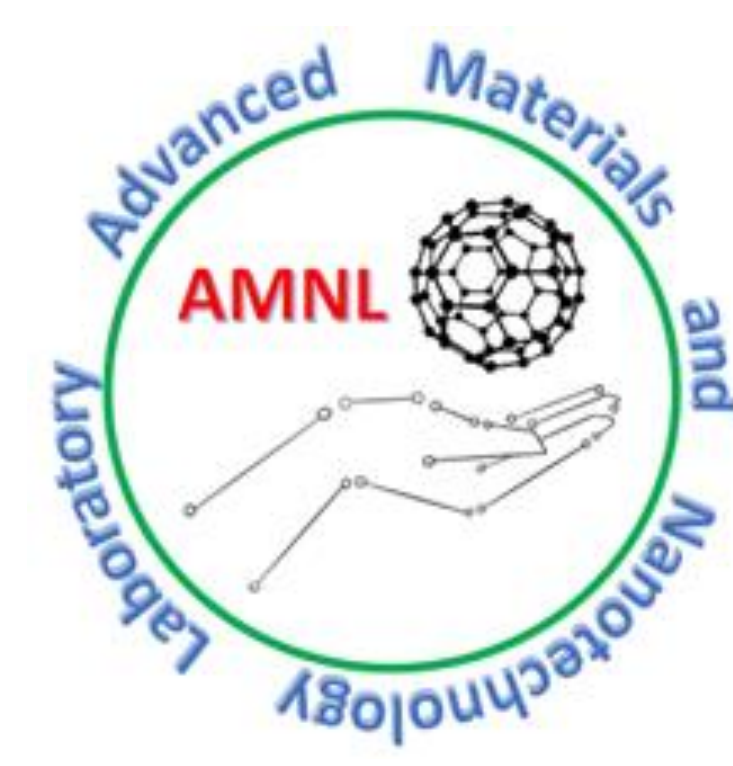


Bio-Hair/MXene新型奈米複合能源織物與應用

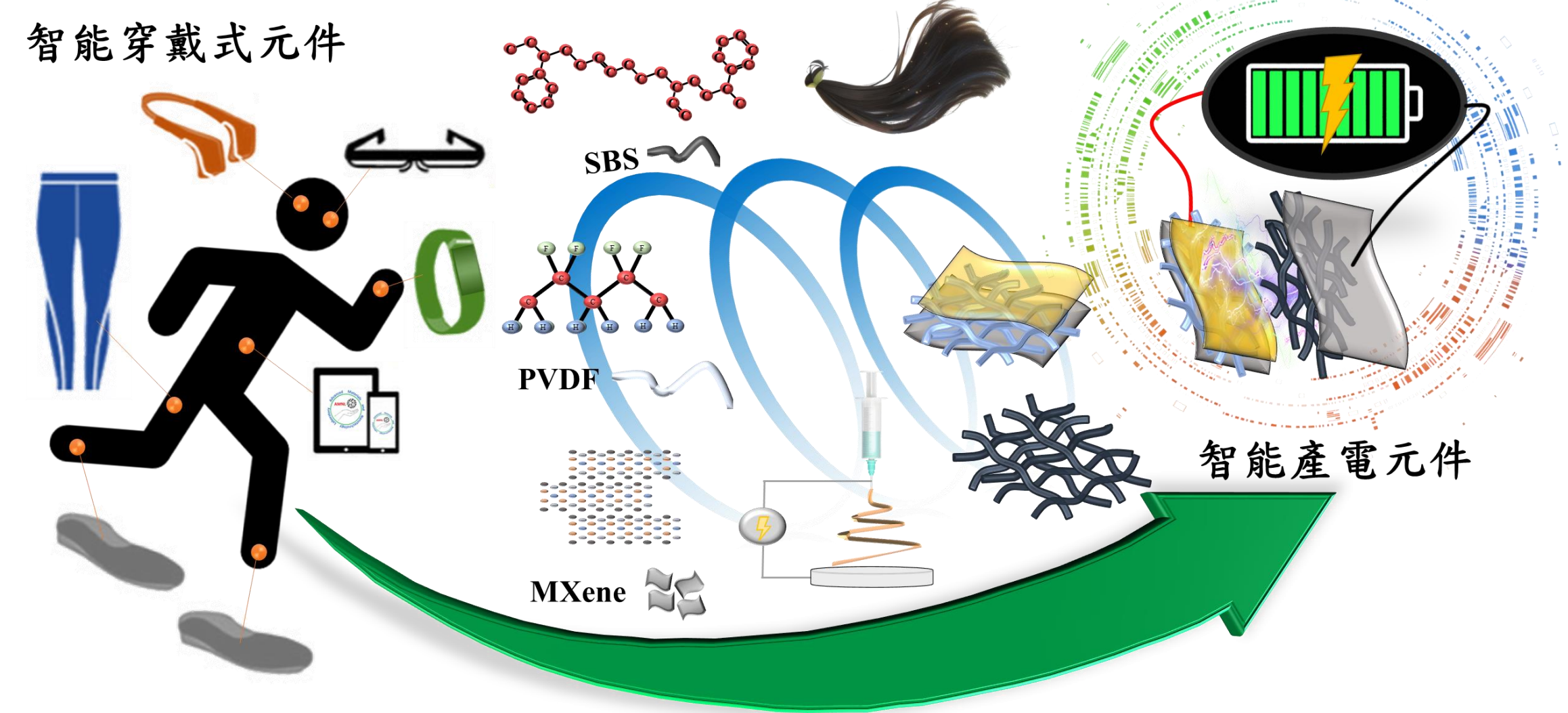


歐俊顯、陳淑慧、陳婷、黃彬書、卓家榮*

義守大學化工系暨生物技術與化學工程研究所
Institute of Biotechnology and Chemical Engineering, I-Shou University
*Email : ppaul28865@gmail.com



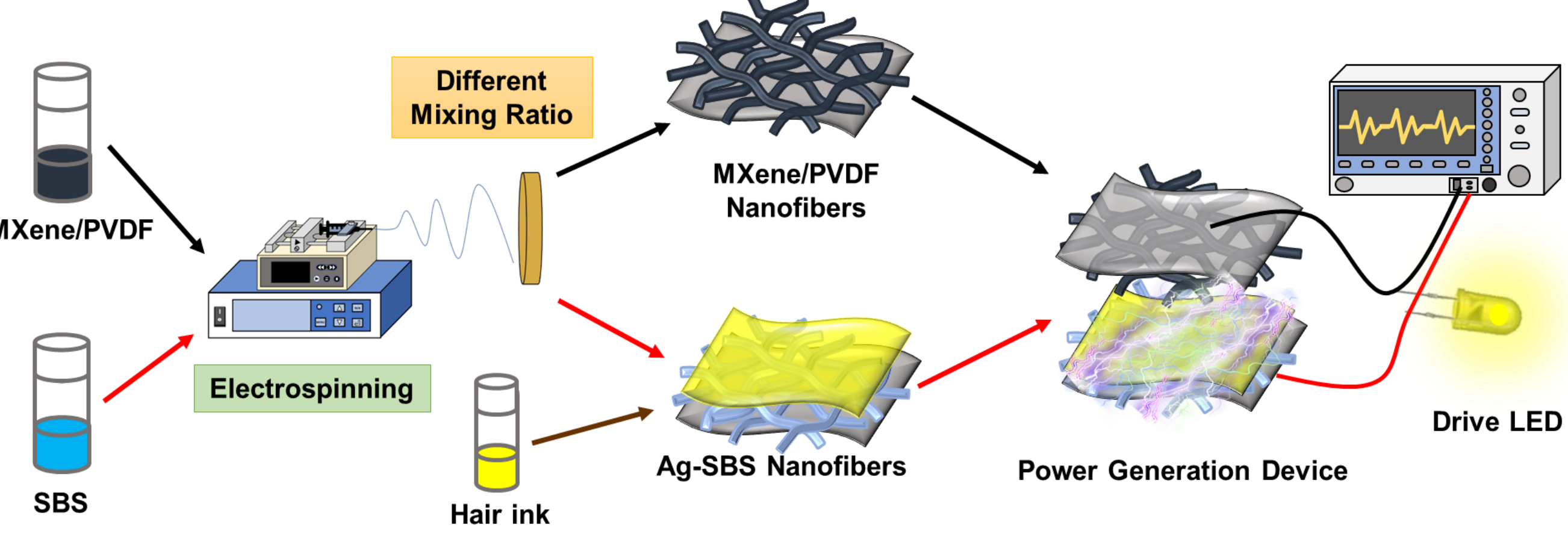
Introduction



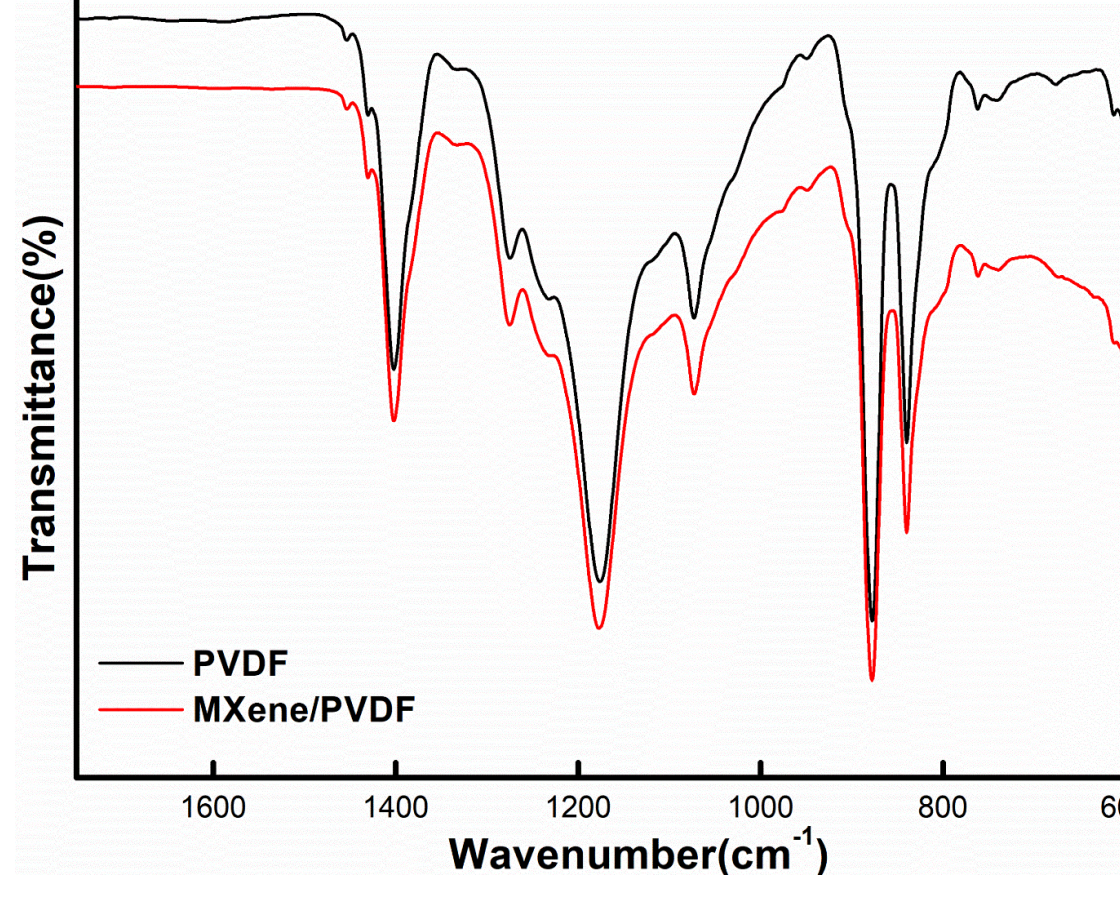
Abstract

本研究藉由耦合效應與靜電紡絲技術，將兩種不同材料接觸起電，將機械能轉化為電能，製備MXene/Bio-hair新型奈米複合能源織物(TENG)。將MXene導入偏二氟乙烯(PVDF)中，由靜電紡絲技術製備奈米纖維，做為強摩擦負電極，正電極由人髮進行萃取，最後進行全織物結構組裝及應用。本研究首次提出，新穎MXene/Bio-hair奈米複合發電織物，具耐用性和電穩定性，可產生最大電壓為50V、功率密度約20-70mW/m²、在30秒可將1μF電容器充滿電。

