

水果的光譜量測紀錄

台灣常見水果光譜量測分析

姓名：高偉博

指導老師：張玉明 黃鈺淳

摘要

為了利用光譜量測分析方法來分析不同水果的光譜特徵訊號，我們收集了許多台灣當季常見的水果，並使用光譜儀測量它們的拉曼光譜以及螢光光譜。接著，再對這些光譜數據進行處理與分析，找出每種水果不同部位較具代表性的特徵峰，透過資料的搜尋了解該水果可能含有的化學成分，並對照已知的量測紀錄，看兩者特徵峰是否吻合，以識別出其中營養成分的分布狀況。

研究動機 對象

在日常生活中我們經常會接觸到不同的水果，像是去菜市場時老闆都會建議要挑怎樣的水果會比較甜或比較有水分，然而在高一下的多元選修課程《生活中的物質與光譜》中，我也學習到如何利用光譜的量測分析得知不同物質中所含有的化學成分，因此我想藉由此方法量測台灣當季常見水果(果肉、果皮等不同部位切片)的光譜，比較不同水果光譜之間的營養成分有何異同，再看看是否能夠進一步分析這些水果之間的化學成分，推得其營養素、甜度差異，找出精準且有效的方法來篩選水果，也有助於我們了解各部位的營養價值。

