

## 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

題目名稱：「筷」樂人生

### 一、摘要

本探究實驗欲找出測量並處理一般免洗竹筷中含有對人體有害之酸性物質(如二氧化硫)的方法。因此假設經過鹼性水溶液處理後能有效中和其中酸性物質，透過測量溶出水溶液與乾餾後殘留物質的酸鹼度，我們發現以氫氧化鈉水溶液處理效果最佳，然而若是生活中可行的鹼性物質，以蘇打效果佳、小蘇打則次之。

### 二、探究題目與動機

在這個外食主義的社會裡，大部分的人往往都因工作忙碌而外食，其中，竹筷便是外食族所使用的餐具，但商人為了使竹筷不容易發霉且外觀較為潔白乾淨，於是將竹筷經酸性漂白劑(二氧化硫)處理，所以我們常常把有毒物質吃下肚。

有一天，我們無意間看到一則新聞，其中提及泡熱水比泡清水還能夠釋出更多的漂白劑，這篇報導引起我們的好奇心，於是我們心血來潮，想知道竹筷浸泡不同水溶液會不會釋出更多漂白劑，便開始此次探究，期待找出使竹筷更為安全衛生的處理方式。

### 三、探究目的與假設

1. 竹筷泡熱水後能析出二氧化硫——測試熱水是否能有效的溶出竹筷中二氧化硫
2. 乾餾竹筷能使二氧化硫被釋出——用以驗證假設 1 和假設 3 是否能將二氧化硫減少
3. 鹼性水溶液能減少竹筷中的二氧化硫——測試鹼性水溶液能否中和竹筷中的酸性物質

### 四、探究方法與驗證步驟

#### (一)實驗器材

碳酸鈉水溶液、碳酸氫鈉水溶液、氫氧化鈉水溶液、洗碗精水溶液、碘液、硫代硫酸鈉、澱粉、滴定管、鐵架、100ml 量筒(浸泡竹筷用)、酒精燈、加熱板、竹筷數支、pH 計

#### (二)前置實驗

##### 浸泡熱水

##### 1.實驗目的

確定浸泡熱水能否溶出竹筷內含的酸性物質，觀察竹筷量與酸性物質溶出量之關係，並決定實驗所使用竹筷數量。

##### 2.實驗步驟與結果

##### (1)實驗步驟

- A.準備 1~9 根竹筷。
- B.放入 100mL、70°C的熱水泡 24 小時。
- C.過 24 小時後取出竹筷，利用 pH 計測量熱水的 pH 值。

為加快溫度上升速率，我們先溫度調高，待溫度達 70°C，再調回 70°C



## (2)實驗結果

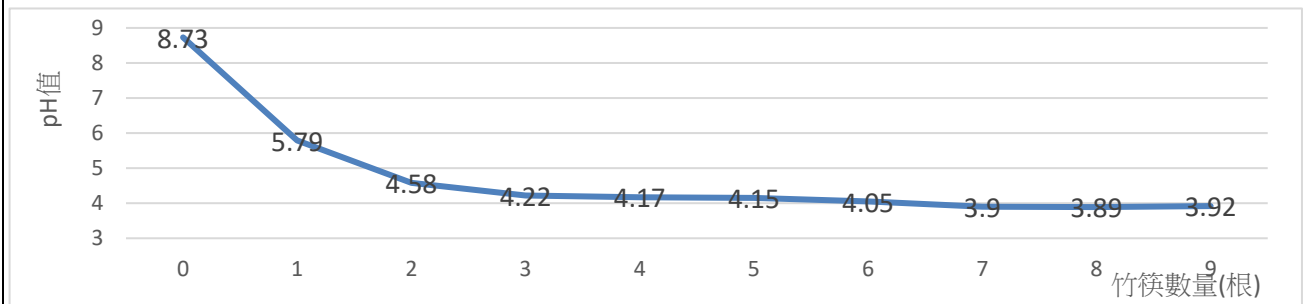


圖 1：竹筴數量與 pH 之關係

### 3.實驗結果與討論

由圖 1 可見水溶液 pH 值經竹筴浸泡後，變小最快在 0~2 根竹筴，表示酸性物質的釋出。3~9 根竹筴 pH 值相當，表示酸性物質的飽和。因此，往後實驗我們將選用飽和段的中間：6 根竹筴來浸泡水溶液，以達到釋出酸性物質的最大值。