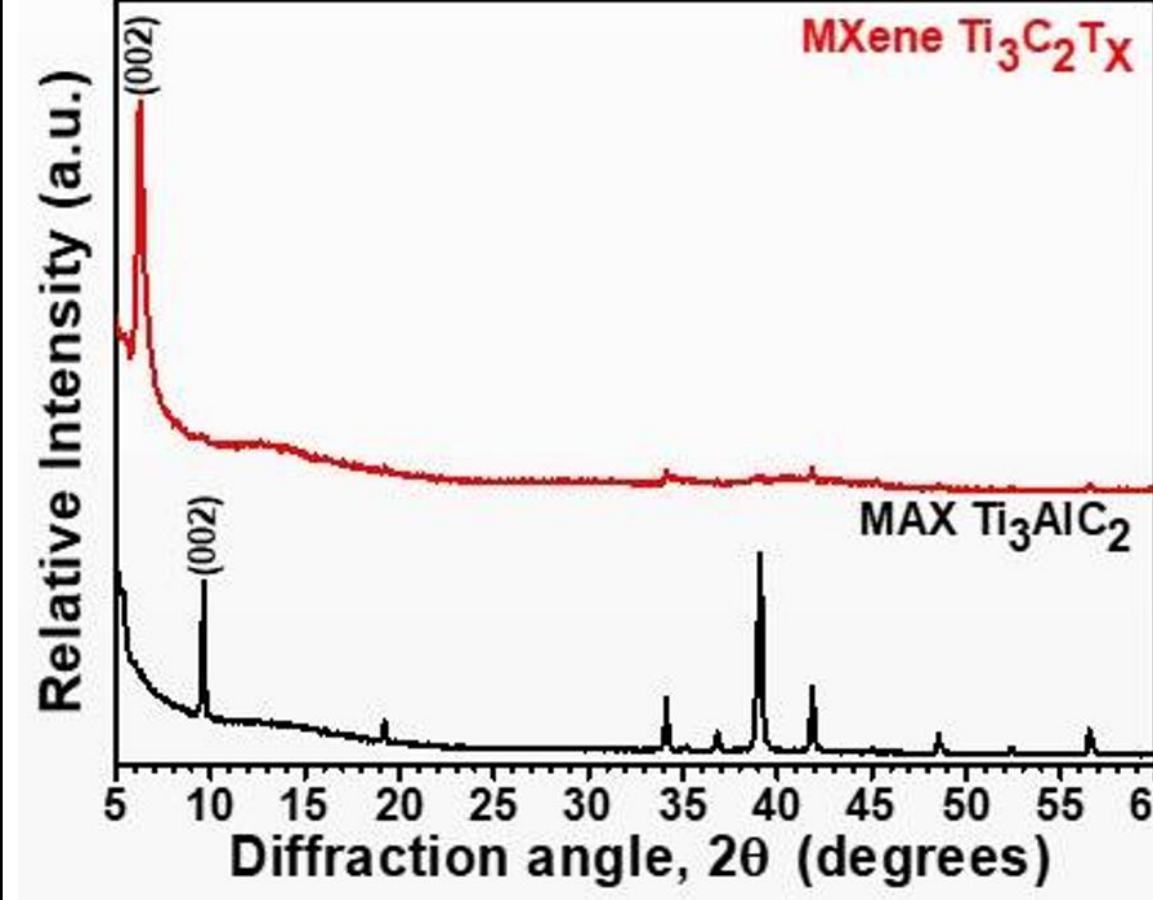
Experimental



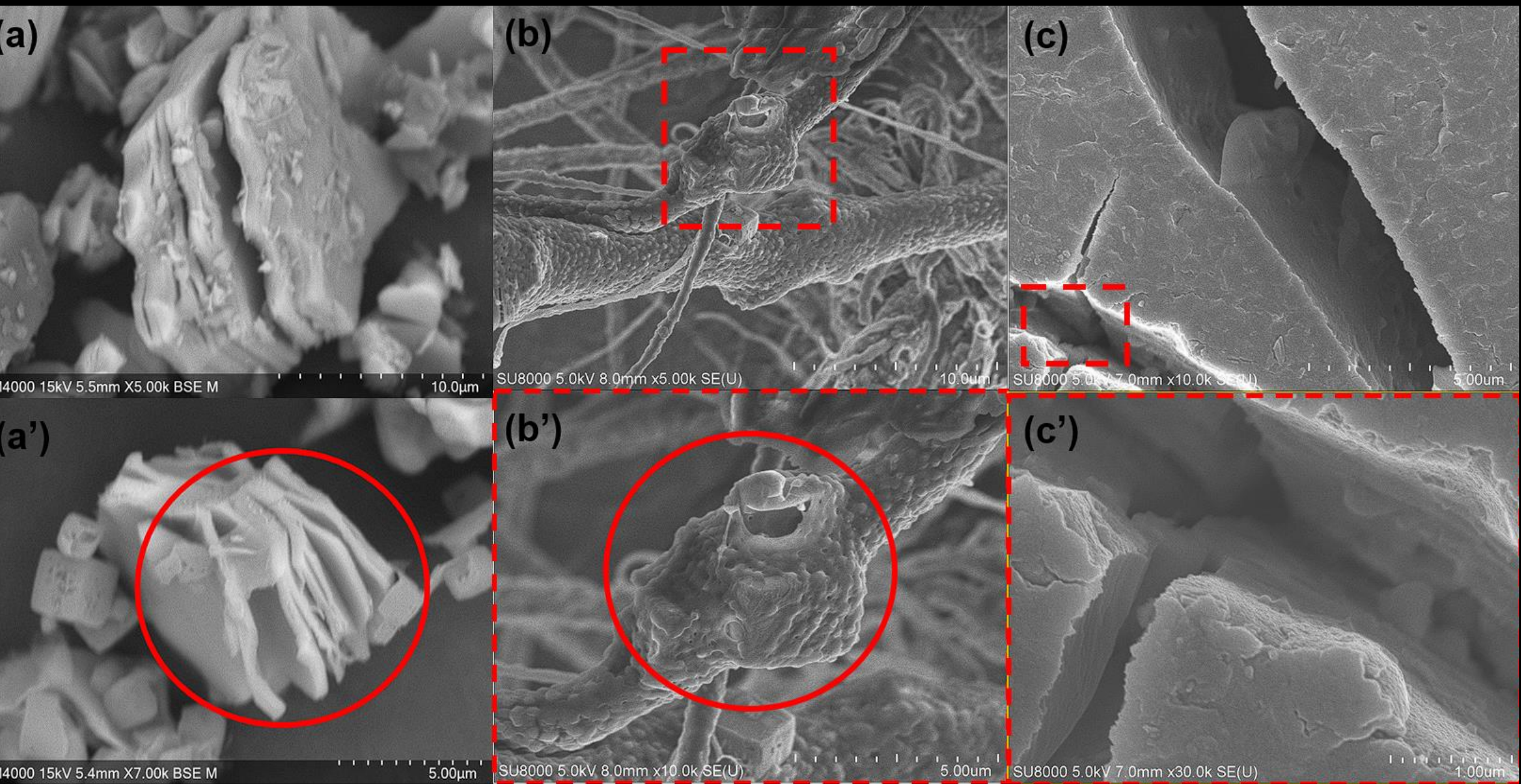
FTIR



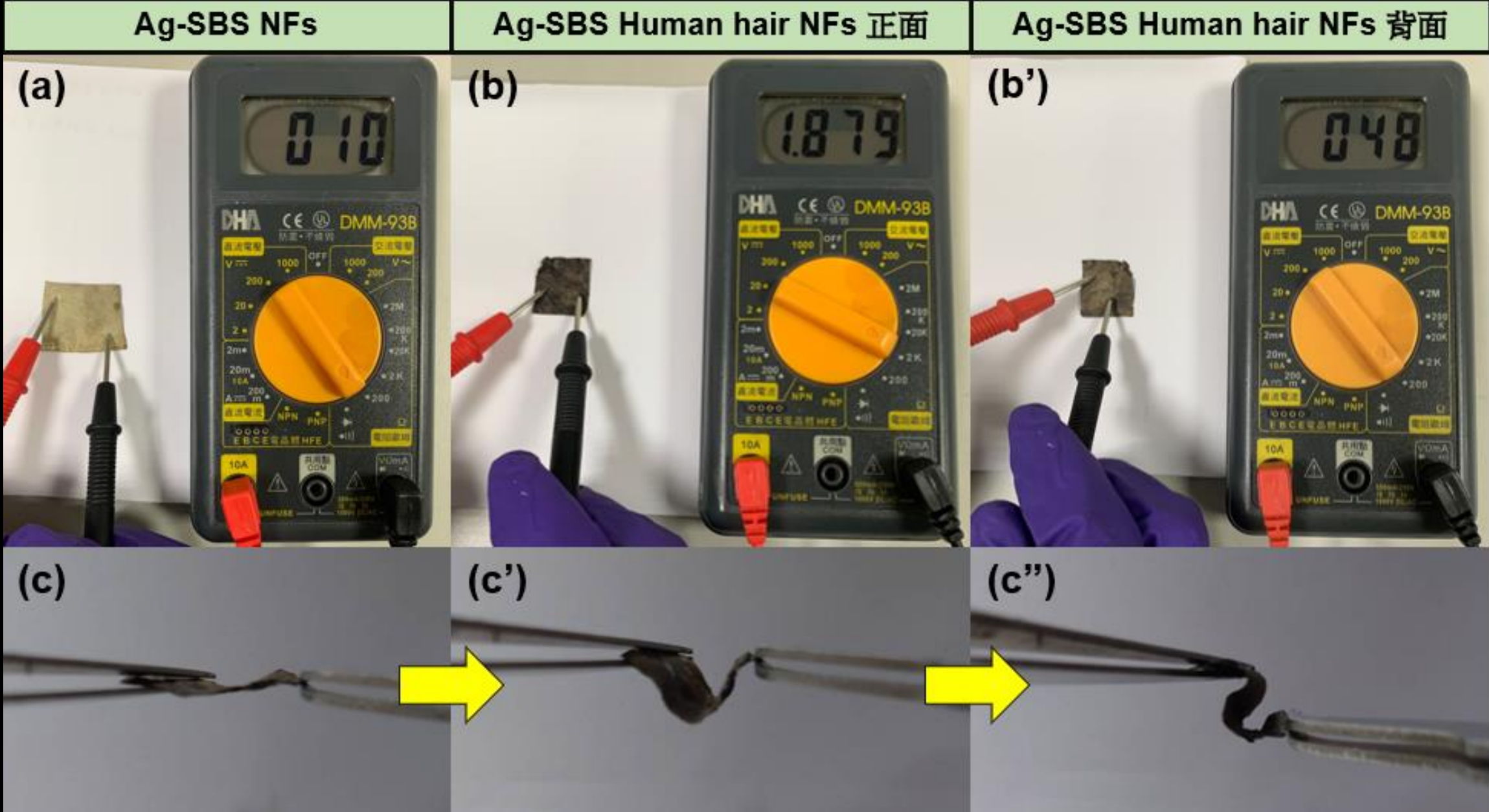
XRD



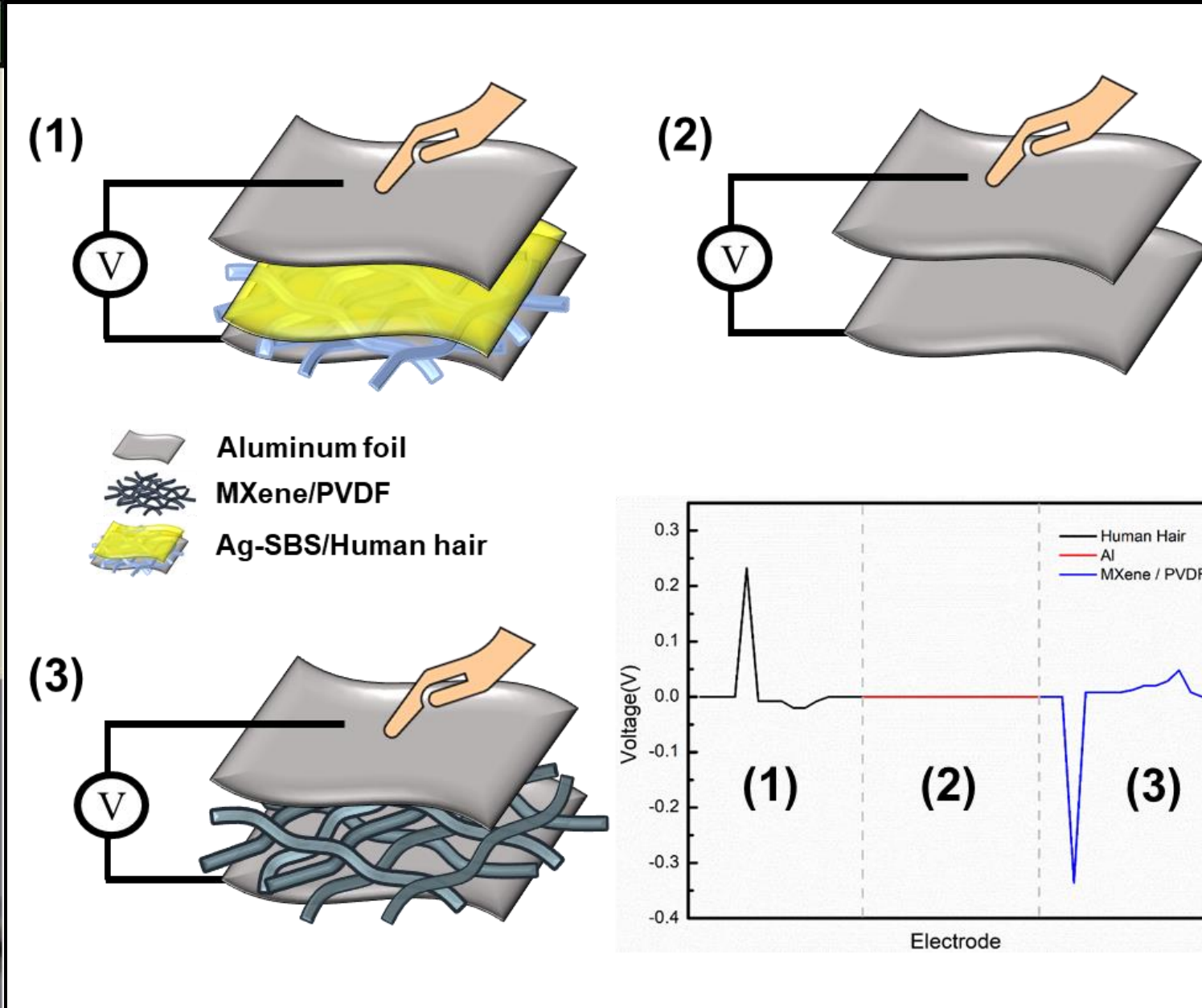
SEM



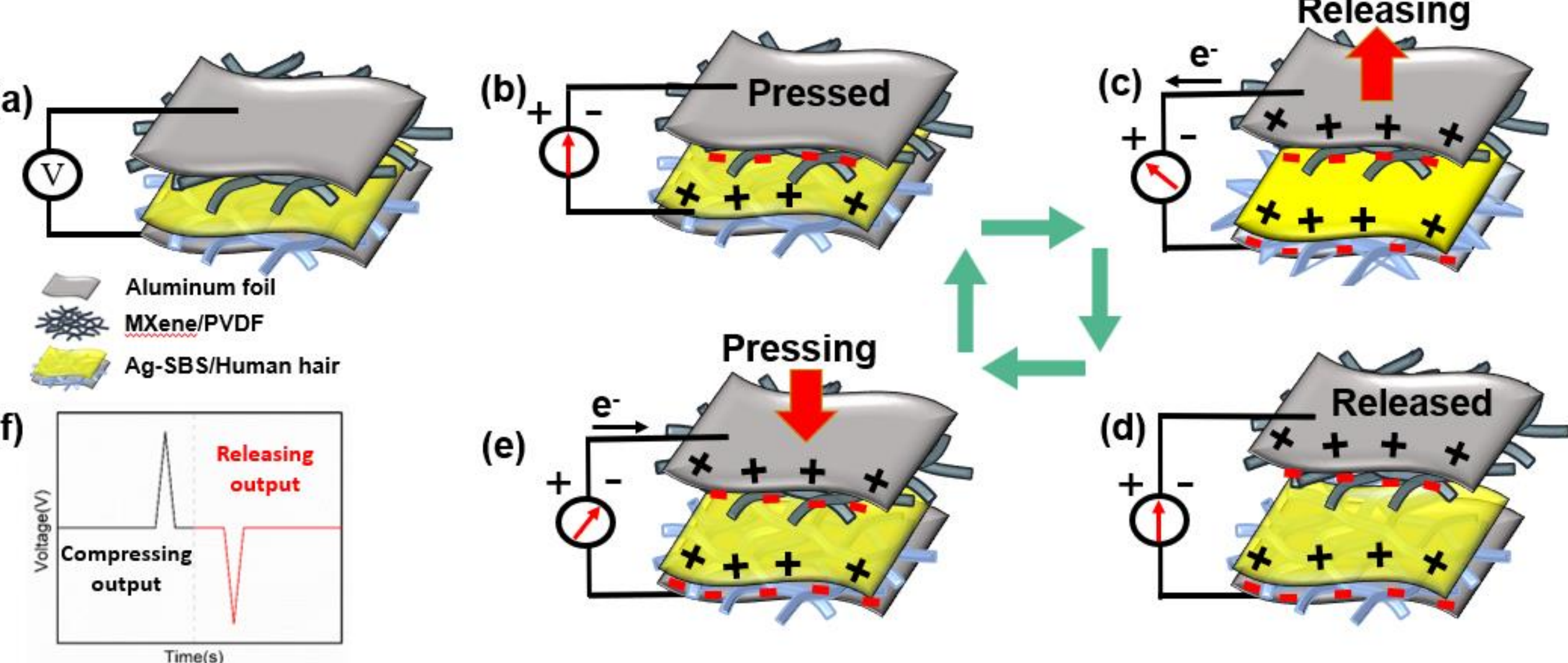
Hair Resistance & flexible



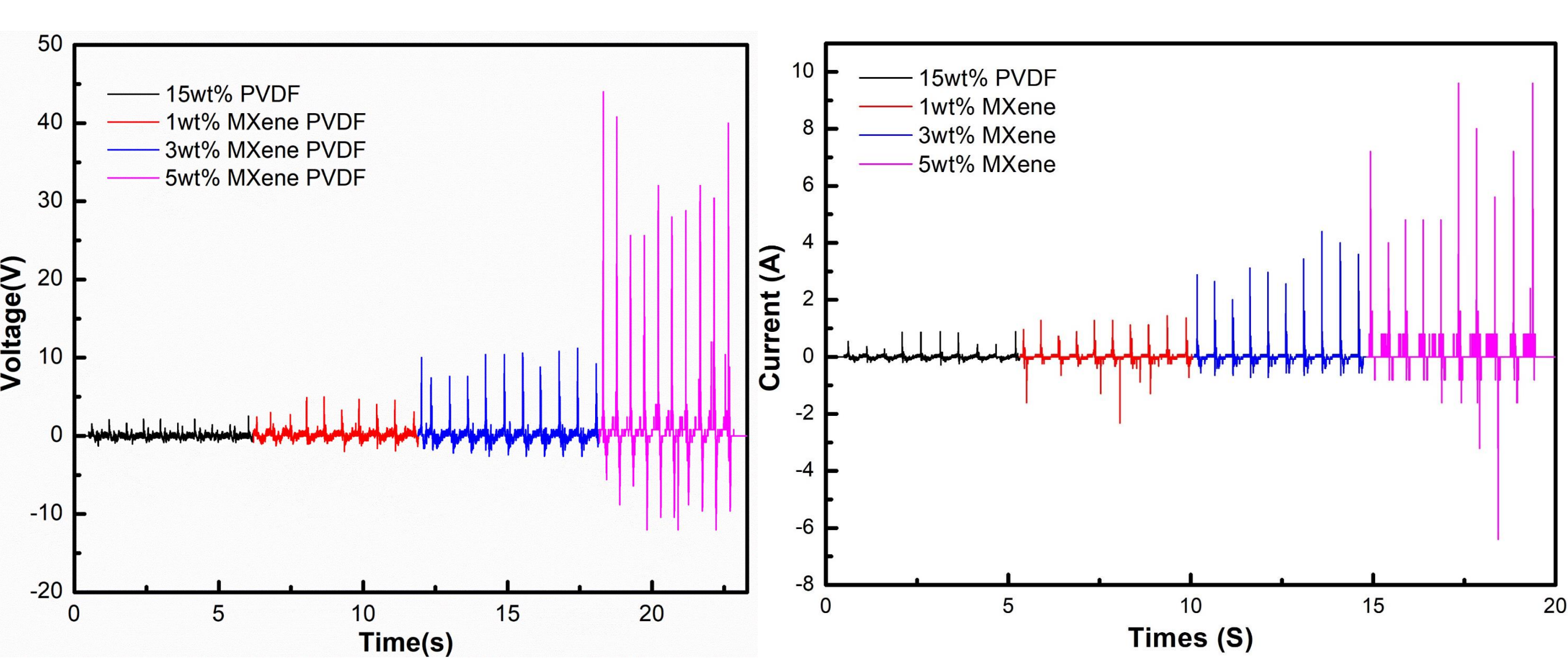
Electrical Properties



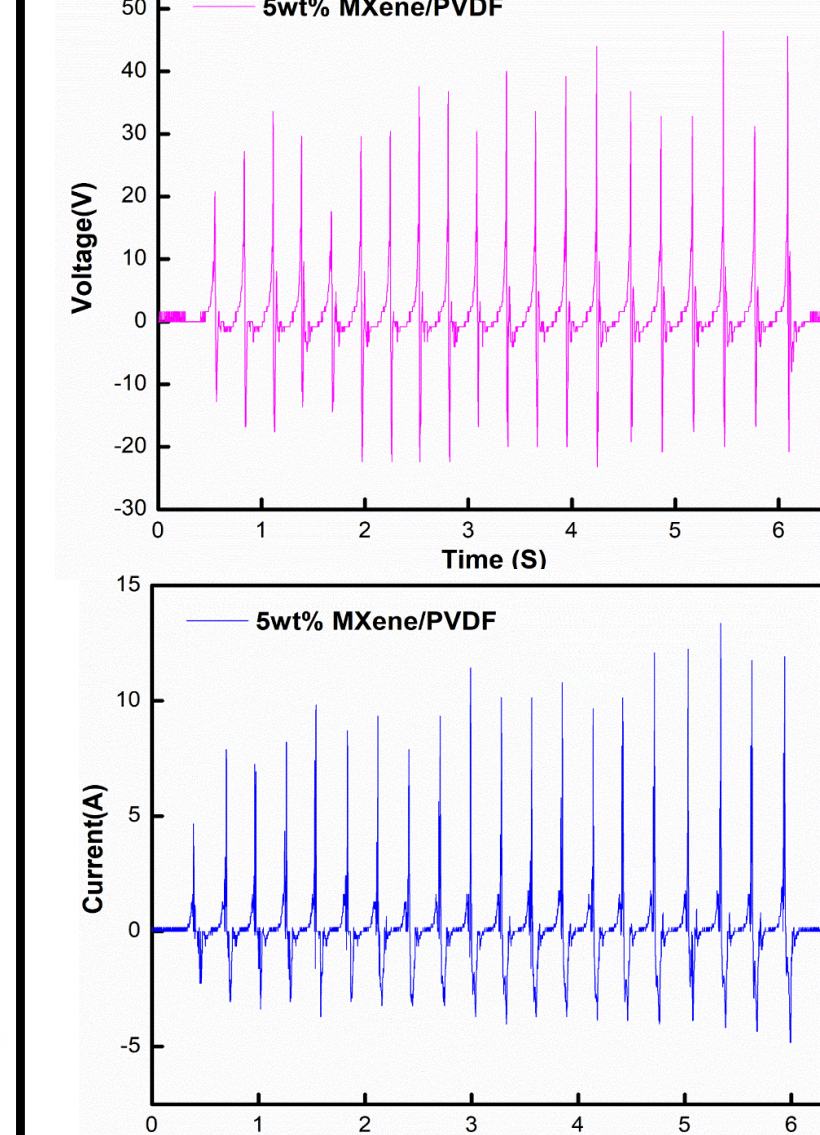
Working mechanism of TENGs



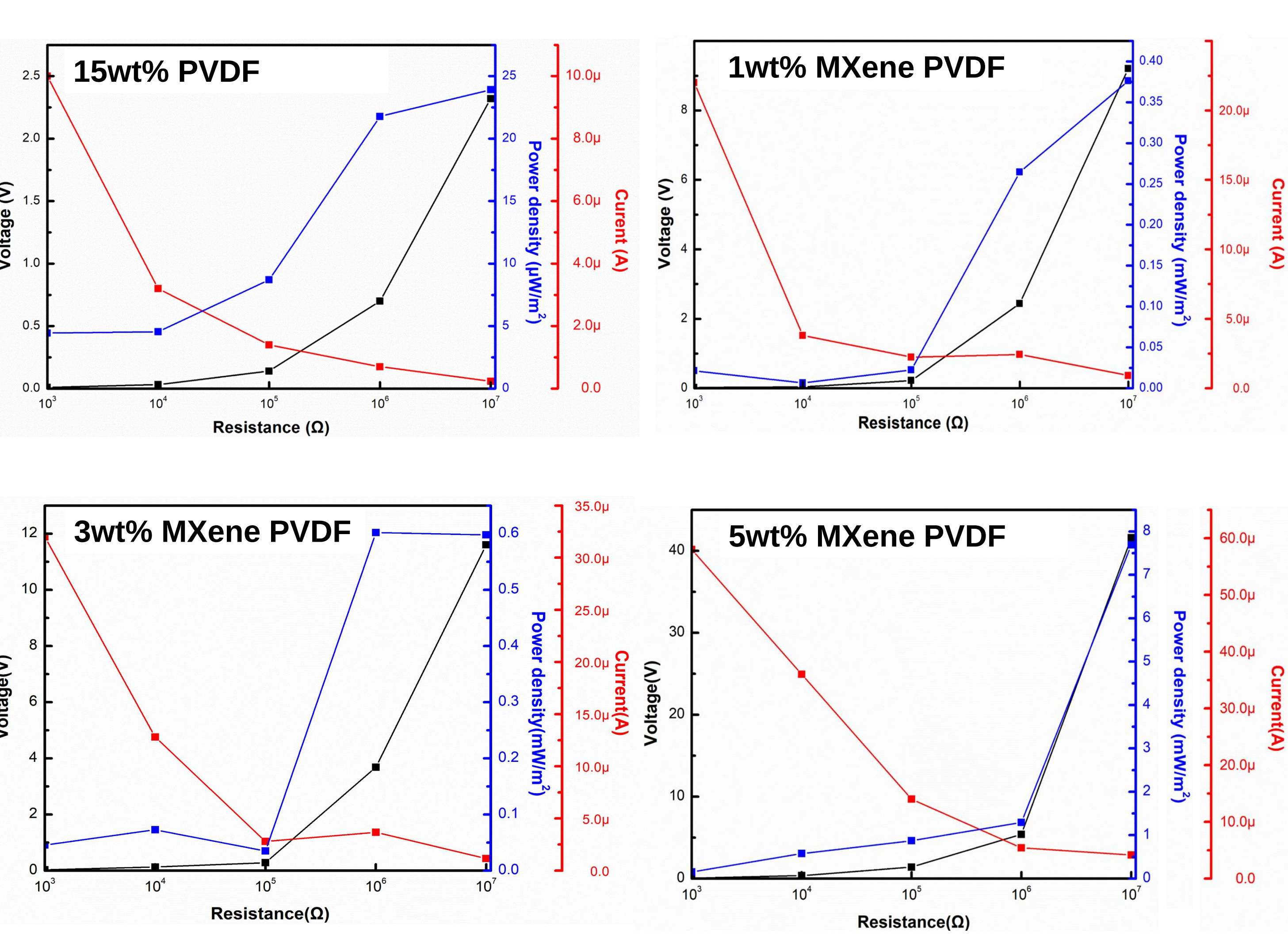
Overtured Voltage & Current



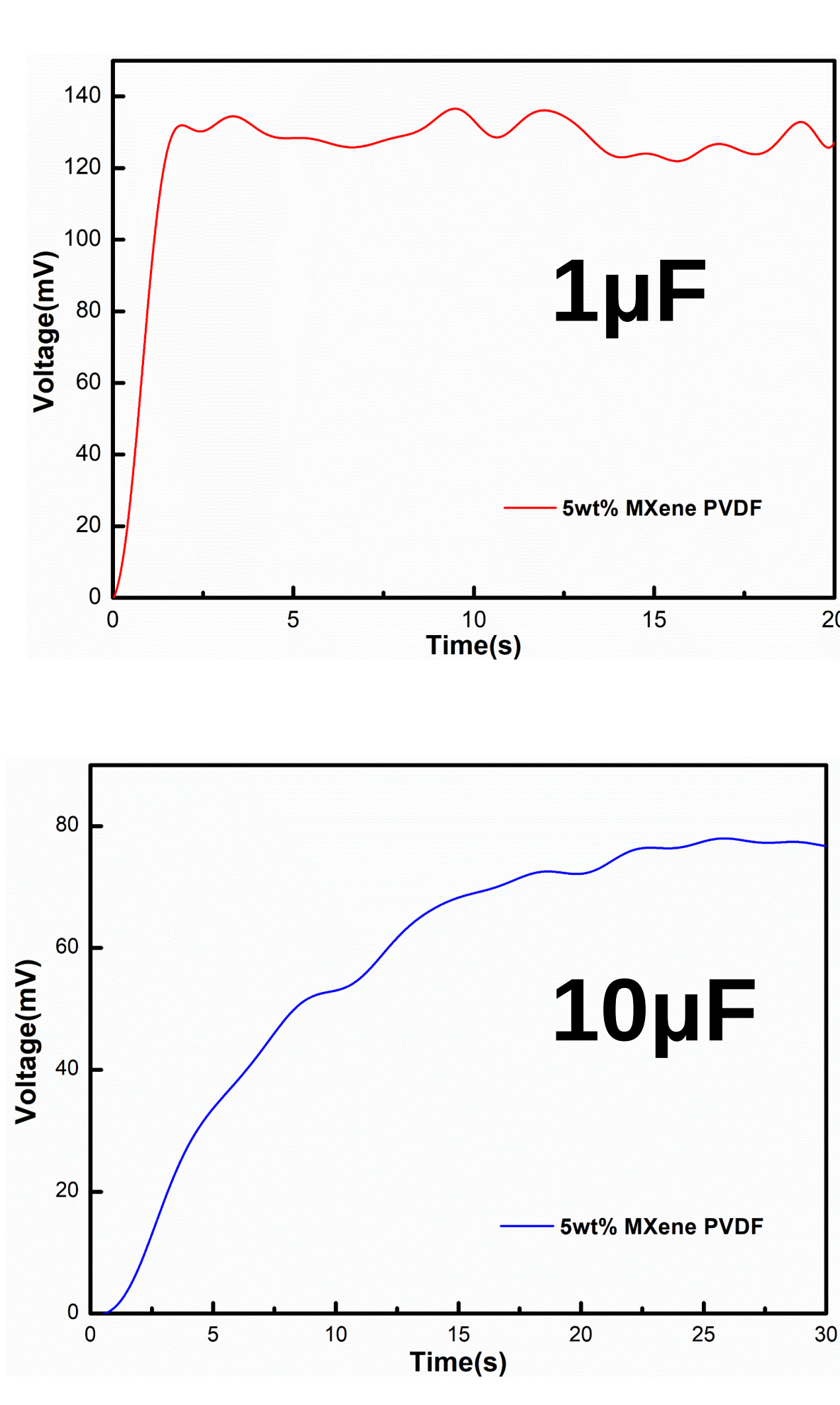
Beat Voltage & Current



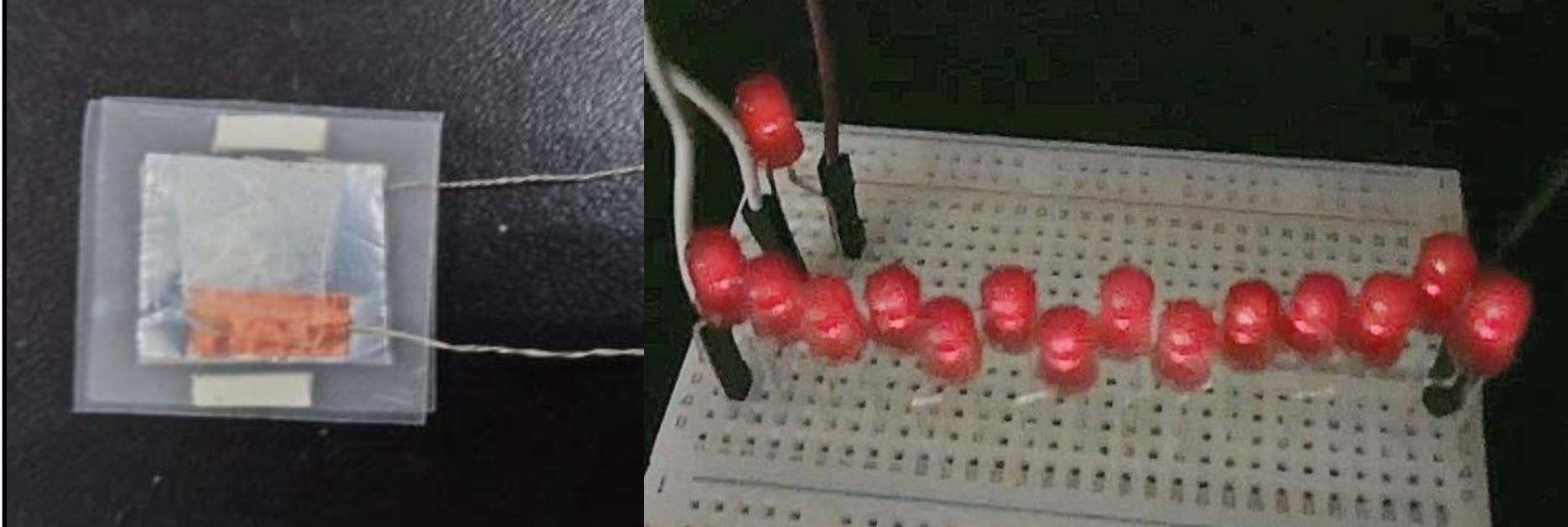
Power Density



Capacitor charge



Drive LED lights



Conclusion

- TENG的正摩擦層是選用對環境友善的頭髮製備而成，回收而來的人髮能夠減輕人髮緩慢降解帶來的生物廢棄物，讓人髮對於環境的壓力降低，使具有生物循環經濟的TENG。
- 添加5 wt% MXene時，僅需20、30秒即可使1μF、10μF電容器充滿電，在電壓、電流、功率密度上分別提升了17.5、11、321倍，這表示添加MXene片材能夠使TENG性能提升。
- 我們將可彎折的Ag-SBS/Bio-hair NFs與MXene/PVDF NFs結合，使整個TENG結構轉變為全織物型的輕型電源，柔軟的性質能更容易與穿戴裝置結合。

穿戴式智慧彈性心率感測奈米纖維織物



楊雨瞳、蔡英文、林詩妤、鍾秉諭、卓家榮*

義守大學化工系暨生物技術與化學工程研究所
Institute of Biotechnology and Chemical Engineering, I-Shou University
*Email: ppaul28865@gmail.com



Introduction

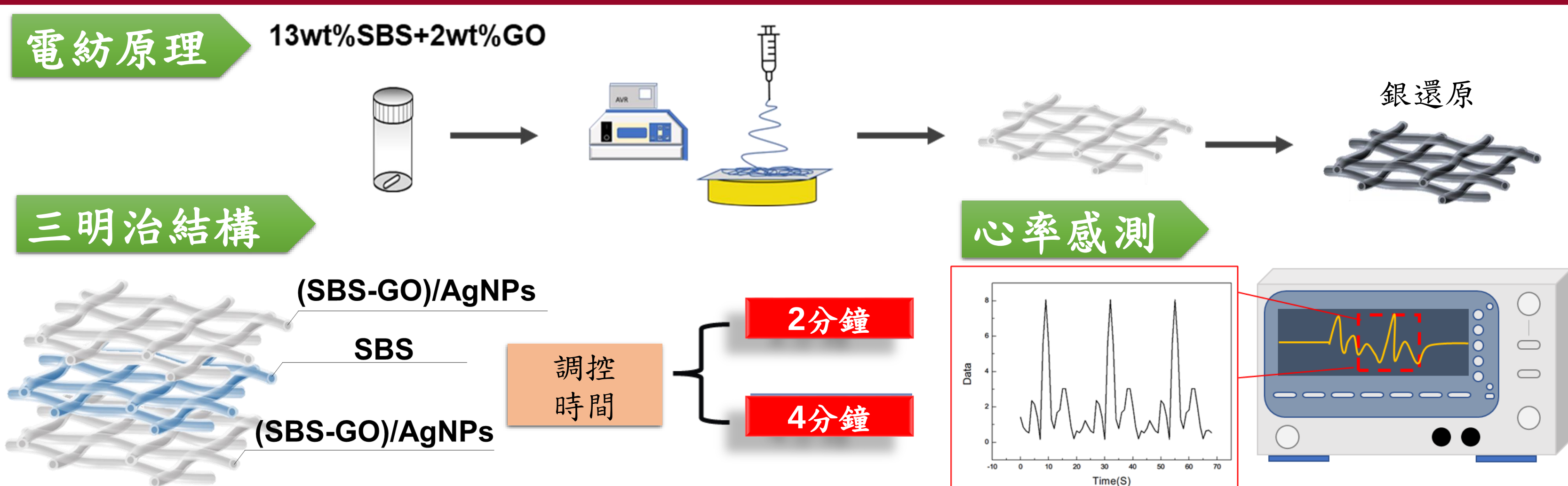
生活中穿戴式產品的應用：



Abstract

- 透過奈米電阻器與纖維互鎖微結構 (FIM) 概念，結合靜電紡絲技術，製造皮膚啟發電阻型壓力傳感器。
- 彈性三明治結構導電奈米纖維包含聚(聚苯乙烯-聚丁二烯-聚苯乙烯三嵌段共聚物) (SBS)、天然橡膠、氧化石墨烯(GO)和銀奈米粒子(AgNPs)；中間層是由SBS 奈米纖維構成介電層，上下兩層 (SBS-GO)/AgNPs 為電極包覆介電層。
- FIM 賦予壓力傳感器超高靈敏度(<0.08 kPa)，快速響應時間(<3 ms)，高穩定性(>5500 次循環)，出色的機械性能(彎曲、拉伸、按壓)。
- 本實驗成功利用，導電奈米纖維壓力傳感器與示波器結合，並量測人體生理信號，應用在脈搏偵測和心率感測。

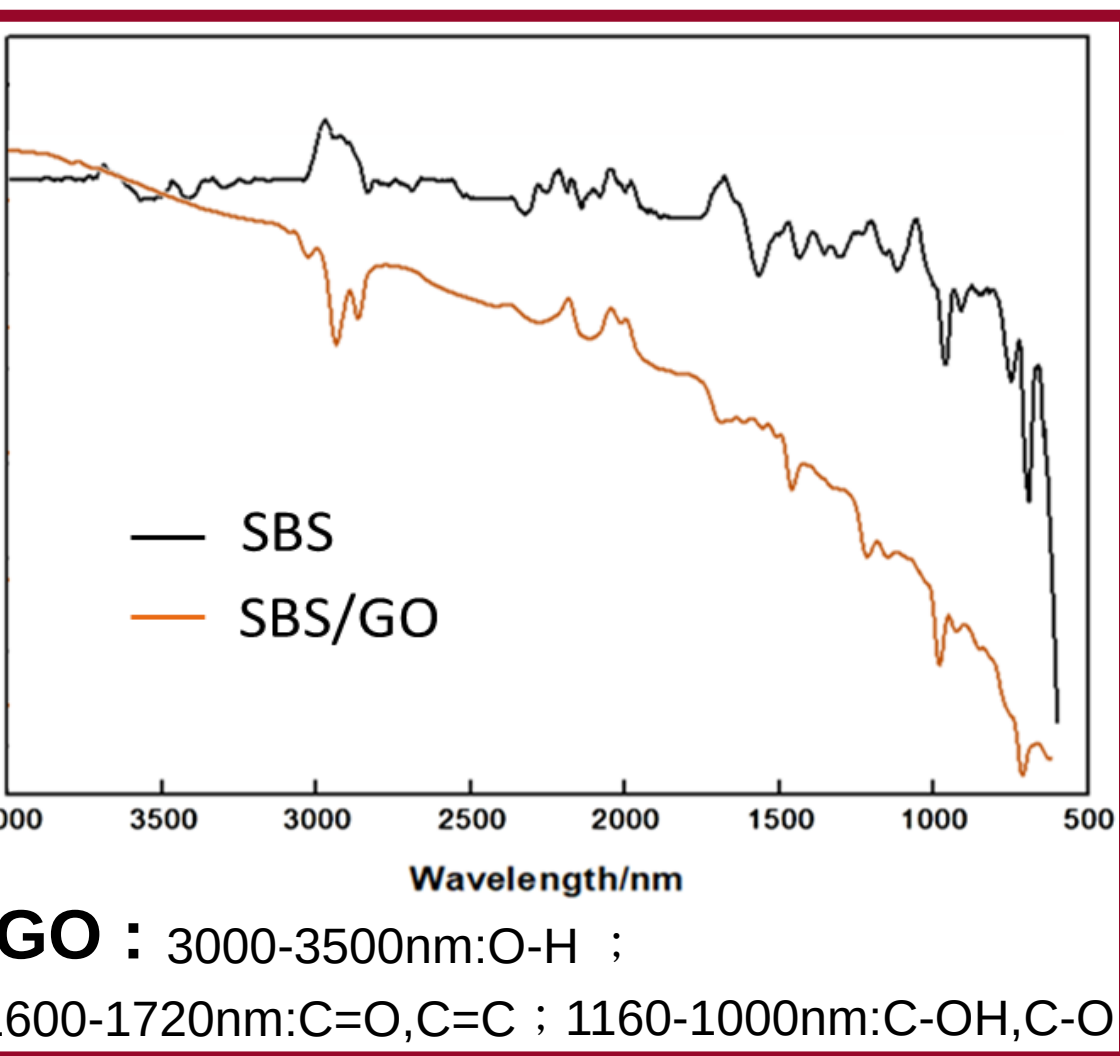
Experiment



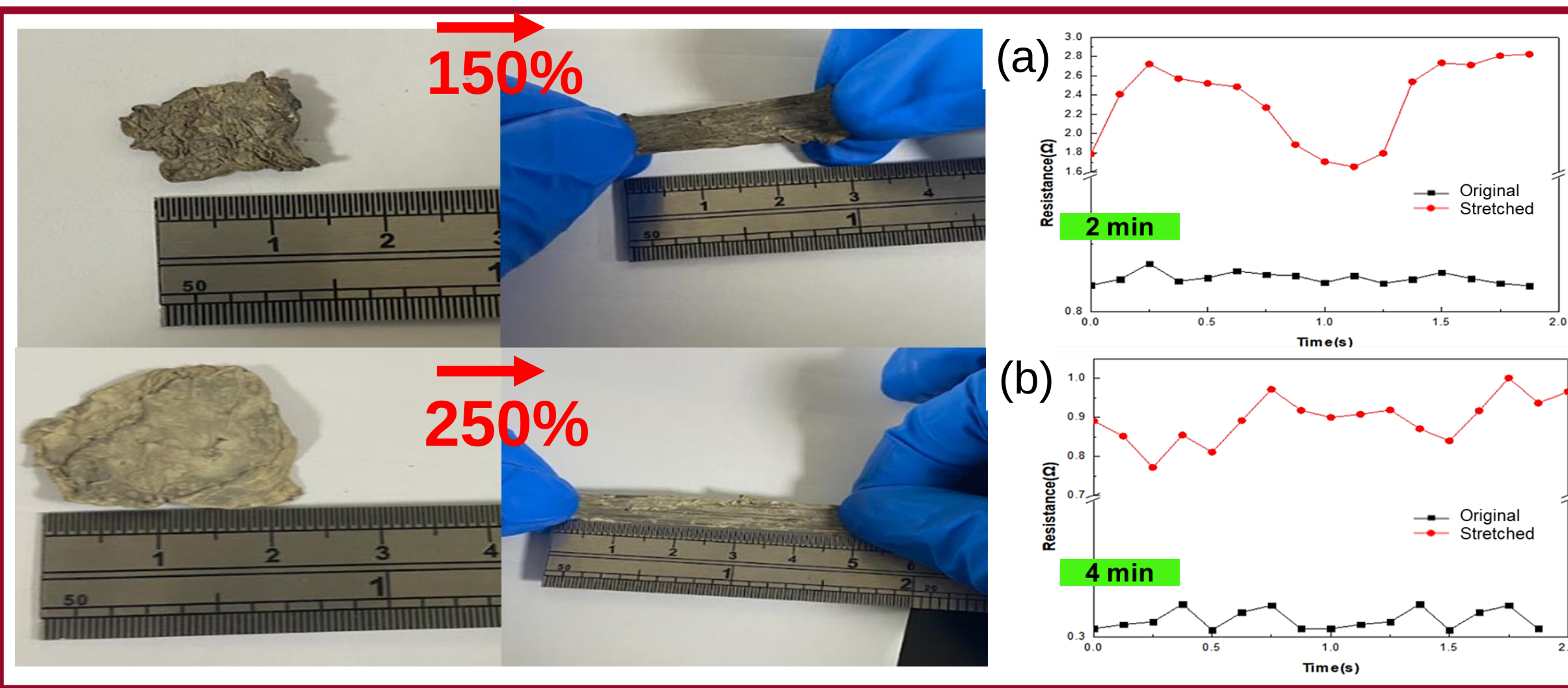
Stretched : SBS/GO V.S. SBS



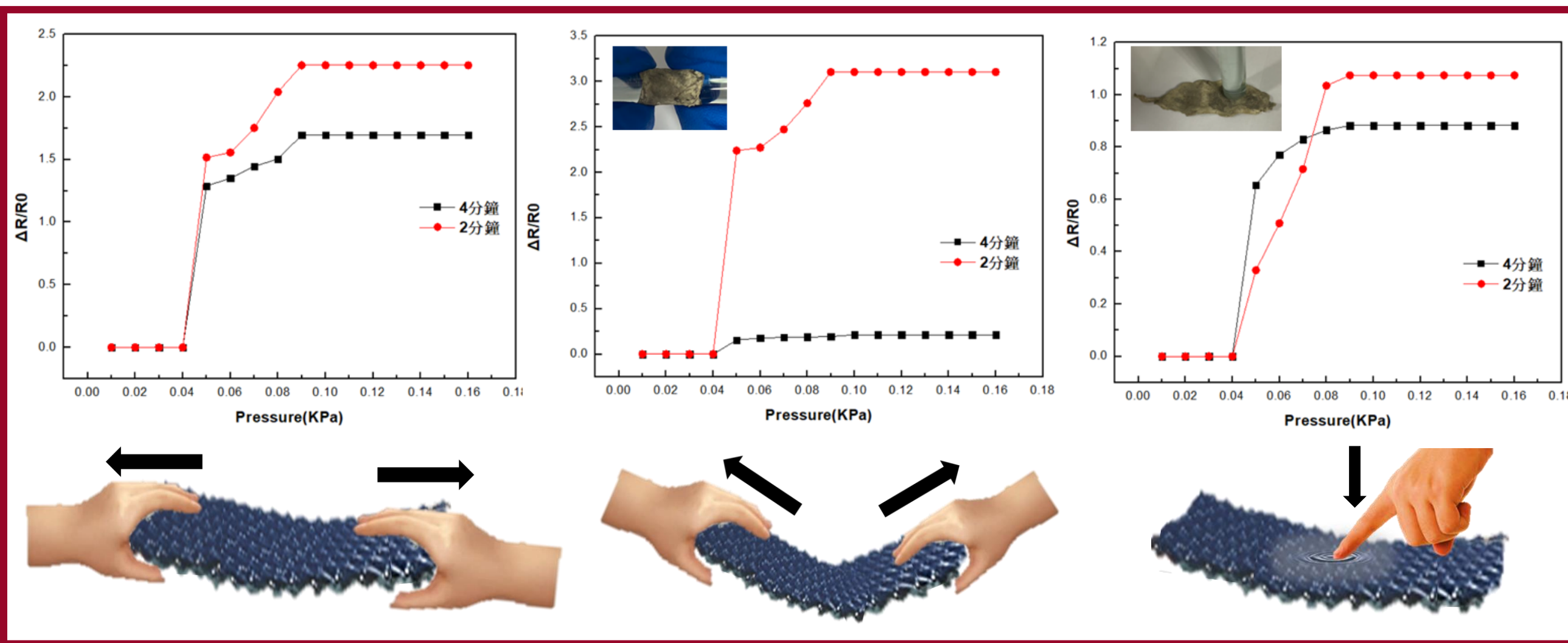
FTIR



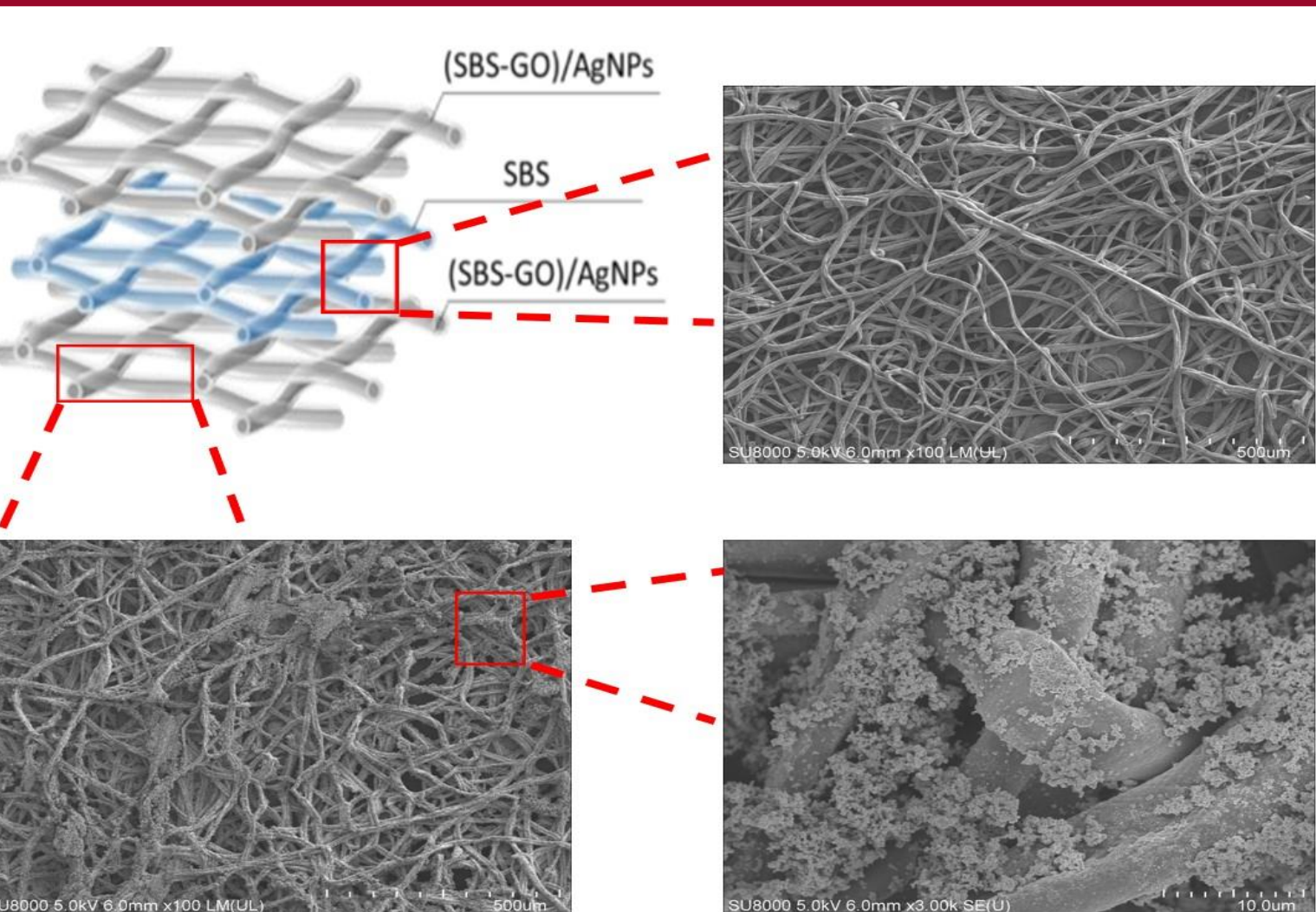
Stretched : 2min V.S. 4min



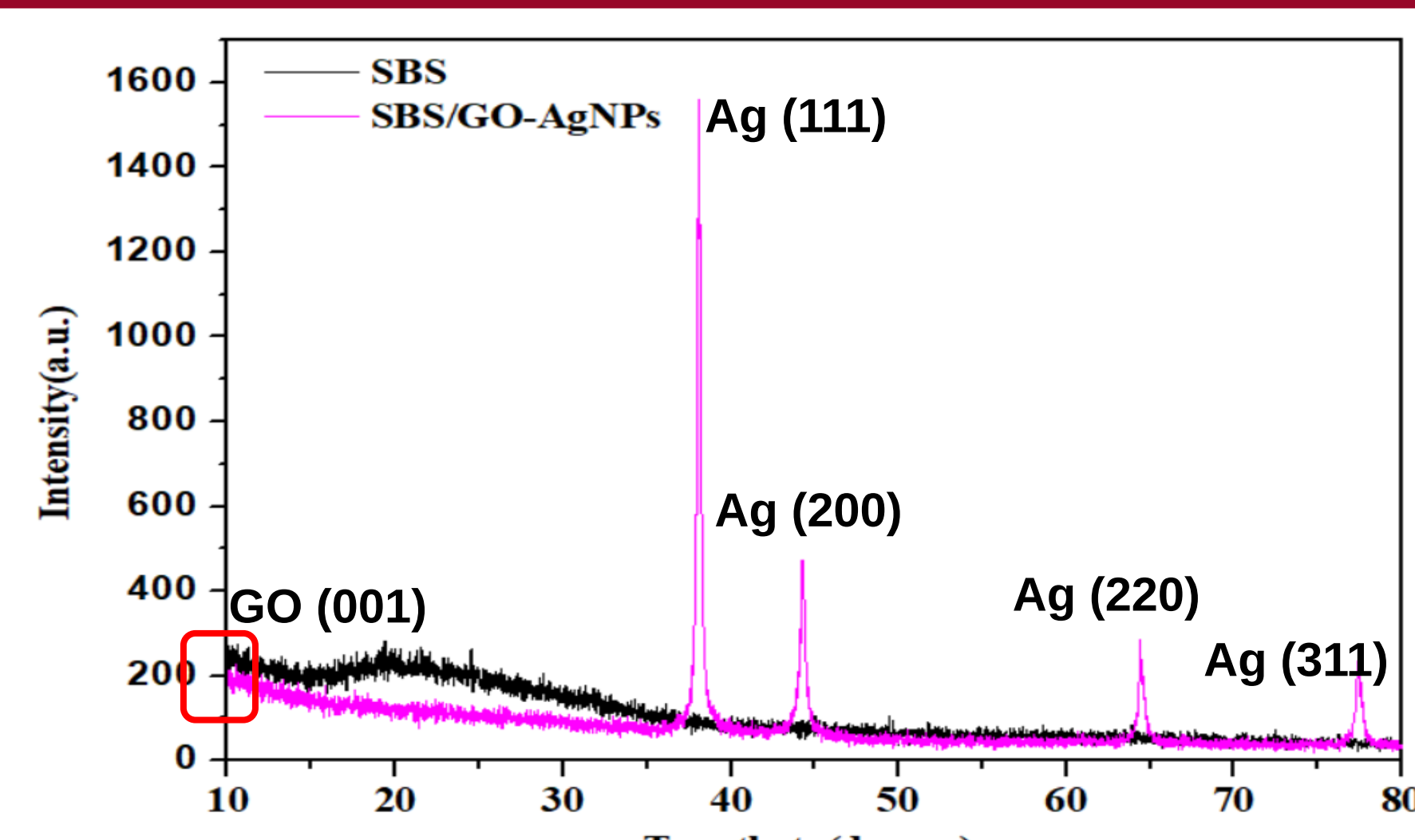
Stretched/ Flexible/ Pressing



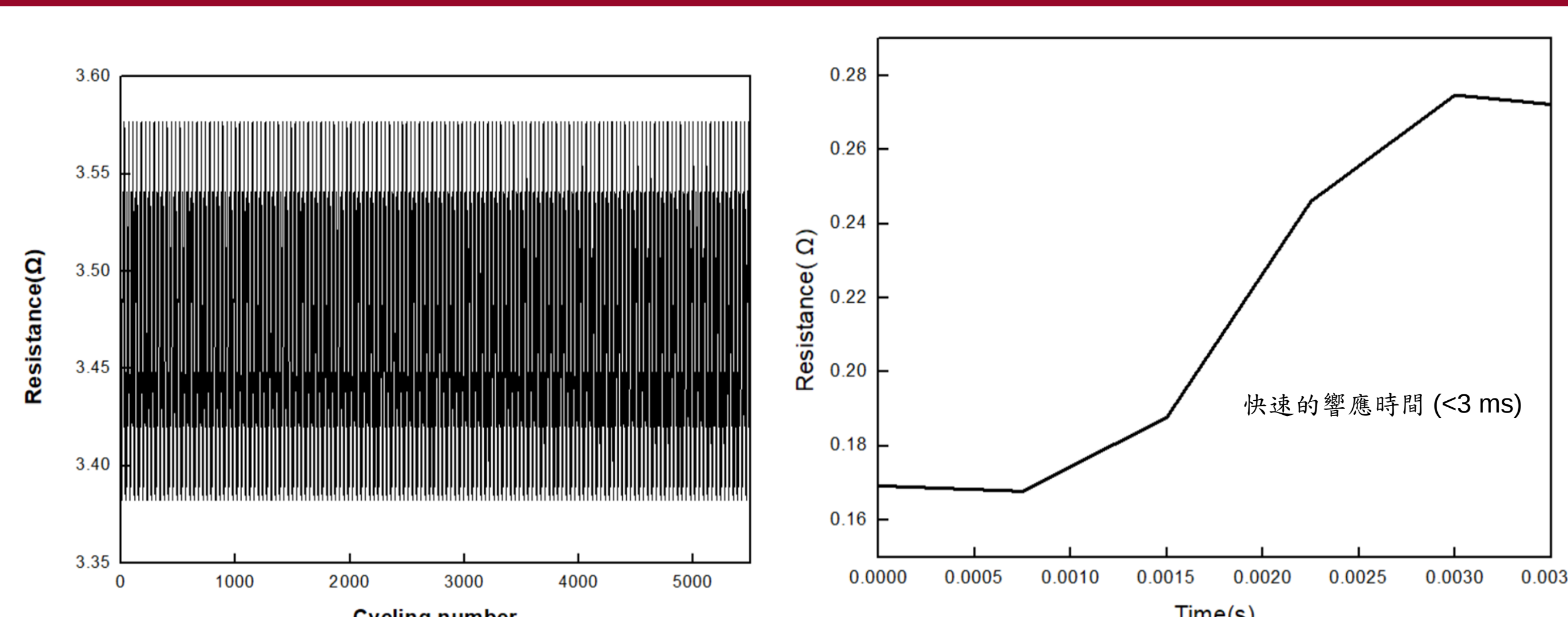
SEM



XRD



Mechanical Character



Application

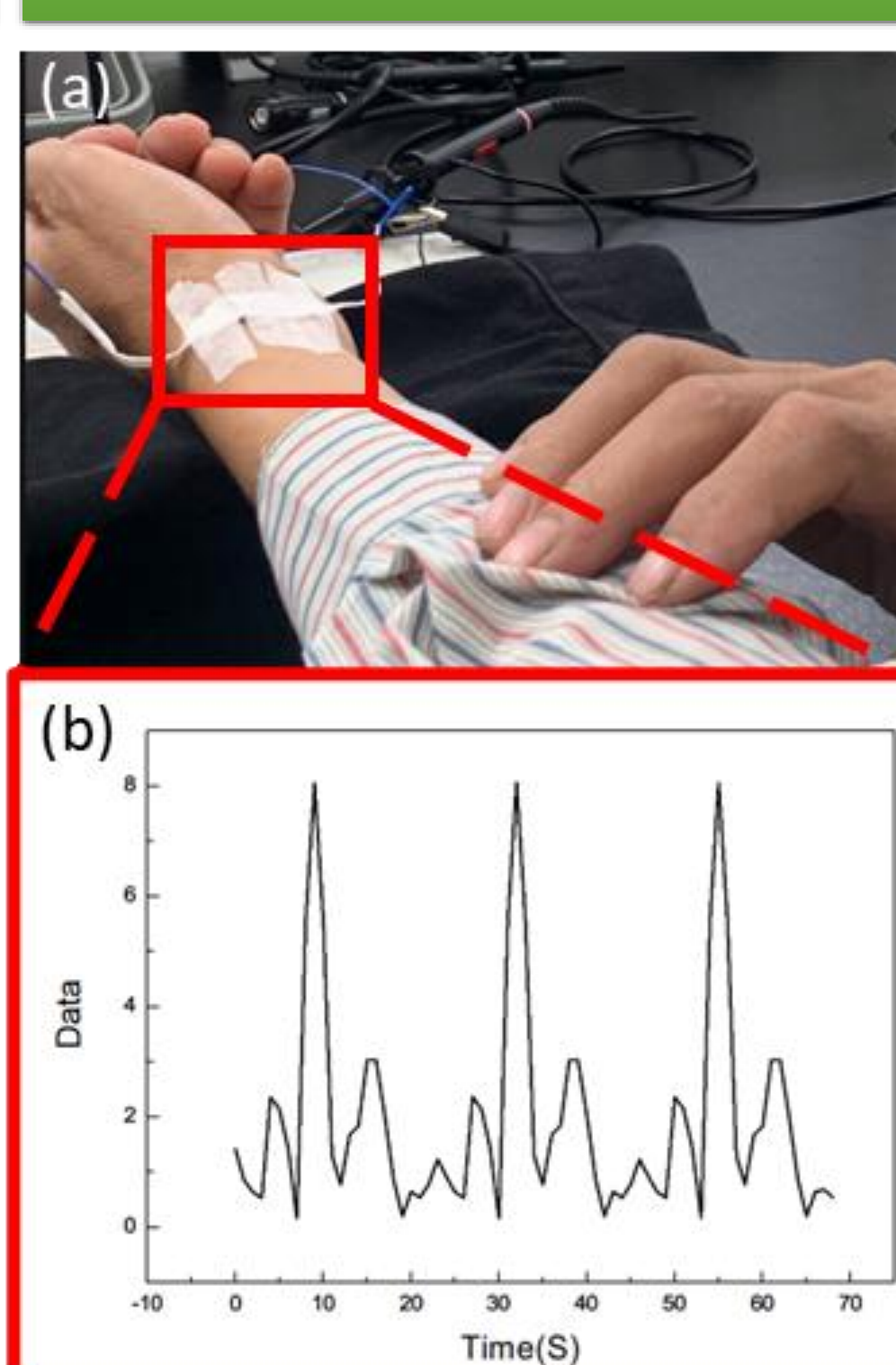
RGB警示拖鞋



智能風扇



脈搏量測 / 心率感測



Conclusion

- 藉由靜電紡絲技術與無電鍍銀還原法，將彈性高分子SBS與GO共混，製作成高機械性3D網絡奈米結構之導電纖維。
- 從 IR、SEM、XRD 檢測中證明我們成功將SBS與GO作結合，而且還原出銀奈米粒子。
- 纖維型感測器，具有高穩定性(>5500 次循環)高靈敏度(<0.08 kPa)，快速的響應時間(<3 ms)。
- 透過三明治結構製備出皮膚啟發電阻型壓力傳感器經過電容量測系統，成功檢測出脈搏的跳動頻率，在未來市場方面，具有極佳成本效益、重量輕，將來的擴展性是非常可觀，且透過結合功能性傳感特性，我們成功製備出親敷貼片，並將其應用於心率感測。

新型環保熱塑性澱粉於超臨界二氧化碳發泡應用與開發



蔡佳媛，吳昭翰，吳承遠，鍾秉諭，卓家榮

義守大學化工系暨生物技術與化學工程研究所
Institute of Biotechnology and Chemical Engineering, I-Shou University
*Email : ppaul28865@gmail.com



