

## 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

**題目名稱：綠色生理學 - 探索紅蘿蔔與海帶芽在水中的冒泡或展開的特性**

### 一、摘要

這次的實驗我們在討論有哪些因素可能對紅蘿蔔或海帶芽在水中冒泡的速率、面積膨脹變化造成影響，並設計實驗觀察並尋找可能的理論。

透過實驗一觀察紅蘿蔔在蒸餾水中表面積對冒泡反應速率快慢的現象觀察，結果我們發現表面積越大，冒泡速率越快，這與反應速率的理論相符。然後我們在設計實驗二，探討不同濃度的鹽水對海帶芽表面積的影響，之所以換成海帶芽是因為紅蘿蔔效果不明顯，而實驗的結果為鹽水濃度越高，海帶芽的展開面積就越小，這與滲透作用的原理相符。最後，實驗三探討了水溫對海帶芽泡發的影響，結果發現水溫對海帶芽的表面積膨脹沒有明顯的影響。

### 二、探究題目與動機

在日常的煮湯經驗中，我們發現將食材放入水中，例如紅蘿蔔，會觀察到食材表面開始有氣泡凝結，因此我們設計了第一組實驗，實驗內容為紅蘿蔔在蒸餾水裡表面積對紅蘿蔔冒泡反應速率快慢，我們想透過紅蘿蔔的表面積來觀察冒泡的反應速率是否與我們的假設一致，而在泡紅蘿蔔的過程中，我們想到在浸泡過程中，食材的面積或體積是否會發生變化，因此，我們設計了實驗二，想透過不同濃度的鹽水來觀察食材在泡發過程中表面積的變化，我們選擇在不同濃度的鹽水下，觀察面積的變化觀察，因為紅蘿蔔的變化不大，而改成較能明顯觀察的海帶芽。最後，實驗三為水的溫度對海帶芽表面積膨脹的影響，我們想知道不同溫度下對海帶芽在泡發過程中的面積有何變化。所以我們經過這三組的實驗，我們希望可以了解到不同變因對食材的冒泡速率與面積的影響。

### 三、探究目的與假設

#### (一) 目的

了解反應速率與滲透作用。

1. 反應速率( $r$ ): 單位時間內反應物濃度減少量或生成物濃度增加量。

$$r = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{d[A]}{dt}$$
 其中[A]為體積莫耳濃度。影響反應速率的因素有反應物的活化能的高低、反應物的濃度、反應物的接觸面積、反應物的溫度高低及催化劑。

2. 滲透作用: 是水分子經差異透性膜的擴散現象。它由低濃度溶液經滲透移動至高濃度溶液，直到活細胞內外的濃度平衡為止。影響滲透作用因素包含溶質濃度差、解離係數、離子水合能力、分子的分子量大小、溫度等。

#### (二) 假設

實驗一：紅蘿蔔在蒸餾水裡表面積越大，紅蘿蔔冒泡反應速率越快

依據反應速率，反應物粒子愈小，反應物的總表面積愈大，反應物粒子碰撞機會愈大，

反應速率增加。

實驗二：鹽水濃度越高，海帶芽的表面積越小

依據滲透作用，濃度越大，水分子淨滲透，從細胞內的細胞質淨移動至細胞外的高濃度溶液中。

實驗三：水溫越高，海帶芽表面積越大

依據滲透作用，在相同的溶液的體積莫耳濃度與溶質解離度，滲透壓與溫度有關，故猜測水溫越高，海帶芽的表面積越大。

#### 四、探究方法與驗證步驟

實驗一：紅蘿蔔在蒸餾水裡表面積對紅蘿蔔冒泡反應速率快慢。

(一) 實驗器材

尺、計時器、紅蘿蔔 1 到 2 根、燒杯 500ml\*4、刀

(二) 實驗步驟

step1:先把紅蘿蔔切成  $0.125\text{cm}^3$ 、 $1.000\text{cm}^3$ 、 $3.375\text{cm}^3$ 、 $8.000\text{cm}^3$  的體積各三塊

