據沉澱物的沉澱量(以目測高度計算)來判斷單寧酸的含量，但是不同茶水的沉澱物呈現狀態不同，有的較鬆散，有的呈混濁狀無法沉澱，會造成比較上標準不一的困擾。硫酸鐵和氯化鐵皆含有鐵離子，但實驗結果卻不相同，也未做出解釋。

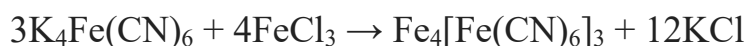
58 屆國中組化學科的「以自組儀器探討單寧酸與鐵及鉛離子之作用並開發為檢測方法之研究」^[4]，從自行設計符合實驗要求的 LED 光電測定儀和恆溫攪拌器，到利用 Arduino 編寫設計程式，使其同時具有散射及透射兩接收端，極具巧思。但由於此實驗設計無法確定只有單寧酸會與鐵離子反應，僅能判斷當茶的溫度越高，越容易檢驗水質中的鐵離子。

另外，在高中小論文化學類的「這『茶』『鐵』定有問題」^[5]，使用赤血鹽和氯化鐵與茶水進行反應，接著以離心機 3000rpm 離心 10 分鐘，除了測量沉澱物的重量之外，也將離心後的澄清液以分光光度計測量其吸光值。但是此研究未探討茶水中具備還原力的物質為何，也未對單寧酸進行定量計算，且一般國中實驗室不會備有離心機、分光光度計^[6]、液相層析儀^[7]等高單價的儀器設備。

三、茶多酚的檢驗原理與方式

經查找資料後，確認三價鐵離子 (Fe^{3+}) 可與茶多酚產生藍色、紫色及黑色錯合物。本次實驗採用血紅色的硫氰化鐵離子 [$\text{FeSCN}^{2+}_{(\text{aq})}$] 作為檢驗用藥劑其原因如下：

- (一) 氯化鐵(FeCl_3)為黃色溶液，和茶飲料本身的顏色十分接近，若直接用於滴定，將造成滴定終點判斷上的困難，如圖(二)所示。
- (二) 嘗試過以黃血鹽〔亞鐵氰化鉀， $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 〕做為指示劑，當鐵離子 (Fe^{3+}) 達當量數後，再滴下一滴氯化鐵溶液，多餘的鐵離子會與亞鐵氰化鉀形成普魯士藍(亞鐵氰化鐵)，此即為滴定終點，反應式如下：



但深藍色的普魯士藍，與鐵離子和茶多酚形成的藍黑色錯合物，兩者顏色過於接近，會造成判斷上的困擾，如圖(三)所示。

(三) 改以赤血鹽〔鐵氰化鉀， $K_3Fe(CN)_6$ 〕做為指示劑，當鐵離子 (Fe^{3+}) 達當量數後，再滴下一滴氯化鐵溶液，多餘的鐵離子會與鐵氰化鉀形成棕色錯合物，反應式如下：



但此棕色的錯合物，與鐵離子和茶多酚形成的藍黑色錯合物，以及茶飲料本身的顏色都過於接近，依舊會造成判斷上的困擾，如圖(四)所示。

(四) 為了減少判斷上的誤差，最後改採用血紅色的硫氰化鐵離子做為檢驗用藥劑，此溶液之顏色變化鮮明，如圖(五)所示。其配製方法如下：



本次實驗使用 0.01M 的氯化鐵和 0.01M 的硫氰化鈉，前述兩種藥品均為實驗當日每天現場配製，並以等體積混合，得到濃度為 0.005M 之硫氰化鐵。



① 氯化鐵

② 茶湯



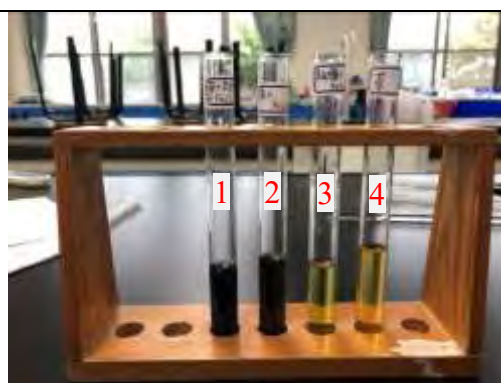
① 茶+黃血鹽
+氯化鐵

② 黃血鹽+
氯化鐵

③ 茶+氯化鐵

圖(二)氯化鐵測試的顏色比較圖。
(試管 1)氯化鐵($FeCl_3$)為黃色溶液，和(試管 2)茶本身的顏色十分接近。

圖(三)黃血鹽測試的顏色比較圖。
(試管 2)深藍色的普魯士藍。(試管 3)鐵離子和茶多酚形成的藍黑色錯合物。(試管 1) 黃血鹽和藍黑色錯合物混合後的顏色。



① 茶+赤血鹽
+氯化鐵

② 茶+氯化鐵

③ 赤血鹽+
氯化鐵

④ 茶

圖(四)赤血鹽測試的顏色比較圖。
(試管 3)鐵離子與鐵氰化鉀形成棕色錯合物和(試管 4) 茶本身的顏色接近。
(試管 2) 鐵離子與茶多酚形成的藍黑色錯合物和(試管 1)赤血鹽與藍黑色錯合物混合後的顏色接近。



① 硫氰化鐵

② 茶+氯化鐵

圖(五)硫氰化鐵測試的顏色比較圖。
(試管 1)硫氰化鐵的血紅色和(試管 2)鐵離子與茶多酚形成的藍黑色錯合物，其顏色變化鮮明。

參、研究目的

- 一、探討茶葉在不同沖泡溫度對於茶多酚含量的影響。
- 二、探討茶葉在不同沖泡時間對於茶多酚含量的影響。
- 三、探討茶葉在不同沖泡次數對於茶多酚含量的影響。
- 四、探討茶葉在不同水質對於茶多酚含量的影響。
- 五、探討冷泡茶在不同浸泡天數對於茶多酚的影響。
- 六、探討不同茶葉中所含的茶多酚含量。
- 七、探討不同市售茶飲料中所含的茶多酚含量。
- 八、探討不同現泡茶飲料中所含茶多酚含量。

肆、研究器材與設備

一、器材與設備

錐形瓶(250mL).....15個	燒杯(50、100、250mL).....10個
量筒(25 mL、100 mL)3個	塑膠滴管(5mL).....1包
溫度計.....3支	玻璃棒..... 3支
洗滌瓶..... 3個	滴定管(25mL).....3支
鐵架.....3組	電子天秤.....3台
加熱板.....2台	定量瓶(250mL).....5支
移液管(10mL).....5支	安全吸球.....2個
血清瓶(500mL) 2支	研鉢.....1個
溫度計.....3支	鐵匙.....3支
蒸餾水.....4L	麥飯石水.....4L
自來水.....4L	地下水.....4L
飲用水.....4L	硫氰化鈉(NaSCN).....1瓶
氯化鐵(FeCl ₃)1瓶	鬃毛刷.....5支
相機(Sony).....1 台	

二、實驗材料：使用茶葉、市售茶飲料、現泡茶飲料如圖(六)所示

(一)茶葉：綠茶—(茶包)：天仁綠茶、立頓活綠茶。(原葉茶葉)：天仁鮮採綠茶。

烏龍茶—(茶包)天仁高山烏龍茶、立頓東方美人茶、立頓高山烏龍茶、

立頓凍頂烏龍茶。(原葉茶葉)：玉山牌高山茶、天仁高山烏龍茶。

紅茶—(茶包)：天仁紅茶、錫蘭紅茶、台灣農林紅玉紅茶、日月潭紅茶。

(原葉茶葉)：日月潭紅茶。

(二)市售茶飲料：

綠茶—每朝綠茶、原粹日式綠茶、茶裏王無糖綠茶、茶裏王濃韻日式綠茶、

御茶園日式綠茶、愛之味春心茶。

烏龍茶—原萃東方美人茶、原萃雲間烏龍茶、茶裏王青心烏龍茶、

茶裏王濃韻烏龍茶、御茶園台灣烏龍茶、開喜烏龍茶。

紅茶—午後的紅茶、原萃紅茶、泰山茶之初紅茶、御茶園特上紅茶、

麥香阿薩姆紅茶、茶裏王英式紅茶。

(三)現泡茶飲料：

品牌	綠茶類	烏龍茶類	紅茶類
50 嵐	茉莉綠茶	黃金烏龍茶	阿薩姆紅茶
清心福全	特級綠茶	翡翠烏龍茶	錫蘭紅茶
一芳	包種綠茶	鹿谷烏龍茶	日月潭紅茶
茶湯會	茉香綠茶	包種清茶	蔗香紅茶
COCO	醇品綠茶	四季春青茶	莊園紅茶

茶葉

市售茶飲料

現泡茶飲料



圖(六)實驗中所使用的茶葉、市售茶飲料、現泡茶飲料

伍、研究過程與方法

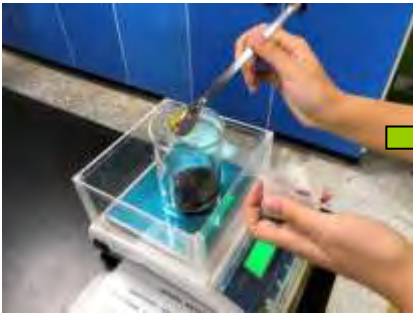
一、探討茶葉以不同沖泡溫度對茶多酚的影響

(一)實驗步驟

- 1、將 250mL 燒杯置於電子秤上，以電子秤秤量茶葉 2.00 克。
- 2、以加熱板加熱蒸餾水，其溫度分別為 30°C、40°C、50°C、60°C、70°C、80°C、90°C、95°C。
- 3、取不同溫度的蒸餾水 100mL，倒入步驟(1)的燒杯中，沖泡 3 分鐘。
- 4、將沖泡 3 分鐘後的茶水過濾取澄清茶湯，冷卻至 20°C 待用。
- 5、取茶湯 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 6、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行滴定。
- 7、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 8、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(一)所示。
- 9、實驗步驟程序如圖(七)所示。

表(一) 不同沖泡溫度對茶多酚含量的影響紀錄表

實驗數據 沖泡溫度	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
30°C	2.7	2.6	2.7	2.67	0.0133	0.00029
40°C	2.8	2.7	3.0	2.83	0.0142	0.00076
50°C	3.1	3.0	3.2	3.10	0.0155	0.00050
60°C	4.5	4.2	4.5	4.40	0.0220	0.00087
70°C	5.3	5.7	5.7	5.57	0.0278	0.00115
80°C	5.8	6.0	5.7	5.83	0.0292	0.00076
90°C	4.5	4.4	4.5	4.47	0.0223	0.00029
95°C	4.2	4.8	4.55	4.52	0.0226	0.00151



以電子秤秤量茶葉 2.00 克。



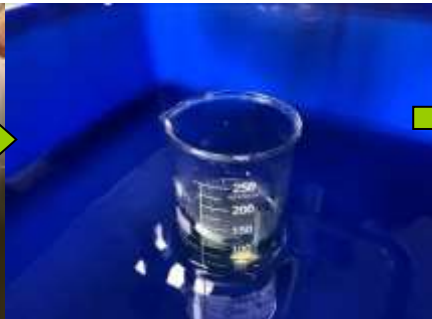
加熱板加熱蒸餾水。



取不同溫度的蒸餾水 100mL，倒入裝有茶葉的燒杯。



沖泡 3 分鐘後的茶水過濾
取澄清茶湯。



冷卻至室溫待用。



茶湯 10 毫升，置入錐形瓶中。



重複取三次。



以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$
進行滴定



重複做三次取平均值

圖(七)實驗步驟圖解

二、探討茶葉以不同沖泡時間對茶多酚的影響

(一)實驗步驟

- 1、將 250mL 燒杯置於電子秤上，以電子秤秤量茶葉 2.00 克。
- 2、以加熱板加熱蒸餾水至溫度 80°C。
- 3、取 80°C 的蒸餾水 100mL，倒入步驟(1)的燒杯中。
- 4、茶水沖泡時間分別為 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘、7 分鐘、9 分鐘、11 分鐘。
- 5、將沖泡後的茶水過濾取澄清茶湯，冷卻至 20°C 待用。
- 6、取茶湯 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 7、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行滴定。
- 8、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 9、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(二)所示。

表(二) 不同沖泡時間對茶多酚含量的影響紀錄表

實驗數據 沖泡時間	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
1 分鐘	3.3	3.3	3.2	3.27	0.0163	0.00029
3 分鐘	5.8	6.0	5.7	5.83	0.0292	0.00076
5 分鐘	5.7	5.9	6.0	5.87	0.0293	0.00076
7 分鐘	6.2	5.8	5.9	5.97	0.0298	0.00104
9 分鐘	5.8	5.7	5.5	5.67	0.0283	0.00076
11 分鐘	5.6	5.6	5.8	5.67	0.0283	0.00058

三、探討茶葉以不同沖泡次數對茶多酚的影響

(一)實驗步驟

- 1、將 250mL 燒杯置於電子秤上，以電子秤秤量茶葉 2.00 克。
- 2、以加熱板加熱蒸餾水至溫度 80°C。
- 3、取 80°C 的蒸餾水 100mL，倒入步驟(1)的燒杯中，沖泡 5 分鐘。
- 4、將沖泡 5 分鐘後的茶水過濾取澄清茶湯，冷卻至 20°C 待用。
- 5、重複步驟(3)、(4)，貼上標籤標示沖泡次數，重複 4 次。
- 6、取茶湯 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 7、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行滴定。
- 8、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 9、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(三)所示。

表(三) 不同沖泡次數對茶多酚含量的影響紀錄表

實驗數據 沖泡次數	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
沖泡 1 次	5.7	5.9	6.0	5.87	0.0293	0.00076
沖泡 2 次	3.5	3.7	3.6	3.60	0.0180	0.00050
沖泡 3 次	3.0	2.7	2.7	2.80	0.0140	0.00087
沖泡 4 次	2.7	2.4	2.3	2.47	0.0123	0.00104
沖泡 5 次	1.9	1.8	1.6	1.77	0.0088	0.00076

四、探討茶葉以不同水質對茶多酚的影響

(一)實驗步驟

- 1、取 5mL 蒸餾水、麥飯石水、地下水、自來水、飲用水裝入試管中，以 NaSCN 進行鐵離子的測試，做為背景值。
- 2、將 250mL 燒杯置於電子秤上，以電子秤秤量茶葉 2.00 克。
- 3、以加熱板分別加熱蒸餾水、麥飯石水、地下水、自來水、飲用水至溫度 80°C。
- 4、分別取 80°C 的各種水質 100mL，倒入步驟(1)的燒杯中，沖泡 5 分鐘。
- 5、將沖泡 5 分鐘後的茶水過濾取澄清茶湯，冷卻至 20°C 待用。
- 6、取茶湯 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 7、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行滴定。
- 8、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 9、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(四)所示。

表(四) 不同水質對茶多酚含量的影響紀錄表

實驗數據 水質	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
蒸餾水	5.7	5.9	5.7	5.77	0.0288	0.00058
麥飯石水	5.9	5.6	5.6	5.70	0.0285	0.00087
飲用水	5.6	5.6	5.7	5.63	0.0282	0.00029
自來水	4.7	4.7	5.0	4.80	0.0240	0.00087
地下水	4.8	4.7	4.7	4.73	0.0237	0.00029

五、探討冷泡茶在不同浸泡天數對於茶多酚的影響。

(一)實驗步驟

- 1、將 250mL 燒杯置於電子秤上，以電子秤分別秤量台灣農林紅玉紅茶、立頓東方美人茶及立頓活綠茶各 2.00 克。
- 2、熱泡茶：以加熱板加熱麥飯石水至溫度 80°C，取其 100mL，倒入步驟(1)的燒杯中。
- 3、冷泡茶：以 4°C 麥飯石水，取其 100mL，倒入步驟(1)的燒杯中，將茶湯放置於冰箱中浸泡不同天數(1 天、2 天、3 天)。
- 4、分別將熱泡茶以及不同浸泡天數的冷泡茶茶水過濾取澄清茶湯待用。
- 5、取茶湯 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 6、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行滴定。
- 7、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 8、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(五)所示。