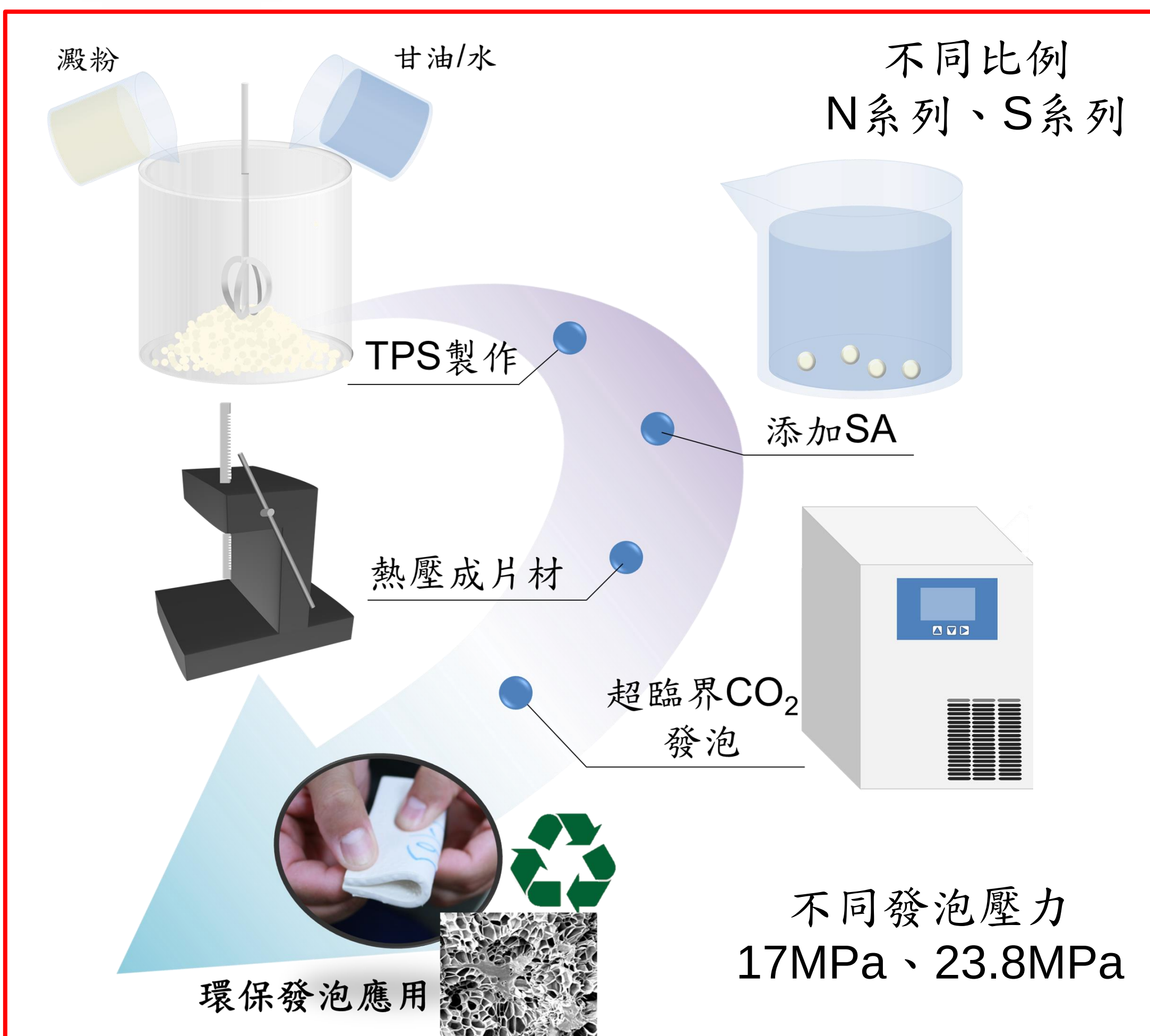
構想



摘要

- 高澱粉含量的澱粉基可生物降解泡沫:以工業澱粉作為基礎材料，以超臨界二氧化碳作為發泡劑
- 將澱粉分散到水或甘油中合成**熱塑性澱粉 (TPS)** 增加澱粉的加工性能。為了加入聚（己二酸-共對苯二甲酸丁二醇酯）（PBAT）改善機械性能
- 利用增容劑矽烷A（SA）對TPS表面進行改性，改善與PBAT的分散性，成為（TPS with SA）/PBAT複合泡沫。
- 通過在不同成型溫度下及壓力改變TPS和PBAT的比例來優化泡沫成型工藝

實驗

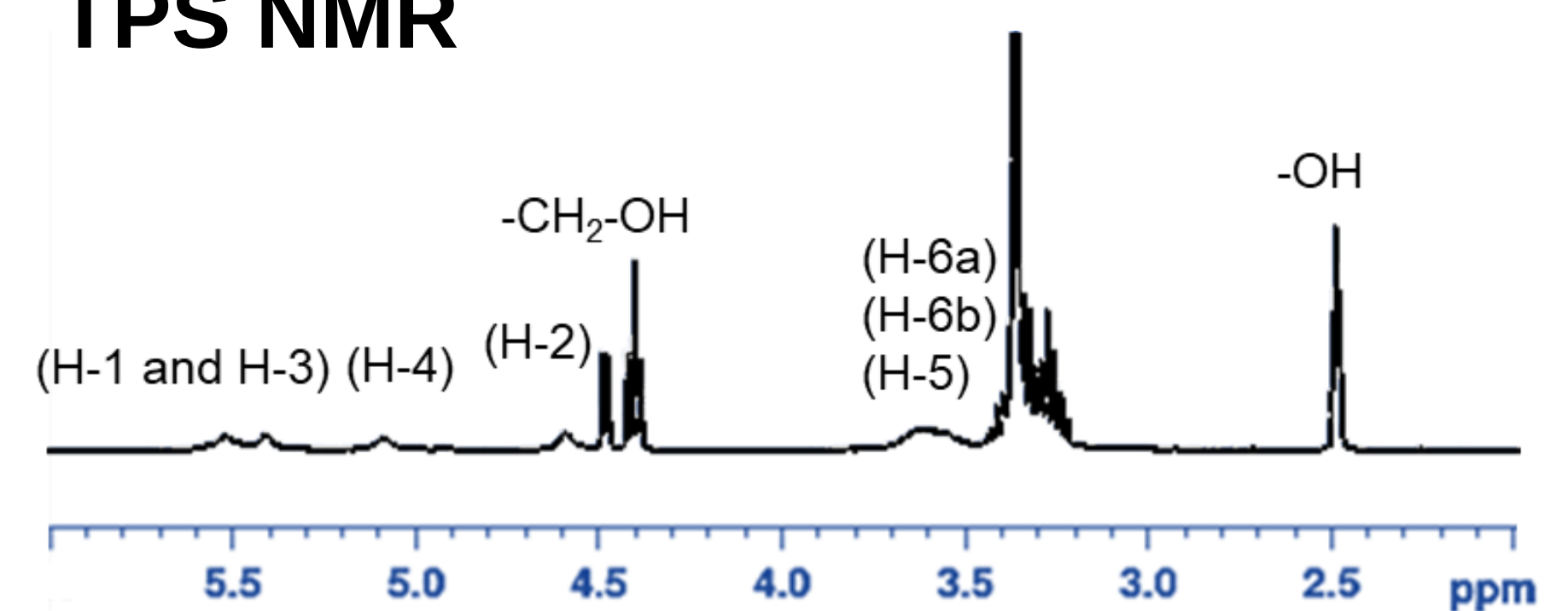


Data

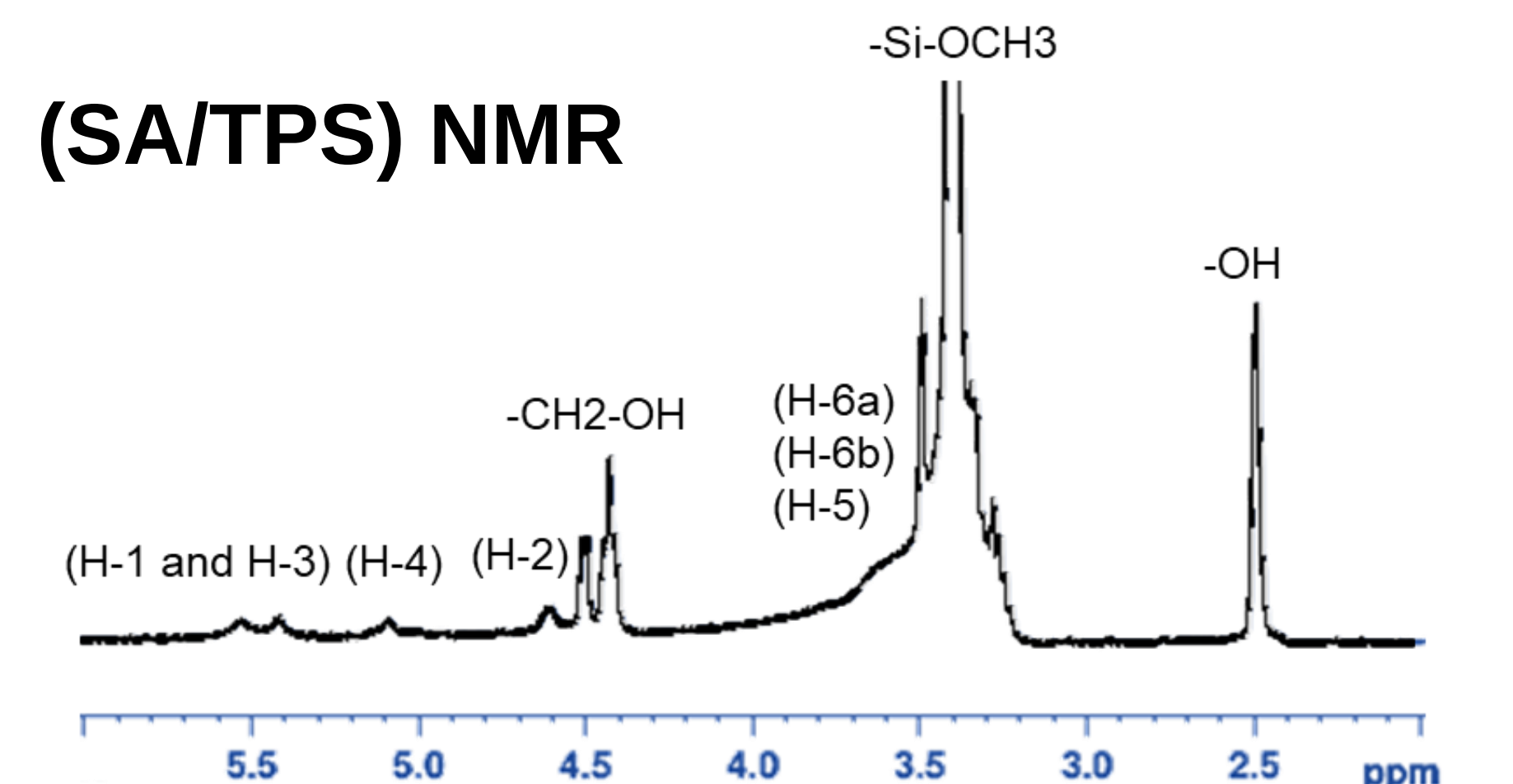
代號	比例
[N-1]	50% TPS/50% PBT
[N-2]	60% TPS/40% PBT
[N-3]	70% TPS/30% PBT
[S-0.5]	50% (TPS with 5PHR SA)/50% PBAT
[S-1]	50% (TPS with 10PHR SA)/50% PBAT
[S-2]	60% (TPS with 10PHR SA)/40% PBAT
[S-3]	70% (TPS with 10PHR SA)/30% PBAT
[S-4]	80% (TPS with 10PHR SA)/20% PBAT

NMR

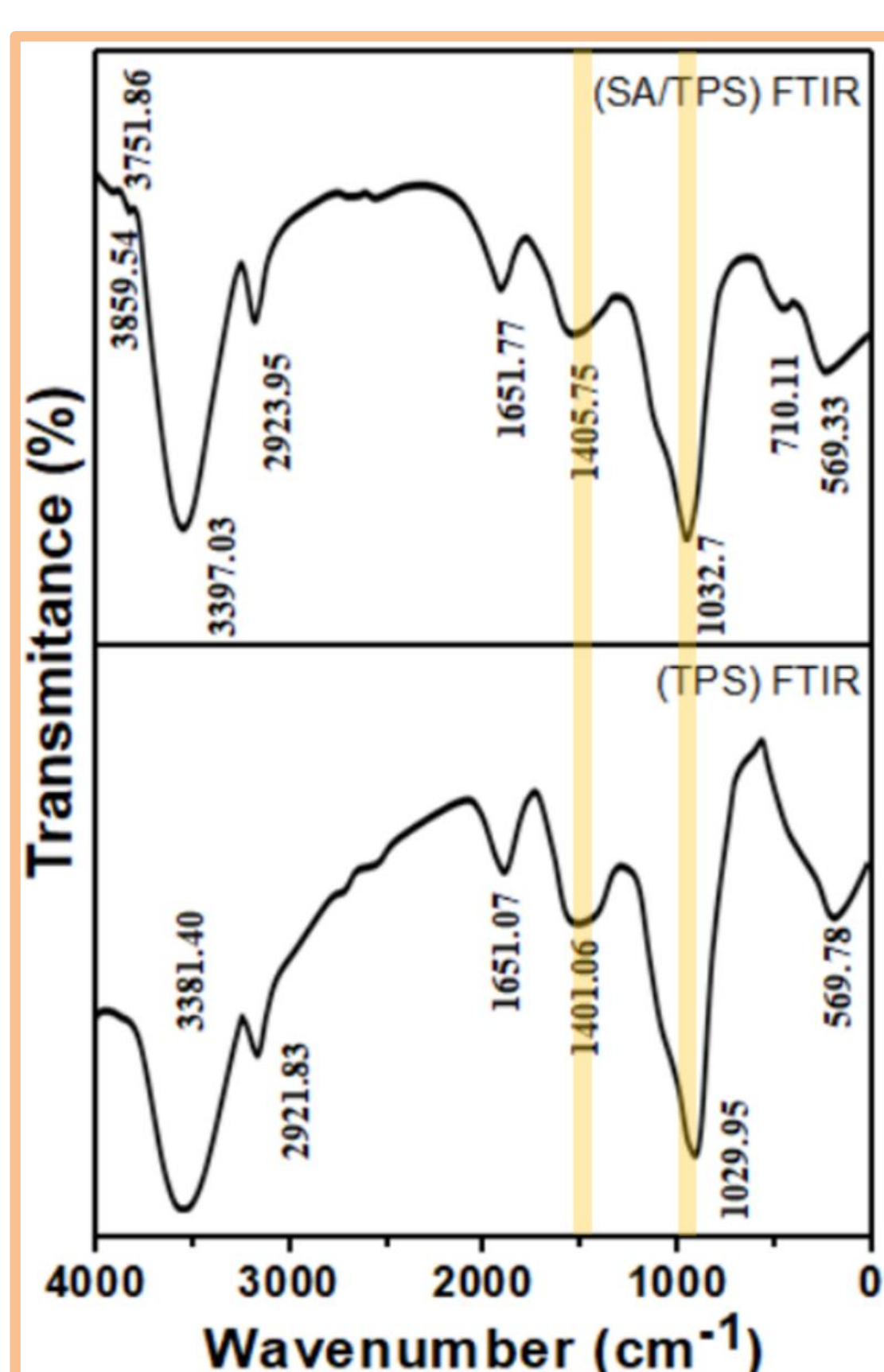
TPS NMR



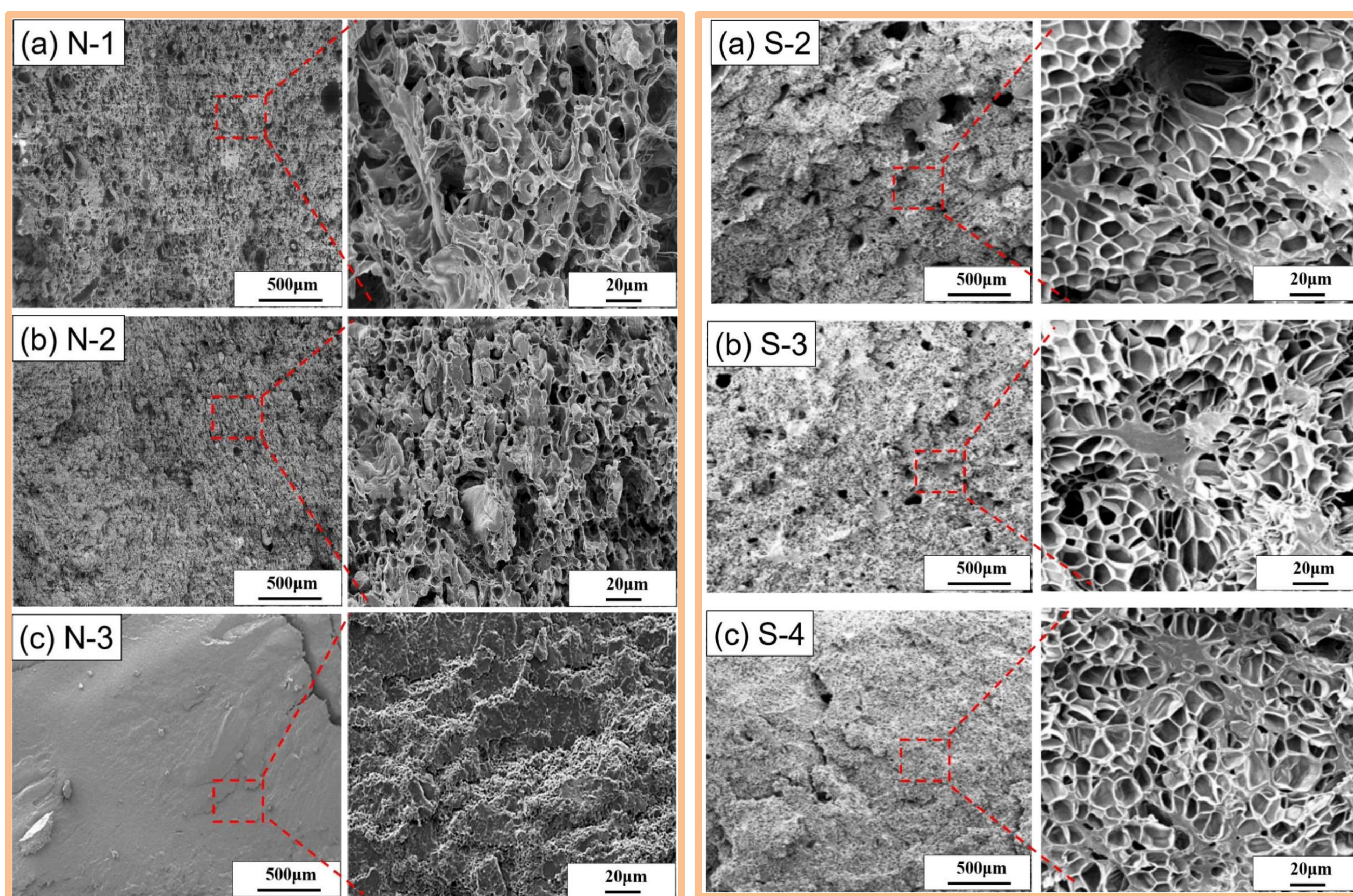
(SA/TPS) NMR



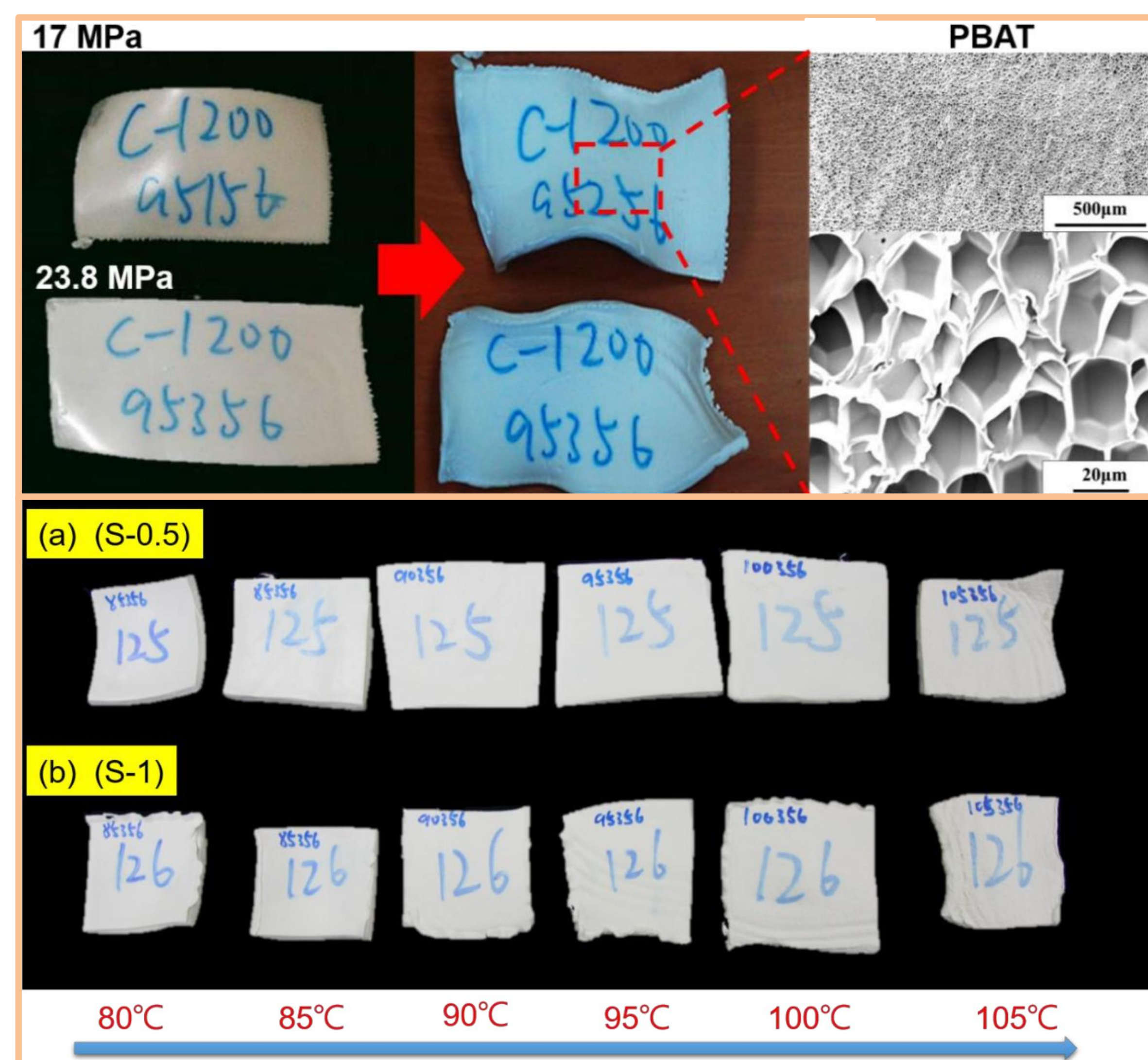
FT-IR



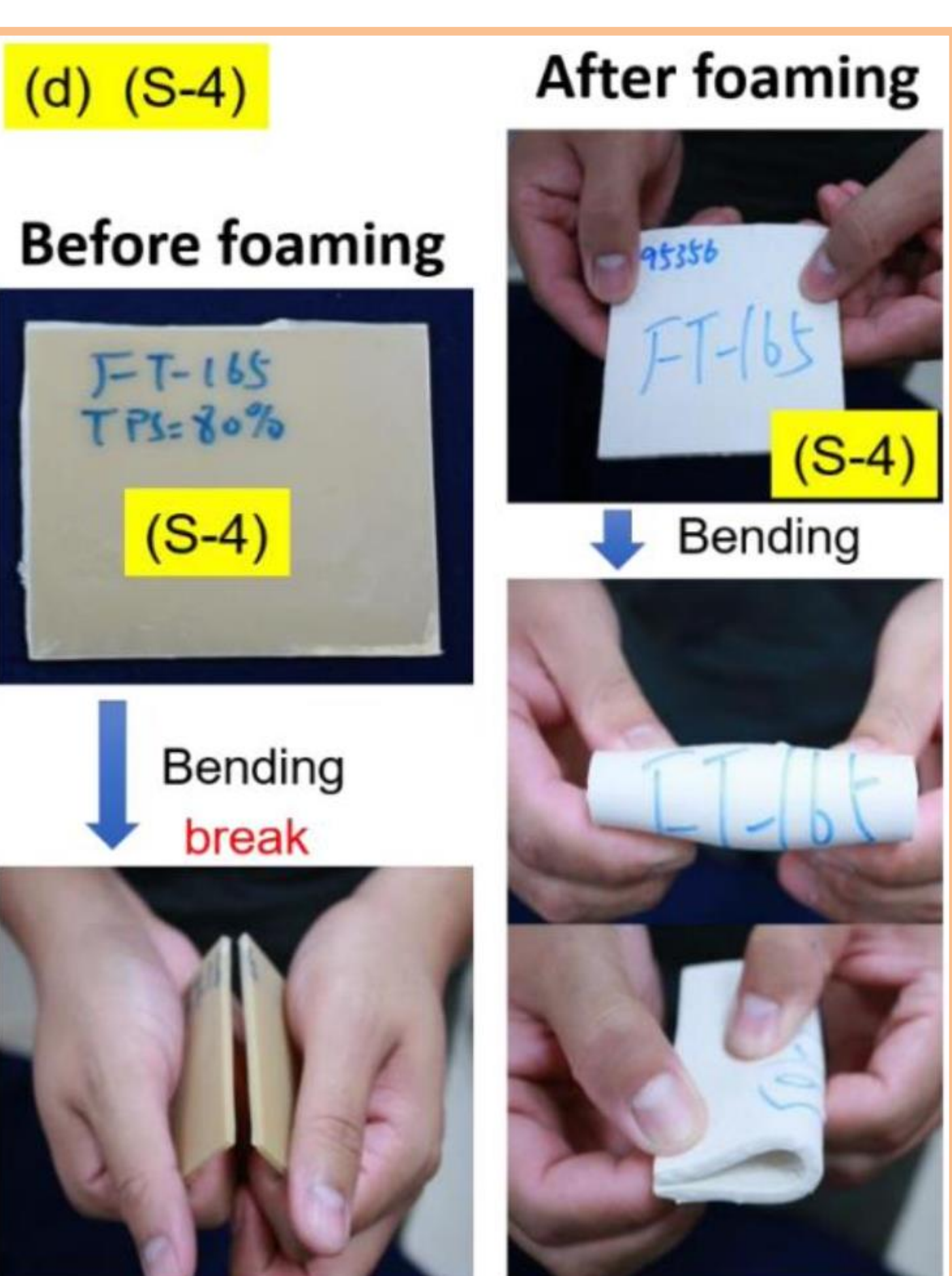
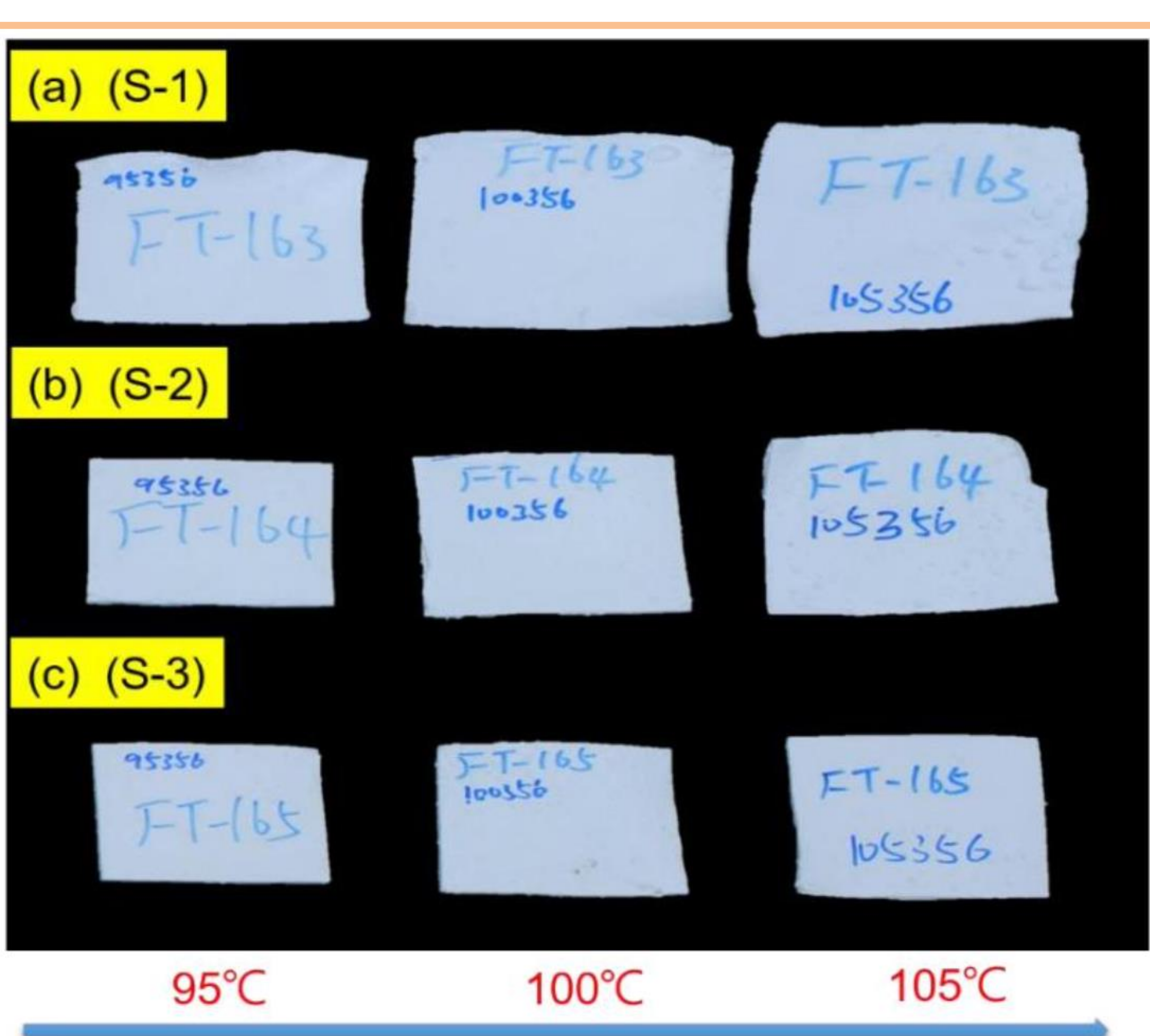
SEM



外觀及內部組織



不同溫度發泡外觀及柔韌性展示



結論

- ◆我們開發了一種**可生物降解的泡沫**，以**熱塑性澱粉**作為主體，利用**超臨界CO₂**當作發泡劑；改變發泡溫度及壓力以及優化材料的比例來優化泡沫的形成。
- ◆SEM圖顯示，（TPS with SA）/PBAT 泡沫**具有均勻氣泡及孔洞**。
- ◆結果表明，在 PBAT 中添加表面改性的 SA/TPS 澱粉後，複合泡沫變成了柔軟的泡沫，具有**提高的伸長強度和拉伸性能**。
- ◆這種綠色發泡加工技術可用於電子封裝材料等封裝技術，未來更具有醫療器械應用潛力



天然染料於染料敏化太陽能電池之應用與研究

Application and Study of Natural Dyes for Dye-Sensitized Solar Cells

林日琿、洪添燦

義守大學化學工程學系

Abstract

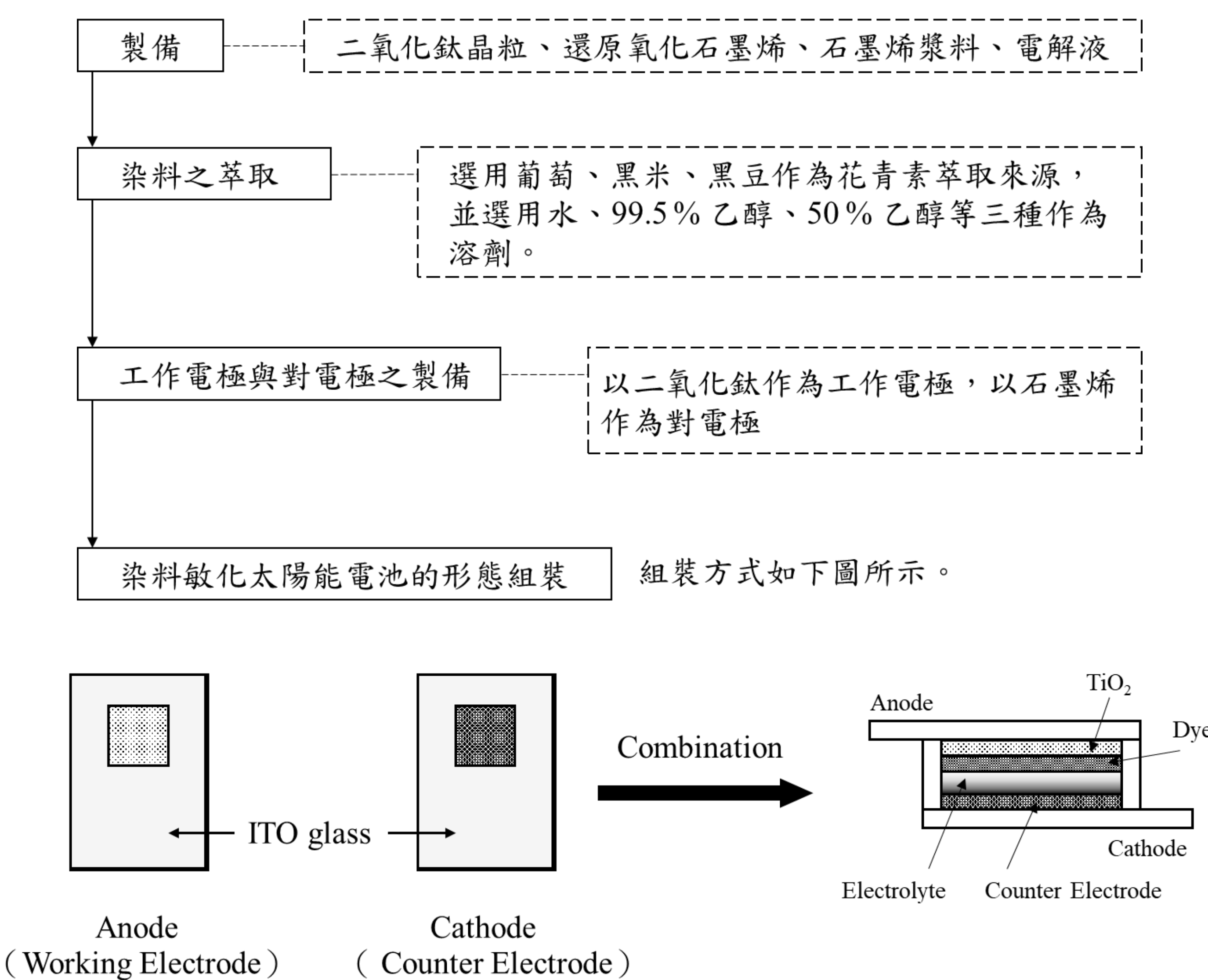
本研究主要探討不同天然染料 (Dye) 對於染料敏化太陽能電池 (Dye sensitized solar cells, DSSCs) 之光電轉換效率，並使用不同的溶劑萃取來分析其影響效能。研究採用天然染料作為敏化劑，其原因在比起化學性染料，天然染料易取得，若此一方法能成功就能減少對環境污染的效果，且價格低廉，對於 DSSCs 的成本也能降低，能符合環保效應更具應用價值。在研究中分別以葡萄、黑豆及黑米作為染料，光陽極製備 TiO_2 薄膜，對電極使用石墨烯對電極，而染料所萃取使用之溶劑分別為水、99.5 % 乙醇及 50 % 乙醇。以紫外可見光光譜分析各種染料的吸收波長特性，再以數位式電流-電壓測定儀測試 DSSCs 元件的效能，並從結果中得知具有較好的吸收強度時，其也擁有較好的效率，同時也能達成降低成本之目標。

Introduction

近年來全球對再生能源的重視日漸提高，而在再生能源中又以風力、水力、生質能、太陽能等為主，其中太陽能發展有很大的進步空間以及應用價值，在目前使用的太陽能電池有非常多種類，而本次研究的 DSSCs 屬於非矽晶太陽能電池，主要組成為奈米多孔半導體膜、染料敏化劑、氧化還原電解質、對電極和導電基底所組成^[1]，其特色除了成本較為低廉且製備容易外，能源壽命小於矽晶太陽能電池，能在短時間內能將能源回收 (<1年)，並可以改變其顏色、透明度等^[2]，有較多方面的研究，佔有其優勢，具有很多可以發展的空間。

花青素 (Anthocyanidin) 廣存於植物界中，以 $\text{C}_6\text{C}_3\text{C}_6$ 芳香環為主要結構骨架，屬於類黃酮化合物 (Flavonoid) 的一種，而花青素的化學結構特殊，可產生共振及吸收可見光，並呈現出鮮豔的顏色，如藍、紫、紅等顏色，是許多水果、蔬菜及花卉所含的主要色素^[3]，因此本研究使用花青素天然染料來作為染料敏化劑，並探討其光電轉換效率。

