

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030821

就是要吸，『氧』『酶』不吐氣！

學校名稱：臺中市立光正國民中學

作者： 國二 何映蓉 國二 楊庭卉 國二 楊皓為	指導老師： 楊惠涵 許紘瑋
---	-----------------------------

關鍵詞：二氧化錳、過氧化氫酶、攜帶式氧氣瓶

摘要

國中自然課本中關於氧氣製備的實驗，一般都是以過氧化氫加入二氧化錳作為催化劑來完成。但是，實驗過程中，劇烈反應產生的大量氣體容易發生危險，二氧化錳的回收也費時費力。我們的實驗想找出可用的校園植物，利用內含的過氧化氫酶來取代二氧化錳的功能。根據實驗結果，並模擬學校製備氧氣的環境，水黃皮具有較大的反應溫度範圍，較好的反應速率。尤其是利用 4°C 冷藏保存的方式，可延長水黃皮過氧化氫酶的正常活性達 18 天之久，很適合取代二氧化錳。另外，有鑑於市面上攜帶式氧氣瓶的售價頗高，填充新的氧氣又要付費，我們也設計了簡易攜帶式環保氧氣瓶，可以提供給常登山但容易因缺氧而頭暈的山友一個便宜又方便的選擇。

壹、研究動機

一年級上學期上到生物第三章第二節酵素這個單元時，我們已經知道酵素的特性，會受溫度和酸鹼等因素影響。老師說生物體內還有一種有趣的酵素，可以和我們現在的理化課作連結，在二年級上學期第二章氧氣製備的實驗，一般都用二氧化錳當作催化劑來加速過氧化氫（雙氧水）的分解以產生氧氣，但是實驗後的二氧化錳若沒處理，很容易造成環境汙染，若是改以植物體內的過氧化氫酶來當催化劑，也能達到一樣的效果，實驗後也不會造成汙染。我們聽完覺得很有趣，就問老師可不可以試試？

開始實驗後，發現多種速率幾乎可和二氧化錳相比的植物，我們節省的本性突然出現，想知道產生的氧氣除了實驗還能做什麼？可以留下來用嗎？結果，發現市面上有販售攜帶式的氧氣瓶，但大多不便宜，經由這次實驗，或許我們也能做出便宜又方便的簡易攜帶式氧氣瓶！

貳、研究目的

- 一、找出過氧化氫酶作用效率高的校園植物
- 二、探討二氧化錳質量與過氧化氫濃度間反應速率的關係
- 三、測量不同濃度的過氧化氫在不同溫度對特定植物過氧化氫酶分解過氧化氫的速率
- 四、探討不同乾燥或保存環境對特定植物過氧化氫酶活性的影響
- 五、探討以不同質量之特定植物與固定濃度過氧化氫間反應速率的關係

六、找出取代二氧化錳成為催化劑之特定植物的最佳反應條件

七、找出並設計簡易攜帶式環保氧氣瓶之最佳組合

參、研究設備及器材

一、實驗材料(校園植物)

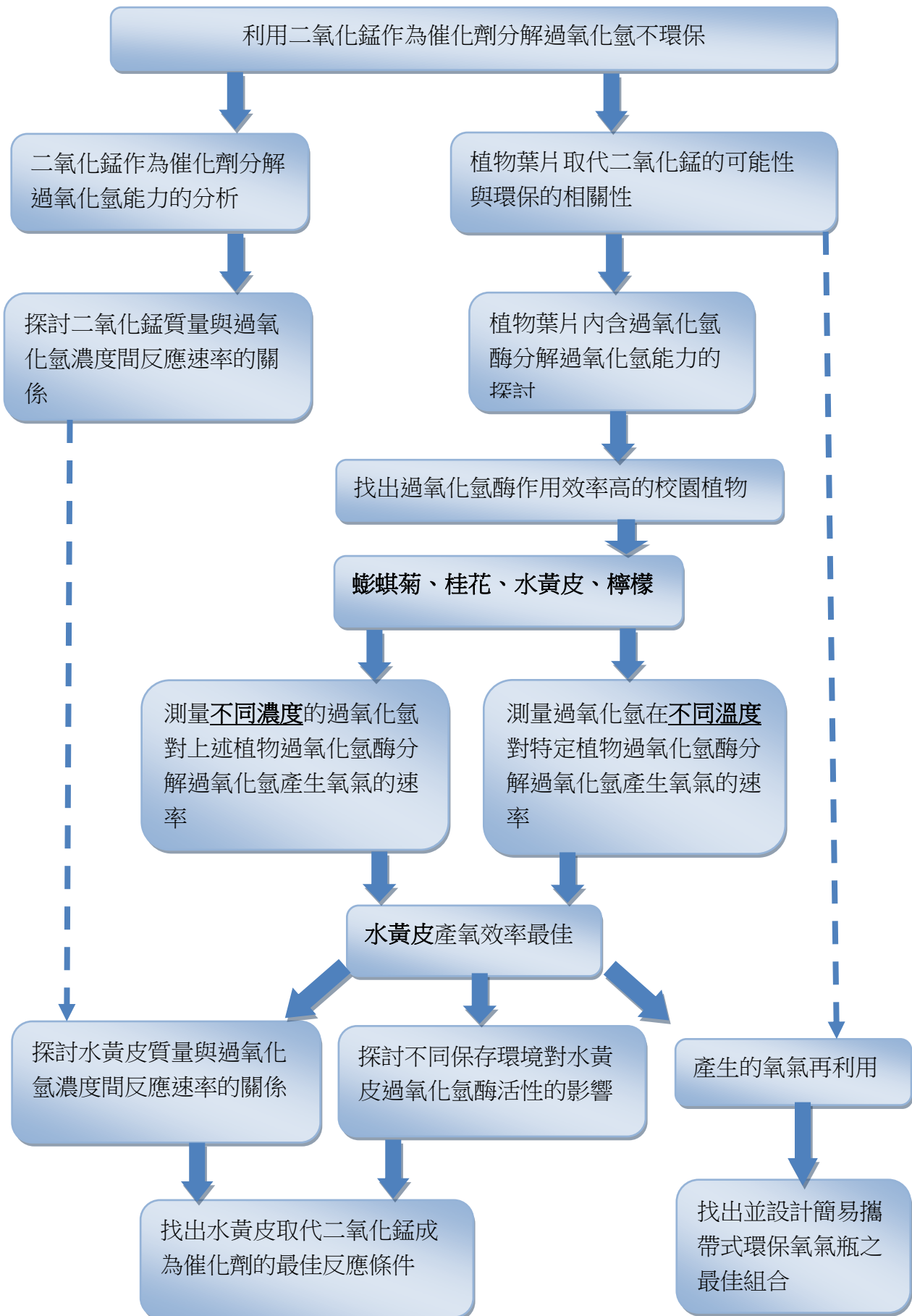
(一) 大葉欖仁(紅葉)、大葉欖仁(綠葉)、桂花、蟛蜞菊、紫背萬年青、檸檬、樟樹、水黃皮、馬拉巴栗、大王仙丹。

二、實驗器材

(一) 器材類：量筒、燒杯、側管錐形瓶、軟橡皮管、塑膠水盆、滴管、橡皮塞、計時器、玻片、電子天平、溫度計、磁石攪拌加熱器、果汁機、磨豆機、刮勺、數位相機、研鉢、50 ml 針筒、夾鏈袋、牛皮紙袋、高枝剪、塑膠瓶、漏斗、氣球。

(二) 藥品類：30%過氧化氫(雙氧水)溶液、二氧化錳、自來水。

肆、研究流程



伍、研究方法

一、測量不同校園植物中過氧化氫酶分解過氧化氫的速率

- (一) 將量筒 (50 ml) 裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝水半滿的塑膠水槽中，抽出玻片。
- (二) 將錐形瓶側管接上橡皮導管，再以研鉢將植物葉子磨碎後秤重 3 g 放入錐形瓶，並加入 30 ml 的水。
- (三) 以針筒吸 10 ml 的過氧化氫溶液，將錐形瓶蓋上接針筒的橡皮塞。
- (四) 將錐形瓶放置在磁石攪拌加熱器上 (轉速 3)，將針筒內過氧化氫緩緩推入，10 秒後將計時器按下計時。
- (五) 將錐形瓶上的橡皮導管插入步驟 (一) 的量筒，收集產生的氧氣。
- (六) 測量並計算氧氣體積及產氧速率。

