

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 化學科

最佳團隊合作獎

040214

無毒萬靈丹-過碳酸鈉的過人之處

學校名稱：國立馬祖高級中學

作者： 高一 陳律安 高一 陳姿佑 高一 林可涵	指導老師： 曾 婷
---	------------------

關鍵詞：過碳酸鈉、環保清潔劑、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$

摘要

近年汙染及病菌傳染問題頻傳，在環保意識抬頭下，市面清潔商品添加「過碳酸鈉」，以響應環保並主打其超強效能；因此，我們欲透過改變過碳酸鈉($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$)的濃度，及其中 Na_2CO_3 及 H_2O_2 之比例，分別探討對漂白、去汙、增加溶氧量與抗菌之應用原理及效果。

研究結果顯示：8% 過碳酸鈉漂白效果最佳，去漬率近九成；由於油受鹼分解之能力較氧化還原高出許多，在相同濃度條件下， Na_2CO_3 比過碳酸鈉去油汙效果佳；因過碳酸鈉溶解較慢，使溶氧量增加較少，因此 Na_2CO_3 與 H_2O_2 分開加入水中會比過碳酸鈉效果佳；0.9% 過碳酸鈉反應十分鐘，對大腸桿菌滅菌率達 100%。在總觀儲存便利性、多元性及效能後，8% 過碳酸鈉是目前最佳應用條件。

壹、研究動機

『相信粉紅，汙漬無蹤』廣告主打超強清潔效果，『天然無毒不殘留才是真乾淨』主張環保愛地球，到底是什麼成份讓清潔效果那麼有效，又可降低對生態環境的破壞呢？我們發現其中與別牌不同之處為添加「過碳酸鈉」。且於化學課堂中，教師講述與比較到各類生活清潔劑時，也提及近幾年開始利用的新型清潔劑成分「過碳酸鈉」^{1,2}，更讓我們想進一步瞭解其清潔原理與各種應用。

於是我們透過查閱書籍及網路搜尋，了解過碳酸鈉($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$)結合了 Na_2CO_3 與 H_2O_2 這兩者的應用，既萬用且無毒，而 Na_2CO_3 催化 H_2O_2 反應可改善這兩者效果較差的缺點。

清潔劑	應用	優點	缺點
肥皂	除油汙	1.效果較強	1.受硬水影響清潔力 2.泡沫汙染
合成清潔劑	除油汙	1.不受硬水影響清潔力 2.添加物增進清潔效果	1.泡沫汙染 2.含氮磷化合物造成優養化 3.添加物對人體有害
氯系漂白水	漂白、抗菌	1.較便宜且效果強	1.遇酸產生有毒氯氣
雙氧水 (H_2O_2)	漂白、抗菌	1.對環境及人體傷害低	1.較貴且效果較弱 2.性質不穩定使儲存不易
蘇打 (Na_2CO_3)	除油汙、除臭	1.對環境及人體傷害低	1.效果較弱
過碳酸鈉 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$)	除油汙、漂白、 抗菌、增加溶氧量	1.對環境及人體傷害低 2.效果較強	

究竟過碳酸鈉效果有多強呢?先前有科展作品研究氯系漂白水、雙氧水及過碳酸鈉之漂白及殺菌效果，但實驗結果顯示過碳酸鈉清潔效果最差³；我們質疑實驗結果，因為該研究僅使用肉眼觀察並拍照呈現，且實驗使用市售清潔劑，內含其他成份的混合物，非針對各成份的清潔效果做比較實驗。

於是我們想透過儀器量測及使用較純之試藥級化合物，進行較精準的研究，希望能藉由改變濃度、成份比例，以改善其清潔效果，而使其成為污染性低及清潔性佳兩全其美之清潔劑。

相關課程單元：基礎化學（二） 第四章 化學與化工

基礎化學（三） 第二章 化學反應速率

選修化學（上） 第三章 氧化還原反應

選修化學（下） 第二章 有機化合物

貳、研究目的

- 一、探討過碳酸鈉對漂白、去汙、增加溶氧量及抗菌的原理。
- 二、探討過碳酸鈉最佳效果的濃度。
- 三、探討不同比例 Na_2CO_3 及 H_2O_2 混合物對各種應用的效果。

參、研究設備及器材

一、實驗器材與藥品：

共同	燒杯	錐形瓶	蓋玻片	電子天平	電磁加熱攪拌器
	分光光度計	微量分注器	攪拌子	比色管	過碳酸鈉
	碳酸鈉	35%雙氧水			
漂白	藍墨水	過錳酸鉀	草酸鈉	硫酸	滴定管及鐵架
	容量瓶	玻棒	漏斗		
去油汙	量筒	分液漏斗	大豆油		
增加溶氧量	橡皮管	鐵夾	溶氧計		
抗菌	離心管	微量離心管	接種環	L 型玻棒	酒精燈
	微量天平	高溫滅菌釜	離心機	震盪器	恆溫震盪培養箱
	培養皿	康氏管	低溫冷藏櫃	瓊脂	大腸桿菌 DH5 α
	二次蒸餾水	LB 培養基	PBS 緩衝液		

肆、研究過程或方法

一、探討過碳酸鈉的漂白效果：

（一）研究方法：

1.使用分光光度計吸收度探討漂白效果：

利用溶液與藍墨水反應，使用分光光度計測量特定波長之吸收度；根據比耳定律($A = \epsilon bc$)可知濃度與吸收度成正比，將吸收度代入檢量線以推算藍墨水之含量，以藍墨水減少量表示漂白效果之優劣。

2.選取量測藍墨水吸收光譜之波長範圍：

藍墨水呈現藍綠色是因為其互補色橘紅色光被吸收，而使藍綠色光放出被觀測⁶（如圖1）；因此我們選擇橘紅色波長範圍（600~700 nm）中（如圖2），找尋藍墨水最高吸收度之對應波長。

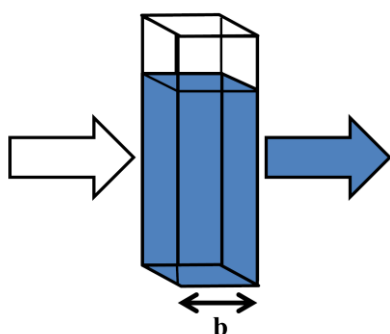


圖 1 比耳定律吸收光路徑

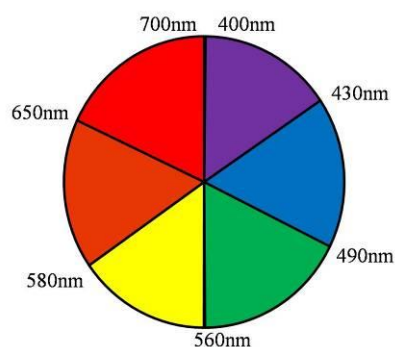


圖 2 可見光顏色與波長

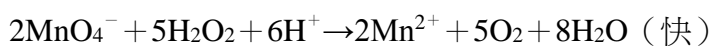
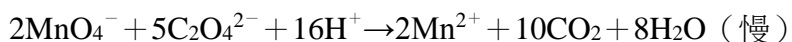
3.過碳酸鈉的濃度選擇與配製方法：