Experimental



Results and Discussion

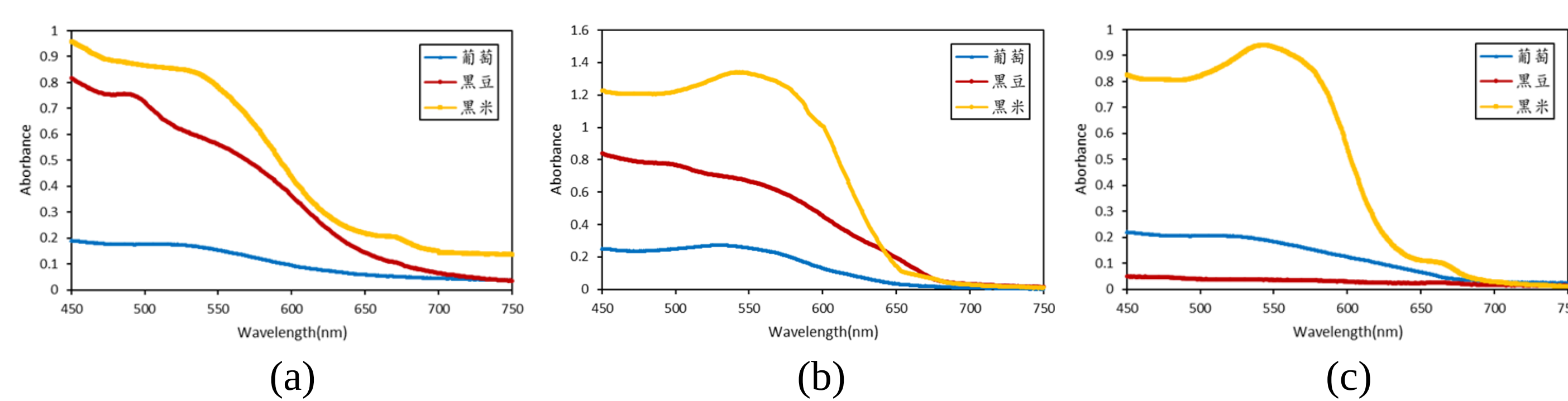
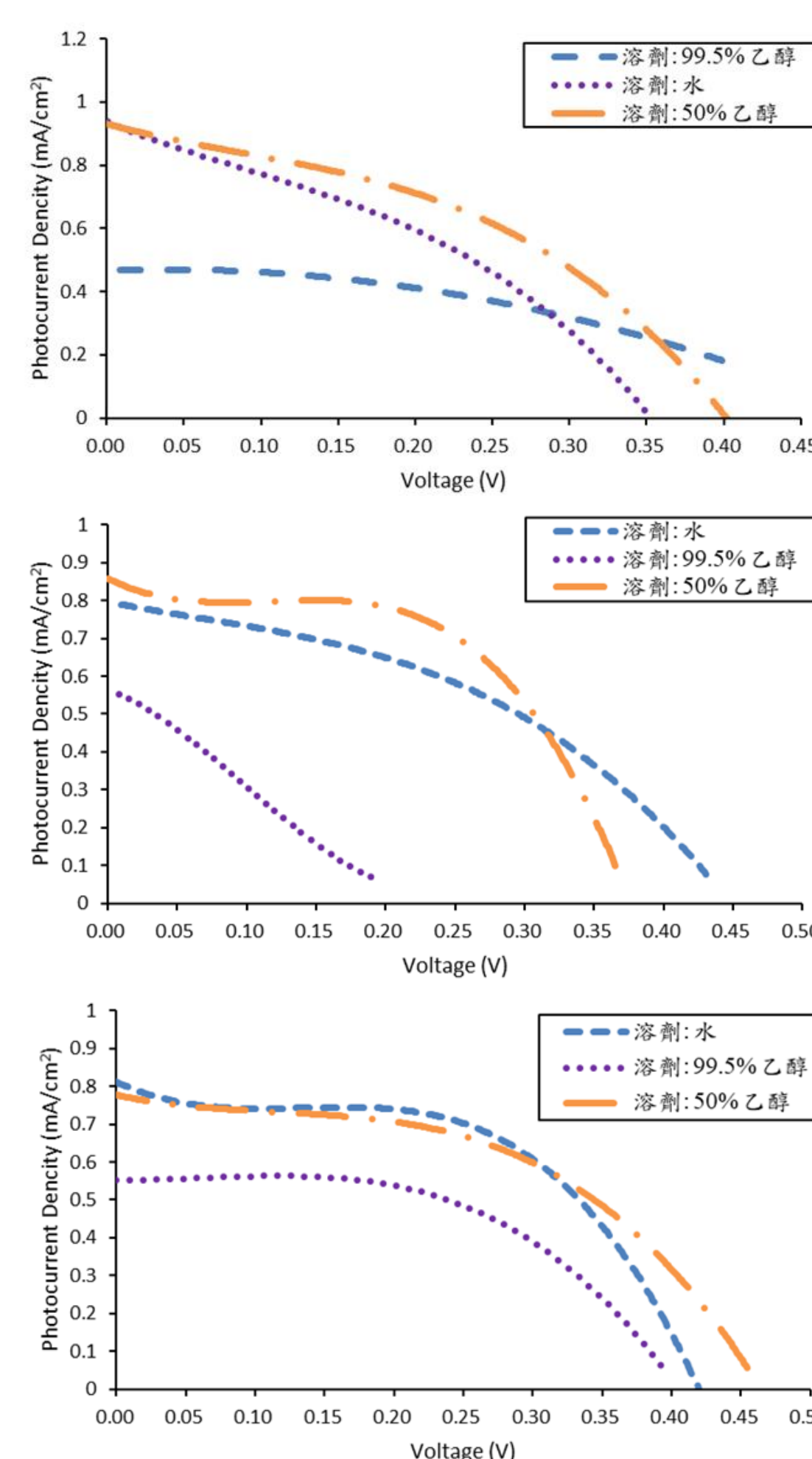


圖1 不同染料以 (a) 水 (b) 50 % 乙醇 (c) 99.5 % 乙醇 為溶劑之吸收光譜曲圖

使用 UV-VIS 吸收光譜來看其吸收強度及吸收波段，測定結果顯示與參考文獻^{[4][5]}的花青素吸收波段相符合，且以黑米為染料擁有較佳之吸收強度，而黑豆因無法溶於較高濃度之乙醇，因此在 99.5 % 乙醇為溶劑時，吸收度較為低，而葡萄在三種不同溶劑中，其吸收強度皆無明顯差異。



染料	溶劑	Voc (V)	Jsc (mA/cm²)	FF	Efficiency (%)
葡萄	水	0.396	0.483	0.597	0.207
葡萄	99.5 % 乙醇	0.348	0.868	0.442	0.243
葡萄	50 % 乙醇	0.336	1.148	0.418	0.294

染料	溶劑	Voc (V)	Jsc (mA/cm²)	FF	Efficiency (%)
黑豆	水	0.426	0.793	0.514	0.316
黑豆	99.5 % 乙醇	0.193	0.542	0.390	0.074
黑豆	50 % 乙醇	0.366	0.756	0.677	0.340

染料	溶劑	Voc (V)	Jsc (mA/cm²)	FF	Efficiency (%)
黑米	水	0.416	0.853	0.590	0.381
黑米	99.5 % 乙醇	0.399	0.580	0.650	0.274
黑米	50 % 乙醇	0.453	0.861	0.553	0.392

圖2 使用不同天然染料之 JV 曲線圖與 DSSCs 之電性參數

從實驗中得知，使用三種不同天然染料以及三種不同溶劑的結果，皆在以 50 % 乙醇為溶劑中擁有較佳之光電轉換效率，以葡萄為染料可達 0.294 % 的光電轉換效率，以黑豆為染料可達 0.340 % 的光電轉換效率，以黑米為染料可達 0.392 % 的光電轉換效率，而填充因子 (FF) 參數約在 0.4 - 0.6 之間，代表天然染料是能有效吸附於 TiO_2 電極，此參數視為照光下所產生電子是否能夠有效的被傳導至外線路中，若數值越接近 1 則表示元件完整度較高，光電轉換效率也就能越好^[6]。

Conclusion

在不同染料與不同溶劑探討其光電轉換效率中，從不同染料來探討，其黑米的光電轉換效率較葡萄與黑豆好，其原因是黑米有較佳的吸收強度，能夠使效率更好，以 UV-VIS 吸收光譜曲線圖中可以發現此結果；而從不同溶劑來探討，實驗結果顯示以 50 % 乙醇為溶劑在三種染料中都有明顯提升光電轉換效率，且黑米以 99.5 % 乙醇所得到之效率為 0.274 %，經由稀釋成 50 % 乙醇後再分析，顯示使用 50 % 乙醇比 99.5 % 乙醇的結果中光電轉換效率可提升至 0.118 %，也可推測使用 50 % 乙醇溶劑對三種染料都有萃取出的溶解度較好，因此當製備的工作電極浸泡於使用 50 % 乙醇為溶劑之染料後，在浸泡過程中染料能有效吸附於 TiO_2 電極中，使得與其他兩種溶劑（水及 99.5 % 乙醇）相比較，能對捕獲太陽能光的數量較多，因此在光電轉換效率表現上也能較佳。

References

- [1] Gillyzb; Energy Trend of TrendForce Corp, 2014.
- [2] Anders Hagfeldt, Brief Over View of Dye-Sensitized Solar Cells, 2012.
- [3] 羅右任, 天然染料應用於染料敏化太陽能電池之特性分析, 碩士論文, 國立台北科技大學製造科技研究所, 台北, 2009.
- [4] N. J. Cherepy, G. P. Smestad, M. Grätzel, and J. Z. Zhang, Ultrafast electron Injection: implications for a photoelectrochemical cell utilizing an anthocyanin dye TiO_2 nanocrystalline electrode, J. Phys. Chem. B, vol 101, 1997, pp.9342-9351.
- [5] M. Guo, P. Diao, Y. J. Ren, F. Meng, H. Tian, and S. M. Cai, Photoelectrochemical Studies of nanocrystalline TiO_2 co-sensitized by novel cyanine dyes, Solar Energy Materials and Solar Cells, vol. 88, 2005, pp. 23-35.
- [6] 丁守儀, 花青與偶氮染料於染料敏化太陽能電池之應用與研究, 義守大學生物技術與化學工程研究所碩士論文, 2009.

還原氧化石墨烯應用於鈣鈦礦太陽能電池之研究

姓名:陳瓊姿
指導教授:洪添燦

摘要

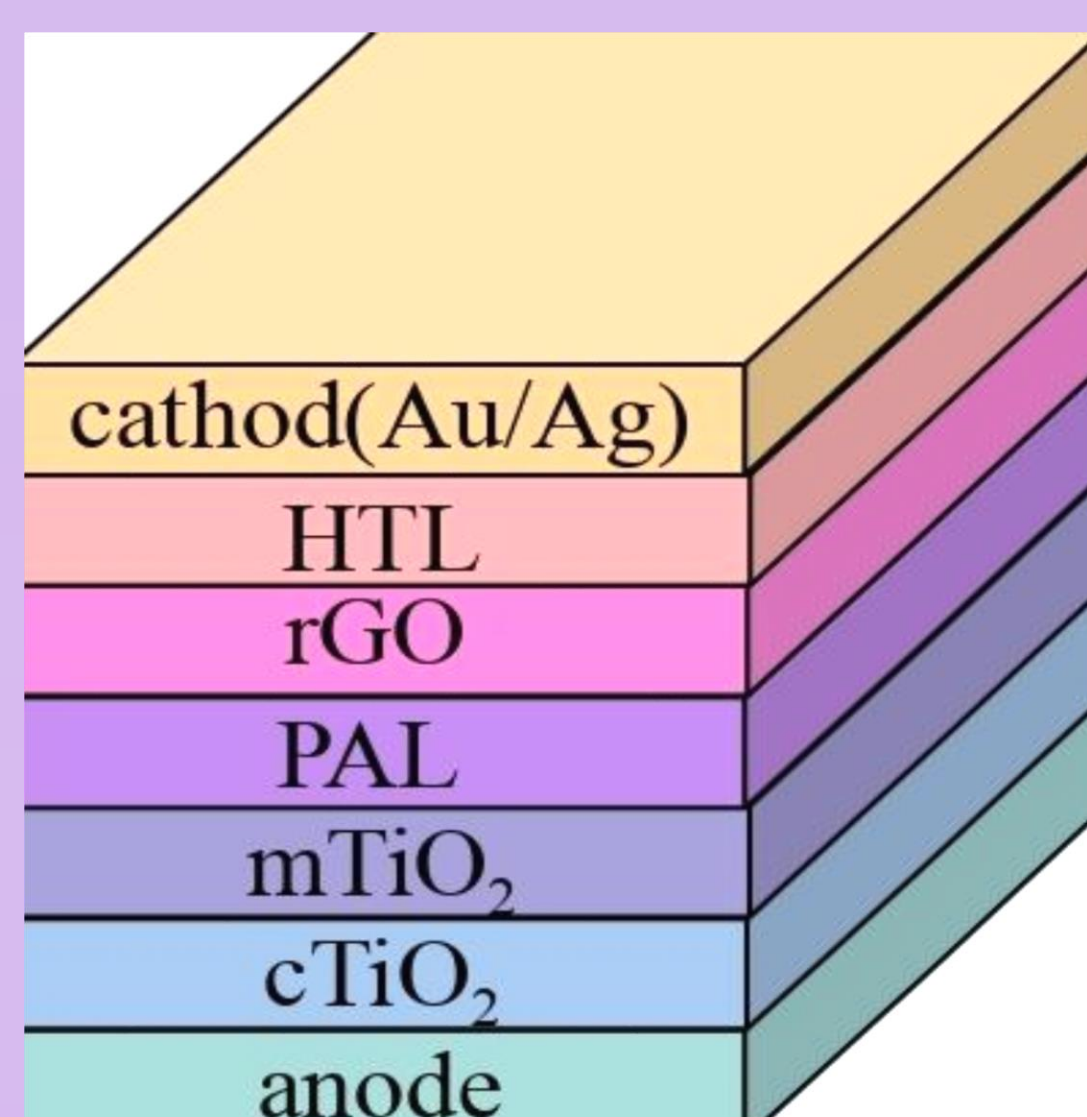
鈣鈦礦太陽能電池(Perovskite Solar Cells, PSCs)為新興太陽能電池之一,具有高效率、低成本以及高穩定性等優點,其光電轉換原理是以染料敏化太陽能電池為基礎。基本的PSCs結構為FTO/electron transport layer (ETL)/perovskite/hole transport layer (HTL)/metal contact, 相關的研究指出HTL中的Li-TFSI具有吸濕性,會產生濕度誘導的降解,降低摻雜效果;而TBP則會侵蝕鈣鈦礦活化層(perovskite absorber layer/perovskite active layer, PAL),導致晶格缺陷嚴重,同時使HTL、PAL之間產生電荷重組,會進一步造成元件的光電轉換效率(photoelectric conversion efficiency, PCE)下降,因此若在HTL、PAL之間插入還原氧化石墨烯(reduced graphene oxide, rGO),預期能有效提高元件的PCE。

rGO有可調控的能隙、導電度高、成本較低等優點,因此將首先對rGO進行相關研究。

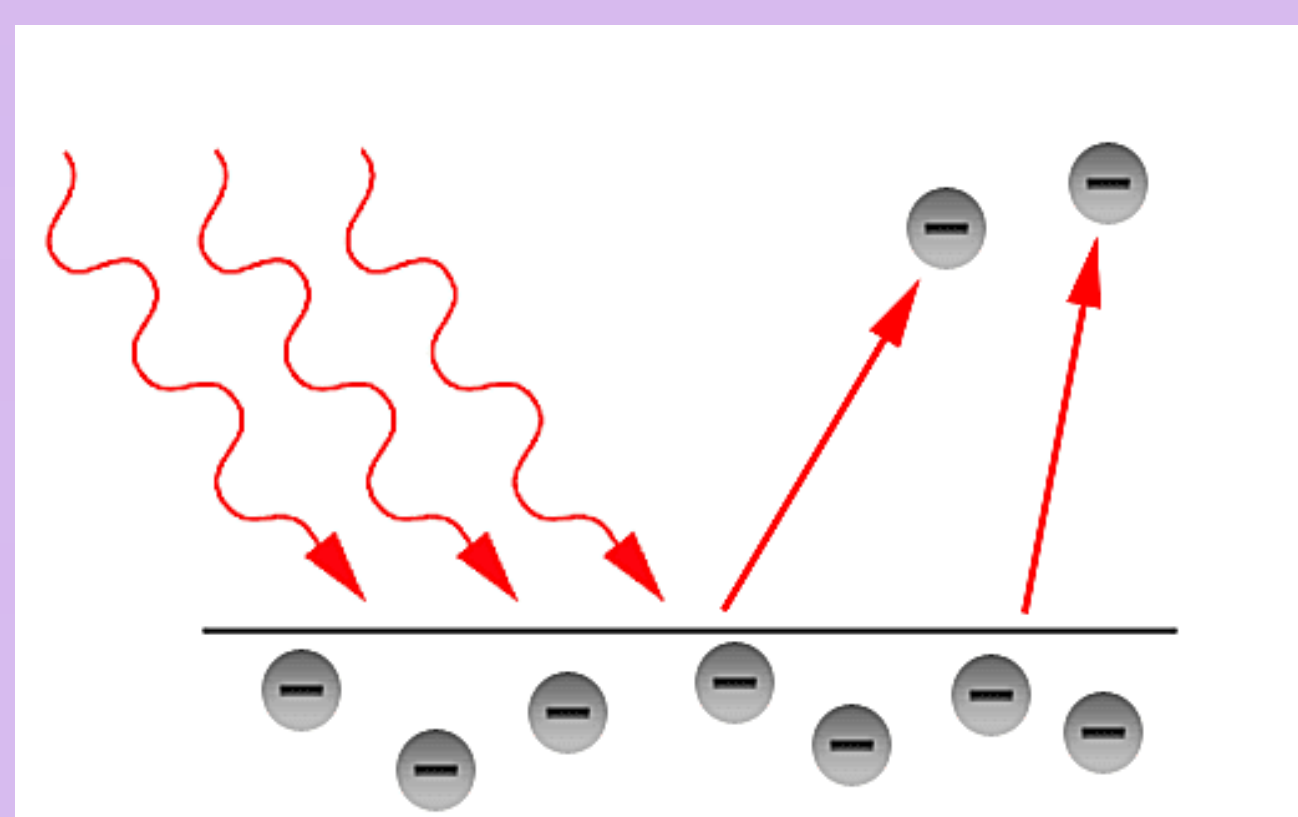
動機

再生能源中,太陽能發電被公認是極具潛力的能源來源之一,由於太陽光是取之不盡用之不竭的天然能源之一,若充分利用太陽所提供的能量,即可成功發展出以太陽能轉換為電能的光電轉換系統,普及之後可減少大眾對於化石燃料的依賴性,也能解決環境污染、地球暖化以及空氣汙染等等問題。

太陽能電池依發展順序分為三代。其中第三代太陽能電池指具有高轉換效率的新概念電池,以不同材料層介面間能帶的差異去導引光電子-電洞的遷移來發電的機制,例如染料敏化太陽能電池(dye-sensitized solar cell, DSSC)、鈣鈦礦太陽能電池(perovskite solar cells, PSCs),而PSCs改善了DSSC的電解液漏液、揮發與腐蝕等問題。



▲ 預期之PSCs之結構



▲ 太陽能電池發電原理-光電效應

實驗方法

還原氧化石墨烯的製備

• 氧化石墨烯(GO)的製備

(1) 參照 Hummers method 製作氧化石墨烯。秤取 5.0 g 的石墨粉末、2.5 g 的過硫酸鉀 $K_2S_2O_8$ 、2.5 g 的五氧化二磷 P_2O_5 以及 20 mL 的硫酸 H_2SO_4 混和於 500 mL 的燒杯中,在 80 °C 下攪拌 6 個小時後冷卻置室溫並保存整夜。

(2) 在冰浴中,分別加入 5.0 g 的硝酸鈉 $NaNO_3$ 、5 mL 的 H_2SO_4 和預氧化石墨於 500 mL 的燒杯中混合均勻。在 0-5 °C 下緩慢加入過錳酸鉀 $KMnO_4$ 持續攪拌混合物 30 分鐘,攪拌期間必須避免溫度超過 15 °C,移開冰浴後,在室溫下(約 35 °C),攪拌混合物 2 小時。

(3) 加入 230 mL 的去離子水稀釋後,將溫度升至 98 °C 攪拌 2 小時。

(4) 將混合液用 100 ml 的去離子水稀釋,同時保持攪拌,再加入 50 mL 的過氧化氫 H_2O_2 (30 wt%),去除溶液中的過錳酸鉀。

(5) 將混合液用 1 % 的 HCl 進行漂洗並離心,用去離子水洗滌至自然的 pH 值,過濾留下固

體後,使用真空烘箱在下 55 °C 乾燥,可得氧化石墨烯。

• 還原氧化石墨烯(rGO)的製備

(1) 將 300 mg 的氧化石墨烯分散在 100 mL 的去離子水中,並進行超音波震盪 5 分鐘。

(2) 加入水合聯氨(1 mL/100 mg GO),在 95 °C 下加熱攪拌 1 小時,即可得到 rGO 水溶液。

(3) 過濾收集產物之後,用去離子水洗滌數次以去除過量的聯氨。

(4) 使用真空烘箱在 60 °C 下乾燥,可得黑色粉末的 rGO。

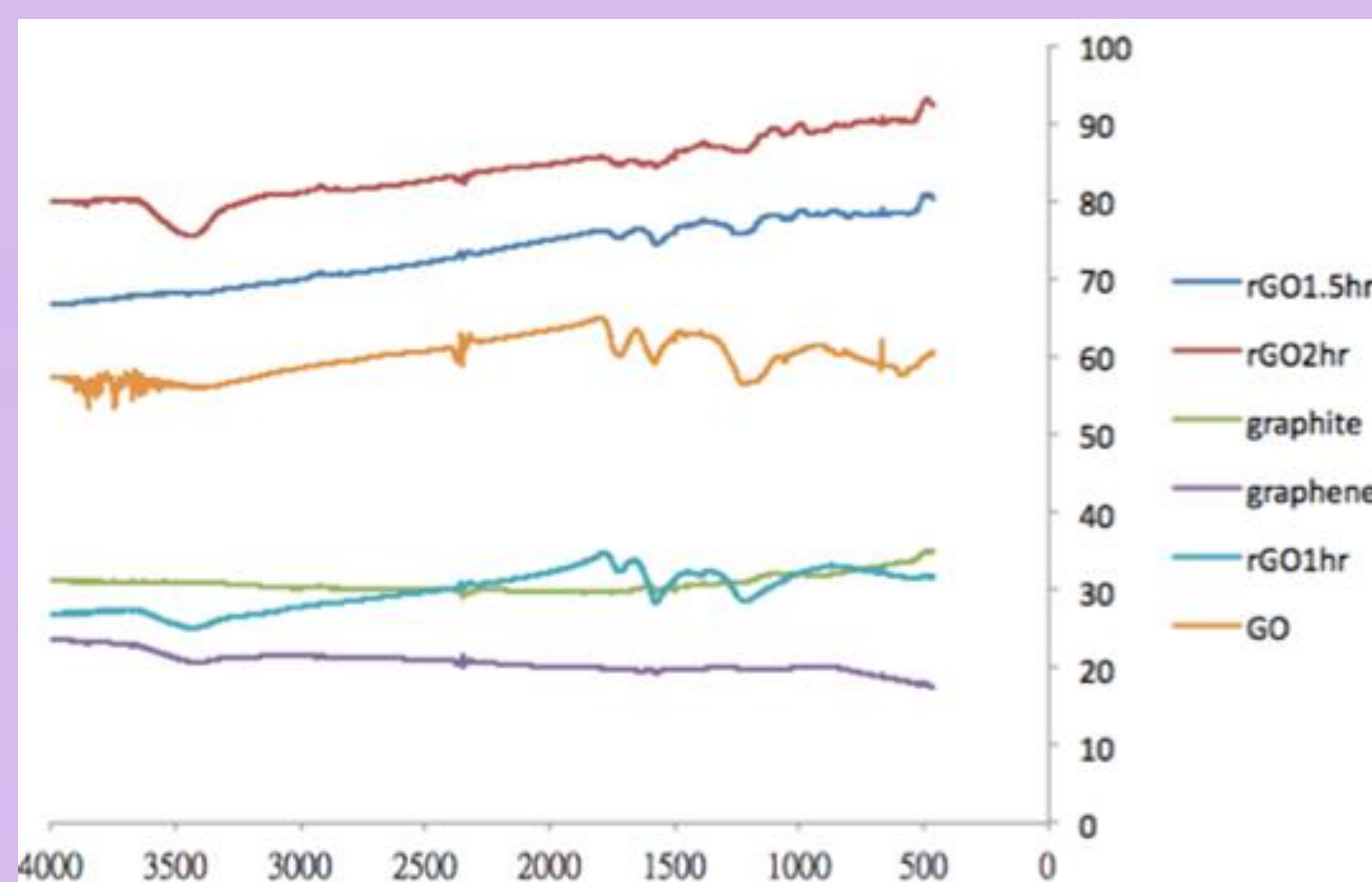
結論

比對rGO受不同還原時間(加入水合聯氨(1mL/100 mg GO)後,在 95 °C 下持溫之時間)的影響。

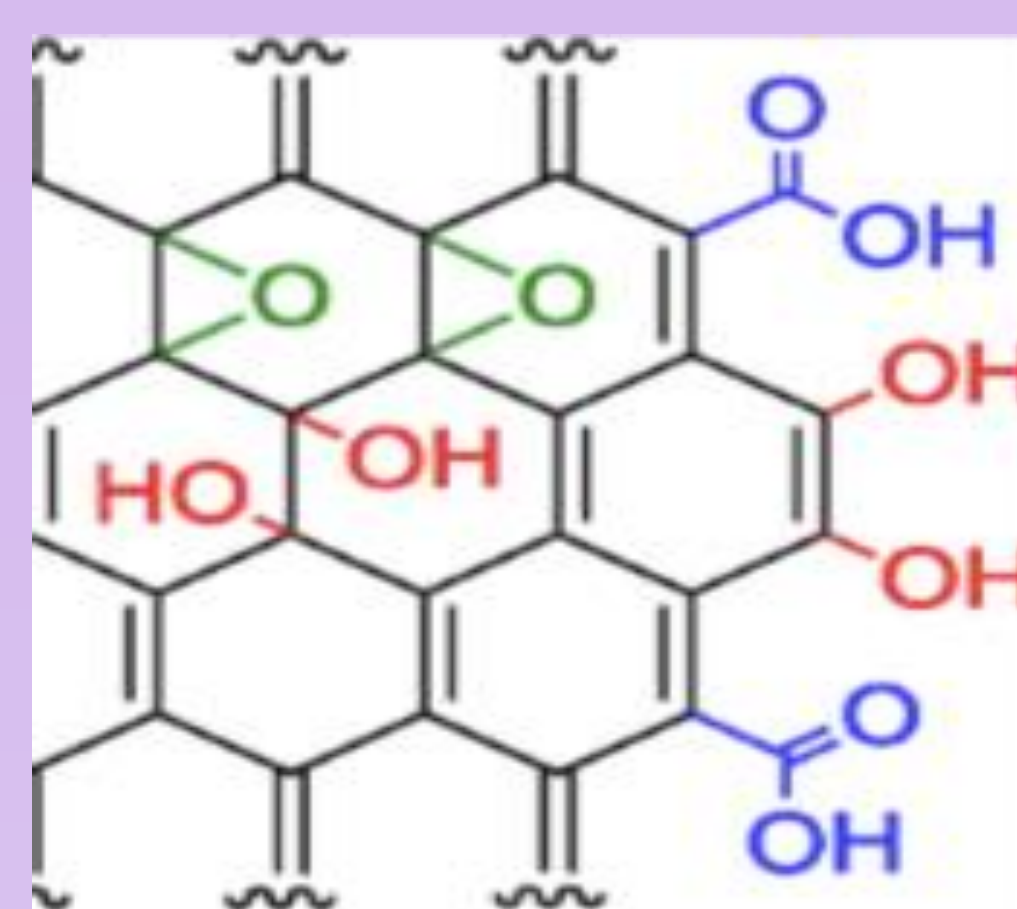
可在波數:1050-1818之間觀察到rGO還原的程度,還原時間越久,還原效果越明顯。

未來發展

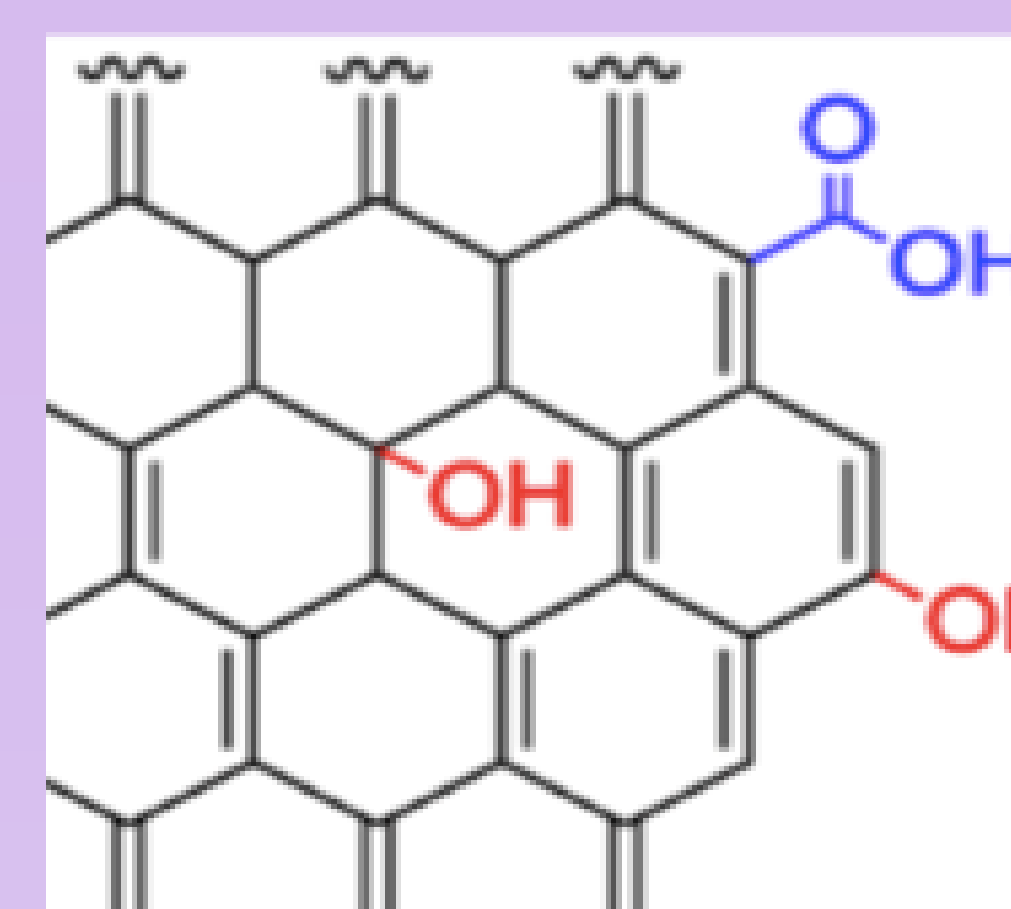
將以不同還原時間制做之rGO運用至PSCs中的 $mTiO_2$ 、HTL、PAL之間,預期能有效提高元件的PCE。



▲ 以FTIR測量GO、graphite、graphene、不同還原時間之rGO之紅外光光譜。



▲ rGO之結構



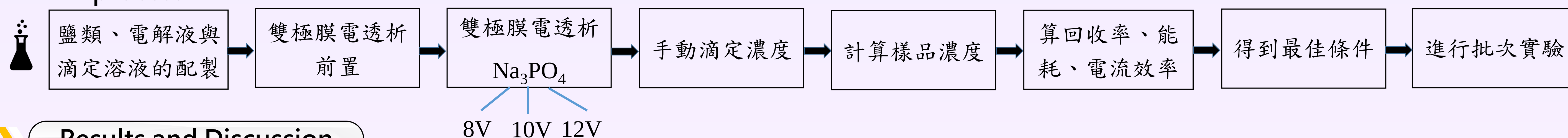
▲ GO之結構

許晴晴 王怡雯 邱三榮
指導教授：洪錫勳教授

Abstract

本實驗利用雙極膜電滲析處理含鹽工業廢水，並探討實用性。當「磷」進入自然水中，會引起各種浮游生物和藻類迅速的繁殖，導致水質惡化造成優養化問題，影響環境品質及人類與生物的危害，本專題對含磷酸鹽類廢水進行研究做分離和回收再利用。將磷酸鈉放入雙極膜電滲析槽中，通過直流電後，磷酸鈉解離成 PO_4^{3-} 與 Na^+ ，同時水也會分解成 H^+ 及 OH^- 。 PO_4^{3-} 會滲透過陰離子交換膜與 H^+ 結合產生 H_3PO_4 ，而 Na^+ 會滲透過陽離子交換膜與 OH^- 結合產生 $NaOH$ 。從改變電壓測定電流變化，並計算濃度、回收率、能耗以及電流效率，來找到最佳參數，且透過最佳參數進行連續批次實驗，由 0.006M 磷酸鈉，得到 $NaOH$ 累積濃度達 0.515 M、總回收率為 72%，而 H_3PO_4 累積濃度為 0.1416 M、總回收率為 59%。雙極膜電滲析成功處理含磷酸鈉工業廢水，並成功產出比原來濃度高的 $NaOH$ 及 H_3PO_4 產品。

