

氧酶吐氣

壹、研究動機

研究者：鄧閔澤、林昱佑、賴晨瑋 指導老師：王正玉、吳錦勳

在五年級自然課，我們學到利用雙氧水來製造氧氣的實驗，在操作中看到一顆一顆的泡泡從瓶裡冒出，這個現象很神奇，查了資料後發現原來這裡面含有一種可以幫助分解雙氧水（過氧化氫）的酵素，造成這個現象。我們也想試著自己操作看看學校及家裡常見的植物、食物或物品的製氧能力，以及鼎鼎大名的大象牙膏實驗是不是可以用我們的實驗物來取代原本的碘化鉀。

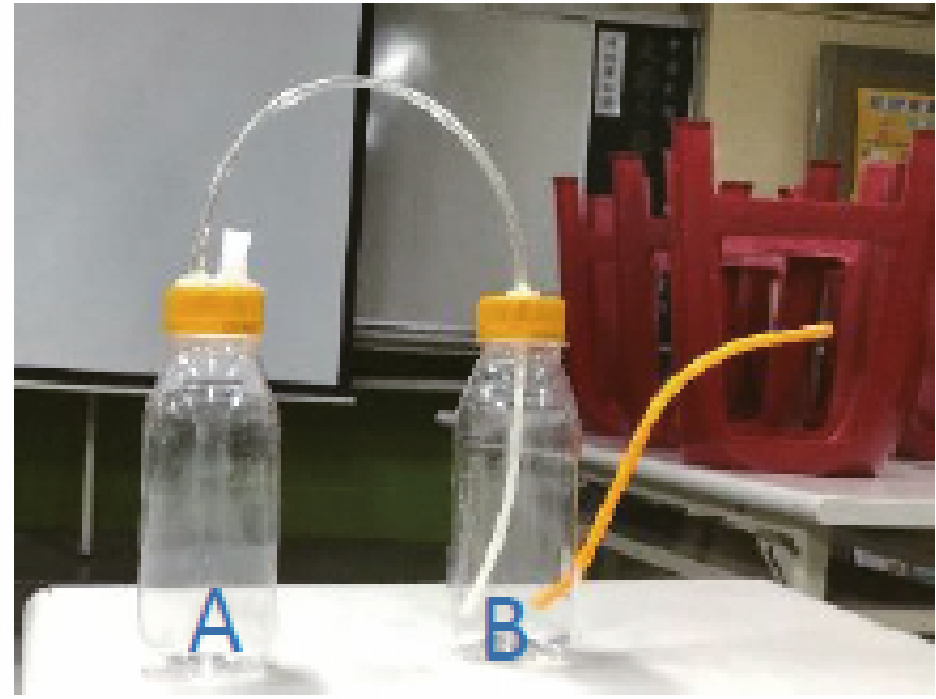
貳、研究結果與討論

（一）探究過碳酸鈉水溶液製氧的研究

考量此次實驗為了安全性及價錢考量，我們使用被稱為固體雙氧水的過碳酸鈉水溶液來做實驗，它和雙氧水比較起來，安全、方便、便宜、易保存，在此次實驗的過程中，使用起來相當方便。

（二）設計簡易製氧集氣實驗器具

其實製氧實驗有很多的器具可使用，但為了方便進行實驗，於是我們自己改良了排水集氣器具，我們所使用的材料除了細水管是特別要去買的，其他都是隨手可得的物品，製作器具過程簡單小學生就能完成，且這個器具是可以一個人操作完成實驗的，相當便利。

		
所需器材	小白菜→18 秒/30 毫升	胡蘿蔔→10 秒/30 毫升

研究裝置

（三）探究可食用生物製氧能力

1. 蔬菜的部分，以根菜類中的胡蘿蔔和綠色葉菜中的菠菜葉速度最快。
2. 水果的部分，速度最快的是木瓜，橘子肉的速度最慢。多數水果的製氧速度是皮比肉快，但少數也有的是肉比皮快，例：木瓜、芒果。
3. 辛香料的部分，蔥綠蔥白和大蒜的製氧速度比較快，推測可能是和蔥和大蒜裡面的黏稠液體有關。
4. 菇類的部分，比起其他類，普遍表現都很好，金針菇的速度是最快的；新鮮黑木耳也很快，這兩者切開來都有黏液，我們推測可能這個黏液可以協助加速。
5. 穀物類的部分，綠豆的表現讓我們驚訝，竟然速度如此快，以後雙氧水製氧實驗也可以使用綠豆來做。
6. 其他食品部分，抹茶粉的速度快到也是讓我們很驚訝，雙氧水製氧實驗中也可以用抹茶粉來做。

（四）探究不同水生植物製氧能力

在水生植物的製氧實驗中，分為兩大類，分別是海水和淡水，其中淡水的製氧能力遠超過海水，但我們推測它們的差別應該不是源自於海水和淡水本身，而是因為一般人家裡的海水水生植物（海茸、昆布）都有經過加工（乾燥、再製），而淡水水生植物則是新鮮的，所以我們認為造成海水跟淡水差別的主要原因是無經過乾燥過程。

（五）探究不同非生物性的催化能力

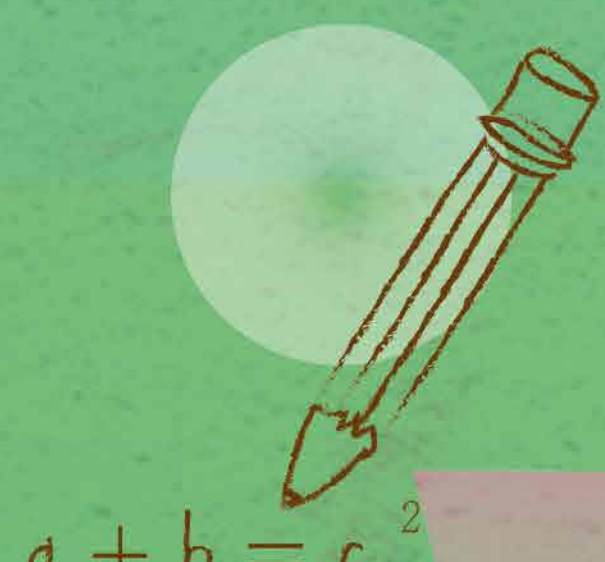
根據實驗結果，我們發現紅磚粉末、生鏽窗簾掛勾、鐵膽墨水和生鏽的硬幣可以加速過碳酸鈉水溶液分解出氧氣，而一般簽字筆墨水（水性）不會加速其分解反應。

（六）探究金針菇及胡蘿蔔之抗氧化能力

放室溫的金針菇在第二天後明顯產生乳酸菌的味道，且放越多天味道越濃厚也越多黏液；放冰箱的金針菇十天之內味道皆無太大變化，可以得知金針菇應放冰箱保存較能維持新鮮程度。

（七）探究大象牙膏實驗的碘化鉀替代品

一般大象牙膏用的是高濃度雙氧水和碘化鉀和碳酸鈉，產生的泡泡又濃又迅速，讓人大嘆驚豔。碘化鉀價錢較昂貴，所以我們改用 35% 雙氧水和金針菇，發現金針菇的效果也不錯，只是須注意放置順序：先放洗碗精和金針菇，後放雙氧水，如此泡泡就能很順利產生。我們還發現雙氧水要多泡泡產生速度才會快，洗碗精要多泡泡才會濃重。



新北市永和區秀朗國民小學 109 學年度獨立研究成果

類 別：自然類

作品名稱：「氧酶」吐氣~~大家來比誰最快

報告學生：鄧閔澤、林昱佑、賴晨瑋

指導老師：王正玉、吳錦勳

目錄

摘要.....	1
壹、研究動機.....	1
貳、研究目的與問題.....	1
參、研究設備及器材.....	2
肆、研究架構.....	3
伍、研究過程與結果.....	4
目的一：探究過碳酸鈉水溶液製氧的研究.....	4
探究 1-1 雙氧水與過碳酸鈉之分析.....	4
實驗 1-2：過碳酸鈉加不同溫度的水之製氧情形.....	5
目的二：設計簡易製氧集氣實驗器具.....	6
實驗 2-1：排水集氣法實驗	7
實驗 2-2：設計第二代排水集氣法實驗裝置	7
實驗 2-3：設計第三代排水集氣法實驗裝置	8
實驗 2-4：設計第四代排水集氣法實驗裝置	8
實驗 2-5：設計第五代排水集氣法實驗裝置	9
目的三：探究可食用生物製氧能力.....	10
實驗 3-1：探究不同蔬菜的製氧能力.....	10
實驗 3-2：探究不同水果的製氧能力.....	12
實驗 3-3：探究不同辛香料的製氧能力.....	13
實驗 3-4：探究不同菇類的製氧能力.....	14
實驗 3-5：探究不同穀物的製氧能力.....	14
實驗 3-6：探究不同食品類的製氧能力.....	15
目的四：探究不同水生植物製氧能力.....	16
實驗 4-1：探究不同淡水水生植物的製氧能力.....	16
實驗 4-2：探究不同海水水生植物的製氧能力.....	16
目的五：探究不同非生物性的催化能力.....	17
目的六：探究金針菇及胡蘿蔔之抗氧化能力.....	19
實驗 6-1：探究金針菇抗氧化能力.....	20
實驗 6-2：探究胡蘿蔔抗氧化能力.....	21
目的七：探究大象牙膏實驗的碘化鉀替代品.....	22
陸、討論.....	23
柒、結論與建議.....	25
捌、參考文獻資料.....	26

