

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

佳作

031620

黑心竹筴現形記

學校名稱：屏東縣立明正國民中學

| | |
|---|--------------|
| 作者： 國二 邱俐禎 國二 林妍君 國二 呂庭瑋 國二 吳可勵 | 指導老師： 陳榮盛 |
|---|--------------|

關鍵詞：直接碘滴定法、二氧化硫、氧化還原

黑心竹筷現形記

摘要

在新聞報導中指出一般免洗筷子中大都有殘留二氧化硫，而二氧化硫可能導致過敏或氣喘病。本實驗主要是利用國中理化實驗室中常見的藥劑，找出檢驗竹筷子中的二氧化硫的簡便的方法。我們把竹筷中二氧化硫的檢測分為定性與定量分析兩部分。在定性分析實驗過程中，我們發現氯化鋇雖然可使亞硫酸根產生白色沉澱，但沉澱的現象不是很顯著。因此在加氯化鋇之前先加入過氧化氫，使亞硫酸根氧化成為硫酸根，可使產生硫酸鋇沉澱效果更顯著。而定量分析部分，經過多次的試驗，我們改進滴定的方法。首先降低碘標準液濃度，並利用注射針筒與點滴用的軟針來進行滴定，使得微量的二氧化硫可以被檢測與分辨出來。而根據實驗結果，我們發現所收集的衛生筷，只有木質衛生筷無二氧化硫殘留。而從定量實驗中可發現浸泡三小時或煮沸應該有助於去除竹筷的二氧化硫殘留。

壹、研究動機

民國七十年左右，政府為防治 A 型肝炎而宣導民眾於外食時使用免洗餐具，當時從高級飯店到巷弄小販，紛紛改採用過即丟的免洗筷。隨著消費及環保意識抬頭，我們時常耳聞不同團體倡導自備「環保筷」的新聞。但想要改變使用多年的習慣，確實不是一件容易的事。所以目前國內免洗筷的消耗量仍大，甚至需要自國外進口以因應龐大需求(蕭美玲等，2006)。然而現今更有不少人貪圖一時的便利，家庭內也大量使用著免洗餐具，而免洗竹筷雖稱為衛生筷，但真的夠衛生嗎？

為避免筷子變黃、變黑或發霉，因此在免洗筷的製作過程中，便以二氧化硫燻蒸的方式漂白並抑制微生物的生長，燻蒸的時間愈長，產品就愈顯白淨，但二氧化硫的殘留也愈多(蕭美玲等，2006)。二氧化硫遇水後大部分轉為亞硫酸根，再與其他物質結合後將成為亞硫酸鹽，會對人體將造成不良影響。亞硫酸鹽近來已被認為可能引發過敏與氣喘病的元兇。而一般竹材收成後，為了保存與避免蟲蛀與發霉都會以二氧化硫燻蒸漂白。通常燻蒸後的竹材可用水蒸煮或其他方式去除二氧化硫，而現今台灣的竹筷幾乎百分之百都在東南亞製造進口，且大多數製造商都未按水煮等程序清除殘留的二氧化硫，對身體健康影響很大。

二氧化硫溶於水形成亞硫酸，經由過氧化氫氧化後可形成硫酸根。而在康軒版二上 5-4 元素與週期表單元學到 IIA 族的 Ba^{2+} 容易跟硫酸根形成硫酸鋇沉澱。因此可應用於竹筷中是否含二氧化硫的檢驗。而二氧化硫為還原劑可應用康軒版二下第二章氧化還原的原理，以碘溶液(氧化劑)來滴定，當二氧化硫被耗盡時，滴入的碘可和澱粉指示劑反應成藍色，藉以訂量竹筷中的二氧化硫。

貳、研究目的

- 一、希望藉由簡便的化學分析，達到檢驗竹筷二氧化硫的方法。
- 二、藉由改良的碘直接滴法定量竹筷浸泡過程中二氧化硫溶出情形，並且找出去除竹筷中所含的二氧化硫的可行方法。

參、實驗設備及器材

一、試劑

(一) 35% 過氧化氫水溶液 (二) 氯化鋇 (三) 可溶性澱粉 (四) 碘晶體 (五) 碘化鉀固體 (六) 氯化鈉晶體 (七) 醋酸水溶液

二、設備

(一) 竹子 (二) 不同品牌的竹筷 (三) 寶特瓶若干 (四) 50 ml 量筒 (五) 濾紙 (六) 漏斗 (七) 50ml 滴定管 (八) 燒杯 (九) 500 ml、1000 ml 定量瓶