Experiment process



Results and Discussion

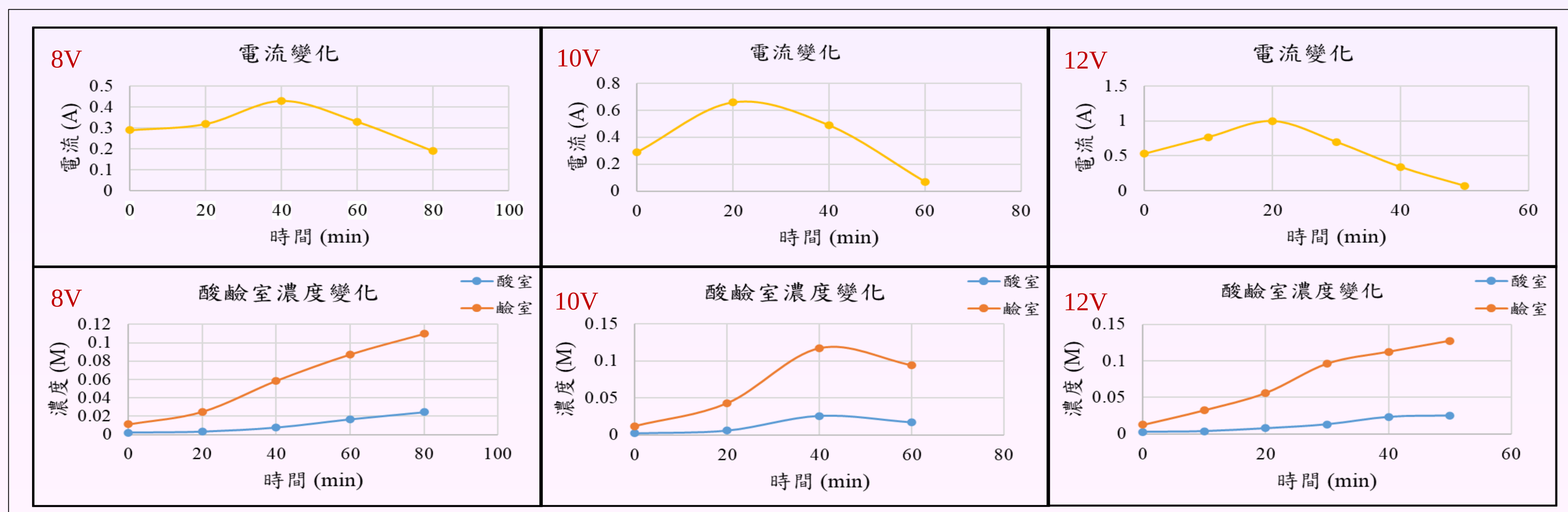


Fig1. 8V、10V、12V之電流與濃度變化圖

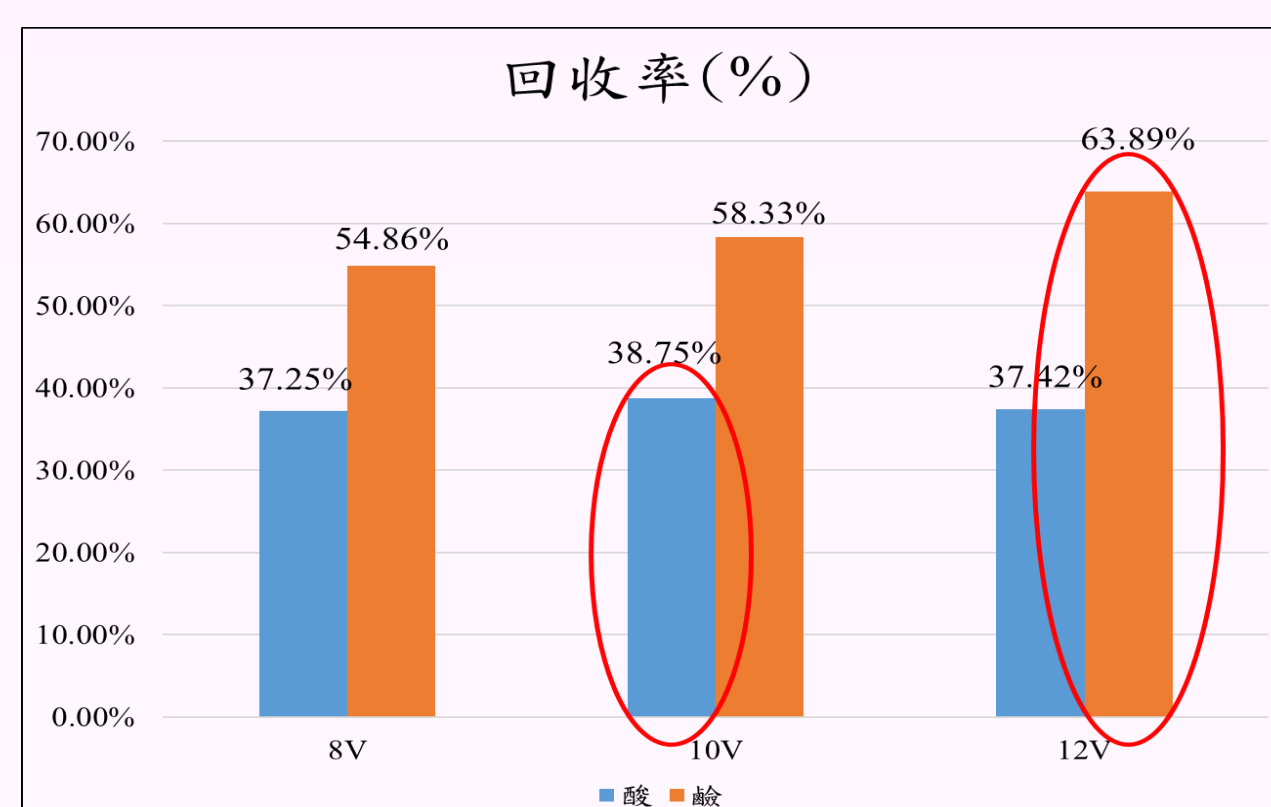


Fig2. 8V、10V、12V之回收率圖

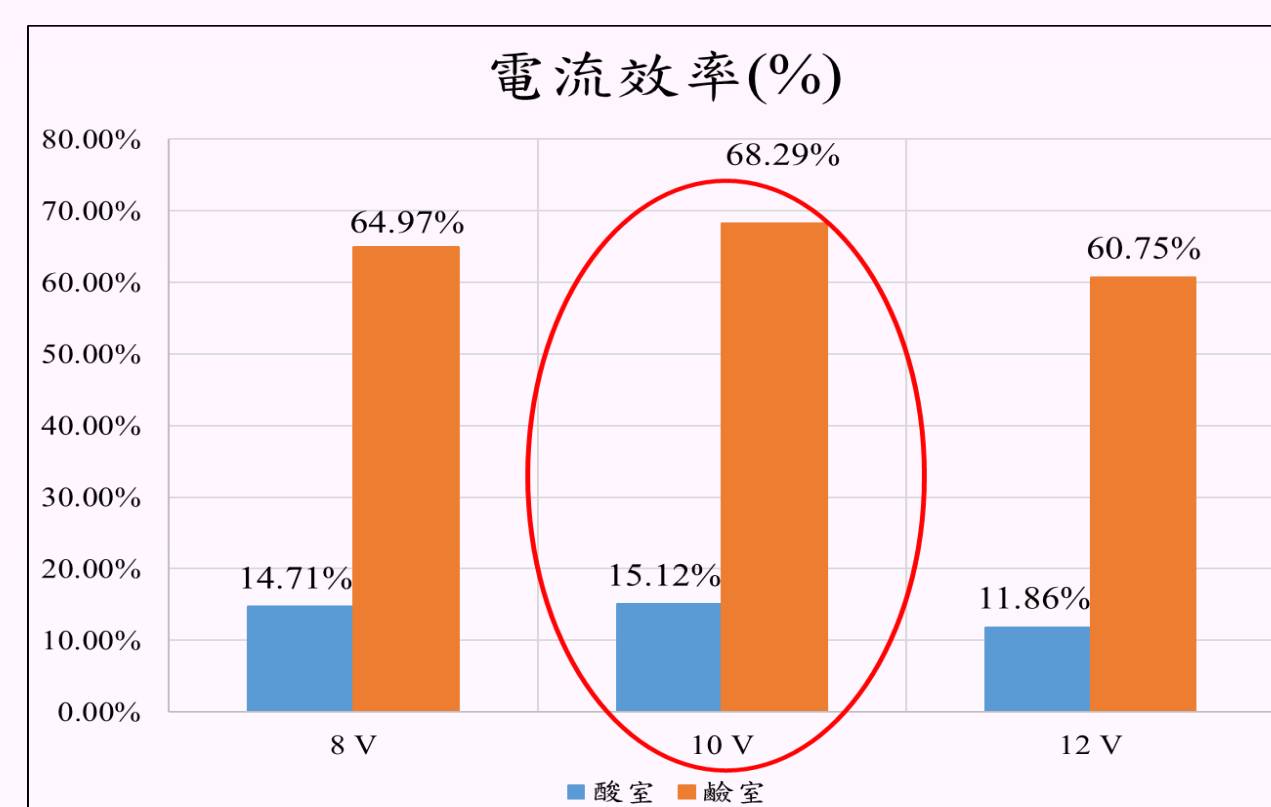


Fig3. 8V、10V、12V之電流效率圖

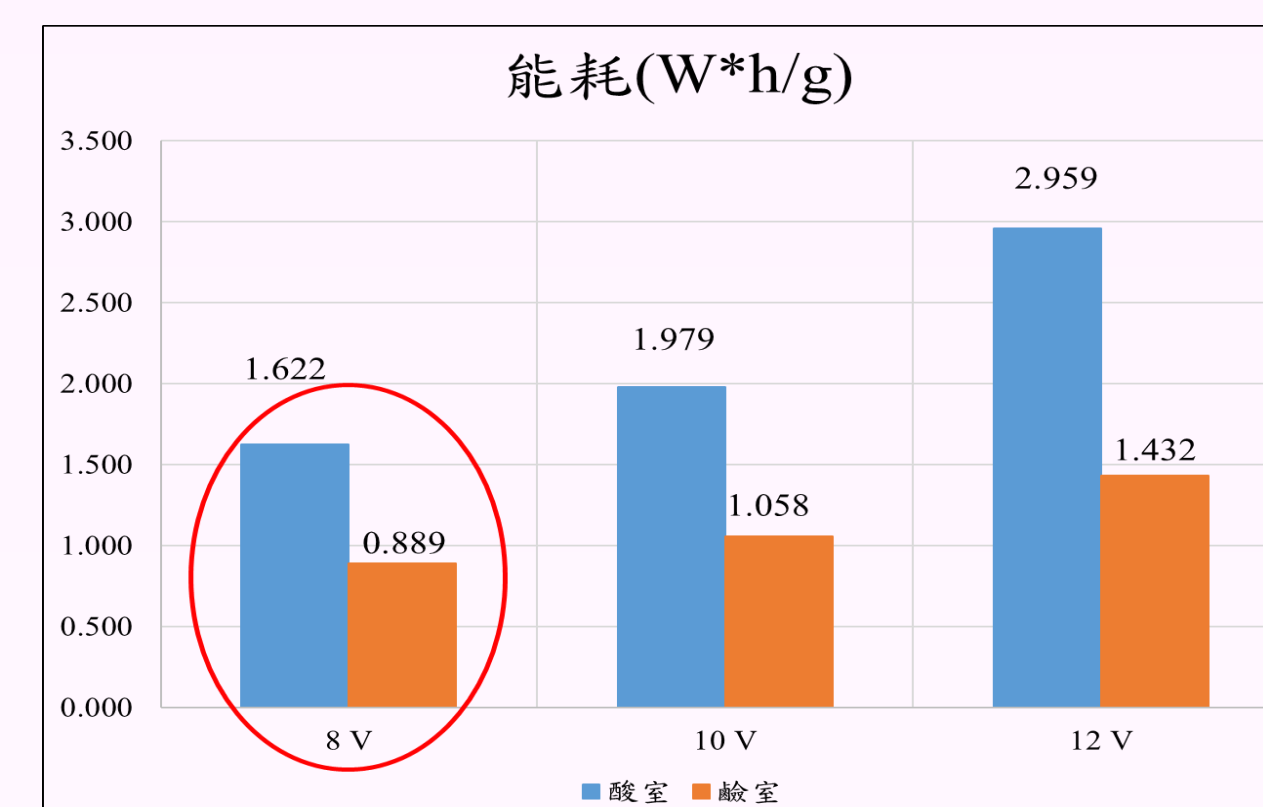


Fig4. 8V、10V、12V之能耗圖

從電流變化圖來看，我們以為電流會為 0，但可發現並非如此，是因為水中還含有一些離子的存在，使得最後的電流都會維持平衡。

用電流的變化與濃度的變化進行回收率、電流效率、能耗，公式如下：

$$\text{回收率} = \frac{C_{AF}}{C_{SI}}, \%$$

$$\text{電流效率} = \eta = \frac{F(C_{AF} - C_{AO})V_{AL}}{N \sum I \Delta t}, \%$$

$$\text{能耗} = E_c = \frac{\sum UI \Delta t}{3600 C_{AF} V_{ALM}}, W \cdot h/g$$

由 Fig 2. 至 Fig 4. 可以得知，在電壓為 10 V 之條件下，其酸室的回收率和電流效率是最好的，而鹼室與能耗為其次，因此我們利用此條件進行連續批次實驗，採每 60 分鐘為一個批次，每 10 分鐘取一次樣品。

連續批次實驗-10V

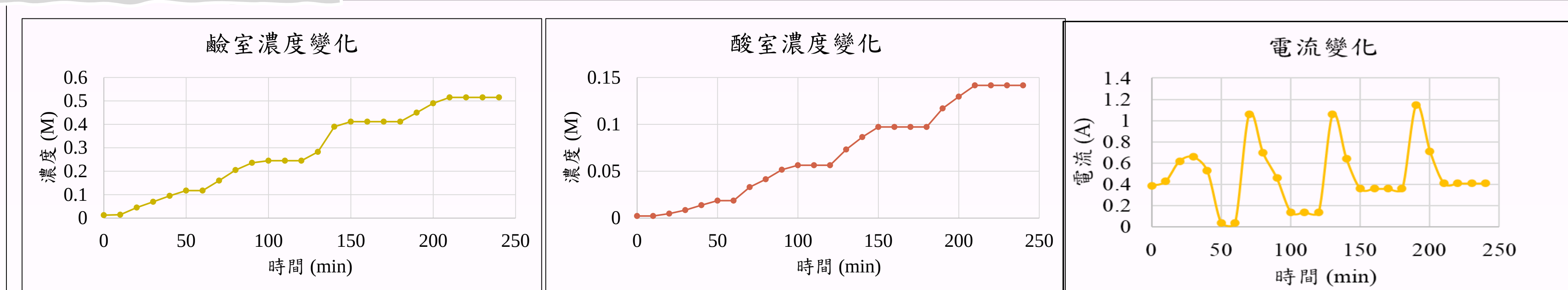


Fig5. 電流與濃度變化圖

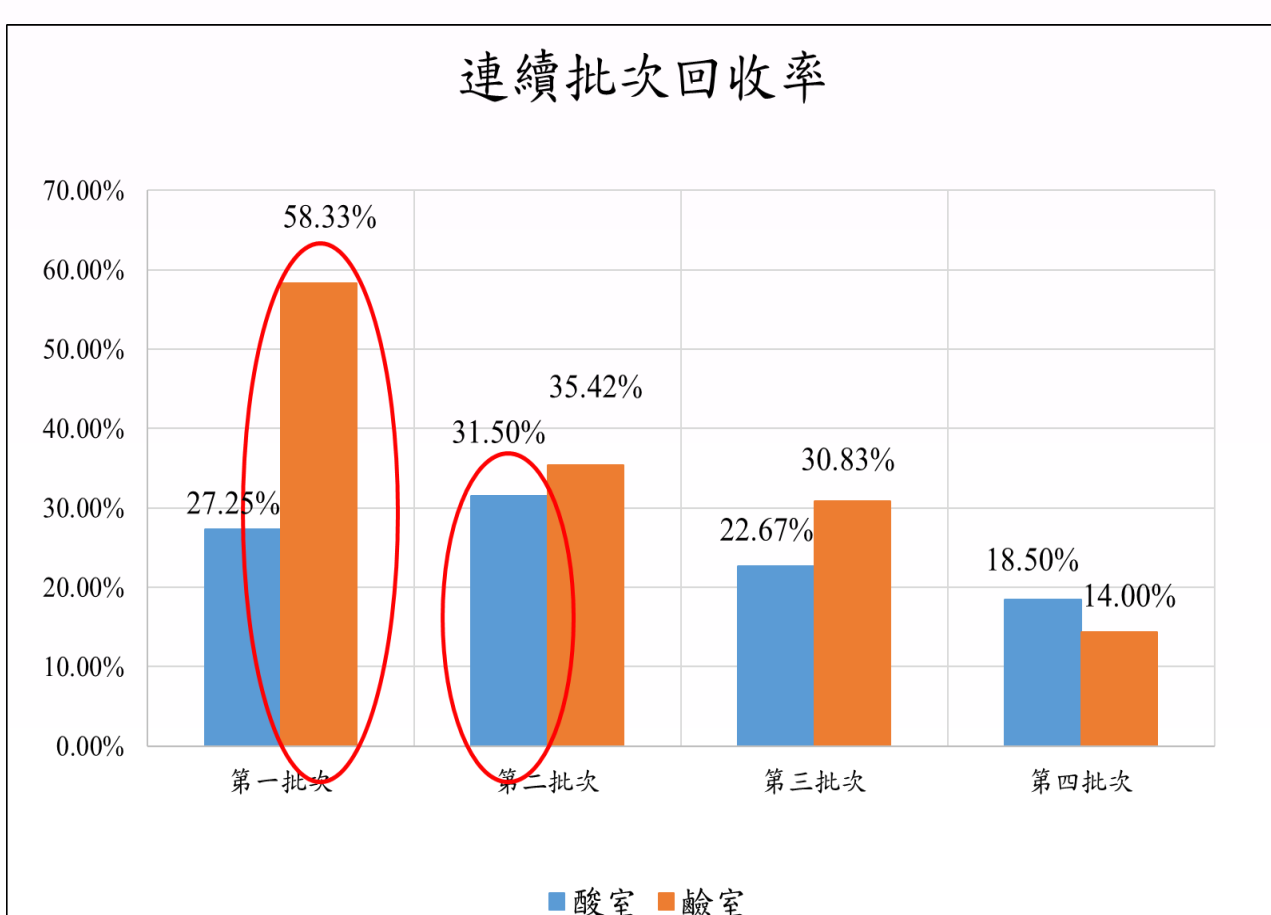


Fig6. 連續批次之回收率圖

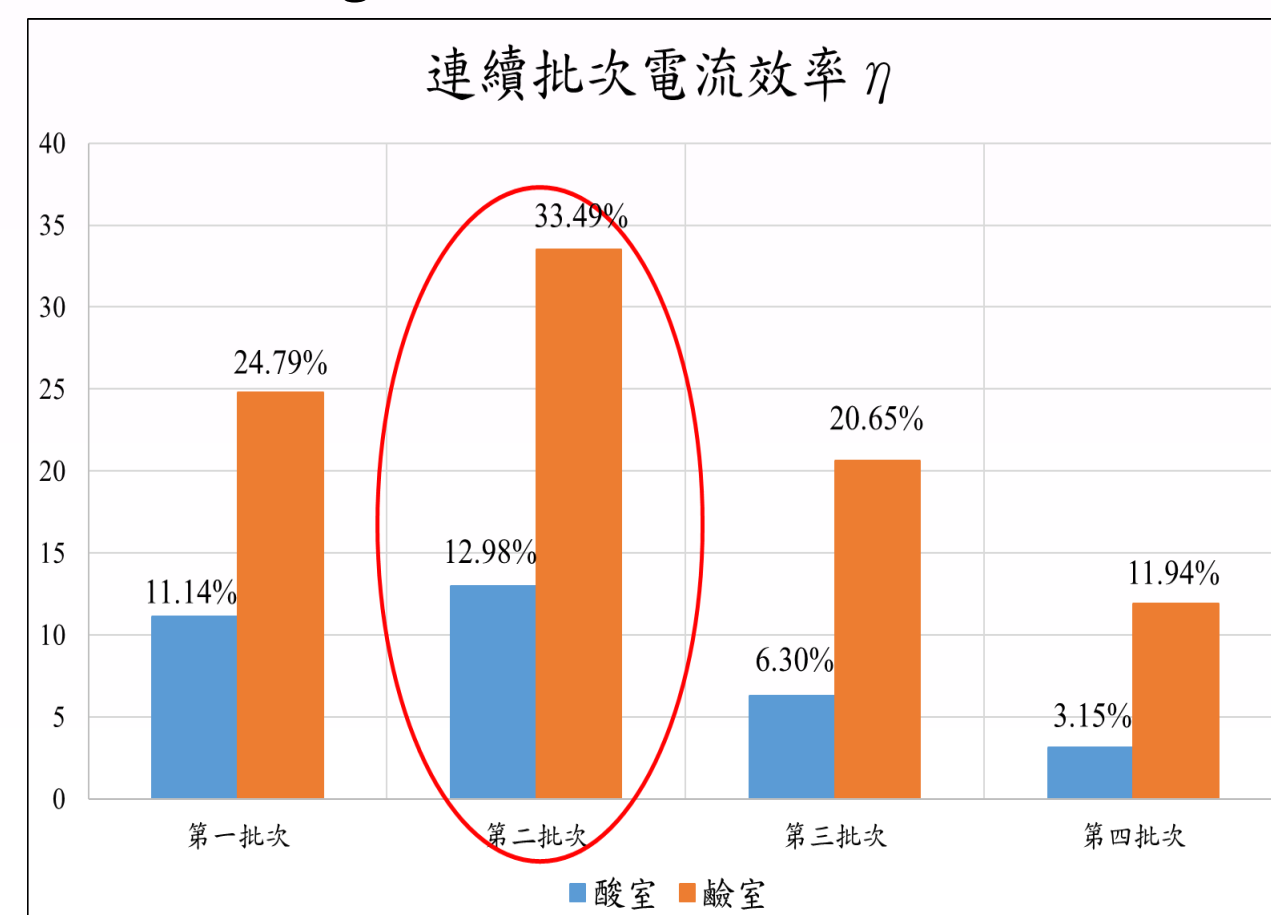


Fig7. 連續批次之電流效率圖

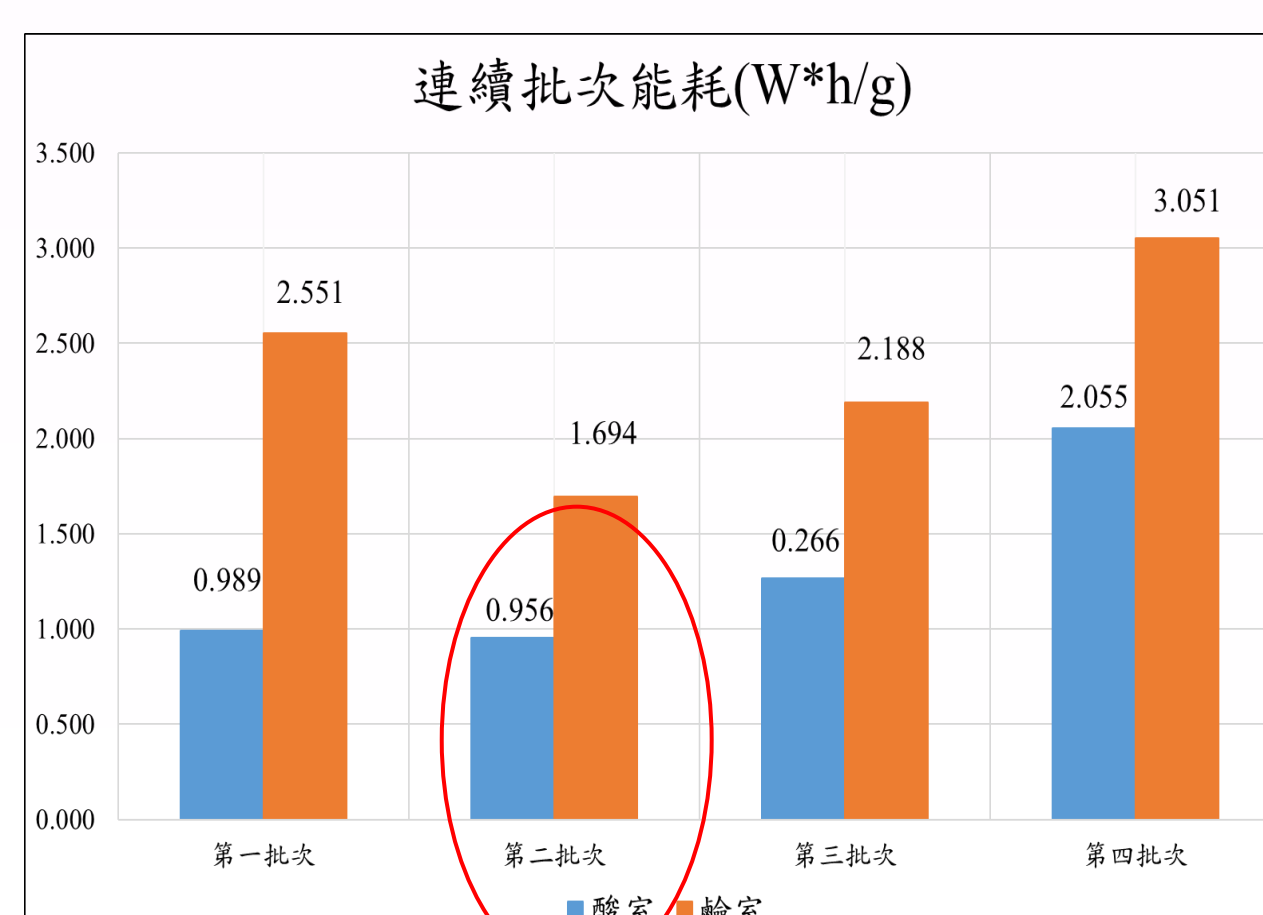


Fig8. 連續批次之能耗圖

Fig 5. 為批次實驗的濃度及電流變化圖，酸/鹼室的濃度隨著反應時間增長而逐漸增加，電阻也隨之變大，由電流變化圖中可得知，批次數量越大，反應時間逐漸縮短。

由 Fig 6. 得知，鹼室在第一批次的回收率最高，酸室則是在第二批次時的回收率最高。Fig 7.、Fig 8. 中第二批次時的電流效率最高而能耗最低。綜合以上數據得知，在第二批次時的經濟效益最好。

Conclusions

1. 雙極膜電滲析法成功處理磷酸鹽廢液並回收磷酸及氫氧化鈉。
2. 由實驗發現，施加較強的電壓不一定可以提高回收率，提供越大的電壓時，相對能耗升高，電流效率也降低。
3. 藉由改變電壓，計算回收率、能耗及電流效率，以電壓 10 V 的條件最佳。
4. 連續批次二次時效率最高， $NaOH$ 累積濃度為 0.245 M 回收率為 65.28%， H_3PO_4 累積濃度為 0.0564 M 回收率為 44.92%，持續批次實驗使二者濃度再增高，四次時得到 $NaOH$ 累積濃度達 0.515 M、總回收率為 72%，而 H_3PO_4 累積濃度為 0.1416 M、總回收率為 59%。本專題小規模實驗證實回收實務可行。
5. 由連續批次實驗發現，在固定電壓下，批次數量越大，回收率及電流效率有逐漸降低，而能耗逐漸上升現象，但其經濟效益可透過製程放大進一步評估。

References

- [1] 雙極與兩性離子交換膜之簡介與近年文獻探討
- [2] BPED 雙極膜電滲析回收硫酸鈉實驗
- [3] Application of Bipolar Membrane Electrodialysis in Environmental Protection and Resource Recovery: A Review-Membranes 2022, 12, 829.
- [4] 雙極膜技術在環境工程中的應用與展望-謝鴻芳
- [5] Electrodialysis processes with bipolar membranes (EDBM) in environmental protection—a review



義守大學化學工程學系永續發展專題實驗報告

適合超純水製程之連續式光催化降解中低濃度異丙醇廢水之研究

指導教授：洪錫勳 教授

學生：顏正維、郭金璋、林志翰、陳正哲

摘要

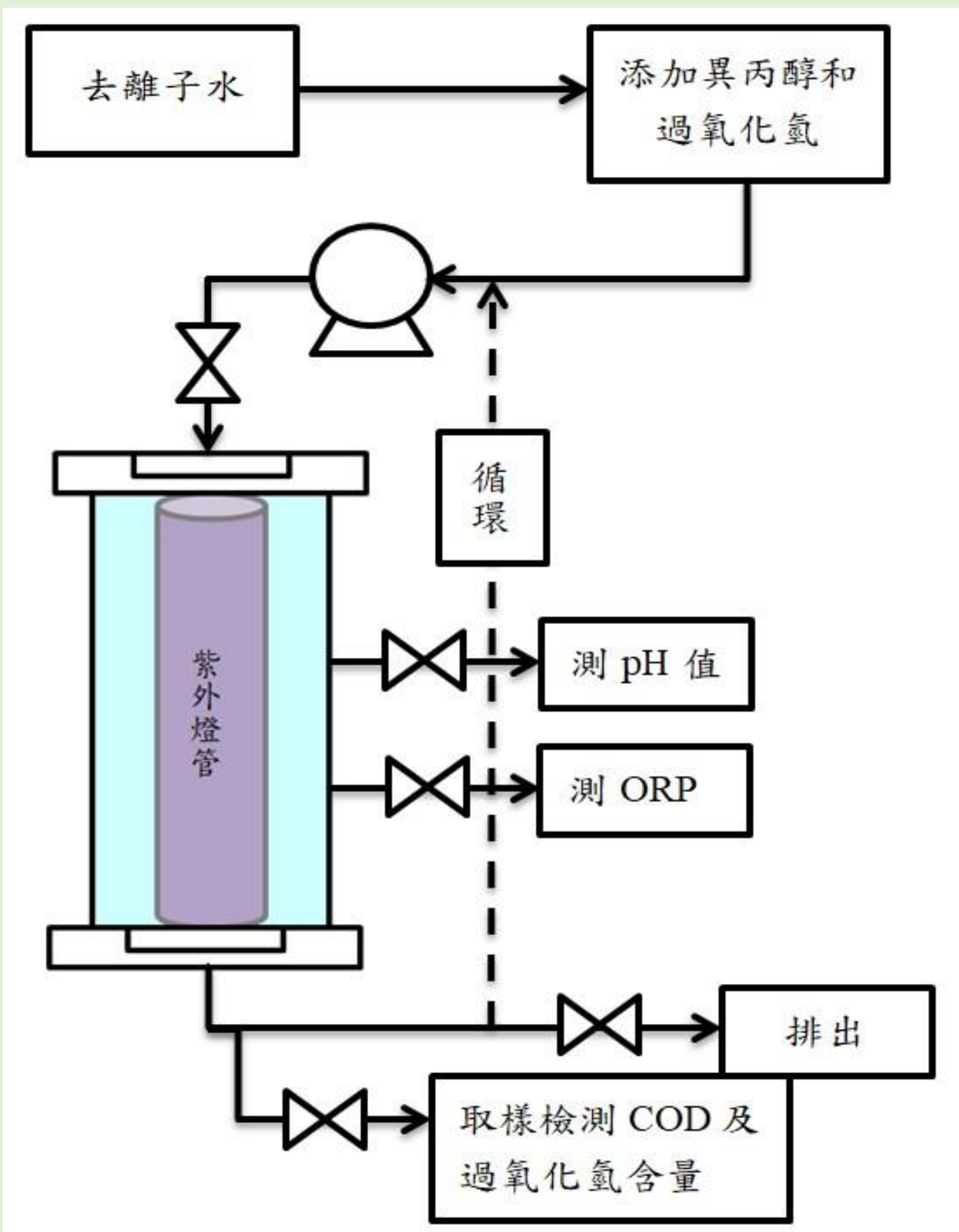
電子業需要大量超純水，而台灣缺水，利用回收水製成超純水是值得研究的，而其中的關鍵在於有機物的妥善去除。在電子業廢水處理中即使使用RO膜也無法妥善去除異丙醇。本研究係在其處理流程中加入高級氧化法，透過過氧化氫經UV光催化產生氧化能力強的氫氧根自由基($\text{OH}\cdot$)，探討去除水中中低濃度異丙醇的可行性。透過COD檢測，可以確保再生水中IPA的去除效果，找出異丙醇與過氧化氫的最佳比例，並進行後續連續式反應(continuous)，使其融入廢水處理製程，有利於後續超純水製程使用要求。

研究動機

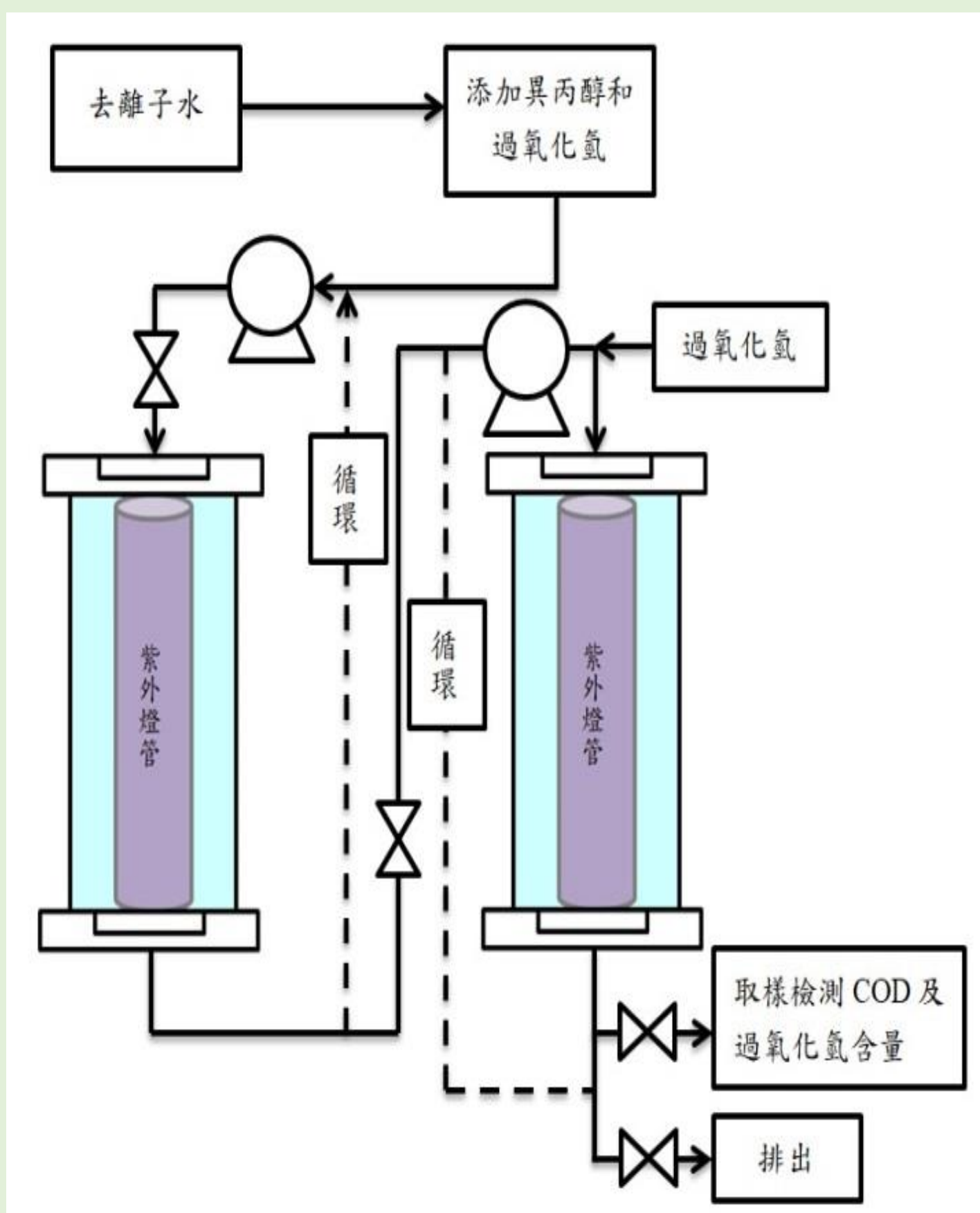
隨著人口增加及全球暖化導致各地雨水分布更不均。臺灣雖年平均雨量是世界平均的2.5倍以上，但臺灣也缺水，因為河川短雨季集中，雨水常夾雜大量泥水導致留不住。目前臺灣加建水庫幾乎不可能，如果要有穩定的水源，汙水再利用為可能之選項。臺灣的汙水處理過程為初級處理、二級處理及甚至三級處理，是一個穩定可再利用的水源，IPA被選為模型污染物，因為IPA是矽片乾燥過程中主要使用的化學物質置換表面的水。更重要的是，傳統GAC床的去除性能較差。為將洗滌完含有異丙醇的廢水加以利用，本研究初步將探討如何結合連續式循環裝置將IPA去除置於超純水前製程中。

研究方式與步驟

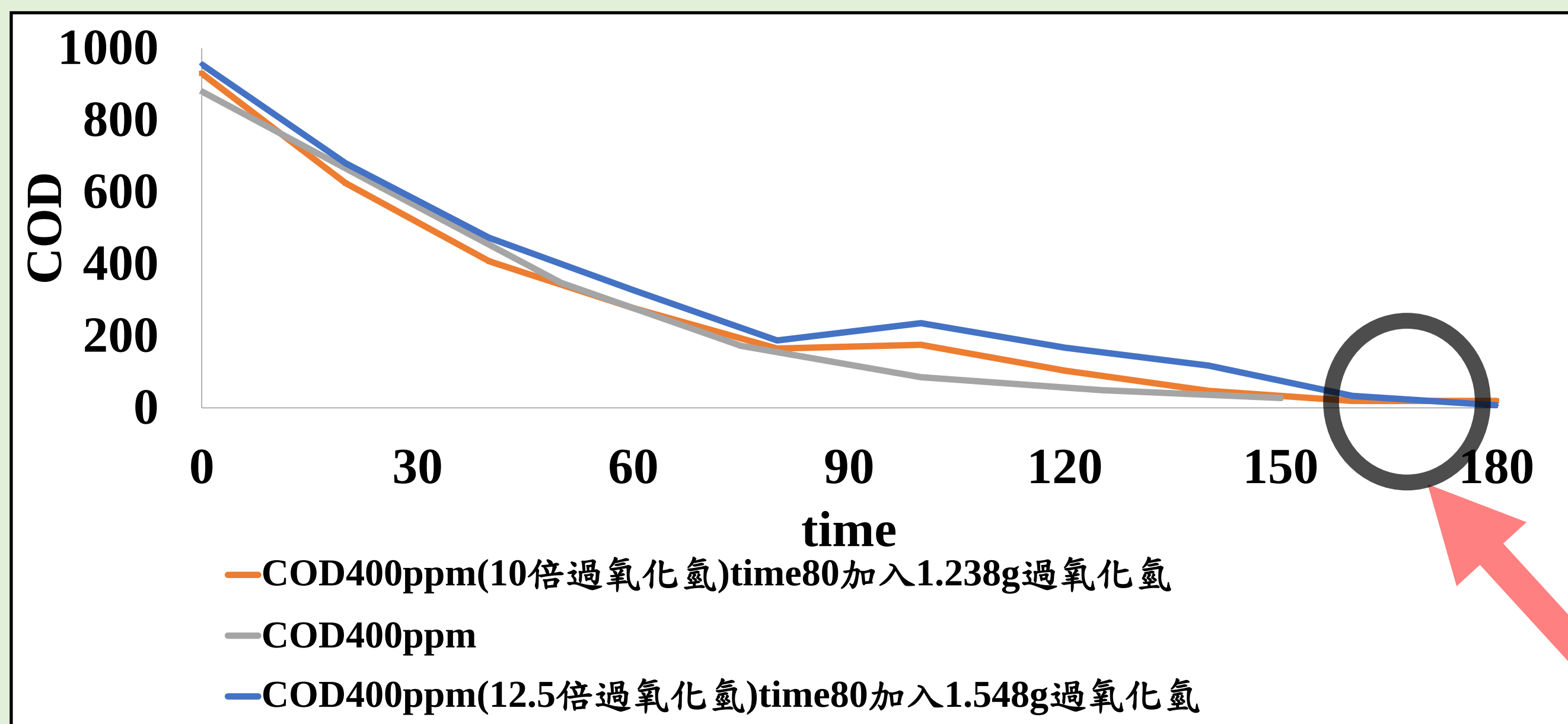
批次實驗裝置圖



連續式反應裝置圖



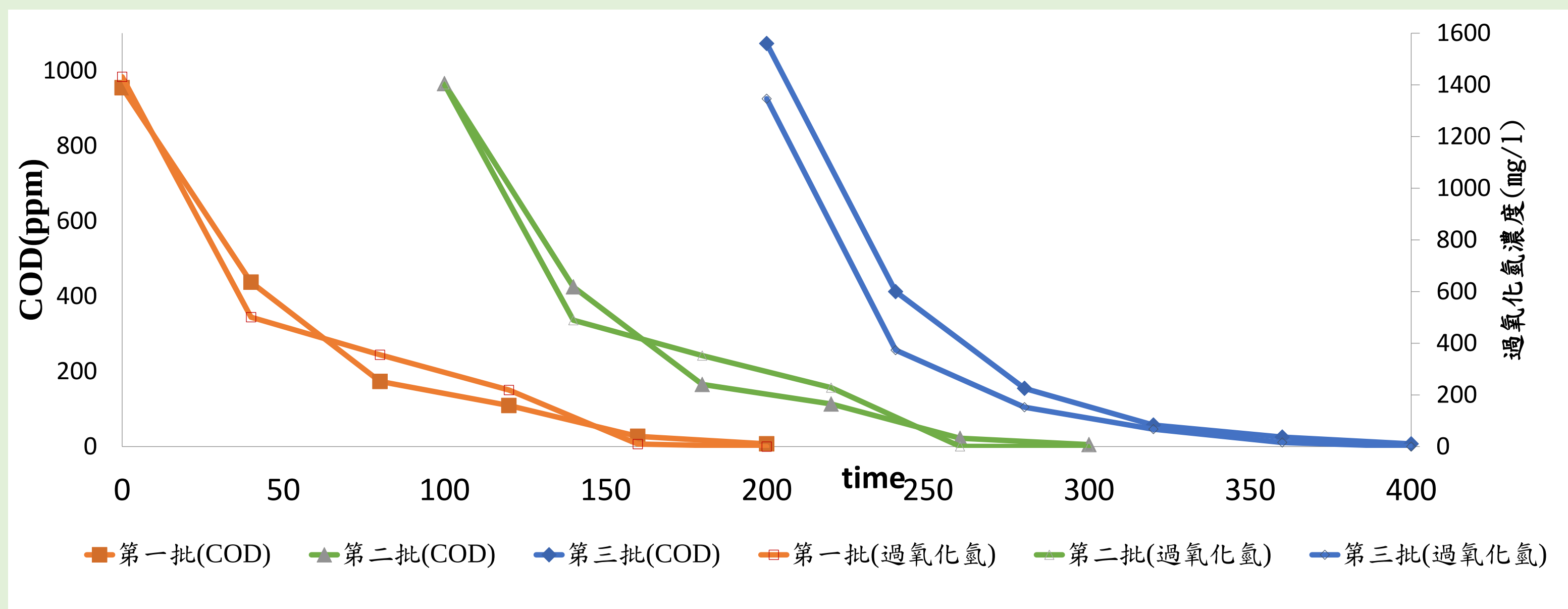
比較10倍過氧化氫和12.5倍過氧化氫



使用10倍過氧化氫，最後COD殘留19.4 ppm

使用12.5倍過氧化氫，最後COD殘留7.4 ppm

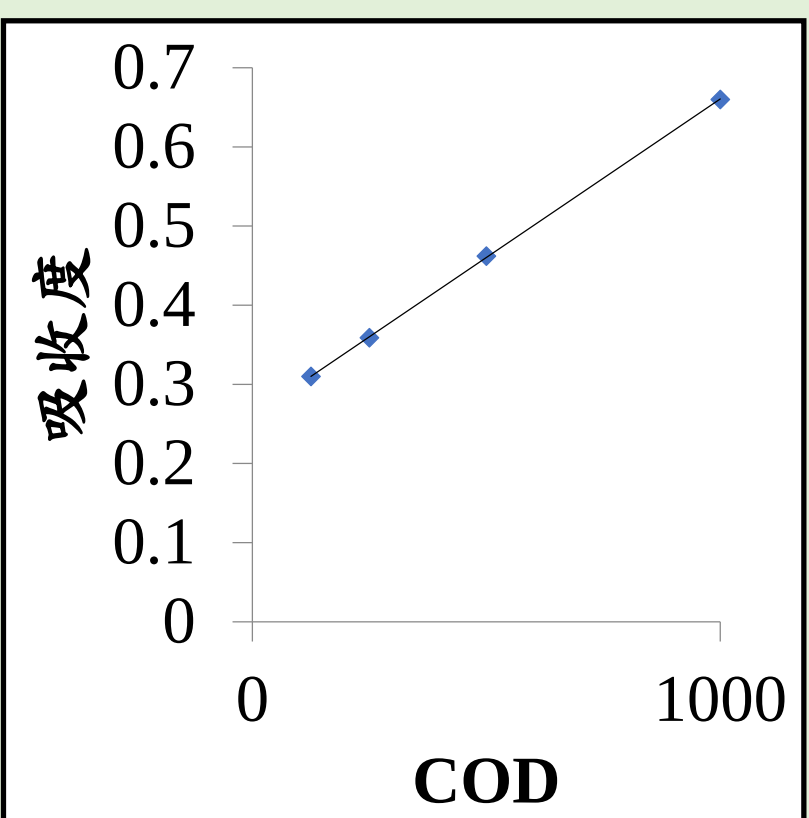
連續式反應(COD400ppm)