step2:準備 4 杯 200ml 的蒸餾水，水溫  $30^\circ\text{C}$

step3:把 4 種大小的紅蘿蔔各取一塊分別丟到 200ml 蒸餾水裡

step4:紅蘿蔔碰到水的瞬間開始計時，觀察到紅蘿蔔冒泡的瞬間停止計時，並記錄數據

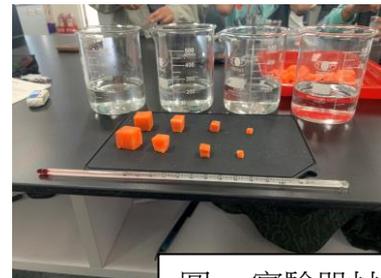
step5:把 step2 到 step4 重複做兩遍

step6:整理所有數據並討論

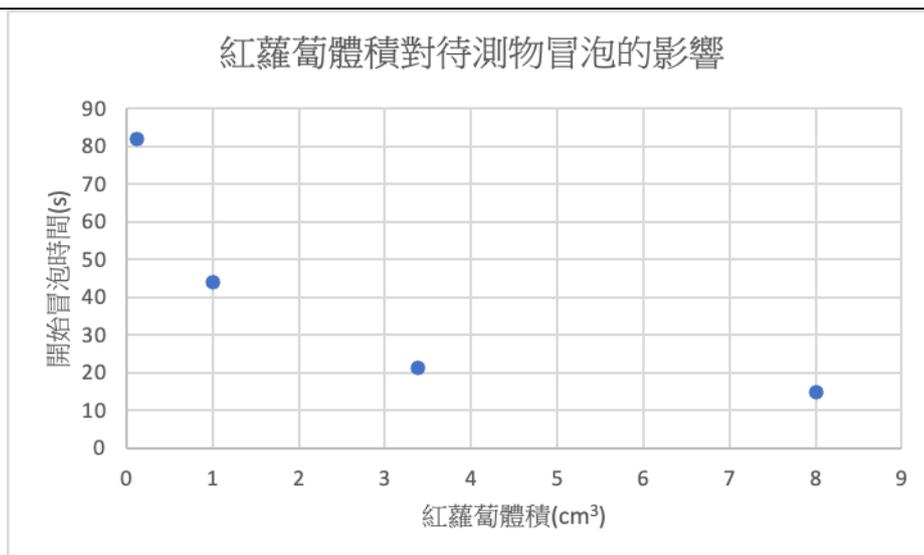
(三) 實驗數據

表一 紅蘿蔔在蒸餾水裡表面積對紅蘿蔔冒泡反應速率快慢 單位:秒(s)

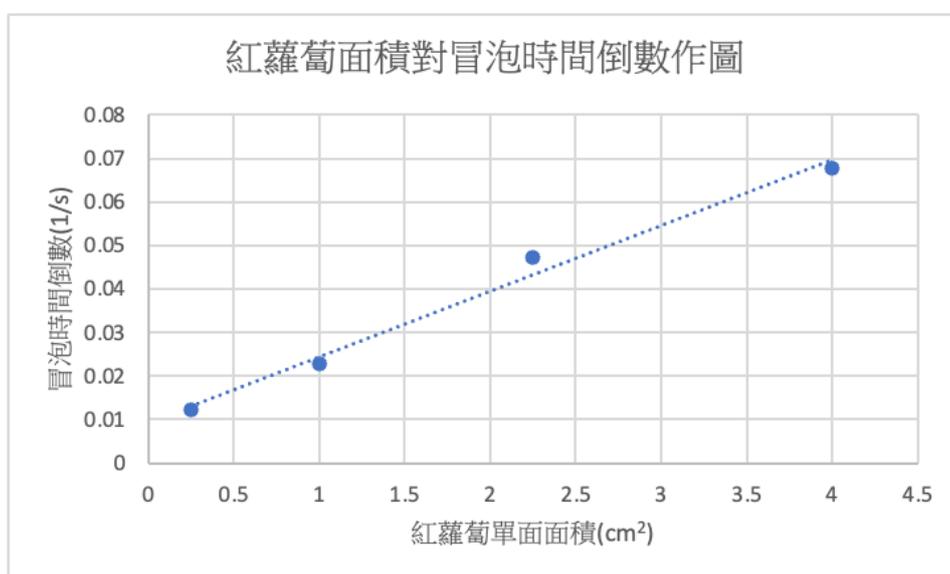
紅蘿蔔體積	$0.125\text{cm}^3$	$1\text{cm}^3$	$3.375\text{cm}^3$	$8\text{cm}^3$
1	236.85	57.02	31.98	21.77
2	1.12	56.63	16.68	11.54
3	8.35	18.18	14.74	10.98
平均	82.1	43.94	21.13	14.76



圖一 實驗器材



圖二 紅蘿蔔體積對待測物冒泡的影響



圖三 紅蘿蔔面積對冒泡時間倒數作圖

#### (四) 實驗結果與討論

我們分別將邊長為 0.5、1.0、1.5、2 公分的紅蘿蔔進行了實驗，並記錄紅蘿蔔從入水後到開始冒泡的時間。透過上表的數據，可觀測到最長時間為 236.85 秒，最短時間為 1.12 秒，平均值均隨體積的增加從 82.10 秒下降至 14.76 秒。從實驗數據來看，紅蘿蔔表面積越小，冒泡時間越短。再進一步觀察數據，我們可以看到冒泡時間大致與表面積成反比，以單一顆紅蘿蔔的面積觀察，表面積越大，所需時間越短，所以我們將時間倒數與面積做比較後，會與反應速率相符合。