圖一、實驗所使用的試劑與部分器材



圖二、不同品牌的竹筷

肆、研究過程及方法

一、定性分析

- (一). 將每雙竹筷剪成約長 2 公分的竹段，浸泡於 50ml 的蒸餾水 24 小時。
- (二). 分別在燒杯上編號，並紀錄以免弄混。
- (三). 過濾浸泡後的蒸餾水，過濾前先觀察浸泡後的顏色。過濾主要去除竹筷纖維，以免影響沉澱的判斷。
- (四). 在過濾液中加入約 5 ml 35% 過氧化氫水溶液。
- (五). 滴入 3ml 飽和的氯化鋇水溶液。
- (六). 靜置並觀察並記錄沉澱情形。



圖三、加水浸泡的竹筷



圖四、樣品編號 No.A 沉澱後仍可看見浸泡液
成微黃，沉澱多。

圖五、樣品編號 No.Q 沉澱後可看見浸泡液成
微黃，沉澱多。

二、定量分析

利用碘直接滴定法作竹筴中二氧化硫的定量分析，標定碘濃度時我們以配置的標準硫代硫酸鈉溶液，並使用滴定管來滴定。而樣品分析時我們使用注射筒加點滴用的軟針，以滴數來計量。最後再以量統求出每 100 滴的體積。然後將實驗所得的滴數換算成體積。

(一)、試藥製備

1. 0.025 N 碘標準溶液： 秤量 10 g KI 與 3.18 g I₂ 置於 250 ml 燒杯中，再加入 100 ml 之蒸餾水攪拌數分鐘使其溶解，倒入 1000 ml 定量瓶後，加蒸餾水至標準線，須置於玻璃瓶貯存在陰暗處。
2. 澱粉指示劑： 混合可溶性澱粉 0.5 g 於少量冷水中 (約 15 ml)，倒入 100 ml 熱水中，並沸騰 1~2 分鐘，再加入足量之氯化鈉使成飽和溶液後，儲存於冰箱中保存以備滴定試驗所需。
3. 0.025 N 碘標準溶液標定： 秤量 0.4~0.5 g 的硫代硫酸鈉 (Na₂S₂O₃·5H₂O) 放入 500 ml 定量瓶中，再加入蒸餾水至標準線。取出 50ml 於錐形瓶加 2 ml 之澱粉指示劑，以碘溶液滴定至開始出現淡藍色且維持 30 秒，如圖六。
4. 碘當量濃度 (N_I)=0.023 N 計算如下

$$N_I = \frac{W \times \frac{50}{500}}{m \times V} \times 1000 = \frac{W}{m \times V} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

V：碘滴定量，ml

w：Na₂S₂O₃·5H₂O 重量，g

m：Na₂S₂O₃·5H₂O 之分子量 (248.19)

$$N_I = \frac{0.41 \times \frac{50}{500}}{248.19 \times 7.18} \times 1000 = \frac{0.41}{248.19 \times 7.18} \times 100 = 0.023 (N)$$



圖六、以硫代硫酸鈉標定碘標準液。

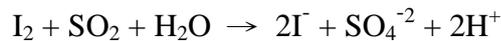


圖七、達滴定終點時碘與澱粉指示劑形成淡藍色。

(二)、樣品分析

1.將相同品牌竹筷剪成約 2cm 的小段，每份樣品秤取 10g 竹筷。分別浸泡蒸餾水 50 ml 10、20、30 分鐘，1、2、3、6、12 小時，1、2、3 與 4 天等 12 個樣本。No.13 的竹筷樣本於蒸餾水煮沸後放入，持續加熱約 30 秒後靜置 60 分冷卻後滴定。用以研究溫度對竹筷浸泡時二氧化硫溶出的影響。

2.碘滴定時碘與二氧化硫的反應如下：



當反應到終點時，SO₂ 耗盡多餘的碘跟澱粉反應變藍色。已知碘當量為 126.9，而 SO₂ 當量 32。當滴定終點時碘的當量數 = 二氧化硫的當量數

則 SO₂ 重(mg) = N_I × V_I × 32

$$SO_2(\text{PPM}) = \frac{N_I \times V_I \times 32}{W_{\text{竹}} \times 10^{-3} (\text{kgw})} = \frac{N_I \times V_I \times 32}{W_{\text{竹}} (\text{g})} \times 10^3 \dots\dots\dots (2)$$