二、測量二氧化錳質量與過氧化氫濃度間反應速率

- (一) 將量筒 (50 ml) 裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝水半滿的塑膠水槽中，抽出玻片。
- (二) 將錐形瓶側管接上橡皮導管，再將定量二氧化錳 0.5 g 放入錐形瓶。
- (三) 以針筒吸不同組合但總體積為 20 ml 的過氧化氫溶液和水，將錐形瓶蓋上接針筒的橡皮塞。
- (四) 將錐形瓶放置在磁石攪拌加熱器上 (轉速 3)，將針筒內過氧化氫緩緩推入，10 秒後將計時器按下計時。
- (五) 將錐形瓶上的橡皮導管插入步驟 (一) 的量筒，收集產生的氧氣。
- (六) 測量並計算氧氣體積及產氧速率。
- (七) 將步驟二、三改為分別將不同質量二氧化錳放入錐形瓶，並加入 30 ml 的水。
- (八) 重複步驟四到六。

三、測量兩種濃度過氧化氫在不同溫度對特定鮮採植物過氧化氫酶分解過氧化氫的速率

- (一) 將量筒 (50 ml) 裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝水半滿的塑膠水槽中，抽出玻片。

- (二) 將錐形瓶側管接上橡皮導管，再以磨豆機將秤重 3 g 後植物葉子磨碎放入錐形瓶，並加入 30 ml 的水。(選用螞蟥菊、桂花、水黃皮、檸檬的葉子)
- (三) 以針筒吸 10 ml 的過氧化氫溶液，將錐形瓶蓋上接針筒的橡皮塞。
- (四) 設定反應的溫度。
- (五) 將錐形瓶放置在磁石攪拌加熱器上(轉速 3)，將針筒內過氧化氫緩緩推入，10 秒後將計時器按下計時。
- (六) 將錐形瓶上的橡皮導管插入步驟(一)的量筒，收集產生的氧氣。
- (七) 測量並計算氧氣體積及產氧速率。
- (八) 將步驟(二)改為加入 20 ml 的水，再全部重複一次。

四、不同乾燥或保存環境對特定植物過氧化氫酶活性的影響

- (一) 選定螞蟥菊、桂花、水黃皮三種植物，分別經三種不同處理：自然乾燥、37°C 低溫烘乾、4°C 冰箱冷藏，72 小時後分別秤重。
- (二) 將量筒(50 ml)裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝水半滿的塑膠水槽中，抽出玻片。
- (三) 將錐形瓶側管接上橡皮導管，再以磨豆機將原本重 3 g 的植物葉子磨碎放入錐形瓶，並加入 30 ml 的水。
- (四) 以針筒吸 10 ml 的過氧化氫溶液，將錐形瓶蓋上接針筒的橡皮塞。
- (五) 設定反應的溫度。
- (六) 將錐形瓶放置在磁石攪拌加熱器上(轉速 3)，將針筒內過氧化氫緩緩推入，10 秒後將計時器按下計時。
- (七) 每三天依上述步驟測量並計算氧氣體積及產氧速率，連續五到六次。

五、測量不同重量之鮮採水黃皮與不同濃度過氧化氫的反應速率

- (一) 將量筒(250 ml)裝滿水，以玻片蓋緊瓶口後倒立，置於裝水半滿的塑膠水槽中，抽出玻片。
- (二) 將錐形瓶側管接上橡皮導管，再以磨豆機將水黃皮葉子磨碎後，分別取不同重量放入錐形瓶，並加入 30 ml 的水。
- (三) 以針筒吸 10 ml 的過氧化氫溶液，將錐形瓶蓋上接針筒的橡皮塞。

(四) 將錐形瓶放置在磁石攪拌加熱器上(轉速 3)，將針筒內過氧化氫緩緩推入，10 秒後將計時器按下計時。

(五) 測量並計算氧氣體積及產氧速率。

(六) 將水黃皮定量為 3 g，改加入不同體積的過氧化氫溶液後，重複上述步驟。

六、測量不同濃度過氧化氫在不同溫度對水黃皮過氧化氫酶分解過氧化氫的速率

(一) 在固定水黃皮 3 g，加入 10 ml 30%過氧化氫的條件下，調整不同反應溫度，並重複收集 50 ml 氧氣的過程(參方法四)。

(二) 在固定水黃皮 3 g，都加入 10 ml 30%過氧化氫的條件下，調整不同加入反應水的體積，並重複收集 50 ml 氧氣的過程(參方法四)。

七、比較水黃皮和二氧化錳分解過氧化氫的速率

(一) 以不同重量之鮮採水黃皮，加入 10 ml 30%過氧化氫溶液，分別測量 250 ml 產氧速率(參方法六，但不攪拌，模擬學校實驗環境)。

(二) 以不同重量之二氧化錳，加入 10 ml 30%過氧化氫溶液和 30 ml 的水，分別測量 250 ml 產氧速率(參方法六，但不攪拌，模擬學校實驗環境)。

八、找出並設計簡易登山攜帶式環保氧氣瓶之產氧最佳組合

(一) 收集適合一般民眾製造氧氣的空瓶。

(二) 收集不同大小的氣球。

(三) 以不同處理的水黃皮秤不同重量磨碎後與不同體積過氧化氫來反應。

(四) 在空瓶分別放入葉子、過氧化氫後，數 10 秒套上氣球收集產生的氣體。

(五) 將收集的氣體以排水法測量體積。

陸、研究結果

一、找出過氧化氫酶作用效率高的植物

(一) 校園植物(詳細分類資料置於附件一)



