

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 生物(生命科學)科

佳作

040705

蔬果與飲料總抗氧化活性之研究

學校名稱： 國立彰化女子高級中學

作者： 高二 王郁晴 高二 巫佩諭 高二 李明樺 高二 王姿懿	指導老師： 賴杰治
---	--------------

## 壹、摘要

食物抗氧化活性為現代人營養選擇的重要指標，本研究以抗氧化物的還原能力，分析常見蔬果、飲料等食品之總抗氧化力，提供日常食物選擇上的參考依據。進一步探討果實不同部位的抗氧化活性差異中，顯示多數水果果肉均非總抗氧化活性最佳部位，可以將全果實或種子部位均質後飲用，可以獲得更多的抗氧化營養成分。並且從栽培方法與栽培基質的研究結果中，顯示有機栽培方法及牛奶施肥方式，對於增加蔬菜中之總抗氧化活性確實有非常顯著的影響。

## 貳、研究動機

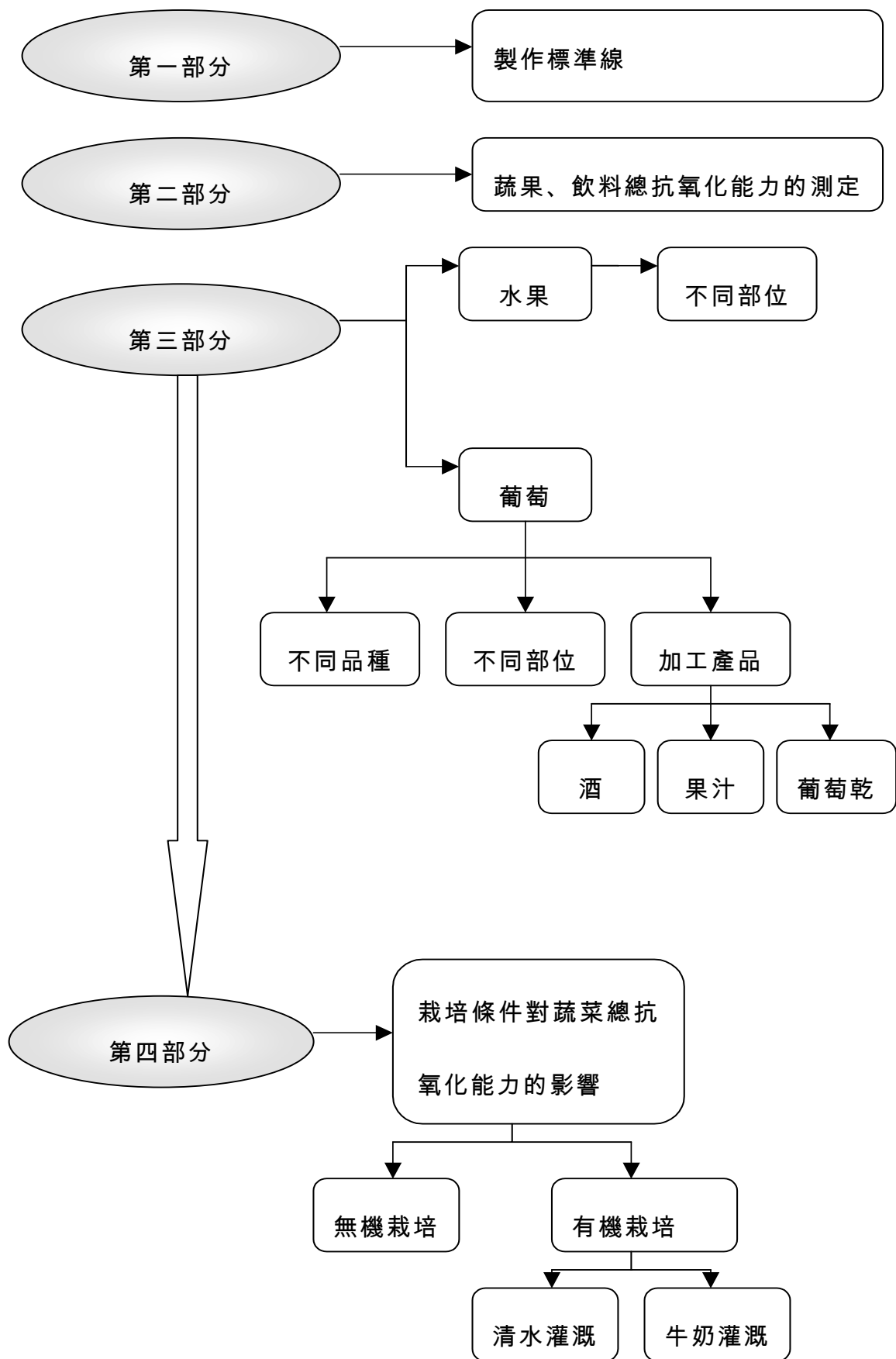
追求長壽與美貌是人的天性，而歲月卻是青春和健康的殺手，究竟時間在流逝的過程中，身體還損失了什麼？隨著醫學科技的昌明，人們慢慢了解到原來就在這一吸一呼之間，老化與細胞原生質的氧化息息相關。於是，「抗氧化」成了當今社會上最受歡迎的一個名詞，不但醫學界、商業界搶著向這塊大餅下手，社會大眾更是對它趨之若鶩。從生物課中，知道了許多天然蔬果中含有豐富的抗氧化物質，因而產生了很大的興趣，並決定以探討植物在各種不同的變因之下抗氧化能力的差異作為本研究的主要方向。

## 參、研究目的

本研究希望可以藉由實驗設計，歸納出在什麼樣的環境或情況下，對於植物體內的抗氧化機制能有最大的發揮功效。

本研究主要探討方向及流程圖如下：

- (1) 各種蔬菜、水果的總抗氧化能力差異之調查
- (2) 市面上乳酸菌飲料及水果果汁總抗氧化能力調查
- (3) 水果在不同部位的總抗氧化能力比較
- (4) 葡萄的不同品種、部位及加工後產品其抗氧化能力比較
- (5) 栽培條件對蔬菜總抗氧化能力的影響



圖一：實驗架構與流程圖

## 肆、原理與步驟

### 一、自由基

由於細胞內多數化合物的特性，電子通常兩兩成對，而自由基是帶有奇數或不成對電子的離子或其他化合物。它的性質非常活潑，會與細胞的組成成分反應，例如：使脂質發生過氧化反應。當細胞內存在自由基時，會競爭及迫害健康細胞組成物質的成對電子，造成電子轉移。這類化學反應即為氧化，會使組織細胞失去正常功能，甚至破壞遺傳 DNA，造成突變、引起癌症。

其實自由基是無所不在的，人之所以會老，也是因為我們的身體不斷進行著氧化還原作用，一連串的氧化作用會產生許多不安定的氧分子副產物，這些不安定的氧分子，就是近年來被生物學家稱為百病之源的「自由基」。

### 二、抗氧化物

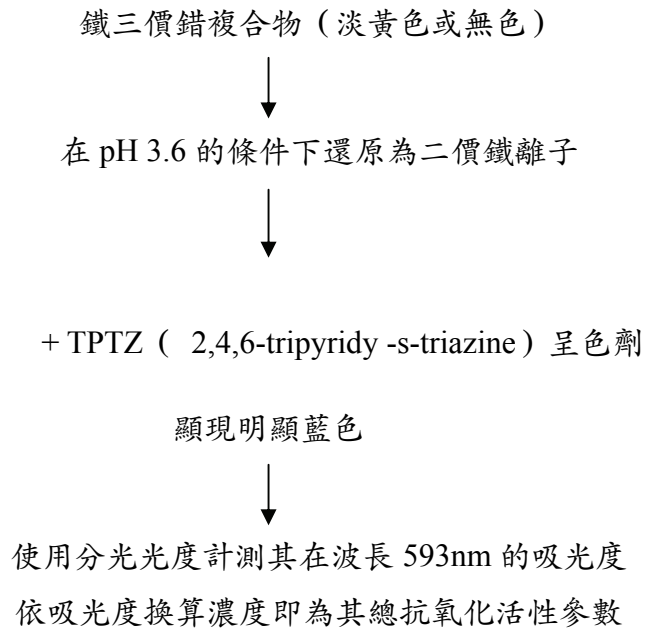
植物細胞正常代謝時，即會產生一些 ROS (reactive oxygen species)，幸而一般植物體本身的抗氧化機制即足以清除之。