表(五) 比較熱泡茶以及不同冷泡茶在不同浸泡天數對茶多酚含量的影響紀錄表

茶種	浸泡時間	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
台灣農林 紅玉紅茶	熱泡茶 5 分鐘後	4.20	4.10	4.20	4.17	0.0208	0.00029
	冷泡茶浸泡一天後	4.45	4.40	4.60	4.48	0.0224	0.00052
	冷泡茶浸泡二天後	4.80	4.70	4.90	4.80	0.0240	0.00050
	冷泡茶浸泡三天後	5.30	5.40	5.60	5.43	0.0272	0.00076
立頓東方 美人茶	熱泡茶 5 分鐘後	3.20	3.10	3.20	3.17	0.0158	0.00029
	冷泡茶浸泡一天後	3.00	3.50	3.20	3.23	0.0162	0.00126
	冷泡茶浸泡二天後	3.70	3.65	3.70	3.68	0.0184	0.00014
	冷泡茶浸泡三天後	3.90	3.90	3.80	3.87	0.0193	0.00029
立頓 活綠茶	熱泡茶 5 分鐘後	7.80	7.60	7.80	7.73	0.0387	0.00058
	冷泡茶浸泡一天後	8.50	7.85	7.80	8.05	0.0403	0.00195
	冷泡茶浸泡二天後	8.80	8.50	8.90	8.73	0.0437	0.00104
	冷泡茶浸泡三天後	10.00	10.10	10.10	10.07	0.0503	0.00029

六、探討不同茶葉中所含的茶多酚含量。

(一)實驗步驟

- 1、將 250mL 燒杯置於電子秤上，以電子秤分別秤量不同茶葉各 2.00 克。
- 2、以加熱板加熱麥飯石水至溫度 80°C。
- 3、取 80°C 的麥飯石水 100mL，倒入步驟(1)的燒杯中，沖泡 5 分鐘。
- 4、將沖泡 5 分鐘後的茶水過濾取澄清茶湯，冷卻至 20°C 待用。
- 5、取茶湯 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 6、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行滴定。
- 7、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 8、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(六)所示。

表(六) 不同茶葉其茶多酚含量的紀錄表

茶葉名稱 \ 實驗數據	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
錫蘭紅茶	3.20	3.10	3.10	3.13	0.0157	0.00029
天仁紅茶	3.80	3.90	3.70	3.80	0.0190	0.00050
台灣農林紅玉紅茶	4.20	4.10	4.20	4.17	0.0208	0.00029
日月潭紅茶	4.20	4.55	4.30	4.35	0.0218	0.00090
日月潭原葉紅茶	4.10	4.20	4.30	4.20	0.0210	0.00050
立頓凍頂烏龍茶	2.00	2.10	2.10	2.07	0.0103	0.00029
立頓高山烏龍茶	3.10	3.20	3.10	3.13	0.0157	0.00029
立頓東方美人茶	3.20	3.10	3.20	3.17	0.0158	0.00029
天仁高山烏龍茶	3.50	3.50	3.80	3.60	0.0180	0.00087
玉山牌原葉高山茶	5.90	5.60	5.60	5.70	0.0285	0.00087
天仁原葉高山烏龍茶	7.50	7.90	7.60	7.67	0.0383	0.00104
天仁綠茶	6.50	6.70	6.40	6.53	0.033	0.00076
立頓活綠茶	7.80	7.60	7.80	7.73	0.039	0.00058
天仁原葉綠茶	17.70	17.40	17.80	17.63	0.088	0.00104

七、探討不同市售茶飲料中所含的茶多酚含量。

- 1、取不同市售茶飲料各 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 2、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(aq)$ 進行滴定。
- 3、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(aq)$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 4、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(aq)$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(七)所示。

表(七) 不同市售茶飲料其茶多酚含量的紀錄表

茶種	產品名稱	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
紅茶	泰山茶之初紅茶	3.1	3.2	3.0	3.10	0.0155	0.00050
	御茶園特上紅茶	4.3	4.0	4.0	4.10	0.0205	0.00087
	原萃錫蘭紅茶	3.7	3.5	3.5	3.57	0.0095	0.00050
	茶裏王英式紅茶	3.0	3.1	3.1	3.07	0.0153	0.00029
	午後的紅茶	2.9	3.1	3.1	3.03	0.0178	0.00058
	麥香阿薩姆紅茶	1.9	2.0	1.8	1.90	0.0152	0.00058
烏龍茶	原萃烏龍茶	8.6	8.9	8.6	8.70	0.0250	0.00100
	茶裏王青心烏龍茶	8.2	7.8	8.0	8.00	0.0212	0.00076
	茶裏王濃韻烏龍茶	6.0	6.0	5.5	5.83	0.0292	0.00144
	原萃東方美人茶	4.8	5.2	5.0	5.00	0.0213	0.00029
	開喜烏龍茶	4.3	4.2	4.3	4.27	0.0435	0.00087
	御茶園台灣烏龍茶	4.2	4.1	4.4	4.23	0.0400	0.00100
綠茶	愛之味春心茶	17.1	17.2	17.3	17.20	0.0860	0.00050
	每朝健康綠茶	13.2	13.1	13.0	13.10	0.0655	0.00050
	原萃日式綠茶	11	11	10.8	10.93	0.0547	0.00058
	茶裏王濃韻日式綠茶	9.5	9.6	9.4	9.50	0.0475	0.00050
	茶裏王無糖綠茶	5.0	4.9	5.3	5.07	0.0253	0.00104
	御茶園日式綠茶	4.3	4.4	4.6	4.43	0.0222	0.00076

八、探討不同現泡茶飲料中所含茶多酚含量。

- 1、取不同現泡茶飲料各 10 毫升加入錐形瓶中，重複三次。
- 2、以 0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行滴定。
- 3、當錐形瓶中溶液顏色出現 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的血紅色且不會消退時，達到滴定終點。
- 4、紀錄所使用 $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 的體積量，重複做三次取平均值，其紀錄如表(八)所示。

表(八) 不同現泡茶飲料其茶多酚含量的紀錄表

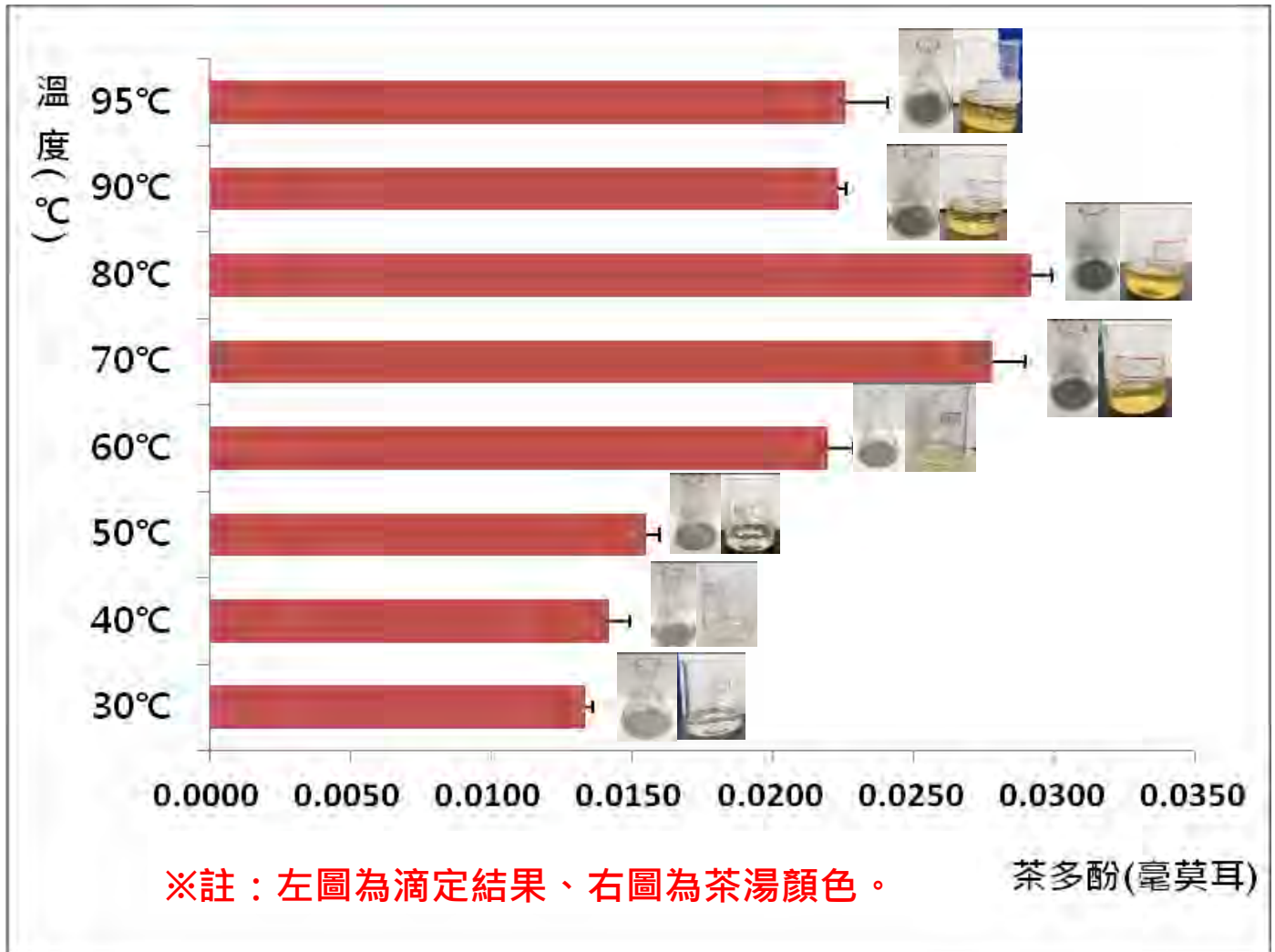
茶種	產品名稱	數值 1 (mL)	數值 2 (mL)	數值 3 (mL)	平均值 (mL)	茶多酚 (mmole)	標準差 (mmole)
紅茶	COCO 莊園紅茶	3.00	3.15	2.80	2.98	0.0149	0.00088
	茶湯會蔗香紅茶	4.40	4.30	4.10	4.27	0.0213	0.00076
	清心福錫蘭紅茶	2.98	3.00	2.90	2.96	0.0148	0.00026
	一芳日月潭紅茶	4.30	4.20	4.10	4.20	0.0210	0.00050
	50 嵐阿薩姆紅茶	3.90	4.00	3.80	3.90	0.0195	0.00050
烏龍茶	COCO 四季春青茶	3.50	3.60	3.50	3.53	0.0177	0.00029
	茶湯會包種青茶	6.00	6.00	5.80	5.93	0.0297	0.00058
	清心福翡翠烏龍茶	2.00	2.10	1.80	1.97	0.0098	0.00076
	一芳鹿谷烏龍茶	5.30	5.10	5.50	5.30	0.0265	0.00100
	50 嵐黃金烏龍茶	3.70	3.70	3.60	3.67	0.0183	0.00029
綠茶	COCO 醇品綠茶	6.60	6.40	6.45	6.48	0.0324	0.00052
	茶湯會茉莉綠茶	9.30	9.20	8.70	9.07	0.0453	0.00161
	清心福全特級綠茶	5.30	5.10	5.20	5.20	0.0260	0.00050
	一芳包種綠茶	7.90	8.30	8.00	8.07	0.0403	0.00104
	50 嵐茉莉綠茶	5.85	5.80	5.90	5.85	0.0293	0.00025

