

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國中組 化學科

030217

“紫外”奇蹟，UV！——紫外線敏化酵素反應之  
研究

學校名稱：臺中市立居仁國民中學

作者：  國二 楊羚  國二 洪揚  國二 吳易秦  國二 李軒任	指導老師：  蔡明致  黃文儀
---	-----------------------------

關鍵詞：澱粉水解酵素、紫外線 (UVA)、光觸媒

研究主題：

## “紫外”奇蹟，UV！---紫外線敏化酵素反應之研究 摘要

國一課本中「唾液分解澱粉」的實驗，依照課本步驟操作往往要經過半小時以上的等待時間才能獲得結果。而且唾液取自同學的口中，酵素含量及唾液中的成分因人而異，不僅實驗結果可能和預期的相去甚遠，衛生問題也令人堪憂。所以，我們進行課本中「唾液分解澱粉」實驗的改進，希望能加速反應速率並且尋找唾液酵素的替代材料。

根據觀測結果及實驗結論可知：我們的實驗證明

- 一、白殼麴菌及小麥胚芽均含澱粉水解酵素可以替代唾液中的澱粉水解酵素。尤其同一活化時間的乾燥小麥胚芽產糖量遠超過白殼麴粉，所以建議利用乾燥的小麥胚芽取代唾液酵素。在使用白殼麴菌時，必須先以溫水(約 35°C~40°C)浸泡活化，活化時間在 50 分鐘~90 分鐘最佳。而使用小麥胚芽則需泡水 50 分鐘，經研磨後使用，對澱粉的分解效果最好。
- 二、紫外線可加速酵素分解澱粉的速率，尤其發現 UVA 紫外線的照度對於酵素有明顯的影響。若貼近 UVA 紫外線燈，其催化反應效果最佳。此外，亦發現 UVC 的穿透力極小(無法穿透玻璃及投影片)，因此照射 UVC 應建議直接由溶液正上方照射才不會被容器阻隔。
- 三、若加入二氧化鈦當作光觸媒並且照射 UVA 紫外線燈，則強照度紫外線(貼近 UVA 紫外線燈)，其效果會比只照射弱照度的紫外線更好。此外，UVC 紫外線容易被容器的材質所隔離，本次 UVC 的測試結果無明顯的規律性，有待進一步的確認。
- 四、我們所設計的可回收式光觸媒是可促進酵素反應而且是環保、省材料的生物晶片設計。

根據實驗結果，我們建議：將來在進行酵素的檢驗反應時，需要考慮紫外線對反應速率的影響，因為日常生活中紫外線的隨手可得(日光燈、省電燈泡、LED 燈...)。反之也可以在以酵素催化進行各項醫療檢驗過程，藉由紫外線及光觸媒促進反應速率，來縮短檢驗時間。

## 壹、研究動機

由於學校在進行生物實驗「唾液與澱粉的實驗」中，每次反應需將近半小時的等候時間，需要改進反應速率以節省時間。再加上唾液取自同學的口中，酵素含量因人而異，甚至會有飲食之後有機物在口中殘留的現象，不僅實驗結果可能和預期的相去甚遠，衛生問題也令人堪憂。所以，我們進行「唾液分解澱粉」實驗的改進，希望能加速反應速率並且尋找唾液酵素的替代材料。經過文獻資料的分析，我們找到白殼麴菌在米酒發酵之應用、小麥胚芽具有澱粉水解酵素可將澱粉分解成麥芽糖，以及「光觸媒」對於光電池的氧化還原反應有促進的功能，並希望能將同樣效果加諸於「唾液與澱粉的實驗」之上。因此我們希望藉由探討以白殼麴菌或小麥胚芽取代唾液的可能性，及「光觸媒」對於澱粉水解酵素催化速率的敏化程度，以進行酵素特性之探討與「光觸媒」敏化酵素反應理論之驗證，進而提升未來生物晶片的檢驗效能。

## 貳、研究目的

- 一、「光觸媒」對於「唾液澱粉水解酵素」催化速率的影響。
- 二、不同「紫外線照度」對「唾液澱粉水解酵素」反應速率的影響
- 三、不同「紫外線光源」對於「唾液澱粉水解酵素」催化速率的影響
- 四、「白殼麴菌溶液」配製方式之測定
- 五、「白殼麴菌澱粉水解酵素」活化時間曲線的測定
- 六、不同種類的澱粉水解酵素取代唾液酵素之效能測定
- 七、改良「可回收式光觸媒」(立可帶、熱熔膠)對於「白殼麴菌澱粉水解酵素」催化速率的影響

## 參、器材及藥品

羅氏優勢血糖機(單位 mg/dL、臨界值 600、誤差在 10%以內)、二氧化鈦粉末、人生藥品甘油球、台糖太白粉(澱粉)、3W 紫外線 LED 燈 (波長 400nm 屬於 UVA)、吹風機、K-type 電子溫度計、載玻片、夾鍊袋、立可帶、熱熔膠、不鏽鋼試管架、試管夾、膠帶、碼錶、燒杯(50ml、250ml、1000ml)、鐵架、萬用夾、玻璃滴管、試管、量筒(10ml、25ml)、電子秤量計