水黃皮



桂花



樟樹



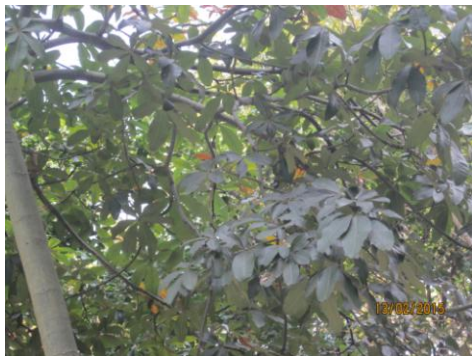
檸檬



大王仙丹



紫背萬年青



馬拉巴栗



蜚蜞菊



大葉欖仁（綠葉）

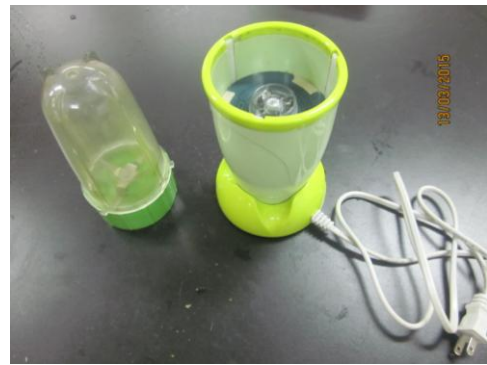


大葉欖仁（紅葉）

(二) 實驗相關器材



改良式排水集氣法（張，2010）



磨豆機



研鉢



磁石攪拌加熱器



準備好植物



準備好植物



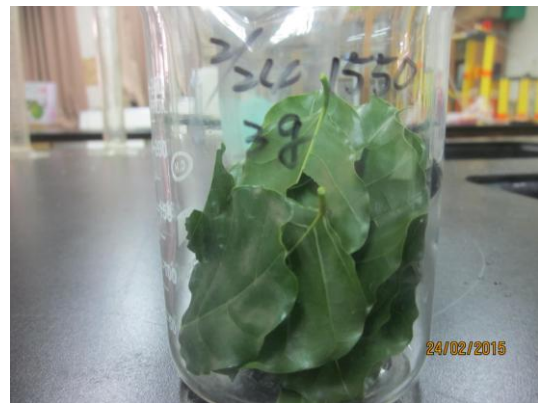
磨碎葉片



秤重



自然乾燥處理



自然乾燥葉片資訊



烘箱



放入葉片於烘箱



37°C 烘乾葉片資訊

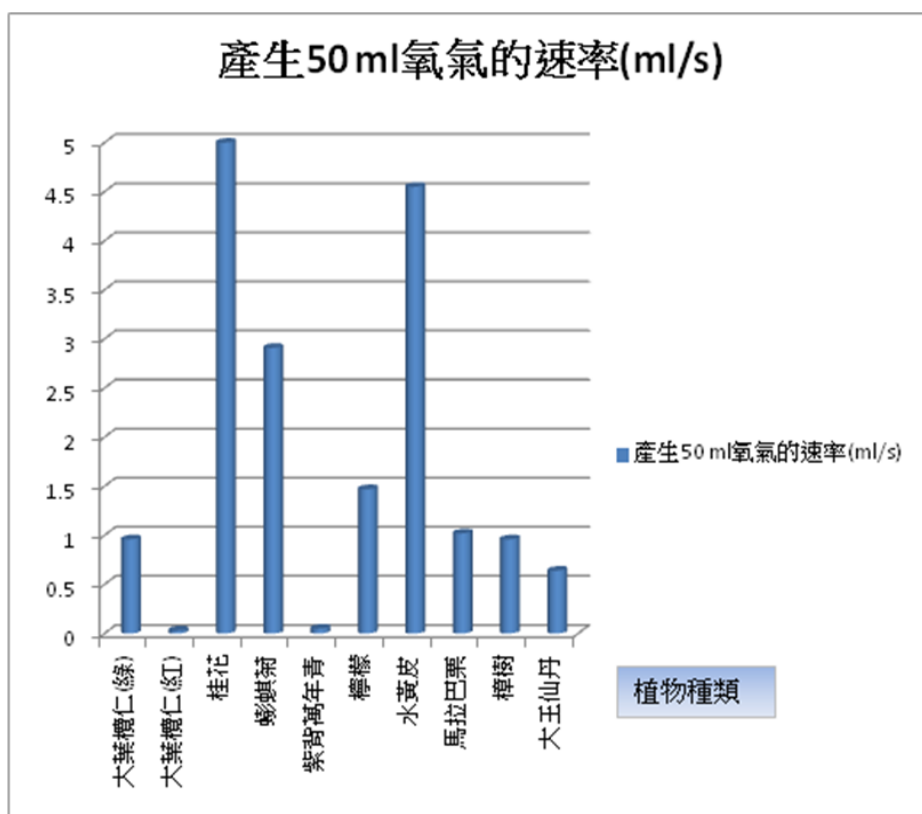
4°C 冷藏前標示

(三) 篩選結果 (計算排滿 50 ml 的水所需時間)

1. 數據整理：

搗碎材料 3 g，30 % 過氧化氫溶液 10 ml，當日溫度 17°C。

植物名稱	收集 50 ml 氧氣的時間 (s)	50 ml 氧氣的產氧速率 (ml/s)
大葉欖仁(綠)	52	0.96
大葉欖仁(紅)	600 (20 ml)	0.03
桂花	10	5.00
蟛蜞菊	17	2.91
紫背萬年青	600 (31 ml)	0.05
檸檬	34	1.47
水黃皮	11	4.55
馬拉巴栗	49	1.02
樟樹	52	0.96
大王仙丹	78	0.64



2. 實驗結果：

50 ml 氧氣產生速率分別為：桂花>水黃皮>蟛蜞菊>檸檬>馬拉巴栗
>大葉欖仁(綠)=樟樹>紅仙丹>紫背萬年青>大葉欖仁(紅)。取前四名來做進一步測試。

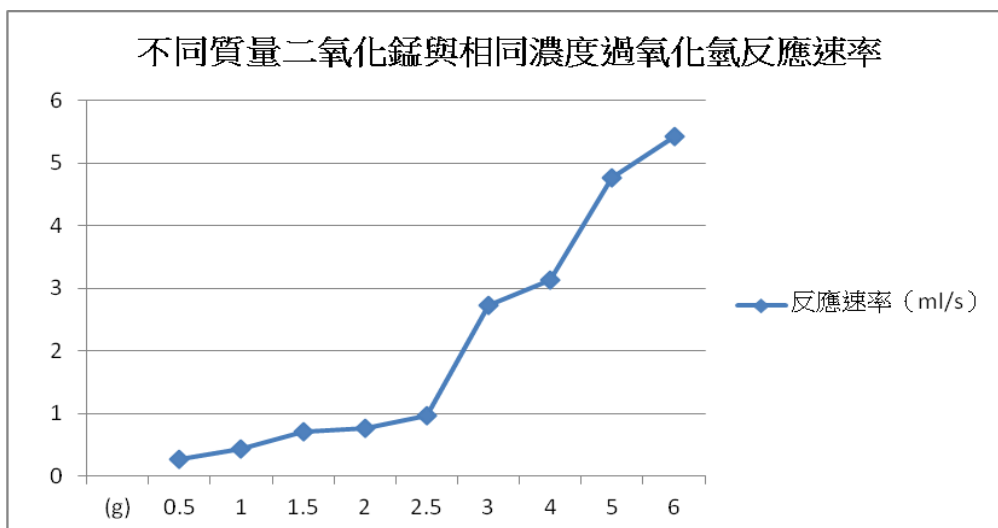
二、探討二氧化錳質量與過氧化氫濃度間反應速率的關係

(一) 不同質量二氧化錳與相同濃度過氧化氫間反應速率

1. 實驗數據整理：

各加入 30%過氧化氫溶液 10 ml，水 30 ml，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

MnO ₂ (g)	反應速率 (ml/s)	MnO ₂ (g)	反應速率 (ml/s)	MnO ₂ (g)	反應速率 (ml/s)
0.5	0.27	2	0.77	4	3.14
1	0.43	2.5	0.96	5	4.76
1.5	0.72	3	2.73	6	5.43



2. 實驗結果：

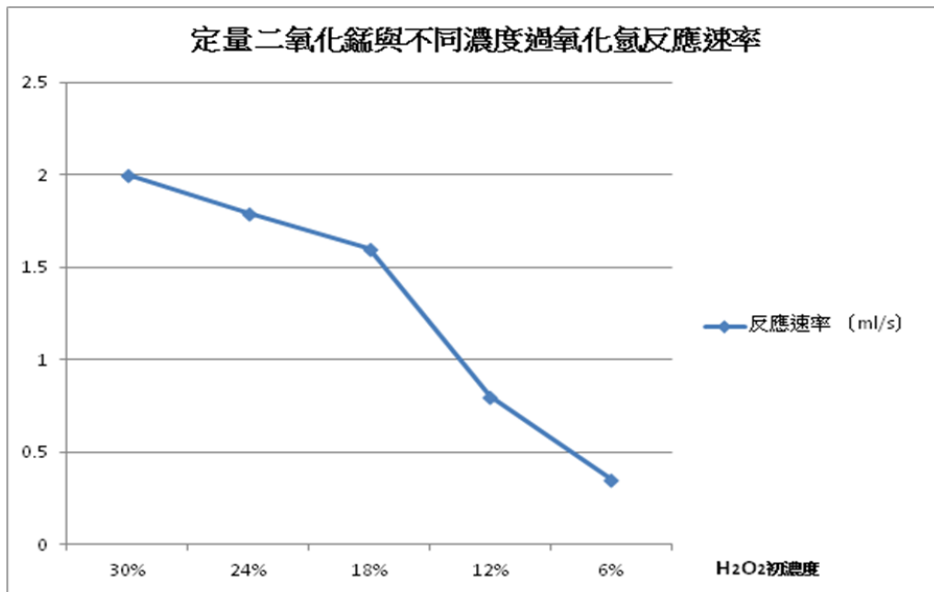
二氧化錳分解過氧化氫速率和二氧化錳質量成線性關係。

(二) 定量二氧化錳與不同濃度過氧化氫間反應速率

1. 實驗數據整理：

MnO₂ 重量 0.5 g，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

30% H ₂ O ₂ (ml)	H ₂ O (ml)	H ₂ O ₂ 初濃度	反應時間 (s)	平均速率 (ml/s)
20	0	30%	25	2.00
16	4	24%	28	1.79
12	8	18%	32	1.56
8	12	12%	38	1.31
4	16	6%	149	0.34



