

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

佳作

032916

廚餘 In，臭味 Out

學校名稱：臺中市私立華盛頓高級中學(附設國中)

作者： 國三 蔡承岳 國三 廖好捷 國二 陳軒葦	指導老師： 許瑞中 宋秀香
---	-----------------------------

關鍵詞：廚餘、臭氧除臭、二氧化錳

摘要

本次研究利用自然與生活科技上課所學的過氧化氫經催化產生微量臭氧，針對廚餘的各種臭味作除臭效果的研究，並結合光觸媒消臭方式，以達到雙效除臭效果。

研究結果顯示，在高濃度過氧化氫（28%，20mL）及 6 克二氧化錳的催化下所產生的微量臭氧，便足以有效去除多數的廚餘臭味。

在實際應用上我們將二氧化錳製作成伏打電池，讓二氧化錳同時扮演催化劑與伏打電池正極的雙重角色，設計出既環保且可以重複使用的雙效除臭裝置，本裝置最大特色是，不需插電就能同時擁有臭氧與光觸媒兩種除臭效果，我們將它稱為：自動發電雙效除臭廚餘桶。

壹、研究動機

俗話說：「民以食為天」，隨著食物的生產，每年也產生了大約 13 億噸的廚餘。這些廚餘經由細菌分解後發出惡臭，讓大眾避之唯恐不及，加上亞洲地區正流行著豬瘟疫情，大家對廚餘養豬有著疑慮，這對廚餘的量無疑是雪上加霜。

在學校裡，我們經常被推派為倒廚餘的小幫手，一桶接著一桶的廚餘，不僅臭氣沖天、廚餘的量更是大到讓我們驚嘆連連、印象深刻。我們利用下列心智圖研究過廚餘處理的方式，發現無論該如何處理廚餘，都會經歷一段保存的過程，這讓我們將本次研究的首要目標訂為：如何消除廚餘保存時發出的惡臭。於是我們開始蒐集各種消除臭味的方式，希望找出既環保又能有效去除廚餘異味的方法，讓廚餘的保存環境得到改善，也讓自己與同學、家人在倒廚餘時能夠輕輕鬆鬆，沒有負擔。



心智圖：廚餘的處理方式（來源：自製）

貳、 研究目的

一、 探討各種除臭方式對廚餘除臭的效果：

(一) 探討臭氧對廚餘除臭的效果：

1. 不同濃度與臭氧產生的效果（操作變因：雙氧水濃度、二氧化錳克數）
2. 不同濃度對除臭效果的影響（操作變因：雙氧水濃度、二氧化錳克數）
3. 氣體通入不同位置對除臭效果的影響（操作變因：廚餘中、空氣中）
4. 臭氧除臭的時效性
5. 臭氧對不同廚餘的除臭效果（蔬果、魚、肉…等）

(二) 探討光觸媒對廚餘除臭的效果：

1. 不同方式對除臭效果的影響（操作變因：直接噴灑法、塗佈法）
2. 光觸媒除臭的時效性

(三) 其他除臭方式的研究：

1. 環境消臭抗菌劑除臭及時效性
2. 次氯酸鈉漂白水除臭及時效性

二、 分析不同除臭方式的優缺點，找出最佳的除臭組合

1. 比較單獨臭氧除臭與結合光觸媒的效果差異

三、 設計一組能重複使用，並能結合廚餘桶的簡易除臭裝置

1. 自發電雙效除臭廚餘桶的時效性測試（2天）

參、 研究設備與器材

藥品與耗材：過氧化氫、二氧化錳、碘化鉀、澱粉、二氧化鈦、氯化銨、油漆、次氯酸鈉漂白水、環境消臭抗菌劑、魚肉、雞肉、雞蛋、白飯、牛奶、蔬果汁、綜合廚餘

器材：廚餘桶、分光光度計（UNICO 1205 Series）、燒杯、量筒、滴管、電子秤、刮勺、秤量紙、玻棒、薊頭漏斗、試管、錐形瓶、橡皮塞、橡皮導管、UV LED 燈（365 nm）、榨汁機



主要藥品與器材



UNICO 1205 Series 分光光度計

肆、 研究過程、結果與討論

一、 我們做了下列各種除臭方法的比較：

(一) 臭氧相對濃度的偵測：

透過文獻查詢可知(如下表)，臭氧的除臭效果極佳，且能針對大部分的臭味種類進行消臭，所以我們決定優先使用臭氧來除臭。為了進行這個研究，我們必須知道臭氧濃度的高低，因此我們添加不同濃度的雙氧水與不同克數的二氧化錳，藉由碘量法與分光光度計觀察在波長 570nm 時的吸收值，來確認臭氧的相對濃度大小。

臭味成分 去除方法	氨	胺類	吡啶類	硫化氫	硫醇類	醛類	2-壬烯醛	低碳脂肪酸類	芳香族類	備考
活性碳脫臭性	優	優	良	優	優	良	良	可	劣	有再釋放的可能性
抗菌防臭	可	可	可	可	可	劣	可	優	劣	非積極性的除臭 抑制惡臭物質的生成
遮蔽阻隔法	良	良	良	良	良	良	良	良	良	不適用於強烈臭味
光觸媒	良	良	良	良	良	良	良	良	良	需要光(紫外線)
臭氧分解脫臭法	優	優	良	優	優	良	良	劣	劣	在纖維、樹脂上的應用有困難
化學的中和法 (鹼性用)	優	優	劣	劣	劣	劣	劣	劣	劣	對特定臭味具即效性
化學的中和法 (酸性用)	劣	劣	良	良	良	可	良	優	劣	對特定臭味具即效性
液體噴霧灑法	優	優	優	優	優	良	優	優	良	即效性。但須消耗操作成本

生活環境中主要的臭味成分及臭味的去除(優>良>可>劣)

(自製圖表，參考來源：文獻 7)

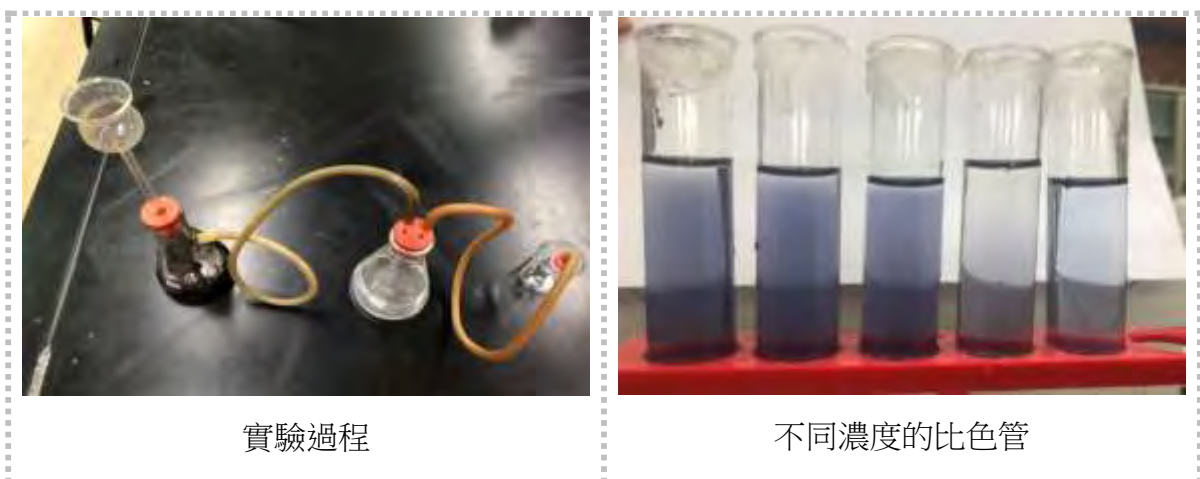
[碘量法]：

碘量法是常用的臭氧測定方法，我國和許多國家均把此法作為測定臭氧的標準方法。其原理為強氧化劑臭氧(O₃)與碘化鉀(KI)水溶液反應生成游離碘(I₂)，而讓臭氧還原為氧氣。



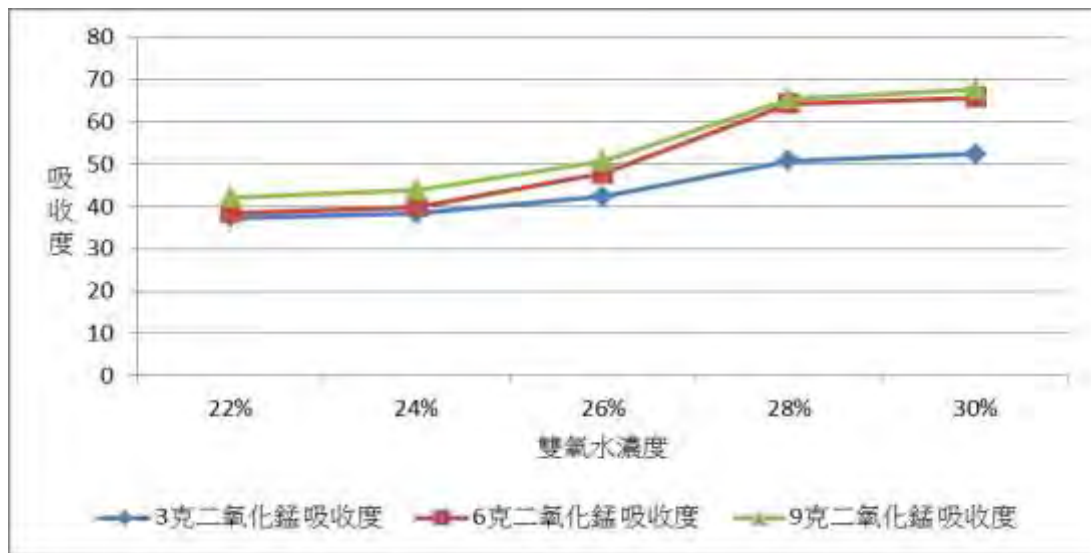
步驟：

1. 取錐形瓶分別加入 3g、6g、9g 二氧化錳，將薊頭漏斗插入橡皮塞中，利用橡皮導管連接至另一個裝水的錐形瓶（避免雙氧水蒸氣與碘化鉀反應），再連接至另一試管（試管內盛裝碘化鉀澱粉水溶液 20ml）。
2. 分別取 30%、28%、26%、24%、22% 過氧化氫 20ml 慢慢滴入漏斗，釋放出氧氣與臭氧，反應式如下：
⇒ $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
⇒ $\text{O}_2 + \text{O} \rightarrow \text{O}_3$
3. 將氣體通入試管中，等待其變色。
4. 取變色後的溶液加入比色管並放入分光光度計中，波長設定為 570nm，分析其吸收度。



以上步驟重複 3 次後取平均值的數據如下表：

過氧化氫濃度	3 克二氧化錳 吸收度	6 克二氧化錳 吸收度	9 克二氧化錳 吸收度
22.0%	37.4	38.5	42.2
24.0%	38.3	39.9	44.0
26.0%	42.3	47.8	50.8
28.0%	50.8	64.3	65.5
30.0%	52.4	65.7	67.7



雙氧水濃度與二氧化錳克數對吸收度的影響折線圖

結果與討論：

將上表整理成折線圖後，我們可以更清楚的看出不同克數的二氧化錳與不同濃度的雙氧水對於吸收度的變化；吸收度越高，也就表示臭氧的相對濃度越高。我們認為高濃度的過氧化氫或是克數較多的催化劑都有助於臭氧的產生，且過氧化氫濃度必須高過一定的值（28%以上），反應較為劇烈的情況下才能產生較多的臭氧。

（二） 臭氧濃度對除臭效果的比較：

比較不同濃度的雙氧水與不同克數的二氧化錳對於除臭效果的影響，找出最佳的搭配組合。

步驟：

1. 製作綜合廚餘汁：（為了讓臭味均勻擴散，我們將廚餘製作成液體狀態）
 - （1）取 500ml 的學校廚餘秤重得知重量為 375g（因為廚餘內容物不一定，所以選用固定重量）。
 - （2）加適量的水，利用果汁機，攪拌 30 秒讓廚餘完全成液體狀態。
 - （3）將廚餘倒入燒杯中，加水至 1000ml（廚餘與水的體積比為 1：1）。