		
血糖機	3W(UVA)紫外線 LED 燈	K-type 電子溫度計
		
恆溫保溫箱	改良的光觸媒試紙	UVC 紫外線燈

## 肆、研究方法、結果及討論

一、「光觸媒」對於「唾液澱粉水解酵素」(Hydrolase) 催化速率的影響。

(一) 假設：二氧化鈦光觸媒吸光能會釋放電子促進氧化還原反應，因此可能會促進澱粉水解酵素反應速率。

(二) 實驗目的：測量光觸媒對澱粉水解酵素反應速率的影響程度

(三) 實驗方法：

實驗組：唾液、澱粉液(30%)各 2ml+二氧化鈦 0.4g+甘油 1ml (甘油可降低二氧化鈦沉澱量增加反應) +照紫外線(貼近 UVA 紫外線燈)+熱風(38°C)

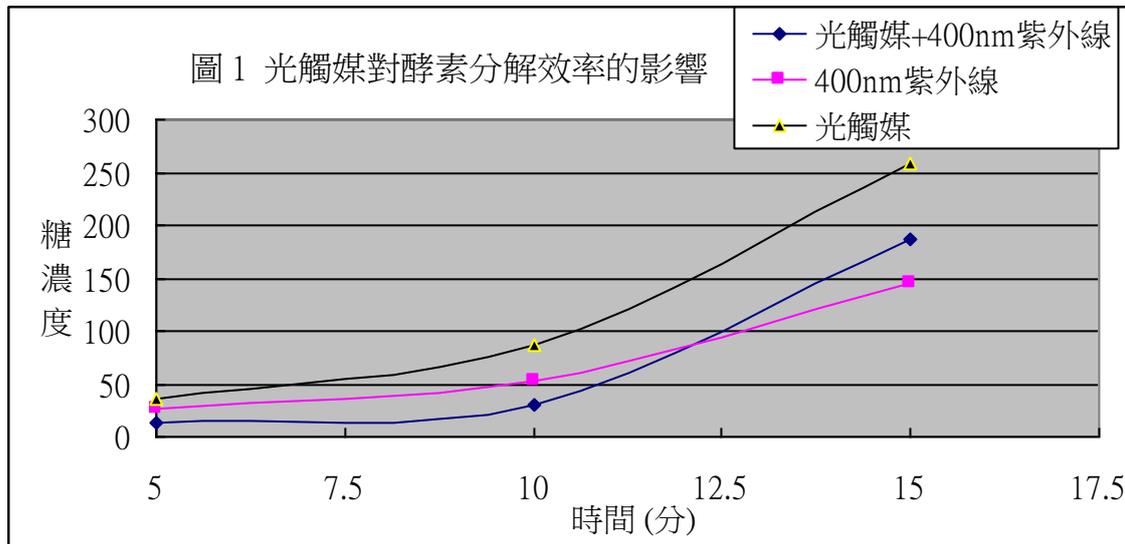
對照組 1：唾液、澱粉液(30%)各 2ml+甘油 1ml+照紫外線(貼近 UVA 紫外線燈)+熱風(38°C)

對照組 2：唾液、澱粉液(30%)各 2ml+二氧化鈦 0.4g+甘油 1ml+包鋁箔+照紫外線(貼近 UVA 紫外線燈)+熱風(38°C)

◎每 5 分鐘吸取一滴混合液以血糖機測試醣類濃度 (mg/dL)

(四) 實驗結果：

組別 \ 時間	5 分	10 分	15 分
光觸媒+紫外線(UVA)	14	31	187
紫外線(UVA)	26	52	146
光觸媒	36	86	258



(五) 觀察紀錄及討論：

1. 酵素分解澱粉的反應速率大小：光觸媒 > 光觸媒+紫外線 > 紫外線。由於光觸媒需要紫外線才能起作用，但是本次實驗只有光觸媒的組別卻是反應速率最高。推測可能是鋁箔的比熱小造成溫度變化快而增加其反應速率。為避免鋁箔對反應溫度的影響，建議往後不包鋁箔，並改用暗室處理，比較不會出現其他變因之影響。
2. 酵素分解反應至第 15 分鐘起分解速率突然大增，推測酵素的反應速率並非等速率。
3. 為驗證紫外線的影響，須再進行實驗分析紫外線的種類及紫外線照度的影響。

