

中華民國第 63 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 化學科

080212

「氧」添藏「醇」

學校名稱： 新北市私立及人國民小學

作者： 小五 廖挺鈞 小四 廖柏愷 小五 謝采軒 小四 鍾沛璇	指導老師： 陳瑩雯
---	------------------

關鍵詞： 雙氧水、催化劑、二氧化錳

「氧」添藏「酵」

摘要

在學製氧時，老師說近三十年的教科書多用紅蘿蔔做實驗，直到五年前，各教科書都改用金針菇，原來是第五十四屆全國第一名科展作品的貢獻。金針菇取代紅蘿蔔，是因為用量比較少嗎？還是反應比較快呢？我們很好奇這兩者的差異，希望透過實驗找出更快分解雙氧水的方法。查資料後發現，大多催化劑製氧效果都無法與實驗藥品二氧化錳相比，當然包括金針菇，但是二氧化錳屬於化學藥品，又是重金屬，對環境會造成汙染，要特別處理。經我們反覆研究實驗後，找到酵母菌能取代二氧化錳快速大量製氧，不但只需用低濃度的雙氧水，準備實驗材料又非常的方便便宜，這個發現除了可以用於國小、國中甚至高中的製氧課程，環保又經濟的實驗優勢，相信是無法被取代的！

關 鍵 詞：雙氧水、催化劑、二氧化錳



壹、研究動機

升上五年級後，自然課更加生動有趣了，特別是「製氧」的實驗。我們知道氧氣對生命的重要性，學會了製氧後常常想：如果需要，緊急時也可以自己製造氧氣來急救。在思考科展題目時，聽老師說以前都是用紅蘿蔔丁和雙氧水來製造氧氣，但是現在這個課程都是用金針菇取代使用多年的紅蘿蔔，我們很好奇這兩者的不同；想起實驗時，雖然大家都是使用金針菇，但是產生的氧氣量在線香燃燒檢驗時卻有差別；我們覺得很納悶，是什麼原因造成的差異？還有沒有其他比金針菇更快速、更經濟的東西？詢問哥哥姐姐，他們說國、高中都是用二氧化錳來製造氧氣，不過二氧化錳是要特別處理的化學藥品，於是我們以此為目標，**希望找出更環保、節能又快速，並依然具有生物可分解、與環境相容性好的替代品**，和老師討論之後，決定好好了解「氧生之道」！

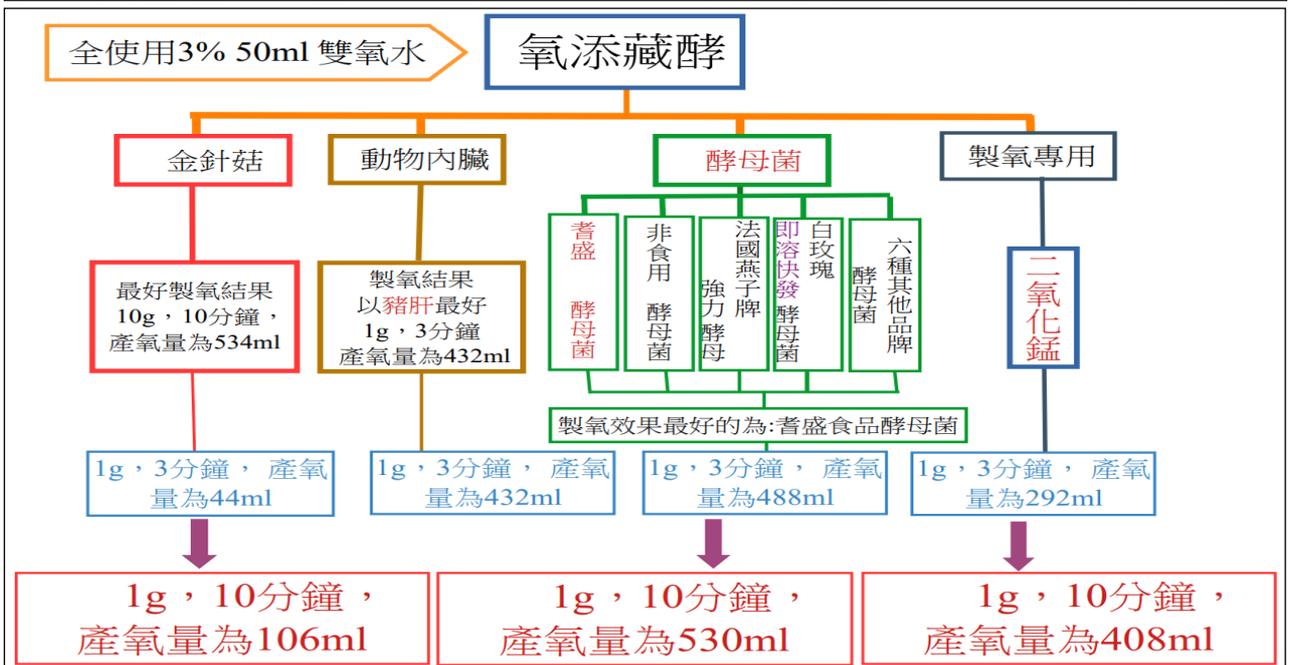
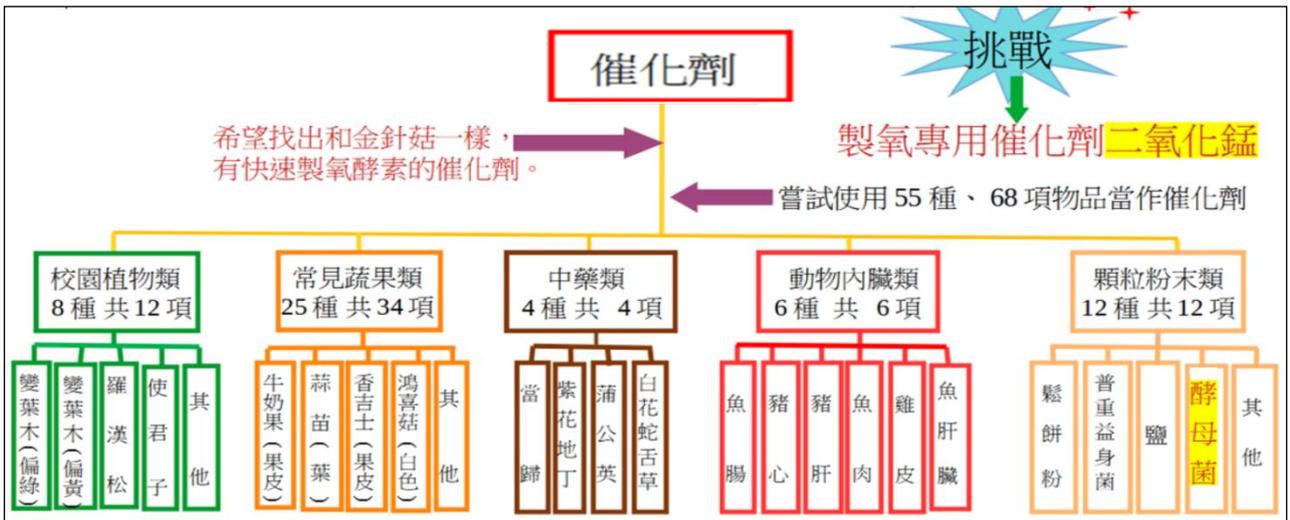
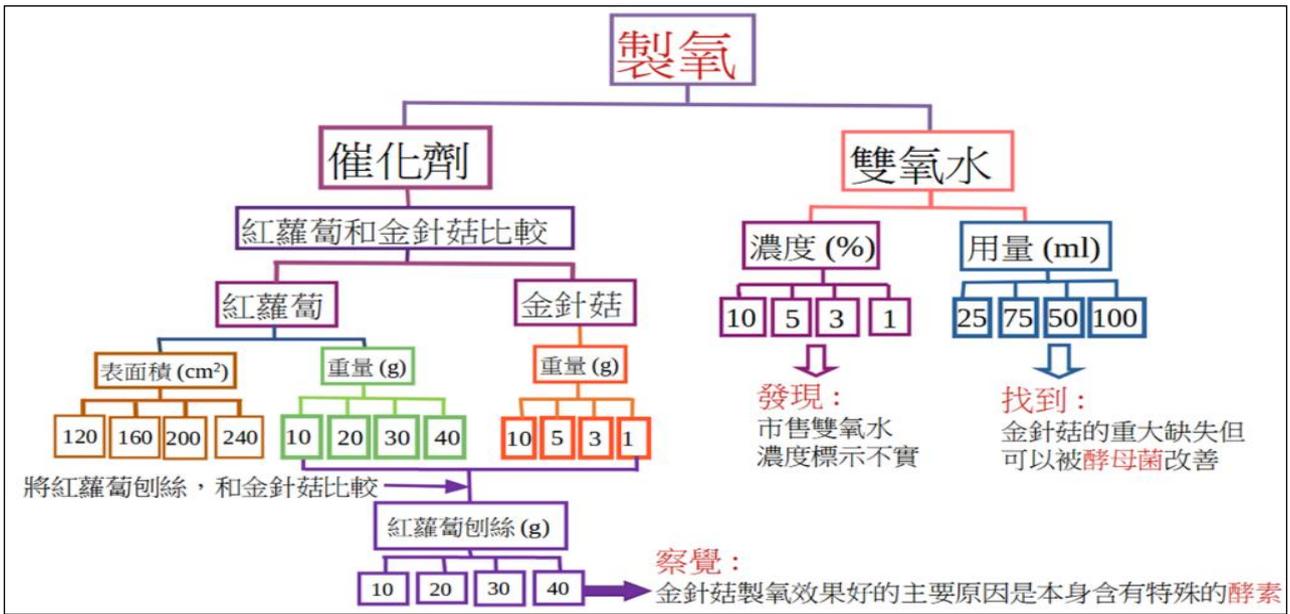


貳、研究目的

我們希望透過一系列的實驗，找出可加速雙氧水分解成氧氣的條件，也想知道不同催化劑對雙氧水分解的差異。**希望能以更環保、節能及快速的方向找出最少用量、更適合分解雙氧水的替代品**。為此，我們的研究目的為：

- 一、了解紅蘿蔔加入雙氧水能製氧的原因、催化劑和酵素是什麼，有什麼作用。
- 二、不同表面積的紅蘿蔔對雙氧水製氧的比較
- 三、紅蘿蔔和金針菇對雙氧水製氧效果的差異
- 四、雙氧水濃度對金針菇製氧效果的影響
- 五、雙氧水的量對金針菇製氧效果的比較
- 六、不同催化劑的製氧效果比較

研究流程圖



參、研究設備及器材

500ml 廣口瓶、250ml 集氣瓶、雙氧水、紅蘿蔔、金針菇、二氧化錳、酵母菌、橡皮塞、橡皮管、水箱、染料、玻璃板、滴管、燒杯、量筒、計時器、電子秤、砧板、水果刀、線香、打火機、相機、計時器、冰箱、塑膠袋。

肆、研究過程或方法

一、了解紅蘿蔔加入雙氧水能製氧的原因、催化劑和酵素是什麼，有什麼作用。

(一) 方法：蒐集相關資料，瞭解雙氧水製氧的原因、催化劑和酵素的作用。

(二) 結果：

1、過氧化氫(雙氧水)：

過氧化氫俗稱雙氧水，因為雙氧水分子不穩定，所以會分解成水並釋放出氧氣，但是如果沒有催化劑的幫忙，雙氧水的分解是緩慢的。

2、催化劑的定義：

在某些化學反應中加入其他物質，會促使化學反應速率變快或變慢，而它本身卻不變化，這種物質就稱為「催化劑」（王美芬，2010）。催化劑是一種在反應中不會增加也不會減少的物質，作用是改變反應的速率。例如：二氧化錳可以作為過氧化氫（雙氧水）分解的催化劑。不同的反應所使用的催化劑不相同，也不一定每個反應都有催化劑可以用。

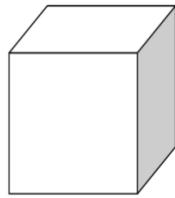
3、酵素：

紅蘿蔔含有一種「酶（酵素）」，能將雙氧水分解為氧和水，在這個作用中，紅蘿蔔只扮演「催化劑」的角色（王美芬，2010）。在雙氧水中加入紅蘿蔔或金針菇都會加速氧氣的產生，是因為「這些食物本身含有一種叫做「過氧化氫酶」的酵素，這種酵素可以加速過氧化氫的分解」。過氧化氫酶是一種廣泛存在於各類生物體中的酶，和催化劑一樣，作用是讓過氧化氫能快速分解成水和氧氣的物質。

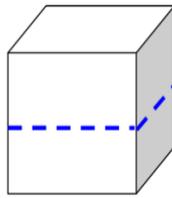
由於過氧化氫在一些動物和植物體內是有毒的代謝物，所以過氧化氫酶能幫助保護細胞，免受過氧化氫的毒性所影響。酵素分子本身是自然界生物體的一員，

表 1-1 總體積均為 40cm^3 的紅蘿蔔，總表面積不同的實驗設計

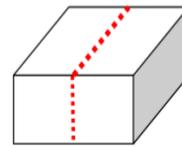
罐子內裝的紅蘿蔔	邊長為 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$	邊長為 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 1\text{cm}$	邊長為 $2\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$	邊長為 $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$
個數	共 5 塊	共 10 片	共 20 條	共 40 顆
總體積	40cm^3	40cm^3	40cm^3	40cm^3
總重量	32.7 g	32.9 g	32.4 g	32.7 g
總表面積	120cm^2	160cm^2	200cm^2	240cm^2



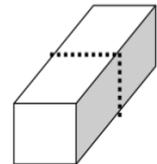
一塊
 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$
共 5 塊



一片
 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 1\text{cm}$
共 10 片



一條
 $2\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$
共 20 條



一顆
 $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$
共 40 顆

總表面積計算：

- (1) 5 塊 $\rightarrow 2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 6\text{面} \times 5\text{塊} = 120\text{cm}^2$
- (2) 10 片 $\rightarrow (2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{面} + 2\text{cm} \times 1\text{cm} \times 4\text{面}) \times 10\text{片} = 160\text{cm}^2$
- (3) 20 條 $\rightarrow (1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 2\text{面} + 2\text{cm} \times 1\text{cm} \times 4\text{面}) \times 20\text{條} = 200\text{cm}^2$
- (4) 40 顆 $\rightarrow 1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 6\text{面} \times 40\text{顆} = 240\text{cm}^2$

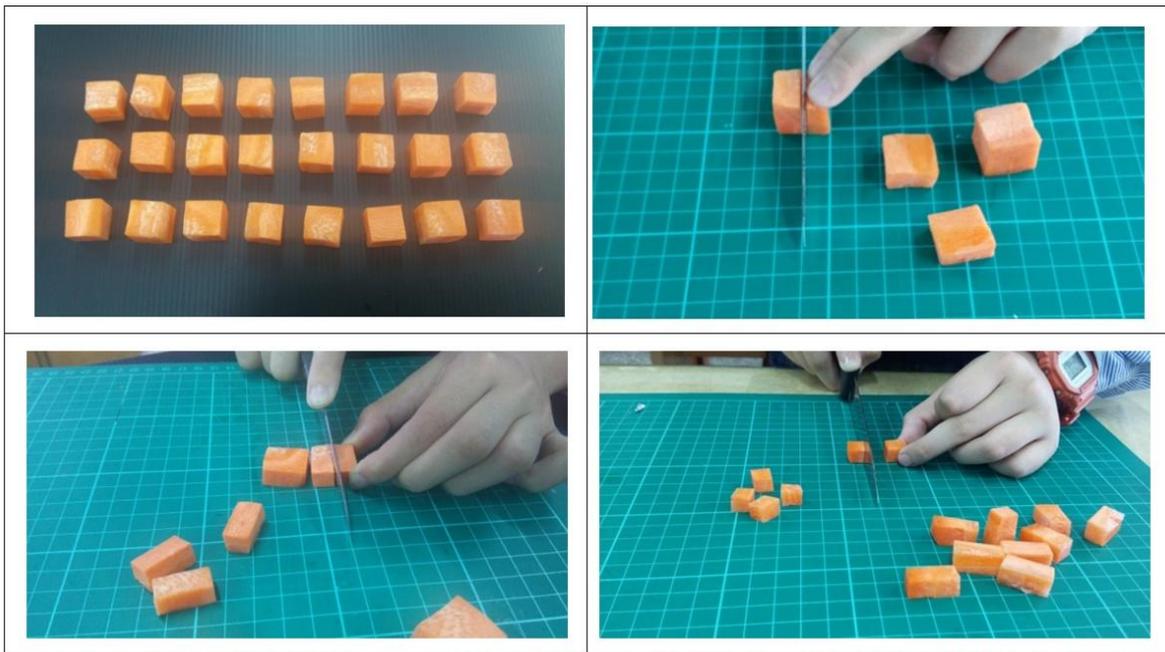


圖 1-1 將各種總體積為 40cm^3 的紅蘿蔔切成不同的表面積後比較製氧催化效果

三、紅蘿蔔和金針菇對雙氧水製氧效果的差異

實驗二：紅蘿蔔的量對雙氧水製氧的影響(塊狀)

