



## 壹、摘要

將紫甘藍汁盛裝在內壁塗佈有  $\text{TiO}_2$  光觸媒的燒杯中，以紫外光照射半小時即有顯著的褪色現象，但未塗佈  $\text{TiO}_2$  燒杯中的紫甘藍汁也以紫外光照射，卻無褪色，可見  $\text{TiO}_2$  的確產生效果；並以自組的透光儀量測紫甘藍汁水溶液，發現當水溶液的顏色愈淺，透光度會愈大，透光儀所輸出的電流值也隨之愈大，故可藉以計算紫甘藍色素的分解率。另外，實驗發現在愈鹼的環境下， $\text{TiO}_2$  光觸媒對紫甘藍汁有較佳的分解效果，由此可推論，紫甘藍汁中色素的分解是起因於氫氧自由基的氧化作用，在愈鹼性的環境中有助於二氧化鈦光觸媒產生氫氧自由基，故造成鹼性環境中的分解效果比在酸性環境中好。

## 貳、研究動機

市售  $\text{TiO}_2$  光觸媒的商品已廣泛應用於有機物的分解、殺菌等用途，由其反應機構可得知， $\text{TiO}_2$  光觸媒於水中經紫外光的照射會產生兩種活性粒子： $\bullet\text{OH}$  與  $\text{O}_2^-$ ，就化學平衡的觀點，前者的生成與酸鹼度有關，因此本組利用市面上易購得之材料與學校實驗室中器材以探討有機物的分解。

## 參、研究目的

本實驗以紫甘藍汁中的色素作為探討之有機物，除了以肉眼觀察色素被分解造成褪色的現象外，並自組一透光儀，藉由其電流的輸出作為有色物質分解之定量工具。實驗中，探討了紫甘藍汁中的色素分解是否受  $\text{pH}$  值的影響，以推論出該有機物的分解是受  $\bullet\text{OH}$  的氧化亦或是受  $\text{O}_2^-$  的還原所致。

## 肆、研究設備與器材

燒杯、滴管、試管、試管架、量筒、量瓶、吸量管、紫甘藍汁、電子攪拌器、蒸餾水、紫外燈管(取自廢棄飲水機)、紫甘藍汁、市售  $\text{TiO}_2$  光觸媒、鹽酸、氫氧化鈉、 $\text{pH}$  計、吹風機、鐵架。

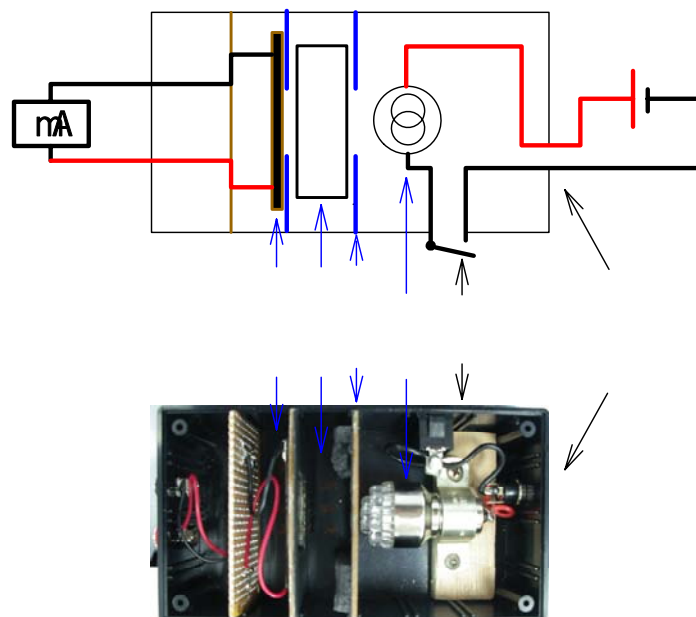
## 伍、研究過程與方法

### 一、準備:

- (一)將  $\text{TiO}_2$  光觸媒均勻的噴灑於 500mL 的燒杯內壁後，以吹風機吹乾，再噴灑  $\text{TiO}_2$  光觸媒，並再吹乾，一共塗佈五層  $\text{TiO}_2$  後待用。
- (二)將紫甘藍汁加入蒸餾水稀釋至體積百分率 1% 後待用。
- (三)將紫外光燈管固定於鐵架，實驗裝置如下圖所示



- (四)紫甘藍汁水溶液之透光儀如下圖。量測前，須先將透光儀之燈源打開至電流穩定。量測透光度時，將 15 mL 的待測液倒入樣品槽中，再將樣品槽置入透光儀中，紀錄電流值。當水溶液的顏色愈淺，透光度愈大，則電流值愈大。