二、不同紫外線照度對「唾液澱粉水解菌酵素」催化速率的影響

(一) 假設：紫外線會促進唾液澱粉水解酵素的反應速率，照度愈強速率愈高

(二) 實驗目的：找出適當的照度(以距離替代之)，促進酵素的反應速率

(三) 實驗方法：

UVA 實驗組：2ml 唾液+2ml 澱粉液(30%)放於不同距離並照射紫外線

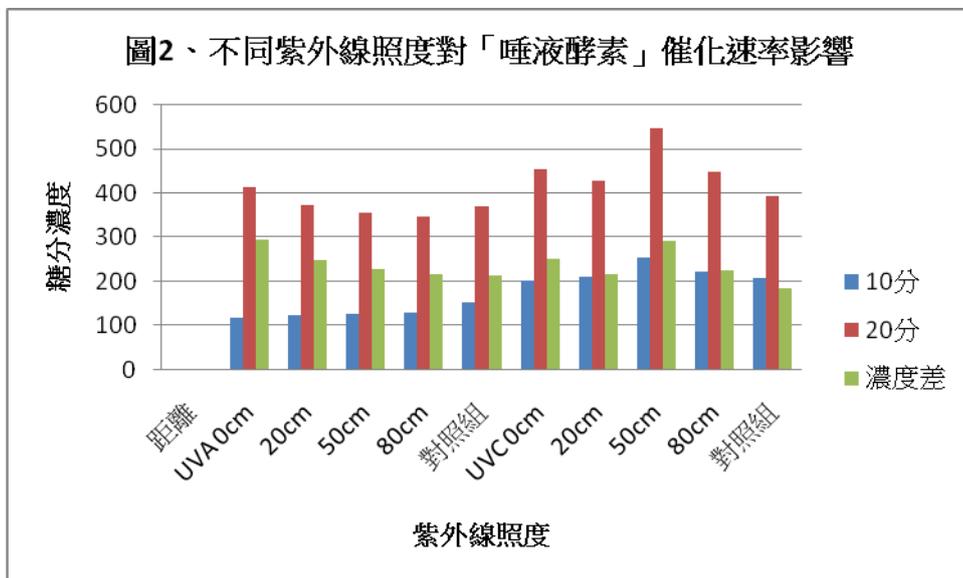
UVC 實驗組：2ml 唾液+2ml 澱粉液(30%)放於不同距離並照射紫外線

對照組：2ml 唾液+2ml 澱粉液(30%)放於暗室中

◎十組器材皆置於保溫箱維持 37.7~37.8℃、每隔 10 分鐘以血糖機測定醣類濃度(mg/dL)

(四) 實驗結果：(H 代表糖濃度超過血糖機 600 mg/dL 的上限)

時間 距離	10 分	20 分	濃度差	30 分
UVA 0cm	118	413	295	H
20cm	124	371	247	H
50cm	126	354	228	H
80cm	131	346	215	H
對照組	154	368	214	542
UVC 0cm	203	454	251	H
20cm	211	427	216	H
50cm	255	545	290	597
80cm	223	448	225	H
對照組	207	392	185	H



(五) 觀察紀錄及討論：

1. 實驗結果發現：使用 UVA 照射時，貼近的效果最好；UVC 則是距離 50cm 的效果最好，但是反應速率與紫外線照度卻無規律性。因此以五百元鈔票檢驗玻璃及投影片對紫外線的透光度，發現 UVA 可以穿透玻璃及投影片使五百元鈔票發生螢光，而 UVC 卻都無法通過，因此推測 UVC 對唾液反應的影響應是來自 UVC 反射到試管中所造成的影響。UVA 對於酵素的確有促進反應的效果。
2. 由於恆溫箱大小有限，一次只能做五組，而且血糖機的測試約要 20 秒才能完成，所以 UVA 和 UVC 兩者是分開做的實驗，因此以濃度差來說明何者效果較好。

三、不同紫外線光源對唾液澱粉水解酵素反應速率的影響

(一) 假設：紫外線的波長可能會影響酵素分解澱粉的反應速率

(二) 實驗目的：找到對催化酵素反應速率較佳的紫外線波長

(三) 實驗方法：

實驗組 1：唾液 2ml、澱粉液(30%)2ml+二氧化鈦 0.4g+甘油 1ml (甘油可降低二氧化鈦沉澱量已增加其反應面積) +與 UVC 紫外線(254nm)距離 50 cm。