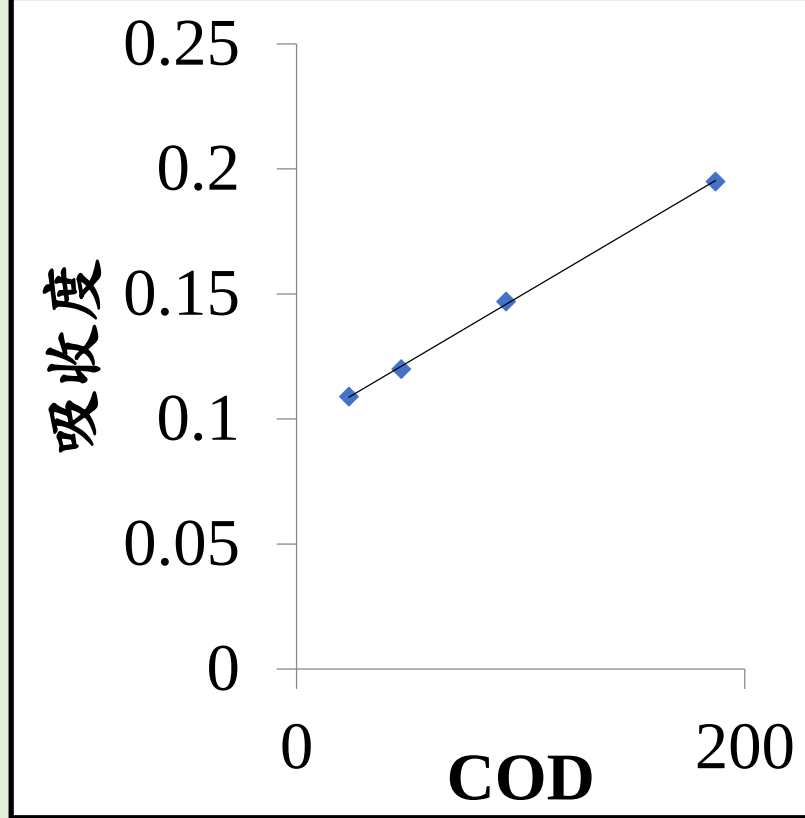
經由使用12.5倍過氧化氫，做連續式反應，最後COD殘留落在 7.4~5.4 ppm。

實驗結果

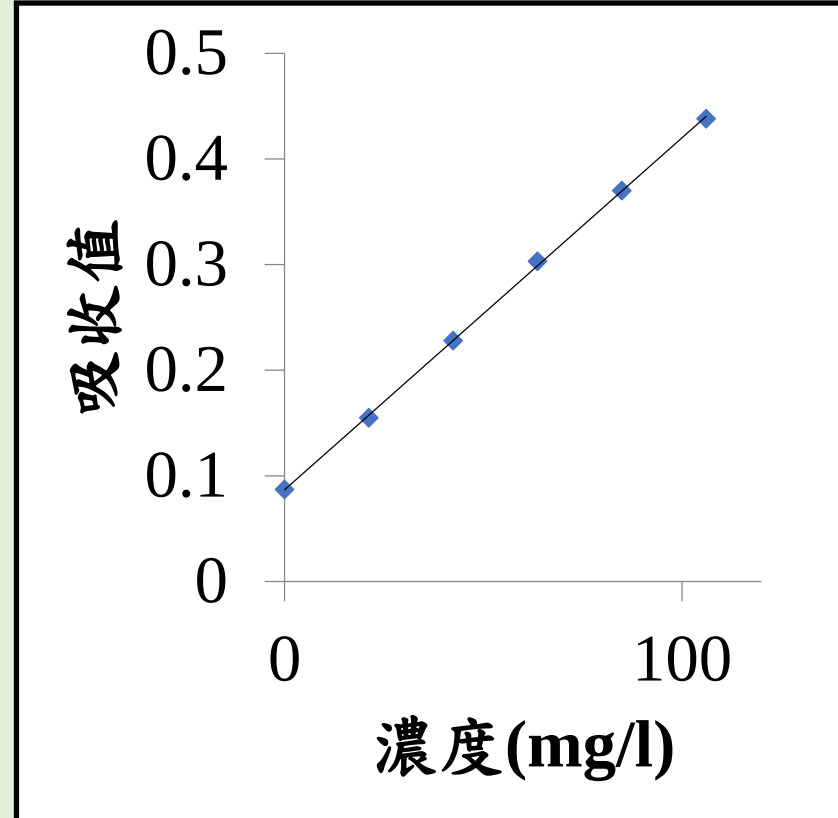
COD和過氧化氫含量減量線



圖一、COD (1500-150 ppm)
回歸曲線： $y = 0.0004x + 0.26$
 $R^2 = 0.9999$

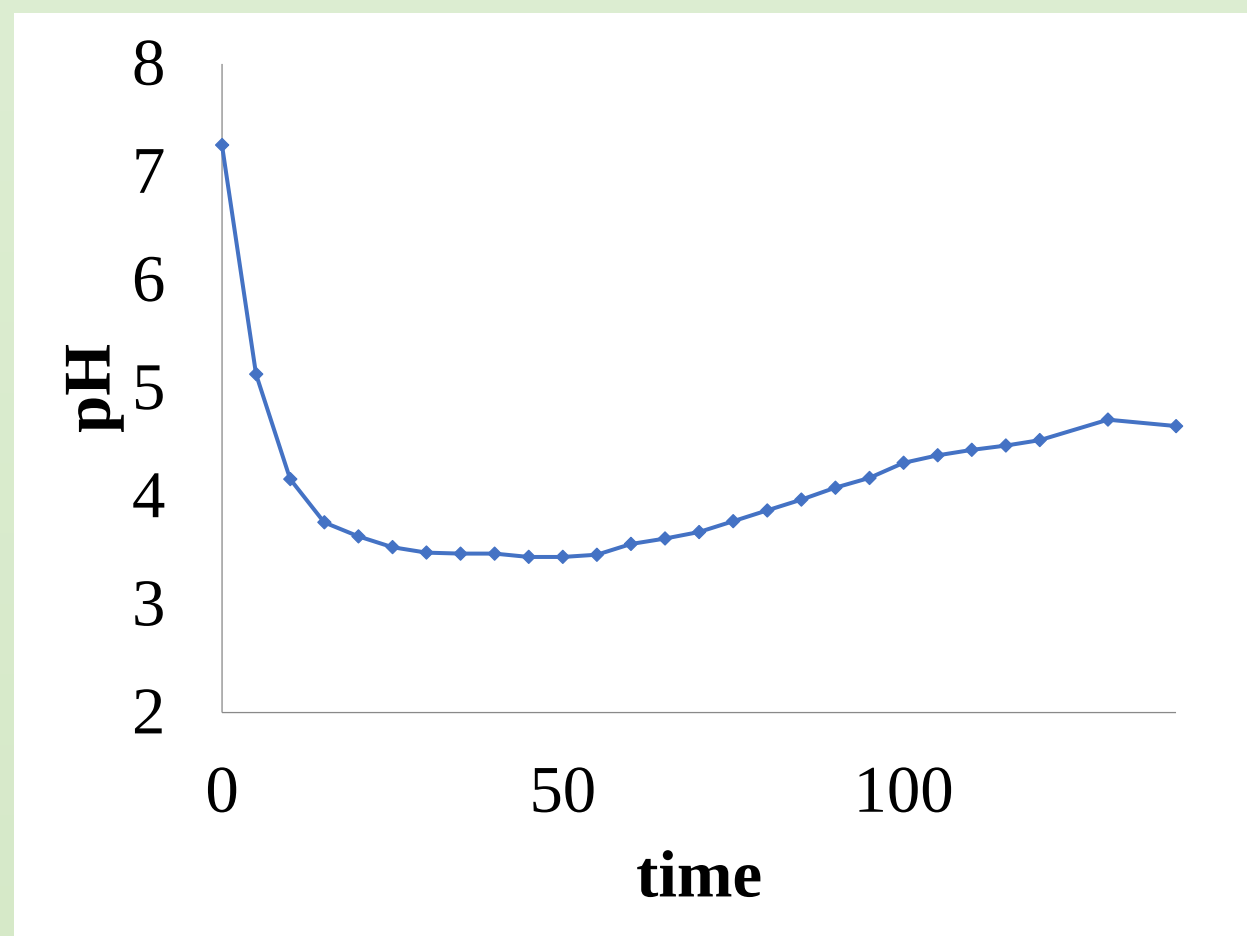
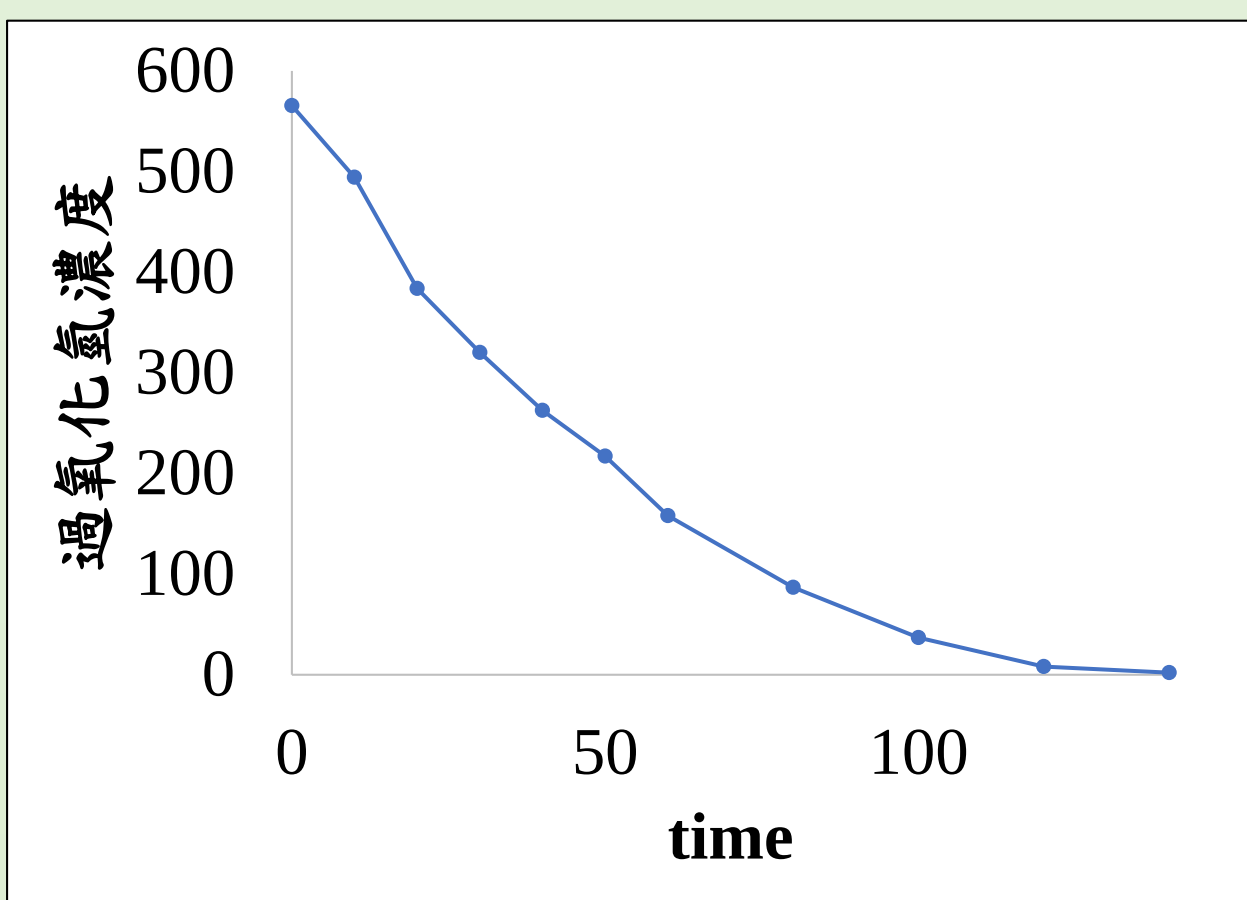
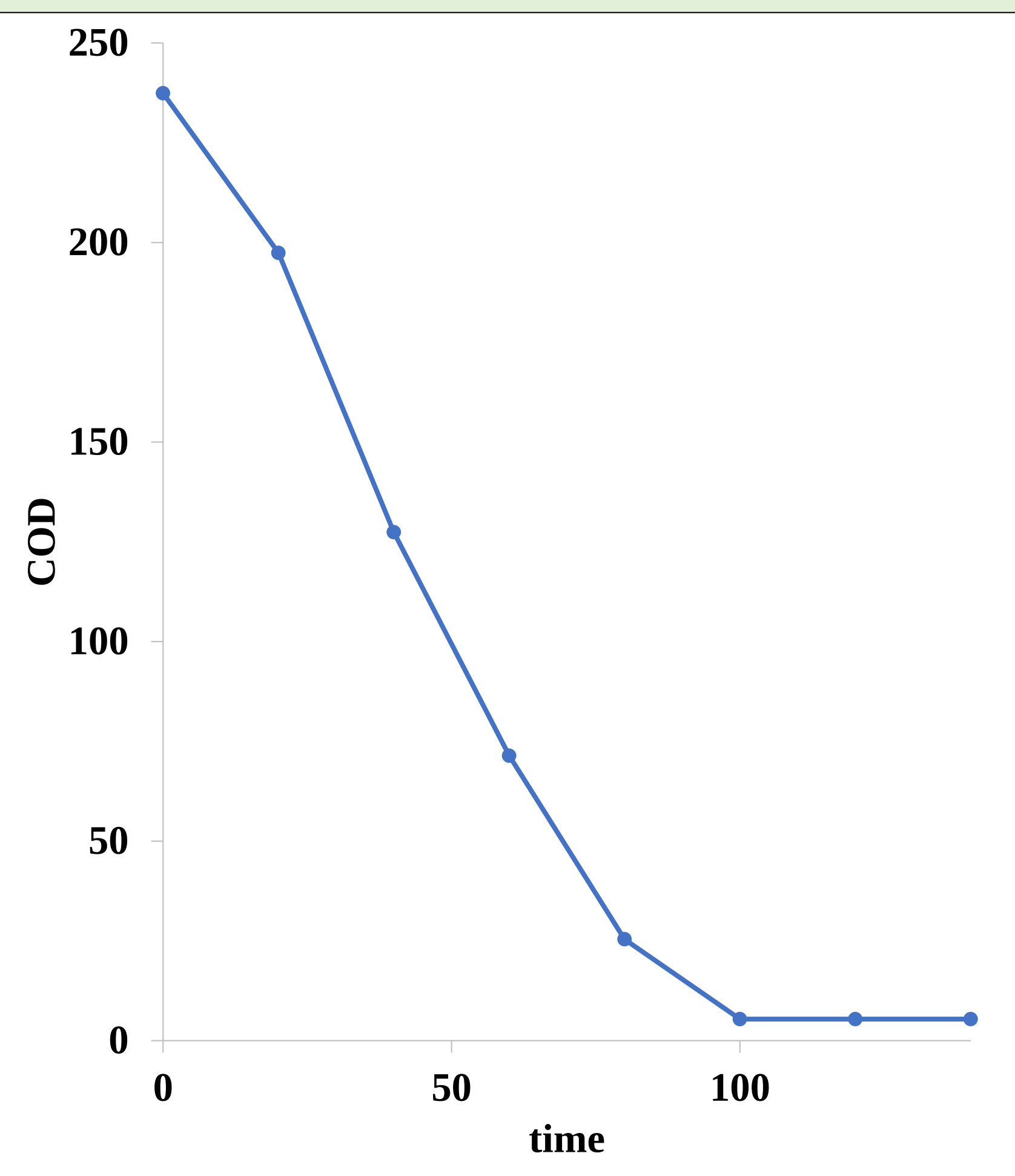


圖二、COD (150-4 ppm)
回歸曲線： $y = 0.0005x + 0.0963$
 $R^2 = 0.9994$



圖三、過氧化氫含量(mg/l)
回歸曲線： $y = 0.0033x + 0.0867$
 $R^2 = 0.9997$

低濃度異丙醇 (180ppm) COD 對時間作圖



結論

- 1.經實驗發現，過氧化氫濃度一定要加得足夠，反應才會完全。
- 2.本研究使用UV253.7燈催化過氧化氫氧化程序反應，處理含有異丙醇的廢水再利用，研究結果顯示，可有效使異丙醇降解。反應最適條件：異丙醇+UV+12.5倍過氧化氫。
- 3.經過連續式反應，使用一支UV253.7燈管，經過200分鐘可以處理 700 ml 含有異丙醇的廢水。
- 4.透過COD檢測，顯示連續式反應最後排出水，COD都能在7.4ppm以下。
- 5.中濃度異丙醇降解能適用第三級處理後，低濃度異丙醇降解能適用在RO過濾後。

文獻

1. Effect of residual H_2O_2 on the removal of advanced oxidation byproducts by two types of granular activated carbon Yuyin Tang a, Cheng-Shiuan Lee b, Harold Walker c, Christopher Gobler b,d, Onur Apul e, Arjun K. Venkatesan a,b,d,* , Xinwei Mao a,**



以月桃葉水提取液綠色合成銀奈米粒子

賴冠源、陳昱勝、陳展緯、楊志馮*

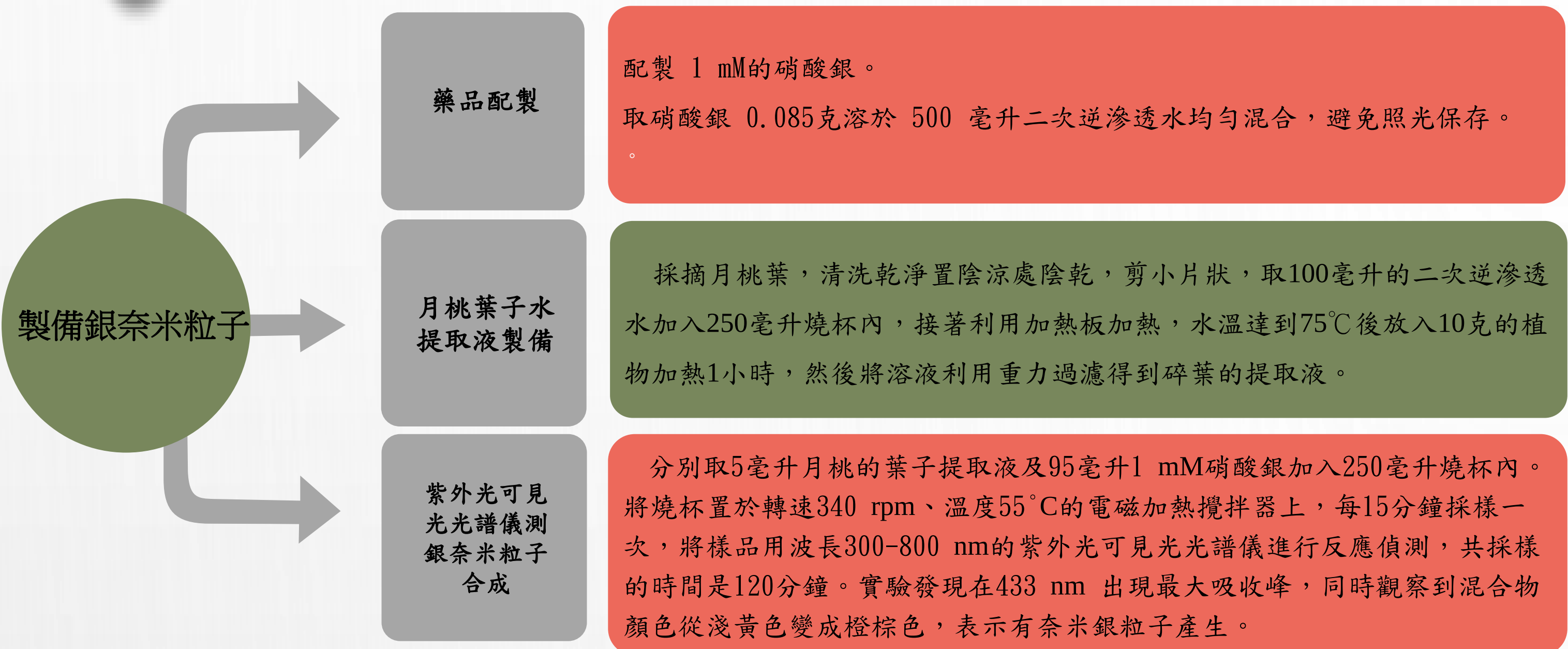
義守大學化學工程學系、E-mail:jfyang@isu.edu.tw

關鍵字:綠色合成法、月桃葉水提取液、奈米銀粒子、紫外光可見光光譜儀

摘要

在這項研究中，為了改善且有效降低反應副產物的生成，採用綠色合成的方法能友善於自然環境更兼具環保的意識。使用硝酸銀水溶液和月桃葉的水提取物利用化學還原法合成出銀奈米粒子，可透過紫外光可見光光譜儀找出樣品內銀奈米粒子最大吸收波長。接著研究不同的實驗條件對合成銀奈米粒子有何影響，將改變月桃葉提取液百分比、硝酸銀濃度及反應溫度，得出最佳合成銀奈米粒子條件為，月桃葉提取液10%、硝酸銀濃度1mM和溫度65℃。另外利用超音波震盪器所得到的月桃葉丙酮萃取液，抽取此液至氣相層析質譜儀進行分析化學成份占比及組成。

實驗方法



月桃葉成份分析

取月桃植物葉子部分清洗乾淨放在陰涼處陰乾後，剪成小片狀，秤取50克的月桃葉子放入500毫升錐形瓶中再加入400毫升的丙酮。

使用真空減壓濃縮機將濾液濃縮，得到濃縮液後，再將樣品置入冷藏庫保存。

接著利用超音波震盪器萃取1個小時後，再用重力過濾方式過濾溶液，將取得濾液裝入圓底瓶中。

取月桃葉子的丙酮萃取液濃縮後樣品 0.10 克裝入試管，加入 1 毫升 95% 乙醇。分別利用試管震盪混合器及使用高速微量離心機後，取上清液進行氣相層析質譜儀 (GC-MS) 分析。

結果與討論

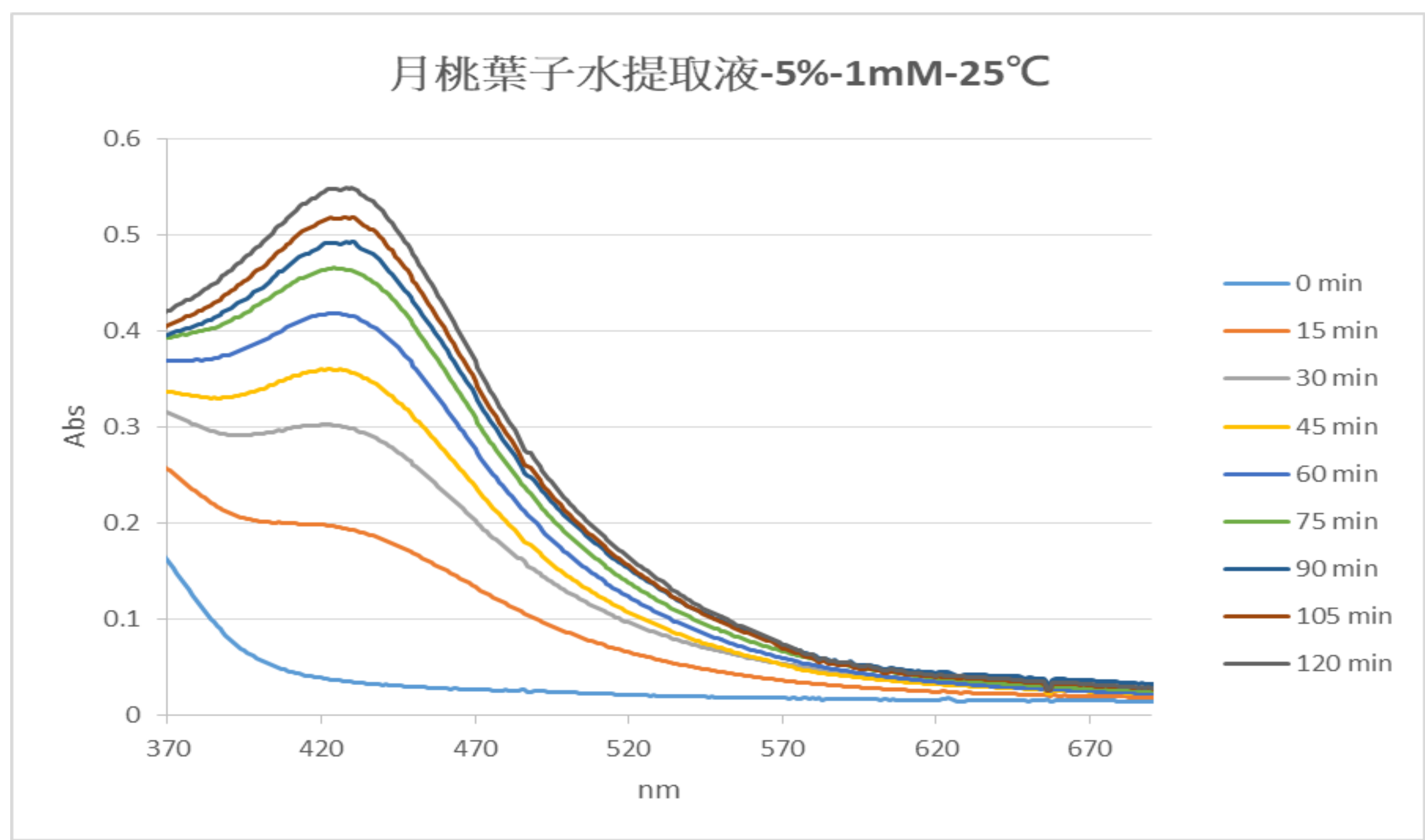


圖1.以月桃葉子水提取液 5% 下合成銀奈米粒子之UV-Vis圖譜

改變不同月桃葉水提取液百分比對銀奈米粒子合成影響的結果，在室溫下進行反應120分鐘，透過紫外光可見光光譜儀測得吸收度的實驗結果，經過對比可以發現最大波長在433 nm，並以時間120分鐘時，找出5%、10%、15%的月桃葉水提取液分別為0.542、0.308、0.342，得出5%月桃葉水提取液的反應速率較快。

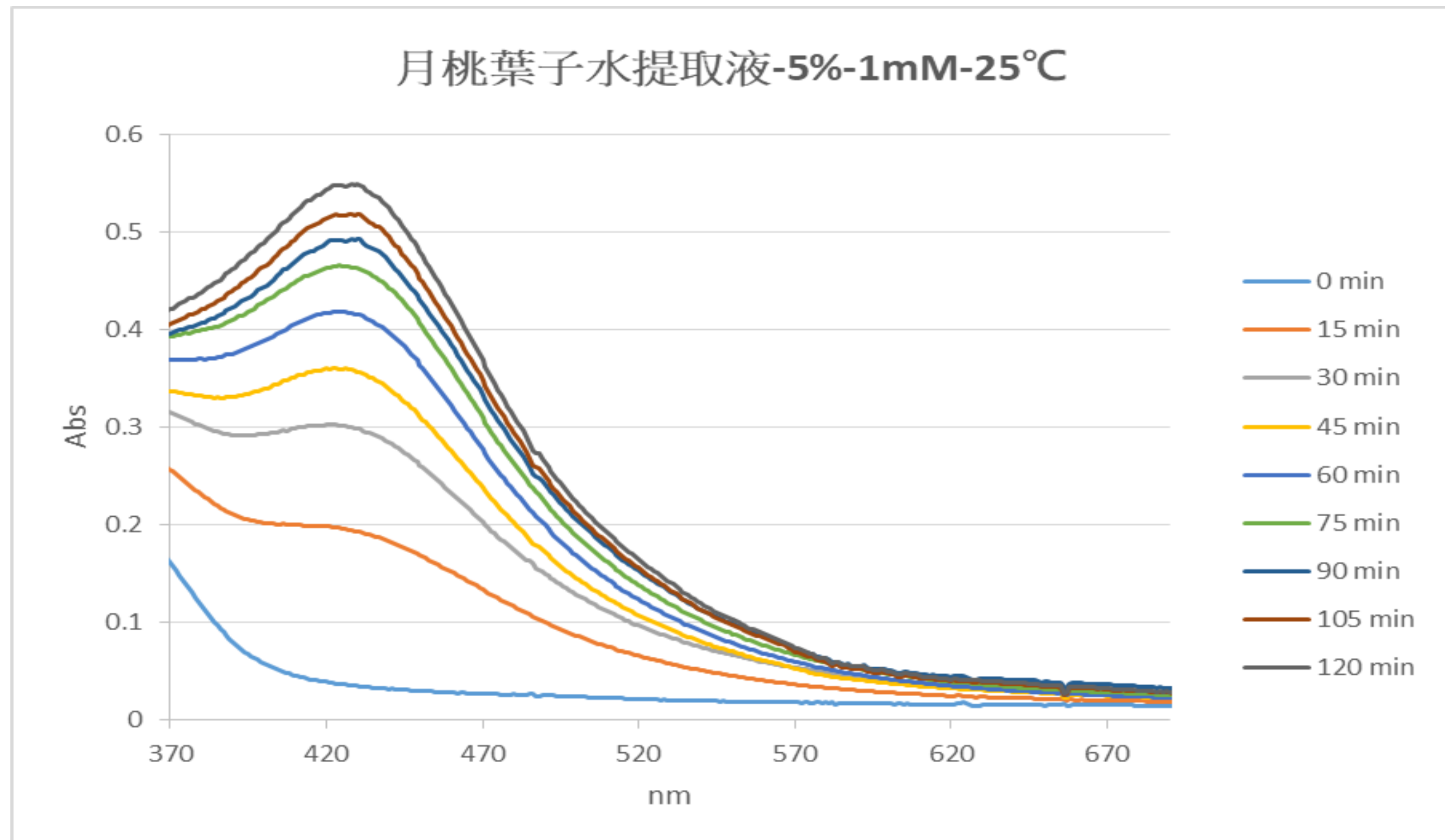


圖2.以月桃葉子水提取液 1 mM 下合成銀奈米粒子之UV-Vis圖譜

改變不同硝酸銀水溶液濃度對銀奈米粒子合成影響的結果，在室溫下進行反應120分鐘，透過紫外光可見光光譜儀測得吸收度的實驗結果，經過對比可以發現最大波長在433 nm，並以時間120分鐘時，找出1 mM、2 mM、3 mM、4 mM的月桃葉水提取液分別為0.542、0.459、0.283、0.366，得出1 mM月桃葉水提取液的反應速率較快。

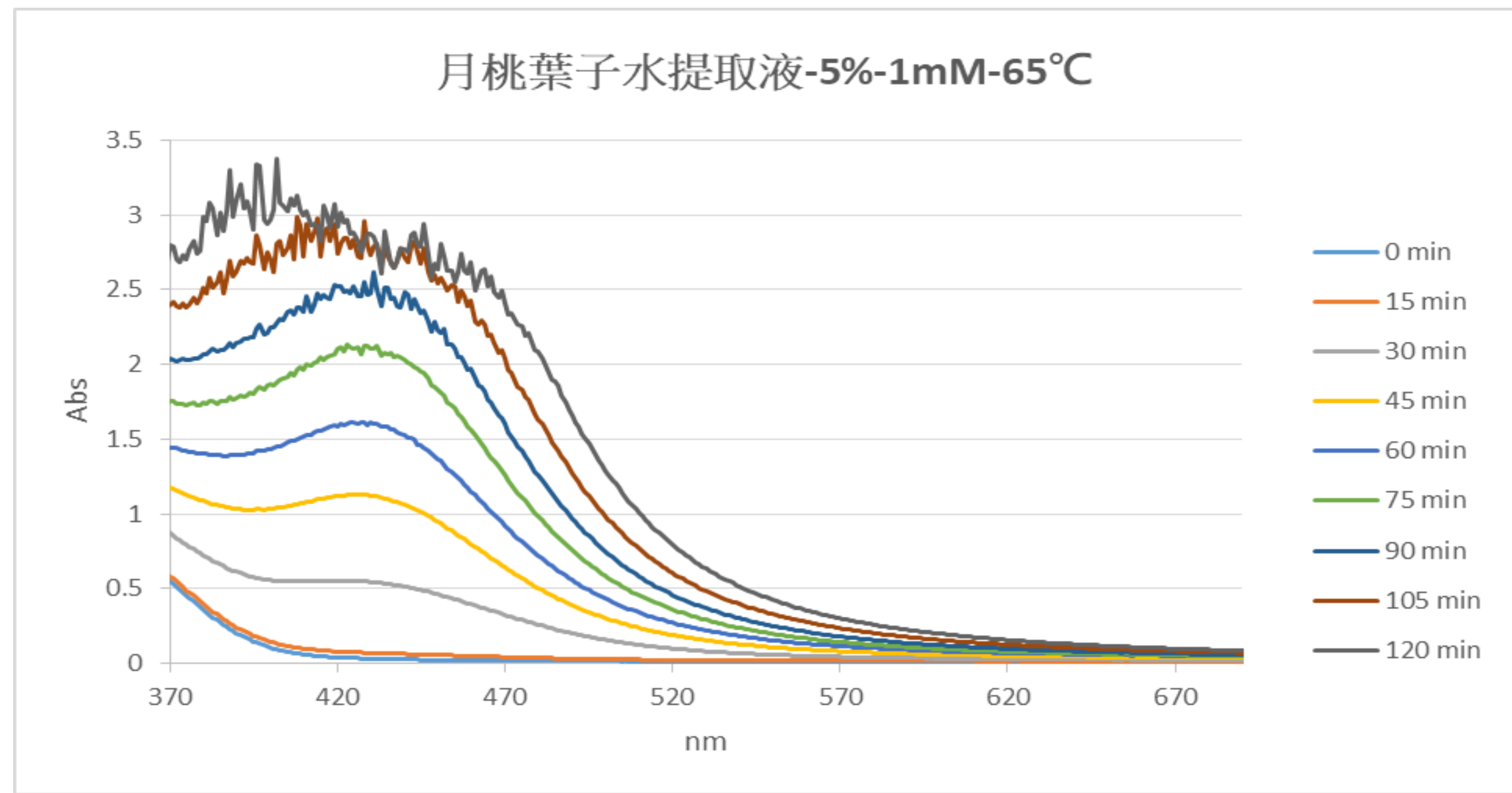


圖3.以65℃反應溫度下合成銀奈米粒子之UV-Vis圖譜

改變不同反應溫度對銀奈米粒子合成影響的結果，在室溫下進行反應120分鐘，紫外光可見光光譜儀測得吸收度的實驗結果，經過對比可以發現最大波長在433 nm，並以時間120分鐘時，找出25℃、45℃、55℃、65℃的月桃葉水提取液吸收度分別為0.459、0.366、1.059、2.059，得出65℃月桃葉水提取液的反應速率較快。