抗氧化物是可以抵抗氧化作用、降低活性氧分子傷害的物質，能避免自由基帶來的鏈鎖反應，或中斷、破壞已經發生的鏈鎖反應，有清除自由基的效能。但其只能延緩氧化反應之起始期 (initiation phase) 或抑制增值期 (propagation)，無法防止氧化的產生。

抗氧化物主要有兩種：一種是預防性抗氧化物 (preventive antioxidants)，主要是阻止脂質過氧化作用中的起始反應 (initiation)，包括過氧化氫酶 (catalase)、過氧化酶 (peroxidase)、超氧化歧化酶 (super oxide dismutase ; SOD) 等。另一種則是中斷自由基鏈鎖反應的抗氧化物 (free radical chain-breaking antioxidants)，能干擾自動氧化的鏈鎖反應，使自由基轉變為穩定的物質，如維生素 C、維生素 E、β-胡蘿蔔素等。(Cloutre, 民 90)

### 三、試劑反應原理

Ferric-Reducing antioxidant power (FRAP) (Benzie and Strain, 1996)



### 四、試劑的製備

#### (1) FRAP

儲存液 Stocks

A、醋酸緩衝液 Acetate buffer

$\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , 300 mmol (3.1g) pH 3.6 +  $\text{CH}_3\text{COOH}$  16 ml

B、TPTZ 10mmol / liter + HCl 40 mmol / liter

C、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  20mmol / liter

工作溶液 Working FRAP reagent

混合 25ml stock A + 2.5ml stock B + 2.5ml stock C

※ 須在每次使用前新鮮配置 FRAP 試劑

#### (2) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ stock—100~1600 $\mu\text{mol}$ / liter

作為標準線時使用

#### (3) Antioxidants stock~100 $\mu\text{mol}$ /liter

在使用前一個小時將 Antioxidants 試劑準備好

(4) 0.1M 磷酸緩衝液 phosphate buffer (pH 7.6)

A、 $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  0.2M (27.8g in 1000ml)。

B、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  0.2M (53.65g of  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  or 71.7g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  in 1000ml)

混合 13.0ml的A溶液和 87.0ml的B溶液，並加 $\text{H}_2\text{O}$ 至體積為 400 ml。

(5) 0.1M 磷酸緩衝液 phosphate buffer (pH 7.6) + 0.1M EDTA

將 14.9g EDTA ( $2 \text{Na}^+$ ) (F.W : 372.24) 溶解於 0.1M 400ml的磷酸緩衝液中。

## 五、樣本萃取與總抗氧化活性測定

(1) 取 2 g 的植物組織切成碎片，置入冰枕的研鉢中，並加入少量的砂沙及 0.1 M 磷酸緩衝液 8 ml 加以研磨。吸取 1~1.5 ml 至微量離心管。

(2) 放入低溫離心機 (Sigma 202MK) 內離心 ( $4^\circ\text{C}$ ，13000 r.p.m，10 分鐘)。

(3) 離心完畢後，小心取出上層澄清液。

(4) 取新鮮配置的 FRAP 300 $\mu\text{l}$  (水浴預熱至  $37^\circ\text{C}$ )。

(5) 以分光光度計 (Hitachi U-2001) 在 593nm 波長下讀取空白樣本吸光度並作讀值。

(6) 將 10 $\mu\text{l}$ 樣品及 30 $\mu\text{l}$   $\text{H}_2\text{O}$ 加入FRAP 300 $\mu\text{l}$ 中混合均勻 (最終稀釋倍率 1/34)。

※ 若為 ELISA 分析，僅加入 FRAP 200 $\mu\text{l}$ 。

(7) 分光光度計下延遲 0.5 秒後紀錄其吸光值。

## 六、標準線的配置與做法：

(1) 配置：Ascorbic acid 標準液

最終濃度( $\mu\text{M}$ )	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
儲存液 ( $\mu\text{l}$ )	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\text{H}_2\text{O}$ ( $\mu\text{l}$ )	95	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
$\text{OD}_{593\text{nm}}$	0.14	0.21	0.42	0.53	0.84	1.12	1.24	1.33	1.47	1.68	1.79

※ 抗壞血酸 (Ascorbic acid) 儲存液濃度為 2000Mm

(2) 做法：

1. 取新鮮配置的 FRAP 300 $\mu$ l (水浴預熱法 37 $^{\circ}$ C)。  
※ 若為 ELISA 分析，僅加入 FRAP 200 $\mu$ l。
2. 以分光光度計在 593 nm 波長下做空白樣本吸光度校正。
3. 將 10 $\mu$ l 樣本及 30 $\mu$ l H<sub>2</sub>O 加入 200 $\mu$ l FRAP 中混合均勻。
4. 由分光光度記下 0.5 秒後之吸光值。

## 七、材料處理

1. 蔬菜萃取主要取葉片部位，至少五株以上混合萃取之，每一種蔬菜則分取三批次萃取，以增加取樣規模。
2. 不同水果間總抗氧化力的比較，主要是依據其果肉的部位。若是分析果實不同部位(皮、肉、籽)，則以徒手可輕易分離的組織分層取得，盡量減少黏附其他部位組織。

## 八、有機與無機栽培的處理方式

1. 有機栽培--以腐植土栽培，不另外施加任何化學肥料。
2. 無機栽培--以彰化縣和美鎮農地中的壤土栽培，不施加任何化學肥料。  
※ 本研究所使用之有機土為「台和有機大補帖有機培養土」，其內容物(原料)為米糠、木屑、蔗渣、泥煤、泥炭土等經發酵製造。

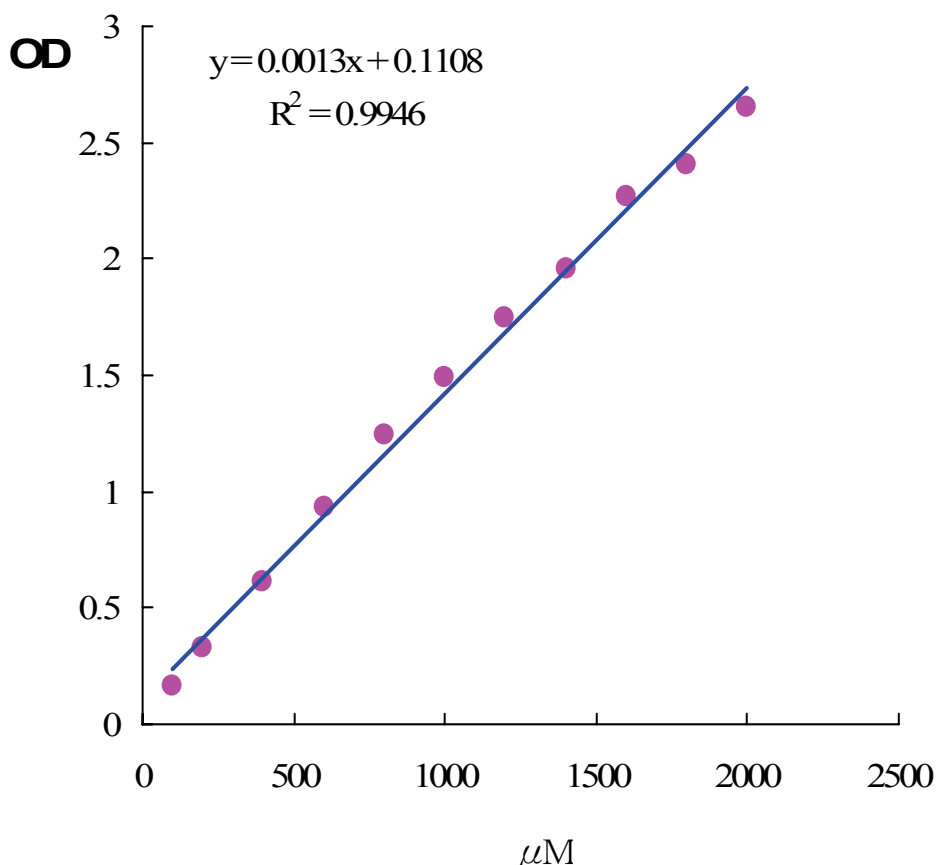
## 九、乳製品施肥材料為過期瑞穗鮮乳，均勻淋灑於栽培基質上。

## 伍、研究結果

### 一、標準曲線

圖二以抗壞血酸 (Ascorbic acid) 標準液所建立的標準線，主要作為各測試樣品之總抗氧化力的參考值。由於蔬果或飲料中之抗氧化力是來自於多種成分，在無法釐清單一成分抗氧化力的條件下，藉由抗壞血酸作為各測試樣品的總抗氧化力參數指標，以便於分析比較。