實驗組 2：唾液 2ml、澱粉液(30%)2ml+甘油 1ml+UVC 紫外線(254nm) 距離 50 cm。

實驗組 3：唾液 2ml、澱粉液(30%)2ml+二氧化鈦 0.4g+甘油 1ml+UVA 紫外線(400nm)距離 20 cm。

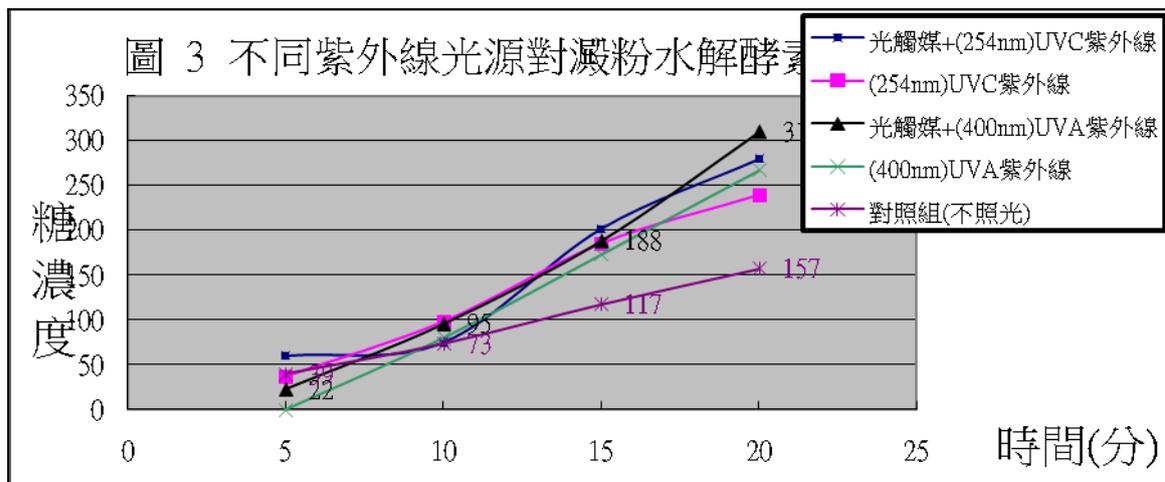
實驗組 4：唾液 2ml、澱粉液(30%)2ml+甘油 1ml+UVA 紫外線(400nm)距離 20 cm。

對照組：唾液 2ml、澱粉液(30%)2ml+甘油 1ml

◎以上五組器材皆置於保溫箱維持 38.0~38.2℃、每隔 5 分鐘以血糖機測定醣類濃度(mg/dL)

(四) 實驗結果：

組別 \ 時間	5 分	10 分	15 分	20 分
光觸媒+(254nm)UVC 紫外線	60	75	202	280
(254nm)UVC 紫外線	37	98	185	239
光觸媒+(400nm)UVA 紫外線	22	95	188	310
(400nm)UVA 紫外線	L	80	173	267
對照組(不照光)	39	73	117	157



(五) 觀察紀錄及討論：

1. 酵素分解澱粉的反應速率大小：光觸媒+UVA 紫外線(400nm) > 光觸媒+UVC 紫外線(254nm) > UVA 紫外線(400nm) > UVC 紫外線(254nm) > 對照組。因此推論紫外線及二氧化鈦+紫外線都會增加酵素的分解反應。
2. 比較特殊的發現是波長不同的 UVA 紫外線(400nm)和 UVC 紫外線(254nm)，催化效果也不同，UVA 紫外線(400nm)略優於 UVC 紫外線(254nm)，可見不同的波長的紫外線對於酵素的反應速率影響有所不同。
3. 實驗中 UVA 紫外線對於唾液酵素反應的影響較穩定；但是 UVC 紫外線對於唾液酵素反應的影響卻是忽快忽慢。以鈔票測試紫外線對於容器的穿透能力，發現 UVA 紫外線可以穿透投影片或玻璃試管，但是 UVC 紫外線卻無法穿透投影片或玻璃試管。因此推測 UVC 紫外線應是藉反射由試管開口進入溶液中影響酵素的反應，才會造成 UVC 紫外線對於唾液酵素反應的影響出現忽快忽慢的現象。建議將來實驗應將 UVC 紫外線由上方直接照射容易才能避免阻隔。

#### 四、「白殼麴菌溶液」配製方式的測定

(一) 假設：白殼麴粉的酵素不易溶於水，需要找出水溶液中酵素濃度高的所在位置。

(二) 實驗目的：尋找催化效能比較高的酵素溶液配製方式。

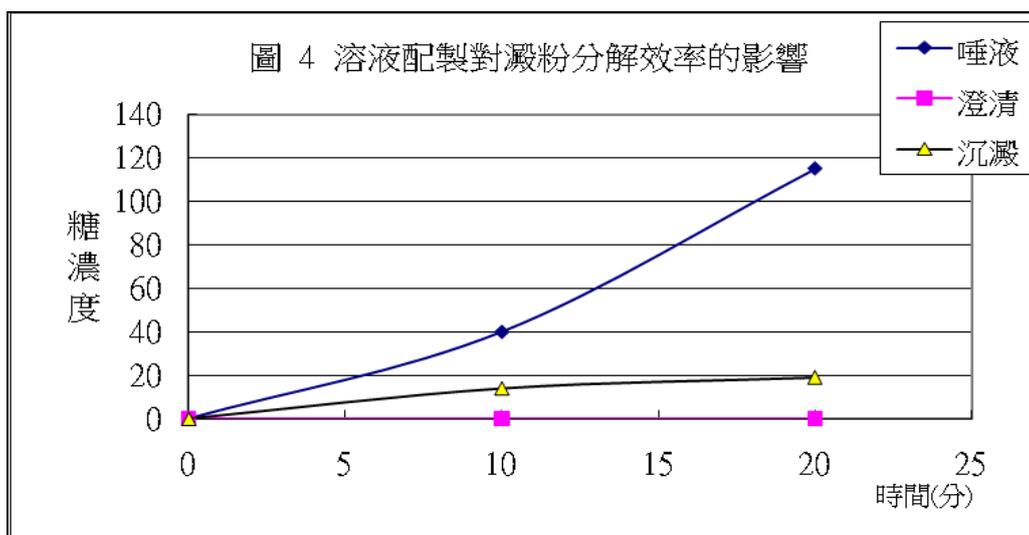
(三) 實驗方法：

實驗組：10%白殼麴菌溶液置於室溫中24小時後取2ml澄清液及2ml沉澱液，並各混合2ml之30%澱粉液，再泡10、20分鐘38°C溫水，最後以血糖機測定糖分濃度(mg/dl)。