(一) 實驗說明：聽老師說以前製氧時，廣口瓶很大，同學們都想讓線香燃燒的最旺盛，於是紛紛抓了大把的紅蘿蔔做實驗。實驗完後，自然教室的垃圾桶堆滿了實驗完的紅蘿蔔，非常壯觀(如下圖)，但也覺得很浪費，催化劑不是不參與反應嗎？催化劑的用量是如何影響呢？現在的課程用金針菇取代用了二十多年的紅蘿蔔？是因為用量比較少嗎？還是反應比較快呢？我們決定用這兩種來做比較。



圖 2-1 紅蘿蔔當催化劑製氧及不同的檢驗效果

(二) 實驗步驟

1. 準備排水集氣用材料及量筒數個，水染色後，量筒裝滿水倒置放入水箱備用。
2. 將紅蘿蔔切如玉米粒大小，分別取 10g、20g、30g、40g 放入集氣瓶中。
3. 將集氣瓶的橡皮管放入收集氧氣裝滿水的量筒內。
4. 調配好 3% 及 5% 雙氧水 50ml，倒入裝有紅蘿蔔集氣瓶後，立即蓋上橡皮塞。
5. 紀錄收集到第一顆氧氣的時間，每 30 秒紀錄收集到的氧氣量，持續 10 分鐘。
6. 如果收集到的氧氣超過量筒體積，要能及時將橡皮管放入新的量筒中。
7. 實驗完畢時將點燃的線香倒插入瓶子內，檢驗產生的氣體。



圖 2-2 實驗操作--紅蘿蔔當催化劑製氧

實驗三：金針菇的量對雙氧水製氧的影響

(一) 實驗說明：將紅蘿蔔改為金針菇實驗比較。

(二) 實驗步驟

1. 將金針菇切成長約 5mm 備用。分別取 10g、5g、3g、1g 放入集氣瓶中。
2. 調配好 3% 雙氧水 50ml，倒入裝有金針菇的集氣瓶後，立即蓋上橡皮塞。
3. 以下同上實驗步驟，持續實驗時間 10 分鐘。

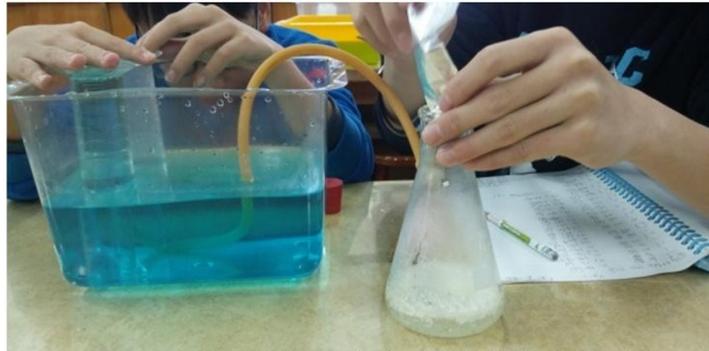


圖 3-1 實驗操作—金針菇當催化劑製氧

實驗四：刨絲紅蘿蔔的量對雙氧水製氧的影響

(一) 實驗說明：實驗後發現金針菇的催化效果比紅蘿蔔好太多了，是因為形狀細長造成總表面積很大的關係，還是金針菇本身所含的特有酵素造成的呢？所以，我們決定把紅蘿蔔利用刨絲的方式改成細長型與金針菇再做比較。

(二) 實驗步驟

1. 將紅蘿蔔刨成細絲，分別取 10g、20g、30g、40g 放入集氣瓶中。
2. 調配好 3% 雙氧水 50ml，倒入裝有刨絲紅蘿蔔的集氣瓶後，立即蓋上橡皮塞。
3. 以下同上實驗步驟，持續實驗時間 10 分鐘。

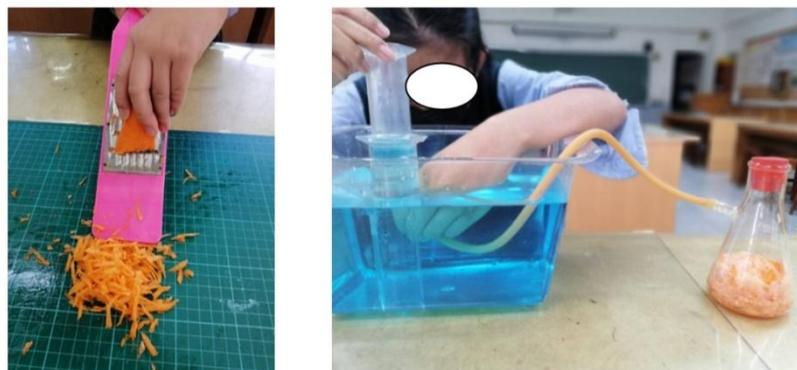


圖 4-1 實驗操作—刨絲紅蘿蔔當催化劑製氧

四、雙氧水濃度對金針菇製氧效果的影響

實驗五：雙氧水濃度對雙氧水製氧的影響

(一) 實驗說明：我們發現金針菇的確比紅蘿蔔還厲害，它不但讓雙氧水快速分解，使用的量也比紅蘿蔔少很多。如果用不同濃度的雙氧水，效果會如何？

(二) 實驗步驟

1. 將 5g 金針菇切成長約 5mm，放入集氣瓶備用。
2. 調配好 1%、3%、5%、10% 不同濃度的雙氧水 50ml，倒入裝有金針菇的集氣瓶後，立即蓋上橡皮塞。以下同上實驗步驟，持續實驗時間 10 分鐘。

五、雙氧水的量對金針菇製氧效果的比較

實驗六：雙氧水的量對雙氧水製氧的影響

(一) 實驗說明：當金針菇用量與雙氧水濃度都固定時，雙氧水的量是不是越多就能製造出越多的氧氣呢？

(二) 實驗步驟

1. 將 5g 金針菇切成長約 5mm，放入集氣瓶備用。
2. 分別準備好 5% 的雙氧水 25ml、50ml、75ml、100ml，倒入裝有金針菇的集氣瓶後，立即蓋上橡皮塞。以下同上實驗步驟，持續實驗時間 10 分鐘。
3. **後續驗證實驗**：準備 3% 的雙氧水，並用 5g、10g、15g 切成長約 5mm 的金針菇，再次分別加入 25ml、50ml、75ml、100ml 雙氧水，利用同上實驗步驟，持續實驗時間 10 分鐘，(驗證當雙氧水過量時，催化效果不增反降)。

六、不同催化劑的製氧效果比較

實驗七：二氧化錳用量對雙氧水製氧的影響

(一) 實驗說明：查詢資料發現，國中二年級的實驗裡也有製氧的課程，利用二氧化錳當雙氧水的催化劑。也許是因為二氧化錳是均勻粉末狀的，沒有表面積大小的影響，催化效果更佳。於是我們拿來當作指標，比較它的催化製氧效果。

(二) 實驗步驟

1. 分別取 1g、0.5g、0.3g、0.1g 的二氧化錳放入集氣瓶中。
2. 加入 3% 雙氧水 50ml，以下同上實驗步驟，持續實驗時間 10 分鐘。

第三類：中藥類
(共使用 4 種中藥 有 4 項)



第四類：動物內臟類
(共使用 6 種內臟 有 6 項)



第五類：顆粒粉末類
(共使用 12 種 有 12 項)



(一)實驗說明：我們查詢了許多資料，包括歷屆得獎科展。製氧果然是大家感興趣的題目，有許多作品拿了各種的植物和蔬果來嘗試當作雙氧水的催化劑，有些點子我們也跟著嘗試看看，讓我們最難忘的是從一個期刊得到的想法，我們拿各種市場能買到的動物內臟來實驗，製氧結果出奇的好，更勝金針菇實驗。但這卻背離了我們一開始設定的目標，為了製氧實驗，還要特地去買這些東西，處理起來又很麻煩，非但沒有金針菇的優勢，又不環保與節能，反覆思考和實驗驗證，最後找到了烘焙材料中常見的酵母菌嘗試。

(二) 實驗步驟

- 1.分別取 1g、0.5g、0.3g、0.1g 的酵母菌放入集氣瓶中。
- 2.加入 3%雙氧水 50ml，以下同上實驗步驟，持續實驗時間 10 分鐘。

實驗九：二氧化錳與酵母菌對雙氧水製氧效果比較

(一) 實驗說明：在清洗集氣瓶時發現有部分酵母菌沒有完全溶解和反應，應該是雙氧水倒入裝有酵母菌的集氣瓶時，有部分酵母菌被產生的大量氧氣衝擠，黏在集氣瓶上或是被溶解的酵母菌包覆著，所以無法接觸雙氧水，我們嘗試許多方式改善(包括使用注射筒分批注射雙氧水)，最後決定仿效國中課本中製氧的方式，將催化劑先加水溶解再與雙氧水作用。

(二) 實驗步驟

1. 取 1g 的二氧化錳、酵母菌並分別加入 10 ml 的水，充分攪拌至溶解。
2. 將溶解後的催化劑，到入集氣瓶中。
3. 加入 3%雙氧水 50ml，以下同上實驗步驟，分持續實驗時間 10 分鐘。



圖 9-1 實驗操作—酵母菌當催化劑製氧

伍、研究結果

一、了解紅蘿蔔加入雙氧水能製氧的原因、催化劑和酵素是什麼，有什麼作用。

過氧化氫俗稱雙氧水，因為分子不穩定，在催化劑的幫忙下，會快速分解成水及氧氣。而催化劑是一種在反應中不會增加也不會減少的物質，作用是改變反應的速率。在雙氧水中加入紅蘿蔔或金針菇都會加速氧氣的產生，是因為「這些食物本身含有一種叫做「過氧化氫酶」的酵素，這種酵素可以加速過氧化氫的分解」。因此，只要能加速雙氧水分解的物質，都能作為雙氧水分解的催化劑。

二、不同表面積的紅蘿蔔對雙氧水製氧的比較

在同體積的條件下，我們將各種總體積為 40cm^3 的紅蘿蔔切成不同小塊，比較不同表面積下產生氧氣的差別。（詳細的實驗數據，請參考實驗日誌）

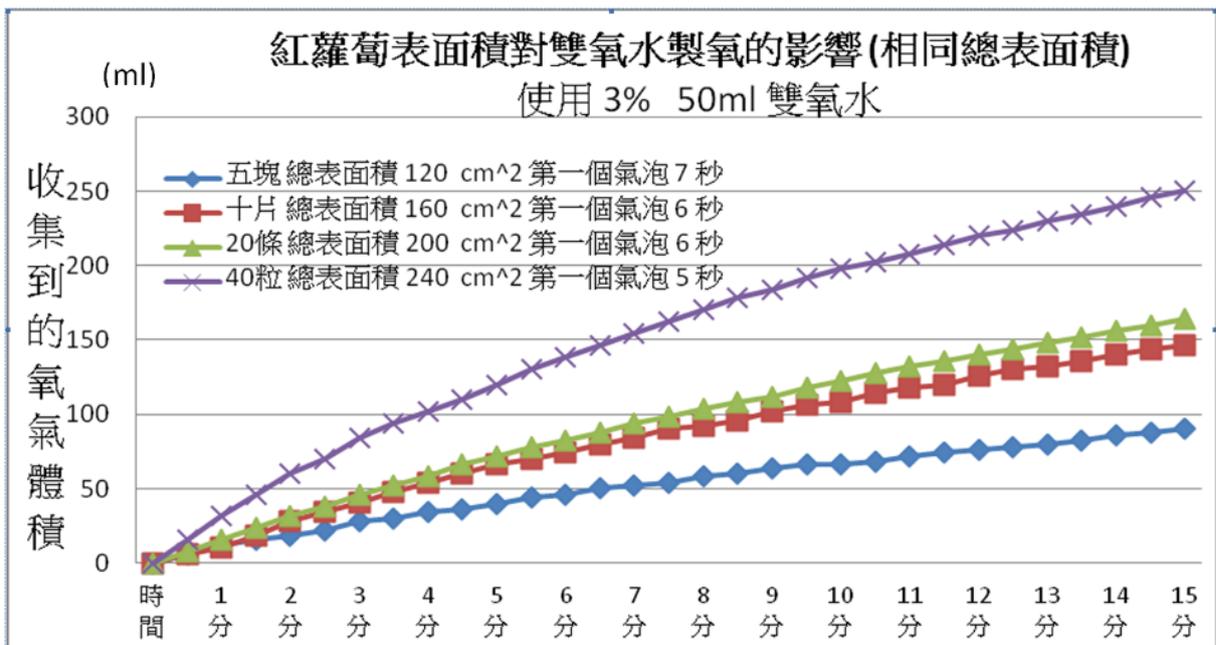


圖 1-2 紅蘿蔔表面積對雙氧水製氧的影響 (總體積相同時)

我們發現體積相同時，總表面積越大的實驗組，同時間下產生的氧氣量越多，且表面積差異愈大，實驗結果愈明顯。例如 40cm^3 的紅蘿蔔當切成 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 2\text{cm}$ 大小時是 5 塊，共有 120cm^2 的表面積，當切成 $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 大小時是 40 粒，表面積共有 240cm^2 ，相當於 2 倍 5 塊的表面積。相同體積時，當表面積變大 2 倍時，用 3% 雙氧水 50ml 製氧，收集的氧氣量會變成 2.78 倍。

三、紅蘿蔔和金針菇對雙氧水製氧效果的差異

以前我們認為在雙氧水條件固定下，催化劑的量愈多氧氣的產量就愈多；現在的課程用金針菇取代了已使用十多年的紅蘿蔔？是因為用量比較少嗎？還是反應比較快呢？我們比較這兩種催化劑的用量及製氧效果。(實驗數據，請參考實驗日誌)

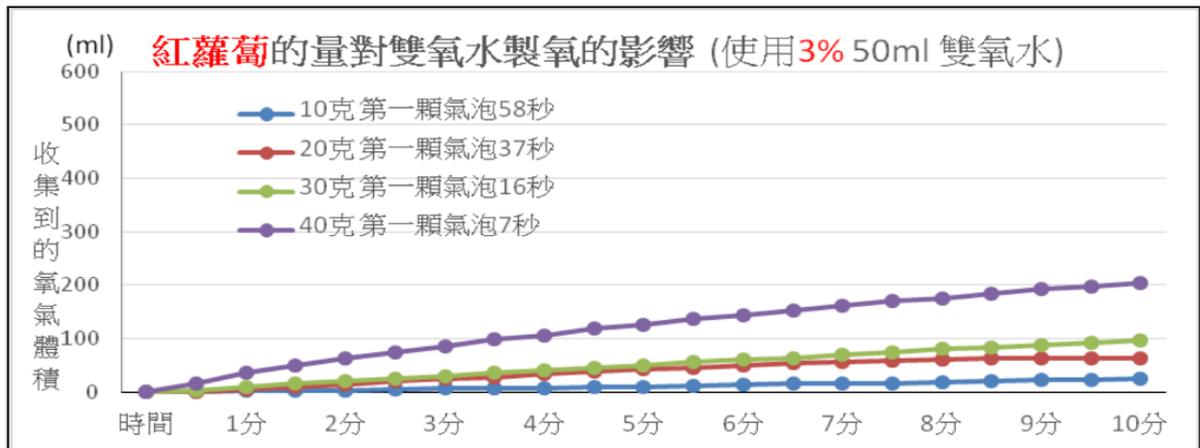


圖 2-3 紅蘿蔔的量對雙氧水製氧的影響 (3% 50ml 雙氧水)

