

出國報告(出國類別：專題研究)

農產品之抗氧化物質分析及測定 相關技術研究出國報告

服務機關：行政院農業委員會花蓮區農業改良場

姓名職稱：陳吉村副研究員

派赴國家：美國

出國期間：95年5月31日至96年5月3日

報告日期：96年7月12日

摘要

政府近來推動健康及安全農業，但國內所進行的研究卻仍偏重於營養元素含量及與食味口感有關的分析，對於農產品如何增強身體免疫力及抗病機能卻無法提出強而有力的說明，因此以抗氧化能力當作參考指標應是可行的辦法。另外台灣的農產品將走向國際化，未成熟採收及後熟處理是免不了的過程，因此如何以最有效的方法進行農產品保鮮及後熟處理，又能提升其抗氧化能力，更是未來研究的重點。本次到美國農業部農業研究服務中心進行對莓類果實保鮮、採後處理及抗氧化能力分析等之專題研究，發現不同精油、溫度、紫外光照射及後熟等處理可以影響藍莓及覆盆子等莓類果實之總酚類及花青素的含量，並可進一步影響到其抗氧化能力的高低，另外亦發現有機栽培的藍莓其抗氧化能力高於傳統栽培者，因此未來可加強國內農產品抗氧化能力之研究，作為外銷及推廣有機栽培之有力證明。

目次

| | |
|--|----|
| 摘要 | 1 |
| 簡要行程表 | 3 |
| 第一章 緒言 | |
| 第一節 研究目的 | 4 |
| 第二節 美國農業部農業研究服務中心簡介 | 5 |
| 第三節 自由基與抗氧化劑 | 6 |
| 第二章 分析方法 | |
| 第一節 樣品製備 | 7 |
| 第二節 總酚類含量分析 | 7 |
| 第三節 花青素含量分析 | 7 |
| 第四節 氧自由基吸收能力分析 | 7 |
| 第五節 高效能液體層析儀分析 | 7 |
| 第三章 試驗處理與結果討論 | |
| 第一節 藍莓以 AITC 處理對其抗氧化能力及物質之影響—AI | 8 |
| 第二節 不同成熟度之藍莓以不同溫度、光照及精油處理對其抗氧化能力及物質之影響—BME | 13 |
| 第三節 藍莓以不同紫外光處理對其抗氧化能力及物質之影響—BUV | 20 |
| 第四節 黑覆盆子不同精油處理對其抗氧化能力及物質之影響—EO | 28 |
| 第五節 不同成熟度之紅覆盆子以不同光強度處理對其抗氧化能力及物質之影響—LMR | 31 |
| 第六節 不同成熟度之藍莓以紫外光照射後進行後熟處理對其抗氧化能力及物質之影響—MBB | 37 |
| 第七節 覆盆子加 AITC 後以不同溫度進行後熟處理對其抗氧化能力及物質之影響—MR | 44 |
| 第八節 有機與傳統栽培法之藍莓果實抗氧化特性比較—OB | 49 |
| 第四章 心得與建議 | 54 |
| 第五章 誌謝 | 55 |
| 第六章 參考資料 | 56 |

簡要行程表

| 日期 | 地點 | 行程摘要 |
|----------------------|---------------------|------|
| 95年5月31日至 95年6月1日 | 花蓮-台北-洛杉磯-巴爾第摩(BWI) | 去程 |
| 95年6月1日至 96年5月1日 | 美國農業部馬里蘭農業研究中心 | 專題研究 |
| 96年5月1日至 96年5月3日 | 巴爾第摩(BWI)-洛杉磯-台北-花蓮 | 回程 |

第一章 緒言

第一節 研究目的

由於工業發達造成環境改變，使自然生態遭受到破壞，各種文明病日益猖獗，所以全世界都在尋找養生保健的方法，因此保健植物及有機栽培日益盛行。而農產品對養生保健之功效及作用機制至今仍有許多未解之謎，抗氧化能力(antioxidant capacity)是一種較簡單且具有參考價值的指標，不過抗氧化能力的評估方法極多，目前尚無一套被公認的方法。抗氧化能力的測定一般可分為體外及體內試驗，體內試驗較具說服力與代表性，但其所耗費的時間及成本皆高於體外試驗。因此欲評估農產品是否具有抗氧化能力應先從體外試驗著手，有良好的抗氧化能力再進行體內試驗，如此可節省時間與成本。

一般而言，植物體生成的二次代謝產物中有許多成分對人體是有益的，通稱為植物營養素(phytonutrient)，其中包括形成蔬果顏色的各種色素如黃橙色的類胡蘿蔔素和紅藍色的花青素(anthocyanin)、胡蘿蔔的橙色、玉米的金黃色、葡萄和藍莓的藍紫色等。類胡蘿蔔素和花青素等色素之抗氧化能力是因為植物進行光合作用時需要進行電子的傳遞，會產生部份帶負電的自由基，而類胡蘿蔔素和花青素的結構可以包容電子，使其不會和細胞內其他物質結合，形成不安定的自由基，因此可以保護植物免於受到陽光的傷害，使得類胡蘿蔔素和花青素具有很強的抗氧化能力。另外還有屬於植物性荷爾蒙的異黃酮及花青素形成過程所衍生的酚類化合物(phenolic compounds)等，亦具有抗氧化的功能，可清除人體自由基、調節免疫機能、抑制癌細胞發展及預防與自由基有關的疾病等。由歐美發展成功，對阿茲罕默症有幫助的銀杏保健產品，也是以酚類化合物等成份的效用為主。雖然花青素、黃酮類及酚類化合物廣泛存在於蔬果與保健植物中，實驗亦證明植物體內這些化合物的含量與抗氧化能力有正相關，但是此類化合物的種類很多，因此在進行植物抗氧化能力分析後，仍有必要再進一步分析酚類化合物及其他如花青素、類黃酮素等化合物的種類及含量，才能確實瞭解其反應的機制。

位於美國馬里蘭州 Beltsville 的美國農業部農業研究服務中心在這領域的研究極為深入，其應用於蔬果之抗氧化能力分析方法包括：1. 總酚類化合物含量(total phenolic content)分析；2. 氧自由基吸收能力(oxygen radical absorbance capacity, ORAC)分析；3. Trolox 等價抗氧化能力(trolox equivalent antioxidant capacity)分析；4. 使 DPPH 自由基半衰減劑量(ED50)分析等。尤其氧自由基吸收能力是其最新發展出來的抗氧化能力分析方法，國內目前尚未有人進行此方面的研究，這項分析方法美國政府計畫未來將其列為農產品檢驗的項目之一，因此我國有迫切需要去學習此項技術，以便日後能與國際接軌。有關抗氧化活性及其成分的分析一般皆採用比色法及高效能液相層析儀(high-performance liquid chromatography, HPLC)較多，但因為抗氧化活性分析所需的樣品量極少，因此必須依賴操作人員純熟的技術以降低誤差，而操作人員技術的提升通常必須經過一段時間才能獲致良好的結果，也必須利用增加重複數的技巧來提高分析的可信度，這些皆非一蹴可及，故此擬至美國進行較長時間之研究及訓練，以獲得較佳之成效。

第二節 美國農業部農業研究服務中心簡介

成立於 1910 年，佔地 7,000 英畝，位於馬里蘭州 Beltsville 的農業研究服務中心(Agricultural Research Service, ARS)是美國農業部(United States Department of Agriculture, USDA)最重要的農業科技研究單位，加上其距離華盛頓特區約僅 15 英里，因此亦為國外農業研究人員最常參訪的單位。另外美國國家農業圖書館(National Agricultural Library)亦位於此處，其收藏的圖書及期刊包括食品、農業、自然資源等，是全世界農業資料最豐富的圖書館。

美國農業部農業研究服務中心(USDA ARS)主要的工作包括發現及解答與美國人每天生活相關的食品及農業等問題，其範圍包括糧食作物及家禽畜病蟲害的防護，到農產品品質及安全的增進等。美國農業部農業研究服務中心總共有超過兩千位研究人員及七千名的名職員，在全美超過 100 個研究點或在其他國家的研究中心進行各種與農業相關的研究，據統計單單在 Beltsville 農業研究中心，每天即有超過兩百位以上的外國專家學者在此進行參訪或研究，因此其農業研究一直是居於世界領導的地位。

美國農業部農業研究服務中心主要的任務包括支援及協助解決美國農業部有關農業研究、教育和經濟等課題，而其主要的研究領域則有三個，包括：

1. 動物生產、產值和安全
以增加生產力、產值與提高肉及乳製品的安全，及增進人類營養為目標。
2. 自然資源及永續農業系統
發展新的農業科技保護自然資源及平衡農業生產與環境問題。
3. 作物生產、產值和安全
以增加美國重要農作物的生產力、產值與提高農產品的安全為目標。

筆者進行專題研究的農產品品質及安全研究室則隸屬於美國農業部 Beltsville 農業研究服務中心的園藝系，專責蔬果保鮮、採後處理及農產品之食用安全等問題之研究，2006 年美國發生菠菜大腸桿菌污染事件，造成消費者死亡及菜價下跌，因此這個研究室就更受到重視，並馬上進行組織及研究方向調整，可見農業研究服務中心是一個機動且功能性很強的單位。

第三節 自由基與抗養氧化劑

為提供能量及維持生命，因此人體必進行各種代謝，而在各種代謝過程中自然會產生一些帶有一個單獨不成對電子的原子、分子或離子等物質，而這些物質因未達物理的平衡狀態，因此通常較活潑且性質不穩定，為使自己原本不成對的電子成對以達到穩定狀態，因此這些物質必須去搶奪其他物質的電子，而被搶走電子的物質也可能變得不穩定，而再去搶奪其他物質的電子，於是產生一連串的連鎖反應，最終造成這些被搶奪電子的物質遭到破壞。這些帶有單獨不成對電子的原子、分子或離子等物質我們通常將其稱為自由基(free radicals)，自由基可在人體任何的部位產生，尤其是在細胞內產生能量的位置，因為能量通常必須透過氧化作用而產生，而氧化作用也是產生自由基(過氧化物)的必經步驟。

然而，並非所有的自由基都是有害的，自由基在人體機能的運行上仍具有許多功能，正常狀況下人體是可以自行消除過量自由基，但當自由基因為某些原因而產生過量時，或人體因為疾病等因素無法適時消除過量的自由基時，就會產生危害，造成疾病。人體的衰老和各種疾病很可能就是從這個時候開始的，尤其是近年來位居十大死因之首的癌症或各種文明病，可能都是自由基所造成的。

其實人體本來就有許多具有清除或中和過多自由基的能力的酶，常見能清除自由基的酶包括超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)、methione 還原酶(methione reductase)、過氧化氫酶(catalase)、麩胱甘肽過氧化酶(glutathione peroxidase)等，除了這些酵素外，我們還可由飲食中攝取天然的抗氧化劑，例如維他命 A、C、E 及硒等，以協助體內清除自由基。

在自然的飲食中，主要抗氧化物質的來源是維生素 E、維生素 C、和 β -胡蘿蔔素，但其實其他蔬菜水果也含有許多抗氧化的物質，這些物質被稱為自然的植物營養素或植物化學成份(phytochemicals)，例如黃酮類(flavonoids)、引朵類(indoles)物質、金雀異黃素(genistein)、蕃茄紅素(lycopene)等，而多酚類亦是一種常見的植物抗氧化劑，目前有超過 4 千種以上的多酚類抗氧化劑可以抵抗如導致神經退化性疾病及一些因自由基導致的心血管等疾病。多酚類抗氧化劑有許多在食物中可以找到，例如大部份的莢果及蘋果、黑莓、香瓜、櫻桃、蔓越莓、葡萄、梨、覆盆子、草莓等果實與西蘭花、捲心菜、芹菜、洋蔥及香芹等蔬菜都富含多酚抗氧化劑，另外紅酒、巧克力、綠茶、橄欖油、花粉及多種穀物也都是多酚類抗氧化劑的來源。為增進人體的健康，我們必須從飲食中攝取大量的抗氧化物質，因此本研究之目的即為探討各種後熟保鮮處理對莓類果實抗氧化能力及抗氧化物質之影響，以作為提出一套增進莓類果實抗氧化能力的後熟保鮮技術之佐證資料。

第二章 分析方法

第一節 樣品製備

取 5 公克新鮮樣品或 0.1 公克乾燥樣品加上 10 毫升 80 %的丙酮(含 0.2%甲酸)溶液，以均質機粉碎 1 分鐘，或利用震盪方式萃取 1 小時，然後再離心 10 分鐘，連續萃取數次後將上清液混合後裝入瓶中，存放於冰箱中備用。

第二節 總酚類含量分析

酚類化合物是植物體內抗氧化成分的來源，測定酚類含量的多寡即可代表抗氧化能力之高低。其測定的原理是利用 Folin-Ciocalteu (FC)試劑與植物萃取物混合，在無光條件下靜置 2 小時後以分光光度計測出其吸光值變化，再與不同濃度沒食子酸(Gallic acid)及 FC 試劑混合反應後之結果相比較，然後計算出其總酚類化合物的當量濃度。

第三節 花青素含量分析

花青素也是植物體內重要的抗氧化物質，其測定原理是以分光光度計測定植物花青素在不同 pH 值下吸收值的差異，再經過計算即可得到花青素的含量。

第四節 氧自由基吸收能力分析

氧自由基吸收能力之分析是以 AAPH 當作自由基來源，測定樣品在一段時間內螢光蛋白質衰減的總量，並以 Trolox 當作標準品進行比較，進而推算出樣品之氧自由基吸收能力的強弱，其優點為可測定所有親水性物質的抗氧化能力。

第五節 高效能液體層析分析儀分析

為除去不必要的雜質及干擾，必須將萃取後得到之樣品液通過 C18 cartridge 以進行純化，純化後的樣品再根據不同需要以不同的沖提程式進行沖提，所得到的色譜圖再與標準樣品之色譜圖進行比較，根據樣品色譜出現的時間及大小即可鑑定其為何種化合物並推算其濃度。

第三章 試驗處理與結果討論

本次到美國農業部農業研究服務中心的農產品品質及安全研究室學習農產品之抗氧化物質分析及測定相關技術，共進行 8 項試驗研究，並獲得初步成果。此次研究主要是以不同成熟度之藍莓及覆盆子等莓類果實進行各種處理，研究溫度、光照、精油、紫外線及後熟對莓類果實抗氧化能力及成分之影響，所有試驗均進行總酚類含量、花青素含量及氧自由基吸收能力等分析。各種試驗之代號及簡要說明如表一：

表一、試驗之代號及處理

| 試驗代號 | 試驗說明 |
|------|-----------------------|
| AI | 藍莓以 AITC 處理 |
| BME | 不同成熟度之藍莓以不同溫度、光照及精油處理 |
| BUV | 藍莓以不同紫外光處理 |
| EO | 黑覆盆子不同精油處理 |
| LMR | 不同成熟度之紅覆盆子以不同光強度處理 |
| MBB | 不同成熟度之藍莓以紫外光處理 |
| MR | 覆盆子加 AITC 後以不同溫度處理 |
| OB | 有機與傳統栽培法之藍莓果實抗氧化特性比較 |

第一節 藍莓以 AITC 處理對其抗氧化能力及物質之影響—AI

AITC 是一種從山葵抽出的物質，具有保鮮的效果，已經有人將其利用於水果的保鮮上，本研究即是利用新鮮藍莓添加 AITC，在放置 3 天、7 天、10 天及 14 天後，再分別對有添加 AITC 及沒有添加 AITC 的對照組之藍莓果實進行抗氧化能力及成分之分析，並將結果進行比較，以了解 AITC 對藍莓抗氧化特性之影響，表一即為本試驗之試驗代號及試驗處理之描述。

表一、試驗代號及試驗處理

| 樣品代號 | 試驗處理 | 試驗日期 | 後熟時間(天) |
|------|---------|-----------|---------|
| Init | Initial | 6-30-2006 | 0 |
| C3 | Control | 7-3-2006 | 3 |
| AI3 | AITC | 7-3-2006 | 3 |
| C7 | Control | 7-7-2006 | 7 |
| AI7 | AITC | 7-7-2006 | 7 |
| C10 | Control | 7-10-2006 | 10 |
| AI10 | AITC | 7-10-2006 | 10 |
| C14 | Control | 7-14-2006 | 14 |
| AI14 | AITC | 7-14-2006 | 14 |

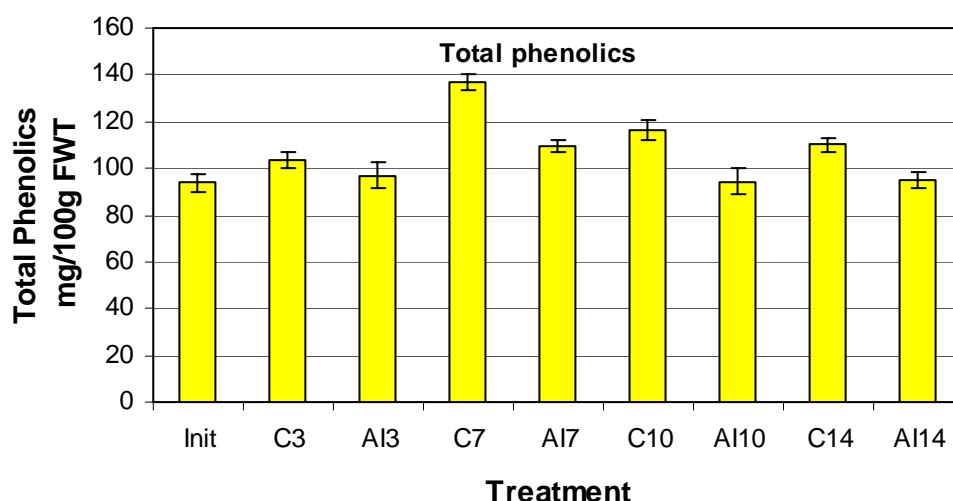
由圖一可以發現，隨著處理時間增加，藍莓果實的總酚類含量會隨之增加，並在第七天時達到最高，而後則逐漸降低，但仍比最初的對照高，不過施用 AITC 會抑制其總酚類含量增加的量，使其總酚類含量增加的幅度下降，但仍高於最初

的對照，顯示後熟及 AITC 處理均能提高藍莓總酚類的含量。

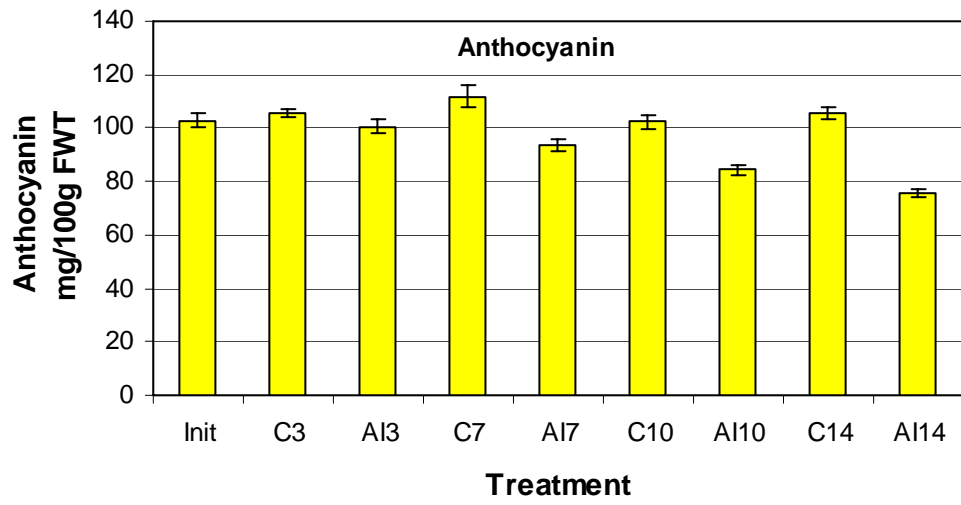
圖二則顯示隨著處理時間增加，藍莓花青素含量只有稍微提高或持平，而添加 AITC 處理卻會造成藍莓花青素含量明顯的降低，隨著處理時間增加，其降低的程度也增加，顯示後熟可以稍微增加或維持藍莓花青素的含量，而 AITC 則會降低藍莓花青素的含量。

圖三為各處理之氧自由基吸收能力(ORAC)變化圖，其結果與圖一及圖二之變化趨勢相關，氧自由基吸收能力隨著後熟處理時間增加而增加，與藍莓果實的總酚類含量增加的趨勢相似，但在第七天後氧自由基吸收能力並未如圖一及圖二般下降，且都比最初的對照高，顯示藍莓後熟之後期還有其他因素能提高氧自由基之吸收能力，使其維持在相對較高的水準。

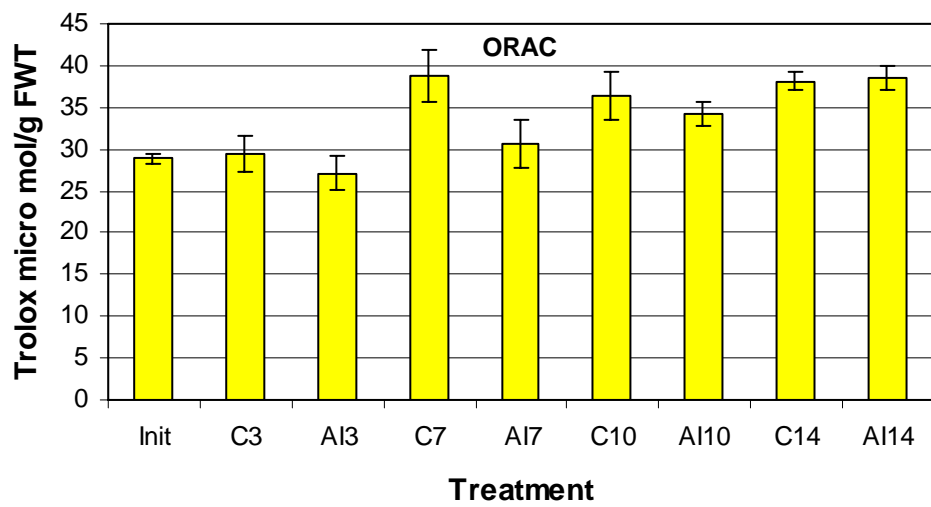
圖四為不同處理之藍莓萃取液在通過 C18 cartridge 純化後以高效能液相層析儀分析之結果，其中 chlorogenic acid、resveratrol(白藜蘆醇)、myricetin 3-arabinoside、quercetin 3-galactoside、quercetin 3-glucoside、quercetin 3-arabinoside、kaempferol 3-glucoside 及 kaempferol derivative 等 8 個物質屬於酚類化合物，其綜合之結果即反應於總酚類含量之變化上，其趨勢與圖一不同處理藍莓之總酚類含量變化相似。而後面 8 個成分包括 delphinidin 3-galactoside、delphinidin 3-glucoside、delphinidin 3-arabinoside、petunidin 3-galactoside、petunidin 3-glucoside、petunidin 3-arabinoside、malvidin 3-galactoside 及 malvidin 3-arabinoside 等屬於花青素類物質，其中 cyanidin 為矢車菊素、delphinidin 為花翠素、petunidin 為矮牽牛苷配基及 malvidin(錦葵色素)均為常見之花青素，其趨勢亦符合圖二不同處理藍莓之花青素含量變化的趨勢，可說明藍莓在處理後各種花青素成分之改變。



