

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 化學科

080217

單寧酸現形記

學校名稱：雲林縣私立維多利亞雙語中小學

作者：	指導老師：
小六 鄭博璋	鄭永森
小六 郭庭君	李秉軒
小六 廖子翔	
小六 蕭貫育	
小六 黃泓達	
小六 林頂立	

關鍵詞：單寧酸、單寧酸檢測

摘要

我們想要了解哪些食物含有單寧酸，首先要選用適當之指示劑來檢測單寧酸，經過測試後，選用硝酸鐵溶液來當指示劑效果最好。用硝酸鐵溶液分別滴定市售瓶裝飲料茶、市售茶包浸泡之茶液、咖啡豆浸泡之黑咖啡、多種水果與果乾，可發現瓶裝烏龍茶、瓶裝紅茶、三種茶包和咖啡豆泡成的黑咖啡都含有豐富的單寧酸。然而市售 A 品牌瓶裝綠茶因添加維他命 C，水果和果乾裡也含有維他命 C，因而無法以少量硝酸鐵溶液滴定來判斷是否含單寧酸。

最後，我們也想出以照度計來分析單寧酸與鐵離子產生錯合物的透光程度，我們研判三種茶葉中，綠茶的單寧酸含量最高；烏龍茶單寧酸含量次之；紅茶單寧酸含量最少。

壹、研究動機

今年一月底看見新聞大力報導中央研究院院士、中國醫藥大學校長洪明奇帶領研究團隊發表名為「單寧酸雙重抑制新型冠狀病毒的主要蛋白酶和細胞表面之跨膜絲胺酸蛋白酶 2」，抗冠醫學研究成果，獲刊登在世界知名期刊《美國癌症研究雜誌》「American Journal of Cancer Research」，受到國際學術與醫療機構的高度關注。

因此我們想要了解哪些食物裡含有單寧酸，我們找了市售瓶裝茶飲料、茶包、咖啡豆和各項水果與果乾，用滴定法來檢測其是否含有單寧酸。如果這些食物含有豐富的單寧酸，只要我們平時適量攝取這些食物，應該會對健康有益處。

貳、研究目的

- 一、如何選用適當之指示劑來檢測單寧酸。
- 二、檢測市售瓶裝綠茶、烏龍茶和紅茶是否含有單寧酸。
- 三、檢測市售綠茶包、烏龍茶包和紅茶包是否含有單寧酸。
- 四、檢測咖啡豆是否含有單寧酸。
- 五、檢測各項水果與果乾是否含有單寧酸。
- 六、再以安替比林和明膠檢測綠茶與芭樂是否含有單寧酸。
- 七、如何將紅茶與烏龍茶液之顏色變淡以利後續滴定觀察。

八、以照度計檢測單寧酸與鐵離子產生之錯合物是否影響透光度。

九、進一步分析市售 A 品牌瓶裝綠茶是否真的不含單寧酸。

參、研究設備及器材

一、材料：市售瓶裝茶飲料（綠茶、烏龍茶、紅茶）、市售茶包（綠茶、烏龍茶、紅茶）、咖啡豆、生芭樂、熟芭樂、生石榴、熟石榴、生香蕉、熟香蕉、小番茄、蘋果、葡萄、綠葡萄乾、蔓越莓乾。

二、實驗器材：滴定管、腳架、錐形瓶、燒杯、量筒、研鉢、玻璃試管、電子秤、濾紙。

三、實驗藥品：硝酸鋇、硝酸鈣、硝酸鐵、安替比林（phenazone）、明膠、磷酸二氫鈉、氯化鈣、維他命 C 發泡錠、小蘇打。

肆、研究過程或方法

一、文獻探討

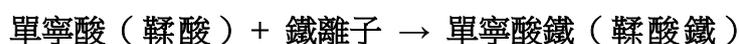
（一）單寧酸：

單寧酸（或稱鞣酸、鞣質）是一種水溶性多酚類，常見於草本和木本植物，像是茶葉、蔬菜、高粱、水果及紅酒等。多酚類化合物是廣為人知的抗氧化劑和自由基清除劑，近期也有大量研究證實，單寧酸可抑制癌細胞的代謝、增生、侵入、轉移，並具有抗發炎的效果，是一種對抗癌症的預防和治療的化合物。

（二）單寧酸檢測：

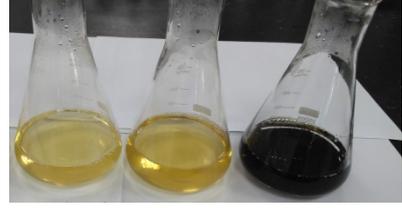
單寧酸是一種配位基，他可以跟一些金屬離子錯合，而產生沉澱，不同金屬離子跟單寧酸配位，會產生不同顏色之沉澱物。以鐵離子為例，當它遇到單寧酸時會使水溶液快速變成黑褐色。

單寧酸與鐵離子的反應式如下：



二、實驗步驟

(一) 選用適當之指示劑來檢測單寧酸

		
<p>步驟一</p>	<p>步驟二</p>	<p>步驟三</p>
<p>將市售綠茶包加入 400 mL、98 °C 熱水浸泡 5 分鐘後，將茶包取出。</p>	<p>分別將綠茶茶液倒入三個錐形瓶中，每個錐形瓶裝 100mL 之綠茶。</p>	<p>用電子秤秤取 1 公克之硝酸鋇、硝酸鈣、硝酸鐵，分別加入其中三杯綠茶，觀察其顏色變化。</p>

(二) 檢測市售產品是否含有單寧酸

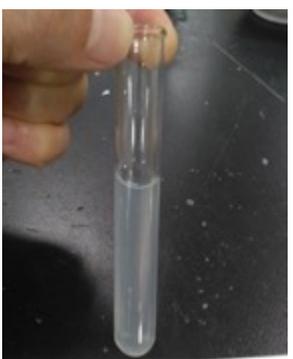
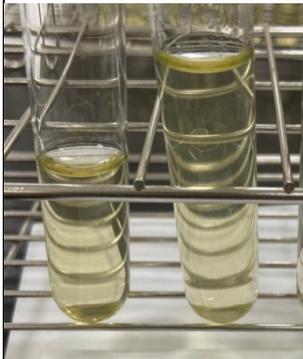
瓶裝飲料之滴定	茶包之滴定	咖啡豆之滴定	水果之滴定	果乾之滴定
<p>各取 100mL 之 A 品牌瓶裝綠茶、B 品牌瓶裝烏龍茶和 C 品牌瓶裝紅茶倒入錐形瓶中以 0.1% 硝酸鐵溶液滴定。</p>	<p>分別取綠茶茶包、烏龍茶茶包與紅茶茶包浸泡於 98°C 之 100mL 熱水中，浸泡後倒入錐形中以 0.1% 硝酸鐵溶液滴定。</p>	<p>取 2 公克咖啡豆放入研鉢裡研磨，再浸泡於 98 °C 之 100mL 熱水中，浸泡 10 分鐘倒入錐形瓶中以 0.1% 硝酸鐵溶液滴定。</p>	<p>各取 2 公克水果放入研鉢裡研磨，再浸泡於 98 °C 之 100mL 熱水中，浸泡 10 分鐘後倒入錐形瓶中以 0.1% 硝酸鐵溶液滴定。</p>	<p>各取 2 克重之果乾浸泡於 98°C 之 100mL 熱水中，浸泡 10 分鐘後倒入錐形瓶中以 0.1% 硝酸鐵溶液滴定。</p>

(三) 以安替比林和明膠檢測綠茶與芭樂是否含有單寧酸

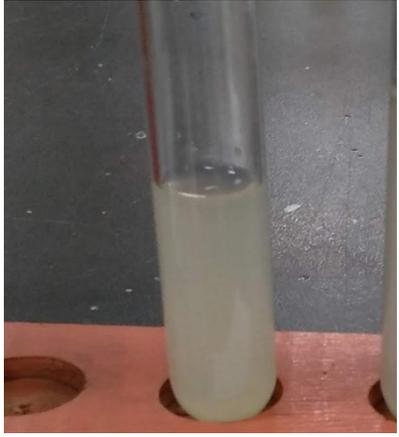
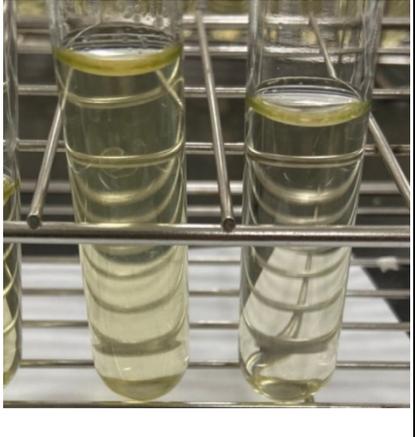
1. 芭樂汁與綠茶包茶液製取方式