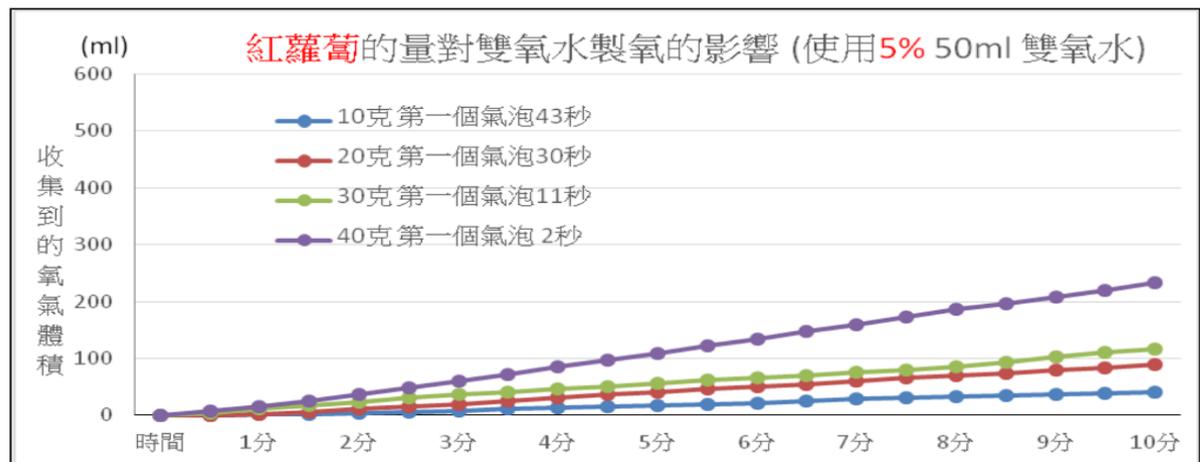


圖 2-4 紅蘿蔔的量對雙氧水製氧的影響 (5% 50ml 雙氧水)

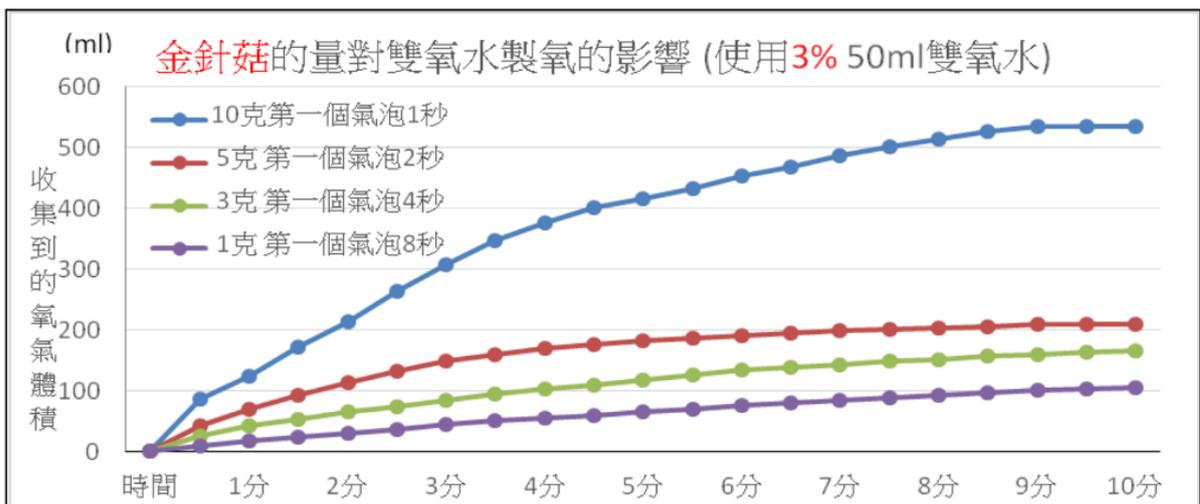


圖 3-2 金針菇的量對雙氧水製氧的影響 (3% 50ml 雙氧水)

我們發現紅蘿蔔愈多，產生氧氣的速率愈快，使用3% 50ml的雙氧水收集10分鐘時，紅蘿蔔40g收集的氧氣量是10g的**近8.5倍**，而5% 50ml的雙氧水收集10分鐘時，40g紅蘿蔔收集的氧氣量也是10g紅蘿蔔的**5.8倍**，**因為金針菇產生的氧氣量太多又太快**，於是我們只選用3%的雙氧水收集10分鐘，並且由10g往下做實驗，10g金針菇收集的氧氣量是1g金針菇的**5倍多**，**同樣3% 50ml的雙氧水收集10分鐘時，10g金針菇收集的氧氣量是10g紅蘿蔔的22倍多**，難怪所有國小製氧的教科書都改用了金針菇。我們思考可能是因為金針菇形狀造成表面積的差異，於是我們將塊狀的紅蘿蔔刨成絲狀，再與金針菇做比較。

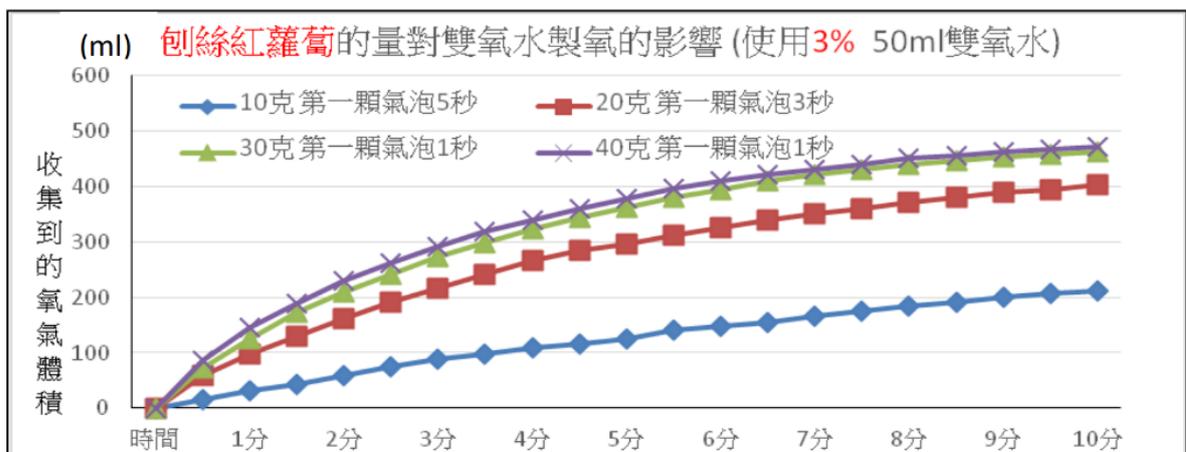


圖 4-2 刨絲紅蘿蔔的量對雙氧水製氧的影響 (3% 50ml 雙氧水)

由數據圖表整理結果得知：在雙氧水條件及時間固定下，不管是紅蘿蔔或是金針菇，催化劑用量愈多，產生的氧氣越多速率也越快，但當催化劑加到某一定量後，氧氣量會達到上限，就算催化劑再增加，也不會提高氧氣量的產生(比較30g與40g刨絲紅蘿蔔)。因為催化劑與產生的氧氣量不是一直成正比，所以當雙氧水固定時，催化劑有一個最佳的使用量，及最大的氧氣產生量。如果超過了這個用量，只是浪費。

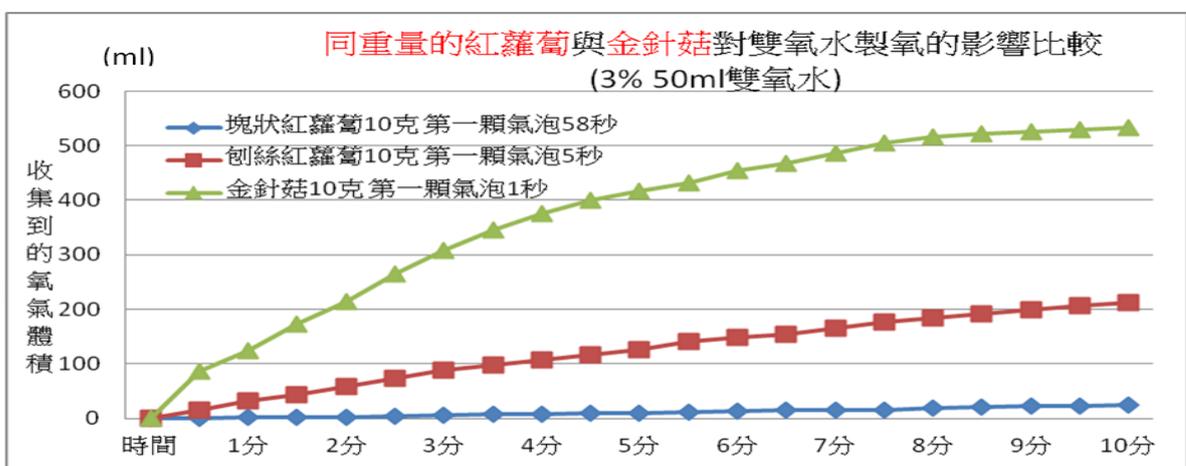


圖 4-3 同重量紅蘿蔔(塊狀與刨絲)與金針菇對雙氧水製氧的影響 (3% 50ml 雙氧水)

表4-1 同重量紅蘿蔔與金針菇對雙氧水製氧的影響比較 (3%雙氧水50ml)

塊狀紅蘿蔔 10 克		刨絲紅蘿蔔 10 克		金針菇 10 克	
第一個氣泡 58 秒		第一個氣泡 5 秒		第一個氣泡 1 秒	
時間	體積	時間	體積	時間	體積
00 分 30 秒	0	00 分 30 秒	16	00 分 30 秒	86
01 分 00 秒	2	01 分 00 秒	32	01 分 00 秒	124
~	~	~	~	~	~
10 分 00 秒	24	10 分 00 秒	212	10 分 00 秒	534

我們把紅蘿蔔刨成細絲狀，如同金針菇一樣，同樣用3% 50ml的雙氧水收集10分鐘時，發現10g刨絲的紅蘿蔔果然因為形狀的改變，大幅增加了總表面積，因此產生的氧氣量是10g如玉米粒塊狀紅蘿蔔的近8.8倍，但仍然不及金針菇的22倍，所以我們確定金針菇製氧效果優於紅蘿蔔，並不只是形狀表面積的關係，金針菇本身的酵素也是重要關鍵。(詳細的實驗數據，請參考實驗日誌)

四、雙氧水濃度對金針菇製氧效果的影響

當驗證了金針菇比紅蘿蔔更適合做雙氧水製氧的催化劑後，我們想知道定量的金針菇和不同濃度雙氧水的作用結果會如何？實驗後發現：不同濃度的雙氧水與定量的金針菇製氧效果比較，雙氧水濃度愈高，氧氣的產生速率愈快也愈多。

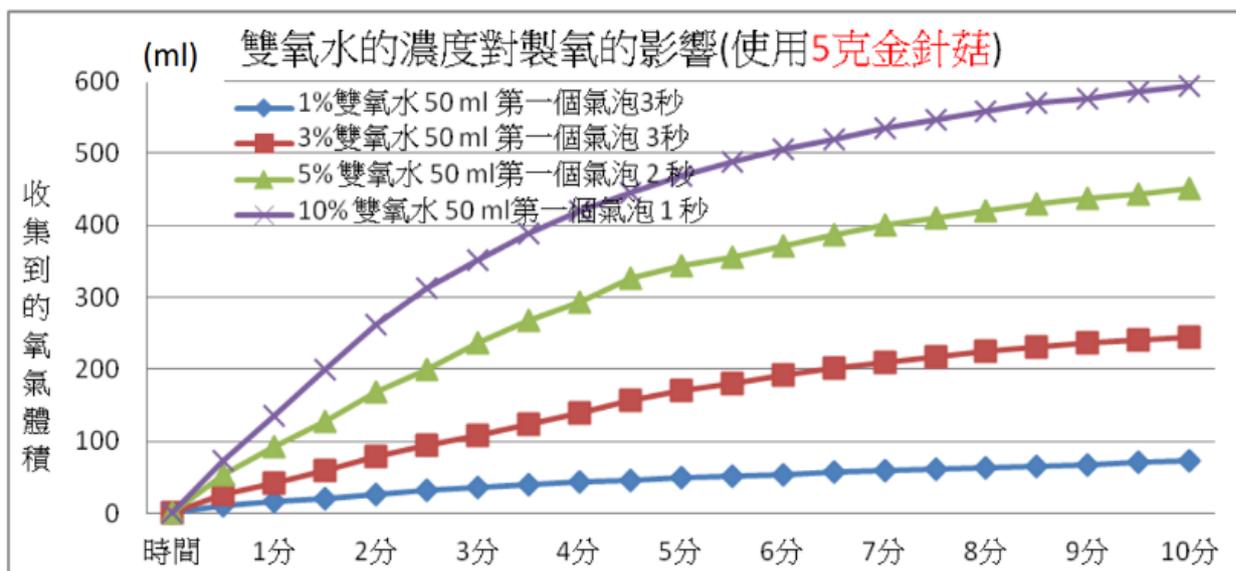


圖 5-1 雙氧水的濃度對製氧的影響 (使用 5g 金針菇)

五、雙氧水的量對金針菇製氧效果的比較

由數據圖表整理結果得知：在 5g 金針菇和 5% 雙氧水條件下，雙氧水愈多，產生的氧氣量也變多。但是當雙氧水超過 75ml 後，氧氣的產生量和速率都沒有明顯差異甚至還稍微下降，反覆多達 10 多次的驗證，都得到相同的結果。我們想：當提供的金針菇量固定時，表示其對雙氧水的催化效果一樣，而越多雙氧水，應該需要的催化效果要越多，因此當催化能力不夠時，或是雙氧水量太多時，反而使金針菇的催化效果失效了，反而無法加快氧氣的產生，產生的氧氣量反而減少。參加市賽後，經過建議，我們又加做了實驗檢驗，得到相同的結論，證明使用金針菇當作製氧的催化劑，有多項的限制，除了催化效果不穩定且會失效外，製造出來的垃圾廚餘，既不經濟也不環保，也是一個令人困擾的問題。(詳細的實驗數據，請參考實驗日誌)

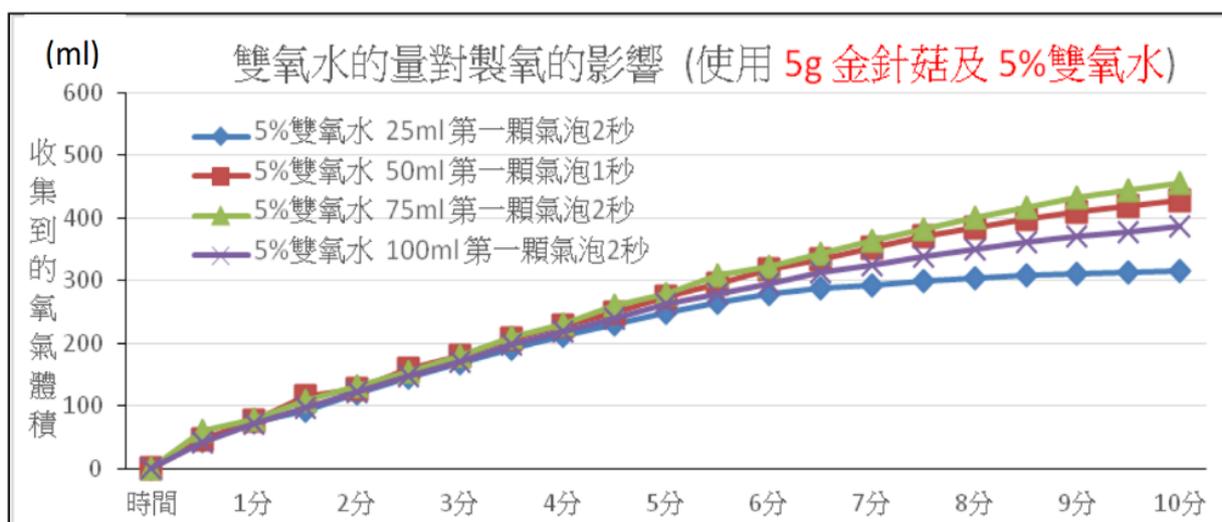


圖 6-1 雙氧水的量對製氧的影響 (使用 5g 金針菇及 5% 雙氧水)

