

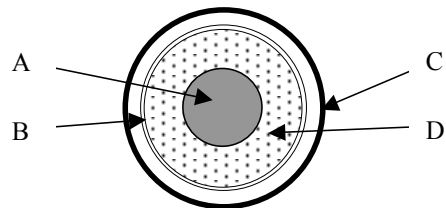
2004 年國際國中生科學奧林匹亞競賽

實驗試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

前言

你面前的水果名為 Salak，中文譯為蛇皮果，其學名是 *Salacca edulis*，是一種外來水果。本實驗用這種水果作為原料來發酵，以製作發酵果汁。它的糖份是本實驗中某微生物（如酵母菌）發酵過程中所需碳的部分來源，發酵所產生出來的果汁會含有酒精成分，在發酵過程中，將會有某種氣體釋放出來。



某種果實構造示意圖

表 1.

I	II
A	種子 (Seed)
B	中果皮 (Mesocarp)
C	外果皮 (Epicarp/Exocarp)
D	內果皮 (Endocarp)
E	內胚層 (Endoderm)

生物(5 分)

問題

1. 你有一整個蛇皮果及一個已經橫切的蛇皮果。下面右圖是某種果實各部分構造的示意圖。你可以小心剝開這個蛇皮果的硬果皮，分開其內部這幾粒果實，先剝開果實外一層薄薄的半透明層，再剝開另一肥厚層，你就可以觀察到蛇皮果的其他構造。試繪一個蛇皮果橫切面圖以表示其各部分的構造。表 1 第 I 欄（左邊）是第 II 欄（右邊）各部分構造的英文字母代號，請將英文字母代號標示在你所繪的蛇皮果橫切面圖上的各部分構造。（2 分）

2. 蛇皮果果肉中含糖量的重量百分率約為 20%。實驗時，從 250 公克蛇皮果果肉中得到純果汁，加水稀釋後成為體積等於 1 公升的稀釋果汁。若想要變成為可口又好喝的果汁，還必須在此稀釋的果汁中再加入蔗糖，加入蔗糖後的稀釋果汁總體積仍然等於 1 公升，而加入蔗糖後，蔗糖的重量百分率濃度為 15%。蔗糖的純度是 97%。在本實驗中，稀釋後果汁的密度是 1 公克 / 立方公分 (1g/cm^3)。

問題

1. 計算在未加蔗糖之前，一公升的稀釋蛇皮果果汁中含糖量的最大百分率(重量/體積)。(1分)
2. 在加入蔗糖之後，用於本發酵實驗的一公升果汁中，含糖量的最大百分率是多少？(2分)

物理 (9 分)

在發酵過程中所產生的氣體，其體積變化率、壓力及分子數目是時間的函數，可以被測量與計算出來。

目標：

- a. 決定在發酵過程所產生的氣體之體積變化率，即每單位時間釋放多少體積。
- b. 決定氣體的平均產生率〔以莫耳/秒 (mol/s) 表示之〕。

器材及物品

- a. 內部裝有棕櫚油的 U 形管，以支架架好，並附有刻度尺，一邊用一條塑膠管連接著一個橡皮塞（左邊的讀值以 cm 表之）。
- b. 體積為 100 毫升 (mL) 的錐形瓶
- c. 碼錶
- d. 方格紙
- e. 一瓶凡士林油膏
- f. 裝在一體積為 200 mL 之錐形瓶內、正在發酵中的蛇皮果溶液

註：

$$1 \text{ 大氣壓 (1 atm)} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.013 \times 10^5 \text{ 帕 (Pa)}$$

$$\text{理想氣體方程式 } PV = nRT$$

$$\text{氣體常數 } R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{重力加速度 } g = 9.81 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{U 形管直徑 } 6.00 \text{ 毫米 (mm)}$$

$$\text{棕櫚油密度為 } 890 \text{ kg m}^{-3}$$

實驗過程

1. 當 U 形管左右兩邊的棕櫚油液面等高時，在記錄紙記下高度。

注意：U 形管的左邊管口用一條塑膠管連接著橡皮塞。

2. 將氣球從裝有發酵中的蛇皮果汁溶液的錐形瓶上拿開。
3. 小心將此溶液倒入另一體積為 100 mL 的錐形瓶內，直到瓶上標示 60 mL 處為止。你可以看見 U 形管上刻度尺（金屬尺）上，在 50 cm 刻度處有標記（綠色標記），此標記是表示在溶液液面（在 60 mL 刻度處）與 U 形管 50 cm 刻度之間的空氣體積 V ， $V = 75.0 \text{ mL}$ 。
4. 將橡皮塞塞在錐形瓶瓶口，並確定不會漏氣。如有必要，可用凡士林油膏密封。你可以觀察到 U 形管內棕櫚油液面的高度變化。
5. 自行決定開始觀察的起始時間 ($t = 0$ 秒)，並記下 U 形管左邊棕櫚油液面的高度，把它作為起始位置。寫在記錄紙的表格中。
6. 記錄 U 形管左邊棕櫚油液面每變化 10 mm 所需的時間，在你的記錄紙記錄 10

