

# 2013 臺灣國際科學展覽會

## 優勝作品專輯

作品編號 120008

參展科別 環境科學科

作品名稱 察魚觀色-自製電化學儀器偵測魚肉中的  
CO 含量

得獎獎項 四等獎

就讀學校 高雄市立高雄女子高級中學

指導教師 王俊豪

作者姓名 戴瑜葶、許宏德、林宥成

關鍵字 CO、自製電化學儀器

---

## 作者簡介



我叫作戴瑜葶，就讀高雄女中三年級。生長在高雄市的我，有如高雄陽光般開朗的個性和樂觀的心態。自幼對自然學科抱有極大的興趣，因此從國中就開始參加各種科學競賽，包含科展、獨立研究等等。因有強烈的好奇心與追根究底的精神，常常自己發現問題並尋求解決方法。高中三年曾獲 2011 年中學生小論文寫作化學科特優等獎項。



我的名字叫許宏德，今年就讀高雄中學普通班，個性開朗，活潑，喜愛參加戶外活動，曾經參加過高雄市化學科科展比賽，對於動手操作實驗的樂趣深深著迷，在科展的活動中我學到的是合力去完成一件事情所帶給我們的喜悅，以及那一份朋友之間互助的情感，希望大家能感受到我們南部人的熱情，猶如這裡的豔陽般太給人喜悅與歡笑。



我叫林宥成，就讀於高雄中學。國中時曾參加高雄市科展，研究骨牌的能量傳遞。上了高中後和同學參加化學闖關比賽獲得一等獎，也學習到了團體合作的重要性。這次參加國際科展，接受新的挑戰，也期望能在過程中學習到更多超出課本的知識並認識來自四面八方同樣愛好科學的朋友。

## 摘要

商家或是店家常常為了保持魚肉的鮮紅色澤使其看似新鮮可口，往往會利用 CO 氣體進行處理。CO 對於魚肉中的肌紅蛋白有很強的結合力，可保持鮮紅色澤不易褪去。為了簡易、快速又有效的偵測魚肉中 CO 氣體之有無及含量，我們自製電化學 CO 偵測器，並以不同種類的溶劑以及不同濃度之酸，探討肌紅蛋白中 CO 氣體逸出的機制。此外，我們也討論如何有效增進 CO 氣體的偵測。我們由一氧化碳感測器( $\text{SnO}_2$ )、花茶罐、鑽洞的器材、三通閥、電池及電路板，完成自製偵測 CO 氣體電化學儀器，不僅方便攜帶，更能取代市售昂貴 CO 氣體偵測器及改善偵測器體積太大的問題。實驗中我們加上 pasco 電壓偵測及電腦裝置，利於我們進行實驗觀察。而且本儀器也利於在硫酸、醇類及高溫的環境下進行實驗，且高溫的環境下有利於促進 CO 從魚肉中逸出並偵測。

## Abstract

# Don't Judge a Fish by Its Color-

Detecting the amount of CO added to fish by applying self-made electrochemistry instrument.

To keep the color of fish bright red and look fresh and delicious, vendors often add Carbon monoxide (CO) to fish. CO has a strong combination with the Myoglobin in fish which can prevent the cherry red color from fading. In order to simply and easily detect that if there is CO infused in fish and how much the quantity it has, we made an electrochemistry CO-detecting instrument. We added different kinds of solvents and different consistency of acid to fish to analyze the release mechanism of CO in Myoglobin. Additionally, We also discussed how can we detect CO more effectively. Our CO-detecting instrument was made up of CO-sensor( $\text{SnO}_2$ ), glass can, electric drill, three-valve pipe, batteries, and circuit board. It is not only easy to carry but can substitute the expensive cost and too-large one . In this research, we used 'pasco' voltage detector and computer to make our experiment more conveniently. Besides, this instrument is available in sulfuric acid, alcohol, and high temperature environment. High temperature environment benefits CO to escape from fish and is easy for us to detect.

## 壹、研究動機

近來食品市場上出現瘦肉精、禽流感等問題，使眾人對於陸上肉類害怕、失望，於是將需求轉向海中生物，魚類自然成為消費者的首選。然而，新鮮的魚肉，真的沒有經過任何加工處理嗎？這個疑慮激發了我們的好奇心。在廣泛蒐集資料後，我們發現有許多不肖商人會在魚肉中灌入一氧化碳以保持魚肉的色澤。添加一氧化碳的生魚片中，一氧化碳與魚肉的肌紅蛋白結合後，肉色呈現鮮粉紅色且不易褪色，使其視覺效果甚佳。此舉不僅會掩蓋肉品的自然色澤，一旦魚肉內部腐爛，毫不知情的民眾吃下肚後，極可能因為含有肉毒桿菌等原因而造成身體不適。有鑑於此，我們希望能進一步了解有無添加一氧化碳的魚肉之差異，並利用自製簡易儀器，來偵測魚肉中一氧化碳含量是否有違法情形。



圖 1

## 貳、研究目的

1. 探討魚肉有無填充 CO 氣體，對其外觀的影響
2. 利用實驗室的藥品及易取得的材料，自製微型 CO 氣體偵測器
3. 做空白實驗探討不同醇類對儀器造成的影响
4. 做空白實驗探討不同酸類及不同濃度對儀器造成的影响
5. 探討分別加入不同的醇類及酸類，其釋放 CO 氣體的情形

6. 探討魚肉中加入加熱過的酸，其釋放 CO 氣體的情形

## 參、研究設備與器材

表 1

(一) 實驗儀器					
電子天平	離心機				
(二) 實驗器材					
冷凍庫	針筒	夾鏈袋	膠帶	鱸魚夾	氣體收集袋
離心管	電池	電阻	三用電表	玻璃密封罐	CO 探測器 (0~100ppm)
CO 探測器 (50~1000ppm)	AB 膠	熱熔膠	三通閥		
(三) 實驗材料與藥品					
次氯酸納 NaClO	碳酸納 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	氯化鈉 NaCl	硫酸納 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	硫酸鎂 MgSO <sub>4</sub>	氯化鎂 MgCl <sub>2</sub>
氯化銨 NH <sub>4</sub> Cl	硫酸銨 (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	鹽酸 HCl	硝酸 HNO <sub>3</sub>	硫酸 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CO 氣體
甲醇 CH <sub>3</sub> OH	丙醇 C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OH	戊醇 C <sub>5</sub> H <sub>11</sub> OH	辛醇 C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> OH	蒸餾水	
魚肉(鮭魚、鱸魚、沙魚、鮪魚、鯛魚、油魚、旗魚)					

## 一、實驗原理

- 根據資料顯示：環保署檢魚肉的方式是利用「正辛醇」與「稀硫酸」。我要造成蛋白質變性的因素有溫度、高壓、振盪、凍結、酸和鹼、鹽類、酵素...等因素。
- 肌紅蛋白 (Mb) 是由一個原血紅素 (Heme) 及一個分子量約 17 kDa 的球蛋白 (Globin) 所構成的小分子蛋白質，在原血紅

素中的鐵離子是氧分子結合的主要位置。鐵離子正常情況下為 2 價，有氧結合的肌紅蛋白（Oxymyoglobin, OxyMb）為鮮紅色，無氧結合的肌紅蛋白（Deoxymyoglobin, DeoxyMb）為暗紅色或暗紫色；鐵離子若變為 3 價，則失去氧合能力而呈紅褐色或暗褐色。此種鐵離子由 2 價變為 3 價的現象稱為自動氧化（Autoxidation）。

3. 動物死前及死後的狀態、光線、pH 值與貯藏溫度等均是影響肌紅蛋白的自動氧化速度的重要因素。而一氧化碳（CO）對於氧化型或還原型的色素蛋白均有極強的親和力，為氧氣的 250 倍。因此很容易取代 Mb 或 Hb 中的氧氣形成 MbCO 或 HbCO，使肉色呈鮮紅色，而且因結合力強，故一旦形成後就不易氧化形成暗褐色的 MetMb 或 MetHb，而且於室溫下存放或於  $-20^{\circ}\text{C}$  下凍藏均可使長時間維持其顏色。因此，為了讓 CO 從原血紅素中釋出，因此「蛋白質變質」就變得十分重要。本實驗就以酵素(醇類)、酸鹼、溫度等三個因素，來探討何種方法能有效偵測添加魚肉有一氧化碳。