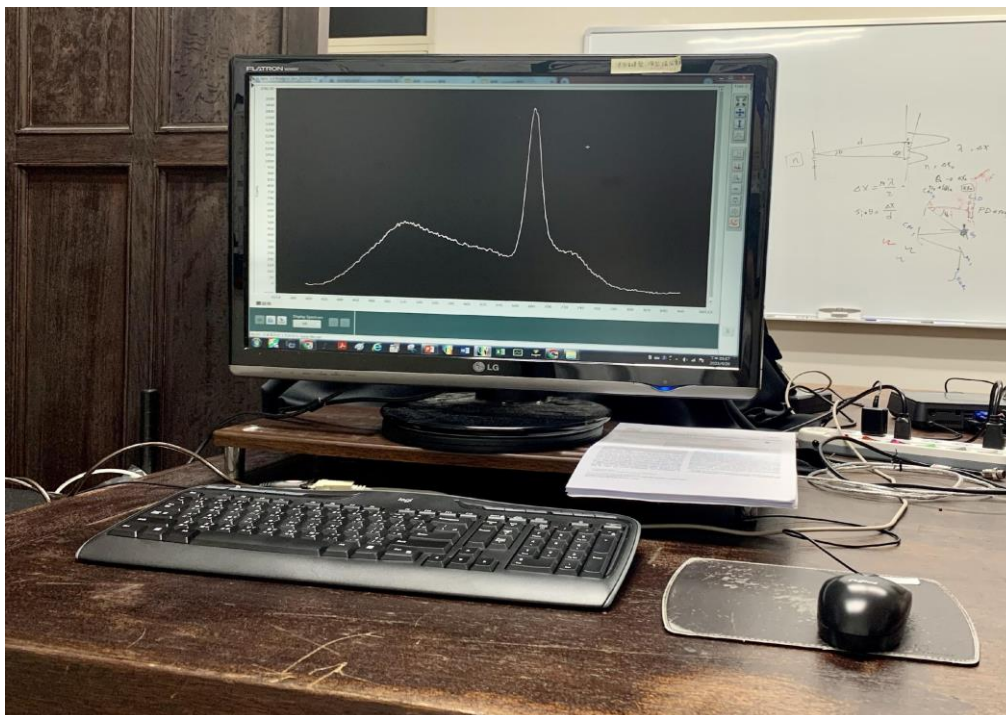


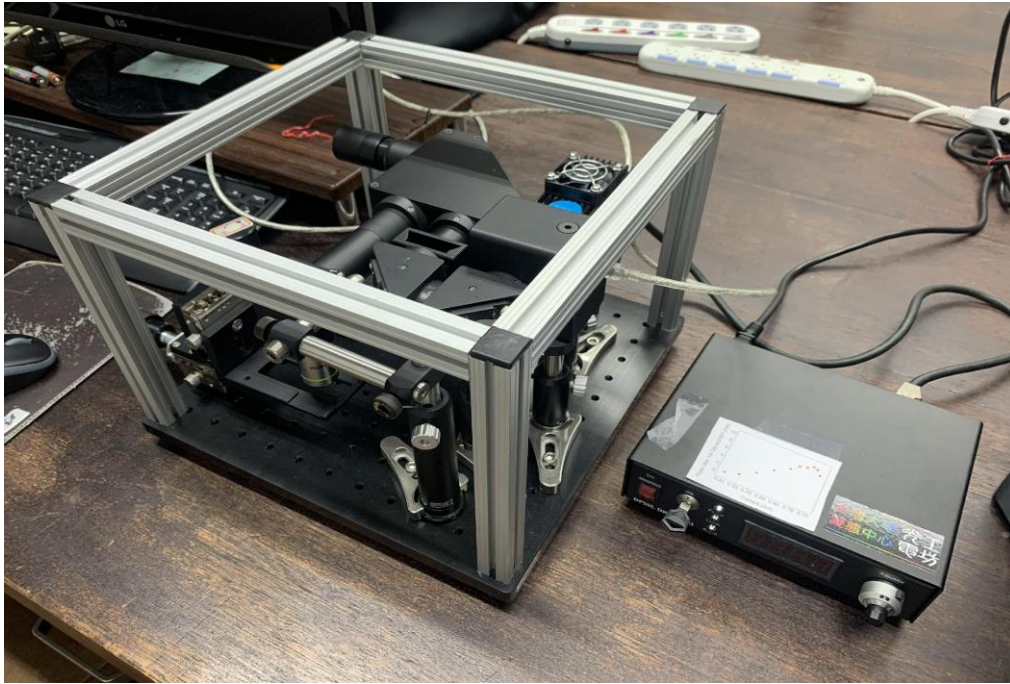
水果樣品切片

研究設備 軟體

光譜量測系統(激發光源、光學系統、光譜儀)

- 405,532 nm 螢光光譜量測系統
- 785 nm 拉曼光譜量測系統
- U-Spec3.0 (量測軟體)
- Origin (圖表整理軟體)





