

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

最佳團隊合作獎

080205

咖啡大戰，『原』力覺醒~探討咖啡中的綠原酸

學校名稱：國立東華大學附設實驗國民小學

作者： 小六 樊蓁蓁 小六 楊 哲 小六 黃采儀 小六 傅安誼 小六 蔡銘哲	指導老師： 張慧娟 林亭君
---	-------------------------

關鍵詞：綠原酸、萃取、抗氧化測定

摘要

為什麼咖啡會有酸的味道呢？經查資料後發現咖啡中含有一種抗氧化性強的物質～綠原酸，這引起我們的好奇。於是透過資料蒐集與文獻探討，深入的認識咖啡豆及其成份，瞭解綠原酸的特性及萃取、檢測方法。接著透過操縱萃取方式、溶劑、不同乙醇濃度及反應時間等變因，以實驗證明不同烘焙程度的咖啡豆的綠原酸是否有差異？接續又進行綠原酸的抗氧化測定，以及探討綠原酸在日常生活中的應用。由研究結果我們推論抗氧化能力較佳為輕烘焙咖啡。

壹、 研究動機

聽家人說：「有些咖啡酸酸的不好喝？」但是咖啡不是苦的吗？為什麼會是酸的呢？經過資料查詢後，發現原來咖啡含有綠原酸的緣故。雖然「綠原酸」是平常罕聽的名稱，其實它常常出現在我們的日常生活的食物當中。在台灣，每天平均要喝掉 82 萬杯的咖啡，咖啡中的綠原酸可以抗氧化，還有抗菌、抗病毒，還能清除自由基及抗老化等優點。我們不禁想：那生豆、輕烘焙、中烘焙和重烘焙咖啡豆中哪種含有最多的綠原酸呢？綠原酸到底是怎樣的東西呢？於是我們運用五年級下學期自然課「防鏽與食品保存」及「水溶液的酸鹼性」當基礎，開始了一連串的「綠原酸」探究之旅。

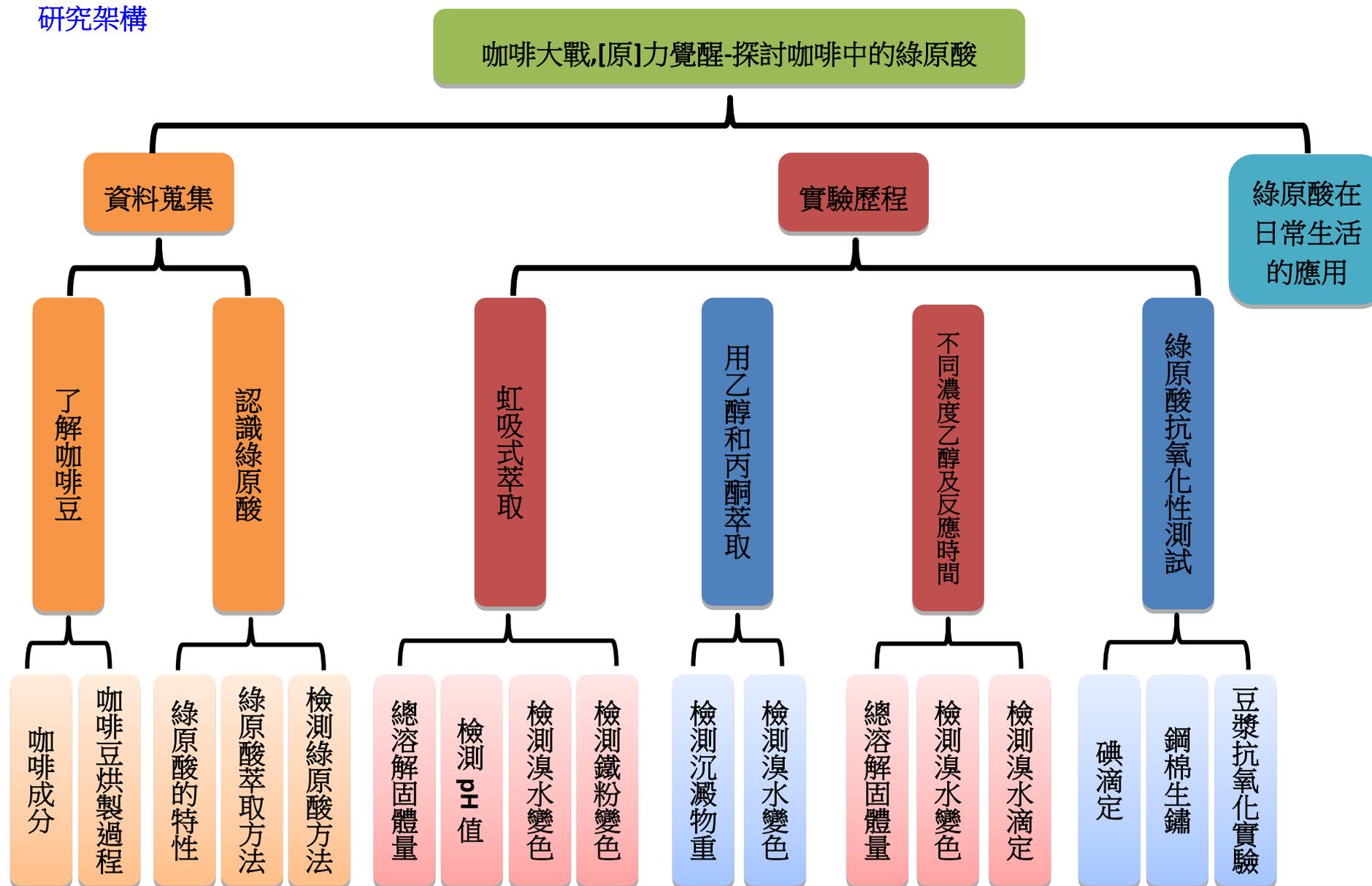
貳、 研究目的

- 一、藉由資料蒐集與文獻探討，認識咖啡豆與綠原酸。
- 二、探討不同的萃取方式、不同濃度的溶劑、不同的反應時間及不同烘焙程度的咖啡豆對綠原酸萃取量的影響。
- 三、探究不同烘焙程度咖啡豆的綠原酸萃取液對抗氧化之反應。
- 四、探討綠原酸在日常生活中的應用方式。

參、 研究問題

- 一、認識咖啡豆的成分及烘焙過程。
- 二、瞭解綠原酸的物理及化學特性與萃取方法。
- 三、利用虹吸式咖啡壺萃取咖啡液，探究不同烘焙程度咖啡豆的綠原酸含量會有差別嗎？
- 四、利用不同濃度的乙醇進行萃取綠原酸，對萃取量會有什麼不同嗎？
- 五、利用乙醇及丙酮進行萃取綠原酸，對萃取量會產生影響嗎？
- 六、比較加入乙醇後靜置，反應時間的長短對綠原酸萃取量會有什麼影響？
- 七、用不同烘焙程度咖啡豆的綠原酸萃取液，對阻止氧化反應會有什麼不同變化？
- 八、探討要如何將綠原酸應用在日常生活中？

肆、研究架構



伍、 研究設備及器材

一、 耗材

豆漿	碘液	溴水	塑膠滴管	油酸價試紙
75%乙醇	95%乙醇	99.5%乙醇	玉米粉	維他命 C 錠
地瓜粉	鐵粉	瓦斯	丙酮	澄清石灰水
鋼絲絨	濾紙	標籤	咖啡豆(生豆、輕、中、重烘焙)	

表 1 研究耗材表

二、 器材

電磁爐	燒杯	熱水壺	試管	虹吸式咖啡壺
磨豆機	電子秤	量筒	瓦斯燈	恆溫水浴槽
pH 計	計時器	玻棒	烘箱	總溶解固體量(TDS)筆
滴定管	培養皿	相機	漏斗	游標卡尺
錄影機	烘箱	試管架	電腦(色碼表)	

表 2 研究器材表

陸、 研究過程

一、 資料蒐集與文獻探討

咖啡在短短幾百年間傳遍世界各地，這顆小小的豆子盡力烘焙出人類的文明史，近年來，越來越多人進口生豆自行烘焙，對如何表現咖啡豆的風味和特性，有了越來越豐富的觀點，累積出蓬勃的咖啡文化。近年來，亞洲咖啡的銷售量，已達全球第一，咖啡達人紛紛出現，強調並頌揚其變化多端的獨特風味，由此可見咖啡的魅力與複雜性。在蒐集資料後，依本研究主旨統整咖啡成分、咖啡豆焙製過程及綠原酸資料如下：

(一)認識咖啡豆的成分

1. **咖啡因**：有特別強烈的苦味，刺激中樞神經系統、心臟和呼吸系統。適量的咖啡因可減輕肌肉疲勞，促進消化液分泌。能促進腎臟機能，有利尿作用，幫助體內將多餘的鈉離子排出體外。但攝取過多會導致咖啡因中毒。
2. **丹寧酸**：煮沸後的丹寧酸會分解成焦梧酸，沖泡過久的咖啡味道會變差。
3. **脂肪**：主要是酸性脂肪及揮發性脂肪。酸性脂肪：即脂肪中含有酸，其強弱會因咖啡種類不同而異。揮發性脂肪：是咖啡香氣主要來源，它是一種會散發出約四十種芳香物質。
4. **蛋白質**：卡路里的主要來源，所佔比例不高。咖啡粉的蛋白質在煮咖啡時，多半不會溶出來，所以攝取量有限。
5. **糖**：咖啡生豆所含的糖分約 8%，經過烘焙後大部分糖分会轉化成焦糖，使咖啡形成褐色，並與丹寧酸互相結合產生甜味。
6. **纖維**：生豆的纖維烘焙後會炭化，與焦糖互相結合便形成咖啡的色調。
7. **礦物質**：含有少量石灰、鐵質、磷、碳酸鈉等。

圖 2:生豆與熟豆成份比例圓餅圖

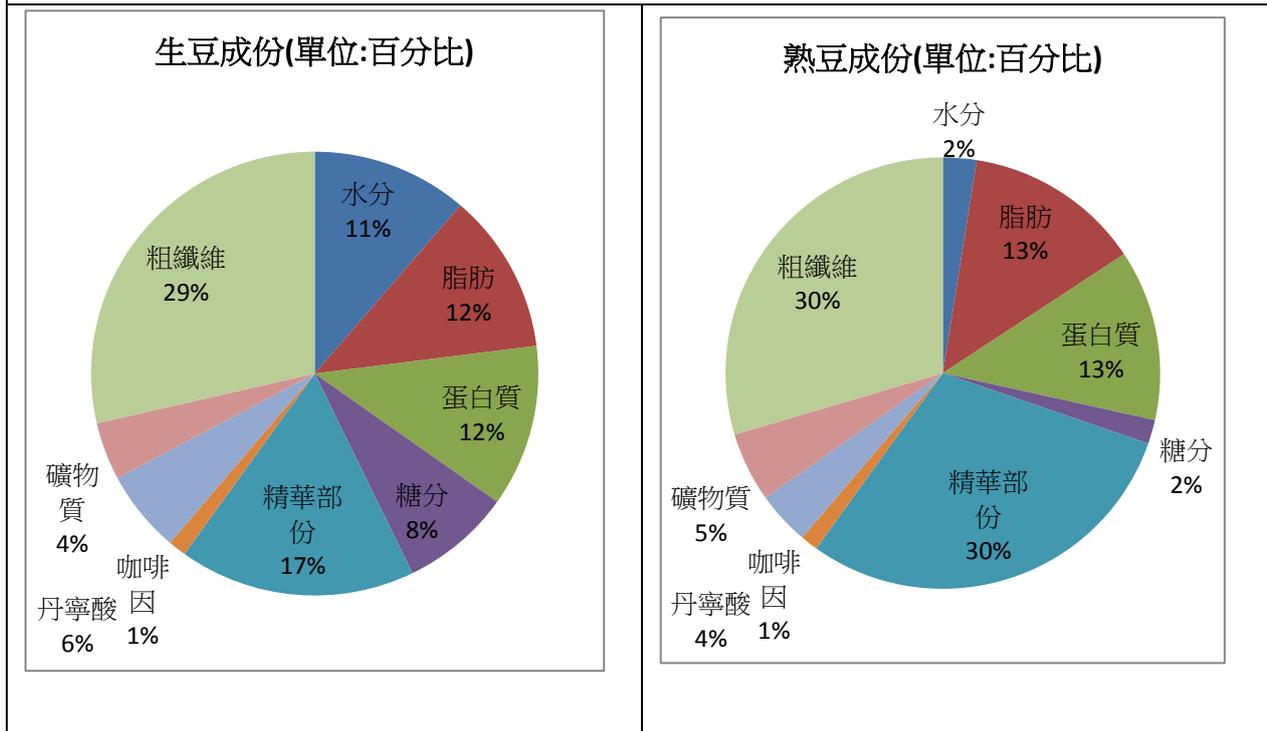
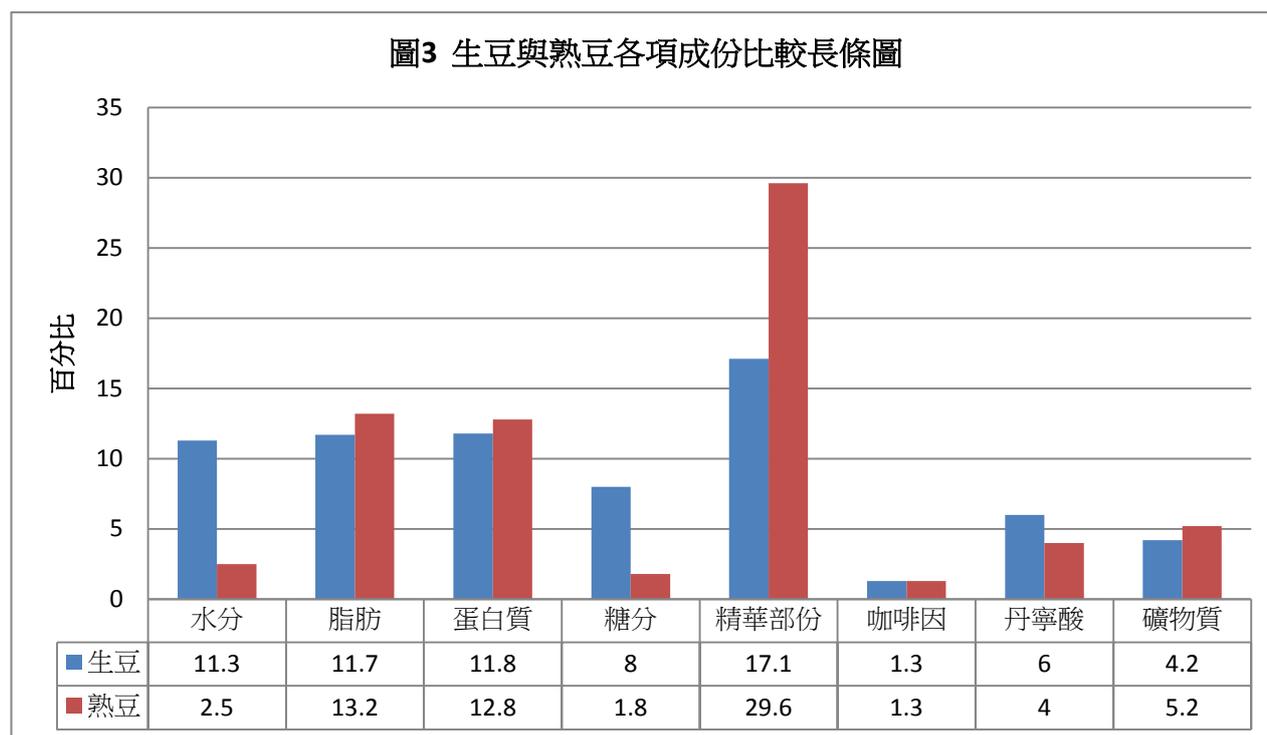


