



# 如何進行引導式探究 — 以酵母菌的酵素 與呼吸作用為例

謝宜君 老師

交通大學教育所科學教育組碩士班  
國、高中生物兼課老師  
angeflying76@gmail.com



掃描QRcode，  
下載最新電子檔

## 前言

科學探究是一個科學研究的過程，包含形成研究問題、提出假設、找出變因、設計研究方法、驗證假設、整合與形成知識，同時從中發展科學態度。有別於傳統以老師為主的教學方式，探究課程著重以學生為中心，老師為提供鷹架、輔助與引導的角色，但老師究竟應該提供多少鷹架與輔助呢？由於形成研究問題往往是探究過程中最困難的，因此當學生對探究還不是那麼熟悉之前，老師可以先給學生一個研究問題，然後鼓勵與引導他們想辦法一步一步地去完成後續的過程（提出假設、找出變因…），這種模式的探究稱為引導式探究（guided inquiry）。它與老師們所熟悉的做科展有點像，但有個不同的地方，科展是學生與老師雙方都還在探索、不清楚結果的研究，所需時間多；而引導式探究則是學生尚不知結果、但老師已知的研究，可以設計出在一節課內結束的課程。

接下來讓我們一起來看一個引導式探究的例子吧！



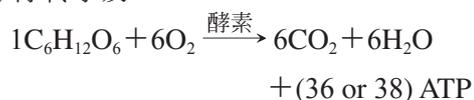
## 以酵母菌的酵素與呼吸作用 為例

### 一、老師決定探究問題

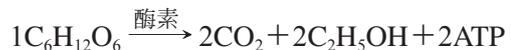
利用酵母菌為實驗材料可同時達到對呼吸作用與酵素的探討。93年度高中學科能力競賽的決賽試題即為「酵母菌的發酵作用與型態觀察」，此題目也很適合給所有學生進行研究，其中包含兩個主要概念的結合：

#### 1. 酵母菌的呼吸作用：

##### (1) 有氧呼吸：



##### (2) 無氧呼吸：

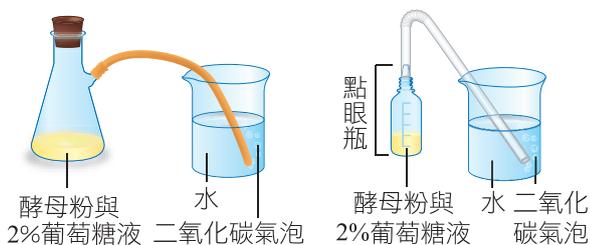


#### 2. 酵素的反應速率又會受到溫度、酸鹼度、受質濃度及重金屬等影響。

找出想要教學的概念後，老師便可以設計研究主題。因為溫度是藉由影響酵素活性而間接影響呼吸作用的效率，為了不使學生混淆因果關係，所以題目可以明確訂為「溫度對酵母菌酵素的影響」，並引導學生思考以觀察呼吸作用產生二氧化碳的速率來推論酵素的活性。此外老師也可以把溫度換成酸鹼度等。



此實驗可以現有的實驗器材進行（圖一），也可以參考阿簡生物筆記網站中阿簡老師所設計的特點眼瓶與可彎吸管組合（如本文實驗設計，見圖二）。將吸管的一端深入水中即可計算酵母菌產生的二氧化碳氣泡數量。



圖一：以實驗室裡現有的實驗器材進行實驗      圖二：以點眼瓶與可彎吸管進行實驗

而水可以換成澄清石灰水，除了可計算氣泡數量（定量）以外，同時可以觀察混濁度（定性），在一般教室內非常方便操作。

## 二、學習單的秘密

引導式探究的特色是一步一步地依序完成，因此可將一份完整的學習單（圖三）剪開分成幾張：第一張包含探究問題、假設與變因；第二張為實驗設計；第三張為實驗記錄與結果討論。在進行探究課程時，學生必須先完成第一張給老師看過之後才可以拿到第二張，雖然老師會辛苦一些，但是可以及時回饋、引導學生思考、改正或給予讚美，如此一來也可以讓全班進度比較同步，以及避免學生跳著寫、亂寫或是未思考清楚就往下進行實驗。

### 溫度對酵母菌酵素的影响 學習單

班級 \_\_\_\_\_ 姓名 \_\_\_\_\_ 座號 \_\_\_\_\_

一、假設：

二、操縱(自)變因：

應變變因：

控制變因：

---

三、實驗設計

請利用下圖裝置與材料設計實驗

20mL點眼瓶+可彎吸管+100mL燒杯  
(裝置設計出自於阿簡生物筆記)

酵母粉1包12g	溫度計1支
2%葡萄糖液50mL	10mL量筒1個
澄清石灰水	酒精燈組
20mL點眼瓶(HDPE耐熱120°C)	3個
可彎吸管3支	碼錶1個
秤	小湯匙1支
500mL燒杯	

