

第五屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA5-118

作品名稱：茗茶秋毫——探討綠茶的抗氧化能力

姓名：彭淑婷

關鍵字：抗氧化、自由基、過氧化價

作品名稱：茗茶秋毫—探討綠茶的抗氧化能力

壹、摘要：

綠茶中含有許多對身體有益的成分，如：兒茶素類及其氧化縮合物、黃酮醇類、咖啡因、維生素 C、E、胡蘿蔔素及鋅、硒、錳等物質，其中許多物質具有非常良好的抗氧化性，有助於人體清除自由基。所以我們著手進行一系列的實驗，探討綠茶在不同環境下的抗氧化性、與不同茶類的比較以及綠茶對不同油脂是否有不同效果。實驗結果發現，綠茶茶葉在沖泡時，溫度越高其還原自由基的能力越強，但須注意因在熱水中氧化速率加速，導致茶水易酸敗變味。而茶葉浸泡的時間越久，其還原自由基的能力會因茶水中的成分逐漸氧化而降低。以沖泡次數來看，綠茶在第二泡時因葉片完全舒展，物質完全溶入，故綠茶在第二泡時還原力最好。以發酵程度比較，因製茶過程不同，綠茶的還原力 > 紅茶 > 烏龍茶。在探討綠茶對各種油脂的抗氧化性方面，我們對綠茶抑制清除自由基的機制提出兩點看法，且我們發現綠茶對芝麻油的清除效果較差。綜合以上的實驗，我們認為綠茶真的是一種很好的抗氧化食品，但須在最適宜的環境下才能發揮其最大的功效。

貳、研究動機：

近來在書上、報上、電視上、網路上，「綠茶」這個字眼所佔的版面越來越大。例如不久之前日本最新研究指出：老年人每天喝兩到三杯綠茶可降低罹患老人癡呆症一半的機率；或是美國 Case Western Reserve 大學的研究人員發現：每天喝四杯綠茶可以預防皮膚癌，如果把綠茶的成分加入到護膚產品中可能也能對於皮膚癌具有預防的效果呢！由此可知綠茶真的是一種非常健康的飲品。許多的商品，只要與綠茶沾上邊就會蔚為流行！根據許多資料指出，綠茶中含有許多兒茶素、酚類、黃酮醇類、維生素 C、E、胡蘿蔔素、、、等對人體有益的成分，這些成分皆可增加人體抗氧化的能力！所以我們著手進行了一連串的研究，究竟綠茶與其他茶類有什麼不同點，以及綠茶在何種情況下會發揮它最大的功效，並看它對不同的油脂是否會產生不同的效用。

參、研究目的：

本實驗的目的主要在探討綠茶之抗氧化能力，並以紅茶與烏龍茶作為比較。

- 一、試樣還原力的測定：利用比色計測其普魯士藍生成量，檢測試樣在不同環境下，其抗氧化能力的差別。
- 二、過氧化價的測定：利用硫代硫酸鈉滴定油脂中的過氧化價，比較油脂過氧化價之變化，檢測不同油脂過氧化價之生成量。
- 三、抗氧化能力的測定：在不同油脂中加入試樣，並以硫代硫酸鈉滴定油脂，並求出其過氧化價，探討試樣在不同油類中的抗氧化能力。

肆、研究設備及器材：

一、藥品：

藥品名稱	
磷酸緩衝溶液 (PH=7.00)	紅茶茶包 (立頓)
赤血鹽 ($K_3Fe(CN)_6$)	綠茶茶包 (天仁茗茶)(原片)
氯化鐵 ($FeCl_3$)	凍頂烏龍茶 (元山)
氯仿 ($CHCl_3$)	奶油 (安佳)
醋酸 (CH_3COOH)	回鍋油
可溶性澱粉	沙拉油 (泰山)
去離子水	胡麻油 (十全頂上)
硫代硫酸鈉 ($Na_2S_2O_3$)	橄欖油 (味全)
碘化鉀 (KI)	

二、器材：

器材名稱	
磁攪拌器	漏斗
離心機	濾紙
量筒 (10ml 25ml)	離心管
滴管	分光光度計
燒杯 (50ml)	烘箱
溫度計	離心管
滴定管	鐵架
錐形瓶	試管夾
加熱板	微量天平

伍、研究過程或方法：

一、研究原理：

(一)比爾定律(Beer's Law)

在固定單一波長時，吸收值會正比於介質中的光徑長度與物種的濃度，所以其關係式可表示為：

$$A = \varepsilon bc$$

b 的單位為 cm

c 的單位為 mol/L

ε ：莫耳吸收係數(molar absorptivity)($Lmol^{-1}cm^{-1}$)

上述表示式可作為原子與分子兩者吸收測量的定量分析基礎。

(二)分光光度計

1、利用紫外光與可見光輻射的過濾光束，來測量水溶液的穿透率與吸收值。

2、測定的過程：

鎢絲燈的輻射穿透過一著色玻璃濾光片，之後只剩下一小段連續波長的光

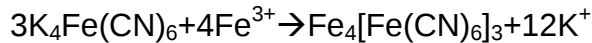
譜，光再穿過一可變膜片，調整穿透試樣透明容槽的輻射功率，之後用輻射照在光電裝置上，將能量轉換成直流電流，再以微安培計測其電流值。

3、吸光值 A 與透光值 T 的轉換，其公式為：

$$A = -\log T = \varepsilon bc$$

(三)實驗一：茶葉還原力的測定原理

將赤血鹽還原成黃血鹽 ($K_4Fe(CN)_6$)，黃血鹽再和鐵離子作用生成普魯士藍，在 581nm 波長測定其吸光值，以檢測赤血鹽的殘存量。與標準液的差值越大表示其還原力越高。