取廚餘的過程



用果汁機打成廚餘汁



製作好的廚餘汁



儲存於攝氏 25 度下備用

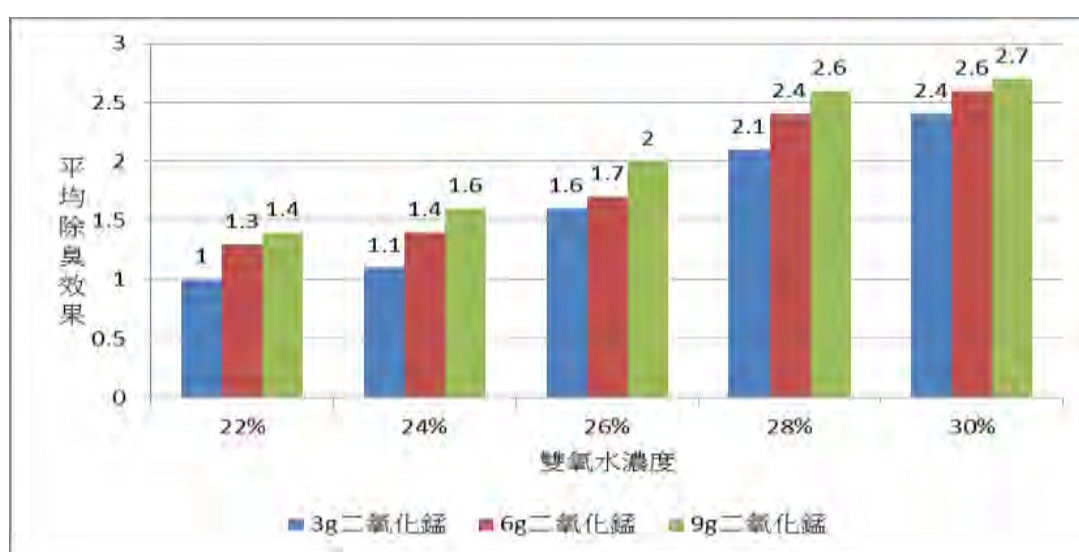
2. 取錐形瓶分別加入 3g、6g、9g 二氧化錳，將薊頭漏斗插入橡皮塞中，利用橡皮導管連接至另一個裝有綜合廚餘汁的錐形瓶中。
3. 分別取 30%、28%、26%、24%、22% 過氧化氫 20ml 慢慢滴入漏斗，釋放出氧氣與臭氧。
4. 將氣體打入綜合廚餘汁的瓶中，計時 10 分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試。
5. 嗅覺測試方法說明：
找 7 位受試者在無風的環境，距離錐形瓶 20cm 處，以搨嗅法來判斷除臭前後之臭味程度（先聞未除臭樣品，再聞已除臭樣品），最後以 1~5 分來評分，我們將這個數值定義為：**嗅覺測試結果（數值越大表示氣味越臭）。**
6. 我們將除臭前減去除臭後的差值定義為：**除臭效果**（例如：除臭前 5 分，除臭後 1 分，則除臭效果就是 5-1=4 分），另外也定義了**平均除臭效果**，如下列公式。未來的實驗中，我們均以除臭效果的數據去呈現實驗的結果。

平均除臭效果公式：（越接近 4 分代表效果越佳）

$$\frac{|(A_{前} - A_{後}) + (B_{前} - B_{後}) + \dots + (n_{前} - n_{後})|}{n \text{ 位受試者}}$$

過氧化氫濃度	二氧化錳克數		
	3g	6g	9g
22%	1	1.3	1.4
24%	1.1	1.4	1.6
26%	1.6	1.7	2
28%	2.1	2.4	2.6
30%	2.4	2.6	2.7

不同濃度與克數的過氧化氫與二氧化錳對於平均除臭效果之比較表



平均除臭效果比較長條圖

結果與討論：

上列的圖表，我們將受試者 A 至 G 除臭前後的數值相減，算出不同克數的二氧化錳與不同濃度的雙氧水對除臭的效果差異，再將其平均，得到上表的結果。我們發現，26%與 28% 雙氧水的除臭效果有較大的差異，28%與 30%的雙氧水效果較接近，這結果與臭氧濃度的趨勢有關；換言之，臭氧濃度越高，除臭效果越好。但由於市售的雙氧水大多為 30%，效果又比 28%的更好一些，因此後續的實驗，我們均以 30%的雙氧水、6 克二氧化錳來進行。

(三) 臭氧通入不同位置的除臭效果：

得知了最佳的雙氧水濃度與二氧化錳克數的搭配，我們想要確認將臭氧打入廚餘液中，或是打入瓶內空氣中的效果何者較佳。

因此我們將除臭方式分為：

- 在廚餘瓶中釋放臭氧（用以消除空氣中臭味）
- 在廚餘汁內釋放臭氧（用以消除廚餘液體中臭味）

步驟：(兩種除臭方式的步驟均相同)

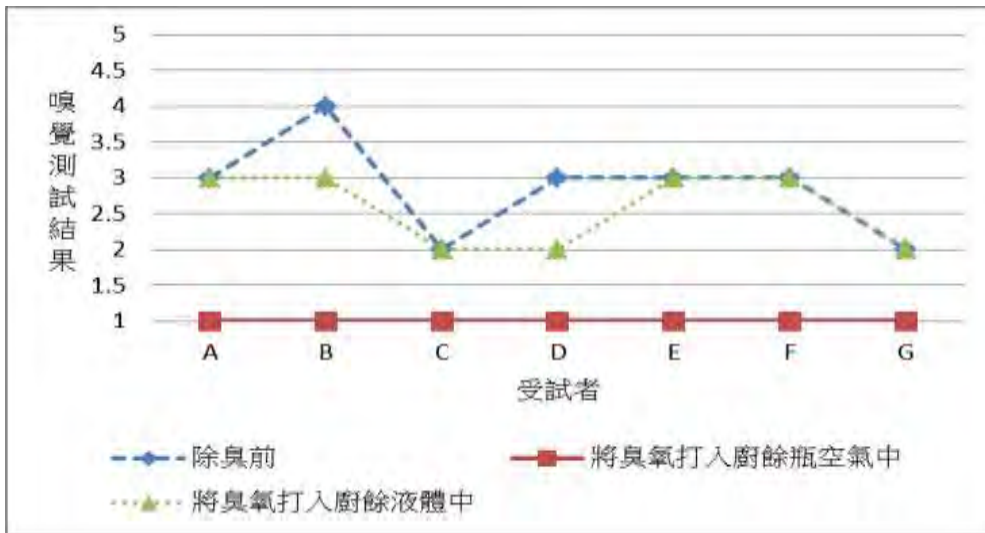
1. 廚餘汁製作 (方法同實驗二)。
2. 將綜合廚餘汁分別倒入 2 個錐形瓶中，另外取其中一個錐形瓶，放入 6g 二氧化錳後將薊頭漏斗插入橡皮塞中待用。
3. 取 30%過氧化氫 20ml 慢慢滴入漏斗，釋放出氧氣與臭氧。
4. 將氣體打入綜合廚餘汁的瓶中，計時 10 分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試 (嗅覺測試方法同實驗二)。



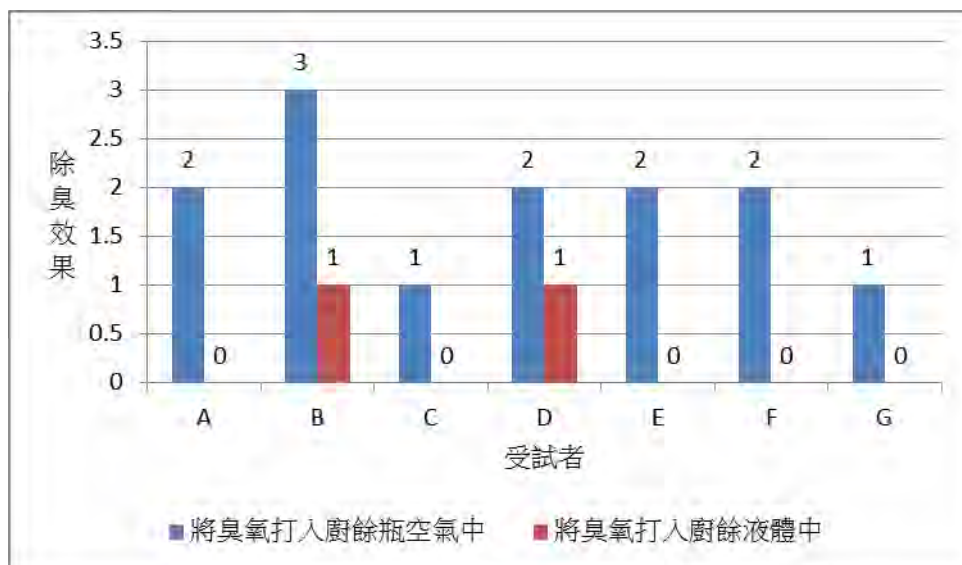
臭氧除臭裝置

兩種方式的實驗數據如下：(欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 效果越好)

受試者	將臭氧打入廚餘瓶空氣中的除臭效果	將臭氧打入廚餘液體中的除臭效果
A	2	0
B	3	1
C	1	0
D	2	1
E	2	0
F	2	0
G	1	0



臭氧嗅覺測試結果折線圖



臭氧除臭效果長條圖

結果與討論：

由上面 2 圖可以清楚知道將臭氧釋放在廚餘瓶空氣中的效果較佳。廚餘的發酵需經過陽光的照射，我們推估主要的發臭源是在廚餘的表面，導致臭味分子主要分布在空氣中，因此將臭氧通入空氣中能有較好的除臭效果。

(四) 臭氧除臭時效性：

由於廚餘會存放在廚餘桶內一段時間，我們不確定臭氧除臭的持久性，於是為了更進一步了解臭氧除臭，我們設計了這個實驗。我們使用了效果較好的方式，找 7 位受試者每 5 分鐘進行嗅覺測試。

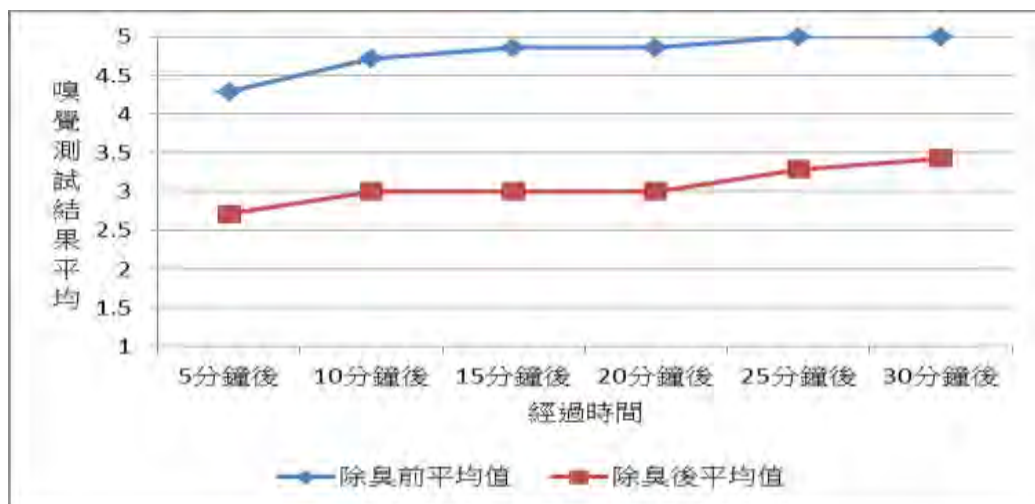
步驟：

1. 廚餘汁製作（方式同實驗二）。

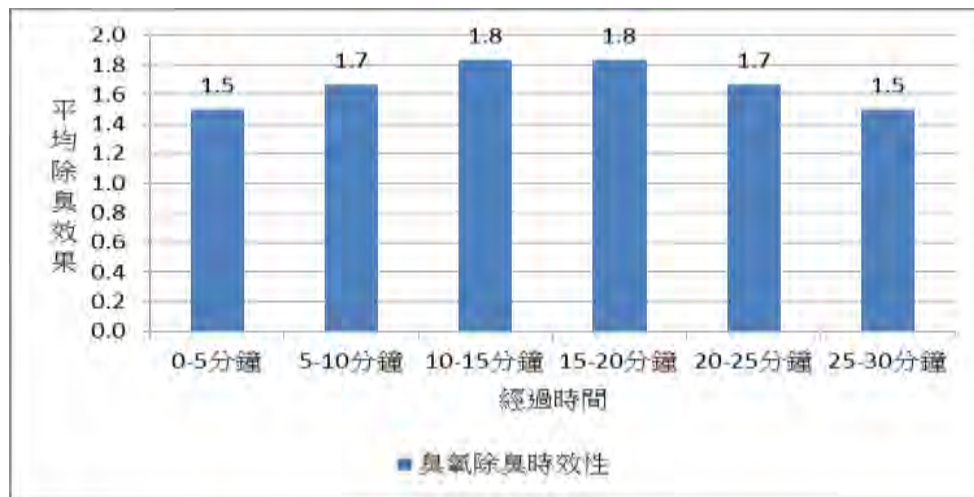
- 將綜合廚餘汁分別倒入 2 個錐形瓶中，另外取其中一個錐形瓶，放入 6g 二氧化錳後將蘆頭漏斗插入橡皮塞中待用。
- 取 30% 過氧化氫 20ml 慢慢滴入漏斗，釋放出氧氣與臭氧。
- 將氣體打入綜合廚餘汁的瓶中，計時 10 分鐘後，找 7 位受試者，每隔 5 分鐘進行一次嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