圖3 生豆與熟豆各項成份比較長條圖



從上圖可以發現生豆成分比例以及熟豆成分比例的不同，丹寧酸在生豆中的比例是 6%比熟豆的 4%還高 2%，所以表示生豆能萃取到更多的綠原酸，而在烘焙過程可能會使丹寧酸流失。因為丹寧酸只佔生豆的 6%及熟豆的 4%，要萃取出綠原酸粗品並比較會需要極大量的咖啡豆，考量成本及器材因素，我們討論決定以不同方法萃取咖啡豆的綠原酸會有影響嗎？及探討綠原酸的抗氧化測定來進行本研究。

(二)瞭解咖啡豆烘培製過程

本研究的實驗主角是咖啡，為徹底的認識咖啡是如何生產出來的，乃特地邀請本校咖啡達人~退休教師楊老師在週三下午到學校來，為我們介紹咖啡豆及講解咖啡豆的生產過程。為了親自體驗，我們還到瑞穗參觀楊老師家的咖啡園，在楊老師指導下一起親自動手，留下深刻印象。



圖 4：咖啡豆採摘至烘培過程流程圖

(三)綠原酸

綠原酸是丹寧酸、咖啡酸的總稱，咖啡豆中的丹寧酸約占全部成分約 6%。

1. 萃取綠原酸的方法

一般常用的萃取法有石硫醇法、鉛鹽沈澱法、醇沈法、水提法、有機溶劑提取法、物理場強化提取法、超臨界萃取法、酶法、有機溶劑萃取分離純化法、膜技術分離法。

我們覺得比較適合的萃取法是：石硫醇法，其步驟是：

- A. 將液體加入澄清石灰水，與綠原酸形成鈣鹽沈澱。
- B. 過濾後將沈澱物懸浮於乙醇中。
- C. 加入硫酸使鈣鹽析出。
- D. 取濾液中和、濃縮及乾燥，即可得到綠原酸粗品。

2.綠原酸的特性

(1)物理特性

半水合物為針狀結晶（水）。110 °C 變為無水化合物，熔點 208 °C。在 25 °C 水中溶解度為 4%，熱水中溶解度更大；易溶於乙醇及丙酮，極微溶於醋酸乙酯，難溶於三氯甲烷、乙醚、苯等親脂性有機溶劑。由於綠原酸的特殊結構，決定了其可以利用乙醇、丙酮、甲醇等極性溶劑從植物中提取出來，但是由於綠原酸本身的不穩定性，提取時不能高溫、強光及長時間加熱。建議保存時避光密封低溫保存。

(2)化學特性

綠原酸(Chlorogenic acid, 以下簡稱 CA), 是由咖啡酸(Caffeic acid)與奎尼酸(Quinic acid)生成的縮酚酸，是植物體在有氧呼吸過程中經莽草酸途徑產生的一種苯丙素類化合物。綠原酸分子結構中有酯鍵、不飽和雙鍵及多元酚三個不穩定部分，烘焙過程中，綠原酸會受熱裂解，部分會形成『綠原酸內酯』化合物；部分裂解為咖啡酸和奎寧酸。

3.檢測綠原酸的方法

- (1).綠原酸遇到鐵粉後，會使鐵粉呈深藍色。
- (2).綠原酸會使溴水褪色。
- (3).綠原酸遇到澄清石灰水，液體會形成鈣鹽沈澱。
- (4).利用綠原酸可以抗氧化的特性，我們用豆漿腐敗法測其時間內的 pH 值的差，以比較各種咖啡豆液的抗氧化力。

(四)名詞定義

- 1.虹吸萃取：是一種利用水沸騰時產生的壓力來幫助烹煮咖啡的方法。
- 2.溶液萃取：是利用物質在不同溶劑中溶解度的差異，將混合物中的某一特定成分轉移到另一溶劑中，達到分離的目的。

(五)和本研究有關的化學概念

- 1.pH 值：測量水中之酸鹼值。廣泛用於淨水、自來水、生活用水及各種液體的酸鹼度測試。pH 值在 7.0 為中性，7.0 以下為酸性，7.0 以上為鹼性。
- 2.總溶解固體量(TDS)：總溶解固體量，單位為毫克/升 (mg/L)，數值表示一升水中含多少毫克溶解性總固體；指水中全部溶質的總量，包括無機物和有機物兩者的含量。一般可用電導率值大概瞭解溶液中的金屬離子、鹽份，正常情況下，電導率越高，金屬離子越高，總溶解固體量(TDS)越高。測量溶解於水中的總溶解固體值，如可溶於水中的鈣、鎂、鐵、鋁、砷、鉛、鉀、磷.....等等可以導電的物質總量。
- 3.溶解：溶解是指溶劑分子和溶質分子或離子吸引並結合的過程。當離子溶解時，它們

會散布開來並被溶劑分子包裹。離子越大，能包裹它的溶劑分子就越多。

4.反應時間：物質加入另一個物質後，產生反應所需花費的時間。

		
相關檢測儀器	檢測總溶解固體量(TDS)	利用高溫加速溶解

圖 5 相關化學概念圖說

二、實驗歷程

透過資料查詢得知，在台灣有廠商販賣綠原酸咖啡，但是有關綠原酸的萃取及檢驗資料不多；我們查到的相關實驗報告，大部分是大陸學者發表有關萃取金銀花、杜仲等植物中綠原酸的相關文獻。參閱資料、測試實驗及觀察討論後，我們整體實驗架構安排如下：

(一)實驗一：利用虹吸壺萃取不同烘焙程度咖啡豆的液體進行實驗測試

綠原酸害怕高溫，卻也易溶於熱水，所以我們先以市面上常見的虹吸咖啡壺，分別取得不同烘焙程度咖啡豆的萃取液，再檢驗咖啡液中的總溶解固體量(TDS)、pH 值、溴水褪色等實驗。

1 實驗程序

共取四種咖啡豆萃取液

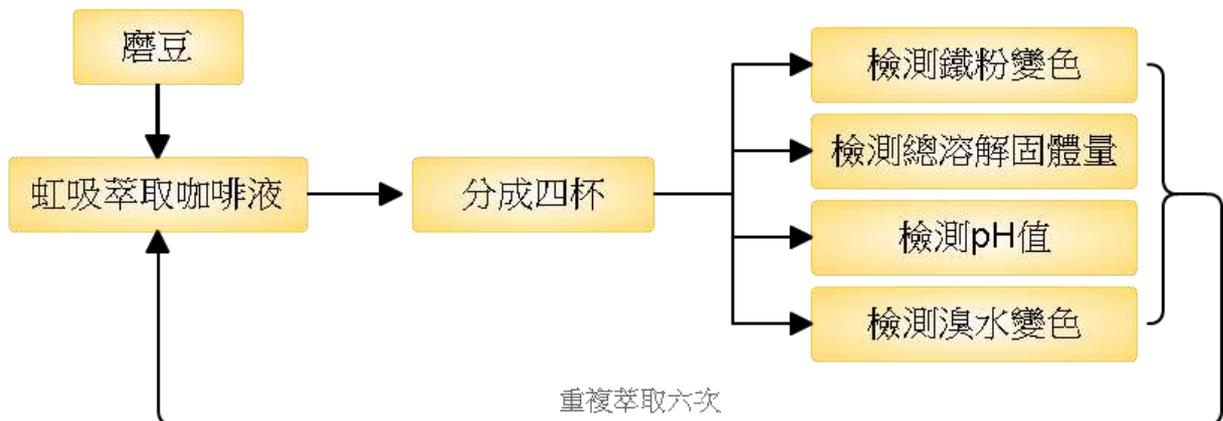
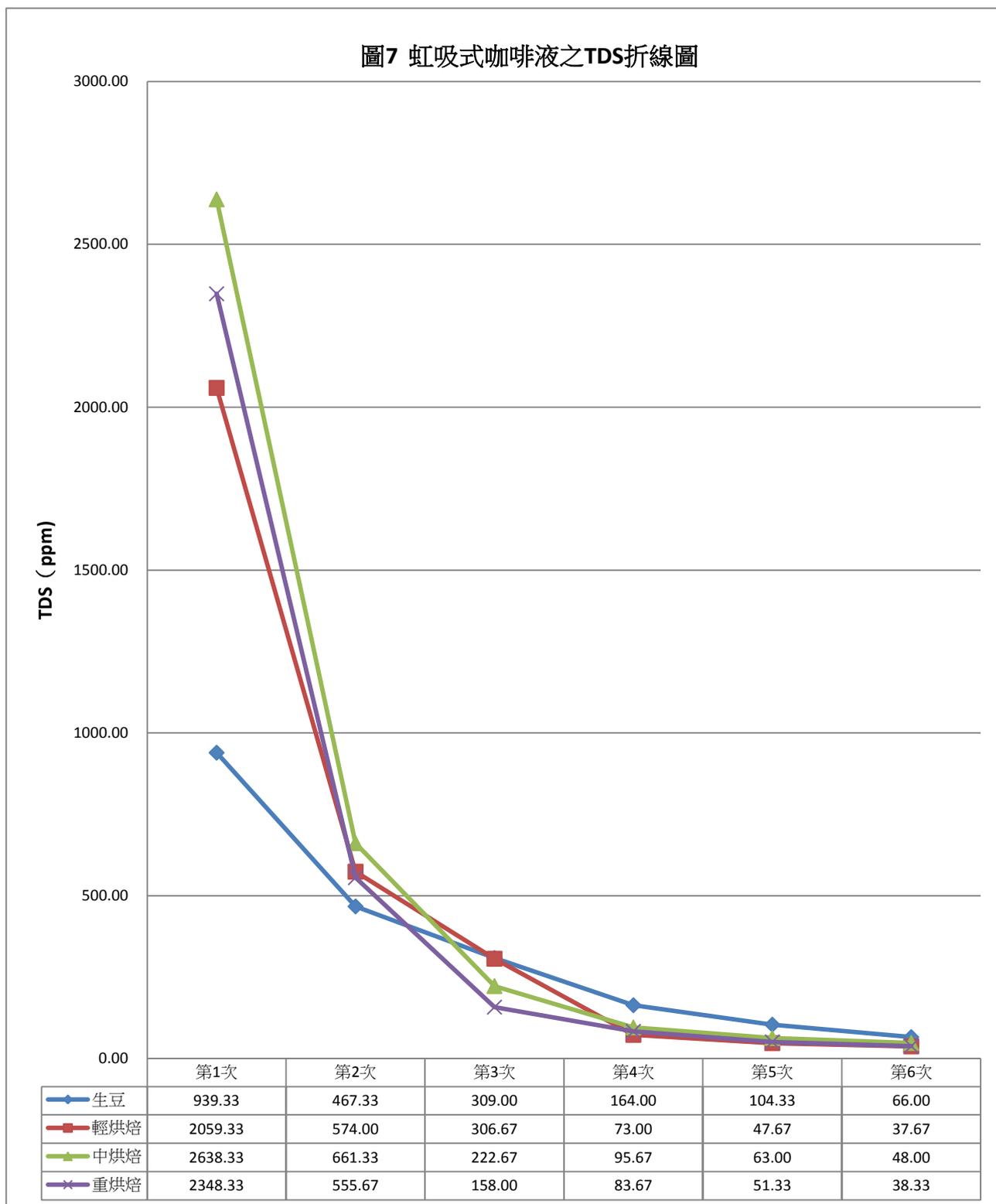


圖 6:虹吸萃取不同烘焙程度咖啡豆液體實驗流程圖

本次實驗目的在於瞭解咖啡經過連續 6 次萃取，這 6 次咖啡液的基本特性分別有什麼變化？因此我們重覆步驟 B 至步驟 I，一共 6 個循環。我們先完成了生豆萃取，之後輕烘焙、中烘焙及重烘焙咖啡豆也是分別再進行步驟 A~I，一共 6 個循環。在這裡我們總共萃取出 24 種咖啡液進行比較。

2 實驗結果與討論

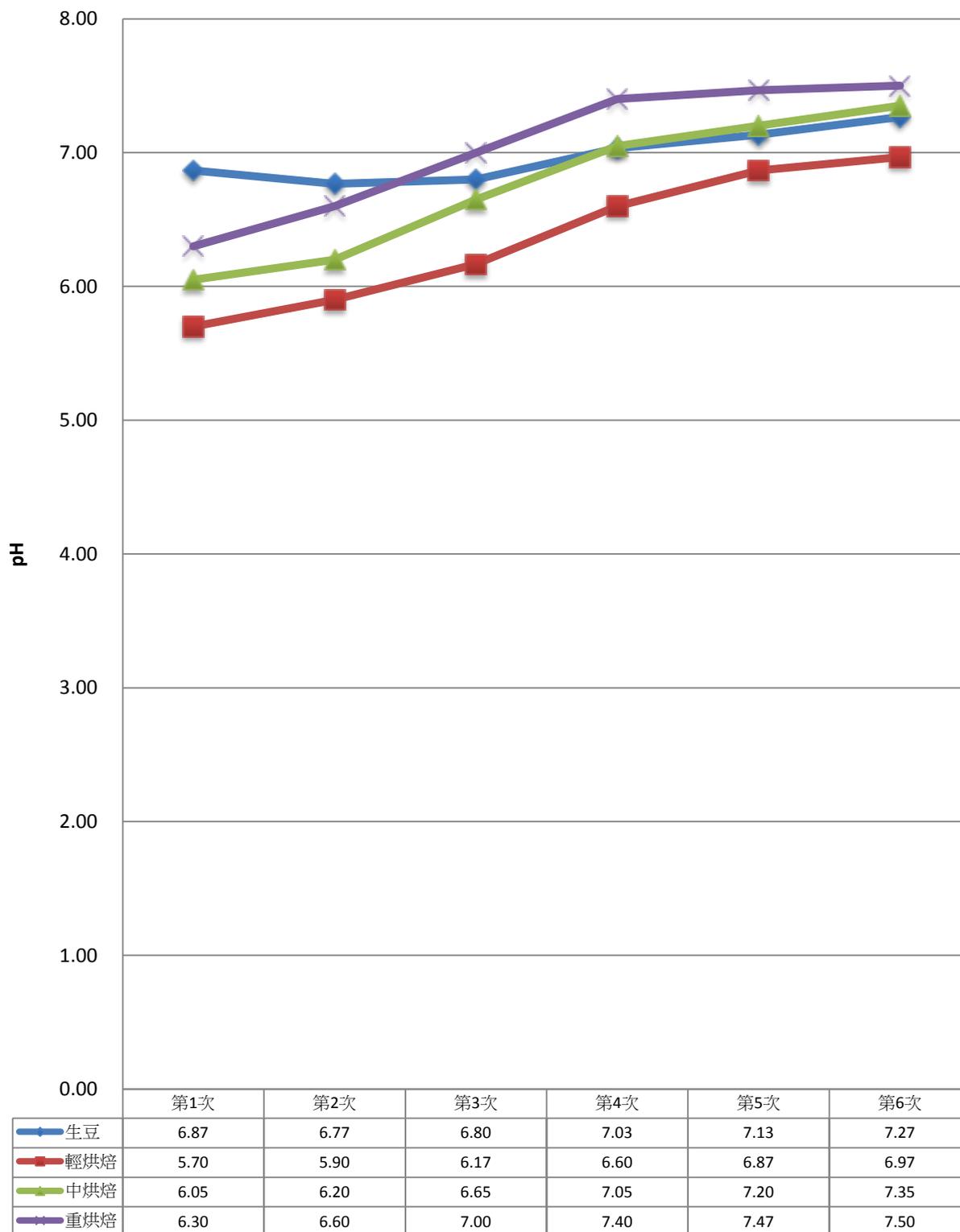


1-1 實驗發現與討論:

- A. 從上圖，我們可以發現生豆液的總溶解固體量 (TDS)下降的速度較慢，很有規律性。
- B. 在連續 6 次虹吸式萃取中，其總溶解固體量以第一次萃取最多，第二次萃取之後的就相差有限。

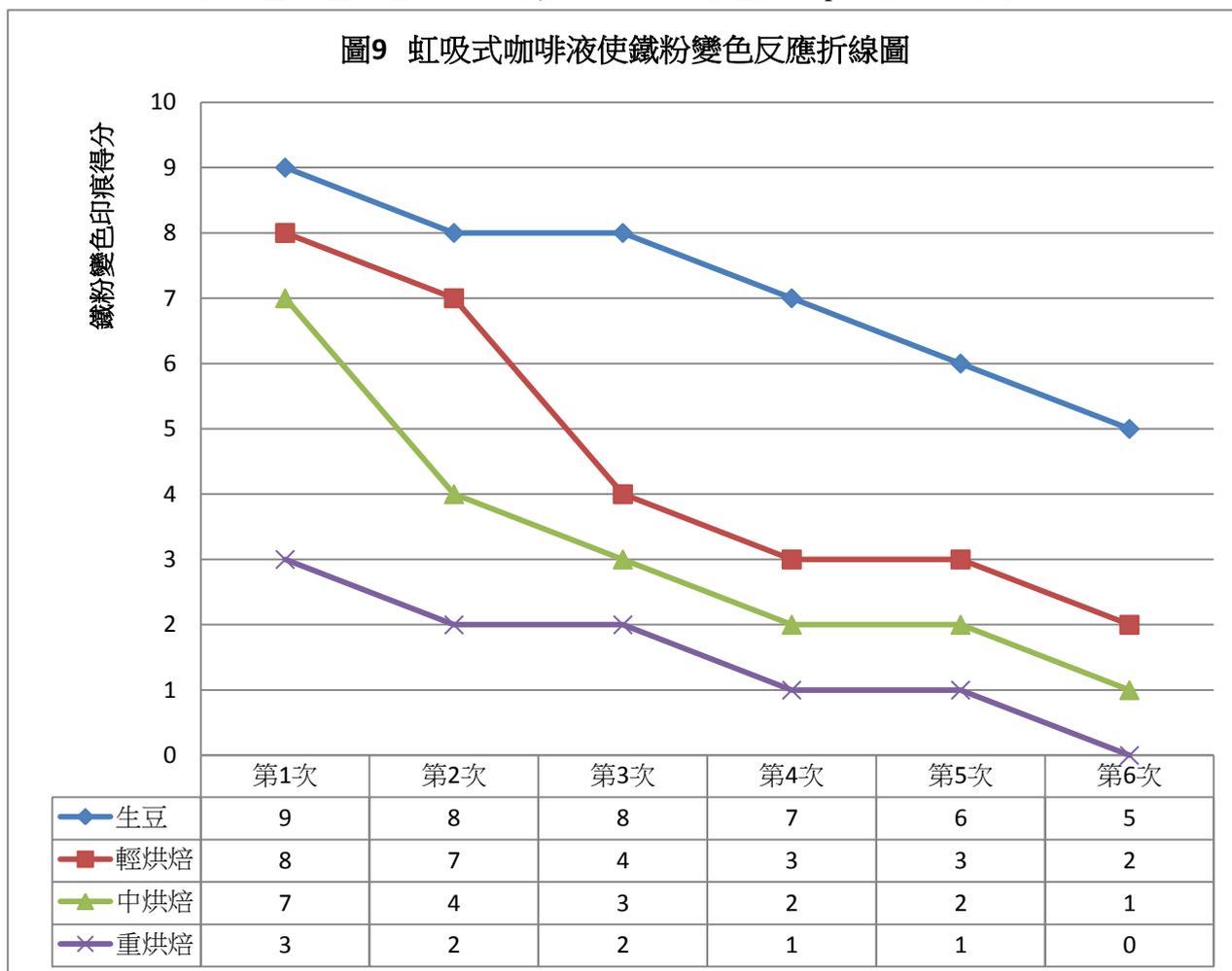
C. 不管是生豆、輕烘豆、中烘豆或重烘豆，虹吸萃取次收越多，總溶解固體量(TDS)數值越低。以第一次虹吸萃取的總溶解固體量(TDS)，可以看出中烘豆的數值最高(2638.33ppm) > 重烘焙豆次之(2348.33ppm) > 輕烘焙豆第三(2059.33ppm)，生豆是最低的(939.33ppm)。但生豆沖泡到第三次之後，總溶解固體量(TDS)數值卻居首位。

圖8 虹吸式咖啡液之pH折線圖



1-2 實驗發現與討論:

- 不同烘焙程度的咖啡豆虹吸萃取液的 pH 值:除了生豆在第三次有些許的異常，其他都呈現規律的上揚。其中 pH 值較低的是輕烘焙液，增加值最少的是生豆。
- 輕烘豆液、中烘豆液和重烘豆液虹吸次數越多次，數值越偏中性。
- 第一次虹吸萃取的輕烘豆液 pH 值 (5.70) 比其他的咖啡液酸，生豆液 (6.87) 最接近中性。虹吸次數愈多，不同烘焙程度的 pH 值相距愈近。



1-3 實驗發現與討論:

- 各種咖啡的虹吸式咖啡液加入鐵粉後，都讓鐵粉變藍黑色了，而且變色反應都很有規律，但是其中以生豆液的得分最高、輕烘焙其次，中烘焙排第三，重烘焙最低。
- 生豆液的變色，在同次數的比較中，數值都比其他咖啡液高，顏色都比較作藍黑色，重烘豆液則是都比其他咖啡液低，顏色最淺。
- 烘焙越久的咖啡豆，變色越淺；烘焙越輕的咖啡豆，變色越深，代表綠原酸越多。
- 由於我們在做空白實驗-乙醇加鐵粉的實驗中，發現鐵粉會生鏽，所以後續的實驗我們就沒有再用鐵粉做變色實驗。

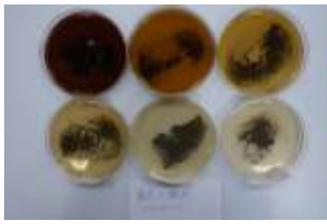
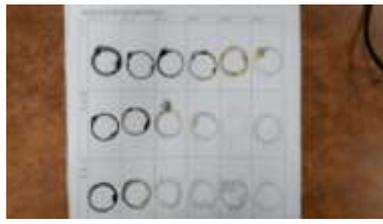
		
生豆水添加鐵粉後顏色變化	重烘豆水加鐵粉後顏色變化	變色反應記錄表

圖 10 鐵粉變色說明圖

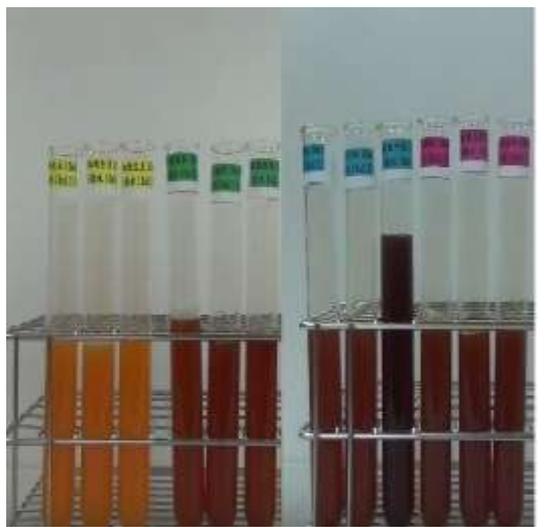
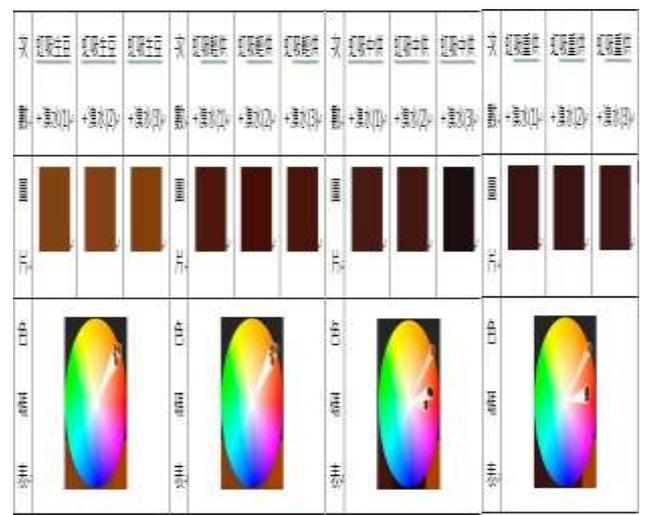
	萃取咖啡液後加溴水之實驗照片	轉化成色碼表分析
虹吸咖啡液+溴水		

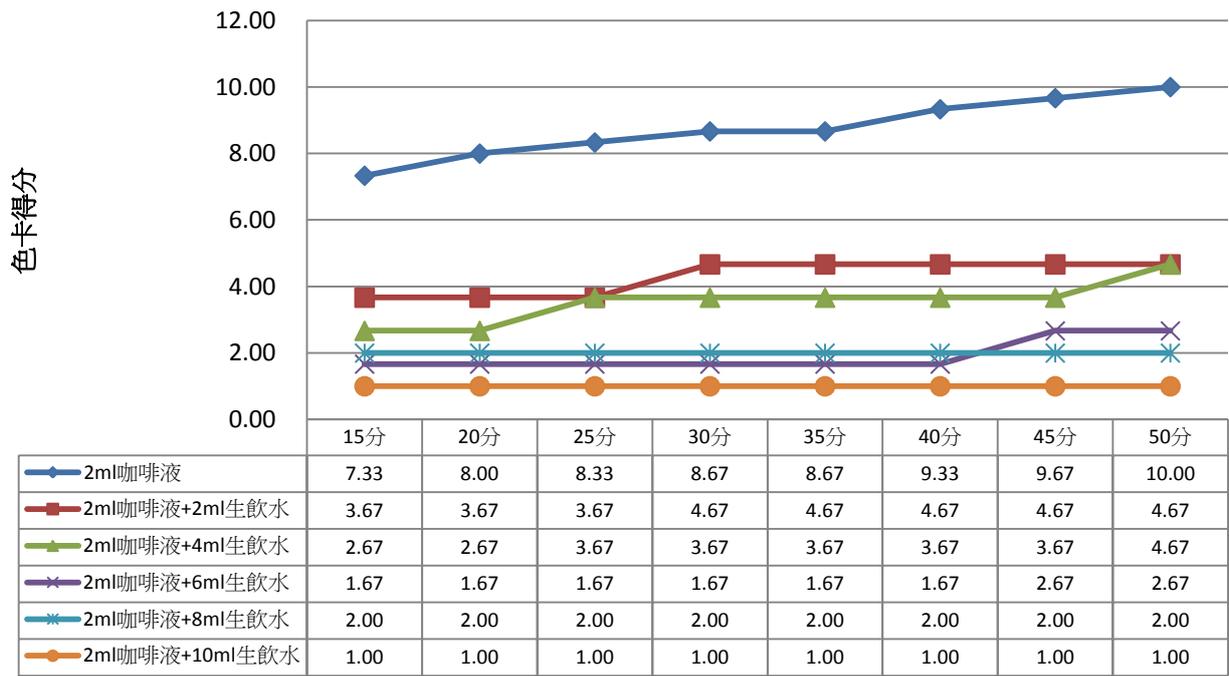
圖 11 虹吸萃取各種豆後加溴水變色反應圖

1-4 實驗發現與討論:

- A. 從色碼表分析中可以看出，生豆使溴水褪色的反應:生豆及輕烘豆萃取液的褪色反應落點與溴水原色點接近，但是中烘焙及重烘焙咖啡萃取液則是顏色變更更深。
- B. 因為中烘焙及重烘焙咖啡液的顏色較深，如何能看出是否有褪色，實在有困難。但是在查詢的文獻中，綠原酸能讓溴水褪色，是一個重要檢測實驗，我們決定在後續實驗中，仍然繼續操作溴水變色這個實驗項目，累積較多的實驗現象，試著歸納現象結果，看看是否能有一些突破。

在實驗 1-3 的鐵粉變色反應中，我們發現各種咖啡的虹吸式咖啡液加入鐵粉後，都讓鐵粉變藍黑色了，而且變色反應都很有規律，但是其中以生豆液的得分最高、輕烘焙其次，中烘焙排第三，重烘焙最低。因此我們再以虹吸萃取咖啡液後，將咖啡液釋釋後再加入鐵粉靜置不同時間並深入觀察其變色反應。