陸、結果

一、探討茶葉在不同沖泡溫度對於茶多酚含量的影響。

(一)由圖(八)可明顯看出 80°C 之前，釋放出的茶多酚含量隨溫度上升而增加。

(二)溫度上升至 90°C 後，釋放出的茶多酚含量開始下降。

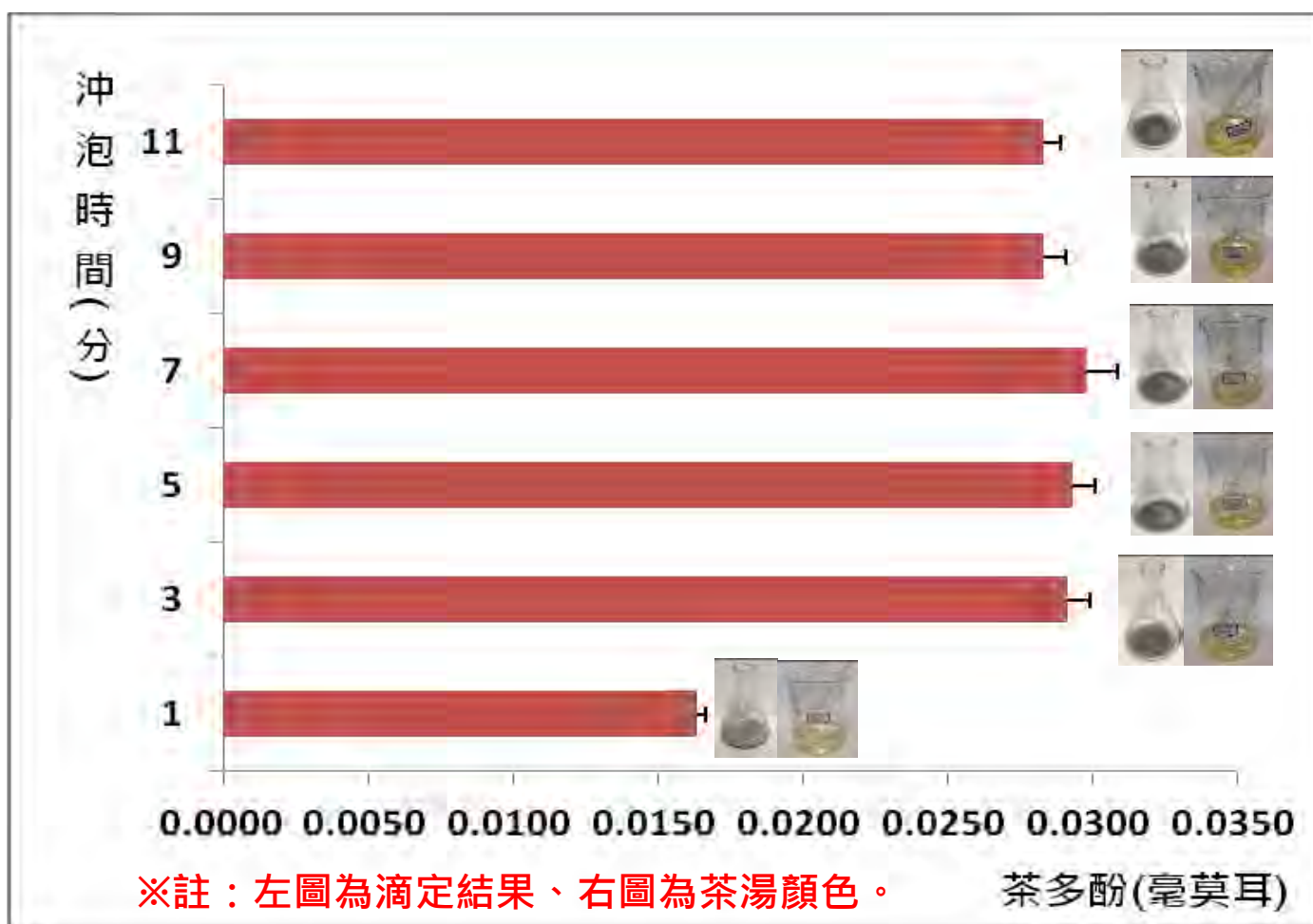


圖(八) 不同沖泡溫度所釋放出的茶多酚毫莫耳數

二、探討茶葉在不同沖泡時間對於茶多酚含量的影響。

(一)由圖(九)中可發現，隨著沖泡時間拉長，釋放出的茶多酚也隨之增加，但是在3分鐘之後無太大的變動。

(二)由於市售茶包上大都建議沖泡3~5分鐘，因此之後各茶品的沖泡時間皆設定為5分鐘。

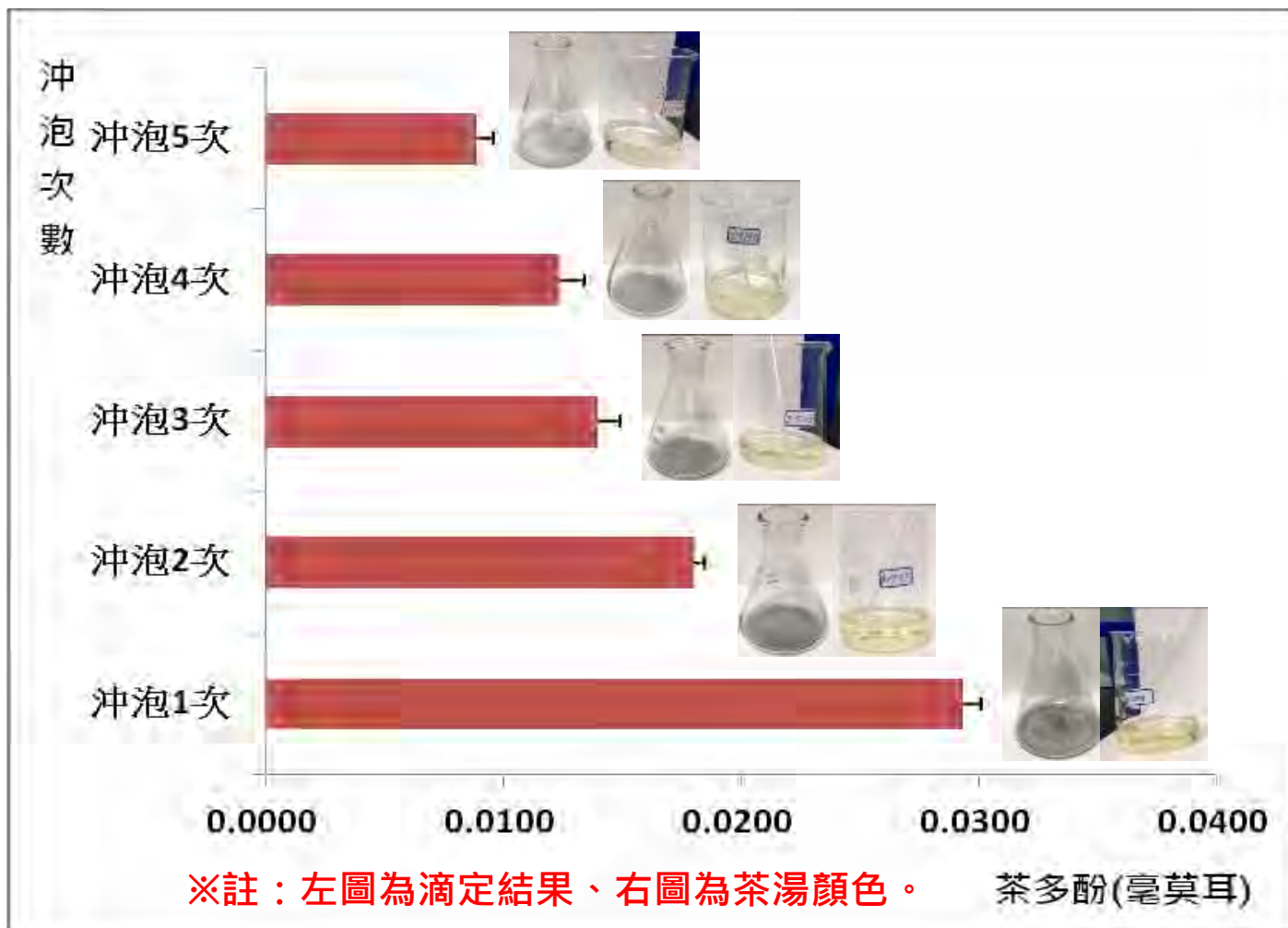


圖(九) 不同沖泡時間所釋放出的茶多酚毫莫耳數

三、探討茶葉在不同沖泡次數對於茶多酚含量的影響。

(一)由圖(十)可明顯看出，隨著沖泡次數增加，釋放出的茶多酚含量不斷減少。

(二)因此後續實驗的各茶品沖泡次數皆為一次。



圖(十) 不同沖泡次數所釋放出的茶多酚毫莫耳數

四、探討茶葉在不同水質對於茶多酚含量的影響。

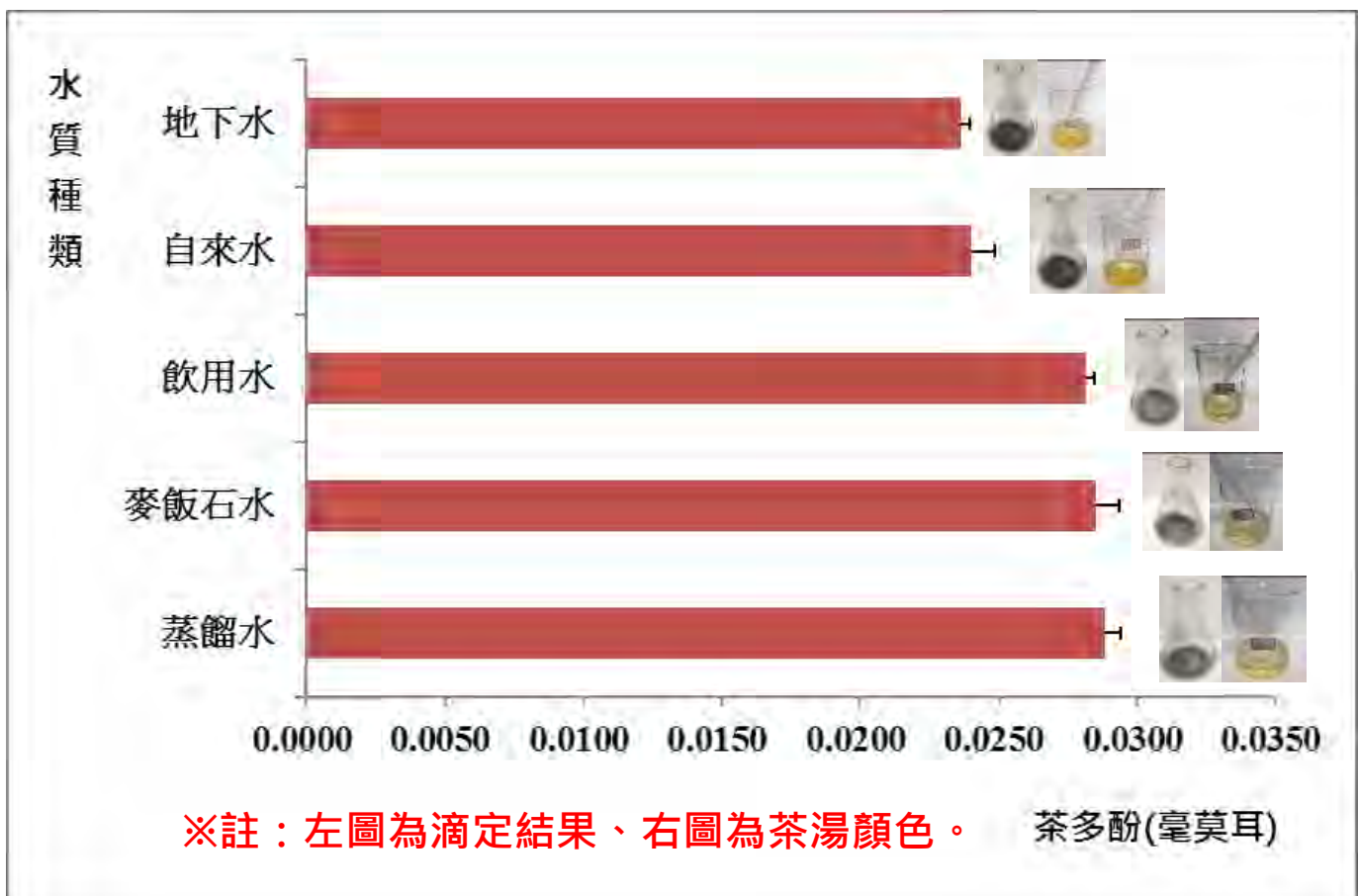
(一)由圖(十一)可發現，不同水質中滴入硫氰化鈉均無產生血紅色的硫氰化鐵，表示水中的鐵離子之背景值含量為零。

(二)由圖(十二)可發現，使用蒸餾水、麥飯石水及飲用水來沖泡茶葉，其釋放出的茶多酚均高於未經過濾處理的自來水及地下水。

(三)由於日常生活中較難取得蒸餾水用於沖泡茶品，而各家廠牌的飲水機規格皆有所不同，因此後續實驗均使用麥飯石水來沖泡各式茶品。



圖(十一) 使用硫氰化鈉檢測不同水質中是否含有鐵離子

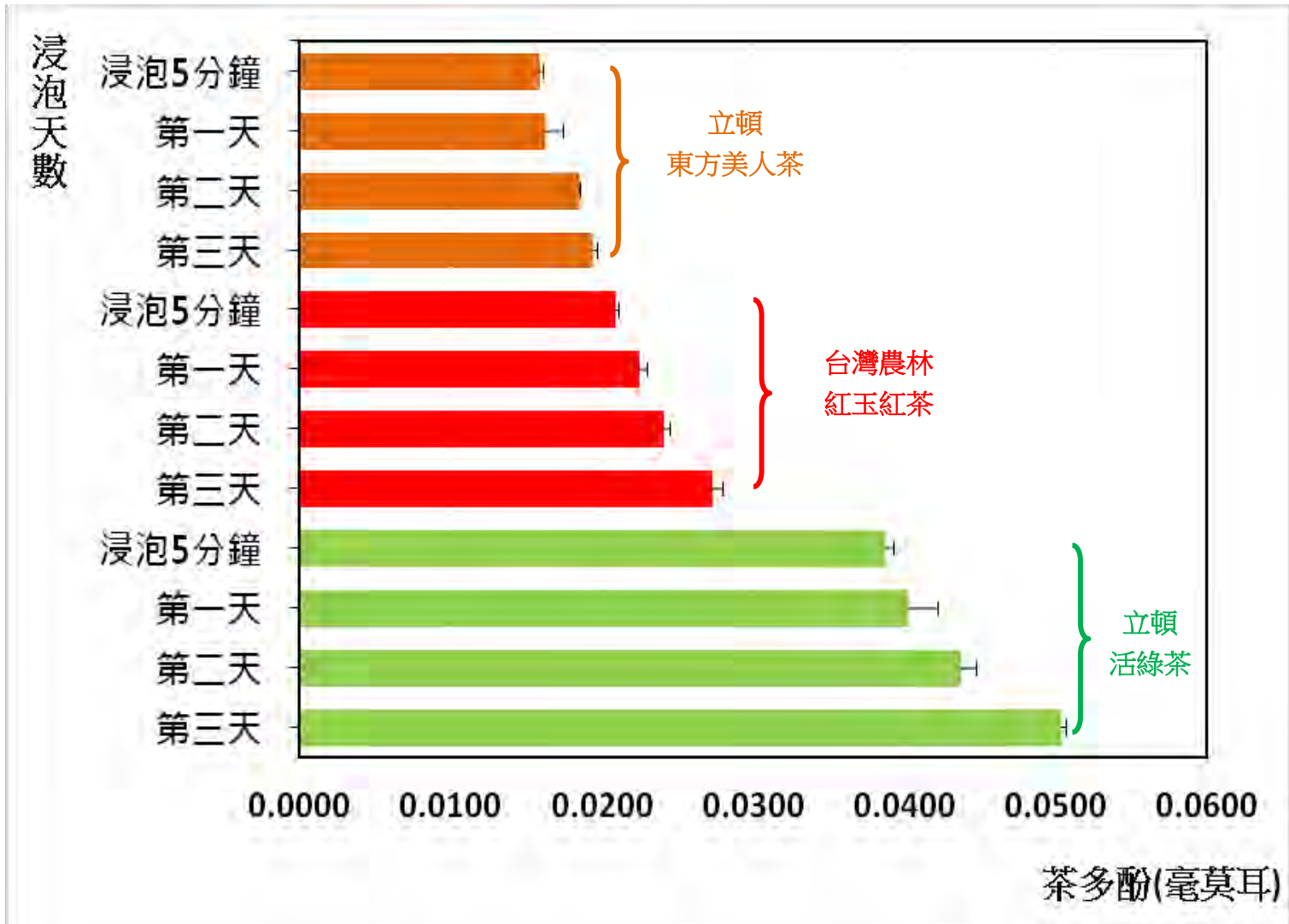


圖(十二) 使用不同水質沖泡茶葉所釋放出的茶多酚毫莫耳數

五、探討冷泡茶在不同浸泡天數對於茶多酚的影響。

(一)由圖(十三)中可明顯看出，隨著浸泡天數增加，釋放出的茶多酚毫莫耳數也隨之增加。

(二)茶多酚增加量以立頓活綠茶最為明顯，剩餘茶種其茶多酚皆未增加超過 0.01 毫莫耳。



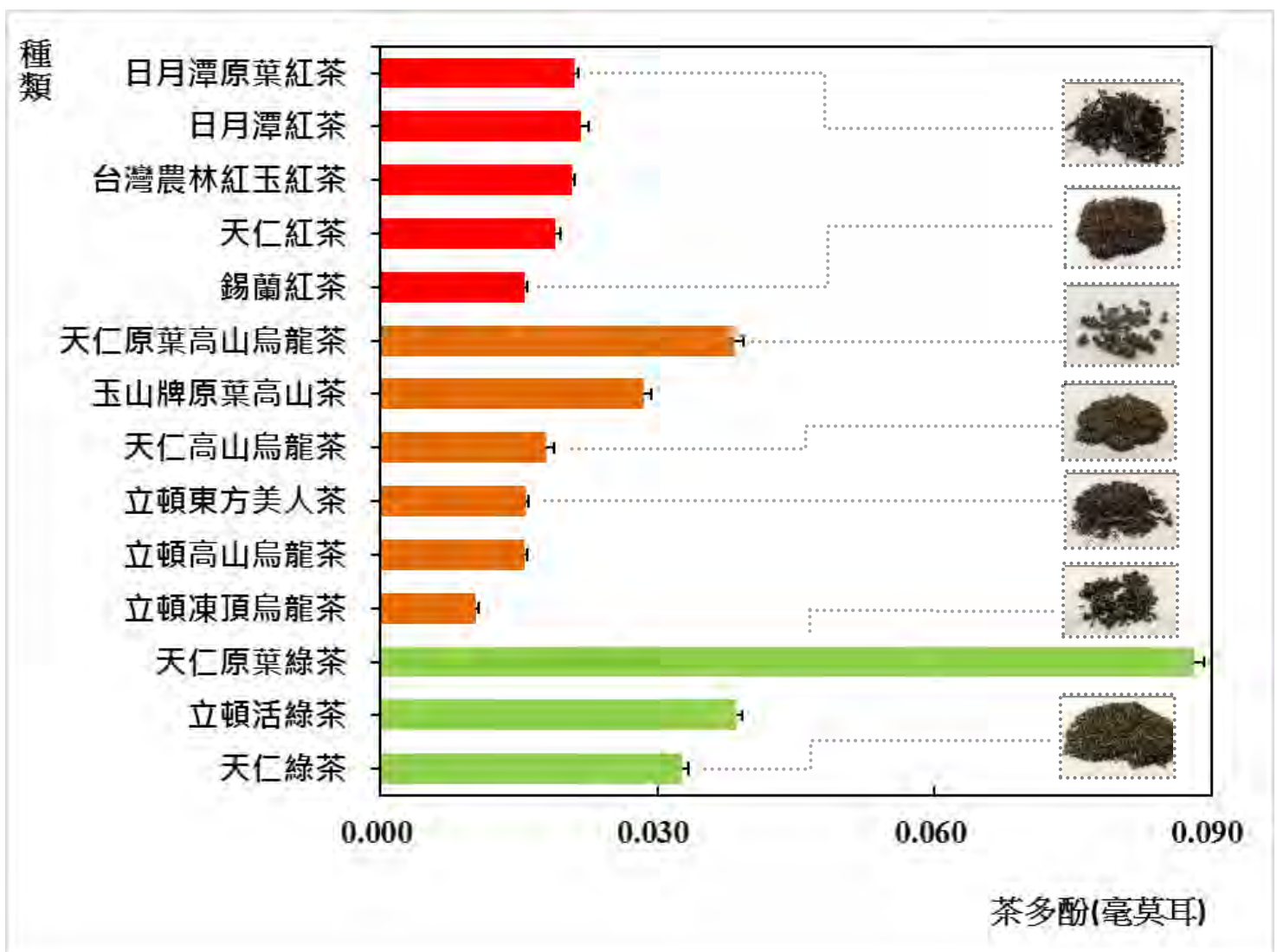
圖(十三) 不同浸泡天數的冷泡茶所釋放出的茶多酚毫莫耳數

六、探討不同茶葉中所含的茶多酚含量。

(一)由圖(十四)中可發現天仁原葉綠茶釋放出的茶多酚含量最高，立頓活綠茶次之。

(二)天仁原葉高山烏龍茶和玉山牌原葉高山茶釋出的茶多酚較其他烏龍茶茶包來的多，可能原因有二：一為烏龍茶茶包上標示的建議沖泡時間均大於 5 分鐘；二為茶包中的茶葉並不完整，且混有茶梗，因此造成其他烏龍茶釋放出的茶多酚含量較少。

