

嘉義市第 36 屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別： 化學科

組 別： 國中組

作品名稱：生物催化劑對雙氧水分解反應影響之研究

關 鍵 詞：雙氧水、胡蘿蔔、酵素

編 號：

作者：邱柏宸 劉采瑄

指導老師：沈昆陵

學校：嘉義市立民生國民中學

摘要

酵素是一種生物催化劑，主要是由蛋白質所構成，它們幾乎參與身體所有的活動，因此這些酵素對人體非常的重要。經由雙氧水與酵素反應中所產生的氧氣量，可以大致判斷出植物所含的酵素多寡。所以我們以一系列的反應來進行蔬果酵素活性的檢測，透過這些實驗過程的探索，讓我們更加了解胡蘿蔔內的酵素與雙氧水間的祕密。

壹、研究動機

空氣中的成分，氧氣約占五分之一，生活中物質燃燒，需要氧氣當助燃物。實驗室中以雙氧水製氧，常以二氧化錳當催化劑，而生物體中許多的化學反應也要靠著催化劑的作用。生活中常見實例：「受傷時，以雙氧水消毒傷口，會有氣泡產生」。查閱文獻知：「因傷口處會流血，紅血球中的亞鐵離子為雙氧水分解的催化劑，所以雙氧水碰觸到受傷的傷口，會加速分解，產生有氧氣的泡沫」。紅血球中的亞鐵離子來自於動物體，而常用食用植物中是否也含有可以加速雙氧水分解的催化劑？國小的自然課本中有說：胡蘿蔔中含有一種酵素，酵素會把雙氧水分解成水和氧氣。胡蘿蔔有酵素，那其他植物有沒有酵素？可以跟雙氧水產生反應嗎？

貳、研究目的

- 一、胡蘿蔔酵素活性的測試
- 二、修正排水集氣法。
- 三、檢測胡蘿蔔與雙氧水作用產生的氣體性質與來源。
- 四、胡蘿蔔顆粒大小與氧氣生成量的關係。
- 五、胡蘿蔔重量與氧氣生成量的關係。
- 六、胡蘿蔔重量與氧氣生成速率的關係。
- 七、胡蘿蔔與一些常見蔬果的酵素活性比較。

參、研究設備及器材

- 一、器材：鐵架、錐形瓶(250ml)、方形水槽、量筒（50ml、300ml）、橡皮塞、玻璃管、塑膠軟管、電子天平、果汁機、食物調理機、雙氧水(5%)、碼錶、水果刀、研鉢、三通、25ml 注射筒、50ml 注射筒、200ml 燒杯、線香。
- 二、材料：胡蘿蔔、二氧化錳、木瓜、西瓜、南瓜、高麗菜、地瓜葉、綠花椰菜、青椒。

肆、研究方法和結果

一、胡蘿蔔酵素活性的測試

(一) 方法：

1. 取 5%雙氧水 20ml 直接分解，測量反應 10 分鐘後氧氣的生成量。
2. 將胡蘿蔔煮熟後取 10 克與 20 克，再與 5%雙氧水 20ml 作用，測量反應 10 分鐘後氧氣的生成量。
3. 取 5 克的胡蘿蔔分別放置 10、20、30 分鐘後，再分別與 5%雙氧水 10ml 及 15ml 作用，測量氧氣的生成量。

(二) 結果：

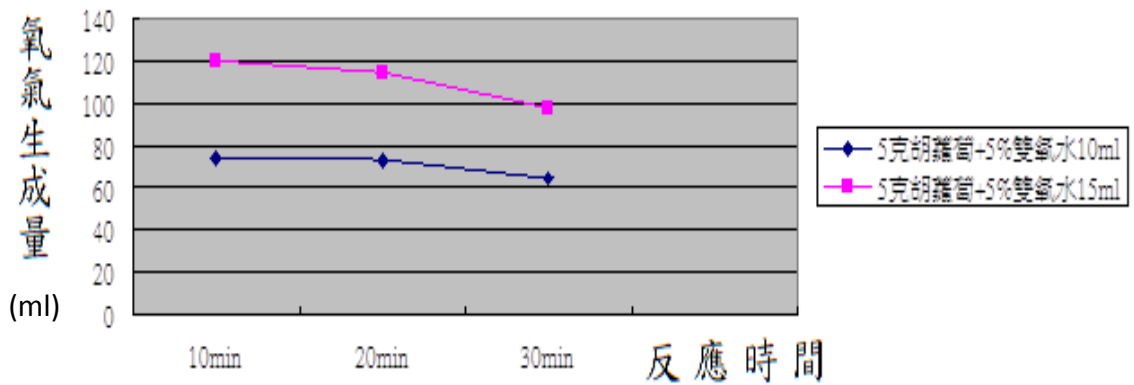
1. 室溫之下雙氧水直接分解很慢，反應 10 分鐘幾乎測不到氧氣量。
2. 熟的胡蘿蔔因酵素變性而不具有催化效果，反應 10 分鐘也幾乎測不到氧氣量。
3. 隨著胡蘿蔔放置時間的增長，與雙氧水反應後產生氧氣的量也逐漸減少，當放置超過 20 分鐘氧氣量明顯下降。