對照組：2cc唾液+2cc30%澱粉液泡10、20分鐘38°C溫水，以血糖機測定糖分的濃度。

(四) 實驗結果：

	唾液	唾液	唾液	澄清	澄清	澄清	沉澱	沉澱	沉澱
催化時間(分鐘)	0	10	20	0	10	20	0	10	20
糖分濃度(mg/dL)	0	40	115	0	0	0	0	14	19



(五) 觀察紀錄及討論：

1.由於白殼麴粉並不完全溶解於水中，所以分成上下兩層，這兩層溶液對於澱粉的分解效率應有所不同。經實驗測試10分鐘的分解效率以沉澱溶液所產生的糖分濃度(14 mg/dL)略高於澄清溶液的效率(0 mg/dL)，因此我們可以知道我們所要的白殼麴菌在沉澱處。

2.市售的白殼麴粉為維持其活性，除冷藏之外亦含有澱粉成分(經碘液測試變藍黑色)，所以活化24小時以後的白殼麴菌溶液中會有些微的糖分存在，濃度低於血糖機可偵測值，經過本氏液的測試，此濃度亦未造成明顯的顏色反應。

3.由於白殼麴菌經過24小時的活化時間，雖然可以分解澱粉產生糖，但是分解效率不如唾液。因此找出適當的白殼麴菌活化時間，才能提供替代唾液的酵素解決實驗時的衛生問題。

## 五、**白殼麴菌澱粉水解酵素**活化時間曲線的測定

(一) 假設：白殼麴粉含白殼麴菌及酵母菌，需要找出白殼麴菌的活化時間，並降低酵母菌的消耗糖分速率。

(二) 實驗目的：繪製酵素溶液的活化時間曲線圖，照出催化效能比較高的活化時間。

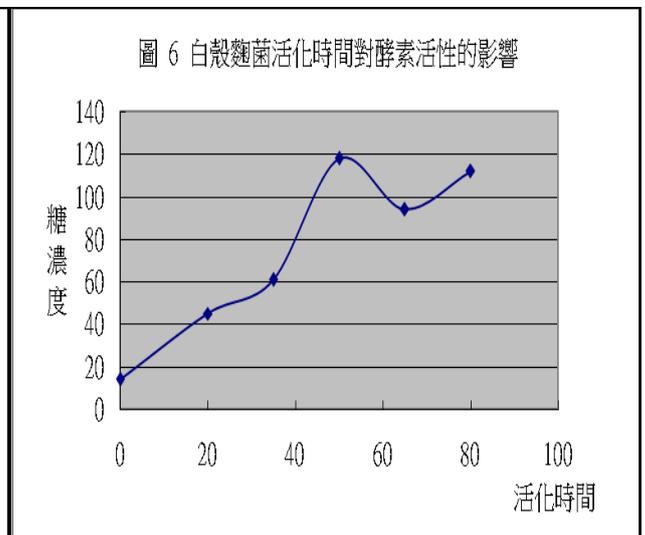
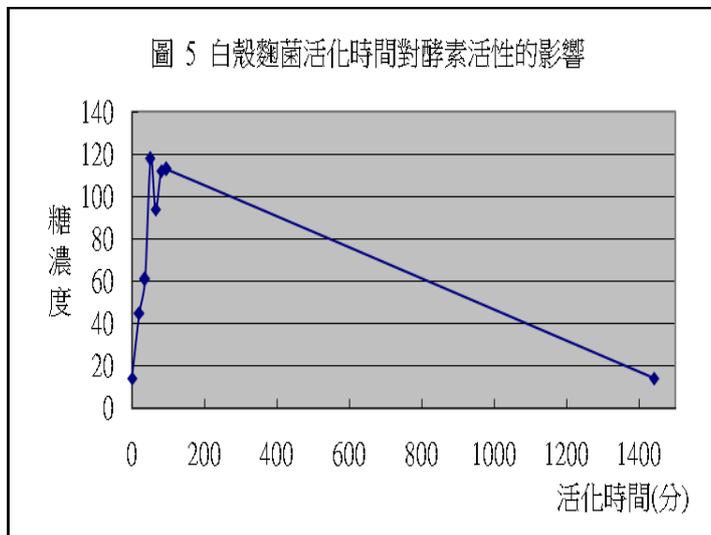
(三) 實驗方法：

