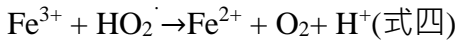
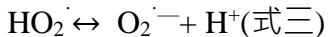
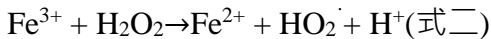
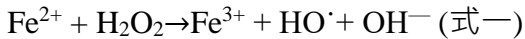


## 2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

<b>題目名稱： 番茄抗氧化及清除自由基能力</b>
<b>一、摘要</b>
本研究對各式蕃茄進行抗氧化及清除自由基的能力進行，我們使用了氧化還原，芬頓反應及自由基的特性為實驗基礎並加以發想，欲對不同品種的番茄進行清除自由基及抗氧化能力測定研究。最後，我們將上述研究目的——討論，得出了一系列結論：欲探討番茄抗氧化及清除自由基的能力，首先須討論番茄如何中斷芬頓反應，並減少該反應所產生的氧氣及烴基自由基，方能去假設變因即設計實驗。目前已對玉女及橙蜜兩種番茄進行探究，發現兩種番茄在抗氧化及清除自由基方面都有不俗的功效，尤其是玉女番茄的效力更是讓人驚艷，由氧氣的產量可以明顯看出對氧氣產量的減少，對自由基的清除可說是效果極佳。
<b>二、探究題目與動機</b>
在氧化還原的單元中，化學老師在課堂上教導我們許多關於氧化還原的補充，其中也包含自由基的特性以及危害。這讓我們產生了對自由基的好奇，於是我們利用課餘時間，搜尋有關自由基的相關資訊。於過程中，我們發現自由基這種分子若以微觀角度出發的話僅僅只是一個小小的不穩定分子，但如果我們從一個更大的角度看待問題，便會發現自由基不僅帶來免疫系統的下降，也會加速老化的速度。在瀏覽清除自由基的方法時，我們發現番茄這種水果在清除自由基上有不俗的效果，不管是抗氧化還是清除自由基都能有效的清除。而我們在市面上可以看到許多不同種類的番茄，如玉女番茄、橙蜜番茄、金瑩番茄等.....我們十分好奇番茄有那麼多品種，但不同種的番茄會不會對清除自由基的效果有差異?因此我們利用這次研究的機會，以玉女及橙蜜番茄進行探究，研究何者具有較佳的清除自由基能力。
<b>三、探究目的與假設</b>
1.由芬頓反應推知，氧氣的生成量，會因為加入抗氧化劑(番茄)而有所影響 2.不同品種番茄(此實驗使用玉女及橙蜜番茄)可能會有不一樣的清除自由基及抗氧化效力 3.番茄所含營養成分(如維他命、茄紅素等)應使其具備抗氧化效力
<b>四、探究方法與驗證步驟</b>
一、探究方法: (一)、材料選用及原理: 1.過氧化氫的分解反應如下: $2\text{H}_2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 實際上，過氧化氫的反應速率較慢，因此實驗中由硫酸亞鐵作為催化劑來加速反應，而硫酸亞鐵中的鐵離子二價可由芬頓反應加速過氧化氫的分解反應，反應過程如下。

2.芬頓反應：



由式一得知，當鐵二價離子(由硫酸亞鐵提供)與過氧化氫(雙氧水)充分混合後，雙氧水自行解離，產生兩個氫氧自由基( $\text{HO}\cdot$ )，其中一個氫氧自由基( $\text{HO}\cdot$ )會從鐵二價離子( $\text{Fe}^{2+}$ )會拿取一個電子，讓自身成為氫氧根( $\text{OH}^-$ )，而鐵二價離子( $\text{Fe}^{2+}$ )則氧化成鐵三價離子( $\text{Fe}^{3+}$ )。