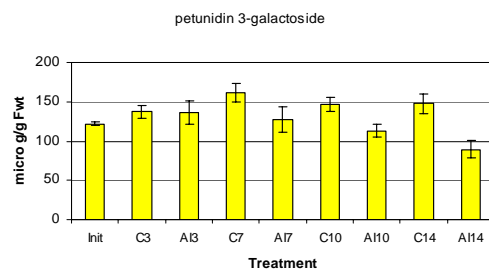
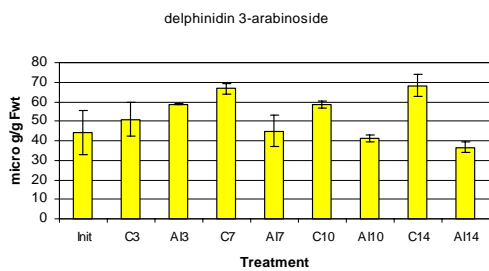
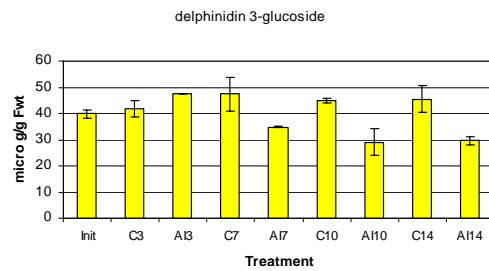
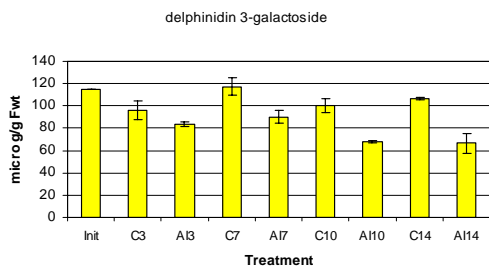
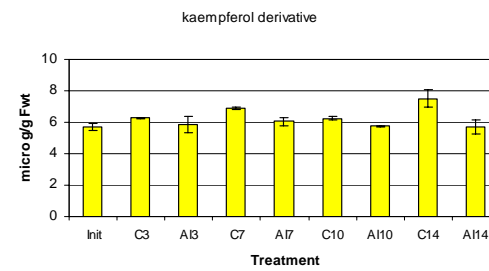
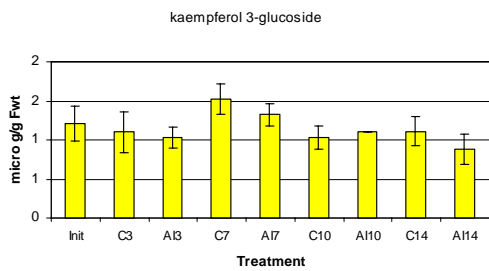
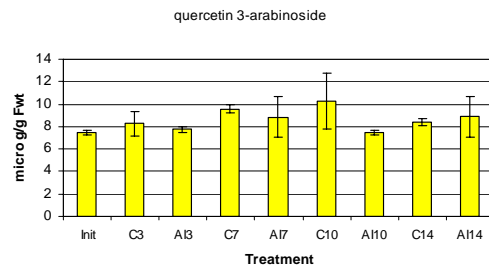
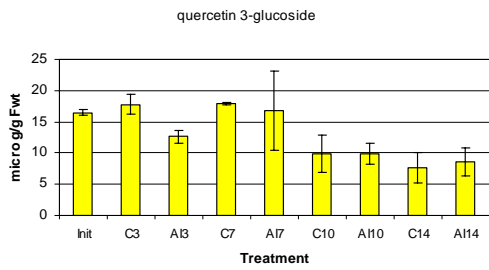
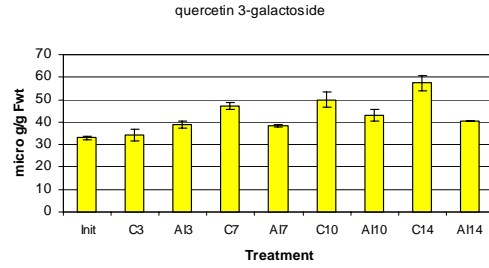
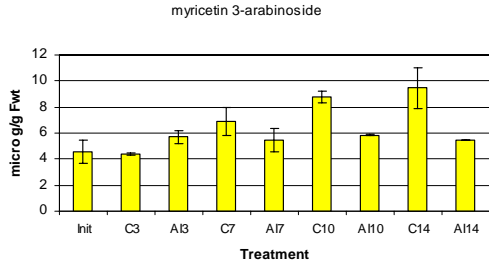
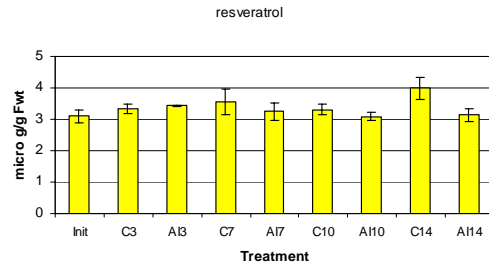
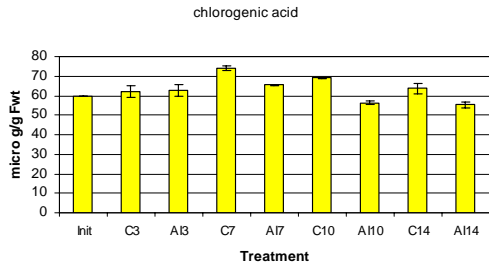
圖一、不同處理藍莓之總酚類含量變化圖

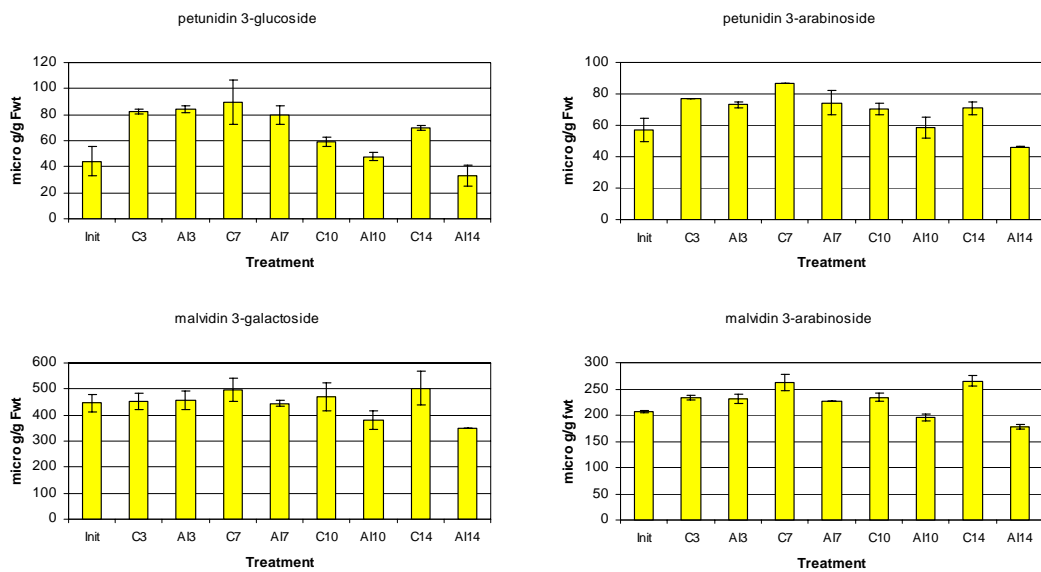


圖二、不同處理藍莓之花青素含量變化圖



圖三、不同處理藍莓之氧自由基吸收能力(ORAC)變化圖





圖四、不同處理藍莓之高效能液相層析儀分析結果

第二節 不同成熟度之藍莓以不同溫度、光照及精油處對其抗氧化能力及物質之影響—BME

將成熟度為 100%、80%、50%及 20%之藍莓，用可以控制溫度及光照時間之生長箱實驗，分別進行高溫(日溫 26°C/夜溫 22°C)及低溫(日溫 15°C/夜溫 10°C)與兩種不同精油(E1 為 p-Cymene 及 E2 為 Carracrol)進行處理，光照時間同為 11 小時(07:00–18:00)，當其顏色完全轉成藍黑色時即視為達到後熟之指標，其後熟時間則分別為 1 天、2 天、3 天、5 天、3.5 天及 6.5 天，當到達後熟標準時立即將樣品取出並以 -20°C 冷藏等待分析，所有處理之說明及描述如表二。

表二、試驗代號及試驗處理描述

| 樣品代號 | 成熟度 | 精油 | 溫度(°C) | 光照時間 | 後熟時間(天) |
|---------|------|-----------|-----------|-------------|---------|
| 100% | 100% | | | | 0 |
| 80% | 80% | | | | 0 |
| 50% | 50% | | | | 0 |
| 20% | 20% | | | | 0 |
| 100%CH | 100% | Control | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 1 |
| 100%E1H | 100% | p-Cymene | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 1 |
| 100%E2H | 100% | Carracrol | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 1 |
| 100%CL | 100% | Control | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 1 |
| 100%E1L | 100% | p-Cymene | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 1 |
| 100%E2L | 100% | Carracrol | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 1 |
| 80%CH | 80% | Control | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 2 |
| 80%E1H | 80% | p-Cymene | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 2 |
| 80%E2H | 80% | Carracrol | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 2 |
| 80%CL | 80% | Control | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 3 |
| 80%E1L | 80% | p-Cymene | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 3 |
| 80%E2L | 80% | Carracrol | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 3 |
| 50%CH | 50% | Control | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 3 |
| 50%E1H | 50% | p-Cymene | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 3 |
| 50%E2H | 50% | Carracrol | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 3 |
| 50%CL | 50% | Control | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 5 |
| 50%E1L | 50% | p-Cymene | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 5 |
| 50%E2L | 50% | Carracrol | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 5 |
| 20%CH | 20% | Control | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 3.5 |
| 20%E1H | 20% | p-Cymene | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 3.5 |
| 20%E2H | 20% | Carracrol | (H) 26/22 | 07:00-18:00 | 3.5 |
| 20%CL | 20% | Control | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 6.5 |
| 20%E1L | 20% | p-Cymene | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 6.5 |

| | | | | | |
|--------|-----|-----------|-----------|-------------|-----|
| 20%E2L | 20% | Carracrol | (L) 15/10 | 07:00-18:00 | 6.5 |
|--------|-----|-----------|-----------|-------------|-----|

圖五及圖六為不同成熟度之藍莓總酚類及花青素含量的分析結果，由圖五可明顯的發現隨著成熟度的提高，其總酚類的含量卻隨之降低，這與我們一般常識的認知是相符的，即越成熟的果實其苦澀味越低，即表示其酚類物質的量較低。而圖六則顯示隨著成熟度增加，其花青素的含量亦隨之提高，這一點從外表顏色的變化就能獲得證明。

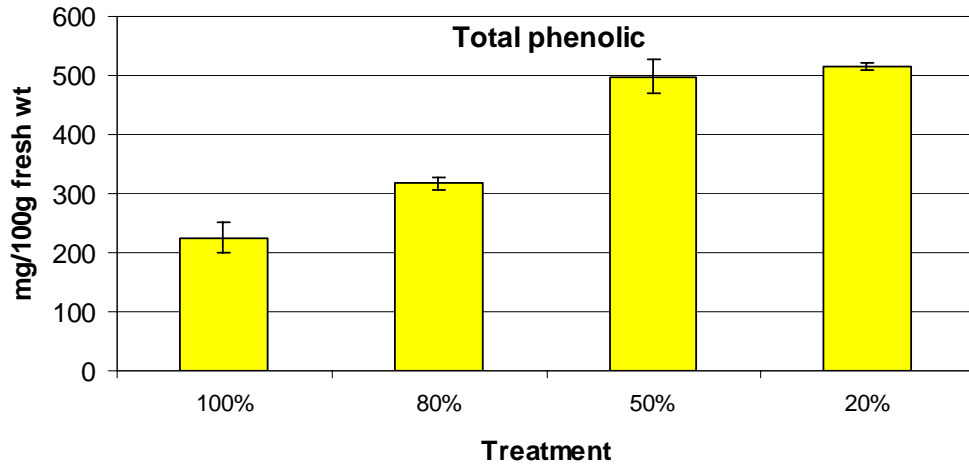
圖七則為不同成熟度之藍莓在不同溫度、光照及精油處理條件下，經過不同時間的後熟處理後其總酚類含量之變化。由圖形可發現，100%成熟度在高溫處理時，精油處理會增加藍莓總酚類的含量，但在 80%及 50%成熟度的高溫處理下之藍莓則無此現象，而 20%成熟度的藍莓在高溫處理下，精油處理反而會降低藍莓總酚類的含量。在低溫處理部份，除 80%成熟度 E1 精油處理會增加藍莓總酚類的含量外，其他 100%、50%及 20%成熟度的藍莓 E1 精油處理均會些微降低；在低溫及 E2 處理部份，100%成熟度會明顯提高藍莓總酚類的含量，其它成熟度提高的效果則不如 100%成熟度般明顯。另從高溫及低溫處理來看，高溫處理對藍莓總酚類的含量提高的效果優於低溫處理；與最初未處理之資料比較，則 80%及 20%在後熟處理後，其提高藍莓總酚類含量的現象較明顯。

圖八則為不同處理藍莓之花青素含量的變化圖，在高溫處理下，100%及 80%成熟度的藍莓，精油處理會增加藍莓花青素的含量，其效果 E1 優於 E2，但在 50%及 20%成熟度的藍莓加上精油處理則 p-Cymene 會抑制花青素的量，而 Carracrol 則可保持花青素的量。低溫處理的則成熟度 100%及 80%之 E1 及 E2 處理均會提高藍莓的花青素，而 50%及 20%之狀況與高溫處理的表現相似，即 E1 會降低藍莓花青素的量，而 E2 則會提高。後熟的效果則顯示，除 E1 會抑制花青素的提高外，後熟後之藍莓的花青素均比原始藍莓的花青素高。

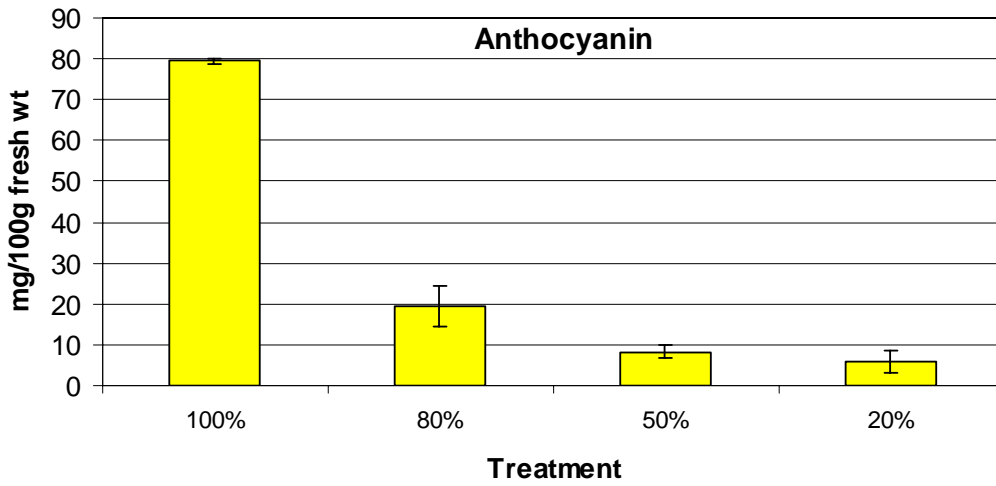
圖九為不同成熟度藍莓的高效能液相層析儀分析資料，其中 ellagic acid、quercetin 3-glucoside、quercetin 3-rhamnoside 及 kaempferol 3-glucoside 是屬於酚類物質，因 ellagic acid 與 quercetin 3-glucoside 及 quercetin 3-rhamnoside 與 kaempferol 3-glucoside 兩組酚類物質在高效能液相層析儀分析時圖形有重疊的現象，因此將其合併計算，其結果與圖五不同成熟度藍莓之總酚類含量變化的趨勢相似，皆是隨成熟度增加而降低其酚類物質的含量。

另外 cyanidin 3-glucoside、cyanidin 3-xyloside、cyanidin 3-glucoside derivative 及 dicarboxylic acid acylated of cyanidin 3-glucoside derivative 則是個別花青素類物質的高效能液相層析儀之分析資料，其結果與圖六不同成熟度藍莓之花青素含量的變化趨勢相似，印證隨著成熟度增加花青素物質的含量也會隨之增加。

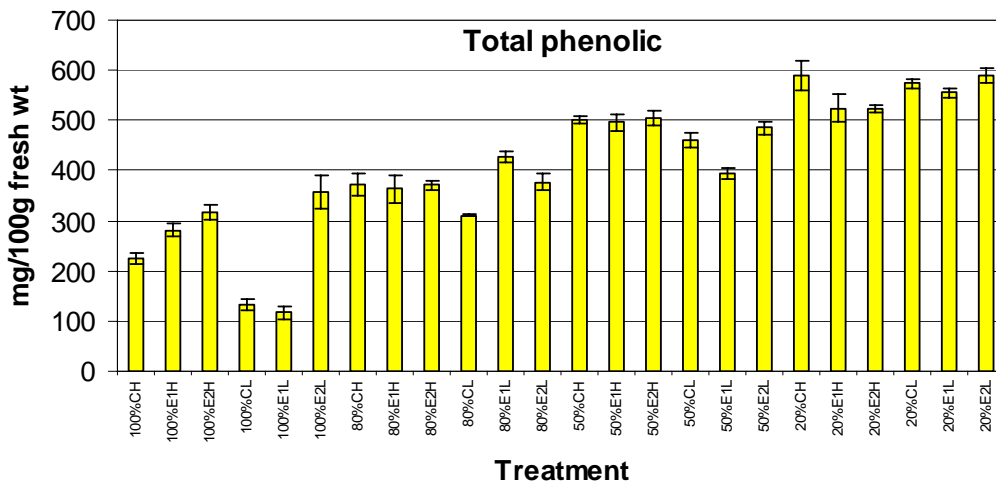
圖十則為不同成熟度之藍莓在不同處理下之高效能液相層析儀的分析資料，其結果與圖七及圖八之趨勢相似，可以作為圖七及圖八之驗證。



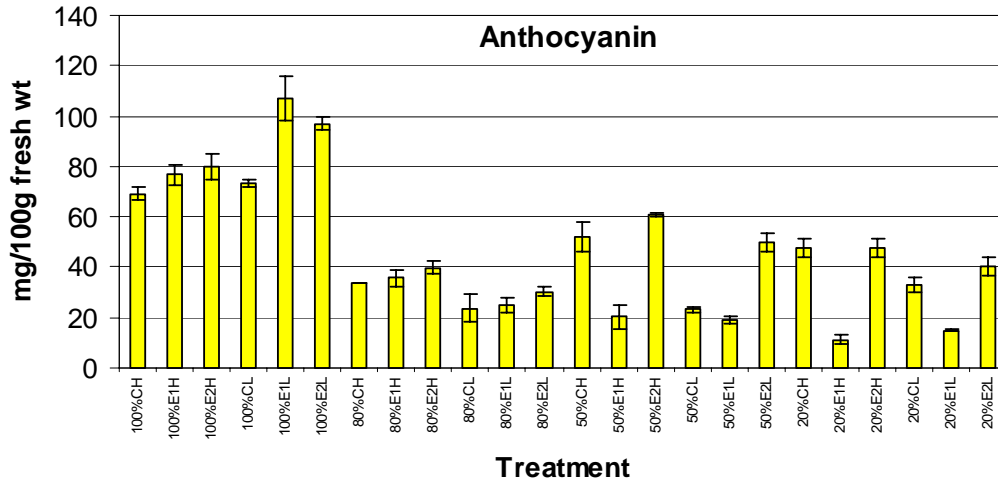
圖五、不同成熟度藍莓之總酚類含量變化圖



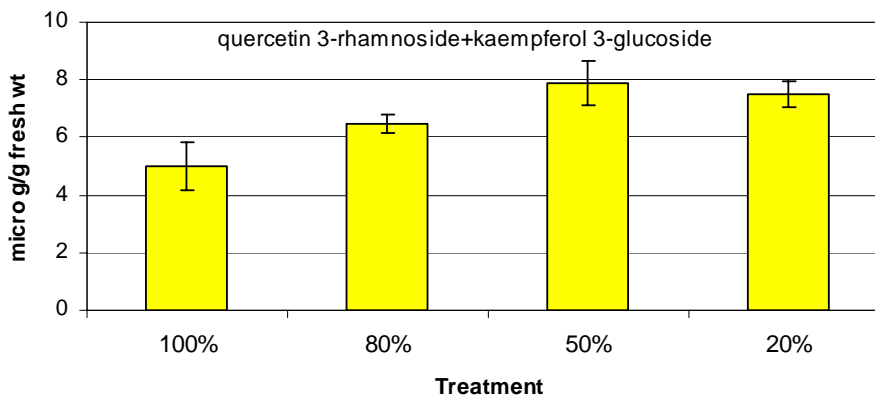
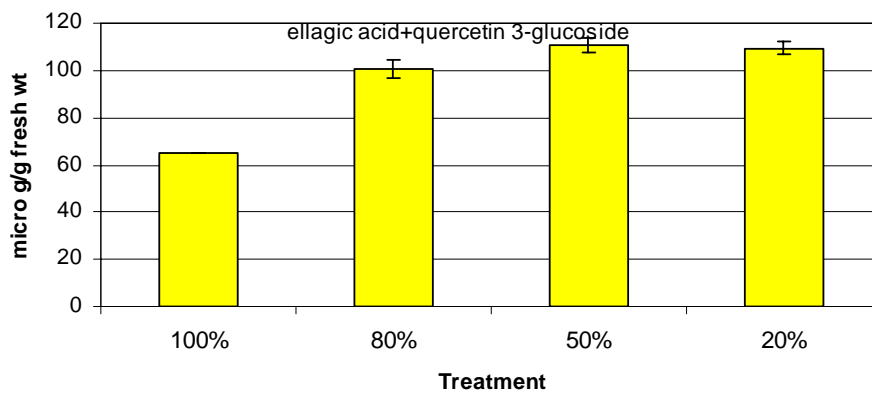
圖六、不同成熟度藍莓之花青素含量變化圖