此標準線是利用各標準液的濃度與其相對應的吸光值 (OD<sub>593nm</sub>) 以EXCEL (Microsoft Inc.)軟體作圖，並取其直線回歸，以回歸直線公式做為之後換算所測樣品當量之依據。R-square值顯示，標準液之濃度與吸光度間有非常顯著的直線回歸趨勢。



圖二：不同濃度抗壞血酸 (Ascorbic acid) 作為標準溶液，其 593nm 波長之對應吸光值及回歸曲線

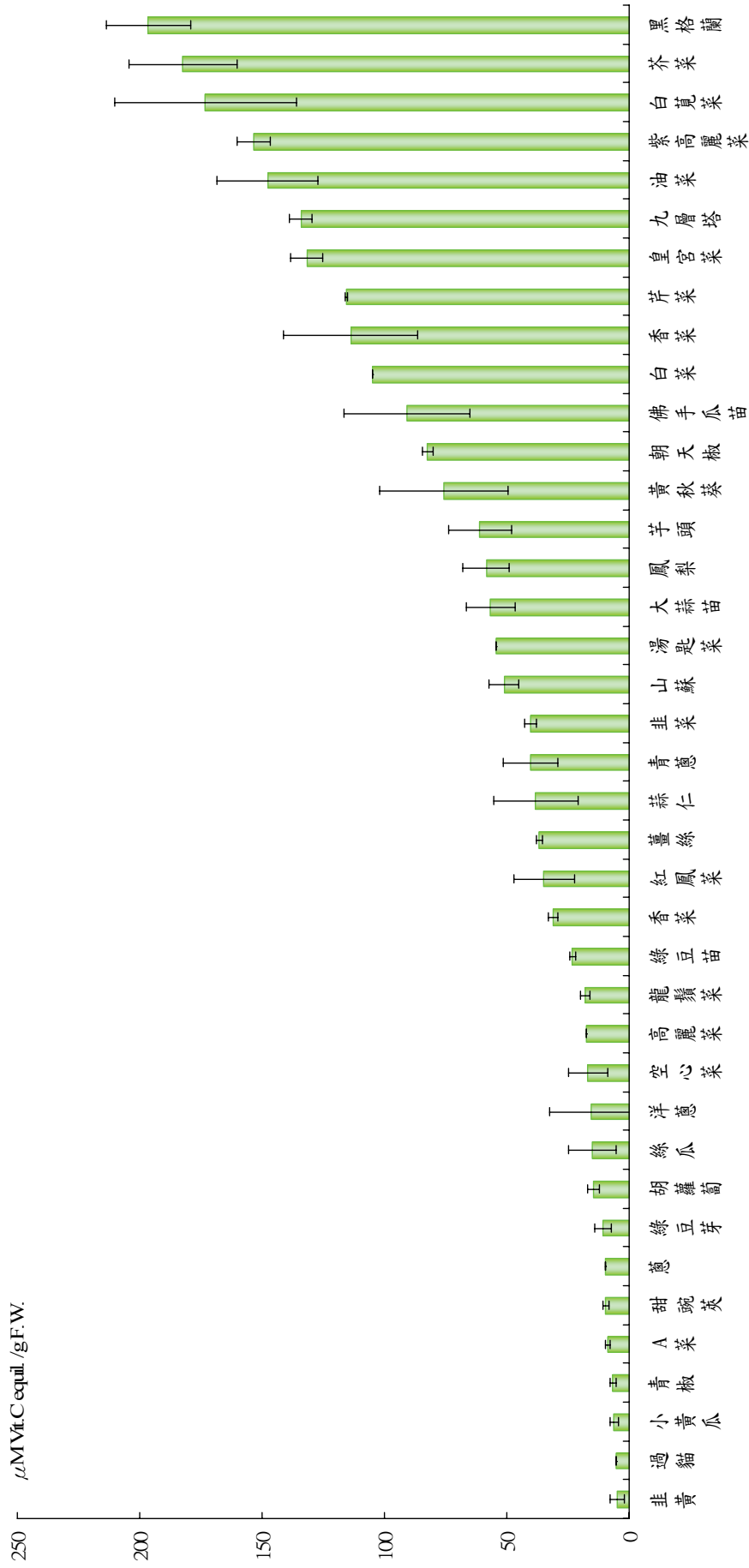


## 二、常見蔬菜抗氧化力測定

在許多報章廣告中，常見一些強調食物抗氧化能力的說法。因此，先行針對市面上一些常見的蔬菜其抗氧化能力之先行調查，以做為食品挑選的參考依據，並作為後續分析材料的選擇參考。

就數種市場常見的蔬菜樣品中(圖三)，我們以所有樣本的平均值( $59.33 \mu\text{M ascorbic acid/g FW}$ )加減一個標準差( $55.52 \mu\text{M ascorbic acid/g FW}$ )作為界定蔬菜總抗氧化活性較佳及較差的依據，可以看出以芹菜、油菜、皇宮菜、九層塔、紫高麗菜、白莧菜、芥菜、黑格蘭等均高於  $114.85 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ ，韭黃則為測試樣本中最低者(約  $4.70 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ )。

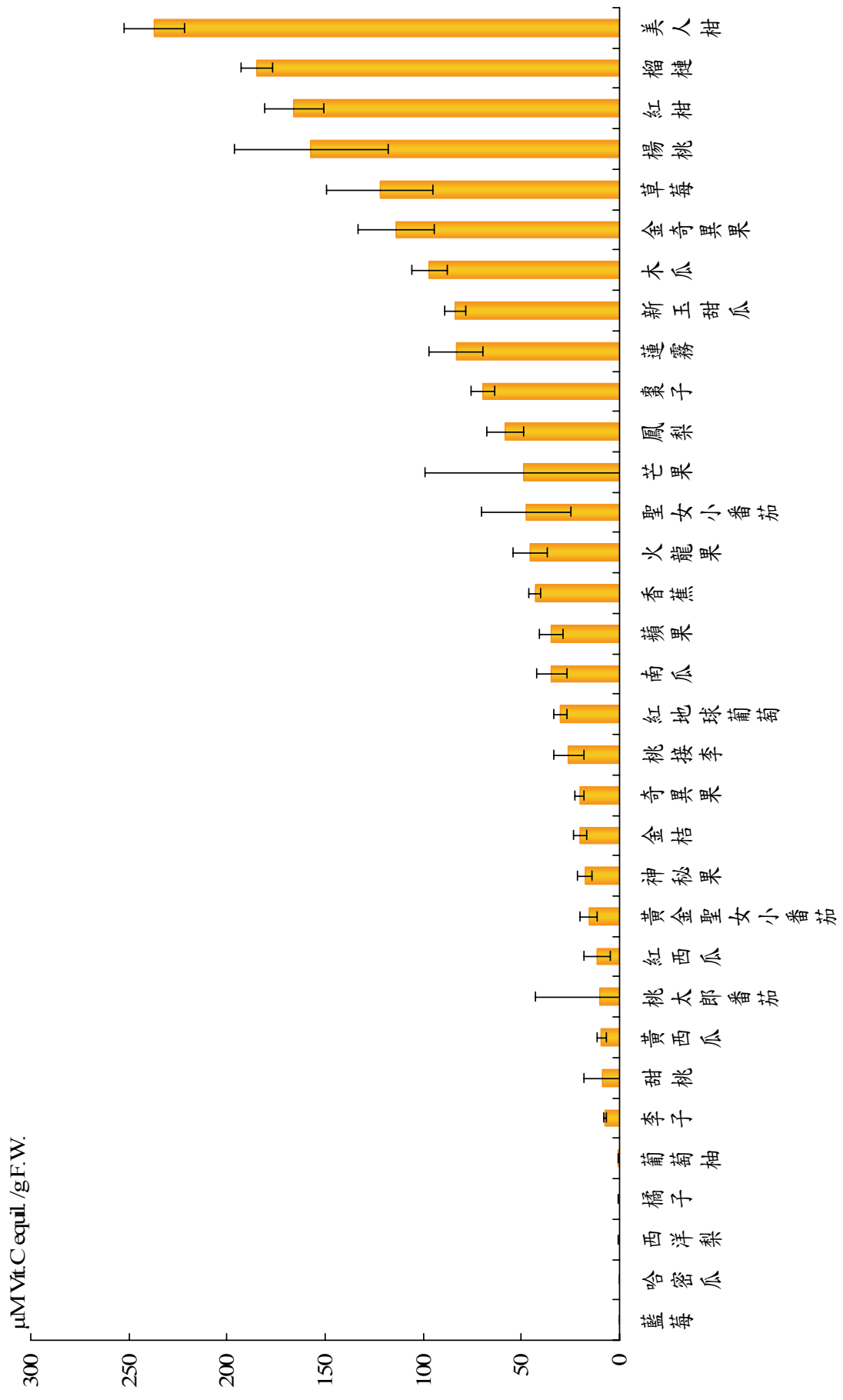
將蔬菜區分為四種類別：葉菜、根莖、芽菜、果實等四類，比較這些類別間的差異性。變方分析結果顯示，不同類別蔬菜間總抗氧化活性有顯著差異 ( $p < 0.05$ )，但 Scheffe 事後檢定則顯示，兩兩蔬菜類別間差未達顯著水準。