#### 浸泡處理竹筴

##### 1.實驗目的

確定浸泡鹼性水溶液後能以 pH 值判斷中和竹筴中酸性物質的結果。

##### 2.實驗步驟與結果

###### (1)實驗步驟

A.取 100g 水與 5g、10g 小蘇打粉配成重量百分濃度為 4.76%和 9.09%小蘇打水溶液。

B.分別浸泡定量竹筴 24 小時後，將竹筴取出，並分別用 pH 計測量酸鹼值。

###### (2)實驗結果

濃度%	0	4.76	9.09
pH 值	4.05	7.54	7.63

表 1：小蘇打水濃度與浸泡竹筴後 pH 之關係

### 3.實驗結果與討論

根據國二下「酸鹼中和」單元所學，酸性物質溶於水與鹼性水溶液產生酸鹼中和反應。從表 1 可見，使用 4.76%以上的小蘇打水便可將浸泡竹筴的水溶液提升至中性以上，表示釋出的酸性物質足以被低濃度的小蘇打水中和殆盡。然而，仍無法確定此酸性物質為二氧化硫，且可能仍有許多殘留在竹筴中的酸性物質未被釋放至水中。因而，進行以下「二氧化硫含量測定」與「乾餾法」的實驗。

#### 二氧化硫含量測定

##### 1.實驗目的

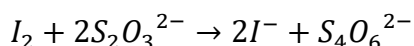
確定浸泡竹筴的水溶液中含有二氧化硫，並檢驗處理後水溶液二氧化硫濃度變化。

##### 2.實驗步驟與結果

###### (1)製作並滴定碘標準液

###### A.實驗步驟

- 取 2.5g 碘化鉀(KI)和 0.8g 碘晶體(I<sub>2</sub>)，配置 250mL 的碘標準液。
- 取 0.1g 的硫代硫酸鈉(Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，配置 125mL 的標準硫代硫酸鈉水溶液。
- 取 0.1g 澱粉，配置 25mL 的澱粉指示劑。
- 取 12.5mL 的標準硫代硫酸鈉水溶液，倒入錐形瓶中並加入 0.5mL 的澱粉指示劑，並以碘標準液滴定(反應式如下)，滴定至變色維持 1 分鐘為止。



- 以下公式計算碘的當量濃度(N<sub>I<sub>2</sub></sub>)，並重複以上步驟計算碘標準液當量濃度平均值。

$$N_{I_2} = \frac{W \times \frac{V_2}{V_1}}{m \times V} \times 1000$$

其中，W 為硫代硫酸鈉總重量(0.1g)；V<sub>2</sub>為錐形瓶中標準硫代硫酸鈉水溶液體積，(12.5mL)；V<sub>1</sub>為配置的標準硫代硫酸鈉水溶液體積(125mL)；m 為硫代硫酸鈉分子量(248.19)；V 為碘標準液用量。

### B.實驗結果

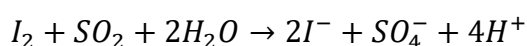
實驗次數	1	2	3	平均
V(mL)	1.60	1.90	1.95	
N <sub>I<sub>2</sub></sub>	0.0252	0.0212	0.0207	<b>0.0223</b>

表 2：滴定消耗的碘標準液用量與計算出的碘標準液當量濃度

### (2)滴定浸泡竹筴的水溶液

#### A.實驗步驟

- 取些許自製的碘標準液(當量濃度為 0.0223N)，置於滴定管中。
- 取 5mL 的小蘇打(NaHCO<sub>3</sub>)水溶液浸泡的竹筴水溶液，置於錐形瓶中。
- 於錐形瓶中加入 0.5mL 的澱粉指示劑，並以碘標準液滴定(反應式如下)，滴定至變色維持 1 分鐘為止。