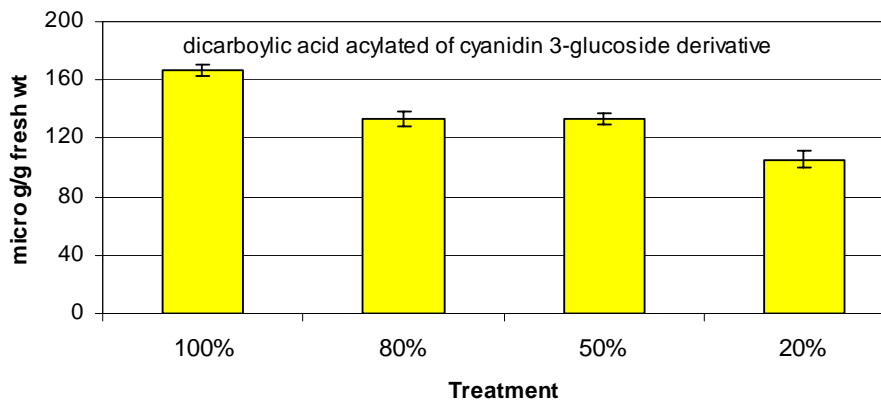
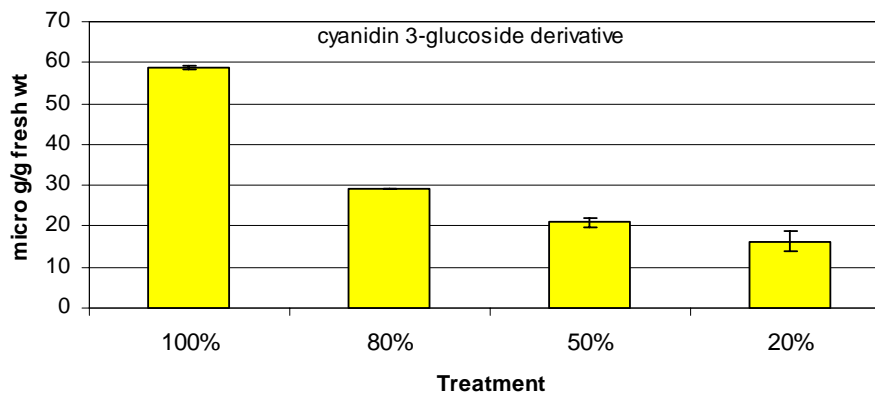
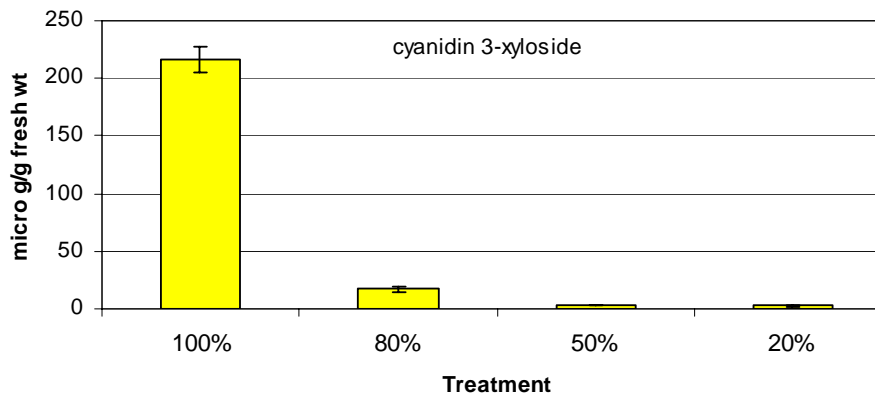
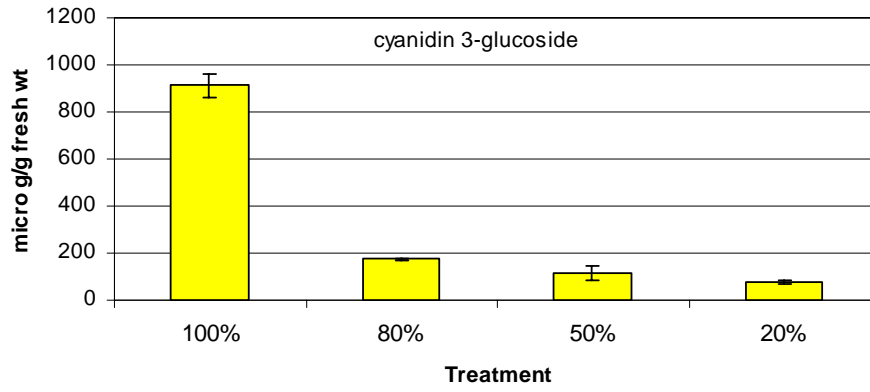


圖七、不同處理藍莓之總酚類含量變化圖

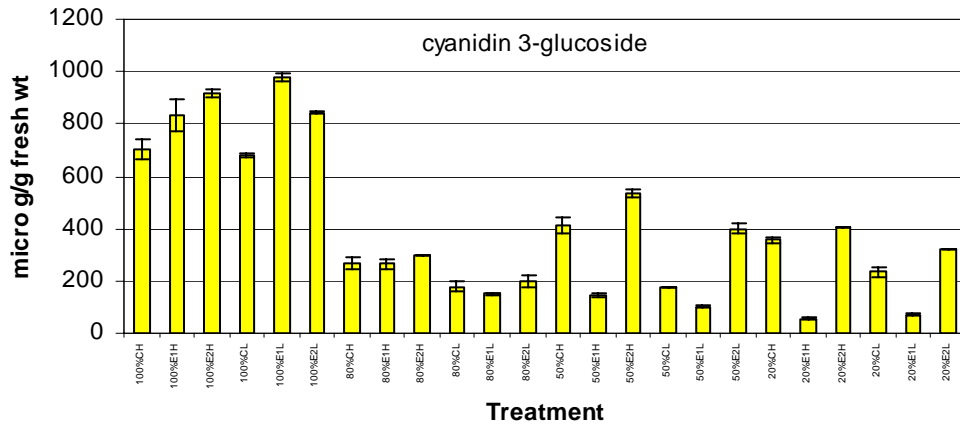
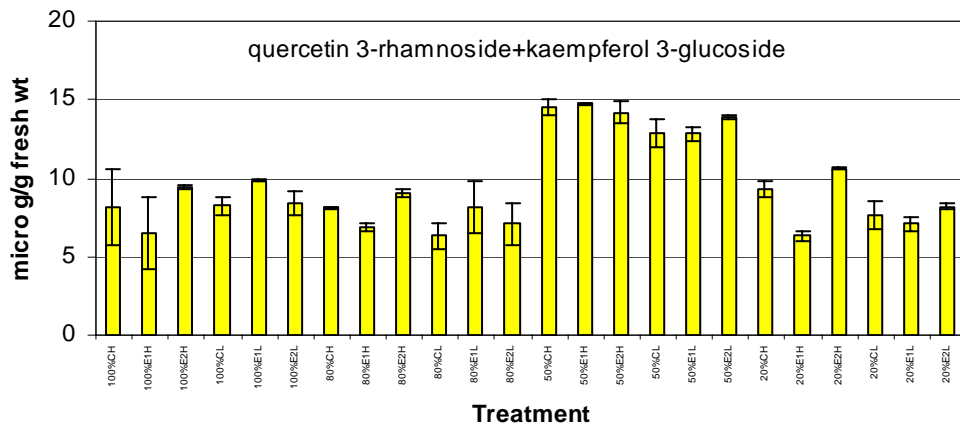
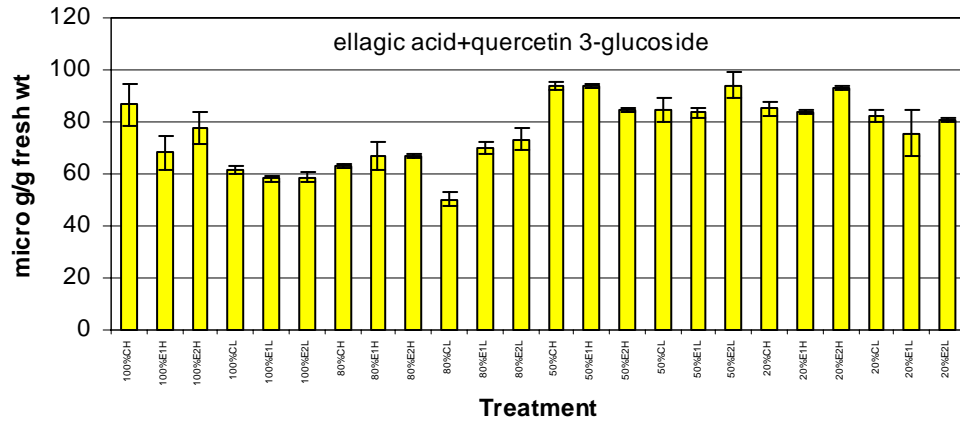


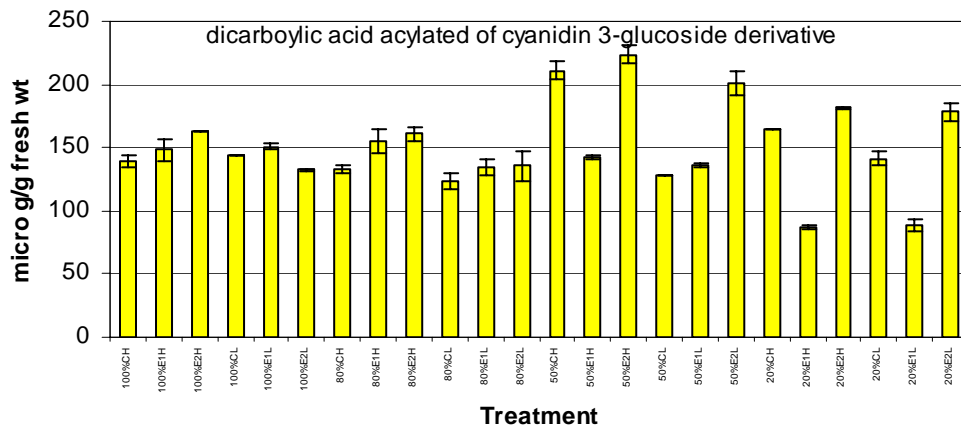
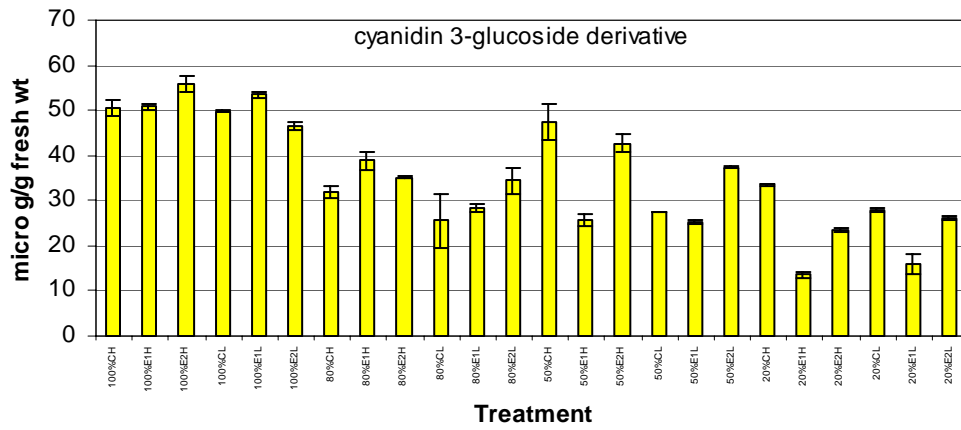
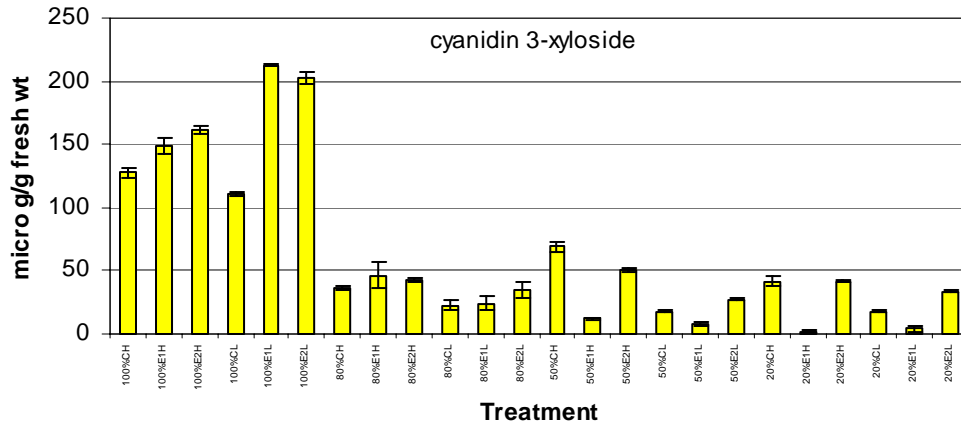
圖八、不同處理藍莓之花青素含量變化圖





圖九、不同成熟度藍莓之高效能液相層析儀分析資料





圖十、不同處理對不同成熟度藍莓之高效能液相層析儀分析資料

第三節 藍莓以不同紫外光處理對其抗氧化能力及物質之影響—BUV

紫外光照射是一種常用於水果採後處理的方法，如果我們將紫外光照射視為一種外來的刺激，而植物必須提升其抗氧化活性以抵抗這種不好的刺激，因此不同紫外光照射的量即可能會影響其抗氧化活性，本實驗即是探討在不同紫外光照射量及照射後不同存放時間對藍莓果實抗氧化能力強弱及其抗氧化成分的影響。表三為試驗代號及試驗處理說明。

表三、試驗代號及試驗處理描述

| 樣品代號 | 試驗處理 | 照射後靜置時間(分) |
|-------|-----------------|------------|
| BUV-1 | Control (No UV) | |
| BUV-2 | UV 10 min | |
| BUV-3 | UV 10 min | 60 |
| BUV-4 | UV 10 min | 180 |
| BUV-5 | UV 10 min | 300 |
| BUV-6 | UV 10 min | 540 |
| BUV-7 | UV 10 min | 1440 |

| 樣品代號 | 試驗處理 | 照射劑量(kJm ⁻²) |
|--------|-----------------|--------------------------|
| BUV-8 | Control (No UV) | 0.00 |
| BUV-9 | UV 1 min | 0.43 |
| BUV-10 | UV 5 min | 2.15 |
| BUV-11 | UV 10 min | 4.30 |
| BUV-12 | UV 15 min | 6.45 |

實驗分成兩個部分，首先是將完全成熟的藍莓以 300 $\mu\text{W cm}^{-2}$ (Model UVLMS-38: 3UV EL Series UV Lamp, 8W, LW/MR/SW, Upland California, USA)(圖十一)的強度照射 10 分鐘(即照射劑量為 4.30 kJ m^{-2})，再於室溫下分別放置 60、180、300、540 及 1440 分鐘，當放置時間到時馬上將樣品放在液態氮中固定，然後將樣品放在-80°C的冰箱中備用。

第二個實驗則是為觀察不同紫外光照射量對完全成熟藍莓抗氧化活性的影響，將藍莓以 300 $\mu\text{W cm}^{-2}$ 的強度分別照射 1、5、10 及 15 分鐘，得到照射劑量為 0.43、2.15、4.15 及 6.45 kJ m^{-2} 的處理效果，照射後一樣馬上將樣品放在液態氮中固定，然後將樣品放在-80°C的冰箱中備用。

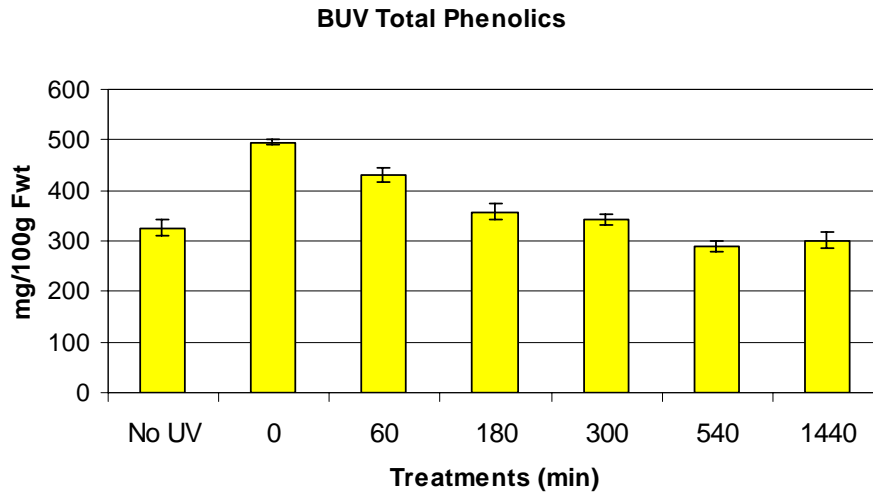


圖十一、紫外光照射裝置

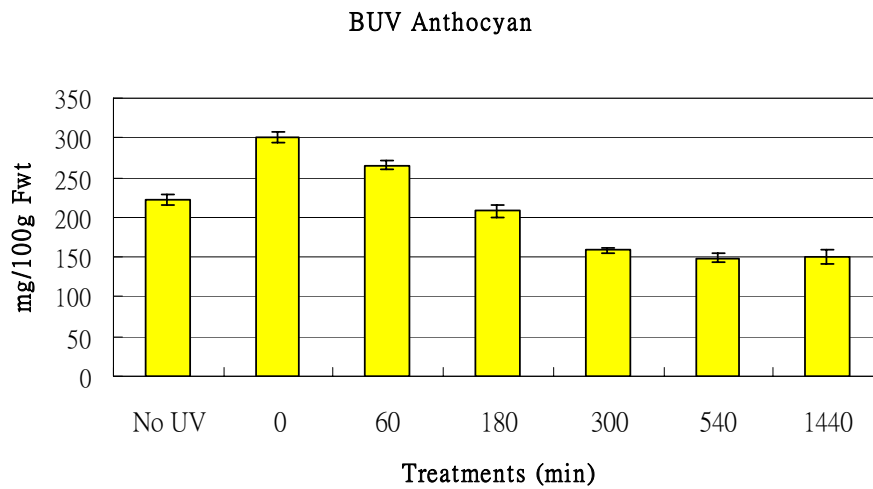
圖十二為紫外光照射 10 分鐘後，放置不同時間對藍莓之總酚類含量影響的圖形，其結果顯示照射紫外光可以明顯提高藍莓總酚類的量，但這個效果會隨著放置時間的增加而消退，到 9 小時後其效果及完全消失至與對照無差異。

圖十三為紫外光照射 10 分鐘後，放置不同時間對藍莓之花青素含量影響的圖形，其結果顯示照射紫外光同樣可以明顯提高藍莓花青素的量，而這個效果也相同會隨著放置時間的增加而急速消退，到 3 小時後其花青素的量已經低於未照紫外光之處理，而後至 5 個小時後，花青素仍持續降低，並低於對照處理，然後維持相同的量直到 24 小時。

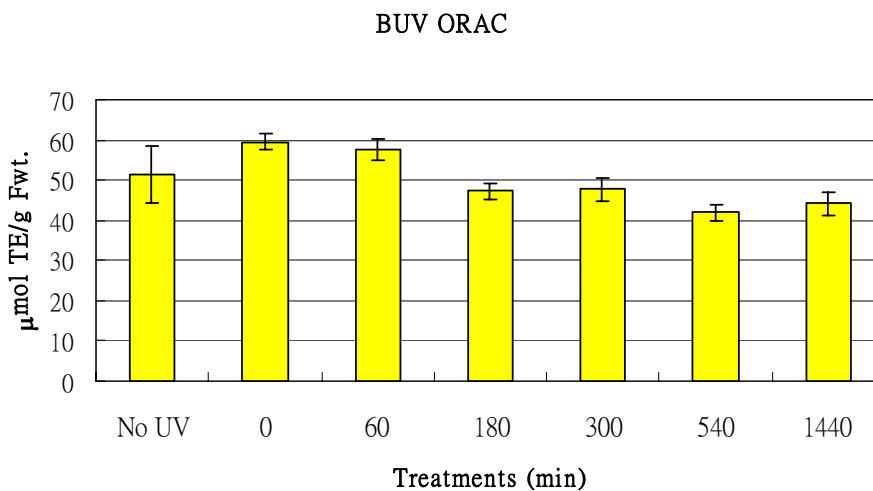
圖十四則顯示經紫外光照射處理後藍莓之氧自由基吸收能力隨著放置時間之變化圖。由圖形可發現，紫外光照射在初期能提高氧自由基吸收能力分析的量，但在過了 1 小時後其效果就消失了，綜合總酚類含量及花青素的分析結果可推斷是因為花青素含量持續下降是造成自由基吸收能力分析在 1 小時後下降的主要原因。詳細個別酚類及花青素物質含量的變化亦可由圖十五獲得驗證，由此亦可推論紫外光照射對藍莓而言是一種短暫的刺激，雖然其可提高總酚類及花青素的含量，並造成氧自由基吸收能力分析提高，不過其作用時間很短，其影響力約 1 至 3 個小時就會衰退。



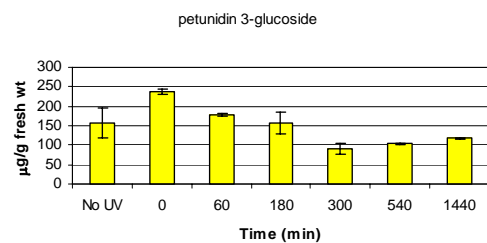
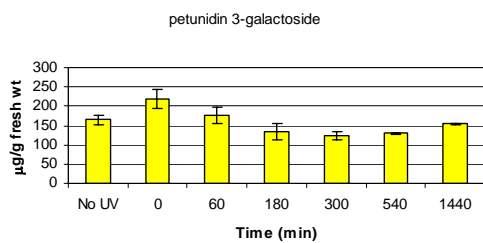
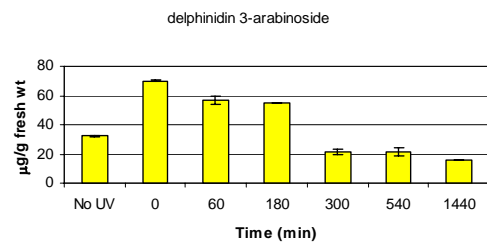
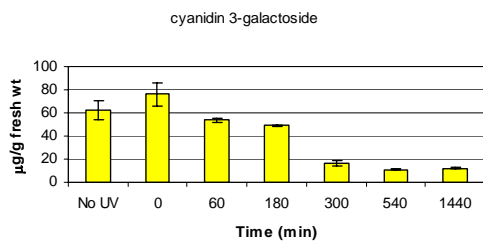
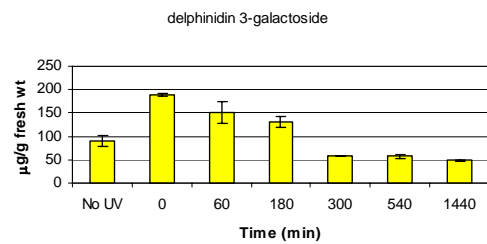
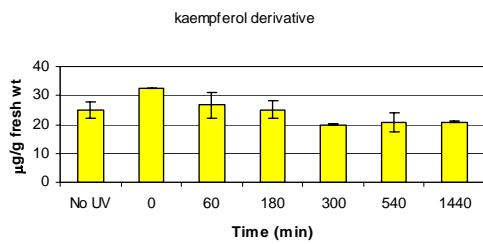
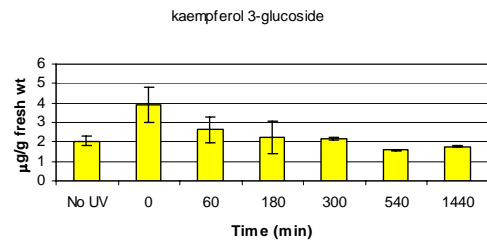
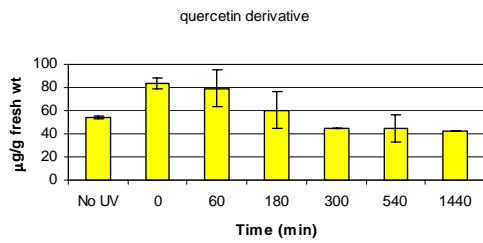
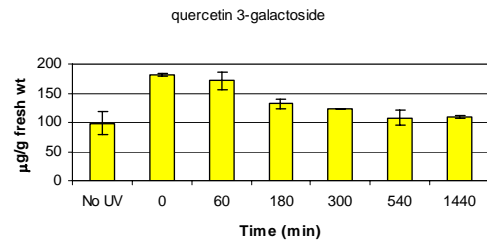
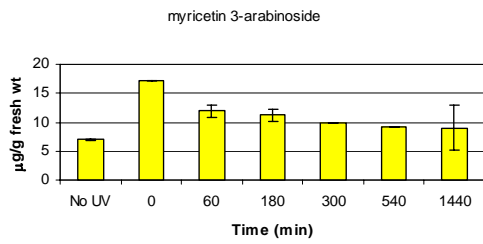
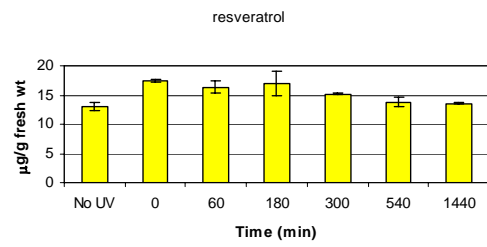
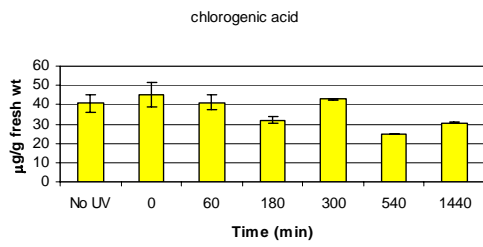
圖十二、紫外光處理後不同放置時間藍莓之總酚類含量變化圖