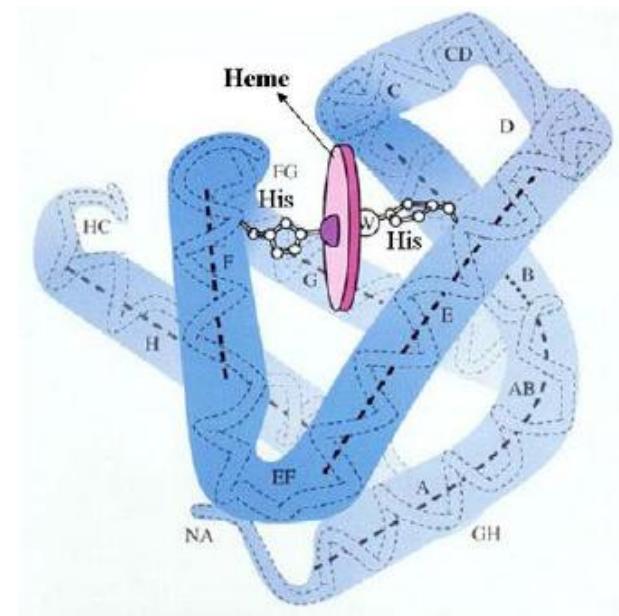


圖 0-1 原血紅素

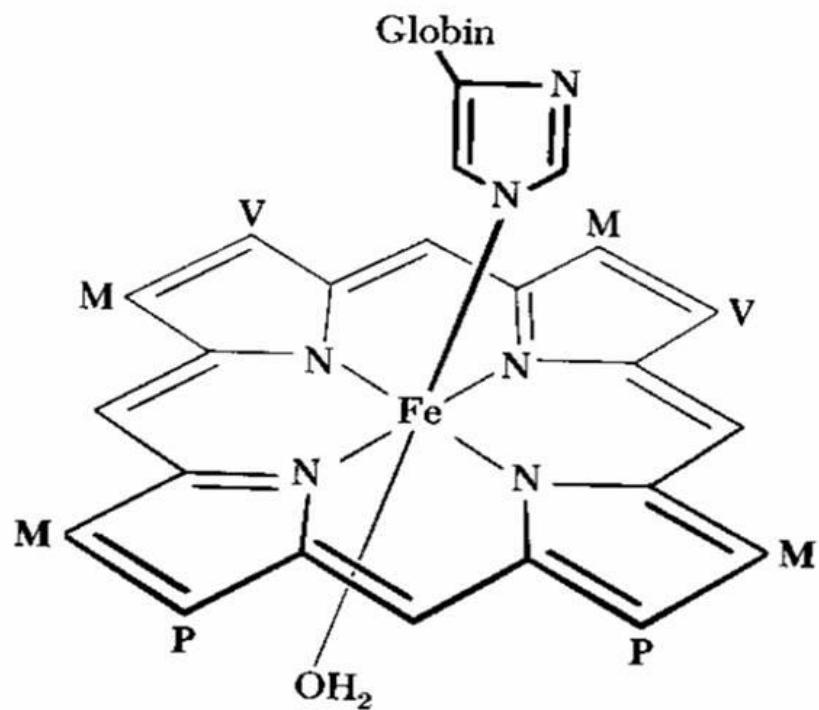


圖 0-2 肌紅蛋白

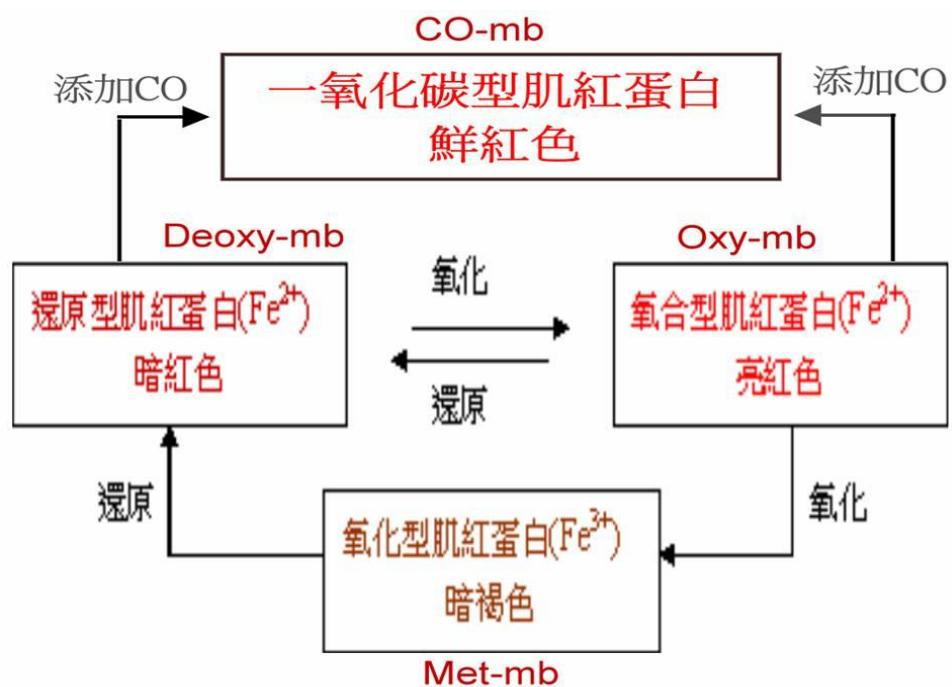
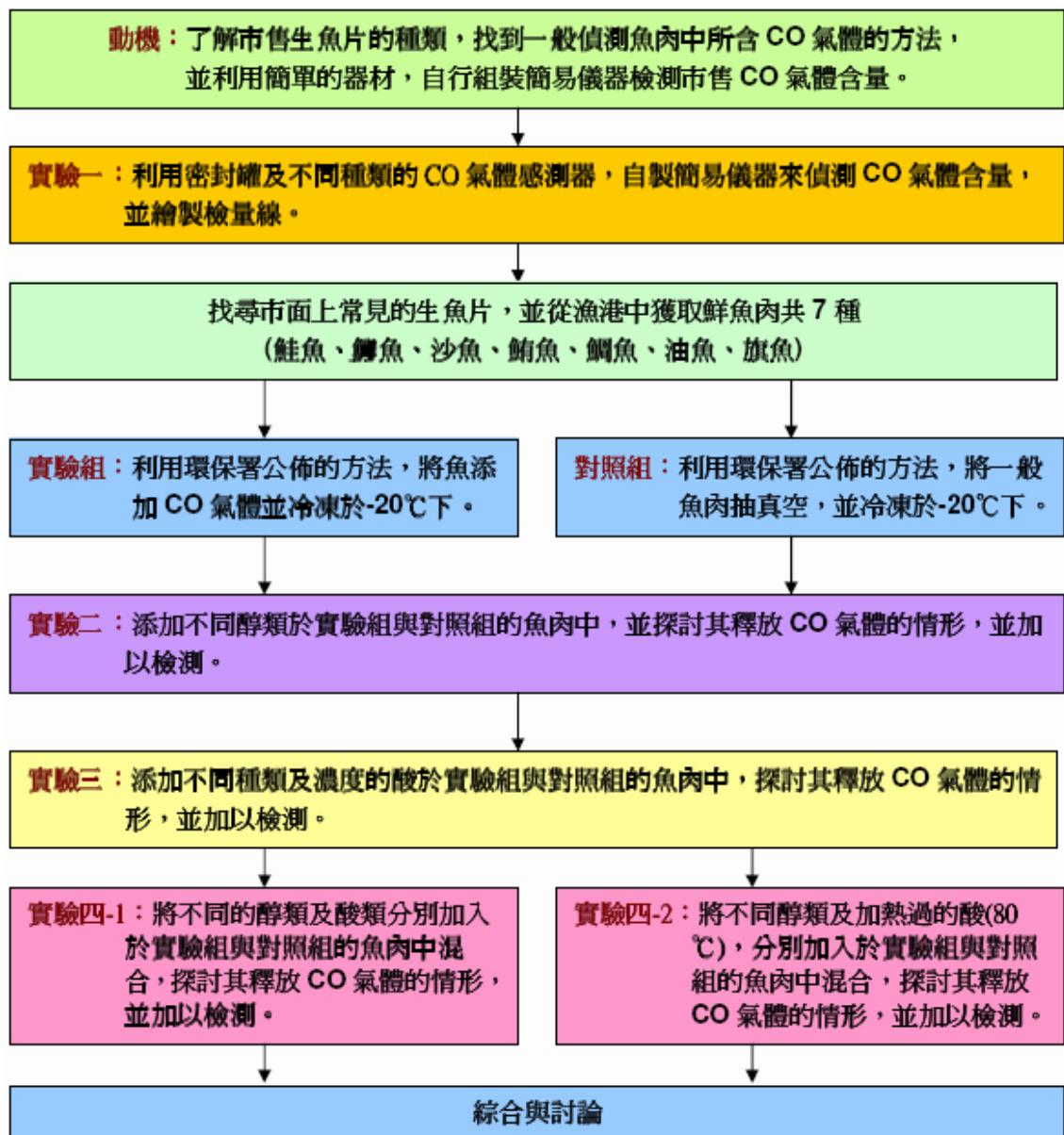