N_I：碘標準液當量濃度

V_I：碘滴定量，ml (N_I × V_I 為毫當量數)

W_竹：竹筷重 (g)

SO₂(PPM)：竹筷浸泡過程溶出的 SO₂ 濃度 (非竹筷成分分析二氧化硫含量)

3.竹筷浸泡液過濾後加入 2 ml 之澱粉指示劑，用標定後的 0.05 N 碘標準溶液以注射筒逐滴滴入錐形瓶，至開始出現淡藍色且維持 30 秒並比對空白試驗的顏色。記錄碘標準溶液的滴數並換算成體積。

4.以 10 ml 量筒測量 100 滴碘溶液所佔體積，求出每滴平均值為 0.0074 ml。

4.注射筒針頭換成點滴用的軟管，避免金屬針頭和碘溶液發生氧化還原反應。



圖八、以注射筒逐滴滴定竹筷浸泡液。

伍、研究結果

一、定性分析結果

在樣品的選擇上，我們收集不同品牌中各選一支出來檢驗，其中有些樣品有竹皮則特別標明(未削淨的竹皮可能在竹材收成燻蒸時，有更多的機會接觸到二氧化硫)。No.A 的樣品是當中最白淨；No.F 表面最細緻光滑的一雙竹筷；而 No.C 則是材質完全不同的木質衛生筷，也是唯一無二氧化硫殘留，檢驗過程不產生硫酸鋁沉澱。其餘不論顏色氣味均會產生硫酸鋁沉澱。顯示市面上竹筷中二氧化硫的殘留相當普遍。定性分析所得結果整理如表一。

表一、定性分析所得結果，紀錄 18 種衛生筷沉澱情形

| 樣品編號 | No.A(瑪x藍色) | No.B(大 x 日本料理) | No.C(統 x 泡麵木筷) | No.D(x 莎日本料理) | No.E(Cx) | No.F (吉 x) |
|------|------------|----------------|----------------|---------------|--------------|---------------|
| 表面顏色 | 白(淡) | 微黃 | 黃偏白 | 白(淡) | 微黃 | 微黃(竹皮) |
| 氣味 | 酸味重 | 微酸 | 無味 | 微酸 | 酸味重 | 微酸味 |
| 浸泡液 | 微黃 | 黃色 | 清澈 | 淡黃 | 微黃 | 深黃色 |
| 沉澱情形 | 多 | 中 | 無 | 中 | 多 | 中 |
| 樣品編號 | No.G(土雞城) | No.H(如 x) | No.I(金 x x) | No.J(歡迎光臨) | No.K(瑪 x 紅色) | No.L (x x 便當) |
| 表面顏色 | 黃 | 微黃 | 微黃 | 微黃 | 白(淡) | 淡黃 |
| 氣味 | 酸味重 | 微酸 | 酸味重 | 無味 | 酸味重 | 酸味重 |
| 浸泡液 | 褐色 | 深褐色 | 深褐色 | 深黃色 | 微褐 | 深黃色 |
| 沉澱情形 | 偏多 | 少 | 多 | 少 | 多 | 中 |
| 樣品編號 | No.M(G x) | No.N(J x) | No.O(歡迎光臨 2) | No.P(企 x) | No.Q(L x x) | No.R (山) |
| 表面顏色 | 微黃 | 白(淡) | 淡黃(竹皮) | 淡黃 | 淡黃(竹皮) | 淡黃(竹皮) |
| 氣味 | 酸味重 | 酸味重 | 酸味 | 微酸 | 酸味 | 酸味 |
| 浸泡液 | 深黃 | 清澈 | 深褐 | 清澈 | 深黃色 | 微黃 |
| 沉澱情形 | 多 | 多 | 中 | 中 | 多 | 多 |



圖九、沉澱後各編號的竹筷浸泡液。



圖十、沉澱後各編號的竹筷浸泡液沉澱情形比較，其中編號 C 木筷完全沒有沉澱產生。

二、定量分析結果

首先量取 50 ml 蒸餾水依實驗步驟作空白試驗，加入 2 ml 澱粉指示劑滴入碘溶液做空白試驗數次，並留下一瓶作為樣品滴定終點的顏色比對。多次空白試驗所得均為 4 滴，下表滴數為實際滴定滴數扣除空白試驗(4 滴)所得結果。No.13 的竹筷樣品於蒸餾水煮沸後放入，持續加熱約 30 秒後靜置 60 分冷卻後滴定。