摘要

我們使用過碳酸鈉水溶液取代雙氧水，並自製了一組排水集氣法的簡易實驗器具，效果很好且方便操作。也從實驗中得知除了金針菇、胡蘿蔔外，菠菜葉、布袋蓮葉、浮萍、綠豆對於氧氣的製備，催化速度最快。不只是蔬果、植物，生活中常見的生鏽窗簾掛勾、生鏽硬幣、鐵膽墨水和紅磚粉末也能當催化劑。同一份金針菇或胡蘿蔔亦可放常溫下一至兩星期，方便教師一至兩星期在不同班級做製氧實驗。我們還發現金針菇和胡蘿蔔從新鮮到放置發酵後，製氧速度竟然先變慢後變快，相當有趣。另外還發現大象牙膏實驗中可以用金針菇來取代碘化鉀，容易取得又價錢便宜。

壹、研究動機

在五年級自然課，我們學到利用雙氧水來製造氧氣的實驗，在操作中看到一顆一顆的泡泡從瓶裡冒出，這個現象很神奇，查了資料後發現原來這裡面含有一種可以幫助分解雙氧水(過氧化氫)的酵素，造成這個現象。我們也想試著自己操作看看學校及家裡常見的植物、食物或物品的製氧能力，以及鼎鼎大名的大象牙膏實驗是不是可以用我們的實驗物來取代原本的碘化鉀。

貳、研究目的與問題

- 一、探究過碳酸鈉水溶液製氧的研究
- 二、設計簡易製氧集氣實驗器具
- 三、探究可食用生物製氧能力
- 四、探究不同水生植物製氧能力
- 五、探究不同非生物性的催化能力
- 六、探究金針菇及胡蘿蔔之抗氧化能力
- 七、探究大象牙膏實驗的碘化鉀替代品

參、研究設備及器材

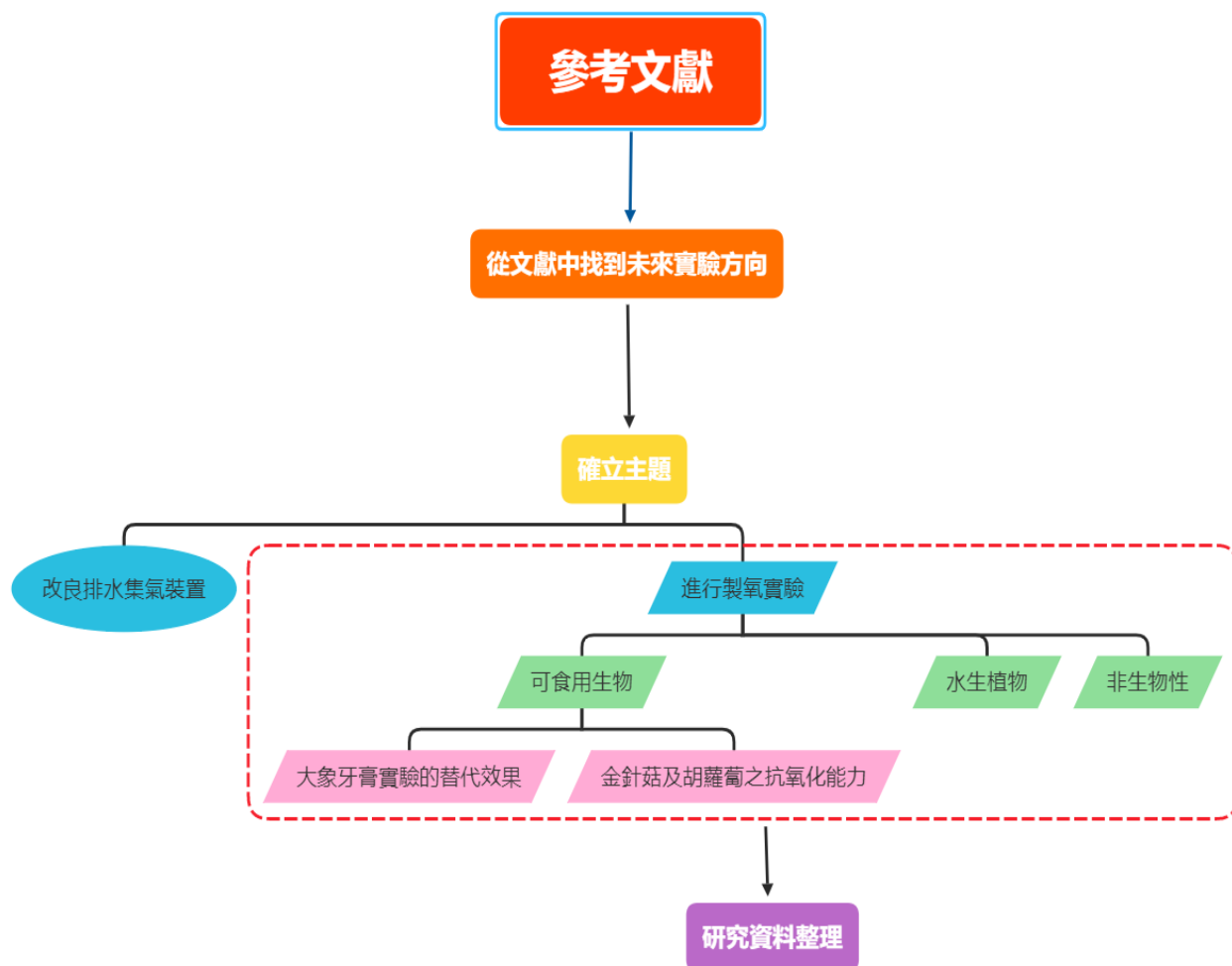
一、研究設備

- (一)量測器材類：溫度計、電子秤、碼錶、量杯、量筒
- (二)實驗消耗品：雙氧水 35%、過碳酸鈉、洗碗精、常溫的黑松純水
- (三)實驗裝置：自製排水集氣裝置
- (四)其他器材：手機(照相)、食物調理機

二、催化劑

- (一)葉菜類：地瓜葉、空心菜、莧菜、龍鬚菜、油菜、波菜、小白菜、茼蒿、青花筍、水蓮、高麗菜
- (二)根莖類：胡蘿蔔、白蘿蔔、馬鈴薯、地瓜
- (三)其他類：茄子、洋蔥、青椒、紅椒、黃椒
- (四)水果類：香蕉、木瓜、葡萄柚、芒果、葡萄、水梨、蘋果、檸檬、橘子、芭樂、石榴
- (五)辛香料：辣椒、老薑、大蒜、蔥
- (六)蕈菇類：雪白菇、秀珍菇、蘑菇、新鮮香菇、新鮮黑木耳、乾燥金針菇
- (七)穀物類：黃玉米、白玉米、大燕麥片、米、綠豆、黃豆、紅豆
- (八)食品類：有機螺旋藻、抹茶粉、天 X 冷泡茶、桂 X 黑十穀、大麥若葉青汁、康 X 喜益生菌、養 X 多、咖啡
- (九)水生植物類：布袋蓮、金魚藻、水蘊草、睡蓮、蓮花、香蒲、槐葉萍、浮萍、蓮藕、滿江紅、海草、昆布絲、海帶芽
- (十)非生物性：紅磚、生鏽的窗簾掛勾、鐵膽墨水、一般簽字筆墨水、生鏽的硬幣

肆、研究架構



執行干梯圖

編號	月份 \ 年度	109 年								110 年		
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1	參考文獻	●	●	●	●							
2	確立主題	●										
3	改良排水集氣裝置	●										
4	進行可食用生物實驗並記錄		●	●	●	●	●	●	●	●	●	
5	進行水生生物實驗並記錄				●	●	●	●	●			
6	進行非生物線香檢驗法並記錄					●	●	●	●			
7	進行抗氧化能力實驗並記錄			●	●	●	●					
8	進行大象牙膏實驗替代品效果並紀錄			●	●	●		●				
9	研究資料整理並延伸探討							●	●	●	●	●

伍、研究過程與結果

目的一：探究過碳酸鈉水溶液製氧的研究

探究構想：依據以前做實驗的經驗，我們發現雙氧水較危險也較不易保存，可否找到雙氧水的替代品？

探究 1-1 雙氧水與過碳酸鈉之分析

（一）雙氧水

雙氧水 (Hydrogen Peroxide / H_2O_2) 其實就是過氧化氫水溶液，其結構式和水(H_2O)比較，雙氧水的分子中多了一個氧原子，所以雙氧水活性較大，可分解出氧來殺死細菌或發揮漂白能力。其實，在一般情況下，雙氧水也會自動分解成為水和氧氣。正因如此，雙氧水在貯存期間也會逐漸失效，所以大家最好定期檢查清楚藥箱內的雙氧水是否已過有效期。否則，雙氧水會變得和水沒有分別！

