中華民國第64屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組　化學科

第三名

030210

以自製光譜分析薑黃素含量與硼的螯合反應

學校名稱： 桃園市立中壢國民中學

作者：	指導老師：
國二 孫培睿 國二 陳羽格 國二 廖士瑋	吳基福

關鍵詞： 光譜分析、薑黃素、螯合反應

摘要

本實驗利用自製光譜儀製作出薑黃素檢量線，並與 UV-VIS 的檢量線做比較，發現自製光譜可有效檢測薑黃素之最大吸收峰值，可檢測出市售含薑黃素產品中的薑黃素含量。另外也以自製光譜製作出了薑黃素與硼螯合反應之檢量線，發現薑黃素與硼的濃度越高，螯合程度越好，效果越佳；除此之外，利用自製光譜也探討了螯合反應之錯合物與水浴時間關係，發現文獻中所提及的水浴並不是必要的步驟，僅需蒸乾即可產生螯合物，但水浴時間越長，螯合物濃度越高，也發現螯合反應後不同放置時間的顏色變化，發現放置時間越久，則螯合物在目標波長的吸光度越低，應是螯合反應之中心原子脫落所致，並用自製光譜及薑黃素的螯合反應，檢測出市售蝦仁與鹼粽之含硼濃度。

壹、前言

一、研究動機：

咖哩製品時常存在我們的生活中，但我們發現市售咖哩製品的包裝上大多未標示薑黃素含量，因此，我們想要利用光譜分析製作薑黃素的檢量線，算出不同市售咖哩製品所含的薑黃素濃度。

考量到身為學生的我們經濟能力有限，我們在參考文獻後決定自製光譜儀，並向指導教授所任職的大學借用分光光度計（UV-VIS），與我們的自製光譜儀進行比較。

另外，近期社會大眾都十分關注食安議題，而我們主要研究的薑黃素，根據文獻記載，會和硼產生螯合反應，我們也蒐集了市面上幾種可能含硼的食品，準備用來檢測這些食品中，所含的硼酸濃度。

在進行實驗之前，我們還發現薑黃素可以跟硼酸或硼酸+草酸結合生成兩種有色的錯合物玫瑰花青苷（Rosocyanine）和紅色薑黃素（Rubrocurcumin）此方法，稱為薑黃素光度法，因此查到一篇環保署的文獻——水中硼檢測方法--薑黃素比色法，內容中有提到，薑黃素與硼的螯合需要大約 80 分鐘的水浴時間，令我們好奇的是，是否真的需要水浴這麼長的時間，才能檢測的出薑黃素與硼的螯合反應，另外還有一點，文獻要求一小時內需進行量測，

固本實驗也要探討螯合反應後，再將溶液放置更長時間會對吸光度產生什麼影響，也是我們極想獲知的答案。

根據我們蒐集的資料發現，並沒有科展研究市售產品的薑黃素含量、水浴時間對薑黃素與硼之螯合物的影響，而利用薑黃素檢測硼的含量確實有研究做過，但是該研究使用的是薑黃試紙及分光光度計（UV-VIS），而非自製光譜儀，且根據文獻指出，薑黃試紙能夠檢測出硼的前提是，硼濃度至少要在 200ppm 以上，但該文獻也指出，市售蝦仁的平均含硼量都未超過 200ppm，因此，用薑黃試紙檢測市售樣品的含硼量很可能不夠精確，且用肉眼判斷試紙是否變色十分主觀。綜上所述，我們決定自製光譜儀並著手進行實驗。

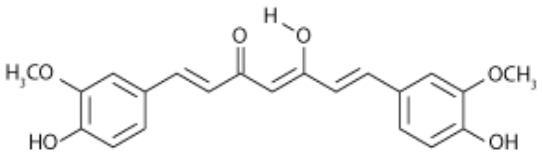


圖 1 薑黃素結構式

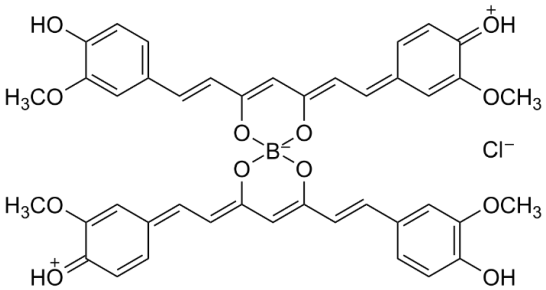


圖 2 玫瑰花青苷（Rosocyanine）結構式

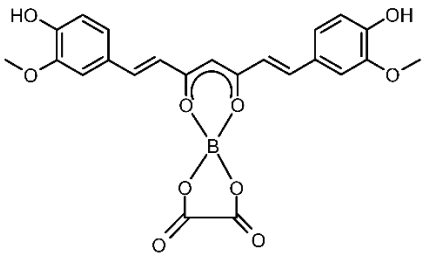


圖 3 紅色薑黃素（Rubrocurcumin）結構式

二、研究目的與架構圖：

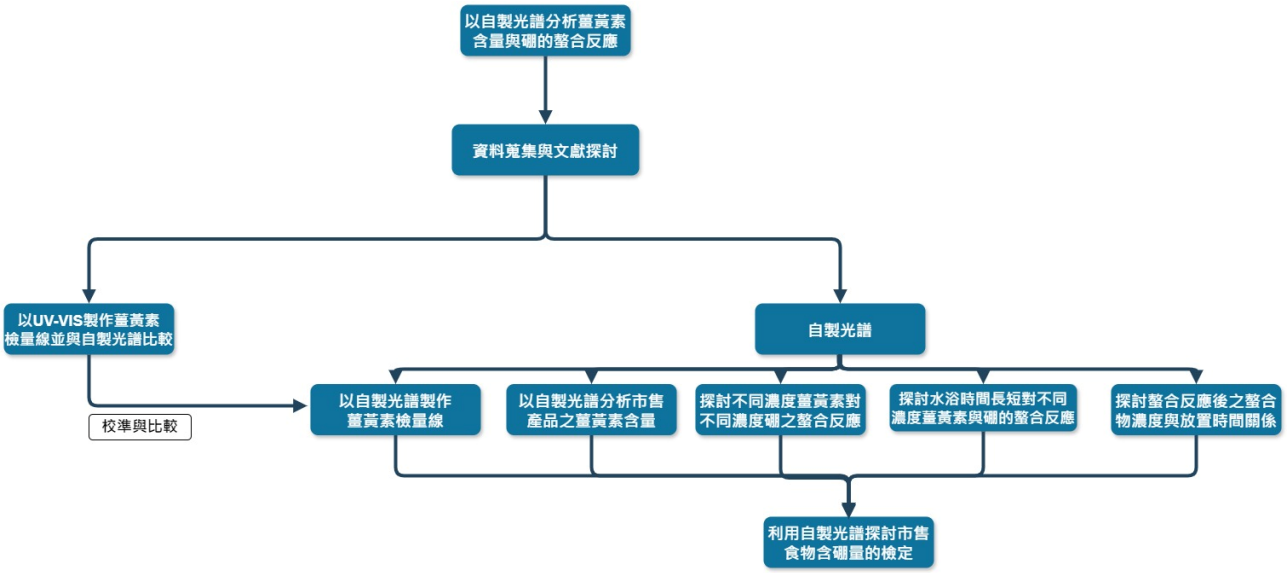


圖 4 實驗架構圖

（一）以自製光譜製作薑黃素檢量線。

（二）以 UV-VIS 製作薑黃素檢量線並與自製光譜比較。

（三）以自製光譜分析市售產品之薑黃素含量。

（四）探討不同濃度薑黃素對不同濃度硼之螯合反應。

（五）探討水浴時間長短對不同濃度薑黃素與硼的螯合反應。

（六）探討螯合反應後之螯合物濃度與放置時間關係。

（七）利用自製光譜探討市售食物含硼量的檢定。

貳、研究設備與器材

一、實驗器材：

黑色卡紙 1 張、黑色膠帶 1 捲、剪刀 1 把、廢棄光碟片 1 片、吸量管（10ml）4 支、吸量管（1ml）4 支、吸量球 8 個、微量吸管（pipette）2 支、微量吸管吸頭數支、燒杯（50ml）數個、燒杯（1000ml）2 個、錐形瓶（125c.c.）數個、塑膠比色管（1*1*4.5 公分）數個、電子天平 3 台、滴管數支、鎢絲燈泡（60 瓦）1 個、手機 1 台、燈泡座 1 個、插頭 1 個、插座、延長線 1 條、Image J（影像分析軟體）、Excel 2016（試算表軟體）、鋁箔紙數捲、筆記型電腦 3 台、省電燈泡 1 個、手機支架 1 個、刮勺數支、濾紙數張、漏斗 2 個、溫度計 2 支、加熱板 2 台、控溫器 1 台、樂高積木、試管數支、紙箱、分光光度計(UV-VIS)、容量瓶（50ml）30 個、容量瓶（250ml）1 個、絞碎機 1 台(圖 1)、鐵架 2 組、拭鏡紙數張

圖 5 絞碎機

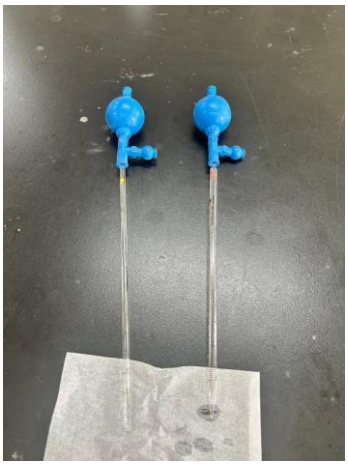


圖 6 吸量球與吸量管

圖 7 加熱板

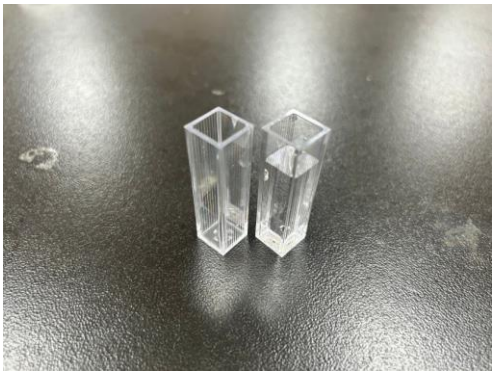


圖 8 塑膠比色管

二、實驗藥品：

酒精(試藥級)20 罐、鹽酸（試藥級）1 罐、硼酸（試藥級）1 罐、R.O 純水、草酸 1 罐、市售咖哩製品 11 種、市售薑黃膠囊 2 顆、市售蝦仁 10 種、市售鹼粽 5 種。

參、研究過程與方法

一、以自製光譜製作薑黃素檢量線：

光譜分析是化學領域非常重要且常見的方式，而顏色變化對於我們的實驗是非常重要，包含不同濃度的薑黃素標準溶液，以及薑黃素對硼的螯合反應，都跟顏色的漸變有很大的關係，因此，我們選用吸收光譜來測定樣品濃度，然而，專業的分光光度計十分昂貴，身為國中生的我們不易負擔，綜上所述，我們決定利用垂手可得的材料自行製作簡易光譜儀。

(一)製作簡易光譜儀

1.我們在參考相關文獻後，利用黑色卡紙製作出光譜儀的狹縫及暗箱，並將廢棄光碟片上的色素利用酒精清除乾淨、用剪刀剪出合適的尺寸，製作出光柵，最後組合而成此自製光譜儀，目的是為了可以用手機拍攝出可輸入 Image J（影像分析軟體）做圖像轉換的分光照片。

圖 9 狹縫

圖 10 光柵

圖 11 暗箱

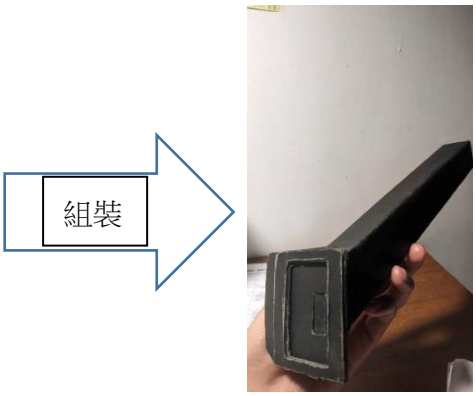


圖 12 完成圖

（二）架設光譜儀、光源、手機、比色管放置槽(圖 6)

1.為了阻隔外部光源，我們選擇在化學實驗室裡的藥品室架設自製光譜儀，利用紙箱阻絕窗戶透進來的光線，並利用樂高積木、膠帶固定光譜儀、省電燈泡或鎢絲燈泡、手機、手機支架、比色管放置槽，確保拍攝分光照片時，不會有誤差。

圖 13 積木與比色管架設

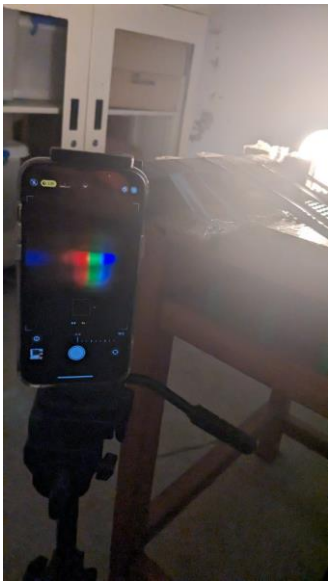


圖 14 光譜儀與相機成像

（三）配置薑黃素標準品

我們比照環境署發布的薑黃素比色法，利用純薑黃素、草酸、鹽酸、酒精調配出數種不同濃度的薑黃素標準品，共配置了 10、50、100、500、1000、2500、5000ppm 來繪製檢量線。

另外，我們考量到 1000ppm 用來稀釋成其他濃度的標準溶液較方便，也較容易，因此，我們特別將 1000ppm 的薑黃素標準溶液配置成 250 毫升，若是實驗中途出現突發狀況，需要的標準溶液不足時，也能用 1000ppm 的母瓶快速、簡易稀釋成其他濃度使用。

稀釋步驟如下：

1.利用電子天平秤量 250 毫克的純薑黃素，加上 10.5 毫升的鹽酸、12.5 公克的草酸，滴入一些酒精使溶後，即再將酒精加至容量瓶（250ml）刻度線，配製成 1000ppm 的薑黃素標準溶液。