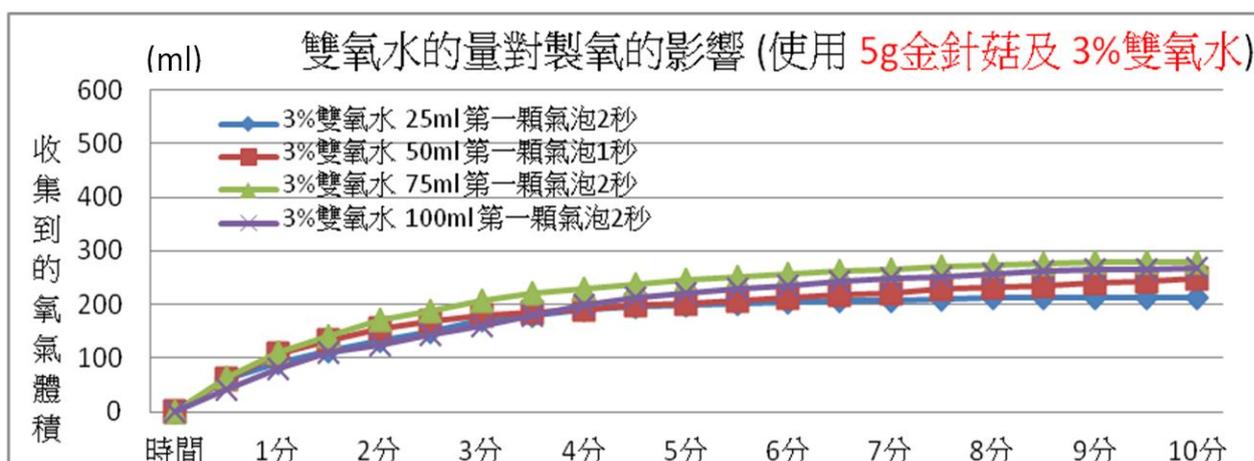


圖 6-2 雙氧水的量對製氧的影響 (5g 金針菇及 3% 雙氧水)

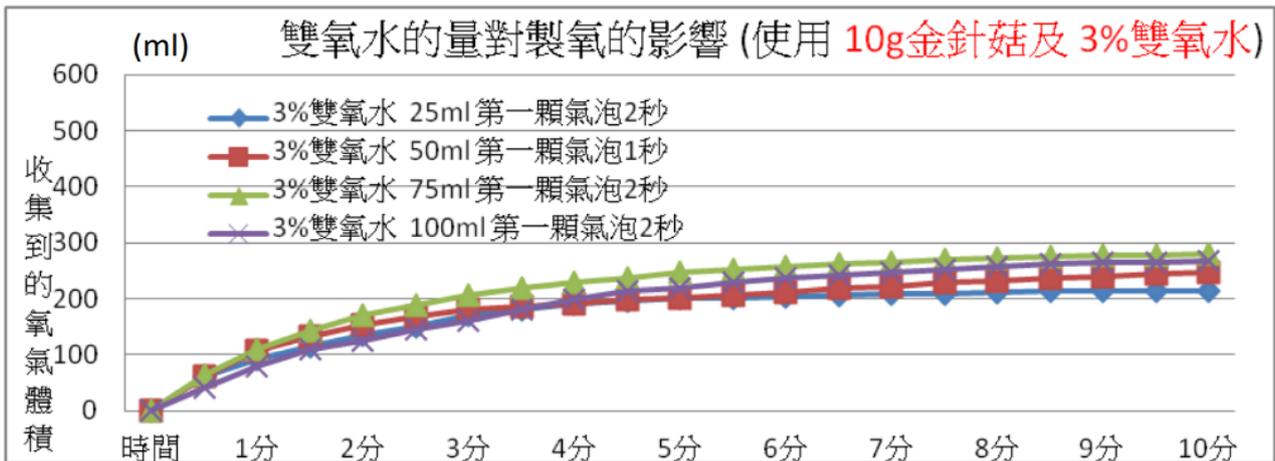


圖 6-3 雙氧水的量對製氧的影響 (10g 金針菇及 3%雙氧水)

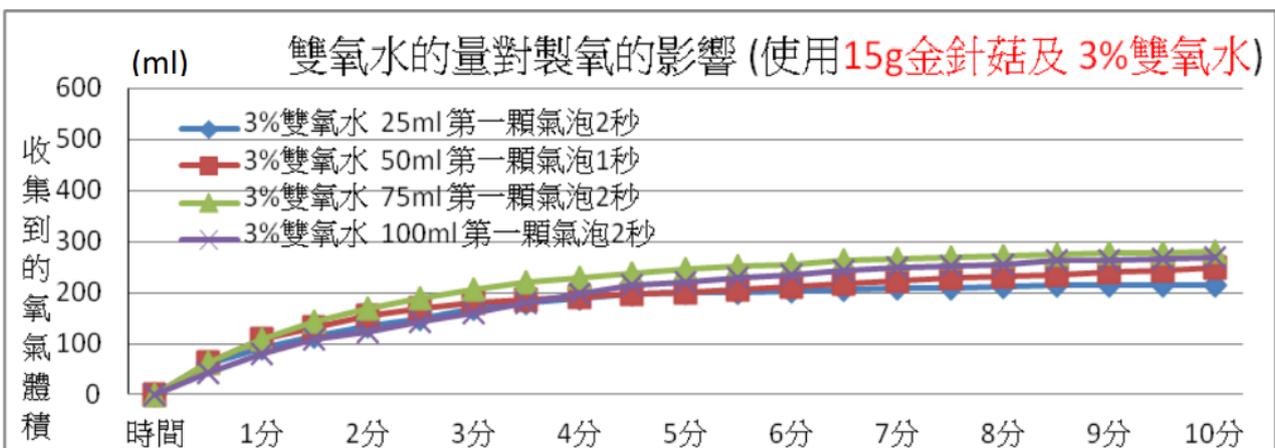


圖 6-4 雙氧水的量對製氧的影響 (15g 金針菇及 3%雙氧水)

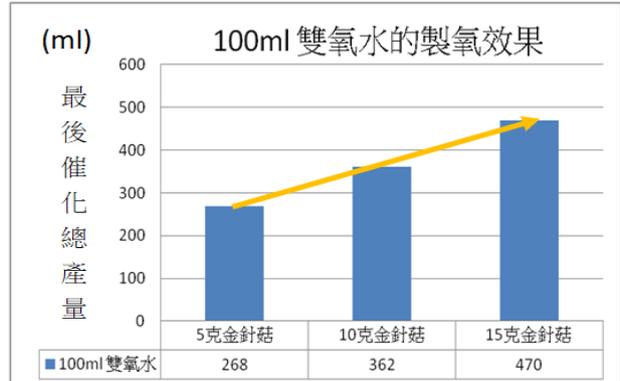
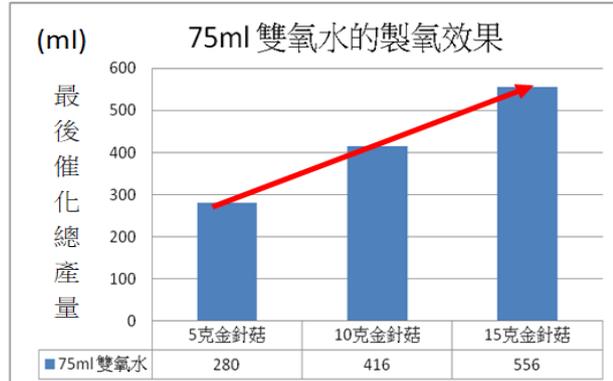
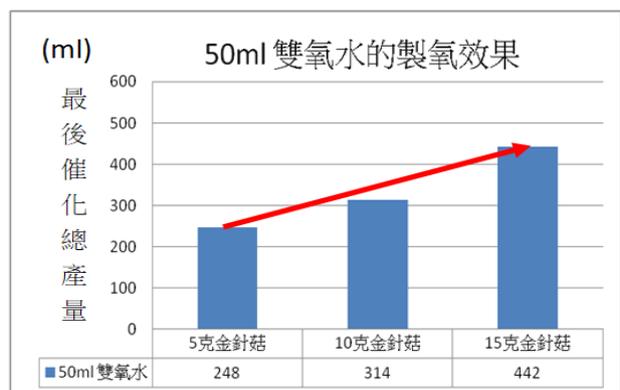
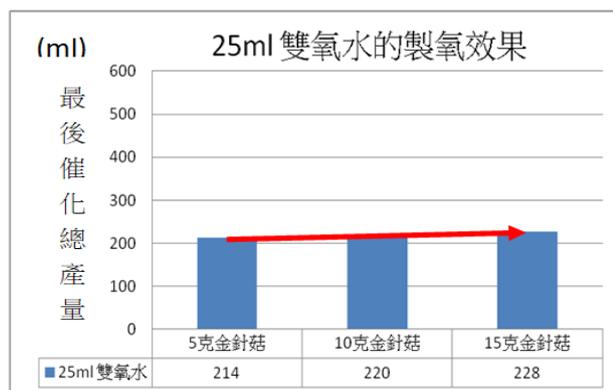


圖 6-6 不同重量金針菇對不同量雙氧水的製氧影響 (3%雙氧水)

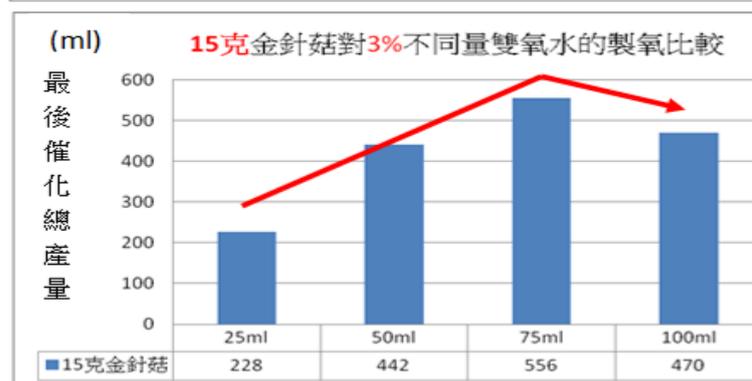
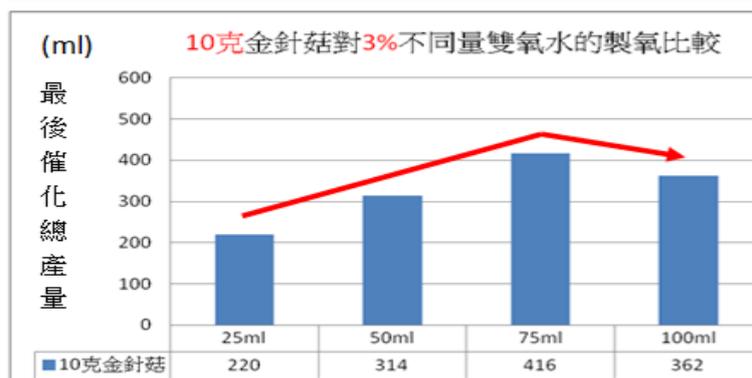
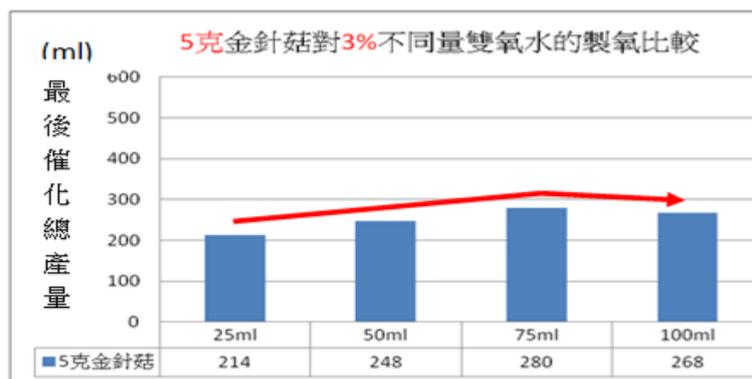


圖 6-7 不同量的雙氧水對金針菇製氧影響(3%雙氧水)

我們發現

1. 在雙氧水 25ml 時不管使用 5g、10g、15g 金針菇當作催化劑，產生的氧氣量差不多，可能表示雙氧水已經全部反應完了。
2. 使用 50、75、100ml 的雙氧水時，用金針菇催化後的產氧量隨金針菇的使用量增加而持續上升，代表雙氧水仍可以再反應生成氧氣，只是需要更長的時間，若使用的是少量的金針菇時，應該會有未完全反應的雙氧水，在自然課有限的時間壓力下，實驗就相對地受限了。
3. 使用 75ml 及 100 ml 雙氧水製氧實驗時，當雙氧水由 75ml 增至 100 ml，用金針菇當催化劑的產氧量 100ml 小於 75 ml 雙氧水，不管驗證多少次，都得到相同的結果，較多的雙氧水卻無法產生較多的氧氣，我們確定催化劑金針菇已經失效或變質了。

六、與其他更快速、環保的製氧催化劑比較。

查詢資料發現，國中以上的雙氧水製氧課程都是利用二氧化錳當催化劑，利用二氧化錳催化的效果如何？於是我們以它為指標，比較它與其他催化劑製氧效果。

另外我們也查詢了許多資料，包括歷屆得獎科展，也拿了許多植物、蔬果甚至市場買到的豬、雞、魚等材料作催化劑，其中豬肝催化效果出奇的好，更勝金針菇。但這卻背離了我們一開始設定的目標，為了製氧實驗，還要特地去買這些東西，處理起來又很麻煩，沒有二氧化錳的快速，也不環保更不節能，反覆實驗和思考，最後找到了烘焙材料中常見的酵母菌嘗試。(詳細的實驗數據，請參考實驗日誌)

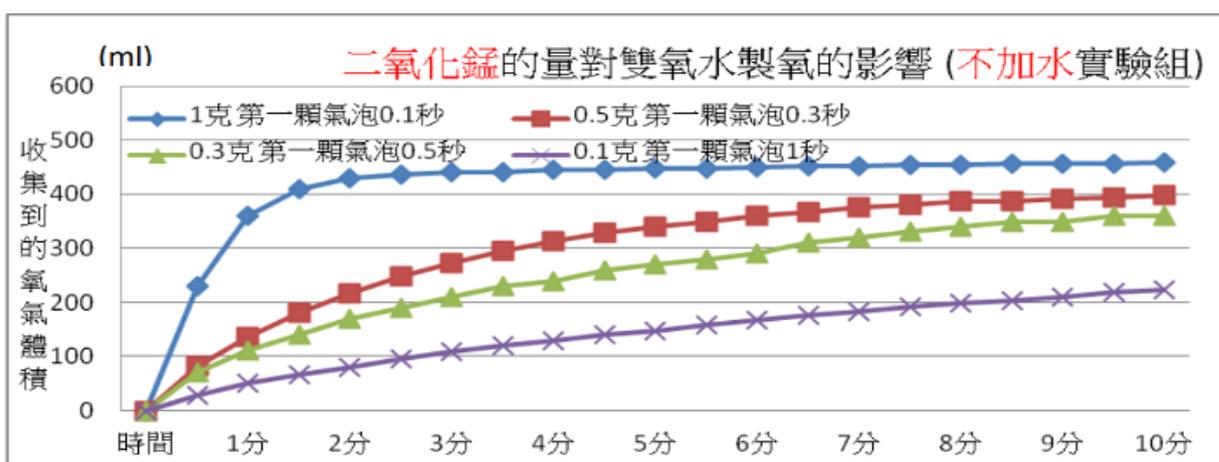


圖 7-1 二氧化錳的量對雙氧水製氧影響 (3% 50ml 雙氧水)—不加水實驗組

二氧化錳直接加上雙氧水，發現產生氧氣的速率極快，依照實驗催化劑的用量 1g 在一分鐘內就產出理論最大總產量的 66.3%，在三分鐘結束時，就已經達到 81.0%，在十分鐘結束時，就達到了 84.3%，我們發現二氧化錳量越多，製氧暴衝愈明顯，會在短時間暴衝出大量氧氣；二氧化錳加 10ml 水後，產氧的度比較緩和平均，但總產量也略有下降。