雙氧水呈弱酸性，無色，沸點 150.2°C ，愈熱易產生氧氣，在化學反應中可作為氧化劑，亦可作為還原劑。雙氧水在日常生活中用途也甚為廣泛，一般低濃度（如3%）的雙氧水，主要用於殺菌及外用的醫療用途，例如作為傷口消毒。至於較高濃度者（大於10%），則用於工業上，作為漂白及去味劑。雙氧水也是染髮劑的成份之一(作為漂白之用)，甚至配戴隱形眼鏡的人士可能也會留意到，某些隱形眼鏡藥水中，也有雙氧水的成份，用作定期消毒護理鏡片之用。

（二）過碳酸鈉

過碳酸鈉($2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$)是由碳酸鈉和過氧化氫複合形成的一種新型氧系漂白劑。外觀為白色，鬆散、流動性較好的顆粒狀或粉末狀固體。它易溶于水， 10°C 時溶解度為 $12.3 \text{ g}/100\text{g}$ 水，並隨著溫度升高，其溶解度也相應增大。過碳酸鈉是一種無毒的物質，但其固體粉末狀物或濃度較高的溶液對皮膚、粘膜和眼睛均有一定的刺激性，但在稀釋溶液中無任何刺激作用，所以在實際使用中不會對環境產生污染，水溶液呈鹼性，遇水釋放出氧原子而呈現出漂白和殺菌作用，又能保持織物原有色彩和光澤，非常適用於合成纖維的洗滌、食品餐具的消

毒、水果的保鮮，還可用作汙水處理劑、氧氣發生劑等。[4]，溶于水後即發生下列反應：

$2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}_2$ ，因此過碳酸鈉又被稱為“固體雙氧水”，在二氧化錳等催化劑的催化下，實際發生的就是過氧化氫的分解反應： $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。這一反應制取得到的氧氣很純淨，沒有什麼不安全的。

在常溫、常壓下以催化劑二氧化錳或硫酸錳直接分解過碳酸鈉水溶液制取氧氣一種簡便的制氧方法，含飽和水蒸汽的氧氣經乾燥劑乾燥後，可得到氧氣的組成為 98~99% 的氧，2-1 % 的水，可供醫療、健康人消除疲勞，提高辦事效率以及室內的補充供氧等用途[3]。

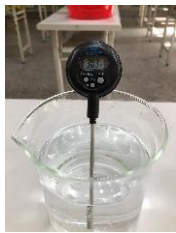
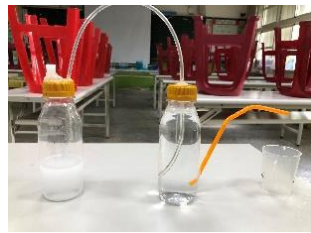
	雙氧水(H_2O_2)	過碳酸鈉($2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$)
狀態	液態	固態(白色粉末)
應用	漂白、抗菌	漂白、抗菌、除油汙、增加溶氧量
酸鹼值	弱酸性	鹼性
保存期	較短	較長
價錢	較貴	較便宜

實驗結果：綜合以上，我們決定用過碳酸鈉水溶液取代雙氧水，作為本製氧實驗的反應劑。

實驗 1-2：過碳酸鈉加不同溫度的水之製氧情形

我們用攝氏 70 度、60 度、50 度、40 度、30 度及常溫(24 度)的 100ml 水調和 10g 過碳酸鈉，先用線香檢驗法看線香燃燒情形，再裝在我們的自製排水集氣裝置裡，結果如下。

			
攝氏 70 度的水	很多大氣泡	燃燒劇烈	4 秒/30 毫升
			
攝氏 60 度的水	產生大氣泡	燃燒劇烈	24 秒/30 毫升

			
攝氏 50 度的水	很多氣泡	燃燒	89 秒/30 毫升
			
攝氏 40 度的水	很少氣泡	線香沒反應	167 秒/30 毫升
			
攝氏 30 度的水	沒有產生氣泡	線香沒反應	沒有排出水
			
純水：攝氏 24 度	沒有產生氣泡	線香沒反應	沒有排出水

攝氏 70 度的水調和 10g 過碳酸鈉，水溶液產生很多大氣泡，立即用線香檢驗，線香燃燒劇烈，倒入自製排水集氣裝置，水流得很快，4 秒就排出 30 毫升的水。攝氏 30 度以下的水溶液線香沒反應外，倒入自製排水集氣裝置也沒排出水。

實驗結果：確認以後實驗必須用常溫純水且現調現用才不影響實驗結果。所以我們決定用 10g 過碳酸鈉和 100ml 常溫純水調配出的過碳酸鈉水溶液(約 9%)作為本製氧實驗的反應劑。

目的二：設計簡易製氧集氣實驗器具

實驗構想：線香檢驗法只能檢驗產生的氣體是否是氧氣，無法確切得知製造多少氧氣，利用氧氣難溶於水特性可以採用排水集氣法，用此方法也能計算出製氧速度。但傳統排水集氣法是否有更方便的方式或是器具是小學生能做的呢？我們用 10g 切碎的

小白菜葉、10g 切碎的去皮胡蘿蔔與過碳酸鈉水溶液 30ml，裝在不同的裝置，紀錄排水 30ml 的時間，結果如下。

實驗 2-1：排水集氣法實驗

準備器材：錐形瓶、薊頭漏斗、雙氧水、水盆。

實驗步驟：

1. 先在錐形瓶內放入 10g 切碎的小白菜葉(10g 切碎的去皮胡蘿蔔)。
2. 由薊頭漏斗加水，使水位略高於薊頭漏斗的長管底部。
3. 後由薊頭漏斗慢慢倒入過碳酸鈉水溶液 30ml，錐形瓶內即有氧氣產生。

		
所需器材	小白菜→104 秒/30 毫升	胡蘿蔔→22 秒/30 毫升

實驗結果：我們一開始採用一般的排水集氣法方式，發現事前準備工作和實驗過程中容易手忙腳亂外，如何測量產生氣體多少和速度，也是我們想要克服的方向，所以我們想要改良實驗的器具。

實驗 2-2：設計第二代排水集氣法實驗裝置

準備器材：2 支針筒、水管。

實驗步驟：

1. 將兩針筒用水管接起來。
2. A 針筒塞推到最底。
3. 5g 切碎的小白菜葉(5g 切碎的去皮胡蘿蔔)和過碳酸鈉溶液 10 毫升放入 B 針筒。
4. B 針筒內氧氣產生後，會跑到 A 針筒推動活塞，再記錄排出 20cc 氧氣的時間。

		
所需器材	小白菜→77 秒/20 毫升	胡蘿蔔→50 秒/20 毫升

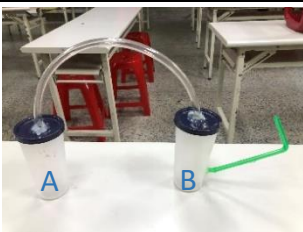
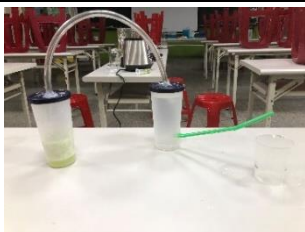
實驗結果：器材雖是現成的，但受限於針筒的容量較少，操作時不甚方便且發現手會推到活塞芯杆影響到實驗結果，故不採用此裝置。

實驗 2-3：設計第三代排水集氣法實驗裝置

準備器材：2 杯環保杯、水管、可彎吸管、熱熔膠。

實驗步驟：

1. 將兩杯蓋打洞後，水管穿入洞中以熱熔膠封住固定。
2. 其中 B 杯在杯身中央打洞穿入可彎吸管後以熱熔膠固定。
3. 將 B 環保杯裝滿水。
4. 10g 切碎的小白菜葉(10g 切碎的去皮胡蘿蔔)和過碳酸鈉溶液 30 毫升放入 A 空瓶中，將 2 杯蓋分別蓋上兩環保杯。
5. 氧氣產生後，會從另一飲料瓶排水出來，再記錄排出 30cc 水的時間，就能知道製氧速度。

		
所需器材	小白菜→34 秒/30 毫升	胡蘿蔔→6 秒/30 毫升

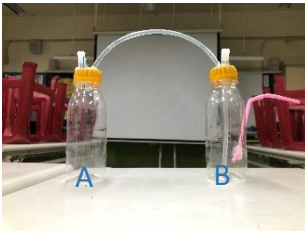
實驗結果：一人操作相當方便，由排出的水可清楚看出製氧的量及速度，但蓋子開合費時，想將此裝置再加以改良。

實驗 2-4：設計第四代排水集氣法實驗裝置

準備器材：2 瓶空飲料瓶、水管(直徑 0.5 公分)、粗細吸管、橡皮塞、熱熔膠。

實驗步驟：

1. 將兩瓶蓋打洞後，水管穿入洞中以熱熔膠封住固定。
2. 兩瓶蓋另打一洞，分別穿入粗吸管。
3. 其中 B 瓶在瓶身中央打洞穿入細吸管後以熱熔膠固定。
4. 將有瓶身中央打洞的飲料瓶裝滿水。
5. 金針菇放入 A 空瓶中，將 2 瓶蓋分別蓋上兩飲料瓶。
6. 將過碳酸鈉水溶液倒入有金針菇的瓶中，以橡皮塞塞緊粗吸管。
7. 氧氣產生後，會從另一飲料瓶排水出來，再計算排出 30cc 水的時間，就可紀錄產氧速率。