圖三：數種常見蔬菜總抗氧化力的比較圖

### 三、常見水果總抗氧化力分析

對於市場上常見水果的分析結果中(圖四),我們以所有樣本的平均值( $54.70 \mu\text{M ascorbic acid/g FW}$ )加減一個標準差( $60.67 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ )作為界定水果總抗氧化活性較佳及較差的依據,其中草莓、楊桃、紅柑、榴槤、美人柑總抗氧化能力屬較高者( $115.37 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ 以上),而美人柑的總抗氧化力遠高於其他水果(約  $237.26 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ )。蓮霧、新玉甜瓜、木瓜、金色奇異果也有相當好的總抗氧化力( $83.31 \sim 113.87 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ )。藍莓、哈密瓜、西洋梨、橘子、葡萄柚則屬總抗氧化能力較低群(均低於  $0.35 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ )。

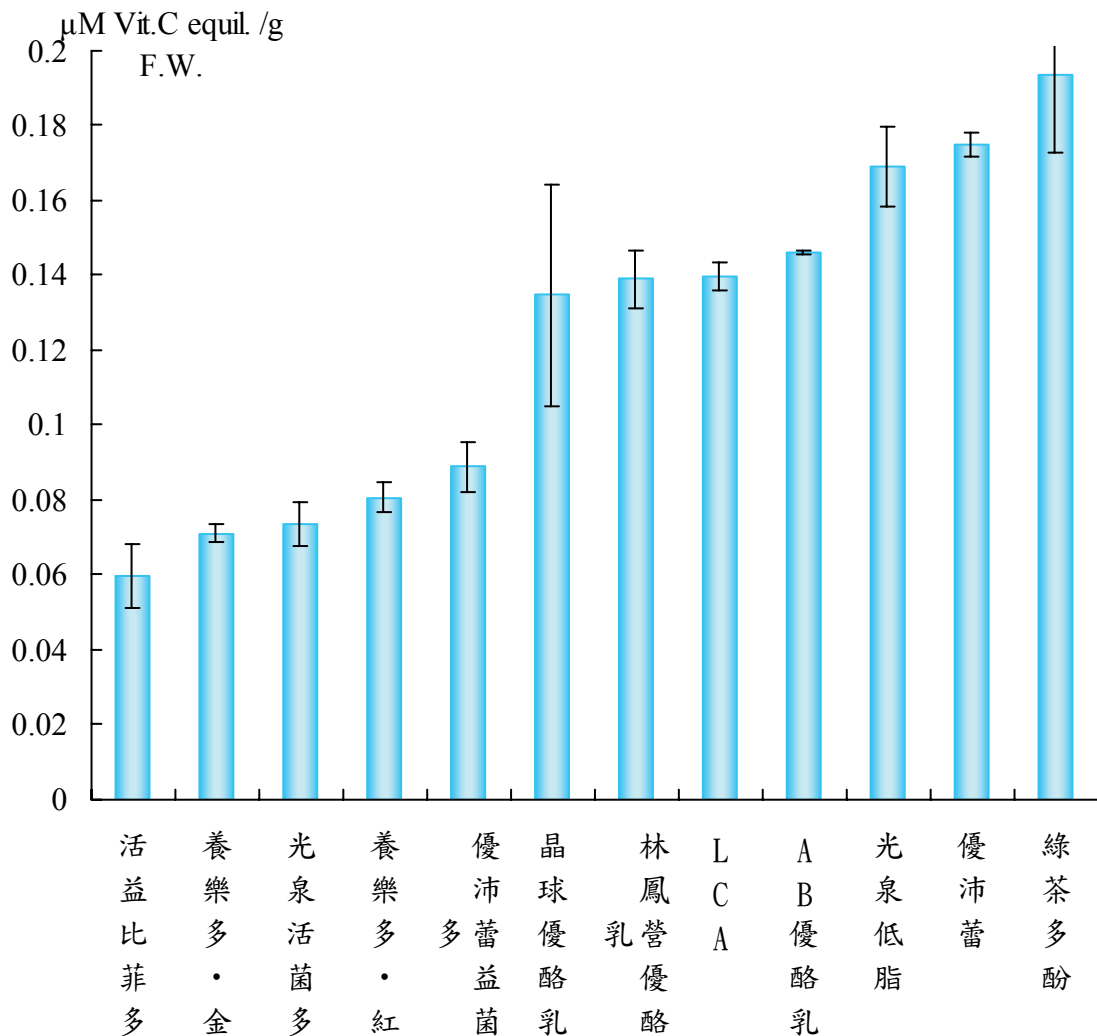


圖四：數種常見水果總抗氧化力之比較圖

#### 四、乳酸飲料的抗氧化力分析

乳酸飲料近幾年來為媒體廣告的當紅寵兒，因此針對市場上常見的乳酸飲料進行分析。由於這類食品均為液態，因此均直接取飲料原液加入 FRAP 測定吸光值。

就本實驗所分析的樣品中(圖五)，以綠茶多酚優酪乳最高，與光泉低脂優酪乳、優沛雷、LCA、AB 優酪乳、林鳳營優酪乳、晶球優酪乳等飲品，其總抗氧化力均在平均位  $0.12\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$  以上。優沛雷益菌多、養樂多、光泉活菌多、活益比菲多等優酪乳製品則低於平均值以下，活益比菲多則為分析樣本中最低者 ( $0.06\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$ )