標定碘溶液時，實際稱取 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 共 0.41 克，以 500 ml 定量瓶溶解取其中 50 ml 標定兩次分別用去碘標準液 7.25 ml 與 7.10ml，取平均依式(1)計算可得碘當量濃度 0.023 N。和我們計算的 0.025N 不同，顯示以硫代硫酸鈉標定有其必要性。

表二、相同品牌竹筷定量分析所得結果 (和定性分析 No.R 同品牌)

| | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 樣品編號 | No.01 | No.02 | No.03 | No.04 | No.05 | No.06 | No.07 |
| 浸泡時間 | 10 分 | 20 分 | 30 分 | 60 分 | 2 小時 | 3 小時 | 6 小時 |
| 竹筷重量 (g) | 10.18 | 9.98 | 10.11 | 10.12 | 10.05 | 10.21 | 10.04 |
| 滴數 | 19 | 12 | 23 | 42 | 64 | 87 | 71 |
| SO ₂ 重(mg) | 13.98 | 8.83 | 16.92 | 30.91 | 47.10 | 64.03 | 52.26 |
| SO ₂ (ppm) | 1374 | 885 | 1674 | 3054 | 4687 | 6271 | 5204 |
| 樣品編號 | No.08 | No.09 | No.10 | No.11 | No.12 | No.13 | |
| 浸泡時間 | 12 小時 | 24 小時 | 2 天 | 3 天 | 4 天 | 60 分 | |
| 竹筷重量 (g) | 10.01 | 10.23 | 10.10 | 10.56 | 10.29 | 10.24 | |
| 滴數 | 77 | 60 | 99 | 52 | 75 | 33 | |
| SO ₂ 重(mg) | 56.67 | 44.16 | 72.86 | 38.27 | 55.20 | 24.29 | |
| SO ₂ (ppm) | 5661 | 4316 | 7214 | 3624 | 5364 | 2371 | |

1. 碘溶液當量濃度為 0.023 N
2. 經過測量每滴平均 0.0074ml

表三、相同品牌竹筷定量分析所得結果 (和定性分析 No.D 同品牌)

| 樣品編號 | No.01 | No.02 | No.03 | No.04 | No.05 | No.06 | No.07 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 浸泡時間 | 10 分 | 20 分 | 30 分 | 60 分 | 2 小時 | 3 小時 | 4 小時 |
| 竹筷重量 (g) | 10.03 | 10.12 | 10.14 | 10.04 | 10.09 | 10.05 | 10.06 |
| 滴數 | 8 | 7 | 9 | 8 | 12 | 14 | 15 |
| SO ₂ 重(mg) | 6.14 | 5.38 | 6.91 | 6.14 | 9.22 | 10.75 | 11.52 |
| SO ₂ (ppm) | 613 | 531 | 682 | 586 | 875 | 1070 | 1097 |
| 樣品編號 | No.08 | No.09 | No.10 | No.11 | No.12 | No.13 | |
| 浸泡時間 | 6 小時 | 12 小時 | 24 小時 | 2 天 | 3 天 | 4 天 | |
| 竹筷重量 (g) | 10.06 | 10.07 | 10.06 | 10.10 | 10.15 | 10.12 | |
| 滴數 | 19 | 15 | 22 | 17 | 25 | 23 | |
| SO ₂ 重(mg) | 14.59 | 11.52 | 16.90 | 13.06 | 19.20 | 17.66 | |
| SO ₂ (ppm) | 1390 | 1144 | 1680 | 1239 | 1892 | 1749 | |