表一: 胡蘿蔔煮熟後酵素活性測試(反應時間 10min)

氧氣量(ml) 雙氧水體積	胡蘿蔔 0 克	胡蘿蔔 10 克	胡蘿蔔 20 克
5%雙氧水 20ml	少於 1ml	少於 1ml	少於 1ml

表二:胡蘿蔔酵素活性與時間的關係

放置時間 氧氣量	5 克胡蘿蔔+5%雙氧水 10ml			5 克胡蘿蔔+5%雙氧水 15ml		
	10min	20min	30min	10min	20min	30min
	75.0ml	73.0ml	64.0ml	120.0ml	115.0ml	98.0ml



二、修正排水集氣法

因胡蘿蔔酵素的活性在久放下會消退，所以我們要盡快完成前置作業，另外國中課本實驗中所提的方式氧氣會從薊頭漏斗逸散，因此為了要加快處理速度與減少漏氣機會，而修正排水集氣法。

(一) 裝置：

<p>一支注射筒裝雙氧水，另一支裝胡蘿蔔經由三通來切換。</p>	<p>反應系統處於密閉、連通的裝況，可以避免氧氣逸出。</p>	<p>收集氧氣的情況，明顯很順暢與順利。</p>

(二) 結果：

修正後能有效縮短前置時間，我們從胡蘿蔔的處理到進行反應控制在 10 分鐘內，且能避免氧氣逸出，實驗也更精準。

三、檢測胡蘿蔔與雙氧水作用產生的氣體性質與來源

性質：

(一) 方法：

	
將胡蘿蔔 10 克搗碎放入注射筒中，吸入 5% 的雙氧水後，馬上就起反應產生很多泡沫。	反應 2 分鐘後，將氣體壓出，線香便起火劇烈燃燒，由此可知注射筒內產生具有助燃性的氧氣。

(二) 結果：反應 2 分鐘後，將氣體壓出，線香便起火劇烈燃燒，由此可知注射筒內產生具有助燃性的氧氣。

來源：

(一) 方法：

1. 胡蘿蔔切成塊狀，共 9 塊，每塊胡蘿蔔重約 7 克。
2. 準備 9 個 200ml 的燒杯，內裝 5% 雙氧水 80ml(能淹沒整塊胡蘿蔔)，先秤燒杯加雙氧水的重量。
3. 取 3 塊胡蘿蔔分別放入 3 個燒杯內，不密封杯口，每隔二分鐘拿起一塊胡蘿蔔，重複做三次。
4. 分別秤反應後燒杯加雙氧水的重量和胡蘿蔔的重量。

(二) 結果：

胡蘿蔔反應前後重量沒有改變，因此它是扮演催化雙氧水的角色，本身不參與反應。所

以氧氣的來源是雙氧水。

表三:雙氧水與胡蘿蔔反應前後重量的變化

時間 重量	2 分鐘			4 分鐘			6 分鐘		
	No1	No2	No3	No1	No2	No3	No1	No2	No3
燒杯+雙氧水反應前重量(g)	9.7	9.6	9.7	9.6	9.6	9.5	9.6	9.7	9.6
燒杯+雙氧水反應後重量(g)	9.6	9.5	9.6	9.4	9.5	9.5	9.4	9.5	9.5
反應前後重量差(g)	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0	0.2	0.2	0.2
平均重量差(g)	0.1			0.15			0.2		
胡蘿蔔反應前重量(g)	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
胡蘿蔔反應後重量(g)	7.0	7.1	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.0
反應前後重量差(g)	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0
平均重量差(g)	0			0			0		