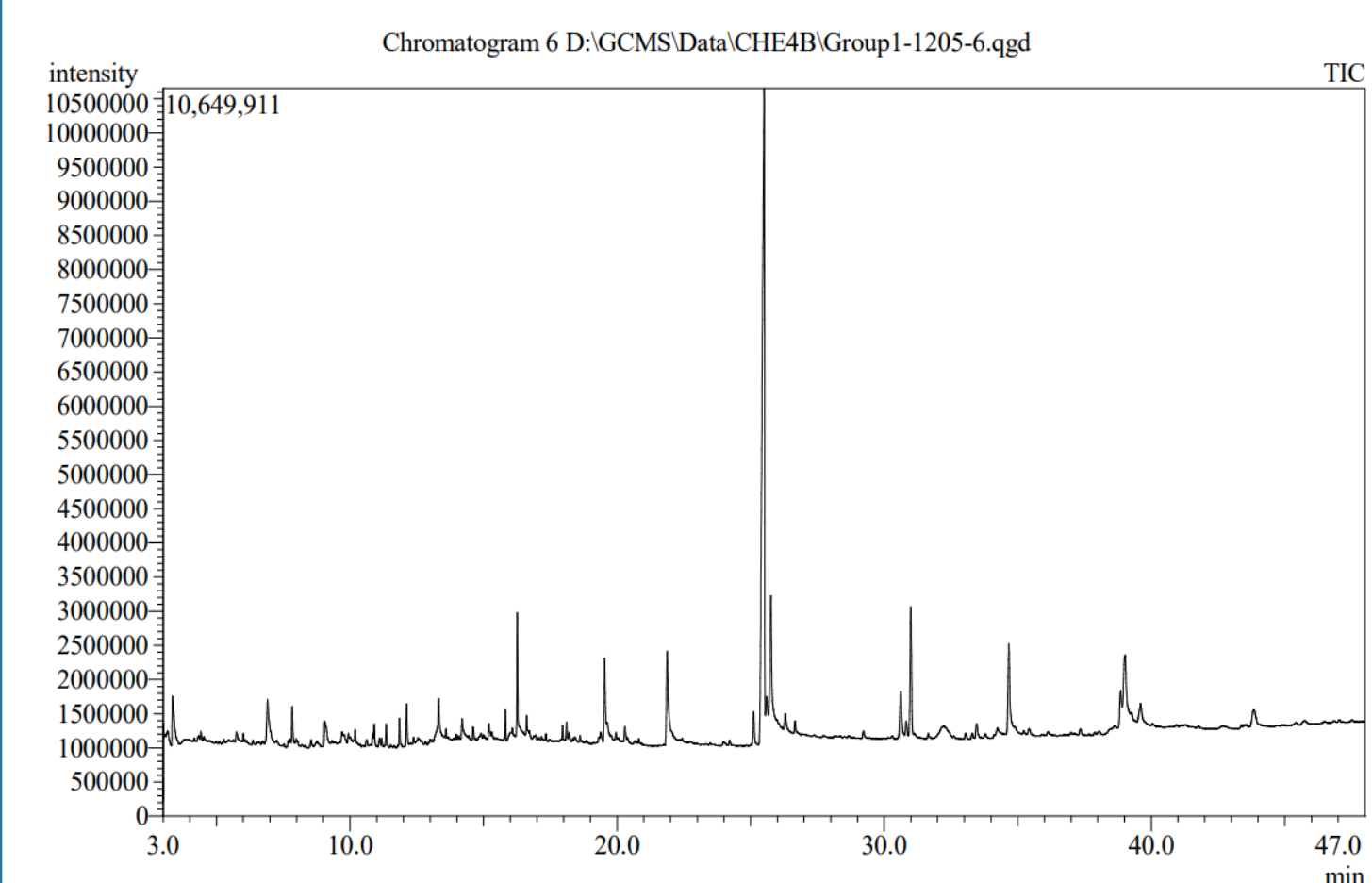


圖4.月桃葉丙酮萃取液之氣相層析質譜儀分析圖

Peak	Ret. Time ¹	Area ²	SI ³	Mol. Weight ⁴	Mol. Form ⁴	Name
		85.76				Total
		12.32				Acids
1	21.875	4.72	92	242.4	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	Pentadecanoic acid
2	25.759	7.6	92	278.43	C ₁₃ H ₂₆ O ₂	9,12,15-Octadecatrienoic acid, (Z,Z,Z)-
		5.46				Alcohols
3	3.355	2.92	90	62.07	C ₂ H ₄ O ₂	1,2-Ethanediol
4	12.119	1.31	81	154.25	C ₁₀ H ₁₈ O	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,5,5-trimethyl-
5	25.109	1.23	96	296.53	C ₂₀ H ₃₈ O	Phytol
		2.69				Alkenes
6	19.531	2.69	95	278.51	C ₂₀ H ₃₈	Neophytadiene
		11.06				Esters
7	34.668	4.36	92	358.55	C ₂₁ H ₄₂ O ₄	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester
8	39.024	4.67	87	306.48	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester, (Z,Z,Z)-
9	38.845	2.03	91	308.5	C ₂₀ H ₃₈ O ₂	Linoleyl acetate
		2.29				Ether
10	30.617	2.29	65	200.23	C ₁₁ H ₁₂ O ₂	(Z)-2-(Hexa-2,4-dien-1-ylidene)-1,6-dioxaspiro
		51.52				Ketones
11	6.910	1.86	88	144.13	C ₈ H ₁₆ O ₂	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-
12	7.835	1.05	96	138.21	C ₈ H ₁₄ O	2-Cyclohexen-1-one, 4-(1-methylethyl)-
13	13.317	0.93	83	168.23	C ₁₁ H ₁₈ O ₂	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one, 6-methyl-3
14	25.505	47.68	80	230.26	C ₁₄ H ₁₄ O ₃	4-Methoxy-6-phenethyl-2H-pyran-2-one
		0.42				Phenol
15	16.611	0.42	90	220.35	C ₁₈ H ₃₂ O	Humulene-III

表1.月桃葉子丙酮萃取液的成分分析資料

	烯類	酮類	醇類	酚類	酸類	酯類	醚類	
	Alkenes	Ketone	Alcohol	Phenol	Acids	Esters	Ether	Total
		\$	\$					
月桃葉	2.69%	51.52%	5.46%	0.42%	12.32%	11.06%	2.29%	85.76%

表2.月桃葉丙酮萃取液中化學種類

從表1可以得出使用氣相層析質譜儀進行月桃葉丙酮萃取液的成分分析資料中，分別有15個化學成分被分析鑑定，總佔面積為85.76%。表2發現酮類(51.52%)佔有一半的面積，其中以化合物4-甲氧基-6-苯乙基-2H-吡喃-2-酮(47.68%)占有最大部份，另外還包含醇類、酯類和酸類。根據文獻資料得知官能基在奈米顆粒形成中，還原和穩定金屬的能力佔據不同的位置，而有一些官能基能參與奈米顆粒的合成，例如：-O-H，C=O [1]。再根據另一篇文獻資料得知，植物的不同部分會產生精油為揮發性化合物，主要成分為萜烯、苯丙烷類和異硫氰酸酯，精油中的化合物主要由單萜烯或倍半萜烯所組成，萜烯含有多種烴鏈，如無環鏈、單環鏈、雙環鏈、三環鏈、異戊二烯，由醇、醛、酮、酸、酚、醚和酯等碳氫化合物產生，精油經研究發現能夠抗氧化、清除自由基等還原效果正是因為成分裏頭蘊含了大量的萜烯 [2]。因此我們推測4-甲氧基-6-苯乙基-2H-吡喃-2-酮可以作為還原劑合成銀奈米粒子，作為主要參與銀奈米粒子還原劑。

結論

- 本研究採用綠色合成銀奈米粒子，主要探究在產生目的生成物的過程中充分利用原料及能源，且有效降低副產物的產生。實驗利用水萃取出月桃中的化學物質和硝酸銀反應產生銀奈米粒子，改變三種變因分別是月桃葉水提取液的濃度、硝酸銀的濃度，以及反應溫度，得出了最佳化條件：月桃葉水提取液5%、硝酸銀濃度1 mM、反應溫度65℃。透過紫外光可見光光譜儀進行銀奈米粒子合成偵測，觀察到波長433 nm位置出現最大吸收峰。使用氣相層析質譜儀進行化學分析出月桃葉丙酮萃取液中分別有15個化學成分被分析鑑定，佔總面積85.76%。在本實驗中利用氣相層析質譜儀觀察到一個占比成份非常高的物質物質4-甲氧基-6-苯乙基-2H-吡喃-2-酮，此物質為酮類(C=O)所以推測出是單萜烯中的一種，因此我們認為此單萜烯能幫助合成銀奈米粒子。

參考文獻

- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9213717/> [1]
- Recent progress in eco-synthesis of essential oil-based nanoparticles and their possible mechanisms- Industrial Crops and Products Volume 187, Part A, 1 November 2022, 115322 (作者文章) [2]



以水黃皮水提取液綠色合成銀奈米粒子

施宗閔、黃榆薰、王瑄孺、陳由家、楊志馮*

義守大學化學工程學系、E-mail:jfyang@isu.edu.tw

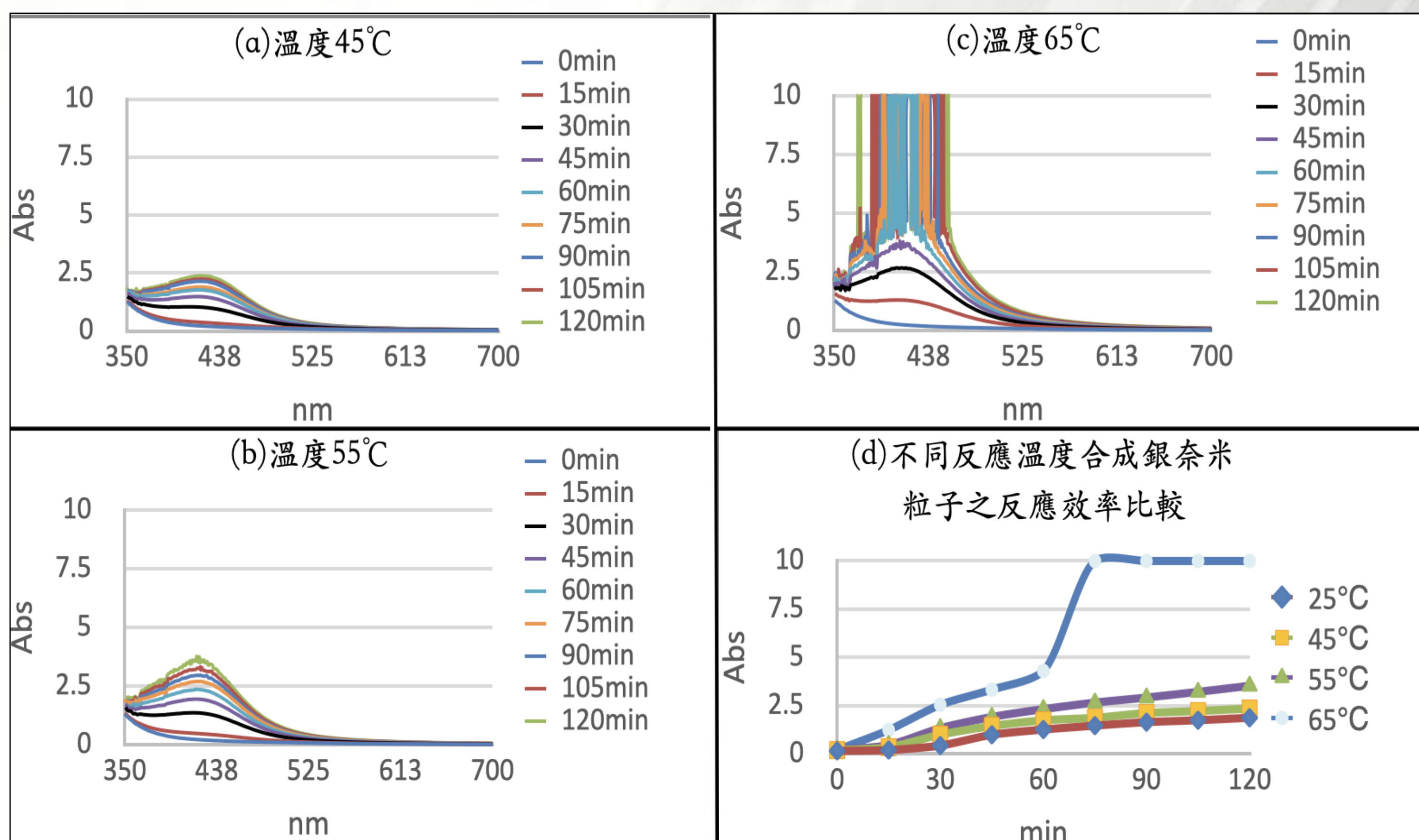
關鍵字:綠色和成法、水黃皮提取液、奈米銀粒子、紫外光可見光光譜儀

—摘要—

在此研究中，使用硝酸銀水溶液和水黃皮的水提取物通過還原法合成了銀奈米粒子。經由紫外光可見光光譜儀進行銀奈米粒子的監測，探討的實驗條件是水黃皮的水提取液百分比、硝酸銀濃度和反應溫度，測試出最佳合成銀奈米粒子條件是，葉子提取液 10 %、硝酸銀濃度 1 mM和溫度 45 °C。此外，利用氣相層析質譜儀進行經由超音波震盪器所得到的水黃皮葉子丙酮萃取液的化學成分組成的分析鑑定。

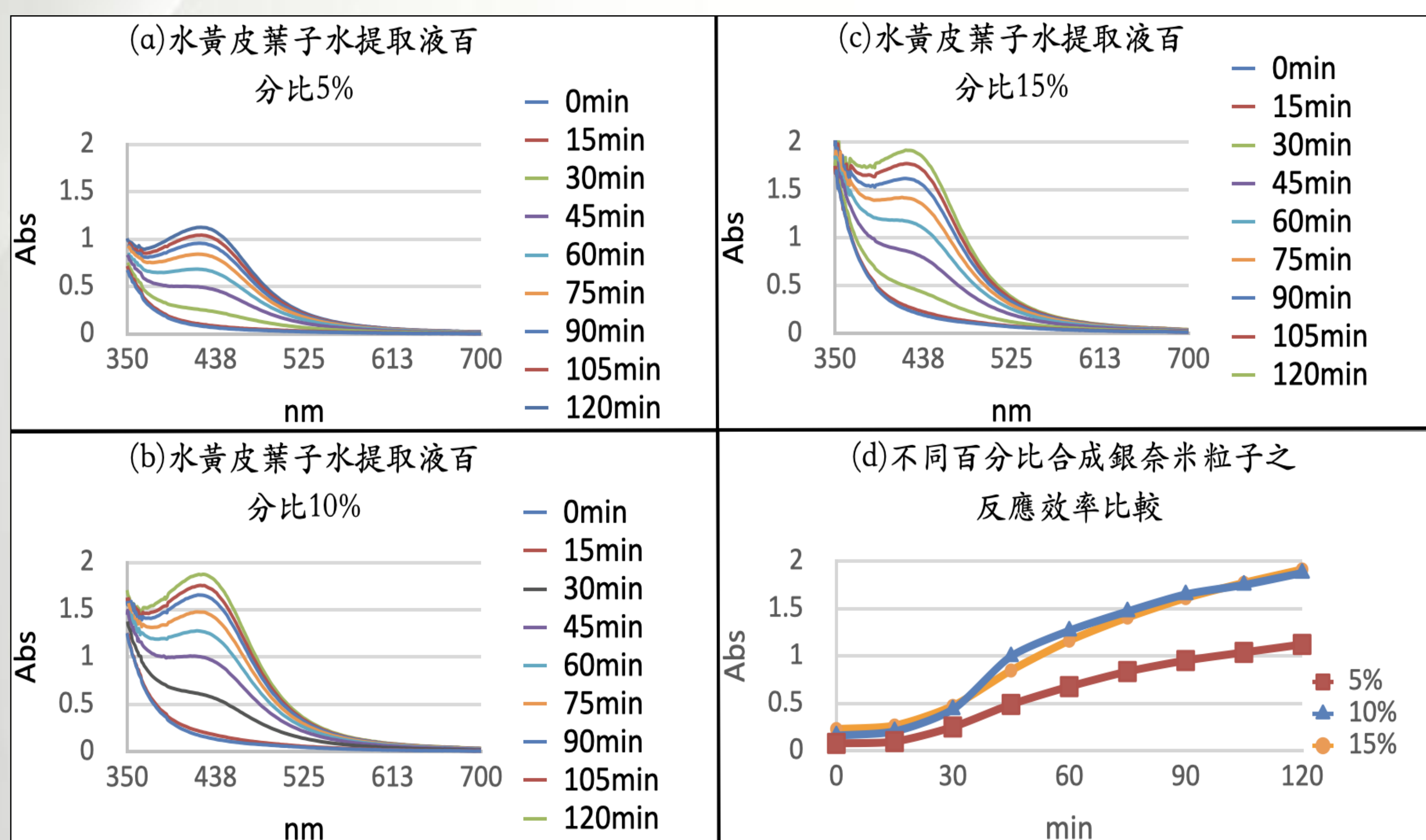
—實驗方法—

- 1.利用水熱法提取出水黃皮的水提取液。
- 2.製備硝酸銀溶液並與提取液混合。
- 3.設計三種變因（硝酸銀的濃度、反應溫度、水黃皮葉子水提取液的百分比）篩選出最好的銀奈米合成條件。
- 4.水黃皮葉子加入丙酮得萃取液，使用減壓濃縮機取得乾燥樣品。
- 5.利用氣相層析質譜儀進行樣品分析。

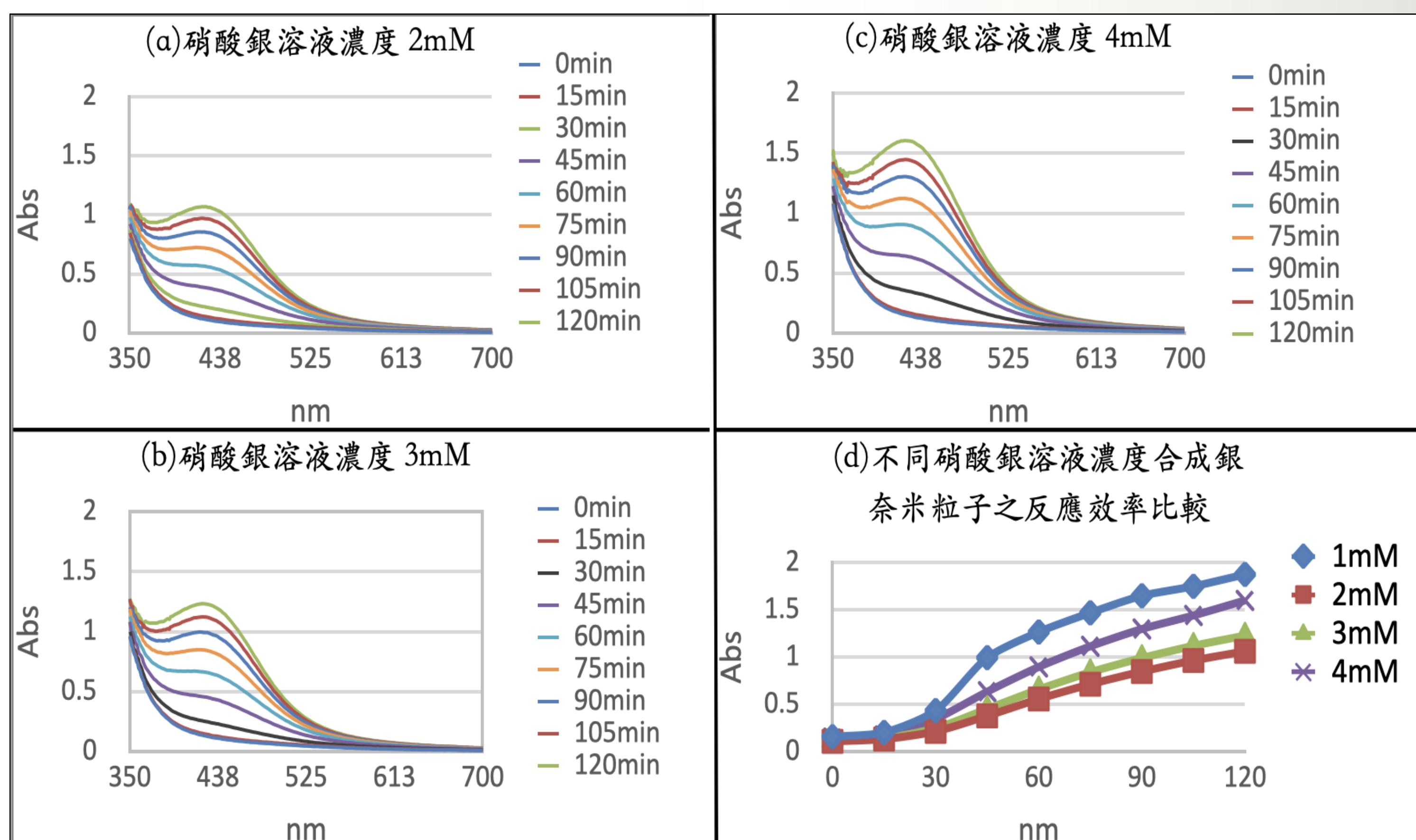


▲不同水浴溫度 (a) 35°C、(b) 45°C、(c) 55°C 反應之吸收度，(d) 不同反應溫度最大吸收度之速率比較。

—實驗結果與討論—



▲不同百分比之水黃皮提取液 (a) 5%、(b) 10%、(c) 15% 之吸收度，(d) 不同百分比水黃皮提取液最大吸收度之速率比較。



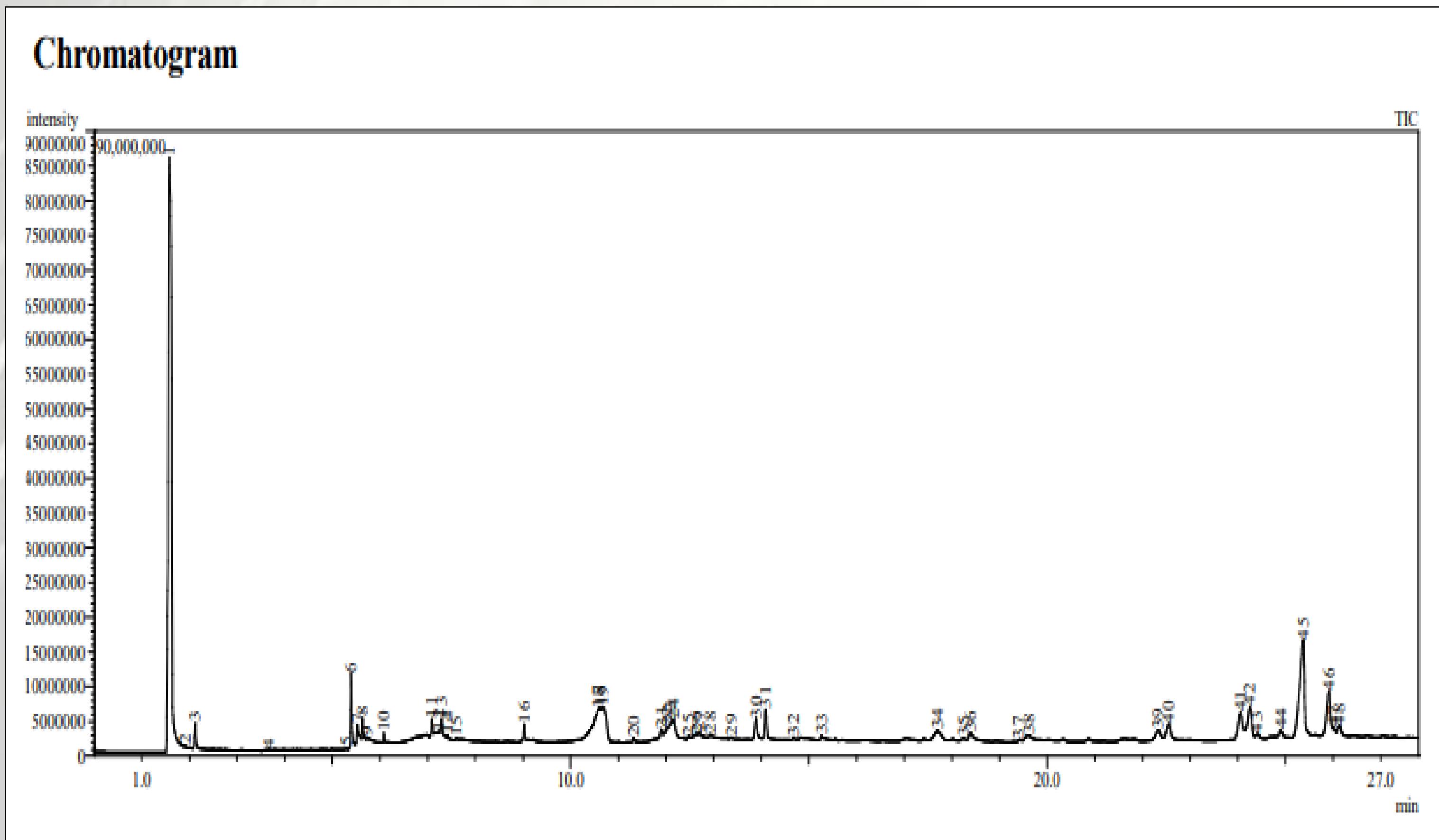
▲不同硝酸銀水溶液濃度 (a) 2mM、(b) 3mM、(c) 4mM 之吸收度，(d) 不同硝酸銀濃度最大吸收度之速率比較。

—結論—

- 1.本研究使用水萃取出水黃皮中的化學物質用生物綠色合成方法合成奈米銀粒子。
 - 2.三個變因的數據圖中篩選出最好的銀奈米合成條件為水黃皮葉子水提取液 10%、硝酸銀濃度 1 mM、反應溫度 65°C。
 - 3.以紫外光可見光光譜儀進行銀奈米粒子合成反應的監測，在波長 426 nm 位置出現特徵峰的最大吸收度。
 - 4.水黃皮葉子丙酮萃取液使用氣相層析質譜儀進行化學分析共有 48 個化學成分被分析鑑定，佔丙酮萃取液 99.16%，三大化學種類是酯類 (48.44%)、酮類 (24.12%) 和醇類 (11.96%)。酯類與醇類化合物能作為保護劑與還原劑，可穩定已生成的奈米顆粒，避免奈米顆粒繼續成長或凝聚成較大的粒子。[1~2]
- 其中最主要的成分為 Hydrazinecarboxylic acid, ethyl ester 佔水黃皮葉子丙酮萃取液 47.16%。

—參考文獻—

[1] Luciano Caseli, Gustavo B. Soriano, Roselaine S. Oliveira, Fernanda F. Camilo, "Physical Chemical Properties of Silver Nanoparticles Stabilized with Polyether-Block-Amide Interacting with Cellular Membrane Models at the Air-Water Interface", Biophysical Journal, Volume 112, Issue 3, Supplement 1, 2017, Page 376.
[2] 陳韋廷 (2008)。以烷醇酮基與烷羧酸基為保護劑具超晶格現象的金與銀奈米粒子。國立中山大學化學系研究所碩士論文。取自 <https://hdl.handle.net/11296/gtu6zw>



▲利用氣相層析質譜儀 進行水黃皮丙酮萃取液的成分分析



以芒果葉子水提取液綠色合成銀奈米粒子

蔡珮暄、陳品吟、陳泓曄、楊志馮*

義守大學化學工程學系、E-mail:jfyang@isu.edu.tw

關鍵字:綠色合成法、芒果葉子水提取液、銀奈米粒子、紫外光可見光光譜儀

摘要

本研究採用綠色合成方法製備銀奈米粒子，以植物的水提取液做為還原劑，使用芒果葉子的水提取液作為還原劑與硝酸銀水溶液反應，把硝酸銀水溶液的銀離子還原形成銀奈米晶體的銀奈米粒子 (Silver nanoparticles , Ag-NPs)。再以紫外光可見光光譜儀(UV-Visible)進行銀奈米粒子合成反應的監測，可以觀察到，製備的水提取液在波長 441 nm 位置出現銀奈米粒子特徵峰的最大吸收度，這顯著的吸收峰是由於銀奈米粒子的表面電漿共振 (surface plasmon resonance, SPR) 造成的。此外，利用氣相層析質譜儀(GC-MS)進行由超音波震盪器所得到的芒果葉子丙酮萃取液的化學成分組成的分析鑑定。

實驗方法



製備芒果葉水提取液

不同芒果水提取液百分比

不同硝酸銀水溶液濃度

不同反應溫度

GC-MS 成分分析

結果與討論

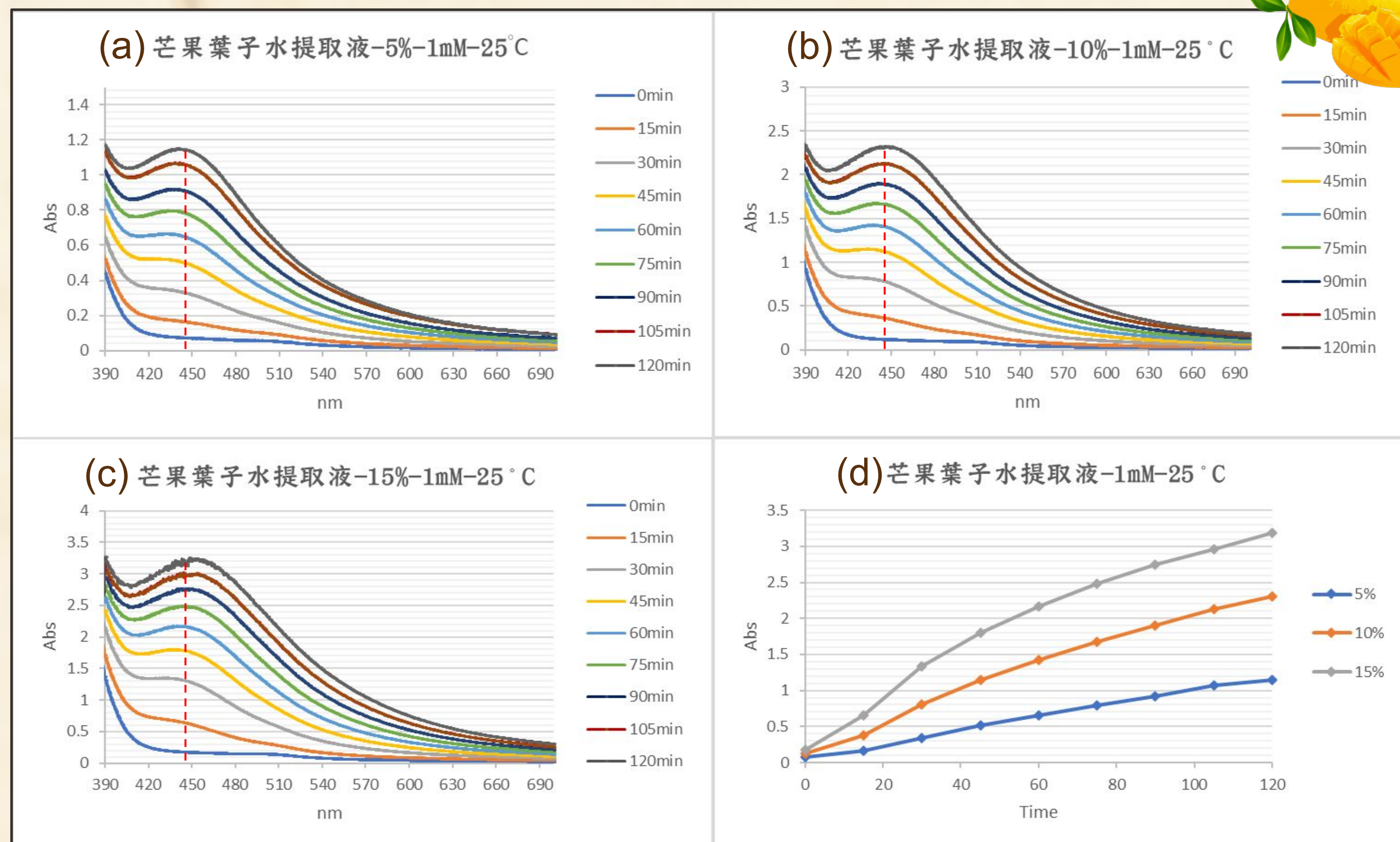


圖1.不同百分比之芒果葉子水提取液(a)5%、(b)10%、(c)15% 之吸收度。
(d)不同百分比芒果葉子水提取液最大吸收度之反應效率比較 ($\lambda_{\max} = 441\text{nm}$)

由不同百分比之芒果葉子水提取液合成反應中紫外光與可見光光譜儀的監測可以觀察，隨著反應時間增加，在($\lambda_{\max} = 441\text{nm}$)位置的吸收度也逐漸上升，當使用芒果葉子水提取液為15%，在反應時間120 min後，銀奈米粒子的吸收度(A=3.191)明顯大於添加5%(A=1.149)與10%(A=2.311)的芒果葉子水提取液結果

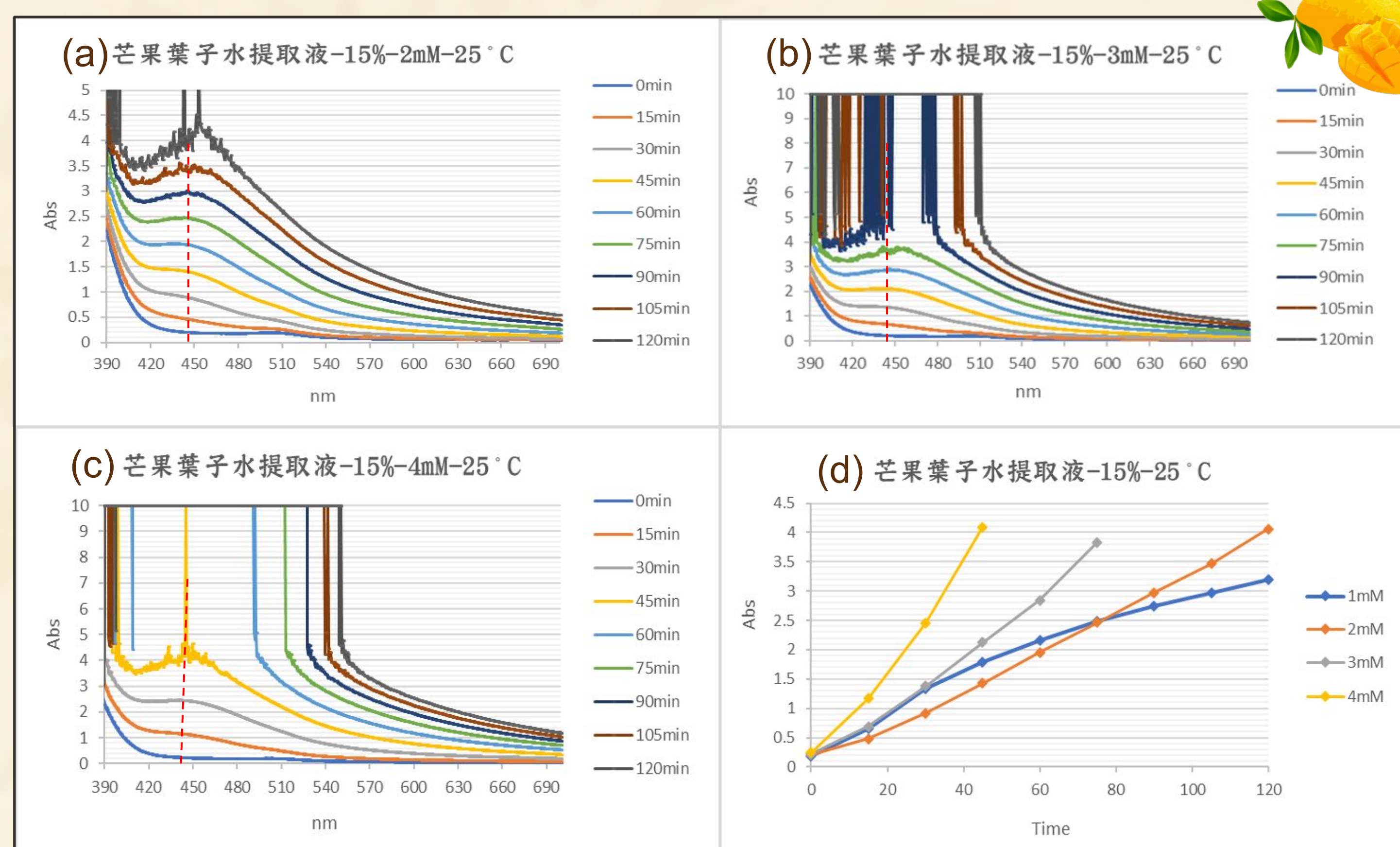


圖2.不同硝酸銀水溶液濃度(a)2 mM、(b)3 mM、(c)4 mM 之吸收度。
(d)不同硝酸銀水溶液濃度最大吸收度之反應效率比較 ($\lambda_{\max} = 441\text{nm}$)

由不同硝酸銀水溶液濃度合成反應中紫外光與可見光光譜儀的監測可以觀察，隨著反應時間增加，在($\lambda_{\max} = 441\text{nm}$)位置的吸收度也逐漸上升，但是由於反應過於劇烈，造成圖譜產生雜亂訊號，並且超過儀器偵測範圍造成over scale，因此在反應效率比較的部分只採用未超過範圍的數據，在硝酸銀水溶液濃度 = 1mM 時的合成較穩定

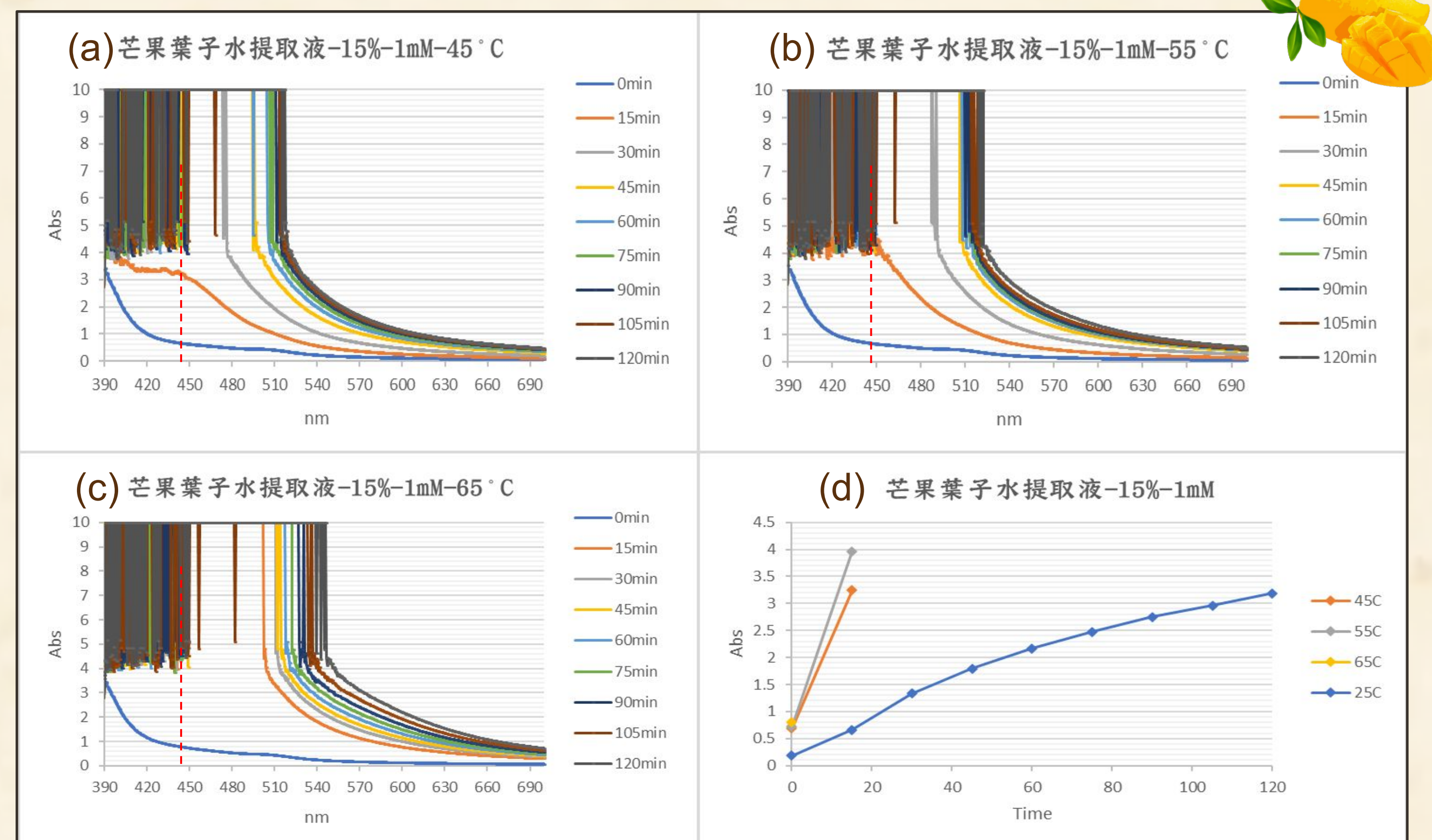


圖3.不同反應溫度(a)45°C、(b)55°C、(c)65°C 之吸收度。
(d)不同反應溫度最大吸收度之反應效率比較 ($\lambda_{\max} = 441\text{nm}$)