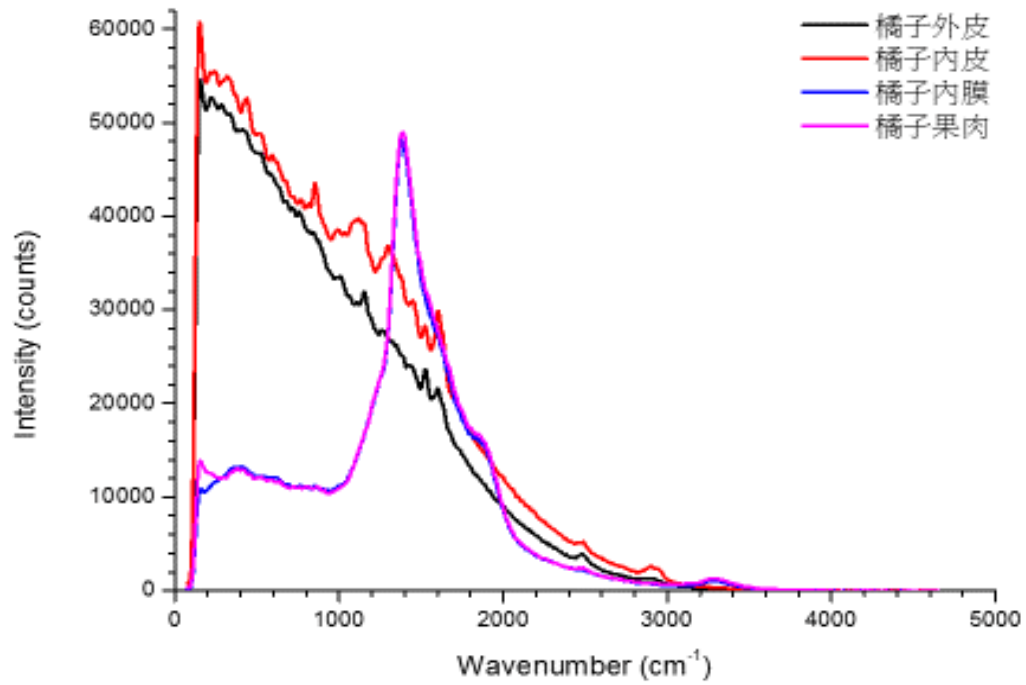
(圖一)電腦 量測軟體、(圖二)光譜儀、(圖三)光學系統

研究過程 方法

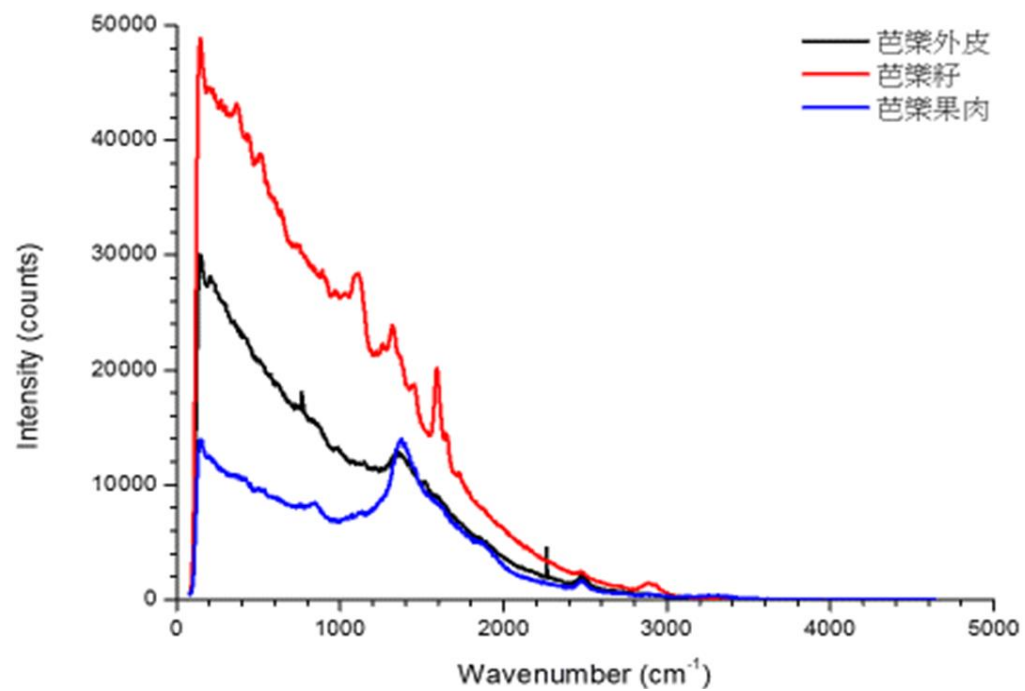
- ✓ 製備樣品：將要量測的水果分成果肉、果皮等不同部位且大小適當的切片，並確保樣品具有透明度或散射光的性質，以產生拉曼散射信號。
- ✓ 選擇適當的激光源：根據樣品的性質選擇適當的激光源。如 405 或 785 奈米波長的激光器。並選擇適當的激光波長及其強度(以不破壞樣品為依據)有助於觀察到特定的特徵峰。
- ✓ 光譜儀的操作：先使用已知波長的光源來校準光譜儀，確保光譜儀處於正常工作狀態。再將激光束聚焦在樣品上收集散射的光，過程中根據樣品和測量目的調整光譜儀的參數，如積分時間、平均次數等。
- ✓ 獲取拉曼光譜：記錄樣品在不同波數範圍內的拉曼光譜。通常，拉曼光譜儀會掃描一定的波數範圍，例如 200 到 4000 波數 (cm^{-1})，以獲得完整的拉曼光譜。根據樣品的性質，可以選擇適當的積分時間。
- ✓ 數據整理：使用數據整理軟體如 Origin，處理拉曼光譜數據。將數據圖表化並進行背景扣除。
- ✓ 分析判讀：透過網路搜尋資料等方式找出樣品可能含有營養成分的光譜圖，再和實驗獲得的數據進行對照比較，得知其各部位所含有營養成分的分布狀況。