受試者 \ 靜置時間	5 分鐘後	10 分鐘後	15 分鐘後	20 分鐘後	25 分鐘後	30 分鐘後
A	2	2	2	2	2	2
B	2	2	2	2	2	2
C	1	1	2	2	2	1
D	1	1	1	2	1	1
E	3	2	2	2	2	2
F	1	2	2	1	1	1
G	1	2	2	2	2	2



臭氧時效性嗅覺測試結果平均折線圖



臭氧時效性平均除臭效果長條圖

結果與討論：

我們做了 0-30 分鐘的持續性實驗，發現臭氧除臭的穩定性佳。雖然 20 分鐘後效果略減，但差異不大。經由文獻查詢得知〔參閱文獻 5〕，臭氧能對細菌的細胞體直接氧化，及破壞其 DNA 而達到抑制的效果，對病毒的 RNA 亦有破壞作用，屬於不可逆的化學反應〔參閱文獻 10〕，這麼一來就不用擔心除臭過的廚餘經過一段時間後仍會發臭。

（五）光觸媒除臭：

進行了臭氧除臭後，可以得知效果佳，現在我們用另一種方法，也就是光觸媒除臭試驗其效果。實驗方式分為：

- 將光觸媒塗料塗在廣口瓶內壁
- 使用光觸媒噴霧噴灑於廣口瓶中

步驟：

1. 將光觸媒塗料塗在廣口瓶內壁：

- （1）廚餘汁製作（同實驗二）。
- （2）將廚餘汁分裝成兩瓶。
- （3）在油漆中添加重量百分濃度 10%的二氧化鈦微米級粉末均勻混合，並塗在其中一瓶廣口瓶內壁作為實驗組，未塗布油漆的作為對照組。
- （4）光照 10 分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

2. 使用光觸媒噴霧噴灑於廣口瓶中：

- （1）廚餘汁製作（同實驗二）。
- （2）將廚餘汁分裝成兩瓶。
- （3）選其中一罐裝有廚餘汁的廣口瓶，在杯口噴灑光觸媒噴霧 10 次，一次為 5g。

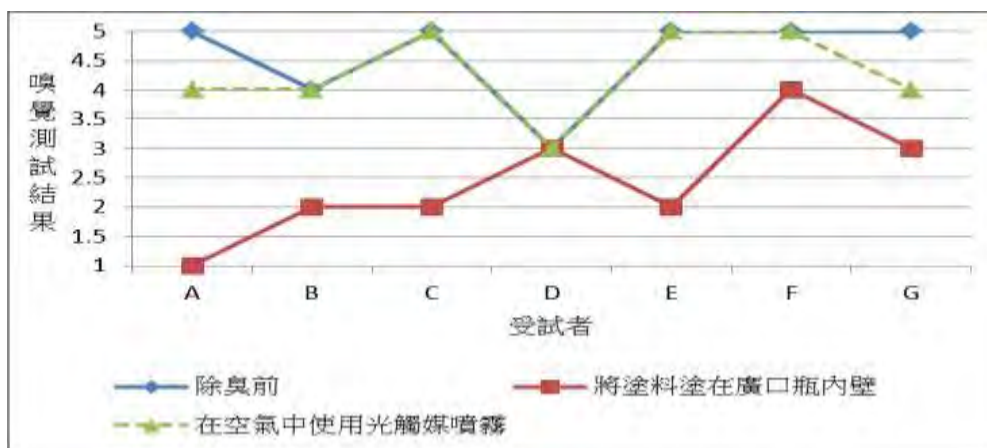
(4) 光照 10 分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。



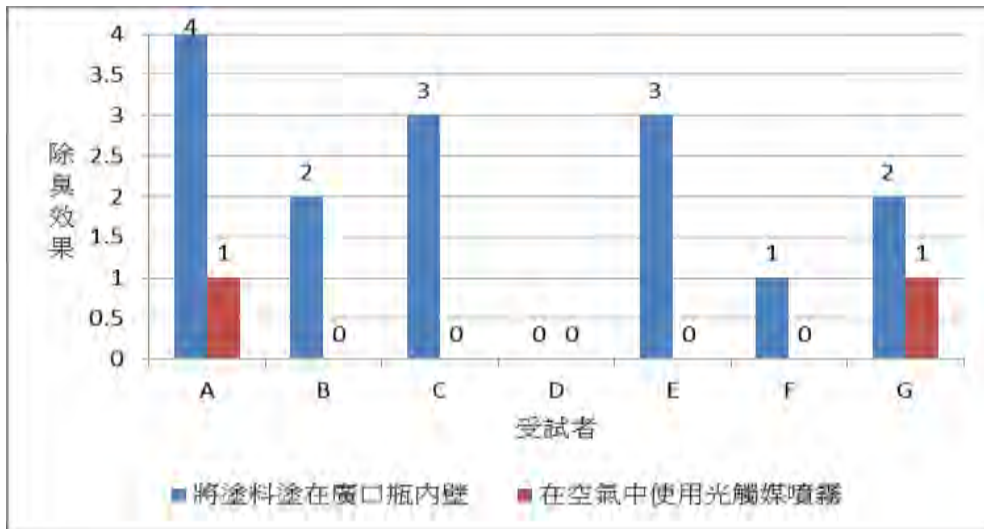
光觸媒除臭實驗

實驗數據如下：(欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好)

受試者	將塗料塗在廣口瓶內壁	在空氣中使用光觸媒噴霧
A	4	1
B	2	0
C	3	0
D	0	0
E	3	0
F	1	0
G	2	1



光觸媒嗅覺測試結果折線圖



光觸媒除臭效果長條圖

結果與討論：

由上圖可以知道將光觸媒塗料塗在廣口瓶內壁的效果較佳。光觸媒的除臭原理是在物體表面形成一層薄膜，透過光能的驅動，與附著在膜上的臭味分子進行氧化還原反應，因此我們認為若是將光觸媒噴灑在空氣中，因為二氧化鈦分子沉降至廚餘上，反而不能有效與空氣中的臭味分子結合，所以除臭效果較差。

(六) 光觸媒除臭時效性：

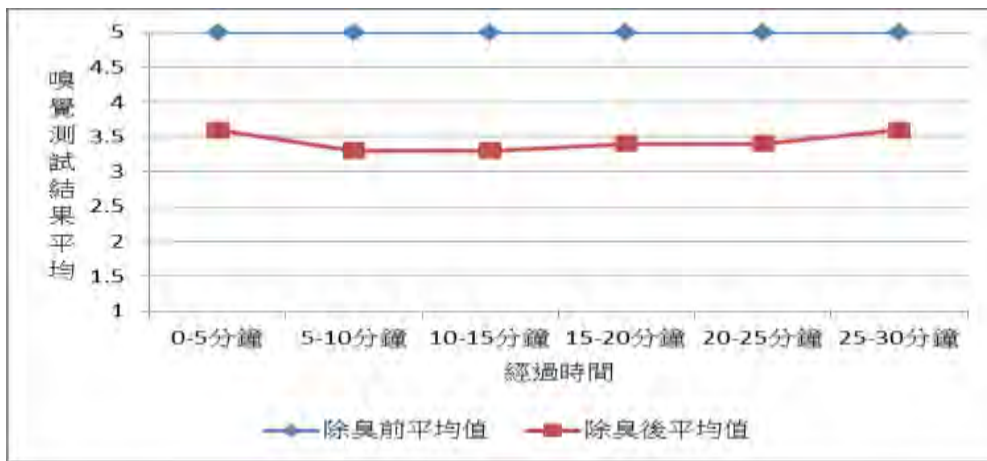
透過實驗，我們希望更深入探討光觸媒因時間的流逝，會不會影響其效果。因為在光觸媒除臭中得知將光觸媒塗料塗在廣口瓶內壁效果較好，所以這次實驗我們採用塗佈法。找 7 位受試者每 5 分鐘進行嗅覺測試。

步驟：

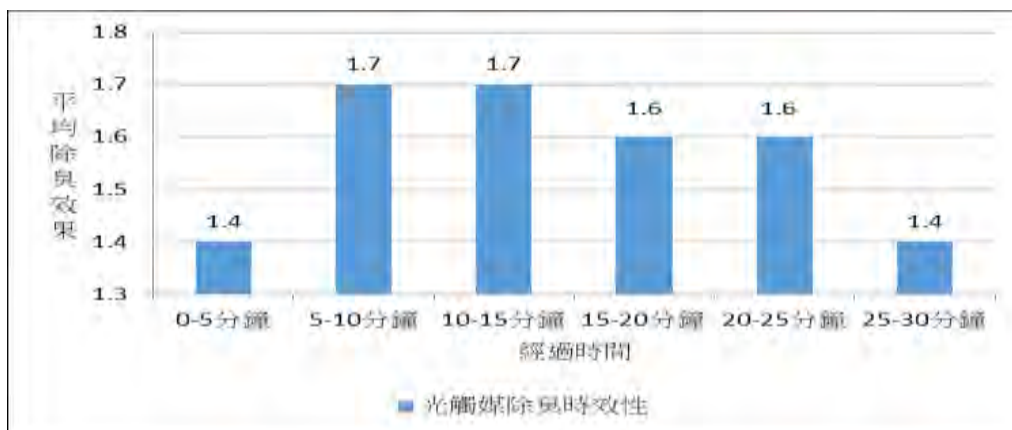
1. 廚餘汁製作（同實驗二）。
2. 將二氧化鈦與油漆以 10% 的比例均勻混合，並將光觸媒塗料塗在廣口瓶內壁。
3. 光照 10 分鐘後，找 7 位受試者，每隔 5 分鐘進行一次嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

靜置時間 受試者	0-5 分鐘	5-10 分鐘	10-15 分鐘	15-20 分鐘	20-25 分鐘	25-30 分鐘
A	2	2	1	1	2	1
B	1	2	2	1	2	2
C	1	2	2	2	2	1
D	0	1	1	1	1	1
E	2	2	2	2	1	1
F	2	2	2	2	2	2
G	2	1	2	2	1	2



