

財團法人中正農業科技社會公益基金會
106 年農業科技研究計畫成果研討會議程

一、研討會時間：中華民國 106 年 6 月 22 日(星期四)

二、研討會地點：國立中興大學生物產業機電工程大樓 一樓演講廳

三、議程：

09:00~09:30 報 到

09:30~10:00 開幕典禮：陳炯松董事長、陳樹群院長

10:00~12:00 專題報告

13:00~17:30 成果報告

時 間	題 目	演 講 人
第一節	專題報告	主持人： 李健全顧問
10:00~10:30	食品安全檢驗實驗室設立目的與規範	麥富德委員
10:30~11:00	食品檢驗之歷程與展望	何國榮委員
11:00~11:30	食品認證實驗室現況分析及實驗室之建置	鄭秋真委員
11:30~12:00	食品安全檢驗中心規劃研究	陳樹功委員
12:00~13:00	午 餐	
第二節	成果報告	主持人： 盛中德教授
13:00~13:30	奈米金烘焙茶葉優質化之研發	劉豫川教授 臺北醫學大學 醫學系
13:30~14:00	蛹蟲草做為天然抗病毒與抗發炎製劑之開發與應用 II. 蟲草萃取物抗雞隻發炎及疫苗佐劑效益驗證	鄭永祥教授 國立宜蘭大學 生物技術與動物科學系
14:00~14:30	魚菜共生栽培系統研發之先導計畫	李聲謙主任 國立中興大學附屬臺中高農 生物產業機電科
14:30~15:00	光密度與光週期對於泥鰱—山蘇浮筏式魚菜共生系統的水質與作物產量的影響	陳瑤湖教授 國立臺灣海洋大學 水產養殖學系
15:00~15:30	茶 會	
第三節	成果報告	主持人： 尤瓊琦教授
15:30~16:00	菱角殼開發為健康食品原料之研究	王靜瓊教授 臺北醫學大學 藥學系
16:00~16:30	蓮霧長期貯運技術之研究	石正中教授 國立宜蘭大學 園藝學系
16:30~17:00	強化顧客對農村餐廳的品牌熱忱：實體環境、管理環境、心理環境的塑造	劉瓊如教授 國立嘉義大學 行銷與觀光管理學系
綜合討論 17:00~17:30	主持人：劉易昇執行長、李健全顧問、盛中德教授、尤瓊琦教授	

食品安全檢驗實驗室設立目的與規範

林韋誌¹ 麥富德²

¹ 中央警察大學鑑識科學系

² 臺北醫學大學醫學系生物化學暨細胞分子生物學科

fordmai@tmu.edu.tw

摘要

食品安全影響國民健康甚鉅，保障全民食品安全是當前最重要的使命，面對世界之客觀環境快速地變遷，食品衛生安全所面臨之挑戰將比以往更為艱鉅。早期食品安全問題大多是工廠造成環境汙染，導致食品出問題，短期便可發現在人體造成的傷害；近年來大多是人為蓄意的使用或添加，因含量比例不高，無法短期看出對人體的傷害，以至於不肖商人肆無忌憚，有恃無恐，以至於食品安全問題日益嚴重與複雜。

食品安全檢驗實驗室是以科學的觀點，建立對食品安全的合理期待值，還原科學的真實性，以科學的精準來說明食品安全問題。透過實驗室的即時檢驗，讓食品的流通能落實自主管理，生產者擔負起產製及販售食品的責任，管控產品製程及品質符合食品良好衛生規範準則等相關規定，減少百姓的恐慌，才能逐漸化解食品安全的困境。

西漢的司馬遷在《史記·酈生陸賈列傳》中寫道：「王者以民人為天，而民人以食為天。」唐代的司馬貞作《史記索隱》時，注明是出自於管仲。管仲曾說：「王者以民為天，民以食為天，能知天之天者，斯可矣。」老百姓生活中最重要的是糧食，而王者必須重視老百姓的天，就是吃的問題。從古至今，糧食的問題隨著工業革命、資訊革命等變化，從糧食不足演進到食不安全。

在台灣食安問題不是最近才發生的問題。1979年米糠油中毒（多氯聯苯中毒事件）、假酒；1982年鎘米；1985年餿水油；1986年綠牡蠣事件；1996年飼料奶粉；2004年壯陽藥咖啡、重組牛肉；2005年「病死豬」肉粽、「清潔劑」梅酒、下腳料製澱粉、糯米粉、毒鴨蛋事件；2006年孔雀石綠風暴；2007年假鱈魚；2008年樹脂燕窩、假魚翅；2009年麥當勞回鍋油、戴奧辛鴨事件。近年來也陸陸續續爆出的食安事件。2010年豆乾引發肉毒桿菌中毒事件、反式脂肪逾標準卻未標

目 錄

專題報告

食品安全檢驗實驗室設立目的與規範	麥富德	1
食品檢驗之歷程與展望	何國榮	14
食品認證實驗室現況分析及實驗室之建置	鄭秋真	19
食品安全檢驗中心規劃研究	陳樹功	31

成果報告

奈米金烘焙茶葉優質化之研發	劉豫川	42
蛹蟲草做為天然抗病毒與抗發炎製劑之開發與應用 II. 蟲草萃取物抗雞隻發炎及疫苗佐劑效益驗證	鄭永祥	54
魚菜共生栽培系統研發之先導計畫	李聲謙	67
光密度與光週期對於泥鰱 — 山蘇浮筏式魚菜共生系統的水質與作物產量的影響	陳瑤湖	84
菱角殼開發為健康食品原料之研究	王靜瓊	100
蓮霧長期貯運技術之研究	石正中	113
強化顧客對農村餐廳的品牌熱忱：實體環境、管理環境、心理環境的塑造	劉瓊如	127

示；2011年塑化劑污染食品事件、香精牛奶、蔬菜殘留農藥超量；2012年牲畜奶粉；2013年胖達人香精麵包、添加銅葉綠素調色；2014年牛、羊、豬肉注保水劑增重，水產品殘致癌禁藥孔雀綠，餽水油、回鍋油、飼料油混充食用油；2015年飼料雞血混充鴨血、工業用碳酸氫銨泡製海帶、胡椒粉、胡椒鹽、辣椒粉、咖哩粉摻工業用碳酸鎂；2016年工業用明礬炸油條、湯圓添加工業用染劑；2017年過期乳瑪琳重製、毒雞蛋事件。以上事件(如表一)是新聞報導較多的，實際上可能夠多更嚴重，而且不難發現頻率越來越頻繁，黑心食品造成的傷害日益嚴重(如圖一)與食品安全問題一再發生，也難怪無助的老百姓要問：到底誰來保障我們吃的安全？。

近年來政府提出「食安五環」改革方案來因應食安問題(如圖二)，第一環是「源頭控管」，只要食品的進口或生產有問題，就要從源頭掌握資料、予以控制；第二環是「重建生產管理履歷」，消費者在購買產品時，可以透過產品上的資料來追溯生產流程、生產者和經銷商等相關資料，只要食品的履歷流程清楚、資訊透明，消費者才能掌握相關資訊、安心購買。政府也應具備足夠的市場查驗能力，因此在食安第三環，就是「提高查驗能力」(10倍查驗能力)，將現行政府的查驗頻率、強度都提高，萬一有食安漏洞，在查驗時能夠防範；第四環是「加重生產者、廠商的責任」；第五環是「鼓勵、創造監督平臺」，讓全民與消費者都能夠監督食品安全的詳細環節，並有充分資訊瞭解每一個食品可能發生的狀況。

食品安全是指：「對食品按其原定用途進行生產和/或食用時不會對消費者造成損害的一種擔保」，食品的安全性強調食品中不應含有可能損害或威脅人體健康的物質或因素。要求食品絕對安全是不可能的，食品安全一般指相對安全性，是指一種食物或成分在合理食用方式和正常食用量下不會導致對健康損害的實際確定性。在有效控制食品有害物質或有毒物質含量的前提下，一切食品是否安全，還要取決於食品製作、飲食方式的合理性，適當使用數量，以及食用者自身的一些內在健康條件。

食品安全問題主要集中在以下幾個方面：微生物性危害、化學性危害、生物毒素、食品摻假和基因工程食品的安全性問題。

食品安全的危害點：農產品種植養殖生產過程中使用農藥、化肥等帶來的危害；農作物采收、存儲或運輸不當，發生霉變或微生物污染；食品加工、存儲或運輸不當，再次食品添加劑、重金屬、微生物等污染，食品發生腐敗變質。蔬菜中的農藥，有機磷農藥殘；化肥中的硝酸鹽在人的口腔和腸胃中與細菌作用還原

成為亞硝酸鹽；家禽和養殖魚中大量的抗生素、磺胺類化合物等動物用藥殘留在食品動物組織中。食品添加物使用範圍及限量暨規格標準，依據衛生福利部食品衛生管理法第18條，各類食品添加物之品名、使用範圍及限量，應符合附表之規定，非表列之食品品項，不得使用各該食品添加物。防腐劑、殺菌劑、抗氧化劑、漂白劑、保色劑、膨脹劑、甜味劑、營養添加劑、著色劑、香料、乳化劑、品質改良劑、釀造用及食品製造用劑、食品工業用化學藥品、調味劑、黏稠劑、結著劑以上18類別，約800項。而食物殘留安全容許量，共訂有348種農藥在3,365項作物類別之殘留農藥安全容許量。共訂有119種動物用藥在1,323項食品之殘留安全容許量。

零零總總這麼多需要法規標準，要如何知道你吃的食物是安全的，除了法規的訂立，還需要食品安全檢驗實驗室來把關。食品安全實驗室設立目的就是檢驗食品攙偽、食品品質管理、添加有害物檢測與食安標準的訂定。但是食品安全檢驗實驗室是屬於最後把關的階段，由於食品中所含化學物質真的非常多，你根本不可能知道會加甚麼東西。消費者常常以為，把待檢驗物質送到實驗室，實驗室就能檢測出來有沒有問題，其實是不可能的。檢測一定要有個目標，一定要預測檢測甚麼才能分析得出來。

目前國內與食品檢測相關的實驗室可分為兩大項，一是**檢測產品的品質專案**；二是**檢測產品的衛生專案**，大略可分為**基礎研究、應用研究及日常檢驗**三種類型，角色雖不完全相同，但對食品安全的把關具有互補的功用。然而成立食品安全檢測實驗室不僅設備投資金額龐大，人員的訓練亦是相對的重要，其他如檢驗的項目是針對極有可能出現的指標或危害物質進行檢測由於已知化合物的數目多達數十萬種，要檢驗出所有成分是非常困難的工作，需要使用到精密儀器所花費的檢驗成本相當龐大，有時候甚至不知道產品被添加了何種物質而無從檢驗，無特定目標物的探索性檢驗，所需人力、物力就更可觀。而目前食品檢驗的分類、法規及核心應用方向分別如簡述於圖三、四、五。

食品安全研究實驗室本身主要有三項功能：

一、針對購入原料的食品安全檢驗。新產品研發出來之後，產品研發部門就會針對產品所需要的原料進行安全性評估，去分析整個產品的製程，或是原物料進料過程中會有甚麼危險。例如豬肉就可能要小心寄生蟲、腐敗、動物用藥殘留等問題。分析過一次就知道原物料、包裝材料進來之後該做甚麼檢驗，就可以對

原料做出完善的把關。

二、針對產品的食品安全檢驗。各工廠都有負責產品品質控管的人員，會依據各廠出產的不同產品來決定不同的食品檢測項目。各工廠會對產品做抽樣，送到研究室進行較複雜的檢驗工作。

三、搜尋並研究全世界各個食品安全相關議題，把新發現的毒性物質加入，成為新的檢測項目。

食品安全檢驗不能自動驗出所有具有毒性的化學物質，是要先有檢驗目標才驗得出來！「所以從一個食品業者的角度來講，管理買進來的原料就是最重要的。」

食品安全檢驗實驗室規範應該涵蓋以下幾點

1. 人員規劃管理

- 確保特定工作人員(操作特定設備、執行檢驗工作、評估結果、以及報告簽署人)的能力及資格鑑定(教育、訓練、經驗、技能展示)。
- 鑑別訓練需求、提供訓練、評估訓練的有效性。
- 確保人員受到監督、具備能力(合約人員、額外的技術人員如外部設備保養人員及主要支援人員)。
- 維持人員的工作執掌(職務說明表)。
- 特定工作人員的授權執行抽樣、檢驗、發行報告、提供意見解釋、操作特殊設備與所有技術人員(含約聘人員)授權、能力、教育專業資格認定、訓練、技能與經驗紀錄(含授權與能力被確定之日期)。

2. 抽樣管理

- 應建立抽樣程序(抽驗應具代表性，但某些測試僅針對懷疑點取樣品)。
- 抽樣程序的適用性(確保檢驗結果可靠性)。
- 抽樣程序變更的管制(資訊記錄與傳達)。
- 應建立抽樣紀錄(抽樣程序、抽樣者的識別、環境條件，及必要時，用圖示或其它等同的方法以識別抽樣位置，以及若適當時，抽樣程序所依據的統計理論)(人、事、時、地、物)。

3. 試驗樣品處理

- 建立程序以規範樣品的運輸、接收、搬運、防護、儲存、保留及清理，包括為防護樣品完整性以及實驗室與顧客利益必要的所有條款。

- 樣品與識別系統的管制(全程持續維持)。
- 樣品接收時之記錄與發生異常的管制。
- 樣品於實驗室防止發生異常的管制。(適當之設施，以避免樣品在儲存、搬運及準備的過程中變質、遺失或損壞)。
- 當樣品需要存放或限制在特定的環境條件，如特定的溫度、濕度中時，應維持、監控及記錄此環境條件。
- 當樣品需安全防護時，應有儲存與保全之安排，以防護樣品的狀況與完整性。

4. 檢驗方法管理

- 選用適當方法與程序，及其涵括事項(樣品之抽樣、搬運、運輸、儲存及準備、執行以及數據的計算)。
- 方法選用(標準方法)與方法確認(食品化學檢驗方法確效規範、行政院衛生署-分析方法確效作業指導手冊)。
- 計算與數據轉換，系統化方式查核數據資料(含數據審核)。
- 使用電腦與自動化設備之管制。(自行開發者原始程式碼書面化且軟體驗證、備份(完整性)、加密(機密性)、環境操作條件(如溫濕度))。

5. 品質/技術紀錄

- 建立程序以規範品質與技術紀錄之鑑別、蒐集、索引、取閱、建檔、儲存、維護及銷毀。
- 紀錄之儲存、保存與保護(易於閱讀、便於存取、適宜的保存環境、保存年限)。
- 技術紀錄範圍與鑑別(原始觀測或檢驗紀錄、導出數據、校正紀錄、人員紀錄、檢驗報告之複本、檢驗工作可複作。執行時予以記錄，能鑑別至特定工作。紀錄表、本、日誌)。
- 技術紀錄之修改(不可塗掉，造成不易閱讀或刪除，修正人簽名或或蓋章)。
- 電子型式紀錄的管制(防止未經授權者的取閱或修改)。

6. 品質保證

- 建立程序以監控試驗作業之有效性。
- 建立監控方法執行過程之方式。
- 品質管制數據分析與處理。

7. 檢驗報告

- 報告應準確、清楚、不混淆及客觀的記載。
- 檢驗報告應包括之資訊。(標題、實驗室名稱與地址、聯絡人、顧客名稱與地址、抽樣日期與時間、抽樣單位名稱、抽樣地點、樣品編號、收樣時樣品狀態之描述、檢驗日期、樣品接收日期、報告編號、報告日期、檢驗項目、檢驗方法、檢驗結果與單位、檢驗報告簽署人之簽名、以及報告使用之限制說明等；得自分包商之試驗報告亦須被明確標註)。
- 以電子方式傳輸結果(保密)。
- 制訂報告格式。
- 報告修改(全新報告、唯一識別、提及替代之原報告)。

8. 外包

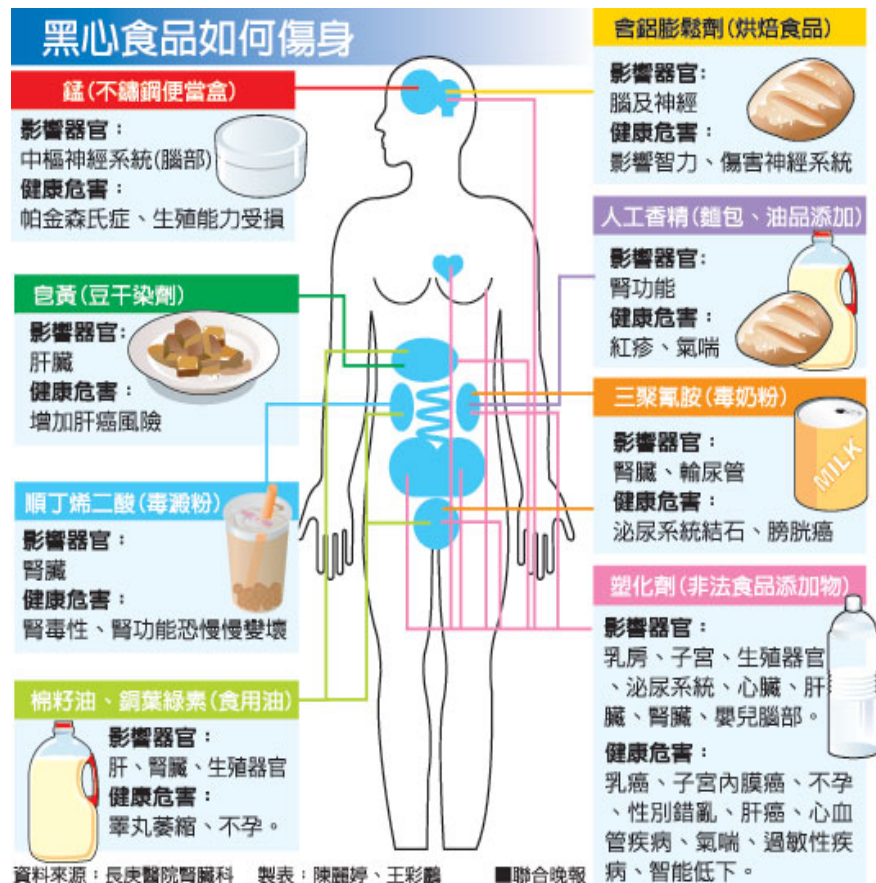
- 外包實驗室的時機與選擇(外包屬服務一部分)。
- 顧客溝通(書面)。
- 外包責任的界定(自行，或顧客與主管機關)。
- 外包文件(合格實驗室名單登錄)與相關證據紀錄。
- 報告資料完整性(應要求檢驗報告檢附實驗原始數據資料(含同批次檢量線、品管樣品分析資料)。
- 數據審查與能力稽核(如盲樣試驗)(可自行辦理或委外辦理)。

食品安全影響國民健康甚鉅，因此保障全民食品安全，是當前最重要的使命，而面對世界之客觀環境快速地變遷，食品衛生安全所面臨之挑戰將比以往更為艱鉅。食品安全檢驗實驗室也許可以幫助你更了解你吃下的東西是否安全，但食品安全不能僅靠檢驗，常有人認為加強食品衛生安全管理要從加強抽驗著手，甚至有人說市面上的食品有那麼多，只抽少數幾件來檢測是不夠的，應該提高抽驗比率。這是一個本末倒置的做法，檢驗並非萬能，檢驗也不是管理工作的全部，檢驗實驗室是以科學的觀點，建立對食品安全的合理期待值，還原科學的真實性，以科學的精準來說明食品安全問題。透過實驗室的即時檢驗，讓食品的流通能落實自主管理，生產者擔負起產製及販售食品的責任，掌握產品的原物料、半成品及成品的衛生安全，管控產品製程及品質符合食品良好衛生規範準則等相關規定，與政府共同協力為消費者的食品衛生安全把關，同時強化社會大眾的科普教育，減少百姓的恐慌，才能逐漸化解食品安全的困境。

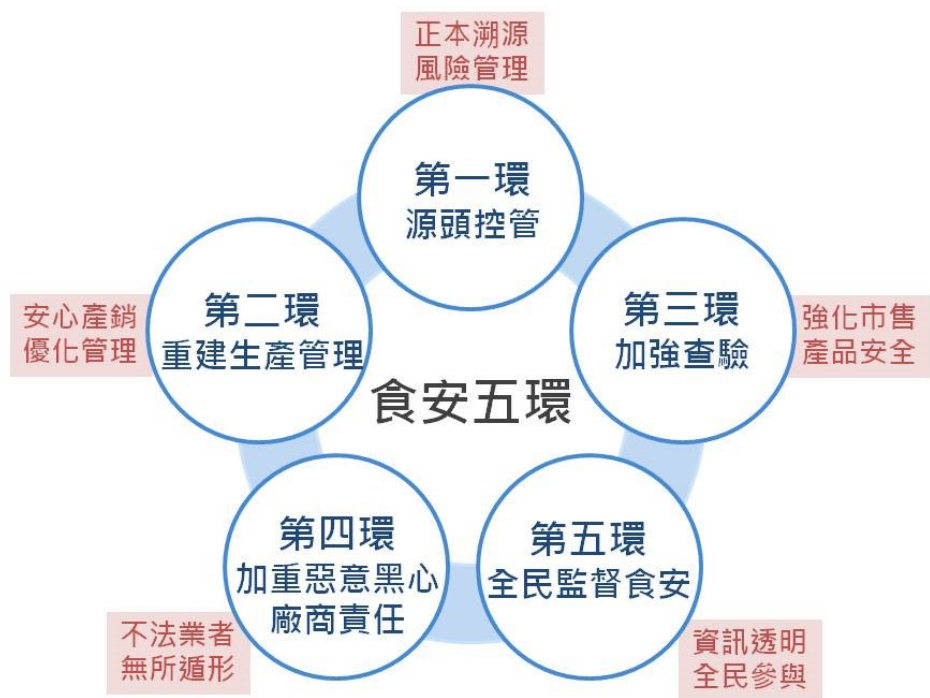
表 1 近年我國重大食品事件

年度	食品事件	事件說明
94	再度開放進口美國去骨牛肉	92 年 12 月 24 日美國發現首例狂牛症病例，前行政院衛生署立即公告禁止進口狂牛病發生國家的牛肉及相關產製品。後來，經過美國提交該國管理作為、派員赴美國實地訪查，以及召開多次專家會議討論，於 94 年有條件開放美國不帶骨牛肉進口。
95	驗出大陸大閘蟹含禁用動物用藥	在邊境對輸入食品執行監測性質的計畫時，自大陸輸台的大閘蟹中驗出禁止使用的動物用藥「硝基呋喃」，為了保護國人健康，訂定自國外輸入大閘蟹的管控措施。
95	開放美國去骨牛肉進口	94 年 6 月美國境內發現第 2 起狂牛症案例，再次禁止進口，95 年公告僅開放美國去骨牛肉進口。
96	豬肉含萊克多巴胺（瘦肉精）	對於是否開放使用萊克多巴胺（瘦肉精），國內外各界意見不一，豬農至前行政院衛生署與農委會表達強烈抗議。
97	大陸三聚氰胺事件	大陸三鹿奶粉原料蓄意添加三聚氰胺，以提高產品蛋白質含量的檢驗值，造成部分大陸嬰幼兒健康危害，引起輿論譁然。經追蹤查核，我國使用到含蓄意添加三聚氰胺的所有產品都下架回收銷毀。為強化自大陸輸台食品管理，於同年 11 月 4 日與中國大陸簽訂「海峽兩岸食品安全協議」。
98	開放進口美國帶骨牛肉	96 年 5 月世界動物衛生組織認定美國是牛隻狂牛症風險已控制國家，美國於 96 年 6 月 1 日向前行政院衛生署提出全面解除禁止輸台申請。98 年 10 月 22 日簽署台美牛肉議定書，98 年 11 月 2 日公告有條件開放美國帶骨牛肉等進口，引起朝野各界關注，立院遂於 99 年 1 月 5 日修法禁止狂牛症發生國家的牛隻內臟、絞肉等部位輸台。
99	肉毒桿菌中毒事件	99 年 4 月至 6 月間，連續發生 8 起 11 例的肉毒桿菌中毒事件，造成 1 名死亡病例。從流行病學調查，病例飲食中共同點是食用真空包裝即食黃豆製品，因此，增訂真空包裝即食食品良好衛生規

		範、市售真空包裝即食食品標示相關規定及修正罐頭食品良好衛生規範。
100	起雲劑含塑化劑	前行政院衛生署食品藥物管理局由例行檢驗中發現益生菌粉末中含有塑化劑 DEHP，主動調查並追蹤來源，確認添加物業者惡意添加塑化劑於起雲劑中。經追蹤查核，使用到含蓄意添加塑化劑的所有產品都下架回收銷毀，並立即修正食品衛生管理法，加重違規行為的處罰。
101	美國牛肉萊克多巴胺事件	行政院提出「安全容許」、「牛豬分離」、「強制標示」及「排除內臟」的政策方向，對飼料添加萊克多巴胺的牛肉有條件解禁。
102	順丁烯二酸酐化製澱粉事件	業者在食品製程中添加未經核准的順丁烯二酸酐化製澱粉，食藥署接獲訊息，即建立檢驗方法並抽驗市售產品，再追查上游廠商及完成相關檢驗工作後，掌握違法產品與製造商。使用到含蓄意添加順丁烯二酸酐化製澱粉的所有產品，都下架回收銷毀，並立即修正食品衛生管理法，建立食品業者登錄、建立產品追溯追蹤、加重食品業者自主管理責任及罰則等。
102	麵包香料事件	102 年 8 月網友檢舉麵包製造業者標榜其產品由天然酵母製作，使用天然食材製造的香料(香精)，不添加使用化學製造的人工香精等易生誤解的廣告不實詞句。
102	油品混充及違法添加銅葉綠素事件	衛生機關接獲檢舉，稱有業者的橄欖油不純，調查後確認混油事實及違法添加銅葉綠素。經食藥署開發鑑別食用油中銅葉綠素的檢驗方法，檢驗市售油品，發現進口油品也檢出含有銅葉綠素，立即修法建立食品衛生安全三級品管制度、食品安全保護基金等。
103	餵水油、飼料油加工精製做為食用油事件	業者使用以低價收購的餵水油、劣質油經加工精製後做成油品，賣給下游加工業者做為原料。政府深入追查，發現有業者甚至刻意進口較便宜的飼料級油再精製成油品原料，使許多下游加工烘焙與餐飲業者「中標」。



圖一 黑心食品可能危害示意圖



圖二 食安五環

食品檢驗方法的分類

- 法規檢驗
- 釣魚
- 目標物
- 管制物
- 定量/符合
- 探索檢驗
- 網魚
- 全部物
- 不純物
- 定性/因果
- 毒性檢驗
- 鏢魚
- 毒化物
- 不明物
- 定毒/危害



http://en.wikipedia.org/wiki/Recreational_fishing



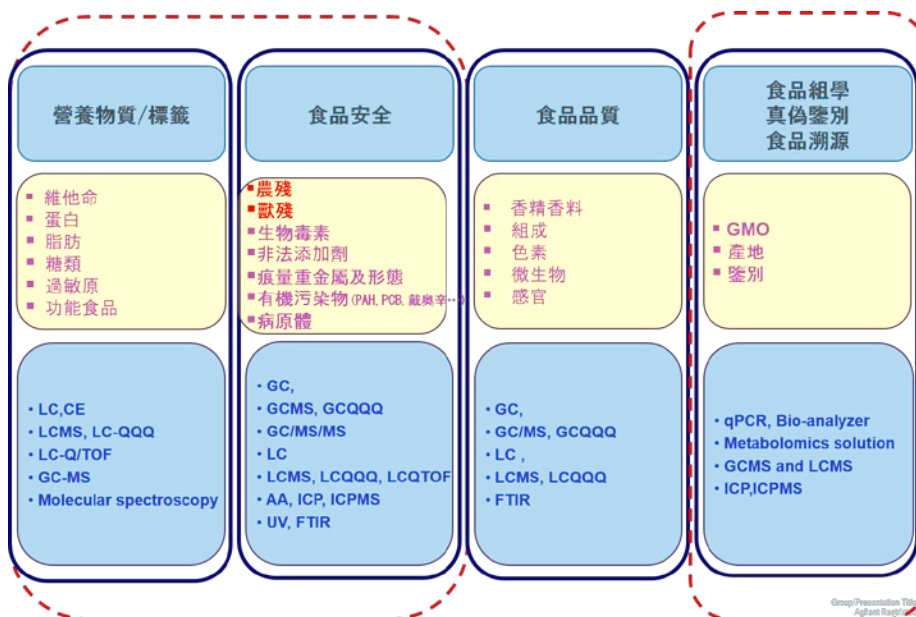
http://www.123rf.com/photo_12916521_throwing-fishing-net-during-sunrise-thailand.html



<http://sbsstar.moc.gov.tw/blog/sisang/myBlogArticleAction.do?method=doListArticle&yPk&articleId=45644>

22

圖三 食品檢驗方法的分類



圖四 食品檢測之法規與主要應用方向



農藥

- 已知農藥的定性/定量分析 (TFDA Method V)
- 新的農藥和代謝物的定性/定量分析



獸藥

- 抗生素、類固醇和其他生長激素的定性/定量分析



痕量元素及重金屬形態

- 營養元素、鉛、砷、鎘和汞等元素的定性/定量分析及形態



挑戰：降低成本的同時提高分析速度、靈敏度和準確度

圖五 食品安全檢測的核心應用

參考資料

1. 食品安全衛生管理法 食品藥物管理署

2. 食品安全管制系統準則 食品藥物管理署

3. 食品檢測實驗室儀器設備的配置

層析儀器／實驗室管理 知識分享平台

<http://blog.xuite.net/davidshw63/twblog/140757347%E9%A3%9F%E5%93%81%E6%AA%A2%E6%B8%AC%E5%AF%A6%E9%A9%97%E5%AE%A4%E5%84%80%E5%99%A8%E8%A8%AD%E5%82%99%E7%9A%84%E9%85%8D%E7%BD%AE>

4. 食品安全與微生物檢測 - 啟新生物科技有限公司

www.cmp-micro.com/upload/file/4233_file_1_cht.pdf

5. 食品檢測實驗室檢測儀器設備的配置 - 氣相色譜儀

www.516gc.com/xingyechengtao/261.html

6. 食品安全品質檢測學食品檢測實驗室中儀器設備的分類與檢定校準需求分析

Journal of Food Safety and Quality Vol. 4 No. 1 2013 年 2 月

王太榮, 宋健, 徐春祥

7. 已上市上櫃及新申請上市上櫃之食品業者應依風險控管原則自設實驗室 食

品組衛生福利部食品藥物管理署 2015-03-12

8.因應塑化劑事件之民間實驗室動員

食品藥物研究年報. 3 : 192-197 2012 Ann. Rept. Food Drug Res. 3 : 192-197
2012 黃維生 邱雅琦 陳冠良 江爾蓁 林嘉慶 李婉嬪 李明鑫 陳惠芳 食品
藥物管理局風險管理組

9.啟動民間實驗室檢驗順丁烯二酸酐化製澱粉

食品藥物研究年報. 5 : 343-349 2014 Ann. Rept. Food Drug Res. 5 : 343-349
2014 楊禮安 廖彩汝 賴南廷 江爾蓁 李婉嬪 李明鑫 陳惠芳 食品藥物管
理署風險管理組

10.國際 FSI 食品安全檢驗機構(FS International-Asia Pacific Office)

FSI 暉凱國際檢驗科技股份有限公司

11.修正「應辦理檢驗之食品業者、最低檢驗週期及其他相關事項」食藥署

12.食材供應商之衛生管理及採購契約範本 食藥署

13.修正食品中殘留農藥檢驗方法 食藥署

<http://www.fda.gov.tw/TC/newsContent.aspx?id=13421&chk=f0104161-bd4a-45e9-a923-d876b1dec4dc¶m=pn%3d1%26cid%3d4%26cchk%3df11420b2-cf8e-4d3a-beb5-66521b800453#.VUA-SGqqko>

14.食品安全的把關者—公、民營檢驗實驗室

何國榮 第 536 期科學月刊

15.近年重大食品事件之回顧展望及食品業者強制性自主檢驗新制說明

廖家鼎 博士 TFDA 衛生福利部食品藥物管理署 研究檢驗組 技正

16.實驗室自主檢驗- 典範實驗室的成立及流程分享

傅偉光 博士，FIRDI 食品工業發展研究所檢驗中心主任

17.食品安全事件會議討論紀要

實驗室認證處/鄭嘉芬、驗證機構認證處/韋如鈴財團法人全國認證基金會
(TAF) 第 17 期 2015/04/27

18.食品安全毒理學研究與評價北京市重點實驗室

北京大學公共衛生學院

19.強化藥物食品化粧品安全實驗室網絡專案計畫

彰化縣政府中程個案計畫-彰化縣衛生局

20.「民以食為天」的上一句是什麼？-每日頭條

<https://kknews.cc/zh-tw/history/av5zqn.html>

21. 打造六千萬實驗室 義美捍衛食品安全-看雜誌

<https://www.watchinese.com/article/2011/3298>

22. 台灣食品安全事件列表-維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/台灣食品安全事件列表>

23. 《事出必有因 —食安問題因何而起》-科學發展月刊第 504 期

<http://ejournal.stpi.narl.org.tw/sd/download?source=10312/10312-01.pdf&vId=EA16BA17-DB3D-4A2A-99A7-639CECC197E2&nd=0&ds=0>

食品檢驗之歷程與展望

何國榮

摘要

食品檢驗早期多使用液相層析儀為檢測工具，儀器的偵測極限在 ppm 範圍，因而無法有效檢測低濃度的污染物。三段四柱式串聯質譜儀的偵測極限在 ppb 範圍，因此檢出的比例大幅上升。也造成民眾對食品安全的疑慮。三段四柱式串聯質譜儀雖然有很好的感度，但檢驗前須先設定檢驗的目標。無法檢測目標以外的污染物。有鑑於此，能偵測未知物的非標的物檢驗日益受到重視。唯非標的物檢驗技術尚不成熟，實際應用時仍有相當困難度。

關鍵詞: 目標物檢驗， 非標的物檢驗， 三段四柱式串聯質譜儀

前言

最近幾年食品安全的議題不論在國內或國際都受到高度的關切。食品中是否含有對人體健康有害的物質，一直受到社會大眾的關切。但是食品安全在過去數年間卻突然成為一個醒目的議題，甚至成為頭版頭條的新聞。其中非常重要的一個原因就是質譜檢測能力在過去 10 年中有了大幅度的提升，許多傳統方法偵測不到的濃度，因為使用質譜儀而出現了「陽性」的結果。一個著名的例子就是奶粉中三聚氰胺的檢測（中國毒奶粉事件）。如果是使用傳統的液相層析／紫外光法，它的偵測下限大約為 2.5 ppm（百萬分之 2.5），但是若使用液相層析串聯質譜儀，它的偵測下限卻可低於 50 ppb（10 億分之 50）。

103 年混油事件(亦稱毒油事件)之前的食安事件多有特定的檢驗對象（例如，三聚氰胺、塑化劑、瘦肉精、銅葉綠素等），因為有特定找尋的化合物，可稱之為”目標物檢驗”。毒油事件中，各種”目標物檢驗”（酸價、總極性化合物等）的數據都未能明確的判定混合油是否含有毒成分，為了解決不能判定的困境，“非標的物檢驗”此一技術開始受到關注。一般而言，”非標的物檢驗”，檢驗前不預先設定要偵測的化合物，因而較有機會偵測到未知的污染物。

結果與討論

一、食安檢驗”的昔與今

今日偵測低濃度物質最著名的儀器是三段四柱式串聯質譜儀，近年來食安問題日受重視，即和三段四柱式串聯質譜儀的成熟有相當的關連，往日”未檢出”的許多食品，因儀器感度的大幅提升，而出現了”檢出”的結果。此一儀器對食品安全(或安心)有相當的貢獻。以動物用藥及農藥殘留為例，相關業者必須更正確及更謹慎的使用上述物質，才能避免因”檢出”所造成的損失。

早期的食安事件都有特定的對象(例如、塑化劑)因此可稱為目標物檢驗。”標的物”檢驗雖然有很好的靈敏度(ppb 甚至 ppt 級)但卻不能夠偵測到目標物以外的有害物質。為因應目標物檢驗的缺點，非標的物檢驗開始受到廣泛的關注。。

二、非標的物檢驗

“非標的物檢驗”若解釋為檢驗前不預先設定檢測的化合物，就技術而言，它並不是一種新技術。以氣相層析/質譜儀為例，當它操作於選擇離子監測(selected ion monitoring)模式時可視為”標的物”檢測，若操作於全掃描(full scan)模式時則可視為”非標的物”檢測。兩種都是氣相層析/質譜儀常用的操作模式，但文獻上很少使用”標的物檢驗”與”非標的物檢驗”來區分兩種技術。常見的液相層析/紫外光譜儀也可算是一種”非標的物”檢驗的設備，理論上能通過分離管柱且可吸收紫外光的所有化合物皆應被偵測到。

氣相層析/質譜儀全掃描模式及液相層析/紫外光譜儀都是”非標的物檢測”的技術，使用這兩種技術雖有”非標的物檢測”的優點，但一般而言它們較不能有效的檢測低濃度的化合物。

若要全面檢驗(”非標的物”)低濃度的化合物，則需要一個可操作於”非標的物”模式且仍有三段四柱式質譜儀感度的儀器。近年來有兩種質譜儀，飛行式質譜儀及軌道阱質譜儀可操作於”非標的物檢驗”且其感度較三段四柱式質譜儀(選擇離子反應監測模式)差距不大(目前約為一個數量級)。若用網魚來比喻，氣相層析/質譜儀全掃描模式是一個大網洞的網子，上述兩種儀器則是一個細網洞的漁網(圖一)。由於網洞小了，可以捕捉到的魚更多了，當然也

包含許多較小的魚（低濃度化合物），因此”非標的物檢驗”的名詞也就越來越受到重視。

三、非標的物檢驗的瓶頸-化合物的鑑定

今日民眾對食品安全日益重視，以食用油是否摻假為例，食用油是否摻有餿水油，固然是十分重要的資訊，但摻有餿水油的油品是否有毒(含有毒性成份)才是民眾最關切的議題。就攙偽的判定而言，只要能夠找到”不同”(例如全統香豬油和真正豬油之不同)即能回答是否攙偽，未必要對”不同處”之化合物進行鑑定的工作。但就食品安全而言，必須對”不同處”之化合物進行鑑定才能回答樣品是否含有毒性物質。網魚法可以說明”非標的物檢驗”能夠偵測到更多的化合物(捕到很多魚)，但是捕魚只是第一步，如何鑑別(或判定)所偵測到的各個化合物(圖二)，才能回答樣品是否含有毒性物質，遺憾的是，以現今技術的水平，化合物鑑定比化合物偵測(網魚)要困難的多。

氣相層析/質譜儀全掃描模式是一種”非標的物檢驗”法。能夠被氣相層析/質譜儀分析的化合物不算太多(因須具揮發性)而且商業化資料庫有超過一萬張高再現性的質譜圖供作檢索與比對，一般而言，一個”未知”化合物被鑑定的機率不算太低。

相較於氣相層析/質譜儀，液相層析/飛行質譜儀(或軌道阱質譜儀)能夠偵測到的化合物更多(感度高得多)，能夠被分析的化合物也多的多(只要能溶解於移動相)，但卻缺少適當的資料庫以供檢索及比對，因此，鑑定被偵測到的化合物是”非標的物檢驗”最為困難的步驟。為克服上述困難，近年來已有數種鑑定策略被提出來，例如依據準確質量及同位素比值推測元素組成，再和人工智慧產生的質譜/質譜圖比較，以達到結構判定的目的。初步的研究顯示有一定的潛能，但和理想仍有相當的距離。短期內若沒有突破性的進展，化合物鑑定仍會是”非標的物”檢驗最主要的瓶頸。

四、介於標的物檢驗與非標的物檢驗之間的檢驗技術

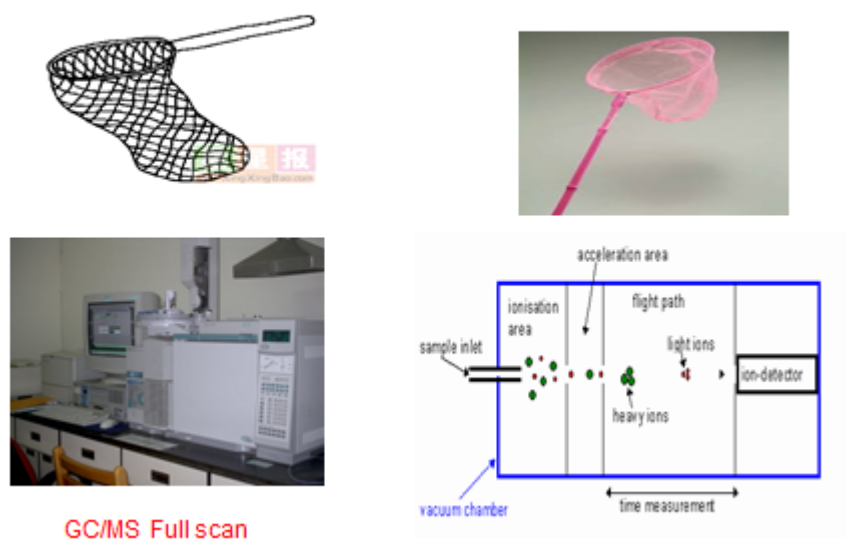
有一些技術，例如 semi-targeted analysis, suspect screening, effect directed non-targeted analysis 等技術之複雜度介於”目標物檢驗”與”非標的物檢驗”之間，但也有很好的檢驗功能。例如使用可疑物篩檢(suspect screening)的技術(圖三)來偵測食品中農藥，使用前並不設定檢驗的目標物，但數據收集後，將文獻上曾被報導過各農藥(即便檢驗室沒有分析過也沒有標準品)的準確質量輸入電腦中，再由數據中找尋可疑的農藥並設法做進一步的確認。這種技術發現農藥的功能高於”目標物檢測”因此也能提供相當程度的預警功能。

結論

就分析技術而言，"非標的物檢驗"既是一個新名詞，也不是一個新名詞。感度較低的"非標的物檢驗"是一常用的技術，但一般不使用"非目標檢驗"的名詞來形容它。高感度的"非標的物檢驗"則是近年來日受重視的新技術。此一技術因有較佳的感度，幾乎任何樣品皆可檢測到許多化合物，但鑑定這些化合物卻不是一件容易的工作。雖然未知物最終的鑑定有其一定的困難度，但發現未知物也是一種預警。

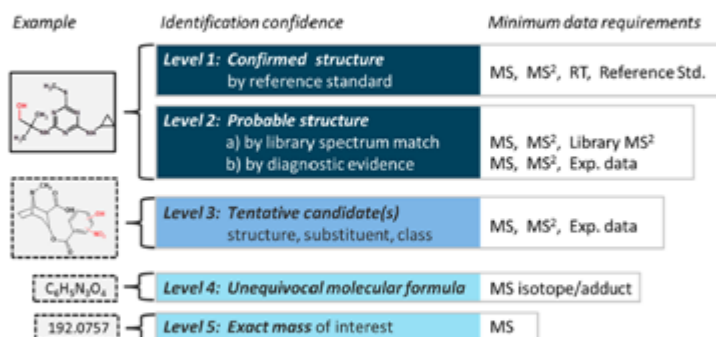
就食品安全而言，"非標的物檢驗"，因具檢測未知物的能力而會越來越重要。但因鑑定的困難及較低的感度，短期內應不會成為食安檢驗的主流技術。高感度目標物檢驗(例如使用三段四柱式質譜儀)，仍將扮演主要的把關工作。但隨著鑑定技術的進步，兩種技術對食品安全把關的互補功能，將會越來越明顯。

Non-targeted Analysis at ppm and ppb level



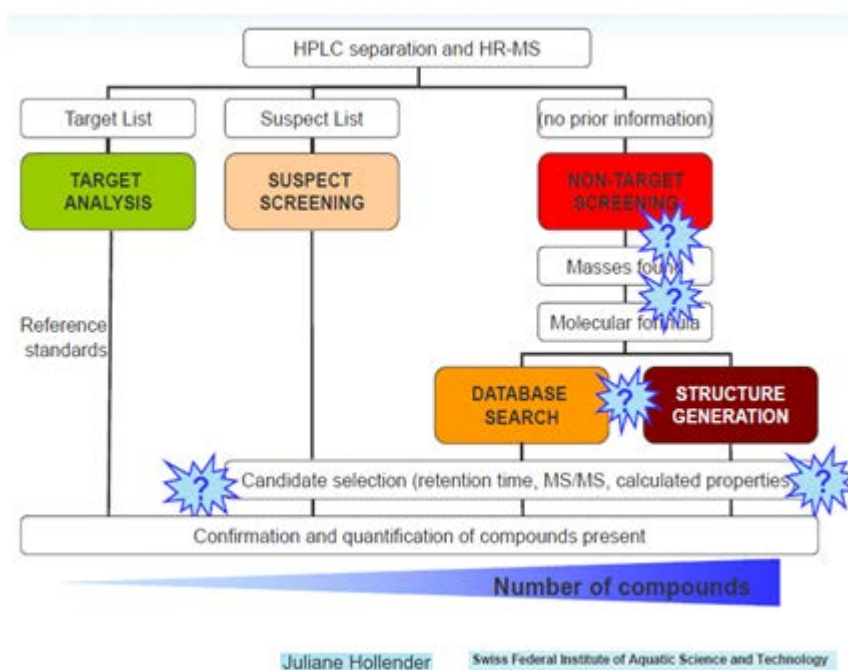
圖一．非標的物檢驗的(a)昔與(b)今

Identifying Small Molecules via High Resolution Mass Spectrometry: Communicating Confidence



Environmental Science and Technology (2014) 48(4):2097

圖二. 非標的物檢驗的化合物鑑定



圖三. 介於標的物檢驗與非標的物檢驗之間的檢驗技術

食品認證實驗室現況分析及實驗室之建置

鄭秋真

摘要

食品實驗室依據國際標準 ISO/IEC 17025 取得認證機構之認證，提昇實驗室品質管理效率與技術能力。國內之認證機構包括財團法人全國認證基金會 (TAF) 及權責機構衛福部食品藥物管理署 (FDA)，FDA 目前所認證之食品實驗室計 83 家，分別為財團法人、食品及藥品工廠、大學院校、縣市衛生局及商業實驗室所建置之食品實驗室。食品實驗室依類型、規模、認證項目、場地、人力及設備等因素建置，主要依認證項目確認實驗室之類型、規模、場地、人力及設備之配置。經由認證之食品實驗室應進用素質高之檢驗人員，累積檢驗經驗及研究能力，具有嚴謹之品質措施與規範，呈現良好之檢驗能力，良好及充裕之設備，以及定期之維護校正，以維持公正嚴謹之檢驗品質。

關鍵詞：實驗室認證、實驗室建置

Abstract

The food laboratories are accredited based on the international standard ISO/IEC 17025 aiming to improve their quality control efficiency and technical capabilities. The national accreditation agencies include TAF (Taiwan Accreditation Foundation) and FDA (Food and Drug Administration). Currently there are 83 FDA-accredited laboratories built respectively by legal foundations, food and drug manufacturers, educational institutions, County/City Public Health Bureau, and commercial laboratories. The personnel and equipment allocation of the accredited laboratories are expected to meet the requirements based on their function, scale, size, and test items. To ensure fair and rigorous analytical quality, the accredited laboratories must hire high quality personnel with solid accumulated analytical experience and strong technical capabilities, comply with quality control procedures, demonstrate state-of-the-art analytical abilities, conduct regular maintenance and analysis to keep instruments in excellent condition, and keep sufficient supplies.