(三)紅茶則是日月潭原葉紅茶及紅茶茶包兩者的茶多酚含量不相上下，而磨成粉末的錫蘭紅茶和天仁紅茶釋放出的茶多酚最少。



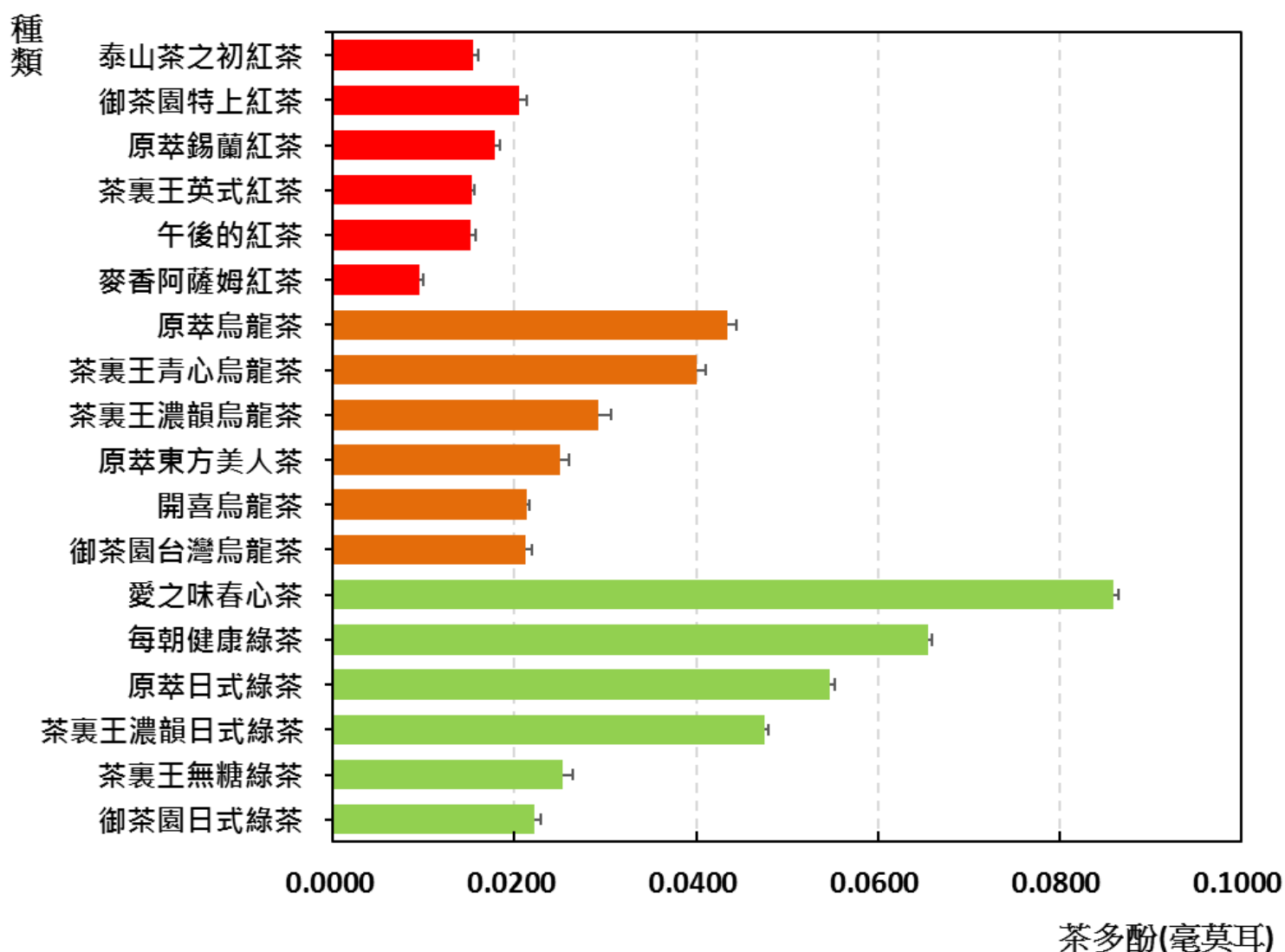
圖(十四) 不同茶葉所釋放出的茶多酚毫莫耳數

七、探討不同市售茶飲料中所含的茶多酚含量。

(一)由圖(十五)中可知，市售的綠茶飲料中以愛之味春心茶的茶多酚含量最高，御茶園日式綠茶的茶多酚含量最少。

(二)由圖(十五)中可知，市售的烏龍茶飲料中以原粹烏龍茶的茶多酚含量最高，御茶園台灣烏龍茶的茶多酚含量最少。

(三)由圖(十五)中可知，市售的紅茶飲料中以御茶園特上紅茶的茶多酚含量最高，麥香阿薩姆紅茶的茶多酚含量最少。



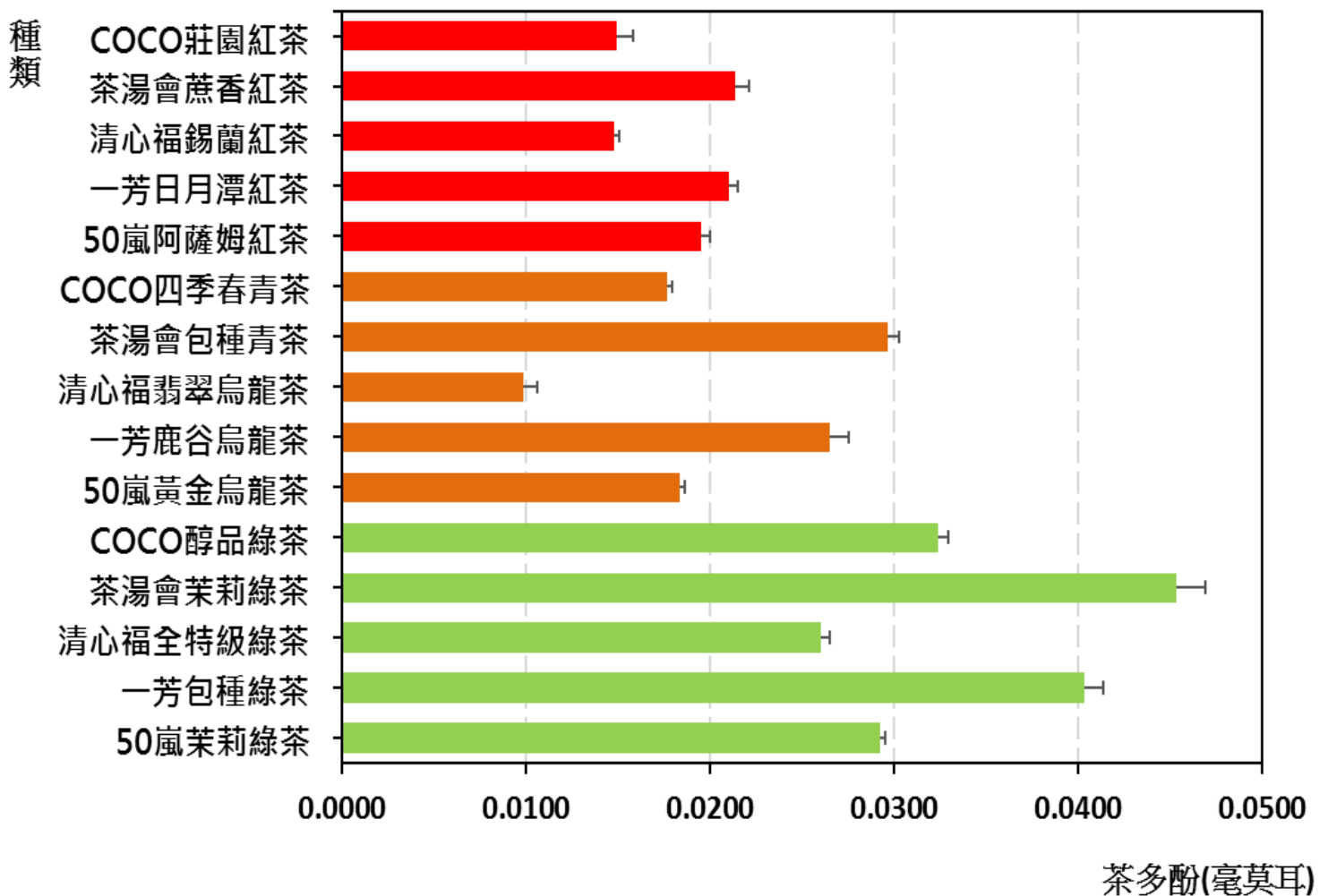
圖(十五) 不同品牌的市售飲料所釋放出的茶多酚毫莫耳數

八、探討不同現泡茶飲料中所含茶多酚含量。

(一)由圖(十六)中可知，現泡的綠茶飲料中以茶湯會茉莉綠茶的茶多酚含量最高，清心福全特級綠茶的茶多酚含量最少。

(二)由圖(十六)中可知，現泡的烏龍茶飲料中以茶湯會包種青茶的茶多酚含量最高，清心福全翡翠烏龍茶的茶多酚含量最少。

(三)由圖(十六)中可知，現泡的紅茶飲料中以茶湯會蔗香紅茶的茶多酚含量最高，清心福全錫蘭紅茶及 COCO 莊園紅茶的茶多酚含量並列最少。



圖(十六) 不同商家的現泡茶飲料所釋放出的茶多酚毫莫耳數

柒、討論

一、探討不同條件對於茶飲料釋放出茶多酚之含量的影響

- (一)隨著溫度上升，茶多酚的含量也隨之增加，但由於茶多酚易溶於溫水(40°C~80°C)，當溫度上升至 90°C 時，茶多酚的含量反而開始下降。
- (二)沖泡 3、5、7、9、11 分鐘後，茶多酚的含量分別為 0.029、0.029、0.030、0.028、0.028mmol，可發現幾乎沒有差異。而市售茶包上建議沖泡時間多為 3~5 分鐘，因此後續實驗之沖泡時間均採用 5 分鐘。
- (三)市售茶包有些特別強調可回沖數次，因此本次研究也對沖泡次數進行實驗。但隨著沖泡次數增加，茶多酚的含量不斷降低，沖泡至第五次時，僅剩 0.009mmol 的茶多酚而已。
- (四)使用不同水質來沖泡茶飲時，很明顯的能看出，未經過濾處理的自來水及地下水，沖泡出的茶飲釋放出的茶多酚較少。可能原因為自來水及地下水中帶有其他金屬離子，而茶多酚十分容易和金屬離子形成錯合物，因此造成量測到的茶多酚濃度較少。
- (五)冷泡茶的浸泡時間越長，釋放出的茶多酚會越多，但除了立頓活綠茶的變化較為明顯，由 0.039mmol 上升至 0.050mmol，其餘茶種的上升幅度其實並沒有增加太多，均少於 0.01mmol。

二、探討不同茶葉中所含的茶多酚含量

- (一)綜合前四項實驗結果後，決定沖泡條件均為以 80°C 的麥飯石水 100mL 沖泡茶葉 5 分鐘後進行過濾，取澄清茶湯進行滴定實驗。
- (二)實驗結果發現綠茶釋放出的茶多酚遠高於烏龍茶及紅茶。但是烏龍茶的實驗結果卻產生了變化，二種原葉烏龍茶釋放出的茶多酚遠多於另外四種，而其他四種烏龍茶茶包所釋放出的茶多酚竟然比紅茶還要低，因此我們將茶包剪開檢視其內容物，發現裡面並不完全是原片的茶葉，有一部分是茶梗。
- (三)茶葉改良場自民國 60 年起不斷就兒茶素類進行一系列的試驗，發現若依生長部位所釋放出茶多酚的含量做排序，其順序為一心一葉 > 第二葉 > 第三葉 > 第四葉 > 上梗 > 下梗。

三、比較市售茶飲料與現泡茶飲料及原片茶葉茶包釋放出的茶多酚多寡

- (一)比較市售茶飲料釋放出的茶多酚含量可發現綠茶的茶多酚含量 > 烏龍茶的茶多酚含量 > 紅茶的茶多酚含量。
- (二)比較現泡茶飲料釋放出的茶多酚含量可發現綠茶的茶多酚含量 > 烏龍茶的茶多酚含量 > 紅茶的茶多酚含量。
- (三)將前述兩系列的實驗數據，與原片茶葉茶包釋放出的茶多酚含量做比較，發現市售茶飲料含有的茶多酚與原片茶葉茶包不相上下(差距僅有 0.002mmole)。現泡茶飲料的茶多酚含量就有比較大的變化，清心福全的綠茶、烏龍茶、紅茶其茶多酚含量均為最少，甚至原片茶葉茶包沖泡至第三次所釋放出的茶多酚含量都高於清心福全系列。
- (四)部分市售茶飲料有特別標示兒茶素含量(單位為 mg/100mL)，但由於茶多酚是一類組成複雜、分子量不同、極性與結構差異很大的多酚類衍生物的混合體，將其以相同單位(mg/100mL)標示時，會有無法準確判定分子量的情形。因此我們採用分子量最小的 GA(分子量為 170)，以及分子量最大的 EGCG(分子量為 458)，用區間的方式來標示，結果如下表。

表(九) 市售茶飲料茶多酚量測結果與廠商標示之比較

實驗數據 產品名稱	平均值 (mL)	毫莫耳數 (mmole)	茶多酚 (GA) (mg/100mL)	茶多酚 (EGCG) (mg/100mL)	檢測茶多酚範圍 (mg/100mL)	標示兒茶素 (mg/100mL)
茶裏王無糖綠茶	5.07	0.025	43.1	116.0	43.1~116.0	31.2~46.8
御茶園日式綠茶	4.43	0.022	37.7	101.5	37.7~101.5	
茶裏王濃韻日式綠茶	9.50	0.048	80.8	217.6	80.8~217.6	34.8~52.2
原萃日式綠茶	10.93	0.055	92.9	250.4	92.9~250.4	121.1~181.7
愛之味春心茶	17.20	0.086	146.2	393.9	146.2~393.9	105~145
每朝健康綠茶	13.10	0.066	111.4	300.0	111.4~300.0	61.6~92.4
茶裏王青心烏龍茶	8.00	0.040	68.0	183.2	68.0~183.2	
原萃烏龍茶	8.70	0.044	74.0	199.2	74.0~199.2	
原萃東方美人茶	5.00	0.025	42.5	114.5	42.5~114.5	
茶裏王濃韻烏龍茶	5.83	0.029	49.6	133.6	49.6~133.6	36.0~54.0
御茶園台灣烏龍茶	4.23	0.021	36.0	96.9	36.0~96.9	
開喜烏龍茶	4.27	0.021	36.3	97.7	36.3~97.7	
麥香阿薩姆紅茶	1.90	0.010	16.2	43.5	16.2~43.5	
午後的紅茶	3.03	0.015	25.8	69.5	25.8~69.5	
茶裏王英式紅茶	3.07	0.015	26.1	70.2	26.1~70.2	
原萃錫蘭紅茶	3.57	0.018	30.3	81.7	30.3~81.7	
御茶園特上紅茶	4.10	0.021	34.9	93.9	34.9~93.9	
泰山茶之初紅茶	3.10	0.016	26.4	71.0	26.4~71.0	

茶多酚(GA)的計算方式為：滴定三次之平均值(單位為 mL)，先除以 1000，使其單位為公升，再乘上硫氰化鐵離子的濃度 0.005(M)，得到莫耳數。莫耳數再乘上 GA 的分子量 170，即得到質量(單位為公克)。為使其與市售茶飲料標示單位相同，再乘上 1000 使質量單位為毫克，最後因實驗樣本僅 10mL，所以再乘上 10，使單位統一為 mg/100mL。

茶多酚(EGCG)的計算方式為：滴定三次之平均值(單位為 mL)，先除以 1000，使其單位為公升，再乘上硫氰化鐵離子的濃度 0.005(M)，得到莫耳數。莫耳數再乘上 EGCG 的分子量 458，即得到質量(單位為公克)。為使其與市售茶飲料標示單位相同，再乘上 1000 使質量單位為毫克，最後因實驗樣本僅 10mL，所以再乘上 10，使單位統一為 mg/100mL。

可發現本次實驗所得到的數值與廠商標示的區間範圍十分接近，但會略為多一些，這是因為各家廠商申請測定之兒茶素檢驗品項不一，並未檢驗所有茶多酚含量，而本實驗所得到的數據為茶多酚的總量，故數值較大是合理的。

