

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組成果報告表單

題目名稱：水果的抗氧化能力清楚看

一、摘要：

維他命 C 是生活中常見的還原劑，很多東西皆含有它，例如我們喜歡吃的水果。藍瓶實驗是透過亞甲藍的顏色變化觀察氧化還原反應，典型的實驗是以葡萄糖作為還原劑將亞甲藍由藍色轉變為無色。在文獻查詢中，我們發現維他命 C 可以代替葡萄糖扮演還原劑的角色，因而引發我們希望利用方便操作又容易觀察的藍瓶實驗來詮釋水果的抗氧化好處。在調整的配方中，我們利用藍瓶實驗的反應時間和呈色來觀察水果萃取液的還原能力差異，以次推測水果萃取液的維他命 C 含量，明顯觀察到萃取液在加熱或是隔夜保存後的抗氧化能力確實有衰減。因此我們成功以藍瓶實驗，用在生活中觀察水果萃取液的還原能力，建立判別水果的存放方式和最佳食用時間的簡便方式。

二、探究題目與動機

愛護我們的長輩經常將切好水果靜置在冰箱或是室溫環境下等待我們食用，但等到食用時，已經過了一段時間，而水果表面經常呈現黃色。大家都說那是因為水果被氧化而呈現黃色，但水果中的維他命 C 為何不會發揮其抗氧化能力而使水果不被氧化呢？同時我們也好奇水果茶在經過加熱煮後能保存水果維他命 C 幾分？因此我們希望設計一個便利方式來觀察和研究這些好奇，也方便大家了解怎麼吃水果才能攝取最多維他命 C。

三、探究目的與假設

- a. 建立判別維他命 C 含量的研究系統
- b. 建立判別水果萃取液還原能力的配方
- c. 探討溫度對水果萃取液還原能力的影響
- d. 探討室溫靜置時間長短對水果萃取液還原能力的的影響
- e. 建議水果的存放方式和最佳食用時間

四、探究方法與驗證步驟

a. 藍瓶反應

我們利用藍瓶實驗來檢測水果萃取液的還原能力。傳統的藍瓶反應以葡萄糖為還原劑，氧氣為氧化劑，而亞甲藍為指示劑來觀察氧化還原反應，由於此實驗無法在酸性環境反應，因此加入氫氧化鈉維持其鹼性環境。亞甲藍氧化態為藍色，還原態為無色。當震盪溶液時，亞甲藍被空氣中氧氣氧化而呈藍色(圖一)；靜置溶液時亞甲藍被葡萄糖還原，而呈現無色(圖二)。由於藍色和無色之色差極大，非常容易觀察且不易有模糊判斷，而且所需試劑取得方便，因此非常適合用於生活上判斷還原劑能力之觀察。



圖一



圖二

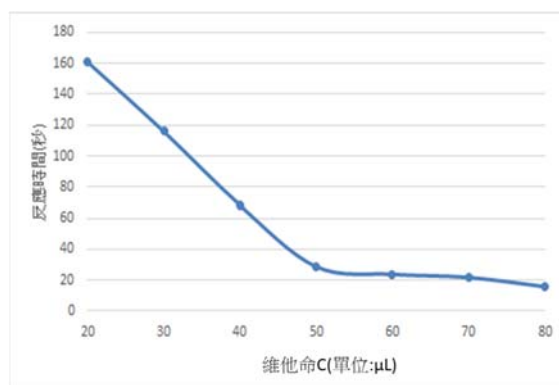
在傳統配方中葡萄糖為還原劑，根據文獻記載，可以把葡萄糖替換成維他命 C，因此我們建立了維他命 C 的濃度和還原能力之關係圖。

b. 維他命 C 還原亞甲藍溶液之檢量線建立

表一、不同維他命 C 添加量之配方列表

組別	維他命 C (0.1 M)	氫氧化鈉 (1M)	亞甲藍 (0.10 %)	葡萄糖 (1 M)	二次水
A	20 μL	300 μL	40 μL	250 μL	1980 μL
B	30 μL	300 μL	40 μL	250 μL	1970 μL
C	40 μL	300 μL	40 μL	250 μL	1960 μL
D	50 μL	300 μL	40 μL	250 μL	1950 μL
E	60 μL	300 μL	40 μL	250 μL	1940 μL
F	70 μL	300 μL	40 μL	250 μL	1930 μL
G	80 μL	300 μL	40 μL	250 μL	1920 μL