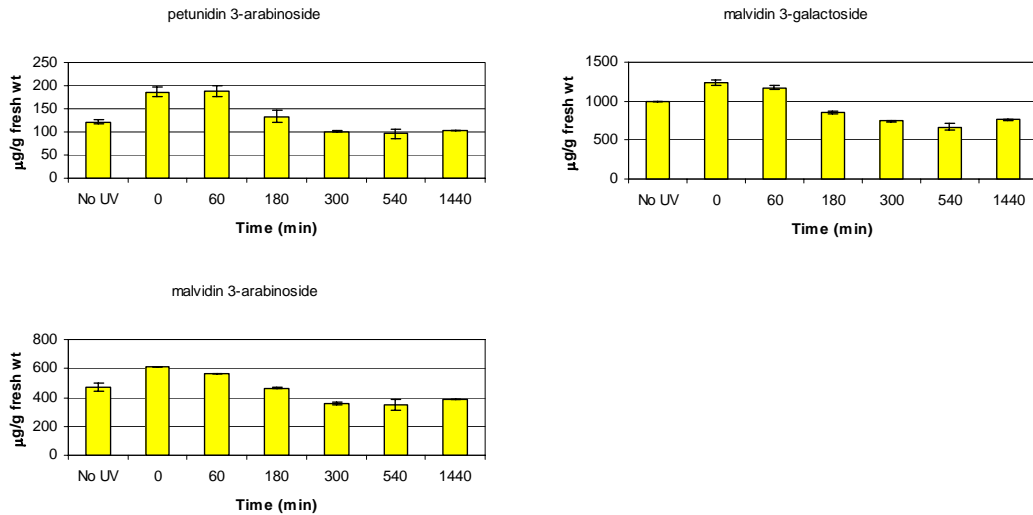


圖十三、紫外光處理後不同放置時間藍莓之花青素含量變化圖



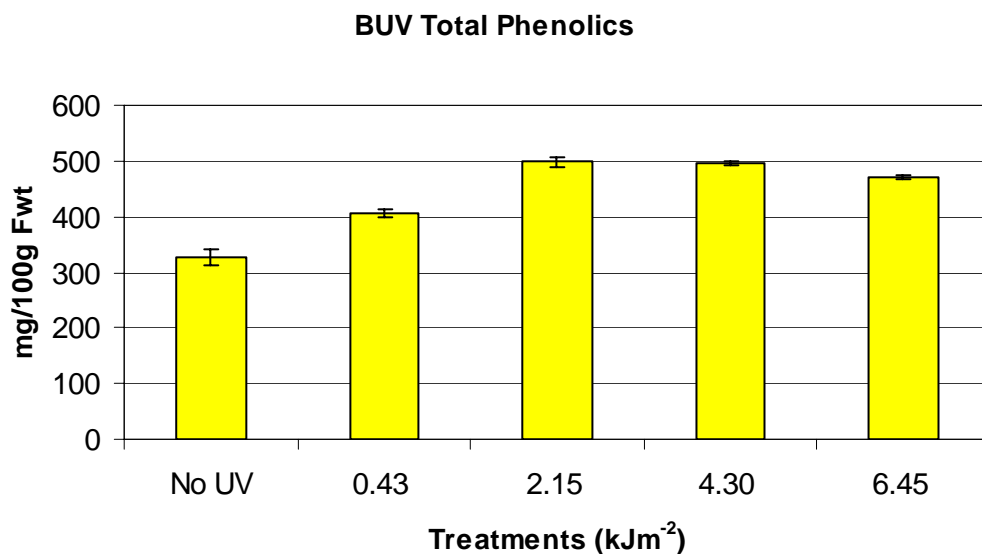
圖十四、紫外光處理後不同放置時間藍莓之氧自由基吸收能力分析變化圖



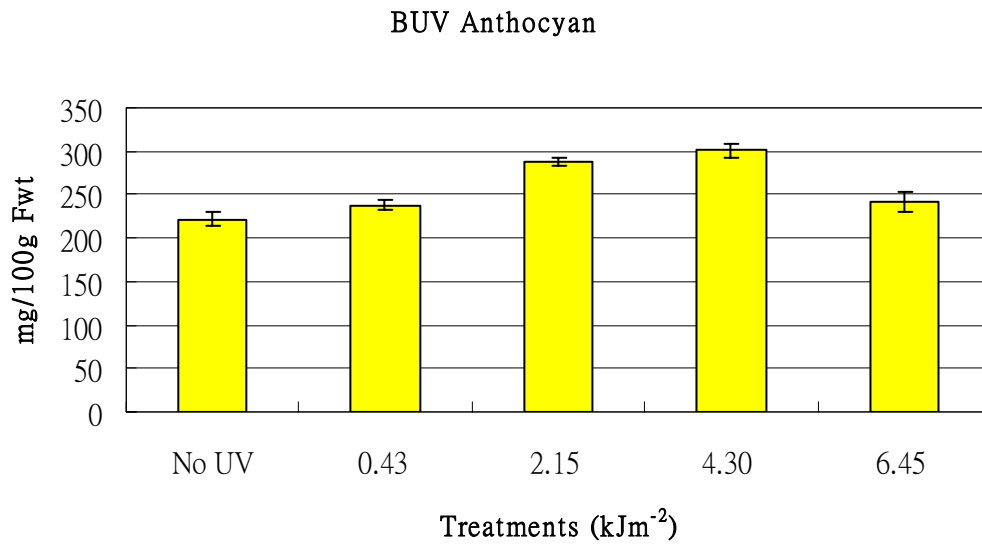


圖十五、紫外光處理後不同放置時間藍莓之高效能液相層析儀分析資料

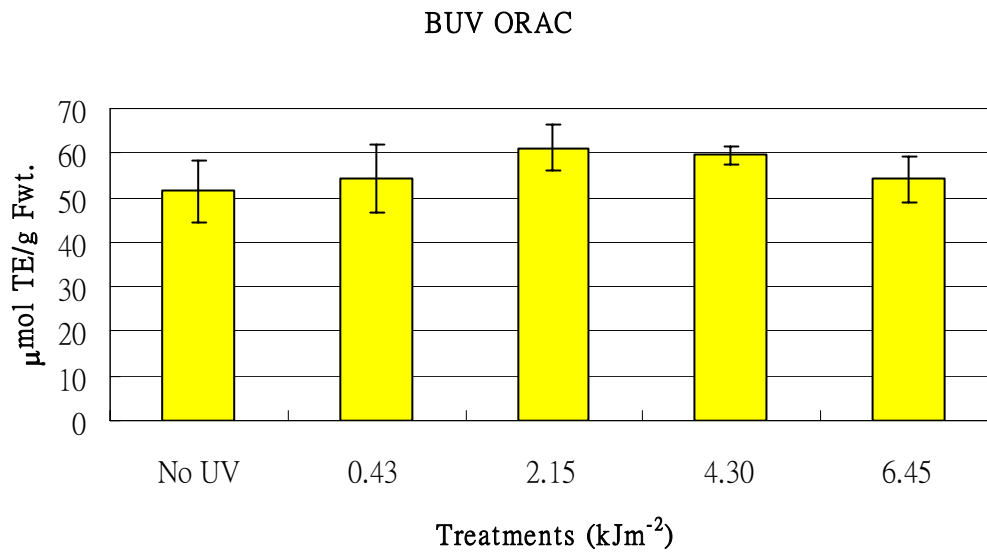
圖十六為接受不同紫外光照射劑量之藍莓的總酚類含量變化圖形，其結果顯示隨著紫外光照射劑量的增加可以明顯提高藍莓總酚類的量，但當紫外光照射量超過 6.45 kJm^{-2} 時則會出現抑制現象，相同的現象亦發生於花青素含量的變化上 (圖十七)，其綜合的反應則顯現於抗氧化活性氧自由基吸收能力分析的反應上 (圖十八)。此種結果顯示紫外光照射對藍莓而言是確實是一種刺激，適量的照射劑量可以誘發藍莓產生自我保護機制，提高其總酚類及花青素的量，進而提高其抗氧化能力，而達到自我保護的效果，但過量的紫外光照射量則可能對藍莓造成傷害，因此欲以紫外光照射來達到藍莓保鮮及提高抗氧化活性，應以適量為原則，照射量太低效果不明顯，照射量太高則反而會傷到果實。



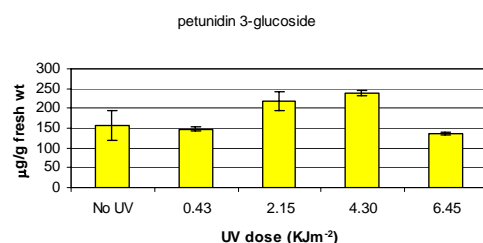
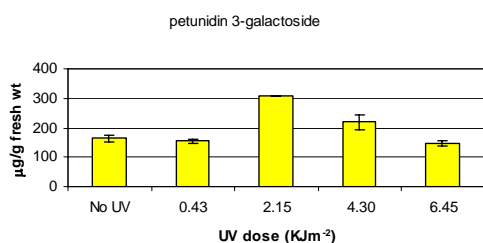
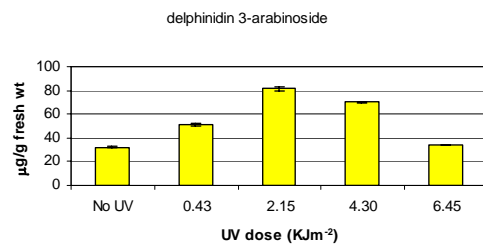
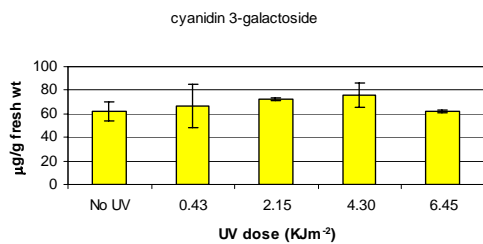
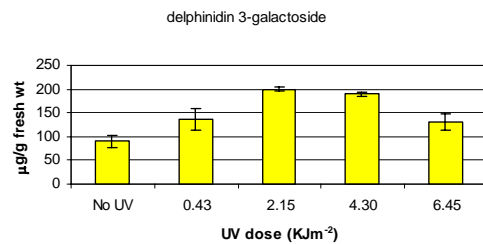
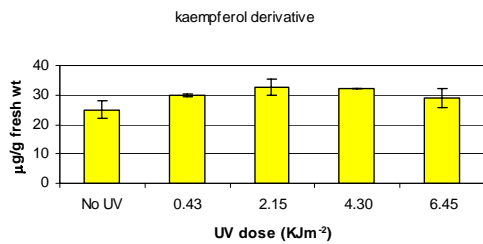
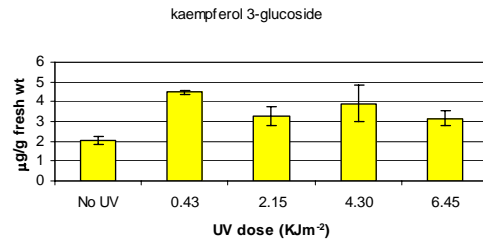
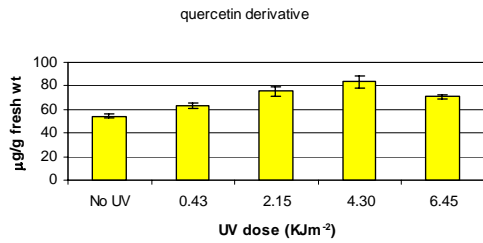
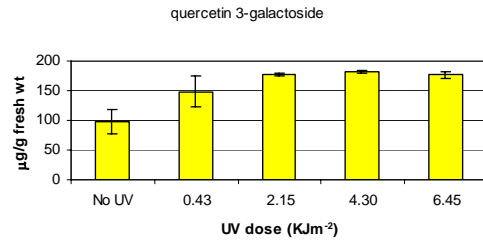
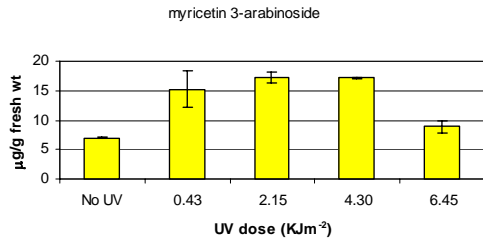
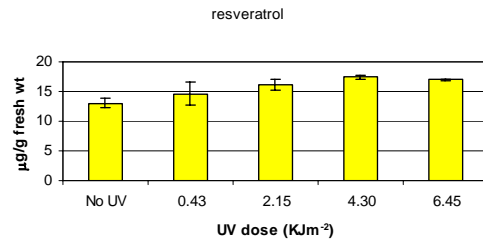
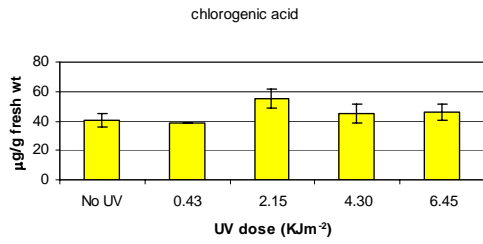
圖十六、不同紫外光照射量之藍莓總酚類含量變化圖

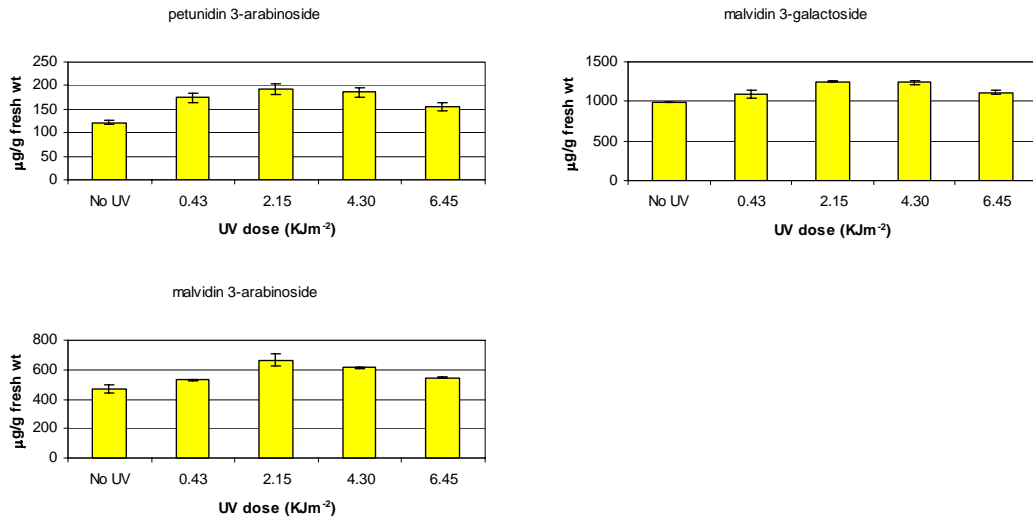


圖十七、不同紫外光照射量之藍莓花青素含量變化圖



圖十八、不同紫外光照射量之氧自由基吸收能力分析變化圖





圖十九、藍莓不同紫外光照射量之高效能液相層析儀分析結果圖

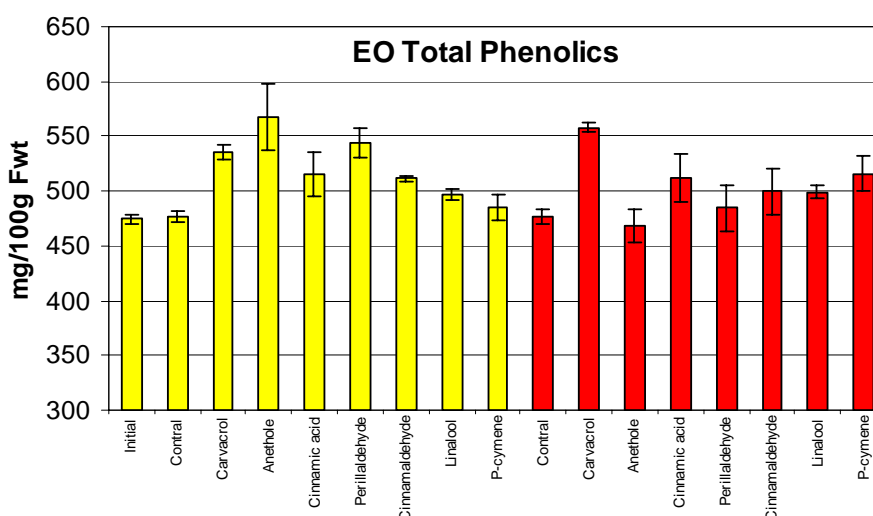
第四節 黑覆盆子不同精油處理對其抗氧化能力及物質之影響—EO

將黑覆盆子分別以 carvacrol、anethole、cinnamic acid、perillaldehyde、cinnamaldehyde、linalool 及 p-cymene 等 7 種不同精油分別處理，並進行兩個時間處理後再對果實進行抗氧化能力及成分之分析及比較。

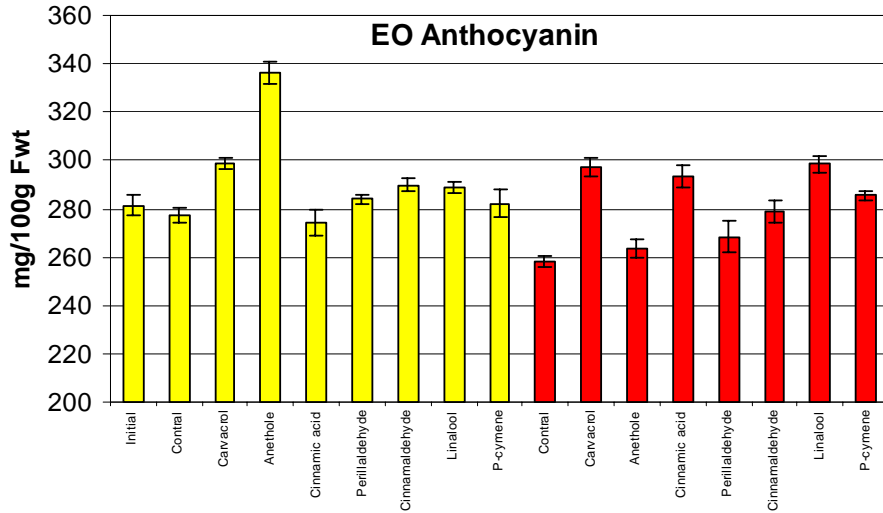
圖二十顯示不同精油處理對黑覆盆子對總酚類含量影響的結果，由圖形結果可觀察到精油處理均能提高黑覆盆子總酚類的含量，但不同精油對總酚類含量提升的效果不同，不同處理時間其反應亦有差異，在 0 天處理中以 anethole、carvacrol 及 perillaldehyde 等精油的效果較好，而在 7 天處理中則以 carvacrol 精油的處理效果最好。在花青素含量的變化方面，0 天處理中是以 anethole 及 carvacrol 的處理效果較好，其它精油處理的效果則不顯著；而在 7 天處理中則以 carvacrol、cinnamic acid、cinnamaldehyde、linalool 及 p-cymene 等精油的處理效果較好，不過 7 天的花青素含量則顯著的低於 0 天處理者，顯示放置時間越長花青素的含量會隨之降低，但利用精油處理可減緩其降低的速率(圖二十一)。

在抗氧化活性方面，除了 7 天的 anethole 處理略低於最初之對照處理外，其他各處理均能提高黑覆盆子的抗氧化活性(圖二十二)，但這結果與圖二十及二十一之趨勢並不完全符合，因此推斷影響黑覆盆子抗氧化活性強弱的因子除了總酚類及花青素的含量外，應該還有其他的因素。

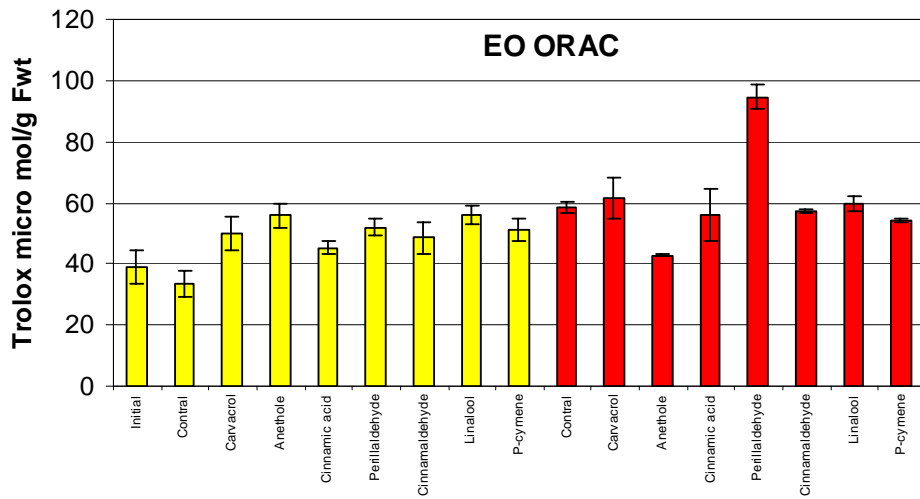
圖二十三則是不同精油處理對黑覆盆子之高效能液相層析儀分析結果，其中 chlorogenic acid、resveratrol、myricetin 3-arabinoside、quercetin 3-galactoside、quercetin 3-arabinoside、quercetin derivative、kaempferol 3-glucoside 及 kaempferol derivative 等物質屬於酚類化合物，其趨勢與圖二十相呼應。而 delphinidin 3-galactoside、cyanidin 3-galactoside、delphinidin 3-arabinoside、petunidin 3-galactoside、petunidin 3-glucoside、petunidin 3-arabinoside、malvidin 3-galactoside 及 malvidin 3-arabinoside 等物質則為花青素類物質，各圖形之總合則反應在圖二十一花青素含量的變化上，其趨勢是相同的。