2.將 1000ppm 的薑黃素酒精溶液，吸取 25 毫升加入另一容量瓶中，再加入 1.05 毫升的鹽酸、1.25 公克的草酸，滴入一些酒精，使溶後，即再將酒精加至容量瓶（50ml）刻度線，配製成 500ppm 的薑黃素標準溶液。

3.將 1000ppm 的薑黃素酒精溶液，吸取 5 毫升加入另一容量瓶中，再加入約 1.89 毫升的鹽酸、2.25 公克的草酸，滴入一些酒精，使溶後，即再將酒精加至容量瓶（50ml）刻度線，配製成 100ppm 的薑黃素標準溶液。

4.將 500ppm 的薑黃素酒精溶液，吸取 5 毫升加入另一容量瓶中，再加入約 1.89 毫升的鹽酸、2.25 公克的草酸，滴入一些酒精，使溶後，即再將酒精加至容量瓶（50ml）刻度線，配製成 50ppm 的薑黃素標準溶液。

而根據文獻顯示，薑黃素有易光降解的特性，因此，配製完含薑黃素之溶液後，皆須在容器外包上鋁箔紙，以隔絕外在光線，避免薑黃素變質，從而影響實驗結果。

（四）製作薑黃素標準品檢量線

將（三）之 4 種濃度的薑黃素標準品滴入比色管，並分別拍攝 3 張分光照片，做數據分析時，我們會挑選其中一張最清晰的輸入 Image J（影像分析軟體）。

1.製作省電燈泡的光譜圖，作為日後用來校準光譜的利器，原因是：省電燈泡為不連續性光譜(紅光：611nm、綠光：546nm、藍光：436nm)　，於是我們採用了紅光的數值和綠光的數值來校準光譜，並且利用 Image J（影像分析軟體）中的 Curve Fitting，也就是我們國中所學的線性轉換概念，利用線性函數 y=0.24254x+383.5746(x 代表像素，y 代表波長)，即可將像素轉換成波長。

2.得到將像素轉成波長的公式後，即可開始製作酒精(空白溶液)的光譜圖

（1）先將酒精的分光照片打開，並且點選分析　，就可以得到一張縱軸為強度，橫軸為像素的分析圖。

（2）將分析圖上的各點轉成數值列出來，然後複製到 Excel 進行波長轉換(利用線性函數 y=0.24254x+383.5746)，即完成橫軸為波長，縱軸為強度的酒精光譜圖，而酒精光譜圖的強度就是日後下方 Beer's law 所需的 I_0。

$$A = -log_{10}\frac{I_t}{I_0} = log_{10}\frac{1}{T} = K \cdot l \cdot C$$

A：吸光度；

I_0入射光的強度；

I_t：透射光的強度；

T：入射透射比，或稱透光度；

K：係數，可以是吸收係數或莫耳吸收係數，

l：吸收介質的厚度，一般以 cm 為單位；

c：吸光物質的濃度，單位可以是 g/L 或 mol/L。

圖 15 比爾-朗伯定律（Beer－Lambert law）

3.製作完酒精(空白溶液)，即可選取分光照片進行分析

先將分光照片打開，並且點選分析 ，就可以得到一張縱軸為強度，橫軸為像素的分析圖

4.將分析圖上的各點轉成數值列出來，然後複製到 Excel 進行波長轉換(利用線性函數 y=0.24254x+383.5746)，再將轉換後光譜圖的強度除以酒精(空白溶液)的強度，得到的數值取-log_{10}之後，可以求得各個薑黃素標準品濃度之吸光度，然後各薑黃素標準品濃度取 log 值，並且將各濃度 log 值與其對應的吸光度作圖，即可得到以自製光譜儀製作的薑黃素標準品檢量線。

取 log_{10}的原因是，若橫坐標的間距不一，低濃度的檢量點易過於密集，高濃度的檢量點會過於稀疏，因此，我們利用 10 的次方概念使橫軸座標間距相同，也就是取 log_{10}。

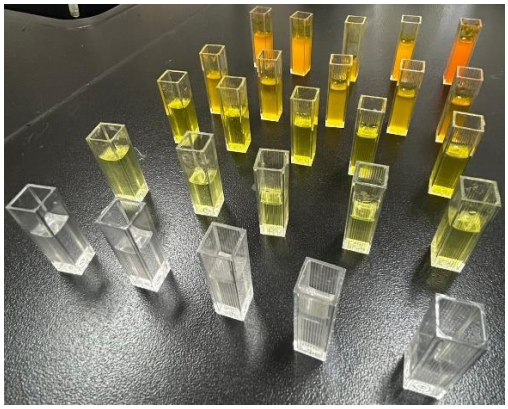


圖 16 將不同濃度的薑黃素滴入比色管

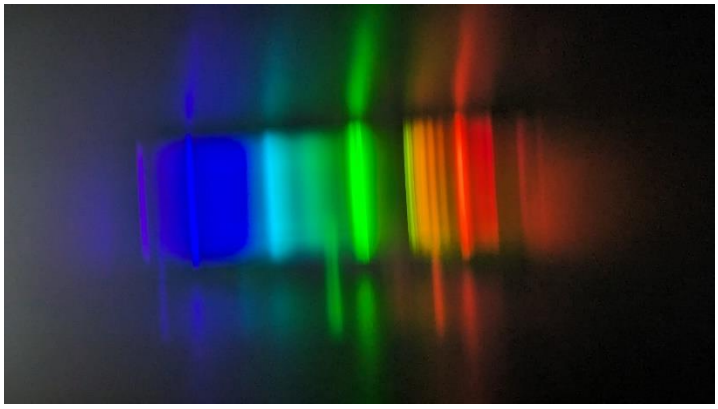


圖 17 省電燈泡（分光照片）

二、以 UV-VIS 製作檢量線：

雖然我們的目標是利用自製光譜儀製作檢量線、檢測市售產品，以及探討水浴時間和放置時間長短對薑黃素與硼的螯合反應有何影響，但為了驗證我們自製的光譜儀真的可以有效檢測，且得出的濃度數值與分光光度計(UV-VIS)相符，我們也向指導教授提供的實驗室借用了一台分光光度計(UV-VIS)，並製作出了可信度極高的薑黃素標準品檢量線。

（一）使用微量吸管（pipette）吸取溶液

1.將微量吸管（pipette）調至刻度 200 的位置，分別吸取 4 種不同濃度的薑黃素標準品溶液，滴進孔盤中，再將孔盤送入分光光度計(UV-VIS)，製作出薑黃素標準品各個濃度之吸光度，然後利用 Excel 將各薑黃素標準品濃度取 log 值，並且將各濃度 log 值與其對應的吸光度作圖，即可得到薑黃素標準品檢量線。

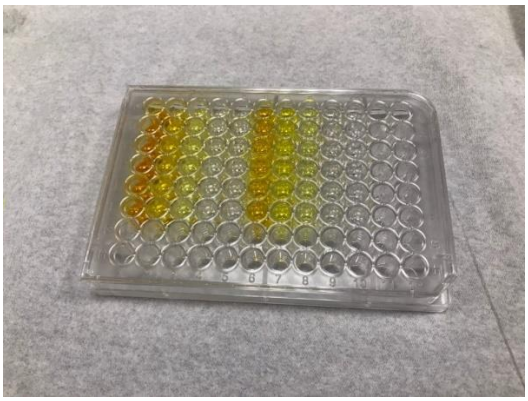


圖 18 用微量吸管（pipette）將不同濃度的薑黃素滴入孔盤

三、以自製光譜分析市售薑黃素製品之薑黃素含量

（一）配置樣品溶液

1.將塊狀、粉狀、泥狀及膠囊 4 種型態，12 種樣品的薑黃素製品分別取出 0.5 公克，並加入容量瓶中，再將酒精（95%）加至容量瓶（50ml）刻度線。

2.利用鐵架、漏斗及濾紙等實驗器材過濾樣品溶液，取澄清液。

（二）算出樣品所含薑黃素濃度

1.將 12 種樣品溶液滴入比色管中，並拍攝分光照片 。

2.分析數據，利用自製光譜檢量線，並求出各不同市售產品的薑黃素濃度。

四、探討不同濃度薑黃素對不同濃度硼之螯合反應

（一）配置硼酸標準品

1.利用電子天平秤量 50 毫克的硼酸，加入容量瓶（50ml）中，滴入一些 R.O 純水使溶後，即再將 R.O 純水加至容量瓶（50ml）刻度線，調配成 1000ppm 的硼酸標準溶液。

2.將 1000ppm 的硼酸水溶液，吸取 5 毫升加入另一容量瓶中，再將 R.O 純水加至容量瓶（50ml）刻度線，加入配製成 100ppm 的硼酸標準溶液。

3.將 100ppm 的硼酸水溶液，吸取 5 毫升加入另一容量瓶中，再將 R.O 純水加至容量瓶（50ml）刻度線，加入配製成 10ppm 的硼酸標準溶液。

4.將 10ppm 的硼酸水溶液，吸取 5 毫升加入另一容量瓶中，再將 R.O 純水加至容量瓶（50ml）刻度線，加入配製成 1ppm 的硼酸標準溶液。

（二）按照薑黃素比色法配製不同濃度的硼酸標準溶液與不同濃度的薑黃素標準溶液之混和溶液

1.根據環境署發布的薑黃素比色法，水中硼的檢測方法須配置薑黃素標準溶液與硼酸標準溶液之 4：1 混和溶液，在有限的時間內，我們為了加快水浴及蒸乾的速度，也為了方便配置，將文獻中的薑黃素標準溶液 4 毫升配上硼酸標準溶液 1 毫升的體積減半，僅配製 2 毫升薑黃素標準溶液加上 0.5 毫升硼酸標準溶液。

2.將薑黃素標準溶液的 4 種濃度（1000ppm、500ppm、100ppm、50ppm）、硼酸標準溶液的 4 種濃度（1000ppm、100ppm、10ppm、1ppm）此 8 種濃度的標準品分別以薑黃素標準溶液 2 毫升配上硼酸標準溶液 0.5 毫升交叉混和，加入試管水浴後中蒸乾，依照文獻的比例先加入 5 毫升酒精使溶，再加入 7.5 毫升。

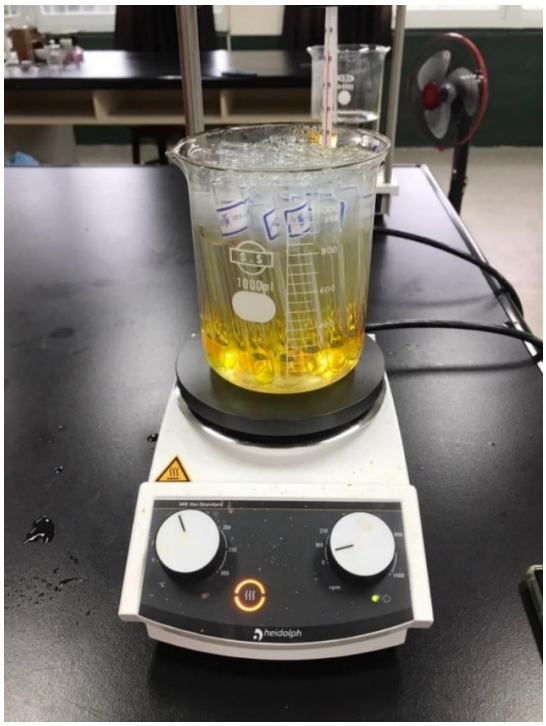


圖 19 水浴過程

圖 20 未蒸乾（左）及有蒸乾（右）之薑黃素與硼螯合物

（三）製作檢量線

1.將混和溶液滴入比色管中，並拍攝分光照片。

2. 分析數據，並另用 Image J（影像分析軟體）形成數據，且利用 Excel 2016（試算表軟體）製作檢量線，並檢視各種不同濃度混合的吸收峰。

五、實驗水浴時間長短對不同濃度薑黃素與硼的螯合反應

環境署發布的薑黃素比色法中有提到，薑黃素與硼的螯合反應大約需要經過水浴 80 分鐘，我們在不斷深入研究、發展實驗的過程中，決定減少水浴時間，原因是我們已將混合溶液的體積減半，理應可以將水浴時間減少為 1/2，也就是 40 分鐘，而為了實驗自製光譜儀的靈敏度是否夠高，以及確認水浴是否為必要流程，我們還加做了 20 分鐘及無水浴的品項。

（一）環保署之薑黃素比色法配製不同濃度的硼酸標準溶液與不同濃度的薑黃素標準溶液之混和溶液，直接混合不進行水浴，不進行蒸乾，直接放入自製光譜中測量。

（二）環保署之薑黃素比色法配製不同濃度的硼酸標準溶液與不同濃度的薑黃素標準溶液之混和溶液分別進行 0、20、40、80 分鐘水浴，進行蒸乾後，依文獻，加入 5ml 酒精使溶，再加入 7.5ml 酒精，進行自製分光光度計測量。

六、薑黃素與硼螯合反應後之化合物與放置時間關係

我們在查找螯合反應相關文獻後，發現以前並未有人研究過關於螯合反應後之化合物與放置時間關係的問題，依下列方式進行測量，以探討探討螯合反應後的化合物在放置時間漸漸拉長的情況下，會對吸收度造成的影響：

（一）文獻要求自水浴至乾後，一小時內進行測量，故將上述實驗四、實驗五各項實驗混合液，分別依下列方式進行測量吸收光譜的量測：

1.依文獻於一小時內，放入自製光譜中測量。

2.將溶液密封放至 24、48、72 小時後，放入自製光譜中測量。

3. 分析數據，並另用 Image J（影像分析軟體）形成數據，且利用 Excel 2016（試算表軟體）製作檢量線，並檢視各種不同濃度混合的吸收峰，用以比較不同放置時間對薑黃素與硼的螯合反應之吸收度的影響

七、以自製光譜分析市售蝦仁、鹼粽之硼含量

為因應近期國人十分重視的食安問題，且探討薑黃素與硼的螯合反應後，我們利用較佳的方法，並到市面上蒐集了 3 個品種的蝦仁（共 9 個樣品）以及 5 種鹼粽，目的是用來檢測這些食物中所含硼砂或硼酸的濃度。