## 二、實驗一

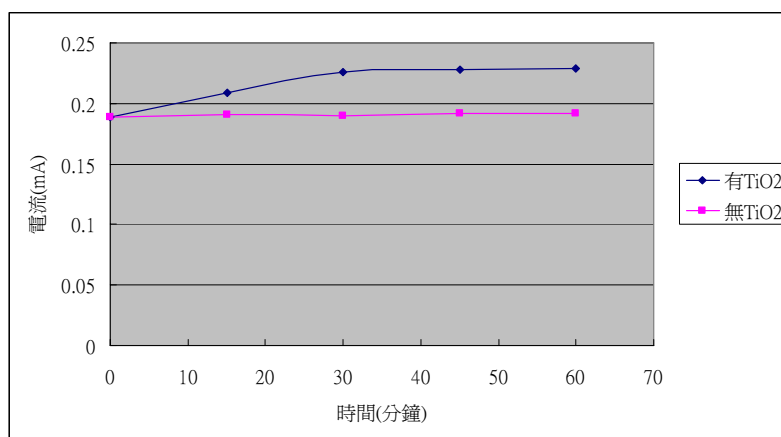
量取各 50 mL 配置好的紫甘藍汁水溶液，分別倒進有  $\text{TiO}_2$  及無  $\text{TiO}_2$  的燒杯中，放在電子攪拌器上進行攪拌一段時間後，觀察顏色變化並量測其透光度。

## 三、實驗二

將體積百分率 1% 的紫甘藍汁水溶液( $\text{pH}=7$ )，以氫氧化鈉或鹽酸調整水溶液  $\text{pH}$  值為 3、4.8、7、9.1、10.7。將調整好酸鹼度的紫甘藍汁水溶液各量取 50mL，分別倒入有塗佈  $\text{TiO}_2$  及無  $\text{TiO}_2$  的燒杯中，放在電子攪拌器上攪拌半小時後，觀察顏色變化並量測其透光度。

## 陸、研究結果

### 實驗一



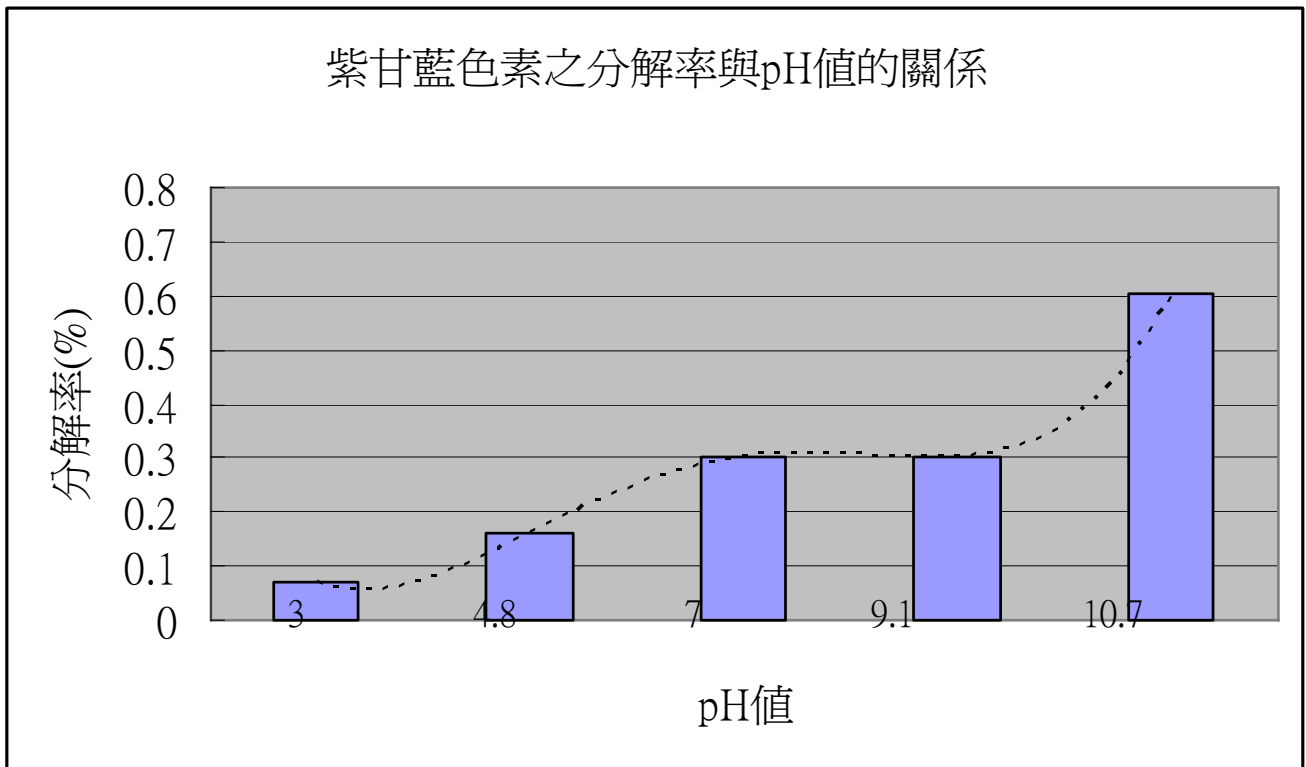
於紫外光的照射下，紫甘藍汁經  $\text{TiO}_2$  作用半小時即有顯著的褪色，其透光度也增大。