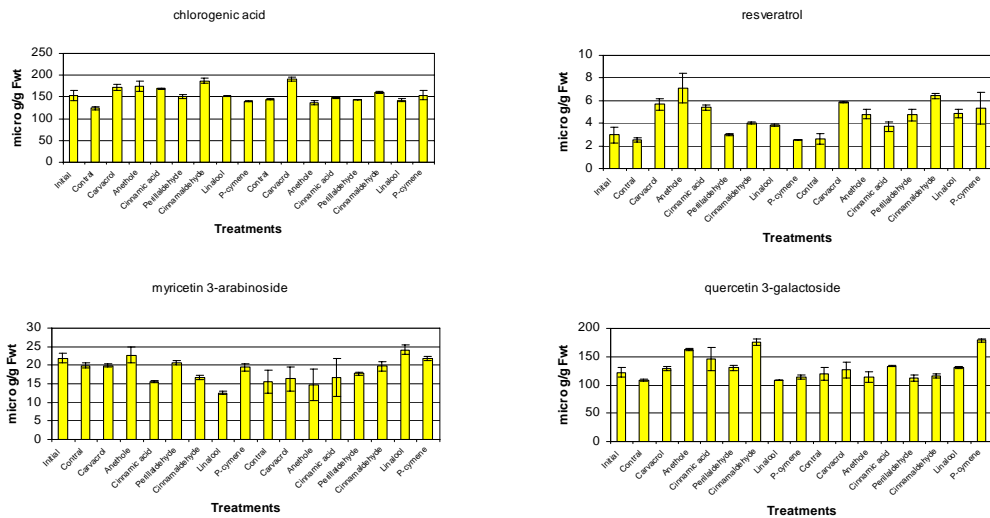
圖二十、不同精油處理對黑覆盆子之總酚類含量變化圖

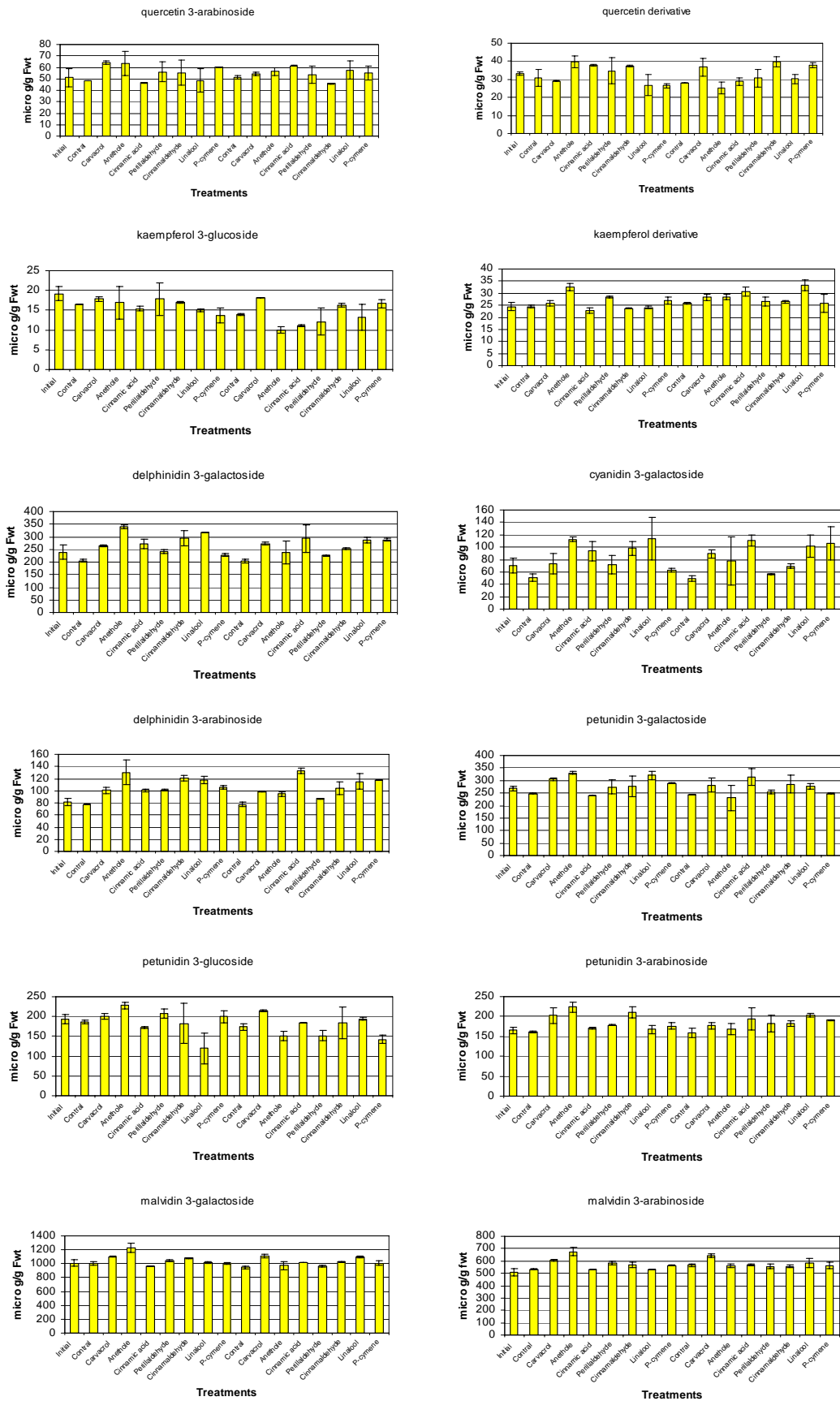


圖二十一、不同精油處理對黑覆盆子之花青素含量變化圖



圖二十二、不同精油處理對黑覆盆子之氧自由基吸收能力分析變化圖





圖二十三、不同精油處理對黑覆盆子之高效能液相層析儀分析結果圖

第五節 不同成熟度之紅覆盆子以不同光強度處理對其抗氧化能力及物質之影響—LMR

以成熟度分別為 100%、80%、50%、20%及 10%之紅覆盆子在日溫 24°C 及夜溫 16°C 與光照時間 11 小時(07:00-18:00)的條件下，進行不同光強度(高光強度— $56.52 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、低光強度— $31.18 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ 及無光照)之處理，在不同時間之後熟處理後再測定其抗氧化活性之變化，表四為本試驗之處理及試驗代號。

表四、試驗代號及試驗處理

| 樣品代號 | 試驗處理 | 後熟時間(天) |
|------|--------------|---------|
| LMR1 | Initial 100% | 0 |
| LMR2 | Initial 80% | 0 |
| LMR3 | Initial 50% | 0 |
| LMR4 | Initial 20% | 0 |
| LMR5 | Initial 10% | 0 |

| 樣品代號 | 試驗處理 | 後熟時間(天) |
|---------|--------------|---------|
| LMR6-1 | 80% H (高光強度) | 1 |
| LMR7-1 | 80% L (低光強度) | 1 |
| LMR8-1 | 80% D (無光照) | 1 |
| LMR9-1 | 50% H (高光強度) | 1 |
| LMR10-1 | 50% L (低光強度) | 1 |
| LMR11-1 | 50% D (無光照) | 1 |
| LMR12-1 | 20% H (高光強度) | 1 |
| LMR13-1 | 20% L (低光強度) | 1 |
| LMR14-1 | 20% D (無光照) | 1 |
| LMR15-1 | 10% H (高光強度) | 1 |
| LMR16-1 | 10% L (低光強度) | 1 |
| LMR17-1 | 10% D (無光照) | 1 |

| 樣品代號 | 試驗處理 | 後熟時間(天) |
|---------|--------------|---------|
| LMR6-2 | 80% H (高光強度) | 2 |
| LMR7-2 | 80% L (低光強度) | 2 |
| LMR8-2 | 80% D (無光照) | 2 |
| LMR9-2 | 50% H (高光強度) | 2 |
| LMR10-2 | 50% L (低光強度) | 2 |
| LMR11-2 | 50% D (無光照) | 2 |
| LMR12-2 | 20% H (高光強度) | 2 |
| LMR13-2 | 20% L (低光強度) | 2 |

| | | |
|---------|--------------|---|
| LMR14-2 | 20% D (無光照) | 2 |
| LMR15-2 | 10% H (高光強度) | 2 |
| LMR16-2 | 10% L (低光強度) | 2 |
| LMR17-2 | 10% D (無光照) | 2 |

| 樣品代號 | 試驗處理 | 後熟時間(天) |
|---------|--------------|---------|
| LMR6-3 | 80% H (高光強度) | 3 |
| LMR7-3 | 80% L (低光強度) | 3 |
| LMR8-3 | 80% D (無光照) | 3 |
| LMR9-3 | 50% H (高光強度) | 3 |
| LMR10-3 | 50% L (低光強度) | 3 |
| LMR11-3 | 50% D (無光強照) | 3 |
| LMR12-3 | 20% H (高光強度) | 3 |
| LMR13-3 | 20% L (低光強度) | 3 |
| LMR14-3 | 20% D (無光照) | 3 |
| LMR15-3 | 10% H (高光強度) | 3 |
| LMR16-3 | 10% L (低光強度) | 3 |
| LMR17-3 | 10% D (無光照) | 3 |

| 樣品代號 | 試驗處理 | 後熟時間(天) |
|---------|--------------|---------|
| LMR6-4 | 80% H (高光強度) | 4 |
| LMR7-4 | 80% L (低光強度) | 4 |
| LMR8-4 | 80% D (無光照) | 4 |
| LMR9-4 | 50% H (高光強度) | 4 |
| LMR10-4 | 50% L (低光強度) | 4 |
| LMR11-4 | 50% D (無光照) | 4 |
| LMR12-4 | 20% H (高光強度) | 4 |
| LMR13-4 | 20% L (低光強度) | 4 |
| LMR14-4 | 20% D (無光照) | 4 |
| LMR15-4 | 10% H (高光強度) | 4 |
| LMR16-4 | 10% L (低光強度) | 4 |
| LMR17-4 | 10% D (無光照) | 4 |

圖二十四及圖二十五為不同成熟度之紅覆盆子總酚類及花青素含量的分析結果，由圖二十四可明顯的發現隨著成熟度的提高，其總酚類的含量卻隨之降低，這與我們一般常識的認知是相符的，即越成熟的果實其苦澀味越低，表示其酚類物質的量較低。而圖六則顯示隨著成熟度增加，其花青素的含量亦隨之提高，這一點從外表顏色的變化同樣能獲得證明，這個結果也與先前「不同成熟

度之藍莓以不同溫度、光照及精油處理對其抗氧化能力及物質之影響」的試驗結果相似。

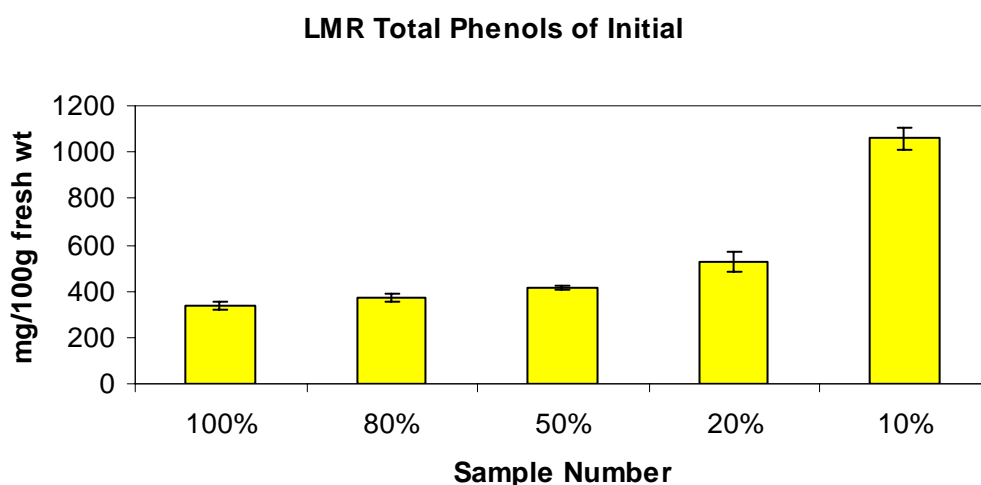
圖二十六為不同成熟度之紅覆盆子在不同處理及不同時間後熟後之總酚類含量變化圖。由圖形可發現，80%成熟度(LMR6~8)的紅覆盆子有光照處理(高光照及低光照)在第四天時可提高總酚類的含量，在50%(LMR9~10)成熟度則僅低光照處理的效果較明顯，20%(LMR12~14)成熟度的處理則各處理均可提高總酚類的含量，而10%(LMR15~17)成熟度的紅覆盆子則只有高光照處理的效果較明顯，低光照及無光照甚至會降低紅覆盆子總酚類的含量。

圖二十七則為不同成熟度之紅覆盆子在不同處理下經過不同時間後熟後之花青素含量變化圖，由圖形可以發現各處理在第2至4天花青素含量明顯的比第一天高，而且成熟度越低的紅覆盆子其增加的效果越明顯，但不同的光照處理對花青素含量提升的效果，在不同成熟度有不同的表現。

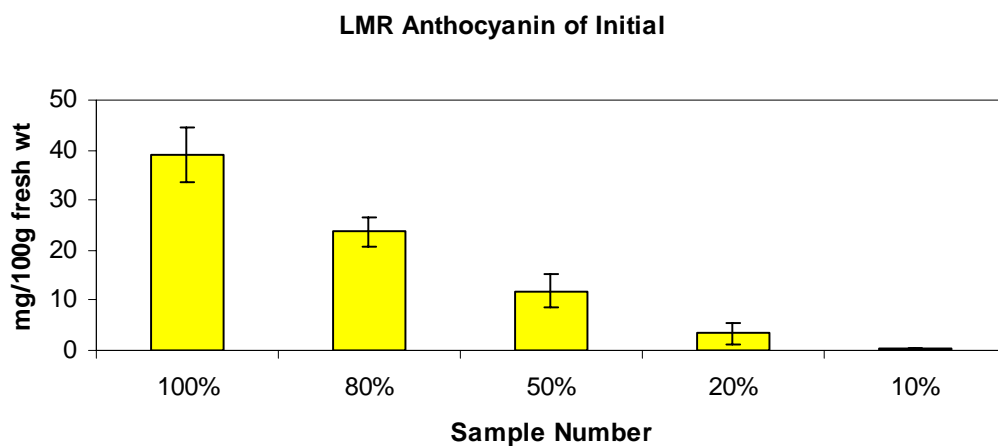
圖二十八為不同成熟度之紅覆盆子之抗氧化活性分析結果圖，其結果顯示成熟度為100%之紅覆盆子的抗氧化活性最高，而成熟度為80%至10%的抗氧化活性格隨著成熟度的降低而增加，這個趨勢跟圖二十六總酚類含量變化的趨勢較相同，顯示總酚類含量可能是主導紅覆盆子抗氧化活性的重要因子，其對抗氧化活性的貢獻大於花青素含量的貢獻，因為以其相對量而言，紅覆盆子之總酚類所佔的量比花青素高很多，當然其影響力亦較大。

圖二十九則為不同成熟度之紅覆盆子在處理後第四天之抗氧化活性分析結果圖，其結果顯示光照處理在低成熟度(10%)可以提高紅覆盆子的抗氧化活性，其它成熟度則以低光照之處理效果較佳。

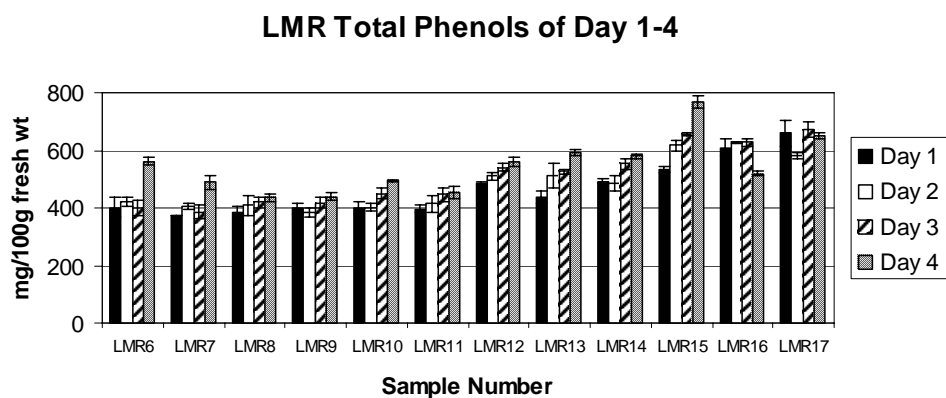
圖三十為不同成熟度之紅覆盆子在不同處理下第四天之高效能液相層析儀分析結果，其中 ellagic acid、quercetin 3-glucuronide、quercetin derivative 及 kaempferol 3-glucuronide 是屬於酚類物質，其結果與圖二十六不同處理紅覆盆子第四天之總酚類含量變化的趨勢相似。另外 cyanidin 3-sophoroside、cyanidin 3-glucoside、cyanidin 3-glucosylrutinoside 及 cyanidin 3-rutinoside 則是個別花青素類物質的高效能液相層析儀分析資料，其結果與圖二十七不同處理紅覆盆子第四天之花青素含量的變化趨勢相似。



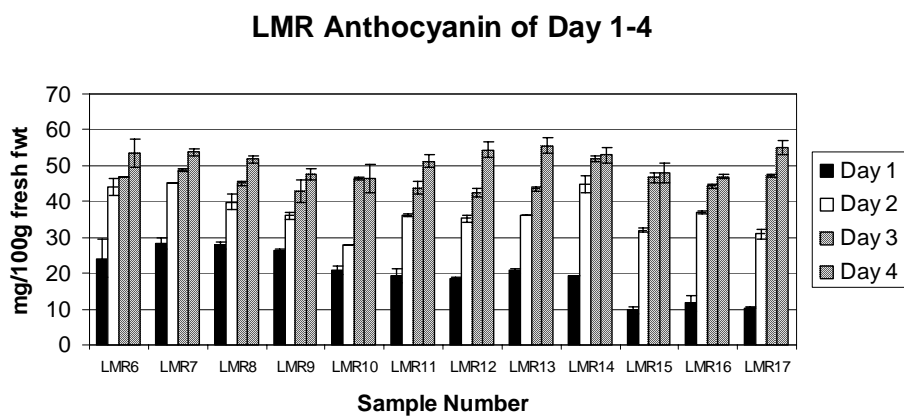
圖二十四、不同成熟度紅覆盆子之總酚類含量變化圖



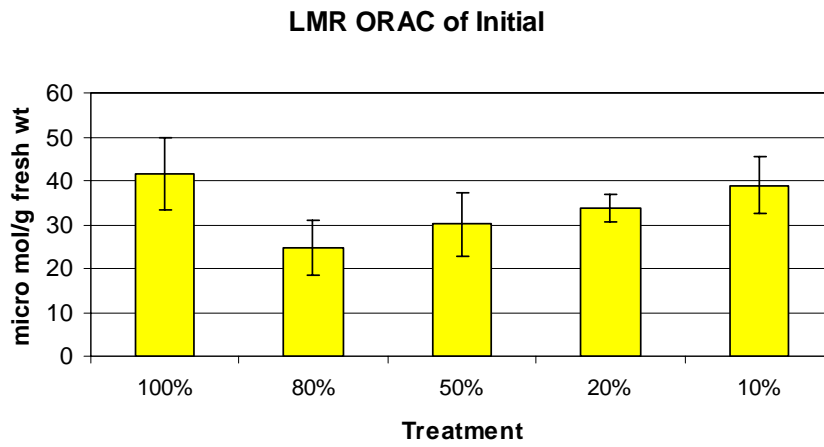
圖二十五、不同成熟度紅覆盆子之花青素含量變化圖



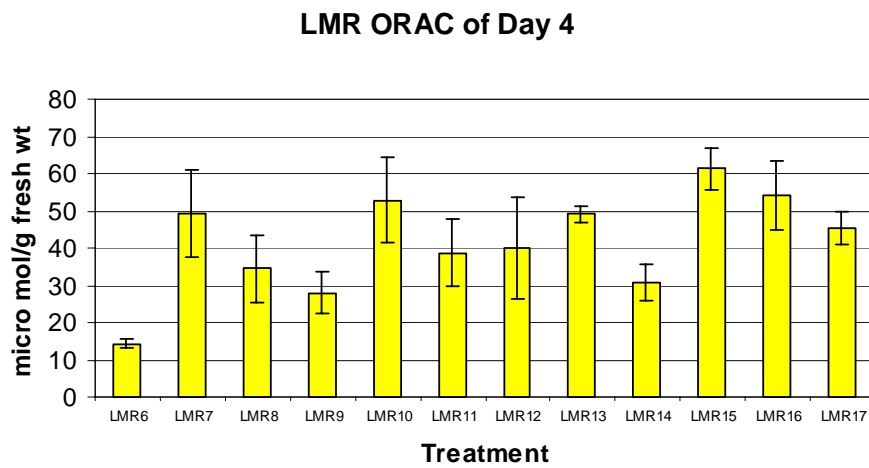
圖二十六、不同成熟度之紅覆盆子在不同處理下不同天數之總酚類含量變化圖



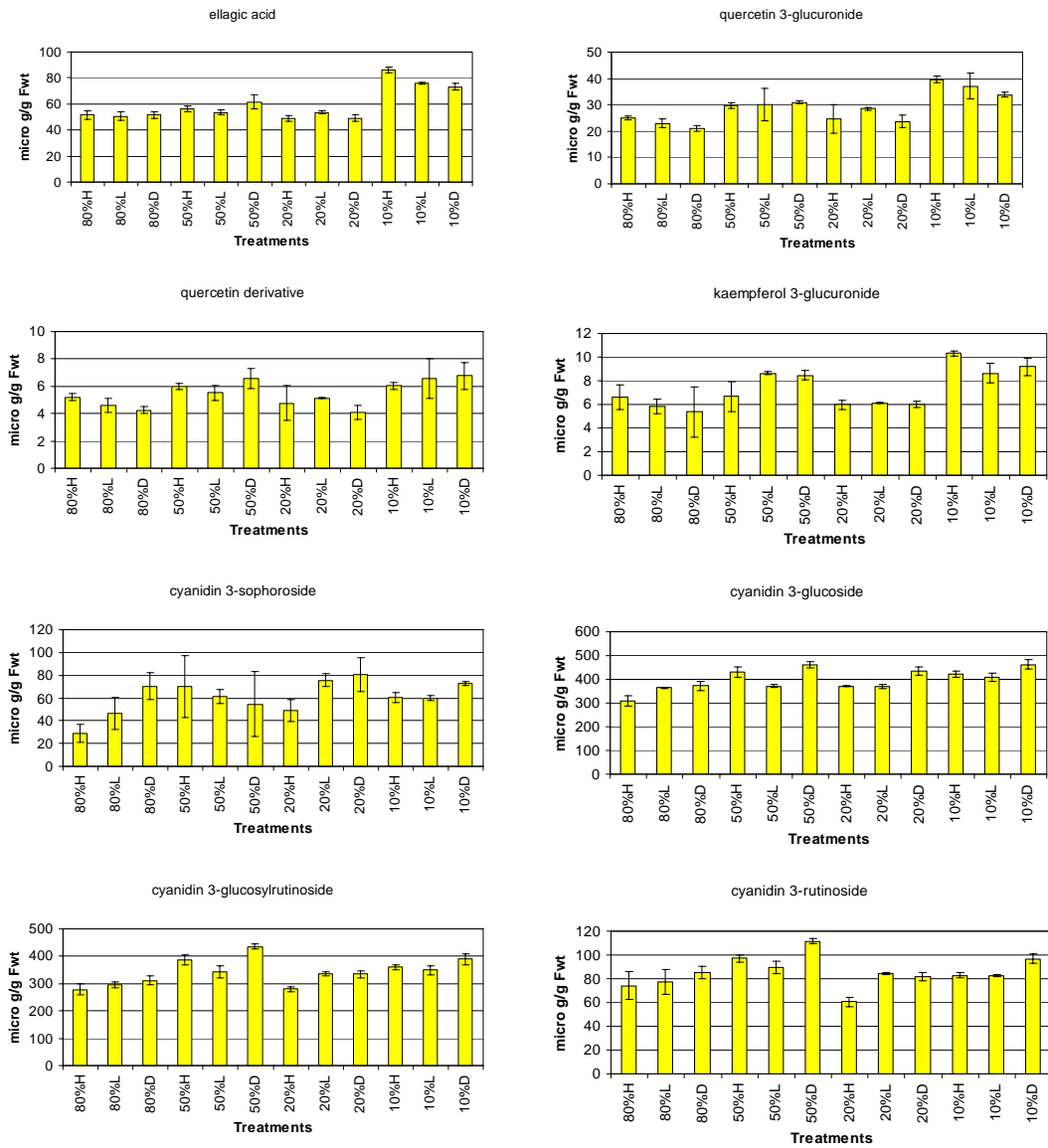
圖二十七、不同成熟度之紅覆盆子在不同處理下不同天數之花青素含量變化圖



圖二十八、不同成熟度之紅覆盆子氧自由基吸收能力分析圖



圖二十九、不同成熟度之紅覆盆子在不同處理下第四天之氧自由基吸收能力分析圖



圖三十、不同成熟度之紅覆盆子在不同處理下第四天之高效能液相層析儀分析結果圖

第六節 不同成熟度之藍莓以紫外光照射後進行後熟處理對其抗氧化能力及物質之影響－MBB

本實驗以成熟度分別為 100%、80%及 50%的藍莓以 $300 \mu\text{W cm}^{-2}$ 的強度的紫外光照射 10 分鐘(其照射劑量為 4.30 kJ m^{-2})並不同溫度(高溫：日溫 26°C /夜溫 22°C ；低溫：日溫 15°C /夜溫 10°C)進行後熟處理，然後測定其抗氧化活性之變化，表五為本試驗之處理及試驗代號。