Key Words : laboratory accreditaion 、laboratory build

前言

在歷經近年來所發生之食安事件，食品實驗室所扮演之角色與功能日趨重要。惟實驗室之檢測能力及所產出之檢驗數據必需是精確可靠及值得信賴的。食品實驗室經由依國際標準 ISO17025 獲得認證，在管理系統及技術能力依據國際標準運作，不但是實驗室自我之期許與肯定，亦能獲得委託者之信任。食品實驗室之認證是時勢所趨，亦是成立食品實驗努力之目標，並且能持續維持實驗室之認證。

食品認證實驗室現況分析

一、認證機構

根據 ISO/IEC 17000：2004，「認證」之定義為「符合性評鑑機構提出用以展現其執行特定符合性評鑑任務之能力的正式證明的相關第三人證明」。實驗室為了證明其執行測試之能力及出具報告之可信度，向認證機構申請認證，由認證機構依據國際標準 ISO/IEC 17025 對申請實驗室之能力及品質系統進行評鑑；經認可之實驗室得證明其測試能力。目前國內對於食品實驗室之認證機構包括財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)及權責機構衛福部食品藥物管理署(Food and Drug Administration, FDA)。TAF 推動國內實驗室各領域之國際認證，建立國內實驗室之品質與技術能力的評鑑標準，由專業人力評鑑及運用能力試驗，以認證各實驗室，提昇其品質與技術能力。

食品實驗室經由認證之效益包括確保實驗室之能力與檢驗數據之正確性、提昇實驗室品質管理效率、檢測數據為國內外相關單位所接受以及減少重複測試或檢驗之時間與成本。TAF 長期參與國際認證聯盟，包括國際組織 ILAC 正會員 International Laboratory Accreditation Cooperation 國際實驗室認證聯盟(1996 年)、APLAC 正式會員 Asia-Pacific Laboratory Accreditation Cooperation 亞太實驗室認證聯盟(1995 年)，建立符合 WTO 及 APEC 符合性評鑑制度之基礎架構，以利經貿發展，提高認證效益。另一認證機構為權責機構 FDA。二者認證機

構之比較如表一。

二者認證機構之基本認證規範均依據國際標準 ISO17025，惟二認證機

構均各有其特定規範，TAF 要求認證實驗室除 ISO17025，另須符合量測結果之計量追溯政策、能力試驗活動要求、有關量測不確定度之政策，FDA 則要求認證實驗室另需符合食品藥物化粧品檢驗機構認證作業程序、實驗室品質管理規範－化學領域測試結果之品質管制、實驗室品質管理規範－微生物領域測試結果之品質管制、食品化學檢驗方法之確效規範，針對檢驗方法依據，TAF 可採公告方法、國際認可方法或自訂方法，FDA 需採衛福部公告方法，如無公告方法可依循，則可採國際認可方法。針對認證品項，TAF 可選擇認證之項目數，FDA 需依衛福部公告方法或公開建議方法所涵蓋之全部品項。針對認可檢驗範圍，TAF 可自訂認可檢驗範圍之檢驗上下限，FDA 需依衛福部公告方法或公開建議方法所訂之定量極限或偵測極限為檢驗範圍之下限。另 TAF 係簽署 ILAC、APLAC 國際相互承認協議之認證機構，與國際接軌。以目前國內食品實驗室，有同時申請為 TAF 及 FDA 之認證實驗室，或分別僅申請為 TAF 或 FDA 之認證實驗室，但有高比率同時為 TAF 及 FDA 之認證實驗室。

二、FDA 食品認證實驗室之分布地點及分類

FDA 食品認證實驗室之分布地點如表二，合計 83 家。北區、中區、南區及離島各為 32、19、27 及 3 家，以北區 32 家最多。依縣市別，依序為台中市、新北市、台南市、桃園市、高雄市、屏東縣及台北市。實驗室類別如表三，財團法人 5 家，包括財團法人食品工業發展研究所(檢驗技術研發及服務中心)、財團法人台北市瑠公農業產銷基金會(農業檢驗中心)、財團法人中央畜產會、財團法人中華穀類食品工業技術研究所(化驗組實驗室)及財團法人台灣電子檢驗中心(綠色產品測試實驗室)、食品工廠 12 家、藥品工廠 2 家、大學院校 21 家、縣市衛生局 21 家及商業實驗室 22 家。

三、FDA 食品認證實驗室之檢驗方法依據

食品實驗室申請 FDA 之認證，所依據之檢驗方法需採衛福部公告或公開建議之方法，如無公告或建議方法可依循，則可採國際認可方法。

(一) 衛福部公告檢驗方法

衛福部公告檢驗方法之類別及品項如表四。衛福部公告檢驗方法之

類別包括食品添加物(含非法添加物，防腐劑、抗氧化劑、甜味劑、亞硝酸鹽、著色劑等)、農藥殘留、動物用藥殘留(四環黴素類抗生素、乙型受體素類、硝基呋喃代謝物等)、微生物(沙門氏桿菌、大腸桿菌、霍亂弧菌、仙人掌桿菌、大腸桿菌群、生菌數等)、食品容器(材質試驗及溶出試驗)、食品摻偽(植物性成分、動物性成分之定性篩選及定量檢驗)、重金屬(汞、砷、鉛、鎘、銅、鋅等)、天然毒素(黃麴毒素、赭麴毒素 A、橘黴素、棒麴毒素等)、食品用洗潔劑(壬基苯酚及壬基苯酚聚乙氧基醇類等)、免洗筷(二氧化硫、過氧化氫、聯苯等)及其他(脂肪酸、食品中異物、食品中多氯聯苯、食品中戴奧辛及多氯聯苯、包裝飲用水中溴酸鹽、醬油類中 3-單氯丙二醇等)。

(二) 衛福部公開建議檢驗方法

衛福部公開建議檢驗方法之適用範圍 1. 無相關衛生標準或使用限量標準，例如蔬菜中硝酸鹽及亞硝酸鹽 2. 突發或新聞事件，例如食品中三聚氰胺之檢驗方法、食用油中銅葉綠素之鑑別方法等 3. 衛福部公告方法外，另外提供之檢驗方法，例如食品中甲醛之檢驗方法(乙醯(代)丙酮法) 4. 原衛福部公告方法，增加測試品項，如乙型受體素、甜味劑。方法依據及格式包括 1. 依公告檢驗方法格式 2. CNS, 3. 歐盟、美國、日本等方法 4. 國際認可方法(AOAC) 5. 國際期刊等

衛福部公開建議檢驗方法之類別及品項如表五。衛福部公開建議檢驗方法之類別包括食品添加物(食品中規定外煤焦色素、蔬菜中硝

酸鹽及亞硝酸鹽、蘇丹色素等)、成分(糖類、飲料中兒茶素等)、農藥殘留(極性農藥及其代謝物多重殘留分析方法等)、動物用藥殘留(乙型受體素類多重殘留分析, 20 品項等)、微生物(沙波病毒等)、食品容器(材質試驗塑化劑等)、食品摻偽(鈎吻鮭屬魚類之定性檢驗等)、重金屬(無機砷等)、基因改造食品(黃豆轉殖品項 DAS-68416-4 (UI: DAS-68416-4) 之轉殖品項特異性定性及定量檢驗等)、指標成分(大豆異黃酮等)、免洗筷(腐絕及依滅列等)及其他(三聚氰胺之檢驗、食用油中銅葉綠素等)。

食品實驗室之建置

食品實驗室之建置需先考慮實驗室之類型、實驗室規模、認證項目, 以及場地、人力及設備。

一、實驗室之類型及規模

食品實驗室認證類別如表六, 包括食品成分(水分、粗灰分、乳脂肪、粗脂肪、粗蛋白等)、食品品質(酸價、皂化價、過氧化價等)、食品添加物、農藥殘留、動物用藥殘留、重金屬、天然毒素、微生物(含病毒)、食品器具容器、動植物性成分、基改食品、食品摻偽、保健食品功效指標成分、食品添加物規格等。

實驗室之類型如表五, 可區分為多元實驗室、專精或特色實驗室或針對新增類別之實驗室。多元實驗室認證項目多且涵蓋各類別檢測項目。專精實驗室長期經營且有良好品質, 已獲取良好口碑及形象。例如農藥殘留、動物用藥殘留、戴奧辛及病毒檢驗等。此類專精實驗室之特性包括: 1. 社會關心之議題, 例如農藥殘留及動物用藥殘留檢驗, 因此有較大檢驗量之需求。2. 門檻較高之檢驗技術, 例如戴奧辛及食品中病毒(例如諾羅病毒)因此有較高之檢驗費用。實驗室之規模依所認證項目之多寡而定, 多元實驗室認證項目多且涵蓋各類別檢測項目, 為規模較大之實驗室。由於委託案件, 樣品可能涵蓋多品項之測試, 如認證實驗室受限於可檢測之

項目，將實驗室本身無法檢測之項目再分包出去，則將較不符成本及時效之要求。因此多元實驗室較能符合委託者之需求。以 FDA 目前所認證之食品認證實驗室，屬於多元實驗室，認證項目數約 50-100 項以上。

多元實驗室所具備之功能

1. 案件委託檢驗。
2. 監測計畫(食藥署、農委會、標檢局、衛生局等)
邊境查核計畫、後市場監測計畫、驗證計畫等。
3. 檢驗方法、技術開發研究計畫。
4. 食安事件緊急配合之檢驗。

二、場地、人力及設備

依認證項目數配置適當之場地、人力及設備。實驗室建置所需之場地及設施包括：辦公室、樣品收樣區、前處理操作室、精密儀器室、微生物檢測實驗室、藥品室、毒氣安全操作櫃、氣體供應室及洗滌區等。所需的人力包括實驗室負責人、品質主管、技術主管、檢驗人員、業務人員、行政人員等。所需之設備包括小型設備及檢測儀器，依所認證之項目而配置之設備如表八，農藥殘留以 LC/MS/MS 及 GC/MS/MS 檢測，動物用藥殘留以 LC/MS/MS 檢測，重金屬以 ICP-OES 或 ICP/MS 檢測。基本之小型設備如振盪器、離心機、旋渦混合器、攪拌均質器、粉碎機、氮氣濃縮裝置、灰化爐、烘箱、冷藏冷凍箱、粉碎機等。

三、認證程序

依所申請認證之項目向 FDA 提出申請，其程序如下：

(一)申請

由檢驗機構備妥所需相關文件向 FDA 提出申請，由 FDA 依食品檢驗機構認證管理辦法及公告之作業程序進行認證作業。

(二)人員資格

每一認證項目應至少有二名具該項檢驗能力之檢驗人員，並互為職務代理人。檢驗機構負責人、報告簽署人、檢驗部門主管及品質部門主管應具檢驗相關之工作年資。

(三)檢驗方法

依據衛福部公告之檢驗方法、衛福部公開之建議檢驗方法，衛福部未定

檢驗方法者，得以國際間認可檢驗方法，但應提供方法確效試驗評估報告。

(四) 認證品項

有公告衛生標準(或檢驗規格)之項目，應依各產品類別申請檢驗類別之全項認證。

(五) 檢驗範圍

應標明完整之檢驗上下限，公告之檢驗方法訂有定量或偵測極限者，以該定量或偵測極限作為檢驗下限。

(六) 能力證明文件

1. 不同日之真實樣品品管資料十五組
2. 三年內參加國內外能力試驗結果。

(七)其他

包括定容器皿之校正資料及試劑配製之追溯資料等。

四、認證實驗室之維持費用

實驗室在取得認證後之維持費用如下：

- (一) 人員費用。
- (二) 檢驗成本，包括試藥、器材、標準品(同位素內標昂貴)及檢測設備等。
- (三) 設備維護及更新。
- (四) 檢測能力維持，包括品管措施及能力試驗之參與。
- (五) TAF 認證項目維持費用

結論

一、 實施階段

多元實驗室之建置，非一蹴可及，可分階段實施如下：

- (一) 先以部份品項取得 TAF 或 FDA 之認證。TAF 之認證，可與國際認證組織接軌，符合有些委託者之需求。FDA 之認證，係權責主管機關之認證。
- (二) 依檢驗需求性，逐年擴增認證之品項。
- (三) 檢驗技術開發研究能力。依累積檢測之經驗，培養研究開發之能力。
- (四) 具有快速因應食安緊急事件之檢驗能力。
- (五) 具有未知物鑑別能力。

二、實驗室建置之目標與方向

實驗室建置包括人力、設備及檢驗能力等，實驗室之方向及目標如下：

- (一) 預留足夠之場地空間，以因應實驗室認證品項逐年擴充之需求。
- (二) 應有良好之人事制度，進用素質高之檢驗人員。降低人員流動率，累積檢驗經驗及研究能力，為維持高檢驗品質之重要因素。
- (三) 良好及充裕之設備，以及定期之維護校正。並依逐年擴增之認證項目，增加檢測設備之配置。
- (四) 應有良好之品質措施與規範，以及呈現良好之檢驗能力(能力試驗成果)，並維持公正嚴謹之檢驗品質。

表一、TAF 與 FDA 食品實驗室認證之比較

	TAF	FDA
認證規範	ISO 17025	ISO 17025
特定規範	量測結果之計量追溯政策、能力試驗活動要求、有關量測不確定度之政策	食品藥物化粧品檢驗機構認證作業程序、實驗室品質管理規範－化學領域測試結果之品質管制、實驗室品質管理規範－微生物領域測試結果之品質管制、食品化學檢驗方法之確效規範
檢驗方法依據	未限定	依衛福部公告方法或公開建議方法
認證品項	未限定	依衛福部公告方法或公開建議方法所涵蓋之全部品項
認可檢驗範圍	未限定	依衛福部公告方法或公開建議方法所訂之定量極限或偵測極限為檢驗範圍之下限
國際接軌	國際接軌(ILAC、APLAC)	無(權責機構之認證)

表二、FDA 食品認證實驗室之分布地點

地點	家數	區別	區別 家數	百分 率	地點	家數	區別	區別 家數	百分 率
基隆市	2	北區	32	39	金門縣	1	離島	3	3
台北市	5				澎湖縣	1			
新北市	13				連江縣	1			
桃園市	8				雲林縣	2	南區	27	33
新竹市	3				嘉義市	1			
新竹縣	1				嘉義縣	2			
苗栗縣	1	中區	19	23	台南市	9			
台中市	14				高雄市	7			
南投縣	2				屏東縣	6			
彰化市	1				合計	83			
彰化縣	1								

表三、FDA 食品認證實驗室之類別

類別	家數
財團法人	5
食品工廠	12
藥品工廠	2
大專院校	21
縣市衛生局	21
商業實驗室	22
合計	83

表四、衛福部公告檢驗方法之類別及品項

類別	品項
食品添加物(含非法添加物)	甲醛、防腐劑、抗氧化劑、甜味劑、亞硝酸鹽、過氧化氫、著色劑、硼酸及其鹽類、二氧化硫等
農藥殘留	食品中殘留農藥檢驗方法—多重殘留分析等
動物用藥殘留	四環黴素類抗生素、乙型受體素類、硝基呋喃代謝物、多重殘留分析(二)(48品項)、抗生素及其代謝物多重殘留分析等
微生物	病原性大腸桿菌、諾羅病毒、A型肝炎病毒、單核球增多性李斯特菌、沙門氏桿菌、大腸桿菌、霍亂弧菌、仙人掌桿菌、大腸桿菌群、生菌數、乳酸菌、肉毒桿菌、腸炎弧菌、黴菌及酵母菌數等
食品容器	材質鑑別、玻璃、陶瓷器、施瑤瑯，金屬罐、塑膠淋膜紙類、橡膠類、塑膠類材質試驗及溶出試驗、塑膠類食品器具容器包裝之耐熱溫度標示符合性試驗、嬰兒奶嘴中亞硝胺、餐具衛生標準及其檢驗
食品摻偽	植物性成分(蕎、蒜、洋蔥、蔥、韭、花生等)、動物性成分(定性篩選，雞、豬、牛、蟹、貓、狗、馬、羊、鹿、吳郭魚、虱目魚、鯖魚、金線魚、白鯖河豚等)、豬肉製品中含火雞肉成分之定量檢驗、牛肉製品中含豬肉成分之定量檢驗等
重金屬	食米中重金屬檢驗方法—鉛、鎘、汞、水產動物類中重金屬檢驗方法—鉛、鎘、包裝飲用水重金屬檢驗方法—汞、砷、鉛、鎘、銅、鋅、食用油脂中重金屬檢驗方法—汞、砷、鉛、銅、食品中甲基汞等
天然毒素	黃麴毒素、赭麴毒素A、橘黴素、棒麴毒素、多重毒素、乳製品中黃麴毒素M1、麻痺麻痺性貝毒、河豚毒素之檢驗、嬰兒穀物類輔助食品中黃麴毒素B1等
食品用洗潔劑	食品用洗潔劑中壬基苯酚及壬基苯酚聚乙氧基醇類等
免洗筷	二氧化硫、過氧化氫、聯苯等
其他	脂肪酸、食品中異物、食用油脂中總極性化合物、食品中多氯聯苯、食品中戴奧辛及多氯聯苯、包裝飲用水中溴酸鹽、醬油類中3-單氯丙二醇等

表五、衛福部公公開建議檢驗方法之類別及品項

類別	品項
食品添加物(含非法添加物)	嬰兒配方乳品、脂溶性維生素、磷酸鹽、食鹽、食品中水溶性維生素、食品中甜味劑、食品中規定外煤焦色素、蔬菜中硝酸鹽及亞硝酸鹽、蘇丹色素、食品中甲醛之檢驗方法(乙醯(代)丙酮法)等
成分	糖類、飲料中兒茶素等
農藥殘留	食品中殘留農藥檢驗方法—極性農藥及其代謝物多重殘留分析方法等
動物用藥殘留	食品中動物用藥殘留量檢驗方法—乙型受體素類多重殘留分析(20 品項) 等
微生物	食品微生物之檢驗方法—沙波病毒之檢驗等
食品容器	食品器具容器包裝中塑化劑材質試驗之檢驗等
食品摻偽	食品中動物性成分檢驗方法—鈎吻鮭屬魚類之定性檢驗等
重金屬	水產品中無機砷之檢驗方法等
基因改造食品	基因改造食品檢驗方法—黃豆轉殖品項 DAS-68416-4 (UI: DAS-68416-4) 之轉殖品項特異性定性及定量檢驗等
指標成分	膠囊錠狀食品中大豆異黃酮之檢驗方法
免洗筷	免洗筷中腐絕及依滅列之檢驗方法等
其他	食品中三聚氰胺之檢驗方法、食用油中銅葉綠素之鑑別方法等

表六、食品認證實驗室之認證類別

類別	項目
成分	水分、粗灰分、乳脂肪、粗脂肪、粗蛋白
品質	酸價、皂化價、過氧化價
食品添加物	甜味劑、防腐劑、抗氧化劑二、氧化硫、著色劑
農藥殘留	食品中農藥殘留多重分析
動物用藥殘留	乙型受體素類、硝基呋喃代謝物、氯黴素
重金屬	重金屬(水產動物類、食米)、甲基汞
天然毒素	橘黴素、赭麴毒素 A、棒麴毒素、黃麴毒素
微生物	生菌數、大腸桿菌群、仙人掌桿菌、病原性大腸桿菌、黴菌及酵母菌、沙門氏桿菌、腸炎弧菌、金黃色葡萄球菌
食品容器	玻璃、陶瓷器、施琺瑯，金屬罐、紙類、塑膠類(聚乙烯、聚丙烯、聚甲基戊烯等)
動植物性成分	動物性成分-定性篩選、動物性成分-豬、羊、雞、牛，植物性成分-蔥、洋蔥、韭菜、蒜、蕎
其他	3-單氯丙二醇、戴奧辛及多氯聯苯
食安事件	三聚氰胺、順丁烯二酸、二甲基黃

表七、食品實驗室之類型

類型	特色	認證項目
多元實驗室	涵蓋各類別認證項目	認證項目多
專精及具特色實驗室	專精實驗室	農藥、動物用藥
	特色實驗室	戴奧辛及多氯聯苯、食品摻偽(食品中動植物性成分)、食品器具容器
新增類別實驗室	新增類別之檢驗	功效指標成分、基因改造食品標示檢驗、食品添加物規格檢驗

表八、依認證之項目配製之設備

項目類別	檢測設備	小型設備
食品添加物	HPLC、LC/MS/MS	振盪器、離心機、旋渦混合器、乾熱滅菌器、高壓滅菌釜、攪拌均質器、粉碎機、高速組織研磨振盪均質機、氮氣濃縮裝置、微波消化裝置、灰化爐、烘箱、冷藏冷凍箱、粉碎機
農藥殘留	LC/MS/MS、GC/MS/MS、GC	
動物用藥殘留	LC/MS/MS	
重金屬	AAS、ICP-OES、ICP/MS	
食品天然毒素	HPLC、LC/MS/MS	
食品摻偽	即時聚合酶鏈反應器 (real-time PCR)	
食品器具、容器、包裝	IR、HPLC、GC/MS、AAS	
食品微生物	即時聚合酶鏈反應器 (real-time PCR)	

食品安全檢驗中心規劃研究

陳樹功

摘要

台灣近十年來發生許多重大食品事件，導致民眾對於食品究竟是否安全感到不安。食品由農場至餐桌之產銷供應鏈綿長，其安全管理相對複雜，而且涉及多重主管機關。基本上，食品原料生產者、加工業者、通路商、餐飲業等所有食品業者本身均應做好自主管理，而政府亦必須扮演監督之角色。在此情況下，食品安全檢驗需求自然產生。一向關心社會公益及農業科技之中正農業基金會，打算成立一個食品安全檢驗中心，因而邀集學者專家，成立研究小組，進行食品安全檢驗中心之規劃研究。

Abstract

There had been many major food incidents in Taiwan in the last decade, resulting in the widespread distrust of food safety by the general public. The way that foods were produced on the farm till they were consumed at table is so extended that makes the safety control of them rather complicated, and normally involving multiple competent authorities. Basically all the food businesses including the primary producers, processors, distributors as well as food services should be well self-regulated, and the government should play the role as a supervisor. Under this structure, the demand for food testing naturally evolved. As the Chung Cheng Agriculture Science and Social Welfare Foundation envisioned to setting up a food safety testing laboratory, it organized a research group by recruiting scholars and experts to study this planning project.

關鍵詞

世界衛生組織、聯合國糧農組織、危害分析重要管制點、食品安全衛生管理法、農產品生產及驗證管理法、認證、驗證。

前言

在台灣，各種類型之食品事件時有所聞，一般民眾經常感到食不安心。根據近十年來發生之 20 件重大食品事件統計分析（表 1），其中共有 8 件曾經引爆檢驗需求，其分別是：一、2008 年 9 月，進口奶粉驗出污染物三聚氰胺，二、2009 年 7 月，速食業油炸油驗出重金屬砷，三、2011 年 5 月，果汁起雲劑中被惡意添加塑化劑，四、2013 年 5 月，化製澱粉非法使用順丁烯二酸酐，五、2013 年 10 月，低價食用油違規添加銅葉綠素摻混冒充高價食用油，六、2014 年 9 月，非法使用回收油飼料油生產食用油，七、2014 年 12 月，生產豆乾所用乳化劑含非法工業色素二甲基黃，以及八、2015 年 4 月，玫瑰花茶驗出未准用農藥而且錯誤標示產地。其他案件則以使用過期原料或標示不實為主，比較不需要檢驗。由於國內民眾一向關心食品檢驗，在經過如此眾多之重大食品事件後，食品安全檢驗需求明顯增加，因而亦引起中正農業基金會之關注，決定進行設立食品安全檢驗中心之規劃研究，以便能有機會為產業界及政府主管機關提供檢測服務，同時亦可做為基金會本身未來發展之工作項目。

材料與方法

本研究計畫首先邀集相關學者專家，組成食品安全檢驗中心規劃研究小組，然後一方面由小組成員蒐集資料並定期於小組會議中做心得報告，同時亦邀請特定專家與會專題報告並交換意見，另一方面則安排赴國內及國外（澳洲）實驗室參閱訪問，瞭解運作現況，最後綜整資料，撰寫結案報告。

結果與討論

食品安全是公共衛生之基本課題之一，不但與民眾健康息息相關，也與國家發展關係密切，因此長久以來受到先進國家之重視。世界衛生組織(WHO)與聯合國糧農組織(FAO)一向主張，強化各個國家食品主管機關之組織與功能，才能達成保護民眾健康、維護消費權益、促進經濟發展之基本任務。因此，該二國際組織於 2003 年提出一份指導文件，明列國家食品安全及品質之管理體系所必須具備之五大要件及其工作內容：

- 一、 食品法規(Food Law and Regulations)：必須賦予主管機關積極預防食品安全事件之權責；摒棄傳統被動之查處作業；建立食品安全風險資料及風險管理策略；與時更新食品標準；明定業者擔負食品安全之主要責任；提供消費者充分且正確之資訊。
- 二、 主管機關(Food Control Management)：必須建立並落實整合性之食品管理策略；實施全國性之食品管理計畫；爭取預算及配置資源；制定標準及法規；實施風險分析；規劃應變方案；參加國際活動。
- 三、 稽查作業(Inspection Services)：必須具備公正且高效之人格特質以面對

生產者、販賣者及消費者；稽查人力必須充分瞭解法律法規、科學技術、生產運銷及稽查作業之標準程序；能夠勝任國際間最新之食品安全管制系統—危害分析重要管制點（Hazard Analysis Critical Control Point，HACCP）為基礎之稽核作業。

四、檢驗服務(Laboratory Services)：食品檢驗實驗室必須擁有基本及精密之分析儀器、技術精良之檢驗人員、可靠之分析方法，並且通過實驗室認證；另並應設置中央參考實驗室以提升檢驗水準；連結食品污染監測數據與食品中毒流行病學資料；發展早期預警系統；協助建立基於風險之食品管理政策。

五、宣導教育(Information, Education, Communication and Training)：必須對一般民眾提供正確之資訊；對供應鏈中各階段食品業者提供法規及技術之輔導教育；對管理體系內之稽查及檢驗人員提供專業之訓練。

根據此份指導文件，檢驗服務是任何國家食品安全管理體系中不可或缺之五大要件之一，然而在建立完整有效之食品管理體系時，仍必須與其他四個要件彼此相輔相成，才能真正達到保護民眾健康與消費權益之目標。由圖 1 中可以看出，食品由農場至餐桌之產銷供應鏈綿長，不但有國內生產者，亦有國外進口者，而且所涉及之管理項目分屬不同主管機關之權責，因此必須遵照指導文件之第二要件，建立並落實整合性之食品管理策略，實施全國性之食品管理計畫。至於第一要件法規係管理之基礎，第三要件稽查為管理之執行，第五要件則與專業能力及民眾知識之提昇有關，均為缺一不可。

無論國內或國外，任何國家針對食品之管理，在實務上絕對不可能由單一機關可以獨立完成。表 2 列出我國與食品管理相關之主管機關、主管法律、以及管理之重點。其中衛生福利部、行政院農業委員會以及行政院環境保護署所掌管之事項與食品安全關係較大，而衛生福利部負責之食品安全衛生管理法則係管理食品衛生安全與品質最重要之法律。表 3 列出食品安全衛生管理法自 1975 年制定公布以來由於條文數目增加之重要修法歷程。另根據該法完整修法紀錄之分析統計，2010 年 1 月行政院衛生署成立食品藥物管理局之前(約 35 年間)共修正過 5 次，而在食品藥物管理局成立後迄今約 6 年半期間，該法已經修正 8 次。這些修法行動，部份是針對施政需要而加強之規範，部份則是因應重大食品事件（表 1）之處理。表 4 列出現行食品安全衛生管理法各章名稱及條次，其中專門規範食品檢驗者為第七章第 37 條至第 40 條。至於第三章食品業者衛生管理與第六章食品輸入管理中，亦有與檢驗相關之規範條文。另外，訂定於第 8 條之驗證規範，在執行驗證業務時亦會產生檢驗之需求。惟該法所設計之驗證規範，其性質與國際規範不同，即使食品藥物管理署自行宣稱為第三方驗證，但實質上僅為由主管機關指定之民間機構代替其執行之查驗工作。

食品之原料來自農業生產，為了提高農產品之品質並防治疾病與蟲害，因此確有使用農藥、動物用藥品、飼料添加物等農業化學品之需求，但使用後即面臨其殘留量是否符合規定之問題。基於考慮提供農民選擇不一樣之生產方式，同時讓消費者安心，行政院農業委員會主管之農產品生產及驗證管理法中制定了包括優良農產品、有機農產品以及產銷履歷農產品等驗證規範及標章，此外，該會亦以行政措施推廣吉園圃安心蔬果標章及 QR Code，以上四種標章與一個 QR Code，簡稱 4 章 1Q(圖 2)，係目前行政院農業委員會積極推動提昇農產品品質之作為。至於行政院為了改善食安問題，已經提出食安五環之作法，其中第 3 環係加強查驗(圖 3)，則與檢驗業務有密切關係。

在分析政府法規與管理措施之外，目前食品檢測實驗室之現況亦值得關注。根據上網查尋之結果，經全國認證基金會認可之食品檢測實驗室約有 140 家，而通過衛生福利部食品藥物管理署認證者約 80 家，另根據對國內食品檢驗市場深度瞭解之專家指出，各項檢驗業務內容以農藥檢驗佔最大宗，添加物(含營養標示)檢驗次之，此二者加總後已超過全部檢驗量之 50%，若再加計動物用藥與重金屬之檢驗後，則其檢驗量已超過全部檢驗量之四分之三。由此可知，目前國內食品檢測實驗室係從事化學性之檢驗項目為主。

為了探討設立食品檢驗中心之可行性，中正農業基金會先於 2015 年 6 月於會內舉行初步討論後，決定成立一「食品檢驗中心規劃研究小組」進行詳細研究，該小組隨後於 2015 年 9 月正式成立並召開第一次小組會議，其後每月均辦理小組討論會或赴國內外之實驗室實地參訪，至 2016 年 12 月止共召開十四次小組會議，然後於 2017 年 1 月完成「食品檢驗中心規劃研究」結案報告。由於此一階段之研究偏重於技術性之考量，與實務運作尚有差距，因此中正農業基金會於 2017 年 1 月決定再成立第二階段之「食品檢驗中心規劃設計小組」並召開第一次小組會議，繼續進行實務之研究。第一階段研究小組參與者有：主席李健全顧問，召集人陳樹功博士，其他成員尚有何國榮教授、林哲輝副教授、翁愷慎組長、麥富德教授、劉豫川教授、鄭秋真博士、汪炳煌顧問、劉易昇執行長、陳玉珍副執行長、翁世文組長、陳信宏組員。進入第二階段後，主席與召集人未變，其他參與成員則略作調整為：林濟民會長、吳仲榮總幹事、陳龍輝會務委員、王勝盟教授、冉繁華教授、周繼中總經理、何國榮教授、翁愷慎組長、麥富德教授、鄭秋真博士、汪炳煌顧問、劉易昇執行長、陳玉珍副執行長、翁世文組長、陳信宏組員。

在第一階段之結案報告中，研究小組提出一些基本考慮之建議：

- 一、實驗室符合各項法規要求：除了消防、建築等基本要求外，由於實驗室的運作會產生廢水、廢氣、廢溶劑、毒性化學物質、病原微生物等可能污染環境及影響工作人員健康之有害物質，因此需要充分瞭解法律規

定，事先規劃防範。

- 二、實驗室大小具有未來發展性/擴充性：除了要決定第一期工作所需之基本空間，包括樣品接收室、樣品保存室、樣品前處理室、儀器分析室（含微生物檢驗操作室）、藥品保存室、耗材保存室、基礎設備室、資訊設備室、人員辦公室、會議室、接待室等，同時亦應考慮其空間具有未來發展性，以避免搬遷引起之不便。
- 三、檢驗儀器設備符合實驗室之需求：由於涉及食品安全與品質之檢驗項目繁多，在實驗室初始設立時，勢必需要斟酌，尤其是要考慮專業檢驗與廣泛檢驗之間之佔比，以便決定第一期工作所需購置之基本儀器設備，使其發揮最大檢驗功能，並有助於縮短投資儀器設備之回收年限。
- 四、實驗室檢驗人員素質精良：雖然目前檢驗儀器相當先進，操作相對方便，但由於檢驗工作涉及種類繁多之檢驗項目、檢驗方法與檢驗儀器，因此檢驗人員具備專業知識仍然是實驗室之必要條件，而實驗室檢驗主管更是其中最關鍵之人物，其除了必須擁有檢驗工作所需之充分專業知識之外，更應具備若干年之實驗室管理經驗，使得新設立之實驗室在其帶領下能夠穩健發展。
- 五、實驗室擁有品管品保制度與認證：由於檢驗工作受到各界重視，因而實驗室檢測報告之正確性與公信力，自然成為其從事檢測服務之基本要件。目前凡是對外提供檢測報告之實驗室，均必須遵循國際規範來建立其品管品保制度，同時更應向具有國際間相互承認效力之認證機構申請評鑑，通過其認證，才能讓外界放心，甚至達成一次檢驗全球接受之效果。不過，由於目前主管機關之實驗室管理制度並非完善，各實驗室間之商業競爭甚為激烈，在此情況之下，一方面可能導致既有大型實驗室之風險增加，另一方面則可能不利於新設實驗室之發展，因此亦需加以注意。
- 六、實驗室具備其他功能：經考察國內外相關的食品實驗室後發現，其等均設有其他服務項目，譬如研究發展、方法開發、廠商輔導、驗證服務、出口檢驗、政府專案等，使得檢驗工作與其他功能相輔相成，因此新設實驗室時亦宜事先充分規劃，俾利其健全發展。

另外，第一階段結案報告中亦提出若干發展方向之建議：

- 一、成立初期以國產農產品及其初級加工產品為檢驗對象，俟業務發展再逐步擴及進口農產品及其他食品。
- 二、發展具有特色之「食品安全檢驗實驗室」，建立特殊檢驗項目之檢驗技術，避免淪入紅海競爭。
- 三、與國內農會、農業生產合作社建立夥伴關係，支援各地區農特產品之品質驗證與安全把關。

結論

中正農業基金會一向關心社會公益及農業科技，而食品安全之確保，必須從農場到餐桌、由生產到消費之全程均加以照顧，故進行此一「食品檢驗中心規劃研究」確有必要。未來若客觀條件許可成立食品檢驗中心時，將能提供檢驗服務，發揮社會公益，落實食品安全，確保消費安心。

謝誌

感謝台北市瑠公農田水利會對本計畫之大力支持，亦感謝中正農業基金會在本計畫執行期間之後勤安排，另對所有參與本計畫成員之無私奉獻敬表謝意。

參考文獻

全國認證基金會. 2017. 認可實驗室名錄（食品）. Retrieved 05/20, 2017, from: http://www.taftw.org.tw/wSite/sp?xdUrl=/wSite/taf/list_expansion.jsp&mp=1

行政院農業委員會. 2007. 農產品生產及驗證管理法. Retrieved 05/20, 2017, from: <http://law.coa.gov.tw/GLRSnewsout/LawContentDetails.aspx?id=FL042025>

衛生福利部. 2015. 食品安全衛生管理法. Retrieved 05/20, 2017, from: <https://consumer.fda.gov.tw/Law/Detail.aspx?nodeID=518&lawid=292>

衛生福利部食品藥物管理署. 2017. 食品認證檢驗機構清單. Retrieved 05/20, 2017, from: https://lams.fda.gov.tw/Source/Public/Public_Cer_Lab.aspx?id=2

FAO and WHO. 2003. Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems. FAO Food and Nutrition Paper 76. Rome, Italy. Retrieved 05/20, 2017, from: <http://www.fao.org/publications/card/en/c/92f82d38-5557-4ca1-b361-be14cd129db6/>

表 1 近十年台灣重大食品事件

項次	發生時間	涉案食品	案情摘要
1	2007 年 08 月	豬肉	擬訂萊克多巴胺限量標準
2	2008 年 09 月	進口奶粉	驗出汙染物三聚氰胺
3	2009 年 07 月	油炸油	檢驗有機砷/無機砷，酸價/總極性物
4	2010 年 03 月	真空包裝豆乾	發生肉毒桿菌毒食品中毒
5	2011 年 05 月	起雲劑	惡意添加塑化劑
6	2012 年 07 月	進口牛肉	制訂萊克多巴胺限量標準
7	2013 年 05 月	烘焙產品	使用過期原料偽造生產資料
8	2013 年 05 月	化製澱粉	非法使用順丁烯二酸酐
9	2013 年 08 月	麵包	標榜天然無添加查出使用人工香精
10	2013 年 08 月	小包裝米	標榜台灣米查出使用進口米混充
11	2013 年 10 月	食用油	低價油添加銅葉綠素冒充高價油
12	2014 年 09 月	食用油	非法使用回收油飼料油生產食用油
13	2014 年 12 月	豆乾	所用乳化劑含非法工業色素二甲基黃
14	2015 年 02 月	進口包裝食品	產地標示不正確
15	2015 年 04 月	玫瑰花茶	驗出未准用農藥及錯誤產地標示
16	2015 年 09 月	醋/味噌	使用退貨品及過期品
17	2016 年 01 月	肉品/水產品	使用過期品
18	2016 年 11 月	進口食品解禁	三天十場公聽會
19	2017 年 03 月	乳瑪琳	使用過期品
20	2017 年 04 月	雞蛋	戴奧辛監測值偏高

附註：編號 2、3、5、8、11、12、13、15 等案件曾引爆檢驗需求

表 2 我國食安管理相關法律

主管機關	法律名稱	相關管理重點
衛生福利部	1. 食品安全衛生管理法	食品衛生安全與品質、食品業者
	2. 傳染病防治法	細菌性腸胃炎、病毒性腸胃炎
	3. 藥事法	食品摻加西藥
行政院農業委員會	1. 糧食管理法	臺灣米、進口米
	2. 農產品生產及驗證管理法	有機、產銷履歷
	3. 植物品種及種苗法	基因轉殖植物
	4. 畜牧法	屠宰衛生檢查、基因轉殖種畜禽
	5. 漁業法	基因轉殖水產動植物
	6. 飼料管理法	飼料添加物、飼料油脂
	7. 動物用藥品管理法	動物用藥品使用及殘留
	8. 農藥管理法	農藥使用及殘留
行政院環境保護署	1. 飲用水管理條例	飲用水水源水質
	2. 廢棄物清理法	廢食用油、斃死禽畜
	3. 毒性化學物質管理法	毒性化學物質運作
	4. 空氣污染防制法	戴奧辛管制
	5. 土壤及地下水污染整治法	農地污染
	6. 室內空氣品質管理法	燒烤店內油煙
經濟部	1. 工廠管理輔導法	地下工廠
	2. 公司法	公司登記
	3. 商業登記法	商業登記
	4. 貿易法	貨品輸出入、貿易談判
	5. 商品檢驗法	外銷食品衛生安全管理系統驗證
	6. 標準法	國家標準
教育部	1. 學校衛生法	學校團膳、基改食材
行政院消保處	1. 消費者保護法	消費爭議

表 3 食品安全衛生管理法修法簡介

時間	作為	條文總數
1975 年 01 月 28 日	食品衛生管理法制訂公布	32
1983 年 11 月 11 日	第 1 次全文修正公布	38
2000 年 02 月 09 日	第 2 次全文修正公布	40
2013 年 06 月 19 日	第 3 次全文修正公布	60
2014 年 02 月 05 日	食品安全衛生管理法修正公布	64
2014 年 12 月 10 日	部分條文修正公布	67
2015 年 12 月 16 日	部分條文修正公布	68

表 4 現行食品安全衛生管理法各章名稱及條次

章序	章名	相關條次
第一章	總則	第 1 ~ 3 條
第二章	食品安全風險管理	第 4 ~ 6 條
第三章	食品業者衛生管理	第 7 ~ 14 條
第四章	食品衛生管理	第 15 ~ 21 條
第五章	食品標示及廣告管理	第 22 ~ 29 條
第六章	食品輸入管理	第 30 ~ 36 條
第七章	食品檢驗	第 37 ~ 40 條
第八章	食品查核及管制	第 41 ~ 43 條
第九章	罰則	第 44 ~ 56 條
第十章	附則	第 57 ~ 60 條

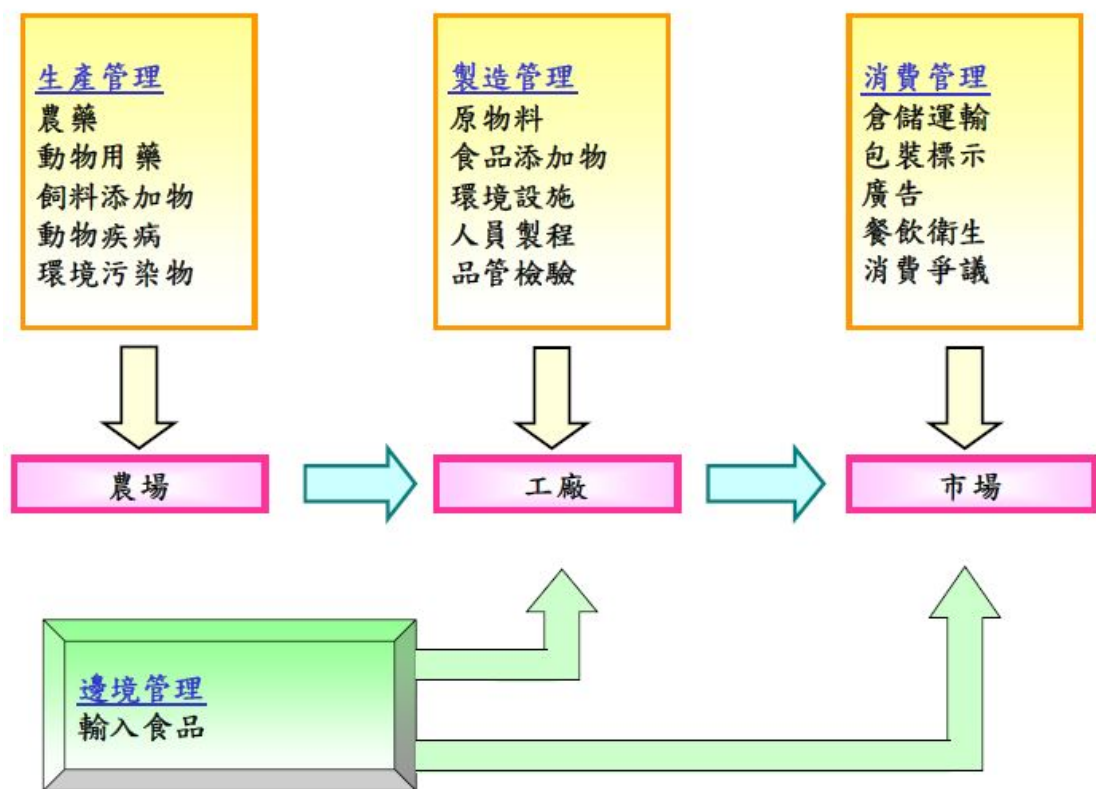


圖 1 食品安全管理範疇

四章		I Q
CAS有機農產品 	TAP產銷履歷農產品 	臺灣農產品生產追溯條碼  臺灣農產生產追溯 0101000001
吉園圃安全蔬果2.0 	CAS臺灣優良農產品 	

圖 2 強化農產品安全源頭管理 - 4 章 1Q



圖 3 食安五環

奈米金烘焙茶葉優質化之研發

劉豫川教授 臺北醫學大學 醫學系 生化學科

02-27361661~3155 liuyc@tmu.edu.tw

摘要

好的茶葉製作，除了與茶樹的植栽有關，亦與後續採茶、萎凋、殺青、揉捻、解塊、乾燥、焙火、成茶等製茶程序有著密切關係，每一製程上的差異，均會影響成茶的品質，造成維持茶葉品質均一性上的困難度，另外隨著現代人健康養身觀念的提升與面對現今景氣的衰退，人們希望能夠喝到健康(多酚類、兒茶素含量高，抗氧化能力高)、甘甜、醇厚，而又不貴的好茶，要同時兼顧這些需求，光靠傳統的製茶工藝是很難達到的；隨著科學界中奈米黃金具有特殊之催化活性之發現，如在低溫或室溫時即可將一氧化碳氧化成二氧化碳，相關之催化活性等應用研究已引起大家的興趣，因此利用奈米金粒之催化活性來茶葉品質技術之研發，實為品茗雅士的一大福音。本計畫利用奈米金技術處理各種茶葉，不論紅茶、普洱茶、高山與低海拔烏龍茶、文山包種茶、各種老茶、亦或東南亞進口烏龍茶，均能有效提升茶葉的品質，入口醇厚，回甘，不論茶廠老板亦或一般人試喝，效果均是極其正面，另外茶品處理後，其茶中健康成份兒茶素(EGCG)含量可顯著提升。計畫期間輔導世馨茶廠烘焙奇萊山高冷烏龍茶，獲得南投縣春季縣長特等茶比賽頭等獎，與南投縣仁愛鄉臺灣高山茶王優良茶比賽銀獎，茶葉磨粉冷泡萃取，兒茶素可由 0.31 升高至 0.38 mg/mL，增加 23%，輔導三泰茶廠烘焙有機綠茶，兒茶素可由 0.35 升高至 0.47 mg/mL，增加 34%。另外與茶改場深入的研究顯示，模擬鹿谷茶在 115°C 焙火的過程中，將奈米金陶瓷材料置放於茶盤下層，兒茶素可由 0.10 升高至 0.18 mg/mL，增加 80%，且風味更佳。由電子順磁共振實驗顯示，更可有效提升茶湯去除危害人體健康氫氧自由基的能力，發揮奈米金後處理選擇性發酵的功能；進一步動物實驗，證實利用奈米金技術催化處理的有機綠茶，確實更能對肥胖老鼠有降血脂的功效，此結果很令人振奮。本計畫利用專利奈米金技術催化處理茶葉，以達產品入口醇順、不澀、回甘，提高健康成份優質化之目的，且奈米金為催化劑，不易受污染，可永久有效使用，如此可降低操作成本，此觀念在學術與產業發展上非常新穎。另外成功輔導利用奈米金技術烘焙的茶葉在臺北醫學大學平台上販賣，造福消費者。

關鍵詞：茶葉、奈米金、烘焙、兒茶素、健康

一、前言

奈米科技與生物技術已成為 21 世紀科技與產業發展最大的驅動力，2011 年全球包括臺灣面臨景氣衰退的困境，面板與電子等科技大廠無不面臨嚴峻之考驗，然而臺灣傳統產業卻展現一枝獨秀的榮景，其中具競爭力的飲料食品等民生產業更是欣欣向榮；根據市場研究機構 Lux Research 的預測，奈米科技市場將在 2015 年達到 3 兆美元的規模，研究顯示奈米金的生物相容性佳，將其應用在藥物、醫學、美容、飲食與飲料等民生產業上，有著相對地安全性。金屬奈米顆粒因為具有特殊之量子機制 [1]，使其展現有趣的催化活性 (如奈米金在低溫與室溫時可將一氧化碳催化氧化成二氧化碳 [2]，亦可將酒中之乙醛催化分解去除 [3])與光學 [4]、電化學 [5]、光電化學 [6]、電子學 [7]上之特性，結合其他技術可廣泛應用於表面增強拉曼光譜 [8]、微機電裝置 [9]、感測器 [10]與 DNA [11]之檢驗等用途上。隨著奈米科技的日新月異，現今我們已能有效地掌控各種形狀與大小的奈米材料 [12,13]，而文獻中製造金屬奈米粒之主要方法有化學還原法 [14]、聲波化學還原法 [15]、聲波電化學還原法 [16]、雷射燒蝕法 [17]、高溫溶液鍛燒法 [18]、金屬蒸鍍 [19]及氫離子濺鍍 [20]等方法，然而金屬奈米粒之純度高是電化學法的主要優勢，其適合應用於化妝品、飲品與食品產業。傳統中製造金屬奈米粒，大都採用生物相容性較差之還原劑與保護劑，而現今為了貴金屬奈米顆粒的後續應用性，以生物相容性較佳，兼具還原劑與保護劑功能之試劑為基礎的綠色製程技術，亦被開發出來且廣為使用 [21,22]。我們知道金屬奈米粒的催化活性深受其大小與形狀影響 [23,24]，而催化反應的選擇性亦是金屬奈米粒製備時所關切的重點，Pritchard 等人 [25]報導以凝聚固定技術於活性炭上製備金-鈀奈米晶體催化劑，用以直接合成雙氧水與催化氧化苯甲醇，其中金與鈀的莫耳比可由實驗控制，實驗結果發現合成雙氧水的最佳條件為金與鈀的莫耳比為 1:2 時，而此莫耳比時，亦為選擇性將苯甲醇催化氧化成甲醛的最佳條件。Mantle 等人 [26]報導利用脈衝場梯度核磁共振光譜研究金與金-鈀奈米粒沉積於二氧化矽與二氧化鈦等催化劑上醇類的有效擴散現象，這些催化劑對醇類的氧化反應顯現高度的選擇性催化活性，然而若分子在第二個碳上有氫氣基時，其催化氧化的反應性卻非常低。Zhang 等人[27]報導在氮氣的保護下氧化鈾有很強的能力可將貴金屬離子還原成雙金屬形式，進而製備 AuPd/CeO₂ 複合物(Ce(III)含量為 30%，AuPd 雙金屬的大小為 2.6 or 3.3 nm，且均勻分佈於 CeO₂ 奈米棒上，在無溶劑的情況下，此 AuPd/CeO₂ 複合物對苯乙醇選擇性的催化反應顯現極佳的異相催化特性；且所有的 AuPd/CeO₂ 複合物對形成甲醛的反應展現良好的選擇性，尤其是在 Au: Pd = 1:5 且金屬負載量為 1.2 wt %。Yuhua 等人[28]報導當奈米雙金屬中植入一界面配位子時，可大大地改變金屬間的表面能，因此能創造出不同於傳統之奈米結構，只要符合 Au-Ag 晶格條件，Au-Ag 混成奈米粒就能連續由同心的核-殼、不同心的核-殼，變化成二聚物的結構，此方法亦適用於 Ag-Ag

與 Au-Au 界面。Cui 等人 [29]報導一個淺顯的方法，以大量的黃金奈米花(80 nm)和較小金奈米粒子(2-4 nm)，整合到一個單一的實體內，可同時表現表面增強拉曼 SERS 效應(來自 80 nm 金奈米花)與催化活性(來自 2-4 nm 金奈米粒)，剛製備的金奈米花皆由明膠層包覆，在明膠層中吸附的金奈米粒前驅物可同步還原成小的金奈米粒，而明膠殼的厚度控制在小於 10 奈米，以確保小的金奈米顆粒仍處於內側金奈米花的 SERS 活性範圍，此奈米複合材料催化的反應可以同步使用無標記的 SERS 光譜監測。

自古以來，黃金一直被認為是高貴的象徵，金光閃閃的外表總是吸引了眾人的目光。金是一種極為安定且具抗氧化功能的材料，因此除了裝飾的用途外，在日本，金也當作一種養生食品，添加在茶、酒及各種食材中；在歐美，金用在除皺、美白等化妝保養品中；又因金具有極佳的生物相容性，在醫學上也常製作成假牙、心血管支架。但是當金材料的尺寸縮小到奈米等級時，它的大小遠小於光的波長，由於「表面電漿共振」的效應，某些光波會被奈米金吸收，導致金不再金光閃閃，而是呈現紅寶石色。很早以前，人們便懂得拿奈米金當作紅寶石色玻璃或陶瓷的原料，最有名的例子就是考古學家發現的在西元前 4~5 世紀的羅馬酒杯 (Lycurgus cup)，它的反射光是綠色，穿透光卻是紅寶石色。其他像許多歐洲古老教堂的彩繪玻璃，也都發現含有奈米金的成分。除了顏色外，奈米金的熔點、硬度等性質與黃金都有很大的不同。由於奈米金具有許多獨特的性質，近年來許多科學家紛紛投入研究，奈米黃金的技術及應用也以驚人的速度成長，舉凡電子、半導體、觸媒、染料、生醫等領域中，都可以發現它的蹤跡。在醫學檢測上的應用，因為金有良好的生物相容性，而且奈米化的金表面具有特殊效應，容易與硫氫基結合，所以奈米金常用於生物醫學上的檢測、疾病診斷、基因偵測及癌症治療[30-32]。美國西北大學莫京 (Mirkin) 博士在 1996 年發現，奈米金可與 DNA 輕易結合，若先在奈米金表面接上單股的 DNA 做成試劑，當待測樣品中含有另一互補的 DNA 鏈段時，因為鹼基的配對，會使得含有 DNA 鏈段的奈米金聚集在一起，形成較大的團聚物，這時奈米金的顏色會由原本的紅寶石色變成藍色。利用這個現象，便可用奈米金製作能檢測許多遺傳疾病的 DNA 晶片。只要取一滴血滴在晶片上，送入電腦做分析，不一會兒便可知道基因可能帶有哪些潛在的遺傳疾病，有助於遺傳疾病的預防與治療。奈米金也容易與蛋白質結合，如抗體、酵素或細胞激素，最普遍的例子就是在驗孕棒上的應用。懷孕的女性會分泌一種特殊的荷爾蒙 hCG (human Chorionic Gonadotropin, 人絨毛膜促性腺激素)，把懷孕女性的尿液滴在含有奈米金試劑的驗孕棒上，hCG 荷爾蒙便會與奈米金反應呈現紅寶石色，如此就可得知懷孕與否。此外，也有科學家利用奈米金結合特殊的抗體，用來做為標的癌細胞的工具。利用奈米金的方法，比傳統的方法靈敏且準確，未來在基因學、免疫學、臨床診斷等方面極具開發價值。在藥物釋放上的應用 [33]，金在生物醫學上的另一個妙用，是在「藥物釋放晶片」上的應用。美國麻省理工學院以設計好的矽晶片做為基材容器，把要傳送的藥物填充在容器中，再鍍上奈米金薄膜覆蓋於容器上，薄膜只有 300 奈