芭樂汁配方		綠茶包茶液配方
		
步驟一	步驟二	步驟一
取 10 g 芭樂放入研鉢裡研磨，加入 10 mL 水。	攪拌均勻後，以濾紙將殘渣過濾並收集濾液。	將市售綠茶包加入 100 mL、98 °C 熱水浸泡 5 分鐘後，將茶包取出。

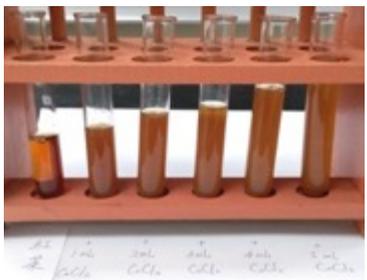
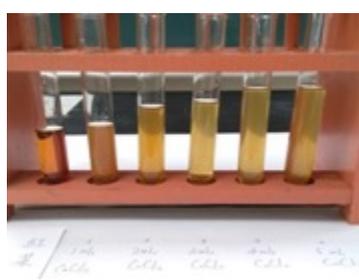
2. 安替比林試驗

			
步驟一	步驟二	步驟三	步驟四
取 5mL 芭樂汁，加入 0.5g 磷酸二氫鈉。	隔水加熱並待其冷卻後，以濾紙過濾。	將濾液加入 2% 之安替比林溶液 5mL，觀察是否產生沈澱。	取 5mL 綠茶液重複步驟一至三，觀察是否產生沈澱。

3.明膠試驗

		
步驟一	步驟二	步驟三
取 5mL 芭樂汁，加入 2mL 之 1%明膠水溶液。	再加入 1mL 之 10%氯化鈉水溶液後，觀察其是否有沈澱反應。	取 5mL 綠茶液重複步驟一至二，觀察是否產生沈澱。

(四) 將紅茶、烏龍茶茶液變淡，以利後續觀察

			
過濾前	過濾後	紅茶裡草酸鈣沈澱	
步驟一	步驟二	步驟三	步驟四
將市售紅茶包加入 100 mL、98 °C 熱水浸泡 5 分鐘。	取 6 支試管皆加入 5mL 紅茶液，其中一支為對照組，其餘試管分別加入 1mL、2mL、3mL、4mL、5mL 之 10%氯化鈣水溶液，形成草酸鈣沈澱。	將沈澱物以濾紙過濾，即可得到淡化後之濾液。	重複步驟一至三得到淡化後之烏龍茶濾液。

(五) 以照度計檢測單寧酸與鐵離子產生之錯合物，是否影響透光度

1. 照度計擺放設計說明：

		
<p>步驟一</p>	<p>步驟二</p>	<p>步驟三</p>
<p>將照度計固定在影印紙盒底的正中心，讀取螢幕放在盒子外面。</p>	<p>影印紙盒上蓋正中心挖一個試管口徑大小的圓孔，以利光源進入下方之照度計。</p>	<p>每滴定 1mL 之硝酸鐵溶液後，即倒出 20mL 溶液於 50mL 的小燒杯裡，將小燒杯放在圓孔上，在燒杯上方固定距離設置一盞光源穩定之檯燈。</p>

2. 待測樣品加入氯化鈣後過濾，與測量照度說明：

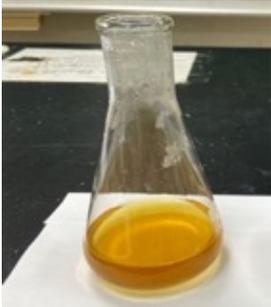
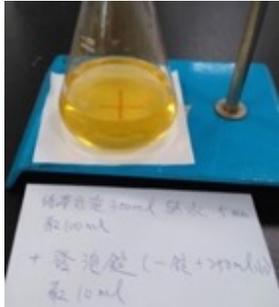
			
<p>步驟一</p>	<p>步驟二</p>	<p>步驟三</p>	<p>步驟四</p>
<p>將市售紅茶包加入 100 mL、98 °C 熱水浸泡 5 分鐘後，將茶包取出。</p>	<p>取 5g 之氯化鈣加入紅茶中，並以濾紙將沉澱物去除，收集濾液。</p>	<p>將紅茶濾液以 0.1% 硝酸鐵溶液滴定，每滴入 1mL 硝酸鐵溶液後，即取錐形瓶裡的溶液 20mL 倒入 50mL 的小燒杯裡，觀察並記錄滴定體積與照度之關係。</p>	<p>取市售烏龍茶包重複步驟一至步驟三，觀察並記錄滴定體積與照度之關係。</p>

註：綠茶包茶液顏色原本就較淡，故未加入氯化鈣溶液來淡化其顏色。

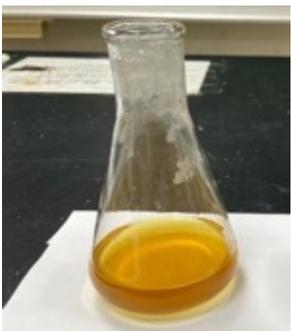
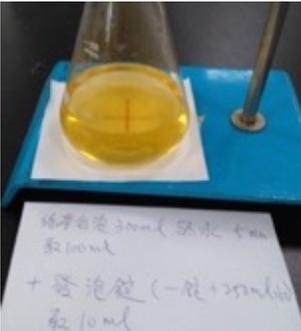
(六) 進一步分析市售 A 品牌瓶裝綠茶是否真的不含單寧酸

我們仔細看了市售 A 品牌瓶裝綠茶的成分除了綠茶液、綠茶粉之外，還含有「維他命 C」和「小蘇打」兩種成分，因此我們推測這兩種成分可能會影響到單寧酸的檢測。

1. 維他命 C 與小蘇打是否影響沈澱生成

			
綠茶(a)	加入發泡錠的綠茶(b)	加入小蘇打的綠茶(c)	
步驟一	步驟二	步驟三	步驟四
將市售綠茶包加入 300 mL、98 °C 熱水浸泡 5 分鐘後，取其中之 100mL 得綠茶(a)。	取市售維他命 C 發泡錠加入 250mL 水，配製成發泡錠溶液，取 10mL 發泡錠溶液加入 100mL 綠茶(a)得到綠茶(b)。	取 1g 小蘇打加入 100mL 綠茶(a)得到綠茶(c)。	分別將綠茶(b)、綠茶(c)加入少許 0.1%硝酸鐵溶液觀察並記錄其顏色差異。

2. 維他命 C 是否抑制沈澱生成

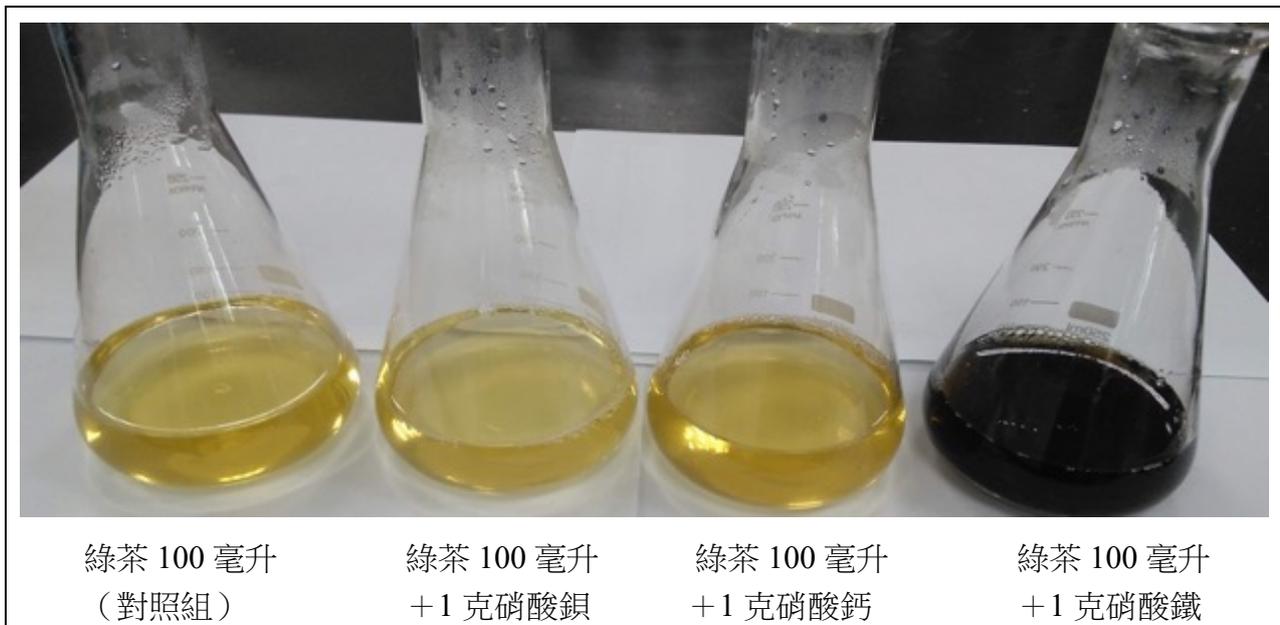
			
步驟一 (同前項步驟一)	步驟二 (同前項步驟二)	步驟三	步驟四
將市售綠茶包加入 300 mL、98 °C 熱水浸泡 5 分鐘後，將茶包取出取其中之 100mL。	取市售發泡錠加入 250mL 水，配製成發泡錠溶液，取 10mL 發泡錠溶液加入 100mL 綠茶中。	加入大量之硝酸鐵溶液，觀察並記錄其顏色變化。	取 20mL 市售 A 品牌瓶裝綠茶，加入大量之硝酸鐵容易觀察並記錄其顏色變化。

