

台灣二〇〇二年國際科學展覽會

科 別：化學科

作品名稱：自由基 V.S.抗氧化物

得獎獎項：化學科佳作

學 校：國立臺南第一高級中學

作 者：許孜榮

作者簡介



我叫許孜榮，是一個喜愛接觸科學的學生。小時候的我，對周遭環境感到好奇並充滿疑問，但是父親總是能給我一個滿意的答案。隨著年歲增長，我有時會對父親的解釋感到懷疑，這時想解開疑惑的念頭便促使我去查資料、動手設計實驗。

此次亦是基於相同理由來從事本實驗，藉以了解什麼抗氧化劑能夠較有效地抑制「自由基」。本實驗自一年級起便構思，利用假日課餘時間操作實驗，花費近半年的時間，經歷數次失敗而完成。期間感謝師長與夥伴的協助，我才能克服實驗的瓶頸。透過這次經驗，我不僅學到從事科學研究所必須具備的嚴謹態度與方法，更深深體會到科學工作者的辛勞。

自由基 V.S 抗氧化物

壹、作品簡介

一、中文摘要

自由基會產生在神經系統、免疫系統、血液循環系統等等，進而影響到人體各器官的運作，甚至於近年來許多醫生學者提出「自由基病理」：自由基是百病之源。本次實驗，筆者挑選葡萄籽、維生素 C、綠茶來抑制氫氧自由基($\text{OH} \cdot$)。所採用的方法是將 10% 雙氧水置入注射筒並加亞鐵離子催化，使其與抗氧化物反應；由於雙氧水分解會產生氫氧自由基與氧氣，因此筆者用倍率放大器(OPA)放大生成氧氣造成的電壓，並用 Data Studio 測量、紀錄。最後可由氧氣體積對電壓的趨勢圖看出抑制氫氧自由基的效果。

二、English Abstract

Free radicals will be produced in our nerves system, blood circulation, immunization system etc. and they are able to influence the operation of our organs, many medical scholars have even come up with “Free radical pathology” — free radicals are source of all the diseases in recent years. In this study, I chose grape stone, vitamin C, and green tea to restrain hydroxide radicals($\text{OH} \cdot$). Here is summary of the experimental process. First, I put 10% hydrogen peroxide into an injector and then added ferrous ion to hydrogen peroxide to catalyze it. Second, I let it react with the sample. Because hydrogen peroxide can produce hydroxide radicals and oxygen, I used the multiplier (OPA) to amplify the pressure caused with the production of oxygen, measuring and recording results by the software-“Data Studio.” Finally, we can tell which antioxidant is more effective in restraining hydroxide radicals from volume-voltage graph.

貳、內文

一、前言

1. 研究動機

自由基存在的構想是 1900 年由美國化學教授 M.Gomberg 率先提出。近十年來醫界亦熱烈討論自由基、抗氧化物和人體健康之間的關係。其中氫氧自由基(OH·)受到較仔細的研究，它破壞人體機制的行為也較為人所瞭解；氫氧自由基一旦形成。就能與鄰近的分子起作用，開始它的破壞工作。故活性較低的 $O_2^{\cdot-}$ 與 H_2O 會從產生的地方擴散游離到外處，當它們來到有鐵離子的細胞上就立刻變成 OH·，所以說 $O_2^{\cdot-}$ 與 H_2O 對細胞的毒害程度完全取決於細胞間的金屬離子的分布情況以及其它抗氧化作用的防禦機能，可以說氫氧自由基的形成是有位置的特定性(site specific)。此外，目前市面上充斥著許多標榜「抗氧化」的健康食品，它們破壞氫氧自由基的效果好不好是筆者想探討的問題，因此本實驗筆者想試著從純化學角度與操作，選取幾項樣本測定其所含抗氧化物抑制氫氧自由基生成的效果。