化學式為 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$ 的固體粉末，溶解度為 15 克 / 100 克水，可換算飽和時濃度約為 13%，因此選擇 12% 為實驗最高濃度。

由於過碳酸鈉溶於水可分解成 Na_2CO_3 及 H_2O_2 呈鹼性， H_2O_2 在鹼性條件下分解較快，使過碳酸鈉遇水即開始反應進行分解，而無法先行配置其濃度；因此採用實驗方法為將所需之過碳酸鈉粉末及藍墨水同時加入蒸餾水中開始進行漂白反應。且過碳酸鈉溶液本身吸收度會隨反應時間改變，於是改為以過碳酸鈉溶液取代蒸餾水為空白實驗。

4.過錳酸鉀滴定法測定雙氧水之濃度：

雙氧水儲存過久會因分解使濃度降低，因此需先行測定其濃度。深紫色的過錳酸鉀為強氧化劑，其氧化還原反應產物會褪色，而不需外加指示劑；但過錳酸鉀性質不穩定，需先以性質穩定的草酸鈉溶液來標定濃度，再以標定過錳酸鉀溶液來滴定市售雙氧水的濃度。



(二) 研究過程：

1.找出藍墨水最高吸收度所對應之波長：

- (1) 利用微量分注器取 0.1 mL 藍墨水原液至燒杯，加蒸餾水 15 克稀釋，以避免超出儀器偵測極限。
- (2) 取蒸餾水至比色管中，放入分光光度計做空白實驗。
- (3) 利用微量分注器取 0.2 mL 稀釋藍墨水，加入 50 克蒸餾水，利用分光光度計量測不同波長之吸收度。

2.做出藍墨水體積對吸收度之檢量線：

- (1) 利用微量分注器分別取 0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 稀釋藍墨水，各加入 50 克蒸餾水。
- (2) 分別以分光光度計量測吸收度，將藍墨水體積為橫坐標、吸收度為縱座標做檢量線。

3.研究藍墨水顏色是否會隨時間變化：

- (1) 利用微量分注器取 0.6 mL 稀釋藍墨水，加入 50 克蒸餾水。
- (2) 以分光光度計每隔十分鐘量測吸收度。

4.探討不同濃度過碳酸鈉對藍墨水之漂白效果：

- (1) 秤量所需之過碳酸鈉及蒸餾水。
- (2) 取一燒杯加入蒸餾水；取另一燒杯加入蒸餾水及 1 mL 稀釋藍墨水。
- (3) 同時在兩燒杯內加入過碳酸鈉開始反應（如圖 3）。
- (4) 每隔 10 分鐘測量其吸收度，並可利用檢量線推算其濃度，直到反應一小時停止實驗。
- (5) 改變過碳酸鈉溶液濃度為 2%、4%、6%、8%、10%、12%，分別進行量測。

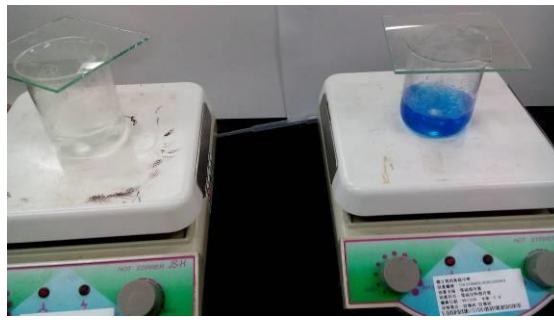


圖 3 左杯：空白實驗(過碳酸鈉+蒸餾水)

右杯：樣品(過碳酸鈉+蒸餾水+藍墨水)

5.以草酸鈉標定過錳酸鉀溶液的濃度：

- (1) 製備 0.02M 的過錳酸鉀溶液及 0.9M 的硫酸溶液。
- (2) 用少量過錳酸鉀溶液潤洗滴定管並排出。
- (3) 將過錳酸鉀溶液倒入滴定管中，記錄初始刻度值，精確至 0.01 mL (如圖 4)。
- (4) 精秤 0.2 克的草酸鈉，以 50 mL 的 0.9M 硫酸溶解，隔水加熱至 80 ~ 90 °C。
- (5) 趁熱滴定至淡粉紅色不再消失，即達終點並記錄末刻度 (如圖 5)。
- (6) 重複做第二次滴定，計算出過錳酸鉀的平均濃度。



圖 4 氧化還原滴定初始顏色



圖 5 氧化還原滴定終點顏色

6.測定未知雙氧水的濃度：

- (1) 將雙氧水的重量百分濃度稀釋成 1 / 10。
- (2) 精秤 1 克的稀釋雙氧水，加入 25 mL 的 0.9M 硫酸。
- (3) 滴定至淡粉紅色不再消失，即達終點並記錄滴定體積。
- (4) 重複做第二次滴定，推算出原雙氧水的平均濃度。

7.探討不同比例的碳酸鈉及過氧化氫溶液對藍墨水之漂白效果：

- (1) 秤量所需之藥品及蒸餾水。
- (2) 取一燒杯加入蒸餾水；取另一燒杯加入蒸餾水及 1 mL 稀釋藍墨水。
- (3) 同時在兩燒杯內加入 Na_2CO_3 及 H_2O_2 開始反應。
- (4) 每隔 10 分鐘測量其吸收度，並可利用檢量線推算其濃度，直到反應一小時停止實驗。
- (5) 改變 Na_2CO_3 及 H_2O_2 比例為 5 : 1、4 : 1、3 : 1、2 : 1、1 : 1、1 : 1.5、1 : 2、1 : 3、1 : 4、1 : 5，找出最佳比例。

二、探討過碳酸鈉的去油污效果：

(一) 研究方法：

原先利用測量油脂體積變化量來探討去油污效果，但實驗結果顯示油層體積變化量較少而難以觀察比較其效果差異。因此改利用分光光度計觀測水層光之穿透率變化；當油脂越多被分解進入水層，會使光照入水層後被油滴粒子阻擋而難以穿透；於是穿透率變化量越大，代表去油污效果越好。

(二) 研究過程：

1.利用測量油層體積減少量探討去油污效果⁷：

- (1) 取 20mL 油脂置於量筒，加入 50 克蒸餾水，利用加熱攪拌器反應一小時（如圖 6）。
- (2) 停止攪拌靜置分層，觀測油脂剩餘量。
- (3) 將蒸餾水改變為 12% 過碳酸鈉、16% Na_2CO_3 、35% H_2O_2 溶液 50 克，重複實驗步驟進行量測，比較去油污效果。