在我們過去的研究中已證實維他命 C 可以替代葡萄糖角色完成藍瓶實驗。但我們發現要在葡萄糖同時存在時才可穩定反覆變色。因此利用已建立的配方，改變維他命 C 的添加量，進行各組還原時間的量測並建立檢量線。從圖三可以得知，當維他命 C (0.1 M) 添加量由 20 μl 到 50 μl 之間，還原時間跟維他命 C 添加量成反比，且呈線性關係；而添加量大於 50 μl ，反應時間過於迅速，顯示維他命 C 活性會過飽和，無法再看出變化差異。



圖三、維他命 C 添加量和還原時間的關係

c. 自芭樂中取得具有還原能力的抗氧化樣品

我們選擇維他命 C 含量較高的芭樂來進行後續的實驗。由於維他命 C 需要在酸性環境中萃取且可得到較好的保存，又根據文獻指出，每 100 公克的芭樂含有大約 220 毫克的維他命 C；因此我們先配置含有酸度 5% 的家用白醋的水溶液(最後的酸濃度為 0.05%) 共 30 mL，再將芭樂以果汁機打成泥，取出 100 克各兩份，一份為新鮮樣品(稱為新鮮組)，一份放在室溫下 3 小時再置於冰箱中 12 小時(稱為隔夜組)。兩份樣品各添加上述酸性水溶液 12.6 mL 混合均勻後在室溫下放置 2 小時，期間多次搖晃混合。之後將混合物在攝氏 4 度下利用離心(5500 rpm, 15 分鐘)，取上層白色芭樂萃取液備用，配置呈維他命 C 的理論濃度為 0.1 M。加熱芭樂萃取液之置備則是取新鮮樣品的萃取液兩份各置於加蓋試管中，一組加熱到攝氏 50 度並持溫 5 分鐘(50 度組)；另一組加熱到 100 度並持溫 5 分鐘(100 度組)。兩樣品靜置冷卻到室溫備用，並與新鮮組室比較(室溫組)。

實驗組別共有新鮮組、隔夜組；室溫組、50 度組和 100 度組

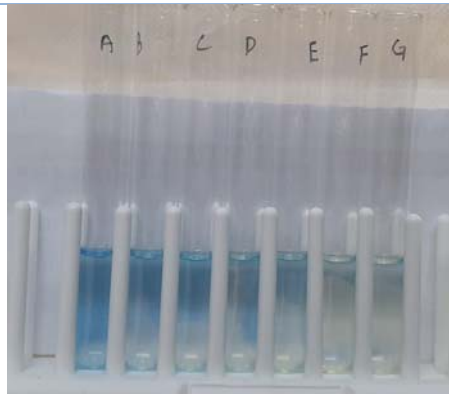
d. 將芭樂萃取液替換藥品級維他命 C

雖然芭樂萃取液中或許含有其他抗氧化劑，但維他命 C 的還原能力多強過於其他抗氧化劑，因此我們只是簡單的視為芭樂萃取液的還原力全部都是來自維他命 C 的貢獻。我們運用上述維他命 C 測試的配方，只是替換維他命 C 為芭樂萃取液，進行以下各測試實驗。

表二、不同芭樂萃取液濃度之配方

組別	維他命 C (0.1 M)	氫氧化鈉 (1M)	亞甲藍 (0.10%)	葡萄糖 (1 M)	二次水
A	50 μ L	300 μ L	40 μ L	250 μ L	1950 μ L
B	75 μ L	300 μ L	40 μ L	250 μ L	1925 μ L
C	100 μ L	300 μ L	40 μ L	250 μ L	1900 μ L
D	125 μ L	300 μ L	40 μ L	250 μ L	1875 μ L
E	150 μ L	300 μ L	40 μ L	250 μ L	1850 μ L
F	175 μ L	300 μ L	40 μ L	250 μ L	1825 μ L
G	200 μ L	300 μ L	40 μ L	250 μ L	1800 μ L

從結果可知，隨著芭樂萃取液添加量的提升，還原時間越短。在不搖晃時，我們能發現到各試管間含有漸層變化，隨著透明色高度的不同能讓我們更容易觀察還原的變化。(圖四)