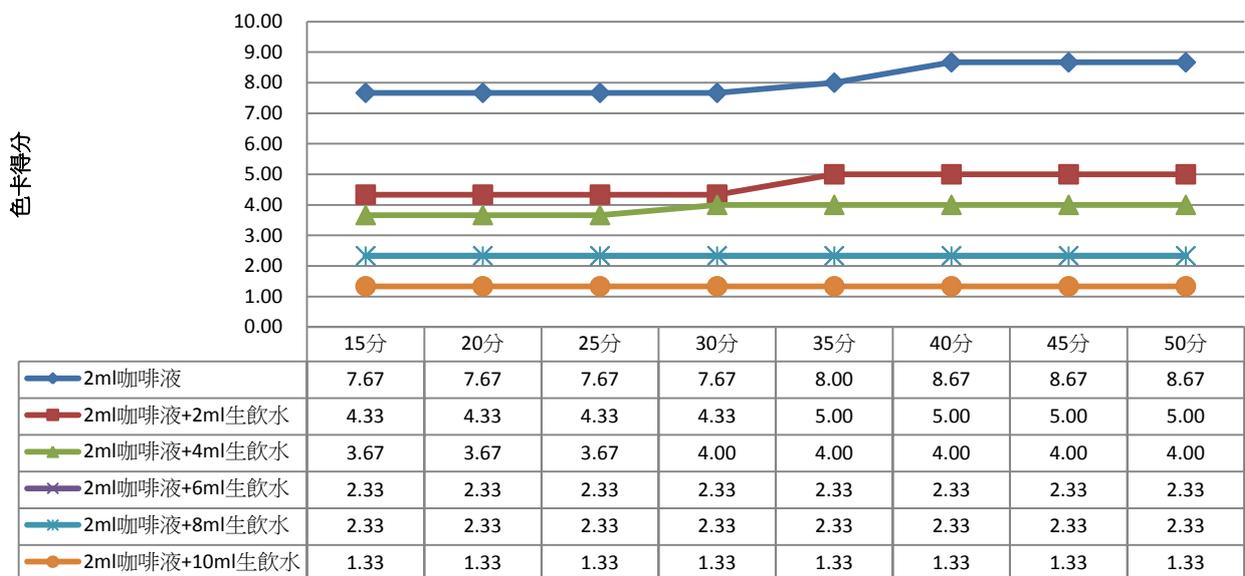
圖12 生豆液加入鐵粉變色反應統計圖



1-5.1 實驗發現與討論:

- 濃度越濃的咖啡液，能使鐵粉變色越多(1:0)，而濃度越淡的咖啡液，使鐵粉變色越少，表示綠原酸含量較少。
- 以反應時間來看:反應時間越久，大部分能夠讓鐵粉變色越多，代表能夠萃取出較多綠原酸，濃度越濃的咖啡液，會隨著反應時間越久，而顏色越深；但濃度越淺的咖啡液，不管反應時間多久，顏色都不會有所改變

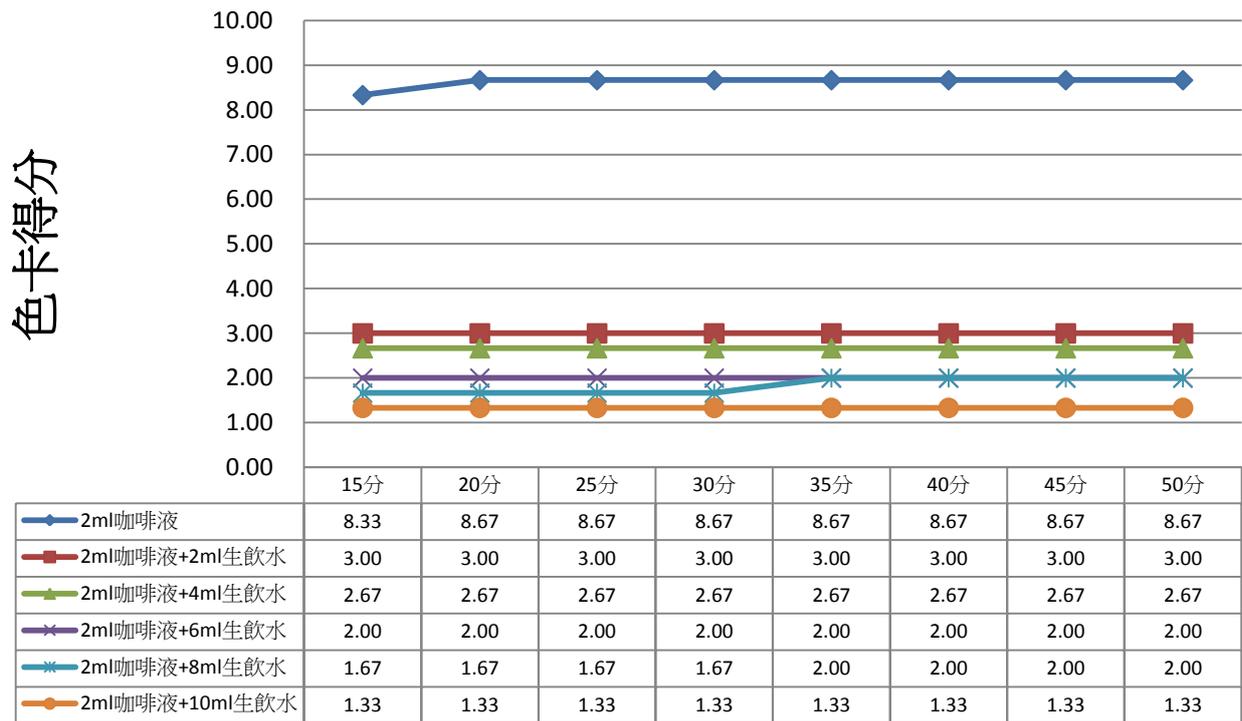
圖13 輕烘豆液加入鐵粉變色反應統計圖



1-5.2 實驗發現與討論:

- 以濃度來看，濃度越濃的咖啡液，顏色越深，含有較多綠原酸。
- 濃度越淺的咖啡液，不管反應時間多久，顏色都不會有所改變。
- 大部分的液體會在反應 30 分鐘後，顏色變深。

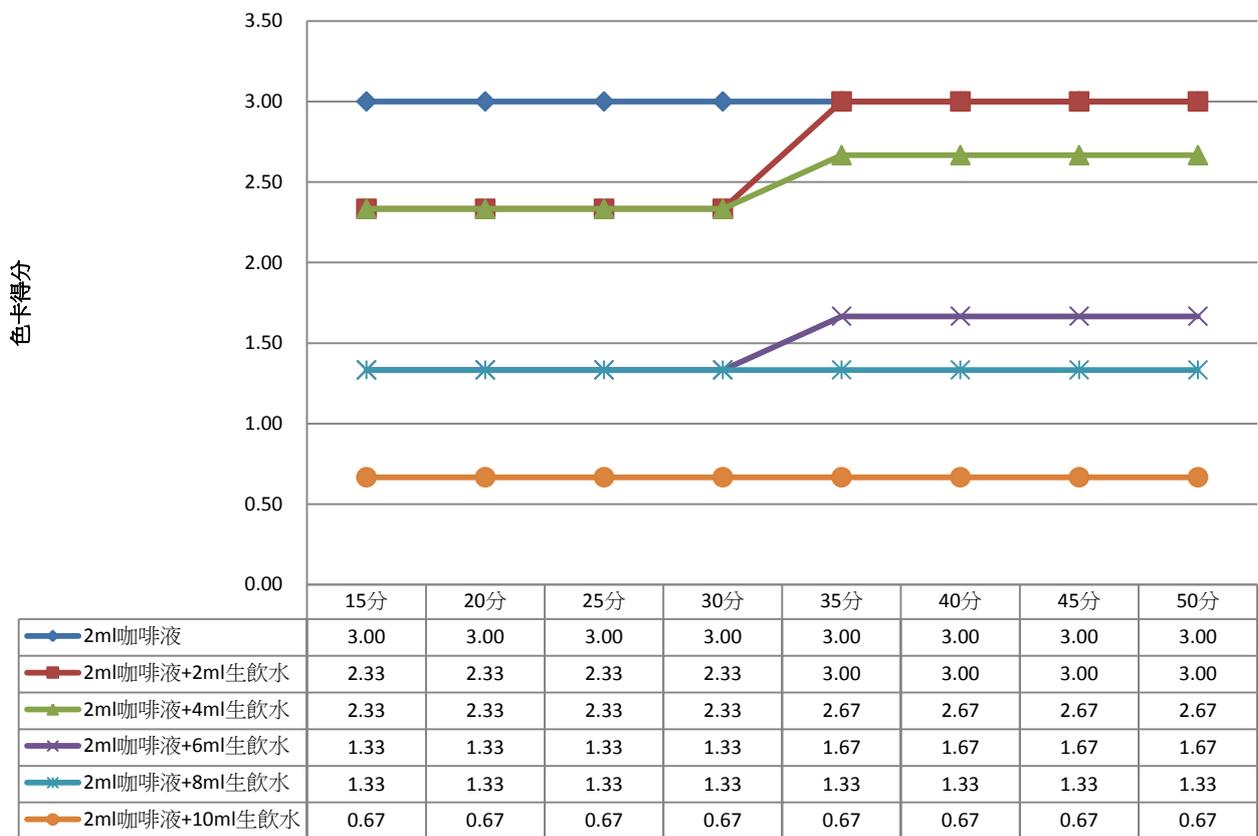
圖14 中烘豆液加入鐵粉變色反應統計圖



1-5.3 實驗發現與討論:

- A. 反應時間越久，液體的顏色似乎不會變深。
- B. 以濃度來看，濃度越濃的咖啡液，顏色越深，含有較多綠原酸。

圖15 重烘豆液加入鐵粉變色反應統計圖



1-5.4 實驗發現與討論:

- A. 以濃度來看，濃度越濃的咖啡液，顏色越深，含有較多綠原酸。
- B. 大部分的液體會在反應 35 分鐘後，顏色變深。
- C. 重烘豆液的變色顏色是所有咖啡豆中顏色最淺的。

(二) 實驗二：用乙醇及丙酮萃取咖啡液

1. 實驗程序

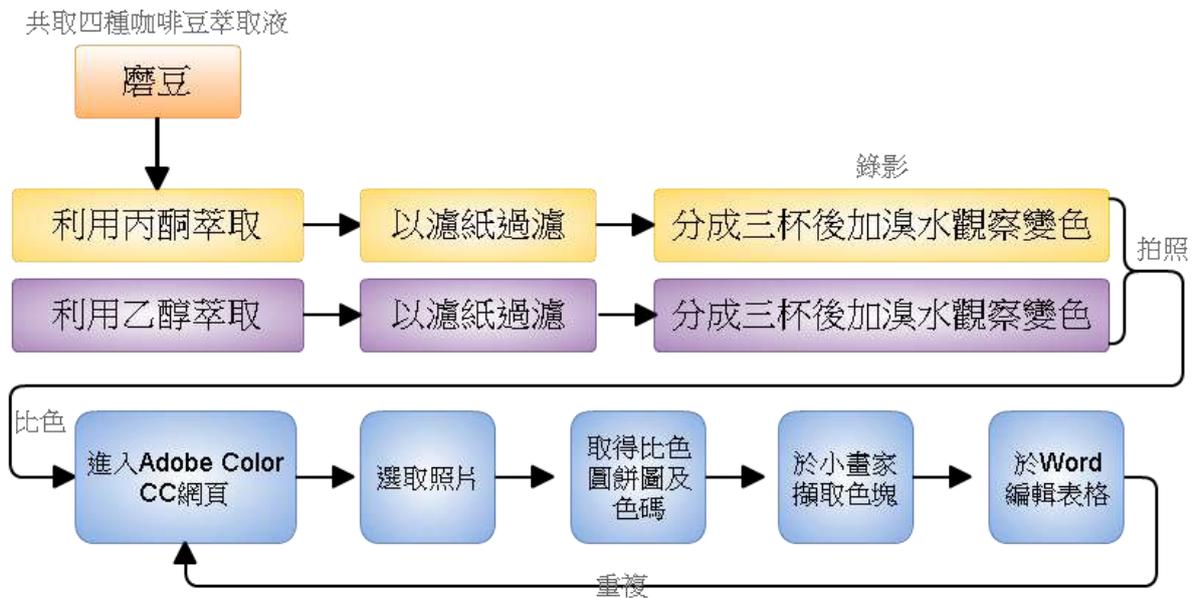
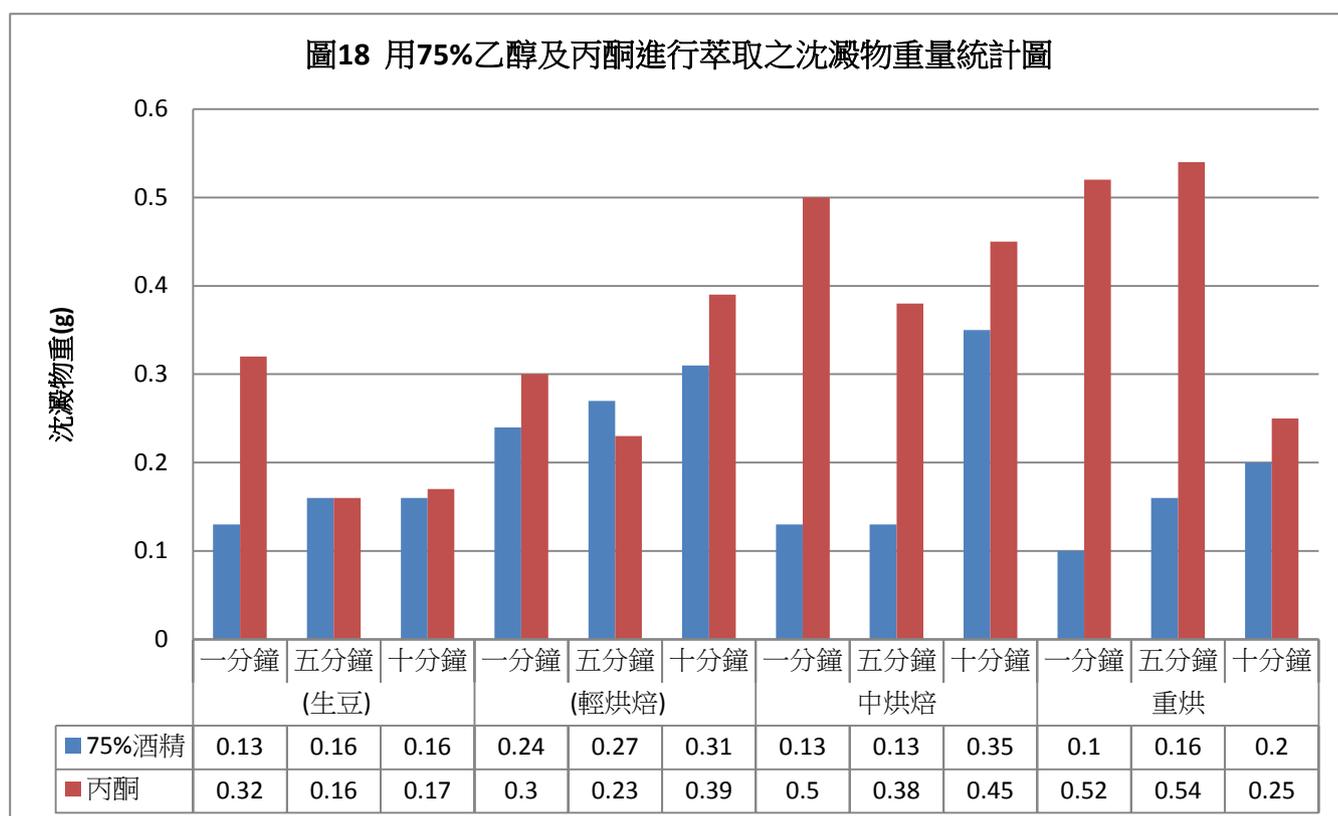