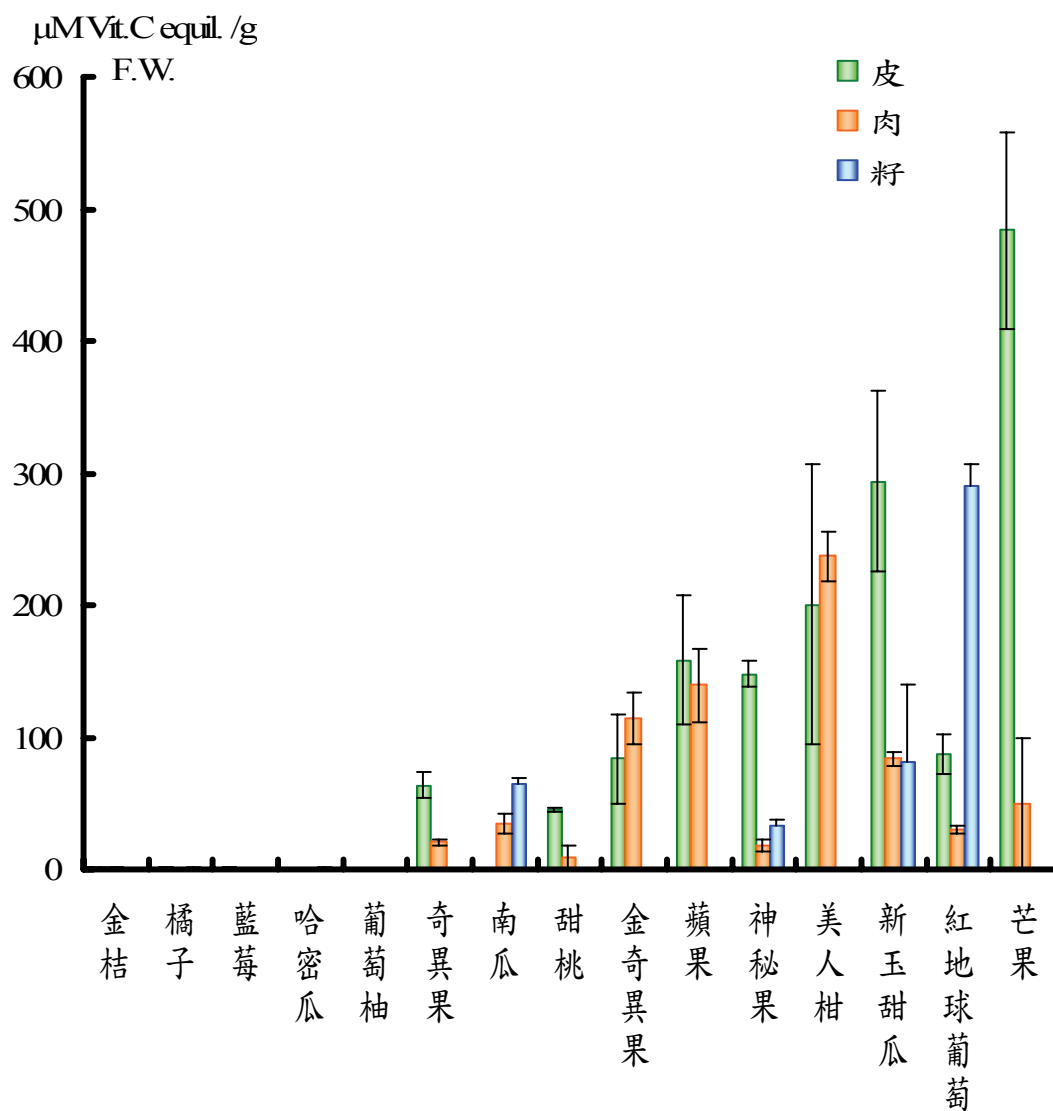
圖五：數種常見乳酸菌飲料總抗氧化力的比較圖

#### 五、果實不同部位抗氧化力之差異比較

由於植物的不同部位所含的抗氧化物可能有所不同，為了進一步瞭解民眾習以為常的水果食用部位，是否在抗氧化前提下是真正營養的部份，因此針對果實的不同組成部分，進一步分析其彼此差異。某些水果果皮或種子，因無法成功萃取內容物，而部分或未列入分析。

在分析的樣品中，不同水果及不同部位的抗氧化力差異極大（圖六）。果皮部分以芒果、新玉甜瓜、美人柑的 Ascorbic acid 當量值較高（200.74 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.以上），金桔、哈密瓜、葡萄柚則較低（約 0.84 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.以下）；果肉以美人柑、金奇異果、蘋果最高（113.87 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.以上），橘子、哈密瓜、藍莓最低（約 0.12 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.以下）；種子則以紅地球葡萄最高（約 290.34 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.），哈密瓜、橘子較低（約 1.14 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.以下），（金桔、藍莓、葡萄柚、奇異果、蘋果、美人柑、甜桃、芒果未成功萃取種子內含物）。

針對不同水果汁不同不同部位總抗氧化力的差異進行變方分析（表一），結果顯示不同水果間、果實不同部位間抗氧化活性均具有非常顯著的差異（ $p < 0.001$ ），且不同水果種類之不同部位亦具有非常顯著的差異（ $p < 0.001$ ）。



圖六：數種常見水果之不同部位總抗氧化力之比較圖

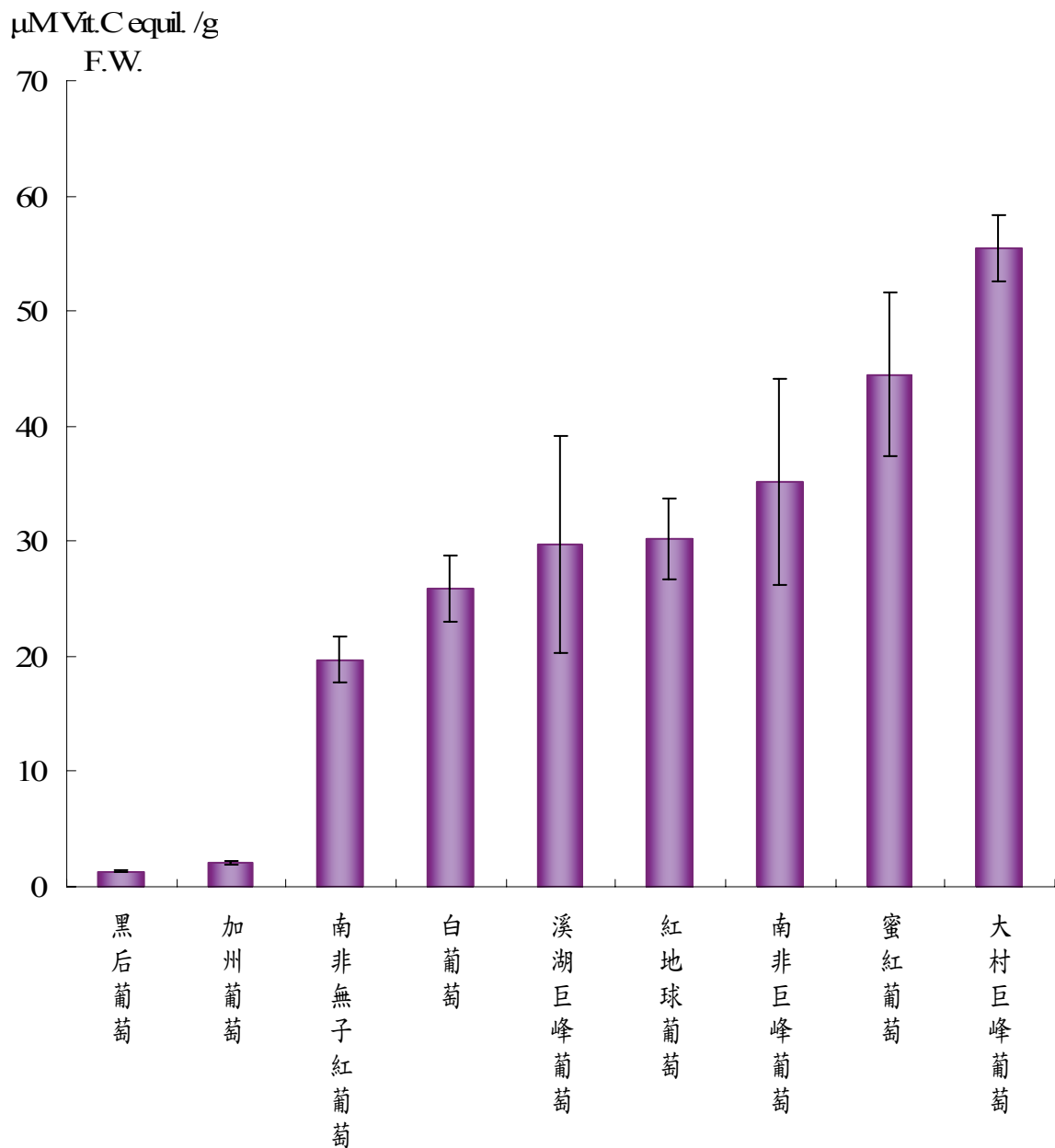
表一：不同水果及果實不同部位間的變方分析結果

來源	Type III 平方和	自由度	均方	F值	顯著機率
校正後模式	386.190 <sup>(a)</sup>	14	27.585	33.744	.000
截距	217.639	1	217.639	266.230	.000
種類	253.395	4	63.349	77.492***	.000
部位	33.539	2	16.770	20.514***	.000
種類*部位	95.002	8	11.875	14.527***	.000
誤差	23.707	29	.817		
總和	635.421	44			
校正後總和	409.897	43			

<sup>(a)</sup> : R Squared = .942 (Adjusted R Squared = .914) ; \* : p<0.05    \*\* : p<0.01    \*\*\* : p<0.001

## 六、不同品種的葡萄

市面上水果常有多種品種，為瞭解品種間不同部位的差異，針對葡萄進一步蒐集市面常見種類加以分析。以取得的葡萄品系中(圖七)，以巨峰、溪湖巨峰、蜜紅果肉的 Ascorbic acid 當量值最高 (44.49 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.以上)，黑后、加州葡萄則相差小、總抗氧化力低 (2.11 $\mu$ M Vit. C equil./g F.W.以下)。