捌、結論

- 一、本實驗採用硫氰化鐵離子做為測量茶多酚總量之試劑，其茶多酚含量之計算結果和市售茶飲料所標示的十分接近，證實本實驗方法確實有效且具備一定的精確度。
- 二、無論是市售茶飲料、現泡茶飲料及原片茶葉茶包，茶多酚的含量多寡排序皆為綠茶>烏龍茶(青茶)>紅茶。
- 三、溫度的高低會影響茶多酚的釋放，但並不是溫度越高就越好，最適宜的溫度為 80°C 左右。
- 四、沖泡時間亦會影響茶多酚的釋放，但在 5 分鐘過後，沖泡時間的影響力不再那麼明顯。但是冷泡茶的茶多酚含量會隨著放置時間而增加，綠茶在放置三天後多釋放出 0.011mmole 的茶多酚。
- 五、水質也和茶多酚的釋放息息相關，未經過濾處理的地下水及自來水，因為其中含有多種不明的金屬離子，會對測試結果造成阻礙。

玖、參考資料

- 一、林鳴奕等，2004，綠茶的臉變紅了—應用光敏電阻探討綠茶的變色反應速率及成因，中華民國第44屆中小學科學展覽會國中組化學科，國立臺灣科學教育館。
- 二、郭孟瑜等，2005，茶言觀色—不同茶種之茶液在不同環境下的酸鹼性與顏色變化及氧化性研究，中華民國第45屆中小學科學展覽會國中組化學科，國立臺灣科學教育館。
- 三、蔡幸紘等，2014，喝茶？找碴？—單寧酸和茶的異想世界，中華民國第54屆中小學科學展覽會國小組化學科，國立臺灣科學教育館。
- 四、林育任等，2018，以自組儀器探討單寧酸與鐵及鉛離子之作用並開發為檢測方法之研究，中華民國第58屆中小學科學展覽會國中組化學科，國立臺灣科學教育館。
- 五、林旻頡等，2017，這「茶」「鐵」定有問題，臺南市私立南光高級中學。
- 六、張芫睿等，2017，唉啊！我們的眼睛業障重-比色法之探討，中華民國第57屆中小學科學展覽會國中組化學科，國立臺灣科學教育館。
- 七、吳白玟等，2011，液相層析法分析茶飲料中兒茶素，食品藥物研究年報2，90-96。

【評語】 030215

本作品是以錯合滴定的方式，方便及快速檢測各式茶葉中茶多酚的含量與各種不同的沖泡條件下茶葉釋放茶多酚的不同。研究中尋找合適的錯合滴定方式，主要測試的變因為指示劑的選擇，篩選的條件以肉眼能夠達到明顯的區分滴定終點為標準。最佳化的條件以三價鐵離子滴定茶多酚，血紅色的硫氰化鐵離子為指示劑，在滴定終點時其顏色變化最為鮮明。研究中令人印象深刻的是：學生利用現有的素材而不使用複雜的儀器與設備即能夠對於茶多酚進行檢測，而且在找尋條件的時候充分的控制實驗的變因，實驗取樣生活中的各類茶品，進行定性定量之分析，原始實驗數據紀錄詳實且完整呈現數據誤差，唯學生對標準差之概念敘述可再加強，整體而言為一成熟之研究。

建議：可購買各式茶多酚的標準品，觀察是哪一類的化合物對於三價鐵離子的結合力最強，進而評估茶類中茶多酚主要的成分為何。

科別：化學科

組別：國中組

關鍵字：茶多酚、鐵離子、茶飲料

茶多酚？
兒茶素？
抗氧化？



實驗架構圖

研究動機&目的

【參考作品說明書】

文獻探討



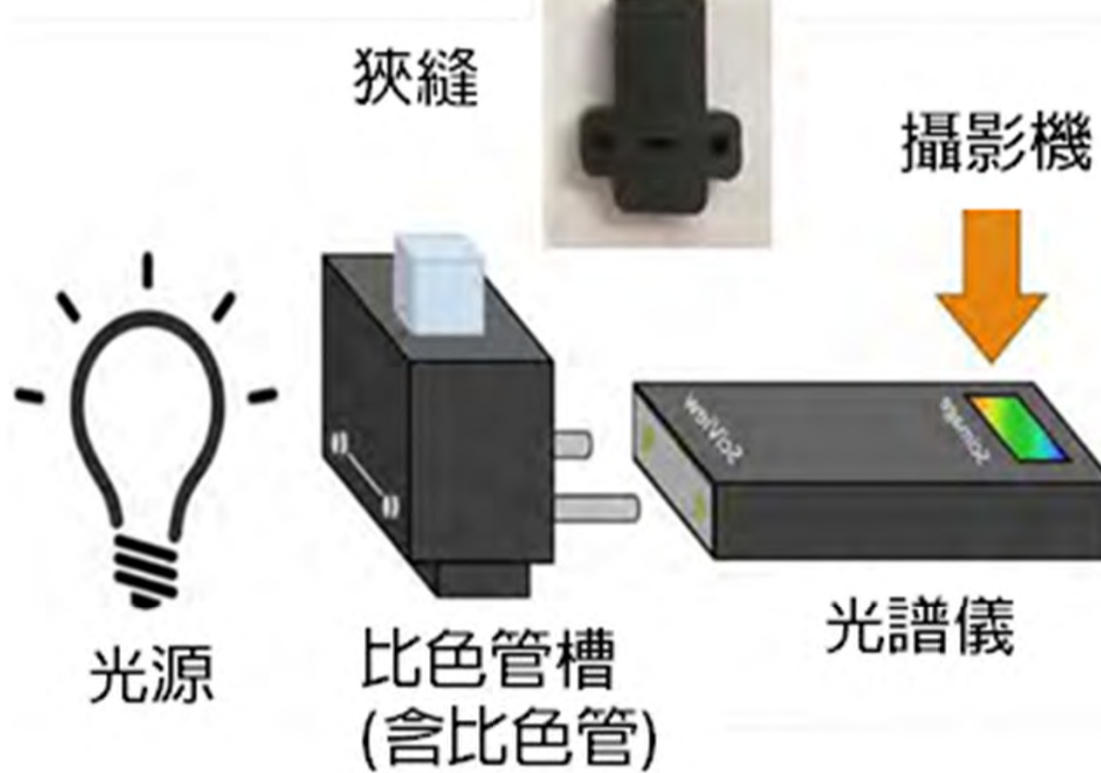
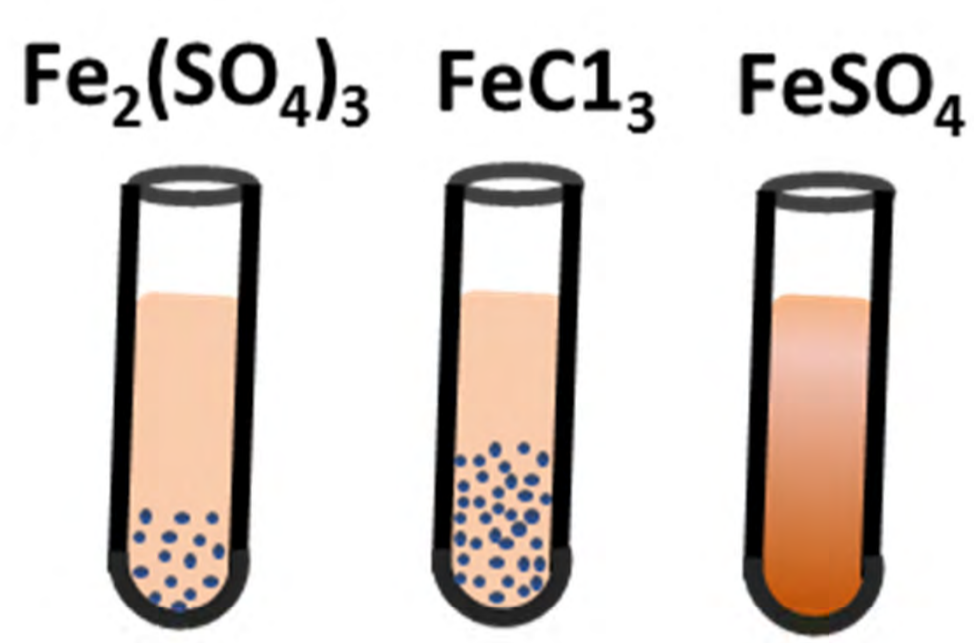
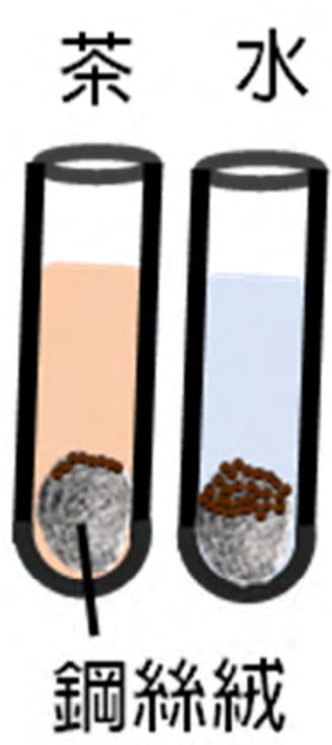
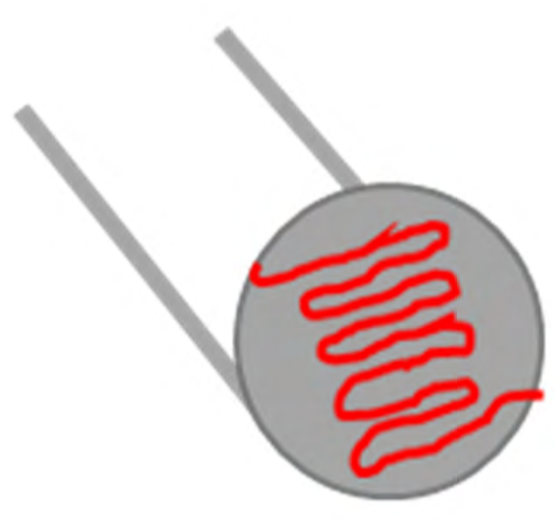
1