研究結果

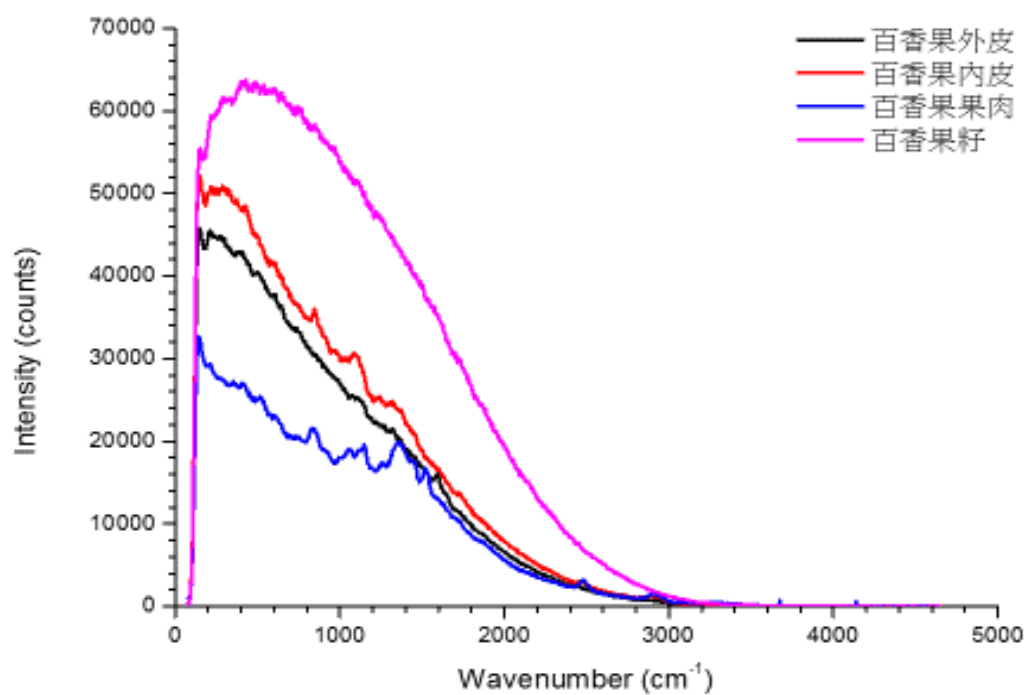
785 nm 拉曼光譜量測結果圖表化整理結果



橘子拉曼光譜

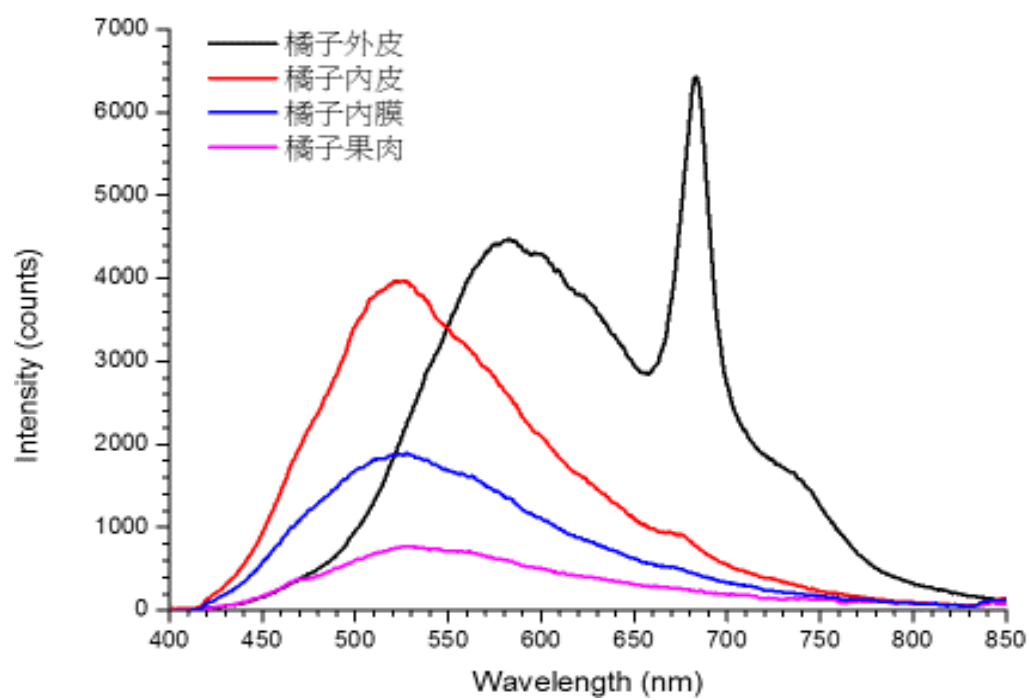


芭樂拉曼光譜