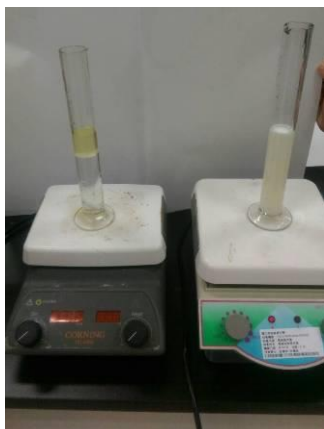


圖 6 將水、油、過碳酸鈉在量筒內攪拌

2.利用測量水層穿透率減少量探討去油污效果⁸：

- (1) 取 50 克蒸餾水至於燒杯，利用加熱攪拌器反應一小時，利用分光光度計測量穿透率。
- (2) 取另一燒杯置入 20mL 油脂，再加入 50 克蒸餾水，攪拌反應一小時（如圖 7）。
- (3) 倒入分液漏斗待分層，取出下層水層（如圖 8），測量穿透率減少量。
- (4) 將蒸餾水改變為 8% 過碳酸鈉、8% Na_2CO_3 、8% H_2O_2 溶液 50 克，重複實驗步驟進行量測，比較去油污效果。

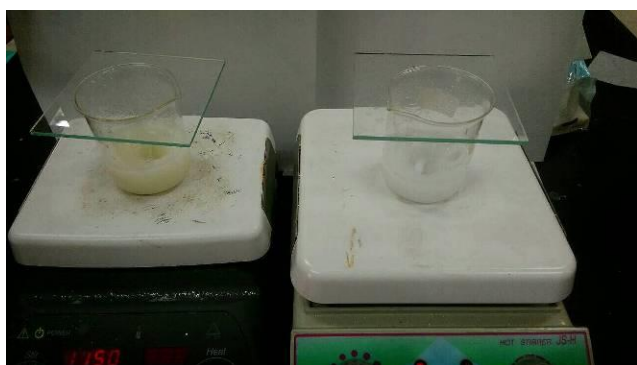


圖 7 右杯：空白實驗(過碳酸鈉＋蒸餾水)
左杯：樣品(過碳酸鈉＋蒸餾水＋油)



圖 8 將樣品倒入分液漏斗取水層

三、探討過碳酸鈉的增加水中溶氧量效果：

(一) 研究方法：

1.利用排水集氣法量測氣體生成量：

過碳酸鈉溶於水後會分解產生氧氣，根據亨利定律 ($s=kP$) 可知，氣體分壓越高使氣體溶解度越大，利用氣體生成量推論增加水中溶氧量之多寡；實驗設計為反應產生難溶於水之氧氣會將水排開，由排開水之體積或重量可知氣體生成量。但由實驗結果發現排開水量太少，難以測得氣體生成量而無法進行比較。

2.利用溶氧計量測水中溶氧量變化：

參考養殖業常使用之溶氧計測量水中微量的溶氧量，將實驗設計改變為直接利用溶氧計較精準的偵測反應中溶氧量之變化。

(二) 研究過程：

1. 利用排水集氣法量測氣體生成量⁹：

- (1) 將燒杯、圓底瓶裝適當水量；橡皮管裝滿水並用鐵夾夾緊。
- (2) 取錐形瓶裝蒸餾水，再將裝有過碳酸鈉粉末的小容器放置於錐形瓶瓶底（如圖 9）。
- (3) 連接裝置後，鬆開鐵夾使燒杯和圓底瓶水面等高，再夾緊，倒掉燒杯中的水（如圖 10）。
- (4) 搖晃錐形瓶使過碳酸鈉與水混合反應，同時需立即將橡皮管上的鐵夾鬆開。
- (5) 持續搖晃錐形瓶直到無水排出停止反應，使用量筒測量水的體積作為產生的氣體體積。



圖 9 將過碳酸鈉與水分開放置



圖 10 排水集氣法實驗裝置

2. 利用溶氧計量測水中溶氧量變化：

- (1) 依使用說明書校正溶氧計。
- (2) 將蒸餾水及溶氧計感測器置於燒杯中，再將過碳酸鈉粉末加入。
- (3) 持續攪拌反應至十分鐘為止，每隔三十秒偵測溶氧量（如圖 11）。
- (4) 改變過碳酸鈉溶液濃度為 2%、4%、6%、8%、10%、12%，分別進行量測。
- (5) 改變 Na_2CO_3 及 H_2O_2 比例為 5 : 1、4 : 1、3 : 1、2 : 1、1 : 1、1 : 1.5、1 : 2、1 : 3、1 : 4、1 : 5，找出最佳比例。



圖 11 利用溶氧計偵測水中溶氧量變化

四、探討過碳酸鈉的抗菌效果：

(一) 研究方法：

大腸桿菌為人體共生菌，適量對人體危害較小，且培養容易、兼氧、不易逃脫實驗室等特性，使實驗操作較為容易及安全；雖然大腸桿菌本身相當微小無法以肉眼觀察，但其迅速繁殖為菌落則易於計量。因此**選擇大腸桿菌作為研究抗菌效果之菌種。**

(二) 研究過程¹⁰：

1. 製作 LB 培養液及培養基：

- (1) 培養液：取 LB 粉末 25 克及二次蒸餾水 1 升，蓋上鋁箔紙於高溫滅菌釜滅菌 1 小時。
- (2) 培養基：取 LB 粉末、二次蒸餾水及瓊脂，於高溫滅菌釜滅菌後，倒入培養皿冷卻凝固。

2. 製備實驗所需大腸桿菌之菌液：

- (1) 用燒紅冷卻的接種環沾取菌種管中之菌液，利用劃線法畫盤，37°C 培養 12 小時以上。
- (2) 用接種環刮取培養皿上單一菌落，在培養液中輕晃數下，37°C 震盪培養 12 小時以上。
- (3) 3000 轉離心 10 分鐘後倒掉上清液，用 PBS 緩衝液 1 毫升回溶，吸至微量離心管中。
- (4) 10000 轉離心 3 分鐘後倒掉上清液，用 PBS 緩衝液 1 毫升回溶。
- (5) 吸取部分菌液及緩衝液至康氏管，調整吸收值為 $A_{600}=1$ 使菌液濃度約為 2×10^9 CFU/mL。
- (6) 用 LB 培養液序列稀釋成實驗濃度 5×10^5 CFU/mL。

3. 探討不同濃度過碳酸鈉對大腸桿菌之抗菌效果：

- (1) 利用微量天平秤取過碳酸鈉粉末，加入 10 毫升菌液中，震盪混和均勻。
- (2) 分別於 3 分鐘及 10 分鐘，用微量分注器取 100 μ L 至培養基，以滅菌 L 型波棒塗盤。
- (3) 37°C 培養 12 小時後，計算菌落數目，並推算大腸桿菌濃度。
- (4) 改變過碳酸鈉濃度為 0 %、0.1 %、0.3 %、0.5 %、0.7 %、0.9 %，分別進行量測。
- (5) 改變添加物為 Na_2CO_3 及 H_2O_2 ，分別進行量測（如圖 12）。