2

3

4

5

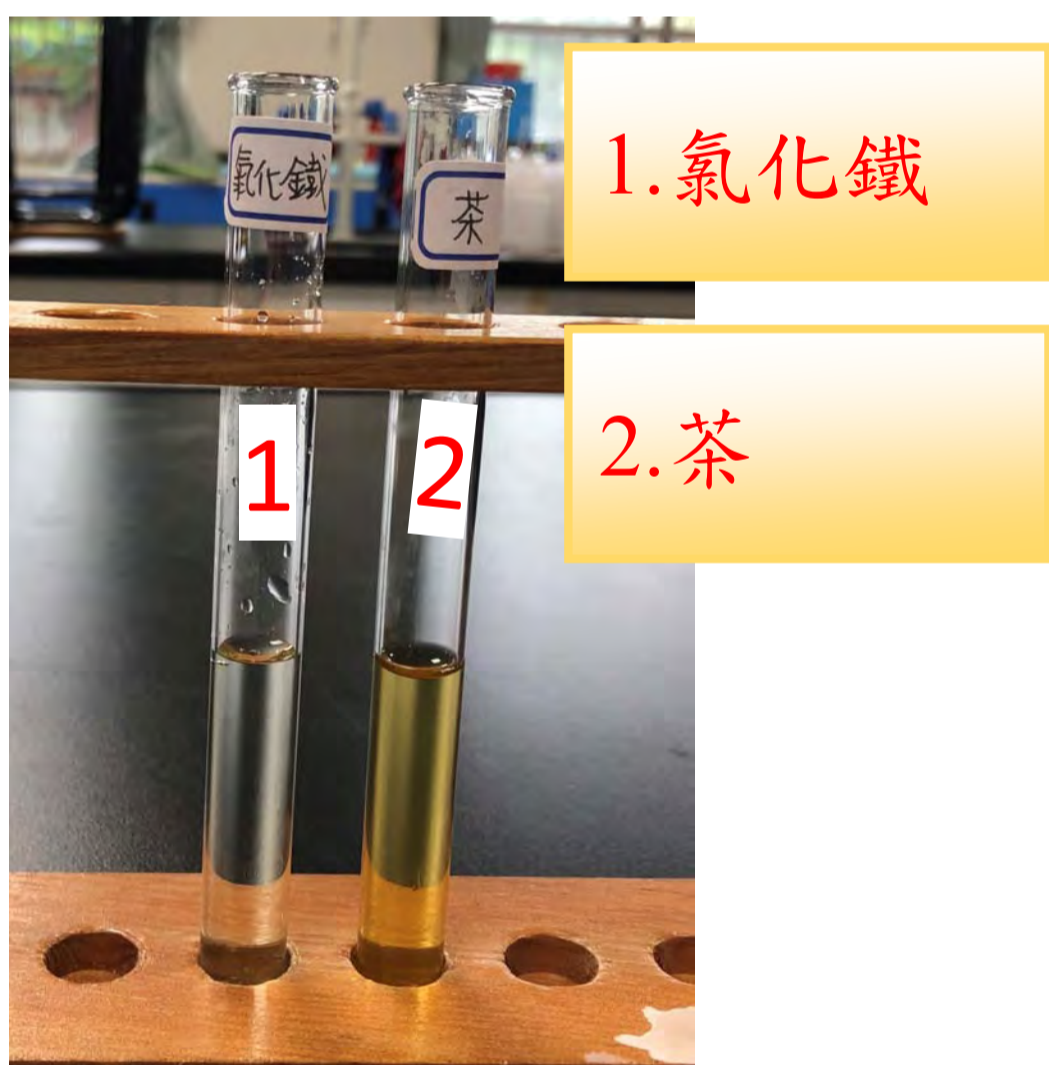


茶多酚的檢測方法

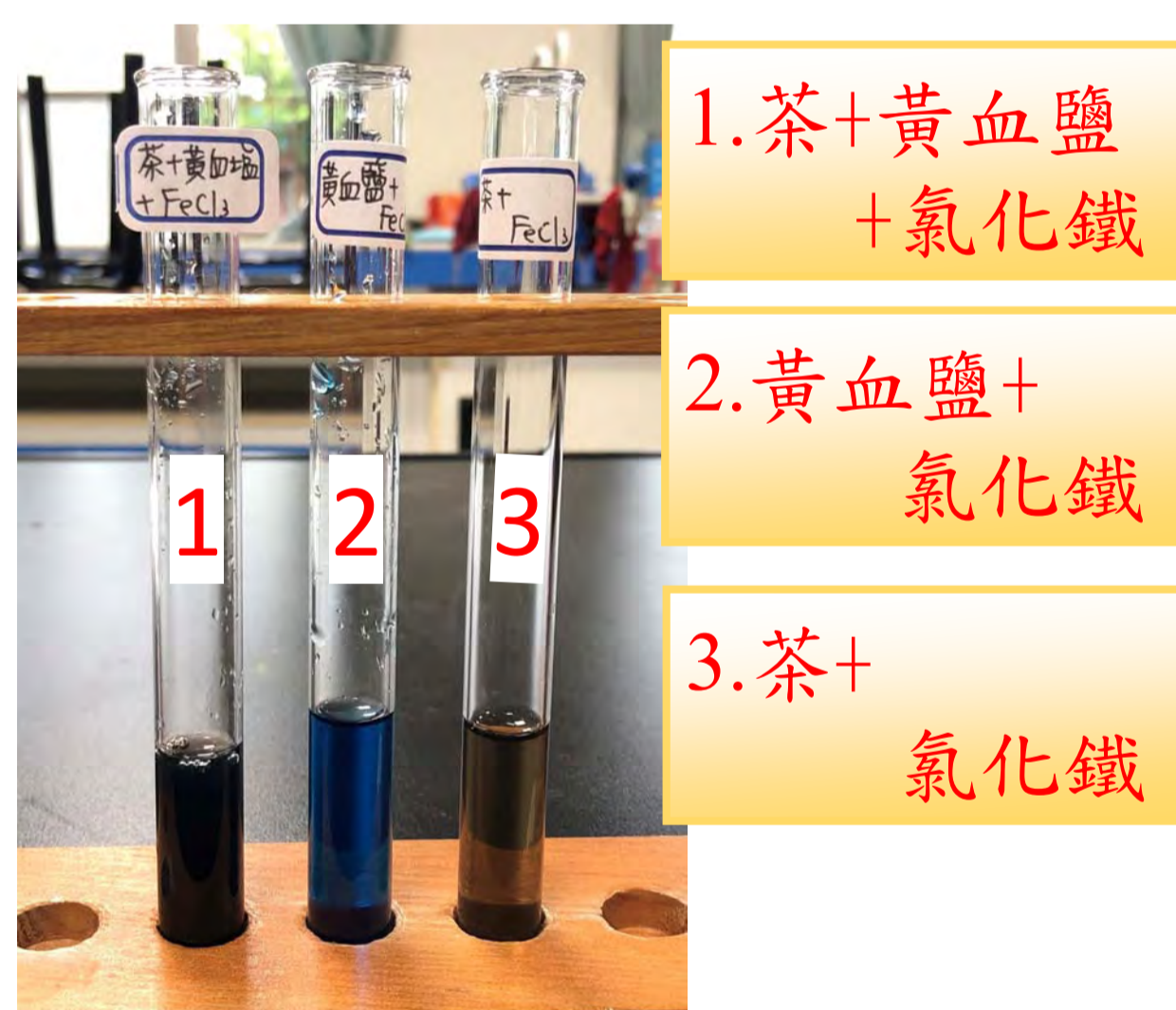
第一部分： 滴定溶液的檢測



1 氯化鐵



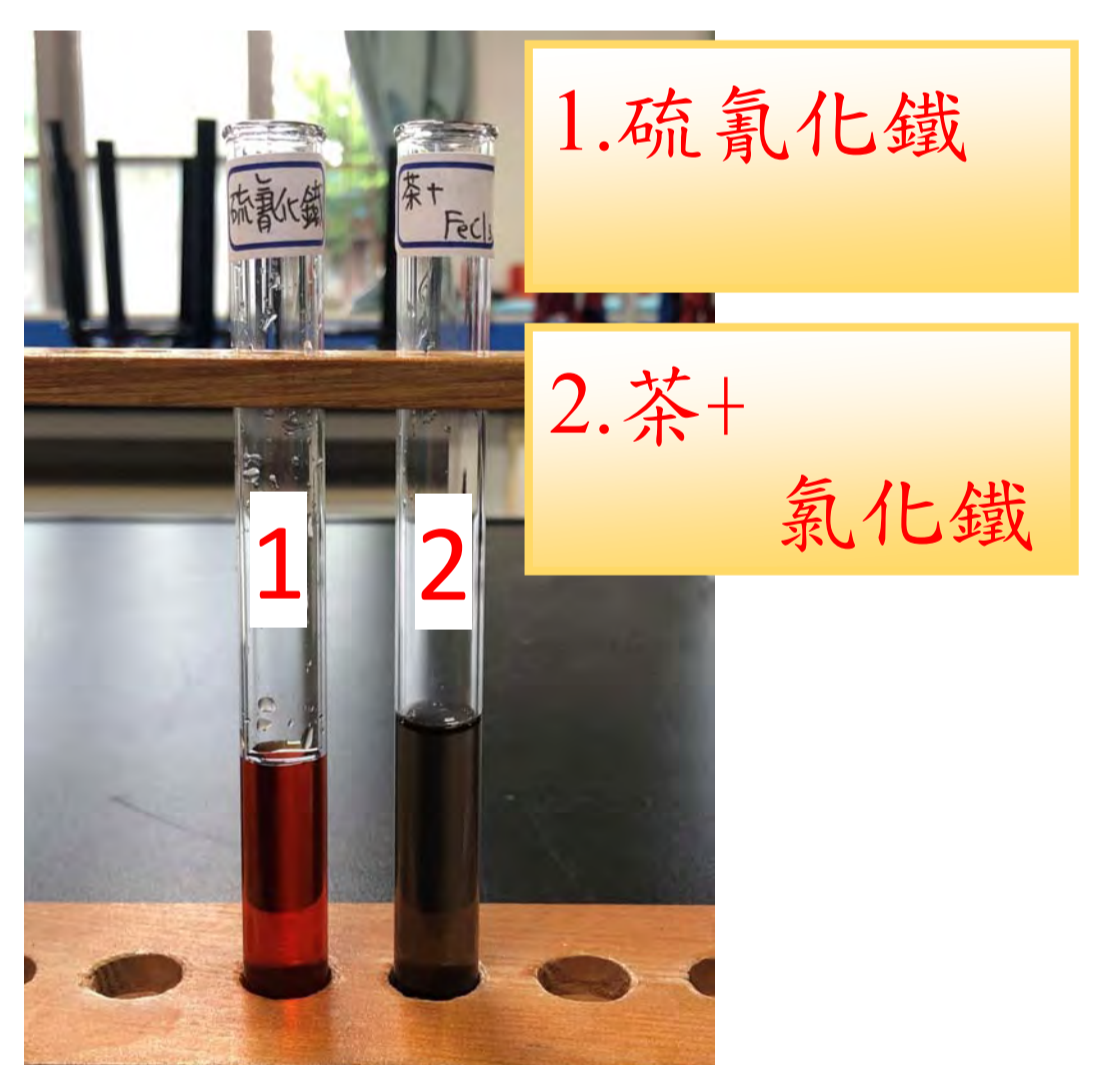
2 黃血鹽



3 赤血鹽



4 硫氰化鐵



第二部分： 泡茶最佳化條件

1 沖泡溫度

2 沖泡時間

3 沖泡次數

4 沖泡水質

茶多酚檢測方法 之應用

1 茶葉



2 市售茶飲料



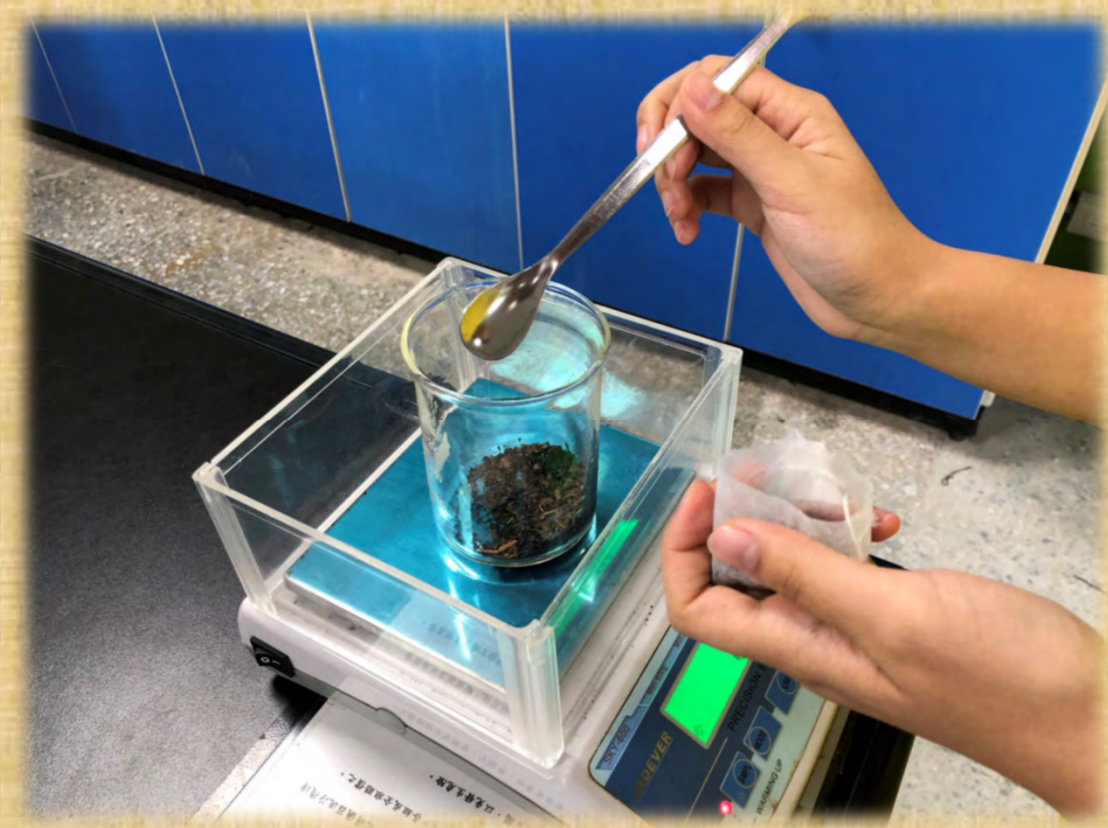
3 現泡茶飲料



4 冷泡茶



實驗流程圖



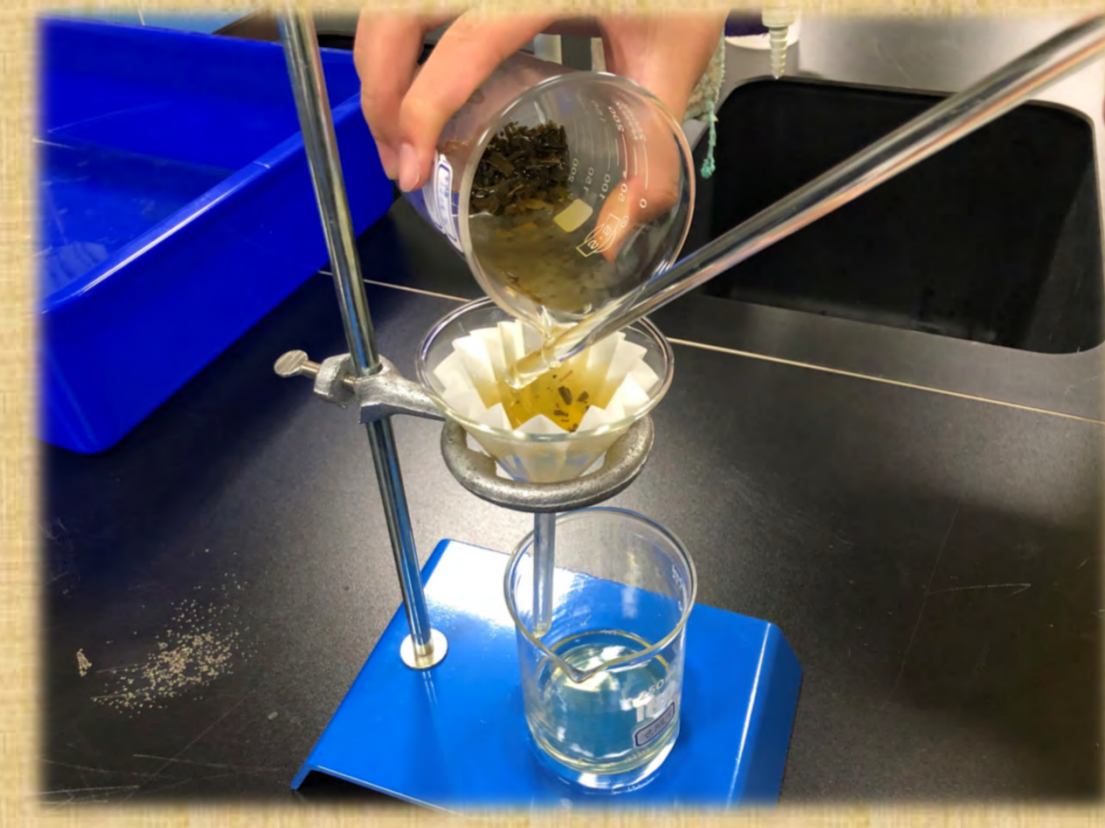
以電子秤秤量茶葉2.00克



加熱板加熱蒸餾水。
【操縱變因：沖泡水質】



取不同溫度的蒸餾水100ml，
倒入裝有茶葉的燒杯。
【操縱變因：沖泡溫度】



沖泡3分鐘後的茶水過濾取澄清
茶湯。【操縱變因：沖泡時間
、沖泡次數】



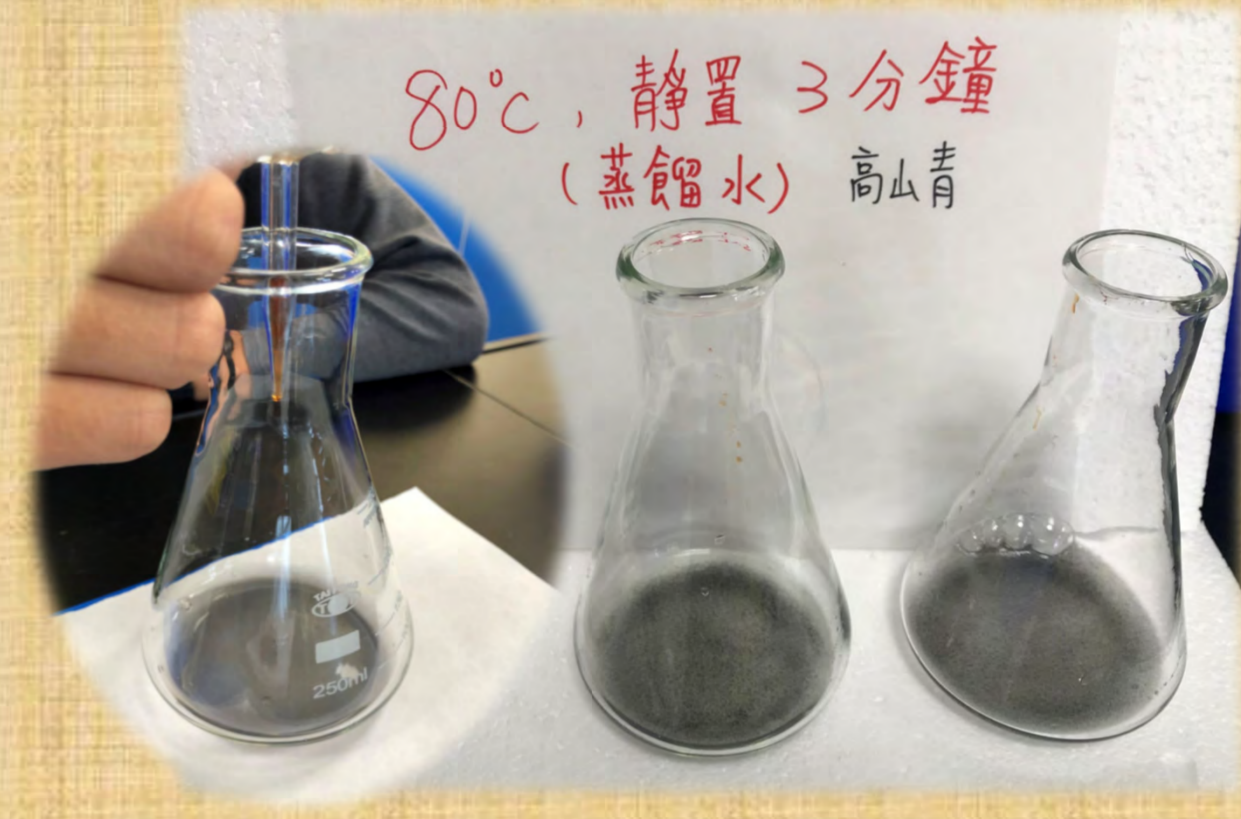
冷卻至20°C待用。