- 取不同濃度之小蘇打(NaHCO<sub>3</sub>)處理的竹筴水溶液，重複以上步驟。
- 以公式  $N_{SO_2} = \frac{N_{I_2} \times V_{I_2}}{V_{SO_2}}$ ，計算SO<sub>2</sub>的當量濃度(N<sub>SO<sub>2</sub></sub>)，並重複以上步驟計算平均值。其中，N<sub>I<sub>2</sub></sub>為碘標準液當量濃度(0.0223N)；V<sub>I<sub>2</sub></sub>為碘標準液用量；V<sub>SO<sub>2</sub></sub>為竹筴浸泡液體積，為 5mL。

### B.實驗結果

小蘇打水溶液重量百分濃度	實驗次數	1	2	3	平均	換算百萬分比濃度 ppm
4.76	V <sub>I<sub>2</sub></sub> (mL)	2.40	2.60	2.50		
	N <sub>SO<sub>2</sub></sub>	0.0107	0.0116	0.0125	<b>0.0116</b>	<b>5.8</b>
9.09	V <sub>I<sub>2</sub></sub> (mL)	1.00	1.20	1.10		
	N <sub>SO<sub>2</sub></sub>	0.0045	0.0054	0.0049	<b>0.0049</b>	<b>2.5</b>

表 3：滴定消耗的碘標準液用量與計算出的SO<sub>2</sub>當量濃度

### 3.實驗結果與討論

根據國二下「氧化還原」、「酸鹼滴定」單元所學，無論是硫代硫酸鈉或二氧化硫皆會還原碘分子，又當碘分子與澱粉相遇時會呈現藍色，因此當達到滴定終點後呈現藍色，表示碘分子過量，將硫代硫酸鈉或二氧化硫消耗完畢。以碘標準液滴定硫代硫酸鈉水溶液，以找出所配置碘標準液的濃度，再以碘標準液滴定經處理後竹筴的水溶液。本實驗使用濃度為 4.76% 和 9.09% 小蘇打水溶液，並分別浸泡定量竹筴 24 小時後各取 5mL 進行多次滴定。

由表 3 可見三點：

- (1)竹筴經過小蘇打水浸泡 24 小時後，仍有**微量二氧化硫存在水溶液中**，因此需要過量的碘分子才可使滴定變色。
- (2)竹筴經過不同濃度小蘇打水浸泡 24 小時後，可見浸泡的**小蘇打水濃度越高，所剩餘的二氧化硫濃度越低**。且小蘇打水濃度相差約有 2 倍，經滴定之二氧化硫濃度相差也約 2 倍。
- (3)根據我國衛生福利部民國 102 年所公布修正食品藥物管理條目之免洗筷衛生標準第 4 條：免洗筷中二氧化硫殘留量應為 500ppm 以下。表 3 可見，由滴定測得經小蘇打浸泡的竹筴水溶液中二氧化硫濃度皆遠小於 500ppm。然而，可能部分二氧化硫仍殘留在竹筴上並無溶解在小蘇打水中。不過，可見二氧化硫溶出量會受小蘇打水濃度而影響。

#### 乾餾法

##### 1.實驗目的

驗證乾餾法假設是否成立，並找尋更快速釋放二氧化硫，方便檢測二氧化硫含量之法。

##### 2.實驗步驟與結果

- (1)將鋁箔完整包覆整根竹筴
- (2)以酒精燈乾餾，直到沒有白煙冒出為止。
- (3)將乾餾後的鋁箔與竹筴泡入 70°C、100mL 水中加熱 30 分鐘。
- (4)使用 pH 計測量其浸泡後的水之 pH 值，實驗結果記錄於主實驗中。



乾餾中的竹筴

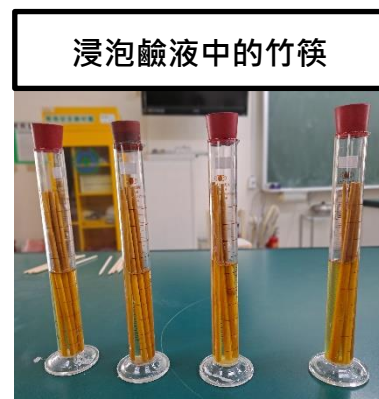
### (三)主實驗及原理

##### 1.實驗目的

測試鹼性水溶液能否中和竹筴中的酸性物質

##### 2.實驗步驟

- (1)調配出不同濃度的碳酸鈉水溶液、碳酸氫鈉水溶液、氫氧化鈉水溶液、洗碗精水溶液(以下實驗結果使用不同溶質質量(g)，皆加入 100g 的水中)
- (2)將定量的竹筴放入不同濃度水溶液中浸泡 24 小時。
- (3)將竹筴取出，並測量水溶液 pH 值。將此 pH 值與原鹼性水溶液相減，為下表變化 1。
- (4)再將拿出的竹筴進行前置實驗中的乾餾法，並測量浸泡乾餾法後鋁箔與竹筴水溶液的 pH 值。將此 pH 值與中性水(pH8.73)相減，為下表變化 2。