		
<p>高溫滅菌釜滅菌培養液</p>	<p>製作培養基</p>	<p>接種環沾取菌液以劃線法畫盤</p>
		
<p>用接種環刮取單一菌落</p>	<p>37℃ 震盪培養 12 小時以上</p>	<p>離心倒掉上清液</p>
		
<p>PBS 緩衝液回溶微量離心管</p>	<p>離心倒掉上清液</p>	<p>取部分菌液及緩衝液至康氏管</p>

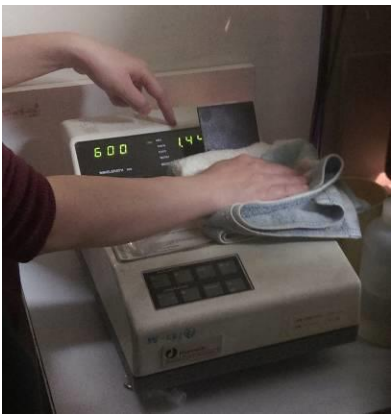




		
調菌液濃度使吸收值 $A_{600}=1$	LB 培養液序列稀釋實驗濃度	過碳酸鈉與菌液震盪混和均勻
		
微量分注器取樣品至培養基	以滅菌 L 型波棒塗盤	

圖 12 大腸桿菌抗菌效果實驗步驟

伍、研究結果與討論

一、探討過碳酸鈉的漂白效果：

(一) 漂白藍墨水分析法之建立：

1. 研究結果：

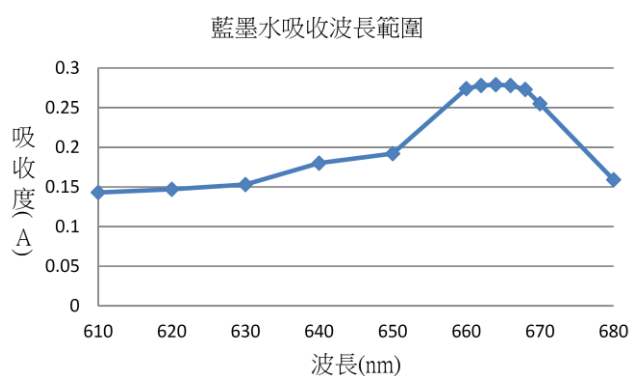


圖 13 藍墨水波長與吸收度之關係

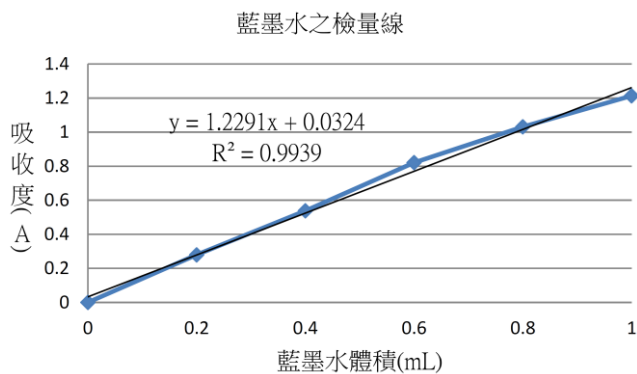


圖 14 藍墨水體積對吸收度之檢量線

2.討論：

- (1) 藍墨水在波長為 **664nm** 時有最大吸收度 (如圖 13)。
- (2) 改變加入不同體積藍墨水在 664nm 的吸收度做檢量線為 $y = 1.229x + 0.032$ (如圖 14)。
- (3) 以分光光度計偵測反應中藍墨水吸收度 (y)，代入檢量線可推算出體積 (x)。
- (4) 實驗結果以藍墨水體積消除率代表漂白效果，單位 (%) 來表示之。

$$\text{消除率} = [(\text{原體積} - \text{剩餘體積}) / \text{原體積}] \times 100\%$$



(二) 探討不同濃度過碳酸鈉對藍墨水之漂白效果：

1.研究結果：

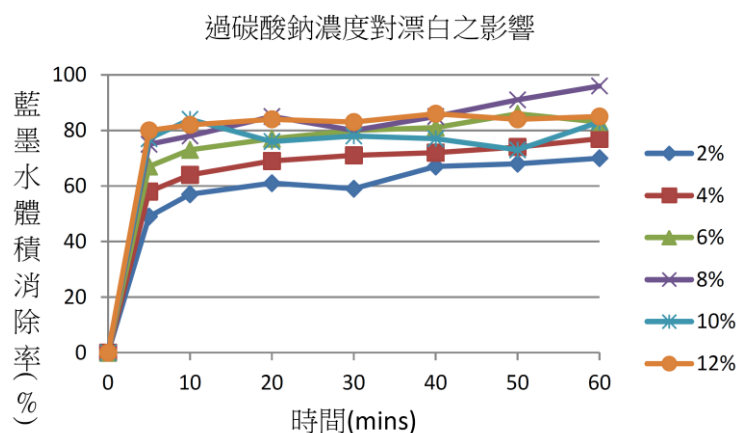


圖 15 過碳酸鈉濃度與漂白效果之關係

2.討論：

- (1) 由於反應物加入後即開始反應，無法偵測到 0 秒開始時之吸收度以推算藍墨水起使體積，因此直接記錄以微量分注器所取藍墨水體積為實驗數據。
- (2) 隨著 **過碳酸鈉濃度越高漂白效果越佳，以 8% 效果最佳** (如圖 15)。
- (3) 添加超過 8% 所需粉末時，漂白效果增加不明顯，推測是水溫較低而於 8% 已達飽和。
- (4) 選取重量百分濃度為 8%，改變不同比例的 Na_2CO_3 及 H_2O_2 探討對藍墨水之漂白效果。

（三）過錳酸鉀滴定法測定雙氧水之濃度：

1.研究結果：

表 1 以草酸鈉標定過錳酸鉀溶液的濃度

	W 草酸鈉 (克)	V 過錳酸鉀 (mL)	C 過錳酸鉀 (M)
第一次滴定	0.2	31.6	0.02
第二次滴定	0.2	32.0	0.02
平均			0.02

$$(W_{\text{草酸鈉}} \div 134) \times 2 = C_{\text{過錳酸鉀}} \times (V_{\text{過錳酸鉀}} \div 1000) \times 5$$

表 2 測定未知雙氧水的濃度

	W 雙氧水 (克)	V 過錳酸鉀 (mL)	雙氧水濃度 (%)
第一次滴定	1.0	22.0	35.3
第二次滴定	1.0	21.8	35.0
平均			35.2

$$[(\text{雙氧水}\% \times W_{\text{雙氧水}}) \div 34] \times 2 = C_{\text{過錳酸鉀}} \times (V_{\text{過錳酸鉀}} \div 1000) \times 5$$

