

酵母的酒精發酵

課程 / 課題連繫：

- 細胞能量學、發酵
- 微生物學

所需的已有知識和技能：

- 酒精發酵的過程
- 不同種類的糖（例如葡萄糖、蔗糖、果糖）作為酵母生長的碳來源
- 酒精發酵是一個酶催化反應

概念：

透過量度酵母在發酵時所釋出的二氧化碳，可以估量酵母的酒精發酵速率。溫度、pH 值、碳和氮的來源、氧和水份的供應等因素會影響酵母發酵的速率。

引言

酵母是單細胞微生物，它屬真菌界類別。在缺氧環境下，酵母細胞會進行缺氧呼吸（發酵）來產生能量，以維持生長及代謝活動。發酵過程中，葡萄糖會被分解為乙醇和二氧化碳。

酵母利用有機化合物作為能量來源。其碳的主要來源是糖，例如：葡萄糖、果糖、蔗糖和麥芽糖等。酵母的生長會受不同的因素影響，例如：溫度、pH 值、碳和氮的來源、氧和水份的供應。酵母可利用不同種類的糖進行發酵，而發酵的速率也各有不同。這實驗中，我們會利用不同種類的食物進行酵母發酵，而釋出二氧化碳的速率可用作估量發酵的速率。

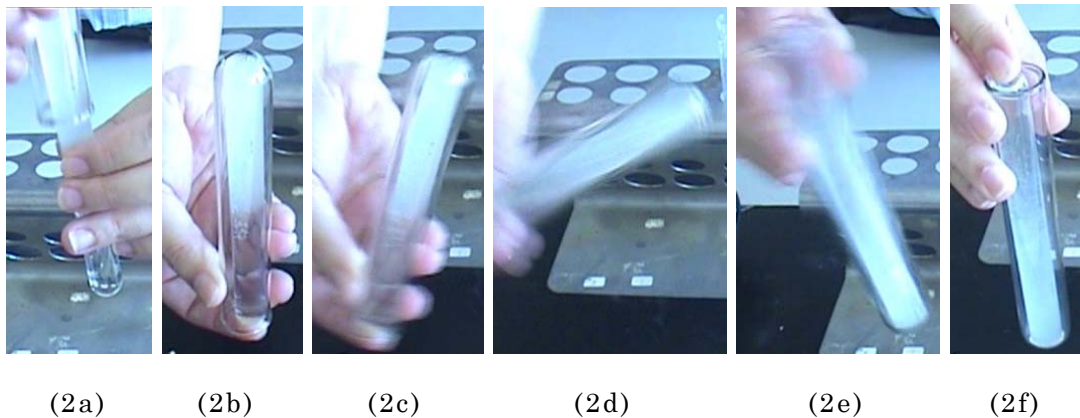
材料

- 0.1M 葡萄糖、果糖及蔗糖溶液
- 酵母懸浮液
- 蒸餾水
- 大試管
- 電子天平
- 間尺
- 計時器
- 試管
- 水浴 (37°C)



圖一：探究酵母發酵的材料

實驗前練習（裝置簡單呼吸計）



圖二：裝置簡單呼吸計的步驟

1. 將一支試管注滿水。
2. 將一支大試管倒轉套著裝滿水的試管（圖 2a），用手指將試管底向上推，直至試管口接觸到大試管的底部（圖 2b）。
3. 牢固地握住兩支試管，然後快速地將試管倒轉（圖 2c 至 2f）。切勿讓試管口離開大試管的底部。可能會有水漏出，而令試管內出現氣泡。
4. 繼續練習直至試管內的氣泡減至最小。

活動：比較酵母在不同基質的發酵速率

1. 利用箱頭筆在試管標示基質的名稱，並在三分二滿處畫一記號。
2. 將葡萄糖溶液注入試管內，直至達到記號為止。
3. 重複步驟 1 至 2，分別在試管 2 注入果糖溶液、試管 3 注入蔗糖溶液及試管 4 注入蒸餾水。
4. 將酵母懸浮液分別注入試管 1-4 內，直至達到管口為止。
5. 按照實驗前練習的呼吸計裝置步驟，將大試管套住試管，然後倒轉兩支試管。
6. 將四個呼吸計放置在試管架，量度每個呼吸計內氣體空間的起始高度。
7. 將試管架連同四個呼吸計放入 37°C 的恆溫器或熱水浴中，讓呼吸計在恆溫器內培育 20 分鐘或在熱水浴中培育 1 小時。留意呼吸計內的反應情況；若反應太快，便須終止培育過程。（你認為在哪種基質中酵母的發酵速率最快？）
8. 培育後，量度呼吸計內氣體空間的高度（圖三）。計算和記錄氣體容量的淨變化。
9. 如果溶液在 10 分鐘內沒有任何變化，便可停止實驗。



圖三 氣泡收集在試管上端

討論問題：

1. 實驗結果是否與你的預期相符？在哪種基質中，酵母的發酵速率最快？
2. 為甚麼以蔗糖作為食物來源，其效果並不如果糖和葡萄糖般良好？
3. 哪一個呼吸計是對照裝置？

進一步的探究活動

1. 探討溫度對酵母發酵速率的影響

溫度會影響酶的反應速率。試設計一個簡單實驗以探究酵母發酵如何受溫度所影響。進行探究前，請與同學討論你的實驗設計。撰寫報告以解釋你的結論。

2. 探討 pH 值對酵母發酵速率的影響

pH 值也會影響酶的反應速率。試設計一個簡單實驗以探究酵母發酵如何受 pH 值所影響。進行探究前，請與同學討論你的實驗設計。撰寫報告以解釋你的結論。

參考文獻

Knabb M.T., & Misquithd K. D. (2006). Assessing inquiry process skills in the lab – Using a fast, simple, inexpensive fermentation model system. *The American Biology Teacher*, Online Publication, April 2006.

Mader S.S. (2007). Cellular respiration. *Biology laboratory manual* (9th ed.). (pp.78-79). New York: McGraw-Hill Company Inc.

注意事項

實驗準備

預備酵母懸浮液

- 把 10 克乾酵母加入 100 毫升冷卻的沸水中。
- 再加入一茶匙基質以活化酵母。把燒杯用保鮮紙封好，讓混合物在燒杯內靜置兩小時。