圖 16 利用乙醇丙酮萃取咖啡液比較溴水變色實驗流程圖

				
Adobe Color CC(網址: https://color.adobe.com/zh/create/color-wheel/)	將照片放插入網頁中	用網頁中的放大鏡移到要顏色的地方，將照片上的試管色塊依序整理好。	所以我們將其中一點設定為溴水的顏色，另一個設成白色，再將圖片截圖。	貼上小畫家，裁剪一下，再貼上表格，完成

圖 17 利用 Adobe Color CC 網頁比色過程說明圖

圖18 用75%乙醇及丙酮進行萃取之沈澱物重量統計圖



2-1 實驗發現與討論:

- A. 從上列統計圖可以發現，在沈澱物方面並沒有規律。
 丙酮溶解出的沈澱物重前三名是：1.重烘 5 分鐘(0.54g) > 2.重烘 1 分鐘(0.52 g) > 3.中烘 1 分鐘 (0.5 g)。量最少的是生豆 5 分鐘。
 而 75%乙醇溶解出的沈澱物重前三名是：1.中烘 10 分鐘(0.35g) > 2.輕烘 10 分鐘(0.31g) > 3.輕烘 5 分鐘(0.27g) > 4.輕烘 1 分鐘(0.24g)。量最少的是重烘 1 分鐘0.1g。
- B. 以沈澱物重量平均值來看：在丙酮實驗組中，沈澱物最重的中烘豆(0.44g)，最輕的是生豆(0.21g)。而在 75%乙醇實驗組中，來看最重的是輕烘豆(0.27g)，最輕的是生豆(0.15g)。整體而言，除了輕烘焙豆的五分鐘項次，丙酮萃取出來的沈澱物都比 75%乙醇好。
- C. 在丙酮部分靜置一分鐘的沈澱物重量較重，但輕烘及重烘除外,由此可見一分鐘綠原酸含量最多。而在 75%乙醇部分，靜置十分鐘的沈澱物重量較重，靜置五分鐘的次之，靜置一分鐘的都是同項次最輕的，由此可推論與 75%乙醇反應時間愈久，沈澱物愈重。
- D. 原訂利用丙酮萃取的咖啡液與鐵粉進行反應，但因丙酮置放塑膠培養皿一天後，即讓培養皿底部腐蝕，且其揮發後有刺激感，考量相關安全措施不足，我們就沒有用丙酮進行後續實驗。

75%乙醇+溴水變色(1,5,10 分鐘)

圖 19 用 75%乙醇萃取各種豆後加溴水變色反應圖

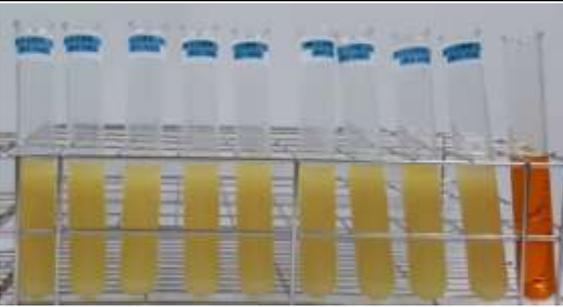
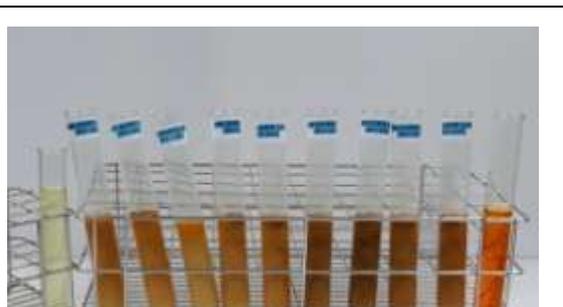
	75%濃度乙醇萃取後加溴水之實驗照片	轉化成色碼表分析																														
生豆 +75% 濃度 乙醇		<table border="1"> <tr> <td>次 數</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D3+</td> </tr> <tr> <td>圖 片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色 碼 表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+	圖 片										色 碼 表									
次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+																							
圖 片																																
色 碼 表																																
輕烘 +75% 濃度 乙醇		<table border="1"> <tr> <td>次 數</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D3+</td> </tr> <tr> <td>圖 片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色 碼 表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+	圖 片										色 碼 表									
次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+																							
圖 片																																
色 碼 表																																
中烘 +75% 濃度 乙醇		<table border="1"> <tr> <td>次 數</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D3+</td> </tr> <tr> <td>圖 片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色 碼 表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+	圖 片										色 碼 表									
次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+																							
圖 片																																
色 碼 表																																
重烘 +75% 濃度 乙醇		<table border="1"> <tr> <td>次 數</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取1分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取5分 鐘D3+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D1+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D2+</td> <td>75%濃度 +萃取10分 鐘D3+</td> </tr> <tr> <td>圖 片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色 碼 表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+	圖 片										色 碼 表									
次 數	75%濃度 +萃取1分 鐘D1+	75%濃度 +萃取1分 鐘D2+	75%濃度 +萃取1分 鐘D3+	75%濃度 +萃取5分 鐘D1+	75%濃度 +萃取5分 鐘D2+	75%濃度 +萃取5分 鐘D3+	75%濃度 +萃取10分 鐘D1+	75%濃度 +萃取10分 鐘D2+	75%濃度 +萃取10分 鐘D3+																							
圖 片																																
色 碼 表																																

圖 20 乙醇萃取過程簡易圖說

		
秤取咖啡粉	秤取不同濃度乙醇	攪拌後靜置等過濾

丙酮+溴水變色(1、5、10分鐘)

圖 21 用丙酮萃取各種豆後加溴水變色反應圖

	丙酮萃取後加溴水之實驗照片	轉化成色碼表分析																																								
生豆 + 丙酮		<table border="1"> <tr> <td>次</td> <td>一分鐘(1)</td> <td>一分鐘(2)</td> <td>一分鐘(3)</td> <td>五分鐘(1)</td> <td>五分鐘(2)</td> <td>五分鐘(3)</td> <td>十分鐘(1)</td> <td>十分鐘(2)</td> <td>十分鐘(3)</td> </tr> <tr> <td>圖</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)	圖										色碼表																			
次	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)																																	
圖																																										
色碼表																																										
輕烘 + 丙酮		<table border="1"> <tr> <td>次</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> <td>輕烘</td> </tr> <tr> <td>數</td> <td>一分鐘(1)</td> <td>一分鐘(2)</td> <td>一分鐘(3)</td> <td>五分鐘(1)</td> <td>五分鐘(2)</td> <td>五分鐘(3)</td> <td>十分鐘(1)</td> <td>十分鐘(2)</td> <td>十分鐘(3)</td> </tr> <tr> <td>圖</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次	輕烘	數	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)	圖										色碼表																	
次	輕烘	輕烘	輕烘	輕烘	輕烘	輕烘	輕烘	輕烘	輕烘																																	
數	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)																																	
圖																																										
色碼表																																										
中烘 + 丙酮		<table border="1"> <tr> <td>次</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> <td>中烘</td> </tr> <tr> <td>數</td> <td>一分鐘(1)</td> <td>一分鐘(2)</td> <td>一分鐘(3)</td> <td>五分鐘(1)</td> <td>五分鐘(2)</td> <td>五分鐘(3)</td> <td>十分鐘(1)</td> <td>十分鐘(2)</td> <td>十分鐘(3)</td> </tr> <tr> <td>圖</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次	中烘	數	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)	圖										色碼表																	
次	中烘	中烘	中烘	中烘	中烘	中烘	中烘	中烘	中烘																																	
數	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)																																	
圖																																										
色碼表																																										
重烘 + 丙酮		<table border="1"> <tr> <td>次</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> <td>重烘</td> </tr> <tr> <td>數</td> <td>一分鐘(1)</td> <td>一分鐘(2)</td> <td>一分鐘(3)</td> <td>五分鐘(1)</td> <td>五分鐘(2)</td> <td>五分鐘(3)</td> <td>十分鐘(1)</td> <td>十分鐘(2)</td> <td>十分鐘(3)</td> </tr> <tr> <td>圖</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次	重烘	數	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)	圖										色碼表																	
次	重烘	重烘	重烘	重烘	重烘	重烘	重烘	重烘	重烘																																	
數	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	十分鐘(1)	十分鐘(2)	十分鐘(3)																																	
圖																																										
色碼表																																										

2-2 實驗發現與討論:

- A. 觀察上表的色碼表，我們發現 75%乙醇萃取液部分，只有生豆萃取液有讓溴水褪色，而輕烘豆、中烘豆及重烘豆都呈現原來的咖啡液體顏色。在丙酮萃取液的部分，生豆萃取液褪色最多，輕烘豆萃取液其次。可見生豆的綠原酸量應大於輕烘豆的綠原酸量。
- B. 以反應時間來看：整體而言反應時間 1 分鐘的在同類項中都是褪色較多的。可見綠原酸萃取時不宜浸置太久。

(三)實驗三：用不同濃度乙醇萃取咖啡液

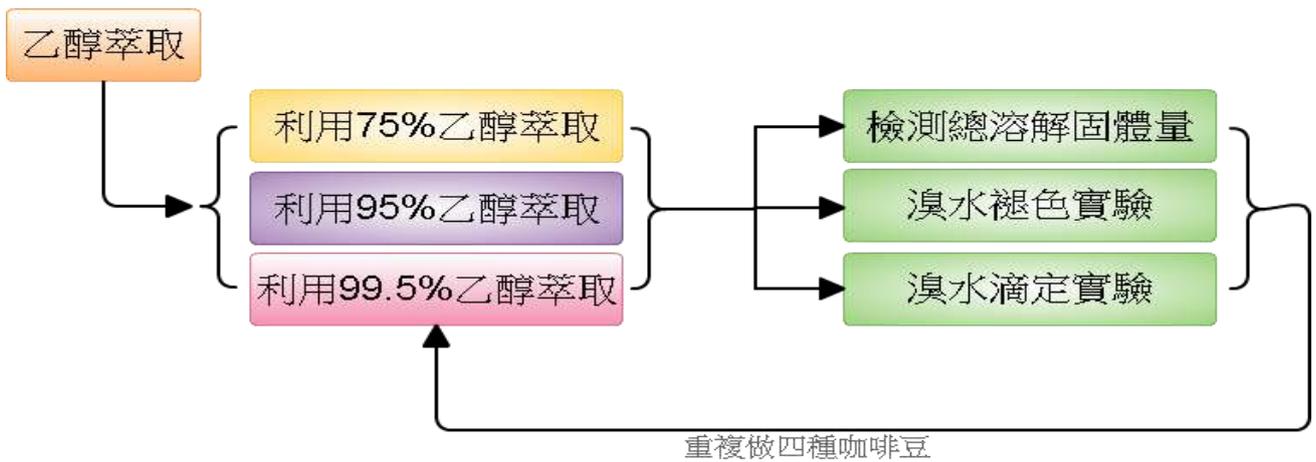
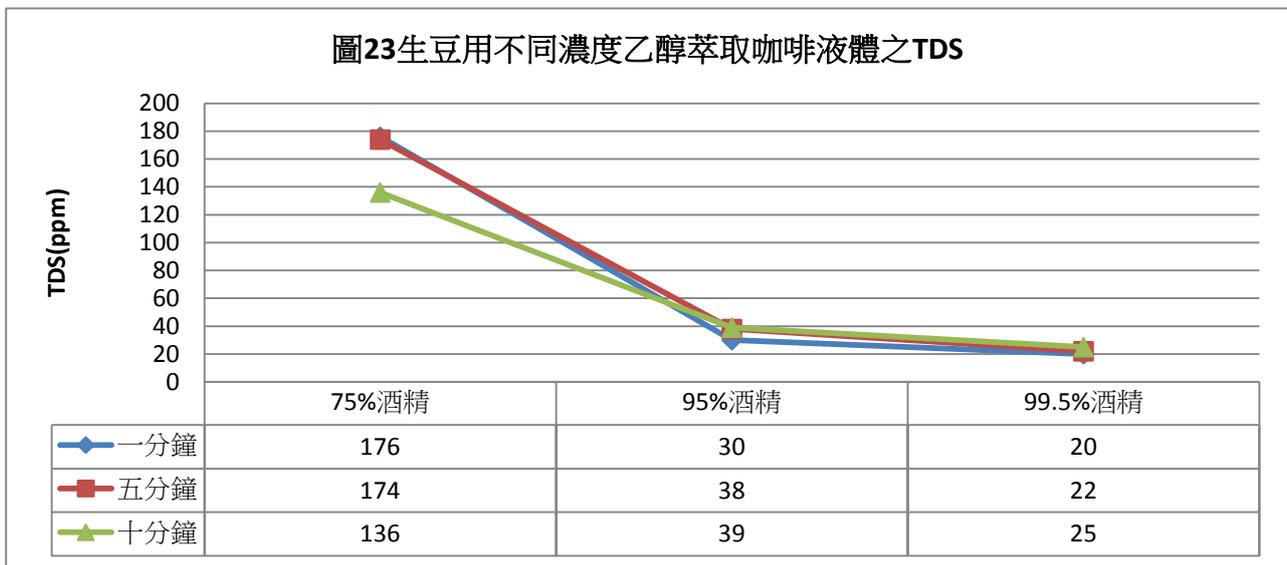


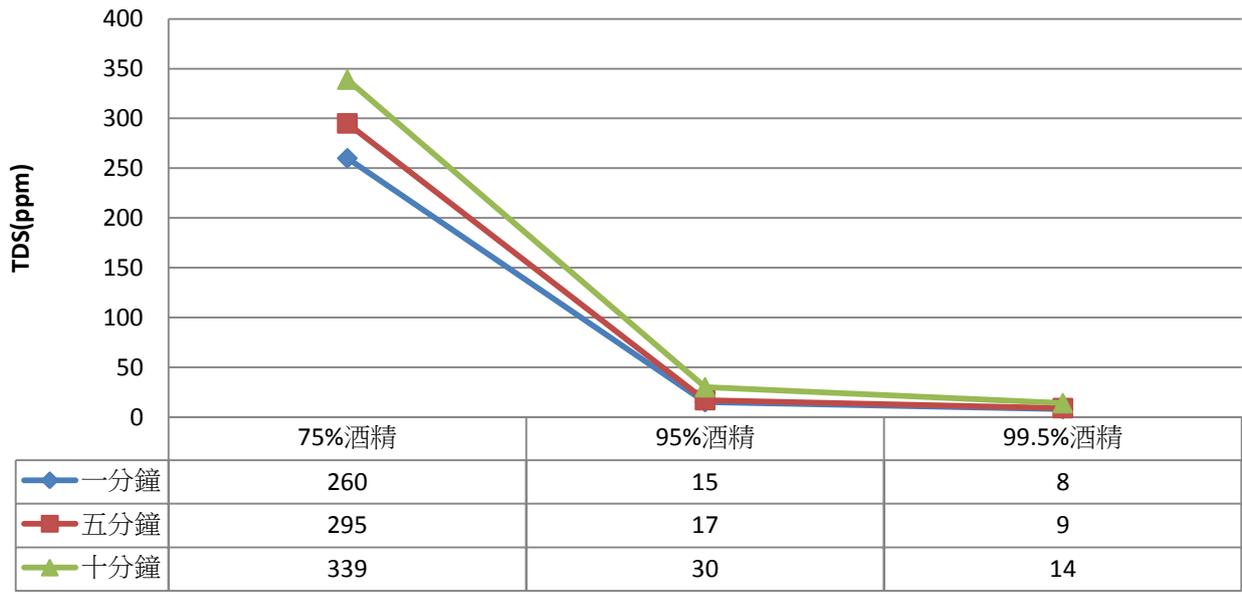
圖 22 用不同濃度乙醇萃取咖啡液實驗流程圖



3-1.1 實驗發現與討論

- 75%乙醇萃取咖啡豆的總溶解固體量(TDS)是最高的，99.5%乙醇的總溶解固體量(TDS)值是最低的，可見乙醇濃度越低，總溶解固體量(TDS)的數值越高。
- 75%乙醇萃取生豆液記錄中發現，反應時間越長，總溶解固體量總溶解固體量(TDS)呈遞減現象。而在 95%乙醇及 99.5%乙醇中則是反應時間越長，總溶解固體量(TDS)量越大。有可能是液體中的雜質影響。

