

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物科

030312

薑抗氧化能力之相關探討

學校名稱：臺中縣立大安國民中學

作者： 國三 黃馨儀 國三 蔡有泰 國三 陳炯弘 國二 高松澤	指導老師： 蔡啟堂 蘇智勇
---	-----------------------------

關鍵詞：薑黃、抗氧化

薑抗氧化能力之相關探討

摘要

本篇採用薑做為材料，主要探討薑抗氧化能力與環境因子的關係，結果發現老薑的抗氧化能力優於嫩薑、環境因素對薑抗氧化能力的影響力依序為光(紫外線)>溫度>酸鹼>金屬離子(鎳、鋅)、薑黃萃取液也具有阻絕紫外線照射及能抑制微生物生長(薑黃含量 20%時抑菌率為 49%)。此外，實驗過程改良前人氫氧自由基測試方法，配合自製光度計，得到標準曲線 R^2 為 0.9078，也免去須貴重儀器測量之不便。

壹、研究動機

幾個月前學校舉辦全校性的路跑活動，當天因天氣不佳，頗有寒意，只見學校準備了一鍋鍋的薑汁要讓跑完全程的同學去寒。對於薑，平時就常聽說薑有許多益處，民間更流傳「晨吃三片薑，賽過人參湯」、「晚吃蘿蔔早吃薑，不用醫生開藥方」等諺語，加上當時正上到理化課氧化還原一章，頓時我們靈機一動，詢問了老師有關薑的相關問題後，便引起我們對薑抗老化功效的興趣，於是展開了這場探討之旅。

貳、研究目的

本實驗目的有七項:

- 一、自製光度計的測試。
- 二、嫩薑和老薑含量對抗氧化能力(氫氧自由基試驗及 DPPH 試驗)的比較。
- 三、維他命 C 與薑汁萃取物抗氧化能力(DPPH 試驗)的比較。
- 四、環境因子對薑汁萃取物抗氧化能力(DPPH 試驗)的影響：
 - (一)溫度的影響。
 - (二)光照(紫外線)的影響。
 - (三)酸鹼的影響。
 - (四)金屬離子的影響。
- 五、薑汁萃取物的鑑測與分離。
- 六、薑汁萃取物對紫外線照射量的影響。
- 七、薑汁的抑菌實驗。

參、研究設備及器材

本實驗的材料與器材:

一、實驗材料

嫩薑(剛發芽沒多久)、老薑、DPPH (α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl)、氯化鐵、EDTA-Na、亞甲藍、雙氧水、甲醇、乙醇、二氯甲烷、乙酸乙酯、醋酸、矽藻土、澱粉、廣用試劑、

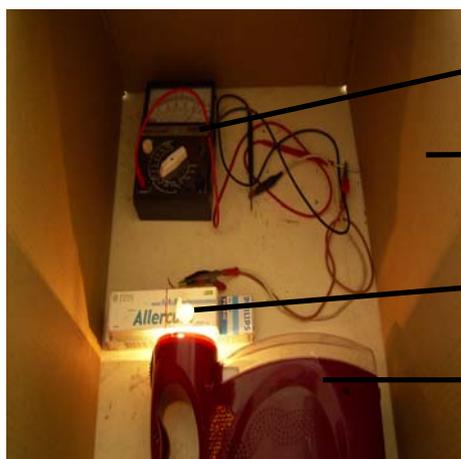
氫氧化鈉、鹽酸、維他命 C(sigma 出品)、硝酸鉛、硫酸亞鐵、硫酸鋅、硫酸銅、硫酸鎳、濾紙、硼酸、水楊酸、千元紙鈔。

二、實驗器材:

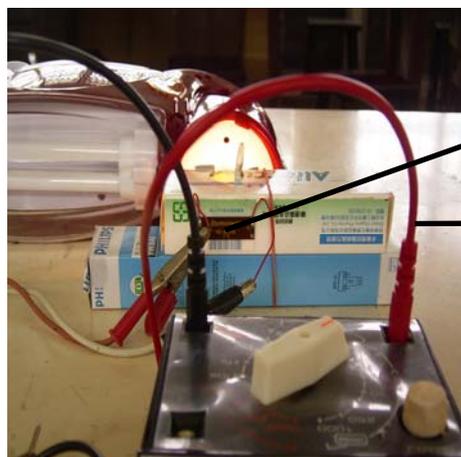
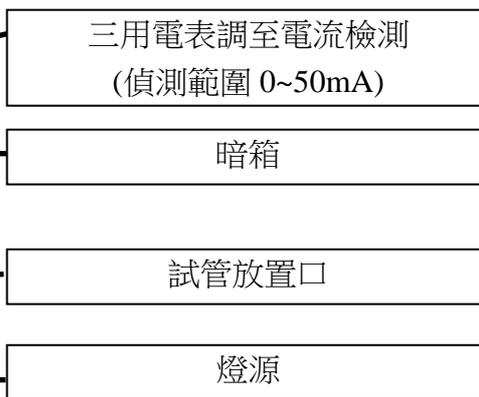
自行設計的光度計、滴管、微量滴管、分液漏斗、漏斗、刮杓、量筒、燒杯、試管、玻璃片(15cm x 3cm)、廣口瓶、碼表、果汁機、暗箱、電子天平、相機、玻棒、蒸發皿、加熱板、烘箱、紫外線(UVA, FLS13W/BLB GX23 110V)燈。

肆、研究過程或方法

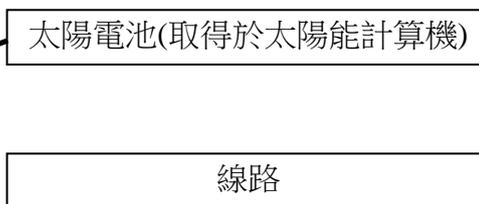
一、自行製作之光度計圖解



俯視圖



側視圖



二、抗氧化能力檢測方法

常見的抗氧化能力測試有：氫氧自由基(OH·)測試法(Fenton 反應)、DPPH 清除檢測法、活體內(*in vivo*)抗氧化分析方法、普魯士藍還原力檢測、超氧陰離子能力測定、碘還原反應...等方式，本實驗採用氫氧自由基(OH·)測試法、DPPH 清除檢測法來做為抗氧化能力的檢測。

(一)氫氧自由基測試方法(Fenton 法)

1、原理：Fenton 氧化原理於 1894 年由 Fenton 提出 H_2O_2/Fe^{2+} 機制，利用 Fe^{2+} 的存在下

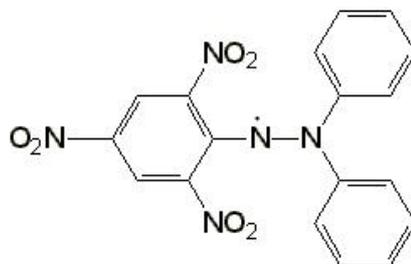
催化 H_2O_2 ，產生氫氧自由基（ $OH\cdot$ ），由於 $OH\cdot$ 氧化能力為目前所知最強，即可利用其和待測物競爭反應，了解待測物抗氧化的能力。氫氧自由基有許多檢測方式（ESR、化學發光法、螢光法、電化學法..等），較常見方法之一是利用加入水楊酸鈉和 $OH\cdot$ 反應後，用高效能液態層析儀分析產物量的多寡判定反應的效力。由於我們沒有高價格的機器，但以往研究(11、12)得知Fenton法可處理染料廢水，於是我們利用實驗室最常見的亞甲藍代替水楊酸鈉，利用亞甲藍被 $OH\cdot$ 分解後由藍色轉為無色，再由顏色變化得知抗氧化的能力。亞甲藍被 $OH\cdot$ 分解越多，溶液顏色變淡較多使自製光度計的電流越高，表示該待測物抗氧化能力較差；亞甲藍被 $OH\cdot$ 分解越少，溶液顏色變淡較少使電流越低，表示該待測物抗氧化能力較好。

2、實驗步驟（參考文獻2並改良）：

- (1) 配置10mM的 H_2O_2 和6mM的 $Fe^{2+}-EDTA$ 溶液備用。
- (2) 依序加入水、待測樣品(量視實驗需要)、 $60\mu l$ 亞甲藍液和0.5ml H_2O_2 ，使總溶液量為2.5ml。
- (3) 加入催化劑0.1ml的 $Fe^{2+}-EDTA$ 。
- (4) 將各待測物於自行設計的光度計中測量。