光觸媒時效性嗅覺測試結果平均折線圖



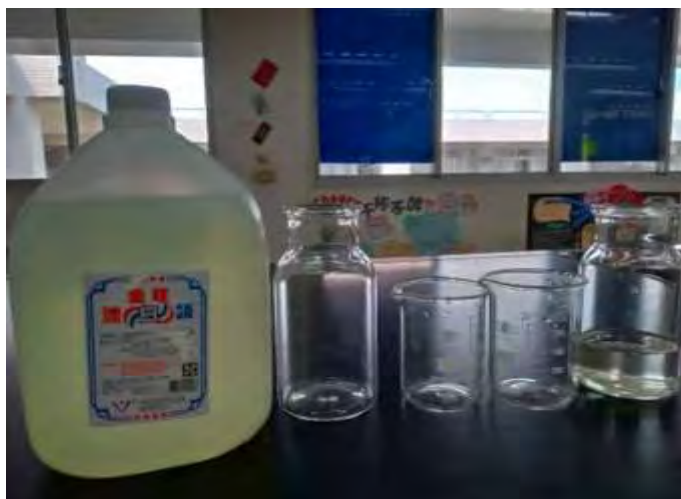
光觸媒時效性平均除臭效果長條圖

結果與討論：

由上表長條圖可以得知光觸媒除臭時效性佳，但無法主動消滅臭味分子，只能等到臭味分子附著於表面上才能將其消滅，因此可以用來輔助臭氧除臭。

(七) 漂白水除臭：

市面上常見到漂白水，主要成分為次氯酸鈉，因此我們用漂白水進行實驗，藉由實驗得出除臭效果。



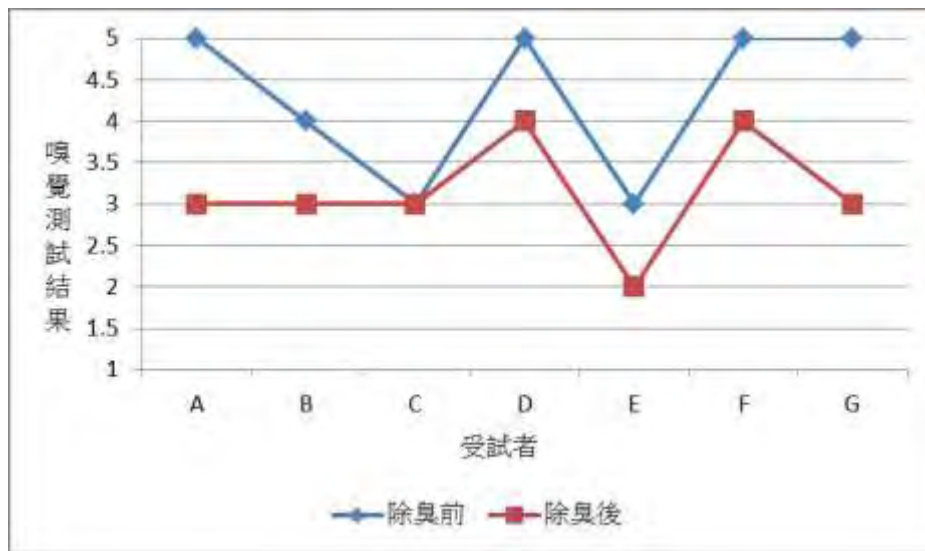
漂白水消臭實驗

步驟：

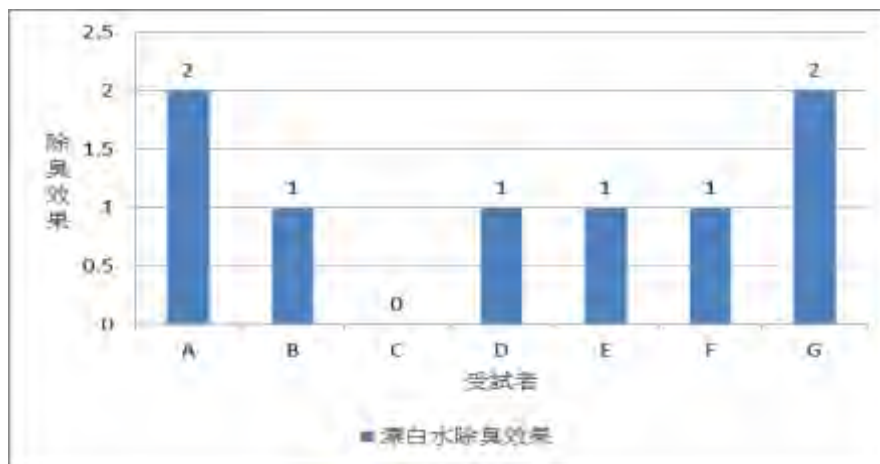
1. 廚餘汁製作（同實驗二）。
2. 將綜合廚餘汁平均分配成兩杯。
3. 加入 20ml 的漂白水，並加水至 500ml。
4. 取配好的漂白水 50ml 加入其中一杯綜合廚餘汁中，放置 10 分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

受試者	除臭效果
A	2
B	1
C	0
D	1
E	1
F	1
G	2



漂白水嗅覺測試結果折線圖



漂白水除臭效果長條圖

結果與討論：

實驗數據整理成上圖後可更清楚了解除臭前後差異。漂白水的除臭原理是利用氧化作用破壞細菌細胞壁，再進而殺死細菌。雖然除臭效果不錯，但經過查詢後發現，漂白水是導致中毒意外的殺手！對人體有極大殺傷力，對環境也會造成汙染，因此不建議使用。

(八) 漂白水除臭持久性：

效果的持久性是個很重要的因素，我們將配置完成的漂白水倒入廚餘液後，找 7 位受試者每 5 分鐘進行嗅覺測試。

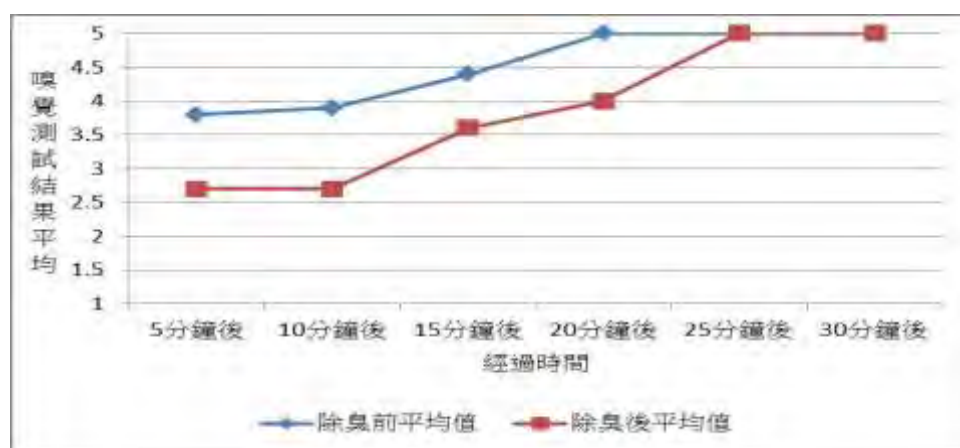
步驟：

1. 廚餘汁製作（同實驗二）。
2. 將綜合廚餘汁平均分配成兩杯。
3. 加入 20ml 的漂白水，並加水至 500ml。
4. 取配好的漂白水 50ml 加入其中一杯綜合廚餘汁中，放置 10 分鐘後，找 7 位受試者，每隔

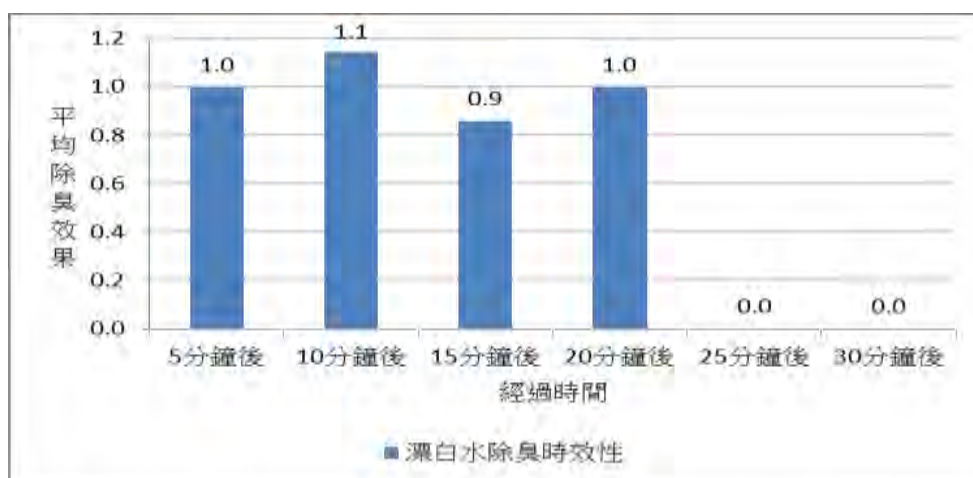
5 分鐘進行一次嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

受試者	靜置時間					
	5 分鐘後	10 分鐘後	15 分鐘後	20 分鐘後	25 分鐘後	30 分鐘後
A	2	2	1	1	0	0
B	0	0	1	1	0	0
C	1	0	0	1	0	0
D	1	2	1	1	0	0
E	0	0	1	1	0	0
F	1	2	1	1	0	0
G	2	2	1	1	0	0



漂白水時效性嗅覺測試結果平均折線圖



漂白水時效性平均除臭效果長條圖

結果與討論：

根據上圖能得知，雖然漂白水在短時間的除臭效果佳，但是經過一段時間放置後明顯感受到持久性效果較差，這也是我們不推薦使用的原因之一。

(九) 環境消臭抗菌劑除臭：



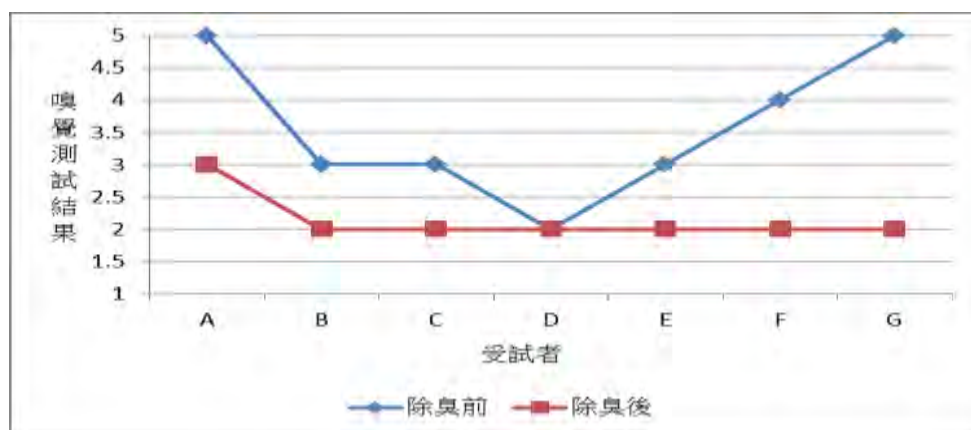
以 1:10 比例配製的抗菌劑和廚餘汁兩杯

步驟：

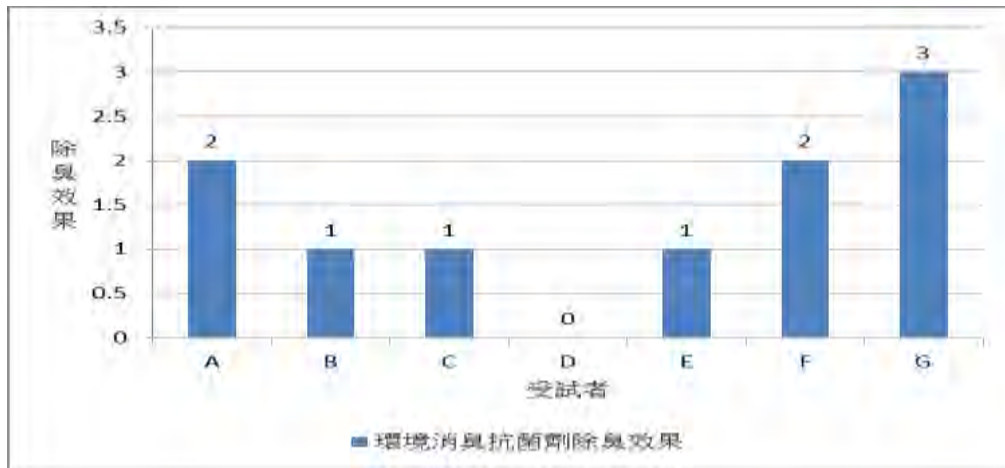
1. 廚餘汁製作（同實驗二）。
2. 依瓶上所示以 1：10 的比例配製消臭抗菌劑。
3. 錐形瓶中各裝 50ml 的綜合廚餘汁，加入抗菌劑 30ml。
4. 放置 10 分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

受試者	除臭效果
A	2
B	1
C	1
D	0
E	1
F	2
G	3



環境消臭抗菌劑嗅覺測試結果折線圖



環境消臭抗菌劑除臭效果長條圖

結果與討論：

將實驗數據整理成上面 2 圖後可更清楚瞭解除臭前後差異，由實驗得知，環境消臭抗菌劑的除臭效果頗佳。環境消臭抗菌劑就有如芳香劑，運用其味道以遮蔽臭味。但由於產品本身有藥水味，所以混合整體味道表現不是很好。