(四)實驗二：油脂過氧化價的測定

1、油脂的反應機制：

(1) 起始期：

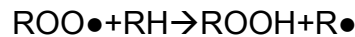
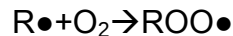
不飽和油脂雙鍵上的碳氫化合物受到其他化學活性物質作用，移去氫原子而形成自由基(free radicals)。



(註)此步驟非常緩慢，是反應的決定步驟。

(2) 連鎖傳導期：

此階段的反應是一系列過氧化基和新自由基的形成。



(3) 連鎖分支期：

此階段也是一系列過氧化基和新自由基的形成，和連鎖傳導期並行，皆是連鎖反應。



(4) 終止期：

在此反應中，兩個自由基形成非自由基而終止反應。



(註)自由基：是帶有一個單獨不成對電子的原子、分子或離子。性質極不穩定，具有搶奪其他物質的電子，使自己原本不成對的電子變得成對(較穩定)的特性。而被搶走電子的物質也會變得不穩定，可能再去搶奪其他物質的電子，於是產生一連串的連鎖反應。

2、滴定方式：

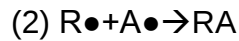
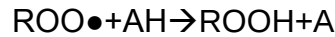
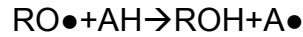
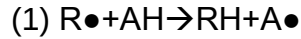
將油脂中的過氧化價和碘化鉀作用生成碘，再加入澱粉試液變成藍色，再以硫代硫酸鈉滴定檢測過氧化價的含量，所滴定的硫代硫酸鈉越多，表示其過氧化價越高。

(五)實驗三：油脂加抗氧化劑的過氧化價檢定

1、抗氧化劑的反應機制：

某些物質常加入食用油中，減緩油脂自氧化反應的速率，以防止油脂酸敗，這些物質就叫做抗氧化劑。一般的抗氧化劑為氫原子的供應者或是自由基的接受者。

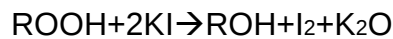
其反應如下：



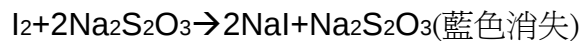
抗氧化劑與自由基反應作用後，會產生穩定化合物，而自身生成的自由基會再與其他自由基結合生成穩定化合物，中止了自由基的連鎖反應，因而抑止自氧化反應的進行。

2、過氧化價的檢定

依碘滴定法測定油脂中過氧化物的含量



I_2 + 澱粉試液 $\rightarrow$ 藍色



二、研究步驟：

(一)前置實驗：最適合的波長選擇

- 1、取 5ml 的磷酸緩衝溶液，加上 1% 5ml 的赤血鹽，再加入 0.1% 1ml 的氯化鐵。
- 2、取上述 1 之溶液 1ml，加上 20 ml 的去離子水稀釋，形成標準液。
- 3、以分光光度計測其標準液之吸光值，繪成全光譜。

(二)實驗一：綠茶還原力的測定

1、不同溫度對綠茶還原力的影響

- (1)a、取 0.5g 的綠茶茶葉，加入 30°C 的水浸泡 5 分鐘。
 - b、加上 5ml 的磷酸緩衝溶液，再加上 1% 5ml 的赤血鹽，在 50°C 的水中水浴 20 分鐘。
 - c、加入 0.1% 1ml 的氯化鐵，反應 10 分鐘，用離心機以 3000rpm 離心 10 分鐘，取上層液 1ml 加上 20ml 的去離子水稀釋。
 - d、以分光光度計在 581nm 測其吸光值。
- (2)同(1)a 到 d 之步驟，將 30°C 的水改為 60°C。
 - (3)同(1)a 到 d 之步驟，將 30°C 的水改為 90°C。

2、發酵程度對綠茶還原力的影響

- (1)a、取 0.5g 的未發酵綠茶茶葉，加入 60°C 的水浸泡 5 分鐘。
- b、加上 5ml 的磷酸緩衝溶液，再加上 1% 5ml 的赤血鹽，在 50°C 的水中水浴 20 分鐘。
- c、加入 0.1% 1ml 的氯化鐵，反應 10 分鐘。以 3000rpm 離心 10 分鐘，取上層液 1ml 加上 20ml 的去離子水稀釋。

- d、以分光光度計在 581nm 測其吸光值。
- (2)同(1)a 到 d 之步驟，將綠茶改為紅茶。
- (3)同(1)a 到 d 之步驟，將綠茶改為烏龍茶。
- 3、不同浸泡時間對綠茶還原力的影響
 - (1)a、取 0.5g 的綠茶茶葉，加入 60°C 的水浸泡 5 分鐘。
 - b、加上 5ml 的磷酸緩衝溶液，再加上 1% 5ml 的赤血鹽，在 50°C 的水中水浴 20 分鐘。
 - c、加入 0.1% 1ml 的氯化鐵，反應 10 分鐘，以 3000rpm 離心 10 分鐘，取上層液 1ml 加上 20ml 的去離子水稀釋。
 - d、以分光光度計在 581nm 測其吸光值。
 - (2)同(1)a 到 d 之步驟，以(1)所沖泡過的茶葉再沖泡一次。
 - (3)同(1)a 到 d 之步驟，以(2)所沖泡過的茶葉再沖泡一次。
- 4、茶葉沖泡次數對綠茶還原力的影響
 - (1)a、取 0.5g 的綠茶茶葉，加入 60°C 的水浸泡 5 分鐘。
 - b、加上 5ml 的磷酸緩衝溶液，再加上 1% 5ml 的赤血鹽，在 50 度水浴 20 分鐘。
 - c、加入 0.1% 1ml 的氯化鐵，反應 10 分鐘，以 3000rpm 離心 10 分鐘，取上層液 1ml 加上 20ml 的去離子水。
 - d、以分光光度計在 581nm 測其吸光值。
 - (2)同(1)a 到 d 之步驟，以(1)所沖泡過的茶葉再沖泡一次。
 - (3)同(1)a 到 d 之步驟，以(2)所沖泡過的茶葉再沖泡一次。