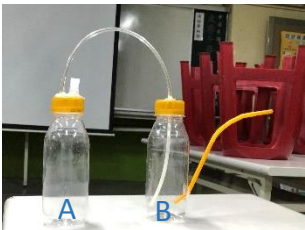
		
所需器材	小白菜→145 秒/30 毫升	胡蘿蔔→41 秒/30 毫升

實驗結果：一人就可輕鬆操作，最後倒入過碳酸鈉水溶液塞入橡皮塞即可計時較不易影響實驗。

實驗 2-5：設計第五代排水集氣法實驗裝置

準備器材：2 瓶空飲料瓶、水管(直徑 0.3 公分)、粗細吸管、橡皮塞、熱熔膠。

實驗步驟：同上述實驗 2-4

		
所需器材	小白菜→18 秒/30 毫升	胡蘿蔔→10 秒/30 毫升

實驗結果：從 A 瓶產生的氣體到 B 瓶，利用空氣亦具有體積的原理，將產生的同大小氣體體積的水排出，讓我們可以定量的測量製氧的速度。而透過實驗操作，我們發現細水管的裝置較粗水管的裝置靈敏，氧氣排出水的情形很快且明顯，所以確定用第五代細水管裝置。

目的三：探究可食用生物製氧能力

實驗構想：課堂上老師教我們依照課本用紅蘿蔔製造氧氣，並說明各種蔬果或多或少都含有過氧化氫酶，我們想利用自己設計的排水集氣實驗裝置來檢測常見蔬果及生物的製氧力。

實驗步驟：

1. 將反應物(如小白菜)放到食物調理機裡打碎。
2. 把打碎的反應物 10g 放進 A 瓶裡。
3. 再把現調過碳酸鈉水溶液 30ml 倒入 A 瓶裡，把瓶蓋蓋上，塞上橡皮塞。
4. 搖晃 5 秒待其產生反應。
5. 再計算 B 瓶排出 30cc 水的時間，就可紀錄產氧速率。
6. 依序置換反應物（如小白菜、高麗菜、紅蘿蔔……），並記錄下結果。

實驗 3-1：探究不同蔬菜的製氧能力

(一)葉菜類

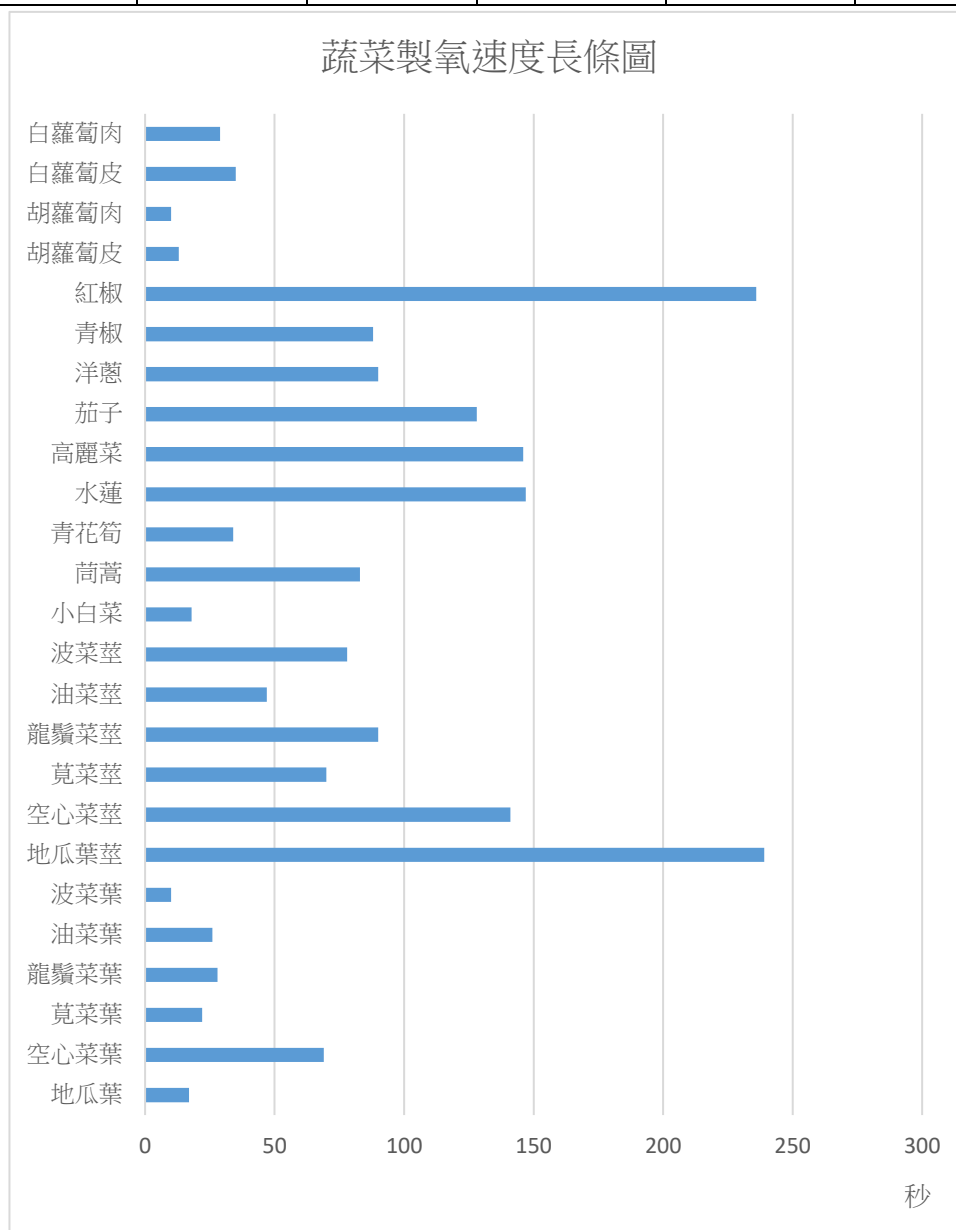
反應物	地瓜葉 	空心菜葉 	莧菜葉 	龍鬚菜葉 	油菜葉 	茼蒿 	青花筍 
時間	17 秒	69 秒	22 秒	28 秒	26 秒	83 秒	34 秒
反應物	地瓜葉莖 	空心菜莖 	莧菜莖 	龍鬚菜莖 	油菜莖 	水蓮 	高麗菜 
時間	239 秒	141 秒	70 秒	90 秒	47 秒	147 秒	146 秒
反應物	菠菜葉 	菠菜莖 	小白菜葉 	*室溫放五天變爛的菠菜葉 		*室溫放五天變爛的小白菜 	
時間	10 秒	78 秒	18 秒	6 秒		6 秒	