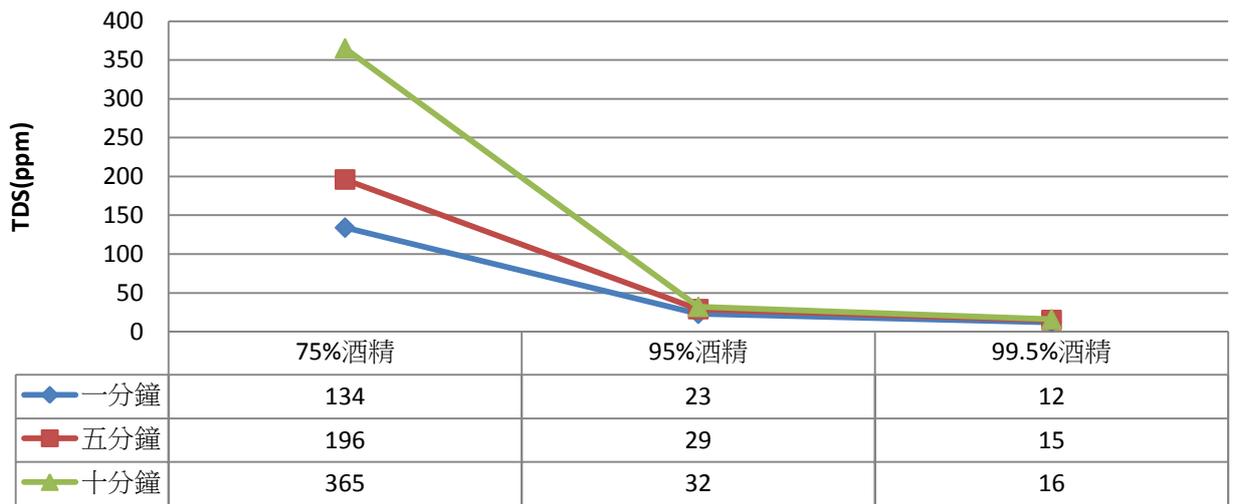
圖24輕烘焙豆用不同濃度酒精萃取咖啡液體之TDS



3-1.2 實驗發現與討論

- A. 75%乙醇萃取輕烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最高(260ppm)，99.5%乙醇萃取輕烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最低的。75%乙醇應該是影響總溶解固體量(TDS)量的重要關鍵。
- B. 95%乙醇和 99.5%乙醇的總溶解固體量(TDS)量很相近，都很少。但是整體而言用不同濃度乙醇萃取咖啡液，都是反應時間越長，總溶解固體量(TDS)數值越高。

圖25中烘焙豆用不同濃度酒精萃取咖啡液體之TDS

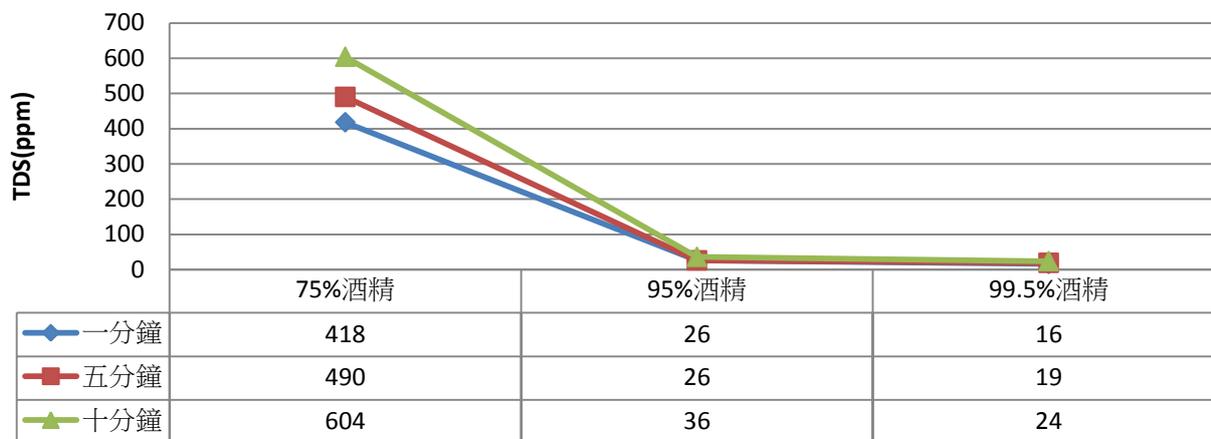


3-1.3 實驗發現與討論

- A. 75%乙醇萃取輕烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最高，99.5%乙醇萃取中烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最低的。

- B. 用不同濃度乙醇萃取咖啡液，都是反應時間越長，總溶解固體量(TDS)數值越高。
- C. 95%乙醇和 99.5%乙醇總溶解固體量(TDS)量很相近。

圖26重烘焙豆用不同濃度酒精萃取咖啡液體之TDS



3-1.4 實驗發現與討論:

- A. 75%乙醇萃取輕烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最高，99.5%乙醇萃取輕烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最低的。
- B. 用不同濃度乙醇萃取咖啡液，都是反應時間越長，總溶解固體量(TDS)數值越高。
- C. 95%乙醇和 99.5%乙醇總溶解固體量(TDS)量很相近。
- D. 總發現:烘焙越久，總溶解固體量(TDS)量都比較高。

圖 27 乙醇萃取過程詳細圖說

		
利用磨豆機磨碎咖啡豆	秤取不同濃度乙醇	秤取各種咖啡豆粉
		
將咖啡豆加入乙醇	攪拌後靜置	準備好漏斗濾紙過濾咖啡渣
		
利用重力過濾	取得萃取液	標記後等待測量總溶解固體量 (TDS)做記錄

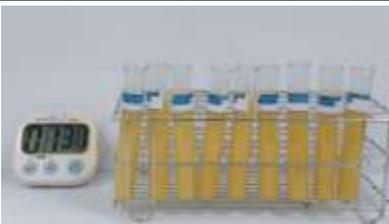
		
75%萃取生豆各時間比較	95%萃取生豆各時間比較	99.5%萃取生豆各時間比較
		
75%萃取重烘豆各時間比較	95%萃取重烘豆各時間比較	99.5%萃取重烘豆各時間比較

圖 28 用 75%乙醇萃取生豆後加溴水變色比較圖

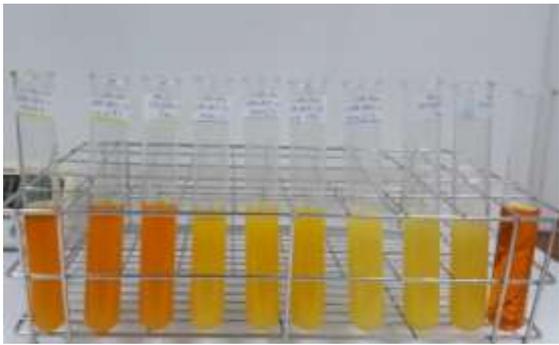
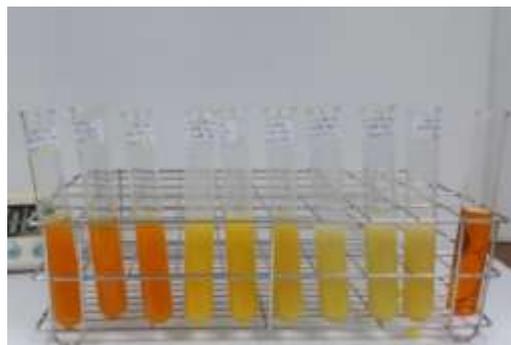
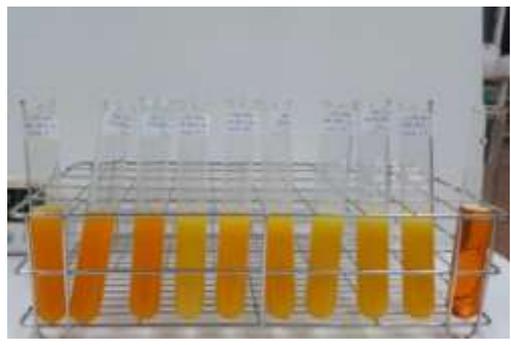
	不同濃度乙醇萃取後加溴水之實驗照片	轉化成色碼表分析																														
生豆 1 分鐘+ 溴水		<table border="1"> <tr> <td>次 數</td> <td>75%(1)-</td> <td>75%(2)-</td> <td>75%(3)-</td> <td>95%(1)-</td> <td>95%(2)-</td> <td>95%(3)-</td> <td>99.5%(1)-</td> <td>99.5%(2)-</td> <td>99.5%(3)-</td> </tr> <tr> <td>圖 片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色 碼 表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次 數	75%(1)-	75%(2)-	75%(3)-	95%(1)-	95%(2)-	95%(3)-	99.5%(1)-	99.5%(2)-	99.5%(3)-	圖 片										色 碼 表									
次 數	75%(1)-	75%(2)-	75%(3)-	95%(1)-	95%(2)-	95%(3)-	99.5%(1)-	99.5%(2)-	99.5%(3)-																							
圖 片																																
色 碼 表																																
生豆 5 分鐘+ 溴水		<table border="1"> <tr> <td>次 數</td> <td>75%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-</td> <td>75%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-</td> <td>75%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-</td> <td>95%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-</td> <td>95%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-</td> <td>95%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-</td> <td>99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-</td> <td>99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-</td> <td>99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-</td> </tr> <tr> <td>圖 片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色 碼 表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次 數	75%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-	75%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-	75%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-	95%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-	95%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-	95%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-	99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-	99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-	99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-	圖 片										色 碼 表									
次 數	75%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-	75%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-	75%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-	95%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-	95%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-	95%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-	99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)1-	99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)2-	99.5%生豆+ 溴水(五分 鐘)3-																							
圖 片																																
色 碼 表																																
生豆 10 分鐘+ 溴水		<table border="1"> <tr> <td>次 數</td> <td>75%(1)-</td> <td>75%(2)-</td> <td>75%(3)-</td> <td>95%(1)-</td> <td>95%(2)-</td> <td>95%(3)-</td> <td>99.5%(1)-</td> <td>99.5%(2)-</td> <td>99.5%(3)-</td> </tr> <tr> <td>圖 片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色 碼 表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次 數	75%(1)-	75%(2)-	75%(3)-	95%(1)-	95%(2)-	95%(3)-	99.5%(1)-	99.5%(2)-	99.5%(3)-	圖 片										色 碼 表									
次 數	75%(1)-	75%(2)-	75%(3)-	95%(1)-	95%(2)-	95%(3)-	99.5%(1)-	99.5%(2)-	99.5%(3)-																							
圖 片																																
色 碼 表																																

圖 29 不同濃度乙醇萃取輕烘豆加溴水實驗結果說明圖

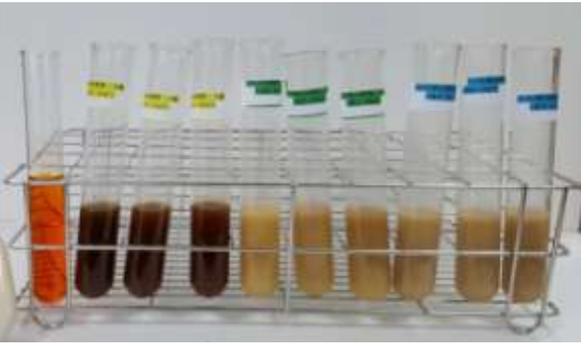
	不同濃度乙醇萃取後加溴水之實驗照片	轉化成色碼表分析																														
輕烘1分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%(1)</td> <td>75%(2)</td> <td>75%(3)</td> <td>95%(1)</td> <td>95%(2)</td> <td>95%(3)</td> <td>99.5%(1)</td> <td>99.5%(2)</td> <td>99.5%(3)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)	圖片										色碼表									
次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)																							
圖片																																
色碼表																																
輕烘5分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%輕烘 +溴水(1分)</td> <td>75%輕烘 +溴水(2分)</td> <td>75%輕烘 +溴水(3分)</td> <td>95%輕烘 +溴水(1分)</td> <td>95%輕烘 +溴水(2分)</td> <td>95%輕烘 +溴水(3分)</td> <td>99.5%輕烘 +溴水(1分)</td> <td>99.5%輕烘 +溴水(2分)</td> <td>99.5%輕烘 +溴水(3分)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次數	75%輕烘 +溴水(1分)	75%輕烘 +溴水(2分)	75%輕烘 +溴水(3分)	95%輕烘 +溴水(1分)	95%輕烘 +溴水(2分)	95%輕烘 +溴水(3分)	99.5%輕烘 +溴水(1分)	99.5%輕烘 +溴水(2分)	99.5%輕烘 +溴水(3分)	圖片										色碼表									
次數	75%輕烘 +溴水(1分)	75%輕烘 +溴水(2分)	75%輕烘 +溴水(3分)	95%輕烘 +溴水(1分)	95%輕烘 +溴水(2分)	95%輕烘 +溴水(3分)	99.5%輕烘 +溴水(1分)	99.5%輕烘 +溴水(2分)	99.5%輕烘 +溴水(3分)																							
圖片																																
色碼表																																
輕烘10分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%輕烘 +溴水(1分)</td> <td>75%輕烘 +溴水(2分)</td> <td>75%輕烘 +溴水(3分)</td> <td>95%輕烘 +溴水(1分)</td> <td>95%輕烘 +溴水(2分)</td> <td>95%輕烘 +溴水(3分)</td> <td>99.5%輕烘 +溴水(1分)</td> <td>99.5%輕烘 +溴水(2分)</td> <td>99.5%輕烘 +溴水(3分)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次數	75%輕烘 +溴水(1分)	75%輕烘 +溴水(2分)	75%輕烘 +溴水(3分)	95%輕烘 +溴水(1分)	95%輕烘 +溴水(2分)	95%輕烘 +溴水(3分)	99.5%輕烘 +溴水(1分)	99.5%輕烘 +溴水(2分)	99.5%輕烘 +溴水(3分)	圖片										色碼表									
次數	75%輕烘 +溴水(1分)	75%輕烘 +溴水(2分)	75%輕烘 +溴水(3分)	95%輕烘 +溴水(1分)	95%輕烘 +溴水(2分)	95%輕烘 +溴水(3分)	99.5%輕烘 +溴水(1分)	99.5%輕烘 +溴水(2分)	99.5%輕烘 +溴水(3分)																							
圖片																																
色碼表																																