(十) 環境消臭抗菌劑除臭持久性：

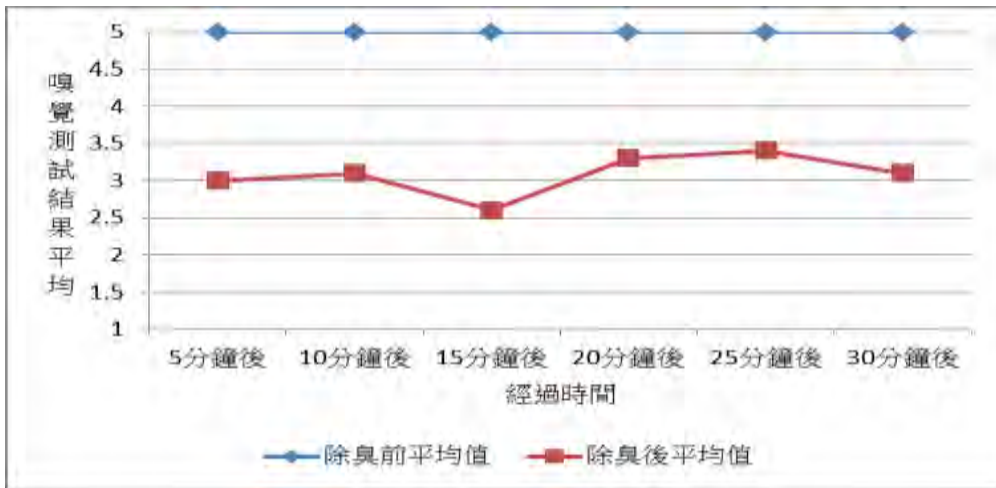
實驗完環境消臭抗菌劑除臭效果後，我們得知其效果佳，為了更深入瞭解與比較，因此設計此實驗來了解其時效性。進行除臭後，找 7 位受試者每 5 分鐘進行嗅覺測試。

步驟：

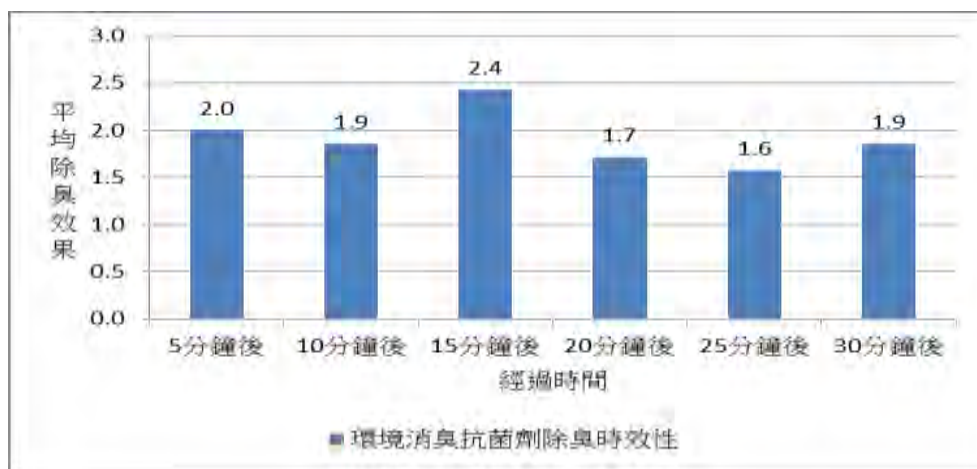
1. 廚餘汁製作（同實驗二）。
2. 依瓶上所示以 1：10 的比例配製消臭抗菌劑。
3. 錐形瓶中各裝 50ml 的綜合廚餘汁，加入抗菌劑 30ml。
4. 放置 10 分鐘後，找 7 位受試者，每隔 5 分鐘進行一次嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

受試者 \ 靜置時間	靜置時間					
	5 分鐘後	10 分鐘後	15 分鐘後	20 分鐘後	25 分鐘後	30 分鐘後
A	2	2	2	1	2	2
B	3	2	3	2	2	2
C	1	2	2	1	2	1
D	2	1	2	2	1	2
E	2	2	3	2	1	2
F	1	2	3	2	1	2
G	3	2	2	2	2	2



環境消臭抗菌劑時效性嗅覺測試結果平均折線圖



環境消臭抗菌劑時效性平均除臭效果長條圖

結果與討論：

我們做了 0-30 分鐘的持續性實驗，發現環境消臭抗菌劑進行除臭的穩定性佳。但由於產品本身有藥水味，混合後味道並不佳，因此不建議採用。

(十一) 不同廚餘經由臭氧除臭的效果：

居家有許多形形色色的廚餘，這些都成了許多人的煩惱。於是我們將各式廚餘分類，測試哪一種廚餘，能在同一個除臭方法（臭氧）下，達到最佳效果。選擇臭氧除臭是因為此經實驗後效果比其他方式佳。



廚餘汁製作



各種廚餘汁

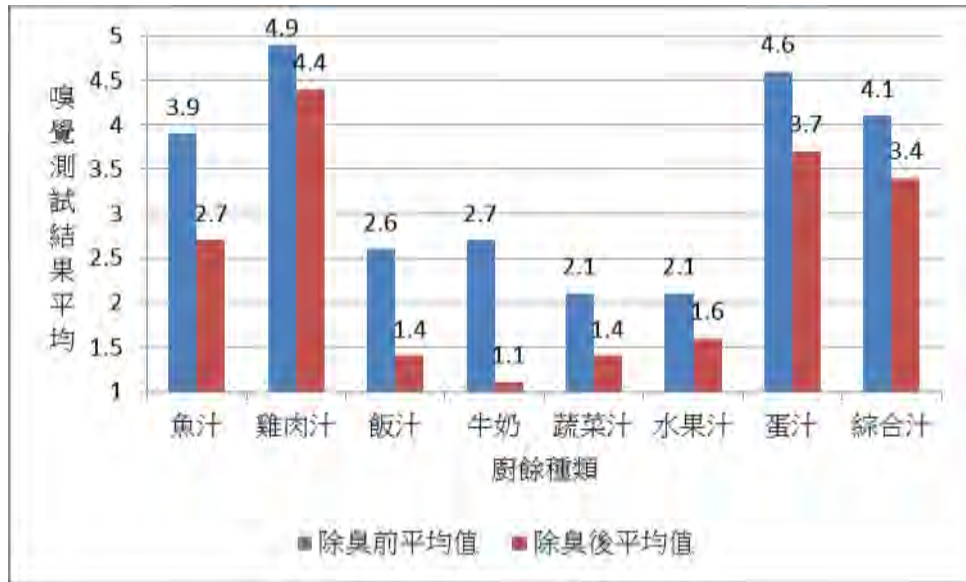
步驟：

1. 製作 8 種廚餘汁，分別為魚、雞肉、蛋、牛奶、飯、蔬菜、水果、綜合汁。
2. 將 8 種廚餘汁各先倒一半出來作為對照組，另一半廚餘汁作為實驗組，且分成兩批進行實驗。
3. 放置 24 小時（模擬等待垃圾車的時間）後，確認都已經發臭。
4. 製作臭氧：
 - (1) 把 6g 的二氧化錳裝在乾淨錐形瓶當中。
 - (2) 塞上橡皮塞，並在橡皮塞插入薊頭漏斗。
 - (3) 使用橡皮導管連接裝有廚餘汁的錐形瓶。
 - (4) 製作以上 8 組。
5. 取各種廚餘汁的其中一杯進行臭氧除臭（將臭氧釋放於廚餘瓶中）。
6. 將放置二氧化錳的錐形瓶 8 組，同時將 20ml / 30% 雙氧水倒入，計時 10 分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。

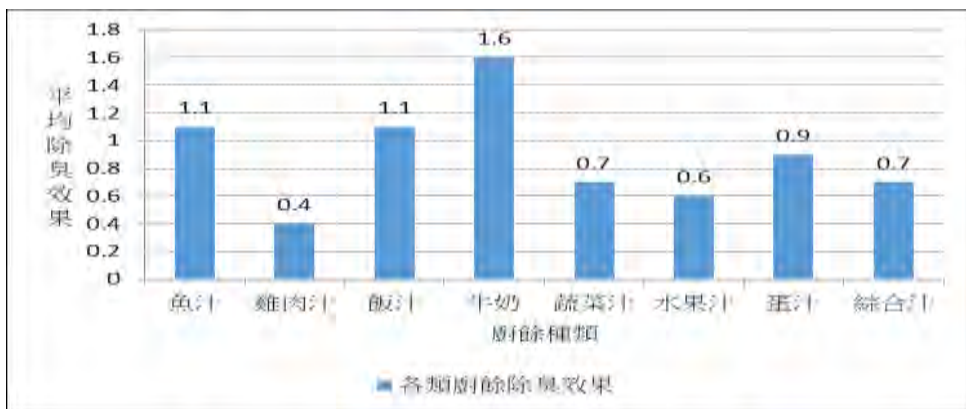
八種廚餘汁除臭後實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

廚餘汁 受試者	魚汁	雞肉汁	飯汁	牛奶	蔬菜汁	水果汁	蛋汁	綜合汁
A	1	0	1	1	0	1	-1	1
B	1	0	2	2	0	0	-1	1
C	-2	0	0	3	1	1	2	0

D	2	0	1	1	2	0	1	2
E	4	1	2	2	2	1	1	1
F	1	1	1	2	0	1	2	0
G	1	1	1	0	0	0	2	0



臭氣對各種廚餘汁的嗅覺測試結果平均長條圖



臭氣對各種廚餘汁的平均除臭效果長條圖

結果與討論：

將上表整理為長條圖後，由效果好到差為牛奶 > 飯汁 = 魚汁 > 蛋汁 > 蔬菜汁 = 綜合汁 > 水果汁 > 雞肉汁，能從中得知，牛奶在同樣除臭效果下效果最好。

(十二) 雙效除臭的效果及持久性：

經過前面的實驗結果，我們發現臭氧及光觸媒的除臭效果佳，而我們也想到用這兩種除臭方式結合，設計一個能夠雙效除臭的廚餘桶。於是，我們做了此實驗，去比較原始「只用臭氧除臭」以及「臭氧與光觸媒一起除臭」，兩者在長時間下除臭效果的差異。

步驟：

1. 廚餘汁製作（同實驗二）。
2. 取三個 1L 燒杯，其中一個燒杯內壁塗佈光觸媒塗料，在三杯各加入 300ml 廚餘汁。
3. 三杯編號：A 為對照組，不經除臭；B 為實驗組，只經臭氧除臭；C 為實驗組，內壁塗佈光觸媒塗料，經臭氧及光觸媒雙效除臭。
4. 取錐形瓶，放入 6g 二氧化錳後將薊頭漏斗插入橡皮塞中待用，製備以上的兩組錐形瓶，並將導管分別放入 B 燒杯及 C 燒杯，三杯均需加蓋（C 燒杯蓋子裝設 UV-LED 燈，供光觸媒反應）。
5. 將 30% 過氧化氫 20ml 分別同時慢慢滴入 B、C 燒杯實驗的漏斗，釋放出氧氣與臭氧重複做 3 批廚餘。
6. 每隔 1 小時後，找 3 位受試者分別對 A、B、C 燒杯進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。



雙效除臭的效果及持久性實驗

實驗數據如下：（欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近 4 代表效果越好）

燒杯	B 燒杯 (O ₃)	C 燒杯 (O ₃ +TiO ₂)
間隔時間		
1 小時	2.3	3.3

2 小時	2.3	3.3
3 小時	2.7	3.3
4 小時	2.3	3.7



臭氧除臭與雙效除臭平均除臭效果比較長條圖

結果與討論：

將表格做成長條圖後，可以明顯觀察到臭氧與光觸媒雙效除臭的效果較好，比起單獨只有利用臭氧除臭，效果提升了約 40%（將每小時 B、C 燒杯除臭效果的差值除以 B 燒杯除臭效果，換成百分率後再將 4 個小時的數值取平均，即得出此數據）。而經過四個小時長時間測試，兩者的除臭效果皆未縮減。因此這實驗更讓我們確立雙效除臭廚餘桶的想法，並且肯定其除臭的效果及時效性。