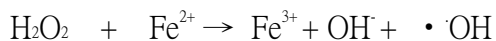
2. 研究目的

一定量抗氧化劑抑制氫氧自由基生成之最大有效量。

二、研究原理：

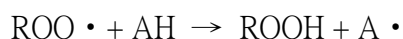
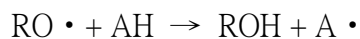
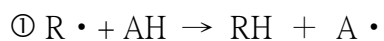
1. 雙氧水分解的反應機構（亞鐵離子作催化劑）

芬頓反應(Fenton's Reagent)



2. 抗氧化物

一般抗氧化物(AH)為氫的供應者或自由基接受者，其抑制自由基生成的反應如下：



抗氧化物與自由基作用產生穩定化合物，身生成的自由基再與其它自由基結合成穩定化合物，終止自由基連鎖反應，抑制自氧化反應的進行。

三、研究器材

1. 硫酸亞鐵	一 罐
2. 雙氧水 (35%)	數 罐
3. 鹽酸	一 瓶
4. 綠茶	100 g
5. 維生素 C	一 瓶
6. 葡萄籽	100 g
7. 三向筏	數 個
8. 吸量管	一 支

9. 滴管	一 支
10. 抽濾瓶	一 個
11. 塑膠管	五十 尺
12. 容量瓶(250ml)	兩 個
13. 電壓感應器	一 個
14. 電源供應器	一 臺
15. Science Workshop 750	一 臺
16. 燒杯 (1L)	一 個
17. 燒杯 (50ml)	一 個
18. 針筒 (60c.c.)	一 個
19. 針筒 (5c.c.)	一 個
20. 蒸餾水(10L)	十 桶
21. 電子天平	一 臺
22. 刮勺	一 支
23. 秤量紙	數 張
24. 馬錶	一 個
25. 塑膠膜	數 張
26. 附鱷魚夾之電線	一 條
27. 磨咖啡豆機	一 臺
28. OPA(備率放大器)	兩 顆

29. 程式: Data Studio

一 套

Microsoft Excel

一 套

四、研究過程:

(前置作業)

1. 泡製雙氧水

- ①用吸量管吸取 75c.c.雙氧水裝入 250ml 之容量瓶，加水至標線為止。
- ②將兩瓶容量瓶內的雙氧水稀釋溶液倒入 500ml 之燒杯，用塑膠膜覆蓋住燒杯口。
- ③插入一長約 25cm 之塑膠管，接口周圍用膠帶封住。
- ④塑膠管口上接上三向筏。

2. 配製硫酸亞鐵溶液

- ①利用電子天平取 11.12gw 硫酸亞鐵($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 式量=278.03) 放入錐形瓶中。
- ②加適水使其溶解，並加入 5c.c.鹽酸，防止其氧化。
- ③加水至 250ml。

3. 配製樣本:

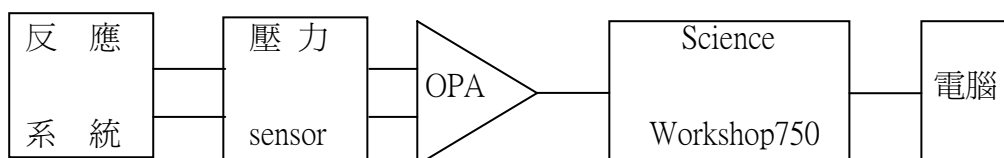
- ①取 70.7g 綠茶茶葉，加 100℃熱水泡成 100c.c.的溶液並令其自然冷卻至 20℃。
- ②取 20.0 克葡萄籽放入磨咖啡豆機磨碎後，加水泡成 200 毫升溶液。
- ③取 3.80 克維生素 C 加水泡成 200 毫升溶液。

(實驗操作)