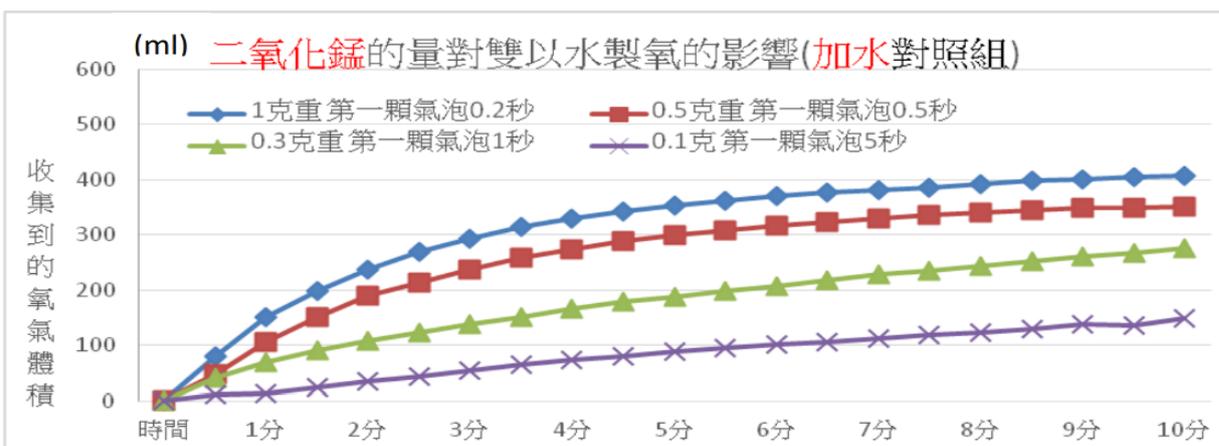


圖 7-2 二氧化錳的量對雙氧水製氧影響 (3% 50ml 雙氧水)—加水對照組

在酵母菌方面，我們想破了頭，明明看到酵母菌一直冒出許多泡泡，將點燃的線香放入集氣瓶也仍然有燃燒旺盛的現象，但就是看不到集氣管子快速的冒出氣泡。突然想到三年級自然教過空氣可以被擠壓，會不會產生的氧氣被酵母菌和雙氧水作用產生的那層膜蓋住了(實驗時能看到一層膜上下起伏著，查詢資料發現那是酵母菌蛋白質氧化所產生的膜)，所以產生的氧氣才無法順利衝出屏障，又在集氣瓶內相互推壓，直到集氣瓶內的氣體壓力太大，最後爆衝出來形成一個大孔洞，瞬間收集到大量的氧氣，所以在集氣瓶中心會看到如下圖紅色標記地方，出現那樣的破洞。

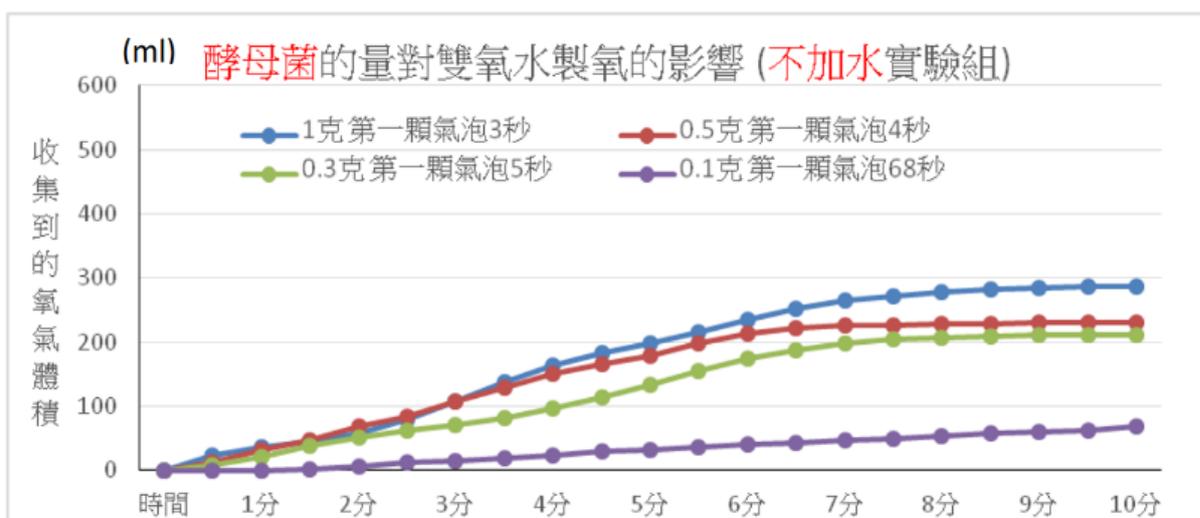


圖 8-1 酵母菌的量對雙氧水製氧影響 (3% 50ml 雙氧水)—不加水實驗組

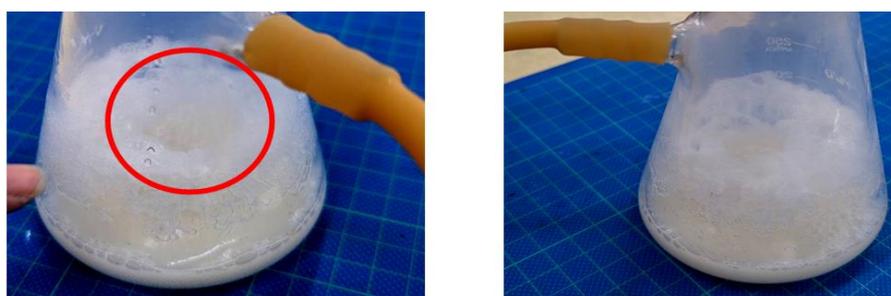


圖 8-2 瓶中被氧氣爆衝產生的孔洞

另外，在清洗集氣瓶時發現有部分酵母菌沒有完全溶解和反應，應該是雙氧水倒入裝有酵母菌的集氣瓶時，有部分酵母菌被產生的大量氧氣衝擠，黏在集氣瓶上或是被溶解的酵母菌包覆著所以無法接觸到雙氧水進而產生催化作用，我們嘗試許多方式改善，最後決定將二氧化錳和酵母菌先都加水溶解再與雙氧水作用比較。

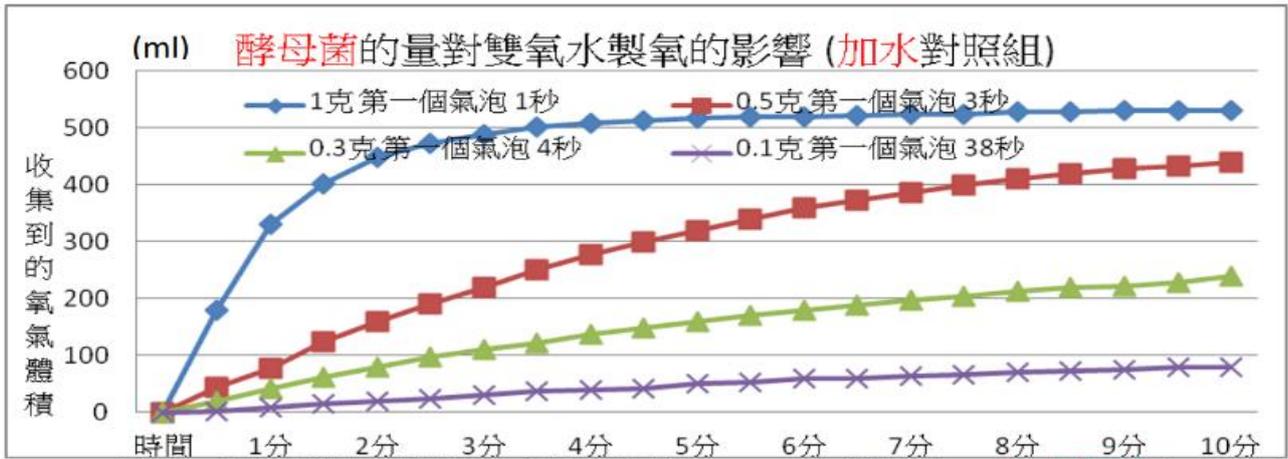


圖 8-3 酵母菌的量對雙氧水製氧影響 (3% 50ml 雙氧水) — 加水對照組

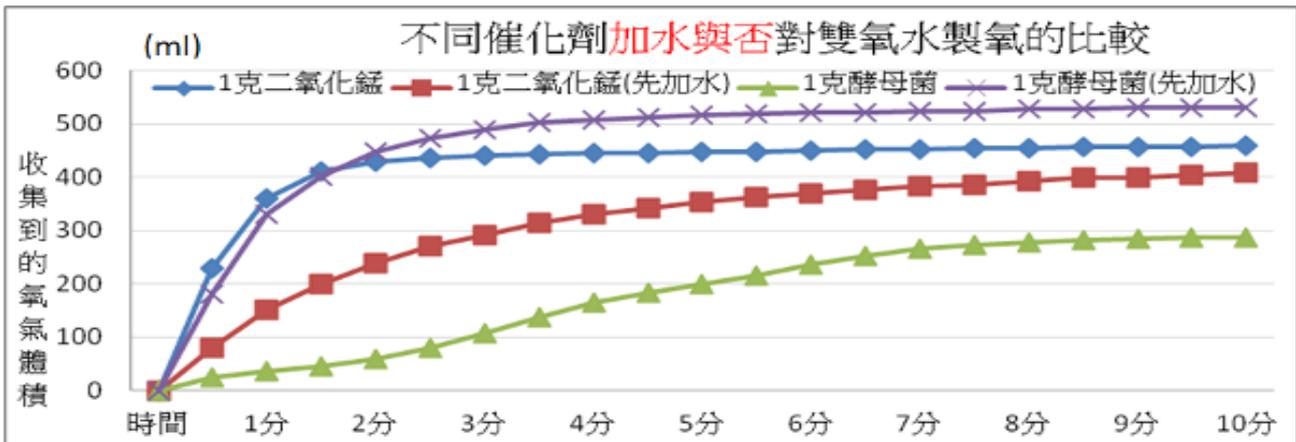


圖 9-2 不同催化劑加水與否對雙氧水製氧的比較 (3% 50ml 雙氧水)

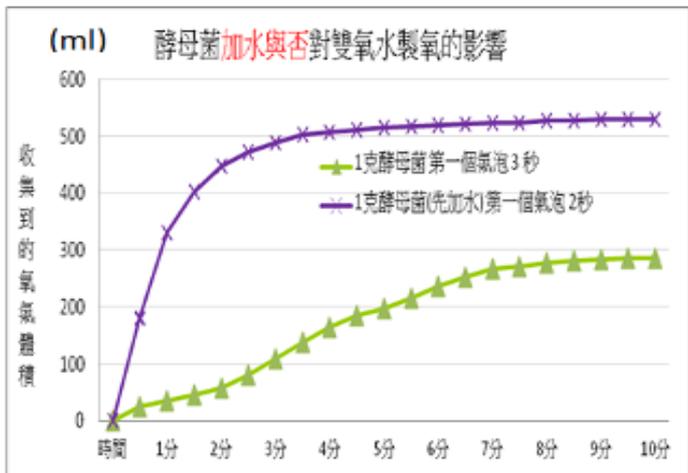
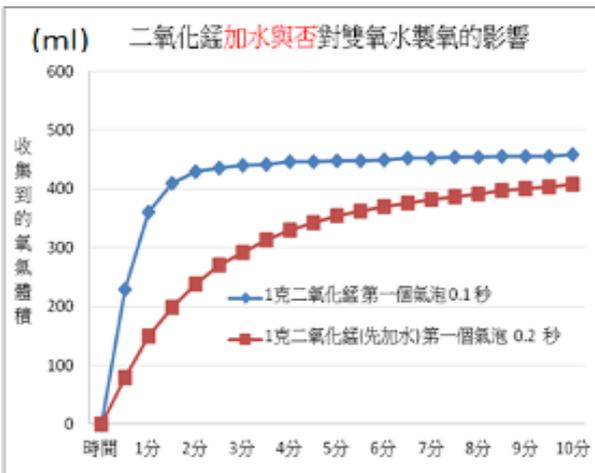


圖 9-3 催化劑加水與否對雙氧水製氧效果的比較 (3% 50ml 雙氧水)

二氧化錳直接加上雙氧水，發現產生氧氣的速率極快，二氧化錳量越多，氧氣暴衝愈明顯，有效產氧時間愈短；二氧化錳加 10ml 水後實驗，產氧的度比較緩和平均，但總產量也略有下降。加水溶解酵母菌後再與雙氧水反應，能讓酵母菌完全與雙氧水作用，不會像沒加水時，酵母菌產生的氧氣被一層膜壓著，無法順利排出，影響實驗結果。

先將催化劑加水 10ml 充分攪拌後，再與 3% 雙氧水 50ml 進行製氧實驗！

表 9-1 二氧化錳與酵母菌對雙氧水製氧的比較 1

氧氣產生的穩定情形	1g 二氧化錳	1g 二氧化錳+水	1g 酵母菌+水
一分鐘結束時的氧氣產生率	66.3%	27.6%	60.8%
三分鐘結束時的氧氣產生率	81.0%	53.8%	90.0%
五分鐘結束時的氧氣產生率	82.5%	65.2%	95.0%
十分鐘結束時的氧氣產生率	84.3%	75.1%	97.6%

利用理想氣體方程式 $PV=nRT$ 計算出 3% 雙氧水 50ml

在 1 大氣壓 300K 下，約可產生 543ml 的氧氣(理論最大總產量)

當我們發現能使用極少量的酵母菌讓低濃度的雙氧水分解出大量氧氣後，真是高興極了！於是決定進一步比較酵母菌與金針菇和二氧化錳的催化製氧效果。

表 9-2 二氧化錳與酵母菌當催化劑對雙氧水製氧的比較 2

1 克金針菇		1 克二氧化錳(先加水)		1 克酵母菌(先加水)	
第一個氣泡 8 秒		第一個氣泡 0.2 秒		第一個氣泡 1 秒	
時間	體積	時間	體積	時間	體積
00 分 30 秒	10	00 分 30 秒	80	00 分 30 秒	180
01 分 00 秒	18	01 分 00 秒	150	01 分 00 秒	330
01 分 30 秒	24	01 分 30 秒	198	01 分 30 秒	402
02 分 00 秒	30	02 分 00 秒	238	02 分 00 秒	448
02 分 30 秒	36	02 分 30 秒	270	02 分 30 秒	472
03 分 00 秒	44	03 分 00 秒	292	03 分 00 秒	488
03 分 30 秒	50	03 分 30 秒	314	03 分 30 秒	502
04 分 00 秒	56	04 分 00 秒	330	04 分 00 秒	508
04 分 30 秒	60	04 分 30 秒	342	04 分 30 秒	512
05 分 00 秒	66	05 分 00 秒	354	05 分 00 秒	516
05 分 30 秒	70	05 分 30 秒	362	05 分 30 秒	518
06 分 00 秒	76	06 分 00 秒	370	06 分 00 秒	520
06 分 30 秒	80	06 分 30 秒	376	06 分 30 秒	522
07 分 00 秒	84	07 分 00 秒	382	07 分 00 秒	524
07 分 30 秒	88	07 分 30 秒	386	07 分 30 秒	524
08 分 00 秒	92	08 分 00 秒	392	08 分 00 秒	528
08 分 30 秒	96	08 分 30 秒	398	08 分 30 秒	528
09 分 00 秒	100	09 分 00 秒	400	09 分 00 秒	530
09 分 30 秒	104	09 分 30 秒	404	09 分 30 秒	530
10 分 00 秒	106	10 分 00 秒	408	10 分 00 秒	530

1g 催化劑與 3% 雙氧水 50ml 進行製氧實驗比較

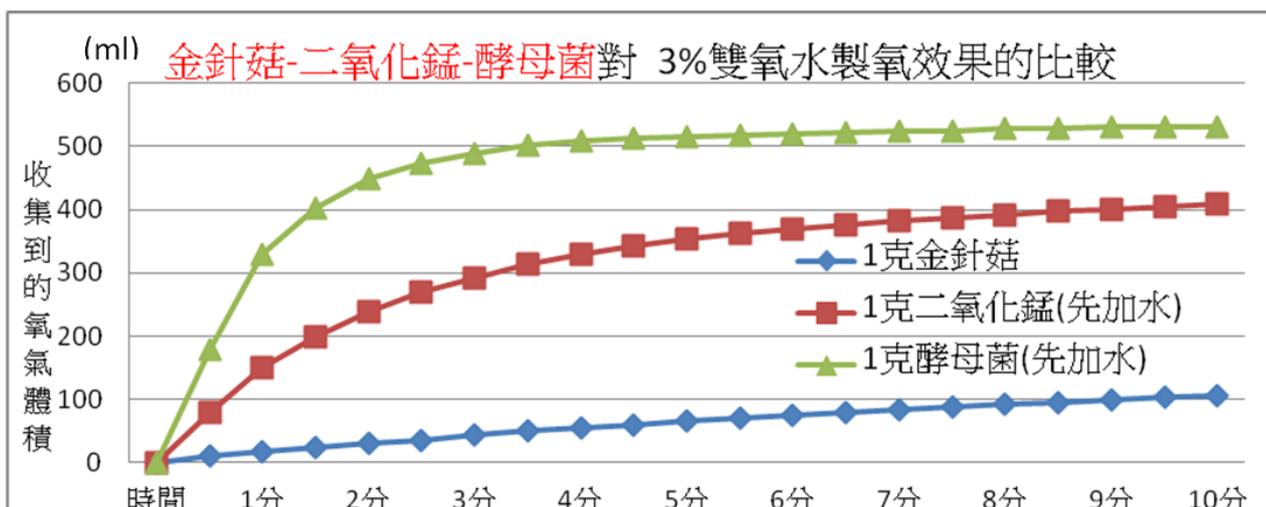


圖 9-4 1g 金針菇-二氧化錳-酵母菌對雙氧水製氧效果的比較 (3% 50ml 雙氧水)