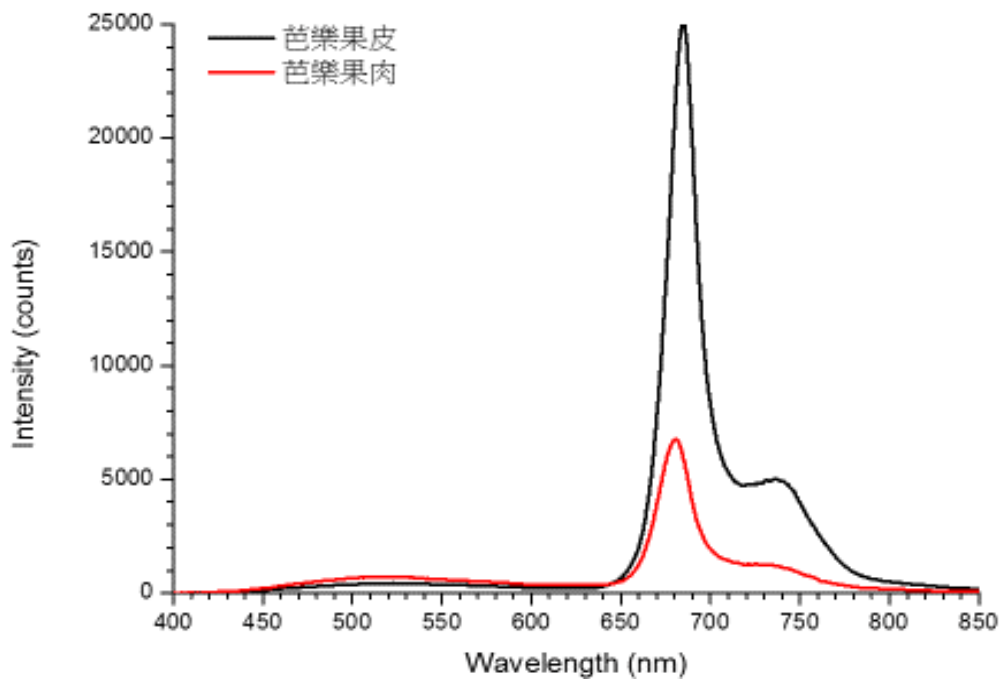


百香果拉曼光譜

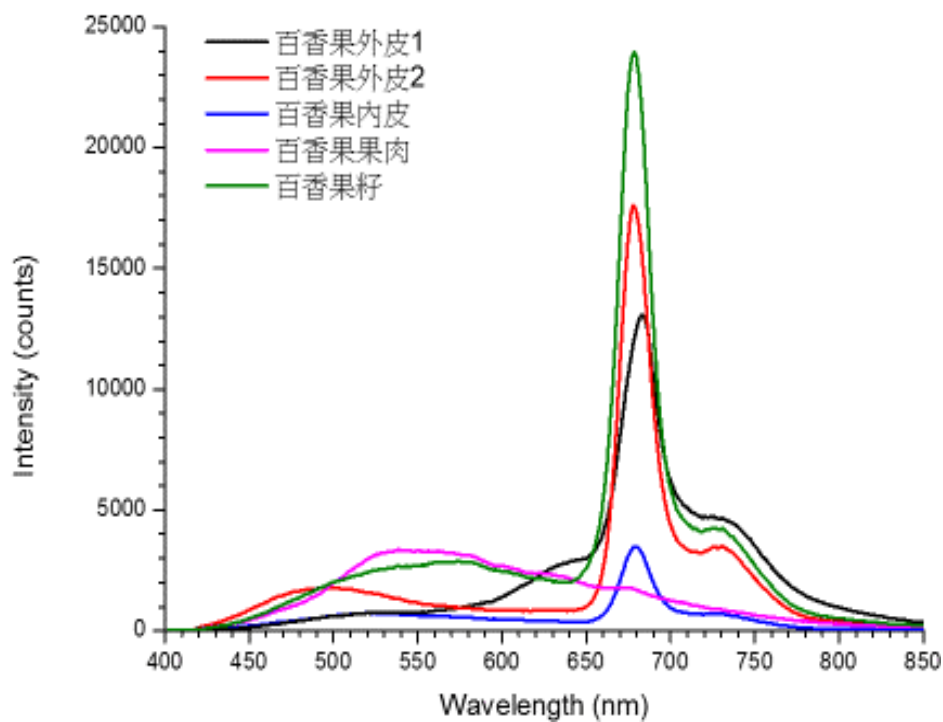
405 nm 螢光光譜量測結果圖表化整理結果



橘子螢光光譜



芭樂螢光光譜



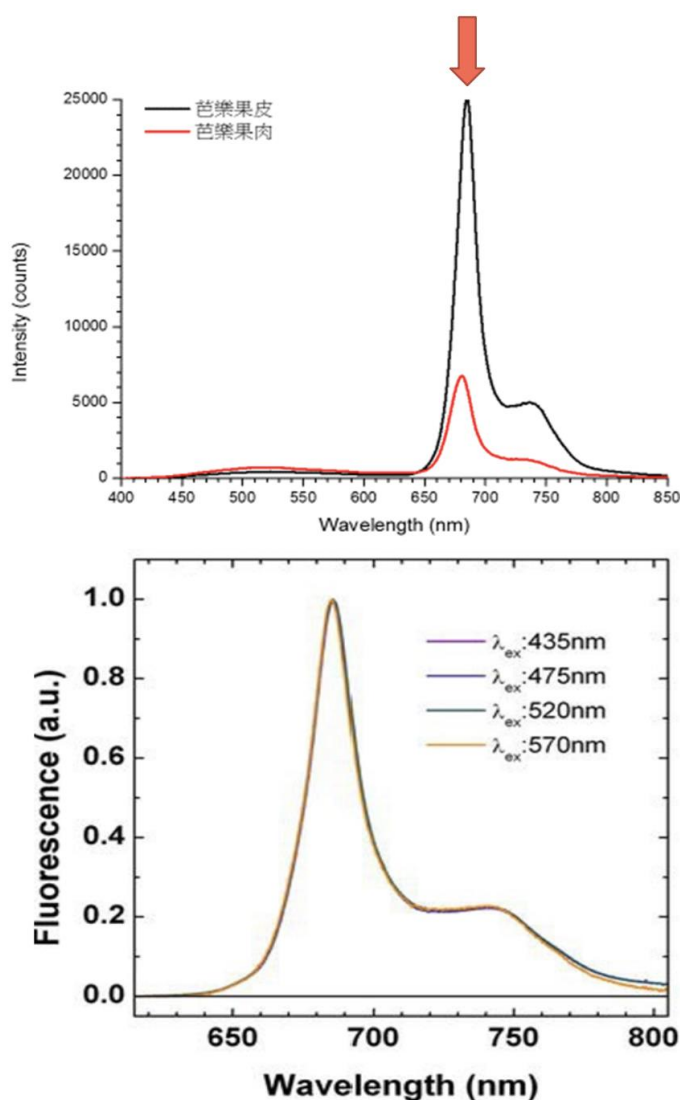
百香果螢光光譜

結果討論

✓ 共同特徵鋒 葉綠素

觀察各水果之拉曼光譜圖發現位於波數 4000 cm^{-1} 處都有一支共同的特徵峰，若進一步換算成波長，可得其落點約在 $670\sim 680\text{ nm}$ 左右。而後上網搜尋文獻資料得知此螢光訊號可能為葉綠素的特徵峰。