個數據。在這個步驟的實驗中，不要碰觸錐形瓶，因為它會瞬間改變產生的氣體之體積。

7. 完成實驗後，將錐形瓶的橡皮塞拉開。
8. 保留剩下的發酵中之溶液，供化學實驗使用。

問題

1. 依據棕櫚油液面的起始位置，計算 $t = 0$ 時的氣體之體積。(1 分)
2. 利用一合適的圖，決定氣體體積隨時間的變化量。(2.5 分)
3. 利用一合適的圖，決定發酵過程中氣體產生率 (mol/s) 的平均值。在此實驗中計算時，假設此氣體為理想氣體，室溫為 27.0°C 。(3.5 分)

(正確的測量結果：2 分)

(寫下所有的分析步驟，包括回答問題的公式) 使用記錄表上的表格來回答問題。你可以使用空白欄位。

在分析數據時，你必須使用 SI 單位(即國際單位，公尺-千克-秒)。

如果你在所有的計算、表格與圖中，不使用 SI 單位，則扣 0.25 分。

化學 (6 分)

目的：

確認在發酵中的蛇皮果果汁產生的氣體和測定 pH 值的範圍。

器具和材料

編號	器具 (Apparatus)
1	插有 3 條塑膠管的橡皮塞 (1 個)
2	試管 (7 支)
3	試管架 (1 個)

編號	材料
1	酚酞
2	甲基紅
3	甲基橙
4	溴瑞香草藍
5	氫氧化鈣 (石灰水)
6	氫氧化鈉 (鹼石灰)
7	氫氧化鋇
8	紙巾

小心下列的溶液！

NaOH 和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 有腐蝕性

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 有刺激性

第一部分：確認發酵所產生的氣體 (3.4 分)

實驗過程

1. 在你的實驗桌上，有分別標記為 A、B、C 的試管，及 1 個插有 3 條塑膠管的橡皮塞。
 - a. 試管 A 中含有氫氧化鈣溶液。
 - b. 試管 B 中含有氫氧化鋇溶液。
 - c. 試管 C 中含有氫氧化鈉溶液。
2. 利用在前面實驗 100 mL 錐形瓶中剩下的、發酵中的蛇皮果果汁，用插有 3 條塑膠管的橡皮塞緊緊地塞住瓶口。把 3

條塑膠管分別放入標記有 A、B、C 的試管中，確認每一條塑膠管的管口位置是在試管中鹼性溶液的液面以下。如果會漏氣，可在橡皮塞的表面塗上一層薄薄的凡士林油膏（Vaseline grease）。

3. 輕輕搖幌錐形瓶，仔細觀察氣體氣泡與試管中鹼性溶液的反應約 5 分鐘。

問題

1. 在記錄紙的表中，寫下你觀察的結果。（0.9 分）
2. 用你對氣體和鹼性溶液反應的觀察結果，預測沉澱出來的化合物可能是什麼。（0.5 分）
3. 用你觀察的結果，預測發酵過程中所產生的氣體是什麼。（0.5 分）
4. 寫出每一試管中發生的化學反應式，並需平衡係數。（1.5 分）

第二部分 確認發酵中溶液的 pH 範圍 實驗過程

在四個塑膠瓶中分別裝有四種酸鹼指示劑，分別是酚酞、溴瑞香草藍、甲基紅、甲基橙。取分別標有 D、E、F、G 的四支試管。

1. 分別在 D、E、F、G 試管中，各裝入約三分之一滿的發酵中之蛇皮果果汁溶液。
2. 在每一支試管中，滴入一種酸鹼指示劑溶液 5 滴，並輕輕搖盪。
3. 觀察每一試管中溶液所呈現出的顏色（使用下表指示劑變色 pH 範圍的數據）。

指示劑	pH 範圍	顏色變化
甲基橙	3.1 - 4.4	紅色至黃色
甲基紅	4.4 - 6.2	紅色至黃色
溴瑞香草藍	6.0 - 7.6	黃色至藍色
酚酞	8.3 - 10.0	無色至粉紅

問題

1. 在記錄紙上，寫下你的觀察結果。（1.0 分）
2. 由溶液中指示劑所呈現出的顏色，預測此發酵中的蛇皮果果汁溶液的 pH 範圍。（1.0 分）
3. 由發酵中蛇皮果果汁溶液的 pH，發酵產物之一是什麼？（0.6 分）
 - A. 酸
 - B. 鹼
 - C. 鹽