表 9-3 金針菇-二氧化錳-酵母菌對 3% 雙氧水製氧效果的比較

1 克 金針菇		1 克 二氧化錳 (先加水)		1 克 酵母菌 (先加水)	
第一個氣泡	8 秒	第一個氣泡	0.2 秒	第一個氣泡	1 秒
時間	體積	時間	體積	時間	體積
00 分 30 秒	10	00 分 30 秒	80	00 分 30 秒	180
01 分 00 秒	18	01 分 00 秒	150	01 分 00 秒	330
~	~	~	~	~	~
10 分 00 秒	106	10 分 00 秒	408	10 分 00 秒	530





酵母菌有多厲害，讓我們比一比

實驗三中 1g 金針菇與實驗九 1g 的二氧化錳及酵母菌互相比較，當使用低濃度 3% 雙氧水 50 ml 製氧時，發現 1g 二氧化錳在 10 分鐘時製氧的產量為金針菇的近 4 倍，1g 的酵母菌 10 分鐘內製氧的產量為金針菇的近 5 倍。如果以更短的時間來比較，倍數會更明顯，例如：1g 二氧化錳在 5 分鐘時製氧的產量為金針菇的近 5.4 倍，1g 的酵母菌 5 分鐘內製氧的產量為金針菇的近 7.1 倍，歷屆關於使用雙氧水製氧的科展作品，大多使用高濃度，以得良好的實驗效果，甚至看過使用濃度 35% 的雙氧水來做實驗的，但是這不符合我們的實驗目的。我們挑戰了從未有過的實驗記錄(製氧效果贏過了化學藥品催化劑-二氧化錳)，這是也是歷屆科展中從沒有達到的效果！只要使用低濃度的雙氧水，加上少量的酵母菌，就能達到符合環保、經濟又快速，並依然具有生物可分解、與環境相容性好的製氧效果，不但不會產生廢液汙染環境，更無須大費周章準備材料、製造大量垃圾，而且還能更快速、更經濟的完成實驗。所以如果日後各校老師能用酵母菌作為雙氧水製氧的催化劑，相信製氧的速率與產量真的會讓你嚇一跳的！

陸、討論

一、不同表面積的紅蘿蔔對雙氧水製氧的比較

日常生活中，將大塊的冰敲成小碎冰時，融化的速率會變快；將顆狀的粗鹽和粉末狀的細鹽比較，細鹽也較快在水中溶解，原來表面積變大會使物體反應變快。當我們把同體積的紅蘿蔔切割後，可以發現切割越小塊，所造成的總表面積會越大，與其雙氧水作用的面積增加了，產生氧氣的速率就變得更快了。

二、紅蘿蔔和金針菇對雙氧水作用的比較。

在雙氧水條件及時間固定下，不管是紅蘿蔔或金針菇，催化劑愈多，產生的氧氣量也越多，但實驗數據卻顯現出當刨絲的紅蘿蔔超過某一個重量之後，收集到的氧氣量變化量很少。我們推測應該是紅蘿蔔重量已經超過雙氧水可以反應的量，所以雙氧水分解完畢時，氧氣量應該會維持在一個定值，這時不論再加入多少的催化劑，氧氣的量都差不多。而同重量的金針菇和紅蘿蔔相比，金針菇催化雙氧水製氧的效果更勝紅蘿蔔。由刨絲紅蘿蔔實驗結果得知：不改變雙氧水的量，即使加再多的催化劑也不會提高產生氧氣的效率。

三、雙氧水濃度和用量對定量金針菇製氧的探討。

在 5g 的金針菇和 50ml 雙氧水實驗時，雙氧水濃度愈高，氧氣的產生速率愈快也愈多。但是在 5g 金針菇和 5% 雙氧水濃度固定下，雙氧水愈多，氧氣的產生量和速率並沒有跟著變大，甚至有時還會下降。我們想可能：雙氧水過多時，催化劑有可能會失效或變質，甚至降低產生的氧氣量。所以當催化劑和雙氧水濃度固定時，不需要加入太多的雙氧水以免浪費資源；實驗結果得知：不改變催化劑的量，即使加再多的雙氧水也不會提高產生氧氣的效率。

四、與其他更快速、環保的製氧催化劑比較。

查詢資料發現，國中以上的雙氧水製氧課程都是利用二氧化錳當催化劑，所以我們以它為指標，比較製氧效果。我們拿了許多植物、蔬果、甚至豬、雞、魚等材料作為製氧的催化劑，其中豬肝催化效果最好，更勝金針菇，但處理起來很麻煩，催化效果也沒有二氧化錳快速，反覆思考和實驗，最後找到了烘焙材料中常見的酵母菌，製氧效果甚至比二氧化錳更快、更好。

柒、結論

- 一、雙氧水在有催化劑的幫助下會快速分解成水並釋放出氧氣，一般研究常用二氧化錳當作催化劑。但是許多生物中含有「過氧化氫」的酵素，也可以加速雙氧水的分解當作催化劑使用。
- 二、**表面積變大會使物體反應變快**。當我們把同體積的紅蘿蔔切割後，可以發現切割越小塊，所造成的總表面積越大，與雙氧水作用的機會變大，產生氧氣的速率就越快也越多。
- 三、在相同的實驗條件下，**金針菇的氧氣產生量及速率遠遠超過紅蘿蔔**，而且用量相較於紅蘿蔔少。當雙氧水條件固定時，有一個最佳的催化劑使用量，及最大的氧氣產生量。如果催化劑超過了這個用量，只是浪費，產氧量反而還會減少。
- 四、當實驗條件相同時，**雙氧水濃度愈高，氧氣的產生速率愈快也愈多**。
- 五、**在金針菇和雙氧水濃度相同時，雙氧水有一個最恰當的使用量，它能夠產生的氧氣量最多也最快**，如果雙氧水超過了這個用量，不但浪費而且產氧量反而減少。
- 六、國中以上的製氧改用二氧化錳作為實驗材料，可能是**因為二氧化錳是均質粉末的催化劑**，除了沒有表面積不平均的誤差外，產生氧氣的速率更是難以超越。我們拿了各式的材料當作催化劑實驗，最後終於找到了**酵母菌可以完勝取代二氧化錳，製氧效果甚至比二氧化錳更快、更好**。
- 七、我們發現能用極少量的酵母菌來使低濃度雙氧水分解出氧氣，催化製氧效果比二氧化錳更多也更快，我們挑戰了從未有過的實驗記錄(製氧效果贏過了化學催化劑-二氧化錳)，不但能符合環保、經濟又快速，並依然具有生物可分解、與環境相容性好的效果，而且不會產生廢液汙染環境，更無須大費周章準備材料、製造大量垃圾，而且還能更快速、更經濟的完成實驗。



捌、心得與感想

我們終於達成了實驗目的，這是歷屆科展中從沒有達到過的效果，我們利用酵母菌當製氧的催化劑，只需使用少量的酵母菌和低濃度的雙氧水作用，就能產生很多的氧氣使線香燃燒旺盛。我們都很開心，因為以後雙氧水製氧就不必再花時間切紅蘿蔔、準備金針菇了，也不必擔心二氧化錳會汙染環境的回收問題，只需使用更少量的酵母菌就能快速的產生大量氧氣。一包便宜的酵母菌還能使用好久，沒使用完也只要放在冰箱裡保存，方便下次使用。以後老師們在學校進行製造氧氣實驗時，可以將二氧化錳換成酵母菌，效果會更好呢！或許在不久的將來，酵母菌將變為製造氧氣的新寵，成為大家共同的回憶！



玖、 參考文獻資料

1. 翰林出版社 國民小學自然與生活科技 第一冊 (第三單元 空氣和風)
2. 翰林出版社 國民小學自然與生活科技 第四冊 (第三單元 水的奇妙現象)
3. 翰林出版社 國民小學自然與生活科技 第五冊 (第四單元 空氣與燃燒)
4. 康軒出版社 國民中學自然與生活科技 第三冊 (第二單元 物質的世界)
5. 王美芬、熊召弟 (2005)。國小階段自然與生活科技教材教法。臺北：心理出版社。
6. 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品—誰是製氧小高手？
7. 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會作品—是皮在氧？還是會葉來葉氧。
8. 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品—就是要吸，「氧」「酶」不吐氣！
9. 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品—「酵」談「氧」生之道。
10. 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品—「氧」生之道—探討紅蘿蔔與過氧化氫氧化還原反應情形。
11. 中華民國第 45 屆中小學科學展覽會作品—植物酵素的有氧運動。
12. 中華民國第 46 屆中小學科學展覽會作品—氧多起來。
13. 中華民國第 44 屆中小學科學展覽會作品—蔬果製氧量排行榜。
14. 中華民國第 42 屆中小學科學展覽會作品—環保“有氧”運動—神奇催化劑。
15. 中華民國第 39 屆中小學科學展覽會作品—替身、現身～尋找更好的放氧孩子
16. 維基百科(催化劑) <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%82%AC%E5%8C%96%E5%89%82>
17. 維基百科(過氧化氫)
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BF%87%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%A2>
18. 維基百科(酵素)
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BF%87%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%A2%E9%85%B6>

【評語】 080212

1. 探討不同的催化劑對過氧化氫分解產生氧氣的催化效能，催化劑來源取自紅蘿蔔、金針菇、各種植物、蔬果、中藥材、動物內臟及酵母菌等，經一系列比較。
2. 得到酵母菌的催化效果最好，甚至優於二氧化錳，也說明因為酵母菌含有過氧化氫酶所致。
3. 尋找含有特殊酵素的物質催化雙氧水製氧，能減少對環境製造出實驗廢棄物，有創意。
4. 使用簡單的排水集氣法測量氧氣量，器材簡單易施做。
5. 為何酵母菌會有更好的催效果，並未討論。值得後續實驗再加強。

作品海報

「羊」添藏「鱗」

摘要

在學製氧時，老師說近三十年的教科書多用紅蘿蔔做實驗，直到五年前，各教科書都改用金針菇，原來是第五十四屆全國第一名科展作品的貢獻。金針菇取代紅蘿蔔，是因為用量比較少嗎？還是反應比較快呢？我們很好奇這兩者的差異，希望透過實驗找出更快分解雙氧水的方法。查資料後發現，大多催化劑製氧效果都無法與實驗藥品二氧化錳相比，當然包括金針菇，但是二氧化錳屬於化學藥品，又是重金屬，對環境會造成汙染，要特別處理。經我們反覆研究實驗後，找到酵母菌能取代二氧化錳快速大量製氧，不但只需用低濃度的雙氧水，準備實驗材料又非常的方便便宜，這個發現除了可以用於國小、國中甚至高中的製氧課程，環保又經濟的實驗優勢，相信是無法被取代的！

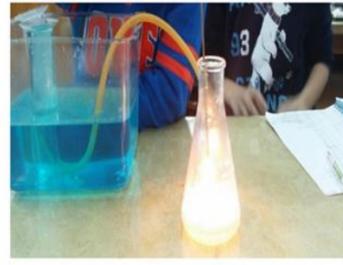
壹、研究動機

多年製氧課程用的紅蘿蔔被金針菇取代了，我們很好奇這兩者的不同；也想知道有沒有比金針菇更快速、更經濟的東西，可以用來幫助雙氧水分解製造氧氣？因為國、高中都是用化學藥品二氧化錳來當催化劑，但是二氧化錳是化學藥品重金屬，使用完後需要特別處理，於是我們以此為目標，希望找出更環保、節能又快速，並依然具有生物可分解、與環境相容性好的替代品，和老師討論後，決定好好了解「氧生之道」！

貳、研究目的

我們希望找出可加速雙氧水分解成氧氣的催化劑，也想知道不同材料對雙氧水分解的差異。並找出最好的製氧材料。為此，我們的研究目的為：

- 一、了解紅蘿蔔加入雙氧水能製氧的原因、催化劑和酵素是什麼，有什麼作用？
- 二、不同表面積的紅蘿蔔對雙氧水製氧的比較。
- 三、紅蘿蔔和金針菇對雙氧水製氧效果的差異。
- 四、雙氧水濃度對金針菇製氧效果的影響。
- 五、雙氧水的量對金針菇製氧效果的比較。
- 六、不同催化劑的製氧效果比較。



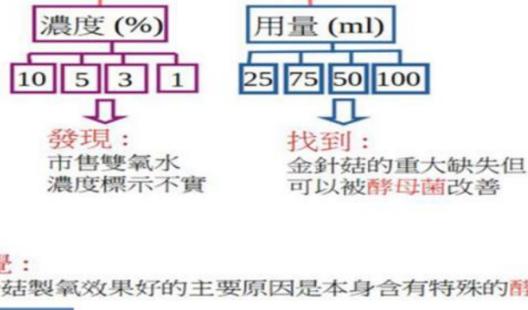
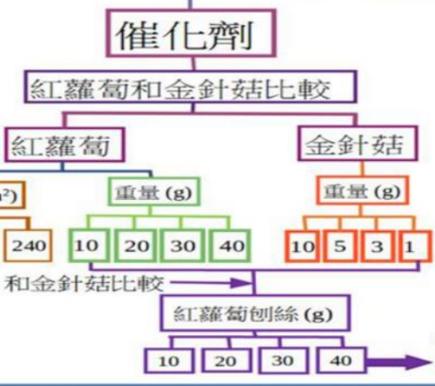
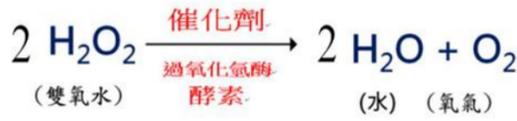
參、研究設備及器材

500ml廣口瓶、250ml集氣瓶、雙氧水、紅蘿蔔、金針菇、二氧化錳、酵母菌、橡皮塞、橡皮管、水箱、染料、玻璃板、滴管、燒杯、量筒、計時器、電子秤、砧板、水果刀、線香、打火機、相機、計時器、冰箱、塑膠袋。

肆、研究過程或方法與結果討論

一、了解紅蘿蔔加雙氧水能製氧原因、催化劑和酵素有什麼作用？

方法：蒐集相關資料，瞭解雙氧水製氧的原因、催化劑和酵素的作用。

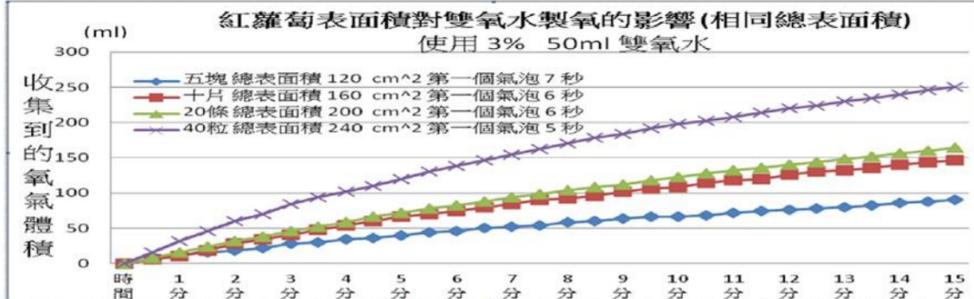
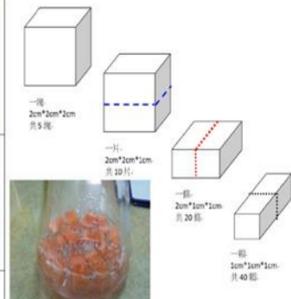