米厚。然後把晶片植入或吞入體內，醫生或病人只要經由微處理器控制晶片釋放微弱的電壓，便可使金薄膜溶解，把一定量的藥物釋放出來，也可控制每一藥劑釋放的時間及地點。此外，因為金具有良好的生物相容性，所以金薄膜在體內溶解出來的金，並不會在體內引起毒性或發炎反應。在關節炎治療上的應用，金的複合物長久以來便被當作一種調節關節炎的藥物，但部分病人在使用這類藥物時，會引起有害的副作用。成功大學基礎醫學研究所吳昭良博士實驗室發現，把奈米金施打入患有類風濕性關節炎老鼠的關節中，奈米金會與誘發類風濕性關節炎的內皮細胞生長因子結合，並抑制血管新生，達到抗關節炎的效果。另外黃金是種非常安定的材料，奈米金卻可以當作觸媒使用。科學家研究發現，在室溫與低溫下，奈米金是能把一氧化碳瞬間氧化成二氧化碳的觸媒 [34,35]，因此可利用於口罩、防毒面具、熱水器等，防止一氧化碳中毒。與工業上常用的白金觸媒相比，白金觸媒需要在高溫下進行反應，且不能有水汽，而奈米金觸媒在室溫下就能進行反應，且不受水汽影響。另有研究指出，奈米金具有抗自由基的能力，是維生素C的80倍，因此奈米金也可添加在生醫材料中，增加材料在體內的安定性。

現今奈米科技就如同頂尖科技的代名詞，吸引眾多學者專家與廠商投入此基礎科技的研發與創新產品之開發，隨著奈米材料合成技術的進步，文獻中對金屬奈米顆粒以及以金屬奈米粒為基礎之奈米複合物的研究亦非常的廣泛，我們實驗室研究團隊最近發表了以聲波電化學法製備金-銀合金奈米粒的方式 [36]，首先利用電化學的氧化-還原循環(Oxidation-reduction cycle; ORC)程序於同一溶液中，先後粗化處理銀與黃金基材，則可於溶液中產生含銀與金之鹽類，接著在超音波振盪還原下，即可於電極上製備金-銀合金奈米粒，當然若增加超音波振盪的功率，金-銀合金奈米粒亦可於溶液中產生，而此奈米粒的形狀為針尖狀(spike-like)，有別於一般常見之圓球狀奈米粒。另外我們也利用聲波電化學法，於藥用級食鹽中製備奈米金顆粒，將其加入酒中，實驗結果發現在密閉無光的環境下，奈米金顆粒可成功地將酒中之有害物乙醛催化分解去除 [37]，且並不會造成酒中乙醇濃度的下降，而奈米金/甲殼素複合物能更有效率地將酒中有害物乙醛催化分解去除 [38]，其相關催化分解機制值得進一步的探討；另外應用製備之奈米金顆粒處理飲用水與去離子水，初步實驗結果發現處理後之水質明顯提升，喝起來口感更佳甘甜，進一步 NMR 實驗量測 O^{17} 峰半寬高結果顯示，處理後之去離子水的水分子團顯著地變小，進一步的研究應用於飲料相關產業，深具開發的價值。此計畫利用奈米金技術催化處理茶葉，以達產品入口醇順、不澀、回甘，提高健康成份優質化之目的，且奈米金為催化劑，若不受污染，可永久有效使用，如此可降低操作成本，此觀念在學術與產業發展上非常新穎，初步的研究結果顯示，此技術具有非常高的可行性，配合此計畫開發功能性奈米貴金屬複合物修飾之材料，具有學術創新性與產業競爭力，幫助茶農製造健康、好喝、不貴高品質的茶葉，建立此奈米金技術催化處理茶葉標準化製茶程序。

二、材料與方法

(一). 電化學法製備貴金屬與雙金屬奈米顆粒

以黃金(或銀或其他貴金屬)薄片為基材(工作面積為 4 cm^2)，以自動拋光研磨機(Minimet 1000)先以鑽石膏將基材粗拋，接著以直徑為 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ 氧化鋁粉拋光，後經直徑為 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 氧化鋁粉拋光至呈鏡面狀，經過超音波水洗後，再以 H_2O_2 清洗表面之。以此清洗後之黃金(或銀)基材為工作電極，飽和氯化鉀之銀/氯化銀為參考電極，相對電極為白金片(工作面積為 8 cm^2)。放入已曝氬氣 30 分鐘之 0.1 M 氯化鈉水溶液中。於室溫下，將線路與電化學量測系統(ECO, PGSTAT30)接好，設定 CV 之陰極與陽極掃描端電位分別為 -0.28 V (停留 10 秒)及 1.22 V (停留 5 秒)，掃描速率為 500 mV/s ，共 500 圈(對不同貴金屬片時採用不同 CV 之掃描條件)，待系統開路電位(open circuit potential, OCP)穩定後才開始進行實驗，實驗全程均曝氬氣；實驗後，黃金(或銀或其他貴金屬)奈米錯合物即存於水溶液中，接著黃金(或銀)工作電極立刻以白金片取代(工作面積為 4 cm^2)，待系統之 OCP 穩定後，以不同之陰極還原過電位，在超音波與輕微之攪拌下，可將水溶液中之金屬鹽還原成元素態奈米金屬顆粒，若需純化可用反覆之洗滌與離心收集。超音波產生器(model XL2000, Microson)操作在 20 kHz ，以直徑為 3.2 mm 之鈦化鋇振動器釋出 100 W 的功率(亦可使用不同的功率)。另外價數與元素奈米金屬的比例，可由使用陰極還原過電位的時間長短來調整。

如前所述，若先對金(或銀)，再對銀(或金)工作電極作 ORC 粗化處理(不改變電解質水溶液)，即可於水溶液中製備複合奈米金銀錯合物，接著工作電極立刻以具有相同露面積為 4 cm^2 之白金片取代，而原電解液繼續使用，待系統之開路電位 OCP 穩定後，以不同之陰極過電位，在超音波與輕微之攪拌下，分別進行不同的時間，以製備雙金屬膠體粒子；可改變電化學製備條件，以產生不同的雙金屬膠體粒子之大小與形狀。超音波產生器(model XL2000, Microson)操作在 20 kHz ，以直徑為 3.2 mm 之鈦化鋇振動器釋出 100 W 的功率(亦可使用不同的功率，以調整奈米粒之大小)。另外價數與元素奈米金屬的比例，可由使用陰極還原過電位的時間長短來調整；雙金屬膠體粒子中金與銀之比例，可以對金與銀作 ORC 粗化處理時個別使用的掃描圈數來控制。此奈米金材料實驗室製造經驗亦可作為未來設計大、中、小型茶葉乾燥、烘焙催化室之操作條件(如溫、濕度，空氣循環條件，處理時間)的有利參考。

(二). 奈米金複合物催化處理茶葉試驗與茶葉優質化之特性鑑定

同時進行官能品茗與科學儀器特性鑑定，官能品茗實驗以比賽茶的標準規範進行，同時邀請茶葉改良場、茶農、製茶廠專家與一般消費者品茗。科學儀器實驗以檢測茶湯的濃度、透徹度、導電度、黏度、pH 值、香氣成份、咖啡因、茶多酚、兒茶素，以及消除自由基抗氧化能力測試，並建立官能品茗與科學儀器茶

葉特性鑑定之間的關係。

(三). 進行生化實驗，作細胞與動物實驗，以證實利用奈米金技術催化處理的茶葉，確實有利於人體健康

進行有無奈米金技術催化處理茶葉的比對實驗，收集國內不同茶葉以做廣泛性的比較，尋求不同茶葉以奈米金技術催化處理的共同性，以生化、動物實驗結果配合官能品茗評估茶品對人體的健康性與實用性。

三、結果與討論

(一). 聲波電化學法製造純淨奈米化黃金

於圖 1a 為 0.1 M NaCl 水溶液之 UV-vis 吸收光譜的空白實驗，此 0.1 M NaCl 是當作電化學氧化-還原循環(ORC)程序粗化處理之電解質用，如預期地，圖中並無最大吸收帶出現，圖 1b 顯示在 ORC 程序粗化處理黃金基材後，溶液中含有黃金錯合物之 UV-vis 吸收光譜，其中最大吸收帶約出現在 313 nm，此與元素態黃金奈米粒約出現在 520 nm 位置處，顯著地不同，圖 1c 顯示在以 0.6 V 的陰極過電位，在超音波與輕微之攪拌下所製備出之黃金奈米粒溶液之 UV-vis 吸收光譜，其中最大吸收帶約出現在 530 nm，顯示溶液中黃金奈米粒的存在。

圖 2 為製備之奈米錯合物中之金與元素態之黃金奈米粒之 X 射線光電子光譜(XPS)，圖 2a 顯示在 ORC 程序粗化處理黃金基材後，溶液中含有黃金錯合物之 XPS 光譜，依據文獻中之報導可知奈米錯合物中之金擁有+1 與+3 價之成份，圖 2b 顯示在以 0.6 V 的陰極過電位，在超音波與輕微之攪拌下所製備出之陶瓷粒材料之 XPS 光譜，而圖 2c 為元素態黃金基材之 XPS 光譜，比較圖 2b 與 2c 可知溶液中含有之黃金錯合物，可被完全還原成元素態奈米金。

(二). 奈米金/陶瓷粒材料的製造

將陶瓷材料浸泡於含有紅色黃金奈米粒水溶液一段時間後取出烘乾，即可製造出奈米金/陶瓷粒材料。圖 3 為製備之奈米金/陶瓷棒材料；圖 4 為製備之奈米金/40 mesh 陶瓷粒材料，具有較高的表面積。

(三). 奈米金烘焙茶葉優質化之成果

1. 利用奈米金技術 (奈米金/陶瓷棒置於茶葉表面)烘焙金宣茶葉 (三泰茶廠)，兒茶素可提升 20%，風味更醇厚 (如圖 5)。
2. 利用奈米金技術 (奈米金/陶瓷粒封於茶葉包內後置於茶葉表面)烘焙三泰有機綠茶 (如圖 6)，兒茶素可由 0.35 升高至 0.47 mg/mL，可提升 34%，口感明顯提升、順口不苦澀。其間多次到三泰有機綠茶之茶園參訪 (如圖 7)，並輔導其利用奈米金技術烘焙的茶葉在臺北醫學大學平台上販賣 (如圖 8)。
3. 輔導新竹縣峨眉鄉峨眉茶行，利用奈米金技術烘焙東方美人茶，風味更醇厚

(如圖 9)。

4. 利用奈米金技術(奈米金/陶瓷粒封於茶葉包內後置於茶葉表面)輔導世馨茶廠烘焙奇萊山高冷烏龍茶(如圖 10)，獲得南投縣春季縣長特等茶比賽頭等獎(清香組，黃國倉先生，如圖 11)，與南投縣仁愛鄉臺灣高山茶王優良茶比賽銀獎(如圖 12)，茶葉磨粉冷泡萃取，兒茶素可由 0.31 升高至 0.38 mg/mL，增加 23%。
5. 利用奈米金技術(奈米金/陶瓷粒封於茶葉包內後置於茶葉表面)輔導綠峰茶廠參加文山包種茶比賽，獲得無缺點的優良獎(如圖 13)
6. 與埔心茶葉改良場深入的研究顯示，模擬鹿谷茶在 115°C 焙火的過程中，將奈米金陶瓷材料置放於茶盤下層，兒茶素可由 0.10 升高至 0.18 mg/mL，增加 80%，且風味更醇厚(如圖 14)，並請學者、專家、茶商試飲評鑑(如圖 15)。
7. 由電子順磁共振實驗顯示，奈米金技術烘焙之茶葉，更可有效提升茶湯去除危害人體健康氫氧自由基的能力，發揮奈米金後處理選擇性發酵的功能；進一步動物實驗，證實利用奈米金技術催化處理的有機綠茶，確實更能對肥胖老鼠有降血脂的功效。

四、結論

台灣產製之茶葉主要區分有綠茶、烏龍茶及紅茶等 3 種，其中以烏龍茶〈半發酵茶〉占最大宗。因各地方特色及文化背景自然發展出各茶區之特色茶，並經由各種製茶技術將各地區特色茶之風味及特有香氣充分展現，其中烏龍茶中外馳名，深受消費者青睞，其產值也最高。好的茶葉製作，除了與茶樹的植栽有關，亦與後續採茶、萎凋、殺青、揉捻、解塊、乾燥、焙火、成茶等製茶程序有著密切關係，每一製程上的差異，均會影響成茶的品質，造成維持茶葉品質均一性上的困難度，另外人們希望能夠喝到健康(多酚類、兒茶素含量高，抗氧化能力高)、甘甜、醇厚，而又不貴的好茶，要同時兼顧這些需求，光靠傳統的製茶工藝是很難達到的。本計畫利用奈米金技術處理各種茶葉，不論紅茶、普洱茶、高山與低海拔烏龍茶、文山包種茶、各種老茶、亦或東南亞進口烏龍茶，均能有效提升茶葉的品質，入口醇厚，回甘，另外茶品處理後，其茶中健康成份兒茶素(EGCG)含量可顯著提升。計畫期間輔導世馨茶廠烘焙奇萊山高冷烏龍茶，獲得南投縣春季縣長特等茶比賽頭等獎，與南投縣仁愛鄉臺灣高山茶王優良茶比賽銀獎，茶葉磨粉冷泡萃取，兒茶素可增加 23%，輔導三泰茶廠烘焙有機綠茶，兒茶素可增加 34%。另外與茶改場深入的研究顯示，模擬鹿谷茶在 115°C 焙火的過程中，將奈米金陶瓷材料置放於茶盤下層，兒茶素可增加 80%，且風味更醇厚、滑順。由電子順磁共振實驗顯示，更可有效提升茶湯去除危害人體健康氫氧自由基的能力，發揮奈米金後處理選擇性發酵的功能；進一步動物實驗，證實利用奈米金技術催化處理的有

機綠茶，確實更能對肥胖老鼠有降血脂的功效。計畫中使用的奈米金為催化劑，不易受污染，可永久有效使用，如此可降低操作成本，此觀念在學術與產業發展上非常新穎。另外成功輔導利用奈米金技術烘焙的茶葉在臺北醫學大學平台上販賣，提供消費者健康、具特色的茶品選擇。

五、謝誌

感謝財團法人中正農業科技社會公益基金會實驗經費的贊助
(104—中基—農—2、105—中基—農—1)，感謝臺北醫學大學實驗場地與儀器使用的贊助。

六、參考文獻

- [1]. Zhang, S.; Zhang, X.; Jiang, G.; Zhu, H.; Guo, S.; Su, D.; Lu, G.; Sun, S. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, 136, 7734.
- [2]. Li, X. N.; Yuan, Z.; He, S. G. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, 136, 3617.
- [3]. Liu, Y. C.; Yu, C. C.; Yang, K. H. *Electrochem. Commun.* **2006**, 8, 1163.
- [4]. Deutsch, B.; Hillenbrand, R.; Novotny, L. *Nano Lett.* **2010**, 10, 652.
- [5]. Liu, H.; Tian, N.; Brandon, M. P.; Zhou, Z.; Lin, J.; Hardacre, C.; Lin, W.; Sun, S. *ACS Catal.* **2012**, 2, 708.
- [6]. Schneider, J.; Vuong, K. Q.; Calladine, J. A.; Sun, X.; Whitwood, A. C.; George, M. W.; Perutz, R. N. *Inorg. Chem.* **2011**, 50, 11877.
- [7]. Manocchi, A. K.; Horelik, N. E.; Lee, B.; Yi, H. *Langmuir* **2010**, 26, 3670.
- [8]. Ou, K. L.; Hsu, T. C.; Liu, Y. C.; Yang, K. H.; Tsai, H. Y. *Anal. Chim. Acta.* **2014**, 806, 188.
- [9]. Yan, X.; Li, Z.; Zou, C.; Li, S.; Yang, J.; Chen, R.; Han, J.; Gao, W. *J. Phys. Chem. C* **2010**, 114, 1436.
- [10]. Toda, M.; Joseph, Y.; Berger, R. *J. Phys. Chem. C* **2010**, 114, 2012.
- [11]. Kwon, M. J.; Lee, J.; Wark, A. W.; Lee, H. J. *Anal. Chem.* **2012**, 84, 1702.
- [12]. Li, W.; Chen, Y.; Zhang, J.; Wang, L.; Ewing, R. C. *Langmuir* **2012**, 28, 51.
- [13]. O'Brien, M. N.; Jones, M. R.; Brown, K. A.; Mirkin, C. A. *J. Am. Chem. Soc.* **2014**, 136, 7603.
- [14]. Hu, P.; Song, Y.; Rojas-Andrade, M. D.; Chen, S. *Langmuir* **2014**, 30, 5224.
- [15]. Perkass, N.; Rotter, H.; Vradman, L.; Landau, M. V.; Gedanken, A. *Langmuir* **2006**, 22, 7072.
- [16]. Yang, K. H.; Liu, Y. C.; Hsu, T. C.; Tsai, H. I. *Mater. Res. Bull.* **2010**, 45, 63.

- [17]. Amendola, V.; Polizzi, S.; Meneghetti, M. *Langmuir* **2007**, 23, 6766
- [18]. Zeng, H.; Li, J.; Wang, Z. L.; Liu, J. P.; Sun, S. *Nano Lett.* **2004**, 4, 187.
- [19]. Giammanco, F.; Giorgetti, E.; Marsili, P.; Giusti, A. *J. Phys. Chem. C* **2010**, 114, 3354.
- [20]. Yim, W.-L.; Nowitzki, T.; Necke, M.; Schnars, H.; Nickut, P.; Biener, J.; Biener, M. M.; Zielasek, V.; Al-Shamery, K.; Kluner, T.; Baumer, M. *J. Phys. Chem. C* **2007**, 111, 445.
- [21]. Li, H.; Jo, J. K.; Zhang, L. D.; Ha, C.; Suh, H.; Kim, I. *Langmuir* **2010**, 26, 18442.
- [22]. Kumar, K. M.; Mandal, B. K.; Sinha, M.; Krishnakumar, V. *Spectrochim. Acta A* **2012**, 86, 490.
- [23]. Laoufi, I.; Saint-Lager, M.; Lazzari, R.; Jupille, J.; Robach, O.; Garaudée, S.; Cabailh, G.; Dolle, P.; Cruguel, H.; Bailly, A. *J. Phys. Chem. C* **2011**, 115, 4673.
- [24]. Wei, L.; Fan, Y.; Tian, N.; Zhou, Z.; Zhao, X.; Mao, B.; Sun, S. *J. Phys. Chem. C* **2012**, 116, 2040.
- [25]. Pritchard, J.; Kesavan, L.; Piccinini, M.; He, Q.; Tiruvalam, R.; Dimitratos, N.; Lopez-Sanchez, J. A.; Carley, A. F. Edwards, J. K.; Kiely, C. J.; Hutchings, G. J. *Langmuir* **2010**, 26, 16568.
- [26]. Mantle, M. D.; Enache, D. I.; Nowicka, E.; Davies, S. P. Edwards, J. K.; D'Agostino, C.; Mascarenhas, D. P.; Durham, L.; Sankar, M.; Knight, D. W.; Gladden, L. F.; Taylor, S. H.; Hutchings, G. J. *J. Phys. Chem. C* **2011**, 115, 1073.
- [27]. Zhang, H.; Xie, Y.; Sun, Z.; Tao, R.; Huang, C.; Zhao, Y.; Liu, Z. *Langmuir* **2011**, 27, 1152.
- [28]. Feng, Y.; He, J.; Wang, H.; Tay, Y. Y.; Sun, H.; Zhu, L.; Chen, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2012**, 134, 2004.
- [29]. Cui, Q.; Yashchenok, A.; Zhang, L.; Masic, A.; Möhwald, H.; Bargheer, M. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2014**, 6, 1999.
- [30]. Yang, J. A.; Lin, W.; Woods, W. S.; George, J. M.; Murphy, C. J. *J. Phys. Chem. B* **2014**, 118, 3559.
- [31]. Shim, M. S.; Kim, C. S.; Ahn, Y.; Chen, Z.; Kwon, Y. J. *J. Am. Chem. Soc.* **2010**, 132, 8316.
- [32] Walker, J. M.; Gou, L.; Bhattacharyya, S.; Lindahl, S. E.; Zaleski, J. M. *Chem. Mater.* **2011**, 23, 5275.
- [33]. Kang, H.; Trondoli, A. C.; Zhu, G.; Chen, Y.; Chang, Y.; Liu, H.; Huang, Y.; Zhang, X.; Tan, W. *ACS Nano* **2011**, 5, 5094.
- [34]. Lee, W.; Zhang, R.; Akatay, M. C.; Baertsch, C. D.; Stach, E. A.; Ribeiro, F. H. Delgass, W. N. *ACS Catal.* **2011**, 1, 1327.
- [35]. Kim, H. Y.; Lee, H. M.; Henkelman, G. *J. Am. Chem. Soc.* **2012**, 134, 1560.

- [36]. Liu, Y. C.; Yang, K. H; Yang, S. J. *Anal. Chim. Acta* **2006**, 572, 290.
 [37]. Liu, Y. C.; Yu, C. C.; Yang, K. H. *Electrochem. Commun.* **2006**, 8, 1163.
 [38]. Tsai, T. H.; Yu, C. C.; Liu, Y. C.; Yang, K. H. *J. Appl. Polym. Sci.* **2013**, 130, 86.

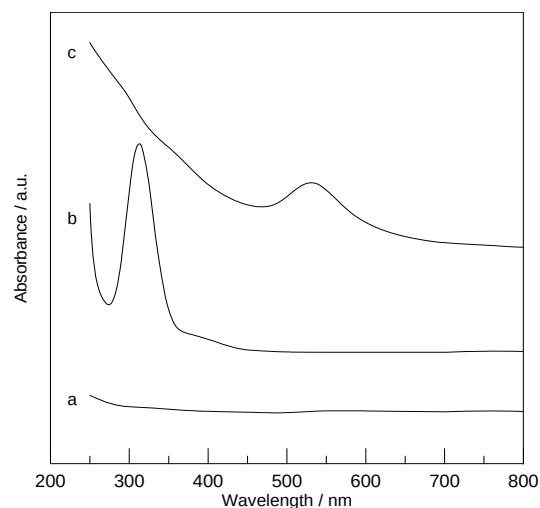


圖 1. UV-vis 吸收光譜: (a). 0.1 M NaCl 水溶液; (b). 溶液中含有黃金錯合物; (c). 製備出之黃金奈米粒溶液

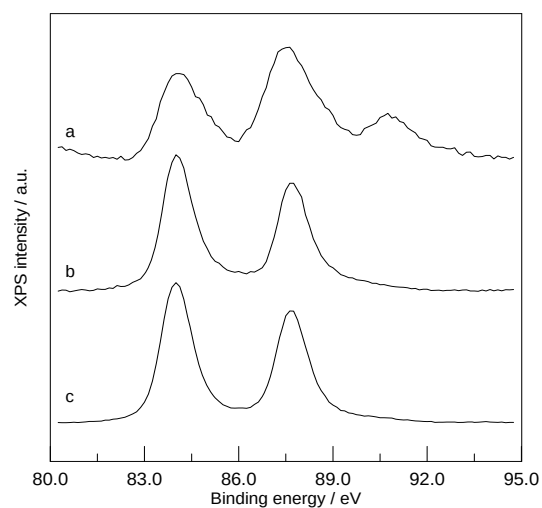


圖 2. X 射線光電子光譜(XPS): (a). 溶液中含有黃金錯合物; (b). 製備出黃金奈米粒溶液; (c). 元素態黃金基材



圖 3. 製備之奈米金/陶瓷棒材料



圖 4. 製備之奈米金/陶瓷粒材料



圖 5. 利用奈米金技術(奈米金/陶瓷棒)烘焙金宣茶葉，兒茶素可提升 20%。



圖 6. 烘焙三泰有機綠茶，茶多酚可提升 34%，口感明顯提升、順口不苦澀。



圖 7. 三泰有機綠茶之茶園參訪。



圖 8. 輔導三泰有機綠茶用奈米金處理，在臺北醫學大學平台上販賣。



圖 9. 輔導新竹縣峨眉鄉峨眉茶行，利用奈米金技術烘焙東方美人茶。



圖 10. 利用奈米金技術(奈米金/陶瓷粒)輔導茶廠烘焙奇萊山高冷烏龍茶。

	A	B	C	D	E	F
1	2015南投縣「縣長特等茶比賽」名冊-清香組					
2	特等獎、頭等獎					
3						
4	等次	密碼	明碼	姓名	電話	
5	特等獎	125	003	劉松杰	0935-651362	
6						
7	等次	密碼	明碼	姓名	電話	
8	頭等獎	108	092	黃國鑫	0928-163178	
9		135	279	陳易聰	(049)2582631	
10		148	008	吳憲三	(049)2732021	
11		164	018	沈應騰	0972-366579	
12		240	227	黃加騰	0953-933222	
13		260	259	賴士騰	0911-986522	
14		268	096	林育杰	0937-352147	
15		368	225	黃嘉軒	0953-933222	
16		372	265	謝江汕	0928-366070	
17		374	226	黃嘉江	0953-933222	
18						

圖 11. 參加 2015 南投縣春季縣長特等茶比賽，獲得頭等一獎(近 400 點)。



圖 12. 南投縣縣長特等茶、仁愛鄉臺灣高山茶王優良茶比賽，獲得好成績。



圖 13. 利用奈米金技術(奈米金/陶瓷粒)輔導綠峰茶廠烘焙文山包種比賽茶(置放於茶葉上)。

EGCG						
	溫度 (°C)	烘焙時間 (hrs)	烘焙狀態 (黃金發放置地點)	No.	EGCG (mg/ml) (n=3)	increase (%)
東方美人茶	105	2	control	1	0.0968 ± 0.0019	
	105	2	茶盤下層	2	0.0927 ± 0.0005	-4.16
鹿谷組	105	4	control	5	0.1479 ± 0.0018	
	105	4	茶葉上	3	0.2057 ± 0.0067	39.06
	105	4	埋茶葉中	4	0.1713 ± 0.0060	15.79
	105	4	茶盤下層	6	0.2332 ± 0.0014	57.63
	110	4	control	7	0.2300 ± 0.0037	
	110	4	茶葉上	8	0.1883 ± 0.0016	-18.13
	110	4	埋茶葉中	9	0.1387 ± 0.0024	-39.71
	110	4	茶盤下層	10	0.1558 ± 0.0025	-32.26
	115	2	control	11	0.1027 ± 0.0009	
	115	2	茶葉上	12	0.1437 ± 0.0021	39.83
茶改場	115	2	埋茶葉中	13	0.1607 ± 0.0006	56.42
	115	2	茶盤下層	14	0.1848 ± 0.0083	79.90
	120	1	control	15	0.1886 ± 0.0006	
	120	1	茶葉上	16	0.1697 ± 0.0013	-10.00
	120	1	埋茶葉中	17	0.2046 ± 0.0045	8.53
	120	1	茶盤下層	18	0.2326 ± 0.0095	23.33

圖 14. 奈米金陶瓷材料置放於茶盤中不同位置烘焙，EGCG 兒茶素變化情況。



圖 15. 茶改場試茶：奈米金陶瓷材料置放於茶盤中不同位置烘焙茶葉。

蛹蟲草做為天然抗病毒與抗發炎製劑之開發與應用

II. 蟲草萃取物抗雞隻發炎及疫苗佐劑效益驗證

宜蘭大學生物技術與動物科學系 鄭永祥

摘要

蟲草素具有抑制發炎中間物質來減緩脂多醣(LPS)所誘導 RAW 264.7 細胞和 BV2 神經微膠細胞的發炎反應，主要透過對一氧化氮合成酶 (iNOS) 和環氧化酶 (COX-2) 基因表達進行負調控，抑制 NF- κ B 活性、AKT 和 p38 磷酸化來拮抗 NO 產物的生成，以及對細胞激素進行調控進而抑制發炎反應的產生。本研究為利用蛹蟲草發酵萃取粉末，稀釋不同濃度添加於飲水中，檢測白肉雞的生長性能與免疫反應，並利用 LPS 模擬二次性細菌感染時萃取物對雞隻的發炎物質與細胞激素表現之變化。結果顯示給予蛹蟲草發酵萃取物於飲用水中對白肉雞的生長性能、飲水量和 ND +IB 抗體力價並不會造成影響，對雞隻的 iNOS 和 COX-2 表現量具有抑制作用。經由 LPS 刺激後，蛹蟲草發酵萃取物能顯著的降低 iNOS 和 COX-2 的含量，透過抑制促發炎細胞激素(IFN- γ)的生成和增加抗發炎細胞激素(IL-4)的表現量達到抗發炎的效果。

關鍵字:蟲草素、抗發炎、佐劑效應、雞隻

前言

蛹蟲草可產生出多種具有生理活性的成分，蛹蟲草的多醣成分能顯著提升小鼠腹腔巨噬細胞的吞噬能力，亦可活化巨噬細胞，刺激抗體的產生，增強細胞免疫和體液免疫，進而提高人體免疫力 (Yu *et al.*, 2006)。蟲草素亦能抑制發炎中間物質來減緩脂多醣所誘導 RAW 264.7 細胞和BV2 神經微膠細胞的發炎反應 (Kim *et al.*, 2006b; Jeong *et al.*, 2010)，主要透過對一氧化氮合成酶 (induce nitric oxide synthase, iNOS) 和環氧化酶 (cyclooxygenase-2, COX-2) 基因表達進行負調控，抑制 NF- κ B 活性、AKT 和 p38 磷酸化來拮抗 NO 產物的生成，以及

對細胞激素進行調控進而抑制發炎反應的產生(Shin *et al.*, 2009)。本研究目的為利用蛹蟲草發酵萃取粉末，稀釋不同濃度添加於飲水中，檢測白肉雞的生長性能與免疫反應，並利用 LPS 模擬二次性細菌感染時萃取物對雞隻的發炎物質與細胞激素表現之變化。

材料與方法

1.動物試驗 I

48 隻一日齡白肉雞依體重逢機分成四處理組，分別為不添加的控制組 (CTRL)、蛹蟲草發酵萃取粉末稀釋 1000 倍 (每公升添加一克，1g/1L)低劑量、稀釋 500 倍 (2g/1L)中劑量和稀釋 250 倍 (4g/1L)高劑量，每處理三重複，每重複四隻，試驗期為四週。試驗期間採任食方式給予飼料，每日巡視 2-3 次，視採食狀況補充飼料。於 4 日齡和 14 日齡給予新城雞瘟 (Newcastle disease, ND) 及傳染性支氣管炎 (Infectious bronchitis, IB) 疫苗點鼻，而這兩天的後 5 天連續添加蛹蟲草發酵萃取粉末於飲水中，並計算各組雞隻的飲水量，其餘試驗期間則採任飲方式。

2.動物試驗 II

48 隻一日齡白肉雞依體重逢機分成四處理組，分別為控制組 (CTRL)、ND+IB 點鼻前三天、點鼻前三天和後三天、後三天給予蛹蟲草發酵萃取粉末稀釋 500 倍(2g/1L)中劑量，每處理三重複，每重複四隻，試驗期為五週。試驗期間採任食方式給予飼料，每日巡視 2-3 次，視採食狀況補充飼料。於 4 日齡、14 日齡和 28 日齡給予 ND 及 IB 疫苗點鼻，而在 14 日齡和 28 日齡這兩天分別以前 3 天、前 3 天和後 3 天、後 3 天這三種不同時期的方式來給予蟲草發酵萃取粉末於飲水中，並計算各組雞隻的飲水量，除以當天雞隻的體重，其餘試驗期間則採任飲方式。

3.動物試驗 III

18 隻一日齡白肉雞依體重逢機分成三處理組，分別為控制組 (CTRL)、施打 LPS (1 mg/kg)、施打 LPS (1 mg/kg) 並給予蛹蟲草發酵萃取粉末稀釋 500 倍

(2g/1L)中劑量，每處理組六重複，試驗期為 12 天。試驗期間採任食方式給予飼料，每日巡視 2-3 次，視採食狀況補充飼料。經過 7 天的適應期後，連續 3 天給予蛹蟲草發酵萃取粉末，並在第 11 天透過腹腔注射施打 LPS (1 mg/kg)，於施打後 3 小時和 24 小時收集脾臟與華氏囊，以 Real-time PCR 檢測雞隻發炎中間產物和細胞激素的表現量。

4.飲水中給予蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞生長性能評估

每週進行秤量雞隻體重及飼料採食量，以計算平均日增重 (average daily gain, ADG) 和飼料效率 (feed efficiency, FE)。

5.白肉雞給予蛹蟲草發酵萃取物飲水之血清抗體分析

以心臟採血方式收集雞隻血液，先於 4°C 靜置 12 小時以沉降血球和血漿，再使用高速離心機 (KUBOTA 6930) 於條件 1500 g 下遠心分離 10 分鐘，用微量吸取器吸取上層血清，將血清分裝於微量離心管，儲放於零下 -20°C 冷凍保存，以備雞隻血清之 ND 及 IB 的抗體力價分析。

6.白肉雞脾臟與華氏囊 cDNA 之即時螢光定量 PCR

本試驗使用相對定量的方式來比較試驗組與對照組之間基因表現量的差別，housekeeping (β -actin) 基因是主要當作基因表現量的基準值，可測得實驗組與對照組之間基因表現量的差別。將兩組引子使用滅菌水稀釋，將引子濃度調成 10 μ M，各 1 μ l，取 1 μ l cDNA 加到 realtime PCR 反應管內，並加入 10 μ l 2 x SYBR Green PCR MasterMix kit，最後補水至 20 μ l，反應條件為 95°C 10分鐘，進入 40 次的循環 (95°C 10 秒→50°C、60°C、71.2°C 30 秒)，之後進行 Melting Curve (dissociation curve) 分析，此分析系統可藉由溫度的緩慢上升，產生雙股 DNA 裂解與結合的反應，藉此得知產物的純淨度(degree of purity)，分析反應產物是否為單一產物或有其他片段干擾。完成後便可取得反應管內的螢光信號到達設定的閾值時所經歷的循環數-Ct (threshold cycle) 值，之後利用軟體 Bio-Rad CFX Manger IQ-5 進行計算分析，所套用公式計算如下：

$$(1) \Delta Ct_A = (\text{對照組目標基因表現量Ct 值}) - (\text{對照組 } \beta\text{-actin 基因表現量Ct 值})$$

值)

(2) $\Delta CtB = (\text{試驗組目標基因表現量Ct 值}) - (\text{試驗組 } \beta\text{-actin 基因表現量Ct 值})$

(3) $\Delta\Delta Ct = \Delta CtA - \Delta CtB$

(4) $\text{ratio} = 2^{\Delta\Delta Ct}$

最後所得之 $2^{\Delta\Delta Ct}$ 即是相對定量的比值

7.統計分析

試驗結果使用 Statistical Analysis System 9.0 (2005) 軟體進行分析，以 ANOVA 單因子變方分析後，再利用鄧肯氏新多次變域測試 (Duncan's New Multiple Range Test) 比較各處理間差異之顯著性，每一試驗數值以平均值 $\pm$ 標準差 (Mean $\pm$ SD) 表示，顯著水準為 $\alpha = 0.05$ 。

結果與討論

1.蛹蟲草發酵萃取物飲用水對白肉雞 ND 與 IB 抗體力價之影響(試驗 I 、 II)

ND 與 IB 抗體力價分別使用血球凝集抑制試驗 (hemagglutination inhibition test, HI test) 及酵素免疫分析法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA) 來做檢測，圖 1 到 4 為飲用蛹蟲草發酵萃取物的白肉雞 ND 與 IB 抗體力價之變化，試驗 I 結果顯示，給予不同劑量的蛹蟲草發酵萃取物於飲水中不影響 ND 的抗體力價，各組間亦無顯著差異，而 IB 抗體力價在第 2 週稀釋 1000 倍和 500 倍的組別與控制組相比雖然均無顯著差異，但至第 4 週這兩組 IB 抗體力價卻有下降的趨勢。試驗 II 示於圖 3 和 4，於不同時期給予 500 倍稀釋的蟲草發酵萃取物，發現疫苗點鼻前三天給予組的 ND 抗體力價與其他組相比有明顯的下降，但各組與 IB 的結果相同，均無顯著差異。

2.白肉雞蛹蟲草發酵萃取物飲水對發炎相關物質表現量之影響(試驗 I 、 II 、 III)

圖5顯示，給予高劑量的蛹蟲草發酵萃取物 (250X, 4g/L) 於飲水中，對於第

2 週的脾臟與華氏囊iNOS表現量有降低的趨勢，但各組間並沒有顯著差異，到第 4 週時，中劑量 (500X, 2g/L) 能顯著的抑制脾臟的 iNOS，華氏囊的部分，高中低劑量皆能顯著抑制 iNOS 的表現量。圖 7 為試驗 II 的部分，疫苗點鼻後 3 天給予中劑量組於第三週能顯著降低脾臟的iNOS 含量，而 3 個實驗組對華氏囊的iNOS皆有顯著的抑制性，其中疫苗點鼻後 3 天組的抑制效果最佳。第 5 週時，除了前後 3 天給予組的脾臟iNOS 表現量顯著增加外，其他與控制組相比皆無顯著差異。當巨噬細胞到刺激而活化時會分泌一氧化氮，使其具有細胞毒殺活性來對抗外來物的入侵、調控血管張力、神經傳導及細胞訊息傳遞 (Nathan and Xie, 1994)。

3.白肉雞蛹蟲草發酵萃取物飲水後以 LPS 誘導時對發炎相關物質及細胞激素表現量之影響

由圖9 顯示，在注射後 3 小時與控制組相比，LPS 可誘發脾臟與華氏囊iNOS 的產生。給予中劑量的蛹蟲草發酵萃取物於飲水中，能顯著抑制 iNOS 生成，但到了 24 小時，iNOS表現量與 3 小時相比有下降的趨勢，各組間並無顯著差異。圖 10 顯示，在注射後 3 小時和 24 小時，LPS能顯著誘發脾臟與華氏囊 COX-2表現量的增加，而給予中劑量蛹蟲草發酵萃取物皆能顯著抑制 COX-2 的生成。

結論

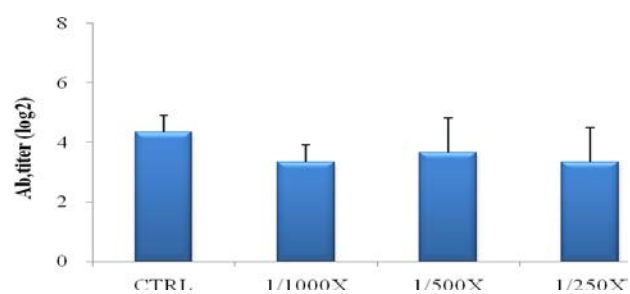
綜合上述研究結果，給予蛹蟲草發酵萃取物於飲用水中對白肉雞的生長性能、飲水量和ND +IB抗體力價並不會造成影響，對雞隻的iNOS和COX-2表現量具有抑制作用。經由 LPS 刺激後，蛹蟲草發酵萃取物能顯著的降低iNOS 和COX-2的含量，透過抑制促發炎細胞激素(IFN- γ)的生成和增加抗發炎細胞激素(IL-4)的表現量來達到抗發炎的效果。

參考文獻

- Becker, Y. and U. Olshevsky. 1973. Inhibition of Herpes simplex virus replication by cordycepin. *Isr. J.Med. Sci.* 9(11):1581-5.
- Clemens, M. J. 1991. Cytokines. Bios scientific. New York.
- D'Ellos, M. and G. D. Prete. 1998. Th1/Th2 balance in human disease. *Transplant Proc.* 30: 2373-2377.
- Dimier-Poisson, I. H., D. T. Bout and P. Quéré. 2004. Chicken primary enterocytes: inhibition of *Eimeria tenella* replication after activation with crude interferon-gamma supernatants. *Avian Dis.* 48: 617-624.
- Haiqi, H., J. G. Kenneth and H. K. Michael. 2010. Modulation of chicken macrophage effector function by TH1/TH2 cytokines. *Cytokine.* 53: 363-369.
- Hashimoto, K. and B. Simizu. 1976. Effect of cordycepin on the replication of western equine encephalitis virus. *Arch. Virol.* 52(4):341-5.
- Jeong, J. W., C. Y. Jin , G. Y. Kim , J. D. Lee , C. Park , G. D. Kim , W. J. Kim , W. K. Jung , S. K. Seo , I. W. Choi and Y. H. Choi. 2010. Anti-inflammatory effects of cordycepin via suppression of inflammatory mediators in BV2 microglial cells. *Int. Immunopharmacol.* 10:1580-1586.
- Jiang, Y., J. H. Wong, M. Fu, T. B. Ng, Z. K. Liu, C. R. Wang, N. Li, W. T. Qiao, T. Y. Wen and F. Liu. 2011. Isolation of adenosine, iso-sinensetin and dimethylguanosine with antioxidant and HIV-1 protease inhibiting activities from fruiting bodies of *Cordyceps militaris*. *Phytomedicine.* 18: 189-193.
- Kaiser, M. G., S. S. Block, C. Ciraci, W. Fang, M. Sifri and S. J. Lamont. 2012. Effects of dietary vitamin E type and level on lipopolysaccharide-induced cytokine mRNA expression in broiler chicks. *Poult. Sci.* 91(8):1893-1898.
- Kano, R., S. Konnai, M. Onuma and K. Ohashi. 2009. Cytokine profiles in chickens infected with virulent and avirulent Marek's disease viruses: interferon-gamma is

- a key factor in the protection of Marek's disease by vaccination. *Microbiol. Immunol.* 53: 224–32.
- Kim, G.Y., W. S. Ko, J. Y. Lee, J. O. Lee, C. H. Ryu, B. T. Choi, Y. M. Park, Y. K. Jeong, K. J. Lee, K. S. Choi, M. S. Heo and Y. H. Choi. 2006a. Water extract of *Cordyceps militaris* enhances maturation of murine bone marrow-derived dendritic cells in vitro. *Biol. Pharm. Bull.* 29(2):354-360.
- Kim, H. G., B. Shrestha, S. Y. Lim, D. H. Yoon, W. C. Chang, D. J. Shin, S. K. Han, S. M. Park, J. H. Park, H. I. Park, J. M. Sung, Y. Jang, N. Chung, K. C. Hwang and T. W. Kim. 2006b. Cordycepin inhibits lipopolysaccharide-induced inflammation by the suppression of NF- κ B through Akt and p38 inhibition in RAW 264.7 macrophage cells. *Eur. J. Pharmacol.* 545: 192–199.
- King, R. W., M. Zecher and M. W. Jefferies. 2002. Inhibition of the replication of a hepatitis C virus-like RNA template by interferon and 3'-deoxycytidine. *Antivir. Chem. Chemother.* 13(6):363-370.

(a)



(b)

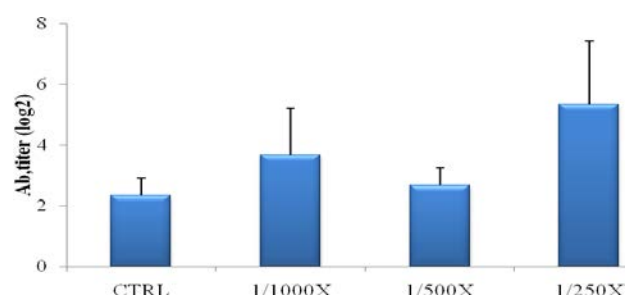
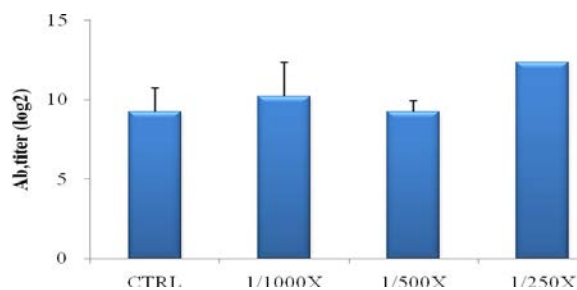


圖 1 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的新城雞瘟抗體力價之影響。

(a) 第 2 週 (b) 第 4 週。(試驗 I)。

(a)



(b)

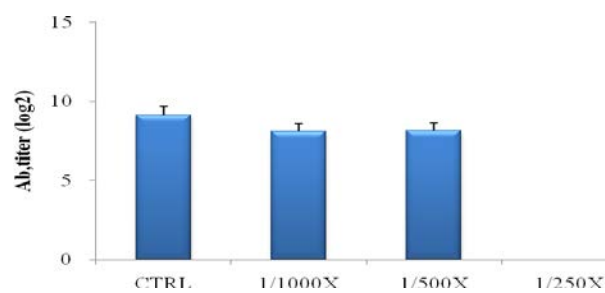
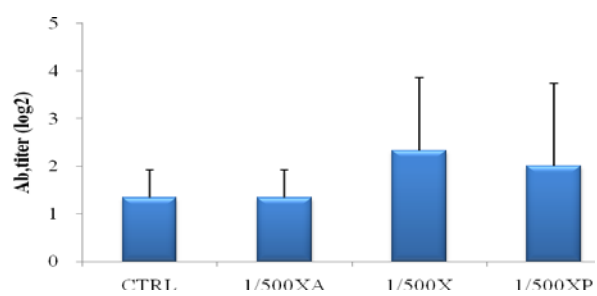


圖 2 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的傳染性支氣管炎抗體力價之影響。

(a) 第 2 週 (b) 第 4 週。(試驗 I)。

(a)



(b)

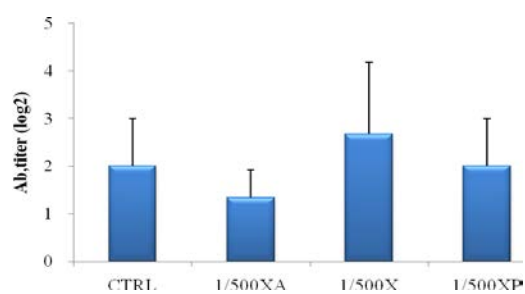
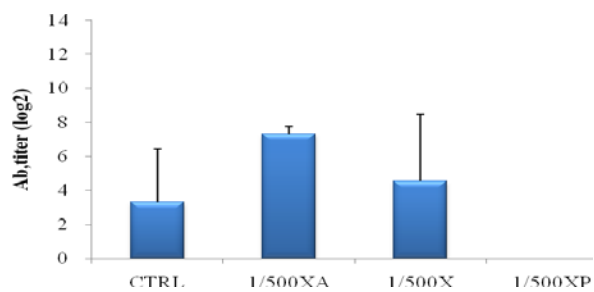


圖 3 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的新城雞瘟抗體力價之影響。

(a) 第 3 週 (b) 第 5 週。(試驗 II)。

(a)



(b)

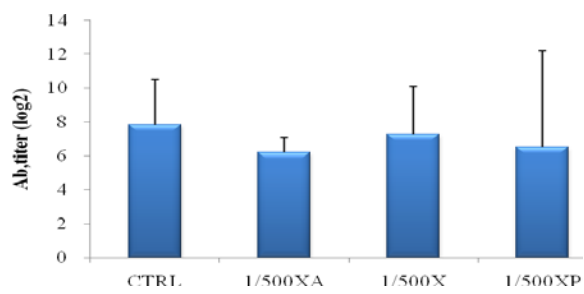
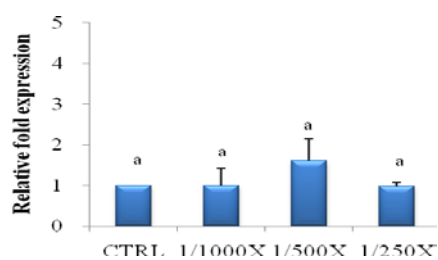


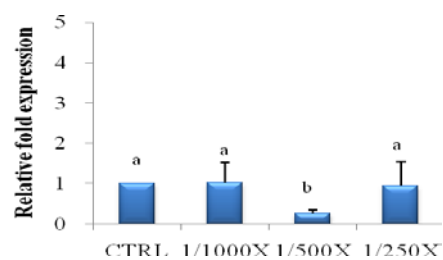
圖 4 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的傳染性支氣管炎抗體力價之影響。

(a) 第 3 週 (b) 第 5 週。(試驗 II)

(a)

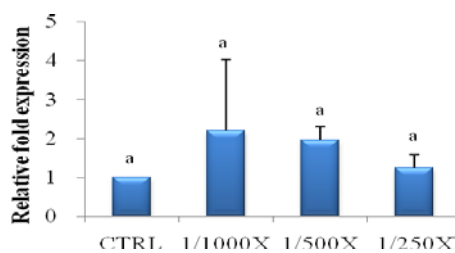


(b)

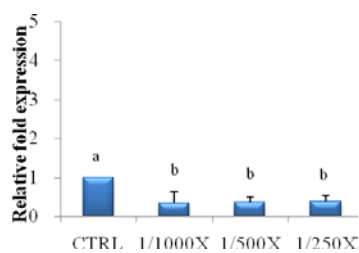


Spleen

(c)



(d)

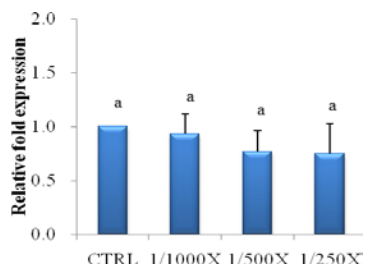


Bursa of fabricius

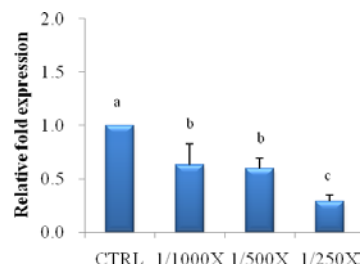
圖 5 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 iNOS mRNA 表現量之影響。

(a)(c)第 2 週 (b)(d)第 4 週。(試驗 I)。

(a)

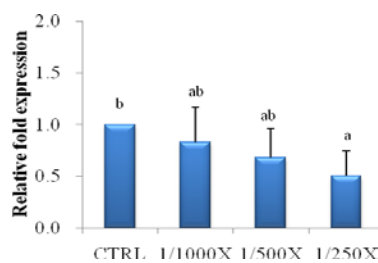


(b)

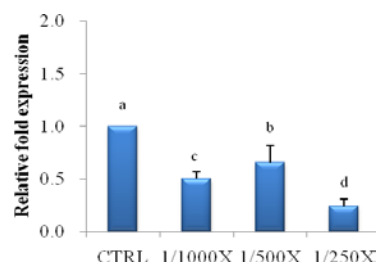


Spleen

(c)



(d)