表五、試驗代號及試驗處理描述

| 樣品代號 | 成熟度 | 紫外光照射 | 溫度處理 | 後熟時間(天) |
|-------|------|-------|---|---------|
| 100C | 100% | 無 | | 0 |
| 100UV | 100% | 有 | | 0 |
| 80C | 80% | 無 | | 0 |
| 80UV | 80% | 有 | | 0 |
| 50C | 50% | 無 | | 0 |
| 50UV | 50% | 有 | | 0 |
| 80CH | 80% | 無 | (H) 26°C / 22°C | 1 |
| 80UVH | 80% | 有 | (H) 26°C / 22°C | 1 |
| 80CL | 80% | 無 | (L) 15°C / 10°C | 2 |
| 80UVL | 80% | 有 | (L) 15°C / 10°C | 2 |
| 50CH | 50% | 無 | (H) 26°C / 22°C | 2 |
| 50UVH | 50% | 有 | (H) 26°C / 22°C | 2 |
| 50CL | 50% | 無 | (L) 15°C / 10°C | 3 |
| 50UVL | 50% | 有 | (L) 15°C / 10°C | 3 |

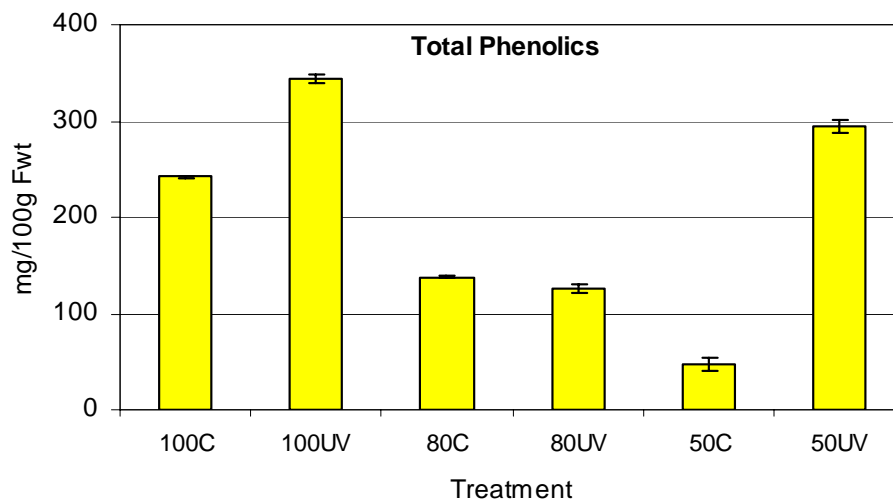
圖三十一為一開始不同成熟度藍莓在有紫外光照射及沒有紫外光照射處理下之總酚類含量變化圖。由圖形可發現隨著成熟度減少，藍莓的總酚類含量也隨著降低，而紫外光照射處理在 100%及 50%成熟度可明顯提高其總酚類的含量，但對 80%成熟度之藍莓則無此效果。圖三十二則顯現 80%及 50%成熟度之藍莓在不同溫度之後熟處理下之總酚類含量的變化，由圖形可知後熟處理可以提高 80%及 50%成熟度之藍莓的總酚類的含量，而 80%成熟度之藍莓以紫外光照射後在高溫條件下提高總酚類的含量效果最佳，在低溫處理則與對照處理無明顯的差異，而 50%成熟度在高溫或低溫之後熟條件下，以紫外光照射後均可明顯提高其總酚類的含量。比較圖三十一及三十二則可以發現，後熟處理均可提高藍莓的總酚類含量，而且對低成熟度(50%)之效果優於高成熟度(80%)。

圖三十三及三十四為以紫外光處理不同成熟度之藍莓在最初及在高溫及低溫之後熟條件下之花青素含量的變化圖，其結果與總酚類含量的變化趨勢相似，即隨著成熟度減少，藍莓的花青素含量亦明顯的減少，而紫外光照射處理在 100%成熟度可明顯提高其總酚類的含量，在 80%及 50%成熟度以紫外光照射卻僅能微幅提高其花青素的含量。圖三十四則顯現 80%及 50%成熟度之藍莓在不同溫度處理下之花青素含量的變化，比較圖三十三及三十四則可以發現，後熟處理均可明顯的提高藍莓花青素的含量，而且在高溫處理時其效果較佳，如果加上紫外光照

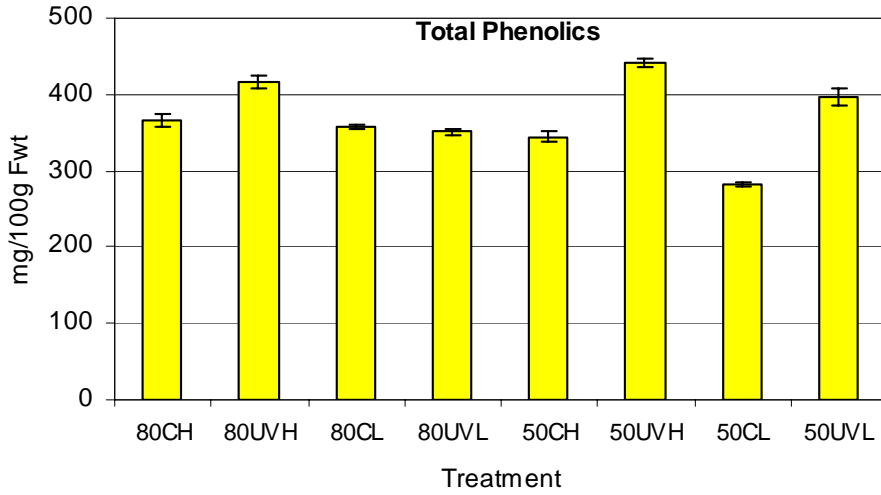
射則更能提高花青素的含量，只是其差異不如總酚類含量的變化明顯。

圖三十五及圖三十六為以紫外光處理不同成熟度之藍莓在高溫及低溫的後熟條件下之氧自由基吸收能力的變化圖，其結果與總酚類及花青素含量的變化趨勢均相似，即隨著成熟度減少，藍莓的氧自由基吸收能力亦明顯的降低，而後熟及紫外光照射處理在 80%及 50%成熟度亦能提高其花青素的含量，不同溫度處理下之氧自由基吸收能力變化不顯著，僅 50%低溫處理者有較明顯的差異。

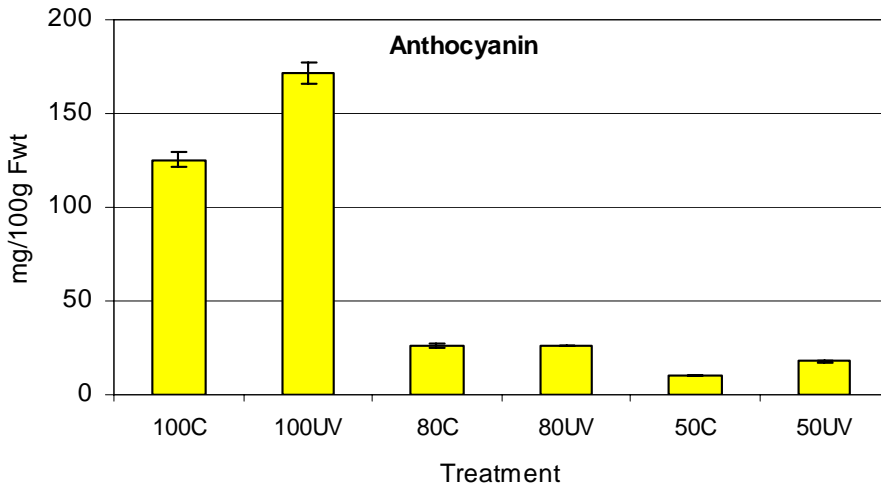
圖三十七為以紫外光處理不同成熟度藍莓之高效能液相層析儀分析結果圖，其中 resveratrol、myricetin 3-arabinoside、quercetin 3-arabinoside、kaempferol 3-glucoside 及 kaempferol derivative 等個別成分之趨勢與圖三十一較相符，其他 chlorogenic acid、quercetin 3-galactoside、quercetin 3-derivative 則與圖三十一之趨勢不符，其原因有待進一步探討。其它 delphinidin 3-galactoside、cyanidin 3-galactoside、delphinidin 3-arabinoside、petunidin 3-galactoside、petunidin 3-arabinoside、malvidin 3-galactoside 及 malvidin 3-arabinoside 等個別花青素成分之趨勢則與圖三十二相符，可以充分說明造成圖三十二各處理變化的原因。圖三十八則為不同成熟度藍莓在不同處理下之高效能液相層析儀分析結果圖，其趨勢大致符合圖三十二及三十四之總酚酸類及花青素的變化趨勢，可進一步說明其變化的原因。



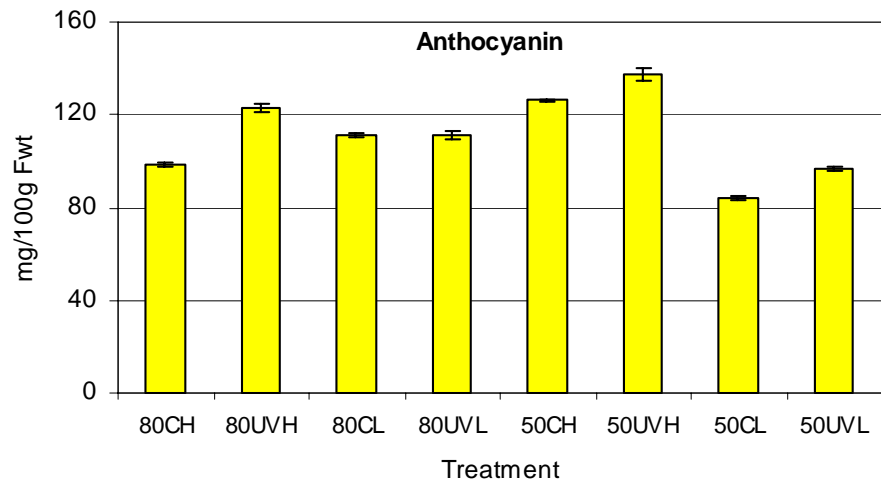
圖三十一、以紫外光處理不同成熟度藍莓之總酚類含量變化圖



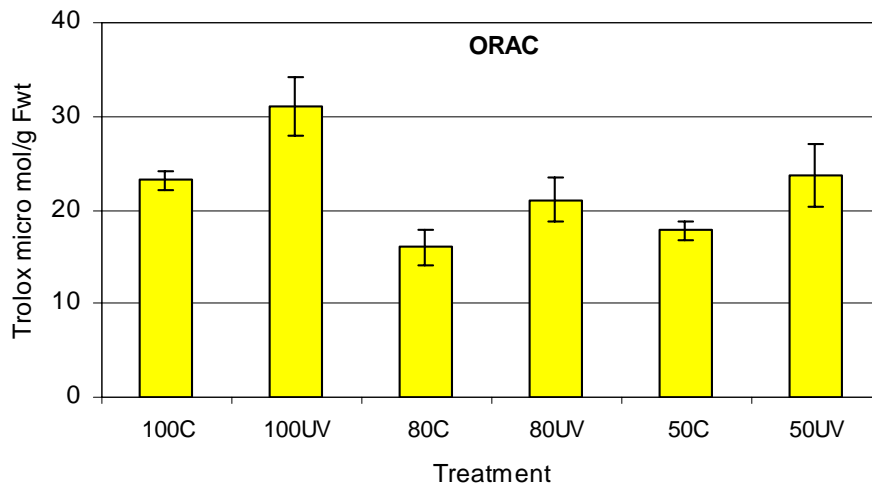
圖三十二、不同成熟度藍莓在不同處理下之總酚類含量變化圖



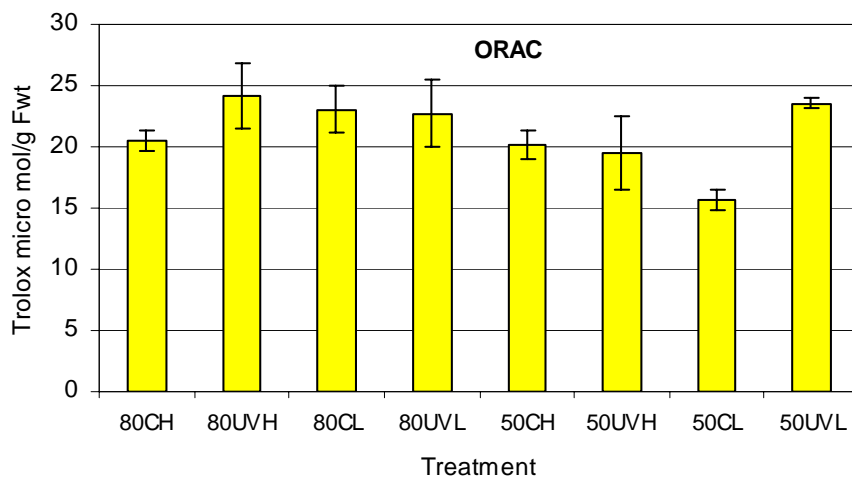
圖三十三、以紫外光處理不同成熟度藍莓之花青素含量變化圖



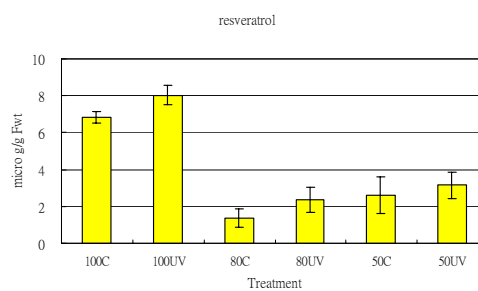
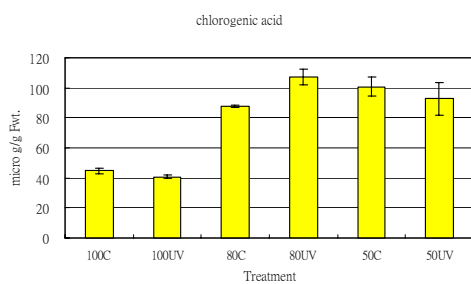
圖三十四、不同成熟度藍莓在不同處理下之花青素含量變化圖

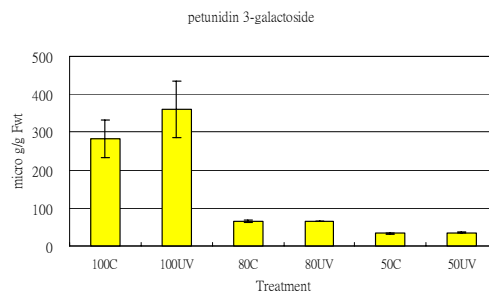
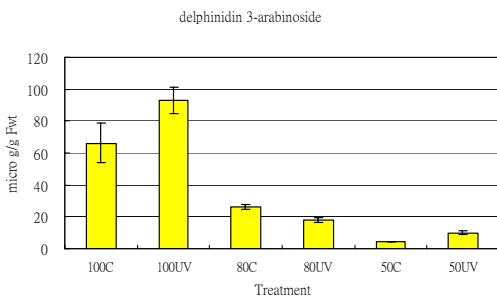
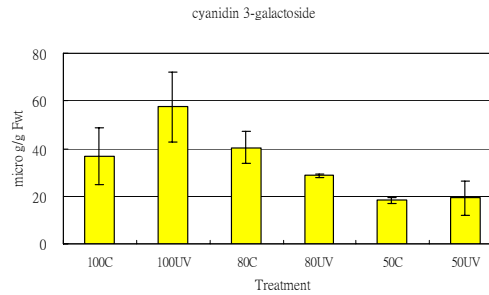
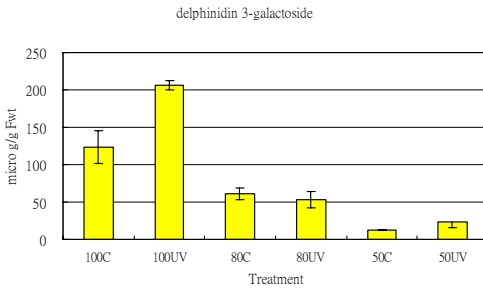
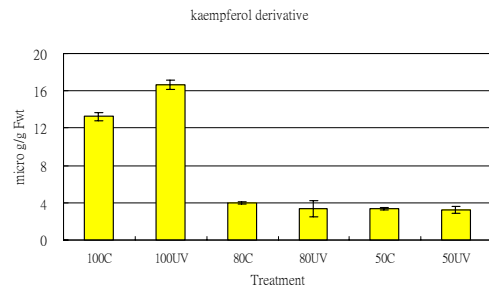
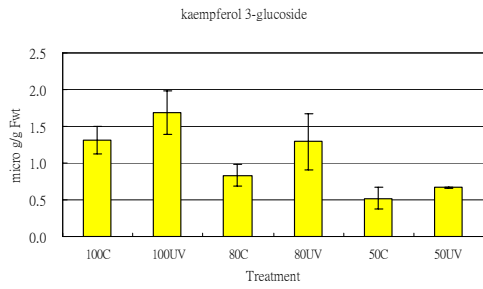
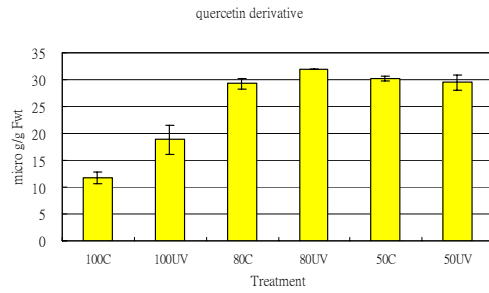
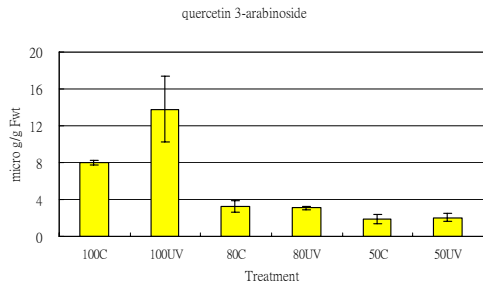
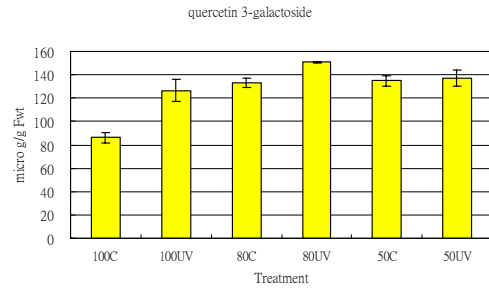
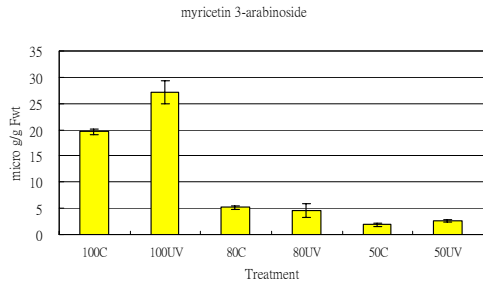