四、胡蘿蔔顆粒大小與氧氣生成量的關係

(一)方法:

1. 二氧化錳取 1g、3g、5g、7g、9g、11g、13g、15g 分別與 5ml、10ml 的 5% 雙氧水反應，觀察紀錄氧氣生成量。
2. 各取 10g 胡蘿蔔，分別用研鉢磨碎、果汁機處理及食物調理機處理，分別與 5ml、10ml 的 5% 雙氧水反應，觀察紀錄氧氣生成量。

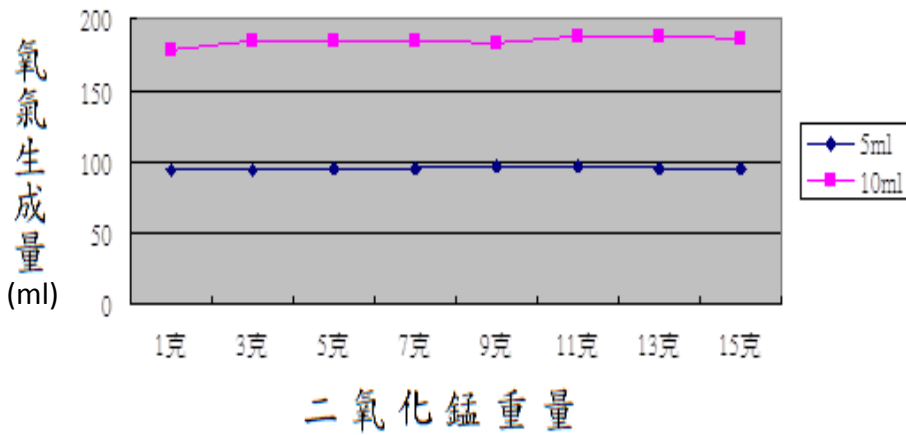
(一)結果:

在室溫下，5 毫升 5%雙氧水若完全分解，大約可產生 96.8 毫升的氧氣，同理 10 毫升 5% 雙氧水，大約可產生 193.6 毫升的氧氣。

1. 不同重量的二氧化錳對 5ml 雙氧水的氧氣生成量約為 96ml 左右，與 10ml 的雙氧水反應時，氧氣生成量約為 186ml 左右。
2. 二氧化錳是均質粉末的催化劑，可以去除因表面積不平均造成的誤差影響，催化結果趨近於理想值。
3. 胡蘿蔔用研鉢磨碎，顆粒大小最不均均且接觸面積最小，催化效果最差，而食物調理機處理顆粒最小且最均勻，氧氣生成量也最接近二氧化錳的催化結果。

表四:二氧化錳重量與氧氣生成量的關係(ml)

二氧化錳 雙氧水	1 克	3 克	5 克	7 克	9 克	11 克	13 克	15 克
5ml	94.0	94.0	95.0	96.0	97.0	97.0	95.0	95.0
10ml	177.0	184.0	184.0	185.0	184.0	187.0	186.0	186.0



表五:材料表面積與氧氣生成量(ml)的關係

釋氧量 體積	胡蘿蔔 10 克	胡蘿蔔 10 克	胡蘿蔔 10 克	二氧化錳 10 克
5ml 雙氧水	65	74	78	96
10ml 雙氧水	143	168	174	186
備註	研鉢磨碎	果汁機處理	食物調理機 處理	

五、胡蘿蔔重量與氧氣生成量的關係

(一) 方法：

50ml 注射筒分別放入打碎的胡蘿蔔 10 克、20 克、25 克、30 克、35 克、40 克、45 克、50 克，各加入 5% 雙氧水 5ml、10ml、15ml、20ml，利用排水集氣法收集氧氣，等氣泡不再冒出時，觀察水面高度。

(二) 結果：

1. 10 克、20 克、25 克的胡蘿蔔都讓 5ml 的雙氧水生成 78ml 的氧氣，推測 5ml 雙氧水的氧氣生成量最多是 78ml。而當胡蘿蔔重量增加時，反應出的氧氣量卻開始降低，可能是胡蘿蔔放置時間較久，使得酵素活性受到影響，因而氧氣量也受到影響。