（一）配置樣品溶液

1.將樣品分別放進絞碎機盡量磨碎

2.取 10 公克加入燒杯（50ml），再將 R.O 純水加至 50 公克

3.利用鐵架、漏斗及濾紙等實驗器材過濾樣品溶液，只取澄清液。

（二）算出樣品所含硼濃度

1.將 14 種樣品溶液滴入比色管中，並拍攝分光照片。

2.分析數據，另用 Image J（影像分析軟體）形成數據，並利用 1000ppm 薑黃素溶液檢量線，求出樣品中所含的硼化合物濃度大小。

肆、研究結果

一、以自製光譜製作薑黃素檢量線：

自製光譜儀製作出的吸收度在 430nm 左右，並利用其繪製檢量線。

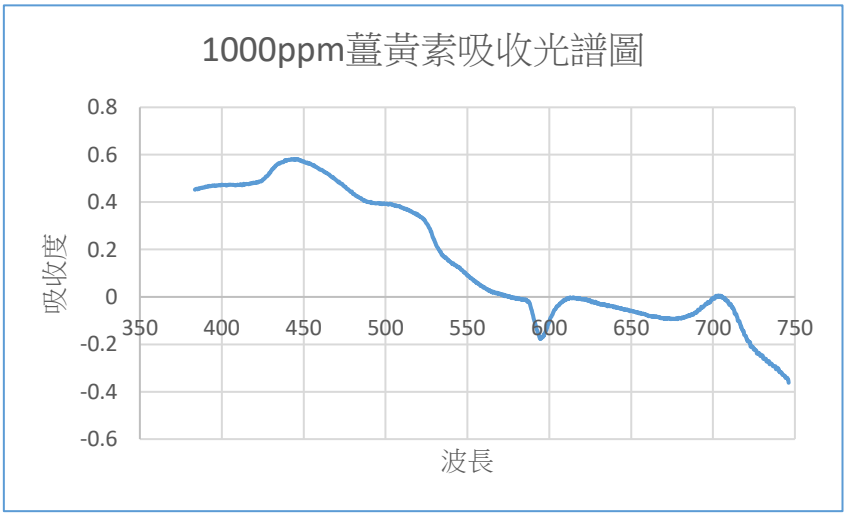


圖 21 純薑黃素吸收光譜（自製光譜）

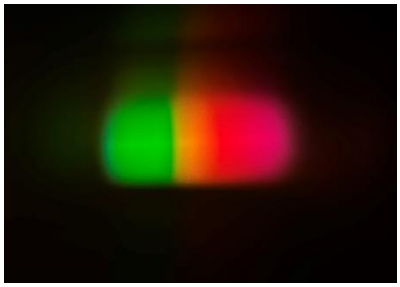


圖 22　1000ppm 純薑黃分光照片（自製光譜）

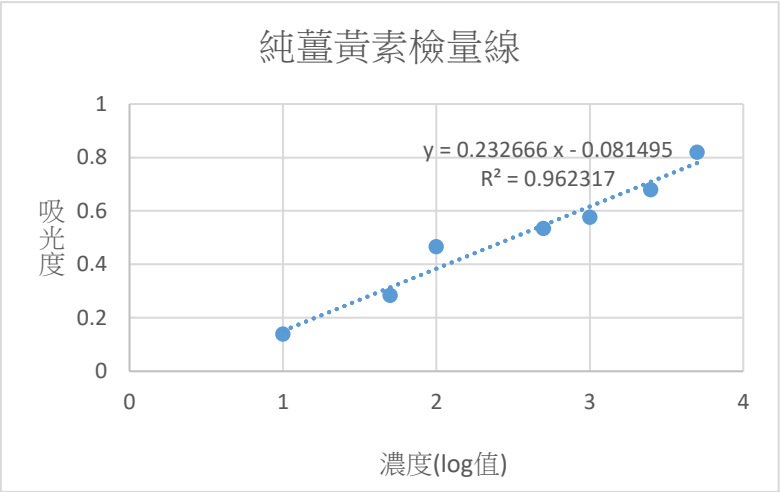


圖 23 純薑黃素檢量線（自製光譜）

二、以 UV-VIS 製作薑黃素檢量線並與自製光譜比較：

以分光光度計(UV-VIS)製作出純薑黃素的吸收光譜，發現薑黃素的吸收峰在 430nm，與文獻相符，純薑黃素光譜與檢量線如下圖：

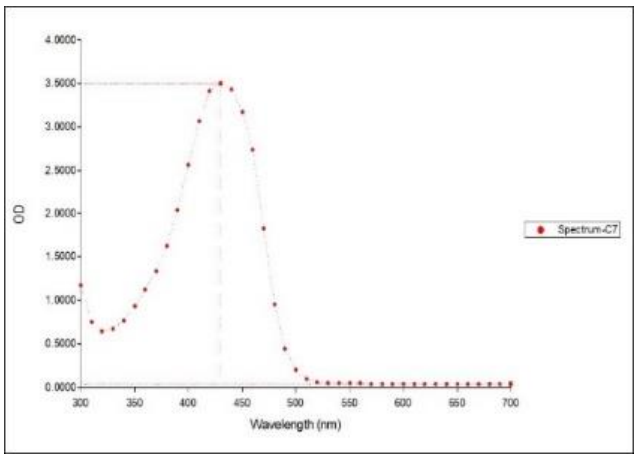


圖 24 純薑黃素全光譜(UV-VIS)

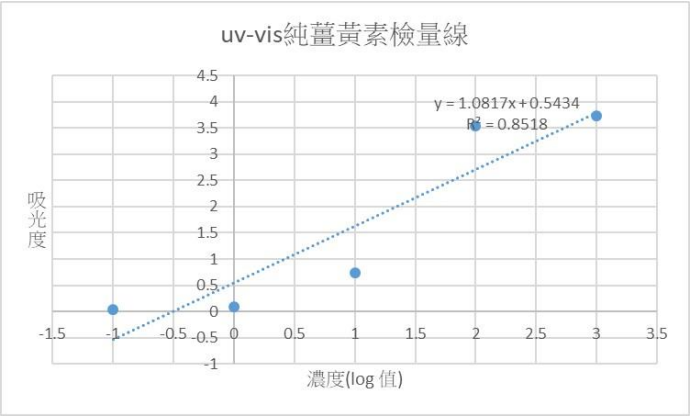


圖 25 純薑黃素檢量線（UV-VIS）

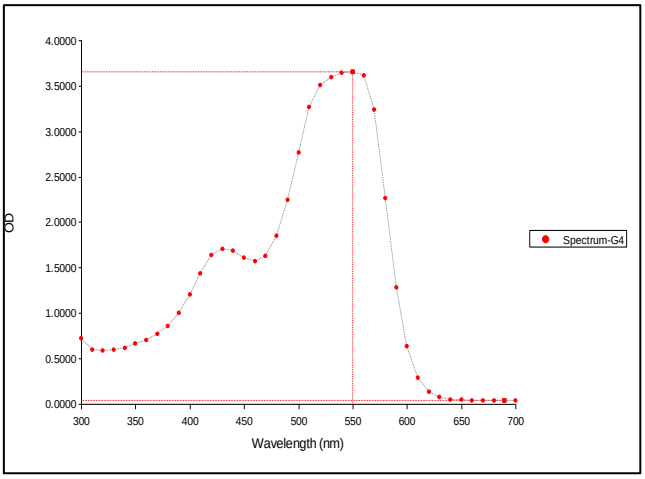


圖 26 薑黃素與硼的螯合物的分光光度計（UV-VIS）吸收光譜

三、以自製光譜分析市售產品之薑黃素含量：

我們再利用自製光譜分析完市售咖哩與薑黃膠囊的吸收光譜後，使用 Excel 2016（試算表軟體）計算各樣品所含薑黃素濃度，並製作表格，即可看出各產品之薑黃素含量。

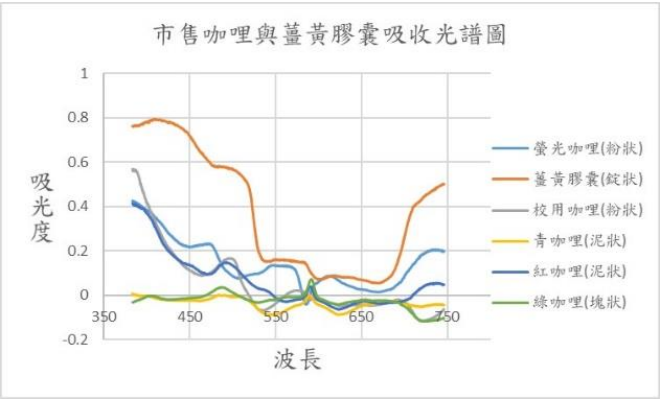


圖 27 市售咖哩與薑黃膠囊吸收光譜圖

	螢光咖哩	校用咖哩	CP 咖哩	印度辣咖哩	印度特調咖哩	薑黃膠囊
分類	粉狀	粉狀	粉狀	粉狀	粉狀	錠狀
百萬分濃度(ppm)	25.54	11.86	8.82	25.53	4.95	4387.09
佔比（%）	0.26	0.12	0.09	0.26	0.05	43.87

	黃咖哩	紅咖哩	青咖哩	綠咖哩	素咖哩	蘋果咖哩
分類	泥狀	泥狀	泥狀	塊狀	塊狀	塊狀
百萬分濃度(ppm)	6.19	11.64	1.77	1.86	2.24	9.69
佔比（%）	0.06	0.12	0.02	0.02	0.02	0.1

表 1 市售咖哩與薑黃膠囊之薑黃素含量

	粉狀	泥狀	塊狀
平均百萬點濃度（ppm）	15.34	6.53	4.59
平均佔比（%）	0.15	0.07	0.06

表 2　三種市售咖哩薑黃素含量之平均值

四、探討不同濃度薑黃素對不同濃度硼之螯合反應：

根據文獻指出，薑黃素與硼螯合後的最大吸收峰在 540nm 上下，從下圖的吸收光譜可以看出，分光光度計(UV-VIS)和我們的自製光譜得出的結果皆與文獻相符，我們可利用自製光譜所製作出不同濃度薑黃素對不同濃度硼的檢量線，檢測出硼濃度。