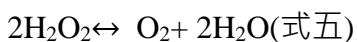
在式二，由式一產生的鐵三價離子繼續與未完全反應完畢的雙氧水進行反應。由實驗觀察出鐵二價離子劑量並未減少，因此判斷由多帶一顆電子的( $\cdot\text{H}$ )提供電子，因此反應最終會得出鐵二價離子( $\text{Fe}^{2+}$ )及超氧化氫自由基( $\text{HO}_2\cdot$ )、氫離子( $\text{H}^+$ ) 式三為超氧化氫自由基( $\text{HO}_2\cdot$ )的雙向反應，超氧化氫自由基( $\text{HO}_2\cdot$ )可變為超氧自由基( $\text{O}_2^{\cdot-}$ )及氫離子( $\text{H}^+$ )，可進一步推導出式四的反應式。

式四為由上式產生的鐵三價離子、超氧化氫自由基( $\text{HO}_2\cdot$ )進行反應。由式三得出的超氧自由基( $\text{O}_2^{\cdot-}$ )提供一電子將鐵三價離子( $\text{Fe}^{3+}$ )還原為鐵二價離子( $\text{Fe}^{2+}$ )，自身變為氧氣，氫離子則無參與反應。反應式最終得出  $\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + \text{H}^+$

由上方反應得知，我們預期番茄所具有抗氧化及阻礙自由基形成之因子會在式二與超氧化氫自由基( $\text{HO}_2\cdot$ )反應，使式四左式的超氧化氫自由基( $\text{HO}_2\cdot$ )量減少，而減少氧氣的生成。因此，我們希望藉由硫酸亞鐵與雙氧水反應產生 100ml 之氧氣作為對照組，並再加入番茄不同部位或對番茄的變因做處理，由生成氧氣量判斷該變因對阻礙自由基形成的功效優劣。

3.對照組計算處理：

在 ntp 狀態下，欲求由二氧化鐵與雙氧水反應產生 100ml 之氧氣，可使用理想方程式進行計算( $PV=nRT$ , n 為氧氣之 mole 數)，得  $1*0.1=n*24.5$ ，得 n 大約等於 0.004 而由反應式(雙氧水分解)



得知，欲產生 0.004mole 之氧氣，需使用 0.008mole 之雙氧水進行溶液配置。雙氧水之分子量為 34， $34 \times 0.008$  大約等於 0.272g，而試驗中使用濃度為 35 % 的雙氧水，因此實際需要的雙氧水克數為 0.777g。而為了方便取量，因此在實驗中以 8ml 之雙氧水於容量瓶內加水至 100ml。

3.自由基簡述:

由於本實驗為自由基相關研究，因此這裡會對我們實驗中產生的自由基進行簡述

(1).超氧自由基

生物氧化中，一個氧氣分子完全還原需要 4 個電子。如果氧分子僅被加入的單個電子還原，則形成的中間產物為超氧基團，即為超氧陰離子  $\text{O}_2^{\cdot-}$ ，其性質活潑，易與多種大分子物質結合而使其失去活性。

## (2). 超氧化氫自由基( $\text{HO}_2$ )

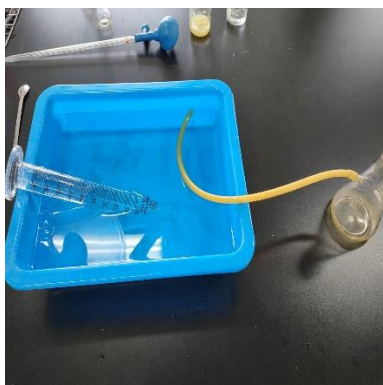
超氧化氫自由基在許多重要的生物反應中是氧化劑，比如在磷脂雙分子層中從維生素 E和多元不飽和脂肪酸中奪取氫原子的反應。因此，它可能是脂質過氧化反應中的一種重要誘發劑。

### (二)、實驗器材:

吸量球*3	量筒 25ml	實驗手套	電腦	玉女番茄
吸量管*3	橡皮塞*3	塑膠盆	紙筆	硫酸亞鐵
容量 100ml*2	電子秤	果汁機	鑷子	雙氧水(35%)
燒杯 250ml*3	凸口錐形瓶 250ml*3	橡皮管 50cm*3	橙蜜番茄	