二、不同表面積的紅蘿蔔對雙氧水製氧的比較

我們將總體積為40cm³的紅蘿蔔切成不同大小，比較不同表面積下產生氧氣的差別。實驗後發現當體積相同時，總表面積越大，同時間產生的氧氣量越多，且差異愈大，結果愈明顯。如將40cm³紅蘿蔔切成2cm*2cm*2cm時是5塊，共有表面積120cm²，當切成1cm*1cm*1cm時是40粒，表面積共有240cm²，相當於2倍。當催化劑的體積相同時，若表面積變大2倍，用3% 50ml的雙氧水製氧，收集的氧氣量會增為2.78倍。



圖1-1 將各種體積為40cm³的紅蘿蔔切成不同的表面積後比較製氧催化效果



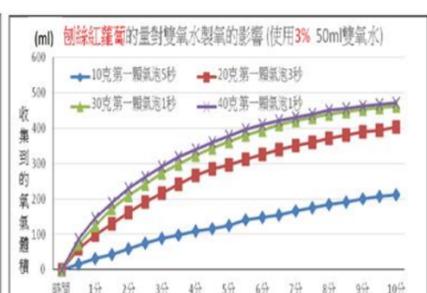
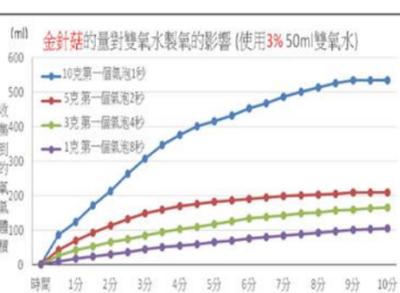
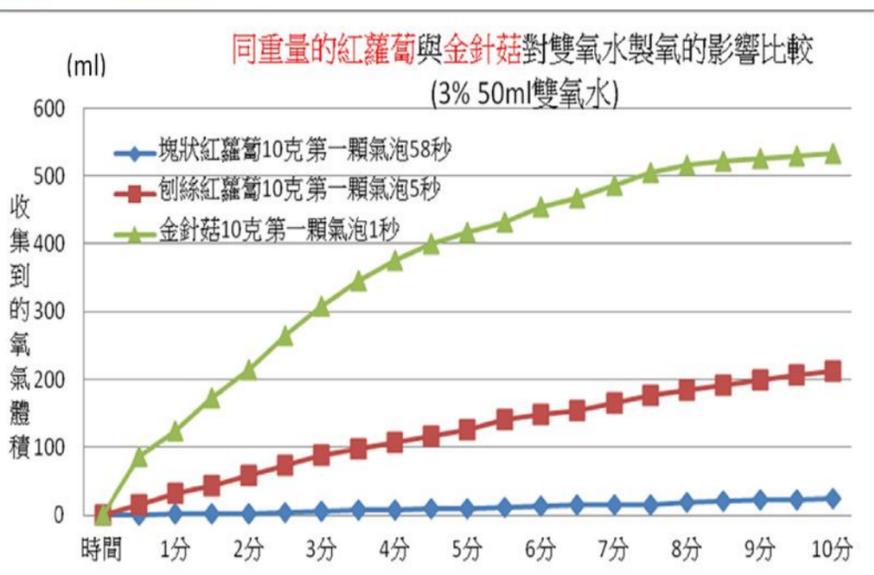
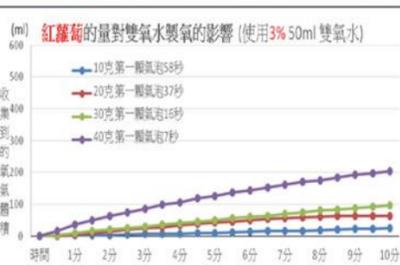
三、紅蘿蔔和金針菇對雙氧水製氧效果的差異

說明：檢驗氧氣時大家都想讓線香燃燒的最旺盛，於是都抓大把的紅蘿蔔做實驗。實驗完後，垃圾桶堆滿了實驗完的紅蘿蔔，非常浪費，催化劑不是不參與反應嗎？催化劑的用量是如何影響產生的氧氣量呢？現在課程用金針菇取代紅蘿蔔？是因為用量比較少嗎？還是反應比較快呢？實驗後發現：使用5% 50ml的雙氧水收集氧氣10分鐘，紅蘿蔔40g收集的氧氣量是10g的近5.8倍，用3%雙氧水時會變成8.5倍；改用3%雙氧水收集時，同樣10g金針菇收集的氧氣量是紅蘿蔔的22倍多，難怪現在教科書都改用了金針菇製氧。我們思考可能是因為金針菇形狀造成表面積的差異，於是我們將塊狀的紅蘿蔔刨成絲狀，發現10g刨絲的紅蘿蔔果然因為形狀的改變，大幅增加了總表面積，因此產生的氧氣量是如玉米粒塊狀的8.8倍，但仍然不及金針菇的22倍，金針菇的確比紅蘿蔔還厲害，它不但讓雙氧水快速分解，使用的量也比紅蘿蔔少很多，所以我們確定金針菇製氧效果優於紅蘿蔔，並不只是形狀表面積的關係，金針菇本身的酵素也是重要關鍵。



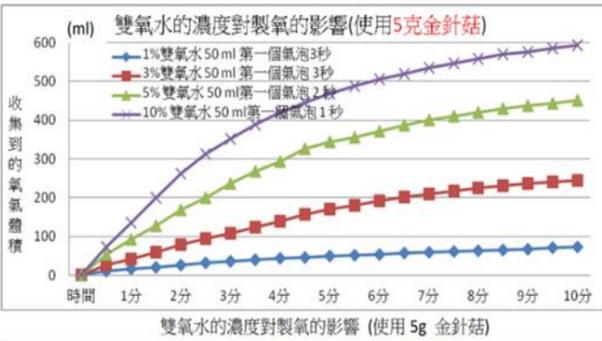
同重量紅蘿蔔與金針菇對雙氧水製氧的影響比較 (3%雙氧水50ml)

塊狀紅蘿蔔 10克		刨絲紅蘿蔔 10克		金針菇 10克	
時間	體積	時間	體積	時間	體積
00分30秒	0	00分30秒	16	00分30秒	86
01分00秒	2	01分00秒	32	01分00秒	124
~	~	~	~	~	~
10分00秒	24	10分00秒	212	10分00秒	534



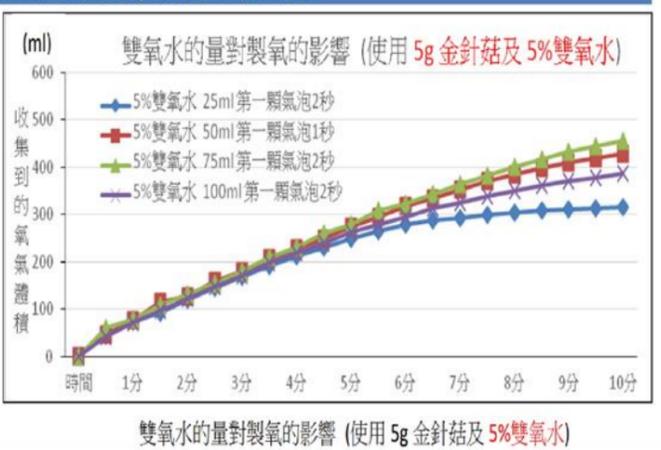
四、雙氧水的濃度對金針菇製氧效果的影響

說明：利用5g金針菇，與不同濃度的雙氧水作用，發現雙氧水濃度愈高，同時下產生的氧氣量愈多，氧氣產生的速率愈快。



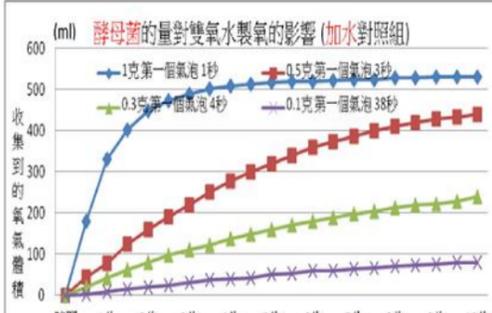
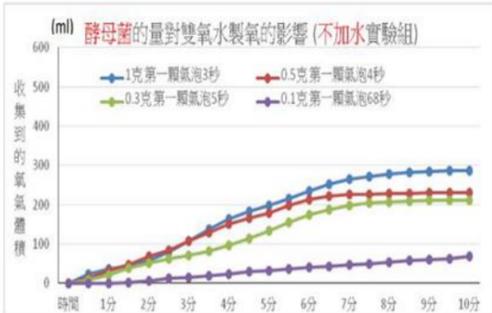
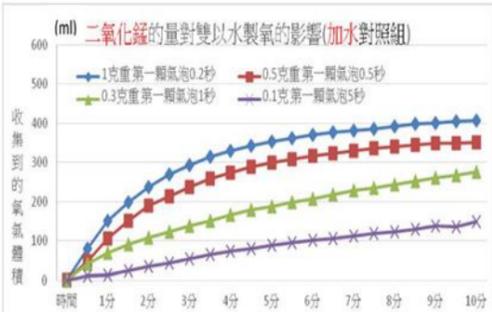
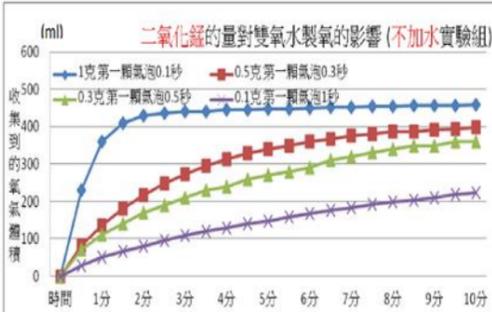
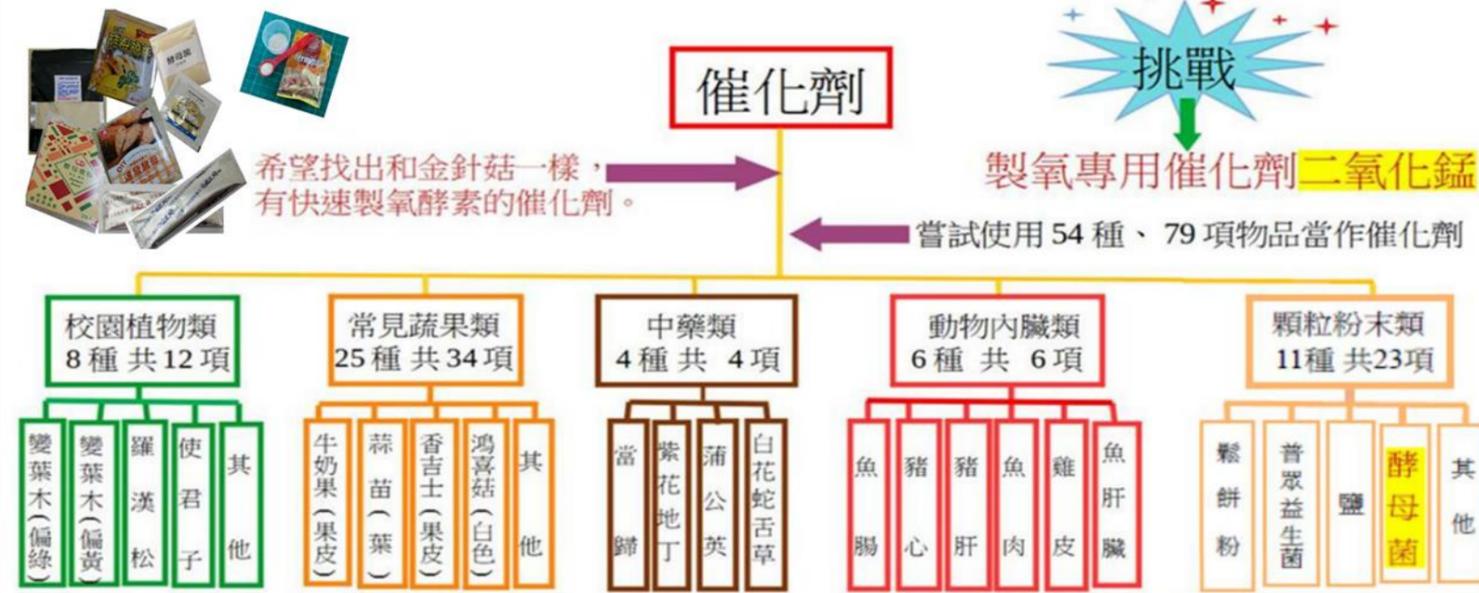
五、雙氧水的量對金針菇製氧效果的比較

說明：當金針菇用量與雙氧水濃度都固定時，雙氧水的量是不是越多就能製造出越多的氧氣呢？由數據圖表整理結果得知：在5g金針菇和5%雙氧水條件下，雙氧水愈多，產生的氧氣量也變多但是當雙氧水超過75ml後，氧氣的產生量和速度都沒有明顯差異甚至還稍微下降，反覆多達10多次的驗證，都得到相同的結果。我們想：當提供的金針菇量固定時，表示其對雙氧水的催化效果一樣，而越多雙氧水，需要的催化效果應該要越強，因此當催化能力不夠時，或是雙氧水量太多時，反而使金針菇達不到高的催化效果，因此無法加快氧氣的產生，產生的氧氣量反而減少。



六、不同催化劑的製氧效果比較

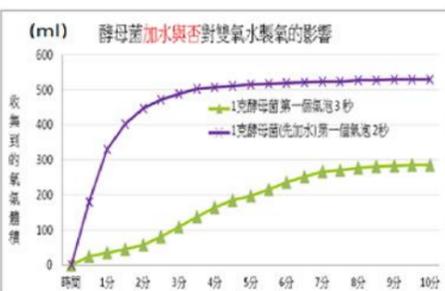
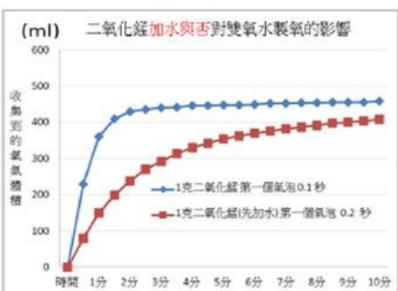
說明：查詢資料包括歷屆所有科展，製氧果然是大家感興趣的題目，許多作品拿各種的植物和蔬果來當分解雙氧水的催化劑，有些點子我們也跟著嘗試看看，讓我們最難忘的是從一個期刊得到的想法，我們拿市場能買到的動物內臟來實驗，其中以豬肝的製氧催化效果最好，更勝金針菇。但這卻背離我們一開始設定的目標，為了製氧實驗還特地去買這些東西，處理起來又很麻煩，非但沒有金針菇的優勢，又不環保與節能。後來想到國中實驗是用二氧化錳當雙氧水的催化劑，也許因為二氧化錳是均勻粉末狀，沒有面積大小的影響，催化效果更佳，於是我們拿來當作指標，反覆尋找和實驗，最後找到烘焙材料中常見的酵母菌。而酵母菌在催化實驗做完清洗集氣瓶時，常會發現有部分酵母菌粉沒有完全溶解和反應，我們想應該是雙氧水倒入時，部分酵母菌被雙氧水分解產生的大量氧氣衝擠，黏在集氣瓶上或是被溶解的酵母菌包覆著，所以沒能接觸到雙氧水，否則催化製氧效果應該更好，我們嘗試許多方式改善(包括使用注射筒分批注射雙氧水)，最後決定仿效國中課本中製氧的方式，將催化劑先加水溶解再與雙氧水作用。



實驗發現：

- (1) 二氧化錳直接加上雙氧水，產生氧氣的速度極快，依照實驗催化劑的用量1g在一分鐘內就產出理論最大總產量的66.3%，在三分鐘結束時，就已經達到81.0%，在十分鐘結束時，就達到了84.3%，我們發現二氧化錳量越多，製氧暴衝愈明顯，會在短時間暴衝出大量氧氣；二氧化錳加10ml水後，產氧的度比較緩和平均，但總產量也略有下降。
- (2) 在酵母菌方面，我們想破了頭，明明看到酵母菌一直冒出許多泡泡，將點燃的線香放入集氣瓶也仍然有燃燒旺盛的現象，但就是看不到集氣管子快速的冒出氣泡。突然想到三年級自然教過空氣可以被擠壓，會不會產生的氧氣被酵母菌和雙氧水作用產生的那層膜蓋住了(實驗時能看到一層膜上下起伏著，查詢資料發現那是酵母菌蛋白質氧化所產生的膜)，所以產生的氧氣才無法順利衝出屏障，又在集氣瓶內相互推壓，直到集氣瓶內的氣體壓力太大，最後暴衝出來形成一個大孔洞，瞬間收集到大量的氧氣，所以在集氣瓶中心會看到如圖中紅色標記地方，出現那樣的破洞。