伍、研究結果

一、選用適當之指示劑來檢測單寧酸

將綠茶包浸泡 5 分鐘 400mL 之 98°C 熱水後，分別取出 100mL 之茶液倒入四個錐形瓶中，再各加入 1 公克之硝酸鋇、硝酸鈣、硝酸鐵於其它三杯綠茶中，觀察其顏色變化。四個錐形瓶中綠茶的顏色變化結果如下，

- (一) 新鮮綠茶：作為對照組。
- (二) 加入硝酸鋇：錐形瓶裡茶液變成些微黃白色混濁。
- (三) 加入硝酸鈣：錐形瓶裡茶液變成些微黃褐色。
- (四) 加入硝酸鐵：錐形瓶裡茶液變成黑褐色。



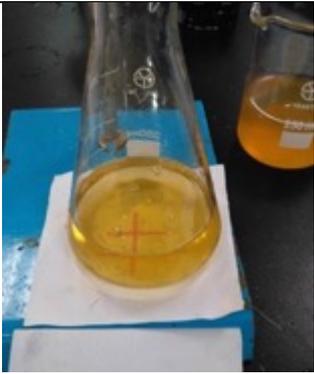
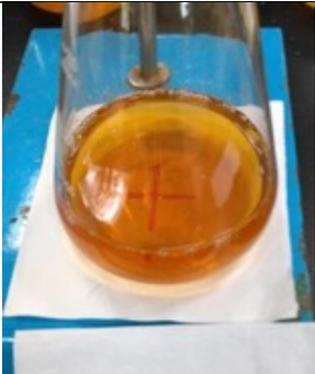
結果：用**硝酸鐵**溶液當指示劑效果最好。

因此，之後我們都用**硝酸鐵**來當指示劑，而且把硝酸鐵溶液的濃度再降低，以 0.1 克之硝酸鐵加入 100mL 之水中，成為濃度約 0.1%硝酸鐵溶液，再倒入滴定管中，用此溶液來做之後的實驗滴定。

滴定前錐形瓶底下放一張白紙，畫上「紅色十字」，慢慢滴定後，錐形瓶裡的溶液顏色漸漸變深，直到看不到錐形瓶底部的「紅色十字」才停止滴定。

二、檢測市售瓶裝綠茶、烏龍茶和紅茶

(一) 滴定前

		
A 品牌瓶裝綠茶	B 品牌瓶裝烏龍茶	C 品牌瓶裝紅茶
取 100mL 之 A 品牌瓶裝綠茶，倒入錐形瓶裡，滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	取 100mL 之 B 品牌瓶裝烏龍茶，倒入錐形瓶裡，滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	取 100mL 之 C 品牌瓶裝紅茶，倒入錐形瓶裡，滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。

(二) 滴定後

		
A 品牌瓶裝綠茶	B 品牌瓶裝烏龍茶	C 品牌瓶裝紅茶
滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 16.2mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 22.2mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。

結果：

市售 A 品牌瓶裝綠茶無法檢測出單寧酸；B 品牌烏龍茶和 C 品牌紅茶皆可檢測出單寧酸。

三、檢測市售綠茶包、烏龍茶包和紅茶包

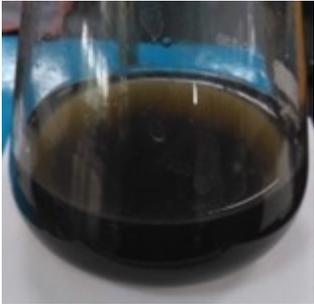
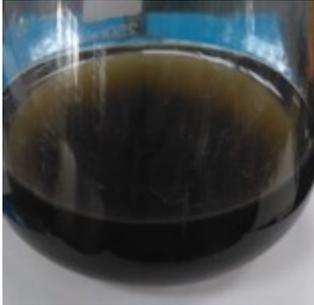
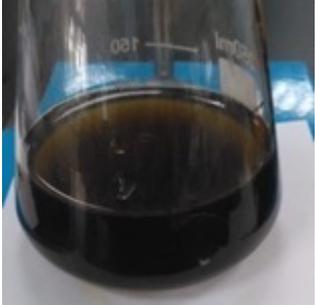
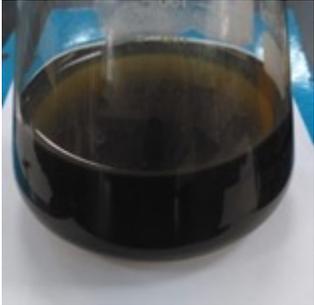
(一) 檢測綠茶包

滴定前:

將四包綠茶包，分別浸泡 98°C 之 100mL 熱水 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘與 10 分鐘，然後將茶液倒入不同的四個錐形瓶裡，準備做滴定。

			
綠茶包浸泡 1 分鐘	綠茶包浸泡 3 分鐘	綠茶包浸泡 5 分鐘	綠茶包浸泡 10 分鐘
滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。

滴定後

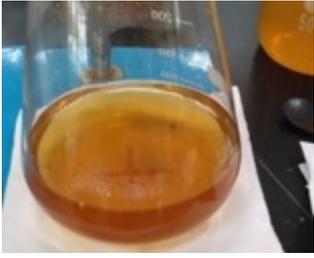
			
綠茶包浸泡 1 分鐘	綠茶包浸泡 3 分鐘	綠茶包浸泡 5 分鐘	綠茶包浸泡 10 分鐘
滴入 22.4mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 22.0mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 20.3mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 19.3mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。

結果：綠茶包無論浸泡時間多久，皆可檢測出單寧酸。

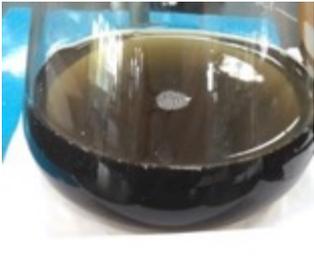
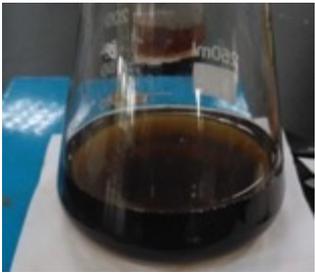
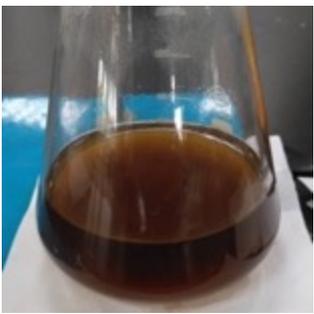
(二) 檢測烏龍茶包

滴定前：

將四包烏龍茶包，分別浸泡 98°C 之 100mL 熱水 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘與 10 分鐘，然後將茶液倒入不同的四個錐形瓶裡，準備做滴定。

			
烏龍茶包泡 1 分鐘	烏龍茶包泡 3 分鐘	烏龍茶包泡 5 分鐘	烏龍茶包泡 10 分鐘
滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。

滴定後

			
烏龍茶包泡 1 分鐘	烏龍茶包泡 3 分鐘	烏龍茶包泡 5 分鐘	烏龍茶包泡 10 分鐘
滴入 11.0mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 8.9mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 8.7mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 8.5mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。

結果：烏龍茶包無論浸泡時間多久，皆可檢測出單寧酸。

(三) 檢測紅茶包

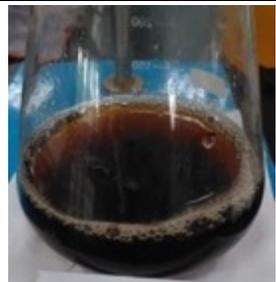
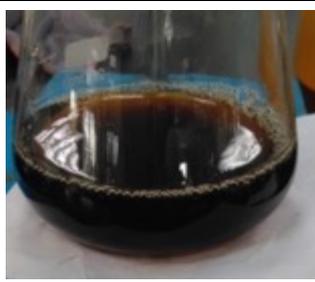
滴定前：