圖 0-3 各種魚肉的狀態

## 肆、研究過程及方法



## 伍、實驗步驟

### 一、前置作業：建立魚肉調氣包裝流程及找尋最佳肌紅蛋白脆取劑，並比較有無 CO 魚肉外觀上的差異

(一) 調氣包裝 (modified atmosphere packaging; MAP) 流程

1. 從市場取得新鮮魚肉。將魚肉浸漬於  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液(10%)中 90 秒後，取出清洗。(為防止魚肉在酸性環境下變性，因此以  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  鹼化)
2. 浸漬於  $\text{NaCl}$  溶液(2%)中 30 秒。(清洗)
3. 浸漬於  $\text{NaClO}$  溶液(80mg/L)中 60 秒。(消毒)
  - (1) 實驗組：放置魚肉在密封袋中，並抽出空氣後，打入 100mL 的一氧化碳氣體。密封後，置於-20°C下的冷凍庫中冷凍 2 天備用。
  - (2) 對照組：放置魚肉在密封袋中，並抽出空氣後，保持真空。密封後，置於-20°C下的冷凍庫中冷凍 2 天備用。
4. 觀察並比較魚肉外觀及色澤的變化情形。

## (二)最佳肌紅蛋白萃取劑

1. 從文獻中得知，肌紅蛋白之萃取為運用酸鹼鹽即醇類使其周圍蛋白質變性，最後釋出肌紅蛋白。其中以飽和度為 60% 之硫酸銨萃取效果最佳。

# 二、實驗一 自製簡易儀器來偵測 CO 氣體含量並製作簡量線

## (一)自製檢測儀器

1. 找尋相關的 CO 氣體感測器。
2. 密閉容器之選用：經查尋資料發現，市售生魚片的檢測方法為正辛醇+硫酸。所以我們實驗反應的容器最好為玻璃材質。因此，我們找了「書店的星星瓶」、「早餐店的牛奶瓶」、「賣貝殼的砂瓶」、「咖啡店考布蕾瓶」及「百貨公司的花茶罐」…等，

找尋適合的玻璃容器。

3. 容器打洞：為了置入 CO 氣體偵測器與三通閥，我們先將容器打洞。我們購買一種專門鑽玻璃用的鑽頭，要鑽比較大的洞時就要用另一種像「匚字型瓶蓋」的鑽頭。
4. 組裝儀器：將 CO 氣體偵測器埋在上方所打的洞，於左右兩邊洞分別裝上「三通閥」作為內部氣壓及溶液注入的使用。於瓶蓋上自行加裝「加熱器」及「感應器」的電池，並透過電路板，完成線路及電阻的部分。
5. 測試了電阻值與 CO 氣體濃度變化情形。



圖 1 CO 探測器(0~100ppm)



圖 2 CO 探測器(0~1000ppm)



圖 3「花茶罐」打洞情形



圖 4 打洞鑽頭

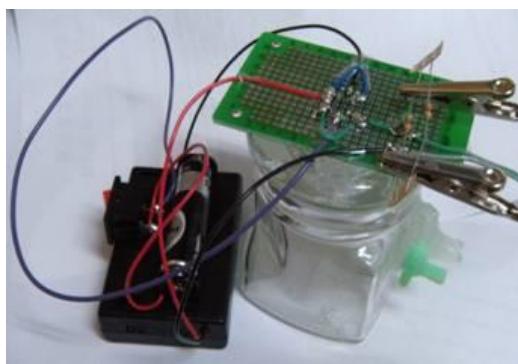


圖 5 CO 偵測器 1 完成圖(0~100ppm)



圖 6 CO 偵測器 2 完成(0~1000ppm)

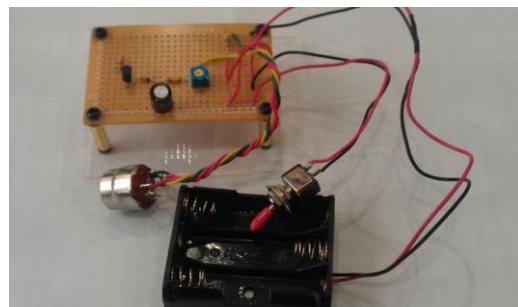


圖 7 CO 偵測器 1 修改電路圖



圖 8 CO 偵測器 1 完成裝置圖

## (二)CO 檢量線的製作

1. 我們從大學借用 CO 氣體鋼瓶，抽出純的 CO 氣體，並用氣體收集袋收集數袋後，帶回學校使用(依環保署公布，在 20°C 時，1ml 的純一氧化碳標準氣體重量為 1.165mg)。
2. 本儀器體積約 120mL，因此為了配製 0~100ppm 的 CO 氣體濃度，因此分別取出 0、1.03、2.06、3.09、4.12、5.15、6.18、7.21、8.24、9.27、10.3ml 的 CO 氣體，配製成 0、10、20、30...到 100ppm 的 CO 氣體濃度，並先用氮氣瓶通入 1 分後，進行檢測。
3. 利用兩組針筒及三通閥，先將一邊抽出預定要打入 CO 氣體的氣體量後關閉開關。再由另一邊打入預定 CO 氣體的體積後關閉開關，並利用自製 CO 氣體感測器，偵測不同 CO 氣體濃度與電壓值的變化，並製作檢量線。

4. 根據步驟 3，將原本儀器所製置的電阻改變，並探求在不同電阻下，偵測不同 CO 氣體濃度與電壓值的變化的靈敏度關係，並找出最佳偵測 CO 氣體的電阻，並進行往後的實驗。
5. 更換另一組 CO 氣體偵測器(0-1000ppm)，並利用步驟 2 的方法，將氣體分別配製 0、20、40、至 1000ppm，並偵測不同濃度 CO 氣體在不同電阻下的電壓值變化關係。



圖 9 CO 氣體鋼瓶



圖 10 氣體收集袋

### 三、實驗二 添加不同種類的醇於實驗組與對照組的魚肉中，作空白實驗

1. 本實驗準備甲醇、乙醇、丙醇……到辛醇的溶液 20mL，分別用實驗 1 的自製儀器，作空白實驗，偵測其是否對偵測器有干擾的情形。
2. 分別取出實驗組及對照組 10.0g 的魚肉(如圖 2-5，含鮭魚、鱸魚、沙魚、鮪魚、鯛魚、油魚、旗魚)，並放置於自製儀器中，並逐

次分別將不同的醇類加入 20mL，並比較兩組魚肉中，是否有氣體產生。觀察對照組在添加不同醇類 20mL 後，是否會產生干擾性氣體。

3. 比較兩組在添加醇類 20mL 後，是否產生有電壓值差異，並加以觀測，並作 3 次實驗取其平均值。

#### 四、實驗三 添 加 不 同 種 類 及 濃 度 的 酸 於 實 驗 組 與 對 照 組 的 魚 肉 中，作 空 白 實 驗

1. 分別準備純的甲酸(75%)、鹽酸(35%)、硫酸(95%)、硝酸(70%)，並配製不同濃度 20mL，利用實驗 1 的自製儀器，作空白實驗，偵測其是否對偵測器有干擾的情形。
2. 從冷凍庫中分別取出實驗組及對照組 10.0g 的魚肉(含鮭魚、鱈魚、沙魚、鮪魚、鯛魚、油魚、旗魚等七種)，並放置於自製儀器中。並逐次分別將不同濃度的酸 20mL，並比較兩組魚肉中，是否有氣體產生。
3. 觀察對照組在添加不同濃度的酸 20mL 後，是否會產生干擾性氣體。
4. 比較兩組在添加不同濃的酸 20mL 後，是否產生有電壓值差異，並加以觀測，並作 3 次實驗取其平均值。