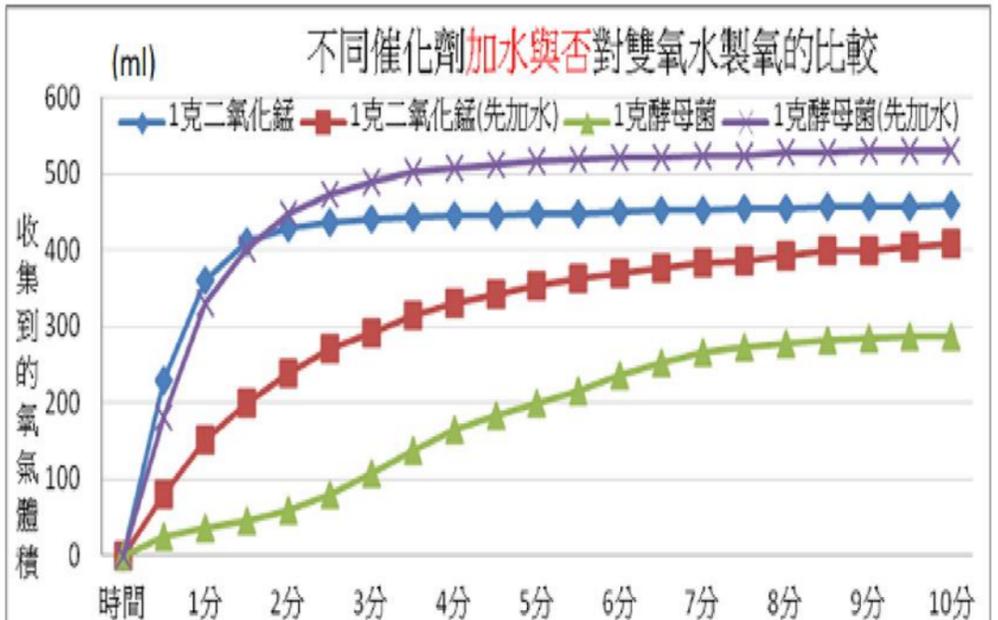
二氧化錳直接加上雙氧水，發現產生氧氣的速度極快，二氧化錳量越多，氧氣暴衝愈明顯，有效產氧時間愈短；二氧化錳加10ml水後實驗，產氧的速度比較緩和平均，但總產量也略有下降。加水溶解酵母菌後再與雙氧水反應，能讓酵母菌完全與雙氧水作用，不會像沒加水時，酵母菌產生的氧氣被一層膜壓著，無法順利排出，影響實驗結果。所以我們先將催化劑加水10ml充分攪拌後，再與3%雙氧水50ml進行製氧實驗！



氧氣產生的穩定情形	1g 二氧化錳	1g 二氧化錳+水	1g 酵母菌+水
一分鐘結束時的氧氣產生率	66.3%	27.6%	60.8%
三分鐘結束時的氧氣產生率	81.0%	53.8%	90.0%
五分鐘結束時的氧氣產生率	82.5%	65.2%	95.0%
十分鐘結束時的氧氣產生率	84.3%	75.1%	97.6%

利用理想氣體方程式 $PV=nRT$ 計算出 3%雙氧水 50ml

在 1 大氣壓 300K 下，約可產生 543ml 的氧氣(理論最大總產量)



酵母菌與二氧化錳及金針菇對雙氧水製氧效果的比較

當我們發現能使用極少量的酵母菌讓低濃度的雙氧水分解出大量氧氣後，真是高興極了！於是決定進一步比較酵母菌與金針菇和二氧化錳的催化製氧效果。

全使用3% 50ml 雙氧水

氧添藏醇

金針菇

動物內臟

酵母菌

製氧專用

最好製氧結果
10g，10分鐘，
產氧量為534ml

製氧結果
以豬肝最好
1g，3分鐘
產氧量為432ml

青盛
非食用
法國燕牌
即溶快發
白玫瑰
六種其他品牌
酵母菌
製氧效果最好的為：青盛食品酵母菌

二氧化錳

1g，3分鐘，產氧
量為44ml

1g，3分鐘，產氧
量為432ml

1g，3分鐘，產氧
量為488ml

1g，3分鐘，產氧
量為292ml

1g，10分鐘，
產氧量為106ml

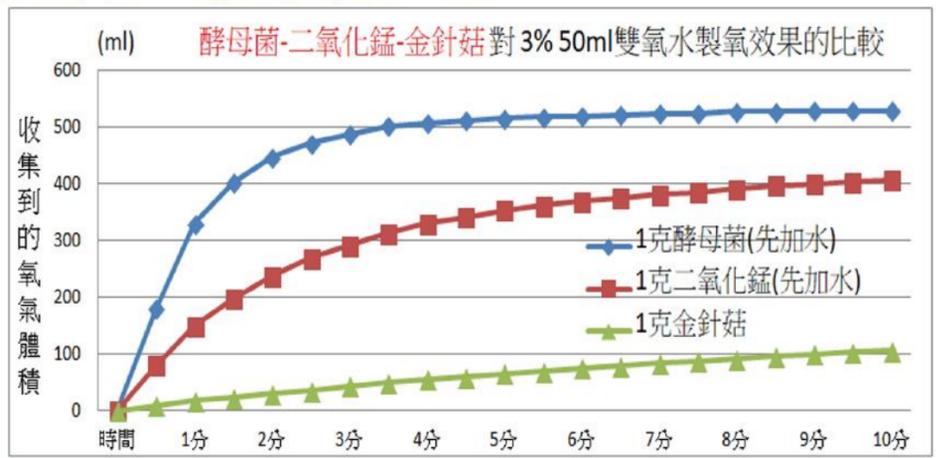
1g，10分鐘，
產氧量為530ml

1g，10分鐘，
產氧量為408ml



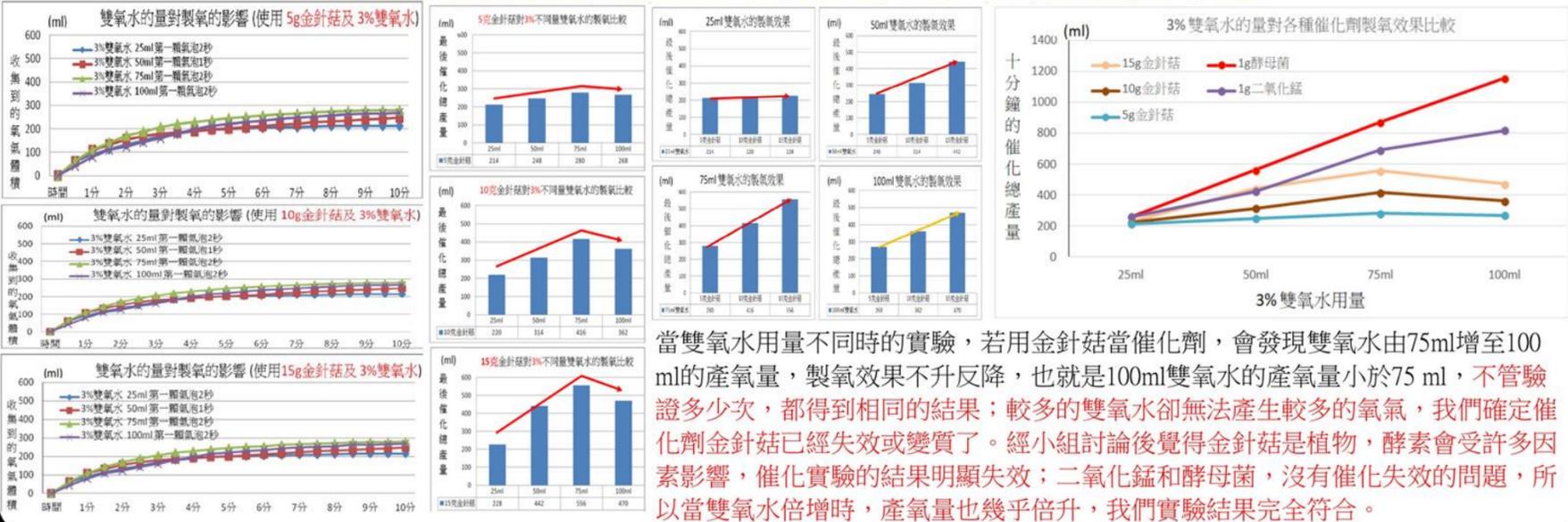
1 酵母菌有多厲害，讓我們比一比

1克金針菇		1克二氧化錳(先加水)		1克酵母菌(先加水)	
時間	體積	時間	體積	時間	體積
00分30秒	10	00分30秒	80	00分30秒	180
01分00秒	18	01分00秒	150	01分00秒	330
01分30秒	24	01分30秒	198	01分30秒	402
02分00秒	30	02分00秒	238	02分00秒	448
02分30秒	36	02分30秒	270	02分30秒	472
03分00秒	44	03分00秒	292	03分00秒	488
03分30秒	50	03分30秒	314	03分30秒	502
04分00秒	56	04分00秒	330	04分00秒	508
04分30秒	60	04分30秒	342	04分30秒	512
05分00秒	66	05分00秒	354	05分00秒	516
05分30秒	70	05分30秒	362	05分30秒	518
06分00秒	76	06分00秒	370	06分00秒	520
06分30秒	80	06分30秒	376	06分30秒	522
07分00秒	84	07分00秒	382	07分00秒	524
07分30秒	88	07分30秒	386	07分30秒	524
08分00秒	92	08分00秒	392	08分00秒	528
08分30秒	96	08分30秒	398	08分30秒	528
09分00秒	100	09分00秒	400	09分00秒	530
09分30秒	104	09分30秒	404	09分30秒	530
10分00秒	106	10分00秒	408	10分00秒	530



歷屆使用雙氧水製氧的科展作品，大多使用高濃度以得良好的實驗效果，甚至看過使用35%的雙氧水來做實驗的，但這不符合我們的實驗目的。我們挑戰了從未有過的實驗記錄(製氧效果贏過了化學藥品催化劑-二氧化錳)，這也是歷屆科展中從沒有達到的效果！只要使用低濃度的雙氧水，加上少量的酵母菌，就能達到符合環保、經濟又快速，並依然具有生物可分解、與環境相容性好的製氧效果，不但不會產生廢液汙染環境，更無須大費周章準備材料、製造大量垃圾，而且還能更快速、經濟的完成實驗。如果日後各校老師能用酵母菌作為雙氧水製氧的催化劑，相信製氧的速度與產量真的會讓你嚇一跳的！

用金針菇製氧有雙氧水75ml的魔咒！酵母菌和二氧化錳會不會呢？



當雙氧水用量不同時的實驗，若用金針菇當催化劑，會發現雙氧水由75ml增至100ml的產氧量，製氧效果不升反降，也就是100ml雙氧水的產氧量小於75ml，不管驗證多少次，都得到相同的結果；較多的雙氧水卻無法產生較多的氧氣，我們確定催化劑金針菇已經失效或變質了。經小組討論後覺得金針菇是植物，酵素會受許多因素影響，催化實驗的結果明顯失效；二氧化錳和酵母菌，沒有催化失效的問題，所以當雙氧水倍增時，產氧量也幾乎倍升，我們實驗結果完全符合。

伍、結論

1. 雙氧水在有催化劑的幫助下會快速分解成水並釋放出氧氣，一般研究常用二氧化錳當作催化劑。但是許多生物中含有「過氧化氫」的酵素，也可以加速雙氧水的分解當作催化劑使用。
2. 表面積變大會使物體反應變快。當我們把同體積的紅蘿蔔切割後，可以發現切割越小塊，所造成的總表面積越大，與雙氧水作用的機會變大，產生氧氣的速度就越快也越多。
3. 在相同的實驗條件下，金針菇的氧氣產生量及速度遠遠超過紅蘿蔔，而且用量相較於紅蘿蔔少。
4. 在雙氧水條件及時間固定下，不管是紅蘿蔔或是金針菇，催化劑用量愈多，產生的氧氣越多速度也越快，但當催化劑加到某一定量後，氧氣量會呈現飽和，就算催化劑再增加，也不會提高氧氣量的產生(比較30g與40g刨絲紅蘿蔔)。因為產生的氧氣量不是一直成正比，所以當雙氧水固定時，有一個最佳的催化劑使用量，及最大的氧氣產生量。如果催化劑超過了這個用量，只是浪費。
5. 當實驗條件相同時，雙氧水濃度愈高，氧氣的產生速度愈快也愈多。
6. 在金針菇和雙氧水濃度條件相同時，雙氧水有一個最恰當的使用量，它能夠產生的氧氣量最多也最快，如果雙氧水超過了這個用量，不但浪費而且產氧量反而減少，我們確定催化劑金針菇這時已經失效或變質了。
7. 國中以上的製氧是用二氧化錳作為實驗材料，可能是因為二氧化錳是均質粉末的催化劑，除了沒有表面積不平均的誤差外，產生氧氣的速度更是難以超越。我們拿了各式的材料當作催化劑實驗，最後終於找到了酵母菌可以完勝取代二氧化錳，製氧效果甚至比二氧化錳更快、更好，若利用理想氣體方程式計算，用1g酵母菌催化3% 50ml雙氧水，氧氣產生率在十分鐘時約達97.6%。
8. 我們發現能用極少量的酵母菌來使低濃度雙氧水分解出氧氣，催化製氧效果比二氧化錳更多也更快，也挑戰了從未有過的實驗記錄(製氧效果贏過了化學催化劑-二氧化錳)，不但能符合環保、經濟，並依然具有生物可分解、與環境相容性好的效果，而且不會產生廢液汙染環境，更無須大費周章準備材料、製造大量垃圾，而且還能更快速、更經濟的完成實驗，真可說是綠色化學。

陸、心得與感想

我們終於達成了實驗目的，這是歷屆科展中從沒有達到過的效果，我們利用酵母菌當製氧的催化劑，只需使用少量的酵母菌和低濃度的雙氧水作用，就能產生很多的氧氣使線香燃燒旺盛。我們都很開心，因為以後雙氧水製氧就不必再花時間切紅蘿蔔、準備金針菇了，也不必擔心二氧化錳汙染環境的回收問題，只需使用更少量的酵母菌就能快速的產生大量氧氣。一包便宜的酵母菌還能使用好久，沒用完也只要放在冰箱裡保存，方便下次使用。以後老師們在學校進行製造氧氣實驗時，可以將二氧化錳換成酵母菌，效果會更好呢！或許在不久的將來，酵母菌將變為製造氧氣的新寵，成為大家共同的回憶！

柒、參考資料

- 一、翰林出版社 國民小學自然與生活科技 第一冊 (第三單元 空氣和風)
- 二、翰林出版社 國民小學自然與生活科技 第四冊 (第三單元 水的奇妙現象)
- 三、翰林出版社 國民小學自然與生活科技 第五冊 (第四單元 空氣與燃燒)
- 四、康軒出版社 國民中學自然與生活科技 第三冊 (第二單元 物質的世界)
- 五、王美芬、熊召弟 (2005)。國小階段自然與生活科技教材教法。臺北：心理出版社。
- 六、中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品—誰是製氧小高手？
- 七、中華民國第 56 屆中小學科學展覽會作品—是皮在氧？還是會葉來葉氣。
- 八、中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品—就是要吸，「氧」「酶」不吐氣！
- 九、中華民國第 54 屆中小學科學展覽會作品—誰是製氧小高手？
- 十、中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品—「酵」談「氧」生之道。
- 十一、中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品—「氧」生之道—探討紅蘿蔔與過氧化氫氧化還原反應情形。
- 十二、中華民國第 45 屆中小學科學展覽會作品—植物酵素的有氧運動。
- 十三、中華民國第 46 屆中小學科學展覽會作品—氧多起來。
- 十四、中華民國第 44 屆中小學科學展覽會作品—蔬果製氧量排行榜。
- 十五、中華民國第 42 屆中小學科學展覽會作品—環保「有氣」運動—神奇催化劑。
- 十六、中華民國第 39 屆中小學科學展覽會作品—替身、現身~尋找更好的放氧孩子。
- 十七、維基百科(催化劑) <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%82%AC%E3%8C%96%E5%89%82>
- 十八、維基百科(過氧化氫) <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%BF%87%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%A2%E8%9B%9C>
- 十九、維基百科(酵素) <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%B1%87%E6%B0%A7%E5%8C%96%E6%B0%A2%E8%9B%9C>