（一）固定薑黃素濃度做吸收光譜圖

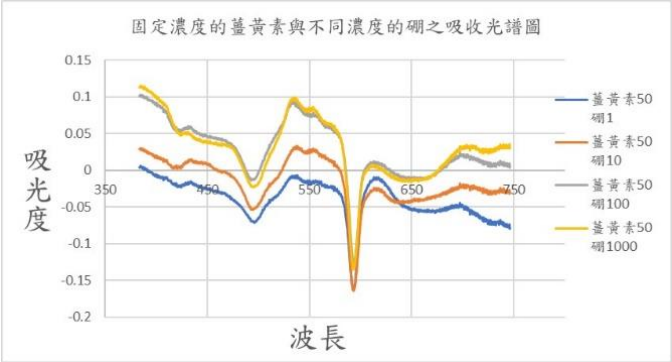


圖 28　50ppm 薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖

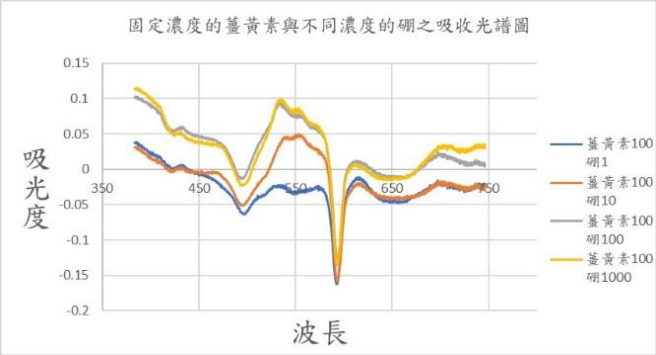


圖 29　100ppm 薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖

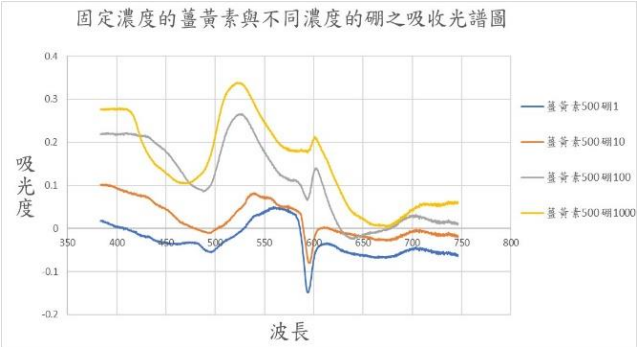


圖 30　500ppm 薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖

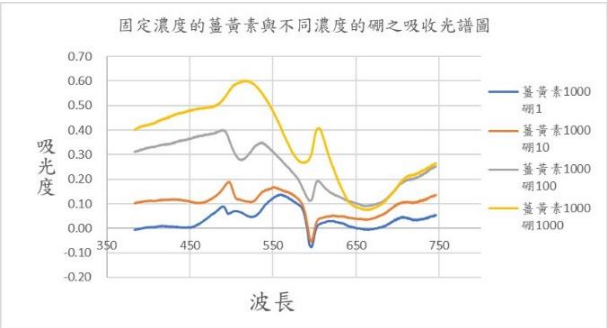


圖 31　1000ppm 薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖

（二）固定硼濃度做吸收光譜圖

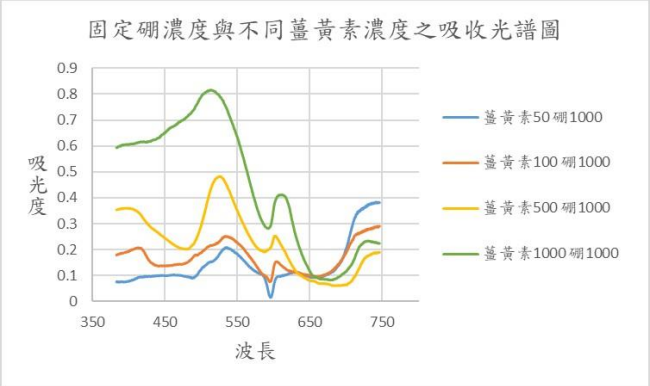


圖 32　1000ppm 硼與不同濃度的硼之吸收光譜圖

五、探討水浴時間長短對不同濃度薑黃素與硼的螯合反應：

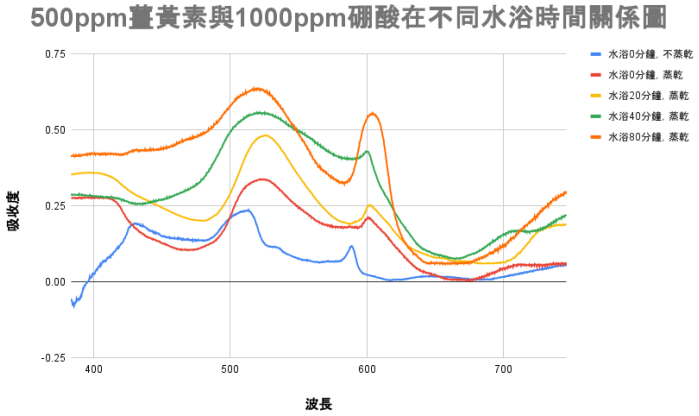


圖 33　500ppm 薑黃素與 1000ppm 硼酸在不同水浴時間關係圖

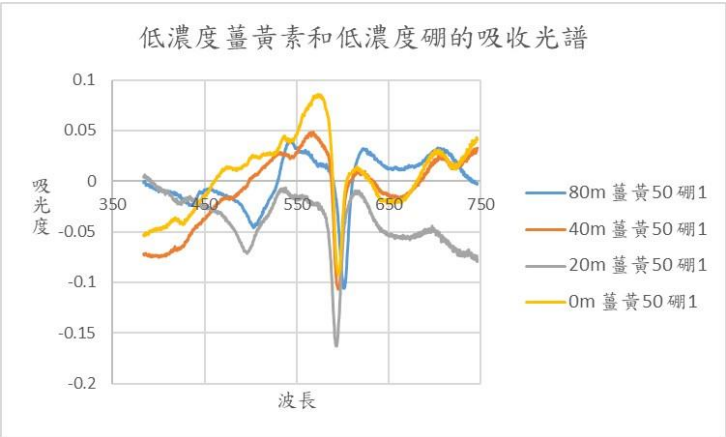


圖 34　50ppm 薑黃素與 1ppm 硼酸在不同水浴時間關係圖

六、探討螯合反應後之螯合物濃度與放置時間關係：

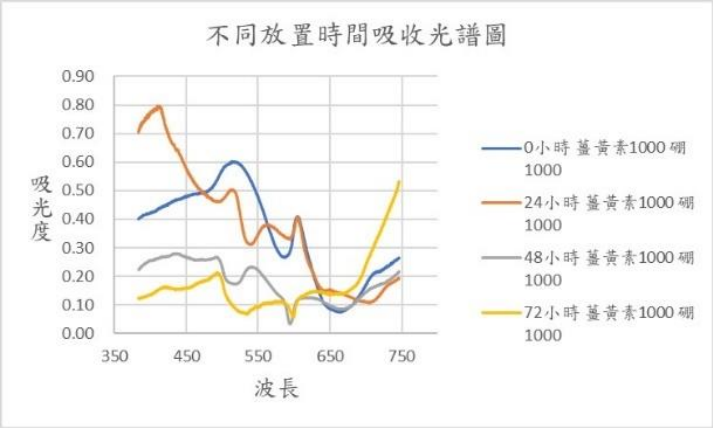


圖 35 不同放置時間之吸收光譜圖

七、利用自製光譜探討市售食物含硼量的檢定：

（一）蝦仁含硼量之檢定

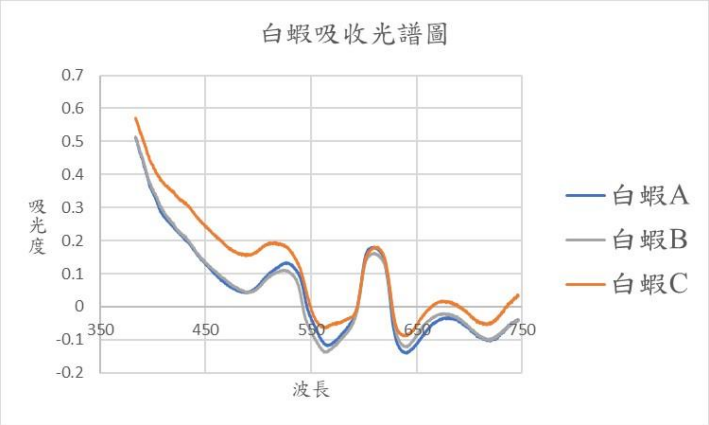


圖 36 以 1000ppm 薑黃素檢測白蝦吸收光譜圖

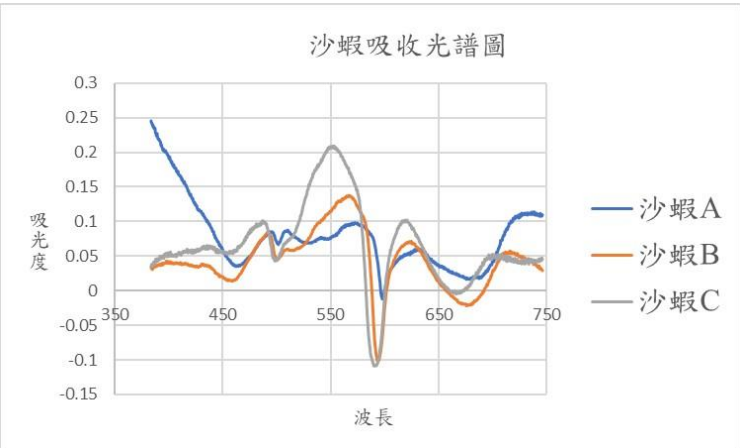


圖 37 以 1000ppm 薑黃素檢測沙蝦吸收光譜圖

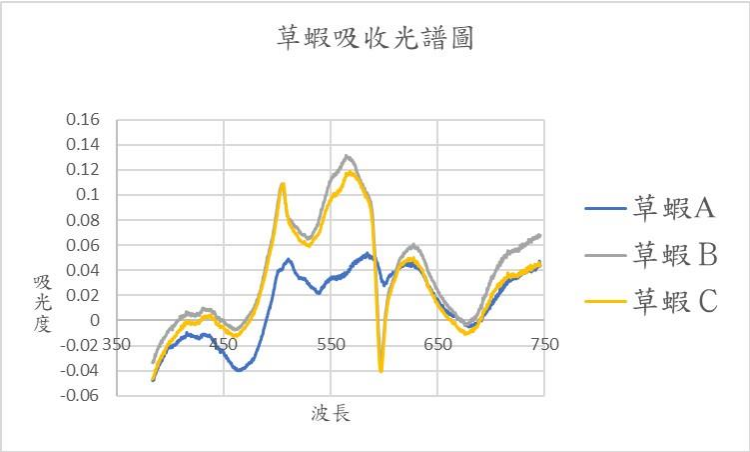


圖 38 以 1000ppm 薑黃素檢測沙蝦吸收光譜圖

	白蝦 A	白蝦 B	白蝦 C
百萬分濃度(ppm)	1.1	1.03	1.06
佔比（%）	0.00011	0.0001	0.00011

表 3 市售白蝦之硼含量

	沙蝦 A	沙蝦 B	沙蝦 C
百萬分點濃度(ppm)	0.99	1.05	1.29
佔比（%）	0.0001	0.0001	0.0001

表 4 市售沙蝦之硼含量

	草蝦 A	草蝦 B	草蝦 C
百萬分濃度(ppm)	0.89	1.02	0.99
佔比（%）	0.00009	0.0001	0.0001

表 5 市售草蝦之硼含量

	白蝦	沙蝦	草蝦
平均百萬分濃度(ppm)	1.06	1.11	0.97
平均佔比（%）	0.00032	0.00011	0.0001

表 6 市售蝦仁之硼含量平均值

（二）鹼粽含硼量之檢定

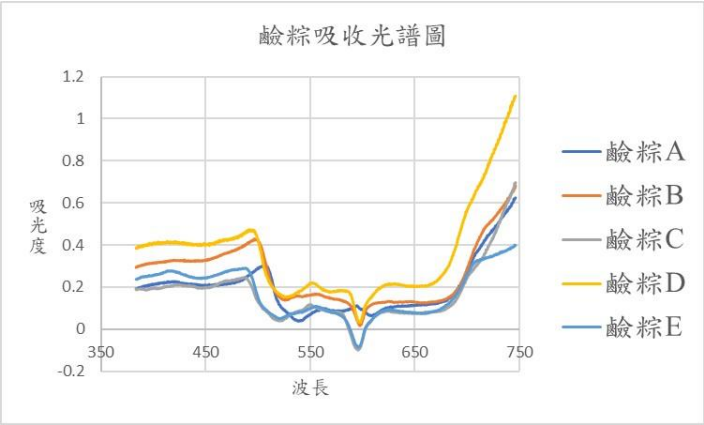


圖 39 以 1000ppm 薑黃素檢測鹼粽吸收光譜圖

	鹼粽 1	鹼粽 2	鹼粽 3	鹼粽 4	鹼粽 5
百萬分濃度(ppm)	6.1	9.03	9.74	51.3	4.25
佔比（%）	0.00061	0.0009	0.00097	0.00513	0.00042

表 7 市售鹼粽之硼含量

伍、討論

一、以自製光譜製作薑黃素檢量線：

（一）依據 1000ppm 純薑黃素分光照片的光譜圖，發現在藍紫光波長處被吸收，因此造成僅剩紅黃光的狀況，數值經過轉換後，發現在 430nm 波長處有吸收，且從前端 400nm 處即開始向上攀升，在 430nm 來到最大，與實驗室分光光度計的結果互相吻合。

（二）製作出各種不同濃度的純薑黃素，並以 430nm 為基準，找出不同濃度的吸收度，並對濃度取對數值，繪製出檢量線。

（三）有此檢量線後，利用自製光譜測量未知薑黃素的吸收度，即可推算回薑黃素濃度。

二、以 UV-VIS 製作薑黃素檢量線並與自製光譜比較：

（一）根據本實驗的實驗結果，分光光度計(UV-VIS)分析的薑黃素全光譜及我們的自製光譜分析出的吸收光譜皆可看出 430nm 左右的吸收峰，且根據文獻，薑黃素的吸收峰正是在 430nm 左右的位置，因此，即可證明自製光譜確實為有效的分析方法。

（二）分光光度計(UV-VIS)中，發現在 350nm 最低峰後攀升到 430nm，但因自製光譜主要取可見光，因此從 400nm 就一路攀升到 430nm 達到最大值後下降，此也與自製光譜曲線符合。

（三）分光光度計(UV-VIS)中，若薑黃素與硼產生反應，水浴後蒸乾並加入酒精後，產生紅色玫瑰花青苷（Rosocyanine）和紅色薑黃素（Rubrocurcumin），使本來的 430nm 吸收峰逐漸變弱，而 540nm 的吸收峰增加，因此可以觀測到螯合反應使吸收峰光譜移動，因此螯合反應後，採 540nm 吸收峰為分析基準，此觀測結果，也與文獻相符。

三、以自製光譜分析市售產品之薑黃素含量：

（一）文獻以 HPLC 測定市售塊狀咖哩之薑黃素平均含量為 165ppm，佔咖哩塊 0.0165%，市售粉狀咖哩之薑黃素平均含量為 4911ppm，佔咖哩粉 0.49%，生薑黃（錠狀薑黃素）之薑黃素平均含量為 24900ppm，佔生薑黃（薑黃錠）2.49%，推測原因可能是樣品挑選有出入、因而造成數字有所誤差，但無論是參考文獻，還是本實驗的分析方法，皆呈現出市售塊狀咖哩之薑黃素含量遠低於市售粉狀咖哩之薑黃素含量的結果。

（二）根據本實驗我們發現，薑黃膠囊、粉狀咖哩、塊狀咖哩的薑黃素含量皆與文獻相符，如上所述，而文獻未提及之泥狀咖哩則各品牌落差較大，青咖哩（泥狀）之薑黃素含量略少於綠咖哩（塊狀），但紅咖哩（泥狀）之薑黃素含量卻跟校用咖哩（粉狀）差異不大，因此市售產品中，屬於保健食品的薑黃素含量最高，其次為粉狀咖哩，最差為塊狀咖哩，而泥狀咖哩則廠牌不同，而呈現薑黃素濃度差距較大的狀況。

（三）本實驗所選用的市售薑黃素膠囊

	成分標示	自製光譜分析
使用重量	0.61	0.5(取用膠囊重量)
所含薑黃素濃度	250ppm	216ppm (以自製光譜檢量線分析)
薑黃素佔膠囊比例	41%	43%

表 8 市售薑黃膠囊標示與自製光譜分析比較表

由上表可知，依膠囊標示與自製光譜分析，發現自製光譜偵測薑黃濃度的誤差率為 4.9%，以極簡便的光譜分析儀而言，算是不錯的成果。

四、探討不同濃度薑黃素對不同濃度硼之螯合反應：

（一）根據圖 26、27，可以發現低濃度之薑黃素與低濃度之硼的螯合反應程度不高，效果並不好，吸光度甚至低到可能為雜訊值，參考價值並不高，但隨著硼濃度的增加，吸光度也有所上升。

（二）根據以上薑黃素濃度較高的圖 28、29，我們發現的確薑黃素濃度越高，螯合反應程度越好，效果越佳，而隨著硼酸濃度上升，540nm 左右的吸光度也越高。

（三）由此可知硼濃度固定的情況下，薑黃素濃度增加，則螯合物在 540nm 左右的吸光度也隨之增加，綜上所述，只要薑黃素和硼酸濃度夠高，改變其中一種化合物的濃度，即可發現吸光度也會隨之改變。

（四）因此環保署文獻以 400ppm 薑黃素做為檢測是合理的，只是我們發現，若在硼酸濃度 100ppm 以上時，薑黃素只要 100ppm 在自製光譜中即有 0.1 的吸收度可以檢測，因此，若在較高硼酸的狀況下，用低濃度的薑黃素，也可以檢測出其吸收光譜。

五、探討水浴時間長短對不同濃度薑黃素與硼的螯合反應：

（一）文獻指出，薑黃素要和硼產生螯合反應，需經過水浴到乾的流程（大約是 80 分鐘），才可產生螯合物玫瑰花青苷（Rosocyanine）和紅色薑黃素（Rubrocurcumin），但讓我們好奇的一點是，前幾年有一篇科展研究利用薑黃試紙檢測食品中是否含有硼，方法是觀察試紙是否變色，而該研究成功檢測出了部分食品有硼殘留，但薑黃試紙的製作過程及檢測方式皆無須水浴，因此，我們想知道水浴是否為檢測薑黃素與硼之螯合物的必須流程，於是，我們進行了不水浴不蒸乾、不水浴蒸乾、20 分鐘水浴蒸乾、40 分鐘水浴蒸乾、80 分鐘水浴蒸乾，根據我們的實驗結果，無論是否有經過水浴，只要有將其蒸乾，即可檢測出薑黃素與硼之螯合物，但水浴時間越久，螯合物之濃度越大，可偵測的極限就越小。