將四包紅茶包，分別浸泡 98°C 之 100mL 熱水 1 分鐘、3 分鐘、5 分鐘與 10 分鐘，然後將茶液倒入不同的四個錐形瓶裡，準備做滴定。

註：因為紅茶茶液顏色很深，原本錐形瓶底的紅色十字看不太清楚，因此改成「黑色十字」。

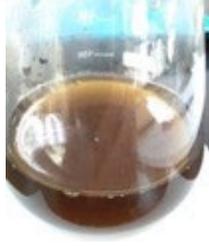
			
紅茶包浸泡 1 分鐘	紅茶包浸泡 3 分鐘	紅茶包浸泡 5 分鐘	紅茶包浸泡 10 分鐘
滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「黑色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「黑色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「黑色十字」。	滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「黑色十字」。

滴定後

			
紅茶包浸泡 1 分鐘	紅茶包浸泡 3 分鐘	紅茶包浸泡 5 分鐘	紅茶包浸泡 10 分鐘
滴入 10.5mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「黑色十字」。	滴入 10.5mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「黑色十字」。	滴入 10.4mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「黑色十字」。	滴入 10.1mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「黑色十字」。

結果：紅茶包無論浸泡時間多久，皆可檢測出單寧酸。

四、檢測咖啡豆

		
取 2 克之咖啡豆，用研鉢研磨後倒入燒杯裡浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。	咖啡豆浸泡之黑咖啡溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 16mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成深黑褐色，已看不到錐形瓶底部之「紅色十字」。

結果：咖啡豆浸泡之黑咖啡可檢測出單寧酸。

五、檢測各項水果與果乾

(一) 生芭樂

			
準備一顆生芭樂。	取 2.03 克之生芭樂，用研鉢研磨後倒入燒杯裡浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。	浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。

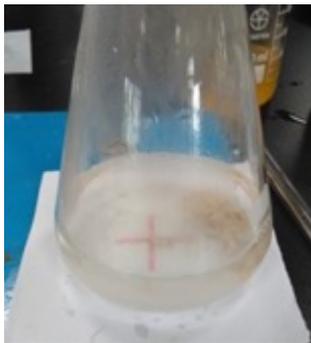
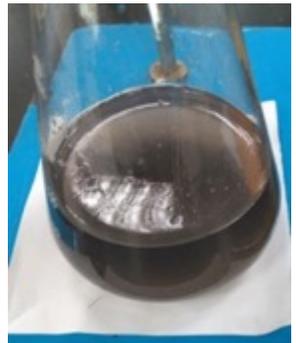
結果：生芭樂無法檢測出單寧酸。

(二) 熟芭樂

			
準備一顆熟芭樂。	取 2.02 克之熟芭樂，用研鉢研磨後倒入燒杯裡浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。	浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。

結果：熟芭樂無法檢測出單寧酸。

(三) 生石榴

			
準備一顆生石榴。	取 2.08 克之生石榴，浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。	浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成淡淡黑褐色，但仍看得到錐形瓶底部之「紅色十字」。

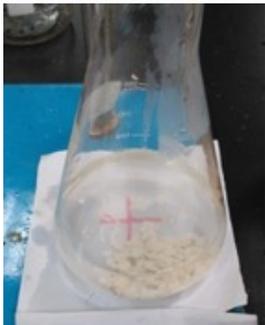
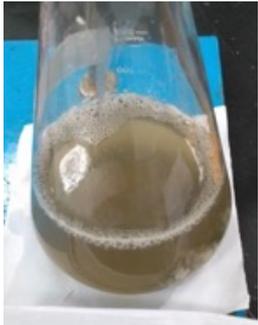
結果：生石榴可以檢測出些微單寧酸。

(四) 熟石榴

			
準備一顆熟石榴。	取 2.17 克之熟石榴，浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。	浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成淡淡黑褐色，但仍看得到錐形瓶底部之「紅色十字」。

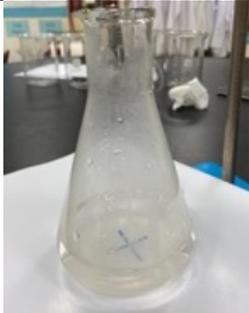
結果：熟石榴可以檢測出些微單寧酸。

(五) 生香蕉

		
<p>準備一根生香蕉</p>	<p>取 2 克之生香蕉肉，浸泡 98 °C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。</p>	<p>滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成淡淡黑褐色，但仍看得到錐形瓶底部之「紅色十字」。</p>

結果：生香蕉可以檢測出些微單寧酸。

(六) 熟香蕉

		
<p>準備一根熟香蕉。</p>	<p>取 2 克之熟香蕉肉，浸泡 98 °C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。</p>	<p>滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，溶液變成淡褐色，但仍看得到錐形瓶底部之「十字」。</p>

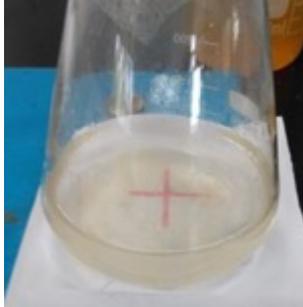
結果：熟香蕉無法檢測出單寧酸。

(七) 小番茄

			
<p>準備一些小番茄。</p>	<p>取 2 克之小番茄，用研鉢研磨後倒入燒杯裡浸泡 98 °C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。</p>	<p>浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。</p>	<p>滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。</p>

結果：小番茄無法檢測出單寧酸。

(八) 蘋果

			
準備一顆蘋果。	取 2 克之蘋果肉，用研鉢研磨後倒入燒杯裡浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。	浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。

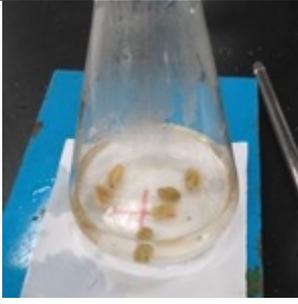
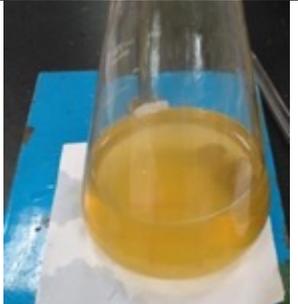
結果：蘋果無法檢測出單寧酸。

(九) 葡萄

			
準備一些葡萄。	取 2 克之葡萄肉，用研鉢研磨後倒入燒杯裡浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。	浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。	滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。

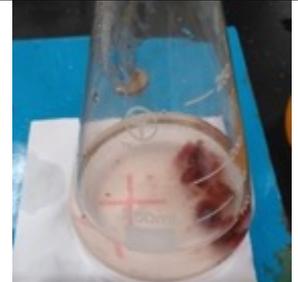
結果：葡萄無法檢測出單寧酸。

(十) 綠葡萄乾

		
<p>準備一些綠葡萄乾。 取其中之 2 克葡萄乾，放入燒杯裡浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。</p>	<p>浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。</p>	<p>滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。</p>

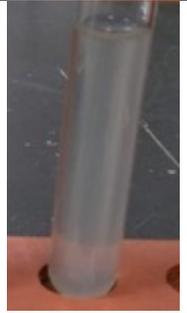
結果：綠葡萄乾無法檢測出單寧酸。

(十一) 蔓越莓乾

		
<p>準備一些蔓越莓乾。 取其中之 2 克蔓越莓乾，放入燒杯裡浸泡 98°C，100mL 之熱水 10 分鐘後再倒入錐形瓶。</p>	<p>浸泡之溶液滴定前之顏色，可明顯看到錐形瓶底部之「紅色十字」。</p>	<p>滴入 50mL 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，仍可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。</p>

結果：蔓越莓乾無法檢測出單寧酸。

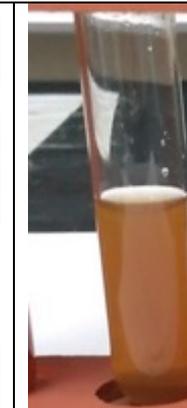
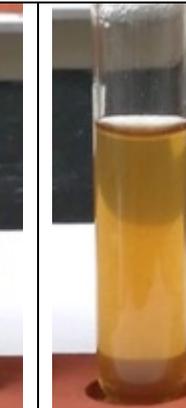
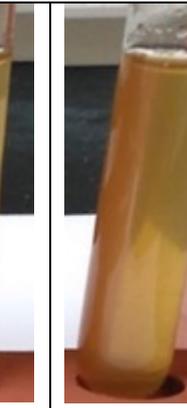
六、以安替比林和明膠檢測綠茶與芭樂