1. 用滴管取出樣本，滴一滴到 50ml 蒸餾水中稀釋。
2. 用 60ml 針筒抽取 10c.c.雙氧水，用 5c.c.針筒抽取 1c.c 樣本後，

再抽取 2c.c.硫酸亞鐵溶液。

3. 取一 31cm 的塑膠管，於接口接一三向筏。
4. 將步驟 2 的針筒接上三向筏，將三向筏接上 sensor，完成反應系統。
5. 測量方法



6. 將反應系統自壓力感應器取出，將剩餘雙氧水和亞鐵溶液倒進一燒杯收集。拿一乾淨的注射筒(60c.c.)裝上塑膠管，推入氣體多次以除去塑膠管內水份。

7. 做完六次一個循環後，再用滴管取二滴樣本滴入 50ml 蒸餾水稀釋。其餘以此類推。

五、結果與討論：

1. 研究結果:

條件: 時間:三十秒 溫度:293 K 大氣壓:-0.256 mV

雙氧水自然分解氧氣生成量:0.053 mV

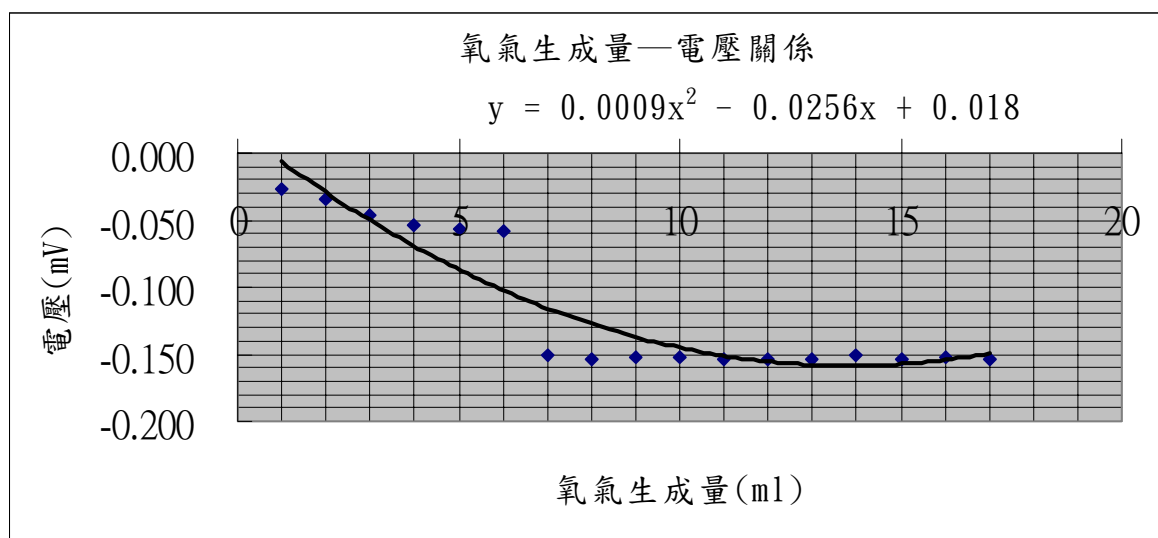
亞鐵離子催化分解氧氣生成量:0.114 mV

① 綠茶 單位 :mV

茶	一	二	三	四	五	六	平均
一滴	-0.022	-0.033	-0.053	-0.010	-0.023	-0.024	-0.028
二滴	-0.060	-0.022	-0.022	-0.032	-0.022	-0.045	-0.034
三滴	-0.083	-0.078	-0.081	-0.010	-0.017	-0.010	-0.047
四滴	-0.022	-0.024	-0.057	-0.026	-0.086	-0.104	-0.053
五滴	-0.018	-0.098	-0.079	-0.037	-0.063	-0.047	-0.057
六滴	-0.054	-0.013	-0.089	-0.044	-0.053	-0.093	-0.058
七滴	-0.196	-0.104	-0.155	-0.149	-0.151	-0.151	-0.151
八滴	-0.125	-0.106	-0.198	-0.161	-0.169	-0.160	-0.153
九滴	-0.143	-0.184	-0.141	-0.145	-0.140	-0.164	-0.153
十滴	-0.148	-0.150	-0.156	-0.160	-0.153	-0.150	-0.153