（十三）雙效除臭廚餘桶的效果與時效性（真實樣品測試）

為了得知我們製作的廚餘桶是否能真實為家庭廚餘帶來除臭的效果，因此我們用 1.5L、3.0L 的廚餘量進行實驗，模擬家中廚餘桶中廚餘量隨時間逐漸增加的真實情況。

步驟：

1. 製作廚餘汁（同實驗二），將 1.5L 的廚餘汁倒入廚餘桶中。
2. 將裝有 6g 二氧化錳的燒杯固定於廚餘桶內，倒入 30%、20ml 的雙氧水。
3. 靜置十分鐘後，找 7 位受試者進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。
4. 放置一天，加入廚餘至 3.0L，加入臭氧，再進行嗅覺測試（嗅覺測試方法同實驗二）。
5. 重複做 3 批廚餘。



將廚餘倒入一般廚餘桶



將燒杯置於廚餘桶內，產生臭氧反應



產生臭氧反應中



左為對照組，右為實驗組



搗嗅法聞廚餘臭味



7 位受試者輪流聞臭味

除臭後數據如下：(欄中數字為除臭效果，即除臭前後差值，越接近4代表效果越好)

	第一批	第二批	第三批	平均除臭效果
1.5L 廚餘 (即第一天)	2.6	3.1	3.2	2.9
3.0L 廚餘 (即第二天)	1.1	1.4	2.2	1.6



自發電雙效除臭廚餘桶平均除臭效果長條圖

結果與討論：

將資料做成長條圖後，可以更清楚的發現廚餘量對除臭效果影響不大，且時效性也不錯。我們將廚餘放了一天及兩天後，發現除臭效果有略減，但影響不大，仍保有一定程度的除臭效果，足以達到我們的需求。透過此實驗，也讓我們更確定此廚餘桶的可行性。

伍、 結論

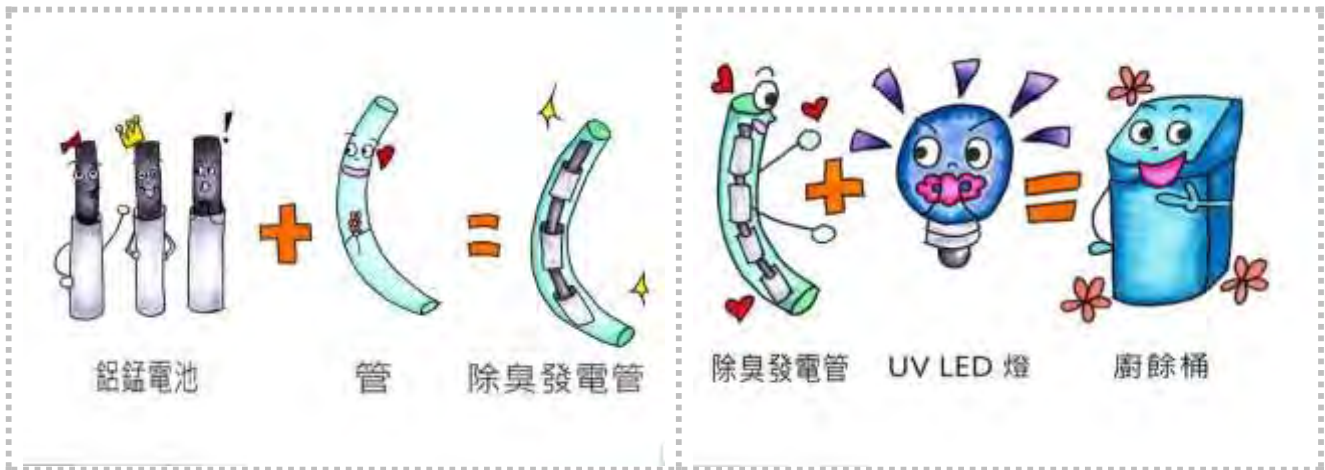
- 一、 臭氧的生成，必須在較高的反應速率下才能形成，因此我們認為藉由改變反應物濃度與增加催化劑的含量，在高濃度過氧化氫(28%，20mL)及6克二氧化錳的催化下即可以加速反應的進行，進而提高臭氧的相對濃度，達到最佳的除臭效果。
- 二、 廚餘的發臭是需要經由光線照射，加上微生物的反應，因此底層的廚餘由於陽光被隔絕，發臭的機率較低，所以我們推估主要的發臭來源是表層的廚餘發酵，產生臭味分子散播到空氣中，因此將臭氧置於空氣中能達到較好的效果。
- 三、 光觸媒的除臭效果佳，持久性也不錯。另外，光觸媒是屬於較為被動的除臭方式，須等到臭味分子附著後，以及紫外線的照射才能進行分解，因此我們決定將光觸媒作為臭氧除臭的輔助。

- 四、 漂白水的短期除臭效果較好，但對於生物體或是環境會造成傷害；而環境消臭抗菌劑本身具有藥水味，且成分較為複雜，可能有汙染廚餘的疑慮，因此我們不建議採用。
- 五、 以二氧化錳催化過氧化氫產生微量臭氧的除臭效果佳，但由於本研究沒有標準品測定臭氧的真正濃度，僅以分光光度計的結果比較臭氧的相對濃度，故無法評估臭氧的瞬間濃度是否高於法定容許值。
- 六、 臭氧與光觸媒雙效除臭的效果良好，比起單獨只有利用臭氧除臭，效果提升了約 40%。根據文獻，我們發現臭氧與二氧化鈦的除臭是互補的，臭氧無法消除的臭味分子（短鏈脂肪酸、有機酸及芳香族），光觸媒可以將之消滅，因此可以使得除臭效果更加完整。
- 七、 自發電雙效除臭廚餘桶的效果及時效性都相當不錯，不論是廚餘體積的增加，抑或是放置時間的延長，都不太影響廚餘桶的性能。由此可知，自發電雙效除臭廚餘桶具備著良好的除臭效果，對於廚餘的處理有良好的功效。
- 八、 第一代與第二代廚餘桶的設計，最主要的差別在於除臭管的改良與擺設位置的轉換：我們在製作第一代時發現原本的設計在廚餘量漸漸增加時會遮住除臭管的氣體排出口，導致臭氧無法排出，而雙氧水會噴濺出來，同時也會擋住光觸媒，讓光觸媒無法反應，使得除臭無法順利進行；此外，在傾倒時也會讓除臭管中電池內的二氧化錳掉落出來，汙染了廚餘。因此我們設計了第二代的廚餘桶，我們將除臭管換成除臭盒以磁吸的方式裝在廚餘桶的蓋子上，解決廚餘傾倒時的問題，也將光觸媒改塗在廚餘桶蓋上，避免廚餘漸多時會影響反應的進行。透過將所有設計全部放在蓋子上，便不需要固定的桶子，只要有這個蓋子便能消除廚餘的惡臭。

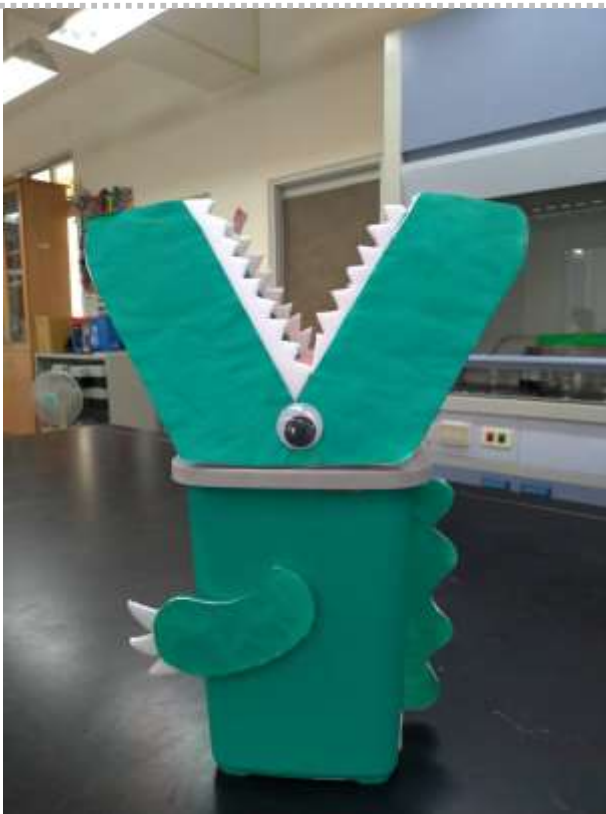
陸、 未來展望

本次研究的最大特色，即是將臭氧與光觸媒合而為一，做一個雙效除臭的廚餘桶，更重要的是，無須額外提供外接式電源便能重複使用。我們希望這個裝置能適用於各種不同的廚餘桶，以及對各種臭味成分均能有效去除。我們未來會著眼於解決廚餘桶大小對於這個裝置的使用限制問題，以及廚餘的臭味中，仍有少部分較難去除的異味，例如：有機酸味道。此外，在長效性測試部分也希望多做一些真實樣品，以增加有效的樣本數。若能達到上述目標，相信這個研究就不僅只是一個作品，而能成為真正的產品與商機。

除臭發電管和雙效除臭廚餘桶作品設計圖：



自動發電雙效除臭廚餘桶製作完成圖：
第一代廚餘桶：



廚餘桶完成圖



廚餘桶與光觸媒所需的 UV LED 燈



除臭管安裝於廚餘桶內部



UV LED 燈並聯接於廚餘桶上蓋



除臭管串聯測得的電壓



除臭管點亮 UV LED

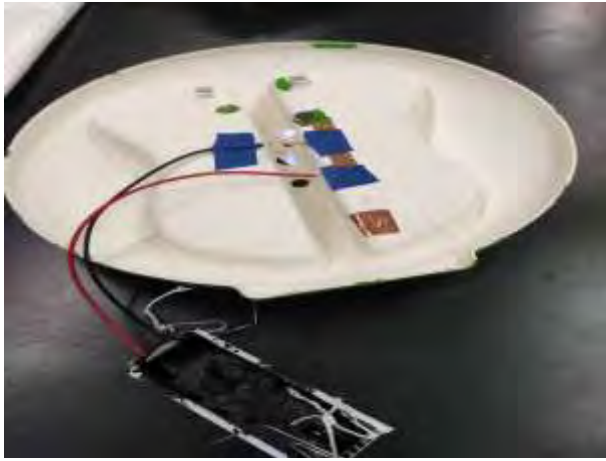
第二代廚餘桶：



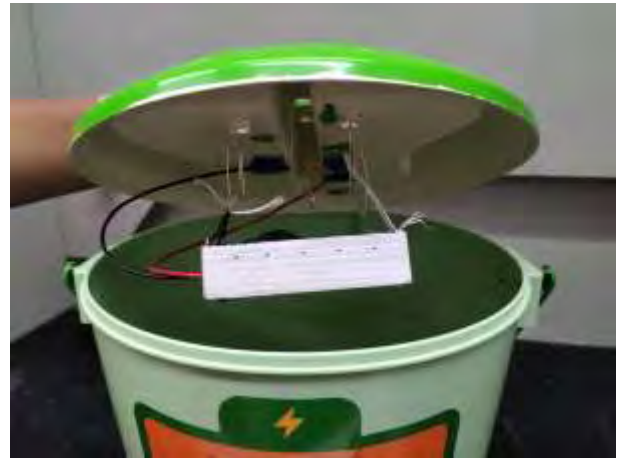
新式發電盒



測試單顆電池電壓



將臭氧與光觸媒除臭裝置安裝於蓋子上



利用政府發放的廚餘桶直接改造

柒、 參考資料及其他

1. 每日頭條（2018/7/21）－臭氧濃度的檢測方法，取自 <https://kknews.cc/home/ggnxrlm.html>
2. 科技大觀園（2004/04/12）－奈米科技與二氧化鈦光觸媒，取自 <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/hDWP.html>
3. 科志樺（2016），以臭氧洗滌法去除餐飲排氣異味之研究，國立中山大學環境工程研究所碩士論文
4. 維基百科－碳鋅電池，取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/碳鋅電池>
5. 維基百科－臭氧，取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/臭氧>
6. 維基百科－分光光度計，取自 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/分光光度法>
7. 蘇裕昌（2014），生活環境中主要的臭味成分及臭味的去除，國立中興大學森林學系
8. 科技大觀園(2019/02/15)－排氣異臭味的控制，取自 <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sTV3.htm>
9. 衛生福利部疾病管制署（2018/08/05），取自 <https://www.cdc.gov.tw/professional/page.aspx?treeid=beac9c103df952c4&nowtreeid=a5b7d158096f2d97>
10. 國中自然與生活科技課本（第四冊）第二章：氧化還原反應（翰林版）