### (三)、實驗步驟:

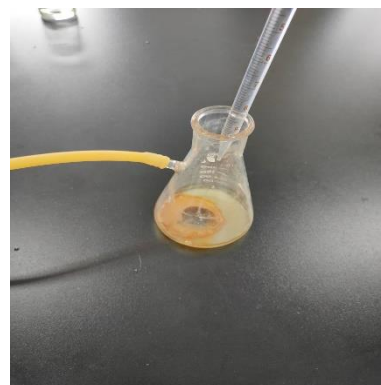
1. 準備體積 250ml 錐形瓶，接上橡皮管。另外將 25ml 量筒(對照 100ml 量筒)裝滿水後倒立於一滿水之塑膠盆中。
2. 用吸量管吸取 10ml 硫酸亞鐵溶液以及事先以果汁機打成泥狀的番茄泥(分別做玉女及橙蜜番茄的果泥和不加入番茄的對照組)並加入錐形瓶。
3. 用吸量管吸取 10ml 雙氧水溶液滴入錐形瓶。
4. 加入所有反應試劑後，計時五秒後將橡皮塞蓋住瓶口，並順時針旋轉錐形瓶子五秒以確保溶液混合均勻。
5. 十秒後將橡皮管拉入量筒內開始蒐集氧氣，並紀錄 5、10、15、20 分鐘量筒讀數(氧氣毫升數)。
6. 重複以上動作五次，並整理及分析所得數據。



圖一(步驟一)



圖二(步驟二)



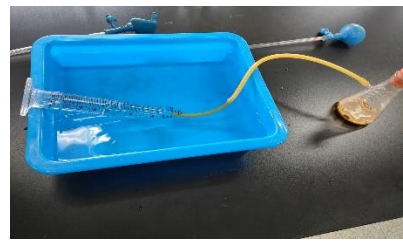
圖三(步驟三)



圖四(步驟四)



圖五(步驟五)



圖六(步驟六)

(四)、實驗數據及結果分析:

1.數據及表格

對照組	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	平均
5 分鐘	31	28	33	28	35	31
10 分鐘	33	28	33	28	35	31.6
15 分鐘	34	29	33	28	36	32
20 分鐘	34	29	33	29	36	32.3

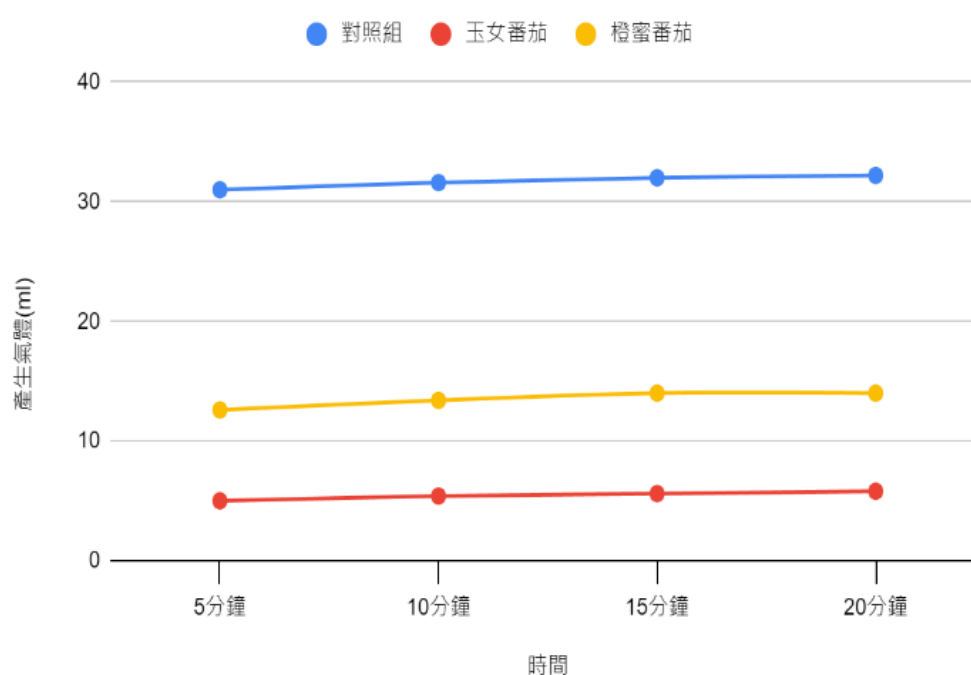
表一(對照組之氧氣產量表)