(二)其他類

	茄子	洋蔥	青椒	紅椒	黃椒
反應物					
時間	128 秒	90 秒	88 秒	236 秒	280 秒/20ml 水

(三)根莖類

	胡蘿蔔皮	胡蘿蔔肉	白蘿蔔皮	白蘿蔔肉	馬鈴薯	地瓜
反應物						
時間	13 秒	10 秒	35 秒	29 秒	48 秒	110 秒/17ml 水



實驗結果：

1.其中速度最快的是胡蘿蔔和波菜(葉)，其次是地瓜葉和小白菜；黃椒的速度最慢。

2.深綠色蔬菜的製氧速度普遍比其他顏色的植物好。

3.葉菜類中，葉比莖速度快。

4.*菠菜葉、*小白菜葉變爛，聞起來味道和新鮮的不一樣，速度變更快了。

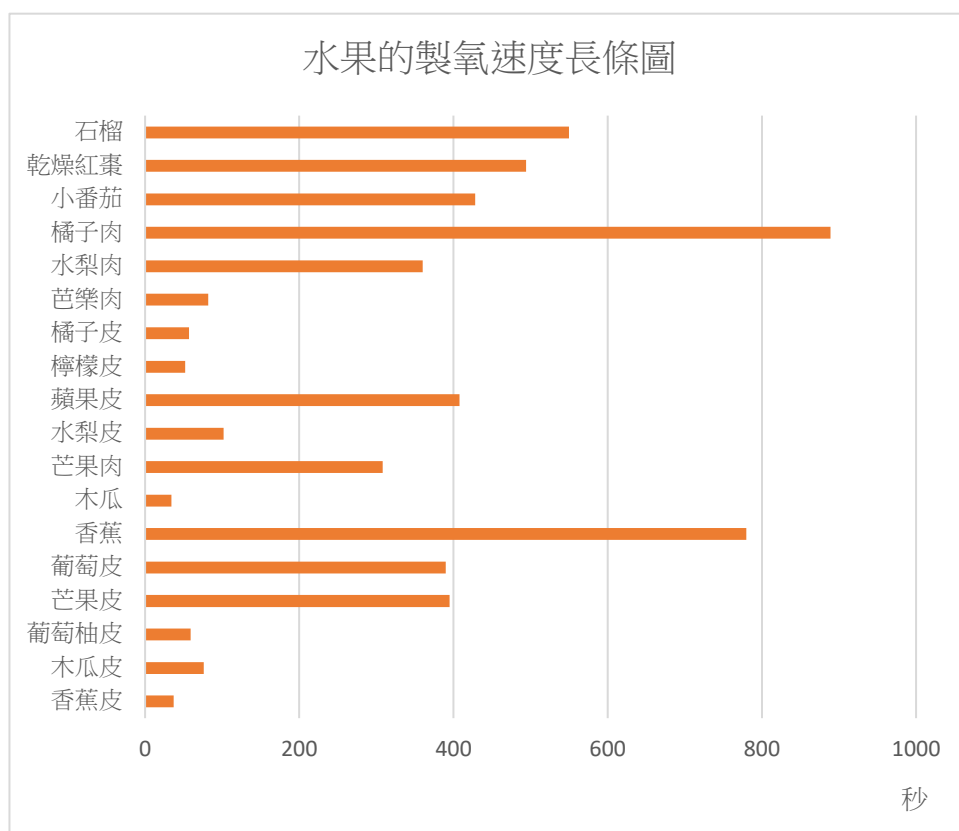
實驗 3-2：探究不同水果的製氧能力

反應物	香蕉皮 	木瓜皮 	葡萄柚皮 	芒果皮 	葡萄皮 
時間	37 秒	76 秒	59 秒	395 秒	390 秒

反應物	香蕉 	木瓜 	葡萄柚肉 	芒果肉 	葡萄肉 
時間	780 秒	34 秒	? 秒	308 秒	? 秒

反應物	水梨皮 	蘋果皮 	檸檬皮 	橘子皮 	芭樂肉 	石榴 
時間	102 秒	408 秒	52 秒	57 秒	82 秒	550 秒

反應物	水梨肉 	蘋果 	檸檬果肉 	橘子肉 	小番茄 	乾紅棗 
時間	360 秒	1020 秒 /15ml	? 秒	889 秒	428 秒	494 秒

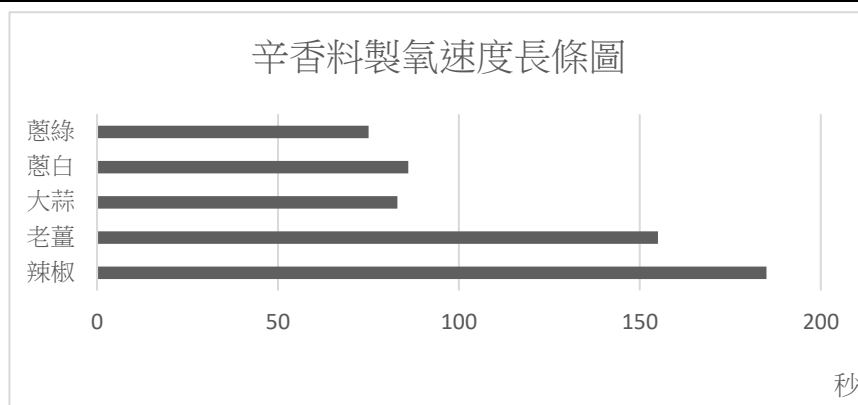


實驗結果：

- 1.其中速度最快的是木瓜，其次是香蕉皮和檸檬皮；橘子肉的速度最慢。
- 2.多數水果的製氧速度是皮比肉快，但少數也有的是肉比皮快，例：木瓜、芒果。
- 3.柑橘類的皮(葡萄柚、檸檬、橘子)速度都較快。

