

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

教師組 教案表單與學習單

教案設計者： 蔡正國
課程領域：
<input type="checkbox"/> 物理 <input type="checkbox"/> 化學 <input checked="" type="checkbox"/> 生物 <input type="checkbox"/> 地球科學 <input type="checkbox"/> 科技領域 <input type="checkbox"/> 其他_____
教案題目：
從酵母菌(麵包酵母, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>)的培養認識控制變因實驗法
授課時數：
14 節(每週 2 節，共 7 週(700 分鐘)；若因資料處理與分享討論等活動則可延長至 9 週 18 節)
教案設計理念與動機：
為使學生體驗科學方法，試以酵母菌的培養為題材、培養成分的濃度改變為變因，進行微生物最適生長條件之探究活動。並於數據整理、資料分析，與建立模型之後，實行麵團的發酵並測量麵團的膨脹程度，以檢驗模型的適用性。期使藉由此次的教學活動，學生未來在日常生活中，能夠參考科學方法的態度來解決問題。
教學目標：
1.認知：(1)能認識科學方法與控制變因實驗法。 (2)能分辨實驗設計中的實驗組與對照組，以及操縱變因、控制變因，與應變變因。 (3)能了解麵團發酵的原理、條件，與可能影響因素。 2.技能：(1)能進行無菌操作。 (2)能配製酵母菌的培養液與改變成分的濃度。 (3)能使用分光光度計(spectrophotometer)，將酵母菌的生長情況數據化。 (4)能整理實驗數據、繪製圖表，並建立模型。 3.情意：(1)能解釋資料可能的意義，並與同學進行分享、答辯，與省思。 (2)能體認微生物發酵現象的奇妙與實用之處。
教育對象：
全校高二學生(普通型高級中等學校自然科學探究與實作課程)。
課程設計(方法與步驟)：

壹、學期前準備

一、取得純品系酵母菌：

舉凡微生物學之實驗，欲得操縱變因之顯著影響效果，初期需以純品系為之。

將市售發粉(圖一)以糖水活化，無菌操作劃線於固體平板培養基(圖二)，取一菌落以適當濃度的 YPD(Yeast Extract–Peptone–Dextrose)培養液培養，冷藏保存備用。

二、決定保存用 YPD 培養液的濃度：

教師需經多次測試，使純品系酵母菌保存於特定濃度的 YPD 培養液後，未來供學生操作時，可因操縱變因測得生長差異。

三、設計、訂作無菌操作臺：丈量實驗桌大小後為之(圖三)。

貳、課程活動

一、引起動機、發現問題：(2 節)

- 1.麵包的製作過程？麵團發酵時，發生什麼現象？以縮時影片或實品觀察之。
- 2.發粉裡面有什麼？發粉經糖水活化後，以顯微鏡觀察並紀錄於學習單上(圖四)。
- 3.影響麵團發酵的可能因素？請學生條列推論之。

二、規劃與研究

1.以指定的糖/鹽濃度培養純品系酵母菌：(4 節)

班上半數組別的學生以培養液成分中的糖濃度為操縱變因，進行酵母菌的培養與觀察(多個組別進行相同的操作使體認實驗方法中“重複相同的實驗以增加結果的可信度”)；另外半數組別則以鹽濃度為操縱變因。使全班學生認識操縱變因與控制變因之設定差異。

- (1)假定食譜中的配方為一倍糖/鹽濃度(糖分 10g/100mL、鹽分 1g/100mL)，學生於無菌操作臺中配製 0、0.5、1、1.5、2 倍等糖/鹽濃度的培養液，並在各試管中加入等量的酵母菌液(圖五、六)，以多功能試管震盪器震盪混勻後，室溫下靜置培養一週。
- (2)為測得酵母菌的生長結果，取培養後適量的酵母菌液於比色管中，置入分光光度計，以波長 600nm 的可見光測量吸光值(O.D.600)，將菌液的濁度數量化(圖七)。

2.以自訂的糖/鹽濃度培養純品系酵母菌：(2 節)

各組參考上述指定濃度的培養結果，自訂一糖/鹽濃度的培養液成分，規劃配製、種菌，與觀察酵母菌的生長情形。

- (1)同一濃度(自訂濃度)的培養操作需重複進行三次，以增加結果的可信度。

(2)同時仍需進行 0 倍糖/鹽濃度的培養，以作為酵母菌生長情形的對照組。

三、論證與建模(2~4 節)