					
芭樂汁 5mL。	芭樂汁 5mL 以安替比林檢測，無沉澱物。	芭樂汁 5mL 以明膠檢測，無沉澱物。	綠茶 5mL。	綠茶 5mL 以安替比林檢測，無沉澱物。	綠茶 5mL 以明膠檢測，無沉澱物。

結果：無論芭樂汁或紅茶，以安替比林或明膠檢測，皆沒有沉澱物產生，無法檢測出單寧酸。

七、將紅茶與烏龍茶液之顏色變淡以利後續滴定觀察

(一) 5mL 紅茶各加入 1mL 至 5mL 之氯化鈣溶液後再過濾

					
紅茶 5mL。	紅茶 5mL 加 1mL 氯化鈣溶液後再過濾。	紅茶 5mL 加 2mL 氯化鈣溶液後再過濾。	紅茶 5mL 加 3mL 氯化鈣溶液後再過濾。	紅茶 5mL 加 4mL 氯化鈣溶液後再過濾。	紅茶 5mL 加 5mL 氯化鈣溶液後再過濾。

結果：紅茶以加入 5mL 氯化鈣溶液後過濾之效果最好。

(二) 5mL 烏龍茶各加入 1mL 至 5mL 之氯化鈣溶液後再過濾

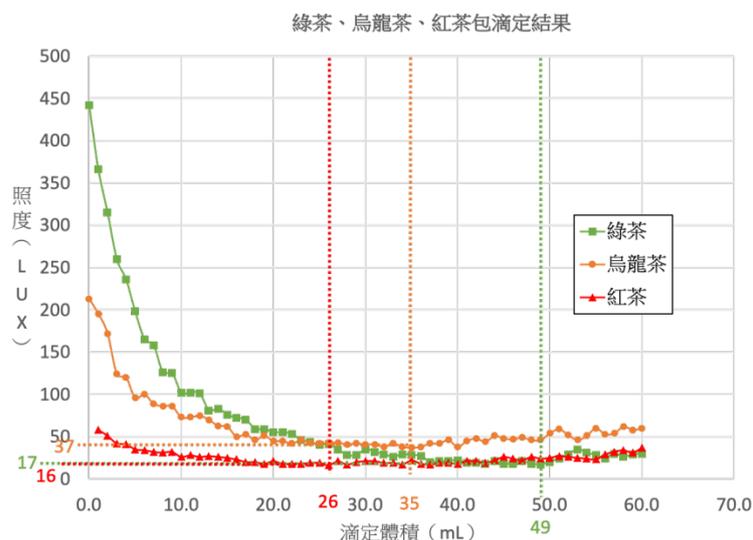
					
烏龍茶 5mL。	烏龍茶 5mL 加 1mL 氯化鈣溶液。	烏龍茶 5mL 加 2mL 氯化鈣溶 液。	烏龍茶 5mL 加 3mL 氯化 鈣溶液。	烏龍茶 5mL 加 4mL 氯 化鈣溶液。	烏龍茶 5mL 加 5mL 氯化 鈣溶液。

結果：烏龍茶以加入 5mL 氯化鈣溶液後過濾之效果最好。

八、以照度計檢測單寧酸與鐵離子產生之錯合物是否影響透光度

由上述結果七測試得知，紅茶和烏龍茶原本顏色就較深，因此加入氯化鈣後會與茶液裡的草酸結合形成草酸鈣沉澱，使得茶液顏色變淡，且較接近綠茶的顏色。

因此我們分別將市售紅茶包、烏龍茶包加入 100 mL、98 °C 熱水浸泡 5 分鐘後，將茶包取出，取 5g 之氯化鈣加入紅茶液和烏龍茶液中，並以濾紙將沉澱物去除後，收集濾液樣本，最後再以 0.1% 硝酸鐵溶液滴定，觀察並記錄滴定體積與照度之關係。



結果：綠茶滴入 49mL 的硝酸鐵溶液後，照度最低值是 17 LUX；

烏龍茶滴入 35mL 的硝酸鐵溶液後，照度最低值是 37 LUX；

紅茶滴入 26mL 的硝酸鐵溶液後，照度最低值是 16 LUX。

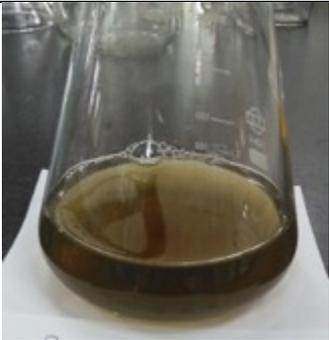
九、進一步分析市售 A 品牌瓶裝綠茶

(一) 綠茶包樣品分別加入維他命 C 與小蘇打

							
綠茶包樣品加入維他命 C 發泡錠溶液 10mL				綠茶包樣品加入 1g 之小蘇打			
滴定前： 綠茶包泡 300mL 熱水 5 分鐘後取 100mL，並加入維他命 C 發泡錠溶液 10mL。		滴定後： 將左一圖之樣品加入 50mL 之硝酸鐵溶液，顏色變混濁。		滴定前： 綠茶包泡 300mL 熱水 5 分鐘後取 100mL，並加入 1g 之小蘇打。		滴定後： 將左三圖之樣品加入 50mL 之硝酸鐵溶液，顏色變成黑褐色。	

結果：綠茶加入維他命 C 後檢測不出單寧酸，但加入小蘇打後仍然可以檢測出單寧酸。

(二) 加入維他命 C 之綠茶包樣品與市售 A 品牌瓶裝綠茶，再做進一步之分析

	
將上述 研究結果九（一） 之綠茶包樣品加入 50mL 之硝酸鐵溶液，顏色變混濁後，再持續加入硝酸鐵溶液至 150mL，顏色明顯變成淡黑褐色（仍可看到平底紅色十字）。	重新取出市售 A 品牌瓶裝綠茶 20mL 後，再加入硝酸鐵溶液 60mL，顏色也明顯變成淡黑褐色（仍可看到平底紅色十字）。

結果：綠茶加入維他命 C 後，並非檢測不出單寧酸，必須再加入比原本樣品量更多的硝酸鐵溶液後，才可以使茶液樣品變成黑褐色。

陸、討論

- 一、各種茶包無論泡一分鐘、三分鐘、五分鐘或十分鐘，滴入硝酸鐵溶液後，皆看不到錐形瓶底部的十字，雖然硝酸鐵的用量都不同，但用肉眼觀察顏色變化存在誤差很大，真的很難以滴入硝酸鐵溶液的多寡來判斷其單寧酸的含量是否與浸泡時間有關。
- 二、市售 A 品牌瓶裝綠茶滴入 50ml 之硝酸鐵溶液後，水溶液呈現硝酸鐵溶液之黃褐色，依然可看到錐形瓶底部之「紅色十字」。我們推測該瓶裝飲料可能被其他添加成分影響，而檢測不出單寧酸；之後的實驗證實是維他命 C 影響單寧酸的檢測。
- 三、有些水果和果乾檢測不出單寧酸的原因，我們推測如下：
 - (一) 裡面可能含有其它多種複雜成分，如維他命 C、草酸、…等，所以用硝酸鐵溶液滴定不易檢測出單寧酸。
 - (二) 可能我們水果和果乾只取 2 公克的量太少，如果量再取多一點，應該就較容易檢測出單寧酸。
 - (三) 我們推測如果像市售 A 品牌瓶裝綠茶一樣，再滴入更多的硝酸鐵溶液應該就可以檢測出些微的單寧酸。
- 四、我們加入的明膠與安替比林溶液濃度可能太低，因此不足以造成沉澱生成，故無法觀察到沈澱現象。
- 五、因紅茶與烏龍茶茶液顏色太深，導致無法正確判斷滴入硝酸鐵溶液的量與單寧酸含量多寡的關係，後來我們利用氯化鈣與茶液樣品裡的草酸結合成草酸鈣，並以濾紙過濾掉茶液裡的草酸鈣，可以淡化樣品溶液顏色及增加硝酸鐵滴定的正確性。
- 六、由單寧酸與鐵離子的反應式：**單寧酸（鞣酸） + 鐵離子 → 單寧酸鐵（鞣酸鐵）**
可知，錐形瓶裡茶液樣品的單寧酸含量是固定的，但漸漸加入硝酸鐵溶液（含鐵離子）後，產生越多的單寧酸鐵而使溶液顏色變深，直到茶液樣品裡的單寧酸全部反應完畢。可知樣品的單寧酸含量越多，滴入的硝酸鐵溶液也越多，產生的單寧酸鐵也越多，所以照度計檢測其透光度也會越低。但單寧酸用完後，再加入更多的硝酸鐵溶液就不會產生更多的單寧酸鐵了，因此溶液顏色又漸漸變淡。