（二）因我們有將混和溶液的體積減半，且水浴 80 分鐘與水浴 40 分鐘在薑黃素和硼皆是高濃度時，結果差異不大，而根據我們的實驗結果，水浴 20 分鐘即可檢測出薑黃素與硼之螯合物，甚至不需經過水浴，只需蒸乾即可產生螯合物，因此蒸乾是實驗中是否會產生紅色錯合物的重點。

（三）從低濃度薑黃素與低濃度硼的螯合反應之吸收光譜圖可以發現，螯合物濃度並不會隨著水浴時間增加而上升，我們推測是因為低反應物濃度的標準品，反應物濃度不足，即使進行螯合反應，螯合物濃度過低，甚至可能低於偵測極限，故導致在低反應物濃度時，水浴時間並沒有對螯合反應產生太大的影響。

六、探討螯合反應後之螯合物濃度與放置時間關係：

（一）依據薑黃素比色法文獻，文獻要求在蒸乾後一小時內進行分光光度計的測量，我們依自製光譜儀發現，馬上蒸乾即進行分自製光譜分析，此時吸收度最佳，這也是文獻要求在一小時內即進行分析的原因。

（二）再由放置 24 小時、48 小時、72 小時結果來看，時間越久，同一反應的的 540nm 吸收峰越低，可以看出在螯合反應結束後，隨放置時間增長，螯合物的吸光度也越來越低，應是螯合反應之中心原子逐漸脫落而導致濃度降低。

（三）再檢視放置 0 小時與 24 小時兩線段結果，發現 540nm 吸收峰下降，但是 430nm 的吸收峰上升，推測是紅色螯合物中心原子脫落，因此薑黃素顏色呈現，在 430nm 波長的吸收峰在 24 小時高於 0 小時。

（四）檢視 48 小時、72 小時的吸收峰，發現吸收峰均為下降，推論雖然中心原子脫落，但因薑黃素有光降解特性，因此光降解產生濃度下降的結果。

七、利用自製光譜探討市售食物含硼量的檢定：

（一）依據我國食品添加物使用範圍及限量暨規格標準，硼砂或硼酸皆是我國明定不可添加於食品中之物質，但不肖業者仍會添加硼在蝦仁、鹼粽等食品中，以免蝦頭變黑，或為了保持有嚼勁的口感，而本實驗利用自製光譜儀也確實檢測出我們挑選的幾種鹼粽中疑有違法添加物硼砂的存在。

（二）文獻測定市售沙蝦之硼平均含量為 12.69ppm，市售草蝦之硼平均含量為 1.87ppm，而我們所實驗的沙蝦樣品之平均硼含量確實高於草蝦樣品，而文獻未提及的白蝦樣品之平均含硼量則在沙蝦和草蝦之間。我們將蝦仁泡在水中並過濾，檢出的硼含量甚至低於 1ppm，以 1ppm 硼酸的自製吸收光譜視之，難以判斷是否為背景雜訊，故可能均未添加非法添加物，綜觀來看，我們挑選的數家不同的蝦仁產品所含硼濃度都不高，甚至可能未添加。

（三）本實驗所取用的鹼粽樣本含硼量不均，但可以發現鹼粽 1、鹼粽 2、鹼粽 3 及鹼粽 5 之含硼量皆與鹼粽 4 相差 5～10 倍，其中，鹼粽中的濃度甚至高達 51.3ppm，合理推測鹼粽 4 很有可能有違法添加硼，值得相關單位進行檢測。

陸、結論

一、以卡紙、光碟片等簡易材料自製光譜儀，搭配手機拍攝出分光照片，並以製作薑黃素檢量線，發現檢量線相當準確，其吸收峰也與 UV-VIS 檢測值相同，故證明以便宜成本之自製光譜儀亦具有一定效果。

二、以 UV-VIS 製作薑黃素檢量線，發現吸收峰都在 430nm 左右，與硼的螯合反應發生後，吸收峰往 540nm 移動，430nm 吸收峰下降，表示薑黃素與硼進行螯合反應。

三、以自製光譜分析市售含薑黃素製品之薑黃素含量，且薑黃膠囊樣品分析出的薑黃素值與標示十分接近，且不同型態的市售產品之薑黃素含量（薑黃素含量：薑黃膠囊＞粉狀咖哩＞塊狀咖哩）的比較也與文獻與產品標示相符，薑黃膠囊的誤差率為 4.9%，表示自製光譜儀可供分析使用。

四、從薑黃素與硼的螯合反應中，可以發現若薑黃素與硼酸的濃度足夠時，螯合反應的吸收峰可在 540nm 處被觀測到，而在硼濃度夠高的狀況下，薑黃素甚至只需 100ppm 即可被觀測，低於文獻的 400ppm，且也發現，在極低濃度下，反應物不足，導致生成的紅色螯合物與雜訊差異不大。

五、透過不同水浴時間對於薑黃素與硼之螯合反應產生的影響，我們發現水浴並不是形成此螯合物必須的步驟，只要有蒸乾，螯合物即可被檢出；若薑黃素與硼的濃度夠高，水浴時間越久，螯合反應程度越好，螯合物的濃度也越高，可被檢測到的機會越高。

六、透過螯合反應後不同放置時間對於薑黃素與硼之螯合反應產生的影響，我們發現隨放置時間越來越長，螯合物的吸光度越來越低，推測是螯合物配位鍵逐漸脫落所致，且中心原子脫落後，會導致薑黃素濃度增加，但時間更久後，薑黃素降解，導致薑黃素與薑黃素和硼之螯合物兩者吸收峰皆變低。

七、以自製光譜利用螯合物觀念與理論，水域 20 分鐘後，以高濃度薑黃分析市售蝦仁及鹼粽之硼含量，發現自製光譜於蝦仁部分無檢出或檢出極低的硼化合物，但在某些鹼粽中，硼含量卻明顯有異，值得再用專業儀器檢測。

柒、參考文獻資料

一、薑黃素. (n.d.). 維基百科.

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A7%9C%E9%BB%84%E7%B4%A0

二、Rosocyanine. (n.d.). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Rubrocurcumin

三、Rubrocurcumin. (n.d.). Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Rubrocurcumin

四、謝臻宜, 凃哲旭, & 劉哲佳. (2020).紅得發紫---以簡易光譜儀分析紅龍果肉之甜菜紅素特性. 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書.

https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/60/pdf/NPHSF2020-030205.pdf?888

五、草履 a green journey. (2018, April 19).小邱の DIY － 透視你的燈具(光譜儀製作與分享).

https://renchang.pixnet.net/blog/post/169791693

六、 張婷貴, 翁臨碩, & 許晨 奕. (2001). 薑黃素的特性及其在生活上之應用研究. 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書.

https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/51/pdf/030805.pdf

七、高蓁宜, 余庭巧, & 劉汶宥. (2020). 以自組修飾光學檢測儀器探討甜菜紅的特性及與銅鉛離子的作用. 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書.

https://www.ntsec.edu.tw/science/detail.aspx?a=90&cat=136&sid=16364

八、尤正心, 方仁俊, 許綸哲, 林姿 雅, 黃潔守, 曾香 素, & 王原 德. (2022). 食品中硼酸之檢驗方法探討. 食品藥物研究年報, 50 – 57.

https://www.fda.gov.tw/tc/includes/GetFile.ashx?id=f638085310651555624

九、水中硼檢測方法—薑黃素比色法. (NIEA W404.53A).

https://www.moenv.gov.tw/nera/32A85B63C9EC18C0/46f27b55-55ae-4c07-9c9a-e54e2d300874

十、洪朗達, 管珍麗, & 蘇琴秀. (1996). 餐廳及攤販所販售脆蝦仁中硼砂之調查. 藥物食品檢驗局調查研究年報, 332 – 333.

https://www.airitilibrary.com/Article/Detail/02555891-199609-x-14-332-333-a

十一、 余家漳& 黃銘賢. (2011). 製備薑黃素複合物及其穩定性研究

https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gs32/gsweb.cgi/login?o=dnclcdr&s=id=%22099KUAS8063010%22.&searchmode=basic#XXX

註：

圖(1)引用來源：維基百科-薑黃素

圖(2)引用來源：Wikipedia - Rosocyanine

圖(3)引用來源：Wikipedia - Rubrocurcumin

除上述圖片引述他處，其他照片或圖片均為作者親自拍照繪製或使用試算表軟體(excel、Google 試算表)製作。

【評語】030210

本研究以自製光譜儀，用於檢測食物中薑黃素含量。從純薑黃素檢量線顯示出，自製光譜儀的量測靈敏度還可加強。光柵扮演關鍵角色，但並未清楚說明，其優化過程亦是值得探討的課題，可進一步探究。

(1) 發現鹼粽 4 含硼量明顯高出其他 4 種，成為該實驗很有趣的亮點，可再進行重複測定求得量測誤差與數據的代表性。

(2) 結果可以研究級光譜儀進一步驗證之會更具說服力。

(3) 薑黃素是否會與其他金屬離子進行螯合反應？

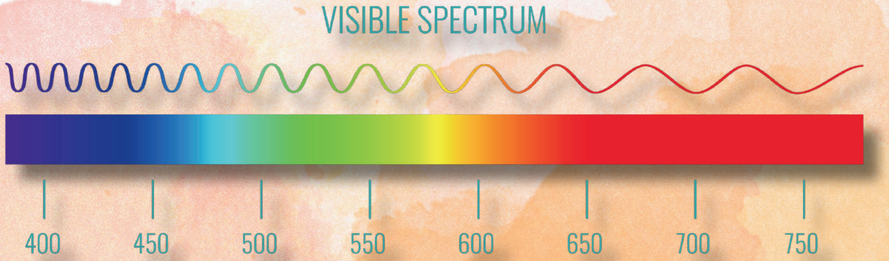
(4) 作者發現無論是否需水浴，只要蒸乾即可測出薑黃素和硼產生螯合反應，應嘗試解釋可能原因。

(5) 雖然量測靈敏度不是最佳，應可嘗試找出自製光譜儀的偵測極限。

(6) 部分圖形並不清晰，影響閱讀觀感。

作品簡報

以自製光譜分析



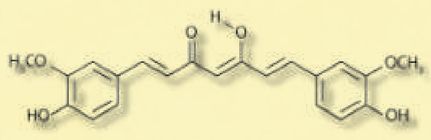
薑黃素含量與硼的螯合反應

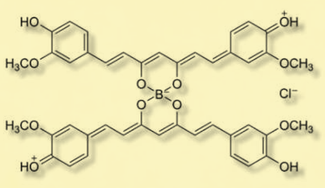
摘要

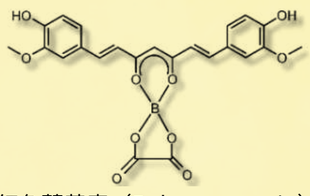
本實驗利用自製光譜儀檢測市售薑黃素產品中的薑黃素含量。另外也製作出了薑黃素與硼螯合反應之檢量線，檢測出市售蝦仁與鹼粽之含硼濃度。並用自製光譜及薑黃素的螯合反應，探討螯合反應之錯合物水浴時間關係和反應後不同放置時間的顏色變化。

壹、研究動機

我們在生活中發現市售咖哩未標示薑黃素含量，想利用自製光譜分析市售咖哩所含的薑黃素濃度。另近期社會大眾十分關注食安議題，而薑黃素會和硼產生螯合反應，想利用此一特性來檢測市售蝦仁與鹼粽的含硼量。除此之外，我們也想知道水浴是否為此螯合反應的必要步驟，且若將放置時間拉長再進行光譜分析，會對此螯合反應產生什麼影響。


薑黃素結構式


玫瑰花青苷（Rosocyanine）結構式

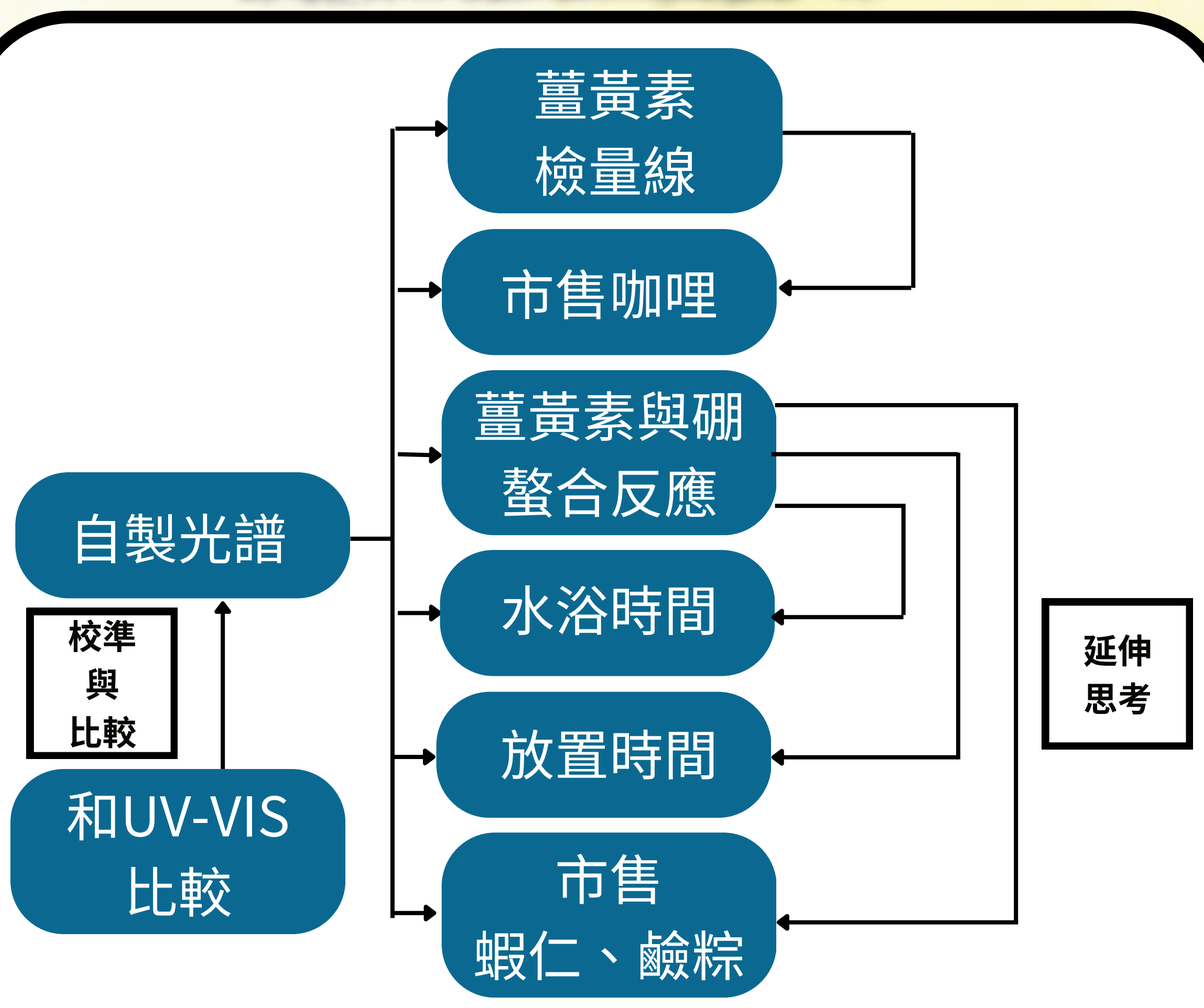

紅色薑黃素（Rubrocurcumin）結構式

貳、文獻探討

文獻〈環境衛生用藥硼檢測方法〉的實驗流程如下：

4ml 400ppm 薑黃素標準液 +1ml硼樣品 → 55°C水浴至乾（大約80分鐘） → 加10ml 95% 乙醇使溶，加至25ml量瓶中 → 用95%乙醇稀釋至刻度，1小時內以光譜分析