實驗組：10%白殼麴菌溶液放入 37°C 溫水中（活化）每 0、20、35、50、65、80、95、1440（24 小時）分鐘取 2ml，加入 2ml 的 30%澱粉液，再泡 10 分鐘溫水（37°C），最後以血糖機測定糖分濃度(mg/dl)。

對照組：2 ml 唾液，加 2 ml 的 30%澱粉液，再泡 10 分鐘溫水（37°C），以血糖機測定糖分的濃度。

(四) 實驗結果：

活化時間 (分鐘)	對照 (唾液)	0	20	35	50	65	80	95	1440
糖分濃度 (mg/dL)	40	14	45	61	118	94	112	113	19



(五) 觀察紀錄及討論：

1. 白殼麴粉中所含的澱粉分解酵素，在配製酵素溶液過程的確需要靜置至少 50 分鐘，以提高酵素的活性。(圖 7)
2. 24 小時以後白殼麴粉的產糖效率卻降低至原冷凍狀態的速率，而且反應過程一直有氣泡產生。推測：可能麴粉中的其他微生物，例如酵母菌等，已大量的活化，因此糖的消耗速率亦增加，所以整體的糖濃度不高。(圖 6)
3. 由此結果建議將來以白殼麴粉取代唾液應以活化 **50~95 分鐘** 為宜。
4. 因上述第 2 項中的推論：白殼麴菌可能會被其他因素影響，所以我們希望能找到更好的替代品，因此繼續進行不同種類酵素來源的實驗測定其他的可能性替代品。

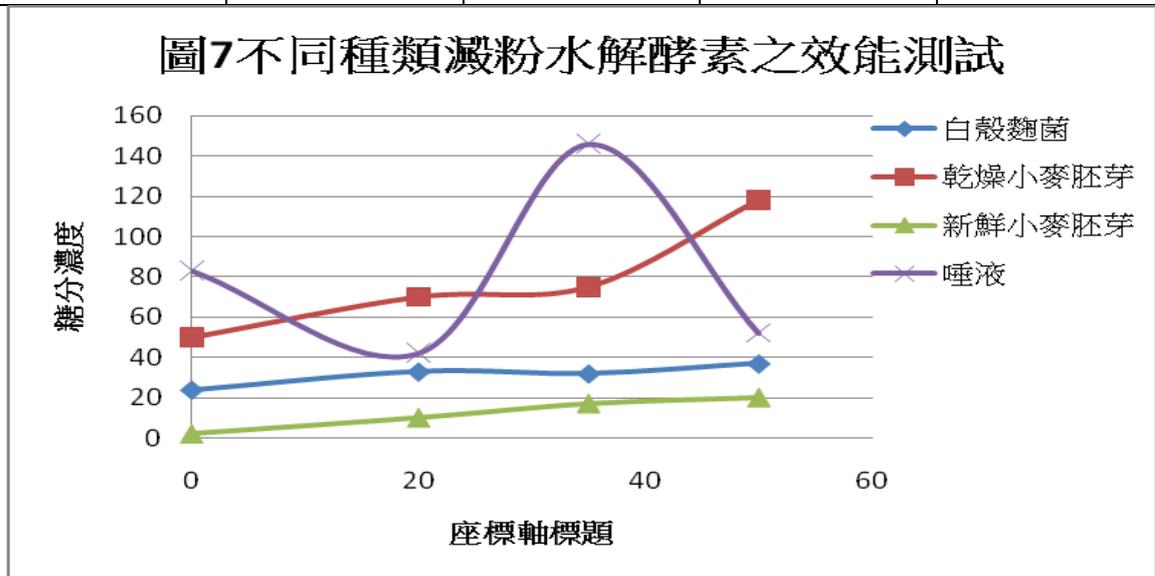
## 六、不同種類的澱粉水解酵素取代唾液酵素之效能測定

- (一) 假設：存在於各處的澱粉水解經活化後可以取代唾液中的酵素
- (二) 實驗目的：找出在適當的活化時間內，以哪一種酵素取代唾液酵素為佳
- (三) 實驗方法：

1. 白殼麴菌組：10%白殼麴菌溶液放入 38°C 溫水經 0、20、35、50 分鐘活化後，每次取 1ml 並加 1ml 澱粉液(30%)再泡 10 分鐘 38°C 溫水，以血糖機測定糖分濃度(mg/dl)
2. 乾燥小麥胚芽組：10%乾燥小麥胚芽溶液放入 38°C 溫水經 0、20、35、50 分鐘活化後，每次取 1ml 並加 1ml 澱粉液(30%)再泡 10 分鐘 38°C 溫水，以血糖機測定糖分濃度(mg/dl)
3. 新鮮小麥胚芽組：事先種植小麥，待其發芽後剝取含有澱粉酶的部份並冷藏、保濕，待需使用時再取出磨碎。10%新鮮小麥胚芽溶液放入 38°C 溫水經 0、20、35、50 分鐘活化後，每次取 1ml 並加 1ml 澱粉液(30%)再泡 10 分鐘 38°C 溫水，以血糖機測定糖分濃度(mg/dl)
4. 唾液對照組：取唾液並放入 38°C 溫水中保溫，並經 0、20、35、50 分鐘後，每次取 1ml 並加 1ml 澱粉液(30%)再泡 10 分鐘 38°C 溫水，以血糖機測定糖分濃度(mg/dl)