2. 實驗結果：

二氧化錳分解過氧化氫速率和過氧化氫濃度成線性關係。

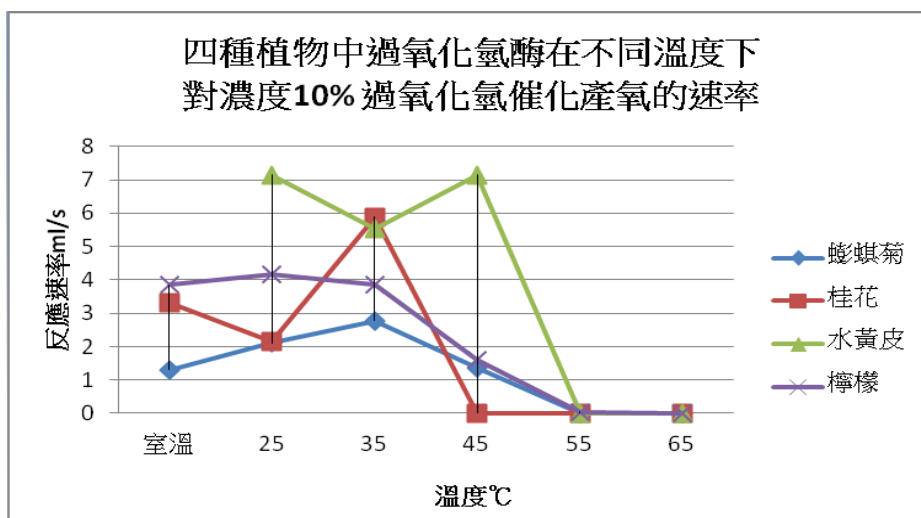
三、測量兩種濃度過氧化氫在不同溫度對特定鮮採植物過氧化氫酶分解過氧化氫的速率

(一) 實驗數據

1. 過氧化氫反應濃度 10%

葉片各 3 克磨碎，加入 30%過氧化氫溶液 (H₂O₂) 10 ml，水 20 ml，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

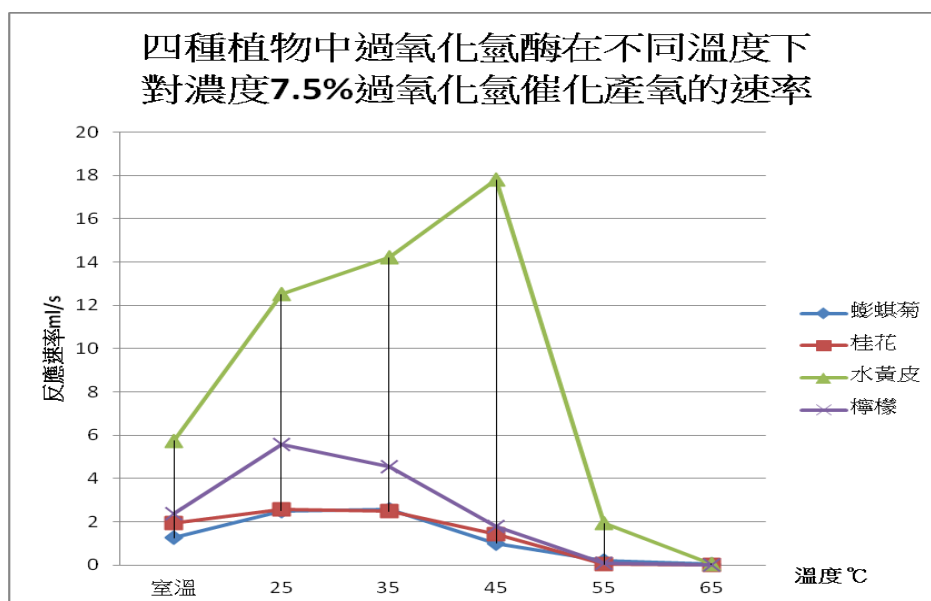
反應速率 (ml/s)	溫度 (°C)	室溫	25	35	45	55	65
反應植物							
蟛蜞菊		1.31	2.1	2.78	1.36	0	0
桂花		3.3	2.16	5.89	0	0	0
水黃皮			7.14	5.55	7.14	0	0
檸檬		3.85	4.17	3.85	1.61	0.04	0.015



2. 過氧化氫反應濃度 7.5 %

葉片各 3 克磨碎，加入 30%過氧化氫溶液 (H₂O₂) 10 ml，水 30 ml，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

反應速率 (ml/s)	溫度 (°C)	室溫	25	35	45	55	65
蟛蜞菊		1.25	2.5	2.59	1	0.19	0.03
桂花		1.92	2.56	2.48	1.43	0.03	0.008
水黃皮		5.74	12.5	14.8	17.8	1.92	0.06
檸檬		2.39	5.56	4.55	1.79	0.08	0.01



(二) 實驗結果：

1. 蟛蜞菊內過氧化氫酶在濃度 10 % 過氧化氫下產氧速率較快，但超過 55°C 幾乎沒反應。由數據可知在 35°C，濃度 10 % 過氧化氫的產氧效率較好。
2. 桂花內過氧化氫酶在濃度 10 % 過氧化氫下產氧速率較快，但超過 45°C 幾乎沒反應。由數據可知在 35°C，濃度 10 % 過氧化氫的產氧效率較好。
3. 水黃皮內過氧化氫酶在濃度 7.5 % 過氧化氫下產氧速率較快，但超過 55°C 幾乎沒反應。由數據可知在 45°C，濃度 7.5 % 過氧化氫的產氧效率較好。
4. 檸檬內的過氧化氫酶在濃度 7.5 % 過氧化氫下產氧速率較快，但耐熱效果優於其他三種植物。由數據可知在 25°C，濃度 7.5 % 過氧化氫的產氧效率較好。

(三) 實驗總結：

四種植物出現最高反應速率值大小為：水黃皮 > 桂花 > 檸檬 > 蟛蜞菊，但檸檬葉內的過氧化氫酶耐熱程度最高。考量之後的推廣是否方便，以及學校樹種的數量多寡，目前水黃皮的數量最多，也剛好配合實驗的結果，所以選定**水黃皮**做進一步的測試。

四、探討不同乾燥或保存環境對水黃皮過氧化氫酶活性的影響

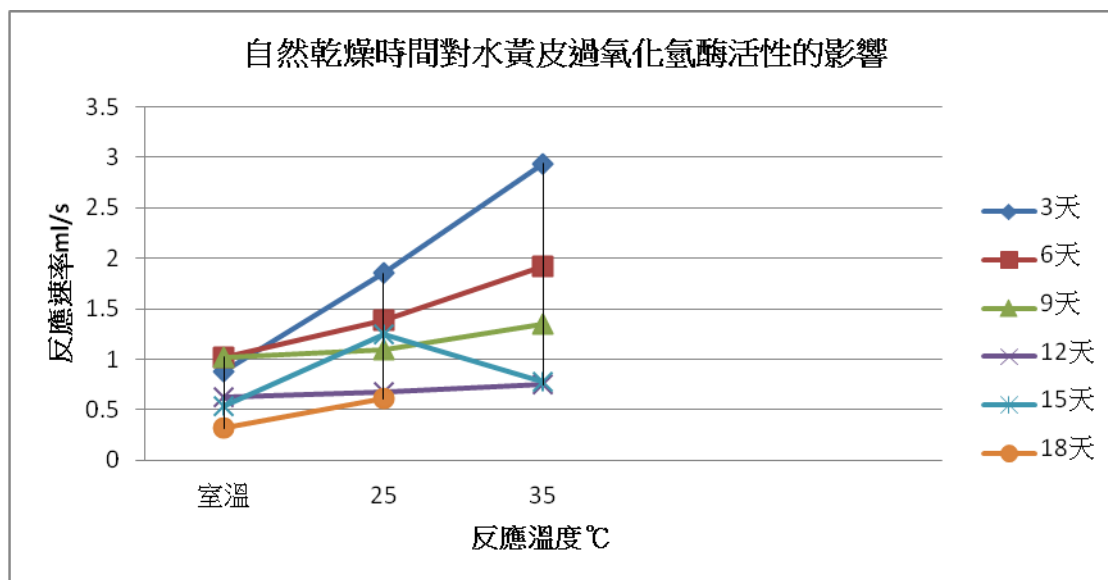
(一) 自然乾燥處理：

1. 數據整理：

水黃皮 3 g 磨碎，加入 30 ml 水，30% 過氧化氫溶液 10 ml，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