2. 5ml 的雙氧水大概能生成 78ml 的氧，10ml 雙氧水的氧氣量是 175ml，15ml 雙氧水的氧氣量則是 273ml，當雙氧水的體積增加至 20ml 時，因為氧氣大增，超出可測量的 300ml，所以後面的實驗捨棄不做。

表六:不同體積與重量的雙氧水、胡蘿蔔反應後氧氣的生成量(ml)

胡蘿蔔 雙氧水	10 克	20 克	25 克	30 克	35 克	40 克	45 克	50 克
雙氧水 5ml	77.0	78.0	78.0	77.0	75.0	74.0	73.0	
雙氧水 10ml	145.0	156.0	168.0	170.0	175.0	175.0	175.0	
雙氧水 15ml		262.0	266.0	268.0	270.0	273.0	273.0	273.0
雙氧水 20ml	>300							

六、胡蘿蔔重量與氧氣生成速率的關係

(一) 方法：

胡蘿蔔取 5g、10g、15g、20g、25g、30g、35g、40g 分別與 5%雙氧水 5ml、10ml 反應，每 30 秒紀錄一次氧氣的生成量直到反應結束。

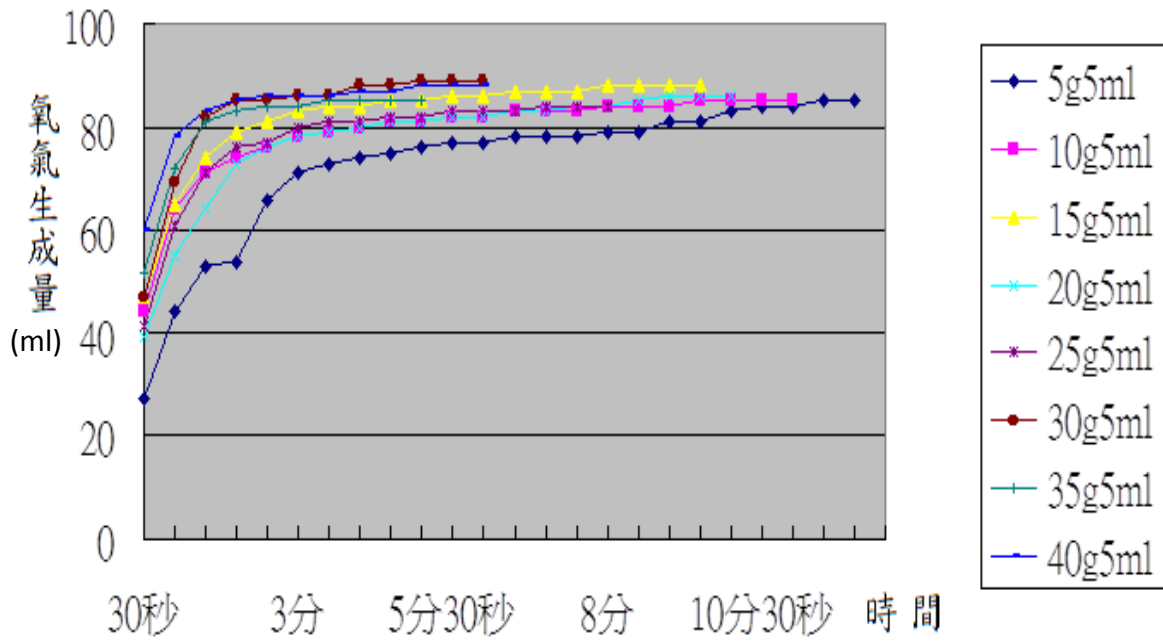
(二) 結果：

1. 5%雙氧水 5ml 約可反應生成氧氣 78ml 左右，10ml 雙氧水的氧氣量則 174ml 左右。每增加 5ml 的雙氧水約可多反應出 96ml 的氧氣。胡蘿蔔重量與氧氣的生成速率快慢有關，胡蘿蔔愈重，氧氣生成的速度就愈快，但不影響氧氣最後的生成量。
2. 每次的反應在剛開始時氧氣的生成量都是比較多，尤其是胡蘿蔔重量愈重時，一開始冒的氣泡都是又多又急，然後逐漸減慢至久久才形成一顆氣泡。
3. 當很長一段時間氣泡不再冒出時，若搖晃注射筒或擠壓橡皮管，有時可以將剩餘的氧再排出。