### (四) 實驗結果：

組別 \ 活化時間	0 分	20 分	35 分	50 分
白殼麴菌	24	33	32	37
乾燥小麥胚芽	50	70	75	118
新鮮小麥胚芽	2	10	17	20
唾液	83	42	146	52



### (五) 觀察紀錄及討論：

1. 由於之前實驗六發現白殼麴粉含有白殼麴菌和酵母菌，白殼麴菌分解澱粉產生糖，卻被酵母菌發酵成酒精，會使含糖量大幅降低。
2. 我們根據網路資料找到可利用小麥胚芽製造麥芽糖，由於它含有澱粉酶，卻不會因為酵母菌的消耗而降低它的產糖效率，所以我們想比較胚芽的酵素與唾液的差異。實驗結果發現，同一活化時間的乾燥小麥胚芽產糖量遠遠超過白殼麴粉，所以證明可利用乾燥的小麥胚芽去取代唾液酵素。
3. 新鮮的小麥胚芽同一時間活化產糖量卻最低，推測可能含水量高於白殼麴粉或是乾燥的小麥胚芽粉，所以同樣的重量中新鮮的小麥胚芽所含的酵素量比較少。
4. 唾液的活化時間變化差異極大，推測應是唾液膠體在澱粉液中不易攪拌均勻而造成的影響。

七、改良可回收式光觸媒(立可帶、熱熔膠)對於「白殼麴菌澱粉水解酵素」催化速率的影響。

(一) 假設：立可帶、熱熔膠的膠附物質不會降低二氧化鈦光觸媒的反應，促進酵素反應速率。

(二) 實驗目的：尋找可回收式之光觸媒應用於晶片反應

(三) 實驗方法：

1. 實驗組一：1 cc 10%白殼麴粉 37°C 溫水中經 90 分鐘活化後，加 1 cc 30%澱粉液，滴於黏附立可帶的玻片上，蓋上玻片並用夾鍊袋封口避免水分蒸發，以 UVA 紫外線(400nm)照射，並吹 38°C 熱風。

2. 實驗組二：1 cc 10%白殼麴粉 37°C 溫水中經 90 分鐘活化後，加 1 cc 30%澱粉液，滴於用熱熔膠沾附二氧化鈦的玻片上，蓋上玻片並用夾鍊袋封口避免水分蒸發，以 UVA 紫外線(400nm)照射，並吹 38°C 熱風。

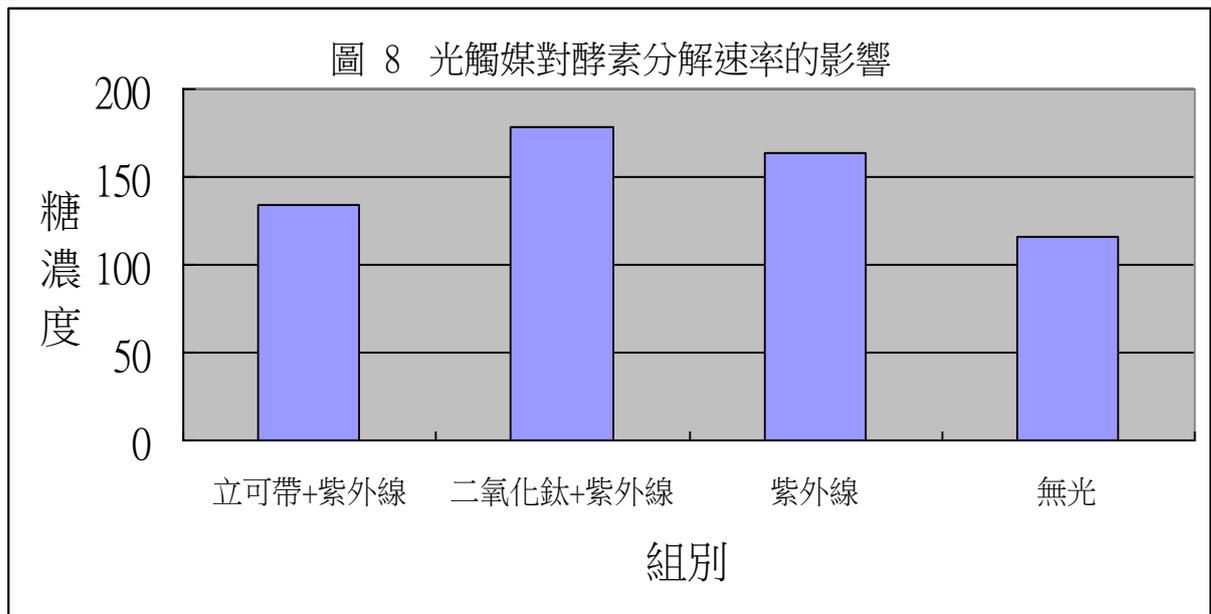
3. 實驗組三：1 cc 10%白殼麴粉 37°C 溫水中經 90 分鐘活化後，加 1 cc 30%澱粉液，滴於透明玻片上，蓋上玻片並用夾鍊袋封口避免水分蒸發，以 UVA 紫外線(400nm)照射，並吹 38°C 熱風。