實驗 3-3：探究不同辛香料的製氧能力

反應物	辣椒	老薑	大蒜	蔥白	蔥綠
時間	185 秒	155 秒	83 秒	86 秒	75 秒

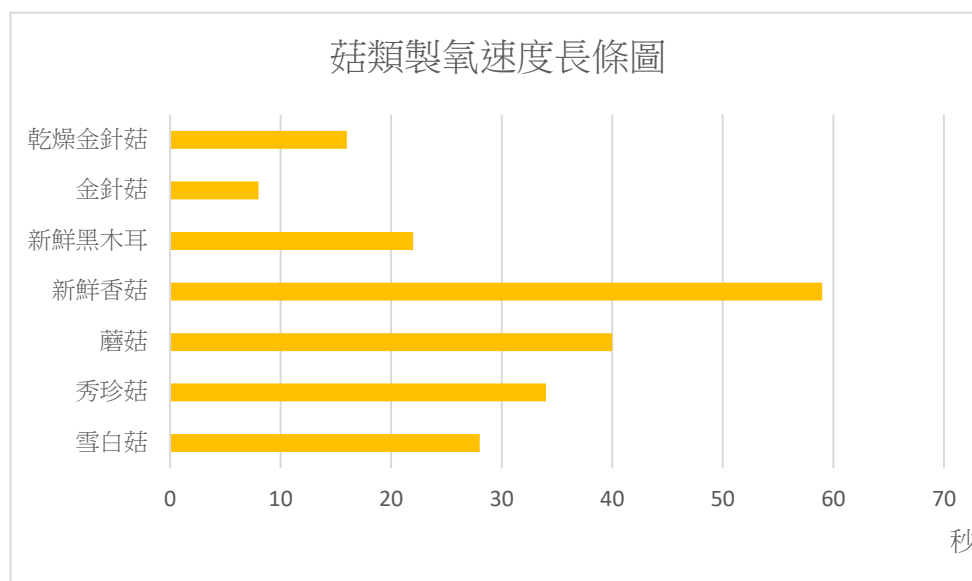


實驗結果：

1.蔥綠的製氧速度是最好的，辣椒的製氧速度較慢。

實驗 3-4：探究不同菇類的製氧能力

反應物	雪白菇	秀珍菇	蘑菇	新鮮香菇	新鮮黑木耳	金針菇	乾燥金針菇
時間	28 秒	34 秒	40 秒	59 秒	22 秒	8 秒	136 秒

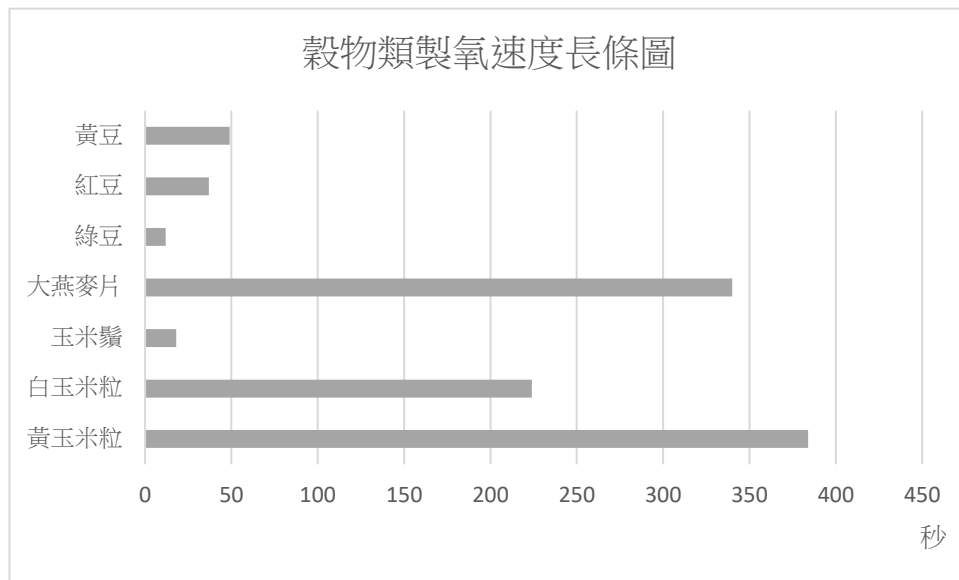


實驗結果：

- 1.在菇類的製氧實驗中，我們發現金針菇的速度是最快的；而新鮮香菇的速度是最慢的。
- 2.金針菇經過乾燥，速度明顯變慢許多。

實驗 3-5：探究不同穀物的製氧能力

反應物	黃玉米粒	白玉米粒	玉米鬚	大燕麥片	綠豆	紅豆	黃豆
時間	384 秒	224 秒	18 秒	340 秒	12 秒	37 秒	49 秒

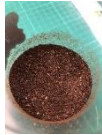


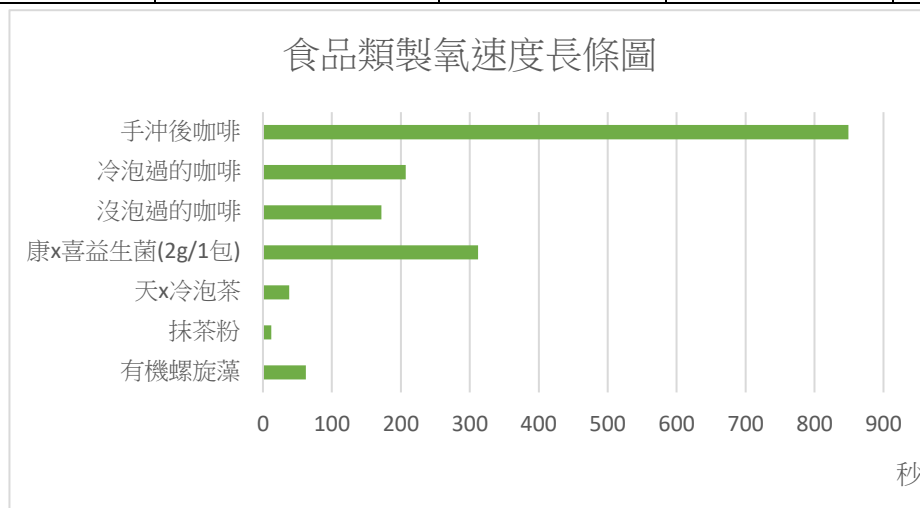
實驗結果：

1.在穀物的製氧實驗中，我們發現綠豆的速度是最快的，而玉米和大燕麥片速度排名倒數。

實驗 3-6：探究不同食品類的製氧能力

反應物	有機螺旋藻 	抹茶粉 	天 x 冷泡茶 	桂 x 黑十穀 	大麥若葉青汁 
時間	62 秒	12 秒	38 秒	? 秒	? 秒

反應物	康 x 喜益生 菌(2g/1 包) 	養 x 多(10g) 	沒泡過的咖啡 	冷泡過的咖啡 	手沖後咖啡 
時間	312 秒	346 秒/5ml 水	172 秒	207 秒	849 秒



實驗結果：

1.抹茶粉的製氧速度是最快的；而氧 x 多的製氧速度最慢。

2.沒泡過的咖啡的製氧速度是比有泡過的咖啡速度還要快；而冷泡過的咖啡用熱水泡比的速度還快。

目的四：探究不同水生植物製氧能力

實驗構想：既然上述實驗中可證明各種蔬果或多或少都含有過氧化氫酶，那四年級自然課教過的水生植物和家裡常吃的昆布類，他們的製氧能力又是如何呢？於是我們用自己設計的排水集氣實驗裝置來檢測看看。

實驗步驟：同目的三，依序置換反應物（如布袋蓮、香蒲、海茸……），並記錄下結果。

實驗 4-1：探究不同淡水水生植物的製氧能力

反應物	布袋蓮(葉) 	金魚藻葉 	水蘊草葉 	睡蓮(葉) 	蓮花(葉) 	香蒲(葉) 
時間	10 秒	51 秒	13 秒	27 秒	31 秒	16 秒
反應物	槐葉蘋 	浮萍 	蓮藕肉 	蓮藕皮 	滿江紅(蕨類) 	
時間	32 秒	11 秒	73 秒	70 秒	17 秒	

實驗結果：

1.布袋蓮的製氧速度是最快的，而蓮藕肉是最慢的

2.葉的速度>莖的速度

3.比較製氧速度，水生蕨類的表現和其他水生植物差不多。

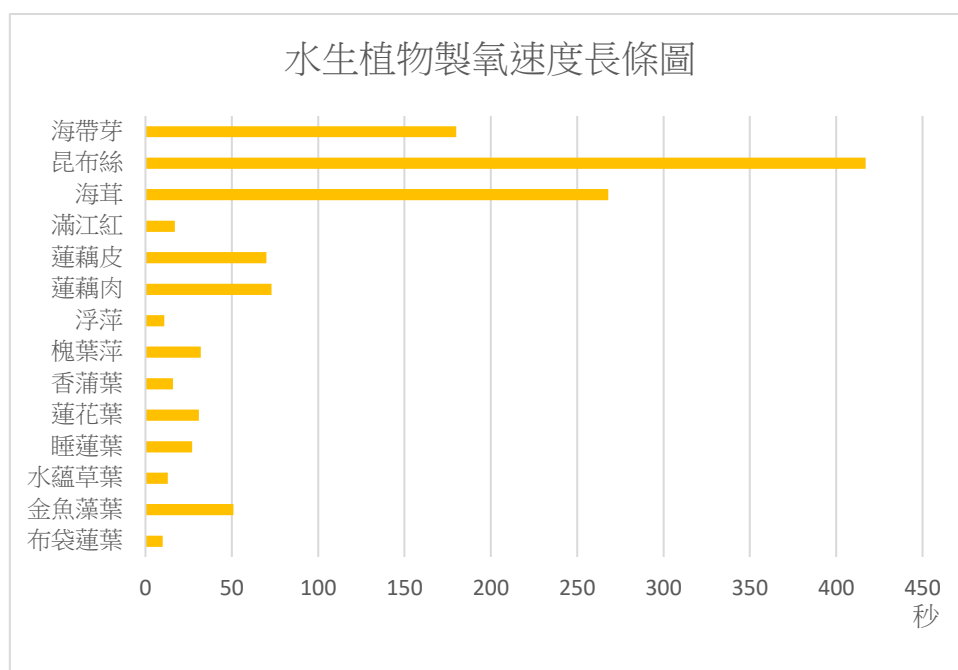
實驗 4-2：探究不同海水水生植物的製氧能力

反應物	海茸 	昆布絲(泡開後取 10g) 	海帶芽(泡開後取 10g) 
-----	---	--	--

時間	268 秒	417 秒	180 秒
----	-------	-------	-------

實驗結果：

1.製氧速度由快至慢：海帶芽>海茸>昆布絲。



目的五：探究不同非生物性的催化能力

實驗構想：根據文獻探討[1]，重金屬離子也是雙氧水催化劑，那有哪些生活中常見物品可以加速雙氧水分解氧氣呢？

實驗設計：兩瓶 100ml 過碳酸鈉(9%)水溶液，一瓶加實驗物一瓶不加，作為實驗組和對照組，經過同樣時間後用線香檢驗法檢驗。



(一)紅磚粉末 80g

組別	對照組(等待十四分鐘後)	實驗組(等待十四分鐘後)
圖示		
說明	線香無反應	線香燃燒劇烈

實驗結果：確認紅磚粉末可以當催化劑。



(二)生鏽窗簾掛勾 80g

(左圖：雙氧水鐵鏽反應等待中)

組別	對照組(等待六分鐘後)	實驗組(等待六分鐘後)
圖示		
說明	線香無反應	線香燃燒劇烈

實驗結果：確認鐵鏽可以當催化劑。



(三)鐵膽墨水 40ml

組別		對照組(等待五分鐘後)	實驗組(等待五分鐘後)
圖示			
說明	倒入鐵膽墨水，兩者一碰到馬上噴發	線香無反應	線香燃燒劇烈

實驗結果：一將鐵膽墨水倒入過碳酸鈉水溶液，馬上噴發出來，玻璃瓶溫溫熱熱，桌上、地上甚至是天花板都有，教室環境頓時一團混亂。等噴發結束挖去泡泡再等五分鐘，由對照組和實驗組比對下，確認鐵膽墨水可以當催化劑。



(四)一般簽字筆墨水(水性)30ml

組別	對照組(等待六分鐘後)	實驗組(等待六分鐘後)
----	-------------	-------------

圖示		
說明	線香無反應	線香無反應

實驗結果：線香燃燒沒有變化，可以確認一般簽字筆墨水(水性) 不能當催化劑。



(五)生鏽的硬幣 80g

組別	對照組(等待六分鐘後)	實驗組(等待六分鐘後)
圖示		
說明	線香無反應	線香燃燒劇烈

實驗結果：確認生鏽的硬幣可以當催化劑。

目的六：探究金針菇及胡蘿蔔之抗氧化能力

實驗構想：金針菇和胡蘿蔔的製氧速度在上述實驗物中名列前茅，也是課堂上教師最喜歡使用的催化劑。那他們可以連續放好幾天讓老師在課堂上做實驗嗎？

實驗器材：自製排水集氣法裝置、過碳酸鈉水溶液(9%)、金針菇、胡蘿蔔、碼表

實驗步驟：

1. 將三份金針菇皆去頭去尾取中間部分；將一根胡蘿蔔去尾去皮分成三份。
2. 第一份用食物調理機打碎後包進塑膠袋放冰箱冷藏，每次做實驗時，取 10 公克和 30 毫升 9%過碳酸溶液放入 A 瓶裡，搖晃 10 下待其產生反應，記錄 B 瓶排出 30 毫升水的時間。
3. 第二份用食物調理機打碎包進塑膠袋放室溫，每次做實驗時同上述步驟。
4. 第三份不打碎包進塑膠袋放室溫，每次要做實驗時才用食物調理機打碎進行上述步驟。