1. 碘溶液當量濃度為 0.024 N
2. 本次實驗浸泡時與過濾液在滴定前均置於冰箱冷藏，可避免黴菌滋生。

表四、相同品牌竹筷定量分析所得結果 (和定性分析 No.L 同品牌)

| 樣品編號 | No.01 | No.02 | No.03 | No.04 | No.05 | No.06 | No.07 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 浸泡時間 | 10 分 | 20 分 | 30 分 | 60 分 | 2 小時 | 3 小時 | 4 小時 |
| 竹筷重量 (g) | 10.15 | 10.17 | 10.09 | 10.07 | 10.09 | 10.03 | 10.15 |
| 滴數 | 13 | 11 | 15 | 14 | 18 | 17 | 23 |
| SO ₂ 重(mg) | 9.98 | 8.45 | 11.52 | 10.75 | 13.82 | 13.06 | 17.66 |
| SO ₂ (ppm) | 984 | 831 | 1141 | 1067 | 1312 | 1302 | 1740 |
| 樣品編號 | No.08 | No.09 | No.10 | No.11 | No.12 | No.13 | |
| 浸泡時間 | 6 小時 | 12 小時 | 24 小時 | 2 天 | 3 天 | 4 天 | |
| 竹筷重量 (g) | 10.10 | 10.08 | 10.00 | 10.04 | 10.07 | 10.16 | |
| 滴數 | 22 | 26 | 35 | 30 | 59 | 45 | |
| SO ₂ 重(mg) | 16.90 | 19.97 | 26.88 | 23.04 | 45.31 | 34.56 | |
| SO ₂ (ppm) | 1603 | 1981 | 2576 | 2295 | 4312 | 3401 | |

1. 碘溶液當量濃度為 0.024 N
2. 本次實驗浸泡時與過濾液在滴定前均置於冰箱冷藏，可避免黴菌滋生。

陸、討論

在進行本實驗之前，我們認為因二氧化硫溶於水而產生的亞硫酸根，滴入氯化鋇水溶液會產生白色沉澱，但是在滴入氯化鋇後並沒有很顯著的沉澱。後來我們參考環保署公告的“排放管道中總硫氧化物檢驗法—沈澱滴定法”（環保署環檢所，2006），先加入過氧化氫水溶液使亞硫酸根氧化成硫酸根，再滴入氯化鋇水溶液，使沉澱變得十分明顯。實驗之後我們發現，我們所有收集的竹筷樣本皆含有二氧化硫。

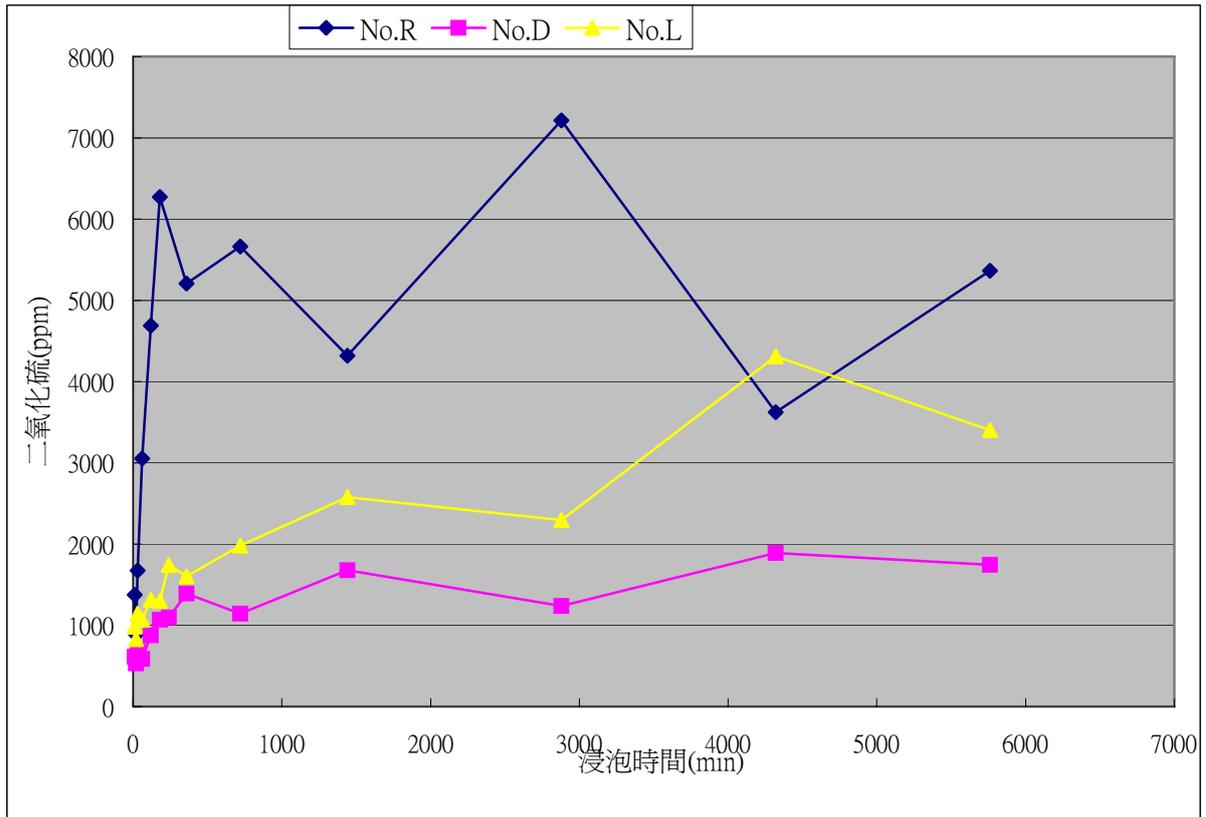
由定量分析可所得二氧化硫溶出量與浸泡時間長短作圖可得如圖十一。樣本在浸泡時間過長時會有幾個可能會干擾滴定實驗的進行的因素產生。一是竹筷浸泡液會有黴菌產生，而黴菌跟二氧化硫的關係在本實驗中並不清楚。其次是浸泡液顏色會變深而影響滴定終點的判斷，所以超過一天的浸泡所得數據變動很大。雖然如此，我們仍可從長時間浸泡所得的結果推斷竹筷中含量(最大溶出量)大約在 4000~7000PPM 之間。