(二) DPPH 測試方法

- 1、原理：DPPH 含有奇數個電子的安定自由基，在甲醇或乙醇溶液中成深紫色，在波長517nm 下有強吸收值，當DPPH 被具有具抗氧化能力物質(強還原劑)還原時，就能清除 DPPH 自由基使吸光度降低(溶液變無色或黃色，式1)，就可算出DPPH的清除率，了解待測物的抗氧化能力。電流高表示溶液顏色較淡，DPPH被清除的越多；電流低表示溶液顏色較深，DPPH被清除的較少。



DPPH結構圖

2、實驗步驟（參考文獻10）：

- (1) 取0.02g的DPPH配置出2.5mM的乙醇溶液，不用時置於冰箱冷藏以備用。
- (2) 取2.5mM DPPH $100\mu l$ 加入至一定量的R.O水中，並依實驗需要加入一定量的薑汁或薑汁萃取液，使總溶液量固定（薑汁實驗為2.5ml、薑汁萃取物實驗部份為2ml）。
- (3) 依實驗需要於避光處反應5~60分鐘（各試樣重複兩次以上）。
- (4) 以水或甲醇為空白組(電流值約20mA)。
- (5) 將各待測物於自製的光度計中測量，並利用下列式子計算DPPH之清除率：

$$\frac{(\text{反應後測試樣的電流值} - \text{反應0分鐘時測試樣的電流值})}{(\text{空白組的電流值} - \text{反應0分鐘時測試樣的電流值})} \times 100\%$$

三、材料取得方法

(一)薑汁取得方法

以薑：水 = 1 : 2 的量，以果汁機打碎後配製出薑汁（每次實驗都新鮮配製）。

(二)薑汁萃取物取得方法

1、15g 的薑加入 30ml 的水，以果汁機打碎後配製出薑汁。

2、分別將薑汁和 20ml 的乙酸乙酯倒入分液漏斗中，充分混合後，取上層(乙酸乙酯層)至蒸發皿，蒸乾後秤重，加入乙醇使薑汁萃取物濃度為 1mg/ml，做為實驗材料。

四、嫩薑和老薑及含量對抗氧化能力的影響

分別取 0.2ml、0.5ml、1ml 的嫩薑和老薑汁，進行 DPPH 檢測步驟；分別取 0.1ml、0.2ml、0.3ml 的嫩薑和老薑汁，進行氫氧自由基測試。

五、維他命 C 含量對去除 DPPH 的影響

配製濃度為 0.02mg/ml、0.1mg/ml、0.2mg/ml、0.4mg/ml、0.6mg/ml 的維生素 C 水溶液，進行 DPPH 檢測步驟。

六、環境因子對薑汁萃取物抗氧化能力的影響

(一)溫度因子：分別取 0.1ml(1mg/ml)的薑汁萃取物(分為不煮、煮沸 10 分、煮沸 30 分三組)進行 DPPH 檢測步驟。

(二)紫外線因子：分別取 0.1ml(1mg/ml)的薑汁萃取物(分不照紫外線、照紫外線各 2、4、8 小時四組)進行 DPPH 檢測步驟。

(三)酸鹼因子：分別取 1ml 薑汁萃取物於 2 支試管中，分別以 1M 的鹽酸和氫氧化鈉處理 1 小時後，標定回原液 pH 值後取 0.1ml 樣品進行 DPPH 檢測。

(四)金屬因子：分別取 1ml 薑汁萃取物於 5 支試管中，並依序添加 0.2ml(10mM)的硫酸亞鐵、硫酸銅、硝酸鉛、硫酸鎳和硫酸鋅，靜置 1 小時後取 0.1ml 樣品進行 DPPH 檢測步驟。

七、薑汁萃取物之鑑測與分離

(一)鑑測

1、氫氧化鈉測試：將薑汁萃取物和 1M 的氫氧化鈉混合，觀察其顏色變化。

2、加熱硼酸測試：取 0.5ml (3%) 的硼酸，滴入濃鹽酸數滴後和 0.5ml 的薑汁混合後，放置加熱板進行去水步驟，觀察蒸發皿中物質的變化。

(二)分離方法

1、自製 TLC 片：在 10ml 水中分別加入 0.1g 的澱粉和 2g 的矽藻土，充份混合後，置於烘箱內 100°C 乾燥與活化一小時後備用。

2、分別運用不同比例的二氯甲烷和乙醇做為物質分離的展開液，並計算出 Rf 值。

八、薑汁萃取物對防紫外線照射實驗

分別配置六組待測樣品(B組：紅墨汁 15ml、C組：黃色水彩顏料、D組：Fe²⁺ - EDTA (6mM) 15ml、E組：薑黃萃取物(1mg/ml)15ml、F組：12ml紅墨汁和 3ml薑汁萃取液混合液、G組：5ml紅墨汁和 10ml薑汁萃取液混合液)，並將千元台幣置於暗箱中，開啟紫外線燈後，以

待測樣品擋住紫外線照射，觀察鈔票防偽螢光顯色情形。

九、薑汁的抑菌實驗

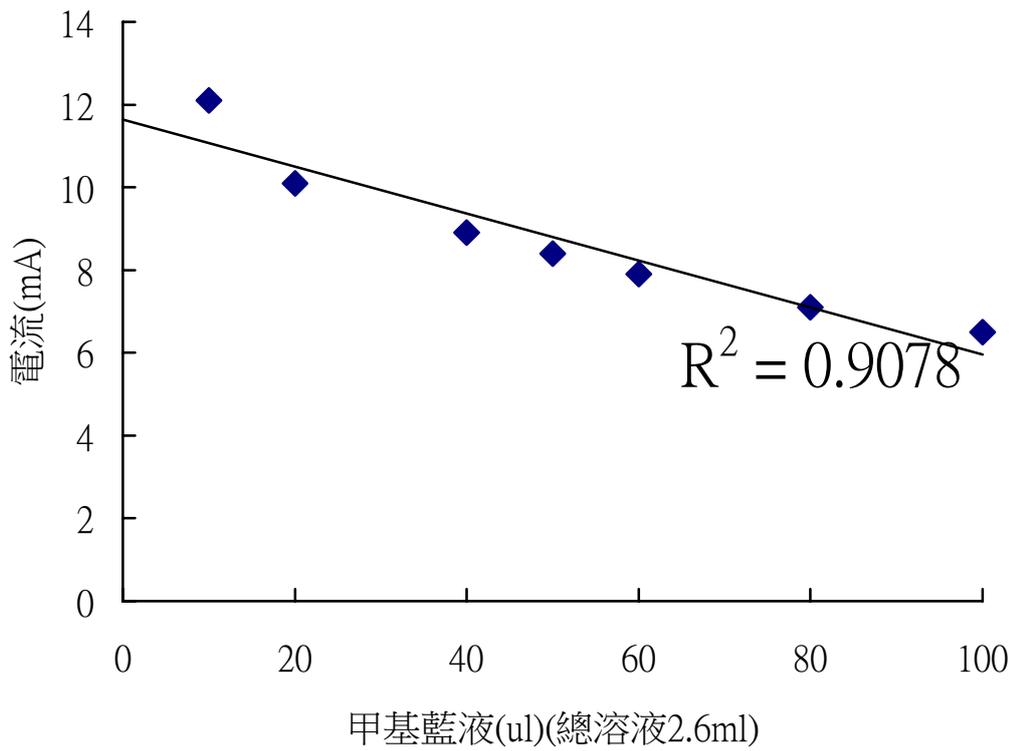
以自製配方製成培養基，分為三組(一組不加薑汁，另兩組加薑汁(20%、50%)置於空氣下10分鐘後)，將蓋子蓋上於室溫下培養3天後，計算培養基表面菌落數量。

藥品	量	藥品	量	藥品	量
Glucose	0.1g	CaCl ₂	0.05g	自來水	0~50ml
KNO ₃	0.1g	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.05g	薑汁	0~50ml
NaCl	0.1g	FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.001g	牛肉汁	50ml
NH ₄ Cl	0.1g	Agar (瓊脂)	15g	總體積	100ml