(三)實驗二：油脂過氧化價的測定

- 1、(1)取 5ml 的回鍋油，在 60°C 的恆溫箱放置 24 小時。
- (2)放置 24 小時後，加入 20ml 的溶液(醋酸:氯仿=3:2)，再加上 20 滴飽和碘化鉀溶液，攪拌 1 分鐘，加入 20 滴澱粉液。
- (3)以 0.01N 的硫代硫酸鈉滴定至顏色不再變化。
- 2、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為沙拉油。
- 3、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為芝麻油。
- 4、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為橄欖油。
- 5、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為奶油。

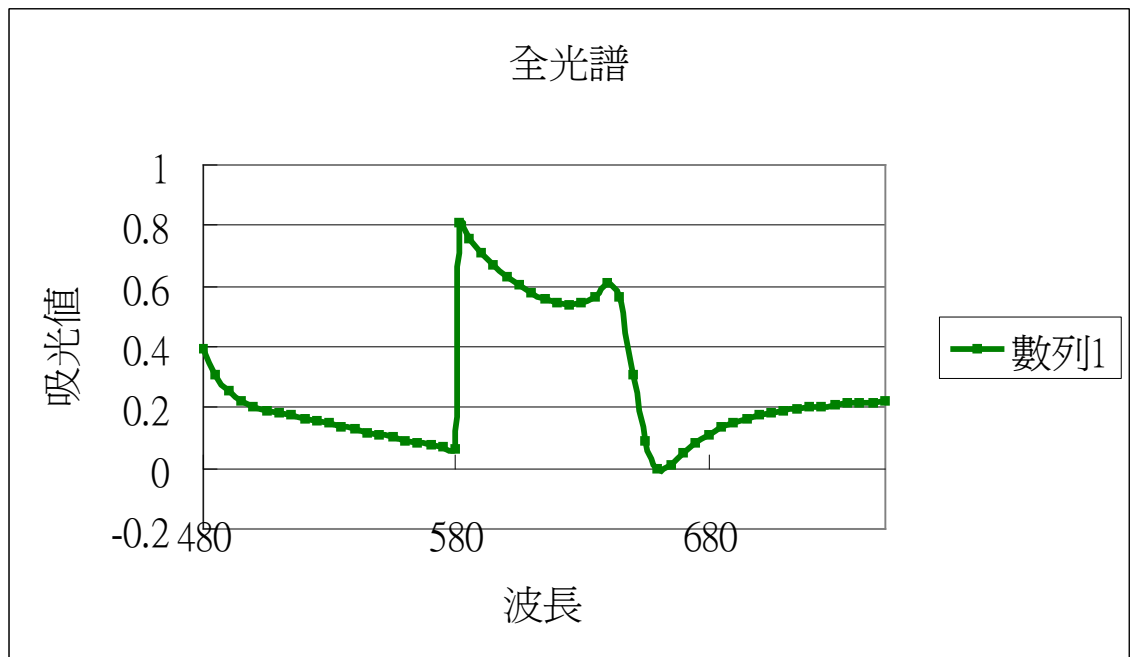
(四)實驗三：油脂加抗氧化劑的過氧化價測定

- 1、(1)取 5ml 的回鍋油加上 5ml 60°C 沖泡的綠茶在加上 5ml 的乙醇，在 60°C 恆溫箱放置一天。
- (2)放置 24 小時後，加入 20ml 溶液(醋酸:氯仿=3:2)，再加上 20 滴飽和碘化鉀溶液，攪拌 1 分鐘，加入 20 滴澱粉液。
- (3)以 0.01N 的硫代硫酸鈉滴定至顏色不再變化。
- 2、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為沙拉油。
- 3、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為芝麻油。
- 4、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為橄欖油。
- 5、重複 1(1)到(3)之步驟，將回鍋油改為奶油。

陸、研究結果：

一、前置實驗：

波長	吸光值	波長	吸光值	波長	吸光值	波長	吸光值
480	0.392	550	0.110	615	0.560	685	0.133
485	0.305	555	0.101	620	0.548	690	0.151
490	0.252	560	0.093	625	0.541	695	0.165
495	0.220	565	0.084	630	0.542	700	0.175
500	0.202	570	0.076	635	0.566	705	0.184
505	0.191	575	0.068	640	0.609	710	0.189
510	0.182	580	0.061	645	0.563	715	0.195
515	0.174	581	0.809	650	0.308	720	0.200
520	0.165	585	0.758	655	0.093	725	0.205
525	0.157	590	0.712	660	0.000	730	0.209
530	0.147	595	0.668	665	0.011	735	0.214
535	0.139	600	0.634	670	0.048	740	0.216
540	0.130	605	0.603	675	0.081	745	0.218
545	0.119	610	0.580	680	0.112	750	0.219