小提示：500 mL燒杯可作為恆定溫度的水浴槽，小湯匙可作為量化酵母菌的工具，碼錶可協助計數單位時間內產生的氣泡量。

四、實驗記錄與結果


五、討論

- 結果是否支持假設？若未支持假設，可能的原因是什麼？
- 請以你的結果判斷，酵母菌可能適合在什麼溫度生存？

圖三：引導式探究學習單。老師可先將學習單剪開，讓學生先完成假設與變因的部分（第一張學習單）後才能進行實驗設計（第二張學習單），以達一步步引導之效

### 三、課程開始

#### 1. 概念複習：

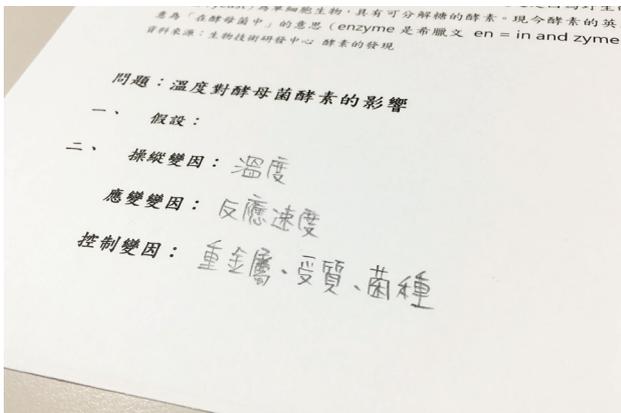
首先帶學生了解或是複習前述的兩個概念。

#### 2. 第一張學習單：

發下第一張學習單後說明探究題目是「溫度對酵母菌酵素的影響」，接著讓學生進行小組討論，寫下假設與變因為何（圖四）。

第一次進行探究實驗可以先舉其他題目為例，讓學生了解假設的寫法：「若（自變因）愈○○，則（應變變因）愈××。」之後就可讓學生自行判斷假設與變因為何。以酵母菌實驗為例，列舉以下幾種假設的可能寫法：

- (1) 若溫度愈高，則酵素活性愈高，呼吸作用產生氣泡的速率愈高。
- (2) 若溫度愈高，則酵素活性愈低，呼吸作用產生氣泡的速率愈低。
- (3) 若溫度愈高，則酵素活性愈高，呼吸作用產生氣泡的速率愈低。
- (4) 若溫度愈高，則酵素活性愈高。
- (5) 若酵素活性愈高，則溫度愈高。



圖四：從變因是否正確或完整以了解學生的狀況

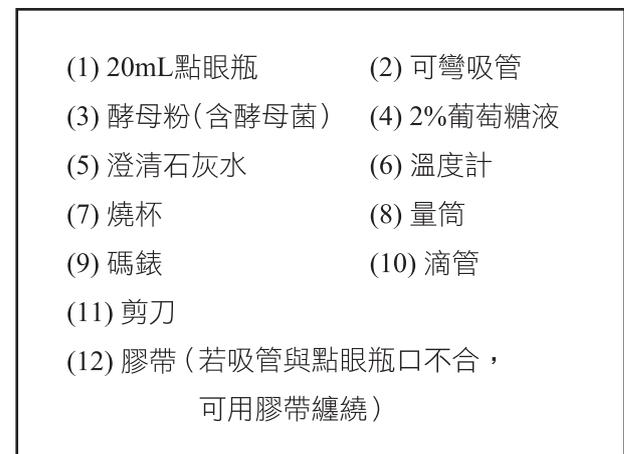
(1)與(2)雖然不同但都可作為實驗假設，讓學生了解不同人可能會有不一樣的假設，而實驗結果也可能與假設不符，所以不用在此步驟改成老師心中的正解，大多時候若學生發現假設與實驗結果不符，反而印象會更深刻。

(3)則是學生對酵母菌的酵素與呼吸作用兩個概念有不清楚的地方，老師可協助其在此步驟釐清觀念。(4)為正確的假設寫法，但老師仍然可以引導學生進一步連結酵素與呼吸作用，以利後續設計實驗。(5)則是學生對因果關係及變因判斷不清楚，老師在此步驟可協助釐清觀念。學生也許在剛接觸探究實驗的前幾次還不能寫對或寫好，但多練習後會愈寫愈快，愈寫愈好！

#### 3. 第二張學習單：

發下第二張學習單後說明有哪些實驗器材與藥品，學生可利用提供的資源進行小組討論如何設計實驗，本次實驗器材與藥品如圖五。

每組可能會設計出不同的實驗，例如溫度設定可以是10°C、20°C、30°C，也可以是0°C、50°C、100°C。要量化氣泡產生的速率，可以計算每分鐘產生幾顆氣泡，也可以記錄產生50顆氣泡需要多少分鐘。實驗設計是可以鼓勵學生發揮所學與創意的部分，但要注意是否合理，有無實驗組與對照組的設計。