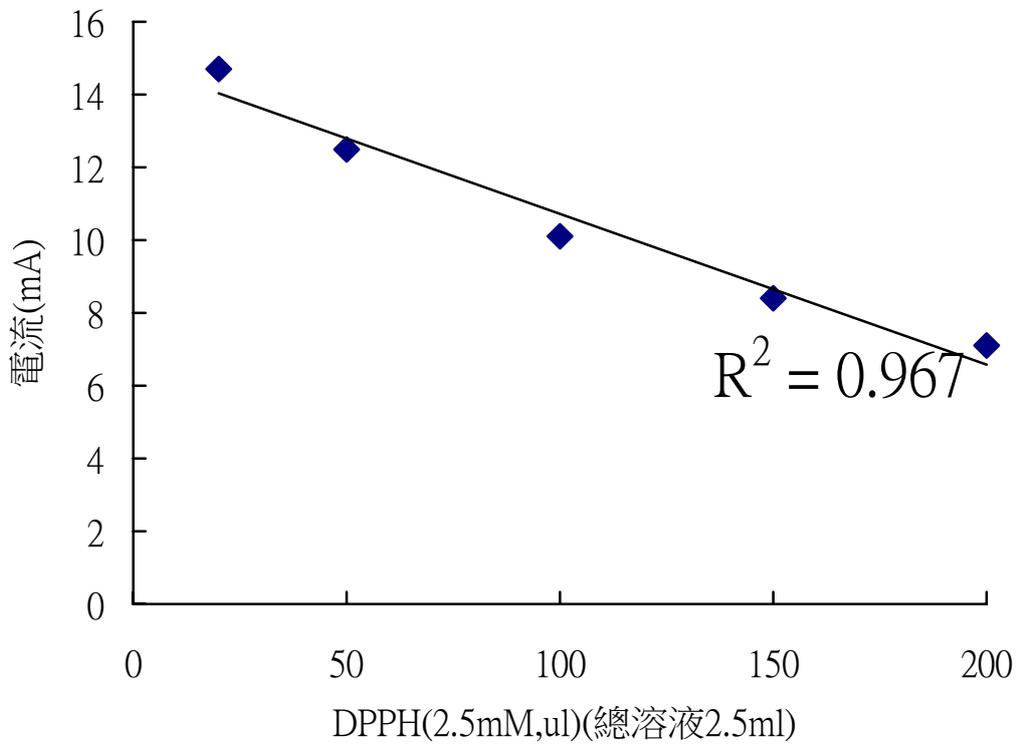
註、牛肉汁：50g 的牛肉加入 400ml 的水，濃縮至 200ml 並煮沸 1 小時後備用。