#### 五、實驗四-1 將 不 同 的 醇 類 及 酸 類 分 別 加 入 於 實 驗 組 與 對 照 組 的 魚 肉 中 混 合，探 討 其 釋 放 CO 氣 體 的 情 形，並 加 以 檢 測

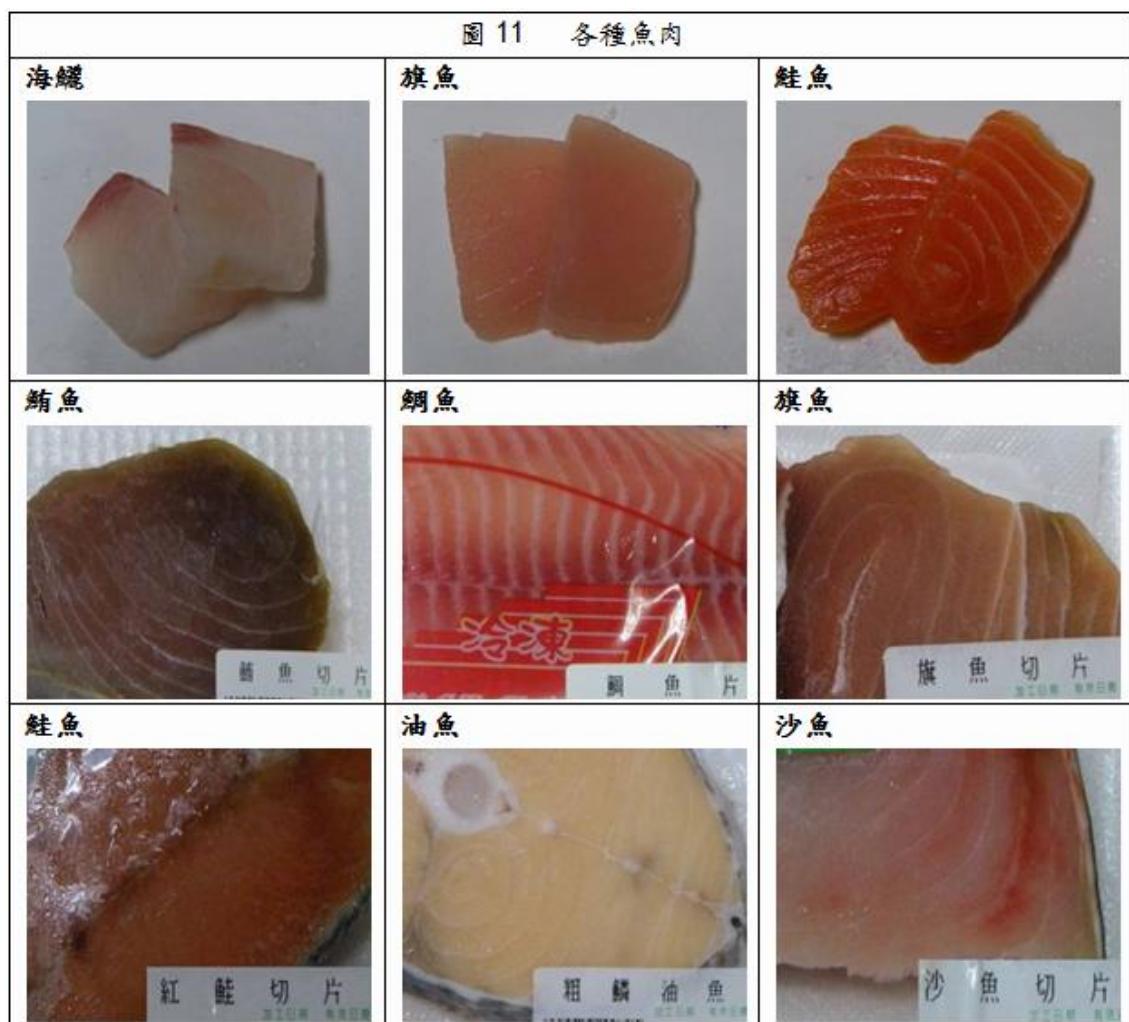
1. 從冷凍庫中取出實驗組及對照組的 7 種魚肉(含鮭魚、鱸魚、沙魚、鮪魚、鯛魚、油魚、旗魚)，並稱取 10.0 克，並放置於自製儀器中。
2. 各別實驗加入各種的醇類 5mL(甲醇、乙醇、丙醇……辛醇)於各種魚肉後，並加入 20% 的硫酸 20mL，並比較兩組魚肉中，是否有氣體產生。
3. 比較兩組在添加不同試劑後，是否產生有電壓值差異，並加以觀測，並作 3 次實驗取其平均值。

## 六、實驗四-2 將不同醇類及加熱過的酸(80°C)，分別加入於實驗組與對照組的魚肉中混合，探討其釋放 CO 氣體的情形，並加以檢測。

1. 從冷凍庫中取出實驗組及對照組的 7 種魚肉(含鮭魚、鱸魚、沙魚、鮪魚、鯛魚、油魚、旗魚)，並稱取 10.0 克，並放置於自製儀器中。
2. 實驗加入各種的醇類 5mL(甲醇、乙醇、丙醇……辛醇)於各種魚肉後，並加入已加熱至 90°C 的 20% 硫酸 20mL，並比較兩組魚肉中，是否有氣體產生。
3. 觀察對照組在添加試劑後，是否會產生干擾性氣體。
4. 比較兩組在添加不同試劑後，是否產生有電壓值差異，並加以觀測，並作 3 次實驗取其平均值。

## 陸、實驗結果

### 前置作業



### 一、比較有無添加 CO 的魚肉外觀上之差異

(一) 有無添加 CO 魚肉在冷凍下外觀隨時間變化的情形



圖 12 填充一氧化碳



圖 13 各種不同的魚肉放置密封袋中



圖 14 經三周後從冷凍庫取出魚肉的情形(鮪魚)

(左圖為填充 CO，中間為 1 週後再加 CO，右圖未加 CO)

## 二、實驗一 自製簡易儀器來偵測 CO 氣體含量並製作簡量線

(一) 不同電阻下與不同一氧化碳濃度的相對應電壓值(偵測器 1)

表 2

偵測電壓(V) (0~100ppm)	電阻							
	1k	2k	5.1k	8.2k	10k	12k	15k	
一 氧化 碳 濃 度	0 ppm	0.75	1.30	2.32	2.88	3.10	3.29	3.51
	10ppm	1.01	1.67	2.76	3.28	3.47	3.64	3.82
	20ppm	1.20	1.92	3.01	3.50	3.67	3.82	3.98
	30ppm	1.42	2.19	3.26	3.70	3.85	3.98	4.12
	40ppm	1.75	2.56	3.56	3.93	4.06	4.16	4.27
	50ppm	2.04	2.86	3.78	4.10	4.20	4.29	4.37
	60ppm	2.44	3.23	4.01	4.27	4.35	4.41	4.47
	70ppm	2.78	3.51	4.18	4.38	4.44	4.49	4.54
	80ppm	3.22	3.84	4.35	4.50	4.54	4.57	4.61
	90ppm	3.47	4.01	4.44	4.55	4.59	4.61	4.64
	100ppm	3.69	4.16	4.50	4.59	4.62	4.64	4.66