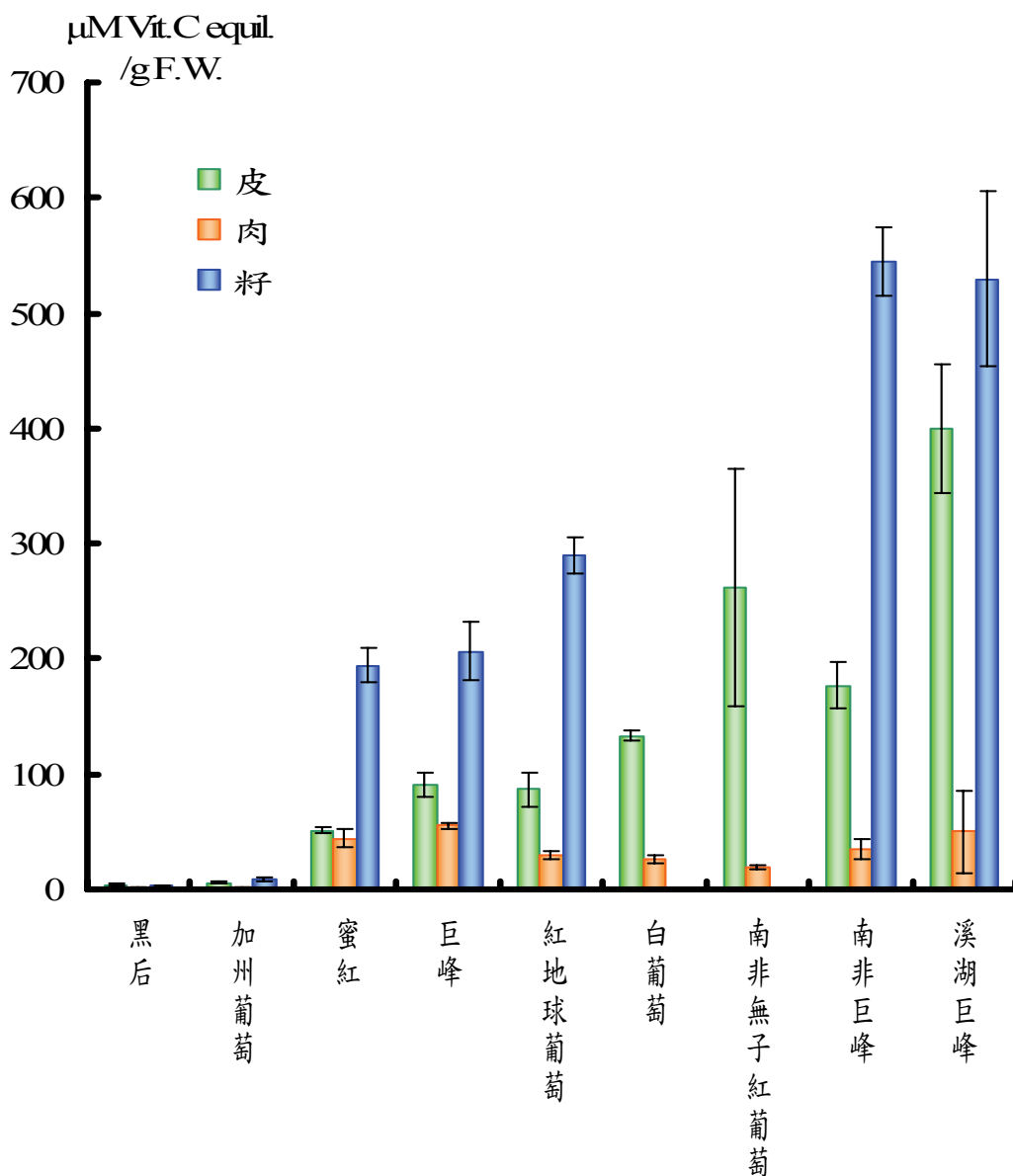


圖七：數種不同品種葡萄總抗氧化力的比較圖



## 七、葡萄果實不同部位的抗氧化力值比較

對於不同品種葡萄其果實不同部位之總抗氧化力，於分析之樣品中（圖八），可以看出葡萄籽以溪湖巨峰、南非巨峰的總抗氧化力較高（約 529.41  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$  以上），黑后、加州葡萄則較低（2.95  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$  以下）；果肉以巨峰、蜜紅較高（約 44.49  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$  以上），黑后、加州葡萄則較低（約 2.11  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$  以下）；葡萄皮則以溪湖巨峰最高（399.88  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$ ），黑后、加州葡萄則較低（4.33  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$  以下）。



圖八：數種不同品種葡萄果實之不同部位總抗氧化力的比較圖

對於不同品種葡萄及其不同果實部位的差異分析，變方分析結果（表二）顯示不同品種葡萄間、同一品種葡萄果實之不同部位間均具有非常顯著的差異（ $p < 0.001$ ）。整體而言葡萄品種與果實部位對於總抗氧化活性均有明顯的影響，變方分析結果（表二）非常顯著（ $p < 0.001$ ）。

表二：不同葡萄品種與其果實不同部位之變方分析表

來源	Type III 平方和	自由度	均方	F值	顯著機率
校正後模式	176552.145 <sup>(a)</sup>	11	16050.195	78.137	.000
截距	182927.175	1	182927.175	890.542	.000
品類	70781.127	3	23593.709	114.861***	.000
部位	61802.764	2	30901.382	150.437***	.000
品類*部位	43968.254	6	7328.042	35.675***	.000
誤差	4929.868	24	205.411		
總和	364409.188	36			
校正後總和	181482.013	35			

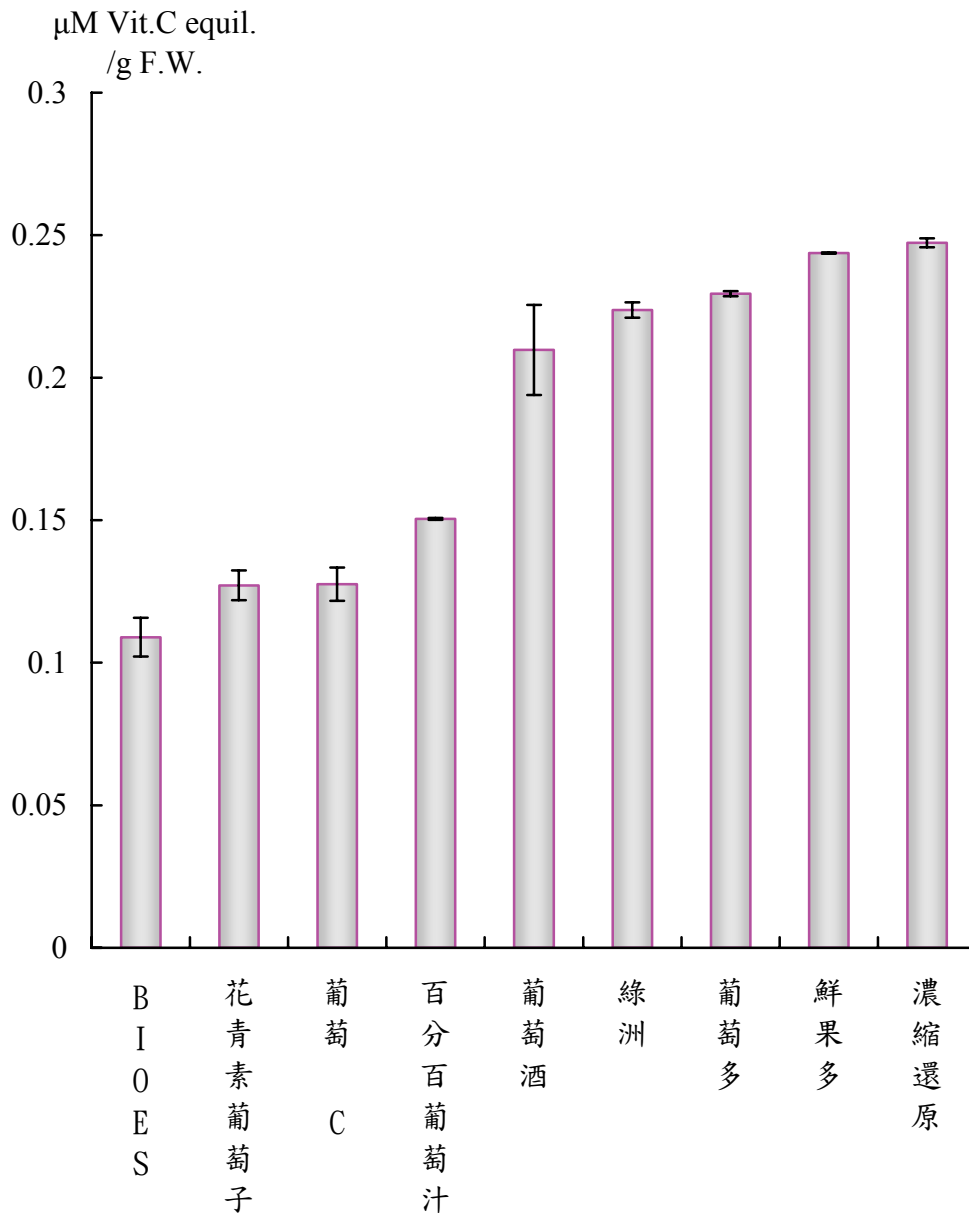
<sup>(a)</sup> : R Squared = .973 (Adjusted R Squared = .960)