圖四、不同濃度芭樂萃取液的還原能力

e. 加熱或存放對芭樂萃取液的還原能力的影響

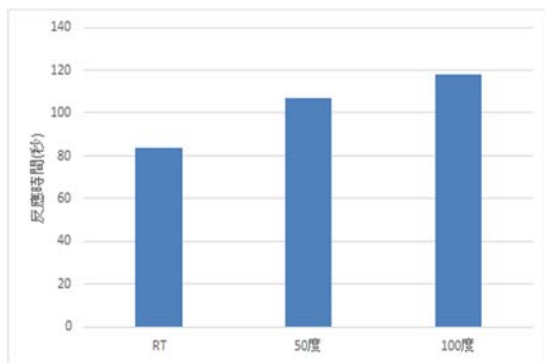
(一) 加熱芭樂萃取液對還原能力之差別

依照表二的 B 比例來檢驗不同溫度的維他命 C 在藍瓶實驗中的反應時間。

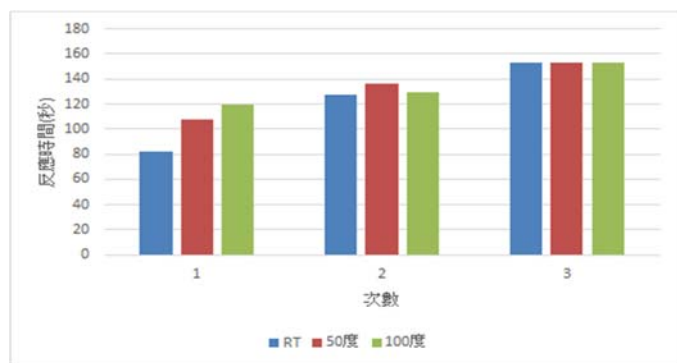
@0 秒	@76 秒	@80 秒	@84 秒	@89 秒

圖五、加入不同溫度加熱的芭樂萃取液的反應時間(由左至右為室溫、50 度、100 度組)

從圖五我們可以看到，室溫組在 76 秒即變色，50 度組則是 80 秒，100 度組則是 84 秒。可見加熱越高的組別其芭樂萃取液的還原能力降低。而從圖六的平均反應時間，我們可以大致推測常溫的維他命 C 需要反應 85 秒；攝氏五十度需要反應 105 秒，而攝氏一百度則是需要 118 秒反應。每一組樣品均經過三次反覆搖盪靜置，紀錄這三次實驗之顏色變化時間，由圖七可見，三個溫度組別的第一次變色時間差異較為明顯，常溫相較於五十度和一百度所需的反應時間短；但第二次和第三次變色時間則三組間並無差異，且變色時間變長，推測是芭樂萃取液之維他命 C 消耗得差不多。



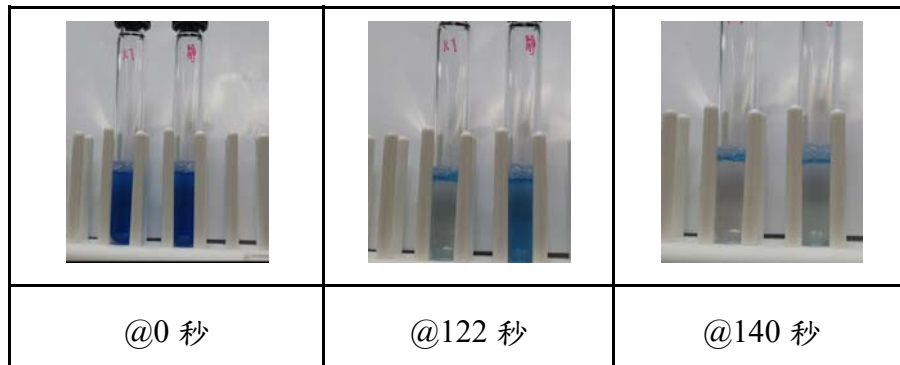
圖六、平均反應時間



圖七、三次搖盪靜置的反應時間

(二)存放時間影響芭樂萃取液之還原能力

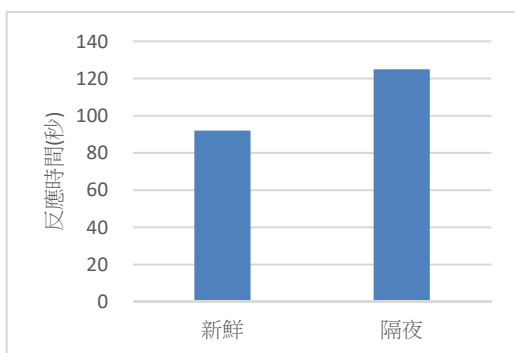
我們將隔夜組的芭樂萃取液與新鮮組的芭樂萃取液比較維他命 C 的含量。實驗時則是依照表二中的 B 比例進行實驗。