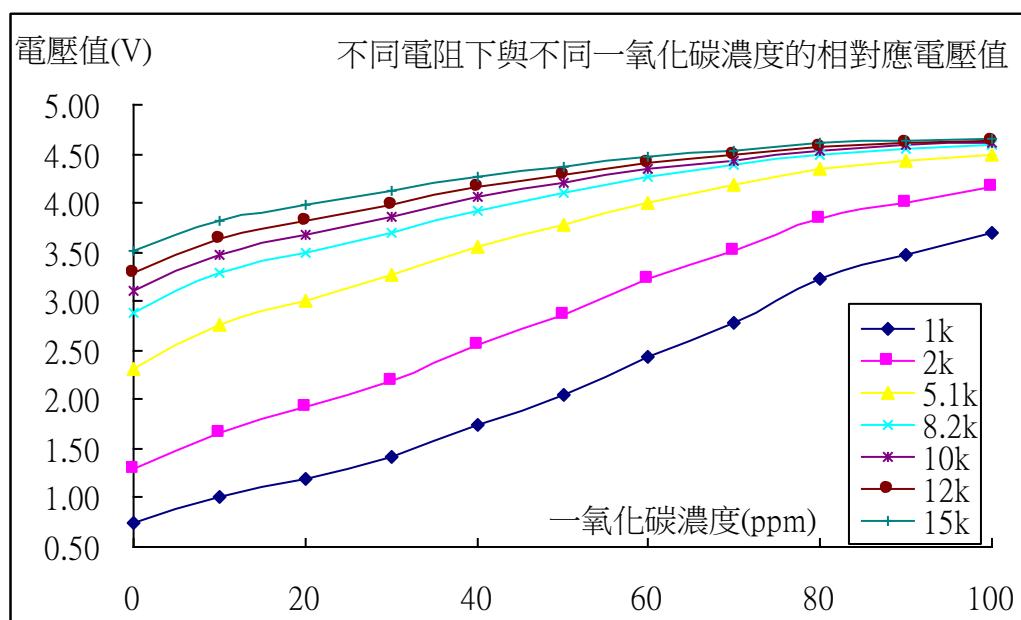


圖 15 不同電阻下與不同一氧化碳濃度的相對應電壓值(偵測器 1)

(二) 不同電阻下與不同一氧化碳濃度的對應電壓值(偵測器 2)

表 3

偵測電壓 (50~000ppm)		電阻							
		2k	5.1k	8.2k	15k	33k	56k	100k	200k
一 氧化 碳 濃 度	0 ppm	0.02	0.05	0.08	0.15	0.31	0.51	0.83	1.40
	20 ppm	0.07	0.16	0.26	0.45	0.88	1.32	1.91	2.68
	40 ppm	0.14	0.33	0.51	0.85	1.53	2.10	2.74	3.41
	60 ppm	0.18	0.44	0.66	1.08	1.85	2.44	3.05	3.64
	80 ppm	0.26	0.62	0.92	1.44	2.28	2.86	3.41	3.88
	100ppm	0.49	1.07	1.50	2.16	3.01	3.48	3.87	4.16
	200ppm	0.68	1.41	1.90	2.57	3.36	3.75	4.05	4.26
	300ppm	0.84	1.66	2.18	2.85	3.56	3.89	4.14	4.31
	400ppm	0.98	1.87	2.40	3.04	3.69	3.99	4.20	4.34
	500ppm	1.08	2.01	2.54	3.17	3.78	4.04	4.23	4.36
	600ppm	1.14	2.08	2.61	3.23	3.82	4.07	4.25	4.37
	700ppm	1.20	2.17	2.70	3.30	3.86	4.10	4.27	4.38
	800ppm	1.24	2.22	2.74	3.33	3.88	4.11	4.28	4.38
	900ppm	1.28	2.27	2.79	3.37	3.91	4.13	4.28	4.39
	1000ppm	0.02	0.05	0.08	0.15	0.31	0.51	0.83	1.40

註：一氧化碳的濃度為 0ppm 時，其電壓值為 0V(表示偵測不到)

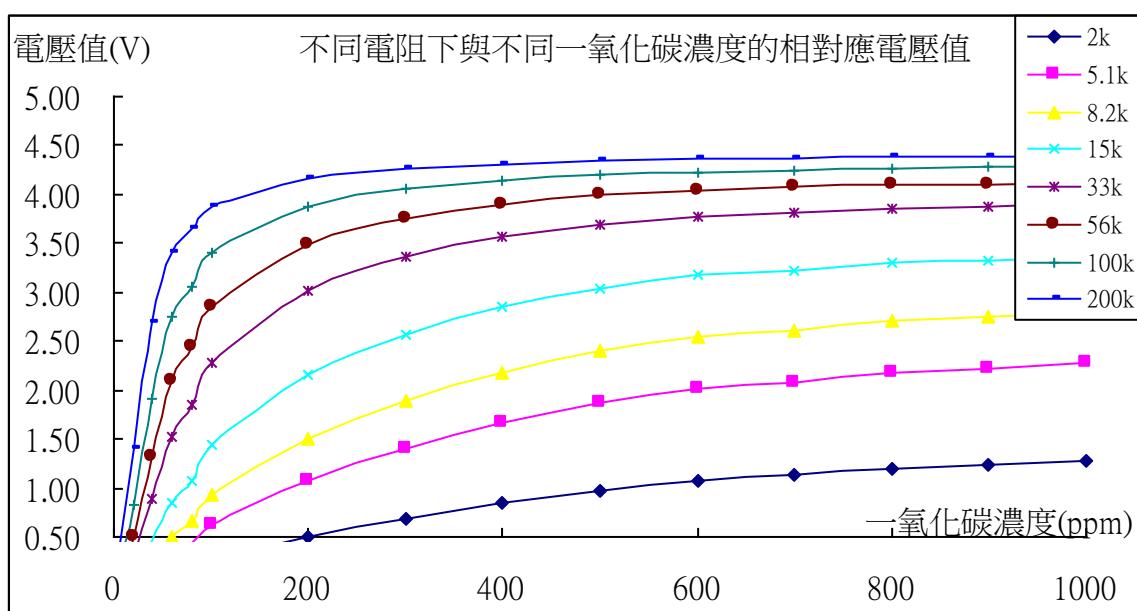


圖 16 不同電阻下與不同一氧化碳濃度的對應電壓值(偵測器 2)