另外，從實驗數據中，我們觀察到冒泡的時間有 236.85 秒和 1.12 秒，造成數據相差很大的原因我們猜測有二個，其中一個是在實驗之前就已經先把紅蘿蔔切成需要的大小備用，再接觸空氣的過程中，可能已經讓紅蘿蔔的表面氧化了，所以影響了接下來要測量的反應速率；另一種的原因可能是實驗用的紅蘿蔔塊從不同紅蘿蔔上切下來的，不同根的紅蘿蔔含水量等因素有可能不同，所以不可避免地造成誤差。

## 實驗二：鹽水濃度對海帶芽的表面積的影響。

### (一) 實驗器材

電子秤 1 個、直尺 1 把、溫度計 1 組、(1\*1cm)海帶芽 12 片、500ml 燒杯 4 個、鹽 數克、玻棒 1 支、蒸餾水、碼表、藥匙

### (二) 實驗步驟

step1:調配適當比例(5%、10%、15%)的食鹽水(各 500mL)

step2:裝取 500ml 的蒸餾水

step3:每杯各放一片海帶芽，分別放入蒸餾水中和食鹽水中

step4:使用碼表，兩分鐘後紀錄展開後的海帶芽單面面積

step5:把 step2 到 step4 重複做 2 遍

### (三) 控制變因

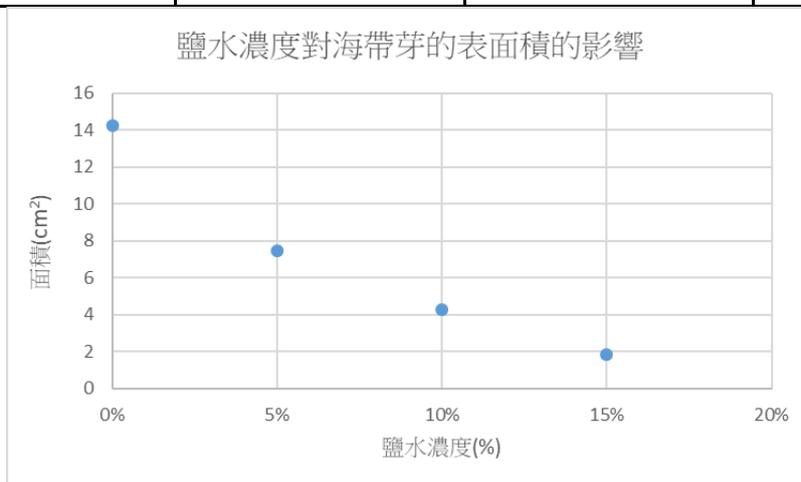
水溶液的溫度：25°C；體積：100cm<sup>3</sup>；pH 值：7

### (四) 實驗數據

表二 鹽水濃度對海帶芽的表面積的影響

單位:cm<sup>2</sup>

	蒸餾水	食鹽水(5%)	食鹽水(10%)	食鹽水(15%)
1	9.685	8.052	1.572	1.502
2	22.052	12.653	5.005	3.006
3	10.933	1.686	6.253	1.506
平均	14.233	7.464	4.277	1.855



圖三 鹽水濃度對海帶芽的表面積的影響

### (四) 實驗結果與討論

我們分別將鹽水以重量百分濃度調配為 5%、10%、15%進行了實驗，並記錄海帶芽入水兩分鐘後的面積。透過觀察表二的數據，我們發現最大面積為蒸餾水的 22.653cm<sup>2</sup>，最小面積為濃度 15%的 1.502cm<sup>2</sup>，平均值均隨體積增加從 14.233cm<sup>2</sup> 降至 1.855cm<sup>2</sup>。從實驗數據來看，鹽水濃度越高，海帶芽展開的面積越小。這個實驗結

果與滲透壓作用的原理相同，鹽水的濃度越高時，對海帶芽的滲透壓越大，使鹽水的水越難流入海帶芽內部，因此海帶芽展開的面積越小，達到抑制的作用。

這實驗另一個有趣的數據是，操縱變因已將鹽水濃度配置到 15%，比海水濃度 (3.5%)還高，原本預期在這麼高濃度的鹽水中，海帶芽是否會因為比原本生活環境濃度高，而造成面積收縮。然而，從實驗數據來看，海帶芽仍然有增加一點面積。

### 實驗三：水溫對海帶芽表面積膨脹面積的影響

#### (一) 實驗器材

500ml 燒杯 4 個、1000ml 燒杯 1 個、溫度計 4 支、30cm 直尺 1 把、單面刀片 1 把、 $1\text{cm}^2$  海帶芽 12 片、水、手機