Bursa of fabricius

圖 6 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 COX-2mRNA 表現量之影響。

(a)(c)第 2 週 (b)(d)第 4 週。(試驗 I)。

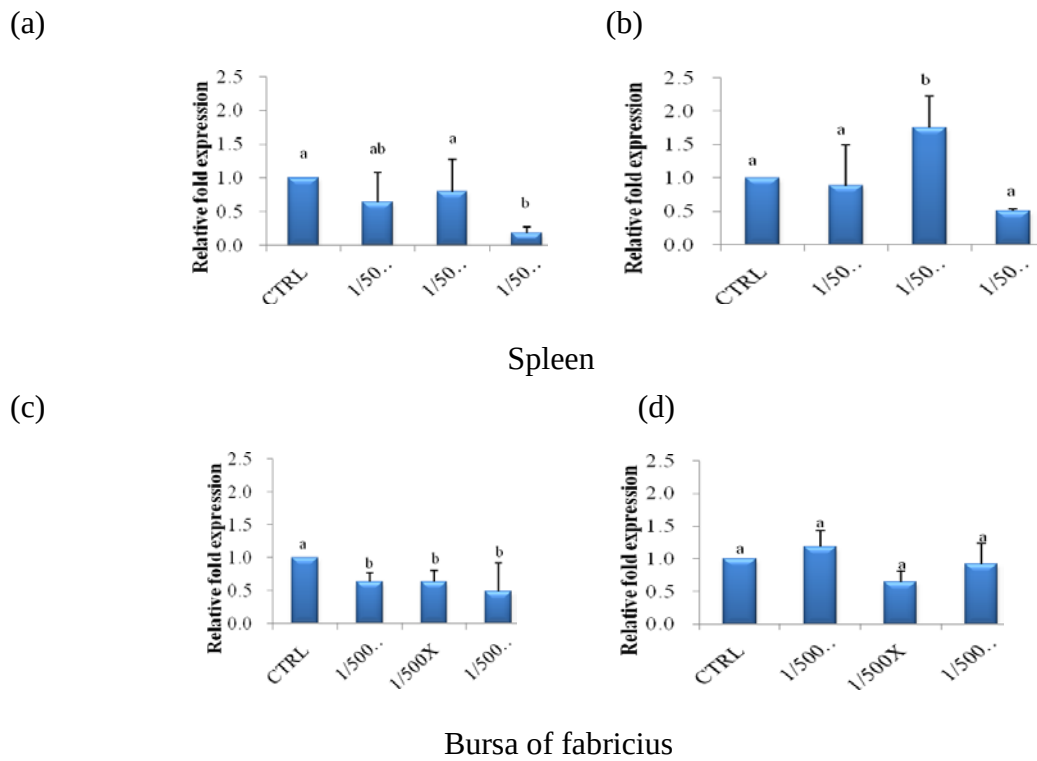


圖 7 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 iNOS mRNA 表現量之影響。

(a)(c)第 3 週 (b)(d)第 5 週。(試驗 II)。

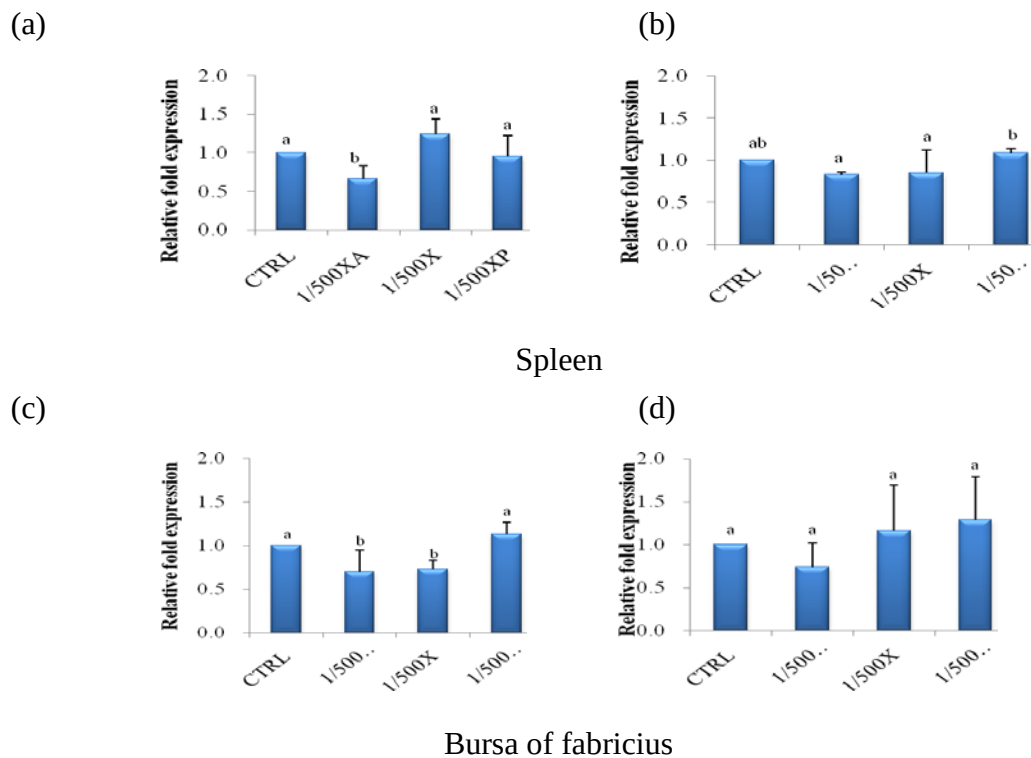


圖 8 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 COX-2mRNA 表現量之影響。

(a)(c)第 3 週 (b)(d)第 5 週。(試驗 II)。

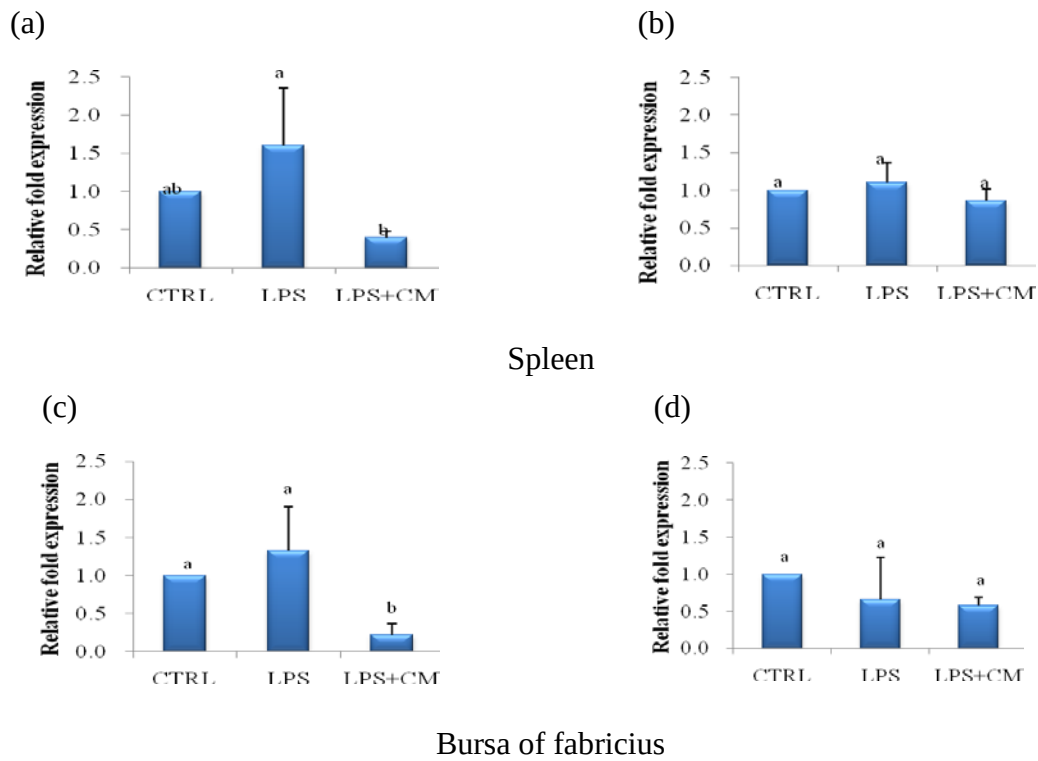


圖 9 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 iNOS mRNA 表現量之影響。

(a)(c)施打後 3 小時(b)(d)施打後 24 小時。(試驗Ⅲ)。

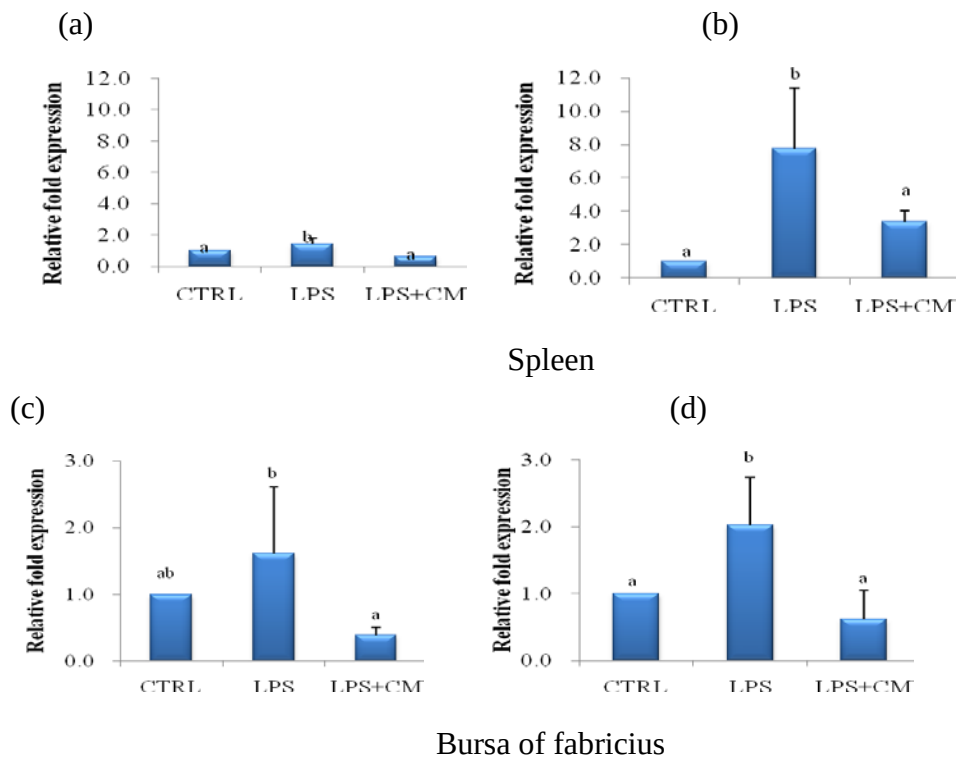


圖 10 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 COX-2mRNA 表現量之影響。

(a)(c)施打後 3 小時 (b)(d)施打後 24 小時。(試驗Ⅲ)。

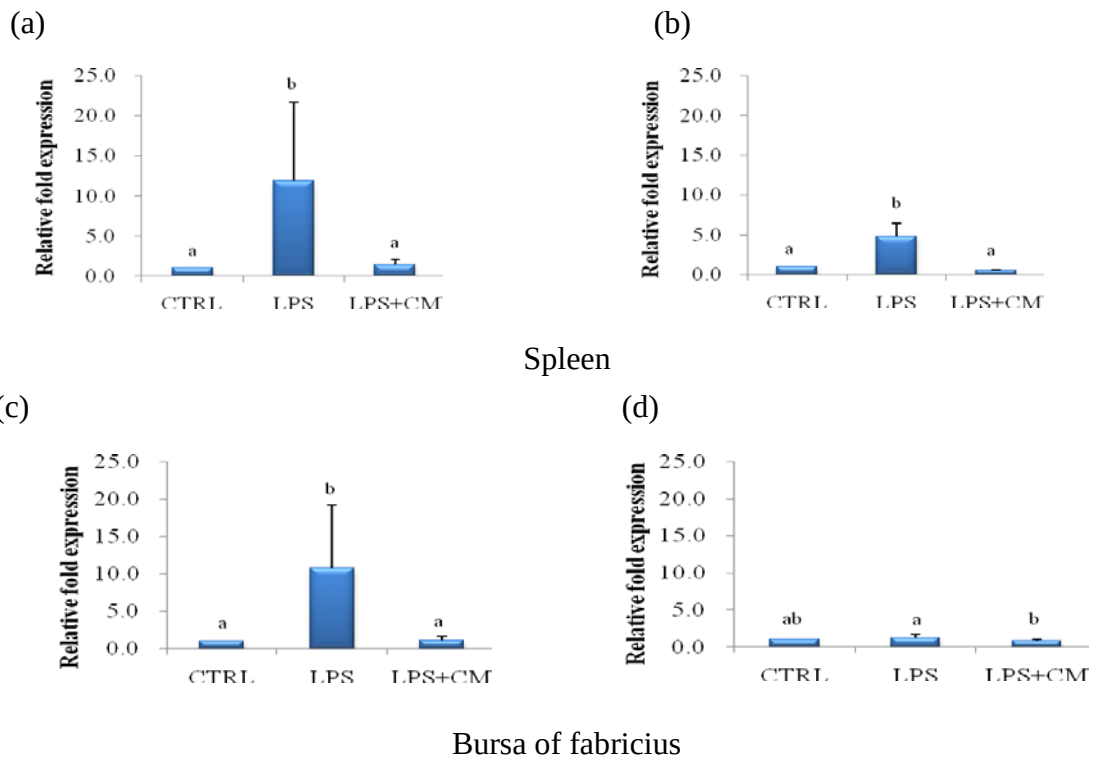


圖 11 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 IFN- γ mRNA 表現量之影響。

(a) (c)施打後 3 小時 (b) (d)施打後 24 小時。(試驗 III)。

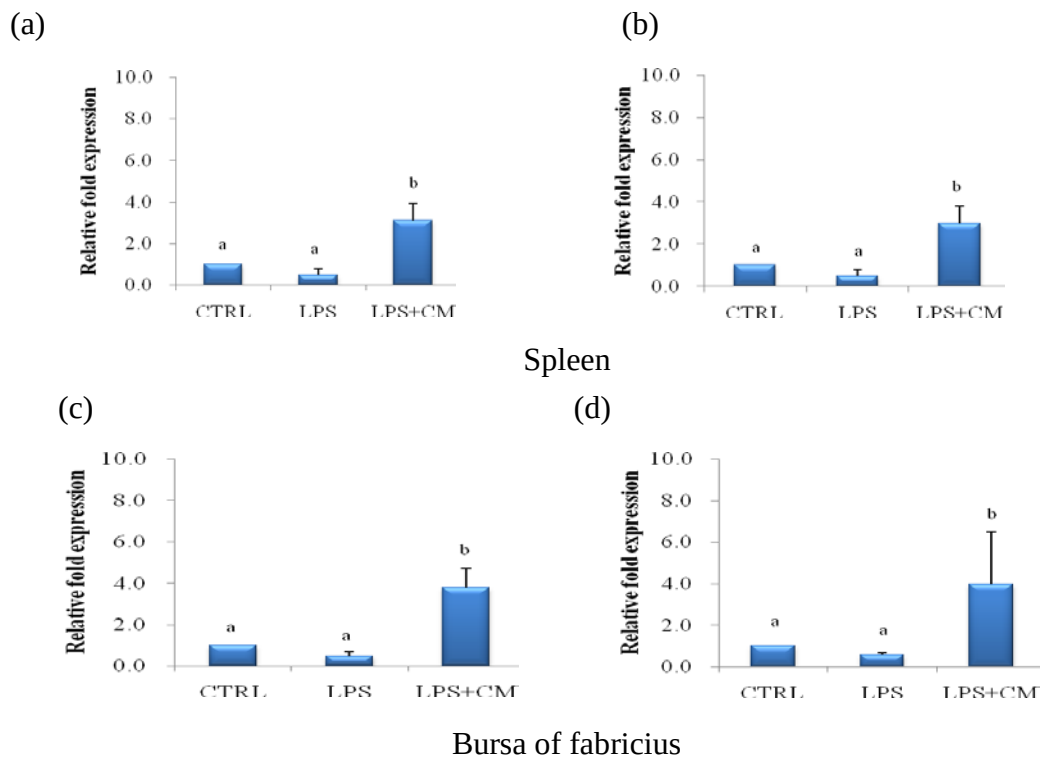


圖 12 蛹蟲草發酵萃取物對白肉雞的 IL-4mRNA 表現量之影響。

(a) (c)施打後 3 小時 (b) (d)施打後 24 小時。(試驗 III)。

魚菜共生栽培系統研發之先導計畫成果報告

李聲謙¹ 王郁丰² 黃裕益²

¹國立中興大學附屬臺中高級農業職業學校。

²國立中興大學生物產業機電工程學系。

摘 要

本研究應用 Arduino 單晶片於魚菜共生系統中的水位控制，有別於現今台灣一般家庭式之水位控制，確實可透過程式撰寫與控制元件的結合，即可控制系統中的水流狀況，而不需改變初始的系統設備配置。

以室內人工光源之全循環模式進行養殖試驗，種植出的小白菜平均鮮重約 13g、平均葉長約 20cm，其硝酸鹽含量約在 4,000ppm；吳郭魚飼料換肉率可達 2.30。以室內養殖之魚菜共生系統為例，在系統中有充足的硝化作用，每日飼料餵食量為魚體總重 1~3%，吳郭魚與小白菜之間的養殖比例，一株小白菜(鮮重 13.0g)可對應吳郭魚 4.1~5.6g。

關鍵字：魚菜共生、水位控制、Arduino

ABSTRACT

This study apply Arduino to the water level control of aquaponics systems, unlike Taiwan general family of level control nowadays. It can control the flow of this system without changing the initial equipment setting by program and control element.

The experiment selected complete cycle model and used artificial light in room. Getting the plant of bok-choy, its average fresh weight about 13g, average leaf length about 20cm, its nitrate content about 4,000ppm. The mash exchange rate of tilapia is 2.30. Taking indoor aquaponics systems for example, in the condition of the system has full nitrification, the mash quantity is 1~3% of the fish weight a day, the proportion of tilapia and bok-choy is that one bok-choy(fresh weight:13g) correspond to tilapia weight: 4.1~5.6g.

Key Words: aquaponics 、level control、Arduino.

前言

隨著人口激增，食物與能量的需求越來越大，臺灣雖然近年來人口增長速率趨於平緩，但還是處於正成長的狀態。人口快速增加衍生出許多的問題，如：糧食、能源、水資源與生態環境等，這些都是人類現在及將來所需要面對的。

臺灣地處於亞熱帶氣候區，春季有梅雨，夏季常有颱風，為臺灣帶來豐沛的雨量，但因為地形的限制，水資源反而是相當的匱乏。台灣地狹人稠，作物的栽培以及養殖漁業常採用高密度集約的生產方式，農民為提高作物產量常使用大量化學肥料及農藥，造成地力的衰減以及地下水汙染的問題，養殖方面為降低水中有害物質的濃度，需要大量的水資源，若任意排放廢水也將會汙染自然環境，如何減少資源的過度利用，並維護作物原有的品質與產量，都是未來發展的方向。

魚菜共生(Aquaponics)同時結合水產養殖(Aquaculture)和水耕栽培(Hydroponics)兩種模式，透過適當的設計來達到兩者間的協同共生，使養魚不需換水而無水質問題，種菜不施肥而能正常生長，至於魚菜共生系統能否商業化為一有效之生產模式，則應以養殖水產以及水耕栽培的產出作為主體加以衡量(李等，2015)。

Resh(2004)提出在有限的土地以及水資源的情況之下，魚菜共生系統相較於傳統的種植，能產出3到6倍的作物。與傳統的水產養殖相比，魚菜共生系統所需要的新鮮用水，只需要傳統的1%左右(Rakocy, 1989)。受到極端氣候的影響，以及土地面積的限制，水資源的短缺已成為台灣農業發展的隱憂，省水的栽培或養殖，將是台灣未來所要走的道路，利用魚菜共生栽培模式，可節省80%以上用水的特性，提高水資源利用效率。

目前台灣魚菜共生的利用，多是家庭式或小規模的栽培，其中循環水控制方面大多使用虹吸管的方式，來形成栽培床內水位的變化，虹吸管的製作因各系統的不同而有所差異，使用久可能因水中固態物質而形成堵塞，造成虹吸效率不佳，影響栽種的品質，應可再作更有效的控制方法。

魚菜共生系統本身為一循環水再利用的系統，本計劃希望透過水位感測器與馬達之間的結合，建立一可調整的水流控制策略，取代傳統虹吸式水位控制，以作為未來商業運轉之參考。在系統架設上，作物種植的數量常遠大於養殖的數量，才能有效維持系統平衡，但沒有一明確比例，需依系統的表現做調整。本計畫則希望找出魚與菜之間的比例以供參考，此外為了商業運轉順利及推展都市型農業，本計畫亦由實驗室之研究成果，推展至屋頂上設置魚菜共生系統以進行小模組之運作。

材料與方法

一、研究架構

本計畫首先建置一室內小型魚菜共生模擬系統，進行水流控制策略的測試，以及在不添加額外養液之狀況下進行養殖與栽培。因在室內進行測試所以需額外加裝人工光源以供作物光照所需。

利用 Arduino 晶片以及浮球開關，對各區之水用電磁閥進行 on/off 控制，撰寫三種水流控制模式：全循環模式、半循環模式及類虹吸模式。

因各區之最大出口水量有所差異，將三種水流控制模式各別搭配兩種水流運轉方式：(1)以各區之出口最大水量運轉；(2)各區配合最低之出口水量運轉(緩衝區)，比較各狀況之下水中溶氧以及電磁閥開關次數之優劣。

二、實驗軟體

配有 Arduino Software IDE 軟體之個人電腦。Arduino，是一個開放式硬體(open source)的單晶片微電腦控制器，它使用了低價的 Atmel AVR 單晶片，其編輯語法與 C/C++、JAVA 相似。依照 Arduino 晶片種類的不同，其 I/O 接腳的數量不同，各別擁有數位、類比的輸出與輸入的功能，Arduino 可簡單的連結各式各樣的電子元件、感測器(如紅外線、超音波、熱敏電阻、光敏電阻等)，並因 Arduino 走開放式軟硬體概念，使用者可依需求自由地設計電子電路以達到軟硬體連結。

Arduino 其開放性，不僅是軟體開放原始碼，連硬體也是開放的，所有人皆可直接取得其電路設計圖，並依照自己所需要的去更改變化，且因為其開放性的關係，其價格也相當的低廉。

Arduino 能使用 Arduino 語言與 Macromedia Flash、Processing、Max/MSP、Pure Data 和 SuperCollider 等軟體，結合電子元件，如開關或感測器或其他控制器件、LED、步進馬達或其他輸出裝置，做出互動作品。Arduino 也可以獨立運作，成為一個可以跟軟體溝通的介面。

搭配撰寫自動控制的程式，即可使用 Arduino 進行各種自動控制的應用，目前較常見的應用有：搭配溫度感測器控制風扇的運轉、搭配紅外線感測器作避障及感應、自走車以及無人飛行器之運用等等。

因其價格低廉、易取得以及程式撰寫容易等特點，本研究選用此晶片作為系統控制的主體，以降低整體魚菜共生系統的成本。未來若需要做環境感測或與電腦網路做資料連結，亦可從 Arduino 去做延伸，而不需另外一套的新設備。

三、系統規劃

本研究之設計架構如圖 1 所示，為一介質、浮筏式栽培之混合系統，介質栽培區之介質主要使用發泡煉石，並以之作為過濾系統，過濾殘餌以及魚的糞便，並提供硝化菌生長並進行硝化作用的空間，預計亦可用來栽培蔬果類作物，但在本研究中無栽種。

經過濾及硝化作用過後的水流入水質調節區，經硝化作用的水其 pH 值會降低，此區用來進行水中 pH 值的調整，以及作物所需之微量元素，如鈣、鉀與鐵等元素不足時，亦在此區進行補充，之後透過沉水馬達將水送至浮筏式栽培區。

浮筏式栽培區中，主要栽培葉菜類作物，作物可吸收養殖廢水中的營養鹽，主要是硝酸鹽，以期達到淨化水質的效果。淨化完成之水體流入緩衝區中，此區預計加設一紫外線殺菌燈，進行殺菌以及預防藻類生長，在實驗過程當中，水體中無藻類及病菌的產生，因此本研究中並無架設。於此區中量測水質相關參數，作為系統淨化水體之效能判斷。最後水流從緩衝區流至養殖區，達到魚菜共生循環系統之設計。

四、系統設備架構

在室內建立一小型魚菜共生的測試系統示意圖如圖 2 所示，設置一三層架結構，上層為浮筏式栽培區，中層為緩衝區，下層為養殖區，地面部分為水質調節區，層架側邊為介質式栽培區，其高度介於養殖區以及水質調節區之間，沉水馬達放置在最等底層的調節區，為整個系統循環的主要動力來源，並以 Arduino 晶片進行系統控制。各區皆有設置最低水位標準，並在高水位設有浮球開關作訊號控制以防水溢出。實際設備架設圖如圖 3。

五、水流控制系統

系統中各區域水的流動主要透過重力作用與連通管原理流送到各區域，唯有最底層水質調節區的水，須透過一沉水馬達將水抽至最高層的浮筏式栽培區，其中，每區域水流排放之管路皆加裝一節流閥作為各區之間水流調節之用。

各區裝設水位上、下限之浮球開關，各管路間皆加裝一水用電磁閥開關，透過感測器與電磁閥作各區間的 on/off 順序控制，尋找較佳的控制模式。因管路上的設計，緩衝區以及介質式栽培區未設置低水位感測，其本身即會保持一定之水量為其之水位下限。

浮筏式栽培區之浮球開關，偵測水位上、下限，當水位處於下限時馬達啟動抽水，水位達上限時馬達停止運轉，藉由水位高低的變化以利於作物根部的生長以及氧氣的供給。

養殖區之低水位浮球開關為保持養殖區內有一定水量，使其不會因為各區流量不同之因素，而隨時間減少。調節區之低水位浮球開關為使水位保持在沉水馬達之高度以上，以避免馬達空轉而造成馬達燒毀。其於高水位浮球開關皆為避免其區域水為溢出而裝設。

本系統先設立三種水流控制循環模式：全循環式、半循環式以及類傳統虹吸式。

(一)全循環模式：

全循環模式：開啟所有電磁閥，各區的水流不間斷流動，其示意圖如圖 4 所示。各區之電磁閥與沉水馬達有個別之控制流程：1. 沉水馬達之控制流程如圖 5；2. 浮筏式栽培區之控制流程如圖 6；3. 緩衝區與介質式栽培區之控制流程如圖 7；4. 養

殖區之控制流程如圖 8。

(二)半循環模式：

圖 9 為半循環模之之示意圖，浮筏式栽培區與緩衝區為一組，養殖區與介質式栽培區為一組，調節區為一組，水流在三組間依序流動。半循環模式之控制流程則如圖 10 所示。

(三)類虹吸模式：

浮筏式栽培區高水位時開啟電磁閥，循環水流出，低水位時關閉，其餘各區水流則不斷地流動，其示意圖如圖 11 所示。

各區之電磁閥與沉水馬達有個別之控制流程：(1)沉水馬達之控制流程如圖 12；(2)浮筏式栽培區之控制流程如圖 13；(3)緩衝區與介質式栽培區之控制流程同全循環模式如圖 7；(4)養殖區之控制流程同全循環模式如圖 8。

因各區單位時間內流入與流出的水量可能不盡相同，而會造成區域的水位不斷地上升或不斷地下降的情況，程式的撰寫上各模式皆有一基本假設，假設一模式為 A→B→C→A 之順序流動，當區域 A 水位達到其下限時，區域 A 之出口電磁閥暫時關閉一段時間(10 秒)後再行開啟；當區域 A 水位到達其上限時，其前一區域 C 之出口電磁閥暫時關閉一段時間(10 秒)再行開啟，其餘區域以此類推，以防各區水位溢漏或不足。

結果與討論

一、水流模式比較

以三種水流模式運轉 5 天，觀察撰寫的程式及設備是否能正常運轉，並量測各項參數。因為各區域之水流量會有些差異，水流量部分再分為兩類：以各區之最大流量進行運轉；其餘各區之流量配合最低流量之區域(緩衝區)進行運轉。

(一)循環時間

以各區最大水流量運轉之各區電磁閥開次數與循環時間如表 1 所示，以緩衝區水流量運轉之各區電磁閥開次數與循環時間如表 2 所示：

由實驗結果發現，緩衝區與硝化區之電磁閥完全無開關的現象，保持著一直開啟的狀態，表示此兩區域之電磁閥可以省略。

比較兩種水流狀況，在全循環與類虹吸模式下，將全區之出水量保持在相當的情況，電磁閥與馬達的作動次數能夠大幅減少，其循環次數也大致相同。表示將各區域水流控制在流量相當的情況之下，能夠最有效的降低電磁閥與馬達的開關次數，以延長設備之壽命。

半循環模式下，因水流為階段性區域流動，水流不會有累積在某一區域之現象，各區域之最大出水量只會影響其區域間水流動的速率，進而影響整個水體的循環次數。其電磁閥與馬達的開關次數較另外兩種模式來得低，但其單位時間內的循環時間也相對的來得更低。

(二)溶氧

溶氧部分主要探討水耕區以及養殖區的溶氧。

以各區最大水流量運轉之水耕、養殖區之溶氧量如表 3 所示；以緩衝區水流量運轉之水耕、養殖區之溶氧量如表 4 所示：

根據文獻水耕養液較好的溶氧範圍在 3.0~6.0mg/L 之間(高, 1986)，在半循環模式之下略顯不足，其餘兩個模式都有達到其範圍；在吳郭魚養殖方面，其溶氧最好可以在 5.0mg/L 以上，最低不得低於 1.0mg/L(涂, 2006)，在各模式之下皆未達到溶氧 5.0mg/L 以上，但其溶氧皆有超過 1.0mg/L。

本研究是以室內水溫 27℃ 情況之下數據，若以夏季室外養殖，水溫可能會達到 30℃，其水中溶氧相對會來得低，因此要以室外放大規模養殖，還可再作規劃增加其水中溶氧。

二、養殖栽培試驗

根據前節之實驗結果，以全循環模式配合各區出口水流相當之狀況，其電磁閥開關次數較低，且水體循環次數及其水中溶氧也較高，故選用此模式進行栽培試驗。2016/3/16 養殖放入約 3 吋魚苗兩尾，觀察魚的適應狀況，無適應不良，3/19 將魚的數量補充至 10 尾，此時之養殖密度為 2.1 公斤/噸水。3/21 將魚的數量再補充至 20 尾，此時養殖度為 4.3 公斤/噸水。養殖過程中，為找尋適合的養殖比例，以及因應水質的變化，養殖的尾數亦有隨之改變。

(一)水耕蔬菜之生長情形

欲栽培之小白菜先以育苗盤種植一週後，再移至水耕浮筏上，種植之小白菜分為四批，3/14~4/19，37 天，10 株；3/21~4/19，30 天，10 株；4/23~5/22，30 天，20 株；5/22~6/21，30 天，20 株。

此試驗嘗試以不添加任何營養液，在 3/28 發現第一批小白菜有葉片泛黃之缺鐵症狀，如不處理植物會無法生長甚至枯萎，因此添加螯合鐵進行水質鐵的補充，補充後作物生長狀況良好。

量測小白菜之鮮重、葉長以及硝酸鹽濃度，作生長之評估。如表 5 所示。第一批小白菜可能因為最初鐵質缺乏的關係，造成生長遲緩，以至於成長的天數較栽培於相同情況下的第二批長，但其發育較差。

第三、四批小白菜的發育狀態較前兩批都來的好，除了一開始水中就已有足夠的鐵質以外，可能的原因應是第一、二批生長時，為整體系統運行的初期，水中的 pH 值偏高，不利於植物吸收水中的部分元素，在第三批小白菜種植時，水中的 pH 值已降到 7.0 左右，相較於高 pH 值的情況較有利於植物的生長。

硝酸鹽的部分，四者的濃度大致都在 4000ppm，台灣目前沒有蔬菜的硝酸鹽濃度規範，參考歐盟所規定夏季種植於設施內新鮮萵苣硝酸鹽濃度 4500ppm 做為參考(鍾與游, 2004)，其硝酸鹽濃度較此參考值為低。

本研究之後期，在降低魚之飼養數量情況下，硝酸鹽之濃度已有降低之趨勢，未來若能藉由調整養殖與種植密度之比，降低系統中硝酸鹽最高濃度，並採用露天栽培，應可再降低作物內硝酸鹽之濃度。

(二)魚類之生長情形

每日飼料餵食量為魚總重的 1~3% 餵食，並以其能在 5 分鐘內食用完畢為準。養殖過程中魚的數量有進行調整，為找出合適的養殖比例，以前期：3/21~4/14，總重 654.4 克；中期：4/15~5/22，總重 371.0 克；後期：5/22~6/21，總重 61.23 克，三種情形之飼料換肉率(餵食之飼料重/魚成長增加之重量)作個別討論。各期魚類之生長情形分別如表 6、7、8 所示。

比較三個表格，前期的換肉率效益遠低於後期，可能原因為：(1)水質較差，氮與亞硝酸較高影響魚的成長；(2)魚轉換至新的環境，在前期的時候食慾較低；(3)吳郭魚有領域意識，時常發生大魚追小魚的情況，此行為消耗其生長的能量。前兩時期的換肉率皆不算是良好，後期的換肉率尚可，養殖業者實際養殖之換肉率，最佳可達 1.5 左右。

相同養殖情況之下，魚隻成長也有很大的差異，取其中最大與最小魚隻作比較，如表 9，最後階段時只有一尾魚，因此無大小尾之比較。

魚隻個別的成長有很大的差異，在養殖中期最大隻的魚(約 14cm)會開始追逐攻擊其他較小的魚，在爭食上也較為兇猛，在養殖空間較小的情況之下造成體型較小的魚的壓力。

(三)氮廢棄物與養殖試驗

將種植、養殖紀事與氮廢棄物共同作圖以進行綜合討論，其結果如圖 14 所示。由圖 14 可以看出魚的養殖以及小白菜的栽種對水中氮廢棄物濃度的影響，氮濃度與亞硝酸鹽濃度隨著養殖密度的增加而上升。當養殖密度由階段 3 降為階段 2 時，其濃度也跟著迅速下降，除了系統中硝化作用本身的影響之外，與水中總氮含量下降也有關係。

螯合鐵的增加會影響水中的酸鹼度，進而影響到硝化作用的進行，由圖 14 可發現兩次螯合鐵的添加，水中亞硝酸鹽的濃度都會有波動，表示硝化系統受到影響，需要重新平衡。

在試驗後期，最後一批小白菜採收後，由圖 14 看到氮與亞硝酸鹽的濃度突然皆上升，顯示作物的根系亦是硝化菌附著的主要區域，而隨後幾天氮與亞硝酸濃度又下降至無檢出之濃度，應是因應兩者的濃度上升，硝化槽內的硝化菌密度亦隨之增加，以進行完整之硝化作用。若要進行商業規模之魚菜共生系統，其作物應採取批次種植方式，階段性的採收，以降低根系上附著之硝化菌對整體水質的影響，維持水質中氮廢棄物之濃度之穩定。

(四)魚、菜共生養殖比例

魚菜共生系統中的重點即是硝酸鹽的平衡，魚量過多其代謝的氮廢棄物多，水中的硝酸鹽就會不斷的累積；魚量太少其代謝出的氮廢棄物少，便無法提供作物足夠的營養。

現今系統的規模幾乎都是以系統總水量能養多少魚來作衡量，而不會提到其對應的菜的数量，對於家庭級別的系統，平均每1噸水能蓄養12~25公斤的魚，而專業級的室內高密度養殖，有額外的水質監控與處理的系統，每1噸水能蓄養高達83公斤的魚(王等，2015)。

本研究前兩期試驗，由圖14發現這兩階段水中的硝酸鹽濃度不斷上升，表示371.0g的魚對應到20株的小白菜，魚的比例過高。

在最後一次試驗，初期菜苗有部分有葉燒現象，實際長成的只有15株小白菜。從圖14發現硝酸鹽濃度先升後降，且前後濃度差異不大，表示15株小白菜在其生長週期的30天能吸收重量61.23~83.38g的魚所產生的氮廢棄物。1株小白菜(平均鮮重13.0g)所對應到吳郭魚的重量約4.1~5.6g。

結論與建議

一、結論

- (一) 透過單晶片與水位感測和馬達的結合，確實能以多種模式控制魚菜共生系統中的水流循環順暢。
- (二) 若採用全循環模式，其水耕區之電磁閥也可省略，只需進水流量大於其出口流量。
- (三) 硝化槽大小為35公升，其中以20公升的中粒20~30mm發泡煉石混合15公升的細粒10~15mm發泡煉石，所能承受的養殖密度大約在2.4公斤/噸水。
- (四) 以浮筏式魚菜共生系統，單批作物種植，在採收的時候可能會造成水中氮以及亞硝酸鹽濃度的突然上升。可採用多批次種植方式，降低此現象。
- (五) 以室內魚菜共生系統為例，魚菜之間的比例，1株小白菜(鮮重13.0g)所對應到的吳郭魚重量約4.1~5.6g，可達水中硝酸鹽的平衡。
- (六) 系統在實驗過程中皆無換水，唯有每天補充整體水量1%的水(1.5L)。

二、建議

- (一) 原先緩衝區的設計為架設紫外線殺菌燈，做殺菌以及防止藻類增生的問題，而在研究中發現並尚未有此問題，在系統中此區可省略。
- (二) 介質栽培區出口透過管路設計使其內部水量保持在一定限度時，其出口之電磁閥可以省略，因其水流為不斷的流出。
- (三) 當各區容積皆有一定高度時，除水耕區以外的高水位感測皆可省略，因整體水量一定，當有區域的水累積時，必有其他區域的水近其水位下限，其區域出口電磁閥會關閉。
- (四) 在介質栽培區前或後可再添加一區過濾區，擺放毛刷或生化棉進行過濾，或將兩者合併為一區。因發泡煉石間的孔隙相對來說還是較大，有多重的過濾較能延緩管路中的堵塞，亦可增加硝化菌的生長面積。
- (五) 位的控制目前是以浮球開關作水位控制，未來晶片若可搭配類比輸出之沉水水位計，可做更精確的水位控制。

誌謝

感謝財團法人中正農業科技社會公益基金會提供研究經費，使本計畫能夠順利執行。

參考文獻

1. 李中光、劉新校、邱惠敏。2015。淺談魚菜共生系統。環保簡訊(桃園縣大學校院產業環保技術服務團)，第 27 期，p6-1—p6-8。
2. 高德錚。1986。水耕栽培-精緻蔬菜生產技術之開發。台中區農推專訊 56:22-31。
3. 涂堅。2006。吳郭魚常見疾病及防治(一)細菌性疾病。行政院農業委員會家畜衛生試驗所。
4. 鍾仁健、游禎義。2004。歐盟蔬菜硝酸鹽限量新規範。農政與農情第 146 期。
5. Rakocy, J. E. 1989. Vegetable hydroponics and fish culture - a productive interface. World Aquaculture 20:42-47.
6. Resh, H. M. 2004. Hydroponic food production: A definitive guide for the advanced home gardener and commercial hydroponic grower, sixth edition. New Concept Press, Inc., Mahwah, New Jersey, USA.

表 1. 最大流量運轉之各模式電磁閥開關及水流循環次數

水流模式	水耕區 (s/hr)	緩衝區 (s/hr)	養殖區 (s/hr)	硝化區 (s/hr)	調節區 (馬達) (s/hr)	循環次數 (s/hr)
全循環	142	0	182	0	240	0.94
類虹吸	126	0	184	0	33	0.94
半循環	29	0	29	0	29	0.85

表 2. 同緩衝區流量運轉之各模式電磁閥開關及水流循環次數

水流模式	水耕區 (s/hr)	緩衝區 (s/hr)	養殖區 (s/hr)	硝化區 (s/hr)	調節區 (馬達) (s/hr)	循環次數 (s/hr)
全循環	0	0	13	0	81	0.94
類虹吸	46	0	16	0	46	0.94
半循環	12	0	12	0	12	0.35

表 3. 最大流量運轉之溶氧量

	全循環(mg/L)	半循環(mg/L)	類虹吸(mg/L)
水耕區	4.7~(5.3~7.2)	2.5~(5.2~7.0)	4.2~(5.2~7.1)
養殖區	4.4~5.4	2.3~5.0	4.4~5.4

表 4. 同緩衝區流量運轉之溶氧量

	全循環(mg/L)	半循環(mg/L)	類虹吸(mg/L)
水耕區	4.4~5.3	2.1~5.3	4.1~5.3
養殖區	4.4~5.4	2.0~5.1	4.4~5.3

表 5. 各批小白菜之比較

	平均鮮重(g)	平均葉長(cm)	硝酸鹽濃度(ppm)
第一批	4.8	14.6	4100
第二批	6.2	16.1	4100
第三批	13.7	20.8	4000
第四批	13.0	19.2	4000

表 6. 前期魚類生長情形

日期	重量(g)	養殖密度-養殖槽 (公斤/噸水)	養殖密度-總水量 (公斤/噸水)	飼料換肉率
3/21	654.4	13.1	4.3	7.99
4/14	715.8	14.3	4.7	

表 7. 中期魚類生長情形

日期	重量(g)	養殖密度-養殖槽 (公斤/噸水)	養殖密度-總水量 (公斤/噸水)	飼料換肉率
4/15	371.0	7.4	2.4	3.43
5/22	494.3	9.9	3.2	

表 8. 後期魚類生長情形

日期	重量(g)	養殖密度-養殖槽 (公斤/噸水)	養殖密度-總水量 (公斤/噸水)	飼料換肉率
5/22	61.23	1.2	0.40	2.30
6/25	83.36	1.7	0.54	

表 9. 魚類之生長差異

日期	最小魚隻(g)	最大魚隻(g)	小尾成長(%)	大尾成長(%)
3/21	26.27	39.8	3.3	33.4
4/14	27.13	53.1		
4/15	30.1	44.17	14.7	50.6
5/22	34.52	66.52		
5/22	61.23		36.1	
6/25	83.36			