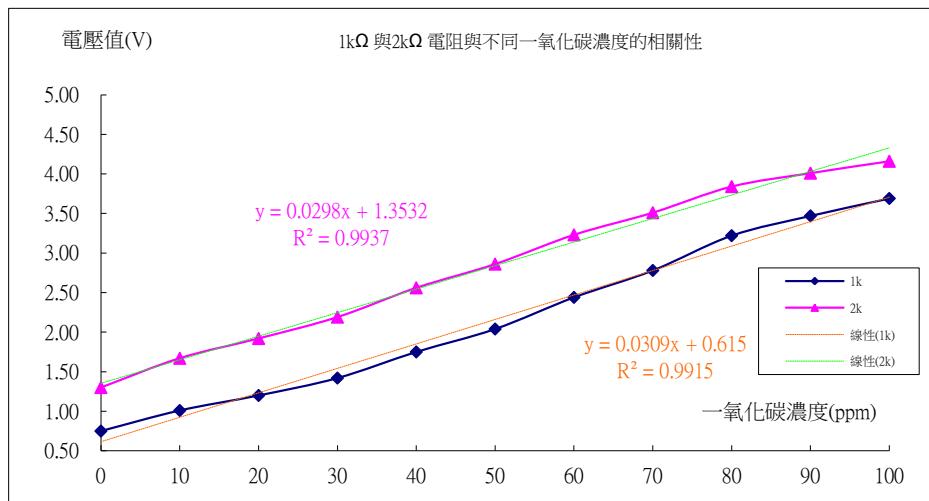


圖 17 偵測器 1 與電阻 1、2kΩ 的相關性

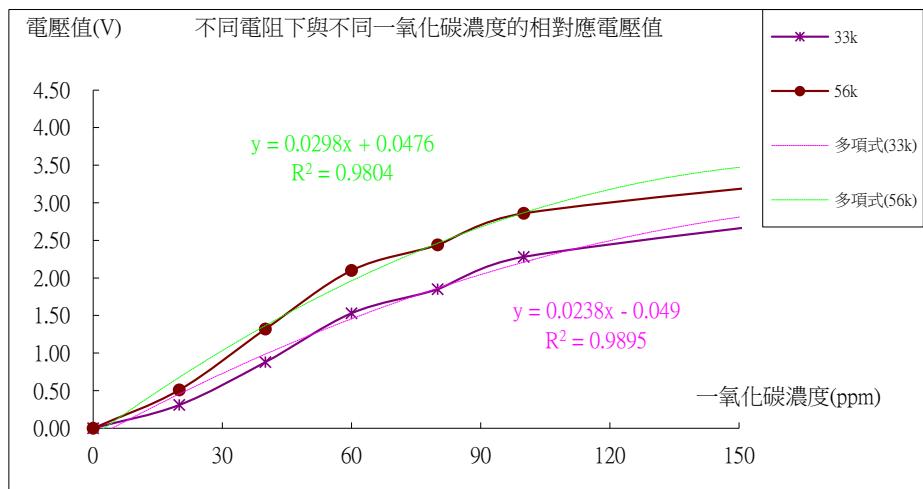


圖 18 偵測器 2 與電阻 33、56kΩ 在一氧化碳 0-150ppm 的相關性

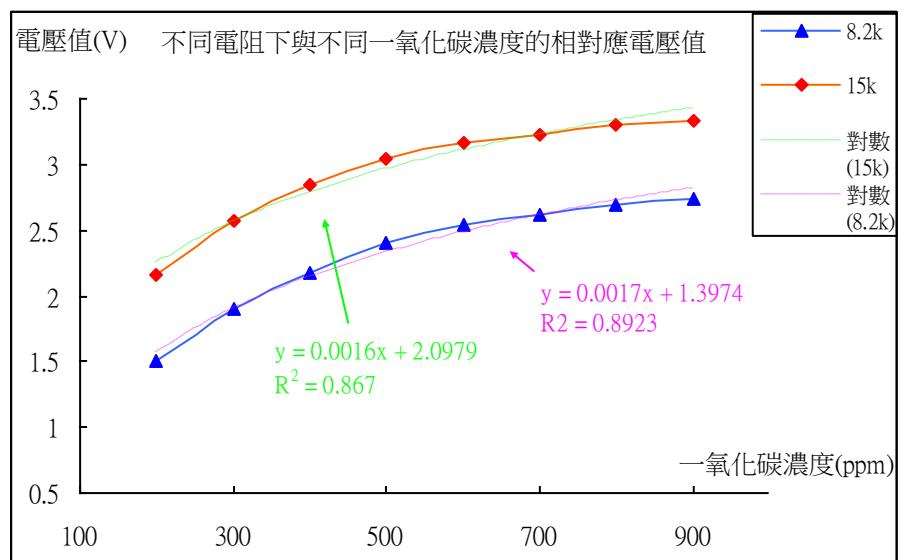


圖 19 偵測器 2 與電阻 8.2k 及 15k 在 100-1000kΩ 的相關性

### 三、實驗二 添加不同種類的醇於實驗組與對照組的魚肉中，作空白實驗

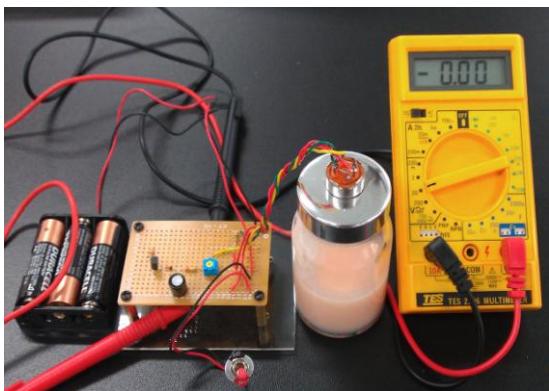


圖 20 魚肉中加入辛醇情形

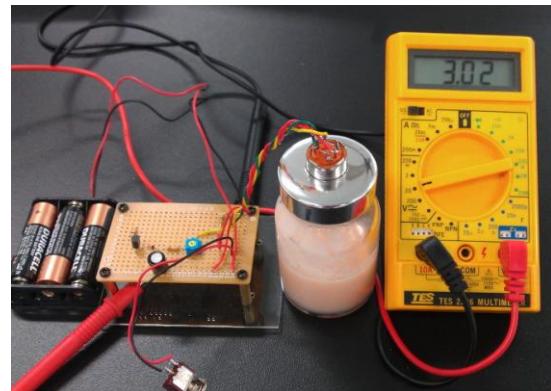


圖 21 魚肉中加入硫酸情形

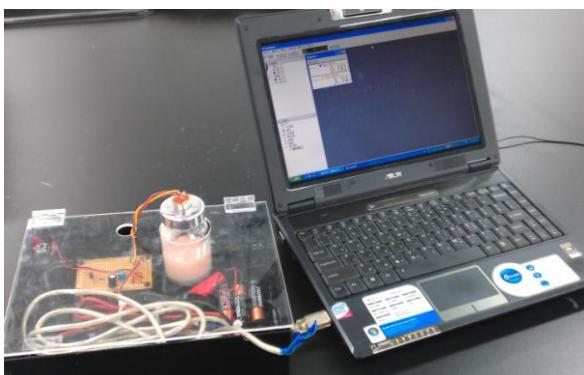


圖 22 儀器與偵測視窗顯示

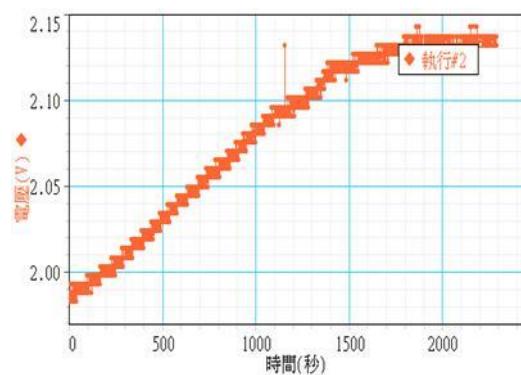


圖 23 偵測結果

(一)各種魚在不同的醇類試劑下，其偵測到的電壓值變化情形

表 4

電壓 改變 (V)	鮭魚			鱈魚			沙魚			鮪魚		
處理 方法	空	未	添	空	未	添	空	未	添	空	未	添
甲醇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
乙醇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
丙醇	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
丁醇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
戊醇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
己醇	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	-	-	-	0.01
庚醇	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	0.01
辛醇	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	0.01	-	-	0.01
電壓 改變 (V)	鯛魚			油魚			旗魚					
處理 方法	空	未	添	空	未	添	空	未	添	空	未	添
甲醇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
乙醇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
丙醇	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
丁醇	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
戊醇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
己醇	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
庚醇	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
辛醇	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01

註：空 = 只有純溶劑；未 = 放入未加 CO 的魚肉；添 = 放入添加 CO 的魚

肉；「-」代表電壓值沒有變化。本實驗的空氣空白值為(偵測器 1,  $2k\Omega$ ) = 1.72 (V)

#### 四、實驗三 添加不同種類及濃度的酸於實驗組與對照組的魚肉中，作空白實驗

(一) 各種魚類在不同濃度的酸下，其偵測到的電壓值變化情形

電壓改變(V)		鮭魚		鱈魚		沙魚		鮪魚		鯛魚		油魚		旗魚	
處理方法	酸的濃度	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添
甲酸	15%	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.01
	30%	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.01
	45%	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.01
	60%	-	0.01	-	0.01	0.01	斜線	0.01	斜線	-	0.01	-	0.01	0.01	斜線
	75%	0.02	斜線	0.01	斜線	0.02	斜線								
硝酸	15%	-	-	-	0.01	-	-	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.01
	30%	0.01	斜線	-	0.01	0.01	斜線	0.01	斜線	-	0.01	-	0.01	0.01	斜線
	45%	0.01	斜線												
	60%	0.02	斜線	0.01	斜線	0.02	斜線								
	70%	0.03	斜線	0.04	斜線	0.03	斜線	0.04	斜線	0.03	斜線	0.01	斜線	0.02	斜線
鹽酸	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	20%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	30%	-	0.01	-	-	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	-	-	0.01
	35%	-	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.02	-	0.01	-	0.01	-	0.01
硫酸	20%	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02
	40%	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.01	-	0.02
	60%	-	0.02	-	0.01	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.01	-	0.02
	80%	-	0.01	0.01	斜線	-	0.02	-	0.01	0.01	斜線	-	0.01	-	0.01
	95%	0.01	斜線	0.02	斜線	0.01	斜線	0.01	斜線	0.02	斜線	0.01	斜線	0.01	斜線

註：只添加各濃度的酸並不影響電壓值，故不寫於實驗表格中。

未 = 放入未加 CO 的魚肉；添 = 放入添加 CO 的魚肉；在未添加 CO 的魚肉如果有干擾反應(電壓值改變)，則不進行添加 CO 的魚肉偵測。

「-」=電壓值沒有變化。本實驗的空氣空白值為(偵測器 1, 2kΩ) = 1.72 (V)