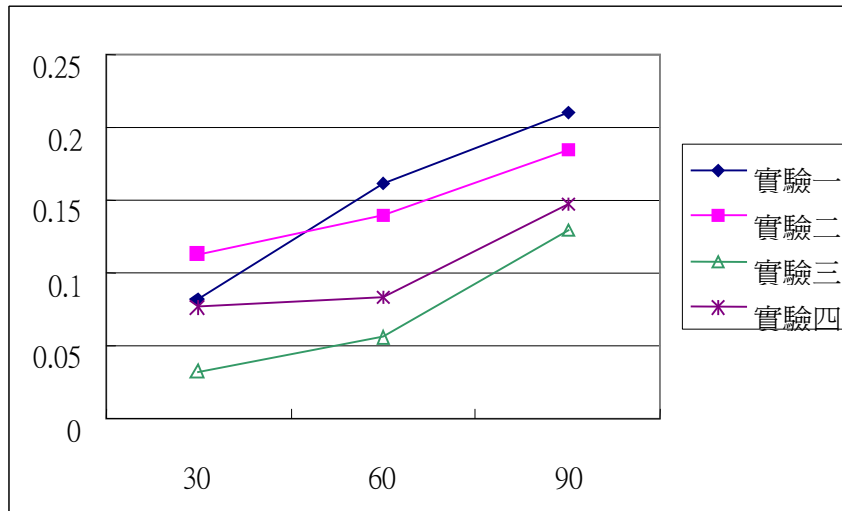


→因波長 581nm 為最大值，所以我們取 581nm 為最大值。

二、實驗一：綠茶還原力的測定

(一) 不同溫度對綠茶還原力的影響：

吸光值(A)	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四
30℃	0.082	0.113	0.033	0.077
60℃	0.161	0.140	0.056	0.083
90℃	0.210	0.184	0.130	0.147

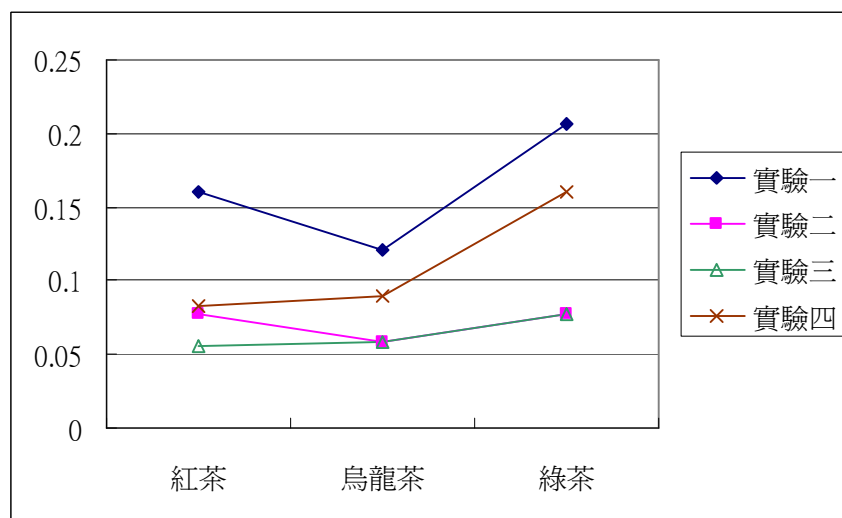


實驗結果：

→溫度越高，其吸光值越高，表示其還原力越高。

(二) 發酵程度對茶的還原力的影響：

吸光差值	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四
紅茶	0.161	0.078	0.056	0.083
烏龍茶	0.121	0.059	0.059	0.089
綠茶	0.207	0.078	0.078	0.161

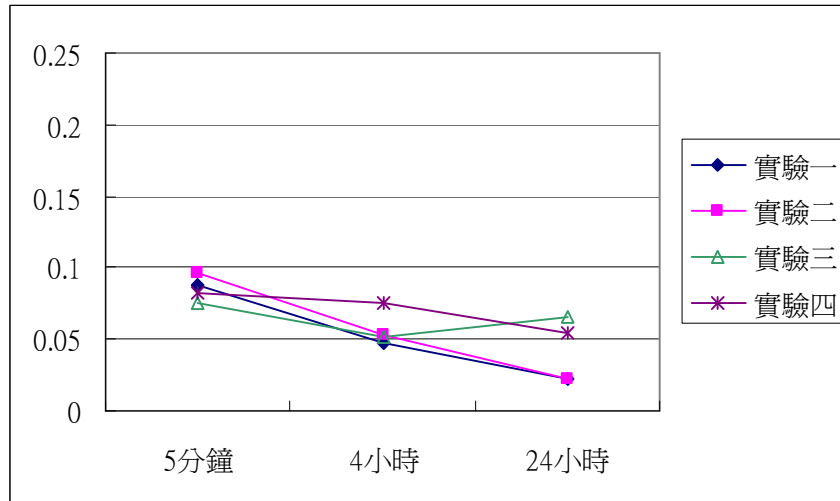


實驗結果：

→ 還原力：綠茶 > 紅茶 > 烏龍茶

(三) 不同浸泡時間對綠茶還原力的影響：

吸光差值	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四
5 分鐘	0.088	0.096	0.076	0.083
4 小時	0.047	0.053	0.052	0.075
24 小時	0.023	0.022	0.066	0.054

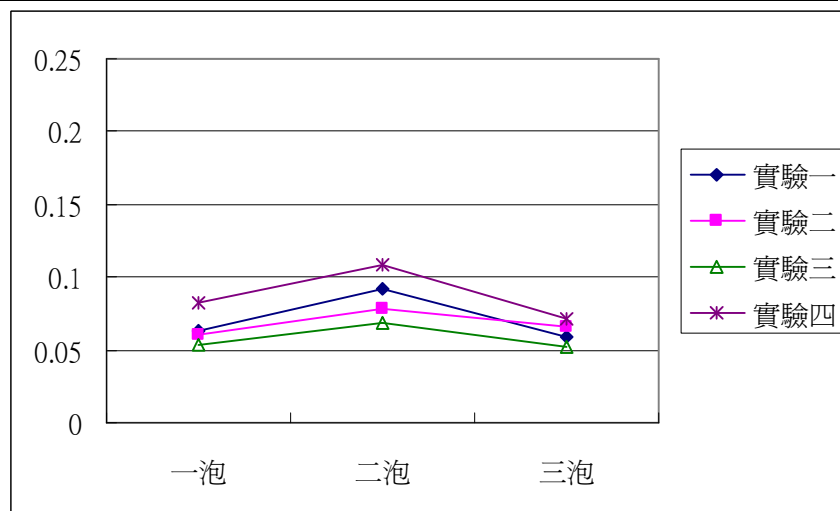


實驗結果：

→ 經過的時間越久，其還原能力越差

(四) 茶葉沖泡次數對綠茶還原力的影響：

吸光差值	實驗一	實驗二	實驗三	實驗四
一泡	0.063	0.060	0.053	0.083
二泡	0.092	0.078	0.068	0.108
三泡	0.059	0.066	0.052	0.072