經過時間 (天)	乾燥前重 量 (g)	乾燥後重量 (g)	收集 50mlO ₂ 的時間 (s)	反映溫度 (°C)	反應速率 (ml/s)
3	3.0	1.6	57	室溫	0.88
	3.0	1.6	27	25	1.85
	3.0	1.6	17	35	2.94
6	3.0	1.2	49	室溫	1.02
	3.0	1.6	36	25	1.39

9	3.0	1.1	26	35	1.92
	3.1	1.3	49	室溫	1.02
	3.1	1.3	46	25	1.09
12	3.0	1.3	37	35	1.35
	3.0	1.2	81	室溫	0.62
	3.0	1.2	74	25	0.68
15	3.0	1.2	67	35	0.75
	3.0	1.3	92	室溫	0.54
	3.0	1.1	40	25	1.25
18	3.0	1.4	64	35	0.78
	3.0	1.2	156	室溫	0.32
	3.0	1.1	82	25	0.61
	材料不足	材料不足		35	



2. 實驗結果：

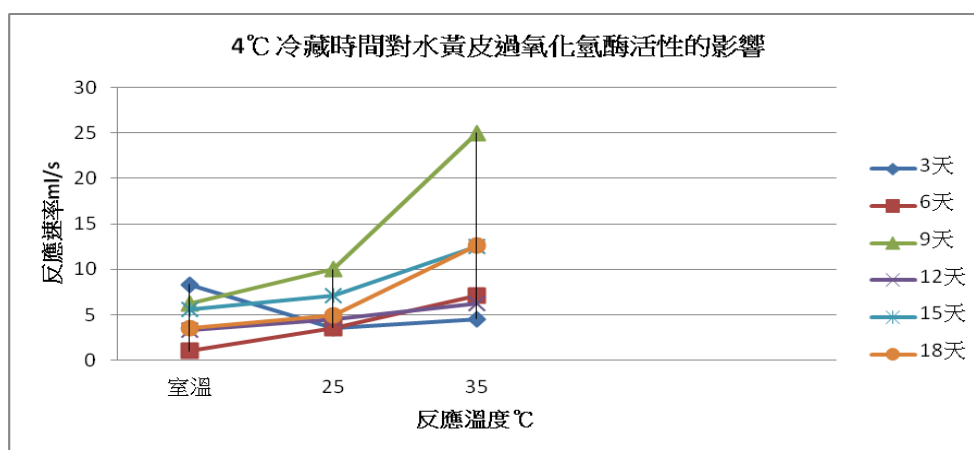
自然乾燥保存下的水黃皮，18 天後葉子的過氧化氫酶仍保有微弱的分解過氧化氫的能力。9 天後的葉子，反應速率還大於 1 ml/s。最高反應速率出現在，乾燥 3 天後，反應溫度 35°C 時的葉子，反應速率大於 2 ml/s。

(二) 4°C 冷藏處理：

1. 數據整理：

回溫 30 mins 後的水黃皮 3 g 磨碎，加入 30 ml 水，30% 過氧化氫溶液 10 ml，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

經過時間 (天)	冷藏前重量 (g)	冷藏後重量 (g)	收集 50 ml O ₂ 的時間(s)	反映溫度 (°C)	反應速率 (ml/s)
3 天	3.0	2.3	6	16.5	8.33
	3.0	2.3	14	25	3.57
	3.0	1.8	11	35	4.55
6 天	3.0	1.9	49	19.5	1.02
	3.0	2.3	14	25	3.57
	3.0	2.6	7	35	7.14
9 天	3.0	2.9	8	21.5	6.25
	3.0	2.9	5	25	10.00
	3.0	3.0	2	35	25.00
12 天	3.0	2.7	15	21.5	3.33
	3.0	2.8	11	25	4.55
	3.0	2.8	8	35	6.25
15 天	3.0	2.7	9	21	5.56
	3.0	2.7	7	28	7.14
	3.0	2.6	4	35	12.5
18 天	3.0	2.7	14	21	3.57
	3.0	2.7	10	28	5.00
	3.0	2.6	8	35	12.63



2. 實驗結果：

冷藏處理的水黃皮，保存塑膠袋的袋口未封並撐開，但保水力好。冷藏 18 天後葉子，過氧化氫酶仍然保有高的分解過氧化氫的能力，在 35°C 的反應溫度下，達 12.63 ml/s。最高反應速率出現在，冷藏 9 天，反應溫度 35°C 的情況下，高達 25 ml/s。

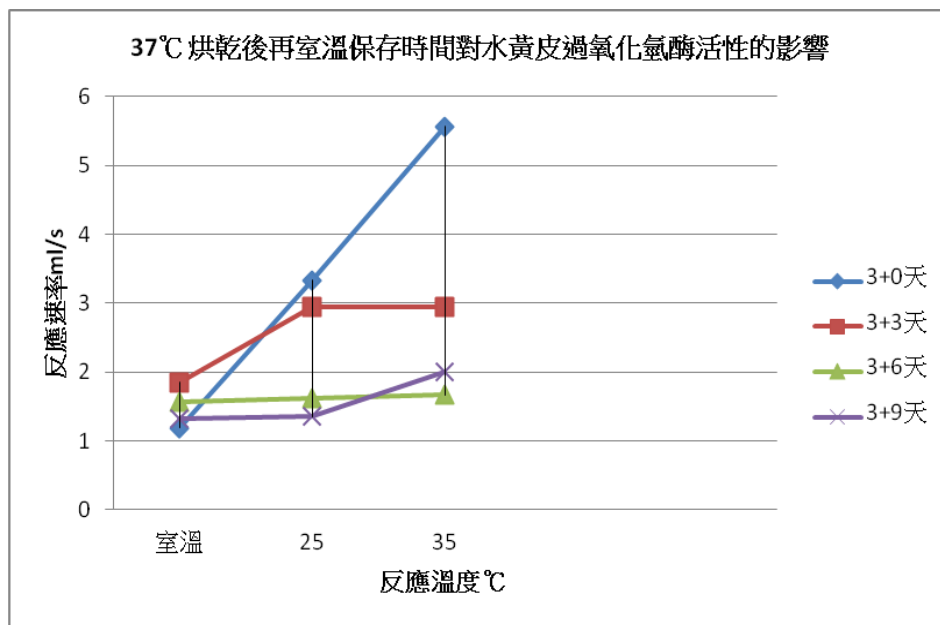
(三) 37°C 烘乾後再室溫保存：

1. 數據整理：

水黃皮 3 g 磨碎，加入 30 ml 水，30% 過氧化氫溶液 10 ml，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

經過時間 (烘+室)	烘乾前 重量 (g)	烘乾後 重量 (g)	室溫保 存後重 (g)	收集 50mlO ₂ 的時間 (s)	反映溫度 (°C)	反應速率 (ml/s)
3+0 天	3.0	1.3		42	室溫	1.19
	3.0	1.1		15	25	3.33
	3.0	1.1		9	35	5.56
3+3 天	3.0	1.4	1.2	27	室溫	1.85
	3.0	1.3	1.1	17	25	2.94
	3.0	1.3	1.1	17	35	2.94
3+6 天	3.0	1.4	1.2	32	室溫	1.56
	3.0	1.3	1.1	31	25	1.62

3+9 天	3.0	1.3	0.9	30	35	1.67
	3.0	1.0	1.0	38	室溫	1.32
	3.0	1.0	1.0	37	25	1.35
	3.0	1.1	1.1	25	35	2.00



2. 實驗結果：

37°C 烘乾後再室溫保存的水黃皮在 12 天後，過氧化氫酶仍保有微弱分解過氧化氫的能力。而且不論反應溫度如何，皆大於自然乾燥保存下 12 天的葉子。最高反應速率出現在，剛烘乾三天完畢時，反應溫度 35°C 的情況下，高達 5.56 ml/s。