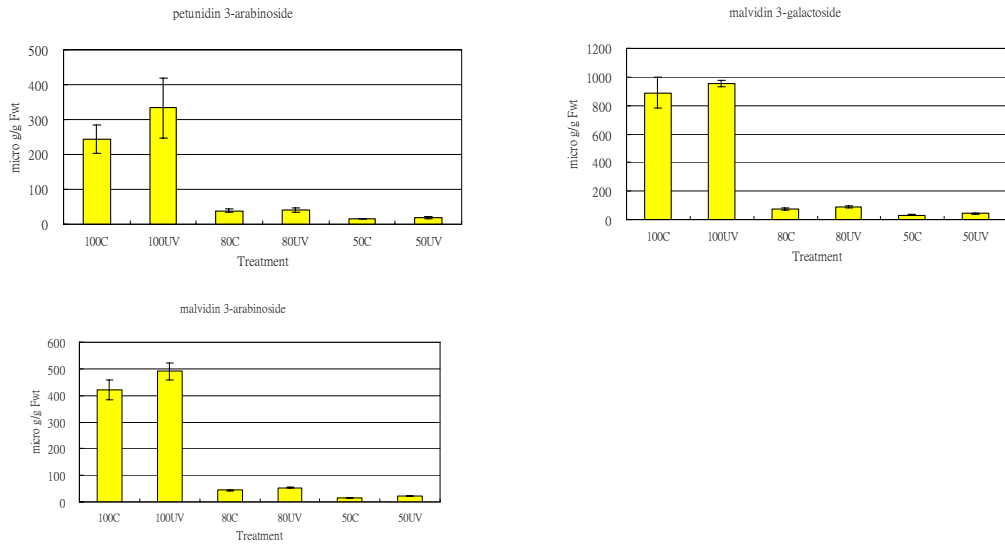
圖三十五、以紫外光處理不同成熟度藍莓之氧自由基吸收能力分析變化圖



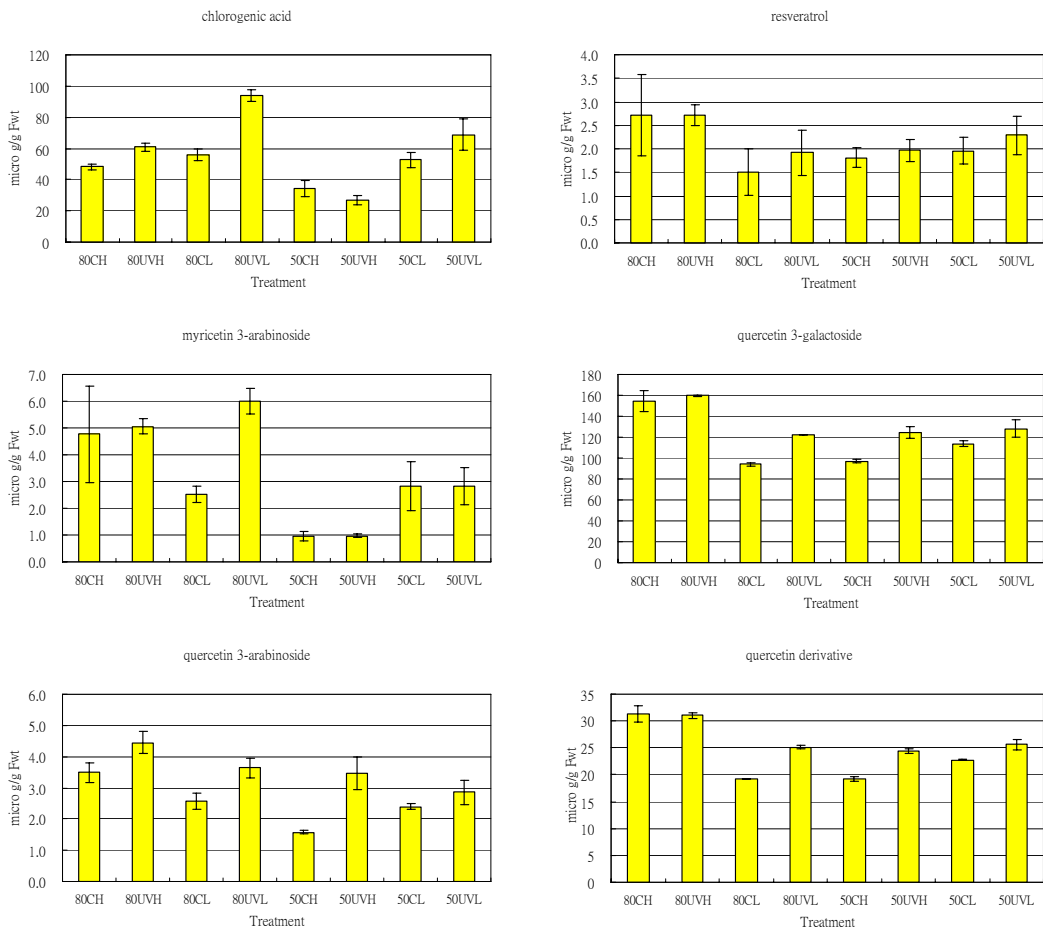
圖三十六、不同成熟度藍莓在不同處理下之氧自由基吸收能力分析變化圖

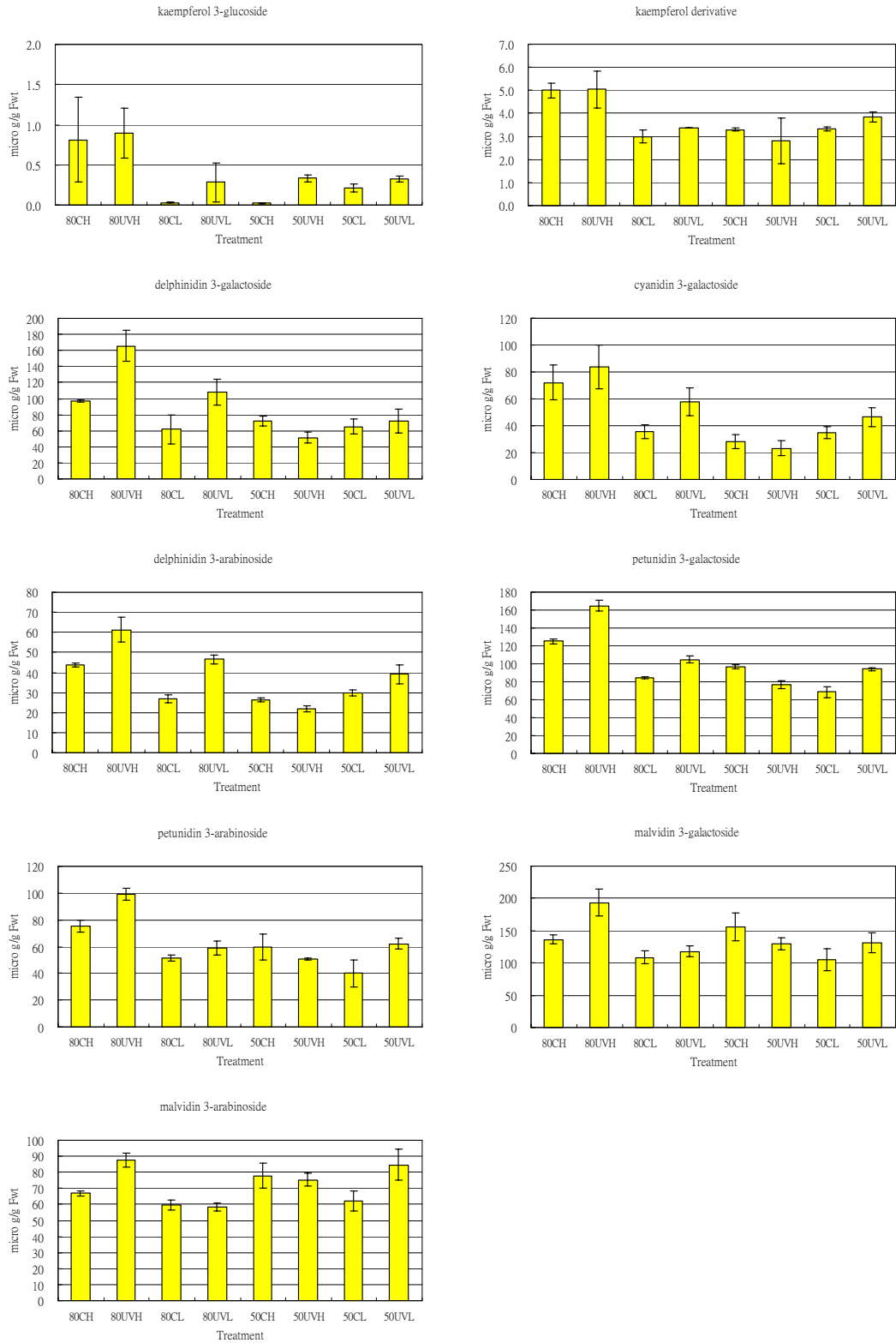






圖三十七、以紫外光處理不同成熟度藍莓之高效能液相層析儀分析結果圖





圖三十八、不同成熟度藍莓在不同處理下之高效能液相層析儀分析結果圖

第七節 覆盆子加 AITC 後以不同溫度進行後熟處理對其抗氧化能力及物質之影響－MR

表六為本實驗之代號及處理說明，AITC 是一種山葵抽出物，通常用於水果的保鮮上，本研究即是利用新鮮覆盆子添加 10 μ l 的 AITC，在高溫(日溫 26 $^{\circ}$ C / 夜溫 22 $^{\circ}$ C)及低溫(日溫 15 $^{\circ}$ C / 夜溫 10 $^{\circ}$ C)的條件下進行後熟處理，以探討 AITC 對覆盆子果實抗氧化能力及成分的影響。

表六、試驗代號及試驗處理描述

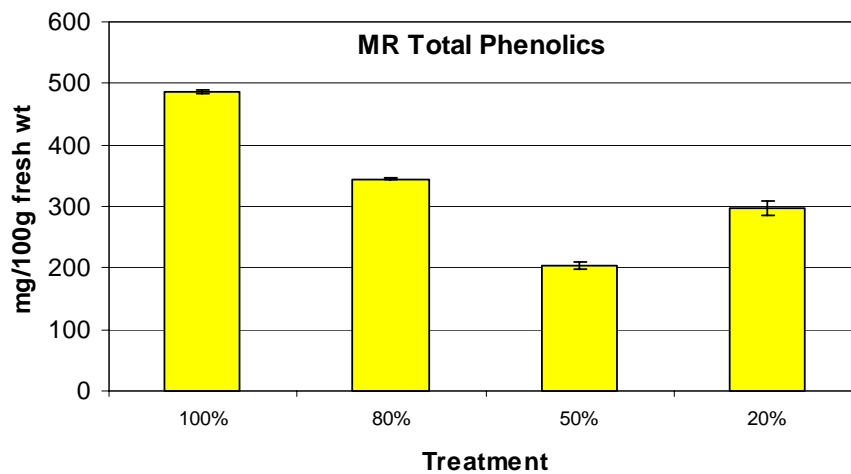
| 樣品代號 | 成熟度 | 溫度($^{\circ}$ C) | 光照時間 | 後熟時間(天) |
|-------|----------------|-------------------|-------------|---------|
| MR-1 | 100% | | | 0 |
| MR-2 | 80% | | | 0 |
| MR-3 | 50% | | | 0 |
| MR-4 | 20% | | | 0 |
| MR-5 | 100% (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 1 |
| MR-6 | 100 % AITC (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 1 |
| MR-7 | 100% (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 1 |
| MR-8 | 100% AITC (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 1 |
| MR-9 | 80% (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 2 |
| MR-10 | 80% AITC (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 2 |
| MR-11 | 80% (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 3 |
| MR-12 | 80% AITC (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 3 |
| MR-13 | 50% (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 3 |
| MR-14 | 50% AITC (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 3 |
| MR-15 | 50% (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 5 |
| MR-16 | 50% AITC (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 5 |
| MR-17 | 20% (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 4 |
| MR-18 | 20% AITC (H) | 26/22 | 07:00-18:00 | 4 |
| MR-19 | 20% (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 5 |
| MR-20 | 20% AITC (L) | 15/10 | 07:00-18:00 | 5 |

圖三十九為不同成熟度覆盆子之總酚類含量變化圖，其趨勢與過去研究之其它莓類果實之趨勢相似，除成熟度為 20%者略有升高外，其餘皆隨成熟度降低而降低。圖四十亦反應此現象，在後熟處理後 50%及 20%之覆盆子的總酚類含量皆有上升之趨勢，但添加 AITC 者卻會明顯的減少覆盆子果實總酚類化合物之含量。圖四十一及四十二則分別為不同成熟度之覆盆子及在不同處理下之花青素含量的變化圖，由圖形可明顯發現成熟度越低其花青素含量越低；經過後熟處理後，以 AITC 處理會降低花青素的量，在低成熟度(50%及 20%)則高溫可明顯提升花青素的含量。

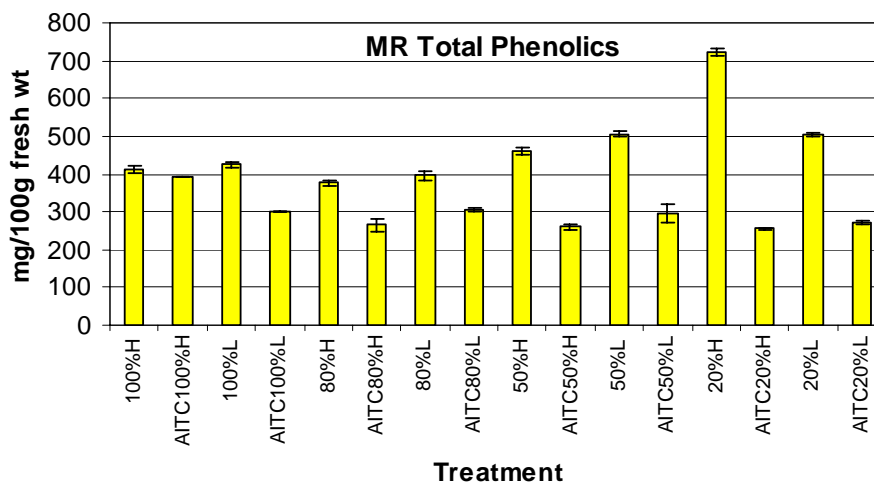
在圖四十三則顯現隨著成熟度的降低，其氧自由基吸收能力的值也降低，顯示越成熟的覆盆子其抗氧化活性越強。另外，在經過 AITC 及不同溫度後熟處理

後，沒有添加 AITC 之 100%、50%及 20%成熟度的氧自由基吸收能力有顯著的提升，而成熟度 80%的覆盆子之氧自由基吸收能力則沒有明顯的差異；此外，高低溫度的處理對覆盆子氧自由基吸收能力提升的量也沒有明顯的差異。

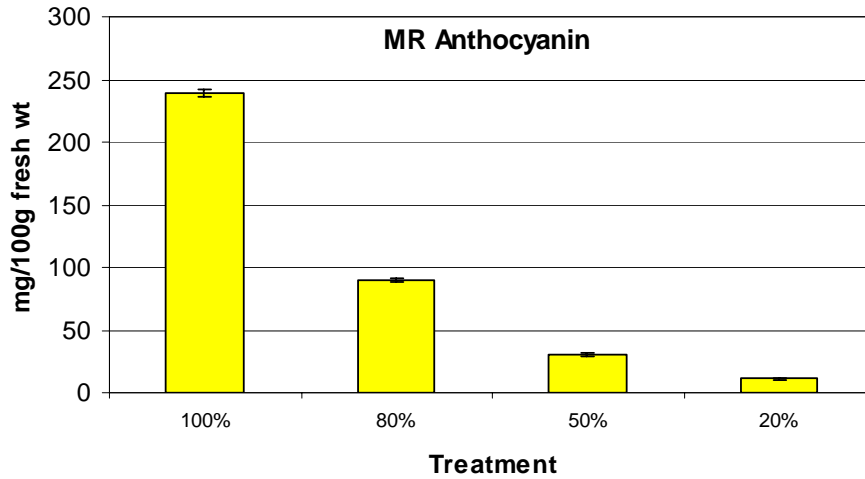
圖四十五及四十六顯示覆盆子在不同處理下酚類及花青素的分析結果，結果顯示除 quercetin 3-glucuronide 外其他 ellagic acid、cyanidin 3-glucoside 及 cyanidin 3-rutinoside 的趨勢與前面總酚類及花青素的變化趨勢相符，可互為印證。



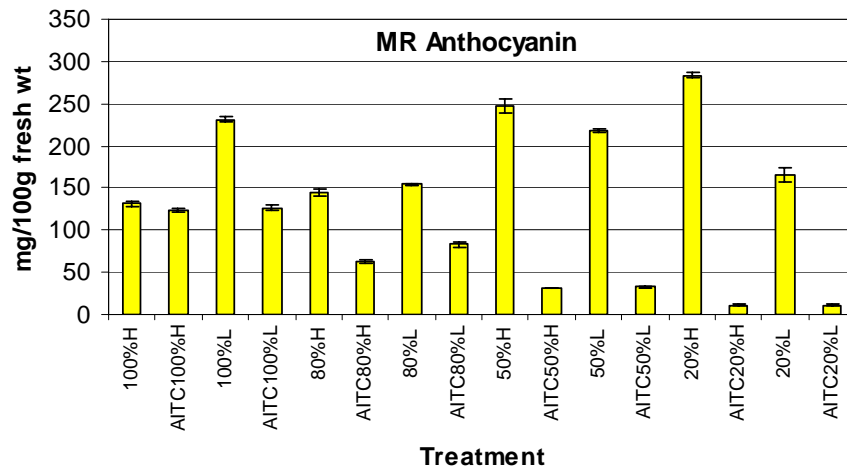
圖三十九、不同成熟度覆盆子之總酚類含量變化圖



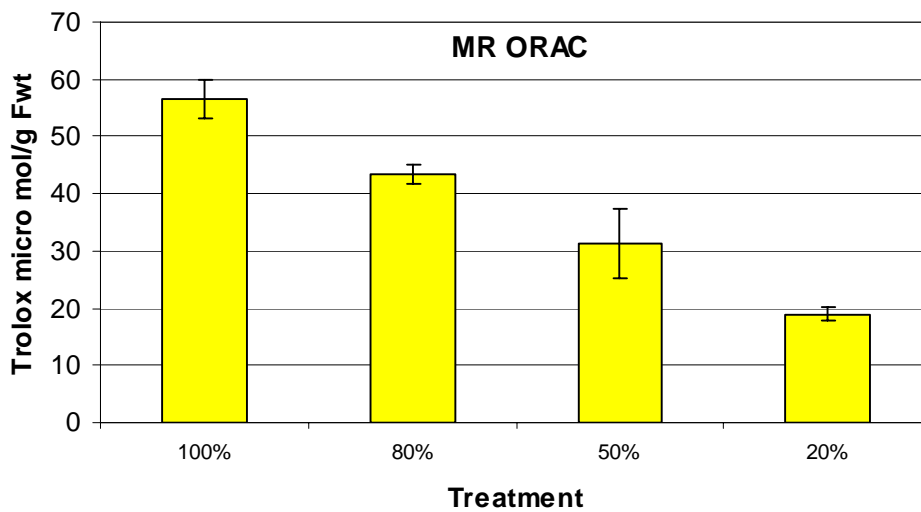
圖四十、不同成熟度覆盆子在不同處理下之總酚類含量變化圖



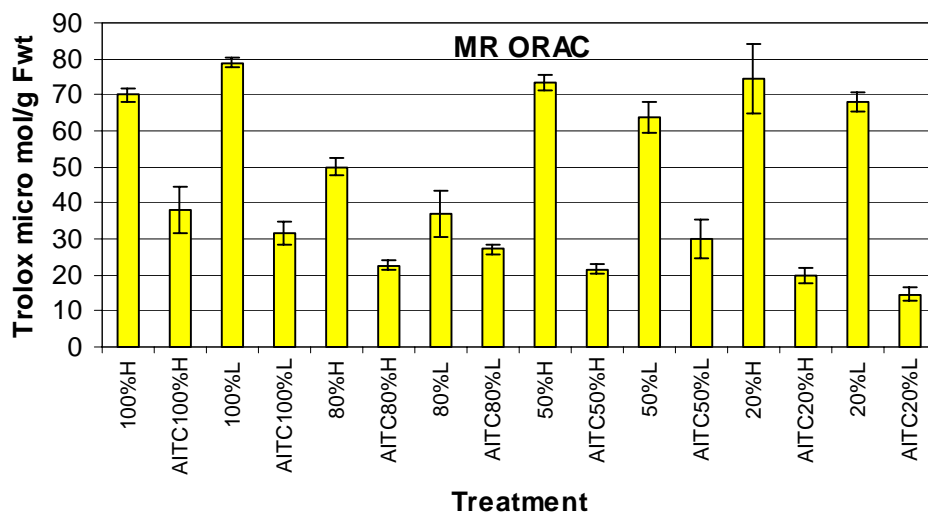
圖四十一、不同成熟度覆盆子之花青素含量變化圖



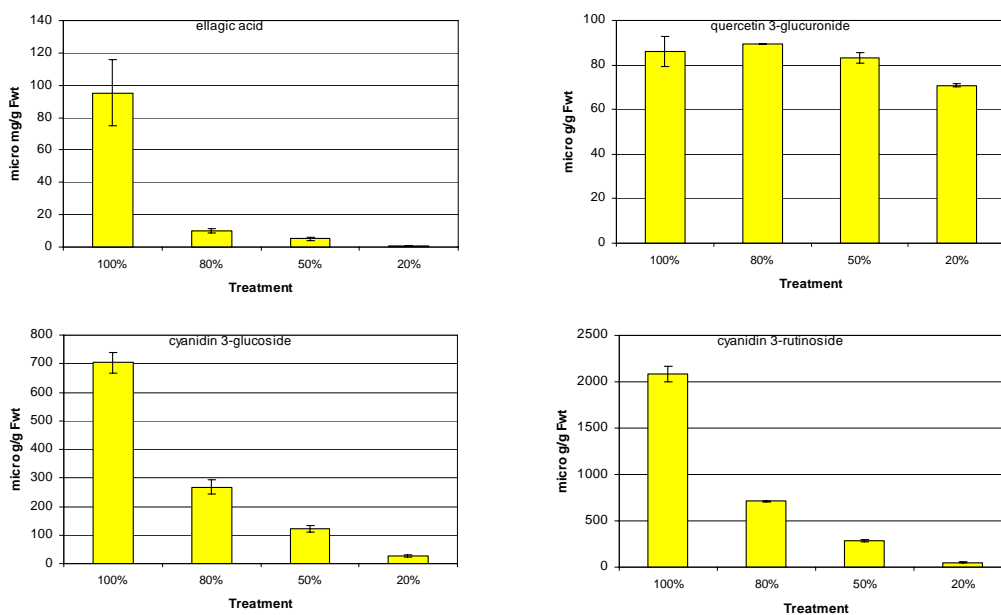
圖四十二、不同成熟度覆盆子在不同處理下之花青素含量變化圖



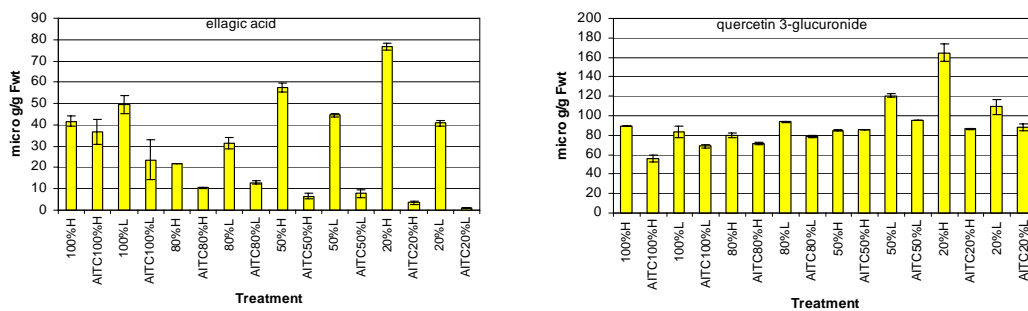
圖四十三、不同成熟度覆盆子之氧自由基吸收能力分析變化圖

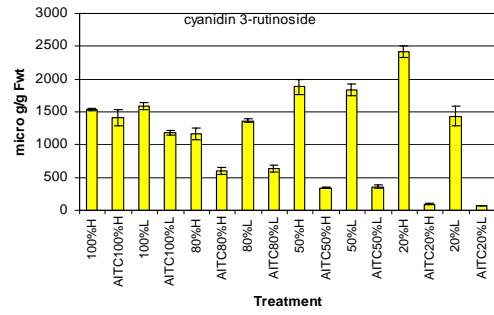
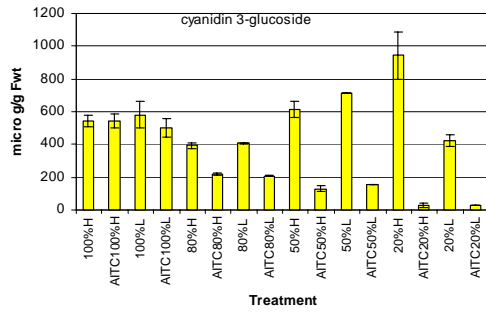


圖四十四、不同成熟度覆盆子在不同處理下之氧自由基吸收能力分析變化圖



圖四十五、不同成熟度覆盆子之高效能液相層析儀分析圖





圖四十六、不同成熟度覆盆子在不同處理下之高效能液相層析儀分析圖

第八節 有機與傳統栽培法之藍莓果實抗氧化特性比較—OB

美國有機農業始於 1940 年代，民間之羅德爾有機農業中心則成立於 1947 年，但對於有機農產品之販賣則直到 1970 年因為環境污染及能源危機才普遍受到關心。目前有機食品已成為美國一般民眾日常飲食的一部分，幾乎所有的超級市場皆有專櫃販售有機農產品，各大量飯店也都有自有品牌的有機農產品。在美國有機栽培是以對自然環境的保育為主要訴求，並沒有特別強調有機農產品對健康的幫助，故本研究從植物健康及免疫的觀點出發，認為有機栽培的藍莓應該具有較高的抗氧化活性，因此從紐澤西州五個城鎮的 11 個農場採集有機與傳統栽培之藍莓進行研究，希望證明有機農產品有較高的營養價值，其中樣品代號 01 到 011 為有機栽培之樣品，C1 到 C8 為傳統栽培的樣品(表七)。

表七、試驗代號及試驗處理描述

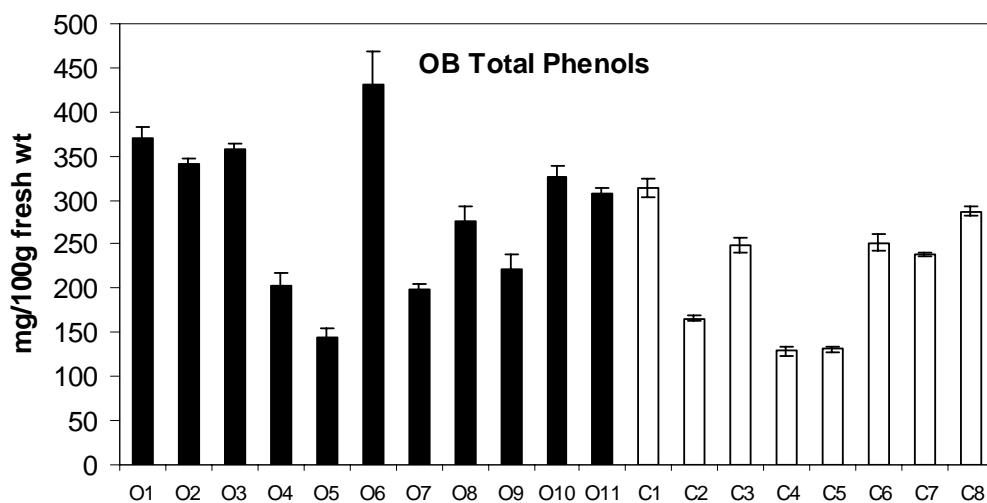
| 樣品代號 | 栽培農場 | 栽培方法 | 所在位置 |
|------|-------------------|--------------|------------|
| 01 | Blueberry Acres | Organic | Wall |
| 02 | Blueberry Acres | Organic | Wall |
| 03 | Blueberry Acres | Organic | Wall |
| 04 | Emery's | Organic | New Egypt |
| 05 | Emery's | Organic | New Egypt |
| 06 | Earth Friendly | Organic | Clarksburg |
| 07 | Little Buck Farm | Organic | Hammonton |
| 08 | Little Buck Farm | Organic | Hammonton |
| 09 | Little Buck Farm | Organic | Hammonton |
| 010 | Little Buck Farm | Organic | Hammonton |
| 011 | Big Buck Farm | Organic | Hammonton |
| C1 | Neptune Farms | Conventional | Salem |
| C2 | Atlantic Blue | Conventional | Hammonton |
| C3 | Columbia | Conventional | Hammonton |
| C4 | Columbia | Conventional | Hammonton |
| C5 | Indian Fruit Farm | Conventional | Hammonton |
| C6 | Indian Fruit Farm | Conventional | Hammonton |
| C7 | TopCrop | Conventional | Hammonton |
| C8 | Winner's Circle | Conventional | Hammonton |