左杯為無  $\text{TiO}_2$  作用之紫甘藍汁水溶液，右杯為經  $\text{TiO}_2$  作用之紫甘藍汁水溶液

## 實驗二

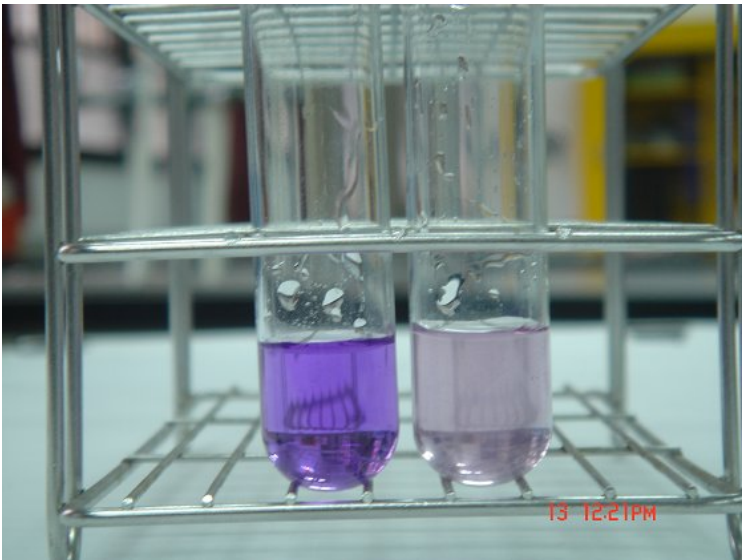
各種 pH 值的紫甘藍汁經  $\text{TiO}_2$  作用半小時後的分解率如下：



於愈酸的環境下，分解效果愈差；於愈鹼的環境下分解效果愈佳。



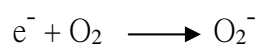
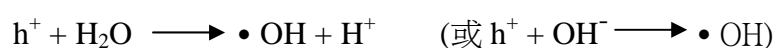
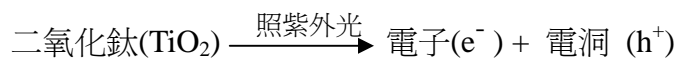
酸性的紫甘藍汁水溶液於  $\text{TiO}_2$  作用半小時後，並無顯著的褪色。



鹼性的紫甘藍汁水溶液於 TiO<sub>2</sub> 作用半小時後，有顯著的褪色。

## 柒..討論

一. TiO<sub>2</sub> 光觸媒的反應是藉由紫外光的照射，使觸媒表面的電子吸收足夠能量而脫離，而在電子脫離的位置便形成帶正電的電洞(h<sup>+</sup>)，電洞會使附近水分子或氫氧根產生活性極大的氫氧自由基(•OH)，氫氧自由基一但遇上有機物質便能氧化有機物分子，使有機物質分解。因此於討論 TiO<sub>2</sub> 光觸媒對有機物的分解時，•OH 自由基的產生有決定性的作用。



二. 將紫甘藍汁盛裝於塗佈 TiO<sub>2</sub> 光觸媒的燒杯中進行攪拌並照射紫外光，經半小時即有顯著的褪色現象，但無 TiO<sub>2</sub> 的紫甘藍汁則否，可見 TiO<sub>2</sub> 的確產生效果。紫甘藍汁的褪色代表其中的某些物質被 TiO<sub>2</sub> 所產生的活性粒子分解；利用自組的透光儀量測，可得較高的電流輸出值，亦證明了經 TiO<sub>2</sub> 作用的紫甘藍汁透光度增加。

三.將紫甘藍汁調整不同的酸鹼性進行分解實驗，結果發現於愈鹼性的環境下，TiO<sub>2</sub>光觸媒可發揮較佳的分解效果，但酸性時的分解效果極差。從 TiO<sub>2</sub> 照紫外光的作用機制中： $h^+ + H_2O \longrightarrow \cdot OH + H^+$  (或  $h + OH^- \longrightarrow \cdot OH$ ) 顯示愈鹼性的環境中有助於二氧化鈦光觸媒產生  $\cdot OH$ ，而酸性不利於  $\cdot OH$  的產生。因此推論本實驗中所觀察的褪色現象主要是起因於  $\cdot OH$  分解了紫甘藍汁中的色素所致而非 O<sub>2</sub><sup>-</sup>。

## 捌、結論

本實驗成功的利用簡易的裝置探討 TiO<sub>2</sub> 對有機物質的分解反應，將實驗結果進行有根據的分析及推理可發現，紫甘藍汁中色素的分解是起因於氫氧自由基的氧化作用；而且在愈鹼性的環境中有助於二氧化鈦光觸媒產生氫氧自由基，故於鹼性環境中分解有機物的效果比在酸性環境下好。

## 玖、參考資料

1. <http://nano.nchc.org.tw/dictionary/photocatalyst.html>
2. <http://www.cesh.itri.org.tw/tech/lab/showlabtech.php?techid=B505>
3. <http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/v25/454.pdf>
4. 高中化學-化學平衡

040206

Ti O<sub>2</sub>

Ti O<sub>2</sub>