十一滴	-0.184	-0.150	-0.153	-0.148	-0.150	-0.153	-0.153
十二滴	-0.153	-0.161	-0.198	-0.156	-0.160	-0.153	-0.153
十三滴	-0.154	-0.151	-0.162	-0.146	-0.154	-0.154	-0.154
十四滴	-0.152	-0.151	-0.151	-0.153	-0.149	-0.151	-0.151
十五滴	-0.115	-0.145	-0.165	-0.150	-0.156	-0.151	-0.153
十六滴	-0.152	-0.152	-0.151	-0.154	-0.153	-0.152	-0.152
十七滴	-0.146	-0.155	-0.152	-0.153	-0.153	-0.153	-0.153

(表一)

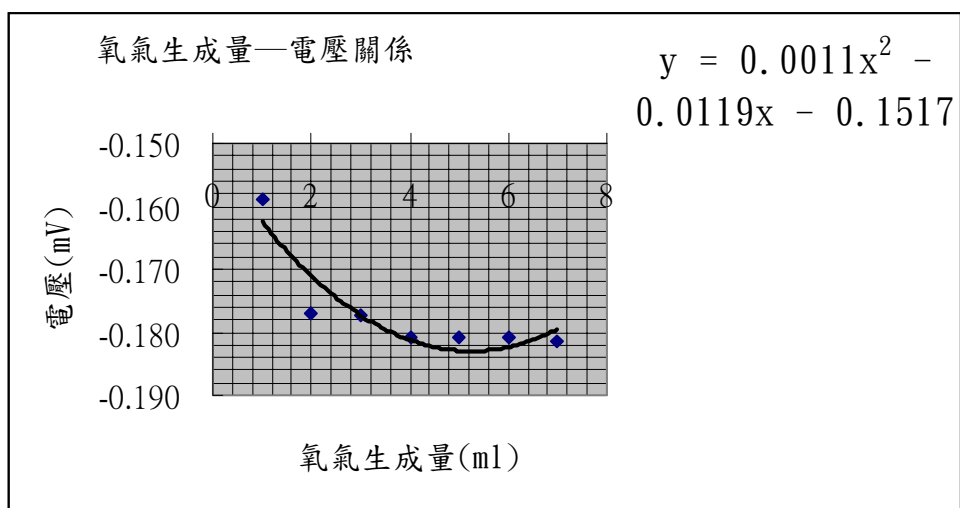


(圖一)

② 維生素 C 單位 : mV

維生素 C	一	二	三	四	五	六	平均
一滴	-0.138	-0.188	-0.078	-0.224	-0.140	-0.185	-0.159
二滴	-0.200	-0.195	-0.183	-0.168	-0.145	-0.170	-0.177
三滴	-0.177	-0.165	-0.180	-0.178	-0.169	-0.195	-0.177
四滴	-0.178	-0.181	-0.195	-0.185	-0.174	-0.172	-0.181
五滴	-0.180	-0.180	-0.174	-0.185	-0.183	-0.182	-0.181
六滴	-0.182	-0.183	-0.184	-0.179	-0.178	-0.178	-0.181
七滴	-0.180	-0.183	-0.181	-0.184	-0.180	-0.181	-0.182

(表二)