2.討論：

（1）以較穩定的草酸鈉標定，得知過錳酸鉀溶液濃度為 0.02M（如表 1）。

（2）過錳酸鉀溶液進行氧化還原滴定，測定本實驗所使用的雙氧水濃度為 35.2%（如表 2）。

（四）探討不同比例的碳酸鈉及過氧化氫溶液對藍墨水之漂白效果：

1.研究結果：

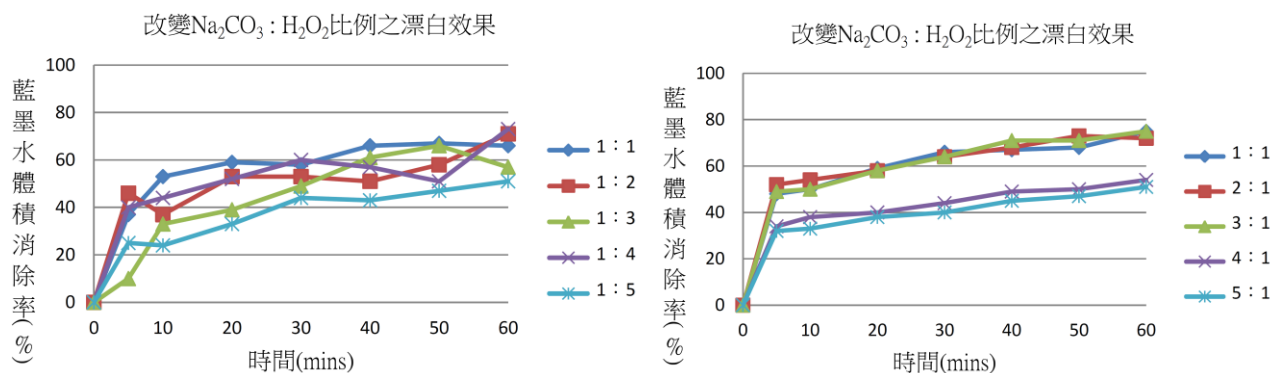


圖 16 改變 Na₂CO₃:H₂O₂ 比例與漂白效果之關係

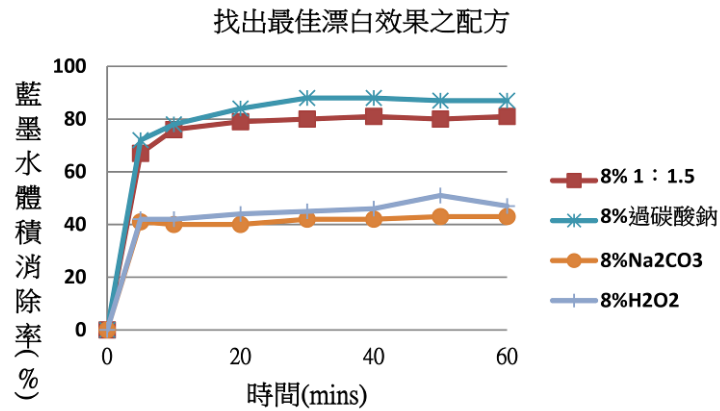


圖 17 改變成分與漂白效果之關係

2. 討論：

- (1) 改變 Na₂CO₃ 及 H₂O₂ 之比例時對漂白效果影響不明顯；但比例為 1：5、4：1、5：1 時效果較差，推論是因為比例懸殊時其中一成份含量太少所致（如圖 16）。
- (2) 當只添加 Na₂CO₃ 或 H₂O₂ 時，漂白效果很差；但兩者加在一起時，能使效果明顯改善（如圖 17）。
- (3) 透過實驗結果及 H₂O₂ 在不同酸鹼性之反應式，可說明原理主要是 H₂O₂ 只在鹼性條件被催化，進行氧化還原反應以漂白（如表 3）。

表 3 H₂O₂ 在不同酸鹼性之反應式

酸中性	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ $\text{總反應：} 2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
鹼性	$\text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{HO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\text{HO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + \text{OH}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$ $\text{總反應：} 2\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

二、探討過碳酸鈉的去油污效果：

（一）利用測量油層體積減少量探討去油污效果：

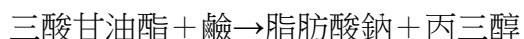
1. 研究結果：

表 4 不同成分與油層體積減少量之關係

	蒸餾水	過碳酸鈉	Na ₂ CO ₃	H ₂ O ₂
反應前油的體積(mL)	20	20	20	20
反應後油的體積(mL)	20	20	18	20
油減少體積(mL)	0	0	2	0

2.討論：

(1) 只有 Na_2CO_3 使油層體積明顯減少（如表 4），是由於其弱鹼性使油分解，反應式如下：



(2) 油層體積變化量不明顯，難以準確觀察並比較其效果差異。

(3) 將實驗設計修改為利用分光光度計觀測水層光之穿透率變化量來探討去油污效果：當油脂被分解產生脂肪酸鈉可溶於水層，當光照入水層後被長碳鏈聚集形成的微胞阻擋而難以穿透。

(二) 利用測量水層穿透率減少量探討去油污效果：

1.研究結果：

表 5 不同成分與水層穿透率降低率之關係

	蒸餾水	過碳酸鈉	Na_2CO_3	H_2O_2
清潔劑穿透率(%)	99.7	67.5	97.1	99.1
去汙後穿透率(%)	94.6	55.8	64.8	93.0
穿透率降低率	5%	17%	33%	6%

2.討論：

(1) 相同濃度下 Na_2CO_3 效果最佳，過碳酸鈉次之，水和 H_2O_2 則效果非常差（如表 5）。

(2) 可看出油污主要是被鹼分解，幾乎不受 H_2O_2 經由氧化還原分解。

(3) 過碳酸鈉 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$) 其中能分解油污的 Na_2CO_3 只占一部分，因此效果較 Na_2CO_3 溶液差。

三、探討過碳酸鈉的增加水中溶氧量效果：

(一) 利用排水集氣法量測氣體生成量：

1.研究結果：

表 6 不同成分與氣體生成量之關係

	蒸餾水	過碳酸鈉	Na_2CO_3	H_2O_2
排水集氣法體積(mL)	0	0	0	0

2.討論：

- (1) 觀察到溶液有小氣泡產生，但產生的氣體卻無將水排開，而無法測量氣體體積(如表 6)。
- (2) 檢查確認過此實驗裝置無漏氣，且吹氣觀察此裝置用來測量氣體體積是可行的。
- (3) 推測是因為產生氣體的體積太少及速率太慢，而無法透過此方法測量。
- (4) 將實驗設計修改為採用養殖所使用的溶氧計，可快速量測水中微量溶氧量的變化。