(四) 實驗總結：

水黃皮在不同的保存狀態下，葉子內過氧化氫酶分解過氧化氫的效果，以 4°C 冷藏處理 > 37°C 烘乾後再室溫保存 > 自然乾燥處理。

五、測量不同重量之鮮採水黃皮與不同濃度過氧化氫的反應速率

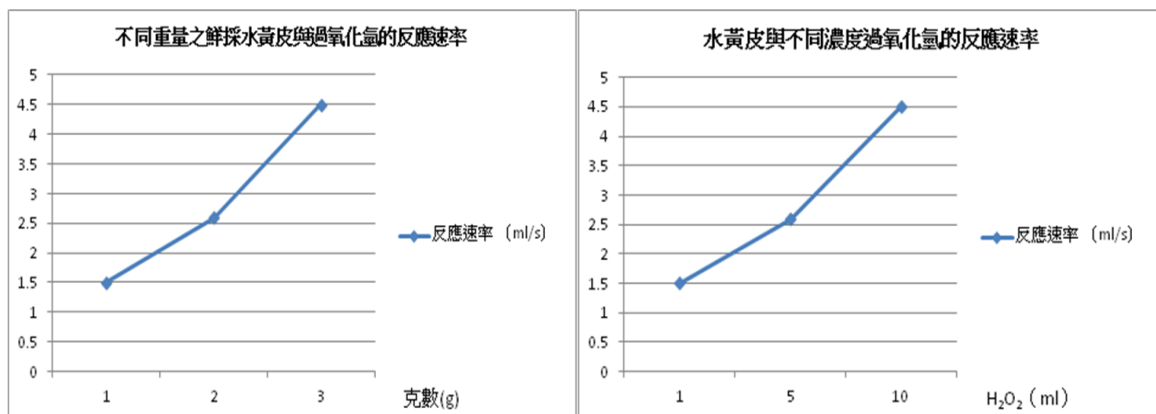
(一) 實驗數據整理：

各加入 30 ml 水，當時室溫 21°C，只計算 5 分鐘內的反應速率。

實驗重量 (g)	30% H ₂ O ₂ (ml)	收集 250 ml O ₂ 時間 (s)	H ₂ O ₂ 初濃度 (%)	反應速率 (ml/s)	註
1.0	10	139 s/210 ml	7.5	1.51	1
2.0	10	81 s/210 ml	7.5	2.59	1
3.0	10	40 s/180 ml	7.5	4.50	2
3.0	5	62 s/190 ml	4.3	3.06	1
3.0	1	120 s/83 ml	1.0	0.69	1

註 1：5 mins 後無反應

註 2：因氣泡太多無法繼續，錐形瓶瓶底及氣口體積為 215 ml



(二) 實驗結果：

水黃皮葉子所含的過氧化氫酶，它分解過氧化氫的速率會隨著反應重量而增加。

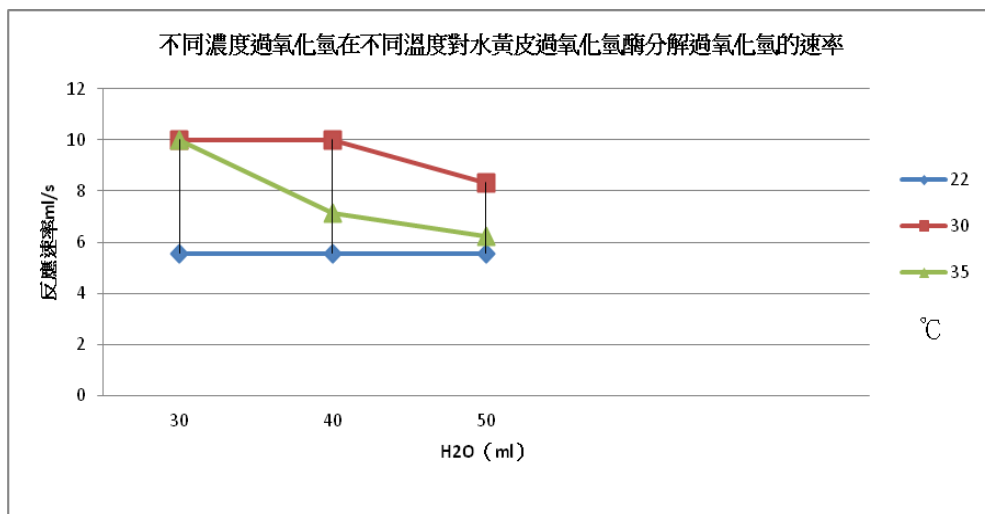
另外，它分解過氧化氫的速率也會隨著過氧化氫體積（濃度）的增加而加速。

六、測量不同濃度過氧化氫在不同溫度對水黃皮過氧化氫酶分解過氧化氫的速率

(一) 實驗數據整理：

水黃皮 3 g，加入 30% 過氧化氫溶液 10 ml，計算產生 50 ml 氧氣的速率。

反應溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	H_2O (ml)	收集 50 ml O_2 時間 (s)	H_2O_2 初濃度	反應速率 (ml/s)
22	30	9	7.5	5.56
22	40	9	6.0	5.56
22	50	9	5.0	5.56
30	30	5	7.5	10.00
30	40	5	6.0	10.00
30	50	6	5.0	8.33
35	30	5	7.5	10.00
35	40	7	6.0	7.14
35	50	8	5.0	6.25



(二) 實驗結果：

由實驗可知，水黃皮所含過氧化氫酶較偏好 30~35 $^{\circ}\text{C}$ 的反應溫度，尤其是水黃皮 3 g，在 30% H_2O_2 10 ml 和 30 ml 的水的比例下，分解過氧化氫的速率較高。

七、比較水黃皮和二氧化錳分解過氧化氫的速率

(一) 實驗數據整理：

1. 水黃皮

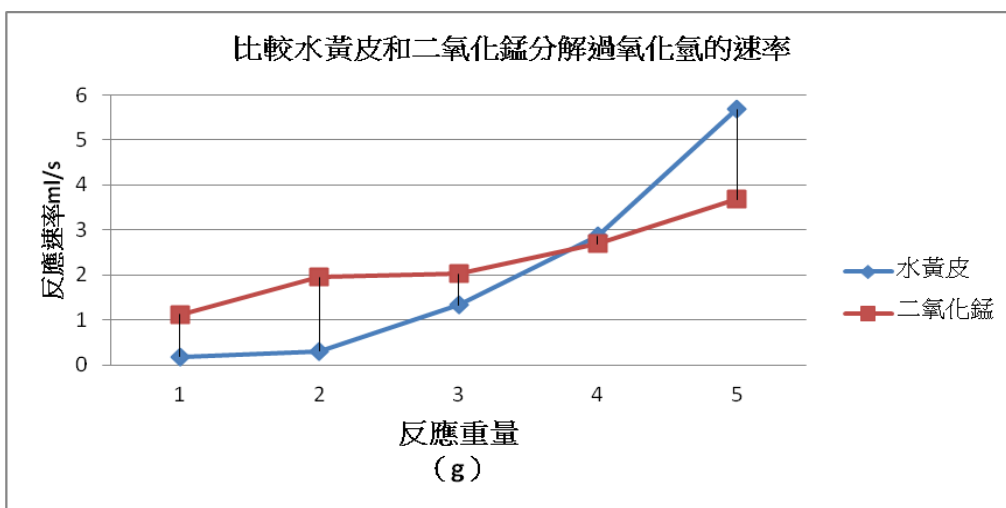
各加入 30% 過氧化氫 10 ml，至多收集氧氣 250 ml、時間最多 600 秒。

反應重量 (g)	收集氧氣 時間 (s)	收集氧氣 體積 (ml)	反應速率 (ml/s)
1	600	108	0.18
2	600	180	0.30
3	188	250	1.33
4	87	250	2.87
5	44	250	5.68

2. 二氧化錳

因二氧化錳 1 g 加入 30%過氧化氫 10 ml 後，收集 250 ml 氧氣只需要 27 秒，所以又再加入 10 ml 的 H₂O 來減緩反應。

反應重量 (g)	收集氧氣 時間 (s)	收集氧氣 體積 (ml)	反應速率 (ml/s)
1	223	250	1.12
2	128	250	1.95
3	124	250	2.02
4	93	250	2.69
5	68	250	3.68