當我們將圖十一中超過一天的干擾與誤差大數據去除時可得圖十二。從圖中樣品 No.R 的數據大約可知，如果以室溫蒸餾水浸泡超過三小時(即 180min)溶出量應該以介於前面推測的 4000 ~ 7000 ppm 之間。而其它兩個品牌在浸泡超過三小時(即 180min)溶出量也大都接近長時間浸泡的最大值。也就是說要安全的使用衛生竹筷，需要浸泡於水中三小時以上，相當費時。而原先我們還要了解水溫對二氧化硫溶出的影響，但因缺乏恆溫裝置我們只做了表二中的編號 No.13(竹筷品牌和定性分析樣品 No.R 相同)。在沸水中煮沸三十秒，靜置冷卻後滴定。原先預期應該能溶出更多二氧化硫，卻意外發現和表二中的編號 No.4 同樣浸泡時間的竹筷樣本比較起來並沒有更高，反而低了許多!合理的解釋是雖溶出更多，但因為溶出的二氧化硫在水沸騰時溢散到空氣中，所以殘留於浸泡液的量反而減少了。這似乎告訴了我們煮沸應該是去除衛生筷中 SO₂ 可行的方法，雖更確切的結果要再經由研究改變溫對溶出量的影響實驗的確認。但是如果使用前要淨泡三小時或先煮沸這樣大費周章，衛生筷的便利性依舊存在嗎？