(二) 利用溶氧計量測水中溶氧量變化：

1.研究結果：

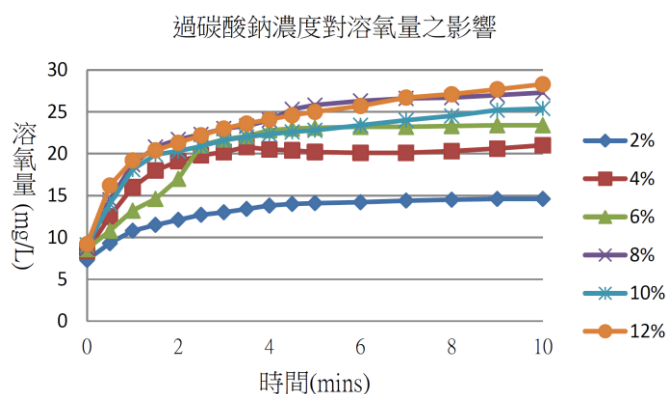


圖 18 過碳酸鈉濃度與水中溶氧量之關係

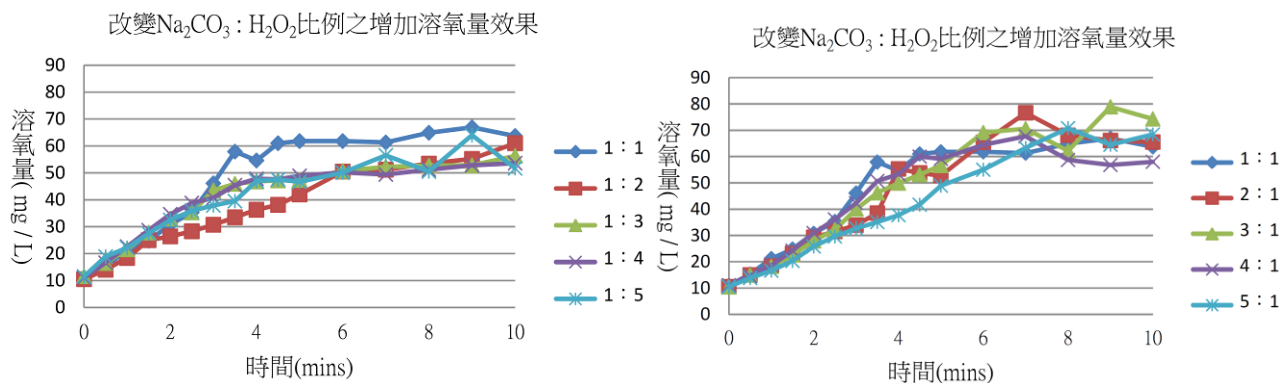


圖 19 改變 $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ 比例與水中溶氧量之關係

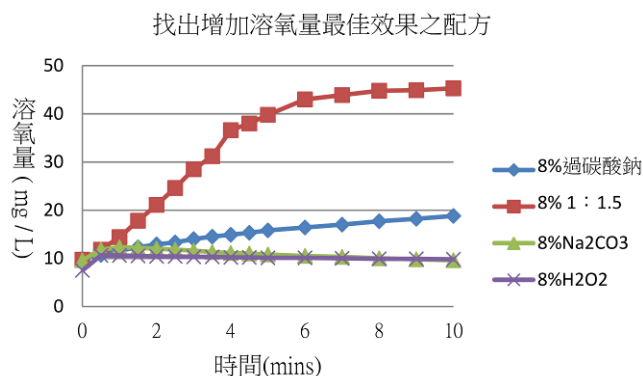


圖 20 改變成分與水中溶氧量之關係

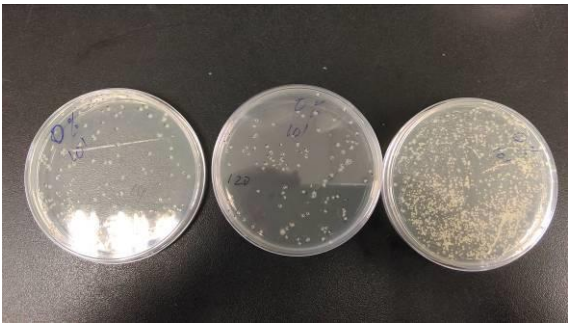
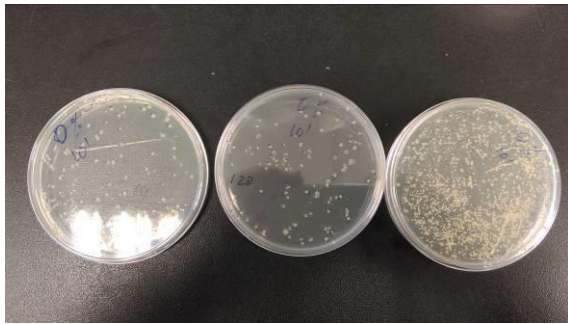
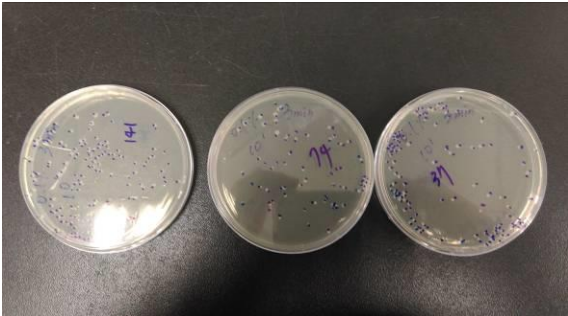
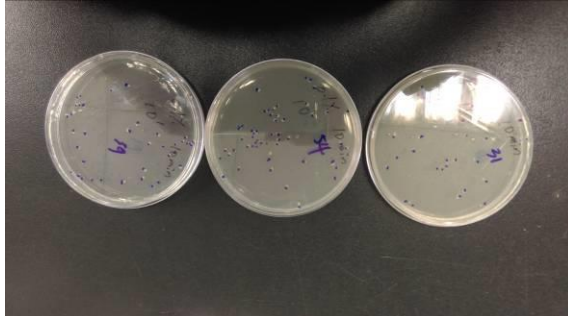
2.討論：