柒、結論

- 一、市售 A 品牌瓶裝綠茶剛開始沒測出單寧酸，但仔細看了它的成份中含有維他命 C 和小蘇打。最後我們將綠茶包樣品，分別加入維他命 C 發泡錠溶液和小蘇打互相比對實驗後，證實了維他命 C 確實會影響到單寧酸的檢測。
- 二、各種茶包（綠茶、烏龍茶、紅茶）泡出的茶液，以硝酸鐵溶液滴定後皆可快速變成黑褐色，可見單寧酸含量豐富。
- 三、各種茶包（綠茶、烏龍茶、紅茶）浸泡一分鐘、三分鐘、五分鐘和十分鐘後，滴入硝酸鐵的量差異不大，不容易判斷是否浸泡時間越久，茶液含有的單寧酸就越多。
- 四、咖啡豆研磨再浸泡後，以硝酸鐵溶液滴定後也可快速變成黑褐色，可見單寧酸含量豐富。
- 五、生石榴、熟石榴和生香蕉滴定後顏色稍微變淡淡的黑褐色，但是還可以看到錐形瓶底部之「十字」，可見仍可測出一些單寧酸。
- 六、其他水果和果乾滴定後都可以看到錐形瓶底部之「十字」，我們研判可能含有維他命 C 的成分而影響滴定實驗，且我們取樣的量太少，所以不易以硝酸鐵溶液滴定來檢測。
- 七、由於用肉眼觀察錐形瓶裡溶液變成黑褐色是否遮住底部之「十字」較為主觀，因為有時增加 2ml 或減少 2ml，真的顏色變化不大，所以很難以滴入硝酸鐵溶液的多寡來判斷單寧酸的含量。
- 八、我們以安替比林和明膠檢測來檢驗綠茶與芭樂，仍然觀察不出含有單寧酸。
- 九、以照度計檢測單寧酸與鐵離子產生錯合物之透光程度，分別得到綠茶滴入 49mL 的硝酸鐵溶液後，照度最低值是 17 LUX；烏龍茶滴入 35mL 的硝酸鐵溶液後，照度最低值是 37 LUX；紅茶滴入 26mL 的硝酸鐵溶液後，照度最低值是 16 LUX。
- 十、依討論六推論，單寧酸與鐵離子產生錯合物之透光程度分析，我們研判三種茶葉中，綠茶的單寧酸含量最高；烏龍茶單寧酸含量次之；紅茶單寧酸含量最少。
- 十一、綜合本次研究結果，茶葉和咖啡的單寧酸可以用簡單的硝酸鐵溶液滴定檢測出來，顯示其單寧酸含量較豐富；其他水果和果乾也含單寧酸，但因含維他命 C，不容易以硝酸鐵溶液來滴定檢測。我們鼓勵大家平時可以適量食用這些對身體健康有益的食物。

捌、參考文獻資料

一、康健雜誌。研究：單寧酸可抑制新冠病毒，一次了解單寧酸。

<https://www.commonhealth.com.tw/article/83583?from=search>

二、早安健康。單寧酸抑制新冠病毒活性！香蕉、葡萄這樣吃更有效不怕便秘。

<https://www.edh.tw/article/26454/2>

三、健康 2.0。茶黃素、單寧酸可抑制新冠病毒活性！綠茶、紅茶都有 專家教你 3 招選好茶。

<https://health.tvbs.com.tw/review/327165>

四、明膠吸附單寧酸的機理探討及其在藍莓汁脫澀中的應用。何中秋，程志强，康立娟^{*}，

楊桂霞，許曉娟（吉林農業大學資源與環境學院，吉林 長春 130118）

<http://www.spkx.net.cn/fileup/HTML/201501020.shtml>

五、林育任、謝君鈺，2019，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，2019年台灣國際科展環境工程科，國立臺灣科學教育館。

六、單寧酸(tannin acid)錯合反應之研究，105 年度高級中等學校綠色化學(減毒減量)創意競賽成果報告書。

七、林旻頡等，2017，這「茶」「鐵」定有問題，臺南市私立南光高級中學。

玖、後續展望

我們雖然是小學生，但卻很努力地深入研究與探討，很多不懂的地方都要上網查詢或是請求老師的協助，希望上了國中或高中後，可以在化學課裡學到更多的化學原理與檢測單寧酸的方法，或是用更精密的儀器來做客觀的測量。

【評語】 080217

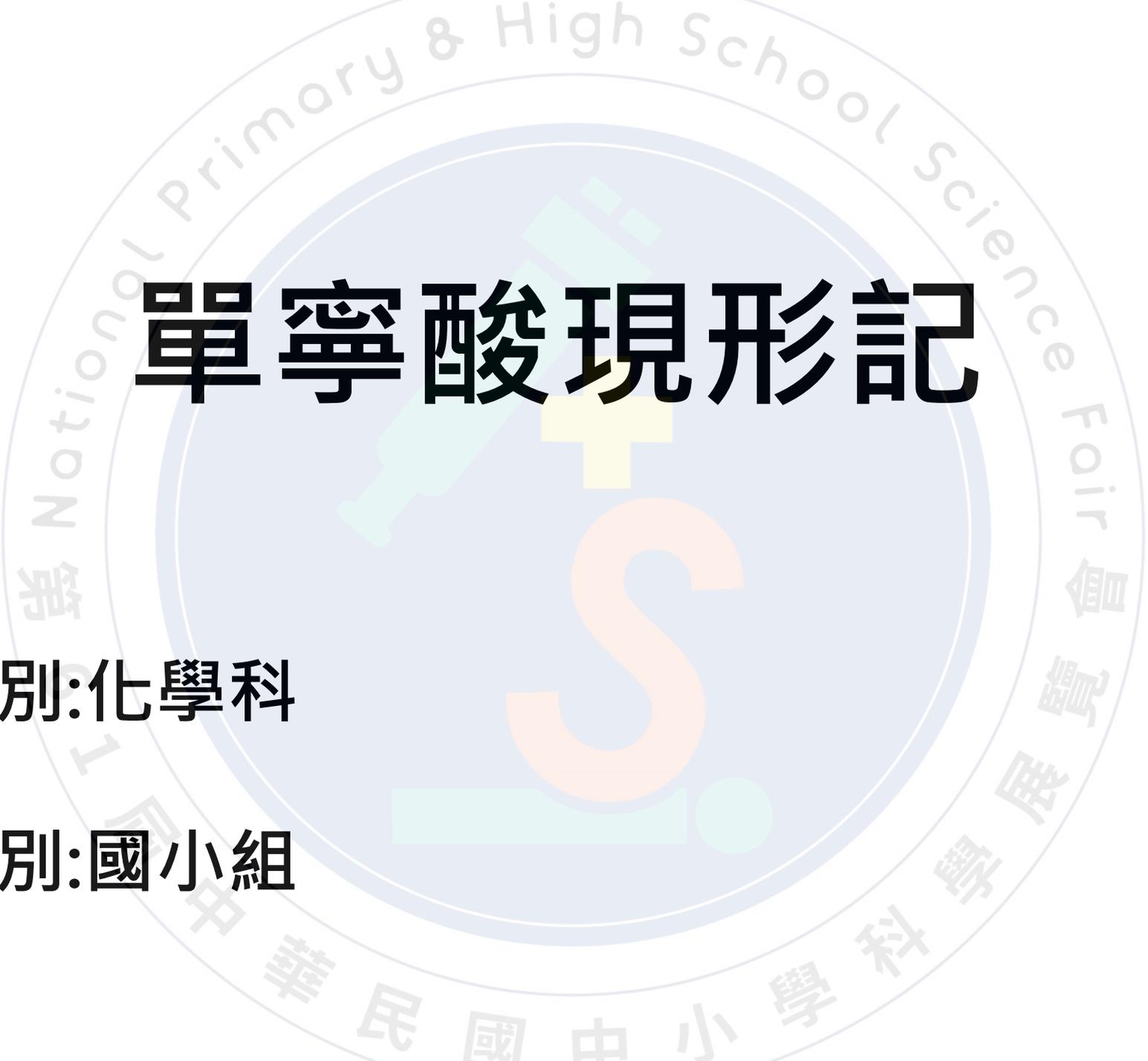
針對新冠疫情的新聞，啟發科學研究的興趣，符合時事且協助解決問題。本件作品研究單寧酸分析，主題有趣。

單寧酸與鐵離子的作用，在中華民國第 58 屆中小學科展國中組化學科第二名「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」已有詳細分析。開始前如能多收集前人研究資料，會有更佳效果。藥品都不是國小課程能學到的，為何選用這些藥品？如何調配操作？資訊如何取得？研究過程如何進行？都必須說明清楚，才能判斷是否小朋友所能為。以下是一些提議：