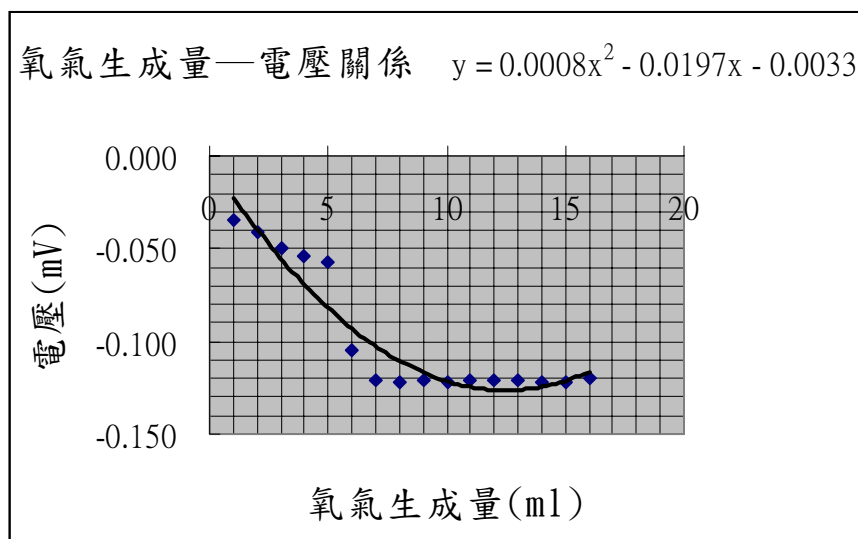


(圖二)

③ 葡萄籽 單位 :mV

葡萄籽	一	二	三	四	五	六	平均
一滴	-0.036	-0.040	-0.033	-0.035	-0.030	-0.031	-0.034
二滴	-0.040	-0.042	-0.039	-0.044	-0.042	-0.040	-0.041
三滴	-0.049	-0.048	-0.050	-0.053	-0.047	-0.048	-0.049
四滴	-0.053	-0.055	-0.055	-0.053	-0.052	-0.053	-0.054
五滴	-0.058	-0.059	-0.057	-0.054	-0.059	-0.058	-0.058
六滴	-0.100	-0.098	-0.106	-0.110	-0.108	-0.106	-0.105
七滴	-0.120	-0.123	-0.124	-0.121	-0.120	-0.119	-0.121
八滴	-0.123	-0.119	-0.124	-0.124	-0.121	-0.120	-0.122
九滴	-0.125	-0.120	-0.118	-0.118	-0.120	-0.123	-0.121
十滴	-0.123	-0.122	-0.119	-0.125	-0.122	-0.120	-0.122
十一滴	-0.122	-0.112	-0.125	-0.120	-0.122	-0.124	-0.121
十二滴	-0.119	-0.118	-0.123	-0.122	-0.122	-0.121	-0.121
十三滴	-0.122	-0.123	-0.123	-0.118	-0.120	-0.120	-0.121
十四滴	-0.124	-0.118	-0.122	-0.123	-0.122	-0.122	-0.122
十五滴	-0.123	-0.125	-0.129	-0.120	-0.116	-0.118	-0.122
十六滴	-0.116	-0.115	-0.123	-0.125	-0.120	-0.121	-0.120

(表三)



(圖三)

2. 研究討論

① 由芬頓反應(Fenton's Reagent)知，雙氧水加亞鐵離子催化分解反應會生成氫氧自由基，且氧自由基的量隨氧氣量而變化，所以筆者藉電腦測定氧氣變化量可知氧自由基變化量。

② 由於雙氧水分解反應可用亞鐵離子作催化劑，所以筆者使用硫酸亞鐵溶液作催化劑。但是亞鐵離子極易氧化，為解決此一問題，筆者加入鹽酸；此舉不但可解決亞鐵離子氧化的難題，亦可模擬出胃中的環境。

③ 因為分離食品中的抗氧化劑有困難，所以沒辦法定各抗氧化劑的量來比較。但是筆者固定反應時間(三十秒)後測得的各樣本氧氣生成量可互相比較—「單位時間內的氧氣生成量」相當於「速率」的概念—此外，從單一樣本的趨勢可知該樣本抑制雙氧水非分解反應的最大量，超過此最大量即不再有更進一步的效果。