參、研究目的

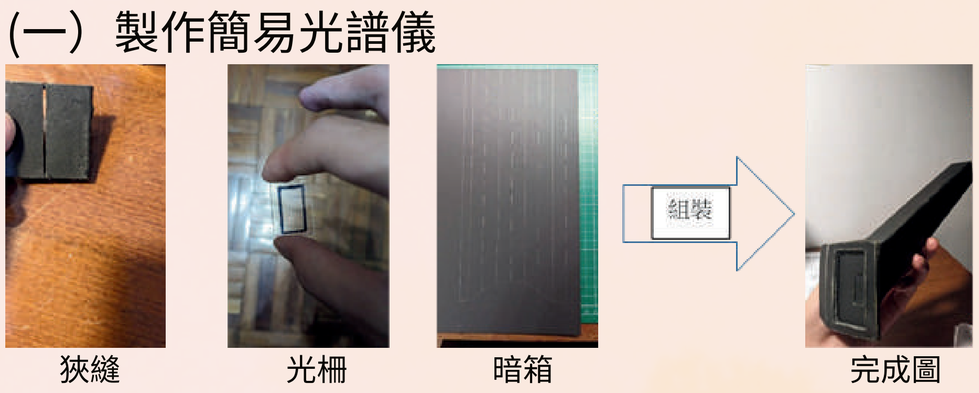


實驗流程圖

參、研究過程與方法

一、以自製光譜製作薑黃素檢量線：

（一）製作簡易光譜儀



狹縫　光柵　暗箱　完成圖

（二） 架設光譜儀、光源、手機、比色管放置槽

積木與比色管架設

光譜儀與相機成像

（三）配置薑黃素標準品

利用純薑黃素、草酸、鹽酸、酒精調配出數種不同濃度的薑黃素標準品來繪製檢量線。

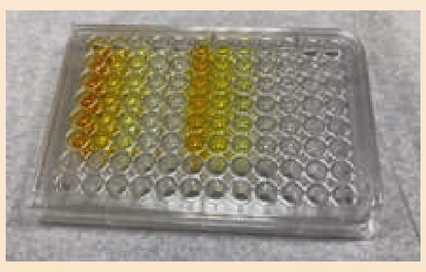
$$A = -\log_{10}\frac{I_t}{I_0} = \log_{10}\frac{1}{T} = K \cdot l \cdot c$$

比爾-朗伯定律（Beer–Lambert law）

二、以UV-VIS製作檢量線：

（一）使用微量吸管（pipette）吸取溶液並滴入孔盤

（二）置入UV-VIS中，利用Excel製作出檢量線


用微量吸管（pipette）將不同濃度的薑黃素滴入孔盤

三、以自製光譜分析市售薑黃素製品之薑黃素含量：

（一）配置樣品溶液

（二）算出樣品所含薑黃素濃度

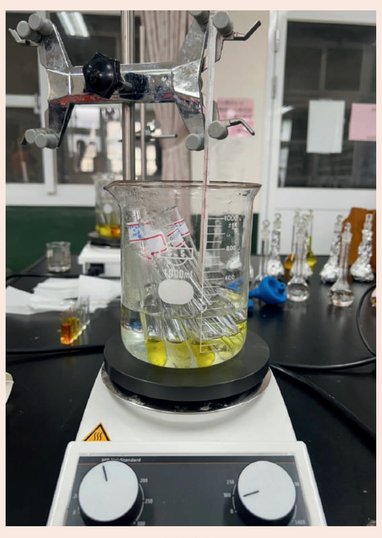
1. 拍攝12種樣品的分光照片
2. 用檢量線求出薑黃素濃度

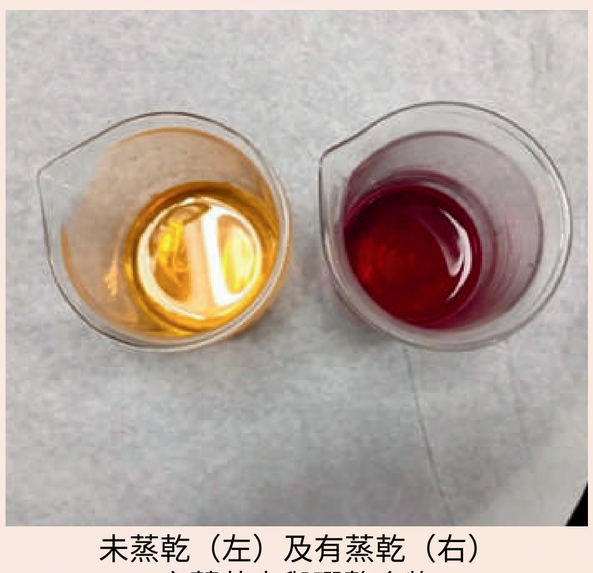
市售咖哩樣品溶液

四、探討不同濃度薑黃素對不同濃度硼之螯合反應：

（一） 調配出數種不同濃度的硼酸標準品

（二） 將不同濃度薑黃素與硼交叉混和，水浴並蒸乾


水浴裝置


未蒸乾（左）及有蒸乾（右）之薑黃素與硼螯合物

（三）製作檢量線

1.拍攝混和溶液的分光照片

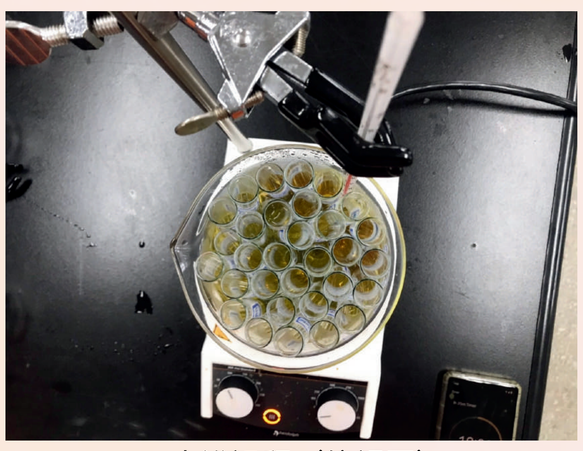
2.分析數據並製作檢量線

五、水浴時間長短對不同濃度薑黃素與硼的螯合反應：

（一）進行0、20、40、80分鐘水浴並蒸乾以及不水浴也不蒸乾，並拍攝分光照片

（二）利用Image J、Excel進行分析

水浴過程


水浴過程（俯視圖）

六、薑黃素與硼螯合物與放置時間關係：

（一）於1小時內、24小時、48小時和72小時拍攝分光照片

（二）利用Image J、Excel進行分析

放置過程

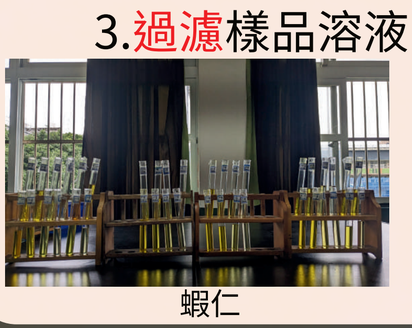
七、以自製光譜分析市售蝦仁、鹼粽之硼含量：

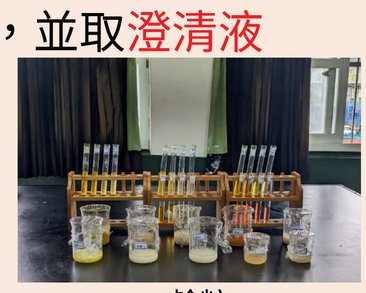
（一）配置樣品溶液

1.將樣品絞碎

2.配置溶液

3.過濾樣品溶液，並取澄清液


蝦仁

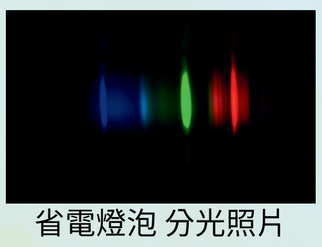

鹼粽

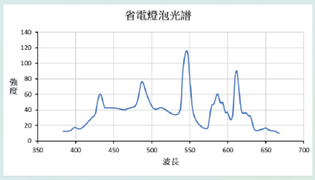
過濾過程

肆、研究結果與討論

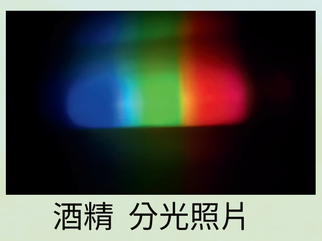
一、以自製光譜製作薑黃素吸收光譜與檢量線：

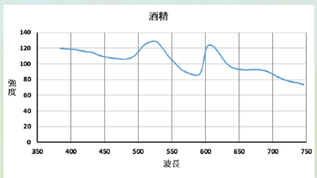
（一）此為省電燈泡的光譜，用於校準光波長。


省電燈泡 分光照片



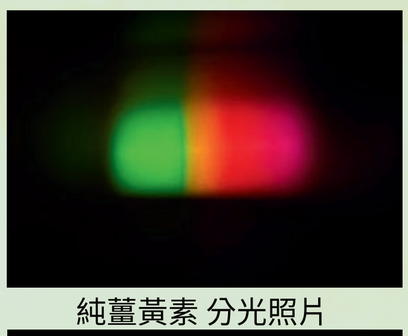
省電燈泡 光譜圖

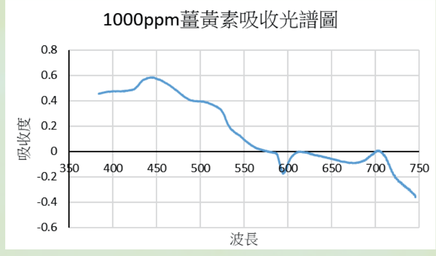

酒精 分光照片



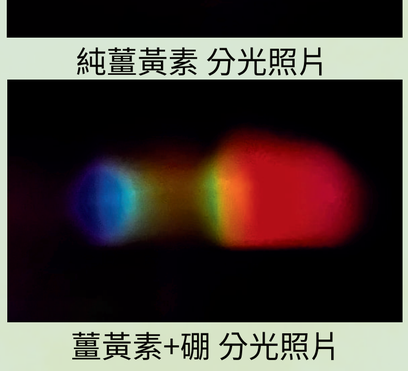
酒精 光譜圖

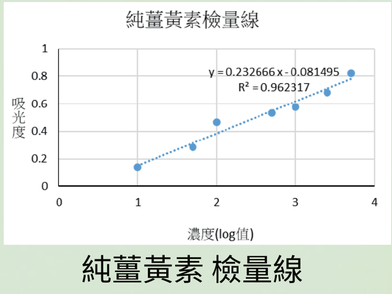
（二）製作不同濃度的純薑黃素，以430nm為基準，找出不同濃度的吸收度，並對濃度取對數值，繪製檢量線 。


純薑黃素 分光照片



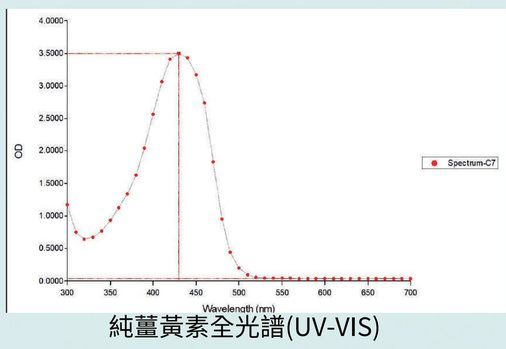
純薑黃素 吸收光譜


薑黃素+硼 分光照片

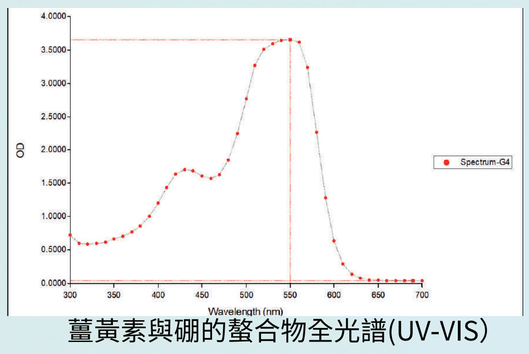


純薑黃素 檢量線

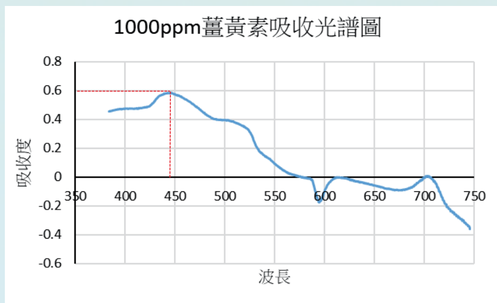
二、以UV-VIS製作薑黃素檢量線並與自製光譜比較：



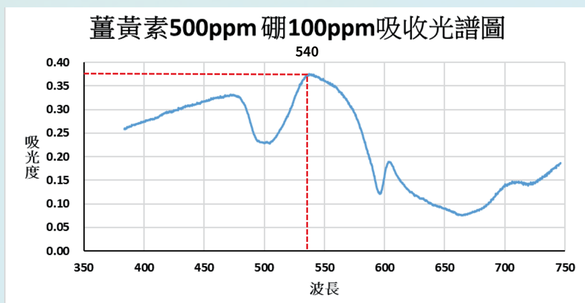
純薑黃素全光譜(UV-VIS)