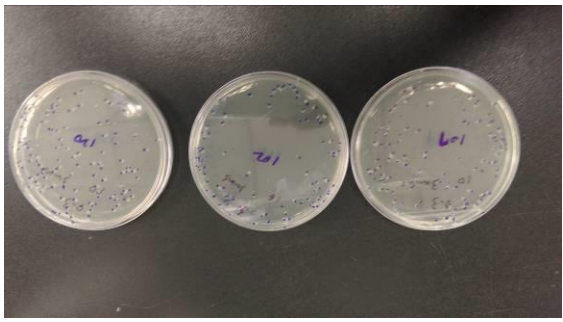
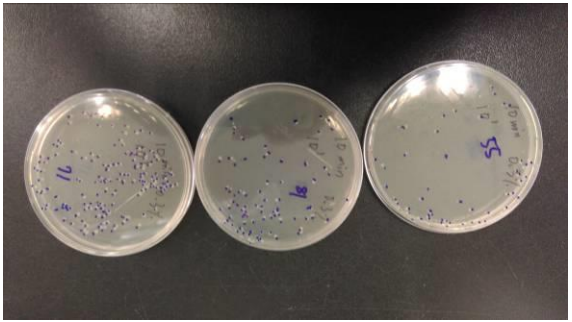
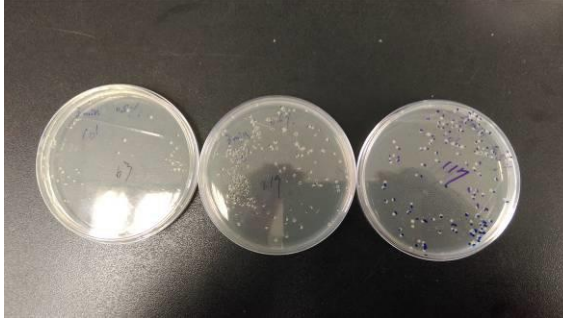
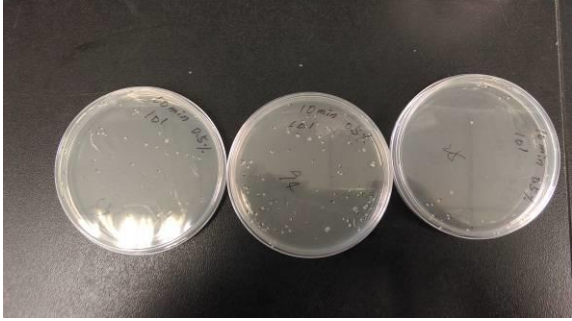
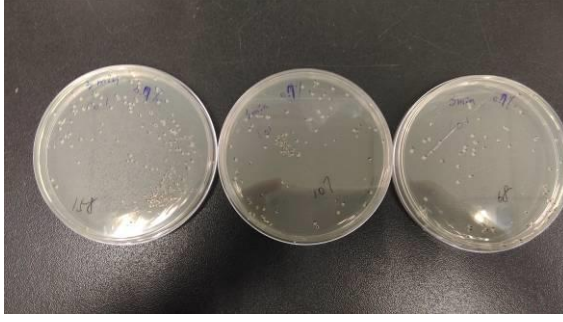
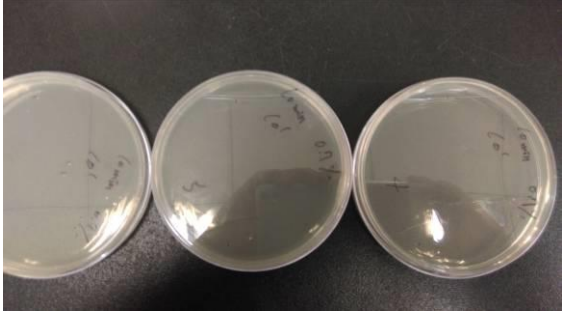
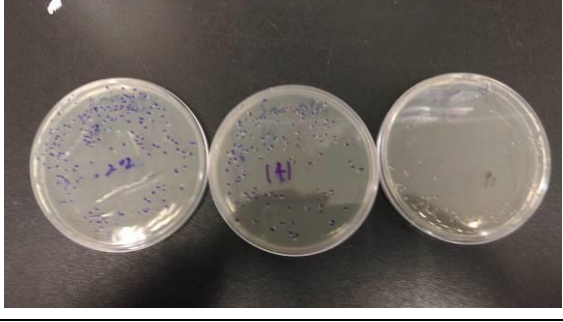
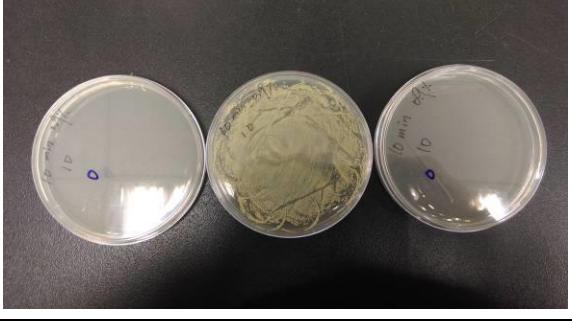

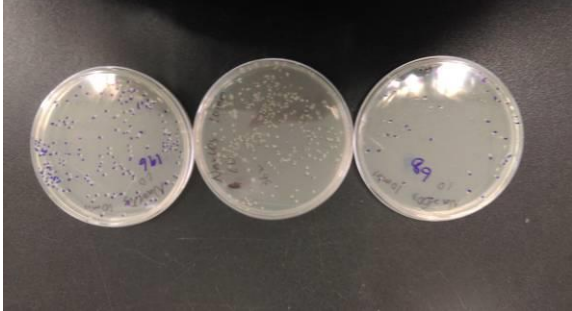
- (1) 過碳酸鈉濃度越高，越能增加水中溶氧量（如圖 18）；改變 Na_2CO_3 與 H_2O_2 之比例對效果影響不大（如圖 19）。
- (2) 只加入 Na_2CO_3 或 H_2O_2 時，水中溶氧量無明顯增加，需同時加入才有明顯效果（如圖 20）。
- (3) 原理為 H_2O_2 在鹼性條件催化分解產生氧氣，當氧氣分壓增加使水中溶氧量增加。
- (4) 理論上同濃度過碳酸鈉與 Na_2CO_3 ： $\text{H}_2\text{O}_2=1:1.5$ 效果應相同，但實驗結果為過碳酸鈉效果較差（如圖 20）；推測是過碳酸鈉溶解較慢，使氣體生成速率慢而逸出至空氣中，因此水面上氧氣分壓較低，造成溶氧量增加較少。

四、探討過碳酸鈉的抗菌效果：

（一）探討不同濃度過碳酸鈉對大腸桿菌之抗菌效果：

1.研究結果：

	3mins	10mins
0% 過碳酸鈉		
0.1% 過碳酸鈉		

<p>0.3%</p> <p>過碳酸鈉</p>		
<p>0.5%</p> <p>過碳酸鈉</p>		
<p>0.7%</p> <p>過碳酸鈉</p>		
<p>0.9%</p> <p>過碳酸鈉</p>		
<p>0.9%</p> <p>Na₂CO₃</p>		