#### (二) 實驗步驟

step1:將海帶芽攤平並切成  $1\text{cm}^2$  大小的海帶芽 12 個後放置一旁備用。

step2:接著用 1000ml 的燒杯裝取熱水後將熱水倒置 4 個 500ml 的燒杯中並加入適量冷水，待溫度平衡至所需的溫度。

step3:丟入準備好的海帶芽並開始計時至 3min 後停止。

step4:拿出膨脹後的海帶芽並測量膨脹之後海帶芽的表面積並重覆上述步驟 3 次。

step5:將膨脹後測量出的表面積減掉初始的表面積/180 秒，得膨脹速度。

#### (三) 控制變因

水溶液的質量：300g；體積：300ml；密度  $1\text{g}/\text{cm}^3$

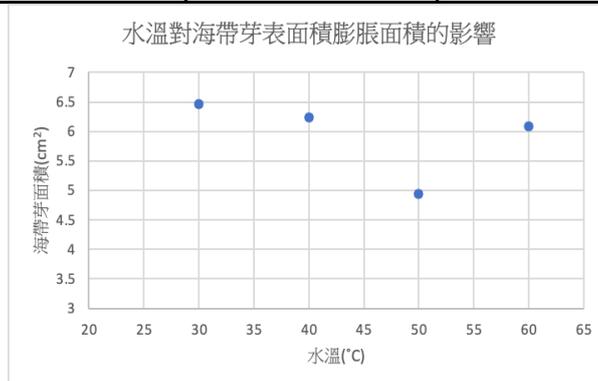
海帶芽盡量從同一包選擇；含水量：同一片切下；表面積： $1\text{cm}^2$

#### (四) 實驗數據

表三 水溫對海帶芽表面積膨脹的影響

單位: $\text{cm}^2$

	30°C	40°C	50°C	60°C
1	6.90	4.68	4.50	5.32
2	5.46	4.60	4.20	5.04
3	7.03	9.40	6.12	7.92
平均	6.46	6.23	4.94	6.09



圖四 水溫對海帶芽表面積膨脹面積的影響

#### (四) 實驗結果與討論

在實驗二中我們發現在蒸餾水下的海帶芽所泡發的面積最大，故以蒸餾水溶液當控制變因，改變蒸餾水水溫來進行實驗，從表三的表格中得知最小面積為  $4.20\text{cm}^2$ ，最大面積為  $9.40\text{cm}^2$ ，水溫從  $30^\circ\text{C}$  上升至  $60^\circ\text{C}$ ，除了在  $50^\circ\text{C}$  的結果，其餘面積大約為  $6\text{cm}^2$ ，面積變化並不明顯，這個實驗讓我們觀察到溫度越高並不會影響海帶芽泡發後的表面積。原本從滲透壓的公式猜想，隨著溫度的升高，水分子更容易進入細胞，海帶芽的面積膨脹會越明顯。與理論不符的誤差我們猜測為溫度沒有得到良好的控制，在等待的過程中，保溫並沒有做好，所以水溫有下降一些。

#### 五、結論與生活應用

##### (一) 結論

1. 紅蘿蔔表面積越小，紅蘿蔔接觸蒸餾水後到開始冒泡所需的時間越短
2. 食鹽水濃度越高，海帶芽展開面積越小
3. 蒸餾水的溫度與海帶芽泡發後增加的面積無明顯相關
4. 經過此實驗後，我們驗證了表面積可以影響反應速率；鹽水濃度可以影響滲透作用；溫度對滲透作用沒有明顯的影響。

##### (二) 生活應用與未來展望

1. 將滲透作用的概念應用在食品保存中，例如：蔬菜和肉品的醃製或製作蜜餞。
2. 因為生物體內的滲透作用會受到運輸蛋白(水孔蛋白)的影響，而不同細胞所含的水孔蛋白數量、種類不同，所以未來可以研究同一生物體內不同種細胞的滲透作用速率差異。

#### 參考資料

1. <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8C%96%E5%AD%B8%E5%8F%8D%E6%87%89%E9%80%9F%E7%8E%87>(維基百科-化學反應速率)
2. <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B8%97%E9%80%8F>(維基百科-滲透)
3. <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=39941>(台灣化學教育-化學反應-反應速率知多少)
4. <https://jingyan.baidu.com/article/fec4bce24ae508b3608d8b27.html>(百度-泡發率)
5. <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B4%BB%E5%8C%96%E8%83%BD>(維基百科-活化能)
6. <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=53214>(科學 Online-水勢能)
7. <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%B4%E9%80%9A%E9%81%93%E8%9B%8B%E7%99%BD>(水通道蛋白)