圖 30 不同濃度乙醇萃取中烘豆加溴水實驗結果說明圖

	不同濃度乙醇萃取後加溴水之實驗照片	轉化成色碼表分析																														
中烘1分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%(1)</td> <td>75%(2)</td> <td>75%(3)</td> <td>95%(1)</td> <td>95%(2)</td> <td>95%(3)</td> <td>99.5%(1)</td> <td>99.5%(2)</td> <td>99.5%(3)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)	圖片										色碼表									
次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)																							
圖片																																
色碼表																																

中烘5分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%(1)</td> <td>75%(2)</td> <td>75%(3)</td> <td>95%(1)</td> <td>95%(2)</td> <td>95%(3)</td> <td>99.5%(1)</td> <td>99.5%(2)</td> <td>99.5%(3)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)	圖片										色碼表									
次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)																							
圖片																																
色碼表																																
中烘10分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%(1)</td> <td>75%(2)</td> <td>75%(3)</td> <td>95%(1)</td> <td>95%(2)</td> <td>95%(3)</td> <td>99.5%(1)</td> <td>99.5%(2)</td> <td>99.5%(3)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)	圖片										色碼表									
次數	75%(1)	75%(2)	75%(3)	95%(1)	95%(2)	95%(3)	99.5%(1)	99.5%(2)	99.5%(3)																							
圖片																																
色碼表																																

圖 31 不同濃度乙醇萃取重烘豆加溴水實驗結果說明圖

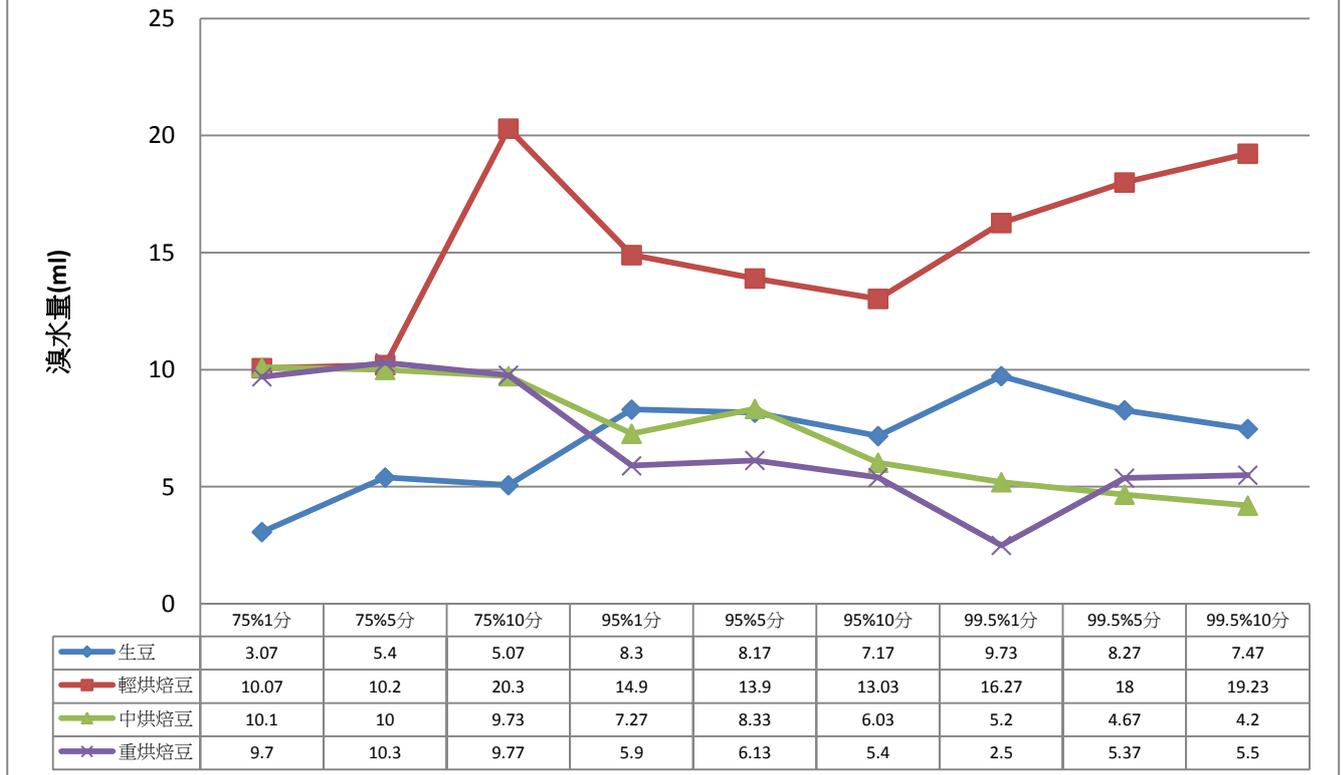
	不同濃度乙醇萃取後加溴水之實驗照片	轉化成色碼表分析																																								
重烘1分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%</td> <td>75%</td> <td>75%</td> <td>95%</td> <td>95%</td> <td>95%</td> <td>99.5%</td> <td>99.5%</td> <td>99.5%</td> </tr> <tr> <td>對</td> <td>一分鐘(1)</td> <td>一分鐘(2)</td> <td>一分鐘(3)</td> <td>一分鐘(1)</td> <td>一分鐘(2)</td> <td>一分鐘(3)</td> <td>一分鐘(1)</td> <td>一分鐘(2)</td> <td>一分鐘(3)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次數	75%	75%	75%	95%	95%	95%	99.5%	99.5%	99.5%	對	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	圖片										色碼表									
次數	75%	75%	75%	95%	95%	95%	99.5%	99.5%	99.5%																																	
對	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)	一分鐘(1)	一分鐘(2)	一分鐘(3)																																	
圖片																																										
色碼表																																										
重烘5分鐘+溴水		<table border="1"> <tr> <td>次數</td> <td>75%</td> <td>75%</td> <td>75%</td> <td>95%</td> <td>95%</td> <td>95%</td> <td>99.5%</td> <td>99.5%</td> <td>99.5%</td> </tr> <tr> <td>對</td> <td>五分鐘(1)</td> <td>五分鐘(2)</td> <td>五分鐘(3)</td> <td>五分鐘(1)</td> <td>五分鐘(2)</td> <td>五分鐘(3)</td> <td>五分鐘(1)</td> <td>五分鐘(2)</td> <td>五分鐘(3)</td> </tr> <tr> <td>圖片</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次數	75%	75%	75%	95%	95%	95%	99.5%	99.5%	99.5%	對	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	圖片										色碼表									
次數	75%	75%	75%	95%	95%	95%	99.5%	99.5%	99.5%																																	
對	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)	五分鐘(1)	五分鐘(2)	五分鐘(3)																																	
圖片																																										
色碼表																																										

重烘 10分鐘+ 溴水		<table border="1"> <tr> <td>次</td> <td>75%₍₁₎</td> <td>75%₍₂₎</td> <td>75%₍₃₎</td> <td>95%₍₁₎</td> <td>95%₍₂₎</td> <td>95%₍₃₎</td> <td>99.5%₍₁₎</td> <td>99.5%₍₂₎</td> <td>99.5%₍₃₎</td> </tr> <tr> <td>數</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> </tr> <tr> <td>圖</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次	75% ₍₁₎	75% ₍₂₎	75% ₍₃₎	95% ₍₁₎	95% ₍₂₎	95% ₍₃₎	99.5% ₍₁₎	99.5% ₍₂₎	99.5% ₍₃₎	數	十分鐘	圖										色碼表																	
次	75% ₍₁₎	75% ₍₂₎	75% ₍₃₎	95% ₍₁₎	95% ₍₂₎	95% ₍₃₎	99.5% ₍₁₎	99.5% ₍₂₎	99.5% ₍₃₎																																	
數	十分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘																																	
圖																																										
色碼表																																										
重烘, 不同時間, 濃度		<table border="1"> <tr> <td>次</td> <td>75%₍₁₎</td> <td>95%₍₁₎</td> <td>99.5%₍₃₎</td> <td>75%₍₁₎</td> <td>95%₍₁₎</td> <td>99.5%₍₃₎</td> <td>75%₍₁₎</td> <td>95%₍₁₎</td> <td>99.5%₍₃₎</td> </tr> <tr> <td>數</td> <td>一分鐘</td> <td>一分鐘</td> <td>一分鐘</td> <td>五分鐘</td> <td>五分鐘</td> <td>五分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> <td>十分鐘</td> </tr> <tr> <td>圖</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>色碼表</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table>	次	75% ₍₁₎	95% ₍₁₎	99.5% ₍₃₎	75% ₍₁₎	95% ₍₁₎	99.5% ₍₃₎	75% ₍₁₎	95% ₍₁₎	99.5% ₍₃₎	數	一分鐘	一分鐘	一分鐘	五分鐘	五分鐘	五分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘	圖										色碼表									
次	75% ₍₁₎	95% ₍₁₎	99.5% ₍₃₎	75% ₍₁₎	95% ₍₁₎	99.5% ₍₃₎	75% ₍₁₎	95% ₍₁₎	99.5% ₍₃₎																																	
數	一分鐘	一分鐘	一分鐘	五分鐘	五分鐘	五分鐘	十分鐘	十分鐘	十分鐘																																	
圖																																										
色碼表																																										

3-2 實驗發現與討論:

- 萃取咖啡液加溴水會再往黃色偏移，單純的辨識試管溶液溴水變色反應比較難，輸入色碼表表可以清楚的看到咖啡液遇到溴水的變色反應及其移動趨勢。
- 在色碼表中可以看見：75%乙醇萃取的生豆、輕烘豆、中烘豆或是重烘豆的萃液加入溴水的顏色是偏橘，95%乙醇萃取咖啡液加溴水會再往黃色偏移，99.5%乙醇萃取咖啡液加溴水又比95%乙醇萃取樣品再往淡黃色偏移。
- 溴水本身是偏橘色的，由色碼表分析可知咖啡液加入溴水後褪色至變深的排序是：99.5%乙醇萃取的咖啡液加入溴水後褪色最多，95%乙醇萃取咖啡液褪色較少，而75%乙醇萃取咖啡液褪色最少。由此我們推論綠原酸含量是：99.5%乙醇萃取的咖啡液可能有最多，95%乙醇萃取咖啡液的次之，而75%乙醇萃取咖啡液的最少。
- 以反應時間觀之：整體而言反應時間1分鐘的在同類項中都是褪色較多的。可見綠原酸萃取時不宜浸置太久。

圖32 溴水變色的定量滴定實驗折線圖



3-3 實驗發現與討論:

- 以不同烘焙程度的咖啡豆來看:輕烘豆液使用最多溴水，表示輕烘豆含有較多綠原酸，生豆其次，中烘豆第三，重烘豆第四
- 排名(數值最高):1. 99.5%酒精萃取輕烘豆 10 分鐘(19.23) 2.99.5%酒精萃取輕烘豆 5 分鐘(18) 3. 99.5%酒精萃取輕烘豆 1 分鐘(16.27)，由此可知，99.5%酒精及輕烘豆能萃取出較多綠原酸
- 排名(數值最低):1. 99.5%酒精萃取重烘豆 1 分鐘(2.5) 2. 75%酒精萃取生豆 1 分鐘(3.07)3. 99.5%酒精萃取中烘豆 10 分鐘(4.2)，由此可知，影響綠原酸萃取量最主要的原因是咖啡豆，而不是酒精濃度

(四)實驗四：抗氧化測試

根據查詢的資料得知，綠原酸具有抗氧化效果，但是我們無法萃取出單純的綠原酸，因此想藉由抗氧化測試來推論綠原酸的效果。

1.測試實驗

(1)「鋼棉生鏽」實驗法

A.實驗步驟與圖示:



圖 33 鋼棉生鏽實驗圖

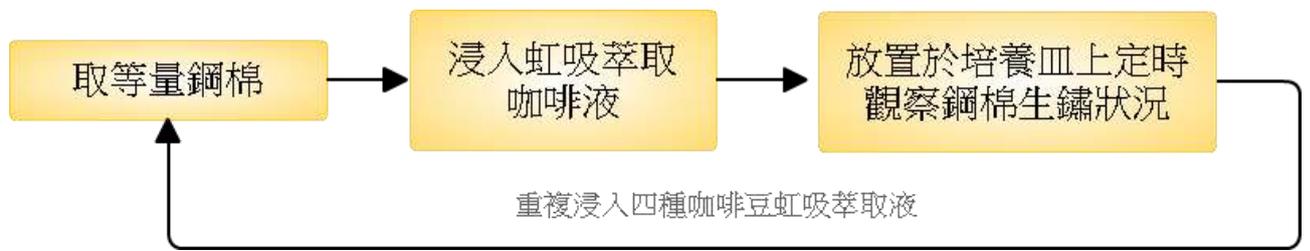


圖 34 鋼棉生鏽實驗流程圖

B. 實驗結果：但是鋼棉生鏽的顏色跟咖啡液的顏色太接近了，無法明顯的區分是否有生鏽變色。

C. 實驗討論：我們在自然課學過鋼棉生鏽是一種氧化反應，對這個實驗檢測也較熟悉，但生鏽與深咖啡色的顏色差不易辨別，為了避免混亂及爭議，我們決定再另外找尋其他測試方法。

(2). 「碘滴定」實驗法

A. 實驗步驟與圖示：



圖 35 碘滴定實驗流程圖

B. 實驗結果：經過了 5 次的測試，還是遇到瓶頸~咖啡液與碘溶液的顏色太相近，無法清楚的辨識出變色情形。

C. 實驗討論：滴定過程中，中烘焙及重烘焙咖啡液的顏色與碘液顏色一樣深，其顏色差不易辨別，為了避免混亂及爭議，我們還是決定另謀出路，再找尋其他測試方法。



圖 36 碘滴定實驗圖

(3). 豆漿抗氧化 pH 差實驗法

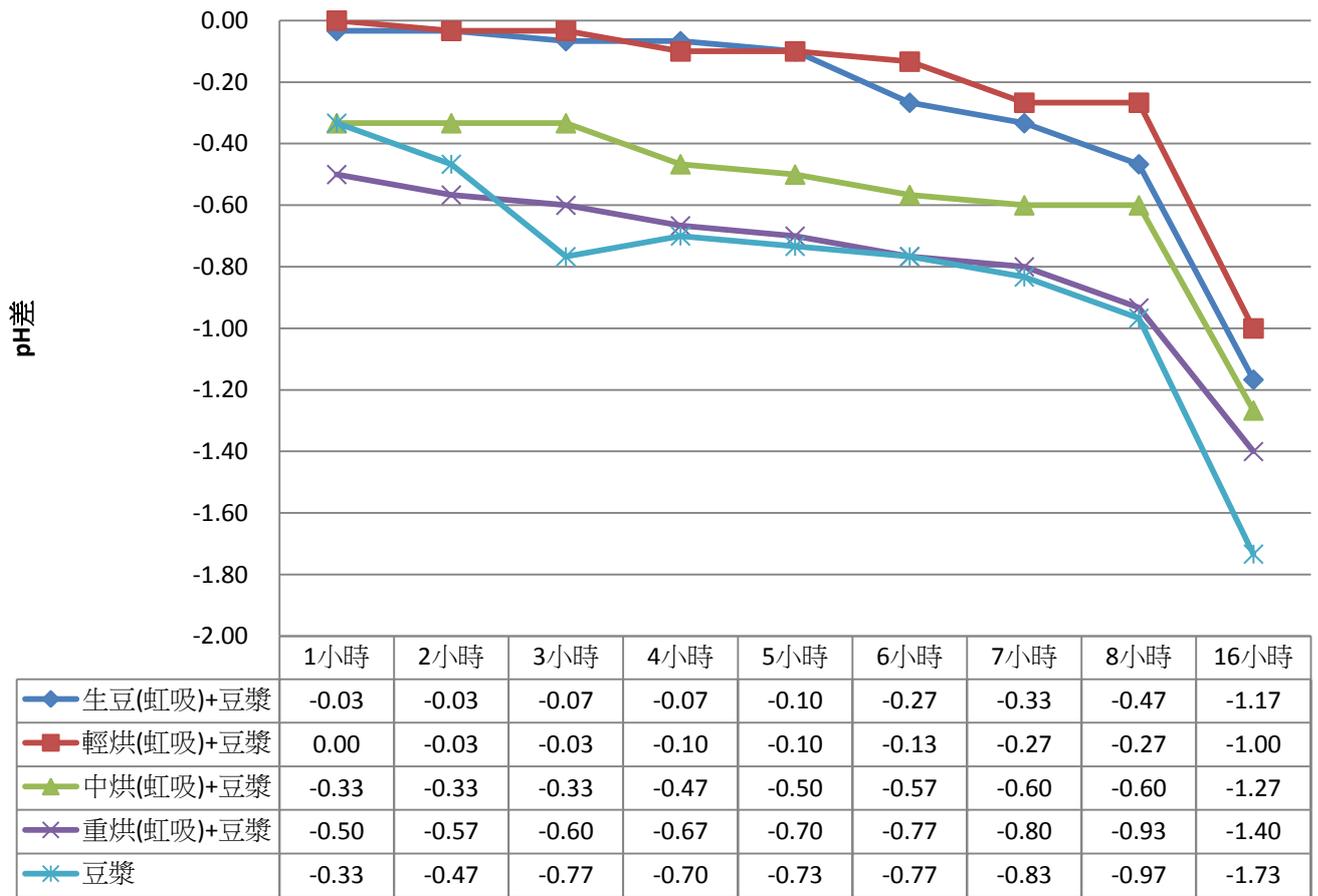
我們蒐集到中華民國第四十七屆中小學科學展覽會作品說明書~高職組農業及生物科技科第二名的作品：抗氧化能力測定與應用。因為其實驗過程是我們小學實驗室做得到的，而且評審也肯定他們的作法。因此我們決定仔細閱讀，參用實驗過程。其實驗方法是透過豆漿腐敗的過程中會有不同的 pH 值，再減去該溶液原來的 pH 值，依據這個 pH 差來分析討論咖啡的抗氧化性。

2. 豆漿抗氧化 pH 差實驗



圖 37 豆漿抗氧化 pH 差實驗流程圖

圖38 豆漿抗氧化實驗pH差統計圖



4-1 實驗觀察與討論

- 從上圖可發現，輕烘焙的抗氧化比其他烘焙程度的咖啡豆的抗氧化能力強。原本由於每 1 小時的 pH 相差的太小、太不明顯，於是我們決定將實驗液體放置至第 2 天，pH 值差的變化就相對明顯。
- 抗氧化最好(pH 值高)的排名:輕烘(虹吸)+豆漿(-1.00) > 生豆(虹吸)+豆漿(-1.17) > 中烘(虹吸)+豆漿(-1.27) > 重烘(虹吸)+豆漿(-1.40) > 豆漿(-1.73)。由此可見輕烘豆咖啡液的抗氧化效果最好，生豆咖啡液次之，中烘咖啡液排第 3，重烘咖啡液排第 4，沒有加任何咖啡液的豆漿腐敗得最快。
- 在這個實驗中，我們發現 pH 值的測量可以 2 小時測一次就好，次數仍然維持在 8 次。否則實驗數據會太相近。



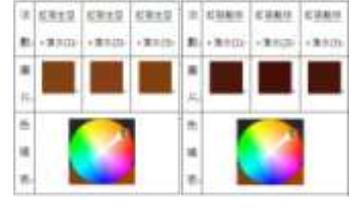
圖 39 豆漿抗氧化實驗圖說

(四)綠原酸在生活中的應用

依據查詢資料得知，綠原酸是一種強效抗氧化劑，可幫助減少發炎反應。也查到綠原酸的功效及用途可分類如下：

- (1)在製備治療過敏性鼻炎的藥物中的應用
- (2)養顏美容防肥胖：有助身體燃脂，可以幫助減肥，對嗜吃甜食者，有效控制暴食。
- (3)改善情緒：有助改善情緒，並且能夠間接幫助減肥。
- (4)調節身體裡的血糖：因此推薦糖尿病的潛在患者，或是特別愛吃甜食、攝取過量糖分的人也可以多補充。同時，咖啡豆的萃取物可避免身體攝取過多糖分，有效降低食慾，控制暴食。
- (5)能有效抑制大腸癌、肝癌和咽喉癌等癌症。
- (6)能有效護禦肌膚不受陽光的傷害：人體的衰老和細胞質的氧化有關，所以綠原酸的抗氧化功能，正好可以應用於對抗肌膚的衰老。
- (7)是一種強效抗氧化劑，可幫助減少發炎反應：許多研究證據發現，肥胖相關疾病多是慢性發炎所造成，如果可以好好控制慢性發炎反應，或許就能減少肥胖傷害。研究人員也提醒，綠原酸並非減重、健康萬靈丹，想要維持健康體重，最好方法還是得仰賴均衡飲食、規律運動。

我們在綠原酸相關檢測的實驗發現，輕烘焙咖啡豆的表現比中烘焙及重烘焙豆來得好。而且未經烘焙的生豆，有生澀的青草味，在實驗中的表現也沒有比輕烘焙豆來得好。基於健康飲食原則及不另外攝取營養補充錠的原則，我們建議：輕烘焙咖啡豆是較健康的選擇。

		
https://anntw.com/articles/20141116-Q7uO	網址見附註 1	網址見附註 2
		
虹吸萃取生豆和輕烘比較	生豆與輕烘豆比色	生豆堅硬難磨，有青草味道

附註 1:

<https://goatcoffee.wordpress.com/2015/11/09/%E9%97%9C%E6%96%BC%E4%B8%8D%E5%8F%AF%E4%B8%8D%E7%9F%A5%E7%9A%84%E5%92%96%E5%95%A1%E7%9F%A5%E8%AD%9811-%E7%B6%A0%E5%8E%9F%E9%85%B8/>

附註 2:<https://www.everydayhealth.com.tw/article/10799>

圖 40 綠原酸應用說明圖

柒、 結論與建議

一、認識咖啡豆的成分及烘焙過程

1. 咖啡豆成分有：水分、脂肪、蛋白質、糖分、精華部份、咖啡因、丹寧酸、礦物質。
生豆成分比例以及熟豆成分比例的不同，生豆的水分、糖份及丹寧酸較熟豆多，而熟豆的脂肪、菁華部分及纖維較生豆多。
2. 咖啡豆的採製過程：採豆、用機器剝果肉、泡水、挑豆、靜置、用水搓洗種子、曬乾、挑豆、烘豆(咖啡豆的化學反應在烘焙時可藉著聲音、顏色及味道來判斷，依其烘焙程度可概分為：輕烘焙、中烘焙、重烘焙。

二、瞭解綠原酸的物理及化學特性與萃取方法

1. 物理特性：熱水中溶解度大，易溶於乙醇及丙酮。因綠原酸本身的不穩定性，提取時不能高溫、強光及長時間加熱。建議保存時避光密封低溫保存。
2. 化學特性：綠原酸是由咖啡酸與奎尼酸生成的縮酚酸，是植物體在有氧呼吸過程中經莽草酸途徑產生的一種苯丙素類化合物。從理論上講，單咖啡酰奎尼酸和二咖啡酰奎尼酸所組成的綠原酸異構體共有 10 種。
3. 萃取方法：一般常用的萃取法有石硫醇法、醇沈法、水提法、有機溶劑提取法、物理場強化提取法、超臨界萃取法、…。我們覺得較適合的萃取法是：石硫醇法。
4. 檢測方法：
 - (1) 綠原酸遇到鐵粉後，會使鐵粉呈深藍色。
 - (2) 綠原酸會使溴水褪色。
 - (3) 綠原酸遇到澄清石灰水，液體會形成鈣鹽沈澱。

三、利用虹吸式萃取咖啡液，瞭解不同烘焙程度的原酸含量會有差別嗎?

1. 在連續 6 次虹吸式萃取中，皆以第一次萃取和第二次萃取的落差最大。以第一次虹吸萃取的總溶解固體量(TDS)量，可以看出中烘豆的數值最高(2638.33ppm)，重烘焙豆次之(2348.33ppm)，輕烘焙豆第三(2059.33ppm)，生豆是最低的(9.9.33ppm)。
2. 第一次虹吸萃取的輕烘豆液 pH 值 (5.70) 比其他的咖啡液酸，生豆液 (6.87) 最接近中性。虹吸次數愈多，不同烘焙程度的 pH 值相距愈近。
3. **虹吸式生豆液鐵粉變色最深，代表綠原酸最多**；但仔細觀察生豆液與輕烘焙咖啡液的鐵粉實驗過程，可以發現在第一次虹吸及第二次虹吸時，這二種咖啡豆的變色反應相當接近，都讓鐵粉變深色，代表生豆及輕焙豆中含有較多的綠原酸。

四、利用乙醇及丙酮進行萃取綠原酸，對萃取量會產生影響嗎?

1. 以沈澱物重量平均值來看：在丙酮實驗組中，沈澱物最重的中烘豆(0.44g)，最輕的是生豆(0.21g)。在 75%乙醇實驗組中，最重的是輕烘豆(0.27g)，最輕的是生豆(0.15g)。
2. 觀察色碼表，我們發現 75%乙醇萃取液部分，只有生豆萃取液有讓溴水褪色，而輕烘豆、中烘豆及重烘豆都呈現原來的咖啡液體顏色。在丙酮萃取液的部分，生豆萃取液褪色最多，輕烘豆萃取液其次。可見生豆的綠原酸量應大於輕烘豆的綠原酸量。
3. 以反應時間來看：整體而言反應時間 1 分鐘的在同類項中都是褪色較多的。可見綠原酸萃取時不宜浸置太久。
4. 丙酮萃取出的沈澱物都比 75%乙醇好，但是丙酮揮發的刺激感性太強，考量相關安

全措施不足，我們就沒有用丙酮進行後續實驗。

五、利用不同濃度的乙醇進行萃取綠原酸，對萃取量會有什麼不同嗎？

1. 75%乙醇萃取輕烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最高，99.5%乙醇萃取輕烘液的總溶解固體量(TDS)數值都是最低的。可見75%乙醇能萃取出較多的溶解物。
2. 就沈澱物成份而言，我們無法確知沈澱物是否就是綠原酸？因此我們只敢推論75%乙醇能萃取出較多的物質。這是否與75%乙醇消毒效果的原理相同，即75%乙醇較能破壞細胞結構達到殺菌效果，所以在本實驗中亦能破壞咖啡豆細胞壁而萃取出較多的物質？值得深入研究。
3. 推論：99.5%乙醇萃取的咖啡液可能有最多的綠原酸，95%乙醇萃取咖啡液的綠原酸量次之，而75%乙醇萃取咖啡液的綠原酸量最少。

六、比較加入乙醇後靜置，反應時間的長短對綠原酸萃取量會有什麼影響？

1. 在95%乙醇及99.5%乙醇中則是反應時間越長，總溶解固體量(TDS)量越大。
2. 以反應時間觀之：整體而言反應時間1分鐘的在同類項中都是褪色較多的。可見綠原酸萃取時不宜浸置太久。

七、用不同烘焙程度咖啡豆的綠原酸萃取液，對阻止氧化反應會有什麼不同變化？

1. 輕烘豆咖啡液的抗氧化效果最好，生豆咖啡液次之，中烘咖啡液排第3，重烘咖啡液排第4，沒有加任何咖啡液的豆漿腐敗得最快。

八、探討要如何將綠原酸應用在日常生活中？

1. 綠原酸是一種強效抗氧化劑，可幫助減少發炎反應。有益於美容減肥，根據資料蒐集及實驗探究，我們建議輕烘焙咖啡豆是較健康的選擇。

九、本研究的限制與後續

1. 我們覺得綠原酸很特別，因而展開系列探究，雖然有許多面向或細節是小學自然實驗室做不到的，但我們嘗試找出解決問題的方法。在本研究中還有一個實驗是有關咖啡液遇到澄清石灰水會有特殊而快速的變色反應，期待後續能繼續實驗與探究。

捌、 參考文獻

- 一、呂怡萱、吳采懋、羅伊伶、蕭亦琇，中華民國第四十七屆中小學科學展覽會作品說明書~抗氧化能力測定與應用，未出版。
- 二、徐瑞琳、林哲仁，國立台灣大學化學系，大學普通化學實驗說明書----維生素C之定量。
- 三、翰林版五下第二單元「水溶液的酸鹼性」及第四單元「防鏽與食品保存」。
- 四、艾力克斯·弗斯、麗莎·葛拉斯彼等著，陳偉民譯，觀念化學小學堂，小天下出版。
- 五、Anette Moldvaer著，林晏生譯，咖啡聖經，楓書坊出版。
- 六、咖啡的酸(<https://sites.google.com/site/twcoffee123/notes/ka-fei-qian/ka-fei-de-suan>)
- 七、台灣Wiki的綠原酸(<http://www.twword.com/wiki/%E7%B6%A0%E5%8E%9F%E9%85%B8>)。
- 八、[科學]~ 咖啡裡的抗氧化高手：綠原酸(<http://www.zova.tw/science-chlorogenic-acid/>)。
- 九、金银花中绿原酸的提取及检测，《食品科学》2005年 第6期 乌兰张泽生，(<http://www.cqvip.com/qk/95574x/200506/15820262.html>)

【評語】 080205

本研究探討咖啡中的綠原酸，以系統性的探究，找出微量的綠原酸，作定性分析，並以色碼表當判讀量表，增加其準確性，團體合作無間，講解生動有趣；但實驗中使用溴水具有毒性，可找其他替代藥品或方法！