註： $(1/532 - 1/X) \cdot 10^7 = 4000 \text{ cm}^{-1}$ $X = 675 \text{ nm}$



芭樂螢光光譜與葉綠素之對照圖

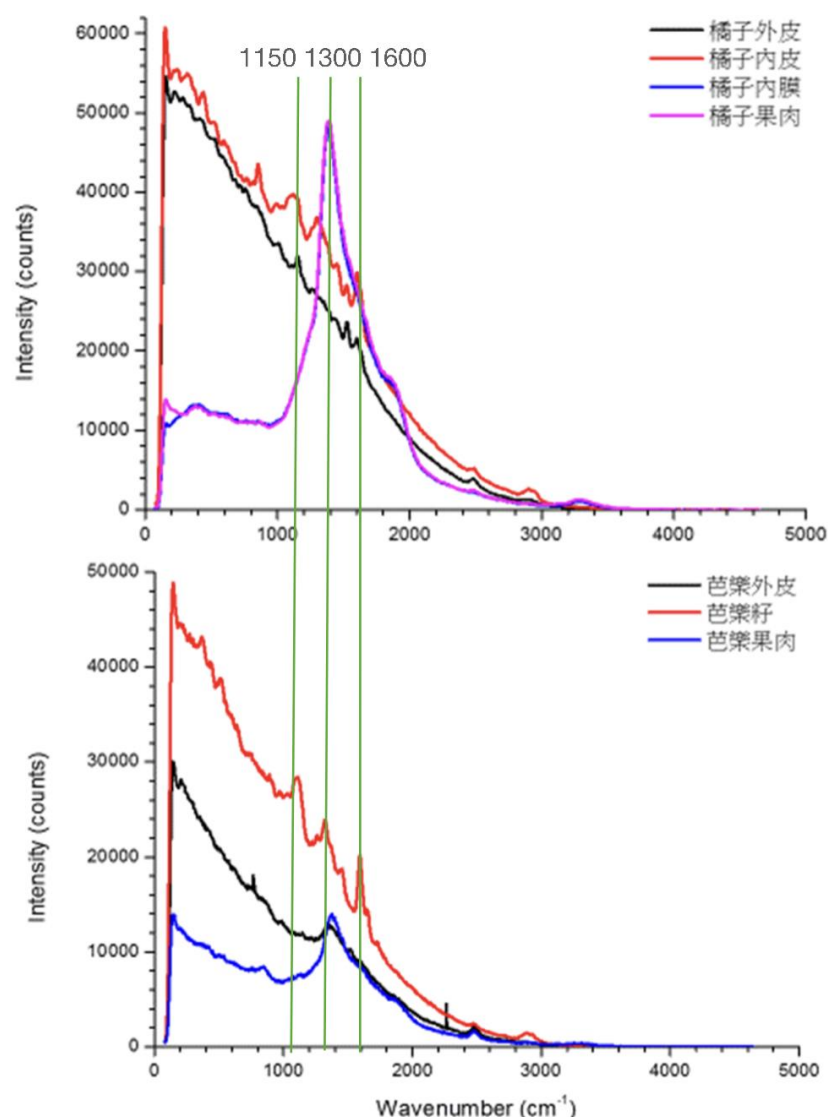
✓ 共同特徵峰 維生素 C

維生素 C 是廣泛存在於水果和蔬菜中的一種營養成分。且維生素 C 分子結構中包含能夠有效反應拉曼散射的酮和羥基等官能團，因此我上網搜尋了代表維生素 C 的幾個常見特徵峰，並與實驗結果進行對照。

註：維生素 C 的特徵峰有

- $1590\text{-}1610 \text{ cm}^{-1}$ ：這是維生素 C 的主要特徵峰，對應著 C=C 雙鍵的拉伸振動。
- $1300\text{-}1350 \text{ cm}^{-1}$ ：這是維生素 C 的另一個顯著特徵峰，對應著 C-C 鍵的拉伸振動。