浸泡鹼液中的竹筴

### 3.實驗結果

#### (1)碳酸鈉( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )水溶液

溶質	原鹼性水溶液	浸泡竹筷後水溶液	變化 1	浸泡乾餾法後鋁箔與竹筷水溶液	變化 2
10	10.32	9.87	-0.45	9.13	0.40
20	10.35	9.96	-0.39	9.34	0.61
30	10.29	10.04	-0.25	9.84	1.11
40	10.29	10.17	-0.12	9.91	1.18
50	10.26	10.18	-0.08	9.79	1.06

#### (2)碳酸氫鈉水溶液( $\text{NaHCO}_3$ )

溶質	原鹼性水溶液	浸泡竹筷後水溶液	變化 1	浸泡乾餾法後鋁箔與竹筷水溶液	變化 2
5	7.43	7.54	0.11	6.88	-1.85
10	7.55	7.63	0.08	7.35	-1.38

#### (3)氫氧化鈉( $\text{NaOH}$ )水溶液

溶質	原鹼性水溶液	浸泡竹筷後水溶液	變化 1	浸泡乾餾法後鋁箔與竹筷水溶液	變化 2
4	13.27	13.56	0.29	9.60	0.46
12	13.26	13.66	0.40	9.56	0.83
24	13.54	13.46	-0.08	9.19	0.87

#### (4)洗碗精水溶液

溶質	原鹼性水溶液	浸泡竹筷後水溶液	變化 1	浸泡乾餾法後鋁箔與竹筷水溶液	變化 2
5	7.62	6.39	-1.23	9.28	0.55
10	7.59	5.63	-1.96	9.14	0.41
15	7.33	5.80	-1.53	8.17	-0.56
20	7.23	6.16	-1.07	8.37	-0.36
25	7.00	5.80	-1.20	8.94	0.21

表 4：各鹼性水溶液經竹筷浸泡與乾餾後的 pH 值變化

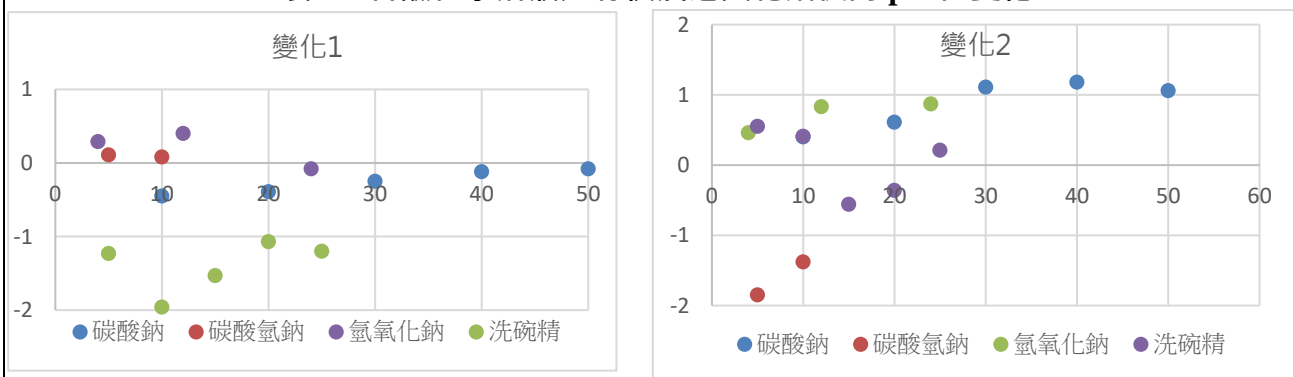


圖 2：pH 值之變化 1 與變化 2(縱軸為 pH 值變化量，橫軸為各水溶液溶質質量 g)