實驗結果：

此結果的一致性雖不明顯，但仍可看出有一定的趨勢

→ 其吸光值的變化不大，大體來說：二泡最大、一泡與三泡的差距不大

三、實驗二：不同種類油脂的過氧化價測定

由實驗二的結果可知：

(一)回鍋油

	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.42g	0.01N	20.8ml	47.00
實驗 2	4.01g	0.01N	17.0ml	41.76
實驗 3	4.13g	0.01N	20.3ml	49.15
平均值	4.20g	0.01N	14.3ml	45.97

計算：

以實驗一的回鍋油為例求得其過氧化價：

$$\begin{aligned}
 \text{過氧化價} &= \frac{V_{Na_2S_2O_3} \times N_{Na_2S_2O_3} \times 1000}{\text{試樣油脂重}W} \\
 &= \frac{20.8 \times 0.01 \times 1000}{4.42} \\
 &= 47.00
 \end{aligned}$$

(二)沙拉油

	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.03g	0.01N	3.9ml	9.67
實驗 2	4.75g	0.01N	3.5ml	7.36
實驗 3	4.55g	0.01N	4.3ml	9.45
平均值	4.44g	0.01N	3.9ml	8.16

(三)芝麻油

	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.29g	0.01N	9.7ml	22.61
實驗 2	4.45g	0.01N	9.0ml	20.22
實驗 3	4.03g	0.01N	10.3ml	25.55
平均值	4.25g	0.01N	9.7ml	22.79

(四)橄欖油

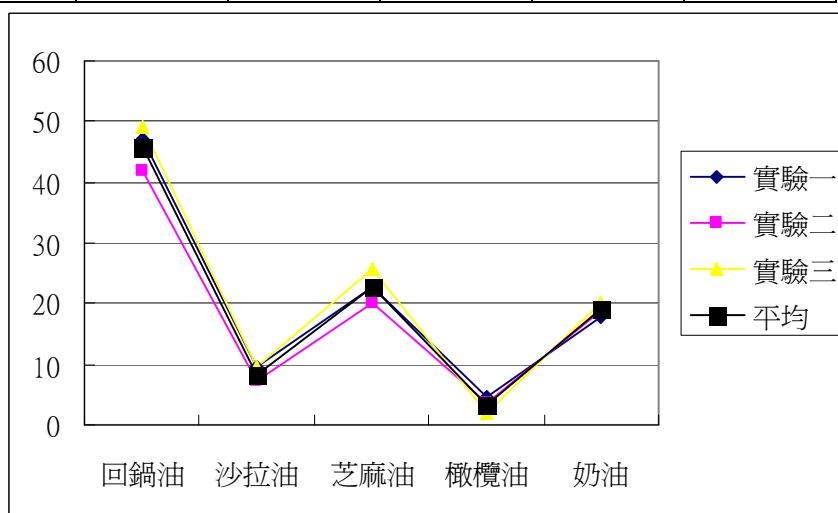
	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.27g	0.01N	2.0ml	4.48
實驗 2	4.19g	0.01N	1.5ml	3.57
實驗 3	4.1g	0.01N	0.8ml	1.95
平均值	4.18g	0.01N	0.8ml	3.33

(五)奶油

	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.29g	0.01N	7.7ml	17.94
實驗 2	4.51g	0.01N	8.5ml	18.84
實驗 3	4.48g	0.01N	9.0ml	20.08
平均值	4.42g	0.01N	8.4ml	18.96

(六)整理經計算數據可得下列結果

過氧化價	回鍋油	沙拉油	芝麻油	橄欖油	奶油
實驗一	47.00	9.67	22.61	4.48	17.94
實驗二	41.76	7.36	20.22	3.57	18.84
實驗三	49.15	9.45	25.55	1.95	20.08
平均	45.97	8.16	22.79	3.33	18.96



實驗結果：

過氧化價：回鍋油>芝麻油>奶油>沙拉油>橄欖油

四、實驗三：綠茶抗氧化性的測定

由實驗三的結果可知：

(一)回鍋油+綠茶

回鍋油	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.37g	0.01N	4.37ml	10.00
實驗 2	4.05g	0.01N	6.50ml	16.05
實驗 3	4.13g	0.01N	6.80ml	16.46
平均值	4.18g	0.01N	5.89ml	14.20

(二)沙拉油+綠茶

沙拉油	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.35g	0.01N	2.0ml	4.59
實驗 2	4.05g	0.01N	4.5ml	11.11
實驗 3	4.70g	0.01N	3.8ml	8.08
平均值	4.37g	0.01N	3.4ml	7.90

(三)芝麻油+綠茶

芝麻油	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.21g	0.01N	7.6ml	17.81
實驗 2	4.25g	0.01N	9.0ml	21.17
實驗 3	4.56g	0.01N	7.8ml	17.15
平均值	4.34g	0.01N	8.1ml	18.70