5. 分別於第二天、第四天、第六天、第八天和第十天重複以上實驗。

實驗 6-1：探究金針菇抗氧化能力

第一份：打碎後包進塑膠袋放冰箱冷藏

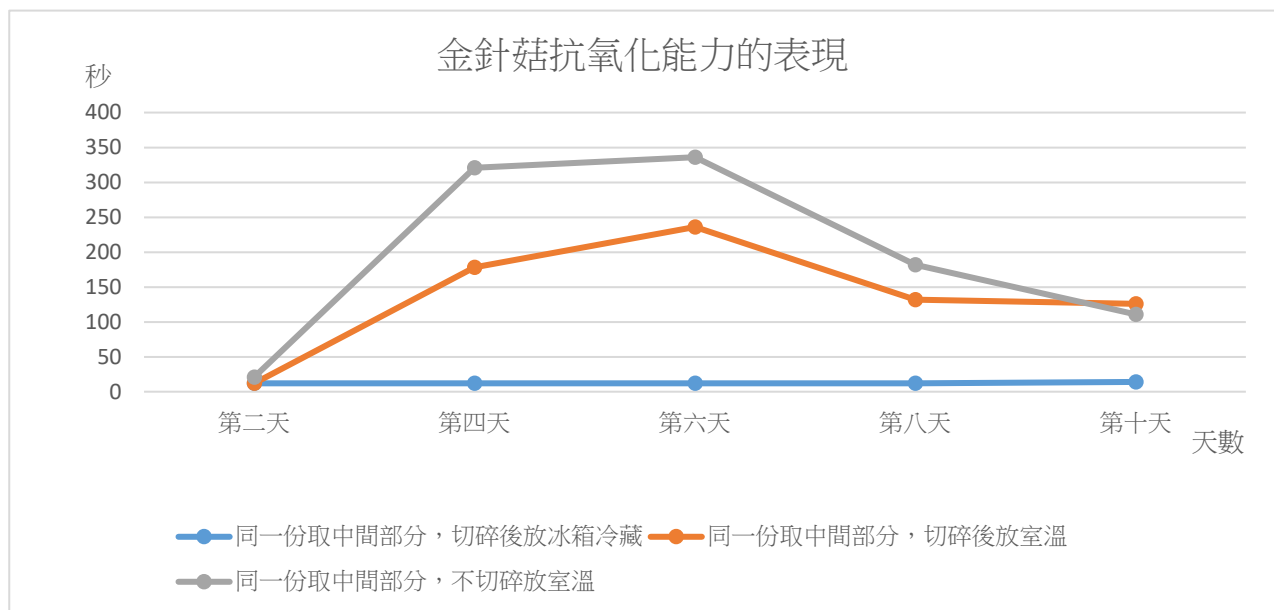
第二天	第四天	第六天	第八天	第十天
12 秒	12 秒	12 秒	12 秒	14 秒

第二份：打碎包進塑膠袋放室溫

第二天	第四天	第六天	第八天	第十天
12 秒	178 秒	236 秒	132 秒	126 秒

第三份：不打碎包進塑膠袋放室溫

第二天	第四天	第六天	第八天	第十天
21 秒	321 秒	336 秒	182 秒	111 秒



實驗結果：

1. 我們發現同一份取中間部分，切碎後放冰箱，這十天都沒有太大的變化，由此可知，放冰箱冷藏可保持新鮮。
2. 放在室溫的金針菇，前六天明顯變慢，在第八天後反而速度變快了。

實驗 6-2：探究胡蘿蔔抗氧化能力

第一份：打碎後包進塑膠袋放冰箱冷藏

第二天	第四天	第六天	第八天	第十天
39 秒	61 秒	46 秒	46 秒	35 秒

第二份：打碎包進塑膠袋放室溫

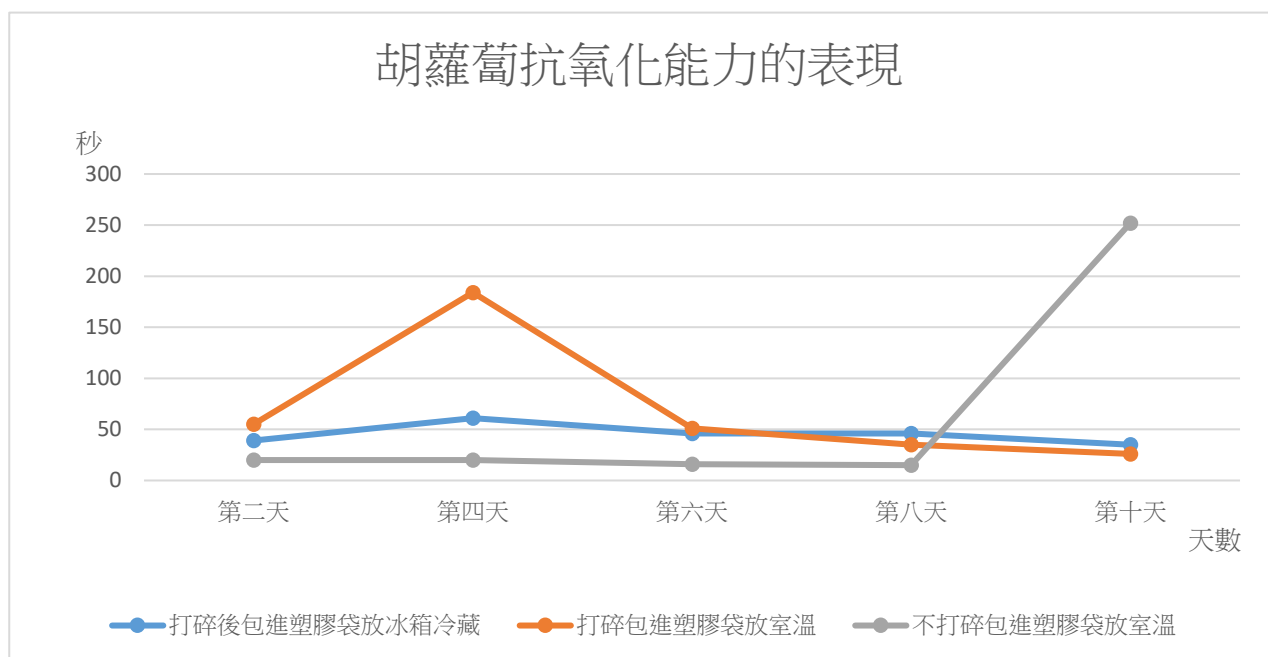
第二天	第四天	第六天	第八天	第十天
55 秒	184 秒	51 秒	35 秒	26 秒

第三份：不打碎包進塑膠袋放室溫

第二天	第四天	第六天	第八天	第十天
20 秒	20 秒	16 秒	*15 秒	**252 秒

*7/6 只有切面變黑變爛，其他地方都還是和新鮮時一樣的硬；取硬的部分做實驗。

**7/8 幾乎都變黑變爛，塑膠袋內很多液體，只好取黑黑爛爛的胡蘿蔔做實驗。



實驗結果：

1. 不打碎包進塑膠袋放室溫的胡蘿蔔，速度最快且穩定，前八天都沒有太大的變化，但在第十天時由於變黑變爛，所以速度變慢。但打碎放室溫的胡蘿蔔表現先變差後轉好。
2. 放冷藏的胡蘿蔔表現穩定沒有太大差異。

目的七：探究大象牙膏實驗的碘化鉀替代品

實驗構想：在 youtube 的影片中，我們看到了許多的大象牙膏影片，我們發現大象牙膏其實就是製氧實驗的應用，但他們都使用碘化鉀，我們想說是否可以使用我們實驗的其他反應物來代替碘化鉀。

(一)金針菇

	NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5
配方	先放洗碗精和雙氧水 60ml，再放金針菇 30g	先放洗碗精和金針菇 30g，再放雙氧水 100ml	先放 10ml 洗碗精和金針菇 30g，再放雙氧水 60ml	先放金針菇 15g 和 20ml 洗碗精，再放雙氧水 50ml	先放金針菇 20g 和洗碗精 30ml 再放雙氧水 150ml
圖示					
說明	金針菇無法完全碰到雙氧水(被一開始產生的泡泡隔絕開來)，所以泡泡產生的不夠多。	泡泡產生的非常快，雙氧水還沒到完就產生大量泡泡，但泡泡較稀。	泡泡產生的非常快，但泡泡還是稀。	泡泡較濃重。	雙氧水較多，泡泡衝出來的速度較快。

(二)綠豆

	NO.1	NO.2
配方	先放 30ml 洗碗精和綠豆 20g，再放雙氧水 150ml	先放綠豆 20g，再一起放洗碗精 30ml 和雙氧水 150ml
圖示		
說明	綠豆被洗碗精阻隔，無法快速碰到雙氧水，所以泡泡等了一段時間(約 3 分鐘)	泡泡產生還是慢了，約需 1 分鐘。

	才慢慢產生出來，速度太慢了。	
--	----------------	--

實驗結果：

- 1.使用金針菇的速度比用綠豆快。
- 2.雙氧水要多泡泡產生速度會快，洗碗精要多泡泡才會濃重。

陸、討論

依據我們的實驗目的進行討論：

一、探究過碳酸鈉水溶液製氧的研究

在以往的雙氧水製氧實驗中，為了兌雙氧水濃度，我們曾經有過被 35%雙氧水灼傷的經驗，也發生過雙氧水自動分解氧氣而爆瓶現象，我們都覺得很危險；不僅如此，直接購買藥房的 3%醫用雙氧水價錢較昂貴，所以此次實驗為了安全性及價錢考量，我們使用被稱為固體雙氧水的過碳酸鈉水溶液來做實驗，它和雙氧水比較起來，安全、方便、便宜、易保存，在此次實驗的過程中，使用起來相當方便。