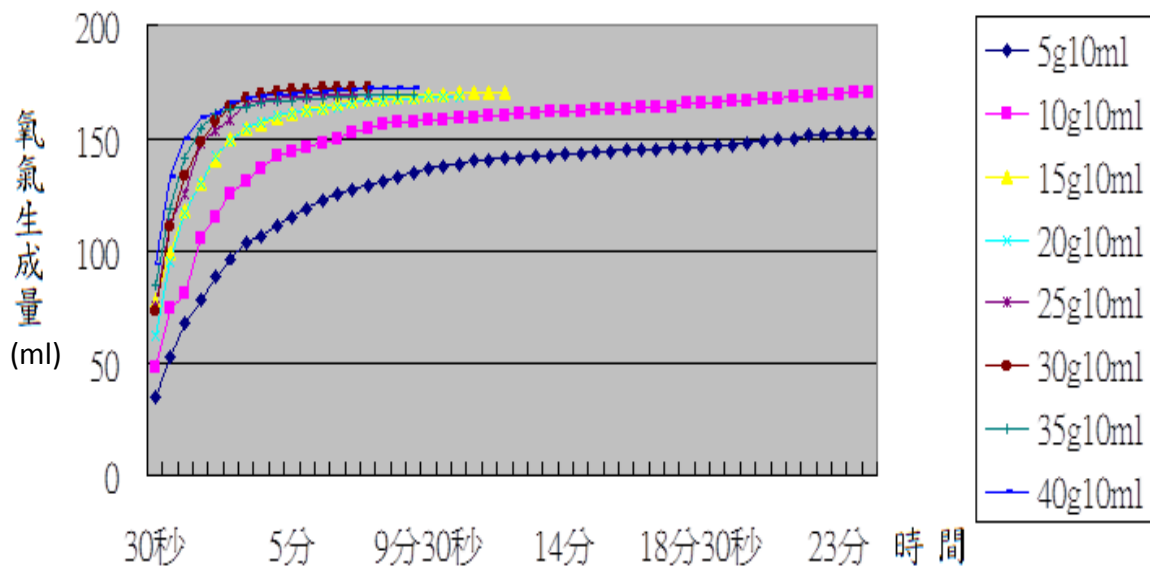
表七:胡蘿蔔重量與氧氣生成速率的關係

重量 時間	5g 5ml	10g 5ml	15g 5ml	20g 5ml	25g 5ml	30g 5ml	35g 5ml	40g 5ml	5g 10ml	10g 10ml	15g 10ml	20g 10ml	25g 10ml	30g 10ml	35g 10ml	40g 10ml
30 秒	27.0	44.0	47.0	39.0	41.0	47.0	52.0	60.0	35.0	48.0	78.0	62.0	75.0	73.0	84.0	93.0
1 分	44.0	64.0	65.0	55.0	61.0	69.0	72.0	78.0	52.0	74.0	99.0	95.0	112.0	110.0	119.0	133.0
1 分 30 秒	53.0	71.0	74.0	64.0	71.0	82.0	81.0	83.0	67.0	80.0	118.0	117.0	125.0	133.0	141.0	150.0
2 分	54.0	74.0	79.0	73.0	76.0	85.0	83.0	85.0	78.0	106.0	130.0	130.0	148.0	148.0	154.0	159.0
2 分 30 秒	66.0	76.0	81.0	76.0	77.0	85.0	84.0	86.0	88.0	115.0	140.0	142.0	153.0	157.0	161.0	161.0
3 分	71.0	78.0	83.0	78.0	80.0	86.0	84.0	86.0	96.0	125.0	150.0	149.0	158.0	164.0	163.0	165.0
3 分 30 秒	73.0	79.0	84.0	79.0	81.0	86.0	85.0	86.0	104.0	131.0	154.0	154.0	165.0	167.0	164.0	167.0
4 分	74.0	80.0	84.0	80.0	81.0	88.0	85.0	87.0	107.0	136.0	156.0	157.0	166.0	169.0	165.0	168.0
4 分 30 秒	75.0	81.0	85.0	81.0	82.0	88.0	85.0	87.0	111.0	142.0	159.0	160.0	167.0	170.0	166.0	169.0
5 分	76.0	81.0	85.0	81.0	82.0	89.0	85.0	88.0	115.0	144.0	161.0	161.0	168.0	171.0	166.0	169.0
5 分 30 秒	77.0	82.0	86.0	82.0	83.0	89.0		88.0	119.0	146.0	163.0	162.0	168.0	171.0	167.0	170.0
6 分	77.0	82.0	86.0	82.0	83.0	89.0		88.0	122.0	148.0	164.0	163.0	169.0	172.0	167.0	170.0
6 分 30 秒	78.0	83.0	87.0	83.0	83.0				125.0	150.0	165.0	164.0	169.0	172.0	168.0	171.0
7 分	78.0	83.0	87.0	83.0	84.0				127.0	152.0	166.0	165.0	169.0	172.0	168.0	171.0
7 分 30 秒	78.0	83.0	87.0	84.0	84.0				129.0	154.0	167.0	166.0	169.0	172.0	169.0	172.0
8 分	79.0	84.0	88.0	84.0	84.0				131.0	156.0	167.0	166.0			169.0	172.0