薑汁：以薑黃比水 1：1 的方式製作。

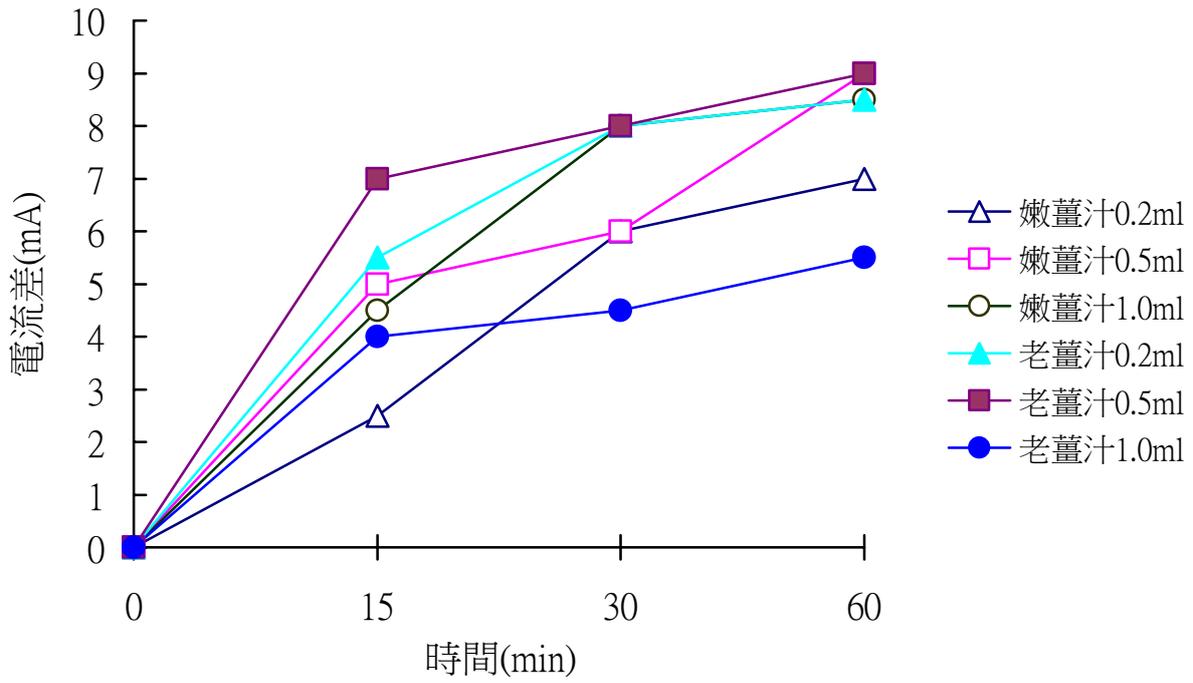
伍、研究結果



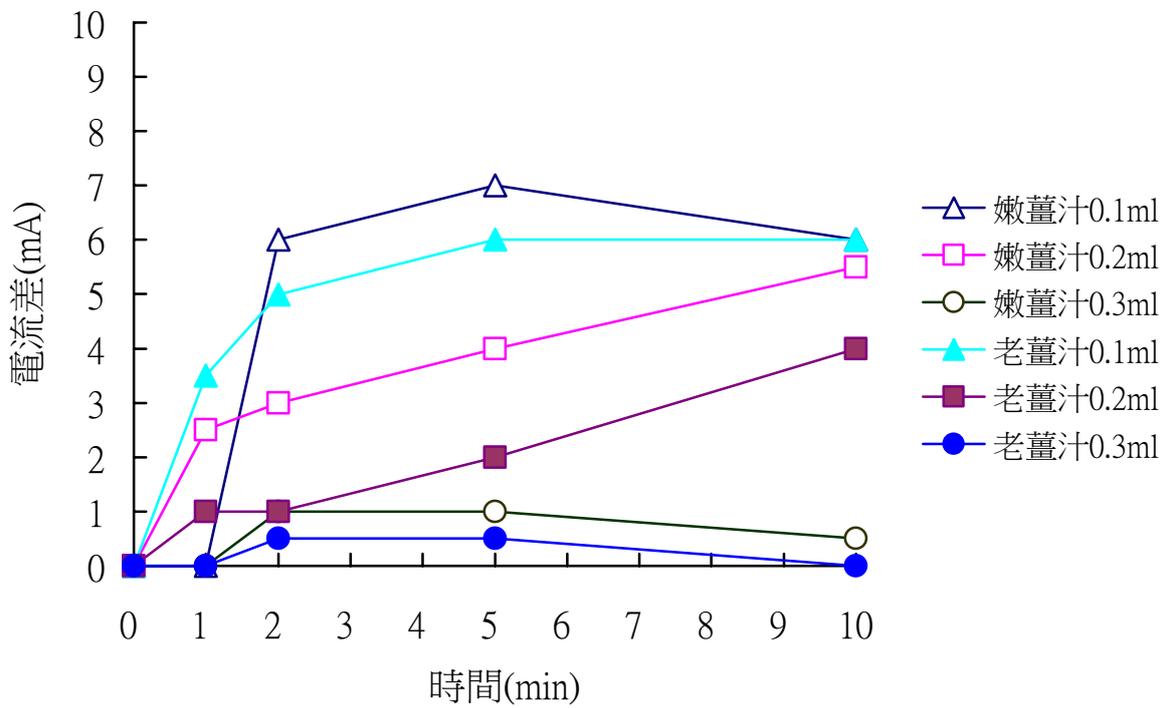
圖一、甲基藍標準曲線圖



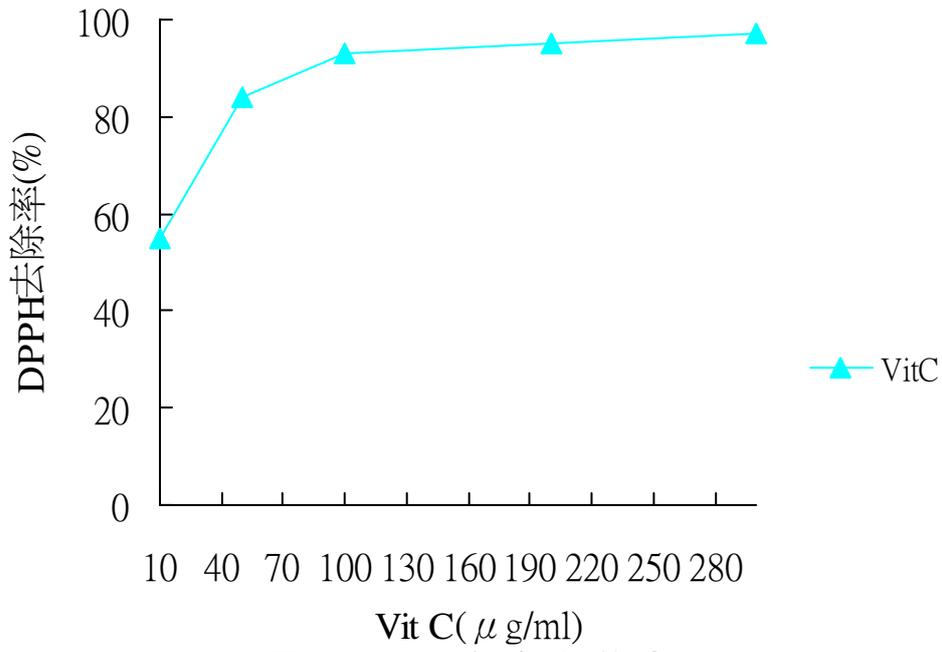
圖二、DPPH標準液標準曲線圖



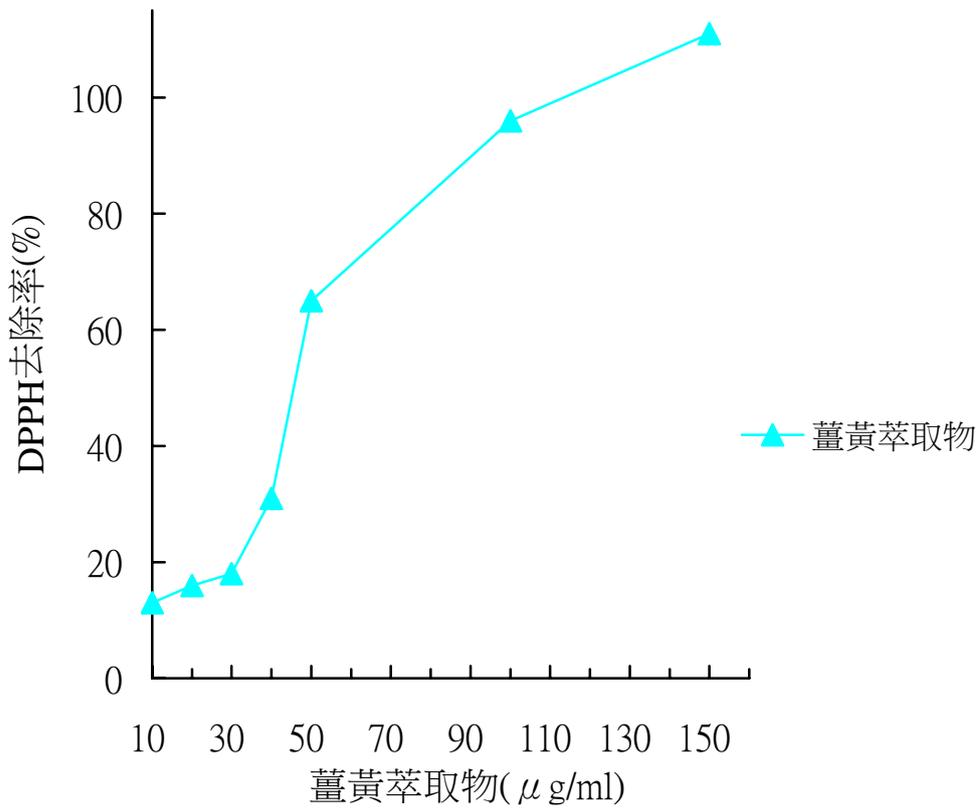
圖三、薑含量對抗氧化能力的影響(DPPH)



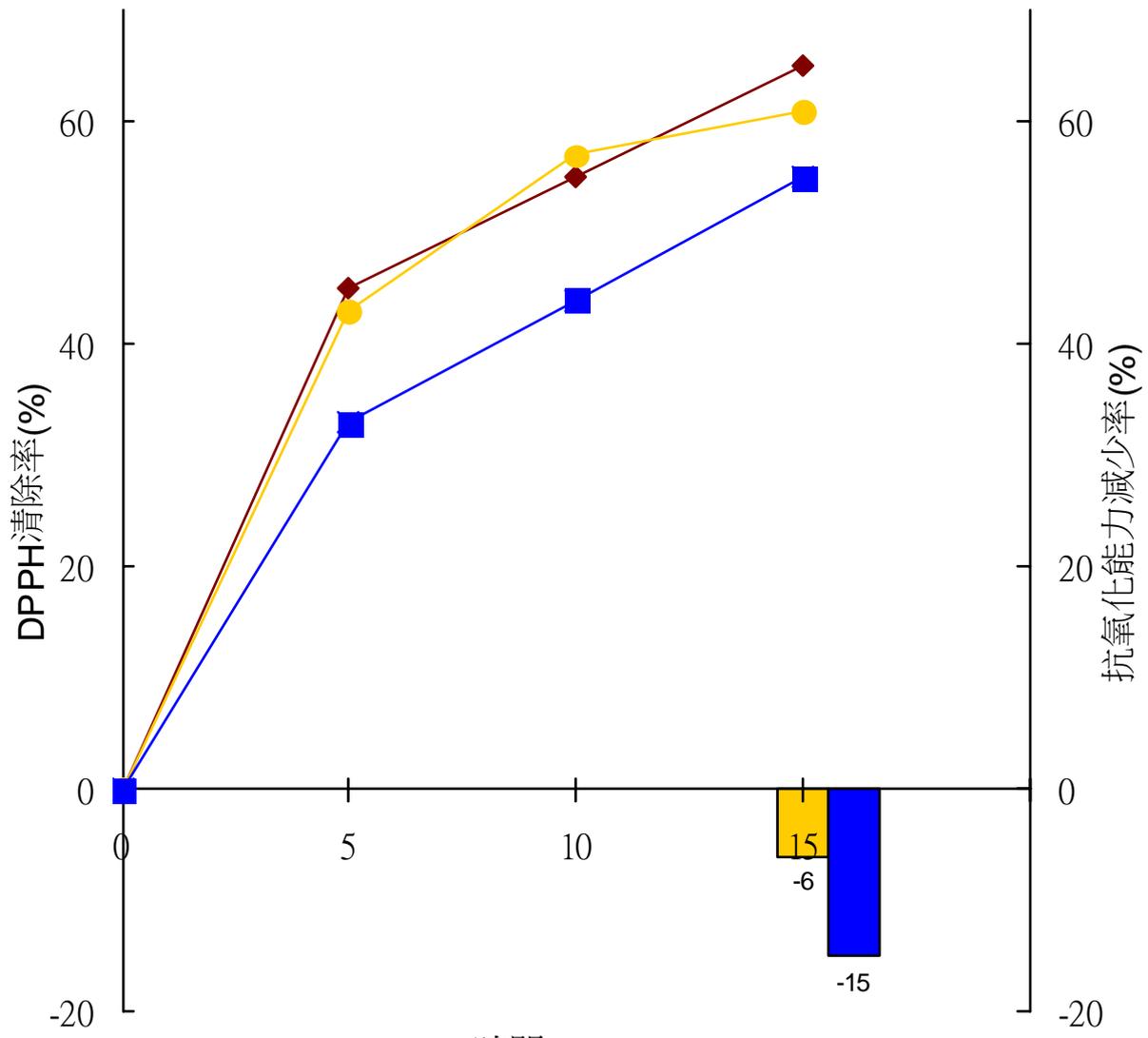
圖四、薑含量對抗氧化能力的影響(氫氧自由基測試)