以每次同時進行之 0 倍糖/鹽培養結果為對照，設其相對生長速度為 100%，計算在其他濃度的培養之下酵母菌的相對生長速度。並以糖/鹽濃度為操縱變因、相對生長速度為應變變因，繪製折線圖圖表。

- 1.繪製紙本圖表(學習單)：練習 XY 軸全距與組距的規劃、描點，與連線等習作。
- 2.繪製數位圖表：學習使用 Excel 軟體進行資料整理、數據計算，與圖表繪製。
- 3.由數據變化之趨勢，推測可能的成因，形成結果的解釋(圖八、九)。
- 4.比較他組數據，推論造成差異的可能原因。

四、表達與分享(2~4 節)：各組先行內部討論，形成報告內容，之後進行口頭報告的活動。

- 1.各組先對共同項目進行陳述：操作歷程中可被嘉許與需要改進之處、描述所得數據的變化趨勢與推論背後的可能成因，解釋與他組資料相異之原因。並得於口頭報告的時間之內，發表心得感想或進行其他相關之自由論述(圖十、十一)。
- 2.與臺下同學進行討論，或接受質詢與進行答辯。
- 3.傾聽他人的報告，提出意見。並比較自己的實驗結果。
- 4.教師與全班學生進行討論並總結：
 - (1)根據多班資料，糖分雖為酵母菌生長時所需之養分與發酵作用的原料，但以一倍濃度為最適合生長，濃度太高可能造成滲透壓太大，反而不利於生長(圖十二)。反觀鹽分，酵母菌對其濃度則無明顯偏好，對生長較無影響(圖十三)。
 - (2)實驗結果僅適用於此純品系菌株；日後學生若要進行發酵操作，得改用當時之發粉、糖分種類，與其他培養條件，採相同的研究方法分析之。

五、驗收活動：檢驗模型(2 節)

- 1.以最佳糖、鹽濃度培養純品系酵母菌：
 - (1)綜觀全班各組所有數據，決定培養酵母菌的最佳糖濃度與鹽濃度，並規劃配製方法。
 - (2)無菌操作配製上述培養液，並種菌培養。
- 2.麵團發酵：
 - (1)將培養後的酵母菌液與定量(各組給定 10 公克)的麵粉混合、用力揉製。
 - (2)將麵團以玻棒填實於 50mL 量筒底部(圖十四)，記錄麵團發酵前刻度(約 12mL)。
 - (3)保鮮膜封口，靜置於室溫或恆溫培養箱中(30°C)培養數日(圖十五)。
 - (4)記錄麵團發酵之後的體積(約 12~40mL)，以麵團體積增加多者為酵母菌生長良好、驗收活動分數較高(圖十六、十七)。
- 3.教師與全班學生進行討論並總結：驗收活動之操作乃基於以下兩項假設：

- (1)培養成分中糖分與鹽分的濃度對於酵母菌的生長沒有交互作用，為獨立影響。
- (2)酵母菌的數目較多時，能使麵團的膨脹體積也增加較多。

至於上述假設是否完全成立，或基於某些條件範圍內成立，則需要更進一步的實驗才能驗證。例如，在改變糖分濃度的同時也調整鹽分濃度，會不會在溶液的滲透壓上造成加成性的變化，進而對酵母菌的生長造成額外的影響，可另外深入研究之。

註 1.培養液與器材之滅菌皆使用高溫高壓蒸氣滅菌法(圖十八)。

註 2.可於學生操作空檔，進行帶狀微課程之教學，內容包含科學方法、微生物數量測定方法等。

學習評量內容

- 1.能完成學習單，每階段準時繳交、不遲交(評量方式：書面作業內容)。
- 2.能進行無菌操作，培養液中未有黴菌等雜菌污染(評量方式：肉眼檢視)。
- 3.指定濃度的培養結果應與他組重複性操作結果相近(評量方式：以所得數據之標準差值衡量之)。
- 4.自訂濃度的培養結果(重複三次)應彼此相近(評量方式：以所得數據之標準差值衡量之)。
- 5.能參與口頭報告，自省操作歷程、合理解釋數據，與推論可能模型(評量方式：報告內容、活動參與程度)。
- 6.能傾聽他組報告，並與之互動、提出懷疑，產生討論(評量方式：意見內容、活動參與程度)。
- 7.驗收活動(評量方式：麵團體積之增加差額)。