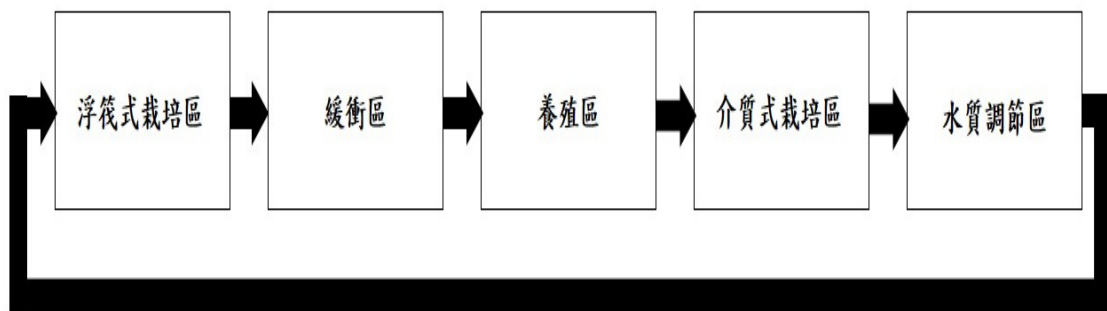


圖 1. 魚菜共生架構示意圖

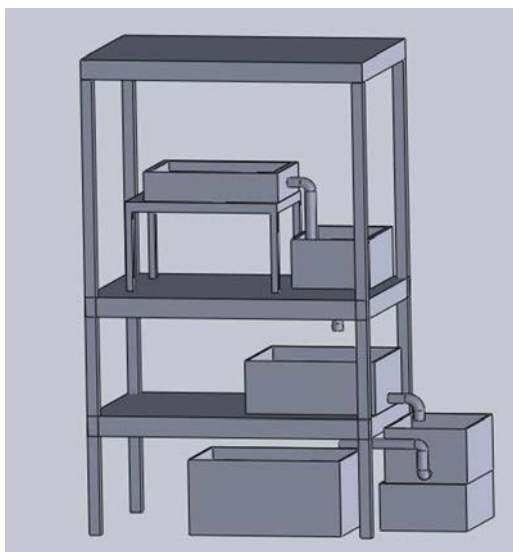


圖 2. 魚菜共生設備示意圖

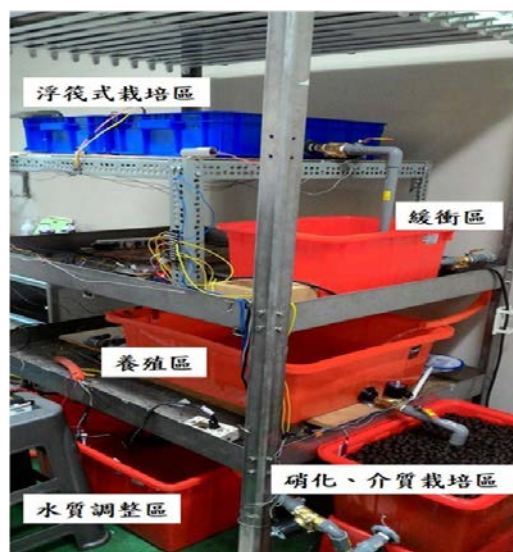


圖 3. 實際設備架構

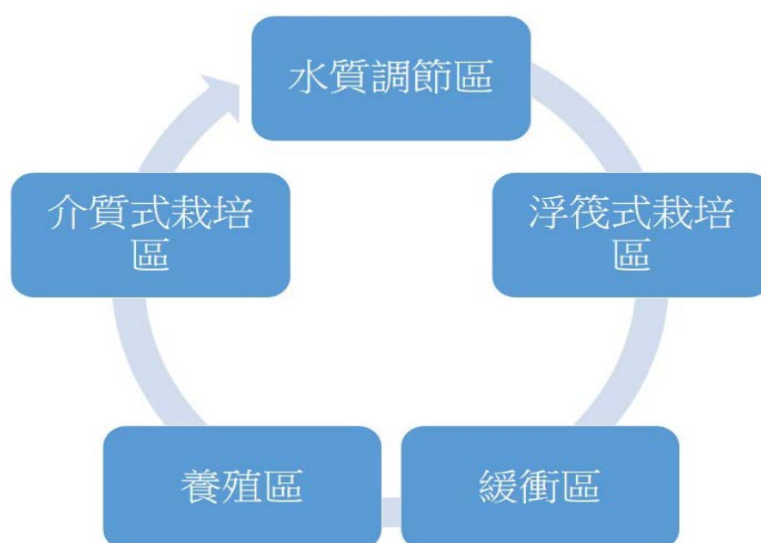


圖 4. 全循環模式示意圖

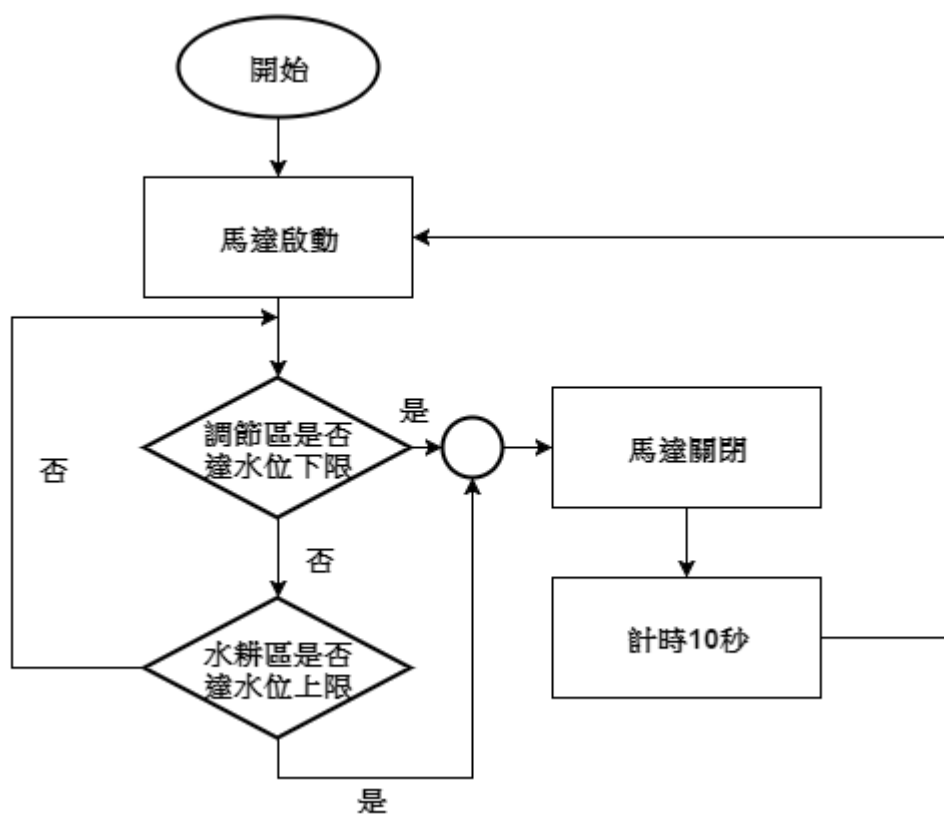


圖 5. 全循環模式之沉水馬達控制流程

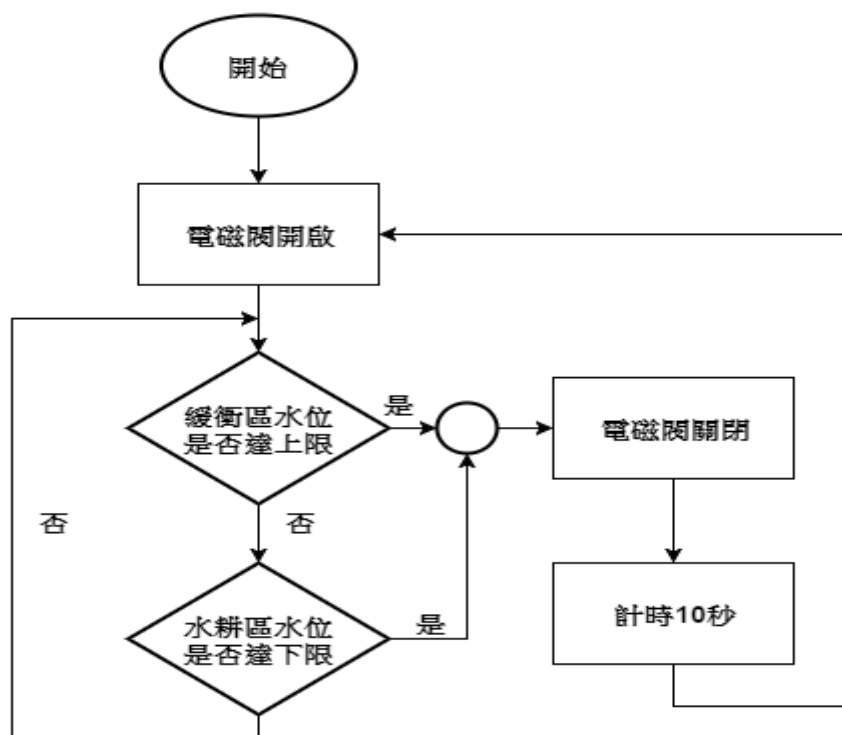


圖 6. 全循環模式之浮筏式栽培區電磁閥控制流程

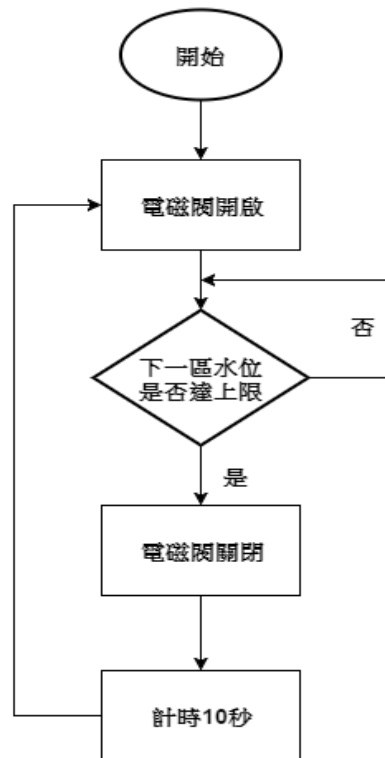


圖 7. 全循環、類虹吸模式之緩衝區與介質式栽培區電磁閥控制流程

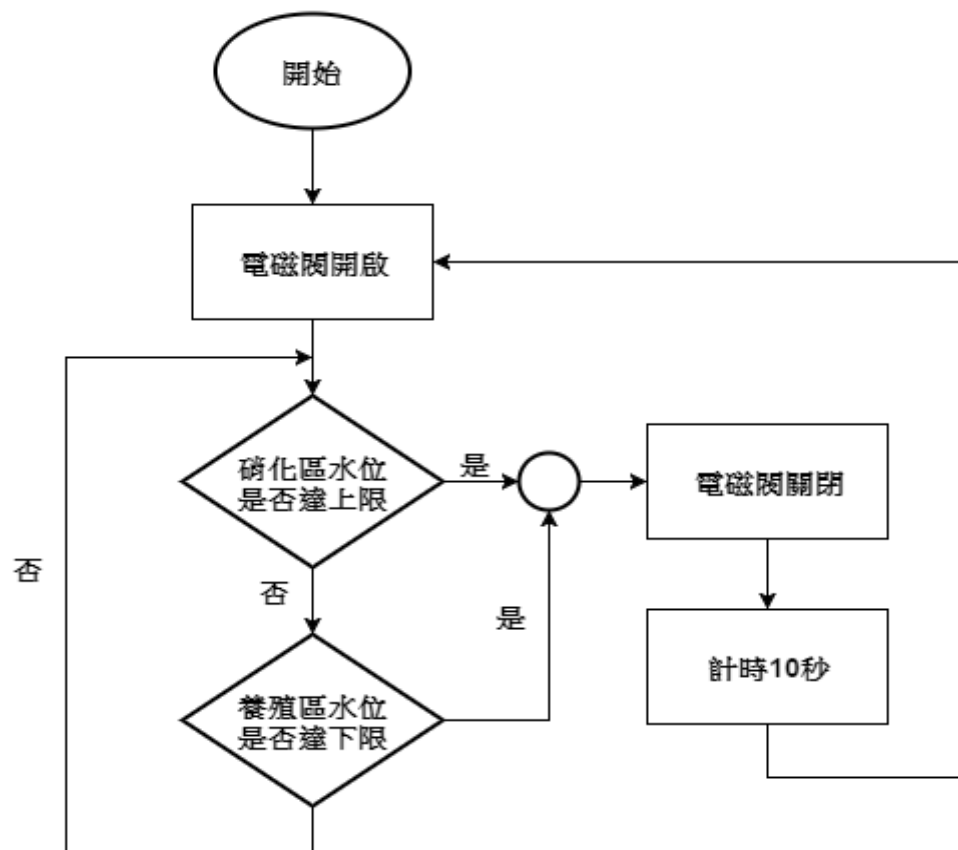


圖 8. 全循環、類虹吸模式之養殖區電磁閥控制流程

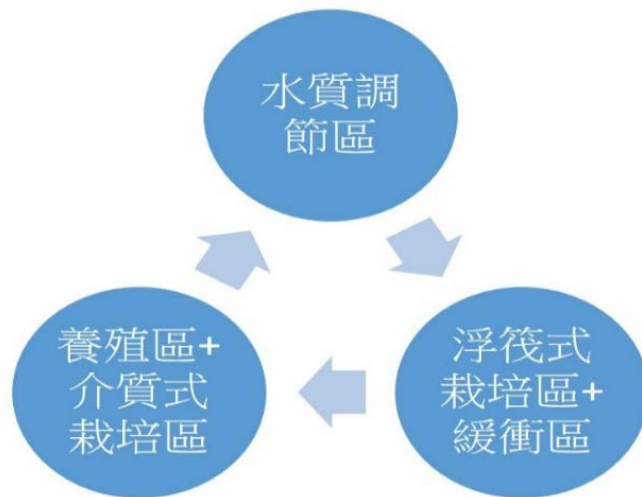


圖 9. 半循環模式示意圖

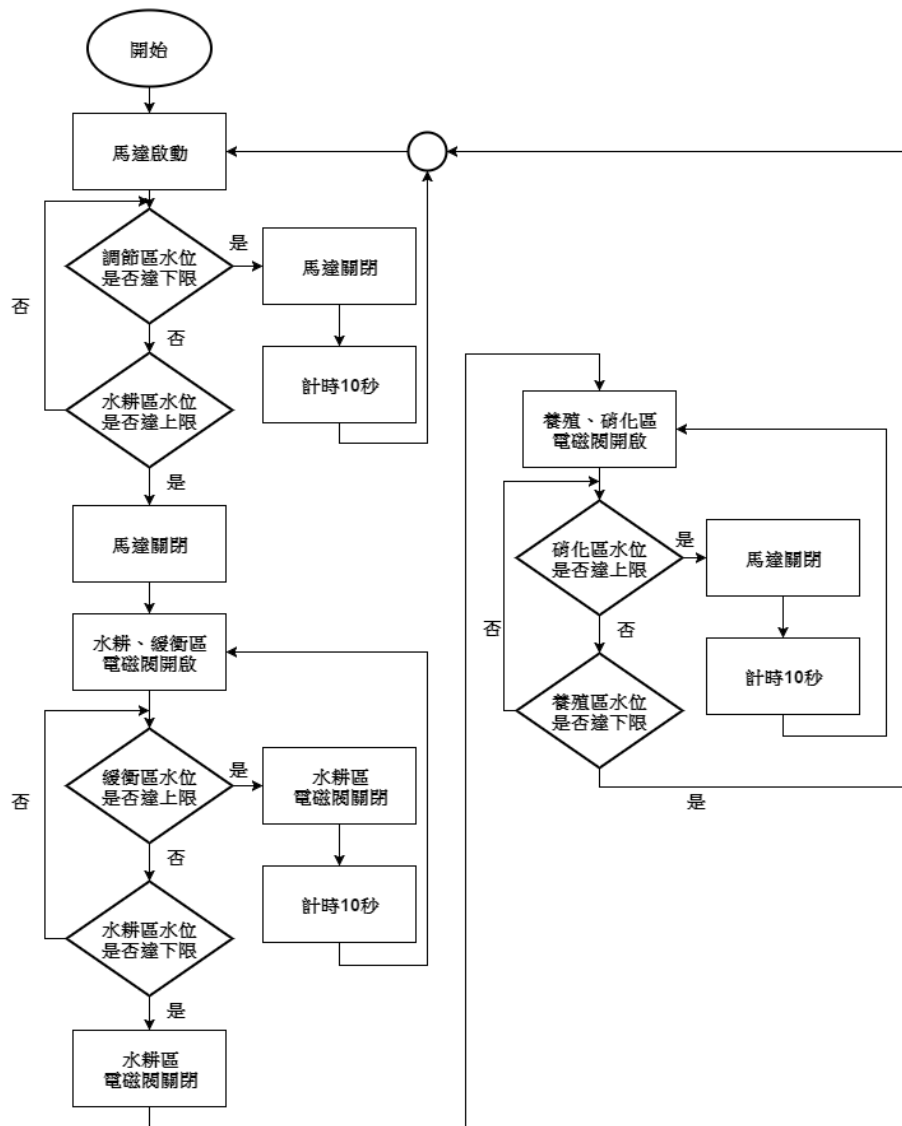


圖 10. 半循環模式之系統控制流程

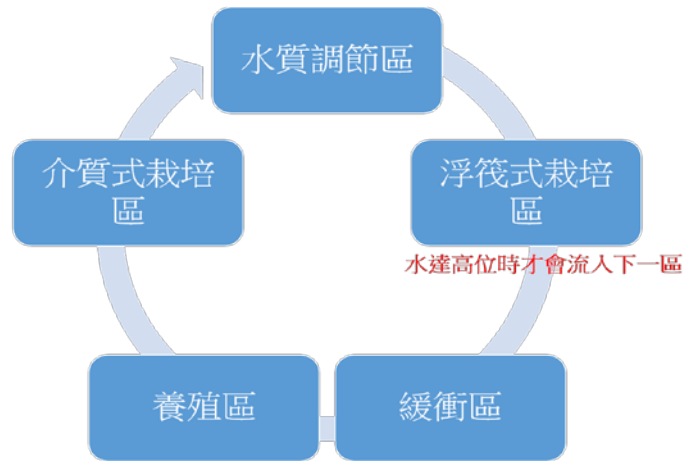


圖 11. 類虹吸模式示意圖

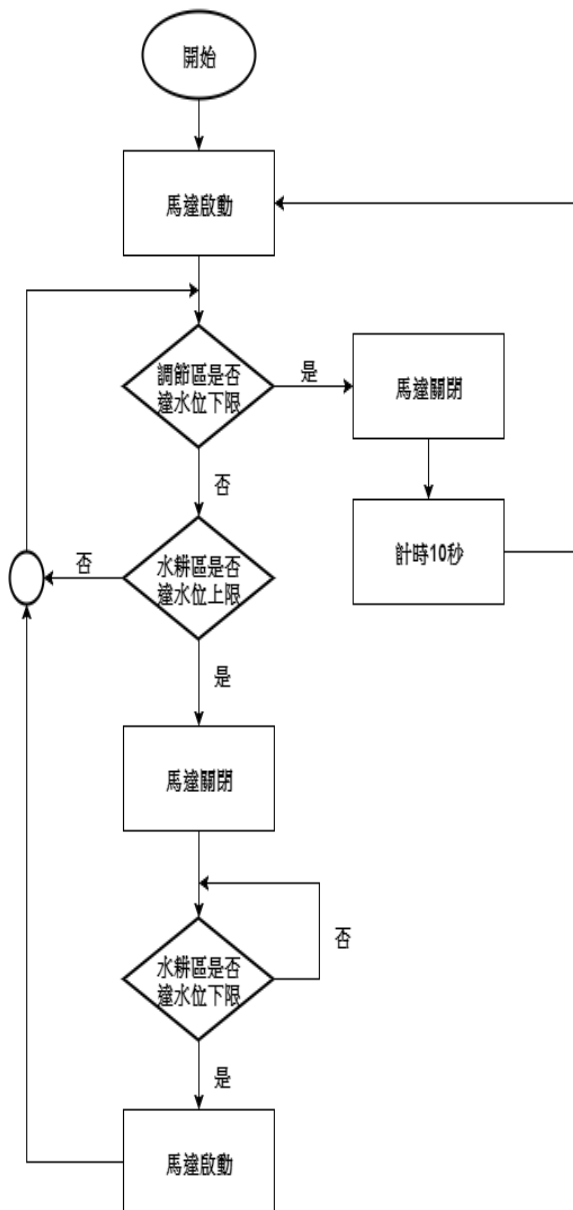


圖 12. 類虹吸模式之沉水馬達流程

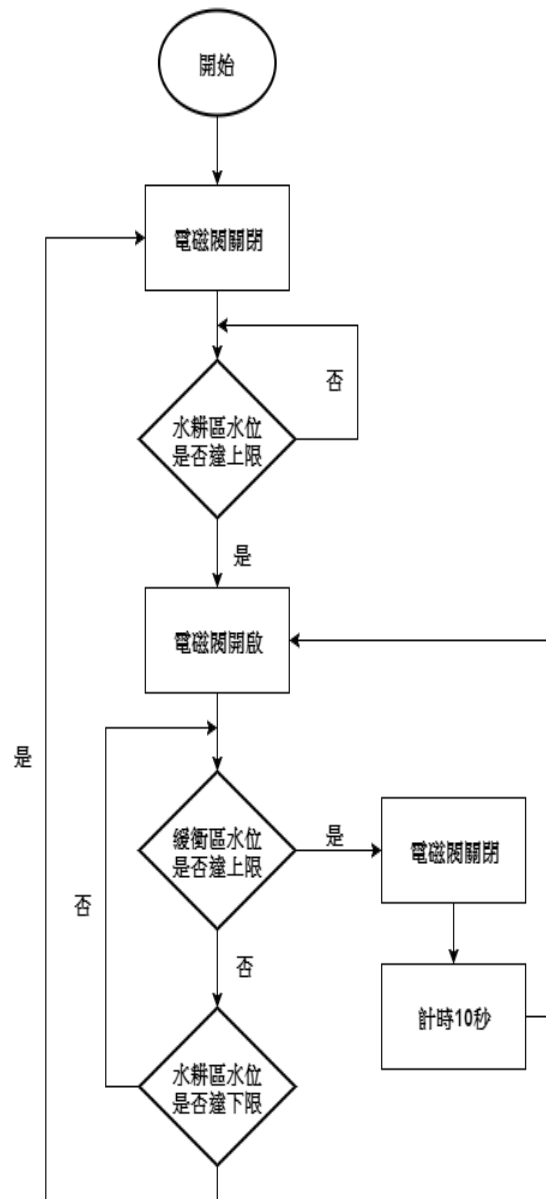


圖 13. 類虹吸模式之浮筏式栽培區電磁閥流程

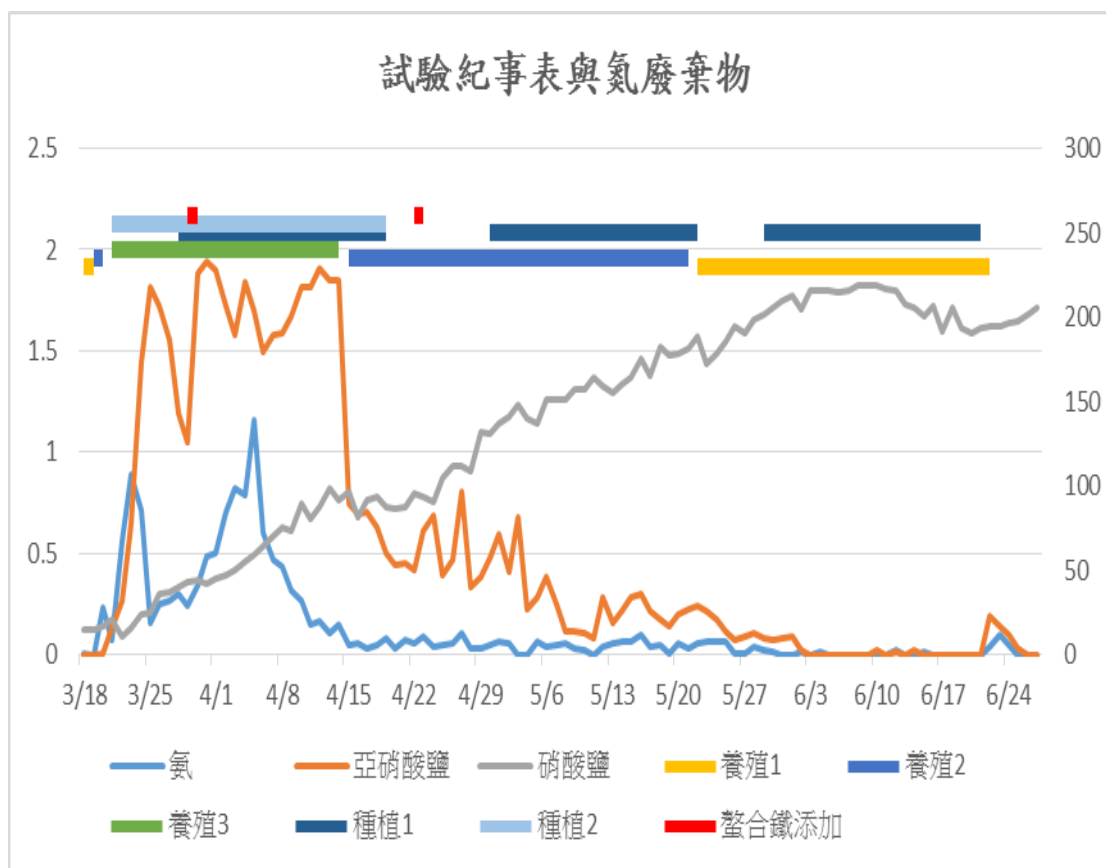


圖 14 試驗紀事表與氮廢棄物比較

養殖密度 1：0.4~0.54(公斤/噸水)(1~2 尾)

養殖密度 2：2.4~3.2(公斤/噸水)(10 尾)

養殖密度 3：4.3~4.7(公斤/噸水)(20 尾)

圖上之小白菜栽種時間以放入水耕區之時間起計。

種植 1：3/28~4/19；4/30~5/22；5/30~6/21。第一期 10 株，後兩期皆為 20 株。

種植 2：3/21~4/19，10 株。

光密度與光週期對於泥鰍—山蘇浮筏式魚菜共生系統的

水質與作物產量的影響

陳瑤湖 國立台灣海洋大學 水產養殖學系教授

梁榮元 財團法人農業工程研究中心副研究員

摘要

本研究在於探討光密度與光週期對於泥鰍(*Loach, Misgurnus anguillicandatus*)與山蘇(Nest fern, *Asplenium nidus*)在魚菜共生系統中的生產的影響。以光合光量子通量密度(photosynthetic photon flux density, PPFD)為基準的 3 階層的光密度(22, 59, 109 $\mu\text{mol sec}^{-1}\text{m}^{-2}$ 的 T5 螢光燈) $\times$ 2 階層的光週期(一日 3 或 6 小時)所形成的 6 處理，被逢機的分派到 12 個養殖槽，每槽為單一之浮筏魚菜共生系統含泥鰍與山蘇。12 週的生產期間，在無換水的操作下，水僅損失 8.9%，或是每日 0.1%。水的損失主要來自於葉面的蒸散及餵食區水的蒸發。水質保持得安全且穩定，無泥鰍死亡。整體的增重，泥鰍為 124.5%、山蘇為 167.5%。高的光密度及長的光週期對於泥鰍與山蘇的成長及水質的改善都是有利的，亦即減緩水中氮及磷的累積，因而降低生物需氧量及化學需氧量以及緩和酸鹼度的下降。浮筏式魚菜共生系統在節水、營養鹽保存及泥鰍與山蘇生產上皆顯示有效率。以較長的養殖期來養出較大的泥鰍及較高的山蘇產量是可行的，同時在此魚菜共生系統也可產生較大的利潤。

關鍵詞：魚菜共生，光合光量子通量，泥鰍，山蘇

Abstract

This study focused on effects of photoperiod and light intensity on production of loach and a shade or low light plant, Nest fern *Asplenium nidus* Linn. A factorial arrangement of 6 treatments, 3 light intensities in photosynthetic photon flux density (22, 59, 109 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ with T5 tube) $\times$ 2 photoperiods (3-h or 6-h light per day) were assigned to 12 tanks. Each tank was an aquaponics system containing fish, loach *Misgurnus anguillicandatus* and raft-supporting plant, Nest fern *A. nidus* Linn.. Water loss was 8.9% or 0.1% d⁻¹ in 12 weeks' production period, due to leaf transpiration mainly and evaporation in the feeding area. Water quality remained safe and stable. No fish died. Overall average weight gain was 124.5% for fish and 167.5% for plant. High light intensity and long photoperiod favored both plant and fish growth and improved water quality, such as lessened the accumulation of nitrogen and phosphorus nutrients in water, consequently, lowered BOD and COD and slowed down pH decline. This raft aquaponics system was demonstrated effective in water saving, nutrient conservation and fish and plant production. Longer culture period is feasible for bigger loach and higher fern production, consequently, more lucrative profit in this aquaponics system.

Keywords: Aquaponics, Photosynthetic photon flux density, Photoperiod, Loach, Nest fern

前言

在一魚菜共生系統中，養魚的過程及微生物的活動皆會影響到能提供給植物成長的營養源。養魚的過程包括魚的種類、大小、魚放養的總量、餵魚的頻率及飼料的總量、飼料的品質以及魚對於飼料的攝食量及利用效率等等。微生物的活動會影響到水中不可溶的有機物的分解成為可溶性的，甚至小分子的有機物，以易於植物的吸收。這活動受到微生物的種類及量以及水的溫度、溶氧、pH、以及現存營養的影響。

除了供植物成長的營養鹽之外，對於植物成長最直接的影響因子就是影響光合作用的光照條件，亦即光源的種類(波長的組成)、光照強度、以及光週期。我們前一研究顯示每天光照 24 小時空心菜的成長比光照 12 小時增加 12% (Liang and Chien, 2013)。有些研究顯示水中漂浮植物的成長與生產力與光照強度及光照總量有直接相關，當然也影響到對於水中營養的吸收率(Gopal, 1987; Rakocy et al., 1997; Urbanc-Bercic and Gaberscik, 1989)。Petrucio and Esteves (2000)發現一天多 2 小時的光照可使兩種植物降低更多水中的營養。

在室內魚菜共生系統，人工光照是一項重要成本。當培養的是低光照需求的植物時，這成本就可以降低。更進一步，若作物能進入特定市場並有高銷售價格，則在此魚菜共生系統進行生產，其經濟可行性也相形增加。基於以上考量，本研究選擇泥鰍(*Misgurnus anguillicandatus*)及山蘇(*Asplenium nidus*)作為魚菜共生生產的作物。

泥鰍是生活在溪、河、湖、溝、池塘、稻田、沼澤的小型淡水魚(Allen et al., 2002; Kottelat, 1998; Mc Mahon and Burggren, 1987)，喜歡軟泥或細沙的底質、淺水、及有水生植物的底質(Man and Hodgkiss, 1981; Tabor et al., 2001; Schmidt and Schmidt, 2014)，它分布在北緯 53 度及南緯 27 度間(Froese and Pauly, 2010)。它的分布除了是東亞到南亞的本土種(Sterba, 1973; Kottelat and Freyhof, 2007)，也可能經由觀賞魚的貿易而被引進到歐洲、北美、澳洲、及夏威夷(Welcomme, 1988)。

泥鰍有多種用途(Froese and Pauly, 2010)。它是中國人、日本人、韓國人的食用魚。此外，長期以來，它在傳統中醫的民俗療法中被用在肝炎、骨髓炎、癰腫、發炎、癌症的治療藥，也用在因各種病症及老化引起衰弱的健康恢復方面(Qin et al., 2002)。它也是觀賞水族受歡迎的魚種，因不同顏色如粉紅、橘色、灰色而有不同價格在 8~15 美元。它也被用作釣餌。

泥鰍能忍耐極端環境條件或邊際品質的棲所。Koetsier and Urguhart(2012)發現這種魚能承受脫水和飢餓超過 81 天。雖然它是亞熱帶魚種，Urguhart and Koetsier(2014)將實驗之泥鰍全部置於水中或部分與冰直接接觸，從其活存估計出最低臨界溫度界於-1 與-2 度。除了它強大的能力能忍受惡劣的環境及具有良好的市場，它還有幾個優越的特性適合於水產養殖，如雜食性、成長快速、忍受高放養密度及沒有重大疾病的威脅。因為這些原因，此研究選擇使用此魚。

山蘇英文為 Nest Fern(鳥巢蕨)，是一種附生植物，附生在其他植物的植物，它的棲所從陸地林的下層到樹冠的邊緣(Zotz and Hietz, 2001)。它原產於熱帶亞洲東南

部、東部澳洲、夏威夷、波利尼西亞、聖誕島、印度和非洲東部(Huang, 1994)。

山蘇在溫帶地被廣泛的栽培在室內。它已被用於作為民間醫藥治療哮喘、結瘡和衰弱(Akana, 1922)和衛生治療口臭。在台灣它的幼苗被當作蔬菜食用，通常切成寸長與大蒜、辣椒、小魚乾一起炒。這道菜在台灣菜館或在鄉間餐廳都廣受歡迎。

因為在大自然中山蘇生長在冠層樹上而冠層樹如同光篩，減弱了照在樹下及地面上的陽光(Ainuiddin and Lili, 2005)，因此，山蘇被歸類為低光照植物(Gilman, 2011)。然而山蘇培養在魚菜共生系統最適的光照狀態，亦即光週期及光密度則尚未被研究到，而成為本研究的目標。

材料與方法

本試驗由 3 階層的光合光子通量密度(PPFD)(22, 59, 109 $\mu\text{mol sec}^{-1} \text{m}^{-2}$ 或 28W, 56W, 84W T5 燈管) $\times$ 2 階層的光週期(每天 3、6 小時的光照)複因子組合成的 6 處理分別分配到 12 個水槽，每一處理有 2 重複或試驗單位，每個水槽就是一個浮筏式魚菜共生系統，包括泥鰱及浮筏上種植的山蘇。

每一試驗單位的設置如同前一研究，不同的是每水槽放養 250 尾，每尾 $7.2 \pm 1.4 \text{ g}$ ，即 2.0 kg m^{-3} 的泥鰱。保麗龍板上種了 16 株的山蘇，株與株的間距約 18 cm，山蘇的總重為 $291.2 \pm 4.5 \text{ g}$ 。

每試驗單位都配置類日光 28W 115 cm 的 T5 燈管。3 階層的 PPFD 分別來自 1, 2, 3 根 T5 燈管，這些燈管懸在山蘇 10 cm 之上，隨著山蘇成長而調整。

隨著計時器的控制，自動投餌機每天投餌 6 次，即每次間隔 4 小時。在這 12 週間有兩種餵飼方式。在前 6 週餵予商用吳郭魚飼料，含 25%粗蛋白、3%粗脂肪、12%粗灰分、6.5%粗纖維、2%酸不可溶物及 11%水含量。每天投餵量為魚重的 4%。為了加速泥鰱的成長，後 6 週餵予商用泥鰱飼料，含 45%粗蛋白、4%粗脂肪、<16%粗灰分、<3%粗纖維、2%酸不可溶物及<11%水含量。實驗期間未添加水，未換水。每週採水，泥鰱及山蘇的生物量則在 0, 6, 及 12 週量取。

水質量取的參數與方法如同前一研究，包括 pH, DO, EC, TAN, nitrite-N, TN, Soluble P, TP, BOD₅ 及 COD。

每次取樣的結果皆以雙向變方分析決定 PPFD 及光週期 PD 效應及交感效應對於泥鰱及山蘇成長參數及水質參數的影響。同時也以單向變方分析來排序 6 處理(2 階 PD $\times$ 3PPFD = 6 處理)對於泥鰱與山蘇成長的效應。鄧肯氏多變域測驗用來比較每因子各階層間的差異。顯著水準設為 5%。SAS 電腦軟體用來作統計分析。

結果與討論

一、浮筏式魚菜共生系統成本與水的節約

浮筏式魚菜共生系統可能是魚菜共生系統中最簡單且成本最低的系統。先前的研究(Liang and Chien, 2013)同樣使用此形式之系統，亦即將養魚槽與水耕單元結合為一且於槽底設散氣盤，可以省略魚菜共生系統中一些基本單元(Rakocy et al., 2006)，像是懸浮固體排除單元、生物過濾及沈澱槽、以及連接這些單元間的水管與推動水流的幫浦。因此，這些硬體的固定成本以及運轉幫浦的變動成本皆可節省下來。

從保麗龍板，即浮筏的下降得知槽內水位在 12 週的養殖後下降 8 cm，因而估出水的損失僅約 8.9%或每天 0.1%。這微量的水損失是因為保麗龍板緊貼水面，僅有用來投餌的角落約 15 cm × 15 cm 的區域是開放的，才會蒸發。其他部分的水損失可能來自於葉面的蒸散，這也是相當有限的。魚菜共生系統本身就被定義為一水產養殖水循環系統(recirculating aquaculture system, RAS)(Blidariu and Grozea, 2011)：一個魚菜共生系統融合水處理及再用，使得每天置換的水量少於 10%，換水量會因系統而異。在一尼羅吳郭魚與萵苣魚菜共生系統，其養魚槽、送水水道、網槽、淨化池及沈澱池都是開放且水會蒸發，每天需添加整個系統 1.4%的水量來補足蒸發及植物蒸散的水損失(Al-Hafedh et al., 2008)。在本研究從以下每水槽為基礎來計算單位山蘇產量的耗水量為 1.64 L kg⁻¹：山蘇起始重 0.291 kg，整體增重 167.5%，起始水量 900L，水損失 8.9%。同樣的方式獲得單位泥鰱產量的耗水量為 30.0 L kg⁻¹ 或 0.030 m³ kg⁻¹。根據數據為：泥鰱起始重 2.0 kg，增重 124.5%，起始水量 900 L，水損失 8.9%。過去的研究耗水量的數據如下：粗放水產養殖>5 m³kg⁻¹ 而半密集養殖 2.5 m³kg⁻¹(皆在 Al-Hafedh et al., 2008 中所引用)，Al-Hafedh et al. (2008)的魚菜共生研究為 0.32 m³kg⁻¹ 及 Rakocy et al. (1997)的魚菜共生研究為 0.25 m³kg⁻¹。兩者魚菜共生研究皆使用吳郭魚及萵苣。在我們的前一研究與此研究使用同設施，生產吳郭魚的耗水量為 0.020 m³kg⁻¹。這些差別可能是因為不同的植物與光照所致。

二、對於山蘇的處理效應

光密度(PPFD)的增高對於山蘇的成長是有利的。因為在第 6 週，高階光密度(109 μmol sec⁻¹m⁻²)下山蘇的增重已比中階(59μmol sec⁻¹m⁻²)及低階(22 μmol sec⁻¹m⁻²)的分別高出 11.0%及 21.4%。這有利的效應在第 12 週更增加三倍多，亦即比中階與低階的分別高出 33.5%及 80.2%。較長光週期(PD)對於山蘇成長有正面效應，因為在第 6 週及 12 週山蘇的增重在長光週期(6 小時)比短光週期(3 小時)高出 17.9%及 78.8%。Fig.1 也顯現 PPFD 與 PD 對於山蘇增重的合成效應。在第 12 週，PPFD 與 PD 的組合形成山蘇 4 梯度的增重。PD 比 PPFD 對於山蘇增重有較大的影響，因為三個短 PD 處理，即 31、32 及 33 中有兩者的增重比兩個長 PD 處理，即 63 與 62 的增重要低。當培植山蘇時，通常都會建議低、中度到亮光照，但非直接的陽光光照(Gilman, 2011; Thomas and Garber, 2012)。然而在本研究的測試範圍，長光週期及強光照造成山蘇快速的成長，這可能因為山蘇接受到較高量的光子。

三、對於氮的處理效應(Fig. 2)

總氮(TN)中硝酸氮(nitrate-N)佔約 97%，總氨氮(TAN)佔 2%，亞硝酸氮(nitrite-N)佔<1%。總平均硝酸氮持續增加。在第 4 週達 24 mg L⁻¹，然後在第 6 週降至 14 mg L⁻¹。在第 8 週又增至 35 mg L⁻¹，但就不再增加而停留在那濃度直到第 12 週，顯示硝酸氮的累積已緩和下來且達穩定。對於總氨氮，在第 8 週達最高，也僅 0.42 mg L⁻¹。因此，我們的魚菜共生系統可謂無氨毒的顧慮。在本研究，強氧化的環境使得亞硝酸，即硝化過程中的過渡氮產物，不穩定且濃度極低，而且對於本研究的處理效應不敏感。

第 4 週開始，PPFD 對於降低硝酸氮及總氮氮展現明顯的效應，亦即 PPFD 愈高，那些氮族濃度愈低。在第 12 週高階與中階 PPFD 的硝酸氮比低階 PPFD 的分別低 69% 及 31%。PPFD 對於亞硝酸沒影響，可能因為濃度過低， $<0.01 \text{ mg L}^{-1}$ 。光週期對於降低硝酸氮及總氮的效應始於第 2 週。在第 12 週，日照 6 小時的硝酸氮及總氮的濃度比 3 小時的分別低 17% 及 60%。

可以瞭解的是提高 PPFD 及 PD 有利於山蘇的成長，加速其對於氮的吸收，因而降低了硝酸氮及總氮氮的濃度。Petrucio and Esteves (2000)發現一大型植物 (*Eichhornia crassipes* 日照 12 小時比日照 10 小時從水中多吸收 7.4% 的總氮及 4.1% 的氮氮。有些研究顯示當主要氮源為氮時水生大型植物的成長良好，可能是因為氮的吸收及同化較硝酸根需要較少的能量(Petrucio and Esteves, 2000; Jampeetong and Brix, 2009)。當提供 4 種水生大型植物不同的無機氮源：氮、硝酸、氮+硝酸，則氮的吸收率仍然高於硝酸的吸收率(Jampeetong et al., 2012)。

四、對於總磷與 5 天生物需氧量的處理效用(Fig.3)

總平均磷逐漸從 0 週的 3.6 mgL^{-1} 增到第 6 週的 5.0 mgL^{-1} 。在第 7 週以前 TP 大量的增加到 18.5 mgL^{-1} 是因為從原來低粗蛋白 32% 飼料改用高粗蛋白 40% 的飼料。總磷從第 8 週的 18.5 mgL^{-1} 增加到第 12 週的 21.1 mgL^{-1} 。在第 2 週提高 PPFD 及 PD 能降低總磷開始產生效率，效率在第 8 週之後其效率更加顯。Petrucio and Esteves (2000)發現 12 小時的日照比 10 小時的日照去除 9.2% 更多的總磷及 9.9% 更多的磷酸。

在 12 週期間 BOD_5 的變化並無趨勢及大改變，高階與中階的 PPFD 比低階的 BOD_5 分別少 21% 及 12%，日照 6 小時比 3 小時可更降低 28% 的 BOD_5 。在一些條件下生物過濾能適當的表現，其 BOD_5 應少於 20 mgL^{-1} (Rakocy et al., 2006)。本研究的浮筏式魚菜共生系統並不具備分開成獨立的生物過濾器，但山蘇的根叢及保麗龍浮筏板的底面可能具有生物過濾的功能，然而在所有的處理其 BOD_5 卻從未超過 14 mgL^{-1} 。為何高 PPFD 及長時間 PD 導致低 BOD_5 的原因仍不知曉，在那些處理中較低的氮及磷營養可能導致較低的微生物活動而致較低的 BOD_5 。

五、對於 EC 與 COD 的處理效應(Fig. 4)

溶解的營養可整體的以總溶解固體(Total dissolved solids, TDS)來衡量而以 ppm 為單位，或者以營養溶液傳導電流(electrical current, EC)來衡量而以 mohm cm^{-1} 或 $1,000 \mu\text{ohm cm}^{-1}$ 為單位。EC 除了從 0 週的 175 電流單位劇增至第 2 週的 403 單位，然後逐步的增至第 12 週的 524 電流單位。這增加趨勢可能歸諸於有機質的累積且礦質化而增加的離子濃度。PPFD 及 PD 自第 2 週開始生效，也就是兩者愈高，EC 愈低。在第 12 週，高階與中階 PPFD 的 EC 比低階的分別低 6% 及 4%，6 小時日照比 3 小時日照的 EC 少 7%。

COD 總平均穩定的增至第 8 週的 56 hd^{-1} 而緩和的至第 12 週的 64 hd^{-1} 。PPFD 及 PD 對於 COD 的效應類似對於 EC，即 PPFD 及 PD 愈高，COD 愈低。在第 12 週，高階與中階 PPFD 的 COD 比低階的分別減少 17 及 13%，6 小時日照比 3 小時日照的 COD 少 31%。

Rakocy et al. (2006)認為魚菜共生系統中 TDS 保持在 200~400 ppm 或 EC 在 300~600 $\mu\text{ohm cm}^{-1}$ 能有好的植物生產。若溶解營養穩定增加而達到 TDS 2,000 ppm 或 EC 3.5 mohm cm^{-1} ，會發生光合毒性(phototoxicity)。此時增加換水率或降低放養量及飼料將可快快減少營養的累積。本研究在例行養殖操作下 EC 從未超過 600 $\mu\text{ohm cm}^{-1}$ 而且山蘇成長也不錯。高 PPFD 及長時間 PD 導致低 EC 及 COD 可能歸諸於在那些處理中較低的氮、磷及其他營養量。

六、對於溫度、DO、及 pH 的處理效應(Fig. 5)

溫度總平均為 $25.4 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ，溫度變化並無趨勢，最高溫 29.5°C 在第 12 週及最低溫 21.3°C 在第 2 週。如期望的，PPFD 及 PD 沒影響水溫。高 PPFD 及長間 PD 無一導致高溫，可能原因是：(1)T5 燈管的螢光並不產生多少熱量而且如規格所稱燈管本身溫度很少達 37°C ，因此較強及較長時間的光照並未造成水熱量獲取的差異；以及(2)保麗龍板阻礙水體接受到光照，而且本身即是溫度的絕緣體。

溶氧總平均為 $7.94 \pm 0.12 \text{ mgL}^{-1}$ ，即 90~92%的飽和度，因為 $25\sim 26^\circ\text{C}$ 水溫的 100% 飽和溶氧為 $8.8\sim 8.6 \text{ mgL}^{-1}$ 。水產養殖的溶氧建議為 $>5 \text{ mgL}^{-1}$ (Boyd, 1992; Graber and Junge, 2009)。此系統有打氣提供溶氧而薄膜散氣盤顯現出高效率。時間本身對於溶氧無影響。然而整個實驗中，較高的 PPFD 及較長的 PD 造成較高的溶氧。這可能歸諸於在那些處理中與較低的 PPFD 及較短的 PD 比較，有較低的 BOD_5 及耗氧，這已在面 3.4 中述及。Rakocy et al. (2006)提到在魚菜共生系統為了植物的健康保持高溶氧的重要性(Goto et al., 1996)並且可排除水中還原性的毒性物質。

pH 總平均穩定且逐漸的從開始的 7.02 降到第 12 週的 5.8。pH 的降低可歸諸於養魚期間有硝酸氮的累積(Boyd, 1992)，較高的 PPFD 及較長的 PD 的處理造成較高的 pH。這可能因為這些處理的硝酸氮累積較低，這些已在前面 3.3 中述及。

七、對於泥鰱活存與成長的處理效應(Fig. 6)

PPFD 及 PD 對於活存率沒影響，因為沒有死亡發生。

增高 PPFD 有利於魚的成長，因為在第 6 週高階 PPFD 的魚的增重已分別高於中階及低階 PPFD 的 3.8%及 8.0% (Fig. 6)。此有利的效應甚至在第 12 週還加倍，即高階的增重較中階及低階的分別高出 7.5%及 16%。長光照期增加魚成長因為在第 6 週及第 12 週日照 6 小時的魚的增重較 3 小時的分別高出 6.0%及 11.8%。Fig. 6 也顯現 PPFD 及 PD 對於魚成長的加成效應。在第 12 週，PPFD 與 PD 的 6 階的光照組合造成 5 層次的魚的增重。PD 對於魚增重的效應高於 PPFD，因為三個日照 6 小時的處理，即 63、62 及 61 處理魚的增重皆高於三個日照 3 小時的處理。

泥鰱通常可活在 5°C 及 25°C 之間(Baensch and Riehl, 1985)而且可忍受 2°C 及 30°C 的極端。除此之外，此魚可忍受無氧(anoxia)或低氧(hypoxia)(Ip et al., 2004)及高氮環境(Chew et al., 2001; Tsui et al., 2002; Tsui et al., 2004; Moreira-Silva et al., 2010)。它可忍耐外在(external)非常的高氮(在 pH 6.7 及 20°C ， LC_{50} 的值為 $75 \text{ mM NH}_4\text{Cl}$)及內在(internal)的高氮(在水漿中 5 mM)(Tsui et al., 2004)。儘管此魚可忍受惡劣的環境而本研究所有處理的水質皆達安全水平，那些水質較佳的高 PPFD 及長 PD

的處理仍然造就了較高的魚的成長。水質佳表現在較低的 TAN 及硝酸氮、總磷及 BOD₅、EC 及 COD、以及較高的 DO 及 pH。

結論與建議

本研究顯示泥鰍—山蘇浮筏式魚菜共生系統在魚的廢處理及水資源保育是非常有效的。在 12 週的生產期間，沒有加水及排水，每天因為植物葉的蒸散及稍微的蒸發僅有 0.1% 的水的損失。對於植物生產水的消耗為 1.64 L kg^{-1} ，魚為 30.0 L kg^{-1} ，水質維持安全且穩定。無魚死亡，魚增重 124.5%，植物為 167.5%。高光密度及長光週期對於植物及魚皆有利且增進水質。例如減緩水中氮及磷營養的累積，因此，降低了 BOD 及 COD 及減緩了 pH 的下降。

增加魚菜共生的利潤及生產力對於魚菜共生的商業化是必需的。因為泥鰍可耐氨氮，較長的養殖期是可行的，而能生產較大的泥鰍及較多的山蘇，因此這魚菜共生的系統有較豐厚的利潤。從這研究所學到的，我們考慮兩種可能性可更進一步增加生產力：1. 延長光週期到每日 8 至 9 小時來看對山蘇及泥鰍成長及水質改善是否能更有利；2. 增加泥鰍放養密度及山蘇種植密度來更增加兩者的產量。本研究 12 週的生產期氮及磷相對緩和的累積以及其低濃度顯示仍然有空間可容納較高的泥鰍及山蘇密度，只要泥鰍代謝物轉化成山蘇可吸的營養之間能達成平衡。

謝誌

非常感謝中正基金會多年來對本人及水產養殖研究的支持，而且魚菜共生的研發與應用，也在基金會的支持下得已拓展。一謝再謝，尤其在甫退休回顧之時。

參考文獻

- Ainuddin, A.N., Lili, T., 2005. Air and soil temperatures characteristics of two sizes forest gaps in tropical forest. *Asian J. Plant Sci.* 4, 144e148.
- Al-Hafedh, Y.S., Alam, A., Beltagi, M.S., 2008. Food production and water conservation in a recirculating aquaponic system in Saudi Arabia at different ratios of fish feed to plants. *J. World Aquac. Soc.* 39, 510e520.
- Allen, G.R., Midgley, S.H., Allen, M., 2002. *Field Guide to the Freshwater Fishes of Australia*. Western Australian Museum, Perth, Western Australia, 394 pp.
- APHA (American Public Health Association), 1992. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, eighteenth ed. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington, D.C., USA.
- Baensch, H.A., Riehl, R., 1985. *Aquarien Atlas. Band 2*. Mergus. Verlag für Natur-und Heimtierkunde GmbH, Melle, Germany, 1216 pp.
- Bendschneider, K., Robinson, R.J., 1952. A new spectrophotometric determination of nitrite in seawater. *J. Mar. Res.* 2, 87e96.

- Blidariu, F., Grozea, A., 2011. Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics e review. *Animal Sci. Biotechnol.* 44, 1e8.
- Boyd, C.E., 1992. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experimental Station. Auburn University, Alabama, p. 482.
- Chew, S.F., Jin, Y., Ip, Y.K., 2001. The loach *Misgurnus anguillicaudatus* reduces amino acid catabolism and accumulates alanine and glutamine during aerial exposure. *Physiol. Biochem. Zool.* 74, 226e237.
- Duke, J.A., 1985. *CRC Handbook of Medicinal Herbs*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Froese, R., Pauly, D. (Eds.), 2010. FishBase. World Wide Web Electronic Publication. www.fishbase.org. <http://www.fishbase.org/Summary/speciesSummary.php?ID¼3016>. version (04/2010).
- Gilman, E.F., 2011. *Asplenium nidus* Bird's Nest Fern. IFAS Extension FPS54, a Series of the Environmental Horticulture. Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, p. 2.
- Gopal, B., 1987. *Water Hyacinth*. Elsevier Aquatic Plant Studies 1, 471pp.
- Goto, E., Both, A.J., Albright, L.D., Langhans, R.W., Leed, A.R., 1996. Effect of dissolved oxygen concentration on lettuce growth in floating hydroponics. *Proceedings of the international symposium in plant production in closed systems. Acta Hortic.* 440, 205e210.
- Graber, A., Junge, R., 2009. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 246, 147e156.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Ehrhardt, K., 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, Federal Republic of Germany, 419pp.
- Huang, T.-C., 1994 *Flora of Taiwan*, second ed., vol 1. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, Taipei. 648 pp.
- Ip, Y.K., Chew, S.F., Randall, D.J., 2004. Five tropical air-breathing fishes, six different strategies to defend against ammonia toxicity on land. *Physiol. Biochem. Zool.* 77, 768e782.
- Jampeetong, A., Brix, H., 2009. Nitrogen nutrition of *Salvinia natans*: effect of inorganic nitrogen form on growth, morphology, nitrate reductase activity and uptake kinetics of ammonium and nitrate. *Aquat. Bot.* 90, 67e73.
- Jampeetong, A., Brix, H., Kantawanichkul, S., 2012. Effects of inorganic nitrogen forms on growth, morphology, nitrogen uptake capacity and nutrient allocation of four tropical aquatic macrophytes (*Salvinia cucullata*, *Ipomoea aquatica*, *Cyperus involucratus* and *Vetiveria zizanioides*). *Aquat. Bot.* 97, 10e16.
- Koetsier, P., Urquhart, A.N., 2012. Desiccation tolerance in a wild population of the invasive oriental weatherfish *Misgurnus anguillicaudatus* in Idaho, USA. *Trans. Am.*

- Fish. Soc. 141, 365e369.
- Kottelat, M., 1998. Fishes of the Nam Theun and Xe Bangfai basins, Laos, with diagnoses of twenty-two new species (Teleostei: Cyprinidae, Balitoridae, Cobitidae, Coidae and Odontobutidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters* 9, 1e128.
- Kottelat, M., Freyhof, J., 2007. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland.
- Liang, J.Y., Chien, Y.H., 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. *Int. J. Biodeterior. Biodegrad.* 85, 693e700.
- Man, S.H., Hodgkiss, I.J. (Eds.), 1981. *Hong Kong Freshwater Fishes*. The Urban Council, The Wishing Printing Company, Hong Kong, 39 pp.
- McMahon, B.R., Burggren, W.W., 1987. Respiratory physiology of intestinal air breathing in the teleost fish *Misgurnus anguillicaudatus*. *J. Exp. Biol.* 133, 371e393.
- Moreira-Silva, J., Tsui, T.K.N., Coimbra, J., Vijayan, M.M., Ip, Y.K., Wilson, J.M., 2010. Branchial ammonia excretion in the Asian weatherloach *Misgurnus anguillicaudatus*. *Comp. Biochem. Physiol. Part C* 151, 40e50.
- Mundy, B.C., 2005. Checklist of the fishes of the Hawaiian Archipelago. Bishop museum bulletins in zoology. *Bish. Mus. Bull. Zool.* 6, 1e704.
- Nico, L., Fuller, P., Neilson, M., Larson, J., Fusaro, A., Makled, T.H., Loftus, B., 2014. *Misgurnus anguillicaudatus*. USGS Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL. Revision Date: 8/7/2014. <http://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?SpeciesID498>.
- Petrucio, M.M., Esteves, F.A., 2000. Influence of photoperiod on the uptake of nitrogen and phosphorus in the water by *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata*. *Rev. Brasilia Biol.* 60, 373e379.
- Qin, C.G., Huang, K.X., Xu, H.B., 2002. Protective effect of polysaccharides from the loach on the in vitro and in vivo peroxidative damage of hepatocyte. *J. Nutr. Biochem.* 13, 592e597.
- Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Shultz, K.A., Cole, W.M., 1997. Evaluation of a commercial scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. In: Fitzsimmons, K. (Ed.), *Tilapia aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture at Orlando, Florida*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, New York, USA, pp. 357e372.
- Rakocy, J.E., Masser, M.P., Losordo, T.M., 2006. *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics e Integrating Fish and Plant Culture*. Southern Regional Aquaculture Center Publication no. 454. USDA, Washington, D.C., p. 16
- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., Parkin, G.F., 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, fifth ed. McGraw-Hill, New York.
- Schmidt, R.E., Schmidt, A.J., 2014. Observations on oriental weatherfish (*Misgurnus*

- anguillicaudatus*), an exotic species in the Hudson river Valley, New York. Northeast. Nat. 21, 134e145. <http://www.bioone.org/doi/full/10.1656/045.021.0113>.
- Seawright, D.E., Stickney, R.R., Walker, R.B., 1998. Nutrient dynamics in integrated aquaculture-hydroponics systems. Aquaculture 160, 215e237.
- Solorzano, L., 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenol hypochlorite method. Limnol. Oceanogr. 14, 700e801.
- Sterba, G., 1973. Freshwater Fishes of the World. Tropical Fish Hobbyist Publications, Inc., Neptune City, NJ. English translation and revision from German. Two volumes.
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board Can. Bull. 167, 310 pp.
- Tabor, R.A., Warner, E., Hager, S., 2001. An oriental weatherfish (*Misgurnus anguillicaudatus*) population established in Washington State. Northwest Sci. 75, 72-76.
- Thomas, P.A., Garber, M.P., 2012. Growing Ferns. The University of Georgia Cooperative Extension Bulletin 737. College of Agricultural and Environmental Sciences, University of Georgia, Athens, Georgia, p. 16.
- Tsui, T.K.N., Randall, D.J., Chew, S.F., Jin, Y., Wilson, J.M., Ip, Y.K., 2002. Accumulation of ammonia in the body and NH₃ volatilization from alkaline regions of the body surface during ammonia loading and exposure to air in the weather loach *Misgurnus anguillicaudatus*. J. Exp. Biol. 205, 651e659.
- Tsui, T.K.N., Randall, D.J., Hanson, L., Farrell, A.P., Chew, S.F., Ip, Y.K., 2004. Dogmas and controversies in the handling of nitrogenous wastes: ammonia tolerance in the oriental weather loach *Misgurnus anguillicaudatus*. J. Exp. Biol. 207, 1977-1983.
- Urbanc-Bercic, O., Gaberscik, A., 1989. The influence of temperature and light intensity on activity of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.). Aquat. Bot. 35, 403-408.
- Urquhart, A.N., Koetsier, P., 2014. Low-temperature tolerance and critical thermal minimum of the invasive oriental weatherfish *Misgurnus anguillicaudatus* in Idaho, USA. Trans. Am. Fish. Soc. 143, 68e76. <http://dx.doi.org/10.1080/00028487.2013.829124>.
- Welcomme, R.L., 1988. International introductions of inland aquatic species. FAO Fish. Tech. Pap. 294, 318.
- Wikipedia, The Free Encyclopedia, on line at <http://en.wikipedia.org/wiki/Aquaponics>.
- Wikipedia, The Free Encyclopedia, on line at <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics>.
- Yamamoto, M.N., Tagawa, A.W., 2000. Hawaii's Native and Exotic Freshwater Animals. Mutual Publishing, Honolulu, Hawaii, 200 pp.
- Zotz, G., Hietz, P., 2001. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. J. Exp. Bot. 62, 2067-2078.