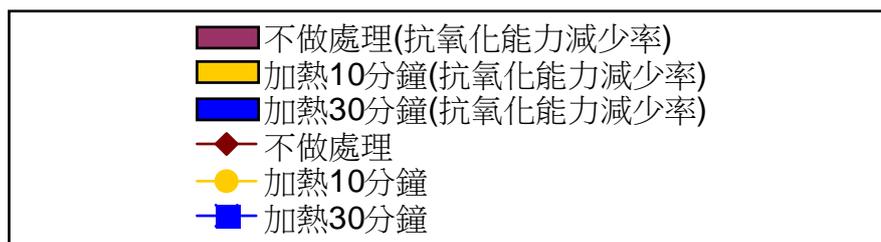
圖五、VitC 抗氧化能力

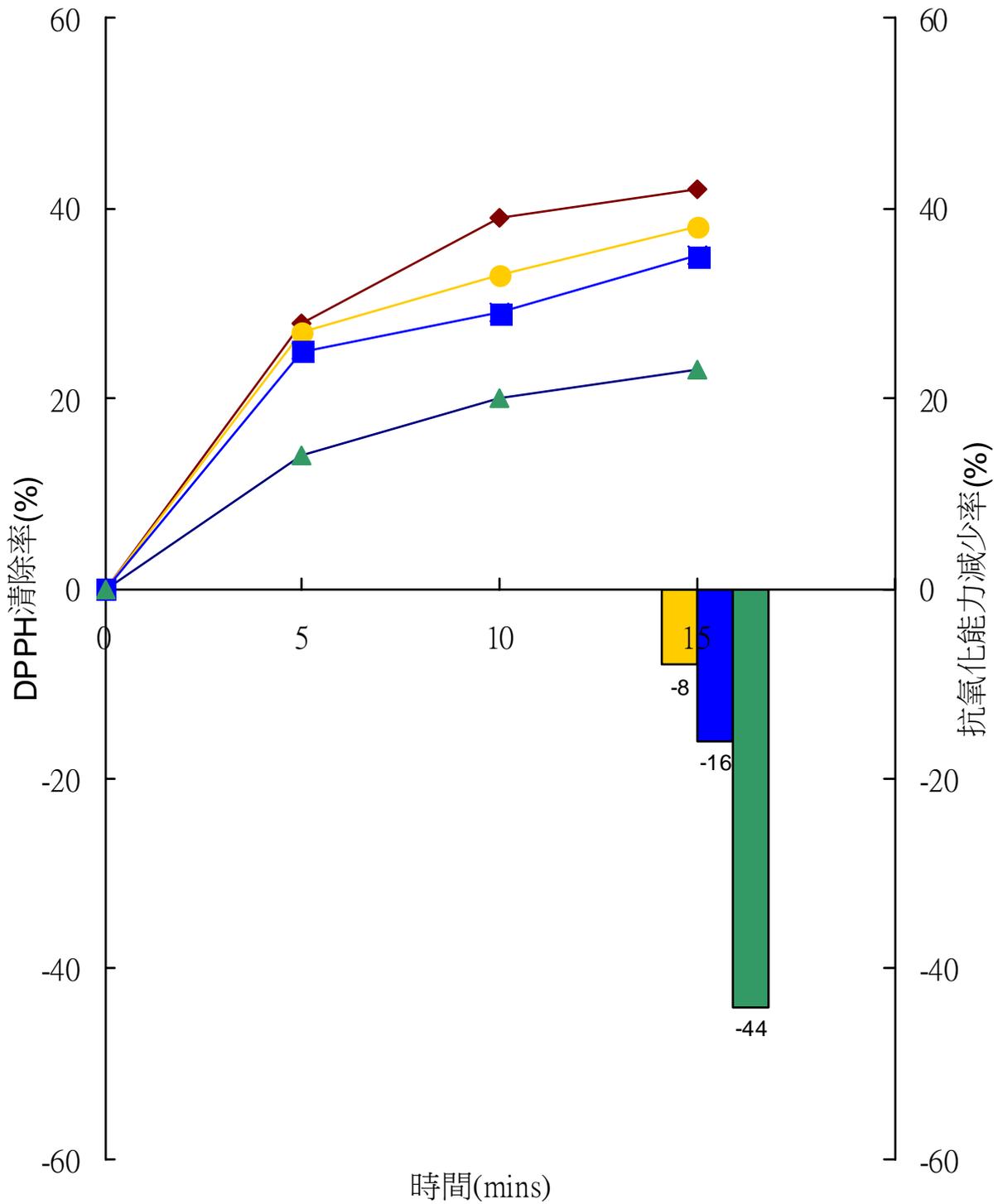


圖六、薑萃取物抗氧化能力

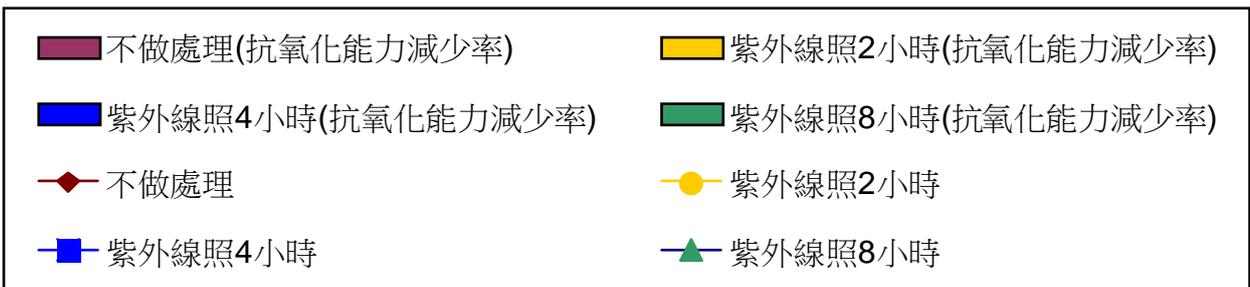


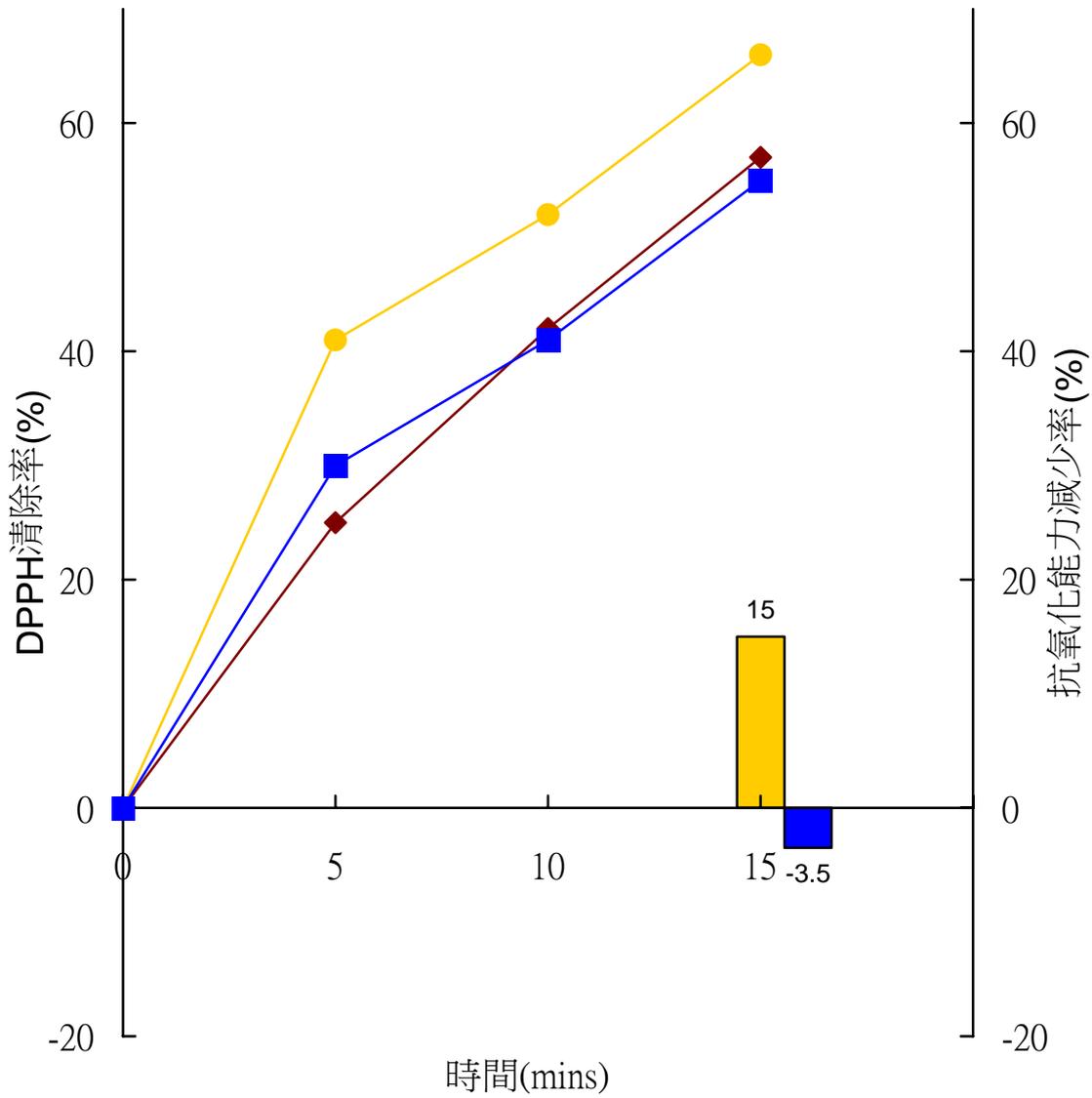
時間(mins)
圖七、溫度對薑黃萃取物的影響



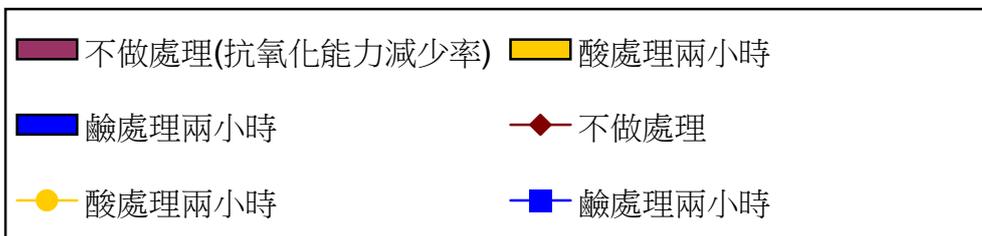


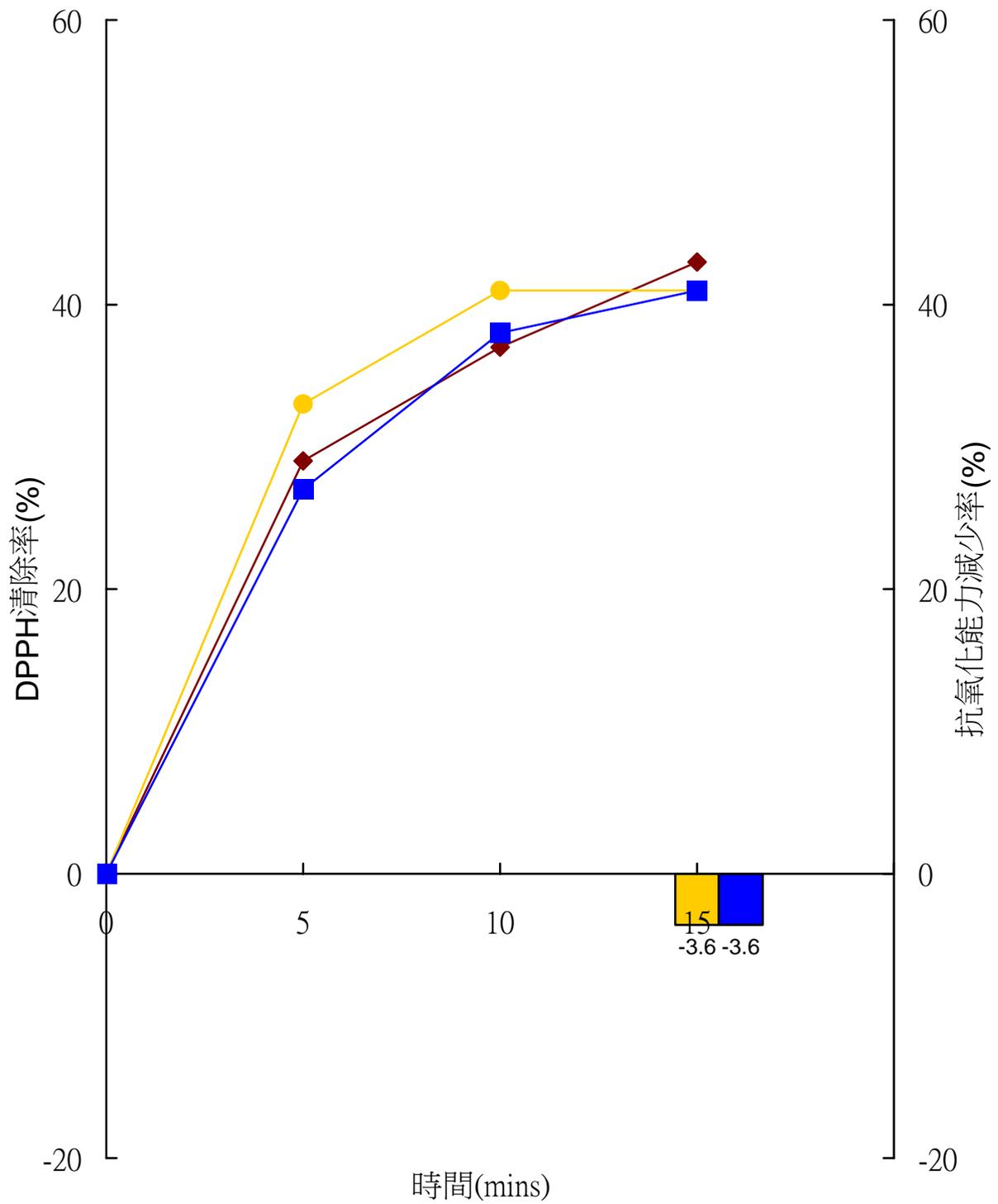
圖八、UVA對薑黃萃取物抗氧化能力之影響



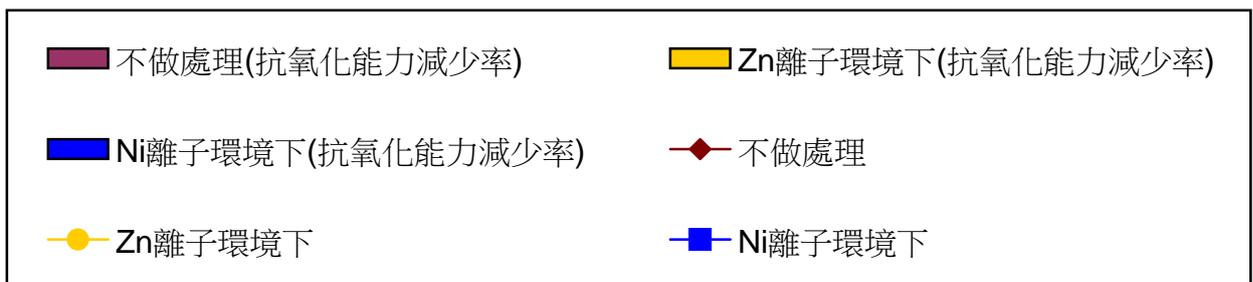


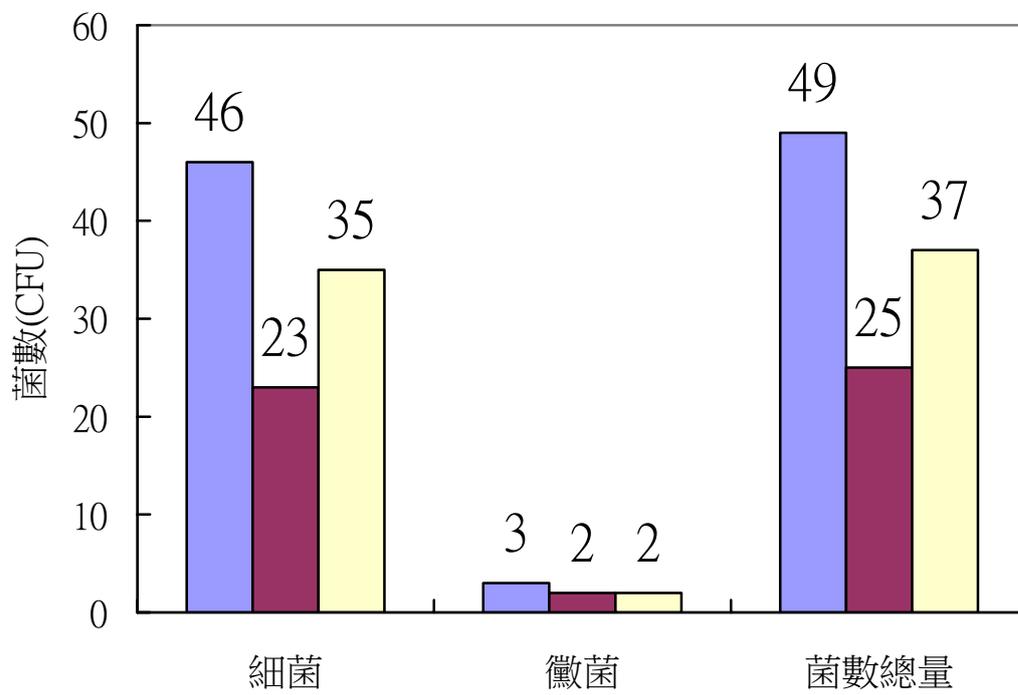
圖九、酸鹼對薑黃萃取物抗氧化力的影響





圖十、金屬離子對薑黃萃取物抗氧化能力之影響





圖十一、薑汁添加對抑菌的效果



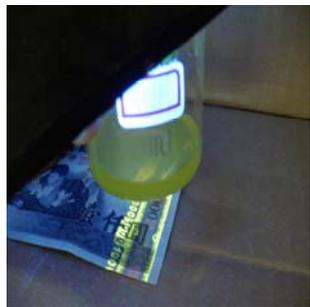
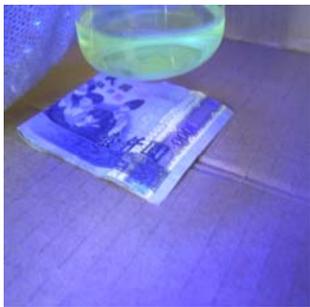
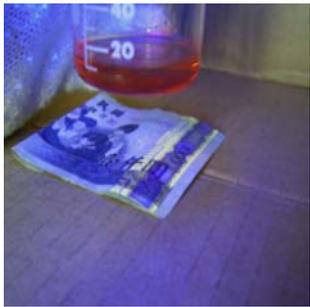
表一、薑黃萃取物之鑑定

	薑黃萃取物	薑黃萃取物 + 氫氧化鈉 0.2ml(1M)	薑黃萃取物 + 濃鹽酸 + +3%硼酸液體
照片			
結果描述	萃取物為橘黃色液體，稀釋後為黃色液體。不溶於水，可溶於鹼液、甲醇、乙醇…等溶液。	由黃色液體轉變為紅棕色液體。	在上述三種液體混合並加熱蒸發後，產生暗紅色之固體。

表二、薑黃萃取物之分離

展開液	二氯甲烷：丙酮：乙醇：乙酸=10：6：4：0.1	二氯甲烷：乙醇=3：1	二氯甲烷：乙醇=1：1
照片			
結果描述	甲基藍+廣用試液測試	僅跑出一個點，Rf=1	僅跑出一個點，Rf=0.96

表三、薑黃萃取物抗紫外線結果

	A 組	B 組	C 組
	紙鈔(沒任何遮擋)	紅墨汁 15ml	黃色水彩染料
照片			
	D 組	E 組	F 組
	Fe-EDTA 液體	薑黃萃取物 15ml (1mg/ml)	薑黃萃取物 3ml (1mg/ml) +紅墨汁 12ml
照片			
	G 組		
	薑黃萃取物 10ml (1mg/ml) +紅墨汁 5ml		
照片			