本研究所使用之藍莓的品種均為 Bluecorp，有機栽培者其栽培方法為遵照美國農部之有機栽培規範，傳統栽培者則依照一般農民慣行之方法栽培，在成熟時分別採收，並冷藏以備後續分析。

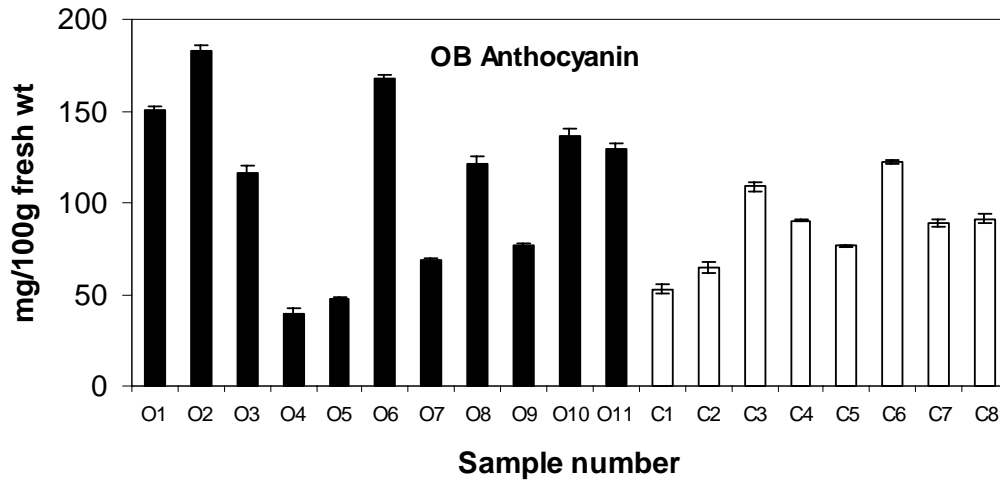
將 5 公克的新鮮樣品以均質機加以打碎，最後以 80% Acetone (含 0.2% Formic acid) 定量到 25 毫升，然後進行總酚類、花青素及氧自由基吸收能力等分析，並將其結果以 NCSS 統計軟體進行統計分析。

圖四十七及圖四十八分別為有機與傳統栽培之藍莓的總酚類及花青素含量的分析結果圖，因為採樣的農場、地點及數量均不相同，因此無法進行個別的比較，但整體來看總酚類含量除有機栽培第五個樣品略低外，其他都比傳統栽培高。相同的，在花青素含量的分析結果亦僅有機栽培的第四及第五個樣品略低外，其他均較傳統栽培高，相同的結果亦表現於氧自由基吸收能力分析的結果(圖四十九)；大體而言，有機栽培的藍莓其抗氧化能力是高於傳統栽培者，表八是將所有分析資料分成有機及傳統栽培兩組進行之比較，由分析結果可發現在抗氧化能力、總酚類含量及花青素含量三個項目，兩種栽培及不同地點間皆呈現顯著的差異，進一步說明圖四十七到四十九的結果，證明有機栽培的確能提高藍莓的抗氧化活性。

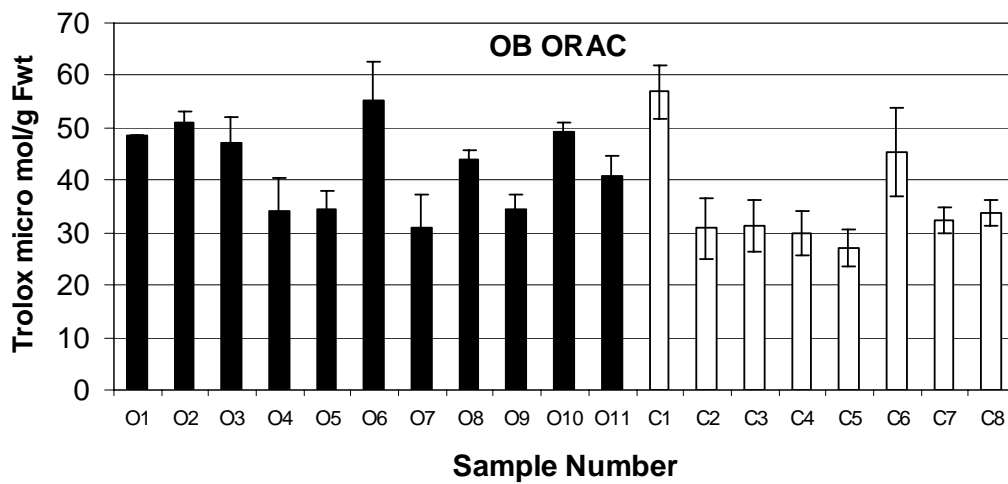
圖五十則為有機與傳統栽培藍莓之高效能液相層析儀分析結果圖，因為農場及地點與數量均不相同，因此不容易進行個別的比較，但整體來看有機栽培的各項分析值仍比傳統栽培高。表九為將所有的高效能液相層析儀分析資料分成有機及傳統栽培兩組進行之比較，可以發現大部分的酚類化合物包括 chlorogenic acid、myricetin 3-arabinoside 及 quercetin 3-galactosid 及花青色如 delphinidin 3-galactoside、delphinidin 3-glucoside、delphinidin 3-arabinoside、petunidin 3-galactoside、petunidin 3-glucoside、malvidin 3-glucoside 及 malvidin 3-arabinoside 等物質皆呈顯著差異，間接證明有機栽培可以提高酚類及花青素物質的含量，進而提高藍莓的抗氧化能力。



圖四十七、有機與傳統栽培藍莓之總酚類含量變化圖



圖四十八、有機與傳統栽培藍莓之花青素含量變化圖

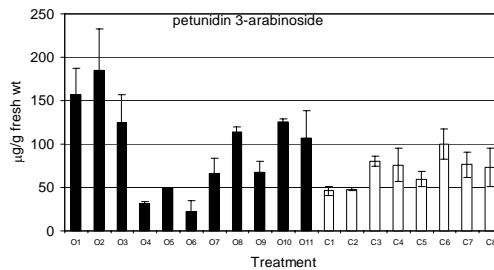
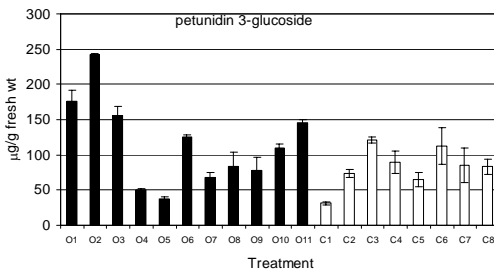
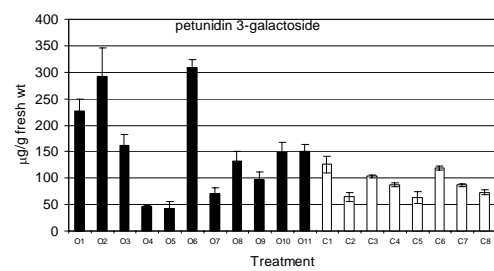
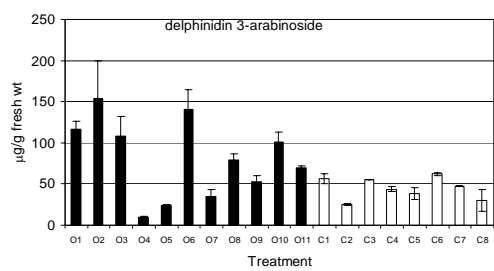
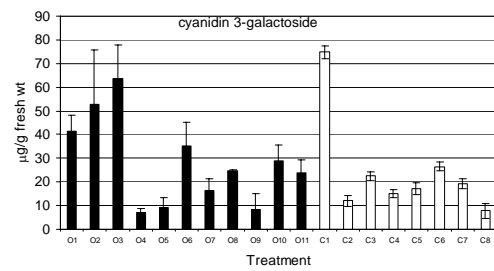
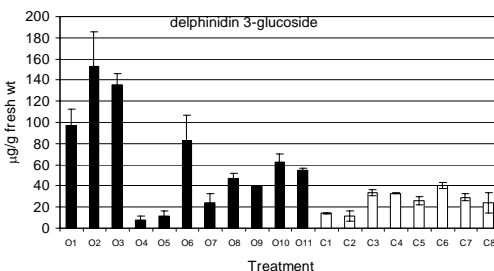
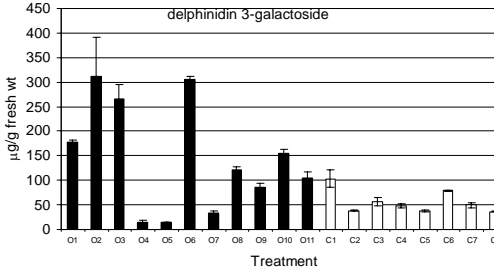
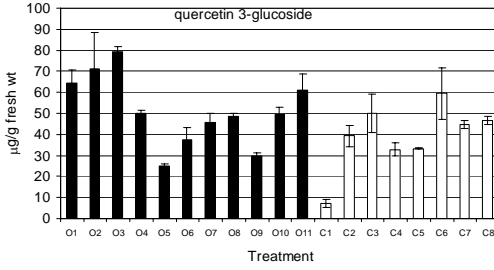
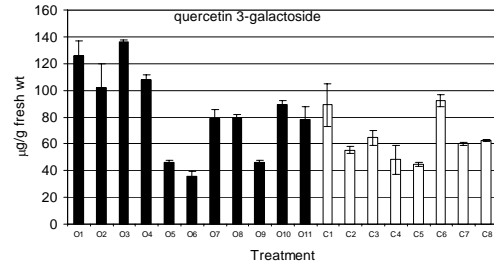
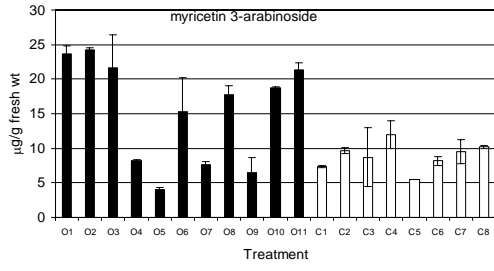
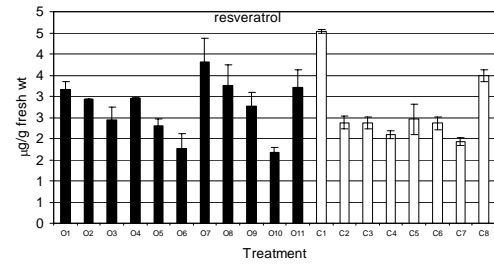
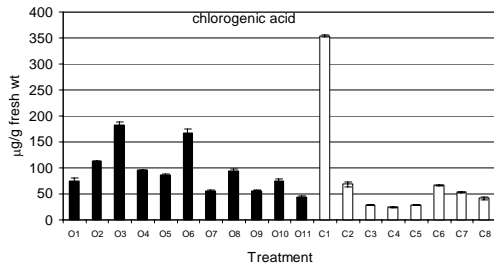


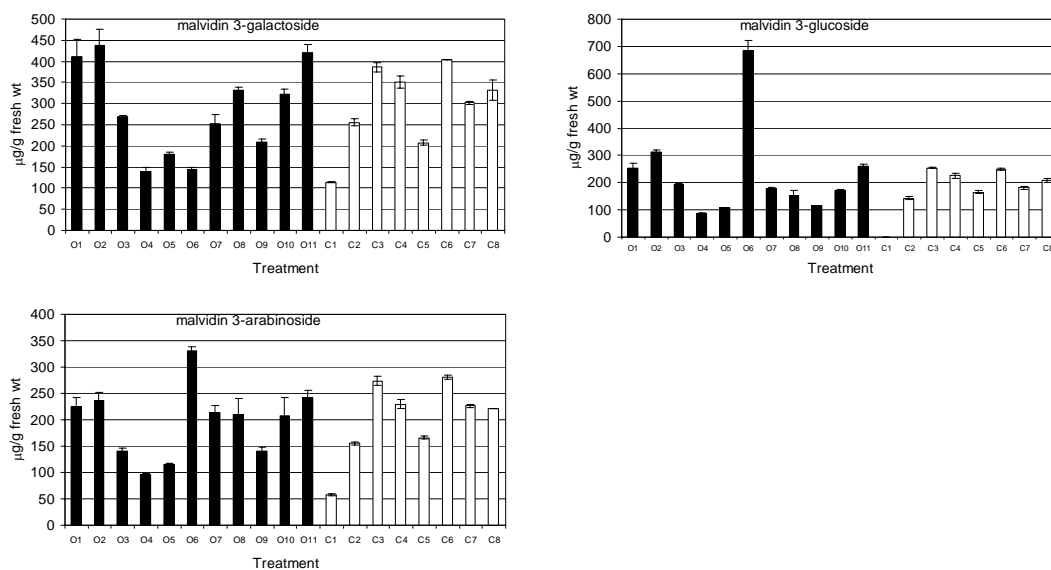
圖四十九、有機與傳統栽培藍莓之氧自由基吸收能力分析分析圖

表八、有機及傳統栽培藍莓分析結果統計表

| Cultural Practices | ORAC ($\mu\text{mol/g fwt}$) | Total Phenolic Content (mg/100g fwt) | Total Anthocyanin (mg/100g fwt) |
|------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| Organic average | 43.22 | 288.97 | 112.31 |
| Conventional average | 35.15 | 220.72 | 86.96 |
| Cultural: Org vs. Conv | ** | ** | ** |
| Location | ** | ** | ** |

ns=no significance, **=significance, at $p \leq 0.05$.





圖五十、有機與傳統栽培藍莓之高效能液相層析儀分析結果圖

表九、有機及傳統栽培藍莓之高效能液相層析儀分析結果統計表

| | Cultural system | | LSD _{0.05} | Significance [#] |
|---------------------------|-----------------|--------------|---------------------|---------------------------|
| | Organic | Conventional | | |
| Chlorogenic acid | 94.98±2.08 | 83.23±1.15 | 7.22 | ** |
| Resveratrol | 2.75±0.18 | 2.70±0.09 | 0.61 | ns |
| Myricetin 3-arabinoside | 15.37±0.54 | 8.87±0.33 | 1.92 | ** |
| Quercetin 3-galactosid | 84.13±3.93 | 64.54±1.88 | 13.26 | ** |
| Quercetin 3-glucoside | 51.10±2.37 | 39.20±3.18 | 12.05 | ns |
| Delphinidin 3-galactoside | 144.61±10.97 | 55.94±4.22 | 35.77 | ** |
| Delphinidin 3-glucoside | 65.04±7.77 | 26.39±2.40 | 24.72 | ** |
| Cyanidin 3-galactoside | 28.37±4.13 | 24.38±1.23 | 13.12 | ns |
| Delphinidin 3-arabinoside | 81.11±7.50 | 44.85±1.38 | 23.21 | ** |
| Petunidin 3-galactoside | 152.25±11.96 | 90.54±0.15 | 36.40 | ** |
| Petunidin 3-glucoside | 115.69±1.12 | 82.54±8.31 | 25.53 | ** |
| Petunidin 3-arabinoside | 95.39±13.81 | 69.98±3.05 | 43.05 | ns |
| Malvidin 3-galactoside | 283.46±11.79 | 293.98±3.46 | 37.40 | ns |
| Malvidin 3-glucoside | 229.2006±5.10 | 178.48±0.29 | 15.56 | ** |
| Malvidin 3-arabinoside | 196.23±0.07 | 201.27±1.14 | 3.49 | ** |

^{\$} Data expressed as mean ± SEM.

[#] ns, **, nonsignificant or significant, respectively, at $p \leq 0.05$.

第四章 心得與建議

- 一、透過本次研究可以發現不同精油、溫度、紫外光照射及後熟等處理可以影響藍莓及覆盆子等莓類果實之總酚類及花青素的含量，並可進一步影響到其抗氧化能力的高低。台灣過去皆強調完全成熟及鮮食，但未來農產品將走向國際化，未成熟採收及後熟處理是免不了的過程，因此如何以最有效的方法進行農產品保鮮及後熟處理，又能提升其抗氧化能力，應是未來研究的重點。
- 二、本研究對有機及傳統栽培之藍莓進行總酚類、花青素及抗氧化能力之比較，初步結果顯示有機栽培的藍莓其抗氧化能力高於傳統栽培，證明有機栽培的確能提高藍莓的抗氧化活性，因此未來可加強此方向之研究，作為推廣有機栽培之有力證明。
- 三、政府近來推動健康及安全農業，雖然國內許多單位以不同栽培方法或栽培技術對保健食品及有機農產品進行研究，但都只偏重於營養元素含量及與食味口感有關的分析，對於其如何增強身體免疫力及抗病機能卻無法提出強而有力的說明，而抗氧化能力是一種較簡單且具有參考價值的指標，應該可以應用於此。
- 四、美國在農業上有許多研究是值得我們學習的，過去我們有許多優秀的研究人員在美國進行研究，帶回很多先進的研究觀念及成果，可是近年來我國農業研發單位的研究人員出國研習之機會越來越少，相較於世界上其他國家的研究人員在美國研究單位絡繹於途的現象，未來我國在國際上的競爭力恐會降低，值得注意。
- 五、美國的研究人員在進入研究單位時通常會有一個明確的研究方向，而終其一生大概只在這個方向內進行研究，其優點是研究人員可以進行長遠及一貫性之研究規劃，因此對研究的目標可以作非常深入的研究。另外美國農業部亦提供完善的資料搜尋機制，讓研究人員可以很容易獲得世界各地的研究成果，節省研究人員搜尋資料的時間，以便留下更多的時間進行研究，因此美國有許多研究能領先全世界是理所當然的。

第五章 誌謝

本次研究承行政院農業委員會花蓮區農業改良場侯場長福分推薦及行政院農業委員會同意與美國農業部(USDA)的協助，得以順利成行。在美國期間承蒙美國農業部農業研究服務中心(USDA ARS)的農產品品質及安全研究室 Dr. C.Y. Wang(王健一博士)與 Dr. S.Y. Wang(王石秀瑛博士)細心指導得以進行及完成多項試驗，謹此致謝。另外 Dr. H.T. Hsu(徐惠迪博士)與 Dr. Peter P. Ueng(翁溥博士)在生活上亦方多照顧，在此一併致謝。出國期間土壤肥料研究室彭德昌先生及倪禮豐先生代理業務及研究工作，及其他許多幫助我的同仁及夥伴，讓我無後顧之憂，得以專心在美國從事研究，在此也一併致謝。

第六章 參考資料

1. Cao, G., H. M. Alessio, and R. G. Culter. 1993. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radical Biol. Med.* 14:303-311.
2. Carbonaro, M. et al., Modulation of antioxidant compounds in organic vs conventional fruit (peach, *Prunus persica* L., and pear, *Pyrus communis* L.), *J. Agric. Food Chem.*, 50, 5458, 2002.
3. Herrmann, K. Flavonols and flavones in food plants: a review. *J. Food Technol.* 1976, 11, 433-448.
4. Jang, M.; Cai, L.; Udeani, G. O.; Slowing, K. V.; Thomas, C. F.; Beecher, C. W. W.; Fong, H. H. S.; Farnsworth, N. R.; Kinghorn, A. D.; Mehta, R. G.; Moon, R. C.; Pezzuto, J. M. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science* 1997, 275, 218-220.
5. Jiao, H. J. and S. Y. Wang. 2000. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry. *J. Agri. Food Chem.* 48:5672-5676.
6. Kasperbauer, M. J., Loughrin, J. H., and S. Y. Wang. 2001. Light reflected from red mulch to ripening strawberries affects aroma, sugar and organic acid concentrations. *Photochem. Photobiol.* 74:103-107.
7. Larson, R.A., The antioxidants of higher plants, *Phytochemistry*, 27, 969, 1988.
8. Maas, J.L., S.Y. Wang, and G. J. Galletta. 1996. Health enhancing properties of strawberry fruit, pp11-18. In: M. P. Pritts, C. K. Chandler, and T. E. Crocker (eds.), *Proc. 4th N. Amer. Strawberry Conf.* University of Florida, Gainesville.
9. Wang, S. Y. and H. J. Jiao. 2000. Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *J. Agri. Food Chem.* 48:5677-5684.
10. Wang, S. Y. and H. S. Lin. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J. Agri. Food Chem.* 48: 140-146.
11. Wang, S. Y. and H. S. Lin. 2000. Antioxidant capacity of fruits and vegetables. *Proceedings Intl. Symposium on Quality Evaluation of Hort. Crops.* pp.21-29. Miaoli, Taiwan.
12. Wang, S. Y. and A. W. Stretch. 2001. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *J. Agri. Food Chem.* 49:969-974.
13. Wang, S. Y. and H. J. Jiao. 2001. Changes in oxygen-scavenging systems and membrane lipid peroxidation during maturation and ripening in blackberry. *J. Agri. Food Chem.* 49:1612-1619.
14. Wang, S. Y. and W. Zheng. 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. *J. Agri. Food Chem.* 49:4977-4982.

15. Wang, S. Y. and H. S. Lin. 2002. Composts as soil supplement enhanced plant growth and fruit quality of strawberry. *J. Plant Nutrition* 25: 2243-2259.
16. Wang, S.Y., Zheng, W., and Galletta, G.J., Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberry, *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6534, 2002.
17. Wang, S. Y. 2003. Antioxidant capacity of berry crops, culinary herbs and medicinal herbs. *Acta Hort.* 620:461-473.
18. Wang, S. Y. and H. S. Lin. 2003. Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbing capacity in strawberries. *J. Agri. Food Chem.* 51: 6844-6850.
19. Wang, S. Y., J. A. Bunce and J. L. Maas. 2003. Elevated carbon dioxide increases contents of antioxidant compounds in field-grown strawberries. *J. Agri. Food Chem.* 51: 4315-4320.
20. Wang, S. Y., W. Zheng, and G. J. Galletta. 2003. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberry. *J. Agri. Food Chem.* 50: 6534-6542.
21. Wang, S. Y., W. Zheng, and J. L. Maas. 2003. High plant growth temperatures increase antioxidant capacities in strawberry fruit. *Acta Hort.* 626:57-63.
22. Wang, S.Y. and Lin, H.S., Compost as a soil supplement increases the level of antioxidant compounds and oxygen radical absorbance capacity in strawberries. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 6844, 2003.
23. Wang, S.Y. and Zheng, W., Preharvest application of methyl jasmonates increases fruit quality and antioxidant capacity in raspberries, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 39, 1, 2005.
24. Zheng, W. and S. Y. Wang. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agri. Food Chem.* 49:5165-5170.
25. Zheng, Y., C.Y. Wang, S. Y. Wang, and W. Zheng. 2003. Effect of high oxygen atmospheres on blueberry phenolics, anthocyanins and antioxidant capacity. *J. Agri. Food Chem.* 51:7162-7169.