薑黃素與硼的螯合物全光譜(UV-VIS)



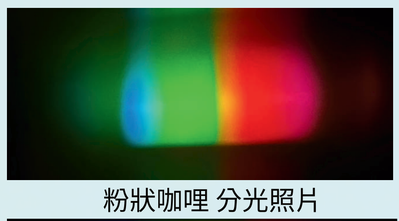
純薑黃素薑黃素吸收光譜(自製光譜)

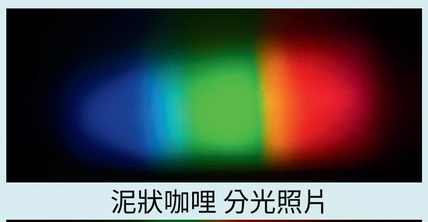


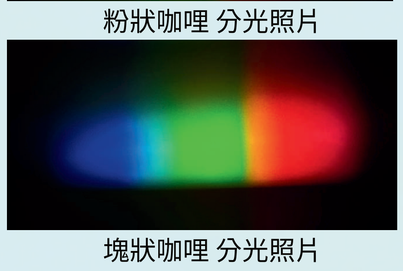
薑黃素與硼的螯合物吸收光譜(自製光譜)

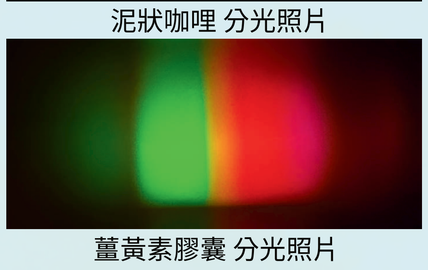
（一）以UV-VIS及自製光譜分析出的純薑黃素吸收光譜皆可看出430nm左右的吸收峰，而薑黃素與硼的螯合物吸收峰也都在540nm。

三、以自製光譜分析市售產品之薑黃素含量：


粉狀咖哩 分光照片


泥狀咖哩 分光照片


塊狀咖哩 分光照片


薑黃素膠囊 分光照片

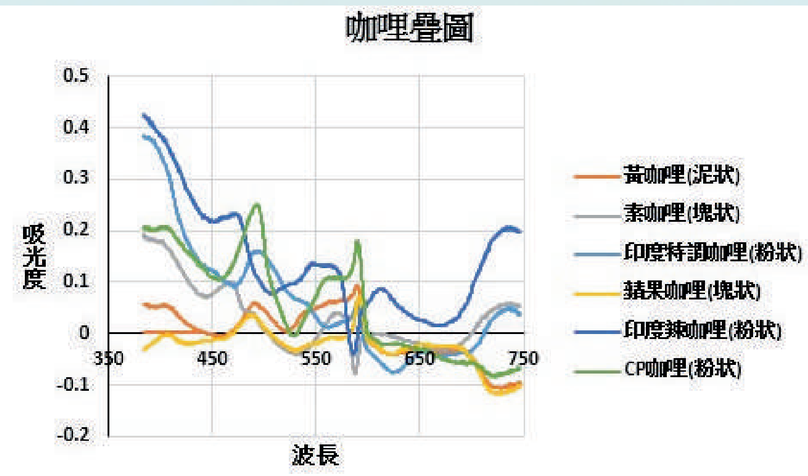
	成分標示	自製光譜分析
使用重量	0.61	0.5(取用膠囊重量)
所含薑黃素濃度	250ppm	216ppm
薑黃素佔膠囊比例	41%	43%

市售薑黃膠囊標示與自製光譜分析比較表

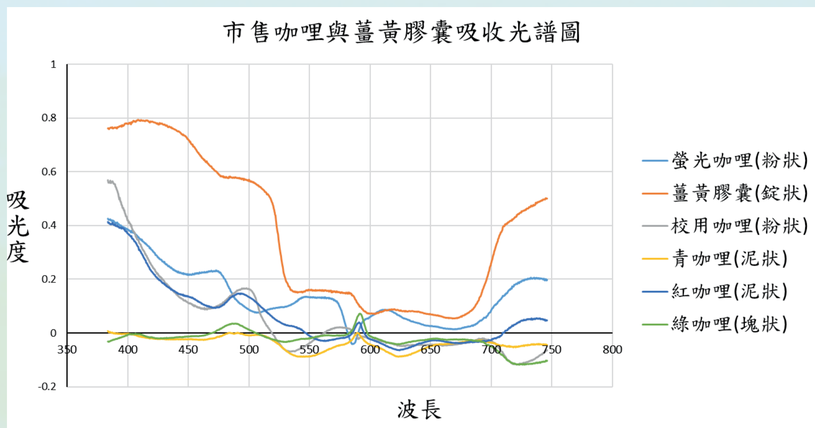
	螢光咖哩	校用咖哩	CP 咖哩	印度辣咖哩	印度特調咖哩	薑黃膠囊
分類	粉狀	粉狀	粉狀	粉狀	粉狀	錠狀
百萬分濃度(ppm)	25.54	11.86	8.82	25.53	4.95	4387.09
佔比（%）	0.26	0.12	0.09	0.26	0.05	43.87

	黃咖哩	紅咖哩	青咖哩	綠咖哩	素咖哩	蘋果咖哩
分類	泥狀	泥狀	泥狀	塊狀	塊狀	塊狀
百萬分濃度(ppm)	6.19	11.64	1.77	1.86	2.24	9.69
佔比（%）	0.06	0.12	0.02	0.02	0.02	0.1

市售咖哩與薑黃膠囊之薑黃素含量



市售咖哩吸收光譜圖



市售咖哩與薑黃膠囊吸收光譜圖

	粉狀	泥狀	塊狀	薑黃膠囊
百萬分點濃度（ppm）	15.34	6.53	4.59	4387.09
佔比（%）	0.15	0.07	0.06	43.87

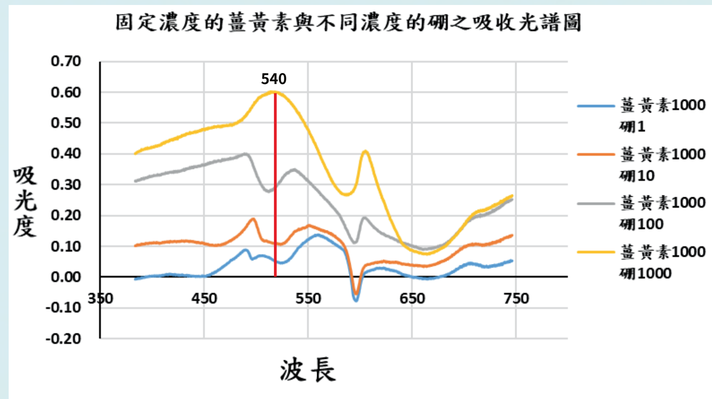
三種市售咖哩薑黃素含量之平均值

(一) 由上表可知，自製光譜偵測薑黃濃度誤差率為4.9% 。

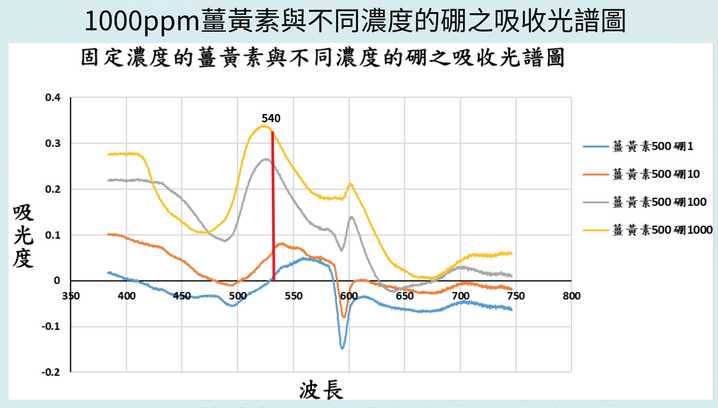
(二) 屬於保健食品的薑黃素含量最高，其次為粉狀咖哩，最差為塊狀咖哩，而泥狀咖哩薑黃素濃度差距較大。

四、探討不同濃度薑黃素對不同濃度硼之螯合反應：

（一）依圖發現薑黃素與硼的濃度越高，螯合程度越好，吸光度增加。

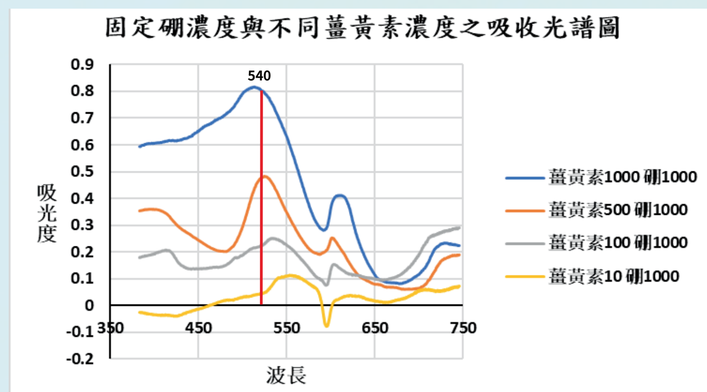


1000ppm薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖



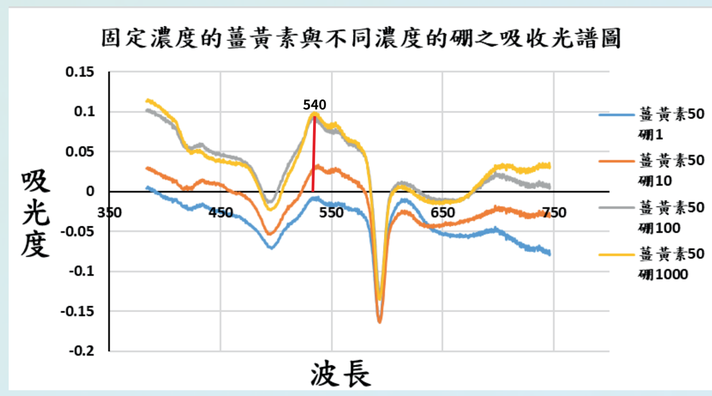
500ppm薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖