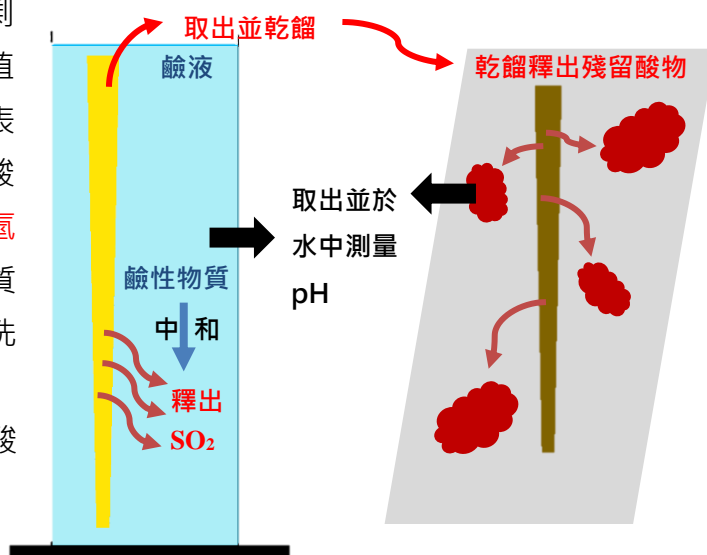


#### 4.實驗結果與討論

變化 1 所代表的是經鹼液處理後，竹筴溶解出的二氧化硫可否被中和。因此，若變化 1 大於 0 表示鹼性越強，即二氧化硫被中和殆盡；反之，則鹼性越弱。由表 4 和圖 2 中的變化 1 可見：多數鹼液濃度越高，變化 1 越大，表示鹼性的確將酸反應完且有剩餘的趨勢。其中以碳酸鈉與洗碗精的變化 1 小於 0，表示仍有殘留的二氧化硫造成較原本水溶液更酸。因此從變化 1 的結果，以**氫氧化鈉與碳酸氫鈉**處理後竹筴溶出的二氧化硫被中和較多。

然而變化 1 仍有可能因為二氧化硫溶出量的不同而造成此測量結果。因此，變化 2 直接測量鹼液浸泡後的竹筴經乾餾分解後還剩餘多少酸性物質，於是將浸泡過的 pH 值與中性水相減。因此，若變化 2 大於 0 表示剩餘物質溶於水偏鹼性；反之，則偏酸性。由表 4 和圖 2 中的變化 2 可見：以**氫氧化鈉與碳酸鈉**處理後竹筴剩餘鹼性物質較多，碳酸氫鈉則剩餘較多酸性物質，洗碗精則是忽鹼忽酸較無規律。

綜合看來，以氫氧化鈉中和竹筴中酸性物質的效果最佳。



#### 五、結論與生活應用

根據上述前置與主實驗結果我們可以得知氫氧化鈉、碳酸氫鈉、碳酸鈉皆可能較有效去除竹筴中酸性物質，如二氧化硫此等漂白劑，以洗碗精效果最差，氫氧化鈉效果最佳。然而，生活中竹筴用於外食餐具，以安全的鹼性水溶液來清洗是可行性的要素之一。因此，因為氫氧化鈉為不可食用的強鹼且較不易取得，因此使用可食用的**碳酸鈉(蘇打)或碳酸氫鈉(小蘇打)水溶液**浸泡，將可減少竹筴中的酸性物質，甚至將其反應殆盡。

然而仍有幾項實驗必須進一步探究，例如：如何減少浸泡時間，更快速減少竹筴中酸性物質？以及，此鹼性水溶液處理法對不同品牌竹筴、溫度下的條件，成效如何？若能進一步探究，將可大大增進此法於生活中的可行性。

#### 六、參考資料

1. 《免洗筷子系列(一)- 免洗筷對人體的影響》嵌合筷。2014 年。
2. 《食品藥物管理條目》衛生福利部。2013 年。
3. 《黑心竹筴現形記》屏東縣立明正國民中學。2006 年。
4. 《普通化學》國立聯合大學電機工程學系許正興。
5. 《魔術變—碘的氧化還原滴定實驗》第一屆高中職綠色化學(減毒量)創意競賽。