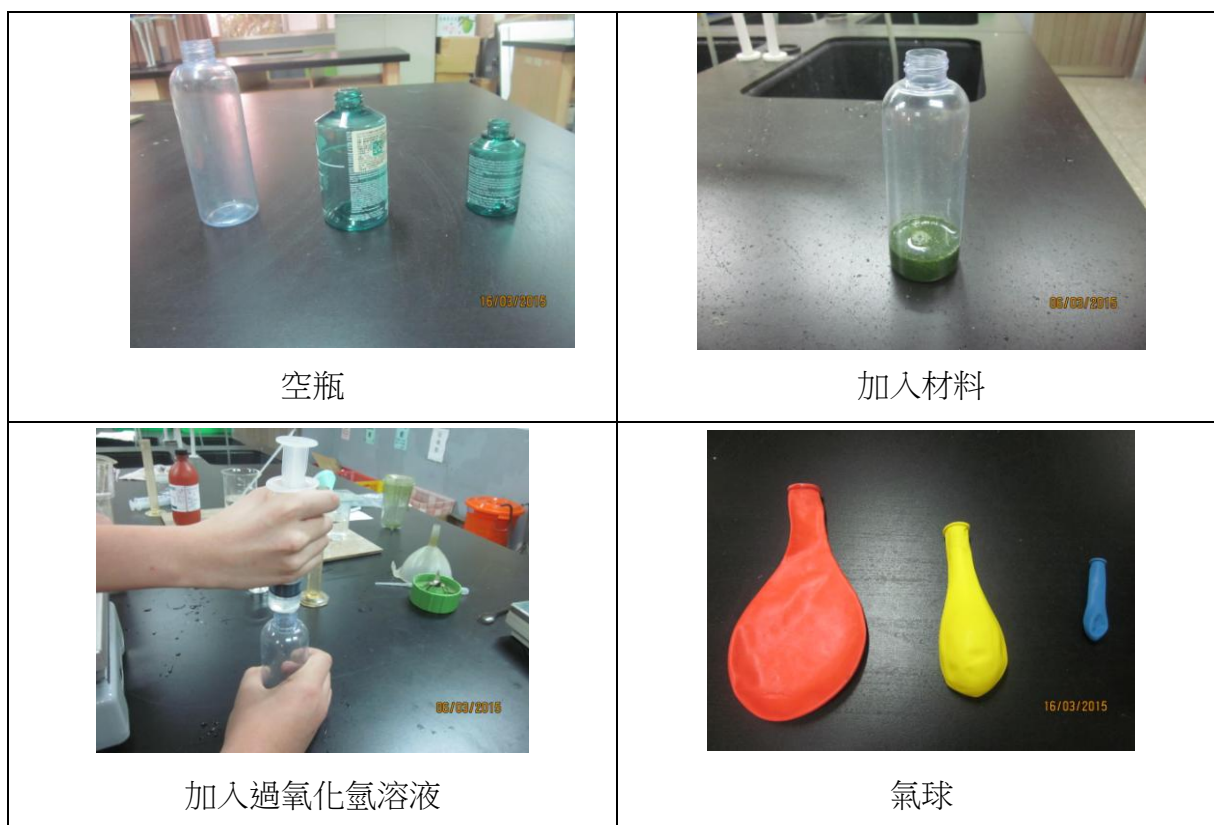
(二) 實驗結果：

在我們設定的條件下，水黃皮重量在 1~3 g 時的反應速率小於二氧化錳，但重量加至 4~5 g 後的反應速率，則開始高於二氧化錳。

八、設計簡易攜帶式環保氧氣瓶

(一) 實驗整理：

收集的空瓶體積有 226 ml、150 ml、50 ml，氣球有大小三種樣式，再配合不同處理的葉子，最後找出產氧最多的組合。





(二) 實驗結果：

最後最佳使用組合：4°C 冷藏 18 天的水黃皮 3 g，加 30% 過氧化氫 15 ml，置於 50 ml 回收瓶，套上小氣球（若裝滿水體積可至 250 ml）。300 秒可收集氧氣 230 ml。

柒、討論

- 一、在實驗開始前，我們打算先驗證參考文獻中，張與張（2010）關於製造氧氣的實驗，利用二氧化錳擔任催化劑時，氧氣產生的速率和二氧化錳的重量以及過氧化氫的濃度之間，是否存在線性關係。所以就重複了前人的實驗步驟。
- 二、為了找出二氧化錳的替代品，我們針對數種校園植物的葉子所含過氧化氫酶，分解過氧化氫的比較，按照產生氧氣速率大小可得：桂花 > 水黃皮 > 蟛蜞菊 > 檸檬 > 馬拉巴栗 > 大葉欖仁(綠)=樟樹 > 紅仙丹 > 紫背萬年青 > 大葉欖仁(紅)。張與張（2010）以她學校的植物做材料，實驗得到的結果是，紫背萬年青很適合做為二氧化錳的取代品。但是重複之後，我們卻有更好的植物材料可用，所以選擇前四強（桂花、水黃皮、蟛蜞菊、檸檬）

來進一步測試。另外，在參考資料中，以果汁機加水來研磨葉子的萃取方法，若遇到太輕的葉子，根本無法研磨，因為葉子都飄起來了，還好同學想到家裡有磨豆機，問老師可不可以用，老師說拿來試試，結果，磨碎葉子的效果更好！而且張與張（2010）只取萃取液來反應，濃度太低，剩下的殘渣中，過氧化氫酶可能更多。所以我們直接用磨碎的葉子來反應。

三、過氧化氫是一種細胞代謝過程中產生的廢物，會對生物體造成傷害，為了避免這種傷害，過氧化氫必須很快的被轉為其他無害或毒性較小的物質，而過氧化氫酶就是被細胞用來分解過氧化氫的工具。過氧化氫酶分解過氧化氫的反應表示為： $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 。已知過氧化氫酶存在於動物的各個組織中，尤其是肝臟，據資料顯示過氧化氫酶也存在於大多數植物中。因為酶的成份是蛋白質，影響蛋白質的因素包含溫度與酸鹼度，所以我們探討了溫度對四種校園植物過氧化氫酶的影響。

四、由前面的實驗中，我們知道過氧化氫酶在催化過氧化氫以產生氧氣的速率，會受過氧化氫濃度影響，所以選出的這四種植物（桂花、水黃皮、蟛蜞菊、檸檬），我們除了測試在不同溫度下，對過氧化氫酶分解過氧化氫的影響外，也一併測試了兩種不同濃度的過氧化氫分解後的產氧速率。結果，這四種植物以檸檬的過氧化氫酶最有耐熱性，一直到 55°C 都還有微弱反應；蟛蜞菊和桂花在 35°C ，高濃度過氧化氫的條件，才有比較高的反應速率；水黃皮則是不論溫度變化，在低濃度過氧化氫的條件下，都有高反應速率。接下來，我們必須做出選擇，雖然檸檬的耐熱性高，但學校只有兩棵樹，實驗還沒完成，葉子可能就被拔光。而水黃皮的數量最多，葉片夠大，實驗後不會造成太大的影響，剛好反應速率也不錯，就決定以水黃皮為材料，做進一步的測試。

五、接下來，我們想知道在不同的保存環境下，水黃皮所含的過氧化氫酶能保存多久？這樣遇到製備氧氣的實驗時，老師可以帶著我們一起採集實驗需要的葉片，經由適當的保存，就能供應全校的實驗所需，也不用一直去摘葉子。經由三種不同保存方式測試的結果，水黃皮在不同的保存狀態下，葉子內過氧化氫酶分解過氧化氫的速率，以 4°C 冷藏處理 $>37^\circ\text{C}$ 烘乾後再室溫保存 $>$ 自然乾燥處理。由這個實驗，我們還進一步的知道，平均 3g

水黃皮的含水量佔了約 1.6~2.1 g 左右，我們推測，水黃皮內含的過氧化氫酶，它催化過氧化氫的反應，還會受葉子含水量的影響，因為 4°C 冷藏的保水力比較好，所以葉子在放了 18 天後，水分幾乎沒有減少，所以反應速率高。

六、實驗到這裡，老師要我們先做一次檢討，想想實驗有沒有要改進的地方，結果我們發現，在實驗時我們常常喜歡一邊聊天一邊操作，常常導致藥品加錯，甚至因為加錯材料，以至於實驗少了一組數據（葉子沒了，因為要控管數量）。後來，我們養成了 double check 的好習慣，實驗時，三個人彼此都會重複一次流程，以確定實驗的流暢。老師也很高興我們的態度改變。