\* :  $p < 0.05$     \*\* :  $p < 0.01$     \*\*\* :  $p < 0.001$

## 八、葡萄加工產品的抗氧化力

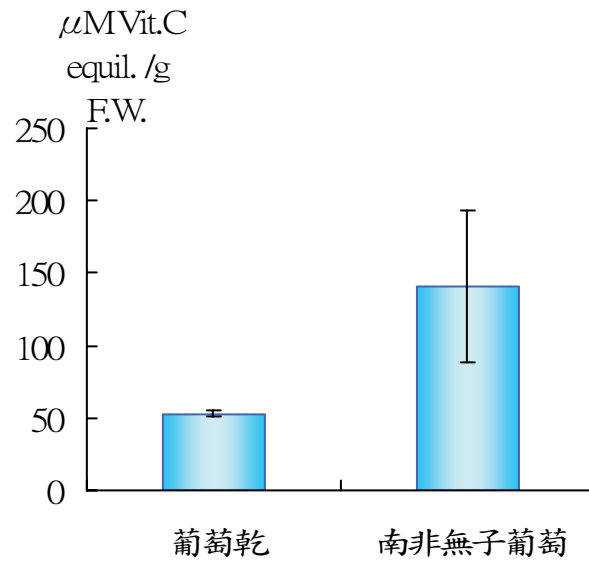
食品加工是為保存食物成分、價值、風味而針對新鮮食物的處理，因葡萄不僅有新鮮產品可食，亦有多種加工品可選擇，如果汁、乾貨、釀造紅葡萄酒等。

針對市場上常見葡萄汁（圖九），其總抗氧化力幾乎均低於（ $0.25 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ ），其中濃縮還原、鮮果多等葡萄汁及釀造紅葡萄酒總抗氧化力較佳（ $0.2 \mu\text{M Vit. C equil./g F.W.}$ 以上）。



圖九：數種葡萄加工產品總抗氧化力的比較圖

至於葡萄乾之 Ascorbic acid 當量值(圖十),與南非無籽新鮮葡萄有一段差距(約差 90.0µM Vit. C equil./g F.W.)。顯示新鮮葡萄經乾燥加工後,其總抗氧化能力明顯下降。

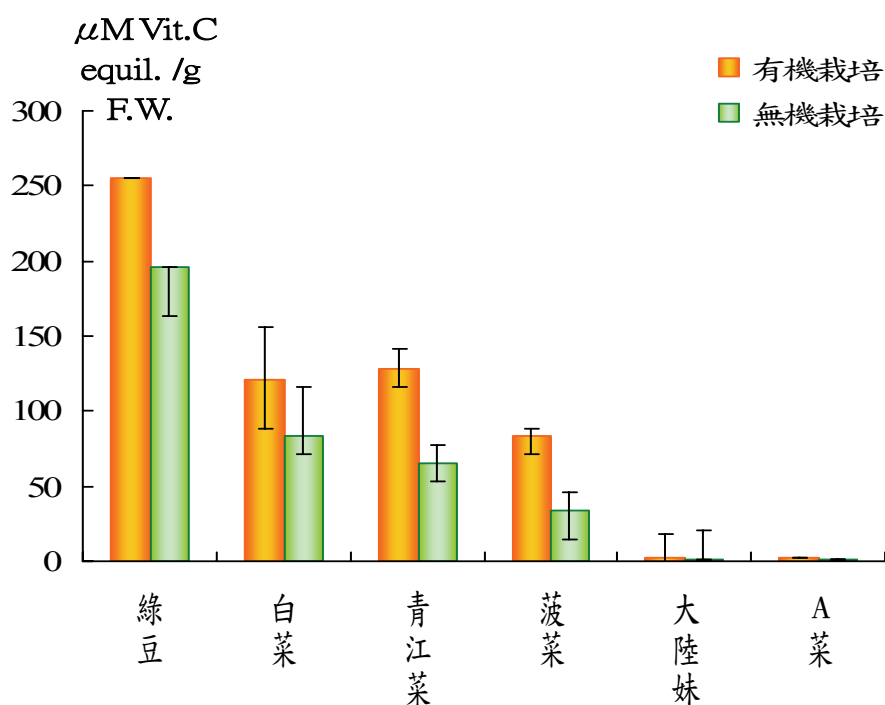


圖十：葡萄乾與南非無籽葡萄之比較

### 九、蔬菜有機與無機栽培對抗氧化力的影響

有機農業的潮流已有多年歷史，近來除強調有機栽培外，部分蔬果甚至強調牛奶、發酵乳等施肥方式，可為農產品營養價值再加分。

本研究以生長期短的蔬菜，作為探討有機腐植土與一般壤土栽培，是否會造成蔬菜抗氧化力差異的材料。包含綠豆、白菜、青江菜、菠菜、大陸妹、A 菜等。



圖十一：蔬菜有機與無機栽培總抗氧化力的比較圖

針對栽培基質差異方面，使用有機培養土栽植的蔬菜，其總抗氧化力確實高於一般壤土栽培者，變方分析結果（表三）非常顯著（ $p < 0.001$ ）。

表三：蔬菜栽培基質差異對其總抗氧化活性影響之變方分析表

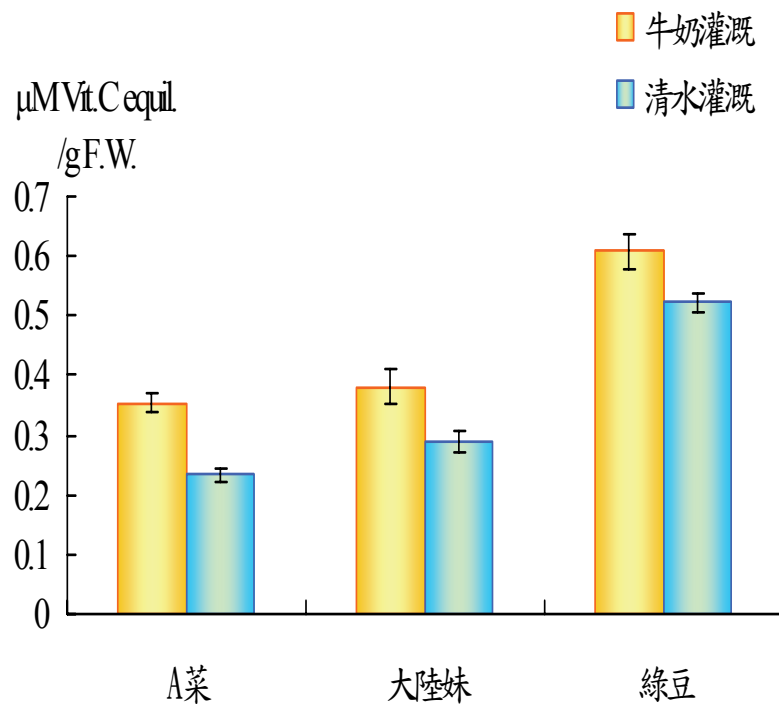
來源	Type III 平方和	自由度	均方	F值	顯著機率
校正後模式	225422.357 <sup>(a)</sup>	11	20492.942	70.258	.000
截距	235947.023	1	235947.023	808.924	.000
種類	208423.645	5	41684.729	142.912***	.000
栽培	11228.606	1	11228.606	38.496***	.000
種類*栽培	5770.106	5	1154.021	3.956**	.009
誤差	7000.324	24	291.680		
總和	468369.704	36			
校正後總和	232422.681	35			