· $1150-1180\text{ cm}^{-1}$ ：這個峰位也是維生素 C 的一個重要特徵，對應著 C-O 鍵的拉伸振動。



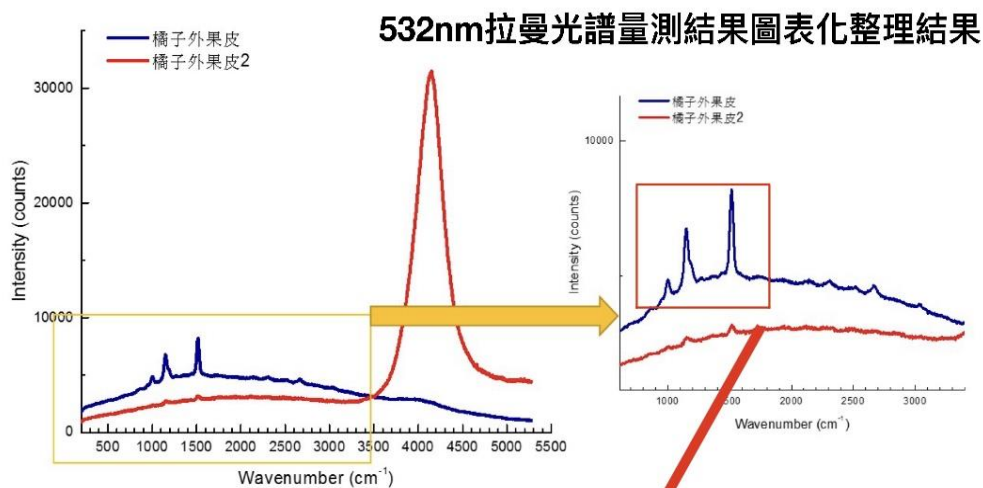
橘子與芭樂光譜圖中特徵峰 1150 1300 1600 推測為維生素 C 拉曼訊號

✓ 橘子皮光譜 Beta-胡蘿蔔素

從橘子外皮上油脂腺的光譜圖中觀察到了有別於其他水果的螢光光譜，而在大約於 1050 、 1200 、 1500 cm^{-1} 處也發現了三支特別的拉曼訊號。

與網上文獻對照得知這三支拉曼訊號可能為 β -胡蘿蔔素的特徵峰。 β -胡蘿蔔素為脂溶性有機化合物，也是水果中含量最豐富的紅橙色色素。

註： β -胡蘿蔔素由八個異戊二烯單元生化合成，具有 40 個碳原子。其特點為分子兩端都有一個環己烯環，沒有官能團，而且非常親油。



Beta-Carotene

β -carotene, or **beta-carotene**, is an organic compound of the group of carotenoids, terpenic provitamins (isoprenoids), biochemically synthesized from eight isoprene units and therefore having 40 carbon atoms. Among the carotenoids, β -carotene is distinguished by having a cyclohexene ring at both ends of the molecule. It is devoid of functional groups as well as very lipophilic. β -carotene is the most common form of carotene in plants, it is an organic red-orange pigment abundant in fruits. With our spectrometer we examined a solution in beta-carotene seed oil extracted from carrots. In Fig. 8 we report the Raman spectrum, in which we note the characteristic maxima corresponding to the C-C and C=C bonds.

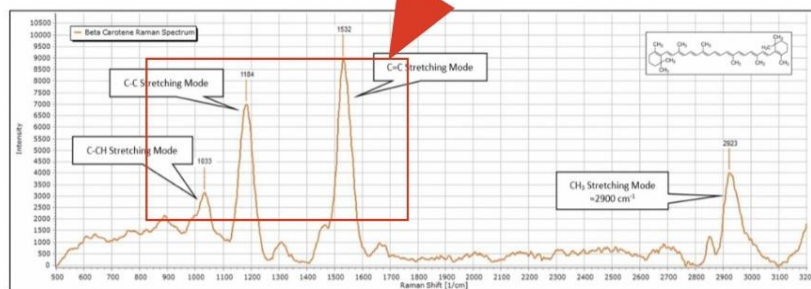


Fig 8 - Raman spectrum of Beta-Carotene

橘子拉曼光譜(532nm 激光源)與 β -胡蘿蔔素之對照圖

感思體悟

首先在認知面上，這次的實驗鍛鍊了不少對於問題解決和推理能力，提高了科學思維水平。再來在技術方面，進行實驗的過程中我也漸漸熟練了如何有效利用光譜量測系統，從激發光源、光學系統、到光譜儀的調整，就連我最不擅長的電腦軟體使用也逐漸成熟，了解了從訂定主題、實驗設計、手動儀器操作，到結果紀錄與數據分析的正確流程，為未來的大學學習，與科學實驗打下了不少基礎。

光譜量測可以揭示不同水果的營養特徵，提供更精確的營養價值評估。不只對水果，這些技術可能都對未來的健康食品研發和食品科學領域提供重要的參考。