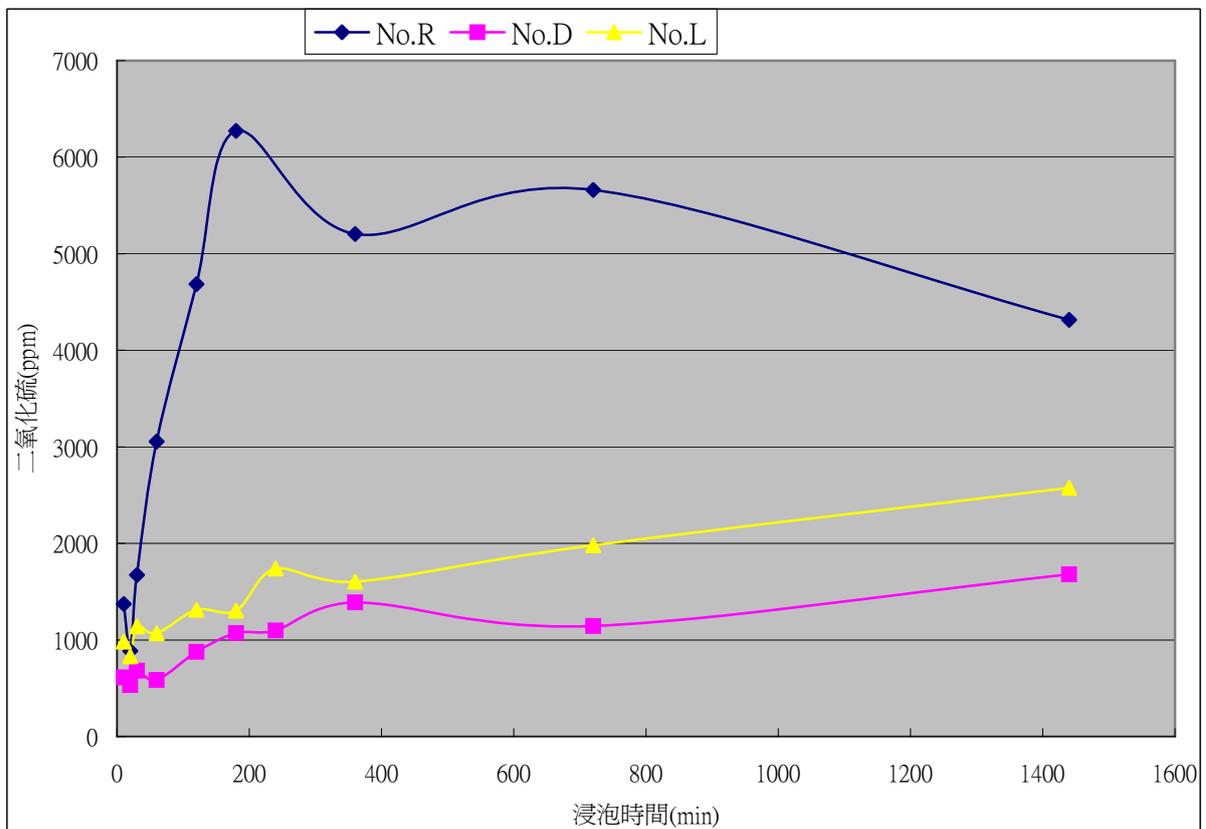
柒、結論

- 一、所有的竹筷依此法檢驗均產生或多或少的沉澱，顯示二氧化硫的殘留相當普遍。
- 二、亞硫酸根也能使氯化鋇產生沉澱，但沉澱情形不是很明顯，使用雙氧水將亞硫酸根氧化成硫酸根可以使沉澱更明顯。
- 三、或許衛生筷在防治 A、B 型肝炎等傳染病功不可沒。然而為了追求健康的生活與更高的生活品質，我們更應該自備餐具，以減少竹林不當的砍伐並避免接觸有害身體健康的化學藥劑。
- 四、對不同品牌的竹筷 SO₂ 溶解的情形大致相同，室溫淨泡三小時或先煮沸可去除竹筷中的二氧化硫。但如果要安全的使用衛生筷要付出這麼多代價，為什麼我們不直接使用乾淨可重複使用又不破壞生態的一般不鏽鋼筷！這是值得我們深思問題。

圖十一、二氧化硫溶出量對時間做圖，其中長時間(超過一天)浸泡所的結果變動蠻大的。



圖十二、二氧化硫溶出量對時間做圖，資料去掉一天以上所得的圖形。



捌、參考文獻

1. 林英智、李清勝、黃能堂、張永達、蔡尙芳(2005)·5-4 元素與週期表·國中自然與生活科技，(第三冊 122-126 頁)·台北·康軒文教。
2. 林英智、李清勝、黃能堂、張永達、蔡尙芳(2005)，第二章 氧化與還原·國中自然與生活科技，(第四冊 33-42 頁)·台北·康軒文教。
3. 吳柏青、郭曉怡(無日期)·應用直接碘滴定法在金針乾製品二氧化硫殘留量快速檢測，國立宜蘭技術學院，2006 年 2 月 26 日取自 http://bmeweb.niu.edu.tw/pcwu/lily/so2_11.htm
4. 環保署環檢所(2005，11 月 30 日)，排放管道中總硫氧化物檢驗法－沈澱滴定法·環署檢字第 0940097070 號公告·2006 年 1 月 30 日取自 <http://www.niea.gov.tw/niea/AIR/A40571A.htm>
5. 蕭美玲、林慶豐、陳惠芳、許明滿(2006)·外食自備筷子 安心又環保·藥物食品安全週報，27，p3

評 語

031620 黑心竹筴現形記

本實驗以基本氧化還原概念測定竹筴中 SO_2 含量，符合實驗生活化之理念。實驗完整具可信度，如能與消基會或衛生署檢測數據比對則更具說服力。