8分 30秒	79.0	84.0	88.0	85.0					133.0	157.0	168.0	167.0			169.0	172.0
9分	81.0	84.0	88.0	86.0					135.0	157.0	168.0	167.0			169.0	172.0
9分 30秒	81.0	85.0	88.0	86.0					136.0	158.0	169.0	168.0				
10分	83.0	85.0		86.0					137.0	158.0	169.0	168.0				
10分 30秒	84.0	85.0							138.0	159.0	170.0	168.0				
11分	84.0	85.0							140.0	159.0	170.0					
11分 30秒	85.0								140.0	160.0	170.0					
12分	85.0								141.0	160.0	170.0					
12分 30秒									141.0	161.0						
13分									142.0	161.0						
13分 30秒									142.0	162.0						
14分									143.0	162.0						
14分 30秒									143.0	162.0						
15分									144.0	163.0						
15分 30秒									144.0	163.0						
16分									145.0	163.0						
16分 30秒									145.0	164.0						
17分									145.0	164.0						
17分 30秒									146.0	164.0						
18分									146.0	165.0						
18分 30秒									146.0	165.0						
19分									147.0	165.0						
19分 30秒									147.0	166.0						
20分									148.0	166.0						
20分 30秒									149.0	167.0						
21分									150.0	167.0						
21分 30秒									150.0	168.0						
22分									151.0	168.0						
22分 30秒									151.0	169.0						
23分									152.0	169.0						
23分 30秒									152.0	170.0						
24分									152.0	170.0						



圖一 胡蘿蔔重量與 5ml 雙氧水反應氧氣生成速率的關係圖



圖二 胡蘿蔔重量與 10ml 雙氧水反應氧氣生成速率的關係圖

七、胡蘿蔔與一些常見蔬果的酵素活性比較

(一) 方法：

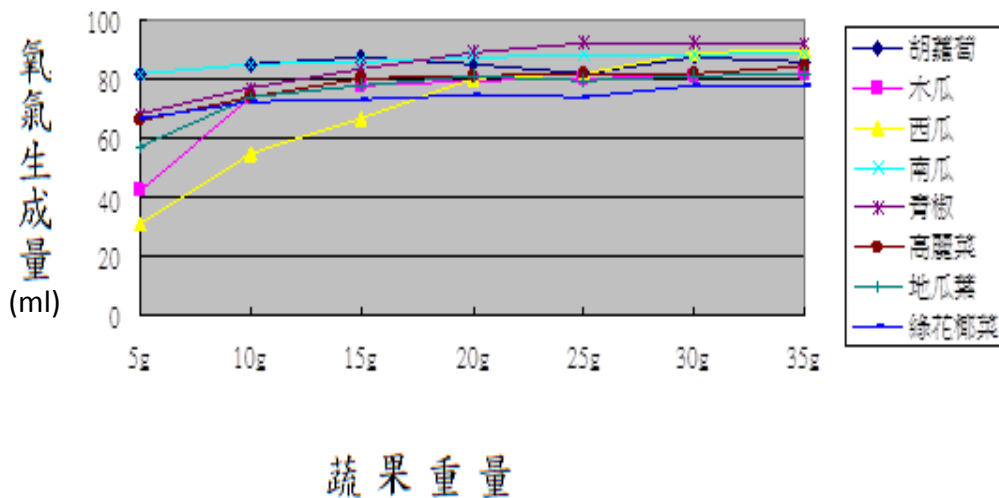
分別取胡蘿蔔、木瓜、西瓜、南瓜、青椒、高麗菜、地瓜葉、綠花椰菜、各 5 克、10 克、15 克、20 克、25 克、30 克、35 克與 5% 的雙氧水 5ml 作用，觀察氧氣的生成量。