1. 選用更精準的操作方法，並獲得客觀的量化資料，以利做更有效的歸納分析。
2. 文獻探討應就歷年科展及期刊論文對相關主題的研究情形加以陳述。
3. 器材應標明規格型號。
4. 只作定性分析。如能作定量分析或許會更好。
5. 第 4 頁，安替比林和明膠監測…是否含有單寧酸，應說明其原理。
6. 實驗如有不成功，不要只檢討失敗原因，應速改進，取得新數據。

7. 硝酸鐵在檢驗單寧酸時，扮演的角色是指示劑還是滴定劑？應說明。
8. 參考資料如取自網站，應標明上網日期。

作品簡報



單寧酸現形記

科別:化學科

組別:國小組

研究流程

選用適當指示劑

檢測市售產品

安替比林、
明膠檢測

進一步分析
A品牌瓶裝綠茶

照度計測量透光度

去除草酸並
淡化樣品

研究方法與結果

選用適當之指示劑來檢測單寧酸

實驗過程



將市售綠茶包加入400 mL、98 °C熱水浸泡5分鐘後，將茶包取出。

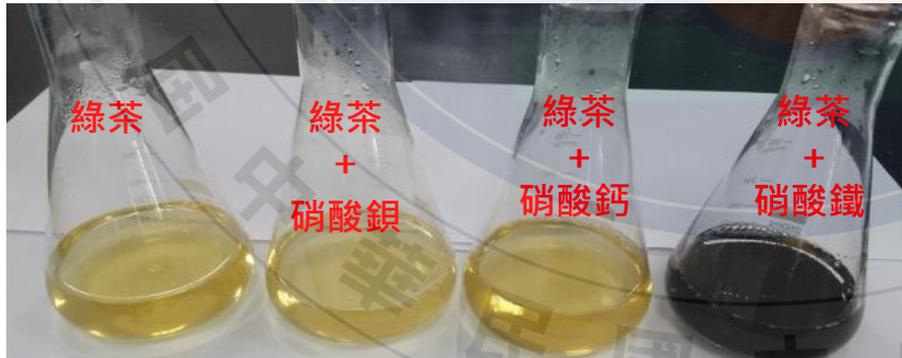


分別將綠茶液倒入三個錐形瓶中，每個錐形瓶裝100mL之綠茶。



各取1公克之硝酸銀、硝酸鈣、硝酸鐵，分別加入其中三杯綠茶，觀察其顏色變化。

實驗結果



加入硝酸鐵沈澱效果最明顯，後續實驗皆以濃度為0.1%之硝酸鐵溶液作為滴定溶液。

研究方法與結果

檢測市售產品是否含有單寧酸

實驗過程

瓶裝飲料、茶包、咖啡豆、水果與果乾：
各取100mL之樣品倒入錐形瓶中，之後再以0.1%硝酸鐵溶液滴定。

實驗結果

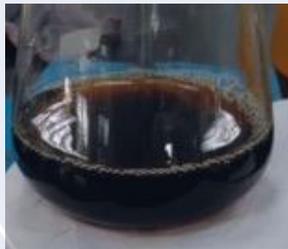
瓶裝飲料之滴定



A品牌 B品牌 C品牌

市售A品牌瓶裝綠茶無法遮住瓶下「十字」；而B品牌烏龍茶和C品牌紅茶可遮住瓶下「十字」。

茶包之滴定



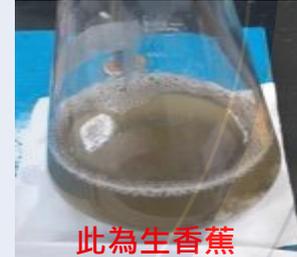
三種茶包皆會沈澱遮住瓶下「十字」，滴定量為綠茶最多。

咖啡豆之滴定



滴定後產生沈澱遮住瓶下「十字」。

水果之滴定



僅生石榴、熟石榴、生香蕉會變成淡黑褐色，但沈澱不足以遮住瓶下「十字」。

果乾之滴定



水溶液呈現黃褐色，但不足以遮住瓶下「十字」。

研究方法與結果

以安替比林和明膠檢測綠茶與芭樂是否含有單寧酸

實驗過程

安替比林測試

取5mL芭樂汁，加入0.5g磷酸二氫鈉。



隔水加熱並待其冷卻後，以濾紙過濾。



將濾液加入2%之安替比林溶液5mL，觀察是否產生沈澱。



取5mL綠茶液重複步驟一至三，觀察是否產生沈澱。



明膠測試

取5mL芭樂汁，加入2mL之1%明膠水溶液。



再加入1mL之10%氯化鈉水溶液後，觀察其是否有沈澱反應。



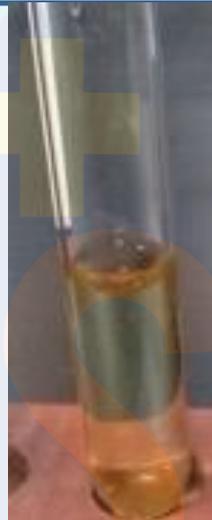
取5mL綠茶液重複步驟一至二，觀察是否產生沈澱。



研究方法與結果

以安替比林和明膠檢測綠茶與芭樂是否含有單寧酸

實驗結果



安替比林檢測

明膠檢測

安替比林檢測

明膠檢測

芭樂汁
5mL

芭樂汁
5mL以
安替比
林檢測，
無沉澱
物

芭樂汁
5mL以
明膠檢
測，無
沉澱物

綠茶
5mL

綠茶
5mL以
安替比
林檢測，
無沉澱
物

綠茶
5mL以
明膠檢
測，無
沉澱物

研究方法與結果

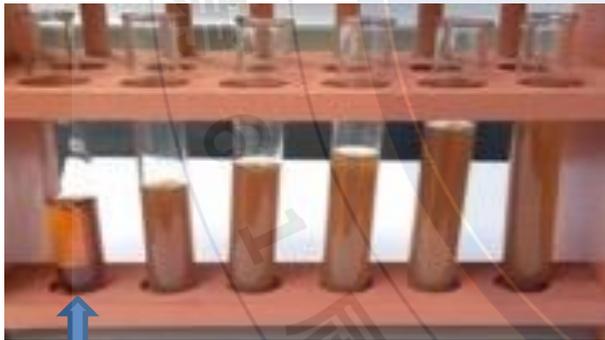
去除紅茶、烏龍茶中之草酸並將茶液顏色變淡

將市售紅茶包加入100 mL、98 °C熱水浸泡5分鐘。

取6支試管加入5mL紅茶液，其中一支為對照組，其餘分別加入1mL~5mL之10%氯化鈣水溶液。

將沈澱物以濾紙過濾，即可得到淡化後之濾液。

重複步驟一至三得到淡化後之烏龍茶濾液。



過濾前

對照組



過濾後

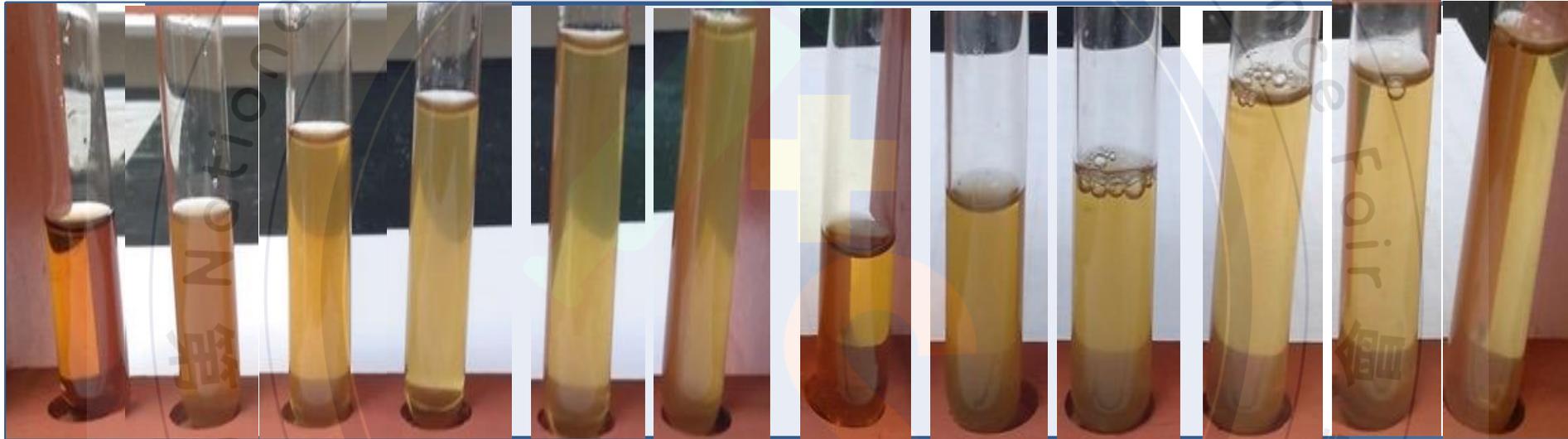
對照組



紅茶裡草酸鈣沈澱

研究方法與結果

紅茶與烏龍茶液加氯化鈣後再過濾之結果



紅茶
5
mL

對
照
組

紅茶
5
mL
+
1mL
氯化
鈣溶
液

紅茶
5
mL
+
2mL
氯化
鈣溶
液

紅茶
5
mL