參考資料：

- 1.商惠芳等著。《微生物及免疫學實驗 *Experiments in Microbiology and Immunology*》。華杏出版機構。2009年3月一版。
- 2.溫永福等著。《生物學實驗(修訂版)》。藝軒圖書出版社。2002年9月。
- 3.諸亞儂著。《生物學實驗》。三民書局。1992年9月。
- 4.洪錦魁著。《*All in One : Excel 2016 精粹版*》。佳魁資訊出版社。2018年7月。
- 5.Wikipedia。〈yeast〉。資料檢索日：2021年3月14日。網址：<https://en.wikipedia.org/wiki/Yeast>。
- 6.維基百科。〈酵母〉。資料檢索日：2021年3月14日。網址：<https://zh.wikipedia.org/wiki/酵母>。
- 7.108 課綱資訊網。〈高級中等學校〉。資料檢索日：2021年3月14日。網址：<https://12basic.edu.tw>。

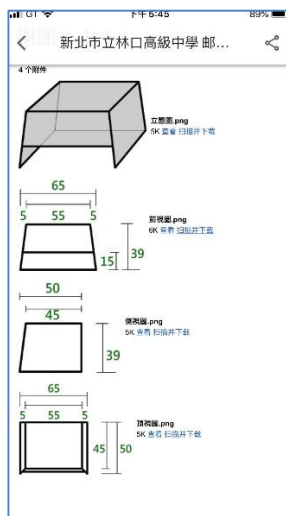
後面還有十八張附圖喔！



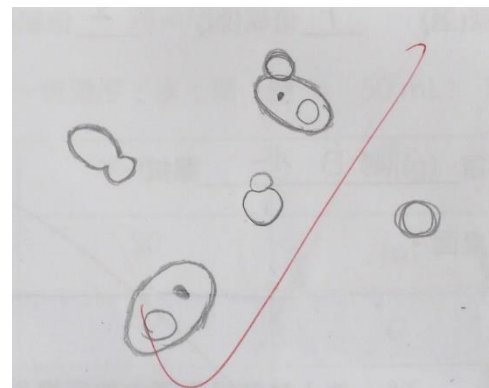
圖一.以市售發粉為實驗菌種來源。



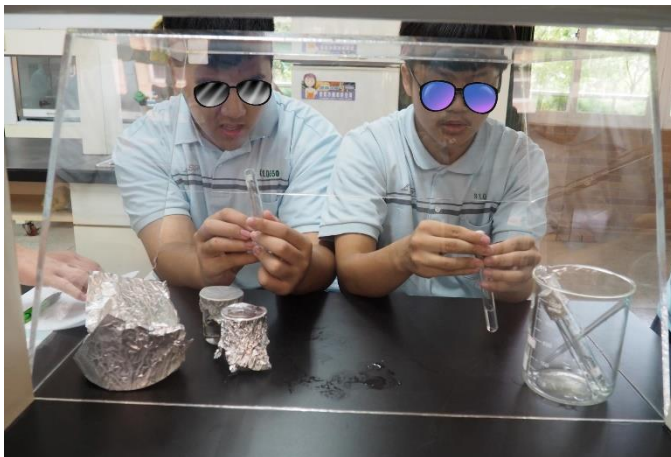
圖二.固體培養基上的酵母菌菌落。