(二) 結果：

1. 不同重量的胡蘿蔔催化效果都很穩定，且氧氣生成量大，表示胡蘿蔔內所含酵素比一些常見蔬果多。
2. 其他蔬果在重量比較小下，所含的酵素可能不夠多生成的氧氣量較少，但在足夠重量下，則催化效果明顯。
3. 這些常見的蔬果都有催化的效果，南瓜的催化效果與胡蘿蔔相當，往後可以做南瓜的研究。

表八:各類蔬果氧氣生成量(ml)比較

名稱	蔬果重量						
	5g	10g	15g	20g	25g	30g	35g
胡蘿蔔	81.0	82.0	83.0	81.0	82.0	83.0	82.0
木瓜	42.0	74.0	78.0	79.0	80.0	81.0	82.0
西瓜	31.0	55.0	67.0	80.0	82.0	89.0	90.0
南瓜	81.0	83.0	83.0	85.0	87.0	88.0	89.0
青椒	68.0	77.0	83.0	89.0	92.0	92.0	92.0
高麗菜	66.0	74.0	80.0	81.0	82.0	82.0	84.0
地瓜葉	57.0	74.0	78.0	81.0	79.0	81.0	82.0
綠花椰菜	67.0	72.0	73.0	75.0	74.0	78.0	78.0



伍、討論

一、剛開始利用排水集氣法收集氧氣的時候，實驗的數據不穩定，我們猜想是實驗的控制變因沒有處理好，於是我們做了以下修正。

(一) 胡蘿蔔的表面積會影響氧氣的生成量及反應速率，在無法以研鉢搗碎下，我們便改用食物調理機來切碎，降低表面積變因的影響。

(二) 當胡蘿蔔放置太久會產生氧化作用而降低酵素的活性，由表二得知當胡蘿蔔放置超過 20 分鐘，其酵素活性明顯降低，因此前置作業要能盡快完成。

(三) 為了減少漏氣與處理時間，本實驗裝置以兩支注射筒及三通，取代國中課本中的薊頭漏斗、橡皮塞及錐形瓶來提高實驗的穩定性。

二、雙氧水在室溫下也是會慢慢的分解成水和氧氣，而胡蘿蔔在反應前後重量並無明顯變化，所以胡蘿蔔扮演催化雙氧水的角色，本身不參與反應，它的功用只是讓反應可以更快的完成。

三、當添加胡蘿蔔愈多時，所收集到的氧氣也愈多，當雙氧水完全分解完畢，氧氣的量應該會維持在一定值，這時不論再加入多少的胡蘿蔔氧氣的量都應該不變。但有些數據卻顯現出當胡蘿蔔超過某一個重量之後，收集到的氧氣不增反減，我們推測應該是胡蘿蔔的重量已經超過雙氧水可以反應的量，導致產生的氧氣反而被多出來的胡蘿蔔拿來進行氧化作用，使的所能測到的氧量反而變少。

四、當胡蘿蔔愈多就有愈大面積與雙氧水接觸，所以氧氣生成的初速率就愈大，但不影響氧氣最後的生成量。從圖一與圖二中可看出 40 克的胡蘿蔔與雙氧水反應的初速率最大，但最後氧氣的生成量大致相同。

五、酵素是由蛋白質所構成，因蛋白質在高溫下容易變性而破壞酵素。我們將胡蘿蔔煮熟後再與雙氧水反應，從表一可看出胡蘿蔔幾乎沒有催化的效果。

六、在一般的室溫狀態下（設定為 25 度），一莫耳氣體的體積是 24.5 公升；因 2 莫耳的雙氧水會產生 1 莫耳的氧氣，所以 2 莫耳(68 克)的雙氧水會產生 24.5 公升的氧氣。我們實驗中以濃度 35%的雙氧水密度是 $1.46\text{g}/\text{cm}^3$ （瓶上廠商註記），稀釋成 5%後密度減為 $1.06\text{g}/\text{cm}^3$ ，那麼此時 5 毫升 5%雙氧水的重量是 0.265 克，以比例關係算出如果雙氧水中的氧氣完全分解出來的話，氧氣就會大約有 95ml；10 毫升 5%雙氧水的可分解出 190ml 的氧氣。