【評語】 032916

本研究將臭氧與光觸媒合而為一，設計製作一雙效除臭的廚餘桶，具創意巧思。研究將二氧化錳製作成伏打電池，讓二氧化錳同時扮演催化劑與伏打電池正極的雙重角色，設計出不需插電就能同時擁有臭氧與光觸媒兩種除臭效果的廚餘桶，研究中利用受試者來進行臭味消除效果的評估，發現此廚餘桶對不同廚餘的除臭功能不同，此作品的概念有應用性，但除臭能力是否達可接受的程度也應評估。

摘要

本次研究利用自然與生活科技上課時所學的過氧化氫經催化產生微量臭氧，針對不同的臭味來源作除臭效果的研究。並結合時下常見的光觸媒除臭方式，以達到雙重除臭效果的最佳化。

研究結果顯示，在高濃度過氧化氫（28%，20mL）及6克二氧化錳的催化下所產生的微量臭氧，便足以有效去除各種廚餘臭味。

在實際應用上我們將二氧化錳填入伏打電池中，讓二氧化錳同時扮演催化劑與伏打電池正極的雙重角色，設計出既環保且可以重複使用的自動發電除臭管，提供光觸媒除臭所需的電源，我們將它稱為：自動發電雙效除臭廚餘桶。

壹、研究動機

俗話說：「民以食為天」，隨著食物的生產，每年也產生了大約13億噸的廚餘。這些廚餘經由細菌分解後發出惡臭，讓大眾避之唯恐不及，加上亞洲地區正爆發著豬瘟疫情，大家對廚餘養豬有著疑慮，這對廚餘的量無疑是雪上加霜。

在學校裡，我們經常被推派為倒廚餘的小幫手，一桶接著一桶的廚餘，不僅臭氣沖天、廚餘的量更是大到讓我們驚嘆連連、印象深刻。我們利用下列心智圖研究過廚餘處理的方式，發現無論該如何處理廚餘，都會經歷一段保存的過程，這讓我們將本次研究的首要目標訂為：如何消除廚餘保存時發出的惡臭。於是我們開始蒐集各種消除臭味的方式，希望找出既環保又能有效去除廚餘異味的方法，讓廚餘的保存環境得到改善，也讓自己與同學、家人在倒廚餘時能夠輕輕鬆鬆，沒有負擔。



廚餘廚臭心智圖

貳、研究目的

一、探討各種除臭方式對廚餘除臭的效果：

(一) 探討臭氧對廚餘除臭的效果：

1. 不同濃度與臭氧產生的效果（操作變因：雙氧水濃度、二氧化錳克數）
2. 不同濃度對除臭效果的影響（操作變因：雙氧水濃度、二氧化錳克數）
3. 氣體通入不同位置對除臭效果的影響（操作變因：廚餘中、空氣中）
4. 臭氧除臭的時效性
5. 臭氧對不同廚餘的除臭效果（蔬果、魚、肉 等）

(二) 探討光觸媒對廚餘除臭的效果：

1. 不同方式對除臭效果的影響（操作變因：直接噴灑法、塗佈法）
2. 光觸媒除臭的時效性

(三) 其他除臭方式的研究：

1. 環境消臭抗菌劑除臭及時效性
2. 次氯酸鈉漂白水除臭及時效性

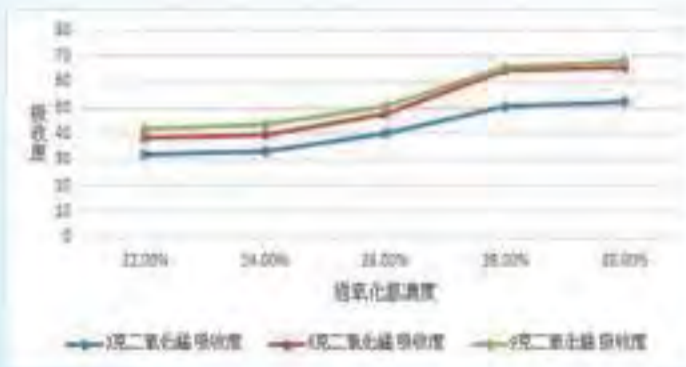
二、分析不同除臭方式的優缺點，找出最佳的除臭組合

三、設計一組能重複使用，並能結合廚餘桶的簡易除臭裝置



參、研究過程、結果與討論

(一) 臭氧濃度的成色變化：



過氧化氫濃度對於570nm可見光吸收度折線圖

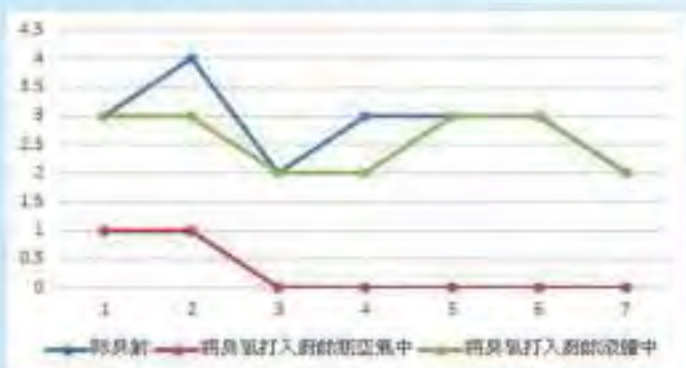
(二) 臭氧濃度對除臭效果的比較：

平均除臭效果公式如右： $(A_{前}-A_{後}) + (B_{前}-B_{後}) + \dots + (G_{前}-G_{後})$



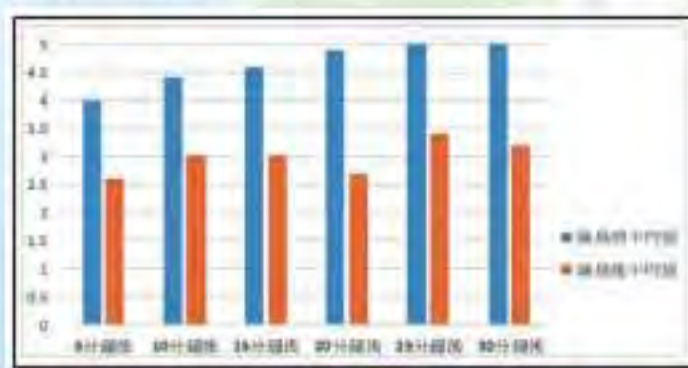
改變過氧化氫濃度與二氧化錳質量對於平均除臭效果之長條圖

(三) 臭氧通入不同位置的除臭效果：



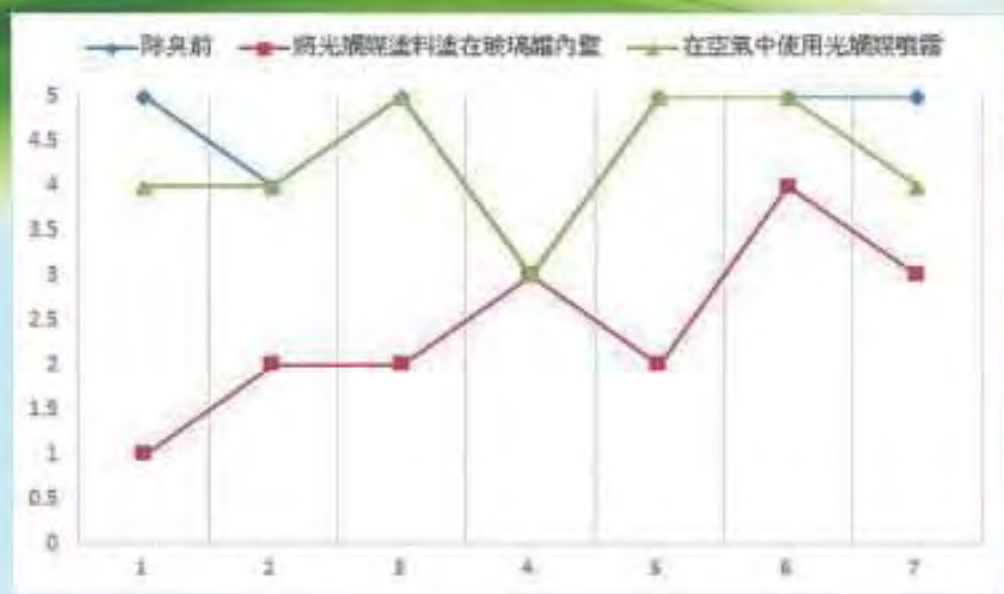
臭氧通入不同位置對於除臭效果的比較圖

(四) 臭氧除臭時效性：



臭氧通入廚餘30分鐘內的除臭效果長條圖

(五) 光觸媒除臭：



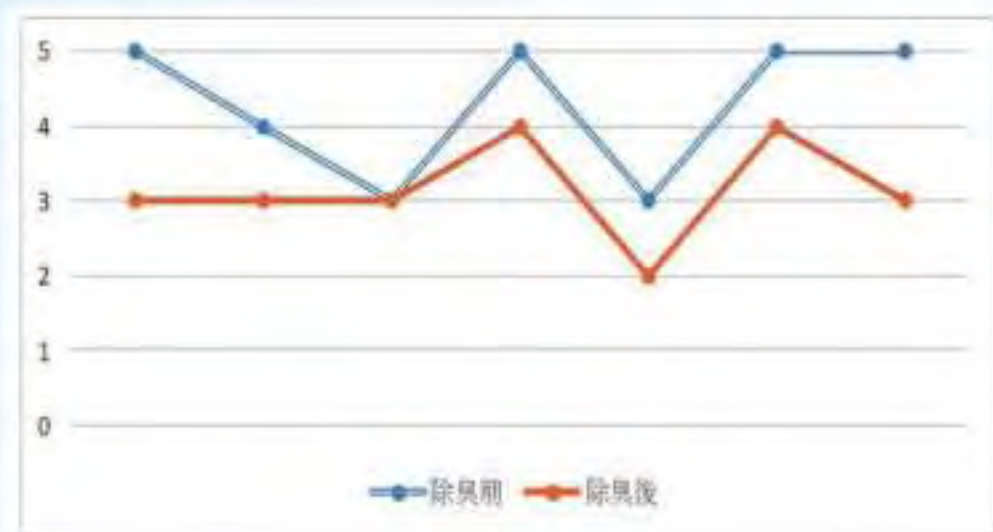
(橫坐標1至7代表受試者A至G，縱坐標表示臭味程度)