(四)橄欖油+綠茶

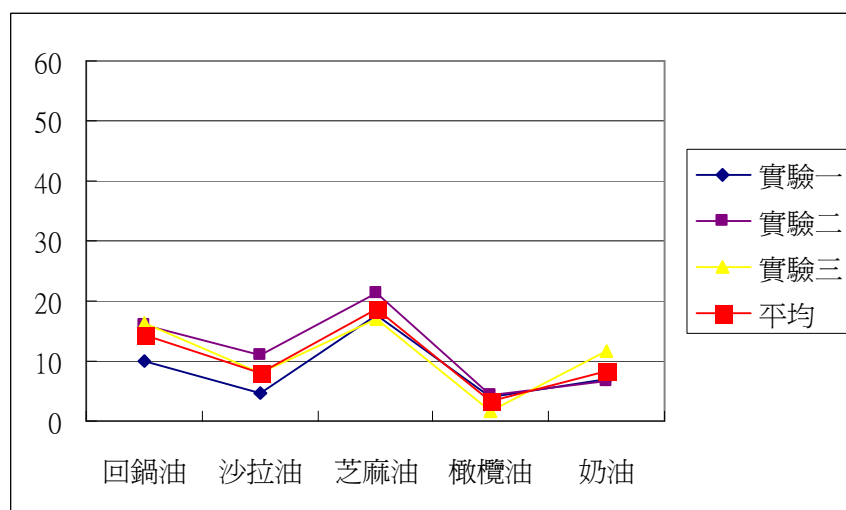
橄欖油	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.35g	0.01N	1.8ml	4.13
實驗 2	4.07g	0.01N	2.0ml	4.19
實驗 3	4.02g	0.01N	0.7ml	1.74
平均值	4.15g	0.01N	1.5ml	3.40

(五)奶油+綠茶

奶油	秤取油脂重	$N_{Na_2S_2O_3}$	$V_{Na_2S_2O_3}$	過氧化價
實驗 1	4.27g	0.01N	3.0ml	7.02
實驗 2	4.45g	0.01N	3.0ml	6.74
實驗 3	4.50g	0.01N	5.3ml	11.77
平均值	4.40g	0.01N	3.8ml	8.50

(六)整理經計算數據可得下列結果

	回鍋油	沙拉油	芝麻油	橄欖油	奶油
實驗一	10.00	4.59	17.81	4.13	7.02
實驗二	16.05	11.11	21.17	4.19	6.74
實驗三	16.46	8.08	17.15	1.74	11.77
平均	14.20	7.90	18.70	3.40	8.50



實驗結果：

過氧化價趨勢和實驗二相似，但各油脂所產生的過氧化價皆有明顯的降低。

柒、討論：

一、前置實驗：

(一) 根據我們所繪出的全光譜，581nm 為最大值，所以我們取此波長為標準值，進行下列實驗。

(二) 因為位於最大值的 581nm，其斜率最小，所以所測得的誤差會最小。

二、實驗一：綠茶還原力的測定

(一) 不同溫度對綠茶還原力的影響

1、依實驗一的結果可知沖泡綠茶時所使用的水溫越高，吸光值越高。根據我們的討論認為茶水的溫度越高，其溶解速率越快，使茶葉可以完全舒展開來，有益物質可以更大量的溶解出。故綠茶在 90℃ 時的還原力最好。

2、但我們在綠茶茶包上看到它必須使用 85℃ 的熱水沖泡，而在綠茶粉的包裝上它卻必須使用 60℃ 的水沖泡。其原因可能是因為綠茶在 90℃ 時，溶解速率加快，使葉片中的有益物質加速溶解，但因在熱水中氧化速率加快而容易酸敗變味。而綠茶粉已磨成粉較易溶解，故不需要高溫的水使其加速溶解，所以只須以 60℃ 的熱水沖泡，使其氧化速率不要太快。

→ 所以綠茶需判斷其形勢以不同的溫度沖泡

(二) 發酵程度對綠茶還原力的影響

1、由實驗的結果可知已發酵、半發酵、未發酵的還原力能力大小為：

綠茶 > 紅茶 > 烏龍茶

2、但一般坊間資料皆顯示，茶湯的還原力大小應為：

未發酵 > 半發酵 > 已發酵

3、根據資料顯示，此三種茶的製作方式皆有所不同：

未發酵茶	生葉→殺青→揉捻→乾燥
半發酵茶	生葉→萎凋→發酵→殺青→揉捻→乾燥
已發酵茶	生葉→萎凋(重)→揉捻→發酵(重)→乾燥

不同發酵茶的差別主要在萎凋以及發酵的過程，而萎凋及發酵過程裡，茶葉中的多元酚氧化酵素（註 1）活性增加，促進茶葉發酵作用的進行，且在此過程中多元酚類中的兒茶素類會氧化縮合生成茶黃質、茶紅質。多元酚和兒茶素都是茶葉中很重要的營養物質，抗氧化的能力最強。根據以上資料顯示，因在發酵的過程中紅茶完全發酵，烏龍茶次之，而綠茶完全沒有發酵，所以其抗氧化能力強弱為綠茶＞烏龍茶＞紅茶。

- 4、但我們的實驗結果卻是綠茶＞紅茶＞烏龍茶，和我們所推測的並不相同，所以我們又更加仔細探討各種茶的製造過程，發現烏龍茶必須多經過一個焙火的過程，而紅茶和綠茶不用。