④ 本次實驗樣本綠茶、葡萄籽經研究證實含有抗氧化物質—單寧酸(Tannin)。單寧酸(鞣酸)是植物界很常見的成分,許多植物含高濃度單寧酸,蔬菜也是單寧酸的重要

來源,茶是最有名的含單寧酸飲料,檳榔也含大量單寧酸。單寧酸亦稱單寧、鞣酸或鞣質,種類很多,分子結構複雜,差異也大,但可分成二大類:可水解的單寧酸和不易分解的縮合單寧酸。一般而言,食物裡的縮合單寧酸含量較多,可水解的單寧酸含量較少。單寧酸屬多酚類物質,進入人體後能和細胞裡的化學物質起化學反應,有些反應可能對身體有利,有些可能有害。許多動物的研究顯示,可水解的單寧酸是強力抗氧化劑,能加強人體細胞裡的抗氧化酵素活性,能抑制細胞突變,能阻止細胞癌變,能抑制致癌物的活化,能預防某些食物成分在胃裡轉變成強力致癌物亞硝胺,能抑制促癌物的促癌作用,也能抑制腫瘤成長。綠茶含此類單寧酸。新鮮茶葉和綠茶主含兒茶素單寧酸(可水解單寧),新鮮茶葉經水蒸氣處理後製成綠茶,未經發酵,各種兒茶素單寧成分原樣保存,沒有變質。有證據顯示縮合單寧是致癌物並無抗氧化之功效,紅茶和檳榔都含此類物質。但在綠茶製造過程中,茶葉裡的酵素已被蒸氣破壞,故綠茶成分未被氧化,不含或少含縮合單寧。此外在葡萄裡,單寧僅存在於果皮、種子及枝條內,果肉(汁)是沒有單寧的。厚皮品種含的單寧一定比薄皮品種多。小顆粒品種因皮多肉少單寧含量亦高。將葡萄籽磨碎加入水中後,單寧會溶於水中。

⑤ 從表一可知本實驗中綠茶濃度超過八滴量,即體積百分率 7.94%後抑制氫氧自由基的效果(速率)便無顯著進步。其趨勢可由圖一看出。從表三可知本實驗中葡萄籽超過七滴量,即體積百分率 6.95%後抑制氫氧自由基的效果(速率)便無顯著進步。其趨勢可由圖三看出。比較此二樣本可發現綠茶抑制氫氧自由基的效果(速率)較葡萄籽好,原因可能是在綠茶製造過程中,茶葉裡的酵素已被蒸氣破壞,綠茶成分未被氧化,水解單寧的相對含量較葡萄籽大。

⑥ 維生素 C 是水溶性的抗氧化物質，它會跟著血液循環流通到身體的各組織器官，故能充分發揮抗氧化作用。若想了解為什麼維生素 C 能解除氧化作用的原理，我們必須從它的化學結構著眼。維生素 C 是一個五角環的碳水化合物，在五角環上有兩個氫氧化基(-OH)，其中一個氫氧化基的氫原子極易與氫氧自由基(-OH)起作用而變成半脫氫抗壞血酸 (semidehydro ascorbic acid)，簡稱 SAA。SAA 是一種自由基，那不成對的電子就在三個氧的虛點上流動。SAA 可能再丟掉一個氫而成完全脫氫抗壞血酸(dehydroascorbicacid)，再經分解就變成草酸。SAA 自由基不太活躍，因此可在體內代謝消化或排出體外。從表二可知本實驗中維生素 C 濃度超過四滴量，即體積百分率 4.00%後抑制氫氧自由基的效果(速率)便無顯著進步。其趨勢可由圖二看出。

⑦ 台灣中小學科展中，曾有一作品也是關於雙氧水分解反應並利用排水集氣法定氧氣生成量。但是此次實驗的反應物(雙氧水、亞鐵離子、樣本)均為微量，生成氧氣量少，從量筒刻度不易看出，難以比較氧氣生成量的變化，所以此一方法不適用。