+
3mL
氯化
鈣溶
液

紅茶
5
mL
+
4mL
氯化
鈣溶
液

紅茶
5
mL
+
5mL
氯化
鈣溶
液

烏
龍
茶
5
mL

對
照
組

烏
龍
茶
5
mL
+
1mL
氯化
鈣溶
液

烏
龍
茶
5
mL
+
2mL
氯化
鈣溶
液

烏
龍
茶
5
mL
+
3mL
氯化
鈣溶
液

烏
龍
茶
5
mL
+
4mL
氯化
鈣溶
液

烏
龍
茶
5
mL
+
5mL
氯化
鈣溶
液

研究方法與結果

照度計檢驗過程與結果



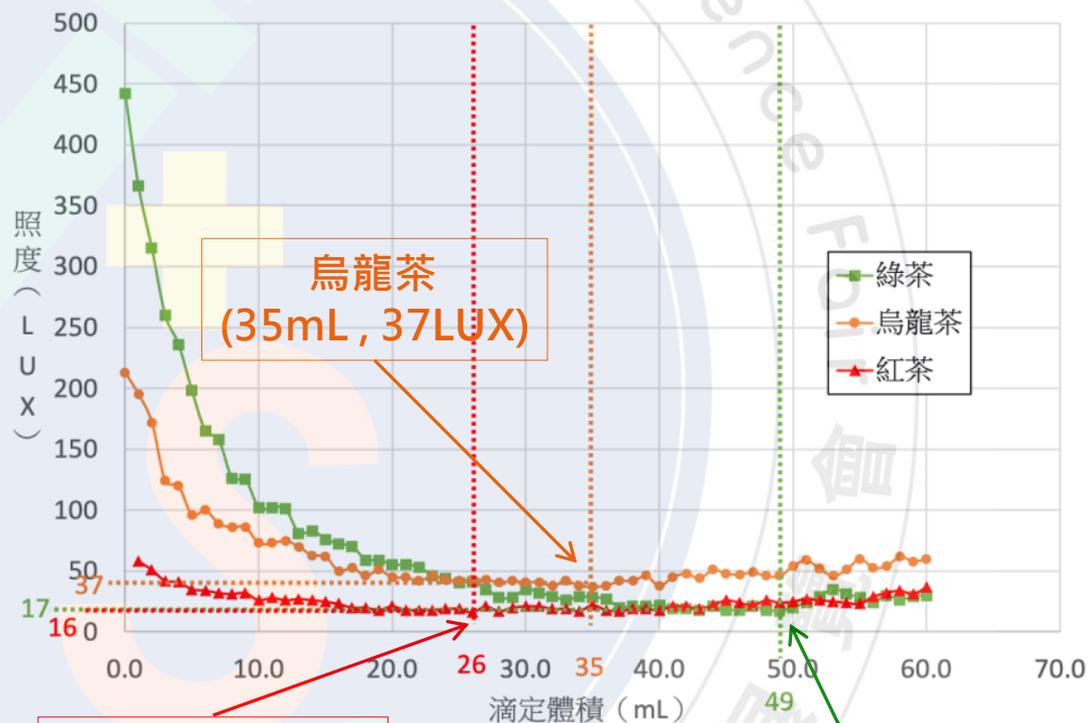
將市售紅茶包加入100 mL、98 °C熱水浸泡5分鐘後，將茶包取出。

取5g之氯化鈣加入紅茶中，並以濾紙將沉澱物去除，收集濾液。

將濾液以0.1%硝酸鐵溶液滴定，每滴入1mL硝酸鐵溶液後，即取錐形瓶裡的溶液20mL倒入50mL的小燒杯裡，觀察並記錄滴定體積與照度之關係。

取市售烏龍茶包、綠茶包重複步驟一至步驟三，觀察並記錄滴定體積與照度之關係。

綠茶、烏龍茶、紅茶包滴定結果



烏龍茶
(35mL, 37LUX)

紅茶
(26mL, 16LUX)

綠茶
(49mL, 17LUX)

達照度最低值所需滴定體積：綠茶 > 烏龍茶 > 紅茶

研究方法與結果

進一步分析A品牌瓶裝綠茶



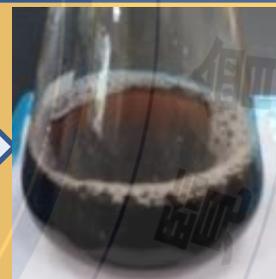
綠茶包泡300mL熱水5分鐘後取100mL，並加入**維他命C**發泡錠溶液10mL。加入50mL之硝酸鐵溶液後，顏色變混濁。



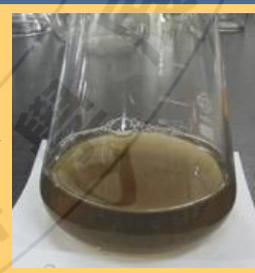
再持續加入硝酸鐵溶液至150mL，顏色明顯變成淡黑褐色（仍可看到瓶底紅色十字）。



綠茶包泡300mL熱水5分鐘後取100mL，並加入1g之**小蘇打**。加入50mL之硝酸鐵溶液後，顏色變成黑褐色。



重新取出市售A品牌瓶裝綠茶20mL後，再加入硝酸鐵溶液60mL，顏色也明顯變成淡黑褐色（仍可看到瓶底紅色十字）。



發現：含維他命C之茶液，必須再加入比原本樣品量更多的硝酸鐵溶液，才足以使茶液變成黑褐色

1. 有些水果和果乾檢測不出單寧酸的原因，我們推測如下：
 - (1) 裡面可能含有其它多種複雜成分，如維他命C、草酸、...等，所以用硝酸鐵溶液滴定不易檢測出單寧酸。
 - (2) 可能水果和果乾只取2公克的量太少，如果量再取多一點，應該就較容易檢測出單寧酸。
 - (3) 我們推測如果像市售A品牌瓶裝綠茶一樣，再滴入更多的硝酸鐵溶液應該就可以檢測出些微的單寧酸。
2. 我們加入的明膠與安替比林溶液濃度可能太低，因此不足以造成沉澱生成，故無法觀察到沈澱現象。
3. 因紅茶與烏龍茶茶液顏色太深，我們利用氯化鈣與茶液樣品裡的草酸結合成草酸鈣，並以濾紙過濾掉茶液裡的草酸鈣，可以淡化樣品溶液顏色及增加硝酸鐵滴定的正確性。
4. 由單寧酸與鐵離子的反應式：單寧酸 (鞣酸) + 鐵離子 \rightarrow 單寧酸鐵 (鞣酸鐵)
因此，我們取固定量的茶液做實驗，當加入的鐵離子與單寧酸全部反應後，顏色達到最深，此時透光度是最低值，也就是產生最多的單寧酸鐵。

結論

1. 經由維他命C發泡錠溶液和小蘇打互相比對實驗後，證實了維他命C確實會影響到單寧酸的檢測。
2. 各種茶包泡出的茶液與咖啡豆浸泡之黑咖啡，以硝酸鐵溶液滴定後皆可快速變成黑褐色，可見單寧酸含量豐富。
3. 各種茶包浸泡一分鐘、三分鐘、五分鐘和十分鐘後，滴入硝酸鐵的量差異不大，不容易判斷是否浸泡時間越久，茶液含有的單寧酸就越多。
4. 石榴和生香蕉滴定後顏色稍微變淡淡的黑褐色，但是還可以看到錐形瓶底部之「十字」，可見仍可測出一些單寧酸。
5. 我們研判水果和果乾可能含有維他命C的成分而影響滴定實驗，且我們取樣的量太少，所以不易以硝酸鐵溶液滴定來檢測。
6. 依單寧酸鐵之透光程度分析，我們研判三種茶葉中，綠茶的單寧酸含量最高；烏龍茶單寧酸含量次之；紅茶單寧酸含量最少。
7. 綜合本次研究結果，茶葉和咖啡的單寧酸可以用簡單的硝酸鐵溶液滴定檢測出來，顯示其單寧酸含量較豐富；其他水果和果乾也含單寧酸，但因含維他命C，不容易以硝酸鐵溶液來滴定檢測。