(1)焙火的目的主要在於：

- a、再乾：降低茶葉中的水份，讓茶在保存中較慢酸化（註 2），使易於保存。
- b、烘焙：以火的力量改變茶的本質。

而紅茶在發酵過程中脂肪酸被轉換掉了，已沒有脂肪酸可酸化，故不需焙火。綠茶為未發酵茶而無法入火，故不須焙火。

(2)在焙火過程中茶葉化學成分的變化：

- a、胺基酸在焙火時會與還原醣產生反應。
- b、兒茶素類在製茶和焙茶過程都很重要，茶葉發酵時變黃變紅，並影響脂肪酸，使茶產生香氣，對茶的味與香氣都有很重要的關係。
- c、單醣與雙醣類：茶中含 2－5%，烘焙時非常的重要。糖本身就具有糖的香味，加熱有蜜香，再熱有焦糖香，對口感及香氣都好。
- d、果膠質：對茶湯的成形很重要，茶湯的粘稠感（飽滿的感覺），烘焙時產生香氣。
- e、植物色素：葉綠素與花青素，綠茶和台式烏龍茶要保持，紅茶要破壞。製茶時留好的去除不好的。以葉綠素為例，炒菁後馬上置冷可保持葉綠素使茶葉保持綠身。

除了兒茶素外，胺基酸等物質的抗氧化能力都很好。因為烏龍茶比紅茶、綠茶多經過了焙火這個步驟，破壞了較多抗氧化物質，所以其還原力為最低。

（註 1）「多元酚氧化酵素」，這種酵素的功能就是催化多元酚類的氧化作用，使產生褐色物質。蘋果或梨子削皮後，其表面會發生褐變；茶葉發酵基本上有如蘋果與梨子的褐變，但茶葉發酵所發生的化學變化較為複雜，除了茶多酚類的氧化外，茶葉中的其他化學成分如胺基酸、還原糖、果膠質、脂肪酸等也相伴發生一連串的化學變化，而產生各種茶類的滋味與香氣，尤其是包種茶與烏龍茶香氣的生成與發酵（部分發酵）的控制有密切的關係。

（註 2）茶葉的質變是因為茶葉受氧(酸)化的關係，茶葉中含有 5－8% 的脂肪，脂肪暴露在空氣中很快就酸化，氧化要有足夠的水做媒介，所以茶葉要包裝前一定要將水份降至 5% 以下，水份含量在 3－4% 時水成單分子層，空氣中的水無法進入。當吸水至 5% 以上時，會有水將

氧帶進茶葉中，茶葉就會漸漸類變。當吸水超過 6 % 時就會產生液滴，在茶葉中形成一水道，氧氣流通快，茶葉類變加速，這就是茶葉為何要再乾的原因。

(三) 不同浸泡時間對綠茶還原力的影響

- 1、由實驗的結果可知，浸泡時間越久的綠茶，其抗氧化的能力越差。亦即表示茶中對人體有益的物質會隨茶葉浸泡時間越久而漸趨減少。
- 2、一般以 85°C 的水沖泡茶葉 5~6 分鐘的茶風味為最佳。而根據我們實驗數據中的結果，同樣是以沖泡 5 分鐘的綠茶其抗氧化能力為最佳！故對人體最有益。
- 3、茶葉沖泡的時間過長，茶中的維生素 C 和其他營養成分會因逐漸氧化而降低，對人體健康的益處大幅減低，但依然具有抗病作用。
- 4、但茶水放置時間過長會變為紅褐色，其實這是由於茶葉中的茶多酚氧化成了紅褐色的茶色素。茶多酚有很強的抗氧化作用。
- 5、茶屬鹼性，若水中含鐵過多，化學反應後茶可能有毒，又隔夜茶會溶出比較多的單寧酸，所以容易傷胃。
- 6、茶葉中的蛋白質、醣類等是細菌、黴菌的培養基，極易孳生黴菌和細菌。
- 7、浸泡過久的綠茶，雖不適合飲用，但含有豐富的酸類、氟類，可以防止毛細血管出血，並消炎殺菌，若有口腔出血、皮膚出血等情形，都可用它漱口或沐浴。以下介紹幾種隔夜茶的用途：
 - (1)肥料：殘茶中有植物生長時所需要的氮原子，用殘茶澆花能增添養料，並能保持土質的水分。
 - (2)斂被曬過的皮膚：茶水中的鞣酸對皮膚有收斂作用，茶中的類黃酮化合物也有抗輻射作用。
 - (3)止血：隔夜茶中含有豐富的鞣酸，可以加速血液的凝聚。
 - (4)固齒潔齒：茶水中的氟與牙齒的珐琅質鈣化以後，會增強對酸性物質的抵抗力。
 - (5)消除口臭：茶中含有精油類成分。

(四) 茶葉沖泡次數對綠茶還原力的影響

- 1、由實驗結果可知，沖泡次數對茶葉有一定的影響。其還原力以二泡最大、一泡與三泡的差距不多。
- 2、我們認為，在第一泡時，茶葉只浸泡 5 分鐘，還沒完全溶解，而第二泡時，茶葉迅速展開，快速完全溶解，所以還原自由基的能力較高，第三泡時，茶葉中大部分的有益物質已大部分溶解完了，故其還原力較低。
- 3、根據資料顯示，沖泡綠茶，經數分鐘以後，第一次就能溶出可溶物總量的 55% 左右；第二次沖泡約為 30%；第三次沖泡為 10% 左右。從茶葉含有的維生素和氨基酸被溶出的情況來看，在第一次沖泡時就有 80% 被浸出；第 2 次沖泡時浸出率達到 95% 以上；茶葉含的其他有效成分如茶多酚、咖啡鹼等也大都如此。