<sup>(a)</sup> : R Squared = .970 (Adjusted R Squared = .956) ; \* :  $p < 0.05$  \*\* :  $p < 0.01$  \*\*\* :  $p < 0.001$

## 十、有機蔬菜以牛奶施肥的影響

至於使用牛奶作為施肥方式是否有益於增加蔬菜的抗氧化力。以綠豆、大陸妹、A 菜等材料，同樣栽植於有機培養土中分別以清水及牛奶灌溉培養。

結果以牛奶施肥栽培的蔬菜，明顯比單純以清水灌溉之對照組，在總抗氧化力的表現上來的更好（圖十二），變方分析結果（表四）顯示有非常顯著的差異（ $p < 0.001$ ）。



圖十二：牛奶施肥對數種蔬菜總抗氧化力的影響

表四：蔬菜栽培的施肥差異對其總抗氧化活性影響之變方分析表

來源	Type III 平方和	自由度	均方	F值	顯著機率
校正後模式	.040 <sup>(a)</sup>	3	.013	51.040	.000
截距	1.186	1	1.186	4579.213	.000
種類	.005	1	.005	20.597**	.002
栽培	.034	1	.034	129.828***	.000
種類*栽培	.001	1	.001	2.695	.139
誤差	.002	8	.000		
總和	1.228	12			
校正後總和	.042	11			

<sup>(a)</sup> : R Squared = .950 (Adjusted R Squared = .932)

\* : p<0.05    \*\* : p<0.01    \*\*\* : p<0.001

## 陸、討論

- 一、 整體而言，總抗氧化力的高低，蔬菜（平均值：59.33  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$ ）優於水果（平均值：54.70  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$ ），水果優於一般的加工飲料（平均值：0.12  $\mu\text{M Vit. C equil.}/\text{g F.W.}$ ）。因此，新鮮的蔬、果確實為食品的良好選擇。
- 二、 不同類別蔬菜間具有抗氧化活性的差異，可能與不同部位色素或抗氧化酶等物質含量，在植物體不同部位或組織含量不同所致。
- 三、 在不同種類的水果當中，柑橘類的美人柑與紅柑等均有不錯的抗氧化力，目前當紅的葡萄亦有不錯的當量值。至於較為平價的水果中，楊桃、金色奇異果、草莓、榴槿等，同樣可以列為平時水果食用的優先選擇。
- 四、 Pellegrini *et al.* (2003) 等學者針對多種水果的總抗氧化力的研究結果，以三十種水果的總抗氧化力差異而言，顯示葡萄的抗氧化力為第十二（黑色皮）與第二十五順位（白色皮），與本研究結果紅地球葡萄的第十八順位均屬中上等級；葡萄柚則在該研究中約與葡萄相當，本研究結果則明顯低於葡萄。至於藍莓的總抗氧化力，該研究結果顯示此水果之總抗氧化力較葡萄佳（第九名），但本研究的水果中則顯示其總抗氧化力最低。由於本研究所取的藍莓樣本為去皮後只取果肉的部份，而與他份研究報告中取整顆果實作為樣本的方式不同，推測是在取樣方式的不同造成的差異。
- 五、 至於在果實不同部位（皮、肉、籽）的比較上，雖然多數水果均以果肉為主要食用部位，主要原因在於果肉部位甜度、水分、口感較佳，其他部位相對不適合直接食用。但以本研究的結果顯示，許多水果果肉總抗氧化力偏低，雖然抗氧化活性並非水果養分的唯一組成，但在抗氧化的前提下，美人柑、榴槿、紅柑、楊桃、草莓等均為很好的選擇。至於其他水果總抗氧化活性偏低的原因，可能是果肉部分的含水分較高，因此相對測得的當量值便偏低，若是增加攝取量，或可得到相同效果。
- 六、 水果的種籽和皮的總抗氧化力的表現方面相當令人稱許，但即使直接食用，可能因為難以消化，不一定能夠獲得其中的抗氧化成分。或許可以藉由其他的簡單處理，增進對於水果更有效的利用方式。
- 七、 對於部分水果的總抗氧化活性與其他學者的研究有所出入差異，可能因為不同的部位



適用的萃取方法或萃取緩衝液條件不同，因此造成方法誤差。因此，或許可以從改進萃取及緩衝液條件，以求得更精確的結果。

- 八、 葡萄的部份，雖然在果肉方面，與其他種類的水果相較之下偏低，但葡萄籽所測得的總抗氧化能力卻十分地高，應與葡萄籽中含有OPC (Oligomeric Proanthocyanidins)、類黃酮醇、沒食子酸 (gallic acid) 等抗氧化物質有密切的關係 (Clouatre, 民 90)。。本實驗的結果可與近來葡萄籽在生機食品所受到的重視相呼應。
- 九、 在葡萄加工產品中，飲料的部分明顯 Ascorbic acid 當量值均偏低，即使紅酒亦是如此。但葡萄乾的當量值遠較其他加工產品 (果汁、酒) 來得高。可能是製造過程中，葡萄乾是以整顆果實製作，包括皮、肉等部份，且乾燥過程並未受到高溫影響，大量破壞其抗氧化物活性。相對上其他果汁、紅酒等因為僅取汁液的部份，且含水量原本較高，造成其總抗氧化活性偏低。
- 十、 在有機與無機基質栽培的比較中，有機的蔬菜所測出的 Ascorbic acid 當量皆明顯高於無機的蔬菜，可能是因為有機栽培使用的腐植土，其含氮養分等較一般頻繁栽植的壤土豐富，對於其生化合成較為有利，而導致兩者的差異。
- 十一、 在牛奶灌溉與清水灌溉的比較中，以牛奶灌溉的蔬菜所測出的 Ascorbic acid 皆高於以清水灌溉的蔬菜，推測是因為牛奶中所含蛋白比例較高，對於土壤氮肥有明顯的助益，蔬菜生長良好，因而使其總抗氧化能力較高。就栽培上的實際觀察，以牛奶施肥的蔬菜，其葉片明顯較為深綠，而抗氧化物質中，部分成分為植物色素，因此兩者應有相關性。

## 柒、結論

- 一、由於水果、蔬菜中的抗氧化活性有所差異，因此對於日常飲食的蔬、果選擇宜多樣化，以盡量取得各種不同的抗氧化物，以及增加抗氧化物的攝取量
- 二、因不同部位蔬菜總抗氧化活性有所差異，因此對於蔬菜選擇應有不同類別的搭配。
- 三、由於水果不同部位的抗氧化活性具有明顯差異，因此若僅以習慣的果肉攝取方式，可能無法獲得較為豐富的抗氧化物。若能適當的配合其他食物處理方法，如榨汁、均質或萃取等，應該可以獲得更豐富的水果營養。
- 四、飲料加工品或許有一定的抗氧化物，但因飲料中糖份同樣也高，因此可以斟酌搭配一般新鮮食品食用。
- 五、有機栽培確實比一般壤土栽培效果好，且許多有機蔬菜、水果的農藥污染亦低，因此對於有機蔬菜、水果的食用，建議可以列入購買的優先參考。
- 六、牛奶施肥確實對於作物的抗氧化物含量有所影響，因此適度增加土壤氮肥等，應該有助於增加蔬、果中的養分含量。

## 捌、參考資料

Clouatre, D. (民 90)。心血管的救星、抗氧化的奇兵，葡萄籽。台北市。世茂。

Benzie, I.F.F. and J.J. Strain. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70-76.

Pellegrini, N., M. Serafini, B. Colombi, D. D. Rio, S. Salvatore, M. Bianchi and F. Brighenti.(2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J. Nutr.* 133:2812-2819.

Szöllösi, R. and I. S. Varga.(2002). Total antioxidant power in some species of Labiatae (Adaptation of FRAP method). *Proceedings of the 7th Hungarian Congress on Plant Physiology.* 46: 125-127.

陳冠良(民91年11月6日)。抗氧化作用及測量抗氧化力之方式。民94年，取自：

<http://www.ntou.edu.tw/fs/student/seminar/911/79.doc>

## 040705 蔬果與飲料總抗氧化活性之研究

1. 主題生活化、實用性。
2. 實驗材料取材甚多，惜缺被公認抗氧化活性相當好的綠色花椰葉。
3. 實驗過中控制變因未能確定把握，如溫度。