## 五、實驗四-1 將不同的醇類及酸類分別加入於實驗組與對照組的魚肉中混合，探討其釋放 CO 氣體的情形，並加以檢測

(一) 各種魚類在不同醇類及 20% 硫酸下，其偵測到的電壓值變化情形

電壓 改變 (V)	鮭魚		鱷魚		沙魚		鮪魚		鯛魚		油魚		旗魚	
	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添
甲醇	-	0.07	-	0.04	-	0.03	-	0.07	-	0.07	-	0.01	-	0.09
乙醇	-	0.33	-	0.27	-	0.13	-	0.34	-	0.28	-	0.11	-	0.17
丙醇	-	0.11	-	0.11	-	0.05	-	0.12	-	0.13	-	0.05	-	0.11
丁醇	-	0.16	-	0.12	-	0.05	-	0.17	-	0.17	-	0.03	-	0.11
戊醇	-	0.15	-	0.16	-	0.07	-	0.24	-	0.21	-	0.04	-	0.10
己醇	-	0.17	-	0.24	-	0.09	-	0.30	-	0.24	-	0.09	-	0.12
庚醇	-	0.25	-	0.21	-	0.09	-	0.29	-	0.25	-	0.11	-	0.15
辛醇	-	0.31	-	0.22	-	0.11	-	0.33	-	0.27	-	0.13	-	0.16

註：未 = 放入未加 CO 的魚肉；添 = 放入添加 CO 的魚肉；

「-」代表電壓值沒有變化。本實驗的空氣空白值為(偵測器 1, 2kΩ) = 1.72 (V)

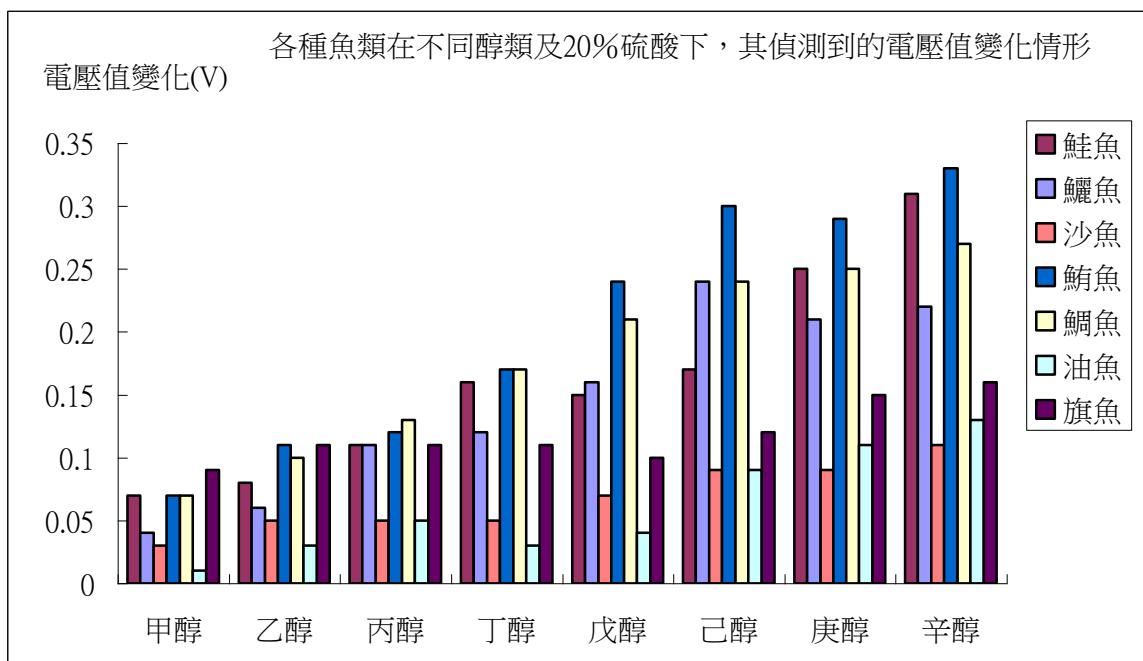


圖5-1 各種魚類在不同醇類及20%硫酸下，其偵測到的電壓值變化情形

## 六、實驗四-2 將不同醇類及加熱過的酸(80°C)，分別加入

於實驗組與對照組的魚肉中混合，探討其釋放 CO 氣體的情形，並加以檢測。

(一) 各種魚類在不同醇類及 20% 硫酸下，其偵測到的電壓值變化情形

電壓 改變 (V)	鮭魚		鱷魚		沙魚		鮪魚		鯛魚		油魚		旗魚	
	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添	未	添
甲醇	-	0.01	-	0.01	-	0.02	-	0.02	-	0.02	-	0.01	-	0.03
乙醇	-	0.08	-	0.08	-	0.06	-	0.11	-	0.07	-	0.02	-	0.08
丙醇	-	0.03	-	0.04	-	0.05	-	0.10	-	0.06	-	0.02	-	0.07
丁醇	-	0.03	-	0.07	-	0.03	-	0.11	-	0.10	-	0.03	-	0.04
戊醇	-	0.07	-	0.08	-	0.07	-	0.13	-	0.08	-	0.04	-	0.07
己醇	-	0.08	-	0.11	-	0.07	-	0.15	-	0.09	-	0.05	-	0.09
庚醇	-	0.12	-	0.12	-	0.06	-	0.19	-	0.11	-	0.07	-	0.14
辛醇	-	0.16	-	0.17	-	0.08	-	0.18	-	0.13	-	0.06	-	0.11

註：未 = 放入未加 CO 的魚肉；添 = 放入添加 CO 的魚肉；

「-」代表電壓值沒有變化。本實驗的空氣空白值為(偵測器 1, 2kΩ) = 1.72 (V)

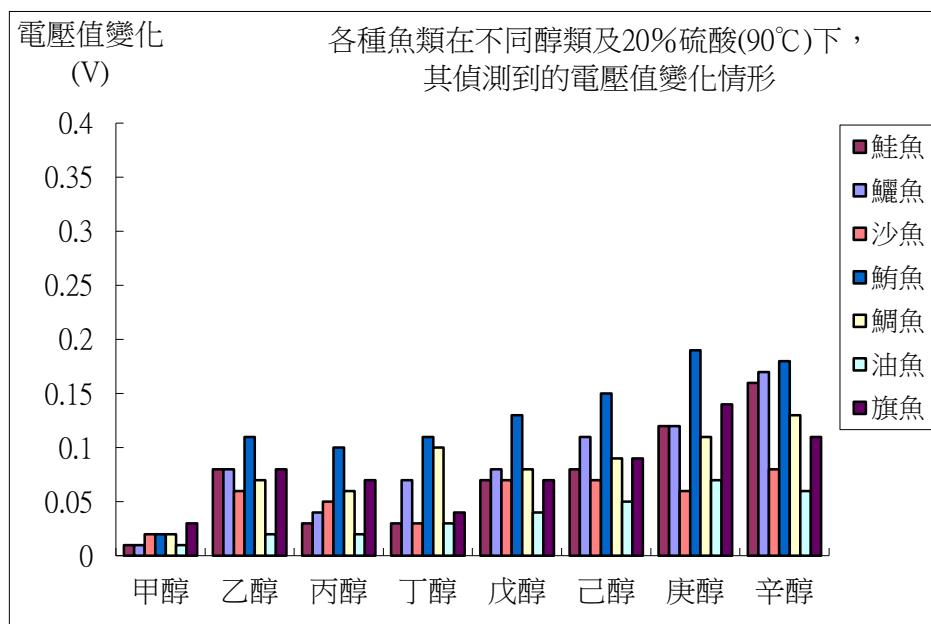


圖 6-1 各種魚類在不同醇類及 20% 硫酸下，其偵測到的電壓值變化情形

## 柒、實驗討論

### 一、前置作業：比較有無添加 CO 的魚肉外觀上之差異

1. 填充 CO 的魚肉，冷凍三週內仍可保持其外觀色澤，但肉色有些許的變化。
2. 未進行 CO 填充的肉品，冷凍三週後雖然無異味產生，但其色澤呈褐色，顯示魚肉一般冷凍情況下，無法確實保持外觀鮮紅。