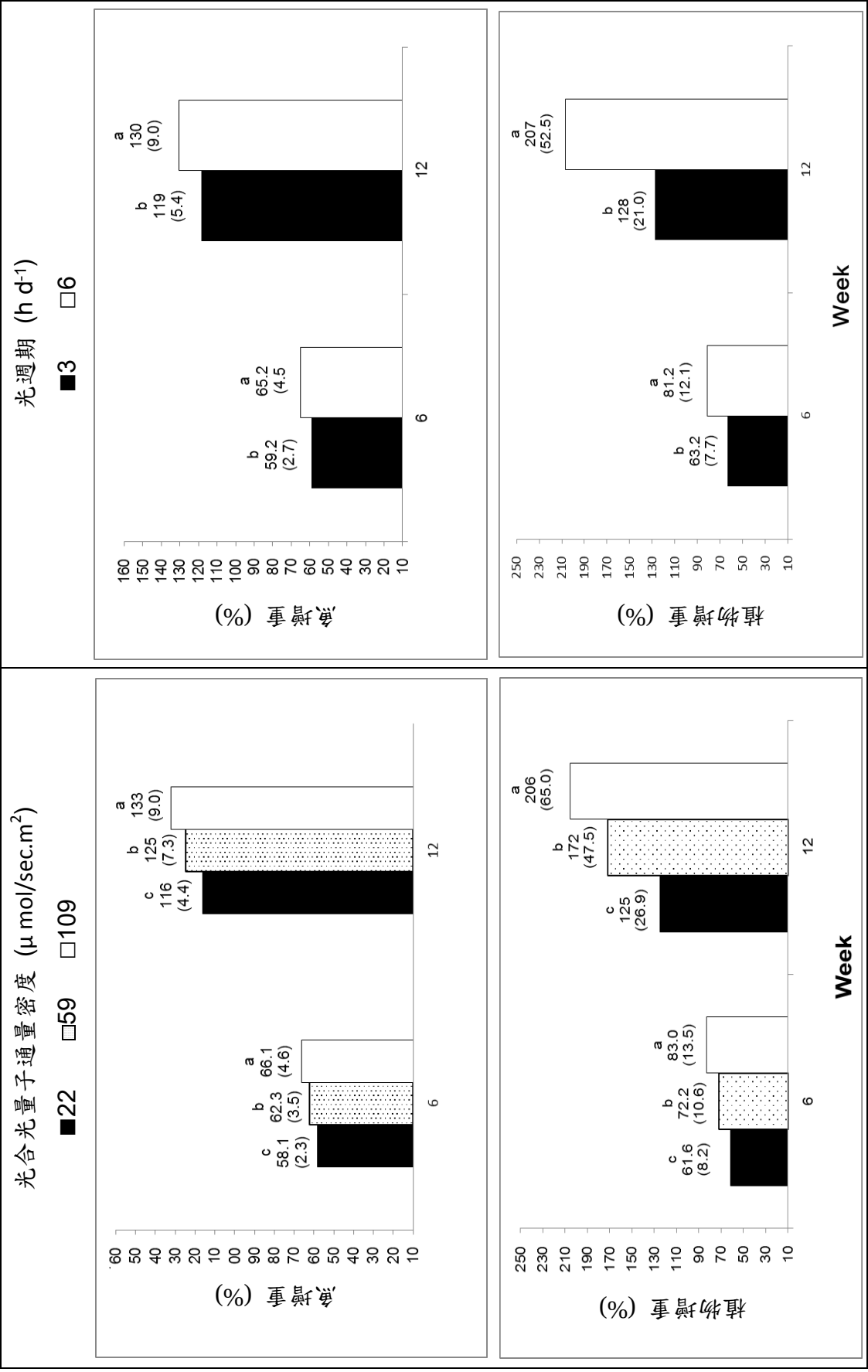


Figure 1. 在泥鰱-山蘇魚菜共生系統養殖12週後主效應對於魚增重與植物增重的影響

光週期 (PD) (h d^{-1}) : 3, 6

光合光子通量密度 (PPFD) ($\mu\text{ mol/sec.m}^2$) : 22,59,109 (Level : 1,2,3)

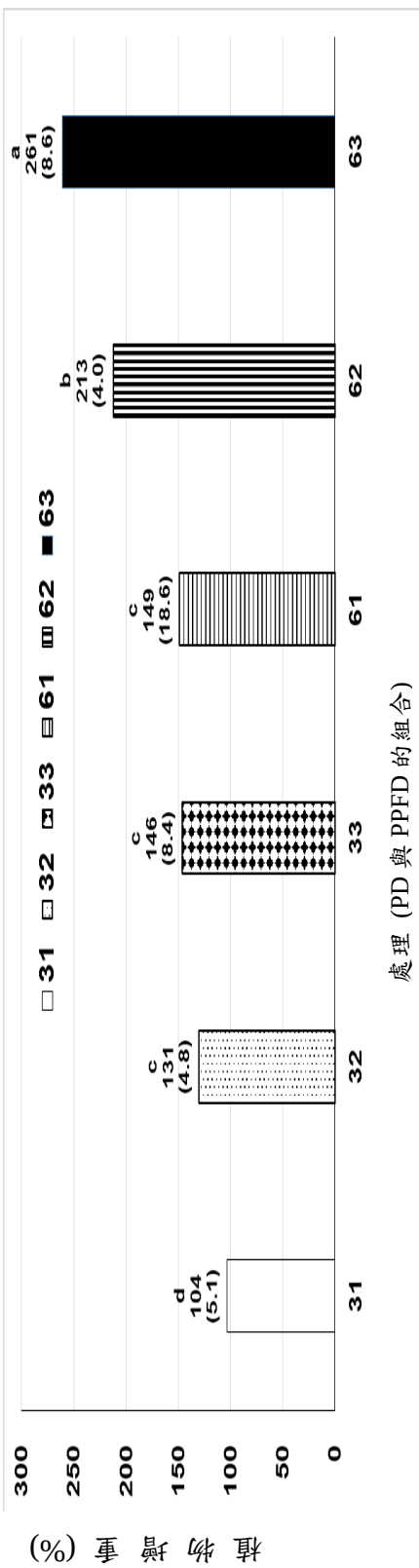
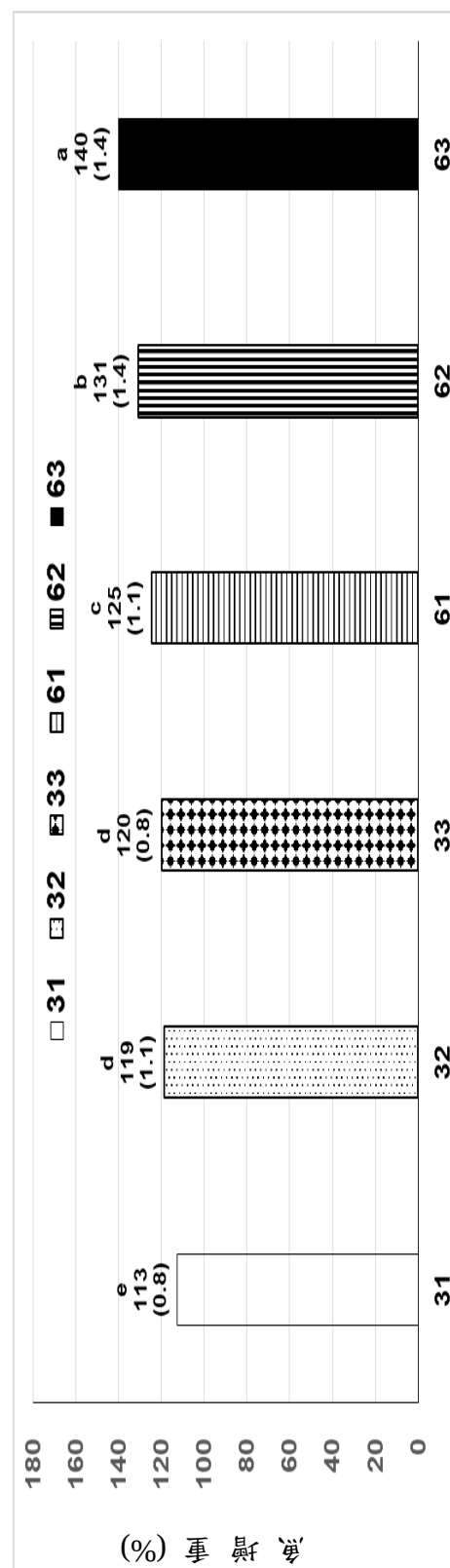


Figure 2. 在泥鰱—山蘇魚菜共生系統養殖12週後經單向變方分析光密度與光週期組合效應對於魚增重與植物增重的影響

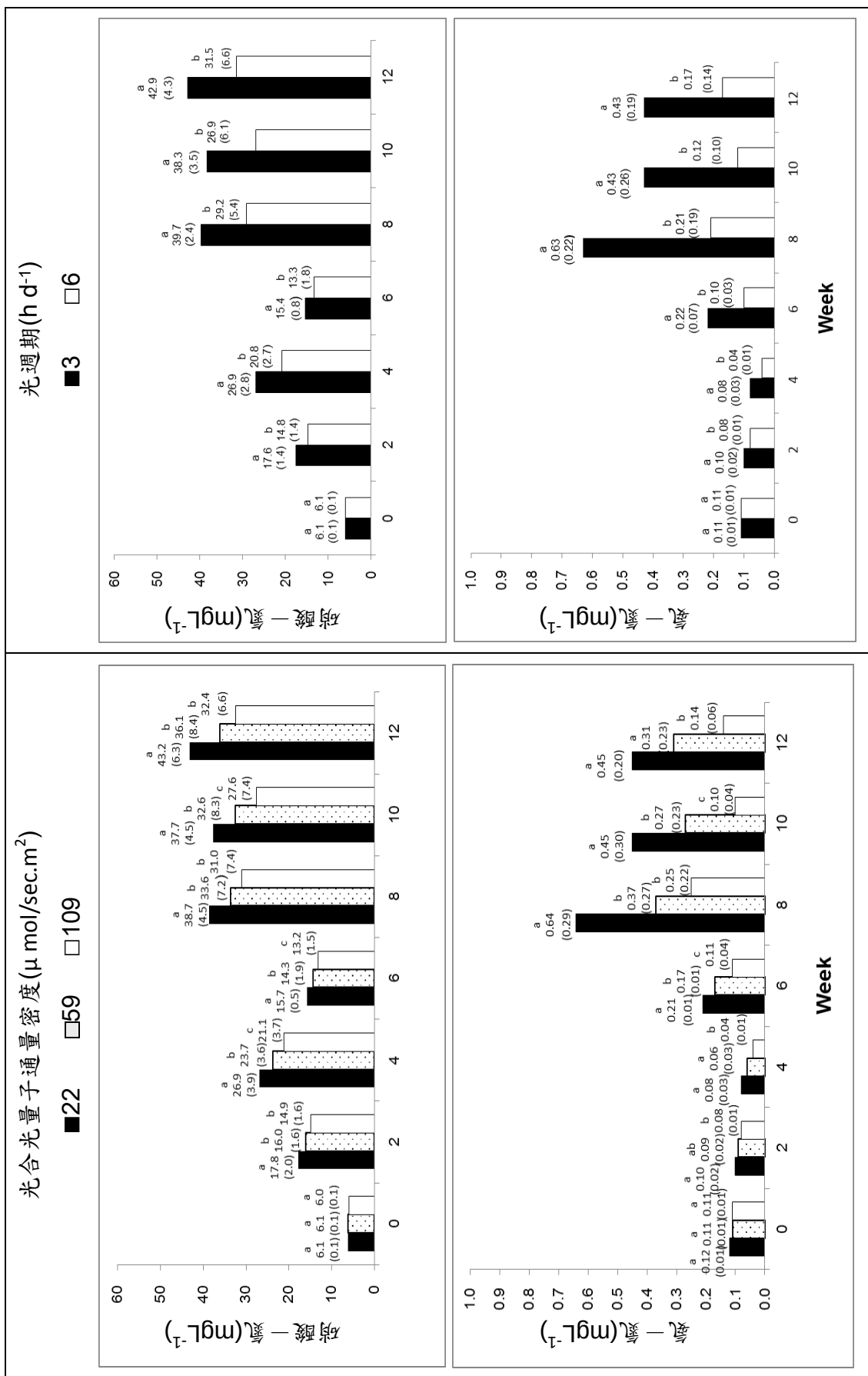


Figure 3 在泥鰱—山蘇魚菜共生系統養殖12週後，光密度與光週期對於水中硝酸氮與氨氮濃度的影響

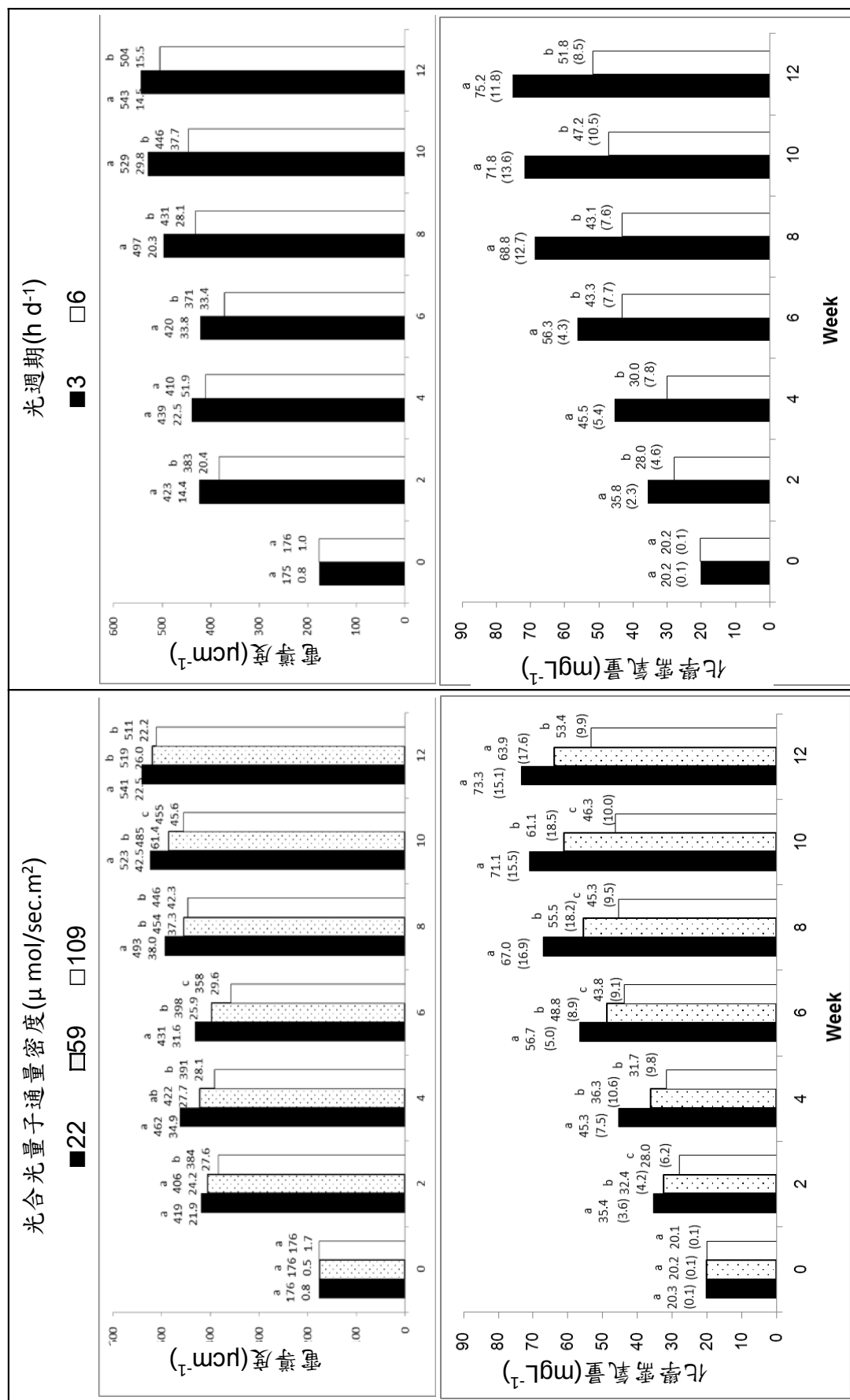


Figure 4. 在泥鰱－山蘇魚菜共生系統養殖12週後，光密度與光週期對於電導度與光學需氧量的影響

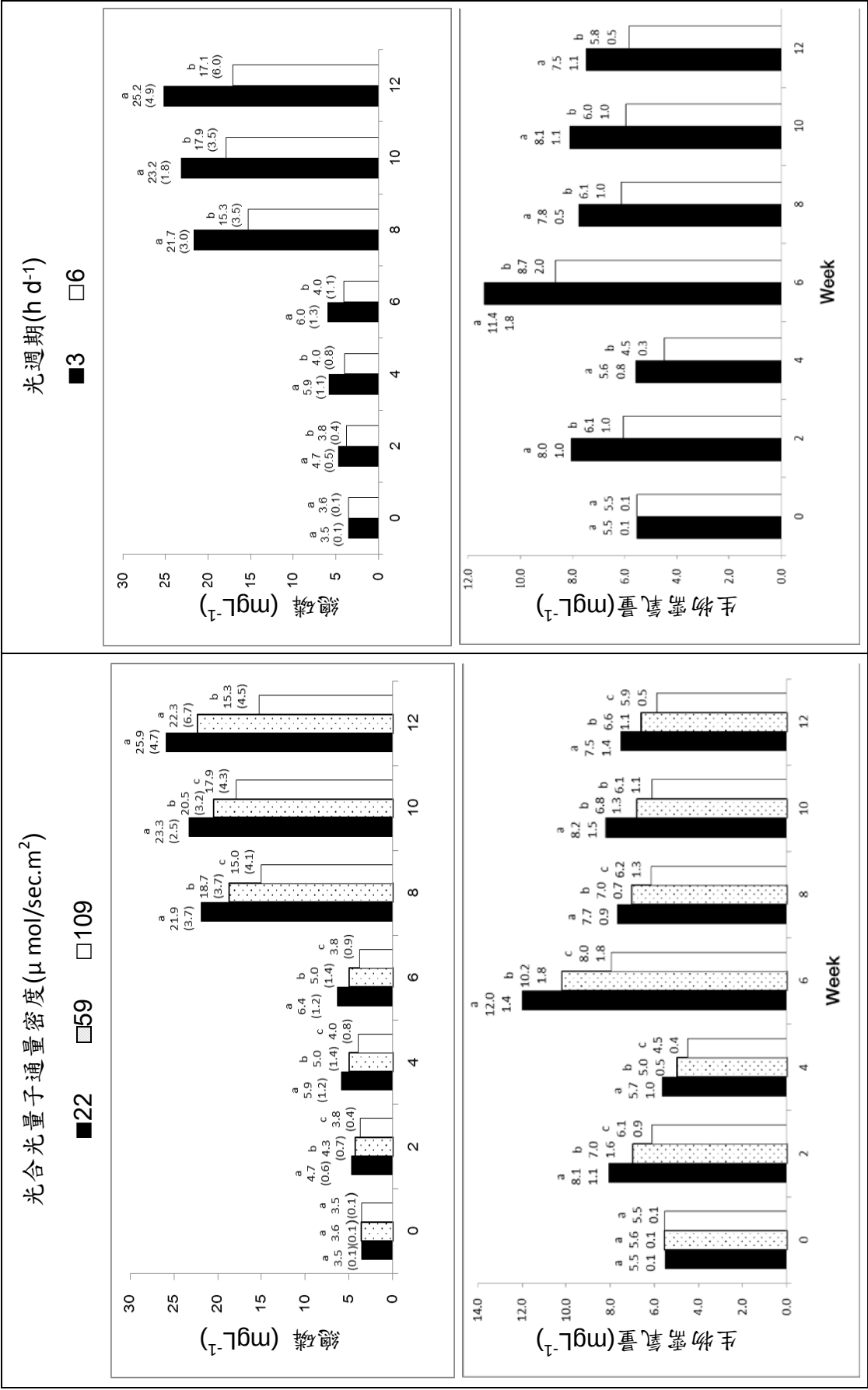


Figure 5. 在泥鰱—山蘇魚菜共生系統養殖 12 週後，光密度與光週期對於總磷與生物需氧量的影響

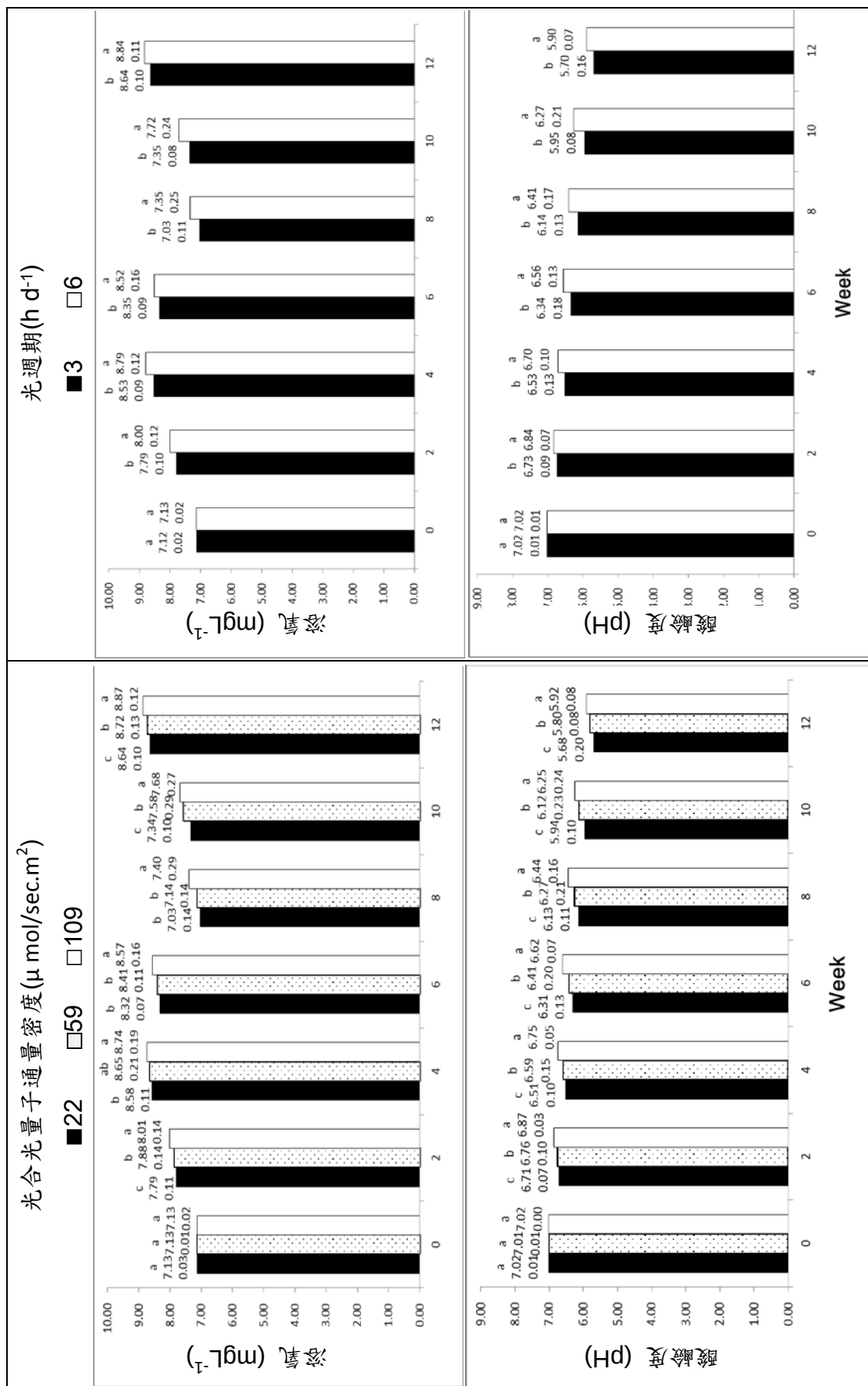


Figure 6. 在泥鰱—山蘇魚菜共生系統養殖12週後，光密度與光週期對於溶氧與酸鹼度的影響

菱角殼開發為健康食品原料之可行性評估研究

Study on shell of water chestnut to develop as health food materials possibility

王靜瓊¹ 陳立耿²

¹ 臺北醫學大學藥學系 教授 ² 嘉義大學微生物免疫與生物藥學系 副教授

摘要

目的:菱角是台灣農業特產之一，而菱角的採收很辛苦，農民需在池塘裡爬行採收或是做小舟採收。採收後，將菱角洗淨、去殼，殼則為廢棄物，若能利用生物科技方法將殼再加工利用，開發成保健食品原料，可以促進菱角再利用，提高菱角的經濟價值，促進農村經濟發展。

結果:臺灣菱角殼比四角菱(鬼菱)，更具抗氧化作用。50%酒精萃取臺灣菱角殼之萃取物，無顯著之急性毒性(48 小時)，但管餵 8 日後 GOT 及 GPT 顯著微量上升，但至 29 日後其肝臟病理切片及 GOT 與 GPT 數值無顯著差異。利用 CCl₄ 誘導之大鼠急性肝損傷，5 日後，具有降低 GOT 之作用，14 日後 GOT 及 GPT 皆具顯著下降。但以 Thioacetamide 誘導慢性大鼠肝損傷，則無顯著保護作用。繼而分萃取物之抗氧化活性成分，得 ellagitannin 類之 tellimagrandin II 及六種 gallotannins 類的水解型單寧，且 7 個成分皆具有抗氧化活性之功能，但以 tellimagrandin II 作用最強。

結論:臺灣菱角殼適合作為保肝健康食品產品原料開發，且其功效指標成分建議為 tellimagrandin II，但服用的劑量及時間需進一步研究。

關鍵詞

菱角殼 (Shell of Water chestnut)、健康食品原料 (health food material)、抗氧化 (anti-oxidation)、水解型單寧 (tellimagrandin II)、指標成分 (substance marker)

前言

農委會 2001 制定「邁進二十一世紀農業新方案」，希望能提升農產品的經濟價值，本計畫提高農產品的附加價值，並且藉由食品加工、運銷及農村休閒等方式，讓農民獲得更多利潤。菱角是台灣農業特產之一，而菱角的採收很辛苦，農民需在池塘裡爬行採收或是做小舟採收。採收後，將菱角洗淨、去殼，殼則為廢棄物，若能利用生物科技方法將殼再加工利用，開發成保健食品原料，可以促進菱角再利用，提高菱角的經濟價值，促進農村經濟發展。

菱角(*Trapa bispinosa* Roxburgh)為柳葉菜科(Oenotheraceae)一年水生草本，浮生池沼水面，莖細長，深達泥中，自節上生毛刷狀根，分吸收根和同化根二型。葉簇生莖端，全體呈蓮座狀，葉柄、葉背脈、花梗、萼片等部位被毛，葉柄長 3-6cm，中間膨大而裏面海綿狀充滿氣室，淡綠色帶赤紫色，葉片菱狀三角形，長 2-5cm，寬 2-5cm，基部廣鈍形，先端急尖或突尖，上半部鋸齒緣，下部全緣，葉被脈隆起帶赤紫色。花兩性，單生葉腋，花小徑約 1cm，白色或淡紅色。萼管短，裂片四枚。雄蕊 4 枚，子房下位，2 室，各 1 枚胚珠，花柱鑽形，柱頭頭狀，花盤雞冠狀。果厚扁倒三角形，兩端角狀，先端銳尖，兩尖距離 3-4cm，初時綠

色，熟時紅褐色，腹部具二突起，花期 6-8 月。¹

台灣民間認為果實生食有清暑解熱，除煩止渴之效。熟食有益氣健脾，安中補臟，解酒毒，射罔毒之效。治腰腿筋疼痛，周身四肢不仁，風濕入竅之症。菱殼有止血，止瀉之效，治泄瀉，脫肛，痔瘡，便血，疔腫，黃水瘡，天泡瘡。菱蒂治胃潰瘍，疝子。菱莖治胃潰瘍，多發性疣贅。菱葉治小兒頭瘡。菱粉有補脾胃，強腳膝，健力益氣，去暑，行水，解毒之效。¹

菱角果肉含有 4, 6, 8, (14), 22-ergostatetraen-3-one, 22-dihydrostigmast-4-en-3,6-dione, Beta-sitosterol。其他同屬植物之成份研究包括：由 *Trapa bicornis* 之果實分離出 tellimagrandin II, tellimagrandin I, rugosin D, pedunculagin, bicornin³, cornusii A, camptothin B 等多酚類成分^{2,3}。*Trapa japonica* 之葉部分離出 trapanin A 及 trapain 等多酚類成分⁴。*Trapa natans* 之果實分離出 dibenzo-alpha-pyrones 類成分⁵，並顯示 dibenzo-alpha-pyrones 類成分具抗脂質氧化活性⁶。

菱角近來許多研究證實具有各種活性：對 HeLa 癌細胞具有抗癌之細胞毒性^{7,8}並具有抗菌活性⁸；對 100 種植物之甲醇-水萃取物進行 Fenton's reagent/ ethyl linoleate 系統及 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) 模式之抗氧化活性評估⁹，菱角果實極具抗氧化活性。

菱角具有抗氧化活性潛力，考量未來的量產，在不影響經濟作物的條件下，選擇食用後會剩餘的外殼，再者，菱角殼是日本的經驗方-樂適舒顆粒(WTTC)中，重要的組成之一，具有一定的安全性與有效性，故挑選菱角殼開發。



圖一、菱角的外觀:水生草本，葉簇生莖端，全體呈蓮座狀，中間膨大而裏面海綿狀充滿氣室，淡綠色帶赤紫色，葉片菱狀三角形，花白色或淡紅色，果厚扁倒三角形，兩端角狀，先端銳尖，初時綠色，熟時紅褐色，腹部具二突起。



圖二、菱角果實的外觀。A:臺灣菱:葉闊菱形，長 2-4cm，粗齒線，上表面光滑下表面被毛。果具 2 彎曲之角，南部水池中。B:鬼菱:葉闊菱形，長 3-4cm，不規則齒線，上表面光滑下表面密被毛，花白色。果具 4 角，中部水池中。

實驗方法

1. 建立菱角殼萃取物之品質標準

(1) 植物材料

自嘉義、台南、高雄等...菱角栽培地區分別採集菱角之成熟果實，經鑑定基源無誤後，將菱殼與肉分離，分別於 40°C 鼓風乾燥後，粉碎成粗粉，供做實驗用材料。另將少量新鮮植株以冷凍乾燥方式處理，供做成分比對之用。

(2) Tellimagrandin II 抗氧化活性成分之分離、純化

將粉碎之菱殼以二十倍量 70% 丙酮室溫下冷浸萃取五天，重複四次；過濾、濾液濃縮後，以乙醚、乙酸乙酯及正丁醇液相分布畫分成乙醚、乙酸乙酯、正丁醇及水層四個畫分部，各畫分部分別進行抗氧化活性篩選。

選擇具抗氧化活性之畫分部進行管柱層析分離其活性成分，以 Diaion HP-20 [H₂O→20% Methanol (20% MeOH) →40% MeOH →60% MeOH→70% Acetone], Toyopearl HW-40(F) (H₂O→ 40% MeOH →50% MeOH →60% MeOH→ 70% MeOH→MeOH-Acetone-H₂O (8:1:1) → MeOH-Acetone-H₂O (7:2:1) → MeOH-Acetone-H₂O(6:3:1) →70% Acetone), Sephadex LH-20 (H₂O→20% MeOH→40% MeOH →60% MeOH→80% MeOH→MeOH) 等層析管柱依次進行成分分離。若仍無法獲得純化合物則繼續以 MCI-gel CHP-20P 管柱、ODS 管柱、製備級 HPLC 等進行純化精製。再以 NMR, 2D-NMR, IR, UV, ESI-Mass, Element Analysis 等儀器進行構造式決定，並以稀酸水解、酵素水解、乙醯化(acetylation)、甲基化(methylation)等化學反應進一步驗證其結構。

(3) 菱角之 HPLC 指紋圖譜建立與分析方法

建立以逆相之高效率液相層析儀(HPLC)分析萃取物之指紋圖譜，並定量 tellimagrandin II 方法。

2. 抗氧化活性評估

(1) DPPH 自由基清除活性評估法

各萃取物、劃分部或分離純化成分之自由基清除活性篩選追蹤採用 DPPH 自由基清除活性評估法¹⁰。待測樣品(0.5mg)溶於 4ml 甲醇中，與 1.0ml 的 50mM DPPH 甲醇溶液混合均勻靜置 30 分鐘，於波長 517nm 測定其吸光度，以相同步驟進行空白對照組、alpha-tocopherol、BHA 正對照組並比較其自由基清除活性。

(2) 超氧陰離子自由基(Superoxide anion radical)之清除活性¹²

0.1 ml 之 superoxide dismutase (SOD)水溶液(5, 10, 25, 50, 100 units/ml)及待測樣品溶液(0.2mg/ml)分別加入 1.0 ml 反應混合物 [含 0.4 mM xanthine, 0.24mM nitro blue tetrazolium chloride (NBT)溶於 0.1 M phosphate buffer (pH 8.0)]及 1.0 ml xanthine oxidase (0.049 units/ml 以 0.1 M phosphate buffer (pH 8.0)稀釋)，將溶液混勻後於 37 °C 反應 20 分鐘後加入 2.0 ml 之 69mM sodium dodecylsulphate (SDS)水溶液終止反應，於波長 560nm 測定 NBT 吸光度。待測物之超氧陰離子自由基(Superoxide anion radical)清除活性藉由 SOD 標準曲線換算為 SOD equivalents (SOD units / mg)。

(3) Phosphomolybdenum method 之抗氧化評估¹³

取 0.1 ml 之樣品溶液(1 mM in DMSO)於螺蓋試管中，加入 1 ml 反應試液(0.6 M sulfuric acid, 28 mM sodium phosphate 及 4 mM ammonium molybdate)，將試管蓋緊於 95°C 水浴 90 分鐘，反應後將試管冷卻至室溫，於 695nm 測吸光度並與空白對照組比對，抗氧化活性以相對於水溶性 vitamin E 衍生物 trolox 之活性表示之。

3. 菱角殼萃取物之肝保護與安全性評估

(1) 大鼠來源:

購買樂斯科的 Wistar 品系的雄性大白鼠 (200-250 克)，週齡為 5-6 週。

(2) 重複餵服後，評估體內毒性試驗，確認無毒劑量¹⁴

將大鼠分別以管餵的方式給予 0.5g/kg、5g/kg 的菱角萃取物。當天管餵 2 次，中間間隔 5 小時。隔天觀察存活情形，並且採血測 GOT (AST)、GPT (ALT) 數值。

(3) 重複餵服後，評估體內毒性試驗，確認無毒劑量¹⁴

將大鼠分別以管餵的方式給予 50g/kg、100g/kg 的菱角萃取物。每天管餵，連續管餵 28 天。觀察存活情形，並且採血測 GOT (AST)、GPT (ALT) 數值。

(4) 以 CCL₄ 誘導肝損傷，評估有效劑量¹⁵

大鼠注射 A 組腹腔注射 olive oil(1.5ml/kg)，B-D 組腹腔注射 50% CCL₄ /olive oil，每週兩次；所有實驗動物分別於第一週、第三週及第六週投予菱角殼萃取物或 double-distilled water(d.d.H₂O)。在第七、八、九週時，採血來檢測 GOT (AST)和 GPT (ALT)數值，並且在犧牲時，取下肝臟組織進行 hematoxylin and eosin(HE)染色。實驗測定項目如下：血清：測定與肝傷害相關之 GOT (AST)和 GPT (ALT)。

所有大白鼠血液樣品在室溫下放置一小時以使其凝結，再以冷凍離心機於 4°C 下每分鐘 3000 rpm 離心 15 分鐘，來分離血清。再以自動生化分析儀檢測肝功能生化指數 GOT (AST)和 GPT (ALT)。

(5) 病理切片觀察

在九星期結束時，所有大白鼠均予以犧牲，採血後，在最大右葉的同一位置割取肝組織，放入 10% 的中性福馬林中，做進一步的病理染色。為了觀察慢性肝損傷時，以 HE stain 觀察肝細胞的受損等變化。另外，為了避免觀察主觀上的偏差，所有的組織病理切片都是由最大右葉肝的同一位置切取下來，再去做病理染色。

4. 實驗數據統計分析：

採用 SAS 電腦統計套裝軟體(SAS institute, Cary, NC)進行變異數分析 (analysis of variance, ANOVA)，並以 Duncan's test 來測試不同處理間顯著差異效果(P<0.05)。

結果

1. 菱角殼的萃取率

臺灣常見的臺灣菱(二角菱)與鬼菱(四角菱)經不同溶媒萃取後，發現以 50%酒精萃取鬼菱，產率最高，而臺灣菱則以熱水與 50%酒精萃取率較高。

表一、不同萃取方法之菱角殼萃取率

	100°C 煮沸萃取	65°C 迴流萃取	
	水	50%酒精	95%酒精
臺灣菱	6.3925%	8.3718%	1.760%
鬼菱	3.4731%	14.7902%	2.552%

2. 菱角殼萃取物之總多酚含量

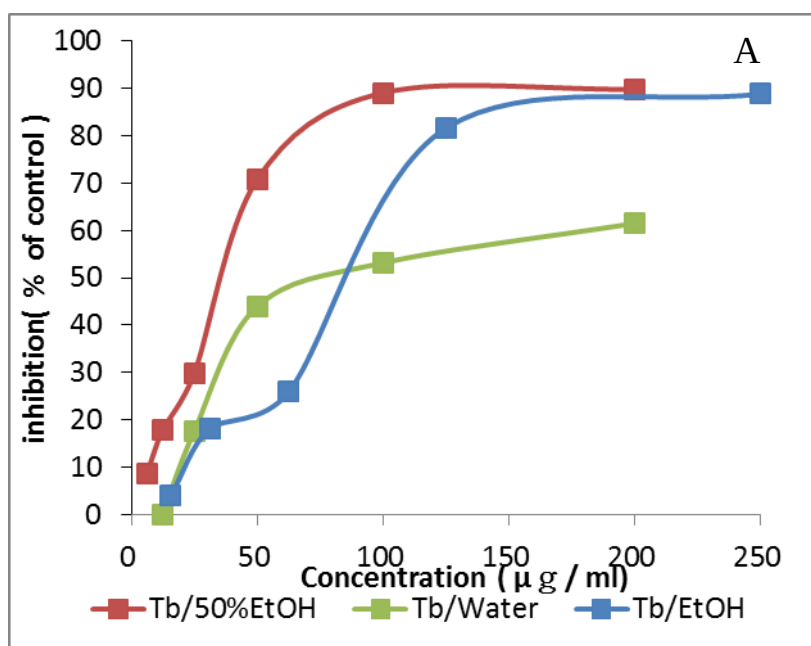
總多酚含量分析發現臺灣菱角殼萃取物的含量皆高於鬼菱角殼萃取物，其中又以沸水萃取的臺灣菱角殼含量最高。

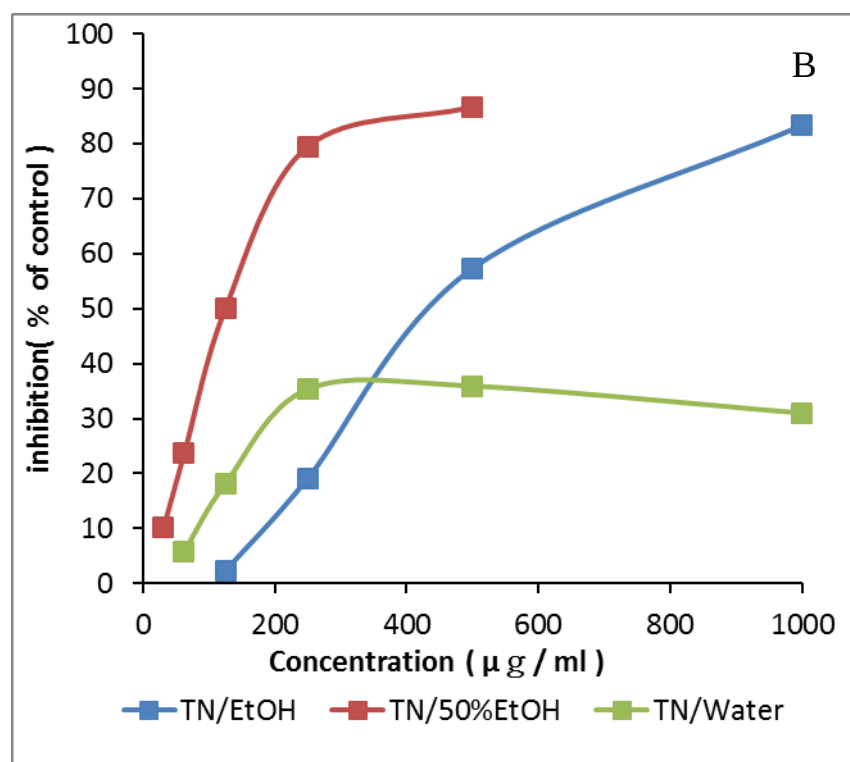
表二、不同萃取方法之菱角殼萃取物之總多酚含量

	總多酚含量 (mg/g)		
	水	50%酒精	95%酒精
臺灣菱	252.88	170.44	211.64
鬼菱	140.44	125.64	26.04

3. 菱角殼萃取物清除自由基 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)之作用

臺灣菱角殼萃取的 IC₅₀ 皆低於鬼菱角殼萃取，其中以 50%酒精萃取的臺灣菱角殼 IC₅₀ 最為低，推測其抗氧化能力最為佳，故選擇台灣菱之 50%酒精萃取物，作為健康食品原料開發。由圖三所示 2 種菱角殼萃取物都以 50%酒精萃取作用較佳，而沸水萃取較差。





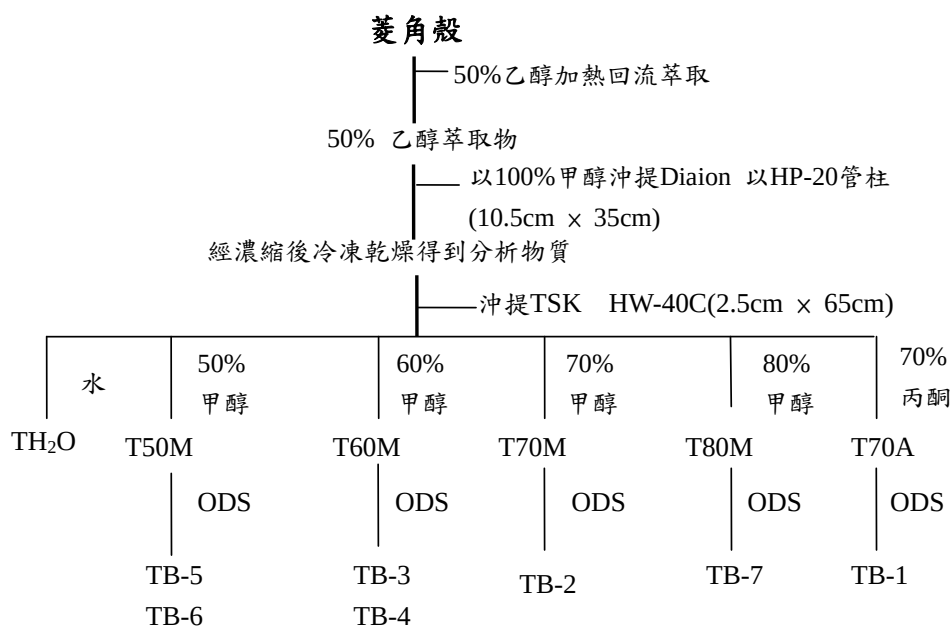
圖三、菱角殼萃取物之清除 DPPH 作用 A: 臺灣菱(Tb), B: 鬼菱 (TN)

表三、菱角殼萃取物清除 DPPH 之百分之 50 的濃度

	DPPH 之 IC50(μg/mL)		
	水	50%酒精	95%酒精
臺灣菱	91.266	34.463	84.343
鬼菱	-	142.07	452.214

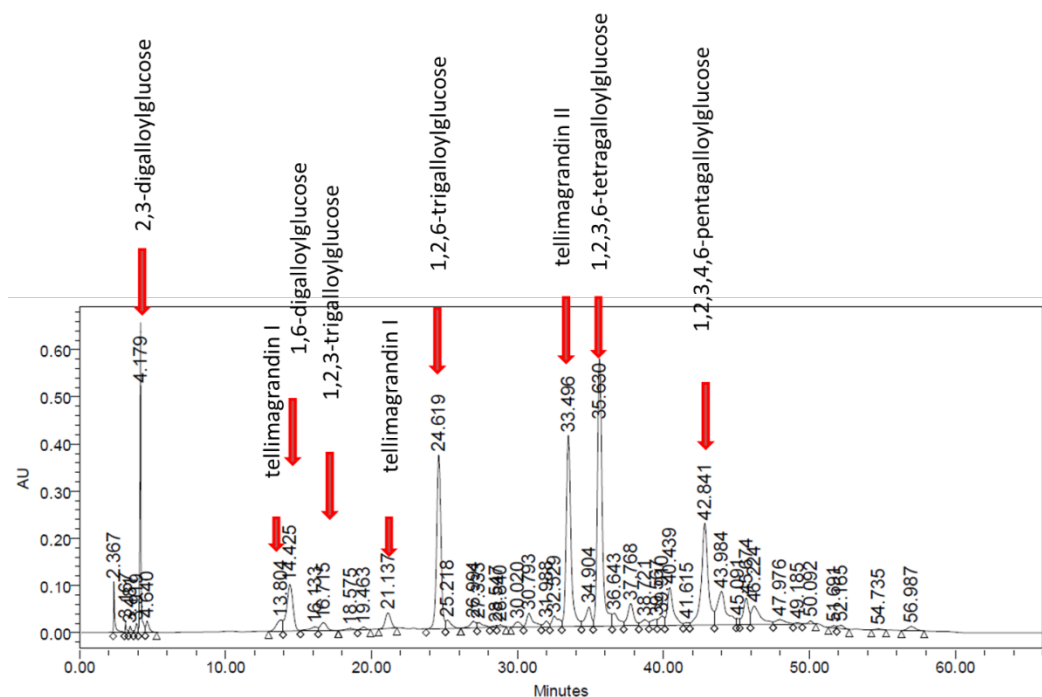
4. 臺灣菱角殼活性成分萃取及分離結果

利用圖四之分離流程，分離得到的水解型單寧(Hydrolysable Tannins)結構(圖六)及產率如(表四)。



圖四、臺灣菱萃取及分離流程圖

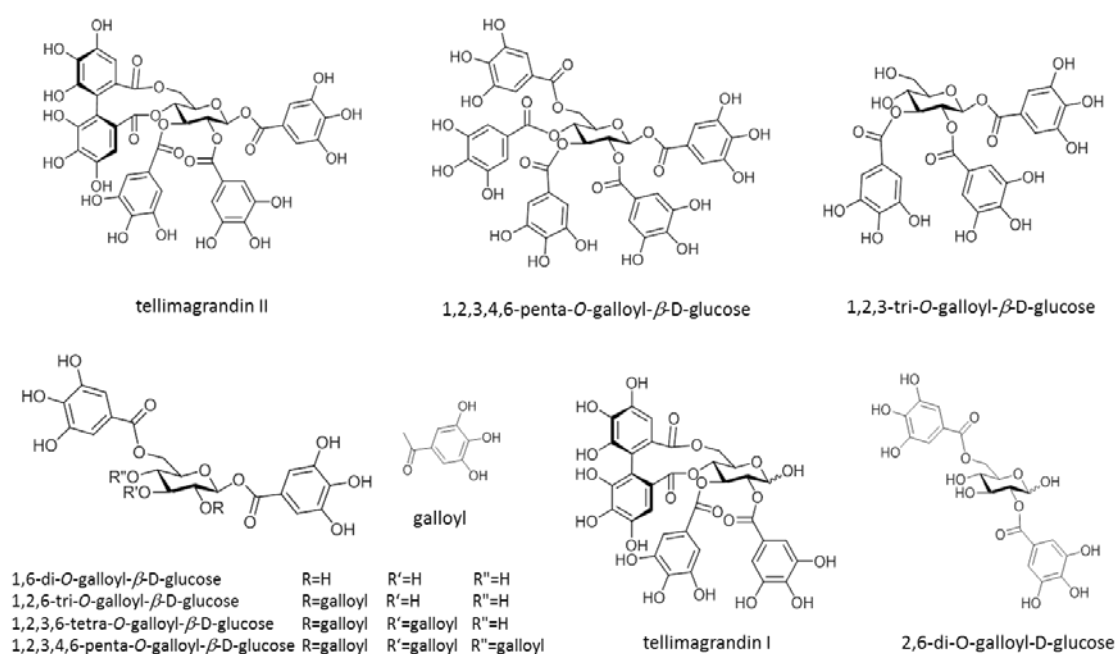
以逆相之高效率液相層析儀(HPLC)分析萃取物之指紋圖譜。



圖五 菱角殼乙醇萃取物 HPLC 層析圖譜

Condition: LiChrospher 100 RP-18e (4mm i.d. x250 mm, 5 μ m); 0.05%TFA-CH₃CN (0 min, 95:5; 50min, 80:20; 55 min, 80:20; 56min, 95:5; 66min, 95:5); flow rate: 1.0 ml/min; detection 254nm.