陸、討論

一、自製之光度計靈敏度檢測

- (一)以自製的光度計測量亞甲藍和DPPH標準液，結果亞甲藍的 R^2 為 0.9078(圖一)、DPPH的 R^2 為 0.967(圖二)，表示可以準確測出亞甲藍和DPPH顏色變化。
- (二)在設計過程中，我們以常見的光源(紅光、藍光、白光的 LED、黃光)測試，發現黃光燈源所測出的結果最好，往後的實驗，我們也以黃光做為燈源。
- (三)實驗中我們發現三用電錶的電流指針有時有晃動的情形，可能因為偵測單位較小(mA)，加上燈具電流不穩所致。我們透過下列方式以減少可能造成的誤差(1)實驗前先打開光源 10 分鐘後以求電流穩定(2)在暗箱中測量，減少環境光線的干擾(3)移動光源和偵測器間的距離使電流固定在 45mA 後再進行實驗(4)樣品試管粗細規格一致。

二、嫩薑和老薑及其含量對抗氧化能力(氫氧自由基試驗及 DPPH 試驗)的比較

- (一)為了清楚顯示抗氧化差異，我們使用電流差來表示。DPPH 檢測，電流差越小抗氧化能力較差，電流差越大抗氧化能力較好；氫氧自由基檢測，電流差越小抗氧化能力較好，電流差越大抗氧化能力較差。
註、電流差(絕對值) = 樣品反應時間測得的電流 - 反應 0 分鐘時所測得的電流。
- (二)DPPH 結果(圖三)，老薑和嫩薑的抗氧化能力都是 0.5ml > 0.2ml，同含量組別中老薑 > 嫩薑，由此可知老薑抗氧化能力優於嫩薑，含量越多抗氧化能力越好，推測老薑抗氧化物質多於嫩薑。老薑和嫩薑在 1ml 時，抗氧化都比 0.5ml 來的差(尤其是老薑)，則可能薑含量高時，樣品中雜質較多，干擾較大所致。
- (三)氫氧自由基測試結果如(圖四)，可明顯看出老薑和嫩薑含量的抗氧化都是 0.3ml > 0.2ml > 0.1ml，且同含量薑汁的抗氧化老薑組 > 嫩薑組，此和 DPPH 的結果一致。
- (四)未避免干擾，每次薑汁都利用濾紙過濾，但由於內含物顆粒太小，過濾效果不佳。
- (五)由二、三、四項結果，往後實驗我們都利用老薑提取萃取物做為實驗材料。

三、維他命 C 與薑汁萃取物抗氧化能力(DPPH 試驗)的比較

- (一)圖五顯示維他命 C 含量大於 10 μ g/ml 時 DPPH 清除率快速增加；100 μ g/ml 時清除率達到 93%。
- (二)圖六，顯示薑汁萃取物濃度從 30 μ g/ml 後，15 分鐘 DPPH 清除率明顯增加。含量大於 50 μ g/ml 時，清除率緩慢上升，100 μ g/ml 清除率高達 96%。