4. 對照組四：1 cc 10%白殼麴粉 37°C 溫水中經 90 分鐘活化後，加 1 cc 30%澱粉液，滴於透明玻片上，蓋上玻片並用夾鍊袋封口避免水分蒸發，放暗室中，並吹 38°C 熱風。

◎以上四組 30 分鐘後均以血糖機測定醣類濃度(mg/dL)

(四) 實驗結果：

實驗組	立可帶+UVA 紫外線	二氧化鈦+UVA 紫外線	UVA 紫外線	無光
糖分濃度 (mg/dL)	134	178	164	116



(五) 觀察紀錄及討論：

1. 實驗結果：糖分濃度以二氧化鈦+紫外線 > 紫外線 > 立可帶+紫外線 > 無光。再次驗證紫外線會促進酵素的分解速率，光觸媒更能敏化酵素的反應。

2. 比較特殊的現象是：立可帶的效率較差（產糖濃度：紫外線 > 立可帶+紫外線），推測是立可帶的二氧化鈦包埋於膠體中，與溶液的接觸面積較小，甚至膠體中的二氧化鈦會吸收紫外線，反而降低紫外線與溶液中酵素的接觸量，才會產生產糖濃度：紫外線 > 立可帶+紫外線的情形。

3. 二氧化鈦實驗組的製備：事先在玻片上塗熱熔膠，再將二氧化鈦鋪在熱熔膠上後拿去烤熱，使二氧化鈦黏附在熱熔膠表面，如此二氧化鈦玻片可以重複使用，且可沖洗不脫落，而二氧化鈦也可直接與溶液接觸反應，目前發現此一回收式光觸媒是環保、省材料的設計。

## 伍、結論

根據觀測結果及實驗結論可知：我們的實驗證明

- 一、白殼麴菌及小麥胚芽均含澱粉水解酵素可以替代唾液中的澱粉水解酵素。尤其同一活化時間的乾燥小麥胚芽產糖量遠超過白殼麴菌，所以建議利用乾燥的小麥胚芽取代唾液酵素。在使用白殼麴菌時，必須先以溫水(約 35°C~40°C)浸泡活化，活化時間在 50 分鐘~90 分鐘最佳。而使用小麥胚芽則需泡水 50 分鐘，經研磨後使用，對澱粉的分解效果最好。
- 二、紫外線可加速酵素分解澱粉的速率，尤其發現 UVA 紫外線的照度對於酵素有明顯的影響。若貼近 UVA 紫外線燈，其催化反應效果最佳。此外，亦發現 UVC 的穿透力極小(無法穿透玻璃及投影片)，因此照射 UVC 應建議直接由溶液正上方照射才不會被容器阻隔。
- 三、若加入二氧化鈦當作光觸媒並且照射 UVA 紫外線燈，則強照度紫外線(貼近 UVA 紫外線燈)，其效果會比只照射弱照度的紫外線更好。此外，UVC 紫外線容易被容器的材質所隔離，本次 UVC 的測試結果無明顯的規律性，有待進一步的確認。
- 四、我們所設計的可回收式光觸媒是可促進酵素反應而且是環保、省材料的生物晶片設計。根據實驗結果，我們建議：將來在進行酵素的檢驗反應時，需要考慮紫外線對反應速率的影響，因為日常生活中紫外線的隨手可得(日光燈、省電燈泡、LED 燈...)。反之也可以在以酵素催化進行各項醫療檢驗過程，藉由紫外線及光觸媒促進反應速率，來縮短檢驗時間。

## 陸、參考資料

1. 染料敏化太陽電池 [http://www.phys.nthu.edu.tw/~gen\\_sci/solar/detail.pdf](http://www.phys.nthu.edu.tw/~gen_sci/solar/detail.pdf)
2. 光觸媒 <http://nano.nstm.gov.tw/inc/dl.asp?f=../files/b/%C4%B2%B4C.pdf>
3. 紫外線 LED 燈 <http://www.led-shop.com.tw/page8.htm>
4. 臺中區農業改良場-釀造米酒 DIY(白殼麴菌) <http://tdares.coa.gov.tw/view.php?catid=2015>

## 柒、附錄(實驗照片紀錄)



血糖機的測試



血糖試紙測試結果



紫外線與不同光觸媒種類對酵素的影響實驗



不同紫外線照度對酵素的影響實驗

## 【評語】 030217

- 1.能利用光觸媒來研究問題，值得鼓勵。
- 2.解決問題的邏輯合理。
- 3.可惜對於光觸媒並不是很了解。
- 4.對於光源的選擇及容器的選用因不了解故有瑕疵。
- 5.對某些實驗結果的不合理並無解釋。