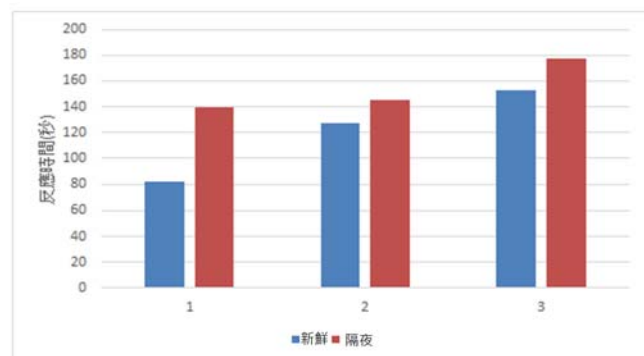
圖八、新鮮與否的芭樂萃取液的反應時間(左為新鮮組，右為隔夜組)

從圖八的實驗結果，新鮮組在 122 秒即變色，隔夜組則需要 140 秒，可見存放隔夜的芭樂萃取液的還原能力降低，推測是所含的維他命 C 含量降低。而從圖九的平均反應時間顯示出新鮮組的芭樂萃取液在藍瓶實驗中的反應時間大致為 92 秒，而隔夜組的芭樂萃取液在藍瓶實驗中反應需大約 125 秒。

每一組樣品也同樣均經過三次反覆搖盪靜置，紀錄這三次實驗之顏色變化時間，由圖十可見，隔夜組的芭樂萃取液需要 140 至 180 秒來使亞甲藍從藍色變回無色；而新鮮組的芭樂萃取液只需要 80 至 150 秒就可以使亞甲藍還原回無色。第一次兩組的變色時間差異較為明顯，也是三次觀察中反應時間最短；但第二次和第三次變色時間則可見兩組間差異在減小，且變色時間雖搖晃次數增加而變長，推測也是因為芭樂萃取液之維他命 C 消耗得差不多之故。



圖九、平均反應時間



圖十、三次搖晃靜置的反應時間

根據第一個實驗所獲得的檢量線結果，我們可以推出常溫下(新鮮組)的芭樂萃取液大約含有 37 μl 的維他命 C (0.1 M), 只約有維他命 C 標準溶液(75 μl) 的 49%，這可能是因為我們尚未完全萃取出芭樂中的維他命 C、內有維他命 C 量不如預期、或在萃取過程受破壞。在 50 度加熱的芭樂萃取液約含有 31 μl 的維他命 C, 比室溫組下降 16%；加熱 100 度的芭樂萃取液含有 29 μl 的維他命 C, 比室溫組下降 22%，可見加熱是會明顯破壞水果中的維他命 C。隔夜的芭樂萃

取液大約含有 27 μl 的維他命 C，比起新鮮組下降 27%，明顯看出暴露在空氣中的芭樂萃取液是會破壞其維他命 C 的，而且破壞的嚴重性比加熱來得多。總結可證明經過靜置或溫度改變的維他命 C 的活性會因此而下降。

五、結論與生活應用

- 一、根據以上結果發現，芭樂萃取溶液還原的反應時間長短分別為室溫(新鮮組)最短，其次是加熱至 50 度的芭樂萃取液，再者是加熱至 100 度的芭樂萃取液，最後是放置室溫 3 小時又於冰箱冰 12 小時的隔夜組。這顯示新鮮和常溫的萃取液之還原能力較強，顯示水果中的維他命 C 量多。而放較久和加熱至較高溫的萃取液的維他命 C 量就減少。
- 二、對照檢量線再經換算，受 50 度加熱的芭樂萃取液的維他命 C 量比室溫組下降 16%；加熱 100 度的芭樂萃取液的維他命 C 量比室溫組下降 22%；又放置室溫 3 小時又於冰箱冰 12 小時的隔夜組的維他命 C 量比起新鮮組下降 27%，可顯示出加熱會明顯破壞水果中的維他命 C，以及暴露在空氣中過久也是會使維他命 C 活性會因此下降。
- 三、綜合以上，水果維他命 C 的最佳保存條件為室溫；而最佳食用時間為水果剛切好時。若想要藉由攝取水果的同時攝取最多維他命 C，我們不建議食用隔夜或加熱過的水果。

參考資料

- 一、吳鑫俞、蕭次融，藍瓶實驗，科教館科學研習月刊 45-7
- 二、蔡明樺，熱水泡檸檬會破壞維他命 C，蘋果日報，2014 年 07 月 17 日
- 三、朱育嫻，別再上當！吃水果補充維生素 C 首選這 3 種，前 10 名都不是檸檬柳橙！健康 2.0，2020 年 07 月 14 日
- 四、邱子容，誰是維他命 C 之王？這顆「紅寶石」勝過所有台灣水果，2017 年 10 月 31 日
- 五、T. Limpanuparb, C. Areekul, P. Montriwat, and U. Rajchakit. Blue bottle experiment: learning chemistry without knowing the chemicals. J. Chem. Educ. 2017, 94, 730-737.