圖五：實驗器材與藥品



#### 4. 第三張學習單：

發下第三張學習單後進行實驗並記錄數據，注意是否有進行實驗重複及安全性。實驗步驟為：

- (1) 取定量的酵母粉加入點眼瓶內。
- (2) 加入定量2%葡萄糖水溶液後上下搖一搖。
- (3) 盡快將已套好可彎吸管的點眼瓶口裝回（此步驟要注意吸管不可太細，否則就算用膠帶黏住兩者也難以成功，如圖六及圖七。）
- (4) 將吸管的一端放入澄清石灰水中。
- (5) 計時與計算氣泡數量、觀察澄清石灰水的混濁程度。

前幾次探究實驗時可以提供學生表格以記錄數據，待學生熟悉之後可以讓其自行設計表格以呈現實驗結果（如表一）。



圖六：注意吸管不可以太細，否則實驗難以成功

#### 5. 小組進行數據分析與結果討論：

讓學生討論與解釋數據如何解讀才恰當，結果是否符合假設，若不符合可能是什麼原因，是概念需要改變還是人為的誤差。

#### 6. 全班結果分享與討論：

這個步驟相當重要與有意思，各組因實驗設計的不同或操作不同，結果可能一致或不一致，一致時可以形成共同的結論，不一致時可討論是什麼原因，有時候還可以從中發現一些新的探究問題或科展主題呢！

#### 7. 整個過程當中，老師的任務便是在各組巡視與提示、協助。



圖七：搖一搖與注意吸管與點眼瓶口的密合程度

表一：數據記錄表格的填寫示範

氣泡數量 (30s)	溫度		
	20°C	40°C	60°C
實驗次數			
第一次實驗			
第二次實驗			
第三次實驗			
平均			



#### 四、將課本既有的實驗改造成引導式探究實驗吧！

在看過酵母菌的酵素與呼吸作用實驗後，有沒有覺得探究與實作課程其實不難設計呢？只要把握幾個原則：

1. 清楚想要教給學生的概念是什麼。
2. 以概念設計題目與預做實驗並改良，確定做得出來再讓學生做，才不會大家白忙一場喪失信心。
3. 讓學生學習寫假設、變因，給予多一些自行設計實驗的時間與空間，並且一定要花點時間討論結果。

要教給學生的主要概念常常出現在課本現有的實驗中，因此老師們利用上述三個原則，就可以把較傳統、食譜式的課本實驗改造成有趣的探究實驗了。

例如「花粉萌發的觀察」活動，常是老師依照課本的建議提供不同濃度的蔗糖水溶液，再讓學生觀察花粉在哪個濃度下較容易萌發，但我們也可以將其改成探究「蔗糖水溶液濃度與花粉萌發的關係」，讓學生自行提出假設、設計實驗、配置自訂濃度的蔗糖水、分析數據與解釋實驗結果，相信會更有樂趣與意義。

#### 參考資料：

1. 酵母菌探究實驗：  
阿簡生物筆記酵母菌的科學探究活動  
[http://a-chien.blogspot.tw/2013/10/blog-post\\_10.html](http://a-chien.blogspot.tw/2013/10/blog-post_10.html)
2. 引導式探究：  
Leslie W. Trowbridge & Rodger W. Bybee (1996), ch12. Investigation and Problem Solving
3. PISA 2015：  
PISA 2015 Draft Science Framework, March 2013

#### 結語

#### 探究教學與PISA 2015

國際學生能力評量計畫（Program for International Student Assessment, PISA）在科學素養架構的能力（competencies）面向當中，定義應具備三種科學能力：

1. 能科學地解釋現象。
2. 能評估與設計科學探究。
3. 能解釋科學資料及證據。

而能力除了受個人的科學知識影響之外，也受科學態度的影響（對科學的興趣、對科學探究方法的重視、對環境的意識）；此外合作的能力也備受重視，無論是提升科學能力、科學態度或合作能力，引導式探究都是好朋友。當學生熟悉此種探究模式以後，老師們可以在探究與實作課程中做更多的變化或是鼓勵孩子自行想題目，教學相長，期待我們與學生的眼睛都能更常發亮。

本篇的酵母菌實驗有幸能有機會錄製成影片以供老師們參考，影片放置於臺灣2015 PISA國家研究中心網站的相關資源中（<http://pisa2015.nctu.edu.tw/pisa/>



[index.php/tw/resource/36-scienceinquiry](http://pisa2015.nctu.edu.tw/pisa/index.php/tw/resource/36-scienceinquiry)），或掃描QR code（圖八）連結教案影片。影片中使用溴瑞香草酚藍測定二氧化碳，但以點眼瓶內少量的酵母菌在短時間內所能產生的二氧化碳，不易造成明顯的顏色變化，因此建議可改用澄清石灰水。網站當中也有許多老師針對不同科目與主題的示範。筆者望能拋磚引玉，若有需改正之處希望老師們能包涵與不吝指教。

#### 圖片來源

圖一～圖八：謝宜君老師提供