由改變反應溫度合成中紫外光與可見光光譜儀的監測可以觀察到，隨著反應時間增加，在($\lambda_{\max} = 441\text{nm}$)位置的吸收度也逐漸上升，但是由於反應過於劇烈，造成圖譜產生雜亂訊號，並且超過儀器偵測範圍造成over scale，因此在反應效率比較的部分只採用未超過範圍的數據，在反應溫度=25°C時的合成較穩定

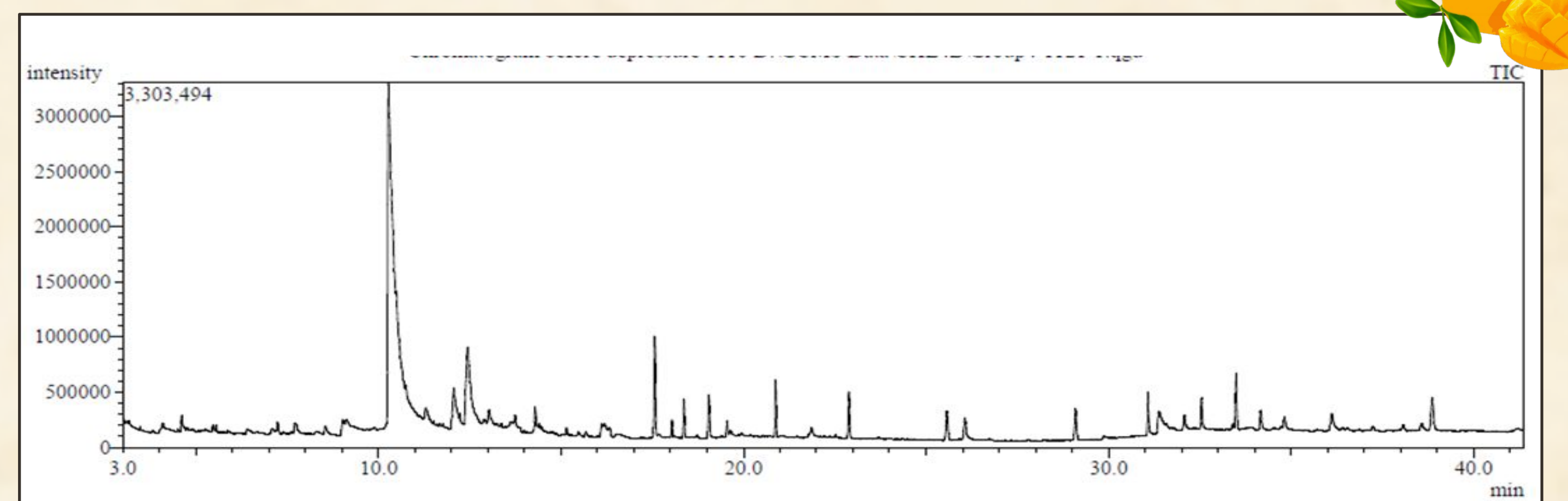


圖4.芒果葉子超音波協助丙酮萃取的氣相層析質譜圖

	醇類 Alcohols	酚類 phenol	酸類 Acids	烯類 Alkenes	烷類 Alkanes	酮類 Ketones	醯胺類 Amides	醛類 Aldehydes	酯類 Esters	Total
芒果葉子	37.14%	14.28%	10.62%	10.26%	9.58%	1.16%	0.98%	0.96%	0.2%	85.18%

表1.芒果葉子丙酮萃取液中化學種類

由芒果葉子超音波協助丙酮萃取的氣相層析質譜分析可以得到芒果葉子丙酮萃取液的成分，利用NIST 17 資料庫比對分子片段相似度(Similarity Index, SI)。比對結果(SI大於或等於85%)，共有42個化學成分被分析鑑定，占丙酮萃取液85.18%。由表1得知，芒果葉子丙酮萃取液的三大化學種類是醇類(37.14%)、酚類(14.28%)和酸類(10.62%)

結論

使用綠色方法合成銀奈米粒子製備的芒果葉子水提取液，經由改變水提取液百分比、硝酸銀濃度和反應溫度的參數，得到合成銀奈米粒子的最佳條件為芒果葉子水提取液百分比15%、硝酸銀濃度1mM、反應溫度25°C。如今，銀奈米粒子的合成可以由植物中具有還原能力的成分有效地完成，且具有環境友好性。

另外由氣相層析質譜儀(GC-MS)化學成分鑑定出芒果葉子丙酮萃取液中的42個化學成分，占丙酮萃取液85.18%。

為了奈米技術的健康未來，奈米粒子的合成應採用綠色合成方法，使用環保和可再生的材料，消除因使用化學還原劑和有機溶劑而產生的危害。

參考文獻

- M. Kumar, V. Saurabh, M. Tomar , M. Hasan, S. Changan , M. Sasi , C. Maheshwari, U. Prajapati, S. Singh, R. K. Prajapat , S. Dhupal, S. Punia , R. Amarowicz and M. Mekhemar , " Mango (*Mangifera indica* L.) Leaves: Nutritional Composition, Phytochemical Profile, and Health Promoting Bioactivities," *Antioxidants* , 10(2) ,2021, 299-299
- N. Ahmad and S. Sharma "Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Extracts of *Ananas comosus* ," *Green sustain Chem*, 2(4) ,2012, 141-147.



以雞蛋花水提取液綠色合成銀奈米粒子

柯淳浚、鄭千榆、何詩雅、楊詠翔、楊志馮*

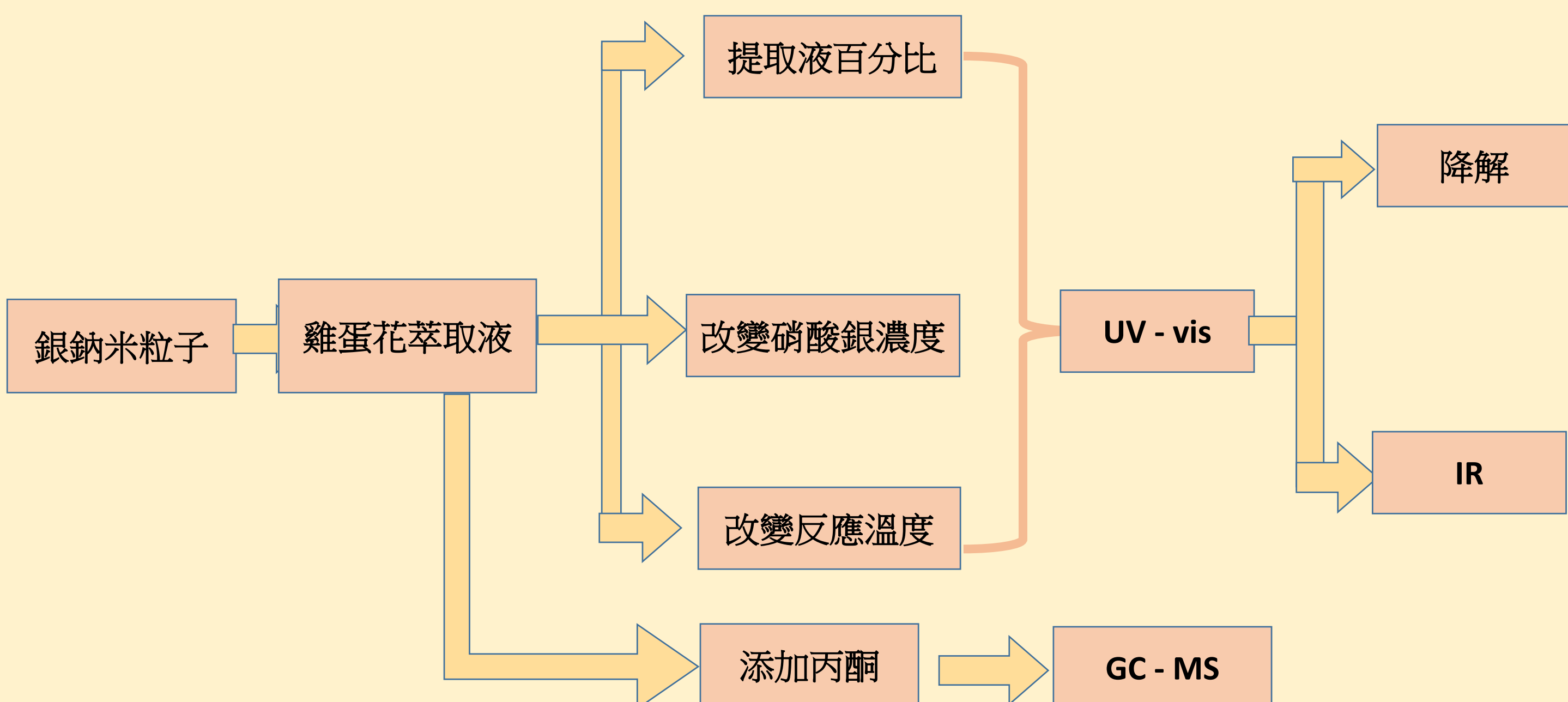
義守大學化學工程學系、E-mail:jfyang@isu.edu.tw

關鍵字:綠色合成法、雞蛋花提取液、奈米銀粒子、紫外光可見光光譜儀

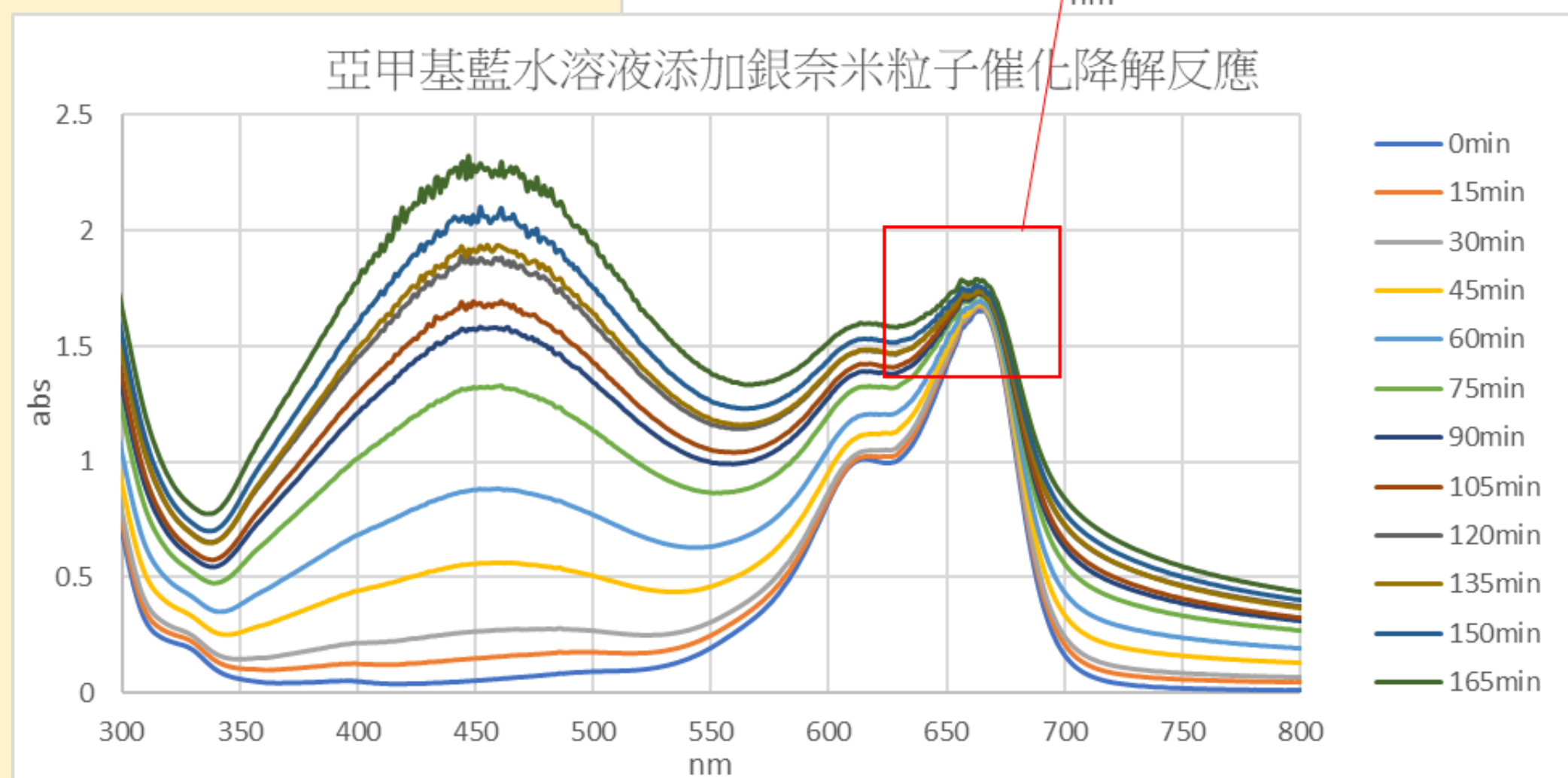
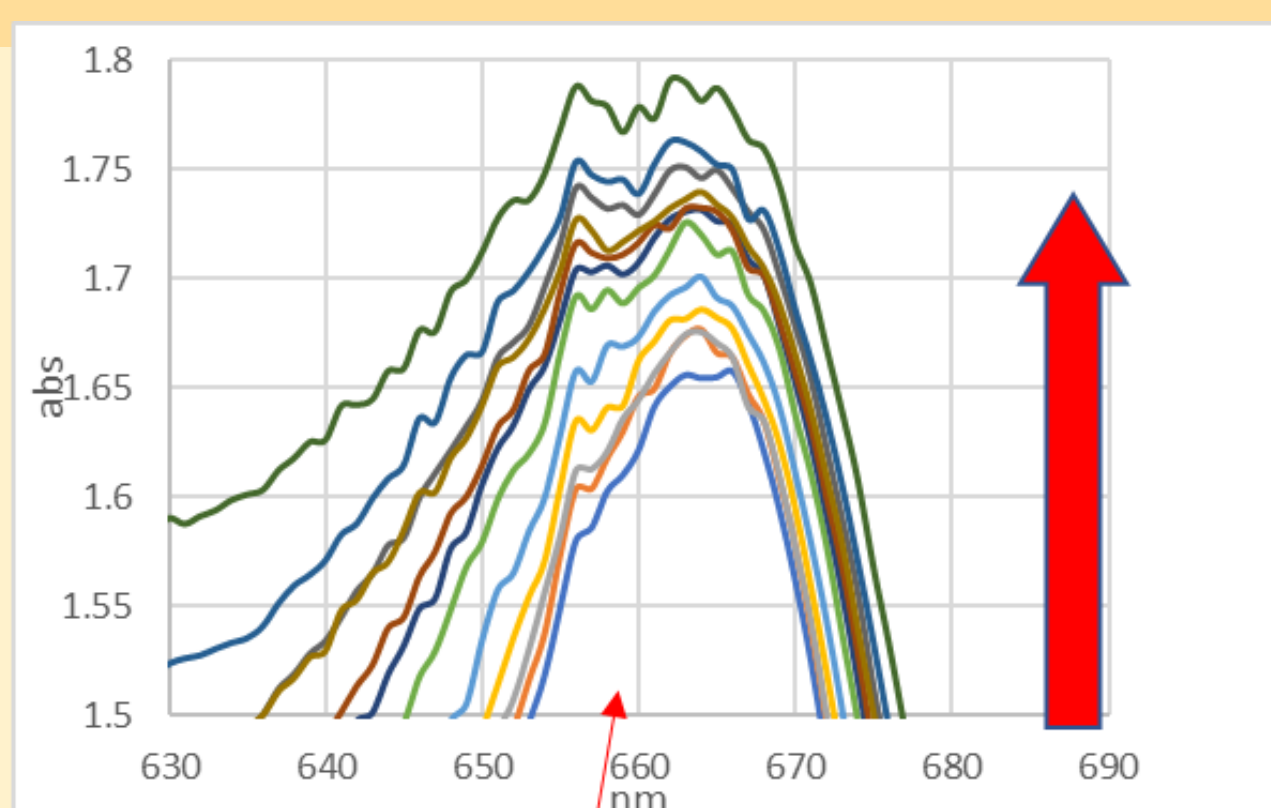
摘要

本篇論文是使用雞蛋花作為綠色合成奈米銀的還原劑，硝酸銀溶液作為前驅物，製備成的銀奈米粒子與亞甲基藍催化降解之研究。在實驗過程中，以改變提取液百分比、硝酸銀濃度和反應溫度尋找最適合還原銀奈米粒子的條件，過程中我們使用紫外線光譜儀（UV-vis）尋找最大吸收波長之波長，利用氣相層析質譜儀（GC-MS）分析雞蛋花成分，把合成出來的銀奈米粒子使用亞甲基藍進行降解，並且運用紅外線光譜儀（IR）分析銀奈米粒子結構。

實驗方法



結論



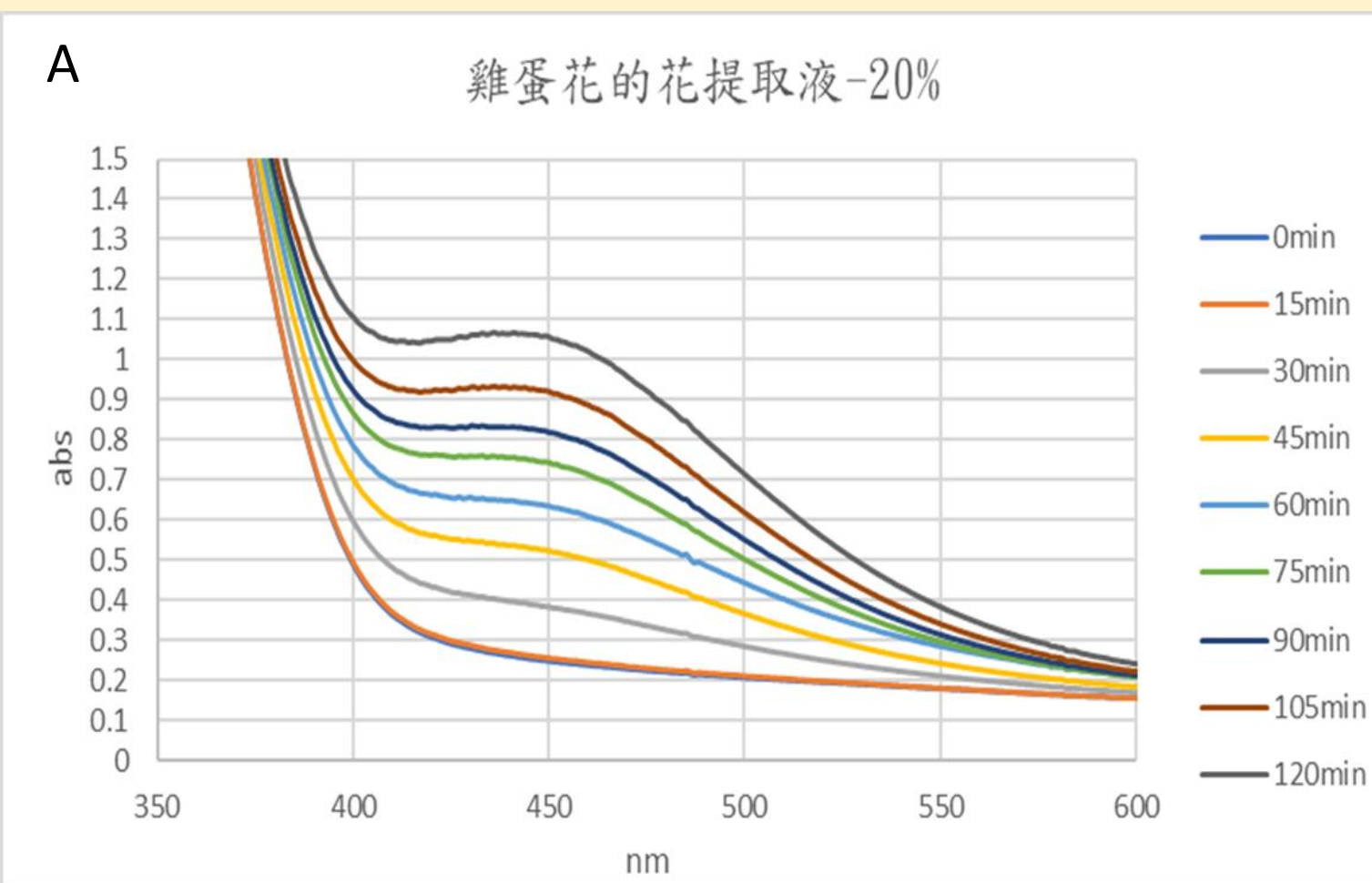
使用雞蛋花提取液成功進行銀奈米粒子的綠色合成。改變雞蛋花水提取液百分比、硝酸銀濃度和反應溫度三種變化條件尋找最適合還原銀奈米粒子的條件，其中以80度的雞蛋花水提取液、銀奈米溶液濃度0.001M和反應溫度45度以及百分比15%為最佳條件和70度的雞蛋花水提取液、銀奈米溶液濃度0.001M和反應溫度45度以及百分比20%為最佳條件，其中使用了紫外光-可見光光度計在441nm偵測到銀奈米粒子的生成，觀察到顏色從淡黃色到深褐色，可以知道銀奈米粒子的合成。

利用氣相層析質譜儀（GC-MS）以及紅外線光譜儀（FTIR）進行銀奈米粒子結構鑑定，在氣象層析儀當中觀察到化學成分有烯類、烷類、酮類、醇類、苯類、酸類、酯類和醛類，使以包含相似度90%或以上去選擇得到的Peak，其中以烯類和酯類占主要百分比，以及在紅外線光譜中有羥基（-OH）基團、乙烯基（C=CH₂）、亞甲基（=CH₂）、雙鍵（C=C）和羧基（C=O）。

最後本實驗亞甲基藍催化降解反應是以雞蛋花水提取液當還原劑，預期的結果可得到的圖是隨著時間變化，亞甲基藍溶液結構被破壞，進而導致UV-vis 紫外線可見光光譜儀測到的吸收度下降，實驗結果卻是與預期的相反，細部的原因我們不得而知，期許在未來可以得知造成此現象的因素。

結果與討論

70℃提取液



80℃提取液

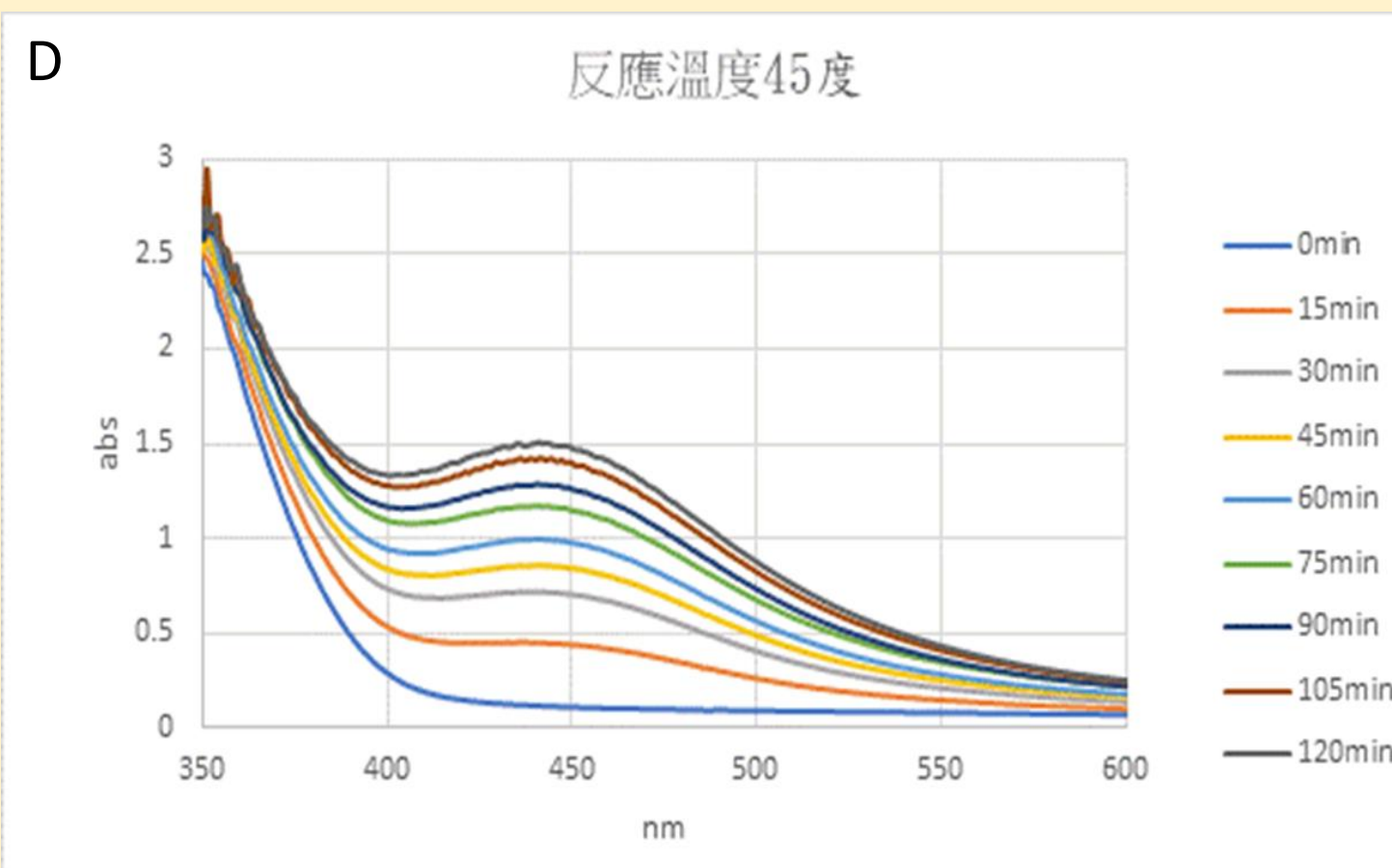
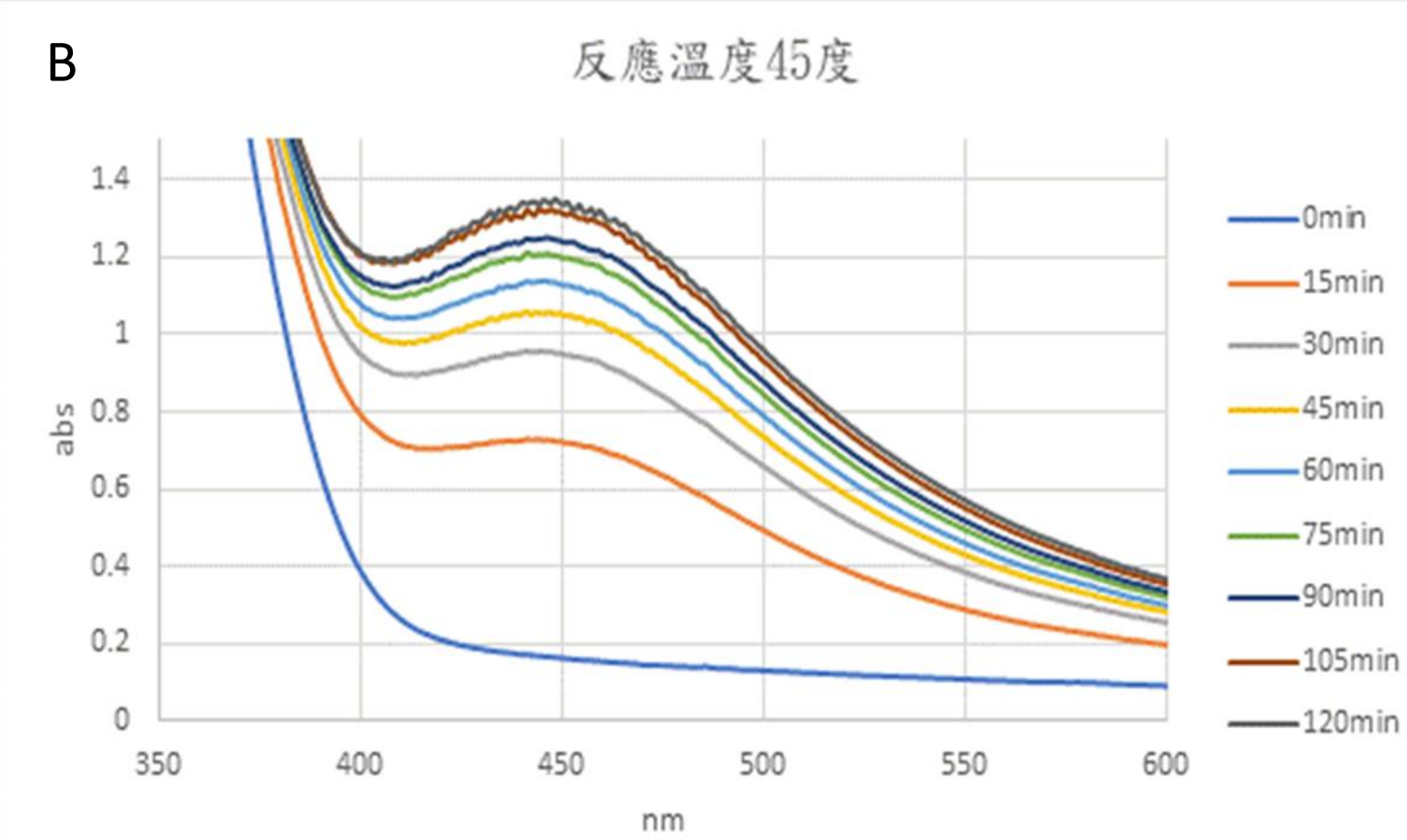
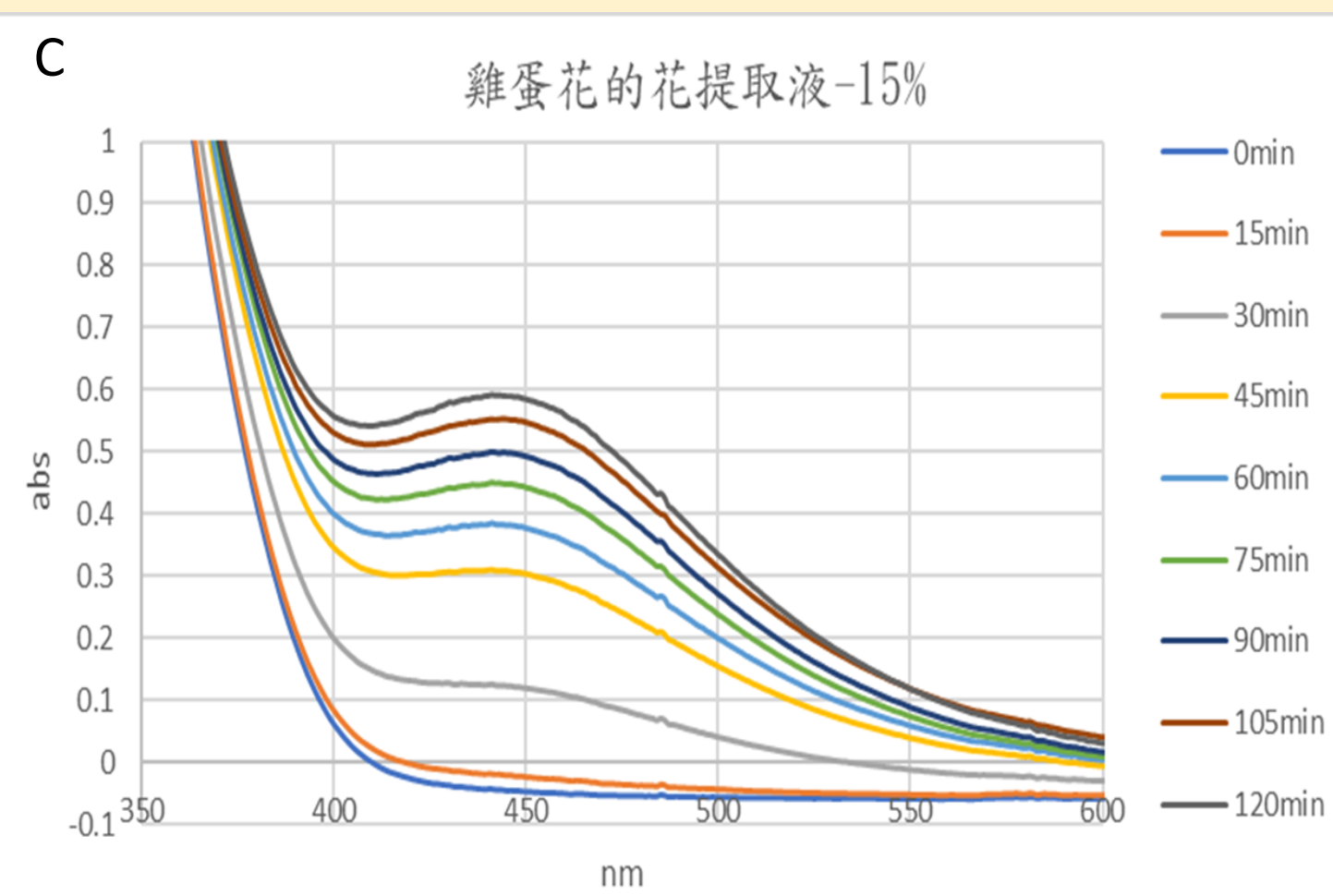
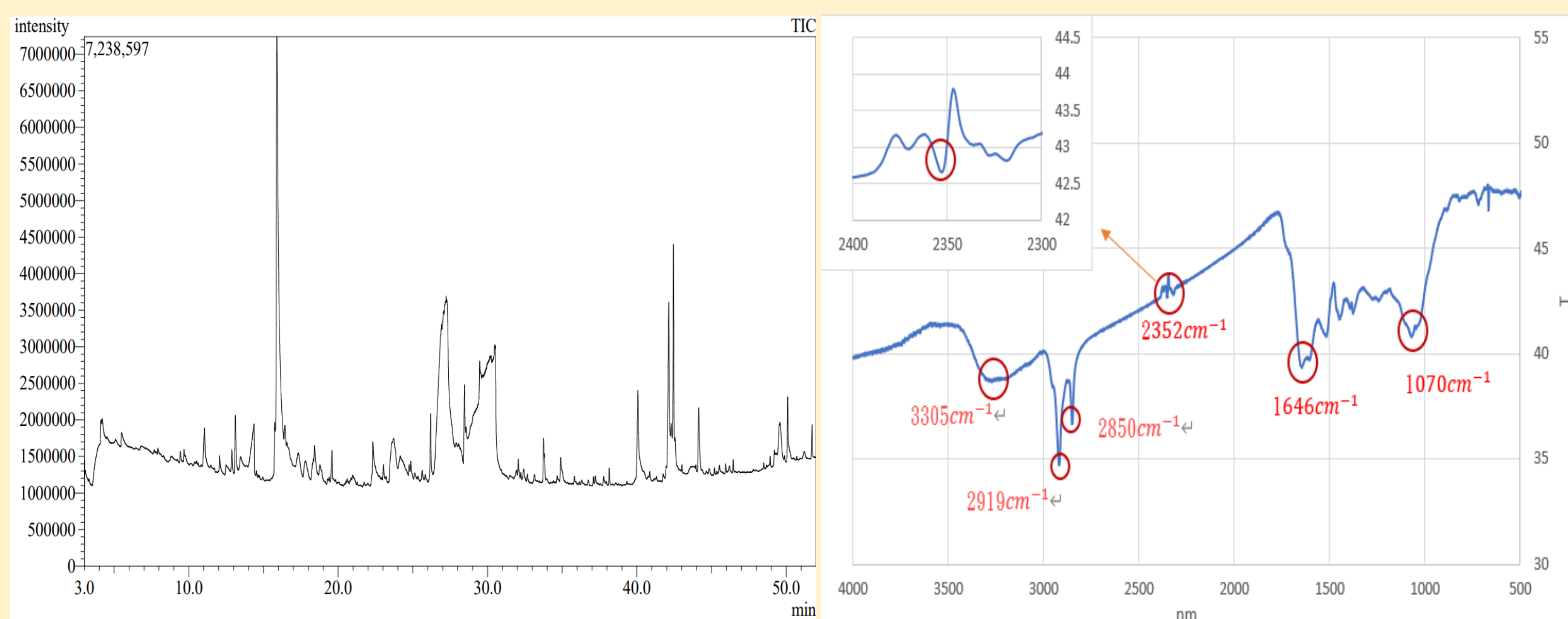


圖 A (改變提取液比例): 70 °C 雞蛋花提取液與硝酸銀 0.01 mM 比例 20% 的UV光譜圖

圖 B (改變反應溫度): 70 °C 雞蛋花提取液與硝酸銀 0.01 mM 比例 20% 在 45 °C 下反應的UV光譜圖

圖 C (改變提取液比例): 80 °C 雞蛋花提取液與硝酸銀 0.01 mM 比例 15% 的UV光譜圖

圖 D (改變反應溫度): 80 °C 雞蛋花提取液與硝酸銀 0.01 mM 比例 15% 在 45 °C 下反應的UV光譜圖



左圖: GC-MS氣象層析儀分析雞蛋花化學成分

右圖: FTIR光譜圖分析

參考文獻

1. Rani MataJayachandra Reddy NakkalaSudha Rani Sadras. "Catalytic and biological activities of green silver nanoparticles synthesized from Plumeria alba (frangipani) flower extract" *Materials Science and Engineering*: 2015 June. 1 :216-225
2. 吳豪鈞 "Combining Modified Nano-TiO₂ Photocatalysts with Painting Technology for Decomposing Methylene Blue" 台灣碩博士論文 2014 :121 <https://hdl.handle.net/11296/4hbkyh>