茶湯10毫升，置入錐形瓶中。

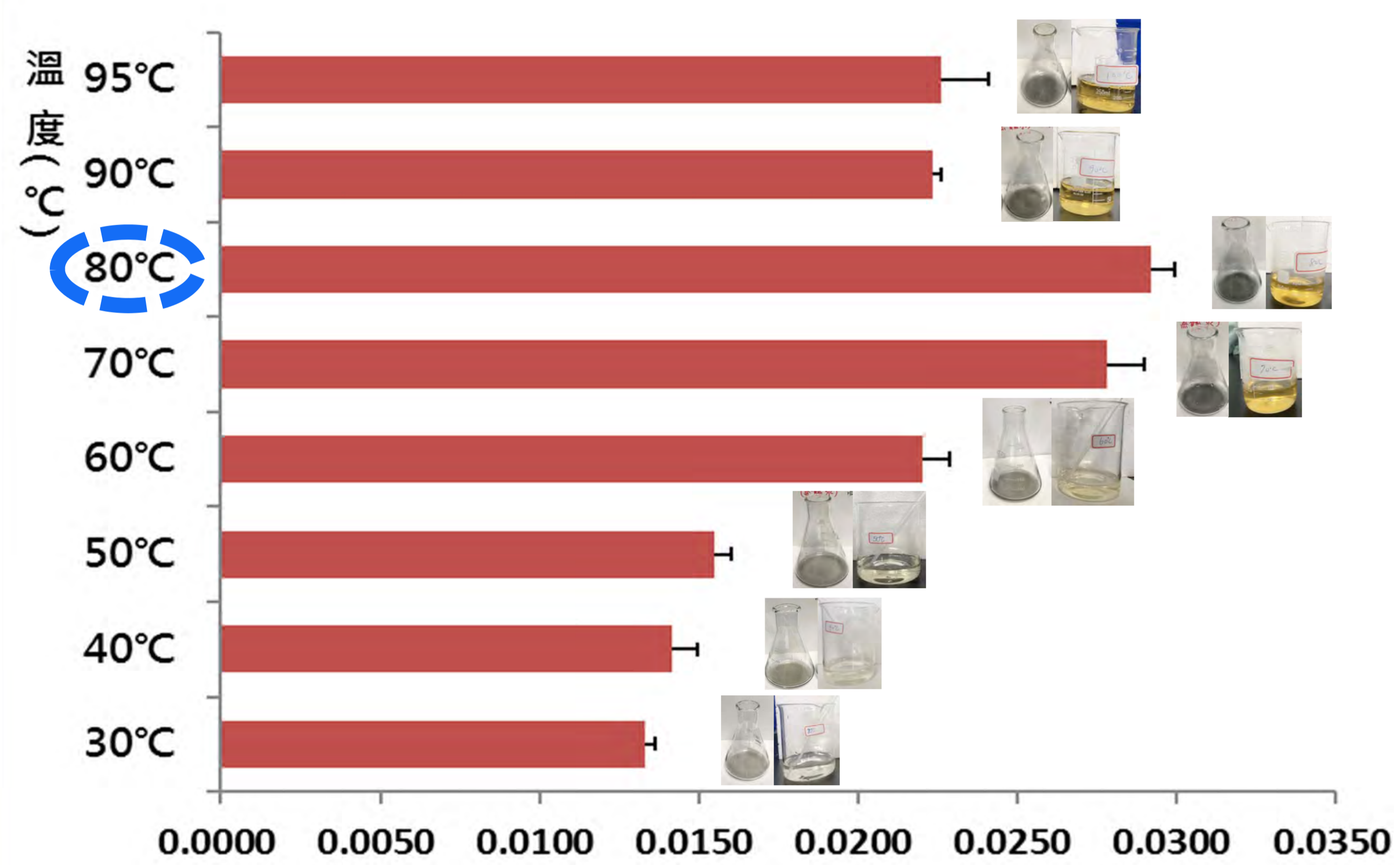


重複取三次。



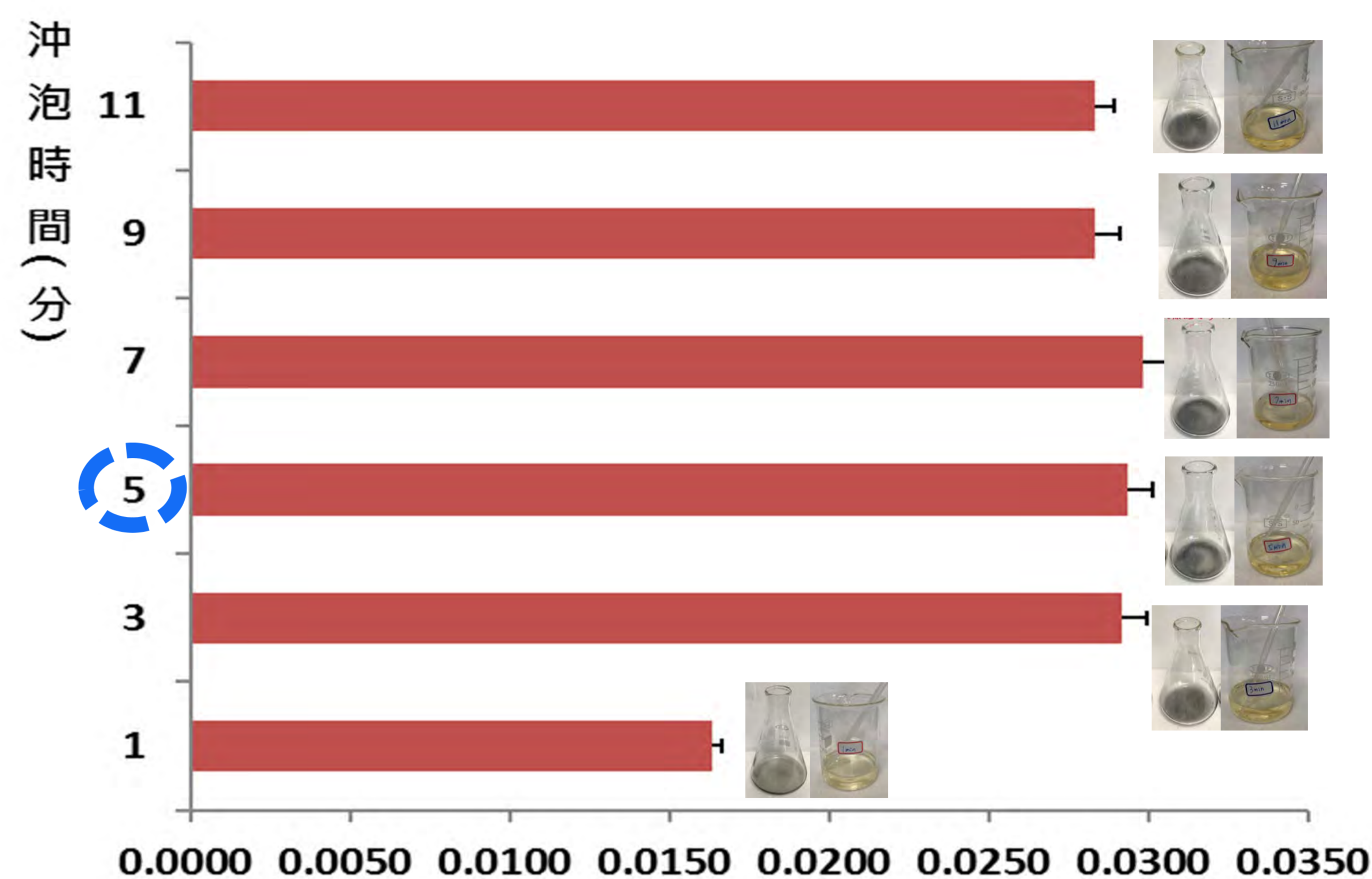
以0.005M $\text{FeSCN}^{2+}(\text{aq})$ 進行
滴定，重複做三次取平均值。

最佳化條件



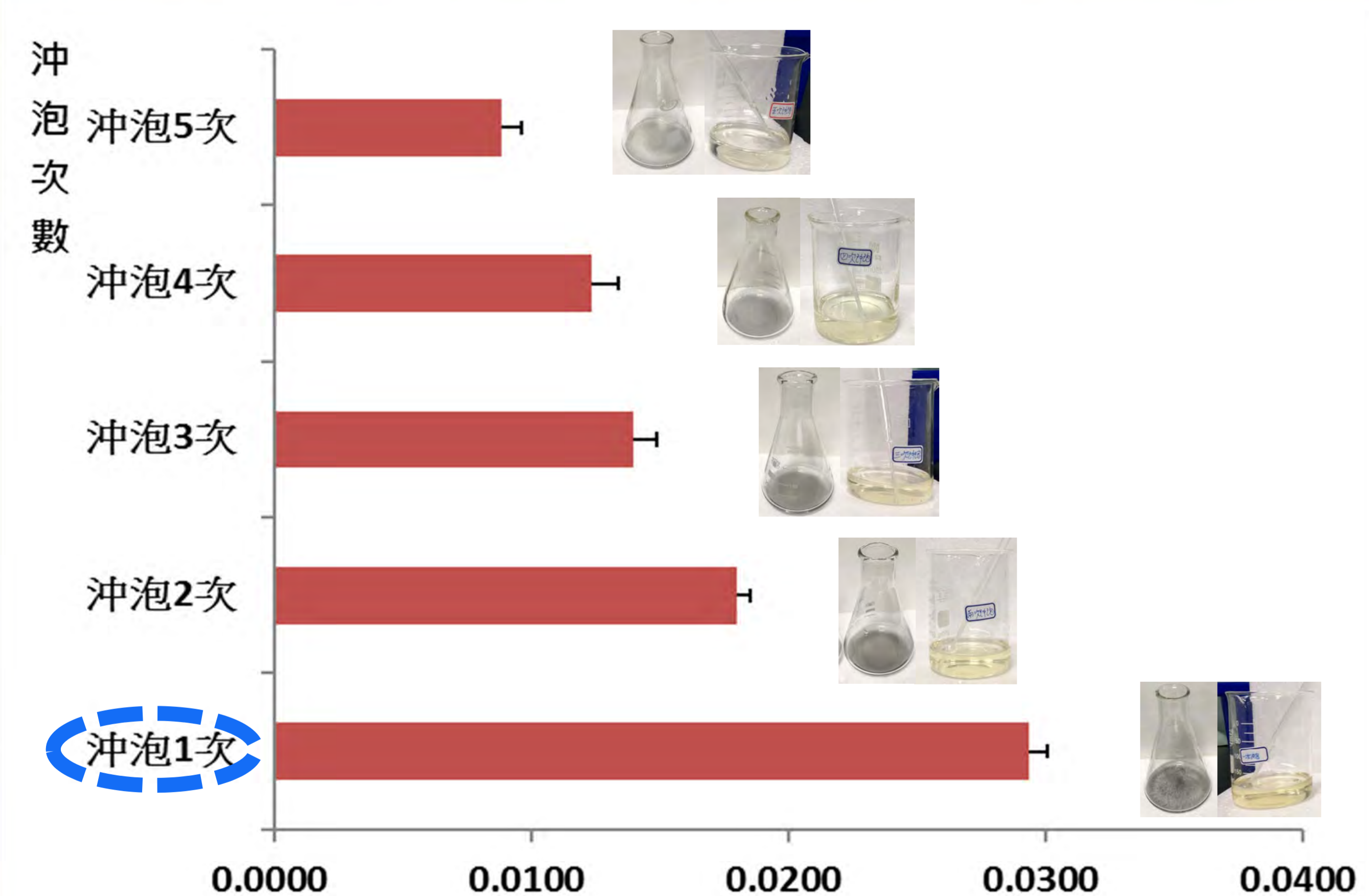
※註：左圖為滴定結果、右圖為茶湯顏色。茶多酚(毫莫耳)

1. 明顯看出80°C之前，茶多酚含量隨溫度上升而增加。
2. 因茶多酚易溶於溫水(40~80°C)，本實驗沖泡溫度皆設為80°C



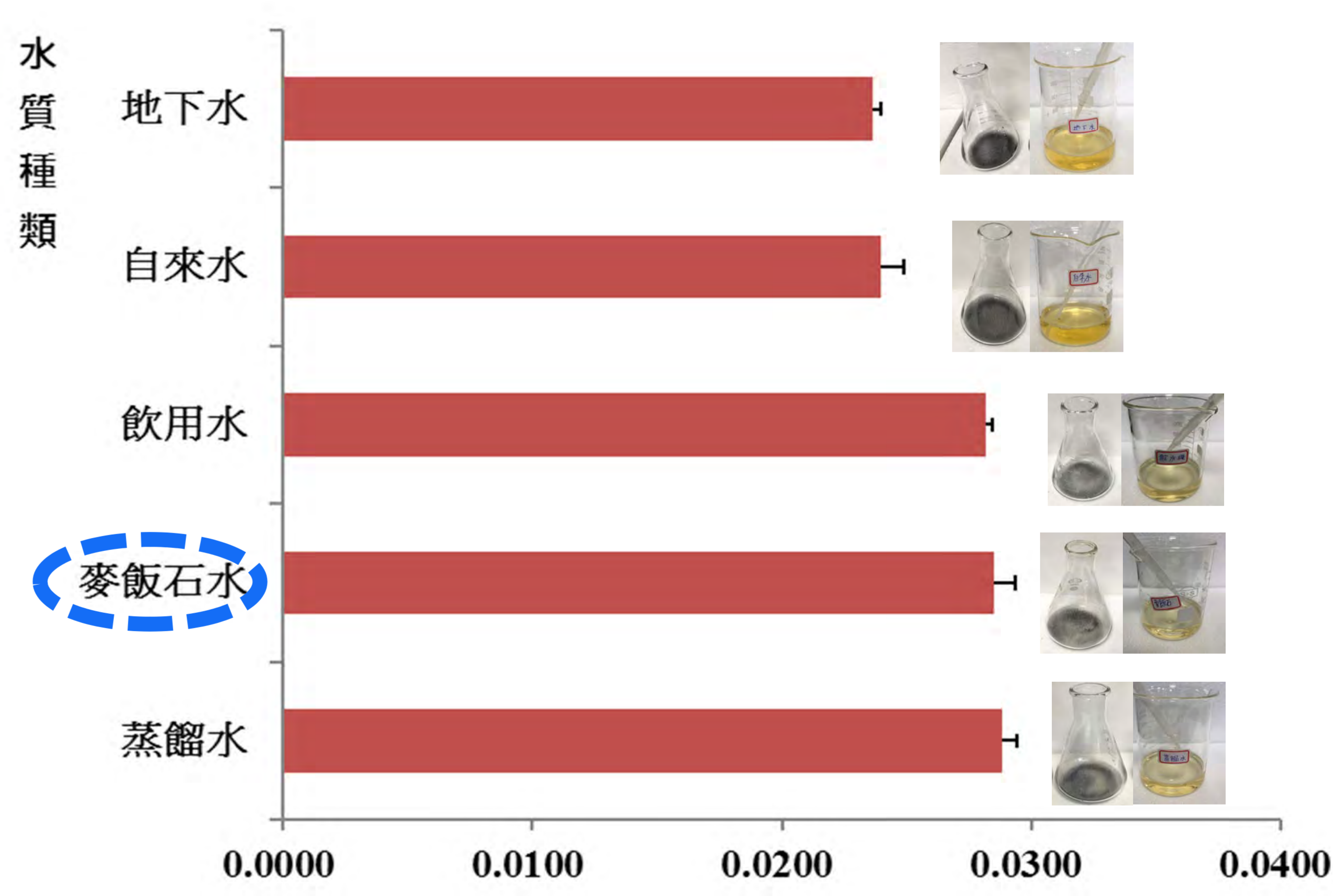
※註：左圖為滴定結果、右圖為茶湯顏色。茶多酚(毫莫耳)

1. 隨著沖泡時間拉長，茶多酚含量也隨之增加，在3分鐘後無明顯變動。
2. 市售茶包大都建議沖泡3~5分鐘，本實驗將沖泡時間皆設定為5分鐘。



※註：左圖為滴定結果、右圖為茶湯顏色。茶多酚(毫莫耳)

1. 隨著沖泡次數增加，茶多酚含量不斷減少。
2. 本實驗將沖泡次數皆設定為1次。



※註：左圖為滴定結果、右圖為茶湯顏色。茶多酚(毫莫耳)