### 二、實驗一 自製簡易儀器來偵測 CO 氣體含量並製作簡量線

1. 本實驗在兩個自製一氧化碳偵測器中，經實驗發現，偵測器 1(0 ~100ppm)，在圖 1-13 中，其最佳電阻測試值為  $2k\Omega$ ，其相關性為  $【電壓值】 = 0.0298 \times 【一氧化碳濃度】 + 1.3532$ ，相關係數為  $R^2 = 0.9915$ ，據實驗結果得知，其偵測極限為 0~90ppm。
2. 偵測器 2(0~100ppm)的最佳電阻值經測試為  $56k\Omega$ (0-100ppm) 及  $8.2k\Omega$ (100-1000ppm)。其中  $56k\Omega$  電阻值(圖 1-14)，其相關性為， $【電壓值】 = 0.0298 \times 【一氧化碳濃度】 + 0.0476$ ，相關係數為  $R^2 = 0.9804$ ，據實驗結果得知，其偵測極限為 0~100ppm。
3. 偵測器 2(100-1000ppm)的最佳電阻值為  $8.2k\Omega$ (圖 1-15)，其相關性為  $【電壓值】 = 0.0017 \times 【一氧化碳濃度】 + 1.3974$ ，相關係數為  $R^2 = 0.8923$ ，據實驗結果得知，其偵測極限為 150~900ppm。
4. 本實驗裝置偵測一氧化碳濃度為 0-900ppm，可利用不同電阻的改變，來偵測一氧化碳，相有相當高的線性關性，故本儀器在偵測上是具有可行性。

### 三、實驗二 添加不同種類的醇於實驗組與對照組的魚肉中，探討其釋放 CO 氣體的情形，並加以檢測。

1. 根據資料本實驗利用各種不同的醇類來造成蛋白質變質，看是否一氧化碳能夠從血紅蛋白中逸出，並透過本儀器裝置來偵測。實驗結果發現，大部分的醇類並無法能很明顯的偵測出一氧化碳。
2. 本實驗發現，自製的偵測器在各種醇類的存在下，其電壓值並不會改變，因此不會造成實驗誤差。當放入未添加一氧化碳的魚肉時也是一樣的情形，電壓值也是不變的。
3. 根據實驗 1 的數據顯示，0.01V 的電壓值改變，一氧化碳的濃度大約增加 0.33ppm，即在本實驗的容器下(約為 100mL)，其一氧化碳增加的量為 0.033mg，比美國的標準還少(0.0485mg/10 克肉)，故只單純加醇並無法很有效的偵測出魚肉中的一氧化碳。

### 四、實驗三 添加不同種類及濃度的酸於實驗組與對照組的魚肉中，探討其釋放 CO 氣體的情形，並加以檢測。

1. 本實驗發現，以酸來處理添加 CO 的魚肉的效果比濃度好，且干擾性小，其中以稀硫酸的效果最佳，鹽酸的效果最不好。
2. 雖然以酸來處理添加 CO 的魚肉比單一添加醇類來的好，但最佳的電壓值變化仍只有 0.03V，靈敏性仍然不好，且 0.03V 大約只能測出含 0.067mg 的一氧化碳，無法有效的偵測出魚肉中所含的一氧化碳含量。
3. 根據文獻，在實驗 4 我們打算將不同的醇類再加入酸來進行反應，我們發現硝酸及甲酸會與醇類產生反應，而稀硫酸 20% 不

會。因此，我們採用不同的醇類與硫酸 20% 進行反應。

- 由於鹽酸比稀硫酸的反應差，故本實驗以硫酸來反應。

## 五、實驗四-1 將不同的醇類及酸類分別加入於實驗組與對照組的魚肉中混合，探討其釋放 CO 氣體的情形，並加以檢測

- 有添加一氧化碳的魚肉，在醇的處理下添加 20% 硫酸，可以有效對一氧化碳的偵測。
- 在所有的魚肉中以鱸魚、鮪魚、鮭魚所偵測的一氧化碳值較高，據推測可能與其肌紅蛋白的含量比其他的魚類來的高。
- 在所有的醇類中，以辛醇的效果較佳，並隨著醇的碳數增加，有增加的驅勢。
- 本實驗中偵測到最大的電壓值變化為 0.34V，經換算即產生 1.122mg 的一氧化碳。

## 六、實驗四-2 將不同醇類及加熱過的酸(80°C)，分別加入於實驗組與對照組的魚肉中混合，探討其釋放 CO 氣體的情形，並加以檢測。

- 在 90°C 下的硫酸，加入含有醇類的一氧化碳魚肉，其偵測的訊號比沒有加熱來得小，表示在本反應條件下，在室溫的反應較好。
- 實驗結果顯示，其電壓值的改變仍有隨著醇的碳數增加，有增加的驅勢。

3. 本儀器在加熱後發現訊號較小，代表本儀器可能不適合在高溼度環境下進行偵測，因而造成實驗值降低。

## 捌、結論

- 一、魚肉在冷凍的過程中，數週後仍呈鮮紅色。而真空組在 1 週後，魚肉的顏色逐漸慢慢變成灰褐，表示添加 CO 的魚肉在冷凍的過程可以保持其色澤亮度，未添加 CO 的魚肉則否。
- 二、本實驗我們由一氧化碳感測器( $\text{SnO}_2$ )、花茶罐、鑽洞的器材、「三通閥」、電池及電路板，完成自製偵測 CO 氣體電化學儀器，不僅方便攜帶，更能取代市售昂貴 CO 氣體偵測器(價格在 5000 以上)，及偵測器的體積太大的問題。
- 三、經本實驗的偵測，一般魚肉中所含的一氧化碳氣體，由於一氧化碳與肌紅蛋白的結合力是氧氣的 250 倍，一但接上後，便不易逸出。所以我們想利用破壞肌紅蛋白的方式，讓 CO 氣體逸出，我們最後用 20% 稀硫酸與辛醇來作為偵測的試劑。
- 四、我們所有添填的魚肉中，以自製的電化學偵測器，偵測的 CO 氣體濃度大約在 0-20ppm 之間(電壓值變化在 0~0.4V)，故本實驗均採偵測器 1 作為本研究的主要儀器。
- 五、本實驗的外加電阻為  $2\text{k}\Omega$ ，其相關性為  $【電壓值】 = 0.0298 \times 【一氧化碳濃度】 + 1.3532$ ，相關係數為  $R^2 = 0.9915$ ，據實驗結果得知，其偵測極限為 0~90ppm。
- 六、本儀器利用簡易製置偵測魚肉中的 CO，而且也可用於硫酸及醇類環境下作實驗，並提供加熱效果，有利於促進 CO 從魚肉中逸出並偵測。

## 玖、參考文獻

1. 行政院環境保護署環檢所(民 95)。魚肉中一氧化碳之檢驗方法。署授食字第 0951800034 號公告。
2. 李佩芬(民 95)。調整吳郭魚血合肉 pH 值對其貯藏期間顏色的影響及不同吳郭魚種肌紅蛋白之基因的探討。國立高雄海洋科技大學，全

國碩博士論文。

3. 邱思魁、丁任法(民 92)。一氧化碳氣體處理對台灣鯛魚片冰藏及 5°C 貯藏中品質變化與鮮度判定之影響。高雄：台灣省水產學會學術論文發表會。
4. 陳偉民(民 96)。鮮紅的魚肉。發現月刊，第 126 期。
5. 許方珮、彭清勇(民 90)。冷藏魚肉之氧化肌紅蛋白還原與肌肉色澤之變化。中國海事商業專科學校學報。p75-92。
6. 行政院衛生署(95)，生魚片使用一氧化碳 保色不保鮮，藥物食品安全週報(Food & Drug Consumer Newsletter)，ISSN: 1817-3691，12 第二十三期。電子版本，網址：<http://www.doh.gov.tw>
7. 政風處生魚片(95)，31%違法用一氧化碳，網址：[http://www.judicial.gov.tw/ged/news\\_detail.asp?id=257](http://www.judicial.gov.tw/ged/news_detail.asp?id=257)
8. 自由電子報(95)，CO 魚有害？學者尚無定論，網址：<http://www.libertytimes.com.tw/2006/new/feb/22/today-life9.htm>
9. 網路資料關鍵字：一氧化碳偵測器。

## 評語

本作品自製快速、簡易之魚肉中 CO 氣體偵測器，探討以不同種類的溶液以及不同濃度之酸，分析肌紅蛋白中 CO 溢出的機制，所製儀器具攜帶方便及低成本特點，為優秀且實用之作品。