（二）由下圖可知硼濃度固定的情況下，薑黃素濃度增加，則螯合物在540nm左右的吸光度也隨之增加。

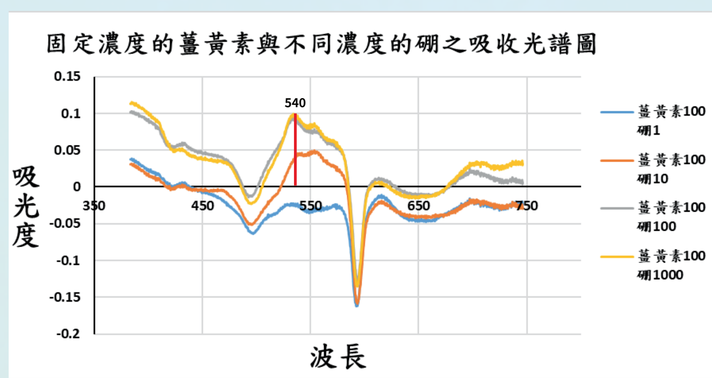


1000ppm硼與不同濃度的薑黃素之吸收光譜圖

（三）若在硼酸濃度100ppm以上時，薑黃素只要100ppm在自製光譜中即有0.1的吸收度可以檢測。



50ppm薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖



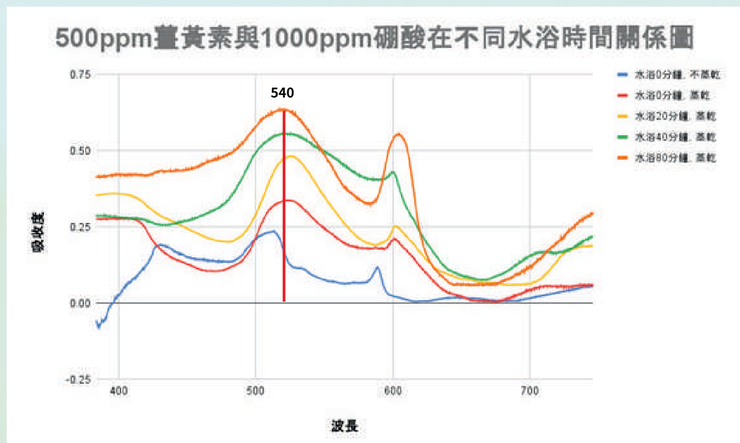
100ppm薑黃素與不同濃度的硼之吸收光譜圖

五、探討水浴時間長短對不同濃度薑黃素與硼的螯合反應：

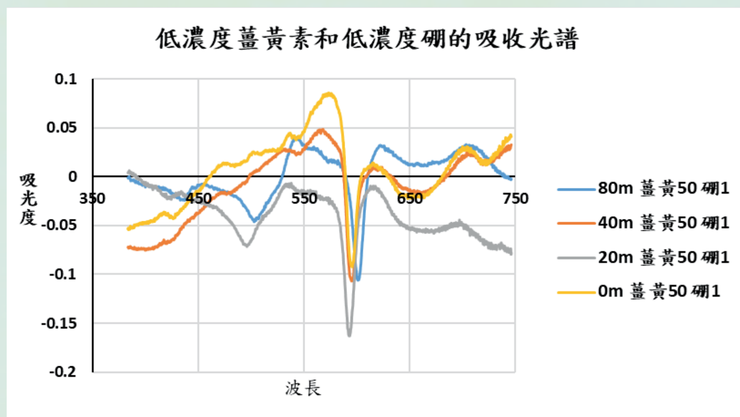
（一）從數據中可以發現水浴時間越久，螯合物之濃度越大。

（二）根據實驗結果，無論有沒有經過水浴，蒸乾才是關鍵

（三）從低濃度薑黃素與硼的螯合反應之光譜圖發現水浴時間並沒有對螯合反應產生太大的影響。



不同水浴時間高濃度薑黃素和高濃度硼的吸收光譜



不同水浴時間低濃度薑黃素和低濃度硼的吸收光譜

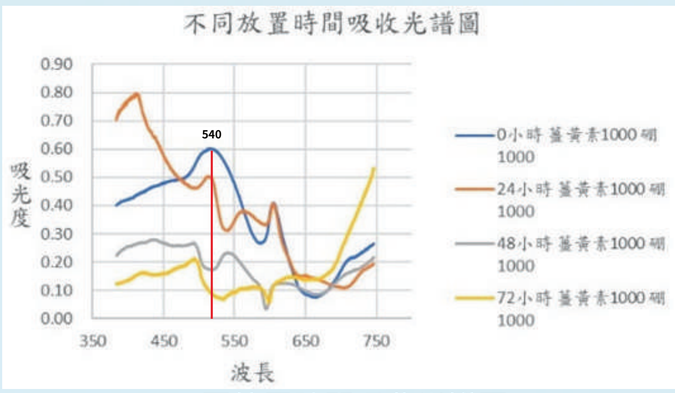
六、探討螯合反應後之螯合物濃度與放置時間關係：

(一) 蒸乾後立即進行自製光譜分析，吸收度最佳。

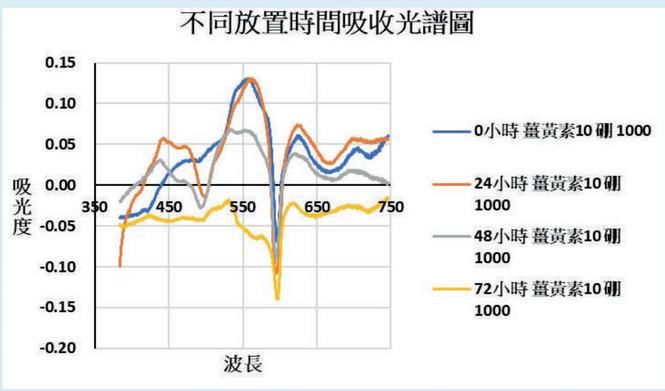
(二) 放置時間越久，螯合物的吸光度越低。

(三) 依放置0小時與24小時兩線段結果，發現540nm吸收峰下降，430nm吸收峰上升。

(四) 48小時、72小時的吸收峰，發現吸收峰均為下降，推論雖然中心原子脫落，但因薑黃素有光降解特性，因此光降解產生濃度下降的結果。



不同放置時間吸收光譜圖



不同放置時間吸收光譜圖

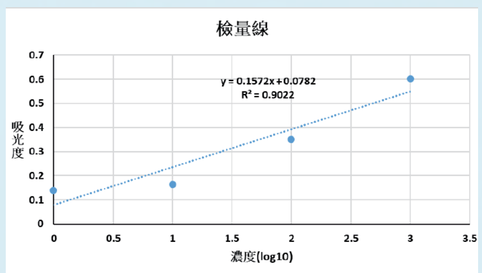
七、利用自製光譜探討市售食物含硼量的檢定：

(一) 本實驗利用自製光譜儀檢測出所挑選的幾種鹼粽中疑有違法添加硼。

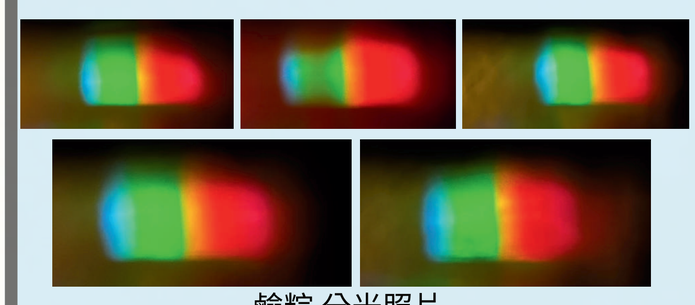
(二) 樣品之平均硼含量為沙蝦>草蝦，與文獻相符，而白蝦樣品則在沙蝦和草蝦之間。

(三) 檢出的硼含量低於1ppm，難以判斷是否為背景雜訊，可能均未添加硼。

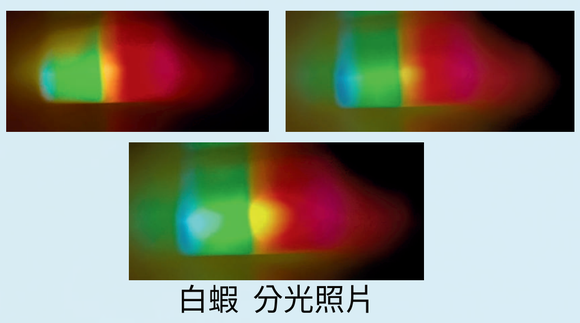
本實驗發現鹼粽4與其他樣品含硼量相差5～10倍，濃度甚至高達51.3ppm。



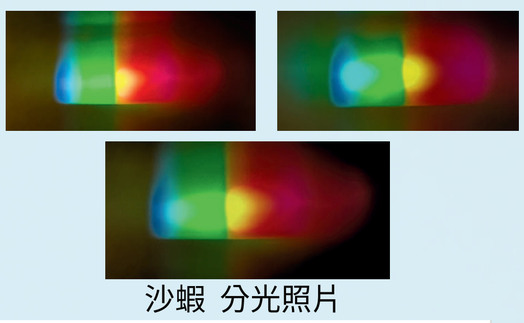
1000ppm薑黃素+硼檢量線



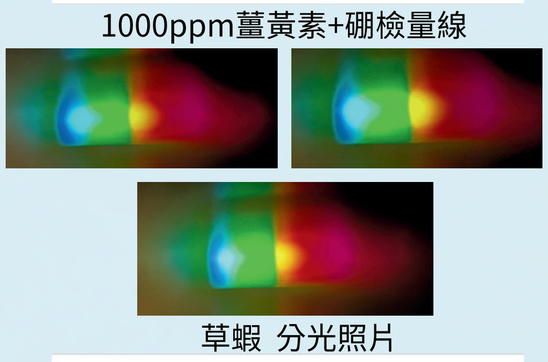
鹼粽 分光照片



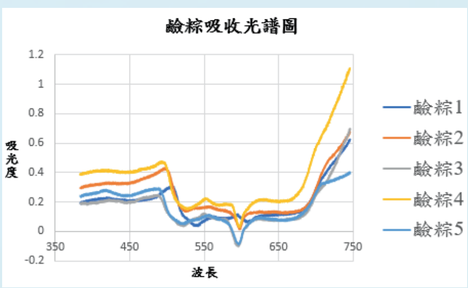
白蝦 分光照片



沙蝦 分光照片



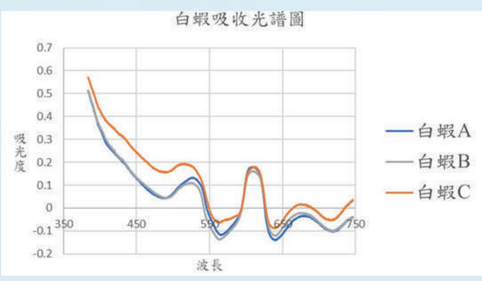
草蝦 分光照片



薑黃素檢測鹼粽吸收光譜圖

	鹼粽 1	鹼粽 2	鹼粽 3	鹼粽 4	鹼粽 5
百萬分濃度(ppm)	6.1	9.03	9.74	51.3	4.25
佔比（%）	0.00061	0.0009	0.00097	0.00513	0.00042

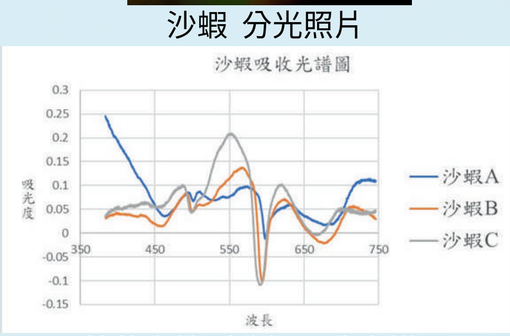
市售鹼粽之硼含量



薑黃素檢測白蝦吸收光譜圖

	白蝦 A	白蝦 B	白蝦 C
百萬分濃度(ppm)	1.1	1.03	1.06
佔比（%）	0.00011	0.0001	0.00011

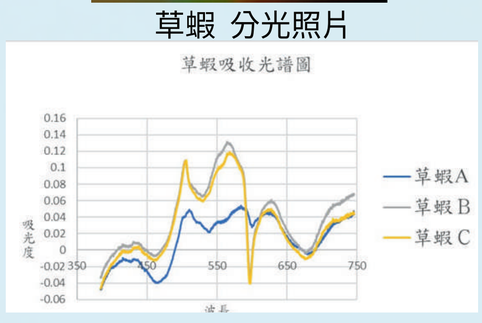
白蝦之硼含量



薑黃素檢測沙蝦吸收光譜圖

	沙蝦 A	沙蝦 B	沙蝦 C
百萬分點濃度(ppm)	0.99	1.05	1.29
佔比（%）	0.0001	0.0001	0.0001

沙蝦之硼含量



薑黃素檢測草蝦吸收光譜圖

	草蝦 A	草蝦 B	草蝦 C
百萬分濃度(ppm)	0.89	1.02	0.99
佔比（%）	0.00009	0.0001	0.0001

草蝦之硼含量

陸、結論

一、以簡易材料自製光譜儀，發現自製光譜的吸收峰與UV-VIS檢測值相同，證明此自製光譜儀具有一定效果。

二、以UV-VIS和自製光譜儀製作薑黃素檢量線，發現吸收峰都在430nm左右，而薑黃素與硼的螯合反應發生後，吸收峰往540nm移動，430nm吸收峰下降，表示薑黃素與硼進行螯合反應。

三、以自製光譜分析市售含薑黃素製品之薑黃素含量，且薑黃膠囊樣品分析出的薑黃素值與標示相符，且市售產品之薑黃素含量（薑黃膠囊＞粉狀咖哩＞塊狀咖哩）也與文獻和產品標示相符。

四、從薑黃素與硼的螯合反應中，發現若濃度足夠，螯合反應的吸收峰可在540nm處被觀測到；在硼濃度夠高的狀況下，薑黃素甚至只需100ppm即可被觀測，低於文獻的400ppm，而在極低濃度下，反應物不足，導致生成的紅色螯合物與雜訊差異不大。

五、透過改變水浴時間的實驗設計，發現水浴並不是形成此螯合物必須的步驟，只要有蒸乾，螯合物即可被檢出；若薑黃素與硼的濃度夠高，水浴時間越久，螯合反應程度越好。

六、透過將樣品放置時間改變，發現隨放置時間越長，螯合物的吸光度越低，推測是螯合物配位鍵逐漸脫落，且中心原子脫落後，薑黃素濃度增加，但時間更久後，薑黃素光降解，導致430nm及540nm兩者吸收峰皆變低。

七、利用螯合物觀念與理論，水浴20分鐘後，以高濃度薑黃分析市售蝦仁及鹼粽之硼含量，發現自製光譜於蝦仁部分無檢出或檢出極低的硼含量，但在某些鹼粽中，硼含量卻明顯有異，值得再用專業儀器檢測。

柒、研究亮點

一、本實驗以極簡便之材料自製光譜儀，且吸收峰與UV-VIS相符。

二、此自製光譜可用於檢測未知樣品薑黃素濃度，且實驗結果與文獻使用LC/MS/MS的結果相符，且檢測值與薑黃素膠囊標示相比僅差不到5%。

三、在蝦仁與鹼粽的未知樣品中，也可以用此光譜儀檢測出樣品含硼量。

四、根據本實驗之結果，薑黃素與硼的螯合反應在硼濃度高於100ppm的條件下，薑黃素濃度僅需100ppm即可檢出其螯合物之吸收峰，低於文獻之偵測極限400ppm。

五、在綠色化學的理念基礎上，在參考文獻後，本實驗將文獻要求配置之溶液的體積減半，減少藥品及樣品浪費，並加快蒸乾速度，但不影響實驗結果。

六、除根據文獻步驟探討薑黃素與硼之螯合反應外，在比較其他文獻後，對實驗流程中的水浴時間提出疑問，並設計實驗證明水浴並非此反應的必要流程，蒸乾才為形成螯合物的關鍵步驟，但螯合物的濃度也會因為水浴時間增加而上升。

七、根據以往科展文獻，發現尚未有研究探討將放置時間拉長對螯合反應造成的影響，本研究則對此疑問進行實驗，發現增加放置時間會使吸收峰從540nm降至430nm，另薑黃素有光降解特性，放置更長時間，430nm的吸收峰也會下降。

柒、參考文獻資料

一、維基百科：薑黃素. (n.d.). 、 Rosocyanine. (n.d.). 、Rubrocurcumin. (n.d.).

二、謝宜臻, 凃旭哲, & 劉佳哲. (2020). 紅得發紫---以簡易光譜儀分析紅龍果肉之甜菜紅素特性. 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書.

三、草履 a green journey. (2018, April 19). 小邱のDIY – 透視你的燈具(光譜儀製作與分享).

四、 張貴婷, 翁碩臨, & 許奕晨. (2001). 薑黃素的特性及其在生活上之應用研究. 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書.

五、高宜蓁, 余巧庭, & 劉宥汶. (2020). 以自組修飾光學檢測儀器探討甜菜紅的特性及與銅鉛離子的作用. 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書.

六、尤心正, 方俊仁, 許哲綸, 林雅姿, 黃守潔, 曾素香, & 王德原. (2022). 食品中硼酸之檢驗方法探討. 食品藥物研究年報, 50–57.

七、水中硼檢測方法—薑黃素比色法. (NIEA W404.53A).

八、洪達朗, 管麗珍, & 蘇秀琴. (1996). 餐廳及攤販所販售脆蝦仁中硼砂之調查. 藥物食品檢驗局調查研究年報, 332–333.

九、 余家漳& 黃銘賢. (2011). 製備薑黃素複合物及其穩定性研究

十、陳映庭.(2017).以液相層析串聯質譜儀分析市售薑黃產品類薑黃素含量及抗氧化能力之探討.碩士論文.食品科學系 研究所.國立金門大學 .金門,台灣.

本海報展版，除研究動機中之薑黃素、玫瑰花青苷、紅色薑黃素化學式取自維基百科外，其餘圖片皆為作者拍攝或繪製。