（一）本實驗先以二氧化錳作為催化劑，結果可看出僅需少少的量就可以讓雙氧水完全分解出氧氣，同時也可以拿來當作酵素活性的參考。

（二）我們一開始是用研鉢來搗碎胡蘿蔔，參照二氧化錳催化結果明顯看出催化效果較差。二氧化錳是均質粉末催化劑所以顆粒小且一致，我們改用果汁機與食物調理機來打碎，兩種方式催化效果都有提升，而食物調理機效果更加，所以我們改用食物調理機來切碎胡蘿蔔，降低接觸表面積的影響。

（三）實驗中所收集到的氧氣量無法到達標準的 95ml，我們推測植物酵素除了進行催化外，還會與氧發生氧化作用而消耗氧氣，但是與標準的 95ml 也相去不遠。

七、從表八中可看出，除了胡蘿蔔能有效催化雙氧水的分解外，大部分常見的蔬果都有催化的效果，其中南瓜的催化效果與胡蘿蔔相當，有些蔬果量少時催化效果較差，我們推測應該有兩種可能原因：1.當量少時酵素含量還不夠多，沒有足夠酵素來催化，所以氧氣量較少。2.蔬果會與氧產生反應，造成酵素失去活性，因此沒有足夠酵素來催化，所以氧氣量較少。

陸、結論

- 一、胡蘿蔔酵素能有效催化雙氧水分解成氧與水的反應。5%雙氧水 5ml 經胡蘿蔔催化，反應生成氧氣量約為 78ml 左右；5%雙氧水 10ml，經胡蘿蔔催化，反應生成的氧氣量則約為 174ml 左右。
- 二、雙氧水與胡蘿蔔反應時，產生的氣體讓點燃的線香起火劇烈燃燒，可知產生的氣體是氧氣，因為氧氣有助燃性。而胡蘿蔔在反應前後重量並無明顯變化，所以胡蘿蔔扮演催化雙氧水的角色，本身不參與反應。
- 三、隨著胡蘿蔔放置時間的增長，與雙氧水反應後產生氧氣的量也逐漸減少，顯示酵素活性會隨著時間的增加而降低。
- 四、酵素是一種生物催化劑，是由蛋白質所構成，在高溫下容易變性而破壞酵素，所以煮熟的胡蘿蔔幾乎沒有催化的效果。植物酵素對人體有很大效用，我們若想從食物中獲取，就必須生吃這些食物不能煮熟，才不會破壞酵素。
- 五、胡蘿蔔重量增加會讓雙氧水分解出氧氣的速度加快，但最大的氧氣生成量值是固定的。當重量增加至某一程度時，氧氣生成量反而降低，推測是氧化作用大於催化作用的結果。
- 六、任何催化反應在剛開始時，產生的氣泡多又快，隨著時間增長，反應就愈趨於平緩，以折線表示會呈一曲線，當曲線的角度愈小，則氧氣的生成速率就愈快。
- 七、修正排水集氣法，讓氧氣較無逃逸的疑慮也可以加快作業時間，再加上使用食物調理機能讓植物材料磨切的更均勻，讓實驗更為精準。
- 八、本實驗是將 35% 的雙氧水加水稀釋成 5%，這樣實驗較不會過於激烈，比較安全，但獲得的氧氣量及產生氧氣的速率就會有限制。
- 九、二氧化錳為實驗室製氧的催化劑，催化效果佳，經本實驗的探討下，隨手可得的日常蔬果大都可當使雙氧水產生氧氣的催化劑。

柒、參考資料

- 一、反應速率與平衡 南一二下自然與生活科技
- 二、台大化學系：<http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/questions/answer72.htm>
- 三、酵素 <http://www.healthhouse.com.tw/info/supplements/enzymes.htm>
- 四、pengo 的化學實驗網頁：<http://lib2.ltsh.ilc.edu.tw/physics/>