圖三.無菌操作臺設計圖。供廠商按圖製作。



圖四.發粉的顯微觀察紀錄(擷取自學生的學習單)。



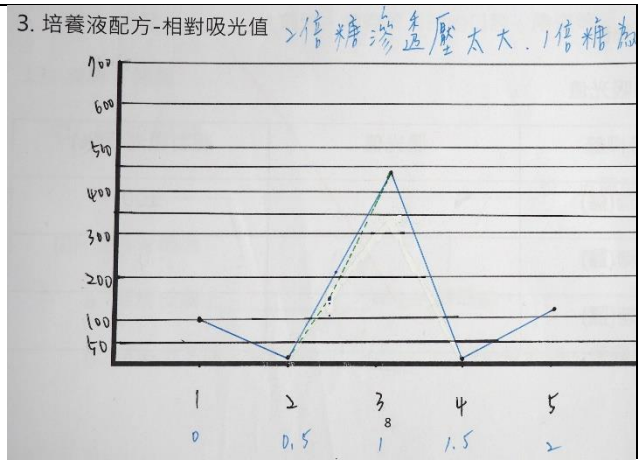
圖五.學生進行無菌操作。無菌操作臺可同時容納兩位學生進行操作。



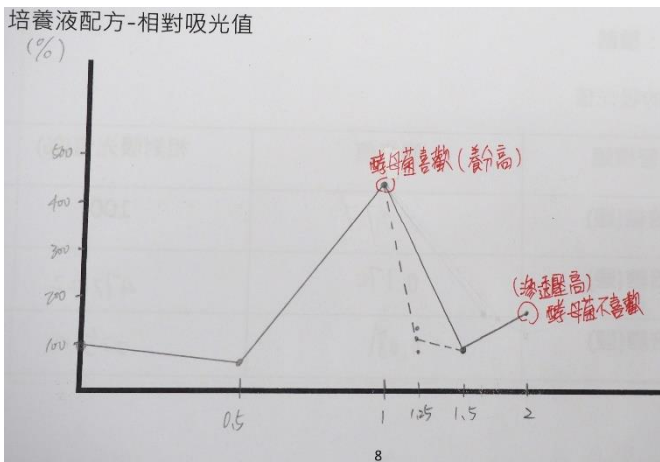
圖六.學生進行無菌操作。按工作分配，分別擔任配藥手、種菌手、助手、號令手、監管手，與助助手等。



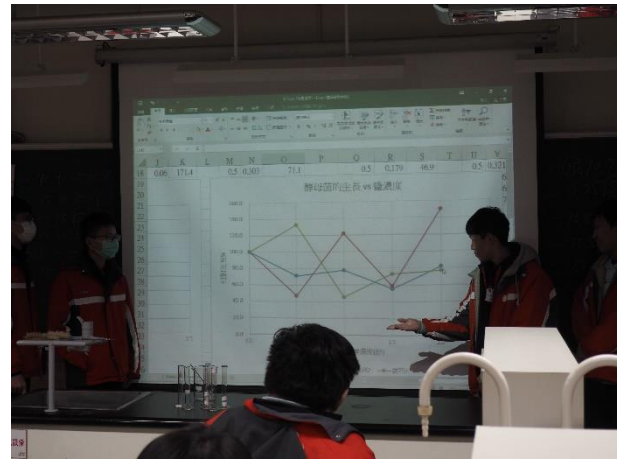
圖七.學生操作分光光度計。



圖八.實驗數據以圖表方式呈現(擷取自學生的學習單)。



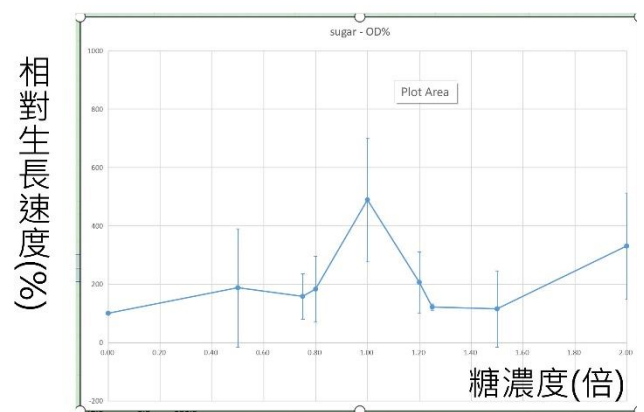
圖九.學生推論實驗結果之可能成因。



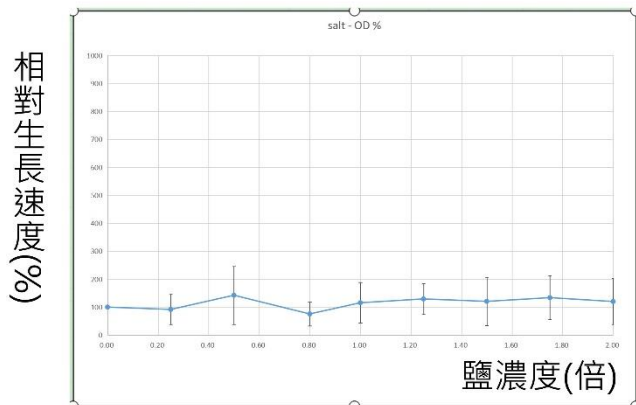
圖十.學生於臺上進行口頭報告。



圖十一.學生於臺上進行口頭報告。



圖十二.綜合多班數據，繪製糖濃度對酵母菌生長影響的折線圖。



圖十三.綜合多班數據，繪製鹽濃度對酵母菌生長影響的折線圖。



圖十四.學生將麵團填實於量筒底部。



圖十五.LM-4000 恆溫培養箱可容納四個班級的發酵量筒(24 支 50mL 量筒)。



圖十六.各組的麵團發酵結果有所差異。



圖十七.各組計算麵團發酵前後的體積差異。



圖十八.蒸氣滅菌釜。