- (三)比較圖五和圖六，在 50 μ g/ml 時 VitC 清除率為 84%，薑汁萃取物 50 μ g/ml 清除率為 65%，可以算出該濃度下薑汁萃取物 DPPH 去除能力為 VitC 的 0.77 倍。

四、環境因子對薑汁萃取物抗氧化能力(DPPH 試驗)的影響

- (一)溫度方面：圖七得知抗氧化能力：不做處理 > 加熱 10 分 > 加熱 30 分，加熱 30 分後，抗氧化力下降 15%，可以看出薑的抗氧化能力雖受溫度影響，但下降幅度不高。
- (二)光照方面：圖八得知抗氧化能力：不處理 > 照射 2 小時(-8%)，照射 4 小時(-16%)，照射 8 小時(-44%)，可以看出薑抗氧化能力隨紫外線照射時間拉長而減低，因此材

料處理上應儘量減少長時間連續曝於強日照。

(三)酸鹼方面：圖九得知抗氧化能力：以酸處理後 DPPH 的清除率比原先提升 15%左右，鹼處理後 DPPH 的清除率下降 3.5%。前人研究(1,4)指出薑在酸中穩定，在鹼中則不穩定易分解為香蘭素、阿魏酸等物質，依此 DPPH 清除率在鹼中應明顯下降，推測應是在鹼中之分解物(例如：阿魏酸)多仍具有抗氧化能力所致(8)。

(四)金屬方面：圖十得知，薑汁萃取物在鎳離子和鋅離子的存在下抗氧化能力僅減少 3.6%，和不做任何處理的組別差異性不大。另外，亞鐵、銅、鉛離子對薑萃取物的影響，因發現亞鐵、銅、鉛離子會和 DPPH 結合產生沉澱物（照片八），若要了解其對薑萃取物的影響，得進行其他抗氧化之測試。

(五)薑、辣椒等都是烹飪常見佐料，40 屆科展中有以辣椒做抗氧化為主題(6)，證實辣椒能有效降低油品自氧化，相較下薑也具有親油性、抗氧化特質，且薑不若辣椒辛辣，據此推論薑或許可做油品抗自氧化的另一選擇。

(六)坊間目前也有薑黃保健食品，從我們上述實驗結果可知其進入體內應仍保有相當抗氧化力。

六、薑汁萃取物之鑑測與分離

圖表一中，以 NaOH 測試時萃取物顏色由黃色轉至紅棕色，以加熱的硼酸測試得到特殊的暗紅色物質，查閱資料(13)後確定此為薑汁萃取物中的薑黃素。前人研究(9)中得知，薑黃中至少包括薑黃素、去甲氧基薑黃素和去二甲氧基薑黃素三種物質，我們嘗試以自製的 TLC 片對萃取物做分離，希望對該些分離物抗氧化力與環境對其影響做進一步了解。結果(表二)所示，甲基藍和廣用試劑可以自製 TLC 分離，但對薑黃萃取，展開液的比例不管為何，只得到一個點(Rf 幾乎都為 1)，推測因內含物結構相近(9)，自製的 TLC 片材料並無法將其分離。