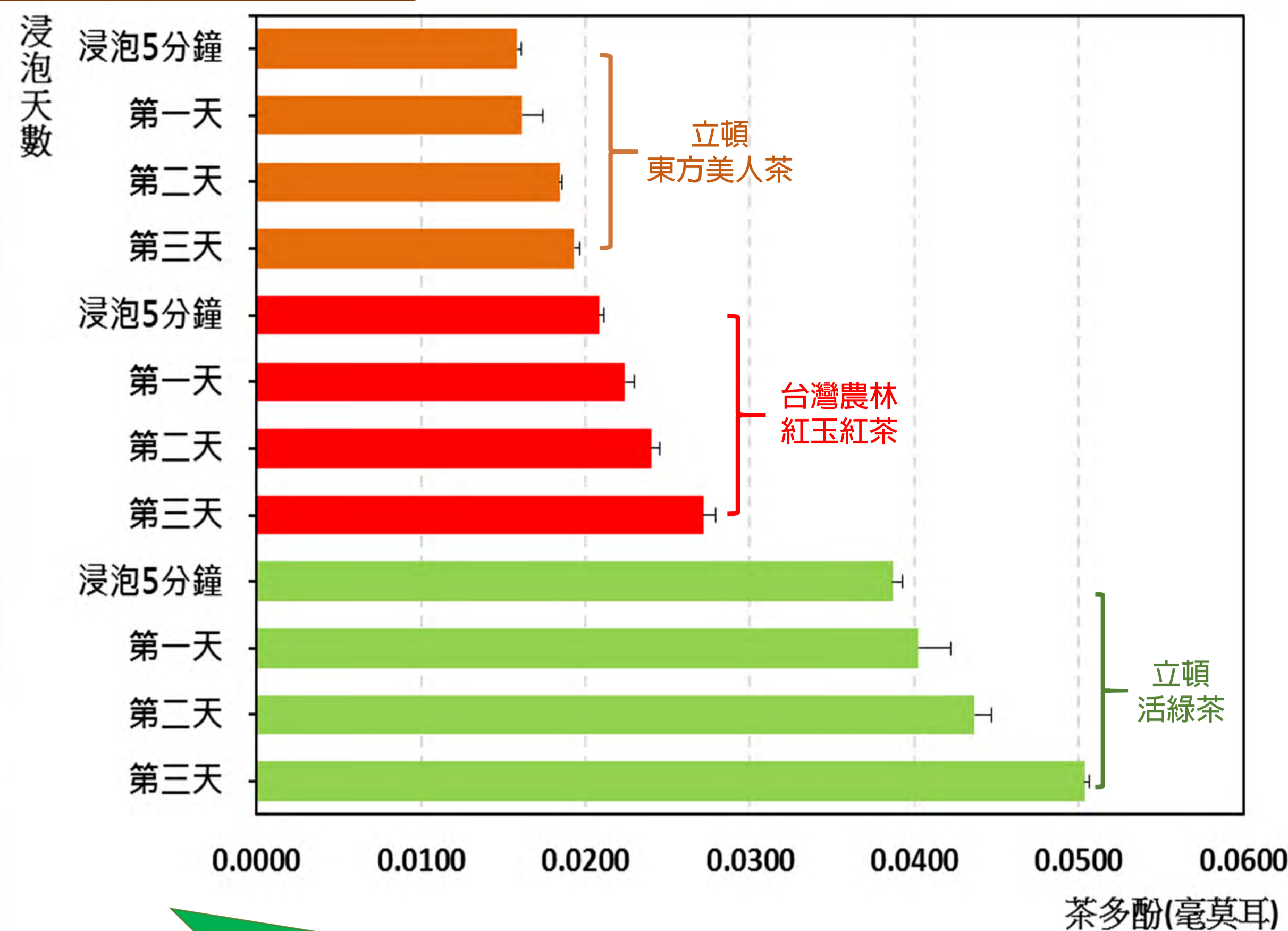
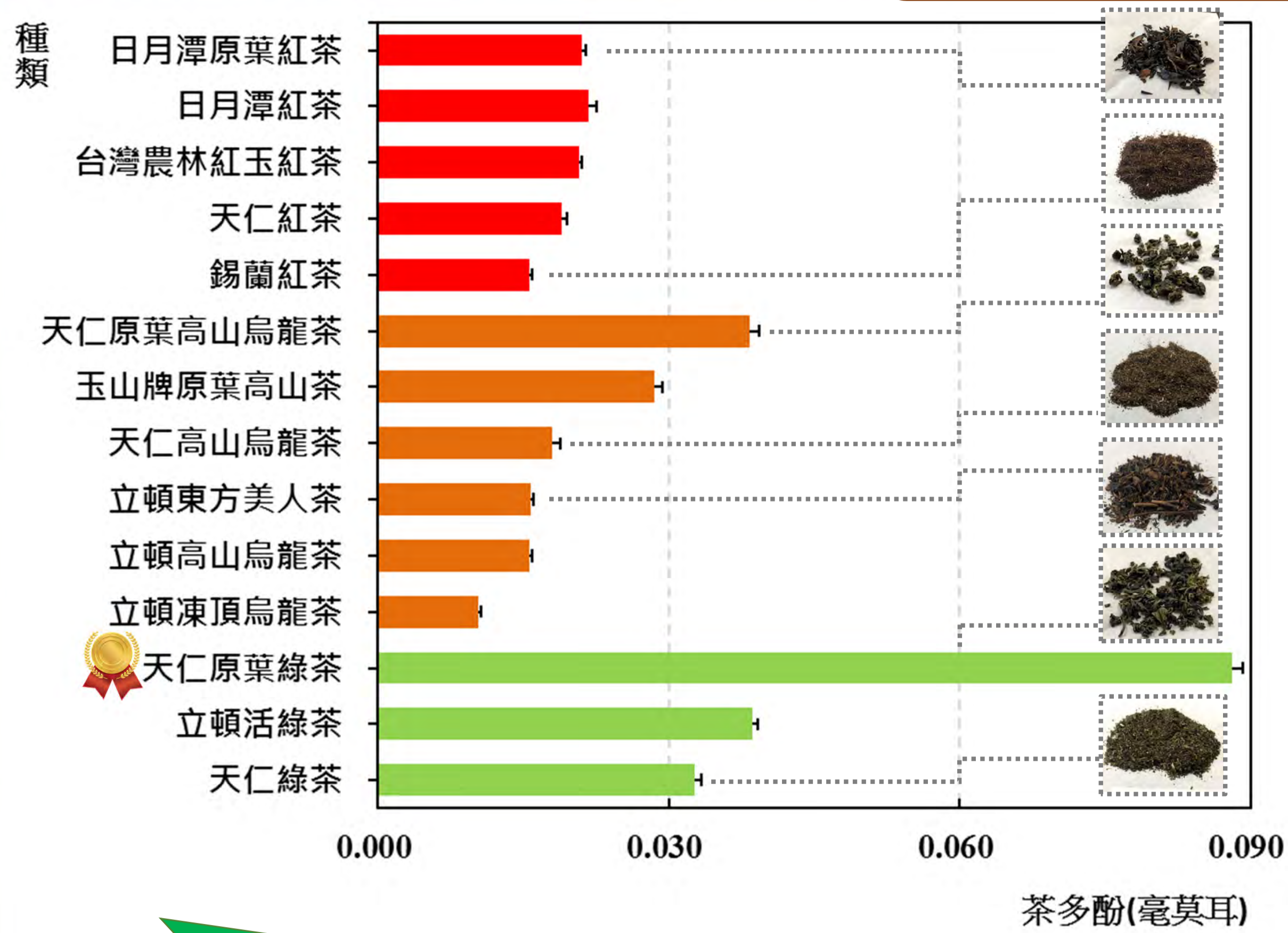
水質背景值測試結果



備註：1.自來水 2.飲用水 3.地下水
4.麥飯石水 5.蒸餾水 6.硫氰化鈉

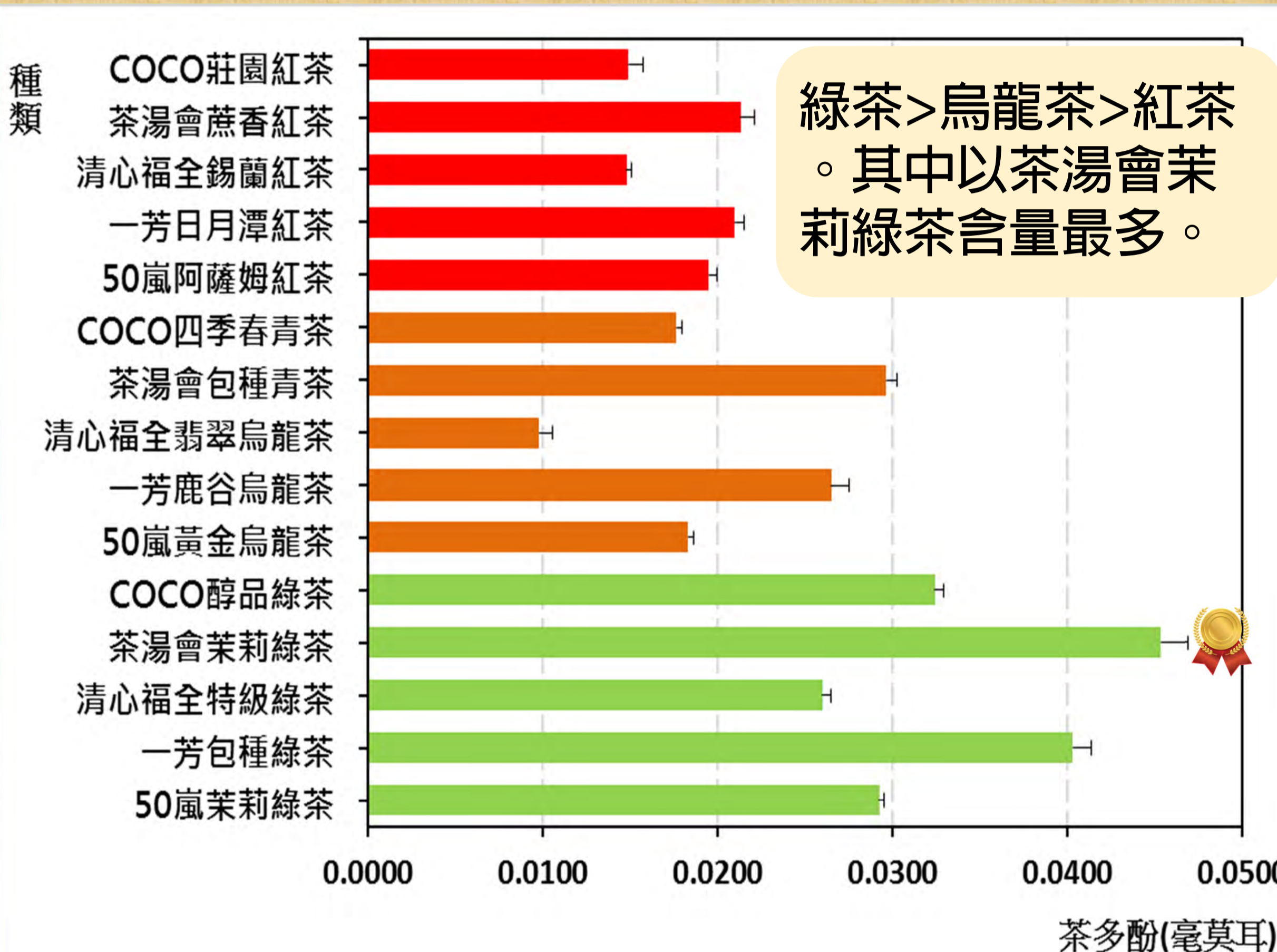
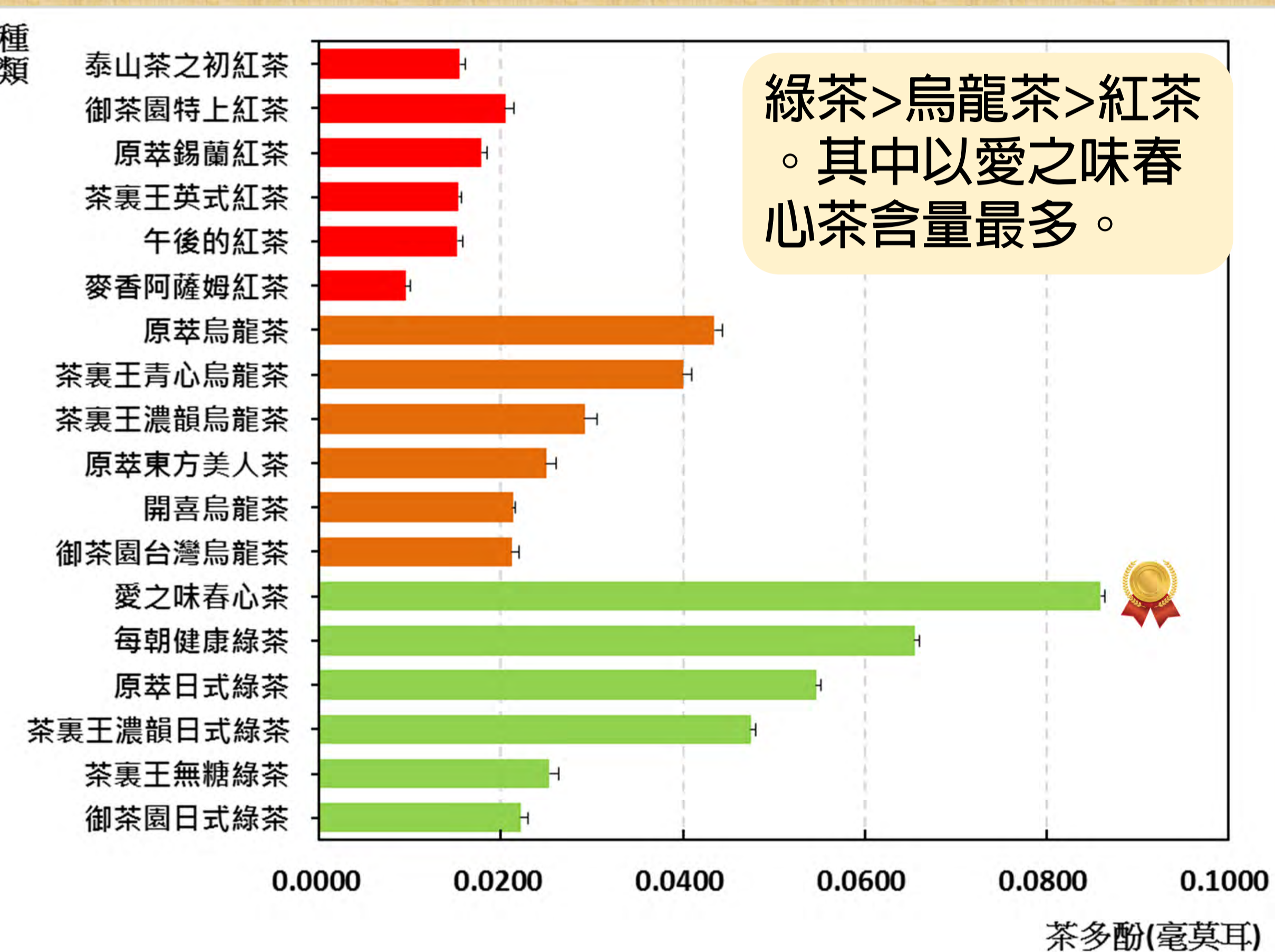
1. 自來水及地下水沖泡出的茶飲其茶多酚含量較少，可能因為其中帶有其他金屬離子而造成。
2. 蒸餾水、麥飯石水、飲用水差異不大，本實驗沖泡水質皆使用麥飯石水。

茶多酚含量檢測



1. 茶多酚含量：綠茶(未發酵)>烏龍茶(半發酵)>紅茶(全發酵)。
2. 茶多酚含量：原葉茶葉大部分高於茶包。
3. 發現有些茶包含有茶梗。茶多酚含量：一心一葉>第二葉>第三葉>第四葉>上梗>下梗。

1. 冷泡茶的浸泡時間越長，茶多酚含量會越多。
2. 立頓活綠茶：0.039mmole→0.050mmole。
3. 比較熱泡茶80℃5分鐘與冷泡茶5℃24小時，冷泡茶的茶多酚含量明顯高於熱泡茶的茶多酚含量。【與相關文獻吻合】



茶多酚含量計算：

$$\text{硫氰化鐵濃度}(0.005M) \times \frac{\text{滴定平均體積}}{1000} (L) \times \text{茶多酚分子量} \left(\frac{g}{mole}\right) \times 1000 \left(\frac{mg}{g}\right) \times 10 \left(\frac{1}{100mL}\right) = \square \left(\frac{mg}{100mL}\right)$$

產品名稱	實驗數據 (mL)	平均值 (mL)	毫莫耳數 (mmole)	茶多酚(GA) (mg/100mL)	茶多酚(EGCG) (mg/100mL)	檢測茶多酚範圍 (mg/100mL)	標示兒茶素 (mg/100mL)
茶裏王無糖綠茶	5.07	5.07	0.025	43.1	116.0	43.1—116.0	31.2—46.8
御茶園日式綠茶	4.43	4.43	0.022	37.7	101.5	37.7—101.5	
茶裏王濃韻日式綠茶	9.50	9.50	0.048	80.8	217.6	80.8—217.6	34.8—52.2
原萃日式綠茶	10.93	10.93	0.055	92.9	250.4	92.9—250.4	121.1—181.7
愛之味春心茶	17.20	17.20	0.086	146.2	393.9	146.2—393.9	105—145
每朝健康綠茶	13.10	13.10	0.066	111.4	300.0	111.4—300.0	61.6—92.4
茶裏王青心烏龍茶	8.00	8.00	0.040	68.0	183.2	68.0—183.2	
原萃烏龍茶	8.70	8.70	0.044	74.0	199.2	74.0—199.2	
原萃東方美人茶	5.00	5.00	0.025	42.5	114.5	42.5—114.5	
茶裏王濃韻烏龍茶	5.83	5.83	0.029	49.6	133.6	49.6—133.6	36.0—54.0
御茶園台灣烏龍茶	4.23	4.23	0.021	36.0	96.9	36.0—96.9	
開喜烏龍茶	4.27	4.27	0.021	36.3	97.7	36.3—97.7	
麥香阿薩姆紅茶	1.90	1.90	0.010	16.2	43.5	16.2—43.5	
午後的紅茶	3.03	3.03	0.015	25.8	69.5	25.8—69.5	
茶裏王英式紅茶	3.07	3.07	0.015	26.1	70.2	26.1—70.2	
原萃錫蘭紅茶	3.57	3.57	0.018	30.3	81.7	30.3—81.7	
御茶園特上紅茶	4.10	4.10	0.021	34.9	93.9	34.9—93.9	
泰山茶之初紅茶	3.10	3.10	0.016	26.4	71.0	26.4—71.0	

結論

以硫氰化鐵為滴定溶液
建立的茶多酚檢測方法

較精準

簡易操作

探討出泡茶最佳化條件

與市售茶飲料的檢測數值接近

較快速

價格低廉

與文獻 1~4 比較

與文獻 4 比較

實驗(一)~實驗(四)

實驗(七)

與文獻 5 比較

與文獻 5 比較