(六) 光觸媒除臭時效性：



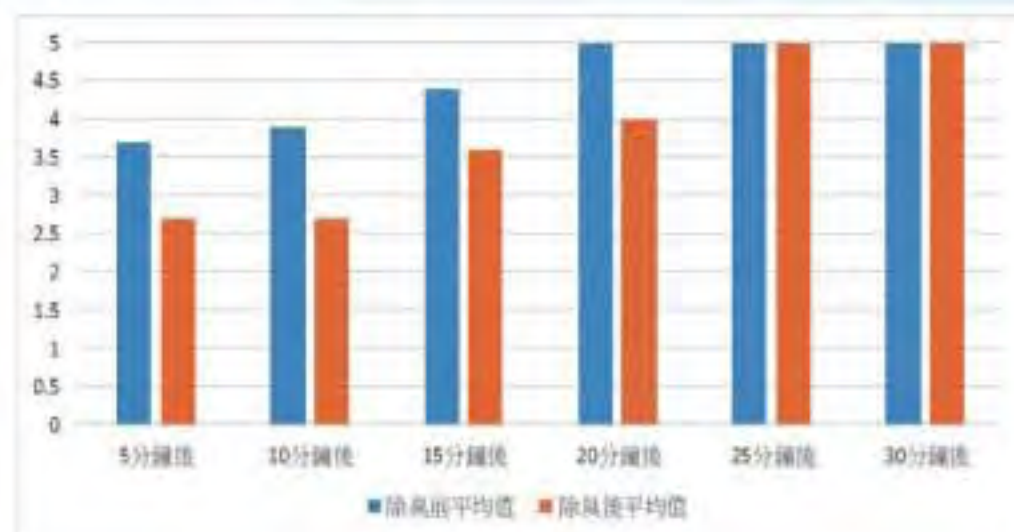
光觸媒除臭30分鐘內效果比較圖

(七) 漂白水除臭：



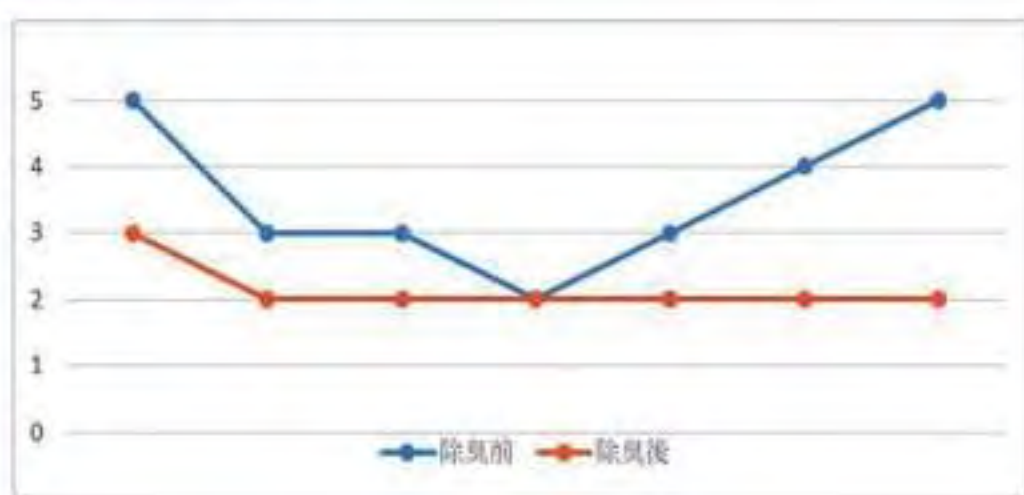
漂白水除臭效果折線圖

(八) 漂白水除臭持久性：



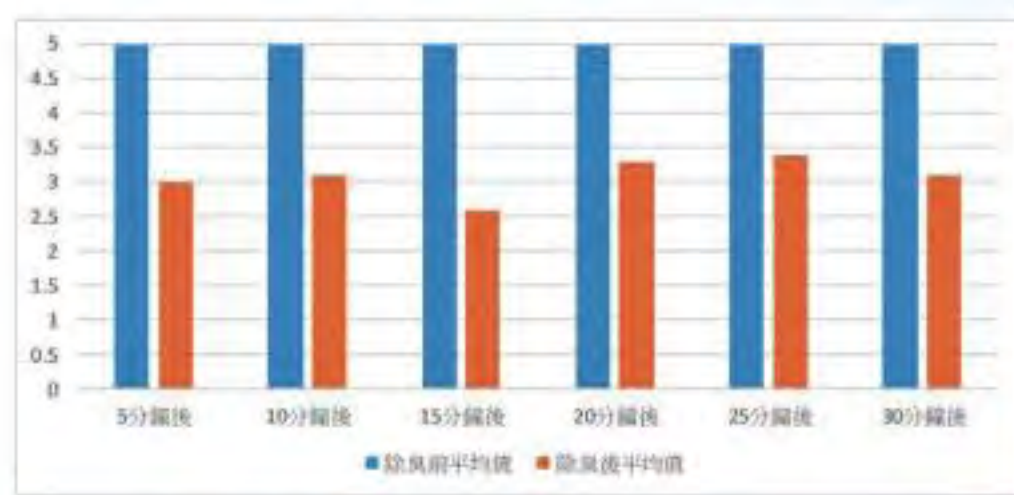
漂白水除臭30分鐘內效果比較圖

(九) 環境消臭抗菌劑除臭：



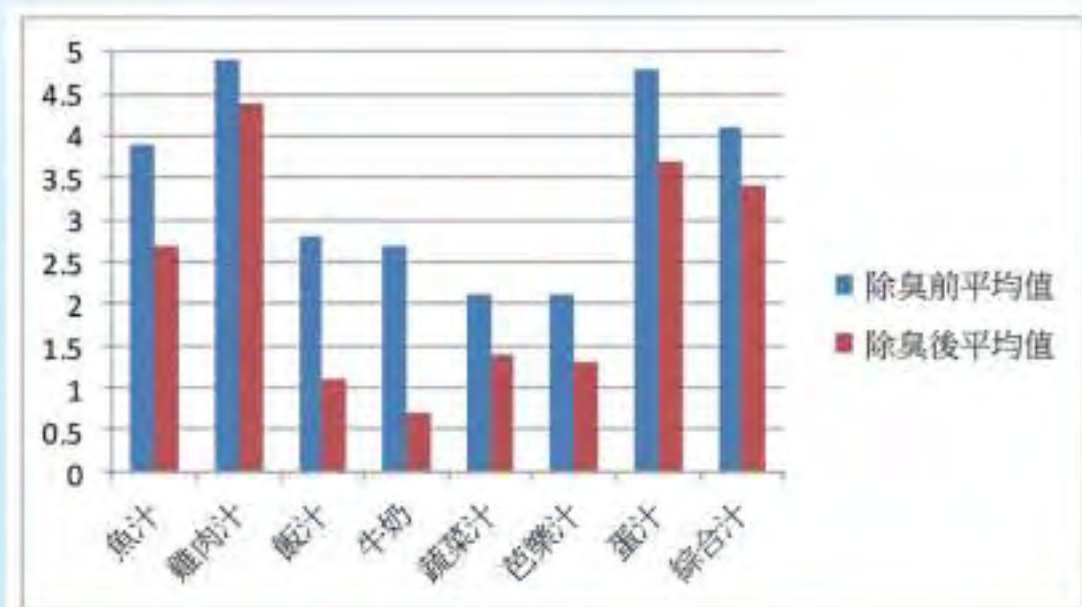
環境消臭抗菌劑除臭效果折線圖

(十) 環境消臭抗菌劑除臭持久性：



環境消臭抗菌劑除臭30分鐘內效果比較圖

(十一) 不同廚餘經由臭氧除臭的效果：



不同種類廚餘經由臭氧除臭的平均除臭效果比較圖



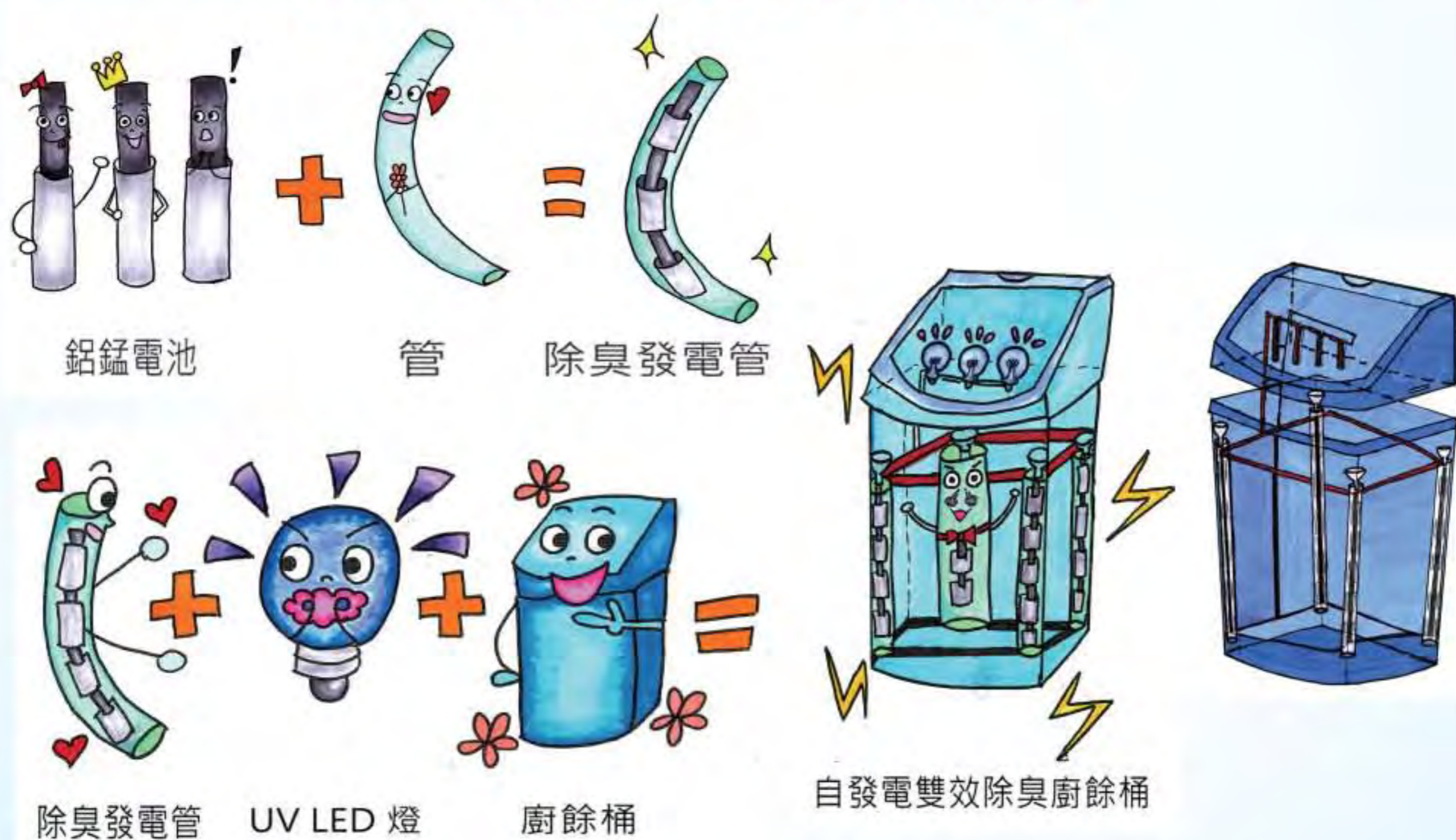
肆、結論

- 一、臭氧的生成，必須在較高的反應速率下才能形成，因此我們認為藉由改變反應物濃度與增加催化劑的含量，在高濃度過氧化氫（28%，20mL）及6克二氧化錳的催化下即可以加速反應的進行，進而提高臭氧的生成量，達到最佳的除臭效果。
- 二、廚餘的發臭是需要經由光線照射，加上微生物的反應，因此底層的廚餘由於陽光被隔絕，發臭的機率較低，所以我們推估主要的發臭來源是表層的廚餘發酵，產生臭味分子散播到空氣中，因此將臭氧置於空氣中能達到較好的效果。
- 三、光觸媒的除臭效果佳，持久性也不錯。另外，光觸媒是屬於較為被動的除臭方式，須等到臭味分子附著後，以及紫外線的照射才能進行分解，因此我們決定將光觸媒作為臭氧除臭的輔助。
- 四、漂白水的短期除臭效果較好，但對於生物體或是環境會造成傷害；而環境消臭抗菌劑本身具有藥水味，且成分較為複雜，可能有汙染廚餘的疑慮，因此我們不建議採用。
- 五、以二氧化錳催化過氧化氫產生微量臭氧的除臭效果佳，但由於本研究沒有標準品測定臭氧的真正濃度，僅以分光光度計的結果比較臭氧的相對濃度，故無法評估臭氧的瞬間濃度是否高於法定容許值。

伍、未來展望

為了達到可重複使用的功能，我們在實驗的最後又突發奇想，讓二氧化錳不僅是過氧化氫的催化劑，更可以當作是伏打電池的正極。因此我們嘗試將兩者結合，自製了簡易的伏打電池，並滴入雙氧水，發現臭氧可以如期產生，而此電池也能產生足夠的電壓與電流供UV-LED燈使用，以產生光觸媒的反應。因此自動發電雙效除臭廚餘桶就此誕生，不需外接電源，材料也不難取得，也能有良好的除臭效果，是家家戶戶處理廚餘的好幫手。

除臭發電管和雙效除臭廚餘桶作品設計圖：



自動發電雙效除臭廚餘桶製作完成圖：