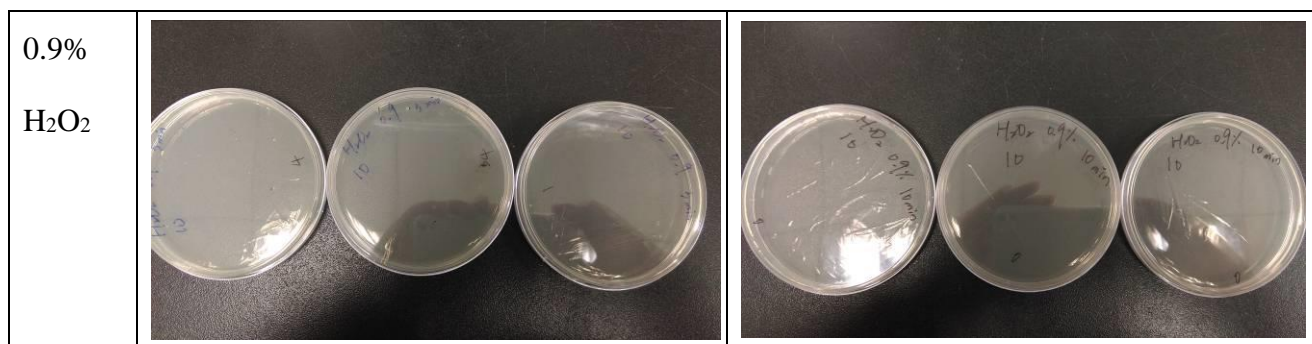


圖 21 不同成分與濃度於三分鐘及十分鐘稀釋十倍之菌落數

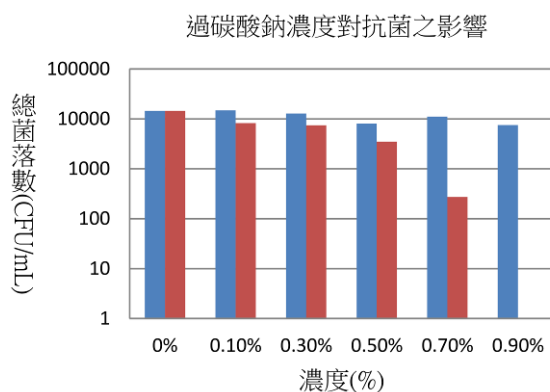


圖 22 過碳酸鈉濃度與抗菌之關係

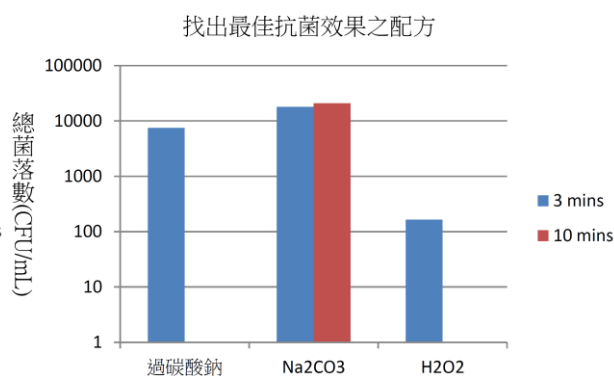


圖 23 不同成分與抗菌之關係

2.討論：

- (1) 若原液及各稀釋液中，培養皿之菌落數在 30 至 300 個之間，則選取該稀釋度之培養皿，以下列公式計算總菌落數，單位為 CFU/mL：
 總菌落數 = (選取培養皿之菌落數 ÷ 選取培養液之實際體積) × 選取培養液之稀釋度
- (2) 過碳酸鈉濃度越高、反應時間越長，抗菌效果越好；**0.9%反應十分鐘可完全滅菌**（如圖 22）。
- (3) **Na₂CO₃ 之鹼性幾乎無抗菌效果；相同濃度時，H₂O₂ 比過碳酸鈉效果好**（如圖 23）。
- (4) **抗菌機制為 H₂O₂ 透過氧化還原反應破壞大腸桿菌細胞**；大腸桿菌含有過氧化氫酶，因此 H₂O₂ 在沒有被鹼性催化仍能快速分解反應，所以同濃度 H₂O₂ 比過碳酸鈉效果好。

陸、結論

一、過碳酸鈉 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$) 之應用原理：

- 1.漂白與增加溶氧量： Na_2CO_3 之鹼性催化 H_2O_2 進行氧化還原反應，以漂白與產生氧氣。
- 2.去油污： Na_2CO_3 之鹼性使油脂分解，產生溶於水之產物以清除。
- 3.抗菌： H_2O_2 受大腸桿菌的過氧化氫酶催化進行氧化還原反應，以破壞細菌細胞而抗菌。

二、改變過碳酸鈉的濃度與其成份比例，各應用效果之比較：

- 1.漂白：利用分光光度計偵測藍墨水含量，實驗結果顯示 8% 過碳酸鈉效果最佳。
- 2.去油污：利用測量水層穿透率變化，發現 Na_2CO_3 效果較過碳酸鈉佳， H_2O_2 幾乎無效果。
- 3.增加溶氧量：利用溶氧計測量，結果為 Na_2CO_3 與 H_2O_2 分開加入效果最佳。
- 4.抗菌：0.9%時， H_2O_2 對大腸桿菌抗菌效果較過碳酸鈉佳，而 Na_2CO_3 幾乎無效果。

三、綜合各應用效果比較結果顯示：雖然過碳酸鈉在部分應用上不是最佳條件，但已經有相當良好的效果，且有固體粉末易儲存運輸、最多元的應用、污染性低等優點；因此將過碳酸鈉作為商品將是最適合的選擇，其最佳的使用濃度為 8%。

	過碳酸鈉	$\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{H}_2\text{O}_2$ = 1 : 1.5	Na_2CO_3	H_2O_2
漂白	最佳 (8%效果約九成)	最佳	差	差
去油污	次之	— —	最佳	差
增加溶氧量	次之	最佳	差	差
抗菌	次之 (0.9%十分鐘 滅菌率 100%)	— —	差	最佳

四、未來展望：

- 1.將過碳酸鈉與污染性較高的脂肪酸鈉鹽及含氯清潔劑，比較於各項應用的效果。
- 2.若過碳酸鈉效果較差，則研究添加污染性較低之化合物，藉此使之為最佳清潔劑。
- 3.與商業經營專長同學合作，將科學研究結合行銷包裝，推廣本商品使民眾認識並選用。

柒、參考資料

- 一、黃得時（主編）（2011）。**高中基礎化學二全實驗活動手冊**。新北市：龍騰文化。
- 二、蔡永昌、張清樹、陳秋蓉（2013）。**基礎化學 B**。新北市：台科大圖書。
- 三、陳亞瑞、黃柏岡、黃揆媛（2003）。美白的秘密-不同成分漂白水特性之探究。國立臺灣科學教育館：**中華民國第四十三屆中小學科學展覽會參展作品專輯**（國小組化學科 080215）。臺北市：國立臺灣科學教育館。
- 四、黃廷搏（譯）（2012）。**手工環保清潔劑配方大公開**。新北市：漢欣文化。
- 五、蔡昕皓（譯）（2012）。**口紅、鑽石、威而鋼-商品背後的科學**。臺北市：商周出版。
- 六、高憲明（2013）。**毒家報導-揭露新聞中與生活有關的化學常識**。臺北市：商周出版。
- 七、陳鉸裴、張芷綾、蘇玲萱、葉崇佑（2004）去污了嗎—淺談清潔劑的乳化效果。國立臺灣科學教育館：**中華民國第四十四屆中小學科學展覽會參展作品專輯**（國中組化學科 030208）。臺北市：國立臺灣科學教育館。
- 八、劉育凱、陳冠宇（2009）多「烯」多健康。國立臺灣科學教育館：**中華民國第四十九屆中小學科學展覽會參展作品專輯**（高中組化學科 040211）。臺北市：國立臺灣科學教育館。
- 九、國立臺灣大學化學系(2011)。**大學普通化學實驗第十三版**。臺北市：國立臺灣大學出版中心。
- 十、李昀軒、蔡岳霖（2005）天然 A 尚好- 探討天然果實無患子的殺菌力與時效性。國立臺灣科學教育館：**臺灣二〇〇五年國際科學展覽會參展作品專輯**（微生物學科）。臺北市：國立臺灣科學教育館。

【評語】 040214

此團隊發表成果非常有條理，不同團員顯見合作無間，並且各掌不同的工作，然而此工作尚須更多工作來表達出此商業成品有明顯的優越性，並且能夠給予更強的學理基礎。