從臺灣菱角殼 50%萃取物，分離得到 9 個天然物(結構如圖六)，其中以 tellimagrandin II、1,2,3,4,6-pentagalloylglucose 含量最高，適合作為指標成分，其萃取物之指紋圖譜如表四。



圖六、臺灣菱(*Trapa taiwanensis*) 分離得到的水解型單寧(Hydrolysable Tannins)結構

表四、乾燥臺灣菱的角殼得到之天然物產率

天然物	產率 (%)
Tellimagrandin II	0.03
1,2,3,6-tetra-O-galloyl-β-D-glucopyranose	0.13
1,2,3-tri-O-galloyl-β-D-glucopyranose	0.03
1,2,6-tri-O-galloyl-β-D-glucopyranose	0.03
1,6-di-O-galloyl-β-D-glucopyranose	0.08
2,3- di-O-galloyl-β-D-glucopyranose	0.02
1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glucopyranose	0.02

5. 臺灣菱角殼中主要抗氧化成分為 Tellimagrandin II，適合作為活性指標成分。

表五臺灣菱的角殼得到之天然物抗氧化之活性

天然物	SC ₅₀ (μM) ^A	SC ₅₀ (μM) ^B	SC ₅₀ (μM) ^C
Tellimagrandin II	1286.7±10.05	4.57±10.06	21.58±2.36
1,2,3,6-tetra-O-galloyl-β-D-glucopyranose	1138.9±0.07	13.42±3.92	78.01±1.26
1,2,3-tri-O-galloyl-β-D-glucopyranose	2159.4±0.06	21.24±2.03	93.88±0.07
1,2,6-tri-O-galloyl-β-D-glucopyranose	1294.9±0.06	35.08±1.70	10.27±3.26
1,6-di-O-galloyl-β-D-glucopyranose	1230.4±0.05	24.60±2.30	35.00±1.07
2,3-di-O-galloyl-β-D-glucopyranose	5736.2±0.01	64.89±1.00	56.03±1.28
1,2,3,4,6-penta-O-galloyl-β-D-glucopyranose	1594.8±0.04	10.26±3.53	31.96±1.26
Gallic acid (正對照組)		43.24±2.46	
Trolox (正對照組)			5.29±21.09

A: SOD-like 清除 O₂⁻之 50%活性濃度 (SC₅₀)

B: DPPH 自由基清除 50%濃度 (SC₅₀)

C: ABTS ·⁺ 自由基清除 50%濃度 (SC₅₀)

6. 臺灣菱角殼萃取物之急毒性結果

管餵高劑量之臺灣菱角殼 50%酒精萃取物，觀察 48 小時，其生命跡象正常、活動力正常，且肝功能指數無顯著變化。

表六、大鼠管餵臺灣菱角殼萃取物 48 小時後之生命跡象觀察

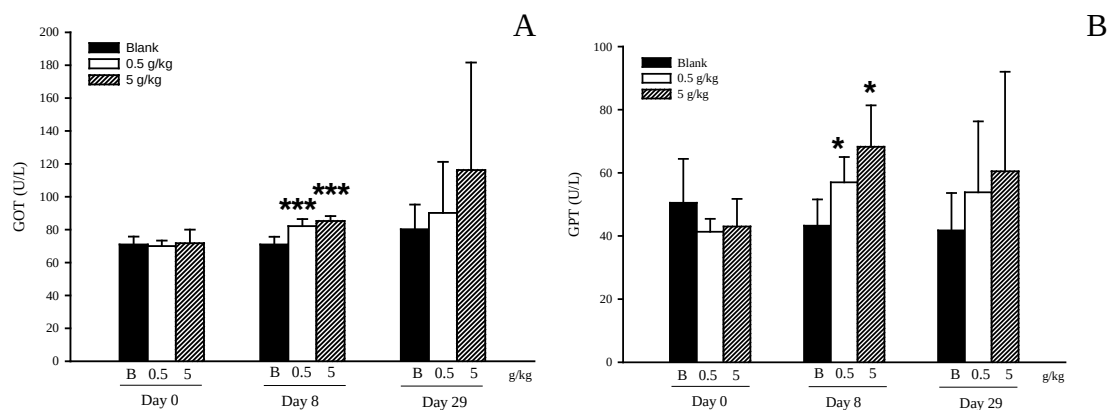
劑量(g/kg)	0.5	1	5
死亡率	0	0	0

表七、大鼠管餵臺灣菱角殼萃取物 48 小時後之肝功能指數變化

劑量(g/kg) \ 時間(h)	肝功能指標	0	48
		U/L	U/L
5	GOT	74±7.19	78±4
	GPT	43±6.81	51±9.93
0.5	GOT	70±3.35	77±4.88
	GPT	41±4.08	52±7.34

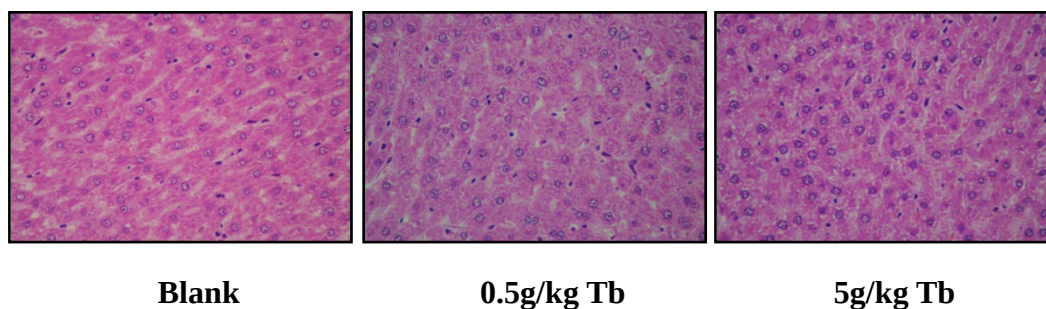
7 臺灣菱角殼萃取物之慢性毒性結果

管餵高劑量之臺灣菱角殼 50%酒精萃取物，觀察 0、8、29 日，其生命跡象正常、活動力正常，但在 0.5g/kg 及 5g/Kg 組肝功能指數於餵服 8 日後，有顯著增加，但隨著餵服時間增長，其變化不具統計差異。



圖七、大鼠管餵臺灣菱角殼萃取物後之肝功能指數變化
(N=5，實驗組與管餵水組 (B) 比較，*:p<0.05, ***p<0.005)

管餵高劑量之臺灣菱角殼 50%酒精萃取物 29 日後，犧牲取肝臟進行病理切片，其肝臟無顯著病灶產生。



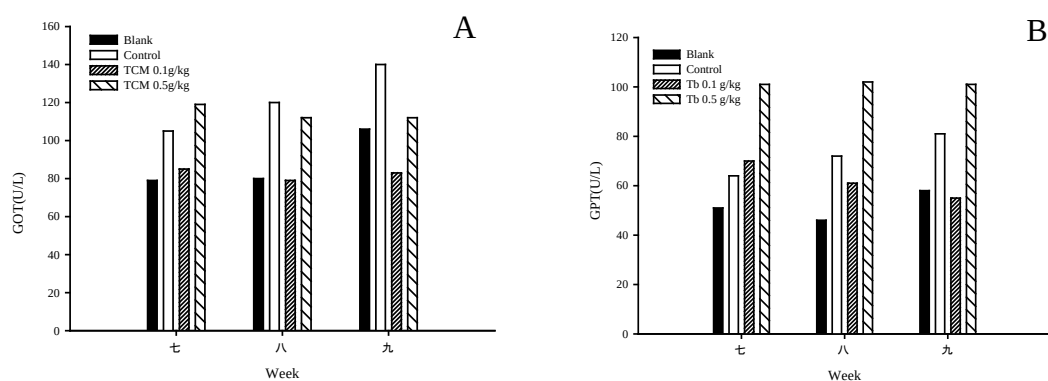
圖八、大鼠管餵臺灣菱角殼萃取物後之肝臟病理切片變化, Blank:管餵水組

8. 臺灣菱角殼萃取物對 Thioacetamide 誘導慢性大鼠肝損傷之保護作用

Thioacetamide 誘導慢性肝損傷之大鼠，管餵臺灣菱角殼 50%酒精萃取物，並在第七、八、九週時觀察，其肝功能指數變化，無顯著差異。

表八、臺灣菱角殼萃取物對 Thioacetamide 誘導慢性大鼠肝損傷作用

Weeks	Blank		Control		0.1g/kg		0.5g/kg	
	GOT (U/L)	GPT (U/L)	GOT (U/L)	GPT (U/L)	GOT (U/L)	GPT (U/L)	GOT (U/L)	GPT (U/L)
七	79	51	105	64	85	70	119	101
八	80	46	120	72	79	61	112	102
九	106	58	140	81	83	55	112	101



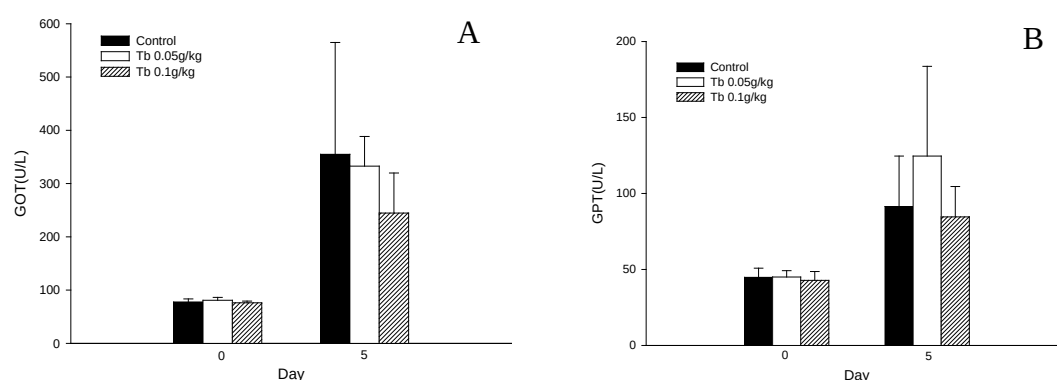
圖九、臺灣菱角殼萃取物對 Thioacetamide 誘導慢性肝損傷之大鼠 GOT(A) 及 GPT (B)之變化

9. 臺灣菱角殼萃取物對 CCl₄ 誘導大鼠肝損傷之保護作用

CCl₄ 誘導急性肝損傷之大鼠，管餵臺灣菱角殼 50%酒精萃取物 5 天，觀察其肝功能指數變化，發現高劑量 100 mg/Kg 之萃取物可抑制 GOT 產生。

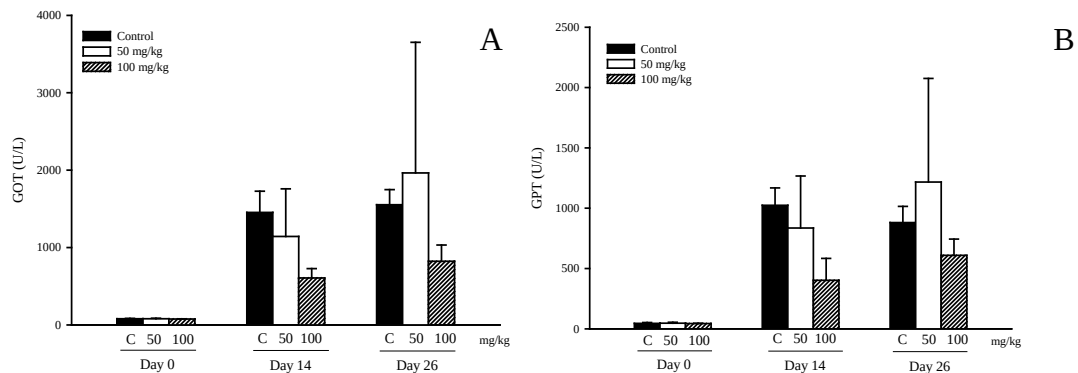
表九、臺灣菱角殼萃取物對 CCl₄ 誘導慢性大鼠肝損傷之作用

	Blank		Control		0.5g/kg		0.1g/kg	
Day	GOT (U/L)	GPT (U/L)	GOT (U/L)	GPT (U/L)	GOT (U/L)	GPT (U/L)	GOT (U/L)	GPT (U/L)
0	71±4.1	50.5±12.1	77.6±6	44.8±2.2	80.8±5.1	45±0.8	76.2±2.9	42.8±5.3
5	65.5±5	44.5±6.1	354.8±211.2	91.4±33.1	332.6±58.3	124.6±54	244.6±59.9	84.6±16.1



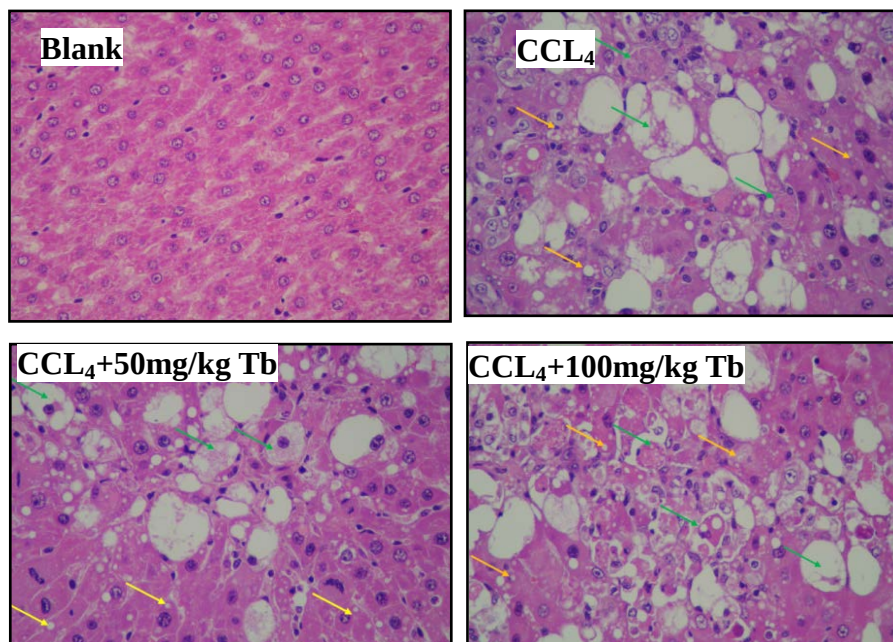
圖十、臺灣菱角殼萃取物對 CCl₄ 誘導急性肝損傷之大鼠 GOT(A) 及 GPT (B)之變化

CCl₄ 誘導慢性肝損傷之大鼠，管餵臺灣菱角殼 50%酒精萃取物 26 天，觀察其肝功能指數變化，發現高劑量 100 mg/Kg 之萃取物於 14 天即具有抑制抑制 GOT、GPT 之功能，時間延長無顯著增加效果。



圖十一、臺灣菱角殼萃取物對 CCL_4 誘導急性肝損傷之大鼠 GOT (A)及 GPT (B) 之變化, N=4, 實驗組與 CCL_4 誘導組(C) 比較, *:p<0.05, ***p<0.005

CCL_4 誘導慢性肝損傷之大鼠，管餵臺灣菱角殼 50%酒精萃取物 26 天犧牲，觀察其肝臟病理變化，結果顯示，脂質變性及肝細胞壞死皆有減少之作用。



圖十二、臺灣菱角殼萃取物對 CCL_4 誘導急性肝損傷之大鼠肝組織切片變化
Blank: 管餵水組且無誘導，脂質變性(黃箭頭)、肝細胞壞死(綠箭頭)，

總結

臺灣菱角殼比四角菱(鬼菱)，更具抗氧化作用。50%酒精萃取臺灣菱角殼之萃取物，無顯著之急性毒性(48 小時)，管餵 2 日後 GOT 及 GPT 雖無顯著差異，且至九週後其肝臟病理切片及 GOT 與 GPT 數值無顯著差異。利用 CCL_4 誘導之大鼠急性肝損傷，5 日後，具有降低 GOT 之作用，14 日後 GOT 及 GPT 皆具顯著下降。但以 Thioacetamide 誘導慢性大鼠肝損傷，則無顯著保護作用。繼而分萃取物之抗氧化活性成分，得 ellagitannin 類之 tellimagrandin II 及六種 gallotannins 類的水解型單寧，且 7 個成分皆具有抗氧化活性之功能，但以 tellimagrandin II 作用最強。

主要參考文獻

1. 邱年永, 張光雄。原色台灣藥用植物圖鑑(2), 南天書局有限公司, 台北, pp. 162 (1995).
2. Yoshida T, Yazaki K, Memon M, Maruyama I, Kurokawa K, Okuda T. Bicornin, a new hydrolysable tannin from *Trapa bicornis*, and revised structure of alnusiin. *Heterocycles*, 29(5), 861-864 (1989).
3. Yoshida T, Yazaki K, Memon MU, Maruyama I, Kurokawa K, Shingu T, Okuda T. Structures of alnusiin and bicornin, new hydrolysable tannins having a monolactonized tergalloyl group. *Chem. Pharm. Bull.*, 37 (10), 2655-2660 (1989).
4. Hatano T, Okonogi A, Yazaki K, Okuda T. Trapanins A and B, oligomeric hydrolysable tannins from *Trapa japonica* Flerov. *Chem. Pharm. Bull.*, 38(10), 2707-2711 (1990).
5. Shirataki Y, Yoshida S, Toda S. Dibenzo- α -pyrones in fruits of *Trapa natans*. *Natural Medicines*, 54(3), 160 (2000).
6. Shirataki Y, Toda S. Antioxidative effects of dibenzo- α -pyrones in fruits of *Trapa natans* on lipid peroxidation. *Natural Medicines*, 55(5), 247-250 (2001).
7. Kosuge T, Yokota M, Sugiyama K, Okamoto A, Saito M, Yamamoto T. Studies on Chinese medicines used for cancer. III. Cytotoxic constituent against HeLa cells in the fruit of *Trapa bispinosa* Roxb. *Yakugaku Zasshi*, 106(2), 183-185 (1986).
8. Rahman MM, Mosaddik MA, Wahed MII, Haque ME. Antimicrobial activity and cytotoxicity of *Trapa bispinosa*. *Fitoterapia*, 71(6), 704-706 (2000).
9. Kim BJ, Kim JH, Kim HP, Heo MY. Biological screening of 100 plant extracts for cosmetic use (II): Anti-oxidative activity and free radical scavenging activity. *International Journal of Cosmetic Science*, 19(6), 299-307 (1997).
10. Mitsuda H, Yasumoto K, Iwami K. Antioxidative action of indole compounds during the autoxidation of linoleic acid. *Eiyo to Shokuryo*, 19, 210-214 (1996).
11. Miyake T, Yamamoto K, Osawa T. Metabolism of antioxidant in lemon fruit (*Citrus lion* Burm. F.) by human intestinal bacteria. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 45, 3738-3742 (1997).
12. Lu Y, Foo LY. Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). *Food Chemistry*, 75, 197-202 (2001).
13. Prieto P, Pineda M, Aguilar M. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Chemistry*, 269, 337-341.
14. 衛生福利部食品藥物管理署, 食品查驗登記管理, 安全性及功效性評估方法, 健康食品安全性評估方法, URL: <http://www.fda.gov.tw/TC/includes/GetFile.ashx?mID=133&id=22740&chk=3a584093-905b-4fe0-8453-60eacbb32e28>
15. 衛生福利部食品藥物管理署, 食品查驗登記管理, 安全性及功效性評估方法, 健康食品之護肝功能評估方法(針對化學性肝損傷), URL: <http://www.fda.gov.tw/TC/includes/GetFile.ashx?mID=133&id=22748&chk=4a92213e-7ec9-4bbb-803e-eaf0527821ea>

致謝

感謝財團法人中正農業科技社會公益基金會之研究經費支持

蓮霧長期貯運技術之研究

石正中 教授

國立宜蘭大學園藝學系

摘要

本研究之目的是以臭氧水溶液處理與氣變包裝延長蓮霧之貯藏期限。蓮霧果實浸泡在臭氧水溶液 (0.1、0.2、0.3ppm) 中4、8、12分鐘後，置於瓦楞紙箱中，於12°C下貯藏並分析臭氧水溶液之效果。以臭氧水溶液處理之蓮霧果實包裝於不同厚度之低密度聚乙烯袋(厚度0.03與0.1mm)或高密度聚乙烯袋(厚度0.01mm)中，於12°C下測試氣變包裝對蓮霧貯藏之影響。貯藏期間每週分析色澤變化、腐爛率、及寒害病徵。結果顯示，以0.2ppm臭氧水溶液處理4分鐘對蓮霧果實於12°C下貯藏效果最佳。厚度0.1mm之低密度聚乙烯袋包裝有利於蓮霧果實於低溫貯藏。結合臭氧水溶液處理與6% O₂、10% CO₂、84% N₂ 組合氣體之氣變包裝對蓮霧果實於12°C下貯藏展現最佳之預期效果。

關鍵字：蓮霧、臭氧水溶液、氣變包裝、腐敗、色澤

ABSTRACT

Wax apple is very perishable fruit at room temperature. The aim of this study is to extend the storage limit of wax apple by using modified atmosphere package (MAP) and ozonated water which is a highly destructive agent for microbial. Wax apples were immersed into ozonated water (0.1, 0.2, and 0.3ppm) for 4, 8, and 12 min, then placed in cardboard boxes and stored at 12°C for the evaluation of the effect of ozonated water. Ozonated water treated wax apples were packed into low density polyester (0.03, and 0.1mm of thickness) or high density polyester (0.01mm of thickness) bags and stored at 12°C for the MAP storage test. Quality characteristics including color, decay, and chilling injury symptom were checked every week during storage. Results showed that 0.2ppm of ozonated water for 4 min is good for the low temperature storage of wax apple. Low density polyester bag (0.1mm of thickness) has an advantage over others for the storage of wax apple at 12°C. The combination of ozonated water pretreatment and MAP with 6% O₂, 10% CO₂, and 84% N₂ appeared to be most prospective for the storage of wax apple at 12°C.

Keywords: wax apple, ozonated water, MAP, decay, color

前言

蓮霧(*Syzygium samarangase* (Blume) Merr. & Perry)，原產於馬來半島及安達曼半島的熱帶常綠果樹，屬於桃金娘科之熱帶果樹，十七世紀由荷蘭人自爪哇引入臺灣栽培。台灣主要的栽培產地為南部屏東與北部宜蘭等地，主要栽培品種有粉紅色種及大果種。蓮霧為台灣重要經濟果樹之一，且被視為加入世貿組織後最具競爭力之作物之一，行銷加拿大、香港、新加坡及中國大陸等地區，其脆、甜多汁的特性，深獲消費者好評。但蓮霧外銷仍有諸多問題，尤其是貯運技術急待提升，長途低溫運輸造成蓮霧果實微生物性之損耗及品質降低，目前應用於蓮霧之採後處理技術仍無法完全克服。蓮霧長期貯運仍有諸多限制，影響貯運品質極鉅，因此蓮霧長期貯運技術之開發成功與否，乃此一產業未來擴大市場與產業規模最重要之因子。

蓮霧裂果情形嚴重，一直是栽培上主要之課題，雖有各種研究成果可有效降低裂果情形，然情形依然未能完全改善。每年3~4月氣溫回暖後，隨著氣溫升高，蓮霧果實裂果情形日益嚴重，如遇梅雨期或大量降水，則裂果情形更為雪上加霜，以宜蘭地區為例，本研究室曾針對宜蘭縣員山鄉之某果園調查，結果顯示最高曾有百分之九十以上之果實，或多或少均有裂果現象。蓮霧果實裂果後極易受微生物感染，尤其以黴菌感染造成腐爛最為嚴重，大幅降低貯藏壽命及品質，貯運中之果實已有裂果情形者，其腐爛情形也最早發生，由於裂果情形目前仍未有有效之方法可以完全避免，且裂果情形仍占相當之比例情況下，如何強化裂果果實長期貯運能力，實乃此一產業能否持續發展之重要關鍵。

低溫貯藏可能造成蓮霧果實發生寒害，主要會出現凹陷的斑點，隨後褪色為白色的斑點而擴大，終至全果腐爛。蓮霧果實在0℃貯藏7天後，不管回溫(25℃，2天)與否均出現嚴重寒害症狀；5℃貯藏7天後出現輕微寒害症狀，回溫(25℃，2天)後寒害病癥更為明顯；10℃及15℃貯藏到21天仍未出現寒害症狀，但有輕微病害及長黴現象發生(陳，2006)。蓮霧以36℃熱風處理48小時能達到降低寒害發生之效果，處理後之果實經1℃貯藏14天後仍具有商品價值。熱風處理能降低蓮霧果實之腐爛率，但果實硬度卻為下降，果皮發生褪色且有異味產生。熱處理之果實經12℃貯藏7天後再以9℃貯藏3天，則異味減輕且果皮褪色情形亦能有所抑制(姜，2005)。黃(1998)推論蓮霧較佳之貯藏溫度：冬果為10℃以上15℃以下為宜；夏果則在15℃以上20℃以下較適當。蓮霧果實以PE包裝可明顯減少腐爛率，在果色、糖度及硬度方面並無差異，PE袋包裝者果皮較亮無失水現象，而裸果則有皺縮情形，失水率達2%時果皮即呈顯著之皺縮現象，失水率達5%時果實表面嚴重皺縮、脆度降低、完全失去商品價值。臭氧的氧化力極高，尤其溶解於水中的純臭氧，更能發揮強力的氧化作用，根據實驗，強臭氧的殺菌力約可達氯的600到3000倍，故不論大腸桿菌、葡萄球菌、沙門氏菌，均可在短時間內完全殺滅。2001年6月26日，美國食品藥物管理局(FDA)在第66卷第123號法案中批准「氣態或液態的臭氧(CAS Reg. No.

10028-15-6)可當成直接處理食物的抗菌使用」。臭氧是一種強氧化劑，在酸性介質中，其還原電位僅次於氟，是氯的 600 倍。臭氧對病毒、格蘭氏陽性與格蘭氏陰性細菌、孢子和真菌都由良好之抑制生長效果(Güzel et al., 2004; Restaino et al., 1995)。臭氧的滅菌機制屬於氧化反應，臭氧氧化分解細菌內部氧化葡萄糖所必須的葡萄糖氧化酶。也可以直接與細菌、病毒發生作用，破壞其細胞器和核糖核酸，分解 DNA、RNA，蛋白質、脂質類和多醣類等大分子聚合物，使細菌的物質代謝生長和繁殖過程遭到破壞。還可以滲透細胞膜，侵入細胞膜內與外膜脂蛋白和內部的醣脂質作用，使細胞溶解死亡(Victorin, 1992)。近年來，已有許多園藝作物利用臭氧處理延長期採收後貯運能力。如蘋果與柳橙貯藏壽命可因臭氧降低環境中乙烯而延長 (Guzel-Seydim et al., 2004)；葡萄 (Gabler et al., 2010) 與黑莓 (Beuchat, 1992) 可減少真菌感染而延長櫥架壽命；洋蔥在貯藏過程中以臭氧處理，黴菌與真菌數量可大幅減少，且維持良好之官能品質與成分 (Song et al., 2000)；相對氯處理，臭氧對藍莓(Crowe et al., 2012)表面黴菌、酵母菌及中溫細菌有較佳之滅菌效果；臭氧可以降低奇異果貯藏腐爛率達 56% (Minas et al., 2010)；於 15°C 臭氧可維持柿子果實硬度達三十天；高濃度臭氧處理可減少草莓表面微生物量，與 50°C 熱水處理有相同之效果 (Alexandre et al., 2011)；臭氧處理可大幅減少輕度加工萵苣之生菌數 (Akbas and O'imez, 2007)；臭氧處理可以降低黑胡椒貯藏過程中油脂氧化 (Zhao and Cranston, 1995)；臭氧可降低胡蘿蔔表面真菌生長速率達百分之五十 (Liew and Prange, 1994)；可以延長青花菜與胡瓜之貯藏壽命；另外臭氧處理對櫻桃、桃子、李子、與大蒜等之貯藏期限也有延長之效果。然而臭氧處理，有時不但會成植物組織的傷害，也有可能造成植物內成份物質之分解，反而不利於蔬果之貯藏。如草莓果實之花青素與糖含量會因採收後臭氧處理而降低；胡蘿蔔因臭氧處理後因呼吸速率上升與電解質流失而造成色澤變淡 (Liew and Prange, 1994)；藍莓貯藏過程中失重率會因臭氧處理而增加 (Crowe et al., 2012)。

近年來，政府積極輔導蓮霧產業外銷，但蓮霧外銷仍有諸多問題，尤其是貯運技術急待提升，長途低溫運輸造成蓮霧果實微生物性之損耗及品質降低，本研究針對蓮霧果實，以臭氧處理與氣變包裝，以期減少果實腐爛情形，延長蓮霧之貯藏壽命及良好品質。

材料與方法

本實驗採用之蓮霧為粉紅種，冬季與春季產地為高屏地區，夏季產地為宜蘭地區。蓮霧果實均購自果菜批發市場。

1. 臭氧處理

蓮霧以空氣預冷至 10°C，於臭氧水溶液中處理後，去除表面水分，並置於 0.03mm 低密度聚乙烯袋中，後置於保利龍箱中，貯藏於 12°C 之冷藏庫中進行貯藏試驗，每週取樣分析其品質變化，並觀察寒害病徵發生情形。臭氧處理分別為

(1) 0.1ppm：4、8、12分鐘

(2) 0.2ppm：4、8、12分鐘

(3) 0.3ppm：4、8、12分鐘

2. 氣變包裝處理

蓮霧以空氣預冷至10℃，套入蔬果網套中，以不同厚度PE袋（0.01、0.03、0.1mm）包裝後，後置於瓦楞紙箱，貯藏於12℃之冷藏庫中進行貯藏試驗，每週取樣分析其品質變化，並觀察寒害病徵發生情形。

3. 臭氧處理並配合氣變包裝處理

蓮霧以空氣預冷至10℃後，於最佳臭氧水溶液處理後，去除表面水分，套入蔬果網套中，以PE袋包裝後抽氣密封後充填入不同濃度之低氧與高二氧化碳組合（O₂：4~10%；CO₂：5~15%），後置於瓦楞紙箱中，並貯藏於12℃之冷藏庫中進行貯藏試驗，每週取樣分析其品質變化，並觀察寒害病徵發生情形。分析項目包括色澤、質地、腐爛及異味產生與否。

4. 果實品質分析調查之項目包括：果實外觀、果皮色澤、腐爛及異味產生與否及寒害發生情形等。

(1) 果實外觀調查重點在於腐爛及寒害發生與否。

(2) 色澤以色差儀（Color differential meter，ZE-2000, Nippon Denshoku, Japan）測定之；果皮色澤則取果實腹部果皮處測定之，每果於果腹四周每旋轉90°測定一次，取其平均值，以CIE L*, a*, b*值表示之。色差儀使用前先預熱30分鐘後以標準板校正（L=95.87, a=-0.86, b=2.47）。

5. 統計分析

本實驗數據之以Microsoft Office 2003 Excel整理，並以SAS (Statistic Analysis System)套裝統計軟體8.1 版進行變方分析(ANOVA)，並以LSD 檢定做差異性分析，顯著水準為5%。

結果

臭氧水溶液處理對蓮霧果實貯藏腐爛率與色澤變化之影響

表一顯示蓮霧於臭氧水溶液中處理後，去除表面水分，套入蔬果網套，後置於瓦楞紙箱並貯藏於12℃之冷藏庫中，結果顯示經一週貯藏於12℃後，不同濃度臭氧水溶液處理之蓮霧果實除0.3ppm濃度處理4與8分鐘兩組外，相較未處理之對照組均顯著降低腐爛率($p<0.05$)。兩週後，未經臭氧水溶液處理之蓮霧果實已有90%發生腐爛情形，以0.2ppm 濃度處理4與8分鐘可大幅降低腐爛率，與未處理組織腐爛情形差異顯著($p<0.05$)，其中4分鐘處理之腐爛率最低為50%且無寒害發生情形（表一）。此結果顯示臭氧水溶液處理可有效降低蓮霧果實於12℃ 下之貯藏腐爛率。

蓮霧果實表皮之色澤變化以 CIE 系統之 L*值 (明亮度), a*值 (紅綠值) 和 b*值 (黃藍值)表示如表二所示. 表二顯示蓮霧果實表皮明亮度隨貯藏時間增加而變低，表示蓮霧果實於 12℃貯藏溫度下表皮光澤會漸漸降低。於貯藏一週與兩週後，蓮霧果實以 0.3ppm 濃度處理 8 分鐘可保有最佳之果皮明亮度。貯藏期間大部分蓮霧果實之 a*值均增加，未經臭氧水處理之蓮霧果實貯藏一週後之紅綠值即與處理之樣品間產生顯著差異($p<0.05$)。蓮霧果實經 0.3ppm 臭氧水如液處

理 12 分鐘後，於 12°C 貯藏期間不論一週或兩週後，居寶查最高之紅綠值。b* 值隨貯藏時間增加而降低，然變化相當有限。

氣變包裝對蓮霧果實貯藏腐爛率與色澤變化之影響

以 0.2ppm 濃度臭氧水溶液處理 4 min 之蓮霧果實每 10 果一袋，以低密度聚乙烯袋（厚度 0.03 與 0.1mm）及高密度聚乙烯袋（厚度 0.01mm）包裝後密封並於 12°C 冷藏庫中貯藏，結果顯示 0.1mm 低密度聚乙烯袋相較其他包裝於 12°C 下，蓮霧果實有較佳之貯藏品質。結合臭氧水溶液處理與氣變包裝可有效延長蓮霧果實於 12°C 下貯藏期限至兩週且腐爛率維持在 6.67%（表三）。貯藏過程色澤之變化如表四所示。從貯藏一週後即可發現未採用氣變包裝之蓮霧果實明亮度隨貯藏時間增加而降低；而已聚乙烯袋包裝之蓮霧果實色澤明亮度則隨貯藏時間增加而增加。以 0.1mm 低密度聚乙烯袋包裝之蓮霧果實相較其在貯藏過程中顯現最高之明亮度。經過三週貯藏，果皮紅綠值除以 0.03mm 聚乙烯袋包裝之蓮霧果實外均無顯著改變。未經氣變包裝之樣品經過三週貯藏於 12°C 下，果皮色澤較其他處理明顯偏黃（表四）。以上結果發現，0.1mm 厚度之低密度聚乙烯袋為最適蓮霧果實於 12°C 貯藏之氣變包裝袋。氣變包裝袋中氣體成分以 6% O₂、10% CO₂、84% N₂ 組合取代空氣可降低蓮霧果實於 12°C 貯藏過程中腐爛率之發生（表五）。於貯藏末期，蓮霧果實表皮色澤在混和氣體（6% O₂、10% CO₂、84% N₂ 組合）取代空氣下，顯現出較明亮與偏紅之色澤且與包裝於空氣中之樣品間有較小之色差值（表六）。以理想混和氣體取代氣變包裝中之空氣不僅改善 12°C 貯藏期間之腐爛率並且可以維持較佳之色澤。氣變包裝袋氣體以 6% O₂、10% CO₂、84% N₂ 組合取代空氣為蓮霧果實於 12°C 貯藏最適之處理方式。

討論

造成蔬果腐敗之微生物主要是屬於格蘭氏陰性類，特別是歐文氏菌（*Erwinia*）和假單胞菌屬（*Pseudomonas*）（Barriga et al., 1991）。不當之田間操作與採收後處理可能造成嚴重之微生物感染因而造成園藝作物貯藏期間嚴重之腐敗現象。於採收後處理期間，化學合成藥劑經常使用來減緩採收後與貯藏期間之損耗（Palou et al., 2015）。近年來因永續農業與環境保護考量下，消費者對安全且健康的食物需求日增。為減少農藥使用，許多研究利用物理和化學方式如臭氧處理、熱處理、貯藏技術等來減緩園藝作物採收後之損耗。採收後熱處理如溫湯處理與熱風處理，可有效降腐爛發生，並可使低溫敏感作物強化抗寒害之能力，同時於貯藏期間保持較佳之品質和櫥架壽命。然而單獨使用熱處理無法完全控制貯藏期間之腐敗發生，特別是蔬果經由低溫貯藏後再供應市場所需時（Schirra et al., 2011）。臭氧是一種強效氧化劑於低濃度時對微生物即有致命之效果。臭氧水溶液對於與食物相關之格蘭氏陰性與陽性微生物均有極高之致死效果（Restaino et al., 1995）。利用臭氧水溶液處理採收後園藝作物已廣泛使用在許多

蔬菜與水果之保鮮上如結球萵苣(Akbas and Olmez, 2007);紅甜椒、草莓、和西洋菜(Alexandre *et al.*, 2011);與藍莓(Crowe *et al.*, 2007)。

紅色果皮是蓮霧於購買時影響消費之重要因子(Pan and Shu, 2007)。由於愈紅之蓮霧果實可獲得愈高之市場價格，因此影響蓮霧貯藏期間紅色色澤改變之因子就顯得極為重要。蓮霧果實中紅色物質主要是花青素(Supapvanich *et al.*, 2011)。臭氧會與花青素直接或間接與二次氧化物反應進而造成花青素裂解(Tiwaria *et al.*, 2009)。根據Criegee反應機制(Criegee, 1975)，當臭氧分子與雙鍵進行1,3-dipolar cycloaddition形成臭氧化物(1,2,4-trioxolanes)，同時臭氧會與醛類與酮類化合物氧化形成反應中間物質，永久存在於環境中(Cullen *et al.*, 2009)。在7.8%臭氧濃度下處理10分鐘，約98.2%花青素裂解(Tiwaria *et al.*, 2009)。結果顯示，臭氧處理過之蓮霧果實a*值，於貯藏第7日時上升隨後於第14日時稍減。因此認為，相對低濃度之臭氧水溶液處理，並不會造成蓮霧果實表皮花青素嚴重之分解，進而造成色澤劣變。相似之結果在黑莓果實貯藏過程，以0.1與0.3ppm處理之黑莓表面，於貯藏5日時仍維持較佳色澤，而0.3ppm濃度之臭氧處理可維持較佳色澤至貯藏12日(Barth *et al.*, 1995)。

主要造成冷藏新鮮蔬果品質劣變之原因為酵素性色澤變化、微生物生長與水分喪失。良好之生產與處理操作配合適當之氣變包裝，可有效抑制這些劣變之機制，進而延長產品之櫥架壽命(Day, 1992)。適當選擇貯藏環境中之混合氣體，可有效降低微生物生長代謝，確保為生物安全性，以延長貯藏期限。Juhneviča等(2011)認為改變大氣成分可減少蘋果與2°C貯藏時果實表面細菌、酵母菌與黴菌之含量。改變大氣成分相對其他貯藏在冷藏庫中之蘋果可減少總體細菌含量50%。實驗結果發現，低氧下之氣變包裝可降低蓮霧之腐爛率，可以解釋為肇始於耗氣性微生物之生長代謝受到抑制之結果。貯藏於高二氧化碳與低氧之環境中，會造成葉綠素降解與其他色素物質如花青素、茄紅素、葉黃素與類胡蘿蔔素累積速率減緩(Barth *et al.*, 1993; Barth與Hong, 1996)。結果顯示，蓮霧貯藏過程中各色澤指標均無顯著變化，可能是因為蓮霧果實中葉綠素含量較少，且花青素含量較多，以至於少量之葉綠素降解與花青素累積並未造成蓮霧果實於貯藏過程中色澤明顯之變化。

結論

臭氧水溶液處理與氣變包裝兩者對延長蓮霧果實貯藏於12°C之貯藏期限均有良好效果。結合臭氧溶液處理與氣變包裝不僅可有效降低蓮霧果實於貯藏期間之腐爛率，同時還可以保持較佳之果皮色澤。因此，臭氧水溶液處理與氣變包裝之結合，提供蓮霧果實延長貯藏期限一有效方法。利用包括利用氣體吸收劑如氧氣、二氧化碳、與乙烯吸收劑結合氣變包裝來改善蓮霧於12°C下之貯藏效果值得進一步研究。

致謝

本研究承財團法人中正農業科技社會公益基金會經費補助，特此致意。

參考文獻

- Alexandre, E.M.C., D. M. Santos-Pedro, T. R.S. Brandao, C. L.M. Silva. 2011. Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. *J. Food Eng.* 105,277-282.
- Akbas, M. Y. and H. O'Imez. 2007. Effectiveness of organic acid, ozonated water and chlorine dippings on microbial reduction and storage quality of fresh-cut iceberg lettuce. *J. Sci. Food Agric.* 87:2609–2616
- Barriga, M. I., G. Trachy, C. Willomot, and R. E. Simard. 1991. Microbial changes in shredded Iceberg lettuce stored under controlled atmospheres. *J. Food Sci.*, 56: 1586-1588.
- Barth, M. M. and Z. A. Hong. 1996. Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. *Postharvest Biol. Technol.* 9 :141–150
- Barth, M. M., C. Zhou, . F. Mercier, and A. Payne. 1995. Ozone Storage Effects on Anthocyanin Content and Fungal Growth in Blackberries. *J. Food Sci.* 60:1286-1288
- Beuchat, L. R. 1992. Surface disinfection of raw produce. *Dairy Food Environ. Sanit.* 12(1): 6–9.
- Criegee, R. 1975. Mechanism of Ozonolysis. *Angewandte Chemie International Edition In English*, 14: 745-752
- Crowe, K.M., Bushway, A., Davis-Dentici, K., 2012. Impact of postharvest treatments, chlorine and ozone, coupled with low-temperature frozen storage on the antimicrobial quality of lowbush blueberries (*Vaccinium angustifolium*). *LWT Food Sci. Technol.* 47, 213–215.
- Cullen P. J, B.K. Tiwari, C.P. O'Donnell, K. Muthukumarappan. 2009. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. *Trends Food Sci Technol.* 20: 125–136.
- Day, B.P.F. 1992 Guidelines for the good manufacturing and handling of modified atmosphere packed food products. Technical Manual No. 34, Campden Food and Drink Research Association, Chipping Campden, Glos, UK
- Gabler, F. M., J. L. Smilanick, M. F. Mansour, and H. Karaca. 2010. Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on postharvest gray mold and fungicide residues on table grapes. *Postharvest Biol. Technol.* 55(2):85–90.
- Guzel-Seydima Z. B., A. K. Greeneb, A. C. Seydim. 2004. Use of ozone in the food industry . *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37, 453–460
- Juhneviča, K, G. Skudra , and L. Skudra. 2011. Evaluation of microbiological contamination of apple fruit stored in a modified atmosphere. *Environ. Exp. Bot.* 9: 53–59

- Liew, C. L. and R. K. Prange. 1994. Effect of Ozone and Storage Temperature on Postharvest Diseases and Physiology of Carrots (*Daucus carota* L.). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119(3):563–567.
- Minas, I. S., G. S. Karaoglanidis, G. A. Manganaris, M. Vasilakakis. 2010. Effect of ozone application during cold storage of kiwifruit on the development of stem-end rot caused by *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biol. Technol.* 58, 23-210.
- Palou, L., S. A. Valencia-Chamorro, and M. B. Pérez-Gago. 2015. Antifungal Edible Coatings for Fresh Citrus Fruit: A Review. *Coatings*, 5, 962-986
- Pan, H. H. and Z. H. Shu. 2007. Temperature affects color and quality characteristics of ‘Pink’ wax apple fruit discs. *Sci. Hort.*, 112(3): 290-296
- Restaino, L., E.W. Frampton, J. B. Hemphill, and P. Palnikar. 1995. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61:3471-3475.
- Salvador, A., I. Abad, L. Arnal, J.M. Martinez-Javega. 2006. Effects of ozone in postharvest quality of persimmon. *J. Food Sci.* 71, 443- 446.
- Schirra, M, S. D'Aquino, P. Cabras, and A. Angioni. 2011. Control of postharvest diseases of fruit by heat and fungicides: efficacy, residue levels, and residue persistence. A review. *J. Agric. Food Chem.* 59,8531–8542.
- Song, J., L. Fan, P. D. Hildebrand, and C. F. Forney. 2000. Biological effects of corona discharge on onions in a commercial storage facility. *Hort. Technol.* 10(3): 608–612.
- Supapvanich, S., J. Pimsaga, and P. Srisujan. 2011. Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (*Syzygium samarangense* [Blume] Merrill & L.M. Perry) during storage. *Food Chem.* 127:912-917.
- Tiwaria, B.K., C.P. O'Donnell, A. Patras, N. Brunton, P.J. Cullen. 2009. Effect of ozone processing on anthocyanins and ascorbic acid degradation of strawberry juice. *Food Chem.* 113:1119-1126
- Zhao, J., and Cranston, P. M. 1995. Microbial decontamination of black pepper by ozone and the effect of the treatment on volatile oil constituents of the spice. *J. Sci. Food Agric.* 68, 11–18.

表一、臭氣水溶液處理對蓮霧果實於12℃下貯藏腐爛率之影響

Treatment (ppm/min)	Storage time (days)	
	7	14
Non-treated	43.33 ^{ab} ± 1.92	90.00 ^a ± 5.77
0.3/ 4	43.33 ^{ab} ± 1.92	93.33 ^a ± 3.85
0.3/ 8	46.67 ^a ± 1.92	90.00 ^a ± 3.33
0.3/12	26.67 ^c ± 3.85	70.00 ^b ± 8.82
0.2/4	33.33 ^{abc} ± 1.92	50.00 ^c ± 3.33
0.2/ 8	30.00 ^{bc} ± 3.33	63.33 ^{bc} ± 1.92
0.2/12	33.33 ^{abc} ± 5.09	70.00 ^b ± 3.33
0.1/ 4	26.67 ^c ± 1.92	70.00 ^b ± 3.33
0.1/8	33.33 ^{abc} ± 3.85	66.67 ^b ± 3.85
0.1/12	30.00 ^{bc} ± 3.33	76.67 ^b ± 5.09

Mean±SD in the same column with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) by Fisher's protected LSD test

表二、臭氧水溶液處理對蓮霧果皮色澤 CIE L*、a*、b*值之影響

Treatment (ppm/min)	Storage time (days)					
	0			7		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Non-treated	36.58 ^a ± 2.57	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	35.92 ^{ab} ± 2.66	6.24 ^d ± 3.03	8.61 ^{bc} ± 0.85
0.3/ 04	36.58 ^a ± 2.58	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	34.81 ^{cde} ± 2.35	8.93 ^{bc} ± 3.39	8.16 ^e ± 0.78
0.3/ 08	36.58 ^a ± 2.59	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	36.37 ^a ± 2.79	7.83 ^{bcd} ± 5.11	8.64 ^b ± 1.17
0.3/12	36.58 ^a ± 2.60	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	34.12 ^e ± 2.05	10.94 ^a ± 3.94	8.12 ^e ± 0.78
0.2/04	36.58 ^a ± 2.61	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	34.81 ^{cde} ± 2.36	9.3 ^{ab} ± 4.14	8.28 ^{de} ± 0.83
0.2/ 08	36.58 ^a ± 2.62	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	36.24 ^a ± 2.61	7.26 ^{cd} ± 3.54	8.71 ^{ab} ± 0.94
0.2/12	36.58 ^a ± 2.63	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	35.38 ^{abcd} ± 2.84	9.34 ^{ab} ± 3.96	8.33 ^{cde} ± 1.03
0.1/ 04	36.58 ^a ± 2.64	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	34.54 ^{de} ± 3.88	8.56 ^{bc} ± 3.53	8.53 ^{bcd} ± 0.77
0.1/08	36.58 ^a ± 2.65	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	34.96 ^{bcd} ± 2.38	8.75 ^{bc} ± 3.65	8.62 ^{bc} ± 0.83
0.1/12	36.58 ^a ± 2.66	4.51 ^a ± 2.96	8.84 ^a ± 0.94	35.57 ^{abc} ± 2.80	4.47 ^e ± 3.36	8.99 ^a ± 0.89

Mean±SD in the same column with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) by Fisher's protected LSD test

表三、蓮霧果實包裝於不同厚度聚乙烯袋貯藏於12°C之腐爛率(%)

Treatment	Storage time (days)		
	7	14	21
0.01mm	6.67 ^a	23.33 ^a	36.67 ^a
0.03mm	6.67 ^a	13.33 ^b	43.33 ^a
0.10mm	3.33 ^b	6.67 ^c	36.67 ^a

Values in the same column with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) by Fisher's protected LSD test.