二、設計簡易製氧集氣實驗器具

其實製氧實驗有很多的器具可使用，但為了方便進行實驗，於是我們自己改良了排水集氣器具，我們所使用的材料除了細水管是特別要去買的，其他都是隨手可得的物品，製作器具過程簡單小學生就能完成，且這個器具是可以一個人操作完成實驗的，相當便利。

三、探究可食用生物製氧能力

蔬菜的部分，以根菜類中的胡蘿蔔和綠色葉菜中的菠菜葉速度最快。除去胡蘿蔔和白蘿蔔外，我們可以很明顯地看到綠色葉菜類比其他顏色的蔬菜類要快，且綠色葉菜類的葉比莖速度快，我們推測可能是因為葉子中的酵素搭配上葉綠素所導致；菠菜葉裡除了酵素和葉綠素，含有較多的鐵質可能也是菠菜居綠色葉菜中第一快的因素。胡蘿蔔和白蘿蔔的肉都比皮快，在我們的實驗中，兩者的皮和肉表現無明顯差異。

水果的部分，速度最快的是木瓜，橘子肉的速度最慢。多數水果的製氧速度是皮比肉快，但少數也有的是肉比皮快，例：木瓜、芒果。實驗過程中我們發現柑橘類的皮(葡

萄柚、檸檬、橘子)速度都較快，這些皮上有一點一點的顆粒狀突起物，裏面含有豐富的精油，推測它是促使雙氧水產生氧氣的催化劑，適合作為實驗時替代的催化劑，又不至於浪費食物。

辛香料的部分，蔥綠蔥白和大蒜的製氧速度比較快，推測可能是和蔥和大蒜裡面的黏稠液體有關。

菇類的部分，比起其他類，普遍表現都很好，金針菇的速度是最快的；新鮮黑木耳也很快，這兩者切開來都有黏液，我們推測可能這個黏液可以協助加速。新鮮金針菇和乾燥金針菇相比，乾燥金針菇速度明顯慢很多，我們推測酵素經乾燥處理過程中被破壞了。

穀物類的部分，綠豆的表現讓我們驚訝，竟然速度如此快，以後雙氧水製氧實驗也可以使用綠豆來做。

其他食品部分，抹茶粉的速度快到也是讓我們很驚訝，雙氧水製氧實驗中也可以用抹茶粉來做。而這裏為了印證[6]”溫度對酵素活性影響很大”，我們用了同一份咖啡粉，速度由快到慢分別是沒泡過的咖啡粉、冷泡過的咖啡粉、用熱水手沖過的咖啡粉，結果和[6]一致。

四、探究不同水生植物製氧能力

在水生植物的製氧實驗中，我們發現四年級自然課本裡介紹的水生植物葉子(淡水)的製氧效果很好，在整個製氧實驗中都是極為出色的，在實驗中我們還發現水生蕨類的表現並沒那麼突出，而我們的水生植物實驗分為兩大類，分別是海水和淡水，其中淡水的製氧能力遠超過海水，但我們推測它們的差別應該不是源自於海水和淡水本身，而是因為一般人家裡的海水水生植物(海茸、昆布)都有經過加工(乾燥、再製)，而淡水水生植物則是新鮮的，所以我們認為造成海水跟淡水差別的主要原因是無經過乾燥過程。

五、探究不同非生物性的催化能力

根據實驗結果，我們發現紅磚粉末、生鏽窗簾掛勾、鐵膽墨水和生鏽的硬幣可以加速過碳酸鈉水溶液分解出氧氣，而一般簽字筆墨水(水性)不會加速其分解反應。文獻探討[1]指出，重金屬離子也是雙氧水催化劑，所以我們推測上述物品可以催化分解氧氣反應

的原因分別是：紅磚粉末和生鏽窗簾掛勾裡有氧化鐵的成分；生鏽的硬幣主要是氧化銅(銅綠)的成分；鐵膽墨水裡有鞣質和鐵鹽的成分。而一般簽字筆墨水裡只有墨水成分是不會催化反應。

六、探究金針菇及胡蘿蔔之抗氧化能力

放室溫的金針菇在第二天後明顯產生乳酸菌的味道，且放越多天味道越濃厚也越多黏液；放冰箱的金針菇十天之內味道皆無太大變化，可以得知金針菇應放冰箱保存較能維持新鮮程度。新鮮金針菇能製氧是因為過氧化氫酶，我們發現金針菇發酵後隨著乳酸菌的增加製氧能力也會增加。打碎的胡蘿蔔約第四天後產生像抹布的味道，且放越多天味道越濃厚，但不打碎的胡蘿蔔味道較無太大變化，可以得知保存胡蘿蔔也放室溫下，但一定要整根保存。到第八天胡蘿蔔製氧能力增加應是產生了另外的物質導致。

七、探究大象牙膏實驗的碘化鉀替代品

一般大象牙膏用的是高濃度雙氧水和碘化鉀和碳酸鈉，產生的泡泡又濃又迅速，讓人大嘆驚豔。碘化鉀價錢較昂貴，所以我們改用 35% 雙氧水和金針菇，發現金針菇的效果也不錯，只是須注意放置順序：先放洗碗精和金針菇，後放雙氧水，如此泡泡就能很順利產生。我們還發現雙氧水要多泡泡產生速度才會快，洗碗精要多泡泡才會濃重。

柒、結論與建議

一、結論

(一)過碳酸鈉平時成顆粒狀，相較於雙氧水有著保存容易、期限長與安全性較高的特點。

現調的過碳酸鈉水溶液可以替代雙氧水來做製氧實驗。

(二)我們製作了小學生都能製作的簡易排水集氣實驗器具，不需用試管架，也不用特定的實驗瓶，製作的材料簡單容易取得，而且可以輕易一人操作且觀察方便，在雙氧水製氧實驗中，非常實用。

(三)我們找到了便宜又環保的蔬果、水生植物和果皮，可以取代二氧化錳作為催化劑，減少因實驗造成的污染。尤其是波菜葉、綠豆、抹茶粉和校園生態池的布袋蓮葉、浮萍、

水蘊草葉，老師在課堂上可以來替換胡蘿蔔丁。

(四)校園裡總務處換下來的生鏽鐵釘(窗簾掛勾)很多，老師也可以利用這些做製氧實驗，既不用花費金錢更不會造成浪費。

(五)我們在實驗六(金針菇與胡蘿蔔抗氧化)中，把金針菇或胡蘿蔔放冷藏的效果都是最好的。這表示其實買回來的蔬果放在冷藏室是最能保持蔬果的新鮮度。而同一份金針菇或胡蘿蔔亦可放室溫下，方便教師一至兩星期在不同班級做製氧實驗。

(六)若是以後要做大象牙膏實驗的話，建議使用金針菇代替碘化鉀。因為金針菇較碘化鉀便宜，也比較沒有毒性。

二、未來研究及改進的方向

(一)這次的海生植物(像是海藻、海帶.....)若能取得新鮮的，就可以比較出真正的速度，這點是我們很好奇的地方。

(二)我們推測出葉綠素可能有催化作用，可以萃取出葉綠素，看它的催化效果。

(三)從實驗三-1 和實驗六可知，菠菜葉、小白菜葉變爛及金針菇、胡蘿蔔放久後發酵，產生出不同的物質可以有催化作用，可深入研究到底產生了何種物質。

捌、參考文獻資料

一、葉亭毅 侯家程 劉耀隆(2018)。食在好重要-重金屬離子和保健食品的簡易分析。嘉義市中小學科學展覽會。

二、維基百科。過氧化氫。<https://zh.wikipedia.org/wiki/過氧化氫>。

三、簡便的制氧方法。(檢索日期 2020/05/22)。

<https://patents.google.com/patent/CN1060635A/zh>。

四、過碳酸鈉的穩定性。(檢索日期 2020/05/23)。

https://www.chemicalbook.com/NewsInfo_3840.htm

五、中國重要會議論文全文數據庫。乳酸菌發酵金針菇主要成分的變化及其風味物質研究。(檢索日期 2020/07/20)。

<http://big5.oversea.cnki.net/KCMS/detail/detailall.aspx?filename=zgsp201411001404&dbcode=CPFD&dbname=CPFD2014>

- 六、王小苓、高睿辰、李品君、徐哲尹。誰是製氧小高手。中華民國第 54 屆中小學科學展覽。
- 七、董尹甄、黃雍、李欣霓、李易、莊翕筑。蔬果製氧量排行榜。中華民國第 44 屆中小學科學展覽。
- 八、李翊嘉、郭咨余、賴泱蓉、鄭之毓。看誰最有酵。中華民國第 50 屆中小學科學展覽。
- 九、張兆綸、王鵬懿、王菁漢。揭開催化劑的神秘面紗~由過氧化氫分解製氧反應談起。中華民國第 42 屆中小學科學展覽。
- 十、陳律安、陳姿佑、林可涵。無毒萬靈丹-過碳酸鈉的過人之處。中華民國第 55 屆中小學科學展覽。
- 十一、邵國志(2012 年)。誰最爭『氣』:製造氧氣。屏東教大科學教育。
- 十二、康軒文教事業(2018 年)。自然與生活科技五下教師手冊(三版)。新北市:康軒文教事業。