三、實驗二：不同種類油脂的過氧化價測定

(一) 根據實驗結果，我們測出的過氧化價大小為：

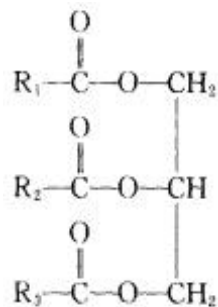
回鍋油>芝麻油>奶油>沙拉油>橄欖油

(二) 但依據我們所查到的資料推測出各油脂的過氧化價分別為：

回鍋油>沙拉油>芝麻油>橄欖油>奶油

(三) 油脂的探討

1、飲食中之油脂以三酸甘油酯為主，佔 95% 以上。基本化學結構是一分子甘油（glycerol）與三分子脂肪酸(fatty acids)化合。油脂的特性取決於所含的脂肪酸，因為各種油脂都含有甘油。



2、脂肪酸的構成元素主要是碳，氫，氧。分子的骨架是由碳原子串連而成，碳元素以 C 代表，一端為甲基（CH₃-），另一端為酸（-COOH），碳原子之間以共價鍵串聯，中間的碳原子上都連接有兩個氫原子。

3、脂肪酸又分為飽和脂肪酸和不飽和脂肪酸 碳碳間以單鍵結合的稱為飽和脂肪酸 碳碳間含有雙鍵的為不飽和脂肪酸

4、不飽和脂肪酸可以依照雙鍵個數分為「單元不飽和脂肪酸」與「多元不飽和脂肪酸」兩類。單元不飽和脂肪酸含有一個雙鍵，多元不飽和脂肪酸含有兩個或以上的雙鍵。雙鍵越多表示飽和度越低，或越不飽和。油脂含不飽和脂肪酸越多，室溫下呈液體狀態；反之，含飽和脂肪酸越多，則為固體型態。

5、雙鍵影響脂肪酸的安定性，雙鍵位置的碳容易與氧進行氧化作用，高溫時反應更快，引發一連串的分解或聚合反應，產物有不良的顏色和氣味，造成油脂酸敗，損害油脂的品質。通常不飽和油脂雙鍵越多，安定性越差。

(四)待測油脂成分的探討

i. 我們使用的回鍋油是經過油炸一天後的葵花油，其所產生的自由基因環境不同故不能和其他油脂進行比較，故不列入討論。我們將它視為回鍋油，以顯示回鍋油和其他油脂的差別。

ii. 各油脂飽和脂肪酸與不飽和脂肪酸的比較

	飽和脂肪酸(%)	單元不飽和脂肪酸(%)	多元不飽和脂肪酸(%)
沙拉油	15.68	22.73	61.59
芝麻油	15.59	40.66	43.75
橄欖油	16.25	72.85	10.90
動物性奶油	72.97	24.39	2.63

比較各油脂的多元不飽和脂肪酸與單元不飽和脂肪酸的比例可以知道，橄欖油所含的多元不飽和脂肪酸最少、芝麻油第二、沙拉油最多，而奶油的飽和脂肪酸最多顯示其最穩定。

故跟據資料我們所推測各油脂的過氧化價大小應為：

回鍋油>沙拉油>芝麻油>橄欖油>奶油

但我們實際測出來的結果卻為：

回鍋油>芝麻油>奶油>沙拉油>橄欖油

因此我們實際去查所使用各油脂的成分，發現實驗所使用的油脂有添加其他不同種類的油脂，由於不清楚其比例以及調配的方法，所以我們無法得知導致此實驗結果的真正原因。

四、實驗三：綠茶抗氧化劑的測定

(一) 根據實驗三的結果，其過氧化價趨勢與實驗二差不多，但其值有明顯的下降。

且我們發現，各油脂過氧化價的減少程度不一，回鍋油的減少幅度最大，奶油次之，而其他三種油脂的變化幅度皆不大。

(二) 對此結果我們做出兩個推測：

1、也許是由於過氧化價必須在超出一定值之後，綠茶才會發出機制清除其過氧化價，而橄欖油、沙拉油的過氧化價原本都不大，所以在加入綠茶之後變化都不大。但芝麻油原本的過氧化價並不低，加入綠茶後變化卻不大，也許是綠茶對其抗氧化能力並不好。

2、觀察其過氧化價的下降趨勢，我們發現各項油脂的下降比例皆差不多，故我們推測綠茶對其過氧化價的清除能力以等比級數的方式進行。

捌、結論：

- 一、沖泡綠茶所使用的水溫越高，其抗氧化能力越高，但茶湯在熱水中會加速氧化速率，易酸敗變味，所以須依個人需要調整水溫。
- 二、未發酵茶的抗氧化能力最好，而已發酵次之，因半發酵茶多經過了焙火的過程，破壞了更多的有益物質導致其抗氧化能力最差。
- 三、泡茶時，若浸泡時間過長，會使茶湯中的有益物質氧化，導致酸敗變味，泡茶以 5 分鐘為最佳。
- 四、依照茶葉在水中的舒展程度及溶解程度，我們發現綠茶以二泡的抗氧化能力為最佳。
- 五、綠茶抑制油脂過氧化價的能力會依油脂種類而異。
- 六、綠茶對越易生成過氧化價的油脂，其清除抑制過氧化價的能力越好。
- 七、市面上的油脂絕大多數都有添加其他種油類。

玖、參考資料：

- 一、Douglas A. Skoog , F. James Holler , Timothy A. Nieman , Principles of INSTRUMENTAL ANALYSIS , 滄海書局 , 中華民國 89 年。
- 二、Douglas A. Skoog , F. James Holler , West , Fundamentals of Analytical Chemistry , 美亞書版股份有限公司 , 1997 年 2 月。
- 三、『天下文化』--健康飲食 GO , GO , GO !
<http://health.bookzone.com.tw/lin-tital.asp?no=250&hser=16>
- 四、茶顛茶話 <http://www.wwwart.com.tw/tea/>
- 五、台灣地區食品營養成份資料庫
<http://www.doh.gov.tw/newdoh/90-org/org-3/database/Welcome.html>
- 六、天仁茗茶 http://www.tenren.com.tw/index01_1024.asp