玉女番茄	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	平均
5 分鐘	7	4	3	6	5	5
10 分鐘	7	5	4	6	5	5.4
15 分鐘	8	5	4	6	5	5.6
20 分鐘	8	5	5	6	5	5.8

表二(玉女番茄之氧氣產量表)

橙蜜番茄	第一組	第二組	第三組	第四組	第五組	平均
5 分鐘	13	11	17	8	14	12.6
10 分鐘	13	12	17	11	14	13.4
15 分鐘	13	14	17	11	15	14
20 分鐘	13	14	17	11	15	14

表三(橙蜜番茄之氧氣產量表)



圖七(抗氧化及清除自由基效力比較圖)

## 2.數據分析:

對照組、玉女番茄與橙米番茄減少氧氣及清除自由基能力比較:在這三個實驗項目中，玉女番茄及橙蜜番茄的平均氧氣產生量皆小於對照組的平均產氧量，其中玉女番茄為本實驗中所測定出具有最佳抗氧化效力的品種，其平均產生氧氣的數據完全符合實驗的預期，顯現番茄強大的抗氧化及清除自由能力。在二十分鐘時的平均產氧量僅有對照組的四分之一；而橙蜜番茄雖然沒有像玉女番茄的效力強，但在二十分鐘時的平均產氧量也同樣僅有對照組的二分之一，由此可窺見番茄強大的抗氧化及清除自由基能力。

由圖表可以看出，不論是對照組還是加入番茄作為變因的實驗組，三組的數據在五分鐘之後呈現出的產氧變化曲線皆為接近水平的平滑線，可推論出反應於前五分鐘已反應完成。

## 五、結論與生活應用

由實驗結果可以明確地看出玉女番茄在抗氧化及清除自由基方面較橙蜜番茄佳，而兩者皆具備強大的清除自由基力。以往若欲進行自由基清除能力的測定，往往需要動用 DPPH 這種藥劑來進行自由基生成，接著再利用分光光度計觀測結果。該實驗不僅操作難度較高，也需要花費更多的時間。本實驗則利用極為簡單的實驗裝置及器材即可做到對兩種番茄進行了清除自由基能力的比對。如動機所述，自由基對人體有不可忽視的危害，尤其現今較從前更為複雜的飲食也使自由基相關疾病更為嚴重，而我們進行這項實驗是希望可以在有限的器材、資源下對自由基的清除嘗試探究。除了番茄以外，只要改變加入的物質，便可對比對在抗氧化及清除自由基方面該物質的功效；同樣的概念也可以延伸到平日所食的選擇，經過實驗後就可挑出抗氧化及清除自由基效力最好的蔬果或保健食品等。

## 參考資料

一、許孜榮(2002)作品—抗氧化 VS 自由基

二、劉芷昂、吳惠珠、朱晏呈和蔡宗佑(2017)作品氧氣得意—蔬果的抗氧化能力

三、維基百科:<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%95%AA%E8%8C%84>

四、<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%8A%AC%E9%A1%BF%E8%AF%95%E5%89%8>

五、<https://heho.com.tw/archives/21619>

六、

<https://www.healingdaily.com.tw/articles/%E8%87%AA%E7%94%B1%E5%9F%BA%E6%98%AF%E4%BB%80%E9%BA%BC-%E7%BE%8E%E5%AE%B9%E4%BF%9D%E9%A4%8A/>

七、<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%B6%85%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%A2>

八、<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%B6%85%E6%B0%A7%E5%8C%96%E7%89%A9>