七、薑汁萃取物防紫外線照射探討

除化學物質因素外，強光(例如:紫外線)也能製造自由基。抗氧化物若能直接阻絕紫外線，也算兼具間接達到抗氧化的目的。我們利用日常生活中紙鈔上防偽線，以 B（紅墨汁）、C 組(黃色水彩顏料)、D 組(Fe-EDTA)和 E(姜黃萃取物)做比較，B 組、C 組進行實驗時發現紙鈔螢光亮度和不遮光時無差異；D 組進行實驗時發現紙鈔上的螢光亮度比不遮時稍低（鐵離子具有吸收紫外線的效果），E 組可發現紙鈔的螢光亮度顯著下降，上述結果可了解顏色種類非遮擋紫外線的主因，溶液的內含物才是減少紫外線的主因，且薑黃除優越的抗氧化能力外也有阻擋紫外線的效果。由 F 和 G 組可以知道薑黃萃取物含量越多，阻絕紫外線越明顯，若能進一步得知隔離紫外線數值後，則可用於防曬品中，做為防紫外線兼具皮膚抗氧化之實用價值。

八、薑汁的抑菌實驗

微生物滋生亦為食物氧化甚至酸敗原因。圖十一顯示添加薑汁（20%）抑菌數 49%，加薑汁(50%)時抑菌數降至為 24%，可能薑黃除了有抗菌的成分外，仍有養分未過濾完全(例如：澱粉…等。)，使和預估的不同。黴菌生長因數量太少，因此不計算其抑菌量。結果

可以看出薑汁有明顯抗菌效果，可做為天然防腐劑。

柒、結論

- 一、以光電池和三用電錶搭配做為光度計替代儀器進行DPPH 和氫氧自由基的測試 R^2 皆大於0.9。
- 二、氫氧自由基檢測中，利用實驗室常有的亞甲藍代替水楊酸做為顯色劑，可避免須使用層析儀。
- 三、抗氧化能力(DPPH 試驗)：
 - (一)老薑>嫩薑。
 - (二)在同濃度下($50 \mu\text{g/ml}$)，薑汁萃取物去除 DPPH 能力為 VitC 的 0.77 倍。
 - (三)溫度會降低薑的抗氧化能力(煮 30 分鐘時，DPPH 清除率降低 15%)。
 - (四)光照會降低薑的抗氧化能力(照紫外線 8 小時，DPPH 清除率降低 44%)。
 - (五)酸環境下薑的抗氧化能力增加(15%)；鹼環境下則減弱(3.5%)。
 - (六)在金屬離子(鎳、鋅)的環境下，薑的抗氧化能力僅稍減弱(3.6%)。
 - (七)應用薑抗氧化力於生活中時，應考慮上述環境可能對薑抗氧化能力的影響(影響力：光>溫度>酸鹼>金屬離子(鎳、鋅))。
- 四、薑汁有阻擋紫外線照射的效果。
- 五、抑菌實驗中，20%的薑汁可抑制空氣中菌體生長達 49%。

捌、參考資料及其他

一、實驗照片



照片一、薑黃



照片二、使用自製光度計



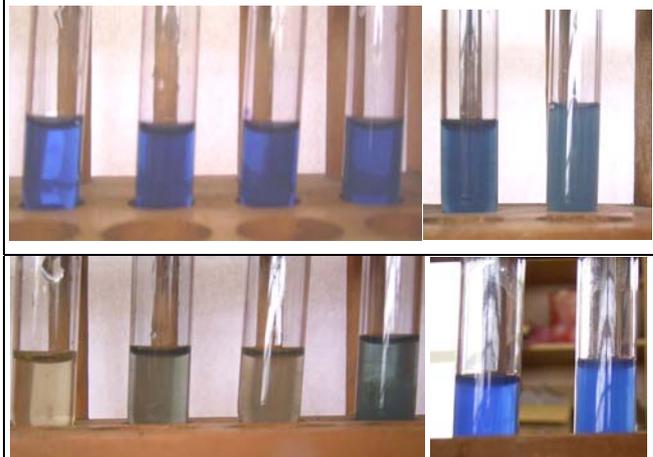
照片三、薑黃萃取實驗



照片四、紫外線防護實驗



照片五、測量氫氧自由基實驗

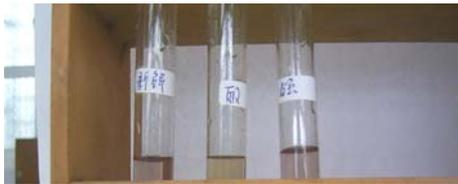
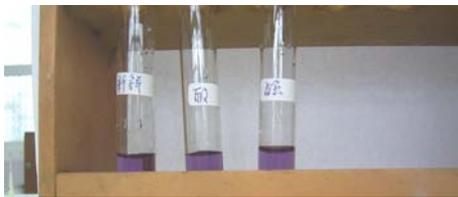


照片六、薑汁含量對氫氧自由基去除影響(上圖 0 分鐘、下圖 30 分鐘): 試管由左至右嫩薑 0.1ml、嫩薑 0.2ml、嫩薑 0.3ml、老薑 0.1ml、老薑 0.2ml、老薑 0.3ml



照片七、薑萃取物含量對 DPPH 清除 (上圖 0 分鐘、下圖 15 分鐘): 試管由左至右 10 μ g、20 μ g、30 μ g、40 μ g、50 μ g、100 μ g/ml

照片八、紫外線對薑萃取物抗氧化能力影響 (上圖 0 分鐘、下圖 15 分鐘): 試管由左至右不處理、紫外線 2hrs、4hrs、8hrs



照片九、酸鹼對薑萃取物抗氧化的影響 (上圖 0 分鐘、下圖 15 分鐘): 試管由左至右為不做處理、酸處理、鹼處理

照片十、金屬離子加DPPH結果:Fe²⁺ (沉澱)、Cu²⁺(沉澱)、Pb²⁺(沉澱)、Ni²⁺、Zn²⁺



照片十一、金屬離子對薑萃取物抗氧化的影響 (上圖 0 分鐘、下圖 15 分鐘): 試管由左至右不加金屬離子、Fe²⁺、Cu²⁺、Pb²⁺、Ni²⁺、Zn²⁺

照片十二、薑汁抑菌實驗(左上圖為不加薑汁培養第 3 天、左下圖為 20%薑汁培養第三天、右上圖為 50%薑汁培養第三天)

二、參考資料

1. Tonnesen, H.H. & Karlsen, J. (1985a). Studies of curcumin and curcuminoids: V. Alkaline degradation of curcumin. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 180: 132-134.
2. 林指宏、盧怡伶 (2005)。探討碳酸氫鈉溫泉清除氫氧自由基的作用。嘉南學報第三十一期，264-279。
3. 林正元、李龍騰。預防自由基疾病的展望。臺大醫學院網站。
4. 李東玲、吳承力、胡成武(2007)。薑黃素的生理作用及其在水產養殖中的應用前景。中國畜牧獸醫學會廣西動物營養與飼料學分會2007年學術年會。
5. 拱玉郎(1997)。天然抗氧化劑發展近況。食品工業月刊 29(3)，29-37。
6. 袁于婷(2000)。辣椒的抗氧化性及清除自由基效力之研究。中華民國第 40 屆中小學科學展覽會。
7. 郝凱衡(1999)。天然酚類抗氧化物，食品工業月刊 31(12)，43-51。
8. 陳孟珮(2008)。中草藥抗氧化物應用於骨關節炎發炎前驅因子及代謝相關酵素之調控研究。臺灣大學醫學工程學研究所碩士論文。
9. 張智淵(2001)。薑黃中薑黃素類化合物的提取與分離研究。北京大學政學者論文集。
10. 蔡佩倫、黃昱仁。香椿抗氧化能力探討與研究。中華民國第 43 屆中小學科學展覽會。
11. 蔡宏志(2005)。Photo-Fenton 法處理反應性偶氮染料 Black B 與酚之研究。國立成功大學化學工程研究所碩士論文。
12. 鐘朝琴(2002)。利用費頓試劑來氧化甲基藍染料之可行性及動力學的研究。國立高雄師範大學化學系碩士論文。
13. 環境衛生用藥礮檢測方法 (NIEA D418.01B)。環署檢字第 0940097070 號。

【評語】 030312

- 1.投入本研究用心，值得肯定。
- 2.可多參考文獻，做進一步探討。
- 3.光度計可再做改進。