表四、蓮霧果實包裝於不同厚度聚乙烯袋貯藏於12°C之果皮色澤CIE L*、a*、b*值								
Treatment	Storage time (days)							
	7			14			21	
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	b*
Unpacked	30.45 ^b	19.66 ^a	11.20 ^a	31.48 ^b	19.78 ^a	11.64 ^a	31.56 ^b	12.13 ^a
0.01mm	32.26 ^a	18.20 ^a	11.44 ^a	33.26 ^a	18.43 ^a	11.36 ^a	31.58 ^b	11.04 ^b
0.03mm	31.72 ^{ab}	16.83 ^b	11.21 ^a	32.59 ^{ab}	19.15 ^a	11.10 ^a	32.22 ^b	11.00 ^b
0.10mm	31.42 ^{ab}	18.19 ^a	11.55 ^a	33.36 ^a	19.14 ^a	11.27 ^a	33.98 ^a	11.26 ^b

Values in the same column with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) by Fisher's protected LSD test

表五、蓮霧果實於不同比例混和氣體氣變包裝貯藏於12℃之腐爛率(%)

Gas composition		Storage time (days)		
O ₂ /CO ₂ /N ₂ (%)		7	14	21
Air		26.67 ^b ±1.92	43.33 ^a ±1.92	66.67 ^a ±5.09
4/5/91		23.33 ^b ±3.85	40.00 ^a ±3.33	50.00 ^b ±3.33
4/10/86		20.00 ^b ±3.33	33.33 ^a ±3.85	66.67 ^a ±1.92
4/15/81		16.67 ^b ±1.92	33.33 ^a ±5.09	63.33 ^a ±3.85
6/5/89		20.00 ^b ±5.77	36.67 ^a ±3.85	53.33 ^b ±8.39
6/10/84		10.00 ^c ±0.00	10.00 ^c ±5.77	36.67 ^c ±5.09
6/15/79		23.33 ^b ±1.92	40.00 ^a ±5.77	70.00 ^a ±3.33
8/5/87		20.00 ^b ±3.33	33.33 ^a ±7.70	70.00 ^a ±3.33
8/10/82		36.67 ^a ±1.92	36.67 ^a ±6.94	63.33 ^a ±5.09
8/15/77		13.33 ^c ±5.09	26.67 ^b ±1.92	60.00 ^{ab} ±6.67

Mean±SD in the same column with the same letters are not significantly different ($P \leq 0.05$) by Fisher's protected LSD test

表六、蓮霧果實於不同比例混和氣體氣變包裝貯藏於12℃之果皮色澤CIE L*、a*、b*值

Gas composition		Storage time (days)								
		7			14			21		
O ₂ /CO ₂ /N ₂ (%)	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE*
Air	30.79±3.39	15.45±2.61	12.09±3.16	34.06±2.46	17.43±3.27	11.80±1.79	31.86 ±3.73	15.51±3.48	12.16±2.45	3.21
4/5/91	32.24±4.03	17.34±4.03	11.55±4.09	33.78±2.80	17.65±3.48	11.78±2.12	31.42±3.21	13.48±3.10	11.20±1.88	3.96
4/10/86	31.07±3.87	14.04±3.43	10.90±2.27	34.75±1.91	16.81±3.72	11.47±1.28	32.67±2.59	14.31±4.08	10.31±1.99	1.73
4/15/81	31.67±3.23	13.13±3.27	10.39±1.85	33.90±2.34	17.36±3.41	10.60±1.69	31.81±2.76	13.58±4.65	9.70±2.74	0.83
6/5/89	31.53±3.82	14.51±3.96	9.56±1.69	32.61±2.84	14.07±3.77	10.07±3.13	33.09±3.19	13.82±4.31	10.28±2.09	1.86
6/10/84	32.14±3.00	14.57±3.61	10.34±2.60	31.62±2.13	14.50±2.88	10.34±2.77	33.33±2.22	16.32±4.62	10.97±1.90	2.21
6/15/79	31.85±2.85	13.89±4.31	10.51±1.99	32.98±2.52	13.71±4.08	10.19±2.13	32.76±2.97	13.37±3.91	11.80±3.39	1.66
8/5/87	33.34±3.71	16.14±5.08	10.91±1.67	33.40±3.63	16.05±3.61	10.57±1.98	33.71±2.96	13.66±4.30	11.34±4.31	2.54
8/10/82	33.25±2.90	16.48±3.95	11.26±2.47	34.85±2.26	16.36±3.00	11.53±1.76	33.84±3.54	12.68±3.54	10.59±2.53	3.90
8/15/77	34.59±2.46	16.04±3.18	12.76±1.52	35.02±2.10	16.65±2.82	11.73±1.40	33.14±2.99	14.25±3.96	11.03±2.38	2.87

ΔE*: color difference between the color of wax apples at the beginning and the end of storage

強化顧客對農村餐廳的品牌熱忱：
實體環境、管理環境、心理環境的塑造

Enhancing brand passion toward rural restaurants: Developing physical
environment, managerial environment, and psychological environment

劉瓊如教授 王耀進助理教授
嘉義大學行銷與觀光管理學系

摘要

本研究以台灣農村餐廳為研究場域，探討「田媽媽」品牌打造下，如何強化顧客對農村餐廳的品牌熱忱。本研究提出了實體環境、管理環境、心理環境三個環境層面。透過三種不同層面的環境分析，試圖建立農村餐廳應如何營造環境，以贏得消費者品牌一致性認同，進而提升消費者對餐廳品牌熱忱之關係。本研究擇選中南部具知名度的田媽媽農村餐廳，計有山區(奮起湖古道廚娘)、平原(花壇艾馨園)及海濱(王功陽光水棧)等三處，獲致457份有效問卷。研究結果指出消費者對田媽媽餐廳中的管理環境及心理環境等構面會影響自我品牌一致性，消費者的自我品牌一致性會影響田媽媽餐廳的品牌熱忱。最後依據研究結果提出品牌熱忱行銷意涵與建議。

關鍵字：農村餐廳、品牌熱忱、服務場景理論、自我品牌一致性

Abstract

Taking Taiwanese rural restaurants as the research setting, with the brand of “Farm Mother” in Taiwan, this study focuses on customers’ brand passion toward rural restaurants. This study proposes physical environment, managerial environment, and the psychological environment as the three major environments in restaurant branding. Through these three different types of environmental analysis, this study aims to establish the relationships among rural restaurants’ environmental development, customers’ perceived self-brand congruence, and customers’ brand passion toward rural restaurants. A total of 457 valid survey responses are collected from three “Farm Mother” restaurants in South Central Taiwan, including the “Female cook by the road” (mountain area) in Fenchihu, the “Fragrant wormwood garden” (plain area) in Huatan, and the “Sunny water place” (seacoast area) in Wanggong. Findings of this study reveal that managerial environment and psychological environment of “Farm Mother” restaurants significantly improve customers’ perceived self-brand congruence. Customers’ perceived self-brand congruence then enhances their brand passion toward “Farm Mother” restaurants. Finally, theoretical and practical implications regarding brand passion are proposed based on research findings.

Keywords: Rural restaurants, Brand passion, Servicescapes, Self-brand congruence

前言

為了改善農村產銷不易以及農村餐廳行銷資源的匱乏，台灣行政院農委會自 2003 年開始推動田媽媽農村餐廳，強調低油、低鹽、低糖、高纖維的「三低一高」理念，推廣在地生產及在地消費的飲食潮流，豐富遊客的農村體驗，並藉此促進農村的在地經濟發展；截至 2014 年 2 月的統計資料，全台共有 140 家田媽媽農村餐廳，提供了超過 1,300 名就業機會，並在近年的年營業額突破台幣 5 億元的佳績(Lu, 2014)。有鑑於此，本研究探討「田媽媽」農村餐廳品牌打造下，如何強化顧客對餐廳的品牌熱忱。特別是在農村餐廳的經營中，消費者的品牌熱忱是不可或缺的績效指標。品牌熱忱則被定義為消費者對一個品牌興奮、癡情、迷戀的心理狀態(Albert, Merunka, & Valette-Florence, 2013)，由於農村企業往往先天上都未處於都會地區的地利之便、缺乏有效辦理行銷活動的能力、擁有在地市場規模有限、少有受教育人才的投入經營等限制(Hernández-Maestro, Muñoz-Gallego, & Santos-Requejo, 2009; Siemens, 2010)。惟有透過現有顧客品牌熱忱的強化，才能夠有效與顧客搏感情、經營與顧客的長期關係。爰此，本研究提出了實體環境、管理環境、心理環境三個環境層面。透過三種不同層面的環境分析，試圖建立農村餐廳應如何營造環境，以贏得消費者品牌一致性認同，進而提升消費者對餐廳品牌熱忱之關係。此外，遊客利環境態度是近年農村旅遊與飲食旅遊的討論重點。利環境態度定義為人們在乎自然環境的傾向(Bissing-Olson, Iyer, Fielding, & Zacher, 2013)。農村旅遊的體驗能夠提供遊客親近自然、體驗在地特殊風情的機會；透過實地走訪，遊客往往能夠同理農村資源永續發展的重要性，強化自我利環境的態度與行為(Fritsche, Jonas, Kayser, & Koranyi, 2010; Pichert & Katsikopoulos, 2008)。因此，本研究也以利環境態度進行整體模式干擾檢定。

文獻回顧

一、服務場景理論 (Servicescapes)

根據服務場景理論，消費者透過服務場景中的各式環境因素來衡量自我在該服務場景的內心狀態，並進而透過這樣的內心狀態來影響自身對該服務場景的行為意圖(Bitner, 1992)。Bitner (1992)指出，服務場景的規劃能夠同時影響員工與顧客在該場域的感受，而員工與顧客內心對於環境營造的回應將進一步影響其與環境、與他人的互動行為。在餐旅研究中，Ryu and Jang (2008a) 將服務場景理論轉化為餐飲場景模型，並針對餐廳的環境營造提出了設施美感、氣氛、燈光、餐桌擺設、動線規劃、服務團隊等構面。根據餐飲場景模型，Han and Ryu (2009)的研究實證發現餐飲場景能夠提升顧客對餐廳價格的認知，並進而提升顧客的滿意度與忠誠度；Ryu and Han (2011) 發現餐飲場景的營造能夠協助顧客對於餐廳產生完整、獨特的辨識；Ryu, Lee, and Kim (2012)則驗證了餐飲場景各構面能夠促進顧客感受到的餐廳體驗價值，因此間接地強化顧客再次上門的意願；Hyun and Kang (2014)進一步地發現餐飲場景的相關投入能夠讓顧客在高檔餐廳中享受到奢華的愉悅體驗。

然而，隨著餐廳顧客對餐飲創意(Horng, Chou, et al., 2013; Horng, Liu, et al., 2013b)、員工儀態(Ericksen & Sirgy, 1992; Warhurst & Nickson, 2007)、貼心服務(Parasuraman et al., 1988; Pugh, 2001)等管理元素的重視，餐飲場景的分析觀點應延展至非實體環境的面向。另一方面，品牌體驗的研究也指出心理元素是刺激顧客態度與行為的要角(Schmitt, Zarantonello, & Brakus, 2009)，也因此餐廳品牌環境營造出的心理環境，如氣氛(Ryu & Jang, 2007)、歡愉(Oliver et al., 1997)、新奇(Weiss et al., 2005)等，應獨立受到重視進行探討。綜合上述，本研究對農村餐廳的餐飲場景提出了實體環境、管理環境、心理環境三個環境層面。

二、品牌熱忱 (Brand Passion)

在品牌研究中，Albert et al. (2013)將品牌熱忱定義為一種消費者對品牌興奮、癡情、迷戀的心理(P.2 and p.5)。基於熱忱在消費者品牌關係投入的重要，近年來有學者針對品牌熱忱開始進行探討。由於熱忱是愛情組成的關鍵元素之一，Albert et al. (2013) 從品牌愛慕的量表中萃取品牌熱忱的題項，測試受試者對其最喜愛的品牌熱忱；研究結果發現，品牌熱忱可以透過品牌認同與品牌信任進行強化，而高度的品牌熱忱不僅能夠提升消費者對該品牌的口碑行銷行為與品牌承諾，還能夠透過品牌承諾間接提高對該品牌願意支付更高價格的意願。依循上述研究發現品牌熱忱在服務業的影響力與重要性，本研究將顧客品牌熱忱視為農村餐廳經營的重要目標，並進而探討如何有效地提升顧客對農村餐廳的品牌熱忱。

三、自我品牌一致性 (Self-brand congruence)

自我意象被定義為人們對自身的看法(Sirgy, 1982)。根據人們對自我意象的觀點不同，自我意象又可區分為真實我、社會我、理想我三種自我意象 (Sirgy et al., 1997)。真實我反映了個人對自身的看法，社會我展現了個人期待他人如何看待自己，而理想我則是個人想要成為怎樣的理想類型(Jamal & Goode, 2001; Mehta, 1999; Sirgy et al., 1997)。基於強化自尊與補足自我不足的天性，消費者傾向於尋求自我意象與使用品牌意象的一致性(Kressmann et al., 2006; Sirgy, 1982)。消費者對自我品牌一致性的感知來自衡量自我意象與品牌意象的契合度的過程(Sirgy, 1982)；根據在衡量個人與品牌契合度中使用自我意象的不同，自我品牌一致性又可區分為真實自我品牌一致性、社會自我品牌一致性、理想自我品牌一致性(Sirgy et al., 1997)。

Albert et al. (2013)的實證結果發現品牌熱忱主要透過消費者對該品牌的品牌認同進行強化；當消費者認定一個品牌能夠協助其展現自我，就會認同該品牌的價值與精神，進而衍生出對該品牌的熱忱。Albert et al. (2013)有關品牌認同對品牌熱忱的影響說明了真實自我品牌一致性與社會自我品牌一致性提升品牌熱忱的可能。餐廳品牌的消費行為是個在社群公開場合所實踐的消費者行為，在這樣的場域中，顧客對餐廳品牌的品牌認同不僅揭示了真實我與該品牌的契合，同時展現了自己在社會公開的環境中所想要散發的社會我形象。如同 Zhang, Ye, Law, and Li (2010)的研究指出，許多顧客在餐廳享受美食的同時，都會喜歡用電

子產品進行臉書打卡或食物照片分享，這樣的分享行為不僅透露了真實我對品牌本身的契合與認同，同時也凸顯消費者想要從分享的資訊中傳遞給他人社會我的形象。Swimberghe et al. (2014)的研究則指出，品牌的自我展現能夠促進個人對品牌的熱忱，進而使消費者願意為該品牌付更高的價格、向親友推薦該品牌、成為該品牌的忠實信徒。品牌的自我展現在 Swimberghe et al. (2014)的研究透露了顧客在品牌使用的體驗中尋求社會我與理想我的渴望，不僅要讓在他人呈現自己想要被認識的一面，同時為自己的理想形象加分。根據上述，我們推導以下假設：
H1: 自我品牌一致性對品牌熱忱有正向關係

本研究提出環境因素的影響是透過消費者自我品牌一致性強化其品牌熱忱。農村餐廳的環境營造必須有效提升消費者自我品牌一致性，並進而透過自我品牌一致性的提升來強化消費者對農村餐廳的品牌熱忱。因此，餐飲場景塑造是強化餐廳品牌熱忱的第一步。在下列的段落中，將介紹各類環境的內涵，並推導各種環境對自我品牌一致性的正向關係。

四、實體環境 (Physical environment)

實體環境的營造在餐廳管理的研究中受到高度的重視，小從餐飲器品的選用，大到餐廳整體空間的規劃，都能夠讓顧客直接感受到餐廳的價值與定位(Hyun & Kang, 2014; Ryu & Jang, 2007; Ryu et al., 2012)。本研究將農村餐廳的實體環境定義為實體空間與器物的規劃，包括餐廳飲食空間的設施美感程度，空間內裝飾品、桌椅等實體物品的陳列擺設，以及飲食過程中所提供的器皿。以下將介紹農村餐廳實體環境中的設施美感、陳列擺設、餐飲器皿，並推導各類實體環境與自我品牌一致性的關係。

(一)設施美感 (Facility aesthetics)

服務業環境的設施美感包含了餐廳建築體本身設計、內部空間設計與裝潢，打造具有吸引力的體驗空間(Wakefield & Blodgett, 1994)。設施美感呈現出的視覺的體驗空間是顧客進入餐廳後最直接的感受，也是在餐飲體驗中拍照分享時的重點視覺元素(Ryu & Jang, 2008b; Zhang et al., 2010)。從建築學的人與環境適配觀點，設施美感是農村餐廳體驗的視覺元素，有助於人們直接媒合自我與農村餐廳的自我品牌一致性(Jusan, 2010)。

(二)陳列擺設 (Layout)

Ryu and Jang (2007)將餐廳空間的陳列擺設定義為餐廳空間內物品的擺設方式，這些物品包括餐桌椅、機械器具，與餐飲設備。透過物品的擺設方式，餐廳可以傳達其品牌想要讓顧客體驗的風格、舒適、愉悅、享樂等精神(Wakefield & Blodgett, 1994)。Sulek and Hensley (2004)提到，從餐廳內物品陳列擺設的舒適與壅擠程度，顧客就可以了解餐廳的價值水平以及價格定位。綜合上述，陳列擺設影響了顧客的視覺與身體移動體驗，讓顧客從多感官的接觸中比對自身與餐廳品牌的契合。

(三)餐飲器皿 (Table settings)

餐飲器皿是美食體驗享受食物的直接工具，透過飲食過程中顧客觸碰器皿

的直接觸感，就能感受到餐廳的格調、品味，與營造美食體驗的用心程度(Ryu et al., 2012)。因此，Raajpoot (2002)特別強調餐飲器皿是餐廳體驗中最重要實質元素。餐廳的餐飲器皿同樣能夠協助顧客了解餐廳的品牌價值，了解經營者的品味和風格，進而使顧客知覺自我形象與該餐廳品牌的適配程度，以及未來持續與該品牌維繫關係的可能(Meng & Elliott, 2008; Ryu & Jang, 2008b)。因此，我們推導以下假設：

H2: 實體環境(設施美感、陳列擺設、餐飲器皿)對自我品牌一致性有正向關係

五、管理環境 (Managerial environment)

根據農村餐廳的屬性、顧客偏好、餐飲市場潮流，本研究特別強調農村餐廳管理環境中的餐飲創意、員工儀態、貼心服務。以下介紹農村餐廳各類服務環境，並推導各類服務環境與自我品牌一致性的關係。

(一)餐飲創意 (Culinary creativity)

Ha and Jang (2013)的研究指出，餐廳顧客有尋求新美食體驗的內在心理；當顧客對一個餐廳的體驗感到無感無趣，就可能會有轉換到其他餐廳用餐的想法。對使用在地食材的鄉村餐廳來說，原味食材的烹調必須投入創意，才能夠做出有別於其他農村餐廳的獨家菜色，建立自家的招牌菜；有鑑於此，行政院農委會在推動田媽媽農村餐廳的同時，也進行餐廳廚藝創意的培訓課程，輔導經營者能夠創造出具有巧思創意的料理(Lu, 2014)。透過餐飲創意，餐廳品牌能夠讓顧客從味覺、視覺、嗅覺等感官去感受該餐廳的風格品味，進而評斷自身與該餐廳的契合度。

(二)員工儀態 (Service staff)

Ryu and Jang (2008a)在餐飲場景模型發展了員工儀態的構面，提及餐廳員工的外表是否宜人、員工人數是否足夠服侍餐廳內的顧客人數、員工的服飾打扮是否整潔得宜。Kivela et al. (2000)間接指出顧客在乎餐廳員工的外在儀表與服務接觸的頻繁程度。良好的餐廳員工儀態可視為餐飲體驗中的美好人情風景，並有益於促成顧客與餐廳員工的良好互動；Sulek and Hensley (2004)表示，顧客在餐飲體驗中遇到儀態良好的員工時，就會促進顧客與員工互動交談的動機，這樣的社會互動在餐飲體驗中能夠強化顧客對餐廳品牌的關係建立，提升顧客對餐廳的情感連結。

(三)貼心服務 (Sweet services)

餐廳的貼心服務是餐飲服務品質重要的衡量項目，包括準確地提供顧客想要的服務、有熱忱地傾聽顧客的需求並給予協助、擁有提供服務與產品相關的知識來進行適當解說、能夠在服務的當下有同理心為顧客創造貼心的服務體驗(Bojanic and Rosen, 1994)。Ekinci and Riley (2003)的研究也提到顧客能夠透過服務品質來檢視自己與該服務場域的適配程度；當一個服務場域能夠提供貼心美好的服務，人們往往會對該服務提供場域擁有較高的契合。綜合前述，我們推導以下假設：

H3: 管理環境(餐飲創意、員工儀態、貼心服務)對自我品牌一致性有正向關係

六、心理環境 (Psychological environment)

服務業心理環境的營造是環境營造各層面中較新的概念，旨在提倡各轉硬體環境資源投入後所要創造出的顧客內心感受(Hyun & Kang, 2014; Kang, Tang, & Fiore, 2014; Magnini et al., 2011)。對於鄉村餐廳的心理環境，本研究提出了氣氛營造、內心歡愉、新奇感受三個構念，並將各類心理環境與自我品牌一致性的關係推導介紹如下。

(一)氣氛營造 (Ambience)

Ryu and Jang (2007)將餐廳的氣氛營造定義為能夠散發非視覺氣息、誘發顧客心理感受的環境非物質背景特質。音樂、香味、氣溫與濕度控制等等元素都是營造氣氛的方式(Guéguen & Petr, 2006; Kivela et al., 2000; Lin, 2010)。Hyun and Kang (2014)的研究則進一步將燈光設計與食物的氣味融入餐廳氣氛營造的衡量當中。Bosmans (2006)的實驗設計研究則證實了氣氛營造能夠為同樣的商品帶來不同的顧客評價；由於氣氛營造有助於激活顧客的情感反應、提升對產品的認同，顧客會對良好氣氛營造環境下的商品有偏好。

(二)內心歡愉 (Delight)

Oliver et al. (1997)提出了顧客歡愉的概念，並透過實證研究結果指出顧客的內心歡愉來自購物體驗所帶來的正向情緒。愉悅的用餐環境有助於建立餐廳品牌與顧客間的心靈連結，增進顧客對餐廳的忠誠度(Mattila, 2001)。Füller and Matzler (2008)更進一步指出創造顧客的心理歡愉不僅能夠提升顧客滿意度，更能從激發歡愉心理的過程中進行市場區隔，找到尋求歡愉體驗的目標市場顧客。另一方面，正向愉悅的環境是人們普遍偏好的場域，因此一個使人內心歡愉的餐飲空間有助於提升顧客對該餐廳品牌的契合度(Dishion & Tipsord, 2011)。

(三)新奇感受 (Novelty)

由於大多數的人們現今已遠離鄉村而居，所以鄉村旅遊對於大部分的遊客來說是一種有別於日常經驗的新奇體驗，到農村餐廳品嚐在地農作更是特別的旅遊體驗(Park & Yoon, 2009)。過去有關主題餐廳的研究，就發現顧客造訪主題餐廳的動機之一就是想要感受不同的體驗，滿足獵奇的心理需求(Weiss et al., 2005)。也就是說，當農村餐廳能夠為顧客提供新奇感受時，顧客就會對該餐廳品牌感受到較高的彼此契合度。因此，我們推導以下假設：

H4: 心理環境 (氣氛營造、內心歡愉、新奇感受)對自我品牌一致性有正向關係

七、利環境態度(Pro-environmental attitude)的干擾效果

Bissing-Olson et al. (2013)將利環境態度定義為人們在乎自然環境的傾向，並從計劃行為理論推導擁有利環境態度的人們會由於這個態度而從事利環境行為。農村餐廳的品牌本身呈現了對在地環境與人文資源的關懷，並支持以在地生產的利環境方式從事餐飲事業(Lu, 2014)。因此，當顧客本身已與餐廳品牌產生自我品牌一致性的感知，加上持有高度的利環境態度，就會更強化自身對該品牌的熱忱。過去研究也顯示，當人們對一個地方產生了依附心理、吸收了更多對於在地的認識，就會想要與該地方有進一步的關係連結(Cheung & Fok, 2014;

Ramkissoon et al., 2013)。Miller, Merrilees, and Coghlan (2015)的研究也指出，農村旅遊本身就是一個利環境態度持有者所喜歡的旅遊形態，而農村旅遊的相關觀光資源也相較於其他類型的目的地更容易激發起這類遊客的利環境行為與情感投入。根據上述，我們推導出以下假設：

H5: 利環境態度會正向干擾遊客對三個環境層面、自我品牌一致性及品牌熱忱的關係

研究方法

一、樣本選取與資料收集

本研究於2016年3月對田媽媽餐廳顧客進行前測，共發出50份問卷，回收有效問卷40份；以檢視受訪者對問題的瞭解程度，並就部分問項的用詞進行修正。其次，本研究採用信賴區間法來決定樣本數 (Burns and Bush 1995)。在資源有限考量之下，本研究將設定信心水準 (level of confidence) 為90%以及準確性 (accuracy) 為95%，以進行樣本數估算，經估算合理樣本數應高於270份。故於2016年4月~6月在山區(奮起湖古道廚娘)、平原(花壇艾馨園)及海濱(王功陽光水棧)等三處進行便利抽樣；抽樣對象以體驗過餐廳相關服務之顧客為主。總計發出600份問卷，共回收457份有效問卷，問卷有效率約76%。

二、問卷設計

本研究問卷分為三部分，第一部分調查顧客對田媽媽餐廳之看法，在實體環境部分，在「餐飲器皿」構念及「陳列擺設」量表均引用 Ryu & Han (2011) 測量6題項，在「設施美感」構念，量表引用 Ryu & Jang (2008) 測量5題項；在管理環境部分，在「餐飲創意」構念量表引用 Ryu, Lee, & Kim (2012) 測量3題項，在「員工儀態」構念，量表引用 Ryu & Han (2011) 測量5題項，在「貼心服務」構念，量表引用 Gwinner et al. (1998)測量3題項；在心理環境部分，在「氣氛營造」構念量表引用 Ryu & Han (2011) 測量4題項，在「內心歡愉」構念，量表引用 Wang (2011) 測量8題項，在「新奇感受」構念，量表引用 Sheinin, Varki, & Ashley (2011) 測量6題項。第二部分調查遊客對自我品牌一致性及品牌熱忱等看法，在自我品牌一致性問項，採用 Malar, Krohmer, Hoyer, & Nyffenegger (2011) 與 Back (2005) 測量6題項；在品牌熱忱問項，採用 Yim, Tse, & Chan (2008) 測量3題項；在利環境態度問項，採用 Takahashi & Selfa (2015) 測量6題項。並均以 Likert 五點尺度衡量，依序由1分 (非常不同意) 至5分 (非常同意)。第三部分則調查遊客之基本資料包括：性別、家庭組成、職業、年齡、教育程度、月收入等問項。

結果與討論

一、樣本特性

本研究擇選中南部具知名度的田媽媽農村餐廳，計有山區(奮起湖古道廚娘)、平原(花壇艾馨園)及海濱(王功陽光水棧)等三處，獲致457份有效問卷。在消費者樣本特性部分，性別以女性居多，佔53.6%，其次是男性，佔46.4%；家庭組成以已婚有小孩佔多數，佔47.9%，其次是單身，佔29.3%；年齡多介於45~54

歲之間，佔 27.1%，其次為 25~34 歲，佔 21.2%，35~44 歲，佔 20.8%；教育程度以大專／大學居多，佔 48.4%，其次是高中／職居多，佔 29.1%；居住地以中部地區為主，佔 50.8%，其次是北部地區，佔 28.2%；職業以技術人員為最多，達 25.4%，其次為民意代表與企業(行政)主管，佔 17.9%，再其次為軍公教，佔 16.2%、農林漁牧從業人員，佔 10.9%。平均月收入以 2~4 萬，達 42.7%，其次為 4 萬~6 萬，佔 24.9%，再其次為 2 萬元以下，佔 14.9%。

二、研究假說與模式之驗證

從表 1 及圖 1 指出消費者對田媽媽餐廳中的管理環境(影響係數 $\gamma=0.79$)及心理環境($\gamma=0.33$)等構面會影響自我品牌一致性。此外，消費者對田媽媽餐廳中的自我品牌一致性(影響係數 $\beta=0.93$)會影響田媽媽餐廳的品牌熱忱。此結果與 Swimberghe et al. (2014) 的研究指出，顧客在品牌使用的體驗中尋求社會我與理想我的渴望，不僅要讓在他人呈現自己想要被認識的一面，同時為自己的理想形象加分。因此，田媽媽餐廳業者應將焦點強化消費者的自我品牌一致性內涵，俾利消費者產生對餐廳品牌熱忱的黏著度。

以中位數 4.16 作為分界點，將上述具有調節作用的利環境態度變數分為高、低二組觀察樣本。分析結果低利環境態度分組樣本數為 261 個樣本，本研究將之命名為「高利環境態度」；低分組樣本數為 196 個樣本，本研究將之命名為「低利環境態度」。進一步檢驗高利環境態度組與低利環境態度組之利環境態度構面的平均得分，經獨立樣本 t 檢定後，得 t 值為 24.63* ($p<0.05$)，顯示高、低分組在低利環境態度之得分確實具有顯著差異，高、低利環境態度組之分群效果良好，適合進行多群體分析以檢測調節效果。透過多群體比較方式，檢視兩群體其結構模式是否不同，並利用卡方差異檢定方式檢測其是否具有顯著差異。結果顯示，在自由估計模式，其卡方值為 426.44，自由度為 163。而在限制模式，亦即限制兩群路徑係數相等的情況下，其卡方值為 446.19，自由度為 167。自由估計模式與限制模式之卡方差異值為 19.75，自由度差為 4，達顯著差異($p<0.01$)。高、低利環境態度的分組，其路徑係數是不相等的，亦即利環境態度具有調節效果。

從圖 2 指出，低利環境態度消費者對田媽媽餐廳的管理環境(影響係數 $\gamma=0.89$)構面會影響自我品牌一致性並進而影響品牌熱忱。在管理環境部分，消費者對於田媽媽餐廳的「餐飲創意」較有感受，例如：有提供獨特的菜單、多樣的菜色選擇、菜色視覺看起來很誘人等呈現，顯示餐廳業者所提供的菜色元素與顧客的感知產生連結，讓其對餐廳產生深刻的印象，此結果與 Ha and Jang (2013)的研究指出，餐廳顧客有尋求新美食體驗的內在心理觀點相符。其次，能獲得較迅速的服務、特別的服務等「貼心服務」，則有助於消費者的感知。再者，「員工儀態」部分，對於員工儀表整潔、員工的外表感到很舒服等情緒勞務服務較有感知。此結果支持 Kivela et al. (2000) 的研究，認為良好的餐廳員工儀態可視為餐飲體驗中的美好人情風景，並有益於促成顧客與餐廳員工的良好互動。因此，田媽媽餐廳業者應強化管理環境，以利與消費者的自我品牌一致性有所連結。

從圖 3 指出，高利環境態度消費者對田媽媽餐廳的心理環境($\gamma=0.57$)及管理

環境(影響係數 $\gamma=0.39$)等構面會影響自我品牌一致性並進而影響品牌熱忱。在心理環境部分，在「內心歡愉」部分，餐廳能營造讓人感受到驚喜、感受到驚奇、感受到鼓舞人心等項，則能讓消費者對餐廳更有感知。例如：艾馨園田媽媽餐廳結合艾草主題特色，推出艾草農園體驗、愛(艾)的鼓(穀)勵 DIY 紀念品體驗，讓人有驚奇的感受。此結果與 Dishion and Tipsord(2011)的研究觀點相符，指出一個使人內心歡愉的餐飲空間有助於提升顧客對該餐廳品牌的契合度。再者，在「新奇感受」部分，餐廳能營造讓人感受跟其他餐廳不一樣、用餐很令人難忘、很有原創性、可以感受到歡愉等項，較能吸引消費者的注意。例如：田媽媽餐廳結合當地特殊食材進行季節創意菜單研發，或教導顧客製作簡易的醃漬物體驗，讓人有新奇的感受。此結果與 Park and Yoon(2009)的研究指出，到農村餐廳品嚐在地農作更是特別的旅遊體驗。此外，在「氣氛營造」部分，餐廳播放的音樂很放鬆、餐廳的音樂讓人有快樂的感覺等項，較能獲致消費者的感知。此結果支持 Bosmans (2006)的研究，認為氣氛營造有助於激活顧客的情感反應、提升對產品的認同，顧客會對良好氣氛營造環境下的商品有偏好。因此，田媽媽餐廳業者應強化管理環境及心理環境等構念內涵，以利與消費者的自我品牌一致性有所連結。

結論與建議

本研究依據服務場景理論，瞭解農村餐廳營造實體環境、管理環境、心理環境三個環境層面與消費者品牌一致性認同，是形成消費者對餐廳品牌熱忱行為反應的重要過程。本研究是第一個驗證應用服務場景理論在農村餐廳品牌熱忱模式，對於瞭解服務場景的心理情緒及反應行為提出一個完整的理論架構，研究成果可作為未來以服務場景為消費行為研究的基礎資料。茲將研究結論說明如下：

服務場景理論對形成消費者品牌一致性認同是一個很重要的催化劑。特別是管理環境、心理環境兩個環境層面感受，有利於連接消費者的品牌一致性認同，進而引發對餐廳品牌熱忱的行為。由整體模式來看，本研究實證發現，餐廳的服務場景(管理環境、心理環境)對自我品牌一致性之整體解釋力達 98%。服務場景(管理環境、心理環境)、自我品牌一致性等變項對餐廳品牌熱忱之解釋力有 87%。綜言之，服務場景(管理環境、心理環境)、自我品牌一致性是非常重要的影響因素，可以有效解釋餐廳品牌熱忱。換言之，本研究之因果模式具有相當程度的說服力，對建構餐廳品牌熱忱模式，具有一定的理論意涵。關於實務管理意涵之建議如下：

(一) 對低利環境態度消費者而言

強化管理環境，則有助於提升消費者的自我品牌一致性。在餐飲創意部分，建議餐廳業者在菜單設計上，除具有圖文的編排之外，也能將在地的良品好物食材與當地常民生活故事予以連結設計。其次，依據不同季節，開發特色菜單，例如：春季養肝、夏季養心、秋天清肺及冬季固腎等菜色。再者，活用食器，設計富涵生活情調的菜色視覺料理，讓農村料理也能簡單呈現精巧的飲食美學。在貼心服務部分，依據消費者的用餐速度，掌握上菜時間，讓消費者獲得迅速的服務，

減少消費者等待上菜的時間；此外，適時送上主廚私房特別招待的涼拌小菜或冰品小吃，會讓消費者感受用心款待的服務。在員工儀態部分，建議訓練服務員合宜的化粧、穿著田媽媽餐廳專屬的制服時具有整齊乾淨的外貌；服務員也要時常面帶笑容，保持熱忱與殷勤，自信地呈現在消費者面前。

(二)對高利環境態度消費者而言

強化心理環境部分，則能提升消費者的自我品牌一致性。在內心歡愉部分，餐廳若能連結營造屬於在地文化主題的生活風格的空間，從當地的旅行、飲食及文化藝術、工藝等分享美好的在地生活事物，是會讓人感受到驚喜與驚奇。在新奇感受部分，餐廳可以找出在地舊時農家樂的小吃、美食料理，在不同時令，設計成為餐廳的農家小吃體驗活動，讓消費者共同完成小吃製作，如：龍鬚糖。或是設計農家菜體驗製作，讓消費者學習烹調，如：醃製佛手瓜。此外，餐廳若能提供在地當令蔬果、農作物成品或特產品，成為當地小農展售平台，也讓消費者品賞在地食材直達餐桌的美味享受，是會讓人吃得快意且又難忘。在氣氛營造部分，建議餐廳所播放的音樂是能放鬆、娛樂及平衡心靈的旋律，較能獲致消費者的共鳴。

(三)消費者自我品牌一致性會影響田媽媽餐廳的品牌熱忱

鑑於本研究之樣本以 35 歲至 54 歲青壯族群佔多數，建議餐廳業者強化消費者對餐廳自我品牌一致性的作法，例如：配合該族群需要，推行農村輕食養生、生活禪學等主題性活動，或設計消費者自行 DIY 在地良品好物紀念品或伴手禮，例如：製茶體驗、醃製海鮮體驗、艾草避邪用品(艾的穀粒)體驗，能展現消費者個性化創意的體驗活動，讓消費者能懷念餐廳特色並可向人炫耀，以滿足其自我品牌一致性，進而影響對餐廳的品牌熱忱。

本研究採橫斷面研究法，資料分析僅以單一時點衡量各變數之認知。就長期觀點而言，消費者對這些變數的認知可能有所改變，因此結果難免會有些偏誤，此為本文之研究限制之一。此外，本研究僅調查不同地理區域田媽媽餐廳的消費者，然而不同體驗類型的田媽媽餐廳可能導致結果有所差異。因此建議未來研究可以其他體驗類型的田媽媽餐廳的消費者為調查對象，以實證本研究提出餐廳品牌熱忱模式之外部效度。

參考文獻

- Albert, N., Merunka, D., & Valette-Florence, P., 2013, Brand passion: Antecedents and consequences. *Journal of Business Research*, 66(7), 904-909.
- Back, K.J., 2005, The effects of image congruence on customers' brand loyalty in the upper middle-class hotel industry. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 29(4), 448-467.
- Bissing-Olson, M. J., Iyer, A., Fielding, K. S., & Zacher, H., 2013, Relationships between daily affect and pro-environmental behavior at work: The moderating role of pro-environmental attitude. *Journal of Organizational Behavior*, 34(2), 156-175.
- Bitner, M. J., 1992, Servicescapes: The impact of physical surroundings on customers and employees. *Journal of Marketing*, 56, 57-71.
- Bojanic, D. C., & Rosen, L. D., 1994, Measuring service quality in restaurants: An application of the SERVQUAL instrument. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 18(1), 3-14.
- Bosmans, A., 2006, Scents and sensibility: when do (in) congruent ambient scents influence product evaluations? *Journal of Marketing*, 70(3), 32-43.
- Burns, A. C. & R. F. Bush, 1995, *Marketing research*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Cheung, L. T. O., & Fok, L., 2014, Assessing the role of ecotourism training in changing participants' pro-environmental knowledge, attitude and behaviour. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 19(6), 645-661.
- Dishion, T. J. & J. M. Tipsord, 2011, Peer contagion in child and adolescent social and emotional development. *Annual review of psychology*, 62, 189-214.
- Ekinci, Y. & M. Riley, 2003, An investigation of self-concept: actual and ideal self-congruence compared in the context of service evaluation. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 10(4), 201-214.
- Ericksen, M. K. & M. J. Sirgy, 1992, Employed females' clothing preference, self-image congruence, and career Anchorage. *Journal of Applied Social Psychology*, 22(5), 408-422.
- Fritsche, I., Jonas, E., Kayser, D. N., & Koranyi, N., 2010, Existential threat and compliance with pro-environmental norms. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1), 67-79.
- Füller, J., & K. Matzler, 2008, Customer delight and market segmentation: An application of the three-factor theory of customer satisfaction on life style groups. *Tourism Management*, 29(1), 116-126.
- Guéguen, N., & C. Petr, 2006, Odors and consumer behavior in a restaurant. *International Journal of Hospitality Management*, 25(2), 335-339.
- Gwinner, K.P., D.D. Gremler, & M.J. Bitner, 1998, Relational benefits in services industries: the customer's perspective, *Journal of the academy of marketing*, 26(2), 101-114.
- Ha, J., & S. Jang, 2013, Variety seeking in restaurant choice and its drivers. *International Journal of Hospitality Management*, 32(0), 155-168.
- Han, H. & K. Ryu, 2009, The roles of the physical environment, price perception, and customer satisfaction in determining customer loyalty in the restaurant industry. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 33(4), 487-510.
- Hernández-Maestro, R. M., Muñoz-Gallego, P. A., & L. Santos-Requejo, 2009, Small-business owners' knowledge and rural tourism establishment performance in Spain. *Journal of Travel Research*, 48(1), 58-77.
- Horng, J.-S., S.-F. Chou, C.-H. Liu, & C.-Y. Tsai, 2013, Creativity, aesthetics and eco-friendliness: A physical dining environment design synthetic assessment model of innovative restaurants. *Tourism Management*, 36, 15-25.
- Horng, J.-S., C.-H. Liu, S.-F. Chou, & C.-Y. Tsai, 2013b, Professional conceptions of creativity in restaurant space planning. *International Journal of Hospitality Management*, 34, 73-80.
- Hyun, S. S. & J. Kang, 2014, A better investment in luxury restaurants: Environmental or non-environmental cues? *International Journal of Hospitality Management*, 39(0), 57-70.

- Jamal, A. & M. M. Goode, 2001, Consumers and brands: A study of the impact of self-image congruence on brand preference and satisfaction. *Marketing Intelligence & Planning*, 19(7), 482-492.
- Jusan, M. B. M. , 2010, Means end chain, person environment congruence and mass housing design. *Open House International*, 35(3), 76-86.
- Kang, I., S. Jeon, S. Lee, & C.K. Lee., 2005, Investigating structural relations affecting the effectiveness of service management. *Tourism Management*, 26(3), 301-310.
- Kang, J., L. Tang, & A. M. Fiore, 2014, Enhancing consumer-brand relationships on restaurant Facebook fan pages: Maximizing consumer benefits and increasing active participation. *International Journal of Hospitality Management*, 36, 145-155.
- Kivela, J., R. Inbakaran, & J. Reece, 2000, Consumer research in the restaurant environment. Part 3: analysis, findings and conclusions. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 12(1), 13-30.
- Kressmann, F., M. J. Sirgy, A. Herrmann, F. Huber, S. Huber, & D.-J. Lee, 2006, Direct and indirect effects of self-image congruence on brand loyalty. *Journal of Business Research*, 59(9), 955-964.
- Lu, M.-L. , 2014, About Tianmama. Retrieved April 1, 2015, from <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=2500768>
- Magnini, V. P., T. Miller, & B. P. Kim, 2011, The psychological effects of foreign-language restaurant signs on potential diners. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 35(1), 24-44.
- Malär, L., H. Krohmer, W. D. Hoyer, & B. Nyffenegger, 2011, Emotional brand attachment and brand personality: the relative importance of the actual and the ideal self. *Journal of Marketing*, 75(4), 35-52.
- Mattila, A. S., 2001, Emotional bonding and restaurant loyalty. *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 42(6), 73-79.
- Mehta, A., 1999, Using self-concept to assess advertising effectiveness. *Journal of Advertising Research*, 39(1), 81-89.
- Meng, J. G. & K. M. Elliott, 2008, Predictors of relationship quality for luxury restaurants. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 15(6), 509-515.
- Miller, D., Merrilees, B., & Coghlan, A., 2015, Sustainable urban tourism: Understanding and developing visitor pro-environmental behaviours. *Journal of sustainable tourism*, 23(1), 26-46.
- Oliver, R. L., R. T. Rust, & S. Varki, 1997, Customer delight: Foundations, findings, and managerial insight. *Journal of Retailing*, 73(3), 311-336.
- Parasuraman, A., V. A. Zeithaml, & L. L. Berry, 1988, Servqual. *Journal of Retailing*, 64(1), 12-40.
- Park, D.-B. & Y.-S. Yoon, 2009, Segmentation by motivation in rural tourism: A Korean case study. *Tourism Management*, 30(1), 99-108.
- Pichert, D., & Katsikopoulos, K. V., 2008, Green defaults: Information presentation and pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 63-73.
- Pugh, S. D. , 2001, Service with a smile: Emotional contagion in the service encounter. *Academy of management journal*, 44(5), 1018-1027.
- Raajpoot, N. A. , 2002, TANGSERV: A multiple item scale for measuring tangible quality in foodservice industry. *Journal of Foodservice Business Research*, 5(2), 109-127.
- Ramkissoon, H., Graham Smith, L. D., & Weiler, B., 2013, Testing the dimensionality of place attachment and its relationships with place satisfaction and pro-environmental behaviours: A structural equation modelling approach. *Tourism Management*, 36, 552-566.
- Ryu, K. & H. Han, 2011, New or repeat customers: How does physical environment influence their restaurant experience? *International Journal of Hospitality Management*, 30(3), 599-611.
- Ryu, K. & S.C. Jang, 2008a, DINESCAPE: a scale for customers' perception of dining environments. *Journal of Foodservice Business Research*, 11(1), 2-22.

- Ryu, K. & S.C. Jang, 2008b, Influence of restaurants' physical environments on emotion and behavioral intention. *Service Industries Journal*, 28(8), 1151-1165.
- Ryu, K., & S.C. Jang, 2007, The effect of environmental perceptions on behavioral intentions through emotions: The case of upscale restaurants. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 31(1), 56-72.
- Ryu, K., H.-R.Lee, & W. G. Kim, 2012, The influence of the quality of the physical environment, food, and service on restaurant image, customer perceived value, customer satisfaction, and behavioral intentions. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 24(2), 200-223.
- Schmitt, B., L. Zarantonello, & J. Brakus, 2009, Brand experience: What is it? How is it measured? Does it affect loyalty? *Journal of Marketing*, 73(3), 52-68.
- Siemens, L., 2010, Challenges, responses and available resources: Success in Rural Small Businesses. *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, 23(1), 65-80.
- Sirgy, M. J., 1982, Self-concept in consumer behavior: A critical review. *Journal of Consumer Research*, 9(3), 287-300.
- Sirgy, M. J., D.Grewal, T. F.Mangleburg, J.-o.Park, K.-S.Chon, C. B. Claiborne, . . . H. Berkman, 1997, Assessing the predictive validity of two methods of measuring self-image congruence. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 25(3), 229-241.
- Sulek, J. M. & R. L. Hensley, 2004, The relative importance of food, atmosphere, and fairness of wait: The case of a full-service restaurant. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 45(3), 235-247.
- Swimberghe, K. R., M.Astakhova, & B. R. Wooldridge, 2014, A new dualistic approach to brand passion: Harmonious and obsessive. *Journal of Business Research*, 67, 2657-2665.
- Wakefield, K. L. & J. G. Blodgett, 1994, The importance of servicescapes in leisure service settings. *Journal of Services Marketing*, 8(3), 66-76.
- Takahashi, B., & Selfa, T., 2015, Predictors of pro-environmental behavior in rural American communities. *Environment and Behavior*, 47(8), 856-876.
- Wang, X., 2011, The effect of unrelated supporting service quality on consumer delight, satisfaction, and repurchase intentions. *Journal of Service Research*, 14(2), 149-163.
- Warhurst, C. & D. Nickson, 2007, Employee experience of aesthetic labour in retail and hospitality. *Work, Employment & Society*, 21(1), 103-120.
- Weiss, R., A. H.Feinstein, & M. Dalbor, 2005, Customer satisfaction of theme restaurant attributes and their influence on return intent. *Journal of Foodservice Business Research*, 7(1), 23-41.
- Yim, C. K., D. K.Tse, & K. W.Chan, 2008, Strengthening customer loyalty through intimacy and passion: roles of customer-firm affection and customer-staff relationships in services. *Journal of Marketing Research*, 45(6), 741-756.
- Zhang, Z., Q .Ye, R.Law, & Y.Li, 2010, The impact of e-word-of-mouth on the online popularity of restaurants: A comparison of consumer reviews and editor reviews. *International Journal of Hospitality Management*, 29(4), 694-700.

表 1 田媽媽餐廳品牌熱忱模式路徑分析 (n=457)

參數	變數關係	標準化估計值	標準誤	t 值
γ_1	實體環境→自我品牌一致性	-0.10	0.13	-0.79
γ_2	管理環境→自我品牌一致性	0.79	0.27	2.96*
γ_3	心理環境→自我品牌一致性	0.33	0.17	1.97*
β_1	自我品牌一致性→餐廳品牌熱忱	0.93	0.06	17.54*

註：*表示 $p < .05$

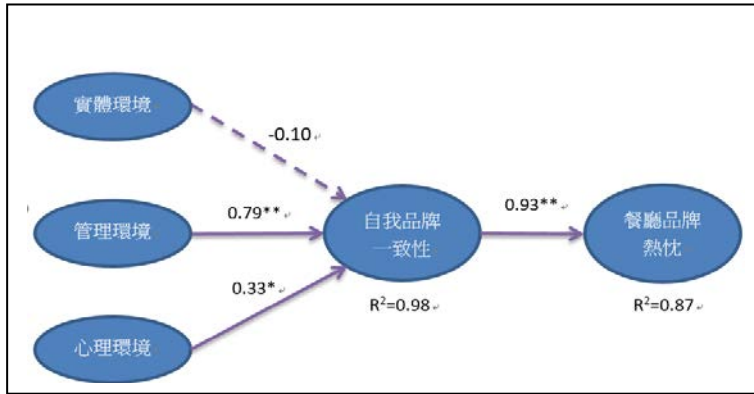


圖 1 整體模式路徑分析

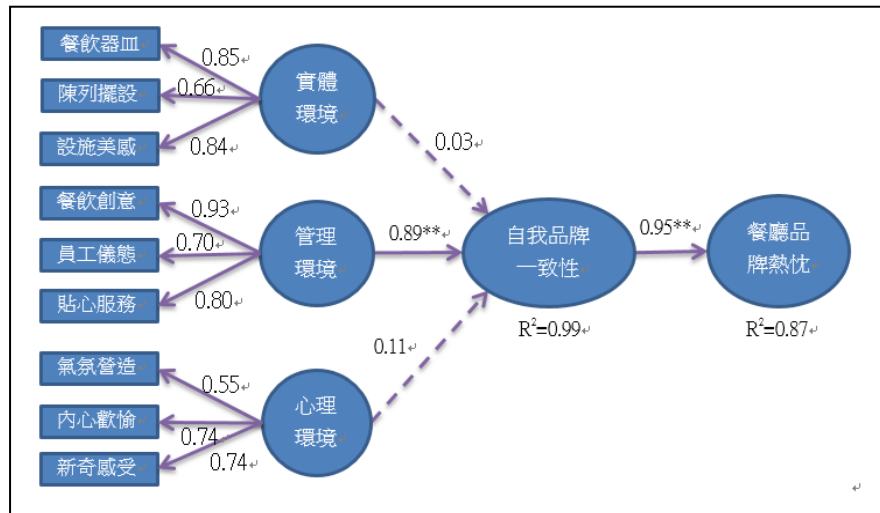


圖 2 低利環境態度者結構模式圖

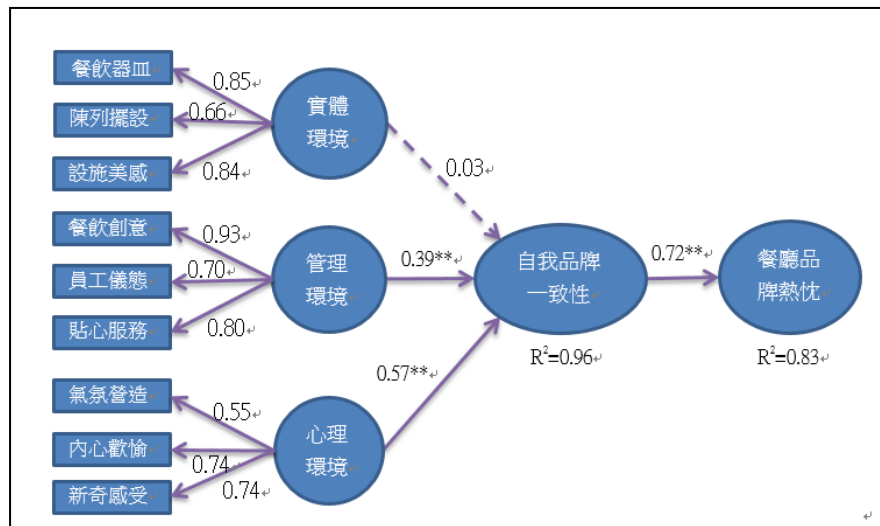


圖 3 高利環境態度者結構模式圖



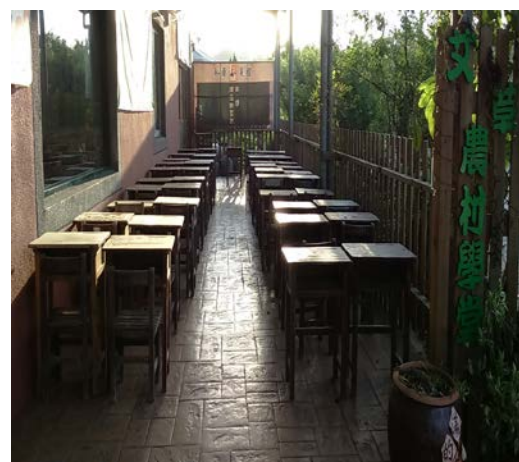
餐飲創意-奮起湖古道廚娘的招牌菜



設施美感-奮起湖古道廚娘的裝飾佈置



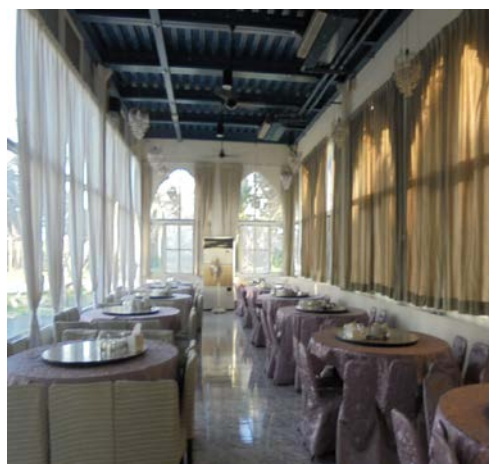
餐飲創意-艾馨園的招牌菜



新奇感受-艾馨園以艾草為主題的農村學堂



餐飲創意-陽光水棧的招牌菜



陳列擺設-陽光水棧用餐空間的擺設