七、接著，我們又對水黃皮做溫度和濃度進一步的測試，為了模擬學校氧氣製備時，可能的天氣溫度，我們只檢測三種溫度（22°C、30°C、35°C），再配合收集氧氣的廣口瓶的體積（320 ml），我們選用收集 250 ml 的氧氣來計算產氧速率。由實驗可知，水黃皮所含過氧化氫酶較偏好 30~35°C 的反應溫度，尤其是水黃皮 3 g，在 30% 過氧化氫溶液 10 ml 和 30 ml 的水的比例下，分解過氧化氫的速率較高，可是因為錐形瓶內氣泡太多，已經跑至橡皮管，實驗無法繼續，只能確定在 40 秒收集了 180 ml 的氧氣。這樣一來，若是學校每個氧氣製備的小組，在我們設定的條件下，只要重複兩次，花大約 2 鐘就能收集一瓶廣口瓶的氧氣了。至於水黃皮內含的過氧化氫酶最佳的反應溫度，則是 30~35°C，而學校氧氣製備的上課進度，也剛好落在夏天。

八、終於到了要跟二氧化錳 PK 的時候了！要說服理化老師們改用環保的植物催化劑，而不是二氧化錳，我們要有足夠的證據！所以，我們又調整了一次反應的條件，因為在上個實驗加入水，會占了 30 ml 錐形瓶內體積（瓶底到集氣口有 226 ml），為了讓反應能持續久一點，決定不加水了。結果，這次水黃皮 3 g，30% 過氧化氫溶液 10 ml 的組合，我們得到了 250 ml 的氧氣了，花了 188 秒（三分多鐘），若增加水黃皮到 5 g，反應更快。這樣和討論七比較，老師和同學們的選擇就多了！雖然，和二氧化錳處在相同的條件下我們的水黃皮會輸，但因為在一般學校做氧氣製備時，常因為二氧化錳加入後，劇烈反應瞬間產生大量氧氣，造成極大的危險，實驗完的二氧化錳若沒有回收會汙染環境，

而回收處理也需要額外的費用和時間。相反的，實驗後的水黃皮還能當作肥料撒在花圃，不過要確定反應完全，沒有過氧化氫殘留。

九、最後，我們因為上網查資料後，發現市面上販賣的攜帶式氧氣瓶都不便宜，價錢由 250 元到 2,500 元不等，視容量和外觀設計而有價錢的差異。才想出製作簡易攜帶式環保氧氣瓶。在製作上，我們在要兼顧反應速率和氣泡可能滿出的後果；又如果瓶子太大，內部空氣太難排出而無法收集等狀況的考量，幾次測試後得到最佳使用組合為：4°C 冷藏 18 天的水黃皮 3 g，加 30% 過氧化氫溶液 15 ml，放入 50 ml 的回收瓶，套上小氣球，5 分鐘（300 s）可收集氧氣 230 ml。對於爬山容易頭暈的山友，應該是便宜的替代品。只要上山前備妥：藥用雙氧水一瓶、50 ml 的回收瓶窄口瓶（事先標記約 20 ml 的位置）、冷藏 15 天以上的水黃皮（3~5 片約 3 g）、小氣球數個。需要時，用石頭搗碎葉片，再放入瓶子，接著將雙氧水加入後套上氣球（會混有一點空氣），等氣球膨大後，可以直接吸，或套個小漏斗再吸。就是便宜又好用的攜帶式氧氣瓶，而且可以隨時補充不加價。在大部分的公園、停車場和學校的綠化樹種都有水黃皮的出現。

捌、結論

- 一、經由重複前人實驗證實，二氧化錳分解過氧化氫速率和二氧化錳質量成正比，也和過氧化氫濃度成正比。
- 二、針對數種校園植物的葉子所含過氧化氫酶，分解過氧化氫的比較，按照產生氧氣速率大小可得：桂花 > 水黃皮 > 蟛蜞菊 > 檸檬 > 馬拉巴栗 > 大葉欖仁(綠) = 樟樹 > 紅仙丹 > 紫背萬年青 > 大葉欖仁(紅)。實驗中，改用磨豆機改善前人以果汁機研磨的部分缺失。
- 三、進一步探討桂花、水黃皮、蟛蜞菊、檸檬四種植物在不同溫度下，對過氧化氫酶分解過氧化氫的影響外，也一併測試了兩種不同的濃度過氧化氫分解後的產氧速率。最後選出水黃皮作進一步測試。
- 四、水黃皮在不同的保存狀態下，葉子內過氧化氫酶分解過氧化氫的速率，以 4°C 冷藏處理 > 37°C 烘乾後再室溫保存 > 自然乾燥處理。推測，水黃皮內含的過氧化氫酶，它催化過

氧化氫的反應，還會受葉子含水量的影響。

五、由實驗可知，水黃皮所含過氧化氫酶較偏好 30~35°C 的反應溫度，尤其是水黃皮 3 g，在 30% 過氧化氫溶液 10 ml 和 30 ml 的水的比例下，分解過氧化氫的速率較高，在 40 秒收集了 180 ml 的氧氣。

六、再度調整了反應條件後，水黃皮 3 g，30% 過氧化氫溶液 10 ml 的組合，能有 250 ml 氧氣的產量，已經具有在過氧化氫分解製氧實驗時，成為替代二氧化錳作為催化劑的明日之星。

七、在簡易攜帶式環保氧氣瓶的製作上，建議登山山友準備，藥用雙氧水一瓶、50 ml 的回收窄口瓶、冷藏 15 天以上的水黃皮(3~5 片約 3 g)、小氣球數個。就能每次製造約 230 ml 的氧氣，真是便宜又環保！

玖、參考資料及其他

一、參考文獻

(一) 張惠鈞、張永佶，「校園中植物觸酶的美麗邂逅」，中學生小論文參賽作品，2010。

二、參考網址

(一) 維基百科 <http://zh.wikipedia.org/wiki/>

(二) 認識植物 <http://kplant.biodiv.tw/index.htm>

(三) 氧氣隨身瓶 <http://www.candp.com.tw/oxia1.htm>

(四) 急救求生產品 http://www.wangzi.com.tw/10/first_aid.html

(五) 中文百科 <http://www.zwbk.org/MyLemmaShow.aspx?zh=zh-tw&lid=436777>

(六) 特有生物研究保育中心

<http://plant.tesri.gov.tw/plant100/WebPlantDetail.aspx?tno=409094010>

附件一

※植物名錄

◇大葉欖仁 *Terminalia catappa*

使君子科欖仁樹屬

別名：枇杷樹、山枇杷樹、法國枇杷、楠仁樹

◇樟樹 *Cinnamomum camphora*

樟科樟屬

別名：香樟、本樟、鳥樟、栲樟、樟仔，約 250 種

◇南美蟛蜞菊 *Wedelia triloba* (L.) Hitchc. *Wedelia triloba* (L.) A. S. Hitchc

菊科蟛蜞菊屬

別名：三裂葉蟛蜞菊、美洲蟛蜞菊、維多利亞菊、穿地龍、地錦花、黃花蜜菜

◇水黃皮 *Pongamia pinnata* (L.) Pierre/*Millettia pinnata* (L.) G. Panigrahi/

Cytisus pinnatus L./*Pongamia pinnata* (L.) Pierre ex Merr.

豆科水黃皮屬

別名：九重吹、水流豆、臭腥仔

◇馬拉巴栗 *Pachira macrocarpa* (Cham. & Schl.) Schl./*Pachira macrocarpa* (C.&S.)Schl.

Pachira aquatica Aubl.

木棉科馬拉巴栗屬

別名：大果木棉、美國花生、美國土豆、南洋土豆、發財樹，瓜栗(中國植物誌)

◇桂花 *Osmanthus fragrans* Lour./*Osmanthus fragrans* (Thunb.) Lour.

木犀科木犀屬

別名：木犀、巖桂、九里香、桂、木犀花

◇檸檬 *Citrus Limonum*

芸香科柑橘屬

◇大王仙丹 *Ixora duffii* T. Moore

茜草科仙丹花屬

別名：大王仙丹花、紅繡球、山丹花、買子木、英丹花

◇紫背萬年青 *Rhoeo spathacea* (Sw.) Stearn/*Rhoeo spathacea* Stearn/*Rhoeo discolor* Hance

鴨跖草科蚌蘭屬

別名：蚌蘭、紅川七、紅三七、紅三七草、紫萬年青、紫背萬年青、葉包花、水紅竹(台灣)、紫萇、紫蘭、紅面將軍

【評語】 030821

本作品以校園植物酶取代氧氣備製過程中的(二)氧化錳，在氧氣生成速率上仍有提升空間，利用在地植物為主題有其優點。