⑧ 一開始，筆者計畫使用自製光電筆設計，於光電筆內裝入亞甲藍液。由於亞甲藍液可做為雙氧水分解反應中的催化劑，所以雙氧水分解產生氧氣量的變化可轉換成因亞甲藍液濃度變化造成顏色深淺改變，進而導致光線通透量的變化量。但是因為亞甲藍液會影響樣本內抗氧化酵素活性，如此作法將比較不客觀；所以筆者捨棄此一想法。

六、結論與應用

為了順利完成實驗，筆者去找了很多資料，赫然發現這些所謂的「抗氧化物」其實就充斥在蔬菜中，也終於明白台灣話中的「吃魚吃肉也要菜配」的涵意。在今日大家努力研

究的延年益壽之方中，有不少都與老祖宗的智慧不謀而合，不得不佩服老祖宗們。於是筆者在想，如果能仔細的去研究前人的智慧結晶，說不定會得到更多意想不到的成果。

七、參考文獻

1. 林天送教授，人體自由基知多少—自由基的新寵兒:一氧化氮、氧自由基的型態、自由基的測量、你的生命—從自由基談起，健康世界雜誌社，二版四刷，1999，9，PP28~38，PP40~62，PP64~83，PP411~415

八、附錄



樣本:葡萄籽



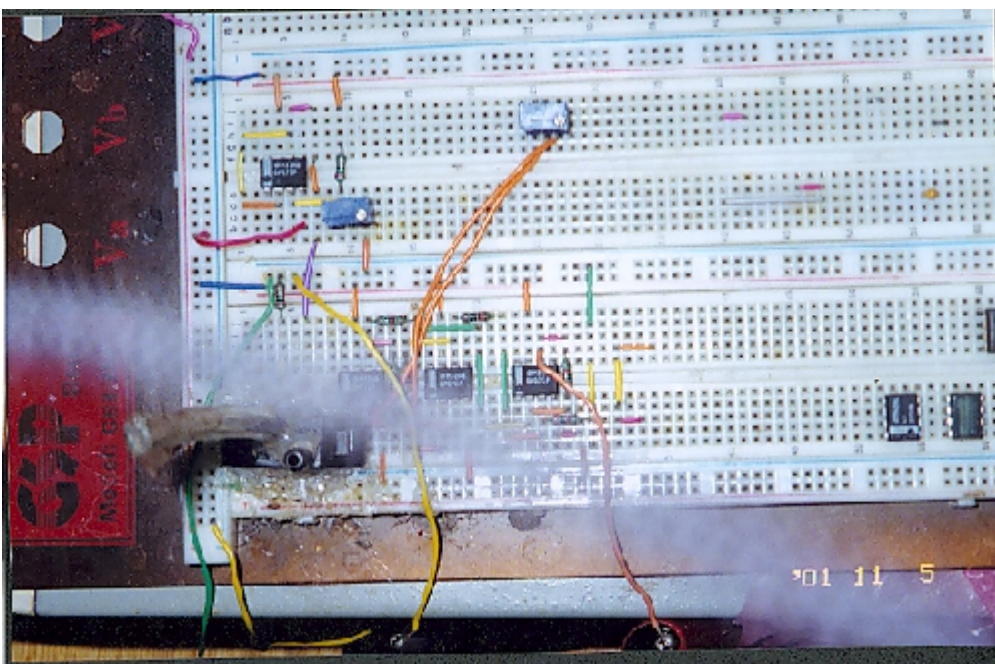
樣本:綠茶



樣本:維生素 C



操作裝置



測量用電路板(含 OPA)

評 語

- (1) 本研究探討葡萄籽等抑制氫氧自由基之效果，內容稍欠完整，亦無多創新性。
- (2) 但作者工作認真、仔細，能利用氧之體積影響電壓以爲定量檢測故給予佳作。